TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC

**KHOA ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG**



**Tiều luận Phát Triển Hệ Thống IOT**

**Đề Tài: Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh**

**Giảng Viên Hưỡng Dẫn: Mai Xuân Hòa**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tên Sinh Viên: | Lớp : | Mã Sinh Viên: |
| Pham Danh Chính | D16HTTM&IOT | 21810510500 |
| Nguyễn Văn Trường | D16DT&KTMT2 | 21810540518 |

**HÀ NỘI – 5/2025**

**Mục lục:**

Mục lục 2

A.LỜI MỞ ĐẦU: 3

B.NỘI DUNG:

CHƯƠNG I: ĐẶC TẢ YÊU CẦU PHẦN MỀN 4

1.Giới thiệu 4

2. Mô tả chung 7

3. Tính năng hệ thống 14

4 - Yêu cầu về giao diện bên ngoài 16

5 Các yêu cầu không chức năng khác 19

6. Các yêu cầu khác 22

CHƯƠNG II: KIẾN TRÚC HỆ THỐNG 24

1 Giới Thiệu 24

2.Kiến trúc 26

3.Hành vi động của kiến trúc 31

4. Lý do chính đáng cho kiến trúc 32

5.Khả năng truy xuất yêu cầu 38

CHƯƠNG III: KIỂM THỬ HỆ THỐNG 40

1 Giới thiêu 40

2. Tóm tắt Trường hợp Thử nghiệm 40

3. Ma trận Truy xuất theo Yêu cầu của Trường hợp Thử nghiệm 41

4.Chi tiết trường hợp thử nghiệm 42

CHƯƠNG IV: HƯỠNG DẪN SỬ DỤNG 46

1. Giới thiệu 46

2. Bắt đầu 47

3. Sử dụng Hệ thống 49

4. Xử lý sự cố & Hỗ trợ 51

C.KẾT LUẬN 53

D.DANH MỤC PHỤ 54

**A.LỜI MỞ ĐẦU:**

Biến đổi khí hậu toàn cầu đang gây ra những hệ quả nghiêm trọng, đặc biệt là sự gia tăng bất thường của hiện tượng mưa lớn, lũ lụt và hạn hán. Điều này ảnh hưởng trực tiếp đến sản xuất nông nghiệp, đời sống sinh hoạt và hạ tầng kinh tế – xã hội tại nhiều khu vực, đặc biệt là các vùng nông thôn hoặc những nơi thiếu hệ thống dự báo thời tiết chính xác. Trong bối cảnh đó, nhu cầu xây dựng các Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh đơn giản, hiệu quả, chi phí thấp và có khả năng triển khai rộng rãi là vô cùng cấp thiết. Nhằm giải quyết bài toán này, dự án **Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh Thông Minh** ra đời như một giải pháp công nghệ kết hợp giữa Internet of Things (IoT), cảm biến môi trường và trí tuệ nhân tạo (AI).Dự án được thiết kế và phát triển dựa trên nền tảng vi điều khiển ESP32 một thiết bị mạnh mẽ, hỗ trợ kết nối Wi-Fi/Bluetooth và có thể lập trình linh hoạt bằng MicroPython.Các tín hiệu thu được từ hệ thống cảm biến sẽ được xử lý và phân tích bằng thuật toán hồi quy tuyến tính một kỹ thuật học máy đơn giản nhưng hiệu quả, giúp tìm ra mối quan hệ giữa các tham số đầu vào và khả năng xuất hiện mưa. Việc lựa chọn mô hình hồi quy giúp hệ thống có thể đưa ra dự đoán trong thời gian thực với độ chính xác tương đối cao, trong khi vẫn đảm bảo tốc độ xử lý nhanh và tiết kiệm năng lượng. Ngoài ra, hệ thống còn hỗ trợ xuất dữ liệu ra cổng UART, phục vụ cho mục đích theo dõi từ xa hoặc kết nối với các hệ thống giám sát lớn hơn (như máy chủ hoặc các nền tảng IoT đám mây).Không chỉ dừng lại ở khía cạnh phần cứng và mô hình phân tích dữ liệu, dự án còn được xây dựng với định hướng mở rộng, cho phép tích hợp thêm nhiều cảm biến và thuật toán nâng cao trong tương lai hệ thống có thể thích nghi và nâng cao độ chính xác trong các điều kiện môi trường khác nhau.Với thiết kế nhỏ gọn, dễ lắp đặt, chi phí thấp và khả năng mở rộng cao, Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh Thông Minh là một bước tiến hướng tới việc xây dựng các giải pháp dự báo thời tiết ứng dụng trong nông nghiệp thông minh,... Đây có thể xem một sản phẩm kỹ thuật theo hướng học liệu mà còn có thể là minh chứng cho khả năng ứng dụng các kiến thức về điện tử, lập trình, xử lý dữ liệu và trí tuệ nhân tạo vào các vấn đề thực tiễn.

**B.NỘI DUNG:**

**CHƯƠNG I: ĐẶC TẢ YÊU CẦU PHẦN MỀN**

**1.Giới thiệu**

**1.1 Mục đích**

Tài liệu này mô tả các yêu cầu phần mềm cho Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh minh phiên bản 1.0. Mục tiêu của tài liệu là cung cấp một đặc tả đầy đủ và chi tiết về các chức năng, hiệu năng, giao diện và ràng buộc của hệ thống nhằm hỗ trợ việc thiết kế, phát triển, kiểm thử và bảo trì phần mềm.

Phạm vi của hệ thống bao gồm việc thu thập dữ liệu môi trường từ các cảm biến (nhiệt độ, độ ẩm, độ ẩm đất, v.v.), xử lý dữ liệu và sử dụng các thuật toán học máy (machine learning) để đưa ra dự báo thời tiết như khả năng có mưa, nhiệt độ trung bình, độ ẩm dự kiến,… Hệ thống được thiết kế để triển khai trên các nền tảng nhúng sử dụng MicroPython và có thể tích hợp với các thiết bị IoT hoặc giao diện hiển thị kết quả.

Tài liệu SRS này chỉ tập trung vào phần mềm lõi của hệ thống, bao gồm việc thu thập dữ liệu, xử lý và dự báo. Các thành phần phần cứng (như cảm biến, vi điều khiển) và phần giao diện người dùng sẽ được mô tả ở tài liệu riêng biệt nếu cần.

**1.2 Quy ước tài liệu**

Tài liệu này tuân theo định dạng và tiêu chuẩn trình bày của mẫu tài liệu SRS do IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) đề xuất. Các quy ước cụ thể được sử dụng trong tài liệu bao gồm:

- Phông chữ: Văn bản sử dụng phông Times New Roman, cỡ chữ 13 cho nội dung chính và cỡ chữ 14 cho tiêu đề mục.

- Tô đậm được sử dụng để nhấn mạnh tên thành phần hệ thống, thuật ngữ quan trọng hoặc các tiêu đề cấp con.

- In nghiêng được dùng để làm nổi bật các ví dụ hoặc từ khóa kỹ thuật.

- Gạch đầu dòng liệt kê các chức năng hoặc yêu cầu nhằm tăng tính rõ ràng.

- Các yêu cầu phần mềm sẽ được đánh số theo cấu trúc phân cấp (ví dụ: 3.2.1, 3.2.2...) để dễ dàng tra cứu.

- Mỗi yêu cầu đều có độ ưu tiên riêng biệt (Cao, Trung bình, Thấp) và loại yêu cầu (chức năng, phi chức năng, ràng buộc thiết kế,...).

- Các thuật ngữ chuyên ngành sẽ được định nghĩa rõ ràng trong phần “1.4 Định nghĩa, từ viết tắt và từ viết tắt chuyên ngành”.

Các yêu cầu cấp cao hơn không mặc định được kế thừa bởi các yêu cầu chi tiết. Mỗi yêu cầu sẽ được đánh giá và ghi rõ mức độ ưu tiên độc lập để đảm bảo tính chính xác và toàn diện trong quá trình phát triển.

**1.3 Đối tượng và hướng dẫn đọc**

Tài liệu này được xây dựng để phục vụ cho nhiều nhóm đối tượng khác nhau tham gia vào quá trình phát triển, triển khai và sử dụng Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh. Các đối tượng chính bao gồm:

- Nhà phát triển phần mềm: Sử dụng tài liệu để hiểu rõ các yêu cầu chức năng và phi chức năng, nhằm hiện thực hóa hệ thống đúng với mục tiêu đặt ra.

- Quản lý dự án: Theo dõi tiến độ và đảm bảo các yêu cầu được đáp ứng đầy đủ theo kế hoạch phát triển.

- Người kiểm thử (Tester): Xác định các trường hợp kiểm thử phù hợp dựa trên các yêu cầu cụ thể được liệt kê trong tài liệu.

- Nhân viên kỹ thuật: Hỗ trợ vận hành, bảo trì và triển khai hệ thống dựa trên các thông tin về thiết kế và yêu cầu kỹ thuật.

- Người dùng cuối (End-user): Có thể tham khảo phần mô tả tổng quan để hiểu chức năng và phạm vi hoạt động của hệ thống.

- Nhà phân tích nghiệp vụ (BA) và nhân viên viết tài liệu kỹ thuật: Sử dụng để bảo đảm tính nhất quán giữa yêu cầu kỹ thuật và tài liệu hướng dẫn sử dụng hoặc đào tạo người dùng.

Gợi ý đọc tài liệu:

Tài liệu được tổ chức theo chuẩn IEEE và bao gồm các phần sau:

- Giới thiệu: Trình bày mục tiêu, phạm vi, định nghĩa, đối tượng và cách sử dụng tài liệu.

- Mô tả tổng quan: Cung cấp cái nhìn toàn diện về hệ thống, bao gồm các chức năng chính, ràng buộc, giả định và phụ thuộc.

- Yêu cầu cụ thể: Trình bày chi tiết các yêu cầu chức năng, phi chức năng, giao diện, và các ràng buộc hệ thống.

- Phụ lục: Cung cấp các tài liệu tham khảo, định nghĩa thuật ngữ, hoặc biểu đồ hỗ trợ.

Trình tự đọc khuyến nghị:

- Tất cả độc giả nên bắt đầu với phần Giới thiệu để nắm tổng quan.

- Nhà phát triển và tester nên tập trung vàoYêu cầu cụ thể để hiểu rõ yêu cầu kỹ thuật.

- Quản lý dự án nên đọc cả Giới thiệu,Mô tả tổng quan và các phần chính trong Yêu cầu cụ thể để giám sát tiến độ và đánh giá mức độ ưu tiên của các yêu cầu.

- Người dùng cuối chỉ cần đọc Giới thiệu và phần mô tả chức năng chính trong Mô tả tổng quan để nắm vai trò và lợi ích hệ thống mang lại.

**1.4 Phạm vi dự án**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh là một ứng dụng phần mềm tích hợp các cảm biến môi trường (nhiệt độ, độ ẩm, độ ẩm đất, v.v.), thuật toán phân tích dữ liệu và mô hình học máy (Machine Learning) để thu thập, xử lý và dự đoán các hiện tượng thời tiết như mưa, độ ẩm không khí, và nhiệt độ trong tương lai gần.

Mục tiêu của hệ thống là cung cấp các cảnh báo và dự báo thời tiết chính xác theo thời gian thực nhằm hỗ trợ người dùng trong các hoạt động liên quan đến môi trường, nông nghiệp, và sinh hoạt hằng ngày. Hệ thống được thiết kế để hoạt động trên thiết bị nhúng (MicroPython), có khả năng truyền dữ liệu qua UART hoặc giao tiếp không dây, và tích hợp với một hệ thống hiển thị hoặc lưu trữ trung tâm.

Lợi ích chính của hệ thống:

- Nâng cao hiệu quả quản lý nông nghiệp thông minh.

- Giảm thiểu thiệt hại do thời tiết bất thường bằng cảnh báo sớm.

- Tăng tính tự động hóa trong việc thu thập và xử lý dữ liệu môi trường.

- Hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu thời gian thực và mô hình học máy.

**1.5 Tài liệu tham khảo**

Tài liệu SRS này tham chiếu đến các tài liệu và nguồn tham khảo sau nhằm đảm bảo tính thống nhất về tiêu chuẩn, công nghệ và định hướng phát triển phần mềm:

- Sách, tài liệu về IoT: Các nguyên lý về cảm biến và giao tiếp không dây.

- Hướng dẫn sử dụng cảm biến nhiệt độ & độ ẩm:

BME280 đo nhiệt độ, độ ẩm và áp suất không khi

- Tài liệu về lập trình ứng dụng di động (Android/iOS).

- Hướng dẫn bảo mật dữ liệu IoT để đảm bảo an toàn cho người dùng.

**2. Mô tả chung**

**2.1 Góc nhìn sản phẩm**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh là một sản phẩm mới, độc lập, được phát triển nhằm mục tiêu thu thập, phân tích và dự đoán điều kiện thời tiết dựa trên dữ liệu thực tế từ môi trường. Sản phẩm là sự kết hợp của công nghệ IoT (Internet of Things) với trí tuệ nhân tạo (AI), sử dụng các cảm biến Bme28 cùng với mô hình hồi quy tuyến tính nhằm đưa ra các dự đoán thời tiết chính xác hơn cho các ứng dụng nông nghiệp hoặc môi trường học đường.

Hệ thống bao gồm hai thành phần chính:

- Phần cứng nhúng: bao gồm các vi điều khiển (chạy MicroPython), các cảm biến môi trường và mô-đun truyền thông (UART/Wi-Fi).

-Phần mềm xử lý và phân tích dữ liệu: bao gồm mô hình học máy chạy trên nền tảng máy chủ hoặc máy tính cục bộ, nơi xử lý dữ liệu thu thập được từ thiết bị và hiển thị kết quả cho người dùng.

**2.2 Tính năng sản phẩm**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh cung cấp một tập hợp các chức năng chính nhằm thu thập dữ liệu môi trường, xử lý và dự đoán thời tiết, từ đó hỗ trợ người dùng đưa ra quyết định phù hợp. Các tính năng chính bao gồm:

* Thu thập dữ liệu môi trường theo thời gian thực

- Ghi nhận các thông số như nhiệt độ, độ ẩm, áp xuất không khí Bme280.

- Dữ liệu được truyền về máy chủ thông qua UART hoặc Wi-Fi.

* Lưu trữ và quản lý dữ liệu

- Lưu trữ dữ liệu cảm biến dưới dạng tập tin hoặc cơ sở dữ liệu để phục vụ huấn luyện và kiểm thử mô hình.

- Cho phép truy xuất dữ liệu theo ngày, giờ hoặc khu vực.

* Phân tích và dự đoán thời tiết bằng mô hình học máy

- Sử dụng thuật toán hồi quy tuyến tính để dự đoán các chỉ số như khả năng mưa, độ ẩm trong những giờ sắp tới.

- Cập nhật mô hình định kỳ dựa trên dữ liệu mới để cải thiện độ chính xác.

* Hiển thị thông tin qua giao diện người dùng

Cung cấp giao diện web đơn giản cho người dùng để xem:

- Dữ liệu hiện tại (real-time)

- Kết quả dự đoán (forecast)

- Biểu đồ thời gian (nhiệt độ, độ ẩm, v.v.)

* Gửi cảnh báo và khuyến nghị

- Gửi thông báo (email, pop-up, hoặc tin nhắn) khi phát hiện điều kiện thời tiết bất thường như nhiệt độ quá cao, nguy cơ hạn hán, hoặc khả năng mưa cao.

* Khả năng mở rộng và tích hợp

- Cho phép tích hợp với hệ thống điều khiển tự động (tưới tiêu, cảnh báo đèn báo).

