

## การเพิ่มความถูกต้องของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าแบบกึ่งกระจายตัว ในลุ่มน้ำประแสร์ด้วยข้อมูลน้ำฝนความละเอียดสูงจากเรดาร์

### Improving Semi-Distributed Rainfall-Runoff Model Accuracy in the Prasae Basin

#### Using High-Resolution Radar Rainfall Data

ณิชาธิ์ เวียงมูล และ พรรณพิมพ์ พุทธิรักษา มะเปี่ยม\*

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

\*Corresponding author; E-mail address: fengppm@ku.ac.th

#### บทคัดย่อ

ความน่าเชื่อถือของข้อมูลน้ำฝนด้านเข้าเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องและความแม่นยำของการจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์ที่มีความละเอียดสูงเชิงพื้นที่และเชิงเวลาเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าประเภทกึ่งกระจายตัวที่มีความละเอียดในการจำลองน้ำท่าระดับลุ่มน้ำย่อย ในการศึกษาครั้งนี้จึงประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS เพื่อจำลองน้ำท่าเทียบกับสถานีวัดน้ำท่า Z.11 ซึ่งตั้งอยู่ที่คลองประแสร์ ลุ่มน้ำแม่ น้ำประแสร์ จังหวัดระยอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำลองน้ำท่าด้วยข้อมูลน้ำฝนด้านเข้าที่แตกต่างกันระหว่างข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดกับข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ โดยข้อมูลน้ำฝนจากสถานีวิเคราะห์จากเครือข่ายสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติและแปลงเป็นน้ำฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Inverse Distance Weighting เพื่อให้ได้ข้อมูลน้ำฝนรายลุ่มน้ำย่อย ในขณะที่ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์วิเคราะห์ด้วยวิธีคอมโพสิตระหว่างสถานีเรดาร์สี่หีบและสถานีเรดาร์สมุทรสงคราม ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำท่าในช่วงปี พ.ศ. 2565 และปี พ.ศ. 2566 จำนวน 6 เหตุการณ์ พบว่าความแม่นยำของการประเมินน้ำท่าด้วยข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ให้มีความถูกต้องที่ดีกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดที่มีอยู่อย่างจำกัด สะท้อนด้วยค่าดัชนีทางสถิติที่มีค่าสูงกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีในทุกกรณี โดยค่า NSE มีค่าอยู่ในช่วง 0.67 - 0.95 และค่า KGE มีค่าอยู่ในช่วง 0.60 - 0.96 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี-ดีมาก นอกจากนี้ชุดพารามิเตอร์ที่ได้จากการใช้ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์มีความผันแปรน้อยกว่าชุดพารามิเตอร์จากน้ำฝนสถานีอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าข้อมูลน้ำฝนเรดาร์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการจำลองน้ำท่าได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: แบบจำลอง URBS, ฝนสถานี, ฝนเรดาร์คอมโพสิต, ลุ่มน้ำแม่ น้ำประแสร์, การจำลองน้ำท่า

#### Abstract

The reliability of rainfall input data is a crucial factor influencing the accuracy and precision of rainfall-runoff modelling. High-resolution spatial and temporal radar rainfall data offer a promising alternative for integration with semi-distributed rainfall-runoff models that simulate flow hydrograph at the sub-catchment scale. This investigation employs the URBS model to simulate runoff at the Z.11 runoff station, located at the Khlong Prasae in the Prasae River Basin, Rayong Province. The study aims to compare the accuracy of runoff simulations using different rainfall input data: rain gauge rainfall data versus radar rainfall data. The rain gauge rainfall data were analyzed from an automatic rain gauge network and interpolated into spatial rainfall using the Inverse Distance Weighting method to derive sub-basin rainfall data. Meanwhile, the radar rainfall data were obtained through a composite method incorporating data from the Sattahip and Samut Songkhram radar stations. The results of model calibration and validation with runoff data of six events during the years 2022 and 2023, indicate that runoff estimation using radar rainfall data superior accuracy compared to rain gauge rainfall data, which are spatially limited. This improvement is reflected by statistical indices that are consistently higher than those obtained from rain gauge rainfall data across all cases, with NSE values ranging from 0.67 to 0.95 and KGE values ranging from 0.60 to 0.96, indicating good to very good performance. Furthermore, the parameter sets derived from radar rainfall data exhibit lower variability than obtained from rain gauge data, demonstrating that radar rainfall data can significantly enhance the accuracy and efficiency of runoff simulations.

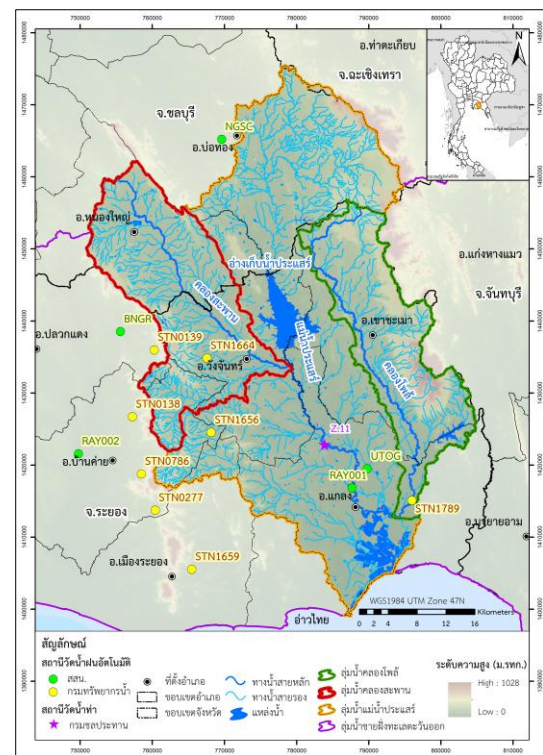
Keywords: URBS model, Rain gauge rainfall, Composite radar rainfall, Prasae river basin, Rainfall-runoff modelling

## 1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์เป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก แต่ประสบปัญหาน้ำป่าไหลหลากและน้ำท่วมฉับพลันอยู่บ่อยครั้ง เนื่องจากมีลุ่มน้ำคลองสะพานและลุ่มน้ำคลองโพล้เป็นลุ่มน้ำสาขาขนาดใหญ่ แต่ไม่มีโครงสร้างทางชลศาสตร์ควบคุม มีเพียงอ่างเก็บน้ำประแสร์ตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของลุ่มน้ำที่ควบคุมปริมาณน้ำทั้งลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์ โดยปริมาณน้ำจากลุ่มน้ำคลองสะพานและลุ่มน้ำคลองโพล้จะไหลแบบไร้การควบคุมไปบรรจบกับแม่น้ำประแสร์บริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำประแสร์ที่อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง เมื่อเกิดฝนตกหนักและมีปริมาณน้ำสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ประชาชนประสบปัญหาน้ำป่าไหลหลากและน้ำท่วมฉับพลันอยู่บ่อยครั้ง สร้างความเสียหายให้กับบ้านเรือน พื้นที่เศรษฐกิจ และพื้นที่การเกษตร เนื่องจากไม่สามารถเตรียมตัวรับมือกับน้ำท่วมได้อย่างทันทั่วทั้ง การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-runoff model) ถือเป็นมาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้างที่สามารถช่วยลดผลกระทบจากน้ำท่วมได้ โดยแบบจำลอง URBS (Unified River Basin Simulator) เป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าประเภทกึ่งกระจายตัว (Semi-distributed model) ที่ได้รับการพัฒนาโดย Don Carroll ในปี ค.ศ. 1990 เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมและมีการประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ประเทศจีน รวมถึงประเทศไทย เช่น ลุ่มน้ำปิงตอนบน [1] ลุ่มน้ำยม [2], ลุ่มน้ำท่าบมา [3 - 4] และลุ่มน้ำเพชรบุรี [5] นอกจากนี้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลด้านเข้าที่มีความสำคัญอย่างมากและส่งผลต่อความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลอง แต่เนื่องจากลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์มีสถานีตรวจวัดน้ำฝนอย่างจำกัด โดยมีสถานีวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติจำนวนทั้งสิ้น 5 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ 990 ตร.กม. คิดเป็นความหนาแน่นประมาณ 1 สถานี/198 ตร.กม. จากข้อจำกัดของความไม่เพียงพอของสถานีวัดน้ำฝนดังกล่าว การประยุกต์ใช้ข้อมูลน้ำฝนความละเอียดสูงที่ให้ความละเอียดเชิงพื้นที่ในรูปแบบกริดขนาด 600 ม. x 600 ม. (0.36 ตร.กม.) และให้ความละเอียดเชิงเวลาจากเรดาร์ทุก 6 - 15 นาที ถือเป็นทางเลือกที่น่าสนใจและได้รับการยอมรับในระดับสากลสำหรับนำมาใช้ประเมินปริมาณน้ำท่าหรือใช้ร่วมกับข้อมูลน้ำฝนจากสถานี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีสถานีวัดน้ำฝนอย่างจำกัด ทั้งนี้ประสิทธิภาพของการใช้ข้อมูลฝนเรดาร์ในการจำลองน้ำท่วมได้รับการพิสูจน์ในงานวิจัยอย่างต่อเนื่องทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยว่ามีประสิทธิภาพเหนือกว่าการใช้ข้อมูลจากฝนสถานีในพื้นที่ที่มีสถานีวัดน้ำฝนอย่างจำกัด [6] ดังนั้นเพื่อพิสูจน์ให้เห็นประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนเรดาร์เพื่อนำไปสู่การเพิ่มความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าแบบกึ่งกระจายตัว สำหรับการจำลองน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำลองน้ำท่าด้วยข้อมูลน้ำฝนที่แตกต่างกันระหว่างข้อมูลน้ำฝนจากสถานีกับข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ ผลของการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบคาดการณ์น้ำท่วมฉับพลันแบบใกล้เวลาจริงเพื่อลดผลกระทบจากอุทกภัยในพื้นที่ ตลอดจนสามารถขยายผลต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในลุ่มน้ำอื่นที่ประสบปัญหาด้วยปัจจัยเดียวกันต่อไป

