วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปีที่ 33 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - มิถุนายน 2567
Journal of Science Ladkrabang Vol. 33 No. 1 January - June 2024

บทความวิจัย (Research article)

ระบบจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในแปลงอ้อยด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
Data Logger System in Sugarcane Using Internet of Things

อนุวัฒน์ ใจดี[1*] สุนิพันธ์ ศรีสุพจนานนท์[1] และ เปรมกมล ภูมิหล้า[2]
Anuwat Jaidee[1*] Suniphan Srisuphotnanont[1] and Premkamon Phumla[2]
[1]สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยธนบุรี กรุงเทพฯ ประเทศไทย
[2]บริษัท น้ำตาลเกษตรผล จำกัด จ.อุดรธานี ประเทศไทย
[1]Division of Digital Business Computer, Faculty of Business Administration
Thonburi University, Bangkok, Thailand
[2]Kaset Phol Sugar Ltd., Udon Thani, Thailand
วันที่ส่งบทความ : 23 ตุลาคม 2566 วันที่แก้ไขบทความ : 26 มิถุนายน 2567 วันที่ตอบรับบทความ : 26 มิถุนายน 2567
Received: 23 October 2023, Revised: 26 June 2024, Accepted: 26 June 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในแปลงอ้อยด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (เทคโนโลยีไอโอที) โดยทำการออกแบบและติดเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน 3 จุด ที่แปลงพันธุ์อ้อยทดลองขนาดพื้นที่ 1 ไร่ และติดตั้งสถานีตรวจอากาศ 1 จุด เพื่อเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ แสงแดด ความเร็วลม ทิศทางลม และปริมาณน้ำฝน ไว้ในระบบฐานข้อมูล เพื่อแก้ปัญหาความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูลสภาพอากาศแปลงอ้อย และนำข้อมูลไปใช้สำหรับการพยากรณ์ผลผลิต ประเมินผลผลิตรายปี เฝ้าระวังโรคระบาดและพายุ และการติดตามสถานะแปลงอ้อย ผลการทดลองพบว่าแปลงทดลองพันธุ์อ้อยมีผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 15.03% และระบบจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในแปลงอ้อยด้วยเทคโนโลยีไอโอที สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการจดบันทึกด้วยคน และสามารถส่งข้อมูลได้ตรงเวลาในทุก ๆ ชั่วโมง แต่ในสภาวะที่อากาศไม่ดีหรือแสงแดดไม่เพียงพอส่งผลให้อุปกรณ์และระบบไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพและส่งข้อมูลได้ไม่ต่อเนื่อง ผู้วิจัยแนะนำให้เพิ่มเซลล์แบตเตอร์รี่หรือต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าพื้นฐาน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต่อเนื่องและนำไปใช้ในการพัฒนาระบบชลประทานอัตโนมัติสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายต่อไป

คำสำคัญ : อ้อย สถานีอากาศ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

*ที่อยู่ติดต่อ E-mail address: anuwat_dbc@thonburi-u.ac.th https://doi.org/10.55003/scikmitl.2024.261008

Abstract

This research presents the development of an environmental data collection system in sugarcane fields using Internet of Things technology (IoT technology). The study involved designing and installing soil moisture sensors at three points in a 1-acre experimental sugarcane plantation. Additionally, a weather monitoring station was installed to collect data on temperature, air humidity, sunlight, wind speed, wind direction, and rainfall. All data was stored in a database system to solve the problem of errors in storing weather data in sugarcane fields and for yield forecasting, annual production assessments, disease and storm monitoring, and sugarcane field status tracking. The results of the experiments showed that sugarcane yield increased significantly at 15.03%. The Internet of Things-based environmental data collection system in sugarcane fields outperformed manual data recording significantly. It provided real-time data updates hourly. However, during adverse weather conditions or insufficient sunlight, the equipment and system experienced reduced efficiency and intermittent data transmission. The researchers recommend increasing battery capacity or integrating the system with a basic electrical supply to ensure continuous data collection and to support the development of automated irrigation systems for the sugarcane and sugar production industry in the future.

Keywords: Sugar Cane, Weather Station, Internet of Things

1. บทนำ

ประเทศไทยมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกอ้อยอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มจาก 6.3 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2553 และ 12 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2562 ผลจากราคาอ้อยที่จูงใจและความต้องการบริโภคน้ำตาลที่เติบโตต่อเนื่องจากอุปสงค์ทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งมีทั้งผู้บริโภคโดยตรง (End-consumer) และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง (End-User-Industries) อาทิ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น พื้นที่เพาะปลูกอ้อยส่วนใหญ่อยู่ในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันตก โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด ได้แก่ นครสวรรค์ (สัดส่วน 7.0% ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั่วประเทศ) กำแพงเพชร (6.9%) กาญจนบุรี (6.4%) และอุดรธานี (6.3%) [1]

ปัญหาของอุตสาหกรรมอ้อยคือ ผลผลิตอ้อยต่อไร่ของไทยอยู่ในระดับต่ำ (ลำดับที่ 60 ของโลก) และค่าความหวานเฉลี่ยของอ้อยที่เข้าสู่โรงงานน้อยกว่า 12 ซีซีเอส ซึ่งนับว่าอยู่ระดับต่ำกว่าหลายประเทศ ปัญหาเหล่านี้มีผลกระทบมากต่อขีดความสามารถในการแข่งขันของน้ำตาลไทยในตลาดโลกและต่อรายได้ของชาวไร่อ้อย การที่ผลผลิตอ้อยต่อไร่อยู่ในเกณฑ์ต่ำมีหลายสาเหตุ เช่น การขยายพื้นที่ปลูกเข้าไปในเนื้อที่แล้ง ปัญหาการขาดแคลนน้ำ และโรคระบาด [2] โดยปกติแล้วอ้อยต้องการน้ำประมาณ 1,200-1,600

มิลลิเมตรต่อปี หรือประมาณ 300 วันต่อปี ซึ่งขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของฝนในแต่ละปีด้วย ทั้งนี้สภาพภูมิอากาศในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้ปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอและการกระจายตัวของฝนที่ไม่เหมาะสมทำให้อ้อยกระทบแล้งแทบทุกปี จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตของอ้อยลดลง ดังนั้นเกษตรกรต้องวางแผนจัดการน้ำให้อ้อยได้รับน้ำอย่างเต็มที่ตามความต้องการในแต่ละช่วง ซึ่งอ้อยต้องการน้ำในแต่ละช่วงแตกต่างกันออกไป [3] จากการทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในแปลงอ้อยด้วยเทคโนโลยีไอโอที ดังนี้

