

# Đánh giá luận văn "Investigation of IoT-Based Monitoring and Alert System for Machine Room Safety Using Raspberry Pi"

## 1. Đứng đắn về mặt kỹ thuật

### 1.1 Kiến trúc phần cứng và phần mềm (hợp lý và khả thi)

Luận văn đã đề xuất một kiến trúc IoT hợp lý gồm **nút cảm biến** và **nút trung tâm**. Cụ thể, hệ thống sử dụng một vi điều khiển STM32 (nút cảm biến) thu thập dữ liệu từ cảm biến lửa (KY-026) và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm (DHT11), sau đó truyền không dây đến **Raspberry Pi** (đóng vai trò bộ xử lý trung tâm kiêm máy chủ web) <sup>1</sup> <sup>2</sup>. Cách phân chia này khả thi vì STM32 đủ khả năng đọc cảm biến và xử lý sơ bộ, trong khi Raspberry Pi mạnh hơn đảm nhiệm giải mã dữ liệu, lưu trữ và cung cấp giao diện người dùng (web). Việc lựa chọn **HC-12 433MHz** làm module truyền thông không dây cho phép **giảm chi phí và tiết kiệm năng lượng** so với Wi-Fi/GSM, đồng thời mở rộng phạm vi truyền tin trong môi trường phòng máy <sup>3</sup>. Các thành phần phần cứng và phần mềm được tích hợp nhịp nhàng: sensor node thu thập và mã hóa dữ liệu, gửi qua HC-12, phía Raspberry Pi nhận gói tin, giải mã và cập nhật lên giao diện web thời gian thực <sup>4</sup>. Kiến trúc này hoàn toàn khả thi và đã được triển khai thành công; các chức năng từ thu thập dữ liệu, truyền nhận, tới giao diện web (đăng nhập, theo dõi dữ liệu, quản lý người dùng, v.v.) đều hoạt động trơn tru đúng như thiết kế <sup>5</sup>.

**Đánh giá:** Kiến trúc đề xuất **hợp lý** và **khả thi** cho một hệ thống IoT giám sát phòng máy. Việc tách biệt vi điều khiển cho nhiệm vụ thu thập/mã hóa và Raspberry Pi cho nhiệm vụ xử lý/giao diện giúp tận dụng ưu thế của mỗi nền tảng. Lựa chọn cảm biến KY-026 và DHT11 phù hợp mục tiêu trình diễn (giá rẻ, dễ dùng); tuy nhiên, DHT11 có độ chính xác và tốc độ hạn chế (0.5°C, tần suất ~1 Hz) – luận văn đã xử lý bằng cách đặt ngưỡng 45°C thấp hơn giới hạn 50°C của cảm biến để đảm bảo độ tin cậy <sup>6</sup>. Các quyết định thiết kế đều được giải thích rõ ràng về vai trò và ưu/nhược điểm của từng phần tử trong hệ thống <sup>7</sup>, cho thấy tính đứng đắn và có cơ sở kỹ thuật.

### 1.2 Hiệu quả của giao thức mã hóa, truyền dữ liệu không dây và xử lý dữ liệu

Luận văn thiết kế một quy trình truyền dữ liệu không dây an toàn và tin cậy dựa trên chuỗi các bước: đóng gói khung tin, mã hóa, mã hóa kênh, trải phổ, đồng bộ, và truyền UART qua module RF HC-12 <sup>8</sup> <sup>9</sup>. Cụ thể, dữ liệu cảm biến được đóng gói theo cấu trúc **khung MAVLink v1** (chứa byte bắt đầu, độ dài, ID nút, ID thông điệp, payload và CRC) để tăng tính **đồng bộ và phát hiện lỗi** <sup>10</sup>. Sau đó, **mã hóa AES-256 (ECB)** được áp dụng nhằm **bảo mật** cho gói tin – AES-256 được lựa chọn vì tính bảo mật cao (khóa 256-bit, 14 vòng biến đổi) <sup>11</sup>. Luận văn còn bổ sung kỹ thuật **đảo bit** sau mã hóa để tăng độ khó dự đoán mẫu dữ liệu <sup>12</sup>. Tiếp theo, gói tin được mã hóa kênh bằng mã **LDPC (tỷ lệ 1/2)** nhằm **phát hiện và tự sửa lỗi bit** khi truyền qua môi trường không dây nhiễu <sup>13</sup>. Giai đoạn **trải phổ dùng LFSR** (Linear Feedback Shift Register) XOR với dữ liệu giúp **xáo trộn tín hiệu** và tăng khả năng chống can nhiễu, nghe lén <sup>14</sup> <sup>15</sup>. Cuối cùng, hai

byte **header đồng bộ** (0xEB90) được thêm vào đầu khung để bộ thu dễ dàng nhận biết điểm bắt đầu của gói tin hợp lệ <sup>16</sup> .

Trên **bộ thu (Raspberry Pi)**, chuỗi giải mã và xử lý ngược được thực hiện: nhận UART từ HC-12, nhận dạng header đồng bộ rồi lần lượt **giải trải phổ (XOR LFSR)**, **giải mã LDPC** (sửa lỗi bit nếu có) và **giải mã AES-256** để thu được dữ liệu cảm biến gốc <sup>17</sup> <sup>18</sup> . Luận văn mô tả chi tiết từng bước này, cho thấy sự đầu tư vào **độ tin cậy** và **bảo mật** của truyền thông IoT – một điểm mạnh kỹ thuật đáng kể. Kết quả thực nghiệm xác nhận hiệu quả: mọi gói tin đều được đóng gói đầy đủ và truyền **gần như không mất mát**; tỷ lệ lỗi gói gần 0% nhờ cơ chế mã hóa kênh LDPC phục hồi bit lỗi do môi trường <sup>19</sup> . Độ trễ từ cảm biến tới giao diện người dùng rất thấp (theo yêu cầu thiết kế <2 giây) và dữ liệu hiển thị liên tục, không bị gián đoạn <sup>20</sup> . Hơn nữa, việc sử dụng AES-256 đảm bảo rằng dữ liệu truyền **đã được mã hóa an toàn**, đáp ứng yêu cầu về an ninh (tránh giả mạo dữ liệu) <sup>11</sup> <sup>19</sup> .