- Cấu trúc phần mềm và giao tiếp được thiết kế theo mô-đun giúp dễ dàng mở rộng tính năng hoặc cập nhật phần cứng.

**2.3 Lớp người dùng và đặc điểm**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh được thiết kế để phục vụ nhiều lớp người dùng khác nhau. Mỗi lớp có nhu cầu sử dụng, kỹ năng và quyền truy cập riêng biệt. Việc phân loại này giúp đảm bảo các chức năng và giao diện được tùy chỉnh phù hợp với từng nhóm.

1. Người dùng phổ thông (nông dân, người dân địa phương)

Tần suất sử dụng: Hằng ngày hoặc định kỳ theo mùa vụ.

Chức năng truy cập:

- Xem thông tin thời tiết hiện tại.

- Xem dự báo và khuyến nghị (ví dụ: khả năng mưa, độ ẩm,..).

- Nhận cảnh báo thời tiết bất thường.

- Trình độ kỹ thuật: Cơ bản, không cần kiến thức chuyên sâu.

- Đặc điểm: Giao diện phải đơn giản, trực quan, hỗ trợ ngôn ngữ địa phương và dễ sử dụng trên thiết bị di động.

- Ưu tiên: Cao – Đây là lớp người dùng chính, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả ứng dụng hệ thống.

1. Kỹ thuật viên/Quản trị viên kỹ thuật

Tần suất sử dụng: Hằng ngày hoặc mỗi khi cần bảo trì hệ thống.

Chức năng truy cập:

- Cấu hình cảm biến và hệ thống phần cứng.

- Kiểm tra tình trạng truyền dữ liệu.

- Quản lý lưu trữ dữ liệu và sao lưu.

- Trình độ kỹ thuật: Trung bình đến cao, có kiến thức về phần cứng và phần mềm nhúng

- Đặc điểm: Cần giao diện quản trị riêng, yêu cầu xác thực và phân quyền nâng cao.

- Ưu tiên: Cao – Đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định.

1. Nhà phát triển hệ thống

Tần suất sử dụng: Không thường xuyên, chủ yếu trong giai đoạn triển khai, cập nhật hoặc mở rộng.

Chức năng truy cập:

- Xem và chỉnh sửa mã nguồn

- Cập nhật mô hình dự đoán.

- Phân tích dữ liệu và cải tiến thuật toán.

- Trình độ kỹ thuật: Cao – có kiến thức lập trình, AI và xử lý dữ liệu.

- Đặc điểm: Cần truy cập toàn bộ hệ thống, bao gồm backend và mã mô hình.

- Ưu tiên: Trung bình – Cần thiết trong giai đoạn phát triển và bảo trì.

1. Cơ quan quản lý hoặc tài trợ (nếu có)

Tần suất sử dụng: Không thường xuyên.

Chức năng truy cập:

- Xem báo cáo tổng hợp.

- Đánh giá hiệu quả sử dụng của hệ thống.

- Trình độ kỹ thuật: Trung bình – không cần thao tác kỹ thuật.

- Đặc điểm: Cần các báo cáo dạng biểu đồ hoặc bảng tổng hợp.

- Ưu tiên: Thấp đến trung bình – phụ thuộc vào mục tiêu triển khai dự án.

**2.4 Môi trường hoạt động**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh được triển khai trong một môi trường tích hợp giữa phần cứng nhúng, truyền dữ liệu và nền tảng phần mềm phân tích. Các thành phần chính của môi trường hoạt động bao gồm:

1. Phần cứng

- Bo mạch điều khiển: ESP32 (hoặc tương đương hỗ trợ Wi-Fi/UART).

- Cảm biến môi trường:

- Bme280) – đo nhiệt độ,độ ẩm và áp xuất không khí.

- Nguồn điện: Sử dụng pin hoặc nguồn DC 5V/3.3V.

1. Hệ điều hành và môi trường nhúng

- Firmware: MicroPython (phiên bản từ 1.19 trở lên).

- Giao tiếp dữ liệu: UART, Wi-Fi

1. Hệ thống phần mềm phân tích

Máy chủ nhận dữ liệu và xử lý:

- Hệ điều hành: Ubuntu 20.04 (hoặc Windows 10+ cho môi trường thử nghiệm).

- Ngôn ngữ lập trình: Python 3.8+

- Thư viện: NumPy, Pandas, scikit-learn, matplotlib (cho phân tích và mô hình dự báo).

Giao diện người dùng:

- Web-based (sử dụng Flask/Django hoặc Node.js).

- Tương thích trình duyệt phổ biến như Chrome, Firefox.

- Hỗ trợ thiết bị di động (responsive design).

1. Cơ sở dữ liệu (tùy chọn)

- Hệ quản trị: SQLite hoặc MySQL.

- Mục đích: Lưu trữ dữ liệu cảm biến lịch sử và kết quả dự báo để phân tích hoặc truy xuất theo yêu cầu.

1. Yêu cầu tương thích và tích hợp

- Phần mềm phải hoạt động trơn tru trên cả máy tính cá nhân và thiết bị nhúng.

- Tương thích với giao thức truyền thông UART/Wi-Fi.

- Dữ liệu được truyền phải ở định dạng JSON hoặc dạng khối dữ liệu có cấu trúc rõ ràng.

**2.5 Hạn chế về thiết kế và triển khai**

Trong quá trình phát triển Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh, các nhà phát triển sẽ phải tuân thủ một số hạn chế và yêu cầu cụ thể. Những yếu tố này có thể ảnh hưởng đến các quyết định thiết kế và triển khai của hệ thống:

1. Hạn chế về phần cứng

- Bộ nhớ hạn chế: Do việc sử dụng phần cứng nhúng (ESP32), bộ nhớ RAM và bộ nhớ trong của thiết bị rất hạn chế. Điều này yêu cầu tối ưu hóa mã nguồn, giảm thiểu bộ nhớ cần thiết và sử dụng các thuật toán xử lý dữ liệu nhẹ.

-Yêu cầu về nguồn điện: Hệ thống yêu cầu nguồn cấp điện ổn định (DC 5V hoặc 3.3V), và cần có khả năng tiết kiệm năng lượng trong trường hợp hoạt động dài hạn.

- Kết nối mạng: Hệ thống sử dụng Wi-Fi cho việc truyền tải dữ liệu. Tuy nhiên, độ ổn định của mạng có thể là yếu tố ảnh hưởng đến khả năng thu thập và truyền tải dữ liệu theo thời gian thực.

1. Giao thức truyền thông

- Giao thức UART: Mặc dù UART là lựa chọn phổ biến trong các hệ thống nhúng, tốc độ truyền tải và khoảng cách truyền có thể bị hạn chế nếu không có các biện pháp tăng cường (ví dụ: sử dụng module chuyển đổi tín hiệu).

- Giao thức Wi-Fi: Hệ thống sẽ truyền tải dữ liệu lên máy chủ qua Wi-Fi, yêu cầu kết nối ổn định và bảo mật, đồng thời phải có biện pháp xử lý khi mất kết nối.

1. Yêu cầu về ngôn ngữ và công cụ phát triển

- Ngôn ngữ lập trình: MicroPython được sử dụng cho lập trình nhúng trên ESP32, trong khi Python 3.8+ sẽ được dùng cho máy chủ phân tích và xử lý dữ liệu. Việc duy trì sự tương thích giữa hai môi trường này là một yêu cầu quan trọng.

- Công cụ phát triển: Các công cụ như Thonny IDE (cho MicroPython) và PyCharm/VS Code (cho Python) sẽ được sử dụng để phát triển, debug và kiểm tra mã nguồn.

1. Hạn chế về thời gian

- Thời gian thực thi dự báo: Hệ thống cần phải thực hiện các dự báo trong thời gian thực hoặc gần thời gian thực, do đó việc tối ưu hóa tốc độ xử lý dữ liệu từ các cảm biến và tính toán dự báo sẽ là yếu tố quan trọng.

- Cập nhật dữ liệu liên tục: Dữ liệu từ các cảm biến sẽ được thu thập và truyền tải theo chu kỳ, yêu cầu hệ thống có khả năng xử lý và cập nhật liên tục mà không gây gián đoạn.

1. Bảo mật và quyền truy cập

- Mã hóa dữ liệu: Dữ liệu cảm biến và dự báo cần phải được mã hóa khi truyền qua mạng để đảm bảo an toàn và bảo mật.

- Quyền truy cập hệ thống: Các giao diện người dùng sẽ có các cấp quyền khác nhau (quản trị viên, người dùng phổ thông) để hạn chế quyền truy cập vào các dữ liệu và chức năng quan trọng.

1. Tiêu chuẩn và quy ước thiết kế

- Tiêu chuẩn lập trình: Phải tuân thủ các tiêu chuẩn lập trình như PEP 8 (Python) và các quy ước đặt tên biến, hàm rõ ràng để dễ dàng bảo trì và nâng cấp trong tương lai.

- Quy ước thiết kế giao diện: Giao diện người dùng sẽ tuân thủ các quy ước thiết kế đơn giản và trực quan, dễ sử dụng cho người dùng không chuyên môn.

1. Tính tương thích với hệ thống khác

- Khả năng mở rộng: Hệ thống cần có khả năng mở rộng để dễ dàng tích hợp thêm các cảm biến mới hoặc thêm các chức năng như cảnh báo dự báo thời tiết hoặc dự báo chính xác hơn trong tương lai.

**2.6 Tài liệu hướng dẫn sử dụng**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh sẽ đi kèm với các tài liệu hướng dẫn sử dụng giúp người dùng và các nhà phát triển dễ dàng sử dụng và duy trì phần mềm. Các thành phần tài liệu hướng dẫn sử dụng bao gồm:

1. Hướng dẫn sử dụng hệ thống

Mục đích: Cung cấp cho người dùng cuối một hướng dẫn chi tiết về cách sử dụng hệ thống, bao gồm cài đặt phần mềm, kết nối thiết bị cảm biến, và xem kết quả dự báo thời tiết.

Nội dung: Hướng dẫn này sẽ bao gồm các phần sau:

- Cài đặt và cấu hình phần mềm.

- Cách kết nối và sử dụng cảm biến (Bme280).

- Hướng dẫn sử dụng giao diện người dùng để xem dữ liệu và dự báo.

- Cách bảo trì và kiểm tra hệ thống.

1. Trợ giúp trực tuyến

Mục đích: Cung cấp thông tin nhanh chóng và dễ dàng cho người dùng về các vấn đề gặp phải trong quá trình sử dụng.

Nội dung: Tài liệu trợ giúp trực tuyến sẽ bao gồm các bài viết thường gặp, giải thích về lỗi, hướng dẫn khắc phục sự cố, và các vấn đề liên quan đến cài đặt hoặc sử dụng hệ thống.

1. Tài liệu hướng dẫn cài đặt phần cứng

Mục đích: Hướng dẫn người dùng hoặc kỹ thuật viên về cách lắp ráp và cài đặt các thành phần phần cứng của hệ thống.

Nội dung: Tài liệu này sẽ giải thích chi tiết cách kết nối các cảm biến, thiết bị và phần cứng nhúng (ESP32), bao gồm sơ đồ kết nối và các bước kiểm tra sau khi cài đặt.

1. Tài liệu đào tạo cho người dùng cuối

Mục đích: Cung cấp các tài liệu đào tạo để người dùng cuối hiểu rõ hơn về hệ thống và cách sử dụng nó trong các tình huống thực tế.

Nội dung: Tài liệu này sẽ bao gồm các chủ đề như:

- Giới thiệu về hệ thống và các chức năng chính.

- Cách sử dụng dữ liệu dự báo để đưa ra quyết định trong việc trồng trọt hoặc dự báo mưa.

- Các ví dụ tình huống và ứng dụng thực tế.

**2.7 Giả định và sự phụ thuộc**

Trong quá trình xây dựng và vận hành Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh, một số giả định và sự phụ thuộc sau đây được đưa ra. Những yếu tố này có thể ảnh hưởng đến tính khả thi, hiệu quả hoặc độ chính xác của hệ thống nếu có thay đổi hoặc sai lệch so với thực tế.

Giả định:

- Kết nối mạng ổn định:

Hệ thống được giả định sẽ vận hành trong môi trường có kết nối Wi-Fi ổn định để có thể truyền dữ liệu từ các cảm biến đến máy chủ hoặc đám mây phục vụ cho việc xử lý và hiển thị.

- Cảm biến hoạt động chính xác và liên tục:

Các cảm biến Bme280 hoạt động trong điều kiện tiêu chuẩn và không bị hư hỏng trong quá trình sử dụng.

- Dữ liệu thu thập có độ tin cậy:

Các giá trị cảm biến được giả định là đúng, không nhiễu, không lỗi và không cần xử lý sai số lớn.

- Người dùng có hiểu biết cơ bản về thiết bị IoT:

Người dùng được giả định có khả năng kết nối thiết bị vào nguồn điện, mạng và biết cách truy cập giao diện người dùng để xem dữ liệu dự báo.

- Nền tảng phần cứng ESP32 có đủ tài nguyên:

Vi điều khiển ESP32 có đủ RAM, bộ nhớ và tốc độ xử lý để thu thập, xử lý dữ liệu và truyền thông qua UART hoặc Wi-Fi.

Sự phụ thuộc:

- Thư viện phần mềm bên thứ ba:

Dự án phụ thuộc vào một số thư viện MicroPython như:

- dht (đọc cảm biến Bme280),

- machine, time (điều khiển phần cứng),

- urequests hoặc giao thức UART/Wi-Fi để truyền dữ liệu.

Nếu có thay đổi về thư viện hoặc không tương thích với phiên bản firmware, hệ thống có thể cần điều chỉnh mã nguồn.

- Hệ điều hành hoặc môi trường IDE:

Dự án được phát triển và triển khai trên nền MicroPython, sử dụng công cụ như Thonny IDE hoặc uPyCraft. Việc thay đổi môi trường có thể yêu cầu cấu hình lại hệ thống.

- Sự phụ thuộc vào mô hình học máy được huấn luyện:

Mô hình hồi quy tuyến tính dùng để dự đoán mưa được giả định là đã được huấn luyện chính xác từ dữ liệu lịch sử. Nếu dữ liệu huấn luyện không đủ hoặc không phù hợp, kết quả dự đoán có thể thiếu chính xác.

- Phụ thuộc vào nguồn điện ổn định:

Các cảm biến và vi điều khiển hoạt động ổn định chỉ khi được cấp nguồn đúng mức (thường 3.3V hoặc 5V). Việc mất điện hoặc dao động nguồn có thể ảnh hưởng đến hoạt động hệ thống.

**3. Tính năng hệ thống**

**3.1 Tính năng: Thu thập dữ liệu cảm biến thời tiết**

* Mô tả và ưu tiên

Hệ thống phải thu thập dữ liệu từ các cảm biến môi trường như nhiệt độ, độ ẩm không khí (Bme280). Dữ liệu sẽ được cập nhật định kỳ để phục vụ việc dự đoán.

Mức độ ưu tiên: Cao

* Chuỗi kích thích/phản ứng

Người dùng cấp nguồn cho hệ thống → Hệ thống tự động khởi tạo các cảm biến.

Mỗi chu kỳ thời gian định sẵn (ví dụ: 5 giây) → ESP32 truy vấn dữ liệu từ cảm biến → Dữ liệu được lưu tạm và gửi đến hệ thống dự đoán.

* Yêu cầu chức năng

- Hệ thống phải lấy dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm từ cảm biến Bme280 mỗi 5 giây.

