สรุปผลการดำเนินงาน (บทความ) สำหรับตีพิมพ์วารสาร กสทช.

โครงการขอรับการส่งเสริมและสนับสนุนจากเงินกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ

โครงการการพัฒนาต้นแบบ SMART Agriculture Platform ด้วยการบรูณาการเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop
Prototype Development of SMART Agriculture Platform integrating Remote Sensing Technology with AquaCrop Model

รองศาสตราจารย์วัชรี วีรคเชนทร์ และคณะ

กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563

กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)

ชื่อบทความภาษาไทย การพัฒนาต้นแบบ SMART Agriculture Platform ด้วยการบูรณการเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop

ชื่อบทความภาษาอังกฤษ Prototype Development of SMART Agriculture Platform integrating Remote Sensing Technology with AquaCrop Model

บทคัดย่อ

ตามนโยบาย Thailand 4.0 ภาคการเกษตรควรมีการปรับเปลี่ยนวิธีการเกษตรแบบดั้งเดิมไปสู่เกษตรสมัยใหม่ที่เน้นการบริหารจัดการด้วยเทคโนโลยี การพัฒนาเครื่องมือหรือแพลตฟอร์มเพื่อช่วยสนับสนุนเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ภาครัฐในการบริหารจัดการการเกษตรจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จำเป็น ต้นแบบ SMART Agriculture Platform นี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือระบบประมวลผลแบบจำลอง AquaCrop ซึ่งนำเข้าข้อมูลจากดาวเทียมรับรู้ระยะไกลคือข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา FY-2 และข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดินจากดาวเทียม TERRA/AQUA โดยผลของแบบจำลองจะถูกปรับเทียบด้วยค่าสัดส่วนการปกคลุมดินของพืช (canopy cover) เพื่อคาดการณ์ผลผลิตข้าว โดยแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สำหรับเกษตรกรและเว็บบราวเซอร์บนคอมพิวเตอร์สำหรับเจ้าหน้าที่รัฐซึ่งมีฟังก์ชันสนับสนุนการจัดการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ซึ่งเรียกชื่อว่า RiceSAP จะช่วยเกษตรกรติดตามการเจริญเติบโตและสภาพของข้าว ประเมินความเสี่ยงภัยแล้งและคาดการณ์ผลผลิตข้าวในแปลงซึ่งปรับปรุงผลรายวันตามข้อมูลสภาพอากาศและสภาพข้าวในนาที่เกษตรกรป้อนกลับมา เว็บแอปพลิเคชันผ่านบราวเซอร์สำหรับเจ้าหน้าที่รัฐจะแสดงข้อมูลการคาดการณ์ผลผลิตข้าวรายตำบล แนะนำช่วงวันเริ่มเพาะปลูกที่เหมาะสมและแสดงพื้นที่เพาะปลูกที่มีความเสี่ยงต่อภัยธรรมชาติ (ภัยแล้งและน้ำท่วม) และมีการปรับปรุงผลทุก 15 วัน เพื่อสนับสนุนการวางแผนบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบระบบประมวลผล AquaCrop โดยการเปรียบเทียบค่าคาดการณ์ของผลผลิตกับข้อมูลผลผลิตที่จัดเก็บในพื้นที่ศึกษาด้วยค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) สำหรับข้าวขาวในจัดหวัดอยุธยาและข้าวหอมมะลิในจังหวัดร้อยเอ็ดพบว่าความคลาดเคลื่อนในการคาดการณ์ผลผลิตข้าวด้วยข้อมูลดาวเทียมร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop มีค่าไม่เกิน 15% นั่นคือ 12.70% ในพื้นที่อยุธยาและ 13.60% ในพื้นที่ร้อยเอ็ด และเมื่อทดสอบการใช้งานของแพลตฟอร์มผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พื้นที่โดยเกษตรกรจำนวน 20 รายในแต่ละจังหวัดเพื่อขยายผลการใช้งาน พบว่ามีค่าเฉลี่ย MAPE เท่ากับ 21.77% และ 18.23% ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและร้อยเอ็ดตามลำดับ ดังนั้นแพลตฟอร์มนี้สามารถขยายการให้บริการสำหรับพื้นที่เพาะปลูกข้าวได้ทั่วประเทศโดยไม่มีความจำเป็นในการติดตั้งสถานีตรวจสภาพอากาศในแปลงเพาะปลูก นอกจากนั้นยังสามารถขยายการใช้งานแพลตฟอร์มเพื่อรองรับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ เช่น ข้าวโพดและมันสำปะหลังได้ด้วยแนวทางเดียวกัน ดังนั้นแพลตฟอร์มนี้จึงเป็นประโยชน์ในการส่งเสริมเกษตรอัจฉริยะในประเทศไทย

คำสำคัญ: เกษตรอัจฉริยะ ผลผลิตข้าว การรับรู้ระยะไกลด้วยดาวเทียม แบบจำลองการเพาะปลูก AquaCrop

Abstract

According to Thailand 4.0 agenda, agricultural sector is to be adapted from traditional farming to technology-based agriculture. Development of tools or platforms supporting farmers and government officers are therefore necessarily important. The proposed SMART Agriculture Platform prototype consists in AquaCrop processing system with satellite derived inputs i.e. FY-2 rainfall and TERRA/AQUA land surface temperature (LST). The model result is calibrated by field-taken canopy cover (CC) to update the output rice yield displayed via mobile application for farmers and web service for government officers with different supporting functions. The mobile application called RiceSAP offers farmers with functions to monitor crop growth and conditions, estimate drought risk, and predict rice yield which updated daily according to weather conditions from satellite data and field conditions feedbacked from farmer. The web service displays rice yield prediction at sub-district level, suggests suitable planting period and monitor area subjected to natural disasters (droughts and flood) updated every 15 days supporting efficient planning on water management. The results of yield predictions from AquaCrop processing system with satellite inputs for study areas with White rice in Ayutthaya province and Jasmine rice in Roi Et province compared with field collected data show that mean absolute percentage error (MAPE) is less than 15% i.e. 12.70% in Ayutthaya and 13.60% in Roi Et. The platform operation was tested by 20 farmers from each province via the use of mobile application. The results show that average MAPE are 21.77% and 18.23% in Ayutthaya and Roi Et respectively. The platform service can be extended for rice field at the country region without the need of installing weather station in each farm. Moreover, with the same approach, the platform usability can be extended to cover other industrial crops such as maize and cassava. Therefore, this platform is useful for promoting smart agriculture in Thailand.

Key Words: Smart Agriculture, Rice Yield, Satellite Remote Sensing, AquaCrop Model

1. บทนำ

Thailand 4.0 เป็นวิสัยทัศน์เชิงนโยบายที่ต้องการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจแบบเดิมไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยมีฐานของความคิดหลัก คือ เปลี่ยนจากการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม และเปลี่ยนจากการเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่การเน้นภาคบริการมากขึ้น ซึ่งหนึ่งในกลุ่มเป้าหมายที่ภาครัฐต้องการพัฒนา คือ กลุ่มของภาคการเกษตรนั่นเอง

จากหลักการของ Thailand 4.0 ภาคการเกษตรจึงควรมีการเปลี่ยนวิธีการทำที่มีลักษณะที่สำคัญ คือ เปลี่ยนจากการเกษตรแบบดั้งเดิมในปัจจุบันไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ที่เน้นการบริหารจัดการด้วยเทคโนโลยี (Smart Agriculture/Smart Farming) ซึ่งจะทำให้ภาคเกษตรสามารถจัดการและปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ภัยธรรมชาติต่างๆ ที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจในประเทศ ข้อมูลจาก ((ESCAP), 2017) แสดงความเสียหายจากภัยพิบัติในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยจะเห็นว่าประเทศไทยจะได้รับความเสียหายต่อปีประมาณเกือบ 0.8% ของ GDP ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และจากปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยประสบปัญหากับภัยแล้งอย่างรุนแรง เนื่องจากปรากฏการณ์เอลนีโญ ทำให้ฝนไม่ตกตามฤดูกาลหรือฝนตกแต่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าระดับปกติ ทำให้กระทบต่อพื้นที่เพาะปลูก โดยข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย ที่เกษตรกรนิยมปลูก และมีการส่งออกไปยังต่างประเทศ ก็ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติดังกล่าว –ข้อมูลจาก (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2560) แสดงปริมาณการส่งออกข้าวของผู้ส่งออกที่สำคัญ 5 อันดับ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2560 ซึ่งประเทศไทยจัดเป็นผู้ส่งออกข้าวที่อยู่ในอันดับ 2 รองจากประเทศอินเดีย โดยเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกข้าวอยู่ที่ 10.96 ล้านตัน และลดลงในปี พ.ศ. 2558 อยู่ที่ 9.79 ล้านตัน ซึ่งมีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์เอลนีโญที่ทำให้พื้นที่เพาะปลูกข้าวประสบกับสภาวะแห้งแล้งทำให้ผลผลิตลดลง ต่อมาในปี พ.ศ. 2559 พบว่ามีแนวโน้มปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นเป็น 9.90 ล้านตัน และในปี พ.ศ. 2560 ที่มีการส่งออกเพิ่มขึ้นถึง 11.63 ล้านตัน หรือเพิ่มขึ้นจากปีก่อนประมาณร้อยละ 17.5

เพื่อส่งเสริมและสร้างความสอดคล้องต่อนโยบาย จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือหรือแพลตฟอร์มที่ช่วยให้เกษตรกรและเจ้าหน้าที่ภาครัฐสามารถใช้บริหารจัดการ โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (Crop Simulation Model) เพื่อติดตามการเจริญเติบโตของพืช การใช้น้ำของพืช และคาดการณ์ผลผลิตที่จะเกิดขึ้น โดยข้อมูลอินพุตของแบบจำลองที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว สามารถตรวจวัดข้อมูลดังกล่าวได้จากเครื่องมือที่ติดตั้งบนสถานีตรวจสภาพอากาศ อย่างไรก็ตาม พบว่าข้อมูลจากสถานีตรวจสภาพอากาศยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนสถานีตรวจวัดที่ยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่หรือต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการติดตั้งสถานีตรวจสภาพอากาศในแปลงเพาะปลูก ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดาวเทียม จึงมีบทบาทสำคัญเนื่องจากสามารถสำรวจทรัพยากรหรือตรวจสอบสภาพภูมิอากาศได้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งประเทศ ส่งผลให้สามารถติดตามการเจริญเติบโตและคาดการณ์ผลผลิตในแปลงเพาะปลูกพืชใดๆ และเกษตรกรหรือเจ้าหน้าที่สามารถเข้าถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจและการปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อนำไปสู่การเป็น Smart Farmers และ Smart Officers รวมถึงส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของประเทศ โครงการนี้จึงพัฒนาแพลตฟอร์มที่สามารถแนะนำช่วงเวลาวันเพาะปลูกที่เหมาะสม สามารถติดตามและพิจารณาลักษณะการเจริญเติบโตและคาดการณ์ผลผลิตข้าว โดยการประยุกต์ใช้

แบบจำลองการเพาะปลูก AquaCrop ร่วมกับข้อมูลสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม รวมทั้งแจ้งเตือนความเสี่ยงภัยพิบัติในพื้นที่เพาะปลูก เพื่อให้เกษตรกรสามารถปรับตัว และรับมือสถานการณ์ภัยพิบัติได้ดียิ่งขึ้น

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการนำแพลตฟอร์มดังกล่าวเข้ามาใช้จะทำให้เกษตรกรและหน่วยงานภาครัฐสามารถเข้าถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เป็นปัจจุบัน และสอดคล้องต่อสถานการณ์ จึงทำให้สามารถตัดสินใจและสามารถปรับตัวให้เหมาะสมได้ดียิ่งขึ้น ก่อให้เกิดการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเข้ามาช่วยในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ และมีความสอดรับกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ที่มีการขับเคลื่อนที่พัฒนาประเทศจากวิถีการทำเกษตรแบบดั้งเดิมไปสู่การบริหารจัดการเกษตรสมัยใหม่ โดยอาศัยเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาสนับสนุนการผลิตสินค้าเกษตร และสอดรับกับแผนยุทธศาสตร์เกษตรและสหกรณ์ (พ.ศ. 2560-2579) ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่จะปฏิรูปภาคเกษตรอย่างยั่งยืน สู่เกษตรกรมั่นคง ภาคเกษตรมั่งคั่ง และทรัพยากรการเกษตรยั่งยืน

2. วิธีการวิจัยและพัฒนา

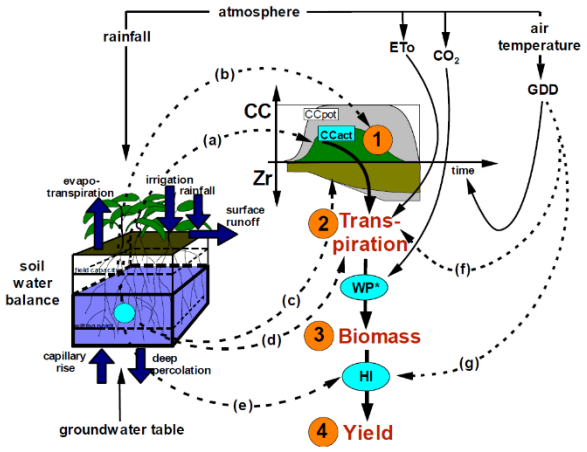
การพัฒนาต้นแบบ SMART Agriculture Platform ด้วยการบูรณาการเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop ได้มีการศึกษาวิจัยโดยมีขั้นตอนดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การประเมินผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง AquaCrop

แบบจำลอง AquaCrop มีโครงสร้างการทำงาน 4 ส่วนหลัก ประกอบด้วย สัดส่วนการปกคลุมดินของพืช (Canopy Cover) การคายน้ำของพืช (Transpiration) ชีวมวล (Biomass) และผลผลิต (Crop Yield) และมีพารามิเตอร์นำเข้า 4 ส่วน ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ (Climate) ข้อมูลพืช (Crop) การจัดการเพาะปลูก (Management) และข้อมูลดิน (Soil) ซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆ จะต้องถูกปรับแต่งให้มีความเหมาะสมตามลักษณะของพืชหรือสภาพพื้นที่ โดยมีการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ จากข้อมูลวิชาการ ฐานข้อมูลจากแบบจำลอง AquaCrop และข้อมูลการสำรวจภาคสนามเพื่อปรับแต่งพารามิเตอร์แบบจำลอง AquaCrop เพื่อการคาดการณ์ผลผลิตข้าว โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน 1) ประเมินผลผลิตข้าวจากข้อมูลวิชาการและฐานข้อมูลจาก AquaCrop และค่าเฉลี่ยข้อมูลสภาพอากาศจากดาวเทียมย้อนหลัง 3 ปี เพื่อคาดการณ์ผลผลิตล่วงหน้าก่อนการเพาะปลูก โดยชุดพารามิเตอร์นำเข้าสำหรับแบบจำลองรูปแบบนี้เรียกว่า “Alpha I” 2) ใช้การนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศระหว่างการเพาะปลูกที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop และ 3) เพิ่มการใช้ข้อมูลภาคสนามในการปรับเทียบพารามิเตอร์ในแปลงตัวอย่างเพื่อให้คาดการณ์ผลผลิตได้แม่นยำขึ้น

ในขั้นแรกคณะวิจัยทำการประเมินผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง AquaCrop โดยใช้กลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาและทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จากข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลการคาดการณ์ผลผลิตข้าวจากเกษตรกร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) โดยทำการศึกษาวิจัยใน 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ปลูกข้าวขาวในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 157 ตัวอย่าง และพื้นที่ปลูกข้าวหอมมะลิจังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 53 ตัวอย่าง จากนั้นทำการสำรวจภาคสนามแปลงตัวอย่างในพื้นที่อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข41 ขนาดพื้นที่ 10 ไร่ ที่ตำแหน่งละติจูด 14.487116 องศาตะวันออก และลองจิจูด 100.384558 องศาเหนือ และในแปลงตัวอย่างพื้นที่อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 มีขนาดพื้นที่ 8 ไร่ ที่ตำแหน่งละติจูด 16.413460 องศาตะวันออก และลองจิจูด 104.196320 องศาเหนือ โดยมีการติดตั้งสถานีตรวจสภาพอากาศ (weather station) เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับการปรับเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละพื้นที่ โดยมีรายละเอียดแสดงในหัวข้อ 2.2 และทำการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ การตรวจวัดดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index: LAI) การบินสำรวจพื้นที่แปลง