## 2. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ คือ ลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์ ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย มีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 2,144 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศทั่วไปเป็นที่ราบลุ่มภูเขา มีเขาชะเมาอยู่บริเวณทางทิศตะวันออก และมีภูเขาสูงสลับที่ราบอยู่บริเวณทางทิศตะวันตกและทิศเหนือตอนกลางมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ โดยมีลุ่มน้ำคลองสะพานอยู่ทางทิศตะวันตก ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 481 ตร.กม. มีต้นกำเนิดจากภูเขาในจังหวัดชลบุรี ทิศทางการไหลจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปทิศตะวันออกเฉียงใต้ ผ่านอำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี และบรรจบกับแม่น้ำประแสร์บริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำประแสร์ที่อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง และมีลุ่มน้ำคลองโพล้อยู่ทางทิศตะวันออก ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 387 ตร.กม. มีต้นกำเนิดจากเขาชะเมา โดยไหลจากทิศเหนือไปทางทิศใต้ ผ่านอำเภอเขาชะเมา และบรรจบกับแม่น้ำประแสร์ที่อำเภอแกลง จังหวัดระยอง การศึกษานี้ใช้สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ตั้งอยู่ที่แม่น้ำประแสร์ บ้านเขาจิก อำเภอแกลง จังหวัดระยอง สำหรับสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 664 ตร.กม. ความยาวลำน้ำ 74 กม. แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนที่พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์

## 3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 3.1 การประเมินน้ำฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการประมาณค่าถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน (Inverse Distance Weighting, IDW)

การประมาณค่าถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน (IDW) เป็นวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Spatial interpolation method) โดยอาศัยค่าจากตำแหน่ง

ที่ทราบข้อมูลที่อยู่บริเวณใกล้เคียงมาประมาณค่าของตำแหน่งที่ไม่ทราบค่า โดยวิธี IDW ให้ความสำคัญกับสถานีที่อยู่ใกล้เคียงมากกว่าสถานีที่อยู่ไกลออกไป โดยการให้ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่งข้อมูลรอบข้างตามระยะทาง ดังสมการที่ (1)

$$Z_j = \frac{\sum_{i=1}^N \left( \frac{Z_i}{d_{ij}^2} \right)}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{1}{d_{ij}^2} \right)} \quad (1)$$

เมื่อ  $Z_j$  คือ ปริมาณน้ำฝนที่ประมาณค่าได้ (มม.),  $Z_i$  คือ ปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนใกล้เคียงที่ทราบค่า (มม.) และ  $d_{ij}$  คือ ระยะทางจากสถานีที่ต้องการทราบค่าถึงสถานีวัดน้ำฝนที่ทราบค่า (กม.)

### 3.2 การประเมินน้ำฝนด้วยเรดาร์ (Radar rainfall estimation)

เรดาร์ตรวจอากาศ (Weather Radar) เป็นเทคโนโลยีในการตรวจวัดฝนทางอ้อม โดยค่าที่ได้จากการตรวจวัดจะอยู่ในรูปของข้อมูลค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ (Radar Reflectivity Data) ในทุก 6 - 15 นาที กระบวนการที่ง่ายที่สุดในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนคือการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ Z-R (Z-R relationship) เพื่อแปลงค่าการสะท้อนกลับให้อยู่ในรูปของความเข้มฝน ดังแสดงความสัมพันธ์ในสมการที่ (2)

$$Z = AR^b \quad (2)$$

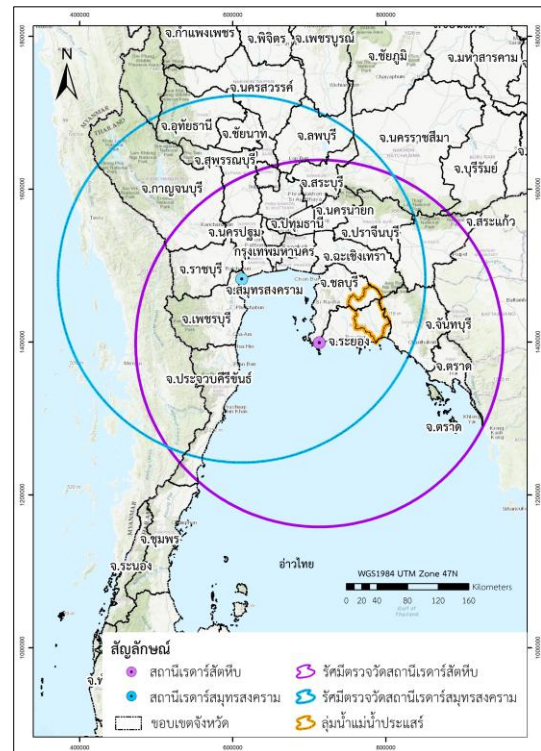
เมื่อ Z คือ ค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ (มม.<sup>6</sup>/ม.<sup>3</sup>), R คือ ความเข้มฝน หน่วย มม./ชม. A และ b คือ พารามิเตอร์ของสมการความสัมพันธ์ Z-R

อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดจากเรดาร์รายสถานีเดียวยังมีความคลาดเคลื่อนจากหลายปัจจัย ประกอบด้วยความสัมพันธ์ Z-R ที่มีความไม่แน่นอนสูงทั้งเชิงพื้นที่และเวลา ดังนั้น การประยุกต์ใช้เทคนิคเรดาร์คอมโพสิต (Radar Compositing) ระหว่างเรดาร์เครือข่ายข้างเคียง ร่วมกับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Bias adjustment จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญในการลดความคลาดเคลื่อนในการประเมินฝนได้อย่างมีนัยสำคัญ [6 - 7]

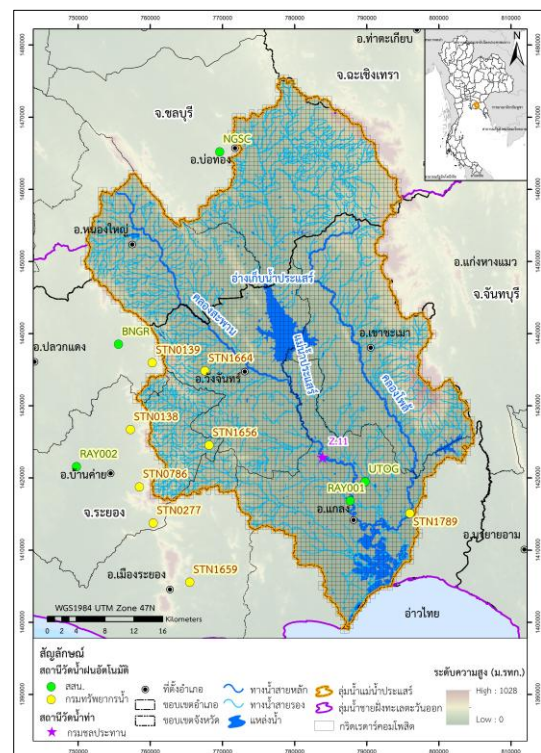
งานวิจัยนี้ได้พิจารณาเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ฝนเรดาร์คอมโพสิตจากแอปพลิเคชัน Radar4Flood2023 ที่ได้รับการพัฒนาโดยพรพนทิพย์และคณะ (2567) ในการศึกษา ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ใช้เทคนิคเรดาร์คอมโพสิตด้วยวิธีดัชนีคุณภาพ (Quality Index) ระหว่างสถานีเรดาร์สัทธิบ (ตั้งอยู่ที่อำเภอสัทธิบ จังหวัดชลบุรี) รับผิดชอบโดยกรมฝนหลวงและการบินเกษตร) และสถานีเรดาร์สมุทรสงคราม (ตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม) รับผิดชอบโดยกรมอุตุนิยมวิทยา) และใช้เทคนิค Kalman Filter ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนรายชั่วโมงระหว่างข้อมูลฝนเรดาร์คอมโพสิตเทียบกับฝนจากสถานี เพื่อเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลฝนรายชั่วโมงก่อนนำเข้าสู่วิธีการจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในลำดับต่อไป