สุดชล วุ้นประเสริฐ และคณะ [4] ได้พัฒนาระบบการให้น้ำหยดแบบอัจฉริยะสำหรับการผลิตอ้อย โดยนำองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้จากผลการวิจัยไปพัฒนาและทดสอบในสภาพการปลูกอ้อยในแปลงใหญ่ 3 แห่งในจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ และสุรินทร์ โดยเปรียบเทียบการปลูกอ้อยด้วยน้ำฝนกับการปลูกอ้อยด้วยระบบน้ำหยดโดย Irrigation Software ให้สามารถคำนวณรูปแบบการให้น้ำด้วยหลักการ Water Balance และเซ็นเซอร์ (Sensors) ในการทดลองเป็น Water Mask Sensor ที่วัดความชื้นดินในรูปของศักย์ของน้ำ (Water potential) ผลการทดลองพบว่าทุกสถานที่การให้น้ำทุกกรรมวิธี อ้อยมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ให้น้ำ และการให้ปุ๋ยผ่านระบบน้ำมีประสิทธิภาพมากกว่าการให้ปุ๋ยผ่านทางดิน

วรินทร ทองใบ และกุมุท สังขศิลา [5] ได้ศึกษาผลของการให้น้ำเสริมและความหนาแน่นของท่อนพันธุ์อ้อย ผลผลิตและคุณภาพของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ปัจจัยหลักคือการให้น้ำ ปัจจัยรองเป็นอัตราท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูก ผลคือการให้น้ำเสริมและอัตราท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูก ไม่มีผลทำให้คุณภาพอ้อยแตกต่างกัน

Barapatre และ Patel [6] ได้นำเสนอระบบชลประทานอัตโนมัติสำหรับแปลงอ้อยในภูมิภาคคุชราตของอินเดีย โดยใช้เซ็นเซอร์ความชื้นในดิน (Soil moisture) และโซเลนอยด์วาล์ว สำหรับการใช้งานระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) Arduino Uno และ ESP8266 NodeMCU เพื่อจัดเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ความชื้นในดินแล้วนำข้อมูลไปกำหนดการทำงานของโซเลนอยด์วาล์วและปั๊มน้ำ

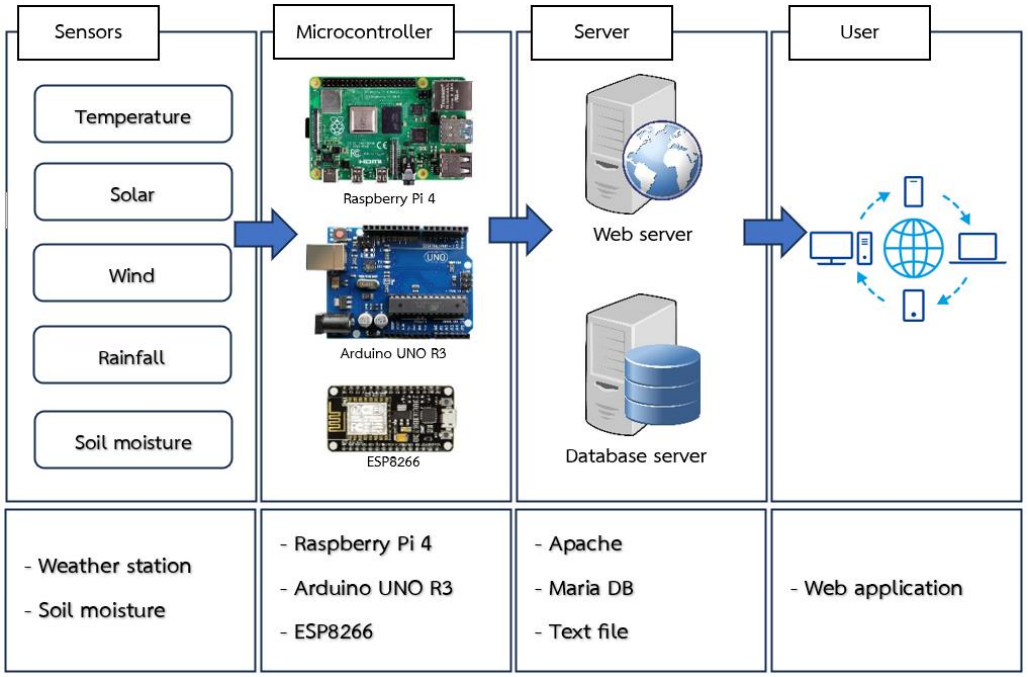
จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในแปลงอ้อยด้วยเทคโนโลยีไอโอที [6] ซึ่งประกอบเป็น 2 ส่วน คือ 1) สถานีตรวจอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ แสงแดด ความเร็วลม ทิศทางลม และปริมาณน้ำฝน 2) เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินที่ระดับ 20 เซนติเมตร และระดับ 50 เซนติเมตร เพื่อนำข้อมูลไปใช้สำหรับการพยากรณ์ผลผลิตหรือเกษตรแม่นยำ ระบบชลประทานอัจฉริยะ [7] ประเมินผลผลิตรายปี เฝ้าระวังโรคระบาดและพายุ และการติดตามสถานะแปลงอ้อยต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลสภาพอากาศบริเวณแปลงทดลองพันธุ์อ้อยโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีร่วมกับการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายภายในไปเก็บบนเซิร์ฟเวอร์ (Server) การจัดวางเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินที่ระดับ 20 เซนติเมตร และระดับ 50 เซนติเมตร จัดเก็บข้อมูลสภาพอากาศในแปลงทดลองพันธุ์อ้อยส่งไปยังศูนย์ควบคุม เพื่อนำข้อมูลไปกำหนดเงื่อนไขการให้น้ำของระบบชลประทานอัตโนมัติ โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 ภาพรวมของระบบ

การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในแปลงอ้อยด้วยเทคโนโลยีไอโอที แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ 1) เซ็นเซอร์ เป็นหน่วยจัดเก็บข้อมูลระดับกายภาพ เพื่อส่งต่อไปประมวลผล 2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นการประมวลผลข้อมูลในระดับทุติยภูมิแล้วส่งไปจัดเก็บต่อไป 3) เซิร์ฟเวอร์ ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เพื่อไปประมวลผลต่อหรือแสดงผลให้กับผู้ใช้งานระบบ และ 4) ผู้ใช้งาน เป็นผู้นำข้อมูลไปใช้ต่อ เช่น ระบบพยากรณ์ผลผลิตรายปี ระบบคาดการณ์สภาพอากาศ และระบบป้องกันโรคอ้อย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. สถาปัตยกรรมระบบ