เพาะปลูกด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Drone) การตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ (Electrical Conductivity of Water: ECw) การถ่ายภาพสัดส่วนการปกคลุมดินของพืช (Canopy Cover: CC) และการเก็บตัวอย่างต้นข้าวเพื่อนำไปคำนวณผลผลิต (Yield) โดยผลลัพธ์การคาดการณ์ผลผลิตข้าวที่ได้จากแบบจำลอง AquaCrop จะนำมาตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลจริงที่จัดเก็บจากแปลงตัวอย่างและทำการวิเคราะห์ผล เพื่อหาแนวทางในการปรับเทียบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและนำไปพัฒนาเป็นระบบประมวลผลแบบจำลอง AquaCrop ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของแพลตฟอร์ม ผลที่ได้จะถูกนำไปประมวลผลตามฟังก์ชันต่างๆ เพื่อแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และเว็บแอปพลิเคชันต่อไป รายละเอียดของการปรับเทียบพารามิเตอร์ในขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงในหัวข้อ 2.3



ภาพที่ 1 โครงสร้างการทำงานของแบบจำลอง AquaCrop

ที่มา: FAO, 2017

2.2 การใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากข้อมูลดาวเทียมในแบบจำลอง AquaCrop

การใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากดาวเทียมในแบบจำลอง AquaCrop มีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 การหาความสัมพันธ์ของข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ทำการศึกษาข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศสูงสุด (Maximum Air Temperature) อุณหภูมิอากาศต่ำสุด (Minimum Air Temperature) และปริมาณน้ำฝน จากสถานีตรวจสภาพอากาศและข้อมูลดาวเทียม ใน 3 รูปแบบ คือ 1) รายวัน 2) ราย 10 วัน และ 3) รายเดือน จากนั้นทำการวิเคราะห์และประเมินรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นพารามิเตอร์นำเข้าในแบบจำลอง AquaCrop โดยมีขั้นตอนดังนี้

- การจัดเตรียมข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลสภาพอากาศจากดาวเทียม ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST) จาก MODIS และข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Rain) จาก FY
- การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นที่ตำแหน่งและเวลาเดียวกันระหว่าง Maximum Air Temperature กับ LSTday จาก MODIS และ Minimum Air Temperature กับ LSTnight จาก MODIS แบบรายวัน ราย 10 วัน และรายเดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2558 - 2560 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (Rain Stations) กับข้อมูลดาวเทียม (Rain FY) แบบเชิงเส้นที่ตำแหน่งและเวลาเดียวกัน ประกอบด้วย 1) ปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันจากสถานีตรวจสภาพอากาศกับปริมาณ

น้ำฝนสะสมรายวัน จาก FY ในปี พ.ศ. 2558 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมราย 10 วันจากสถานีตรวจสภาพอากาศกับปริมาณน้ำฝนสะสมราย 10 วัน จาก FY ในปี พ.ศ. 2557 - 2559 และ 3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนจากสถานีตรวจสภาพอากาศกับปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือน จาก FY ในปี พ.ศ. 2558 - 2560

- ตรวจสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: R^2) และทำการทดสอบโมเดลด้วยรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE)

2.2.2 การคำนวณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (Reference Evapotranspiration: ET0)

การคำนวณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง หรือ ET0 จะใช้ library “pyeto” ที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษา python โดยใช้วิธีการ คือ 1) FAO-56 Penman-Monteith (Allen, G. R., Pereira, L. S., Raes, D & Smith, M. 1998) และ 2) Hargreaves (Hargreaves, G. H. & Samani, Z. A. 1985) ดังสมการที่ 1

$$ET0, Hargreaves = 0.0023Ra(TC + 17.8)TD \qquad \text{สมการที่ 1}$$

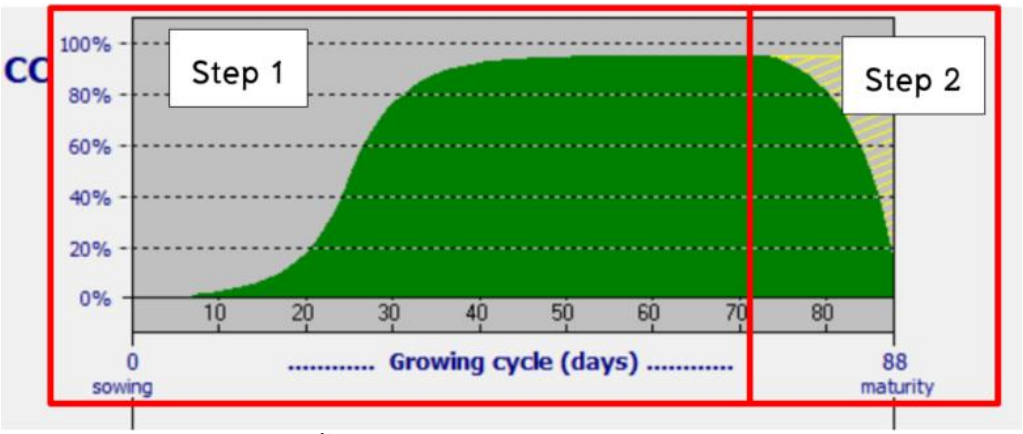
โดยที่ $ET0, Hargreaves$ คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงหรือการคายระเหยน้ำของพืช (mm day^{-1}), Ra คือ รังสีอาทิตย์ที่ได้รับบนผิวโลก (MJ m^{-2} day^{-1}) ซึ่งการคำนวณ Ra ต้องใช้ 3 พารามิเตอร์ คือ มุมเอียงดวงอาทิตย์ (Solar declination) มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์ขึ้น (Sunset hour angle) และระยะห่างผกผันระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ (Inverse relative distance between Earth-Sun), TC คือ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (°C) และ TD คือ อุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย (°C) - อุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ย (°C) ของช่วงระยะเวลาที่คำนวณ (°C)

จากนั้นคำนวณ ET0 ด้วย Python library – pyeto และทำประเมินผลความถูกต้องจากการเปรียบเทียบข้อมูล ET0 ราย 10 วัน จากสถานีตรวจสภาพอากาศ (ET0 Stations) กับข้อมูลดาวเทียม (ET0 RS)

2.3 การปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop จากค่าการปกคลุมของเรือนยอด (Canopy Cover)

การปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop โดยใช้ Canopy Cover (CC) ที่วัดได้ปรับแต่งพารามิเตอร์ Soil Fertility, Initial Canopy Cover (CCo), Maximum Canopy Cover (CCx), Canopy Growth Coefficient (CGC) และ Canopy Decline Coefficient (CDC) เพื่อคาดการณ์ผลผลิตข้าวให้มีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งมีสมการความสัมพันธ์ระหว่าง CC กับ Soil Fertility ดังสมการที่ 2 และทำการทดสอบประสิทธิภาพของสมการ โดยใช้ข้อมูล CC จริงจากแปลงตัวอย่าง อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจากแปลงตัวอย่าง อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด โดยแบ่งขั้นตอนการทดสอบออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังภาพที่ 2 คือ 1) การปรับเทียบ CCo, CGC, วันที่และค่า CCx และ Soil Fertility และ 2) การปรับเทียบ CDC และทดสอบประสิทธิภาพของการปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop ด้วยค่า CC โดยใช้ผลลัพธ์จากแบบจำลอง AquaCrop เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง ได้แก่ ผลผลิต (Yield) และคำนวณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี RMSE

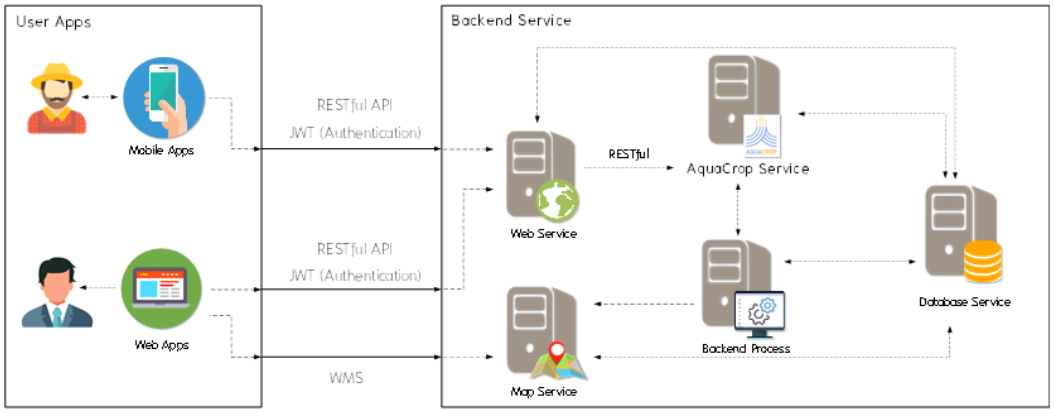
$$Soil\ Fertility = 1.3004(CCx) - 22.314 \qquad \text{สมการที่ 2}$$



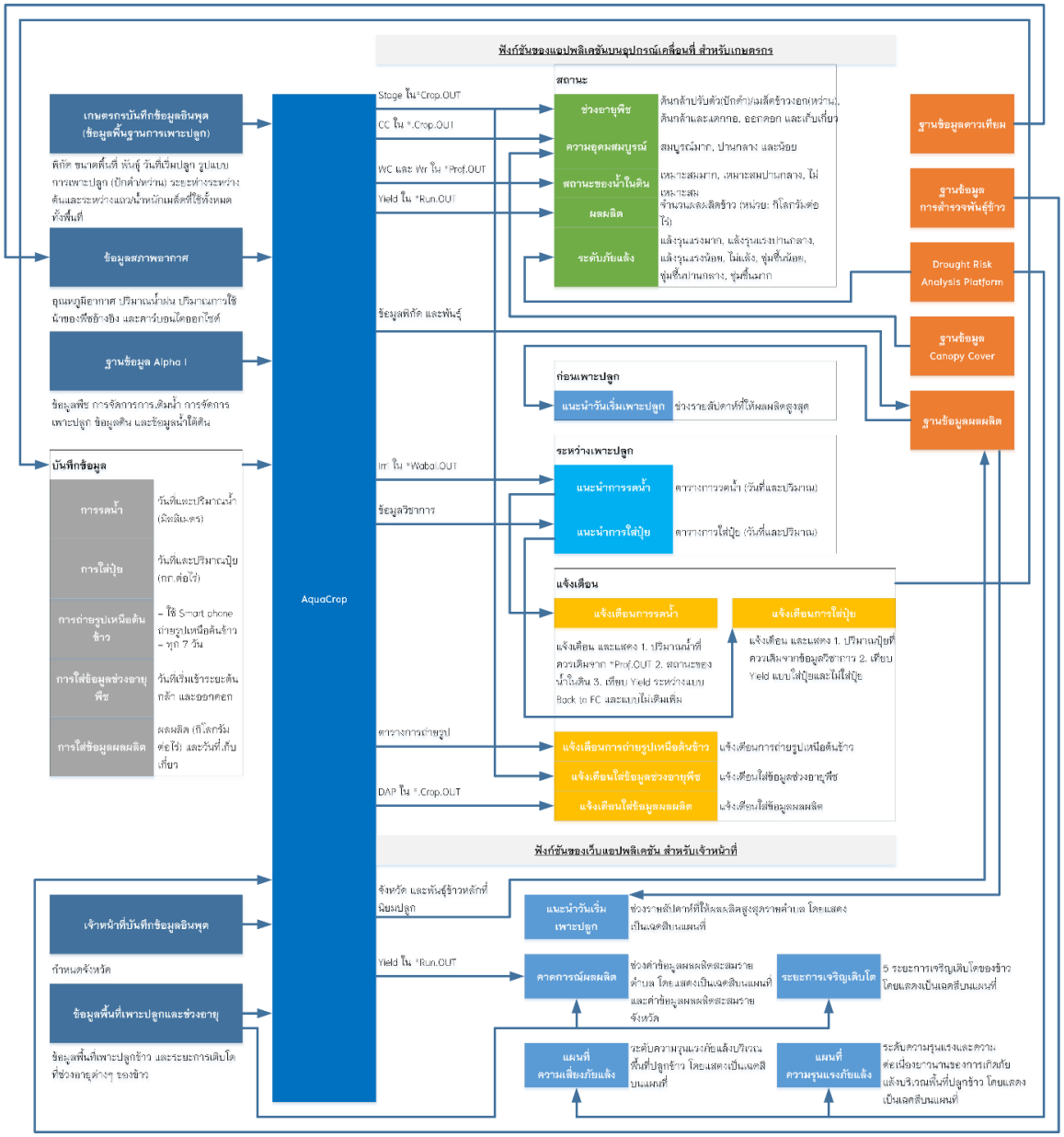
ภาพที่ 2 ขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop

2.4 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และเว็บแอปพลิเคชัน

ต้นแบบระบบ SMART Agriculture Platform ด้วยการบูรณาการเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) User Apps ประกอบด้วย Mobile Apps ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับเกษตรกร และ Web Apps ซึ่งเป็นเว็บแอปพลิเคชันสำหรับเจ้าหน้าที่ และ 2) Backend Service โดยในส่วนของ User Apps จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลให้กับส่วน Backend Service เพื่อนำไปประมวลผลและนำผลลัพธ์ที่ได้จากส่วน Backend มาแสดงผลในรูปแบบต่างๆ โดยมีโครงสร้างต้นแบบ SMART Agriculture Platform ดังแสดงในภาพที่ 3 และรายละเอียดของฟังก์ชัน ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 โครงสร้างต้นแบบ SMART Agriculture Platform



ภาพที่ 4 ส่วนประกอบและการทำงานของฟังก์ชันบริการของแอปพลิเคชันและเว็บแอปพลิเคชัน

2.5 การประเมินข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแพลตฟอร์ม

การประเมินผลคาดการณ์ผลผลิตจากแอปพลิเคชัน RiceSAP จะเปรียบเทียบข้อมูลผลผลิตจริงจากเกษตรกรกับข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตรายแปลงจำนวน 40 แปลงในพื้นที่ศึกษา 2 พื้นที่ ประกอบด้วย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจังหวัดร้อยเอ็ด พื้นที่ละ 20 ตัวอย่าง โดยการนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผลผลิตที่ได้รับเปรียบเทียบกับข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแบบจำลอง และคำนวณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี MAPE สำหรับเว็บแอปพลิเคชันระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวและการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทยด้วยข้อมูลดาวเทียม ทำการประเมินผลโดยการเปรียบเทียบผลผลิตจริงจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกับข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแบบจำลองในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจังหวัดร้อยเอ็ด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559-2561 และคำนวณความคลาดเคลื่อนจากค่า MAPE

3. ผลการวิจัยและพัฒนา

3.1 ผลการประเมินผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง AquaCrop

การทดสอบประสิทธิภาพในการประเมินผลผลิตข้าวของแปลงเพาะปลูกในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาด้วยแบบจำลอง AquaCrop วัดโดยการคำนวณค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) สำหรับการคาดการณ์ผลผลิตโดยการนำเข้าข้อมูลวิชาการและฐานข้อมูลจาก AquaCrop แล้วทำการทดสอบการทำงานของแบบจำลองโดยใช้ค่าเฉลี่ยข้อมูลดาวเทียมย้อนหลังเปรียบเทียบกับผลผลิตจริงในปี พ.ศ. 2560 จำนวน 157 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าเฉลี่ย MAPE 16.04% โดยมีตัวอย่างจำนวน 101 ตัวอย่างจากตัวอย่างทั้งหมดที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 20% คิดเป็น 64.33% และในจังหวัดร้อยเอ็ดจำนวน 53 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าเฉลี่ย MAPE 17.06% โดยมีตัวอย่างจำนวน 34 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทั้งหมดที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 20% คิดเป็น 64.15% ซึ่งเห็นได้ว่าถึงแม้ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนจะไม่เกิน 20% แต่เมื่อพิจารณารายแปลงแล้วบางแปลงยังมีผลคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง และเมื่อทำการปรับปรุงข้อมูลโดยการนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop ผลการทดสอบสำหรับการประเมินผลผลิตข้าวในแปลงตัวอย่างอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่ามีค่า MAPE 14.81% ซึ่งให้ผลที่ดีขึ้นจากการติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศด้วยข้อมูลดาวเทียม นอกจากนั้นยังมีการปรับค่า Electric Conductivity (EC) ซึ่งบ่งชี้ความเค็มของดินจากค่าที่วัดได้ในแปลงตัวอย่างด้วย

จากนั้นเมื่อเพิ่มการใช้ข้อมูล CC ภาคสนามที่ได้จากการป้อนกลับข้อมูลจากเกษตรกรผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อทำการปรับเทียบพารามิเตอร์ได้แก่ Soil Fertility, Initial Canopy Cover (CCo), Canopy Growth Coefficient (CGC) และ Canopy Decline Coefficient (CDC) ผลการทดสอบในแปลงตัวอย่างอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่ามีค่า MAPE ลดลงเป็น 12.70% แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่สามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำในการติดตามการเจริญเติบโตและคาดการณ์ผลผลิตข้าวสำหรับเกษตรกรรายแปลง

3.2 ผลการใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากดาวเทียมในแบบจำลอง AquaCrop

ผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (y) กับข้อมูลดาวเทียม (x) มีดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) จากสถานีตรวจสภาพอากาศ กับข้อมูล LST จากดาวเทียม ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 1 โดยตารางที่ 2 แสดงค่า RMSE ที่ได้จากสมการทั้ง 11 สมการ จากตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบแปลง LST จากข้อมูลดาวเทียม เป็น Air Temperature จากสถานีตรวจสภาพอากาศข้างต้น จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลของ MODIS (สมการที่ 1-6) มีความสัมพันธ์ (R^2) อยู่ในช่วง 0.56-0.77 ซึ่งดีกว่าชุดข้อมูลของ Himawari (สมการที่ 7-11) ซึ่งมี R^2 อยู่ในช่วง 0.31-0.58 และจากผลลัพธ์ตารางที่ 2 แสดงผลลัพธ์ประสิทธิภาพของสมการแปลง LST เป็น Air Temperature ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดข้อมูล MODIS ทั้ง 6 สมการ (สมการที่ 1-6) พบว่าความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดคือสมการที่ 3-4 ชุดข้อมูล MODIS ราย 10 วัน มีค่าเฉลี่ย RMSE เท่ากับ 2.07 ดั้งนั้นจึงเห็นว่าเหมาะสมที่จะใช้ชุดข้อมูลของ MODIS ราย 10 วัน ในการแปลงจาก LST เป็น Air Temperature

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดสอบการแปลง LST จากข้อมูลดาวเทียมเป็น Air Temperature

การทดสอบ	ช่วงข้อมูล	สมการ	R^2	จำนวนตัวอย่าง
1. MODIS LSTmax (Daily)	2558-2560	y=0.5685x+15.55	0.57	31,683
2. MODIS LSTmin (Daily)	2558-2560	y=0.9848x-0.7485	0.68	29,907

การทดสอบ	ช่วงข้อมูล	สมการ	R^2	จำนวนตัวอย่าง
3. MODIS LSTmax (10 Daily)	2558-2560	y=0.522x+16.333	0.56	8,673
4. MODIS LSTmin (10 Daily)	2558-2560	Y=0.9448x+0.748	0.69	7,394
5. MODIS LSTmax (Monthly)	2558-2560	y=1.1743x-6.2726	0.59	3,635
6. MODIS LSTmin (Monthly)	2558-2560	y=1.0096x-0.6871	0.77	3,335
7. Himawari LSTmax (Daily)	2561	y=0.2428x+25.042	0.34	22,356
8. Himawari LSTmin (Daily)	2561	y=0.2321x+17.533	0.31	22,336
9. Himawari LSTmax (10 Daily)	2557-2559	y=0.3349x+21.805	0.52	10,836
10. Himawari LSTmin (10 Daily)	2557-2559	y=0.328x+15.407	0.51	10,969
11. Himawari LSTmean (10 Daily)	2557-2559	y=0.3443x+18.303	0.58	11,026

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมการสำหรับแปลง LST เป็น Air Temperature

สมการ	ข้อมูลที่ทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง	รูปแบบข้อมูล	Max Error (°C)	Min Error (°C)	Mean Error (°C)	RMSE (°C)
1	2557	3,291	รายวัน	8.28	-5.48	0.31	2.17
2	2557	3,140	รายวัน	10.31	-7.30	0.28	2.38
3	2561	3,663	ราย 10 วัน	9.34	-14.03	0.91	1.97
4	2561	3,708	ราย 10 วัน	9.96	-9.35	-0.12	2.16
5	2561	629	รายเดือน	8.14	-6.02	-0.09	1.93
6	2561	573	รายเดือน	11.11	-6.57	-0.07	2.25
7	2557	3,279	รายวัน	12.24	-6.24	0.87	1.95
8	2557	3,286	รายวัน	12.13	-6.27	0.93	1.97
9	2561	3,591	ราย 10 วัน	11.04	-9.54	0.19	1.97
10	2561	3,640	ราย 10 วัน	8.36	-8.72	-0.06	1.88
11	2560	3,677	ราย 10 วัน	8.68	-9.37	0.25	1.63

3.2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (Rain Stations) กับปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม FY (Rain FY) ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3 โดยผลการทดสอบสมการทั้ง 3 แสดงในตารางที่ 4 จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบการแปลง Rain FY เป็น Rain Stations ในรูปแบบรายวัน ราย 10 วัน และรายเดือน จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลราย 10 วันมีความสัมพันธ์ที่ดีสุด รองลงมา คือ ชุดข้อมูลรายเดือน และรายวัน อีกทั้งจากการทดสอบสมการในตารางที่ 4 พบว่าชุดข้อมูลราย 10 วันมีความคลาดเคลื่อนที่ RMSE ประมาณ 60 มิลลิเมตร และตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบ Yield ที่ได้จากการใช้ข้อมูล Rain FY แบบรายวัน และราย 10 วัน พบว่ามีความคลาดเคลื่อนต่างกันประมาณ 1% ซึ่งผลการทดสอบนี้ทำให้เห็นว่ารูปแบบราย 10 วัน มีผลลัพธ์ค่า Yield ใกล้เคียงกับข้อมูลผลผลิตจริงในแปลงตัวอย่างมากกว่า จึงเห็นได้ว่าเหมาะสมที่จะใช้ชุดข้อมูล Rain FY ราย 10 วัน เพื่อแปลงเป็น Rain Stations ราย 10 วัน และใช้เป็นพารามิเตอร์นำเข้าในแบบจำลอง AquaCrop

ตารางที่ 3 สรุปผลการทดสอบการแปลง Rain FY (x) เป็น Rain Stations (y) จากสถานีตรวจสภาพอากาศ

การทดสอบ	ช่วงข้อมูล	สมการ	R^2	จำนวนตัวอย่าง
1. Rain FY (รายวัน)	2558	y=0.567x	0.11	34,527
2. Rain FY (ราย 10 วัน)	2557-2559	y=0.3738x	0.30	12,138
3. Rain FY (รายเดือน)	2558-2559	y=0.7148x	0.26	2,525

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมการสำหรับแปลง Rain FY เป็น Rain Stations

สมการ	ข้อมูลที่ทดสอบ	จำนวน	Max Error (mm)	Min Error (mm)	Mean Error (mm)	RMSE (mm)
1	2559	32,912	45.60	-284.06	2.90	13.27
2	2559	3,843	442.02	-711.81	-5.88	59.55
3	2560	1,057	284.72	-708.91	-31.53	121.41

หมายเหตุ

result คือ ผลผลิต (ตัน/เฮกตาร์) ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง AquaCrop

yield คือ ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่) ผลลัพธ์จากการแปลงหน่วยจากตัน/เฮกตาร์ เป็นกิโลกรัม/ไร่

dif_yield คือ ผลต่างจากผลผลิตจริงแปลงตัวอย่าง (860 กิโลกรัม/ไร่)

%error คือ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบข้อมูล Rain FY แบบรายวันและราย 10 วัน

รูปแบบ	result	yield	dif_yield	%error
รายวัน	5.546	887.36	27.36	3.18
ราย 10 วัน	5.496	879.36	19.36	2.25

หมายเหตุ

result คือ ผลผลิต (ตัน/เฮกตาร์) ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง AquaCrop

yield คือ ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่) ผลลัพธ์จากการแปลงหน่วยจากหน่วย ตัน/เฮกตาร์ เป็น กิโลกรัม/ไร่

dif_yield คือ ผลต่างจากผลผลิตจริงจากแปลงตัวอย่าง (860 กิโลกรัม/ไร่)

%error คือ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

3.2.3 การคำนวณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ET0)

จากการคำนวณ ET0 โดยใช้ข้อมูล Air Temperature ที่คำนวณมาจาก MODIS LST และการเปรียบเทียบข้อมูล ET0 ราย 10 วัน จากสถานีตรวจสภาพอากาศ (ET0 Stations) กับข้อมูลดาวเทียม (ET0 RS) มีปริมาณแตกต่างกันสูงสุด 1.7 มิลลิเมตร ต่ำสุด 0.1 มิลลิเมตร และเฉลี่ย 0.9 มิลลิเมตร และทำการทดสอบความคลาดเคลื่อนของข้อมูล ET0 ที่เกิดจากอุณหภูมิอากาศจาก MODIS LST โดยการเพิ่ม/ลดอุณหภูมิในช่วง +/- 3 °C พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะทำให้ค่า ET0 ลดลง ซึ่งส่งผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลง และการลดลงของอุณหภูมิจะทำให้ค่า ET0 เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น

3.3 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop จากค่าสัดส่วนการปกคลุมดินของพืช (Canopy Cover: CC)

แนวทางการปรับเทียบพารามิเตอร์ในแบบจำลอง AquaCrop แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การปรับเทียบ Canopy Cover (CCo), Canopy Decline Coefficient (CGC), Maximum Canopy Cover (CCx) และ Soil Fertility และ 2) การปรับเทียบ Canopy Decline ซึ่งผลการทดสอบความแม่นยำโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล AquaCrop กับข้อมูลจริง พบว่า Yield และ CC มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงที่วัดได้จากแปลงตัวอย่างในพื้นที่ ผลการประเมินความถูกต้องของการปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop จาก CC โดยเปรียบเทียบข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตและผลผลิตในแปลงตัวอย่าง อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และอำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด แสดงดังตารางที่ 6 โดยมีรายละเอียดชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ ดังนี้

1. Alpha I: ใช้ค่าเฉลี่ยข้อมูลฝน อุณหภูมิอากาศ และการคายระเหยน้ำของพืชจากข้อมูลดาวเทียมย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2558-2560) เพื่อใช้เป็นค่าตั้งต้นในการคาดการณ์ผลผลิตที่จะได้รับ รวมทั้งใช้พารามิเตอร์ที่ยังไม่มีการปรับแต่งด้วยข้อมูลจริงจากแปลงตัวอย่าง และกำหนด Soil Fertility เท่ากับ 80%

2. Station: ใช้ข้อมูลฝน อุณหภูมิอากาศ และการคายระเหยน้ำของพืชจากสถานีตรวจสภาพอากาศ ณ ตำแหน่งแปลงตัวอย่าง ในช่วงเดือนมกราคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 และปรับแต่งด้วยข้อมูลจริงจากแปลงตัวอย่าง ร่วมกับการปรับเทียบด้วยค่า CC

3. RS: ใช้ข้อมูลฝนจากแบบจำลอง Rain FY อุณหภูมิอากาศจากแบบจำลอง MODIS LST และการคายระเหยน้ำของพืชที่คำนวณด้วยสูตร ET0-Hargreaves (สำหรับทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองข้อมูลดาวเทียม) ในช่วงเดือนมกราคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 และปรับแต่งด้วยข้อมูลจริงจากแปลงตัวอย่าง ร่วมกับการปรับเทียบด้วยค่า CC

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบผลลัพธ์การประเมินผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง AquaCrop โดยใช้ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศรูปแบบต่างๆ

จังหวัด	ชุดข้อมูล	ผลลัพธ์ (กิโลกรัม/ไร่)	ความแตกต่างระหว่างผลผลิตจริง (กิโลกรัม/ไร่)	MAPE (%)
พระนครศรีอยุธยา	Alpha I	733.12	-289.68	65.33
	Station	421.80	39.92	4.88
	RS	499.70	-56.26	12.70
ร้อยเอ็ด	Alpha I	487.36	-137.36	39.25
	Station	372.80	-22.80	6.51
	RS	302.40	47.60	13.60

หมายเหตุ

มีการคำนวณค่าผลผลิตจริงที่ความชื้น 0% (อ้างอิงตามที่ข้อมูลตัวอย่างที่ส่งห้องแล็ป) ในแปลงอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เท่ากับ 443.44 กิโลกรัมต่อไร่ และแปลงอำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด เท่ากับ 350 กิโลกรัมต่อไร่

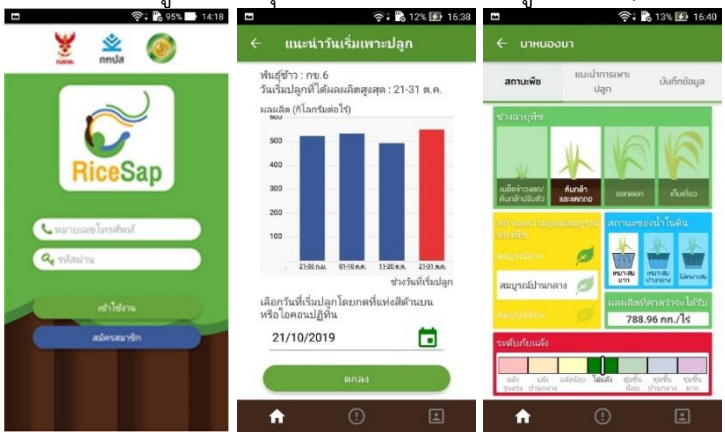
ผลการทดสอบการทำงานของแบบจำลอง AquaCrop ในพื้นที่แปลงตัวอย่าง อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าจากการใช้ชุดข้อมูล Alpha I ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ตั้งต้นในการคาดการณ์ผลผลิต โดยใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศย้อนหลัง 3 ปี ทำให้ผลลัพธ์ผลผลิตได้เท่ากับ 733.12 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็นความคลาดเคลื่อนจากผลผลิตจริง 443.44 กิโลกรัมต่อไร่ (ที่ความชื้น 0%) MAPE เท่ากับ 65.33% แต่หลังจากทำการปรับเทียบพารามิเตอร์ด้วยข้อมูลจริงจากแปลงตัวอย่าง โดยใช้ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศ ที่ติดตั้งไว้ ณ ตำแหน่งแปลงตัวอย่าง (Station) และข้อมูลดาวเทียม (RS) ผลลัพธ์พบว่าการใช้ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศ (Station) ได้ผลผลิตเท่ากับ 421.80 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่า MAPE เท่ากับ 4.88% นอกจากนั้น การใช้ชุดข้อมูลดาวเทียม (RS) ได้ผลผลิตเท่ากับ 499.70 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่า MAPE เท่ากับ 12.70% ส่วนในจังหวัดร้อยเอ็ด พบว่าจากการใช้ชุดข้อมูล Alpha I ทำให้ได้ผลผลิตเท่ากับ 487.36 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 39.25% หลังจากนั้นปรับเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลจริงจากแปลงตัวอย่างร่วมกับการใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศ พบว่ามีผลผลิตเท่ากับ 372.80 กิโลกรัมต่อไร่ (MAPE เท่ากับ 6.51%) และเมื่อใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากข้อมูลดาวเทียม พบว่ามีผลผลิตเท่ากับ 302.40 กิโลกรัมต่อไร่ โดยภายหลังการปรับเทียบแบบจำลองด้วยค่า CC จากภาคสนามทั้งสองขั้นตอนสามารถลด MAPE ลงได้ทั้งสองแปลงตัวอย่าง

3.4 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และเว็บแอปพลิเคชัน

3.4.1 แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่

แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับเกษตรกร มีชื่อว่า “RiceSAP” ประกอบด้วยฟังก์ชันติดตามสถานะพืช (ช่วงอายุพืช, สถานะความอุดมสมบูรณ์ของพืช, สถานะของน้ำในดิน, ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ และระดับภัยแล้ง) แนะนำวันที่เริ่มเพาะปลูกโดยพิจารณาจากวันที่มีผลผลิตสูงสุด แนะนำการ

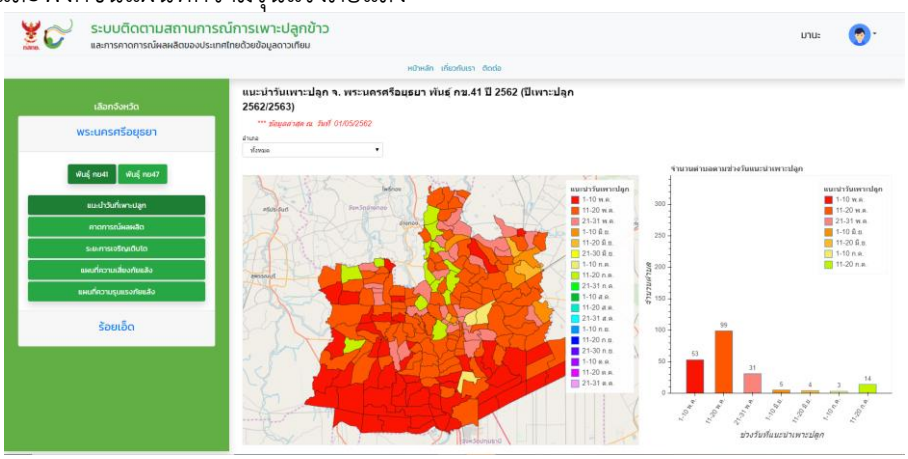
เพาะปลูก (การแนะนำการให้น้ำ และการแนะนำการใส่ปุ๋ย) บันทึกข้อมูล (การให้น้ำ, การใส่ปุ๋ย, ถ่ายภาพของพืชเหนือแปลง, ช่วงการเจริญเติบโต และผลผลิตที่ได้รับ) และแจ้งเตือน (การให้น้ำ, การใส่ปุ๋ย, การถ่ายภาพเหนือแปลงเพาะปลูก, การบันทึกข้อมูลช่วงอายุพืช และการบันทึกข้อมูลผลผลิต)



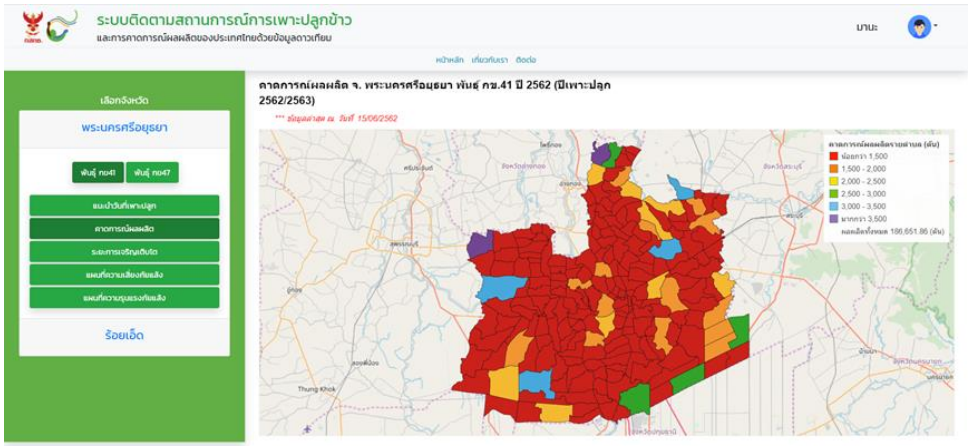
ภาพที่ 5 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน RiceSAP

3.4.2 เว็บแอปพลิเคชันสำหรับเจ้าหน้าที่

เว็บแอปพลิเคชันสำหรับเจ้าหน้าที่ มีชื่อว่า “ระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวและการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทยด้วยข้อมูลดาวเทียม” ประกอบด้วย ฟังก์ชันแนะนำช่วงวันเริ่มเพาะปลูก คาดการณ์ผลผลิตสะสมรายตำบล ระยะการเจริญเติบโตแสดงช่วงอายุการเจริญเติบโตของข้าว แผนที่ความเสี่ยงภัยแล้ง และฟังก์ชันแผนที่ความรุนแรงภัยแล้ง



ภาพที่ 6 ตัวอย่างระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวและการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทยด้วยข้อมูลดาวเทียม (แนะนำช่วงวันเริ่มเพาะปลูก)



ภาพที่ 7 ตัวอย่างระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวและการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทยด้วยข้อมูลดาวเทียม (ฟังก์ชันคาดการณ์ผลผลิต)

3.5 ผลการประเมินข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแพลตฟอร์ม

ผลการประเมินข้อมูลคาดการณ์ผลลิตจากแพลตฟอร์ม โดยการเปรียบเทียบผลผลิตจริงและข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแบบจำลองจากผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน RiceSAP ปีเพาะปลูก 2562 จำนวนแปลงเพาะปลูก 20 แปลงในแต่ละจังหวัด พบว่าจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีค่าเฉลี่ย MAPE เท่ากับ 21.77% ซึ่งปัญหาในการเพาะปลูกของเกษตรกรในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้แก่ ศัตรูพืช เป็นหลัก สำหรับจังหวัดร้อยเอ็ด มีค่าเฉลี่ย MAPE เท่ากับ 18.23% โดยนอกจากปัญหาศัตรูพืชแล้ว พื้นที่เพาะปลูกส่วนหนึ่งยังได้รับผลกระทบจากภัยแล้งและน้ำท่วม ส่วนเว็บแอปพลิเคชันชันระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวและการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทยด้วยข้อมูลดาวเทียม ผลการเปรียบเทียบผลผลิตจริงจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกับข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแบบจำลอง ปี พ.ศ. 2559-2561 ในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี พ.ศ. 2559 พบว่าข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตมีแนวโน้มมากกว่าผลผลิตจริงเท่ากับ 36.92% ส่วนในปี พ.ศ. 2560-2561 พบว่าข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตยังมีแนวโน้มน้อยกว่าผลผลิตจริงเท่ากับ -0.04% และ -19.48% ตามลำดับ และในพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ด โดยข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตใน 2 ปีแรก (พ.ศ. 2559-2560) มีแนวโน้มมากกว่าผลผลิตจริงเท่ากับ 33.08% และ 21.81% ตามลำดับ ส่วนในปี พ.ศ. 2561 ข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแบบจำลองมีแนวโน้มน้อยกว่าผลผลิตข้าวจริงเท่ากับ 7.91% ทั้งนี้ค่าคาดการณ์ผลผลิตรายจังหวัดซึ่งแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันนั้นไม่มีการปรับแก้ด้วย CC จากภาคสนาม

4. อภิปรายผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการประเมินผลผลิตข้าวด้วยข้อมูลแปลงตัวอย่างในอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ด้วยการบูรณาการข้อมูลดาวเทียมร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop พบว่ามีค่า MAPE 14.81% เมื่อได้ใช้แนวทางดังกล่าวในการคาดการณ์ผลผลิตรายจังหวัดและเปรียบเทียบผลกับข้อมูลผลผลิตรายจังหวัดของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (OAE) ที่ได้จากการสุ่มลงพื้นที่สำรวจและวิเคราะห์โดยผู้ชำนาญการ พบว่าข้อมูลที่ได้มีความแตกต่างจากข้อมูล OAE ค่อนข้างมากสำหรับการประมาณผลผลิตในปี 2559 แต่ให้ค่าประมาณที่ใกล้เคียงขึ้นในปี 2560-2561 ทั้งในจังหวัดอยุธยาและจังหวัดร้อยเอ็ด โดยสามารถปรับปรุงผลลัพธ์ให้มีค่าคาดการณ์ที่แม่นยำขึ้นได้หากสามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลเกษตรกร หรือทราบข้อมูลพันธ์ข้าวและพื้นที่และวันเริ่มเพาะปลูกของเกษตรกรผ่านแอปพลิเคชัน RiceSAP ผลลัพธ์จากแพลตฟอร์มสามารถช่วยสนับสนุนข้อมูลการคาดการณ์ผลผลิตล่วงหน้าได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการตลาดล่วงหน้า อีกทั้งข้อมูลที่จัดเก็บอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหนึ่งอาจสามารถนำมาประมวลผลเพื่อคาดการณ์ความต้องการของตลาดล่วงหน้า เป็นการใช้การตลาดนำการผลิตเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกร

ในการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง AquaCrop จะเห็นได้จากผลของแปลงศึกษาในพื้นที่ผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาดังแสดงในตารางที่ 6 ว่าการใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop โดยมีการปรับเทียบแบบจำลองด้วยค่า CC จากข้อมูลภาคสนาม สามารถให้ค่า MAPE ประมาณ 5% กรณีที่ไม่มีสถานีตรวจวัดและใช้ข้อมูลดาวเทียมแทนจะให้ผลความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นประมาณ 7% เทียบกับสถานีวัดแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้สำหรับนาแปลงเล็กที่มีทุนน้อยซึ่งอาจจะไม่คุ้มกับการลงทุนติดตั้งสถานีตรวจวัดในแปลง การใช้แอปพลิเคชัน RiceSAP บนอุปกรณ์เคลื่อนที่เช่น โทรศัพท์มือถือที่เกษตรกรมีใช้งานอยู่แล้ว สามารถสนับสนุนการทำงานของแพลตฟอร์มให้มีประสิทธิภาพในการคาดการณ์ผลผลิตรายแปลงสูงขึ้น โดยการนำเข้าข้อมูลป้อนกลับจากเกษตรกรในรูปแบบของภาพถ่ายเพื่อติดตามการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งระบบการประมวลผลจะทำการแปลงเป็นข้อมูลการปกคลุมของเรือนยอด (CC) เพื่อใช้ปรับเทียบแบบจำลอง สามารถลดค่า MAPE ลงได้อีกประมาณ 2% ซึ่งแอปพลิเคชันนี้สามารถดาวน์โหลดใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

การขยายผลการใช้งานของ RiceSAP ในพื้นที่ปลูกข้าวอื่นๆ ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดร้อยเอ็ดนอกเหนือจากแปลงศึกษา ไปยังเกษตรกร 20 รายในแต่ละจังหวัด ให้ค่าเฉลี่ย MAPE 21.77% และ 18.23% สำหรับพื้นที่ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดร้อยเอ็ดตามลำดับ ความคลาดเคลื่อนที่สูงขึ้นกว่าการทดสอบในแปลงศึกษา เนื่องจากในแปลงศึกษาเราสามารถทำการปรับค่าพารามิเตอร์ได้ละเอียดมากกว่าเช่น ปริมาณวัชพืช ชนิดของดิน ความเค็มของดิน เป็นต้น ซึ่งหากเป็นแปลงที่ไม่ได้มีการลงพื้นที่ก็จำเป็นต้องใช้ข้อมูลนำเข้าด้วยพารามิเตอร์ Alpha I จากการรวบรวมข้อมูลเฉพาะของพืชและสภาพพื้นที่จากแหล่งข้อมูลต่างๆ จึงส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงกว่า นอกจากนั้นเกษตรกรบางรายอาจไม่ได้ทำการป้อนกลับข้อมูลมายังส่วนประมวลผล AquaCrop อย่างถูกต้อง หรือไม่ได้จัดการการเพาะปลูกตามเวลาที่กำหนด รวมถึงรูปแบบการเพาะปลูกที่แตกต่างไป และความแปรปรวนของค่าประมาณสภาพอากาศจากข้อมูลดาวเทียม จึงเป็นสาเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนดังกล่าวขึ้น อีกทั้งการทำงานของแพลตฟอร์มยังไม่มีการปรับลดค่าคาดการณ์ผลผลิตอันเนื่องมาจากความเสียหายจากศัตรูพืช ภัยแล้ง และน้ำท่วม ซึ่งเกิดขึ้นกับเกษตรกรบางราย อย่างไรก็ตามสังเกตว่าหากจำนวนผู้ใช้มากขึ้นค่าเฉลี่ย MAPE ก็มีแนวโน้มลดลงตามผลการทดลองที่ได้ในหัวข้อ 3.1

5. บทสรุป

การพัฒนาต้นแบบ SMART Agriculture Platform ด้วยการบูรณาการการรับรู้ระยะไกลร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop ประกอบด้วยส่วนประมวลผลแบบจำลอง AquaCrop ซึ่งเป็นแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช ที่มีข้อมูลนำเข้าประกอบด้วย ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลพืช การจัดการแปลงเพาะปลูก และข้อมูลดิน โดยมีการใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากดาวเทียมแทนข้อมูลจากสถานีตรวจสภาพอากาศประกอบด้วย ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว (LST) จากดาวเทียม TERRA/AQUA เซนเซอร์ MODIS ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม FY และคำนวณข้อมูลการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ET0) ด้วยข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว (LST) จากดาวเทียม TERRA/AQUA เซนเซอร์ MODIS และมีการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับเกษตรกร (RiceSAP) ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันติดตามสถานะพืช แนะนำวันที่เพาะปลูก แนะนำการเพาะปลูก และแจ้งเตือน และเว็บแอปพลิเคชันระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวและการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทยด้วยข้อมูลดาวเทียม ประกอบด้วยฟังก์ชันแนะนำวันที่เริ่มเพาะปลูก คาดการณ์ผลผลิตระยะการเจริญเติบโต แผนที่ความเสี่ยงภัยแล้ง และแผนที่ความรุนแรงภัยแล้ง

การใช้งานเว็บแอปพลิเคชันเพื่อประมาณผลผลิตข้าวรายจังหวัดให้ผลที่ดีโดยมีความคลาดเคลื่อน MAPE ไม่เกิน 20% ซึ่งมีการปรับปรุงผลทุก 15 วันตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกและสภาพอากาศ

ที่ประมาณได้จากข้อมูลดาวเทียม ผลลัพธ์ที่ได้ทำให้เจ้าหน้าที่รัฐสามารถคาดการณ์ผลผลิตล่วงหน้าได้ก่อนเวลาเก็บเกี่ยว นอกจากนั้นยังสามารถวางแผนบริหารจัดการน้ำและทรัพยากรเพาะปลูกอื่นๆ จากข้อมูลแผนที่ภัยแล้ง เพื่อรับมือกับทั้งภัยธรรมชาติและกลไกการตลาดได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ในส่วนของการใช้งาน RiceSAP สำหรับการบริหารจัดการการเพาะปลูกข้าวรายแปลงนั้น มีประโยชน์ต่อเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรแปลงเล็กที่ไม่สามารถลงทุนสำหรับ Smart farming ที่ติดตั้ง IoT และสถานีตรวจอากาศในแปลง SMART Agriculture Platform ที่บูรณาการข้อมูลดาวเทียมร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop สามารถช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามการเจริญเติบโตของข้าวในนา คาดการณ์การเพาะปลูกและให้ข้อมูลภัยแล้งและน้ำท่วม ผ่านแอปพลิเคชัน RiceSAP โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และแสดงให้เห็นว่าแพลตฟอร์มนี้สามารถขยายการให้บริการสำหรับพื้นที่เพาะปลูกข้าวได้ทั่วประเทศ อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีความแปรปรวนของผลลัพธ์อยู่ การพัฒนาแพลตฟอร์มให้สามารถประมวลผลเพื่อเตือนภัยศัตรูพืช บริการข้อมูลคาดการณ์สภาพอากาศในแปลง ตรวจสอบความอุดมสมบูรณ์ของดิน จะช่วยให้ผลลัพธ์มีความแม่นยำขึ้น นอกจากนั้นโครงสร้างของแพลตฟอร์มสามารถขยายผลการใช้งานเพื่อรองรับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ เช่น ข้าวโพดและมันสำปะหลังได้ด้วยแนวทางเดียวกัน ดังนั้นแพลตฟอร์มนี้จึงเป็นประโยชน์ในการส่งเสริมเกษตรอัจฉริยะในประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

(ESCAP), The Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. 2017. *Disaster Resilience for Sustainable Development.* 2017.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. *ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลทั่วประเทศ.*

กรมพัฒนาที่ดิน. *ข้อมูลชุดดิน.*

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2555. [ออนไลน์] กรกฎาคม 2555. https://www.tmd.go.th/programs%5Cuploads%5Cweatherclimate%5C3%20Month%20Climate%20News%20(Vol.2.no3).pdf.

—. 2551. [ออนไลน์] กุมภาพันธ์ 2551. http://www.arcims.tmd.go.th/Research_files/The%20Forecasting%20of%20Potential%20Evapotranspiration%20by%20Using%20Product%20of%20Numerical%20Weather%20Prediction%20Unified.pdf.

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. 2560. *สถิติการส่งออกข้าว.* 2560.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. *ผลผลิตข้าวตามเนื่อที่เก็บเกี่ยว.* 2560.

—. 2560. *ผลผลีตข้าวตามเนื่อที่เก็บเกี่ยว.* 2560.