รหัสโครงการ SUT 7-709-59-12-19

รายงานการวิจัย

ระบบรายงานสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบแอนดรอยด์ต้นทุนต่ำ

(Environment Reporting System in Agriculture Farm Using Low-cost Android-based Wireless Sensor Network)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT 7-709-59-12-19

รายงานการวิจัย

ระบบรายงานสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบแอนดรอยด์ต้นทุนต่ำ (Environment Reporting System in Agriculture Farm Using Low-cost Android-based Wireless Sensor Network)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร. ประโยชน์ คำสวัสดิ์

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มีนาคม 2561

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2559

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิศวกรรมศาสตร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพร มิชิโกวา อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และสถาบันวิจัยพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้ความสะดวกในด้านข้อมูล งานเอกสารแบบฟอร์มต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการดำเนินโครงการวิจัย จนทำให้งานเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ดำเนินไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณเกริกฤทธิ์ ศรีเคน คุณธนสาร ศรีโคตร และคุณธีระภัทร เจริญปรุ นักศึกษาปริญญาโท สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ช่วยงานวิจัยในด้านต่าง ๆจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

ประโยชน์ คำสวัสดิ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและการพัฒนาระบบรายงานสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบแอนดรอยด์ต้นทุนต่ำ เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ออกแบบขึ้นใช้แท็ปเล็ตแอนด์ดรอยด์ที่มีตัวประมวลผลสมรรถนะสูง Quad Core ทำงานที่ความเร็ว 1.6 GHz และใช้ระบบสมองกลฝังตัวบนบอร์ดโยโยในการควบคุมระบบและทำหน้าที่ในการอ่านค่าจากเซนเซอร์ที่ติดตั้งในบริเวณแปลงเพาะปลูกเช่น ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิและค่าความชื้นในดิน จากนั้นจะส่งค่าการตรวจวัดผ่านเครือข่ายสื่อสารแบบไร้สายไปยังระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆเพื่อการรายงานสภาวะแวดล้อม การเฝ้าระวังและการให้น้ำในระบบน้ำหยด ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบทั้งในห้องปฏิบัติการและทดสอบการใช้งานจริงในแปลงทดลองการปลูกอ้อยระบบน้ำหยดของฟาร์มมหาวิทยาลัย ผลจากทดสอบการใช้งานในเบื้องต้นพบว่า ระบบดังกล่าวสามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพและตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ABSTRACT

This research project presents design and development of the environment reporting system in agriculture farm using low-cost Android-based wireless sensor network. The proposed wireless sensor network mainly used the high performance 1.6 GHz Quad Core Android tablet and IOIO embedded system for control various sensor modules. Different types of sensors, which are significant for growing of plant, were installed at the sensor node in the farm of sugar cane including: relative humidity, temperature, and soil moisture sensors. These sensors sense the climate variables and wirelessly transmit the data to the cloud computing system for environment monitoring system and drip irrigation system. The effectiveness of the environment monitoring system and drip irrigation system has been verified through experiments both in laboratory and sugar cane field. The experimental results show that the system is stable and reliable and can fully meet the design goals and criteria.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตในการดำเนินงาน 3
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง 4
1.5 ระยะเวลาทำการวิจัย 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.7 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 บทนำ 5
2.2 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless sensor network) 5
2.3 ระบบปฏิบัติการแอนด์ดรอยด์ (Android operating system) 6
2.4 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.5 สรุป 11
บทที่ 3 การออกแบบระบบ 11
3.1 บทนำ 12
3.2 การออกแบบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย 11
3.2.1 องค์ประกอบสำคัญในระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย 11

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แอนดรอยด์กับบอร์ดโยโย 14
3.2.3 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซนเซอร์วัดความเข้มแสง 15
3.2.4 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 16
3.2.5 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน 17
3.2.6 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับรีเลย์ 20
3.3 การออกแบบแอพพลิเคชันในระบบปฏิบัติการแอนด์ดรอยด์ 21
3.3.1 การออกแบบกราฟิกอินเตอร์เฟสของแอพพลิเคชัน 21
3.4 การจัดเก็บข้อมูลบนระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ 23
3.5 สรุป 24
บทที่ 4 ผลการวิจัย 25
4.1 บทนำ 25
4.2 ผลการปรับเทียบเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย 25
4.3 ผลการปรับเทียบเซ็นเซอร์วัดค่าความชื้นในดินสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย 27
4.4 การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่แปลงเกษตรกรรม 29
4.5 ผลการทดสอบการใช้งานแอพพลิเคชั่น 31
4.5.1 การทำงานของแอพพลิเคชั่น Android-Based Wireless Sensor Networks 33
4.5.2 ผลการรายงานค่าการตรวจวัดด้วยเครือข่ายประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ 43
4.6 สรุป 58
บทที่ 5 สรุป 59
5.1 สรุปผลการวิจัย 59
5.2 ข้อเสนอแนะ แนวทางในการวิจัยและพัฒนาต่อไปในอนาคต 60
เอกสารอ้างอิง 61
ภาคผนวก 63
ประวัตินักวิจัย 65

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและการประยุกต์ใช้งาน 8
3.1 การกำหนดค่าคงที่ในการตรวจวัดสำหรับเซ็นเซอร์ DHT22 16

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์ 2
1.2 การประยุกต์ใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบแอนดรอยด์ในด้านต่าง ๆ 3
2.1 เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์ 5
2.2 การสร้างโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ในด้านต่าง ๆสำหรับอุปกรณ์แอนดรอยด์ 7
3.1 องค์ประกอบสำคัญในระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย 13
3.2 วงจรเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง 14
3.3 (ก) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับความเข้มแสง (ข) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง 15
3.4 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง 16
3.5 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง 17
3.6 แผนภาพการเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์ DHT21 18
3.7 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์ DHT21 19
3.8 เซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่ใช้งานจริง 19
3.9 แผนภาพการเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน 19
3.10 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน 22
3.11 แผนภาพการเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับรีเลย์ 23
3.12 การแสดงผลและการอินเตอร์เฟสของแอพพลิเคชั่น 24
3.13 แผนภาพการเชื่อมต่อกับระบบการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ 25
4.1 การเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าความเข้มแสงในหน่วยของลักซ์ (LUX) 26
4.2 การปรับเทียบเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน 289
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า (Volt) กับค่าความชื้นในดิน (%) 289
4.4 การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่แปลงทดลองการปลูกอ้อยระบบน้ำหยด 31
4.5 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 31
4.6 แท็ปเล็ตระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และใช้เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G 30
4.7 (ก) ระบบโซลาร์เซลล์สำหรับปั๊มน้ำ (ข) ปั๊มน้ำที่ใช้ในการทดสอบ 32
4.8 การติดตั้งชุดควบคุมระบบปั๊มน้ำ 32
4.9 (ก) ชุดควบคุมปั๊มน้ำผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (ข) ชุดควบคุมระบบปั๊มน้ำที่ใช้ไฟฟ้า 3 เฟส 33
4.10 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 34
4.11 เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าความชื้นในดิน 34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.12 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง 33
4.13 การติดตั้งแผงโซลาเซลล์ 34
4.14 การติดตั้งอุปกรณ์ในกล่องกันน้ำ 35
4.15 (ก) โซลินอยด์วาวล์ (ข) แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 24 V AC สำหรับโซลินอยด์วาวล์ 36
4.16 การแจ้งเตือนบนแอพพลิเคชันเมื่อมีการเชื่อมต่อกับบอร์ดโยโยได้สำเร็จ 36
4.17 กราฟความเข้มแสง 37
4.18 กราฟอุณหภูมิในอากาศ 38
4.19 กราฟความชื้นในอากาศ 40
4.20 กราฟความชื้นในดิน 41
4.21 ตำแหน่งปุ่มเปิด-ปิด ปั้มน้ำ 40
4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง 40
4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ 41
4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ 40
4.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน 41
4.26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง 40
4.27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ 41
4.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ 40
4.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน 41
4.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง 40
4.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ 41
4.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ 40
4.33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน 41
4.34 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง 50
4.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ 50
4.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ 51
4.37 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน 51
4.38 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง 52
4.39 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ 52
4.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ 53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน 53
4.42 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง 54
4.43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ 54
4.44 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ 55
4.45 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน 55
4.46 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง 56
4.47 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ 56
4.48 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ 57
4.49 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน 57

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

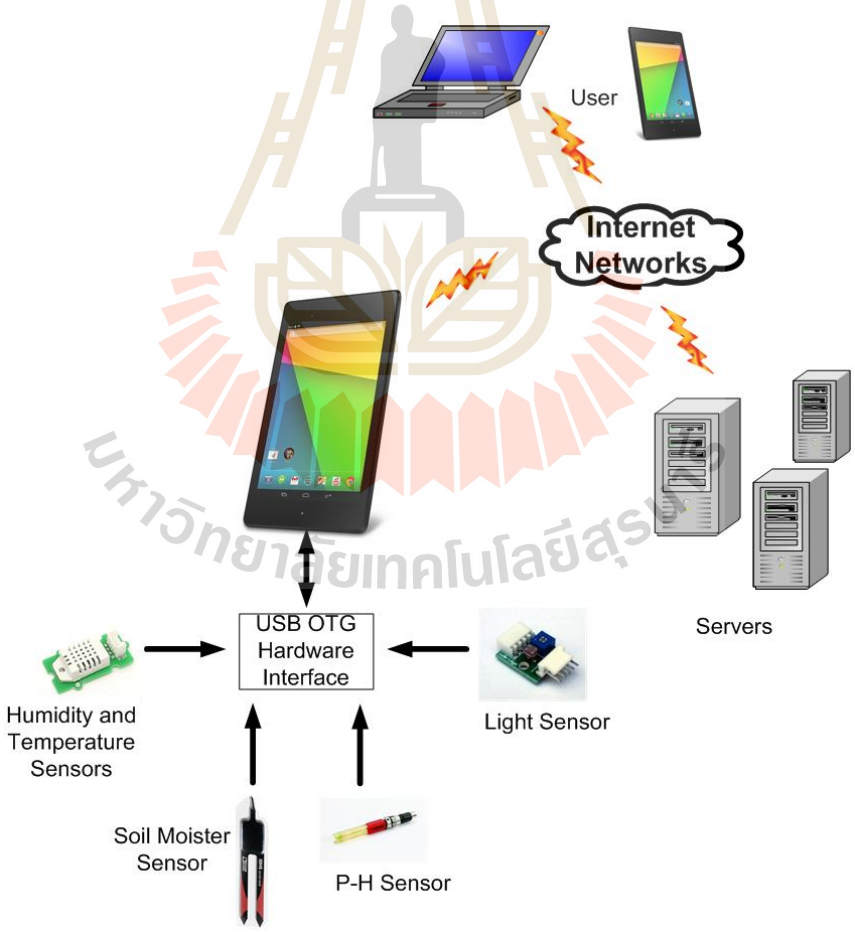
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

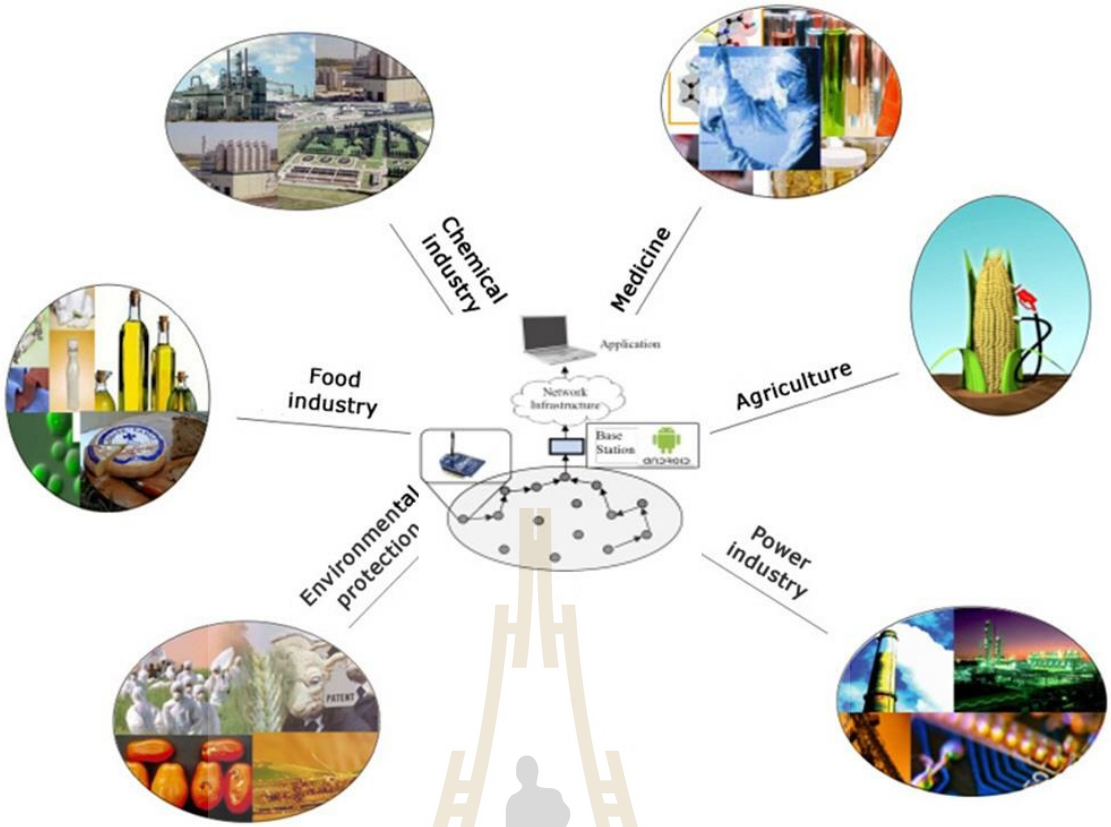
ปัจจุบัน สินค้าเกษตรในตลาดโลกมีการแข่งขันมากขึ้น ทำให้ประเทศไทยต้องยกระดับประสิทธิภาพการผลิตเพื่อให้สามารถแข่งขันกับภายนอกได้ ซึ่งแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งคือการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการบริหารจัดการฟาร์มเกษตรกรรม ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่นับวันจะก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น เช่น เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคมและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกในการเฝ้าระวัง การติดตาม การบริหารและการจัดการฟาร์มเกษตรกรรมในรูปแบบที่เรียกว่า ระบบฟาร์มอัจฉริยะ (Smart farm system) เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงและใช้งานเทคโนโลยีในการบริหารจัดการฟาร์มเกษตรกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบฟาร์มอัจฉริยะซึ่งได้รับการขนานนามว่าเป็นเกษตรกรรมความแม่นยำสูง (Precision agriculture) [1] โดยเป็นระบบที่หลอมรวมเอาเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ การสื่อสารและโทรคมนาคมมาผสมผสานให้เกิดการประยุกต์ใช้งาน เช่น เทคโนโลยีการระบุตัวตนด้วยความถี่คลื่นวิทยุ (RFID) เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย (Wireless communication) เทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer network) เทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligent) และเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ (Sensor technology) เครือข่ายเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในฟาร์มเกษตรโดยทั่วไปจะเป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless sensor network) โดยมีการเชื่อมต่อหลาย ๆโหนดเข้าด้วยกันให้เป็นเครือข่าย (network) ตามโครงสร้างของเครือข่าย (Topology network) ที่ได้กำหนดขึ้น ซึ่งองค์ประกอบหลักของโหนดเซ็นเซอร์ไร้สายคือ ตัวเซ็นเซอร์ (Sensors) อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย โมโครคอนโทรลเลอร์และแบตตารี่ขนาดเล็ก โดยข้อมูลต่าง ๆที่ตรวจวัดได้จากโหนดเซ็นเซอร์ต่าง ๆ จะถูกรวบรวมโดยสถานีฐาน (Base station หรือ Sink node) จากนั้นสถานีฐานจะทำการส่งข้อมูลมายังศูนย์กลางการควบคุม (Control center) โดยผ่านเครือข่ายสื่อสารไร้สายระยะใกล้ เช่น เครือข่ายไร้สาย ZigBee หรือ WiFi เป็นต้น

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับบันทึกข้อมูลในการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์ (Android devices) เป็นตัวอุปกรณ์หลักในการเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์และสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย และได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ (Android applications) ที่สามารถตรวจสอบค่าการตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ระบบดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารและการจัดการฟาร์มเกษตรกรรมในรูปแบบของระบบฟาร์มอัจฉริยะ เครือข่ายเซ็นเซอร์ที่พัฒนาขึ้นจะสามารถส่งข้อมูลจากโหนดเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่การเกษตรที่แตกต่างกันเข้าสู่ศูนย์กลางการควบคุมผ่านเครือข่ายสื่อสารไร้สายโดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ (Solar cell) นอกจากนี้ยังจะสามารถรายงานตำแหน่งหรือพิกัดของการติดตั้งเซ็นเซอร์โดยใช้อุปกรณ์จีพีเอส (Global positioning system; GPS) และแผนที่กูเกิล (Google map) โดยที่เกษตรกรผู้ใช้งานจะสามารถตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆที่ได้จากการตรวจวัดผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ด้วยโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรน้ำและแร่ธาตุอาหารให้เป็นไปอย่างแม่นยำและตรงกับความต้องการของพืช ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานในด้านต่าง ๆ ช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีและมีการใช้ทรัพยากรดินหรือพื้นที่ทำ

การเกษตรกรรมให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นในภาพรวมแล้วเทคโนโลยีดังกล่าวนี้สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและช่วยลดต้นทุนในการทำเกษตรกรรมได้ เช่น กรณีการควบคุมการให้น้ำแก่พืชในแปลงเกษตรกรรม สามารถใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศปัจจุบันในพื้นที่เพาะปลูกจริงไม่ว่าจะเป็นค่าอุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative humidity) ความชื้นในดิน (Soil moisture) ซึ่งจะได้จากการตรวจวัดโดยเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในแปลงเกษตรมาประกอบการตัดสินใจในการควบคุมการจ่ายน้ำให้ได้อย่างถูกต้องตามสภาพภูมิอากาศของพื้นที่แปลงเกษตรขณะนั้น นอกจากนี้ระบบฮาร์ดแวร์ที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นจะสามารถต่อเพิ่มเซ็นเซอร์ที่ใช้งานทางการเกษตรได้อีกหลากหลายรูปแบบ เช่น เซ็นเซอร์แสง เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เซ็นเซอร์วัดค่าความเข้มข้นสารละลาย เซ็นเซอร์วัดปริมาณกาซออกซิเจน เป็นต้น ด้วยความหลากหลายของเซ็นเซอร์ที่จะสามารถทำการเชื่อมต่อใช้งานได้ในระบบ ประกอบกับมีการทำงานเป็นเครือข่ายจึงทำให้สามารถนำเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบแอนดรอยด์ไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมต่าง ๆได้อย่างมากมายเช่น อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมฟอกหนัง อุตสาหกรรมเหมืองแร่ อุตสาหกรรมท่องเที่ยว เป็นต้น แผนภาพเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์แสดงในรูปที่ 1.1 และการประยุกต์ใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบแอนดรอยด์ในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์



รูปที่ 1.2 การประยุกต์ใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบแอนดรอยด์ในด้านต่าง ๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อดำเนินการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับบันทึกข้อมูลการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำโดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์ (Android devices)
2. เพื่อดำเนินการออกแบบซอฟต์แวร์ควบคุมการส่งข้อมูลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
3. เพื่อสร้างชุดต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลส์
4. เพื่อพัฒนาโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ (Android applications) ที่สามารถตรวจสอบค่าการตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายตามมาตรฐานโปรโตคอล ZigBee / IEEE 802.15.4 / Wifi
2. ทำการออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลส์

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง

วิธีการดำเนินการวิจัย: มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. ดำเนินการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับบันทึกข้อมูลของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์ในการควบคุม
3. ดำเนินการออกแบบซอฟต์แวร์ควบคุมการส่งข้อมูลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
4. สร้างชุดต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลส์
5. ดำเนินการทดสอบและพัฒนาชุดต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
6. ดำเนินการทดสอบและพัฒนาโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ที่สามารถตรวจสอบค่าการตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต
7. เก็บข้อมูลในแปลงเกษตรกรรม วิเคราะห์ข้อมูลและเขียนรายงานการวิจัย

สถานที่วิจัย:

1. อาคารเครื่องมือ 11 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.5 ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย: 1 ปีนับตั้งแต่วันที่อนุมัติโครงการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้องค์ความรู้ในด้านการออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำที่ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์
2. ได้ชุดต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลส์
3. ได้โปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ที่สามารถตรวจสอบค่าการตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต
4. บทความเผยแพร่ในวารสารหรือการประชุมวิชาการระดับชาติ และ/หรือนานาชาติ
5. องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยจะนำไปใช้ในการเรียนการสอนนักศึกษาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมโทรคมนาคม ทั้งในระดับปริญญาตรีและปริญญาโท
6. ได้นักวิจัยรุ่นใหม่

1.7 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

จัดทำบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่ในระดับชาติ และ/หรือ ระดับนานาชาติ เมื่องานวิจัยแล้วเสร็จจะขยายผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีในรูปแบบการจัดแสดงนิทรรศการหรืออื่น ๆตามความเหมาะสม

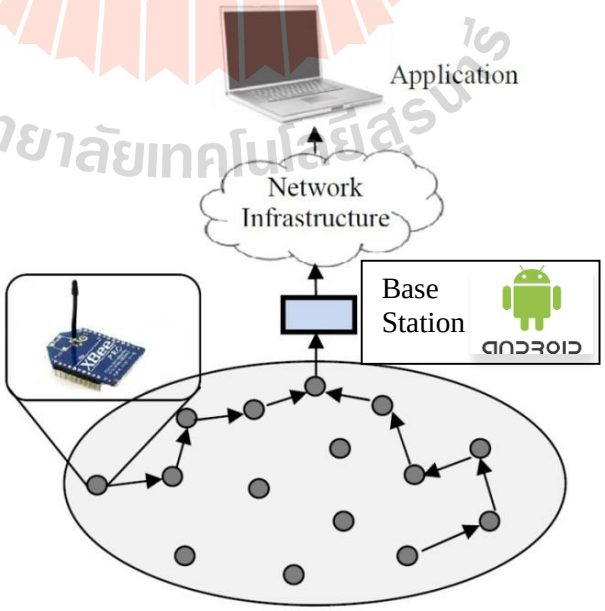
บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งแบ่งเป็นทั้งหมด 3 ส่วน โดยในส่วนแรกจะเป็นการกล่าวนำเข้าสู่เนื้อหาทฤษฎีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network; WSN) จากนั้นจะกล่าวถึง ระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์แบบพกพาเคลื่อนที่และการสร้างโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ในด้านต่าง ๆ สำหรับอุปกรณ์แอนดรอยด์ และกล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเป็นส่วนสุดท้าย

2.1 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless sensor network)

การสื่อสารไร้สายผ่านเครือข่าย ZigBee เป็นเทคโนโลยีที่ถูกคิดค้นขึ้นสำหรับการสื่อสารในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless sensor network) ที่ใช้อัตราการส่งข้อมูลต่ำโดยเฉพาะ โดยชุดอุปกรณ์มีราคาถูกและประหยัดพลังงาน [2] และถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นเครือข่ายส่วนบุคคลแบบไร้สาย (Wireless personal area network, WPAN) โดยมีแอพพลิเคชั่นรองรับจำนวนมาก เครือข่ายไร้สาย ZigBee ลักษณะนี้ได้ถูกนำมาใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างเครื่องตรวจวัดหรือตัวเซ็นเซอร์ที่ต้องการสื่อสารแบบไร้สายเพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนสำหรับการติดตั้ง เช่น การสร้างระบบเครือข่ายอัตโนมัติ ระบบรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน ระบบเครือข่ายในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบเครือข่ายตรวจสอบรถบรรทุกภายในเหมืองแร่ ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดค่าทางด้านการเกษตรกรรม ระบบเฝ้าระวังการเกิดน้ำท่วม ระบบเฝ้าระวังการเกิดดินถล่มและระบบเฝ้าระวังการเกิดไฟป่า เป็นต้น แผนภาพเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์และระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์แสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์