- Hệ thống phải lấy giá trị độ ẩm đất từ cảm biến analog và chuyển đổi sang định dạng số.

- Hệ thống phải đọc trạng thái ON/OFF từ cảm biến chạm và lưu lại.

- Trong trường hợp cảm biến không phản hồi, hệ thống phải ghi log lỗi và tiếp tục vòng lặp lấy dữ liệu trong chu kỳ tiếp theo.

**3.2 Tính năng: Dự đoán khả năng mưa bằng mô hình hồi quy**

* Mô tả và ưu tiên

Hệ thống sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính để dự đoán khả năng mưa dựa trên các thông số đo được từ cảm biến.  
Mức độ ưu tiên: Cao

* Chuỗi kích thích/phản ứng

Sau mỗi lần thu thập dữ liệu cảm biến đầy đủ → Hệ thống gọi mô hình hồi quy với đầu vào là nhiệt độ, độ ẩm không khí và độ ẩm đất → Kết quả trả về là xác suất có mưa hoặc nhãn "Rain"/"No Rain" → Hiển thị kết quả.

* Yêu cầu chức năng

- Hệ thống phải truyền dữ liệu đầu vào đến mô hình hồi quy và nhận kết quả dự đoán.

- Mô hình dự đoán phải được huấn luyện trước và lưu trữ trên hệ thống hoặc máy chủ.

- Nếu mô hình không trả về kết quả trong 3 giây, hệ thống phải hiển thị lỗi “Mất kết nối mô hình” và ghi log.

**3.3 Tính năng: Giao tiếp UART/Wi-Fi và hiển thị dữ liệu**

* Mô tả và ưu tiên

Hệ thống có thể truyền dữ liệu ra thiết bị khác qua UART hoặc giao tiếp Wi-Fi

(nếu khả dụng). Đồng thời, hiển thị dữ liệu đo và kết quả dự báo qua màn hình hoặc gửi đến máy chủ.  
Mức độ ưu tiên: Trung bình

* Chuỗi kích thích/phản ứng

- Người dùng bật nguồn → Hệ thống khởi tạo giao tiếp UART/Wi-Fi.

- Mỗi lần thu thập và dự đoán hoàn tất → Dữ liệu được gửi đến thiết bị nhận và hiển thị trên màn hình hoặc ứng dụng web.

* Yêu cầu chức năng

- Hệ thống phải định dạng dữ liệu theo JSON và truyền qua UART đến thiết bị giám sát.

- Hệ thống phải hỗ trợ kết nối Wi-Fi và gửi dữ liệu lên máy chủ qua HTTP nếu có cấu hình sẵn.

- Trong trường hợp mất kết nối, dữ liệu cần được lưu tạm và gửi lại khi có mạng.

**4 Yêu cầu về giao diện bên ngoài**

**4.1 Giao diện người dùng**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh sẽ có hai loại giao diện người dùng chính:

1. Giao diện trên thiết bị phần cứng (MicroPython ESP32):

- Hiển thị cơ bản trên màn hình LCD nhỏ gắn kèm (nếu có).

Thông tin hiển thị:

- Nhiệt độ hiện tại (°C)

- Độ ẩm không khí (%)

- Áp xuất(hPa)

- Trạng thái cảm biến chạm (bật/tắt)

- Kết quả dự báo mưa: “RAIN” hoặc “NO RAIN”

- Cập nhật định kỳ sau mỗi chu kỳ đo (ví dụ: 5 giây).

- Các biểu tượng đơn giản (mặt trời/mưa) có thể được hiển thị kèm theo để trực quan hóa.

1. Giao diện web (nếu mở rộng kết nối Wi-Fi):

- Thiết kế giao diện dạng Dashboard đơn giản.

Các thành phần chính:

- Biểu đồ nhiệt độ và độ ẩm theo thời gian

- Bản dữ liệu dự báo gần nhất.

- Trạng thái thiết bị (kết nối, nguồn, trạng thái cảm biến).

- Các nút điều khiển: “Cập nhật thủ công”, “Tải lại dữ liệu”, “Xuất CSV”.

**4.2 Giao diện phần cứng**

Phần mềm của Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh tương tác trực tiếp với nhiều cảm biến vật lý và thiết bị thông qua vi điều khiển ESP32 chạy MicroPython. Các giao diện phần cứng chính bao gồm:

1. ESP32 (Bộ điều khiển trung tâm):

Vai trò: Xử lý tín hiệu cảm biến, tính toán dự báo và xuất dữ liệu.

Giao tiếp nội bộ:

- Giao tiếp GPIO với cảm biến chạm.

- Giao tiếp I2C/SPI với màn hình LCD (nếu có)

- Giao tiếp UART để gửi dữ liệu sang máy tính hoặc thiết bị giám sát.

- Giao tiếp Wi-Fi (qua TCP/IP) nếu có kết nối mạng.

1. Bme280 (Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm và áp xuất không khí):

- Kết nối: Một chân tín hiệu kết nối đến chân GPIO bất kỳ trên ESP32.

- Giao thức: 1-wire (giao tiếp số).

- Tần suất đọc: 1–2 giây/lần.

- Dữ liệu truyền: Nhiệt độ (°C), độ ẩm (%) và áp xuất(hPa)

1. Màn hình LCD (nếu có):

- Kết nối: Giao tiếp I2C (SCL, SDA).

- Dữ liệu xuất: Thông tin môi trường, trạng thái dự báo.

- Tần suất cập nhật: Theo chu kỳ đo (ví dụ: mỗi 5 giây).

1. UART Interface (Kết nối ngoài):

- Mục đích: Gửi dữ liệu thời gian thực tới máy tính hoặc gateway khác.

- Tốc độ baud: 9600 hoặc 115200 bps.

- Định dạng dữ liệu: JSON hoặc CSV (có thể cấu hình).

**4.3 Giao diện phần mềm**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh tích hợp với nhiều thành phần phần mềm khác để thực hiện các chức năng thu thập, xử lý, lưu trữ và truyền dữ liệu. Các giao diện phần mềm

chính bao gồm:

1. Hệ điều hành và nền tảng

- Tên: MicroPython

- Vai trò: Nền tảng chính chạy trên vi điều khiển ESP32. Cung cấp thư viện lập trình và API để tương tác với cảm biến, UART, và Wi-Fi.

- Giao diện: Dựa trên script Python (\*.py) với cấu trúc module rõ ràng.

1. Bảng 1: Thư viện phần mềm tích hợp

| Tên thư viện | Mục đích sử dụng | Phiên bản / Nguồn |
| --- | --- | --- |
| machine | Giao tiếp với GPIO, ADC, UART | MicroPython core |
| bme280.py | Đọc dữ liệu từ cảm biến Bme280 | MicroPython core |
| time | Delay và thời gian hệ thống | MicroPython core |
| network | Kết nối Wi-Fi nếu cần (dự phòng truyền dữ liệu) | MicroPython core |

1. Giao diện người dùng phần mềm (tùy chọn mở rộng)

Công cụ: Web App có thể được tích hợp sau.

API sử dụng: Có thể tích hợp REST API hoặc MQTT nếu muốn mở rộng hệ thống.

Thông tin chia sẻ: Các chỉ số môi trường theo thời gian thực và kết quả dự báo.

**4.4 Giao diện truyền thông**

1. Giao thức UART (Giao tiếp nối tiếp)

Mục đích: Truyền dữ liệu từ vi điều khiển ESP32 đến gateway hoặc hệ thống máy chủ giám sát.

Thông số kỹ thuật:

- Tốc độ truyền: 9600 hoặc 115200 baud (tùy cấu hình).

- Cấu hình khung truyền: 8-bit data, 1 stop bit, no parity.

- Dữ liệu truyền: Chuỗi JSON hoặc định dạng văn bản CSV.

- Đồng bộ hóa: Thực hiện theo luồng tuần tự, không đa luồng. Đồng bộ bằng cách gửi ký tự bắt đầu và kết thúc nếu cần.

1. Wi-Fi (Giao tiếp không dây - tùy chọn)

Mục đích: Truyền dữ liệu đến server hoặc đám mây (Firebase hoặc API HTTP).

Chuẩn giao tiếp: IEEE 802.11 b/g/n.

Giao thức truyền: HTTP POST hoặc MQTT (nếu cấu hình mở rộng).

Định dạng dữ liệu: JSON.

Bảo mật:

- Hỗ trợ mã hóa WPA2 cho kết nối Wi-Fi.

- HTTPS hoặc MQTT qua TLS sẽ được áp dụng nếu sử dụng các API công khai.

Tần suất gửi dữ liệu: Mỗi 5 phút hoặc theo sự kiện thay đổi dữ liệu đáng kể (event-driven)

1. Máy chủ Web (tùy chọn - cho cấu hình mở rộng)

Mô hình: ESP32 có thể lưu trữ một Web Server mini hiển thị dữ liệu cảm biến trong mạng nội bộ.

Giao thức: HTTP 1.1.

Đường dẫn: /status, /data.json.

Định dạng: HTML cho giao diện, JSON cho truy vấn API.

Bảo mật: Mật khẩu truy cập hoặc IP whitelist nội bộ (nếu yêu cầu).

**5 Các yêu cầu không chức năng khác**

**5.1 Yêu cầu về hiệu suất**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh cần đảm bảo hiệu suất hoạt động ổn định trong các điều kiện khác nhau, bao gồm cả môi trường có tín hiệu không ổn định và hạn chế về năng lượng. Các yêu cầu cụ thể như sau:

1. Tần suất thu thập dữ liệu cảm biến

Yêu cầu: Hệ thống phải thu thập dữ liệu từ các cảm biến (nhiệt độ, độ ẩm không khí,áp xuất không khí) tối thiểu mỗi 60 giây một lần.

Lý do: Đảm bảo dữ liệu đủ thường xuyên để phát hiện sớm các điều kiện bất thường và phục vụ dự đoán chính xác hơn.

1. Thời gian phản hồi từ khi nhận dữ liệu đến khi truyền đi

Yêu cầu: Thời gian xử lý dữ liệu cảm biến và gửi kết quả ra giao diện UART hoặc lên mạng Wi-Fi không được vượt quá 2 giây.

Lý do: Đảm bảo hệ thống phản hồi gần thời gian thực và duy trì khả năng cập nhật liên tục

1. Dung lượng bộ nhớ và CPU

Yêu cầu:

Bộ nhớ RAM sử dụng không vượt quá 70% tổng bộ nhớ khả dụng của ESP32 để tránh tràn stack hoặc crash.

Thời gian CPU sử dụng cho việc dự đoán không quá 1 giây/lượt.

Lý do: Giữ cho thiết bị hoạt động ổn định và tiết kiệm năng lượng, nhất là khi chạy bằng pin hoặc năng lượng mặt trời

1. Dung lượng dữ liệu truyền tải

Yêu cầu: Dung lượng gói tin gửi qua Wi-Fi hoặc UART không được vượt quá 500 byte/lần truyền.

Lý do: Giảm tải băng thông và tránh nghẽn khi có nhiều thiết bị trong cùng hệ thống truyền thông.

1. Tính sẵn sàng của hệ thống

Yêu cầu: Hệ thống phải hoạt động liên tục với độ tin cậy tối thiểu 95% trong 24 giờ hoạt động.

Lý do: Đảm bảo giám sát liên tục môi trường phục vụ phân tích thời tiết.

1. Khả năng phục hồi

Yêu cầu: Khi xảy ra mất điện hoặc khởi động lại hệ thống, thiết bị phải khôi phục trạng thái hoạt động bình thường trong vòng 10 giây.

Lý do: Đảm bảo tính ổn định và sẵn sàng cao trong môi trường hoạt động không liên tục.

**5.2 Yêu cầu về an toàn**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh là một hệ thống thu thập và phân tích dữ liệu môi trường thực tế, vì vậy các yêu cầu an toàn liên quan đến phần cứng, dữ liệu và người dùng cần được xác định rõ ràng để tránh thiệt hại vật lý, sai lệch dữ liệu và nguy cơ bảo mật.

1. Bảo vệ phần cứng

Yêu cầu: Các cảm biến và vi điều khiển phải được đặt trong vỏ chống thấm nước và chống bụi (chuẩn tối thiểu IP54) để bảo vệ khỏi thời tiết khắc nghiệt.

Biện pháp: Sử dụng hộp bảo vệ ngoài trời có khả năng tản nhiệt tốt, tránh ẩm và chống rò điện.

1. Ngăn chặn quá nhiệt và chập mạch

Yêu cầu: Hệ thống phải có cơ chế tự ngắt nguồn nếu nhiệt độ vi điều khiển hoặc dòng điện vượt ngưỡng cho phép.

Lý do: Tránh cháy nổ hoặc hư hỏng linh kiện trong trường hợp môi trường quá nóng hoặc ngắn mạch.

1. Tính toàn vẹn dữ liệu

Yêu cầu: Phải có kiểm tra CRC (Cyclic Redundancy Check) hoặc checksum để xác minh tính toàn vẹn của dữ liệu trước khi sử dụng trong các thuật toán dự báo.

Lý do: Tránh sai lệch trong dự đoán thời tiết do dữ liệu lỗi hoặc bị thay đổi.

1. An toàn khi truyền thông

Yêu cầu: Nếu dữ liệu được truyền qua mạng (Wi-Fi), phải sử dụng giao thức mã hóa đơn giản như AES-128 hoặc bảo vệ bằng mật khẩu mạng WPA2

Lý do: Ngăn chặn truy cập trái phép hoặc thay đổi dữ liệu trong quá trình truyền.

1. Đáp ứng các tiêu chuẩn và quy định

Yêu cầu: Hệ thống phải tuân thủ các tiêu chuẩn an toàn điện áp thấp và thiết bị điện tử tiêu dùng (ví dụ: IEC 61010 hoặc RoHS nếu sản xuất thương mại).

Lý do: Đảm bảo người dùng cuối không bị ảnh hưởng bởi thiết bị lỗi hoặc điện áp nguy hiểm.

1. Giới hạn người dùng tác động

Yêu cầu: Giao diện người dùng (nếu có) phải giới hạn truy cập chỉnh sửa cấu hình kỹ thuật cho người dùng không chuyên, trừ khi có xác thực.

Biện pháp: Áp dụng phân quyền hoặc yêu cầu xác thực mật khẩu khi thay đổi cấu hình hệ thống.

**5.3 Yêu cầu bảo mật**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh có thể thu thập và xử lý dữ liệu môi trường từ nhiều địa điểm, do đó các biện pháp bảo mật là bắt buộc để đảm bảo tính riêng tư, toàn vẹn và an toàn của dữ liệu.

1. Xác thực người dùng

Người dùng truy cập vào giao diện quản trị (nếu có) phải thực hiện đăng nhập với tên người dùng và mật khẩu.

Mật khẩu phải được lưu trữ dưới dạng mã hóa (hash) bằng thuật toán bảo mật như SHA-256.

1. Bảo vệ dữ liệu truyền tải

Dữ liệu từ cảm biến gửi đến máy chủ/ứng dụng phải được bảo vệ bằng giao thức có mã hóa (ví dụ: HTTPS, MQTT over TLS).

Thông tin nhạy cảm như vị trí hoặc dữ liệu dự báo chính xác theo khu vực không được gửi qua mạng công khai nếu không được mã hóa.

1. Quyền riêng tư dữ liệu

Không thu thập dữ liệu cá nhân người dùng.

Nếu cần lưu nhật ký truy cập hoặc hành vi hệ thống, phải có lựa chọn bật/tắt và xóa theo yêu cầu.

