

การพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ

Development of power plugs to control electrical equipment through mobile applications using Internet of Things technology.

ณัฐพงศ์ พลสม

Nuttapong ponsayom

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

Faculty of Information Technology at Rajabhat MahaSarakhm University

E-Mail: nuttapong.po@rmu.ac.th

(Received: December 1, 2023; Revised: December 27, 2023; Accepted: December 27, 2023)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ 2) ประเมินความเหมาะสมของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ 3) ถ่ายทอดระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือสู่ชุมชน กลุ่มเป้าหมายคือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว เทคโนโลยีแบบไร้สาย จำนวน 3 คน เพื่อประเมินคุณภาพการพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ 2) แบบประเมินความเหมาะสมของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบ 4) แบบทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ 5) แบบสอบถามผลกระทบที่ส่งต่อการใช้งานระบบ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ พบว่า องค์ประกอบของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชันควบคุมการเปิด-ปิด/ตั้งเวลาการทำงานของระบบ ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงสถานะการทำงานของระบบ 2) ส่วนเปิด-ปิดระบบ 3) ส่วนตั้งเวลา เปิด-ปิดระบบ 4) ส่วนแสดงค่าอุณหภูมิระบบ 5) แสดงได้รับการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ ส่วนที่ 2 องค์ประกอบโครงสร้างสมองกลฝังตัวประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย Relay Module,บอร์ด ESP8266 , DTH 11 เซ็นเซอร์ 2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนที่ 3 IOT PLATFORM ประกอบด้วย BLYNK SERVER 2) ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ พบว่า ผลการประเมินอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.59, SD. = 0.09) และ 3) ผลการถ่ายทอดสู่ชุมชนการใช้งานระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ พบว่า

3.1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบ โดยรวมคิดเป็นร้อยละ 100 3.2) ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด 3.3) ผลกระทบที่ส่งผลต่อการใช้งานระบบในครัวเรือน ในช่วงระยะเวลา 30 วัน พบว่า ระบบตัดการทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้าเกินขนาดแต่ละครัวเรือน อยู่ในช่วง 2-6 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 6.67-20.00

คำสำคัญ: ระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า, แอปพลิเคชันบนมือถือ, เทคโนโลยีไอโอที

Abstract

The objectives of this research are to 1) develop a control and protection system for household electrical equipment by applying IoT technology through a mobile application. 2) evaluate the suitability of a system for controlling and protecting household electrical equipment by applying it. Use IoT technology through mobile applications. 3) Transfer the control and protection system for household electrical equipment by applying IoT technology through mobile applications to the community. The target group is Expert in developing Internet of Things technology and embedded technology three people participated in wireless technology to assess the quality of the development of a system for controlling and protecting household electrical equipment by applying IoT technology through a mobile application. Research tools include: 1) A system for controlling and protecting household electrical equipment using IoT technology through a mobile application. 2) Assessment of the suitability of the system for controlling and protecting electrical equipment within the household by applying IoT technology through a mobile application. 3) Questionnaire on user satisfaction of the system. 4) Test of system performance. 5) Questionnaire on impacts affecting system usage statistics used in research include mean and standard deviation.

The results of the research found that 1) Development of a system for controlling and protecting household electrical equipment by applying IOT technology through a mobile application. It was found that the components of controlling and protecting household electrical equipment by applying IOT technology. ot via mobile application consists of 3 main parts: Part 1: Application to control turning on-off/setting the system operating time, consisting of 1) System operation status display 2) System turn-on/off section 3) System turn-on/off timer section 4) System temperature display section 5) Shows receipt of notification to LINE application. 2 components of the embedded structure include 1) Hardware equipment consisting of Relay Module, ESP8266 board, DTH 11 sensors 2) Software consisting of Arduino IDE. Part 3 IOT PLATFORM consists of BLYNK SERVER. 2) Results of the assessment of the suitability of the system for controlling and

protecting electrical equipment within the household using IoT technology through a mobile application. It was found that the assessment results were at the most appropriate level ($\bar{x} = 4.59$, $SD. = 0.09$) and 3) the results of transferring to the community the use of a system to control and protect electrical equipment within the household by applying IoT technology through a mobile application. It was found that 3.1) the results of the system efficiency test overall it is 100 percent. 3.2) Results of the questionnaire regarding the satisfaction of system users. is at the most appropriate level 3.3) Impacts that affect the use of the household system during a period of 30 days, it was found that the system would cut off work when the electrical current exceeded the size of each household in the range of 2-6 times, accounting for 6.67-20.00 percent.

Keywords: Electrical device control power plug, mobile application, internet of things technology

บทนำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ได้รับการจัดสรรงบประมาณจากกระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ในโครงการ U2T for BCG ปีงบประมาณ 2565 โครงการพลิกโฉมระบบอุดมศึกษาของประเทศไทย (Reinventing University) เพื่อส่งเสริมให้มหาวิทยาลัยปฏิรูประบบกลไกการบริหารจัดการของมหาวิทยาลัย ให้สอดคล้องกับบริบทของมหาวิทยาลัยเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ตามการจัดกลุ่มยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยด้วย กระบวนการวิศวกรรมสังคม ในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 17 หมู่บ้าน กิจกรรมการถอดบทเรียนการดำเนินงาน พัฒนาชุมชนและท้องถิ่น มีวัตถุประสงค์เพื่อถอดบทเรียนการดำเนินงานพัฒนาชุมชนและท้องถิ่น ของมหาวิทยาลัย ราชภัฏมหาสารคาม ภายใต้การดำเนินงาน โครงการ U2T for BCG และ โครงการ Reinventing University ที่มหาวิทยาลัยร่วมกับเครือข่ายในการพัฒนาชุมชนและท้องถิ่นสะท้อนผลการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยที่มีต่อการ เป็นมหาวิทยาลัยเพื่อการพัฒนาชุมชนและท้องถิ่น การนำเสนอผลการดำเนินงานต่ออนุกรรมการด้านการพลิกโฉม มหาวิทยาลัย และกลุ่มภารกิจบริหารยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวง อว. และคณะ [1]