เมื่อทำการเปรียบเทียบ ZigBee กับการสื่อสารไร้สายผ่านเครือข่ายแบบอื่น ๆพบว่า ระบบเครือข่ายไร้สาย ZigBee มีความซับซ้อนน้อยกว่า ใช้ทรัพยากรน้อยกว่าและที่สำคัญคือเป็นมาตรฐานการสื่อสารไร้สายที่ใช้เทคโนโลยี IEEE 802.15.4 สำหรับการรับส่งข้อมูลเบื้องต้นในวงจรเครื่องรับวิทยุ (Physical layer) และการควบคุมการรับส่ง (Link layer) ซึ่งมีช่องสัญญาณย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้มี 3 ย่านความถี่ โดยแต่ละย่านความถี่ยังแบ่งออกเป็นช่องสัญญาณต่าง ๆ มีอัตราการการรับส่งข้อมูลที่ความเร็วประมาณ 20 – 250 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) ระยะทางในการติดต่อสื่อสารประมาณ 10 – 1,500 เมตร และความสามารถในการปรับแต่งเครือข่ายและความปลอดภัยของระบบที่ดี ระบบเครือข่าย ZigBee มีช่องสัญญาณย่านความถี่สำหรับการทำงานเป็น 3 ย่านความถี่ คือ 2.4 GHz 915 MHz และ 868 MHz ในแต่ละย่านความถี่จะมีจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดอยู่ช่วงหนึ่ง ซึ่งย่านความถี่ 2.4 GHz จะมีช่องสัญญาณ 16 ช่องและมีย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ในประเทศไทย

2.2 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android operating system)

แอนดรอยด์ (Android) [3] เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์แบบพกพาเคลื่อนที่ (Mobile devices) เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต โดยตั้งชื่อเลียนแบบหุ่นยนต์ในเรื่อง Star wars ที่ชื่อ ดรอยด์ (Droid) ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมาเลียนแบบมนุษย์ แอนดรอยด์เป็นซอฟท์แวร์ระบบปฏิบัติการ (Operating system) ที่มีโครงสร้างแบบเรียงทับซ้อนหรือแบบสแต็ก (Stack) โดยใช้ลินุกซ์เคอร์เนล (Linux kernel) เป็นพื้นฐานของระบบ และใช้ภาษา Java ในการพัฒนา โดยมี Android SDK (Software development kits) เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการ Android อีกทีหนึ่ง

แอนดรอยด์เริ่มพัฒนาโดยบริษัทแอนดรอยด์และได้ร่วมกับ Google ต่อจากนั้นเมื่อปี 2550 ได้มีการร่วมมือกันกว่า 30 บริษัทชั้นนำเพื่อพัฒนาระบบ และใช้ชื่อกลุ่มว่า OHA (Open Handset Alliance) โดยได้นำเอาระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (Linux) ซึ่งนิยมนำไปใช้งานกับเครื่องแม่ข่าย (Server) เป็นหลักนำมาลดทอนขนาดตัวระบบปฏิบัติการ (แต่ไม่ลดทอนความสามารถ) เพื่อให้เหมาะสมแก่การนำไปติดตั้งบนอุปกรณ์พกพา ที่มีขนาดพื้นที่จัดเก็บข้อมูลที่จำกัด ความร่วมมือดังกล่าวนี้มีเป้าหมายในการส่งเสริมนวัตกรรมบนเครื่องมือสื่อสาร เพื่อให้ได้รับประสบการณ์ที่เหนือกว่าแพลตฟอร์มโมบาย (Mobile platforms) ทั่วไปที่มีอยู่ในปัจจุบัน ทั้งนี้การนำเสนอมิติใหม่ของแพลตฟอร์มระบบเปิดให้แก่นักพัฒนาจะทำช่วยให้กลุ่มคนเหล่านี้ทำงานร่วมกันได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยแอนดรอยด์จะช่วยเร่งและผลักดันบริการระบบสื่อสารรูปแบบใหม่ไปสู่ผู้บริโภคได้อย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน

แอนดรอยด์เป็นซอฟท์แวร์ระบบเปิด (Open source) จึงอนุญาตให้นักพัฒนาหรือผู้ที่สนใจสามารถดาวน์โหลด Source code เพื่อนำไปพัฒนาในแบบฉบับของตน หรือนำไปใส่ไว้ในผลิตภัณฑ์ของตนเอง ซึ่งก็มีหลายบริษัทชั้นนำที่ได้นำแอนดรอยด์ไปเป็นระบบปฏิบัติการบนโทรศัพท์มือถือและแท็บเล็ตของตนเอง ยกตัวอย่างเช่น บริษัท Samsung ได้นำแอนดรอยด์มาพัฒนาโดยสร้างแอพพลิเคชั่นเพิ่มเติมที่มีชื่อว่า TouchWiz ซึ่งเป็นระบบติดต่อกับผู้ใช้งานที่พัฒนาต่อยอดจากแอนดรอยด์ทำให้การใช้งานได้ง่ายมากขึ้น ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในปัจจุบันพัฒนาถึงรุ่นที่ 4.4 (KitKat) ตัวอย่างการสร้างแอพพลิเคชั่นแอนดรอยด์ (Android applications) บนอุปกรณ์แอนดรอยด์เพื่อใช้งานในด้านต่าง ๆแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 การสร้างโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ในด้านต่าง ๆสำหรับอุปกรณ์แอนดรอยด์

ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอการใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์ (Android devices) และโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ (Android applications) สามารถทำการตรวจสอบค่าการตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆได้อย่างสะดวกและรวดเร็วผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งช่วยทำให้การบริหารจัดการฟาร์มเกษตรกรรมในรูปแบบของระบบฟาร์มอัจฉริยะมีประสิทธิภาพสูง และระบบฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบขึ้นสามารถเชื่อมต่อเซ็นเซอร์เพิ่มเติมใช้ได้อีกหลายชนิดประกอบกับมีลักษณะของการทำงานเป็นแบบเครือข่ายจึงทำให้สามารถนำเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำแบบแอนดรอยด์ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆได้อีกด้วย

2.3 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับผลงานวิจัยที่ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายได้มีนักวิจัยที่ทำการศึกษา ออกแบบเป็นจำนวนมาก แต่ละแนวคิดก็ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและแก้ปัญหาการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ทั้งในด้านความทนทานและการประหยัดพลังงานในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ความซับซ้อนในการประมวลข้อมูลบนตัวประมวลผลที่มีขีดจำกัดทั้งในด้านของความสามารถในการประมวลผล หน่วยความจำ และขนาดของช่องสัญญาณ เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยได้สืบค้นวรรณกรรมในฐานข้อมูลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับประยุกต์ให้เหมาะสมกับงานวิจัยนี้ การทบทวนวรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้องในฐานข้อมูลต่าง ๆ สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและการประยุกต์ใช้งาน

ปีที่พิมพ์/ลำดับ	คณะผู้วิจัย	องค์ความรู้ที่ได้จากบทความ
2010 [1]	N. Watthanawisut N. Tongrod T. Kerdcharoen A. Tuantranont	บทความนี้นำเสนอระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ โดยทำการติดตั้งเครื่อง GPS บนรถไถเพื่อทำการติดตามตำแหน่งรถไถและส่งข้อมูลตำแหน่งที่ได้ผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ZigBee ซึ่งจะทำให้ทราบว่ารถคันดังกล่าววิ่งหรือทำงานไปได้ระยะทางเท่าใดในแต่ละวันเพื่อความสะดวกในการบริหารจัดการฟาร์ม
2005 [4]	N. Kimura S. Latifi	บทความนี้นำเสนอการสำรวจบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคและวิธีการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ซึ่งมีทรัพยากรในการประมวลผลสัญญาณที่จำกัด ทำให้ไม่สามารถนำอัลกอริทึมการบีบอัดข้อมูลที่มีอยู่แล้วมาประยุกต์ใช้ได้โดยตรง จะต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาใหม่
2005 [5]	A. Kulakov D. Davcev	บทความนี้นำเสนอวิธีการเก็บข้อมูลแบบชาญฉลาด โดยประยุกต์ใช้การแปลงเวฟเล็ตในการบีบอัดสัญญาณเพื่อลดขนาดมิติของข้อมูลที่จะส่งผ่านเครือข่ายไร้สายประกอบกับใช้เครือข่ายประสาทเทียมในการเรียนรู้เพื่อทำการแยกแยะข้อมูลจากโหนดเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ทำให้สามารถเฝ้าระวังและติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2006 [6]	F. J. Maldonado J. A. Hernandez	บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบสำหรับเซ็นเซอร์อัจฉริยะโดยสามารถทำการปรับตั้งค่าที่ถูกต้องของการวัดได้ด้วยตัวเอง ทั้งนี้เนื่องจากได้มีการฝึกสอนให้ระบบสามารถรู้จำรูปแบบของค่าที่ถูกต้องได้ โดยการประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทเทียมในการเรียนรู้
2008 [7]	J. W. Barron A. I. Moustapha R. R. Selmic	บทความนี้นำเสนอวิธีการตรวจจับข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับตัวเซ็นเซอร์โดยสามารถระบุตำแหน่งของโหนดที่เกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ โดยบทความนี้ประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทเทียมในการรู้จำเพื่อสร้างแบบจำลองข้อมูลจากตัวเซ็นเซอร์เพื่อใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากตัวเซ็นเซอร์จริง
2009 [8]	X. Chen, K. Makki K. Yen N. Pissinou	บทความนี้นำเสนอเกี่ยวข้องกับการรักษาความปลอดภัยบนเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยนำเสนอภัยคุกคามที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางในการป้องกันภัยเหล่านั้นเพื่อให้เครือข่ายมีความปลอดภัยมากที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2010 [9]	J. Li X. Zhu N. Tang J. Sui	บทความนี้นำเสนอการศึกษาและวิเคราะห์สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ZigBee และอัลกอริทึมในการหาเส้นทางการรับส่งข้อมูล เพื่อให้อุปกรณ์ ZigBee มีระยะเวลาของการใช้งานได้นานที่สุด โดยบทความได้เสนอแนวทางการประหยัดพลังงานในเครือข่ายโดยการลดจำนวนข้อมูลที่ต้องส่งในเครือข่ายด้วยเทคโนโลยีการบีบอัดข้อมูล
2010 [10]	M. Nasri A. Helali H. Sghaier H. Maaref	บทความนี้นำเสนอวิธีการบีบอัดสัญญาณภาพสำหรับใช้ในการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการบีบอัดข้อมูลแบบปรับตัวได้ในโดเมนของการแปลงเวฟเล็ต ซึ่งทำให้สามารถลดจำนวนบิตข้อมูลและเกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
2011 [11]	R. V. Kulkarni G. K. Venayagamoorthy	บทความนี้นำเสนอการสำรวจบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการต่าง ๆของปัญญาเชิงคำนวณ (Computational intelligence) เพื่อให้ทราบถึงหลักการพื้นฐาน เทคนิคและแนวทางในการประยุกต์ใช้งาน
2012 [12]	Y. Liu, L. Kong, B. Xu, T. Du, S. Hou, and S. Kang	บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบการควบคุมการให้น้ำแก่พืช โดยใช้ข้อมูลความชื้นใต้ดินในบริเวณรากของพืชที่ระดับความลึกต่าง ๆประกอบการตัดสินใจในการให้สั่งจ่ายน้ำแก่พืชโดยใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ
2012 [13]	S. Li	บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เครือข่ายอินเตอร์เน็ตในการควบคุมการให้น้ำแก่พืชโดยใช้เทคนิคการตรวจวัดค่าความชื้นใต้ดิน เมื่อตรวจพบว่าค่าดังกล่าวต่ำกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่ตั้งไว้ระบบก็จะทำการแจ้งเตือนให้ทำการรดน้ำแก่พืช
2013 [14]	D. Serfass and K. Yoshigoe	บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ API ของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในการรับ-ส่งข้อความผ่าน NFC (Near field communication) ของอุปกรณ์เคลื่อนที่บนเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบ peer-to-peer (P2P) โดยเรียกว่า JavaMail NFC API (JNFC) โดยใช้ตัวอ่าน NFC ในการอ่านแทกส์ของตัวรับและการส่งข้อความ
2013 [15]	D. Kobylarz and J. Danda	บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์ในการเฝ้าระวังอาการของผู้ป่วยผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้การเชื่อมต่อผ่าน Blue tooth ของอุปกรณ์แอนดรอยด์เพื่อส่งข้อมูลที่ได้การตรวจวัดค่าต่าง ๆของเครื่องมือแพทย์ที่บ้านพักของผู้ป่วยขึ้นสู่เครื่องเซิฟเวอร์เพื่อให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญสามารถเฝ้าระวังและติดตามอาการเจ็บป่วยของคนไข้ได้ตลอดเวลา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2014 [16]	R. Richer, P. Blank, D. Schuldhaus, and B. M. Eskofier	บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์ร่วมกับโมดูลตรวจวัดแบบไร้สาย Shimmer™ ในการตรวจวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram, ECG) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram, EMG) ขณะออกกำลังกายโดยใช้เครื่องปั่นจักรยาน ซึ่งสามารถทำการตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจและจังหวะการปั่นจักรยานได้อย่างถูกต้อง

2.4 สรุป

บทนี้ได้กล่าวถึง ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยในส่วนแรกเป็นการกล่าวนำเข้าสู่เนื้อหาทฤษฎีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายซึ่งต้องใช้ในการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับบันทึกข้อมูลในการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายดังกล่าวจะประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์ในการออกแบบจึงได้กล่าวถึงระบบปฏิบัติการแอด์ดรอยด์เป็นส่วนถัดมา และได้กล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเป็นส่วนสุดท้าย

จากการศึกษาค้นคว้าปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมโดยทั่วไปนั้น เกษตรกรจะทำการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมที่มีความสำคัญกับชนิดของพืชและพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูก เช่น การปลูกพืชในโรงเรือน การปลูกพืชไร่ การปลูกพืชสวน การปลูกแบบไม่ใช้ดิน เป็นต้น ชนิดของพืชที่แตกต่างกันและพื้นที่การเพาะปลูกที่แตกต่างกันก็จะมีการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะทำการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมต่าง ๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชไร่หรือไร่อ้อยโดยตรง เช่น ความชื้นในดิน ความเข้มแสง อุณหภูมิในอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเป็นค่าสภาวะแวดล้อมในแปลงปลูกอ้อยที่ได้รับคำแนะนำให้ทำการตรวจวัดโดยนักวิชาการและเทคโนโลยีทางการเกษตร โดยจะทำการติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อตรวจวัดและใช้งานในพื้นที่ที่ทำการเกษตกรรมจริงรวมถึงทำการสร้างแอพพลิเคชันแอนดรอยด์สำหรับการทดสอบกับอุปกรณ์แอนดรอยด์

สำหรับค่าสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมค่าอื่น ๆที่เกี่ยวกับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและสารละลายในดินนั้นก็นับว่ามีความสำคัญต่อกับการทำเกษตรกรรมเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์เซ็นเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าธาตุอาหารและสารละลายในดินดังกล่าวนั้นยังมีราคาค่อนข้างแพง เกษตรกรจึงมักจะใช้วิธีการเก็บตัวอย่างดินและนำไปทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมากกว่าการตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ ดังนั้นการตรวจวัดค่าธาตุอาหารและสารละลายในดินโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจึงยังไม่ถูกนำมาพิจารณาในโครงการวิจัยนี้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 บทนำ

เนื้อหาในส่วนนี้นำเสนอวิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น การออกแบบในด้านฮาร์ดแวร์โดยจะนำเสนอการออกแบบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลและรายงานสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม ผู้วิจัยจะทำการออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำโดยใช้อุปกรณ์แอนด์ดรอยด์ เครือข่ายไร้สายดังกล่าวจะมีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น บอร์ดสมองกลฝังตัว (บอร์ดโยโย, IOIO embedded system board) ซึ่งเป็นฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการควบคุมการดำเนินการต่าง ๆในด้านอินพุตและเอาต์พุต นอกจากนี้ยังเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์สำหรับใช้ในการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมและใช้โมดูลสื่อสารไร้สายในการรับ-ส่งข้อมูลและสั่งการควบคุมแบบไร้สาย บทนี้ยังได้กล่าวถึงการออกแบบทางซอฟต์แวร์ซึ่งได้มีการออกแบบและพัฒนาแอพพลิเคชันเพื่อใช้งานบนแท็บเล็ต (Tablet) ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนด์ดรอย์

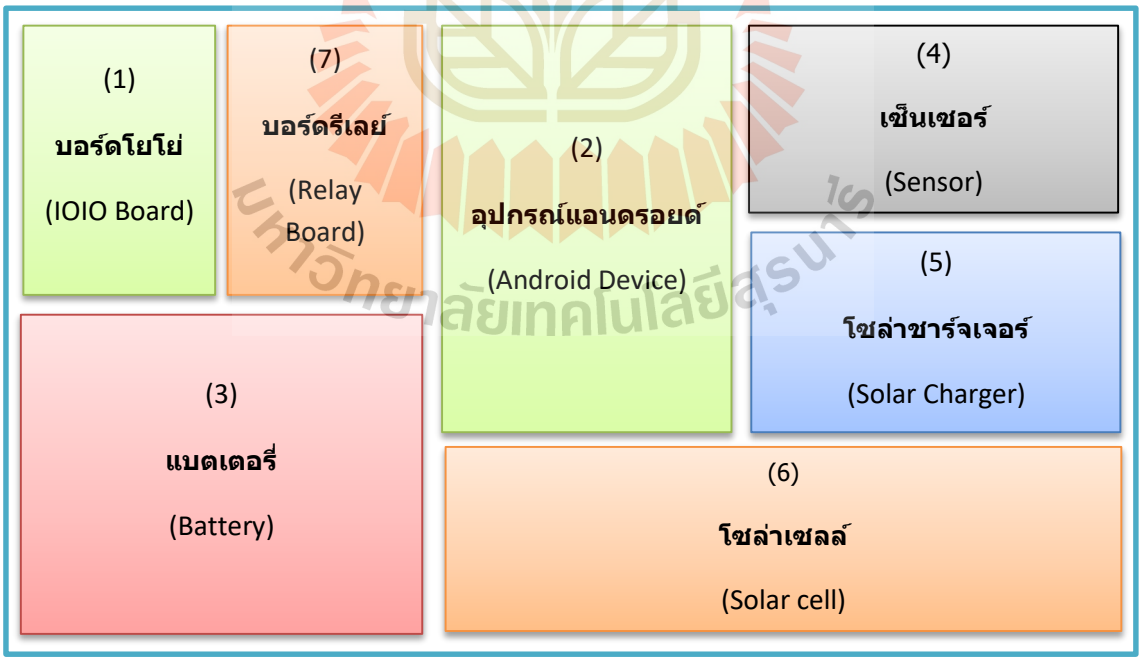
3.2 การออกแบบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ในงานวิจัยนี้ เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ โดยสามารถทำการตรวจวัดและรายงานสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม ซึ่งมีการสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำโดยใช้อุปกรณ์แอนด์ดรอยด์ (Android devices) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 องค์ประกอบสำคัญในระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ออกแบบขึ้นในงานวิจัยนี้ เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบต้นทุนต่ำที่ใช้อุปกรณ์แอนด์ดรอยด์ (Android devices) หรือแท็บเล็ตแอนด์ดรอยด์ (Android tablet) โดยในอุปกรณ์แอนด์ดรอยด์ดังกล่าวมีสมองกลฝังตัวที่มีฮาร์ดแวร์พร้อมใช้งานสำหรับงานด้านการเกษตรกรรมซึ่งมีการประมวลผลไม่ซับซ้อน สามารถประยุกต์ใช้งานได้ดีทั้งในด้านของการแสดงผลบนจอภาพแบบสัมผัส (Touch screen display) และการติดต่อกับผู้ใช้งานแบบกราฟิก (Graphic user interface) สามารถทำการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่และผ่านอุปกรณ์บลูทุช (Bluetooth devices) รวมถึงการเชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์ระดับต่ำ (Low-level interface) เช่น อุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์เซ็นเซอร์ได้อีกหลากหลาย นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังสามารถที่จะทำการพัฒนาแอพพลิเคชัน (Android applications) เพื่อการใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีเครื่องมือสนับสนุนการพัฒนาโปรแกรมที่หลากหลายอีกด้วย เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ออกแบบขึ้นในงานวิจัยนี้แสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของระบบดังต่อไปนี้

1. บอร์ดโยโย เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการดำเนินการต่าง ๆในด้านอินพุตและเอาต์พุต การสื่อสารไร้สายกับอุปกรณ์แท็บเล็ต
2. แท็บเล็ตแอนดรอยด์ ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ Android 4.1.2 (Jellybean) ในการติดต่อกับผู้ใช้งานทั้งในด้านการควบคุมการทำงาน การแสดงผลและการตรวจติดตามค่าการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม
3. อุปกรณ์เซ็นเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับบอร์ดโยโยในด้านอินพุตเพื่อใช้สำหรับการตรวจวัดค่าค่าสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม เช่น ค่าความชื้นในดิน ค่าความเข้มแสง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ
4. โซล่าเซลล์ โซล่าชาร์จเจอร์และแบตตารี่ โซลาเซลล์ (Solar cell) เป็นแหล่งจ่ายกำลังงานหลักของระบบโดยสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยมีโซล่าชาร์จเจอร์ (Solar charger) ทำหน้าที่ชาร์จหรือจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลส์ในส่วนที่เหลือจากการใช้งานในระบบในเวลากลางวันลงไปเก็บสำรองไว้ในแบตตารี่เพื่อเก็บไว้ใช้งานในเวลากลางคืน ทำให้ระบบสามารถรายงานสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมได้ตลอด 24 ชั่วโมง
5. บอร์ดรีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับบอร์ดโยโยในด้านเอาต์พุตเพื่อใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดปั้มน้ำซึ่งเป็นปั้มหลักในการสูบน้ำเข้าระบบท่อน้ำหยดและใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์วเพื่อให้สามารถจ่ายน้ำตามโซนการให้น้ำของท่อน้ำหยดได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบสำคัญในระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

3.2.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แอนดรอยด์กับบอร์ดโยโย

ในการออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับใช้งานกับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้บอร์ดสมองกลฝังตัวโยโย (IOIO embedded system broad) ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์แบบต่าง ๆกับแท็บเล็ตที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ผ่านโมดูลสื่อสารไร้สายบลูทูธ 4.0 (Bluetooth 4.0) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมต่าง ๆในแปลงเกษตรกรรม เช่น ความชื้นในดิน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความเข้มแสง เป็นต้น

บอร์ดโยโย เป็นบอร์ดไมโครคอนโรลเลอร์ที่ออกแบบขึ้นโดยใช้ชิปไอซี PIC ตระกูล PIC24Fj มีขา I/O ทั้งหมด 48 ขา แต่ละขามีคุณสมบัติเป็น Analog Input I2C หรือ UART ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แอนดรอยด์สามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้คือ

- การเชื่อมต่อด้วย Android Debug Bridge (ADB) เป็นการเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล Android Debug Bridge เป็นโปรโตคอลที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในกลุ่มนักพัฒนาแอนดรอยด์หรือผู้ที่ชอบการดัดแปลงเครื่องแท็บเล็ตหรือการเล่นรอมโม (Modify rom) โดยใช้การเชื่อมต่อโดยตรงผ่านสาย USB