สถานีเรดาร์ทั้งสองแห่งมีรัศมีการตรวจวัด 240 กม. ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาแสดงในรูปที่ 2 (ก) และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ 0.6 x 0.6 ตร.กม./พิกเซล ในการจำลองกราฟน้ำท่าจะพิจารณาใช้ข้อมูลเรดาร์ที่ครอบคลุมลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์ รวมทั้งสิ้น 6,254 กริด ดังแสดงความละเอียดเชิงพื้นที่ของเรดาร์ในรูปที่ 2 (ข) โดยข้อมูลฝนเรดาร์ที่มีช่วงเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 - 2566

จะถูกนำไปวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เหมาะสมสำหรับการจำลองน้ำท่วมในลำดับถัดไป



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 (ก) แผนที่โครงข่ายเรดาร์ (ข) แผนที่กริดเรดาร์คอมโพสิต  
บริเวณลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์

### 3.3 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า URBS

แบบจำลอง URBS [8] เป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ประเภทที่กระจายตัว เพื่อพยากรณ์น้ำท่วมตามเวลาจริง (Real time flood forecasting) สามารถจำลองอัตราการไหลและระดับน้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่รวดเร็วทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาได้ในระดับลุ่มน้ำย่อย ในลักษณะเหตุการณ์เดี่ยวและเหตุการณ์ต่อเนื่อง สำหรับการประเมินปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (Excess rainfall) ใช้แบบจำลองการสูญเสียปริมาณน้ำฝน-น้ำท่าแบบสัดส่วน (Proportional runoff model) โดยต้องกำหนดปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (Initial Loss, IL) ของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ ก่อนที่จะเกิดปริมาณน้ำท่าแบบสัดส่วน (PR) ในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ สำหรับการสูญเสียปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่บ้น้ำ คำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$f_{eff} = f_u + \frac{F_t}{F_{max}}, \text{Max}(f_{eff}) = 1 \quad (3)$$

เมื่อ  $f_{eff}$  คือ สัดส่วนของพื้นที่ที่บ้น้ำประสิทธิผล สูงสุดเท่ากับ 1,  $f_u$  คือ สัดส่วนของพื้นที่ที่บ้น้ำปัจจุบัน,  $F_t$  คือ ปริมาณการซึมลงดินสะสมในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ (มม.) หลังจากเวลา  $t$  และ  $F_{max}$  คือ ความสามารถสูงสุดในการซึมลงดิน ดังนั้น ปริมาณน้ำฝนส่วนเกินในแต่ละช่วงเวลา ( $R_t$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$R_t = f_{eff} C_{imp} R_t^{tot} + (1 - f_{eff}) R_t^{per} \quad (4)$$

เมื่อ  $R_t$  คือ ความลึกฝนส่วนเกินในแต่ละช่วงเวลา (มม.),  $f_{eff}$  คือ สัดส่วนของพื้นที่ที่บ้น้ำประสิทธิผล สูงสุดเท่ากับ 1,  $C_{imp}$  คือ สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่บ้น้ำ (ค่า Default คือ 100%),  $R_t^{tot}$  คือ ความลึกฝนทั้งหมด (มม.) และ  $R_t^{per}$  คือ ความลึกฝนส่วนเกินในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ (มม.)

นอกจากนี้ สมการสำคัญที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำ (Catchment routing) และการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่าของลำน้ำ (Channel routing) สามารถคำนวณได้จากสมการลดรูปที่ (5) และ (6) ตามลำดับ

$$S_{catch} = \beta \sqrt{A} Q^m \quad (5)$$

เมื่อ  $S_{catch}$  คือ ปริมาตรเก็บกักของกลุ่มน้ำ (ลบ.ม./วินาที),  $\beta$  คือ พารามิเตอร์การเคลื่อนตัวของกลุ่มน้ำ,  $A$  คือ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (ตร.กม.),  $Q$  คือ ปริมาณการไหลออกจากปริมาตรเก็บกักกลุ่มน้ำ (ลบ.ม./วินาที) และ  $m$  คือ พารามิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของกลุ่มน้ำ

$$S_{chnl} = \alpha L(xQ_u + (1 - x)Q_d) \quad (6)$$

เมื่อ  $S_{chnl}$  คือ ปริมาตรเก็บกักในลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที),  $\alpha$  คือ พารามิเตอร์การเคลื่อนตัวของลำน้ำ,  $L$  คือ ความยาวลำน้ำ (กม.),  $Q_u$  คือ ปริมาณการไหลเข้าทางด้านเหนือ (ลบ.ม./วินาที),  $Q_d$  คือ ปริมาณการไหลออกของกลุ่มน้ำ (ลบ.ม./วินาที) และ  $x$  คือ พารามิเตอร์การเคลื่อนตัวด้วยวิธี Muskingum

## 4. วิธีการศึกษา

### 4.1 การรวบรวมและตรวจสอบคุณภาพข้อมูล

#### 4.1.1 ข้อมูลน้ำฝนสถานี

ข้อมูลน้ำฝนสถานีรวบรวมจากสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติ ที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำแม่ น้ำประแสร์และบริเวณใกล้เคียง ของหน่วยงานกรมทรัพยากรน้ำ จำนวน 8 สถานี มีการตรวจวัดข้อมูลน้ำฝนทุก 15 นาที และสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) (สสน.) ที่มีการตรวจวัดข้อมูลทุก 10 นาที จำนวน 5 สถานี รวมทั้งสิ้น 13 สถานี ดังแสดงโครงข่ายสถานีวัดน้ำฝนของทุกหน่วยงานในรูปที่ 1 โดยรวบรวมข้อมูลน้ำฝนในช่วงปี พ.ศ. 2561 - 2566 จากนั้นทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลน้ำฝนด้วยวิธีเส้นโค้งทับทวี (Double Mass Curve, DMC) ในช่วงปีที่ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พบว่ามีสถานีที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพ ในช่วงปี พ.ศ. 2565 จำนวน 10 สถานี และในช่วงปี พ.ศ. 2566 จำนวน 7 สถานี จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ด้วยวิธี IDW เพื่อให้ได้ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำย่อยรายชั่วโมง

#### 4.1.2 ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์

ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแล้ว ในช่วงปี พ.ศ. 2561 - 2566 ได้ถูกนำไปตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลน้ำฝนเรดาร์เทียบกับข้อมูลฝนสถานีเพื่อทำการเลือกเหตุการณ์น้ำท่าที่เหมาะสมสำหรับการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ซึ่งจะนำเสนอในหัวข้อการคัดเลือกเหตุการณ์น้ำท่าในลำดับถัดไป โดยข้อมูลน้ำฝนเรดาร์รายชั่วโมงแบบกริดสำหรับแต่ละเหตุการณ์ที่ได้รับการคัดเลือกมาจะถูกนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยด้วยวิธีเฉลี่ยคณิตศาสตร์เพื่อเป็นตัวแทนฝนรายลุ่มน้ำย่อยสำหรับการจำลองน้ำท่าด้วยแบบจำลอง URBS

#### 4.1.3 ข้อมูลน้ำท่า

จากการพิจารณาข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงจากสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่ น้ำประแสร์ ในช่วงปี พ.ศ. 2561 - 2566 พบว่ามีสถานีวัดน้ำท่า Z.11 ตั้งอยู่ที่แม่น้ำประแสร์ บ้านเขาจิก อำเภอแกลง จังหวัดระยอง แสดงในรูปที่ 1 เป็นสถานีวัดน้ำท่าอัตโนมัติที่มีการรวบรวมข้อมูลรายชั่วโมงรับผิดชอบโดยกรมชลประทาน และมีพื้นที่ลุ่มน้ำครอบคลุมพื้นที่ศึกษา จึงพิจารณาใช้สถานีวัดน้ำท่า Z.11 สำหรับการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จากนั้นตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลและแปลงข้อมูลระดับน้ำเป็นอัตราการไหล โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและอัตราการไหล (Rating table) รายปี เพื่อให้ได้ข้อมูลอัตราการไหลรายชั่วโมง

#### 4.1.4 ข้อมูลปริมาณน้ำไหลออกจากอ่างเก็บน้ำประแสร์

เนื่องจากสถานี Z.11 ตั้งอยู่ท้ายอ่างเก็บน้ำประแสร์ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบอันเกิดจากการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำดังกล่าว การศึกษาได้พิจารณาจำลองน้ำท่าเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำประแสร์ จนกระทั่งถึงที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่า Z.11 โดยข้อมูลปริมาณการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำประแสร์จะถูกรวบรวมจากกรมชลประทานเพื่อนำเข้าสู่ระบบของ

แบบจำลอง URBS โดยตรง และนำไปรวมกับปริมาณน้ำในลุ่มน้ำด้านท้ายน้ำผ่านแบบจำลอง URBS ต่อไป

#### 4.2 การคัดเลือกเหตุการณ์น้ำท่า

การคัดเลือกเหตุการณ์น้ำท่าพิจารณาจากข้อมูลปริมาณน้ำท่า ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ร่วมกับความสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดและข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าเหตุการณ์น้ำท่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วงปี พ.ศ. 2565 และปี พ.ศ. 2566 จากนั้นพิจารณาคัดเลือกเฉพาะเหตุการณ์น้ำท่วมขนาดใหญ่ โดยพบว่าเหตุการณ์ที่เหมาะสมสำหรับสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 จำนวน 6 เหตุการณ์ ประกอบด้วยเหตุการณ์ในช่วงปี พ.ศ. 2565 จำนวน 3 เหตุการณ์ และในช่วงปี พ.ศ. 2566 จำนวน 3 เหตุการณ์ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** เหตุการณ์น้ำท่าสำหรับสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11

| เหตุการณ์ | ช่วงเวลา                                     | ระยะเวลา (ชม.) | ปริมาณน้ำท่าสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) |
|-----------|----------------------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 1         | 20 ก.ค. (00.00 น.) - 14 ต.ค. (23.00 น.) 2565 | 2,088          | 331.0                             |
| 2         | 4 ก.ย. (00.00 น.) - 12 ก.ย. (23.00 น.) 2565  | 216            | 331.0                             |
| 3         | 5 ก.ย. (00.00 น.) - 14 ต.ค. (23.00 น.) 2565  | 960            | 331.0                             |
| 4         | 22 ก.ค. (00.00 น.) - 30 ก.ค. (23.00 น.) 2566 | 216            | 41.0                              |
| 5         | 18 ก.ย. (00.00 น.) - 16 ต.ค. (23.00 น.) 2566 | 696            | 94.8                              |
| 6         | 1 ต.ค. (00.00 น.) - 16 ต.ค. (23.00 น.) 2566  | 384            | 94.8                              |

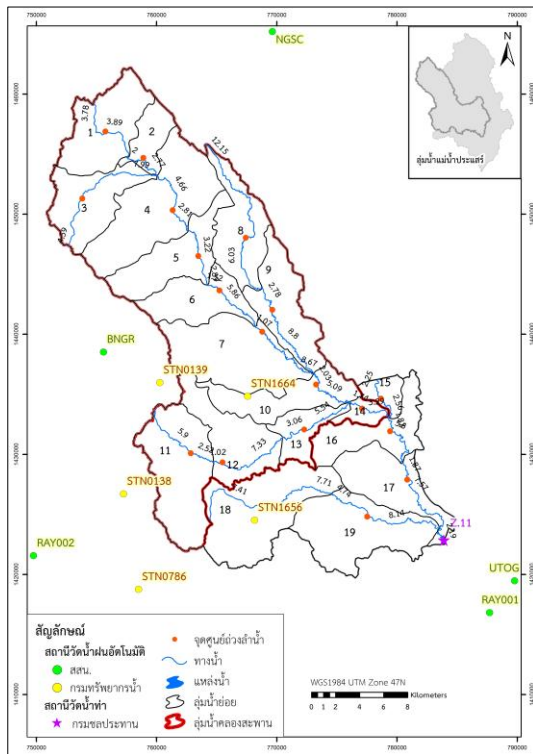
#### 4.3 การสร้างโครงข่ายระบบลุ่มน้ำและการเตรียมข้อมูลด้านเข้าแบบจำลอง

แบบจำลอง URBS เป็นแบบจำลองประเภทกึ่งกระจายตัว ที่สามารถประเมินน้ำท่าได้ทุกกลุ่มน้ำย่อย ด้วยการเพิ่มความซับซ้อนของการจำลองปริมาณน้ำท่าด้วยการแบ่งลุ่มน้ำเป็นระบบลุ่มน้ำย่อย และเชื่อมโยงระบบลุ่มน้ำย่อยให้เคลื่อนตัวน้ำท่าจากลุ่มน้ำย่อยด้านเหนือน้ำสู่ลุ่มน้ำย่อยด้านท้ายน้ำ การแบ่งโครงข่ายระบบลุ่มน้ำพิจารณาให้ลุ่มน้ำย่อยมีลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำและขนาดใกล้เคียงกัน ในขณะที่การเพิ่มความซับซ้อนของโครงสร้างระบบลุ่มน้ำย่อยสามารถเพิ่มความถูกต้องของการจำลองน้ำท่าได้เมื่อประยุกต์ใช้กับข้อมูลน้ำฝนเรดาร์ [9] จากการวิเคราะห์ได้สร้างโครงข่ายระบบลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำคลองสะพานถึงสถานีวัดน้ำท่า Z.11 จำนวน 19 ลุ่มน้ำ แสดงในรูปที่ 3 จากนั้นวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของแต่ละลุ่มน้ำย่อยประกอบด้วย ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (ตร.กม.) ความยาวลำน้ำจากจุดใกล้สุดของลุ่มน้ำด้านเหนือน้ำถึงจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำ (กม.) และความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำถึงจุดออกของลุ่มน้ำ (กม.) โดยลักษณะเฉพาะของแต่ละลุ่มน้ำย่อยแสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ลักษณะเฉพาะโครงข่ายลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำคลองสะพานถึงสถานีวัดน้ำท่า Z.11

| ลำดับ | ชื่อลุ่มน้ำย่อย | พื้นที่ (ตร.กม.) | ความยาวลำน้ำ (กม.)      |                       |
|-------|-----------------|------------------|-------------------------|-----------------------|
|       |                 |                  | เหนือน้ำถึงจุดศูนย์ถ่วง | จุดศูนย์ถ่วงถึงจุดออก |
| 1     | KSP-01          | 40.00            | 3.78                    | 3.89                  |
| 2     | KSP-02          | 14.55            | 2.00                    | 2.77                  |
| 3     | KSP-03          | 34.60            | 4.59                    | 7.99                  |
| 4     | KSP-04          | 63.19            | 4.66                    | 2.81                  |
| 5     | KSP-05          | 34.71            | 3.22                    | 2.89                  |
| 6     | KSP-06          | 28.75            | 1.52                    | 5.86                  |
| 7     | KSP-07          | 54.42            | 1.07                    | 8.67                  |
| 8     | KSP-08          | 33.92            | 12.15                   | 6.03                  |
| 9     | KSP-09          | 35.63            | 2.78                    | 8.80                  |
| 10    | KSP-10          | 29.97            | 2.03                    | 5.09                  |
| 11    | KSP-11          | 52.10            | 5.90                    | 2.52                  |
| 12    | KSP-12          | 35.91            | 1.02                    | 7.33                  |
| 13    | KSP-13          | 16.17            | 3.06                    | 5.54                  |
| 14    | KSP-14          | 6.68             | 1.74                    | 3.29                  |
| 15    | PS-01           | 8.26             | 2.25                    | 2.56                  |
| 16    | PS-02           | 29.03            | 1.82                    | 5.60                  |
| 17    | PS-03           | 34.59            | 1.87                    | 9.76                  |
| 18    | PS-04           | 59.12            | 7.41                    | 7.71                  |
| 19    | PS-05           | 51.96            | 4.74                    | 8.14                  |

การจำลองน้ำท่าด้วยแบบจำลอง URBS มีข้อมูลด้านเข้าที่จำเป็นสำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่า คือ ข้อมูลโครงข่ายระบบลุ่มน้ำและลักษณะกายภาพของลุ่มน้ำ (Catchment definition file), ข้อมูลอัตราการไหลจากสถานีวัดน้ำท่า (Gauging stations data), ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Pluviograph data) และข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าระบบลุ่มน้ำ (Inflow hydrographs) โดยแบบจำลอง URBS สามารถประมวลผลผ่าน Batch file รวมถึงสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์มีเตอร์ควบคุมแบบจำลองได้ทุกครั้งของการวิเคราะห์



รูปที่ 3 โครงข่ายระบบลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำคลองสะพานถึงสถานีวัดน้ำท่า Z.11

#### 4.4 การสอบเทียบแบบจำลอง URBS (Model calibration)

การสอบเทียบแบบจำลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อหาชุดพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสมและสามารถเป็นตัวแทนในการจำลองปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์ โดยทำการสอบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 แบบจำลอง URBS มีพารามิเตอร์ควบคุมที่สำคัญต่อการจำลองปริมาณน้ำท่าและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกราฟน้ำท่าจำนวน 6 พารามิเตอร์ คือ  $\alpha$  (พารามิเตอร์การเคลื่อนตัวของลำน้ำ),  $\beta$  (พารามิเตอร์การเคลื่อนตัวของลุ่มน้ำ),  $m$  (พารามิเตอร์การเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของลุ่มน้ำ),  $IL$  (ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น),  $PR$  (อัตราส่วนของปริมาตรน้ำท่า) และ  $IF$  (อัตราส่วนการซึมลงดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ) โดยในการศึกษากำหนดให้พารามิเตอร์  $m$  มีค่าเท่ากับ 8 และ  $IL$  มีค่าเท่ากับ 0 ทุกเหตุการณ์ เนื่องจากเหตุการณ์น้ำท่าที่คัดเลือกอยู่ในช่วงที่มีปริมาณน้ำมากและมีฝนตกต่อเนื่อง จึงสมมุติฐานว่าพื้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ไม่มีการสูญเสียเริ่มต้น [10] ในการศึกษานี้ทำการสอบเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำฝน 2 ประเภท คือ ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด และข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ สำหรับขั้นตอนการสอบเทียบแบบจำลองใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization method) ในการค้นหาชุดพารามิเตอร์แบบกริด (Grid based parameter search) ที่พัฒนาโดย Mapiam et al. (2014) โดยได้กำหนดค่าพารามิเตอร์แต่ละพารามิเตอร์ให้ครอบคลุมช่วงข้อมูลที่สามารถจำลองน้ำท่าได้อย่างเหมาะสมที่สุด ดังนี้  $\alpha$  กำหนด 9 ค่า คือ 0.1 - 0.9,  $\beta$  กำหนด 9 ค่า คือ 1 - 9,  $IL$  กำหนด 1 ค่า คือ 0,  $PR$  กำหนด 25 ค่า คือ 0.02 - 0.50 โดยให้ค่าเพิ่มขึ้นทีละ 0.02 และ  $IF$  กำหนด 20 ค่า คือ 100 - 2000 โดยให้

มีค่าเพิ่มขึ้นทีละ 100 จากนั้นค้นหาชุดพารามิเตอร์แบบกริดในรูปแบบที่ไม่ซ้ำกัน จำนวน 40,500 ชุด และใช้ค่าดัชนีทางสถิติ Root Mean Square Error (RMSE) ค่าต่ำที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) เพื่อให้ได้กราฟน้ำท่าที่สอดคล้องกับข้อมูลการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 เมื่อข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีความเข้ากันได้กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ค่า RMSE จะมีค่าเข้าใกล้ 0 ค่าอื่นได้จากสมการที่ (7) สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง พิจารณาจากค่าดัชนีทางสถิติ Nash-Sutcliffe's Efficiency (NSE) และ Kling-Gupta Efficiency (KGE) แสดงในสมการที่ (8) และสมการที่ (9) ตามลำดับ ค่าดัชนีทางสถิติ NSE และ KGE มีค่าอยู่ระหว่าง  $-\infty$  ถึง 1 โดยชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดจะจำลองน้ำท่าได้ค่า NSE และ KGE มีค่าเข้าใกล้ 1 กรณีค่า NSE มีค่ามากกว่า 0.5 ถือว่ายอมรับได้ สำหรับแบบจำลองระดับลุ่มน้ำ [11] กรณีมีค่าเข้าใกล้  $-\infty$  แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{o,i} - Q_{c,i})^2}{N}} \quad (7)$$

$$NSE = 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{o,i} - Q_{c,i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{o,i} - \bar{Q}_o)^2} \right) \quad (8)$$

เมื่อ  $Q_{c,i}$  คือ อัตราการไหลจากแบบจำลอง ที่เวลา  $i$  (ลบ.ม./วินาที),  $Q_{o,i}$  คือ อัตราการไหลจากการตรวจวัด ที่เวลา  $i$  (ลบ.ม./วินาที),  $\bar{Q}_o$  คือ ค่าเฉลี่ยอัตราการไหลจากการตรวจวัด (ลบ.ม./วินาที) และ  $N$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$KGE = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + (\alpha - 1)^2 + (\beta - 1)^2} \quad (9)$$

เมื่อ  $r$  คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างข้อมูลจากแบบจำลองกับข้อมูลการตรวจวัด,  $\alpha$  คือ อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation ratio) ระหว่างข้อมูลจากแบบจำลองกับข้อมูลการตรวจวัด และ  $\beta$  คือ อัตราส่วนของค่าเฉลี่ย (Bias ratio) ระหว่างข้อมูลจากแบบจำลองกับข้อมูลการตรวจวัด

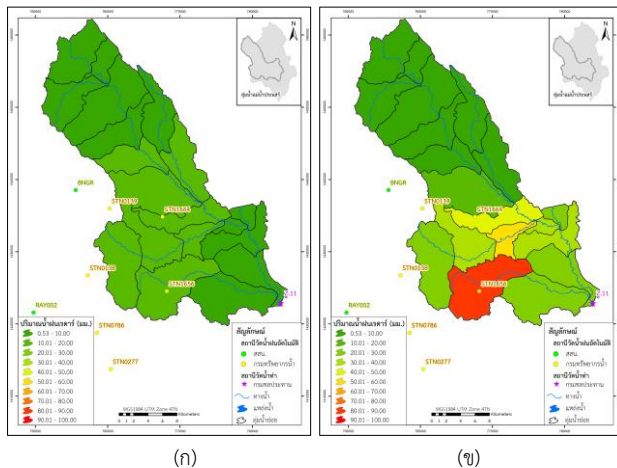
#### 4.5 การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS (Model verification)

การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบชุดพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองว่ามีความเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์น้ำท่าอื่น ๆ ได้ โดยทำการวนซ้ำชุดพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองกับเหตุการณ์น้ำท่าที่เหลือ 5 เหตุการณ์ และคัดเลือกชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดกับทุกเหตุการณ์สำหรับเป็นตัวแทนพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง URBS ของลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์ ณ สถานีวัดน้ำท่า Z.11 โดยการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองพิจารณาจากค่าดัชนีทางสถิติ RMSE, NSE และ KGE เช่นเดียวกับการสอบเทียบแบบจำลอง

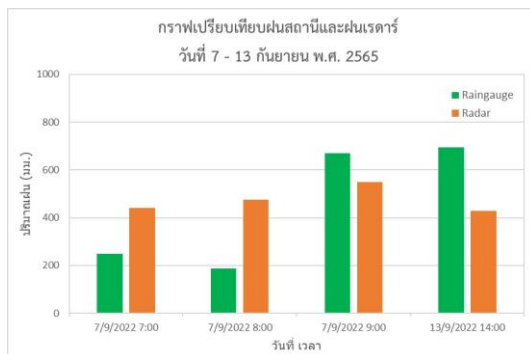
## 5. ผลการศึกษา

### 5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลน้ำฝน 2 ประเภท สำหรับการจำลองน้ำท่าด้วยแบบจำลอง URBS คือ ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดที่ผ่านการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ด้วยวิธี IDW และข้อมูลน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อน โดยข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั้ง 2 ประเภท มีความแตกต่างกันทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ ในวันที่ 7 กันยายน 2565 เวลา 8.00 น. แสดงในรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลน้ำฝนเรดาร์มีการกระจายตัวเชิงพื้นที่อย่างเห็นได้ชัดแสดงในรูปที่ 4 (ข) โดยพบว่ามีฝนตกหนักบริเวณตอนล่างของกลุ่มน้ำและลดลงบริเวณตอนกลางและตอนบนของกลุ่มน้ำตามลำดับ ในขณะที่ข้อมูลน้ำฝนสถานีมีการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่เพียงเล็กน้อย แสดงในรูปที่ 4 (ก) โดยพบว่ามีฝนตกปานกลางบริเวณตอนกลางและมีฝนตกเบาบางบริเวณตอนบนและตอนกลางของกลุ่มน้ำ เนื่องจากสถานีวัดน้ำฝนมีการกระจายตัวไม่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทำให้ไม่สามารถสะท้อนพฤติกรรมฝนได้อย่างครอบคลุม นอกจากนี้ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเชิงเวลาในรูปปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์ ของเหตุการณ์ที่ 1 ระหว่างวันที่ 7 – 13 กันยายน 2565 แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 แผนที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์ วันที่ 7 กันยายน 2565 เวลา 8.00 น. (ก) น้ำฝนสถานี (ข) น้ำฝนเรดาร์



รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์ รายชั่วโมงระหว่างวันที่ 7 – 13 กันยายน 2565

### 5.2 ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS

#### 5.2.1 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง URBS

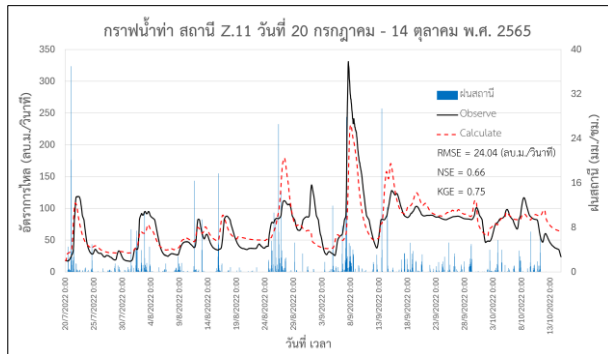
การสอบเทียบแบบจำลองเพื่อหาชุดพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับแต่ละเหตุการณ์น้ำท่าและประเภทน้ำฝนด้านเข้า ผลการสอบเทียบแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 มีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับทั้ง 6 เหตุการณ์ แสดงในตารางที่ 3 โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี ตามประเภทข้อมูลน้ำฝน คือ ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดและข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ จากผลการศึกษาพบว่าค่าสถิติ RMSE ของการจำลองน้ำท่าโดยใช้ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์มีค่าต่ำกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีในทุกเหตุการณ์ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.93 - 20.80 ลบ.ม./วินาที และ 3.11 - 27.51 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสถิติ NSE และ KGE ของการจำลองน้ำท่าโดยใช้ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์มีค่าสูงกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีในทุกเหตุการณ์เช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าข้อมูลน้ำฝนเรดาร์มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความถูกต้องของการสอบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาชุดพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบของแต่ละเหตุการณ์พบว่าพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง URBS มีความไม่แน่นอนและมีความผันแปรเปลี่ยนแปลงไปตามเหตุการณ์น้ำท่าและประเภทของน้ำฝนด้านเข้า จากผลการศึกษาพบว่าชุดพารามิเตอร์จากการสอบเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์มีความผันแปรน้อยกว่าเมื่อเทียบกับชุดพารามิเตอร์ที่ได้จากการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด แสดงในตารางที่ 4 และเมื่อพิจารณารูปน้ำท่าจากการสอบเทียบแบบจำลองของเหตุการณ์ที่ 1 ด้วยข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดและข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ แสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 ตามลำดับ พบว่ากราฟน้ำท่าจากการจำลองด้วยข้อมูลน้ำฝนเรดาร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลน้ำท่าที่ตรวจวัดจากสถานีวัดน้ำท่า Z.11 มากกว่าการจำลองด้วยข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 3 ชุดพารามิเตอร์จากการสอบเทียบแบบจำลอง URBS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ด้วยข้อมูลน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์

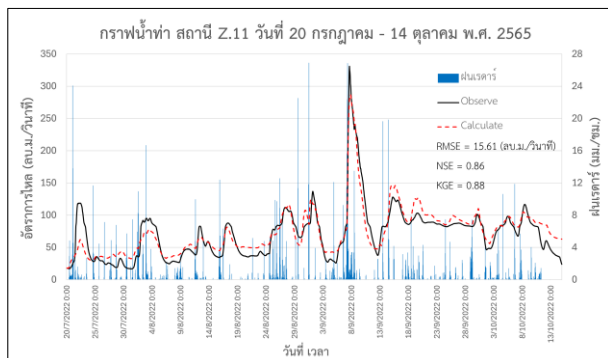
| เหตุการณ์ | พารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง URBS ด้วยข้อมูลน้ำฝนสถานี |         |      |      | พารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง URBS ด้วยข้อมูลน้ำฝนเรดาร์ |         |      |      |
|-----------|-----------------------------------------------------|---------|------|------|------------------------------------------------------|---------|------|------|
|           | $\alpha$                                            | $\beta$ | pr   | IF   | $\alpha$                                             | $\beta$ | pr   | IF   |
| 1         | 0.3                                                 | 5       | 0.08 | 400  | 0.7                                                  | 2       | 0.04 | 700  |
| 2         | 0.1                                                 | 9       | 0.48 | 200  | 0.9                                                  | 2       | 0.34 | 800  |
| 3         | 0.2                                                 | 6       | 0.40 | 2000 | 0.7                                                  | 2       | 0.02 | 400  |
| 4         | 0.3                                                 | 3       | 0.10 | 2000 | 0.5                                                  | 2       | 0.02 | 500  |
| 5         | 0.7                                                 | 2       | 0.02 | 200  | 0.7                                                  | 4       | 0.02 | 600  |
| 6         | 0.7                                                 | 2       | 0.48 | 200  | 0.5                                                  | 4       | 0.24 | 1800 |
| ค่าเฉลี่ย | 0.4                                                 | 5       | 0.26 | 833  | 0.7                                                  | 3       | 0.11 | 800  |

ตารางที่ 4 ช่วงพารามิเตอร์จากการสอบเทียบแบบจำลอง URBS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ด้วยข้อมูลน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์

| พารามิเตอร์ควบคุม<br>แบบจำลอง URBS | ช่วงพารามิเตอร์จากการสอบเทียบแบบจำลอง URBS |                   |
|------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|
|                                    | ข้อมูลน้ำฝนสถานี                           | ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์ |
| $\alpha$                           | 0.1 - 0.7                                  | 0.5 - 0.9         |
| $\beta$                            | 2 - 9                                      | 2 - 4             |
| IL                                 | 0                                          | 0                 |
| pr                                 | 0.02 - 0.48                                | 0.02 - 0.34       |
| IF                                 | 200 - 2000                                 | 400 - 1800        |



รูปที่ 6 กราฟน้ำท่าจากการสอบเทียบแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ของเหตุการณ์ที่ 1 ด้วยข้อมูลน้ำฝนสถานี



รูปที่ 7 กราฟน้ำท่าจากการสอบเทียบแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ของเหตุการณ์ที่ 1 ด้วยข้อมูลน้ำฝนเรดาร์

### 5.2.2 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS

การตรวจพิสูจน์แบบจำลองเพื่อทดสอบชุดพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองว่ามีความเหมาะสมสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์อื่นได้ด้วยเช่นกัน ได้นำชุดพารามิเตอร์จากการสอบเทียบแบบจำลองไปวนใช้กับเหตุการณ์ที่เหลืออีก 5 เหตุการณ์ ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองจากการประเมินประสิทธิภาพด้วยค่าสถิติ RMSE, NSE และ KGE ตามประเภทข้อมูลน้ำฝน คือ ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดและข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ ได้นำมาเปรียบเทียบกันแสดงในตารางที่ 5 และตารางที่ 6 พบว่าการประยุกต์ใช้ชุดพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองกับเหตุการณ์อื่น ๆ มีแนวโน้มให้ความถูกต้องของการจำลองน้ำท่าที่ไม่แน่นอน คือ มีแนวโน้มให้ความถูกต้องเพิ่มขึ้นหรือมีประสิทธิภาพลดลง ที่ไม่ขึ้นอยู่กับ

ประเภทของน้ำฝน โดยพบว่าค่าสถิติ RMSE ของชุดพารามิเตอร์จากข้อมูลน้ำฝนเรดาร์มีค่าต่ำกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด ในขณะที่ค่าสถิติ NSE และ KGE กรณีใช้ข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์มีค่าสูงกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานี และมีความผันแปรน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 5 ค่าสถิติ RMSE, NSE และ KGE จากการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ด้วยข้อมูลน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์ เหตุการณ์ที่ 1 - 3

| เหตุการณ์<br>-<br>ข้อมูลฝน | ค่าสถิติจากการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS |       |      |             |      |      |             |      |      |
|----------------------------|----------------------------------------|-------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|
|                            | เหตุการณ์ 1                            |       |      | เหตุการณ์ 2 |      |      | เหตุการณ์ 3 |      |      |
|                            | RMSE*                                  | NSE   | KGE  | RMSE*       | NSE  | KGE  | RMSE*       | NSE  | KGE  |
| 1-ฝนสถานี                  |                                        |       |      | 68.17       | 0.37 | 0.33 | 38.11       | 0.28 | 0.37 |
| 1-ฝนเรดาร์                 |                                        |       |      | 54.33       | 0.60 | 0.46 | 30.58       | 0.54 | 0.52 |
| 2-ฝนสถานี                  | 53.46                                  | -0.68 | 0.29 |             |      |      | 37.22       | 0.32 | 0.64 |
| 2-ฝนเรดาร์                 | 40.29                                  | 0.05  | 0.45 |             |      |      | 26.16       | 0.66 | 0.77 |
| 3-ฝนสถานี                  | 31.96                                  | 0.40  | 0.66 | 37.12       | 0.81 | 0.68 |             |      |      |
| 3-ฝนเรดาร์                 | 38.08                                  | 0.15  | 0.38 | 22.17       | 0.93 | 0.85 |             |      |      |

\* หน่วย (ลบ.ม./วินาที)

ตารางที่ 6 ค่าสถิติ RMSE, NSE และ KGE จากการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ด้วยข้อมูลน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์ เหตุการณ์ที่ 4 - 6

| เหตุการณ์<br>-<br>ข้อมูลฝน | ค่าสถิติจากการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS |        |       |             |       |      |             |       |      |
|----------------------------|----------------------------------------|--------|-------|-------------|-------|------|-------------|-------|------|
|                            | เหตุการณ์ 4                            |        |       | เหตุการณ์ 5 |       |      | เหตุการณ์ 6 |       |      |
|                            | RMSE*                                  | NSE    | KGE   | RMSE*       | NSE   | KGE  | RMSE*       | NSE   | KGE  |
| 4-ฝนสถานี                  |                                        |        |       | 20.71       | 0.09  | 0.07 | 28.40       | -0.30 | 0.01 |
| 4-ฝนเรดาร์                 |                                        |        |       | 18.45       | 0.28  | 0.54 | 16.31       | 0.57  | 0.49 |
| 5-ฝนสถานี                  | 11.72                                  | -1.00  | 0.08  |             |       |      | 24.67       | 0.02  | 0.16 |
| 5-ฝนเรดาร์                 | 5.06                                   | 0.63   | 0.60  |             |       |      | 20.37       | 0.33  | 0.32 |
| 6-ฝนสถานี                  | 41.91                                  | -24.56 | -3.22 | 29.12       | -0.80 | 0.04 |             |       |      |
| 6-ฝนเรดาร์                 | 12.70                                  | -1.35  | -0.19 | 21.57       | 0.01  | 0.34 |             |       |      |

\* หน่วย (ลบ.ม./วินาที)

### 5.3 การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองระหว่างข้อมูลฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์

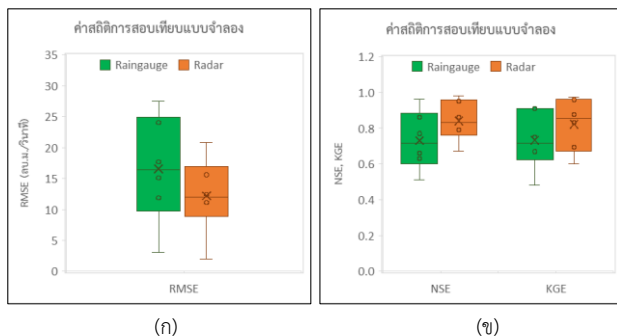
การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในขั้นตอนการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พิจารณาจากค่าสถิติ 3 ค่า คือ RMSE, NSE และ KGE ระหว่างการใช้ข้อมูลน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์มาเปรียบเทียบกัน แสดงในตารางที่ 7 พบว่าค่าสถิติ RMSE จากการสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.93 - 20.80 ลบ.ม./วินาที ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีในทุกเหตุการณ์ ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 3.11 - 27.51 ลบ.ม./วินาที แสดงในรูปที่ 8 (ก) นอกจากนี้ ค่าสถิติ NSE และ KGE ของการจำลองน้ำท่าโดยใช้ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์มีค่าสูงกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีในทุกเหตุการณ์เช่นเดียวกัน แสดงในรูปที่ 8 (ข) โดยค่าสถิติ NSE และ KGE กรณีนำเข้าด้วยข้อมูลน้ำฝนเรดาร์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 - 0.95 และ 0.60 - 0.96 ตามลำดับ และกรณีนำเข้าด้วยข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด มีค่าอยู่ระหว่าง 0.51 - 0.86 และ 0.48 - 0.91 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของข้อมูลน้ำฝนเรดาร์ในการเพิ่ม

ความถูกต้องของการสอบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด

**ตารางที่ 7** ค่าสถิติจากการประเมินประสิทธิภาพการสอบเทียบแบบจำลอง URBS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11

| เหตุการณ์ | ประสิทธิภาพการสอบเทียบ<br>แบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำฝนสถานี |      |      | ประสิทธิภาพการสอบเทียบ<br>แบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำฝนเรดาร์ |      |      |
|-----------|--------------------------------------------------------|------|------|---------------------------------------------------------|------|------|
|           | RMSE*                                                  | NSE  | KGE  | RMSE*                                                   | NSE  | KGE  |
| 1         | 24.04                                                  | 0.66 | 0.75 | 15.61                                                   | 0.86 | 0.88 |
| 2         | 17.74                                                  | 0.96 | 0.91 | 11.51                                                   | 0.98 | 0.97 |
| 3         | 27.51                                                  | 0.63 | 0.67 | 20.80                                                   | 0.79 | 0.83 |
| 4         | 3.11                                                   | 0.86 | 0.91 | 1.93                                                    | 0.95 | 0.96 |
| 5         | 15.12                                                  | 0.51 | 0.48 | 12.41                                                   | 0.67 | 0.60 |
| 6         | 11.91                                                  | 0.77 | 0.68 | 11.14                                                   | 0.80 | 0.69 |
| ค่าเฉลี่ย | 16.60                                                  | 0.73 | 0.73 | 12.23                                                   | 0.84 | 0.87 |

\* หน่วย (ลบ.ม./วินาที)



**รูปที่ 8** ค่าสถิติจากการสอบเทียบแบบจำลอง URBS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ด้วยข้อมูลน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์ (ก) RMSE (ข) NSE และ KGE

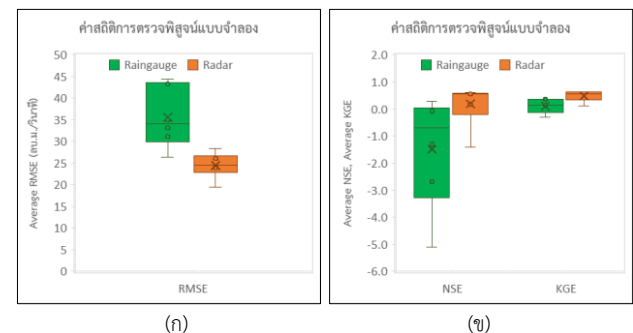
นอกจากนี้ การประเมินประสิทธิภาพในขั้นตอนการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าสถิติ RMSE, NSE และ KGE แต่ละเหตุการณ์ ระหว่างการใช้ข้อมูลน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์ได้นำมาเปรียบเทียบกัน แสดงในตารางที่ 8 พบว่าการตรวจพิสูจน์แบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำฝนเรดาร์ให้ค่าเฉลี่ยของค่าสถิติ RMSE ต่ำกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีในทุกเหตุการณ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าสถิติ RMSE กรณีใช้ข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ มีค่าอยู่ระหว่าง 11.14 - 20.80 ลบ.ม./วินาที และกรณีใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานี มีค่าอยู่ระหว่าง 11.91 - 27.51 ลบ.ม./วินาที แสดงในรูปที่ 9 (ก) ในขณะที่ค่าสถิติ NSE และ KGE กรณีใช้ข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์มีค่าสูงกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานี และมีความผันแปรน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในรูปที่ 9 (ข) แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดให้ความไม่แน่นอนของการจำลองน้ำท่าที่มีช่วงกว้างกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าสถิติ NSE กรณีใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานี มีค่าอยู่ระหว่าง -5.09 - 0.29 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.50 และมีค่าติดลบ เนื่องจากผลจากการจำลองน้ำท่ามีค่าต่างกับค่าการตรวจวัด หรือมีแนวโน้มตรงข้ามกับการตรวจวัด และค่าสถิติ KGE มีค่าอยู่ระหว่าง -0.31 - 0.35 กรณีใช้ข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ ค่าเฉลี่ยของค่าสถิติ NSE มีค่าอยู่ระหว่าง -1.40 - 0.60 ซึ่งโดยส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และ

ค่าเฉลี่ยของค่าสถิติ KGE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10 - 0.64 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความละเอียดและคุณภาพของข้อมูลน้ำฝนที่แตกต่างกันส่งผลต่อความไม่แน่นอนของการประยุกต์ใช้ชุดพารามิเตอร์ โดยการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ที่มีความละเอียดสูงเชิงพื้นที่และเชิงเวลาสามารถเพิ่มความถูกต้องของการจำลองน้ำท่าได้ดีกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดที่มีอยู่อย่างจำกัด

**ตารางที่ 8** ค่าเฉลี่ยค่าสถิติจากการประเมินประสิทธิภาพการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ด้วยข้อมูลน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์

| เหตุการณ์ | ประสิทธิภาพการตรวจพิสูจน์<br>แบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำฝนสถานี |       |       | ประสิทธิภาพการตรวจพิสูจน์<br>แบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำฝนเรดาร์ |       |      |
|-----------|-----------------------------------------------------------|-------|-------|------------------------------------------------------------|-------|------|
|           | RMSE*                                                     | NSE   | KGE   | RMSE*                                                      | NSE   | KGE  |
| 1         | 31.14                                                     | 0.29  | 0.35  | 24.15                                                      | 0.60  | 0.55 |
| 2         | 33.17                                                     | -2.69 | -0.07 | 28.44                                                      | -1.40 | 0.10 |
| 3         | 26.40                                                     | -1.30 | 0.12  | 19.43                                                      | 0.56  | 0.64 |
| 4         | 44.42                                                     | -0.04 | 0.13  | 24.76                                                      | 0.58  | 0.62 |
| 5         | 35.04                                                     | -0.07 | 0.37  | 26.05                                                      | 0.58  | 0.55 |
| 6         | 43.33                                                     | -5.09 | -0.31 | 24.00                                                      | 0.18  | 0.42 |

\* หน่วย (ลบ.ม./วินาที)



**รูปที่ 9** ค่าสถิติจากการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ด้วยข้อมูลน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์ (ก) RMSE (ข) NSE และ KGE

## 6. สรุปผลการศึกษา

ข้อมูลน้ำฝนด้านเข้าเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า รวมถึงความผันแปรของชุดพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง หากนำเข้าสู่ข้อมูลที่ไม่มีความถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับปริมาณน้ำท่า จะส่งผลต่อการสอบเทียบแบบจำลองเพื่อให้ได้ชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมอาจไม่สามารถประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์อื่น ๆ หรือเป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำได้ เนื่องจากประสิทธิภาพในการจำลองน้ำท่ามีความสัมพันธ์กับคุณภาพของข้อมูลน้ำฝนด้านเข้า การศึกษานี้มุ่งเน้นเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำลองน้ำท่าด้วยข้อมูลน้ำฝนด้านเข้า 2 ประเภท คือ ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดแบบอัตโนมัติ และข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์ที่มีความละเอียดสูงเชิงพื้นที่ 0.6 x 0.6 ตร.กม. และความละเอียดเชิงเวลา ราย 1 ชั่วโมง ด้วยแบบจำลอง URBS ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าแบบกึ่งกระจายตัว ที่สามารถจำลองน้ำท่าได้ทุกโครงข่ายลุ่มน้ำย่อย โดยทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 ในลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์ซึ่งมีสถานีวัดน้ำฝนอย่างจำกัด จากผลการศึกษาแสดง

ให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ข้อมูลน้ำฝนที่มีความละเอียดสูงจากเรดาร์สามารถเพิ่มความถูกต้องของการจำลองน้ำท่าได้แม่นยำกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดอย่างเห็นได้ชัด สะท้อนจากค่าสถิติ NSE และ KGE ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีค่าสูงกว่าการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานี ในทุกเหตุการณ์ นอกจากนี้ ข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์สามารถลดความไม่แน่นอนของพารามิเตอร์ในการจำลองน้ำท่าด้วยแบบจำลอง URBS ได้ดีกว่าและชุดพารามิเตอร์มีความผันแปรน้อยกว่าเมื่อเทียบกับชุดพารามิเตอร์ที่ได้จากการใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดอย่างชัดเจน การใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดที่มีการกระจายตัวอย่างจำกัดและไม่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนที่ได้จากสถานีไม่สามารถสะท้อนพฤติกรรมของน้ำฝนเชิงพื้นที่ของแต่ละลุ่มน้ำได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น ข้อมูลน้ำฝนความละเอียดสูงจากเรดาร์เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดที่มีอยู่อย่างจำกัด อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดน้ำฝนจากเรดาร์ยังมีความคลาดเคลื่อนจากหลายปัจจัย การประยุกต์ใช้ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์มีความจำเป็นยิ่งที่ต้องปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเทียบกับน้ำฝนจากสถานี เพื่อลดความคลาดเคลื่อนและเพิ่มความแม่นยำของการประเมินน้ำฝนเรดาร์ก่อนนำเข้าแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ทั้งนี้ด้วยคุณภาพของข้อมูลน้ำฝนเรดาร์ที่มีความละเอียดสูงสามารถช่วยเพิ่มความถูกต้องและประสิทธิภาพของการจำลองน้ำท่าด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าแบบกึ่งกระจายตัวได้เป็นอย่างดี รวมถึงเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบคาดการณ์น้ำท่วมฉับพลันแบบใกล้เวลาจริง เพื่อลดผลกระทบและความเสียหายจากอุทกภัยในพื้นที่ตลอดจนนำไปสู่การขยายผลเพื่อประยุกต์ใช้ในลุ่มน้ำอื่นที่ประสบปัญหาเดียวกันต่อไปได้ นอกจากนั้นแล้ว หากได้รับการต่อยอดขยายผลการศึกษาสู่การพัฒนาระบบคาดการณ์น้ำท่วมฉับพลันอัตโนมัติด้วยข้อมูลน้ำฝนเรดาร์แบบใกล้เวลาจริง ย่อมเป็นประโยชน์ต่อประชาชนในพื้นที่ในการเฝ้าระวังน้ำท่วม รวมถึงเป็นข้อมูลสนับสนุนแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการติดตามสถานการณ์น้ำและการบริหารจัดการน้ำท่วมในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและทัน่วงที

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับข้อมูลฝนเรดาร์ คอมโพสิตรายชั่วโมงจากแอปพลิเคชัน Radar4Flood โครงการการประเมินปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ความละเอียดสูงด้วยเรดาร์สำหรับการจำลองปริมาณน้ำท่วมแบบฉับพลัน (2566) ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) ขอขอบคุณกรมทรัพยากรน้ำและสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) สำหรับข้อมูลน้ำฝนอัตโนมัติ และกรมชลประทาน สำหรับข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหล ในการดำเนินการวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Mapiam, P. P. and Sriwongsitanon, N. (2009). Estimation of the URBS model parameters for flood estimation of ungauged

catchments in the upper Ping River basin, Thailand. *ScienceAsia*, 35, pp.49–56.

- [2] เจนจิรา จาดจ้อย และนุชนารถ ศรีวงศ์ตานนท์. (2556). *การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS สำหรับการประเมินน้ำท่าในลุ่มน้ำยม*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 255 หน้า.
- [3] ศิขรินทร์ สกุนรักษ์ และพรณพิมพ์ พุทธรักษา มะเปี่ยม (2563). *การเปรียบเทียบข้อมูลฝนเรดาร์เพื่อการจำลองน้ำท่วมฉับพลัน ในลุ่มน้ำทับมา จังหวัดระยอง*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 141 หน้า.
- [4] นุชนาถ จงดี และพรณพิมพ์ พุทธรักษา มะเปี่ยม. (2565). ประสิทธิภาพของน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์ต่อความถูกต้องและความไม่แน่นอนในการจำลองน้ำท่า: กรณีศึกษา ลุ่มน้ำทับมา จังหวัดระยอง. *การประชุมวิชาการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 15*, นนทบุรี, 1 กรกฎาคม 2565.
- [5] เจนจิรา กลิ่นระรื่น และพรณพิมพ์ พุทธรักษา มะเปี่ยม (2567). ผลกระทบของการใช้ข้อมูลฝนเรดาร์ร่วมกับการเพิ่มโครงข่ายลุ่มน้ำย่อยในแบบจำลอง URBS ต่อการจำลองน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน. *การประชุมวิชาการคณะกรรมการด้านวิชาการชลประทานและการระบายน้ำแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17*, 3 กรกฎาคม 2567, หน้า 199-212.
- [6] Mapiam, P. P. et al. (2023). Downscaling the Z–Rrelationship and bias correction solution for flash flood assessment in a data-scarce basin, Thailand. *Water Science & Technology Vol 87 No 5*, pp 1259-1272.
- [7] Mapiam, P. P. et al. (2022). Citizen rain gauges improve hourly radar rainfall bias correction using a two-step Kalman filter. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 26, pp.775-794.
- [8] Carroll, D.G. (2007). URBS A Rainfall Runoff Routing Model for Flood Forecasting & Design. version 4.30., 160 p.
- [9] Improving Runoff Estimates by Increasing Catchment Subdivision Complexity and Resolution of Rainfall Data in the Upper Ping River Basin, Thailand. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*. 17(2), pp.127-143.
- [10] เจนจิรา จาดจ้อย และนุชนารถ ศรีวงศ์ตานนท์. (2553). การศึกษาความไวของค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง URBS. *วิศวกรรมสาร มก*, ปีที่ 23, ฉบับที่ 71, หน้า 75-91. Mapiam, P. P., and Chautsuk, S., (2018).
- [11] Moriasi, N., Gitau, W., Pai, N. and Daggupati, P. (2015). HYDROLOGIC AND WATER QUALITY MODELS: PERFORMANCE MEASURES AND EVALUATION CRITERIA, *TRANSACTIONS OF THE ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers)*, Vol. 58(6), pp.1763-1785.