



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาการจำลองแบบอัตโนมัติสำหรับคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าผิวดิน  
และประเมินความต้องการน้ำชลประทานเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำ  
ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

Development of automatic simulation system for predicting surface  
runoff and estimating irrigation water requirement to support water  
management in the Chao Phraya River Basin

โดย

ผศ.ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์	ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.จักษกริช พฤษการ	ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.จตุเทพ วงษ์เพ็ชร	ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.เกศวรา สิทธิโชค	ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์	ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ทรงศักดิ์ ภัทรารุณชัย	ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ  
ประจำปีงบประมาณ 2566

มีนาคม 2567

## บทคัดย่อ

โครงการวิจัยการศึกษาการพัฒนากระบวนการจำลองแบบอัตโนมัติสำหรับคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าผิวดินและประเมินความต้องการน้ำชลประทานเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการเชื่อมต่อข้อมูลการประเมินความต้องการน้ำชลประทาน และการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า รวมถึงการปรับปรุงระบบการใช้งานที่ผ่านมาที่ได้มีการดำเนินงานควบคู่ไปกับข้อมูลจริงในกิจกรรม CO-RUN ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

โครงการได้มีการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการคาดการณ์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าและความต้องการน้ำชลประทานแบบอัตโนมัติ โดยได้มีการเชื่อมโยงข้อมูลกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้วยวิธีการ API ซึ่งมีสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ทำการเชื่อมโยงข้อมูลทั้งสิ้น 34 สถานี สถานีตรวจวัดน้ำท่าจำนวน 137 สถานี ข้อมูลอ่างเก็บน้ำจำนวน 102 แห่ง (อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ 11 แห่ง และอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง 91 แห่ง) ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ 42 แห่ง และข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วันในรูปแบบ Grid ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังได้มีการรวบรวมชุดข้อมูลฝนตรวจวัดเชิงพื้นที่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลการคายระเหยน้ำจริง เพื่อใช้ประเมินความต้องการน้ำชลประทาน

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ถูกนำเข้าสู่แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า DWCM-AgWU เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าในรูปแบบอัตโนมัติทั้งสภาวะน้ำท่าในกรณีปัจจุบัน รวมถึงการคาดการณ์น้ำท่าในอนาคตจากข้อมูลฝนพยากรณ์ล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน และได้มีการเปรียบเทียบผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่ากับผลที่ได้จากการตรวจวัด ณ สถานีตรวจวัดน้ำท่าจำนวน 4 สถานี (N.22A, W.4A, CT.2A และ C.29A) เพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง โดยมีผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี การคำนวณปริมาณน้ำท่าทั้งหมดนั้นได้มีการทำงานและการแสดงผลอยู่ในรูปแบบอัตโนมัติ

นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาโมดูลการประเมินความต้องการน้ำด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อประเมินพื้นที่เพาะปลูกและความต้องการน้ำชลประทานสุทธิล่วงหน้า 14 วัน สำหรับพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา 34 โครงการ โดยงานวิจัยนี้ได้เสนอแนะการใช้ค่าอัตราส่วนน้ำชลประทานที่จัดสรร (Allocation Requirement Ratio: ARR) เพื่อปรับลดความต้องการน้ำชลประทานสุทธิให้เหมาะสมกับพื้นที่ พบว่าสามารถลดความต้องการน้ำชลประทานได้เฉลี่ยปีละ 2,897.14 ล้านลูกบาศก์เมตร (คิดเป็น 21.8% ของความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ) นอกจากนี้ได้ทำการประเมินความต้องการน้ำของโครงการชลประทานขนาดเล็กได้เฉลี่ยปีละ 1,757.92 ล้านลูกบาศก์เมตร และโครงการสูบน้ำเฉลี่ยปีละ 597.17 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลลัพธ์ของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าและการประเมินความต้องการน้ำชลประทานสุทธิยังได้ถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการบริหารจัดการเขื่อนในกิจกรรม CO-RUN ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้เป็นการส่งข้อมูลอัตโนมัติด้วย API ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบการบริหารจัดการเขื่อนเป็นไปอย่างต่อเนื่อง สะดวกรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

## Abstract

The project of development an automatic simulation system for predicting the surface runoff and estimating irrigation water requirement to support water management in the Chao Phraya River basin aims to develop an automatic system for assessing irrigation water requirement and surface runoff prediction. An improvement of the system applied in CO-RUN working group has also been concerned. The database system has been developed to connect data related to calculating both surface runoff and irrigation requirement from all relevant agencies using API. 34 climate stations, 137 water level stations, 102 reservoirs (11 large and 91 medium-reservoirs), 42 water gages, 14-days predicted rainfall gridded data, observed rainfall and evapotranspiration by satellite were collected in the system.

The data was used in the DWCM-AgWU model to automatically assess runoffs under current and future conditions for 14-days in advance. Rainfall generations and observed data at 4 stations (N.22A, W.4A, CT.2A and C.29A) were compared to assess the model performance and good results were presented. All surface runoff results were automatically calculated and presented.

The water requirement module was developed using geographic information system (GIS) and satellite remote sensing imagery to calculate cropping area and irrigation requirement 14-days in advance for 34 Operation and Maintenance Projects. Allocation Requirement Ratio (ARR) used to adjust the net irrigation water requirements for each area was calculated. This approach was able to reduce irrigation requirement around 2,897.14 MCM per year (21.8%). Water requirements of small-scale irrigation projects and pumping projects were also estimated at 1,757.92 MCM and 597.17 MCM. All outputs of this project have been used as supporting data for dam management in CO-RUN activities for highly effective dam management.

## บทสรุปผู้บริหาร

การบริหารจัดการน้ำและการใช้น้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ตามบริบทของเศรษฐกิจและสังคมที่เปลี่ยนแปลง การตัดสินใจบริหารจัดการน้ำจากอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ของประเทศจึงมีความซับซ้อนและต้องอาศัยข้อมูลประกอบการตัดสินใจจำนวนมาก อย่างไรก็ตามจากการวิจัยในแผนงานเชิงมุ่งด้านการบริหารจัดการน้ำ ในระยะที่ 1 และ 2 ที่ผ่านมาได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีทันสมัยเพื่อประกอบการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยใช้กระบวนการวิจัยและมีความเชื่อมโยงจากหลายโครงการ ผ่านกิจกรรม CO-RUN ได้แก่ 1) การคาดการณ์ปริมาณฝนราย 2 สัปดาห์ล่วงหน้า ดำเนินการโดยสำนักงานสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (สสน.) 2) การประเมินปริมาณน้ำท่าและความต้องการน้ำ ดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3) การประเมินศักยภาพน้ำบาดาล ดำเนินการโดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยผลการวิจัยได้เชื่อมโยงกันเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลองที่สนับสนุนการตัดสินใจในการระบายน้ำด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์จากอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลัก ซึ่งประกอบด้วย เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ซึ่งดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยมหิดล

อย่างไรก็ตาม การดำเนินการวิจัยผ่านกระบวนการวิจัย CO-RUN ยังอาศัยการส่งผ่านข้อมูลผ่านผู้วิจัยแต่ละโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น เพื่อให้การเชื่อมโยงข้อมูลมีความรวดเร็วในการบริหารจัดการน้ำ ในงานวิจัยในระยะที่ 3 นี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลและการประมวลผลแบบอัตโนมัติ การศึกษาครั้งนี้จึงได้มีการกำหนดวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบการจำลองแบบอัตโนมัติสำหรับคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าผิวดินและประเมินความต้องการน้ำชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยต่อยอดผลการศึกษาจากในระยะที่ 1 และ 2 ให้สามารถใช้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าผิวดินและความต้องการน้ำชลประทานสุทธิล่วงหน้าในระยะสองสัปดาห์ (14 วัน)

ผลจากงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาระบบฐานข้อมูลโดยการออกแบบเพื่อนำเข้าข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการคาดการณ์ข้อมูลปริมาณน้ำผิวดินและความต้องการน้ำชลประทานสุทธิผ่านระบบ API และส่งข้อมูลไปยังส่วนแสดงผลในรูปแบบของ Dashboard ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลในปัจจุบัน และข้อมูลการคำนวณในอดีตที่ผ่านมาได้ รวมทั้งส่งข้อมูลให้กับทีมวิจัยของมหาวิทยาลัยมหิดลในรูปแบบอัตโนมัติผ่านระบบ API ซึ่งระบบการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าอัตโนมัติ ระบบฐานข้อมูลและการเชื่อมโยงข้อมูลรวมถึงระบบแสดงผลได้ถูกถ่ายทอดให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรง ได้แก่ กรมชลประทาน เพื่อรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อการพัฒนาระบบ รวมถึงเสนอแนวทางการใช้งาน เพื่อให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของกรมชลประทานสามารถใช้งานระบบเพื่อการบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการประเมินปริมาณน้ำผิวดิน ได้ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าล่วงหน้าจากข้อมูลฝนพยากรณ์ล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน ณ สถานีตรวจวัดน้ำท่าจำนวน 4 สถานี (N.22A, W.4A, CT.2A และ C.29A) โดยแบบจำลองสามารถประเมินปริมาณน้ำที่ไหลตามธรรมชาติไม่ได้มีการควบคุม (Side Flow) และกำหนดจากแบบจำลองให้ไม่มีการปล่อยน้ำออกจากเขื่อนและไม่มีการผันน้ำเข้าสู่โครงการชลประทานขนาดใหญ่ เพื่อประเมินถึงปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษา เพื่อสามารถนำไปใช้ประกอบการ

ตัดสินใจปรับลดปริมาณการปล่อยน้ำจากเขื่อนหลักได้ โดยมีสมมติฐานว่าสามารถนำปริมาณน้ำ Side Flow ไปใช้ทดแทนความต้องการน้ำได้

สำหรับการประเมินความต้องการน้ำชลประทานสุทธิโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ได้ประเมินพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิเพื่อการเกษตรในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนล่าง ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง และลุ่มน้ำเจ้าพระยา จำนวน 34 โครงการ พบว่า มีความต้องการน้ำเฉลี่ยปีละประมาณ 13,282.70 ล้าน ลบ.ม. รวมทั้งความต้องการน้ำของโครงการชลประทานขนาดเล็กและโครงการสูบน้ำของ อปท. เฉลี่ยปีละประมาณ 2,355.09 ล้าน ลบ.ม. โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาต่อยอดแนวคิดการใช้แฟกเตอร์อัตราส่วนน้ำชลประทานที่จัดสรร (Allocation Requirement Ratio: ARR) เพื่อปรับลดความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ โดยมีสมมติฐานว่าในพื้นที่ชลประทานสามารถใช้น้ำจากแหล่งน้ำอื่น อาทิ แม่น้ำ แหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติ น้ำใต้ดิน ซึ่งหากมีการใช้งานแฟกเตอร์ดังกล่าวจะสามารถลดปริมาณความต้องการน้ำชลประทานได้เฉลี่ยปีละ 2,897.14 ล้าน ลบ.ม. (คิดเป็น 21.8% ของความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ) และสามารถนำไปใช้ปรับปรุงแผนการจัดสรรน้ำของอ่างเก็บน้ำหลักสำหรับบริหารจัดการน้ำชลประทานในพื้นที่ราบภาคกลางได้อย่างแม่นยำมากขึ้น



## สารบัญ

	หน้า
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1-1</b>
1.1 หลักการและเหตุผล	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-2
1.3 กรอบการวิจัย	1-3
<b>บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>2-1</b>
2.1 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า DWCM-AgWU	2-1
2.2 การประเมินปริมาณความต้องการน้ำชลประทานด้วยวิธีการรับรู้ระยะไกล	2-3
2.3 เทคโนโลยีฐานข้อมูล (Database) และคลังข้อมูล (Data Warehouse)	2-7
2.4 การเชื่อมโยงข้อมูลด้วยระบบ API และการพัฒนาฐานข้อมูล	2-10
<b>บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย</b>	<b>3-1</b>
3.1 ขอบเขตการวิจัย	3-1
3.2 รายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินงานตามแผนการดำเนินงาน	3-14
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัย การอภิปรายผล และวิจารณ์ผลการวิจัย</b>	<b>4-1</b>
4.1 การออกแบบระบบฐานข้อมูลและการพัฒนาระบบจำลองอัตโนมัติ	4-1
4.2 การจัดทำฐานข้อมูลและระบบจำลองการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าและประเมินความต้องการน้ำชลประทาน	4-15
4.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ร่วมกับการบริหารจัดการน้ำเพื่อจำลองปริมาณน้ำท่าทั้งกรณีสภาพปัจจุบันและคาดการณ์ล่วงหน้า	4-29
4.4 การประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมประเมินพื้นที่เพาะปลูกพืชและจำลองสถานการณ์การจัดสรรน้ำชลประทานกรณีน้ำไม่เพียงพอด้วยแพ็คเกจปรับลดการจัดสรรน้ำ	4-52
<b>บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา</b>	<b>5-1</b>
5.1 สรุปผลการศึกษา	5-1
5.2 สรุปการดำเนินงานของโครงการในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา	5-2
5.3 ข้อเสนอแนะจากการศึกษา	5-3

### เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก คู่มือการใช้งานระบบการจำลองน้ำท่าแบบอัตโนมัติ

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.3.1 กรอบการวิจัยของแผนงานวิจัย	1-3
รูปที่ 1.3.2 กรอบการวิจัยของโครงการวิจัย	1-3
รูปที่ 2.1-1 องค์ประกอบค่านวนของแบบจำลอง DWCM-AgWU	2-1
รูปที่ 2.2-1 สมดุลน้ำในแปลงนา ดัดแปลงจาก	2-4
รูปที่ 2.3-1 ลักษณะของแอตทริบิวต์	2-9
รูปที่ 2.3-2 การสื่อสารแบบเว็บเซอร์วิส	2-9
รูปที่ 2.3-3 มาตรฐานหลักของเว็บเซอร์วิส	2-10
รูปที่ 2.4-1 ภาพรวมของการพัฒนาระบบการรับส่งข้อมูลแบบ REST	2-11
รูปที่ 3.1-1 กรอบการวิจัยของโครงการวิจัย	3-2
รูปที่ 4.1-1 ความคิดรวบยอดในการใช้งาน Google Sheet API	4-1
รูปที่ 4.1-2 แผนผังการทำงานของ RESTful Web Service	4-8
รูปที่ 4.1-3 การเชื่อมโยงระบบจำลองอัตโนมัติ	4-9
รูปที่ 4.1-4 ภาพจากแดชบอร์ดแสดงข้อมูลน้ำท่า	4-11
รูปที่ 4.1-4 ภาพจากแดชบอร์ดแสดงข้อมูลการประเมินความต้องการน้ำ	4-12
รูปที่ 4.1-5 ภาพรวมของการทำงานในส่วนของระบบการแสดงผลข้อมูล	4-13
รูปที่ 4.1-6 การถ่ายทอดผลการวิจัยให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	4-14
รูปที่ 4.2-1 ตัวอย่างข้อมูลภูมิอากาศตรวจวัดสถานีทุ่งช้างด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติ	4-15
รูปที่ 4.2-2 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณน้ำท่าตรวจวัดสถานี C.13 ด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติ	4-19
รูปที่ 4.2-3 ตัวอย่างข้อมูลอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติ API	4-20
รูปที่ 4.2-4 ตัวอย่างข้อมูลประทุระบายน้ำพลเทพด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติ API	4-25
รูปที่ 4.2-5 ตัวอย่างข้อมูลสภาพอากาศพยากรณ์ล่วงหน้า 14 วัน	4-26
รูปที่ 4.2-6 เว็บไซต์คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ (ซ้าย) และตัวอย่างข้อมูลฝนตรวจวัด	4-26
รูปที่ 4.2-7 เว็บไซต์ USGS Earth Explorer (ซ้าย) และตัวอย่างข้อมูลภาพ MOD09A1	4-27
รูปที่ 4.2-8 เว็บไซต์ FEWS NET (ซ้าย) และตัวอย่างข้อมูลภาพปริมาณการใช้น้ำของพืช	4-28
รูปที่ 4.3.1-1 เซลล์การคำนวณในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง	4-29
รูปที่ 4.3.1-2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง	4-30



## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.3.1-3 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง	4-31
รูปที่ 4.3.1-4 ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยรายปีในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง	4-34
รูปที่ 4.3.2-1 ทิศทางการไหลของลำน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	4-37
รูปที่ 4.3.2-2 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง	4-38
รูปที่ 4.3.3-1 พื้นที่การศึกษาและสถานีตรวจวัดน้ำท่าหลัก	4-41
รูปที่ 4.3.3-2 ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากเขื่อนภูมิพล	4-43
รูปที่ 4.3.3-3 ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากเขื่อนสิริกิติ์	4-44
รูปที่ 4.3.3-4 ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน	4-44
รูปที่ 4.3.3-5 ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์	4-44
รูปที่ 4.3.4-1 กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี C.2	4-46
รูปที่ 4.3.4-2 กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี P.17	4-46
รูปที่ 4.3.4-3 กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี N.67	4-47
รูปที่ 4.3.4-4 กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี Y.16	4-47
รูปที่ 4.3.4-5 กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี W.4A	4-47
รูปที่ 4.3.4-6 กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี N.22A	4-48
รูปที่ 4.3.5-1 อัลกอริทึมในการจำลองการพยากรณ์น้ำท่า	4-49
รูปที่ 4.3.5-2 ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด N.22A	4-49
รูปที่ 4.3.5-3 ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด W.4A	4-50
รูปที่ 4.3.5-4 ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด CT. 2A	4-50
รูปที่ 4.3.5-5 ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด C.29A	4-50
รูปที่ 4.4-1 ผังกระบวนการทำงานการประเมินปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	4-52
รูปที่ 4.4-2 ผังแสดงการจัดแบ่งโซนการส่งน้ำของโครงการชลประทานในพื้นที่ราบภาคกลาง	4-53
รูปที่ 4.4.1-1 เกณฑ์ลำดับขั้นในการตัดสินใจแบ่งลักษณะกิจกรรมในพื้นที่นาข้าว	4-55
รูปที่ 4.4.1-2 พื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการชลประทานในพื้นที่ราบภาคกลางแปลผล จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/MODIS	4-55

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.4.1-3 ตัวอย่างการประเมินพื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการชลประทาน ในพื้นที่ราบภาคกลางช่วงวันที่ 1-8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2566	4-56
รูปที่ 4.4.2-1 แผนใช้การรายเดือนของนาข้าวตามแนวทางของกรมชลประทาน	4-57
รูปที่ 4.4.2-2 แผนสะสมรายวัน เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลฝนพยากรณ์ BC-CFSV2 และข้อมูลฝนตรวจวัด (NHC) ช่วงฤดูฝน ปี พ.ศ. 2566 (1 พ.ค. – 31 ต.ค.)	4-58
รูปที่ 4.4.3-1 ผังการประเมินปริมาณการคายระเหยน้ำจริง (ETa) ของแบบจำลอง SSEBop	4-59
รูปที่ 4.4.3-2 ปริมาณการคายระเหยน้ำพืช (ETc) กับปริมาณการคายระเหยน้ำจริง (ETa)	4-60
รูปที่ 4.4.4-1 ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิของโครงการชลประทาน ในพื้นที่ราบภาคกลาง	4-64
รูปที่ 4.4.4-2 พื้นที่โครงการชลประทานขนาดเล็กและพื้นที่โครงการสูบน้ำ	4-65
รูปที่ 4.4.4-3 ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิเฉลี่ยรายเดือนของโครงการชลประทาน ขนาดเล็กและโครงการสูบน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง	4-66
รูปที่ 4.4.4-4 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีแม่ข่าย/หน่วยให้บริการของการประปาส่วนภูมิภาคที่ กรมชลประทานสนับสนุนปริมาณน้ำดิบ	4-67

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4-1 รายการข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่นำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล	4-2
ตารางที่ 4.2-1 รายชื่อสถานีอุตุวิทยามีวิทยาเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติ API	4-14
ตารางที่ 4.2-2 รายชื่อสถานีน้ำท่าตรวจวัดของกรมชลประทาน	4-16
ตารางที่ 4.2-3 รายชื่ออ่างเก็บน้ำในพื้นที่การศึกษา	4-20
ตารางที่ 4.2-4 รายชื่อประตูระบายน้ำที่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษา	4-23
ตารางที่ 4.3.1-1 ปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา	4-31
ตารางที่ 4.3.1-2 ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา	4-34
ตารางที่ 4.3.3-1 อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่	4-43
ตารางที่ 4.3.4-1 การแปลความหมายความแม่นยำของการพยากรณ์โดยแบบจำลอง	4-47
ตารางที่ 4.3.5-1 รายละเอียดข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง	4-49
ตารางที่ 4.4.3-1 ค่าสัมประสิทธิ์ความเครียดจากการขาดน้ำ (Ks) เฉลี่ยรายเดือน	4-61
ตารางที่ 4.4.4-1 ค่าอัตราส่วนน้ำชลประทานที่จัดสรร (ARR) สำหรับกรณี Recommended NIR	4-63
ตารางที่ 4.4.4-2 ค่าอัตราส่วนน้ำชลประทานที่จัดสรร (ARR) สำหรับกรณี Minimum NIR	4-63
ตารางที่ 4.4.4-1 แผนการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาจากอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่	4-68

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 หลักการและเหตุผล

การบริหารจัดการน้ำและการใช้น้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นตามบริบทของเศรษฐกิจและสังคมที่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการน้ำให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน โดยการประเมินปริมาณความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมในเขตพื้นที่ชลประทาน การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่า เพื่อวิเคราะห์ถึงปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้น รวมถึงการจัดทำระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการประสานงานโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้น้ำในภาคต่าง ๆ และบรรเทาปัญหาภัยแล้งและอุทกภัยที่อาจเกิดขึ้น

จากกิจกรรม CO-RUN ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ และบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผ่านกระบวนการวิจัยและมีความเชื่อมโยงจากหลายโครงการตั้งแต่การคาดการณ์ปริมาณฝนราย 2 สัปดาห์ล่วงหน้า ซึ่งดำเนินการโดยสำนักงานสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (สสน.) การประเมินปริมาณน้ำท่าและความต้องการน้ำโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การประเมินศักยภาพน้ำบาดาลดำเนินการโดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลองที่สนับสนุนการตัดสินใจในการระบายน้ำด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์จากอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลัก ซึ่งประกอบด้วย เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ซึ่งกระบวนการวิจัยของแบบจำลองดังกล่าวดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งแบบจำลอง DWCM-AgWU เป็นเครื่องมือสำหรับคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายในลุ่มน้ำ (Side flow) ล่วงหน้า 14 วัน ซึ่งเป็นปริมาณน้ำต้นทุนส่วนหนึ่งสำหรับการจัดสรรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

การดำเนินการวิจัยผ่านกระบวนการวิจัย CO-RUN เป็นลักษณะของการจำลองน้ำท่าและประเมินพื้นที่เพาะปลูกและความต้องการน้ำชลประทานโดยมีคาบความถี่ในการจำลองรายสัปดาห์และมีการเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ในลักษณะผ่านผู้วิจัยแต่ละโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้อง แต่อย่างไรก็ตามเพื่อความแม่นยำและความรวดเร็วในการบริหารจัดการน้ำควรพัฒนาระบบฐานข้อมูล และการประมวลผลน้ำท่าและความต้องการน้ำชลประทานแบบอัตโนมัติ ซึ่งระบบฐานข้อมูลและการประมวลผลดังกล่าวจำเป็นต้องมีการรวบรวมและเก็บบันทึกข้อมูลจากฐานข้อมูลของหน่วยงานต่าง ๆ อาทิ ข้อมูลการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ทั้งจากกรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ข้อมูลการผันน้ำและการบริหารจัดการน้ำ จากกรมชลประทาน ข้อมูลปริมาณฝน จากกรมอุตุนิยมวิทยา และสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (สสน.) ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและความต้องการน้ำจากภาพถ่ายจากดาวเทียมและชุดข้อมูลแบบกริด ซึ่งจะเป็นการเพิ่มศักยภาพในการบริหารจัดการน้ำให้มีความถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำทั้งในช่วงสภาวะปกติและสภาวะวิกฤติ โดยกรอบแนวความคิดและการเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

## 1.2 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการจำลองแบบอัตโนมัติสำหรับคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าผิวดินและประเมินความต้องการน้ำชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยดังต่อไปนี้

- 1) พัฒนาระบบเชื่อมต่อข้อมูลการประเมินความต้องการน้ำชลประทาน และการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ราบภาคกลาง
- 2) ปรับปรุงระบบที่พัฒนาขึ้นผ่านการดำเนินการคู่กับข้อมูลจริง (CO-RUN) ในพื้นที่ราบภาคกลาง
- 3) ถ่ายทอดผลการวิจัยและความรู้จากระบบที่พัฒนาขึ้นกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- 4) จัดทำข้อเสนอแนะการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการจัดการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง

## 1.3 กรอบการวิจัย

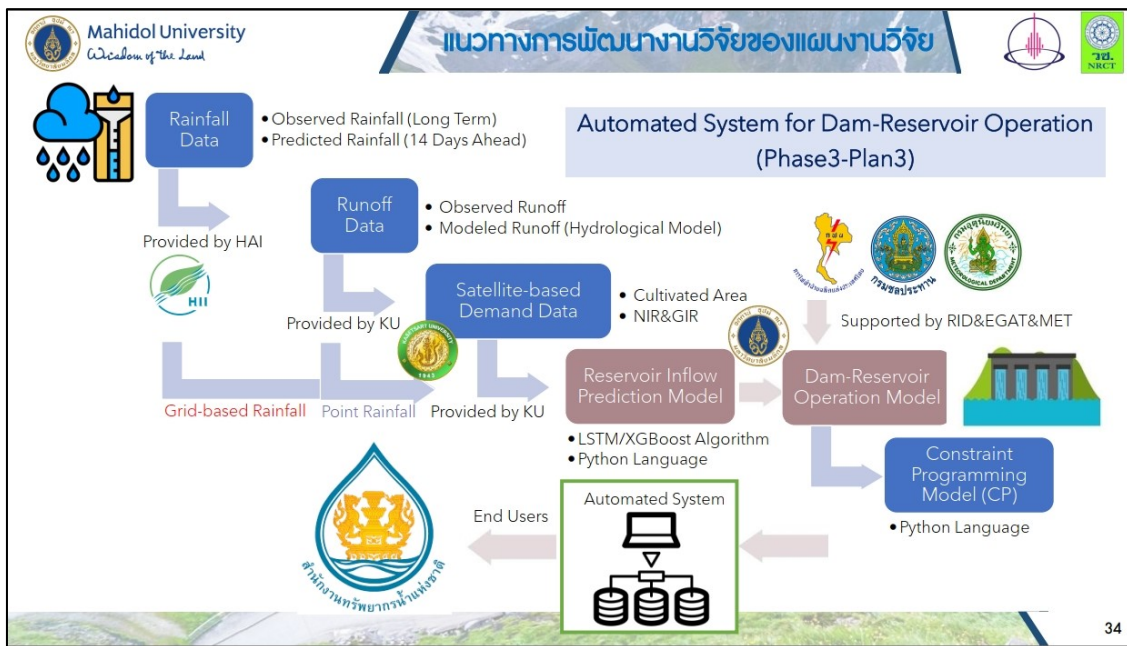
กรอบการวิจัยของแผนงานวิจัยมีความเชื่อมโยงของกระบวนการวิจัยในแต่ละโครงการย่อยแสดงดังรูปที่ 1.3.1 โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อพัฒนาเครื่องมือสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการและปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำสำหรับการจัดสรรน้ำของอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาซึ่งดำเนินการในรูปแบบอัตโนมัติ โดยใช้การคาดการณ์ในระยะสั้นรายสัปดาห์และ/หรือ สองสัปดาห์ (14 วัน) ซึ่งกระบวนการวิจัยของโครงการวิจัยนี้เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญสำหรับกระบวนการวิจัยของแผนวิจัยกล่าวคือ การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำบริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำ (Side flow) รายสัปดาห์และ/หรือ สองสัปดาห์ (14 วัน) ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณน้ำต้นทุนส่วนหนึ่งสำหรับการจัดสรรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับสนับสนุนการบริหารจัดการและปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

สำหรับกรอบการวิจัยของโครงการวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 1.3.2 โดยวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยมีเพื่อพัฒนาระบบการจำลองอัตโนมัติสำหรับคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยมีกระบวนการวิจัยที่สำคัญได้แก่

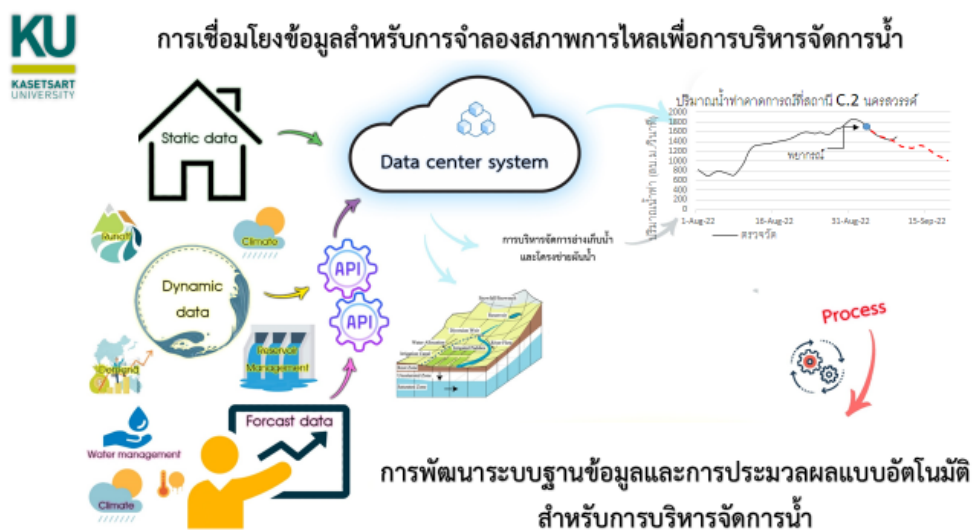
- 1) การออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลและระบบจำลองอัตโนมัติ โดยมีข้อมูลที่สำคัญในการจำลองประกอบด้วย
  1. ข้อมูลปริมาณฝนและสภาพภูมิอากาศตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา
  2. ข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์ล่วงหน้าจากโครงการวิจัยของ สสน.
  3. ข้อมูลการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ จาก กฟผ. และกรมชลประทาน
  4. ข้อมูลแผนและผลการจัดสรรน้ำรายสัปดาห์จากกรมชลประทาน
- 2) การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้น ณ จุดสถานีควบคุม โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองจะเป็นการดำเนินการในรูปแบบอัตโนมัติเพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์ล่วงหน้าราย 14 วันของ สสน. โดยมีการอัปเดตผลการจำลองผลในรูปแบบรายวันหรือตามที่ผู้ใช้งานกำหนด ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำท่างกล่าวจำเป็นต้องคำนึงถึงข้อมูลปริมาณน้ำท่าตรวจวัด ข้อมูลการบริหารจัดการน้ำเช่นข้อมูลการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำและข้อมูลการจัดสรรน้ำร่วมด้วย

3) การประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อประเมินพื้นที่เพาะปลูกพืชและคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน โดยจะเป็นการดำเนินการในรูปแบบอัตโนมัติเพื่ออัปเดตข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกให้เป็นปัจจุบันรวมทั้ง จำลองสถานการณ์การจัดสรรน้ำชลประทานกรณีน้ำไม่เพียงพอด้วยแพลตฟอร์มการปรับลดการจัดสรรน้ำ

4) การทดสอบการใช้งานระบบจำลองแบบอัตโนมัติสำหรับคาดการณ์สำหรับคาดการณ์ปริมาณความต้องการน้ำ และประเมินปริมาณน้ำท่า โดยการทดสอบการใช้งานระบบจะพิจารณาจากการทำงานอย่างสม่ำเสมอของระบบจำลองอัตโนมัติ ตั้งแต่การนำเข้าข้อมูล การประมวลผล และการแสดงผล



รูปที่ 1.3.1 กรอบการวิจัยของแผนงานวิจัย



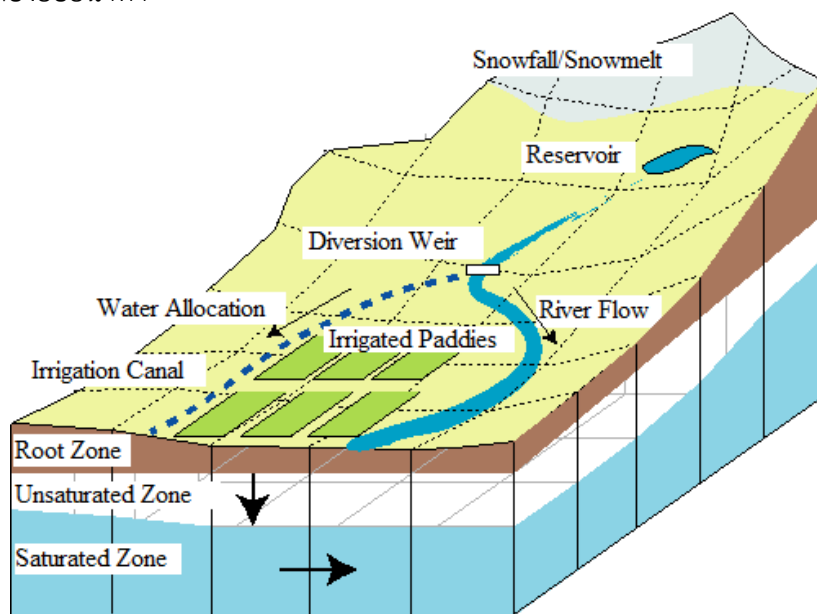
รูปที่ 1.3.2 กรอบการวิจัยของโครงการวิจัย

## บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า DWCM-AgWU

แบบจำลอง Distributed Water Circulation Model incorporating with Agricultural Water Use (DWCM-AgWU) เริ่มพัฒนาขึ้นและประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำโขงในปี ค.ศ. 2008 โดยนักวิจัยจากสถาบัน National Institute for Rural Engineering โดยพื้นที่ลุ่มน้ำโขงถูกแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย (เซลล์) ขนาด 10 กม. x 10 กม. แบบจำลองคำนวณการไหลเวียนของน้ำในแต่ละเซลล์ตลอดพื้นที่ลุ่มน้ำโดยพิจารณาการใช้น้ำทางภาคเกษตรโดยเฉพาะข้าวที่ใช้น้ำฝนในการเพาะปลูก (Rain-fed paddy) ผ่านแบบจำลองย่อย 4 แบบจำลอง (รูปที่ 2.1-1) ได้แก่

- แบบจำลองย่อยการประมาณการณ์การคายระเหยของพืชอ้างอิง
- แบบจำลองย่อยการพยากรณ์ระยะเวลาและพื้นที่การเพาะปลูก
- แบบจำลองย่อยการคำนวณการใช้น้ำในนาข้าว
- แบบจำลองย่อยน้ำท่า



รูปที่ 2.1-1 องค์ประกอบคำนวณของแบบจำลอง DWCM-AgWU

การพัฒนาแบบจำลองย่อยเพื่อการพิจารณาทางด้านชลประทาน

- แบบจำลองย่อยการบริหารจัดการน้ำอ่างเก็บน้ำ

แบบจำลองการจัดการอ่างเก็บน้ำถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มศักยภาพของโมเดลในการคำนวณการไหลเวียนของน้ำที่ผ่านกิจกรรมที่ควบคุมโดยการจัดการของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ โดยแบบจำลองนี้ถูกเชื่อมโยงเข้ากับแบบจำลองย่อยน้ำท่าโดยสมมุติว่าเขื่อนถูกสร้างขึ้นลำน้ำระหว่างเซลล์ โดยแบบจำลองนี้คำนวณปริมาณน้ำเก็บกัก  $V_{res}(t)$  โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำไหลเข้า  $Q_{resin}$  ปริมาณน้ำ

ที่ระบายจากอ่างเก็บน้ำ  $Q_{resout}$  และปริมาณน้ำที่เก็บกักในช่วงเวลาก่อนหน้า  $V_{res}(t-1)$  โดยช่วงของการคำนวณเป็นวันตามสมการที่ 2.1-1

$$V_{res}(t) = V_{res}(t-1) + (Q_{resin}(t) - Q_{resout}(t))\Delta t \quad \text{สมการที่ 2.1-1}$$

โดยที่ปริมาณน้ำไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจากเซลล์ด้านเหนือน้ำที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลองย่อยน้ำท่า และปริมาณน้ำที่ระบายจากอ่างเก็บน้ำนั้นคำนวณจากความต้องการน้ำเพื่อชลประทาน เพื่อการอุปโภคและบริโภค เพื่อการรักษาระบบนิเวศ เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า และการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น (Spillway)

#### แบบจำลองการจัดสรรน้ำเพื่อพื้นที่ชลประทาน

แบบจำลองนี้ถูกเชื่อมโยงกับแบบจำลองย่อยการคำนวณใช้น้ำในนาข้าว เพื่อที่จะคำนวณปริมาณน้ำชลประทานที่ผันเข้าสำหรับพื้นที่นาข้าวในเขตชลประทาน โดยคำนึงถึงปริมาณความต้องการน้ำจากนาข้าว ( $Q_{dmd}$ ) ความสามารถในการรับของอาคารรับน้ำ ( $Q_{cap}$ ) และปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแม่น้ำ ( $Q_{riv}$ ) ตามสมการที่ 2.1-2

$$Q_{div} = \min(Q_{riv}, Q_{cap}, Q_{dmd}) \quad \text{สมการที่ 2.1-2}$$

โดยที่ปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่พื้นที่ชลประทานจะพิจารณาจากปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่พิจารณาจากองค์ประกอบทั้งสามในสมการที่ 2.1-2

ปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่พื้นที่ชลประทานจะถูกส่งไปสู่พื้นที่นาข้าวในแต่ละเซลล์ตามลำดับโดยคำนึงถึงลำดับในการรับน้ำชลประทานของแต่ละคลองซอย คลองแยกซอย ระยะห่างของจุดที่ตั้งพื้นที่นาข้าวกับคลองส่งน้ำ และระดับพื้นที่ของนาข้าว

แบบจำลอง DWCM-AgWU ได้ถูกพัฒนาโดยมีวัตถุประสงค์เริ่มต้นในการพัฒนาเพื่อคำนวณการไหลเวียนของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำรวมกับการใช้น้ำภาคเกษตรกรรม และมีงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองนี้อย่างต่อเนื่องและหลากหลาย โดยงานวิจัยที่มุ่งเน้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมกับการบริหารจัดการน้ำทั้งในระดับลุ่มน้ำ และ/หรือ โครงการชลประทาน เช่น (Masumoto et al., 2009; Taniguchi et al., 2009; Kudo et al., 2013; Vongphet et al. 2016) และงานวิจัยที่ไปประยุกต์ใช้กับการคำนวณปริมาณและทิศทางการไหลของน้ำหลากหรือน้ำท่วม เช่น (Yoshida et al., 2012; Vongphet et al. 2015; Yoshioka et al., 2015)

Masumoto et al. (2009) และ Taniguchi et al. (2009) พัฒนาแบบจำลอง DWCM-AgWU ขึ้นเพื่อวิเคราะห์วัฏจักรของน้ำรวมกับการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง แบบจำลองมีเป้าหมายเพื่อคำนวณปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำชลประทานที่เหมาะสมเพื่อพื้นที่นาข้าวในพื้นที่โครงการชลประทานของพื้นที่ลุ่มแม่น้ำโขงต่อเนื่องหลายปี โดยพิจารณาน้ำชลประทานที่จัดสรรให้แก่ชาวนาจากปริมาณน้ำที่มีในแม่น้ำที่ตำแหน่งหัวงานกับความต้องการน้ำของนาข้าว โดยไม่มีการจัดสรรน้ำภายในพื้นที่โครงการ

Kudo et al. (2013) ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการไหลเวียนของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำชี ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ทำการวิจัยได้ปรับปรุงแบบจำลองโดยพัฒนาแบบจำลองย่อยการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ และการจัดสรรน้ำในพื้นที่โครงการ เพื่อหาแนวทางการบริหารจัดการน้ำร่วมกับโครงสร้างทางด้านชลประทาน เช่น อ่างเก็บน้ำ เขื่อนทดน้ำ และคลองส่งน้ำในพื้นที่โครงการชลประทานของพื้นที่ลุ่มน้ำมูล และลุ่มน้ำชี



Vongphet et al. (2014 & 2016) ประยุกต์ใช้แบบจำลองกับลุ่มน้ำเจ้าพระยา ซึ่งประกอบด้วย ลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน เจ้าพระยา ป่าสัก สะแกกรัง โดยมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้สามารถคำนวณปริมาณน้ำโดยพิจารณาการบริหารจัดการน้ำโดยโครงสร้างทางชลประทานทั้งอ่างเก็บน้ำ เขื่อนทดน้ำ และคลองส่งน้ำ ทั้งในปีน้ำน้อยและปีน้ำท่วม โดยผู้ทำการวิจัยได้ปรับปรุงแบบจำลองย่อยด้านการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำของ Kudo et al. (2013) ให้สามารถบริหารจัดการน้ำร่วมกันระหว่างอ่างเก็บน้ำหลายอ่าง เช่น อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน เข้ากับพื้นที่โครงการชลประทานที่ตั้งอยู่ระยะไกล เช่น โครงการชลประทานกำแพงเพชร โครงการชลประทานพิษณุโลก และโครงการชลประทานเจ้าพระยาใหญ่ อีกทั้งเพิ่มหลักเกณฑ์ในการผันน้ำผ่านคลองชลประทานในฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตกของพื้นที่โครงการชลประทานเจ้าพระยาใหญ่ในช่วงเวลาน้ำหลาก

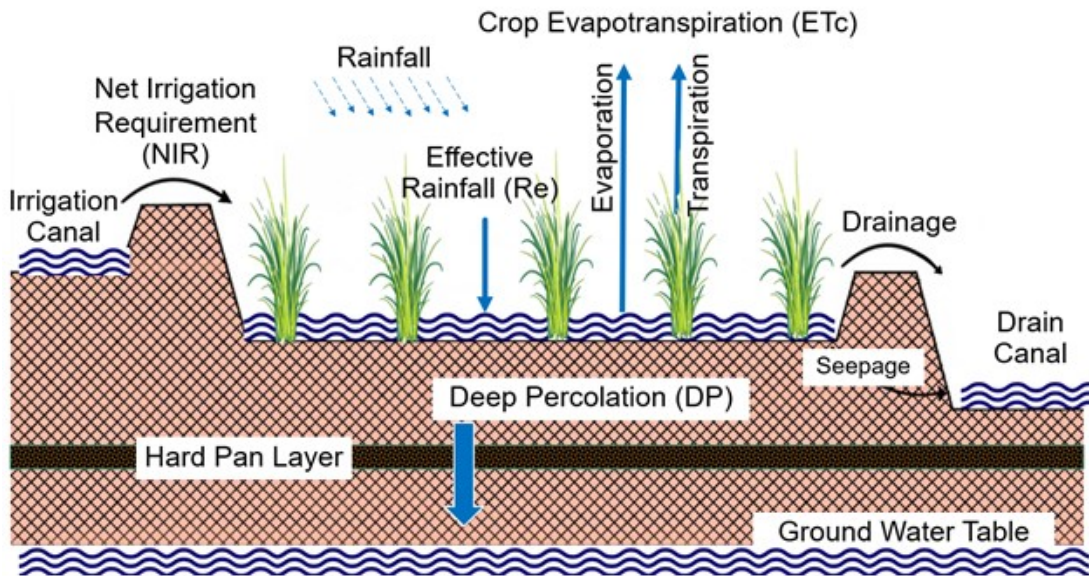
Yoshida et al. (2012) ศึกษาการปริมาณน้ำหลากบริเวณพื้นที่ราบของลุ่มน้ำจิม ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยการเปลี่ยนปริมาณน้ำท่า ณ จุดพื้นที่ศึกษาเป็นระดับน้ำ และคำนวณปริมาณน้ำหลากที่ล้นข้ามตลิ่งผ่านสมการการไหลข้ามสันผาย และคำนวณปริมาตรของน้ำท่วมทั้งหมดในพื้นที่ลุ่มน้ำ

Vongphet et al. (2015) พัฒนาแบบจำลองต้นแบบ A Seamless-DIF ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาต่อยอดจากแบบจำลอง DWCM-AgWU โดยการเพิ่มความสามารถของแบบจำลอง DWCM-AgWU ให้สามารถคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำหลากแบบ 2 มิติ ภายใต้การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา (Vongphet et al., 2014 & 2016) โดยแบบจำลองนี้สามารถเป็นเครื่องมือคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำภายใต้การบริหารจัดการน้ำได้อย่างต่อเนื่องทั้งในสภาวะปกติ น้ำท่วม และ น้ำแล้ง

Yoshioka et al. (2015) ประยุกต์ใช้แบบจำลองในพื้นที่ลุ่มน้ำแฉ่งซึ่งเป็นลำน้ำสาขาของพื้นที่ลุ่มน้ำจิม เพื่อศึกษาปริมาณน้ำหลากภายใต้การบริหารจัดการประตูระบายน้ำที่ปากแม่น้ำแฉ่งเนื่องจากระดับน้ำที่สูงในแม่น้ำจิม เพื่อที่จะหาแนวทางป้องกันน้ำท่วมบริเวณพื้นที่ราบลุ่มของลุ่มน้ำแฉ่งเนื่องจากปรากฏการณ์น้ำที่ขึ้น (Backwater effect)

## 2.2 การประเมินปริมาณความต้องการน้ำชลประทานด้วยวิธีการรับรู้ระยะไกล

การประเมินปริมาณความต้องการน้ำชลประทานเพื่อใช้ในภาคการเกษตร จะอยู่ภายใต้กรอบแนวคิดที่ว่าพืชต้องได้รับน้ำอย่างเพียงพอโดยไม่เกิดการขาดน้ำ ปริมาณน้ำที่พืชต้องการจึงเป็นปริมาณน้ำที่ต้องรักษา ระดับความชื้นในดินที่เหมาะสม รวมทั้งพืชต้องมีความสมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลงศัตรูพืช มีธาตุอาหารที่เพียงพอจะทำให้พืชมีศักยภาพการให้ผลผลิตอย่างเต็มที่ โดยพืชจะมีอัตราการคายระเหยน้ำเป็นค่าสูงสุดตามทฤษฎี เรียกว่า ปริมาณความต้องการน้ำของพืช (Crop evapotranspiration:  $ET_c$ ) (เอกสิทธิ์, 2552) อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการให้น้ำชลประทานในระดับไร่นาตามปริมาณความต้องการน้ำของพืชจะพบว่า น้ำส่วนหนึ่งจะเกิดการสูญเสีย รั่วซึม เลเยเซต รากพืช (Deep percolation) และมีฝนใช้ การ (Effective rainfall,  $R_e$ ) หรือน้ำฝนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชซึ่งเป็นฝนที่ตกลงมาในพื้นที่แล้วถูกกักเก็บไว้ในดินบริเวณเขตรากพืช (ในกรณีน้ำจะหมายถึงน้ำฝนที่กักเก็บไว้ในกระถาง) ดังนั้นในการคำนวณความต้องการน้ำชลประทานในระดับไร่นาจึงต้องนำค่าฝนใช้การและการสูญเสียจากการรั่วซึมเลเยเซต รากพืชมาร่วมพิจารณาด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.2-1



รูปที่ 2.2-1 สมดุลน้ำในแปลงนา ดัดแปลงจาก (Rowshon et al., 2006)

ในขณะที่ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่ต้องส่งให้กับพื้นที่เกษตรกรรม (Gross irrigation water requirement) พบว่า น้ำบางส่วนจะเกิดการสูญเสียไปในระบบส่งน้ำ ทำให้ต้องนำค่าประสิทธิภาพการชลประทานมาคำนวณด้วย (Pereira and Alves, 2013) ดังนั้นความต้องการน้ำในภาคการเกษตรในที่นี่จึงหมายถึง ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานทั้งหมดสำหรับการเกษตร สามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ 2.2-1

$$\text{Gross IWR} = \text{Net IWR} / E_i \quad \text{สมการที่ 2.2-1}$$

โดยที่  
 Gross IWR = ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานทั้งหมด (Gross irrigation water requirement)  
 Net IWR = ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (Net irrigation water requirement)  
 $E_i$  = ประสิทธิภาพการชลประทาน (Irrigation efficiency)

สำหรับปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิในที่นี้คำนวณได้จากปริมาณการใช้น้ำของพืช โดยพิจารณาปริมาณฝนใช้การและการสูญเสียรั่วซึมเลยเขตรากพืชด้วย ดังสมการที่ 2.2-2

$$\text{Net IWR} = ET_c - R_e + (DP + LP) \quad \text{สมการที่ 2.2-2}$$

โดยที่  
 $ET_c$  = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop evapotranspiration)  
 $R_e$  = ฝนใช้การ (Effective rainfall)  
 DP = ค่าการรั่วซึมน้ำ (Deep percolation) คิดเฉพาะกรณีนาข้าว  
 LP = ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลง (Land preparation) คิดเฉพาะกรณีนาข้าว

ปริมาณการใช้น้ำของพืช ( $ET_c$ ) คำนวณได้จากผลคูณระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient;  $K_c$ ) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference crop evapotranspiration;  $ET_o$ ) ดังสมการที่ 2.2-3

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad \text{สมการที่ 2.2-3}$$

ค่า  $ET_o$  คำนวณโดยใช้สมการ Penman-Monteith ซึ่งต้องการข้อมูลน้ำเข้าทางภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศ ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ชั่วโมงแสงแดด พิกัดทางภูมิศาสตร์ และความสูงจากระดับน้ำทะเลของสถานีที่ตรวจวัด ดังแสดงในสมการที่ 2.2-4

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

สมการที่ 2.2-4

โดยที่	$R_n$	= ปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่พืชได้รับ (MJ/m <sup>2</sup> /d)
	$G$	= flux ค่าความร้อนของพื้นดิน (MJ/m <sup>2</sup> /d)
	$T$	= อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย (°C)
	$\Delta$	= ค่าความลาดเทของเส้น Curve แรงดันไอ (kPa/°C)
	$\gamma$	= ค่าคงที่ของ psychrometric (kPa/°C)
	$u_2$	= ค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 2 ม. (m/s)
	$(e_s - e_a)$	= ค่าความต่างของแรงดันไอ (kPa)

การตรวจวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยตรงทำได้หลายวิธี อาทิ การวัดจากถังวัดการใช้น้ำของพืช การศึกษาจากจำนวนความชื้นในดิน การศึกษาจากสมดุลน้ำ การตรวจวัดจากสมดุลพลังงาน สำหรับกรณีที่ต้องการศึกษาในโครงการชลประทานหรือในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่และมีการปลูกพืชหลากหลายชนิดหรือมีปฏิทินการเพาะปลูกที่ไม่พร้อมกัน การประมาณค่าการใช้น้ำพืชให้สอดคล้องกับพื้นที่ในแต่ละช่วงเวลาจะเป็นไปได้ยาก การรับรู้จากระยะไกล (Remote sensing) เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้เนื่องจากสามารถให้ข้อมูลสำรวจครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ มีการจัดเก็บภาพเป็นฐานข้อมูลที่สามารถสืบค้นย้อนหลังได้ นอกจากนี้ จากคุณสมบัติของดาวเทียมที่มีคาบโคจรวนกลับมาถ่ายภาพซ้ำได้ ทำให้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมีความน่าเชื่อถือและเป็นข้อมูลใกล้เคียงกับเวลาจริง (Near real-time) การรับรู้ระยะไกลจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านชลประทานและการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ชลประทานขนาดใหญ่หรือในระดับลุ่มน้ำ (Calera et al., 2017; Saadi et al., 2015; Toureiro et al., 2017) แนวทางการประมาณการใช้น้ำของพืชโดยวิธีรับรู้จากระยะไกลสามารถแบ่งได้เป็น 2 แนวทางคร่าว ๆ ได้แก่ 1) แนวทางการประเมินหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืชจากดัชนีพืชพรรณ (Vegetation index) และ 2) แนวทางการประเมินจากหลักการสมดุลพลังงานที่พื้นผิว (Surface energy balance)

ปัจจุบันมีการพัฒนาสมการเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียมกับค่า  $K_c$  โดยมีสมมติฐานว่าค่า  $K_c$  เป็นค่าที่ผันแปรตามช่วงระยะการเจริญเติบโตของพืชซึ่งสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณ (Allen et al., 2005; Trout and Johnson, 2007) จากงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NDVI กับค่า  $K_c$  ในพืชหลาย ๆ ชนิด ภายใต้สภาพภูมิอากาศต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2-1 งานวิจัยส่วนใหญ่ได้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง  $K_c$ -NDVI เป็นสมการเส้นตรง โดยใช้แหล่งที่มาของค่า  $K_c$  ที่แตกต่างกันไป ทั้งจากเอกสาร FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 (FAO-56) และจากการตรวจวัดด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น วิธีสมดุลน้ำ (Water balance) ถังวัดการใช้น้ำพืช (Lysimeter) รวมทั้งใช้ค่า NDVI จากดาวเทียมที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.2-1 งานวิจัยที่มีการพัฒนาสมการเพื่อคำนวณค่า  $K_c$  จากดัชนีพืชพรรณ NDVI

Climate	Vegetation	Equation	$K_c$	NDVI	Author
Mediterranean	Lettuce	$K_{cb} = (1.37 \times NDVI) - 0.086^*$	Measurement	Landsat-5	Trout and Johnson (2007)
Mediterranean	Grapes	$K_{cb} = (1.44 \times NDVI) - 0.10^*$	Measurement	Landsat-5	Campos et al. (2010)
Mediterranean	Maize	$K_c = (0.918 \times NDVI) + 0.303$	Measurement	Landsat-5	Toureiro et al. (2017)
Mediterranean	Corn	$K_c = (1.25 \times NDVI) + 0.2$	FAO-56	Landsat-8 Sentinel-2	Segovia-Cardozo et al. (2019)
Arid/Semi-arid	Cotton	$K_{cb} = (1.49 \times NDVI) - 0.12^*$	FAO-56	Handheld Radiometer	Hunsaker et al. (2005)
Humid subtropical	Wheat	$K_c = (2.7109 \times NDVI) + 0.424$	FAO-56	IRS P6	Gontia and Tiwari (2010)
Humid subtropical	Maize	$K_c = (1.457 \times NDVI) - 0.1725$	Measurement	MODIS	Kamble et al. (2013)
Humid subtropical	Rice	$K_c = (0.206 \times NDVI) + 1.076$	FAO-56	MODIS	Rossi et al. (2010)

\*  $K_{cb}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชส่วนฐาน (basal crop coefficient) ซึ่งไม่รวมการระเหยน้ำจากผิวดิน

สำหรับแนวทางในการคำนวณการใช้น้ำพืชจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้หลักการสมดุลพลังงานในอดีตที่ผ่านมาหลายวิธีเช่น วิธี Surface Energy Balance Algorithm for Land หรือ SEBAL (Bastiaanssen et al., 1998) วิธี Simplified-Surface Energy Balance Index หรือ S-SEBI (Roerink, 2000) วิธี Surface Energy Balance System หรือ SEBS (Su, 2002) เป็นต้น ซึ่งการใช้น้ำของพืชจะถูกควบคุมโดยพลังงานที่ถ่ายเทระหว่างพื้นผิวของพืชกับบรรยากาศ เมื่อพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดของพลังงานแล้ว พลังงานดังกล่าวก็คือ พลังงานที่มาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งก็คือ รังสีแสงอาทิตย์สุทธิ (net radiation) หลักการสมดุลพลังงานสามารถเขียนเป็นสมการในรูปทั่วไปดังสมการที่ 2.2-5

$$R_n = \lambda E + H + G$$

สมการที่ 2.2-5

- โดยที่
- $R_n$  = พลังงานรังสีแสงอาทิตย์สุทธิ (Net radiation)
  - $\lambda E$  = พลังงานความร้อนที่ใช้ในการระเหย (Heat flux of evaporation)
  - $H$  = พลังงานความร้อนในอากาศ (sensible heat flux)
  - $G$  = พลังงานความร้อนในดิน (soil heat flux)

พลังงานความร้อนแฝงของการระเหย คือ พลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำจากผิวน้ำเกิดการเปลี่ยนรูปเป็นไอน้ำสู่บรรยากาศหรือที่เรียกว่า การระเหย พลังงานความร้อนในอากาศเป็นพลังงานที่มีผลมาจากกระบวนการพาความร้อนจากพื้นผิวสู่บรรยากาศ ส่วนพลังงานความร้อนในดินคือพลังงานความร้อนที่สะสมในดินชั้นบนซึ่งในพื้นที่เพาะปลูกที่พื้นผิวปกคลุมไปด้วยพืชพลังงานความร้อนในดินในรอบวันอาจประมาณได้ว่าเปลี่ยนแปลงน้อยมากเนื่องจากดินชั้นบนจะมีการสะสมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและคายพลังงานกลับคืนสู่บรรยากาศในตอนกลางคืน

เอกสิทธิ์ (2548) ได้ทดสอบเปรียบเทียบการคำนวณปริมาณการใช้น้ำพืชด้วยวิธี SEBAL และ S-SEBI ในพื้นที่ราบภาคกลาง พบว่า ทั้งสองวิธีให้ผลในเกณฑ์น่าเชื่อถือได้ โดยวิธี S-SEBI มีความเหมาะสมในทางปฏิบัติเนื่องจากกระบวนการวิธีไม่ซับซ้อน กระนั้น ทั้งวิธี SEBAL และ SEBS เป็นวิธีที่ยังต้องอาศัยข้อมูลเสริมจากสถานีตรวจอากาศภาคพื้นดินในการประมาณค่าพารามิเตอร์ ซึ่งต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในกรณีที่ต้องการ

นำมาใช้งานในพื้นที่ขนาดใหญ่ ในขณะที่วิธี S-SEBI มีข้อจำกัดที่จะต้องมีการอ้างอิงเพื่อใช้เป็นตัวแทนที่เหมาะสมในการประมาณค่าการคายระเหยน้ำที่ขีดจำกัดสุด (Extreme value) ซึ่งจะทำให้การประมาณค่าการใช้น้ำพืชโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนมีความคลาดเคลื่อนสูง (Liou and Kar, 2014)

## 2.3 เทคโนโลยีฐานข้อมูล (Database) และคลังข้อมูล (Data Warehouse)

เทคโนโลยีฐานข้อมูล (Database) และคลังข้อมูล (Data Warehouse) เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนามายาวนานหลายทศวรรษ (Golfarelli & Rizzi, 2018) แต่ในครึ่งทศวรรษที่ผ่านมาปริมาณข้อมูลทั้งในฐานข้อมูลและคลังข้อมูลได้เพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล (Big Data) และต่อเนื่อง (Data stream) และข้อมูลดังกล่าวยังเป็นข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างที่แน่นอน (Unstructured Data) ส่งผลกระทบต่อวิธีการออกแบบฐานข้อมูลแบบดั้งเดิมและโปรแกรมฐานข้อมูลแบบดั้งเดิมไม่สามารถจัดการข้อมูลเหล่านั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทางตรงกันข้าม ฐานข้อมูลสมัยใหม่ เช่น NoSQL Database เป็นต้น สามารถจัดการข้อมูลดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถรองรับการประมวลผลแบบขนาน และยังมีควมยืดหยุ่นเพียงพอที่จะรองรับข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างได้อีกด้วย (Cattell, 2011; Tahmassebpour, 2017)

ฐานข้อมูล (Database) และ คลังข้อมูล (Data Warehouse) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีหลักของเทคโนโลยีดิจิทัลที่จะขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่เป้าหมาย คือ ประเทศไทย 4.0 ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บโดยอุปกรณ์ไอโอทีทางการเกษตรต่าง ๆ เช่น มือถือ สถานีอากาศ หุ่นยนต์และอุปกรณ์ทางการเกษตร 4.0 เป็นต้น หลั่งไหลเข้าสู่ฐานข้อมูลและคลังข้อมูลในปริมาณมหาศาล (Big Data) และอย่างต่อเนื่อง (Data Stream) ดังนั้นนักวิจัยและผู้พัฒนางานทางด้านนวัตกรรมสมัยใหม่ทั้งหลายจึงนิยมจัดเก็บฐานข้อมูลและคลังข้อมูลไว้บนกลุ่มเมฆสาธารณะ (Public Cloud) เนื่องจากการให้บริการพื้นที่บนกลุ่มเมฆ (Cloud Storage) มีราคาถูก มีความยืดหยุ่นในการขยายขนาดของฐานข้อมูล สามารถเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็วและทุกที่ทุกเวลา อย่างไรก็ตาม ปัญหาด้านความปลอดภัยของข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้บนกลุ่มเมฆสาธารณะยังเป็นที่เคลือบแคลง (Cattell, 2011; Tahmassebpour, 2017) ดังนั้นการปกป้องความลับของข้อมูลจึงเป็นหน้าที่ของนักวิจัยและผู้พัฒนางานทางด้านนวัตกรรม หนึ่งในวิธีที่สามารถปกป้องความลับได้ง่ายและประหยัด คือ การเข้ารหัสข้อมูลก่อนจัดเก็บข้อมูลเหล่านั้นลงในฐานข้อมูลและคลังข้อมูลที่อยู่บนกลุ่มเมฆสาธารณะ (Zhang & Chen, 2013; Zissis & Lekkas, 2012; Ali, Khan, & Vasilakos, 2015) เมื่อข้อมูลทางการเกษตรต่าง ๆ ถูกเก็บไว้อย่างเป็นระบบปลอดภัย สามารถเข้าถึงเร็วและทันที จะทำให้ผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ สามารถนำข้อมูลทางเกษตรเหล่านั้นไปสังเคราะห์เพื่อประโยชน์ทางการเกษตรด้านต่าง ๆ เช่น เพิ่มคุณภาพและปริมาณผลผลิต ลดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

### การออกแบบระบบฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูล (Database System) คือ ระบบที่ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันไว้ด้วยกัน มีการจัดรวบรวมกลุ่มข้อมูลเป็นรูปแบบตาราง และมีการเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้น ซึ่งทำให้การออกแบบระบบข้อมูลมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งจะทำให้เกิดความรวดเร็วในการรวบรวมหรือค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ทำการจัดเก็บไว้

การออกแบบฐานข้อมูล (Designing databases) คือ การสร้างฐานข้อมูลให้มีประสิทธิภาพเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ฐานข้อมูล ให้เกิดความราบรื่นในการทำงาน ง่ายต่อการจัดการและใช้พื้นที่อย่างคุ้มค่า ซึ่งมีความสำคัญต่อการทำงานของระบบจัดการระบบฐานข้อมูล (DBMS) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ข้อมูลภายในฐานข้อมูลจะต้องศึกษาถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล รวมถึงโครงสร้างของข้อมูล

การเข้าถึงข้อมูลและกระบวนการที่จะเรียกใช้ฐานข้อมูล ดังนั้น เราจึงสามารถแบ่งวิธีการออกแบบฐานข้อมูลได้ 3 ประเภท

1) ทำการเตรียมและวิเคราะห์รูปแบบของข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บลงในฐานข้อมูล  
2) กำหนดโครงสร้างของข้อมูลในตาราง รวมถึงการกำหนด เอนทิตี (Entity) หรือส่วนของข้อมูลที่เราน่าสนใจที่มีรูปแบบเป็นนามธรรมเช่น วิชา, สาขา เป็นต้น และการกำหนด แอตทริบิวต์ (Attribute) คุณสมบัติหรือข้อมูลของ Entity ดังรูปที่ 2.3-1

3) กำหนดคีย์ของตาราง เพื่อช่วยในการแบ่งแยกชนิดของข้อมูลรวมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลของแต่ละตารางเข้าด้วยกันทำให้เกิดความสัมพันธ์กัน โดยคีย์จะสามารถแบ่งรูปแบบได้ 4 รูปแบบ คือ

3.1 ซูเปอร์คีย์ (Superkey) คือ แอตทริบิวต์หรือกลุ่มของแอตทริบิวต์ที่สามารถระบุเอกลักษณ์ของแต่ละคอลัมน์เพื่อให้แตกต่างกันในตารางได้ เช่น รหัสประจำตัวพนักงาน หรือรหัสประจำตัวพนักงาน + ชื่อพนักงาน เป็นต้น

3.2 แคนดิเดตคีย์ (Candidate key) คือ ซูเปอร์คีย์ที่มีขนาดเล็กที่สุด ที่ไม่มีแอตทริบิวต์อื่นเป็นเซตย่อย

3.3 คีย์หลัก (Primary key) คือ แอตทริบิวต์ที่กำหนดข้อมูลนั้นมีเอกลักษณ์ เพื่อใช้แบ่งข้อมูลในแถวได้ เช่น รหัสพนักงาน, รหัสสินค้า เป็นต้น

3.4 คีย์นอก (Foreign key) คือ คีย์หลักของตารางแม่ เมื่อนำมาใช้ในการเชื่อมโยงกับตารางลูกเพื่อให้เกิดความเชื่อมโยงกันของข้อมูล

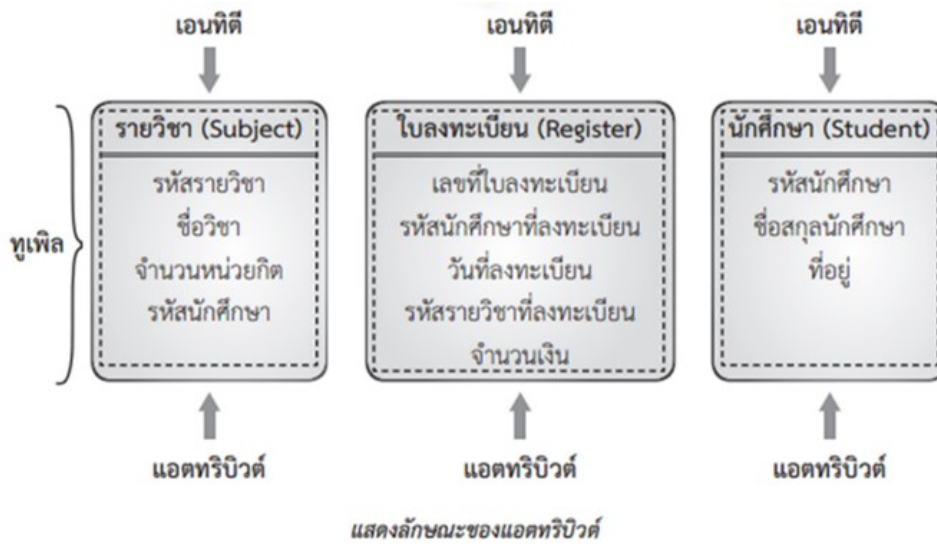
4) การทำนอร์มัลไลเซชัน (Normalization) ฐานข้อมูล เป็นวิธีการในการกำหนดแอตทริบิวต์ให้กับแต่ละเอนทิตี เพื่อให้ได้โครงสร้างของตารางที่ดี แยกข้อมูลที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกับตารางนั้นออกไป และปรับแก้ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถควบคุม ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลและหลีกเลี่ยงความผิดปกติของข้อมูล เพื่อให้ทำการเพิ่มข้อมูล ลบข้อมูล หรือแก้ไขข้อมูลที่อยู่ในรีเลชันได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด

- นอร์มัลไลเซชันระดับที่ 1 (1NF) เป็นการขจัดแอตทริบิวต์หรือกลุ่มแอตทริบิวต์ที่ซ้ำกัน แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นกับรีเลชันที่มีรูปแบบ 1NF คือ การเก็บข้อมูลแบบนี้เป็นการสิ้นเปลืองเพราะมีค่าของกลุ่มข้อมูลที่ซ้ำกัน ได้แก่ ความผิดปกติต่อการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลการลบข้อมูล และการเพิ่มข้อมูล

- นอร์มัลไลเซชันระดับที่ 2 (2NF) เป็นการขจัดแอตทริบิวต์ที่ไม่ขึ้นกับทั้งส่วนของคีย์หลักออกไปเพื่อให้แอตทริบิวต์อื่นทั้งหมดขึ้นตรงกับส่วนที่เป็นคีย์หลักทั้งหมดเท่านั้น

- นอร์มัลไลเซชันระดับที่ 3 (3NF) รับมาจากระดับที่ 2 ทุกแอตทริบิวต์ที่ไม่ใช่คีย์หลักไม่มีคุณสมบัติในการกำหนดค่าของแอตทริบิวต์อื่น

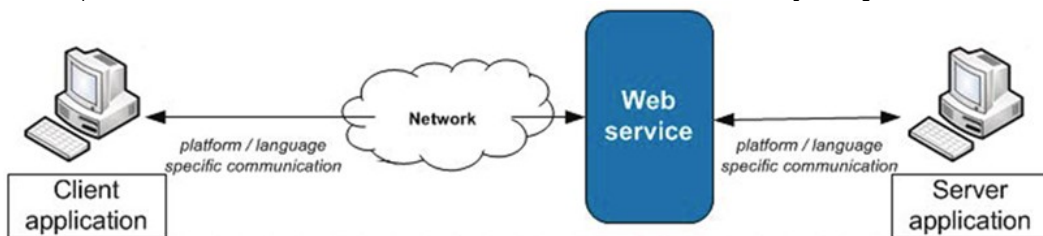
5) การกำหนดความสัมพันธ์ คือ นำฐานข้อมูลที่ทำนอร์มัลไลเซชันแล้วมากำหนดความสัมพันธ์



รูปที่ 2.3-1 ลักษณะของแอตทริบิวต์

### เทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส

เว็บเซอร์วิส คือ ระบบซอฟต์แวร์ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ให้บริการในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยส่วนใหญ่จะทำงานภายใต้โปรโตคอล HTTP (Hypertext Transfer Protocol) ซึ่งจะมีส่วนของระบบที่ทำหน้าที่เป็นผู้ให้บริการเว็บหรือที่เรียกกันว่า เซิร์ฟเวอร์ (Server) และส่วนของผู้ใช้บริการเว็บหรือที่เรียกกันว่าไคลแอนต์ (Client) ทั้งสองส่วนจะมีสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านทางเว็บเซอร์วิส ซึ่งมีเว็บเซอร์วิสจะทำงานโดยใช้ภาษา XML ต้องมาตรฐานการสื่อสารเดียวกันทุกเครือข่ายเพื่อให้เกิดความเข้าใจกันในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูล ดังรูปที่ 2.3-2



รูปที่ 2.3-2 การสื่อสารแบบเว็บเซอร์วิส

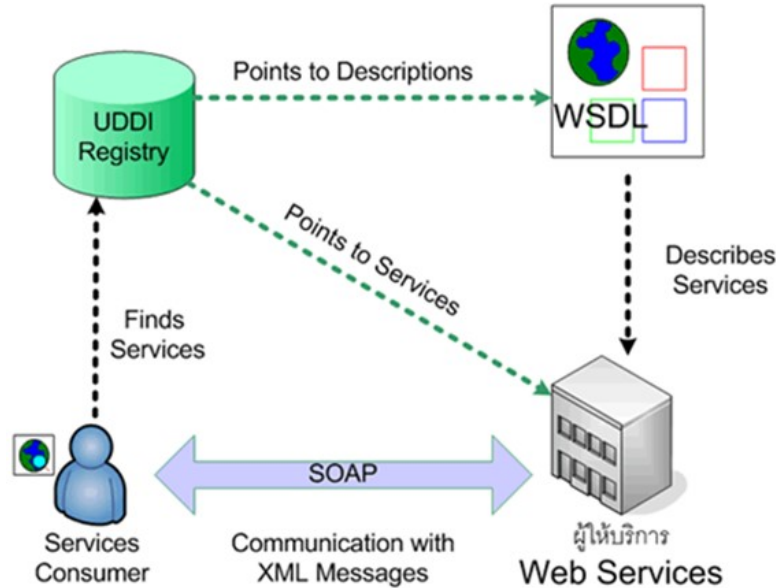
มาตรฐานหลักของเว็บเซอร์วิส จะประกอบด้วย 4 ส่วน ดังรูปที่ 2.3-3

1) XML (Extensible Markup Language) เป็นภาษามาตรฐานในการแลกเปลี่ยนข้อมูลของเว็บเซอร์วิส ซึ่ง XML เป็นภาษาที่มีความยืดหยุ่นสูง จึงถูกออกแบบเพื่อให้แอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาโดยภาษาที่ต่างกันสามารถแปลงเป็นภาษา XML และสื่อสารกันได้โดยง่าย ทำให้เกิดความราบรื่นและถูกต้องในการสื่อสารระหว่างกันของเครื่องคอมพิวเตอร์

2) SOAP (Simple Object Access Protocol) เป็นโปรโตคอลที่เป็นมาตรฐานที่ถูกใช้เป็นมาตรฐานหนึ่งในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันในระดับแอปพลิเคชัน ซึ่งจะทำงานด้วยภาษา XML

3) UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) เป็นเซอร์วิสตัวกลางที่ทำหน้าที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของเว็บเซอร์วิส ซึ่งผู้ให้บริการเว็บสามารถใช้ UDDI เป็นสื่อกลางเพื่อให้ผู้ใช้บริการเว็บได้รับหรือค้นหาว่าตนเองมีบริการเว็บเซอร์วิสใด ๆ ให้บริการอยู่

4) WSDL (Web Services Description Language) เป็นภาษามาตรฐานที่ใช้สำหรับอธิบายการใช้งานของเว็บเซอร์วิสที่เปิดให้บริการ ซึ่งทำให้ผู้ที่เรียกบริการเว็บเซอร์วิสนั้นได้ทราบว่าเว็บเซอร์วิสนั้นมีการทำงานอย่างไรบ้างจำเป็นต้องเป็นต้องใช้อะไรและจะรับข้อมูลชนิดใดได้กลับมา รวมถึงสิ่งที่จำเป็นในการเข้ารับบริการอย่างเช่นจะต้องใช้โปรโตคอลชนิดใดบ้าง เป็นต้น



รูปที่ 2.3-3 มาตรฐานหลักของเว็บเซอร์วิส

- ขั้นตอนการทำงานของเว็บเซอร์วิส

- 1) ผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิสจะทำการค้นหาและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ จาก UDDI ที่จำเป็นในการติดต่อกับผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิส
- 2) ผู้ให้บริการจะทำการส่งข้อมูลที่จำเป็นในการขอใช้บริการเว็บเซอร์วิสผ่านทางโปรโตคอล SOAP ไปยังผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิส
- 3) หลังจากที่ผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิสได้รับข้อมูลจากผู้ขอใช้บริการแล้วจะแปลงคำสั่งเป็นภาษาที่แอปพลิเคชันของทางตนได้ถูกออกแบบไว้ จากนั้นทำการประมวลผลและแปลงผลลัพธ์ที่ได้กลับเป็นมาตรฐานโปรโตคอล SOAP เพื่อส่งกลับไปให้ผู้ขอใช้บริการ
- 4) ผู้ให้บริการได้รับข้อมูล จะเปลี่ยนข้อมูลเป็นภาษาที่ต้องการและแสดงผล

## 2.4 การเชื่อมโยงข้อมูลด้วยระบบ API และการพัฒนาฐานข้อมูล

สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์เชิงบริการ SOA (Service-Oriented Architecture) และ เว็บเซอร์วิส (Web Service)

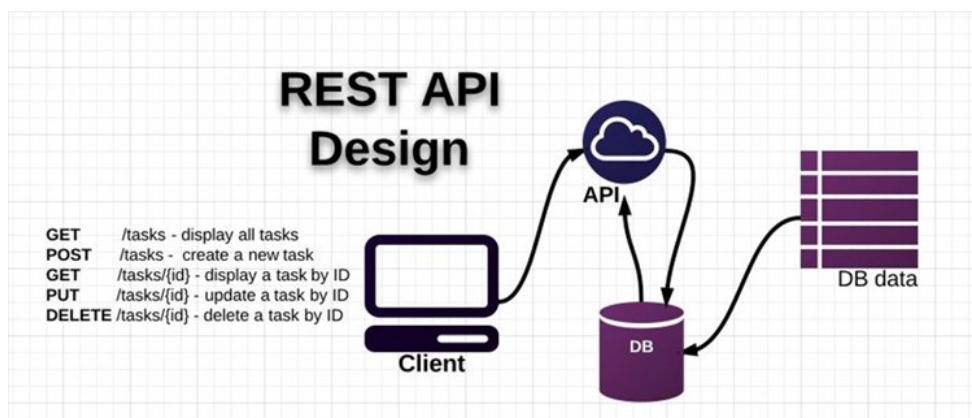
การพัฒนาซอฟต์แวร์ภายใต้โครงการวิจัยนั้น ได้มีการวางกรอบแนวคิดการออกแบบและการวางโครงสร้างของซอฟต์แวร์ เพื่อให้สามารถนำเซอร์วิสในส่วนต่าง ๆ ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเป็นองค์ประกอบของซอฟต์แวร์หรือเว็บเซอร์วิสเพื่อตอบสนองความต้องการได้อย่างยืดหยุ่น รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยการวางกรอบแนวคิดการพัฒนาซอฟต์แวร์เชิงบริการสามารถแบ่งได้ออกเป็นสองส่วน คือ Service-Oriented และ Architecture โดย Service-Oriented เป็นส่วนของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำงานเฉพาะเจาะจงเป็นส่วนเพื่อให้สามารถตอบสนองกับงานเฉพาะด้านที่มีการพัฒนาขึ้น และ Architecture คือการออกแบบ โดยจะมอง



องค์รวมของทั้งระบบว่ามีความต้องการจะประมวลผลหรือให้บริการอะไรบ้างภาพในซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น แนวคิดของระบบ SOA นั้นจะจัดระบบแบบ Silo-Oriented Architecture จะมีการแบ่งโครงสร้างของระบบ ออกเป็น 4 ชั้น ซึ่งประกอบไปด้วย

- 1) Resource Layer จะเป็นชั้นของระบบโครงสร้าง อาทิเช่น ฐานข้อมูล
- 2) Service Layer จะเป็นชั้นของส่วนประกอบเซอร์วิสการทำงานต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้งานได้ โดยเซอร์วิสเหล่านี้จะถูกพัฒนาเป็น Module ที่ทำงานบน Resource Layer
- 3) Process Layer เป็นชั้นของการประมวลผลที่พัฒนาขึ้นมาจากส่วนประกอบของเซอร์วิสการทำงานต่าง ๆ
- 4) Access Layer เป็นชั้นของการเรียกใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นโดยผ่านทางเว็บไซต์ หรือช่องทางต่าง ๆ ที่ระบบสามารถให้เข้าถึงได้

ในส่วนของการพัฒนาช่องทางการเชื่อมโยงแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เกิดขึ้นภายใต้โครงการนั้น ทางทีมผู้พัฒนาได้พัฒนาขึ้นด้วยเทคโนโลยีแบบเว็บเซอร์วิส ซึ่งเป็นระบบซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนการแลกเปลี่ยนข้อมูล ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย โดยที่ภาษาที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ คือ XML โดยเว็บเซอร์วิสนั้นมีอินเทอร์เฟซรูปแบบของข้อมูลที่คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้ ลักษณะการทำงานของ Web Service จะถูกเรียกใช้งานจากแอปพลิเคชันในรูปแบบของ Remote Procedure Call ซึ่งจะมีมาตรฐานสำหรับการแลกเปลี่ยนเป็นแบบ XML ทำให้ระบบการเชื่อมโยงแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เกิดขึ้นภายใต้โครงการนั้นสามารถเชื่อมโยงจากระบบ หรือแพลตฟอร์มใด ๆ ก็ได้บน โพรโตคอล HTTP การทำงานของ Web Service การพัฒนาเว็บเซอร์วิสภายใต้โครงการนั้นได้ถูกออกแบบ และพัฒนาขึ้นในรูปแบบของ Representational state transfer ซึ่งเป็นการพัฒนา Web service ชนิดหนึ่งที่ใช้สื่อสารกันบน Internet ใช้หลักการแบบ Stateless การทำงานของ RESTful Webservice จะอาศัย URI/URL ของ Request เพื่อค้นหาและประมวลผลแล้วตอบกลับไปในรูป XML, HTML, JSON โดย response ที่ตอบกลับจะเป็นการยืนยันผลของคำสั่งที่ส่งมาโดยประกอบไปด้วย GET POST PUT DELETE ในการทำงาน สามารถแสดงภาพรวมของการพัฒนาระบบการรับส่งข้อมูลแบบ REST ได้ดังรูปที่ 2.4-1



รูปที่ 2.4-1 ภาพรวมของการพัฒนาระบบการรับส่งข้อมูลแบบ REST

การเชื่อมโยงข้อมูลด้วยระบบ API และการพัฒนาฐานข้อมูลภายใต้โครงการนั้น ทางทีมผู้วิจัยได้มีกรอบแนวคิดในการศึกษาถึงชุดข้อมูลที่มีความจำเป็นจะต้องใช้งานในส่วนของการดำเนินการวิจัยภายใต้โครงการ เพื่อทำการสรุปรายชุดข้อมูล จากนั้นได้ศึกษาถึงแหล่งที่จำเป็นจะต้องได้มาซึ่งชุดข้อมูล เพื่อหาแนวทางการเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลนั้น ๆ ซึ่งแต่ละแหล่งข้อมูลก็มีรูปแบบของชุดข้อมูล

รูปแบบของการเชื่อมโยงข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป เมื่อได้แนวทางของชุดข้อมูลที่ต้องการเชื่อมโยง แนวทางการเชื่อมโยงข้อมูลแล้วนั้น ทางทีมผู้พัฒนาได้มีแนวคิดในการออกแบบระบบฐานข้อมูล เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้มีการเชื่อมโยงเข้ามาอยู่ภายใต้โครงการวิจัย ซึ่งแนวทางในการพัฒนาฐานข้อมูลนั้น ฐานข้อมูลจะต้องสามารถนำมาใช้งานในส่วนของงานวิเคราะห์ประมวลผล และแสดงผล รวมถึงการให้บริการข้อมูลภายใต้โครงการได้

#### การเชื่อมโยงข้อมูล

การเชื่อมโยงข้อมูลภายใต้โครงการนั้นได้มีการเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่มีรูปแบบของชุดข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป รวมถึงมีรูปแบบมาตรฐานการเชื่อมโยงข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป ทางทีมผู้วิจัยได้มีการรวบรวมศึกษาความต้องการที่จะใช้งานชุดข้อมูล เพื่อกำหนดชุดข้อมูลที่ต้องการ จากนั้นทำการหาว่าชุดข้อมูลที่ต้องการนั้นจะต้องเชื่อมโยงชุดข้อมูลเหล่านั้นมาจากที่ใดด้วยวิธีการใด เมื่อมีการกำหนดชุดข้อมูล และทราบถึงแหล่งเชื่อมโยงข้อมูลแล้วนั้น ทางทีมผู้วิจัยได้มีการพัฒนาระบบการเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผลจนได้ผลลัพธ์ตามที่กำหนด แต่ละแหล่งข้อมูลจะมีการพัฒนาชุดโปรแกรมสำหรับการเชื่อมโยงข้อมูล ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมโยงที่ต่างกัน เช่น REST API, RESTful API, MySQL Database เป็นต้น แต่ละข้อมูลจะถูกนำมาประมวลผลร่วมกัน และจัดเก็บเข้าสู่ฐานข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นชุดข้อมูลสำหรับการวิจัย และการนำมาแสดงผลในรูปแบบแดชบอร์ด

## บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

### 3.1 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยของโครงการวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 3.1-1 โดยวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยมีเพื่อพัฒนาระบบการจำลองอัตโนมัติสำหรับคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยมีกระบวนการวิจัยที่สำคัญ ได้แก่

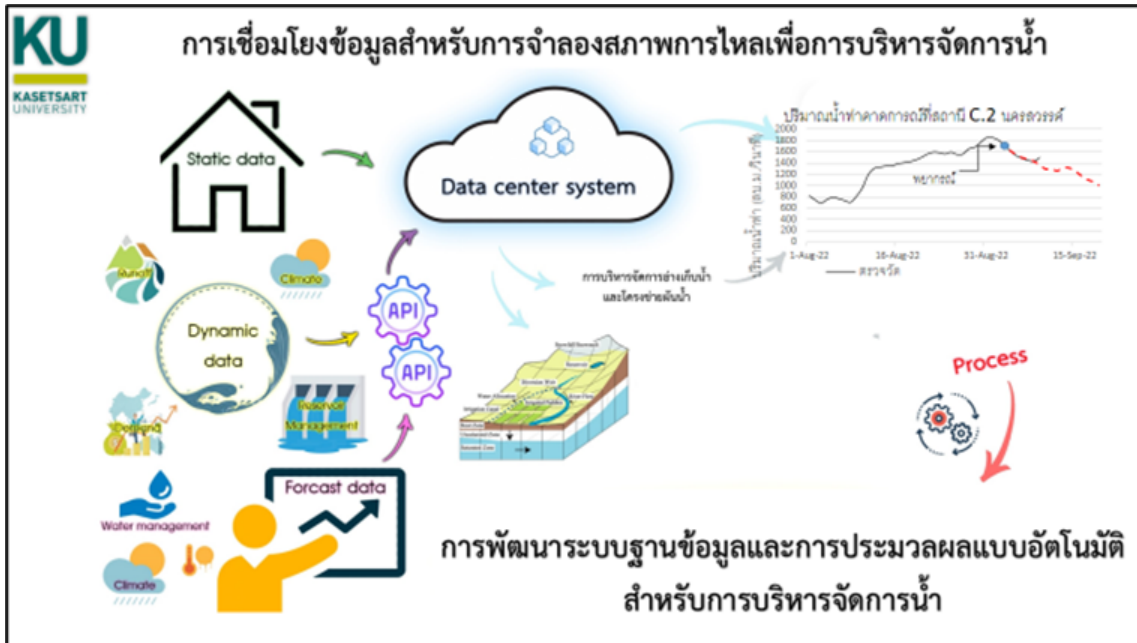
1) การออกแบบและการพัฒนาระบบฐานข้อมูลและระบบจำลองอัตโนมัติ โดยมีข้อมูลที่สำคัญในการจำลองประกอบด้วย

1. ข้อมูลปริมาณฝนและสภาพภูมิอากาศตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา
2. ข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์ล่วงหน้าจากโครงการวิจัยของ สสน.
3. ข้อมูลการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ จาก กฟผ. และกรมชลประทาน
4. ข้อมูลแผนและผลการจัดสรรน้ำรายสัปดาห์จากกรมชลประทาน

2) การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้น ณ จุดสถานีควบคุม โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองจะเป็นการดำเนินการในรูปแบบอัตโนมัติเพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์ล่วงหน้าราย 14 วัน ของ สสน. โดยมีการอัปเดตการจำลองผลในรูปแบบรายวันหรือตามที่ผู้ใช้งานกำหนด ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำท่าดังกล่าวจำเป็นต้องคำนึงถึงข้อมูลปริมาณน้ำท่าตรวจวัดข้อมูลการบริหารจัดการน้ำเช่นข้อมูลการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำและข้อมูลการจัดสรรน้ำร่วมด้วย

3) การประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อประเมินพื้นที่เพาะปลูกพืชและคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน โดยจะเป็นการดำเนินการในรูปแบบอัตโนมัติเพื่ออัปเดตข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกให้เป็นปัจจุบันรวมทั้ง จำลองสถานการณ์การจัดสรรน้ำชลประทานกรณีน้ำไม่เพียงพอด้วยแพ็คเกจปรับลดการจัดสรรน้ำ

4) การทดสอบการใช้งานระบบจำลองแบบอัตโนมัติสำหรับคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า โดยการทดสอบการใช้งานระบบจะพิจารณาจากการทำงานอย่างสม่ำเสมอของระบบจำลองอัตโนมัติ ตั้งแต่การนำเข้าข้อมูลการประมวลผล และการแสดงผล นอกจากนี้ยังประเมินความแม่นยำของการจำลองน้ำท่าโดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ร่วมกับข้อมูลตรวจวัดที่สถานีต่าง ๆ ร่วมด้วย



รูปที่ 3.1-1 กรอบการวิจัยของโครงการวิจัย

### 3.2 รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานตามแผนการดำเนินงาน

#### 3.2.1 การออกแบบระบบฐานข้อมูลและระบบจำลองอัตโนมัติ

- 1) การออกแบบโครงสร้างระบบฐานข้อมูลทั้งการนำเข้าข้อมูล การประมวลผล และการแสดงผล
- 2) พัฒนาชุดโปรแกรมสำหรับการเชื่อมโยงข้อมูลและการจัดเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูลและระบบเชื่อมโยงข้อมูลทั้งข้อมูลตรวจวัดและข้อมูลพยากรณ์จากทีมวิจัยอื่น ๆ ในแผนงานวิจัยและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

#### 3.2.2 การจัดทำฐานข้อมูลและระบบจำลองการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าและประเมินความต้องการน้ำชลประทานแบบอัตโนมัติ

- 1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องผ่านชุดโปรแกรมเชื่อมโยงข้อมูล โดยข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการจำลองปริมาณน้ำท่า ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดและพยากรณ์ ข้อมูลการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลการผันน้ำ ส่วนข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการประเมินความต้องการน้ำชลประทาน ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดและพยากรณ์ ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม และข้อมูลภูมิอากาศแบบกริด
- 2) จัดทำฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงข้อมูลนำเข้าสู่แบบจำลอง/โมดูลการคำนวณ การประมวลผลแบบอัตโนมัติ และจัดเก็บผลการจำลอง/โมดูลการคำนวณ เพื่อเชื่อมโยงสู่งานวิจัยอื่น ๆ ในแผนงานวิจัย
- 3) พัฒนาระบบแสดงผลการจำลองการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าและประเมินความต้องการน้ำชลประทาน ให้มีความเหมาะสมตามความต้องการของผู้ใช้บริการ เช่น โครงการวิจัยอื่น ๆ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

### 3.2.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่า ร่วมกับการบริหารจัดการน้ำ เพื่อจำลองปริมาณน้ำท่า ทั้งกรณีสภาพปัจจุบันและการคาดการณ์ล่วงหน้า

- 1) รวบรวมข้อมูลสภาพอากาศ รายวัน ได้แก่ ข้อมูลฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความเร็วลม ความยาวนานของแสงแดด และความชื้นสัมพัทธ์ จากกรมอุตุนิยมวิทยา
- 2) รวบรวมข้อมูลสภาพอุทกวิทยา และข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน แผนที่สภาพภูมิประเทศ และเส้นทางลำน้ำสายหลักของพื้นที่ลุ่มน้ำ
- 3) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลโครงข่ายการผันน้ำ และข้อมูลการใช้ น้ำในพื้นที่การศึกษา
- 4) สอบเทียบและทวนสอบแบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่า (Model calibration)
- 5) ดำเนินการจำลองปริมาณน้ำท่าในรูปแบบพยากรณ์ล่วงหน้าที่จุดควบคุม โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น ข้อมูลการปริมาณฝนพยากรณ์ ข้อมูลแผนการระบายน้ำ ข้อมูลแผนการจัดสรรน้ำ เป็นต้น

### 3.2.4 การประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมประเมินพื้นที่เพาะปลูกพืชและจำลองสถานการณ์การจัดสรรน้ำชลประทานกรณีน้ำไม่เพียงพอด้วยแฟคเตอร์ปรับลดการจัดสรรน้ำ

- 1) คำนวณพื้นที่เพาะปลูกพืช (Cultivated area) ด้วยโมดูลการคำนวณพื้นที่เพาะปลูกจากภาพถ่ายดาวเทียมที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยในปีที่ 2
- 2) คำนวณฝนใช้การ (Effective rainfall) จากข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดและฝนพยากรณ์
- 3) คำนวณความต้องการน้ำชลประทานจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมร่วมกับข้อมูลภูมิอากาศแบบกริด
- 4) ทบทวนและปรับปรุงอัตราส่วนน้ำชลประทานที่จัดสรร (Allocation Requirement Ratio: ARR) ต่อเนื่องจากงานวิจัยในปีที่ 2 เพื่อใช้เป็นแฟคเตอร์สำหรับปรับลดปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิกรณีที่มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอ โดยจะปรับปรุงค่า ARR ให้มีความยืดหยุ่นตามปีน้ำมาก น้ำปานกลาง น้ำน้อย
- 5) จำลองสถานการณ์การจัดสรรน้ำชลประทาน แบ่งเป็น กรณีที่มีปริมาณน้ำเพียงพอและจัดสรรน้ำให้สอดคล้องกับความต้องการน้ำชลประทานตามวิธีที่ประเมินได้ และกรณีที่มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอและจัดสรรน้ำโดยใช้ค่า ARR เป็นแฟคเตอร์ปรับลดการจัดสรรน้ำ

### 3.2.5 การทดสอบการใช้งานระบบโดยทำการประเมินความแม่นยำและความเหมาะสม

- 1) การตรวจสอบและปรับแก้ระบบการจัดการฐานข้อมูล ประกอบด้วย ความครบถ้วนและความถูกต้องของข้อมูล
- 2) ประเมินความแม่นยำของการประเมินปริมาณน้ำท่าคาดการณ์ด้วยดัชนีทางสถิติต่าง ๆ และปรับแก้แบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่า ให้มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้นตามความจำเป็น
- 3) ประเมินความเหมาะสมของดัชนี ARR ที่ใช้ในการปรับลดปริมาณความต้องการน้ำชลประทานและปรับแก้ดัชนีให้มีความสอดคล้องกับการดำเนินงานจัดสรรน้ำ

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย อภิปรายผล และวิจารณ์ผลการวิจัย

#### 4.1 การออกแบบระบบฐานข้อมูลและการพัฒนาระบบจำลองอัตโนมัติ

##### 1) การพัฒนาระบบฐานข้อมูล

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลภายใต้โครงการนั้นทางทีมผู้วิจัยได้มีกรอบแนวคิดในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลในรูปแบบของฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อจัดเก็บข้อมูลที่ได้ถูกเชื่อมโยงจากแหล่งข้อมูลต่างๆ รวมถึงจัดเก็บข้อมูลจากสถานีตรวจวัด หรือข้อมูลที่เกิดจากกระบวนการงานภายใต้โครงการวิจัย เพื่อสนับสนุนการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบประมวลผล และการนำข้อมูลไปแสดงผล ในส่วนของระบบฐานข้อมูลที่ทางทีมผู้วิจัยได้เลือกนำมาพัฒนานั้นเป็นฐานข้อมูลแบบมายเอสคิวแอล (MySQL) โดยที่มายเอสคิวแอลนั้นเป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เป็นการเก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง (Table) ในแต่ละตารางแบ่งออกเป็นแถว ๆ และในแต่ละแถวจะแบ่งเป็นคอลัมน์ (Column) ซึ่งในการเชื่อมโยงกันระหว่างข้อมูลในตารางต่าง ๆ จะเชื่อมโยงโดยใช้การอ้างอิงจากข้อมูลในคอลัมน์ที่กำหนดไว้มี Function การทำงานแบบ Relation Database Management System (RDBMS) โดยอาศัย Structured Query Language (SQL) เป็นภาษาในสื่อสาร ซึ่งระบบจัดการฐานข้อมูล มีหน้าที่เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ รองรับคำสั่ง SQL เป็นเครื่องมือสำหรับการใช้งานฐานข้อมูล ที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือโปรแกรมอื่นอย่างบูรณาการ เพื่อให้ได้ระบบงานที่รองรับตามความต้องการของผู้ใช้งาน เช่นทำงานร่วมกับเครื่องมือบริหารจัดการเว็บไซต์ (Web Server) เพื่อให้บริการแก่ภาษาสคริปต์ที่ทำงานฝั่งเครื่องบริการ (Server-Side Script) เช่น ภาษา php ภาษา asp.net หรือภาษาเจเอสพี เป็นต้น หรือทำงานร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ (Application Program) เช่น ภาษาวิซวลเบสิกดอทเน็ต ภาษาจาวา หรือภาษาซีชาร์ป เป็นต้น โปรแกรมถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย และเป็นระบบฐานข้อมูลโอเพนซอร์ซ (Open Source) ที่ถูกนำไปใช้งานมากที่สุด MySQL จัดเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (RDBMS : Relational Database Management System) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน และยังใช้ API ในระบบ Google Sheet API เพื่อนำเข้าและแสดงผลข้อมูลใน Google Sheet ซึ่งมีรูปแบบเดียวกับ Excel ที่ถูกเก็บไว้ใน Google Drive แสดงความคิดรวบยอดในการเชื่อมโยงข้อมูลโดยใช้ Google Sheet API ดังรูปที่ 4.1-1



รูปที่ 4.1-1 ความคิดรวบยอดในการใช้งาน Google Sheet API

## 2) การเชื่อมโยงข้อมูล

การพัฒนาซอฟต์แวร์ภายใต้โครงการนี้ ได้มีการวางกรอบแนวคิดการออกแบบและการวางโครงสร้างของซอฟต์แวร์เพื่อให้สามารถนำเซอร์วิสในส่วนต่างๆ ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเป็นองค์ประกอบของซอฟต์แวร์หรือเว็บเซอร์วิสเพื่อตอบสนองความต้องการได้อย่างยืดหยุ่น รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แล้วการพัฒนาช่องทางการเชื่อมโยงแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เกิดขึ้นภายใต้โครงการนั้น ทางทีมผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นด้วยเทคโนโลยีแบบเว็บเซอร์วิส ซึ่งเป็นระบบซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย ในการเชื่อมโยงข้อมูลนั้นจะใช้วิธีการที่เรียกว่า API

การเชื่อมโยงข้อมูลด้วยระบบ API และการพัฒนาฐานข้อมูลภายใต้โครงการนั้น ทางทีมผู้วิจัยได้มีการออกแบบคิดในการศึกษาถึงชุดข้อมูลที่มีความจำเป็นจะต้องใช้งานในส่วนของการดำเนินการวิจัยภายใต้โครงการ เพื่อทำการสรุปรายชุดข้อมูล จากนั้นได้ศึกษาถึงแหล่งที่จำเป็นจะต้องได้มาซึ่งชุดข้อมูล เพื่อหาแนวทางการเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลนั้นๆ ซึ่งแต่ละแหล่งข้อมูลก็มีรูปแบบของชุดข้อมูล รูปแบบของการเชื่อมโยงข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป เมื่อได้แนวทางของชุดข้อมูลที่ต้องการเชื่อมโยง แนวทางการเชื่อมโยงข้อมูลแล้วนั้นทางทีมผู้พัฒนาได้มีแนวคิดในการออกแบบระบบฐานข้อมูลเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้มีการเชื่อมโยงเข้ามาอยู่ภายใต้โครงการวิจัย ซึ่งแนวทางในการพัฒนาฐานข้อมูลนั้นฐานข้อมูลจะต้องสามารถนำมาใช้งานในส่วนของการวิเคราะห์ประมวลผล และแสดงผล รวมถึงการให้บริการข้อมูลภายใต้โครงการได้

ทางทีมผู้วิจัยได้มีการรวบรวมศึกษาความต้องการที่จะใช้งานชุดข้อมูล เพื่อกำหนดชุดข้อมูลที่ต้องการ จากนั้นทำการหาว่าชุดข้อมูลที่ต้องการนั้นจะต้องเชื่อมโยงชุดข้อมูลเหล่านั้นมาจากที่ใดด้วยวิธีการใด เมื่อมีการกำหนดชุดข้อมูล และทราบถึงแหล่งเชื่อมโยงข้อมูลแล้วนั้น ทางทีมผู้วิจัยได้มีการพัฒนาระบบการเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผลจนได้ผลลัพธ์ตามที่กำหนด แต่ละแหล่งข้อมูลจะมีการพัฒนาชุดโปรแกรมสำหรับการเชื่อมโยงข้อมูล ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมโยงที่ต่างกัน เช่น REST API, RESTful API, MySQL Database เป็นต้น แต่ละข้อมูลจะถูกนำมาประมวลผลร่วมกัน และจัดเก็บเข้าสู่ฐานข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นชุดข้อมูลสำหรับการวิจัย โดยมีรายการของข้อมูลและแหล่งที่มาแสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 รายการข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่น่าเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล

ข้อมูล	หน่วยงานเจ้าของข้อมูล	ลักษณะข้อมูลและการใช้งาน
<b>ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ</b> 1.1 ข้อมูลตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ 1.2 ข้อมูลฝนตรวจวัด 1.3 ข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน	กรมอุตุนิยมวิทยา  สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ  โครงการพยากรณ์ฝน โดย สสน.	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศ เป็นข้อมูลตรวจวัดภูมิอากาศรายวัน จำนวน 34 สถานี ข้อมูลฝนตรวจวัดเชิงพื้นที่รายวันจากโทรมาตรในคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ แสดงผลเป็นลักษณะเชิงพื้นที่ ข้อมูลฝนพยากรณ์ล่วงหน้าระยะสั้น จำนวน 14 วัน แสดงผลเป็นลักษณะเชิงพื้นที่
<b>ข้อมูลอุทกวิทยาและการบริหารจัดการน้ำ</b> 2.1 ข้อมูลน้ำท่า 2.2 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ 2.3 ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ	กรมชลประทาน  การไฟฟ้าฝ่ายผลิตและกรมชลประทาน  กรมชลประทาน	ข้อมูลน้ำท่ารายวัน ประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำ ที่สถานีตรวจวัดน้ำท่า จำนวน 137 สถานี ข้อมูลปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำรายวัน ได้แก่ ข้อมูลปริมาตรน้ำ ข้อมูลปริมาตรน้ำไหลเข้า และข้อมูลปริมาตรน้ำไหลออก ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ ประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำด้านเหนือ-ท้ายน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำ จำนวน 42 ประตู
<b>ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม</b> 3.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MODIS/Terra 3.2 ข้อมูลการคายระเหยน้ำจริง (Actual ET)	กรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS)  เครือข่ายระบบเตือนภัยภาวะการขาดแคลนล่วงหน้า (FEWS NET)	ข้อมูล MOD09A1 Surface Reflectance ภาพผสมราย 8 วัน  ข้อมูลการคายระเหยน้ำจริง (Actual ET) จากแบบจำลอง SSEBop v6 ราย 10 วัน



โดยข้อมูลที่ได้รับจากหน่วยงานผู้ให้บริการด้วยระบบ API มีรูปแบบเป็นไฟล์ประเภท JSON ประกอบด้วย ข้อมูลอุตุวิทยามหวิทยา, ข้อมูลปริมาณน้ำท่า, ข้อมูลประทุระบายน้ำ, และข้อมูลอ่างเก็บน้ำ โดยแสดงตัวอย่างของไฟล์ประเภท JSON ดังต่อไปนี้

### (1) ตัวอย่างของ JSON สำหรับแสดงผลข้อมูลอุตุวิทยามหวิทยา

```
{
  "WmoStationNumber": "48307",
  "StationNameThai": "ทุ่งช้าง",
  "StationNameEnglish": "THUNGCHANG",
  "Province": "น่าน",
  "Latitude": "19.41194",
  "Longitude": "100.88353",
  "Observation": {
    "@attributes": {
      "type": "ObservationToday"
    },
    "DateTime": "2023-07-13 07:00",
    "MeanSeaLevelPressure": "1009.34",
    "Temperature": "24.0",
    "MaxTemperature": "31.0",
    "DifferentFromMaxTemperature": "-2.1",
    "MinTemperature": "23.1",
    "DifferentFromMinTemperature": "-0.7",
    "RelativeHumidity": "99",
    "WindDirection": "000",
    "WindSpeed": "0",
    "Rainfall": "56.40"
  }
}
```

### (2) ตัวอย่างของ JSON สำหรับแสดงผลการตรวจวัดน้ำท่า

```
[
  {
    'stationid': 315,
    'stationcode': 'C.2',
    'hourlytime': '2021-01-01T12:00:00.000Z',
    'hourlytimeUTC': '2021-01-01T12:00:00.0000000Z',
    'qavvalues': Non,
    'qvalues': 158,
    'wlvalues': 16.93,
    'wlvaluesabove': None
  }
]
```

]

### (3) ตัวอย่างของ JSON สำหรับแสดงผลข้อมูลอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่

{

```
'dam_id': '200101',
'dam_name': 'เขื่อนภูมิพล',
'dam_region': 'เหนือ',
'dam_coordinates': {
    'lat': 17.247,
    'lng': 98.971
},
'dam_data': [
    {
        'DAM_ID': '200101',
        'DATE_curr': '2023-06-01',
        'DAM_Name': 'เขื่อนภูมิพล',
        'DAM_Region': 'เหนือ',
        'DAM_QMax': '13462.00',
        'DAM_QStore': '13462.00',
        'DAM_QUsage': '9662.00',
        'DUL_Useless': '3800.00',
        'DMD_ULevel_curr': '237.24',
        'DMD_Q_curr': '0.00',
        'DMD_Inflow_curr': '0.00',
        'DMD_Outflow_curr': '30.04',
        'VAL_DMD_Q_curr': '3623.00',
        'DMD_QUse_curr': '7423.00',
        'PERCENT_DMD_QUse_curr': '55.14',
        'PERCENT_QStore_curr': '0.00',
        'DMD_ULevel_prev': '0.00',
        'DMD_Q_prev': '0.00',
        'DMD_Inflow_prev': '16.89',
        'DMD_Outflow_prev': '3.09',
        'VAL_DMD_Q_prev': '2305.00',
        'DMD_QUse_prev': '6105.00',
        'PERCENT_DMD_QUse_prev': '45.35',
        'PERCENT_QStore_prev': '0.00'
    }
],
'max': {
    'max_DMD_ULevel_curr': '237.24',
    'max_DMD_QUse_curr': '7423.00',
    'max_PERCENT_DMD_QUse_curr': '55.14',
    'max_DMD_Inflow_curr': '0.00',
```

```

        'max_DMD_Outflow_curr': '30.04',
        'max_VAL_DMD_Q_curr': '3623.00',
        'max_DMD_ULevel_prev': '0.00',
        'max_DMD_QUse_prev': '6105.00',
        'max_PERCENT_DMD_QUse_prev': '45.35',
        'max_DMD_Inflow_prev': '16.89',
        'max_DMD_Outflow_prev': '3.09',
        'max_VAL_DMD_Q_prev': '2305.00',
        'max_DAM_QStore': '13462.00',
        'max_DUL_Useless': '3800.00'
    },
    'min': {
        'min_DMD_ULevel_curr': '237.24',
        'min_DMD_QUse_curr': '7423.00',
        'min_PERCENT_DMD_QUse_curr': '55.14',
        'min_DMD_Inflow_curr': '0.00',
        'min_DMD_Outflow_curr': '30.04',
        'min_VAL_DMD_Q_curr': '3623.00',
        'min_DMD_ULevel_prev': '0.00',
        'min_DMD_QUse_prev': '6105.00',
        'min_PERCENT_DMD_QUse_prev': '45.35',
        'min_DMD_Inflow_prev': '16.89',
        'min_DMD_Outflow_prev': '3.09',
        'min_VAL_DMD_Q_prev': '2305.00',
        'min_DAM_QStore': '13462.00',
        'min_DUL_Useless': '3800.00'
    }
}

```

#### (4) ตัวอย่างของ JSON สำหรับแสดงผลการตรวจปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ

```

{
  '1776':
    {
      'ib_id': '1776',
      'quantity': '0.00',
      'wlup': '0.00',
      'wldwn': '0.00',
      'qmax': None,
      'name': 'ปตร.ทกบาท'
    }
}

```

การพัฒนากระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลนั้นทางทีมผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนากระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อ การบริการข้อมูล โดยระบบการเชื่อมโยงแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อการบริการข้อมูลนั้นถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบ RESTful Web Service (RWS) ซึ่งเป็นการสร้าง Web Service ที่ใช้สถาปัตยกรรม Rest (Representational state transfer) โดยให้ผู้ใช้งานส่งคำร้องขอข้อมูล (Request) และเข้าถึงข้อมูล (Resource) ในระบบเชื่อมโยง ข้อมูลโดยใช้ชุดคำสั่งที่กำหนดเอาไว้ล่วงหน้า เช่น /sideflow คือคำสั่งค้นหาฐานข้อมูลน้ำท่าทั้งหมดรวมถึง คาดการณ์ล่วงหน้า 14 วัน /predrainfall คือคำสั่งค้นหาฐานข้อมูลน้ำฝนจากการพยากรณ์ เป็นต้น โดยที่การ โต้ตอบของระบบที่ใช้ RESTful API จะทำงานบนพื้นฐานของ Hypertext Transfer Protocol (HTTP). โดย เมื่อผู้ใช้งานส่งคำร้องขอข้อมูลไปยัง URI ที่กำหนด จากนั้นระบบจะส่งผลลัพธ์ในรูปแบบ HTML, XML, JSON หรือ format อื่นๆ ตามความเหมาะสม นอกจากนี้ระบบ RESTful API ยังมีประสิทธิภาพในการทำงาน และมี เสถียรภาพสูงอีกทั้งยังง่ายต่อการปรับขยายหรือเพิ่มชุดคำสั่งต่าง ๆ โดยแสดงซึ่งผลจากการดำเนินงานนั้นทาง ทีมผู้วิจัยได้พัฒนาระบบเชื่อมโยงแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อการบริการข้อมูลประกอบด้วยชุดข้อมูลดังต่อไปนี้

#### ○ ข้อมูลน้ำท่าทั้งหมดรวมถึงคาดการณ์ล่วงหน้า 14 วัน

**GET rooturl/sideflow**

1.1.1 Headers  
Response Headers:

- Content-Type: application/json

1.1.2 Parameters  
ไม่มี

**GET rooturl/sideflow/search**

1.2.1 Headers  
Response Headers:

- Content-Type: application/json

1.2.2 Parameters

Name	Type	Example	Description
station	string	W.4A	จะรับค่าเป็นตัวย่อของแต่ละสถานีวัด Sideflow ดังนี้ W.4A Y.17 N.22A CT.2A
startdate	string	2023-01-01	จะรับค่าเป็นวันที่
enddate	string	2023-01-31	จะรับค่าเป็นวันที่

#### ○ ข้อมูลฝนพยากรณ์เหนือเขื่อน

**GET rooturl/predrainfall**

2.1.1 Headers  
Response Headers:

- Content-Type: application/json

2.1.2 Parameters  
ไม่มี

**GET rooturl/predrainfall/search**

2.2.1 Headers

Response Headers:

- Content-Type: application/json

2.2.2 Parameters

Name	Type	Example	Description
dam	string	BB	จะรับค่าเป็นตัวย่อของแต่ละเขื่อนดังนี้ BB = เขื่อนภูมิพล SK = เขื่อนสิริกิติ์ KNB = เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน PS = เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์
startdate	string	2023-01-01	จะรับค่าเป็นวันที่
enddate	string	2023-01-31	จะรับค่าเป็นวันที่

○ ข้อมูลความต้องการน้ำ 3 Scenarios

Scenario	Agricultural Water Demand	Non-Agricultural Water Demand
S1. Water Allocation Plan (Planned Demand)	RID Plan 2023	RID Plan 2023
S2. Recommended NIR	Recommended NIR (ตร.ชูพันธ์) (แยกตามโซนการจัดส่งน้ำ)	RID Plan 2023
S3. Maximum NIR	Maximum NIR (ตร.ชูพันธ์) (แยกตามโซนการจัดส่งน้ำ)	RID Plan 2023

**GET rooturl/demand**

3.1.1.1 Headers

Response Headers:

- Content-Type: application/json

3.1.1.2 Parameters

ไม่มี

**GET rooturl/demand/search**

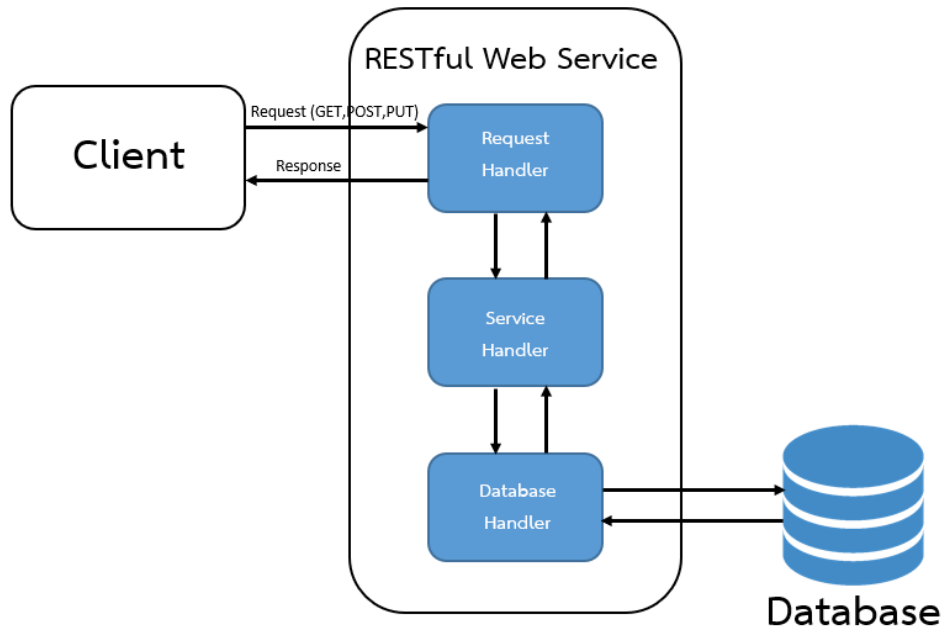
3.1.2.1 Headers

Response Headers:

- Content-Type: application/json

3.1.2.2 Parameters

Name	Type	Example	Description
scenario	string	MaxNIR	จะรับค่าเป็นสถานการณ์ต่าง ๆ ของการกำหนดความต้องการน้ำโดยมีค่าดังนี้
			Planned Demand MaxNIR RecNIR
startdate	string	2023-01-01	จะรับค่าเป็นวันที่
enddate	string	2023-01-31	จะรับค่าเป็นวันที่