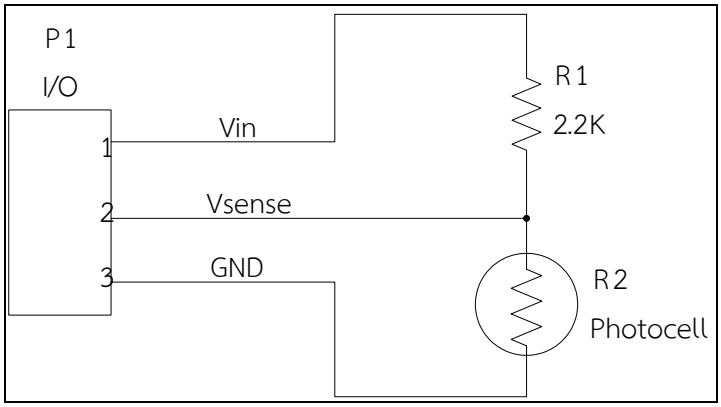
- การเชื่อมต่อด้วย Bluetooth เป็นการเชื่อมต่อไร้สายด้วยโมดูลรับ-ส่งสัญญาณบลูทูธ โดยในการใช้งานจริงจะต้องให้บอร์ดโยโยเชื่อมต่อกับโมดูลบลูทูธ (Bluetooth USB dongle) ก่อน จากนั้นจะทำการจับคู่ (Pair) ให้อุปกรณ์แอนดรอยด์เชื่อมต่อและจับคู่กับโมดูลบลูทูธก็จะสามารถใช้งานแบบไร้สายในการรับ-ส่งข้อมูลต่าง ๆได้ อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานอาจจะต้องเพิ่มไลบรารีสำหรับเชื่อมต่อผ่านบลูทูธด้วย

- การเชื่อมต่อผ่าน Android Open Accessory (AOA) เป็นการเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล Android Open Accessory ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่เพิ่มเข้ามากับอุปกรณ์แอนดรอยด์เวอร์ชันใหม่ที่สามารถให้ทำงานกับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อผ่านทางช่องสัญญาณ USB ได้ เช่น Mouse Keyboard เป็นต้น ซึ่งรวมไปถึงบอร์ดโยโย อย่างไรก็ตามโปรโตคอล AOA เป็นโปรโตคอลคนละชุดกับ Android Debug Bridge ผู้ใช้งานอาจต้องเลือกใช้โปรโตคอลใดโปรโตคอลหนึ่งเท่านั้นเพื่อเสถียรภาพในการเชื่อมต่อแบบไร้สาย

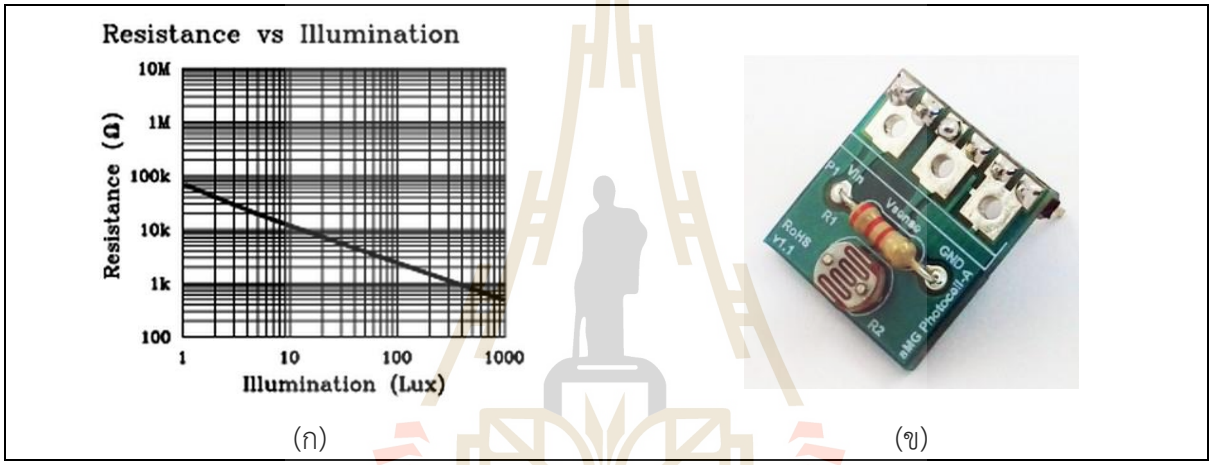
ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้การเชื่อมต่อด้วย Bluetooth เนื่องจากเป็นการเชื่อมต่อแบบไร้สายซึ่งมีความสะดวกต่อการใช้งานจริงในแปลงเกษตรกรรมมากกว่าวิธีการอื่น

3.2.3 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง

เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง ใช้วัดปริมาณความเข้มแสงของอาทิตย์โดยใช้อุปกรณ์โฟโตเซลล์ (Photo Cell) ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยมีค่าความต้านทานที่ขึ้นอยู่กับแสงที่ตกกระทบบนตัวโฟโตเซลล์ ถ้ามีแสงมากระทบมากจะให้ค่าความต้านทานต่ำ (หรือได้รับค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำที่พอร์ตอินพุต) แต่ถ้าไม่มีแสงมาตกกระทบจะให้ค่าความต้านทานสูง (ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงที่พอร์ตอินพุต) สัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดจะเป็นสัญญาณแอนะล็อกซึ่งจะต้องผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to digital conversion, ADC) ใช้การเข้ารหัสข้อมูลขนาด 10 บิต จะได้ข้อมูลความเข้มแสงที่เป็นค่าของแรงดันไฟฟ้า จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปทำการคำนวณตามสูตรการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นค่าความเข้มแสงและทำการปรับเทียบกับเครื่องวัดความเข้มแสงที่ได้มาตรฐานต่อไป วงจรเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับค่าความเข้มแสงแสดงในรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 วงจรเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง

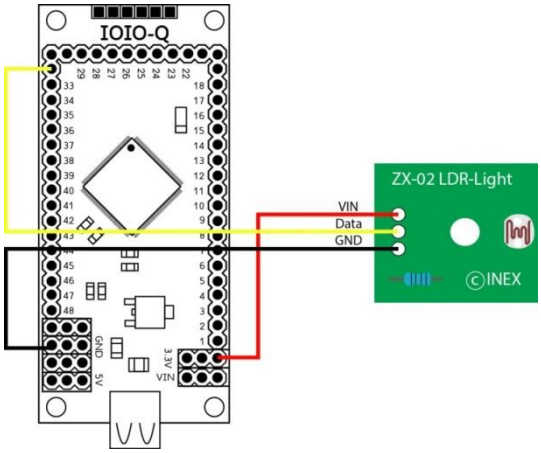


รูปที่ 3.3 (ก) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับความเข้มแสง
(ข) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง

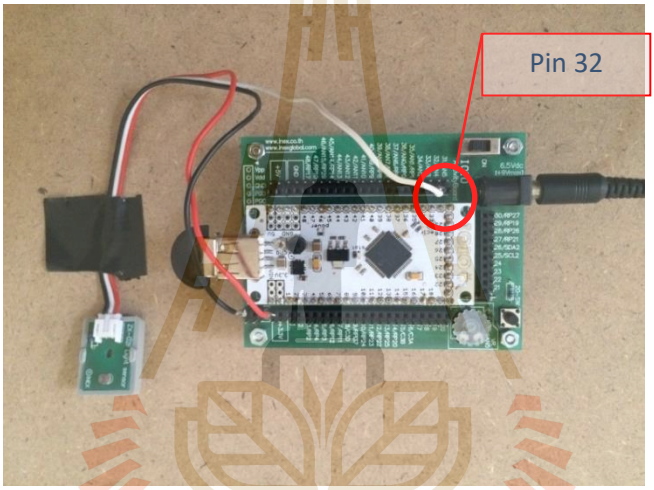
การเชื่อมต่อระหว่างเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงกับบอร์ดโยโย มีการเชื่อมต่อดังนี้คือ

บอร์ดโยโย		เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง
เส้นสีแดง	3.3V	Vin
เส้นสีเหลือง	Pin 32	Data
เส้นสีดำ	GND	GND

รูปภาพการเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง แสดงในรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง



รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง

3.2.4 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดอุณภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

เซนเซอร์ SHT21 เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยมีการเชื่อมต่อแบบ I2C ซึ่งใช้สายสัญญาณเพียงสองเส้น และ SHT21 ให้เอาต์พุตเป็นดิจิตอลขนาด 14 บิต ซึ่งจะต้องอ่านข้อมูลดิบ (Raw data) จากโมดูล SHT21 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิออกมา โดยคำนวณได้จากสมการที่ 3.1 โดยบริษัท Sensirion ผู้ผลิตโมดูล SHT21 กำหนดไว้ดังนี้

$$T = d_1 + (d_2 \times SO_T) \tag{3.1}$$

โดยที่ T คือ ค่าอุณหภูมิจริง (องศาเซลเซียส)

d_1 คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับไฟเลี้ยงที่ป้อนให้กับขา V_{DD} ของ SHT21 ดูรายละเอียดในตารางที่ 3.1

d_2 คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของอุณหภูมิที่ต้องการจาก SHT21 ดูในตารางที่ 3.1

SO_T คือ ค่าอุณหภูมิดิบที่อ่านได้จากโมดูล SHT21

ตารางที่ 3.1 การกำหนดค่าคงที่ทางอุณหภูมิ $d1$ และ $d2$ สำหรับคำนวณค่าอุณหภูมิจริงที่วัดได้

ไฟเลี้ยง	**ค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 1 (d_1)**	
	หน่วยองศาเซลเซียส (°C)	**หน่วยองศาฟาเรนไฮต์ (°F)**
+5V	-40.00	-40.00
+4V	-39.75	-39.50
+3.5V	-39.66	-39.35
+3V	-39.60	-39.28
+2.5V	-39.55	-39.23
ความละเอียด	**ค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 2 (d_2)**	
	หน่วยองศาเซลเซียส (°C)	**หน่วยองศาฟาเรนไฮต์ (°F)**
14 บิต	0.01	0.018
12 บิต	0.04	0.072

ในขั้นตอนการอ่านค่าการตรวจวัดจากโมดูล SHT21 จะต้องอ่านข้อมูลดิบจากโมดูล SHT21 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้สูตรการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ออกมา โดยคำนวณได้จากสมการที่กำหนดมาจาก Sensirion ผู้ผลิตโมดูล SHT21 ดังนี้

$$RH_{true} = (T - 25) \times [t_1 + (t_2 \times SO_{RH})] + RH_{linear} \quad (3.2)$$

$$RH_{linear} = c_1 + (c_2 \times SO_{RH}) + [c_3 \times (SO_{RH})^2] \quad (3.3)$$

โดยที่ RH_{true} คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์จริง

T คือ ค่าอุณหภูมิจริงที่คำนวณได้จากสมการที่ 3.1

t_1 และ t_2 คือ ค่าคงที่โดยขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจากโมดูล SHT21 ดูรายละเอียดการกำหนดค่าจากตารางที่ 3.1

c_1, c_2 และ c_3 คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจากโมดูล SHT21 ดูรายละเอียดการกำหนดค่าจากตารางที่ 3.1

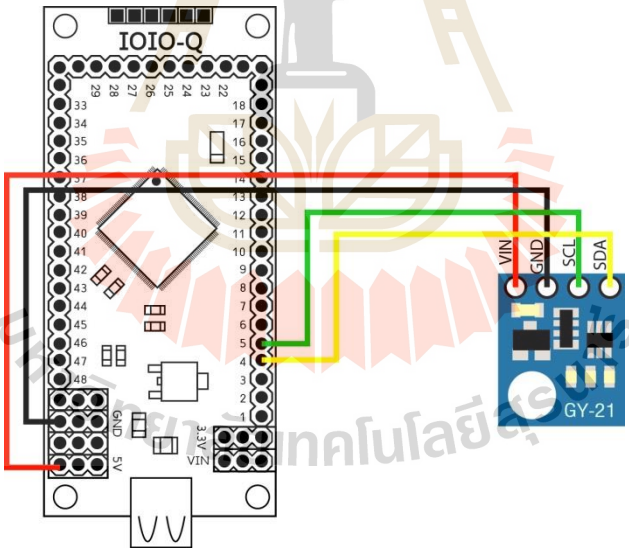
SO_{RH} คือ ค่าข้อมูลดิบของความชื้นสัมพัทธ์ที่อ่านได้จากโมดูล SHT21

การอ่านข้อมูลดิบของอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์นั้น ทำได้ภายหลังจากสร้างสภาวะเริ่มต้นที่เรียกว่า Transmission Start แล้ว ตามด้วยการส่งข้อมูลคำสั่งอ่านอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์อย่างใดอย่างหนึ่งไปยัง SHT21 โมดูล SHT21 ต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการซึ่งจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการ ข้อมูลที่ส่งออกมาจากโมดูล SHT21 ประกอบด้วยข้อมูล 2 ไบต์และไบต์สำหรับตรวจสอบข้อผิดพลาดอีก 1 ไบต์ (CRC Check) โดยไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อรับข้อมูล 1 ไบต์จะต้องส่งสัญญาณรับรู้ (Acknowledge signal) ออกมา 1 ลูก บิตนัยสำคัญสูงสุดของข้อมูลจะถูกส่งออกมาก่อนและกรณีอ่านค่าแบบ 8 บิต ไบต์แรกจะไม่ถูกใช้งาน

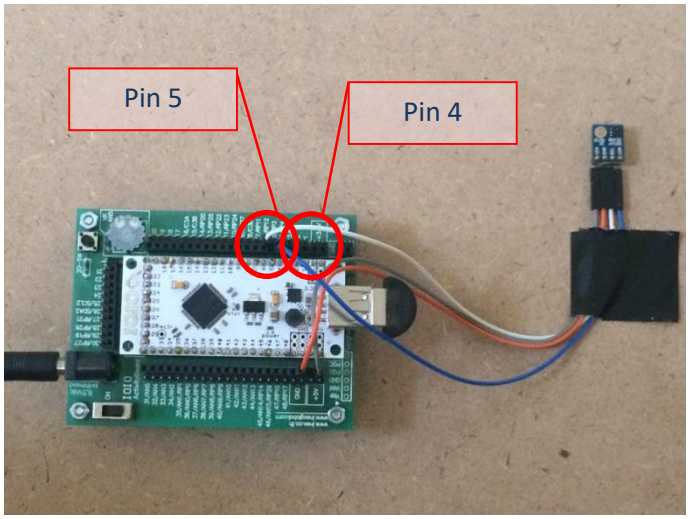
การเชื่อมต่อระหว่างเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกับบอร์ดโยโย มีรายละเอียดการเชื่อมต่อดังนี้

บอร์ดโยโย		เซ็นเซอร์ SHT21
เส้นสีแดง	5V	Vin
เส้นสีเหลือง	Pin 4	SDA
เส้นสีเขียว	Pin 5	SCL
เส้นสีดำ	GND	GND

ในการใช้งานจริงพบว่า SHT21 เป็นเซ็นเซอร์เอนกประสงค์ที่สามารถตรวจวัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยให้สัญญาณของการตรวจวัดเป็นแบบดิจิตอลและมีความละเอียดสูง สามารถทำการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบไม่ซับซ้อนผ่านช่องสัญญาณ I2C เซ็นเซอร์ดังกล่าวยังใช้พลังงานต่ำมากเพียง 3.2 uW (ที่ความละเอียด 8 บิต ในการตรวจวัด 1 ครั้ง/วินาที) โดยสามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วงตั้งแต่ -40 ถึง 125 องศาเซลเซียส ที่ความละเอียดสูงถึง 0.1 องศาเซลเซียสและค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ 0-100% และอัตรารีเฟรชของการวัดค่าความชื้นที่ 8 วินาที แผนภาพการเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์ SHT11 เพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศแสดงในรูปที่ 3.6



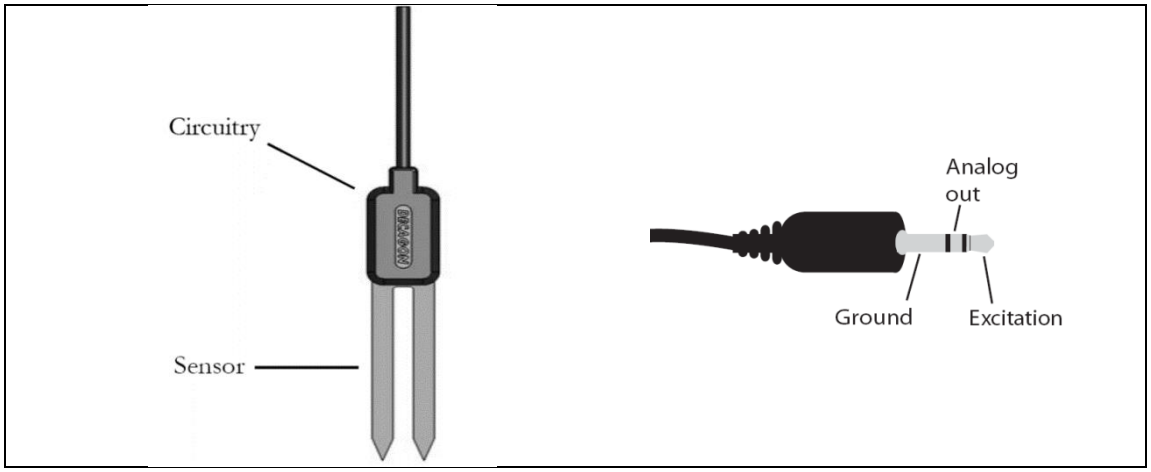
รูปที่ 3.6 แผนภาพการเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์ DHT21



รูปที่ 3.7การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์ DHT21

3.2.5 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน

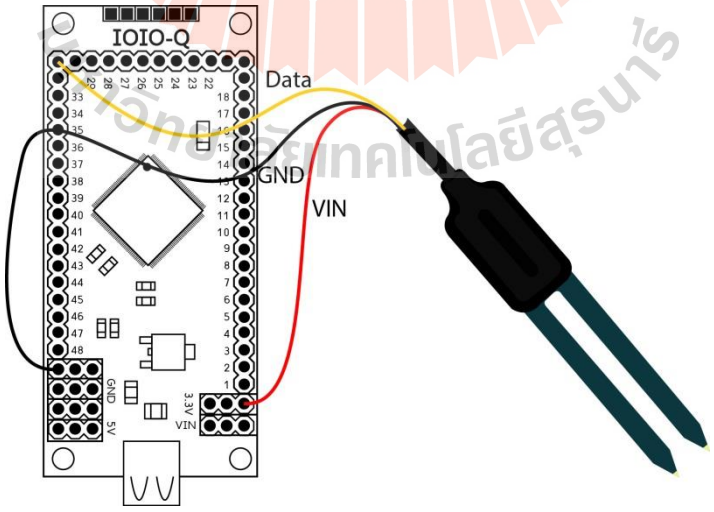
เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินหรือ EC-5 Moisture Sensing (www.decagon.com) [1.XX] เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดความชื้นในดินถูกใช้ในการวัดค่าความชื้นของดินในบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร มีลักษณะเป็นโพรบใช้วัดระดับความชื้นหรือส่วนประกอบของน้ำในดินโดยปริมาตร (Volume Water Content; VWC) ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างปริมาตรของน้ำในดินกับปริมาตรรวมของดิน เซ็นเซอร์สามารถวัดค่า VWC ได้ตั้งแต่ 0 - 100% (VWC ของดินอิ่มตัวโดยทั่วไป 40 - 60% ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน) สัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดเป็นสัญญาณแอนะลอก โดยผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ใช้การเข้ารหัสข้อมูลขนาด 12 บิตใช้แรงดันไฟฟ้า 2.5V – 3.6V ที่ 10 mA สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 60°C ขนาดของเซ็นเซอร์ 8.9 cm × 1.8 cm × 0.7 cm ความยาวของสายเซ็นเซอร์ 5 เมตร มีการเชื่อมต่อปลั๊ก 3.5 mm ความไวต่อการวัดของเซ็นเซอร์ด้านตั้งฉากกับโพรบ 2 cm และด้านขนานกับโพรบ 1 cm สัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดเป็นสัญญาณแอนะลอก ดังนั้นจึงต้องผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้การเข้ารหัสข้อมูลขนาด 12 บิต แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการปรับเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยทำการทดลองวัดค่าความชื้นในดินที่ระดับความชื้นที่แตกต่างกัน



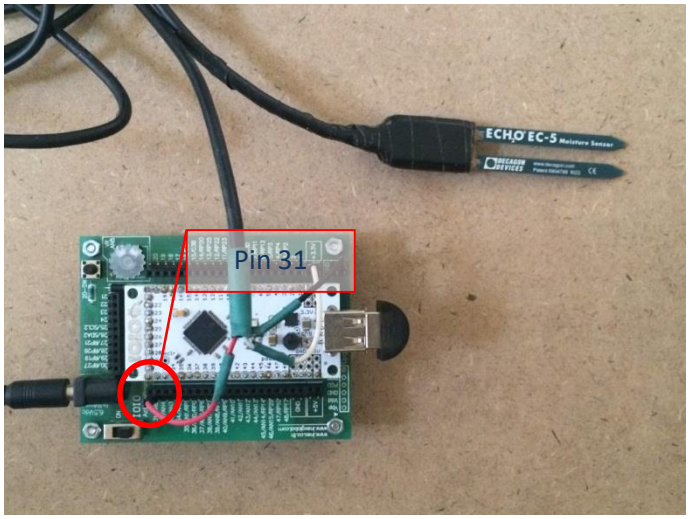
รูปที่ 3.8 เซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่ใช้งานจริง

รูปที่ 3.9 แสดงการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดความชื้นในดินกับบอร์ด ในการเชื่อมต่อระหว่างเซ็นเซอร์วัดวัดความชื้นในดินดังกล่าว มีรายละเอียดการเชื่อมต่อดังนี้

บอร์ดโยโย		เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง
เส้นสีแดง	5V	Vin
เส้นสีเหลือง	Pin 31	Data
เส้นสีดำ	GND	GND



รูปที่ 3.9 แผนภาพการเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน



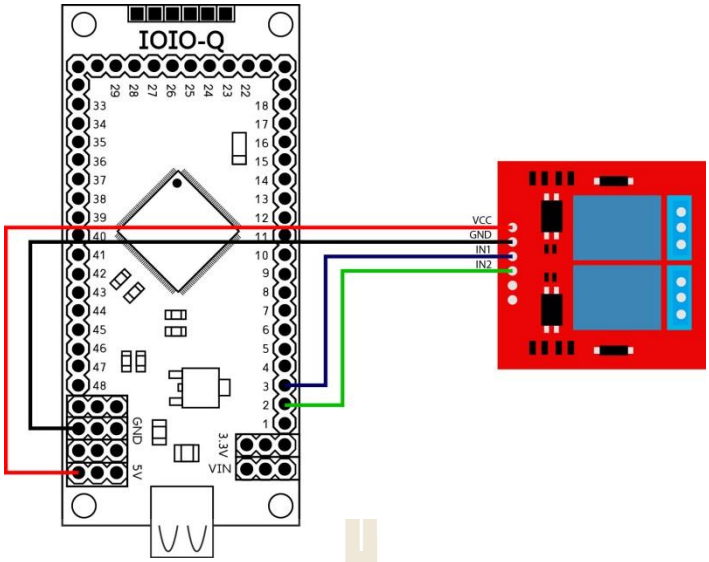
รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน

3.2.6 การเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับรีเลย์

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยหลักการสนามแม่เหล็ก โดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็กเพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทค (Contact) ให้เปลี่ยนสภาวะจากสถานะปกติปิด (Normal closed, NC) หรือสถานะปกติเปิด (Normal open, NO) ให้มีสถานะที่ตรงกันข้ามกับสถานะเดิม โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด ทั้งนี้เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic switch) ที่สามารถทำการควบคุมได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หรือคอมพิวเตอร์โดยการส่งลอจิก “0”หรือ “1” ในการเปิด-ปิดสวิตช์ดังกล่าว ทำให้สามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือวงจรควบคุมทางไฟฟ้าต่าง ๆได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว แผนภาพการเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับรีเลย์แสดงในรูปที่ 3.11 โดยมีรายละเอียดของการเชื่อมต่อ ดังนี้

บอร์ดโยโย		รีเลย์แบบ 2 ช่องสัญญาณ
เส้นสีแดง	5V	Vin
เส้นสีเขียว	Pin 2	In2
เส้นสีน้ำเงิน	Pin 3	In1
เส้นสีดำ	GND	GND

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



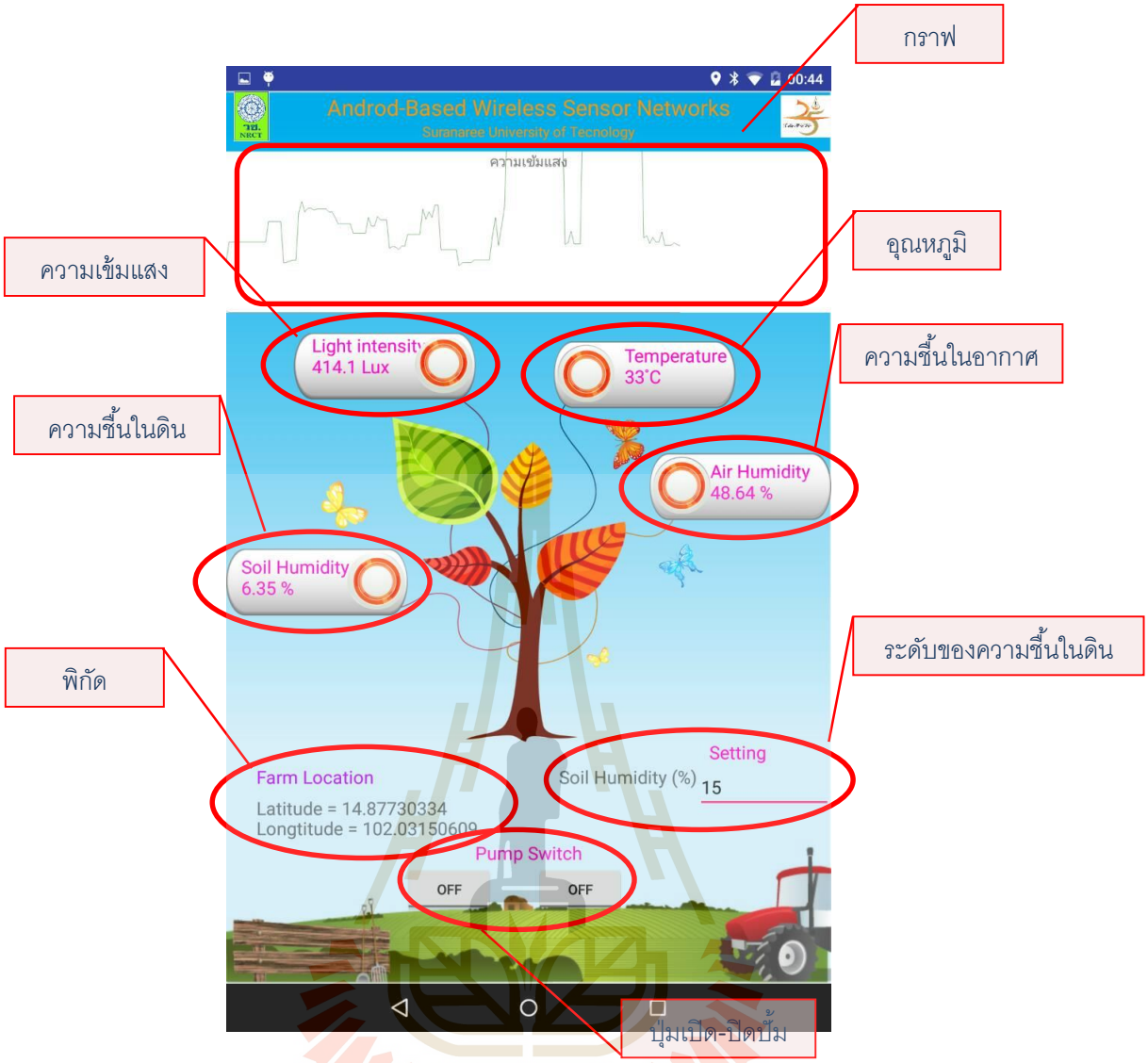
รูปที่ 3.11 แผนภาพการเชื่อมต่อบอร์ดโยโยกับรีเลย์

3.3 การออกแบบกราฟิกอินเตอร์เฟสของแอพพลิเคชั่น

ในงานวิจัยนี้นำเสนอ การใช้เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์แท็บเล็ตแอนดรอยด์และโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ (Android applications) เพื่อให้สามารถทำการตรวจสอบผลการตรวจวัดจากเซนเซอร์ต่าง ๆได้อย่างสะดวกและรวดเร็วผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งช่วยทำให้การบริหารจัดการฟาร์มเกษตรกรรมในรูปแบบของระบบฟาร์มอัจฉริยะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ระบบฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบขึ้นสามารถเชื่อมต่อเซนเซอร์เพิ่มเติมใช้ได้อีกหลากหลายชนิดประกอบกับมีลักษณะของการทำงานเป็นแบบเครือข่ายจึงทำให้สามารถนำเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆได้อีกด้วย

3.3.1 การออกแบบแอพพลิเคชั่นในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำโดยใช้อุปกรณ์แอนด์ดรอยด์ ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ โดยประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ที่สามารถทำการตรวจวัดและซอฟต์แวร์ที่จัดการในด้านการจัดเก็บข้อมูลและรายงานสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม ผู้วิจัยได้ใช้การพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการแอนด์ดรอยด์โดยใช้เครื่องมือ Android studio [17] โดยมีแพลตฟอร์มมาตรฐานในการพัฒนาโปรแกรมที่เรียกว่า JDK หรือ Java SE Development Kit 8 [18] ทำให้สะดวกและง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรม แอพพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานบนอุปกรณ์แท็บเล็ตแอนดรอยด์ได้เป็นอย่างดี โดยมีตัวอย่างการทำงานและการแสดงผลของแอพพลิเคชัน แสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การแสดงผลและการอินเตอร์เฟสของแอพพลิเคชั่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.2 การจัดเก็บข้อมูลบนระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

ในปัจจุบัน Internet of Things (IoT) แทบจะกลายเป็น อินเตอร์เน็ตของทุกสิ่ง (Internet of Everything) ไปแล้ว และปัจจุบันมีเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายที่พัฒนาขึ้นสำหรับ IoT ที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทั้งในด้านของการส่งสัญญาณ การประหยัดพลังงานและการบริหารจัดการทรัพยากรหรือเซ็นเซอร์ต่าง ๆในเครือข่ายไร้สายได้เป็นอย่างดี เช่น อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย LoRa Band หรือ NB-IoT เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้จัยจึงได้ทำการออกแบบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายให้มีการเชื่อมต่อระหว่างระบบสมองกลฝังตัว (Embedded system) กับระบบการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud computing) หรือระบบบริการคลาวด์ และสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT (Internet of Things) ในการเฝ้าระวัง (Monitoring) หรือตรวจติดตามการวัดค่าต่าง ๆโดยใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ (Sensor technology) โดยผู้วิจัยเลือกใช้ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของ Google ที่เรียกว่า Google Cloud Platform (GCP) เนื่องจากแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถอัพโหลดข้อมูลจากอุปกรณ์แอนด์ดรอยด์เข้าสู่ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของ Google ได้อย่างรวดเร็วและสามารถจัดเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมากได้ฟรีโดยไม่มีค่าใช้จ่าย ทำให้ผู้ใช้งานสามารถทำการตรวจสอบการรายงานผลการตรวจวัดผ่านแอพพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่และยังจะสามารถตรวจสอบได้จากคอมพิวเตอร์ใด ๆผ่านระบบการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆหรือจะทำการเก็บบันทึกข้อมูลการตรวจวัดเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลหรือการป้อนข้อมูล (feed) แบบอัตโนมัติไปแสดงผลยังเวปไซต์อื่นๆได้อีกด้วย แผนภาพการเชื่อมต่อดังกล่าวแสดงดังในรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 แผนภาพการเชื่อมต่อกับระบบการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

3.4 สรุป

ในบทนี้นำเสนอ นำเสนอวิธีการดำเนินการวิจัยโดยแบ่งเป็น การออกแบบในด้านทางฮาร์ดแวร์ซึ่งนำเสนอการสร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลและรายงานสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม ซึ่งมีการสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำโดยใช้อุปกรณ์แอนด์ดรอยด์ เครือข่ายไร้สายดังกล่าวได้มีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (บอร์ดโยโย, IOIO Board) ซึ่งเป็นฮาร์ดแวร์ที่ใช้ควบคุมการดำเนินการต่าง ๆในด้านอินพุตและเอาต์พุต นอกจากนี้ยังประกอบด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมและโมดูลสื่อสารไร้สายเพื่อใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลและสัญญาณควบคุมในระบบ ในบทนี้ยังได้กล่าวถึงการออกแบบทางซอฟต์แวร์ซึ่งได้มีการออกแบบและพัฒนาแอพพลิเคชันเพื่อใช้งานบนแท็บเล็ต (Tablet) ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนด์ดรอย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในการออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดเข้ากับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยเซ็นเซอร์บางชนิดที่มีการเชื่อมต่อแบบแอนะล็อก เช่น เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงและเซ็นเซอร์วัดค่าความชื้นในดินจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการปรับเทียบค่าการตรวจวัดให้ตรงกับเครื่องมือวัดมาตรฐานหรือผลการตรวจวัดแบบมาตรฐานที่น่าเชื่อถือ ส่วนเซ็นเซอร์แบบดิจิตอลจะไม่ต้องทำการปรับเทียบเพราะเซ็นเซอร์ดังกล่าวจะถูกปรับเทียบมาจากโรงงานผู้ผลิตโดยให้ผลการตรวจวัดเป็นตัวเลขดิจิตอลและมักจะมีราคาสูงเมื่อเทียบกับเซ็นเซอร์แอนะล็อก

ในบทนี้จะนำเสนอ ผลการปรับเทียบเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงและผลการปรับเทียบเซ็นเซอร์วัดค่าความชื้นในดินสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย จากนั้นจะนำเสนอผลการติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่แปลงเกษตรกรรมจริงซึ่งเป็นแปลงทดลองการปลูกอ้อยระบบน้ำหยดและผลการรายงานข้อมูลสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ต่อไป

4.2 ผลการปรับเทียบเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ค่าความเข้มแสงที่วัดได้ในหน่วยของแรงดันไฟฟ้าสามารถนำมาแปลงเป็นค่าความเข้มแสงในหน่วยของลักซ์ (LUX) โดยเริ่มจากทำการคำนวณหาค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงที่ประยุกต์จากการใช้ค่าแรงดันอินพุตที่พอร์ต ADC (0-3.3 V) จากนั้นถึงนำไปทำการคำนวณค่าความเข้มแสงที่มีหน่วยเป็นลักซ์

$$R = \frac{Vin \times 2200}{3.3 - Vin} \quad (\Omega) \tag{4.1}$$

ความต้านทานที่ได้ สามารถนำไปเป็นค่าอินพุตสำหรับสมการที่ใช้ในการหาค่าความเข้มแสง ดังนี้

$$X = \begin{cases} \frac{R^{(-1.508)}}{10^{(-7.071)}}, & 3200 \geq R \geq 0 \ (\Omega) \\ \frac{R^{(-1.395)}}{10^{(-6.690)}}, & 12000 \geq R > 3200 \ (\Omega) \\ \frac{R^{(-1.305)}}{10^{(-6.326)}}, & R > 12000 \ (\Omega) \end{cases} \tag{4.2}$$

สมการที่ใช้ในการปรับเทียบค่าให้ถูกต้องกับเครื่องวัดความเข้มแสงมาตรฐาน (Illuminance, LUX) ยี่ห้อ Digital Lux Meter รุ่น LX1010BS ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

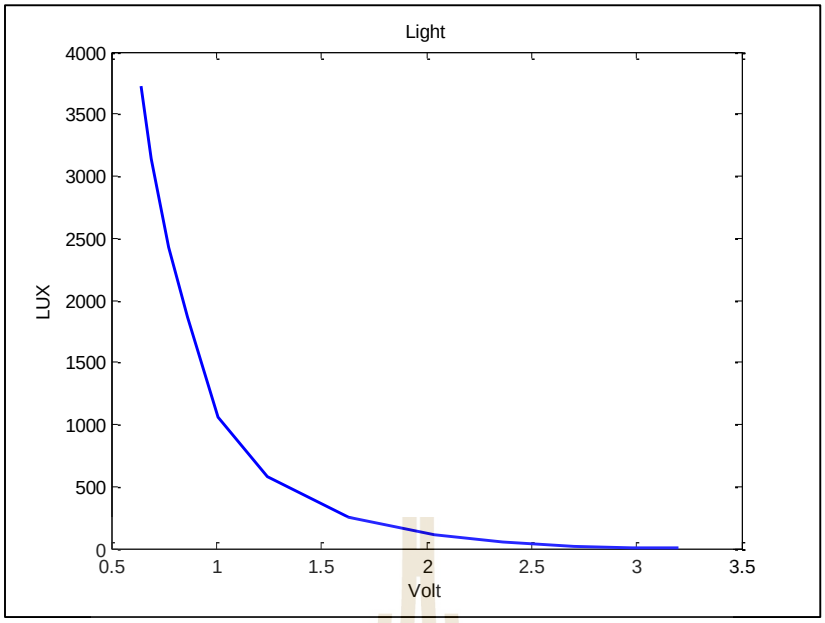
$$\text{Illuminance} = \begin{cases} X^{1.17}, & 300 \geq X \geq 0 \\ X^{1.178}, & 500 \geq X > 300 \\ X^{1.205}, & 1250 \geq X > 500 \\ X^{1.21}, & X > 1250 \end{cases} \quad (4.3)$$

ผลการแปลงค่าความเข้มแสงให้มีหน่วยเป็นลักซ์ภายหลังการปรับเทียบกับเครื่องมือวัดความเข้มแสงมาตรฐานแสดงดังตารางที่ 4.1 และกราฟการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าความเข้มแสงในหน่วยของลักซ์ (LUX) แสดงในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความเข้มแสง หน่วยเป็นลักซ์ (LUX)

ค่าแรงดัน (V)	**ความต้านทาน (Ω)**	**ความเข้มแสงหน่วยลักซ์ (LUX)**
3.200	66.270	1.000
3.200	63.540	1.000
3.180	53.350	1.333
3.120	35.070	2.549
2.980	18.380	6.583
2.700	9.000	20.222
2.360	5.050	52.415
2.040	3.240	107.256
1.630	1.960	247.976
1.240	1.210	581.806
1.010	0.880	1055.898
0.860	0.710	1861.539
0.770	0.610	2430.489
0.690	0.530	3139.301
0.640	0.480	3725.397

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าความเข้มแสงในหน่วยของลักซ์ (LUX)

4.3 ผลการปรับเทียบเซ็นเซอร์วัดค่าความชื้นในดินสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ในการวัดค่าความชื้นในดิน ผู้วิจัยได้ทำการปรับเทียบค่าความชื้นที่วัดได้ในหน่วยของแรงดันกับวิธีการวัดดินโดยน้ำหนัก (Gravimetric Method) ในห้องปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งวิธีการวัดดินโดยน้ำหนักเป็นการวัดค่าความชื้นโดยตรงจากการเก็บตัวอย่างดินมาชั่งน้ำหนักแล้วทำการอบดินที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส จากนั้นนำดินที่ผ่านการอบแล้วมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งและนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการคำนวณโดยใช้สมการความชื้นโดยมวล

ระดับความชื้นโดยมวล (Mass Water Content) คือ สัดส่วนระหว่างมวลของน้ำกับมวลของดินแห้งซึ่งบรรจุน้ำจำนวนนั้นอยู่ คำนวณได้ดังนี้

$$\theta_m = \frac{m_w}{m_s} \tag{4.4}$$

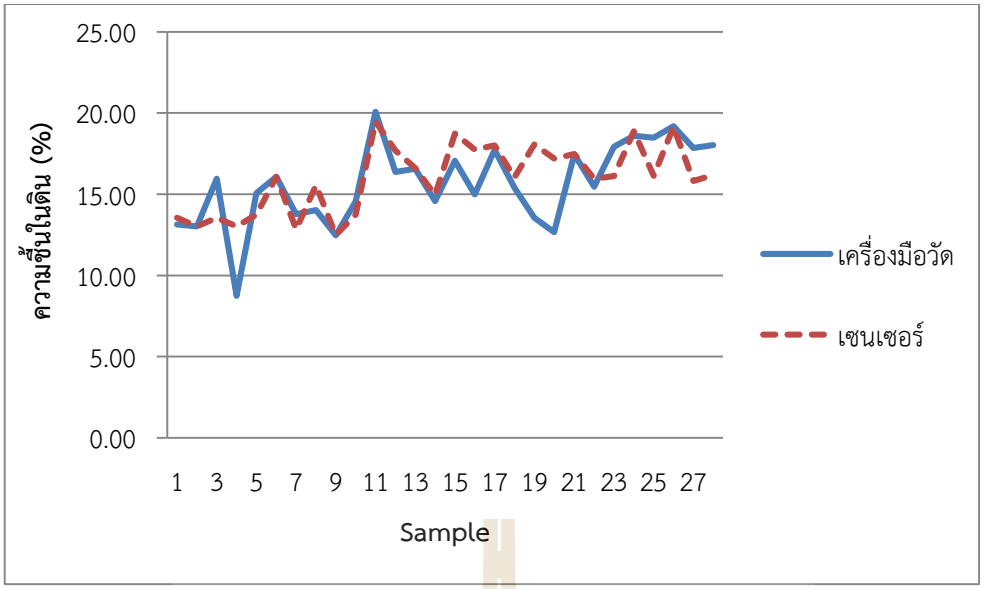
เมื่อนำค่าความชื้นในดินที่ได้จากวิธีการวัดน้ำหนักเทียบกับค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินซึ่งเป็นค่าแรงดันและใช้สมการเพื่อปรับค่าความชื้นในดินให้เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ใกล้เคียงกับค่าความชื้นโดยมวลดังสมการที่ 4.5 ซึ่งจากการปรับเทียบจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 9.96 เปอร์เซ็นต์ แสดงการปรับเทียบดังตารางที่ 4.2

$$\text{ความชื้นในดิน} = 18 \times H(V) + 6 \tag{4.5}$$

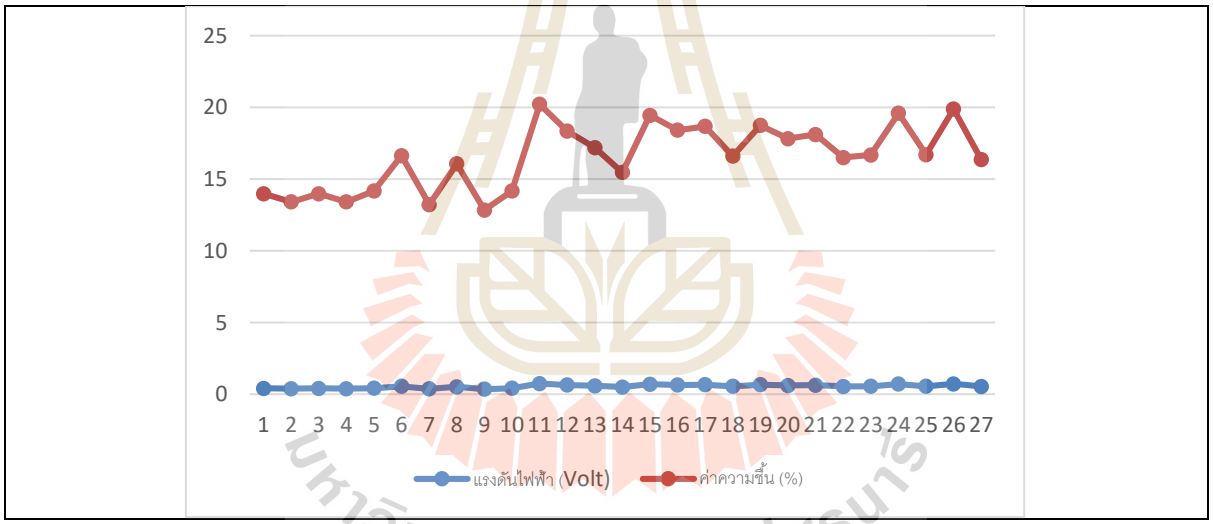
ตารางที่ 4.2 การปรับเทียบเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน

จุดทดสอบที่	ความชื้นโดยมวล (%)	เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน		
		แรงดันไฟฟ้า (Volt)	ความชื้นในดิน (%)	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	13.13	0.42	13.56	3.28
2	13.02	0.39	13.02	0.03
3	15.95	0.42	13.56	14.98
4	8.73	0.39	13.02	49.09
5	15.07	0.43	13.74	8.83
6	16.07	0.56	16.08	0.07
7	13.77	0.38	12.84	6.75
8	14.02	0.53	15.54	10.81
9	12.47	0.36	12.48	0.11
10	14.56	0.43	13.74	5.65
11	20.07	0.75	19.46	3.04
12	16.38	0.65	17.69	8.02
13	16.57	0.59	16.60	0.16
14	14.58	0.50	14.96	2.60
15	17.068	0.71	18.73	9.74
16	14.989	0.65	17.76	18.49
17	17.723	0.67	18.01	1.62
18	15.413	0.56	16.04	4.07
19	13.558	0.67	18.07	33.28
20	12.663	0.62	17.20	35.83
21	17.456	0.64	17.47	0.08
22	15.455	0.55	15.95	3.20
23	17.92	0.56	16.12	10.04
24	18.59	0.72	18.87	1.51
25	18.48	0.56	16.14	12.66
26	19.19	0.73	19.15	0.21
27	17.86	0.55	15.82	11.42

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.2 การปรับเทียบเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า (Volt) กับค่าความชื้นในดิน (%)

4.4 การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่แปลงเกษตรกรรม

ในการติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ผู้วิจัยได้ติดตั้งและทดสอบระบบในแปลงทดลองในพื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโลยีสุรนารี โดยได้ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่าง ๆดังนี้คือ เซ็นเซอร์ EC-5 เพื่อวัดค่าความชื้นในดิน เซ็นเซอร์ DHT22 เพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและทำการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจะถูกส่งผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้ย่านความถี่บลูทูธที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์แอนดรอยด์ จากนั้นได้ทำการส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบ

ประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud computing) เพื่อการแสดงผลบนอุปกรณ์แอนดรอยด์และบนเว็ปบราวเซอร์ (Web browser) และเพื่อทำการเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ต่อไปในอนาคตที่เรียกว่า Big data การติดตั้งการเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่แปลงเกษตรกรรมแสดงดังรูปที่ 4.4 ถึงรูปที่ 4.5

การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่แปลงเกษตรกรรมเพื่อทำการทดสอบการใช้งานจริงในพื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโลยีสุรนารี มีรายละเอียดของระบบและการติดตั้งดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยได้ทดสอบระบบในแปลงทดลองการปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งมีพื้นที่การปลูกประมาณ 2.5 ไร่ มีระยะห่างระหว่างแถวปลูก 3 เมตรและมีการให้น้ำผ่านระบบน้ำหยดโดยระยะห่างหัวจ่ายน้ำของเทปน้ำหยดเท่ากับ 30 เซนติเมตร