หมู่บ้านในเขตตำบลโคกสีทองหลางเป็นหนึ่งในหมู่บ้านภายใต้โครงการ U2T for BCG จากการลงพื้นที่สำรวจครัวเรือนมีทั้งความต้องการและปัญหา พบว่า ครัวเรือนมีการใช้ปลั๊กไฟที่ไม่ได้มีระบบป้องกันไฟฟ้าเกินขนาด และระบบตัดไฟฟ้าลัดวงจรและส่วนใหญ่จะมีอาชีพเกษตรกรช่วงกลางวันจะไปทำไร่นาไม่ค่อยได้อยู่บ้านถ้าเกิด เหตุการณ์ไม่คาดฝันอย่างเช่นไฟฟ้าลัดวงจรอาจจะเกิดไฟไหม้บ้านเรือนได้โดยชุมชนมีความต้องการปลั๊กไฟฟ้าที่สามารถใช้งานควบคุมผ่านแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้ ซึ่งหมู่บ้านจะมีการใช้งานกลุ่มไลน์ของหมู่บ้านเพื่อรับข่าวสาร ของหมู่บ้านอยู่แล้วถ้าอุณหภูมิในปลั๊กไฟสูงเกินค่ากำหนดระบบจะส่งข้อความ แจ้งเตือนมายังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้และกลุ่มหมู่บ้านเพื่อเป็นการป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรและลดการใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นเพราะถ้ามีการตั้งเวลาการทำงานของปลั๊กไฟ เปิด-ปิด ก็จะช่วยลดการใช้งานของอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นต้องใช้ไฟตลอดเวลาได้ [2]

จากที่กล่าวเบื้องต้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ระบบเพื่อที่จะพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า ภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ระบบสามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi/4G/5G

ถ้าอุณหภูมิในปลั๊กไฟสูงเกินค่าที่กำหนดระบบจะส่งข้อความ แจ้งเตือนมายังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้ และตัดไฟอัตโนมัติหากอุณหภูมิเกินกว่าค่าที่กำหนดป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรที่อาจจะส่งผลให้เกินไฟไหม้บ้านเรือนได้ โดยส่งงานผ่านโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน ทั้งระบบปฏิบัติการ (Android) และ (IOS) ของผู้ใช้งาน

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ
- 1.2 เพื่อประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ
- 1.3 เพื่อถ่ายทอดการใช้งานระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ สู่ชุมชน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล[3] ได้ศึกษาเรื่อง ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วย X10เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าตามมาตรฐาน X10 (X10Power line communication) ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อพัฒนาเป็นระบบสมองกลฝังตัวที่ใช้ในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าและตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านทางหน้าเว็บแอปพลิเคชันจากการทดสอบพบว่า ระบบนี้สามารถนำไปใช้ในงานกับที่อยู่อาศัยแบบที่ใช้ไฟฟ้า 2 เฟสที่มีการเดินสายไฟยาวไม่เกิน 85 เมตรนับจากจุดควบคุม และผลที่ได้จากการตรวจสอบพลังงานไฟฟ้า ทำให้ผู้อยู่อาศัยสามารถควบคุมและประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของตนเองได้มากขึ้น

ณัฐพงศ์ พลสมย, กาญจนา ดงสงคราม และเกียรติภูมิ ภูพานันท์ [4] ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านแอปพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัว พบว่า 1) พัฒนางค์ประกอบของระบบปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านแอปพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัว พบว่า องค์ประกอบของระบบปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านแอปพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัวประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชันควบคุมการเปิด-ปิดปลั๊กไฟ ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงสถานะการทำงานของปลั๊ก 2) ตั้งเวลา เปิดปลั๊กไฟ 3) ตั้งเวลา ปิดปลั๊กไฟ 4) ส่วนบันทึกข้อมูลการเปิด-ปิด ปลั๊กไฟ ส่วนที่ 2 องค์ประกอบโครงสร้างสมองกลฝังตัว ประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย Relay Module ,บอร์ด Arduino 2)ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนที่ 3 เทคโนโลยี Internet of Things (IOT) ประกอบด้วยNETPIE CLOUD PLATFORM 2)ผลการประเมินความเหมาะสมองค์ประกอบของระบบปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านแอปพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัว พบว่า องค์ประกอบของระบบปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านแอปพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัวพบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมาก

เสรีกุล, นาคพงศ์ และนาคเจือทอง [5] ได้วิจัยเรื่อง การตรวจสอบฟาร์มอัจฉริยะผ่านแพลตฟอร์ม Blynk IoT กรณีศึกษา การตรวจสอบความชื้นและการบันทึกข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแอปพลิเคชันการทำฟาร์มอัจฉริยะที่ขับเคลื่อนโดย Internet of Things ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบแคปซูล

อัจฉริยะเพื่อวัดความชื้นในถุงข้าวที่จัดเก็บตามจุดต่าง ๆ ภายในโกดัง แคปซูลอัจฉริยะนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP8266 และเซ็นเซอร์ความชื้น SHT21 เพื่อส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ Blynk ผ่านเครือข่าย Wi-Fi Arduino IDE ถูกใช้เพื่อเขียนโค้ด C++ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ แอปพลิเคชันมือถือ Blynk ใช้เพื่อตรวจสอบและแสดงข้อมูลความชื้นแบบเรียลไทม์ผ่านแดชบอร์ดดิจิทัล ข้อมูลความชื้นที่รวบรวมมาได้รับการวิเคราะห์เพิ่มเติมและนำไปใช้ในการพัฒนาระบบจัดเก็บข้าวเปลือกในอนาคต นอกจากนี้ เมื่อแคปซูลอัจฉริยะสูญเสียการติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ Blynk การแจ้งเตือนจะถูกส่งไปยังผู้รับผิดชอบอย่างทันที ผลการวิจัยพบว่าแคปซูลอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นและแอปพลิเคชัน Blynk สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและถือว่าเหมาะสมสำหรับใช้ในฟาร์มอัจฉริยะ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือและคุณภาพของเครื่องมือวิจัยที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการวิจัย ได้แก่