**Đánh giá:** Giao thức truyền thông được thiết kế **hiệu quả** và **sáng tạo**, kết hợp nhiều lớp bảo vệ (mã hóa, sửa lỗi, trải phổ) thường thấy trong các hệ thống truyền tin nâng cao. Mặc dù phức tạp, giải pháp này khả thi trên nền tảng phần cứng đã chọn: STM32 có đủ hiệu năng thực hiện AES-256 và LDPC với gói tin nhỏ, và Raspberry Pi dư sức giải mã nhanh trong thời gian thực (luận văn cho biết quá trình giải mã/giải nén thực hiện dưới 1 giây mỗi gói – phù hợp yêu cầu hệ thống). Cách tiếp cận này giúp **tăng độ tin cậy** (gần như không mất gói) và **bảo mật dữ liệu** vượt trội so với các hệ thống IoT thông thường chỉ dùng truyền tin thô hoặc mã hóa đơn giản. Một điểm ấn tượng là tác giả đã lựa chọn AES-256 (mã hóa mạnh) thay vì các giải pháp nhẹ hơn, chứng tỏ sự chú trọng khía cạnh an ninh; đồng thời kết hợp với LFSR và LDPC giúp khắc phục hạn chế tiềm tàng của AES ở chế độ ECB (vẫn có thể lộ mẫu nếu truyền dữ liệu lặp) – qua đó cho thấy hiểu biết sâu về truyền thông số. Nhìn chung, các giao thức và thuật toán được sử dụng đều **hợp lý về mặt kỹ thuật** và **phù hợp với mục tiêu** xây dựng hệ thống cảnh báo phòng máy an toàn, tin cậy.

### 1.3 Logic thiết kế hệ thống giám sát, cảnh báo và mô hình Fuzzy Logic

Hệ thống giám sát và cảnh báo được thiết kế với **hai cơ chế bổ trợ**: (1) **Cảnh báo ngưỡng cố định** dựa trên giá trị nhiệt độ và độ ẩm, và (2) **Cảnh báo thông minh dùng thuật toán mờ (Fuzzy Logic)** dựa trên tổng hợp các yếu tố môi trường. Cách tiếp cận **kết hợp này rất hợp lý** để đảm bảo phát hiện linh hoạt nhưng vẫn có ngưỡng an toàn tuyệt đối. Cụ thể, tác giả thiết lập ngưỡng cảnh báo khi **hiệu suất  $\geq 40^\circ\text{C}$  đồng thời độ ẩm  $\leq 40\%$**  – kích hoạt ngay báo động và email khi hai điều kiện này thỏa mãn <sup>21</sup> . Ngưỡng này được chọn thấp hơn giới hạn tối đa của cảm biến DHT11 ( $50^\circ\text{C}$ , 20%RH) nhằm **phát hiện sớm nguy cơ cháy** trước khi đạt cực hạn và tránh hư hại phần cứng do nhiệt <sup>22</sup> . Cơ chế “cảnh báo kép” (dual-threshold) này đóng vai trò như một tầng bảo hiểm: **nếu thuật toán mờ có thể chưa phản ứng kịp hoặc sai số**, hệ thống vẫn báo động khi các chỉ số môi trường vượt ngưỡng nguy hiểm rõ rệt <sup>23</sup> .

Thuật toán **Fuzzy Logic** được áp dụng nhằm đánh giá **mức độ rủi ro cháy** một cách mềm dẻo hơn ngưỡng cố định. Luận văn trình bày khái niệm logic mờ và ưu điểm của nó trong xử lý dữ liệu không ranh giới rõ ràng (các giá trị có thể không hoàn toàn “an toàn” hay “nguy hiểm” mà nằm giữa) <sup>24</sup> . Mô hình mờ của hệ thống thuộc loại **Rule-Based Fuzzy Logic** cơ bản, gồm các bước: Fuzzification (làm mờ đầu vào), Rule Evaluation (áp dụng tập luật) và Defuzzification (giải mờ đầu ra) <sup>25</sup> . Tác giả quyết định **đơn giản hóa mô hình** bằng cách chỉ sử dụng **2 tập mờ chính** cho mỗi biến đầu vào: “*Temperature High*” (nhiệt độ cao) và “*Humidity Low*” thay vì có cả mức Trung bình, nhằm tránh “bùng nổ luật” và giảm độ phức tạp <sup>26</sup> . Theo đó, nhiệt độ bắt đầu được coi là “High” từ  $\sim 30^\circ\text{C}$  và đạt 1 (Hoàn toàn cao) tại  $45^\circ\text{C}$ ; độ ẩm dưới 40% được coi là “Low” và trên 60% là an toàn <sup>27</sup> . Mặc dù bỏ qua trạng thái “Medium”, luận văn lý giải rằng điều này **không làm giảm đáng kể hiệu quả** nhưng giúp tập trung vào điều kiện nguy cơ cao một cách rõ ràng <sup>28</sup> .

Tập luật mờ được thiết kế gồm **5 luật** kết hợp 3 đầu vào: **trạng thái phát hiện lửa (cảm biến flame), nhiệt độ, độ ẩm** <sup>29</sup> <sup>30</sup>. Bảng luật (Table 2) cho thấy các tình huống tiêu biểu, ví dụ: - R1: Nếu có lửa **VÀ** nhiệt độ cao **VÀ** độ ẩm thấp  $\Rightarrow$  Nguy cơ *Rất Cao* (VERY HIGH) <sup>31</sup>. - R2: Nếu có lửa **VÀ** nhiệt độ cao **NHƯNG** độ ẩm không thấp  $\Rightarrow$  Nguy cơ *Cao* (HIGH) <sup>32</sup>. - R3: Nếu có lửa **NHƯNG** nhiệt độ không cao **VÀ** độ ẩm thấp  $\Rightarrow$  Nguy cơ *Trung bình* (MEDIUM) <sup>33</sup>. - R4: Nếu **KHÔNG** có lửa **NHƯNG** nhiệt độ cao **VÀ** độ ẩm thấp  $\Rightarrow$  Nguy cơ *Cao* (HIGH) – trường hợp môi trường rất xấu dù chưa thấy lửa <sup>30</sup>. - R5: Nếu không có lửa **VÀ** nhiệt độ không cao **VÀ** độ ẩm không thấp  $\Rightarrow$  Nguy cơ *Thấp* (LOW) (bình thường) <sup>34</sup>.

Mỗi luật khi kích hoạt sẽ đóng góp một điểm số **ứng với mức nguy cơ** (Low, Medium, High, Very High được gán trọng số lần lượt 3, 5, 7, 9) <sup>35</sup>. Hệ thống dùng phương pháp **trung bình trọng số** để giải mờ: tính điểm trung bình của các trọng số theo mức độ thỏa mãn luật, tạo thành **điểm rủi ro cuối cùng** <sup>36</sup>. Điểm này được phân ngưỡng để ra quyết định cuối: ví dụ trên 7 nghĩa là khả năng cháy cao, kích hoạt báo cháy ngay; 4–7 là có rủi ro cần cảnh báo sớm; dưới 4 là an toàn <sup>37</sup>. Cách tiếp cận này cho phép hệ thống **phản ứng linh hoạt** hơn so với ngưỡng cố định, vì nó xét đến xu hướng biến đổi môi trường và **kết hợp đa tham số** thay vì từng giá trị riêng lẻ <sup>38</sup>.

