การพัฒนาต้นแบบระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

The development prototype of organic vegetables system using the Internet of Things

จิรวิญญ์ ดีเจริญชิตพงศ์[1], ธีรภัทร ประวัติรุ่งเรือง[2]

[1]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ, jirawin.de@northbkk.ac.th

[2]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ, theerapath.pr@northbkk.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาต้นแบบระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง มีการจัดเก็บข้อมูลบนระบบเครือข่ายแบบกลุ่มเมฆ และแสดงความชื้นของดินบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟน การพัฒนาระบบจะใช้ Arduino IDE ในการพัฒนาต้นแบบ หลังจากการพัฒนาต้นแบบเสร็จได้มีการประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วยวิธี Block Box Testing โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 31 ท่าน การประเมินผลแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านความต้องการของผู้ใช้ ด้านหน้าที่ของระบบ ด้านการใช้งานระบบ และด้านความปลอดภัย โดยพบว่าหลังจากการใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ย 3.65 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 ซึ่งอยู่ในระดับดี ผู้ใช้งานทั่วไป มีค่าเฉลี่ย 3.70 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 อยู่ในระดับดี แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาต้นแบบตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงในอนาคต

คำสำคัญ: *อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง, ไมโครคอนโทรลเลอร์*

Abstract

The development prototype of organic vegetables system using the Internet of Things (IoT). The purpose is to develop a system of organic vegetables system using IoT and Cloud storage network. And show soil moisture on smartphone devices. The system development will use Arduino IDE to develop the prototype. After development a system to access the performance of the system by Block Box Testing by experts 5 and 31 general users can be evaluated prototype and further divided 4 performance groups. Functional Requirement Test, Function Test, Usability Test. It was found that the user of expert system 3.65 average and standard deviation for 0.48 is good level. Users was 3.70 average and standard deviation for 0.53 at a good level. The system meets the objectives defined oval. Can be applied to practical use in the future.

Keyword: *Internet of Things, Microcontroller*

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาในการวิจัย

ในปัจจุบันปัญหาเรื่องของความสะอาดของอาหารเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจาก การปลูกผักเกษตรกรนิยมใช้สารพิษและยาฆ่าแมลงในการกำจัดศัตรูพืช ส่งผลกระทบต่อปัญหาของมลพิษในน้ำและในดิน รวมทั้งผู้บริโภค ที่ไม่สามารถมั่นใจได้ว่าผักที่ได้ซื้อมามีสารพิษหรือยาฆ่าแมลงตกค้างอยู่หรือไม่ จึงทำให้หลายครัวเรือนหันมาปลูกผักเพื่อบริโภคเองภายในบ้าน แต่ปัญหาที่สำคัญคือ บางครัวเรือนไม่มีพื้นที่เพาะปลูกหรืออาศัยอยู่บนตึกอาคาร อีกทั้งยังไม่มีเวลาในการดูแลรักษาและรดน้ำให้แก่ผักที่ตนเองปลูก (กรีนเนทและมูลนิธิสายใยแผ่นดิน, 2560)
การแก้ปัญหานี้ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานระบบสามารถควบคุมการปลูกผักไว้รับประทานเอง โดยปราศจากสารพิษและสิ่งตกค้าง อีกทั้งผู้ใช้ยังสามารถดูและรักษาผักของตัวเองได้ผ่านทางสมาร์ทโฟน เช่น การรดน้ำ การใส่ปุ๋ย เป็นต้น

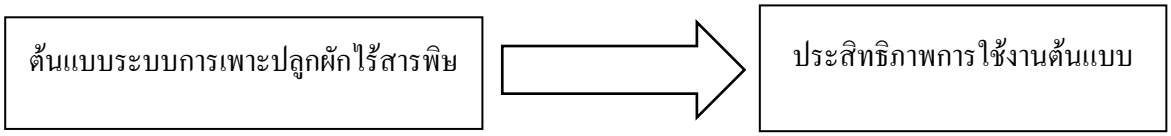
ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีการพัฒนาระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง โดยการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศในปัจจุบัน กับการพัฒนาระบบการปลูกผักแบบไร้สารพิษ มาประยุกต์ให้เข้ากับการนโยบายของรัฐบาลในเรื่อง ไทยแลนด์ 4.0 ที่เน้นการนำเอานวัตกรรมและเทคโนโลยีมาใช้การพัฒนาประเทศต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