1. Bảo mật thiết bị đầu cuối

Firmware của vi điều khiển phải được khóa (read-protected) để ngăn can thiệp trái phép.

Các cổng giao tiếp vật lý (UART, SPI, I2C) không được để mở trong bản phát hành cuối.

1. Yêu cầu tuân thủ

Hệ thống phải tuân thủ các quy định bảo mật cơ bản theo chuẩn OWASP IoT Top 10 và GDPR (nếu áp dụng ở môi trường thực tế với dữ liệu người dùng liên quan).

**5.4 Thuộc tính chất lượng phần mềm**

1. Tính chính xác

- Dự đoán thời tiết phải đạt độ chính xác tối thiểu 85% so với dữ liệu thực tế trong vòng 24 giờ.

- Hệ thống cần sử dụng mô hình hồi quy học máy được huấn luyện định kỳ để cập nhật độ chính xác.

1. Tính khả dụng

- Giao diện (nếu có) phải có thời gian phản hồi dưới 1 giây cho mọi thao tác người dùng.

- Hệ thống nhúng phải có thời gian khởi động dưới 5 giây từ lúc cấp nguồn.

1. Tính bảo trì

- Mã nguồn phải được tổ chức theo mô-đun, có tài liệu kỹ thuật đi kèm.

- Cập nhật firmware thông qua cổng UART hoặc OTA (nếu triển khai Wi-Fi)

1. Tính di động

- Hệ thống có thể được triển khai trên nhiều nền tảng phần cứng khác nhau như ESP32, Raspberry Pi, STM32.

- Mã MicroPython có thể chạy trên trình thông dịch chuẩn và môi trường mô phỏng.

1. Tính kiểm tra được

- Mỗi chức năng chính đều có thể kiểm tra độc lập bằng tập lệnh kiểm thử đơn vị (unit test).

- Các đầu ra (như dự báo) có thể kiểm tra được bằng cách đối chiếu với dữ liệu khí tượng từ nguồn chuẩn.

1. Tính dễ sử dụng

- Người dùng không chuyên có thể thiết lập hệ thống qua giao diện đơn giản (nút bấm, đèn báo, hoặc giao diện web tùy chọn).

**6. Các yêu cầu khác**

1. Yêu cầu cơ sở dữ liệu

- Dữ liệu thu thập từ cảm biến (nhiệt độ, độ ẩm, độ ẩm đất, trạng thái mưa) phải được lưu trữ định kỳ vào cơ sở dữ liệu dưới dạng bản ghi thời gian thực.

- Cơ sở dữ liệu đề xuất sử dụng: SQLite cho hệ thống nhúng hoặc MySQL/PostgreSQL cho hệ thống có máy chủ backend.

Mỗi bản ghi phải bao gồm:

- ID cảm biến

- Thời gian ghi nhận (timestamp)

- Giá trị đo (nhiệt độ, độ ẩm, mưa, v.v.)

- Tình trạng pin (nếu có)

1. Mục tiêu tái sử dụng

Mô-đun thu thập dữ liệu và mô hình dự báo phải được thiết kế để tái sử dụng cho các mục đích:

- Cảnh báo sớm thiên tai.

- Quản lý tưới tiêu tự động.

- Dự báo thời tiết vi mô trong nông nghiệp chính xác (precision agriculture).

Bảng 2: Thuật ngữ 1

| Thuật ngữ | Mô tả |
| --- | --- |
| Bme280 | Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm và áp xuất kỹ thuật số |
| UART | Giao tiếp nối tiếp không đồng bộ giữa thiết bị và vi điều khiển |
| MicroPython | Phiên bản nhẹ của Python dùng cho vi điều khiển |
| TBD | To Be Determined - Chưa được xác định rõ |
| HTTPS | Giao thức truyền siêu văn bản có mã hóa (bảo mật) |
| OTA | Over The Air - Cập nhật firmware qua mạng không dây |

Mô hình phân tích

1. Sơ đồ luồng dữ liệu (DFD - Data Flow Diagram)

Hiển thị dòng chảy từ cảm biến → bộ xử lý dữ liệu → hệ thống dự đoán → lưu trữ → giao diện người dùng (nếu có).  
(Đính kèm sơ đồ minh họa nếu có)

2. Sơ đồ lớp (Class Diagram)

Các lớp bao gồm: SensorData, WeatherPredictor, DatabaseHandler, UserInterface.  
(Đính kèm sơ đồ UML nếu có)

3. Sơ đồ trạng thái (State Diagram)

Trạng thái chính của thiết bị: Ngủ → Thu thập dữ liệu → Dự đoán → Gửi dữ liệu → Ngủ.

Bảng 3: Danh sách vấn đề

| ID | Mô tả vấn đề | Trạng thái |
| --- | --- | --- |
| TBD-01 | Lựa chọn chính thức giữa SQLite và PostgreSQL cho cơ sở dữ liệu | Đang xem xét |
| TBD-02 | Cơ chế cập nhật mô hình học máy trong môi trường nhúng hạn chế tài nguyên | Đang phân tích |
| TBD-03 | Có cần hỗ trợ MQTT cho truyền dữ liệu cảm biến không? | Đang thảo luận |
| TBD-04 | Hình thức triển khai OTA cho ESP32 cần xác nhận khả thi | Chưa xác định |

**CHƯƠNG II: KIẾN TRÚC HỆ THỐNG**

**1. Giới Thiệu**

**1.1 Tổng quan về tài liệu**

Tài liệu này mô tả kiến trúc của hệ thống Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh

* Mô tả tổng quan về hệ thống, bao gồm mục đích, chức năng chính và thiết kế tổng thể.
* Các thành phần của hệ thống, như cảm biến, bộ xử lý,mô-đun truyền thông và giao diện người dùng.
* Luồng dữ liệu và sự tương tác giữa các thành phần, bao gồm thu thập dữ liệu cảm biến, xử lý, kích hoạt cảnh báo và cơ chế thông báo.
* Các công nghệ và giao thức được sử dụng để truyền dữ liệu, lưu trữ và hiển thị.
* Các yếu tố liên quan đến độ tin cậy, khả năng mở rộng và bảo mật của hệ thống.

## 1.2Từ viết tắt và thuật ngữ.

### Bảng 4 Từ viết tắt:

| **Viết tắt** | **Diễn giải** |
| --- | --- |
| SRS | Software Requirements Specification (Tài liệu Đặc tả Yêu cầu Phần mềm) |
| UI | User Interface (Giao diện Người dùng) |
| DB | Database (Cơ sở dữ liệu) |
| API | Application Programming Interface (Giao diện lập trình ứng dụng) |
| SOUP | Software of Unknown Provenance (Phần mềm không rõ nguồn gốc) |

### Bảng 5: Thuật ngữ 2

| **Thuật ngữ** | **Định nghĩa** |
| --- | --- |
| Phân tích hồi quy | Phương pháp thống kê dùng để dự đoán giá trị đầu ra dựa trên dữ liệu đầu vào. |
| MicroPython | Phiên bản thu gọn của Python dành cho các vi điều khiển. |
| UART | Giao tiếp nối tiếp không đồng bộ dùng để truyền dữ liệu giữa vi điều khiển và thiết bị khác. |
| Giao diện người dùng (UI) | Thành phần phần mềm cho phép người dùng tương tác với hệ thống. |

## **1.3Tài liệu tham khảo**

### Bảng 6 Tài liệu tham khảo về dự án:

| # | Document Identifier | Document Title |
| --- | --- | --- |
| [R1] | Wireless Sensor Networks | Ian F. Akyildiz & Mehmet Can Vuran  Cung cấp kiến thức về mạng cảm biến không dây, nền tảng của các hệ thống giám sát môi trường. |
| [R2] | Smart Sensors and Systems | S. Mukhopadhyay, T. Islam  Tổng quan về cảm biến thông minh và cách tích hợp chúng vào hệ thống giám sát. |
| [R3] | Internet of Things: Principles and Paradigms | Rajkumar Buyya, Amir Vahid Dastjerdi  Giới thiệu tổng quan về IoT và các nguyên tắc thiết kế hệ thống giám sát thông minh. |
|  |  |  |

### Bảng Tài liệu tham khảo về tiêu chuẩn quy định:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| # | Document Identifier | Document Title |
| [STD1] | ISO 9241-210:2019 | Ergonomics of human-system interaction  Hướng dẫn về thiết kế hệ thống có tính đến yếu tố con người, hữu ích cho việc phát triển giao diện người dùng của hệ thống giám sát. |
| [STD2] | ISO 50001:2018 | Energy Management Systems  Tiêu chuẩn quản lý năng lượng, giúp tối ưu hóa hệ thống giám sát trong các môi trường công nghiệp. |
| [STD3] | ASHRAE Standard 55-2020 | Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy  Tiêu chuẩn về nhiệt độ và độ ẩm tối ưu cho không gian làm việc và sinh hoạt. |
| [STD4] | FDA 21 CFR Part 11 | Electronic Records; Electronic Signatures  Tiêu chuẩn về lưu trữ dữ liệu điện tử, hữu ích nếu hệ thống yêu cầu lưu trữ dữ liệu môi trường để phân tích hoặc báo cáo |

## 1.4 Quy ước

1. Quy ước về sơ đồ

- Sơ đồ kiến trúc logic: được biểu diễn bằng các khối (block) tương ứng với các thành phần phần mềm chính và các mối liên hệ giữa chúng bằng các mũi tên biểu thị dòng dữ liệu hoặc luồng điều khiển.

- Sơ đồ kiến trúc vật lý: sử dụng ký hiệu biểu thị phần cứng (như vi điều khiển, cảm biến, thiết bị đầu cuối) và mối liên kết vật lý (UART, GPIO, I2C, v.v.).

- Sơ đồ quy trình: tuân thủ chuẩn UML (Unified Modeling Language), sử dụng sơ đồ hoạt động (activity diagram) hoặc sơ đồ trình tự (sequence diagram) khi cần thiết để minh họa hành vi động.

1. Quy ước thuật ngữ

- COTS (Commercial Off-The-Shelf), OTSS (Off-The-Shelf Software), và SOUP (Software Of Unknown Provenance) đều đề cập đến cùng một khái niệm: phần mềm do bên thứ ba cung cấp, không được phát triển theo quy trình phần mềm kiểm soát và không có đầy đủ thông tin xác minh tuân thủ tiêu chuẩn hoặc quy định.

- MCU: Vi điều khiển (Microcontroller Unit), đơn vị xử lý chính trong hệ thống nhúng.

- UART: Giao tiếp nối tiếp không đồng bộ giữa các thiết bị phần cứng.

1. Quy ước định dạng văn bản

- Các từ in đậm dùng để nhấn mạnh các thành phần hoặc thuật ngữ quan trọng.

- Các mã lệnh hoặc tên thành phần phần mềm/hardware được đặt trong dấu monospace để dễ nhận diện.

**2.Kiến trúc**

**2.1 Tổng quan về kiến trúc**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh là một giải pháp tích hợp phần cứng và phần mềm được thiết kế để giám sát môi trường và dự đoán thời tiết cục bộ dựa trên dữ liệu cảm biến thực tế. Hệ thống hướng tới việc cung cấp một nền tảng nhẹ, chi phí thấp nhưng hiệu quả, có thể được triển khai linh hoạt tại các khu vực nông thôn, vùng xa hoặc trong các môi trường nghiên cứu học thuật.

* Môi trường hoạt động:

Hệ thống hoạt động trong các môi trường ngoài trời hoặc bán ngoài trời, như:

- Nông trại hoặc vườn nhà (home garden, greenhouse)

- Trạm giám sát khí tượng cục bộ

- Môi trường học tập, nghiên cứu (phòng thí nghiệm)

- Khu vực dân cư có mạng Internet hạn chế

* Người dùng:

- Nông dân, hộ gia đình, cần dự đoán thời tiết để phục vụ sản xuất hoặc sinh hoạt

- Nhà nghiên cứu, học sinh, sinh viên, sử dụng dữ liệu để nghiên cứu khí hậu, mô hình dự báo

- Quản trị viên hệ thống, giám sát và bảo trì thiết bị

* Mục đích sử dụng:

Hệ thống thu thập dữ liệu thời tiết từ môi trường như:

- Nhiệt độ không khí

- Độ ẩm không khí

- Độ ẩm đất

- Tình trạng mưa (qua cảm biến hoặc suy luận mô hình)

Dữ liệu sau đó được xử lý và phân tích để dự đoán khả năng mưa trong tương lai gần, giúp người dùng đưa ra các quyết định chính xác hơn trong trồng trọt hoặc sinh hoạt.

Các chức năng chính:

- Thu thập dữ liệu từ cảm biến (Bme280 nhiệt độ độ ẩm áp suất)

- Truyền dữ liệu về bộ xử lý trung tâm

- Phân tích dữ liệu bằng mô hình hồi quy

- Hiển thị kết quả dự báo qua màn hình LCD, website hoặc thông báo tin nhắn (nếu có kết nối)

- Lưu trữ dữ liệu lịch sử để phục vụ phân tích xu hướng

Giao diện, đầu vào và đầu ra chính:

- Đầu vào vật lý: Dữ liệu từ cảm biến Bme280 nhiệt độ độ ẩm áp suất

- Đầu vào phần mềm: Dữ liệu đầu vào dạng, có thể được hiệu chỉnh và tiền xử lý

- Đầu ra vật lý: Hiển thị trạng thái dự báo lên LCD; có thể mở rộng sang loa, đèn cảnh báo hoặc gửi dữ liệu đến máy chủ

- Giao diện phần mềm: Giao diện người dùng trên web

## 2.2 Tổng quan về kiến trúc vật lý

Hệ thống dự báo lương mưa bao gồm một tập hợp các thành phần phần cứng đơn giản nhưng tích hợp chặt chẽ, được triển khai tại hiện trường để thu thập và xử lý dữ liệu môi trường theo thời gian thực. Các thành phần chính bao gồm:

*Thành phần phần cứng 1 – Vi điều khiển trung tâm (ESP32)*

Vai trò: Là bộ xử lý chính của hệ thống, điều khiển quá trình thu thập, xử lý dữ liệu và hiển thị hoặc truyền kết quả.

Kết nối:

- UART đến module cảm biến

- GPIO đến cảm biến và màn hình hiển thị

- WiFi (nếu có) để gửi dữ liệu lên đám mây

- Nguồn điện: 5V DC hoặc pin lithium

*Thành phần phần cứng 2 – Cảm biến môi trường*

- Bme280: nhiệt độ, độ ẩm và áp suất không khí

với độ chính xác cao, phù hợp cho các ứng dụng về thời tiết, IoT, thiết bị đeo tay, và nhà thông minh.

*Thành phần phần cứng 3 – Thiết bị đầu ra và truyền thông*

- LCD I2C 16x2: hiển thị dữ liệu thời tiết, kết quả dự đoán

- Module WiFi/Bluetooth: truyền dữ liệu đến server hoặc thiết bị di động

- Thẻ nhớ SD hoặc EEPROM (tuỳ chọn): lưu trữ dữ liệu cục bộ

- Nguồn dự phòng (pin lithium hoặc nguồn mặt trời): đảm bảo hoạt động ổn định ở vùng xa

## 2.3Tổng quan về kiến trúc logic

Hệ thống được triển khai theo kiến trúc phần mềm phân lớp, trong đó các thành phần phần mềm cấp cao được phân tách rõ ràng theo chức năng: thu thập dữ liệu cảm biến, xử lý dữ liệu & dự đoán, và hiển thị/thông báo kết quả.

Phần mềm chạy trên hệ điều hành **MicroPython** hoặc **FreeRTOS (trên ESP32)** hoặc một môi trường hệ điều hành nhẹ tương thích với IoT.