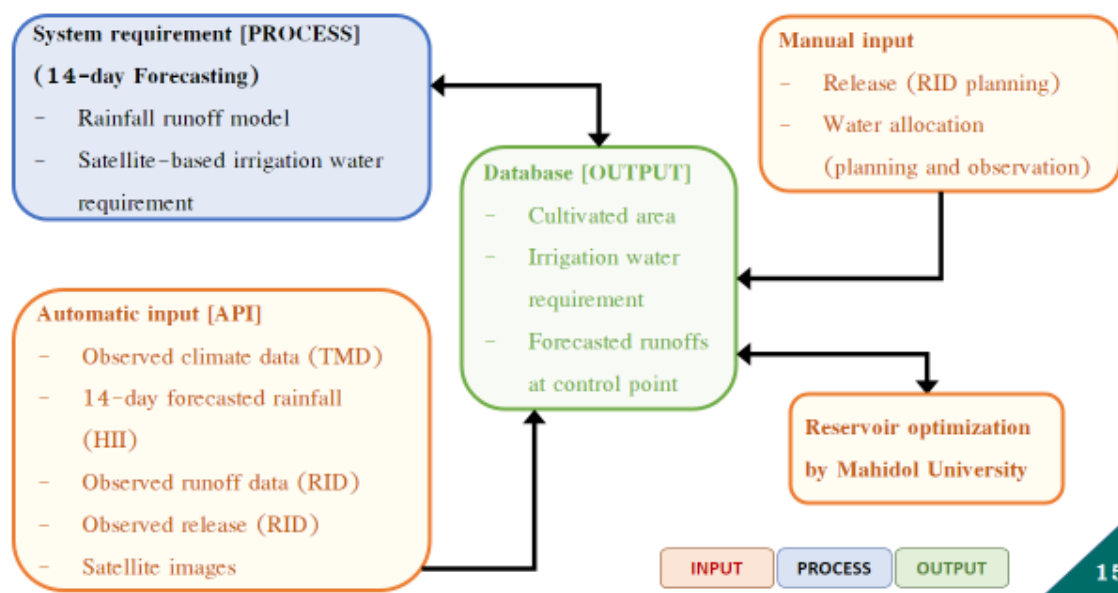


รูปที่ 4.1-2 แผนผังการทำงานของ RESTful Web Service

### 3) การออกแบบระบบจำลองปริมาณอัตโนมัติ

ระบบการจำลองอัตโนมัติมีความเชื่อมโยงของการนำเข้าข้อมูล กระบวนการจำลอง และการแสดงผลของการจำลอง แสดงดังรูปที่ 4.1-3 โดยข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลในฐานะข้อมูลซึ่งดำเนินการดาวน์โหลดผ่านระบบ API ในคาบความถี่รายวัน ประกอบด้วย 1. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 2. ข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน 3. ข้อมูลการระบายน้ำตรวจวัด 4. ข้อมูลแผนการระบายน้ำ และ 4. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยกระบวนการจำลองสามารถจำแนกได้เป็น 2 กระบวนการคือ 1. ระบบการจำลองการคาดการณ์น้ำท่าอัตโนมัติ และ 2. กระบวนการประเมินปริมาณความต้องการน้ำพืชในพื้นที่ชลประทานจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งผลลัพธ์จากกระบวนการจำลองการคาดการณ์น้ำท่าอัตโนมัติคือปริมาณน้ำท่าคาดการณ์ล่วงหน้า 14 วันที่สถานีควบคุม และผลลัพธ์จากกระบวนการแปลภาพถ่ายประกอบด้วย จำนวนพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน โดยผลลัพธ์ดังกล่าวจะถูกบันทึกในฐานะข้อมูล และส่งต่อให้สู่วิธีการจัดการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ (ม.มหิดล)

นอกจากนี้ เพื่อเป็นการสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ระบบการจำลองอัตโนมัติยังถูกออกแบบให้สามารถดำเนินการจำลองผ่านการใส่ค่าข้อมูลนำเข้าโดยเจ้าหน้าที่ได้อีกด้วย ซึ่งข้อมูลที่เจ้าหน้าที่สามารถป้อนข้อมูลเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำได้แก่ ข้อมูลการระบายน้ำและข้อมูลปริมาณน้ำผันผ่านประตูระบายน้ำ



รูปที่ 4.1-3 การเชื่อมโยงระบบจำลองอัตโนมัติ

### 4) การออกแบบและพัฒนาระบบแสดงผล

การพัฒนาระบบแสดงผลดำเนินการให้เป็นไปในลักษณะของระบบศูนย์กลางข้อมูล (Dashboard) ถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน แบบ Responsive Web Design ซึ่งจะมีการปรับเปลี่ยนขนาดของเว็บไซต์ให้เหมาะสมกับการแสดงผลบนหน้าจอขนาดต่างๆ และความละเอียดของหน้าจอในอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ระบบที่พัฒนาขึ้นนั้นจะติดตั้งอยู่บนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ สามารถเข้าถึงได้ผ่าน

ช่องทางออนไลน์ด้วย Web Browser เพื่อแสดงผลข้อมูล หรือกล่าวได้ว่าแสดงชุดข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ภายใต้โครงการ และชุดข้อมูลที่ถูกวิเคราะห์และจัดแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของวิวแสดงผลข้อมูล อีกทั้งยังเป็นส่วนของการแสดงปุ่มสำหรับการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของระบบ อาทิเช่น การเรียกดูข้อมูล การค้นหาข้อมูล การส่งออกข้อมูล แสดงภาพรวมของการทำงานในส่วนของการแสดงผลข้อมูลได้ดังรูปที่ 4.1-4

นอกจากนี้ระบบการแสดงผลยังดำเนินการในรูปแบบของตารางด้วย ซึ่งการแสดงผลในรูปแบบของตารางดำเนินการใน Google sheet ผ่าน ระบบ Google sheet API ซึ่งเป็นระบบที่มีความใกล้เคียงกับโปรแกรม Excel ทำให้ผู้ใช้งานทำความเข้าใจได้ง่าย เกิดความสะดวกในการใช้งาน อีกทั้งระบบยังมีการควบคุมความปลอดภัยจากการกำหนดบัญชีที่ได้รับอนุญาตในการเข้าถึงข้อมูลด้วย

จากการออกแบบนั้นทางทีมผู้วิจัยได้ดำเนินงานในการพัฒนาระบบการแสดงผล โดยการพัฒนาระบบการแสดงผลในรูปแบบแดชบอร์ด (Dashboard) ซึ่ง แดชบอร์ดนั้นเป็นเครื่องมือทางด้านการวิเคราะห์ข้อมูลหรือการแสดงผลข้อมูลในภาพรวมที่ช่วยให้ผู้ใช้งานนั้นสามารถเข้าใจและติดตามข้อมูลได้ง่ายขึ้น โดยทั่วไปแล้ว dashboard จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้

- ข้อมูลสำคัญ (Key Data Points) ข้อมูลสำคัญเป็นข้อมูลหลักที่สะท้อนถึงสถานะปัจจุบันหรือผลลัพธ์ที่สำคัญในเรื่องที่ต้องการติดตาม หรือเรื่องที่สนใจในชุดข้อมูลชุดนั้น ๆ
- กราฟและแผนภูมิ เป็นส่วนที่จัดทำขึ้นเพื่อแสดงผลในรูปแบบภาพ เช่น แผนภูมิแท่งแผนภูมิวงกลม กราฟเส้น กราฟอื่น ๆ เป็นต้น เพื่อช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว
- การแสดงผลแบบเรียลไทม์ (Real-time Data Visualization) ในการแสดงผลข้อมูลแบบ dashboard นั้นหากทำให้แดชบอร์ดมีความสามารถในการแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ได้ ก็จะช่วยช่วยให้ผู้ใช้ติดตามสถานะล่าสุดได้อย่างต่อเนื่อง
- การกรองและการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Filtering and Analysis) การกรองและการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นคุณสมบัติที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถกรองข้อมูลตามเงื่อนไขต่าง ๆ หรือทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ตามความต้องการ โดยสามารถเลือกให้แดชบอร์ดนั้น ๆ แสดงผลในกลุ่มข้อมูลที่ผู้ใช้งานสนใจโดยเฉพาะได้
- การปรับแต่งและการเข้าถึงข้อมูล (Customization and Accessibility) การปรับแต่งและการเข้าถึงข้อมูล เป็นส่วนที่ช่วยในการปรับแต่ง dashboard ให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้ รวมถึงการเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ

แดชบอร์ดที่ถูกพัฒนาขึ้นจะประกอบด้วยวิวของข้อมูล (Data View) ซึ่งเป็นมุมมองของข้อมูลที่จัดรูปแบบมาอย่างเฉพาะเจาะจงในเนื้อหาของข้อมูลที่ต้องการแสดงผลข้อมูล เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ หรือการตีความหมายในชุดข้อมูลนั้น ๆ เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิวข้อมูลนั้นจะมีส่วนประกอบหลักดังนี้

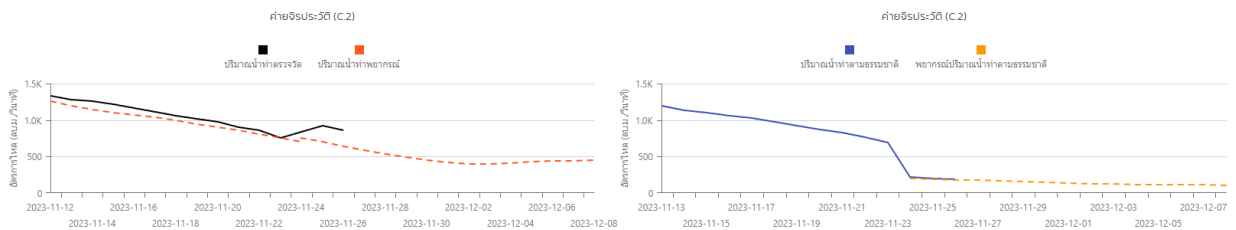
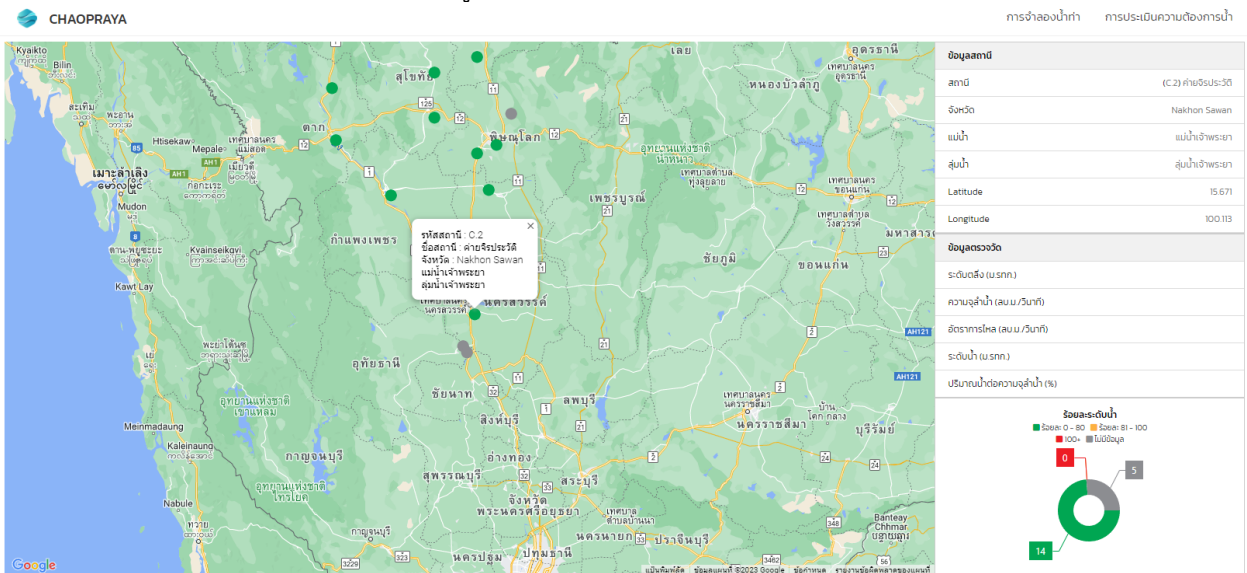
- การแสดงผลข้อมูล วิวของข้อมูลนั้นเป็นการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือแดชบอร์ด
- การจัดการข้อมูล วิวของข้อมูลนั้นสามารถใช้เพื่อการจัดการหรือการกรองข้อมูล เพื่อแสดงเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องหรือส่วนที่ผู้ใช้งานสนใจในการจินตภาพข้อมูล
- การแปลงข้อมูล การจัดทำวิวของข้อมูลนั้น ข้อมูลอาจถูกแปลงจากรูปแบบดิบ (raw data) ไปเป็นรูปแบบที่มีความหมายและสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น
- การเข้าถึงข้อมูล วิวของข้อมูลช่วยให้ผู้ใช้งานข้อมูลสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและเร็วขึ้น โดยไม่ต้องมีการสืบค้นหรือจัดการข้อมูลที่ซับซ้อน



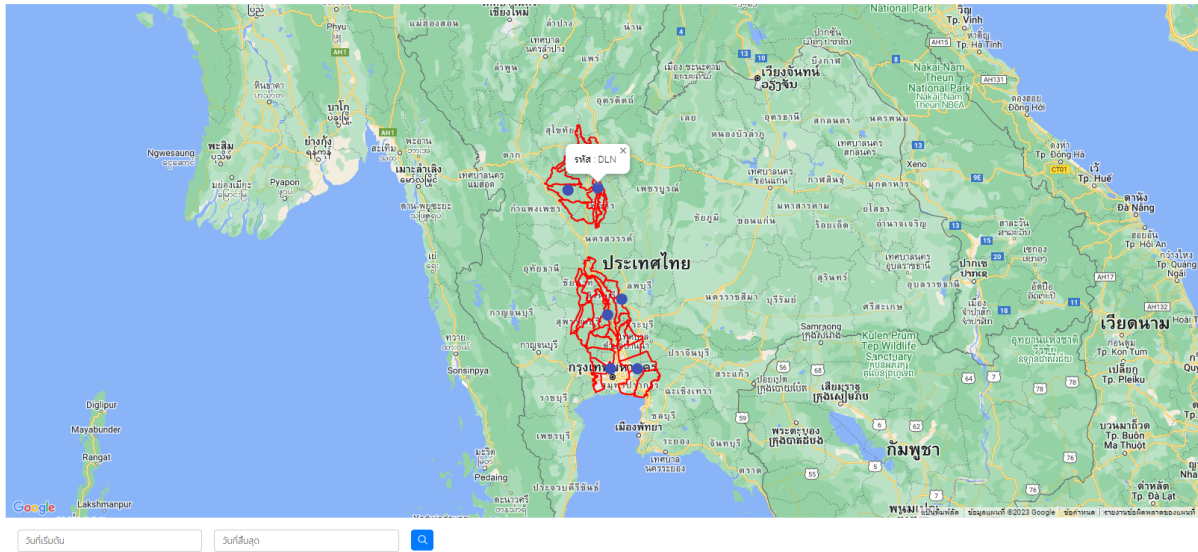
ดังนั้นวิวของข้อมูลจึงเป็นสิ่งสำคัญในการนำเสนอข้อมูล เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลหรือเพื่อการนำข้อมูลไปใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้นั้นสามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพในการตัดสินใจ

จากการดำเนินงานได้มีการพัฒนาระบบการแสดงผลข้อมูลโดยแบ่งเป็นกลุ่มของข้อมูลที่สนใจ ประกอบด้วย การจำลองน้ำท่า และการประเมินความต้องการน้ำ โดยแต่ละแดชบอร์ดนั้นก็ประกอบไปด้วยวิวของข้อมูลที่นำเสนอข้อมูลสำหรับแดชบอร์ดนั้น โดยแสดงได้ดังนี้

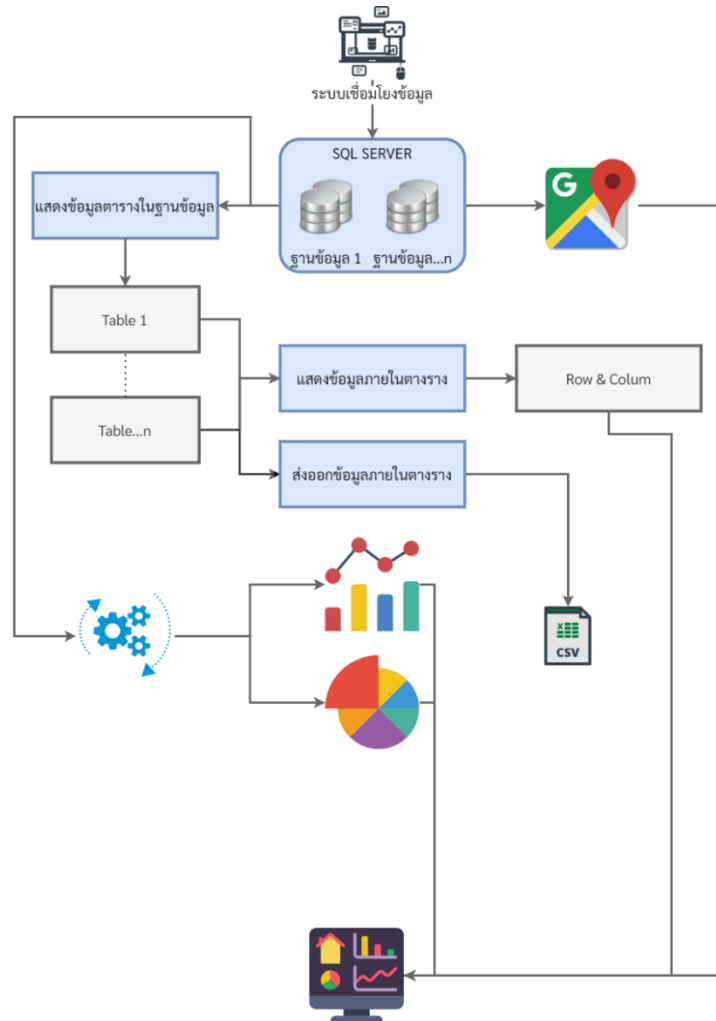
- แดชบอร์ดสำหรับแสดงข้อมูลน้ำท่า
  - วิวแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ (แผนที่)
  - วิวแสดงข้อมูลสถานี
  - วิวแสดงข้อมูลตรวจวัด
  - วิวแสดงข้อมูลกราฟปริมาณน้ำท่าตรวจวัด และปริมาณน้ำท่าพยากรณ์
  - วิวแสดงข้อมูลปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติ และพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติ
- แดชบอร์ดสำหรับแสดงข้อมูลการประเมินความต้องการน้ำ
  - วิวแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ (แผนที่)
  - วิวแสดงข้อมูลกราฟ



รูปที่ 4.1-4 ภาพจากแดชบอร์ดแสดงข้อมูลน้ำท่า



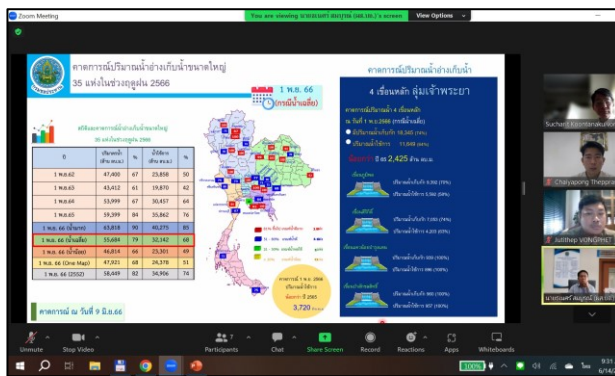
รูปที่ 4.1-4 ภาพจากแดชบอร์ดแสดงข้อมูลการประเมินความต้องการน้ำ



รูปที่ 4.1-5 ภาพรวมของการทำงานในส่วนของการแสดงผลข้อมูล

### 5) การถ่ายทอดระบบการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าอัตโนมัติให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ระบบการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าอัตโนมัติ ระบบฐานข้อมูลและการเชื่อมโยงข้อมูลรวมถึงระบบแสดงผลได้ถูกถ่ายทอดให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงได้แก่ กรมชลประทาน เพื่อรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อการพัฒนาระบบ รวมถึงเสนอแนวทางการใช้งาน เพื่อให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของกรมชลประทานสามารถใช้งานระบบเพื่อการบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้มีการประชุมร่วมกันทั้งในรูปแบบออนไลน์และออนไซต์ เมื่อวันที่ 22 มิถุนายน 2566 และวันที่ 23 พฤศจิกายน 2566 ณ กรมชลประทาน นอกจากนี้ยังร่วมแถลงข่าวผลการวิจัยในหัวข้อ การจัดการน้ำภายใต้ปรากฏการณ์เอลนีโญ 2566-2570 ณ ห้องประชุม 1 สกสว. รูปที่ 4.1-6 แสดงการถ่ายทอดองค์ความรู้และระบบคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าอัตโนมัติ



รูปที่ 4.1-6 การถ่ายทอดผลการวิจัยให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

## 4.2 การจัดทำฐานข้อมูลและระบบจำลองการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าและประเมินความต้องการน้ำชลประทาน

### 4.2.1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องผ่านชุดโปรแกรมเชื่อมโยงข้อมูล

#### 1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลภูมิอากาศตรวจวัดรายวันที่รวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด, อุณหภูมิต่ำสุด, อุณหภูมิเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์, ความเร็วลม และปริมาณฝน จำนวน 34 สถานีดังตารางที่ 4.2-1 โดยเริ่มเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2564 จนถึงปัจจุบัน แสดงตัวอย่างผลการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศตรวจวัดซึ่งมีรูปแบบเป็น Google Sheet ดังรูปที่ 4.2-1

ตารางที่ 4.2-1 รายชื่อสถานีอุตุนิยมวิทยาเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติ API

ลำดับที่	Station Code	Station Name Th	Station Name Eng	Province	Latitude	Longitude
1	48327	เชียงใหม่	CHIANG MAI	เชียงใหม่	18.771	98.973
2	48374	หล่มสัก	LOM SAK	เพชรบูรณ์	16.774	101.249
3	48379	เพชรบูรณ์	PHETCHABUN	เพชรบูรณ์	16.433	101.150
4	48413	วิเชียรบุรี	WICHIAN BURI	เพชรบูรณ์	15.657	101.108
5	48330	แพร่	PHRAE	แพร่	18.167	100.167
6	48453	กรุงเทพฯ บางนา สกษ.	BANG NA AGROMET.	กรุงเทพมหานคร	13.666	100.606
7	48380	กำแพงเพชร	KAMPHAENG PHET	กำแพงเพชร	16.487	99.527
8	48402	ชัยนาท สกษ.	CHAINAT AGROMET.	ชัยนาท	15.150	100.183
9	48376	ตาก	TAK	ตาก	16.878	99.143
10	48377	เขื่อนภูมิพล	BHUMIBOL DAM	ตาก	17.244	99.003
11	48451	นครปฐม	NAKHONPATHOM	นครปฐม	14.012	99.970
12	48435	ปากช่อง สกษ.	PAKCHONG AGROMET.	นครราชสีมา	14.644	101.332
13	48400	นครสวรรค์	NAKHON SAWAN	นครสวรรค์	15.672	100.132
14	48401	ตากฟ้า สกษ.	TAKFA AGROMET.	นครสวรรค์	15.349	100.530
15	48307	ทุ่งช้าง	THUNG CHANG	น่าน	19.412	100.884
16	48315	ท่าวังผา	THA WANGPHA	น่าน	19.111	100.803
17	48333	น่าน สกษ.	NAN AGROMET.	น่าน	18.867	100.750
18	48419	ปทุมธานี สกษ.	PATHUMTHANI	ปทุมธานี	14.100	100.617
19	48415	พระนครศรีอยุธยา	AYUTTHAYA	พระนครศรีอยุธยา	14.535	100.725
20	48386	พิจิตร สกษ.	PICHIT AGROMET.	พิจิตร	16.339	100.367
21	48378	พิษณุโลก	PHITSANULOK	พิษณุโลก	16.795	100.279
22	48418	บัวชุม	BUA CHUM	ลพบุรี	15.267	101.187
23	48426	ลพบุรี	LOP BURI	ลพบุรี	14.800	100.628
24	48324	เถิน	THOEN	ลำปาง	17.637	99.245
25	48328	ลำปาง	LAMPANG	ลำปาง	18.283	99.517
26	48334	ลำปาง สกษ.	LAMPANG AGROMET.	ลำปาง	18.317	99.283
27	48329	ลำพูน	LAMPHUN	ลำพูน	18.567	99.033
28	48420	สมุทรปราการ สกษ.	Samut Prakarn	สมุทรปราการ	13.517	100.762
29	48429	สนามบินสุวรรณภูมิ	SUARNABHUMI AIRPORT	สมุทรปราการ	13.686	100.768

ลำดับที่	Station Code	Station Name Th	Station Name Eng	Province	Latitude	Longitude
30	48372	สุโขทัย	SUKHOTHAI*	สุโขทัย	17.106	99.800
31	48373	ศรีสำโรง สกษ.	SI SAMRONG AGROMET.	สุโขทัย	17.161	99.862
32	48425	สุพรรณบุรี	SUPHAN BURI	สุพรรณบุรี	14.474	100.139
33	48427	อุทอง สกษ.	U THONG AGROMET.	สุพรรณบุรี	14.304	99.865
34	48351	อุตรดิตถ์	UTTARADIT	อุตรดิตถ์	17.617	100.100

	A	B	C	D	E	F	G
1	Station Number	48307					
2	Station Name Th	ทุ่งช้าง					
3	Station Name Eng	THUNG CHANG					
4	Province	น่าน					
5	Latitude	19.41194444					
6	Longitude	100.8835278					
7	Date	MaxTemp(celcius)	MinTemp(celcius)	AverageTemp(celcius)	Humidity(%)	Windspeed(km/h)	Rainfall(mm)
892	6/4/2023	35.78	25.00	30.11	74.70	0.00	0.00
893	6/5/2023	35.50	23.78	27.28	75.20	0.00	3.30
894	6/6/2023	30.22	23.00	25.61	76.30	0.00	31.50
895	6/7/2023	30.50	23.50	27.06	77.20	0.00	4.06
896	6/8/2023	32.50	24.50	27.17	76.30	0.00	8.89
897	6/9/2023	34.00	23.78	27.50	74.30	0.00	0.00
898	6/10/2023	32.00	23.72	26.33	73.20	0.00	0.00
899	6/11/2023	35.00	23.72	28.11	73.90	0.00	0.00
900	6/12/2023	32.50	24.00	27.72	75.50	0.41	
901	6/13/2023	32.00	24.00	27.22	76.00	0.00	9.65
902	6/14/2023	31.50	24.50	27.00	74.50	0.00	9.40
903	6/15/2023	31.39	23.00	26.44	75.20	0.00	33.78
904	6/16/2023	34.00	23.00	28.44	75.50	0.00	0.00
905	6/17/2023	34.50	23.00	26.94	74.80	0.00	4.83
906	6/18/2023	33.50	23.00	28.44	73.70	0.00	0.00
907	6/19/2023	35.00	24.50	27.83	74.40	0.00	1.02
908	6/20/2023	32.50	24.00	27.89	74.30	0.00	0.00
909	6/21/2023	33.22	24.39	27.56	75.00	0.26	0.76
910	6/22/2023	32.78	23.50	28.17	74.50	0.00	0.25
911	6/23/2023	34.89	24.39	28.72	74.20	0.00	0.00
912	6/24/2023	33.22	23.89	27.72	75.20	0.00	8.89
913	6/25/2023	30.00	23.00	25.50	75.40	0.00	28.19
914	6/26/2023	31.28	24.00	26.50	75.90	0.00	1.27
915	6/27/2023	30.28	23.39	26.56	74.20	0.00	40.89
916	6/28/2023	29.78	24.61	26.61	73.80	0.00	0.00
917	6/29/2023	35.00	24.00	28.22	73.70	0.00	0.25
918	6/30/2023	35.00	23.89	27.00	74.60	0.00	21.84
919	7/1/2023	33.72	23.50	27.11	75.10	0.00	16.26
920	7/2/2023	32.50	24.00	27.83	76.30	0.00	0.00
921	7/3/2023	31.39	24.50	27.17	76.60	0.00	5.08
922	7/4/2023	30.00	23.78	26.28	76.50	0.00	1.78
923	7/5/2023	31.11	24.22	27.22	75.50	0.00	0.25
924	7/6/2023	33.39	24.00	28.78	77.20	0.00	0.25
925	7/7/2023	34.50	24.78	29.50	76.70	0.00	0.00
926	7/8/2023	35.39	24.78	28.78	75.30	0.00	0.00
927	7/9/2023	32.28	24.22	27.33	75.40	0.00	0.00
928	7/10/2023	34.50	23.50	28.06	74.60	0.31	0.00
929	7/11/2023	33.11	24.28	29.28	74.80	0.36	0.00

รูปที่ 4.2-1 ตัวอย่างข้อมูลภูมิอากาศตรวจวัดสถานีทุ่งช้างด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติ API

## 2) ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ข้อมูลปริมาณน้ำท่าตรวจวัด จากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทานมีรูปแบบเป็นข้อมูลรายวัน จำนวน 137 สถานี โดยเริ่มเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2564 จนถึงปัจจุบัน ครอบคลุมพื้นที่การศึกษาแสดงรายชื่อสถานีตรวจวัดน้ำท่าดังตารางที่ 4.2-2 และ รูปที่ 4.2-2 แสดงตัวอย่างผลการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าตรวจวัดซึ่งมีรูปแบบเป็น Google Sheet

ตารางที่ 4.2-2 รายชื่อสถานีน้ำท่าตรวจวัดของกรมชลประทาน

ลำดับที่	Station id	Station code	Station detail	Basin name	latitude	longitude
1	299	C.12	กรมชลประทานสามเสน	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	13.788	100.509
2	315	C.2	ค่ายจิรประวัติ	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	15.671	100.109
3	316	C.3	บ้านบางพุทรา	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	14.899	100.402
4	318	C.7A	บ้านบางแก้ว	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	14.590	100.453
5	319	C.13	ท้ายเขื่อนเจ้าพระยา	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	15.164	100.188
6	323	C.29A	ศูนย์ศิลปาชีพบางไทร	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	14.152	100.516
7	324	C.30	บ้านสมอทอง	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	15.350	99.534
8	325	C.35	บ้านป้อม	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	14.369	100.529
9	326	C.36	บ้านบางหลวงโตด	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	14.416	100.441
10	327	C.37	บ้านบางบาล	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	14.363	100.485
11	359	T.12A	บ้านทับหมัน	ลุ่มน้ำท่าจีน	15.014	99.616
12	454	T.1	ที่ว่าการอ.นครชัยศรี	ลุ่มน้ำท่าจีน	13.801	100.188
13	455	T.10	บ้านท่าพี่เลี้ยง	ลุ่มน้ำท่าจีน	14.465	100.115
14	456	T.13	บ้านบางกร่าง	ลุ่มน้ำท่าจีน	14.157	100.128
15	457	T.14	บ้านตลาดสามพราน	ลุ่มน้ำท่าจีน	13.724	100.215
16	458	T.15	บ้านบางไทรป่า	ลุ่มน้ำท่าจีน	14.052	100.175
17	22	N.13A	บ้านบุญนาค	ลุ่มน้ำน่าน	18.550	100.761
18	24	N.75	สะพานท่าลี่	ลุ่มน้ำน่าน	18.548	100.809
19	70	N.1	หน้าสำนักงานป่าไม้	ลุ่มน้ำน่าน	18.775	100.780
20	71	N.49	บ้านน้ำยาว	ลุ่มน้ำน่าน	18.994	100.940
21	72	N.64	บ้านผาขวาง	ลุ่มน้ำน่าน	19.015	100.780
22	73	N.65	บ้านปางสา	ลุ่มน้ำน่าน	19.230	100.754
23	97	N.5A	ต.ในเมือง	ลุ่มน้ำน่าน	16.815	100.261
24	98	N.7A	บ้านราชช้างขวัญ	ลุ่มน้ำน่าน	16.470	100.331
25	99	N.8	บางมูลนาก	ลุ่มน้ำน่าน	16.048	100.376
26	101	N.22A	บ้านท่างาม	ลุ่มน้ำน่าน	16.999	100.327
27	102	N.24A	บ้านวังนกแอ่น	ลุ่มน้ำน่าน	16.847	100.512
28	104	N.27A	ท้ายเขื่อนนเรศวร	ลุ่มน้ำน่าน	17.031	100.180
29	106	N.39	บ้านปากท่า	ลุ่มน้ำน่าน	17.997	100.879
30	109	N.54	บ้านวังโป่ง	ลุ่มน้ำน่าน	16.327	100.802
31	112	N.60	บ้านเด่นสำโรง	ลุ่มน้ำน่าน	17.418	100.131
32	121	N.82	ห้วยน้ำรี	ลุ่มน้ำน่าน	17.874	100.263
33	122	N.83	ห้วยน้ำรี	ลุ่มน้ำน่าน	17.893	100.354
34	123	N.84	น้ำปาด	ลุ่มน้ำน่าน	17.745	100.706

ลำดับที่	Station id	Station code	Station detail	Basin name	latitude	longitude
35	145	N.2B	ต.ในเมือง	ลุ่มน้ำ่าน	17.609	100.099
36	147	N.12A	บ้านหาดไผ่	ลุ่มน้ำ่าน	17.737	100.532
37	150	N.36	บ้านหนองกระท้าว	ลุ่มน้ำ่าน	17.085	100.825
38	151	N.43A	ห้วยชมพู	ลุ่มน้ำ่าน	16.696	100.657
39	152	N.55	บ้านท่าสะแก	ลุ่มน้ำ่าน	17.253	100.628
40	154	N.73	บ้านทานตะวัน	ลุ่มน้ำ่าน	16.569	100.892
41	155	N.81	บ้านแก่งบัวคำ	ลุ่มน้ำ่าน	17.129	100.588
42	345	N.67	วัดเกยไชยเหนือ	ลุ่มน้ำ่าน	15.869	100.265
43	346	N.80	บ้านบางพระหลวง	ลุ่มน้ำ่าน	15.744	100.185
44	127	S.33	บ้านท่าไฮหยอง	ลุ่มน้ำป่าสัก	17.004	101.353
45	130	S.42	บ้านบ่อรัง	ลุ่มน้ำป่าสัก	15.578	101.089
46	156	S.4B	ต.ในเมือง	ลุ่มน้ำป่าสัก	16.423	101.162
47	313	S.32	สถานีแท็บเพลิง	ลุ่มน้ำป่าสัก	14.558	100.924
48	349	S.5	รพ.ปัจฉิมราชมอติศ	ลุ่มน้ำป่าสัก	14.359	100.580
49	351	S.9	บ้านป่า	ลุ่มน้ำป่าสัก	14.629	101.014
50	352	S.14	บ้านท่ารวก	ลุ่มน้ำป่าสัก	15.225	101.277
51	353	S.26	ท้ายเขื่อนพระรามหก	ลุ่มน้ำป่าสัก	14.560	100.720
52	354	S.28	ท้ายเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์	ลุ่มน้ำป่าสัก	14.835	101.084
53	357	S.43	บ้านพุลทรัพย์	ลุ่มน้ำป่าสัก	15.327	101.212
54	556	S.3	บ้านตาลเดี่ยว	ลุ่มน้ำป่าสัก	16.782	101.247
55	1	P.24A	สะพานประชาอุทิศ	ลุ่มน้ำปิง	18.416	98.670
56	2	P.64	บ้านหลวง	ลุ่มน้ำปิง	17.785	98.372
57	3	P.65	บ้านม่วงปือก	ลุ่มน้ำปิง	19.638	98.635
58	6	P.103	สะพานวงแหวนรอบ 3	ลุ่มน้ำปิง	18.867	98.978
59	33	P.1	สะพานนารัฐ	ลุ่มน้ำปิง	18.787	99.005
60	34	P.4A	บ้านแม่แตง	ลุ่มน้ำปิง	19.122	98.944
61	35	P.5	สะพานท่านาง	ลุ่มน้ำปิง	18.580	99.010
62	36	P.14A	สะพานท่าข้าม	ลุ่มน้ำปิง	18.202	98.614
63	37	P.20	บ้านเชียงดาว	ลุ่มน้ำปิง	19.370	98.969
64	38	P.21	บ้านริมใต้	ลุ่มน้ำปิง	18.927	98.940
65	39	P.56A	บ้านสหกรณ์ร่มเกล้า	ลุ่มน้ำปิง	19.284	99.187
66	40	P.67	บ้านแม่แต	ลุ่มน้ำปิง	19.010	98.960
67	41	P.71A	บ้านกลาง	ลุ่มน้ำปิง	18.547	98.862
68	42	P.73	บ้านสบสอย	ลุ่มน้ำปิง	18.291	98.648
69	43	P.73A	บ้านสบปะ	ลุ่มน้ำปิง	18.253	98.641
70	44	P.75	บ้านซอแล	ลุ่มน้ำปิง	19.146	99.007
71	45	P.76	บ้านแม่ฮ้อย	ลุ่มน้ำปิง	18.141	98.897
72	46	P.77	บ้านสบแม่สะปิวัด	ลุ่มน้ำปิง	18.433	99.085
73	47	P.79	บ้านแม่หวาน	ลุ่มน้ำปิง	18.964	99.238
74	48	P.80	บ้านโป่งดิน	ลุ่มน้ำปิง	18.916	99.236
75	49	P.81	บ้านโป่ง	ลุ่มน้ำปิง	18.695	99.079
76	50	P.82	บ้านสบวิน	ลุ่มน้ำปิง	18.654	98.686
77	51	P.84	บ้านพันตน	ลุ่มน้ำปิง	18.591	98.797

ลำดับที่	Station id	Station code	Station detail	Basin name	latitude	longitude
78	52	P.85	บ้านหลายแก้ว	ลุ่มน้ำปิง	18.366	98.772
79	53	P.86	บ้านโห้ง	ลุ่มน้ำปิง	18.740	99.219
80	54	P.87	บ้านป่าซาง	ลุ่มน้ำปิง	18.519	98.942
81	55	P.91	บ้านสันปูเลย	ลุ่มน้ำปิง	19.134	99.166
82	56	P.92	บ้านเมืองกืด	ลุ่มน้ำปิง	19.220	98.847
83	58	P.93	บ้านสรวงนอก	ลุ่มน้ำปิง	19.015	98.881
84	79	P.15	หน้าวัดศรีภิรมย์	ลุ่มน้ำปิง	1414	99.721
85	80	P.26A	บ้านใหม่	ลุ่มน้ำปิง	16.457	99.456
86	84	P.78	บ้านสามเรือน	ลุ่มน้ำปิง	16.182	99.597
87	134	P.2A	บ้านท่าแค	ลุ่มน้ำปิง	16.855	99.123
88	135	P.7A	ต.โนเมือง	ลุ่มน้ำปิง	16.479	99.518
89	136	P.12C	บ้านยานรี	ลุ่มน้ำปิง	17.239	99.024
90	137	P.16	บ้านแสนตอ	ลุ่มน้ำปิง	16.065	99.860
91	138	P.50A	บ้านไทยทวี	ลุ่มน้ำปิง	16.534	99.229
92	347	P.17	บ้านท่าจิว	ลุ่มน้ำปิง	15.935	99.976
93	18	Y.24	บ้านมาง	ลุ่มน้ำยม	18.882	100.291
94	19	Y.30	บ้านโป่ง	ลุ่มน้ำยม	18.709	99.958
95	63	Y.1C	บ้านน้ำโค้ง	ลุ่มน้ำยม	18.134	100.125
96	64	Y.13A	บ้านหลวงเหนือ	ลุ่มน้ำยม	18.761	99.973
97	65	Y.20	บ้านห้วยสัก	ลุ่มน้ำยม	18.586	100.151
98	66	Y.31	บ้านทุ่งหนอง	ลุ่มน้ำยม	18.946	100.259
99	67	Y.34	บ้านแม่หลาย	ลุ่มน้ำยม	18.220	100.206
100	68	Y.37	บ้านวังขึ้น	ลุ่มน้ำยม	17.901	99.606
101	69	Y.38	บ้านแม่คำมีตำหนักธรรม	ลุ่มน้ำยม	18.266	100.238
102	88	Y.6	บ้านแก่งหลวง	ลุ่มน้ำยม	17.436	99.788
103	89	Y.15	บ้านกง	ลุ่มน้ำยม	16.927	99.959
104	90	Y.16	บางระกำ	ลุ่มน้ำยม	16.762	100.121
105	91	Y.17	สามง่าม	ลุ่มน้ำยม	16.507	100.204
106	92	Y.21	ห้วยแม่สิน	ลุ่มน้ำยม	17.792	99.787
107	94	Y.33	บ้านคลองตาล	ลุ่มน้ำยม	17.169	99.861
108	96	Y.64	บางระกำ	ลุ่มน้ำยม	16.708	100.172
109	139	Y.3A	บ้านวังไม้ขอน	ลุ่มน้ำยม	17.307	99.828
110	140	Y.4	ต.ธานี	ลุ่มน้ำยม	17.006	99.822
111	141	Y.5	หน้าอำเภอโพทะเล	ลุ่มน้ำยม	16.095	100.260
112	142	Y.14A	บ้านดอนระเบียง	ลุ่มน้ำยม	17.596	99.716
113	143	Y.26	ห้วยแม่มอก	ลุ่มน้ำยม	17.332	99.462
114	144	Y.40	หน้าวัดคงคาราม	ลุ่มน้ำยม	16.013	100.267
115	7	W.3A	บ้านดอนชัย	ลุ่มน้ำวัง	17.641	99.232
116	8	W.5A	บ้านเกาะคา	ลุ่มน้ำวัง	18.192	99.397
117	9	W.6A	บ้านสบปราบ	ลุ่มน้ำวัง	17.881	99.328
118	10	W.10A	บ้านดอนมูล	ลุ่มน้ำวัง	18.519	99.633
119	11	W.17A	บ้านทุ่งทอง	ลุ่มน้ำวัง	18.745	99.569
120	13	W.20	บ้านท่าล้อ	ลุ่มน้ำวัง	18.311	99.458



ลำดับที่	Station id	Station code	Station detail	Basin name	latitude	longitude
121	14	W.21	บ้านท่าเตื่อ	ลุ่มน้ำวัง	18.343	99.537
122	16	W.25	บ้านร่องเคาะ	ลุ่มน้ำวัง	18.991	99.621
123	17	W.26	บ้านเมืองมาย	ลุ่มน้ำวัง	18.596	99.622
124	59	W.1C	สะพานเสตุวารี	ลุ่มน้ำวัง	18.300	99.511
125	60	W.16A	บ้านไฮ	ลุ่มน้ำวัง	18.785	99.630
126	61	W.17	บ้านหนองนาว	ลุ่มน้ำวัง	18.722	99.567
127	62	W.22	บ้านวังพร้าว	ลุ่มน้ำวัง	18.144	99.408
128	85	W.4A	บ้านวังห้าน	ลุ่มน้ำวัง	17.205	99.098
129	86	W.23	บ้านแม่เชียงราย	ลุ่มน้ำวัง	17.367	99.113
130	87	W.24	แม่น้ำวัง	ลุ่มน้ำวัง	17.322	99.077
131	337	Ct.2A	บ้านหาดทง	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	15.411	100.057
132	338	Ct.4	บ้านศาลเจ้าไก่ต่อ	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	15.786	99.678
133	339	Ct.5A	บ้านปางมะค่า	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	15.928	99.502
134	340	Ct.7	บ้านใหม่คลองเจริญ	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	15.642	99.508
135	341	Ct.8	บ้านโคกหม้อ	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	15.539	99.895
136	342	Ct.9	บ้านปungอ้ายเจียม	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	15.518	99.484
137	343	Ct.19	บ้านดอนใหญ่	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	15.453	100.032

	A	BW	BX	BY
1	stationcode	C13		
2	stationdetail	ท้ายเขื่อนเจ้าพระยา		
3	basinname	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา		
4	latitude	15.16384		
5	longitude	100.18792		
6	ความจุลำน้ำ (cms)	2840		
7	Date	ปริมาณน้ำ(cms)	ระดับน้ำ(m)	percent_stream
897	2023-06-09	70	14.49	2.4648
898	2023-06-10	70	14.57	2.4648
899	2023-06-11	70	14.66	2.4648
900	2023-06-12	70	14.68	2.4648
901	2023-06-13	70	14.68	2.4648
902	2023-06-14	70	14.68	2.4648
903	2023-06-15	70	14.62	2.4648
904	2023-06-16	70	14.6	2.4648
905	2023-06-17	70	14.62	2.4648
906	2023-06-18	70	14.66	2.4648
907	2023-06-19	70	14.66	2.4648
908	2023-06-20	70	14.68	2.4648
909	2023-06-21	70	14.71	2.4648
910	2023-06-22	70	14.72	2.4648
911	2023-06-23	70	14.77	2.4648
912	2023-06-24	70	14.7	2.4648
913	2023-06-25	70	14.61	2.4648
914	2023-06-26	70	14.55	2.4648
915	2023-06-27	65	14.51	2.2887
916	2023-06-28	65	14.48	2.2887
917	2023-06-29	65	14.46	2.2887
918	2023-06-30	65	14.5	2.2887
919	2023-07-01	65	14.56	2.2887
920	2023-07-02	65	14.54	2.2887

รูปที่ 4.2-2 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณน้ำท่าตรวจวัดสถานี C.13 ด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติ API

### 3) ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ

ข้อมูลอ่างเก็บน้ำของกรมชลประทานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่การศึกษา โดยข้อมูลอ่างเก็บน้ำประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำระบาย ปริมาณน้ำใช้การ และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ โดยมีจำนวนอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางรวมทั้งหมด 102 แห่ง โดยเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ 11 แห่ง และ อ่างเก็บน้ำขนาดกลาง 91 แห่ง โดยมีรูปแบบเป็นข้อมูลรายวัน โดยเริ่มเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2564 จนถึงปัจจุบัน แสดงรายชื่อสถานีตรวจวัดน้ำท่าดังตารางที่ 4.2-3 และ แสดงตัวอย่างผลการรวบรวมข้อมูลอ่างเก็บน้ำซึ่งมีรูปแบบเป็น Google Sheet ดังรูปที่ 4.2-4

ตารางที่ 4.2-3 รายชื่ออ่างเก็บน้ำในพื้นที่การศึกษา

ลำดับที่	Code	Name	Latitude	Longitude	Type
1	100104	เขื่อนแม่กวางอุดมธารา	18.923	99.122	big
2	100105	เขื่อนกิ่วลม	18.524	99.624	big
3	100106	เขื่อนกิ่วคอหมา	18.800	99.640	big
4	100107	เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน	17.023	100.327	big
5	100108	เขื่อนแม่มอก	17.208	99.424	big
6	100301	เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์	14.861	101.066	big
7	100302	เขื่อนทับเสลา	15.544	99.448	big
8	100303	เขื่อนกระเสียว	14.836	99.665	big
9	200101	เขื่อนภูมิพล	17.247	98.971	big
10	200102	เขื่อนสิริกิติ์	17.766	100.565	big
11	200103	เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล	19.161	99.040	big
12	rsv01	อ่างเก็บน้ำแม่ออน	18.688	99.270	medium
13	rsv02	อ่างเก็บน้ำแม่จอกหลวง	18.701	98.943	medium
14	rsv03	อ่างเก็บน้ำห้วยมะนาว	18.525	98.781	medium
15	rsv04	อ่างเก็บน้ำโป่งจ้อ	18.411	98.760	medium
16	rsv05	อ่างเก็บน้ำแม่ตูป	17.759	98.762	medium
17	rsv06	อ่างเก็บน้ำแม่โก้น	19.308	99.233	medium
18	rsv09	อ่างเก็บน้ำห้วยแม่ซ้อน	19.335	98.940	medium
19	rsv10	อ่างเก็บน้ำสันหนอง	18.377	98.353	medium
20	rsv12	อ่างเก็บน้ำแม่ตะไคร้	18.612	99.312	medium
21	rsv13	อ่างเก็บน้ำแม่ตีบ	18.464	99.158	medium
22	rsv14	อ่างเก็บน้ำแม่सान	18.393	99.137	medium
23	rsv15	อ่างเก็บน้ำแม่ธิ	18.494	99.186	medium
24	rsv16	อ่างเก็บน้ำแม่เมย	18.239	98.966	medium
25	rsv22	อ่างเก็บน้ำแม่ทะ	17.938	99.490	medium
26	rsv23	อ่างเก็บน้ำแม่อาบ	17.545	99.129	medium
27	rsv24	อ่างเก็บน้ำแม่ทาน	17.790	99.430	medium
28	rsv25	อ่างเก็บน้ำห้วยสมัย	17.790	99.430	medium
29	rsv26	อ่างเก็บน้ำแม่พริก	17.481	98.965	medium
30	rsv27	อ่างเก็บน้ำแม่เสียง	18.072	99.148	medium
31	rsv28	อ่างเก็บน้ำแม่มอก1/2	17.208	99.424	medium

ลำดับที่	Code	Name	Latitude	Longitude	Type
32	rsv29	อ่างเก็บน้ำแม่ทรายคำ	18.316	99.523	medium
33	rsv30	อ่างเก็บน้ำห้วยหลวงวังวัว	18.326	99.556	medium
34	rsv31	อ่างเก็บน้ำแม่ค่อม	18.396	99.405	medium
35	rsv32	อ่างเก็บน้ำแม่ต๋ำน้อย	18.352	99.370	medium
36	rsv33	อ่างเก็บน้ำแม่เฟือง	18.377	99.395	medium
37	rsv34	อ่างเก็บน้ำแม่ไฮ	17.962	99.371	medium
38	rsv35	อ่างเก็บน้ำแม่ธิ	18.014	99.401	medium
39	rsv36	อ่างเก็บน้ำห้วยแม่บอน	18.628	100.072	medium
40	rsv37	อ่างเก็บน้ำแม่ต๋ำ	17.873	99.184	medium
41	rsv38	อ่างเก็บน้ำแม่วะ	17.898	99.490	medium
42	rsv387	อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำลาด	15.503	100.684	medium
43	rsv388	อ่างเก็บน้ำห้วยใหญ่	15.388	100.792	medium
44	rsv389	อ่างเก็บน้ำห้วยขุนแก้ว	15.243	99.528	medium
45	rsv39	อ่างฯ อ่างเก็บน้ำแม่ล่อหัก	17.341	99.081	medium
46	rsv390	อ่างเก็บน้ำซับตะเคียน	15.015	100.995	medium
47	rsv391	อ่างเก็บน้ำห้วยโป่ง	14.866	100.681	medium
48	rsv392	อ่างเก็บน้ำกุดตาเพชร	15.319	101.372	medium
49	rsv393	อ่างเก็บน้ำห้วยใหญ่ (วังแหม)	15.156	100.855	medium
50	rsv394	อ่างเก็บน้ำสีดา	15.412	101.320	medium
51	rsv395	อ่างเก็บน้ำซับประตู	15.388	101.322	medium
52	rsv396	อ่างเก็บน้ำห้วยหิน	14.993	100.932	medium
53	rsv398	อ่างเก็บน้ำคลองเพรียว	14.435	100.930	medium
54	rsv399	อ่างเก็บน้ำห้วยหินขาว	14.536	100.935	medium
55	rsv40	อ่างเก็บน้ำแม่ทก	17.714	99.356	medium
56	rsv400	อ่างเก็บน้ำคำตะเคียน	14.533	101.181	medium
57	rsv403	อ่างเก็บน้ำห้วยเทียน	14.536	99.617	medium
58	rsv41	อ่างเก็บน้ำแม่เรียง	17.713	99.344	medium
59	rsv42	อ่างเก็บน้ำห้วยหลวง	17.914	99.391	medium
60	rsv43	อ่างเก็บน้ำแม่กืด	18.000	99.273	medium
61	rsv44	อ่างเก็บน้ำห้วยเกียง	18.146	99.209	medium
62	rsv45	อ่างเก็บน้ำแม่ปอน	18.205	99.243	medium
63	rsv450	อ่างฯ อ่างเก็บน้ำห้วยแม่เฉย	17.767	100.169	medium
64	rsv46	อ่างเก็บน้ำแม่ยาว	18.184	99.229	medium
65	rsv464	อ่างเก็บน้ำแม่สาย	18.082	100.229	medium
66	rsv47	อ่างแม่ไพร	18.309	99.354	medium
67	rsv470	อ่างเก็บน้ำมวกเหล็ก	14.801	101.146	medium
68	rsv472	อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำก่อ	16.801	101.153	medium
69	rsv473	อ่างเก็บน้ำห้วยใหญ่	16.472	101.324	medium
70	rsv474	อ่างเก็บน้ำห้วยนา	1482	101.028	medium
71	rsv475	อ่างเก็บน้ำคลองลำกง	16.006	101.229	medium
72	rsv476	อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำขุนใหญ่	16.786	101.097	medium
73	rsv477	อ่างเก็บน้ำห้วยเล็ง	15.794	101.242	medium
74	rsv478	อ่างเก็บน้ำแม่พริกผาวังซู้	17.501	99.068	medium

ลำดับที่	Code	Name	Latitude	Longitude	Type
75	rsv479	อ่างเก็บน้ำแม่ฟ้า	18.705	99.616	medium
76	rsv48	อ่างเก็บน้ำห้วยแม่สัน	18.214	99.277	medium
77	rsv485	อ่างเก็บน้ำคลองโพธิ์	15.672	99.485	medium
78	rsv486	อ่างเก็บน้ำห้วยแม่ท้อ	16.848	99.049	medium
79	rsv49	อ่างเก็บน้ำห้วยแอด	18.661	100.844	medium
80	rsv490	อ่างเก็บน้ำห้วยทรวง	17.659	99.856	medium
81	rsv494	อ่างเก็บน้ำแม่กองค่าย	17.168	99.367	medium
82	rsv495	อ่างเก็บน้ำทุ่งทะเลหลวง	17.048	99.795	medium
83	rsv50	อ่างเก็บน้ำน้ำแหง	18.208	100.683	medium
84	rsv506	อ่างฯ ห้วยท่าพล	16.594	101.118	medium
85	rsv51	อ่างเก็บน้ำน้ำพอง	18.788	100.968	medium
86	rsv511	อ่างฯ คลองไพร	16.483	99.244	medium
87	rsv52	อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำฮี	18.469	100.688	medium
88	rsv53	อ่างเก็บน้ำแม่ต๋ำ	18.963	99.937	medium
89	rsv55	อ่างเก็บน้ำคลองตรอน	17.481	100.547	medium
90	rsv56	อ่างเก็บน้ำห้วยป่าบง	16.685	99.556	medium
91	rsv57	อ่างเก็บน้ำคลองน้ำไหล	16.110	99.277	medium
92	rsv58	อ่างเก็บน้ำแม่ฆาน	17.903	100.136	medium
93	rsv59	อ่างเก็บน้ำแม่สอง	18.378	100.229	medium
94	rsv60	อ่างเก็บน้ำแม่ถาง	18.111	100.317	medium
95	rsv61	อ่างเก็บน้ำแม่คำปอง	18.139	100.343	medium
96	rsv62	อ่างเก็บน้ำคลองข้างใน	16.735	99.730	medium
97	rsv63	อ่างเก็บน้ำห้วยท่าแพ	17.372	99.627	medium
98	rsv64	อ่างเก็บน้ำห้วยแม่สูง	17.440	99.707	medium
99	rsv67	อ่างเก็บน้ำคลองเฉลียงลับ	16.307	101.286	medium
100	rsv68	อ่างเก็บน้ำห้วยขอนแก่น	16.715	101.360	medium
101	rsv69	อ่างเก็บน้ำห้วยป่าแดง	16.349	101.093	medium
102	rsv70	อ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	16.380	101.105	medium

	A	AP	AQ	AR	AS	AT
1	Name			เขื่อนภูมิพล		
2	Latitude			17.247		
3	Longitude			98.971		
4	qmax			13462		
5	qmin			3800		
6	Tambon name			บ้านนา		
7	Ampur name			สามเงา		
8	Province name			ตาก		
9	type			big		
10	project_name					
11	office_name					
12	Date	ปริมาณน้ำไหลเข้า (ล้าน.ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำระบาย (ล้าน.ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำใช้การ (ล้าน.ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำ (ล้าน.ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำ(%)
915	6/22/2023	0	30.08	2929	6729	49.99
916	6/23/2023	0	29.88	2897	6697	49.75
917	6/24/2023	0	30.45	2866	6666	49.52
918	6/25/2023	0	30	2831	6631	49.26
919	6/26/2023	0	25.07	2803	6603	49.05
920	6/27/2023	0	29.94	2771	6571	48.81
921	6/28/2023	0.59	31.65	2740	6540	48.58
922	6/29/2023	0	32.11	2707	6507	48.34
923	6/30/2023	1.76	32.11	2676	6476	48.11
924	7/1/2023	4.79	30.19	2649	6449	47.91
925	7/2/2023	0.26	30.19	2619	6419	47.68
926	7/3/2023	3.52	30.12	2592	6392	47.48
927	7/4/2023	2.16	30	2564	6364	47.27
928	7/5/2023	2.62	30.07	2536	6336	47.07
929	7/6/2023	1.4	29.97	2507	6307	46.85
930	7/7/2023	3.07	29.85	2480	6280	46.65
931	7/8/2023	3.66	30.11	2453	6253	46.45
932	7/9/2023	6.68	30.01	2429	6229	46.27
933	7/10/2023	2.93	30.12	2401	6201	46.06
934	7/11/2023	0	26.31	2373	6173	45.85

รูปที่ 4.2-3 ตัวอย่างข้อมูลอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติ API

#### 4) ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ

ข้อมูลปริมาณไหลน้ำผ่านประตูระบายน้ำในขอบเขตพื้นที่การศึกษาจำนวน 42 แห่ง โดยมีรูปแบบข้อมูลรายวัน ข้อมูลประกอบด้วย ระดับน้ำด้านเหนือ-ท้ายน้ำ และข้อมูลปริมาณน้ำไหลผ่านประตูระบาย โดยเริ่มเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2564 จนถึงปัจจุบัน แสดงรายชื่อประตูระบายน้ำดังตารางที่ 4.2-4 และ แสดงตัวอย่างผลการรวบรวมข้อมูลอ่างเก็บน้ำซึ่งมีรูปแบบเป็น Google Sheet ดังรูปที่ 4.2-4

ตารางที่ 4.2-4 รายชื่อประตูระบายน้ำที่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษา

ลำดับที่	ID	Name
1	136	ประตูระบายน้ำบางระจัน
2	272	ปตร.พระนารายณ์
3	274	ปตร.พระศรีเสาวภาค
4	276	ปตร.ปลายคลอง 13
5	299	ปตร.ช่องแค
6	330	ปตร.มโนรมย์
7	331	ปตร.มหาสาร
8	336	ปตร.เริงราง
9	344	ปตร.พลเทพ
10	345	ปตร.ท่าโบสถ์

