

การพัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยี
อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งาน
แบบเรียลไทม์

Development of an Intelligent Computer Laboratory Management System Using
Internet of Things Technology for Real-Time Environment and Usage Status
Monitoring

เอกรินทร์ วาโย^{1*} และ ศรายุทธ จันดุก²
Ekkarin Wayo^{1*} and Sarayut Janduk²

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและไอโอที คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา^{1,2}
Department of Information Technology and IoT, Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University^{1,2}
E-Mail : ekkarin.wa@skru.ac.th^{1*}

(Received : November 11, 2025; Revised : April 29, 2026; Accepted : April 29, 2026)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์ 2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ระบบต้นแบบถูกพัฒนาตามกรอบแนวคิดวงจรการพัฒนา (SDLC) โดยใช้เซนเซอร์ DHT22 และ BH1750 เชื่อมต่อกับบอร์ด Espressif Systems ESP32 เพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสง ข้อมูลถูกบันทึกทุก 30 นาที และทดสอบต่อเนื่องเป็นเวลา 5 วัน วันละ 24 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 240 ชุดข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ความแม่นยำของเซนเซอร์และประเมินการทำงานของระบบ

ผลการวิจัยพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเซนเซอร์อยู่ระหว่าง 1.18–2.28% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และระบบสามารถรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย Wi-Fi ไปยังฐานข้อมูลและแสดงผลผ่านเว็บแดชบอร์ดได้อย่างเสถียรโดยไม่พบการสูญหายของข้อมูล ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าประสิทธิภาพของระบบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.73$, S.D. = 0.45) ขณะที่ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวน 20 คน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.47) สะท้อนให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการและประยุกต์ใช้ได้จริงในบริบทของสถาบันการศึกษา

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ระบบห้องปฏิบัติการอัจฉริยะ, การตรวจสอบแบบเรียลไทม์, แดชบอร์ดเว็บอัจฉริยะ

ABSTRACT

This research aimed to: 1) develop a smart computer laboratory management system using Internet of Things (IoT) technology for real-time monitoring of environmental conditions and usage status; 2) evaluate the system performance by experts; and 3) assess user satisfaction. The prototype system was developed based on the System Development Life Cycle (SDLC) framework. DHT22 and BH1750 sensors were connected to an Espressif Systems ESP32 board to collect data on temperature, humidity, and light intensity. Data were recorded every 30 minutes and continuously tested for five days, 24 hours per day, resulting in a total of 240 datasets for analyzing sensor accuracy and evaluating system operation.

The research findings revealed that the average sensor error ranged from 1.18% to 2.28%, which was within an acceptable range. The system was able to transmit data via a Wi-Fi network to the database and display the results through a web dashboard stably without data loss. The evaluation by three experts indicated that the overall system performance was at the highest level ($\bar{X} = 4.73$, S.D. = 0.45), while the satisfaction evaluation of 20 users was also at the highest level ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.47). These findings indicate that the developed system can improve the efficiency of laboratory management and can be practically applied in the context of educational institutions.

Keywords : Internet of Things (IoT), Smart Laboratory System, Real-Time Monitoring, Intelligent Web Dashboard

บทนำ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศได้กลายเป็นองค์ประกอบสำคัญ ที่ช่วยยกระดับกระบวนการเรียนรู้และการบริหารจัดการภายในสถาบันการศึกษา [1] โดยเฉพาะห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ซึ่งถือเป็นพื้นที่หลักสำหรับการเรียนการสอน การฝึกปฏิบัติ และการทำวิจัยของนักศึกษาในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม [2] อย่างไรก็ตาม การบริหารจัดการห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ยังคงอาศัยวิธีการแบบแมนนวล เช่น การเปิด-ปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นด้วยเครื่องมือพื้นฐาน รวมถึงการควบคุมระบบไฟฟ้าโดยไม่มีการติดตามแบบเรียลไทม์ ส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพและลดความสามารถในการบริหารจัดการโดยรวม [3]

การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นที่สูงหรือต่ำเกินไปอาจส่งผลต่ออายุการใช้งานของอุปกรณ์และก่อให้เกิดปัญหาความร้อนสะสมในระบบ [4] นอกจากนี้ ความเข้มแสงที่ไม่เหมาะสมยังมีผลต่อสมาธิในการเรียนรู้และสุขภาพสายตาของผู้ใช้งาน แต่ในหลายสถาบันยังขาดระบบที่สามารถตรวจสอบและควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศหรือจำนวนผู้ใช้งานที่แปรผันได้อย่างทันทั่วทั้ง [5] ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการนำเทคโนโลยีอัจฉริยะเข้ามาช่วยในการติดตามและควบคุมสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมอัจฉริยะ (Smart Environment Monitoring System) ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมโยงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเซนเซอร์ต่าง ๆ เข้ากับระบบคลาวด์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อเก็บรวบรวมประมวลผล และแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ [6] โดยระบบดังกล่าวช่วยให้ผู้ดูแลสามารถตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสง ได้อย่างต่อเนื่อง ผ่านแดชบอร์ดออนไลน์ ซึ่งช่วยเพิ่มความสะดวกในการบริหารจัดการและสนับสนุนการตัดสินใจอย่างมีระบบ [7] นอกจากนี้ เทคโนโลยี IoT ยังมีศักยภาพในการช่วยลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการได้อย่างเป็นระบบ

Franco et al. [8] และ Xie et al. [9] พบว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในการตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในอาคารช่วยเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลและลดการใช้พลังงานได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะระบบตรวจวัดแบบเรียลไทม์ที่ช่วยปรับสมดุลอุณหภูมิและการระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการพลังงานอัจฉริยะในอาคารสมัยใหม่ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นในบริบทของ Smart Home หรือ Smart Classroom มากกว่าห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่มีความต้องการ

เฉพาะ เช่น การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสง เพื่อรักษาเสถียรภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์และสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ [10]

แม้ว่าปัจจุบันจะมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในการติดตามสภาพแวดล้อมภายในอาคารอย่างแพร่หลาย และแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบข้อมูลและการบริหารจัดการพลังงานภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่งานวิจัยส่วนใหญ่มีแนวโน้มเฉพาะการตรวจวัดปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือความเข้มแสงเพียงด้านเดียว หรือมุ่งติดตามสถานะการใช้งานอุปกรณ์และการใช้พลังงานแยกจากระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อม ส่งผลให้ผู้ดูแลห้องปฏิบัติการต้องใช้งานหลายระบบควบคู่กัน การแยกส่วนของข้อมูลดังกล่าวทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลและการตัดสินใจเชิงบริหารขาดความเชื่อมโยง และในบางกรณียังต้องอาศัยการตรวจสอบแบบแมนนวล ซึ่งอาจก่อให้เกิดความล่าช้าและความคลาดเคลื่อนของข้อมูล นอกจากนี้ งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นบริบทของบ้านอัจฉริยะ (Smart Home), อาคารอัจฉริยะ (Smart Building) หรือห้องเรียนอัจฉริยะ (Smart Classroom) มากกว่าบริบทของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีข้อกำหนดเฉพาะทั้งด้านการบริหารทรัพยากร การติดตามสถานะการใช้งาน และการดูแลอุปกรณ์สารสนเทศอย่างต่อเนื่อง จากการทบทวนวรรณกรรมจึงพบว่ายังขาดงานวิจัยที่สามารถบูรณาการข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานของห้องปฏิบัติการไว้ในระบบเดียวอย่างครบวงจรสำหรับบริบทของสถาบันอุดมศึกษา ซึ่งเป็นช่องว่างสำคัญที่งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาเพื่อตอบสนองต่อการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระบบ

จากข้อจำกัดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์ โดยบูรณาการการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและการติดตามสถานะการใช้งานไว้ในแดชบอร์ดเดียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการ และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงบริหารได้อย่างเป็นระบบ

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อพัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์

1.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์จากผู้เชี่ยวชาญ

1.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์จากผู้ใช้งาน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดการพัฒนาระบบสารสนเทศ

การพัฒนาระบบสารสนเทศประกอบด้วยขั้นตอนที่วางแผนและดำเนินการอย่างเป็นระบบตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดโครงการ เรียกว่า วงจรการพัฒนา (System Development Life Cycle: SDLC) [11] ศรีนวล พงมณี [12] อธิบายว่า SDLC เป็นแนวทางการพัฒนาระบบแบบดั้งเดิมที่มีโครงสร้างชัดเจนและใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้หลักการของวงจรการพัฒนา (SDLC) เป็นกรอบกระบวนการดำเนินงาน โดยอธิบายในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1) การกำหนดความต้องการ (Requirement Analysis) ศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งานห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ผ่านการสัมภาษณ์และสังเกตการณ์การใช้งานจริง เพื่อกำหนดขอบเขตระบบ ฟังก์ชันการทำงาน และคุณลักษณะที่จำเป็นของระบบต้นแบบ