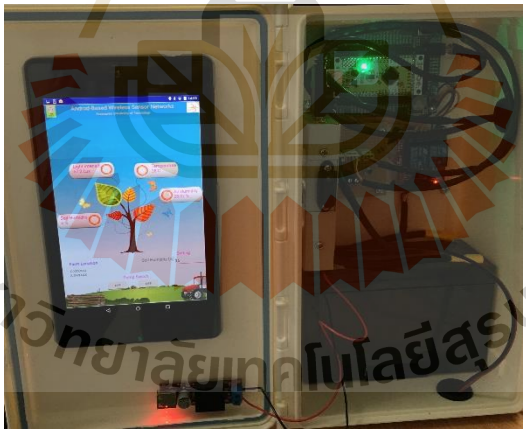
2. การให้น้ำในไร่อ้อยใช้ระบบน้ำหยด โดยมีการใช้ปั๊มน้ำขนาด 2 แรงม้าและใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์จำนวน 8 แผง (3,200 วัตต์) และมีการใช้อินเวอร์เตอร์ (3 Phase inverter) ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากโซลาร์เซลล์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับก่อนจ่ายกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์ปั๊มน้ำ (3 Phase induction motor)

3. ระบบควบคุมสำหรับการเปิด-ปิดปั๊มน้ำใช้การควบคุมผ่านแอพพลิเคชั่นบนอุปกรณ์แอนด์ดรอยด์ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้เชื่อมต่อปั๊มน้ำกับกล่องควบคุมการทำงานผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (3G Pump controller) ซึ่งประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 เพื่อทำการเชื่อมต่อแบบไร้สายกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณอินเตอร์เน็ตไร้สายในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G (3G Wifi access point) และสามารถทำการควบคุมการการเปิด-ปิดปั๊มน้ำผ่าน GPIO (General-purpose input/output) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เชื่อมต่อกับโมดูลรีเลย์ (Relay module) ได้จากทุกแห่งที่มีอินเตอร์เน็ตใช้งานซึ่งแอพพลิเคชั่นที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นบนอุปกรณ์แอนด์ดรอยด์ก็สามารถใช้งานฟังก์ชันนี้ได้ ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความสะดวกสบายในการให้น้ำแก่พืชโดยการเฝ้าระวังและควบคุมผ่านแอพพลิเคชั่นได้ทันที

4. ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ในแปลงทดลองเพื่อทำการตรวจวัดสภาวะแวดล้อมที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความต้องการน้ำของพืชและการตัดสินใจของเกษตรกรในการให้น้ำแก่พืชนั่นคือค่าความชื้นในดิน (Soil humidity) ในการนี้ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้เซ็นเซอร์ EC-5 เพื่อทำการตรวจวัดค่าดังกล่าวในแปลงทดลอง ส่วนการตรวจวัดค่าวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความเข้มแสงนั้นถือว่าเป็นปัจจัยรองในการตัดสินใจในการให้น้ำแก่พืช อย่างไรก็ตาม เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมทางการเกษตรผู้วิจัยจึงได้ติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าเหล่านั้นในแปลงทดลอง โดยข้อมูลการตรวจวัดทั้งหมดจะถูกส่งเข้าสู่ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud computing) เพื่อการแสดงผลผ่านเว็ปบราวเซอร์ (Web browser) และการเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป เช่น การวิเคราะห์หาแบบจำลองการให้น้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่และชนิดของพืชโดยใช้สภาวะภูมิอากาศย้อนหลัง เป็นต้น

การติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่แปลงเกษตรกรรมเพื่อทำการทดสอบการใช้งานจริงในพื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโลยีสุรนารีของ แสดงดังรูปที่ 4.4 ถึงรูปที่ 4.15

รูปที่ 4.4 การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่แปลงทดลองการปลูกอ้อยระบบน้ำหยด



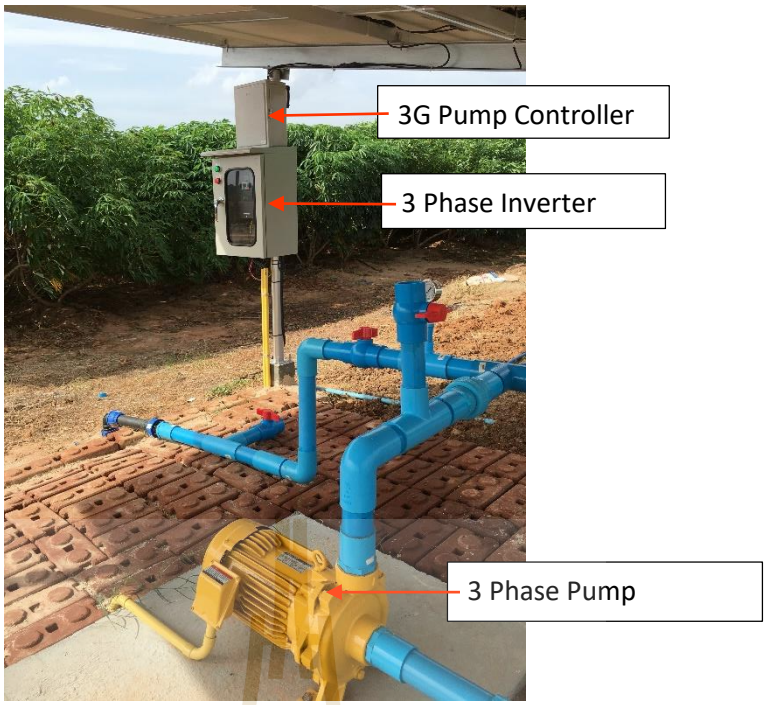
รูปที่ 4.5 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ในรูปที่ 4.4 แสดงการติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่แปลงทดลองการปลูกอ้อยระบบน้ำหยดของฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและในรูปที่ 4.5 แสดงระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

รูปที่ 4.6 แท็ปเล็ตระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และใช้เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G

(ก) (ข)

รูปที่ 4.7 (ก) ระบบโซลาร์เซลล์สำหรับปั้มน้ำ (ข) ปั้มน้ำที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 4.8 การติดตั้งชุดควบคุมระบบปั๊มน้ำ

(ก) (ข)

รูปที่ 4.9 (ก) ชุดควบคุมปั๊มน้ำผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (ข) ชุดควบคุมระบบปั๊มน้ำที่ใช้ไฟฟ้า 3 เฟส

ในรูปที่ 4.7 ถึงรูปที่ 4.9 แสดงระบบที่ใช้ในการทดสอบการให้น้ำแก่พืชไร่ในแปลงทดลองการปลูกอ้อยแบบระบบน้ำหยดของฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในระบบดังกล่าวใช้ปั๊มน้ำขนาด 2 แรงม้าและใช้แหล่งพลังงานจากโซลาร์เซลล์ขนาด 3,200 วัตต์ ควบคุมการทำงานผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G/4G สามารถทำการจ่ายน้ำได้ในช่วงเวลาที่มีแสงแดดระหว่างเวลา 09.00 – 15.30 น.

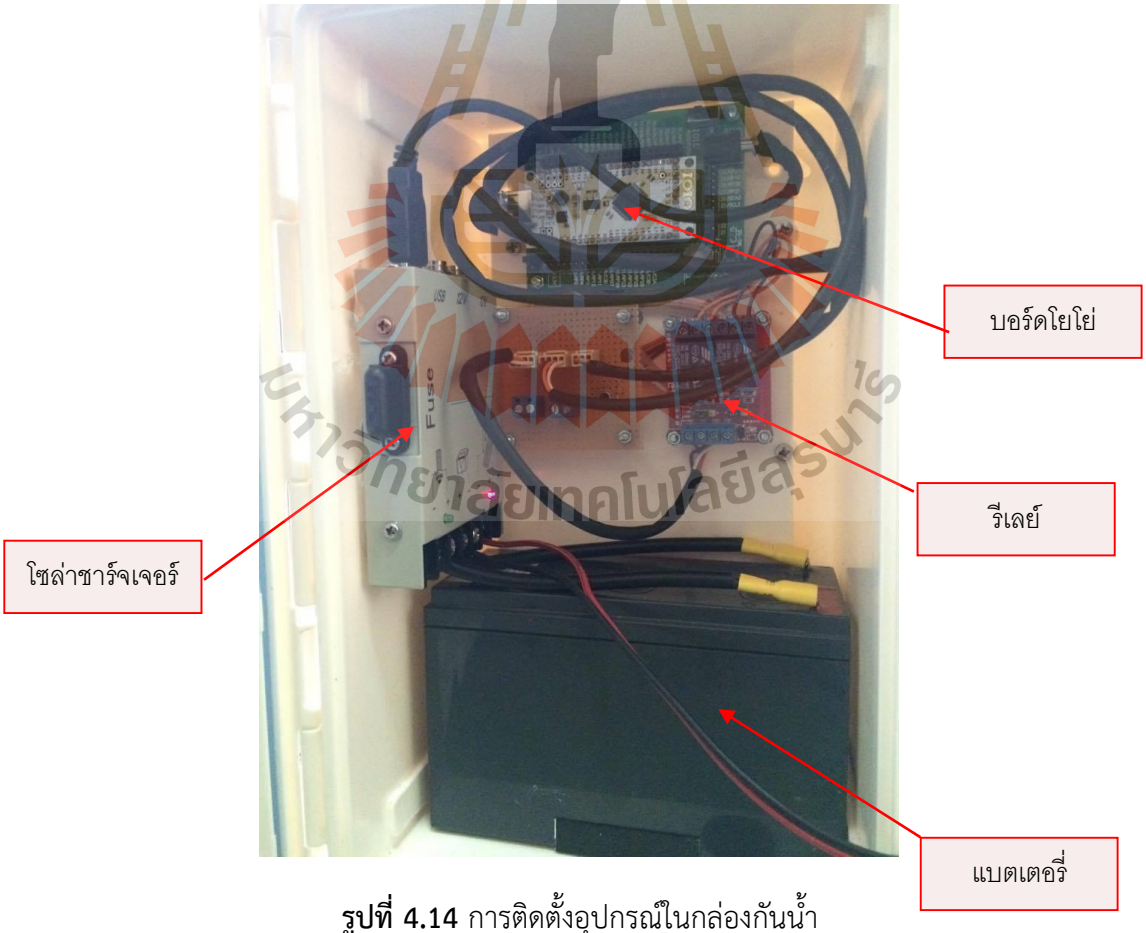
รูปที่ 4.10 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

รูปที่ 4.11 เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าความชื้นในดิน

รูปที่ 4.12 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.13 การติดตั้งแผงโซลาเซลล์



รูปที่ 4.14 การติดตั้งอุปกรณ์ในกล่องกันน้ำ

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.15 (ก) โซลินอยด์วาวล์ (ข) แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 24 V AC สำหรับโซลินอยด์วาวล์

ในรูปที่ 4.10 ถึงรูปที่ 4.14 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์สำหรับการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม ได้แก่เซ็นเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความเข้มแสง โดยใช้โซลาร์เซลล์เป็นแหล่งจ่ายกำลังให้กับระบบควบคุมการตรวจวัด และในรูปที่ 4.15 แสดงการติดตั้งโซลินอยด์วาวล์และแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับโซลินอยด์วาวล์

4.5 ผลการทดสอบการใช้งานแอพพลิเคชั่น

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแอพพลิเคชั่น Android-Based Wireless Sensor Networks และได้ทำการทดสอบการใช้งานกับฮาร์ดแวร์ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำที่พัฒนาขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการตรวจวัดและรายงานค่าสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมและสามารถควบคุมการให้น้ำได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

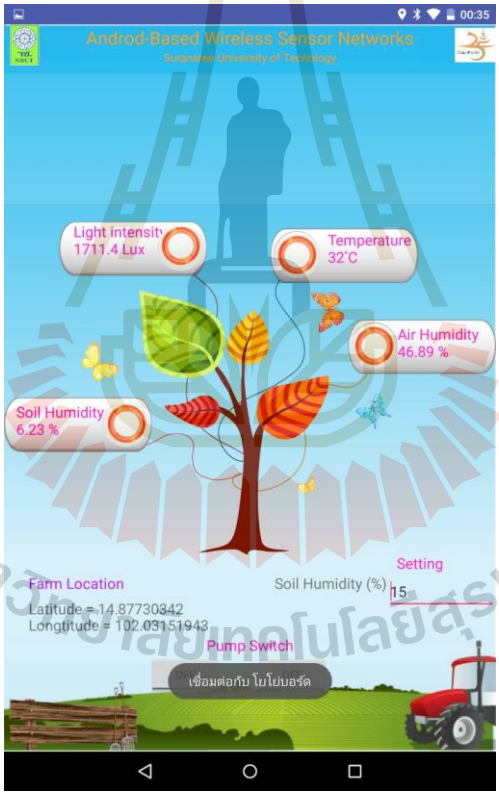
ในการทดสอบการใช้งานชุดต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดและทำการติดตั้งเพื่อการใช้งานจริงในพื้นที่แปลงเกษตรกรรม โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกับแปลงทดลองการปลูกอ้อยระบบน้ำหยดในพื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโลยีสุรนารี โดยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่พัฒนาขึ้นสามารถรายงานผลการตรวจวัดค่าจากเซ็นเซอร์แบบต่าง ๆบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆสิ่งทำให้สามารถตรวจสอบค่าการตรวจวัดจากทุกแห่งที่มีอินเตอร์เน็ตใช้งาน

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอ การทำงานของแอพพลิเคชั่น Android-Based Wireless Sensor Networks และนำเสนอการรายงานผลการตรวจวัดค่าเซ็นเซอร์แบบต่าง ๆผ่านแอพพลิเคชั่น Android-Based Wireless

Sensor Networks ที่พัฒนาขึ้นรวมถึงการรายงานผ่านระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud computing) ที่สามารถบันทึกข้อมูลหรือการเก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

4.5.1 การทำงานของแอพพลิเคชั่น Android-Based Wireless Sensor Networks

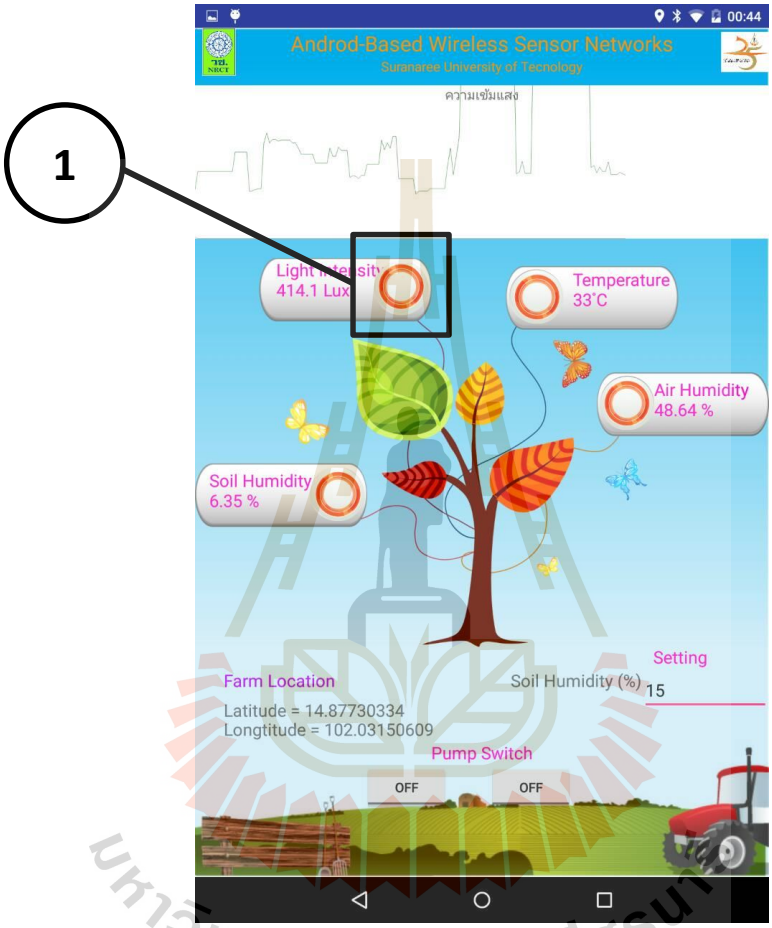
ในการใช้งานแอพพลิเคชั่น Android-Based Wireless Sensor Networks เมื่อทำการติดตั้งแอพพลิเคชั่นแล้ว ก่อนจะทำการเปิดแอพพลิเคชั่นผู้ใช้งานจะต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์แท็ปเล็ตกับบอร์ดโยโย่ในระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายก่อนโดยทำการเชื่อมต่อผ่าน Bluetooth และเชื่อมต่อกับบอร์ดโยโย่สำเร็จและเปิดแอพพลิเคชันก็จะมีป๊อปอัพเพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่ามีการเชื่อมต่อระหว่างแอนดรอยด์กับบอร์ดโยโย่ได้สำเร็จโดยมีข้อความ “เชื่อมต่อกับโยโย่บอร์ด” ดังแสดงรูปภาพและการแจ้งเตือนของแอพพลิเคชันในรูปที่ 4.16 นอกจากนี้แล้วในแอพพลิเคชั่นดังกล่าวสามารถแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแปลงเกษตรกรรมได้โดยใช้การดึงตำแหน่งละติจูด (Latitude) และลองติจูด (longitude) จากโมดูล GPS ของอุปกรณ์แอนด์ดรอยด์มาแสดงผล



รูปที่ 4.16 การแจ้งเตือนบนแอพพลิเคชันเมื่อมีการเชื่อมต่อกับบอร์ดโยโย่ได้สำเร็จ

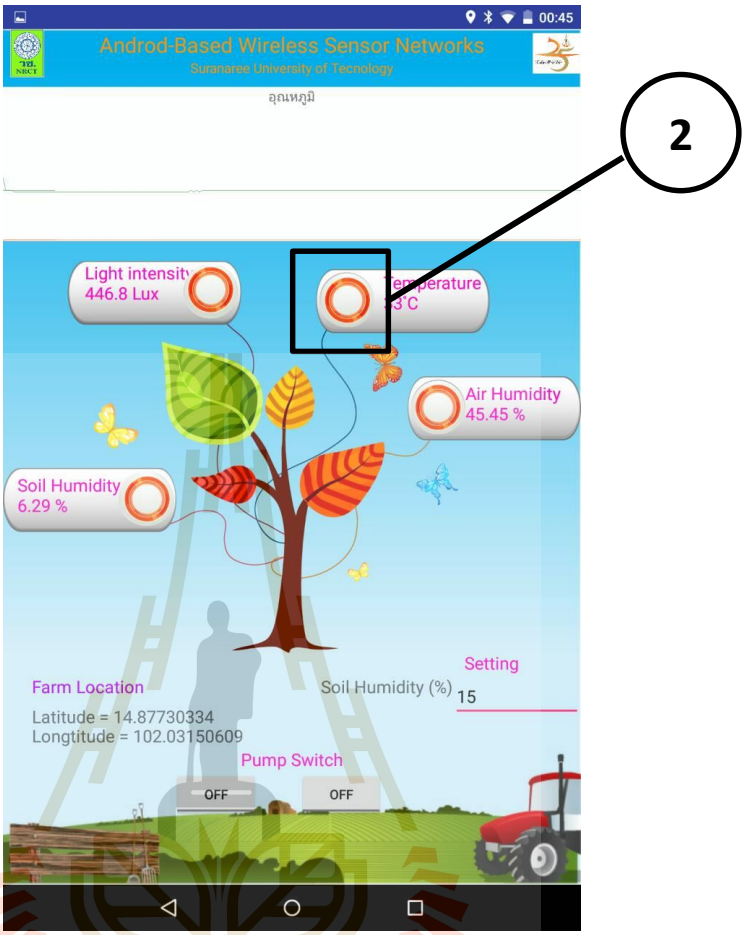
และเมื่อทำการเชื่อมต่อได้สำเร็จ ผู้ใช้งานสามารถใช้แอพพลิเคชันในการเฝ้าระวังหรือตรวจสอบรายงานผลการตรวจวัดค่าจากเซ็นเซอร์ชนิดต่างๆที่ติดตั้งในแปลงเกษตรกรรม ซึ่งทำได้โดยการกดปุ่มการใช้งานที่ออกแบบไว้ให้ง่ายต่อการใช้งาน ดังมีตัวอย่างการแสดงผลดังต่อไปนี้

เมื่อทำการกดปุ่ม Light intensity ปุ่มหมายเลข ❶ จะแสดงกราฟความเข้มแสงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 กราฟความเข้มแสง

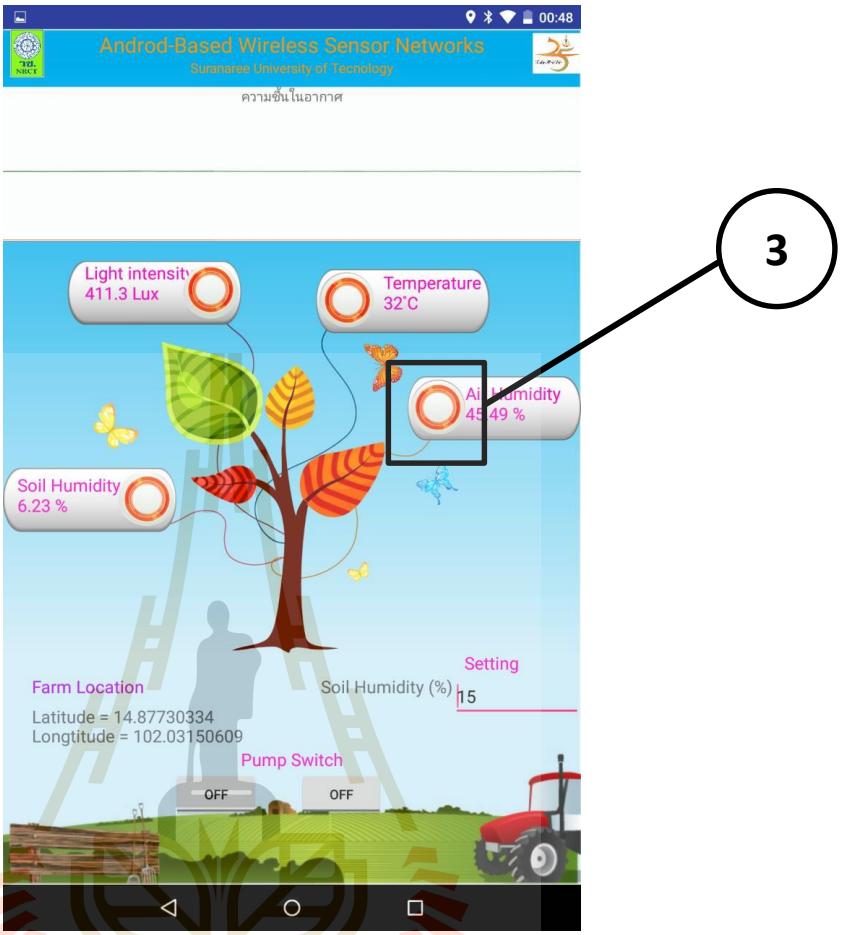
เมื่อทำการกดปุ่ม Temperature ปุ่ม ❷ จะแสดงกราฟอุณหภูมิดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 กราฟอุณหภูมิในอากาศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

