

วารสารวิชาการ
กสทช.
ประจำปี 2563

NBTC
JOURNAL
2020

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง
กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

Office of the National Broadcasting and Telecommunications Commission

การพัฒนาต้นแบบแพลตฟอร์ม เกษตรอัจฉริยะด้วยการบูรณาการ เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลร่วมกับ แบบจำลองอควาCrop

PROTOTYPE DEVELOPMENT OF SMART AGRICULTURE PLATFORM INTEGRATING REMOTE SENSING TECHNOLOGY WITH AQUACROP MODEL

วิชรี วีระเกษนทร์¹, มงคล รักษาพิชรวงศ์²
และ หัสดาภรณ์ สีนธิ³

Watcharee Verakachen¹, Mongkol Raksapatcharawong²
and Hatsadaporn Sitthi³

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900^{1 ถึง 3}
Dept. of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University,
Bangkok 10900 Thailand^{1 to 3}

Corresponding E-mail : hatsadaporn.st@gmail.com

Received Date	February 28, 2020
Revised Date	April 8, 2020
Accepted Date	October 29, 2020

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบแพลตฟอร์มเกษตรอัจฉริยะโดยการพัฒนาระบบประมวลผล อควาครอป ซึ่งนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม FY และข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูล ดาวเทียม TERRA/AQUA และปรับปรุงผลของแบบจำลองการเพาะปลูกพืชด้วยค่าการปกคลุมของเรือนยอด (Canopy cover) เพื่อคาดการณ์ผลผลิตข้าว โดยแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ ชื่อว่า RiceSAP เพื่อติดตามการเจริญเติบโตและสภาพของข้าวและคาดการณ์ผลผลิตข้าว ในแปลงโดยปรับปรุงผลรายวัน เว็บเบราว์เซอร์สำหรับเจ้าหน้าที่รัฐจะแสดงข้อมูลการคาดการณ์ผลผลิตข้าว รายตำบล และแสดงพื้นที่เพาะปลูกที่มีความเสี่ยงต่อภัยแล้งและน้ำท่วม โดยมีการปรับปรุงผลทุก 15 วัน เพื่อสนับสนุนการวางแผนบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบการคาดการณ์ผลผลิตด้วย ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ สำหรับข้าวขาวในอยุธยาและข้าวหอมมะลิในร้อยเอ็ด พบว่ามี ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 12.7% และ 6.45% ตามลำดับ และเมื่อทดสอบการใช้งานของ RiceSAP โดยเกษตรกร จำนวน 20 รายในอยุธยาและร้อยเอ็ด พบว่ามีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 21.77% และ 17.87% ตามลำดับ โดยแพลตฟอร์มนี้สามารถขยายการให้บริการสำหรับพื้นที่เพาะปลูกข้าวได้ทั่วประเทศโดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม นอกจากนั้นยังสามารถขยายผลสำหรับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น เช่น ข้าวโพดและมันสำปะหลังได้ด้วยแนวทาง เดียวกัน ดังนั้นจึงเป็นประโยชน์ในการส่งเสริมเกษตรอัจฉริยะในประเทศไทย

คำสำคัญ : เกษตรอัจฉริยะ ผลผลิตข้าว ข้อมูลดาวเทียม แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช อควาครอป

Abstract

This article aims to report the result of SMART Agriculture Platform prototype consists in AquaCrop processing system with satellite derived inputs i.e. FY rainfall and TERRA/AQUA land surface temperature (LST) and modification of canopy cover (CC) to predict rice yield using crop simulation model. The output is displayed via the mobile application called RiceSAP and web service, offering farmers and government officer with fully functions updated daily to monitor crop growth and conditions and predict rice yield. The web service displays rice yield prediction at sub-district level. The system can monitor spatial and temporal information of droughts and flood which updated every 15 days in order to support efficient planning on water management. The results show that yield predictions of White rice in Ayutthaya province shows 12.7% of mean absolute percentage error (MAPE), and 6.45% of MAPE for Jasmine rice in Roi Et province. For RiceSAP application, the platform operation was tested by 20 farmers in each province. It is founded that average of MAPE are 21.77% and 17.87% in Ayutthaya and Roi Et, respectively. As a result, the platform service can be extended for rice field monitoring at the country region without extra cost. Moreover, with the same approach, the platform usability can be applied for industrial crops such as maize and cassava. Therefore, this platform is useful for promoting smart agriculture sector in Thailand.

Keywords : Smart agriculture, Rice yield, Satellite, Crop simulation model, AquaCrop

บทนำ

นโยบายพื้นฐานแห่งรัฐ Thailand 4.0 เป็นวิสัยทัศน์เชิงนโยบายที่ต้องการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจแบบเดิมไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยมีฐานของความคิดหลัก คือเปลี่ยนจากการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม และเปลี่ยนจากการเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่การเน้นภาคบริการมากขึ้น ซึ่งหนึ่งในกลุ่มเป้าหมายที่ภาครัฐต้องการพัฒนา คือกลุ่มของภาคการเกษตรนั่นเอง

จากหลักการของนโยบายพื้นฐานแห่งรัฐ ภาคการเกษตรจึงควรมีการเปลี่ยนวิธีการทำที่มีลักษณะที่สำคัญ คือ เปลี่ยนจากการเกษตรแบบดั้งเดิมในปัจจุบันไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ที่เน้นการบริหารจัดการด้วยเทคโนโลยี (Smart agriculture/Smart farming) ซึ่งจะทำให้ภาคเกษตรสามารถจัดการและปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ภัยธรรมชาติต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจในประเทศ ข้อมูลจากคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งเอเชียและแปซิฟิก (UNITED NATIONS ESCAP, 2017) แสดงความเสียหายจากภัยพิบัติในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยจะเห็นว่าประเทศไทยจะได้รับความเสียหายต่อปีประมาณเกือบ 0.8% ของ GDP ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Climate change) และจากปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยประสบปัญหาภัยแล้งอย่างรุนแรง

เนื่องจากปรากฏการณ์เอลนีโญ ทำให้ฝนไม่ตกตามฤดูกาลหรือฝนตกแต่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าระดับปกติ ทำให้กระทบต่อพื้นที่เพาะปลูก โดยข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย ที่เกษตรกรนิยมปลูก และมีการส่งออกไปยังต่างประเทศ ก็ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัตินี้ดังกล่าว (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 พบว่า มีแนวโน้มปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นเป็น 9.90 ล้านตัน และในปี พ.ศ. 2560 ที่มีการส่งออกเพิ่มขึ้นถึง 11.63 ล้านตัน หรือเพิ่มขึ้นจากปีก่อนประมาณ 17.5 %

เพื่อส่งเสริมและสร้างความสอดคล้องต่อนโยบาย จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือหรือแพลตฟอร์มที่ช่วยให้เกษตรกรและเจ้าหน้าที่ภาครัฐสามารถใช้บริหารจัดการ โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (Crop simulation model) เพื่อติดตามการเจริญเติบโตของพืช การใช้น้ำของพืช และคาดการณ์ผลผลิตที่จะเกิดขึ้น โดยข้อมูลนำเข้า (Input) ของแบบจำลองที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ สภาพอากาศ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว สามารถตรวจวัดข้อมูลดังกล่าวได้จากเครื่องมือที่ติดตั้งบนสถานีตรวจสภาพอากาศ อย่างไรก็ตาม พบว่า ข้อมูลจากสถานีตรวจสภาพอากาศยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนสถานีตรวจวัดที่ยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ หรือต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการติดตั้งสถานีตรวจสภาพอากาศในแปลงเพาะปลูก ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดาวเทียม จึงมีบทบาทสำคัญเนื่องจากสามารถสำรวจทรัพยากรหรือตรวจสอบสภาพอากาศได้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งประเทศ ส่งผลให้สามารถติดตามการเจริญเติบโตและคาดการณ์ผลผลิตในแปลงเพาะปลูกพืชใด ๆ และเกษตรกรหรือเจ้าหน้าที่สามารถเข้าถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจและการปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ เพื่อนำไปสู่การเป็นเกษตรกรยุคใหม่ (Smart farmers) และเจ้าหน้าที่รัฐที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการปฏิบัติงาน (Smart officers) รวมถึงส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของประเทศ โครงการนี้จึงพัฒนาแพลตฟอร์มที่สามารถแนะนำช่วงเวลาวันเพาะปลูกที่เหมาะสม สามารถติดตามและพิจารณาลักษณะการเจริญเติบโตและคาดการณ์ผลผลิตข้าว โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเพาะปลูก AquaCrop ร่วมกับข้อมูลสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม รวมทั้งแจ้งเตือนความเสี่ยงภัยพิบัติในพื้นที่เพาะปลูก เพื่อให้เกษตรกรสามารถปรับตัว และรับมือสถานการณ์ภัยพิบัติได้ดียิ่งขึ้น