ผลลัพธ์ที่ได้ : รายการความต้องการของระบบ (System Requirement Specification)

2) การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) วิเคราะห์กระบวนการทำงานเดิมของห้องปฏิบัติการระบบอัตโนมัติ เช่น การตรวจสอบสภาพแวดล้อมแบบแมนนวล และกำหนดแนวทางแก้ไขโดยใช้เทคโนโลยี IoT

ผลลัพธ์ที่ได้: ผังงานกระบวนการทำงานและแบบจำลองการไหลของข้อมูล

3) การออกแบบระบบ (System Design) ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ ประกอบด้วยส่วนของเซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ฐานข้อมูล และแดชบอร์ดแสดงผล รวมถึงออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลและผังงานโปรแกรม

ผลลัพธ์ที่ได้: ผังงานระบบ (System Flowchart) และแบบจำลองฐานข้อมูล

4) การพัฒนาระบบ (System Development) พัฒนาโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ด้วย ESP32 และพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ พร้อมเชื่อมต่อฐานข้อมูล

ผลลัพธ์ที่ได้: ระบบต้นแบบที่สามารถตรวจวัดและแสดงผลข้อมูลได้จริง

5) การทดสอบระบบ (System Testing) ทดสอบการทำงานของระบบทั้งในด้านความถูกต้องของข้อมูลและความแม่นยำของเซนเซอร์ โดยเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานเป็นเวลา 5 วัน (24 ชั่วโมงต่อวัน) เก็บข้อมูลทุก 30 นาที รวม 240 ชุดข้อมูล

ผลลัพธ์ที่ได้: ค่าความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์และผลการทำงานของระบบ

6) การติดตั้งและประเมินผล (Implementation and Evaluation) ติดตั้งระบบในห้องปฏิบัติการจริง และประเมินความเหมาะสมของระบบจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน

ผลลัพธ์ที่ได้: คะแนนความพึงพอใจและข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงระบบ

ขั้นตอนทั้งหมดจะช่วยควบคุมคุณภาพและเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาระบบสารสนเทศ รวมถึงระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะในงานวิจัยนี้

2.2 เครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบ

Bootstrap Framework เป็นเฟรมเวิร์กแบบโอเพนซอร์สที่พัฒนาโดย Mark Otto และ Jacob Thornton จากบริษัท Twitter เพื่อช่วยในการสร้างเว็บแอปพลิเคชันที่มีความสวยงาม เป็นระบบ และตอบสนองต่ออุปกรณ์ได้หลากหลาย (Responsive Design) [13] เฟรมเวิร์กนี้ประกอบด้วยชุดโครงสร้าง HTML, CSS และ JavaScript พร้อมระบบ Grid System และคลาสสำเร็จรูปที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ได้รวดเร็วและสม่ำเสมอบนทุกอุปกรณ์ [14]

Chart.js เป็นไลบรารีจาวาสคริปต์แบบโอเพนซอร์สสำหรับสร้างกราฟและแผนภูมิในเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้เทคโนโลยี HTML5 Canvas เพื่อแสดงผลข้อมูลเชิงภาพอย่างมีประสิทธิภาพ ไลบรารีนี้รองรับกราฟหลายประเภท เช่น เส้น แท่ง วงกลม และเรดาร์ พร้อมคุณสมบัติ Responsive Design ที่ปรับขนาดอัตโนมัติตามอุปกรณ์ และสามารถทำงานร่วมกับ React, Angular และ Vue.js ได้ จึงเหมาะสำหรับเว็บที่ต้องการแสดงข้อมูลแบบเรียลไทม์อย่างยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพ [15]

ภาษา C++ เป็นภาษาหลักสำหรับพัฒนาโปรแกรมบนแพลตฟอร์ม Arduino ผ่าน Arduino IDE ซึ่งมีพื้นฐานจากภาษา C และเพิ่มศักยภาพด้วยแนวคิดเชิงวัตถุ (OOP) โปรแกรม Arduino หรือ “สเก็ตช์” ประกอบด้วยฟังก์ชัน setup() สำหรับเริ่มต้นระบบ และ loop() สำหรับการทำงานแบบวนซ้ำอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ Arduino มีไลบรารี Arduino API ที่พัฒนาด้วย C++ ช่วยลดความซับซ้อนในการควบคุมฮาร์ดแวร์ Digital/Analog และการสื่อสาร ทำให้ได้มีประสิทธิภาพ ประหยัดทรัพยากร เหมาะกับระบบฝังตัวและการประยุกต์ใช้งาน IoT [16]

Python คือภาษาโปรแกรมระดับสูง (High-level Programming Language) แบบ Interpreter ที่ได้รับความนิยมอย่างสูง เนื่องจากมีโครงสร้างไวยากรณ์ (Syntax) ที่อ่านง่าย คล้ายภาษาอังกฤษ และมีไลบรารีมาตรฐาน (Standard Libraries) ที่หลากหลายและสมบูรณ์ Python ถูกออกแบบมาให้เป็นภาษาที่ใช้งานได้หลากหลาย (General-purpose) สนับสนุนการเขียนโปรแกรมหลายรูปแบบ ทั้งแบบโครงสร้าง (Procedural) และแบบเชิงวัตถุ (Object-Oriented) [17] ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ภาษา Python ในการพัฒนาสคริปต์ (Script)

ขนาดเล็กสำหรับติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) แต่ละเครื่องในห้องปฏิบัติการ โดยสคริปต์นี้จะทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะการทำงาน (เช่น สถานะเปิด/ปิด หรือสถานะการล็อกอิน) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ และส่งข้อมูลสถานะดังกล่าวไปยังฐานข้อมูลส่วนกลางผ่านทาง API ที่พัฒนาขึ้น

PHP เป็นภาษา Server-side Scripting ที่ออกแบบมาสำหรับพัฒนาเว็บไซต์ สามารถฝังในโค้ด HTML และเชื่อมต่อฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะ MySQL จึงได้รับความนิยมในการสร้างเว็บแอปพลิเคชันและระบบ CMS เช่น WordPress และ Joomla [18] ในงานวิจัยนี้ใช้ PHP พัฒนา 2 ส่วนหลัก ได้แก่ Application Programming Interface (API) สำหรับรับข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT (ESP32) และสคริปต์ Python ก่อนบันทึกลงฐานข้อมูล MySQL และส่วนของ Web Application สำหรับดึงและแสดงผลข้อมูลผ่าน Dashboard แบบเรียลไทม์ เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถตรวจสอบข้อมูลได้สะดวก

MySQL คือระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System - RDBMS) แบบ Open-source ที่ได้รับความนิยมสูง MySQL ทำงานโดยใช้ภาษา SQL (Structured Query Language) เป็นมาตรฐานในการจัดการข้อมูล มีจุดเด่นด้านความเร็ว (Performance) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) และความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use) [19] ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูลหลักสำหรับจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับระบบ ได้แก่ ข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเซนเซอร์แบบอนุกรมเวลา (Time-series data) เช่น ค่าอุณหภูมิ, ความชื้น, ความเข้มแสง และข้อมูลสถานะการใช้งานคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เว็บแอปพลิเคชันสามารถดึงข้อมูลเหล่านี้ไปแสดงผลบน Dashboard ได้อย่างรวดเร็ว

บอร์ด ESP32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ System-on-Chip (SoC) ที่พัฒนาโดย Espressif Systems และถือเป็นแพลตฟอร์มหลักสำหรับการพัฒนาระบบ Internet of Things (IoT) ในปัจจุบัน จุดเด่นสำคัญคือการรวมหน่วยประมวลผลขนาด 32 บิตเข้ากับโมดูลการเชื่อมต่อไร้สายความเร็วสูงทั้ง Wi-Fi (802.11n) และ Bluetooth Low Energy (BLE) ไว้ในชิปเดียว ทำให้มีความสามารถในการเชื่อมต่อเครือข่ายและสื่อสารข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ [20] บอร์ดนี้ยังมีคุณสมบัติเด่นด้านการใช้พลังงานต่ำ และสนับสนุนการเขียนโปรแกรมด้วยสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น Arduino IDE และ MicroPython จึงเป็นทางเลือกที่ยืดหยุ่นและคุ้มค่าสำหรับการสร้างอุปกรณ์อัจฉริยะที่ต้องการการควบคุมระยะไกลและการประมวลผลข้อมูลภาคสนาม

