

สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ เพื่อการชลประทาน RID-KU

(RID-KU Automatic Weather Station for Irrigation)

รศ.ดร.วราวุธ วุฒินิธิชัย¹ อ.ชัยยะ พิงค์โพธิ์สม¹ รศ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์¹
ผศ.นิมิตร เจริญนันทพัฒน์¹ รุ่งโรจน์ ระยัณพันธ์¹ ปิยวรรณ จันทร์ศรี³ และ ไพศาล ชันดีสา⁴

คำนำ

ปัจจุบันคำว่า ความแม่นยำ (Precision) ถือเป็นสิ่งสำคัญในการปฏิบัติการทางด้านการเกษตรและการชลประทาน ดังนั้นแนวคิดเรื่องการเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) หรือการชลประทานแม่นยำ (Precision Irrigation) จึงได้รับความสนใจมากขึ้น การชลประทานที่แม่นยำย่อมส่งผลดีต่อการประหยัดน้ำหรือลดการขาดน้ำของพืช ในอดีตความต้องการน้ำของพืชจะคำนวณจากค่าเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลภูมิอากาศหลายๆปี บางครั้งใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยาทางการเกษตรที่ห่างไกลจากพื้นที่เพาะปลูก ค่าความต้องการน้ำของพืชที่คำนวณจากค่าสถิติจากข้อมูลดังกล่าว อาจสูงหรือต่ำกว่าค่าความต้องการน้ำของพืชจริงในปัจจุบัน ดังตัวอย่างเช่น

การส่งน้ำชลประทานเกินแม่เพียง 1 มม.ต่อการให้น้ำ 1 ครั้ง หมายถึง การสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์ 1.6 ลบ.ม./ไร่ หรือ 1.6 ล้าน ลบ.ม./1 ล้านไร่ หรือ 48 ล้าน ลบ.ม./30 ล้านไร่ ต่อการให้น้ำ 1 ครั้ง ในทางตรงกันข้ามถ้าส่งน้ำน้อยไป 1 มม.ต่อการให้น้ำ 1 ครั้ง ก็จะทำให้พืชขาดน้ำ 1 มม. ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชเช่นกัน จากสมการ Yield Response to Water ของ FAO ที่ขงารู้จักกันดีคือ $\{1 - Ya/Ymax = Ky (1 - ETa/ETc)\}$ สมมติให้ $ETc = 35$ มม. และ $Ky=1$ จะทำให้ผลผลิตลดลงประมาณ 2.8% ต่อการให้น้ำขาด 1 มม.ในการให้น้ำ 1 ครั้ง ถ้าผลผลิตพืชมีมูลค่า 5,000 บาทต่อไร่ ผลผลิตที่ลดลง 2.8% หมายถึงรายได้ลดลง 143 บาท/ไร่ หรือ 143 ล้านบาท/1 ล้านไร่ หรือ 4,290 ล้านบาท/30 ล้านไร่ ต่อการให้น้ำ 1 ครั้ง

¹ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²สถาบันพัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน

³คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

⁴นักวิจัยอิสระที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติเพื่อการชลประทาน RID-KU

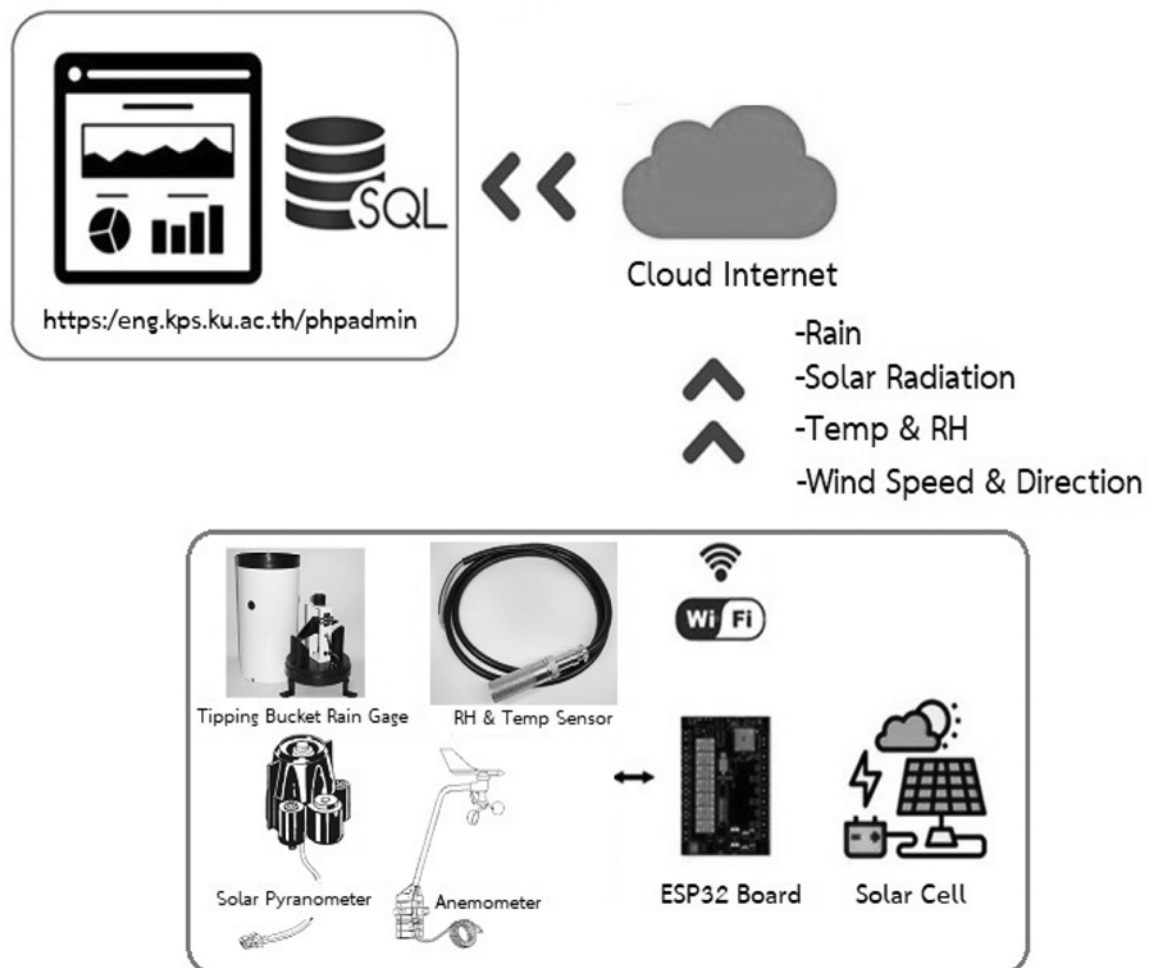


ในยุคดิจิทัล Internet of Things(IoT) เป็นเรื่องใกล้ตัว อุปกรณ์ทางด้าน IoT หาง่าย และมีราคาไม่แพง ทำให้หน่วยงานของรัฐและเอกชนสนใจที่จะใช้เทคโนโลยีดังกล่าวเข้ามาใช้ในบริหารจัดการน้ำเช่นกรมอุตุนิยมวิทยา และสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ โดยเฉพาะการพัฒนาสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติขึ้นมาใช้เอง เช่น มูลนิธิอาสาเพื่อนพึ่ง (ภาฯ) ยามยาก สภากาชาดไทยได้ให้บริษัทนครไทยเน็ตเวิร์คพัฒนาสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติภายใต้ชื่อ NakhonThai Automatic Weather Station (NAWS) ปัจจุบันได้มีการนำไปติดตั้งใช้ในงานเตือนภัยน้ำท่วมกว่า 90 สถานีในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ (มูลนิธิอาสาเพื่อนพึ่ง (ภาฯ) ยามยาก, 2564) และคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน โดยภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาระบบตรวจวัดอากาศอัตโนมัติภายใต้ชื่อ MAXI Station ปัจจุบันมีการติดตั้งและใช้งานทางด้านชลประทานใน 5 พื้นที่ในลุ่มน้ำแม่กลอง (ดูรายละเอียดใน Application ชื่อ CROPIRIS) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติได้เริ่มเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยสนับสนุนข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นปัจจุบัน และสามารถนำไปใช้งานในหลาย ๆ ด้าน ดังนั้นบทความนี้จะได้นำเสนอพัฒนาสถานีตรวจวัดอากาศเพื่อการชลประทาน RID-KU ซึ่งเป็นงานส่วนหนึ่งในโครงการวิจัย "การพัฒนาด้านแบบการบริหารจัดการน้ำลุ่มน้ำคลองสวนหมาก" โดยเป็นโครงการวิจัยร่วมระหว่างวิทยาลัยการชลประทานและภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติให้เป็นเครื่องมือสำคัญเพื่อการชลประทานที่แม่นยำ

สถานีตรวจวัดอากาศเพื่อการชลประทาน RID-KU คือสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติที่สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ข้อมูลภูมิอากาศในพื้นที่เพาะปลูกคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ETo) ตามสมการ Penman-Monteith ค่า ETo เป็นข้อมูลสำคัญต่อการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช และปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องส่งเข้าคลองส่งน้ำโดย ETo นั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ซึ่งประกอบไปด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และค่ารังสีอาทิตย์ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา กอปรกับสภาพภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ก็แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่เพาะปลูกพืช จึงมีความจำเป็นเพื่อให้การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชและปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องส่งเข้าคลองมีความแม่นยำ และตรงกับความต้องการน้ำของพืชจริง มากกว่าการใช้ค่าสถิติเก่ามาคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ซึ่งจะทำให้การใช้น้ำชลประทานมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการน้ำของพืชได้มากกว่าการใช้วิธีการคำนวณในอดีตที่ผ่านมา

รายละเอียดสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ เพื่อการชลประทาน RID-KU

สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ RID-KU ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยเซนเซอร์ 4 ตัว ได้แก่ เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ-ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วและทิศทางลม ค่ารังสีอาทิตย์ และปริมาณฝน ข้อมูลการตรวจวัดจะถูกส่งผ่านระบบ Wifi เพื่อบันทึกในฐานข้อมูลบน Cloud Server ดังรูปที่ 1 กำหนดให้อ่านและบันทึกค่าทุก 1 นาที รายละเอียดจำเพาะของเซนเซอร์ แสดงอยู่ในรูปที่ 2 ถึง 5 และรายละเอียดจำเพาะของ Node MCU แสดงอยู่ในตารางที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ RID-KU
และรายละเอียดข้อมูลที่ส่งขึ้น CloudServer



รูปที่ 2 รายละเอียด Tipping Bucket Rain Gauge
ที่มา: NovaLynx Corporation (2021)

รายละเอียดจำเพาะของ Tipping Bucket Rain Gauge ที่ใช้ในสถานีตรวจวัดอากาศเพื่อการชลประทาน

- NovaLynx Tipping Bucket Rain Gauge Model 260-2501M-A.25 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้วสูง 15 นิ้วพร้อมด้วย Magnetic Reed Switch (SPST normally open, Output 0.1 second switch closure)
- ขนาดถ้วยกระดก 8.11 cc/tip
- Resolution เท่ากับ 0.25 mm/tip
- ค่าความแม่นยำ +2% ที่ความเข้มฝน 130 mm/hr



Sensor Output

Resolution and Units	.. 1 W/m ²
Range	 0 to 1800 W/m ²
Accuracy	 ±5% of full scale (Reference: Eppley PSP at 1000 W/m ²) plus 45 W/m ² per 100' (30 m) of additional cable
Drift	 up to ±2% per year
Update Interval	 50 seconds to 1 minute

รูปที่ 3 Solar Pyranometer

ที่มา: Davis Instruments Corporation (2021)

รูปที่ 3 แสดงรายละเอียดของ อุปกรณ์วัดค่ารังสีอาทิตย์ที่เรียกว่า Solar Pyranometer โมเดล 6450 ของ Davis Instruments ติดตั้งเซนเซอร์แบบ Silicon Photodiode ที่ใช้วัดค่ารังสีอาทิตย์ทั้งส่วนที่เป็น Direct และ Diffuse Solar Irradiance ในช่วง 1-1,800 W/m² ที่ค่าความแม่นยำ 5%



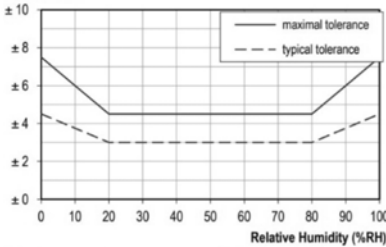
Sensirion Relative Humidity & Temperature Sensor

Model SHT20

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹	12 bit		0.04		%RH
	8 bit		0.7		%RH
Accuracy tolerance ²	typ		±3.0		%RH
	max	see Figure below			%RH
Repeatability			±0.1		%RH
Hysteresis			±1		%RH
Nonlinearity			<0.1		%RH
Response time ³	τ 63%		8		s
Operating Range	extended ⁴	0		100	%RH
	normal		< 0.5		%RH/yr

DRH (%RH)

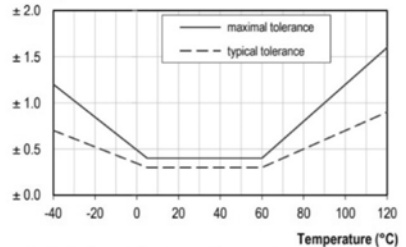


Typical and maximal tolerance at 25°C for relative humidity.

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹	14 bit		0.01		°C
	12 bit		0.04		°C
Accuracy tolerance ²	typ		±0.3		°C
	max	see Figure below			°C
Repeatability			±0.1		°C
Operating Range	extended ⁴	-40		125	°C
Response Time ⁷	τ 63%	5		30	s
Long Term Drift			< 0.04		°C/yr

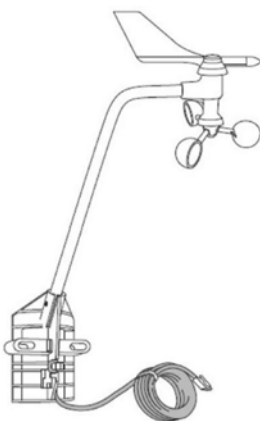
DT (°C)



Typical and maximal tolerance for temperature sensor in °C.

รูปที่ 4 Digital Relative Humidity & Temperature Sensor
ที่มา: Sensirion China Co.Ltd (2021)

รูปที่ 4 รายละเอียดจำเพาะของ Sensirion Relative Humidity & Temperature Sensor รุ่น SHT20 ของ Sensirion สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ระหว่าง 0-100%RH มีค่าความแม่นยำ +3%RH วัดอุณหภูมิระหว่าง -40 ถึง 125 องศาเซลเซียสมีค่าความแม่นยำ + 0.3 องศาเซลเซียส



Sensor Output

Wind Direction

Display Resolution 16 points (22.5°) on compass rose, 1° in numeric display
Accuracy ±3°

Wind Speed

Resolution and Units Measured in 1 mph. Other units are converted from mph and rounded to nearest 1 km/h, 0.1 m/s, or 1 knot
Range 1 to 200 mph, 1 to 173 knots, 0.5 to 89 m/s, 1 to 322 km/h
Accuracy ±2 mph (2 kts, 3 km/h, 1 m/s) or ±5%, whichever is greater
Maximum Cable Length 240' (73 m). Maximum wind speed reading decreases as length of cable from Anemometer to ISS increases. At 140' (42 m), maximum speed is 135 mph (60 m/s). At 240', the maximum is 100 mph.

รูปที่ 5 Anemometer รุ่น 6410
ที่มา: Davis Instruments Corporation (2021)



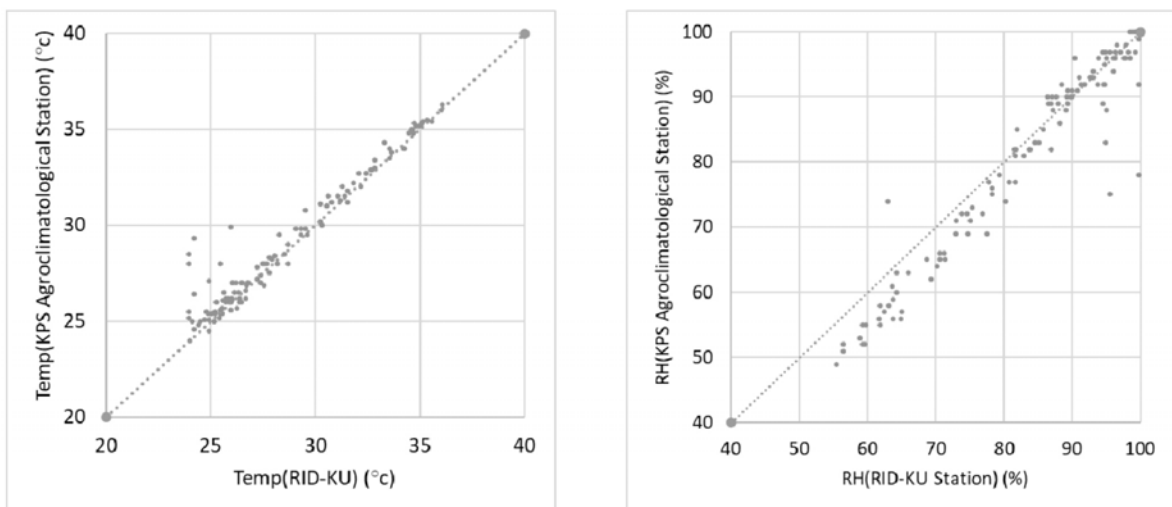
รูปที่ 5 แสดง รายละเอียดจำเพาะของ Anemometer รุ่น 6410 ของ Davis วัดความเร็วลมได้ระหว่าง 0.5 ถึง 89 m/s ความแม่นยำ +5% หรือ +1 m/s วัดทิศทางลมที่ความแม่นยำ +3 องศา สำหรับรายละเอียดจำเพาะของ NodeMCU รุ่น ESP32 พร้อมโมดูล Wifi แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่ง NodeMCU รุ่น ESP32 จะทำงานแบบ Dual Core ที่ความเร็ว 160Mhz, 512K SRAM, Flash สำหรับอัปโหลดโปรแกรมขนาด 16 MB, มีขา GPIO 36 ขาความละเอียดในการอ่านค่า ADC 12 Bit สามารถเขียนโปรแกรมผ่าน Arduino IDE

ตารางที่ 1 รายละเอียดจำเพาะของ NodeMCU รุ่น ESP32

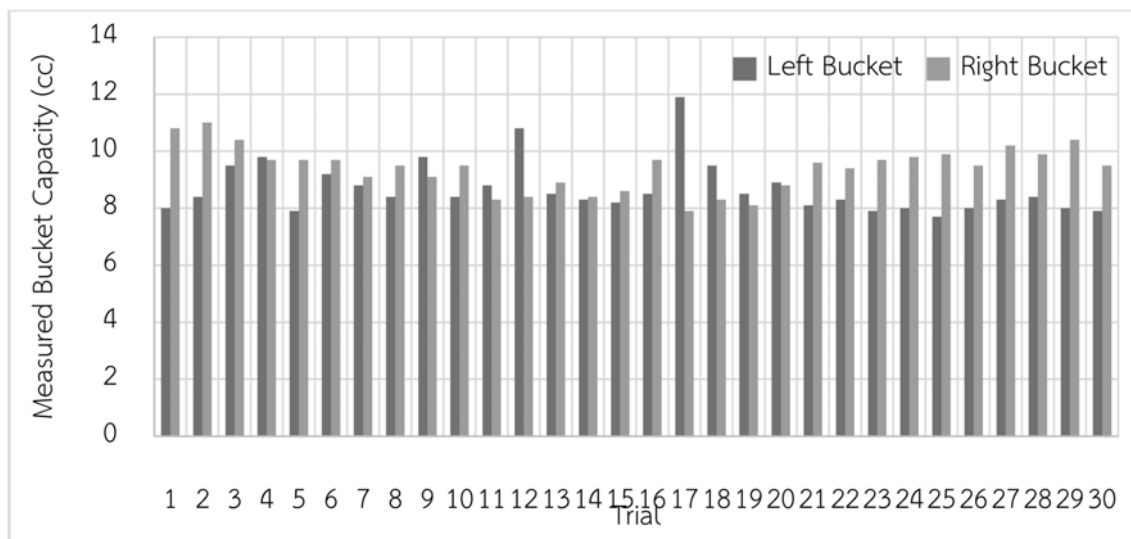
Specifications	ESP32
MCU	Xtensa? Dual-Core 32-bit LX6 600 DMIPS
802.11 b/g/n WiFi	Yes, HT40
Bluetooth	Bluetooth 4.2 and below
Typical Frequency	160 MHz
SRAM	512 KBytes
Flash	SPI Flash, up to 16 MBytes
GPIO	36
Hardware / Software PWM	1/16 Channels
SPI / I2C/ I2S / UART	4/2/2/2
ADC	12-bit
CAN	1
Ethernet MAC Interface	1
Touch Sensor	Yes
Temperature Sensor	Yes
Working Temperature	-40°C - 125°C

การตรวจสอบเซนเซอร์

การนำสถานีตรวจวัดอากาศที่ได้พัฒนาขึ้นไปตรวจสอบความถูกต้องของการใช้งานเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำสถานี RID-KU ไปติดตั้งที่สถานีอุตุนิยมวิทยาทางการเกษตรกำแพงแสน (ภายในวิทยาเขตกำแพงแสน) เพื่อใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยาทางการเกษตร กำแพงแสน ในการตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำและสอบเทียบเซนเซอร์ผลการสอบเทียบจำนวน 126 ค่า พบว่าเซนเซอร์วัดอุณหภูมิของสถานี RID-KU ให้ค่าต่ำกว่าค่าของสถานีอุตุนิยมวิทยาประมาณ 1.2% แต่เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ให้ค่าสูงกว่าประมาณ 2.6% ดังรูปที่ 6 ซึ่งถือว่ามีความถูกต้องแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ดี การตรวจสอบความจุถ้วยกระดกของเครื่องวัดน้ำฝนแบบถ้วยกระดก (Tipping Bucket Rain Gauge) จำนวน 30 ครั้ง สามารถแสดงผลการตรวจวัดได้ดังรูปที่ 7 พบว่าถ้วยกระดกมีค่าความจุเฉลี่ย 9 cc. หรือ 0.28 mm/tip สูงกว่าค่า Resolution ตามรายละเอียดจำเพาะของเครื่องมืออยู่ 0.03mm/tip (ค่า Resolution ตามรายละเอียดจำเพาะของเครื่องมือเท่ากับ 0.25 mm/tip) ซึ่งจะมีผลทำให้ค่าฝนที่วัดได้ต่ำกว่าค่าจริงประมาณ 12% เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ให้ค่าต่ำกว่าค่าความเร็วลมของสถานีอุตุนิยมวิทยาทางการเกษตร กำแพงแสน (ประมาณ 0.6) เนื่องจากระดับความสูงของเครื่องวัดความเร็วลมที่ต่างกัน (สำหรับเครื่องวัดความเร็วลมของสถานีอุตุนิยมวิทยาเพื่อการเกษตรติดตั้งที่ความสูง 11 ม. ขณะที่สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ RID-KU ติดตั้งที่ความสูง 2.75 ม.)



รูปที่ 6 การสอบเทียบเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 7 การตรวจวัดความจุถ้วยกระดกของ Tipping Bucket Rain Gage

เนื่องจากสมการ ETo ของ Penman-Monteith คำนวณค่ารังสีอาทิตย์จากความยาว ชั่วโมงกลางวัน ดังสมการที่ 1 (วราวุธและคณะ. 2558)

$$R_s = \left(0.25 + 0.5 \frac{n}{N}\right) R_a \quad (1)$$

เมื่อ

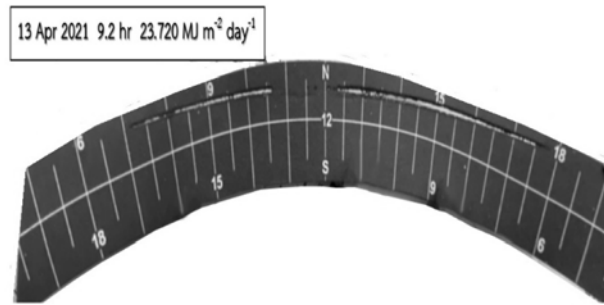
n = จำนวนชั่วโมงแสงแดดที่วัดได้จริง (Actual Sunshine Hours)

N = จำนวนชั่วโมงแสงแดดสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ (Maximum Possible Sunshine hours)

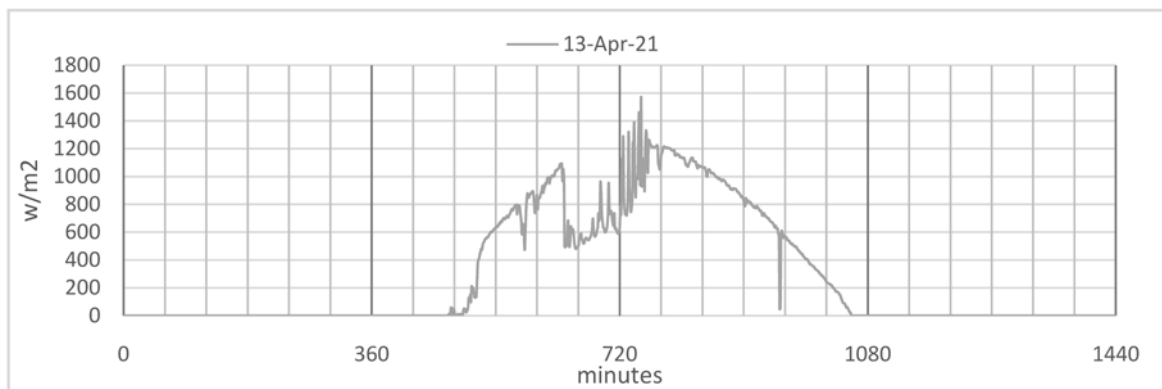
R_a = Solar Terrestrial Radiation ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{day}$)

R_s = Solar Radiation ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{day}$)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการสอบเทียบเพื่อตรวจสอบค่ารังสีอาทิตย์ที่ตรวจวัดได้จากสถานี ที่พัฒนาขึ้นกับค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดโดย Campbell Stoke โดยนำค่ารังสีอาทิตย์ของสถานี RID-KU ที่วัดทุก 1 นาที มีหน่วยเป็น Watt/m^2 ไปเปรียบเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดโดย Campbell Stoke ของสถานีอุตุนิยมหาวิทยาลัยเกษตร กำแพงแสน ซึ่งวัดค่าความยาวชั่วโมงแสงแดดกลางวัน (Sunshine Hours) จากการตรวจวัดสามารถแสดงตัวอย่างเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้จาก Solar Pyranometer กับ Campbell Stoke แสดงอยู่ในรูปที่ 8 และ 9 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟค่ารังสี อาทิตย์จาก Solar Pyranometer มีรูปแบบเช่นเดียวกับรอยไหม้ใน Campbell Stoke Chart

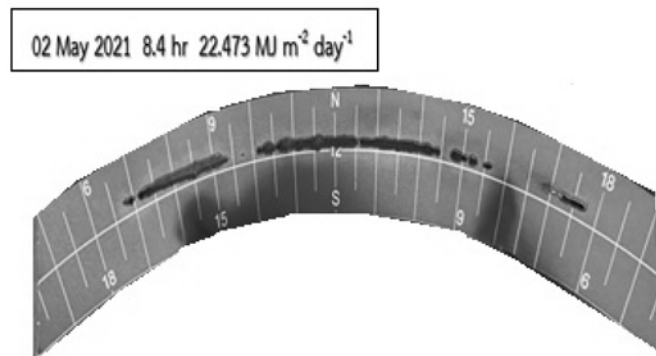


Campbell Stoke Chart วันที่ 13 เมษายน 2564 จากสถานีอุตุนิยมวิทยาทางการเกษตร
กำแพงแสน แสดงความยาวชั่วโมงกลางวัน 9.2 ชั่วโมง