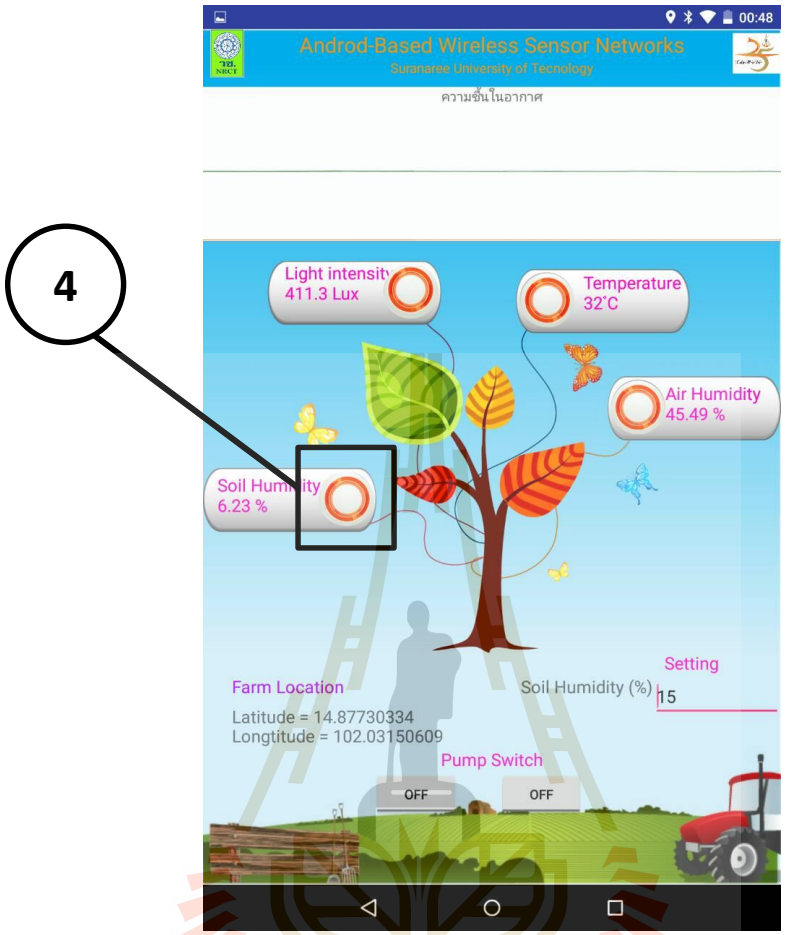
เมื่อทำการกดปุ่ม Air Humidity ปุ่มหมายเลข ❸ จะแสดงกราฟอุณหภูมิดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 กราฟความชื้นในอากาศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

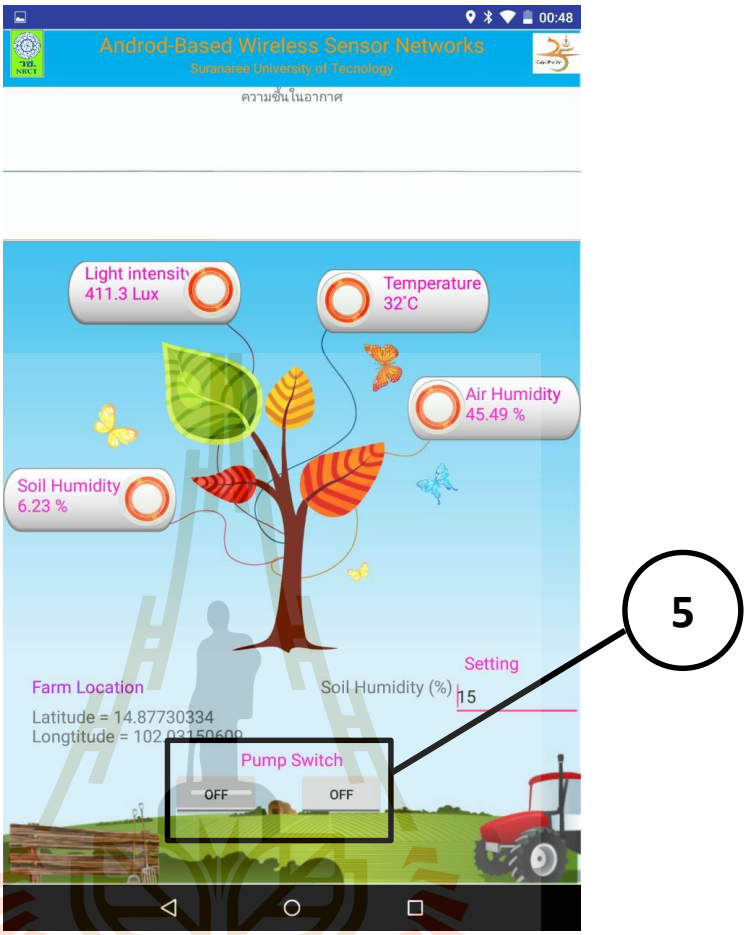
เมื่อทำการกดปุ่ม Soil Humidity ปุ่มหมายเลข ❹ จะแสดงกราฟอุณหภูมิดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 กราฟความชื้นในดิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เมื่อทำการกดปุ่ม Pump Switch ปุ่มหมายเลข ❺ จะเป็นการเปิด-ปิดปั้ม ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 ตำแหน่งปุ่มเปิด-ปิด ปั้มน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

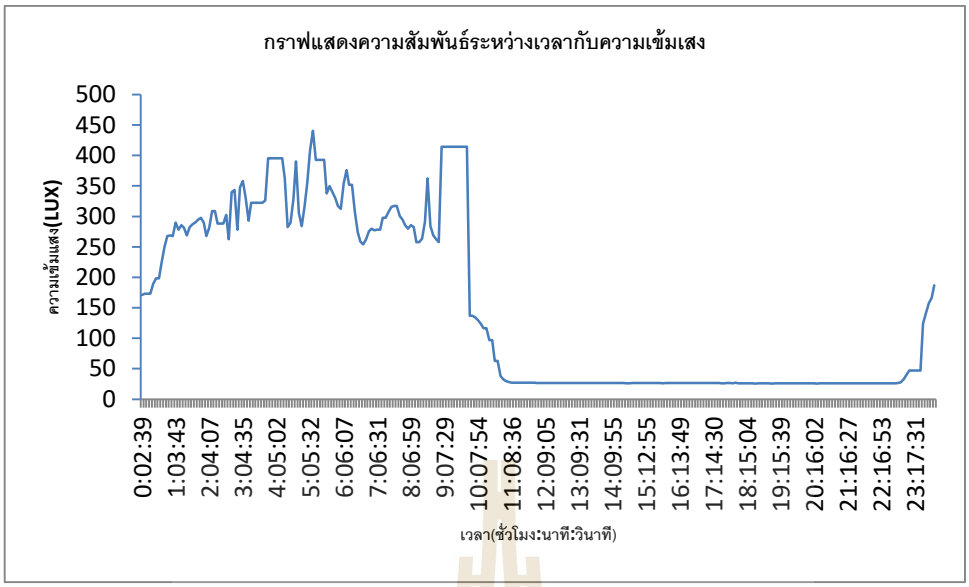
4.5.2 ผลการรายงานค่าการตรวจวัดด้วยเครือข่ายประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

ในการรายงานค่าการตรวจวัดของเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในแปลงทดลองการปลูกอ้อยระบบน้ำหยด ผู้วิจัยเลือกใช้ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของ Google ที่เรียกว่า Google Cloud Platform (GCP) เนื่องจากแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถอัพโหลดข้อมูลจากอุปกรณ์แอนด์ดรอยด์เข้าสู่ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของ Google ได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เพียงบัญชี Google หรือ Google account เท่านั้น ผู้วิจัยเลือกใช้การเก็บข้อมูลบนระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของ Google เนื่องจากสามารถจัดเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมากได้ฟรีโดยไม่มีค่าใช้จ่ายและในอนาคตผู้วิจัยสามารถดึงข้อมูลกลับมาวิเคราะห์ได้อย่างสะดวกรวดเร็วไม่มีการสูญหายของข้อมูล นอกจากนี้ระบบยังมีความสามารถในการ Sync ข้อมูลใน Google Sheets เข้ากับ Big Query ได้ และในการทำงานวิจัยในอนาคตหากต้องการศึกษาและทำการวิเคราะห์ข้อมูล Big Data บน Google Cloud Platform นักวิจัยก็จะสามารถทำได้อย่างง่ายดายผ่าน Google Sheets ได้โดยตรง

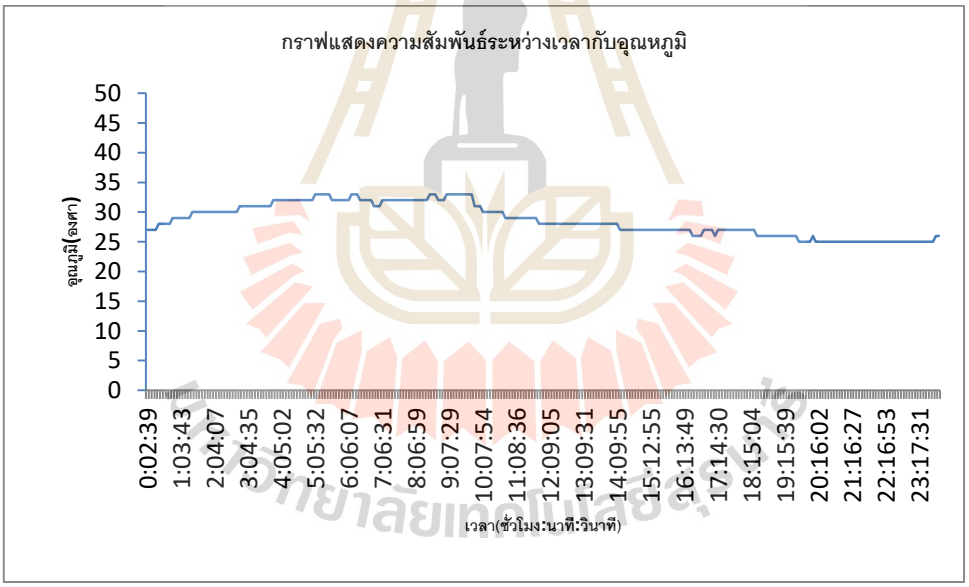
ในการทดสอบการส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ Google Cloud Platform ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 เดือน และทำการพล็อตกราฟบนระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ Google Cloud Platform โดยการดึงข้อมูลที่มีการจัดเก็บมาแสดงผลในรูปแบบของกราฟเส้นแยกแสดงผลตามชนิดของเซ็นเซอร์แบบต่าง ๆที่ติดตั้งในแปลงทดลองการปลูกอ้อยระบบน้ำหยด โดยแสดงกราฟผลการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 22 ตุลาคม 2559 โดยมีกราฟแสดงค่าความเข้มแสง ความชื้นในดิน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิในอากาศ โดยได้ทำการจัดเก็บข้อมูลในทุก ๆช่วงเวลา 5 นาทีแสดงในรูปที่ 4.22 ถึงรูปที่ 4.49 ตามลำดับ กราฟแสดงผลดังกล่าวสามารถเข้าถึงได้ผ่านเวปบราวเซอร์โดยใช้ Google account

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

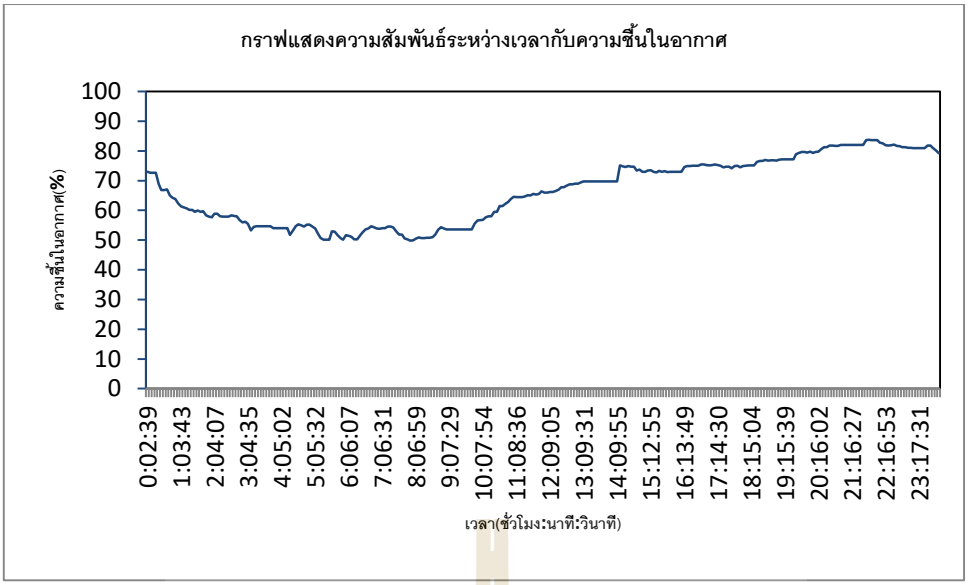
- วันที่ 16 ตุลาคม 2559



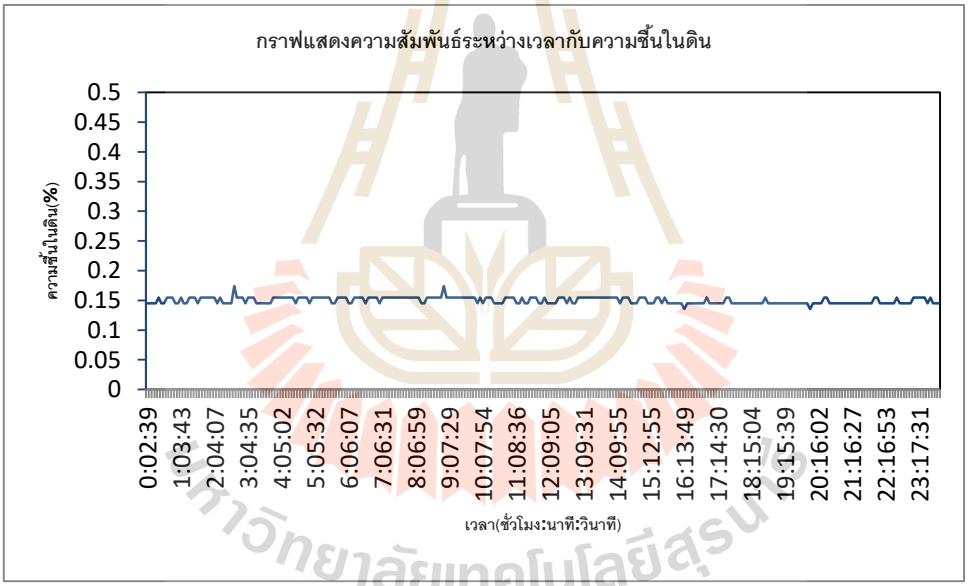
รูปที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง



รูปที่ 4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ

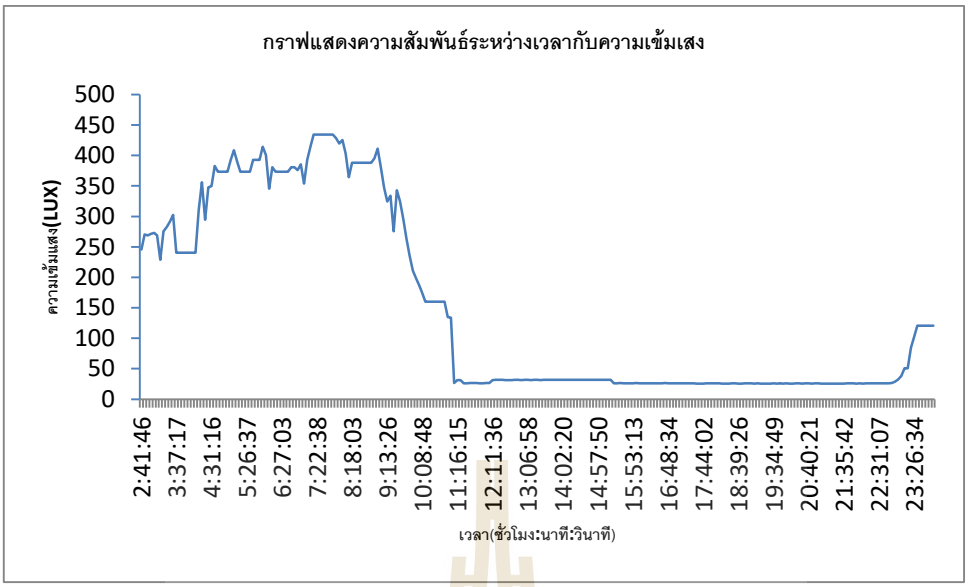


รูปที่ 4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ

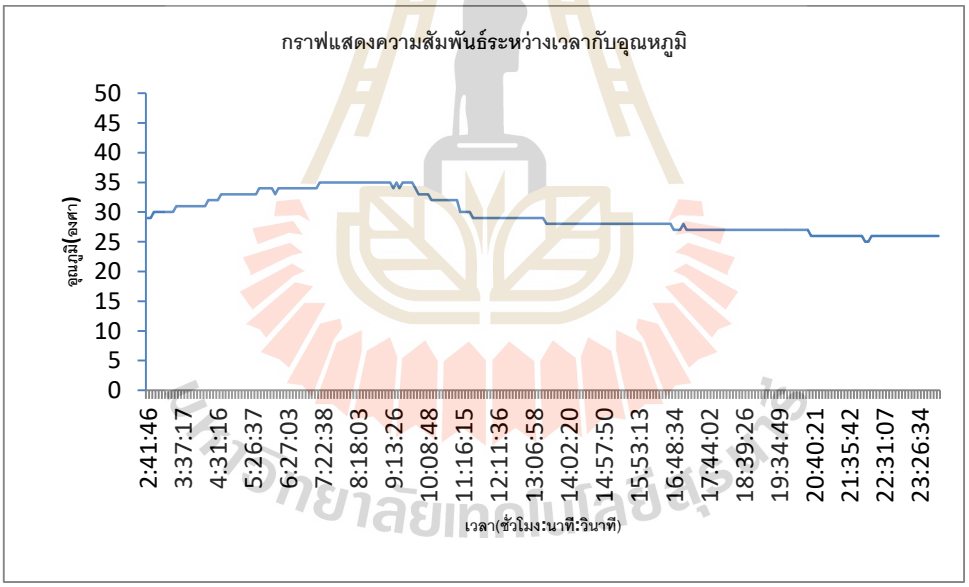


รูปที่ 4.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน

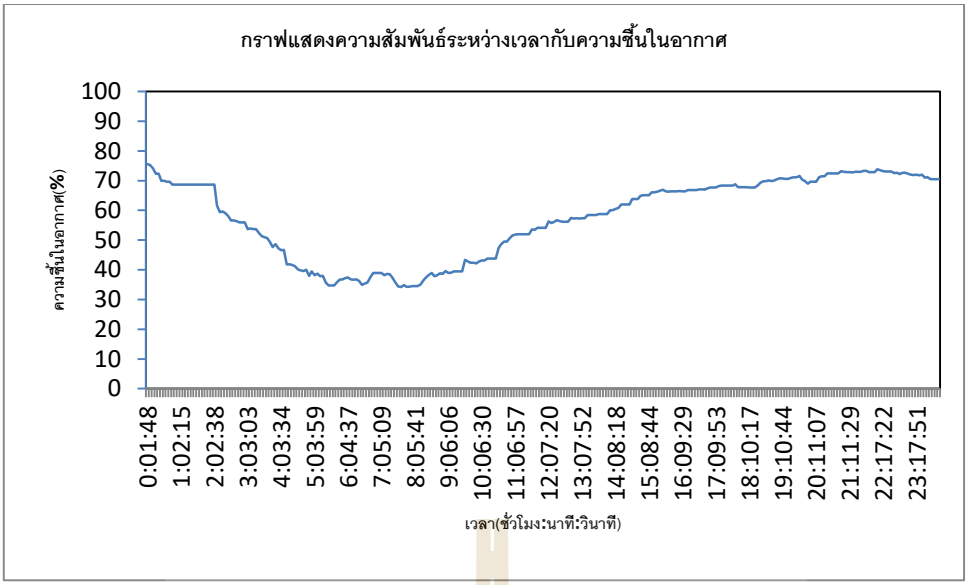
- วันที่ 17 ตุลาคม 2559



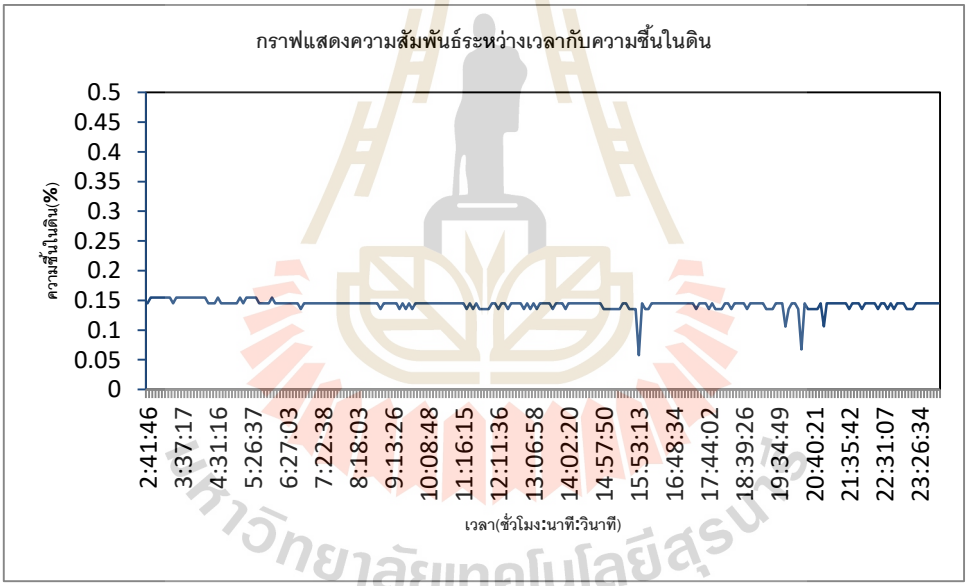
รูปที่ 4.26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง



รูปที่ 4.27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ

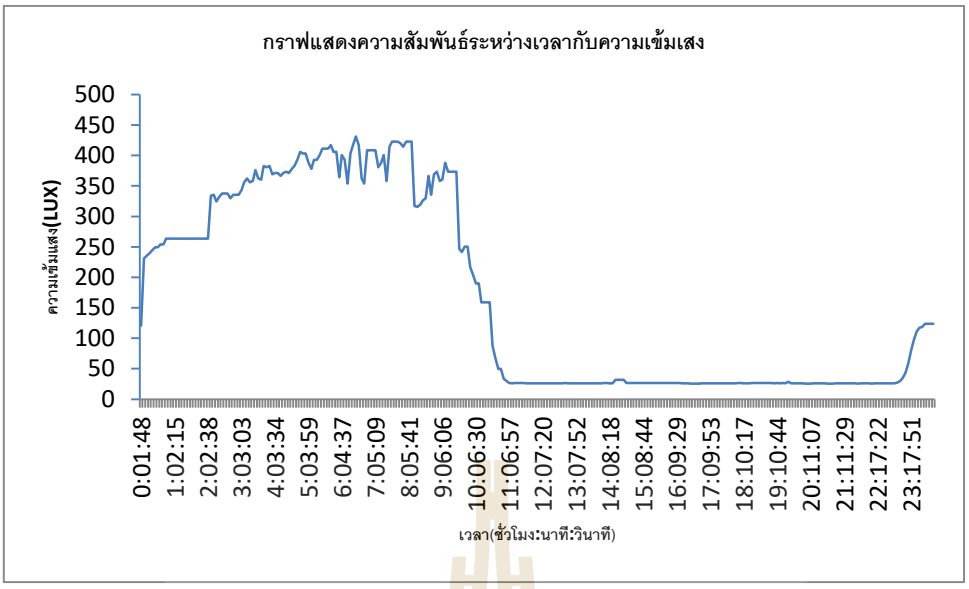


รูปที่ 4.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ

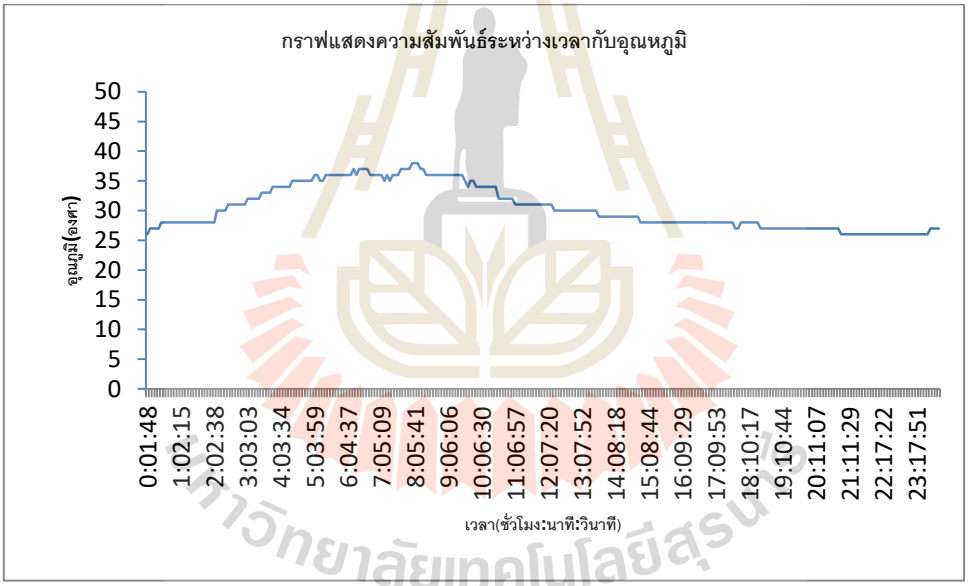


รูปที่ 4.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน

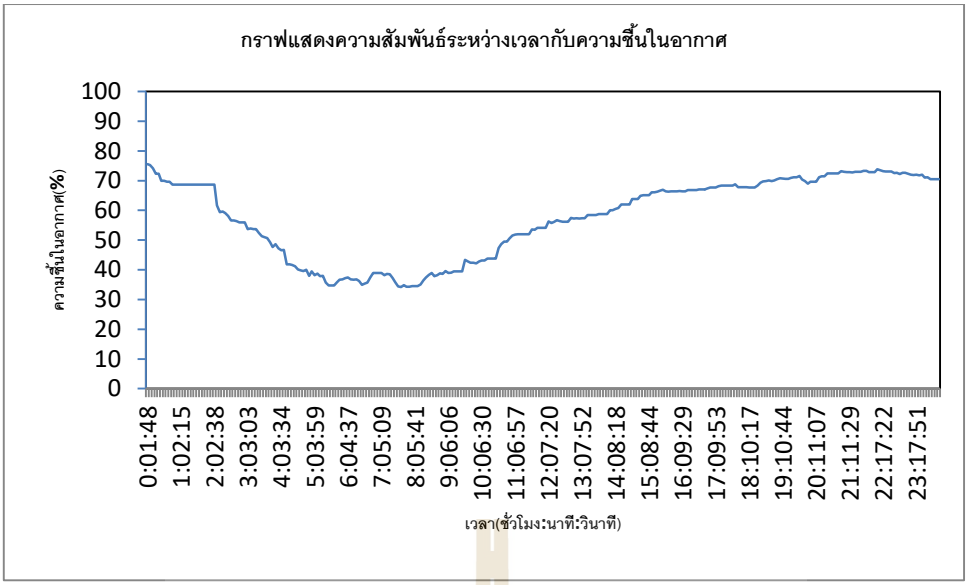
- วันที่ 18 ตุลาคม 2559



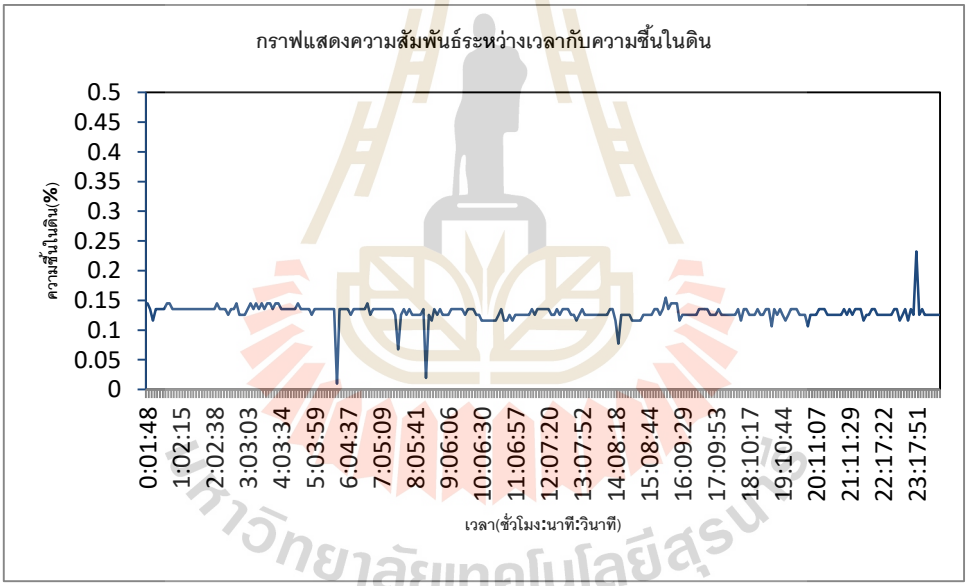
รูปที่ 4.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง



รูปที่ 4.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ

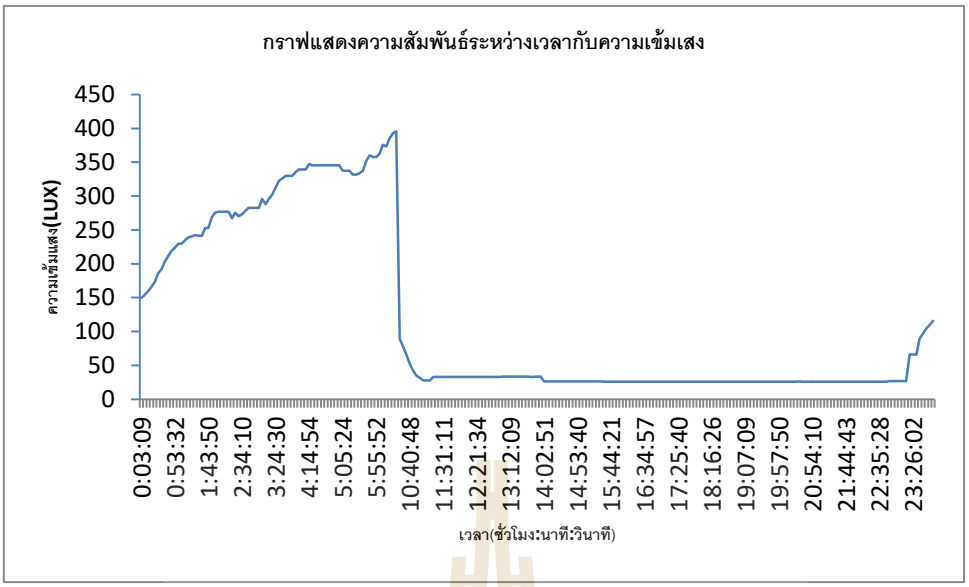


รูปที่ 4.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ

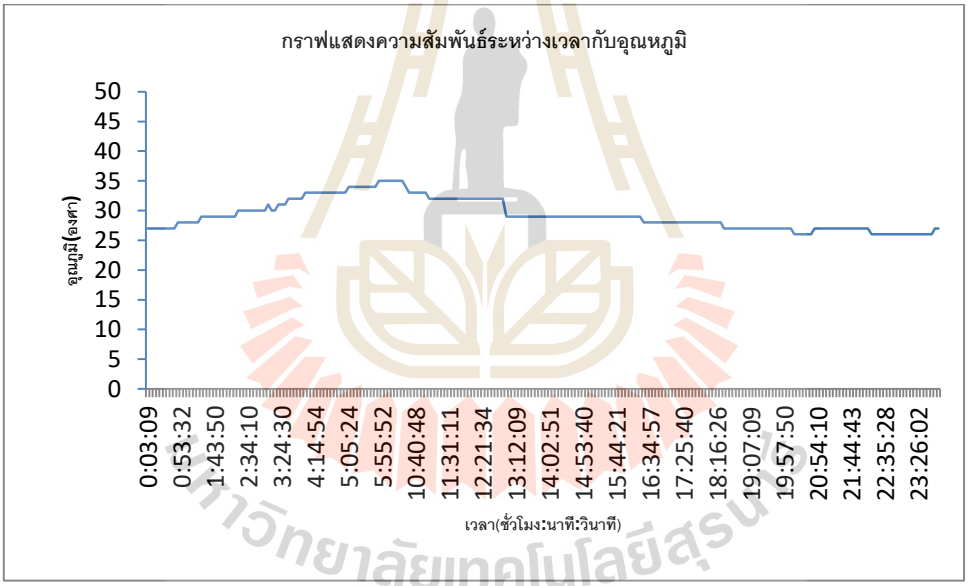


รูปที่ 4.33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน

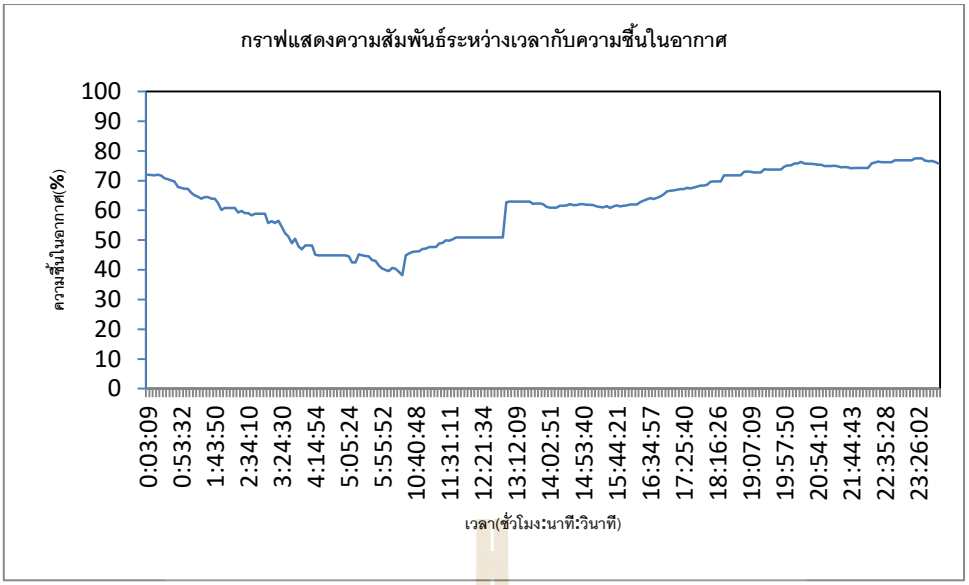
- วันที่ 19 ตุลาคม 2559



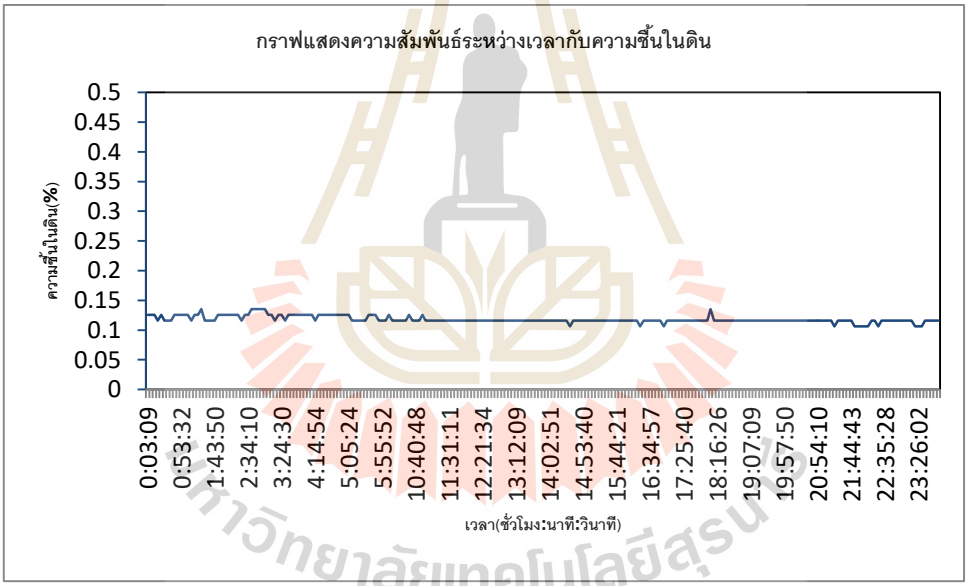
รูปที่ 4.34 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง



รูปที่ 4.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ

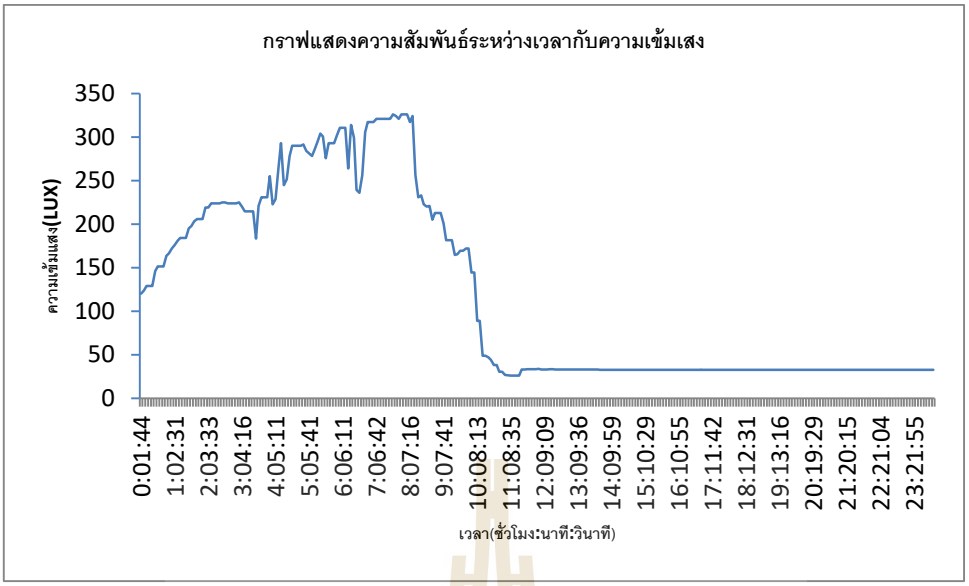


รูปที่ 4.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ

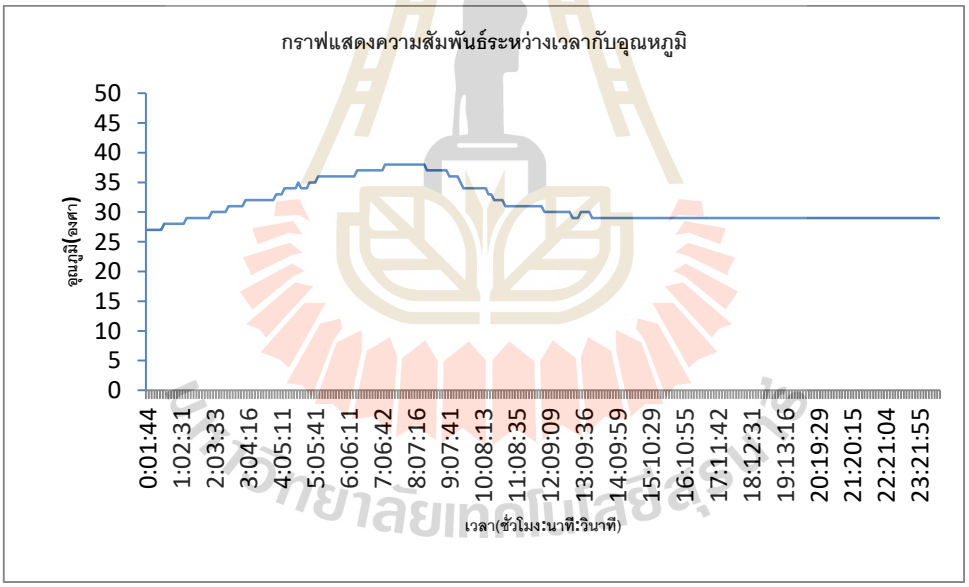


รูปที่ 4.37 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน

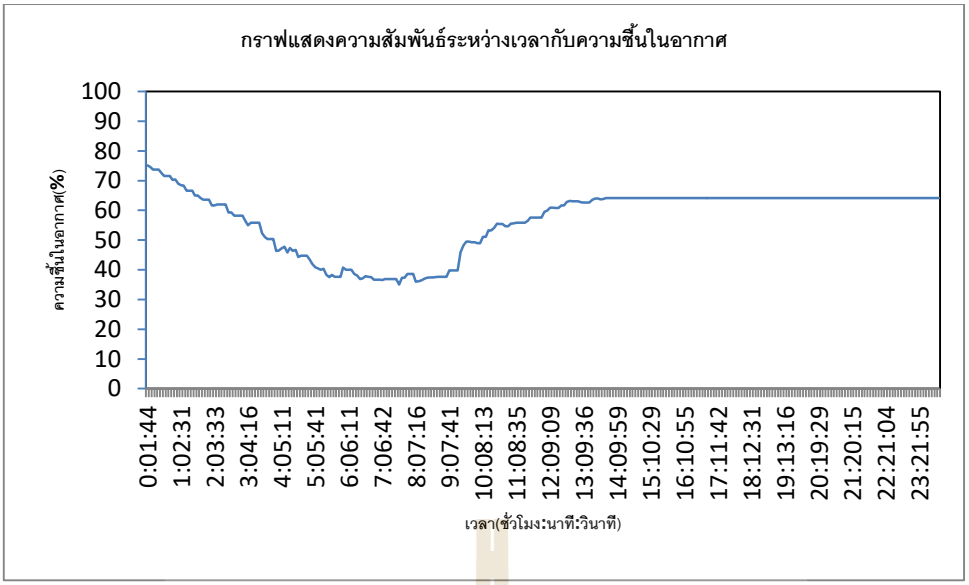
- วันที่ 20 ตุลาคม 2559



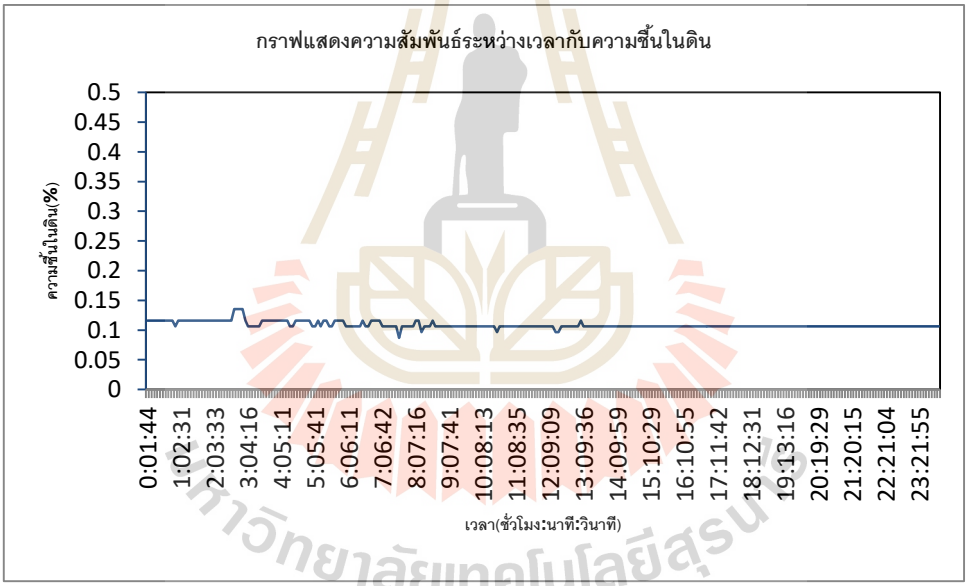
รูปที่ 4.38 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง



รูปที่ 4.39 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ

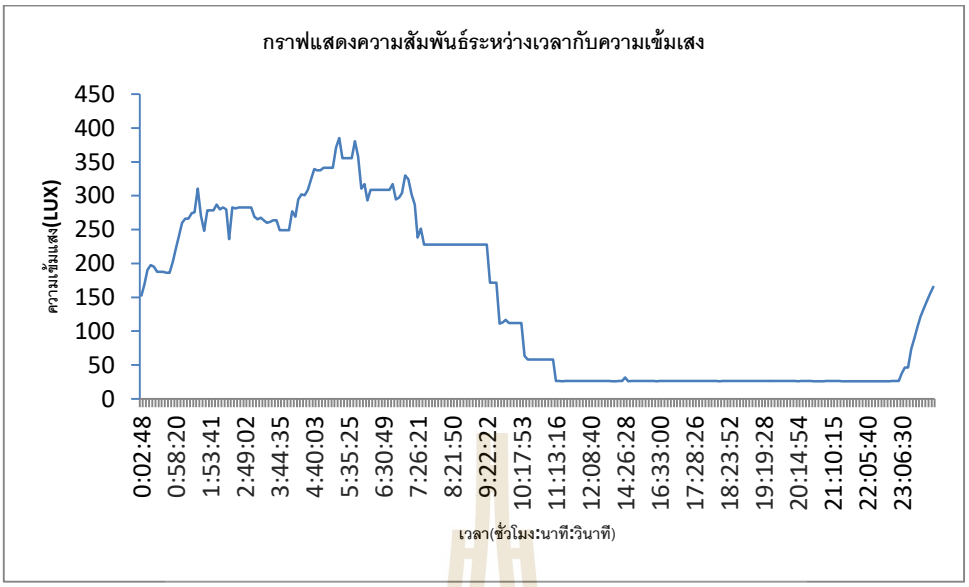


รูปที่ 4.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ

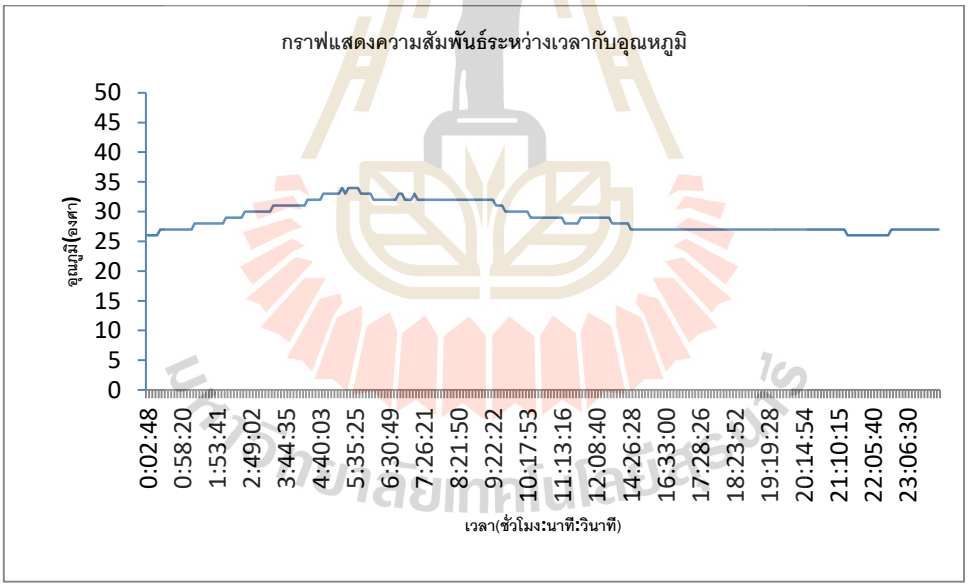


รูปที่ 4.41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน

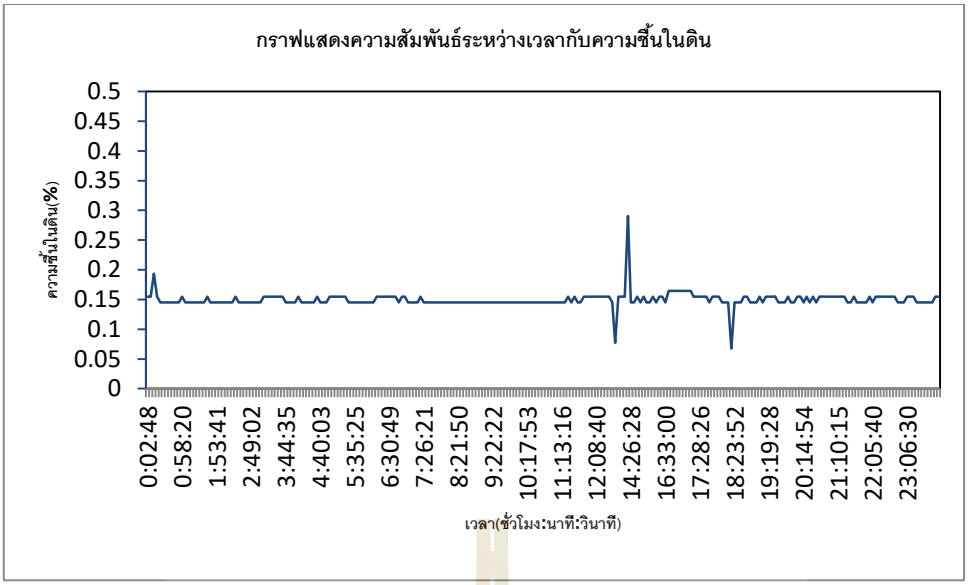
- วันที่ 21 ตุลาคม 2559



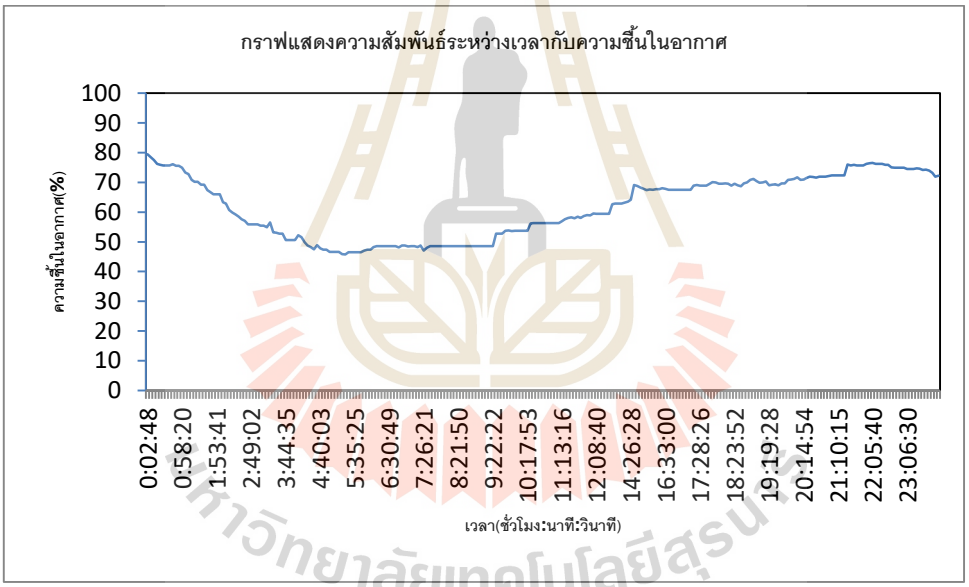
รูปที่ 4.42 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง



รูปที่ 4.43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ

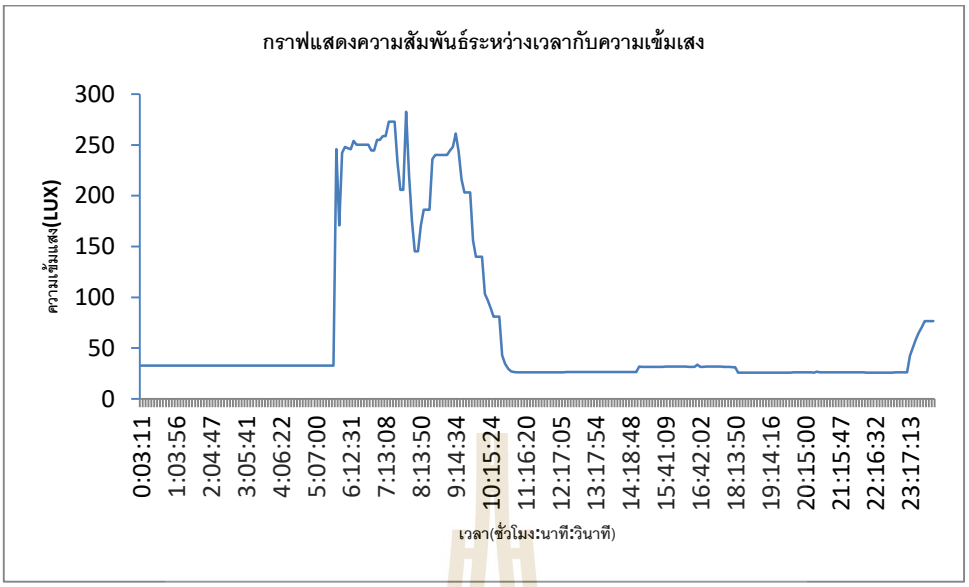


รูปที่ 4.44 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ

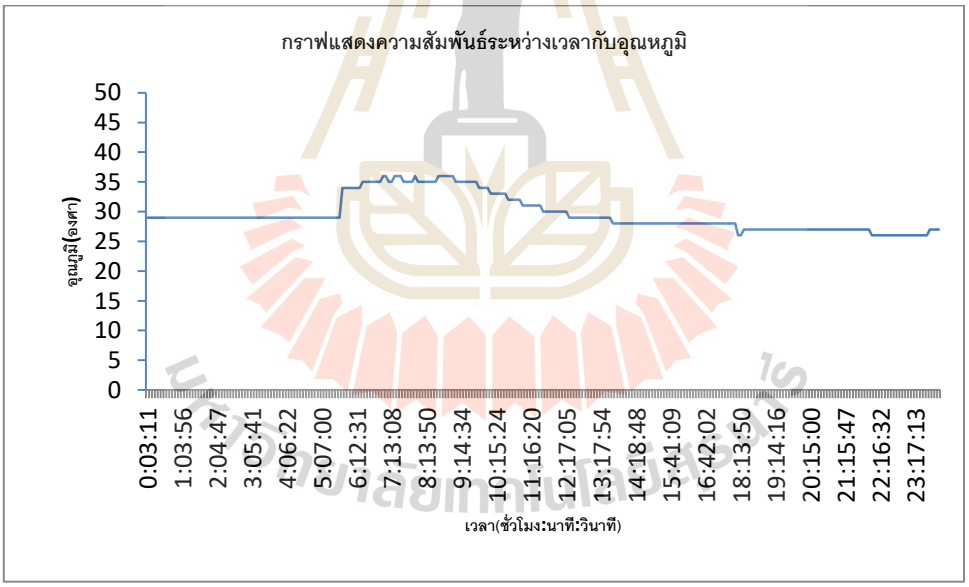


รูปที่ 4.45 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน

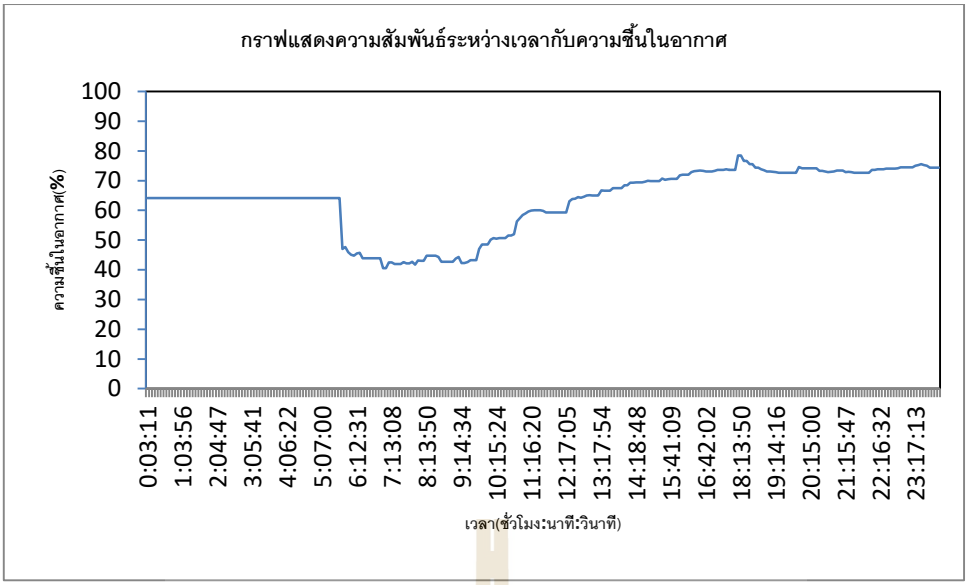
- วันที่ 22 ตุลาคม 2559



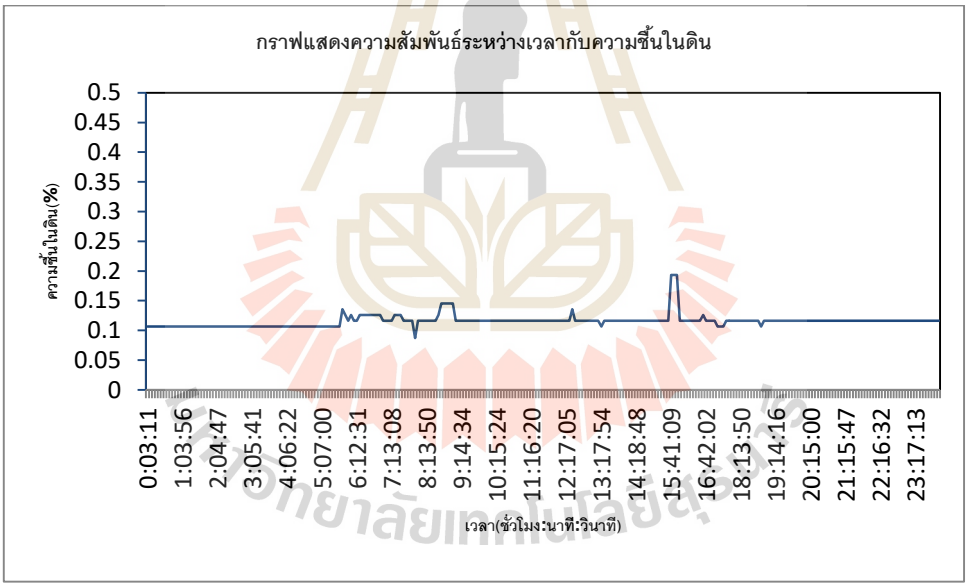
รูปที่ 4.46 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มแสง



รูปที่ 4.47 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ



รูปที่ 4.48 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในอากาศ



รูปที่ 4.49 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในดิน

4.6 สรุป

บทนี้นำเสนอ ผลการการออกแบบฮาร์ดแวร์ชุดต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สำหรับรายงานผลการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมของแปลงเกษตรกรรม โดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์หรือใช้แท็ปเล็ตแอนด์ดรอยด์เป็นฮาร์ดแวร์หลักของระบบที่สามารถสร้างเครือข่ายสื่อสารแบบไร้สายโดยใช้เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีเสถียรภาพและมีความพร้อมใช้งานในเกือบทุกพื้นที่ของประเทศไทย ชุดต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่พัฒนาขึ้นใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดและสามารถใช้งานได้จริงในพื้นที่แปลงเกษตรกรรม และด้วยสถาปัตยกรรมทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของอุปกรณ์แอนดรอยด์ที่ได้รับการออกแบบมาเป็นอย่างดีทำให้มีการประยุกต์ใช้งานที่ง่ายโดยเฉพาะในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์รอบข้างทั้งในด้านฮาร์ดแวร์และด้านซอฟต์แวร์ จึงทำให้สามารถดำเนินการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อควบคุมการส่งข้อมูลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ (Android applications) ที่สามารถตรวจสอบค่าการตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการทดสอบการรายงานผลการตรวจวัดของเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในแปลงทดลองการปลูกอ้อยระบบน้ำหยดในพื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโลยีสุรนารี ผู้วิจัยเลือกใช้ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของ Google ที่เรียกว่า Google Cloud Platform (GCP) เนื่องจากแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถอัพโหลดข้อมูลจากอุปกรณ์แอนด์ดรอยด์เข้าสู่ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของ Google ได้อย่างรวดเร็วและสามารถจัดเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมากได้ฟรีโดยไม่มีค่าใช้จ่าย การประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนด์ดรอยด์และเครือข่ายเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ดังกล่าวทำให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์และทำการส่งข้อมูลได้แบบไร้สายซึ่งเพิ่มความสะดวกและลดความยุ่งยากในการติดตั้งอีกด้วย เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่พัฒนาขึ้นสามารถรายงานผลการตรวจวัดค่าจากเซ็นเซอร์แบบต่าง ๆบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และบนระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบค่าการตรวจวัดและควบคุมการเปิด-ปิดปั้มน้ำได้จากทุกแห่งที่มีอินเตอร์เน็ตใช้งาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอ การออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับบันทึกข้อมูลในการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์ (Android devices) การออกแบบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายดังกล่าวใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เป็นแหล่งจ่ายกำลังหลักในระบบ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบและติดตั้งเพื่อการใช้งานจริงในพื้นที่แปลงปลูกอ้อยระบบน้ำหยดในบริเวณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ผลการดำเนินงานวิจัยสรุปได้ดังนี้

1.) เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ออกแบบขึ้นในงานวิจัยนี้ เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบต้นทุนต่ำที่ใช้อุปกรณ์แอนด์ดรอยด์หรือแท็บเล็ตแอนด์ดรอยด์ (Android tablet) ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์เป็นฮาร์ดแวร์หลักของระบบเนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถสร้างเครือข่ายสื่อสารแบบไร้สายโดยใช้เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีเสถียรภาพและมีความพร้อมใช้งานในเกือบทุกพื้นที่ของประเทศไทย อุปกรณ์แอนดรอยด์ดังกล่าวมีระบบสมองกลฝังตัวที่มีฮาร์ดแวร์พร้อมใช้งานสำหรับงานด้านการเกษตรกรรมซึ่งมีการประมวลผลไม่ซับซ้อนและราคาไม่สูงมาก สามารถประยุกต์ใช้งานได้ดีทั้งในด้านของการแสดงผลบนจอภาพแบบสัมผัส (Touch screen display) และการติดต่อกับผู้ใช้งานแบบกราฟิก (Graphic user interface) สามารถทำการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่และผ่านอุปกรณ์บลูทูธ (Bluetooth devices) รวมถึงการเชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์ระดับต่ำ (Low-level interface) เช่น GPIO ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ โดยผู้วิจัยได้ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าความชื้นในดิน เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าความเข้มแสง เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพื่อทำการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม การพัฒนาโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ (Android applications) สามารถตรวจสอบค่าการตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดปั้มน้ำผ่านแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นโดยสามารถทำการให้น้ำหรือเปิด-ปิดปั้มน้ำได้แบบแมนนวล (Manual control) ตามความประสงค์ของผู้ใช้งาน

2.) ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำ มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญของระบบคือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android operating system) เพื่อใช้ในการบริหารจัดการในด้านต่าง ๆของระบบ เช่น การประมวลผล การแสดงผลและการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ โดยประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ที่สามารถทำการตรวจวัดและซอฟต์แวร์ที่จัดการในด้านการจัดเก็บข้อมูลและรายงานสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม โดยผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแอพพลิเคชั่นหรือพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการแอนด์ดรอยด์โดยใช้เครื่องมือ Android studio โดยมีแพลตฟอร์ม

มาตรฐานในการพัฒนาโปรแกรมที่เรียกว่า JDK หรือ Java SE Development Kit 8 ทำให้สะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรม แอพพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานบนอุปกรณ์แท็บเล็ตแอนดรอยด์ได้เป็นอย่างดีรวมทั้งสามารถจัดเก็บข้อมูลการตรวจวัดในระบบการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud computing) หรือระบบบริการคลาวด์ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

3.) การรายงานค่าผลการตรวจวัดของเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในแปลงทดลองการปลูกอ้อยระบบน้ำหยดในพื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโลยีสุรนารี ผู้วิจัยเลือกใช้ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของ Google ที่เรียกว่า Google Cloud Platform (GCP) เนื่องจากแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถอัพโหลดข้อมูลจากอุปกรณ์แอนด์ดรอยด์เข้าสู่ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของ Google ได้อย่างรวดเร็วและสามารถจัดเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมากได้ฟรีโดยไม่มีค่าใช้จ่าย การประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนด์ดรอยด์และเครือข่ายดังกล่าวทำให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์และส่งข้อมูลได้แบบไร้สายซึ่งลดความยุ่งยากในการติดตั้งและทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบค่าการตรวจวัดและควบคุมการเปิด-ปิดปั๊มน้ำได้จากทุกแห่งที่มีอินเตอร์เน็ตใช้งาน

4.) เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ออกแบบขึ้นในงานวิจัยนี้เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบต้นทุนต่ำ สามารถใช้งานได้กับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G/4G ถูกออกแบบให้ทำการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชไร่หรือไร่อ้อยโดยตรง เช่น ความชื้นในดิน ความเข้มแสง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ส่วนของค่าสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมค่าอื่น ๆที่เกี่ยวกับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและสารละลายในดินนั้นก็นับว่ามีความสำคัญต่อกับการทำเกษตรกรรมเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามอุปกรณ์เซ็นเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าดังกล่าวยังมีราคาค่อนข้างแพงจึงยังไม่ถูกนำมาพิจารณาในโครงการวิจัยนี้

5.2 ข้อเสนอแนะ แนวทางในการวิจัยและพัฒนาต่อไปในอนาคต

1.) การออกแบบและพัฒนาเซ็นเซอร์เพื่อการตรวจวัดในทางเกษตรกรรมแทนการใช้เซ็นเซอร์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากโรงงาน จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายได้อย่างมาก

2.) การควบคุมระบบการให้น้ำผ่านแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น สามารถดำเนินการพัฒนาต่อยอดให้แบบอัตโนมัติได้โดยการประยุกต์ใช้ค่าเฉลี่ยความชื้นในดินมาเป็นตัวตัดสินใจในการให้น้ำแก่พืช หรืออาจจะประยุกต์ใช้เทคนิคและวิธีการทางปัญญาประดิษฐ์ เช่น เครือข่ายประสาทเทียมหรือ Convolution Neural Networks เป็นต้น มาใช้ในการควบคุมการให้นำแบบอัตโนมัติตามแบบจำลองสภาพภูมิศาสตร์ในพื้นที่แปลงเกษตรกรรม

3.) การประยุกต์ใช้เครือข่ายสื่อสารไร้สายที่พัฒนาขึ้นสำหรับการรองรับเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของทุกสิ่ง เช่น เครือข่ายกระจายสัญญาณไร้สายแบนด์แคบจากสถานีฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ Narrow-band IoT (NB-IoT) หรือ Lola-band สามารถทำให้เครือข่ายไร้สายมีความครอบคลุมมากกว่า ประหยัดพลังงานและประหยัดค่าบริการมากกว่าการใช้เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่และทำให้สามารถประยุกต์ใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในหลากหลายมิติมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] N. Watthanawisuth, N. Tongrod, T. Kerdcharoen and A.Tuantranont, “Real-Time Monitoring of GPS-Tracking Tractor Based on ZigBee Multi-Hop Mesh Network,” In Proc. the Electrical Engineering/Electronics Computer Telecommunications and Information Technology, Vol. 1, pp. 580-583, 2010.

[2] ZigBee Alliance, Available from: http: //www.zigbee.org/

[3] Android KitKat, Available from: http: //www.android.com/

[4] N. Kimura and S. Latifi, “A survey on data compression in wireless sensor networks," In Proc. the Information Technology: Coding and Computing, Vol. 2, pp:8 – 13, 2005.

[5] A. Kulakov and D. Davcev, “Intelligent Data Acquisition and Processing Using Wavelet Neural Networks,” In Proc. IEEE Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, Vol. 1, pp. 491-494, 2005.

[6] F. J. Maldonado and J. A. Hernandez, “Sensor Calibration by Neural Network in a Smart Wireless System,” In Proc. the IEEE AUTOTESTCON, Vol. 1, pp. 573-577, 2006.

[7] J. W. Barron, A. I. Moustapha, and R. R. Selmic, “Real-Time Implementation of Fault Detection in Wireless Sensor Networks Using Neural Networks,” In Proc. the Fifth International Conference on Information Technology: New Generations, Vol. 1, pp. 378-383, 2008.

[8] X. Chen, K. Makki, K. Yen, and N. Pissinou, “Sensor Network Security: A Survey,” IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 11, No. 2, 2009.

[9] J. Li, X. Zhu, N. Tang and J. Sui, “Study on ZigBee Network Architecture and Routing Algorithm,” In Proc. International Conference on Signal Processing Systems, Vol. 2, pp. 389-393, 2010.

[10] M. Nasri, A. Helali, H. Sghaier, and H. Maaref, “Energy-efficient wavelet image compression in Wireless Sensor Network," In Proc. the Communication in Wireless Environments and Ubiquitous Systems: New Challenges (ICWUS), pp. 1 – 7, 2010.

[11] R. V. Kulkarni and G. K. Venayagamoorthy,“Computational Intelligence in Wireless Sensor Networks: A Survey,” IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 13, pp. 68-96, 2011.

[12] Y. Liu, L. Kong, B. Xu, T. Du, S. Hou, and S. Kang,“Design of Intelligent Control System of Crop Partial root-zone Alternative Irrigation,” In. Proc. International Conference on Systems and Informatics, Vol. 1, pp. 397 – 399, May 2012.

[13] S. Li, “Application of the Internet of Things Technology in Precision Agriculture Irrigation Systems” Proc. 2012 International Conference on Computer Science and Service System, Vol. 2, pp. 1009 – 1013, August 2012.
[14] D. Serfass and K. Yoshigoe, “Wireless sensor networks using Android Virtual Devices and Near Field Communication peer-to-peer emulation,” In Proc. the 2013 Southeastcon, pp. 1-6, 2013.
[15] D. Kobylarz and J. Danda, “A Common Interface for Bluetooth-based Health Monitoring Devices,” In Proc. the 2013 29th Southern Biomedical Engineering Conference, pp. 153-154, 2013.
[16] R. Richer, P. Blank, D. Schuldhaus, and B. M. Eskofier, “Real-Time ECG and EMG Analysis for Biking Using Android-Based Mobile Devices,” In Proc. International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN), Vol. 1, pp. 104-108, 2014.
[17] Android studio, Available from: https://developer.android.com/studio/index.html
[18] Java SE Development Kit 8, Available from: http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-downloads-2133151.html

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

- เผยแพร่ผลงานวิจัย โดยการจัดแสดงชุดต้นแบบงานวิจัย “SUT Smart Farm” ในงานประชุมวิชาการเกษตรสุรนารี’ 60 ระหว่างวันที่ 23 - 27 กุมภาพันธ์ 2560 ณ บริเวณฟาร์มมหาวิทยาลัยและอาคารสุรพัฒน์ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- เผยแพร่ผลงานวิจัย โดยการบรรยายและการจัดแสดงผลงานในแปลงทดลองให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยจากจังหวัดบุรีรัมย์ ในหัวข้อ“นวัตกรรมการให้น้ำอัตโนมัติ” เมื่อวันที่ 19 สิงหาคม 2560 ณ บริเวณฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์

(ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof.Flt.Lt.Dr.Prayoth Kumsawat

ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ที่อยู่ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044 224392 โทรสาร 044 224603
E-mail: prayoth@sut.ac.th

ประวัติการศึกษา

2549 วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2541 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2536 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)	โรงเรียนนายเรืออากาศ

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- Digital signal and image processing
- Artificial intelligence and applications
- Microcontroller and embedded systems

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี