

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศ แบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT A Design and Development of a DIY Automatic Air Purifier Control Device Using IoT

ไพบูลย์ สมนึก¹ รณภูมิ นาคสมบุญ² จิตวัฒน์ เป็นวงษ์³ จินตนา นาคสมบุญ⁴
Paiboon Somnuk¹ Ronnaphoom Naksomboon²
Jitawat Pernwong³ and Jintana Naksomboon⁴

^{1,2,3,4} อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 2

^{1,2,3,4} Lecturer, Information Technology Department, Lop Buri Technical College,
Institute of Vocational Education Central Region 2

E-mail: paiboon@lbtech.ac.th, ronnaphoom@lbtech.ac.th, jitawat@lbtech.ac.th, jintana@lbtech.ac.th



Received: 2025-07-09 Revised: 2025-10-14 Accepted: 2025-12-02

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT ออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้อุปกรณ์ ประเมินประสิทธิภาพอุปกรณ์ และประเมินความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ การวิจัยดำเนินการโดยออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ร่วมกับเซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่น และโมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ พร้อมพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อควบคุมและแสดงผลการทำงานแบบเรียลไทม์ผ่านการแสดงผลบนหน้าแผงควบคุม (Dashboard) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เป็นอาจารย์และนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 2 ได้จากการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์และแบบประเมินความพึงพอใจ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการคำนวณร้อยละของประสิทธิภาพการฟอกอากาศ ผลการวิจัยพบว่า อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศ สามารถทำงานได้ตามการออกแบบ ทั้งในโหมดอัตโนมัติและการควบคุมจากระยะไกลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน แสดงค่าฝุ่น PM2.5 อุณหภูมิ และความชื้นแบบเรียลไทม์ พร้อมปรับความเร็วพัดลมอัตโนมัติได้ถูกต้อง การทดสอบประสิทธิภาพในพื้นที่ควบคุมขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 4 ครั้ง พบว่ามีประสิทธิภาพเฉลี่ยสูงถึง 99.79% โดยลดค่าฝุ่น PM2.5 จากระดับเฉลี่ย $656 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ให้อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย ($0-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ภายในเวลาเฉลี่ย 48.71 วินาที และระบบสามารถแสดงผลและควบคุมได้ถูกต้องทุกครั้ง ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.62) และผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.50) โดยรายการที่ได้รับคะแนนสูงสุดคือด้านคุณค่าและประโยชน์ใช้สอย ด้านการออกแบบกระบวนการที่ใช้งานง่าย และด้านแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง ระบบฟอกอากาศ PM2.5 เซ็นเซอร์

Abstract

This research aimed to design and develop an automatic DIY air purifier control device with an IoT system, design a user interface for the device, evaluate its performance, and assess user satisfaction. The study involved designing and developing a control device based on an ESP32 microcontroller board, integrated with a dust sensor and a motor speed control module. A web application was also developed to enable real-time control and monitoring through a dashboard interface. The sample group consisted of 30 participants, including lecturers and undergraduate students from the Information Technology Program, Central Region Vocational Education Institute 2, selected through simple random sampling. The research instruments included a device performance evaluation form and a user satisfaction questionnaire. Data were analyzed using the mean, standard deviation, and percentage of air purification efficiency. The results showed that the developed air purifier control device operated as designed, functioning in both automatic and remote-control modes via the web application. It successfully displayed real-time PM2.5, temperature, and humidity readings, and automatically adjusted the fan speed accurately. Performance testing in a 1-cubic-meter controlled environment, conducted four times, revealed an average efficiency of 99.79%, reducing PM2.5 levels from an average of 656 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ to a safe range (0–3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) within an average of 48.71 seconds. The system consistently displayed and controlled operations correctly. The evaluation of user interface design satisfaction was rated at the highest level (mean = 4.62), while the overall user satisfaction was at a high level (mean = 4.50). The highest-rated aspects were usefulness and practical value, ease of use in design, and concept of device design and development. These findings indicate that the developed DIY automatic air purifier control device with IoT is appropriate in both technical functionality and practical usability, and has potential for further clean energy integration and commercial development in the future.

Keywords : Internet of Things, Air purifier, PM2.5, Sensor

1. บทนำ

คุณภาพอากาศที่ดีเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของมนุษย์ในชีวิตประจำวัน โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) รายงานว่าสภาวะอากาศภายนอกที่มีมลพิษ เช่น ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) ทำให้มีผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรมีอัตราสูงถึง 4.2 ล้านรายต่อปี อย่างไรก็ตาม 99% ของประชากรโลกยังอาศัยในพื้นที่ที่มีระดับฝุ่นเกินกว่ามาตรฐานของ WHO [1] กำหนด หรือแม้แต่มลพิษในบ้านเองก็ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพไม่แพ้กัน [2] ในส่วนของประเทศไทย ปัญหาฝุ่น PM2.5 ยังคงรุนแรงอย่างต่อเนื่อง โดยในกรุงเทพฯ มีการตรวจวัดค่าเฉลี่ยของค่าฝุ่น PM2.5 วัดได้สูงถึง $58.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานที่ระดับ $37.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ อย่างชัดเจน [3] ในขณะที่พื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยมีจำนวนวันที่มีค่าฝุ่น PM2.5 อยู่เหนือค่ามาตรฐานมากถึง 112 วันในปี 2019 [4] แม้หลายคนอาจเข้าใจว่าฝุ่น PM2.5 เป็นปัญหานอกอาคาร แต่การระบายอากาศผ่านช่องเปิด เช่น ประตู และหน้าต่าง ทำให้ภายในอาคารก็มีฝุ่นสะสมได้เช่นกัน ซึ่งหากไม่มีมาตรการควบคุม คุณภาพอากาศในพื้นที่ทำงานหรือที่พักอาศัยภายในอาคารอาจส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและคุณภาพชีวิต [5]

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว การใช้เครื่องฟอกอากาศถือเป็นหนึ่งในแนวทางสำคัญเพื่อลดปริมาณฝุ่น PM2.5 ในอากาศ แม้ว่าเครื่องฟอกอากาศแบบสำเร็จรูปจะมีประสิทธิภาพสูง แต่มีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY (Do It Yourself) ซึ่งมีต้นทุนต่ำกว่าและสามารถออกแบบให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันได้ อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลของ Bwell [6] ระบุว่าเครื่องฟอกอากาศ DIY ส่วนใหญ่ยังคงใช้ระบบควบคุมพัดลมแบบแมนนวล ส่งผลให้ไม่สามารถปรับการทำงานตามความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ได้อย่างแม่นยำและทันทั่วถึง

นอกจากงานวิจัยต่างประเทศแล้ว ยังมีงานวิจัยของคนไทยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องฟอกอากาศ DIY ร่วมกับเทคโนโลยี IoT เช่น งานของมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต [7] ที่ได้พัฒนาเครื่องฟอกอากาศ DIY โดยใช้อุปกรณ์ Arduino ควบคุมการทำงานร่วมกับเซนเซอร์ PM2.5 (PMS3003) และแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน พร้อมระบบแจ้งเตือนเมื่อค่าฝุ่นเกินเกณฑ์มาตรฐานที่ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ แม้งานวิจัยดังกล่าวสามารถทำงานได้จริงและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องฟอกอากาศ DIY แต่ยังมีข้อจำกัดในด้านการจัดเก็บข้อมูลย้อนหลังเพื่อการวิเคราะห์เชิงลึก และจุ่มลงกุล [8] ที่ได้นำเสนอแพลตฟอร์ม IoT ต้นทุนต่ำ เพื่อควบคุมการทำงานของพัดลมระบายอากาศแบบสองทิศทาง โดยเชื่อมโยงกับเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพอากาศหลายชนิด และมีระบบสื่อสารกับผู้ใช้ผ่านแชทบอท ซึ่งช่วยเพิ่มความสะดวกและทันสมัยในการใช้งาน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังขาดรายละเอียดด้านการออกแบบระบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้ (User Interface) และไม่ได้มุ่งเน้นการทดสอบเชิงประสิทธิภาพการฟอกอากาศภายในอาคารอย่างเป็นระบบ

ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY ผ่านการใช้เทคโนโลยี IoT (Internet of Things) ที่สามารถอ่านค่าฝุ่น PM2.5 ได้แบบเรียลไทม์ และปรับระดับพัดลมให้เหมาะสมจากระยะไกล รองรับการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง ซึ่งเป็นการยกระดับความสะดวก ความถูกต้อง เป็นการพัฒนาระบบเครื่องฟอกอากาศให้มีประสิทธิภาพและทันสมัย พร้อมทั้งลดค่าใช้จ่าย เพิ่มความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน โดยเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT มีต้นทุนเพียง 1,500–3,000 บาท ซึ่งต่ำกว่าเครื่องสำเร็จรูปที่มีราคาประมาณ 5,000–15,000 บาท อีกทั้งยังลดค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษา เพราะใช้ใส่กรองมาตรฐานราคาถูก พร้อมระบบควบคุมอัตโนมัติและสั่งงานผ่านสมาร์ทโฟน ทำให้ปรับการทำงานตามค่าฝุ่นได้อย่างแม่นยำ และการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดในการทดสอบที่ดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ปิดและสามารถควบคุมปัจจัยแวดล้อมได้ จึงอาจแตกต่างจากการใช้งานจริงในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่หรือมีการถ่ายเทอากาศ นอกจากนี้การทดสอบประสิทธิภาพมุ่งเน้นที่ค่าฝุ่น PM2.5 เพียงอย่างเดียว โดยยังไม่ได้รวมมลพิษชนิดอื่น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

2.2 เพื่อออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

2.4 เพื่อประเมินความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์หลัก (Hardware Components) ประกอบด้วย บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เซนเซอร์ตรวจวัดฝุ่น PM2.5 รุ่น PMS7003 โมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ L298N จอแสดงผล OLED SSD1306

2) ซอฟต์แวร์และระบบควบคุม (Software & Control) โดยใช้ภาษาซี (C/C++) ผ่าน Arduino IDE สำหรับเขียนเฟิร์มแวร์ควบคุมอุปกรณ์ ระบบฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Firebase Realtime Database) แพลตฟอร์ม IoT สำหรับสร้าง Dashboard และระบบแจ้งเตือน