เซนเซอร์ DHT22 เป็นโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิทัลที่นิยมใช้ในระบบ IoT โดยสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40°C ถึง 80°C และความชื้นสัมพัทธ์ 0–100 % RH ด้วยความแม่นยำเพียงพอสำหรับงานภาคสนาม [21] เซนเซอร์นี้มีราคาต่ำ ใช้พลังงานต่ำ และสื่อสารด้วยสายสัญญาณเดียว ทำให้เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น ESP32 ได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่ต้องการความแม่นยำและความน่าเชื่อถือ ในงานวิจัยนี้ DHT22 ถูกใช้เป็นเซนเซอร์หลักในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นของห้องปฏิบัติการ เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์และควบคุมระบบอัตโนมัติภายหลัง

เซนเซอร์ BH1750 เป็นโมดูลวัดความเข้มแสงแบบดิจิทัลที่มีความแม่นยำสูงและนิยมใช้ในระบบ IoT สำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมและควบคุมแสงอัตโนมัติ โดยสามารถวัดความเข้มแสงได้ตั้งแต่ 1–65,535 ลักซ์ด้วยความละเอียด 16 บิต [22] เซนเซอร์นี้สื่อสารผ่านโปรโตคอล I²C ช่วยลดจำนวนสายสัญญาณและเพิ่มเสถียรภาพในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น ESP32 อีกทั้งส่งข้อมูลแบบดิจิทัลโดยตรงเพื่อลดสัญญาณรบกวนและเพิ่มความแม่นยำ BH1750 จึงเหมาะสำหรับงานตรวจวัดความสว่างในอาคาร สมาร์ทฟาร์ม หรือสมาร์ทซิตี้ และถูกใช้เป็นเซนเซอร์หลักในการเก็บข้อมูลความเข้มแสงของงานวิจัยนี้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เพื่อการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์ จำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านการตรวจสอบสภาพแวดล้อม การจัดการพลังงานอัจฉริยะ และการประยุกต์ใช้ IoT ในอาคารหรือห้องปฏิบัติการภายในมหาวิทยาลัย (Smart Campus Systems) การศึกษางานวิจัยเหล่านี้ช่วยให้เข้าใจพัฒนาการ

ของเทคโนโลยีและระบุช่องว่างองค์ความรู้ (Research Gap) เพื่อใช้กำหนดแนวทางการพัฒนาระบบต้นแบบให้เหมาะสมกับบริบทของสถาบันการศึกษาไทย

Witczak [23] ได้ทำการทบทวนงานวิจัยด้านระบบตรวจสอบและควบคุมโดยใช้เทคโนโลยี IoT พบว่าแนวโน้มของการพัฒนาในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้ขยายจากระบบอาคารอัจฉริยะ (Smart Building) ไปสู่ระบบมหาวิทยาลัยอัจฉริยะ (Smart Campus) โดยมุ่งเน้นการบูรณาการข้อมูลจากเซนเซอร์หลายประเภทเข้าสู่ระบบคลาวด์เพื่อประมวลผลแบบเรียลไทม์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของงานวิจัยนี้ที่มุ่งพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบออนไลน์

ณัฐภัทร อภิรัชวิทยุ และสมบุรณ์ ชาวชายโง [24] พัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยเทคโนโลยี IoT โดยศึกษากรณีอาคารศรีโคตรบูรณ มหวิทยาลัยนครพนม ระบบใช้บอร์ด NodeMCU ESP8266 ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (PIR) และอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า (PZEM-004T) เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานว่ามีประสิทธิภาพและความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.89$, S.D. = 0.16 และ $\bar{X} = 4.64$, S.D. = 0.50 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยี IoT มีศักยภาพสูงในการพัฒนาอาคารอัจฉริยะในสถาบันอุดมศึกษาไทย

Banagar และ Khattar [25] พัฒนา IoT-Based Smart Laboratory System โดยใช้ Raspberry Pi เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก เชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง และการเคลื่อนไหว เพื่อควบคุมพัดลมและหลอดไฟอัตโนมัติ ผลการทดลองพบว่าระบบช่วยประหยัดพลังงานได้มากกว่า 30% และทำงานได้เสถียร แสดงให้เห็นศักยภาพของ IoT ในการจัดการพลังงานและสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ แม้งานนี้ยังจำกัดอยู่ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั่วไป ไม่ได้มุ่งเน้นห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่ซับซ้อนกว่า

เอกรัตน์ สุขสุนทร และคณะ [26] พัฒนาระบบการจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยเทคโนโลยี IoT โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องอัตโนมัติ ระบบเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนเพื่อให้ผู้ใช้ตรวจสอบและควบคุมอุปกรณ์ได้แบบเรียลไทม์ ผลการทดลองภาคสนามพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีนัยสำคัญ และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.47) แสดงถึงศักยภาพของเทคโนโลยี IoT ในการบริหารพลังงานของห้องเรียนและขยายผลสู่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ได้

Qu (2022) [27] ศึกษาการประหยัดพลังงานของห้องคอมพิวเตอร์ในมหาวิทยาลัยจีนโดยใช้เทคโนโลยี IoT และ Edge Computing โดยติดตั้งระบบตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และการใช้พลังงานเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลกลาง เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงานและควบคุมการระบายอากาศและแสงสว่างอัตโนมัติ ผลการวิจัยพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 22 และเพิ่มความปลอดภัยของอุปกรณ์ในระยะยาว ถือเป็นกรณีศึกษาที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ด้านการจัดการห้องคอมพิวเตอร์อัจฉริยะ

ณัฐพงศ์ พลสม และคณะ [28] พัฒนารูปแบบการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ด้วยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการและการเรียนรู้ โดยมีองค์ประกอบหลัก 5 ส่วน ได้แก่ แนวคิดทฤษฎี เทคโนโลยี IoT การบริหารห้องปฏิบัติการ การจัดการห้องเรียนอัจฉริยะ และตัวชี้วัดความสำเร็จ ใช้กระบวนการ PDCA (Plan-Do-Check-Act) เป็นแนวทางดำเนินงาน ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 9 คน พบว่าระดับความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X} = 4.81$, S.D. = 0.42) โดยเฉพาะองค์ประกอบของ IoT และสมองกลฝังตัว ($\bar{X} = 4.89$, S.D. = 0.33) แสดงให้เห็นศักยภาพของรูปแบบนี้ในการจัดการห้องปฏิบัติการอัจฉริยะและขยายผลสู่ห้องคอมพิวเตอร์ได้

ระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการได้รับความสนใจจากนักวิจัยเช่นกัน โดย Khairnar, Bhandari, Deore, Dighole และ Joshi [29] เสนอแนวทางติดตามสถานะเครื่องแต่ละเครื่องผ่านการตรวจสอบการใช้ทรัพยากร (CPU, Memory, Temperature) และการเชื่อมต่อออนไลน์แบบเรียลไทม์ จากนั้นส่งข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลกลางเพื่อแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชัน ผลการทดลองพบว่าสามารถตรวจสอบสถานะได้ถูกต้องและช่วยลดภาระของผู้ดูแลระบบได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องโดยตรงกับ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ในการพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานภายในห้องปฏิบัติการอัจฉริยะ

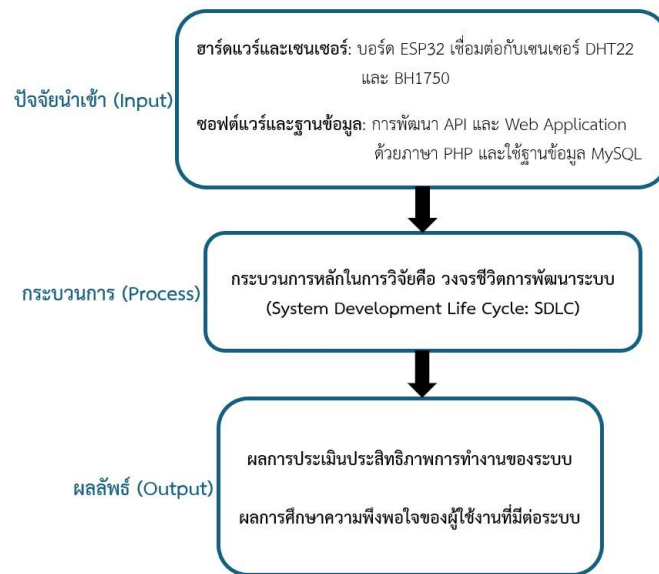
จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าเทคโนโลยี IoT ถูกนำมาใช้ในสถาบันการศึกษาเพื่อจัดการพลังงาน ตรวจสอบสภาพแวดล้อม และติดตามสถานะอุปกรณ์แบบเรียลไทม์ อย่างไรก็ตาม ส่วนใหญ่ยังแยกการตรวจสอบสภาพแวดล้อมจากการติดตามการใช้งานของคอมพิวเตอร์ และยังไม่มียุคสมัยที่ผสานทั้งสองมิติในบริบทของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อย่างครบวงจร ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาระบบต้นแบบที่สามารถตรวจสอบอุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง และสถานะเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ ลดต้นทุนการดูแลรักษา และสนับสนุนแนวคิด Smart Campus ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาอย่างยั่งยืน

2.4 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มีศักยภาพสูงในการพัฒนาระบบตรวจสอบและบริหารจัดการสภาพแวดล้อมภายในอาคารและห้องปฏิบัติการแบบเรียลไทม์ โดยเชื่อมโยงอุปกรณ์ตรวจวัดเข้ากับฐานข้อมูลกลางเพื่อประมวลผลและแสดงผลผ่านแดชบอร์ดออนไลน์ งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าไอโอทีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงาน การตรวจสอบสถานะอุปกรณ์ และการจัดการพลังงานอัจฉริยะในสถาบันการศึกษา

กรอบแนวคิดการวิจัยในครั้งนี้พัฒนาขึ้นภายใต้แนวคิดของระบบสารสนเทศ (Information System Concept) ร่วมกับสถาปัตยกรรมอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things Architecture) ซึ่งอธิบายกระบวนการทำงานของระบบผ่านองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ปัจจัยนำเข้า (Input) กระบวนการ (Process) และผลลัพธ์ (Output) โดยในส่วนของปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ เซนเซอร์ ซอฟต์แวร์ และฐานข้อมูลที่ใช้เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของระบบ ส่วนกระบวนการใช้แนวคิดวงจรชีวิตการพัฒนา (System Development Life Cycle: SDLC) เป็นกรอบในการวิเคราะห์ ออกแบบ พัฒนา และทดสอบระบบ ขณะที่ผลลัพธ์มุ่งสะท้อนประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จของระบบต้นแบบ ทั้งนี้แนวคิดดังกล่าวช่วยเชื่อมโยงองค์ประกอบด้านเทคโนโลยีเข้ากับผลลัพธ์เชิงการบริหารจัดการได้อย่างเป็นระบบ

ดังนั้น งานวิจัยฉบับนี้จึงนำแนวคิดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ในการออกแบบกรอบแนวคิด (Conceptual Framework) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากรอบแนวคิดการวิจัยของการพัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เพื่อการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ปัจจัยนำเข้า (Input), กระบวนการ (Process) และ ผลลัพธ์ (Output) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

1.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นอุปกรณ์หลักในการเชื่อมต่อเซนเซอร์และสื่อสารข้อมูลผ่านระบบ Wi-Fi โดยติดตั้งเซนเซอร์ DHT22 สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องปฏิบัติการ และเซนเซอร์ BH1750 สำหรับตรวจวัดค่าความเข้มของ

1.2 ซอฟต์แวร์ (Software) ใช้ Arduino IDE สำหรับพัฒนาโปรแกรมควบคุมบอร์ด ESP32 และใช้ภาษา PHP ร่วมกับ MySQL Database สำหรับพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันจัดการข้อมูลและแสดงผลผ่านแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ โดยใช้ Bootstrap และ Chart.js เพื่อแสดงผลในรูปแบบกราฟสถิติที่เข้าใจง่าย

1.3 แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เป็นแบบมาตราส่วน 5 ระดับ โดยผ่านการหาค่าความสอดคล้องระหว่างคำถามและวัตถุประสงค์จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

1.4 แบบสอบถามความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วน 5 ระดับ โดยผ่านการหาค่าความสอดคล้องระหว่างคำถามและวัตถุประสงค์จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

2.1 ประชากร

- 1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบ IoT จำนวน 10 คน
- 2) เจ้าหน้าที่และอาจารย์ผู้สอนในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จำนวน 40 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่าง

1) คัดเลือกจากอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบ IoT จำนวน 3 คน

2) คัดเลือกจากเจ้าหน้าที่และอาจารย์ผู้สอนในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จำนวน 20 คน

กลุ่มตัวอย่างคัดเลือกโดยวิธีแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากบุคลากรที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการดูแลและใช้งานห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เป็นประจำ โดยกำหนดเกณฑ์คัดเลือกเฉพาะผู้ที่มีประสบการณ์ใช้งานห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 2 ภาคการศึกษา เนื่องจากบุคคลกลุ่มดังกล่าวมีประสบการณ์ตรงต่อสภาพปัญหาและบริบทการใช้งานจริง จึงสามารถประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมของระบบได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือ ขณะที่บุคลากรที่ใช้งานห้องปฏิบัติการเป็นครั้งคราวไม่ได้ถูกรวมในกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากอาจขาดประสบการณ์เพียงพอในการประเมินระบบอย่างรอบด้าน แนวทางดังกล่าวช่วยเพิ่มความเที่ยงตรงของข้อมูล (Validity) และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาระบบ (System Development Process) ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนหลักดังภาพที่ 2



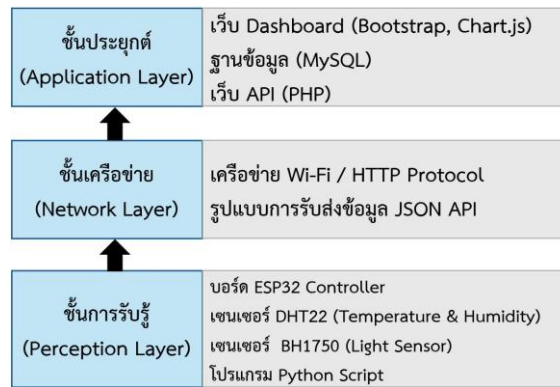
ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบของระบบ

ขั้นตอนนี้ได้ศึกษาส่วนประกอบที่จำเป็นของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับการจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ โดยวิเคราะห์โครงสร้างและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัด การสื่อสาร และการประมวลผลข้อมูล เพื่อกำหนดองค์ประกอบหลักให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง ระบบ IoT ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย เซนเซอร์ DHT22 สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น เซนเซอร์ BH1750 สำหรับวัดความเข้มแสง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 สำหรับรับ-ส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi และระบบ Server-Database-Dashboard สำหรับจัดเก็บ ประมวลผล และแสดงข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านเว็บแดชบอร์ด

จากการวิเคราะห์พบว่าสามารถแบ่งโครงสร้างของระบบออกเป็นสามชั้นหลักตามสถาปัตยกรรม IoT (IoT Architecture Layers) ได้แก่ ชั้นการรับรู้ (Perception Layer) สำหรับตรวจวัดข้อมูลจากเซนเซอร์ ชั้นเครือข่าย (Network Layer) สำหรับส่งข้อมูลจากบอร์ด ESP32 ผ่าน Wi-Fi ไปยังเซิร์ฟเวอร์ และชั้นประยุกต์

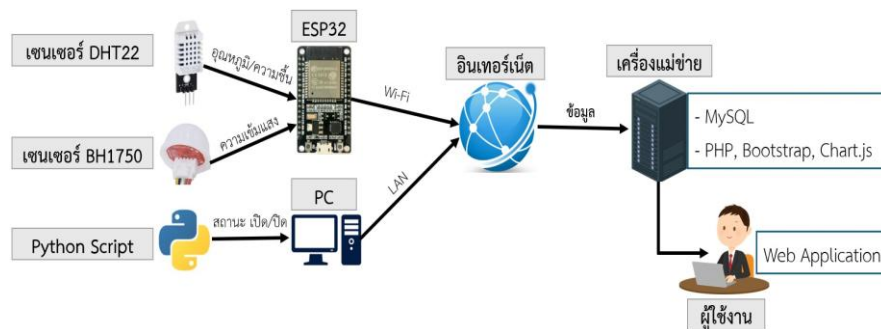
(Application Layer) สำหรับแสดงผลข้อมูลสภาพแวดล้อมและสถานะการทำงานแบบเรียลไทม์ผ่านเว็บแดชบอร์ด ภาพที่ 3 แสดงภาพรวมการทำงานและการไหลของข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดสู่ระบบประมวลผลและการแสดงผลแก่ผู้ใช้งาน



