

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR BARRICADES AND TRAFFIC LIGHTS FOR CROSSING ROADS WITH INTERNET OF THINGS (IoT) TECHNOLOGY: CASE STUDIES ON ELEMENTARY OR SECONDARY SCHOOLS IN KHON KAEN MUNICIPALITY

Manuscript Submission Data: 2022, September 2

Article Editing Date: 2022, September 30

Article Accepted Date: 2022, October 31

Phanuwat Ruangkulsap*

Narin Panawas**

Thongpan Pariwat***

ABSTRACT

This study has three objectives which are 1) to develop a control system for barricades and traffic lights for crossing roads using the Internet of Things technology; 2) to assess the efficiency of the control system for the barriers and traffic lights for crossing roads using the Internet of Things technology and; 3) to compare the efficiency between the original road-crossing traffic light system and the barrier control system along with the road-crossing traffic light using the Internet of Things technology. The researcher had invented a barrier device and a traffic light that worked with Board We Mos D1 via the Internet to NETPIE2020 and could be commanded through Web Application developed with PHP language and Bootstrap Framework. We employed the efficiency and satisfaction evaluation form as research tools to collect data from the total population sample of 100 people for the study. Purposive sampling method was used, and the population samples were divided into 3 groups as follows: 1) 5 IT professionals; 2) 5 personnels or relevant personnels and; 3) a group of 90 people who cross the road. The statistics used to analyze the data were percentage, mean, and standard deviation. The following results showed the efficiency of the system in all 4 areas: 1) For functional requirement test, the overall average of efficiency was good ($\bar{x} = 3.95$) 2) For function test, the overall average of efficiency was good ($\bar{x} = 3.94$) 3) For usability test, the overall average of efficiency was good ($\bar{x} = 3.84$) and 4) security test, the overall average of efficiency was good ($\bar{x} = 3.96$). The following were results of satisfaction evaluation with the system in all 3 areas: 1) For suitability for use, the total mean of the satisfaction with the system was at a high level ($\bar{x} = 4.06$) 2) For the functioning of the system, the total mean of satisfaction with the system was at a high level ($\bar{x} = 4.01$) and 3) For safety, the total mean of satisfaction was at a high level ($\bar{x} = 4.04$). According to the findings of the research on the system's efficiency and satisfaction, the efficiency was good and it could function as efficiently as the original road-crossing traffic light system.

Keywords: barrier system and traffic lights, IOT technology (Internet of Things), Web Application.

* School of Information Technology, Sripatum University at Khon Kaen

** School of Information Technology, Sripatum University at Chonburi

*** Faculty of Engineering, North Eastern University

Corresponding author. e-Mail: phanuwat.ru@spu.ac.th

การพัฒนาระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที กรณีศึกษา โรงเรียนระดับประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษาในเทศบาลขอนแก่น

วันที่ได้รับต้นฉบับบทความ: 2 กันยายน 2565

วันที่แก้ไขปรับปรุงบทความ: 30 กันยายน 2565

วันที่ตอบรับตีพิมพ์บทความ: 31 ตุลาคม 2565

ภาณุวัฒน์ เรืองกุลทรัพย์*

นรินทร์ พนาวาส**

ทองปาน ปรีวัตร***

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ 1) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที 2) เพื่อวัดประสิทธิภาพระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที และ 3) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิมกับระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที โดยผู้วิจัยได้ประดิษฐ์เครื่องไม้แขวนกันและไฟจราจรที่ทำงานด้วยบอร์ด We Mos D1 ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ไปยัง NETPIE2020 และส่งการผ่าน Web Application ที่พัฒนาด้วยภาษา PHP และ Bootstrap Framework การรวบรวมข้อมูลใช้แบบประเมินผลประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ จากกลุ่มตัวอย่างประชากรทั้งหมด จำนวน 100 คน ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้ 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 คน 2) เจ้าหน้าที่หรือบุคคลที่เกี่ยวข้อง 5 คน และ 3) กลุ่มคนผู้ข้ามถนน จำนวน 90 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของระบบทั้ง 4 ด้าน เป็นดังนี้ 1) Functional requirement test ค่าเฉลี่ยรวมของประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.95$) 2) Function test ค่าเฉลี่ยรวมของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 3.94$) 3) Usability test ค่าเฉลี่ยรวมของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 3.84$) และ 4) Security test ค่าเฉลี่ยรวมของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 3.96$) การประเมินความพึงพอใจต่อระบบทั้ง 3 ด้าน เป็นดังนี้ 1) ด้านความเหมาะสมต่อการใช้งาน ค่าเฉลี่ยรวมของความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 2$) ด้านการทำงานของระบบ ค่าเฉลี่ยรวมของความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.01$) และ 3) ด้านความปลอดภัย ค่าเฉลี่ยรวมของความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.04$) จากผลการวิจัยประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบพบว่า มีการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี และในส่วนของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิมกับระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับระบบไฟจราจรข้ามถนนแบบเดิม

คำสำคัญ: ระบบไม้แขวนกันและไฟจราจร, เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง, เว็บแอปพลิเคชัน

* คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตขอนแก่น

** คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี

*** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Corresponding author. e-Mail: phanuwat.ru@spu.ac.th

บทนำ

อุบัติเหตุทางถนนเป็นสาเหตุสำคัญในลำดับต้น ๆ ของการบาดเจ็บและเสียชีวิตของประชาชนรวมทั้งทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งรัฐบาลต้องใช้งบประมาณจำนวนมากในการเยียวยาและแก้ปัญหาในแต่ละปี อุบัติเหตุเหล่านี้มักมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัยด้วยกัน อาทิ ปัจจัยด้านพฤติกรรมของผู้ขับขี่ ปัจจัยด้านรถหรือยานพาหนะ ปัจจัยด้านถนนและสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านบริหารจัดการ เป็นต้น การสร้างความปลอดภัยทางถนนจึงเป็นหนึ่งในนโยบายสำคัญของประเทศ ที่มุ่งเน้นการป้องกันและลดความสูญเสียจากอุบัติเหตุบนท้องถนน ตลอดจนเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนให้เป็นรากฐานของสังคมไทย เพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนทั่วประเทศ โดยข้อมูลอุบัติเหตุทางถนน ตลอดปี 2564-ปัจจุบัน มีผู้เสียชีวิต จำนวน 13,448 ราย และบาดเจ็บ จำนวน 880,177 ราย ซึ่งประเภทยานพาหนะที่ประสบเหตุมากที่สุด ได้แก่ รถจักรยานยนต์ จำนวน 89.98% ข้อมูล ณ วันที่ 22 มกราคม 2565 (ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมและความปลอดภัยทางถนน, ออนไลน์, 2565)