### Cấu trúc tổng thể gồm 3 thành phần chính:

**- Sensor Interface Module**

**- Processing & Forecasting Module**

**- Display & Communication Module**

## **Sensor Interface Module (Mô-đun giao diện cảm biến)**

**Mục đích**: Thu thập dữ liệu từ cảm biến môi trường (Bme280 đo nhiệt độ, độ ẩm và áp suất không khi) theo chu kỳ định sẵn.

**Giao diện với thành phần khác**:

- Xuất dữ liệu thô (nhiệt độ, độ ẩm, áp xuất, trạng thái mưa)

**Giao diện mạng**: Không có

**Tài nguyên phần cứng sử dụng**:

- RAM: trung bình 10KB; đỉnh 20KB (tuỳ số lượng cảm biến)

- CPU: sử dụng trung bình 5%; đỉnh 10% trong chu kỳ quét

- GPIO: kết nối đến chân digital/analog

- Bộ đệm dữ liệu: ≤5KB

## **Processing & Forecasting Module (Mô-đun xử lý và dự báo)**

**Mục đích**: Tiền xử lý dữ liệu, thực hiện thuật toán hồi quy/tổng hợp dữ liệu, và tạo ra kết quả dự báo (ví dụ: trời mưa hoặc không).

**Giao diện với thành phần khác**:

- Nhận dữ liệu từ Sensor Interface Module

- Xuất kết quả dự đoán cho Display Module

**Giao diện mạng**: (tuỳ chọn) Kết nối API để gửi dữ liệu lên đám mây hoặc mobile app

**Tài nguyên phần cứng sử dụng**:

- RAM: trung bình 20KB; đỉnh 40KB

- CPU: trung bình 10–15%; đỉnh 30% khi thực hiện tính toán hồi quy

- Bộ đệm dữ liệu: ≤10KB

- Không sử dụng thiết bị ngoại vi

***Display & Communication Module(Mô-đun hiển thị và truyền thông)***

**Mục đích**: Hiển thị dữ liệu môi trường & kết quả dự báo lên LCD hoặc gửi dữ liệu qua WiFi/Bluetooth đến thiết bị khác.

**Giao diện với thành phần khác**:

- Nhận đầu vào từ Processing Module

- Tuỳ chọn gửi dữ liệu ra ngoài (server/app)

**Giao diện mạng:**

- Giao thức HTTP/MQTT để gửi dữ liệu (nếu có)

**Tài nguyên phần cứng sử dụng**:

- RAM: trung bình 15KB; đỉnh 25KB

- CPU: trung bình 5–10%; đỉnh 15% khi ghi màn hình hoặc gửi dữ liệu

- GPIO: I2C hoặc SPI đến màn hình LCD

- Module truyền thông: WiFi (ESP32) hoặc UART Bluetooth

## 2.4 Phần mềm SOUP

Trong hệ thống theo dõi nhiệt độ, độ ẩm và cảnh báo, có một số phần mềm SOUP Hệ thống sử dụng một số thành phần phần mềm bên ngoài (SOUP – Software of Unknown Provenance). Các thành phần này có thể là thư viện mã nguồn mở, phần mềm của nhà cung cấp, hoặc mô-đun nhúng sẵn.

### **MicroPython**

**- Nhận dạng và phiên bản**: MicroPython v1.21.0

**- Mục đích**: Cung cấp môi trường runtime cho toàn bộ mã nguồn Python chạy trên ESP32.

**- Nguồn gốc**: Dự án mã nguồn mở do Damien George và cộng đồng phát triển.

**- Bên thứ ba bảo trì**: Có – cộng đồng duy trì trên GitHub.

**- Tệp thực thi**: Có, firmware nhúng.

**- Tài nguyên phần cứng sử dụng**:

RAM: khoảng 32–64 KB tùy chương trình

Flash: khoảng 256–512 KB

**- Cách nhiệt**: Không hoàn toàn cách ly, vì nó là môi trường thực thi chính.

Tuy nhiên, phần chức năng dự báo được phân lớp logic riêng biệt để cách ly với lỗi runtime.

**- Giao diện và luồng dữ liệu**: Mã Python giao tiếp trực tiếp với firmware MicroPython thông qua các API có sẵn.

**- Phần mềm sử dụng các hàm**:

machine, network, time, ujson, uos, ure, v.v.

**- Cách tích hợp**:

Flash firmware MicroPython vào ESP32, sau đó tải script Python lên.

**- Tài nguyên phần cứng/phần mềm cần thiết**:

Bộ vi điều khiển hỗ trợ MicroPython (ESP32)

Driver UART/USB để nạp chương trình

1. Thư viện Scikit-learn (trong giai đoạn huấn luyện mô hình)

- Nhận dạng và phiên bản: Scikit-learn v1.4.2

- Mục đích: Huấn luyện mô hình hồi quy để dự báo thời tiết (giai đoạn phát triển, không chạy trên thiết bị nhúng).

- Nguồn gốc: Thư viện mã nguồn mở

- Bên thứ ba bảo trì: Có – cộng đồng Python.

- Tệp thực thi: Không – chỉ dùng trong giai đoạn phát triển/offline.

- Cách nhiệt: Không chạy trong thiết bị thật, nên không cần cách ly.

- Giao diện và luồng dữ liệu:

Nhận dữ liệu huấn luyện (CSV)

Trả về mô hình đã huấn luyện (được chuyển thành dạng nhẹ hoặc rule-based nhúng lên ESP32)

- Tích hợp:

Chỉ sử dụng trong Python notebook hoặc IDE để huấn luyện

Tài nguyên yêu cầu: Máy tính phát triển (RAM ≥ 4GB, Python ≥ 3.9)

**3.Hành vi động của kiến trúc**

Kiến trúc của hệ thống được thiết kế để đảm bảo hoạt động ổn định và đáp ứng các yêu cầu chức năng quan trọng, bao gồm: thu thập dữ liệu môi trường từ cảm biến, xử lý và phân tích dữ liệu, dự báo thời tiết, hiển thị dữ liệu và gửi cảnh báo.

**3.1 Quy trình làm việc / Trình tự 1: Thu thập dữ liệu môi trường**

Mô tả trình tự:

- Bộ định thời nội bộ (Timer) trong vi điều khiển kích hoạt sự kiện theo chu kỳ (ví dụ mỗi 5 phút).

- Vi điều khiển gửi tín hiệu kích hoạt cảm biến Bme280.

- Cảm biến phản hồi lại các giá trị môi trường (nhiệt độ, độ ẩm,áp xuất)- Vi điều khiển đọc dữ liệu từ các cảm biến thông qua GPIO/UART.

- Dữ liệu được xử lý thô và chuẩn hóa.

- Dữ liệu được ghi tạm vào bộ nhớ (buffer nội bộ hoặc lưu tạm vào RAM).

- Vi điều khiển có thể:

- Gửi dữ liệu qua UART/Wi-Fi tới hệ thống chủ (nếu có).

**3.2 Quy trình làm việc / Trình tự 2: Dự báo thời tiết và gửi cảnh báo**

Mô tả trình tự:

Sau khi thu thập đủ dữ liệu vi điều khiển sử dụng mô hình đơn giản được triển khai bằng hồi quy tuyến tính để phân tích.

Dựa trên ngưỡng giá trị và thuật toán, hệ thống quyết định:

- Dự báo mưa

Nếu điều kiện nguy hiểm được phát hiện:

- Gửi cảnh báo bằng cách hiển thị lên web

- Kích hoạt tín hiệu cảnh báo (buzzer hoặc LED)

- (Tùy chọn) Gửi tin nhắn qua Wi-Fi

**4 Lý do chính đáng cho kiến trúc**

**4.1 Khả năng kiến trúc hệ thống**

**Kiến trúc phần cứng và phần mềm của hệ thống được thiết kế để đảm bảo hiệu quả hoạt động, độ tin cậy và khả năng mở rộng trong môi trường ứng dụng thực tế, đặc biệt là tại các khu vực nông nghiệp, hộ gia đình hoặc các trạm quan trắc môi trường nhỏ. Cụ thể:**

**Hiệu suất:**

**- Thời gian phản hồi: Hệ thống phản hồi nhanh (<1 giây) sau mỗi chu kỳ đọc dữ liệu cảm biến.**

**- Lưu trữ dữ liệu: Dữ liệu được lưu trữ cục bộ dưới dạng nhật ký, có thể truyền qua UART/Wi-Fi để lưu trữ từ xa.**

**- Tính di động: Thiết bị có kích thước nhỏ gọn, tiêu thụ điện năng thấp, có thể hoạt động với pin sạc hoặc năng lượng mặt trời, thích hợp cho môi trường không có lưới điện ổn định.**

**An toàn cho người dùng:**

**- Thiết bị hoạt động ở điện áp thấp (3.3V hoặc 5V), đảm bảo an toàn điện.**

**- Bao vỏ cách điện, chống nước, hạn chế rủi ro tiếp xúc trực tiếp với mạch điện.**

**Bảo vệ chống sử dụng sai mục đích:**

**- Giao diện người dùng đơn giản, chỉ có chức năng theo dõi và cảnh báo, hạn chế nguy cơ cấu hình sai hoặc thao tác nhầm.**

**- Hệ thống có xác thực đơn giản nếu truyền dữ liệu không dây (có thể thêm lớp bảo mật như mã hóa dữ liệu UART/Wi-Fi).**

**Bảo trì:**

**- Bảo trì nóng: Cho phép cập nhật firmware qua UART/Wi-Fi mà không cần tháo rời phần cứng.**

**- Bảo trì lạnh: Dễ tháo lắp các cảm biến để thay thế, làm sạch hoặc hiệu chuẩn.**

**Khả năng thích ứng và linh hoạt:**

**-Hệ thống thiết kế mô-đun: có thể thêm hoặc thay cảm biến dễ dàng.**

**- Có thể tùy chỉnh mô hình phân tích/dự báo thông qua cập nhật phần mềm.**

**Khả năng mở rộng và tính khả dụng:**

**- Hỗ trợ kết nối mạng UART hoặc Wi-Fi để tích hợp vào các hệ thống IoT lớn hơn.**

### **- Có thể mở rộng thành nhiều nút cảm biến chạy song song trong một mạng thu thập dữ liệu.**

### **Sao lưu và khôi phục:**

### **- Dữ liệu được sao lưu tạm thời trong EEPROM hoặc bộ nhớ flash.**

### **- Cho phép khôi phục tự động sau khi mất điện hoặc sự cố.**

### **Bảo mật phần cứng/phần mềm:**

### **- Tự khởi động lại khi phát hiện treo hệ thống.**

### **- Bảo vệ phần mềm qua chữ ký hoặc checksum để tránh bị thay đổi firmware trái phép.**

### **- Có thể triển khai thuật toán phát hiện lỗi cảm biến hoặc lỗi truyền thông.**

### **Quản lý và giám sát:**

### **- Cung cấp nhật ký hoạt động (log) theo thời gian thực.**

### **- Hỗ trợ giao thức UART để quản lý từ xa.**

### **Quốc tế hóa:**

### **- Các thông báo cảnh báo trên màn hình có thể tùy biến ngôn ngữ (Anh, Việt…).**

### **- Dữ liệu đầu ra dùng định dạng chuẩn (JSON hoặc CSV) để dễ tích hợp vào hệ thống quốc tế.**

### ****4.2 Khả năng kiến trúc mạng****

Hệ thống hỗ trợ kết nối mạng thông qua giao tiếp UART (nối tiếp) hoặc Wi-Fi để truyền dữ liệu cảm biến đến máy chủ hoặc hệ thống lưu trữ từ xa. Kiến trúc mạng được thiết kế để đảm bảo tính ổn định, an toàn và khôi phục trong trường hợp lỗi mạng.

Băng thông:

- Dữ liệu truyền tải định kỳ, dung lượng thấp (vài trăm byte mỗi lần).

- Tổng băng thông yêu cầu dưới 10KB/s, đủ nhỏ để hoạt động ổn định trên các kết nối Wi-Fi hoặc UART với tốc độ từ 9600–115200 bps.

- Không cần truyền tải video hoặc dữ liệu thời gian thực lớn, nên không yêu cầu băng thông cao.

Lỗi mạng:

- Hệ thống sử dụng cơ chế kiểm tra và xác nhận (ACK) khi gửi dữ liệu để phát hiện lỗi.

- Trong trường hợp mất kết nối, dữ liệu sẽ được lưu trữ tạm trong bộ nhớ cục bộ và tự động truyền lại khi kết nối khôi phục.

Mất dữ liệu:

- Dữ liệu quan trọng (nhiệt độ, độ ẩm,áp xuất, trạng thái mưa) được lưu đệm trong flash trước khi truyền.

- Hệ thống hỗ trợ cơ chế retry với giới hạn số lần gửi lại và nhật ký lỗi.

- Nếu vượt quá số lần gửi lại, hệ thống ghi nhận lỗi và tiếp tục chu kỳ mới mà không làm treo hệ thống.

Dữ liệu không nhất quán:

- Dữ liệu từ các cảm biến được đánh dấu thời gian (timestamp) tại thời điểm thu thập.

- Đảm bảo dữ liệu truyền đi phản ánh đúng giá trị đo tại thời điểm tương ứng, tránh hiện tượng trễ gây nhầm lẫn.

- Mô hình phân tích có thể kiểm tra sự bất thường hoặc mâu thuẫn dữ liệu để lọc bỏ.

### ****4.3 Đầu ra phân tích rủi ro****

Phân tích rủi ro được thực hiện theo quy trình quản lý rủi ro dựa trên tiêu chuẩn ISO 14971 để xác định và kiểm soát các mối nguy có thể ảnh hưởng đến độ chính xác, an toàn và khả năng hoạt động liên tục của hệ thống .

Dưới đây là các đầu ra chính từ quá trình phân tích rủi ro và các biện pháp giảm thiểu đã được thực hiện trong kiến trúc hệ thống:

Rủi ro 1: Dữ liệu cảm biến sai lệch dẫn đến dự đoán sai

Nguy cơ: Độ chính xác kém từ cảm biến Bme280 do hư hỏng, sai số hoặc lão hóa.

Biện pháp giảm thiểu kiến trúc:

- Tích hợp thuật toán lọc dữ liệu (trung bình trượt, kiểm tra giới hạn hợp lý).

- Thiết kế phần mềm có khả năng so sánh chéo dữ liệu từ nhiều mẫu liên tiếp để phát hiện bất thường.

- Ghi chú trạng thái cảm biến (ví dụ: mất tín hiệu, giá trị "NaN") trong dữ liệu đầu ra.

Rủi ro 2: Mất kết nối mạng gây mất dữ liệu

Nguy cơ: Không thể truyền dữ liệu thời gian thực đến máy chủ → mất dữ liệu quan trọng.

Biện pháp giảm thiểu kiến trúc:

- Thiết kế bộ nhớ đệm tạm thời (SD Card hoặc flash nội).

- Cơ chế retry và xác nhận (ACK) khi gửi dữ liệu.

- Cho phép cấu hình mức ưu tiên cho dữ liệu thời gian thực hoặc dữ liệu lưu trữ.

Rủi ro 3: Mất nguồn gây hỏng hệ thống hoặc mất dữ liệu đang xử lý

Nguy cơ: Tắt nguồn đột ngột có thể làm hỏng firmware hoặc gây mất dữ liệu đo chưa được truyền đi.

Biện pháp giảm thiểu kiến trúc:

- Sử dụng tụ điện siêu nhỏ (supercapacitor) hoặc pin phụ trợ để cấp điện duy trì trong vài giây sau khi mất nguồn để lưu dữ liệu tạm thời.