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การนำแพลตฟอร์มดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ ทำให้เกษตรกรและหน่วยงานภาครัฐสามารถเข้าถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เป็นปัจจุบัน และสอดคล้องต่อสถานการณ์ จึงทำให้สามารถตัดสินใจและปรับตัวให้เหมาะสมได้ดียิ่งขึ้น ก่อให้เกิดการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเข้ามาช่วยในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ และมีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ที่มีการขับเคลื่อนที่พัฒนาประเทศจากวิถีการทำเกษตรแบบดั้งเดิมไปสู่การบริหารจัดการเกษตรสมัยใหม่ โดยอาศัยเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาสนับสนุนการผลิตสินค้าเกษตร และสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์เกษตรและสหกรณ์ (พ.ศ. 2560-2579) ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่จะปฏิรูปภาคเกษตรอย่างยั่งยืน สู่เกษตรกรรมมั่นคง ภาคเกษตรมีค้ำ และทรัพยากรการเกษตรยั่งยืน

วิธีการศึกษา

การพัฒนาต้นแบบแพลตฟอร์มเกษตรอัจฉริยะด้วยการบูรณาการเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล ร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop โดยการศึกษาวิจัยการประเมินผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง AquaCrop และนำผลคาดการณ์ผลผลิตข้าวไปแสดงผ่านแอปพลิเคชันและเว็บแอปพลิเคชันในพื้นที่ศึกษา 2 จังหวัด ประกอบด้วยพื้นที่เพาะปลูกข้าวในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และพื้นที่เพาะปลูกข้าวหอมมะลิในจังหวัดร้อยเอ็ด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การประเมินผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง AquaCrop
2. การใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากข้อมูลดาวเทียมในแบบจำลอง AquaCrop
3. การปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop จากค่าการปกคลุมของเรือนยอด (Canopy Cover)
4. การพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และเว็บแอปพลิเคชัน
5. การประเมินผลข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแพลตฟอร์ม

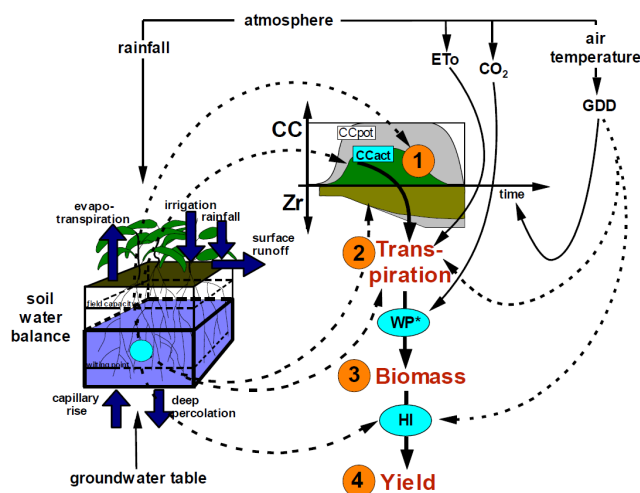


ภาพที่ 1 วิธีการศึกษา

1. การประเมินผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง AquaCrop

แบบจำลอง AquaCrop เป็นแบบจำลองสำหรับการติดตามการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งพัฒนาโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations: UNFAO) สามารถจำลองและประเมินผลผลิตพืชจากการตอบสนองต่อปริมาณของน้ำ โดย AquaCrop มีความเหมาะสมแก่การนำมาใช้มาก (Johannes H., et al., 2011, p. 15) เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่มีจำนวนตัวแปรที่ชัดเจน มีพารามิเตอร์และตัวแปรนำเข้าอินพุตที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ มีกระบวนการที่เน้นการเจริญเติบโตและผลผลิตต่อปริมาณของน้ำ รวมทั้งสามารถแจ้งการตอบสนองของพืชต่อการให้น้ำตามเงื่อนไขต่าง ๆ ได้ โดยมีโครงสร้างการทำงาน 4 ส่วนหลัก ที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากสภาพอากาศ ประกอบด้วย 1) ค่าการปกคลุมของเรือนยอด (Canopy Cover) เพื่อติดตามการเจริญเติบโตของพืชหรือความอุดมสมบูรณ์ของพืช 2) การคายน้ำของพืช (Crop Transpiration) แสดงถึงความเพียงพอต่อความต้องการน้ำในการเจริญเติบโตของพืช เมื่อพืชขาดน้ำหรือเกิดความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำ จะทำให้ค่า CC ลดลง รวมถึงส่งผลกระทบต่ออัตราการปิดปากใบ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการคายน้ำของพืช 3) ชีวมวล (Biomass) แสดงถึงสัดส่วนของผลรวมการคายน้ำของพืช ($\sum Tr$) ต่อค่าผลิตภาพของน้ำในการผลิตค่าชีวมวล (WP) และ 4) ผลผลิต (Crop Yield) คำนวณจากค่าชีวมวลเหนือพื้นดิน (B) คูณด้วยดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest Index: HI) แสดงดังภาพที่ 2 และมีพารามิเตอร์นำเข้า 4 ส่วน ได้แก่ สภาพอากาศ (Climate) ข้อมูลพืช (Crop) การจัดการแปลงเพาะปลูก (Management) และข้อมูลดิน (Soil) ซึ่งพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะต้องถูกปรับแต่งให้มีความเหมาะสมตามลักษณะของพืชหรือสภาพพื้นที่ โดยมีการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากข้อมูลวิชาการ ฐานข้อมูลจากแบบจำลอง AquaCrop และข้อมูลการสำรวจภาคสนามเพื่อปรับแต่งพารามิเตอร์แบบจำลอง AquaCrop เพื่อการคาดการณ์ผลผลิตข้าว โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน 1) ประเมินผลผลิตข้าวจากข้อมูลวิชาการและฐานข้อมูลจาก AquaCrop และค่าเฉลี่ยข้อมูลสภาพอากาศจากดาวเทียมย้อนหลัง 3 ปี เพื่อคาดการณ์ผลผลิตล่วงหน้าก่อนการเพาะปลูก โดยชุดพารามิเตอร์นำเข้าสำหรับแบบจำลองรูปแบบนี้เรียกว่า “Alpha I” 2) ใช้การนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศระหว่างการเพาะปลูกที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลดาวเทียมร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop และ 3) เพิ่มการใช้ข้อมูลภาคสนามในการปรับเทียบพารามิเตอร์ในแปลงตัวอย่างเพื่อให้คาดการณ์ผลผลิตได้แม่นยำขึ้น

ในขั้นแรกคณะวิจัยทำการประเมินผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง AquaCrop โดยใช้กลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ศึกษานำร่อง 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกข้าวขาวในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เนื่องจากจังหวัดพระนครศรีอยุธยามีพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งสิ้น 948,518.25 ไร่ จากพื้นที่ทั้งหมด 1,597,900 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 59.36 ของพื้นที่ทั้งหมด (สำนักงานแรงงานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, 2559) และจากรายงานสถานการณ์การเพาะปลูกข้าว ปี 2559/60 รอบที่ 1 (ข้อมูลสะสม ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม 2559-15 กันยายน 2559) (กรมการข้าว, 2559) พบว่าจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวเจ้า 673,840 ไร่ มากเป็นอันดับที่ 2 จาก 10 จังหวัดในภาคกลาง คิดเป็นร้อยละ 21.87 ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวเจ้าทั้งหมดในภาคกลาง และร้อยละ 95.59 ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และพื้นที่เพาะปลูกข้าวหอมมะลิในจังหวัดร้อยเอ็ด เนื่องจากจังหวัดร้อยเอ็ดมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวหอมมะลิ 2,369,984 ไร่ มากเป็นอันดับที่ 6 จาก 20



ภาพที่ 2 โครงสร้างการทำงานของแบบจำลอง AquaCrop

หมายเหตุ : จาก <http://www.fao.org/aquacrop/software/aquacropstandardwindowsprogramme/en/#c522959>.

จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นร้อยละ 10.04 ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวหอมมะลิทั้งหมดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและร้อยละ 81.91 ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวในจังหวัดร้อยเอ็ด โดยทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากข้อมูลทุติยภูมิ 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) เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบกับข้อมูลดาวเทียมในแต่ละพื้นที่ โดยมีรายละเอียดแสดงในหัวข้อ 2.2 และทำการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ การตรวจวัดดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index: LAI) การบินสำรวจพื้นที่แปลงเพาะปลูกด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Drone) การตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ (Electrical Conductivity of Water: ECw) การถ่ายภาพการปกคลุมของเรือนยอด (Canopy Cover: CC) และการเก็บตัวอย่างต้นข้าวเพื่อนำไปคำนวณผลผลิต (Yield) โดยผลลัพธ์การคาดการณ์ผลผลิตข้าวที่ได้จากแบบจำลอง AquaCrop จะนำมาตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลจริงที่จัดเก็บจากแปลงตัวอย่างและทำการวิเคราะห์ผล เพื่อหาแนวทางในการปรับเทียบพารามิเตอร์ที่เหมาะสม และนำไปพัฒนาเป็นระบบประมวลผลแบบจำลอง AquaCrop ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของแพลตฟอร์ม ซึ่งผลที่ได้จะถูกนำไปประมวลผลตามฟังก์ชันต่าง ๆ เพื่อแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และเว็บแอปพลิเคชันต่อไป โดยรายละเอียดของการปรับเทียบพารามิเตอร์ในขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงในหัวข้อ 2.3

2. การใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากข้อมูลดาวเทียมในแบบจำลอง AquaCrop

การใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากดาวเทียมในแบบจำลอง AquaCrop มีขั้นตอน ดังนี้

2.1 การหาความสัมพันธ์ของข้อมูลสภาพอากาศ

ทำการศึกษาข้อมูลสภาพอากาศ 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 โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. การจัดเตรียมข้อมูลสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลสภาพอากาศจากข้อมูลดาวเทียม ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดิน (Land Surface Temperature: LST) จากข้อมูลดาวเทียม TERRA/AQUA เซนเซอร์ MODIS และข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Rain) จากข้อมูลดาวเทียม FY
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นที่ตำแหน่งและเวลาเดียวกันระหว่างอุณหภูมิอากาศสูงสุดกับอุณหภูมิพื้นผิวช่วงเวลากลางวัน จากเซนเซอร์ MODIS และอุณหภูมิต่ำสุดช่วงเวลากลางคืนจากเซนเซอร์ MODIS แบบรายวัน ราย 10 วัน และรายเดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2560 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (Rain stations) กับข้อมูลดาวเทียม (Rain FY) แบบเชิงเส้นที่ตำแหน่งและเวลาเดียวกัน ประกอบด้วย 1) ปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันจากสถานีตรวจสภาพอากาศกับปริมาณน้ำฝนสะสมรายวัน จาก FY ในปี พ.ศ. 2558 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมราย 10 วันจากสถานีตรวจสภาพอากาศกับปริมาณน้ำฝนสะสมราย 10 วัน จาก FY ในปี พ.ศ. 2557-2559 และ 3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนจากสถานีตรวจสภาพอากาศกับปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนจาก FY ในปี พ.ศ. 2558-2560
3. ตรวจสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: R²) และทำการทดสอบโมเดลด้วยรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE)

2.2 การคำนวณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (Reference Evapotranspiration: ET₀)

การคำนวณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง หรือ ET₀ จะใช้ไลบรารี PyET₀ ที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาไพทอน 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)

$$ET_0, \text{Hargreaves} = 0.0023Ra(TC + 17.8)TD \quad (1)$$

โดยที่ *ET₀, Hargreaves* คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงหรือการคายระเหยน้ำของพืช (mm day⁻¹), *Ra* คือ รังสีอาทิตย์ที่ได้รับบนผิวโลก (MJ m⁻² day⁻¹) ซึ่งการคำนวณ 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)

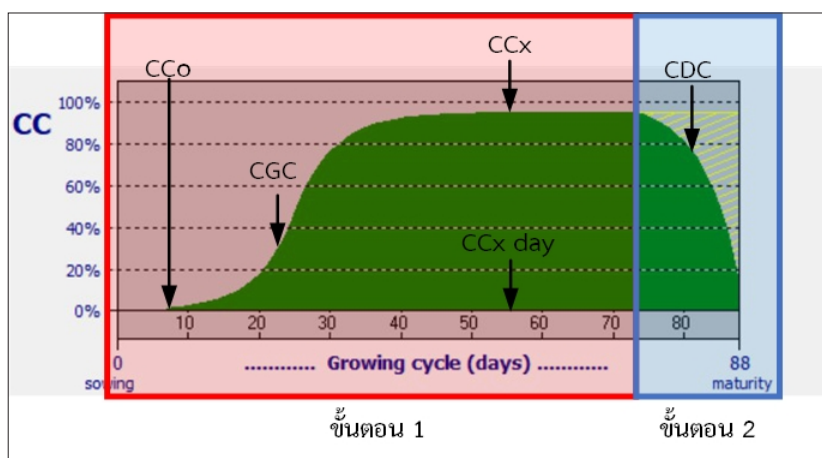
จากนั้นคำนวณ ET₀ ด้วย Python library – pyeto และทำประเมินผลความถูกต้องจากการเปรียบเทียบข้อมูล ET₀ ราย 10 วัน จากสถานีตรวจสภาพอากาศ (ET₀ stations) กับข้อมูลดาวเทียม (ET₀ RS)

3. การปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop จากค่าการปกคลุมของเรือนยอด

การปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop โดยใช้ค่าการปกคลุมของเรือนยอด (Canopy Cover: CC) ที่วัดได้ปรับแต่งพารามิเตอร์ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil fertility) การปกคลุมของเรือนยอดช่วงเริ่มเพาะปลูก (Initial Canopy Cover: CCo) วันที่มีการปกคลุมของเรือนยอดสูงสุด (Maximum Canopy Cover Day: CCx Day) การปกคลุมของเรือนยอดสูงสุด (Maximum Canopy Cover: CCx) สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของพืช (Canopy Growth Coefficient: CGC) และสัมประสิทธิ์การลดลงของการเจริญเติบโตของพืช (Canopy Decline Coefficient: CDC) เพื่อคาดการณ์ผลผลิตข้าวให้มีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งคณะวิจัยได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการปกคลุมของเรือนยอดกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน จำนวน 463 ตัวอย่าง ด้วยการวิเคราะห์ถดถอย (Regression analysis) ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการปกคลุมของเรือนยอดกับความอุดมสมบูรณ์ของดินดังสมการที่ (2) และทำการทดสอบประสิทธิภาพของสมการ โดยใช้ข้อมูลค่าการปกคลุมของเรือนยอดจริงจากแปลงตัวอย่างอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจากแปลงตัวอย่างอำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด โดยแบ่งขั้นตอนการทดสอบออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังภาพที่ 2 คือ ขั้นตอน 1 การปรับเทียบค่าการปกคลุมของเรือนยอดช่วงเริ่มเพาะปลูก (CCo) สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของพืช (CGC) วันที่มีค่าการปกคลุมของเรือนยอดสูงสุด (CCx day) ค่าการปกคลุมของเรือนยอดสูงสุด (CCx) และความอุดมสมบูรณ์ของดิน