รายละเอียดแต่ละส่วนมีดังนี้

1) เซ็นเซอร์ เป็นหน่วยจัดเก็บข้อมูลขั้นพื้นฐานทางกายภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูล อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ แสงแดด ความเร็วลมและทิศทางลม เพื่อส่งข้อมูลต่อไปยังส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย สถานีตรวจสภาพอากาศ (Weather station) และเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน

2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลจากเซ็นเซอร์และข้อมูลส่งผ่านระบบเครือข่ายไปยังฐานข้อมูล (Database server) ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ประกอบด้วย Raspberry Pi 4 Model B, Arduino UNO R3 และ NodeMCU ESP8266

3) เซิร์ฟเวอร์ ทำหน้าที่ในการจัดเก็บข้อมูลสภาพอากาศที่ส่งมาจากเซ็นเซอร์บริเวณแปลงทดลองพันธุ์อ้อยด้วยฐานข้อมูล Maria DB และประมวลผลข้อมูลผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web server)

4) ผู้ใช้ สามารถเรียกดูข้อมูลสภาพอากาศแปลงทดลองพันธุ์อ้อยได้แบบเวลาจริง (Realtime) ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน (Web application) อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลต่อในด้านการคาดการณ์ผลผลิต ภัยแล้งและศัตรูพืช โดยส่งออกข้อมูลในรูปแบบไฟล์ Excel และไฟล์ CSV ได้

2.2 ทรัพยากรที่ใช้ในการวิจัย

1) อุปกรณ์ไอโอที : ประกอบด้วย

- Raspberry Pi 4 Model B Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.8GHz, 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet
- NodeMCU ESP8266 Wireless 802.11 b/g/n, Frequency 2.4 GHz - 2.5 GHz
- Arduino UNO R3 ATmega16U2 16 MHz, 2KB SRAM, 32KB FLASH

2) อุปกรณ์อื่น ๆ : ประกอบด้วย

- Weather Station WH2950-1 Base station: 5V 0.5A DC adaptor
- Soil Moisture Temperature Placement 2 segments: 20 cm. and 50 cm.

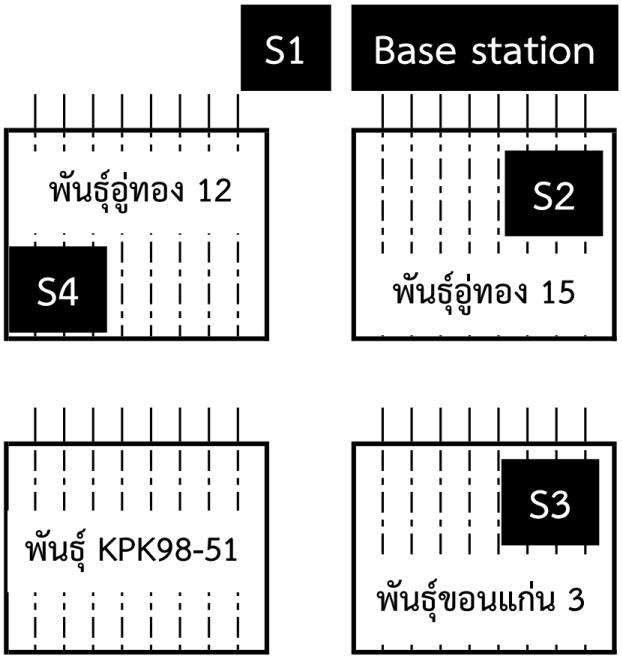
3) ซอฟต์แวร์ : ประกอบด้วย

- Arduino IDE
- Microsoft Visual Studio Code
- Notepad
- phpMyAdmin

4) ภาษาที่ใช้ : ประกอบด้วย HTML, PHP, JavaScript และ SQL

2.3 การจัดวางเซ็นเซอร์บนแปลงทดลองพันธุ์อ้อย

แปลงทดลองพันธุ์อ้อยมีขนาด 1 ไร่ หรือ 1,600 ตารางเมตร แบ่งออกเป็น 4 แปลงย่อย แปลงละ 400 ตารางเมตรเพื่อทดลองการใช้น้ำของอ้อยแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งประกอบไปด้วยพันธุ์อ้อยดังนี้ 1) พันธุ์อู่-ทอง 12 2) พันธุ์อู่ทอง 15 3) พันธุ์ KPK98-51 และ 4) พันธุ์ขอนแก่น 3 การออกแบบจัดวางสถานีฐานตรวจสอบสภาพอากาศ หรือ S1 และเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินเลือกตำแหน่งการจัดวางตามลักษณะความสูง-ต่ำของระดับพื้นที่แปลง ซึ่งมีผลต่อความชื้นสะสมในดิน กำหนดการจัดวางดังต่อไปนี้ สถานีฐาน (Base Station: BS) ติดตั้งอยู่ทางทิศเหนือของแปลงอ้อยพันธุ์อู่ทอง 15 ส่วนเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินจะกระจายออกไป 3 ตัว ตามระดับคือ S2 ติดตั้งที่แปลงอ้อยพันธุ์อู่ทอง 15 ใกล้กับสถานีฐาน S3 ติดตั้งที่แปลงอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และ S4 ติดตั้งที่แปลงอ้อยพันธุ์อู่ทอง 12 แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. การจัดวางเซ็นเซอร์ในแปลงทดลองพันธุ์อ้อย (Weather station: S1, Soil moisture: S2, S3, S4)