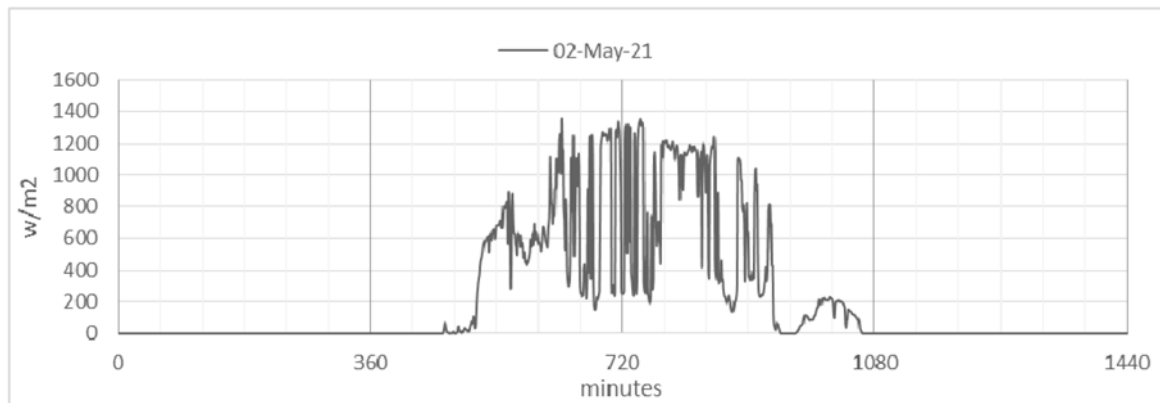


ค่ารังสีอาทิตย์เป็น W/m^2 จากสถานี RID-KU วันที่ 13 เมษายน 2564

รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดโดย RID-KU001 กับ Campbell Stoke
วันที่ 13 เมษายน 2564



Campbell Stoke Chart วันที่ 2 พฤษภาคม 2564 จากสถานีอุตุนิยมวิทยาทางการเกษตร
กำแพงแสน แสดงความยาวชั่วโมงกลางวัน 8.4 ชั่วโมง



ค่ารังสีอาทิตย์เป็น W/m²จากสถานี RID-KU วันที่ 13 เมษายน 2564

รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ที่วัดโดย RID-KU001 กับ Campbell Stoke
วันที่ 2 พฤษภาคม 2564

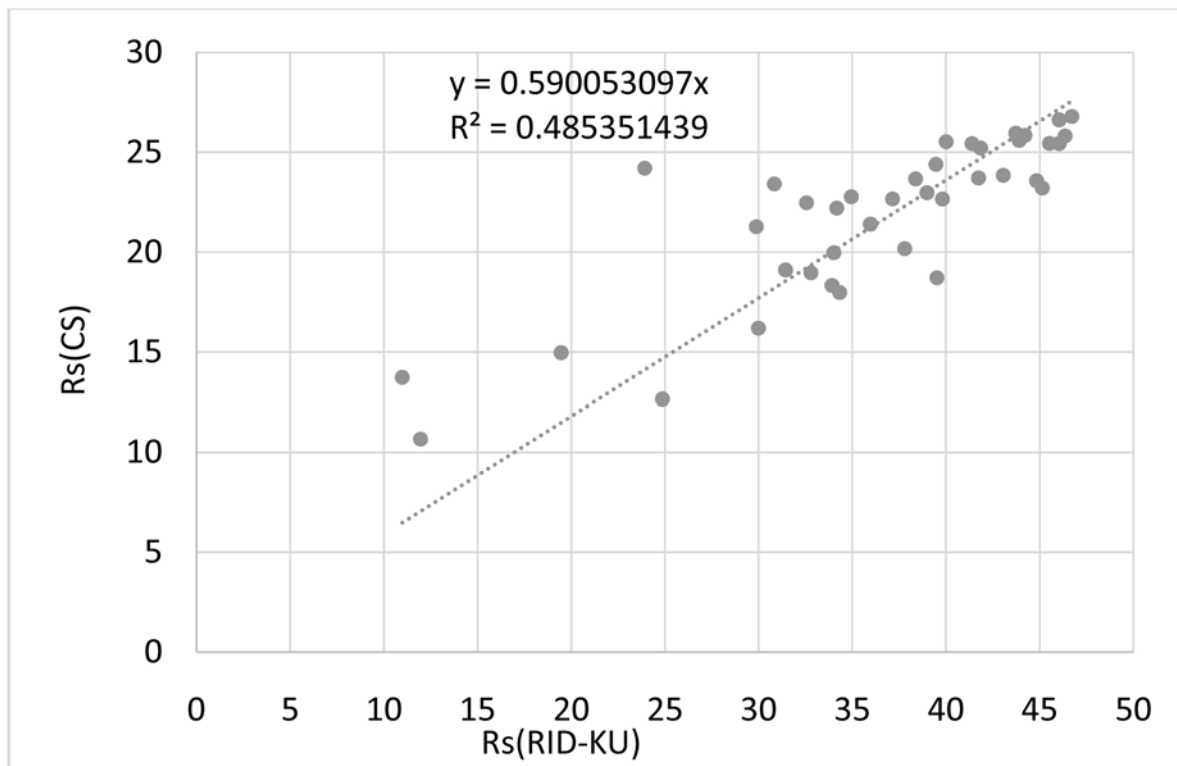
ผลการสอบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ของ Solar Pyranometer กับค่าความยาวชั่วโมงกลางวัน
ที่อ่านได้จาก Campbell Stoke Chart ในหน่วย MJ/m²/day ระหว่างวันที่ 8 เมษายน ถึง 19
พฤษภาคม 2564 แสดงอยู่ในรูปที่ 10 ซึ่งพบว่าค่ารังสีอาทิตย์ (Rs) ที่วัดได้จากสถานี RID-KU ให้
ค่าสูงกว่าค่าที่อ่านได้จาก Campbell Stoke Chart จึงต้องปรับค่า Rs ที่วัดจาก Solar Pyranometer
ด้วยสมการที่ 2

$$Rs(\text{adjusted}) = 0.590053097Rs(\text{Reading}) \quad (2)$$

เมื่อ $Rs(\text{adjusted})$ คือค่า Rs ที่ปรับค่าก่อนนำไปใช้งาน

$Rs(\text{reading})$ คือค่า Rs ที่อ่านได้จาก Solar Pyranometer ของสถานี RID-KU

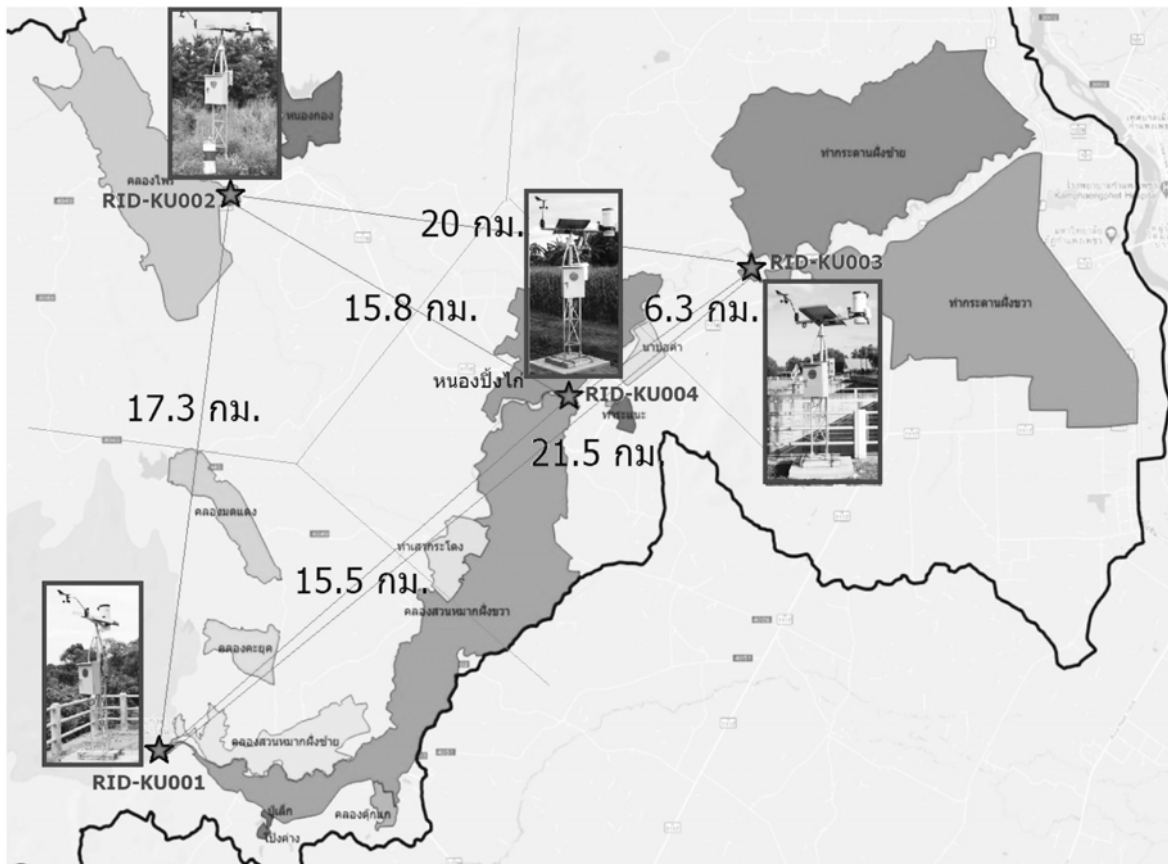
ผลการปรับค่าโดยใช้สมการที่ 2 ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่ารังสีอาทิตย์จาก
Solar Pyranometer ลดลงจาก 14.46 เป็น -0.44 MJ/m²/day และ RMSE ลดลงจาก 15.59
เป็น 2.87 MJ/m²/day



รูปที่ 10 ผลการสอบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ Rs ที่วัดได้จาก Solar Pyranometer ของสถานี RID-KU กับ Rs ที่คำนวณจากความยาวชั่วโมงกลางวันจาก Campbell Stoke (CS) ในหน่วย MJ/m²/day

การใช้งานสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ เพื่อการชลประทาน RID-KU ในลุ่มน้ำคลองสวนหมาก

สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติเพื่อการชลประทาน RID-KU ถูกนำไปติดตั้งใช้งานในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมากจังหวัดกำแพงเพชร ตั้งแต่วันที่ 4 กรกฎาคม 2564 โดยติดตั้ง 4 สถานี กระจายครอบคลุมพื้นที่ชลประทานและพื้นที่รับประโยชน์จำนวน 15 พื้นที่ และใช้รหัสสถานีว่า RID-KU001 ถึง RID-KU004 ผังการติดตั้งสถานีแสดงอยู่ในรูปที่ 11 ระยะทางระหว่างสถานี RID-KU ทั้ง 4 อยู่ระหว่าง 6.3-21.5 กิโลเมตร รายละเอียดข้อมูลสถานีและพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์จากข้อมูลเพื่อการคำนวณความต้องการน้ำของพืชและความต้องการน้ำชลประทานแสดงอยู่รูปที่ 12 (1)-(4)



รูปที่ 11 ผังการติดตั้งสถานี RID-KU001 ถึง RID-KU004 ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก



(1) สถานี RID-KU001

Latitude	Longitude	Altitude (m. MSL)	Wind Vane Elevation (m)
16.3308	99.2642	151.00	2.75

พื้นที่ที่ใช้ประโยชน์จากข้อมูล

- ผังซ้ายของฝ่ายคลองสวนหมาก
- ผังขวาของฝ่ายคลองสวนหมาก
- ฝ่ายท่าเสากระโดง
- อ่างเก็บน้ำคลองมดแดง อ่างเก็บน้ำคลองคะยัค
- อ่างเก็บน้ำปู่เล็ก
- อ่างเก็บน้ำโป่งค่าง
- อ่างเก็บน้ำคลองตุ๊กแก



(2) สถานี RID-KU002

Latitude	Longitude	Altitude (m. MSL)	Wind Vane Elevation (m)
16.4894	99.2347	194.00	2.75

พื้นที่ที่ใช้ประโยชน์จากข้อมูล

- อ่างเก็บน้ำคลองไพร
- อ่างเก็บน้ำหนองกอง



(3) สถานี RID-KU003

Latitude	Longitude	Altitude (m. MSL)	Wind Vane Elevation (m)
16.4999	99.4228	93.00	2.75

พื้นที่ที่ใช้ประโยชน์จากข้อมูล

- ผังซ้ายของฝ่ายท่ากระดาน
- ผังขวาของฝ่ายท่ากระดาน



(4) สถานี RID-KU004

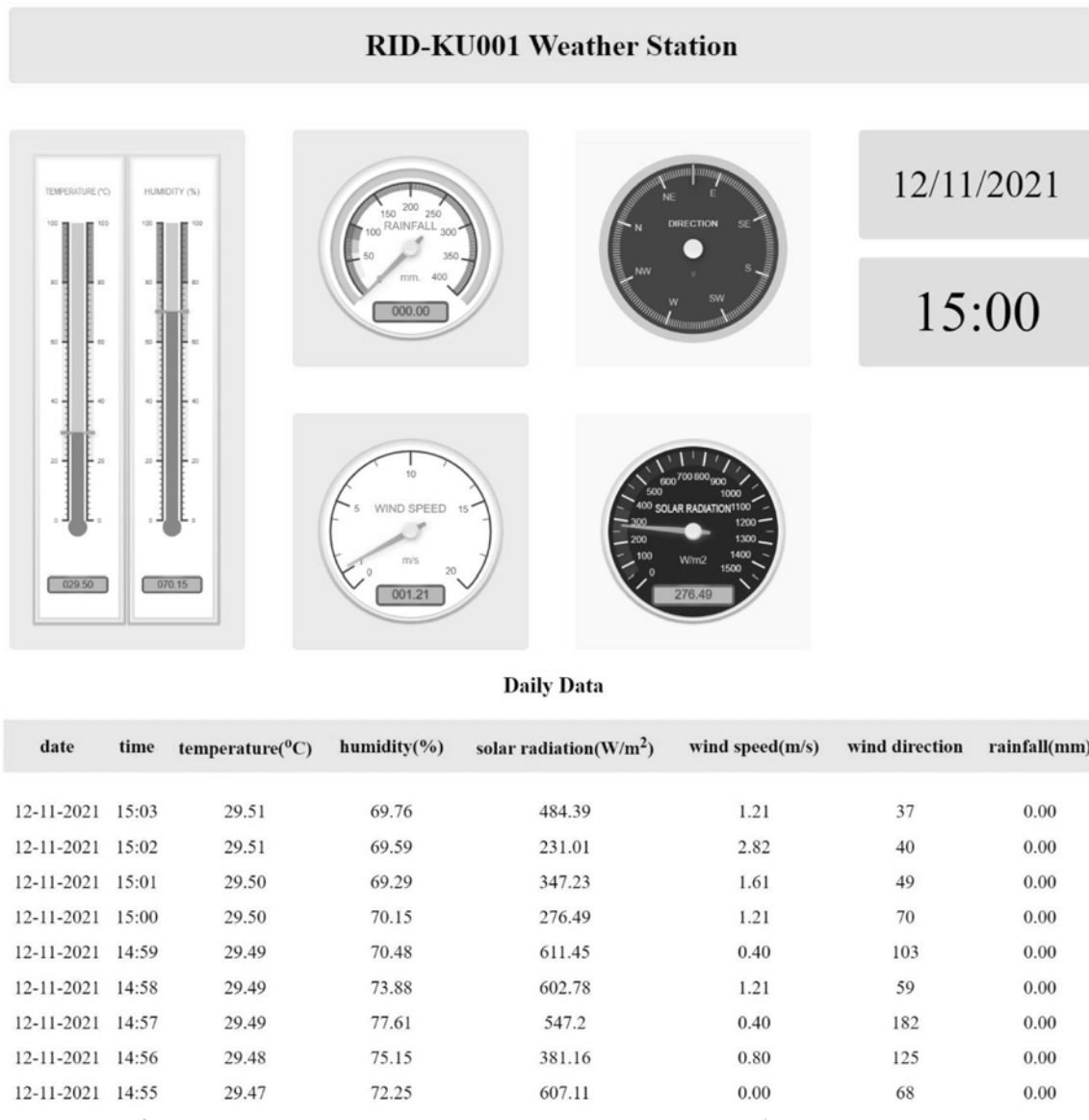
Latitude	Longitude	Altitude (m. MSL)	Wind Vane Elevation (m)
16.417	99.3772	104.00	2.75

พื้นที่ที่ใช้ประโยชน์จากข้อมูล

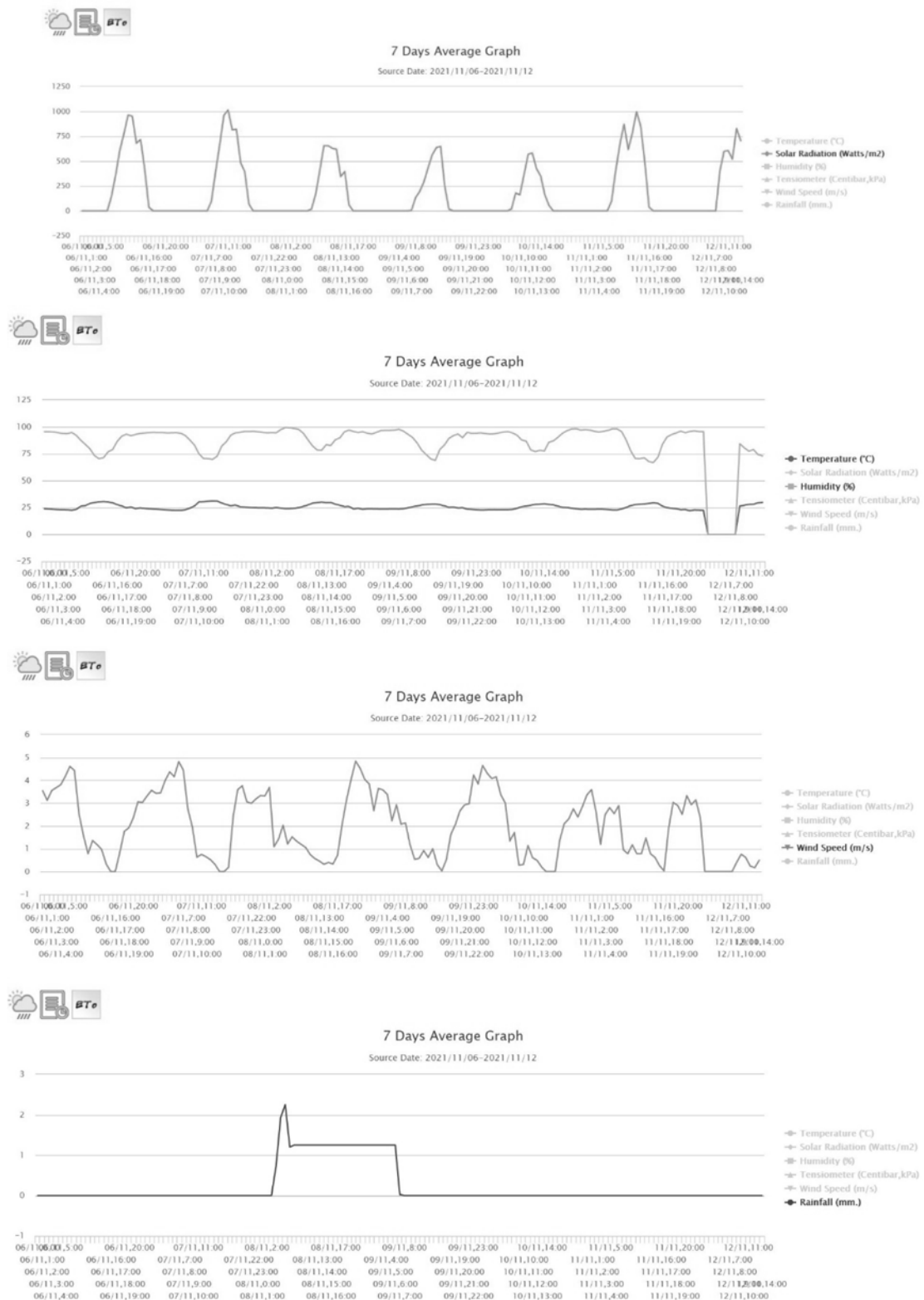
- ฝ่ายหนองปิ้งไก่
- ฝ่ายนาบ่อคำ
- ฝ่ายท่าระแนะ

รูปที่ 12 (1)-(4) รายละเอียดสถานีตรวจวัดอากาศ RID-KU001 ถึง RID-KU004

ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานี RID-KU001 ถึง RID-KU004 ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วและทิศทางลม รังสีอาทิตย์ และฝน ได้ถูกส่งขึ้นไปเก็บไว้ใน Cloud Server ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ทุก ๆ 1 นาที (รูปที่ 13-14) เพื่อนำไปคำนวณหาค่า ETo รายวัน(รูปที่ 15) ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการคำนวณจัดสรรน้ำชลประทานที่ต้องส่งให้คลองต่าง ๆ



รูปที่ 13 ตัวอย่างข้อมูลสภาพอากาศจากสถานี RID-KU001
วันที่ 12 พฤศจิกายน 2564



รูปที่ 14 ตัวอย่างกราฟแสดงข้อมูลสภาพอากาศจากสถานี RID-KU001
ระหว่างวันที่ 6-12 พฤศจิกายน 2564



Daily ETo Calculation

FAO Penman-Monteith Formula

Station : RID-KU001, Latitude (N) : 16.33080, Longitude (E) : 99.26415, Altitude (m) : 151, Wind Vane Elevation (m) : 2.75

Date	Tmax (°C)	Tmin (°C)	RH (%)	Wind Speed (m/s)	Solar Radiation (MJ/m ² /day)	Daily ETo (mm)	Rain Daily (mm)
11 พ.ย. 2564	29.66	22.24	84.82	1.71	20.08	3.81	0.00
10 พ.ย. 2564	28.82	12.18	91.38	1.60	10.07	1.96	0.00
09 พ.ย. 2564	28.44	22.65	88.53	2.24	11.08	2.41	0.00
08 พ.ย. 2564	30.39	3.62	91.88	2.22	13.81	2.38	1.25
07 พ.ย. 2564	31.64	22.48	88.58	1.97	20.56	3.97	2.25
06 พ.ย. 2564	31.05	22.26	88.05	2.38	20.22	3.88	0.00
05 พ.ย. 2564	31.19	22.44	87.79	2.57	22.32	4.22	0.00
04 พ.ย. 2564	30.91	1.35	88.89	2.26	22.13	3.53	1.50
03 พ.ย. 2564	29.58	22.14	94.69	2.03	16.57	3.03	1.50
02 พ.ย. 2564	31.26	23.21	92.39	1.52	17.39	3.41	1.50
01 พ.ย. 2564	30.55	3.50	92.17	1.88	18.92	3.07	0.00

รูปที่ 15 ตัวอย่างการคำนวณหาค่า ETo รายวันของสถานี RID-KU001

ประโยชน์จากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ RID-KU

ประโยชน์ที่ได้รับจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ RID-KU นั้นจะทำให้ทราบสภาพภูมิอากาศในพื้นที่เพาะปลูกแบบตามเวลาจริง ซึ่งจะช่วยให้สามารถคำนวณหาค่า ETo ของแต่ละพื้นที่ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยโครงการพัฒนาต้นแบบการบริหารจัดการน้ำ ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก ได้ติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ 4 สถานี คือ RID-KU001 ถึง RID-KU004 ตามรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยข้อมูลค่าเฉลี่ยรายวันของ ETo และตัวแปรภูมิอากาศต่างๆ แสดงอยู่ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยรายวันของ ETo และพารามิเตอร์ภูมิอากาศของ 4 สถานี

Stations	ETo(mm/day)	Tmax(°C)	Tmin(°C)	RH(%)	Wind Speed(m/s)	Rs(MJ/m ² /day)	Rainfall(mm)
RID-KU001	3.42	31.03	20.85	90.63	1.26	16.65	4.80
RID-KU002	3.62	31.57	23.43	85.20	0.56	16.94	6.20
RID-KU003	4.10	32.42	23.97	87.51	1.17	19.40	4.35
RID-KU004	4.40	33.74	22.13	88.22	0.46	20.70	8.74
หมายเหตุ ค่าในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลรายวันระหว่าง 4 กรกฎาคม - 11 พฤศจิกายน 2564							

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) พบว่าค่าเฉลี่ยของ EToรายวันของ 4 สถานี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 (P-value=0 < 0.05) ดังแสดงในตารางที่ 3 และค่า P-value ของผลการทดสอบด้วย ANOVA ของทุกตัวแปรภูมิอากาศของ 4 สถานี ซึ่งประกอบด้วย Tmax, Tmin, RH, Wind Speed, Solar Radiation และ Rainfall มีค่าต่ำกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของทุกตัวแปรภูมิอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 0.95 ดังแสดงในตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์นี้จึงช่วยยืนยันสมมติฐานที่ว่า "สภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน และแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา การติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติในพื้นที่ชลประทานจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณจัดสรรน้ำให้คลองต่าง ๆ"



ตารางที่ 3 ANOVA แสดงผลการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ ETo รายวันของสถานี RID-KU ทั้ง 4 สถานี SUMMARY

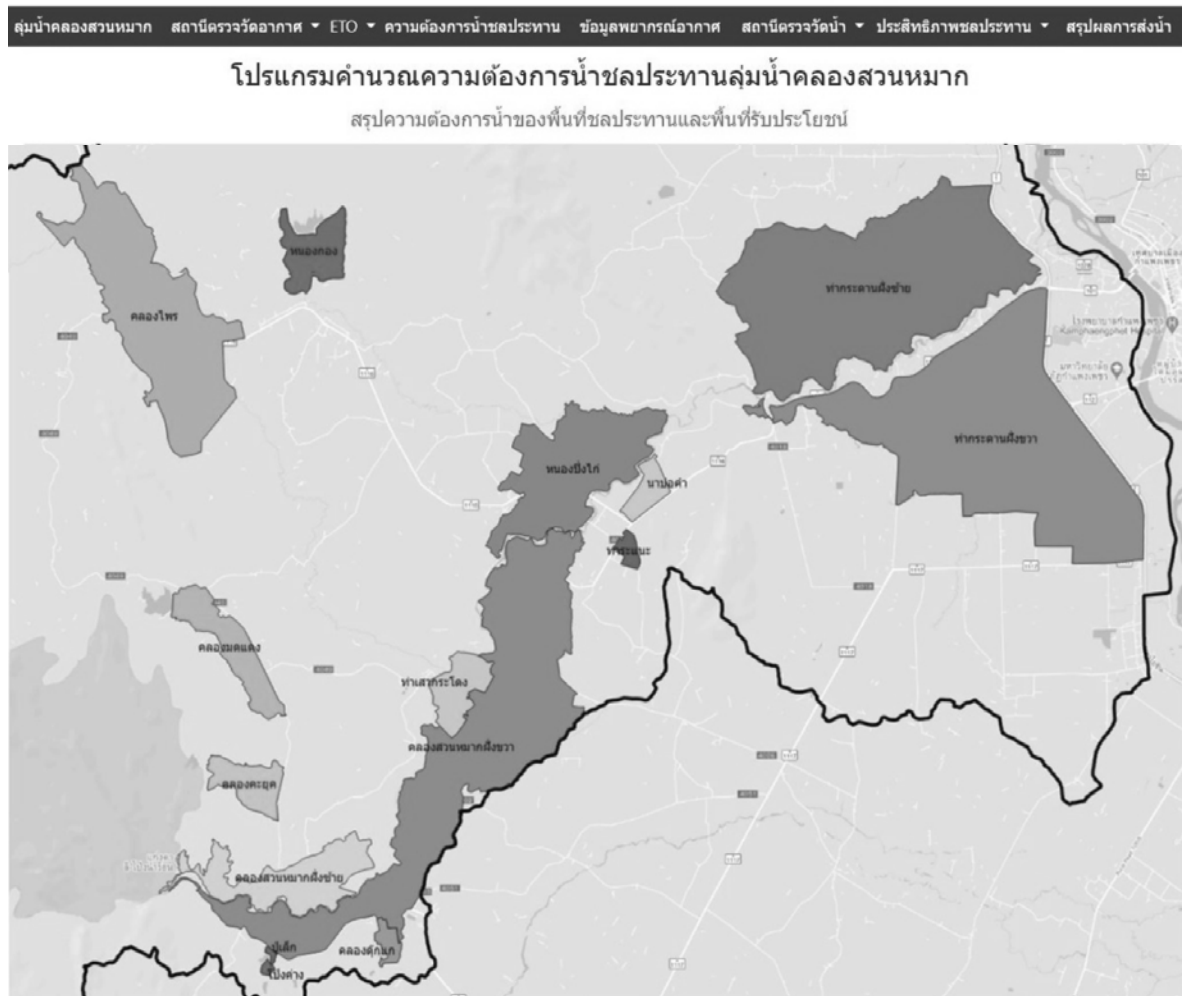
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
ETo(RID-KU001)	131	448.27	3.42	1.77		
ETo(RID-KU002)	131	474.80	3.62	1.75		
ETo(RID-KU003)	112	458.80	4.10	2.16		
ETo(RID-KU004)	131	576.70	4.40	3.36		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups (Treatments)	77.03	3	25.68	11.34	0.00	2.62
Within Groups (Error)	1,134.72	501	2.26			
Total	1,211.75	504				

ตารางที่ 4 ค่า P-value ของผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศ รายวันของ 4 สถานีด้วย ANOVA

ตัวแปรภูมิอากาศ	P-value	ข้อสรุป
Daily Tmax(°C)	0.0000	ค่าเฉลี่ยของ Tmax ของ 4 สถานีไม่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95
Daily Tmin(°C)	0.0000	ค่าเฉลี่ยของ Tmin ของ 4 สถานีไม่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95
Daily RH(%)	0.0000	ค่าเฉลี่ยของ RH ของ 4 สถานีไม่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95
Daily Wind Speed(m/s)	0.0000	ค่าเฉลี่ยของ Wind Speed ของ 4 สถานีไม่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95
Daily Rs(MJ/m ² /day)	0.0000	ค่าเฉลี่ยของ Rs ของ 4 สถานีไม่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95
Daily Rainfall(mm)	0.0361	ค่าเฉลี่ยของ Rainfall ของ 4 สถานีไม่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95

นอกจากนี้ประโยชน์อีกด้านหนึ่งของสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ คือข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติเพื่อการชลประทาน RID-KU ได้ถูกส่งขึ้น Cloud Server ทำให้สะดวกในการเขียนโปรแกรมจัดสรรน้ำตามเวลาจริง ซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลหรือผลการคำนวณจัดสรรน้ำทางอินเทอร์เน็ต หรือผ่านระบบ Smart Phone ได้ ตัวอย่างโปรแกรมคำนวณจัดสรรน้ำตามเวลาจริงของกลุ่มน้ำคลองสวนหมาก แสดงอยู่ในรูปที่ 16 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความต้องการน้ำชลประทานของคลองสายใหญ่ฝั่งขวา ฝ่ายคลองสวนหมากแสดงอยู่ในรูปที่ 17 ในตัวอย่างได้แสดงผลการคำนวณความต้องการน้ำ ณ วันที่ 25 ตุลาคม 2564 เป็นการคำนวณความต้องการ

น้ำล่งหน้า 8 วัน ระหว่างวันที่ 25 ตุลาคม - 1 พฤศจิกายน 2564 โดยใช้ข้อมูลตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ RID-KU001 ถึงวันที่ 24 ตุลาคม 2564 และใช้ค่าพยากรณ์ ETo ระหว่าง 25 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2564 จาก IrrisAT (<https://irrisat-cloud.appspot.com/>) และค่าพยากรณ์ฝน 8 วันล่วงหน้าจากกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2564)



รูปที่ 16 โปรแกรมคำนวณจัดสรรน้ำและประเมินผลการใช้น้ำตามเวลาจริง
สำหรับลุ่มน้ำคลองสวนหมาก
ที่มา: คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน (2564)



ความต้องการน้ำชลประทานที่ประจวบคีรีขันธ์ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวาฝายคลองสวนหมาก

พื้นที่ชลประทาน = 13,815 ไร่, $K_c(2021-10-16) = 0.508951$

ค่า ET_o ที่ได้จากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศ RID-KU001 (มม./วัน) = 2.42 (2021-10-24)

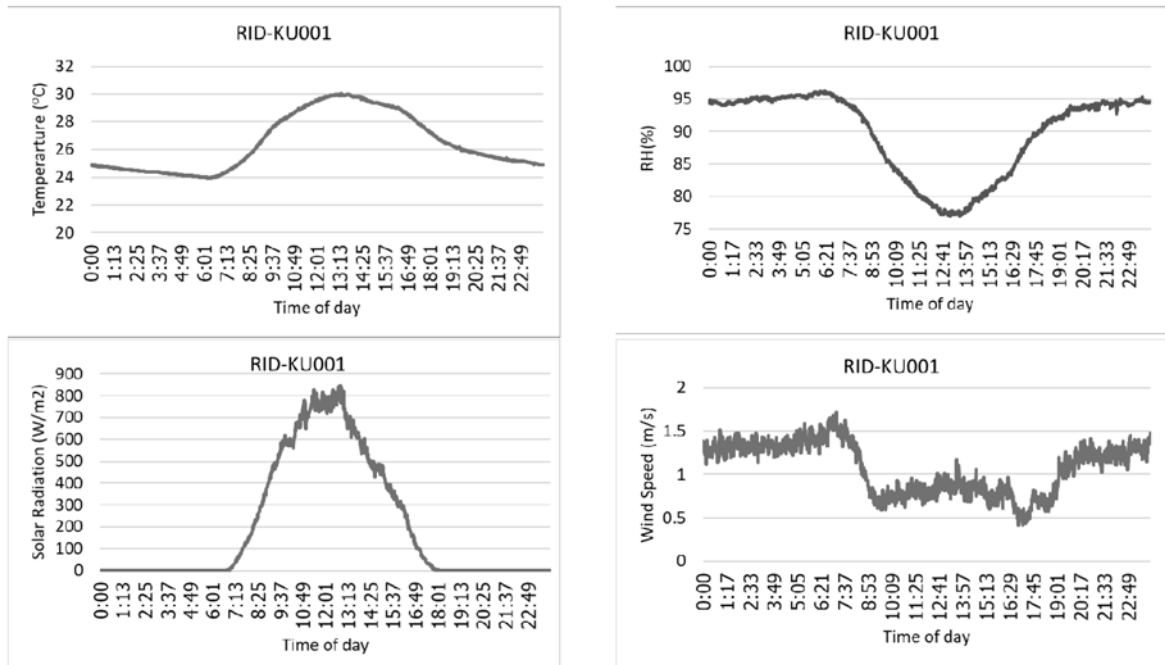
ฝนที่ตกเมื่อวาน (มม.) = 0.00 (2021-10-24) ฝนที่เหลือจากเมื่อวานขึ้น (มม.) = 0.00 (2021-10-23)

ประสิทธิภาพชลประทาน (%) = 60 (ค่าเริ่มต้น)

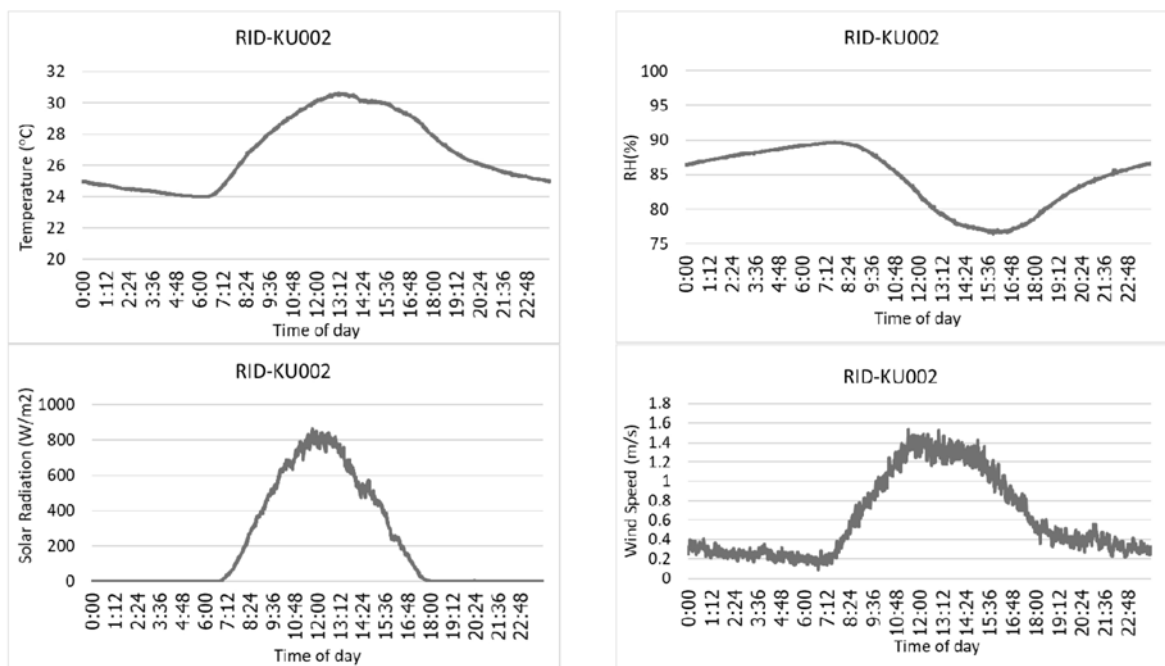
วันที่	ET_o (IrrisAT) (มม.)	ET_c (มม.)	ฝน (TMD Forecast) (มม.)	ความน่าจะเป็นใน การเกิดฝน (IrrisAT) (%)	ความต้องการน้ำ ชลประทานสุทธิ (ม.ม./วัน)	น้ำชลประทานที่ ต้องส่ง (ลบ.ม./วันน้ำ)	ผลการตรวจวัดน้ำที่ ประตูระบายคลอง (ลบ.ม./วันน้ำ)
24 ต.ค. 2564	2.90	1.75	0	61	0.381	0.762	0.24
25 ต.ค. 2564	2.80	1.76	0.7	54	0.383	0.766	0.71
26 ต.ค. 2564	3.30	2.07	0	14	0.468	0.936	1.49
27 ต.ค. 2564	3.40	2.14	0	19	0.409	0.818	9.46
28 ต.ค. 2564	3.20	2.01	0	75	0.374	0.748	0.82
29 ต.ค. 2564	2.80	1.76	11.3	88	0.348	0.696	0.84
30 ต.ค. 2564	2.30	1.45	2.4	74	0.326	0.652	0.84
31 ต.ค. 2564	2.70	1.70	0.6	43	0.466	0.932	0.85
1 พ.ย. 2564	2.60	1.63	0	76	0.382	0.764	0.84

รูปที่ 17 ตัวอย่างการคำนวณค่าความต้องการน้ำชลประทานของคลองสายใหญ่ฝั่งขวา ฝายคลองสวนหมาก

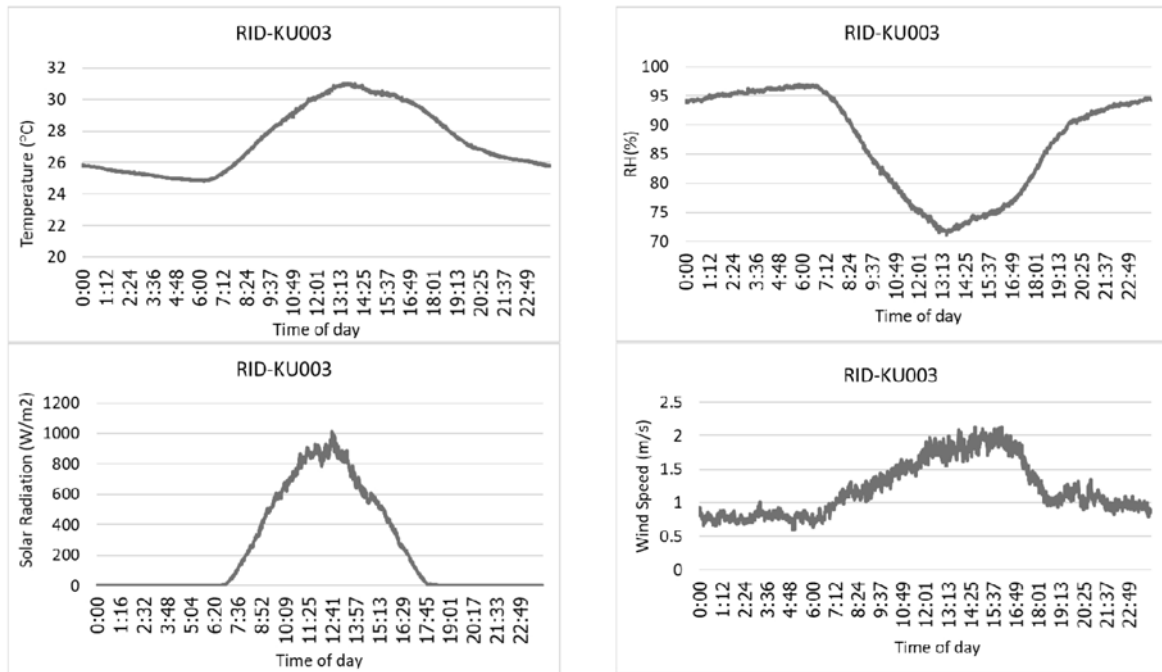
ประโยชน์อีกด้านหนึ่งจากสถานีตรวจวัดอากาศที่งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขึ้นคือ ข้อมูลตัวแปรภูมิอากาศที่ถูกบันทึกไว้ใน Cloud Server ง่ายต่อการเรียกใช้ สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อให้เข้าใจถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรภูมิอากาศในพื้นที่ต่าง ๆ และในช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการวางแผนการชลประทาน ตัวอย่างการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรภูมิอากาศ (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีอาทิตย์และความเร็วลม) ในช่วง 24 ชั่วโมงของสถานี RID-KU001 ถึง RID-KU004 แสดงอยู่ในรูปที่ 18-21 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการແຈແຈของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวันของทั้ง 4 สถานีมีลักษณะการແຈແຈคล้ายกัน แต่ค่าจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ส่วนกราฟความเร็วลมจะมีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่อย่างเห็นได้ชัด



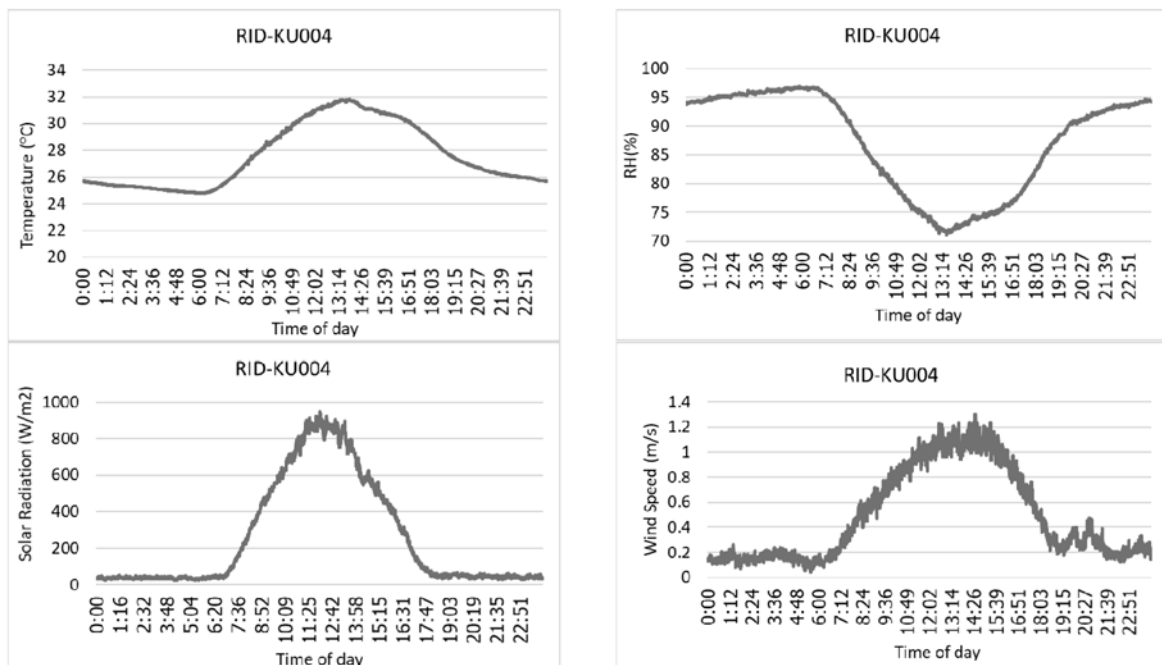
รูปที่ 18 กราฟการแจกแจงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีอาทิตย์และความเร็วลม ในช่วงเวลาต่างๆ ของวันของสถานี RID-KU001



รูปที่ 19 กราฟการแจกแจงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีอาทิตย์และความเร็วลม ในช่วงเวลาต่างๆ ของวันของสถานี RID-KU002



รูปที่ 20 กราฟการแจกแจงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีอาทิตย์และความเร็วลม
ในช่วงเวลาต่างๆ ของวันของสถานี RID-KU003



รูปที่ 21 กราฟการแจกแจงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีอาทิตย์และความเร็วลม
ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวันของสถานี RID-KU004

สรุป

สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้นโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ร่วมกับวิทยาลัยการชลประทาน สามารถนำไปใช้งานเพื่อการชลประทานได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะช่วยให้การคำนวณปริมาณน้ำที่จะจัดสรรได้ถูกต้องและแม่นยำ ตามความต้องการของพืชในแต่ละพื้นที่ ลดการสูญเสียน้ำ ลดความเสี่ยงที่พืชจะขาดน้ำ โดยสถานีตรวจวัดอากาศนี้ได้ใช้เซนเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ที่หาได้ง่ายและราคาไม่แพง รวมทั้งสามารถทำการบำรุงรักษาได้ง่าย ซึ่งจะทำให้สามารถนำไปเป็นต้นแบบในการผลิตและใช้เองได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2564. การให้บริการข้อมูลเปิดอุตุนิยมวิทยาสืบค้นเมื่อ 4 ตุลาคม 2564 จาก <https://data.tmd.go.th/dataset/index.php>
- คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน. 2564 . โปรแกรมคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2564 จาก <https://eng.kps.ku.ac.th/irrisat2>
- มูลนิธิอาสาเพื่อนพึ่ง (ภาฯ) ยามยาก สภากาชาดไทย. 2564. สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติสืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2564 จาก <https://weather.nakhonthai.net/index.php>
- วรารุณ วุฒินิชย์ พงศธร โสภพันธุ์ และนิมิตร เติตฉันทพิพัฒน์. 2558. วิศวกรรมชลประทานเบื้องต้น. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 297น.
- Davis Instruments Corporation. 2021. Weather station. Retrieved October 26, 2021, from www.davisnet.com
- NovaLynx Corporation. 2021. 260-WS-2501 Data Logging Rain Station. Retrieved October 26, 2021, from <https://novalynx.com/store/pc/260-WS-2501-Data-Logging-Rain-Station-8p1201.htm>
- Sensirion China Co. Ltd., 2021. Relative Humidity Sensor. Retrieved October 26, 2021, from www.sensirion.com