การเกิดอุบัติเหตุมักจะเกิดขึ้นกับจุดเสี่ยงตามบริเวณที่มีปริมาณรถจำนวนมาก เช่น บริเวณจุดตัดเส้นทางจราจร บริเวณจุดข้ามถนน หน้าโรงเรียน และตามหน้าห้างสรรพสินค้า เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงระยะเวลาเร่งด่วน เช่น ช่วงเช้าที่ผู้คนส่วนใหญ่เร่งรีบไปทำงานและนักเรียนไปโรงเรียน และอีกหนึ่งช่วงเวลา คือ ช่วงหลังเลิกเรียนของนักเรียนตามโรงเรียนต่าง ๆ ซึ่งมีนักเรียนจำนวนมากต้องเดินข้ามถนนบริเวณหน้าโรงเรียน โดยปกติการข้ามถนนของนักเรียนจะมีผู้คอยให้บริการให้สัญญาณการข้ามถนน เช่น จราจร ครูเวร นักเรียนที่ได้รับมอบหมาย แต่อย่างไรก็ตามผู้ให้บริการให้สัญญาณเหล่านั้นจะต้องยืนอยู่กลางถนนเพื่อให้สัญญาณโบกรถ ซึ่งทำให้เกิดความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้บริการ นอกจากนั้นการอยู่กลางถนนเป็นเวลานาน ๆ ยังมีความเสี่ยงต่อสุขภาพ เพราะต้องสูดดมฝุ่นควัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และฝุ่น PM 2.5 อีกด้วย

เทคโนโลยี Internet of Thing (ไอโอที) หมายถึง “อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง” กล่าวคือ การที่อุปกรณ์ต่าง ๆ สิ่งของต่าง ๆ ได้ถูกเชื่อมทุกเชื่อมเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น ระบบบ้านอัจฉริยะ (smart home) ที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟ เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ผ่านอินเทอร์เน็ต ระบบฟาร์มอัจฉริยะ (smart farming) ที่สามารถควบคุมความชื้น อุณหภูมิ ของโรงเรือนในการปลูกพืช และสามารถควบคุมโรงเรือนในการเลี้ยงสัตว์ได้ และระบบเมืองอัจฉริยะ (smart city) ที่สามารถควบคุมระบบจราจรได้เป็นต้น ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถสร้างความสะดวกให้กับผู้ใช้และผู้ประกอบการเป็นอย่างมาก และยังสามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาวิจัย การพัฒนาระบบควบคุมไม้แขนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที เพื่อสร้างระบบบริหารจัดการการจราจรบริเวณหน้าโรงเรียนให้มีความเป็นระเบียบมากยิ่งขึ้น และช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการข้ามถนนของนักเรียนได้ เนื่องจากระบบดังกล่าวใช้การผสมผสานระหว่างสัญญาณไฟจราจรและไม้แขนกัน เพื่อให้นักเรียนสามารถข้าม

ถนนได้อย่างสะดวก ปลอดภัย ลดความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สิน และยังเป็นการลดการสูญตมฝุ่นควันของผู้ให้บริการโบกรถที่อยู่กลางถนนอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมไม่แซงกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที
2. เพื่อวัดประสิทธิภาพระบบควบคุมไม่แซงกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิมกับระบบควบคุมไม่แซงกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที

วิธีดำเนินการวิจัย

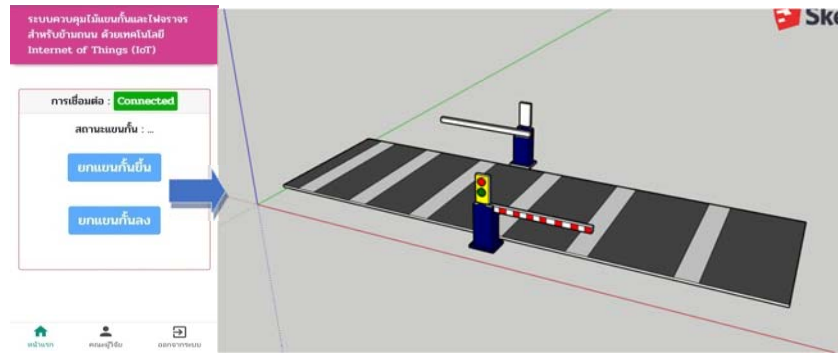
คณะผู้วิจัยได้ดำเนินโครงการพัฒนาระบบควบคุมไม่แซงกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนน ด้วยเทคโนโลยีไอโอที ตามรูปแบบการวิจัยและพัฒนาโดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน สํารวจและเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการ คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ศึกษา สํารวจโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาและประถมศึกษาในเขตเทศบาลนครขอนแก่น จำนวน 4 โรงเรียน ประกอบด้วย โรงเรียนเทศบาลสวนสนุก โรงเรียนเทศบาลวัดกลาง โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย และโรงเรียนขอนแก่นวิทยายน ช่วงเดือนตุลาคม 2563 ที่ผ่านมาเพื่อศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน และได้สัมภาษณ์แบบเชิงลึก (in-depth interview) ด้วยคำถามปลายเปิด โดยการเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) กับอาจารย์ และผู้ดูแลความปลอดภัยบริเวณหน้าโรงเรียน เพื่อสอบถามถึงกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อรักษาความปลอดภัย ในการข้ามถนนของนักเรียน

2. ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎี ความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา คณะผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบควบคุมไม่แซงกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยี เทคโนโลยีไอโอที ประกอบด้วยประเด็นต่าง ๆ ดังนี้ 1) ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีไอโอที และนโยบาย Thailand 4.0 2) ความรู้เกี่ยวกับการใช้งานอุปกรณ์ NodeMCU/ESP8266 (บล็อกของ PoundXI, ออนไลน์, 2561) และ 3) ความรู้เกี่ยวกับการใช้งาน NETPIE เชื่อมต่อกับ ESP8266 4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. ออกแบบรูปแบบการจราจรและระบบให้สอดคล้องกับระบบควบคุมไม่แซงกันและไฟจราจร

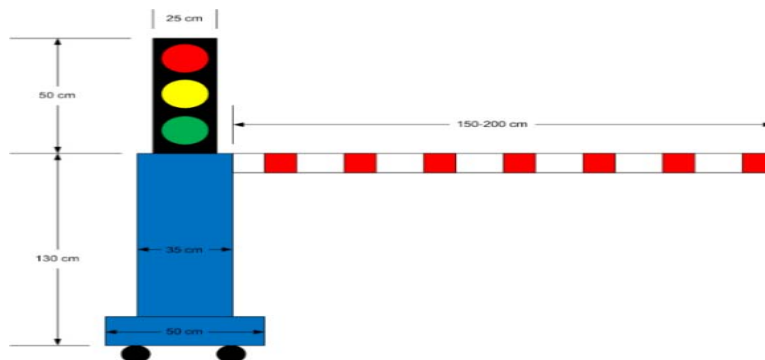
- 3.1 การออกแบบรูปแบบการจราจร จากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการ ผู้วิจัย ได้นำข้อมูลดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์เพื่อออกแบบรูปแบบการจราจรบริเวณหน้าโรงเรียนให้มีความสอดคล้อง กับระบบควบคุมไม่แซงกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที ดังภาพที่ 1 ข้างล่างนี้



ภาพที่ 1 รูปตัวอย่างการทำงานแขนกั้นและไฟจราจรสำหรับข้ามถนน

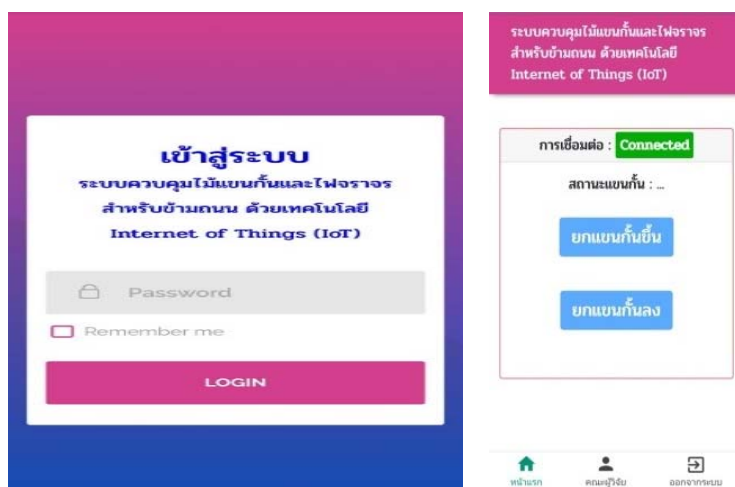
การออกแบบแขนกั้นและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนออกแบบให้มีเครื่องแขนกั้นแบบเคลื่อนที่ จำนวน 2 เครื่อง เพื่อกั้นการจราจรของรถทั้ง 2 ฝั่ง โดยเครื่องแขนกั้นทั้งสองเครื่องจะทำงานพร้อมกันโดยควบคุมผ่านอุปกรณ์สมาร์ตโฟน โดยมีปุ่มควบคุมการทำงานเพียง 2 ปุ่ม คือ 1) ปุ่มยกแขนกั้นขึ้น เมื่อกดปุ่มนี้ระบบจะสั่งให้เครื่องแขนกั้นทั้ง 2 เครื่อง ยกแขนกั้นขึ้น จากนั้นจะแสดงสัญญาณไฟจราจรสีเขียว เพื่อเปิดการจราจร และ 2) ปุ่มยกแขนกั้นลง เมื่อต้องการปิดการจราจร ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม ยกแขนกั้นลง ระบบจะสั่งให้ ไฟเขียวที่ติดอยู่ดับลง จากนั้นไฟเหลืองจะติดประมาณ 3 วินาที เพื่อให้คนขับรถเตรียมตัวในการจอด แล้วเปิดไฟสีแดงเพื่อแจ้งการปิดการจราจร จากนั้นประมาณ 5 วินาที ระบบจะยกแขนกั้นลงเพื่อปิดการจราจรให้นักเรียนสามารถข้ามถนนได้ การออกแบบระบบควบคุมไม้แขนกั้นและไฟจราจร ด้วยเทคโนโลยี IoTแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ คือ ไม้แขนกั้นและไฟจราจร และ ส่วนของซอฟต์แวร์ คือ ระบบควบคุมไม้แขนกั้นและไฟจราจร

3.2 การออกแบบไม้แขนกั้นและไฟจราจร โครงสร้างของไม้แขนกั้นและไฟจราจรมีความสูง 180 เซนติเมตร แบ่งออกเป็นส่วนของฐานไม้แขนกั้น 130 เซนติเมตร และส่วนของสัญญาณไฟจราจร 50 เมตร โดยไม้แขนกั้นมีความยาว 1.5-2 เมตร (ขึ้นอยู่กับขนาดของถนน) และด้านบนของไม้แขนกั้น มีไฟจราจร 2 ดวง คือ ไฟเขียว สำหรับแจ้งเปิดการจราจร และไฟแดง สำหรับแจ้งหยุดการจราจร ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างไม้แขนกั้นและไฟจราจร