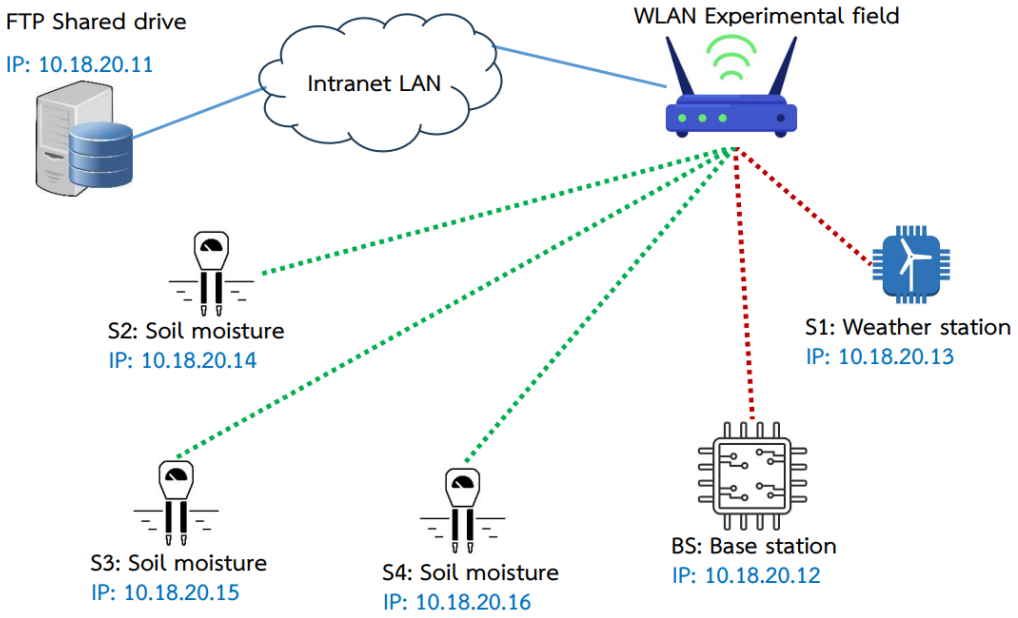
2.4 ออกแบบเครือข่ายการส่งข้อมูล

ระบบการสื่อสารในการส่งข้อมูลสภาพอากาศจากเซ็นเซอร์ใช้เครือข่ายไร้สาย Wi-Fi ระหว่าง Weather station (S1), Soil moisture (S2, S3, S4) และสถานีฐาน (BS) ซึ่งสถานีฐานเป็นตัวเก็บรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ S1, S2, S3 และ S4 ดังรูปที่ 3 จากนั้นทำการส่งข้อมูลไปยังศูนย์ควบคุมหรือ Database server ผ่านทางระบบเครือข่ายภายในองค์กร (Intranet) โดยใช้รูปแบบการสื่อการแบบจุดต่อจุด (Point- to-Point) มีระยะทางโดยประมาณ 890 เมตร แสดงดังรูปที่ 4

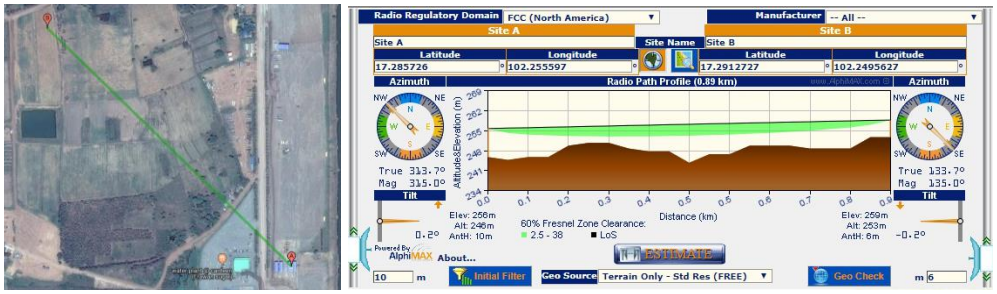
สถานีตรวจสภาพอากาศ (S1) เป็นชุดอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บข้อมูลสภาพอากาศบริเวณแปลงอ้อย ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ แสงแดด ความเร็วลม ทิศทางลมและปริมาณน้ำฝน แล้วส่งต่อให้สถานีฐาน (BS) ต่อไป

เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน (S2, S3 และ S4) เป็นอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลความชื้นในดิน ซึ่งเซ็นเซอร์แต่ละตัวสามารถจัดเก็บข้อมูลความชื้นในดินได้ 2 ระดับ คือ 1) ระดับความลึกที่ 20 เซนติเมตรและ 2) ระดับความลึกที่ 50 เซนติเมตร จัดสรรหมายเลขไอพีแอดเดรสดังตารางที่ 1

สถานีฐาน (BS) ได้ประยุกต์ใช้ Raspberry Pi 4 Model B เป็นอุปกรณ์หลักในการเชื่อมต่อระหว่าง Weather station และ Soil moisture เข้าด้วยกันผ่านเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi รวมถึงเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ขาส่งออก แล้วรวบรวมข้อมูลส่งไปยังศูนย์ควบคุมทุก 1 ชั่วโมง



รูปที่ 3. การออกแบบการส่งข้อมูลในแปลงทดลองพันธุ์อ้อยไปยัง Database server



(ก) (ข)

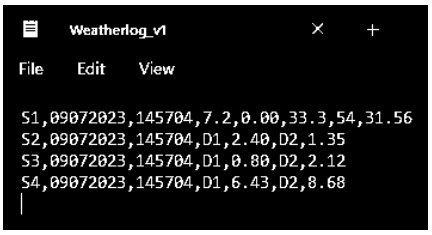
รูปที่ 4. (ก) ระยะทางระหว่างแปลงทดลองพันธุ์อ้อยกับศูนย์ควบคุม (ข) Configuration Point to Point

ตารางที่ 1. หมายเลขไอพีของเซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์	IP Address	MAC Address	Parameter
S1	10.18.20.13	B8:27:EB:E3:8B:00	1) อุณหภูมิ 2) ความชื้นในอากาศ 3) แสงแดด 4) ความเร็วลม 5) ทิศทางลม 6) ปริมาณน้ำฝน
S2	10.18.20.14	CC:50:E3:99:1E:2C	1) ความชื้นในดิน 20 เซนติเมตร 2) ความชื้นในดิน 50 เซนติเมตร
S3	10.18.20.15	CC:50:E3:99:0F:64	1) ความชื้นในดิน 20 เซนติเมตร 2) ความชื้นในดิน 50 เซนติเมตร
S4	10.18.20.16	CC:50:E3:99:18:A8	1) ความชื้นในดิน 20 เซนติเมตร 2) ความชื้นในดิน 50 เซนติเมตร

2.5 การออกแบบรูปแบบไฟล์จัดเก็บข้อมูล

สถานีฐาน (BS) เป็นอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ตัวจะทำการประมวลผลข้อมูลแล้วรวมเป็นไฟล์เดียวกันในรูปของ Text File ในชื่อไฟล์ Weatherlog_v1.txt ซึ่งในไฟล์จะประกอบด้วยข้อมูล 4 แถว ตามจำนวนเซ็นเซอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 5(ก) เมื่อส่งข้อมูลไปยังศูนย์ควบคุมแล้วจะได้ข้อมูลแสดงดังรูปที่ 5(ข)



