

**การพัฒนาระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย
ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์**
**Development of Measuring the moisture and NPK minerals in soil using wireless
sensor system and controlled via an application with Internet of Things
technology**

ณัฐพงศ์ พลস্যม^{1*} และ จักรพันธ์ ศรีบุญ²
Nuttapong Ponsayom^{1*} และ Jakkapan Siriboon²

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2}
Faculty of Information Technology at Rajabhat MahaSarakhm University^{1,2}
E-Mail: nuttapong.po@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ 2) ประเมินความเหมาะสมของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ 3) ศึกษาผลการยอมรับ ระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ กลุ่มเป้าหมายคือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาแอปพลิเคชัน และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ กลุ่มที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน เพื่อประเมินการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สายควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน 2) แบบประเมินคุณภาพระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ 3) แบบวัดการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ พบว่า องค์ประกอบของพัฒนาองค์ประกอบของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนประกอบที่ 1 แอปพลิเคชันควบคุมการทำงานของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ประกอบด้วย (1) ส่วนแสดงสถานะการทำงานของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น (2) ค่าความชื้นในดิน (3) ค่าปริมาณสารอาหารในดิน ส่วนประกอบที่ 2 องค์ประกอบโครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย (1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย แผง Solar Cell, Solar Cell Control, Battery, ESP8266 WiFi, Sensor NPK, Sensor วัดความชื้น (2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนประกอบที่ 3 เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ประกอบด้วย NETPIE CLOUD PLATFORM และ 2) ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.25) และ 3) ผลการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$, S.D. = 0.51)

คำสำคัญ: ระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น, แอปพลิเคชัน, อินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์

Abstract

This research aims to : 1) to develop the moisture and N,P,K minerals in soil using wireless sensor system i and controlled via an application with Internet of Things technology, 2) to assess suitability of the moisture and N,P,K minerals wireless sensor system in soil and controlled via an application with Internet of Things technology, 3) to study the results of acceptance of the moisture and N,P,K minerals in soil using wireless sensor system .l and controlled via an application with Internet of Things technology. The target group was the experts for the development application and the Embedded technology and Internet of Things technology. Group 1 : the 3 experts to assess suitability of the moisture and N,P,K minerals wireless sensor system in soil and controlled via an application with Internet of Things technology, Group 2 : the 7 experts to assess acceptance of the moisture and N,P,K minerals wireless sensor system in soil and controlled via an application with Internet of Things technology. The tools of research include; 1) the moisture and NPK minerals wireless sensor system in soil and controlled via an application with Internet of Things technology, 2) the assessment suitability of the moisture and NPK minerals wireless sensor system in soil and controlled via an application with Internet of Things technology, 3) the acceptance measure of the moisture and N,P,K minerals wireless sensor system in soil and controlled via an application with Internet of Things technology. The statistics used in the research were mean and standard deviation.

The results revealed that 1) the development the moisture and N,P,K minerals in soil using wireless sensor system and controlled via an application with Internet of Things technology found that the element of the development the moisture and NPK minerals wireless sensor system in soil and controlled via an application with Internet of Things technology . It consists of 3 main parts were part 1 : the moisture and NPK minerals wireless sensor system in soil and controlled via an application with Internet of Things technology include; (1) The operating status display of the moisture sensor system (2) the soil moisture value (3) the nutrient content in the soil. Part 2: the structural elements of hardware and software include; (1) The hardware device consists the Solar Cell, Solar Cell Control, Battery, ESP8266 WiFi, Sensor NPK, Sensor the moisture, (2) The software device consists Arduino IDE. Part 3: Internet of Things (IoT) consists NETPIE CLOUD PLATFORM. And 2) The results of assess suitability the moisture and NPK minerals wireless sensor system in soil and controlled via an application with Internet of Things technology. The measurement and evaluation was suitable and the possibility was at the highest level. ($\bar{x}$ = 4.61, S.D. = 0.51)