2.2 เพื่อทำการทดสอบต้นแบบและประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบที่พัฒนา

3. กรอบแนวคิด (Conceptual Framework)



รูปที่ 1 กรอบแนวคิด (Conceptual Framework)

การศึกษาต้นแบบระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษเพื่อศึกษาและหาประสิทธิภาพของของต้นแบบ โดยมีตัวแปรต้นคือ ต้นแบบระบบการเพาะปลูกฝักไร้สารพิษ และตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพการใช้งานของต้นแบบ

4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things) หรือ IoT หมายถึง เทคโนโลยีที่ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงกับของหรือสิ่งของ มนุษย์ ข้อมูล และการบริการเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยมีปัจจัยที่สำคัญในการทำให้เกิด IoT ได้คือ การบรรจุอุปกรณ์สมองฝังตัวหรือ Embedded System Device เข้าไปใน “สิ่งของ” หรือเครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ มีตัวตรวจจับหรือเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดค่าที่สนใจ แล้วส่งมายังส่วนสมองกล เพื่อส่งต่อมายังส่วนประมวลผลกลางและฐานข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือที่เรียกว่า คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (Cloud Server) (ธีรวุธ จิตพรมมา และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, 2560) ด้วยการนำอุปกรณ์สมองกลฝังตัวบรรจุลงใน สิ่งของต่างๆ ทำให้สิ่งของเหล่านั้นทำงานในแบบอัจฉริยะได้ อุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ ในบ้าน ในโรงงาน ในที่ทำงาน ในยานพาหนะ ล้วนแล้วใช้สมองกลฝังตัวเพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถทำงานได้ด้วยตนเอง และรวมเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบใหญ่ เกิดการเชื่อมโยงการทำงานเป็นระบบได้ การทำให้ “สิ่งของ” ทำงานร่วมกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้เกิดนิยามของเทคโนโลยี Internet of Things หรือ IoT เป็นการขยายขอบเขตการทำงานของอินเทอร์เน็ตให้กว้างและลึกลง ไปถึงการเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารของมูลกับ “สิ่งของ” ทำให้เกิดการรับส่งข้อมูลและตอบสนองในแบบทุกที่ทุกเวลา และทุกสิ่งของได้ในที่สุด

Internet of Things เป็นระบบการทำงานของสิ่งของอย่างอัตโนมัติ ซึ่งอาจเป็น Person to Things: P2T หรือ Things to Things: T2T เป็นการประยุกต์ใช้งานได้มาก นับเป็นเทคโนโลยีที่มีความเจริญเติบโตทางด้านการประยุกต์และการให้บริการบน IoT สูง และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เป็นระบบเปิดที่พัฒนาต่อยอดได้มาก นับเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจ (ธีรวุธ จิตพรมมา และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, 2560)

การทำงานบนพื้นฐานระบบอัจฉริยะเริ่มจาก Machine to Machine (M2M) เป็นการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ IoT โดยอุปกรณ์ต่างๆ จะเชื่อมต่อกัน ทั้งแบบเชื่อมต่อตรงหรือผ่านเครือข่าย ทำให้กลายเป็นส่วนขยายของอินเทอร์เน็ต ดังนั้นการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานให้รองรับกับ IoT จึงต้องมีการเพิ่มความเร็ว เพิ่มขนาดช่องสัญญาณ เพิ่มขีดความสามารถของเครือข่ายให้มีความอัจฉริยะ โดยใช้เครือข่ายเป็นฐาน เพื่อใช้ข้อมูลร่วมกัน

4.1 ประโยชน์ของ Internet of Things

ตัวอย่างของการใช้ประโยชน์จาก IoT ที่แสดงให้เห็นถึงความสำพันธ์ของผู้คน ชุมชม การดำรงชีวิตสมัยใหม่ผ่านทางเทคโนโลยี IoT เริ่มจาก นักเรียน นักศึกษา ได้เรียนรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ IoT จนนำไปสู่การสร้างโครงงานเพื่อส่งต่อหรือร้องขอข้อมูลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ทำให้กลุ่มนี้เป็นกลุ่มคนในอนาคตที่จะพัฒนาและบำรุงรักษาเทคโนโลยีต่อไป

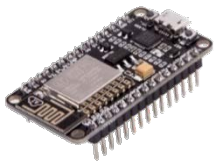
รูปที่ 2 แนวคิดของ Internet of Things (Wilgengebroed, 2012)

5. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนาระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษ ได้มีการศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของเซนเซอร์ และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

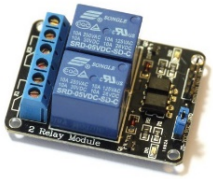
5.1 ฮาร์ดแวร์

เครื่องมือใช้ในการดำเนินการวิจัยระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษ ทางผู้วิจัยได้มีการออกแบบระบบควบคุมในส่วนของฮาร์ดแวร์ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมโดยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ESP8266 ที่เรียกว่า NodeMCU V2 เป็นโมดูลที่มี Wi-Fi อยู่ในตัวโมดูลสามารถเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายได้ง่าย และมีขนาดเล็ก สามารถทำงานร่วมกับโมดูลของ Arduino UNO R3 ได้ทันที สามารถเชื่อมต่อไปยังโครงข่ายอินเทอร์เน็ตได้ง่าย และใช้แรงดันในการทำงาน 3.3V จึงทำให้ประหยัดพลังงาน และมีราคาค่อนข้างถูกใช้งานได้ง่าย สามารถอัพเดตเฟิร์มแวร์ (Firmware) ได้ ภาษาที่ใช้เป็นแบบ Open Source (ภาวิช วัฒนวาณิชกร, 2558) เขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ปัจจุบันมีนักพัฒนาได้ปรับปรุงให้สามารถทำงานร่วมกับ Arduino IDE (ศิวกร จินดารัตน์, 2557) จึงทำให้ใช้งานกับภาษา C/C++ ได้สะดวกยิ่งขึ้น รวมทั้งมีไลบรารี่ (Library) ที่ถูกพัฒนาโดยนักพัฒนาเพิ่มขึ้นและมีโมดูลใช้งานร่วมกับ NodeMCU ได้อย่างมากมาย ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า Relay มีหลายประเภท ตั้งแต่ Relay ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จนถึง Relay ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูง โดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการนำ Relay ไปใช้งาน จะใช้ในการตัดต่อวงจร (ภาวิช วัฒนวาณิชกร, 2558) ทั้งนี้ Relay ยังสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 Relay Module ที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

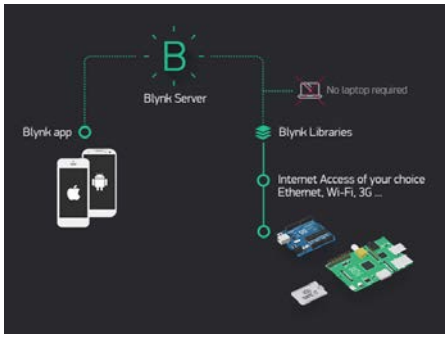
เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) ใช้สำหรับวัดความชื้นในดิน หรือใช้สำหรับเซ็นเซอร์น้ำได้ สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยรับสัญญาณอนาล็อกอินพุตจากค่าความชื้นในดิน (สนธยา นงนุช, 2560) สามารถเลือกใช้สัญญาณดิจิตอลที่ส่งมาจากโมดูล และปรับความไวของเซ็นเซอร์ได้ด้วยการปรับ Trim pot Output ให้กับสัญญาณทั้ง Analog และ Digital การวัดค่า Digital ให้ใช้ช่อง D0 โดยมีการส่งสัญญาณ Logic 1 ออกมาทางขา D0 มีใช้ IC voltage comparator LM393 ในการเปรียบเทียบแรงดัน สามารถนำเซนเซอร์ตัวนี้มาทำเป็นระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติได้อย่างง่ายดาย และถ้าหากต้องการค่าที่ถูกต้องแม่นยำควรเลือกสัญญาณ analog ตัวเซ็นเซอร์ใช้แรงดันที่ทำงาน Operating voltage อยู่ที่ 3.3V-5V และมี LED อยู่ 2 ตัว สำหรับแสดงสถานะในการทำงาน คือ Power LED และ D0 LED ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 Soil Moisture Sensor

5.2 ซอฟต์แวร์

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับ NodeMCU ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ภาษา C/C++ แบบโอเพ่นซอร์ส (Open Source) นำมาใช้ในการพัฒนาระบบโดยใช้ Arduino IDE เวอร์ชัน 1.8.5 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่นำคอมไพเลอร์และไลบรารีของ ESP8266 รวมเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมให้สะดวกยิ่งขึ้น โดยมีความสามารถ