(ก)

rain_fall	temperature	humidity	sunray	wind_speed	log_date	log_time
7.13	25.4	96	4.2	1.5	06/27/23	11:00:06 PM
7.13	25.4	96	4.2	1.5	06/27/23	11:00:06 PM
0	31.3	61	39.07	2.5	07/06/23	12:06:21 PM
0	31.5	61	98.94	7.9	07/06/23	12:57:04 PM
0	32.1	57	77.31	7.2	07/06/23	01:57:04 PM
0	32	59	63.16	17.6	07/06/23	02:57:04 PM
0	31.5	60	30.56	10.4	07/06/23	03:57:05 PM
0	31	61	33.44	11.5	07/06/23	04:57:04 PM
0	30.6	63	6.52	9	07/06/23	05:57:04 PM
0	29.7	68	0	6.1	07/06/23	06:57:04 PM
0	29.1	71	0	2.5	07/06/23	07:57:05 PM
0	0	0	0	0	07/06/23	08:57:23 PM
0	27.8	74	0	9.7	07/06/23	09:57:10 PM

(ข)

รูปที่ 5. (ก) ไฟล์ข้อมูลที่ส่งมาจาก Base station (ข) ข้อมูลที่จัดเก็บได้จากเซ็นเซอร์ S1 ใน Database server

จากรูปที่ 5(ก) สามารถอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมได้ดังนี้

1) แถวที่ 1 จัดเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 หรือ S1 ซึ่งเป็นสถานีตรวจสภาพอากาศ ตามด้วย วัน-เดือน-ปี (คริสต์ศักราช) เวลา ชั่วโมง-นาที-วินาที ตามด้วย ปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมง อุณหภูมิเหนือพื้นดิน ความชื้นเหนือพื้นดิน ปริมาณแสงอาทิตย์ ความเร็วลม เวลาในการบันทึกข้อมูล และวันที่ในการบันทึกข้อมูล

2) แถวที่ 2 จัดเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตัวที่ 2 หรือ S2 ซึ่งเป็น Soil moisture ตามด้วย วัน-เดือน-ปี(คริสต์ศักราช) เวลา ชั่วโมง-นาที-วินาที ตามด้วย D1 คือ ระดับความลึกที่ 20 เซนติเมตร พร้อมค่าความชื้นในดิน และ D2 คือ ระดับความลึกที่ 50 เซนติเมตร พร้อมค่าความชื้นในดิน

3) แถวที่ 3 จัดเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตัวที่ 3 หรือ S3 ซึ่งเป็น Soil moisture ตามด้วย วัน-เดือน-ปี(คริสต์ศักราช) เวลา ชั่วโมง-นาที-วินาที ตามด้วย D1 คือ ระดับความลึกที่ 20 เซนติเมตร พร้อมค่าความชื้นในดิน และ D2 คือ ระดับความลึกที่ 50 เซนติเมตร พร้อมค่าความชื้นในดิน

4) แถวที่ 4 จัดเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตัวที่ 4 หรือ S4 ซึ่งเป็น Soil moisture ตามด้วย วัน-เดือน-ปี(คริสต์ศักราช) เวลา ชั่วโมง-นาที-วินาที ตามด้วย D1 คือ ระดับความลึกที่ 20 เซนติเมตร พร้อมค่าความชื้นในดิน และ D2 คือ ระดับความลึกที่ 50 เซนติเมตร พร้อมค่าความชื้นในดิน และจัดเก็บในฐานข้อมูลดังรูปที่ 5(ข)

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 อ่านค่าข้อมูลจากความชื้นในดินส่งไปยังสถานีฐาน

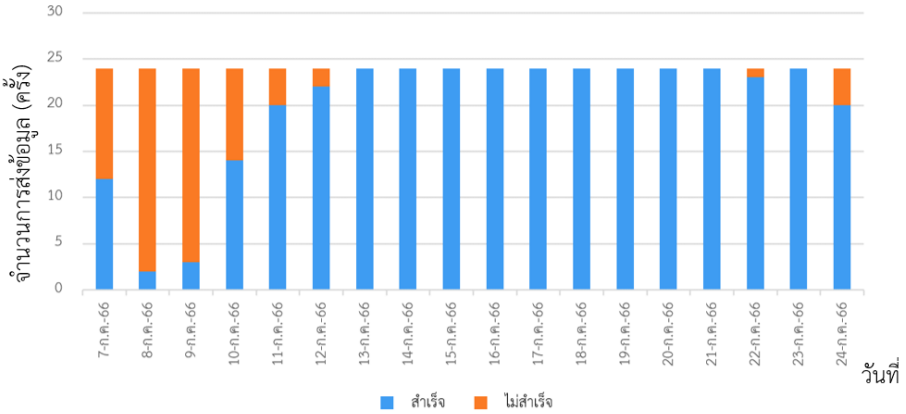
เซ็นเซอร์ในการจัดเก็บข้อมูลสภาพอากาศแปลงอ้อยมี 4 ตัว ดังนี้

1) เซ็นเซอร์ S1 Weather station เป็นเซ็นเซอร์สำหรับเก็บค่าข้อมูล (ปริมาณน้ำฝน ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิพื้นผิว ความชื้น ความเร็วลม ทิศทางของลมและความชื้นสัมพัทธ์) และเป็นตัวหลักในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดความชื้นใต้ดินจำนวน 3 ตัว คือ S2, S3 และ S4 ติดตั้งในพื้นที่ 1 ไร่ แสดงดังรูปที่ 3 แต่ละจุดจะส่งข้อมูลรูปแบบ Text File ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 6(ข) โดยใช้พลังงานทดแทนจากโซล่าเซลล์ในช่วงตอนกลางวันและจากแบตเตอร์รี่ในช่วงแสงน้อยและเวลากลางคืน

2) เซ็นเซอร์ S2, S3 และ S4 มีหลักการทำงานหมือนกัน คือ เป็นเซ็นเซอร์ [8] วัดความชื้นในดินที่ระดับ 20 เซนติเมตร และระดับ 50 เซนติเมตร พร้อมทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปจัดเก็บยัง S1 ผ่านระบบไวไฟ โดยใช้พลังงานทดแทนจากโซล่าเซลล์ มีการชาร์จไฟเข้าแบตเตอร์รี่เพื่อใช้ในช่วงแสงน้อยและเวลากลางคืน การติดตั้งและจัดวางแสดงดังรูปที่ 6(ก)