- Tích hợp cơ chế ghi an toàn (safe write) vào flash để đảm bảo không ghi sai lệch dữ liệu.

Rủi ro 4: Truy cập trái phép hoặc giả mạo dữ liệu

Nguy cơ: Người dùng không hợp lệ truy cập hệ thống hoặc thay đổi dữ liệu đầu ra.

Biện pháp giảm thiểu kiến trúc:

- Mã hóa đơn giản khi truyền dữ liệu (nếu sử dụng Wi-Fi).

- Xác thực thiết bị dựa trên ID cố định hoặc mã hóa khóa ban đầu.

- Hạn chế giao tiếp hai chiều, chỉ cho phép thiết bị gửi dữ liệu một chiều (write-only).

Rủi ro 5: Dự đoán sai dẫn đến hành động sai lầm

Nguy cơ: Mô hình học máy/thuật toán hồi quy dự đoán sai → người dùng đưa ra quyết định không chính xác (ví dụ: tưới khi trời sắp mưa).

Biện pháp giảm thiểu kiến trúc:

- Mô hình được huấn luyện từ dữ liệu thực tế với kiểm định độ chính xác.

- Cung cấp chỉ số độ tin cậy (confidence score) cho mỗi dự đoán.

- Cho phép người dùng kiểm tra lịch sử dữ liệu đầu vào cùng với dự đoán để xác minh.

### ****4.4 Đầu ra kỹ thuật yếu tố con người****

Phân tích yếu tố con người (Human Factors Engineering - HFE) đã được tiến hành để xác định các tình huống mà người dùng cuối có thể gây ra lỗi do hiểu nhầm, thao tác sai hoặc thiết kế giao diện chưa phù hợp. Dưới đây là các rủi ro đã xác định và cách kiến trúc được điều chỉnh để giảm thiểu chúng:

Rủi ro 1: Người dùng không hiểu rõ thông tin dự báo thời tiết

Vấn đề: Người dùng (nông dân, học sinh...) có thể hiểu sai thông tin đầu ra như: xác suất mưa, nhiệt độ cao nhất/thấp nhất, hoặc chỉ số độ tin cậy.

Giải pháp kiến trúc:

- Thiết kế giao diện người dùng trực quan với biểu tượng dễ hiểu

- Sử dụng thang màu trực quan và biểu đồ đơn giản.

- Hiển thị thêm thông tin giải thích ngắn gọn kèm các kết quả phức tạp.

Rủi ro 2: Người dùng thao tác sai trên thiết bị (bấm nhầm, cắm sai nguồn, reset nhầm)

Vấn đề: Thiết bị nhỏ, cầm tay có thể bị thao tác sai, gây khởi động lại hoặc mất dữ liệu.

Giải pháp kiến trúc:

- Giới hạn số lượng nút vật lý xuống mức tối thiểu (ví dụ: chỉ 1 nút bấm).

- Tích hợp chống rung nút nhấn (debounce) trong phần mềm.

- Giao diện yêu cầu xác nhận hai bước trước hành động quan trọng (xóa dữ liệu, cập nhật...).

Rủi ro 3: Người dùng cắm sai cảm biến

Vấn đề: Người dùng có thể cắm nhầm các cổng kết nối của cảm biến vào vi điều khiển.

Giải pháp kiến trúc:

- Sử dụng cổng có thiết kế khóa vật lý (keyed connectors) hoặc đánh dấu màu rõ ràng.

- Thiết kế phần mềm kiểm tra loại cảm biến và cảnh báo nếu dữ liệu bất thường (ví dụ: nhiệt độ -100°C).

Rủi ro 4: Người dùng không bảo trì thiết bị đúng cách

Vấn đề: Người dùng quên kiểm tra pin, vệ sinh cảm biến → sai lệch dữ liệu.

Giải pháp kiến trúc:

- Thêm cảnh báo pin yếu và nhắc nhở kiểm tra định kỳ qua màn hình hoặc app.

- Tích hợp log thời gian vận hành cảm biến để theo dõi tuổi thọ.

Rủi ro 5: Người dùng không biết cách phản hồi khi thiết bị bị lỗi

Vấn đề: Khi thiết bị treo hoặc báo lỗi, người dùng không biết phải làm gì → gây gián đoạn sử dụng.

Giải pháp kiến trúc:

- Thêm chế độ khôi phục mặc định (reset safe mode) đơn giản bằng tổ hợp nút.

- Giao diện cung cấp mã lỗi dễ hiểu (hoặc biểu tượng kèm hướng dẫn khắc phục).

### **4.5 SOUP tích hợp**

Trong kiến trúc phần mềm của hệ thống, một số thành phần phần mềm của bên thứ ba (SOUP – Software of Unknown Provenance) đã được tích hợp để phục vụ cho việc thu thập, xử lý và hiển thị dữ liệu môi trường. Để đảm bảo tính an toàn, độ tin cậy và dễ bảo trì, quá trình tích hợp SOUP được thực hiện theo kiến trúc cô lập và kiểm soát, bao gồm:

| SOUP | Phương pháp tích hợp | Cấu trúc kiến trúc |
| --- | --- | --- |
| MicroPython | Cài đặt trực tiếp trên bo mạch ESP32 | Là môi trường chạy chính cho logic điều khiển cảm biến và xử lý ban đầu |
| matplotlib | Được bọc bởi lớp PlotWrapper trong phần mềm phân tích | Wrapper cách ly tính năng trực quan hóa với các luồng dữ liệu nội bộ |
| TensorFlow Lite | Tích hợp như một module riêng biệt qua socket giao tiếp | Giao tiếp với chương trình chính qua IPC socket trên nền tảng Linux |
| SQLite3 | Sử dụng trực tiếp qua API tiêu chuẩn | Truy cập dữ liệu thông qua lớp DatabaseManager để cách ly lỗi cơ sở dữ liệu |

* Kiến trúc tích hợp cách ly SOUP

Đối với các thư viện có khả năng không ổn định hoặc phức tạp như TensorFlow Lite, việc tích hợp được thực hiện theo mô hình client-server:

- Quy trình chính (main logic) gửi dữ liệu đến một quy trình TensorFlow riêng thông qua giao tiếp Unix socket.

- Dữ liệu đầu ra được kiểm tra tính hợp lệ trước khi đưa vào hệ thống.

- Điều này giúp cô lập lỗi hoặc crash từ TensorFlow không ảnh hưởng đến toàn bộ hệ thống.

Đối với matplotlib, để tránh tình trạng lỗi hiển thị ảnh hưởng đến luồng xử lý chính:

-Một lớp PlotWrapper được tạo, chỉ gọi matplotlib như một dịch vụ xuất biểu đồ tạm thời.

-Các lỗi từ matplotlib được ghi nhận log nhưng không làm gián đoạn quá trình xử lý dữ liệu.

* Kiểm soát tài nguyên và rủi ro

- Các SOUP đều được giới hạn về tài nguyên sử dụng (RAM, CPU) thông qua cấu hình hệ thống hoặc điều kiện runtime:

- Các lỗi đã biết từ SOUP (nếu có) được ghi nhận và theo dõi trong hệ thống quản lý lỗi nội bộ.

* Mục tiêu của kiến trúc tích hợp SOUP

- Tính cách ly: Các thành phần SOUP không ảnh hưởng đến sự ổn định chung của hệ thống nếu có lỗi.

- Dễ kiểm tra: Giao diện rõ ràng giúp thực hiện các test tự động cho từng module SOUP.

- Dễ bảo trì/nâng cấp: Có thể cập nhật SOUP mà không ảnh hưởng đến phần còn lại của hệ thống.

1. **Khả năng truy xuất yêu cầu**

| Yêu cầu | Thành phần | Bình luận |
| --- | --- | --- |
| YÊU CẦU-001: Hệ thống phải thu thập dữ liệu môi trường từ các cảm biến (nhiệt độ, độ ẩm, độ ẩm đất, cảm ứng mưa) | HW-001: ESP32, SW-001: SensorManager | ESP32 nhận dữ liệu từ Bme280 quản lý chu trình thu thập và kiểm tra dữ liệu. |
| YÊU CẦU-002: Hệ thống phải lưu trữ dữ liệu thu thập được vào bộ nhớ cục bộ | SW-002: DatabaseManager, SOUP: SQLite3 | Dữ liệu được lưu dưới dạng bản ghi thông qua API SQLite. |
| YÊU CẦU-003: Hệ thống phải dự đoán khả năng mưa dựa trên dữ liệu hiện tại | SW-003: PredictionEngine, SOUP: TensorFlow Lite | PredictionEngine gọi TensorFlow Lite để xử lý và đưa ra dự đoán. |
| YÊU CẦU-004: Hệ thống phải hiển thị biểu đồ nhiệt độ và độ ẩm hàng ngày | SW-004: UI Module, SOUP: matplotlib, PlotWrapper | Giao diện người dùng hiển thị biểu đồ dựa trên dữ liệu được lấy từ SQLite và dựng bằng matplotlib. |
| YÊU CẦU-005: Hệ thống phải cho phép truy vấn lịch sử dữ liệu theo ngày | SW-002: DatabaseManager, SW-004: UI Module | Giao diện truy vấn được cung cấp qua UI, xử lý bởi DatabaseManager. |
| YÊU CẦU-006: Hệ thống phải gửi cảnh báo nếu có nguy cơ mưa cao | SW-005: AlertManager, SW-003: PredictionEngine | Cảnh báo sinh ra nếu xác suất mưa vượt ngưỡng cho phép. |
| YÊU CẦU-007: Hệ thống phải hoạt động độc lập không cần internet | HW-001: ESP32, SW-001 đến SW-005 | Tất cả xử lý và lưu trữ đều cục bộ, không yêu cầu mạng. |
| YÊU CẦU-008: Dữ liệu phải được sao lưu mỗi ngày vào bộ nhớ ngoài (nếu gắn USB/SD) | SW-006: BackupManager | Kiểm tra thiết bị lưu trữ và sao lưu cơ sở dữ liệu định kỳ. |

**CHƯƠNG III: KIỂM THỬ HỆ THỐNG**

**1 Giới thiêu**

Tài liệu này là Đặc tả Trường hợp Thử nghiệm (Test CaseSpecification) dành cho hệ thống dự báo lương mưa. Mục đích của tài liệu là xác định rõ ràng và có hệ thống các trường hợp thử nghiệm cần được thực hiện để xác minh và xác nhận các chức năng của hệ thống theo yêu cầu đã xác định trước đó.

Thông tin nhận dạng hệ thống:

Tên hệ thống: hệ thống Dự báo Thời tiết Thông minh

Phiên bản hệ thống: v1.0

Ngày phát hành: 12/05/2025

Phạm vi áp dụng:

Tài liệu này áp dụng cho giai đoạn kiểm thử hệ thống của dự án, bao gồm kiểm thử các chức năng chính như thu thập dữ liệu cảm biến, lưu trữ, xử lý và dự đoán, hiển thị và cảnh báo.

Đối tượng người đọc:  
Tài liệu được hướng đến các bên liên quan như:

Kỹ sư kiểm thử phần mềm,Nhà phát triển phần mềm.Trưởng nhóm kỹ thuật,Quản lý dự án,Khách hàng hoặc đối tác kỹ thuật có quyền truy cập

Bảo mật và quyền riêng tư:

Không có dữ liệu người dùng nhạy cảm được xử lý trong hệ thống. Tuy nhiên, thông tin môi trường (nhiệt độ, độ ẩm,áp suất, mưa) cần được đảm bảo chính xác và không bị giả mạo. Việc truy cập vào hệ thống thử nghiệm chỉ dành cho nhân sự được phân quyền.

* 1. **Tổng quan**

Hệ thống là một giải pháp nhúng thông minh sử dụng cảm biến môi trường và mô hình học máy để dự đoán khả năng xảy ra mưa. Nó được thiết kế để hoạt động tại các khu vực nông nghiệp, đô thị hoặc hộ gia đình, cung cấp thông tin thời tiết tức thời và có tính dự báo cao nhằm hỗ trợ người dùng ra quyết định trong sản xuất và sinh hoạt.

Lịch sử phát triển:

Giai đoạn 1: Thiết kế phần cứng và tích hợp cảm biến (Bme280).

Giai đoạn 2: Thu thập và lưu trữ dữ liệu qua ESP32

Giai đoạn 3: Tích hợp thuật toán hồi quy tuyến tính để dự đoán mưa.

Giai đoạn 4: Hiển thị dữ liệu và dự đoán qua giao diện người dùng.

**2. Tóm tắt Trường hợp Thử nghiệm**

Phần này cung cấp tổng quan các trường hợp thử nghiệm sẽ được thực hiện để kiểm tra các chức năng chính của hệ thống . Mỗi trường hợp thử nghiệm được xác định bằng một mã ID duy nhất, tiêu đề mô tả mục tiêu của bài kiểm tra và loại thử nghiệm tương ứng.

Các trường hợp thử nghiệm được chia theo nhóm chức năng chính như sau:

**2.1. Nhóm: Thu thập dữ liệu cảm biến**

| ID | Tiêu đề | Loại thử nghiệm |
| --- | --- | --- |
| TC-001 | Kiểm tra thu thập dữ liệu từ Bme280 | Thử nghiệm hệ thống |
| TC-002 | Kiểm tra thu thập độ ẩm đất | Thử nghiệm hệ thống |
| TC-003 | Kiểm tra thu thập áp suất | Thử nghiệm hệ thống |

**2.2. Nhóm: Lưu trữ và xử lý dữ liệu**

| ID | Tiêu đề | Loại thử nghiệm |
| --- | --- | --- |
| TC-004 | Kiểm tra lưu trữ dữ liệu lên SQLite | Thử nghiệm hệ thống |
| TC-005 | Kiểm tra xử lý dữ liệu đầu vào lỗi | Thử nghiệm hồi quy |

**2.3. Nhóm: Dự đoán thời tiết**

| ID | Tiêu đề | Loại thử nghiệm |
| --- | --- | --- |
| TC-006 | Kiểm tra dự đoán mưa với dữ liệu hợp lệ | Thử nghiệm hệ thống |
| TC-007 | Kiểm tra dự đoán mưa khi mô hình bị lỗi | Thử nghiệm hồi quy |

**2.4. Nhóm: Giao diện người dùng và xuất dữ liệu**

| ID | Tiêu đề | Loại thử nghiệm |
| --- | --- | --- |
| TC-008 | Kiểm tra hiển thị dữ liệu cảm biến trên dashboard | Thử nghiệm hệ thống |
| TC-009 | Kiểm tra cảnh báo dự đoán mưa trên giao diện | Thử nghiệm chấp nhận người dùng |

**2.5. Nhóm: Tính ổn định và bảo mật**

| ID | Tiêu đề | Loại thử nghiệm |
| --- | --- | --- |
| TC-010 | Kiểm tra khởi động lại hệ thống sau khi mất nguồn | Thử nghiệm hồi quy |
| TC-011 | Kiểm tra quyền truy cập giao diện | Thử nghiệm bảo mật |

1. **Ma trận Truy xuất theo Yêu cầu của Trường hợp Thử nghiệm**

| Mã Yêu Cầu | Mô tả Yêu Cầu | Trường hợp Thử nghiệm Liên quan |
| --- | --- | --- |
| REQ-001 | Hệ thống phải thu thập dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm từ cảm biến Bme280 | TC-001 |
| REQ-002 | Hệ thống phải đo độ ẩm đất định kỳ | TC-002 |
| REQ-003 | Dữ liệu phải được lưu trữ vào cơ sở dữ liệu cục bộ (SQLite) | TC-004 |
| REQ-004 | Hệ thống phải xử lý dữ liệu bị lỗi đầu vào một cách an toàn | TC-005 |
| REQ-005 | Hệ thống phải dự đoán khả năng mưa dựa trên mô hình hồi quy | TC-006, TC-007 |
| REQ-006 | Giao diện người dùng phải hiển thị thông tin môi trường theo thời gian thực | TC-008 |
| REQ-007 | Hệ thống phải hiển thị cảnh báo mưa nếu xác suất > ngưỡng | TC-009 |
| REQ-008 | Hệ thống phải tự động khởi động lại và phục hồi sau khi mất nguồn | TC-010 |
| REQ-09 | Giao diện người dùng phải có bảo vệ truy cập bằng mật khẩu | TC-011 |

**4.Chi tiết trường hợp thử nghiệm**

**4.1 TC-01: Kiểm tra hiển thị nhiệt độ và độ ẩm**

4.1.1 Mục tiêu kiểm tra

Xác minh rằng hệ thống có thể thu thập dữ liệu từ cảm biến Bme280 và hiển thị chính xác nhiệt độ và độ ẩm lên giao diện người dùng. Trường hợp thử nghiệm này cũng có thể được sử dụng trong thử nghiệm hệ thống và hồi quy.

