ระบบการจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการประหยัดพลังงานในสถาบันการศึกษา

An intelligent energy management system for air conditioners using Internet of Things (IoT) in educational institutions

เอกรัตน์ สุขสุคนธ์[1], วรเชษฐ์ สิงห์ลอ[2], เกรียงศักดิ์ มะละกา[3], อนุสรา สุขสุคนธ์[4]
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ[1,2]
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์, โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต[3,4]
Aekkarat Suksukont[1], Worrachet Singlor[2], Kriangsak Malaka[3], Anusara Suksukon[4]
Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi[1,2]
Learning Area of Mathematics, Wachirathamsatit School[3,4]
E-mail: aekkarat.s@rmutsb.ac.th[1,2,3,4]

Received: August 13, 2024; Revised: December 19, 2024; Accepted: December, 27, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาระบบการจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศในสถาบันการศึกษา โดยนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาประยุกต์ให้มีความเหมาะสมในการใช้งานด้านการจัดการพลังงานและลดค่าใช้จ่ายภายในสถาบันการศึกษา และเพื่อช่วยติดตามและควบคุมการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบอัตโนมัติ ด้วยการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ผู้ใช้งานสามารถติดตามสถานะการทำงานและสามารถควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนได้ทันที ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงว่าระบบสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีนัยสำคัญ และผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานมีผลประเมินในระดับที่มีความพึงพอใจสูง ($\bar{x}$ = 4.68, S.D. = 0.47) ทำให้ระบบนี้เป็นแนวทางสำคัญในการจัดการทรัพยากรพลังงานในสถาบันการศึกษา และสามารถขยายผลนำไปใช้ในสถาบันการศึกษาอื่น ๆ

คำสำคัญ: ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะ เครื่องปรับอากาศ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

The study focused on the development of an intelligent energy management system for air conditioners using Internet of Things (IoT) in educational institutions. This technology enhances energy utilization efficiency and reduces operational costs. By integrating this technology into the system, it enables automatic tracking and control of air conditioner usage through motion detection

sensors and connections to a mobile application, allowing users to instantly view the operational status and control the on/off settings. Experimental data analysis indicated that the system could significantly reduce electrical energy consumption and achieve high user satisfaction ($\bar{x}$ = 4.68, S.D. = 0.47), making it an effective approach to managing energy resources in educational institutions with potential for expansion to other institutions.

KEYWORDS: Intelligent Energy Management System, Air Conditioner, Internet of Things

บทนำ

ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติของประเทศไทย (The 13th National Economic and Social Development Plan, 2022.) นโยบายการจัดการพลังงานมุ่งเน้นการบริหารทรัพยากรพลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีเป้าหมายหลักในการสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงาน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืน การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) กลายเป็นเครื่องมือสำคัญในชีวิตประจำวันและภาคอุตสาหกรรมหลายประเภท รวมถึงการจัดการพลังงานภายในอาคาร ซึ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ถือเป็นประเด็นสำคัญที่ได้รับความสนใจจากองค์กรและสถาบันการศึกษาที่มีเป้าหมายในการลดต้นทุนและส่งเสริมความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม การเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศอย่างไม่เหมาะสมและรู้คุณค่าของทรัพยากรด้านพลังงานในสถาบันการศึกษา เช่น การลืมปิดเครื่องปรับอากาศหลังจากเลิกใช้งาน เป็นปัจจัยหนึ่งที่ก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น การนำระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะที่ควบคุมและตรวจสอบการใช้พลังงานผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มาใช้งาน (Wannoi, et al., 2023) ในระบบการจัดการพลังงานเครื่องปรับอากาศในสถานศึกษา โดยอาศัยการวัดและควบคุมพลังงานแบบเวลาจริง มีการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน นำเอาเครือข่าย LoRaWAN มาเฝ้าระวังและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารอัจฉริยะ (Kanadee, et al., 2024) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่กว้างและมีการใช้พลังงานต่ำ การพัฒนาและปรับปรุงระบบควบคุมเครื่องทำความเย็นผ่านการใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับ PLC (Payakthong, et al., 2023) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร ส่วนการพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ในโรงงานขนาดเล็ก โดยใช้เทคโนโลยีไร้สายผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Ngamwannakorn, et al., 2018) มีผลการทดลองว่าระบบสามารถควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวเพื่อปิดเครื่องปรับอากาศแบบอัตโนมัติ เมื่อไม่มีการใช้งานในห้องเรียน (Auttapon Amatyakul, 2021) นอกจากนี้ยังมีการใช้การเรียนรู้ของเครื่องบนคลาวด์เพื่อควบคุมเครื่องปรับอากาศสำหรับที่อยู่อาศัย (Issaraviriyakul, 2021) ซึ่งระบบนี้สามารถทำนายพฤติกรรมการใช้งานและปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ เพื่อประหยัดพลังงานได้อย่างแม่นยำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการตรวจจับการ

ทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (E. Naowanich, et al., 2023) เป็นตรวจจับการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งได้ผลการทดลองที่แม่นยำถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านโดยใช้การเรียนรู้แบบถ่ายโอนและโครงข่ายประสาทเทียมแบบ LSTM (Leeraksakiat, 2019) สามารถพยากรณ์พฤติกรรมผู้ใช้งานได้อย่างแม่นยำถึง 95 เปอร์เซ็นต์ และช่วยลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็นได้เป็นอย่างดี การใช้ระบบบริหารจัดการพลังงานภายในที่อยู่อาศัยด้วยโพรโทคอล HomeKit (Phuchamniphat thananun, 2019) ช่วยลดการใช้พลังงานในเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ 6.38 เปอร์เซ็นต์ การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับระบบตรวจวัดกำลังไฟฟ้าแบบเวลาจริงผ่านสมาร์ทมิเตอร์ (Pattana, 2021) โดยทำการออกแบบสมาร์ทมิเตอร์ เพื่อจัดการพลังงานไฟฟ้าในศูนย์การจัดการพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร (Maneechot et al., 2020) ช่วยในการวัดกระแสไฟฟ้า แรงดัน และพลังงานไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชัน และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านสมาร์ทโฟน การบูรณาการระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคารอัจฉริยะ (Rukbanglaem, 2022) และการศึกษาความต้องการระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในองค์กร (Suksukont, et al., 2023) และทำการตวจสอบบุคคลที่ผ่านเข้ามาในองค์กร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความต้องการใช้งานด้านพลังงานต่อไป การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Chaouch, et al., 2019) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรในอาคาร จากผลการศึกษานี้นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมการเข้าถึงห้องเรียนและการจัดการพลังงานเครื่องปรับอากาศในสถานศึกษา การนำรูปแบบการจัดการพลังงานในอาคารอัจฉริยะผ่านการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยใช้ระบบควบคุมหรือการใช้วิธีการ pre-cooling (A. Philip, et al., 2022) ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดค่าใช้จ่าย โดยนำพลังงานทางเลือกหรือพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในช่วงเวลาที่มีราคาพลังงานต่ำ รวมทั้งการพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซ (Amangeldy, et al., 2023) ช่วยตรวจสอบและควบคุมระบบทำความร้อน ระบบระบายอากาศ และระบบปรับอากาศ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถปรับอุณหภูมิและคุณภาพอากาศได้อย่างแม่นยำพร้อมกับการตอบสนองต่อสถานการณ์ฉุกเฉิน

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวเพื่อตรวจสอบบุคคลภายในห้อง และปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบอัตโนมัติเมื่อไม่มีการใช้งาน การแจ้งเตือนสถานะ การทำงานของเครื่องปรับอากาศจะถูกส่งผ่านแอปพลิเคชันไลน์บนสมาร์ทโฟน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามและควบคุมระบบได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ระบบนี้ถูกออกแบบให้ใช้งานได้ทั้งในระบบอัตโนมัติและการควบคุมด้วยมือ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งานและลดการใช้พลังงานโดยรวมของสถาบันการศึกษา

วัตถุประสงค์

1) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อการควบคุมและประหยัดพลังงานในสถาบันการศึกษา

2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบจัดการพลังงาน และวิเคราะห์ความสามารถของระบบในการแจ้งเตือนและจัดการพลังงานแบบอัตโนมัติ

3) เพื่อศึกษาแนวทางการใช้งานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในการควบคุมและบริหารจัดการพลังงานในเครื่องปรับอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในสถาบันการศึกษา

4) เพื่อทดสอบและประเมินการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของสถาบันการศึกษาจากการนำระบบเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มาใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

สมมติฐานของการวิจัย

ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการประหยัดพลังงานในสถาบันการศึกษาสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีนัยสำคัญ

ประโยชน์ที่ได้รับ

1) ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะช่วยควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศโดยอัตโนมัติ ลดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) ระบบสามารถติดตามและควบคุมการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบเวลาจริง ช่วยให้สถาบันการศึกษาสามารถปรับปรุงและแก้ไขในส่วนของการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับความต้องการในแต่ละพื้นที่

3) การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้งานในระบบ จะช่วยให้สถาบันการศึกษาเป็นต้นแบบของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่มีความทันสมัยในการจัดการพลังงาน

4) ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ และลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

1) ศึกษาระบบจัดการพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งภายในสถาบันการศึกษา โดยทดสอบในอาคารหรือห้องเรียนของสถาบัน เพื่อประเมินประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

2) พัฒนาการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สำหรับการควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ รวมถึงการตรวจสอบสถานะ การทำงานและการรายงานผลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

3) ระบบจะถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้ใน 2 ระบบ คือ ระบบอัตโนมัติ (ทำงานตามเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในห้อง) และการควบคุมด้วยมือ โดยจะทำการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพในด้านการประหยัดพลังงาน การลดค่าใช้จ่าย และการตอบสนองของผู้ใช้งาน

4) ระบบควบคุมผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นแพลตฟอร์มหลักในการควบคุมและจัดการพลังงาน โดยจะรวมการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อควบคุมและตรวจสอบระบบแบบเวลาจริง

5) การประเมินผลในด้านการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย รวมถึงการใช้งานในบริบทของสถาบันการศึกษา โดยผลการประเมินจะใช้เพื่อพัฒนาและปรับปรุงระบบให้เหมาะสมยิ่งขึ้นสำหรับการนำไปพัฒนาระบบเพื่อใช้งานในอนาคตต่อไป

เครื่องมือการวิจัย

ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อ

การประหยัดพลังงานในสถาบันการศึกษาผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมิน ดังต่อไปนี้

1) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ซึ่งเป็นแบบสอบถามมาตราส่วน 5 ระดับ ตามหลักของ ลิเคิร์ท สเกล (Likert-Scale) ประกอบด้วยข้อคำถาม จำนวน 5 ข้อ พร้อมแสดงข้อคิดเห็นเพิ่มเติมเป็นแบบคำถามปลายเปิด

2) แบบประเมินการออกแบบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี จำนวน 5 ท่าน ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรง Index of-Item-Objective Congruence (IOC) มากกว่า 0.50

กลุ่มเป้าหมาย

1) นักศึกษาและผู้บริหารในสถาบันการศึกษา ซึ่งเป็นผู้ใช้งานห้องเรียนหรืออาคารภายในสถาบัน โดยเน้นไปที่การเก็บข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานและการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

2) บุคลากรที่รับผิดชอบการดูแลและจัดการพลังงานในสถาบันการศึกษา ซึ่งจะทำหน้าที่ในการติดตามและประเมินผลการลดการใช้พลังงานและช่วยลดค่าใช้จ่าย รวมถึงการให้ข้อมูลเพื่อปรับปรุงระบบในอนาคต

3) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี จำนวน 5 ท่าน ซึ่งจะเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ผลการทำงานของระบบและให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

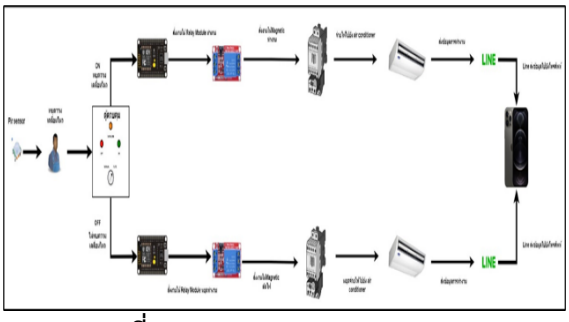
ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

- ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงานและการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการควบคุมเครื่องปรับอากาศ

- สำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศภายในอาคารเรียนหรือพื้นที่ที่ใช้ในการทดลอง