Keywords: the moisture sensor system, Application, Internet of Things

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยได้ก้าวสู่ยุคประเทศไทย 4.0 ที่เทคโนโลยีพัฒนาเข้าสู่ยุคที่เรียกว่า Internet of Things (IoT) เครื่องมือเครื่องใช้และระบบต่าง ๆ ถูกพัฒนาให้เชื่อมต่อถึงกันเป็นเครือข่าย เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันบนระบบอินเทอร์เน็ต สามารถรับรู้ตัดสินใจ และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างแต่ละอุปกรณ์ บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ และประมวลผลทั้งหลายที่เก็บได้จากเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดต่าง ๆ [1] ช่วยให้การดำรงชีวิตมีความสะดวกสบายยิ่งขึ้น เพิ่มความปลอดภัยเมื่อไม่อยู่บ้าน การลดการใช้พลังงานลงและเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในการที่จะควบคุมการเปิด-ปิด ไฟฟ้ากรณีที่ต้องใช้เวลาในการเดินมา เปิด-ปิด ไฟฟ้าที่สวิตช์ควบคุม ซึ่งระยะเวลาในการที่จะเดินมาเปิด-ปิดไฟอาจทำให้เกิดการเสียเวลาในระยะยาว

Smart Farmer คือ การทำการเกษตรอัจฉริยะที่นำเทคโนโลยีเข้ามาบริหารจัดการระบบการเพาะปลูกในทุก ๆ ขั้นตอน และสามารถควบคุมทุกอย่างได้ด้วยเทคโนโลยี เพื่อทำการตรวจสอบ เก็บข้อมูล วิเคราะห์ และแก้ปัญหาการเพาะปลูกได้แบบ Real-Time พร้อมยังสามารถแสดงผลข้อมูลการเจริญเติบโตและคาดการณ์ผลผลิตได้อย่างแม่นยำ การไม่ทำร้ายธรรมชาติ ใช้ทรัพยากรเท่าที่จำเป็น

จากการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้เกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ โดยการทำงานของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน ซึ่งเป็นระบบการประมวลผลที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ออกแบบโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ฝังไว้ในอุปกรณ์ โดยมีการเขียนคำสั่งควบคุมให้อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อทำงานตามคำสั่ง และพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อสะดวกในการควบคุมการทำงานของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อพัฒนา ระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์

1.2 เพื่อประเมินความเหมาะสมของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์

1.3 เพื่อศึกษาผลการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบสมองกลฝังตัว เป็นระบบการประมวลผลที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ฝังไว้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในยานพาหนะ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีเครือข่ายเน็ตเวิร์ค เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร เทคโนโลยีเครื่องกลและของเล่นต่าง ๆ คำว่า ระบบฝังตัวเกิดจากการที่ระบบนี้เป็นระบบประมวลผลเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์ แต่ว่าระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยในระบบสมองกลฝังตัวอาจจะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่เห็นได้ชัด เช่น โทรศัพท์มือถือ และในระบบสมองกลฝังตัวยังมีการใส่ระบบปฏิบัติการต่าง ๆ แตกต่างกันไปอีกด้วย [2]

บัณฑิต แก้วภูมิแท้ และธีรพงศ์ สุริโย [3] ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบดูแลการเจริญเติบโตผักอัตโนมัติในแปลงเกษตรทางฝั่ง (กรณีศึกษาผักคะน้า) เป็นตัวควบคุมความชื้น ผลการวิจัย พบว่าระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้นและแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย มีคุณภาพเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 3.91$, S.D. = 0.52)

นคร ลินคา และนายอรรถพล วงศ์มาตย์ [4] ได้วิจัยเรื่อง แบบจำลองลานจอดรถอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี RFID ผลการวิจัย พบว่า 1) ระบบควบคุมช่องทางและจัดการช่องจอดรถ ด้วยเทคโนโลยี RFID (ลานจอดรถอัจฉริยะ) สามารถทำงานได้ตามคำสั่งที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ซึ่งสามารถสั่งการ Buzzer ทาหน้าที่ส่งเสียงเตือนผู้ใช้งาน แล้วเซอร์โวมอเตอร์ทำงาน ส่งผลให้ไม้กั้นเปิด-ปิดลงในเวลาที่กำหนด และในการจัดการช่องจอดรถ จะใช้ LED แสดงช่องจอดโดยมี Ultrasonic Sensor Module ควบคุม 2) ผลการประเมินคุณภาพการพัฒนาระบบควบคุมช่องทางและจัดการช่องจอดรถ ด้วยเทคโนโลยี RFID (ลานจอดรถอัจฉริยะ) โดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$, SD. = 0.51) และ 3) ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการพัฒนาระบบควบคุมช่องทางและจัดการช่องจอดรถ ด้วยเทคโนโลยี RFID (ลานจอดรถอัจฉริยะ) โดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.46$, SD. = 0.60)

สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล [5] ได้ศึกษาเรื่อง ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วย X10 เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าตามมาตรฐาน X10 (X10 Power line communication) ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อพัฒนาเป็นระบบสมองกลฝังตัวที่ใช้ในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าและตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านทางหน้าเว็บแอปพลิเคชันจากการทดสอบพบว่า ระบบนี้สามารถนำไปใช้ในงานกับที่อยู่อาศัยแบบที่ใช้ไฟฟ้า 2 เฟส ที่มีการเดินสายไฟยาวไม่เกิน 85 เมตรนับจากจุดควบคุม และผลที่ได้จากการตรวจสอบพลังงานไฟฟ้า ทำให้ผู้อยู่อาศัยสามารถควบคุมและประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของตนเองได้มากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

1.1 ระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์

1.2 แบบประเมินความเหมาะสมระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วน 5 ระดับ

1.3 แบบวัดการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย อาจารย์ที่สอนในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่มีประสบการณ์ ด้านการพัฒนาแอปพลิเคชัน เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์

กลุ่มที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน เพื่อประเมินการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นวิเคราะห์ (Analysis) วิเคราะห์ความต้องการในแต่ละด้าน เพื่อพัฒนาระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ให้มีความมารถใช้งานได้จริง สามารถควบคุมการทำงานด้วยเทคโนโลยีไร้สายได้อย่างถูกต้อง โดยกำหนดผลที่คาดหวัง จุดประสงค์การศึกษา และการวัดและประเมินผล

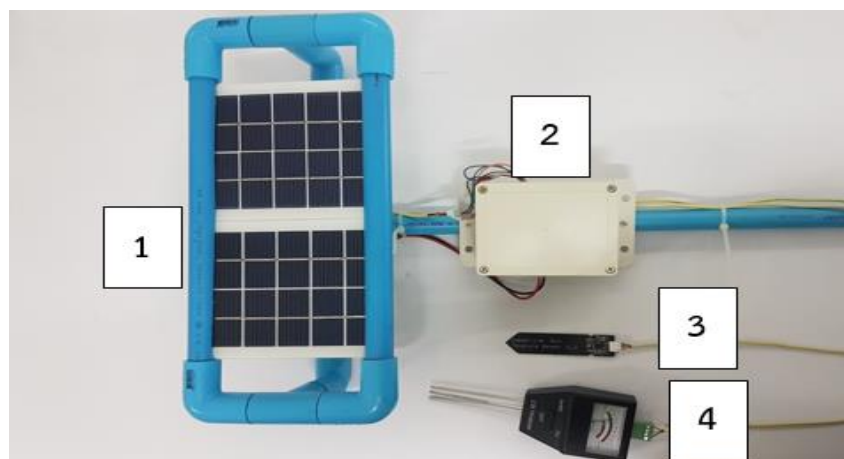
3.2 ขั้นตอนออกแบบ (Design) ดำเนินการออกแบบแบบกระบวนการทำงานของชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK และแบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันการควบคุมการทำงานของชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK โดยการควบคุมด้วยสมาร์โฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

3.2.1 ส่วนของการออกแบบกลไกกระบวนการทำงานของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในส่วนการทำงานของชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK นั้นได้ใช้ ESP8266 WiFi เป็นตัวควบคุมการทำงาน ซึ่งการที่จะให้ ESP8266 WiFi ทำงานตามที่เรากำลังต้องการนั้นจะต้องมีการพัฒนาโปรแกรมสำหรับรับคำสั่งไว้บนตัว ESP8266 WiFi ก่อน โดยภาษาที่ใช้พัฒนานั้นจะเป็นภาษา C++ ใช้โปรแกรม Arduino IDE เป็นตัวคอมไพล์หรือแปลโปรแกรมภาษา C/C++ ให้เป็นภาษาสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ ESP8266 WiFi สามารถอ่านค่าและทำงานตามโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้ และส่งค่าความชื้น และแร่ธาตุ NPK มาแสดงผลในหน้าส่วนของแอปพลิเคชัน