3) ฟังก์ชันการทำงานหลัก (Key Features) สามารถตรวจวัดค่าฝุ่น PM2.5 อุณหภูมิ และความชื้นแบบเรียลไทม์ ควบคุมการทำงานของพัดลมเครื่องฟอกอากาศทั้งแบบอัตโนมัติและควบคุมระยะไกล แสดงค่าต่าง ๆ ผ่านจอ OLED และ Dashboard ออนไลน์ และแจ้งเตือนผู้ใช้เมื่อค่าฝุ่นเกินเกณฑ์มาตรฐาน

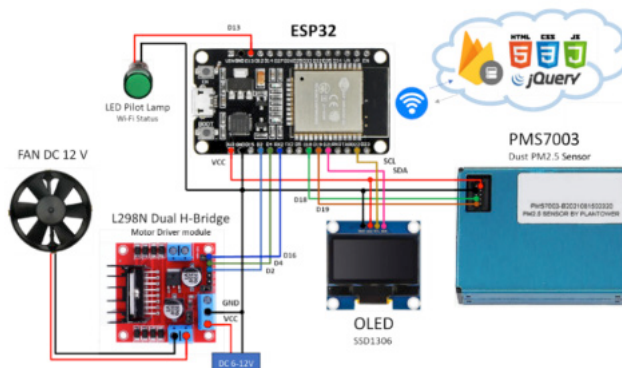
4) อุปกรณ์เสริม (Optional) ประกอบด้วยกล้อง IP สำหรับตรวจสอบสภาพอากาศ และการทำงานของเครื่องฟอก โมดูลแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันโทรศัพท์มือถือ และระบบสำรองไฟ (UPS) เพื่อให้เครื่องฟอกทำงานต่อเนื่องเมื่อไฟฟ้าดับ

5) มาตรฐานการสอบเทียบเซนเซอร์ (Sensor Calibration Standard) เซนเซอร์ PMS7003 ได้รับการสอบเทียบตามมาตรฐานของผู้ผลิต (Factory Calibration) โดยมีการปรับแก้ค่า (Offset) ให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมจริง และตรวจสอบซ้ำโดยการเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดอากาศมาตรฐานอ้างอิง เพื่อยืนยันความแม่นยำในการวัดค่า PM2.5 ก่อนนำมาใช้งานจริง

วงจรสำหรับอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT ในการออกแบบชุดอุปกรณ์ตรวจสอบและควบคุมประกอบไปด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 อุปกรณ์เซนเซอร์ และอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ จำนวน 3 โมดูล ดังนี้

- 1) เซนเซอร์ PMS7003 Dust PM2.5
- 2) จอแสดงผล OLED SSD1306
- 3) โมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC L298N (H-Bridge)

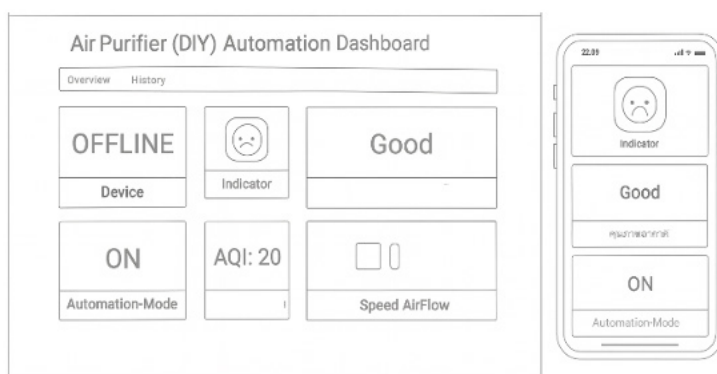
โดยมีรูปแบบการเชื่อมต่อระหว่าง ESP32 กับอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT
ที่มา : ไพบูลย์ สมนึก และจิตวัฒน์ เป็นวงษ์

อุปกรณ์ควบคุมจะถูกโปรแกรมติดตั้งบนบอร์ด ESP32 ผ่านโปรแกรม Arduino IDE โดยจะทำการรับค่าจากเซนเซอร์นำมาประมวลผลและส่งต่อค่าไปยัง Firebase Realtime Database ผ่านทาง Wi-Fi และสามารถรับค่าจาก Firebase Realtime Database กลับมาควบคุมอุปกรณ์แอตพุตที่ ESP32 ได้ [9]

3.2 ออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้ใช้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT ใช้ลักษณะของแผงควบคุม (Dashboard) ที่แสดงผลการทำงานและค่าพารามิเตอร์สิ่งแวดล้อมแบบเรียลไทม์ โดยออกแบบให้เข้าใจง่าย มีสัญลักษณ์แสดงสถานะการทำงาน ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามการประมวลผลของเว็บแอปพลิเคชัน ที่รับค่าพารามิเตอร์มาจาก Firebase Realtime Database โดยสามารถใช้งานทั้งหน้าจocomพิวเตอร์ และสมาร์ตโฟน แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้ (User Interface)
ที่มา : ไพบุลย์ สมนึก และจินตนา นาคสมบูรณ์

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ใช้ตารางของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie & Morgan) โดยกำหนดลักษณะที่สนใจในประชากรเท่ากับ 0.5 ระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5% และระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งเมื่อประชากรมีจำนวน 38 คน ตามตารางกำหนดให้มีกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 30 คน จึงเลือกขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เนื่องจากเป็นจำนวนที่สอดคล้องตามเกณฑ์ทางสถิติ และสามารถเป็นตัวแทนของประชากรได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังสะดวกต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลภายในระยะเวลาที่กำหนด และเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ [10]

ประชากร คือ อาจารย์และนักศึกษา ระดับปริญญาตรี สายเทคโนโลยีหรือสายปฏิบัติการ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 2 จำนวน 38 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ อาจารย์และนักศึกษา ระดับปริญญาตรี สายเทคโนโลยีหรือสายปฏิบัติการ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 2 จำนวน 30 คน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากรายชื่อประชากรทั้งหมด

3.4 เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

3.4.1 แบบประเมินความพึงพอใจการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

3.4.2 แบบประเมินประสิทธิภาพอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

3.4.3 แบบประเมินความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมด้วยระบบ IoT และการประเมินผลในด้านประสิทธิภาพและความพึงพอใจ กำหนดกรอบแนวคิดในการสร้างแบบประเมินตามจุดประสงค์ของการวิจัย สร้างข้อคำถามในรูปแบบมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert scale) [11] 5 ระดับ นำแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา เพื่อประเมินความเหมาะสมของเนื้อหา ความชัดเจนของถ้อยคำ และความครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ และดำเนินการปรับปรุงเครื่องมือตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยทั้งด้านความตรงและความเที่ยง โดยตรวจสอบ ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยวิธีดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย (Index of Item-Objective Congruence: IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 แสดงว่าแบบสอบถามมีความตรงเชิงเนื้อหาในระดับเหมาะสม [12] และได้ปรับแก้ตามข้อเสนอแนะเพื่อเพิ่มความชัดเจนของถ้อยคำ สำหรับการตรวจสอบ ความเที่ยง (Reliability) ของแบบสอบถามความพึงพอใจ ได้ทำการทดสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริงจำนวน 10 คน และนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) [13] ผลการคำนวณได้ค่าเท่ากับ 0.85 แสดงว่าแบบสอบถามมีความเที่ยงอยู่ในระดับสูง เหมาะสมที่จะนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ก่อนดำเนินการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ประสานงานกับอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อขออนุญาตและนัดหมายวันเวลาเก็บข้อมูลให้เหมาะสมกับตารางเรียนของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีการแจ้งวัตถุประสงค์ ขอบเขต และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแก่กลุ่มตัวอย่างอย่างชัดเจน และในวันเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้จัดเตรียมสถานที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสม ปราศจากสิ่งรบกวน มีการควบคุมสภาพอากาศให้ใกล้เคียงกันทุกครั้งที่ทดสอบ รวมทั้งตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ทดสอบ

3.5.1 เก็บรวบรวมแบบประเมินความพึงพอใจการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

3.5.2 บันทึกผลการทดสอบในแบบประเมินประสิทธิภาพอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT ในการทดสอบประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 4 ครั้ง ภายใต้เงื่อนไขที่เหมือนกันทุกครั้ง เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงของข้อมูล ลดความคลาดเคลื่อน และสามารถวิเคราะห์ค่าทางสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้อย่างถูกต้องตามหลักการของการทำซ้ำ (Replication) ในงานวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งแนะนำให้ทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้งขึ้นไป [14]

3.5.3 เก็บรวบรวมข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

3.5.4 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และระดับความพึงพอใจ

1) ประเมินประสิทธิภาพอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

(1) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการฟอกอากาศ (%) คำนวณค่าร้อยละของประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ PM2.5 จากนั้นหาค่าเฉลี่ย (Mean)

(2) การวิเคราะห์ระยะเวลาในการฟอกจนอากาศบริสุทธิ์ นำข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำงานจน PM2.5 ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ($0-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) มาคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) เพื่อตรวจสอบความคงที่ของเวลาการทำงานในแต่ละครั้ง

(3) การวิเคราะห์การทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติและการแสดงผลโดยนับจำนวนครั้งที่ระบบทำงาน “ถูกต้อง” หรือ “ผิดปกติ”

2) การประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้และต่ออุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT ใช้แบบสอบถามที่กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนตามมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) 5 ระดับ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(Standard Deviation) เกณฑ์การแปลความตามแนวคิดของบุญชุม ศรีสะอาด [15] ซึ่งแบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 4.51-5.00	ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด
ช่วงคะแนนเฉลี่ย 3.51-4.50	ระดับความพึงพอใจ มาก
ช่วงคะแนนเฉลี่ย 2.51-3.50	ระดับความพึงพอใจ ปานกลาง
ช่วงคะแนนเฉลี่ย 1.51-2.50	ระดับความพึงพอใจ น้อย
ช่วงคะแนนเฉลี่ย 1.00-1.50	ระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ แสดงดังภาพที่ 3

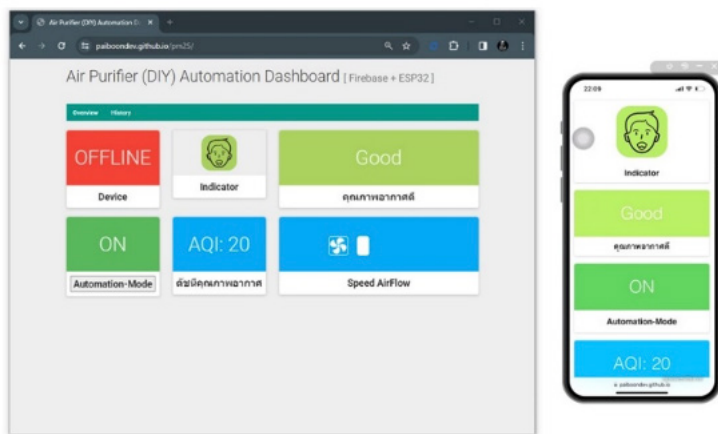


ภาพที่ 3 การทำงานของอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT
ที่มา: ไพบุลย์ สมนึก และรณภูมิ นาคสมบุรณ์

4.2 ผลการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

จากการออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศ พบว่าสามารถสร้าง อินเทอร์เฟซผู้ใช้ (User Interface: UI) ที่มีลักษณะเป็น

แผงควบคุม (Dashboard) ที่เข้าใจง่ายและเหมาะสมต่อการใช้งานจริง โดยอินเทอร์เฟซสามารถแสดงข้อมูลคุณภาพอากาศ ได้แก่ ค่าฝุ่น PM2.5, ดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI), อุณหภูมิ และความชื้น ได้แบบเรียลไทม์ รวมทั้งแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ เช่น โหมดอัตโนมัติ (Automation Mode), สถานะการเชื่อมต่อ (Online/Offline) และการปรับความเร็วพัดลม (Airflow Speed) การออกแบบยังเน้นความเป็นมิตรต่อผู้ใช้ โดยใช้สัญลักษณ์ สี และข้อความที่เข้าใจง่าย เช่น สีเขียวหมายถึงคุณภาพอากาศดี สีแดงหมายถึงคุณภาพอากาศอยู่ในระดับที่ต้องเฝ้าระวัง และใช้ไอคอนประกอบเพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถตีความสถานะการทำงานได้อย่างรวดเร็ว อินเทอร์เฟซยังได้รับการพัฒนาให้รองรับการใช้งานได้ทั้งบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพอากาศได้ทุกที่ทุกเวลา แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 อินเทอร์เฟซผู้ใช้ (User Interface) ของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับควบคุม และแสดงผลการทำงานของเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT
ที่มา: ไพบุลย์ สมนึก และจินตนา นาคสมบูรณ์

และผลการประเมินความพึงพอใจต่อการแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
1. อินเทอร์เฟซผู้ใช้มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย ต่อการใช้งาน	4.70	0.460	มากที่สุด
2. การจัดวางข้อมูลและเมนูต่าง ๆ มีความเหมาะสมและไม่ซับซ้อน	4.65	0.480	มากที่สุด
3. การใช้ สีและสัญลักษณ์ สื่อความหมายได้อย่างถูกต้องและเข้าใจง่าย	4.60	0.500	มากที่สุด
4. อินเทอร์เฟซมี ความสวยงามและดึงดูดความสนใจ	4.55	0.490	มากที่สุด
5. อินเทอร์เฟซสามารถ แสดงผลข้อมูลที่สำคัญ (PM2.5, AQI, อุณหภูมิ, ความชื้น) ได้อย่างครบถ้วนและทันเวลา	4.63	0.470	มากที่สุด
6. ระบบควบคุมผ่านอินเทอร์เฟซมี ความสะดวกและตอบสนองได้รวดเร็ว	4.61	0.480	มากที่สุด
7. อินเทอร์เฟซสามารถ รองรับการใช้งานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์ และสมาร์ทโฟน อย่างเหมาะสม	4.58	0.510	มากที่สุด
8. โดยรวมแล้ว ท่านมีความ พึงพอใจต่อการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้ ในระดับใด	4.65	0.460	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.62	0.480	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจต่อการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.480 โดยข้อที่ได้รับคะแนนสูงสุด คือ อินเทอร์เฟซผู้ใช้มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.460 รองลงมาคือ โดยรวมแล้วท่านมีความพึงพอใจต่อการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.460 และการจัดวางข้อมูลและเมนูต่าง ๆ มีความเหมาะสมและไม่ซับซ้อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.480 แสดงให้เห็นว่าการออกแบบอินเทอร์เฟซที่เน้นความเรียบง่าย ชัดเจน และสื่อสารข้อมูลตรงประเด็น เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้

4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

การประเมินประสิทธิภาพอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT โดยกำหนดพื้นที่ควบคุมประมาณ 1 m³ สร้างฝุ่น PM2.5 ด้วยการเผา และกำหนดความเข้มข้นของ PM2.5 (ประมาณ 450-750 µg/m³) ให้เครื่องฟอกอากาศทำงานแบบอัตโนมัติ การแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ และการควบคุมการสั่งงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ บันทึกเวลาเมื่อความเข้มข้นของ PM2.5 น้อยที่สุด (ประมาณ 0-3 µg/m³) จากการวัดด้วยเครื่องวัดค่าความเข้มข้นของ PM2.5 โดยรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

การทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ค่าเฉลี่ย
1. ปริมาตรพื้นที่ทดสอบ 1 (m ³)	1 ลบ.ม.	1 ลบ.ม.	1 ลบ.ม.	1 ลบ.ม.	1 ลบ.ม.
2. ความเข้มข้นของ PM2.5 (µg/m ³)	665	585	645	728	656
3. ประสิทธิภาพการฟอกอากาศ (%)	99.78	99.85	99.72	99.81	99.79
4. ระยะเวลา (s) ในการฟอกจนอากาศบริสุทธิ์	47.38	49.45	48.56	49.45	48.71
5. การทำงานอัตโนมัติ	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน
6. การแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
7. การควบคุมการสั่งงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ

จากตารางที่ 2 เป็นผลการประเมินประสิทธิภาพอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT โดยกำหนดขอบเขตพื้นที่ทดสอบขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 4 ครั้ง พบว่าประสิทธิภาพการฟอกอากาศเฉลี่ยสูงถึง 99.79 ใช้เวลาเฉลี่ย 48.71 วินาที รวมทั้งฟังก์ชันการทำงานอัตโนมัติ การแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ และการควบคุมการสั่งงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ มีการทำงานที่ถูกต้องแม่นยำ

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

การประเมินความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT คือ อาจารย์และนักศึกษา ระดับปริญญาตรี สายเทคโนโลยีหรือสายปฏิบัติการ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 2 จำนวน 30 คน เครื่องมือวิจัย ใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมตารางงาน (Microsoft Excel) ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงผลการประเมิน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
การควบคุมอุปกรณ์			
1. การแสดงผลข้อมูลและการแจ้งเตือน	4.33	0.471	มาก
2. มีการออกแบบกระบวนการที่ใช้งานง่าย	4.60	0.496	มากที่สุด
3. การเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi และ Internet	4.33	0.471	มาก
การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน			
4. มีการออกแบบหน้าจอที่ดี	4.43	0.496	มาก
5. มีการออกแบบกระบวนการที่ใช้งานง่าย	4.53	0.499	มากที่สุด
6. การบันทึกข้อมูลคุณภาพอากาศที่มีความเหมาะสม	4.40	0.490	มาก
7. อินเทอร์เฟซผู้ใช้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และสื่อสารข้อมูลตรงประเด็น	4.57	0.496	มากที่สุด
8. อินเทอร์เฟซผู้ใช้รองรับการใช้งานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน อย่างเหมาะสม	4.43	0.490	มาก
ภาพรวมของใช้งานอุปกรณ์			
9. แนวคิดในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์	4.60	0.490	มากที่สุด
10. ประสิทธิภาพ และความถูกต้องการทำงานของอุปกรณ์	4.50	0.500	มาก
11. ความปลอดภัยในการใช้งานอุปกรณ์	4.50	0.500	มาก
12. คุณค่าและประโยชน์ใช้สอย	4.77	0.423	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.50	0.483	มาก

จากผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่ออุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 โดยรายการที่ได้รับค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ได้แก่ การออกแบบกระบวนการที่ใช้งานง่าย ค่าเฉลี่ย 4.60 แนวคิดในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ ค่าเฉลี่ย 4.60 และคุณค่าและประโยชน์ใช้สอยของอุปกรณ์ ค่าเฉลี่ย 4.77 แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในด้านความสะดวก ความสวยงาม ความเสถียรของระบบ และการเชื่อมต่อโดยมีรายการประเมินอื่น ๆ เช่น การแสดงผลข้อมูล การเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi และ Internet การออกแบบหน้าจอและความปลอดภัยในการใช้งาน ได้รับค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ซึ่งสะท้อนถึงความพึงพอใจที่ดีของผู้ใช้ในทุกมิติของการใช้งานอุปกรณ์ดังกล่าว

5. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT โดยสามารถออกแบบและสร้างอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศ DIY ที่สามารถทำงานแบบอัตโนมัติได้สำเร็จ โดยใช้อุปกรณ์หลัก ได้แก่ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32, เซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่น PM2.5 รุ่น PMS7003, จอแสดงผล OLED SSD1306 และโมดูลควบคุมมอเตอร์ L298N รวมถึงพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถแสดงผลและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์จากระยะไกลผ่านระบบ Firebase Realtime Database ได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านเว็บเบราว์เซอร์ทั้งในคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน

5.1.2 ผลการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้ อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT จากการออกแบบและพัฒนาอินเทอร์เฟซผู้ใช้ (User Interface: UI) ของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมอุปกรณ์เครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT พบว่า สามารถสร้างแผงควบคุม (Dashboard) ที่ใช้งานง่าย รองรับการทำงานทั้งบนคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน อินเทอร์เฟซที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลค่าฝุ่น PM2.5 ดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) อุณหภูมิ และความชื้นได้แบบเรียลไทม์ รวมถึงมีการแสดงสถานะการทำงานของระบบ เช่น โหมดอัตโนมัติ (Automation Mode) การเชื่อมต่อสัญญาณ และการปรับความเร็วพัดลม ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถควบคุมและตรวจสอบอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและสะดวกต่อการใช้งาน โดยมีผลการประเมินความพึงพอใจต่อการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้ อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 4.62 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.480 โดยข้อที่ได้รับคะแนนสูงสุด คือ อินเทอร์เฟซ ผู้ใช้มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.460 รองลงมาคือ โดยรวมแล้วท่านมีความพึงพอใจต่อการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.460 และการจัดวางข้อมูลและเมนูต่าง ๆ มีความเหมาะสมและไม่ซับซ้อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.480 แสดงให้เห็นว่าการออกแบบอินเทอร์เฟซที่เน้นความเรียบง่าย ชัดเจน และสื่อสารข้อมูลตรงประเด็น เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT โดยกำหนดขนาดพื้นที่ทดสอบมีปริมาตร 1 m³ และ ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 4 ครั้ง พบว่า อุปกรณ์สามารถลดค่าฝุ่น PM_{2.5} จากระดับ 450–750 µg/m³ ลงมาอยู่ในช่วง 0–3 µg/m³ ได้ภายในเวลาเฉลี่ย 48.71 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการฟอกเฉลี่ยสูงถึง 99.79 และระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถทำงานได้ถูกต้องแม่นยำ แสดงผลข้อมูลและรับคำสั่งผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้อย่างราบรื่น ไม่มีข้อผิดพลาด

5.1.4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ซึ่งประกอบด้วยอาจารย์และนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 2 พบว่า ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.483 โดยรายการที่ได้รับค่าความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านคุณค่าและประโยชน์ใช้สอยของอุปกรณ์ ค่าเฉลี่ย 4.77 ด้านการออกแบบกระบวนการที่ใช้งานง่าย ค่าเฉลี่ย 4.60 และด้านแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ ค่าเฉลี่ย 4.60 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านฟังก์ชันการทำงาน ความสะดวกในการใช้งาน การเชื่อมต่อ รวมถึงความปลอดภัยในการใช้งาน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการดำเนินงานสามารถออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ที่มีการทำงานแบบอัตโนมัติ ร่วมกับการควบคุมจากระยะไกลผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้สำเร็จ โดยระบบสามารถอ่านค่าฝุ่น PM_{2.5} อุณหภูมิ และความชื้นแบบเรียลไทม์ และปรับระดับพัดลมอัตโนมัติตามค่าที่ตรวจวัดได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ อติศักดิ์ ประพันธ์กุล และ อภินิติ โชติสังาศ [16] ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในการตรวจวัดและควบคุมฝุ่น ซึ่งยืนยันถึงความเหมาะสมของการนำ IoT มาใช้กับอุปกรณ์ฟอกอากาศเพื่อเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพ

ผลการออกแบบ UI ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการออกแบบอินเทอร์เฟซที่เรียบง่าย ใช้สีและสัญลักษณ์ที่สื่อความหมายชัดเจน ช่วยให้ผู้ใช้สามารถรับรู้ข้อมูลได้รวดเร็วและตัดสินใจใช้งาน

ได้ถูกต้อง โดยผลการประเมินความพึงพอใจพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะด้านความชัดเจนและเข้าใจง่าย รองลงมาคือความพึงพอใจโดยรวมและการจัดวางเมนูที่เหมาะสม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cho et al. [17] และ Zhang et al. [18] ที่ยืนยันว่า อินเทอร์เน็ตผู้ใช้ที่ชัดเจนและใช้งานง่ายจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและการยอมรับของผู้ใช้งานต่ออุปกรณ์ IoT ได้

การประเมินประสิทธิภาพอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT โดยผลการทดสอบในพื้นที่ควบคุมขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 4 ครั้ง แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์มีประสิทธิภาพเฉลี่ยสูงถึง 99.79% โดยสามารถลดค่าฝุ่น PM2.5 จากระดับเฉลี่ย 656 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ให้อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย ($0-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ภายในเวลาเฉลี่ย 48.71 วินาที ซึ่งสอดคล้องกับงานของ พานิช อินต๊ะ [19] ที่ศึกษาเครื่องกรองอากาศ HEPA/Activated Carbon ในประเทศไทยพบว่าสามารถกรองฝุ่น PM2.5 ได้ถึง 99.97% และเมื่อรวมกับระบบ IoT จะได้รับความสะดวกและประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับ Gao และคณะ [20] ที่ระบุว่าการควบคุมเครื่องฟอกอากาศด้วย IoT ช่วยเพิ่มความแม่นยำและเสถียรภาพของระบบ

และจากการประเมินความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่ามีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.50 โดยรายการที่ได้รับคะแนนสูงสุดคือด้านคุณค่าและประโยชน์ใช้สอย ค่าเฉลี่ย 4.77 ด้านการออกแบบกระบวนการที่ใช้งานง่าย ค่าเฉลี่ย 4.60 และด้านแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ ค่าเฉลี่ย 4.60 ซึ่งสะท้อนว่าผู้ใช้งานเห็นความสำคัญทั้งด้านประโยชน์ใช้สอย ความสะดวก และความเหมาะสมของการออกแบบ สอดคล้องกับงานของ Cho et al. [17] และ Zhang et al. [18] ที่ยืนยันว่าเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY ที่มีระบบ IoT และการออกแบบอินเทอร์เน็ตผู้ใช้ที่ใช้งานง่ายจะได้รับการตอบรับที่ดี ทั้งในด้านฟังก์ชันและความสะดวกในการใช้งาน โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ใช้ที่มีพื้นฐานทางเทคโนโลยี

6. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

6.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

1) อุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT มีความเหมาะสมกับการใช้ในอาคารบ้านเรือนที่พักอาศัย ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณฝุ่น PM2.5 ได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่เหมาะสมกับการใช้ชีวิตประจำวัน ทั้งนี้ควรพัฒนาเพิ่มเติมในด้านการเพิ่มเซนเซอร์วัดคุณภาพอากาศให้หลากหลาย การปรับปรุงความเสถียรของระบบ การประหยัดพลังงานและรองรับพลังงานสะอาด การรักษาความปลอดภัยข้อมูล การออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานหลากหลายสภาพแวดล้อม และการขยายผลสู่การใช้งานในพื้นที่สาธารณะ เพื่อเพิ่มคุณค่าและการประยุกต์ใช้ในวงกว้าง

6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- 1) พัฒนาอุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT ที่สามารถใช้งานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ (โซลาร์เซลล์) เพื่อเพิ่มความยั่งยืนในการใช้งานและลดต้นทุนค่าไฟฟ้า รวมถึงต่อยอดสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- 2) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่ออุปกรณ์ควบคุมเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (60–90 คน) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการประเมินและสะท้อนความคิดเห็นของผู้ใช้งานได้อย่างครอบคลุมยิ่งขึ้น
- 3) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องฟอกอากาศแบบ DIY อัตโนมัติด้วยระบบ IoT กับเครื่องฟอกอากาศเชิงพาณิชย์ในพื้นที่ขนาดต่าง ๆ เช่น ห้องที่มีปริมาตร 2, 4 และ 6 ลูกบาศก์เมตร เพื่อวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย จุดเด่น และศักยภาพของการพัฒนาเครื่องฟอกอากาศ DIY ทั้งในเชิงวิชาการและการใช้งานจริง

บรรณานุกรม

- [1] World Health Organization. (2024, October 24). Ambient (outdoor) air pollution and health. World Health Organization. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- [2] World Health Organization. (2024). Air pollution is responsible for 6.7 million premature deaths every year. World Health Organization. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>
- [3] The Nation. (2025, February). PM2.5 levels exceed safety standards throughout Bangkok. The Nation. <https://www.nationthailand.com/>
- [4] Ketjalan, A., Humphries, U., & Suadee, W. (2023). A study on PM2.5 concentration in Bangkok, Thailand: A case study of Bang Na Station. International Journal of Advanced and Applied Sciences, 10(10), 55–61.
- [5] Stockholm Environment Institute. (2023). Air pollution in Bangkok. SEI Working Paper. <https://www.sei.org/>
- [6] บริษัท บีเวลล์ จำกัด. (2566). การเปรียบเทียบเครื่องฟอกอากาศ Bwell กับเครื่องฟอกอากาศ DIY. Bwell. <https://bwell.co.th/>
- [7] มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต. (2563). การประยุกต์ใช้งาน IoT เพื่อควบคุมเครื่องกรองอากาศ DIY และรายงานผลคุณภาพอากาศผ่านเว็บแอปพลิเคชัน. fund.pkru.ac.th. <https://fund>.

pkru.ac.th/storage/download/617c0dda0274390001af788f?bucket=publish_paper§or=files2021&sk=ab0142651b9ef24b976407372dabcd58&ver=0

- [8] Jumlongkul, A., Jamnuch, W., & Jumlongkul, P. (2025). Sensors Based on the Internet of Things for Semi-Outdoor Air Cleaners: An Alternative Method for Controlling Haze and COVID-19. *Greater Mekong Subregion Medical Journal*, 5(2), 55–63.
- [9] สกุล คำนวนชัย. (2565). การพัฒนาแบบจำลองระบบตรวจสอบและควบคุมอุปกรณ์ภายในบริเวณบ้านโดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันด้วยบริการเซิร์ฟเวอร์การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ECTI-CARD 2022 ครั้งที่ 14 (หน้า 237–242). ลพบุรี.
- [10] Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607–610.
- [11] Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*.
- [12] Aiken, R. V. (2000). *Psychological testing and assessment* (12th ed.). Allyn & Bacon.
- [13] Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–335.
- [14] Montgomery, D. C. (2019). *Design and analysis of experiments* (10th ed.). Wiley.
- [15] บุญชม ศรีสะอาด. (2563). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น.
- [16] อติศักดิ์ ประพันธ์กุล และ อภินิติ โชติสังกาศ. (2563). การประยุกต์ใช้ระบบตรวจวัดเพื่อควบคุมฝุ่นในพื้นที่ก่อสร้างโดยใช้เทคโนโลยีไอโอที อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 58 (หน้า 352–361).
- [17] Cho, M., Lee, S., & Lee, K.-P. (2019). How do people adapt to use of an IoT air purifier? From low expectation to minimal use. *International Journal of Design*, 13(3), 21–38.
- [18] Zhang, Y., Xu, L., & Chen, W. (2023). IoT-based DIY air purifier design and user satisfaction evaluation. *Journal of Clean Air Technology*, 15(2), 45–56.
- [19] พานิช อินต๊ะ. (2565). การพัฒนาเครื่องกรองฝุ่น PM2.5 เวอร์ชัน 4. *วารสารวิชาการวิทยาลัยอาชีวศึกษาเวียงสา*, 3(2), 77–89.
- [20] Gao, J., et al. (2023). Developing smart air purifier control strategies for better IAQ and user satisfaction. *Building and Environment*, 250, 108–118.