ภาพที่ 3 องค์ประกอบและชั้นการทำงานของระบบ

3.2 ออกแบบสถาปัตยกรรมการทำงานของระบบ

ขั้นตอนนี้ได้ออกแบบสถาปัตยกรรมการทำงานของระบบเพื่อกำหนดการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์และบริการภายในระบบจัดการห้องปฏิบัติการอัจฉริยะ โดยมุ่งให้แต่ละส่วนทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ และรองรับการขยายในอนาคต โครงสร้างระบบแบ่งออกเป็นสามชั้นหลักตามสถาปัตยกรรม IoT ได้แก่ ชั้นการรับรู้ (Perception Layer), ชั้นเครือข่าย (Network Layer) และชั้นประยุกต์ (Application Layer) ดังแสดงในภาพที่ 4



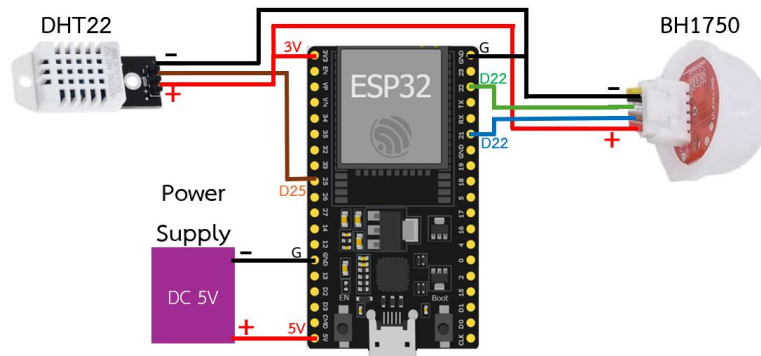
ภาพที่ 4 สถาปัตยกรรมของระบบจัดการห้องปฏิบัติการอัจฉริยะ

สถาปัตยกรรมของระบบจัดการห้องปฏิบัติการอัจฉริยะประกอบด้วยสามชั้นหลักตามแนวคิด IoT ได้แก่ ชั้นการรับรู้ (Perception Layer) ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ DHT22 สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น และ BH1750 สำหรับวัดความเข้มแสง โดยประมวลผลเบื้องต้นก่อนส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi ไปยังเซิร์ฟเวอร์ ขณะเดียวกันเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องมี Python Script สำหรับส่งสถานะการทำงาน เช่น การเปิด-ปิดและชื่อผู้ใช้ ผ่านเครือข่าย LAN เข้าสู่ระบบ ชั้นเครือข่าย (Network Layer) ทำหน้าที่สื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์และเซิร์ฟเวอร์ผ่าน Wi-Fi และ LAN โดยใช้โปรโตคอล HTTP ในรูปแบบ JSON เพื่อความรวดเร็วและปลอดภัย โดยข้อมูลทั้งหมดถูกส่งไปยัง API Server ที่พัฒนาด้วยภาษา PHP เพื่อจัดการและเตรียมข้อมูลก่อน

จัดเก็บในฐานข้อมูล ส่วนชั้นประยุกต์ (Application Layer) ใช้ฐานข้อมูล MySQL สำหรับเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม และสถานะเครื่องคอมพิวเตอร์ในรูปแบบ Time-Series และพัฒนา Web Dashboard ด้วย Bootstrap Framework และ Chart.js เพื่อแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ผู้ดูแลสามารถเข้าถึงและติดตามข้อมูลได้สะดวกผ่านเว็บเบราว์เซอร์

3.3 ออกแบบวงจรการเชื่อมต่อของอุปกรณ์และเซนเซอร์

ขั้นตอนนี้ได้ออกแบบและเชื่อมต่อวงจรของอุปกรณ์ IoT สำหรับระบบจัดการห้องปฏิบัติการอัจฉริยะ โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นหน่วยควบคุมหลัก ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ DHT22 สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น และ BH1750 สำหรับวัดความเข้มแสง โดยเชื่อมต่อแบบดิจิทัลผ่านขา Data (GPIO 25) และบัส I²C (SCL-GPIO 22, SDA-GPIO 21) ตามลำดับ อุปกรณ์ทุกตัวใช้ไฟเลี้ยง 3.3V และ GND ร่วมกันเพื่อความเสถียรของการทำงาน ระบบได้รับพลังงานจากแหล่งจ่าย 5V ผ่านพอร์ต USB ของ ESP32 ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่ออัปโหลดโปรแกรมผ่าน Arduino IDE ได้โดยตรง วงจรถูกติดตั้งบนบอร์ดทดลอง (Breadboard) เพื่อความสะดวกในการพัฒนาและทดสอบก่อนนำไปใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการ โดยภาพที่ 5 แสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์และเซนเซอร์ทั้งหมดในระบบต้นแบบ



ภาพที่ 5 วงจรการเชื่อมต่อของบอร์ด ESP32 กับเซนเซอร์ DHT22 และ BH1750

3.4 การเปรียบเทียบความแม่นยำของเซนเซอร์

ขั้นตอนนี้ได้ทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ที่ใช้ในระบบ ได้แก่ DHT22 สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น และ BH1750 สำหรับวัดความเข้มแสง โดยเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับเครื่องมือมาตรฐานในห้องปฏิบัติการเพื่อประเมินความน่าเชื่อถือก่อนนำไปใช้งานจริง การทดสอบดำเนินการภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันภายในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ โดยวางอุปกรณ์ทั้งสองชนิดในตำแหน่งเดียวกันและเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 5 วัน (24 ชั่วโมงต่อวัน) โดยกำหนดช่วงการเก็บข้อมูลทุก 30 นาที (2 ครั้งต่อชั่วโมง) รวมทั้งสิ้น 240 ชุดข้อมูล เพื่อนำไปคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ร้อยละ (Percentage Error)

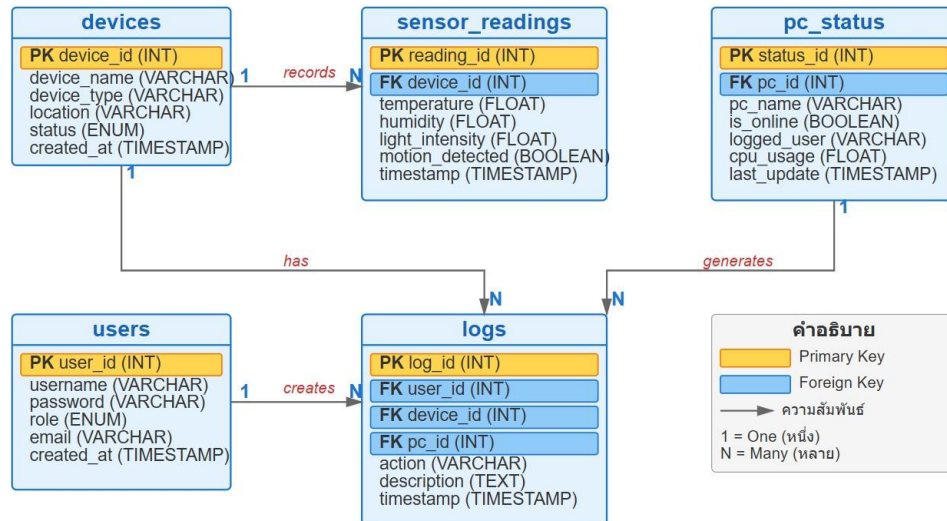
$$\text{Error (\%)} = \frac{|X_s - X_r|}{X_r} \times 100$$

เมื่อ X_s คือค่าที่ได้จากเซนเซอร์ และ X_r คือค่าที่ได้จากเครื่องมือมาตรฐาน

จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน (Mean Error) เพื่อใช้ประเมินความแม่นยำของเซนเซอร์ในแต่ละชนิด

3.5 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

ออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล MySQL สำหรับจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมและสถานะเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดตารางข้อมูลหลัก เช่น sensor_readings, pc_status, devices, users และ logs และนำเสนอในรูปแบบแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภาพ ER Diagram ของฐานข้อมูลระบบจัดการห้องปฏิบัติการอัจฉริยะ