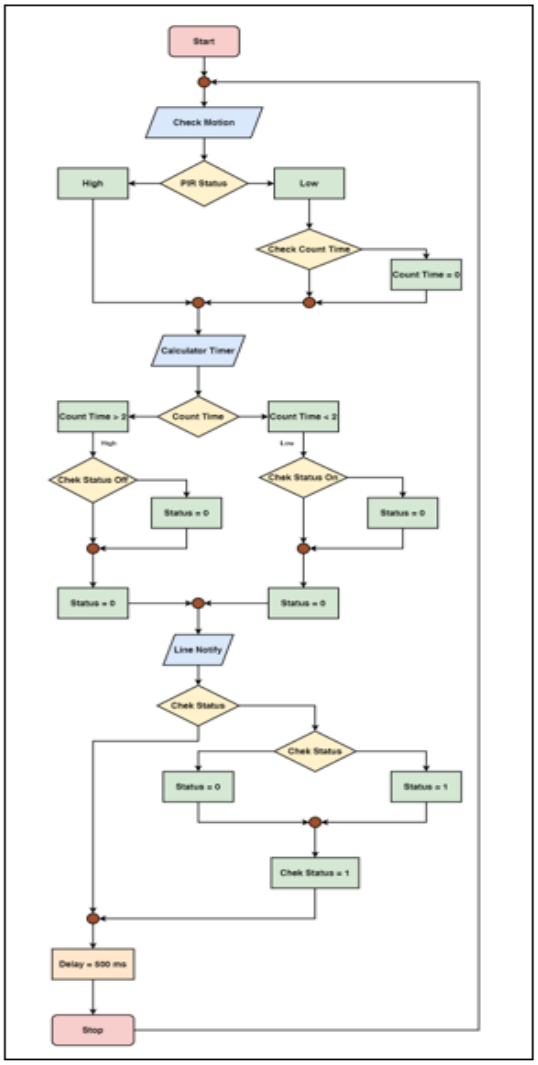
ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบ

- ออกแบบระบบควบคุม โดยการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และอุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การออกแบบระบบควบคุม

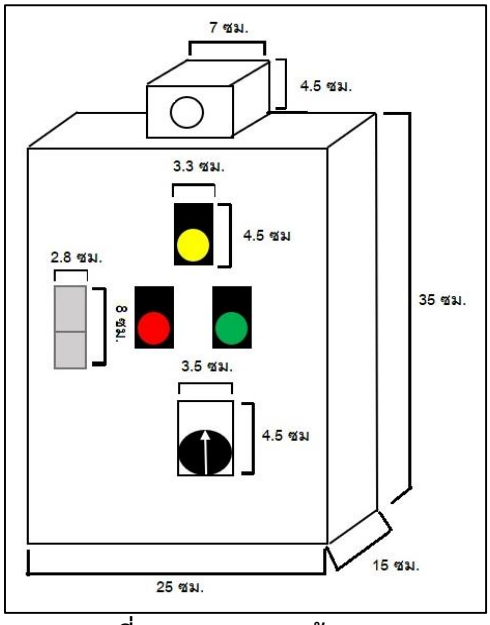
- การออกแบบชุดคำสั่ง ข้อกำหนดและเงื่อนไขต่างๆ สำหรับใช้ในการควบคุมและแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน เพื่อติดตามสถานะของเครื่องปรับอากาศแบบเวลาจริง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของระบบ

ขั้นตอนการติดตั้งและทดสอบระบบ

- การติดตั้งระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะในพื้นที่ทดสอบภายในสถาบันการศึกษา ได้แก่ ห้องเรียน A, B และ C โดยสามารถเชื่อมต่อสายอินพุตของเครื่องปรับอากาศที่ใช้แรงดันไฟฟ้า AC 220 V. พิกัดกระแสไม่เกิน 100 A. เข้ากับตัวเครื่องของระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ช่องเอาท์พุต (AC Outlet) ได้ทันที ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 3 การออกแบบตู้ควบคุม

- การทดสอบระบบการทำงานทั้ง 2 ระบบ ได้แก่ ระบบอัตโนมัติและการควบคุมด้วยมือ เป็นการตรวจสอบการทำงานของระบบในสถานการณ์ต่าง ๆ และทดสอบการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต รวมถึงการสั่งการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

