



โปรโตไทป์ระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนสภาพดินในสวนทุเรียน กรณีศึกษา  
ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี

A Prototype of Soil Monitoring and Notification System in Durian  
Farm: A Case Study of Bueng Ka Sam, Nong Suea, Pathum Thani

pongpon นิลพฤษณ์<sup>1,\*</sup> กীরติบุตร กาญจนเสถียร<sup>2</sup> และ บุรีสกร อยู่สุข<sup>3</sup>

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

Corresponding Author E-mail: pongpon\_n@rmutt.ac.th<sup>1</sup>

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article history: Received 18 June 2018 Accept 06 July 2018 Online 15 July 2018</p>	<p>One factor that affects the durian’s growing process in the target area is that the majority of the farmers do not own the system that measures soil moisture and makes an immediate report. The soil is sent to the lab and it generally requires approximately 3 to 4 months to produce the result, which is not the effective way because often the soil moisture changes when the result comes back. Therefore, the soil monitoring and notification system in durian farm to overcome such problems was developed in this research and deal with farmers directly. The methodology consists of investigating the requirements from users, analyzing and designing the system, developing the prototype in software which applied knowledge-based, and hardware parts which are the connected circuits, and sensors which measure soil pH, moisture, temperature and light volume, installing the system, and transferring the technology to the target group. The results show that the prototype system is running normally. It was powered by solar energy allowing it to keep operate off grid. The farmers can adjust the</p>
<p>Keywords: Monitoring and Notification System, Soil, Durian, Smart Farm</p>	

value of soil moisture and pH according to their formula via the application. The server can handle a substantial number of sensors that will increase in the future. The evaluation of the system was marked as “Very Good” from users’ satisfaction. Besides, the cost was reasonably low, and it helps the farmers to reduce their investment. In the future, it is possible to reduce the cost of prototype equipment as well as it can apply to the intelligent farm with other plants.

### บทคัดย่อ

จากผลสำรวจประเด็นที่สำคัญต่อผลผลิตทุเรียนในชุมชนเป็นเป้าหมายพบว่า เกษตรกรส่วนมากไม่มีการตรวจวัดค่าคุณสมบัติในดินที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบผลได้อย่างทันท่วงที จำเป็นต้องส่งตรวจสอบที่ห้องปฏิบัติการและทราบผลในอีก 3-4 เดือนเป็นอย่างน้อย ซึ่งไม่ใช่ทางเลือกที่ดีเพราะดินอาจเปลี่ยนคุณสมบัติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนสภาพดินในสวนทุเรียน และลงพื้นที่กับเกษตรกรรายย่อยเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยได้ศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งาน วิเคราะห์และออกแบบระบบ พัฒนาระบบต้นแบบทั้งในส่วนของซอฟต์แวร์ซึ่งประยุกต์กับฐานความรู้ในระบบ และฮาร์ดแวร์ซึ่งเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ความเป็นกรดต่าง ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณแสงในดิน เป็นต้น รวมถึงการติดตั้งระบบและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย ผลการศึกษาพบว่าการติดตั้งระบบต้นแบบซึ่งทำงานได้ปกติ พลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์สามารถส่งพลังงานให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่องถ้ามีแสงอาทิตย์ส่องถึง เกษตรกรสามารถปรับการแจ้งเตือนความชื้นและค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมตามสูตรเฉพาะได้โดยตรงผ่านแอปพลิเคชันฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ทำงานได้ครบทุกส่วน ระบบสามารถรองรับจำนวนอุปกรณ์ที่มีเพิ่มในอนาคตได้ ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ของแอปพลิเคชันได้คะแนน 4.31/5.00 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก นอกจากนี้เกษตรกรรายย่อยยังเข้าถึงอุปกรณ์ตรวจวัดต้นแบบในราคาที่ยอมรับได้ในอนาคตสามารถลดต้นทุนของอุปกรณ์ต้นแบบ และยังคงยอดเยี่ยมในระบบฟาร์มอัจฉริยะกับพืชชนิดอื่นได้

**คำสำคัญ:** ระบบตรวจวัดและแจ้งเตือน, ดิน, ทุเรียน, ฟาร์มอัจฉริยะ

### บทนำ

ทุเรียน (Durian) ถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งมีแนวโน้มการส่งออกต่างประเทศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการส่งออกไปประเทศจีน [1] และข้อมูลจากสำนักเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2555 – 2559 ความต้องการบริโภคภายในประเทศเพิ่มขึ้นจาก 152,524 ตันในปี 2555 เป็น 160,444 ตันในปี 2559 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.6 ต่อปี อย่างไรก็ตามในปี 2559 การบริโภคภายในประเทศลดลงจาก 213,362 ตันในปี 2558 ร้อยละ 24.80 เนื่องจากผลผลิตลดลงส่งผลให้ทุเรียนมีราคาแพงกว่าปีที่ผ่านมา ขณะที่ตลาดต่างประเทศยังมีความต้องการอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในตลาดจีน [2] ดังนั้นผลผลิตจากทุเรียนถือว่ามีส่วนสำคัญต่อภาพรวมเศรษฐกิจของประเทศไทย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่เพื่อสำรวจและสอบถามข้อมูลจากเกษตรกรและผู้นำชุมชนโดยตรง ณ ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี ซึ่งเป็นชุมชนที่อยู่

บริเวณใกล้เคียงกับหน่วยงานที่ผู้วิจัยสังกัด จึงเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมในการสำรวจ

จากผลการสำรวจพบว่า ประเด็นที่สำคัญต่อผลผลิตทุเรียนในชุมชนที่เป็นเป้าหมาย คือการใช้สารเคมีในระบบการผลิตที่เกินความจำเป็น ส่งผลให้ทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรมจากดินที่เคยอุดมสมบูรณ์กลายเป็นดินกรดหรือดินที่มีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) สูง ค่าความชื้นและแสงในดินไม่สามารถตรวจสอบได้ อีกทั้งค่า NPK (ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม) ที่ไม่สอดคล้องกับสภาพของพืชที่ปลูก ส่งผลให้เกิดรอยคล้ำที่เนื้อทุเรียนทำให้รสชาติขม ท้ายที่สุดแล้วเมื่อผู้ซื้อพบว่าทุเรียนมีรสชาติขมจึงส่งคืนทุเรียนที่ซื้อไป ทำให้รายได้ลดลง และส่งผลต่อภาพลักษณ์ของสวนและเกษตรกรโดยสาเหตุคือ เกษตรกรส่วนมากไม่มีการตรวจวัดค่าความเป็นกรดต่าง ความชื้นในดิน และคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบผลได้อย่างทันทั่วทั้งที่ แต่สภาพดินก็ต้องได้รับการตรวจสอบเสมอเพื่อปรับปรุงดินก่อนลงทุเรียนเพาะปลูก ซึ่งอุปสรรคของเกษตรกรในชุมชนคือต้องอาศัยแรงงานไปจับเก็บตัวอย่างดินตามจุดต่าง ๆ ในแปลงและเดินทางไปส่งที่กรมวิชาการเกษตร ซึ่งหลังจากส่งตัวอย่างดินจะทราบผลในอีก 3-4 เดือนเป็นอย่างน้อย ทำให้เกษตรกรเสียทั้งแรงงานและเวลาเพื่อกระบวนการตรวจสอบหน้าดิน แต่จะละเลยการตรวจสอบก็มีอาจทำได้เพราะคุณภาพของดินมีผลต่อผลผลิตทางการเกษตรโดยตรง จึงทำให้เกษตรกรต้องรอเพื่อทำการปรับสภาพดิน

ถ้ามุ่งประเด็นไปที่สภาพดิน ปัจจัยที่ช่วยทำให้ทุเรียนพร้อมเพื่อการออกดอกและติดผลจะประกอบไปด้วยปัจจัยที่สำคัญคือ NPK ความเป็นกรดต่าง อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มและความยาวนานของแสงแดดในดิน เป็นต้น [3] อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันนี้ยังไม่มีการพัฒนาเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่า NPK ในดินได้โดยตรง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเน้นไปที่การตรวจค่า ความเป็นกรดต่างในดิน

อุณหภูมิในดิน ความชื้นในดิน และความเข้มของแสงในดิน

จากกรณีที่การพัฒนาาระบบฟาร์มอัจฉริยะเป็นประเด็นที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ผู้วิจัยจึงสำรวจถึงรูปแบบและเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาาระบบต้นแบบ ซึ่งมีงานวิจัยที่ได้นำเสนอระบบดึงข้อมูลสภาพแวดล้อมจากฟาร์มข้าวโพด [4] โดยพวกเขาได้พัฒนาตัวทดสอบแบบพกพาได้ซึ่งประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน เซนเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศ และมีระบบท่อน้ำซึ่งใช้เครือข่ายแบบไร้สายในการควบคุมผ่านโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ต ผลลัพธ์ที่ได้คือมีการลดค่าใช้จ่ายระยะยาว ระบบทำงานในการรับส่งข้อมูลถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 96 และข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 98 แต่อย่างไรก็ตามระบบนี้ยังไม่ได้มีการเชื่อมต่อข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต และมีงานวิจัยที่ได้ออกแบบระบบฟาร์มอัจฉริยะในประเทศไทยตามแนวคิดของอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง [5] ซึ่งได้ออกแบบการวัดค่าคุณสมบัติในน้ำและการควบคุมอุปกรณ์ให้ทำงานแบบอัตโนมัติบนสมาร์ตโฟนผ่านเครือข่าย 3G ใดก็ตามระบบฟาร์มอัจฉริยะนี้เน้นไปที่กระบวนการจัดการน้ำในฟาร์ม

ผู้วิจัยสามารถนำแนวคิดในกระบวนการพัฒนาของงานวิจัยชิ้นนี้ มาเป็นแนวทางในการพัฒนาาระบบที่ได้นำเสนอไว้ได้ นอกจากนี้ยังมีการสำรวจโปรโตคอลที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาาระบบตามแนวคิดของอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง [6] [7] โดยมีผลสรุปว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วในการส่งข้อมูลของโปรโตคอล Web Socket นั้นดีกว่าการใช้โปรโตคอล HTTP และ Long polling นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบโปรโตคอล เช่น CoAP, CoAP, MQTT, XMPP, RESTFUL และ AMQP โดยผลของการสำรวจโปรโตคอลที่เหมาะสมสำหรับระบบคือการรวมกันระหว่างโปรโตคอล HTTP, MQTT และ Web Socket ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้รูปแบบนี้ในการออกแบบการส่งข้อมูลของระบบ

จากงานวิจัยที่มีอยู่แล้ว ส่วนมากระบบฟาร์มอัจฉริยะจะเน้นไปที่เกษตรกรรายใหญ่ และมีการขายเป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงมาก อาจไม่เหมาะกับเกษตรกรรายย่อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการพัฒนาระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนสภาพดินในสวนทุเรียนแบบอัตโนมัติ และลงพื้นที่ไปพร้อมกับเกษตรกรรายย่อย เพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงระบบฟาร์มอัจฉริยะขนาดเล็ก ราคาไม่แพงมาก และสามารถทราบค่าสภาพแวดล้อมของดินในแปลงทุเรียนได้อย่างทันท่วงที โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ พัฒนาระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนสภาพดินในสวนทุเรียน กรณีศึกษา ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี

### วิธีดำเนินการวิจัย

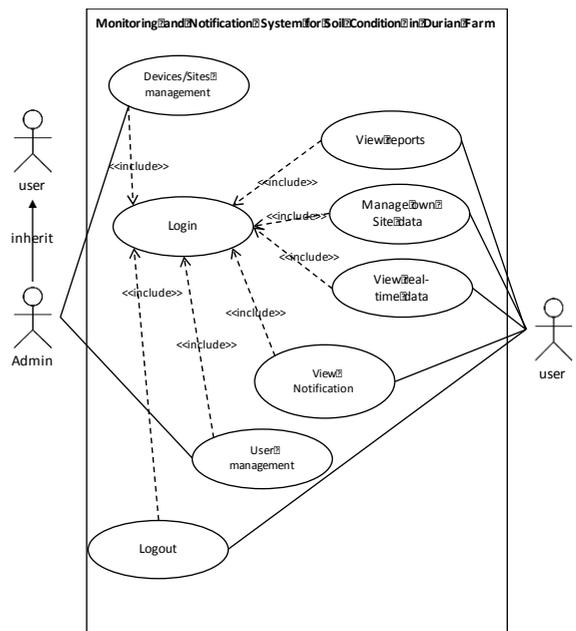
#### ศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งาน

ผู้วิจัยทำการศึกษาปัญหาและความต้องการในการแก้ปัญหาดินในสวนทุเรียนของชุมชน โดยกลุ่มเป้าหมายคือ คุณสุพจน์ ต้นพิชัย อาศัยอยู่บ้านเลขที่ 9/8 หมู่ 7 ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ เป็นเจ้าของสวนทุเรียนหมอนทองที่มีชื่อเสียง เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางและความเป็นไปได้ด้านเทคนิคที่สามารถช่วยแก้ปัญหาหรือความต้องการดังกล่าวได้ จากนั้นทำการร่างคำถามหลักของการวิจัย คือ ทำอย่างไรให้เกษตรกรเป้าหมายสามารถทราบถึงสภาพดินแต่ละจุดในแปลงปลูกทุเรียนได้สะดวกและรวดเร็ว กำหนดแนวคิดและเป้าหมายขอบเขตของโครงการ รวมถึงอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่จำเป็นสำหรับนำมาใช้ในการพัฒนาระบบต้นแบบ

#### วิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบให้สอดคล้องกับมาตรฐานการพัฒนาระบบโดยใช้มาตรฐาน UML [8] เป็นหลักในการออกแบบรูปที่ 1 แสดงแผนภาพยูสเคส (Use Case) ของระบบต้นแบบ โดยแบ่งเป็น 1)

ผู้ใช้งานทั่วไป สามารถ เข้าสู่ระบบ ออกจากระบบ เรียกดูรายงานย้อนหลัง เรียกดูรายงานแบบเวลาจริง จัดการข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้งาน และดูการแจ้งเตือนแบบอัตโนมัติได้ 2) ผู้ดูแลระบบ ทำได้ทุกอย่างเหมือนกับผู้ใช้งานทั่วไป แต่มีหน้าที่เพิ่มเติม คือ การจัดการผู้ใช้งาน และการจัดการอุปกรณ์ที่อยู่ในระบบ แผนภาพยูสเคสของระบบใช้เพื่อบอกหน้าที่ของบทบาทที่เกี่ยวข้อง ซึ่งถูกนำไปใช้ในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบต่อไป หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบฐานข้อมูลระบบ โดยใช้เป็นแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล และทำการสร้างระบบฐานข้อมูลโดยใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL [9] ที่มีความยืดหยุ่นสูง ใช้งานได้ฟรี และเพียงพอต่อการใช้งานตามขอบเขตที่กำหนดไว้



รูปที่ 1 แผนภาพยูสเคสของระบบต้นแบบ

#### พัฒนาฐานความรู้

ฐานความรู้ในระบบเป็นลักษณะแบบใช้กฎเป็นฐาน (rule-based) ประกอบด้วย ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสม และความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม รวมถึงค่าน้ำค่าคำแนะนำให้กับผู้ใช้งานในกรณีนี้

ค่าไม่ได้ตามมาตรฐานที่กฎได้กำหนด โดยผู้วิจัยขอแสดงกฎตัวอย่างตามรหัสเทียม (Pseudocode) ได้ดังต่อไปนี้

```

IF soil.pH < 5.5:
    return "ดินจะอยู่ในช่วงที่เป็นกรด แนะนำเอาปูนโดโลไมท์ ปูนมาร์ล หรือปูนขาว มาปรับปรุงดินเพิ่ม"
IF soil.pH between 5.5-6.5:
    return "ดินอยู่ในช่วงที่เหมาะสมดีเยี่ยมในการปลูกทุเรียน"
IF soil.pH > 6.5:
    return "อยู่ในช่วงที่เป็นด่าง โดยปกติแล้วจะแก้ปัญหายาก แต่สามารถแก้ได้โดย (1) เลือกใช้สารเคมีที่มีความเป็นกรดเพื่อมาหักล้างสภาพด่างของดินให้มีค่าน้อยลงจนถึงระดับปกติ ใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่มีความเป็นกรดสูง เช่น ใช้น้ำหมักในปริมาณที่มากกว่าปกติ (2) ใช้การจัดการด้วยวิธีธรรมชาติบำบัด แนะนำให้หาพืชช่วยบำรุงดิน พืชที่นิยมปลูกในสภาวะดินเป็นกรดได้แก่ พืชตระกูลถั่วทั่วไป และผักสวนครัว ที่ระบบรากไม่ลึกมาก"
  
```

### พัฒนาระบบต้นแบบในส่วนของการซอฟต์แวร์

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบต้นแบบของการตรวจวัดและแจ้งเตือนสภาพดินในสวนทุเรียนในส่วนซอฟต์แวร์ โดยทำการติดตั้งเครื่องมือ Apache Server สำหรับรันสคริปต์ในเครื่องแม่ข่าย (server)

PHP [10] ถูกนำมาใช้เป็นภาษาสคริปต์หลักในการสร้างบริการบนเว็บ เพื่อเชื่อมต่อกับระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ในเครื่องแม่ข่ายเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวเก็บข้อมูลในการทำงานของระบบ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการติดตั้ง Node.js [11] เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการควบคุมการสื่อสารระหว่างเครื่องแม่ข่ายกับอุปกรณ์ต้นแบบจากรูปที่ 2 เป็นสถาปัตยกรรมของระบบต้นแบบประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักดังต่อไปนี้

1) ส่วนของไคลเอนต์ (client) ประกอบไปด้วยโมดูลหลักคือ การแจ้งเตือนข้อมูล การแสดงผลข้อมูล และการระบุตัวตนของผู้ใช้งาน ใช้โปรโตคอล HTTP ในการเชื่อมต่อกับส่วนของเครื่องแม่ข่าย ผู้ใช้งานสามารถใช้งานผ่านไคลเอนต์ได้ในรูปแบบของแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม

Android Studio [12] ซึ่งเป็นเครื่องมือในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพสูง

2) ส่วนของเครื่องแม่ข่าย (server) ประกอบไปด้วย API และไลบรารีสำหรับการเชื่อมต่อในส่วนของไคลเอนต์ และส่วนของอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อรวบรวมและส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่าย นอกจากนี้ยังมีการเชื่อมต่อในส่วนของการจัดการฐานข้อมูล ซึ่งใช้เป็นที่ยึดเก็บข้อมูลทุก ๆ ส่วนของระบบ และรวมถึงฐานความรู้สำหรับดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกทุเรียน

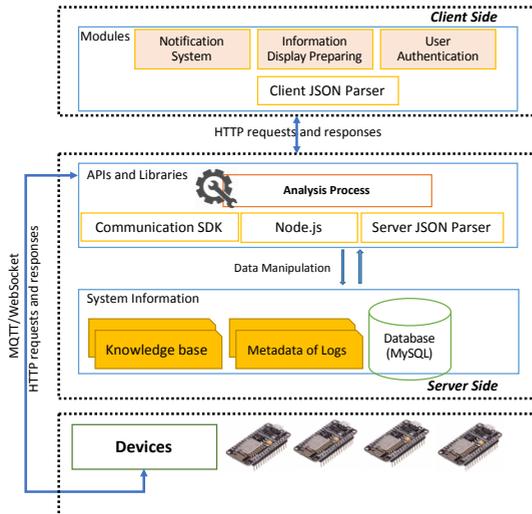
โปรโตคอล WebSocket [7] และ MQTT [13] ถูกประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อเชื่อมต่อข้อมูลแบบเรียลไทม์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และ JSON [14] ถูกนำมาใช้มาตรฐานกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบ เพราะได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบันและมีความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูล

3) ส่วนของอุปกรณ์ต้นแบบ (prototype devices) ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ในภาคฮาร์ดแวร์ ที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้อง ใช้โปรโตคอล HTTP ในการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายรวมถึงโปรโตคอล MQTT ในการเชื่อมต่อข้อมูลแบบเรียลไทม์เช่นเดียวกันกับส่วนของเครื่องแม่ข่าย

สังเกตได้ว่าสถาปัตยกรรมของระบบต้นแบบได้แยกส่วนการทำงานออกเป็น 3 ส่วนอย่างชัดเจน เพื่อการพัฒนาที่ง่ายขึ้น

### พัฒนาระบบต้นแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์ต้นแบบหรือฮาร์ดแวร์ระบบ ได้ถูกออกแบบให้รองรับการทำงานกับชุดเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น เซนเซอร์วัดความเป็นกรดต่างในดิน ความชื้นในดิน ปริมาณแสงในดิน อุณหภูมิในดิน ความชื้นในอากาศ และอุณหภูมิในอากาศ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับงบประมาณของเกษตรกร ตัวอย่างเช่น เกษตรกรอาจต้องการวัดแค่ความชื้นในดินอย่างเดียว ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ เป็นต้น โดยรูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ตรวจวัดต้นแบบ ซึ่งสามารถป้องกันฝนและแมลงได้



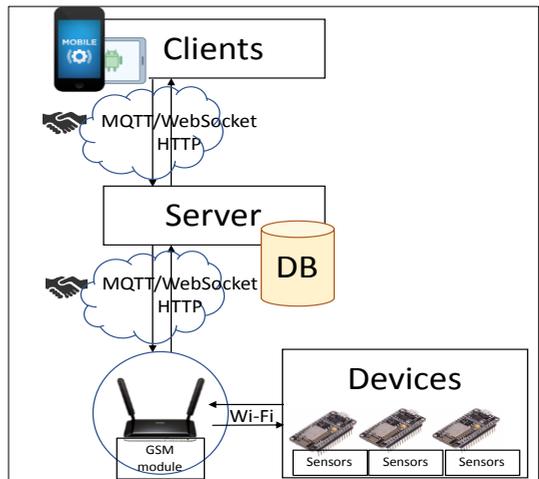
รูปที่ 2 สถาปัตยกรรมของระบบต้นแบบ

แหล่งพลังงานที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ต้นแบบสามารถรองรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้อุปกรณ์แปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าหรือโซลาร์เซลล์ แต่อย่างไรก็ตามถ้าพื้นที่ของเกษตรกรมีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าอยู่แล้ว อุปกรณ์ต้นแบบสามารถรองรับการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านได้ตามปกติผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า

การเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายของอุปกรณ์ต้นแบบเป็นการเชื่อมต่อผ่านระบบ Wi-Fi ซึ่งเป็นแบบไร้สาย ดังนั้นเกษตรกรสามารถเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ต้นแบบได้อย่างอิสระ เพียงให้อุปกรณ์เชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเท่านั้น รูปที่ 4 แสดงการเชื่อมต่อเครือข่ายระหว่างอุปกรณ์ต้นแบบ เครื่องแม่ข่าย และไคลเอนต์สังเกตได้ว่าอุปกรณ์ต้องเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตตามบ้านของเกษตรกรที่ติดตั้งไว้อยู่แล้ว หรือกรณีพื้นที่ติดตั้งไม่มีอุปกรณ์ส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ต ผู้วิจัยเสนอการใช้เราเตอร์แบบ จีเอสเอ็ม (GSM: Global System for Mobile Communication) ซึ่งผู้ใช้งานทั่วไปสามารถใส่ซิมการ์ดและเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ตได้เหมือนโทรศัพท์ทั่วไป ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงใช้เราเตอร์แบบจีเอสเอ็ม เนื่องจากสามารถนำไปติดตั้งในพื้นที่เป้าหมายได้ในบริเวณกว้าง



รูปที่ 3 อุปกรณ์ตรวจวัดต้นแบบ



รูปที่ 4 การเชื่อมต่อเครือข่ายระหว่างอุปกรณ์ต้นแบบ เครื่องแม่ข่าย และไคลเอนต์

**ติดตั้งระบบและถ่ายทอดเทคโนโลยี**

ผู้วิจัยได้นำชุดตรวจวัดต้นแบบไปติดตั้งบนพื้นที่จริงทั้งหมด 10 ชุด (สำรวจ 10 ชุด) ตามพื้นที่แปลงเป้าหมาย โดยได้ทำการปรึกษากับเกษตรกรในการกำหนดจุดที่ทำการติดตั้ง พร้อมทั้งฝึกอบรมวิธีการใช้งานเบื้องต้นให้กับเกษตรกรรายย่อย และทำการประเมินผลการใช้งานระบบดังรูปที่ 5 โดยแบ่งเป็นการประเมินระดับความพึงพอใจของเกษตรกรโดยตรง รวมถึงทดสอบค่าความถูกต้องและแม่นยำกับเซนเซอร์แบบพกพาแบบมาตรฐานที่มีขายตามท้องตลาด



รูปที่ 5 กิจกรรมการติดตั้งระบบและถ่ายทอดเทคโนโลยี

ต่อเนื่อง ถ้ามีแสงอาทิตย์ส่องถึงแผงโซลาร์เซลล์สามารถทำงานได้ต่อเนื่องจนกว่าแผงโซลาร์เซลล์จะหมดอายุขัยอย่างน้อย 3-5 ปี โดยการติดตั้งจะต้องทำการสำรวจหน้างานเป็นกรณีไป เพื่อให้แผงโซลาร์เซลล์สามารถรับพลังงานได้สูงสุด เช่น ถ้าหากมีการบดบังความเข้มของแสงอาทิตย์ตัวแผงโซลาร์เซลล์ควรติดตั้งให้สูงจากพื้นดิน และใช้สายไฟสำหรับการเชื่อมต่อกับชุดอุปกรณ์ตรวจวัด

**ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำและความชื้นในดิน**

เนื่องจากระดับความชื้นในดินของแต่ละสวนนั้นมีสูตรสำเร็จซึ่งมีความแตกต่างกัน เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่เปิดเผยระดับความชื้นที่แน่นอน ประกอบกับคุณภาพของเซนเซอร์ที่ใช้นั้นมีราคาไม่สูง จึงทำให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อน

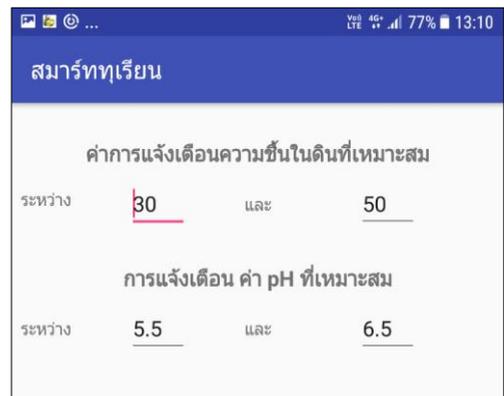
**ผลการศึกษา**

**ผลการติดตั้งระบบต้นแบบ**

การติดตั้งชุดเซนเซอร์ตรวจวัดในดิน ประกอบไปด้วยเซนเซอร์ความเป็นกรดต่าง เซนเซอร์วัดความชื้น และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและแสงในดิน ติดตั้งกระจายไปยังจุดที่ต้องการ ซึ่งผลการทดสอบถือว่าระบบทำงานได้ดี สามารถส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายได้อย่างต่อเนื่อง การติดตั้งจำเป็นต้องติดตั้งให้ลึกไปในระดับอย่างน้อย 15 เซนติเมตรจากผิวดิน ซึ่งเป็นคำแนะนำจากนักวิชาการด้านการเกษตรและจากเกษตรกรโดยตรง และบริเวณที่ทำกรติดตั้งควรจะติดตั้งไว้ในบริเวณใต้ต้นทุเรียน โดยจากข้อมูลงานวิจัยนั้นไม่จำเป็นต้องติดตั้งให้ครอบคลุมทั้งหมด แต่สามารถเลือกบริเวณตัวอย่างได้ อย่างไรก็ตามถ้าต้องการความแม่นยำก็สามารถทำได้โดยต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดเพิ่มมากขึ้น

**ผลการทดสอบการใช้พลังงานของอุปกรณ์ตรวจวัดต้นแบบ**

การทดสอบการใช้พลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ระบบสามารถให้พลังงานกับชุดอุปกรณ์ตรวจวัดได้



รูปที่ 6 หน้าจอการปรับการแจ้งเตือนค่าความชื้นในดินและค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเพิ่มทางเลือกให้เกษตรกร โดยผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนแปลงค่าการแจ้งเตือนระดับความชื้นในดินได้ด้วยตนเองตั้ง

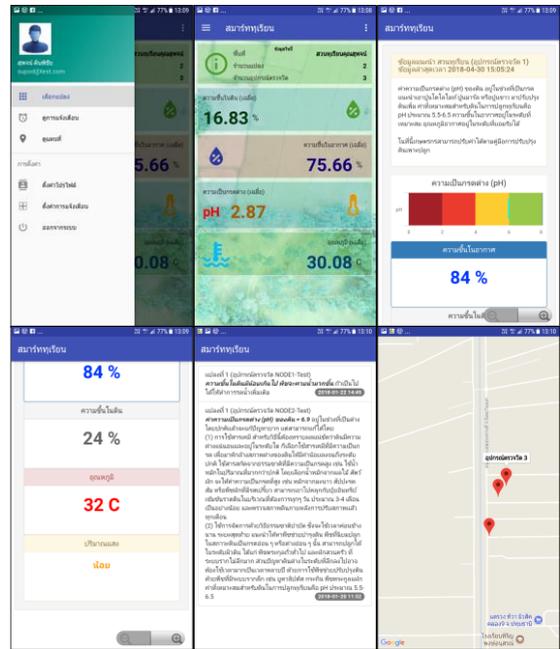
รูปที่ 6 เช่น ถ้าค่าสูงเกินกว่า 50% ให้แจ้งเตือนหรือค่าต่ำกว่า 30% ให้แจ้งเตือน เป็นต้น โดยค่าความเป็นกรดต่างก็สามารถปรับได้ ซึ่งเกษตรกรสามารถเก็บสูตรสำเร็จของตนเองเป็นความลับได้

**ผลการวิเคราะห์การใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจวัด**

เนื่องจากการส่งข้อมูลจากตัวอุปกรณ์ตรวจวัดเข้าสู่เครื่องแม่ข่าย จำเป็นต้องใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูล ในที่นี้ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณผลที่ได้ โดยอ้างอิงจากข้อมูล logs โดยการส่งข้อมูล 1 ครั้งจากชุดอุปกรณ์ตรวจวัดจะสูญเสียเนื้อที่ไป 2.46 KB ดังนั้นการใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจวัดเป็นไปตาม Error! Reference source not found. สังเกตว่า ข้อมูลสภาพแวดล้อมของดิน ถ้าต้องการความถี่ในการส่งทุก ๆ 30 นาที จำนวน 100 ชุดจะกินเนื้อที่ในการจัดเก็บประมาณ 4.3 GB ซึ่งโดยทั่วไปความถี่ในการส่งข้อมูลไม่ควรจะถี่มาก ควรจะอยู่ในระดับที่ผู้ใช้งานรับได้ เช่น 1-2 ชั่วโมง เป็นต้น และการจัดเก็บข้อมูลย้อนหลังสามารถทำการล้างข้อมูลในการจัดเก็บได้ถ้าไม่ต้องการ

ซึ่งแนวทางในการจัดเก็บข้อมูลที่ไม่ทำให้สูญเสียพื้นที่นั้น กระทำได้โดยถ้าข้อมูลที่ส่งเข้ามาในระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระดับที่มากพอ เช่น หากค่าความชื้นล่าสุดคือ 50% และค่าใหม่ที่ส่งเข้ามาเป็น 52% ซึ่ง +/- ไม่เกิน 2 ค่า ให้ทำการปรับปรุุงค่าล่าสุดเป็นค่าใหม่และทำการใส่เวลาเพิ่มเติม ถ้าใช้กระบวนการนี้จะทำให้ลด

ภาระของเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลนั้นไปได้มากพอสมควร โดยสรุปแล้วถือว่าใช้เนื้อที่ไม่มากจนเกินไปสามารถรองรับการทำงานจำนวนอุปกรณ์ในอนาคตได้ไม่น้อยกว่า 5,000 ชุด ถ้ามีเนื้อที่จัดเก็บในเครื่องแม่ข่ายไม่น้อยกว่า 20 GB



**รูปที่ 7** ตัวอย่างหน้าจอติดต่อผู้ใช้งานในส่วนของแอปพลิเคชัน

**ตารางที่ 1** การใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจวัดต้นแบบ

จำนวนอุปกรณ์	อัตราการกินเนื้อที่ในระบบ	จำนวนเวลาที่ใช้	ความถี่ในการส่งข้อมูล
1 ชุด	2.46 KB	-	1 ครั้ง
1 ชุด	236.16 KB	1 วัน	15 นาที / 1 ครั้ง
1 ชุด	86.19 MB	1 ปี	15 นาที / 1 ครั้ง
1 ชุด	43.09 MB	1 ปี	30 นาที / 1 ครั้ง
100 ชุด	น้อยกว่า 4.3 GB	1 ปี	30 นาที / 1 ครั้ง และถ้าข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระดับที่มากพอให้ทำการปรับปรุุงค่าล่าสุดแทนการเพิ่มข้อมูลในระบบ

ตัวอย่างหน้าจอติดต่อผู้ใช้งานในส่วนของแอปพลิเคชันเกษตรกรสามารถใช้งานผ่านคลเอนต์ได้ใน

รูปแบบของแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันทำงานได้ครบทุก

ส่วน ประกอบด้วย 1) การระบุตัวตนเข้าสู่ระบบ 2) การดูภาพรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัด 3) การเลือกแปลงเพื่อดูพื้นที่เฉพาะ 4) การแจ้งเตือนข้อมูล 5) การดูข้อมูลแบบแผนที่ 6) การตั้งค่าโปรไฟล์ 7) การตั้งค่าการแจ้งเตือน และ 8) การออกจากระบบ ดังรูปที่ 7

### ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

จากการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานและผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ ผู้วิจัยได้กำหนดหลักเกณฑ์การแปลความหมายของค่าคะแนนเฉลี่ยเป็นระดับการปฏิบัติตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หลักเกณฑ์การแปลความหมายของค่าคะแนนเฉลี่ยเป็นระดับการปฏิบัติ

ช่วงของค่าเฉลี่ย	การแปลความหมาย
4.50 – 5.00	มากที่สุด
3.50 – 4.49	มาก
2.50 – 3.49	ปานกลาง
1.50 – 2.49	น้อย
0.00 – 1.49	น้อยที่สุด

โดยบรรทัดฐานในการประเมินแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อหลัก ได้แก่ 1) ด้านการใช้งานแอปพลิเคชัน 2) ด้านชุดอุปกรณ์ตรวจวัดต้นแบบ และ 3) ด้านประโยชน์ในการนำไปใช้โดยผลประเมินดูได้จากตารางที่ 3

จากผลการประเมินดังกล่าวสรุปได้ว่าในแง่การนำระบบไปใช้ประโยชน์นั้นได้ระดับความพึงพอใจในระดับที่มากที่สุด เนื่องจากตัวระบบเองมีส่วนช่วยกระตุ้นให้เกษตรกรใส่ใจต่อรายละเอียดมากยิ่งขึ้น ประกอบกับการที่เกษตรกรยังไม่เคยนำระบบสารสนเทศมาใช้ อย่างไรก็ตามประเด็นที่ได้น้อยสุดคือ ความง่ายในการตั้งค่าการ

เชื่อมต่อของชุดอุปกรณ์ตรวจวัดต้นแบบ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมาติดตั้งให้ เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงระบบอินเทอร์เน็ต

ผลการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำสำหรับการตรวจวัด ผู้วิจัยทดสอบค่าความถูกต้องและแม่นยำกับเซนเซอร์แบบพกพาแบบมาตรฐานที่มีขายตามท้องตลาด โดยทำการเปรียบเทียบค่าจากระบบต้นแบบและค่าที่ได้จากเซนเซอร์แบบพกพาจำนวน 100 ข้อมูล ซึ่งค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 4.25 % ถึงถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ต่อเกษตรกร

### ผลการสรุปค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ตรวจวัดต้นแบบสำหรับเกษตรกร

จากกลุ่มเป้าหมายของผู้วิจัยคือเกษตรกรรายย่อย ดังนั้นการนำระบบต้นแบบไปใช้งานจริง จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่าย ซึ่งสรุปได้ตาม

ตารางที่ 4 โดยระบบพื้นฐานและชุดเซนเซอร์รวมกันนั้นมีราคาไม่เกิน 1,800 บาท ถ้าเกษตรกรมีตัวส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตและแหล่งพลังงานในพื้นที่ตนเองอยู่แล้ว ถือว่าเป็นราคาที่เกษตรกรรับได้ นอกจากนี้ยังสามารถเลือกชุดเซนเซอร์ที่จำเป็นเฉพาะได้ เช่น ต้องการแค่เซนเซอร์วัดความชื้นอย่างเดียว ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายได้อีก อย่างไรก็ตามผู้วิจัยเล็งเห็นว่าสามารถลดต้นทุนของอุปกรณ์ในระบบต้นแบบได้ในอนาคต โดยการพัฒนาวงจรเฉพาะและตัดฟังก์ชันที่ไม่ได้ใช้งานออกไป จะทำให้ต้นทุนในการผลิตมวลรวมนั้นมีราคาที่ถูกลง เพราะในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขายตามท้องตลาดและได้รับความนิยม บางฟังก์ชันที่ถูกผนวกเข้ากับชุดอุปกรณ์จึงไม่ได้ถูกใช้งาน แต่ถึงกระนั้นการพัฒนาวงจรเฉพาะขึ้นมา จำเป็นต้องใช้เวลาในการวิจัยและทดสอบ รวมถึงควบคุมการผลิตให้ผ่านมาตรฐานศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจ

	N = 5		
	$\bar{X}$	SD.	ความพึงพอใจ
<b>1 ด้านการใช้แอปพลิเคชัน</b>			
ความเหมาะสมของหน้าจอการทำงาน	3.80	0.45	มาก
ความเหมาะสมในการแบ่งเมนูของแอปพลิเคชัน	4.40	0.55	มาก
การแสดงข้อมูลมีมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด	4.80	0.45	มากที่สุด
ความง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน	4.60	0.55	มากที่สุด
ความเหมาะสมของปริมาณข้อมูลที่นำเสนอในแต่ละหน้าจอ	4.00	0.71	มาก
แอปพลิเคชันช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานมากขึ้น	4.80	0.45	มากที่สุด
ความเหมาะสมของแอปพลิเคชันในภาพรวม	4.80	0.45	มากที่สุด
ความรวดเร็วในการเชื่อมโยงเมนูภายในแอปพลิเคชัน	3.40	0.55	ปานกลาง
<b>2 ด้านชุดอุปกรณ์ตรวจวัดต้นแบบ</b>			
ความง่ายในการติดตั้ง	3.40	0.55	มาก
ความง่ายในการตั้งค่าการเชื่อมต่อ	3.20	0.45	ปานกลาง
<b>3 ด้านประโยชน์ในการนำไปใช้</b>			
นำข้อมูลที่ได้รับไปปรับใช้กับการทำการเกษตร	5.00	0.00	มากที่สุด
การนำระบบมาใช้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการทำ			
เกษตรในเรื่องของการวางแผนได้เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ			
วิธีแบบดั้งเดิม	5.00	0.00	มากที่สุด
สามารถลดแรงงานในการไปดูพื้นที่สำหรับการทำการเกษตร	4.80	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.31	0.43	มาก

ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ตรวจวัดต้นแบบสำหรับเกษตรกร

รายการ	ประมาณราคา (บาท)	หมายเหตุ
ระบบพื้นฐาน(ไม่รวมอุปกรณ์ WiFi)	1,000	พื้นฐานปกติได้ 1
ชุดเซ็นเซอร์วัดความเป็นกรดต่าง ความชื้น อุณหภูมิ และ ปริมาณแสงในดิน	800	
ระบบพื้นฐานพร้อมเราเตอร์ WiFi แบบจีเอสเอ็มใส่ซิมการ์ด (อุปกรณ์เสริม)	4,000	รองรับรัศมีประมาณ 30 เมตร
ระบบพลังงานแผงโซลาร์เซลล์ขนาดเล็ก (อุปกรณ์เสริม)	1,000	1ชุด ต่อ 1 ระบบพื้นฐาน

## สรุปผล

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนสภาพดินในสวนทุเรียน กรณีศึกษา ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี เพื่อให้เกษตรกรรายย่อยได้นำระบบต้นแบบไปติดตั้งและใช้งานในสวนทุเรียนของตนเอง โดยกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยครั้งนี้อยู่ในพื้นที่สวนทุเรียนของคุณสุพจน์ ต้นพิชัย โดยมีวิธีการดำเนินงานวิจัยคือ ศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งาน วิเคราะห์และออกแบบระบบ พัฒนาระบบต้นแบบทั้งในส่วนของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ รวมถึงการติดตั้งระบบและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย

ผลการศึกษาพบว่า การติดตั้งระบบต้นแบบซึ่งทำงานได้ปกติ พลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์สามารถส่งพลังงานให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่องถ้ามีแสงอาทิตย์ส่องถึง เกษตรกรสามารถปรับการแจ้งเตือนความชื้นและค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมได้โดยตรงผ่านแอปพลิเคชัน เนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจวัด สามารถรองรับจำนวนอุปกรณ์ในอนาคตได้ไม่น้อยกว่า 5,000 ชุด ถ้ามีเนื้อที่จัดเก็บในเครื่องแม่ข่ายไม่น้อยกว่า 20 GB แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ประกอบด้วยฟังก์ชัน 1) การระบุตัวตนเข้าสู่ระบบ 2) การดูภาพรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัด 3) การเลือกแปลงเพื่อดูพื้นที่เฉพาะ 4) การแจ้งเตือนข้อมูล 5) การดูข้อมูลแบบแผนที่ 6) การตั้งค่าโปรไฟล์ 7) การตั้งค่าการแจ้งเตือน และ 8) การออกจากระบบ ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งานได้คะแนน 4.31/5.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความพึงพอใจในระดับดีมาก นอกจากนี้เกษตรกรรายย่อยยังเข้าถึงอุปกรณ์ตรวจวัดต้นแบบ (ระบบพื้นฐานพร้อมชุดเซนเซอร์) ในราคาไม่เกิน 1,800 บาท ซึ่งเป็นราคาที่ยอมรับได้ และผลการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำสำหรับการตรวจวัดมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 4.25 %

ข้อจำกัดของระบบคือ ระบบสนับสนุนเพียงแค่แอปพลิเคชันในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และอุปกรณ์

ต้นแบบซึ่งไม่มีโมดูล 3G ในตัว จึงจำเป็นต้องการตัวเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เช่น Wi-Fi router ในการปล่อยสัญญาณอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

ในอนาคตผู้วิจัยเล็งเห็นว่าสามารถลดต้นทุนของอุปกรณ์ต้นแบบได้ โดยการพัฒนางจรเฉพาะและตัดฟังก์ชันที่ไม่ได้ใช้งานออกไป และสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันให้อยู่ในรูปแบบเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันในระบบปฏิบัติการอื่น นอกจากนี้ยังสามารถต่อยอดในระบบฟาร์มอัจฉริยะกับพืชชนิดอื่นได้ โดยต้องเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ให้ได้อย่างน้อย 1 ปี เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือ ในการวัดค่าความถูกต้อง และค่าความแม่นยำ

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ทุนสนับสนุนในโครงการระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนสภาพดินในสวนทุเรียนแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษา ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี เลขที่สัญญา ABCRMUTT60A04

## เอกสารอ้างอิง

- [1] วรณศิริ วรณวงศ์ .(2552). ผลกระทบของข้อตกลงเขตการค้าเสรีไทย-จีน ต่อปริมาณการส่งออกทุเรียนของไทยไปจีน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
- [2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2560. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- [3] หน่วยถ่ายทอดเทคโนโลยีศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี. (2551). **เทคโนโลยีการผลิตทุเรียนให้มีคุณภาพศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี**. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.
- [4] Kaewmard, N. and S. Saiyod. “Sensor data collection and irrigation control on vegetable crop using smart phone and wireless sensor networks for smart farm”. **IEEE Conference on Wireless Sensors**, Subang, Malaysia, 2014.
- [5] Phanthuna, N. and T. Lumnum. (2017). Design and Application for a Smart Farm in Thailand Based on IoT. **Applied Mechanics and Materials**, 866 (1), 433-438.
- [6] Karagiannis, V., P. Chatzimisios, F. Vazquez-Gallego and J. Alonso-Zarate. (2015). A Survey on Application Layer Protocols for the Internet of Things. **Transaction on IoT and Cloud Computing**, 137(7), 1-10
- [7] Witthayawiroj, N. and P. Nilaphruek. (2017). The Development of Smart Home System for Controlling and Monitoring Energy Consumption using WebSocket Protocol. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. 185(1), 1-6.
- [8] Dennis, A., W. H. Barbara and D. Tegarden. (2015). **Systems analysis and design: An object-oriented approach with UML**. 5th ed. John Wiley and Sons.
- [9] Baron, S., P. Zaitsev and V. Tkachenko. (2012). **High performance MySQL: optimization, backups, and replication**. . O'Reilly Media, Inc.
- [10] Kevin, Y. (2004). **Build your own database driven website using PHP & MySQL**. 4th ed. Austal, SitePoint Pty Ltd,.
- [11] T. Stefan and S. Vinoski. (2010). Node.js: Using JavaScript to build high-performance network programs. **IEEE Internet Computing**, 14 (6), 80-83.
- [12] DiMarzio and F. Jerome. 2016. **Beginning Android Programming with Android Studio**. 4th ed. John Wiley & Sons.
- [13] Singh, A. and Sonal. “An improvement over Kalman filter for GPS tracking”. Present at 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom). New Delhi, India, 2016.
- [14] Bruno, G. and P. Trezentos. “Impacts of data interchange formats on energy consumption and performance in smartphones”. Proceedings of the 2011 workshop on open source and design of communication, Thailand, 2011.