**Đánh giá:** Logic thiết kế hệ thống cảnh báo là **chặt chẽ và hiệu quả**. Việc tích hợp **thuật toán mờ** cho thấy tính sáng tạo và hiểu biết của tác giả khi áp dụng phương pháp AI đơn giản nhằm **giảm báo động giả** và **phát hiện sớm** hơn (nhờ đánh giá tình huống tiệm cận nguy hiểm trước khi chạm ngưỡng) <sup>39</sup>. Đồng thời, tác giả vẫn giữ cơ chế ngưỡng chắc chắn để đảm bảo **an toàn tuyệt đối** khi điều kiện đã quá nguy hiểm. Mô hình Fuzzy Logic được xây dựng hợp lý với số luật tối thiểu đáp ứng được các kịch bản chính, tránh dư thừa. Các khái niệm mờ, luật, hàm membership, giải mờ đều được trình bày rõ ràng và áp dụng thống nhất vào hệ thống. Nhìn chung, thiết kế giám sát và cảnh báo của luận văn **phù hợp về logic**: vừa tận dụng được ưu thế của điều khiển mờ mềm dẻo, vừa đảm bảo tính đơn giản, dễ thực thi trên phần cứng hạn chế, và đảm bảo phản ứng nhanh trong tình huống khẩn cấp.

## 1.4 Tính nhất quán giữa mô tả kỹ thuật và kết quả thực nghiệm

Luận văn cho thấy sự **nhất quán cao** giữa thiết kế kỹ thuật (chương 2) và triển khai thực nghiệm (chương 3). Mọi thành phần và chức năng đề ra đều đã được hiện thực hóa và **hoạt động đúng như mô tả**. Cụ thể, chương 2 trình bày chi tiết hệ thống từ thu thập dữ liệu, mã hóa, truyền tin, đến giải mã và hiển thị; sang chương 3, tác giả xác nhận: vi điều khiển STM32 **đã thu thập dữ liệu và đóng gói mã hóa thành công**, phía Raspberry Pi **đã nhận và giải mã trích xuất nhiệt độ, độ ẩm, trạng thái lửa đúng như thiết kế** <sup>5</sup>. Các chức năng phần mềm trên giao diện web (đăng ký, đăng nhập, khôi phục mật khẩu, xem log, xuất log, quản lý người dùng, cài đặt ngưỡng cảnh báo...) cũng đều được triển khai đầy đủ và chạy **trơn tru** như yêu cầu đặt ra <sup>40</sup>.

Kết quả thực nghiệm được mô tả cho thấy **không có mâu thuẫn nào** so với thiết kế: dữ liệu cảm biến thu thập liên tục và **phản ánh chính xác biến động môi trường**, cảm biến lửa **phản ứng nhanh** khi có lửa mà không bị trễ <sup>41</sup>. Quá trình truyền tin qua gói tin mã hóa **không bị mất mát** gói nào; nhờ cơ chế sửa lỗi LDPC, **tỷ lệ mất gói gần bằng 0** (phù hợp với kỳ vọng thiết kế về một hệ thống tin cậy) <sup>19</sup>. Dữ liệu sau khi đến Raspberry Pi được hiển thị **thời gian thực** trên giao diện, không bị thiếu hay chậm, đúng với tiêu chí hệ thống IoT thời gian thực <sup>20</sup>. Khi nhiệt độ cao vượt ngưỡng, nút “deactivate alert” trên giao diện lập tức bật sáng để admin có thể nhanh chóng tắt cảnh báo – chức năng này hoạt động đúng như thiết kế cảnh báo thủ công đã nêu <sup>20</sup>.

Tóm lại, **mô tả kỹ thuật và kết quả thử nghiệm hoàn toàn nhất quán**. Các thành phần phần cứng, thuật toán mã hóa, logic mờ, giao diện web... được triển khai đúng theo thiết kế và cho kết quả như mong đợi. Sự nhất quán này cho thấy tính **đúng đắn về kỹ thuật** của luận văn – không chỉ ở khâu đề xuất mà còn trong việc thực hiện và vận hành thực tế.

*Nhận xét chung phần 1:* Luận văn đã chứng tỏ tính đúng đắn về mặt kỹ thuật thông qua một thiết kế hệ thống **hợp lý**, áp dụng nhiều giải pháp kỹ thuật **tiên tiến** (mã hóa AES-256, mã sửa lỗi LDPC, logic mờ...) và triển khai chúng một cách **thành công, nhất quán**. Hệ thống đáp ứng các tiêu chí quan trọng: **tính khả thi** (chạy được trên phần cứng thực), **hiệu quả** (truyền tin ổn định, thời gian thực), **bảo mật** (dữ liệu mã hóa), **tin cậy** (ít lỗi, có xử lý dự phòng), và **thông minh** (cảnh báo linh hoạt). Đây là nền tảng kỹ thuật vững chắc để tiếp tục đánh giá khía cạnh học thuật.

## 2. Đúng đắn và đầy đủ về mặt học thuật

### 2.1 Mức độ cập nhật tài liệu tham khảo và so sánh với các công trình liên quan

Luận văn đã nghiên cứu một cách tương đối đầy đủ bối cảnh và các công trình liên quan trong lĩnh vực **IoT cho phát hiện cháy**. Phần *Related Works* điểm qua nhiều hệ thống từ **truyền thống đến hiện đại**: ví dụ, công trình sử dụng **ESP32 và mạng LoRa** cho cảnh báo cháy rừng/nông trại <sup>42</sup>, hệ thống **Arduino + GSM** gửi SMS cảnh báo cháy nhà <sup>42</sup>, hệ thống IoT dùng **Blynk và GSM** kết hợp cảm biến gas <sup>43</sup>, giải pháp **STM32 + WiFi** phát hiện cháy thời gian thực <sup>44</sup>, thậm chí các hệ thống **robot cứu hỏa kết hợp drone và ZigBee** <sup>45</sup>, hay hệ thống **ESP32 + PIR + Telegram bot** để cảnh báo cháy và xâm nhập <sup>46</sup>. Như vậy, tác giả đã tham khảo các nghiên cứu đa dạng (2013 đến 2023) bao gồm cả những xu hướng mới như tích hợp **AI (YOLOv5)** cho phát hiện cháy sớm <sup>47</sup>. Đặc biệt, luận văn trích dẫn các tài liệu năm **2021–2023** (ví dụ [7], [8], [9]) cho thấy nắm bắt các tiến bộ mới nhất: [8] đề xuất kết hợp IoT với mô hình YOLOv5 để giảm báo động giả mùa khô, [9] trình bày hệ thống cải tiến dùng machine learning và nhiều loại cảm biến để nâng độ chính xác <sup>48</sup>.

So sánh với các công trình trước, tác giả đã xác định **khoảng trống** mà luận văn hướng tới: nhiều hệ thống trước dùng **Wi-Fi hoặc GSM** để truyền dữ liệu, trong khi giải pháp này chọn **truyền thông radio tần số thấp (HC-12)** để tăng phạm vi và tính linh hoạt <sup>3</sup>. Tác giả cũng chỉ ra một số hệ thống trước đây (như [9] – Raspberry Pi + Arduino Uno năm 2013) tuy đã có tính năng gửi ảnh, SMS và giao diện web, nhưng vẫn còn đơn giản và có nguy cơ báo động giả, v.v. Luận văn của tác giả kế thừa những ý tưởng nền tảng đó và bổ sung cải tiến (như dùng radio, thuật toán mờ) để **nâng cao hiệu suất và độ tin cậy** <sup>49</sup>.