รูปที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม

รูปที่ 5 การแจ้งเตือนในกรณีที่ไม่พบการเคลื่อนไหวภายในห้อง

รูปที่ 6 การแจ้งเตือนในกรณีที่มีการตรวจพบการเคลื่อนไหวภายในห้อง

จากรูปที่ 5 และรูปที่ 6 เป็นหน้าต่างแสดงผลบนแอปพลิเคชันไลน์ ซึ่งเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยอัตโนมัติ เมื่อเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของบุคคลภายในห้อง ระบบจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังสมาร์ทโฟนและสั่งการให้เครื่องปรับอากาศเริ่มทำงานทันที ส่วนในกรณีที่เซนเซอร์ตรวจไม่พบการเคลื่อนไหวของบุคคล ระบบจะแสดงผลบนแอปพลิเคชันไลน์ว่าไม่มีการเคลื่อนไหว และเครื่องปรับอากาศจะอยู่ในสถานะหยุดทำงาน

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

- เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งระบบเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงาน

- วิเคราะห์ข้อมูลจากแพลตฟอร์มคลาวด์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบจัดการพลังงาน รวมถึงการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้งาน

ขั้นตอนการประเมินผลและสรุปผลการวิจัย

- ประเมินผลการลดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายของสถาบันการศึกษา จากการใช้ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

- สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงการปรับปรุงการใช้งานในอนาคต

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1) การกำหนดแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ (A. Suksukont, et al., 2023) ประกอบด้วย นักศึกษา และเจ้าหน้าที่ จำนวน 95 ท่าน ตอบข้อคำถามลงในแบบประเมินและเสนอข้อคิดเห็น โดยผู้วิจัยได้กำหนดระดับการให้คะแนน

เฉลี่ยในแต่ละระดับชั้น ประยุกต์ใช้เทคนิคในการคำนวณความกว้างของชั้นของข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง โดยสามารถแปลความหมายของระดับความสำคัญของคะแนน ดังนี้

$$\text{พิสัย} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} = \frac{5-1}{5} = 0.8 \quad (1)$$

ระดับ 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง พึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง ปรับปรุง

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีพึงพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีพึงพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีพึงพอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีความต้องการให้ปรับปรุงระบบ

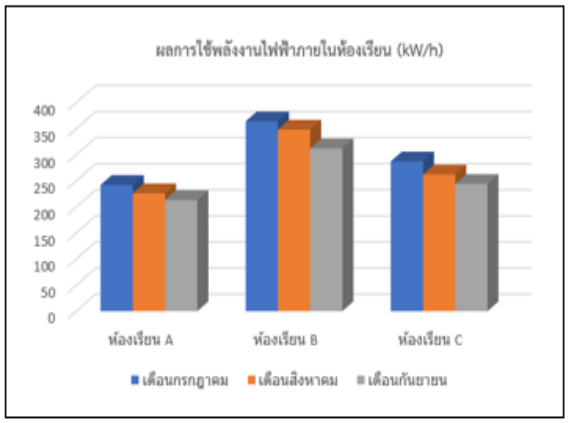
2) การกำหนดแบบประเมินการออกแบบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี จำนวน 5 ท่าน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าเครื่องมือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่

ผลการวิจัย

บทความนี้ได้ระบุถึงประสิทธิภาพของระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการควบคุมและประหยัดพลังงานในสถาบันการศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีผลการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังรูปที่ 7 และ รูปที่ 8

	เดือนกรกฎาคม	เดือนสิงหาคม	เดือนกันยายน
ห้องเรียน A	242 kW/h	226 kW/h	213 kW/h
ห้องเรียน B	364 kW/h	348 kW/h	312 kW/h
ห้องเรียน C	287 kW/h	262 kW/h	244 kW/h