3.2.2 ส่วนของการออกแบบแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยออกแบบหน้าตาของแอปพลิเคชันให้แสดงผลความชื้น และแร่ธาตุ NPK จากการส่งค่าจากชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK

3.3 ขั้นพัฒนา (Development) ดำเนินการพัฒนาระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย โดยใช้โปรแกรม google app inverter ในการพัฒนาแอปพลิเคชันการควบคุมการทำงานของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย

ส่วนที่ 1 ระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุNPK ในดินแบบไร้สาย



ภาพที่ 1 ระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุNPK ในดินแบบไร้สาย

ในส่วนของหมายเลข 1 คือ แผง Solar Cell เพื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์ หมายเลข 2 คือกล่องระบบควบคุม และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบเซนเซอร์วัดความชื้น และเซนเซอร์วัดแร่ธาตุ NPK และเก็บพลังงานไว้ที่ตัวถ่วงชาร์จในแผงวงจร หมายเลข 3 คือ เซนเซอร์วัดความชื้น หมายเลข 4 คือ เซนเซอร์วัดแร่ธาตุNPK

ส่วนที่ 2 ผลการทำงานของแอปพลิเคชันแสดงผลความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดิน



ภาพที่ 2 แสดงผลการทำงานของแอปพลิเคชันแสดงผลความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดิน

1. เมื่อวัดค่าเซนเซอร์ได้ระดับ 1 (Too Little) ค่าความชื้นของปุ๋ยน้อยมากควรใส่ปุ๋ยเพิ่ม
 2. เมื่อวัดค่าเซนเซอร์ได้ระดับ 2 (Ideal) ค่าเหมาะสม ใส่ปุ๋ยตามปกติ
 3. เมื่อวัดค่าเซนเซอร์ได้ระดับ 3 (Too Much) ค่าความชื้นของปุ๋ยมากเกินไป
- 3.4 ขั้นตอนการใช้งาน (Implementation) นำระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สายที่พัฒนาขึ้น ไปทดลองระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK เพื่อหาข้อผิดพลาดก่อนจะนำไปประเมินกับผู้เชี่ยวชาญ
- 3.5 ขั้นตอนประเมินผล (Evaluation) ใช้และตรวจสอบคุณภาพของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ และเก็บรวบรวมข้อมูล

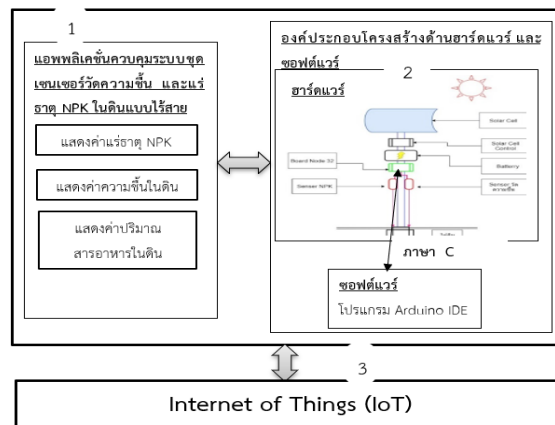
4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ [6]
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายความว่า เหมาะสมมากที่สุด
 - ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายความว่า เหมาะสมมาก
 - ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายความว่า เหมาะสมปานกลาง
 - ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายความว่า เหมาะสมน้อย

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟริงส์

1.1 ผลการออกแบบองค์ประกอบระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟริงส์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบองค์ประกอบของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟริงส์ ตามขั้นตอนการวิจัยที่ได้ออกแบบไว้ โดยนำข้อมูลจากการศึกษาและวิเคราะห์ มาจัดทำองค์ประกอบระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟริงส์ แสดงดังภาพที่ 3

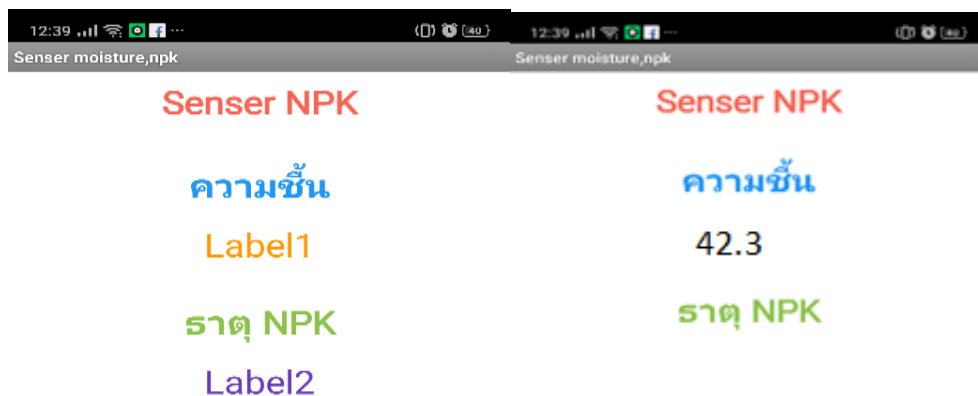


ภาพที่ 3 องค์ประกอบระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟอิงส์

จากภาพที่ 3 องค์ประกอบของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟอิงส์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชันควบคุมการทำงานของชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงค่าแร่ธาตุในดิน NPK 2) แสดงค่าความชื้นในดิน 3) แสดงค่าปริมาณสารอาหารในดิน ส่วนที่ 2 องค์ประกอบโครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย แผง Solar Cell, Solar Cell Control, Battery, ESP8266 WiFi, Sensor NPK, Sensor วัดความชื้น 2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนที่ 3 เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ประกอบด้วย NETPIE CLOUD PLATFORM

1.2 ผลการพัฒนาระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟอิงส์ ดังนี้

ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชันควบคุมการทำงานของชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงค่าแร่ธาตุในดิน NPK 2) แสดงค่าความชื้นในดิน 3) แสดงค่าปริมาณสารอาหารในดิน แสดงดังภาพที่ 4-5



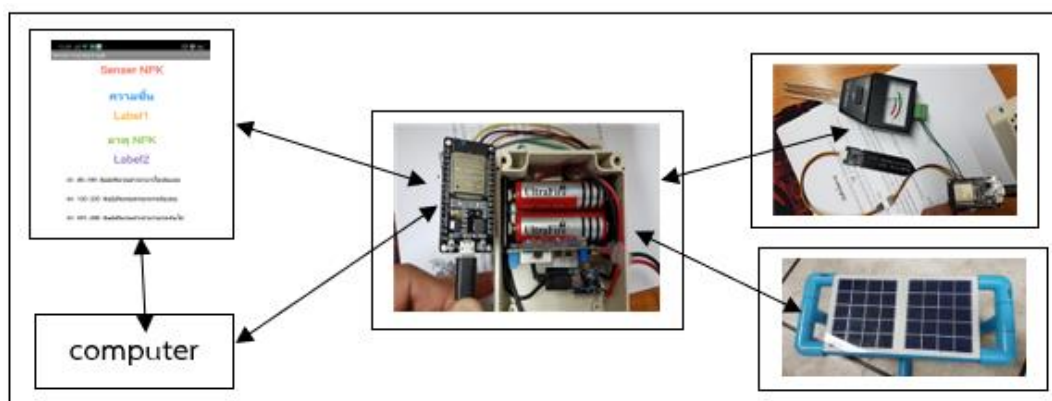
ภาพที่ 4 แอปพลิเคชันควบคุมชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย



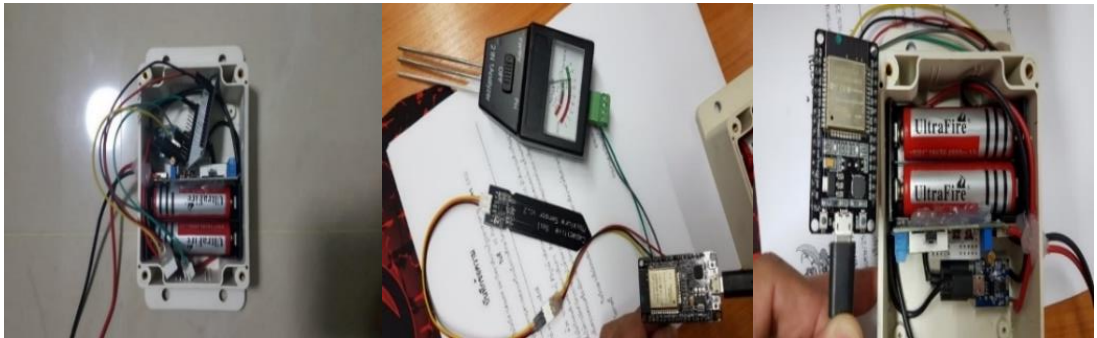
ภาพที่ 5 แสดงค่าความชื้นในดิน

ส่วนที่ 2 องค์ประกอบโครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย แผง Solar Cell, Solar Cell Control, Battery, ESP8266 WiFi, Senser NPK, Senser วัดความชื้น 2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนของการออกแบบกลไกกระบวนการพัฒนาระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสิ่ง