(ก) (ข)

รูปที่ 6. (ก) เซ็นเซอร์ S2 S3 และ S4 วัดความชื้นใต้ดิน 20 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร (ข) S1 Weather station



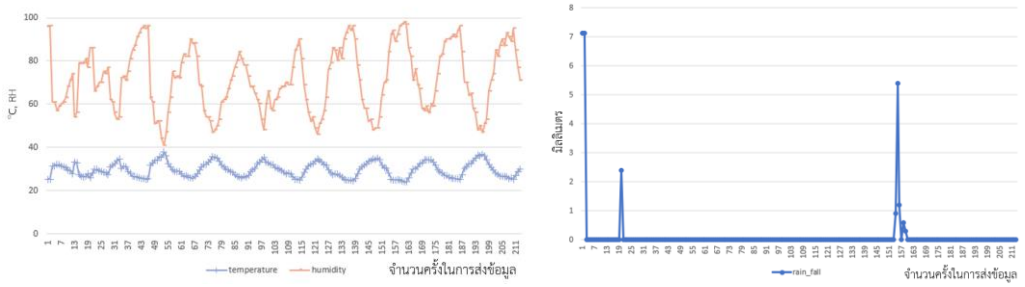
รูปที่ 7. การส่งข้อมูลสำเร็จของ Base station

3.2 การส่งข้อมูล

จากรูปที่ 7 มีการส่งข้อมูลทั้งหมดจำนวน 432 ครั้ง เป็นรายชั่วโมง ส่งข้อมูลสำเร็จ 356 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 82 และส่งข้อมูลไม่สำเร็จจำนวน 76 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 18 ซึ่งสาเหตุการที่ส่งข้อมูลไม่สำเร็จเกิดจาก 1) การส่งข้อมูลในสภาพอากาศที่มีแสงน้อยหรือในช่วงเวลากลางคืนและ 2) การส่งข้อมูลในช่วงที่มีพายุเข้าแสงแดดไม่เพียงพอต่อการทำงานของสถานีฐาน (BS)

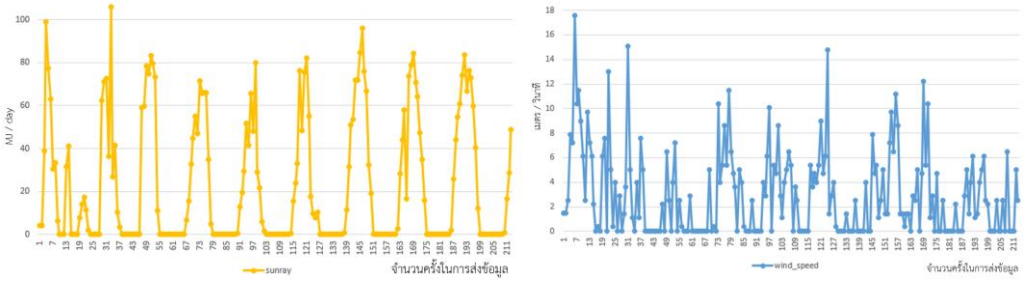
อัตราการอ่านข้อมูลสำเร็จของเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ตัว มีรายละเอียดดังนี้

1) S1 หรือ Weather station ทดสอบการส่งข้อมูลทั้งหมด 213 ครั้ง ผลการทดสอบสามารถส่งข้อมูลได้อย่างแม่นยำทุกครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9



(ก) อุณหภูมิและความชื้น (ข) ปริมาณน้ำฝน

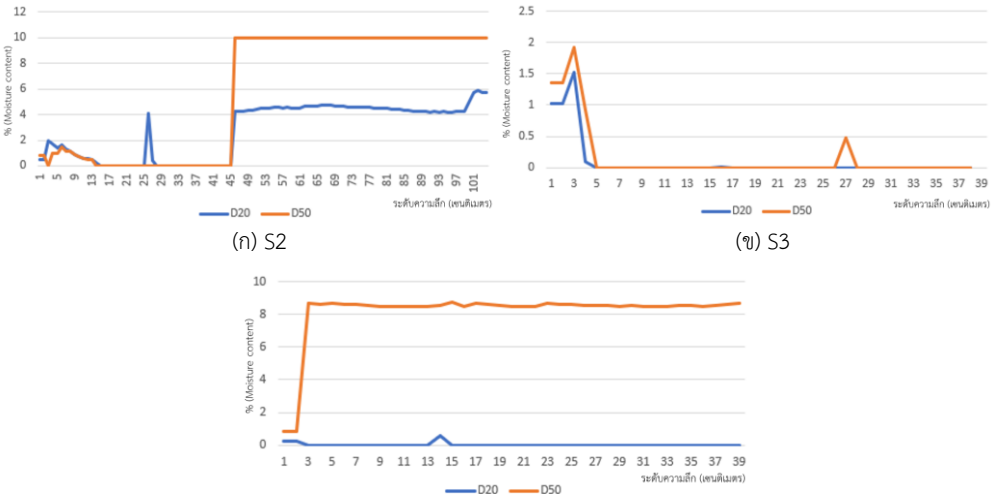
รูปที่ 8. ข้อมูลจาก S1 Weather station



(ก) รังสีดวงอาทิตย์ (ข) ความเร็วลม

รูปที่ 9. ข้อมูลจาก S1 Weather Station

2) S2, S3 และ S4 ทำหน้าที่วัดความชื้นในดินที่ระดับ 20 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร ผลการอ่านข้อมูลความชื้นได้ ดังรูปที่ 10