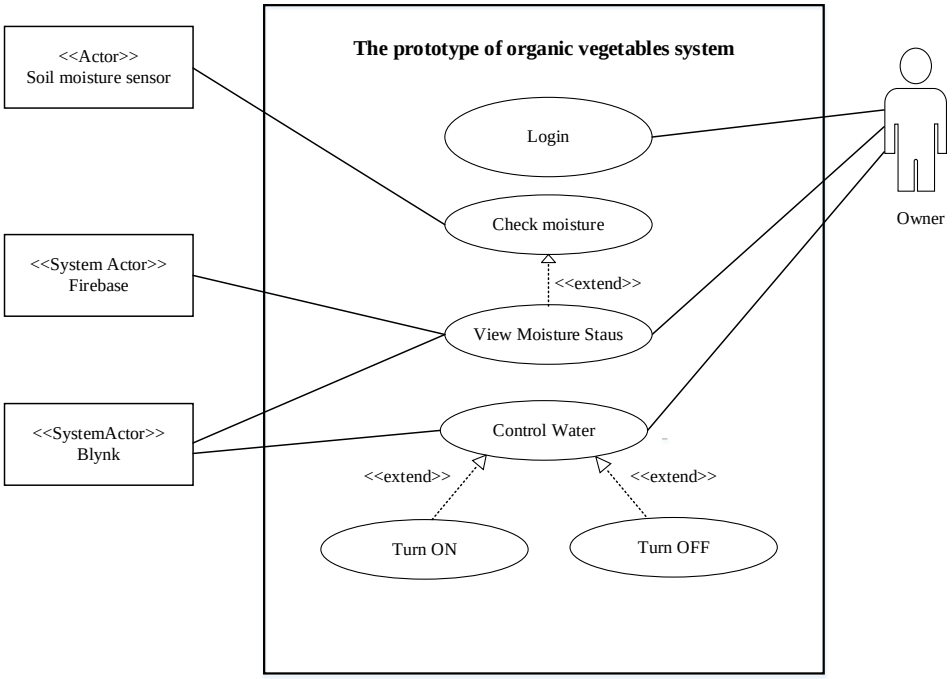
ในการบรรจุฟังก์ชันเพิ่มเติมได้สำหรับใช้ติดต่อกับฮาร์ดแวร์และเซนเซอร์ได้หลากหลาย รวมทั้งยังมีไลบรารีสำหรับใช้ในการติดต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านทาง WiFi และสนับสนุนสำหรับการพัฒนาโปรแกรมด้วยเพียงโปรแกรมเดียว ตั้งแต่การเขียนโปรแกรม การคอมไพล์ จนถึงการอับโหลดโค้ดไปยัง NodeMCU ทำให้การพัฒนาระบบทำให้ง่ายต่อความเข้าใจและใช้งาน ปัจจุบันได้มีนักพัฒนาได้ร่วมกันพัฒนาไลบรารีเพิ่มมากขึ้นทำให้ Arduino IDE มีความสามารถเพิ่มขึ้นและรองรับการพัฒนากับไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ๆ มากขึ้น ดังรูปที่ 6



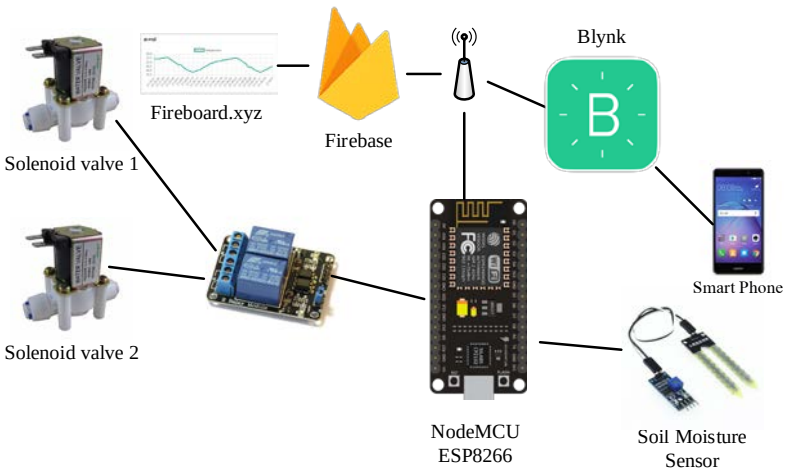
รูปที่ 6 การทำงานของ Application Blynk

Blynk คือ แอปพลิเคชั่นสำเร็จรูปสำหรับใช้งาน IoT เป็นแอปพลิเคชั่นที่มีความน่าสนใจ เนื่องจากมีการเขียนโปรแกรมที่ง่าย โดยไม่ต้องศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมก็สามารถใช้ แอปพลิเคชั่น Blynk ได้ง่ายและสะดวกการรับส่งข้อมูลเป็นแบบ Real time สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับอินเทอร์เน็ตได้รวดเร็ว รองรับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หลายประเภทเช่น Arduino, Esp8266, Esp32, Nodemcu, Rasberry pi สามารถนำมาใช้งานบนแอปพลิเคชั่นที่ทำงานอยู่บนสมาร์ทโฟนได้ และแอปพลิเคชั่น Blynk มีการเปิดใช้งานฟรีรองรับการใช้งานบนระบบปฏิบัติการ IOS และ ระบบปฏิบัติการ Android

การพัฒนาระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษ ได้มีการวิเคราะห์ระบบโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ระบบเชิงวัตถุ ได้แก่ Use Case Diagram มีรายละเอียดดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 Use Case Diagram ระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษ



รูปที่ 8 แสดงการทำงานของระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษ

6. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งมีผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบในแต่ละด้าน แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าระดับประสิทธิภาพ ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าระดับประสิทธิภาพ ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน โดยรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพ	
	$\bar{x}$	S.D.
1. ด้านความต้องการของผู้ใช้	3.80	0.45
2. ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	3.40	0.55
3. ด้านการใช้งานต้นแบบ	3.60	0.45
4. ด้านความปลอดภัย	3.80	0.45
สรุป	**3.65**	**0.48**

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญของระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษ ด้านความต้องการของผู้ใช้ มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับดี $\bar{x}$ = 3.80 และ S.D. = 0.45 ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง $\bar{x}$ = 3.40 และ S.D. = 0.55 ด้านการใช้งานต้นแบบ มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับดี $\bar{x}$ = 3.60 และ S.D. = 0.45 ด้านความปลอดภัย มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับดี $\bar{x}$ = 3.80 และ S.D. = 0.45

ประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับปานกลาง 1 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ระดับดี 3 ด้าน คือ ด้านความต้องการของผู้ใช้ ด้านการใช้งานต้นแบบ และด้านความปลอดภัย ประสิทธิภาพโดยรวมโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี โดยมี $\bar{x}$ = 3.65 และ S.D. = 0.48

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้ใช้งานทั่วไป

รายการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพ	
	$\bar{x}$	S.D.
1. ด้านความต้องการของผู้ใช้	3.60	0.55
2. ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	3.80	0.45
3. ด้านการใช้งานต้นแบบ	3.80	0.55
4. ด้านความปลอดภัย	3.60	0.55
สรุป	**3.70**	**0.53**

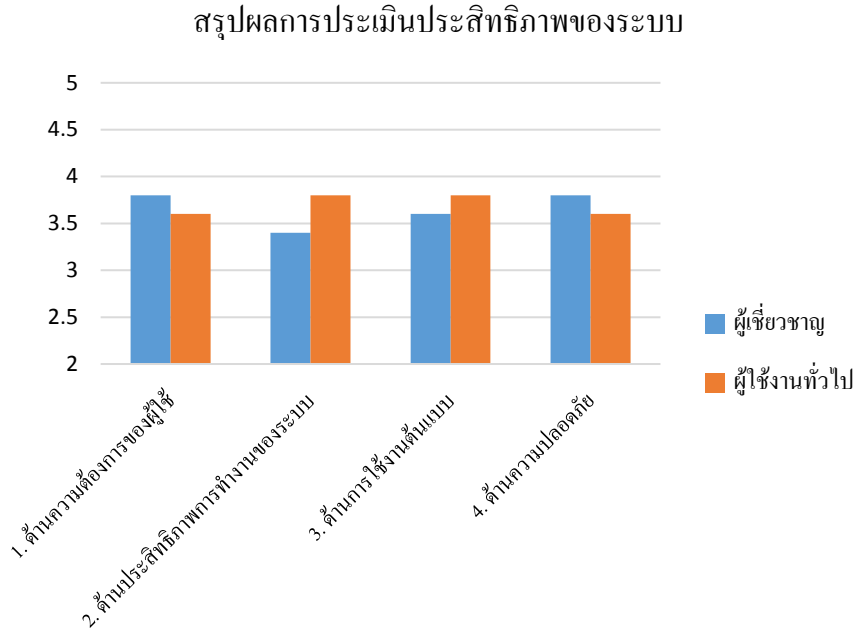
ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าระดับประสิทธิภาพ ซึ่งประเมินโดยผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 31 ท่าน โดยรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้ใช้งานทั่วไปของระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษ ด้านความต้องการของผู้ใช้ มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับดี $\bar{x}$ = 3.60 และ S.D. = 0.55 ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับดี $\bar{x}$ = 3.80 และ S.D. = 0.45 ด้านการใช้งานต้นแบบ มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับดี $\bar{x}$ = 3.80 และ S.D. = 0.55 ด้านความปลอดภัย มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับดี $\bar{x}$ = 3.60 และ S.D. = 0.55

ประสิทธิภาพโดยผู้ใช้งานทั่วไปอยู่ในระดับดีทั้ง 4 ด้าน คือด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ด้านความต้องการของผู้ใช้ ด้านการใช้งานต้นแบบ และด้านความปลอดภัย ประสิทธิภาพโดยรวมโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี โดยมี $\bar{x}$ = 3.70 และ S.D. = 0.53

8. สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและการพัฒนาระบบการเพาะปลูกผักไร้สารพิษได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการออกแบบโดยได้จัดทำต้นแบบ และทำการประสิทธิภาพต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นมา ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบดังแสดงไว้ในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

จากรูปที่ 9 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไป 4 ด้าน สรุปได้ดังนี้

ประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับปานกลาง 1 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ระดับดี 3 ด้าน คือ ด้านความต้องการของผู้ใช้ ด้านการใช้งานต้นแบบ และด้านความปลอดภัย ประสิทธิภาพโดยรวมโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี โดยมี $\bar{x}$ = 3.65 และ S.D. = 0.48 และประสิทธิภาพโดยผู้ใช้งานทั่วไปอยู่ในระดับดีทั้ง 4 ด้าน คือด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ด้านความต้องการของผู้ใช้ ด้านการใช้งานต้นแบบ และด้านความปลอดภัย ประสิทธิภาพโดยรวมโดยผู้ใช้ทั่วไปอยู่ในระดับดี โดยมี $\bar{x}$ = 3.70 และ S.D. = 0.53

9. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นต้นแบบในการพัฒนาโดยมีการวัดประสิทธิภาพใน ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ด้านความต้องการของผู้ใช้ ด้านการใช้งานต้นแบบ และด้านความปลอดภัย ซึ่งในงานวิจัยในครั้งต่อไปควรจะมีการวัดประสิทธิภาพในด้านอื่นๆ ประกอบเช่น อัตราความเร็วและค่าความผิดพลาดของเซ็นเซอร์วัดความชื้นรวมทั้งเรื่องของความแรงของสัญญาณของต้นแบบในการใช้งานในพื้นที่อื่นๆ ที่แตกต่างกัน

10. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ ด้วยความร่วมมือจากบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ได้รับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามอย่างดียิ่ง รวมถึงผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือซึ่งผู้วิจัยต้องขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และท้ายสุดนี้ตอบขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

11. เอกสารอ้างอิง

กรีนเนทและมูลนิธิสายใยแผ่นดิน. (2560). *พิษภัยสารเคมีเกษตร*. สืบค้นจาก http://www.greennet.or.th

ธีรวุธ จิตพรมมา และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2560). *เริ่มต้นเรียนรู้และพัฒนาอุปกรณ์ Internet of Things (IoT) กับ NodeMCU.* กรุงเทพฯ: บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.

ธีรวัฒน์ หงส์เวียงจันทร์. (2555). *ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านแอนดรอย์และเว็บแอพพลิเคชัน.* ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ สุวีริยาสาส์น.

ภาวิช วัฒนวาณิชกร. (2558). *ระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ*. ปริญญานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศิวกร จินดารัตน์. (2557). *ระบบจัดการฟาร์มไก่อัจฉริยะด้วยราสเบอรี่ไพและอาดุยโน่.* ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สนธยา นงนุช. (2560). *เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor).* https://www.ioxhop.com

Wilgengebroed. (6 December 2012). *The internet of things*. สืบค้นจาก https://www.wiki.com