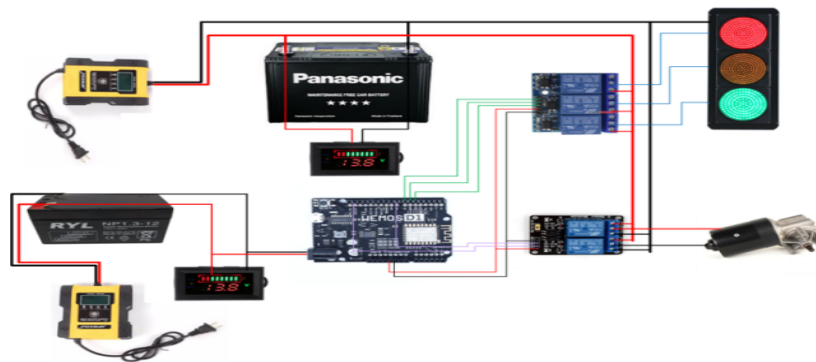
3.3 การออกแบบหน้าจอระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจร ในส่วนของซอฟต์แวร์ระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจรด้วยเทคโนโลยี IoT ผู้วิจัยได้ออกแบบหน้าจอ ให้ผู้ใช้งานได้ง่าย มีปุ่มการใช้งานน้อย มีองค์ประกอบของการทำงาน 2 ส่วน ดังนี้ 1) หน้าจอเข้าสู่ระบบ เพื่อตรวจสอบสิทธิ์การเข้าใช้งานระบบ 2) หน้าจอควบคุมไม้แขวนกันไฟจราจร โดยใช้ 2 ปุ่ม ในการควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจร ซึ่งได้แสดงตัวอย่างการออกแบบหน้าจอดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การออกแบบหน้าจอระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจร

4. พัฒนาระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที การพัฒนาระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจร แบ่งส่วนของการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การพัฒนาส่วนของฮาร์ดแวร์ สำหรับระบบไม้แขวนกันและไฟจราจร และ 2) การพัฒนาส่วนของซอฟต์แวร์สำหรับการควบคุมการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การพัฒนาระบบไม้แขวนกันและไฟจราจร ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการออกแบบระบบด้วย Box Diagram มาใช้สำหรับการพัฒนางจรควบคุมการทำงานของระบบ โดยในส่วนของโมดูลฮาร์ดแวร์ที่แยกส่วนของการซอร์สระหว่างแบตเตอรี่รีเลย์และแบตเตอรี่แห้ง เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ในส่วนของแหล่งจ่ายไฟใช้แบตเตอรี่รีเลย์ขนาด 12 V เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับไฟจราจรและมอเตอร์หมุนแขวนกัน และแบตเตอรี่แห้งขนาด 12 V สำหรับเป็นไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด WeMos D1/ESP8266 ซึ่งแบตเตอรี่ทั้ง 2 ตัวต่อพ่วงกับโมดูลวัดปริมาณแบตเตอรี่ เพื่อใช้สำหรับแจ้งเตือนกรณีที่แบตเตอรี่ใกล้หมด ในส่วนของบอร์ดควบคุมการทำงานหลักของระบบ คือ บอร์ด WeMos D1/ESP 8266 ซึ่งทำหน้าที่ควบคุม Relay 3 Channel สำหรับการเปิด/ ปิดไฟจราจร และควบคุม Relay 2 Channel สำหรับการหมุนมอเตอร์ไม้แขวนกันขึ้นและลง ดังภาพที่ 4 ซึ่งไม้แขวนกันทั้ง 2 ด้าน ใช้รูปแบบโครงสร้างและการเชื่อมต่อวงจรการทำงานเหมือนกัน



ภาพที่ 4 วงจรควบคุมการทำงานของระบบ

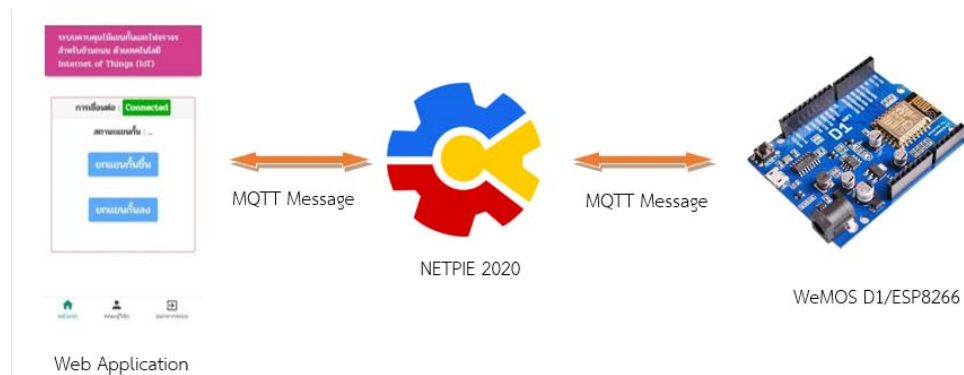
4.2 การพัฒนาระบบเชื่อมต่อกับ NETPIE ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำ NETPIE 2020 มาเป็นตัวกลางสำหรับการควบคุมการทำงานระหว่าง ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ซึ่งประกอบด้วย Web Control เป็นส่วนของซอฟต์แวร์ในรูปแบบ Web Application และ Arm1 และ Arm2 เป็นส่วนของฮาร์ดแวร์ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์และไฟจราจร NETPIE จะทำหน้าที่รับคำสั่ง ยกแขนขึ้น/ลง จาก Web Application แล้วทำการส่งคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์และไฟจราจรทั้งสองตัวในเวลาเดียวกัน เพื่อควบคุมการทำงานของระบบตามที่ใช้กำหนด

4.3 การพัฒนา Web Application ควบคุมการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และไฟจราจรด้วยเทคโนโลยี ไอโอที ผู้วิจัยพัฒนาระบบด้วย HTML5 และ Bootstrap Framework เพื่อให้การใช้งานตอบสนองการใช้งานแบบ Responsive ที่สามารถรองรับการทำงานได้หลากหลายอุปกรณ์ และยังทำงานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Android และ IOS ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ด้วยลิงก์ <http://shorturl.at/glmER> หรือ สแกน QR Code ตามภาพที่ 5



ภาพที่ 5 QR Code ระบบควบคุมการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และไฟจราจร

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้ MQTTmessaging protocol ซึ่งเป็น มาตรฐานการส่งข้อมูลของระบบ IoT ในการส่งข้อความการสื่อสารระหว่างซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ผ่าน NETPIE 2020 สำหรับการควบคุมการทำงานจาก Web Application ไปยังอุปกรณ์ WeMos D1/ESP8266 ตามรูปแบบการทำงานดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การพัฒนา Web Application ควบคุมการทำงานระบบไม้แขนกันและไฟจราจร

5. ทดสอบการใช้งานและปรับปรุงระบบ ผู้วิจัยทำการทดสอบระบบโดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

- 1) Unit Testing เป็นการทดสอบส่วนย่อยของโปรแกรม เช่น การทดสอบการเข้าสู่ระบบ และการทดสอบการเชื่อมต่อกับ NETPIE เป็นต้น
- 2) Integration Testing เป็นการทดสอบการทำงานร่วมกันของระบบย่อย เช่น การทำงานร่วมกันระหว่างการเข้าสู่ระบบ และการควบคุมการทำงานไม้แขนกันและไฟจราจร และ
- 3) System Testing เป็นการทดสอบการทำงานทั้งระบบ เพื่อทดสอบว่าทั้งระบบสามารถทำงานสอดคล้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเริ่มตั้งแต่ การเข้าสู่ระบบ การเชื่อมต่อกับ NETPIE การควบคุมไม้แขนกันและไฟจราจร ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และทดสอบการทำงานของไม้แขนกันและไฟจราจรว่าสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่

6. การประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบ ในการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบ ทางผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บข้อมูลการใช้งานเพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบ ซึ่งในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ส่วน คือ แบบสอบถามเพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบ และแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจสำหรับนักเรียนผู้ข้ามถนน

ผลการวิจัย

1. ผลการวัดประสิทธิภาพของระบบ ผู้ตอบแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ 1) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และ 2) เจ้าหน้าที่หรือบุคคลที่เกี่ยวข้อง จากการเก็บรวบรวมข้อมูล สามารถแสดงผลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามได้ดังตารางข้างล่างนี้โดยแบ่งการประเมินผลประสิทธิภาพของระบบ ออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1.1 การประเมินระบบด้าน Functional Requirement Test เป็นการประเมินความถูกต้องและประสิทธิภาพของระบบว่าตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 1 การประเมินระบบด้าน Functional Requirement Test

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
1.1 ความสามารถของระบบในการควบคุมการเปิด/ ปิด ไฟจราจร	4.19	1.23	ดี
1.2 ความสามารถของระบบในการควบคุมการยกไม้แขวนกันขึ้น	3.56	0.99	ดี
1.3 ความสามารถของระบบในการควบคุมการยกไม้แขวนกันลง	4.03	1.20	ดี
1.4 ความสามารถในการแจ้งสถานะการเชื่อมต่อกับ NETPIE	4.22	1.15	ดี
1.5 ความสามารถในการแสดงผลปริมาณแบตเตอรี่	4.14	1.19	ดี
1.6 ความสามารถในการชาร์จแบตเตอรี่	3.60	1.00	ดี
1.7 ความสามารถในการเคลื่อนย้ายไม้แขวนกันและไฟจราจร	3.88	1.01	ดี
ค่าเฉลี่ยด้าน Functional Requirement Test	3.95	1.11	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบว่าตรงตามความต้องการของผู้ใช้ (functional requirement test) โดยรวมค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 3.95$) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือเรื่องความสามารถในการแจ้งสถานะการเชื่อมต่อกับ NETPIE ($\bar{X} = 4.22$) อยู่ในระดับดี ถัดมา คือ ความสามารถของระบบในการควบคุมการเปิด/ ปิด ไฟจราจรอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.19$) สำหรับความสามารถในการแสดงผลปริมาณแบตเตอรี่ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.14$) อยู่ในระดับดี รองลงมาคือ ความสามารถในการเคลื่อนย้ายไม้แขวนกันและไฟจราจร มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 3.88$) ลำดับถัดไป คือ ความสามารถในการชาร์จแบตเตอรี่ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 3.60$) และลำดับสุดท้าย คือ ความสามารถของระบบในการควบคุมการยกไม้แขวนกันขึ้น ($\bar{X} = 3.56$)

1.2 การประเมินระบบด้าน Function Test เป็นการประเมินความถูกต้องและประสิทธิภาพในการทำงานของระบบว่าสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 2 การประเมินระบบด้าน Function Test

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
2.1 ความถูกต้องของระบบในการควบคุมการเปิด/ ปิด ไฟจราจร	3.83	0.96	ดี
2.2 ความถูกต้องของระบบในการควบคุมการยกไม้แขวนกันขึ้น	3.93	1.10	ดี
2.3 ความถูกต้องของระบบในการควบคุมการยกไม้แขวนกันลง	3.94	0.99	ดี
2.4 ความถูกต้องในการแจ้งสถานะการเชื่อมต่อกับ NETPIE	3.76	0.83	ดี
2.5 ความถูกต้องในการแสดงปริมาณของแบตเตอรี่	4.23	0.98	ดี
ค่าเฉลี่ยด้าน Function Test	3.94	0.98	ดี

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพในการทำงานของระบบว่าสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (function test) โดยรวมค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 3.94$) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพเรื่อง ความถูกต้องในการแสดงปริมาณของแบตเตอรี่ มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 4.23$) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ตามด้วยความถูกต้องของระบบในการควบคุมการยกไม้แขวนกันขึ้น มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 3.94$) ถัดมาคือความถูกต้องของระบบในการควบคุมการยกไม้แขวนกันขึ้น ค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X} = 3.93$) อยู่ในระดับดี รองลงมาความถูกต้องของระบบในการควบคุมการเปิด/ ปิด ไฟจราจร มีค่าเฉลี่ยกับ ($\bar{X} = 3.83$) อยู่ในระดับดี ลำดับสุดท้าย คือ ความถูกต้องในการแจ้งสถานะการเชื่อมต่อกับ NETPIE มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 3.76$)

1.3 การประเมินระบบด้าน Usability เป็นการประเมินลักษณะการออกแบบระบบว่ามีความง่ายต่อการใช้งานมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 3 การประเมินระบบด้าน Usability

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
3.1 ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	3.55	0.68	ดี
3.2 ความเหมาะสมในการเลือกใช้นาฬิกาตัวอักษรบนจอภาพ	4.20	0.96	ดี
3.3 ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	4.21	0.84	ดี
3.4 ความเหมาะสมในการใช้ข้อความ สัญลักษณ์หรือรูปภาพ เพื่อใช้ในการสื่อความหมาย	3.95	0.80	ดี
3.5 ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอ	3.68	0.64	ดี
3.6 ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้	4.05	0.84	ดี
3.7 ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ	3.61	0.66	ดี
3.8 คำศัพท์ที่ใช้เป็นที่คุ้นเคยและสามารถเข้าใจได้ง่าย	3.89	0.70	ดี
3.9 ความเหมาะสมของการแสดงผลปริมาณของแบตเตอรี่	3.72	0.64	ดี
3.10 ความเหมาะสมของขนาดไฟสัญญาณจราจร	3.83	0.74	ดี
3.11 ความเหมาะสมของขนาดความยาวไม้แขวนกัน	3.83	0.74	ดี
3.12 ความเหมาะสมของภาพรวมโครงสร้างไม้แขวนกัน และไฟจราจร	3.56	0.68	ดี
ค่าเฉลี่ยด้าน Usability	3.84	0.74	ดี

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการประเมินลักษณะการออกแบบระบบว่ามีความง่ายต่อการใช้งาน (usability) โดยรวมค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 3.84$) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ เรื่องความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 4.21$) ตามด้วยความเหมาะสมในการเลือกใช้นาฬิกาตัวอักษรบนจอภาพ มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{X} = 4.20$) ถัดมา คือ ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X} = 4.05$) อยู่ในระดับดี

สำหรับความเหมาะสมในการใช้ข้อความ สัญลักษณ์ หรือรูปภาพ เพื่อใช้ในการสื่อความหมาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{x} = 3.95$) อยู่ในระดับดี ลำดับถัดไป คือ คำศัพท์ที่ใช้เป็นที่คุ้นเคยและสามารถเข้าใจได้ง่าย อยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{x} = 3.89$) สำหรับความเหมาะสมของขนาดไฟสัญญาณจราจรและความเหมาะสมของขนาดความยาวไม้แขนกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากันเท่ากับ ($\bar{x} = 3.83$) อยู่ในระดับดี และความเหมาะสมของการแสดงผลปริมาณของแบตเตอรี่ อยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{x} = 3.72$) รองลงมา คือ ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{x} = 3.61$) ลำดับรองสุดท้าย คือ ความเหมาะสมของภาพรวมโครงสร้างไม้แขนกันและไฟจราจร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{x} = 3.56$) อยู่ในระดับดี และลำดับสุดท้าย คือ ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{x} = 3.55$)

1.4 การประเมินระบบด้าน Security Test เป็นการประเมินระบบในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบว่ามีมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 4 การประเมินระบบด้าน Security Test

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	ความหมาย
การกำหนดรหัสผ่านในการเข้าใช้ระบบ	3.83	0.75	ดี
มีการตรวจสอบสิทธิ์ก่อนเข้าใช้งานระบบ	4.02	0.64	ดี
มีการแจ้งเตือนเมื่อป้อนรหัสผ่านไม่ถูกต้อง	4.03	0.78	ดี
ค่าเฉลี่ยด้าน Security Test	3.96	0.72	ดี

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการประเมินระบบในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (security test) โดยรวมค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{x} = 3.96$) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพเรื่องมีการแจ้งเตือนเมื่อป้อนรหัสผ่านไม่ถูกต้อง มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{x} = 4.03$) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ มีการตรวจสอบสิทธิ์ก่อนเข้าใช้งานระบบ มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับดี ($\bar{x} = 4.02$) และลำดับสุดท้ายคือ การกำหนดรหัสผ่านในการเข้าใช้ระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{x} = 3.83$) อยู่ในระดับดี

2. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบ ผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นกลุ่มคนผู้ข้ามถนนบริเวณตลาดจากการเก็บรวบรวมข้อมูล สามารถแสดงผลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามได้ดังตารางข้างล่างนี้โดยแบ่งการประเมินความพึงพอใจต่อระบบ ออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

2.1 การประเมินความพึงพอใจต่อระบบด้านความเหมาะสมต่อการใช้งานว่าผู้ข้ามถนนมีความพึงพอใจต่อด้านความเหมาะสมต่อการใช้งานมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 5 ผลการประเมินระบบด้านความเหมาะสมต่อการใช้งาน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
ความเหมาะสมของตำแหน่งในการติดตั้งไม้แขวนกันและไฟจราจร	4.11	0.83	มาก
ความเหมาะสมของความยาวไม้แขวนกันจราจร	4.08	0.85	มาก
ความเหมาะสมของความสูงสัญญาณไฟจราจร	4.10	0.79	มาก
ความเหมาะสมของขนาดสัญญาณไฟจราจร	3.98	0.81	มาก
ความเหมาะสมของความสว่างสัญญาณไฟจราจร	4.01	0.76	มาก
ค่าเฉลี่ยด้าน การประเมินระบบด้านความเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.06	4.04	มาก

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบด้านความเหมาะสมต่อการใช้งาน โดยรวมค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.06$) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจต่อเรื่องความเหมาะสมของตำแหน่งในการติดตั้งไม้แขวนกันและไฟจราจรมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.11$) อยู่ในระดับมาก ถัดมา คือ ความเหมาะสมของความสูงสัญญาณไฟจราจร อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.10$) สำหรับความเหมาะสมของความยาวไม้แขวนกันจราจร มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.08$) อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ ความเหมาะสมของความสว่างสัญญาณไฟจราจรมีค่าเฉลี่ยในระดับมาก ($\bar{X} = 4.01$) และลำดับสุดท้ายคือความเหมาะสมของขนาดสัญญาณไฟจราจร ($\bar{X} = 3.98$) อยู่ในระดับมาก

2.2 การประเมินความพึงพอใจต่อการดำเนินงานของระบบ ว่าผู้ข้ามถนนมีความพึงพอใจต่อการดำเนินงานของระบบมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 6 ผลการประเมินระบบด้านการดำเนินงานของระบบ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
การทำงานที่สอดคล้องกันระหว่างสัญญาณไฟและไม้แขวนกันจราจร	3.97	0.83	มาก
การทำงานในการยกไม้แขวนกันจราจรขึ้น	4.03	0.83	มาก
การทำงานในการยกไม้แขวนกันจราจรลง	3.96	0.82	มาก
การทำงานของสัญญาณไฟเพื่อหยุดการจราจร	3.97	0.79	มาก
การทำงานของสัญญาณไฟเพื่อเปิดการจราจร	4.12	0.83	มาก
ค่าเฉลี่ยด้านการดำเนินงานของระบบ	4.01	0.82	มาก

จากตารางที่ 6 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการดำเนินงานของระบบ โดยรวมค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.01$) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ การทำงานของสัญญาณไฟเพื่อเปิดการจราจร ($\bar{X} = 4.12$) อยู่ในระดับมาก ตามด้วยการทำงานในการยกไม้แขวนกันจราจรขึ้น มีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.03$) ถัดมา การทำงานที่สอดคล้องกันระหว่างสัญญาณไฟและไม้แขวนกันจราจรและการทำงานของสัญญาณไฟเพื่อหยุด

การจราจร มีค่าเฉลี่ยอยู่เท่ากันคือ ($\bar{X} = 3.97$) อยู่ในระดับมาก และลำดับสุดท้ายคือการทำงานในการยกไม้แขวนกัน
จราจร มีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.96$)

2.3 การประเมินความพึงพอใจต่อระบบด้านความปลอดภัย ว่าผู้ข้ามถนนมีความพึงพอใจต่อ
ด้านความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 7 ผลการประเมินระบบด้านความปลอดภัย

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
ยานพาหนะ หยุด เมื่อมีสัญญาณไฟแดงและไม้แขวนกันจราจรยกลง	4.12	0.78	มาก
ทำให้เกิดความปลอดภัยสำหรับผู้ข้ามถนน	3.86	0.76	มาก
ทำให้เกิดความปลอดภัย ต่อชีวิต สำหรับเจ้าหน้าที่/ ผู้ควบคุมการจราจร	4.08	0.82	มาก
ทำให้เกิดความปลอดภัย ต่อสุขภาพ ด้านการสูดดมควันรถ และฝุ่น PM 2.5 สำหรับเจ้าหน้าที่/ ผู้ควบคุมการจราจร	4.10	0.82	มาก
ค่าเฉลี่ยด้านความปลอดภัย	4.04	0.80	มาก

จากตารางที่ 7 พบว่า การประเมินความพึงพอใจต่อระบบด้านความปลอดภัย โดยรวมค่าเฉลี่ย
ของความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.04$) เมื่อพิจารณารายชื่อ พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจที่มี
ค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ยานพาหนะหยุด เมื่อมีสัญญาณไฟแดงและไม้แขวนกันจราจรยกลง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก
($\bar{X} = 4.12$) ตามด้วยการทำให้เกิดความปลอดภัย ต่อสุขภาพ ด้านการสูดดมควันรถ และฝุ่น PM 2.5 สำหรับ
เจ้าหน้าที่/ ผู้ควบคุมการจราจร มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับมาก ($\bar{X} = 4.10$) ถัดมา คือ การทำให้เกิด
ความปลอดภัย ต่อชีวิต สำหรับเจ้าหน้าที่/ ผู้ควบคุมการจราจร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X} = 4.08$) อยู่ในระดับมาก
และลำดับสุดท้าย คือ ทำให้เกิดความปลอดภัยสำหรับผู้ข้ามถนน มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในระดับมาก
($\bar{X} = 3.86$)

อภิปรายผล

การการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วย
เทคโนโลยีไอโอที โดยมีวัตถุประสงค์ 3 ประการ ดังต่อไปนี้ 1) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจร
สำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที 2) เพื่อวัดประสิทธิภาพระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจรสำหรับ
ข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที และ 3) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิมกับ
ระบบควบคุมไม้แขวนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที จากการวัดประสิทธิภาพระบบฯ
ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พบว่า การประเมินผลประสิทธิภาพทั้ง 4 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้าน Functional
Requirement Test 2) ด้าน Function Test 3) ด้าน Usability Test และ 4) ด้าน Security test ผลการ
ประเมินอยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยที่ได้กำหนดเอาไว้ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ เจษฎา

ขจรฤทธิ์, ปิยนุช ชัยพรแก้ว และหนึ่งฤทัย เอ่งฉ้วน (2560) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Thing ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะด้วยแอปพลิเคชัน Android, บริการ NETPIE และหน่วยควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านสมาร์ตโฟนได้จากทุกที่ที่สามารถเข้าถึงระบบอินเทอร์เน็ตได้ ระบบดังกล่าวสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ และด้วยเทคโนโลยีไอโอทีที่สามารถการควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้านทำงานได้ง่ายขึ้นและสร้างนวัตกรรมสำหรับระบบบ้านอัจฉริยะ รวมถึงตอบโจทย์ความต้องการในยุคไทยแลนด์ 4.0 ได้อีกด้วย นอกจากนี้ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับการวิจัยของ ณัฐพัชญ์ ศรีราชจันทร์ และกิมวัจน์ วรธนทวี (2562) เรื่อง การพัฒนาระบบแจ้งเตือน การโจรกรรมด้วยเซนเซอร์การตรวจจับการสั่นสะเทือนบนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งสามารถทำการตรวจจับแรงสั่นสะเทือนในแต่ละช่วงอายุได้อย่างถูกต้อง ระบบแจ้งเตือนสามารถส่งไปยังผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการวิจัยของ กิตติเชษฐ์ นนทะสุด และพีรพนธ์ ตันต์จยะ (2562) ได้ศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียนแบบอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยี Internet of Things: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย จากการวิจัยพบว่า ระบบนี้สามารถควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเฉลี่ยร้อยละ 8.12 และสามารถควบคุมการเกิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดร้อยละ 32.35 ซึ่งระบบควบคุมนี้เมื่อทำการติดตั้งจะมีจุดคุ้มทุนที่ประมาณ 4.9 เดือน ซึ่งถือได้ว่าระบบควบคุมนี้เป็นอีกระบบหนึ่งที่สามารถช่วยบริหารจัดการให้พลังงานไฟฟ้าในห้องเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ วีรศักดิ์ พองเงิน, สุรพงษ์ เพ็ชรหาญ และรัฐสิทธิ์ ยะจ่อ (2561) ได้วิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า จากการวิจัยพบว่า ระบบสามารถทำงานตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้ซึ่งให้ผลผลิตเป็นที่พอใจและในส่วนการทดสอบผลผลิตของดอกเห็ดพบว่าเห็ดที่เก็บจากโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นมีปริมาณที่มากกว่าโรงเรือนแบบทั่วไป ซึ่งการนำเอาเทคโนโลยีไอโอทีมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถเพิ่มผลผลิตได้เป็นอย่างดีและมีน้ำหนักที่มากกว่าโรงเรือนแบบเดิม นอกจากนี้การนำเอาเทคโนโลยีไอโอทีมาประยุกต์ใช้งานด้านต่าง ๆ ก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ดีมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พรศิต อ้นขาว (2562) ได้วิจัย และพัฒนาระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วย Internet of Things (IoT) พบว่า การปลูกผักสลัด 3 ชนิด คือ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และกรีนบัตเตอร์เฮด โดยศึกษาความสูงของต้น จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่มและน้ำหนักสดในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตที่ปลูกในระบบปลูกโดยระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วยไอโอที พบว่า มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผักสลัดที่ปลูกในระบบปลูกโดยเกษตรกร ($p > 0.05$) และจิรวัดณ์ แท่นทอง สุกลักษณ์ ตามแก้ว และกนกลักษณ์ ศรพระขรรค์ชัย (2562) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมเครื่องให้อาหารสัตว์เลี้ยงด้วยการประยุกต์ใช้บอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จากการทดลองพบว่า อุปกรณ์ที่พัฒนาสามารถใช้งานได้จริง แมวสามารถปรับตัวให้คุ้นเคยกับอุปกรณ์ จากงานวิจัยดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ กล่าวคือ การนำเอาเทคโนโลยี ไอโอทีมาประยุกต์ใช้สำหรับการควบคุมไม้แขวนกันจราจรสำหรับข้ามถนน มีประสิทธิภาพ

เท่าเทียมกันกับระบบไฟจราจรเดิม ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ได้กำหนดเอาไว้ จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิมกับระบบควบคุมไม้แขนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 พบว่า ระบบควบคุมไม้แขนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที ดีกว่าระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิม จำนวน 38 คน ด้วยเหตุผล ระบบไม้แขนกันมีการทำงานร่วมกันระหว่างไม้แขนกันและไฟจราจร ทำให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น สำหรับความคิดเห็นว่าระบบควบคุมไม้แขนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที ประสิทธิภาพเท่ากันกับ ระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิม จำนวน 42 คน ด้วยเหตุผล ระบบสามารถหยุดรถเพื่อข้ามถนนได้เช่นเดียวกัน และผู้ตอบแบบสอบถามที่เห็นว่าระบบควบคุมไม้แขนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที ดีกว่า ระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิม จำนวน 10 คน ด้วยเหตุผลว่า เครื่องที่ใช้เป็นเครื่องต้นแบบมีขนาดเล็ก และไม่ได้ถูกติดตั้งอย่างถาวร ทำให้สามารถป้องกันอุบัติเหตุได้ตามช่วงเวลาที่เขาไม้แขนกันไปติดตั้งเท่านั้น โดยสรุประบบควบคุมไม้แขนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที ประสิทธิภาพเท่ากันกับ ระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิม แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 38 คน เห็นว่า ระบบควบคุมไม้แขนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที ดีกว่า ระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิม ซึ่งสูงกว่าผู้ที่มีความคิดเห็นว่ารระบบควบคุมไม้แขนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที ดีกว่า ระบบไฟจราจรข้ามถนนเดิม จึงสรุปได้ว่าผู้ข้ามถนนส่วนใหญ่เห็นว่า ระบบควบคุมไม้แขนกันและไฟจราจรสำหรับข้ามถนนด้วยเทคโนโลยีไอโอที มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันหรือดีกว่า ระบบไฟจราจรแบบเดิม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนนให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนและรับรู้สถานะของการทำงาน และควรมีเสียงสัญญาณเตือนเมื่อไม้แขนกันทำงาน
2. ควรใช้วัสดุที่มีความคงทนและสามารถใช้งานได้ในขณะที่มีฝนตกฟ้าคะนอง
3. ควรมีระบบบันทึกภาพเพื่อเก็บข้อมูลการจราจรที่เกิดขึ้นบริเวณจุดข้ามถนน
4. ควรมีตัวเลขนับเวลาเพื่อบอกระยะเวลาการรอคอยข้ามถนน

บรรณานุกรม

- กิตติเชษฐ์ นนทะสุด และพีรพนธ์ ตันต์จายะ. (2562). ระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียนแบบอัตโนมัติ ด้วยเทคโนโลยี Internet of thing: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.
- วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 13(1), หน้า 159-171.
- จิรวัดน์ แท่นทอง, สุภลักษณ์ ตาแก้ว และกนกลักษณ์ ศรพระพรรคชัย. (2562). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมเครื่องให้อาหารสัตว์เลี้ยงด้วยการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง. วารสารวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ, 9(1), หน้า 28-40.

- เจษฎา ขจรฤทธิ์, ปิยนุช ชัยพรแก้ว และหนึ่งฤทัย เอ็งฉ้วน. (2560). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ. *วารสารวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 7(1), หน้า 1-11.
- ณัฐพัชญ์ ศรีราชจันทร์ และกิมวรัตน์ วรรณทวี. (2562). การพัฒนาระบบแจ้งเตือนการโจรกรรมด้วยเซนเซอร์การตรวจจับการสั่นสะเทือน บนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, 6(4), หน้า 30-44.
- บล็อกของ PoundXI. (2561). *NodeMCU คืออะไร* (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <https://poundxi.com/nodemcu-คืออะไร/> [2563, 22 พฤศจิกายน].
- พรคิต อ้นขาว. (2562). ระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วย Internet of Things (IoT). *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 11(1), หน้า 146-157.
- วีรศักดิ์ ฟองเงิน, สุรพงษ์ เพ็ชรหาญ และรัฐสิทธิ์ ยะจ่อ. (2561). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า. *วารสารการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม*, 5(1), หน้า 172-182.
- ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน. (2565). *จำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจากอุบัติเหตุทางถนน* (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <https://www.thairsc.com/> [2565, 22 มกราคม].