รูปที่ 7 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียน



รูปที่ 8 ตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียน

จากรูปที่ 7 แสดงผลการใช้งานพลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียน A ห้องเรียน B และห้องเรียน C เป็นหน่วยการวัดทางไฟฟ้า (kW/h) ซึ่งเป็นห้องที่ใช้สำหรับทำการเก็บผลการทดลอง โดยทำการเก็บผลการใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นเดือนที่ไม่ได้นำระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาติดตั้ง จากนั้นถัดมาในเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน ผู้วิจัยได้นำระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาติดตั้งภายในห้องเรียน A ห้องเรียน B และห้องเรียน C จากนั้นทำการเก็บผลการใช้พลังงานไฟฟ้า ตัวแปรควบคุมที่นำมาใช้วิเคราะห์ผลการเก็บค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าคือจำนวนนักศึกษาที่เข้ามาใช้ห้องเรียน และจำนวนชั่วโมงที่ใช้สำหรับการเรียนการสอน โดยตัวแปรดังกล่าวมีการควบคุมให้มี

จำนวนที่ใกล้เคียงกันในทุก ๆ เดือน อีกทั้งในเดือนที่ทำการเก็บข้อมูลเป็นเดือนที่ไม่มีวันหยุดและมีการจัดการเรียนการสอนครบตามจำนวน จากรูปที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียนทั้ง 3 ห้อง จะเห็นได้ว่าจากข้อมูลที่ได้จากการเก็บผลการทดลอง ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแปลความได้ว่าหากจำนวนหน่วยที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าที่ลดลง ค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายให้แก่การไฟฟ้าในแต่ละเดือนก็ต้องลดลงไปด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้ ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีการใช้งานแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับการควบคุมและแสดงผลการทำงานของเครื่องปรับอากาศซึ่งสามารถควบคุมได้ทั้งระบบอัตโนมัติและการควบคุมด้วยมือ จากผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการประหยัดพลังงานในสถาบันการศึกษา ประกอบด้วย นักศึกษา จำนวน 90 ท่าน เจ้าหน้าที่ จำนวน 5 ท่าน และผู้บริหาร จำนวน 5 ท่าน รวมทั้งสิ้น 100 ท่าน โดยสามารถแปลผลการประเมินรอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.68, S.D. = 0.47)

จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์ผลการประเมินความพึงพอใจ ชี้ให้เห็นว่าระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะนี้ ได้รับการตอบรับที่ดีเยี่ยมจากผู้ใช้งาน โดยมีค่าระดับคะแนนเฉลี่ยสูงและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำในหลายหัวข้อ เป็นการบ่งชี้ถึงความเชื่อมั่นและความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบดังกล่าว

ตารางที่ 1 ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการประหยัดพลังงานในสถาบันการศึกษา

ประสิทธิภาพของการทำงาน	$\bar{X}$	S.D.	ผลของการประเมิน
1. ความเสถียรของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในการควบคุมระบบ	4.87	0.28	พึงพอใจมากที่สุด
2. การทำงานของเซ็นเซอร์ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในห้องเรียน	4.73	0.46	พึงพอใจมากที่สุด
3. การตั้งค่าหรือการใช้งานระบบผ่านแอปพลิเคชันมือถือ	4.82	0.53	พึงพอใจมากที่สุด
4. ระบบสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้อย่างมีนัยสำคัญ	4.93	0.67	พึงพอใจมากที่สุด
5. ความสะดวกในการเข้าถึงและควบคุมการตั้งค่าระบบ	4.14	0.62	พึงพอใจมาก
6. ความถูกต้องของข้อมูลการใช้พลังงานที่ระบบรายงาน	4.61	0.32	พึงพอใจมากมากที่สุด
7. คู่มือการใช้งานเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	4.82	0.43	พึงพอใจมากที่สุด
8. ประสิทธิภาพของระบบในการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องเรียน	4.17	0.46	พึงพอใจมาก
9. การใช้งานระบบมีไม่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมการเรียนรู้	4.86	0.63	พึงพอใจมากที่สุด
10. การเกิดข้อผิดพลาดหรือปัญหาใดๆ กับระบบระบบสามารถใช้งานได้เต็มรูปแบบ	4.82	0.32	พึงพอใจมากที่สุด
รวม	4.68	0.47	พึงพอใจมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

การทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูลได้ผลการยืนยันถึงความสามารถของระบบในการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ และการประเมินผลจากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้ค่าเฉลี่ยที่สูงมาก ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผู้ใช้พึงพอใจกับระบบควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ การควบคุมอุณหภูมิภายในห้องเรียน และความถูกต้องของข้อมูลการใช้พลังงานที่ระบบรายงาน

สรุปผลจากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการประหยัดพลังงานในสถาบันการศึกษา ไม่เพียงแต่จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายเท่านั้น แต่ยังช่วยให้การบริหารจัดการพลังงานในสถาบันการศึกษาเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และระบบนี้ยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ในส่วนของการพัฒนาและปรับปรุงระบบในอนาคต ควรพิจารณาการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิทัศน์และเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพลังงานและช่วยให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานที่อาจเปลี่ยนแปลงไป

ข้อเสนอแนะ

การเพิ่มความสามารถของระบบให้ครอบคลุมอาคารและสถาบันการศึกษาอื่นๆ และพิจารณาการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยจะเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

Aekkarat Suksukont, Eakachai Naowanich & Suwut Tumthong, (2023). A Needs Study of a Face Detection System Using Facial Feature Extraction for Organization Security. *Journal of the Association of Private Higher Education Institutions of Thailand (APHEIT),* 12(2), 44-53.

Atthawut Issaraviriyakul (2021). Cloud-based Machine Learning Framework for Residential Air Conditioning Control System, (Master degree thesis), Chulalongkorn University.

Amangeldy & Bekele, (2023). Intelligent Control System for Efficient Energy Management in the Oil and Gas Industry, in *Proceedings of the 2023 International Conference on Sustainable Technology and Engineering (I-COSTE)*, Almaty, Kazakhstan. 1-6, doi: 10.1109/I-COSTE60462.2023.10500790.

Atthapol Amatyakul. (2021). Alert Intruder Detection System Using Passive Infrared Motion Detector Based on Internet of Things, (master degree thesis), Rangsit University.

Athiwat Phuchamniphatthananun, (2019). *A Home Energy Management System Conforming to HomeKit and ECHONET Lite Protocols*. (Master degree thesis), Chulalongkorn University.

Chaisit Wannoi, Worachai Srimuang, Wassana Wongsa & Narumon Wannoi, (2023). A Smart Power Meter with Breaker Capacity

Chaouch, Bayraktar & Çeken, (2019). Energy Management in Smart Buildings by Using M2M Communication, in *Proceedings of the 2019 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems*, Sakarya, Turkey, pp. 31-35.

Chaninat Rukbanglaem, (2022). *Technical Feasibility Study of Integrated Smart Building Sensor System for Indoor Air Quality,* (Master degree thesis), Chulalongkorn University.

Eakachai Naowanich Naowanich and Thanaporn Patikorn, (2023). Non-Intrusive Air-Conditioner Usage Detection Using Convolutional Neural Networks, Journal of Science and Technology, *Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, 7*(1), 47-53.

Monitoring and Load Control System for Home Energy Management with IoT Technology. *PKRU SciTech Journal*, 7(2), 23-32.

National Economic and Social Development Council. (2022) *National Economic and Social Development Plan,* Bangkok,.

Piyaphat Leeraksakiat, (2019). *Development of Home Energy Management System using Transfer Learning,* (master degree thesis), Chulalongkorn University.

Philip, Islam, Phillips & Anwar, (2022). Optimum Energy Management for Air Conditioners in IoT-Enabled Smart Homes, *Sensors*, 22(19), 7102, doi: 10.3390/s2219710

Pakin Maneechot, Watchara Wongpanyo, & Bunyawat Vichanpol, (2020). Development of Smart Meter for Electricity Consumption Management in Energy Park, *Journal of Energy and Environment, 15*(1), 51-64.

Shinnawat Ngamwannakorn, Sutach Rungrawiwon & Armonthep Maniniam, (2018). Development of a small plant-based device control system with wireless technology through mobile applications on the Internet of Things concept. *Yala Rajabhat University Journal, 32*(1), 1-45.

Surat Pattana, (2021). Development of a Real-Time Electrical Power Measurement System Based on Smart Meter Concept, (Master degree thesis), Naresuan University,

Sasithon Payakthong, Somkiat Maithomklang & Natthaphong Paenoi, (2023). Development of Real-Time Monitoring and Control System for Chiller Using Internet of Things Technology, *Industrial Technology and Engineering, 5*(1), 11-18.

Thanet Kanadee & Sarawut Chaimool, (2024). Application of LoRaWAN-based system for electric energy monitoring and data acquisition in a smart building. *Journal of KMUTNB. 34*(3), 1–13.