(Soil fertility) และขั้นตอน 2 การปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการเจริญเติบโตของพืช (CDC) ด้วยวันที่พืชเริ่มแก่ (Senescence day) และวันที่เก็บเกี่ยว (Maturity day) และทดสอบประสิทธิภาพของการปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop ด้วยค่าการปกคลุมของเรือนยอด โดยใช้ผลลัพธ์จากแบบจำลอง AquaCrop เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง ได้แก่ ผลผลิต (Yield) และคำนวณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี RMSE

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

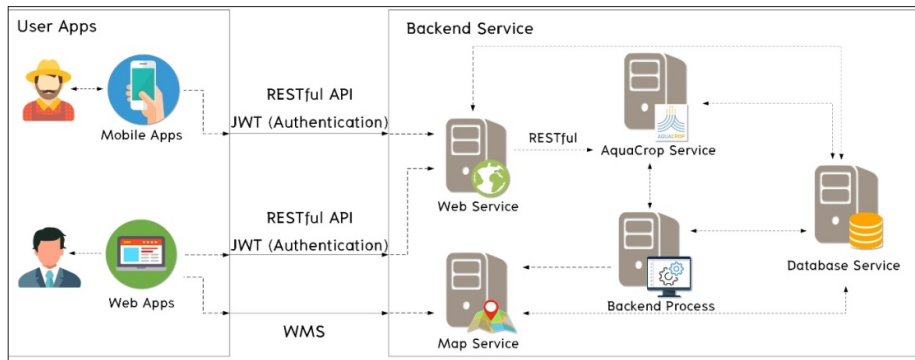


ภาพที่ 3 ขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop

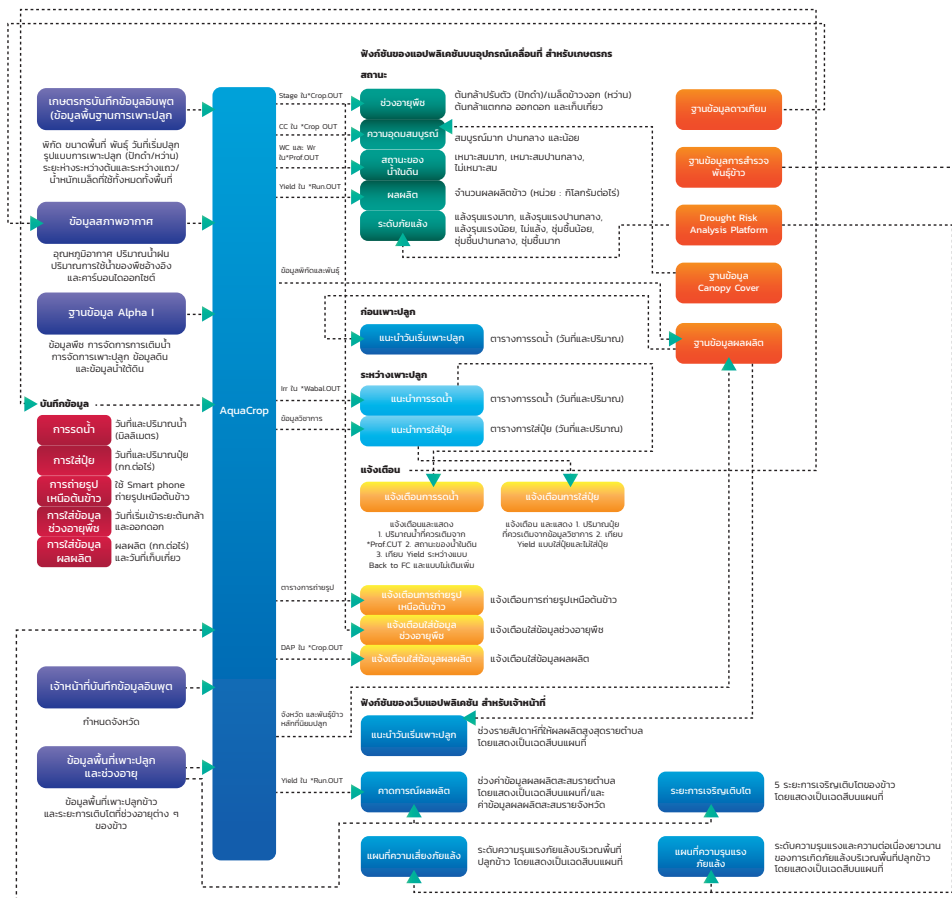
หมายเหตุ : จาก <http://www.fao.org/aquacrop/software/aquacropstandardwindowsprogramme/en/#c522959>.

4. การพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และเว็บแอปพลิเคชัน

ต้นแบบระบบแพลตฟอร์มเกษตรอัจฉริยะด้วยการบูรณาการเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน (User apps) ประกอบด้วย แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile apps) สำหรับเกษตรกร และเว็บแอปพลิเคชัน (Web apps) สำหรับเจ้าหน้าที่ และ 2) ระบบบริการ (Backend service) โดยในส่วนของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลให้กับส่วนระบบบริการ เพื่อนำไปประมวลผลและนำผลลัพธ์ที่ได้จากส่วน Backend มาแสดงผลในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีโครงสร้างต้นแบบแพลตฟอร์มเกษตรอัจฉริยะดังแสดงในภาพที่ 4 และรายละเอียดของฟังก์ชัน ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 4 โครงสร้างต้นแบบแพลตฟอร์มเกษตรอัจฉริยะ



ภาพที่ 5 ส่วนประกอบและการทำงานของฟังก์ชันบริการของแอปพลิเคชันและเว็บแอปพลิเคชัน

5. การประเมินผลข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแพลตฟอร์ม

การประเมินผลข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแพลตฟอร์มแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย

- 1) การประเมินผลคาดการณ์ผลผลิตจากแอปพลิเคชัน RiceSAP จะเปรียบเทียบข้อมูลผลผลิตจริงจากเกษตรกรกับข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตรายแปลงจำนวน 40 แปลงในพื้นที่ศึกษา 2 พื้นที่ ประกอบด้วย จังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดร้อยเอ็ด พื้นที่ละ 20 ตัวอย่าง โดยการนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผลผลิตที่ได้รับเปรียบเทียบกับข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแบบจำลอง และคำนวณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี MAPE และ
- 2) การประเมินผลคาดการณ์ผลผลิตจากเว็บแอปพลิเคชันระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวและการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทยด้วยข้อมูลดาวเทียม โดยการเปรียบเทียบผลผลิตจริงจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกับข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแบบจำลองในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจังหวัดร้อยเอ็ด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559-2561 และคำนวณความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ซึ่งช่วยลดปัญหาการคำนวณผลต่างที่เป็นทั้งเชิงลบและบวก

ผลการศึกษา

1. ผลการประเมินผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง AquaCrop

การทดสอบประสิทธิภาพในการประเมินผลผลิตข้าวของแปลงเพาะปลูกในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ด้วยแบบจำลอง 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% และในจังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 53 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าเฉลี่ย MAPE 17.06% โดยมีตัวอย่างจำนวน 34 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทั้งหมดที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 20% คิดเป็น 64.15% ซึ่งเห็นได้ว่าถึงแม้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจะไม่เกิน 20% แต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงแล้วบางแปลงยังมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง และเมื่อทำการปรับปรุงข้อมูลโดยการนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลดาวเทียมร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop ผลการทดสอบสำหรับการประเมินผลผลิตข้าวในแปลงตัวอย่างอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่ามีค่า MAPE 14.81% ซึ่งให้ผลที่ดีขึ้นจากการติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศด้วยข้อมูลดาวเทียม นอกจากนี้ยังมีการปรับค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity: EC) ซึ่งบ่งชี้ความเค็มของน้ำจากค่าที่วัดได้ในแปลงตัวอย่างด้วย

จากนั้นเมื่อเพิ่มการใช้ข้อมูล CC ภาคสนามเพื่อทำการปรับเทียบพารามิเตอร์ ได้แก่ การปกคลุมของเรือนยอดช่วงเริ่มเพาะปลูก (CCo) สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของพืช (CGC) วันที่มีค่าการปกคลุมของเรือนยอดสูงสุด (CCx day) ค่าการปกคลุมของเรือนยอดสูงสุด (CCx) และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งผลทดสอบในแปลงตัวอย่างอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่ามีค่า MAPE ลดลงเป็น 12.70% แสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นของความแม่นยำในการติดตามการเจริญเติบโตและคาดการณ์ผลผลิตข้าวสำหรับเกษตรกรรายแปลงด้วยแบบจำลอง AquaCrop

2. ผลการใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากดาวเทียมในแบบจำลอง AquaCrop

ผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (y) กับข้อมูลดาวเทียม (x) มีดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอุณหภูมิอากาศจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (Air temperature) กับข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลดาวเทียม (LST) ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 1 แสดงผลทดสอบแปลงอุณหภูมิพื้นผิวดินจากดาวเทียมเป็นอุณหภูมิอากาศจากสถานีตรวจสภาพอากาศ จำนวน 11 การทดสอบได้เป็นสมการความสัมพันธ์ 11 สมการ และคำนวณความคลาดเคลื่อนด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (R^2) 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 แสดงประสิทธิภาพของสมการแปลงข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดินเป็นข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ด้วยค่า RMSE ที่ได้จากสมการทั้ง 11 สมการ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดข้อมูล MODIS ทั้ง 6 สมการ (สมการที่ 1-6) พบว่าความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดคือสมการที่ 3-4 ชุดข้อมูล MODIS ราย 10 วัน มีค่าเฉลี่ย RMSE เท่ากับ 2.07 ดังนั้นจึงเห็นว่าเหมาะสมที่จะใช้ชุดข้อมูลของ MODIS ราย 10 วัน ในการแปลงจากข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดินเป็นข้อมูลอุณหภูมิอากาศ

2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (Rain stations) กับปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม FY (Rain FY) ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3 ผลการทดสอบการแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจสภาพอากาศเป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียมในรูปแบบรายวัน ราย 10 วัน และรายเดือน จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลราย 10 วันมีความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด รองลงมา คือ ชุดข้อมูลรายเดือน และรายวัน ตามลำดับ อีกทั้งจากการทดสอบสมการ

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดสอบการแปลงข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST) จากข้อมูลดาวเทียม เป็นอุณหภูมิอากาศจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (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
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 ผลการทดสอบสมการสำหรับแปลงข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST) จากข้อมูลดาวเทียมเป็นอุณหภูมิอากาศจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (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

ตารางที่ 3 พบว่าชุดข้อมูลราย 10 วันมีความคลาดเคลื่อนที่ RMSE ประมาณ 60 มิลลิเมตร และตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบผลผลิต (Yield) ที่ได้จากการใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม FY แบบรายวัน และราย 10 วัน พบว่ามีความคลาดเคลื่อนต่างกันประมาณ 1% ซึ่งผลการทดสอบนี้ทำให้เห็นว่ารูปแบบราย 10 วัน มีผลลัพธ์ของผลผลิตใกล้เคียงกับข้อมูลผลผลิตจริงในแปลงตัวอย่างมากกว่า จึงเห็นได้ว่าเหมาะสมที่จะใช้ชุดข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม FY ราย 10 วัน เพื่อแปลงเป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจสภาพอากาศราย 10 วัน และใช้เป็นพารามิเตอร์นำเข้าในแบบจำลอง AquaCrop

ตารางที่ 3 สรุปผลการทดสอบการแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม FY (Rain FY) (แกน x) เป็นปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (Rain stations) (แกน y) จากสถานีตรวจสภาพอากาศ

การทดสอบ	ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	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 ผลการทดสอบสมการสำหรับแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม FY (Rain FY) เป็นปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (Rain stations)

สมการ	ข้อมูลทดสอบ	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 Max Error คือ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (มิลลิเมตร)
Min Error คือ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนต่ำสุด (มิลลิเมตร)
Mean Error คือ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
RMSE คือ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง

ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม FY (Rain FY) แบบรายวันและราย 10 วัน

รูปแบบ	result	yield	dif_yield	%error
รายวัน	5.55	887.36	27.36	3.18
ราย 10 วัน	5.50	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

2.3 การคำนวณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETO) จากการคำนวณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิอากาศจากสถานีตรวจสภาพอากาศ (Air temperature) ที่คำนวณมาจากข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลดาวเทียม TERRA/AQUA เซนเซอร์ MODIS (LST MODIS) และการเปรียบเทียบข้อมูลการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง ราย 10 วัน จากสถานีตรวจสภาพอากาศ (ETO Stations) กับข้อมูลดาวเทียม (ETO RS) มีปริมาณแตกต่างกันสูงสุด 1.7 มิลลิเมตร ต่ำสุด 0.1 มิลลิเมตร และเฉลี่ย 0.9 มิลลิเมตร และทำการทดสอบความคลาดเคลื่อนของข้อมูลการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงที่เกิดจากอุณหภูมิอากาศข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลดาวเทียม TERRA/AQUA เซนเซอร์ MODIS (LST MODIS) โดยการเพิ่ม/ลดอุณหภูมิในช่วง $\pm 3^{\circ}\text{C}$ พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะทำให้ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงลดลง ซึ่งส่งผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลง และการลดลงของอุณหภูมิจะทำให้ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น

3. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง AquaCrop จากค่าการปกคลุมของเรือนยอด (Canopy Cover: CC)

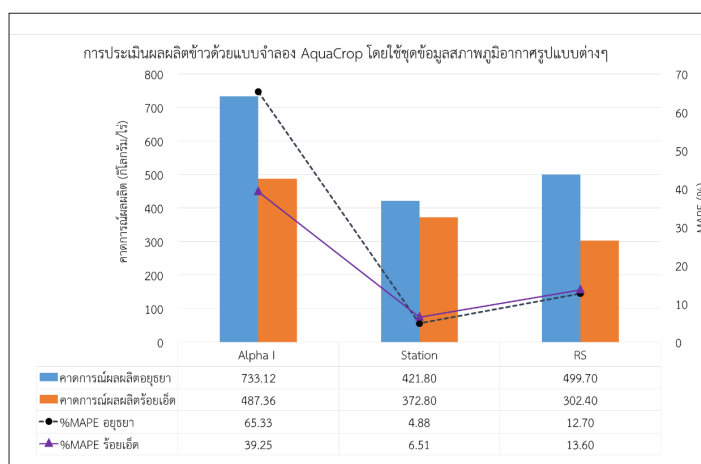
แนวทางการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ในแบบจำลอง AquaCrop แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ค่าการปกคลุมของเรือนยอดช่วงเริ่มเพาะปลูก (CCo) สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของพืช (CGC) วันที่มีค่าการปกคลุมของเรือนยอดสูงสุด (CCx day) ค่าการปกคลุมของเรือนยอดสูงสุด (CCx) และความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil fertility) และ 2) การปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการเจริญเติบโตของพืช (CDC) ด้วยวันที่พืชเริ่มแก่ (Senescence day) และวันที่เก็บเกี่ยว (Maturity day) ผลการทดสอบความแม่นยำโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล AquaCrop กับข้อมูลจริง พบว่าผลผลิตและค่าการปกคลุมของเรือนยอดมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงที่วัดได้จากแปลงตัวอย่างในพื้นที่ โดยผลการประเมินความถูกต้องของการปรับเทียบแบบจำลอง AquaCrop จากค่าการปกคลุมของเรือนยอดได้นำมาเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตและผลผลิตในแปลงตัวอย่างในอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และอำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด แสดงดังภาพที่ 5 โดยมีรายละเอียดชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ ดังนี้

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

2. Station: ใช้ข้อมูลฝน อุณหภูมิอากาศ และการคายระเหยน้ำของพืชจากสถานีตรวจสภาพอากาศ ณ ตำแหน่งแปลงตัวอย่าง ในช่วงเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 และปรับแต่งด้วยข้อมูลจริงจากแปลงตัวอย่าง ร่วมกับการปรับเทียบด้วยค่าการปกคลุมของเรือนยอด

3. RS: ใช้ข้อมูลฝนจากแบบจำลองการแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม FY (Rain FY) อุณหภูมิอากาศจากแบบจำลองการแปลงข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลดาวเทียม TERRA/AQUA เซนเซอร์ MODIS (LST MODIS) และการคายระเหยน้ำของพืชที่คำนวณด้วยสูตร ET0-Hargreaves (สำหรับทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองข้อมูลดาวเทียม) ในช่วงเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 และปรับแต่งด้วยข้อมูลจริงจากแปลงตัวอย่าง ร่วมกับการปรับเทียบด้วยค่าการปกคลุมของเรือนยอด

ผลการทดสอบการทำงานของแบบจำลอง AquaCrop ในพื้นที่แปลงตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 6 ในอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าจากการใช้ชุดข้อมูล Alpha I ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ตั้งต้นในการคาดการณ์ผลผลิต โดยใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยสภาพอากาศย้อนหลัง 3 ปี ทำให้ผลลัพธ์ผลผลิตได้เท่ากับ 733.12 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็นความคลาดเคลื่อนจากผลผลิตจริง 443.44 กิโลกรัมต่อไร่ (ที่ความชื้น 0%) MAPE เท่ากับ 65.33% แต่หลังจากทำการปรับเทียบพารามิเตอร์ด้วยข้อมูลจริงจากแปลงตัวอย่าง โดยใช้ชุดข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศ ที่ติดตั้งไว้ ณ ตำแหน่งแปลงตัวอย่าง (Station) และข้อมูลดาวเทียม (RS) ผลลัพธ์พบว่าการใช้ชุดข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศ (Station) ได้ผลผลิตเท่ากับ 421.80 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่า MAPE เท่ากับ 4.88% นอกจากนี้ การใช้ชุดข้อมูลดาวเทียม (RS) ได้ผลผลิตเท่ากับ 499.70 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่า MAPE เท่ากับ 12.70% ส่วนในจังหวัดร้อยเอ็ด พบว่าจากการใช้ชุดข้อมูล Alpha I ทำให้ได้ผลผลิตเท่ากับ 487.36 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 39.25% หลังจากนั้นปรับเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลจริงจากแปลงตัวอย่างร่วมกับการใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศ พบว่ามีผลผลิตเท่ากับ 372.80 กิโลกรัมต่อไร่ (MAPE เท่ากับ 6.51%) และเมื่อใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากข้อมูลดาวเทียม พบว่ามีผลผลิตเท่ากับ 302.40 กิโลกรัมต่อไร่ โดยภายหลังการปรับเทียบแบบจำลองด้วยค่าการปกคลุมของเรือนยอดจากข้อมูลภาคสนามทั้งสองขั้นตอนสามารถลด MAPE ลงได้ทั้งสองแปลงตัวอย่าง

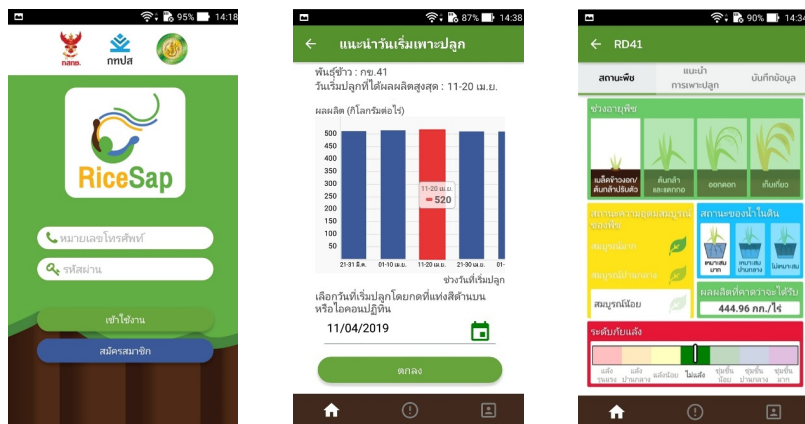


ภาพที่ 6 เปรียบเทียบผลลัพธ์การประเมินผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง AquaCrop โดยใช้ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศรูปแบบต่างๆ

4. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และเว็บแอปพลิเคชัน

4.1 แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่

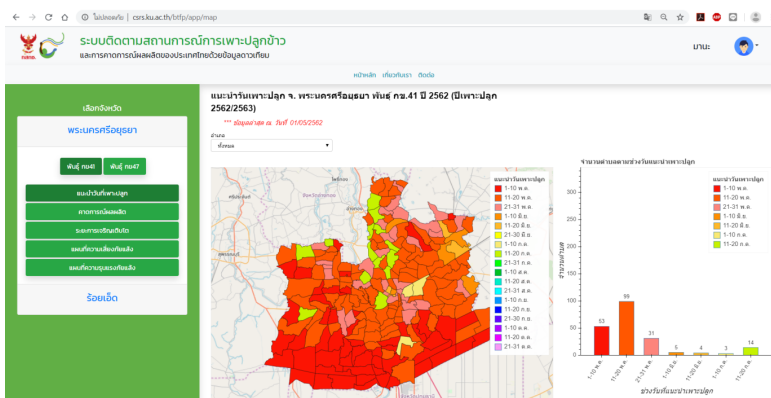
แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สำหรับเกษตรกร มีชื่อว่า “RiceSAP” ประกอบด้วย ฟังก์ชันติดตามสถานะพืช (ช่วงอายุพืช, สถานะความอุดมสมบูรณ์ของพืช, สถานะของน้ำในดิน ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ และระดับภัยแล้ง) แนะนำวันที่เริ่มเพาะปลูกโดยพิจารณาจากวันที่มีผลผลิตสูงสุด แนะนำการเพาะปลูก (การแนะนำการให้น้ำ และการแนะนำการใส่ปุ๋ย) บันทึกข้อมูล (การให้น้ำ, การใส่ปุ๋ย ภาพถ่ายของพืชเหนือแปลง, ช่วงการเจริญเติบโต และผลผลิตที่ได้รับ) และแจ้งเตือน (การให้น้ำ, การใส่ปุ๋ย การถ่ายภาพเหนือแปลงเพาะปลูก, การบันทึกข้อมูลช่วงอายุพืช และการบันทึกข้อมูลผลผลิต)



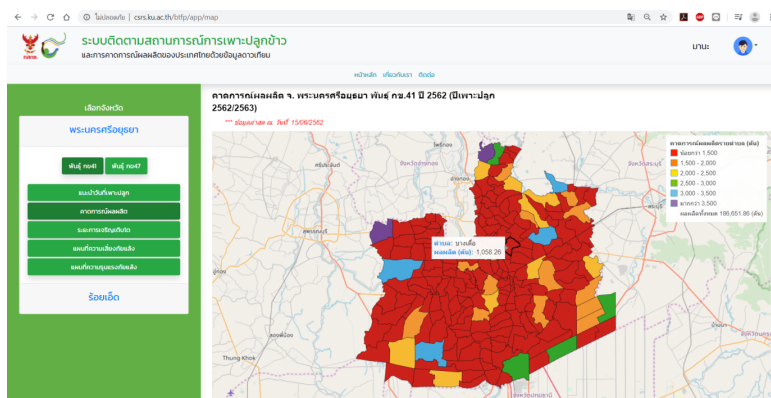
ภาพที่ 7 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน RiceSAP

4.2 เว็บแอปพลิเคชันสำหรับเจ้าหน้าที่

เว็บแอปพลิเคชันสำหรับเจ้าหน้าที่ มีชื่อว่า “ระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวและการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทยด้วยข้อมูลดาวเทียม” ประกอบด้วย ฟังก์ชันแนะนำช่วงวันเริ่มเพาะปลูก คาดการณ์ผลผลิตสะสมรายตำบล ระยะเวลาเจริญเติบโตแสดงช่วงอายุการเจริญเติบโตของข้าว แผนที่ความเสี่ยงภัยแล้ง และฟังก์ชันแผนที่ความรุนแรงภัยแล้ง



ภาพที่ 8 ตัวอย่างระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวและการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทย
ด้วยข้อมูลดาวเทียม (แนะนำช่วงวันเริ่มเพาะปลูก)



ภาพที่ 9 ตัวอย่างระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวและการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทย
ด้วยข้อมูลดาวเทียม (คาดการณ์ผลผลิต)

5 ผลการประเมินข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแพลตฟอร์ม

ผลการประเมินข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแพลตฟอร์ม โดยการเปรียบเทียบผลผลิตจริงและข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตด้วยแบบจำลองจากผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน RiceSAP ปีเพาะปลูก 2562 จำนวนแปลงเพาะปลูก 20 แปลงในแต่ละจังหวัด พบว่าจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีค่าเฉลี่ย MAPE เท่ากับ 21.77% ซึ่งปัญหาในการเพาะปลูกของเกษตรกรในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้แก่ ศัตรูพืช เป็นหลัก สำหรับจังหวัดร้อยเอ็ด มีค่าเฉลี่ย MAPE เท่ากับ 18.23% โดยนอกจากปัญหาศัตรูพืชแล้ว พื้นที่เพาะปลูกส่วนหนึ่งยังได้รับผลกระทบจากภัยแล้งและน้ำท่วม ส่วนเว็บแอปพลิเคชันระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าว และการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทยด้วยข้อมูลดาวเทียม ผลการเปรียบเทียบผลผลิตจริงจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กับข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแบบจำลอง 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 ข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตจากแบบจำลองมีแนวโน้มน้อยกว่าผลผลิตจริงเท่ากับ 7.91% ทั้งนี้ค่าคาดการณ์ผลผลิตรายจังหวัดซึ่งแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันนั้นไม่มีการปรับแก้ด้วยค่าการปกคลุมของเรือนยอดจากข้อมูลภาคสนาม

อภิปรายผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการประเมินผลผลิตข้าวด้วยข้อมูลแปลงตัวอย่างในอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ด้วยการบูรณาการข้อมูลดาวเทียมร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop พบว่ามีค่า MAPE 14.81% เมื่อได้ใช้แนวทางดังกล่าวในการคาดการณ์ผลผลิตรายจังหวัดและเปรียบเทียบผลกับข้อมูลผลผลิตรายจังหวัดของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (OAE) ที่ได้จากการสุ่มลงพื้นที่สำรวจและวิเคราะห์โดยผู้ชำนาญการพบว่าข้อมูลที่ได้มีความแตกต่างจากข้อมูล OAE ค่อนข้างมากสำหรับการประมาณผลผลิตในปี 2559 แต่ให้ค่าประมาณที่ใกล้เคียงขึ้นในปี 2560-2561 ทั้งในจังหวัดอยุธยาและจังหวัดร้อยเอ็ด โดยสามารถปรับปรุงผลลัพธ์ให้มีค่าคาดการณ์ที่แม่นยำขึ้นได้หากสามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลเกษตรกร หรือทราบข้อมูลพันธุ์ข้าว พื้นที่ และวันเริ่มเพาะปลูกของเกษตรกรผ่านแอปพลิเคชัน RiceSAP ผลลัพธ์จากแพลตฟอร์มสามารถช่วยสนับสนุนข้อมูลการคาดการณ์ผลผลิตล่วงหน้าได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการตลาดล่วงหน้า อีกทั้งข้อมูลที่จัดเก็บอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหนึ่งอาจสามารถนำมาประมวลผลเพื่อคาดการณ์ความต้องการของตลาดล่วงหน้าเป็นการใช้การตลาดนำการผลิตเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกร

ในการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง AquaCrop จะเห็นได้จากผลของแปลงศึกษาในพื้นที่ผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ดังแสดงในภาพที่ 6 ว่า การใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจสภาพอากาศร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop โดยมีการปรับเทียบแบบจำลองด้วยค่าการปกคลุมของเรือนยอดจากข้อมูลภาคสนาม สามารถให้ค่า MAPE ประมาณ 5% กรณีที่ไม่มีสถานีตรวจวัดและใช้ข้อมูลดาวเทียมแทนจะให้ผลความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นประมาณ 7% เทียบกับสถานีวัด แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้สำหรับนาแปลงเล็กที่มีทุนน้อยซึ่งอาจจะไม่คุ้มกับการลงทุนติดตั้งสถานีตรวจวัดในแปลง การใช้แอปพลิเคชัน RiceSAP บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์มือถือที่เกษตรกรมีใช้งานอยู่แล้ว สามารถสนับสนุนการทำงานของแพลตฟอร์มให้มีประสิทธิภาพในการคาดการณ์ผลผลิตรายแปลงสูงขึ้น โดยการนำเข้าข้อมูลย้อนกลับจากเกษตรกรในรูปแบบของภาพถ่ายเพื่อติดตามการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งระบบการประมวลผลจะทำการแปลงเป็นข้อมูลการปกคลุมของเรือนยอด (CC) เพื่อใช้ปรับเทียบแบบจำลองสามารถลดค่า MAPE ลงได้อีกประมาณ 2% ซึ่งแอปพลิเคชันนี้สามารถดาวน์โหลดใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

การขยายผลการใช้งานของ RiceSAP ในพื้นที่ปลูกข้าวอื่น ๆ ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดร้อยเอ็ดนอกเหนือจากแปลงศึกษา ไปยังเกษตรกร 20 รายในแต่ละจังหวัด ให้ค่าเฉลี่ย MAPE 21.77% และ 18.23% สำหรับพื้นที่ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดร้อยเอ็ดตามลำดับ ความคลาดเคลื่อนที่สูงขึ้นกว่าการทดสอบในแปลงศึกษา เนื่องจากในแปลงศึกษาเราสามารถทำการปรับค่าพารามิเตอร์ได้ละเอียดมากกว่า เช่น ปริมาณวัชพืช ชนิดของดิน ความเค็มของดิน ฯลฯ ซึ่งหากเป็นแปลงที่ไม่ได้มีการลงพื้นที่ ก็จำเป็นต้องใช้ข้อมูลนำเข้าด้วยพารามิเตอร์ Alpha I จากการรวบรวมข้อมูลเฉพาะของพืชและสภาพพื้นที่จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จึงส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่สูงกว่า นอกจากนั้นเกษตรกรบางรายอาจไม่ได้ทำการป้อนกลับข้อมูลมายังส่วนประมวลผล AquaCrop อย่างถูกต้อง หรือไม่ได้จัดการการเพาะปลูกตามเวลาที่กำหนด รวมถึงรูปแบบการเพาะปลูกที่แตกต่างไป และความแปรปรวนของค่าประมาณสภาพอากาศจากข้อมูลดาวเทียม จึงเป็นสาเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนดังกล่าวขึ้น อีกทั้งการทำงานของแพลตฟอร์มยังไม่ได้มีการปรับลดค่าคาดการณ์ผลผลิตอันเนื่องมาจากความเสียหายจากศัตรูพืช ภัยแล้ง และน้ำท่วม ซึ่งเกิดขึ้นกับเกษตรกรบางราย อย่างไรก็ตามสังเกตว่าหากจำนวนผู้ใช้งานขึ้นค่าเฉลี่ย MAPE ก็มีแนวโน้มลดลงตามผลการทดลองที่ได้ในหัวข้อ 3.1

ข้อสรุป

การพัฒนาต้นแบบแพลตฟอร์มเกษตรอัจฉริยะด้วยการบูรณาการการรับรู้ระยะไกลร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop ประกอบด้วย ส่วนประมวลผลแบบจำลอง AquaCrop ซึ่งเป็นแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชที่มีข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลพืช การจัดการแปลงเพาะปลูก และข้อมูลดิน โดยมีการใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากดาวเทียมแทนข้อมูลจากสถานีตรวจสภาพอากาศ ประกอบด้วย ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST) จากข้อมูลดาวเทียม TERRA/AQUA เซนเซอร์ MODIS ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม FY และคำนวณข้อมูลการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETO) ด้วยข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST) จากข้อมูลดาวเทียม TERRA/AQUA เซนเซอร์ MODIS และมีการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับเกษตรกร (RiceSAP) ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันติดตามสถานะพืช แนะนำวันที่เพาะปลูก แนะนำการเพาะปลูก และแจ้งเตือนและเว็บแอปพลิเคชันระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าว และการคาดการณ์ผลผลิตของประเทศไทยด้วยข้อมูลดาวเทียม ประกอบด้วยฟังก์ชันแนะนำวันที่เริ่มเพาะปลูก คาดการณ์ผลผลิต ระยะการเจริญเติบโต แผนที่ความเสี่ยงภัยแล้ง และแผนที่ความรุนแรงภัยแล้ง

การใช้งานเว็บแอปพลิเคชันเพื่อประมาณผลผลิตข้าวรายจังหวัดให้ผลที่ดี โดยมีความคลาดเคลื่อน MAPE ไม่เกิน 20% ซึ่งมีการปรับปรุงผลทุก 15 วันตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกและสภาพอากาศที่ประมาณได้จากข้อมูลดาวเทียม ผลลัพธ์ที่ได้ทำให้เจ้าหน้าที่รัฐสามารถคาดการณ์ผลผลิตล่วงหน้าได้ก่อนเวลาเก็บเกี่ยว นอกจากนั้นยังสามารถวางแผนบริหารจัดการน้ำและทรัพยากรเพาะปลูกอื่น ๆ จากข้อมูลแผนที่ภัยแล้งเพื่อรับมือกับทั้งภัยธรรมชาติและกลไกการตลาดได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ในส่วนของการใช้งาน RiceSAP สำหรับการบริหารจัดการการเพาะปลูกข้าวรายแปลงนั้น มีประโยชน์ต่อเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรแปลงเล็กที่ไม่สามารถลงทุนสำหรับเกษตรกรอัจฉริยะ ซึ่งต้องติดตั้ง IoT และสถานีตรวจสภาพอากาศในแปลง โดยแพลตฟอร์มเกษตรกรอัจฉริยะที่บูรณาการข้อมูลดาวเทียมร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop สามารถช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามการเจริญเติบโตของข้าวในนา คาดการณ์การเพาะปลูกและให้ข้อมูลภัยแล้งและน้ำท่วม ผ่านแอปพลิเคชัน RiceSAP โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และแสดงให้เห็นว่าแพลตฟอร์มนี้สามารถขยายการให้บริการสำหรับพื้นที่เพาะปลูกข้าวได้ทั่วประเทศ อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีความแปรปรวนของผลลัพธ์อยู่ การพัฒนาแพลตฟอร์มให้สามารถประมวลผลเพื่อเตือนภัยศัตรูพืช บริการข้อมูลคาดการณ์สภาพอากาศในแปลง ตรวจสอบความอุดมสมบูรณ์ของดิน จะช่วยให้ผลลัพธ์มีความแม่นยำขึ้น นอกจากนี้โครงสร้างของแพลตฟอร์มสามารถขยายผลการใช้งานเพื่อรองรับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ เช่น ข้าวโพดและมันสำปะหลังได้ด้วยแนวทางเดียวกัน ดังนั้นแพลตฟอร์มนี้จึงเป็นประโยชน์ในการส่งเสริมเกษตรกรอัจฉริยะในประเทศไทย

บรรณานุกรม

- กรมการข้าว. (2559). รายงานสถานการณ์การเพาะปลูกข้าว ปี 2559/60 รอบที่ 1. 5. ค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2561 จาก <http://www.ricethailand.go.th/web/home/images/brps/text2559/15092559/15092559.pdf>.
- วัชรวิทย์ วัชรเชษฐ์ และคณะ. (2563). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการการพัฒนาต้นแบบ SMART Agriculture Platform ด้วยการบูรณาการเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลร่วมกับแบบจำลอง AquaCrop. ม.ป.ท.
- สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. (2560). สรุปสถานการณ์ส่งออกข้าวไทยปี 2560 และแนวโน้มและทิศทางการส่งออกข้าวไทยปี 2561. ค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2561 จาก <http://www.thaiceexporters.or.th/Press%20release/2018/TREA%20Press%20Release%20Thai%20Rice%20Situation%20&%20Trend%202018-31012018.pdf>.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2560). ผลผลิตข้าวตามเนื้อที่เก็บเกี่ยว. ค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม 2561 จาก <http://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%94%E0%B8%87%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%9B%E0%B8%B5/TH-TH>
- สำนักแรงงานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา (2559). รายงานสถานการณ์แรงงานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ไตรมาส 1 ปี 2559. ค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2562 จาก <https://ayutthaya.mol.go.th/wp-content/uploads/sites/45/2019/02/elmsthaankaarnaitrmaas1-59.pdf>.
- Allen, G. R., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. 19. Retrieved June 7, 2018 from https://www.researchgate.net/publication/235704197_Crop_evapotranspiration-Guidelines_for_computing_crop_water_requirements-FAO_Irrigation_and_drainage_paper_56.
- Economic and Social Commission for Asia and the Pacific : ESCAP. (2017). The Economic and Social Commission for Asia and the Pacific 2017. *Disaster Resilience for Sustainable Development*. 7. Retrieved June 7, 2018 from <https://www.unescap.org/sites/default/files/publications/Survey%202017-Final.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations : FAO. (2017). AquaCrop standard windows programme Version 6.0. Retrieved June 7, 2018 from <http://www.fao.org/aquacrop/software/aquacropstandardwindowsprogramme/en/#c522959>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations : FAO. (2017). The calculation scheme of AquaCrop. *AquaCrop training handbooks: Book I Understanding AquaCrop*,3. Retrieved June 7, 2018 from <http://www.fao.org/3/a-i6051e.pdf>.
- Hargreaves, G. H. & Samani, Z. A. (1985). Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. 3. Retrieved June 7, 2018 from https://www.researchgate.net/publication/247373660_Reference_Crop_Evapotranspiration_From_Temperature.
- Johannes, H., et al. (2011). REDSIM: Approach to soil water modelling. Tools and data considerations to provide relevant soil water information for deficit irrigation. 15. Retrieved June 7, 2018 from <https://www.futurewater.nl/wp-content/uploads/>
- UNITED NATIONS ESCAP. (2020) Disaster Resilience for Sustainable Development : Asia-Pacific Disaster Report 2017. Retrieved June 7, 2018 from https://www.unescap.org/sites/default/files/1_Disaster%20Report%202017%20Low%20res.pdf