- 1.1 ระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ
- 1.2 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ
- 1.3 แบบสอบถามความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ
- 1.4 แบบทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ
- 1.5 แบบสอบถามผลกระทบที่ส่งต่อการใช้งานระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ

2. กลุ่มตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ อาจารย์ที่สอนในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ คัดเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้ เป็นผู้ที่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท-เอก โดยมีประสบการณ์เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 3 ปี ในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว เทคโนโลยีแบบไร้สาย จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ ชุมชนในเขต ตำบลโคกสีทองหลาง อ.วาปีปทุม จ.มหาสารคาม จำนวน 30 ครัวเรือนเพื่อประเมินผลกระทบที่ส่งต่อการใช้งาน คัดเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้ ครัวเรือนที่ไม่มีผู้อาศัยอยู่ในช่วงกลางวัน (ตั้งแต่เวลา 08.00 น.-17.00 น.) และอุปกรณ์ปลั๊กไฟไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนเกิน 10 ปี

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นวิเคราะห์ (Analysis) มีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 วิเคราะห์จากปัญหาที่พบจากครัวเรือนส่วนใหญ่ช่วงกลางวันจะไม่ได้อาศัยอยู่บ้านมีอาชีพเกษตรกร ครัวเรือนมีการใช้ปลั๊กไฟที่ไม่ได้มีระบบป้องกันไฟฟ้าเกินขนาดและระบบตัดไฟฟ้าอัตโนมัติ เหตุการณ์ไม่คาดฝันอย่างเช่นไฟฟ้าลัดวงจรอาจทำให้เกิดไฟไหม้ครัวเรือนได้

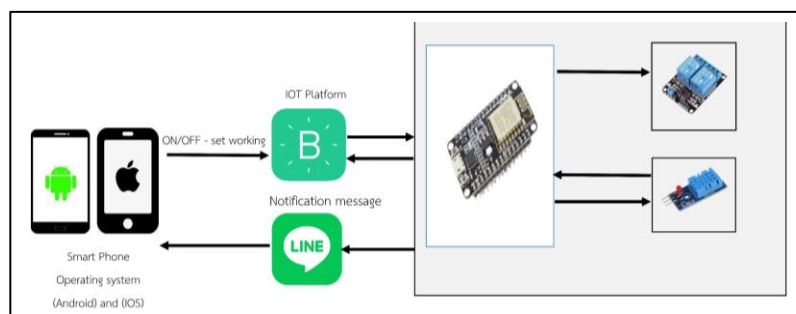
3.1.2 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับครัวเรือน เช่น ไฟฟ้าลัดวงจรขณะใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือน อาจส่งผลให้เกิดไฟไหม้ครัวเรือนได้

3.1.3 ชุมชนมีความต้องการระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนที่สามารถใช้งานควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน และมีระบบแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ถ้าอุณหภูมิในปลั๊กไฟสูงเกินค่ากำหนดระบบจะส่งข้อความ แจ้งเตือนของผู้ใช้และกลุ่มหมู่บ้าน และตัดกระแสไฟฟ้าเกินขนาดเพื่อเป็นการป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร

3.2 ขั้นตอนออกแบบ (Design) ดำเนินการออกแบบแบบกระบวนการทำงานของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยวิเคราะห์รายละเอียด แบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ซึ่งมีรายละเอียดดัง ภาพที่ 1

3.2.1 ส่วนระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อมีการสั่งงานบอร์ด Esp 8266 จะส่งสัญญาณไปยัง Relay ให้ทำงาน ตั้งเวลาทำงาน เปิด-ปิด เช่น เซอร์วูดอุณหภูมิ DHT11 จะส่งค่าความชื้นภายในตัวระบบ กลับมายังบอร์ด จากนั้น ถ้าอุณหภูมิสูงเกินค่าที่กำหนดจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้แอปพลิเคชันไลน์

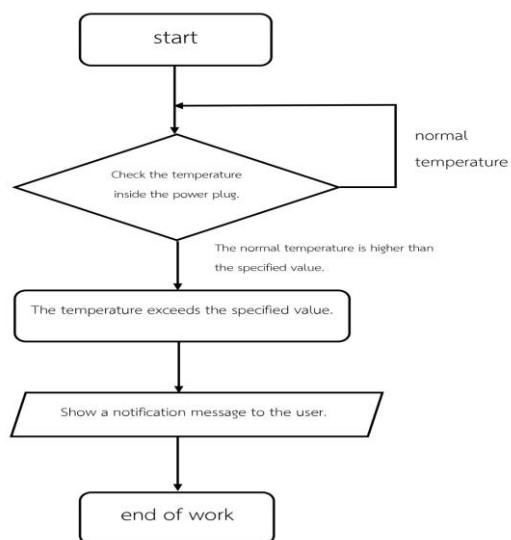
3.2.2 ส่วนของผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถ ตั้งเวลาทำงาน สั่งเปิด-ปิดระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน ทั้งระบบปฏิบัติการ (Android) และ (IOS) ได้ได้รับข้อความแจ้งเตือนมายัง แอปพลิเคชันไลน์บนโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน ทั้งระบบปฏิบัติการ (Android) และ (IOS) ได้ของผู้ใช้



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมโดยรวมของระบบ

3.3 ขั้นพัฒนา (Development) ในการพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการพัฒนากระบวนการต่าง ๆ ออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) ส่วนของกระบวนการพัฒนาระบบไฟควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและ 2) ส่วนการทำงานของแอปพลิเคชันซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

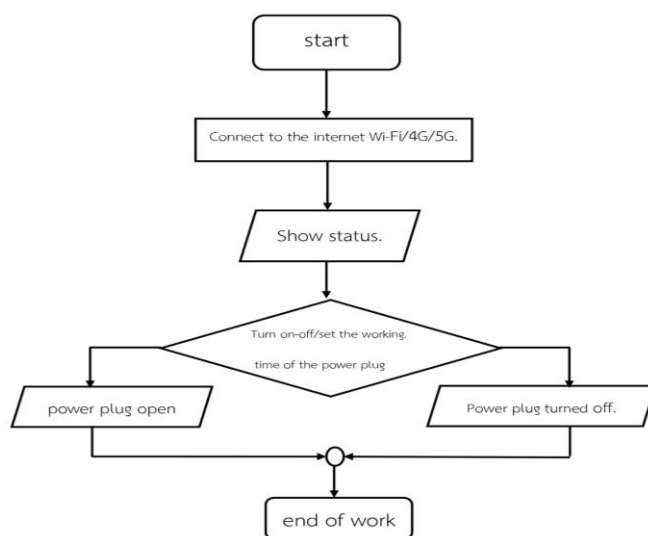
3.3.1 Flowchart Diagram ส่วนของกระบวนการพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า