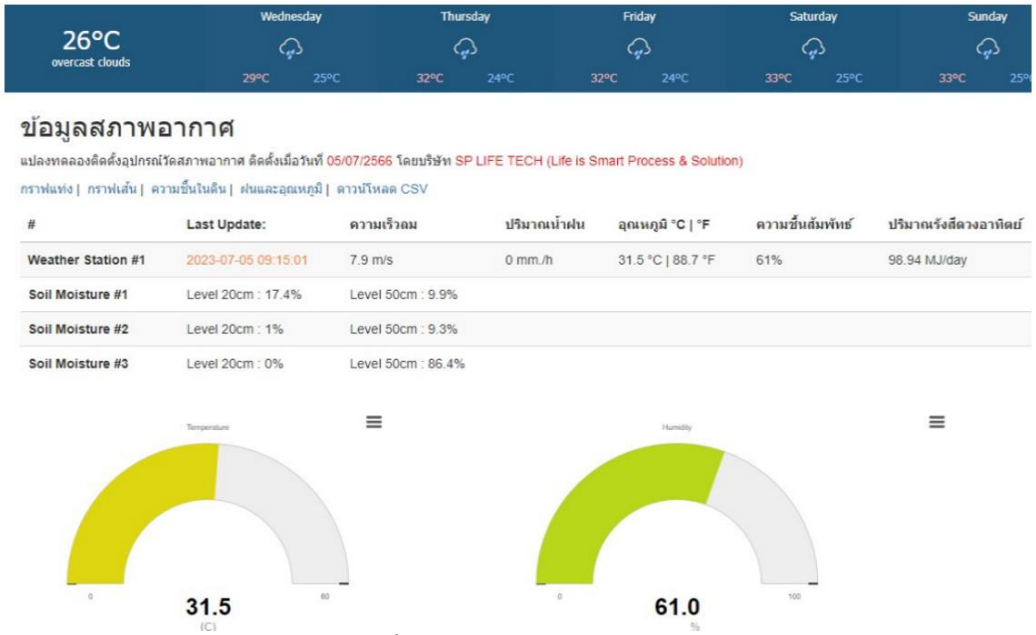
(ก) S2 (ข) S3

(ค) S4

รูปที่ 10. ข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นใต้ดินที่ระดับ 20 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร

3.3 การแสดงผลข้อมูล

ส่วนการแสดงผลสภาพอากาศข้อมูลแปลงพันธุ์อ้อยแบบเรียลไทม์ดังรูปที่ 11 จะแสดงค่าข้อมูลอากาศ ณ เวลานั้น ประกอบด้วย ทิศทางและความเร็วลม ปริมาณน้ำฝนต่อชั่วโมง อุณหภูมิเหนือพื้นดิน (องศาและฟาร์เรนไฮต์) ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และค่าความชื้นในดินทั้ง 3 จุด โดยแต่ละจุดแสดงที่ระดับ 20 และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้สามารถดาวน์โหลดข้อมูลแบบกราฟแท่ง กราฟเส้น และรูปแบบไฟล์ Excel เพื่อไปคำนวณในการพยากรณ์การให้น้ำ [9] การเจริญเติบโตและปริมาณความต้องการปุ๋ยของอ้อย ความต้องการน้ำของอ้อยและการใช้น้ำจริงของอ้อย [6] ได้ต่อไป



รูปที่ 11. หน้าจอแสดงข้อมูลโดยรวม

3.4 ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น

จากการเก็บข้อมูลสภาพอากาศบริเวณแปลงทดลองพันธุ์อ้อย ณ แปลงทดลองปรากฏว่าการเก็บข้อมูลความชื้นในดินที่ระดับ 20 เซนติเมตร และที่ระดับ 50 เซนติเมตร เป็นประโยชน์ในด้านการส่งเสริมผลผลิตอ้อยด้านการให้น้ำที่ดีขึ้นกว่าการปลูกแบบอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังสามารถคาดการณ์การให้น้ำสำหรับอ้อยได้ดีขึ้น ทำให้ทราบระยะเวลาและปริมาณที่ต้องให้น้ำอ้อยอย่างแน่นอนแม่นยำ ส่งผลให้ผลผลิตอ้อยพันธุ์อู่ทอง 12 เพิ่มขึ้นจาก 15.43 ตัน/ไร่ เป็น 17.50 ตัน/ไร่ อ้อยพันธุ์อู่ทอง 15 เพิ่มขึ้นจาก 16.60 ตัน/ไร่ เป็น 18.20 ตัน/ไร่ อ้อยพันธุ์ KPK98-51 เพิ่มขึ้นจาก 16.97 ตัน/ไร่ เป็น 19.50 ตัน/ไร่ และอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เพิ่มขึ้นจาก 17.25 ตัน/ไร่ เป็น 21.01 ตัน/ไร่ หรือคิดโดยรวม [10] ผลผลิตเพิ่มขึ้นที่ 15.03% ดังตารางที่ 2

จะเห็นได้ว่าอ้อยที่ปลูกจากการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมากกว่า อ้อยที่ปลูกจากน้ำฝนเพียงอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นสรุปได้ว่าอ้อยที่ปลูกแบบให้น้ำไม่ว่าวิธีใดก็ตาม ย่อมได้ผลผลิตที่ดีกว่าอ้อยที่ปลูกไม่ให้น้ำ [4]

ตารางที่ 2. เปรียบเทียบผลผลิต/ตันอ้อยที่เพิ่มขึ้น

ลำดับ	พันธุ์อ้อย	ค่าเฉลี่ย	แปลง F3 (น้ำฝนอย่างเดียว)	แปลง F4 (ให้น้ำเพิ่ม)
1	อู่ทอง 12 [11]	16.92	15.43	17.50
2	อู่ทอง 15 [11]	17.91	16.60	18.20
3	KPK98-51 [12]	18.54	16.97	19.50
4	ขอนแก่น 3 [13]	18.10	17.25	21.01

หมายเหตุ : หน่วย (ตัน/ไร่)

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การใช้เทคโนโลยีไอโอทีในการรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมในแปลงอ้อยสามารถลดความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งก่อนหน้านี้จะใช้พนักงานประจำเขตส่งเสริมเป็นผู้จดและส่งข้อมูลมาที่ศูนย์ควบคุม ซึ่งการนำเทคโนโลยีไอโอทีเข้ามายังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและความสมบูรณ์ในการเพาะปลูกอ้อยและผลิตน้ำตาลทรายได้เป็นอย่างมาก [14] ดังนั้นการนำเสนอระบบจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมเป็นอัตโนมัติไม่ต้องพึ่งมนุษย์ในการจดบันทึกข้อมูล [15] ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย การเฝ้าระวังและติดตามสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีไอโอทีเป็นความก้าวหน้าที่มีความสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตอ้อยและน้ำตาลทราย การนำเสนอเทคโนโลยีไอโอทีในอุตสาหกรรมการเกษตรเป็นตัวอย่างของการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและยกระดับการผลิตในภาคการเกษตร [7] ข้อมูลที่รวบรวมได้จากระบบสามารถใช้ในการทำนายผลผลิต การเฝ้าระวังสภาพอากาศไม่ดี โรคระบาด และภัยพายุ ซึ่งสามารถช่วยในการดำเนินการแก้ไขและป้องกันได้อย่างทันถ่วงที ข้อมูลจากการวิจัยในครั้งนี้ได้รูปแบบการให้น้ำสำหรับสภาพพื้นดินที่ความสูงระดับต่างกัน ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ไปกับปริมาณการให้น้ำของอ้อยแต่ละสายพันธุ์