4.1.2 Phụ thuộc giữa các trường hợp:

- Tiên quyết: TC--00 (Khởi tạo hệ thống và kết nối thiết bị).

- Hậu tiên quyết: TC--02 (Lưu dữ liệu vào cơ sở dữ liệu).

4.1.3 Các mục kiểm tra:

- Yêu cầu RQ-ENV-01: Hệ thống phải đọc được dữ liệu từ cảm biến Bme280.

- Yêu cầu RQ-UI-01: Giao diện phải hiển thị nhiệt độ và độ ẩm theo thời gian thực.

4.1.4 Điều kiện tiên quyết:

- Cảm biến Bme280 đã được kết nối đúng chân và cấu hình.

- Môi trường chạy MicroPython đã sẵn sàng.

- Hệ thống đã được khởi động thành công.

4.1.5 Thông số kỹ thuật đầu vào 1:

| Tên | Mô tả | Nguồn | Loại dữ liệu |
| --- | --- | --- | --- |
| Dữ liệu cảm biến Bme280 | Nhiệt độ (°C), độ ẩm (%) và Áp xuất (hPa) | Thiết bị thực tế | Số thực |

4.1.6 Kết quả kiểm tra dự kiến:

- Giao diện người dùng hiển thị được giá trị nhiệt độ và độ ẩm chính xác so với thông số thực tế (±1°C, ±2%).

- Giá trị cập nhật mỗi 2 giây.

4.1.7 Tiêu chuẩn Đậu/Trượt:

Đậu: Giá trị hiển thị nằm trong sai số cho phép và cập nhật đúng chu kỳ.

Trượt: Không hiển thị hoặc giá trị sai lệch vượt mức cho phép.

Kiểm tra lại nếu dữ liệu không thay đổi trong 3 chu kỳ liên tiếp.

4.1.8 Quy trình kiểm tra 1:

| Bước | Hoạt động | Kết quả mong đợi | Yêu cầu kiểm tra |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Bật nguồn hệ thống | Màn hình khởi động hiển thị | - |
| 2 | Kiểm tra kết nối cảm biến | Đèn tín hiệu hoặc trạng thái kết nối thành công | RQ-ENV-01 |
| 3 | Quan sát dữ liệu nhiệt độ & độ ẩm trên giao diện | Dữ liệu hiển thị trong khoảng sai số cho phép | RQ-ENV-01, RQ-UI-01 |

4.1.9 Giả định và ràng buộc:

- Cảm biến Bme280hoạt động bình thường.

- Không có nhiễu điện từ ảnh hưởng đến kết quả đo.

- Thiết bị được đặt trong môi trường thử nghiệm tiêu chuẩn trong nhà.

**4.2 TC-02: Kiểm tra tính năng dự đoán mưa từ dữ liệu cảm biến**

4.2.1 Mục tiêu kiểm tra:  
Xác minh rằng hệ thống có thể xử lý dữ liệu từ cảm biến (nhiệt độ, độ ẩm,áp xuất độ ẩm đất) để dự đoán khả năng mưa thông qua mô hình hồi quy hoặc phân loại. Đồng thời kiểm tra khả năng phản hồi hiển thị kết quả cho người dùng.

4.2.2 Phụ thuộc giữa các trường hợp:

Tiên quyết:

- TC-01: Kiểm tra hiển thị nhiệt độ và độ ẩm.

- TC-03: Đảm bảo dữ liệu từ cảm biến đất được thu thập thành công.

Hậu tiên quyết:

- TC-04: Gửi cảnh báo mưa đến thiết bị đầu cuối (nếu có).

4.2.3 Các mục kiểm tra:

- RQ-ML-01: Mô hình dự đoán mưa hoạt động với độ chính xác tối thiểu 80%.

- RQ-UI-03: Giao diện hiển thị kết quả dự đoán (Có khả năng mưa / Không mưa).

- RQ-LOG-01: Hệ thống ghi lại dữ liệu đầu vào và kết quả dự đoán.

4.2.4 Điều kiện tiên quyết:

- Hệ thống đã khởi động và các cảm biến Bme280 đang hoạt động.

- Mô hình dự đoán mưa đã được huấn luyện và triển khai.

- Giao diện người dùng đã được tải đầy đủ.

4.2.5 Thông số kỹ thuật đầu vào 2:

| Tên | Mô tả | Nguồn | Loại dữ liệu |
| --- | --- | --- | --- |
| Nhiệt độ (temp) | °C | Cảm biến Bme280 | float |
| Độ ẩm không khí (humidity) | % | Cảm biến Bme280 | float |
| Độ ẩm đất (soil\_moisture) | % | Cảm biến độ ẩm đất | float |

4.2.6 Kết quả kiểm tra dự kiến:

- Kết quả dự đoán là chính xác với dữ liệu kiểm thử có nhãn.

-Giao diện hiển thị trạng thái thời tiết “Có khả năng mưa” hoặc “Không mưa”.

- Dữ liệu đầu vào và đầu ra được ghi log.

4.2.7 Tiêu chuẩn Đậu/Trượt:

Đậu:

- Hệ thống trả về kết quả dự đoán khớp với nhãn kiểm thử ≥80% số mẫu thử.

- Giao diện hiển thị đúng kết quả trong vòng 3 giây.

Trượt:

- Kết quả sai lệch nhiều (>20% so với nhãn kiểm thử).

- Lỗi giao diện hoặc không có phản hồi sau khi nhập đầu vào.

4.2.8 Quy trình kiểm tra 2:

| Bước | Hoạt động | Kết quả mong đợi | Yêu cầu liên quan |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Nhập giá trị đầu vào thử nghiệm | Hệ thống nhận dữ liệu | RQ-ML-01 |
| 2 | Kích hoạt tính năng dự đoán | Hệ thống xử lý dữ liệu | RQ-ML-01 |
| 3 | Quan sát kết quả trên giao diện | Hiển thị “Có khả năng mưa” hoặc “Không mưa” đúng theo nhãn | RQ-UI-03 |
| 4 | Kiểm tra log hệ thống | Dữ liệu đầu vào và kết quả được ghi lại | RQ-LOG-01 |

4.2.9 Giả định và ràng buộc:

- Mô hình dự đoán đã được huấn luyện với tập dữ liệu đủ lớn và phù hợp.

- Tín hiệu cảm biến không bị nhiễu.

- Mức dự báo chỉ mang tính chất cảnh báo, không dùng cho mục đích khí tượng chính xác tuyệt đối.

- Các giá trị cảm biến đầu vào nằm trong khoảng hoạt động định mức.

**CHƯƠNG IV: HƯỠNG DẪN SỬ DỤNG**

**1. Giới thiệu**

Tài liệu Hướng dẫn sử dụng (User Manual - UM) này cung cấp thông tin cần thiết để người dùng cuối (nông dân, học sinh, giáo viên hoặc kỹ thuật viên) có thể sử dụng hiệu quả hệ thống Thông tin nhận dạng hệ thống:

Tên hệ thống: Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh

Phiên bản hệ thống: v1.0

Ngày phát hành: 12/05/2025

Mục tiêu của tài liệu:

Tài liệu này nhằm mục đích cung cấp hướng dẫn đầy đủ và dễ hiểu cho người dùng trong quá trình:Lắp đặt thiết bị,Vận hành hệ thống,Truy cập và giám sát dữ liệu dự báo thời tiết,Xử lý các lỗi cơ bản

Phạm vi hoạt động:

Hướng dẫn sử dụng này được phát triển trong phạm vi dự án thiết kế và triển khai một hệ thống IoT thông minh, phục vụ nhu cầu dự báo thời tiết phục vụ nông nghiệp chính xác và hiệu quả.

Đối tượng kiến trúc tài liệu:

Tài liệu này hướng tới:Người dùng cuối không chuyên về kỹ thuật (nông dân, người dùng phổ thông),Kỹ thuật viên bảo trì hệ thống,Giáo viên, học sinh sử dụng hệ thống như một công cụ học tập

Cân nhắc bảo mật và quyền riêng tư:

Hệ thống không thu thập dữ liệu cá nhân.Giao diện web có thể được bảo vệ bằng mật khẩu nếu sử dụng trong môi trường nhiều người dùng.Người dùng cần bảo vệ địa chỉ IP hoặc tài khoản đăng nhập nếu kết nối qua mạng nội bộ hoặc Internet.Dữ liệu cảm biến thu thập được chỉ sử dụng nội bộ trong hệ thống, không chia sẻ bên ngoài.

**1.1 Tổng quan**

Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh là một giải pháp công nghệ ứng dụng Internet of Things (IoT) và học máy (machine learning) để thu thập, xử lý và dự đoán tình hình thời tiết trong thời gian thực. Hệ thống hỗ trợ người dùng nông nghiệp trong việc đưa ra các quyết định kịp thời, ví dụ như tưới tiêu hoặc phòng tránh mưa.

Các tính năng chính của hệ thống:

- Thu thập dữ liệu môi trường: Nhiệt độ, độ ẩm không khí (qua cảm biến Bme280), độ ẩm đất, và tương tác chạm (cảm biến chạm).

- Xử lý và lưu trữ dữ liệu: Dữ liệu được ghi nhận và phân tích trong thời gian thực.

- Dự báo thời tiết: Sử dụng mô hình hồi quy để dự đoán khả năng có mưa.

- Hiển thị thông tin: Kết quả dự báo hiển thị qua đèn LED và giao diện web thân thiện.

- Cảnh báo trực quan: Dễ dàng nhận biết thông tin qua màu sắc đèn LED hoặc bảng cảnh báo.

Kiến trúc hệ thống (phi kỹ thuật):

- Thiết bị đầu cuối (Embedded Device): ESP32 hoặc tương đương chạy MicroPython, kết nối cảm biến và xử lý dữ liệu ban đầu.

- Hệ thống máy chủ cục bộ/web: Máy tính hoặc thiết bị trung tâm nhận dữ liệu qua UART hoặc Wi-Fi.

- Giao diện người dùng (GUI): Trình duyệt web hiển thị dữ liệu và kết quả dự báo.

Chế độ truy cập của người dùng:

- Trực tiếp từ thiết bị: Đèn LED hiển thị màu theo trạng thái thời tiết.

- Thông qua web: Giao diện đơn giản, có thể truy cập qua trình duyệt để xem thông tin chi tiết.

- Cảm biến chạm: Cho phép người dùng kích hoạt hệ thống hoặc thay đổi chế độ hiển thị.

Môi trường vận hành đặc biệt:

- Ngoài trời có mái che: Thiết bị cần được bảo vệ khỏi mưa trực tiếp và ánh nắng gắt.

- Nguồn điện ổn định: Sử dụng pin sạc hoặc nguồn từ ổ điện.

- Kết nối Wi-Fi (nếu sử dụng giao diện web): Đảm bảo tín hiệu mạng tốt để truyền dữ liệu ổn định.

**2. Bắt đầu**

Chương này sẽ cung cấp hướng dẫn cơ bản để người dùng có thể bắt đầu sử dụng hệ thống từ khi cài đặt cho đến khi thoát khỏi hệ thống. Các bước sau đây sẽ giúp bạn làm quen với hệ thống và sử dụng các tính năng chính.

**2.1 Thận trọng & Cảnh báo**

Trước khi bắt đầu sử dụng hệ thống, người dùng cần lưu ý các cảnh báo và thận trọng dưới đây:

- Không sử dụng thiết bị ngoài trời mà không bảo vệ: Hệ thống được thiết kế để hoạt động tốt trong điều kiện môi trường ngoài trời có mái che. Đảm bảo thiết bị không tiếp xúc trực tiếp với nước mưa hoặc ánh nắng gắt.

- Bảo mật thông tin: Đảm bảo rằng không chia sẻ mật khẩu truy cập web với bất kỳ ai không được phép sử dụng hệ thống.

- Không thay đổi các cài đặt hệ thống khi không có chuyên môn: Các thay đổi không đúng cách có thể gây hỏng hóc hệ thống hoặc sai lệch dữ liệu dự báo.

- Sao lưu dữ liệu định kỳ: Dữ liệu cảm biến cần được sao lưu vào hệ thống để tránh mất mát thông tin quan trọng.

**2.2 Cân nhắc thiết lập**

Để hệ thống hoạt động ổn định, người dùng cần lưu ý các yếu tố sau khi thiết lập:

Thiết bị phần cứng cần thiết:

- Cảm biến Bme280: Đo nhiệt độ, độ ẩm và áp xuất không khí

- ESP32 hoặc tương đương: Là thiết bị đầu cuối dùng để kết nối các cảm biến và xử lý dữ liệu.

Kết nối mạng: Hệ thống yêu cầu Wi-Fi để truyền dữ liệu đến giao diện web hoặc máy chủ trung tâm.

Nguồn điện: Đảm bảo có nguồn điện ổn định cho hệ thống. Sử dụng pin sạc hoặc adapter điện tùy theo mô hình.

Lưu ý: Các thiết bị đầu vào và đầu ra phải được kết nối đúng cổng và phải kiểm tra trước khi khởi động hệ thống.

**2.3 Cân nhắc về quyền truy cập của người dùng**

Các nhóm người dùng có quyền truy cập và sử dụng hệ thống sẽ có các mức độ quyền hạn khác nhau:

Người dùng cuối (nông dân, học sinh, giáo viên):

- Truy cập vào giao diện web để xem dự báo thời tiết.

- Nhận cảnh báo thời tiết qua đèn LED.

- Không có quyền thay đổi các cài đặt hệ thống.

Kỹ thuật viên (quản trị viên hệ thống):

- Có quyền truy cập vào các cài đặt hệ thống để cấu hình lại.

- Có thể thay đổi cài đặt mạng và sao lưu dữ liệu.

Lưu ý: Đảm bảo chỉ những người có quyền truy cập thích hợp mới có thể thay đổi cài đặt hệ thống hoặc xem dữ liệu nhạy cảm.

**2.4 Truy cập vào hệ thống**

Để truy cập vào hệ thống và giao diện web, thực hiện theo các bước sau:

- Kết nối thiết bị: Đảm bảo rằng thiết bị của bạn (ESP32 hoặc tương đương) đã được kết nối với mạng Wi-Fi.

- Mở trình duyệt web: Truy cập vào địa chỉ IP hoặc tên miền của hệ thống (được cung cấp trong hướng dẫn cài đặt).

- Đăng nhập vào hệ thống:

ID người dùng: Nhập tên người dùng và mật khẩu được cung cấp khi đăng ký.

Quyền truy cập: Nếu là người dùng cuối, bạn sẽ có quyền xem dự báo thời tiết và nhận cảnh báo. Kỹ thuật viên sẽ có quyền truy cập đầy đủ.

- Đặt lại mật khẩu: Trong trường hợp bạn quên mật khẩu, có thể yêu cầu hệ thống gửi mã xác thực để đặt lại mật khẩu thông qua email.

**2.5 Tổ chức hệ thống & Điều hướng**

Khi truy cập vào giao diện web, bạn sẽ thấy các mục chính sau:

- Trang chủ: Hiển thị tình trạng thời tiết hiện tại, dự báo thời tiết cho các ngày tiếp theo, và biểu đồ độ ẩm đất.

- Cài đặt hệ thống: Chỉ dành cho kỹ thuật viên, nơi bạn có thể cấu hình lại các thông số cảm biến hoặc thay đổi cài đặt mạng.

- Lịch sử dự báo: Cho phép người dùng xem lại các dự báo và so sánh với dữ liệu thực tế đã thu thập.

- Cảnh báo: Hiển thị trạng thái các cảnh báo thời tiết (mưa, gió mạnh) và cách thức thông báo cho người dùng.

- Điều hướng dễ dàng qua các thẻ menu nằm ở phía trên hoặc bên trái giao diện web.

**2.6 Thoát khỏi hệ thống**

Để thoát khỏi hệ thống đúng cách, hãy thực hiện các bước sau:

- Đăng xuất khỏi tài khoản:

Nếu bạn đang truy cập hệ thống qua web, nhấp vào biểu tượng người dùng ở góc trên bên phải và chọn Đăng xuất.

- Đảm bảo rằng hệ thống không đang hoạt động:

Kiểm tra trạng thái hệ thống để đảm bảo rằng mọi thao tác đã được lưu.

- Tắt thiết bị: Nếu cần, tắt nguồn điện hoặc tắt thiết bị để tiết kiệm năng lượng khi không sử dụng.

**3. Sử dụng Hệ thống**

Chương này cung cấp hướng dẫn chi tiết về cách sử dụng các chức năng và tính năng của hệ thống . Mỗi chức năng sẽ được mô tả với các bước sử dụng, đầu vào, và đầu ra kỳ vọng, giúp người dùng dễ dàng tương tác với hệ thống.

**3.1 Xem thông số thời thiết**

Mô tả: Đây là tính năng chính của hệ thống, cho phép người dùng xem các dự báo thời tiết theo ngày và tuần. Dự báo sẽ bao gồm nhiệt độ, độ ẩm, và khả năng mưa cho các khu vực được chọn.

Đầu vào yêu cầu: Người dùng cần cung cấp vị trí của mình hoặc khu vực cần xem dự báo.

Đầu ra: Hệ thống sẽ trả về dự báo chi tiết cho khu vực đó, bao gồm:

- Nhiệt độ (°C)

- Độ ẩm (%)

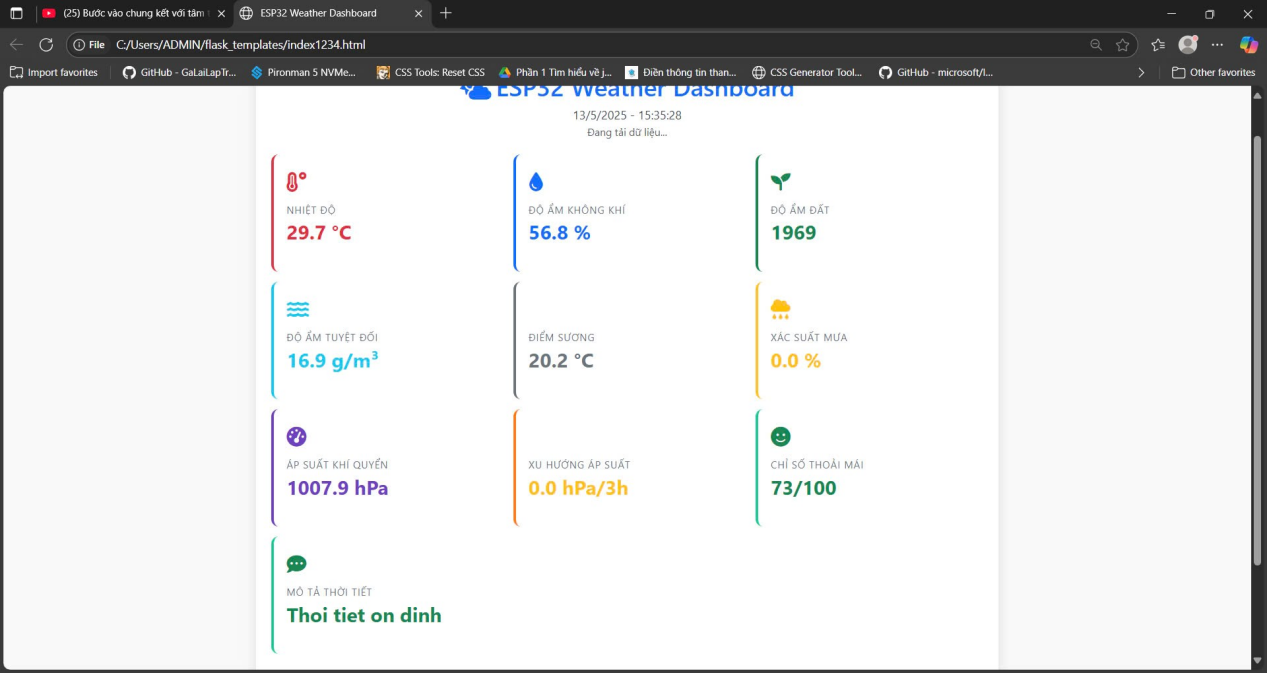
- Áp xuất(hPa)

- Khả năng mưa (%)

Cách sử dụng:

- Truy cập vào trang Dự báo Mưa từ menu chính.

- Xem kết quả dự báo, được hiển thị theo dạng bảng và biểu đồ

  
hình ảnh 1: Giao diện hiển thị dự báo mưa

Lưu ý: Nếu không có kết quả cho vị trí được nhập, hệ thống sẽ hiển thị thông báo lỗi và yêu cầu người dùng thử lại.

**3.2 Cảnh Báo Thời Tiết**

Mô tả: Hệ thống cung cấp các cảnh báo về thời tiết cực đoan, bao gồm mưa lớn, gió mạnh, hoặc điều kiện thời tiết nguy hiểm khác. Các cảnh báo này được gửi đến người dùng qua giao diện web và qua các thông báo đèn LED.

Đầu vào yêu cầu: Không có đầu vào từ người dùng, cảnh báo được kích hoạt tự động dựa trên dữ liệu từ cảm biến thời tiết.

Đầu ra: Cảnh báo thông qua các thông báo trên màn hình và đèn LED.

Cách sử dụng:

- Khi có cảnh báo thời tiết, hệ thống sẽ hiển thị thông báo trên giao diện web.

- Đèn LED sẽ nhấp nháy màu đỏ hoặc xanh để cảnh báo cho người dùng trong khu vực.  
Chú thích: Màn hình cảnh báo thời tiết hiển thị thông báo mưa lớn.

Lưu ý: Người dùng có thể tắt cảnh báo từ giao diện web nếu không muốn nhận thông báo tiếp theo.

**3.3 Tạo Báo Cáo Dự Báo Thời Tiết**

Mô tả: Hệ thống cho phép người dùng tạo báo cáo dự báo thời tiết dưới dạng PDF hoặc Excel. Báo cáo có thể được xuất theo ngày, tuần, hoặc theo các khu vực cụ thể.

Đầu vào yêu cầu: Người dùng chọn khu vực và khoảng thời gian cần tạo báo cáo.

Đầu ra: Tạo báo cáo dưới dạng PDF hoặc Excel, bao gồm các thông tin như nhiệt độ, độ ẩm, và khả năng mưa.

Cách sử dụng:

-Truy cập vào mục Báo cáo từ menu chính.

- Chọn Khu vực và Thời gian (ngày, tuần) cho báo cáo.

- Nhấn Tạo báo cáo và chọn định dạng báo cáo (PDF hoặc Excel).

- Tải báo cáo xuống hoặc in ra.  
Chú thích: Giao diện tạo báo cáo thời tiết theo khu vực và thời gian.

Lưu ý: Các báo cáo có thể được lưu lại trong hệ thống hoặc gửi qua email nếu có yêu cầu.

**3.4 Cập Nhật Cài Đặt Hệ Thống**

Mô tả: Người quản trị hệ thống có thể thay đổi các cài đặt hệ thống, bao gồm cấu hình cảm biến, cài đặt mạng, và các thông số khác để tối ưu hóa hoạt động của hệ thống.

Đầu vào yêu cầu: Người dùng cần có quyền quản trị để thực hiện các thay đổi.

Đầu ra: Các cài đặt hệ thống được cập nhật và áp dụng.

Cách sử dụng:

- Đăng nhập vào tài khoản quản trị viên.

- Truy cập vào mục Cài đặt hệ thống.

- Thay đổi các cài đặt cần thiết, ví dụ như kết nối mạng Wi-Fi, cấu hình cảm biến, v.v.

- Lưu cài đặt và khởi động lại hệ thống nếu cần.

**4. Xử lý sự cố & Hỗ trợ**

Phần này cung cấp hướng dẫn chi tiết giúp người dùng xác định, xử lý và khắc phục các lỗi có thể phát sinh trong quá trình sử dụng hệ thống.Ngoài ra, phần này cũng hướng dẫn cách liên hệ với bộ phận hỗ trợ kỹ thuật khi cần.

**4.1 Thông báo lỗi**

Bảng dưới đây liệt kê một số thông báo lỗi phổ biến mà người dùng có thể gặp phải khi sử dụng hệ thống, nguyên nhân và cách khắc phục:

| Thông báo lỗi | Nguyên nhân | Cách khắc phục |
| --- | --- | --- |
| “Không thể kết nối cảm biến” | Cảm biến không được cấp nguồn hoặc bị ngắt kết nối | Kiểm tra nguồn và dây nối cảm biến, đảm bảo kết nối chắc chắn |
| “Không có dữ liệu thời tiết” | Mất kết nối Internet hoặc máy chủ dữ liệu thời tiết bị lỗi | Kiểm tra kết nối mạng, thử lại sau vài phút |
| “Lỗi xác thực tài khoản” | Nhập sai tên người dùng hoặc mật khẩu | Kiểm tra lại thông tin đăng nhập hoặc sử dụng chức năng quên mật khẩu |
| “Không thể tạo báo cáo” | Lỗi tệp đầu ra hoặc không có dữ liệu để xuất báo cáo | Kiểm tra lại điều kiện đầu vào hoặc định dạng xuất báo cáo |
| “Truy cập bị từ chối” | Tài khoản người dùng không có quyền truy cập chức năng | Liên hệ với quản trị viên để cấp quyền truy cập |

**4.2 Những cân nhắc đặc biệt**

Dưới đây là một số tình huống đặc biệt mà người dùng cần lưu ý:

- Ngắt nguồn đột ngột: Trong trường hợp mất điện, hệ thống sẽ tự động lưu trạng thái hiện tại và khởi động lại từ điểm lưu gần nhất khi có điện lại.

- Cảnh báo sai lệch từ cảm biến: Có thể do cảm biến bám bụi hoặc bị hỏng. Vui lòng vệ sinh hoặc thay thế cảm biến định kỳ.

- Báo cáo không chính xác: Nếu người dùng thấy dữ liệu bất thường, cần kiểm tra thời gian cập nhật gần nhất và xác minh trạng thái của các cảm biến.

- Truy cập trái phép: Mọi hành động đăng nhập không hợp lệ sẽ bị ghi lại trong nhật ký hệ thống. Nếu có nghi ngờ bị tấn công, người dùng cần đổi mật khẩu và liên hệ quản trị viên.

1. **KẾT LUẬN**

Dự án Hệ thống Dự Báo Mưa Thông Minh Thông Minh đã hoàn thành mục tiêu xây dựng một hệ thống dự báo thời tiết đơn giản, chi phí thấp, dễ triển khai nhưng vẫn đảm bảo được tính hiệu quả và khả năng mở rộng trong tương lai. Thông qua việc tích hợp các cảm biến Bme280 trên nền tảng vi điều khiển ESP32, hệ thống đã thu thập được dữ liệu môi trường thực tế và sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính để dự đoán khả năng mưa. Quá trình thử nghiệm bước đầu cho thấy mô hình hoạt động ổn định, phản hồi nhanh và cung cấp kết quả tương đối chính xác, phù hợp với yêu cầu của các ứng dụng thực tiễn như nông nghiệp thông minh, giám sát môi trường tại địa phương hoặc trong lĩnh vực giáo dục nghiên cứu.

Tổng thể, dự án là một ví dụ điển hình về việc ứng dụng công nghệ IoT và trí tuệ nhân tạo vào giải quyết các vấn đề thực tiễn. Với tiềm năng phát triển, hệ thống có thể được nâng cấp để trở thành một giải pháp hữu ích trong công tác dự báo thời tiết quy mô nhỏ, phục vụ cộng đồng địa phương và hỗ trợ chuyển đổi số trong lĩnh vực nông nghiệp, giáo dục và môi trường.

1. **DANH MỤC PHỤ**

**[Phụ lục A: Tài liệu tham khảo](#_Toc4734085)**

[Bảng 6: Tài liệu tham khảo về dự án](#_Toc8604) 25

**Phụ luc B: Hình ảnh**

[hình 1: Giao diện hiển thị dự báo mưa](#_Toc8604) 50

**Phụ lục C:** Danh sách các bảng

[Bảng 1: Thư viện phần mềm tích hợp](#_Toc8604) 17

[Bảng 2: Thuật ngữ 1](#_Toc8604) 22

[Bảng 3: Danh sách các vấn đề](#_Toc8604) 23

[Bảng 4: Từ viết Tắt](#_Toc8604) 24

[Bảng 5: Thuật ngữ](#_Toc8604) 24

[Bảng 6: Tài liệu tham khảo về dự án](#_Toc8604) 25

[Bảng 7: SOUP tích hợp](#_Toc8604) 37

[Bảng 8: khả năng truy xuất yêu cầu](#_Toc8604) 38

[Bảng 9 Nhóm: Thu thập dữ liệu cảm biến](#_Toc8604) 41

[Bảng 10: Nhóm: Lưu trữ và xử lý dữ liệu](#_Toc8604) 41

[Bảng 11: Nhóm: Dự đoán thời tiết](#_Toc8604) 41

[Bảng 12: Nhóm: Giao diện người dùng và xuất dữ liệu](#_Toc8604) 41

[Bảng 13: Nhóm: Tính ổn định và bảo mật](#_Toc8604) 41

[Bảng 14: Ma trận Truy xuất theo Yêu cầu của Trường hợp Thử nghiệm](#_Toc8604) 41

[Bảng 15: Thông số kỹ thuật đầu vào 1](#_Toc8604) 43

[Bảng 16: Quy trình kiểm tra 1](#_Toc8604) 43

[Bảng 17: Thông số kỹ thuật đầu vào 2](#_Toc8604) 44

[Bảng 18: Quy trình kiểm tra 2](#_Toc8604) 45

[Bảng 19: Thông báo lỗi](#_Toc8604) 51