3.6 การพัฒนาระบบ

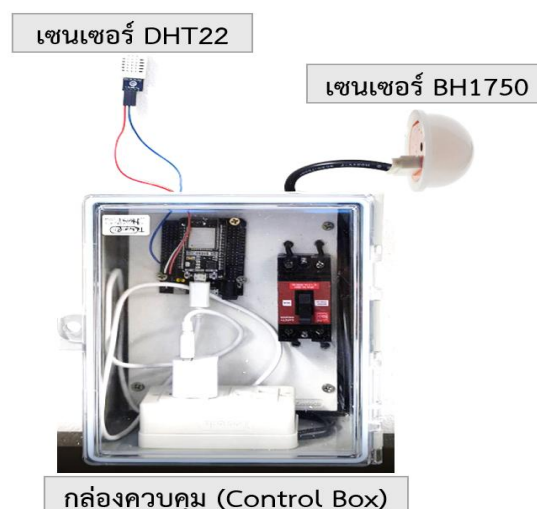
ขั้นตอนนี้ได้พัฒนาระบบต้นแบบตามแบบที่ออกแบบไว้ โดยครอบคลุมส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัด (Device Layer) ระบบเซิร์ฟเวอร์ (Application Layer) และส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) เพื่อให้ทำงานร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์และแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ถูกใช้เป็นหน่วยประมวลผลหลัก เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ DHT22 และ BH1750 เพื่ออ่านค่าอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสง โดยเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C++ ผ่าน Arduino IDE และส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi ไปยัง API Server ด้วยโปรโตคอล HTTP รูปแบบ JSON ด้านเซิร์ฟเวอร์พัฒนา Web API ด้วยภาษา PHP เพื่อรับข้อมูลจาก ESP32 และ Python Script ที่ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ซึ่งส่งสถานะการทำงาน (ON/OFF และผู้ใช้ที่ล็อกอิน) เก็บในฐานข้อมูล MySQL ที่รองรับข้อมูลแบบอนุกรมเวลา (Time Series) ส่วนแดชบอร์ดผู้ใช้พัฒนาโดยใช้ Bootstrap Framework และ Chart.js สำหรับแสดงกราฟข้อมูลสภาพแวดล้อมและสถานะเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ ผู้ดูแลสามารถเข้าดูและตรวจสอบระบบได้สะดวกผ่านเว็บเบราว์เซอร์

3.7 การทดสอบและติดตั้งระบบ

ได้ดำเนินการทดสอบการทำงานของระบบต้นแบบในสภาพแวดล้อมจริงภายในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา เพื่อประเมินความถูกต้อง ความเสถียร และความสามารถในการใช้งานจริง โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ Unit Test, Integration Test และ User Acceptance Test (UAT) ในระดับ Unit Test ตรวจสอบการทำงานของแต่ละโมดูล เช่น การอ่านค่าจากเซนเซอร์ DHT22 และ BH1750 การเชื่อมต่อ Wi-Fi ของ ESP32 การส่งข้อมูลผ่าน API และการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล MySQL ส่วน Integration Test ทดสอบการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างอุปกรณ์และระบบทั้งหมด ตั้งแต่การส่งข้อมูลจาก ESP32 ไปยัง API Server การแสดงผลแบบเรียลไทม์บน Dashboard ไปจนถึงการรับข้อมูลสถานะจาก Python Script เพื่อประเมินความถูกต้องและเวลาหน่วงของข้อมูล ขณะที่ UAT ประเมินโดยผู้ใช้งานจริง

จำนวน 20 คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและอาจารย์ผู้สอน เพื่อทดสอบการใช้งานผ่าน Web Dashboard และประเมินความพึงพอใจด้านความถูกต้อง ความสะดวก ความรวดเร็ว และความเหมาะสม โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วน 5 ระดับ (Likert Scale)

หลังจากการทดสอบและปรับปรุงระบบต้นแบบให้มีความเสถียรแล้ว ได้ดำเนินการติดตั้งระบบในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์จริง ดังภาพที่ 7 เพื่อใช้งานจริงในช่วงระยะเวลาทดลอง โดยทำการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบ การตอบสนองของอุปกรณ์ และความคิดเห็นจากผู้ใช้งาน เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบต่อไป



ภาพที่ 7 การติดตั้งใช้งานระบบในห้องปฏิบัติการ

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ใช้ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบต้นแบบ โดยใช้

4.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เพื่อบ่งชี้ระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม

4.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) เพื่อวิเคราะห์ความกระจายของความคิดเห็น
สามารถแปลความหมายของค่าคะแนน ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์จะนำเสนอในรูปแบบตารางและกราฟ เพื่อสะท้อนระดับประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบต้นแบบ

ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิจัยในครั้งนี้จัดเรียงตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการพัฒนาระบบที่กำหนดไว้ ซึ่งประกอบด้วย การวางแผน การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนาและทดสอบระบบ และการนำระบบไปใช้งาน โดยผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

1. การพัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์

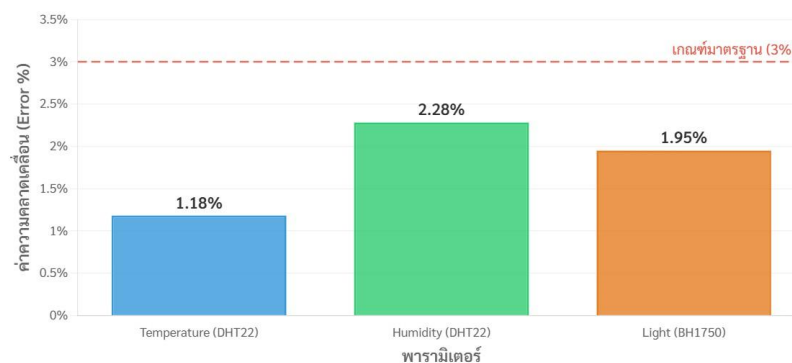
1.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Sensor กับเครื่องมือมาตรฐาน

ก่อนนำเซนเซอร์มาใช้งานในระบบต้นแบบ ได้ทดสอบความแม่นยำของ DHT22 สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น และ BH1750 สำหรับวัดความเข้มแสง โดยเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับเครื่องมือมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์ดิจิทัล ไฮโกรมิเตอร์ และเครื่องวัดความเข้มแสง (ลักซ์มิเตอร์) การทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ดำเนินการต่อเนื่อง 5 วัน (24 ชั่วโมงต่อวัน) เก็บข้อมูลทุก 30 นาที รวม 240 ชุด ผลการเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานสรุปดังตารางที่ 1 และภาพที่ 8

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าการวัดของเซนเซอร์กับเครื่องมือมาตรฐาน

เซนเซอร์	พารามิเตอร์ที่วัด	ค่าเฉลี่ยจากเครื่องมือมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยจากเซนเซอร์	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Error %)
DHT22	อุณหภูมิ (°C)	25.3	25.0	1.18 %
DHT22	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	52.7	51.5	2.28 %
BH1750	ความเข้มแสง (Lux)	410	402	1.95 %

กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ของเซนเซอร์แต่ละประเภท



ภาพที่ 8 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเซนเซอร์ DHT22 และ BH1750 เมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 8 พบว่าเซนเซอร์ทั้งสองชนิดให้ค่าการวัดใกล้เคียงกับเครื่องมือมาตรฐาน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.18–2.28% ซึ่งอยู่ในช่วงความแม่นยำที่ระบุในเอกสารผู้ผลิตของเซนเซอร์ DHT22 และ BH1750 และอยู่ในระดับที่ยอมรับได้สำหรับงานตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ภายใต้ช่วงอุณหภูมิ 22–26 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 45–60% ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนถึงความเสถียรและความเหมาะสมของเซนเซอร์ที่เลือกใช้สำหรับระบบต้นแบบในงานวิจัยนี้

2. ผลการพัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์จากผู้เชี่ยวชาญ

การพัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะต้นแบบ โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ DHT22 สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น และ BH1750 สำหรับวัดความเข้มแสง ข้อมูลจากเซนเซอร์ถูกส่งผ่านเครือข่าย Wi-Fi ไปยัง API Server ซึ่งประมวลผลและบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล MySQL จากนั้นข้อมูลถูกนำมาแสดงผลบน Web Dashboard ที่พัฒนาด้วยภาษา PHP, Bootstrap และ Chart.js

ผลการพัฒนาระบบแสดงให้เห็นว่าแดชบอร์ดสามารถแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมได้แบบเรียลไทม์ โดยมีการอัปเดตค่าทุก ๆ 5 วินาที ครอบคลุมตัวแปรหลัก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มของแสง รวมถึงสถานะการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการดัง ภาพที่ 9-11 ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลได้ทันทีผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ทั้งในรูปแบบตัวเลขดัง ภาพที่ 9 กราฟแนวโน้มแบบเรียลไทม์ดังภาพที่ 10 และแผนผังแสดงสถานะเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องดัง ภาพที่ 11



ภาพที่ 9 แดชบอร์ดแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 10 กราฟแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 11 สถานะการใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์

ผลการทดสอบการทำงานของระบบต้นแบบพบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องและมีความเสถียรในการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ IoT กับฐานข้อมูล โดยไม่พบการสูญหายของข้อมูลระหว่างการส่ง-รับ ขณะเดียวกันส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ถูกออกแบบให้ใช้งานง่ายและแสดงผลได้ชัดเจนทั้งบน Desktop และ Mobile Browser จึงเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์จริง

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์จากผู้ใช้งาน

ได้ประเมินประสิทธิภาพของระบบต้นแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและ IoT ระบบฐานข้อมูล และการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI/UX) เพื่อประเมินความถูกต้อง ความสมบูรณ์ และความเหมาะสมของระบบ โดยใช้แบบสอบถามครอบคลุม 3 ด้านหลัก คือ การออกแบบ การทำงาน และความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกทั้งด้านเทคนิคและประสบการณ์ผู้ใช้ ผลการประเมินประสิทธิภาพสรุปแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบต้นแบบจากผู้เชี่ยวชาญ

ด้านที่ประเมิน	($\bar{X}$)	S.D.	ระดับความเหมาะสม
การออกแบบระบบ	4.67	0.49	มากที่สุด
การทำงานของระบบ	4.80	0.41	มากที่สุด
ความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง	4.73	0.46	มากที่สุด
ภาพรวม	4.73	0.45	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่าผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินประสิทธิภาพของระบบต้นแบบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.73$, S.D. = 0.45) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการทำงานของระบบ ได้รับคะแนนสูงที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.41) รองลงมาคือ ด้านความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง ($\bar{X} = 4.73$, S.D. = 0.46) และด้านการออกแบบระบบ ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.49) ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีความ

ถูกต้องในการทำงาน ความเสถียรในการเชื่อมต่อ และมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ภายหลังการติดตั้งระบบต้นแบบในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ได้เก็บข้อมูลความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน จำนวน 20 คน ซึ่งประกอบด้วยเจ้าหน้าที่ดูแลห้องปฏิบัติการและอาจารย์ผู้สอน โดยใช้แบบสอบถามประเมิน 3 ด้านหลัก ได้แก่ 1) ความสะดวกและความง่ายในการใช้งาน 2) ความรวดเร็วและความถูกต้องของระบบ และ 3) ประโยชน์และความเหมาะสมของระบบต่อการใช้งานจริง ผลการประเมินสรุปแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ

ด้านที่ประเมิน	($\bar{X}$)	S.D.	ระดับความเหมาะสม
ความสะดวกและความง่ายในการใช้งาน	4.66	0.48	มากที่สุด
ความรวดเร็วและความถูกต้องของการทำงาน	4.63	0.49	มากที่สุด
ประโยชน์และความเหมาะสมของระบบ	4.75	0.44	มากที่สุด
ภาพรวม	4.68	0.47	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบต้นแบบในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.47) โดยด้านประโยชน์และความเหมาะสมของระบบได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.75$, S.D. = 0.44) รองลงมาคือด้านความสะดวกในการใช้งาน ($\bar{X} = 4.66$, S.D. = 0.48) และด้านความรวดเร็วและความถูกต้องของระบบ ($\bar{X} = 4.63$, S.D. = 0.49) ผลการประเมินสะท้อนว่าระบบที่พัฒนาขึ้นตอบสนองความต้องการผู้ใช้งานได้ดี ช่วยลดขั้นตอนการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและควบคุมอุปกรณ์ มีความสะดวกในการใช้งาน และแสดงข้อมูลเรียลไทม์ได้ถูกต้องต่อเนื่อง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความเหมาะสมของระบบต้นแบบต่อการใช้งานจริงในบริบทห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ครบถ้วน ทั้งในด้านการตรวจสอบสภาพแวดล้อม การติดตามสถานะการใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์ และการนำเสนอข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านแดชบอร์ดบนเว็บแอปพลิเคชัน

ในด้านการตรวจวัดและส่งข้อมูล พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ร่วมกับเซนเซอร์ DHT22 และ BH1750 สามารถตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสงได้อย่างถูกต้อง โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย $\pm 3\%$ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับระบบตรวจวัดสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Desnanjaya et al. [22] ที่รายงานว่า DHT22 และ BH1750 มีความเสถียรและเหมาะสมสำหรับการใช้งานในระบบ IoT ที่ต้องการความต่อเนื่องของข้อมูลแบบเรียลไทม์ และสนับสนุนแนวคิดของ Banagar และ Khattar [25] ที่พบว่าการประยุกต์ใช้ Wi-Fi เป็นโครงข่ายสื่อสารหลักในระบบห้องปฏิบัติการอัจฉริยะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า ระบบต้นแบบมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.73$, S.D. = 0.45) โดยเฉพาะด้านการทำงานของระบบ ($\bar{X} = 4.80$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการออกแบบระบบในรูปแบบสามชั้น (Perception, Network และ Application Layer) มีความเหมาะสมและ

สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐภัทร อภิรัชญ์ และสมบุรณ์ ขาวชายโขง [24] ที่ระบุว่า การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ IoT แบบชั้น (Layered Architecture) ช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงและง่ายต่อการบำรุงรักษาในระยะยาว อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวทางของ Witczak และ Szymoniak [23] ที่กล่าวว่าการใช้ IoT เพื่อการบริหารจัดการในสถานศึกษาเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนา Smart Campus อย่างยั่งยืน

ในส่วนของการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า ผู้ใช้จำนวน 20 คน ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่และอาจารย์ผู้สอน มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.47) โดยเฉพาะด้านประโยชน์และความเหมาะสมของระบบ ($\bar{X} = 4.75$) ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองความต้องการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการตรวจสอบข้อมูลแบบเรียลไทม์ ความสะดวกในการใช้งาน และการลดภาระในการตรวจสอบอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เอกรัตน์ สุขสุคนธ์ และคณะ [26] ที่พบว่า การประยุกต์ใช้ IoT เพื่อบริหารจัดการพลังงานในห้องเรียนอัจฉริยะช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งานและลดขั้นตอนการควบคุมระบบไฟฟ้าโดยตรงจากผู้ใช้อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ การที่ระบบสามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดและผู้ใช้จำนวนของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้แบบอัตโนมัติผ่าน Python Script ที่ติดตั้งในแต่ละเครื่อง ถือเป็นการต่อยอดแนวคิดจากงานของ Khairnar et al. [29] ซึ่งพัฒนาระบบ IoT สำหรับตรวจสอบสถานะการใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการเช่นเดียวกัน แต่ในงานวิจัยนี้ได้เพิ่มความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลดังกล่าวเข้ากับระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อม ทำให้สามารถบริหารจัดการห้องปฏิบัติการได้อย่างครอบคลุมในระบบเดียว

เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Qu [27] ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับระบบบริหารจัดการพลังงานในห้องคอมพิวเตอร์ โดยใช้ IoT และ Edge Computing พบว่าระบบต้นแบบของงานวิจัยนี้มีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกันทั้งในด้านการติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์ แต่มีความโดดเด่นกว่าตรงที่สามารถรวมข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมและสถานะอุปกรณ์เข้าด้วยกันภายในระบบเดียว ซึ่งช่วยให้ผู้ดูแลสามารถบริหารจัดการได้สะดวกและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

โดยสรุป ผลการวิจัยนี้ยืนยันว่าการพัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์ เป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูง สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ครบถ้วน ดังนี้

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง พบว่า สามารถพัฒนาระบบต้นแบบที่เชื่อมต่อเซนเซอร์ DHT22 และ BH1750 กับไมโครคอนโทรลเลอร์และเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ได้สำเร็จ โดยระบบสามารถตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสงได้อย่างต่อเนื่อง และแสดงผลผ่านแดชบอร์ดเพื่อสนับสนุนการติดตามสถานะการใช้งานห้องปฏิบัติการได้อย่างเป็นระบบ

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบจากผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินพบว่า ระบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.73) สะท้อนถึงความถูกต้องของการออกแบบโครงสร้างระบบ และความสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาาระบบสารสนเทศตามกระบวนการ SDLC

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.68) แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานจริง และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการ โดยลดภาระการตรวจสอบแบบแมนนวล และเพิ่มความสะดวกในการติดตามข้อมูลแบบต่อเนื่อง นอกจากนี้ ระบบยังมีการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลผ่านบัญชีผู้ใช้งาน เพื่อสนับสนุนความปลอดภัยของข้อมูลในระดับพื้นฐาน

อย่างไรก็ตาม ระบบต้นแบบยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น การพึ่งพาเครือข่าย Wi-Fi ภายในอาคาร ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อรับ-ส่งข้อมูลในบางช่วงเวลา และยังไม่รองรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ดังนั้น การพัฒนาในอนาคตควรเพิ่มโมดูลการควบคุมอุปกรณ์ เช่น ระบบไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งพัฒนา

แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนเพื่อการแจ้งเตือนและควบคุมระยะไกล เพื่อยกระดับระบบให้มีความอัจฉริยะและสอดคล้องกับแนวคิด Smart Environment อย่างสมบูรณ์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า ระบบจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสถานะการใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้อย่างถูกต้องและต่อเนื่องแบบเรียลไทม์ จึงควรนำระบบไปใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของคณะหรือหน่วยงานอื่นภายในสถาบันการศึกษา เพื่อช่วยลดภาระงานของเจ้าหน้าที่และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรมีการติดตามผลการใช้งานจริงอย่างต่อเนื่อง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบในระยะยาวและปรับปรุงการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

2. ข้อเสนอแนะในการพัฒนาและวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรขยายขอบเขตของระบบให้สามารถ ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยอัตโนมัติ เช่น ระบบไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้สามารถจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.2 พัฒนาการเชื่อมต่อข้อมูลให้รองรับ เทคโนโลยีการสื่อสารระยะไกล เช่น LoRa หรือ NB-IoT เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านสัญญาณ Wi-Fi

2.3 เพิ่มฟังก์ชันการ แจ้งเตือนอัตโนมัติ (Alert Notification) ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เมื่อค่าพารามิเตอร์ของสภาพแวดล้อมเกินขอบเขตที่กำหนด เพื่อช่วยให้ผู้ดูแลสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ได้ทันที

3. ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

ควรมีการศึกษาต่อยอดในด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) หรือการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บจากระบบ IoT เช่น การทำนายอุณหภูมิ ความชื้น หรือแนวโน้มการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการและการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Predictive Maintenance) ซึ่งจะช่วยเพิ่มศักยภาพของระบบให้เป็นห้องปฏิบัติการอัจฉริยะอย่างแท้จริง

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Poyyamozhi, B. Murugesan, N. Rajamanickam, C. M. Al Kalaany, and R. Khadra, "IoT—A promising solution to energy management in smart buildings: A systematic review, applications, barriers, and future scope," *Buildings*, vol. 14, no. 11, Art. no. 3446, 2024, doi: 10.3390/buildings14113446.
- [2] L. W. Zhang, K. Shanmugam, and M. E. Rana, "IoT-based intelligent energy monitoring system for computer laboratories," in *Proceedings of the 2022 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA)*, IEEE, 2022, doi: 10.1109/DASA54804.2022.9956514.
- [3] J. Angeline Augusta and B. Zunaitha, "Computer laboratory management system," *International Journal of Research Publication and Reviews*, vol. 6, no. 1, pp. 2644–2648, 2025.
- [4] J. Jueachan, *Temperature and Humidity Monitoring System for Server Rooms*, Research Report (Final Report), Burapha University, 2019. (in Thai)
- [5] P. Saengkhow, "Guidelines for developing computer laboratory services of the information technology division at Sisaket Rajabhat University," *Journal of Research and Development*, Sisaket Rajabhat University, vol. 9, no. 2, pp. 46–56, 2022. (in Thai)

- [6] P. Chomdee, "Development of an NMU-AQI prototype device for real-time indoor air quality monitoring," *Journal of Applied Science and Emerging Technology (JASET)*, vol. 22, no. 2, Art. no. e246935, 2023. (in Thai).
- [7] K. Rakkham, K. Khamruen, and N. Phatcharaprakiti, "Development of a climate data logging and visualization system using ZigBee wireless communication," *Journal of Innovative Technology Research*, no. 1, pp. 2017. (in Thai)
- [8] A. Franco, E. Crisostomi, S. Dalmiani, and R. Poletti, "Synergy in action: Integrating environmental monitoring, energy efficiency, and IoT for safer shared buildings," *Buildings*, vol. 14, no. 4, Art. no. 1077, 2024, doi: 10.3390/buildings14041077.
- [9] D. Xie and Q. Xie, "Internet of Things-based study on online monitoring system of building equipment energy saving optimization control using building information modeling," *Science Progress*, vol. 107, no. 2, Art. no. 368504241228130, 2024, doi: 10.1177/00368504241228130.
- [10] P. Khampuong, S. Chairungroong, P. Rodcharoen, C. Leeltimah, P. Eak-iamwuttanakul, C. Kumpuang, and P. Choompoowong, "Smart campus vocational college with digital twin for sustainable comfort monitoring," *International Journal of Educational Communications and Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 10–22, 2023.
- [11] S. Phongsawat, W. Anuwarat, Y. Khongsu, and T. Fak-aim, "Development of a coffee shop data management system using a web application," *Journal of Applied Information Technology*, vol. 11, no. 1, pp. 43–56, 2025. (in Thai)
- [12] S. Fongmanee, *System Analysis and Design*, Chiang Rai Rajabhat University, 2014. (in Thai)
- [13] S. Sompanich, *Web Application Development with Bootstrap and HTML5*, Bangkok, Thailand: Provision Publishing, 2020. (in Thai)
- [14] W3Schools, "Bootstrap 5 tutorial," Accessed: Oct. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.w3schools.com/bootstrap5>
- [15] Chart.js, "Chart.js: Open source HTML5 charts for your website," Accessed: Oct. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.chartjs.org/docs>
- [16] T. Banklongsi, *Practical Microcontroller and Programming with Arduino*, Nonthaburi, Thailand: IDC Premier, 2022. (in Thai)
- [17] S. Thianmontri, *Complete Python Coding Manual*, 3rd ed., Nonthaburi, Thailand: IDC Premier, 2024. (in Thai)
- [18] R. Nixon, *Learning PHP, MySQL & JavaScript: A Step-by-Step Guide to Creating Dynamic Websites*, 6th ed., Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2021.
- [19] C. Sup-atthakorn, *Complete Guide to MySQL and MariaDB*, Nonthaburi, Thailand: Prompt Publishing, 2021. (in Thai)
- [20] T. Kaewkhamjaeng, P. Burinnith, K. Boonkong, N. Buranawet, and T. Semehlao, "Study and application of ESP32 for smart door simulation using facial recognition for security," *Journal of Vocational Education Research and Innovation*, vol. 8, no. 2, pp. 30–38, 2024. (in Thai)
- [21] S. Kirawittaya et al., *Microcontroller and Sensor Applications for Innovation Development*, Bangkok, Thailand: Thai Bridgestone Co., Ltd., 2019. (in Thai)
- [22] I. G. M. N. Desnanjaya, A. A. G. B. Ariana, I. M. A. Nugraha, I. K. A. G. Wiguna, and I. M. U. Sumaharja, "Room monitoring using ESP-12E based DHT22 and BH1750 sensors," *Journal of Robotics and Control*, vol. 3, no. 2, pp. 205–211, 2022.
- [23] D. Witczak and S. Szymoniak, "Review of monitoring and control systems based on Internet of Things," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 19, Art. no. 8943, 2024, doi: 10.3390/app14198943.
- [24] N. Apiratchapinya and S. Chaochaikhong, "An IoT-based building energy management system: A case study of Srikhotrabun Building, Nakhon Phanom University," *Journal of Science and Technology*, Udon Thani Rajabhat University, vol. 10, no. 3, pp. 43–62, 2022. (in Thai)
- [25] A. N. Banagar and R. Khattar, "IoT-based smart laboratory system," *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 9, no. 1, pp. 315–318, 2020, doi: 10.17577/IJERTV9IS010178.
- [26] E. Suksukon, W. Singlo, K. Malaka, and A. Suksukon, "An intelligent energy management system for air conditioners using Internet of Things(IoT)in educational institutions," *APHEIT Journal (SCIENCE and Technology)*, vol. 13, no. 2, pp. 1–11, 2024. (in Thai)

- [27] J. Qu, "Research on energy saving of computer rooms in Chinese colleges and universities based on IoT and edge computing technology," *Heliyon*, vol. 8, no. 10, Art. no. e10970, 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e10970.
- [28] N. Phonsayam, T. Areerat, and T. Sahapong, "Development of an IoT laboratory management model using embedded systems," *Journal of Project in Computer Science and Information Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 83–92, 2018. (in Thai)
- [29] M. Khairnar, D. Bhandari, A. Deore, T. Dighole, and D. S. Joshi, "IoT-based PC monitoring system for International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology, vol. 5, no. 4, pp. 334–339, 2025.