ลำดับที่	ID	Name
11	347	ปตร.โพธิ์พระยา
12	349	ปตร.ยางมณี
13	350	ปตร.โพธิ์คอย
14	355	ปตร.พระศรีศิลป์
15	356	ปตร.พระธรรมราชา
16	357	ปตร.มะขามเฒ่า-อุทอ่ง
17	361	ปตร.ผักไห่
18	380	ปตร.ผักไห่-เจ้าเจ็ด
19	388	ปตร.จุฬาลงกรณ์
20	391	ปตร.สิงหนาท
21	395	ปตร.พระพิมล
22	397	ปตร.ฉิมพลี
23	529	ปตร.โคกกะเทียม
24	626	เขื่อนพระราม 6
25	637	ปตร.พระเอกาทศรถ
26	696	ปตร.บางใหญ่
27	754	ปตร.พระอินทราชา
28	930	ปตร.ชลมารคพิจารณา
29	938	ปตร.บรมธาตุ
30	1176	ปตร.บ้านหาดสะพานจันทร์
31	1749	เขื่อนนเรศวร
32	1776	ปตร.หกบาท
33	1777	ปตร.ยางซ้าย
34	1778	ปตร.ยมน่าน
35	1779	DR15.8
36	1780	DR2.8
37	1783	การใช้น้ำเหนือเขื่อนเจ้าพระยา
38	1784	ระบายฝั่งตะวันออก
39	1785	ระบายฝั่งตะวันตก
40	1786	คลองเล็กอื่น ๆ (ใต้ปตร.มโนรมย์)
41	1787	คลองเล็กอื่น ๆ (เหนือปตร.บรมธาตุ)
42	1793	ปตร.ปลายคลองแม่น้ำลพบุรี

	A	AH	AI	AJ	AK
1	ib_id	344			
2	name	ปตร. พลเทพ			
3	atg_name'	0.00			
4	gate_group'	8.00			
5	code	ATG01			
6	Date	ปริมาณน้ำ (cms)	ระดับน้ำเหนือ (msl)	ระดับน้ำท้าย (msl)	ปริมาณน้ำสูงสุด (cms)
896	2023-06-09	45.09	14.42	13.55	320.00
897	2023-06-10	50.30	14.50	13.55	320.00
898	2023-06-11	50.07	14.59	13.56	320.00
899	2023-06-12	50.22	14.61	13.56	320.00
900	2023-06-13	50.06	14.61	12.00	320.00
901	2023-06-14	50.11	14.61	13.55	320.00
902	2023-06-15	50.20	14.54	13.53	320.00
903	2023-06-16	50.21	14.53	13.61	320.00
904	2023-06-17	50.41	14.54	13.67	320.00
905	2023-06-18	50.45	14.59	13.64	320.00
906	2023-06-19	50.16	14.58	13.64	320.00
907	2023-06-20	50.23	14.61	13.63	320.00
908	2023-06-21	50.27	14.62	13.69	320.00
909	2023-06-22	50.07	14.67	13.70	320.00
910	2023-06-23	50.18	14.70	13.70	320.00
911	2023-06-24	50.16	14.63	13.68	320.00
912	2023-06-25	50.15	14.52	13.70	320.00
913	2023-06-26	50.08	14.47	13.65	320.00
914	2023-06-27	50.32	14.43	13.60	320.00
915	2023-06-28	50.25	14.40	13.54	320.00
916	2023-06-29	50.21	14.36	13.51	320.00
917	2023-06-30	50.01	14.42	13.58	320.00
918	2023-07-01	50.07	14.47	13.63	320.00
919	2023-07-02	50.03	14.43	13.61	320.00

รูปที่ 4.2-4 ตัวอย่างข้อมูลประจําประตูระบายน้ำพลเทพด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติ API

#### 5) ข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน

ข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน จากโครงการวิจัยพยากรณ์ฝนระยะสั้น โดย สสน. ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภท Raster ที่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษา โดยทำการเฉลี่ยข้อมูลเชิงพื้นที่โดย อ้างอิงจากเซลล์การคำนวณในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า DWCM-AgWU ซึ่งทำการเชื่อมโยงข้อมูลสำหรับการ จำลองน้ำท่าในรูปแบบรายวันและบันทึกค่าข้อมูลเก็บไว้ในฐานข้อมูลในรูปแบบ 14 วัน อัปเดตทุกวันแสดง ตัวอย่างผลการรวบรวมข้อมูลสภาพอากาศพยากรณ์ล่วงหน้า 14 วันซึ่งมีรูปแบบเป็น Google Sheet ดังรูปที่

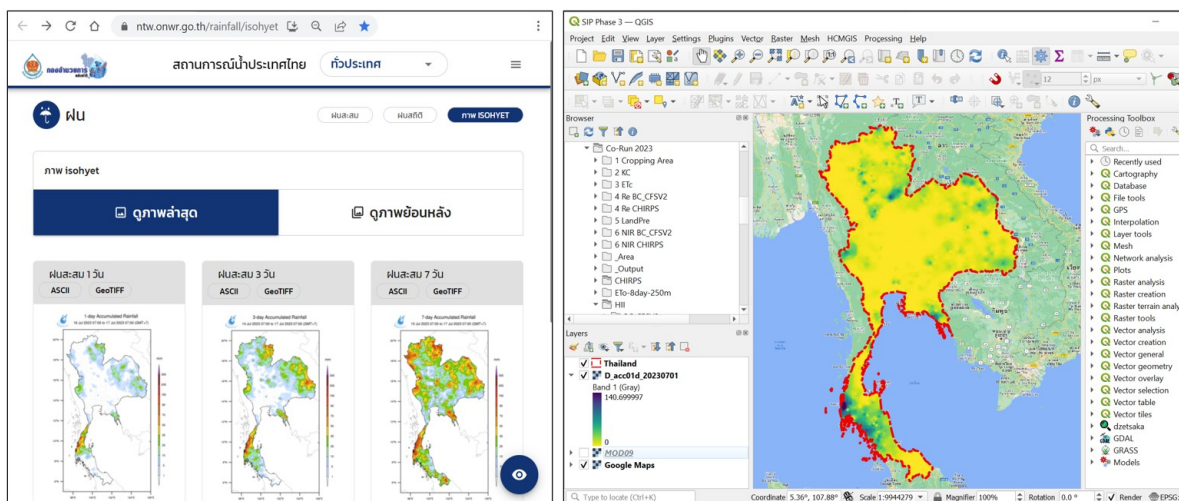
#### 4.2-5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	order1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
53	6/4/2023	6/17/2023	0	121.6148	122.7122	117.3805	118.5139	123.4673	122.1816	120.3745	124.6061	126.0406	128.0475	129.1076	117.5755	118.9789	122.8652
54	6/5/2023	6/18/2023	0	221.5194	222.9322	212.0836	214.6656	223.2256	220.6665	217.6793	224.0978	226.3777	229.6118	231.2942	211.6933	213.9121	219.9843
55	6/6/2023	6/19/2023	0	196.3891	197.0494	189.8697	191.7649	196.7172	195.1255	193.3480	196.6607	197.7990	199.5589	200.3911	189.2672	190.5342	193.8105
56	6/7/2023	6/20/2023	0	109.1630	109.2277	104.9761	106.3754	108.6636	107.8120	107.0165	108.2323	108.6971	109.4635	109.8008	104.1512	104.7760	106.3618
57	6/8/2023	6/21/2023	0	117.4515	118.5770	112.1364	113.5198	119.2161	117.6379	115.6373	120.2800	121.9136	124.1618	125.3709	112.2266	113.7493	118.0085
58	6/9/2023	6/22/2023	0	52.78409	53.08668	51.47236	51.86354	53.2475	52.88849	52.35607	53.50912	53.87871	54.43242	54.70358	51.46953	51.8834	52.98247
59	6/10/2023	6/23/2023	0	120.5756	121.5716	112.6748	114.8326	121.7328	118.9959	117.306	122.3909	124.3085	126.9154	128.3364	112.2057	113.9469	118.8626
60	6/11/2023	6/24/2023	0	86.79865	87.1302	86.51891	86.72952	87.43945	87.38875	86.9683	87.81202	87.97357	88.32594	88.43863	86.60703	86.97515	87.83882
61	6/12/2023	6/25/2023	0	102.0227	102.4227	102.3499	102.3684	102.8433	102.9203	102.5248	103.3009	103.3815	103.6592	103.7100	102.6091	102.9379	103.6389
62	6/13/2023	6/26/2023	0	121.7065	121.9101	123.1381	122.9381	122.1714	122.6263	122.5856	122.3636	122.0259	121.8133	121.5500	123.3472	123.4037	123.2287
63	6/14/2023	6/27/2023	0	169.0116	168.9773	167.2732	168.0436	168.4085	168.2456	167.9101	167.7869	167.5810	167.6111	167.4421	166.7232	166.9410	167.1295
64	6/15/2023	6/28/2023	0	89.44271	89.65655	89.21359	89.38152	89.75829	89.74737	89.45376	89.86872	89.87954	90.04695	90.04689	89.24922	89.47156	89.88996
65	6/16/2023	6/29/2023	0	72.74045	72.52191	72.92641	73.10077	72.16011	72.41926	72.61607	71.70181	71.28197	70.87992	70.59988	72.59194	72.45579	71.85268
66	6/17/2023	6/30/2023	0	86.64885	86.80587	84.3543	85.13735	86.61192	86.13468	85.56595	86.5055	86.80839	87.33522	87.55362	83.98049	84.42564	85.52803
67	6/18/2023	7/1/2023	0	59.62508	58.79533	61.46315	61.37046	57.88691	58.80064	59.85455	56.68289	55.45435	54.01238	53.08866	60.75792	59.99782	57.54201
68	6/19/2023	7/2/2023	0	74.97084	74.46863	76.4677	76.41769	73.92796	74.64851	75.32215	73.17933	72.2819	71.2772	70.59723	76.00155	75.54191	73.93854
69	6/20/2023	7/3/2023	0	88.18044	87.95186	88.99875	89.041	87.62298	88.0664	88.36507	87.15596	86.57738	85.98934	85.54439	88.71871	88.51174	87.62789
70	6/21/2023	7/4/2023	0	106.7990	106.8305	107.2028	107.3302	106.7583	107.0238	106.9947	106.6144	106.2970	106.0543	105.7955	107.0802	107.1274	106.9452
71	6/22/2023	7/5/2023	0	70.40667	70.60328	70.35442	70.52524	70.75911	70.79991	70.55834	70.92415	70.9306	71.01845	71.00211	70.35401	70.57963	71.01703
72	6/23/2023	7/6/2023	0	58.80355	58.86788	58.67393	58.85107	58.84248	58.89108	58.77384	58.79771	58.71504	58.67852	58.59974	58.57592	58.68567	58.81561
73	6/24/2023	7/7/2023	0	85.70052	85.36775	86.46569	86.56656	84.86746	85.3441	85.73919	84.18491	83.48784	82.70094	82.15156	86.0586	85.77214	84.6096
74	6/25/2023	7/8/2023	0	103.8611	103.8923	105.9519	105.6193	104.0159	104.6880	104.9308	103.9925	103.3981	102.7828	102.3102	106.0875	105.9344	105.1289
75	6/26/2023	7/9/2023	0	139.1981	140.2745	139.2712	139.3037	141.4213	141.2295	140.1259	142.7075	143.3007	144.1596	144.5390	140.0436	140.9213	143.0449
76	6/27/2023	7/10/2023	0	100.8185	100.2974	101.5359	101.8183	99.55539	100.1562	100.7122	98.58354	97.67227	96.60775	95.88424	100.8264	100.4624	98.9914
77	6/28/2023	7/11/2023	0	74.23352	74.16679	73.76949	74.13928	73.899	73.95859	73.90584	73.57488	73.3628	73.15662	72.96698	73.43018	73.49949	73.43483
78	6/29/2023	7/12/2023	0	95.26197	95.42183	93.72745	94.40713	95.27751	95.02859	94.57512	95.15112	95.25226	95.43329	95.45909	93.37593	93.76135	94.55107
79	6/30/2023	7/13/2023	0	71.11767	71.38108	71.07377	71.19663	71.5556	71.55896	71.26156	71.71749	71.73593	71.79239	71.76591	71.16432	71.39653	71.80575
80	7/1/2023	7/14/2023	0	65.00683	64.97579	64.60239	64.93641	64.75922	64.80675	64.73619	64.48523	64.30243	64.09045	63.91249	64.31484	64.39523	64.36434
81	7/2/2023	7/15/2023	0	63.82381	63.61866	64.20189	64.37473	63.27982	63.59124	63.81298	62.81407	62.347	61.78102	61.39358	63.85713	63.72209	63.04722
82	7/3/2023	7/16/2023	0	94.70744	94.72664	95.64477	95.66675	94.66074	95.06138	95.14196	94.45806	94.00211	93.45754	93.05745	95.55222	95.51942	95.01718

รูปที่ 4.2-5 ตัวอย่างข้อมูลสภาพอากาศพยากรณ์ล่วงหน้า 14 วัน

6) ข้อมูลฝนตรวจวัดเชิงพื้นที่

ข้อมูลฝนตรวจวัดเชิงพื้นที่รายวันจากโทรมาตรในคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ (National Hydro Informatics and Climate Data Center, NHC) จากสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ดาวน์โหลดได้จาก URL <https://ntw.onwr.go.th/rainfall/isohyet> อยู่ในรูปแบบกริด ASCII ขนาดกริด  $0.01^\circ \times 0.01^\circ$  (ประมาณ 1 km x 1 km) สามารถนำเข้ามาใช้งานในโปรแกรม QGIS ดังแสดงในรูปที่ 4.2-6

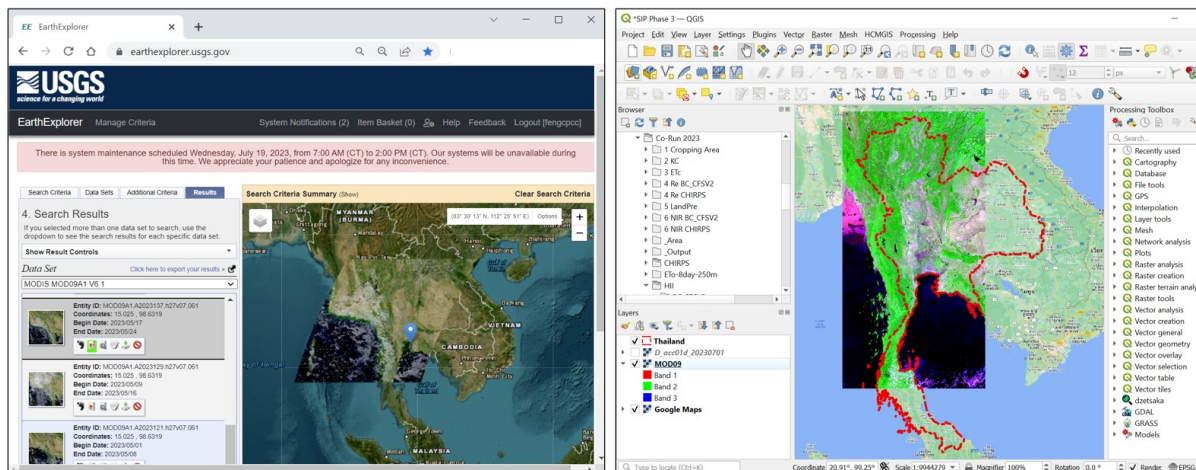


รูปที่ 4.2-6 เว็บไซต์คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ (ซ้าย) และตัวอย่างข้อมูลฝนตรวจวัดเชิงพื้นที่



## 7) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MODIS/Terra

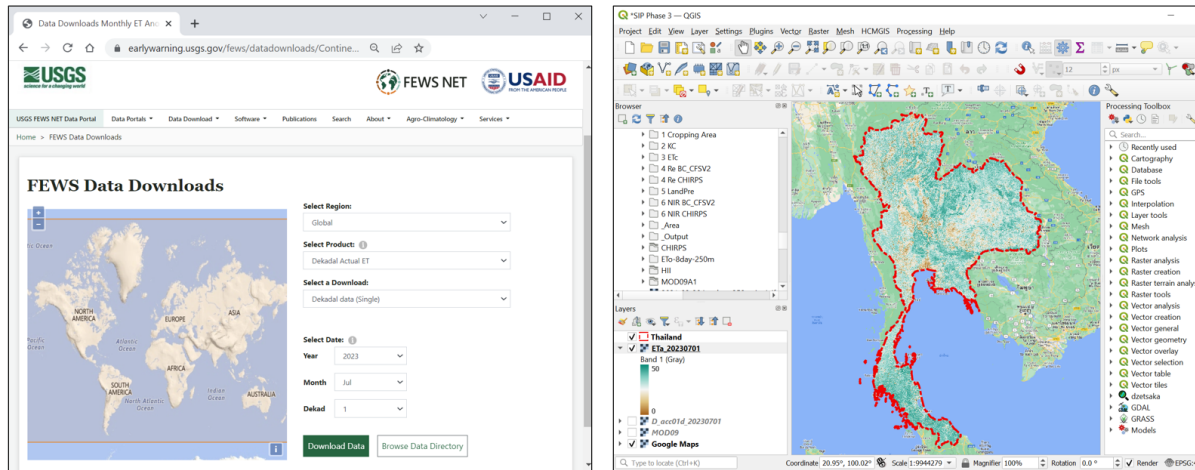
ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS (MODerate-resolution Imaging Spectroradiometers) ดาวเทียมโพลด์ได้จากเว็บไซต์ของกรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) (URL <https://earthexplorer.usgs.gov/>) เลือกใช้ข้อมูลจากผลิตภัณฑ์ MOD09A1 ซึ่งเป็นภาพผสมราย 8 วัน จากดาวเทียม Terra ขนาดกริดประมาณ 500 เมตร x 500 เมตร เป็นผลิตภัณฑ์ Level-3 ซึ่งเป็นค่าการสะท้อนพื้นผิว (Surface Reflectance) ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Correction) ดังแสดงในรูปที่ 4.2-7



รูปที่ 4.2-7 เว็บไซต์ USGS EarthExplorer (ซ้าย) และตัวอย่างข้อมูลภาพ MOD09A1

## 8) ข้อมูลการคายระเหยน้ำจริง (ETa) จากภาพถ่ายดาวเทียม

ข้อมูลการคายระเหยน้ำจริงหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชจริง (actual evapotranspiration, ETa) จากภาพถ่ายดาวเทียม ดาวเทียมโพลด์ได้จากเว็บไซต์ของเครือข่ายระบบเตือนภัยภาวะการขาดแคลนล่วงหน้า (Famine Early Warning Systems Network, FEWS NET) (URL <https://earlywarning.usgs.gov/fews>) เป็นค่าที่ได้จากแบบจำลอง Operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ประเมินการคายระเหยน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียม ด้วยแนวทางสมดุลพลังงานที่พื้นผิว ข้อมูลอยู่ในรูปแบบกริด GeoTIFF ขนาดกริด  $0.01^{\circ} \times 0.01^{\circ}$  (ประมาณ 1 km x 1 km) เป็นภาพราย 10 วัน (decadal) ตัวอย่างข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 4.2-8



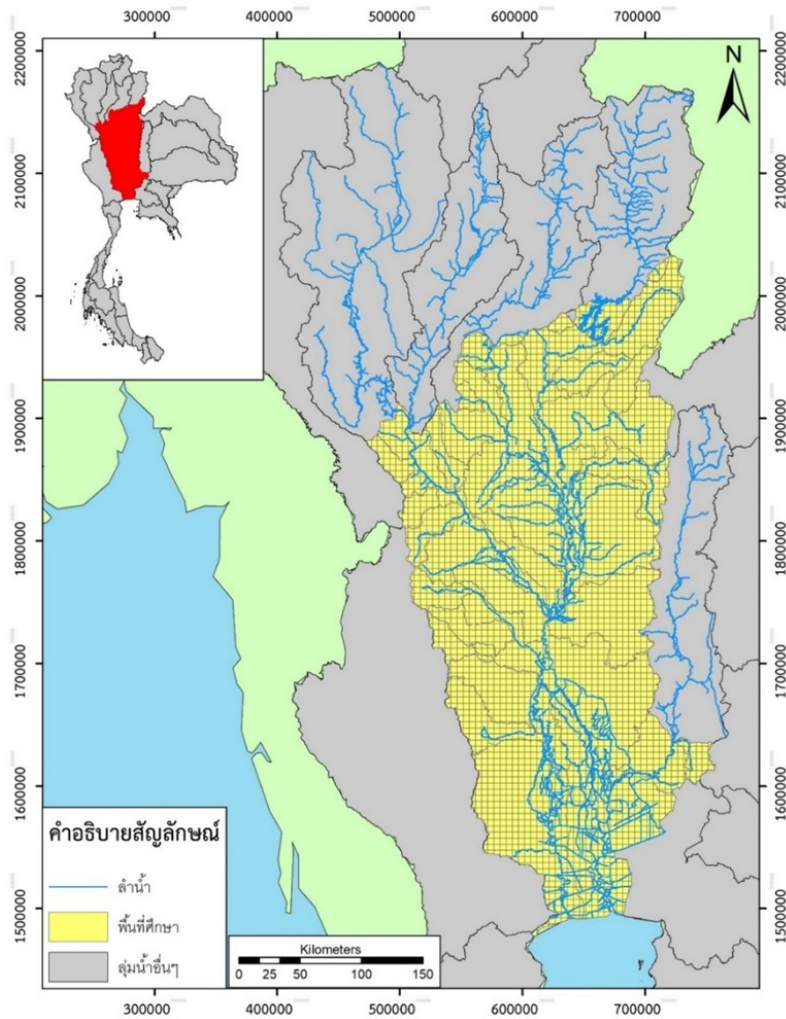
รูปที่ 4.2-8 เว็บไซต์ FEWS NET (ซ้าย) และตัวอย่างข้อมูลภาพปริมาณการใช้ น้ำของพืชจริง (ETa)

### 4.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ร่วมการบริหารจัดการน้ำ เพื่อจำลองปริมาณน้ำท่าทั้งกรณีสภาพปัจจุบันและการคาดการณ์ล่วงหน้า

#### 4.3.1 การจัดเตรียมและนำเข้าข้อมูลสภาพอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลฝน

##### 1) การแบ่งพื้นที่เซลล์คำนวณ

การคำนวณการไหลของน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำจะดำเนินการในรูปแบบของเซลล์คำนวณซึ่งมีขนาดประมาณ 25 ตร.กม. (5 กม. x 5 กม.) โดยข้อมูลที่มีความจำเป็นในการคำนวณจะถูกบันทึกตามหมายเลขเซลล์คำนวณที่กำหนดขึ้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วย ข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลแหล่งน้ำ ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน และปฏิทินเพาะปลูก ข้อมูลโครงสร้างทางชลศาสตร์ เช่น เขื่อนทดน้ำ ข้อมูลภูมิประเทศ เช่น ระดับความสูง ข้อมูลอุทกวิทยา เช่น รูปตัดขวางลำน้ำ ซึ่งแต่ละเซลล์คำนวณมีความเชื่อมโยงจากลำดับ และทิศทางการไหล โดยที่การแบ่งพื้นที่เซลล์ดังกล่าวดำเนินการโดยโปรแกรมสำหรับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Arc Map) ฟังก์ชัน Fishnet ในการแบ่งเซลล์คำนวณ ซึ่งเซลล์คำนวณนั้นจะมีขนาด 25 ตารางกิโลเมตรหรือน้อยกว่า จากผลการแบ่งเซลล์คำนวณ พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีเซลล์คำนวณทั้งสิ้นจำนวน 4,554 เซลล์ครอบคลุมทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยมีการวางตัวของเซลล์แสดงดังรูปที่ 4.3.1-1

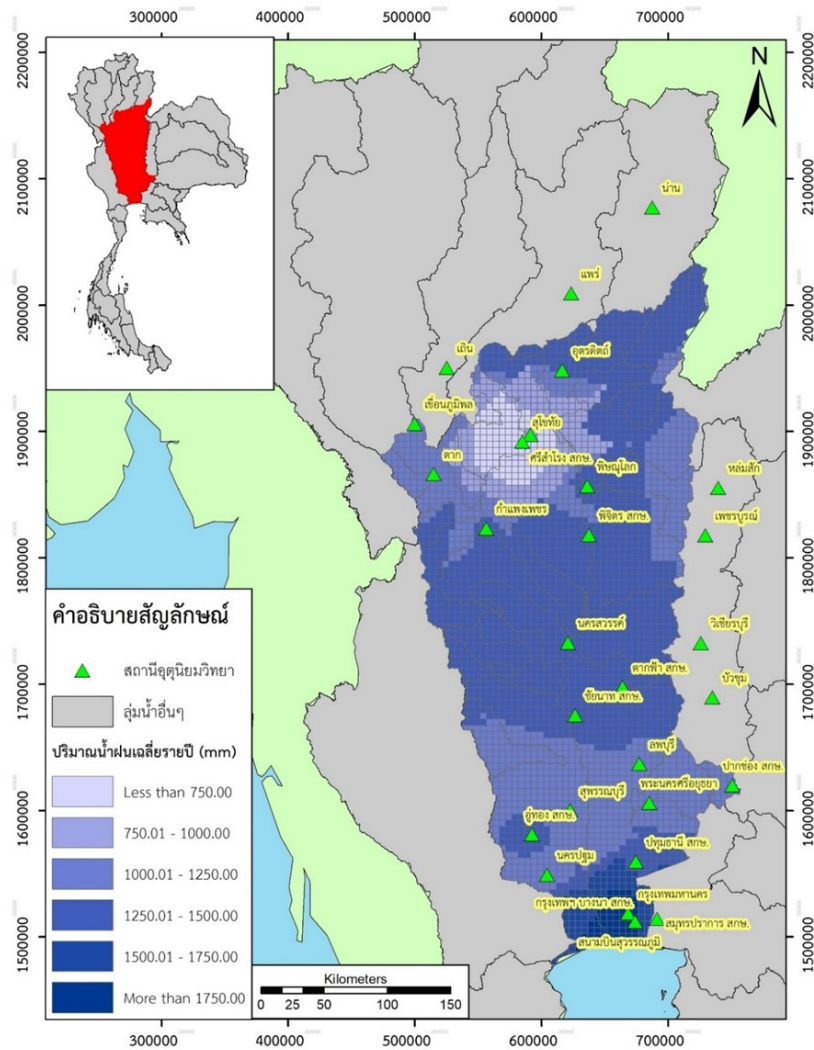


รูปที่ 4.3.1-1 เซลล์การคำนวณในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

## 2) การเฉลี่ยข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่

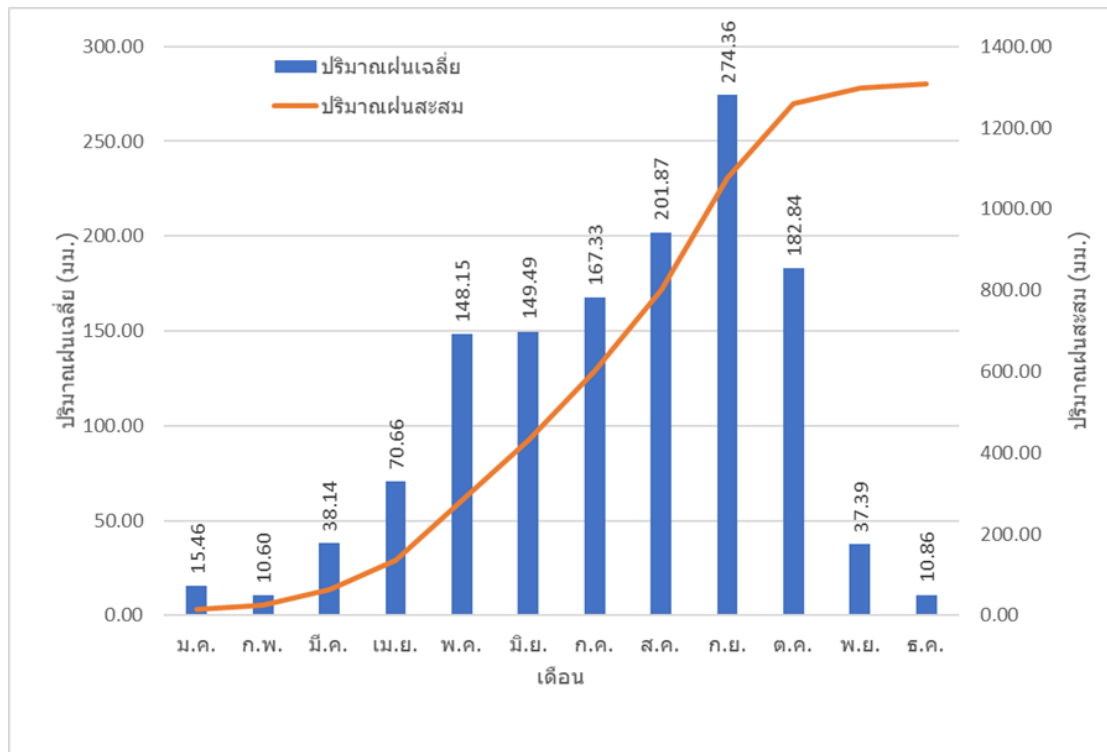
- ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนรายวันเชิงพื้นที่ที่ถูกเฉลี่ยด้วยวิธี Inverse Distance Weighting (IDW) โดยพิจารณาระยะทางระหว่างเซลล์คำนวณกับสถานีที่ถูกคัดเลือก โดยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ มีสถานี ตรวจวัดน้ำฝน 29 สถานี ซึ่งปริมาณฝนเชิงพื้นที่ในแต่ละเซลล์คำนวณจะถูกนำเข้าไปในแบบจำลองเพื่อ จำลองสภาพการไหล ร่วมกับการบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตร ทั้งเชิงอุทกวิทยา และการคำนวณ ปริมาณความต้องการน้ำ โดย ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดน้ำฝนแสดงดังรูปที่ 4.3.1-2



รูปที่ 4.3.1-2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนแสดงดังรูปที่ 4.3.1-3 แสดงรายละเอียดของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จากผลการศึกษาพบว่า ฝนรายปีเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1,307.14 มม. โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2,015.76 มม. สำหรับสถานีสมุทรปราการ สกช. และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 724.2 มม. สำหรับสถานีสุโขทัย เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของฝนตามช่วงเวลา พบว่า ปริมาณฝนตกชุกในช่วงเดือนสิงหาคม ถึง ตุลาคม มีปริมาณฝนปานกลางในเดือน พฤษภาคม ถึง กรกฎาคม และปริมาณฝนตกน้อยในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึง เมษายน รายละเอียดดังตารางที่ 4.3.1-1



รูปที่ 4.3.1-3 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

ตารางที่ 4.3.1-1 ปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำสาขา	ปริมาณฝนเฉลี่ย (mm)												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
แม่น้ำปิงตอนบน	24.0	5.0	18.2	55.2	194.9	135.2	159.8	230.9	202.9	146.5	35.5	13.5	1,221.7
น้ำแม่จืด	23.9	5.1	18.7	55.8	194.2	134.8	157.9	229.1	204.1	148.4	35.3	13.3	1,220.5
แม่น้ำแม่แตง	24.0	4.9	17.9	54.5	195.6	135.1	160.2	231.0	202.7	146.0	35.7	13.6	1,221.1
แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	23.4	6.6	21.4	57.8	194.2	134.7	156.0	227.7	210.1	146.6	35.0	12.0	1,225.4
น้ำแม่ริม	24.5	5.7	18.7	59.9	191.3	133.8	159.4	231.4	204.2	149.3	35.1	12.6	1,225.9
น้ำแม่กวัง	22.7	6.7	22.8	60.0	195.0	136.3	156.2	225.1	207.1	143.4	34.4	13.6	1,223.2
น้ำแม่จาน	22.8	5.9	20.5	57.2	192.0	134.3	151.9	221.7	209.0	153.9	34.9	11.9	1,215.9
น้ำแม่ลี	22.7	9.8	33.0	78.5	186.9	146.2	162.1	214.7	210.7	125.4	27.6	17.6	1,235.1
น้ำแม่กลาง	21.9	8.3	23.7	55.4	199.0	137.3	156.9	226.7	212.1	139.3	34.3	12.2	1,227.0
แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	23.3	7.4	31.9	66.3	179.2	144.8	150.6	201.1	212.2	139.0	27.7	14.8	1,198.4
น้ำแม่แจ่มตอนบน	22.7	5.4	20.3	55.9	191.7	134.5	150.9	220.5	207.3	153.0	34.6	12.4	1,209.2
น้ำแม่แจ่มตอนล่าง	23.8	7.3	23.3	58.4	193.5	134.8	164.1	232.9	209.3	133.1	33.4	12.9	1,226.6
น้ำแม่หาด	23.4	9.2	35.2	72.7	179.1	148.7	149.1	193.7	217.1	135.7	25.8	16.7	1,206.2
น้ำแม่ตัน	24.7	6.2	36.4	75.3	160.9	147.9	153.4	177.7	217.5	157.0	24.0	14.5	1,195.5
แม่น้ำปิงส่วนที่ 4	23.1	7.6	33.3	65.9	150.9	147.5	166.5	172.3	219.3	169.9	23.1	12.8	1,192.2
ห้วยแม่ท้อ	23.3	7.6	31.7	64.2	148.5	146.1	164.3	164.9	217.3	179.1	24.3	11.8	1,183.0
คลองวังเจ้า	19.6	11.7	33.2	56.3	154.9	154.8	179.7	175.7	230.3	177.3	23.9	12.0	1,229.2
คลองแม่ระกา	20.8	7.3	27.0	60.2	135.2	131.5	164.4	160.2	196.1	151.6	20.5	10.8	1,085.7
คลองสวนหมาก	20.9	12.0	35.9	59.5	160.4	153.7	189.1	175.2	242.7	180.9	23.6	14.9	1,268.6
แม่น้ำปิงตอนล่าง	17.2	12.1	36.5	64.0	164.9	151.4	190.7	195.1	259.5	181.8	26.9	14.9	1,315.0
แม่น้ำวังตอนบน	19.8	10.9	29.1	92.4	184.6	138.9	171.7	225.5	188.6	122.8	31.5	20.3	1,236.2
น้ำแม่สวาย	21.8	7.8	24.4	75.7	189.7	137.6	163.6	226.1	196.4	135.8	33.0	16.8	1,228.3
น้ำแม่ต๋อย	17.6	13.3	34.6	90.4	190.6	141.4	162.9	216.4	192.4	119.7	29.1	22.0	1,230.2
แม่น้ำวังตอนกลาง	18.0	14.9	37.0	100.6	184.5	142.0	168.9	219.4	185.2	113.0	29.5	25.7	1,238.7

ตารางที่ 4.3.1-1 ปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำสาขา	ปริมาณฝนเฉลี่ย (mm)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
น้ำแม่จาง	18.3	18.1	39.2	113.2	167.9	144.9	186.9	227.2	184.1	101.1	32.1	29.2	1,262.3
น้ำแม่ต้า	21.8	12.1	36.6	100.8	183.0	144.2	180.0	229.4	192.3	106.6	25.6	23.2	1,255.5
แม่น้ำวังตอนล่าง	22.5	9.8	38.9	90.1	168.4	152.0	160.5	192.9	210.4	136.8	23.0	18.5	1,223.8
แม่น้ำยมตอนบน	26.2	4.7	26.5	90.9	194.5	150.2	215.6	274.8	211.5	115.0	31.0	19.5	1,360.5
แม่น้ำควน	28.2	4.4	26.0	96.6	199.1	156.9	235.1	293.6	207.1	104.9	27.6	20.6	1,400.0
น้ำปี้	26.2	3.6	28.3	99.8	200.9	146.7	215.5	277.9	211.3	109.4	24.4	17.2	1,361.4
แม่น้ำงาว	18.5	14.9	31.5	90.2	169.0	144.2	174.6	218.2	195.3	127.3	39.7	25.3	1,248.8
แม่น้ำยมตอนกลาง	20.6	12.8	27.1	75.5	159.9	152.3	186.4	231.6	222.1	138.1	47.1	22.4	1,295.8
น้ำแม่คำมี	23.5	10.5	26.2	72.3	176.2	145.1	186.8	242.0	223.3	133.0	47.9	20.8	1,307.5
น้ำแม่ต้า	19.9	15.4	30.0	85.2	154.2	152.5	187.2	228.0	209.1	132.2	46.7	26.5	1,286.9
ห้วยแม่สิน	17.4	11.1	31.6	91.5	164.2	163.5	190.2	238.5	220.6	122.5	28.8	19.9	1,299.6
น้ำแม่มอก	19.1	7.3	32.6	73.7	145.1	135.1	142.9	168.7	183.3	115.3	18.9	15.1	1,056.9
น้ำแม่รำพัน	16.5	4.6	22.4	55.5	115.4	109.5	140.4	150.5	154.8	97.0	16.6	11.2	894.5
แม่น้ำยมตอนล่าง	15.1	9.6	29.3	64.5	143.8	140.9	175.6	200.9	211.4	115.6	24.8	14.8	1,146.3
แม่น้ำน่านตอนบน	30.5	5.0	24.4	95.9	194.5	171.0	250.8	309.8	206.7	105.0	34.4	26.1	1,454.1
ห้วยน้ำยาว (1)	29.7	4.9	24.1	94.2	195.9	168.8	249.0	305.4	206.4	106.2	32.4	24.7	1,441.7
แม่น้ำน่านส่วนที่ 2	26.2	4.2	28.2	97.9	202.1	149.2	219.6	280.9	211.8	108.0	25.5	17.9	1,371.5
น้ำยาว (2)	27.1	3.9	26.7	97.1	202.4	150.6	226.8	287.2	208.3	104.4	25.7	18.7	1,378.9
น้ำสมุน	25.9	3.9	29.5	99.7	202.9	143.1	214.7	279.5	209.6	101.0	24.1	16.8	1,350.8
แม่น้ำน่านส่วนที่	23.2	8.3	28.2	83.0	177.7	150.4	202.5	256.9	226.0	119.5	35.9	18.3	1,330.1
น้ำสา	23.2	5.6	30.4	90.8	195.7	141.2	196.6	257.4	216.8	115.1	28.9	16.3	1,318.0
น้ำว่า	26.5	4.2	27.9	96.1	199.6	150.0	221.1	281.8	210.4	106.9	26.9	18.7	1,370.1
น้ำแหง	24.5	8.0	28.7	84.5	186.3	143.6	192.3	252.9	221.4	122.5	38.6	18.5	1,321.7
แม่น้ำน่านส่วนที่ 4	15.4	6.7	25.6	63.1	151.6	155.2	182.4	228.7	214.0	113.1	22.2	14.3	1,192.2
น้ำปาด	22.7	7.3	27.5	79.0	169.9	150.5	203.4	256.6	223.0	115.6	34.3	17.9	1,307.6
คลองตรอน	14.5	6.8	26.3	59.3	152.5	162.8	180.1	232.0	220.8	121.8	23.9	14.9	1,215.7
แม่น้ำแควน้อย	18.9	8.0	30.3	67.9	151.9	144.7	196.3	238.9	230.8	112.0	22.8	13.7	1,236.0
น้ำภาค	17.0	8.5	28.9	62.3	156.5	159.8	185.1	243.0	232.0	124.8	24.7	14.3	1,256.9
แม่น้ำวังทอง	18.9	13.2	35.3	63.7	157.5	140.4	186.9	227.0	245.4	113.6	25.7	12.7	1,240.4
แม่น้ำน่านตอนล่าง	21.5	18.3	40.3	63.9	158.5	145.1	184.7	215.6	259.8	144.8	33.7	17.7	1,303.9
ที่ราบแม่น้ำเจ้า	14.7	16.0	45.1	70.0	156.3	145.1	155.2	195.8	262.0	193.1	37.6	12.8	1,303.5
บึงบอระเพ็ด	44.2	60.6	73.6	68.4	144.5	113.8	127.0	179.9	221.8	189.8	43.3	34.2	1,301.0
น้ำแม่วัง	15.1	14.8	34.1	66.1	162.3	149.6	182.7	191.0	250.6	193.3	25.0	12.9	1,297.3
คลองโพธิ์	11.5	16.0	37.0	70.5	170.3	145.0	172.9	204.2	256.4	199.3	27.8	9.5	1,320.3
ห้วยทับเสลา	11.3	13.6	38.0	70.2	172.2	145.0	175.3	202.5	256.4	195.1	28.1	9.2	1,317.0
แม่น้ำสะแกกรัง ตอนล่าง	11.1	14.6	37.4	71.5	172.2	140.8	163.3	202.6	257.8	201.3	28.8	9.5	1,310.8
แม่น้ำป่าสักตอนบน	23.0	12.9	36.5	69.9	146.1	123.9	181.1	223.4	218.6	95.9	17.5	12.3	1,161.0
ห้วยน้ำพุ	23.1	11.8	35.2	72.7	144.8	122.6	184.4	222.4	219.1	93.6	16.8	11.4	1,157.7
แม่น้ำป่าสักส่วนที่ 2	28.9	31.5	54.0	62.4	151.5	119.8	161.8	201.9	219.3	99.6	23.5	19.3	1,173.5
แม่น้ำป่าสักส่วนที่ 3	76.2	101.5	110.1	62.1	114.3	92.2	105.4	152.0	186.2	153.4	54.3	57.6	1,265.1
ห้วยเกาะแก้ว	54.1	71.5	85.4	65.5	123.7	110.6	108.7	172.0	205.1	174.2	42.2	41.2	1,254.1
ลำสนธิ	47.2	59.0	76.2	70.5	119.4	115.1	120.5	178.7	221.6	162.8	40.2	33.5	1,244.5
แม่น้ำป่าสักตอนล่าง	16.6	17.5	46.0	74.6	130.1	128.4	145.4	196.3	256.7	159.4	35.0	12.6	1,218.6
ห้วยหมวกเหล็ก	13.2	11.9	38.1	79.7	126.1	130.4	144.8	195.1	275.3	160.6	37.9	9.3	1,222.3
ห้วยกระเสียว	10.8	9.2	41.9	73.4	152.2	132.0	157.3	188.5	243.1	190.8	37.7	7.7	1,244.6
ที่ราบแม่น้ำท่าจีน	12.1	11.0	43.9	67.4	155.5	135.2	149.9	188.9	248.8	196.0	42.7	11.5	1,262.7

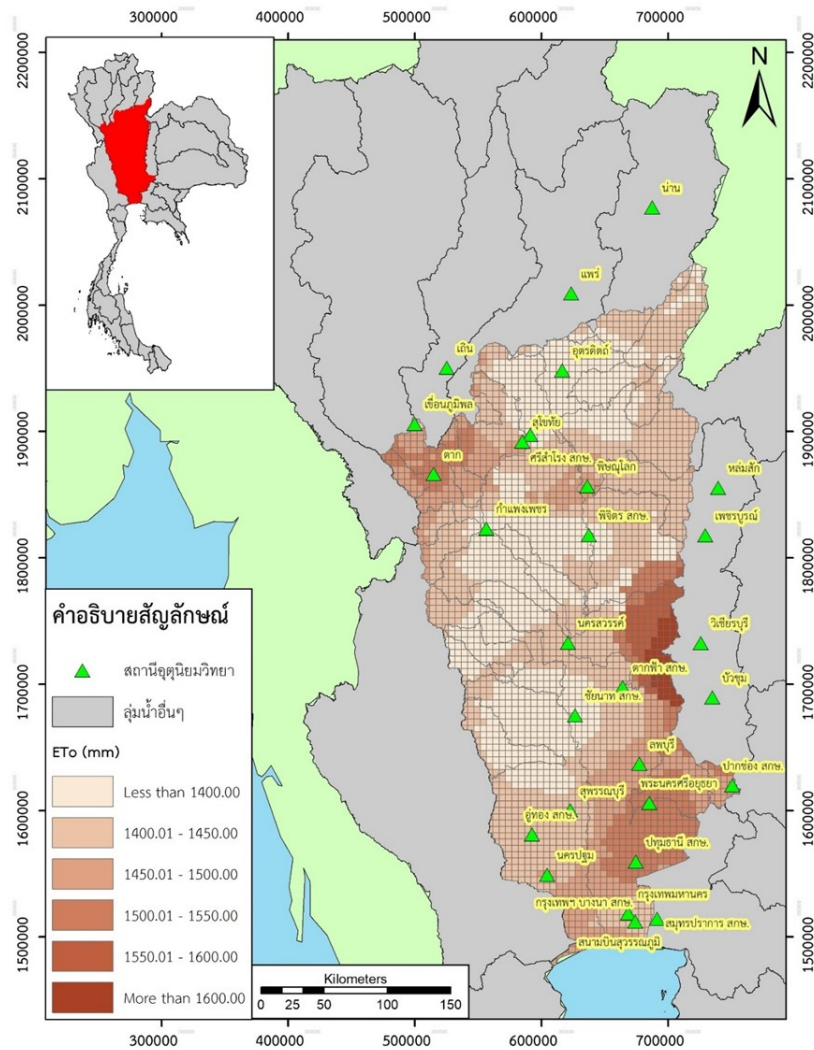
### 3) ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง

ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงรายวันเชิงพื้นที่ดำเนินการเช่นเดียวกับปริมาณฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ ซึ่งพิจารณาจากสมการ Penman – Monteith ดังสมการที่ 4.3.1-1

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34U_2)} \quad \text{สมการที่ 4.3.1-1}$$

โดยที่	$ET_o$	คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)
	$R_n$	คือ ปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่พืชได้รับ (เมกกะจูล/ตร.ม./วัน)
	$G$	คือ อัตราการเคลื่อนย้ายพลังงานความร้อนในดิน (เมกกะจูล/ตร.ม./วัน)
	$T$	คือ อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
	$\Delta$	คือ ค่าความลาดชันของเส้นกราฟแรงดันไอ (กิโลปาสกาล/องศาเซลเซียส)
	$\gamma$	คือ ค่าคงที่ของ psychrometric (กิโลปาสกาล/องศาเซลเซียส)
	$U_2$	คือ ค่าความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตรจากพื้นดิน (เมตร/วินาที)
	$(e_s - e_a)$	คือ อัตราการเคลื่อนย้าย

ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยรายปีแสดงดังรูปที่ 4.3.1-4 และตารางที่ 4.3.1-2 แสดงรายละเอียดของปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงรายเดือนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1,505.2 มม. โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,593.9 มม. ในปี พ.ศ.2559 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1,426.1 มม. ในปี พ.ศ.2554 เมื่อพิจารณาการกระจายตัวปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงตามช่วงเวลาพบว่า ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงมีค่ามากในช่วงเดือน เมษายน ถึง พฤษภาคม ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยเชิงพื้นที่แสดงดังรูปที่ 4.3.1-4 ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยเชิงพื้นที่ที่มีความสอดคล้องกับปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยรายปี



รูปที่ 4.3.1-4 ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยรายปีในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

ตารางที่ 4.3.1-2 ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำสาขา	ปริมาณการคายระเหย, ET <sub>0</sub> (mm)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
แม่น้ำปิงตอนบน	91.2	113.0	153.5	167.6	157.6	136.8	131.6	123.1	113.5	103.7	90.7	84.0	1,466.3
น้ำแม่จืด	91.9	113.7	154.0	167.9	157.6	136.6	131.7	123.3	113.9	104.1	91.3	84.6	1,470.3
แม่น้ำแม่แตง	92.1	113.8	154.2	168.0	158.5	137.7	132.5	124.1	114.5	104.7	91.6	84.9	1,476.5
แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	93.3	114.7	154.7	168.7	157.3	135.8	131.1	123.2	114.0	104.4	92.4	85.8	1,475.4
น้ำแม่ริม	93.2	115.4	155.9	169.9	158.9	137.3	132.1	123.8	114.6	105.1	92.4	85.8	1,484.3
น้ำแม่กวาง	92.5	113.2	152.3	165.1	154.4	133.9	130.1	122.6	113.2	103.6	91.4	84.9	1,457.0
น้ำแม่غان	94.2	115.7	155.9	169.4	158.2	136.3	132.2	124.4	115.2	105.2	93.2	86.5	1,486.4
น้ำแม่ลี	96.6	118.2	156.0	165.9	154.8	132.9	129.2	122.2	113.9	105.9	93.8	88.2	1,477.5
น้ำแม่กลาง	94.2	113.9	151.9	165.7	155.1	134.6	130.4	123.4	114.3	104.8	93.1	86.5	1,467.8
แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	96.4	118.5	156.7	168.6	157.8	134.1	130.5	123.7	115.0	105.6	94.1	88.8	1,489.9
น้ำแม่แจ่มตอนบน	94.2	115.4	155.0	168.2	157.4	136.1	132.3	124.6	115.3	105.2	93.0	86.5	1,483.1
น้ำแม่แจ่มตอนล่าง	95.6	116.9	156.1	167.6	156.7	136.4	131.4	123.7	115.2	106.7	94.6	88.0	1,488.9
น้ำแม่หาด	96.6	119.3	156.7	168.5	156.8	132.9	129.4	122.7	114.2	105.5	94.1	88.9	1,485.7
น้ำแม่ตื่น	101.0	125.9	166.5	176.5	166.8	138.0	134.0	128.2	119.8	109.2	97.8	93.1	1,556.6
แม่น้ำปิงส่วนที่ 4	100.1	122.9	163.7	175.6	167.1	137.0	132.4	127.9	119.3	107.5	96.5	92.7	1,542.7
ห้วยแม่ท้อ	101.6	124.4	166.6	179.1	170.6	139.1	134.5	130.3	121.4	108.5	97.4	93.9	1,567.3



ตารางที่ 4.3.1-2 ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำสาขา	ปริมาณการคายระเหย, ET <sub>o</sub> (mm)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
คลองวังเจ้า	97.9	114.6	151.3	167.5	159.5	131.8	127.8	124.9	116.0	104.3	94.1	91.6	1,481.2
คลองแม่ระกา	102.6	125.4	168.1	179.8	170.0	139.7	133.6	128.3	119.6	108.9	99.0	95.2	1,570.2
คลองสวนหมาก	97.9	113.2	147.2	162.2	154.8	130.2	126.5	123.3	114.3	104.2	94.8	92.3	1,460.8
แม่น้ำปิงตอนล่าง	97.8	112.1	144.1	157.3	150.5	129.7	125.6	121.8	111.3	103.7	95.1	93.3	1,442.4
แม่น้ำปิงตอนบน	95.4	114.5	154.9	161.5	153.7	134.2	131.2	123.9	114.2	106.0	91.4	85.7	1,466.6
แม่น้ำสวय	93.8	114.2	153.9	163.4	154.1	134.1	130.7	123.2	113.7	104.7	91.1	85.3	1,462.0
น้ำแม่ต๋อย	93.9	111.0	148.8	155.5	146.8	128.9	128.0	122.2	112.4	103.8	89.8	83.9	1,424.9
แม่น้ำปิงตอนกลาง	94.1	110.1	147.3	152.2	145.4	128.2	127.5	121.5	111.7	104.0	89.1	83.9	1,415.0
น้ำแม่จาง	98.2	114.7	154.7	156.4	152.2	133.9	130.4	122.9	113.9	108.4	92.5	88.2	1,466.3
น้ำแม่คำ	97.3	117.9	156.2	160.4	150.6	131.6	128.6	121.6	113.6	107.3	93.4	87.7	1,466.1
แม่น้ำปิงตอนล่าง	99.7	123.8	163.4	172.2	161.3	134.5	130.8	124.3	116.3	107.5	95.8	90.9	1,520.5
แม่น้ำยมตอนบน	95.6	117.4	159.7	169.2	158.8	135.4	128.1	119.0	113.9	109.4	96.4	88.1	1,490.9
แม่น้ำควน	98.4	122.4	166.6	175.9	161.2	137.0	128.5	119.3	115.7	112.8	99.5	90.3	1,527.5
น้ำปี้	88.9	109.1	145.7	152.8	146.4	126.7	122.9	116.1	109.6	102.8	89.3	81.8	1,392.1
แม่น้ำงาว	93.6	108.4	147.7	155.0	153.6	133.9	129.9	121.8	111.9	104.8	89.8	85.4	1,435.7
แม่น้ำยมตอนกลาง	94.0	108.6	149.0	158.6	163.1	140.6	132.5	122.0	112.7	106.5	92.1	88.8	1,468.4
น้ำแม่คำมี	90.9	105.3	143.2	154.9	158.9	137.3	129.5	119.3	110.2	103.5	89.7	86.0	1,428.5
น้ำแม่ต้า	95.1	109.5	150.4	157.2	161.7	140.3	132.7	122.4	112.9	107.2	91.7	88.7	1,469.7
ห้วยแม่สิน	95.2	110.7	148.6	156.8	156.5	135.0	129.6	121.6	113.2	107.6	93.4	89.1	1,457.2
น้ำแม่มอก	101.0	124.5	163.5	174.5	162.9	136.0	130.6	123.8	115.5	107.7	98.2	93.2	1,531.3
น้ำแม่รำพัน	101.9	123.1	163.5	174.8	164.5	138.9	131.6	124.9	116.4	109.2	100.4	95.3	1,544.5
แม่น้ำยมตอนล่าง	98.1	114.5	150.8	162.6	156.0	134.2	127.9	121.4	112.7	107.0	97.2	92.8	1,475.2
แม่น้ำน่านตอนบน	116.1	146.7	204.1	216.3	186.4	153.3	137.4	123.9	125.5	129.7	117.3	106.5	1,763.1
ห้วยน้ำยาว (1)	112.1	141.5	196.9	208.9	181.7	150.5	136.0	123.4	123.9	126.4	113.8	102.7	1,717.7
แม่น้ำน่านส่วนที่ 2	91.4	112.5	151.5	159.5	150.7	129.7	124.4	116.8	111.2	105.4	92.2	84.0	1,429.4
น้ำยาว (2)	89.7	110.6	148.7	156.2	149.0	128.8	123.5	115.9	110.2	104.4	90.6	82.7	1,410.3
น้ำสมุน	88.4	108.0	143.9	151.4	145.6	126.3	122.1	115.2	108.8	102.4	89.0	81.5	1,382.6
แม่น้ำน่านส่วนที่	94.0	111.8	151.0	159.3	158.7	137.4	129.8	120.3	112.9	107.4	93.9	88.6	1,465.1
น้ำสา	91.2	109.5	146.5	155.3	150.4	129.6	125.4	118.0	111.0	104.0	91.5	84.0	1,416.4
น้ำว้า	96.8	119.0	160.5	169.2	157.4	134.5	127.9	119.5	114.9	110.4	97.6	88.8	1,496.3
น้ำแหง	91.8	108.6	146.2	156.1	154.8	133.7	127.5	118.7	110.7	104.3	91.1	86.1	1,429.6
แม่น้ำน่านส่วนที่ 4	93.5	108.8	144.8	156.6	154.3	133.8	127.3	120.1	112.2	106.2	94.5	88.9	1,440.9
น้ำปาด	95.6	113.9	153.6	160.8	160.4	139.4	131.0	121.4	114.1	109.3	95.8	90.5	1,485.7
คลองตรอน	92.6	106.6	141.3	154.5	152.8	132.3	126.9	120.0	111.8	105.1	93.5	88.3	1,425.7
แม่น้ำแควน้อย	99.9	118.5	156.5	163.2	158.3	138.4	129.9	122.2	115.3	111.6	101.4	95.8	1,510.9
น้ำภาค	96.1	111.2	146.9	157.5	156.2	136.2	129.7	122.2	114.3	108.6	97.1	92.1	1,468.0
แม่น้ำวังทอง	100.3	115.8	151.3	160.5	154.9	136.6	128.7	121.8	113.7	110.3	101.1	96.6	1,491.5
แม่น้ำน่านตอนล่าง	99.0	114.1	147.9	159.9	153.2	134.3	128.0	122.4	112.4	107.3	98.7	95.4	1,472.5
ที่ราบแม่น้ำเจ้า	106.5	113.8	144.4	153.2	148.4	132.6	129.2	126.1	113.3	107.3	101.6	104.1	1,480.6
บึงบอระเพ็ด	105.8	123.8	156.3	161.9	153.0	138.3	135.7	130.9	119.9	113.8	103.1	101.8	1,544.3
น้ำแม่วัง	99.6	114.1	146.4	158.9	151.5	130.5	127.2	124.0	112.7	104.4	96.2	95.1	1,460.4
คลองโพธิ์	97.5	111.2	143.6	154.6	146.9	129.1	125.0	121.8	110.2	102.7	94.1	92.9	1,429.7
ห้วยทับเสลา	98.0	111.5	144.1	155.2	147.7	129.5	125.3	122.0	111.1	103.5	94.6	93.3	1,435.7
แม่น้ำสะแกกรัง ตอนล่าง	97.8	111.6	144.3	155.4	147.5	129.8	125.7	122.2	110.2	102.7	94.3	93.0	1,434.4
แม่น้ำป่าสักตอนบน	101.6	120.4	157.7	159.9	155.4	139.0	129.6	121.3	115.0	113.0	102.6	97.2	1,512.6
ห้วยน้ำพุ	102.7	122.5	161.0	161.9	157.0	140.6	130.4	121.5	115.6	114.2	103.7	98.2	1,529.3
แม่น้ำป่าสักส่วนที่ 2	102.0	118.1	153.0	158.2	150.2	135.1	128.0	121.5	114.0	111.9	102.3	98.0	1,492.3
แม่น้ำป่าสักส่วนที่ 3	112.4	129.4	160.4	161.1	153.9	143.3	142.6	137.9	130.3	125.9	112.8	110.6	1,620.6
ห้วยเกาะแก้ว	115.6	135.0	166.5	165.4	156.3	143.6	140.4	135.6	125.2	121.9	110.9	111.5	1,628.0

**ตารางที่ 4.3.1-2 ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา**

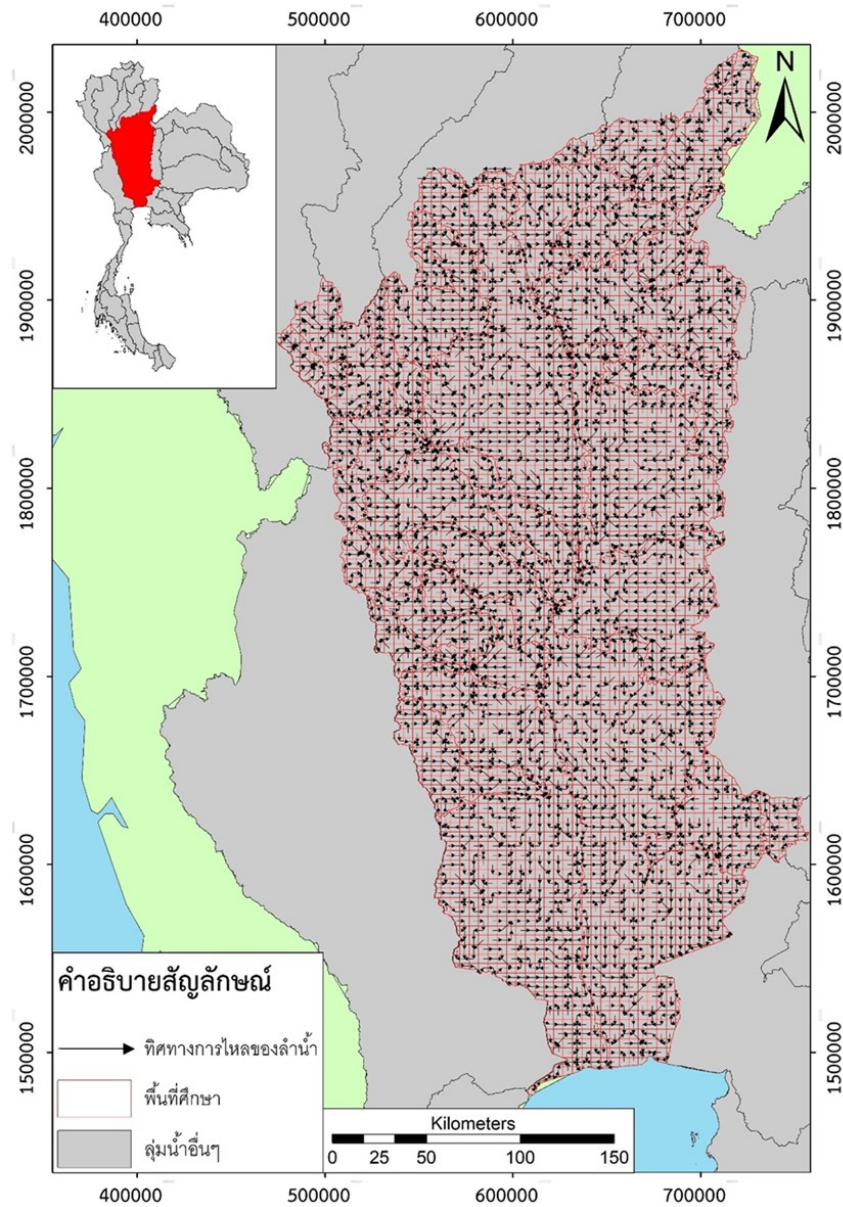
ลุ่มน้ำสาขา	ปริมาณการคายระเหย, ET <sub>o</sub> (mm)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ลำสนธิ	117.5	131.4	161.8	161.8	155.4	142.2	138.3	133.8	123.0	121.0	113.0	115.0	1,614.2
แม่น้ำป่าสักตอนล่าง	116.7	121.0	150.8	155.3	151.6	136.7	131.7	127.5	113.6	112.2	110.4	116.2	1,543.7
ห้วยหมวกเหล็ก	116.5	118.1	147.6	153.5	150.6	135.5	130.9	126.6	111.9	110.7	110.7	117.4	1,529.9
ห้วยกระเสียว	100.5	110.6	141.6	151.4	146.5	130.8	126.6	124.2	112.3	105.4	97.4	97.4	1,444.7
ที่ราบแม่น้ำท่าจีน	103.2	110.8	141.2	150.3	145.7	130.1	127.3	124.7	112.3	105.6	98.8	100.2	1,450.2

#### 4.3.2 การจัดเตรียม และนำเข้าข้อมูลสภาพพื้นที่ และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องสู่แบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่า

##### 1) การกำหนดทิศทางการไหล

แบบจำลอง DWCM – AgWU แบบแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางอุทกวิทยาซึ่งคำนวณการไหลเวียนของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำในรูปแบบของการกระจาย (Distributed Hydrological Model) โดยปริมาณน้ำท่าในแต่ละเซลล์คำนวณตามลำดับเซลล์ ซึ่งจะมีความสอดคล้องกับลำดับของลำน้ำ และทิศทางการไหล โดยทิศทางการไหลถูกกำหนดไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล และใช้ทิศทางการไหลในการกำหนดลำดับการคำนวณของเซลล์คำนวณตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการคำนวณสภาพการไหลทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำทิศทางการไหลถูกกำหนดโดยพิจารณาระดับความสูงของเซลล์คำนวณเป้าหมายร่วมกับเซลล์การคำนวณรอบเซลล์เป้าหมายทั้ง 8 ทิศทาง โดยทิศทางการไหลจะถูกกำหนดให้เป็นไปตามทิศทางที่มีความชันระหว่างเซลล์คำนวณมากที่สุด ซึ่งในการกำหนดทิศทางการไหลระหว่างเซลล์คำนวณอาจจะมิติศทางการไหลเข้าได้หลายทิศทางแต่จะมีการกำหนดทิศทางการไหลออกเพียงทิศทางเดียว

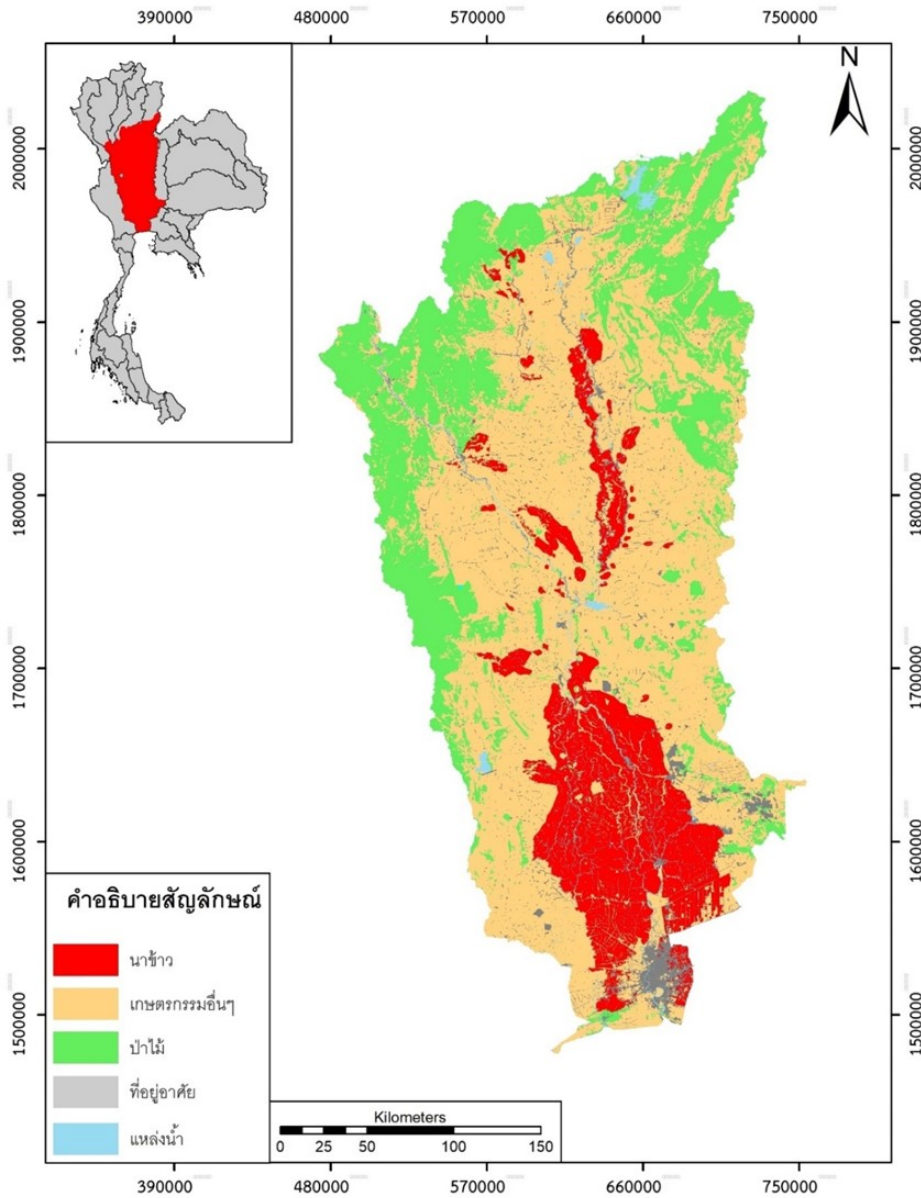
การกำหนดทิศทางการไหลของเซลล์คำนวณตลอดทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำดำเนินการโดยฟังก์ชัน Flow Direction ในโปรแกรม Arc Map และยังมีตรวจสอบทิศทางการไหลซึ่งพัฒนาโดยฟังก์ชัน Flow Direction เปรียบเทียบการไหลของลำน้ำในลักษณะภูมิประเทศจริง หากมีความคลาดเคลื่อนไปจากลักษณะกายภาพที่แท้จริงจะมีการดำเนินการแก้ไขให้มีความสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพให้มากที่สุด โดยลักษณะทิศทางการไหลของลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำที่พัฒนาจากฐานข้อมูลนำเข้าแบบจำลองแสดง ดังรูปที่ 4.3.2-1 ซึ่งในภาพแสดงให้เห็นถึงลำดับของลำน้ำ (Stream order) ที่มีความสอดคล้องกับการไหลกับลักษณะภูมิประเทศจริง



รูปที่ 4.3.2-1 ทิศทางการไหลของลำน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

## 2) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน พิจารณาจากการนำเข้าข้อมูลแบบจำลอง DWCM – AgWU ซึ่งแบบจำลองจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็น 5 ประเภท ได้แก่ ป่าไม้ นาข้าวในและนอกเขตชลประทาน พื้นที่แหล่งน้ำ ชุมชน และพื้นที่เกษตรอื่น ๆ ซึ่งรายละเอียดของการจำแนกการใช้ประโยชน์แสดงดังรูปที่ 4.3.2-2



รูปที่ 4.3.2-2 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

### 4.3.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง DWCM-AgWU

#### 1) การเรียงเรียงข้อมูลและการนำเข้าข้อมูล

การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลอง DWCM – AgWU ดำเนินการโดยอ้างอิงเซลล์การคำนวณขนาด 25 ตร.กม. (5 กม. x 5 กม.) หรือน้อยกว่า โดยข้อมูลที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง DWCM – AgWU ประกอบด้วย

- ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ ข้อมูลระดับของพื้นที่ ข้อมูลทิศทางการไหลของลำน้ำ ระยะห่างระหว่างลำน้ำ ลำดับการไหล
- ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ ตำแหน่ง ขนาดความจุ และโค้งความจุ ข้อมูลปริมาณการระบาย น้ำสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ข้อมูลศักยภาพของการระบายน้ำผ่านทางระบายน้ำฉุกเฉิน ปีที่เริ่มใช้งาน ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน
- ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน ได้แก่ ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งห้วงงาน ข้อมูลศักยภาพของโครงการ ข้อมูลขนาดของพื้นที่ชลประทาน (นาข้าว) ในแต่ละเซลล์การคำนวณ
- ข้อมูลปฏิทินการเพาะปลูกสำหรับนาข้าว ได้แก่ วันแรกที่เริ่มเพาะปลูก วันสุดท้ายที่ทำ การเก็บเกี่ยว จำนวนวันที่ดำเนินการเพาะปลูกทั้งโครงการ จำนวนวันในการเจริญเติบโตของข้าว จำนวนวันที่ดำเนินการเก็บเกี่ยวทั้งโครงการ
- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยแบบจำลองคำนึงถึงลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกได้ 5 ประเภทดังนี้ 1) นาข้าวในเขตชลประทาน 2) นาข้าวน้ำฝน 3) พื้นที่แหล่งน้ำ 4) พื้นที่ป่าไม้ 5) พื้นที่เกษตรอื่น ๆ และ 6) พื้นที่อื่น ๆ
- ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ข้อมูลฝน และข้อมูลสภาพภูมิอากาศอื่น ๆ ที่ใช้สำหรับการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง อาทิเช่น อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ชั่วโมงแสงแดด ความเร็วลม โดยดำเนินการเฉลี่ยข้อมูลสภาพภูมิอากาศเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Inverse Distance

#### 2) การประยุกต์ใช้แบบจำลองต้นแบบ

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง DWCM – AgWU สำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีกระบวนการปรับปรุงแบบจำลอง และประยุกต์ใช้แบบจำลอง ซึ่งการจำลองมีขึ้นการคำนวณเป็นรายวันและมีระยะเวลาในการจำลองทั้งหมด 16 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2551 – พ.ศ.2566 โดยกำหนดให้ พ.ศ.2551 เป็นช่วงเตรียมความพร้อมแบบจำลอง (Warm up) และแสดงผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองจำนวน 15 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2552 – พ.ศ.2565 โดยมีรายละเอียดของกระบวนการประยุกต์ใช้แบบจำลองต้นแบบดังนี้

- การกำหนดเซลล์การคำนวณและลำดับการคำนวณ

เซลล์การคำนวณขนาด 25 ตร.กม.หรือน้อยกว่า ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างทั้งหมดจำนวน 4,554 เซลล์ และมีลำดับในการคำนวณแสดงดังรูปที่ 4.3.2-1 ซึ่งลำดับการคำนวณดังกล่าวมีความสอดคล้องกับทิศทางการไหลกล่าวคือ เซลล์พื้นที่ท้ายน้ำจะต้องมีลำดับในการคำนวณหลังเซลล์ในพื้นที่ต้นน้ำ โดยกำหนดให้มีจุดทางออกของพื้นที่ลุ่มน้ำ 2 จุด ณ อ่าวไทย ที่อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ และ อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร

- การกำหนดลุ่มน้ำย่อย

การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยดำเนินการสำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองย่อยการคำนวณปริมาณน้ำท่า โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง DWCM – AgWU สำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง กำหนดให้มีลุ่มน้ำย่อยจำนวน 8 ลุ่มน้ำ ได้แก่ 1) ปิง 2) วัง 3) ยม 4) น่าน 5) เจ้าพระยา 6) สะแกกรัง 7) ป่าสัก และ 8) ท่าจีน

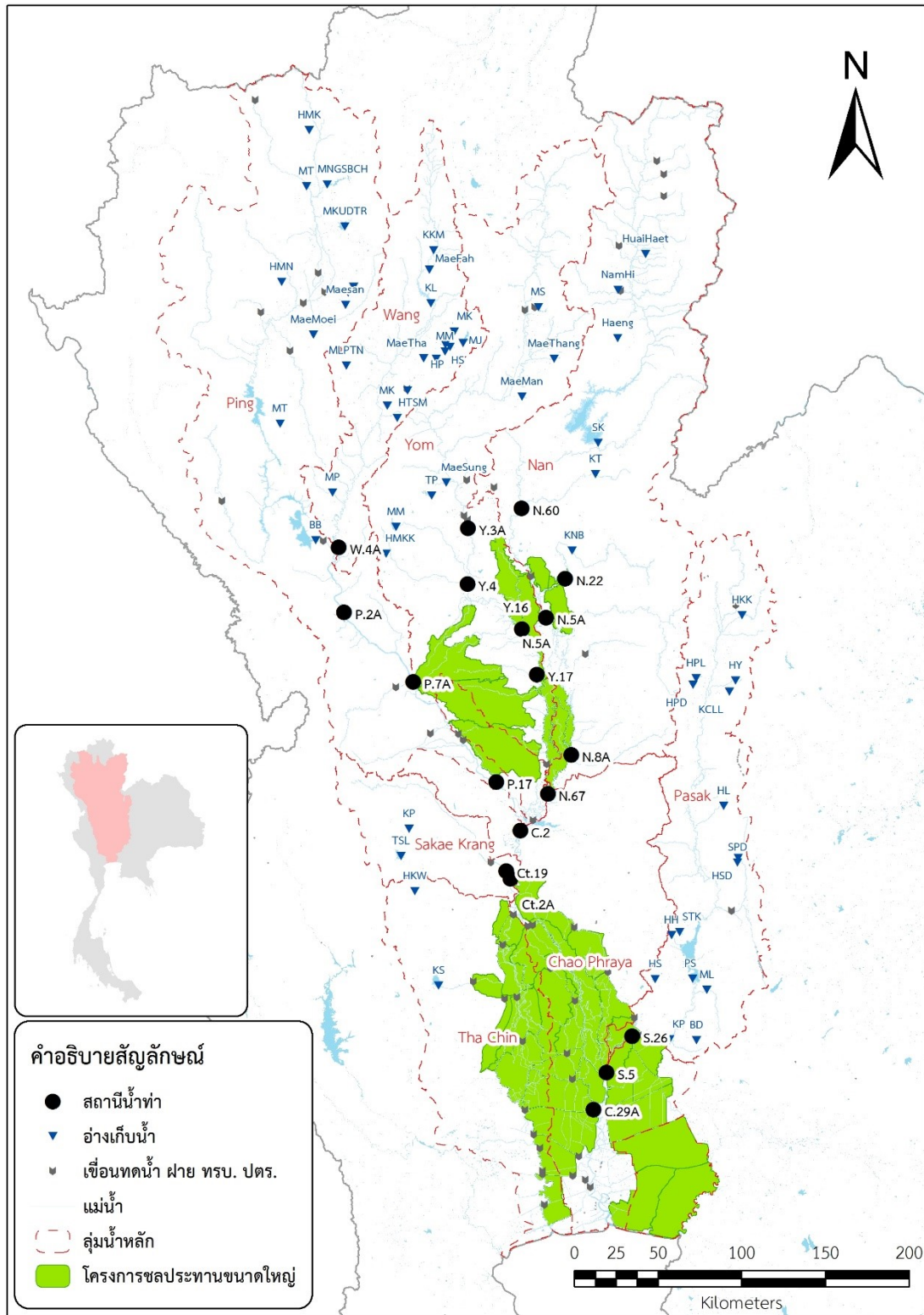
- การกำหนดปฏิทินการเพาะปลูก

ปฏิทินการเพาะปลูกกำหนดสำหรับนาข้าวทั้ง นาข้าวในเขตพื้นที่ชลประทาน และนาข้าวในพื้นที่เกษตรน้ำฝน ซึ่งปฏิทินการเพาะปลูกส่งผลต่อการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำสำหรับนาข้าว การคำนวณพื้นที่เพาะปลูก โดยในเขตพื้นที่ชลประทานกำหนดให้มีการปลูกข้าว 2 ครั้ง ได้แก่ 1) นาปี เริ่มทำการเพาะปลูกตั้งแต่กลางเดือนมกราคม มีช่วงระยะเวลาปลูกประมาณ 30 วัน มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตประมาณ 91 วัน และมีช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวประมาณ 45 วัน และ 2) นาปี เริ่มทำการเพาะปลูกตั้งแต่เดือนกรกฎาคม มีช่วงระยะเวลาปลูกประมาณ 45 วัน มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตประมาณ 120 วัน และมีช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวประมาณ 45 วัน โดยการ กำหนดปฏิทินการเพาะปลูกในเขตพื้นที่ชลประทานอ้างอิงตามข้อมูลการผันน้ำเข้าสู่พื้นที่ชลประทาน ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเจ้าพระยาตอนล่าง สำหรับพื้นที่นาข้าวในพื้นที่เกษตรน้ำฝนกำหนดให้มีการเพาะปลูกเพียงช่วงนาปีเนื่องจากไม่ได้อยู่ในเขตพื้นที่ชลประทาน และอาศัยเพียงน้ำฝนในการเพาะปลูก โดยมีช่วงเวลาในการเพาะปลูกเช่นเดียวกับนาปีในพื้นที่เขตชลประทาน

- การคำนวณสภาพการไหลภายใต้การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง DWCM – AgWU สำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างคำนวณสภาพการไหลภายใต้การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำจำนวน 23 แห่ง ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ 6 แห่ง และอ่างเก็บน้ำขนาดกลางจำนวน 17 แห่ง โดยมีรายละเอียดแสดงรูปที่ 4.3.3-1 และ ตารางที่ 4.3.3-1 โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองในงานวิจัยนี้ดำเนินการละเว้นการคำนวณการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเนื่องจากมีปริมาณความจุของอ่างเก็บน้ำน้อยมากเมื่อเทียบกับอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง

การคำนวณสภาพการไหลภายใต้การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำถูกกำหนดตำแหน่งที่ตั้งบริเวณระหว่างเซลล์คำนวณซึ่งส่งผลกระทบต่ออ่างเก็บน้ำบางแห่งหากอ่างเก็บน้ำหลายแห่งตั้งอยู่ในเซลล์คำนวณเดียวกัน ดังนั้นในขั้นตอนของการนำเข้าสู่ข้อมูลจึงมีการปรับแก้ข้อมูลของอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ อาทิ เช่น ข้อมูลความจุสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลพื้นที่การใช้น้ำ โดยการรวมอ่างเก็บน้ำทั้งหมดในเซลล์คำนวณนั้น ๆ ให้มีหนึ่งเดียว



รูปที่ 4.3.3-1 พื้นที่การศึกษาและสถานีตรวจวัดน้ำท่าหลัก

ตารางที่ 4.3.3-1 อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

ลำดับ	ขนาดอ่างเก็บน้ำ	ชื่ออ่างเก็บน้ำ
1	ใหญ่	สิริกิติ์
2	ใหญ่	ภูมิพล
3	ใหญ่	แควน้อยบำรุงแดน
4	ใหญ่	ทับเสลา
5	ใหญ่	ป่าสักชลสิทธิ์
6	ใหญ่	กระเสียว
7	กลาง	บ้านดง
8	กลาง	คลองเพรียว
9	กลาง	ห้วยหินขาว
10	กลาง	บ้านหนองโพธิ์
11	กลาง	หมวกเหล็ก
12	กลาง	ห้วยส้ม
13	กลาง	ห้วยยางสาม
14	กลาง	ห้วยท่าเตือ
15	กลาง	ห้วยยางหนึ่ง
16	กลาง	ห้วยขุนแก้ว
17	กลาง	วังร่มเกล้า
18	กลาง	บึงบอระเพ็ด
19	กลาง	คลองน้ำไหล
20	กลาง	คลองข้างโน
21	กลาง	แม่กองค่าย
22	กลาง	ห้วยแม่สูง
23	กลาง	ห้วยทรง

- การบริหารจัดการน้ำชลประทานสำหรับพื้นที่ชลประทาน

การบริหารจัดการน้ำชลประทานสำหรับพื้นที่ชลประทานดำเนินการโดยแบบจำลองย่อยการจัดสรรน้ำเพื่อพื้นที่ชลประทาน โดยแบบจำลองคำนวณปริมาณน้ำชลประทานที่สามารถส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกข้าวในพื้นที่ชลประทานตามปริมาณความต้องการที่คำนวณโดยแบบจำลองย่อยการคำนวณ ใช้น้ำในนาข้าว โดยปริมาณน้ำชลประทานที่ผันเข้าสำหรับพื้นที่นาข้าวในเขตชลประทาน โดยคำนึงถึงปริมาณความต้องการน้ำจากนาข้าว ความสามารถในการรับของอาคารรับน้ำ หรือ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ ในแม่น้ำ แบบจำลองการจัดสรรน้ำเพื่อพื้นที่ชลประทาน

### 3) การสอบเทียบแบบจำลอง

กระบวนการสอบเทียบและทวนสอบแบบจำลองกำหนดให้ใช้ค่าตรวจวัดของปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ประกอบด้วย เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ เขื่อนทับเสลา เขื่อนกระเสียว และเขื่อนกักลม แทนที่ค่าที่ได้จากโมดูลการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำโดยตัวอย่างปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำจาก 4 เขื่อนหลักคือ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อน



แควน้อยบำรุงแดน เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์แสดงดัง รูปที่ 4.3.3-2 ถึง รูปที่ 4.3.3-7 และกำหนดให้ใช้ปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่พื้นที่ชลประทานซึ่งเป็นค่าตรวจวัดปริมาณน้ำที่ผ่านประตูระบายน้ำปากคลองชลประทานซึ่งเป็นอาคารรับน้ำเข้าสู่โครงการชลประทานทดแทนค่าที่คำนวณได้จากโมดูล การบริหารจัดการน้ำชลประทานสำหรับพื้นที่ชลประทาน ซึ่งโครงการชลประทานที่กำหนดให้ใช้ค่าตรวจวัดดังกล่าว ได้แก่ โครงการชลประทานบริเวณจังหวัดกำแพงเพชร ประกอบด้วย ทรบ.ท่อทองแดง ทรบ.วังบัว และทรบ.วังยาง ทรบ.หนองขวัญ และโครงการชลประทานบริเวณจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดพิจิตร ซึ่งรับน้ำผ่านคลองชลประทานบริเวณหน้าเขื่อนนเรศวร ประกอบด้วย ปตร.ปากคลองสายใหญ่ฝั่งขวา ปตร.ปากคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย (PLO และ PL1)

อย่างไรก็ตามการคำนวณปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลองที่สถานีตรวจวัดหลัก(รูปที่ 4.3.3-1) ได้ดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่ระหว่างค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดร่วมด้วย โดยมีสมการการคำนวณปริมาณน้ำท่าดังสมการที่ 4.3.3-1

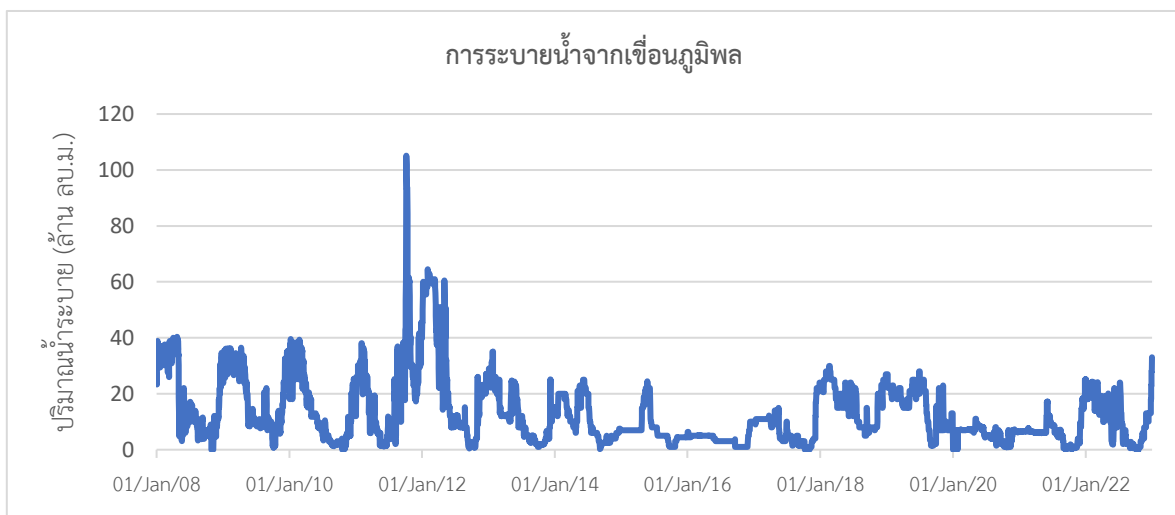
$$RO_C(T) = \frac{RO_o(T-1)+RO_o(T-2)+RO_o(T-3)+RO_M(T)}{4} \quad \text{สมการที่ 4.3.3-1}$$

เมื่อ  $RO_C(T)$  คือ ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากการปรับแก้

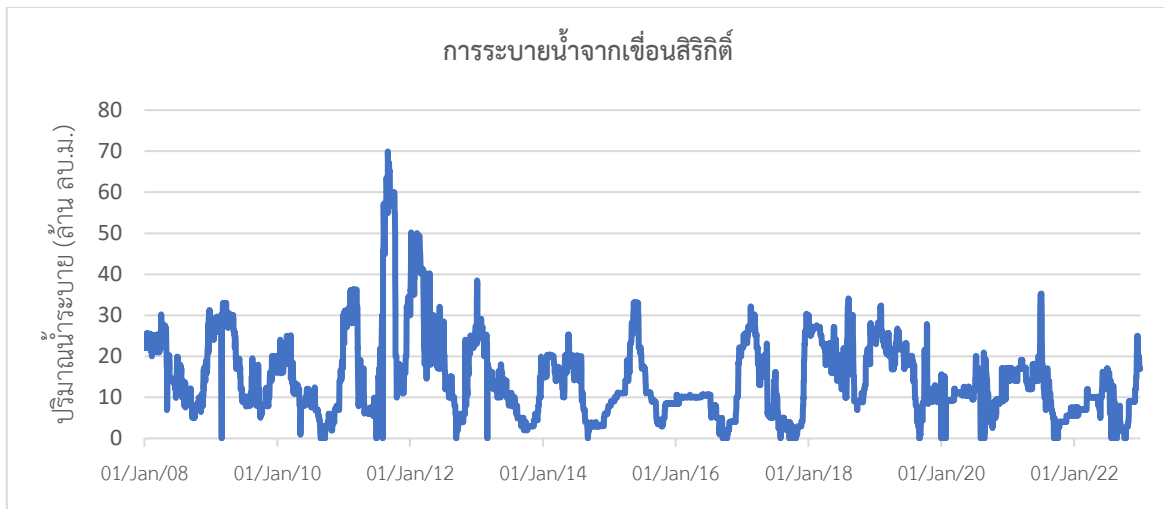
$RO_o(T-n)$  คือ ปริมาณน้ำท่าตรวจวัดย้อนหลังที่วัน n

$RO_M(T)$  คือ ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง

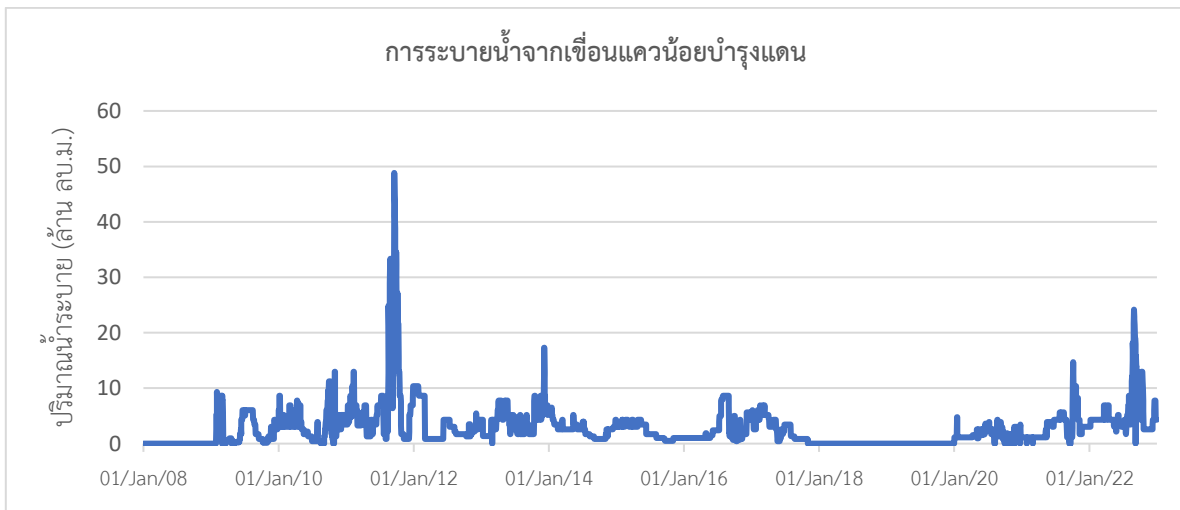
โดยกระบวนการสอบเทียบและประเมินความแม่นยำของแบบจำลองพิจารณาความแม่นยำระหว่างปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากการปรับแก้ ( $RO_C(T)$ ) และ ค่าตรวจวัดในช่วงเวลาเดียวกัน



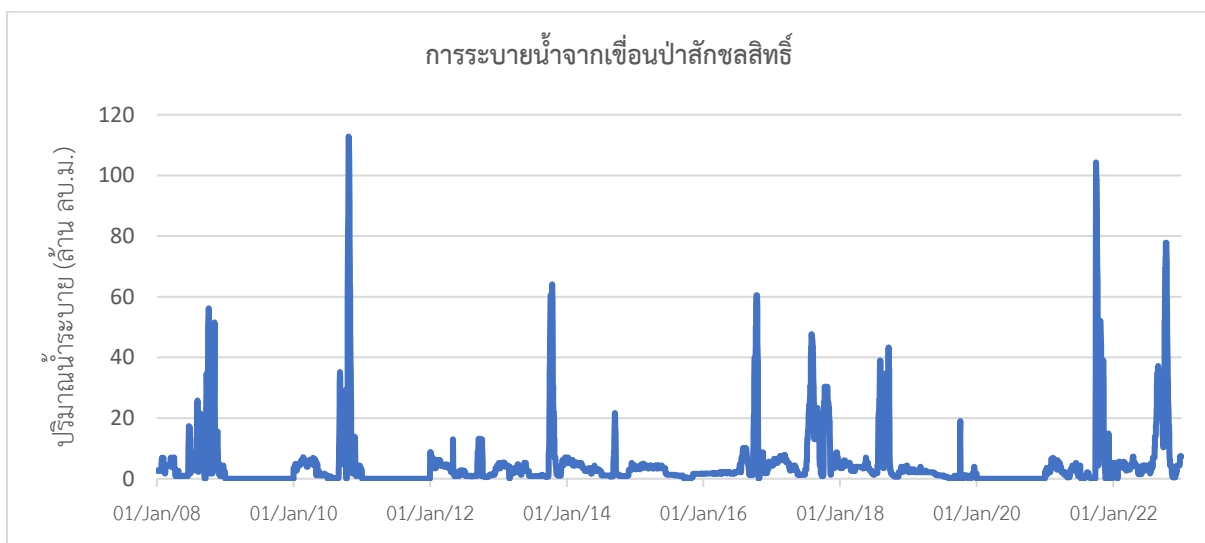
รูปที่ 4.3.3-2 ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 4.3.3-3 ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากเขื่อนสิริกิติ์



รูปที่ 4.3.3-4 ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน



รูปที่ 4.3.3-5 ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์

#### 4.3.4 การประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง

การสอบเทียบแบบจำลองเริ่มต้นจากการนำผลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง DWCM – AgWU จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด โดยใช้เกณฑ์การประเมิน 3 เกณฑ์ ได้แก่  $R^2$  (Coefficient of Determination), NSE (Nash Sutcliff Coefficient) และ PBIAS ซึ่งตารางที่ 4.3.4-1 แสดงเกณฑ์การประเมินผลของแบบจำลองโดยค่า NSE หากมีค่ามากกว่า 0.6 ขึ้นไปแสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าที่เชื่อถือได้ อย่างไรก็ตามหากผลที่ได้มีค่าการประเมินต่ำกว่า 0.6 จะต้องทำการพิจารณาค่า PBIAS ซึ่งหากค่า PBIAS มีค่าน้อยกว่า 0 จะต้องกลับไปปรับค่าพารามิเตอร์ใน DWCM-AgWU โดยมีแนวทางในการปรับเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำท่า ในทางกลับกันหากค่า PBIAS มีค่ามากกว่า 0 จะต้องกลับไปปรับค่าพารามิเตอร์ใน DWCM – AgWU โดยมีแนวทางในการปรับเพื่อลดปริมาณน้ำท่า

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผลความถูกต้องของแบบจำลองมีจำนวนทั้งสิ้น 3 เกณฑ์ ได้แก่ 1. ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (Coefficient of Determination,  $R^2$ ) 2. ค่า Nash – Sutcliff Efficiency และ 3. ร้อยละความเอนเอียงของการประมาณ (Percent Bias, PBIAS)

1. ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (Coefficient of Determination,  $R^2$ )

$$R^2 = \left( \frac{COV(O,P)}{\sqrt{VAR(O)VAR(P)}} \right)^2 \quad \text{สมการที่ 4.3.4-1}$$

2. ค่าความแม่นยำ (Nash – Sutcliffe Efficiency, NSE)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{สมการที่ 4.3.4-2}$$

3. ร้อยละความเอนเอียงของการประมาณ (Percent Bias, PBIAS)

$$PBIAS = 100 \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad \text{สมการที่ 4.3.4-3}$$

เมื่อ  $x_i$  คือ ค่าตรวจวัด,  $y_i$  คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง,  $\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยของค่าตรวจวัด,  $\bar{y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง และ  $n$  คือจำนวนชุดข้อมูล

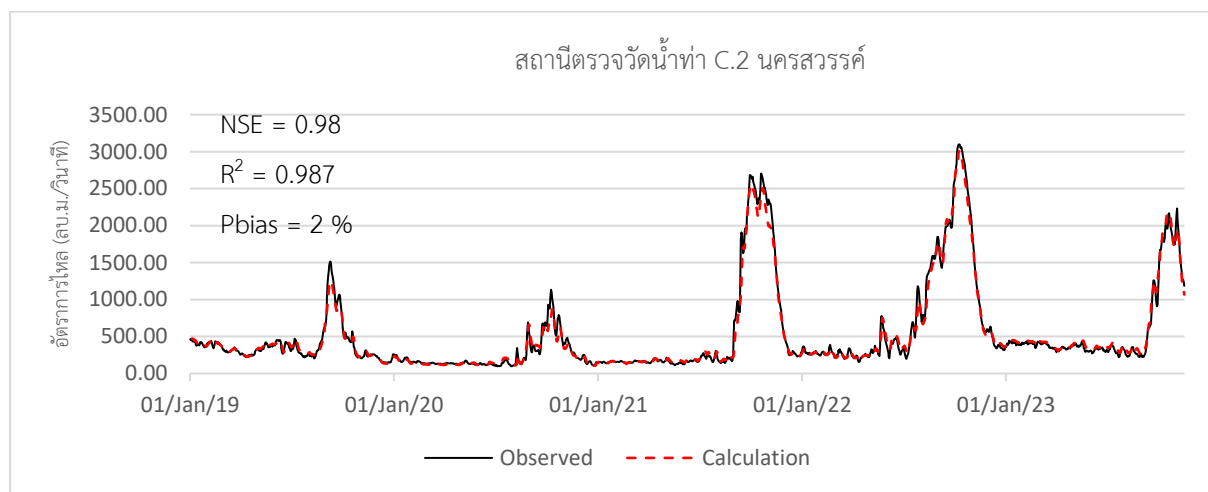
ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ ( $R^2$ ) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งหากมีค่าใกล้ 0 นั้นหมายความว่าตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์กันน้อยในเชิงตรงกันข้าม หากมีค่าเข้าใกล้ 1 นั้นหมายความว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมาก ส่วนการแปลผลของค่า NSE แสดงดังตารางที่ 4.3.4-1 ซึ่งหากค่า NSE มีค่ามากกว่า 0 สามารถแปลผลความแม่นยำของการคาดคะเนว่าแบบจำลองสามารถคาดคะเนโดยมีความแม่นยำมากกว่าค่าเฉลี่ย ในขณะที่ค่า NSE น้อยกว่า 0 สามารถแปลผลความแม่นยำของการคาดคะเนว่าแบบจำลองสามารถคาดคะเนโดยมีความแม่นยำน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ในส่วนของดัชนีสมมูลน้ำเป็นดัชนีที่แสดงความแม่นยำของการคาดคะเนของแบบจำลองโดยพิจารณาสมมูลของปริมาณน้ำท่าโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างค่าที่ได้จากการคาดคะเนโดยแบบจำลองและค่าตรวจวัด หากมีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าแบบจำลองสามารถคาดคะเนปริมาณน้ำโดยไม่มีผิดพลาด หากมีค่ามากกว่า 0 แสดงว่าแบบจำลองคาดคะเนปริมาณน้ำมากกว่าค่าตรวจวัด และในทางกลับกันหากค่าสมมูลน้ำมีค่าน้อยกว่า 0 แสดงว่าแบบจำลองคาดคะเนปริมาณน้ำได้น้อยกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด

**ตารางที่ 4.3.4-1** การแปลความหมายความแม่นยำของการพยากรณ์โดยแบบจำลอง

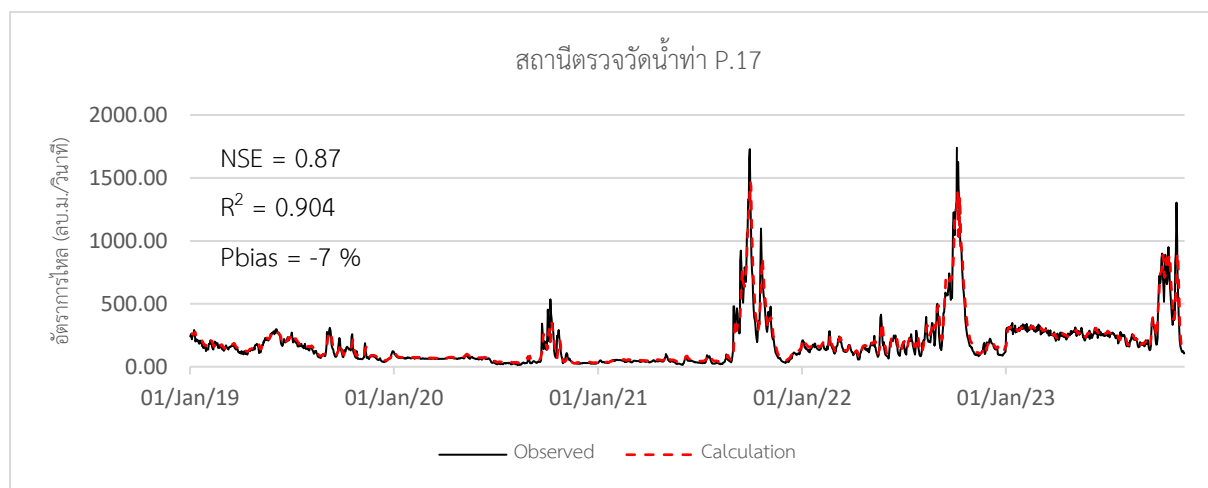
Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)	การแปลความหมายของความแม่นยำในการคาดคะเน
1	แบบจำลองสามารถคาดคะเนโดยไม่มีผิดพลาด
0-1	แบบจำลองสามารถคาดคะเนค่าโดยมีความแม่นยำกว่าการใช้ค่าเฉลี่ย
< 0	แบบจำลองสามารถคาดคะเนค่าโดยมีความแม่นายน้อยกว่าการใช้ค่าเฉลี่ย
>> 0.75	Good Prediction (Lian et al., 2007)
0.36-0.75	Satisfactory Prediction (Lian et al., 2007)

ที่มา : วราวุธ (2553)

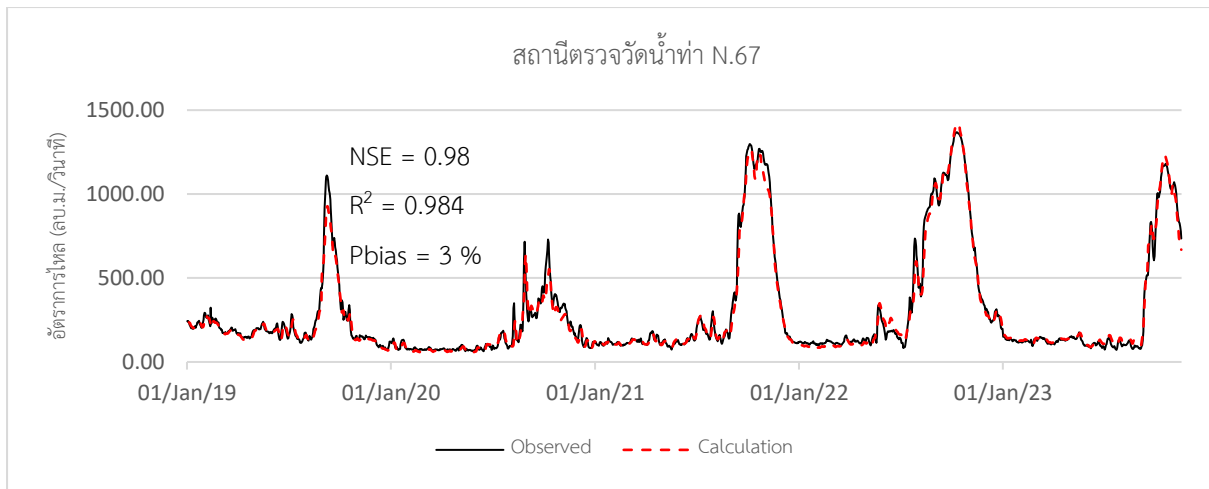
ตัวอย่างผลการประเมินความแม่นยำของแบบจำลองที่จุดวัดน้ำท่า ณ สถานีตรวจวัดต่างๆ และกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณแสดงดังรูปที่ 4.3.4-1 ถึงรูปที่ 4.3.4-6



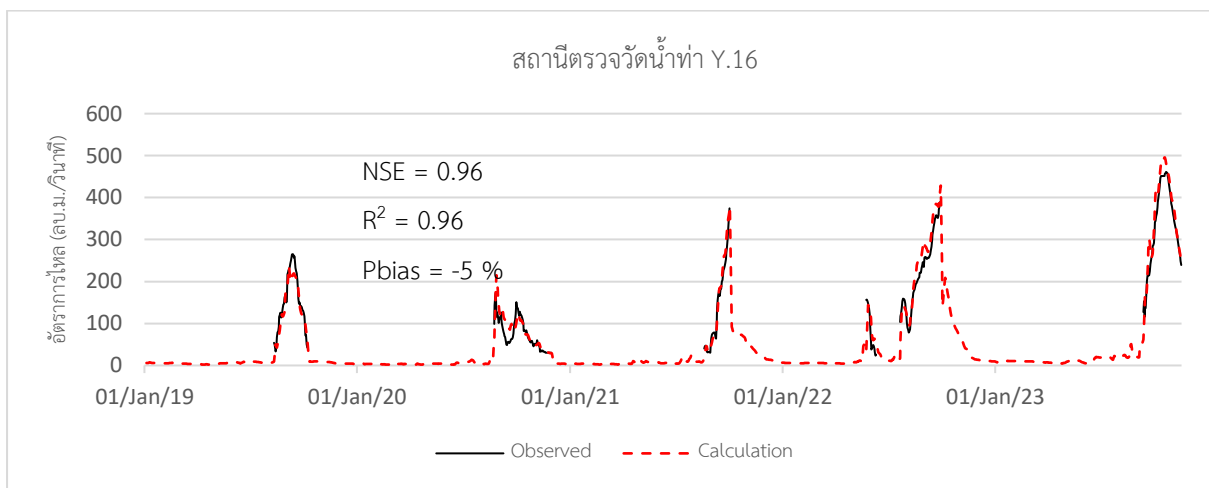
**รูปที่ 4.3.4-1** กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี C.2



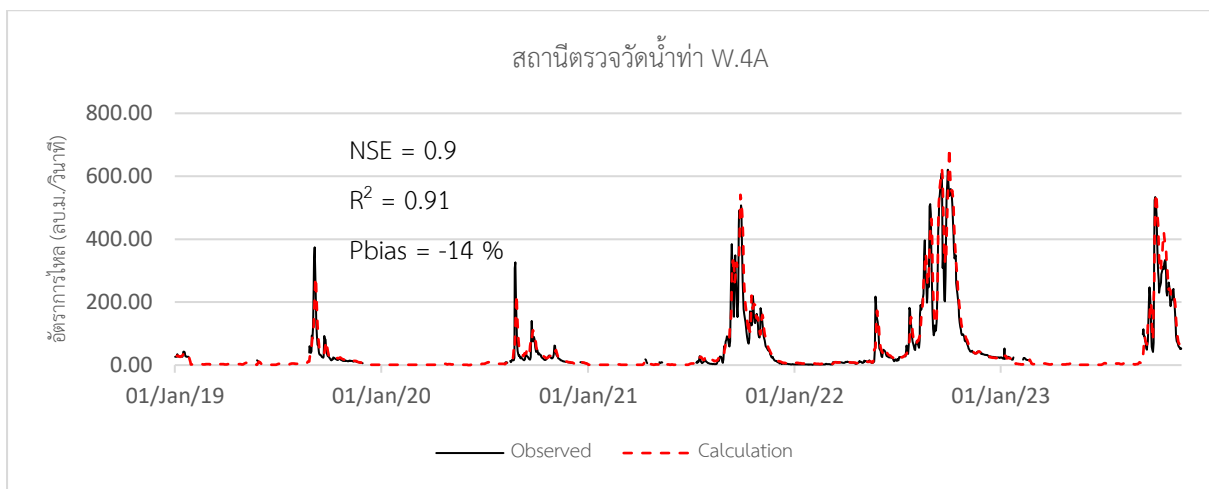
**รูปที่ 4.3.4-2** กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี P.17



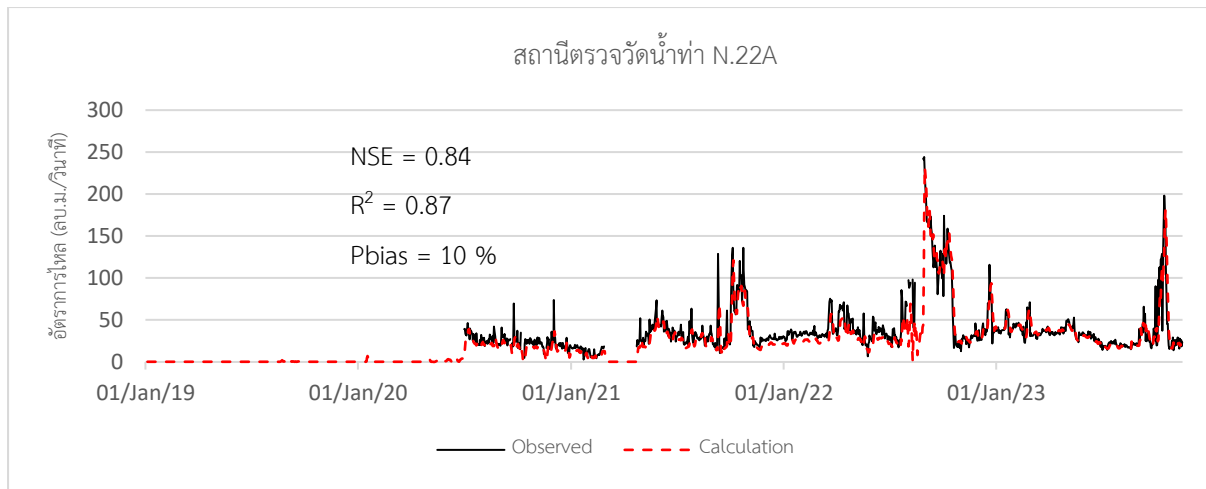
รูปที่ 4.3.4-3 กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี N.67



รูปที่ 4.3.4-4 กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี Y.16



รูปที่ 4.3.4-5 กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี W.4A



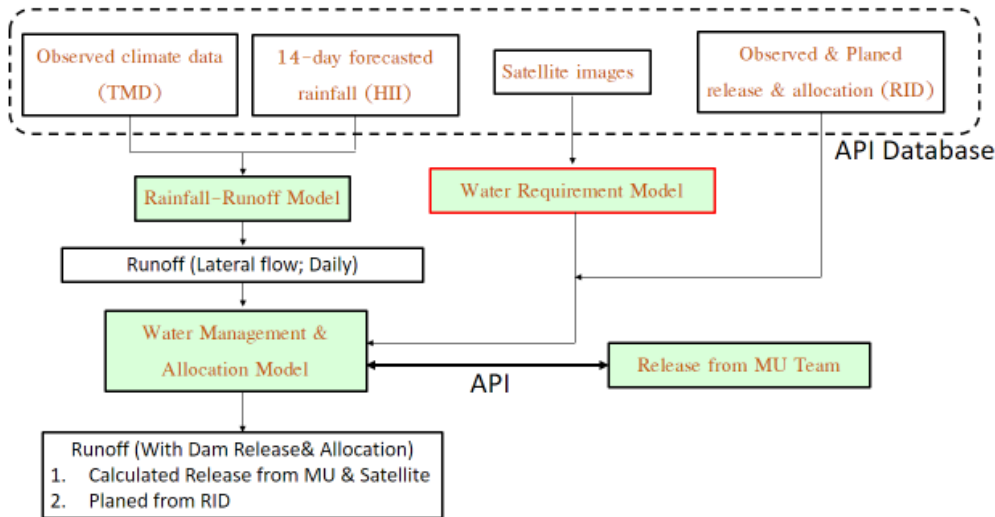
รูปที่ 4.3.4-6 กราฟน้ำท่าระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานี N.22A

#### 4.3.5 การจำลองการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 14 วัน

ระบบการจำลองการพยากรณ์น้ำท่าอัตโนมัติมีอัลกอริทึมในการคำนวณและการเชื่อมโยงของข้อมูลต่างๆแสดงดังรูปที่ 4.3.5-1 โดยแบบจำลองทำการเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆกับฐานข้อมูลผ่านระบบ API นอกจากนี้ระบบฐานข้อมูลซึ่งทำการเก็บค่าที่ได้จากการจำลองยังส่งข้อมูลไปยังส่วนแสดงผลและทีมวิจัยเชื่อมในรูปแบบอัตโนมัติผ่านระบบ API ด้วยเช่นกัน โดยที่ระบบดังกล่าวจะมีการอัปเดตข้อมูลในทุกๆวัน และจะพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าที่จุดสถานีตรวจวัดหลักล่วงหน้า 14 วัน โดยรายละเอียดข้อมูลนำเข้าแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 4.3.5-1

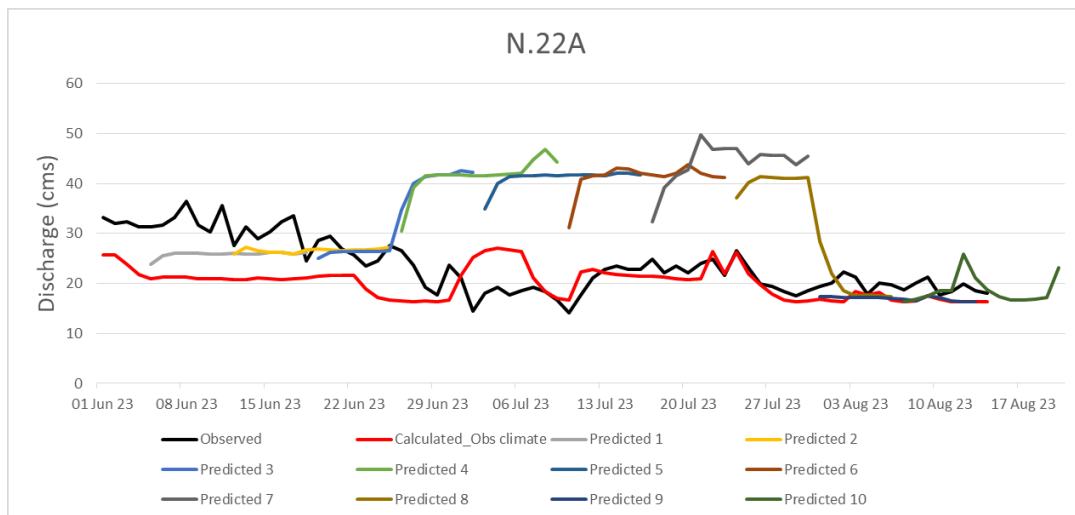
ตารางที่ 4.3.5-1 รายละเอียดข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง

ข้อมูล	หน่วยงานเจ้าของข้อมูล	ลักษณะข้อมูลและการใช้งาน
ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ 1.1 ข้อมูลตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศ เป็นข้อมูลตรวจวัดภูมิอากาศรายวัน
1.2 ข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน	โครงการพยากรณ์ฝน โดย สสน	ข้อมูลฝนพยากรณ์ล่วงหน้าระยะสั้น จำนวน 14 วัน แสดงผลเป็นลักษณะเชิงพื้นที่
ข้อมูลอุทกวิทยาและการบริหารจัดการน้ำ 2.1 ข้อมูลน้ำท่า	กรมชลประทาน	ข้อมูลน้ำท่ารายวัน ประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำ ที่สถานีตรวจวัดน้ำท่า
2.2 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตและกรมชลประทาน	ข้อมูลปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำรายวัน ได้แก่ ข้อมูลปริมาตรน้ำ ข้อมูลปริมาตรน้ำไหลเข้า และข้อมูลปริมาตรน้ำระบาย
2.3 ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ	กรมชลประทาน	ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ ประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำด้านเหนือ-ท้ายน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำ
2.4 ข้อมูลแผนการบริหารจัดการน้ำ	กรมชลประทาน	ข้อมูลแผนการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำและข้อมูลการจัดสรรน้ำจากแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน

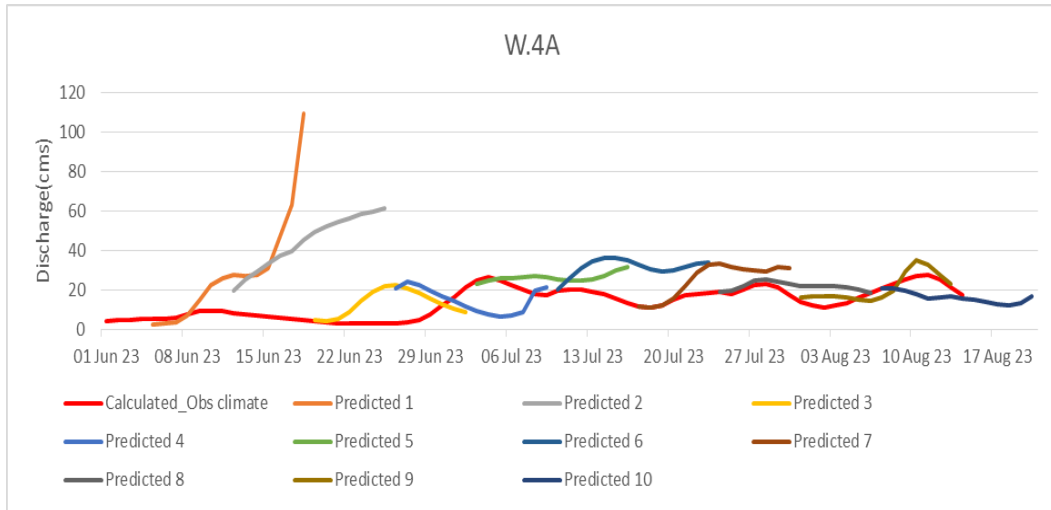


รูปที่ 4.3.5-1 อัลกอริทึมในการจำลองการพยากรณ์น้ำท่า

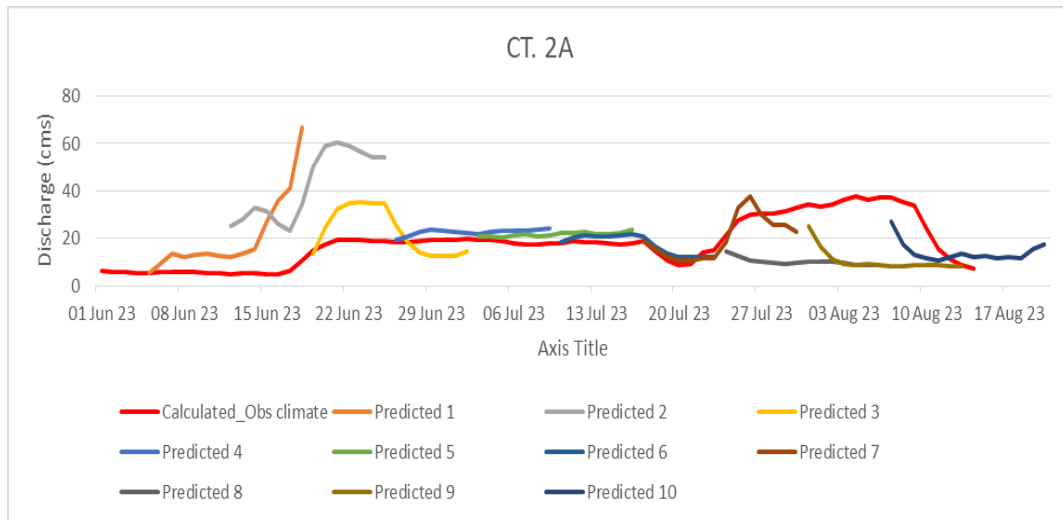
สำหรับตัวอย่างผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่จุดตรวจวัดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.3.5-2 ถึง รูปที่ 4.3.5-5 ซึ่งเป็นการส่งผลผ่านกระบวนการ CO-RUN จึงดำเนินการอัปเดตค่าการคำนวณที่คาบที่สี่ปดาห์ละ 1 ครั้ง จากการพิจารณาผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่จุดตรวจวัด พบว่าความแม่นยำของการพยากรณ์แปรผันตามการพยากรณ์ฝนและรูปแบบการบริหารจัดการน้ำเป็นหลัก อย่างไรก็ตามการอัปเดตข้อมูลในคาบความถี่ที่ละเอียดมากขึ้นส่งผลให้ความแม่นยำในการประเมินน้ำท่ามากขึ้นด้วย ซึ่งเห็นได้วาระบบพยากรณ์น้ำท่าสามารถช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำทั้งในช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูน้ำหลากได้



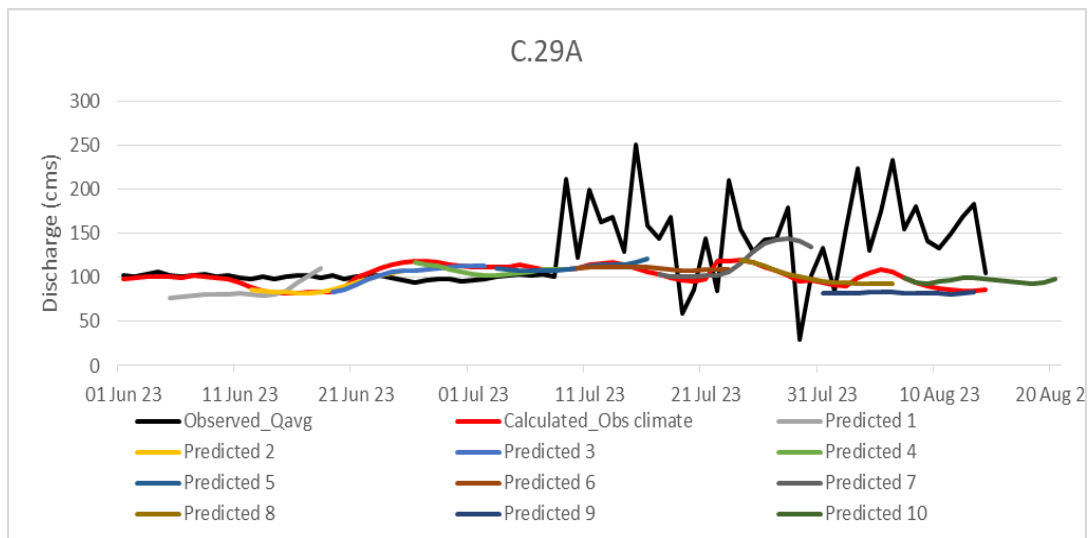
รูปที่ 4.3.5-2 ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด N.22A



รูปที่ 4.3.5-3 ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด W.4A



รูปที่ 4.3.5-4 ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด CT. 2A

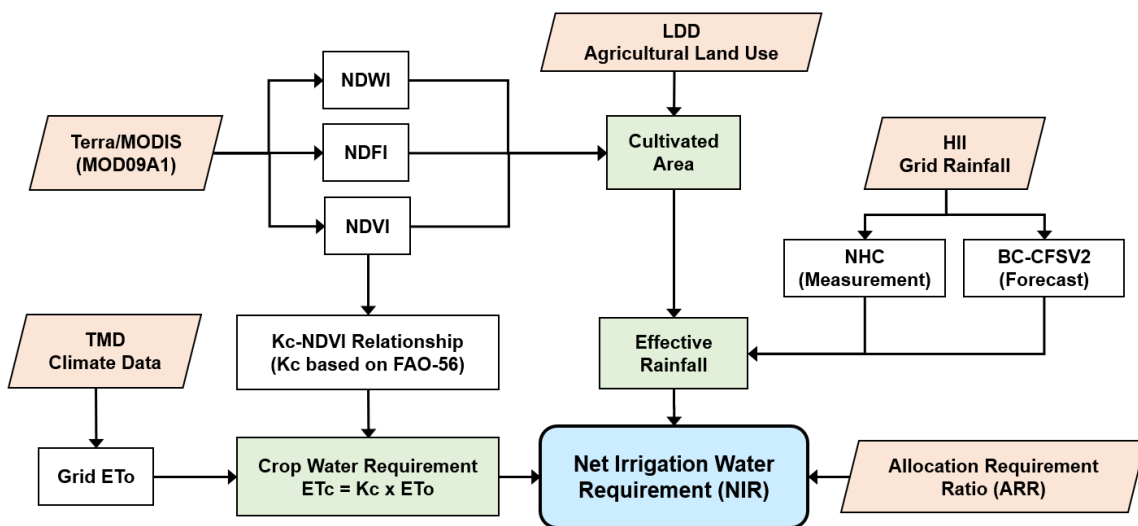


รูปที่ 4.3.5-5 ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด C.29A



#### 4.4 การประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมประเมินพื้นที่เพาะปลูกพืชและจำลองสถานการณ์การจัดสรรน้ำชลประทานกรณีน้ำไม่เพียงพอด้วยแพ็คเกจปรับลดการจัดสรรน้ำ

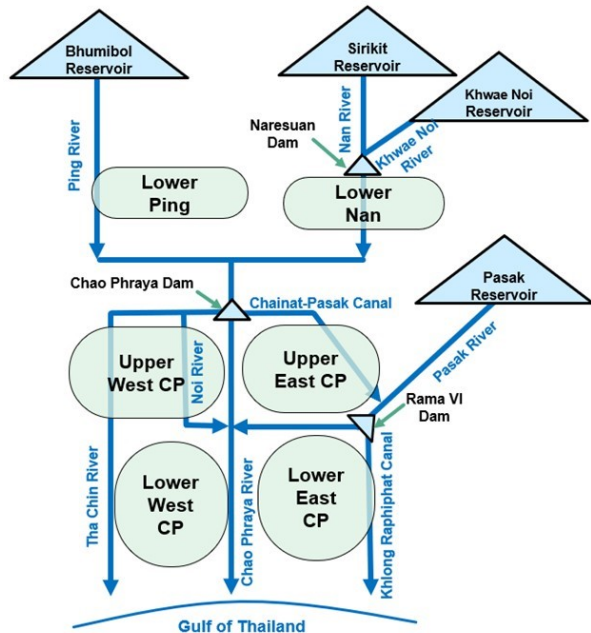
ผลการศึกษาการประเมินปริมาณความต้องการน้ำชลประทานด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม แบ่งเป็น ดังนี้ 1) การประเมินพื้นที่เพาะปลูก (Cultivated Area) ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2) การประเมินฝนใช้การ (Effective Rainfall) จากข้อมูลฝนพยากรณ์ 3) การประเมินความต้องการน้ำพืช (Crop Evapotranspiration, ETc) และ 4) การประเมินความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (Net Irrigation Water Requirement, NIR) โดยมีกระบวนการทำงานดังแสดงในรูปที่ **รูปที่ 4.4-1** โดยนำเข้าข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Terra/MODIS จาก NASA ข้อมูลการใช้ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลฝนกริดจาก สสน. รวมทั้งข้อมูลอัตราส่วนน้ำชลประทานที่จัดสรร (Allocation Requirement Ratio) ที่ได้พัฒนาขึ้นจากโครงการวิจัย “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1)” (ชูพันธุ์ และคณะ, 2563) และปรับปรุงเพิ่มเติมในโครงการวิจัย “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดินเพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา” (ไชยาพงษ์ และคณะ, 2565)



รูปที่ 4.4-1 ผังกระบวนการทำงานการประเมินปริมาณความต้องการน้ำชลประทานด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ทั้งนี้ ผลลัพธ์ของการศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนจะอยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ชนิดราสเตอร์กริด ซึ่งสามารถสรุปผลเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาแยกตามรายพื้นที่โครงการชลประทานที่ต้องการได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้จัดแบ่งโซนพื้นที่โครงการชลประทานในพื้นที่ราบภาคกลางเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนล่าง 2) พื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง 3) พื้นที่เจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนบน 4) เจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนบน 5) เจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่าง และ 6) เจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนล่าง เพื่อนำผลการศึกษาไปเชื่อมโยงให้กับโครงการวิจัย “การพัฒนาาระบบการจัดการอ่างเก็บน้ำแบบอัตโนมัติในลุ่มน้ำเจ้าพระยา” (มหาวิทยาลัยมหิดล) ดังรูปที่ **รูปที่ 4.4-2** โดยการจัดแบ่งพื้นที่ดังกล่าวในขั้นตอนการประเมินความต้องการน้ำ

ชลประทานสุทธิเพื่อส่งต่อข้อมูลให้กับทีมวิจัยจากมหาวิทยาลัยมหิดล จะไม่รวมโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา แควน้อยบำรุงแดนเนื่องจากมีการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนแควน้อยบำรุงแดนเป็นหลัก ไม่รวมโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาคลองเพรียว-เสาไห้ เนื่องจากมีการใช้น้ำจากแม่น้ำป่าสักโดยตรง และไม่รวมโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียวเนื่องจากมีการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียวโดยตรง



พื้นที่	โครงการ	ปคร. หลัก
ปิงตอนล่าง (Lower Ping)	ท่อทองแดง, วังบัว, วังยาง-หนองขวัญ	ท่อทองแดง, วังบัว, วังยาง, หนองขวัญ
น่านตอนล่าง (Lower Nan)	นรศวรร, ดงเศรษฐี, ท่าบัว, พลายชุมพล	Pl0-1L, PL1-1L, ปากคลอง 1R
เจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนบน (Upper West CP)	พลเทพ, ท่าโบสถ์, สามชุก, ดอนเจดีย์, โป๊ะพระยา, บรมธาตุ, ชันสูตร, ยางมณี, ผักไห้, (+ทุ่งวัดสิงห์)	มะขามแต่อู่ทอง, พลเทพ, บรมธาตุ
เจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนบน (Upper East CP)	มหาราช, มโนรมย์, ช่องแค, โคกกระเทียม, เจริญ (บางส่วน)	มโนรมย์, มหาราช
เจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่าง (Lower West CP)	เจ้าเจ็ด-บางยี่หน, พระยาบรลือ, พระพิมล, ภาษีเจริญ	ผักไห้-เจ้าเจ็ด, โป๊ะค้อย, บางบัวทอง, เจ้าเจ็ด, พระพิมล, สิงหนาท, พระยาบรลือ
เจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนล่าง (Lower East CP)	ป่าสักใต้, นครหลวง, รังสิตเหนือ, รังสิตใต้, ชลหารพิถิตร, พระองค์ไชยาอุษิต	พระนารายณ์

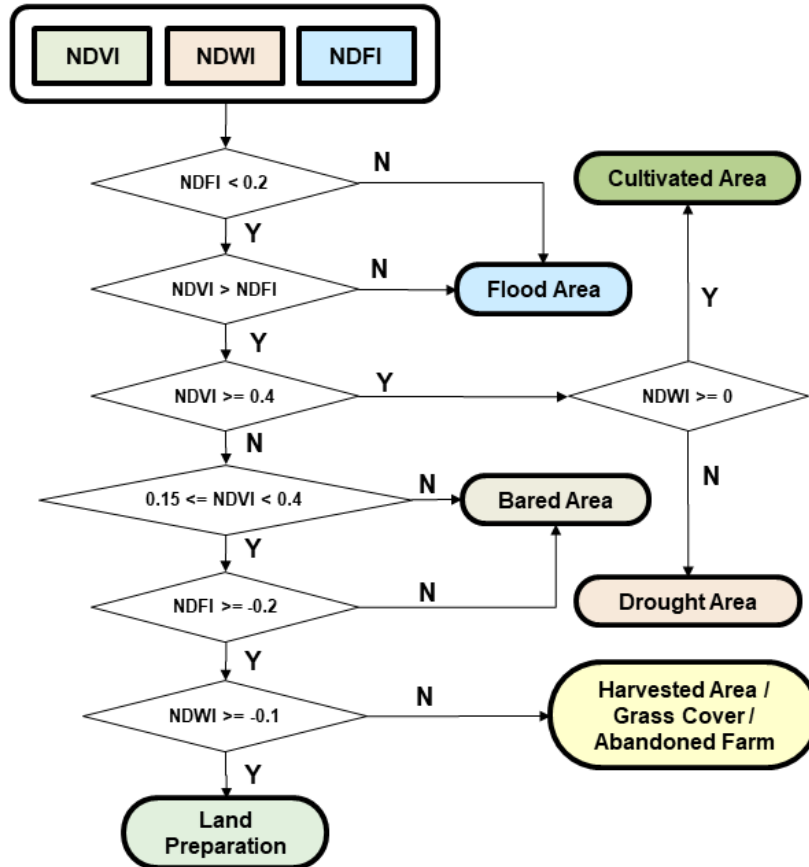
รูปที่ 4.4-2 ผังแสดงการจัดแบ่งโซนการส่งน้ำของโครงการชลประทานในพื้นที่ราบภาคกลาง

#### 4.4.1 การประเมินพื้นที่เพาะปลูกด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

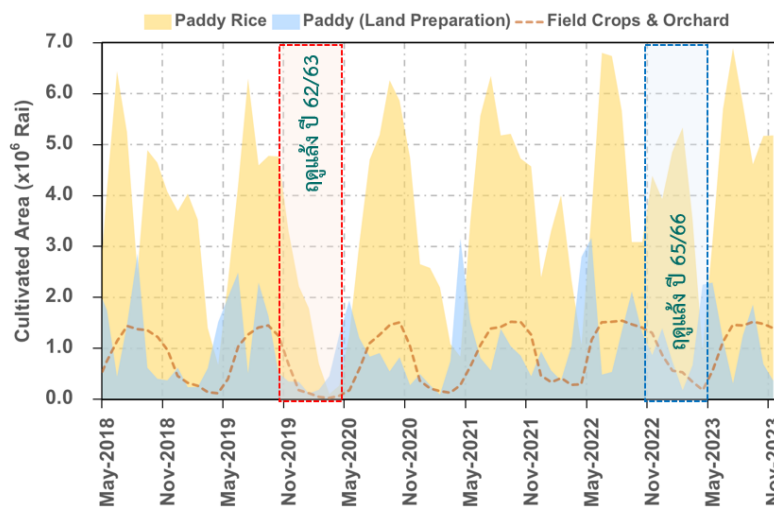
การระบุพื้นที่เพาะปลูก ได้ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน (Land Use) ประเภทพื้นที่เกษตรกรรมของกรมพัฒนาที่ดินเป็นข้อมูลพื้นฐาน โดยแบ่งเป็นพื้นที่หลัก 2 กลุ่ม ได้แก่ นาข้าว และ พืชไร่/พืชสวน จากนั้นใช้ผลิตภัณฑ์ MOD09A1 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/MODIS นำมาคำนวณค่าดัชนี 3 รูปแบบได้แก่ ดัชนีพืชพรรณแบบ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Rouse et al., 1973) ดัชนีน้ำแบบ NDWI (Normalized Difference Water Index) (Gao, 1996) และดัชนีน้ำท่วม NDFI (Normalized Difference Flood Index) (Boschetti et al., 2014) ดัชนีทั้งสามชนิดจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1 สำหรับดัชนี NDVI เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงระดับความเป็นพืชพรรณ ส่วนดัชนี NDWI เป็นดัชนีที่นิยมนำมาใช้ตรวจวัดค่าความชื้นของพืชหรือความชื้นของดิน (Rokni et al., 2014) และดัชนี NDFI เป็นดัชนีที่มีความสามารถในการตรวจวัดน้ำท่วมขังในระดับต้นได้ดี (Boschetti et al., 2014) จึงสามารถใช้สำหรับจำแนกพื้นที่นาข้าวเตรียมแปลงหรือพื้นที่น้ำท่วมได้

ในการระบุพื้นที่เพาะปลูก (Cultivated Area) โดยทั่วไปจะมีพืชพรรณที่ปกคลุมดินหนาแน่นและจะมีค่า NDVI เฉลี่ยสูงกว่า 0.4 ขึ้นไป ดังนั้นสามารถใช้เกณฑ์ NDVI > 0.4 เป็นเกณฑ์เบื้องต้นสำหรับคัดกรองพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่/พืชสวนได้ อย่างไรก็ตามสำหรับในพื้นที่ปลูกข้าวจะมีความซับซ้อนของพื้นที่เนื่องจากมีความผันแปรของสิ่งปกคลุมดิน (Land Cover) ในแต่ละระยะของการเพาะปลูก ดังนั้นจึงต้องอาศัยเกณฑ์ตัดสินใจร่วมระหว่างดัชนี NDVI, NDWI และ NDFI งานวิจัยนี้ได้ใช้เกณฑ์การตัดสินใจกำหนดขีดแบ่ง (Threshold Values) ค่าดัชนีทั้งสามเพื่อกำหนดพื้นที่เพาะปลูกข้าว/พื้นที่เตรียมแปลง โดยปรับปรุงเกณฑ์เพิ่มเติมจากโครงการวิจัย “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1)” ที่ได้พัฒนาเกณฑ์ลำดับขั้นในการตัดสินใจแบ่งลักษณะกิจกรรมในพื้นที่นาข้าว ดังแสดงในรูปที่ 4.4.1-1

ผลจากการใช้เกณฑ์ขีดแบ่งดัชนี NDVI, NDFI และ NDWI เพื่อประเมินพื้นที่เพาะปลูกพืช ดังแสดงในรูปที่ 4.4.1-2 พบว่า พื้นที่พืชไร่/พืชสวนในโครงการชลประทานในที่ราบภาคกลางประมาณ 1.5 ล้านไร่ มีการเพาะปลูกเจริญเติบโตเต็มที่ในช่วงฤดูฝนซึ่งจะเห็นรูปแบบการเพาะปลูกเป็นคาบรายปีที่ชัดเจน ส่วนพื้นที่นาข้าวซึ่งมีพื้นที่รวมทั้งสิ้นประมาณ 12 ล้านไร่ แต่จะมีการเพาะปลูกไม่พร้อมกัน โดยเฉลี่ยจะมีช่วงการเพาะปลูกแบ่งเป็นข้าวนาปีและข้าวนาปรัง ในช่วงฤดูข้าวนาปีปริมาณพื้นที่เพาะปลูกสูงสุดอยู่ในช่วงประมาณเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ส่วนฤดูข้าวนาปรังปริมาณพื้นที่เพาะปลูกสูงสุดอยู่ในช่วงประมาณเดือนธันวาคม-มกราคม อย่างไรก็ตามในช่วงปี พ.ศ. 2562-2563 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณน้ำกักเก็บในอ่างเก็บน้ำหลัก (เขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์) ค่อนข้างน้อยประกอบกับกรมชลประทานประกาศงดการส่งน้ำทำนาปรังทำให้พื้นที่ปลูกข้าวในช่วงฤดูแล้งลดลงอย่างชัดเจน ในขณะที่ช่วงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2565-2566 เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำกักเก็บในอ่างเก็บน้ำหลัก มากเพียงพอต่อการส่งน้ำเพื่อเพาะปลูกนาปรังในพื้นที่ราบภาคกลาง ส่งผลให้มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวในช่วงดังกล่าวค่อนข้างมากกว่าฤดูแล้งของปีอื่น

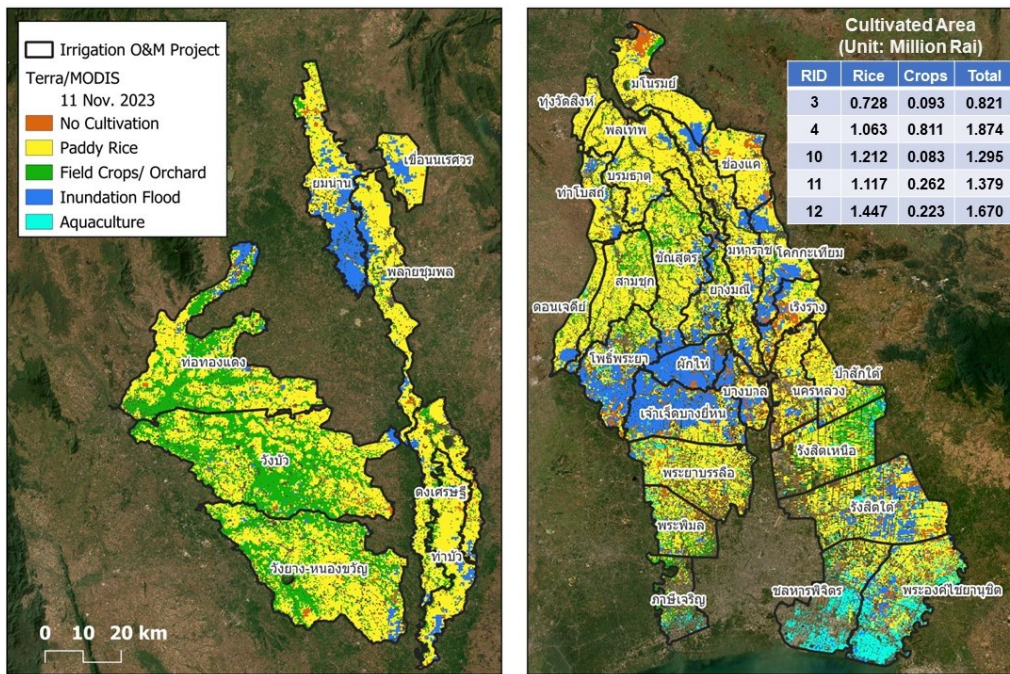


รูปที่ 4.4.1-1 เกณฑ์ลำดับขั้นในการตัดสินใจแบ่งลักษณะกิจกรรมในพื้นที่นาข้าว  
(ดัดแปลงจาก ชูพันธุ์ และคณะ (2563) และ ไชยาพงษ์ และคณะ (2565))



รูปที่ 4.4.1-2 พื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการชลประทานในพื้นที่ราบภาคกลางแปลงผลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/MODIS

ผลการแปลผลพื้นที่เพาะปลูกจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.4.1-3 โดยสามารถติดตามพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเพาะปลูกได้ในช่วงใกล้เคียงเวลาจริง (Near-real time) ทั้งนี้ ข้อมูลภาพจากผลิตภัณฑ์ MOD09A1 เป็นภาพผสมราย 8 วัน (8-day composite) ดังนั้น ผลการประเมินพื้นที่เพาะปลูกจึงเป็นข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกจริงในโครงการชลประทานในรอบทุก ๆ 8 วัน

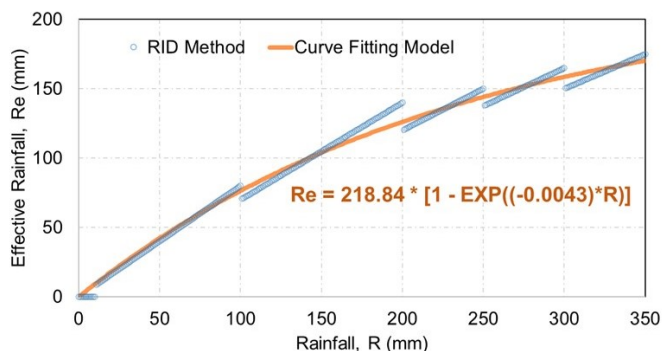


รูปที่ 4.4.1-3 ตัวอย่างการประเมินพื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการชลประทานในพื้นที่ราบภาคกลางช่วงวันที่ 1-8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2566

#### 4.4.2 การประเมินฝนใช้การ (Effective Rainfall) จากข้อมูลฝนพยากรณ์

สำหรับฝนใช้การ กรณีที่เป็นนาข้าว ฝนใช้การจะหมายถึงส่วนของฝนที่ซึ่งอยู่ในแปลงนาในระดับที่ไม่มากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อข้าว โดยในงานวิจัยนี้ใช้วิธีคำนวณของกรมชลประทานตามคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual) เล่มที่ 6/16 การคำนวณฝนใช้การ (ทองเปลว และคณะ, 2554) ดังแสดงในรูปที่ 4.4.2-1 ซึ่งใช้ตารางการคำนวณตามสัดส่วนของฝนรายเดือน ในงานวิจัยนี้ใช้ผลการศึกษาของ สหรัถ และคณะ (2565) ซึ่งได้ทำการแปลงข้อมูลในรูปแบบตารางให้เป็นสมการ โดยนำผลการคำนวณฝนใช้การรายเดือนมาพล็อตกราฟเพื่อวิเคราะห์รูปแบบสมการ ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบสมการที่เหมาะสมอยู่ในรูป Exponential Association ดังแสดงในสมการที่ 4.4.2-1 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.996 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) เท่ากับ 4.45 mm จากสมการดังกล่าวมีความเหมาะสมในการนำไปใช้คำนวณฝนใช้การรายเดือนในรูปแบบกริดซึ่งมีความสะดวกมากกว่าการใช้ค่าจากตารางคำนวณ

Rainfall, mm	Effective Rainfall, mm
0 - 10	0
11 - 100	Rainfall x 0.80
101 - 200	Rainfall x 0.70
201 - 250	Rainfall x 0.60
251 - 300	Rainfall x 0.55
301 up	Rainfall x 0.50



รูปที่ 4.4.2-1 แผนใช้การรายเดือนของนาข้าวตามแนวทางของกรมชลประทาน (สหรับ และคณะ, 2565)

$$Re = 218.84 \times (1 - e^{-0.0043R})$$

สมการที่ 4.4.2-1

โดย  $Re$  = แผนใช้การรายเดือน (Effective Rainfall) หน่วย มิลลิเมตร

$R$  = ฝนรายเดือน (Rainfall) หน่วย มิลลิเมตร

สำหรับแผนใช้การของพืชชนิดอื่น งานวิจัยนี้ใช้วิธีของ US. Department of Agriculture, Soil Conservation Service (USDA-SCS) ดังสมการต่อไปนี้

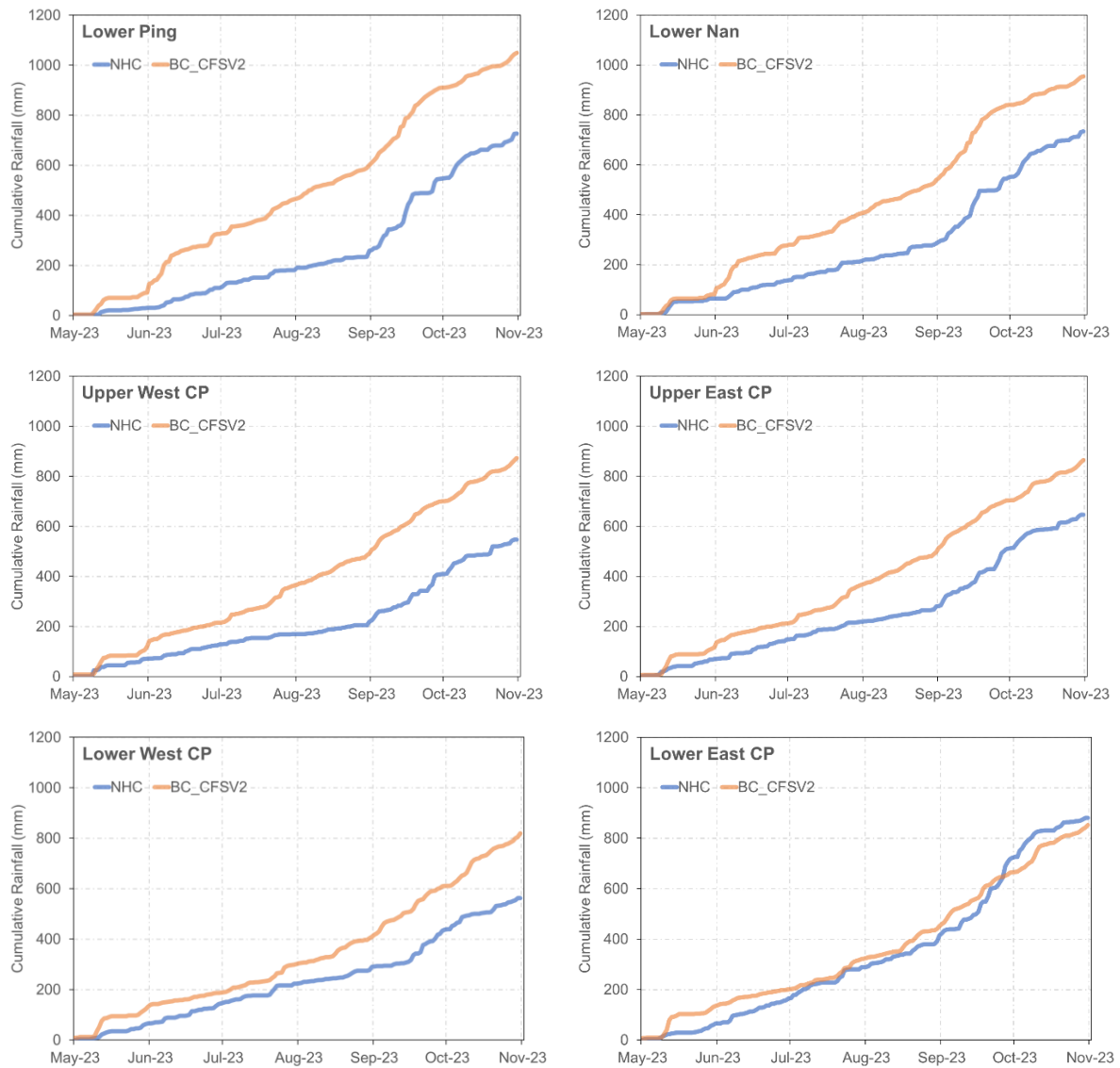
กรณีฝนรายเดือน ( $R_{tot}$ ) น้อยกว่า 250 mm;  $Re = R_{tot} [(125 - 0.2 R_{tot}) / 125]$

สมการที่ 4.4.2-2

กรณีฝนรายเดือน ( $R_{tot}$ ) มากกว่า 250 mm;  $Re = 125 + (0.1 R_{tot})$

สมการที่ 4.4.2-3

สมการแผนใช้การทั้งหมดจะถูกนำมาใช้คำนวณร่วมกับข้อมูลฝนแบบกริด โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน จากแบบจำลอง Climate Forecast System Version 2 จาก National Centers for Environment Prediction (NCEP) ซึ่งได้ปรับค่า Bias Correction (BC-CFSV2) ของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อมูลชนิดราสเตอร์ ASCII ขนาดจุดภาพ 5x5 กม. และประเมินผลการพยากรณ์ด้วยข้อมูลฝนตรวจวัดเชิงพื้นที่จากคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ (NHC) จากสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อมูลชนิดราสเตอร์ GeoTiff ขนาดจุดภาพ 1x1 กม. โดยสรุปผลเป็นภาพรวมของกลุ่มพื้นที่โครงการชลประทานในพื้นที่ราบภาคกลางเป็น 6 กลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 4.4.2-2 ผลการศึกษาพบว่าช่วงฤดูฝน ปี พ.ศ.2566 (1 พ.ค. – 31 ต.ค.) ข้อมูลฝนพยากรณ์ BC-CFSV2 ประเมินปริมาณฝนสะสมได้มากกว่าข้อมูลฝนตรวจวัด (Overestimate) ประมาณ 200 มิลลิเมตร ยกเว้นพื้นที่เจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนล่างที่ประเมินปริมาณฝนได้ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด ทั้งนี้เนื่องจากปี พ.ศ.2566 เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและมีความผิดปกติของรูปแบบการตกฝนที่แตกต่างไปจากปีอื่น ๆ ค่อนข้างมาก



รูปที่ 4.4.2-2 ฝนสะสมรายวัน เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลฝนพยากรณ์ BC-CFSV2 และข้อมูลฝนตรวจวัด (NHC) ช่วงฤดูฝน ปี พ.ศ. 2566 (1 พ.ค. – 31 ต.ค.)

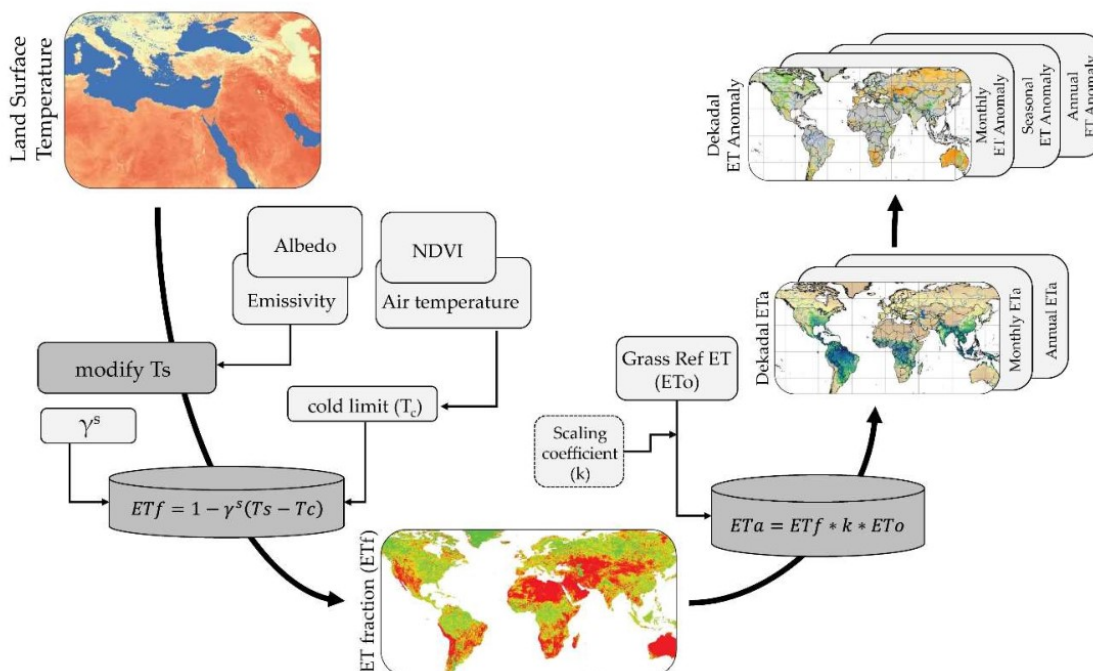
#### 4.4.3 การประเมินความต้องการน้ำพืช (Crop Evapotranspiration)

ความต้องการน้ำพืชในงานวิจัยนี้หมายถึงปริมาณการคายระเหยน้ำพืช (Crop Evapotranspiration, ETC) คำนวณจากค่าการคายระเหยน้ำพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ETo) โดยวิธี Penman-Monteith (Allen et al., 1998) โดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Crop Coefficient, Kc) ที่ประเมินจากสมการความสัมพันธ์ระหว่าง Kc-NDVI สำหรับข้าวใช้ค่า Kc จากผลการศึกษาจากโครงการวิจัย “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1)” (ชูพันธุ์ และคณะ, 2563) และปรับปรุงเพิ่มเติมในโครงการวิจัย “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดินเพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา” (ไชยาพงษ์ และคณะ,

2565) ดังแสดงในสมการที่ 4.4.3-1 สำหรับพืชชนิดอื่นกำหนดให้ใช้ค่า Kc จากผลการศึกษาของ Belmonte et al. (2005) ดังแสดงในสมการที่ 4.4.3-2 สำหรับพื้นที่ผิวน้ำ (บ่อปลา นาทุ่ง) กำหนดให้ค่า Kc มีค่า 1.05

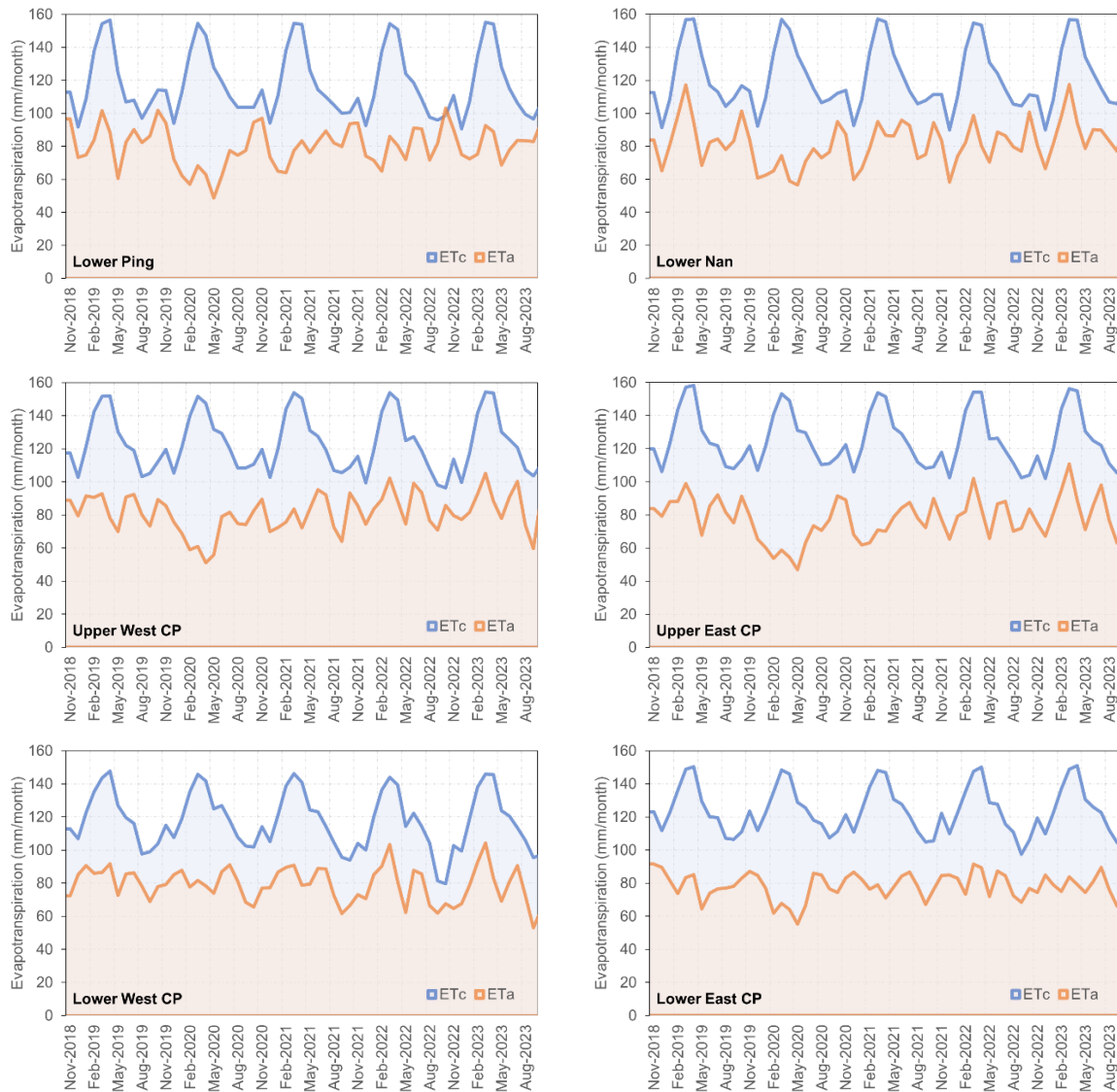
ข้าว	$Kc = (0.46 \times NDVI) + 0.81; NDVI \geq 0.4$	สมการที่ 4.4.3-1
พืชไร่ สวนผลไม้	$Kc = (1.25 \times NDVI) + 0.20; NDVI \geq 0.4$	สมการที่ 4.4.3-2
พื้นที่ผิวน้ำ	$Kc = 1.05$	สมการที่ 4.4.3-3

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบปริมาณการคายระเหยน้ำพืช (ETc) กับปริมาณการคายระเหยน้ำจริง (Actual Evapotranspiration, ETa) จากแบบจำลอง Operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) Version 6 ซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือน จัดทำโดยเครือข่ายระบบเตือนภัยภาวะการขาดแคลนล่วงหน้า (FEWS NET) (Senay et al., 2020) ผังการประเมินปริมาณการคายระเหยน้ำจริงดังแสดงในรูปที่ 4.4.3-1 และผลการเปรียบเทียบค่า ETc กับ ETa ดังแสดงในรูปที่ 4.4.3-2 ทั้งนี้พบว่า ค่า ETc ในทุกกลุ่มพื้นที่โครงการชลประทานมีค่าต่ำกว่า ETa สะท้อนให้เห็นว่าการคายระเหยน้ำพืชจริงไม่อยู่ภายใต้เงื่อนไขมาตรฐาน (Under Standard Condition) โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2562-2563 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดภาวะภัยแล้งอย่างรุนแรงในพื้นที่ราบภาคกลาง แม้ว่าจะมีการประกาศงดการส่งน้ำชลประทานเพื่อการทำนาปรัง แต่ยังมีพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 2 ล้านไร่ ทำให้ค่า ETa ในทุกกลุ่มพื้นที่โครงการชลประทาน (ยกเว้นพื้นที่เจ้าพระยาฝั่งตะวันตกตอนล่าง) มีค่าลดต่ำลงอย่างชัดเจน



รูปที่ 4.4.3-1 ผังการประเมินปริมาณการคายระเหยน้ำจริง (ETa) ของแบบจำลอง SSEBop (Senay et al., 2020)





รูปที่ 4.4.3-2 ปริมาณการคายระเหยน้ำพืช (ETc) กับปริมาณการคายระเหยน้ำจริง (ETa)

จากลักษณะของข้อมูลดังกล่าว สามารถวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ความเครียดจากการขาดน้ำ (Water Stress Coefficient,  $K_s$ ) จากสัดส่วนของปริมาณการคายระเหยน้ำจริงต่อปริมาณการคายระเหยน้ำพืช ดังสมการที่ 4.4.3-4 โดย  $K_s$  มีค่าระหว่าง 0-1 ซึ่งภายใต้เงื่อนไขมาตรฐาน ค่า  $K_s$  จะมีค่าเท่ากับ 1 หมายถึงมีการให้น้ำพืชอย่างพอเพียงตลอดเวลาหรือความชื้นในดินอยู่ในสถานะที่เหมาะสมต่อการใช้น้ำของพืช (ความชื้นอยู่ในช่วง Readily Available Water (RAW)) ทำให้พืชไม่เกิดความเครียดจากการขาดน้ำ ส่วนค่า  $K_s$  ที่มีค่าน้อยกว่า 1 จะหมายถึงมีสถานะความแห้งแล้ง เกิดการขาดแคลนน้ำหรือความชื้นในดินไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำของพืช

$$K_s = ET_a / ET_c$$

สมการที่ 4.4.3-4

โดย  $K_s$  = สัมประสิทธิ์ความเครียดจากการขาดน้ำ

ผลการประเมินค่า Ks เฉลี่ยรายเดือนของแต่ละกลุ่มพื้นที่โครงการชลประทาน ดังแสดงใน **ตารางที่ 4.4.3-1** พบว่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.50 – 0.91 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับค่า Ks จากงานวิจัยของ Abid et al. (2018) และงานวิจัยของ Zayed et al, (2016) ที่ประเมินค่า Ks จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ทั้งนี้ จะเห็นว่าค่า Ks มีค่าค่อนข้างต่ำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้งที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนค่อนข้างน้อยและสะท้อนถึงการขาดแคลนน้ำ (Water Deficit) ในพื้นที่

**ตารางที่ 4.4.3-1** ค่าสัมประสิทธิ์ความเครียดจากการขาดน้ำ (Ks) เฉลี่ยรายเดือน

Month	Lower Ping	Lower Nan	Upper West CP	Upper East CP	Lower West CP	Lower East CP
Jan	0.630	0.671	0.665	0.612	0.713	0.656
Feb	0.504	0.614	0.573	0.534	0.637	0.528
Mar	0.551	0.643	0.581	0.569	0.643	0.547
Apr	0.529	0.535	0.501	0.502	0.577	0.522
May	0.518	0.538	0.560	0.507	0.581	0.530
Jun	0.693	0.696	0.721	0.641	0.702	0.626
Jul	0.795	0.756	0.770	0.728	0.767	0.710
Aug	0.784	0.732	0.708	0.681	0.714	0.697
Sep	0.815	0.726	0.658	0.673	0.665	0.684
Oct	0.915	0.843	0.813	0.778	0.710	0.719
Nov	0.842	0.747	0.732	0.677	0.668	0.689
Dec	0.796	0.682	0.739	0.659	0.742	0.778

#### 4.4.4 การประเมินปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (Net Irrigation Requirement)

ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ จะพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำพืช (ETc) ฝนใช้การ (Re) ปริมาณการรั่วซึม (DP) และปริมาณน้ำเตรียมแปลง (LP) ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าการรั่วซึมของน้ำในแปลงนา ตามเกณฑ์ของกรมชลประทานซึ่งได้กำหนดอัตราการรั่วซึมของนาข้าวภาคกลางเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตรต่อวัน สำหรับปริมาณน้ำเตรียมแปลงกรณีพื้นที่นาข้าว คำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$LP = LS + DP + E$$

**สมการที่ 4.4.4-1**

โดย LP = ความลึกของน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลง (Land Preparation) (มม.)

LS = ความลึกของน้ำที่ทำให้ดินเปียกชุ่มหรืออุ่มตัว (Land Soaking) (มม.)

DP = ความลึกของน้ำที่รั่วซึมในช่วงเตรียมแปลง (Deep Percolation) (มม.)

E = ความลึกของน้ำที่ระเหยในช่วงเตรียมแปลง (Evapotranspiration) (มม.)

ในงานวิจัยนี้ กำหนดความลึกของน้ำที่ระเหยในช่วงเตรียมแปลงมีค่าเทียบเท่ากับการคายระเหยจากพื้นที่ผิวน้ำ ซึ่งมีค่า Kc เท่ากับ 1.05 ส่วนความลึกของน้ำที่ทำให้ดินเปียกชุ่มหรืออุ่มตัวพิจารณาจากงานวิจัยของ บรรดิษฐ์ (2548) ประเมินได้ประมาณ 60 มม.

การคำนวณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (NIR) ได้จำลองสถานการณ์สำหรับการจัดสรรน้ำชลประทานจากอ่างเก็บน้ำ โดยพิจารณาอัตราส่วนน้ำชลประทานที่จัดสรร (Allocation Requirement Ratio: ARR) เพื่อใช้เป็นแฟคเตอร์สำหรับปรับลดปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ ดังนี้

1. กรณี Maximum NIR หมายถึง ความต้องการน้ำชลประทานสุทธิซึ่งถือว่ามีค่าสูงสุดตามทฤษฎีกำหนดให้ค่า ARR เท่ากับ 1
2. กรณี Recommended NIR หมายถึง ความต้องการน้ำชลประทานสุทธิที่แนะนำสำหรับการจัดสรรน้ำกรณีเหตุการณ์ปกติและกรณีที่มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอ
3. กรณี Minimum NIR หมายถึง ความต้องการน้ำชลประทานสุทธิต่ำสุดที่สามารถส่งน้ำเข้าในพื้นที่ได้ โดยพิจารณาค่า ARR ในกรณีเหตุการณ์ภัยแล้งรุนแรง (Extreme Event)

สำหรับค่าอัตราส่วนน้ำชลประทานที่จัดสรร (ARR) ดังแสดงในสมการที่ 4.4.4-2 เป็นสัมประสิทธิ์ที่มีค่าระหว่าง 0-1 ภายใต้สมมติฐานที่ว่าปริมาณน้ำชลประทานสามารถส่งให้กับความต้องการน้ำในพื้นที่ได้จริงในสัดส่วนเท่าไร ซึ่งหากปริมาณน้ำมีเพียงพอจะกำหนดให้มีค่าสูงสุดเป็น 1 แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่า 1 จะสามารถแปลผลได้ว่าพื้นที่ได้รับน้ำน้อยกว่าความต้องการ (อาจหมายถึงความต้องการน้ำจากพื้นที่เพาะปลูกมากกว่าน้ำชลประทานที่ส่งให้ เนื่องจากมีการใช้น้ำจากแหล่งอื่นในพื้นที่ อาทิ แหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำใต้ดิน) ดังนั้นในการใช้งานค่า ARR จะสามารถนำไปใช้เป็นแฟคเตอร์ปรับลดปริมาณชลประทานที่ส่งผ่าน ปตร. เข้าคลองสายหลักในพื้นที่ต่อไป

$$ARR = \text{Inflow} / \text{NIR}$$

สมการที่ 4.4.4-2

โดย Inflow = ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งเข้าในพื้นที่ (ลบ.ม.)

NIR = ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (ลบ.ม.)

โดยในงานวิจัยในระยะที่ 1 ได้พัฒนาค่า ARR รายฤดูสำหรับกลุ่มพื้นที่โครงการชลประทานทั้ง 6 พื้นที่ (ชูพันธุ์ และคณะ, 2563) สำหรับในงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงแฟคเตอร์ ARR เป็นรายเดือน โดยแบ่งกรณี ARR สำหรับลดปริมาณ NIR (กรณี Recommended NIR) โดยใช้ค่าเฉลี่ย ARR ดังแสดงในตารางที่ 4.4.4-1 และกรณีเหตุการณ์ภัยแล้งรุนแรง (Minimum NIR) โดยใช้ค่า ARR ที่ระดับต่ำสุดที่ 5<sup>th</sup> Percentile ดังแสดงในตารางที่ 4.4.4-2

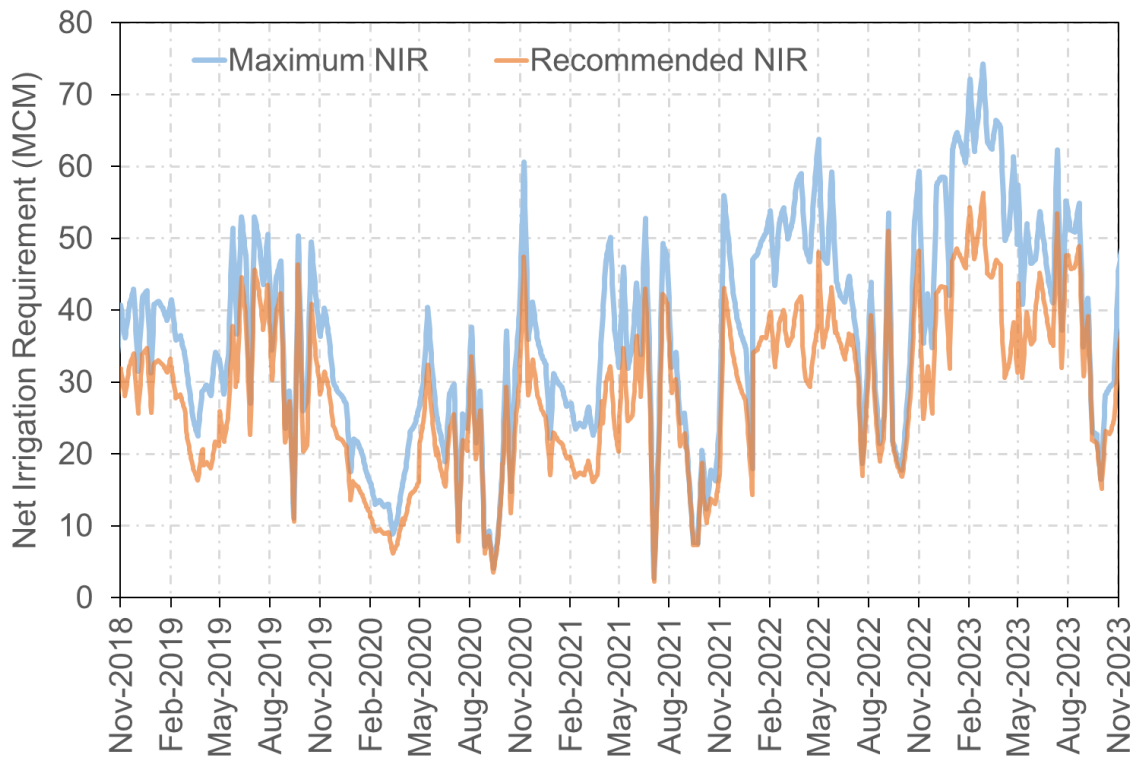
ผลการคำนวณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ ดังแสดงในรูปที่ 4.4.4-1 โดยคำนวณค่าเป็นรายวันพบว่า ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิตายปี ช่วงฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2562/63 ถึงช่วงฤดูฝน ปี พ.ศ. 2566 มีค่าสูงสุดตามทฤษฎี (Maximum NIR) เฉลี่ยปีละ 13,282.70 ล้าน ลบ.ม. เมื่อใช้แฟคเตอร์ ARR ปรับลดปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิตายปี (Recommended NIR) จะเหลือเฉลี่ยปีละ 10,385.56 ล้าน ลบ.ม. สามารถลดปริมาณความต้องการน้ำได้เฉลี่ยปีละ 2,897.14 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็น 21.8%

ตารางที่ 4.4.4-1 ค่าอัตราส่วนน้ำชลประทานที่จัดสรร (ARR) สำหรับกรณี Recommended NIR

Month	Lower Ping	Lower Nan	Upper West CP	Upper East CP	Lower West CP	Lower East CP
Jan	1.00	0.92	0.88	0.94	0.62	0.58
Feb	0.89	0.75	0.81	0.96	0.57	0.67
Mar	0.72	0.69	0.80	0.80	0.75	0.61
Apr	0.36	0.49	0.77	0.70	0.64	0.58
May	0.12	0.83	0.83	0.85	0.83	0.86
Jun	0.54	0.88	0.88	0.93	0.91	0.83
Jul	0.70	1.00	0.83	0.94	0.83	0.91
Aug	0.82	0.73	0.96	1.00	0.90	0.87
Sep	0.72	0.78	1.00	0.99	0.99	0.98
Oct	0.49	0.70	0.93	0.68	0.94	0.98
Nov	0.68	0.54	0.91	0.87	0.91	0.71
Dec	0.93	0.94	0.95	0.91	0.83	0.52

ตารางที่ 4.4.4-1 ค่าอัตราส่วนน้ำชลประทานที่จัดสรร (ARR) สำหรับกรณี Minimum NIR

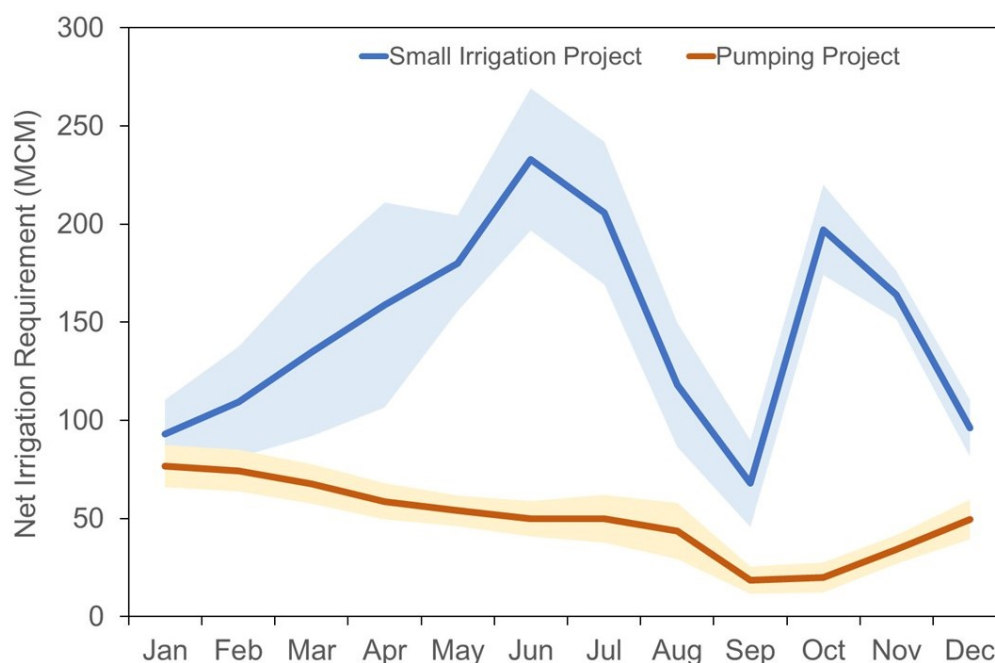
Month	Lower Ping	Lower Nan	Upper West CP	Upper East CP	Lower West CP	Lower East CP
Jan	0.32	0.64	0.21	0.17	0.00	0.14
Feb	0.27	0.38	0.24	0.39	0.00	0.26
Mar	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.19
Apr	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.07
May	0.00	0.42	0.35	0.33	0.10	0.09
Jun	0.00	0.30	0.58	0.71	0.19	0.16
Jul	0.15	0.66	0.32	0.49	0.06	0.47
Aug	0.29	0.12	0.75	1.00	0.40	0.39
Sep	0.11	0.14	1.00	0.93	0.95	0.87
Oct	0.00	0.00	0.71	0.07	0.65	0.87
Nov	0.00	0.00	0.20	0.35	0.35	0.03
Dec	0.56	0.64	0.16	0.00	0.04	0.06



รูปที่ 4.4.4-1 ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิของโครงการชลประทานในพื้นที่ราบภาคกลาง

นอกจากนี้ ในการประเมินความต้องการน้ำชลประทานสุทธิสำหรับการขอรับการจัดสรรน้ำจากอ่างเก็บน้ำหลัก พบว่า มีพื้นที่โครงการชลประทานขนาดเล็ก/โครงการชลประทานจังหวัดซึ่งมีการใช้น้ำจากแม่น้ำปิงและแม่น้ำน่านและมีขอบเขตพื้นที่โครงการชัดเจน รวมทั้งมีพื้นที่เพาะปลูกนอกเขตชลประทานตามแนวแม่น้ำปิงและแม่น้ำน่านซึ่งมีการใช้น้ำจากแม่น้ำโดยตรงผ่านโครงการสูบน้ำภายใต้การบริหารจัดการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแต่ไม่มีขอบเขตพื้นที่โครงการที่ชัดเจน ในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงฤดูแล้งเป็นแผนที่ฐานเพื่อประเมินหาขอบเขตของพื้นที่รับประโยชน์จากจุดพักที่ตั้งของโครงการสูบน้ำ โดยมีสมมติฐานคือในช่วงฤดูแล้งพื้นที่นอกเขตชลประทานโดยทั่วไปจะไม่มีการเพาะปลูก แต่ถ้ามีกิจกรรมการเพาะปลูกจึงอาจจะเป็นพื้นที่รับประโยชน์จากโครงการสูบน้ำ และได้ Digitize เพื่อกำหนดขอบเขตของพื้นที่รับประโยชน์ในแต่ละจุดของโครงการสูบน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.4.4-2 ผลการประเมินความต้องการน้ำชลประทานสุทธิสำหรับโครงการชลประทานขนาดเล็ก/โครงการชลประทานจังหวัด เฉลี่ยปีละ 1,757.92 ล้าน ลบ.ม. และโครงการสูบน้ำของ อปท. เฉลี่ยปีละ 597.17 ล้าน ลบ.ม. รวมปีละประมาณ 2,355.09 ล้าน ลบ.ม. โดยมีค่าความต้องการน้ำเฉลี่ยรายเดือนดังแสดงในรูปที่ 4.4.4-3 ทั้งนี้ โครงการดังกล่าวไม่สามารถประเมินแฟคเตอร์ ARR ได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลการส่งน้ำเข้าในพื้นที่ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อประมาณค่าแฟคเตอร์ ARR ที่เหมาะสมสำหรับโครงการต่อไป อย่างไรก็ตาม หากใช้วิธีเทียบสัดส่วนจากค่าเฉลี่ย  $K_s$  ของพื้นที่ซึ่งมีค่าประมาณ 0.6 จะพบว่าความต้องการน้ำในโครงการชลประทานขนาดเล็กและโครงการสูบน้ำจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,413.05 ล้าน ลบ.ม.





รูปที่ 4.4.4-3 ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิเฉลี่ยรายเดือนของโครงการชลประทานขนาดเล็ก และโครงการสูบน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง

#### 4.4.5 การประเมินปริมาณความต้องการน้ำนอกภาคการเกษตร

ปริมาณน้ำความต้องการน้ำนอกภาคการเกษตร ได้แก่ ปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค ปริมาณน้ำเพื่อการรักษาระบบนิเวศทำนน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา-ท่าจีน และปริมาณน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม สำหรับปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค ในพื้นที่ รวมทั้งภาคการท่องเที่ยวและภาคบริการด้วย เนื่องจากมีการใช้น้ำจากระบบประปาที่ใช้แหล่งน้ำผิวดิน/แม่น้ำสายหลัก โดยจากผลการศึกษาของโครงการวิจัย “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดินเพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา” (ไชยาพงษ์ และคณะ, 2565) พบว่า ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค – บริโภค ท่องเที่ยว และภาคบริการ เฉลี่ยปีละ 3,810.71 ล้าน ลบ.ม. โดยแบ่งเป็น

1) ปริมาณน้ำผลิตของโรงผลิตน้ำของการประปานครหลวง (กปน.) จำนวน 4 แห่ง ประกอบด้วย 1. โรงผลิตน้ำสามเสน, 2. โรงผลิตน้ำธนบุรี, 3. โรงผลิตน้ำบางเขน และ 4. สถานีสูบน้ำสำแล ปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ยปีละ 3,257.99 ล้าน ลบ.ม.

2) ปริมาณน้ำผลิตของสำนักงานประปาสาขา การประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) จำนวน 54 แม่ข่าย/หน่วยบริการ ดังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแม่ข่าย/หน่วยบริการในรูปที่ 4.4.4-4 แห่ง ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่พิจารณา ปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ยปีละ 362.98 ล้าน ลบ.ม.

3) ปริมาณความต้องการน้ำจากจำนวนประชากรจำแนกตามขอบเขตการปกครองนอกเขตบริการของการประปา จำนวน 27 จังหวัด 218 อำเภอ ปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ยปีละ 189.74 ล้าน ลบ.ม.







## บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการพัฒนากระบวนการจำลองแบบอัตโนมัติสำหรับคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าผิวดินและประเมินความต้องการน้ำชลประทานเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับการประเมินน้ำท่าชลประทาน รวมถึงประเมินความต้องการน้ำชลประทานในพื้นที่ศึกษา ซึ่งระบบที่ได้พัฒนาขึ้นได้มีการทดสอบการใช้งานผ่านการดำเนินงานควบคู่ไปกับข้อมูลจริงในกิจกรรม CO-RUN ในพื้นที่ราบภาคกลางในช่วงระยะการดำเนินงานที่ผ่านมา ซึ่งการดำเนินงานของโครงการนี้สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

โครงการได้มีการพัฒนาระบบฐานข้อมูลโดยการออกแบบเพื่อรองรับข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการคาดการณ์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าผิวดินและความต้องการน้ำชลประทานแบบอัตโนมัติ พร้อมทั้งได้มีการเชื่อมโยงข้อมูลกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถนำข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ มาใช้ได้อย่างรวดเร็วด้วยวิธีการ API ในระบบของ Google Sheet API ได้แก่ ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (กรมอุตุนิยมวิทยา สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ และสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ) และชุดข้อมูลอุทกวิทยาและการบริหารจัดการน้ำ (กรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิต) โดยมีสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ทำการเชื่อมโยงข้อมูลทั้งสิ้น 34 สถานี สถานีตรวจวัดน้ำท่าจำนวน 137 สถานี ข้อมูลอ่างเก็บน้ำจำนวน 102 แห่ง (อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ 11 แห่ง และอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง 91 แห่ง) ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ 42 แห่ง และข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วันในรูปแบบ Grid ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังได้มีการรวบรวมชุดข้อมูลฝนตรวจวัดเชิงพื้นที่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จากกรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) และข้อมูลการคายระเหยน้ำจริง (ETA) จากเครือข่ายระบบเตือนภัยภาวะการขาดแคลนล่วงหน้า (FEWS NET)

นอกจากการนำเข้าข้อมูลแบบอัตโนมัติแล้ว โครงการยังได้มีการออกแบบระบบเพื่อส่งออกข้อมูลอัตโนมัติไปยังโครงการที่เกี่ยวข้องด้วยวิธีการ API เช่นเดียวกันกับการนำข้อมูลเข้าระบบ เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากโครงการ (ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าคาดการณ์ ณ สถานีต่างๆ และผลการประเมินความต้องการใช้น้ำชลประทาน) ไปใช้สนับสนุนในการออกแบบการบริหารจัดการเขื่อน

ผลลัพธ์ที่ได้จากโครงการยังได้ถูกแสดงผลจากการออกแบบและพัฒนาระบบแสดงผลที่ได้จัดทำขึ้น โดยได้มีการแสดงผลในรูปแบบของ Dashboard เพื่อให้เจ้าหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลที่ได้ไปใช้ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยเป็นการแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ (ตำแหน่งสถานีตรวจวัด) และรูปแบบของข้อมูลต่อเนื่อง (กราฟ และตาราง) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลในปัจจุบัน และข้อมูลการคำนวณในอดีตที่ผ่านมาได้ และได้มีการถ่ายทอดวิธีการใช้งานของระบบให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน ได้แก่ กรมชลประทาน

สำหรับผลการดำเนินงานแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า DWCM-AgWU ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าในรูปแบบอัตโนมัติทั้งสภาวะน้ำท่าในกรณีปัจจุบัน รวมถึงการคาดการณ์น้ำท่าในอนาคต

โดยแบบจำลองได้ถูกปรับเทียบและทวนสอบ ณ สถานีตรวจวัดน้ำท่าจำนวน 6 สถานี (C.2, P.17, N.67, Y.16, W.4A และ N. 22A) เพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตั้งแต่ในช่วงระยะที่ 1 ของโครงการ จากนั้นได้มีการประเมินปริมาณน้ำท่า ณ สถานการณ์ปัจจุบัน และได้มีการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าล่วงหน้าจากข้อมูลฝนพยากรณ์ล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน และเปรียบเทียบผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่ากับผลที่ได้จากการตรวจวัด ณ สถานีตรวจวัดน้ำท่าจำนวน 4 สถานี (N.22A, W.4A, CT.2A และ C.29A) ซึ่งการคำนวณปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ในรูปแบบอัตโนมัติจากการนำเข้าข้อมูลและมีการแสดงผลแบบอัตโนมัติที่ทางโครงการได้พัฒนาขึ้นนอกจากนั้นผลลัพธ์ของแบบจำลองยังได้ถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการบริหารจัดการเชื่อมโยงในกิจกรรม CO-RUN ตั้งแต่ช่วงระยะที่ 1 จนถึงปัจจุบันเพื่อทำการทดสอบระบบที่ได้พัฒนาขึ้นของโครงการ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้เป็นการส่งข้อมูลอัตโนมัติด้วย API ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบการบริหารจัดการเชื่อมโยงเป็นไปอย่างต่อเนื่อง สะดวกรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

สำหรับผลการดำเนินงานการประเมินความต้องการน้ำชลประทาน ได้ปรับปรุงโมดูลการคำนวณพื้นที่เพาะปลูกจากภาพถ่ายดาวเทียมและปรับปรุงค่าอัตราส่วนน้ำชลประทานที่จัดสรร (Allocation Requirement Ratio: ARR) ให้เป็นรายเดือน รวมทั้งปรับเปลี่ยนการประเมินฝนใช้การโดยใช้ข้อมูลฝนพยากรณ์ BC-CFSV2 ล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน ของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ซึ่งสามารถประเมินความต้องการน้ำชลประทานสุทธิล่วงหน้า 14 วัน โดยแบ่งเป็นกรณีความต้องการน้ำชลประทานสุทธิสูงสุดตามทฤษฎี (Maximum NIR) และความต้องการน้ำชลประทานสุทธิที่แนะนำสำหรับการจัดสรรน้ำกรณีเหตุการณ์ปกติและกรณีที่มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอ (Recommended NIR) ผลการประเมินย้อนหลัง 5 ปี พบว่าถ้าใช้ความต้องการน้ำชลประทานสุทธิตามแนวทาง Recommended NIR จะสามารถลดปริมาณความต้องการน้ำได้เฉลี่ยปีละ 2,897.14 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็น 21.8% นอกจากนี้ได้ทำการประเมินความต้องการน้ำของโครงการชลประทานขนาดเล็กได้เฉลี่ยปีละ 1,757.92 ล้าน ลบ.ม. และโครงการสูบน้ำของ อปท. เฉลี่ยปีละ 597.17 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งจะสามารถนำไปปรับปรุงแผนการจัดสรรน้ำของอ่างเก็บน้ำหลักสำหรับบริหารจัดการน้ำชลประทานในพื้นที่ราบภาคกลางได้อย่างแม่นยำมากขึ้น

## 5.2 สรุปการดำเนินงานของโครงการในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา

จากการดำเนินงานของโครงการในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา โครงการได้เริ่มดำเนินการโดยในปีที่ 1 ได้มีการประเมินสภาพการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ได้แก่ การใช้น้ำจากการประปาส่วนภูมิภาคและการประปานครหลวง การใช้น้ำจากการสูบน้ำโดยตรงของโรงงานอุตสาหกรรม ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรทั้งในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทานและการใช้น้ำจากการสูบน้ำบาดาลของทั้งหน่วยงานราชการและเอกชน สำหรับการประเมินความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทานได้มีการประเมินเป็นรายโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาจำนวนทั้งสิ้น 35 โครงการ นอกจากนั้นได้มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าโดยได้มีการปรับเทียบและทวนสอบแบบจำลองของสถานีตรวจวัด 5 สถานี (P.17 N.5A N.67 C.2 และ C.13) และได้ผลลัพธ์เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง นอกจากนั้นยังได้มีการวิเคราะห์การใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำบาดาลโดยได้มีการคัดเลือกโครงการชลประทานต้นแบบ และได้มีการสำรวจการใช้น้ำด้วยแบบสอบถาม พร้อมทั้งได้มีการจัดทำโครงการร่วมในกระบวนการ CO-RUN โดยได้มีการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าล่วงหน้า 14 วันจากข้อมูลฝนพยากรณ์ 14 วัน

ในปีที่ 2 โครงการมีวัตถุประสงค์การดำเนินงานเพื่อประเมินความต้องการน้ำในภาคการเกษตรกรรม ในเขตพื้นที่ชลประทาน รวมถึงการนำแบบจำลองที่ได้มีการพัฒนาให้เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปีที่ 1 นำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้น รวมถึงการจัดทำระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการประสานงานโครงการวิจัยในการบริหารจัดการพื้นที่ โดยได้มีการกำหนดกรณีศึกษา 2 กรณี กรณีที่ 1 ได้แก่ การประเมินปริมาณน้ำท่า ณ สภาพปัจจุบันซึ่งจะมีการปล่อยน้ำจาก 3 เขื่อนหลัก ได้แก่ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และในกรณีที่ 2 เป็นการประเมินปริมาณน้ำที่ไหลตามธรรมชาติซึ่งไม่ได้มีการควบคุมเพื่อประเมินถึงปริมาณน้ำต้นทุนในพื้นที่ศึกษา และได้มีการศึกษาการประเมินพื้นที่เพาะปลูกด้วยภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อประเมินถึงปริมาณความต้องการน้ำชลประทานในพื้นที่ พร้อมทั้งได้มีการดำเนินงานร่วมในกระบวนการ CO-RUN โดยได้มีการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าล่วงหน้า 14 วันจากข้อมูลฝนพยากรณ์ 14 วันอย่างต่อเนื่อง

โครงการในปีสุดท้ายมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบเชื่อมต่อข้อมูลการประเมินความต้องการน้ำชลประทานและการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า พร้อมทั้งมีการพัฒนาปรับปรุงระบบที่ได้ดำเนินการที่ผ่านมาควบคู่กันไป โครงการได้มีการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับข้อมูลที่เป็นต้องใช้ในการคาดการณ์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าและความต้องการน้ำชลประทานแบบอัตโนมัติ โดยได้มีการเชื่อมโยงข้อมูลกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้วยวิธีการ API กับสถานีอุตุนิยมวิทยาทั้งสิ้นจำนวน 34 สถานี สถานีตรวจวัดน้ำท่าจำนวน 137 สถานี ข้อมูลอ่างเก็บน้ำจำนวน 102 แห่ง ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ 42 แห่ง และข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน และได้มีการรวบรวมชุดข้อมูลฝนตรวจวัดเชิงพื้นที่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลการคายระเหยน้ำจริงเพื่อใช้ประเมินความต้องการน้ำชลประทาน

### 5.3 ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะในการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้น

- 1) กรมชลประทานสามารถนำผลลัพธ์จากระบบคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่พัฒนาขึ้นใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการวางแผนการจัดสรรน้ำในพื้นที่ศึกษา
- 2) กรมชลประทานสามารถนำข้อมูลความต้องการน้ำทางด้านการเกษตรที่ได้จากการพัฒนาระบบการคำนวณพื้นที่เพาะปลูกจากภาพถ่ายดาวเทียมไปใช้ควบคู่กับแผนการจัดสรรน้ำที่ทางกรมชลประทานได้มีการวางแผนไว้ เพื่อให้สามารถปรับแนวทางการจัดสรรน้ำให้เป็นไปตามสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน
- 3) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสามารถนำข้อมูลความต้องการน้ำทางด้านการเกษตรที่ได้จากการพัฒนาระบบการคำนวณพื้นที่เพาะปลูกจากภาพถ่ายดาวเทียมไปใช้พิจารณาเป็นข้อมูลสนับสนุนเพื่อใช้ในการบริหารจัดการเขื่อนให้เป็นไปตามสถานการณ์ในปัจจุบัน

### 5.3.2 ข้อเสนอแนะต่อการปรับปรุงระบบในอนาคต

- 1) กรมชลประทานควรมีการตรวจวัดปริมาณน้ำที่เข้าและออกจากโครงการชลประทานต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริง สำหรับการพัฒนาระบบสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาในอนาคตให้มีความแม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น
- 2) เพื่อเพิ่มความแม่นยำให้กับผลลัพธ์ที่ได้จากการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าและช่วงระยะเวลาการคาดการณ์ที่ยาวนานมากยิ่งขึ้นจากระบบที่พัฒนาขึ้นในโครงการ ควรมีการพิจารณาการใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศคาดการณ์จากหลายหน่วยงาน
- 3) ควรมีการเพิ่มเติมข้อมูลการใช้น้ำจากระบบลำน้ำ เช่น โครงการชลประทานขนาดเล็ก หรือ สถานีสูบน้ำ เพื่อให้แบบจำลองสามารถประมาณค่าได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น
- 4) แบบจำลองการประเมินความต้องการน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมจากระบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic) เป็นระบบอัตโนมัติ (Automatic system)

## เอกสารอ้างอิง

- Allen R. G., Pereira L. S., Smith M., Raes D., and Wright J. L. 2005. FAO-56 dual crop coefficient method for estimating evaporation from soil and application extensions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 131(1), 2–13.
- Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A. and A.A.M. Holtslag. 1998. A Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). 1. Formulation. *Journal of Hydrology* 212-213: 198-212
- Belmonte A. C., Jochum A. M., García A. C., Rodríguez A. M., and Fuster P. L. 2005. Irrigation management from space: Towards user-friendly products. *Irrigation and Drainage Systems*, 19(3–4), 337–353.
- Boschetti M., Nutini F., Manfron G., Brivio P. A., and Nelson A. 2014. Comparative analysis of normalised difference spectral indices derived from MODIS for detecting surface water in flooded rice cropping systems. *PLoS ONE*, 9(2), e88741
- Campos I., Neale C. M. U., Calera A., Balbontín C., and González-Piqueras J. 2010. Assessing satellite-based basal crop coefficients for irrigated grapes (*Vitis vinifera* L.). *Agricultural Water Management*, 98(1), 45–54.
- Gontia N. K., and Tiwari K. N. 2010. Estimation of crop coefficient and evapotranspiration of wheat (*Triticum aestivum*) in an irrigation command using remote sensing and GIS. *Water Resources Management*, 24(7), 1399–1414.
- Hunsaker D. J., Pinter P. J., and Kimball B. A. 2005. Wheat basal crop coefficients determined by normalized difference vegetation index. *Irrigation Science*, 24(1), 1–14.
- Kamble B., Kilic A., and Hubbard K. 2013. Estimating crop coefficients using remote sensing-based vegetation index. *Remote Sensing*, 5(4), 1588–1602.
- Kudo R, Masumoto T, Horikawa N, Yoshida T. 2013. Modeling of Paddy Water Management in Large-reservoir Irrigation Areas and its Integration into Distributed Water Circulation Model. *Applied Hydrology* 25, 61–70.
- Liou, Y.A. and S.K. Kar. 2014. Evapotranspiration estimation with remote sensing and various surface energy balance algorithms-a review. *Energies* 7: 2821–2849.
- Masumoto, T., Taniguchi T., Horikawa N., Yoshida T. & Shimizu K. 2009 Development of a distributed water circulation model for assessing human interaction in agricultural water use- From Headwaters to the Ocean: Hydrological Changes and Watershed Management, Taniguchi M., Burntttt W.C., Fukushima Y., Haigh M. & Umezawa Y. eds. Taylor and Francis, 195–201.
- Pereira L. S., and Alves I. 2013. Crop Water Requirements. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier Inc.

- Roerink, G.J., Su, Z. and M., Mementi. 2000. S-SEBI: A Simple Remote Sensing Algorithm to Estimate Surface Energy Balance. *Physics and Chemistry of The Earth*, 25(2): 147 - 157.
- Rossi S., Rampini A., Bocchi S., and Boschetti M. 2010. Operational monitoring of daily crop water requirements at the regional scale with time series of satellite data. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 136(4), 225–231.
- Rowshon M. K., Amin M. S. M., Hassan S. M. H., Shariff A. R. M., and Lee T. S. 2006. New performance indicators for rice-based irrigation systems. *Paddy and Water Environment*, 4(2), 71–79.
- Segovia-Cardozo D. A., Rodríguez-Sinobas L., and Zubelzu S. 2019. Water use efficiency of corn among the irrigation districts across the Duero River Basin (Spain): Estimation of local crop coefficients by satellite images. *Agricultural Water Management*, 212, 241–251.
- Su, Z. 2002. The Surface Energy Balance System (SEBS) for Estimation of Turbulent Heat Fluxes. *Hydrology and Earth System Sciences* 6: 85 – 99.
- Taniguchi T., Masumoto T., Yoshida T., Horikawa N. & Shimizu K. 2009 Development of a Distributed Water Circulation Model Incorporating Various Paddy Water Uses, Part 3. Structure of the Total Model and Estimation of Agricultural Water Circulation. *Jour. Japan Soc. Hydrol. & Water Resour.*, 126–140.
- Taherparvar M. and Pirmoradian N. (2018). Estimation of Rice Evapotranspiration Using Reflective Images of Landsat Satellite in Sefidrood Irrigation and Drainage Network. *Rice Science*, 25(2), 111-116.
- Toureiro C., Serralheiro R., Shahidian S., and Sousa A. 2017. Irrigation management with remote sensing: Evaluating irrigation requirement for maize under Mediterranean climate condition. *Agricultural Water Management*, 184, 211–220.
- Trout T. J., and Johnson L. F. 2007. Estimating crop water use from remotely sensed NDVI, crop models and reference ET. In USCID Fourth International Conference on Irrigation and Drainage (pp. 275–285). Sacramento, CA.
- Vongphet J., Masumoto T. & Horikawa N. 2015 Development of a Seamless Model to Simultaneously simulate Agricultural Water Use and the Effects of Flooding. *Applied Hydro*. 27, 29-37.
- Vongphet J., Masumoto T., Horikawa N. & Kudo R. 2014 Application of DWCM-AgWU Model to the Chao Phraya River Basin with Large Irrigation Paddy Areas and Dams. *Applied Hydro*. 26, 11-22.
- Vongphet J., Masumoto T., Horikawa N. & Kudo R. 2016 Modification of DWCM-AgWU Model Applied to a Paddy-Dominant Basin with Large Dams. *Irrigation and Drainage*, DOI: 10.1002/ird.2013.

Yoshioka Y., Masumoto T., Maruyama K., and Minagawa H. 2015 Agricultural Water-Gate Management for Operational Flood Protection in Low-lying Paddies, Journal Teknologi (Sciences & Engineering) 76:17, 37-44.

กรมชลประทาน. 2554. คู่มือการปฏิบัติงาน (Working Manual) เล่มที่ 6/16 คำนวณฝนใช้การ (Effective Rainfall). กรมชลประทาน. กรุงเทพฯ.

จุฬาวลัย นนตะพันธ์ และศิว แก้วปลั่ง. 2564. การประมาณการใช้น้ำของข้าวโดยใช้กุ๊กเกิ้ลเอิร์ธ เอนจิน. ใน: เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการทรัพยากรธรรมชาติ สารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 5, มหาสารคาม, 6-7 พฤษภาคม 2564.

ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์, เสกสรรค์ มธุลาภรังสรรค์, นิธิรัชต์ สงวนเดือน, ชัยศรี สุขสาโรจน์, ธันวดี สุขสาโรจน์, Takanori Nagano และ Akihiko Kotera. 2563. การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1). สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.).

ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์, จุติเทพ วงษ์เพ็ชร์, จักริช พงษ์การ, ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์, เกศวรา สิทธิโชค และ ทรงศักดิ์ ภัทรารุฒิชัย. 2565. การประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำผิวดิน เพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

ณัฐธยาน์ นามอินทร์, เกศวรา สิทธิโชค และ ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์. 2562. การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Kc) ของข้าวนาหว่านน้ำตามโดยใช้ดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียมหลายช่วงเวลา, วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย 20 (ฉบับพิเศษ): 331-344.

นนทนันท์ ทองคำ และสรวิศ สุขเวชัย. 2563. สมการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) จากข้อมูลดาวเทียม. ใน: เรื่องเติมการประชุมวิชาการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 13, นนทบุรี, 31 กรกฎาคม 2563.

บรรดิษฐ์ อินตะ. 2548. ผลของการไถเปียกและไถแห้งต่อการใช้น้ำเตรียมแปลงปลูกข้าวของเกษตรกรในโครงการชลประทานทอทองแดง จังหวัดกำแพงเพชร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสิทธิ์ ไชยสิทธิ์. 2548. การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยวิธีการสำรวจระยะไกลกรณีศึกษาพื้นที่ราบภาคกลาง. วิทยาสารกำแพงแสน. 3(3): 44-53.

เอกสิทธิ์ ไชยสิทธิ์. 2552. การใช้น้ำของพืช ทฤษฎีและการประยุกต์ (Crop Evapotranspiration Theory and Applications). ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.



## ภาคผนวก

### คู่มือการใช้งานระบบการจำลองน้ำท่าแบบอัตโนมัติ

#### 1. แบบจำลอง DWCM-AgWU

##### 1.1 องค์ประกอบของแบบจำลองต้นแบบ

แบบจำลอง Distributed Circulation Model incorporating Agricultural Water Use (DWCM-AgWU) ซึ่งพัฒนาโดย National Institute for Rural Engineering ประเทศญี่ปุ่น โดยแบบจำลอง DWCM-AgWU เป็นแบบจำลองที่ประเมินปริมาณน้ำท่าร่วมกับการบริหารจัดการน้ำในลักษณะ Distribute โดยพื้นที่ลุ่มน้ำถูกแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย (เซลล์) ตามขนาดที่ต้องการ โดยในการเริ่มต้นของการพัฒนาขนาดเซลล์ในการจำลองมีขนาด 10 กม. x 10 กม. โดยแบบจำลองคำนวณการไหลเวียนของน้ำในแต่ละเซลล์ตลอดพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยพิจารณาการใช้น้ำทางภาคเกษตรโดยเฉพาะข้าวที่ใช้น้ำฝนในการเพาะปลูก (Rain-fed paddy) ผ่านโมดูล 4 แบบจำลอง ได้แก่

- 1) โมดูลการประมาณการณ์การคายระเหยของพืชอ้างอิง
- 2) โมดูลการพยากรณ์ระยะเวลาและพื้นที่การเพาะปลูก
- 3) โมดูลการคำนวณใช้น้ำในนาข้าว
- 4) โมดูลน้ำท่า

##### 1.2 การพัฒนาโมดูลสำหรับการบริหารจัดการน้ำ

โมดูลสำหรับการจำลองระบบการจัดสรรน้ำ และบริหารจัดการน้ำ ประกอบด้วย โมดูลการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ และโมดูลการจัดสรรน้ำสำหรับพื้นที่ชลประทาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

###### 1) โมดูลการบริหารจัดการน้ำอ่างเก็บน้ำ

แบบจำลองการจัดการอ่างเก็บน้ำถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มศักยภาพของโมเดลในการคำนวณการไหลเวียนของน้ำที่ผ่านกิจกรรมที่ควบคุมโดยการจัดการของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ โดยแบบจำลองนี้ถูกเชื่อมโยงเข้ากับโมดูลน้ำท่า โดยสมมุติว่าเขื่อนถูกสร้างขึ้นลำน้ำระหว่างเซลล์ โดยแบบจำลองนี้คำนวณปริมาณน้ำเก็บกัก  $V_{res}(t)$  โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำไหลเข้า  $Q_{res\ sin}$  ปริมาณน้ำที่ระบายจากอ่างเก็บน้ำ  $Q_{res\ out}$  และปริมาณน้ำที่เก็บกักในช่วงเวลาก่อนหน้า  $V_{res}(t-1)$  โดยช่วงของการคำนวณเป็นวันตามสมการที่ 1.2-1

$$V_{res}(t) = V_{res}(t-1) + (Q_{res\ sin}(t) - Q_{res\ out}(t))\Delta t \quad \text{สมการที่ 1.2-1}$$

โดยที่ปริมาณน้ำไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจากเซลล์ด้านเหนือน้ำที่ได้จากการคำนวณของโมดูลน้ำท่า และปริมาณน้ำที่ระบายจากอ่างเก็บน้ำนั้นคำนวณจากความต้องการน้ำเพื่อชลประทานเพื่ออุปโภคและบริโภค เพื่อรักษาระบบนิเวศ เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า และการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น (spillway)

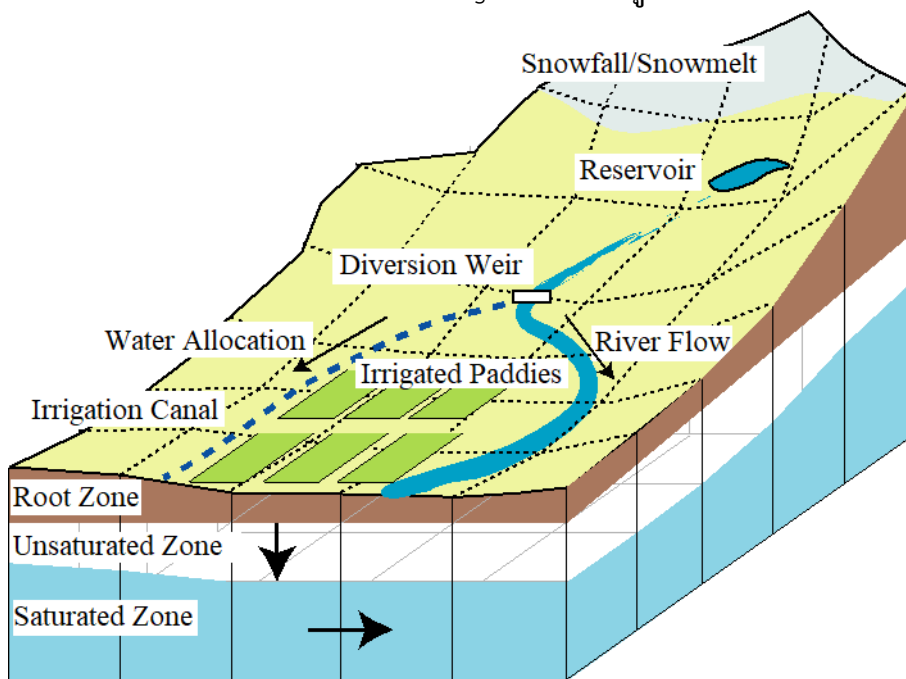
## 2) แบบจำลองการจัดสรรน้ำเพื่อพื้นที่ชลประทาน

แบบจำลองนี้ถูกเชื่อมโยงกับโมดูลการคำนวณใช้น้ำในนาข้าว เพื่อที่จะคำนวณปริมาณน้ำชลประทานที่ผันเข้าสำหรับพื้นที่นาข้าวในเขตชลประทาน โดยคำนึงถึงปริมาณความต้องการน้ำจากนาข้าว ( $Q_{dmnd}$ ) ความสามารถในการรับของอาคารรับน้ำ ( $Q_{cap}$ ) และปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแม่น้ำ ( $Q_{riv}$ ) ตามสมการที่ 1.2-2

$$Q_{div} = \min(Q_{riv}, Q_{cap}, Q_{dmnd}) \quad \text{สมการที่ 1.2-2}$$

โดยที่ปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่พื้นที่ชลประทานจะพิจารณาจากปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่พิจารณาจากองค์ประกอบทั้งสามในสมการที่ 1.2-2 ปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่พื้นที่ชลประทานจะถูกส่งไปสู่พื้นที่นาข้าวในแต่ละเซลล์ตามลำดับโดยคำนึงถึง ลำดับในการรับน้ำชลประทานของแต่ละคลองซอย คลองแยกซอย ระยะห่างของจุดที่ตั้งพื้นที่นาข้าวกับคลองส่งน้ำ และระดับพื้นที่ของนาข้าว

สำหรับองค์ประกอบของแบบจำลอง DWCM-AgWU แสดงดังรูปที่ 1.2-1



รูปที่ 1.2-1 องค์ประกอบของแบบจำลอง DWCM-AgWU

### 1.3 ทฤษฎีพื้นฐานและความเชื่อมโยงของแบบจำลอง

แบบจำลอง DWCM-AgWU ต้นแบบ ประเมินสภาพการไหลในวัฏจักรอุทกโดยคิดการใช้น้ำในนาข้าวร่วมด้วย โดยมีแนวความคิดในการพัฒนาแบบจำลองโดยพิจารณากระบวนการใช้น้ำของนาข้าวซึ่งมีลักษณะเป็นบ่อน้ำขนาดเล็กที่สามารถเก็บกักน้ำไว้ใช้สำหรับการเพาะปลูก ดังนั้นสมมูลน้ำต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำที่เก็บกักในนาข้าวด้วย ซึ่งเป็นลักษณะการเพาะปลูกในภูมิภาคเอเชีย ประเทศญี่ปุ่น รวมถึงประเทศไทยด้วย สำหรับโมดูลที่ใช้คำนวณสมมูลน้ำตามวัฏจักรอุทกและสภาพการไหลในลุ่มน้ำแสดงดังรูปที่ 1.3-1 ประกอบด้วย

### 1) โมดูลการประมาณการการคายระเหยของพืชอ้างอิง

การประเมินปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงโดยใช้สูตรของ Penman-Monteith ดังนั้น ข้อมูลที่จำเป็นในการนำเข้าแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิ ข้อมูลความชื้น ข้อมูลความเร็วลม หลังจากนั้น แบบจำลองประเมินปริมาณการคายระเหยจริงในแต่ละกริดจากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งจำแนกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) ป่าไม้, 2) พืชไร่, 3) นาข้าวนอกเขตชลประทาน (Rainfed Paddy), 4) นาข้าวในเขตชลประทาน (Irrigated paddy), 5) พื้นที่ผิวน้ำ โดยปริมาณการคายระเหยจริงคำนวณโดยสมการที่ 1.3-1

$$Actual ET (mm) = \frac{(kC_F + kC_{UP} + kC_{Irr} + kC_{Rain} + kC_W) \cdot ET_0}{Total area} \quad \text{สมการที่ 1.3-1}$$

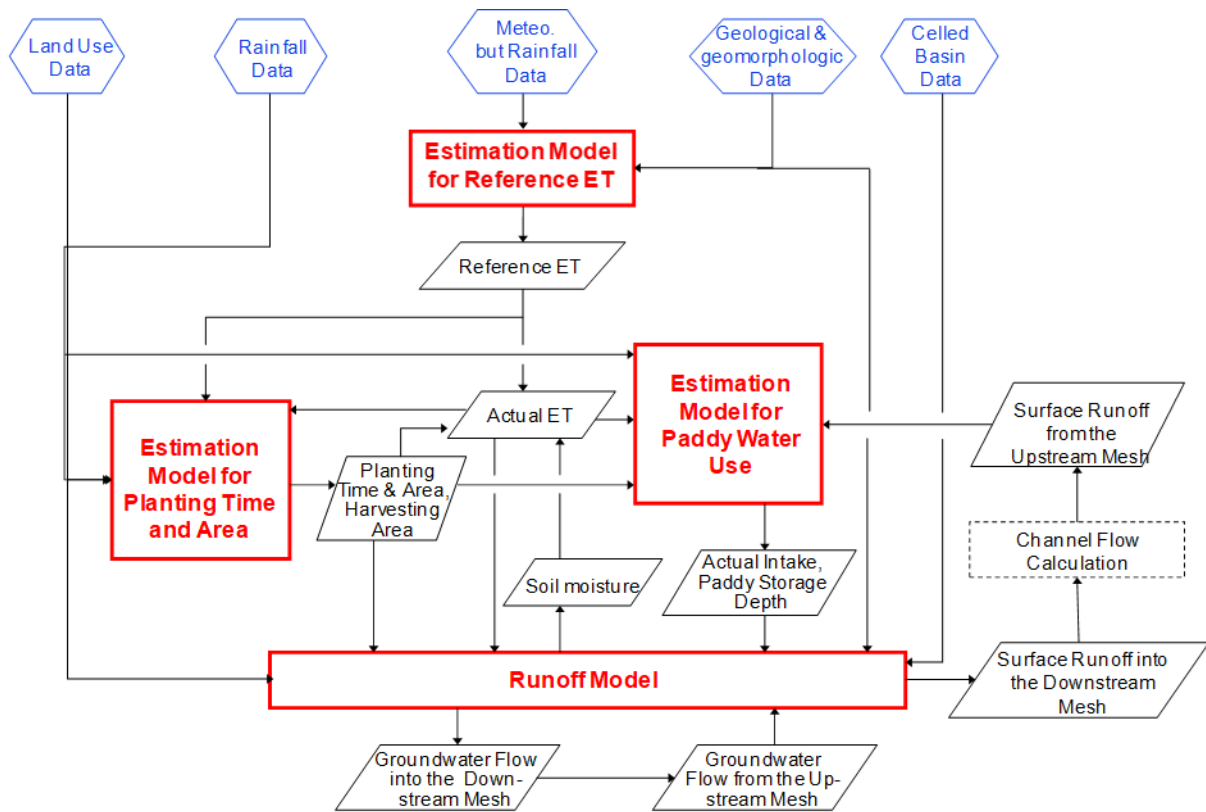
เมื่อ	$kC_F$	คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของป่าไม้
	$kC_{UP}$	คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชไร่
	$kC_{Irr}$	คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของนาข้าวในเขตชลประทาน
	$kC_{Rain}$	คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของนาข้าวนอกเขตชลประทาน
	$kC_W$	คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพื้นที่ผิวน้ำ
	$ET_0$	คือ การคายระเหยของพืชอ้างอิง

### 2) โมดูลการพยากรณ์ระยะเวลาและพื้นที่การเพาะปลูก

แบบจำลองนี้ต้องการข้อมูลนำเข้าเป็นปฏิทินการเพาะปลูก เพื่อทำการพยากรณ์พื้นที่และกำหนดเวลา ในการเพาะปลูก โดยข้อมูลปฏิทินการเพาะปลูกที่สำคัญ ได้แก่ 1) ข้อมูลวันเริ่มทำการเพาะปลูก 2) ระยะเวลาเตรียมแปลง 3) อายุพืช และ 4) ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว โดยการประเมินพื้นที่เพาะปลูก ประเมินจากข้อมูลปริมาณน้ำที่ต้องการ ปริมาณน้ำที่ได้รับ

### 3) โมดูลการคำนวณใช้น้ำในนาข้าว

การคำนวณปริมาณน้ำในนาข้าวพิจารณาการใช้น้ำ และการเติมน้ำชลประทานสำหรับพื้นที่นาข้าวในเขตชลประทานที่อยู่ในช่วงของฤดูเพาะปลูก นอกจากนี้ยังคิดปริมาตรน้ำในที่เก็บไว้ในนาข้าว และ ปริมาตรน้ำที่ระบายออก ซึ่งคิดโดยสมการล้นข้ามสันฝาย

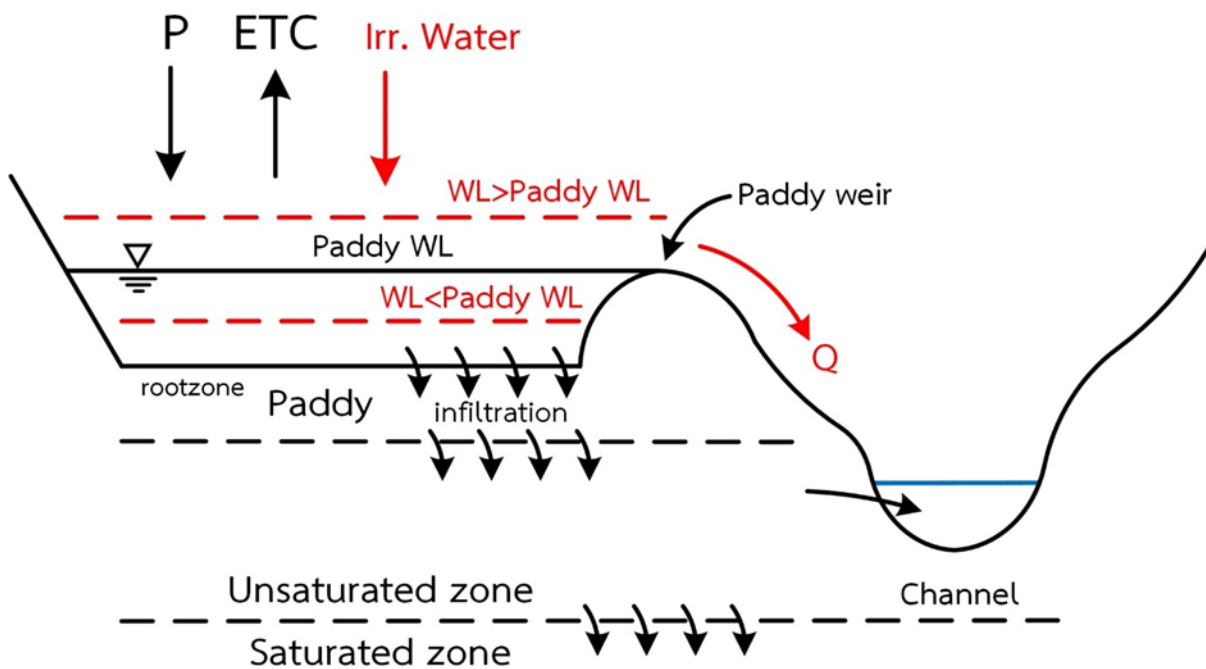


รูปที่ 1.3-1 ความเชื่อมโยงของแบบจำลองต้นแบบ

#### 4) โมเดลน้ำท่า

การคำนวณปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกได้เป็น 1) กระบวนการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากชั้นผิวดินหรือดินตื้น (Surface flow) ซึ่งเป็นการประเมินปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นโดยตรง (Direct runoff) จากปริมาณน้ำส่วนเกินของปริมาณน้ำที่เก็บกักในชั้นดินตื้นและปริมาณน้ำที่ไหลซึมผ่าน 2) กระบวนการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากชั้นใต้ดิน (Sub surface flow) เป็นการจำลองการเคลื่อนที่ของปริมาณน้ำใต้ดิน ประกอบด้วย การเคลื่อนที่ของน้ำท่าในลักษณะ Lateral flow ที่เกิดขึ้นในบริเวณชั้น Unsaturated zone รวมถึงอาจมีการประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำใต้ดินด้วย โดยองค์ประกอบในการคำนวณปริมาณน้ำท่าแสดงดังรูปที่ 1.3-2

สำหรับกระบวนการคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำในลำน้ำ (Channel routing) ทำการจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำในลำน้ำโดยกระบวนการ Kinematic Wave Method :ซึ่งเป็นการประเมินปริมาณน้ำในลำน้ำทั้งในรูปแบบของปริมาณ สถานะที่ และเวลาร่วมด้วย โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการจำลองการเคลื่อนที่มีหลากหลายปัจจัย เช่น ลักษณะทางชลศาสตร์ของลำน้ำ ทั้งรูปร่างของลำน้ำ ความเสียดทานหรือสิ่งกีดขวาง ความเร็วการไหล เป็นต้น



รูปที่ 1.3-2 องค์ประกอบและกระบวนการจำลองการคำนวณปริมาณน้ำท่า

#### 1.4 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง DWCM-AgWU

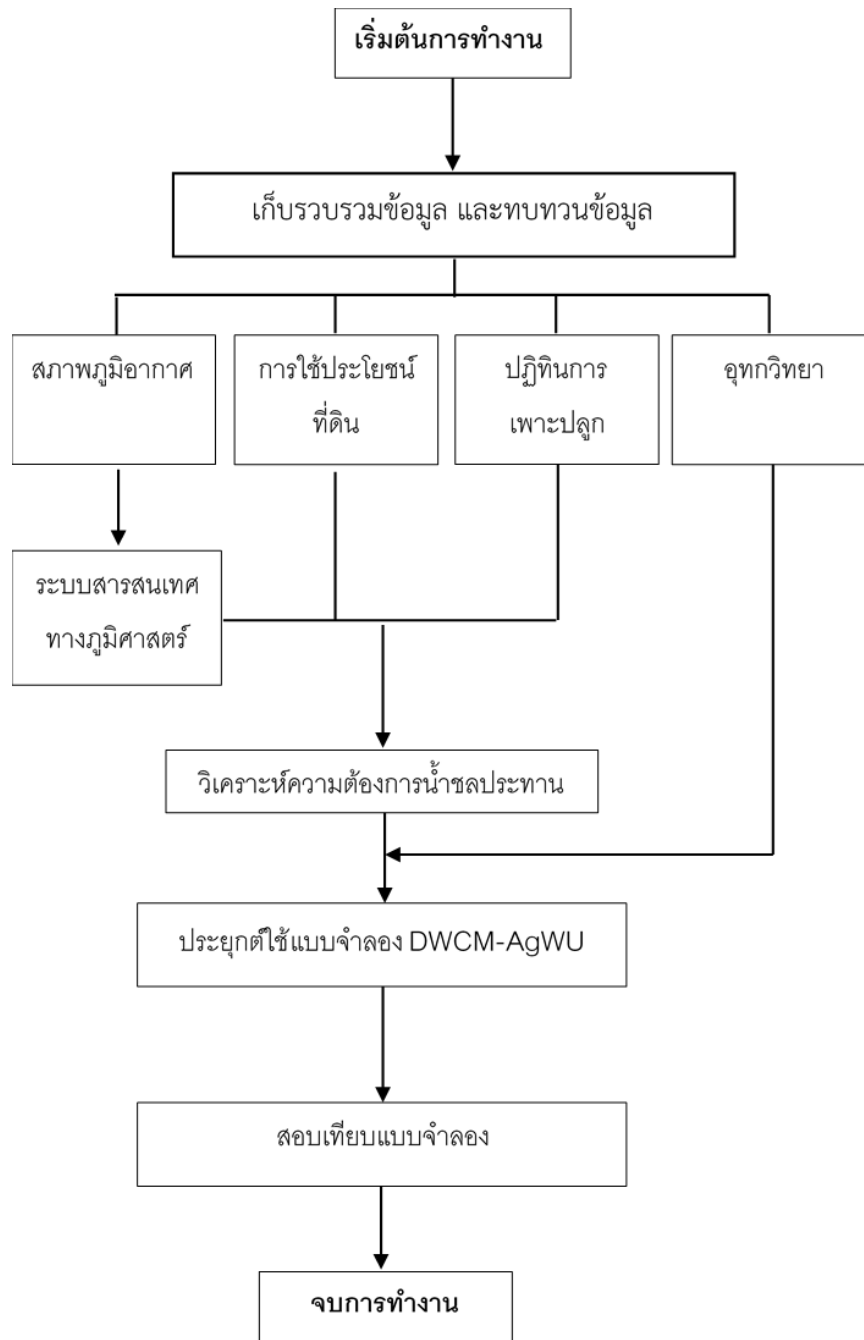
กระบวนการการประยุกต์ใช้แบบจำลอง DWCM-AgWU แสดงดังรูปที่ 1.4-1

##### 1) การเรียบเรียงข้อมูลและการนำเข้าข้อมูล

การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลอง DWCM-AgWU ดำเนินการโดยอ้างอิงเซลล์การคำนวณขนาด 100 ตร.กม.(10 กม.×10 กม.) หรือน้อยกว่า โดยข้อมูลที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง DWCM-AgWU ประกอบด้วย

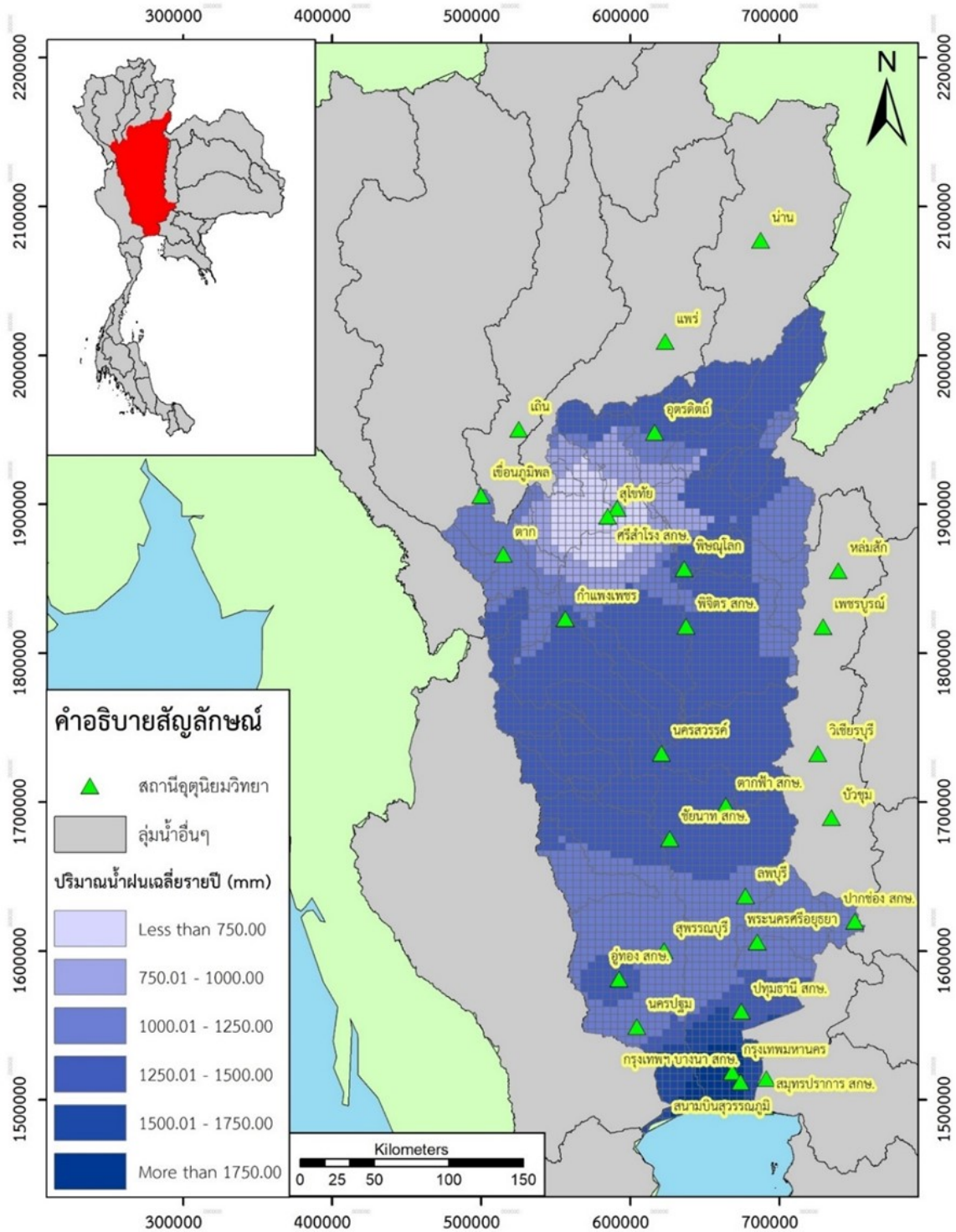
1. ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ ข้อมูลระดับของพื้นที่ ข้อมูลทิศทางการไหลของลำน้ำ ระยะห่างระหว่างลำน้ำ ลำดับการไหล
2. ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ ตำแหน่ง ขนาดความจุ และโค้งความจุ ข้อมูลปริมาณการระบายน้ำสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ข้อมูลศักยภาพของการระบายน้ำผ่านทางระบายน้ำฉุกเฉิน ปีที่เริ่มใช้งาน ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน
3. ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน ได้แก่ ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งห้วงงาน ข้อมูลศักยภาพของโครงการ ข้อมูลขนาดของพื้นที่ชลประทาน (นาข้าว) ในแต่ละเซลล์การคำนวณ
4. ข้อมูลปฏิทินการเพาะปลูกสำหรับนาข้าว ได้แก่ วันแรกที่เริ่มเพาะปลูก วันสุดท้ายที่ทำการเก็บเกี่ยว จำนวนวันที่ดำเนินการเพาะปลูกทั้งโครงการ จำนวนวันในการเจริญเติบโตของข้าว จำนวนวันที่ดำเนินการเก็บเกี่ยวทั้งโครงการ

5. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยแบบจำลองคำนึงถึงลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำแนกได้ 5 ประเภท ดังนี้ (1) นาข้าวในเขตชลประทาน, (2) นาข้าวน้ำฝน, (3) พื้นที่แหล่งน้ำ, (4) พื้นที่ป่าไม้, (5) พื้นที่เกษตรอื่น ๆ และ 6) พื้นที่อื่น ๆ



รูปที่ 1.4-1 กระบวนการการประยุกต์ใช้แบบจำลอง DWCM-AgWU

6. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ข้อมูลฝน และข้อมูลสภาพภูมิอากาศอื่น ๆ ที่ใช้สำหรับการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง อาทิเช่น อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ชั่วโมงแสงแดด ความเร็วลม โดยเป็นข้อมูลรายวัน และดำเนินการเฉลี่ยข้อมูลสภาพภูมิอากาศเชิงพื้นที่เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับแต่ละเซลล์แสดงดังรูปที่ 1.4-2



รูปที่ 1.4-2 ข้อมูลปริมาณฝนเชิงพื้นที่

## 2) กระบวนการติดตั้งแบบจำลอง (Model setup)

กระบวนการติดตั้งแบบจำลอง เป็นการนำเข้าข้อมูลทางกายภาพ และการบริหารจัดการน้ำของลุ่มน้ำเข้าสู่แบบจำลอง โดยแบบจำลอง DWCM-AgWU กระบวนการติดตั้งแบบจำลองดังนี้

### 1. การกำหนดขนาดเซลล์คำนวณ

การคำนวณการไหลของน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำจะดำเนินการในรูปแบบของเซลล์คำนวณซึ่งมีการระบุขนาดตามความละเอียดที่ผู้ใช้งานต้องการ โดยข้อมูลที่มีความจำเป็นในการคำนวณจะถูกบันทึกตามหมายเลขเซลล์คำนวณที่กำหนดขึ้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วย ข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลแหล่งน้ำ ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน และปฏิทินเพาะปลูก ข้อมูลโครงสร้างทางชลศาสตร์ เช่น เขื่อนทดน้ำ เป็นต้น ข้อมูลภูมิประเทศ เช่น ระดับความสูง เป็นต้น ข้อมูลอุทกวิทยา เช่น รูปตัดขวางลำน้ำ เป็นต้น ซึ่งแต่ละเซลล์คำนวณมีความเชื่อมโยงจากลำดับ และทิศทางการไหล โดยที่การแบ่งพื้นที่เซลล์ดังกล่าวดำเนินการโดยโปรแกรมสำหรับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Arc Map) ฟังก์ชัน Fishnet ในการแบ่งเซลล์คำนวณ ซึ่งเซลล์คำนวณนั้นจะมีขนาด 25 ตารางกิโลเมตร หรือน้อยกว่า

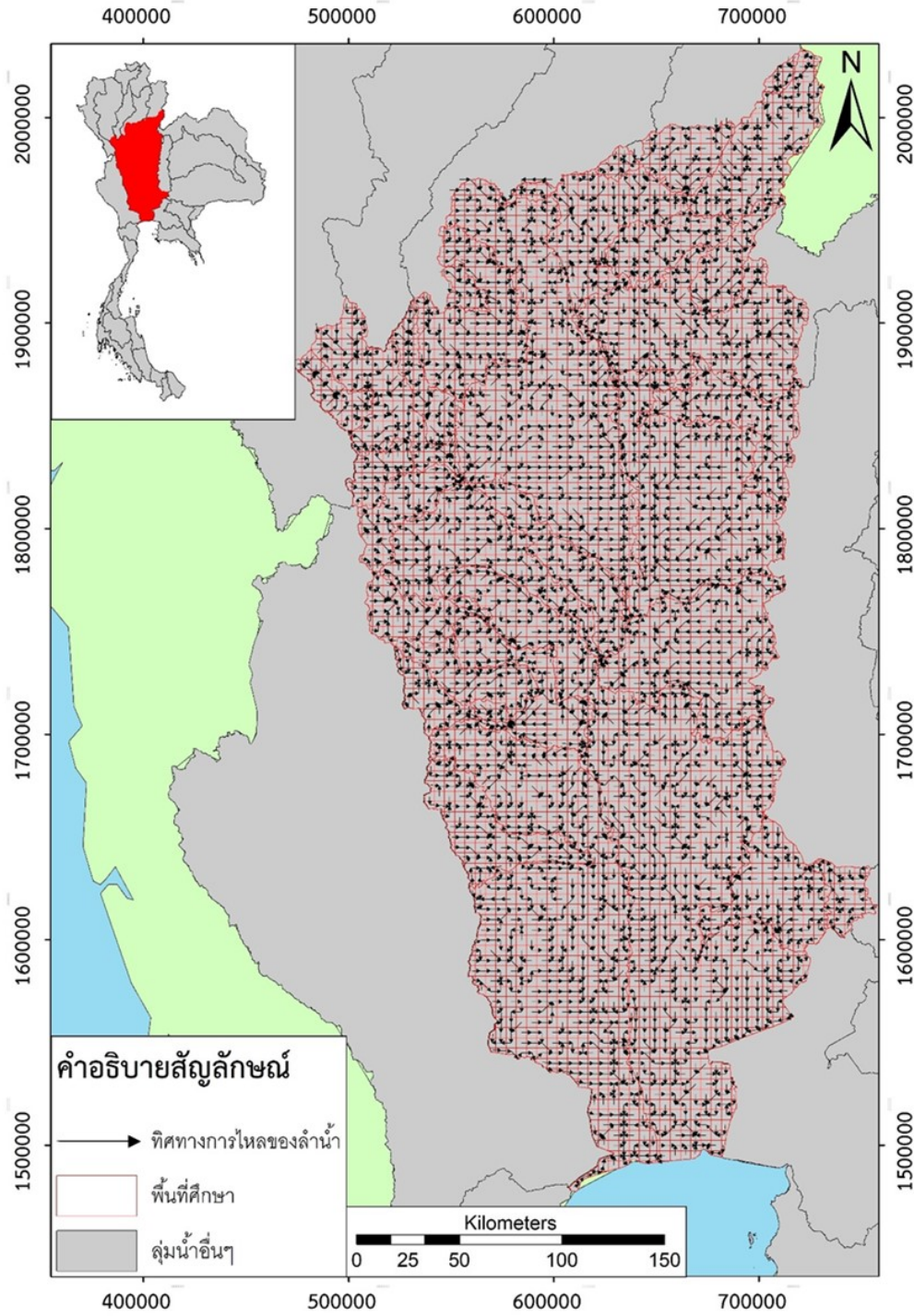
### 2. การกำหนดทิศทางการไหล

แบบจำลอง DWCM-AgWU แบบแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางอุทกวิทยาซึ่งคำนวณการไหลเวียนของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำในรูปแบบของการกระจาย (Distributed Hydrological Model) โดยปริมาณน้ำท่าในแต่ละเซลล์คำนวณตามลำดับเซลล์ ซึ่งจะมีความสอดคล้องกับลำดับของลำน้ำ และทิศทางการไหล โดยทิศทางการไหลถูกกำหนดไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล และใช้ทิศทางการไหลในการกำหนดลำดับการคำนวณของเซลล์คำนวณตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการคำนวณสภาพการไหลทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำที่ทิศทางการไหลถูกกำหนดโดยพิจารณาจากความสูงของเซลล์คำนวณเป้าหมายร่วมกับเซลล์การคำนวณรอบเซลล์เป้าหมายทั้ง 8 ทิศทาง โดยทิศทางการไหลจะถูกกำหนดให้เป็นไปตามทิศทางที่มีความชันระหว่างเซลล์คำนวณมากที่สุด ซึ่งในการกำหนดทิศทางการไหลระหว่างเซลล์คำนวณอาจจะมีทิศทางการไหลเข้าได้หลายทิศทาง แต่จะมีการกำหนดทิศทางการไหลออกเพียงทิศทางเดียว การกำหนดทิศทางการไหลของเซลล์คำนวณตลอดทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำดำเนินการโดยฟังก์ชัน Flow Direction ในโปรแกรม Arc Map และยังมีการตรวจสอบทิศทางการไหลซึ่งพัฒนาโดยฟังก์ชัน Flow Direction กับทิศทางการไหลของลำน้ำในลักษณะภูมิประเทศจริง หากมีความคลาดเคลื่อนไปจากลักษณะกายภาพที่แท้จริงจะมีการดำเนินการแก้ไขให้มีความสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพให้มากที่สุด โดยลักษณะทิศทางการไหลของลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำที่พัฒนาจากฐานข้อมูลนำเข้าแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 1.4-3 ซึ่งในภาพแสดงให้เห็นถึงลำดับของลำน้ำ (Stream order) ที่มีความสอดคล้องกับการไหลกับลักษณะภูมิประเทศจริง

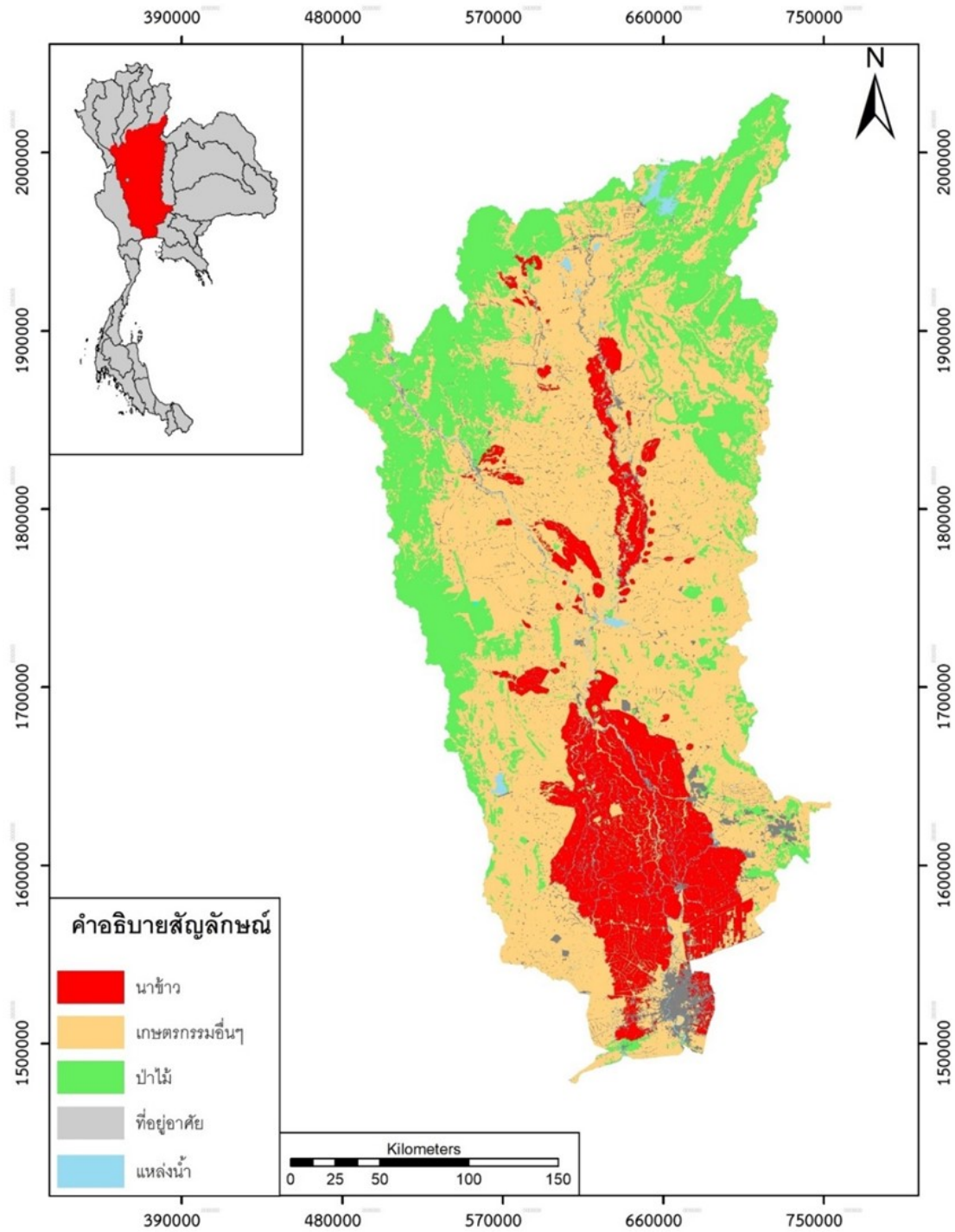
### 3. การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน พิจารณาจากการนำเข้าข้อมูลแบบจำลอง DWCM-AgWU ซึ่งแบบจำลองจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็น 5 ประเภท ได้แก่ ป่าไม้ นาข้าวในเขตชลประทาน นาข้าวนอกเขตชลประทาน พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่เกษตรอื่น ๆ ซึ่งการจัดทำฐานข้อมูลเพื่อการนำเข้าแบบจำลองได้เพิ่มเติมการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเกษตร ซึ่งตัวอย่างของการจำแนกการใช้ประโยชน์และมีการกระจายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินแสดงดังรูปที่ 1.4-4





รูปที่ 1.4-3 ตัวอย่างการสร้างเซลล์คำนวณและทิศทางการไหลของแบบจำลอง DWCM-AgWU



รูปที่ 1.4-4 ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามเซลล์คำนวณ

#### 4. การกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำสาขา

การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาดำเนินการสำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ในโมดูลการคำนวณปริมาณ โดยการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ลำน้ำและพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา และความชันของลำน้ำ

## 5. การกำหนดปฏิทินการเพาะปลูก

ปฏิทินการเพาะปลูกกำหนดสำหรับนาข้าว ทั้งนาข้าวในเขตพื้นที่ชลประทาน และ นาข้าวในพื้นที่เกษตรน้ำฝน ซึ่งปฏิทินการเพาะปลูกส่งผลต่อการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำสำหรับนาข้าว และการคาดการณ์พื้นที่เพาะปลูก โดยการกำหนดปฏิทินการเพาะปลูกในเขตพื้นที่ชลประทานอาจอ้างอิงตามแผนการจัดสรรน้ำ สำหรับพื้นที่นาข้าวในพื้นที่เกษตรน้ำฝนกำหนดให้มีการเพาะปลูกเพียงช่วงนาปีเนื่องจากไม่ได้อยู่ในเขตพื้นที่ชลประทาน และอาศัยเพียงน้ำฝนในการเพาะปลูก โดยมีช่วงเวลาในการเพาะปลูกเช่นเดียวกับนาปี ในพื้นที่เขตชลประทาน โดยตัวอย่างของปฏิทินเพาะปลูกแสดงดังรูปที่ 1.4-5

พืช	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ข้าวนาปี												
ข้าวนาปรัง												
พืชไร่-พืชสวน												

รูปที่ 1.4-5 ตัวอย่างปฏิทินการเพาะในพื้นที่ชลประทาน

## 6. การกำหนดแนวทางปฏิบัติการการอ่างเก็บน้ำ

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง DWCM-AgWU สำหรับลุ่มน้ำเค้านวนสภาพการไหลภายใต้การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ การคำนวณสภาพการไหลภายใต้การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำถูกกำหนดตำแหน่งที่ตั้งบริเวณระหว่างเซลล์คำนวณซึ่งส่งผลกระทบต่ออ่างเก็บน้ำบางแห่งหากอ่างเก็บน้ำหลายแห่งตั้งอยู่ในเซลล์คำนวณเดียวกัน ดังนั้นในขั้นตอนของการนำเข้าสู่ข้อมูลจึงมีการปรับแก้ข้อมูลของอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ อาทิเช่น ข้อมูลความจุสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลพื้นที่การใช้น้ำ โดยการรวมอ่างเก็บน้ำทั้งหมดในเซลล์คำนวณนั้นให้มีแห่งเดียว

## 7. การบริหารจัดการน้ำชลประทานสำหรับพื้นที่ชลประทาน

การบริหารจัดการน้ำชลประทานสำหรับพื้นที่ชลประทานดำเนินการโดยโมดูลการจัดสรรน้ำเพื่อพื้นที่ชลประทาน โดยแบบจำลองคำนวณปริมาณน้ำชลประทานที่สามารถส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกข้าวในพื้นที่ชลประทานตามปริมาณความต้องการที่คำนวณโดยโมดูลการคำนวณใช้น้ำในนาข้าว ซึ่งปริมาณน้ำชลประทานที่ผันเข้าสำหรับพื้นที่นาข้าวในเขตชลประทาน โดยคำนึงถึงปริมาณความต้องการน้ำจากนาข้าว ความสามารถในการรับของอาคารรับน้ำ หรือ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแม่น้ำ

### 1.5 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง

ในหัวข้อนี้แสดงรายละเอียดของข้อมูลที่จำเป็นต่อการติดตั้งแบบจำลอง ประกอบด้วย ชื่อไฟล์นำเข้าข้อมูล สัญลักษณ์และความหมายของข้อมูล จำแนกตามประเภทของข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 1) ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ คือข้อมูลภูมิประเทศและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินแสดงดังตารางที่ 1.5-1 เป็นข้อมูลกายภาพที่ตัวแทนของเซลล์คำนวณซึ่งนำเข้าไปในโมดูลที่ใช้สำหรับติดตั้งแบบจำลอง เป็นข้อมูลในลักษณะของพื้นที่ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตั้งแบบจำลอง หรือกล่าวอีกนัย คือ เป็นข้อมูลที่จำเป็นต้องมี

ตารางที่ 1.5-1 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลองทางด้านลักษณะกายภาพของกลุ่มน้ำ

โมดูล	ชื่อไฟล์ข้อมูล	ข้อมูลนำเข้า	
โมดูลการติดตั้ง ภูมิประเทศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน set_LU_topo.f90	ภูมิประเทศ Mesh_Topography.txt	lorder	หมายเลขเซลล์คำนวณตามลักษณะการไหล
		MID5	ชื่อเซลล์คำนวณ
		Mx	พิกัดเซลล์
		My	พิกัดเซลล์
		BsinCode	หมายเลขลุ่มน้ำสาขา
		ELEV(m)	ระดับ (ม.รทก.)
		Mesh_Area	พื้นที่เซลล์คำนวณ (ตร.กม.)
		Ncount	ลำดับเซลล์คำนวณจากน้อยไปมาก
		Rcdir	ทิศทางการไหล
		lorder_dow	หมายเลขเซลล์คำนวณด้านท้ายน้ำ
		Rorder	River order
	การใช้ประโยชน์ที่ดิน MC_Landuse.txt	MID5	ชื่อเซลล์คำนวณ
		Afor	สัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ในเซลล์ (%)
		Arf	สัดส่วนพื้นที่นาข้าวน้ำฝนในเซลล์ (%)
		Air	สัดส่วนพื้นที่นาข้าวในเขตชลประทานในเซลล์ (%)
		Aup	สัดส่วนพื้นที่เกษตรอื่น ๆ ป่าไม้ในเซลล์ (%)
		Awt	สัดส่วนพื้นที่ผิวน้ำในเซลล์ (%)

## 2) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย ตัวแปรทางด้านภูมิอากาศต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1.5-2 โดยข้อมูลสภาพภูมิอากาศจำเป็นต้องนำเข้าข้อมูลในคาบความถี่รายวันเนื่องจากแบบจำลองมีความถี่ของการคำนวณ (Calculation step) เท่ากับ 1 วัน โดยข้อมูลภูมิอากาศเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลนี้ใช้สำหรับโมดูลการติดตั้งตัวแปร และการโมดูลการประเมินการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

ตารางที่ 1.5-2 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

โมดูล	ชื่อไฟล์ข้อมูล	ข้อมูลนำเข้า
1. การติดตั้งตัวแปร (Variables.f90)	2000PRE_obs.txt	ปริมาณฝน (มม.)
	2000Tmax_obs.txt	อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)
	2000Tmin_obs.txt	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)
2. การประเมินปริมาณใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Fao_PenmanMonteith.f90)	2000Tavr_obs.txt	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
	2000Rhavr_obs.txt	ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (%)
	2000WV_obs.txt	ความเร็วลมที่ 2 ม. (m/s)

## 3) ข้อมูลการเพาะปลูก

ข้อมูลการเพาะปลูกเป็นข้อมูลแสดงข้อมูลช่วงระยะเวลาสำหรับการเพาะปลูกข้าว โดยในโมเดลระบุให้ทำนา ปีละ 2 ครั้ง คือ นาปรังในฤดูแล้ง และนาปีในฤดูฝน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนำเข้าสำหรับโมดูลการพยากรณ์ระยะเวลาและพื้นที่การเพาะปลูก โดยมีรายละเอียดของข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1.5-3

## 4) ข้อมูลลักษณะของลำน้ำ (Stream characteristics)

ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของลำน้ำถูกแทนด้วยค่าพารามิเตอร์ K และ P ซึ่งคำนวณจากลักษณะทางกายภาพของลำน้ำจาก ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ ข้อมูลความชัน และสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's coefficient) ผ่านการคำนวณการเคลื่อนที่ของปริมาณน้ำในลำน้ำ (River routing) ด้วยวิธี Kinematic wave method ซึ่งใช้ในโมดูลคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำในลำน้ำ (River routing) โดยมีรายละเอียดข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1.5-4

## 5) ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ

ข้อมูลอ่างเก็บน้ำเป็นข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ และนโยบายการระบายน้ำสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำอื่น ๆ นอกเหนือการใช้น้ำสำหรับการเกษตรเนื่องจากการข้อมูลการใช้น้ำด้านเกษตรกรรมคำนวณจากโมดูลอื่น ๆ และเชื่อมโยงผลการคำนวณสู่โมดูลการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในภายหลัง โดยมีรายละเอียดข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1.5-5 สำหรับข้อมูลโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำซึ่งเป็นข้อมูลปริมาตรน้ำเก็บกักเทียบกับเวลาต้องนำเข้าแบบจำลองแยกจากข้อมูลพื้นฐานอ่างเก็บน้ำ ซึ่งการเตรียมข้อมูลโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำดำเนินการในรูปแบบข้อมูลปริมาตรน้ำเก็บกักตามอนุกรมเวลา

### ตารางที่ 1.5-3 ข้อมูลการเพาะปลูก

โมดูล	ชื่อไฟล์ข้อมูล	ข้อมูลนำเข้า	
โมดูลการพยากรณ์ระยะเวลาและพื้นที่การเพาะปลูก (cropping_model.f90)	cropping_info.txt	MID5	ชื่อเซลล์คำนวณ
		SDcumR	วันเริ่มทำการเพาะปลูกฤดูฝน
		ED_wet	วันสิ้นสุดทำการเพาะปลูกฤดูฝน
		DL_wet	จำนวนวันเตรียมแปลง (ระดับโครงการ)
		DG_wet	อายุพืชเพาะปลูก
		DR_wet	จำนวนวันเก็บเกี่ยว (ระดับโครงการ)
		SdcumR_dry	วันเริ่มทำการเพาะปลูกฤดูฝน
		ED_dry	วันสิ้นสุดทำการเพาะปลูกฤดูฝน
		DL_dry	จำนวนวันเตรียมแปลง(ระดับโครงการ)
		DG_dry	อายุพืชเพาะปลูก
		DR_dry	จำนวนวันเก็บเกี่ยว (ระดับโครงการ)

### ตารางที่ 1.5-4 ข้อมูลลักษณะของลำน้ำ (Stream characteristics)

โมดูล	ชื่อไฟล์ข้อมูล	ข้อมูลนำเข้า	
โมดูลคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำในลำน้ำ (River routing) surface_flow_202.f90	KinematicKP.txt	MID5	ชื่อเซลล์คำนวณ
		Kch	Kinematic parameter
		Pch	Kinematic parameter
		Rwidth	ความกว้างรูปตัดลำน้ำ (ม.)
		grad(1/x)	ความชัน (1/x) (ม.)

#### 6) ข้อมูลการจัดสรรน้ำในพื้นที่ชลประทาน

ข้อมูลการจัดสรรน้ำในพื้นที่ชลประทาน ประกอบด้วย ข้อมูลกายภาพของพื้นที่ชลประทาน และข้อมูลการจัดสรรน้ำ ประกอบด้วย ข้อมูลตำแหน่ง ข้อมูลพื้นที่ ข้อมูลศักยภาพอาคารรับน้ำและคลองส่งน้ำ และช่วงระยะเวลาการส่งน้ำทั้งฤดูแล้งและฤดูฝนโดยมีรายละเอียดข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1.5-6

ตารางที่ 1.5-5 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ

โมดูล	ชื่อไฟล์ข้อมูล	ข้อมูลนำเข้า	
		ชื่อ	คำอธิบาย
โมดูลการบริหารจัดการน้ำอ่างเก็บน้ำ (res_operational_model.f90)	reservoir_info.txt	Nores	ลำดับอ่างเก็บน้ำ
		Rpname	ชื่ออ่างเก็บน้ำ
		ldres	ตำแหน่งที่ตั้งอ่างเก็บน้ำ (lorder)
		ldintk	ตำแหน่งที่ตั้งห้วงนาคลชลประทาน (lorder)
		Vmax	ความจุอ่างเก็บน้ำ(ลบ.ม.)
		Airmax	ขนาดพื้นที่ชลประทาน (ตร.กม.)
		Qdplan	ปริมาณน้ำระบายสำหรับอุปโภค-บริโภค อุตสาหกรรม และรักษาระบบนิเวศ (ลบ.ม.)
		Qpwmmax	ปริมาณน้ำสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า (ลบ.ม.)
		Qspill_max	ศักยภาพการระบายของทางระบายน้ำล้น (ลบ.ม.)
		lppsdam	วัตถุประสงค์เขื่อน
		ID_ir_area	หมายเลขพื้นที่ชลประทาน
		Res_year	ปีที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ

ตารางที่ 1.5-6 ข้อมูลการจัดสรรน้ำในพื้นที่ชลประทาน

โมดูล	ชื่อไฟล์ข้อมูล	ข้อมูลนำเข้า	
		ชื่อ	คำอธิบาย
แบบจำลองการจัดสรรน้ำในพื้นที่ชลประทาน (water_intake_model.f90) (water_allocation_model.f90)	irrigation_info.txt, allocation_info.txt	MID5	ชื่อเซลล์คำนวณ
		IT	ประเภทโครงการ (กำหนดประสิทธิภาพ)
		IRnum	หมายเลขโครงการชลประทาน
		IRpoint	ตำแหน่งห้วงงาน (ระบุตามหมายเลขโครงการ)
		Qwt(m3/s)	ศักยภาพอาคารรับน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
		SDI_wet	วันเริ่มทำการเพาะปลูกฤดูฝน
		EDI_wet	วันสิ้นสุดทำการเพาะปลูกฤดูฝน
		SDI_dry	วันเริ่มทำการเพาะปลูกฤดูแล้ง
		EDI_dry	วันสิ้นสุดทำการเพาะปลูกฤดูแล้ง

## 1.6 พารามิเตอร์

พารามิเตอร์ในการจำลองสภาพการไหลร่วมกับการบริหารจัดการน้ำโดยแบบจำลอง DWCM-AgWU อยู่ในโมดูล Parameter (Parameter.f90) ซึ่งเป็นไฟล์ที่ต้องผ่านการ execute การคำนวณแบบจำลองในโปรแกรม complier โดยสามารถจำแนกพารามิเตอร์ตามโมดูลที่เกี่ยวข้องหลักได้ดัง **ตารางที่ 1.6-1**

**ตารางที่ 1.6-1** พารามิเตอร์การจำลองสภาพการไหลร่วมกับการบริหารจัดการน้ำโดยแบบจำลอง DWCM-AgWU

ประเภท	ค่าพารามิเตอร์			
	ตัวแปร	ชนิด	ความหมาย	ค่าตัวอย่าง
เงื่อนไขการคำนวณ (Calculation Condition)	Nmesh	integer	จำนวนเซลล์คำนวณ	-
	Nyear	integer	จำนวนปี	-
	Start_year	integer	ปีเริ่มคำนวณ (ค.ศ.)	-
	SpinUp_year	integer	จำนวนปีใช้สำหรับ Warm up แบบจำลอง	-
	Nbasin	integer	จำนวนลุ่มน้ำสาขา (mm)	-
น้ำท่า (Runoff)	SRpad	real	ความลึกรากพืชสำหรับข้าว (mm)	45
	SRup	real	ความลึกรากพืชพืชไร่หรืออื่น ๆ (mm)	130
	Srfor	real	ความลึกรากพืชเขตป่าไม้ (mm)	1,000
	DT	real	เวลาต่อ Time step (วินาที)	86,400
	n	real	สัมประสิทธิ์ความขรุขระ	0.03
การเพาะปลูก (Cropping)	PP_wet	real	เงื่อนไขปริมาณฝนสะสมสำหรับการเริ่มปลูกฤดูฝน	275
	PP_dry	real	เงื่อนไขปริมาณฝนสะสมสำหรับการเริ่มปลูกฤดูแล้ง	0
นาข้าว (Paddies)	PERcp	real	อัตราการซึมสำหรับนาข้าว (mm/day)	3.50
	HOL	real	ความสูงของฝายระบายน้ำในนาข้าว (mm)	100
	Hbmin	real	ความลึกน้ำที่ใช้บริหารจัดการในนาข้าว (mm)	10
อ่างเก็บน้ำ (Reservoir)	Nresvr	integer	จำนวนอ่างเก็บน้ำ	-
การจัดสรรน้ำ (Water allocation)	Nir_area	integer	จำนวนโครงการชลประทาน	-
	Hpud_wet	real	ปริมาณน้ำเตรียมแปลงฤดูฝน (mm/hr)	1
	Hpud_dry	real	ปริมาณน้ำเตรียมแปลงฤดูแล้ง (mm/hr)	1
	IE	real	ประสิทธิภาพชลประทาน	0.6



## 1.7 ตัวแปรผลการจำลอง

ข้อมูลผลการคำนวณจากแบบจำลอง DWCM-AgWU ประกอบด้วยหลากหลายตัวแปร ทั้งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรอุทก เช่น ปริมาณการระเหยของพืชอ้างอิง ปริมาณการระเหยจริง การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน ปริมาณน้ำท่า เป็นต้น ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูก เช่น พื้นที่เพาะปลูกตามอนุกรมเวลา ทั้งในเขตชลประทาน และ พื้นที่นอกเขตชลประทาน และข้อมูลการบริหารจัดการน้ำและการจัดสรรน้ำ เช่น ข้อมูลปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ และ ปริมาณน้ำที่จัดสรรในพื้นที่ชลประทาน โดยรายละเอียดของข้อมูลและไฟล์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1.7-1

ตารางที่ 1.7-1 ผลลัพธ์จากแบบจำลอง DWCM-AgWU

แบบจำลองย่อย	ชื่อไฟล์	ตัวแปร
โมดูลการประเมินปริมาณใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Fao_PenmanMonteith.f90)	Etpen.csv	ปริมาณการระเหยของพืชอ้างอิง
โมดูลการประเมินปริมาณการคายระเหยจริง (Evap_203.f90)	AET_mesh.csv	ปริมาณการคายระเหยจริง
โมดูลประเมินปริมาณน้ำท่า (Runoff_model.f90), Surfaceflow.f90	DSZ.csv	ปริมาณความชื้นในดิน
	Qout_mesh.csv	ปริมาณน้ำท่า
โมดูลการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ (reservoir_operation_model.f90)	reservoir_Name.txt	ปริมาณน้ำเก็บกัก
		ปริมาณน้ำไหลเข้า
		ปริมาณน้ำระบายรวม
		ปริมาณน้ำระบายด้านการเกษตร
		ปริมาณน้ำระบายด้านอื่น
		ปริมาณน้ำใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า
โมดูลการจัดสรรน้ำเพื่อพื้นที่ชลประทาน	Diversion.txt	ปริมาณน้ำผันเข้าพื้นที่ชลประทาน

## 2. ระบบการจำลองน้ำท่าแบบอัตโนมัติ

### 2.1 การพัฒนาระบบฐานข้อมูล

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลภายใต้โครงการนี้ทางทีมผู้วิจัยได้มีกรอบแนวคิดในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลในรูปแบบของฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อจัดเก็บข้อมูลที่ได้ถูกเชื่อมโยงจากแหล่งข้อมูลต่างๆ รวมถึงจัดเก็บข้อมูลจากสถานีตรวจวัด หรือข้อมูลที่เกิดจากกระบวนการภายใต้โครงการวิจัย เพื่อสนับสนุนการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบประมวลผล และการนำข้อมูลไปแสดงผล ในส่วนของระบบฐานข้อมูลที่ทางทีมผู้วิจัยได้เลือกนำมาพัฒนานั้นเป็นฐานข้อมูลแบบมายเอสคิวแอล (MySQL) โดยที่มายเอสคิวแอลนั้นเป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เป็นการเก็บข้อมูลในรูปของตาราง (Table) ในแต่ละตารางแบ่งออกเป็นแถว ๆ และในแต่ละแถวจะแบ่งเป็นคอลัมน์ (Column) ซึ่งในการเชื่อมโยงกันระหว่างข้อมูลในตารางต่าง ๆ จะเชื่อมโยงโดยใช้การอ้างอิงจากข้อมูลในคอลัมน์ที่กำหนดไว้มี Function การทำงานแบบ Relation Database Management System (RDBMS) โดยอาศัย Structured Query Language (SQL) เป็นภาษาในสื่อสาร ซึ่งระบบจัดการฐานข้อมูล มีหน้าที่เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ รองรับคำสั่ง SQL เป็นเครื่องมือสำหรับการใช้งานฐานข้อมูล ที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือโปรแกรมอื่นอย่างบูรณาการ เพื่อให้ได้ระบบงานที่รองรับตามความต้องการของผู้ใช้งาน เช่นทำงานร่วมกับเครื่องมือบริหารจัดการเว็บไซต์ (Web Server) เพื่อให้บริการแก่ภาษาสคริปต์ที่ทำงานฝั่งเครื่องบริการ (Server-Side Script) เช่น ภาษา php ภาษา asp.net หรือภาษาเจ

เอสพี เป็นต้น หรือทำงานร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ (Application Program) เช่น ภาษาวิซวลเบสิกดอทเน็ต ภาษาจาวา หรือภาษาซีชาร์ป เป็นต้น โปรแกรมถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย และเป็นระบบฐานข้อมูลโอเพนซอร์ซ (Open Source) ที่ถูกนำไปใช้งานมากที่สุด MySQL จัดเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (RDBMS : Relational Database Management System) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน และยังใช้ API ในระบบ Google Sheet API เพื่อนำเข้าและแสดงผลข้อมูลใน Google Sheet ซึ่งมีรูปแบบเดียวกับ Excel ที่ถูกเก็บไว้ใน Google Drive แสดงความคิดเห็นรวบยอดในการเชื่อมโยงข้อมูลโดยใช้ Google Sheet API

## 2.2 การเชื่อมโยงข้อมูล

การพัฒนาซอฟต์แวร์ภายใต้โครงการนี้ ได้มีการวางกรอบแนวคิดการออกแบบและการวางโครงสร้างของซอฟต์แวร์เพื่อให้สามารถนำเซอร์วิสในส่วนต่าง ๆ ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเป็นองค์ประกอบของซอฟต์แวร์หรือเว็บเซอร์วิสเพื่อตอบสนองความต้องการได้อย่างยืดหยุ่น รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แล้วการพัฒนาช่องทางการเชื่อมโยงแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เกิดขึ้นภายใต้โครงการนั้น ทางทีมผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นด้วยเทคโนโลยีแบบเว็บเซอร์วิส ซึ่งเป็นระบบซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย ในการเชื่อมโยงข้อมูลนั้นจะใช้วิธีการที่เรียกว่า API

การเชื่อมโยงข้อมูลด้วยระบบ API และการพัฒนาฐานข้อมูลภายใต้โครงการนั้น ทางทีมผู้วิจัยได้มีกรอบแนวคิดในการศึกษาถึงชุดข้อมูลที่มีความจำเป็นจะต้องใช้งานในส่วนของการดำเนินการวิจัยภายใต้โครงการ เพื่อทำการสรุปรายชุดข้อมูล จากนั้นได้ศึกษาถึงแหล่งที่จำเป็นจะต้องได้มาซึ่งชุดข้อมูล เพื่อหาแนวทางการเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลนั้น ๆ ซึ่งแต่ละแหล่งข้อมูลก็มีรูปแบบของชุดข้อมูล รูปแบบของการเชื่อมโยงข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป เมื่อได้แนวทางของชุดข้อมูลที่ต้องการเชื่อมโยง แนวทางการเชื่อมโยงข้อมูลแล้วนั้นทางทีมผู้พัฒนาได้มีแนวคิดในการออกแบบระบบฐานข้อมูลเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้มีการเชื่อมโยงเข้ามาอยู่ภายใต้โครงการวิจัย ซึ่งแนวทางในการพัฒนาฐานข้อมูลนั้นฐานข้อมูลจะต้องสามารถนำมาใช้งานในส่วนของการวิเคราะห์ประมวลผล และแสดงผล รวมถึงการให้บริการข้อมูลภายใต้โครงการได้

ทางทีมผู้วิจัยได้มีการรวบรวมศึกษาความต้องการที่จะใช้งานชุดข้อมูล เพื่อกำหนดชุดข้อมูลที่ต้องการ จากนั้นทำการหาว่าชุดข้อมูลที่ต้องการนั้นจะต้องเชื่อมโยงชุดข้อมูลเหล่านั้นมาจากที่ใดด้วยวิธีการใด เมื่อมีการกำหนดชุดข้อมูล และทราบถึงแหล่งเชื่อมโยงข้อมูลแล้วนั้น ทางทีมผู้วิจัยได้มีการพัฒนาระบบการเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผลจนได้ผลลัพธ์ตามที่กำหนด แต่ละแหล่งข้อมูลจะมีการพัฒนาชุดโปรแกรมสำหรับการเชื่อมโยงข้อมูล ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมโยงที่ต่างกัน เช่น REST API, RESTful API, MySQL Database เป็นต้น แต่ละข้อมูลจะถูกนำมาประมวลผลร่วมกัน และจัดเก็บเข้าสู่ฐานข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นชุดข้อมูลสำหรับการวิจัย โดยมีรายการของข้อมูลและแหล่งที่มาแสดงดังตารางที่ 2.2-

ตารางที่ 2.2-1 รายการข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่นำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล

ข้อมูล	หน่วยงานเจ้าของข้อมูล	ลักษณะข้อมูลและการใช้งาน
<b>ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ</b> 1.3 ข้อมูลตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ 1.4 ข้อมูลฝนตรวจวัด	กรมอุตุนิยมวิทยา  สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศ เป็นข้อมูลตรวจวัดภูมิอากาศรายวัน จำนวน 34 สถานี ข้อมูลฝนตรวจวัดเชิงพื้นที่รายวันจากโทรมาตรในคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ แสดงผลเป็นลักษณะเชิงพื้นที่
1.3 ข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน	โครงการพยากรณ์ฝน โดย สสน	ข้อมูลฝนพยากรณ์ล่วงหน้าระยะสั้น จำนวน 14 วัน แสดงผลเป็นลักษณะเชิงพื้นที่
<b>ข้อมูลอุทกวิทยาและการบริหารจัดการน้ำ</b> 2.1 ข้อมูลน้ำท่า 2.2 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ 2.3 ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ	กรมชลประทาน  การไฟฟ้าฝ่ายผลิตและกรมชลประทาน  กรมชลประทาน	ข้อมูลน้ำท่ารายวัน ประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำ ที่สถานีตรวจวัดน้ำท่า จำนวน 137 สถานี  ข้อมูลปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำรายวัน ได้แก่ ข้อมูลปริมาตรน้ำ ข้อมูลปริมาตรน้ำไหลเข้า และข้อมูลปริมาตรน้ำไหลออก  ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ ประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำด้านเหนือ-ท้ายน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำ จำนวน 42 ประตู

การพัฒนากระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลนั้นทางทีมผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนากระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อการบริการข้อมูล โดยระบบการเชื่อมโยงแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อการบริการข้อมูลนั้นถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบ RESTful Web Service (RWS) ซึ่งเป็นการสร้าง Web Service ที่ใช้สถาปัตยกรรม Rest (Representational state transfer) โดยให้ผู้ใช้งานส่งคำร้องขอข้อมูล (Request) และเข้าถึงข้อมูล (Resource) ในระบบเชื่อมโยงข้อมูลโดยใช้ชุดคำสั่งที่กำหนดเอาไว้ล่วงหน้า เช่น /sideflow คือคำสั่งค้นหาฐานข้อมูลน้ำท่าทั้งหมดรวมถึงคาดการณ์ล่วงหน้า 14 วัน /predrainfall คือคำสั่งค้นหาฐานข้อมูลน้ำฝนจากการพยากรณ์ เป็นต้น โดยที่การโต้ตอบของระบบที่ใช้ RESTful API จะทำงานบนพื้นฐานของ Hypertext Transfer Protocol (HTTP). โดยเมื่อผู้ใช้งานส่งคำร้องขอข้อมูลไปยัง URI ที่กำหนด จากนั้นระบบจะส่งผลลัพธ์ในแบบ HTML, XML, JSON หรือ format อื่นๆ ตามความเหมาะสม นอกจากนี้ระบบ RESTful API ยังมีประสิทธิภาพในการทำงาน และมีเสถียรภาพสูงอีกทั้งยังง่ายต่อการปรับขยายหรือเพิ่มชุดคำสั่งต่าง ๆ

ซึ่งผลจากการดำเนินงานนั้นทางทีมผู้วิจัยได้พัฒนาระบบเชื่อมโยงแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อการบริการข้อมูลประกอบด้วยชุดข้อมูลดังต่อไปนี้

- ข้อมูลน้ำท่าทั้งหมดรวมถึงคาดการณ์ล่วงหน้า 14 วัน

```
GET rooturl/sideflow
```

1.1.1 Headers  
Response Headers:

- Content-Type: application/json

1.1.2 Parameters  
ไม่มี

```
GET rooturl/sideflow/search
```

1.2.1 Headers  
Response Headers:

- Content-Type: application/json

1.2.2 Parameters

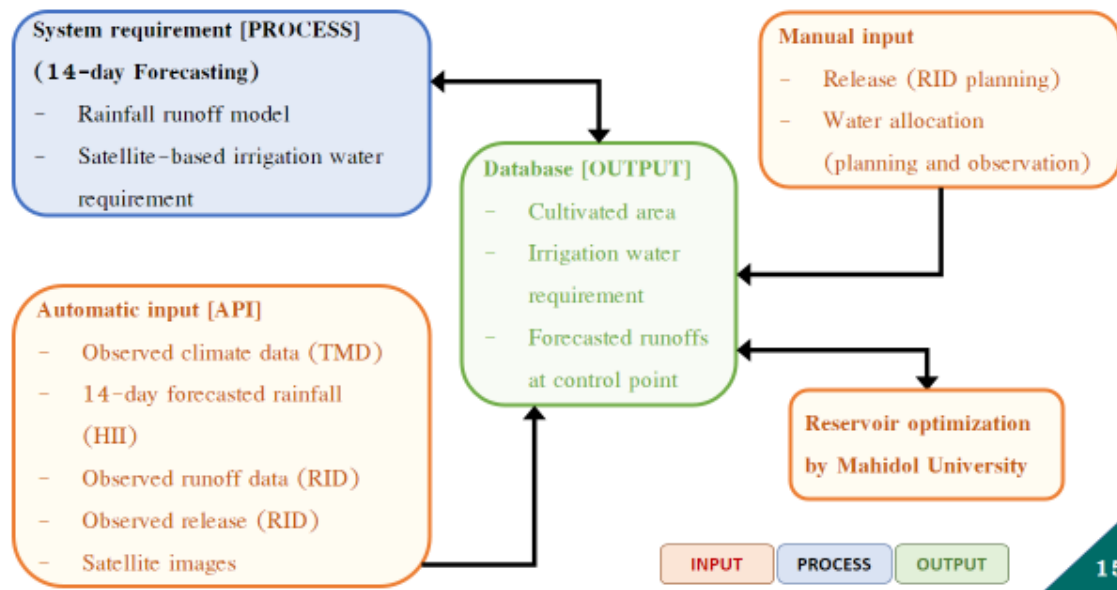
Name	Type	Example	Description
station	string	W.4A	จะรับค่าเป็นตัวย่อของแต่ละสถานีวัด Sideflow ดังนี้ W.4A Y.17 N.22A CT.2A
startdate	string	2023-01-01	จะรับค่าเป็นวันที่
enddate	string	2023-01-31	จะรับค่าเป็นวันที่

## 2.3 ระบบจำลองปริมาณน้ำท่าอัตโนมัติ

### 1) การออกแบบระบบจำลอง

ระบบการจำลองอัตโนมัติมีความเชื่อมโยงของการนำเข้าข้อมูล กระบวนการจำลอง และการแสดงผลของการจำลอง แสดงดังรูปที่ 2.3-1 โดยข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลในฐานะข้อมูลซึ่งดำเนินการดาวโหลดผ่านระบบ API ในคาบความถี่รายวัน ประกอบด้วย 1. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 2. ข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน 3. ข้อมูลการระบายน้ำตรวจวัด 4. ข้อมูลแผนการระบายน้ำ และ 4. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยกระบวนการจำลองสามารถจำแนกได้เป็น 2 กระบวนการคือ 1. ระบบการจำลองการคาดการณ์น้ำท่าอัตโนมัติ และ 2. กระบวนการประเมินปริมาณความต้องการน้ำพืชในพื้นที่ชลประทานจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งผลลัพธ์จากกระบวนการจำลองคาดการณ์น้ำท่าอัตโนมัติคือปริมาณน้ำท่าคาดการณ์ล่วงหน้า 14 วันที่สถานีควบคุม และผลลัพธ์จากกระบวนการแปลภาพถ่ายประกอบด้วย จำนวนพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน โดยผลลัพธ์ดังกล่าวจะถูกบันทึกในฐานะข้อมูล และส่งต่อไปสู่ทีมวิจัยการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ (ม.มหิดล)

นอกจากนี้ เพื่อเป็นการสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ระบบการจำลองอัตโนมัติยังถูกออกแบบให้สามารถดำเนินการจำลองผ่านการใส่ค่าข้อมูลนำเข้าโดยเจ้าหน้าที่ได้อีกด้วย ซึ่งข้อมูลที่เจ้าหน้าที่สามารถป้อนข้อมูลเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำได้แก่ ข้อมูลการระบายน้ำและข้อมูลปริมาณน้ำผันผ่านประตูระบายน้ำ



รูปที่ 2.3-1 การเชื่อมโยงระบบจำลองอัตโนมัติ

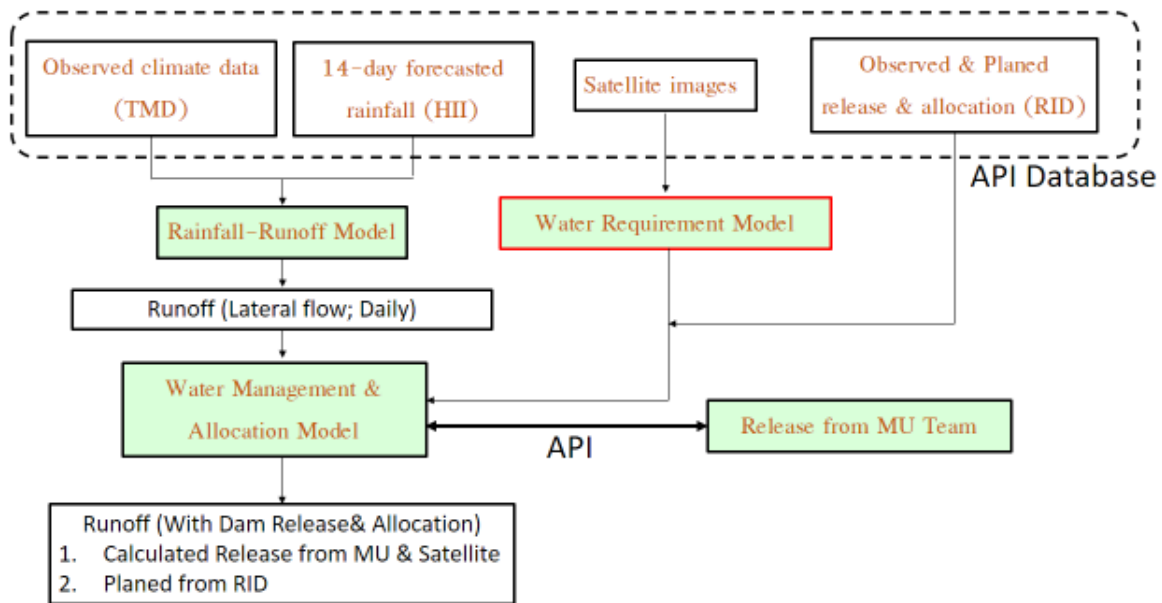
## 2) การจำลองการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 14 วัน

ระบบการจำลองการพยากรณ์น้ำท่าอัตโนมัติมีอัลกอริทึมในการคำนวณและการเชื่อมโยงของข้อมูลต่างๆแสดงดังรูปที่ 2.3-2 โดยแบบจำลองทำการเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆกับฐานข้อมูลผ่านระบบ API นอกจากนี้ระบบฐานข้อมูลซึ่งทำการเก็บค่าที่ได้จากการจำลองยังส่งข้อมูลไปยังส่วนแสดงผลและที่มียืนยันในรูปแบบอัตโนมัติผ่านระบบ API ด้วยเช่นกัน โดยที่ระบบดังกล่าวจะมีการอัปเดตข้อมูลในทุกๆวัน และจะพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าที่จุดสถานีตรวจวัดหลักล่วงหน้า 14 วัน โดยรายละเอียดข้อมูลนำเข้าแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 2.3-1

ตารางที่ 2.4-1 รายละเอียดข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง

ข้อมูล	หน่วยงานเจ้าของข้อมูล	ลักษณะข้อมูลและการใช้งาน
ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ 1.1 ข้อมูลตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศ เป็นข้อมูลตรวจวัดภูมิอากาศรายวัน
1.2 ข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้น 14 วัน	โครงการพยากรณ์ฝน โดย สสน	ข้อมูลฝนพยากรณ์ล่วงหน้าระยะสั้น จำนวน 14 วัน แสดงผลเป็นลักษณะเชิงพื้นที่
ข้อมูลอุทกวิทยาและการบริหารจัดการน้ำ 2.1 ข้อมูลน้ำท่า	กรมชลประทาน	ข้อมูลน้ำท่ารายวัน ประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำ ที่สถานีตรวจวัดน้ำท่า
2.2 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตและกรมชลประทาน	ข้อมูลปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำรายวัน ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้า และข้อมูลปริมาณน้ำระบาย
2.3 ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ	กรมชลประทาน	

ข้อมูล	หน่วยงานเจ้าของข้อมูล	ลักษณะข้อมูลและการใช้งาน
2.4 ข้อมูลแผนการบริหารจัดการน้ำ	กรมชลประทาน	ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำ ประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำด้านเหนือ-ท้ายน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำ  ข้อมูลแผนการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำและข้อมูล การจัดสรรน้ำจากแผนการจัดสรรน้ำของกรม ชลประทาน



รูปที่ 2.4-2 อัลกอริทึมในการจำลองการพยากรณ์น้ำท่า

## 2.4 ระบบแสดงผล

การพัฒนากระบวนการแสดงผลดำเนินการให้เป็นไปในลักษณะของระบบศูนย์กลางข้อมูล (Dashboard) ถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน แบบ Responsive Web Design ซึ่งจะมีการปรับเปลี่ยนขนาดของเว็บไซต์ให้เหมาะสมกับการแสดงผลบนหน้าจอขนาดต่างๆ และความละเอียดของหน้าจอในอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ระบบที่พัฒนาขึ้นนั้นจะติดตั้งอยู่บนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ สามารถเข้าถึงได้ผ่านช่องทางออนไลน์ด้วย Web Browser เพื่อแสดงผลข้อมูล หรือกล่าวได้ว่าแสดงชุดข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ภายใต้โครงการ และชุดข้อมูลที่ถูกรวบรวมและจัดแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของวิวดisplay ข้อมูล อีกทั้งยังเป็นส่วนของการแสดงผลสำหรับการดำเนินงานในส่วนต่าง ๆ ของระบบ อาทิเช่น การเรียกดูข้อมูล การค้นหาข้อมูล การส่งออกข้อมูล แสดงภาพรวมของการทำงานในส่วนของการแสดงผลข้อมูลได้ดังรูปที่ 2.4-1

นอกจากนี้ระบบการแสดงผลยังดำเนินการในรูปแบบของตารางด้วย ซึ่งการแสดงผลในรูปแบบของตารางดำเนินการใน Google sheet ผ่าน ระบบ Google sheet API ซึ่งเป็นระบบที่มีความใกล้เคียงกับโปรแกรม Excel ทำให้ผู้ใช้งานทำความเข้าใจได้ง่าย เกิดความสะดวกในการใช้งาน อีกทั้งระบบยังมีการควบคุมความปลอดภัยจากการกำหนดบัญชีที่ได้รับอนุญาตในการเข้าถึงข้อมูลด้วย

จากการออกแบบนั้นทางทีมผู้วิจัยได้ดำเนินงานในการพัฒนาระบบการแสดงผล โดยการพัฒนาการแสดงผลในรูปแบบแดชบอร์ด (Dashboard) ซึ่ง แดชบอร์ดนั้นเป็นเครื่องมือทางด้านการวิเคราะห์ข้อมูลหรือการแสดงผลข้อมูลในภาพรวมที่ช่วยให้ผู้ใช้งานนั้นสามารถเข้าใจและติดตามข้อมูลได้ง่ายขึ้น โดยทั่วไปแล้ว dashboard จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้

- ข้อมูลสำคัญ (Key Data Points) ข้อมูลสำคัญเป็นข้อมูลหลักที่สะท้อนถึงสถานะปัจจุบันหรือผลลัพธ์ที่สำคัญในเรื่องที่ต้องการติดตาม หรือเรื่องที่น่าสนใจในชุดข้อมูลชุดนั้น ๆ
- กราฟและแผนภูมิ เป็นส่วนที่จัดทำขึ้นเพื่อแสดงข้อมูลในรูปแบบภาพ เช่น แผนภูมิแท่งแผนภูมิวงกลม กราฟเส้น กราฟอื่น ๆ เป็นต้น เพื่อช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว
- การแสดงผลแบบเรียลไทม์ (Real-time Data Visualization) ในการแสดงผลข้อมูลแบบ dashboard นั้นหากทำให้แดชบอร์ดมีความสามารถในการแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ได้ ก็จะช่วยทำให้ผู้ใช้ติดตามสถานะล่าสุดได้อย่างต่อเนื่อง
- การกรองและการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Filtering and Analysis) การกรองและการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นคุณสมบัติที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถกรองข้อมูลตามเงื่อนไขต่าง ๆ หรือทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ตามความต้องการ โดยสามารถเลือกให้แดชบอร์ดนั้น ๆ แสดงผลในกลุ่มข้อมูลที่ผู้ใช้งานสนใจโดยเฉพาะได้
- การปรับแต่งและการเข้าถึงข้อมูล (Customization and Accessibility) การปรับแต่งและการเข้าถึงข้อมูล เป็นส่วนที่ช่วยในการปรับแต่ง dashboard ให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้ รวมถึงการเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ

แดชบอร์ดที่ถูกพัฒนาขึ้นจะประกอบด้วยวิวของข้อมูล(Data View) ซึ่งเป็นมุมมองของข้อมูลที่จัดรูปแบบมาอย่างเฉพาะเจาะจงในเนื้อหาของข้อมูลที่ต้องการแสดงผลข้อมูล เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ หรือการตีความหมายในชุดข้อมูลนั้น ๆ เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิวข้อมูลนั้นจะมีส่วนประกอบหลักดังนี้

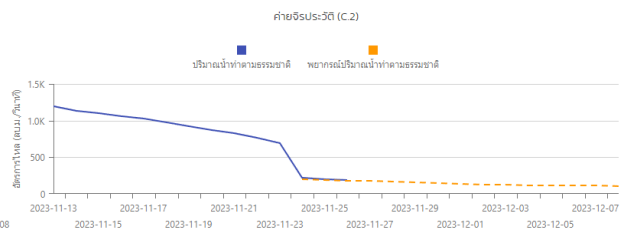
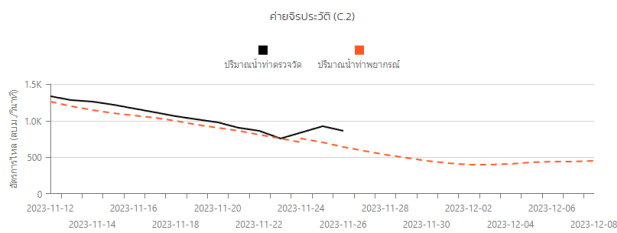
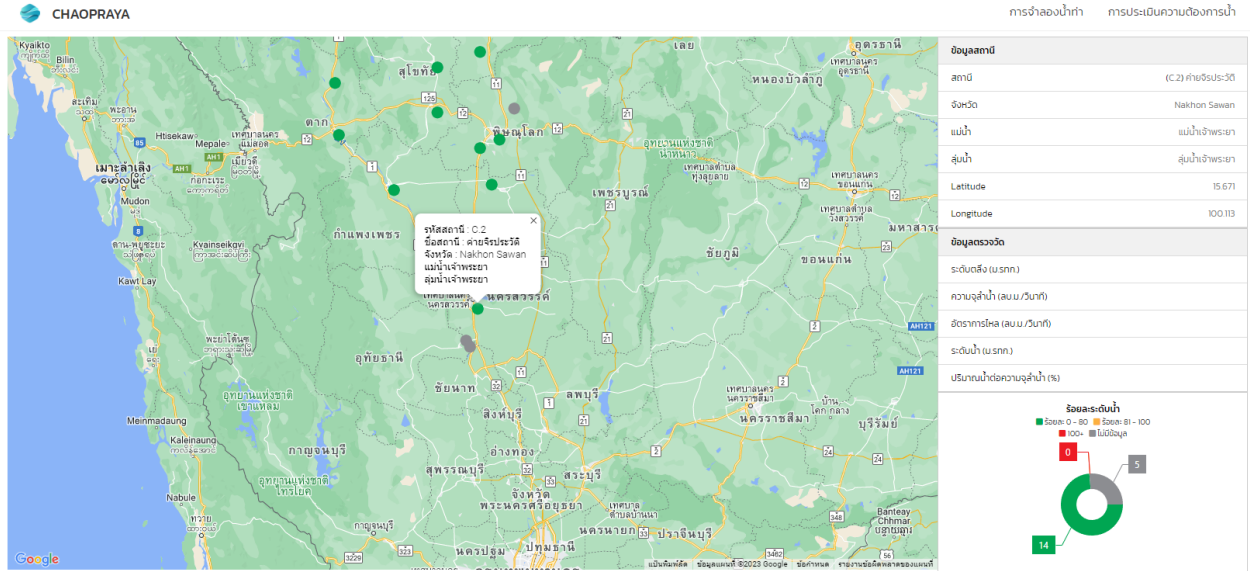
- การแสดงผลข้อมูล วิวของข้อมูลนั้นเป็นการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือแดชบอร์ด
- การจัดการข้อมูล วิวของข้อมูลนั้นสามารถใช้ในการจัดการหรือการกรองข้อมูล เพื่อแสดงเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องหรือส่วนที่ผู้ใช้งานสนใจในการจินตภาพข้อมูล
- การแปลงข้อมูล การจัดทำวิวของข้อมูลนั้น ข้อมูลอาจถูกแปลงจากรูปแบบดิบ (raw data) ไปเป็นรูปแบบที่มีความหมายและสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น
- การเข้าถึงข้อมูล วิวของข้อมูลช่วยให้ผู้ใช้งานข้อมูลสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและเร็วขึ้น โดยไม่ต้องมีการสืบค้นหรือจัดการข้อมูลที่ซับซ้อน

ดังนั้นวิวของข้อมูลจึงเป็นสิ่งสำคัญในการนำเสนอข้อมูล เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลหรือเพื่อการนำข้อมูลไปใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้งานนั้นสามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพในการตัดสินใจ

จากการดำเนินงานได้มีการพัฒนาระบบการแสดงผลข้อมูลโดยแบ่งเป็นกลุ่มของข้อมูลที่น่าสนใจ ประกอบด้วยการจำลองน้ำท่า และการประเมินความต้องการน้ำ โดยแต่ละแดชบอร์ดนั้นก็ประกอบไปด้วยวิวของข้อมูลที่น่าเสนอข้อมูลสำหรับแดชบอร์ดนั้น โดยแสดงได้ดังนี้

- แดชบอร์ดสำหรับแสดงข้อมูลน้ำท่า
  - วิวแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ (แผนที่)
  - วิวแสดงข้อมูลสถานี
  - วิวแสดงข้อมูลตรวจวัด

- วิเคราะห์ข้อมูลกราฟปริมาณน้ำท่าตรวจวัด และปริมาณน้ำท่าพยากรณ์
- วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติ และพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติ
- แดชบอร์ดสำหรับแสดงข้อมูลการประเมินความต้องการน้ำ
  - วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (แผนที่)
  - วิเคราะห์ข้อมูลกราฟ



รูปที่ 2.4-1 ภาพจากแดชบอร์ดแสดงข้อมูลน้ำท่า