ภาพที่ 2 ผังงานส่วนระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากภาพที่ 2 แสดงผังงานส่วนของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ เริ่มต้นเซนเซอร์จะตรวจสอบอุณหภูมิภายในหากอุณหภูมิภายในปกติอุปกรณ์จะไม่เกิดการทำงาน หากเซนเซอร์ตรวจสอบอุณหภูมิภายในว่าสูงเกินค่าที่กำหนดบอร์ดจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้จึงจะจบการทำงาน

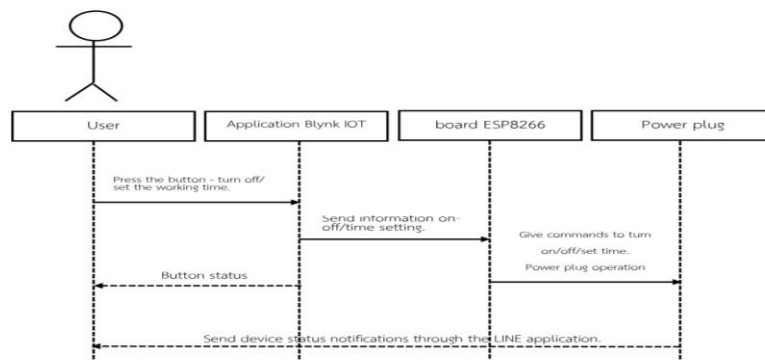
3.2.2 Flowchart Diagram ส่วนการทำงานของแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 3 ผังงานการทำงานของแอปพลิเคชัน

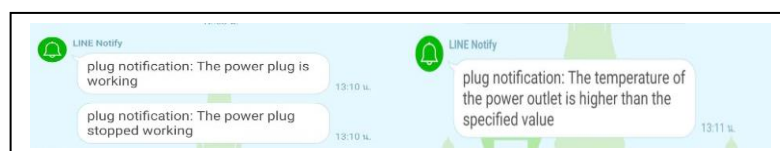
จากภาพที่ 3 แสดงผังงานการทำงานของแอปพลิเคชัน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ เมื่อเริ่มแอปพลิเคชันจะทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเมื่อสำเร็จจะแสดงสถานการณ์ เปิด-ปิด/ตั้งเวลาการทำงานของระบบควบคุม ผู้ใช้งานจะสามารถเลือกที่จะเปิด-ปิดตั้งเวลาการทำงานได้ หากเปิด-ตั้งเวลาเปิด สถานะก็จะแสดงการเปิด-แสดงเวลาเปิดการทำงาน และจบการทำงาน หากปิด-ตั้งเวลาปิด สถานะก็จะแสดงการปิด-แสดงเวลาปิดการทำงาน และจบการทำงาน

3.2.3 แผนภาพซีเควน (Sequence Diagram) ส่วนของแอปพลิเคชัน ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

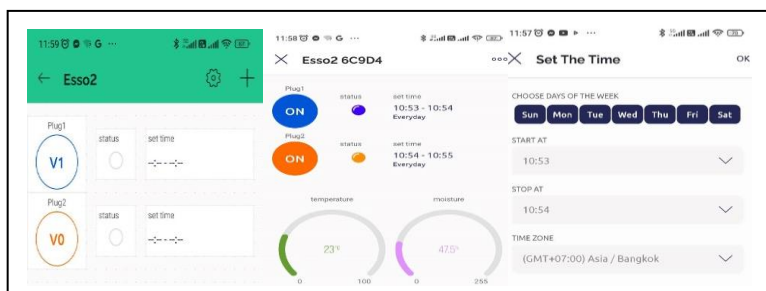


ภาพที่ 4 Sequence Diagram ส่วนของแอปพลิเคชัน

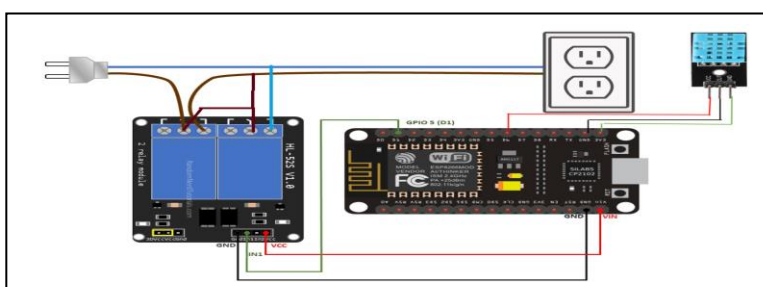
จากภาพที่ 4 แสดง Sequence Diagram ส่วนของแอปพลิเคชัน ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้ ผู้ใช้งานสามารถกดปุ่มเปิด-ปิด/ตั้งเวลาการทำงานในแอปพลิเคชัน Blynk IOT และสถานะของปุ่มก็จะแสดงขึ้น แอปพลิเคชัน Blynk IOT จะส่งข้อมูลการ เปิด-ปิดตั้งเวลาการทำงานไปที่บอร์ด ESP8266 บอร์ด ESP8266 ส่งคำสั่งเปิด-ปิด/ตั้งเวลาการทำงานแล้วอุปกรณ์จะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานผ่าน แอปพลิเคชันไลน์ การออกแบบหน้าจอแสดงผลบนโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน ผู้วิจัยได้ออกแบบหน้าจอแสดงผลบนโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน แบ่งการแสดงผลเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของหน้าจอส่วนควบคุม และหน้าจอแจ้งเตือนในแอปพลิเคชันไลน์ ดังแสดงตามภาพประกอบที่ 5 ภาพประกอบที่ 6 และภาพประกอบที่ 7