Về tài liệu tham khảo, danh mục tài liệu của luận văn có tổng cộng 19 mục, bao gồm cả **bài báo khoa học lẫn nguồn web**. Các tài liệu **khoa học** được trích dẫn khá cập nhật: ví dụ tài liệu [2] năm 2023 (IEEE về IoT + LoRa), [7] năm 2021 (IEEE về hệ thống phát hiện cháy IoT), [8] năm 2023 (bài báo *Future Internet* về phát hiện cháy rừng bằng AIoT), [19] năm 2013 (hội nghị IEEE về dùng Fuzzy Logic trong WSN phát hiện cháy) <sup>50</sup> <sup>51</sup>. Những tài liệu này hỗ trợ bối cảnh và phương pháp mà luận văn đề cập (LoRa, GSM, Fuzzy logic...). Tác giả cũng tham khảo một số nguồn **sản phẩm/hardware** cho thông tin kỹ thuật (như module cảm biến lửa KY-026 [10], DHT11 [11], module HC-12 [13], anten 433MHz [14]) – điều này giúp mô tả cụ thể phần cứng nhưng những nguồn này chủ yếu là trang web nhà cung cấp, không hẳn là tài liệu học thuật. Bên cạnh đó, có sự xuất hiện của **Wikipedia [18]** và blog kỹ thuật (CSDN) [17] trong danh mục – các nguồn này cung cấp kiến thức nền (ví dụ định nghĩa fuzzy logic, cấu trúc MAVLink) nhưng **giá trị học thuật hạn chế**. Dẫu vậy, việc sử dụng chúng trong chừng mực (để minh họa khái niệm hoặc hình ảnh) là chấp nhận được, miễn là luận văn không **phụ thuộc chính** vào các nguồn không thẩm định này.

**Đánh giá:** Mức độ cập nhật tài liệu tham khảo của luận văn là **tương đối tốt**. Tác giả đã tìm hiểu các nghiên cứu từ cơ bản đến hiện đại, thể hiện sự **hiểu biết về tiến trình phát triển** của hệ thống IoT phòng cháy. Đặc biệt, so sánh hệ thống của mình với các giải pháp trước (về công nghệ truyền thông, thành phần cảm biến, tính năng AI) giúp khẳng định **đóng góp mới** (dùng RF giá rẻ, logic mờ nâng cao độ tin cậy). Tuy nhiên, còn một vài điểm có thể cải thiện: Danh mục tài liệu có vẻ **lặp lại** một nguồn – ví dụ [3] và [5] hình như đều là cùng một bài báo năm 2017 về hệ thống Arduino GSM (có thể do lỗi trích dẫn trùng) <sup>52</sup> <sup>53</sup> . Ngoài ra, việc trích dẫn Wikipedia và blog cho các định nghĩa nên được thay thế bằng các nguồn học thuật chuẩn hơn (sách giáo khoa, bài báo tổng quan) để tăng độ tin cậy. Nhìn chung, các tài liệu chính đã tương đối cập nhật và phù hợp, nhưng luận văn có thể **bổ sung thêm** một số tài liệu chuyên sâu (ví dụ tài liệu về mã hóa AES trong IoT, về LDPC ứng dụng thực tế, hoặc các hướng dẫn thiết kế hệ thống IoT an toàn) nhằm làm nền tảng lý thuyết vững chắc hơn cho các quyết định kỹ thuật.

## 2.2 Cách trình bày và logic học thuật của phần giới thiệu, phân tích, đánh giá

Luận văn được cấu trúc rõ ràng thành các chương: **Giới thiệu** (Chapter 1), **Thiết kế hệ thống** (Chapter 2), **Kết quả và đánh giá** (Chapter 3), và **Kết luận** (Chapter 4). Cách tổ chức này tuân theo thông lệ học thuật, giúp người đọc dễ theo dõi tiến trình nghiên cứu. Phần **Giới thiệu** cung cấp bối cảnh IoT và nhu cầu cấp thiết của việc giám sát phòng máy chống cháy, đồng thời nêu **mục tiêu** và **phạm vi** đề tài. Đặc biệt, subsections về *Related Works* đã làm tốt nhiệm vụ tổng quan tài liệu, phân tích ưu/nhược và khoảng trống của các hệ thống trước, từ đó dẫn dắt hợp lý đến hướng đi của luận văn (dùng radio tầm xa, tích hợp thuật toán mờ...) <sup>3</sup> . Cách lập luận trong phần giới thiệu có tính **logic học thuật cao**: bắt đầu từ tổng quan vấn đề -> hiện trạng giải pháp -> khoảng trống -> đề xuất hướng giải quyết của riêng mình, cho thấy tác giả hiểu rõ vị trí công trình trong bức tranh tổng thể.

Phần **phân tích thiết kế** (Chapter 2) được trình bày chi tiết, mạch lạc. Tác giả chia thành *Kiến trúc phần cứng* và *Kiến trúc phần mềm & firmware*, lần lượt mô tả **thành phần phần cứng** và **luồng xử lý dữ liệu** trong hệ thống. Các khái niệm kỹ thuật phức tạp được giải thích kèm hình minh họa hoặc bảng biểu: ví dụ, hình 2 và 3 về sơ đồ hệ thống, bảng liệt kê các **yêu cầu chức năng** (Functional Requirements) cho Admin và User <sup>54</sup> <sup>55</sup> , use-case diagram, sequence diagram cho các chức năng chính (login, cài đặt ngưỡng...) – những yếu tố này thể hiện sự chuyên nghiệp trong phân tích hệ thống. Đặc biệt, luận văn dành phần lớn nội dung Chapter 2 để mô tả **luồng xử lý truyền thông và thuật toán** (đóng gói MAVLink, mã hóa AES, LDPC, LFSR, giải mã, logic cảnh báo...). Cách trình bày theo *từng bước xử lý* (Input/Output của mỗi khối, giải thích thuật toán như trong một quy trình kỹ thuật) giúp người đọc dễ nắm bắt logic vận hành của hệ thống <sup>56</sup> <sup>57</sup> . Mặc dù rất chi tiết kỹ thuật, phần này vẫn giữ được tính *mạch lạc*: các bước được xâu chuỗi hợp lý và có kết luận cuối mỗi phần (ví dụ mục 2.3 tóm tắt lại toàn bộ kiến trúc và chuẩn bị cho chương 3) <sup>58</sup> .