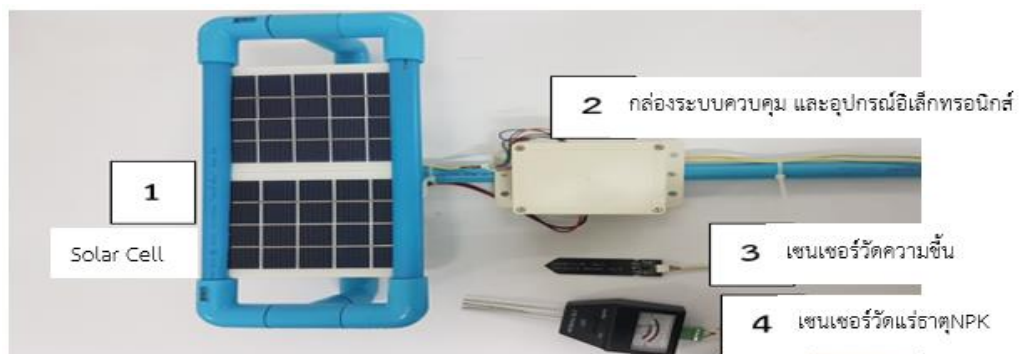
ในการควบคุมการทำงานของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK นั้นได้ใช้ ESP8266 WiFi เป็นตัวควบคุมการทำงานซึ่งการที่จะให้ ESP8266 WiFi ทำงานตามที่เราร้องการนั้นจะต้องมีการพัฒนาโปรแกรมสำหรับรับคำสั่งไว้บนตัว ESP8266 WiFi ก่อน โดยภาษาที่ใช้พัฒนานั้นจะเป็นภาษา C++ ใช้โปรแกรม Arduino IDE เป็นตัวคอมไพล์หรือแปลโปรแกรมภาษา C/C++ ให้เป็นภาษาสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ ESP8266 WiFi สามารถอ่านค่าและทำงานตามโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้ แสดงดังภาพที่ 6-8



ภาพที่ 6 ภาพรวมของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK

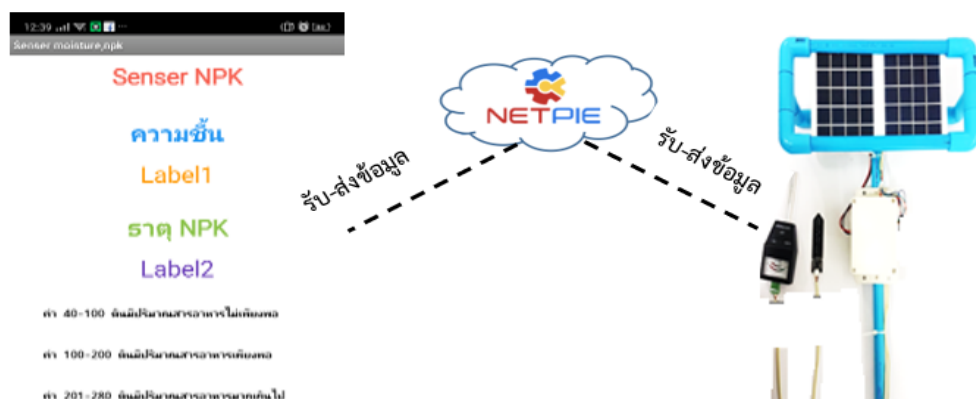


ภาพที่ 7 โครงสร้างด้านในของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK



ภาพที่ 8 แสดงองค์ประกอบของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK

ส่วนที่ 3 เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ประกอบด้วย NETPIE CLOUD PLATFORM



ภาพที่ 9 แสดงภาพรวมการทำงานและองค์ประกอบของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิซึ่

ผู้วิจัยได้นำระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิซึ่ที่พัฒนาขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิซึ่ จากนั้นนำผลการเรียนรู้มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านแอปพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัว

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
แอปพลิเคชันควบคุมการทำงานของชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย			
1.1 ส่วนแสดงค่าแร่ธาตุในดิน NPK	4.33	0.55	มาก
1.2 แสดงค่าความชื้นในดิน	4.00	0.00	มาก
1.3 แสดงค่าปริมาณสารอาหารในดิน	4.67	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.33	0.29	มาก
องค์ประกอบโครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์			
2.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์			
1) แผง Solar Cell	4.67	0.58	มากที่สุด
2) Solar Cell Control	4.33	0.58	มาก
3) Battery	4.67	0.58	มากที่สุด
4) ESP8266 WiFi	4.00	0.00	มาก
5) Sensor NPK	4.33	0.58	มาก
6) Sensor วัดความชื้น	4.00	0.00	มาก
เฉลี่ย	4.33	0.30	มาก
2.2 ซอฟต์แวร์			
1) Arduino IDE	4.33	0.58	มาก
เฉลี่ย	4.33	0.58	มาก
ด้านเทคโนโลยี Internet of Things (IoT)			
3.1 แอปพลิเคชันเชื่อมต่อผ่าน wifi ไปยังแพลตฟอร์มการสื่อสาร	4.00	1.00	มาก
3.2 ใช้แพลตฟอร์ม NETPIE เป็นตัวกลางการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชัน กับการทำงานของชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย	4.67	0.58	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.33	0.82	มาก
โดยรวม	4.33	0.25	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิซึ่ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.25) เมื่อ พิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ แอปพลิเคชันควบคุมการทำงานของชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.29) รองลงมาคือ ด้านองค์ประกอบโครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.58) และด้านเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.82) ตามลำดับ

3. ผลการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิซส์

ผู้วิจัยได้นำระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิซส์ที่พัฒนาขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน เพื่อสอบถามการยอมรับของระบบ ชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิซส์ จากนั้นนำผลการเรียนรู้มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่าน แอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิซส์

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Perceived ease of use)	4.61	0.51	มากที่สุด
2. ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived usefulness)	4.64	0.53	มากที่สุด
โดยรวม	4.63	0.52	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิซส์ โดยรวมอยู่ในระดับ มาก ($\bar{X} = 4.63$, S.D. = 0.52) เมื่อ พิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ ($\bar{X} = 4.64$, S.D. = 0.53) และด้านความง่ายต่อการใช้งาน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$, S.D. = 0.51) ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่าน แอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิซส์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนประกอบที่ 1 แอปพลิเคชัน ควบคุมการทำงานของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงสถานะการ ทำงานของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น 2) ค่าความชื้นในดิน 3) ค่าปริมาณสารอาหารในดิน ส่วนประกอบที่ 2 องค์ประกอบโครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย แผง Solar Cell, Solar Cell Control, Battery, ESP8266 WiFi, Sensor NPK, Sensor วัดความชื้น 2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนประกอบที่ 3 เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ประกอบด้วย NETPIE CLOUD PLATFORM สอดคล้องกับ ญัตติฯ กัดโธสง, ญัตติฯ พลสมย [7] ได้วิจัยเรื่อง การควบคุมหุ่นยนต์ เคลื่อนที่ด้วยล้อผ่านการสื่อสารไร้สาย ผลการวิจัย พบว่า การพัฒนาแอปพลิเคชันควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ ผ่านการสื่อสารไร้สาย สามารถใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อได้ ให้เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้ายและเลี้ยว ขวา โดยควบคุมผ่านแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ WIFI เป็นสื่อกลางในการรับส่งข้อมูล

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิซส์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, SD. = 0.25) สอดคล้อง กับ ญัตติฯ พลสมย, กาญจนา ดงสงคราม, และเกียรติภูมิ ภูพานันท์ [8] ได้วิจัยเรื่อง ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบ ปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัว ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชัน ควบคุมการเปิด-ปิด ปลั๊กไฟ ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดง สถานะการทำงานของปลั๊ก 2) ตั้งเวลา เปิดปลั๊กไฟ 3) ตั้ง เวลา ปิดปลั๊กไฟ 4) ส่วนบันทึกข้อมูลการ เปิด-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) ประกอบด้วย NETPIE CLOUD PLATFORM

3. ผลการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ อยู่ในระดับมากที่สุด เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะองค์ประกอบของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน เป็นระบบที่ทำงานร่วมกันระหว่างซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์เพื่อการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ [9] ได้วิจัยเรื่อง ระบบสมองกลฝังตัวตรวจวัดสภาพแวดล้อมสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ พบว่า การออกแบบและพัฒนา ระบบสมองกลฝังตัวตรวจวัดสภาพแวดล้อมสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ โดยออกแบบระบบให้ตรวจวัดปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม 3 ปัจจัย ได้แก่ ความชื้นในดิน อุณหภูมิ และปริมาณแสงสว่าง จากนั้นจะส่งข้อมูลการตรวจวัดผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สายมายังส่วนประมวลผลกลางของระบบ และนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาประมวลผลเพื่อการตัดสินใจ แสดงผล และแจ้งเตือน โดยมีการแสดงผลการตรวจวัดในรูปแบบของกราฟ ข้อความ และการแจ้งเตือนตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ เมื่อทดสอบระบบสมองกลฝังตัว ตรวจวัดสภาพแวดล้อมในแปลงเพาะกล้าไม้เปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน พบว่าอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมสามารถตรวจวัดข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมได้อย่างถูกต้อง โดยมีความผิดพลาดในการวัดค่าอุณหภูมิไม่เกิน 1% ค่าความผิดพลาดในการวัดค่าปริมาณแสงไม่เกิน 4% และวัดค่าระดับความชื้นในดินได้เป็น 3 ระดับ (แห้ง ชื้น และเปียก) โดยระบบสามารถแสดงผลผ่านโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเก็บบันทึกค่าความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินเพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาครั้งต่อไป
2. ควรเพิ่มการแจ้งเตือนสถานการณ์ทำงานของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สายส่งมายังสมาร์ทโฟนเพื่อรายงานค่าความชื้นในดินแบบ Real-Time

เอกสารอ้างอิง

- [1] AL-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communication Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376.
- [2] ยุทธนา ไวประเสริฐ, พงษ์สวัสดิ์ อานาจกิติกร, นราธิป วงษ์ปัน, วีรชัย สว่างทุกข์, ณัฐสินี ตั้งศิริไพบูลย์, และธนวรรกฤต โอฬารธนพร. (2559). การพัฒนาชุดเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุม ด้วยระบบสมองกลฝังตัว. *วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี*, 9(2), 107-120.
- [3] บัณฑิต แก้วภูมิแท้, และธีรพงศ์ สุริโย. (2560). การพัฒนาระบบดูแลการเจริญเติบโตผักอัตโนมัติในแปลงเกษตรกรรม (กรณีศึกษา ผักคะน้า). *มหาสารคาม: โครงการงานสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*.
- [4] นคร สิ้นคา, และอรรถพล วงศ์มาตย์. (2559). แบบจำลองงานจอตกรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี RFID. *มหาสารคาม: โครงการงานสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*.
- [5] สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล. (2560). ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วย X10. *วารสารเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า*, 1(1), 10-14.
- [6] วรภา อารีราษฎร์. (2557). *นวัตกรรมระบบการจัดการกลุ่มสื่ออิเล็กทรอนิกส์เพื่อการเรียนรู้*. (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. กรุงเทพฯ.
- [7] ณัฐชัย กัดโธสง, และณัฐพงศ์ พลสมม. (2560). การควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อผ่านการสื่อสารไร้สาย. *วารสารวิชาการ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 2(1), 1-8.
- [8] ณัฐพงศ์ พลสมม, กาญจนา ดงสงคราม, และเกียรติภูมิ ภูพานันท์. (2562). การพัฒนาระบบปลูกไฟอัจฉริยะควบคุมผ่านพลิเคชันแบบสมองกลฝังตัว. *วารสารโครงการงานวิทยาการคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 5(2), 84-93.
- [9] อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ. (2561). ระบบสมองกลฝังตัวตรวจวัดสภาพแวดล้อมสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ. *แก่นเกษตร*, 46(1 ฉบับพิเศษ), 807-812.