ข้อเสนอแนะสำหรับการเพิ่มเซลล์แบตเตอร์รี่หรือการต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าพื้นฐานเป็นแนวทางที่ดีสำหรับการพัฒนาระบบให้มีความเสถียรและสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องในทุกสภาวะอากาศและแสงแดด และงานที่สามารถพัฒนาต่อยอดต่อไปคือการพัฒนาระบบชลประทานอัตโนมัติสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตอ้อยและน้ำตาลทราย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของผลผลิต [16]

เอกสารอ้างอิง (References)

[1] ชัยวัช โชวเจริญสุข. 2564. แนวโน้มธุรกิจอุตสาหกรรม ปี 2564-2566 : อุตสาหกรรมน้ำตาล. วิจัยกรุงศรี, ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน), แหล่งข้อมูล : https://www.krungsri.com/th/research/industry/industryoutlook/agriculture/sugar/io/io-sugar-21. ค้นเมื่อวันที่ 9 สิงหาคม 2566.

[2] อัมมาร สยามวาลา. 2543. โครงการวิจัยอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ลู่ทางการขยาย การผลิตเพื่อเพิ่มการส่งออก. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศ. [Ammar Siamwalla. 2000. [Sugar cane and sugar industry research project Expansion avenues production to increase exports. Thailand Development Research Institute: TDRI (in Thai)]

[3] มิตรผลโมเดิร์นฟาร์ม. 2563. น้ำจากฝนเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของอ้อยหรือไม่. วารสารสี่เสาพลัส, แหล่งข้อมูล : https://www.mitrpholmodernfarm.com/news/2020/09/น้ำจากฝนเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของอ้อยหรือไม่. ค้นเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2566.

[4] สุดชล วุ้นประเสริฐ, ฐิติพร มะชิโกวา และธีรยุทธ เกิดไทย. 2564. การพัฒนาการให้น้ำระบบน้ำหยดและปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับการผลิตอ้อย. โครงการวิจัยสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. [Sodchol Wonprasaid, Thitiporn Machikowa and Teerayoo Girdthai. 2021. Development of Drip Irrigation and Fertigation for Sugar Cane Production. Research Project in The Field of Plant Production Technology, School of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology. (in Thai)]

[5] วรินทร ทองใบ และกุมุท สังขศิลา. 2559. ผลของการให้น้ำเสริมและความหนาแน่นท่อนพันธุ์ที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54, 87-94. [Warintorn Thongbai and Kumut Sangkhasila. 2016. Effect of supplemented water and planting density on yield and quality of sugarcane variety Khon Kaen 3. Proceedings of 54th Kasetsart University Annual Conference, 87-94. (in Thai)]

[6] Barapatre, P. and Patel, J. 2019. Development of Internet of Things (IoT) based smart irrigation system for sugarcane crop. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering,* 8(9S), 650-654, https://doi.org/10.35940/ijitee.I1104.0789S19.

[7] Dingre, S.K. and Gorantiwar, S.D. 2021. Soil moisture based deficit irrigation management for sugarcane (Saccharum officinarum L.) in semiarid environment. *Agricultural Water Management*, 245, 1-14, https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106549.

[8] Jiang, L., Dongxing, Z., Li, Y., Tao, C., Xiantao, H. and Tiancheng, Y. 2022. The research of using common probe sensors on dynamic soil moisture content measurement during furrow opening. *Measurement,* 192, 1-9, https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.110825.

[9] อาทิตย์ ศรีแก้ว, ประโยชน์ คำสวัสดิ์ และสุดชล วุ้นประเสริฐ. 2556. การพัฒนาระบบชลประทานชาญฉลาดสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ. โครงการวิจัยสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. [Arthit Srikaew, Prayot Kumsawat and Sodchol Wonprasaid. 2013. Development of Smart Irrigation System for Intelligent Farm. Research Project in The Field of Plant Production Technology, School of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology. (in Thai)]

[10] Dhansu, P. et al. 2022. Comparative evaluation of growth yield and yield attributing traits in sugarcane (Saccharum officinarum) under different soil moisture regimes. *Indian Journal of Agricultural Sciences,* 92(8), 14-18, https://doi.org/10.56093/ijas.v92i8.90437.

[11] ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี. 2566. DOA together. แหล่งข้อมูล : https://www.doa.go.th/fc/suphanburi/?page_id=362. ค้นเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2566.

[12] ปิยะวัชร ผาสุข และคณะ. 2560. การเปรียบเทียบพันธุ์อ้อยภายใต้สภาพอาศัยน้ำฝนในเขตพื้นที่อำเภอกุมภวาปี จังหวัด*อุดรธานี. วารสารวิชาการแก่นเกษตร 45 ฉบับพิเศษ*, 45(1), 1119-1125. [Piyawat Phasook et al. 2017. Varietal trial of sugarcane under rainfed conditions in Kumphawapi district, Udonthani province. *Khon Kaen Agriculture Journal Vol.45 Supplement.* 45(1), 1119-1125. (in Thai)]

[13] วีระพล พลรักดี และคณะ. 2554. ขอนแก่น 3 พันธุ์อ้อยสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารวิชาการเกษตร*, 29(3), 283-301. [Werapon Ponragdee et al. 2011. Khon Kaen 3 a Sugarcane Cultivar for the Northeast. *Thai Agricultural Research Journal*. 29(3), 283-301. (in Thai)]

[14] Pipitpukdee, S., Attavanich, W. and Bejranonda, S. 2020. Climate change impacts on sugarcane production in Thailand. *Atmosphere*, 11(4), 1-15, https://doi.org/10.3390/atmos11040408.

[15] An, S.K., Lee, H.B., Kim, J. and Kim, K.S. 2021. Soil moisture sensor-based automated irrigation of Cymbidium under various substrate conditions. *Scientia Horticulturae*, 286, 1-6, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110133.

[16] Sundari, L.K., Rana, M., Ahmed, S.T. and Anitha, K. 2021. Real-Time IoT Based Temperature and NPK Monitoring System Sugarcane-Crop Yield for Increasing. 3rd IEEE International Virtual Conference on Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT), Kuala Lumpur, Malaysia, 1-5, https://doi.org/10.1109/i-PACT52855.2021.9696564.