Phần **đánh giá kết quả** (Chapter 3) được kỳ vọng trình bày các kiểm thử và đánh giá hiệu năng hệ thống. Cấu trúc chương 3 của luận văn gồm: Implementation (mô tả triển khai các chức năng), Reliability and Error Rates (đánh giá tin cậy, độ trễ, sai số) và Flame Detection Accuracy (độ chính xác phát hiện lửa) theo như mục lục <sup>59</sup> . Trong bản thảo hiện có, phần Implementation đã nêu tổng quan các chức năng hoạt động đúng, phần Reliability đã mô tả định tính về tỷ lệ mất gói, độ phản ứng của cảm biến, thời gian hiển thị... Tuy nhiên, có vẻ **phần đánh giá định lượng chưa được trình bày chi tiết**. Ví dụ, tác giả đề cập sẽ “đánh giá tỷ lệ lỗi, mất gói, độ trễ end-to-end” <sup>60</sup> nhưng không thấy số liệu cụ thể (như % packet loss, thời gian trễ trung bình) mà chỉ khẳng định định tính “gần như không có sai sót”, “mất gần như 0%”, “rất thấp, không ảnh hưởng” <sup>19</sup> <sup>61</sup> . Phần Flame Detection Accuracy cũng không thấy nội dung rõ ràng (có thể đã gộp chung trong phần Reliability hoặc thiếu trong bản này). Về mặt logic học thuật, việc thiếu các số liệu cụ thể hay biểu đồ so sánh có thể coi là một hạn chế, vì một luận văn thạc sĩ thường cần **chứng minh bằng số liệu**

**thực nghiệm** cho các tuyên bố hiệu năng. Dù vậy, tác giả vẫn có những nhận xét hợp lý như: cảm biến phản ứng đúng khi môi trường thay đổi, giao thức giúp mất gói ~0%, hệ thống real-time... Các nhận xét này phù hợp với mong đợi, chỉ là chúng nên được củng cố bằng dữ liệu.

Văn phong học thuật nhìn chung được duy trì: luận văn viết chủ yếu bằng tiếng Anh, sử dụng đúng thuật ngữ chuyên ngành và giọng văn trang trọng, logic. Các phần giới thiệu, phân tích đều viết bằng tiếng Anh mạch lạc. Tuy nhiên, trong chương 3, xuất hiện **một số đoạn tiếng Việt** (có lẽ là ghi chú hoặc phần chưa dịch hoàn chỉnh) <sup>5</sup> <sup>41</sup>. Điều này làm giảm tính chuyên nghiệp và nhất quán của tài liệu, nếu luận văn dự định trình bày hoàn toàn bằng tiếng Anh. Có một vài lỗi đánh máy nhỏ (“Sigu Up” thay vì “Sign Up”, “Conclustion” thay vì “Conclusion”) <sup>62</sup> <sup>63</sup> nhưng không ảnh hưởng lớn đến hiểu biết nội dung.

**Đánh giá:** Cách trình bày của luận văn **rõ ràng, có tính học thuật** cao trong các chương nội dung chính (giới thiệu, thiết kế). Logic sắp xếp các phần rất hợp lý: mỗi chương, mỗi mục đều có mở đầu giới thiệu và kết luận tóm tắt, thể hiện tư duy mạch lạc. Tác giả biết cách lồng ghép tham khảo nghiên cứu trước để dẫn dắt vấn đề, rồi sau đó phân tích giải pháp của mình một cách tuần tự, từ tổng quát đến chi tiết. Nếu xét về **độ đầy đủ học thuật**, luận văn đã bao quát được nhiều khía cạnh (yêu cầu hệ thống, thiết kế, triển khai, so sánh với các phương pháp khác). Điểm trừ nhỏ là phần đánh giá thực nghiệm chưa **đầy đủ định lượng** và khâu biên tập cuối chưa thống nhất ngôn ngữ 100%. Nhưng tổng thể, luận văn đáp ứng các tiêu chuẩn học thuật về bố cục, luận cứ và tham khảo tài liệu.

## 2.3 Mức độ giải thích rõ ràng các khái niệm, thuật ngữ và mô hình sử dụng

Một ưu điểm của luận văn là tác giả đã dành thời gian giải thích khá rõ các **khái niệm nền tảng** và **thuật ngữ chuyên môn** được sử dụng, giúp người đọc (kể cả không chuyên sâu) hiểu được nội dung. Ví dụ: khái niệm **Fuzzy Logic** được giới thiệu từ căn bản – định nghĩa logic mờ, so sánh với logic nhị phân truyền thống, đưa ví dụ về giá trị “Warm” giữa Cold/Hot <sup>24</sup>. Tác giả thậm chí trích dẫn cả hình minh họa hàm membership (nhiệt độ nước Cold–Warm–Hot) và liệt kê các loại hệ thống mờ (Rule-based, Adaptive, Fuzzy Weighted Sum, v.v.) trước khi khẳng định chọn phương pháp **Rule-Based Fuzzy** cơ bản cho đề tài của mình <sup>64</sup>. Quá trình Fuzzification, Rule Evaluation, Defuzzification cũng được giải thích ngắn gọn khi xuất hiện, giúp người đọc nắm được quy trình suy luận mờ <sup>65</sup>.

Tương tự, các **thuật toán truyền thông** như MAVLink, AES, LFSR, LDPC... đều được mô tả về chức năng. Ví dụ, tác giả giới thiệu cấu trúc khung MAVLink v1 đầy đủ các byte trường, giải thích ý nghĩa từng trường (Start byte 0xFE, payload length, sequence, system ID, CRC...) <sup>10</sup>. Thuật toán **AES-256** được diễn giải khái quát về độ dài khóa, số vòng, cách đệm dữ liệu bằng PKCS7 để đủ block 16 byte, và vì sao dùng AES-256 cho độ bảo mật cao <sup>11</sup>. Mã **LDPC** được nói rõ nguyên lý: dùng ma trận kiểm tra H tính syndromes, lặp flipping bit tới khi syndrome = 0 hoặc hết vòng lặp <sup>13</sup> – tuy không giải thích chi tiết thuật toán (vì khá phức tạp), nhưng ít nhất người đọc hiểu LDPC dùng để **phát hiện/sửa lỗi**. **LFSR** cũng được miêu tả là tạo ra chuỗi giả ngẫu nhiên để XOR dữ liệu, khiến tín hiệu khó bị dò hay tấn công <sup>14</sup>. Việc thêm **byte đồng bộ** cũng được giải thích lựa chọn 0xEB90 do dễ nhận diện trên phổ vô tuyến <sup>66</sup>. Những giải thích này cho thấy tác giả **nắm chắc các thuật ngữ, mô hình sử dụng** và biết cách truyền đạt chúng một cách cô đọng.

Một điểm tốt khác: tác giả luôn nêu rõ **lý do lựa chọn** mỗi thành phần/thuật toán. Chẳng hạn, chọn **KY-026** vì giá rẻ, nhỏ gọn, phù hợp mục tiêu demo giáo dục <sup>67</sup>; chọn **SQLite** làm CSDL vì gọn nhẹ, phù hợp hệ nhúng; giao diện web dùng HTML/CSS/JS vì đơn giản mà hiệu quả trên Pi <sup>68</sup> <sup>69</sup>; sử dụng **Flask** vì nhẹ và phổ biến, nhiều tài liệu hỗ trợ <sup>70</sup>. Ngay cả tham số ngưỡng cảnh báo (40°C, 40%RH) cũng được giải thích

dựa trên đặc tính cảm biến và yêu cầu an toàn <sup>22</sup>. Những chỗ tác giả đưa ra quyết định thiết kế, thường kèm theo luận giải, chứng tỏ tính **thuyết phục học thuật** cao.

Về thuật ngữ, hầu hết các từ viết tắt chuyên môn đều được giới thiệu trong lần đầu xuất hiện. Chẳng hạn, **IoT, RF, UART, AES, LDPC, LFSR...** đều được dùng trong ngữ cảnh có thể hiểu hoặc đã chú thích (một số thuật ngữ rất chuyên biệt như LDPC, LFSR nếu còn viết rõ là “mã vòng lặp kiểm tra mật độ thấp” thì tốt hơn, nhưng dù sao cũng có giải thích chức năng đi kèm). Các khái niệm như **User/Admin, cảnh báo ngưỡng, hệ thống mờ** được dùng nhất quán.

Tuy nhiên, có một số lỗi nhỏ: “**Central Processing Unit (CPU)**” trong luận văn không phải CPU của máy tính mà ám chỉ **Raspberry Pi trung tâm** – cách gọi này có thể gây hiểu lầm với CPU (bộ vi xử lý) thông thường. Mặc dù tác giả cũng dùng từ “central unit” nhưng đôi lúc viết tắt là CPU <sup>2</sup>. Học thuật ra, nên gọi Raspberry Pi là “gateway” hoặc “central node” sẽ chính xác hơn. Ngoài ra, phần kết quả có xen lẫn tiếng Việt và viết tắt lạ (“**cuxgn**” có lẽ là “chức năng” đánh máy lỗi) <sup>71</sup> – đây là vấn đề trình bày, không phải nội dung thuật ngữ, nhưng cũng có thể ảnh hưởng sự rõ ràng.

**Đánh giá:** Nhìn chung, luận văn đã **giải thích rõ ràng** các khái niệm, thuật ngữ và mô hình sử dụng, đảm bảo người đọc nắm được **ý nghĩa và vai trò** của từng yếu tố trong hệ thống. Việc này rất quan trọng về mặt học thuật, vì nó thể hiện tác giả hiểu sâu vấn đề chứ không chỉ áp dụng một cách máy móc. Các định nghĩa về fuzzy logic, mô tả thuật toán mã hóa, giao thức truyền thông... được trình bày ngắn gọn nhưng đủ ý, kèm tài liệu tham khảo khi cần (ví dụ trích Wikipedia cho fuzzy logic, blog CSDN cho MAVLink). Để hoàn thiện hơn, tác giả nên thay thế những nguồn định nghĩa bằng các tài liệu chuẩn, và thống nhất thuật ngữ (tránh dùng CPU gây nhầm lẫn). Tuy nhiên, những sơ suất đó không lớn. Về tổng thể, phần diễn giải lý thuyết và mô hình là **đúng đắn, dễ hiểu**, góp phần nâng cao tính học thuật của luận văn.

### 3. Đề xuất cải tiến để nâng cao chất lượng học thuật

#### 3.1 Những điểm còn yếu về mặt học thuật hoặc chưa được giải thích sâu

Mặc dù luận văn nhìn chung có chất lượng tốt, vẫn tồn tại một số **điểm yếu học thuật** hoặc nội dung **chưa được đào sâu** mà tác giả có thể cân nhắc cải thiện:

- **Đánh giá thực nghiệm định lượng hạn chế:** Như đã phân tích, phần đánh giá (Chapter 3) còn thiếu các **số liệu định lượng** và phân tích thống kê. Ví dụ, không có bảng số liệu về độ trễ trung bình, tỷ lệ mất gói theo khoảng cách, hay biểu đồ biểu diễn sự khác biệt giữa cảnh báo fuzzy và cảnh báo ngưỡng. Việc thiếu dữ liệu cụ thể có thể khiến kết luận tin cậy của hệ thống chưa thật thuyết phục về mặt khoa học.
- **Độ chính xác phát hiện cháy chưa phân tích sâu:** Luận văn chưa thảo luận rõ về **khả năng phát hiện sớm và tránh báo động giả** của hệ thống. Chẳng hạn, chưa có chỉ số về **tỷ lệ báo động giả (false alarm)** hoặc **bỏ lọt (miss detection)**. Thuật toán Fuzzy được kỳ vọng giảm báo giả, nhưng không có thử nghiệm so sánh trước/sau hoặc so sánh với phương pháp ngưỡng cố định.
- **Chưa kiểm chứng khả năng mở rộng đa nút:** Dù yêu cầu phi chức năng có đề cập hệ thống cần hỗ trợ **hiều nút cảm biến đồng thời** <sup>72</sup>, nhưng luận văn mới thử nghiệm một nút (theo mô tả). Việc

**chưa kiểm chứng** truyền thông khi nhiều nút gửi dữ liệu (dẫn đến khả năng va chạm gói, tắc nghẽn) là một thiếu sót. Điều này có thể ảnh hưởng đến tuyên bố về **tính mở rộng (Scalability)**.

- **Giới hạn về cảm biến môi trường:** Hệ thống hiện chỉ dùng cảm biến lửa và nhiệt/ấm. Trong khi nhiều nghiên cứu khác sử dụng thêm **cảm biến khói (MQ-2, MQ-135)** hoặc **cảm biến khí gas** để phát hiện cháy sớm (khói thường xuất hiện trước lửa). Sự thiếu vắng cảm biến khói/gas khiến phạm vi phát hiện của hệ thống hẹp hơn so với một số giải pháp khác – đây là điểm có thể xem là **hạn chế kỹ thuật** làm giảm tính toàn diện học thuật.
- **Tài liệu tham khảo và trích dẫn chưa tối ưu:** Có một số sơ suất như **trích dẫn trùng lặp** ([3] và [5]) và **sử dụng nguồn không chính thống** (Wikipedia, blog) trong danh mục tài liệu. Những điều này tuy nhỏ, nhưng trong đánh giá học thuật có thể bị xem là thiếu cẩn trọng trong nghiên cứu tài liệu.
- **Ngôn ngữ và trình bày chưa nhất quán:** Việc đan xen tiếng Việt trong bản luận văn tiếng Anh, cùng một số lỗi đánh máy, cho thấy công tác biên tập chưa hoàn thiện. Về mặt học thuật, điều này ảnh hưởng đến **tính chuyên nghiệp** của tài liệu, cần khắc phục để nâng cao chất lượng.

Những điểm yếu trên không làm sai lệch kết quả nghiên cứu, nhưng **giảm độ thuyết phục và tính trọn vẹn** của luận văn. Dưới đây, chúng tôi đưa ra các gợi ý cải tiến tương ứng để tác giả hoàn thiện hơn công trình của mình.

### 3.2 Gợi ý bổ sung tài liệu, phương pháp phân tích hoặc triển khai thực nghiệm

Để tăng cường tính học thuật, tác giả có thể xem xét **bổ sung tài liệu tham khảo** cũng như **mở rộng phân tích thực nghiệm** theo các hướng sau:

- **Bổ sung tài liệu nền tảng:** Thay vì trích dẫn Wikipedia cho khái niệm mờ, nên tham khảo giáo trình hoặc bài báo tổng quan về Fuzzy Logic. Tương tự, có thể tìm các tài liệu chuẩn về **AES-256** hoặc **LDPC** (ví dụ sách mật mã hoặc các RFC tiêu chuẩn) để làm nguồn tham chiếu khi trình bày thuật toán, giúp tăng uy tín cho luận văn. Ngoài ra, một số nghiên cứu về **bảo mật IoT** hoặc **giao thức truyền thông IoT** có thể được trích dẫn để so sánh (ví dụ, so sánh với Zigbee, LoRa về độ an toàn hoặc tầm phủ sóng).
- **Đào sâu so sánh với công trình khác:** Luận văn có thể bổ sung đoạn phân tích so sánh **định lượng** với các hệ thống liên quan. Ví dụ: so với hệ thống dùng LoRa [2], giải pháp dùng HC-12 của tác giả có ưu nhược điểm gì (tốc độ vs. tầm xa, chi phí); hoặc so với hệ thống AI [8], việc dùng fuzzy logic có độ chính xác ra sao. Hiện tại, phần liên quan chủ yếu mô tả các công trình khác, chưa có bảng so sánh trực tiếp các tiêu chí (độ trễ, độ chính xác, chi phí...) – một **bảng so sánh** nhỏ trong chương 1 có thể giúp nhấn mạnh đóng góp của luận văn trong bối cảnh chung.
- **Mở rộng kịch bản thử nghiệm:** Về thực nghiệm, tác giả nên thực hiện một số **bài kiểm tra định lượng** và trình bày kết quả. Chẳng hạn:
  - Đo **độ trễ end-to-end** từ lúc cảm biến phát hiện lửa đến lúc người dùng nhận email cảnh báo, lặp lại nhiều lần để lấy trung bình và độ lệch chuẩn. Điều này xác nhận yêu cầu “phản hồi real-time” có định lượng cụ thể.



- Đo **tỷ lệ mất gói** hoặc **tỷ lệ lỗi bit** ở các khoảng cách khác nhau giữa sensor node và central unit (ví dụ 10m, 20m, xuyên tường) để chứng minh độ tin cậy không dây. Nếu 0% lỗi ở 10m (như luận văn nói) thì thử xa hơn tới khi lỗi tăng để biết giới hạn hệ thống.
- Thử nghiệm **đa nút cảm biến**: chạy 2-3 STM32 node gửi song song để xem hệ thống xử lý ra sao. Điều này rất hữu ích để kiểm chứng khả năng mở rộng. Nếu không có xung đột nhờ MAVLink chứa ID và cơ chế nào đó, nên trình bày; nếu có xung đột, cần nêu hướng giải quyết (ví dụ dùng khoảng thời gian gửi lệch pha, hoặc nâng cấp giao thức có điều khiển truy cập).
- Kiểm tra **thuật toán Fuzzy vs. ngưỡng**: chuẩn bị một kịch bản mô phỏng đám cháy âm ỉ (chỉ tăng nhiệt từ từ, độ ẩm giảm dần, chưa có lửa ngay) và xem **fuzzy** có cảnh báo sớm hơn ngưỡng cố định hay không. Hoặc ngược lại, tạo tình huống nhiễu (nhiệt tăng do thiết bị nhưng không cháy) xem fuzzy có tránh báo động giả so với ngưỡng không. Kết quả so sánh (ví dụ fuzzy cảnh báo sớm hơn X phút, hay giảm Y% báo động giả) sẽ là bằng chứng thuyết phục cho lợi ích của thuật toán.
- Nếu có điều kiện, tích hợp thêm **cảm biến khói** và quan sát cải thiện: ví dụ, khói tăng trước khi nhiệt tăng, hệ thống có thể cảnh báo sớm hơn bao nhiêu. Dù việc này có thể ngoài phạm vi hiện tại, nhưng thử nghiệm thêm sẽ cho thấy hệ thống có thể dễ dàng mở rộng.
- **Phương pháp phân tích bổ sung**: Ngoài thực nghiệm, tác giả có thể áp dụng thêm **phân tích mô phỏng** hoặc **tính toán lý thuyết** để bổ trợ. Ví dụ, dùng một công cụ mô phỏng mạng (NS-3, Matlab) để mô phỏng truyền thông của 10 nút HC-12 và xác suất va chạm gói tin, nhằm dự đoán hiệu năng khi mở rộng quy mô. Hoặc phân tích độ phức tạp tính toán của thuật toán AES+LDPC trên STM32 (sử dụng bao nhiêu CPU% hoặc năng lượng), so sánh với trường hợp không dùng (trade-off giữa bảo mật và hiệu năng). Những phân tích này thể hiện tầm nhìn sâu hơn về hệ thống, nâng tầm học thuật.

Tóm lại, việc bổ sung tài liệu tham khảo chất lượng và mở rộng phân tích thực nghiệm sẽ giúp luận văn **toàn diện và thuyết phục hơn**. Dưới đây là bảng tóm tắt một số điểm yếu chính và đề xuất khắc phục tương ứng:

| Điểm còn hạn chế   | Đề xuất cải thiện  |
|--|--|
| <b>Đánh giá định lượng thiếu</b> : Chưa có số liệu về độ trễ, mất gói, v.v. trong kết quả thực nghiệm. <br> <b>Độ chính xác cảnh báo chưa rõ</b> : Không có thống kê báo giả/báo nhầm. | - Thực hiện đo lường độ trễ end-to-end, tỷ lệ mất gói ở các khoảng cách khác nhau; trình bày kết quả trong bảng/biểu đồ. <br>- Kiểm thử và thống kê tỷ lệ <b>báo động giả</b> và <b>bỏ lọt</b> bằng cách mô phỏng các tình huống (không cháy nhưng nhiệt độ cao, có cháy nhỏ, v.v.). |
| <b>Chưa thử nghiệm đa nút</b> : Hệ thống dự kiến hỗ trợ nhiều nút nhưng mới thử 1 nút. <br> <b>Nguy cơ xung đột gói tin</b> chưa được giải quyết rõ.                                   | - Thử nghiệm với $\geq 2$ sensor node gửi dữ liệu đồng thời, quan sát hiệu năng (mất gói nếu có). <br>- Nếu cần, thiết kế <b>cơ chế tránh xung đột</b> (ví dụ TDMA đơn giản: mỗi nút gửi theo chu kỳ lệch nhau) và cập nhật vào luận văn.  |
| <b>Thiếu cảm biến khói/gas</b> : Hệ thống chưa phát hiện khói, có thể bỏ lọt cháy âm ỉ.  | - Thảo luận trong <b>Phần kết luận hoặc Future Work</b> về việc tích hợp cảm biến khói/gas để nâng cao khả năng phát hiện sớm. <br>- Nếu có thể, bổ sung một cảm biến MQ-2 (khói/gas) trong mô hình và đề xuất cách kết hợp vào thuật toán (ví dụ thêm biến đầu vào cho fuzzy).      |

| Điểm còn hạn chế  | Đề xuất cải thiện   |
|---|---|
| <b>Tài liệu tham khảo chưa tối ưu:</b><br>Trích dẫn nguồn không chính thống, trùng lặp. | - Thay thế các nguồn như Wikipedia, blog bằng <b>tài liệu học thuật</b> (sách, bài báo) tương ứng. <br>- Rà soát lại danh mục tài liệu, hợp nhất các mục trùng, đảm bảo thông tin (tác giả, năm, nơi xuất bản) rõ ràng cho từng tham chiếu.   |
| <b>Ngôn ngữ &amp; trình bày:</b> Trộn lẫn Anh-Việt, lỗi chính tả.                       | - Chỉnh sửa lại toàn bộ văn bản để thống nhất ngôn ngữ (nếu luận văn bằng tiếng Anh, dịch các đoạn tiếng Việt sang Anh). <br>- Dò lỗi chính tả, ngữ pháp; nhờ người hướng dẫn/đồng nghiệp phản biện đọc và góp ý hình thức. <br>- Đảm bảo thuật ngữ nhất quán (ví dụ dùng “Central Unit” thay cho “CPU” khi nói về Raspberry Pi). |

### 3.3 Đề xuất cải thiện bố cục, ngôn ngữ học thuật và cách dẫn chứng tài liệu

Để nâng cao chất lượng **trình bày học thuật**, một số đề xuất cụ thể về bố cục, ngôn ngữ và trích dẫn tài liệu như sau:

- **Bố cục & tính logic:** Luận văn nên bổ sung rõ ràng phần *Kết luận và Hướng phát triển* (Conclusion & Future Work). Hiện tại phần “Conclusions and Perspective” dường như rất ngắn gọn. Nên viết một đoạn kết luận tổng hợp các kết quả chính, nhấn mạnh đóng góp (ví dụ: thiết kế thành công hệ thống IoT an toàn, thời gian thực; giảm thiểu mất gói; ứng dụng fuzzy logic hiệu quả...). Sau đó nêu **hướng phát triển**: tích hợp AI, mở rộng thêm cảm biến, triển khai thực tế tại các phòng máy khác nhau, v.v. Phần này sẽ giúp luận văn trọn vẹn và định hướng cho nghiên cứu sau.
- **Trình bày kết quả:** Khi đã bổ sung số liệu thực nghiệm, nên trình bày chúng dưới dạng **bảng hoặc biểu đồ** để trực quan. Ví dụ, biểu đồ thanh so sánh thời gian phản hồi giữa các lần thử, hoặc bảng so sánh trước và sau khi dùng fuzzy. Điều này không chỉ tăng tính thuyết phục mà còn cho thấy kỹ năng trình bày khoa học của tác giả.
- **Ngôn ngữ học thuật:** Cần thống nhất viết luận văn bằng một ngôn ngữ (nhiều khả năng là tiếng Anh, vì đa số nội dung đã bằng tiếng Anh). Mọi phần mô tả, phân tích kết quả nên được dịch sang tiếng Anh nếu đó là yêu cầu. Tránh sử dụng từ không trang trọng hoặc viết tắt tùy tiện. Chẳng hạn, trong văn bản nên dùng “Figure”, “Table” đúng chuẩn, không dùng từ nói miệng hay lỗi đánh máy. Nên kiểm tra lại ngữ pháp tiếng Anh, đặc biệt ở các câu dài miêu tả kỹ thuật để đảm bảo dễ hiểu, không mập mờ.
- **Cách dẫn chứng tài liệu:** Khi tham chiếu đến công trình khác, ngoài việc liệt kê, có thể **binh luận** một chút để làm rõ sự liên hệ. Ví dụ: “Theo [19], phương pháp logic mờ đã được áp dụng trong mạng cảm biến không dây để phát hiện cháy rừng, đạt độ chính xác X%. Kế thừa ý tưởng đó, luận văn này áp dụng logic mờ vào bối cảnh phòng máy.” Việc này cho thấy tác giả biết **kết nối nghiên cứu của mình với tài liệu tham khảo**, chứ không chỉ liệt kê. Ngoài ra, cần đảm bảo mỗi tài liệu tham khảo được đánh số chính xác và dùng nhất quán trong nội dung (tránh trường hợp [9] bị dùng cho hai tài liệu khác nhau do nhầm lẫn). Nếu một tài liệu web được dùng làm nguồn hình ảnh (như [10] cho hình ảnh cảm biến), có thể chuyển những nguồn này vào phần chú thích hình, còn phần tài liệu chính nên tập trung các nguồn học thuật.

- **Minh họa bằng hình ảnh:** Nếu có điều kiện, bổ sung ảnh chụp **mô hình triển khai thực tế** của hệ thống (ví dụ: ảnh board STM32 kết nối cảm biến, module HC-12, Raspberry Pi và màn hình giao diện web đang chạy). Hình ảnh này nếu được đưa vào phụ lục hoặc chương kết quả sẽ tăng tính trực quan, đồng thời khẳng định rằng hệ thống đã được lắp đặt thật. Khi đưa ảnh, cần chú thích rõ ràng (Figure X: Mô hình hệ thống thực nghiệm...) và nếu ảnh do tác giả tự chụp thì không cần trích nguồn, còn nếu lấy từ internet thì phải dẫn nguồn.
- **Biên tập cuối cùng:** Sau khi bổ sung và chỉnh sửa, nên dành thời gian **biên tập lần cuối**: định dạng thống nhất (font chữ, cỡ chữ, cách dòng), mục lục tự động cập nhật đúng số trang, danh mục hình ảnh đầy đủ. Những chi tiết này tuy nhỏ nhưng tạo ấn tượng chuyên nghiệp cho luận văn.

Tóm lại, bằng việc cải thiện các yếu tố trình bày và học thuật như trên, luận văn sẽ **nâng cao chất lượng rõ rệt**. Không chỉ nội dung vững mà hình thức, cách diễn đạt, dẫn chứng cũng thuyết phục hơn, giúp hội đồng dễ dàng đánh giá cao đóng góp của tác giả.

## Kết luận

Bản luận văn “Investigation of IoT-Based Monitoring and Alert System for Machine Room Safety Using Raspberry Pi” nhìn chung **đạt yêu cầu tốt** cả về kỹ thuật lẫn học thuật. Hệ thống được thiết kế có cơ sở, triển khai thành công và có nét sáng tạo (truyền thông mã hóa bảo mật, thuật toán mờ cảnh báo cháy). Về học thuật, luận văn đã đặt vấn đề trong bối cảnh nghiên cứu rộng, trình bày giải pháp một cách logic, đồng thời phân tích các thành phần cần thận. Để hoàn thiện hơn, tác giả cần bổ sung những đánh giá định lượng và chỉnh sửa một vài chi tiết như đã đề xuất. Với những cải tiến đó, luận văn sẽ có tính thuyết phục khoa học cao hơn và đóng góp giá trị hơn cho lĩnh vực hệ thống IoT an toàn phòng chống cháy nổ.