ภาพที่ 5 หน้าจอแจ้งเตือนในแอปพลิเคชันไลน์



ภาพที่ 6 การออกแบบหน้าจอ ส่วนควบคุม



ภาพที่ 7 การออกแบบการเชื่อมต่อวงจรภายในระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.4 ขั้นตอนทดลองใช้(Implementation)ผู้วิจัยได้นำระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ไปทดลองใช้งานเพื่อทดสอบ โค้ดคำสั่งว่าทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ในเบื้องต้นและทดสอบการสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันเพื่อหาข้อผิดพลาดก่อน จะนำไปประเมินกับผู้เชี่ยวชาญ

3.5 ขั้นตอนประเมินผล (Evaluation) ผู้วิจัยได้นำควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไปให้ครัวเรือนใช้งาน และประเมินความพึงพอใจและผลกระทบหลังจากใช้งานแล้วตรงตามคุณลักษณะที่ได้กำหนดไว้

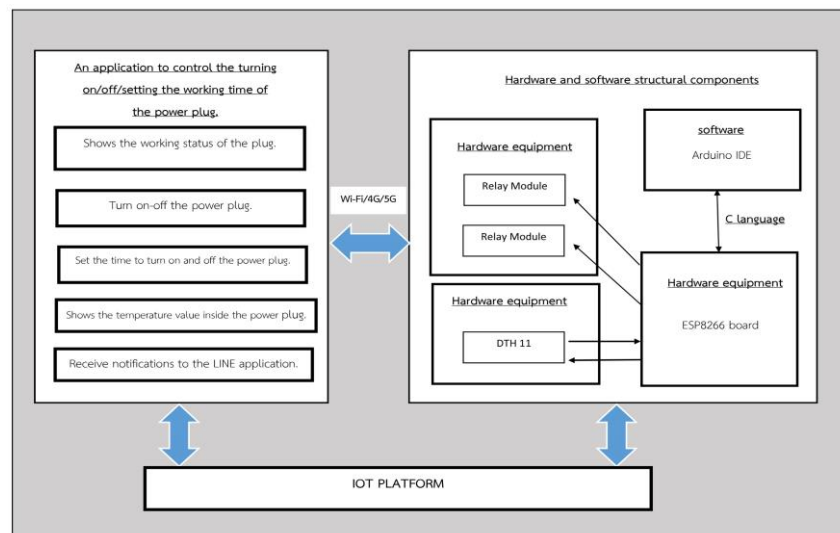
4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ [6]

- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า เหมาะสมมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า เหมาะสมมาก
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า เหมาะสมปานกลาง
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า เหมาะสมน้อย
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า เหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ

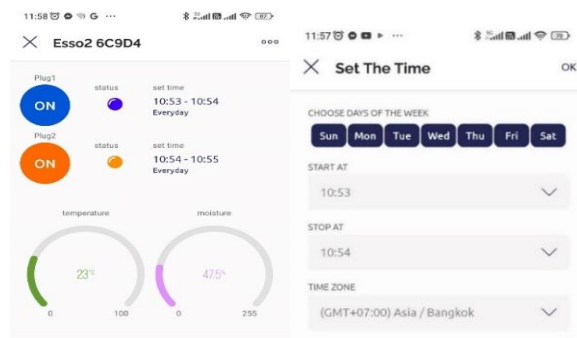
1.1 ผลการออกแบบองค์ประกอบการพัฒนาและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบองค์ประกอบตามขั้นตอนการวิจัยที่ได้ออกแบบไว้ โดยนำข้อมูลจากการศึกษา และวิเคราะห์ มาจัดทำองค์ประกอบ แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 องค์ประกอบการพัฒนาและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ

จากภาพที่ 8 องค์ประกอบระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชันควบคุมการเปิด-ปิด/ตั้งเวลาการทำงานระบบ ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงสถานะการทำงานของระบบ 2) ส่วนเปิด-ปิดระบบ 3) ส่วนตั้งเวลา เปิด-ปิดระบบ 4) ส่วนแสดงค่าอุณหภูมิระบบ 5) แสดงได้รับการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ ส่วนที่ 2 องค์ประกอบโครงสร้างสมองกลฝังตัวประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย Relay Module,บอร์ด ESP8266 , DTH 11 เซ็นเซอร์ 2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนที่ 3 IOT PLATFORM ประกอบด้วย BLYNK SERVER แสดงรายละเอียดดังนี้

1.2 ผลการพัฒนาและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชันควบคุมการเปิด-ปิด/ตั้งเวลาการทำงานระบบ ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงสถานะการทำงานของระบบ 2) ส่วนเปิด-ปิดระบบ 3) ส่วนตั้งเวลา เปิด-ปิดปลั๊กไฟ 4) ส่วนแสดงค่าอุณหภูมิระบบ 5) แสดงได้รับการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ แสดงดังภาพที่ 9 – 10

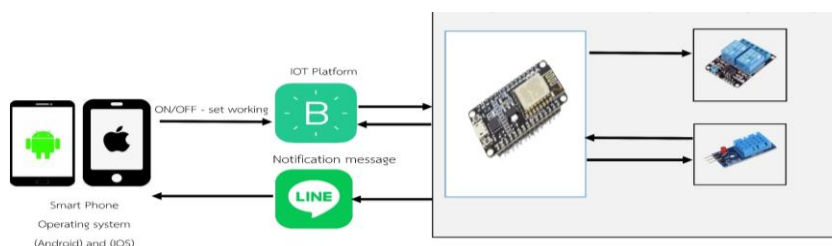


ภาพที่ 9 ส่วนหน้าจอแอปพลิเคชันที่ใช้ในการสั่งงาน



ภาพที่ 10 หน้าจอการแจ้งเตือนบนแอปพลิเคชันไลน์

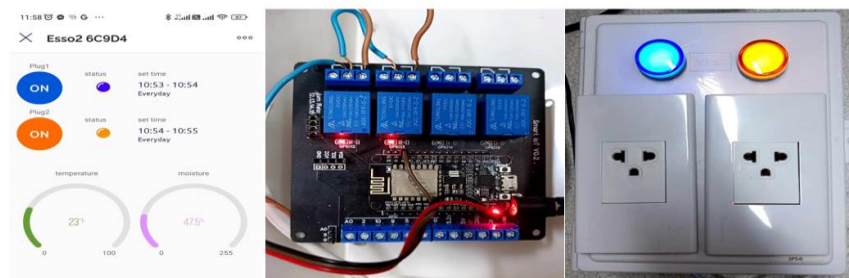
ส่วนที่ 2 องค์ประกอบโครงสร้างสมองฝังตัวประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย Relay Module, บอร์ด ESP8266 , DTH 11 เซ็นเซอร์ 2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนของการออกแบบกลไกกระบวนการพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ นั้นได้ใช้ ESP8266 เป็นตัวควบคุมการทำงานซึ่งการที่จะให้ ESP8266 ทำงานตามที่เราต้องการนั้นจะต้องมีการพัฒนาโปรแกรมสำหรับรับคำสั่งไว้บนตัว ESP8266 ก่อน โดยภาษาที่ใช้พัฒนานั้นจะเป็นภาษา C++ ใช้โปรแกรม Arduino IDE เป็นตัวคอมไพล์หรือแปลโปรแกรมภาษา C/C++ ให้เป็นภาษาสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ ESP8266 สามารถอ่านค่าและทำงานตามคำสั่งได้ แสดงดังภาพที่ 11 – 13



ภาพที่ 11 สถาปัตยกรรมของระบบ

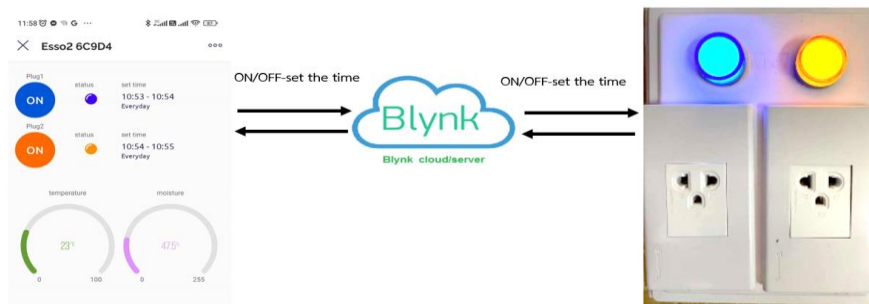


ภาพที่ 12 แสดงการทำงานด้วยเซนเซอร์ DHT11



ภาพที่ 13 แสดงการทำงานด้วย Relay Module

ส่วนที่ 3 IOT PLATFORM ประกอบด้วย BLYNK SERVER มีหน้าที่เป็น SERVER สื่อสารระหว่าง
สมาร์ตโฟนกับอุปกรณ์ควบคุมปลายทาง โดยที่ SERVER นี้มีลักษณะเป็นคลาวด์สาธารณะ (Public Cloud) ที่เรียก
ใช้ได้กับ Blynk App ได้ แสดงดังภาพที่ 14 - 15



ภาพที่ 14 IOT PLATFORM เชื่อมต่อด้วย BLYNK SERVER



ภาพที่ 15 การนำระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไปใช้ในครัวเรือน

2. ผลการประเมินความเหมาะสมองค์ประกอบของการพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ

ผู้วิจัยได้นำระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า จากนั้นนำผลการเรียนรู้มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานและสรุปผล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมองค์ประกอบของการพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
ด้านแอปพลิเคชันควบคุมการเปิด-ปิด/ตั้งเวลา/แจ้งเตือนมายังแอปพลิเคชันไลน์			
1. แสดงสถานะการทำงานของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2. ควบคุมการเปิด/ปิดระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
3. ควบคุมการตั้งเวลา เปิด-ปิด ระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4. แสดงค่าอุณหภูมิความร้อนภายในระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
5. ได้รับการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์	4.67	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย	4.66	0.42	เหมาะสมมากที่สุด
ด้านองค์ประกอบโครงสร้างฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์			
2.1 อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์			
1) บอร์ด ESP8266	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
2) Relay Module	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
3) เซ็นเซอร์ DTH 11	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย	4.33	0.38	เหมาะสมมาก
2.2 ด้านซอฟต์แวร์			
1) Arduino IDE	4.33	0.47	เหมาะสมมาก
2) blynk.cloud	4.67	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย	4.50	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
ด้าน IOT PLATFORM ประกอบด้วย BLYNK SERVER			
1. แอปพลิเคชันเชื่อมต่อผ่าน Wi-Fi/4G/5G ไปยังแพลตฟอร์มการสื่อสาร	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2. ใช้ BLYNK cloud/SERVER เป็นตัวกลางการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันกับการทำงานของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย	4.84	0.29	เหมาะสมมากที่สุด
โดยรวม	4.58	0.29	เหมาะสมมากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x} = 4.58$, $SD. = 0.29$) เมื่อ พิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยเหมาะสมมากที่สุดคือ ด้าน IOT PLATFORM ประกอบด้วย BLYNK SERVER ($\bar{x} = 4.84$, $SD. = 0.29$) รองลงมาคือ ด้านแอปพลิเคชันควบคุมการเปิด-ปิด/ตั้งเวลา/แจ้งเตือนมายังแอปพลิเคชันไลน์ (พิมพ์สมการที่นี้ = 4.66 , $SD. = 0.42$) ด้านซอฟต์แวร์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.50$, $SD. = 0.00$) และอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ ($\bar{x} = 4.33$, $SD. = 0.38$) ตามลำดับ

3. ผลการถ่ายทอดสู่ชุมชนการใช้งานระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ

ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบประสิทธิภาพ ผลการประเมินความพึงพอใจ และผลประเมินผลกระทบที่ส่งผลต่อการใช้งานระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือที่พัฒนาขึ้นให้ครัวเรือนนำไปใช้ จำนวน 30 ครัวเรือน จากนั้นนำผลการเรียนรู้มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ผู้วิจัยได้นำระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า จำลองการทดสอบใช้งาน และทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ดังนี้

รายการ	การทดสอบประสิทธิภาพ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ		
		ทดสอบ	ถูกต้อง	ร้อยละ
1	สามารถแสดงสถานะการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าบนแอปพลิเคชันบนมือถือได้	30	30	100
2	สามารถควบคุมการเปิด/ปิดระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือได้	30	30	100
3	สามารถควบคุมการตั้งเวลา เปิด-ปิด ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือได้	30	30	100
4	สามารถแสดงค่าอุณหภูมิความร้อนภายในระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือได้	30	30	100
5	ได้รับการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่าค่าที่กำหนด	30	30	100
6	ระบบสามารถตัดการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อไฟฟ้าเกินขนาดได้ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร	30	30	100
โดยรวม				100

จากตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ โดยผู้วิจัยได้ทดสอบการทำงาน จำนวน 30 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า สามารถแจ้งเตือนไปยังแจ้งเตือนไปยังแอป

พลิเคชันไลน์ เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่าค่าที่กำหนด และระบบสามารถตัดการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อไฟฟ้าเกินขนาดได้ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร การวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบคิดเป็นร้อยละ 100 จำนวนครั้งที่ทำการทดสอบ 30 ครั้ง

ตารางที่ 3.2 ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ผู้วิจัยได้นำระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ครัวเรือนใช้งานเป็นระยะเวลา 30 วัน หลังจากใช้งานระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าจากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล ดังนี้

รายการ	$\bar{x}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
ความพึงพอใจของครัวเรือนหลังจากใช้งานระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า			
1.ประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	4.57	0.49	มากที่สุด
2.การใช้งานระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	4.71	0.45	มากที่สุด
3.ประโยชน์ใช้สอยระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	4.67	0.46	มากที่สุด
โดยรวม	4.64	0.02	มากที่สุด

จากตารางที่ 3.2 พบว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อการพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}=4.64$, $SD.=0.02$) ความพึงพอใจของครัวเรือนหลังจากใช้งานระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อ พิจารณารายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ การใช้งานระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}= 4.71$, $SD.=0.45$) ประโยชน์ใช้สอยระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}= 4.67$, $SD.=0.46$) และประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}=4.57$, $SD.=0.49$) ตามลำดับ

ตารางที่ 3.3 ผลกระทบที่ส่งผลต่อการใช้งานระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ผู้วิจัยให้ครัวเรือนทั้ง 30 ครัวเรือน ทดลองใช้ระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นเวลา 30 วัน โดยให้ครัวเรือนเป็นผู้บันทึกสถิติที่ระบบได้ทำการควบคุมและป้องกันตัดกระแสไฟฟ้าที่เกินขนาด โดยบันทึกผลจากการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ รายละเอียด ดังนี้

ครัวเรือน	อัตราการป้องกัน		ครัวเรือน	อัตราการป้องกัน		ครัวเรือน	อัตราการป้องกัน	
	จำนวนครั้ง (ระยะเวลา 30 วัน)	ร้อยละ (เทียบกับ 30 วัน)		จำนวนครั้ง (ระยะเวลา 30 วัน)	ร้อยละ (เทียบกับ 30 วัน)		จำนวนครั้ง (ระยะเวลา 30 วัน)	ร้อยละ (เทียบกับ 30 วัน)
1	5	16.67	11	5	16.67	21	4	13.33
2	5	16.67	12	3	10.00	22	3	10.00
3	2	6.67	13	4	13.33	23	3	10.00
4	3	10.00	14	5	16.67	24	5	16.67
5	2	6.67	15	3	10.00	25	3	10.00
6	4	13.33	16	4	13.33	26	4	13.33
7	2	6.67	17	3	10.00	27	4	13.33
8	5	16.67	18	6	20.00	28	5	16.67
9	3	10.00	19	3	10.00	29	4	13.33
10	4	13.33	20	4	13.33	30	6	20.00
รวม							116 ครั้ง	
คิดเป็นร้อยละ							12.88	

จากตารางที่ 3.3 พบว่า ผลกระทบที่ส่งผลต่อการใช้งานระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าใน 30 ครัวเรือน ในช่วงระยะเวลา 30 วัน พบว่า ระบบตัดการทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้าเกิน พบว่า ระบบตัดการทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้าเกินขนาดแต่ละครัวเรือน อยู่ในช่วง 2-6 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 6.67-20.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตัดการทำงานของปลั๊กไฟเมื่อไฟฟ้าเกินขนาดได้ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรซึ่งอาจส่งผลให้เกิดไฟไหม้ครัวเรือนได้

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชันควบคุมการเปิด-ปิด/ตั้งเวลาการทำงานของระบบ ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงสถานะการทำงานของระบบ 2) ส่วนเปิด-ปิดระบบ 3) ส่วนตั้งเวลาเปิด-ปิดระบบ 4) ส่วนแสดงค่าอุณหภูมิระบบ 5) แสดงได้รับการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ ส่วนที่ 2 องค์ประกอบโครงสร้างสมองกลฝังตัวประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย Relay Module,บอร์ด ESP8266 , DTH 11 เซ็นเซอร์ 2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนที่ 3 IOT PLATFORM

ประกอบด้วย BLYNK SERVER สอดคล้องกับ ณัฐพงศ์ พลสม, กาญจนา ดงสงคราม และเกียรติภูมิ ภูพานันท์ (2562) [4] ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านแอปพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัว ผลการวิจัยพบว่า 1) พัฒนาพัฒนางานประกอบของระบบปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านแอปพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัว พบว่า องค์ประกอบของระบบปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านแอปพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัวประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชันควบคุมการเปิด-ปิด ปลั๊กไฟ ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงสถานะการทำงานของปลั๊ก 2) ตั้งเวลา เปิดปลั๊กไฟ 3) ตั้งเวลา ปิดปลั๊กไฟ 4) ส่วนบันทึกข้อมูลการ เปิด-ปิด ปลั๊กไฟ ส่วนที่ 2 องค์ประกอบ โครงสร้างสมองกลฝังตัว ประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย Relay Module,บอร์ด Arduino2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนที่ 3 เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ประกอบด้วยNETPIE CLOUD PLATFORM

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดย ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.59, SD. = 0.09) เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดย ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ควบคุมเปิด-ปิด ตั้งเวลาการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง พร้อมทั้งมีระบบแจ้งเตือนการทำงานและแจ้งเตือนอุณหภูมิภายในปลั๊กถ้าอุณหภูมิสูงเกิน ค่าที่ตั้งไว้ สอดคล้องกับ เสรีกุลนาคพงศ์ และนาคเจือทอง[5]ได้วิจัยเรื่อง การตรวจสอบฟาร์มอัจฉริยะผ่าน แพลตฟอร์ม Blynk IoT กรณีศึกษา การตรวจสอบความชื้นและการบันทึกข้อมูลผลการวิจัยพบว่า แอปพลิเคชันการทำฟาร์มอัจฉริยะที่ขับเคลื่อนโดย Internet of Things ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบแคปซูลอัจฉริยะเพื่อวัด ความชื้นในถุงข้าวที่จัดเก็บตามจุดต่างๆ ภายในโกดัง แคปซูลอัจฉริยะนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP8266 และเซ็นเซอร์ความชื้น SHT21 เพื่อส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ Blynk ผ่านเครือข่าย Wi-Fi Arduino IDE ถูกใช้เพื่อเขียนโค้ด C++ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ แอปพลิเคชันมือถือ Blynk ใช้เพื่อตรวจสอบและแสดงข้อมูล ความชื้นแบบเรียลไทม์ผ่านแดชบอร์ดดิจิทัล ข้อมูลความชื้นที่รวบรวมมาได้รับการวิเคราะห์เพิ่มเติมและนำไปใช้ในการพัฒนาระบบจัดเก็บข้าวเปลือกในอนาคต นอกจากนี้ เมื่อแคปซูลอัจฉริยะสูญเสียการติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ Blynk การแจ้งเตือนจะถูกส่งไปยังผู้รับผิดชอบอย่างทันที ผลการวิจัยพบว่าแคปซูลอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นและ แอปพลิเคชัน Blynk สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ผลการถ่ายทอดสู่ชุมชนการใช้งานระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดย ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ พบว่า 3.1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบ โดยรวมคิด เป็นร้อยละ 100 3.2) ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด 3.3) ผลกระทบที่ส่งผลต่อการใช้งานระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าในครัวเรือน ในช่วงระยะเวลา 30 วัน พบว่า ระบบตัดการทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกำหนดแต่ละครัวเรือน อยู่ในช่วง 2-6 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 6.67-20.00 เหตุ ที่เป็นเช่นนี้ ระบบมีการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยเชื่อมต่อผ่าน Wi-Fi/4G/5G ได้ ระบบสามารถตัดการทำงานของปลั๊กไฟเมื่อไฟฟ้าเกินขนาดได้ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้า ลัดวงจร สอดคล้องกับ ชัชชติภัช เดชจิรมณี,ณอมศักดิ์ สุวรรณน้อย,ศุภวัฒน์ สุขะประเมษฐ์, กอบกุล จันทรโคธิกา และชาติรี จันทรโคธิกา(2562) [7] ได้วิจัยเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT)

พบว่า ผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) สำหรับกรอบแนวคิด โดยอาศัยเหตุผลทางทฤษฎีแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีของ Internet of Things (IoT) ประกอบด้วยความเข้ากันได้ที่รับรู้ การรับรู้การเชื่อมต่อความง่ายในการใช้งานที่รับรู้ และประโยชน์ที่รับรู้

ข้อเสนอแนะ

1. การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 คริวเรือนได้ใช้งานระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านโดยสั่งงานผ่านแอปพลิเคชัน สะดวกสบายมากยิ่งขึ้นกว่าเดิม และมีระบบตัดไฟฟ้าเมื่อกระแสไฟเกินขนาดที่กำหนดเพิ่มความปลอดภัยยิ่งขึ้น

1.2 งานวิจัยมีประโยชน์ สามารถนำไปต่อยอด เพื่อพัฒนาเพิ่มเติมโมดูลต่างๆได้หลากหลาย ถ้าเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ตามท้องตลาด ราคาถูกกว่า และสามารถพัฒนาต่อยอดได้ และใช้งานได้จริงระบบมีความสมบูรณ์

2. การวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการติดตั้งหน้าจอแสดง อุณหภูมิภายในระบบ และสถานะการใช้งานของระบบเพื่อจะได้สะดวกในการใช้งานในบางครั้งไม่ต้องเปิดดูผ่านแอปพลิเคชัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] โครงการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมฐานรากหลังโควิดด้วยเศรษฐกิจ BCG หรือ U2T for BCG และโครงการพลิกโฉมระบบอุดมศึกษาของประเทศไทย (Reinventing University) (2565).จดหมายข่าวพระวรวงศ์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม,ปีที่ 50,ฉบับที่ 017
- [2] ตำบลโคกสีทองหลาง (2565).ตั้งอยู่ เขต7 ตำบลโคกสีทองหลาง อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม.โครงการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมฐานรากหลังโควิดด้วยเศรษฐกิจ BCG หรือ U2T for BCG.มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
- [3] สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล. (2560). ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้า X10. วารสารเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า,1(1), 10-14
- [4] ณัฐพงศ์ พลสยาม, กาญจนา ดงสงคราม และเกียรติภูมิ ภูพานิช (2562).การพัฒนาระบบปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านแอปพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัว.วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 5 (2),84-93
- [5] P. Serikul, N. Nakpong and N. Nakjuatong, Smart Farm Monitoring via the Blynk IoT Platform. Case Study.Humidity Monitoring and Data Recording,2018 16th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE), Bangkok, Thailand, 2018, pp. 1-6
- [6] มนต์ชัย เทียนทอง. (2548). สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 16 กุมภาพันธ์ 2566
- [7] ชัชชาติภัช เดชจิรมณี, ธนอมศักดิ์ สุวรรณน้อย, ศุภวัฒน์ สุขะประเมษฐ์, กอบกุล จันทระโคธิกา และธাত্রี จันทระโคธิกา (2565) . ปัจจัยที่ส่งต่อการยอมรับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) .วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม