

การพัฒนาความสัมพันธ์สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS สำหรับการจำลองน้ำท่าใน ลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีตรวจวัด: กรณีศึกษาในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

Formulating Relationships for Estimating URBS Model Parameters in Runoff Simulation for Ungauged Catchments: A Case Study in the East-Coast Gulf Basin, Thailand

จักรภัทร อุษย และ พรณพิมพ์ พุทธิรักษา มะเปี่ยม*

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

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

บทคัดย่อ

การจำลองน้ำท่าด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า สามารถทำได้โดยตรง ณ ตำแหน่งลุ่มน้ำที่มีสถานีตรวจวัดน้ำเพื่อให้ได้พารามิเตอร์เป็นตัวแทนของพื้นที่สำหรับลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีตรวจวัด วิธีดั้งเดิมคือการประยุกต์ใช้พารามิเตอร์จากลุ่มน้ำข้างเคียงมาใช้เป็นตัวแทนในลุ่มน้ำที่พิจารณา ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนสูง หากลุ่มน้ำข้างเคียงมีคุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำที่แตกต่างกัน การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำและพารามิเตอร์ของแบบจำลองเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินพารามิเตอร์ของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า URBS ในลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีตรวจวัด โดยคัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกเป็นพื้นที่ศึกษา ข้อมูลน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตรายชั่วโมงจากทุกเครือข่ายสถานีที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ระหว่างสถานีเรดาร์สี่ที่สมทบสงครามและสุวรรณภูมิได้นำมาใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 6 สถานี ได้แก่ Z.11, Z.14, Z.21, Z.28, Z.45, และ Z.47A ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ซึ่งให้ถึงประสิทธิภาพในการจำลองกราฟน้ำท่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี-ดีมาก โดยให้ค่า NSE อยู่ในช่วง 0.66 – 0.81 และค่า RMSE อยู่ในช่วง 4.19 – 41.80 ลบ.ม./วินาที นอกจากนี้ได้พัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS กับค่าคุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำได้แก่ ขนาดพื้นที่รับน้ำฝน ความยาวลำน้ำสายหลัก ความยาวลำน้ำสายหลักจากจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำถึงจุดออก และความชันของลำน้ำสายหลัก ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.77 – 0.98 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี-ดีมาก ทั้งกรณีที่เป็นสมการความสัมพันธ์ถดถอยแบบเส้นตรงเชิงซ้อน และสมการความสัมพันธ์ถดถอยแบบยกกำลังเชิงซ้อน ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าได้ต่อไป

คำสำคัญ: ลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีตรวจวัด, ฝนเรดาร์คอมโพสิต, ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก, แบบจำลอง URBS

Abstract

Rainfall-runoff modeling can be directly performed at catchments with streamflow gauging stations to obtain representative model parameters for the area. For ungauged catchments, a traditional approach involves applying model parameters from nearby gauged catchments as proxies. However, this method may

result in significant errors if the neighboring catchments exhibit different catchment characteristics. This study aims to develop relationships between specific catchment characteristics and model parameters to estimate the parameters of the URBS rainfall-runoff model for ungauged catchments. The East-Coast Gulf Basin was selected as the study area. Hourly composite radar rainfall data from all stations covering the study area, including the Sattahip, Samut Songkhram, and Suvarnabhumi radar stations were utilized for model calibration and validation at six streamflow gauging stations: Z.11, Z.14, Z.21, Z.28, Z.45 and Z.47A. The calibration and validation results demonstrated that the URBS model effectively simulated hydrographs with go to very good performance, with NSE values ranging from 0.66 to 0.81 and RMSE values ranging from 4.19 to 41.80 m³/s. Additionally, relationships were established between the URBS model parameters and the catchment characteristics, including catchment area, main stream length, the main stream length from the centroid to the outlet and main stream slope. The study found that the correlation coefficients (r) ranged from 0.77 to 0.98, which are considered good to very good for both multiple linear regression and multiple power regression analyses. Therefore, the developed relationships are deemed suitable for application in ungauged catchments.

Keywords: Ungauged catchments, Composite Radar Rainfall, East-Coast Gulf Basin, URBS model

1. คำนำ

ปัญหาน้ำท่วมเป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนอย่างกว้างขวางและรุนแรง ซึ่งในการบริหารจัดการน้ำท่วมนั้น จำเป็นต้องมีข้อมูลการตรวจวัดปริมาณน้ำท่าที่แม่นยำและครอบคลุม เพื่อให้สามารถคาดการณ์ ประเมิน และป้องกันปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม จากข้อจำกัดของการติดตั้งสถานีตรวจวัดน้ำท่าได้อย่างเพียงพอ ส่งผลให้ลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีตรวจวัด (Ungauged Catchment) ขาดข้อมูลที่เหมาะสมในการนำไปประเมินสถานการณ์และวางแผนการจัดการน้ำท่วมได้อย่างถูกต้องทันทั่วทั้ง

การคาดการณ์น้ำท่าหรือน้ำท่วมในลุ่มน้ำที่ไม่สถานีตรวจวัด สามารถทำได้หลากหลายวิธี โดยวิธีการหนึ่งที่ได้รับการยอมรับในการใช้ประเมินปริมาณน้ำท่าจากความสัมพันธ์กับข้อมูลฝนคือการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา (Hydrological Model) ทั้งนี้ วิธีการที่ง่ายที่สุดและถือปฏิบัติกันทั่วไปคือการประยุกต์ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่สอบเทียบ (Calibration) จากลุ่มน้ำที่มีสถานีตรวจวัด (Gauged Catchment) ข้างเคียง ซึ่งมีคุณลักษณะของลุ่มน้ำคล้ายคลึงกับลุ่มน้ำที่พิจารณา มาใช้ในการจำลองปริมาณน้ำท่า ณ ลุ่มน้ำที่พิจารณาโดยตรง แต่การประยุกต์ใช้งานดังกล่าวอาจเกิดความผิดพลาดสูงได้ หากลุ่มน้ำที่ใกล้เคียงที่สุดอยู่ห่างไกลออกไปจนมีคุณลักษณะทางกายภาพแตกต่างจากลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษามาก อีกทั้งการจำแนกลุ่มน้ำที่มีคุณลักษณะที่คล้ายคลึงกันยังขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ศึกษาแต่ละบุคคลอีกด้วย ดังนั้นการพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของแบบจำลองและคุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำ (Catchment Characteristics) เพื่อให้สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นแนวทางที่ท้าทายในการนำมาแก้ข้อจำกัดของข้อมูลดังกล่าว

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า URBS (Unified River Basin Simulator) เป็นแบบจำลองกึ่งกระจายตัว (Semi-distributed Model) ซึ่งสามารถจำลองน้ำท่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางในหลากหลายประเทศทั่วโลก เช่น รัฐควีนแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ประเทศจีน รวมถึงหลายพื้นที่ของประเทศไทย เช่น ลุ่มน้ำปิงตอนบน [1] ลุ่มน้ำยม [2] ลุ่มน้ำลำภาชี [3] ลุ่มน้ำทับมา [4-5] และลุ่มน้ำเพชรบุรี [6] เป็นต้น สำหรับการพัฒนาด้านความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำ (Catchment Characteristics) และพารามิเตอร์ URBS ได้ถูกทดสอบในลุ่มน้ำปิงตอนบน และลุ่มน้ำลำภาชี ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลได้เป็นอย่างดีในรูปแบบของ Empirical Formula ซึ่งความสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่ศึกษา ไม่สามารถนำความสัมพันธ์จากลุ่มน้ำหนึ่งประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำอื่นได้

สำหรับพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศไทยนั้น ตั้งอยู่ในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) ซึ่งรัฐบาลให้ความสำคัญสูงในการพัฒนาอุตสาหกรรม เศรษฐกิจ และเป็นแหล่งชุมชนสำคัญขนาดใหญ่ แม้ว่าในลุ่มน้ำดังกล่าวจะมีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำจำนวนมาก แต่ลุ่มน้ำสาขาสวนใหญ่ยังไม่มีสถานีตรวจวัดน้ำท่าที่เพียงพอที่จะเฝ้าติดตามปริมาณน้ำสำหรับใช้ประกอบการบริหารจัดการน้ำ ซึ่งหากสามารถพัฒนาแบบจำลองสำหรับการประเมินน้ำท่าในลุ่มน้ำที่ไม่สถานีได้ จะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำและลดผลกระทบอันเกิดจากน้ำท่วมลงด้วยเหตุนี้เอง งานศึกษานี้จึงมีเป้าหมายหลักเพื่อพัฒนาด้านความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลอง URBS กับคุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์พารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS ในลุ่มน้ำที่ไม่สถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก โดยได้พิจารณานำข้อมูลฝนความละเอียดสูงจากเทคโนโลยีเรดาร์มาใช้เป็นข้อมูลฝนนำเข้าให้กับแบบจำลอง ทั้งนี้ เพื่อเพิ่มเสถียรภาพในการประมวลผลของข้อมูลจากเรดาร์สถานีเดียว อีกทั้งช่วยเพิ่มความแม่นยำของการประเมินฝนเรดาร์ให้เพิ่มมากขึ้น ได้เลือกใช้ชุดข้อมูลฝนเรดาร์คอมโพสิต (Composite Radar Rainfall) ระหว่างสถานีเรดาร์สัทธิบุษราคัมและสุวรรณภูมิมาใช้สำหรับใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS เพื่อเป้าหมายในการยกระดับประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณน้ำท่า อีกทั้งยังสามารถขยายผลต่อยอดวิธีการเพื่อสร้างความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมรายฤดูกาลสำหรับสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำท่าแบบต่อเนื่องรายชั่วโมงครอบคลุมทั้งในสภาวะน้ำน้อยและน้ำท่วมให้กับพื้นที่ลุ่มน้ำที่ไม่สถานีตรวจวัดในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออกได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

2. ทฤษฎี

2.1 การประเมินฝนด้วยเทคโนโลยีเรดาร์

เทคโนโลยีเรดาร์ตรวจอากาศเป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินปริมาณฝน โดยอาศัยหลักการตรวจวัดค่าการสะท้อนกลับของคลื่นไมโครเวฟจากหยดน้ำฝนในชั้นบรรยากาศ (Reflectivity: Z) และนำมาใช้เป็นความเข้มฝน (Rainfall Rate: R) ผ่านสมการความสัมพันธ์ Z-R (Z-R Relationship) ที่มีรูปแบบ $Z = aR^b$ โดยค่าพารามิเตอร์ a และ b ขึ้นอยู่กับลักษณะของฝนและการกระจายขนาดหยดฝน (Drop Size Distribution) ในพื้นที่นั้นๆ การใช้เรดาร์มีข้อดีคือสามารถประเมินฝนได้ครอบคลุมพื้นที่กว้างด้วยความละเอียดสูงระดับกริดขนาด 600x600 ม. และให้ข้อมูลต่อเนื่องในทุก 6 - 15 นาที แบบใกล้เคียงจริง อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดจากเรดาร์รายสถานีมีความคลาดเคลื่อนจากหลายปัจจัยประกอบกับความไม่แน่นอนของความสัมพันธ์ Z-R ที่มีความไม่แน่นอนสูง ดังนั้น การประยุกต์ใช้เทคนิคเรดาร์คอมโพสิต (Radar Compositing) ระหว่างเรดาร์เครือข่ายข้างเคียงเพื่อลดทอนความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดข้อมูลของเรดาร์สถานีเดียว และเพิ่มความแม่นยำในการประเมินน้ำฝนเรดาร์ร่วมกับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Bias Adjustment จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญในการลดความคลาดเคลื่อนในการประเมินฝนได้อย่างมีนัยสำคัญ [7]

2.2 แบบจำลอง URBS

แบบจำลอง URBS ได้รับการพัฒนาโดย Don Carroll ในปี ค.ศ. 2007 เพื่อใช้ในการพยากรณ์น้ำท่วม เป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าแบบกึ่งกระจายตัว (Semi-distributed Rainfall-Runoff Model) สามารถจำลองกระบวนการน้ำฝน-น้ำท่า (rainfall-runoff-routing) ได้อย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงความแปรปรวนของข้อมูลฝนทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา แบบจำลอง URBS ได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในระดับนานาชาติ สำหรับประเทศไทยได้ประยุกต์ใช้ URBS กับลุ่มน้ำปิงตอนบน [1] มีการค้นพบว่าการใช้ข้อมูลฝนจากเรดาร์ร่วมกับแบบจำลอง URBS ให้ผลการจำลองอัตราการไหลที่แม่นยำกว่าการใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝน [8]

การจำลองของ URBS เริ่มจากการแบ่งลุ่มน้ำออกเป็นลุ่มน้ำย่อย (sub-catchments) แล้วประเมินฝนส่วนเกิน (excess rainfall) โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ซึมน้ำได้ (pervious areas) ใช้แบบจำลอง Initial Loss-Proportional Runoff ($IL - PR$) ในการหาค่าการสูญเสียเริ่มต้น (IL) และคำนวณสัดส่วนน้ำท่าจากฝนส่วนเกิน (PR) พื้นที่ที่บดน้ำ (impervious areas) ใช้แนวคิด Effective Impervious Area (f_{eff}) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่บดน้ำที่มีการไหลจริงโดยทั่วไปควรอยู่ในช่วง 0.7 - 0.9 ของพื้นที่ที่บดน้ำทั้งหมด [9] ปริมาณฝนส่วนเกินรวมในแต่ละช่วงเวลา (R_t) คำนวณจากสมการ

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

โดยที่ C_{imp} คือ สัมประสิทธิ์การไหลบ่าของพื้นที่ที่บดน้ำ (ปกติให้ค่าเท่ากับ 1) เมื่อได้ฝนส่วนเกินแล้ว URBS จะจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำในลุ่มน้ำ (catchment routing) และลำน้ำ (channel routing) ดังสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

$$S_{catch} = \beta \cdot \sqrt{A \cdot Q^m} \quad (2)$$

$$S_{chnl} = \alpha \cdot L \cdot (xQ_u + (1-x)Q_d) \quad (3)$$

โดยที่ α คือ พารามิเตอร์แสดง channel lag, β คือ พารามิเตอร์แสดง catchment lag, m คือ พารามิเตอร์แสดงการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของพื้นที่ลุ่มน้ำ, x คือ พารามิเตอร์ของวิธี Muskingum, IL คือ ค่าการสูญเสีย

เริ่มต้น, PR คือ สัดส่วนน้ำท่าที่เกิดจากฝนส่วนเกิน และ IF คือ การซึมผ่านสูงสุดของดิน ค่าของ m และ x มักมีค่าคงที่อยู่ที่ 0.8 ส่วนพารามิเตอร์อื่น ได้แก่ α, β, IL, PR และ IF จำเป็นต้องผ่านกระบวนการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ ด้วยข้อมูลน้ำท่าจริงของกลุ่มน้ำที่ศึกษา [10] ในการศึกษาจะให้ค่า IL เป็นศูนย์ เนื่องจากเหตุการณ์ที่ใช้ในการศึกษาเป็นเหตุการณ์ที่มีปริมาณน้ำมาก จึงมีสมมุติฐานว่าไม่มีการสูญเสียเริ่มต้น

2.3 การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

การสอบเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) เป็นกระบวนการปรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองให้สอดคล้องกับข้อมูลจริงมากที่สุด ส่วนการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Model Verification) เป็นการทดสอบความสามารถของแบบจำลองหลังจากทำการสอบเทียบแล้ว เพื่อประเมินว่าแบบจำลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่นๆ ได้อย่างแม่นยำหรือไม่ [8] โดยการศึกษาในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองจะใช้ค่าสถิติ 3 ประเภท เพื่อเป็นดัชนีในการตัดสินใจ คือ 1) Root Mean Square Error (RMSE) สำหรับใช้ประเมินความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าจริง 2) Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) สำหรับใช้ประเมินความแม่นยำพารามิเตอร์ของแบบจำลอง [11] 3) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) สำหรับใช้ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากการตรวจวัดและข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{m,i} - Q_{c,i})^2}{N}} \quad (4)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{m,i} - Q_{c,i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{m,i} - \bar{Q}_m)^2} \quad (5)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{m,i} - \bar{Q}_m)(Q_{c,i} - \bar{Q}_c)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_{m,i} - \bar{Q}_m)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_{c,i} - \bar{Q}_c)^2}} \quad (6)$$

โดยที่ $RMSE$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง, $Q_{m,i}$ คือ ปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จริงช่วงเวลา i , $Q_{c,i}$ คือ ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองช่วงเวลา i , $\bar{Q}_m$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จริง, $\bar{Q}_c$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง, N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด [1]

สำหรับเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพที่สอดคล้องกับดัชนีสถิติ NSE และค่า r แสดงในตารางที่ 1 โดยเกณฑ์ที่แสดงประสิทธิภาพของการจำลองระดับพอใช้ถึงระดับดีมากของค่า NSE และค่า r มีค่าระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 ในขณะที่ค่า RMSE ต้องมีค่าเข้าใกล้ศูนย์เพื่อแสดงถึงความคลาดเคลื่อนที่น้อยระหว่างค่าจำลองและค่าจริง

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของค่า NSE และค่า r

NSE	r	ประสิทธิภาพ
0.75 – 1.00	0.90 – 1.00	ดีมาก
0.65 – 0.75	0.70 – 0.90	ดี
0.50 – 0.65	0.50 – 0.70	พอใช้
< 0.50	< 0.50	ไม่ดี

3. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่ในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย มีพื้นที่ประมาณ 13,122 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมลุ่มน้ำสาขาจำนวน 10 สาขา (ไม่รวมเกาะ) ได้แก่ ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก (ลุ่มน้ำสาขา 1), ลุ่มน้ำคลองใหญ่, ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก (ลุ่มน้ำสาขา 2), ลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์, ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก (ลุ่มน้ำสาขา 3), ลุ่มน้ำคลองโดนด, ลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี, ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก (ลุ่มน้ำสาขา 4), ลุ่มน้ำแม่น้ำเมืองตราด และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก (ลุ่มน้ำสาขา 5) และครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด [12] ดังแสดงในรูปที่ 1 พื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกส่วนใหญ่มีสภาพภูมิประเทศเป็นแนวเทือกเขาทอดตัวตามแนวเหนือ-ใต้ สลับกับพื้นที่ราบ และมีแนวเขาทอดยาวตลอดแนวฝั่งตะวันออกของลุ่มน้ำ มีชุมชนขนาดใหญ่จำนวนมาก พื้นที่เกษตรกรรมซึ่งมีการปลูกพืชเศรษฐกิจสำคัญ รวมทั้งพื้นที่อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) สำหรับสภาพการเกิดน้ำท่วมในลุ่มน้ำ แบ่งออกได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ น้ำท่วมที่เกิดในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนและลำน้ำสาขา ซึ่งมักเกิดจากฝนตกหนักติดต่อกันเป็นเวลานาน ส่งผลให้น้ำป่าไหลหลากลงสู่ลำน้ำสายหลักจนระบายไม่ทัน และน้ำท่วมในพื้นที่ราบลุ่มที่มีข้อจำกัดด้านการระบายน้ำ รวมถึงได้รับผลกระทบจากน้ำทะเลหนุน จากลักษณะการเกิดน้ำท่วมดังกล่าวทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกมีทั้งน้ำท่วมระยะสั้น ซึ่งส่วนใหญ่เกิดบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง และน้ำท่วมระยะยาวในพื้นที่ราบลุ่ม ทั้งสองลักษณะล้วนก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงทั้งด้านทรัพย์สินของประชาชน เศรษฐกิจ การเกษตร อุตสาหกรรม และที่สำคัญคือ ผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่และความปลอดภัยของประชาชนในพื้นที่

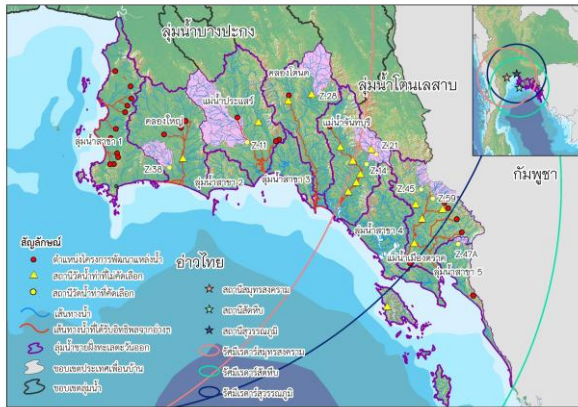
4. การรวบรวมข้อมูล

4.1 ข้อมูลปริมาณฝนเรดาร์

ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนเรดาร์คอมโพสิตรายชั่วโมงระหว่างสถานีเรดาร์สี่หีบ เรดาร์สมุทรสงคราม และเรดาร์สุวรรณภูมิซึ่งได้รับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากสถานีวัดน้ำฝนด้วยวิธี Bias Adjustment เรียบร้อยแล้วจากแอปพลิเคชัน Radar4Flood [13] ผ่านเว็บไซต์ www.radar4flood.eng.ku.ac.th โดยมีช่วงเวลาของข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 – 2566 และมีขนาดของพื้นที่ครอบคลุมลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ดังแสดงในรูปที่ 1

4.2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายชั่วโมงจากสถานีตรวจวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของกรมชลประทาน จำนวน 23 สถานี (รวมพื้นที่เกาะ) ดังแสดงในรูปที่ 1 จากนั้นทำการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าที่มีข้อมูลการตรวจวัดสม่ำเสมอในช่วงเวลาเดียวกันกับข้อมูลเรดาร์ โดยให้ความสำคัญกับข้อมูลจากสถานีวัดน้ำท่าที่ไม่ได้รับผลกระทบจากโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเป็นลำดับแรก นอกจากนั้นแล้วได้พิจารณาการกระจายตัวของที่ตั้งสถานีครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกและมีขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของสถานีวัดน้ำท่าครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กถึงพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ จากการพิจารณาข้อมูลพบว่าสถานีวัดน้ำท่าที่เหมาะสมมีจำนวนทั้งสิ้น 6 สถานี ได้แก่ Z.14, Z.21, Z.28, Z.45, Z.47A และสถานี Z.11 ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 สภาพภูมิประเทศ และสถานีวัดน้ำท่าที่คัดเลือกในกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

4.3 ข้อมูลด้านกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ข้อมูลด้านกายภาพ ประกอบด้วยแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 ครอบคลุมลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก สำหรับใช้วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ อันประกอบด้วยขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ความยาวลำน้ำสายหลัก (L) ความยาวลำน้ำสายหลักจากจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำถึงจุดออก (L_c) และความชันของลำน้ำสายหลัก (S) ขุดของพารามิเตอร์กายภาพลุ่มน้ำสำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่าจะถูกนำไปพัฒนาความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS ที่เหมาะสมต่อไป

5. วิธีการศึกษา

5.1 คัดเลือกเหตุการณ์สำหรับการจำลองน้ำท่า

จากการคัดเลือกและรวบรวมข้อมูลน้ำท่าจากสถานีจำนวน 6 สถานี และข้อมูลฝนเรตารายชั่วโมงในช่วงปี พ.ศ. 2561–2566 โดยได้ทำการคัดเลือกข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่าแบบเหตุการณ์เดี่ยว (Single Event) จำนวน 3 เหตุการณ์ ขนาดใหญ่สำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่า ในช่วงฤดูฝนที่มีข้อมูลต่อเนื่องสมบูรณ์ สอดคล้องกับข้อมูลน้ำฝนเรตาร์ ซึ่งแบ่งเป็นเหตุการณ์สำหรับสอบเทียบแบบจำลองจำนวน 1 เหตุการณ์ และตรวจพิสูจน์แบบจำลองจำนวน 2 เหตุการณ์ และคัดเลือกจากเหตุการณ์น้ำท่ามากที่สุดของแต่ละสถานี ดังแสดงรายละเอียดของเหตุการณ์น้ำท่าของแต่ละสถานีแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เหตุการณ์น้ำท่าที่ใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

สถานี	เหตุการณ์ สอบเทียบ	เหตุการณ์ ตรวจพิสูจน์ 1	เหตุการณ์ ตรวจพิสูจน์ 2
Z.11	2/10/2565 10:00	6/9/2565 00:00	20/7/2565 11:00
	–	–	–
	9/10/2565 02:00	11/9/2565 23:00	24/7/2565 22:00
Z.14	14/9/2566 17:00	18/9/2563 18:00	24/9/2564 20:00
	–	–	–
	17/9/2566 12:00	21/9/2563 17:00	28/9/2564 13:00
Z.21	10/8/2565 06:00	21/8/2565 07:00	30/8/2565 06:00
	–	–	–
	11/8/2565 12:00	23/8/2565 06:00	1/9/2565 19:00
Z.28	4/10/2566 03:00	6/9/2565 12:00	20/7/2565 11:00
	–	–	–
	7/10/2566 23:00	11/9/2565 06:00	23/7/2565 14:00
Z.45	10/10/2564 20:00	14/10/2564 21:00	20/7/2565 09:00
	–	–	–
	12/10/2564 05:00	16/10/2564 13:00	21/7/2565 14:00

สถานี	เหตุการณ์ สอบเทียบ	เหตุการณ์ ตรวจพิสูจน์ 1	เหตุการณ์ ตรวจพิสูจน์ 2
Z.47A	5/9/2566 04:00	26/9/2565 10:00	2/10/2563 00:00
	–	–	–
	6/9/2565 18:00	28/9/2565 23:00	3/10/2563 13:00

5.2 การสร้างข้อมูลด้านเข้าแบบจำลอง

5.2.1 แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

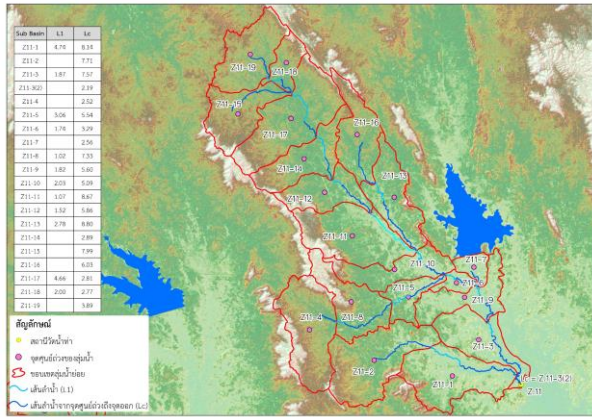
การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำที่เหมาะสมช่วยให้แบบจำลอง URBS มีความแม่นยำเพิ่มขึ้น โดยจากการศึกษาพบว่า การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเฉลี่ยประมาณ 7%–12% ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดจะให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด [8] ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของทั้ง 6 สถานี ดังแสดงข้อมูลรายละเอียดในตารางที่ 3 จากกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำที่แตกต่างกันโดยมีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำรวมของทั้ง 6 สถานีอยู่ในช่วง 22.24 – 663.63 ตร.กม. สามารถแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยได้มีขนาดและจำนวนลุ่มน้ำที่แตกต่างกัน โดยมีจำนวนลุ่มน้ำย่อยในช่วงระหว่าง 6 – 19 ลุ่มน้ำย่อย มีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเฉลี่ยในช่วง 2.02 – 35.31 ตร.กม. และมีสัดส่วนของลุ่มน้ำย่อยระหว่าง 5.26% – 16.67% นอกจากนี้ได้วิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะทางกายภาพของลุ่มน้ำแต่ละสถานี เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาสมการความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง URBS ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยคุณลักษณะดังกล่าวประกอบด้วย A ของแต่ละสถานี มีค่าระหว่าง 22.24 – 663.63 ตารางกิโลเมตร L มีค่าระหว่าง 13.19 – 74.55 กิโลเมตร L_c มีค่าระหว่าง 7.19 – 40.47 กิโลเมตร S มีค่าระหว่าง 0.001 – 0.011 สำหรับตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ของสถานี Z.11 และ Z.14 แสดงในรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ข้อมูลการแบ่งลุ่มน้ำย่อยทั้ง 6 สถานี

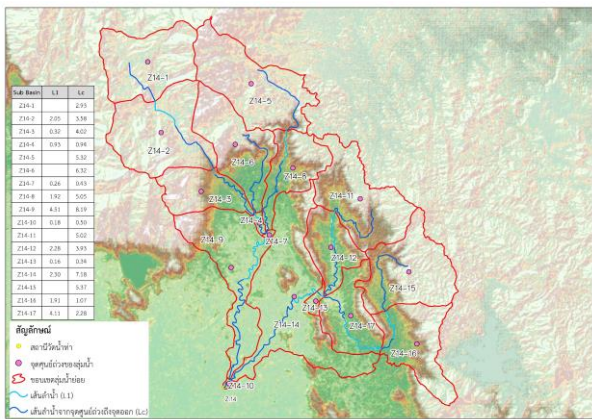
ลำดับ	สถานี	จำนวน ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ลุ่มน้ำ รวม (ตร.กม.)	พื้นที่ลุ่ม น้ำย่อยเฉลี่ย (ตร.กม.)	สัดส่วนลุ่ม น้ำย่อยเฉลี่ย (%)
1	Z.11	19	663.63	34.93	5.26
2	Z.14	17	203.04	11.94	5.88
3	Z.21	6	65.80	10.97	16.67
4	Z.28	7	282.45	35.31	12.50
5	Z.45	10	59.52	5.95	10.00
6	Z.47A	11	22.24	2.02	9.09

ตารางที่ 4 คุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำที่ใช้สร้างความสัมพันธ์

ลำดับ	สถานี	A (ตร.กม.)	L (กม.)	L_c (กม.)	S
1	Z.11	663.63	74.55	40.47	0.001
2	Z.14	223.12	32.24	15.23	0.011
3	Z.21	72.94	19.05	12.54	0.009
4	Z.28	282.45	43.40	24.64	0.002
5	Z.45	59.52	20.15	10.57	0.011
6	Z.47A	22.24	13.19	7.19	0.003



รูปที่ 2 การแบ่งลุ่มน้ำย่อยสถานี Z.11



รูปที่ 3 การแบ่งลุ่มน้ำย่อยสถานี Z.14

5.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนเรตาร์เฉลี่ยของลุ่มน้ำย่อย

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฝนเรตาร์เฉลี่ยของลุ่มน้ำย่อย ในการศึกษานี้ เลือกใช้วิธีการเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ โดยนำค่าปริมาณฝนจากแต่ละพิกเซลที่อยู่ในขอบเขตของแต่ละลุ่มน้ำย่อยมาเฉลี่ย สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (7)

$$R_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (7)$$

โดยที่ R_{avg} คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยของลุ่มน้ำย่อย, R_i คือ ปริมาณฝนที่พิกเซล i และ n คือ จำนวนพิกเซลที่อยู่ในขอบเขตของลุ่มน้ำย่อย ปริมาณฝนเรตาร์แสดงปริมาณฝนในพิกเซลขนาด 600x600 ม. เมื่อนำข้อมูลปริมาณฝนเรตาร์ที่ได้มาเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์แล้วนั้น ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยจะเป็นข้อมูลปริมาณฝนเรตาร์เฉลี่ย ซึ่งในแต่ละลุ่มน้ำย่อยจะมีข้อมูลฝนเพียงค่าเดียวสำหรับแต่ละชั่วโมง

5.3 สอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

ในการศึกษานี้ ได้ดำเนินการสอบเทียบแบบจำลอง URBS กับข้อมูลน้ำท่าของแต่ละสถานี ทั้ง 6 สถานี ซึ่งสอบเทียบด้วยการปรับพารามิเตอร์จำนวน 50,625 ชุด โดยเลือกชุดพารามิเตอร์ที่ให้ค่า RMSE น้อยที่สุด และหลังจากสอบเทียบเสร็จสิ้นแล้ว จึงทำการตรวจพิสูจน์แบบจำลองโดยใช้ข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่าสถานีละ 2 เหตุการณ์ โดยใช้ค่า RMSE และ NSE เป็นดัชนีในการตัดสินใจ หลังจากนั้นจึงทดลองนำค่าพารามิเตอร์ของแต่ละเหตุการณ์มาหาค่าเฉลี่ยและนำไปทดสอบกับเหตุการณ์ที่ใช้สอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองอีกครั้ง

แล้วนำค่า NSE ทั้ง 4 กรณีมาเฉลี่ย โดยพารามิเตอร์ชุดที่ให้ค่า NSE เฉลี่ยสูงที่สุด จะถูกเลือกเป็นพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของสถานีนั้นๆ

5.4 การพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำ และพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS

การพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำ และพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS โดยใช้สถานีวัดน้ำท่า จำนวน 6 สถานี เพื่อใช้ในการพัฒนาความสัมพันธ์ ซึ่งสถานีที่ใช้ในการพัฒนาสมการดังกล่าว ได้แก่ สถานี Z.11, Z.14, Z.21, Z.28, Z.45 และ Z.47A ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยสถานีที่ใช้ในการพัฒนาความสัมพันธ์ถูกเลือกโดยคำนึงถึงขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่มีความหลากหลาย ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ รวมถึงลักษณะเชิงพื้นที่ที่มีการกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก เพื่อให้ได้สมการที่สามารถนำไปใช้ประเมินค่าพารามิเตอร์ของลุ่มน้ำที่ไม่มีข้อมูลน้ำท่าได้อย่างเหมาะสมและแม่นยำมากที่สุด การพัฒนาสมการความสัมพันธ์ จะใช้ความสัมพันธ์ 2 รูปแบบ ได้แก่ สมการความสัมพันธ์ถดถอยแบบเส้นตรงเชิงซ้อน (Multiple Linear Regression Equations) และสมการความสัมพันธ์ถดถอยแบบยกกำลังเชิงซ้อน (Multiple Power Regression Equations) เพื่อให้ได้สมการที่ดีที่สุดสำหรับนำไปใช้ในการจำลองปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัด โดยสมการที่เลือกจะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่มีค่าสูงที่สุดเป็นหลัก



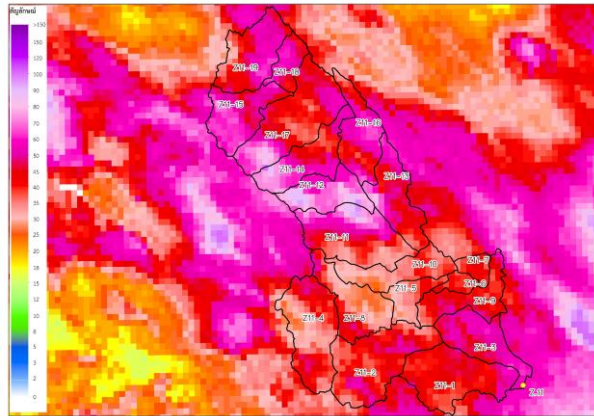
รูปที่ 4 สถานีที่ใช้ในการสร้างความสัมพันธ์

6. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

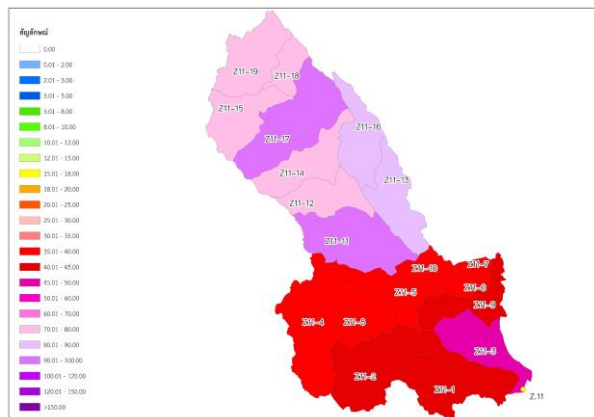
6.1 ผลการประเมินปริมาณน้ำฝนเรตาร์ลงสู่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

การประเมินปริมาณน้ำฝนเรตาร์เฉลี่ยในระดับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย สามารถทำได้โดยใช้วิธีการเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ ตามสมการที่ (7) โดยสามารถแสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนเรตาร์สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือสถานี Z.11 ในรูปที่ 5 และ 6 โดยปริมาณฝนเชิงพื้นที่แบบกริดของสถานี Z.11 จะถูกประเมินก่อนในลำดับแรก ดังแสดงตัวอย่างเหตุการณ์ฝนสะสมตั้งแต่วันที่ 2 ตุลาคม 2565 เวลา 10.00 น. ถึงวันที่ 9 ตุลาคม 2565 เวลา 02.00 น. ดังรูปที่ 5 ซึ่งพบว่าปริมาณฝนมีการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ในระดับสูงชันแปรตั้งแต่ 26 - 102 มม. จากนั้นข้อมูลปริมาณฝนเรตาร์แบบกริดดังกล่าวถูกนำไปวิเคราะห์เป็นปริมาณฝนเฉลี่ยรายลุ่มน้ำย่อยในลำดับต่อมา ดังแสดงผลการศึกษาในรูปที่ 6 ซึ่งสะท้อนให้เห็นการผันแปรของปริมาณฝนรายลุ่มน้ำย่อยมีค่าระหว่าง 35.50 - 92.80 มม. ผลการศึกษาดังกล่าว

รายลุ่มน้ำย่อยดังกล่าวจะถูกนำเข้าสู่แบบจำลอง URBS เพื่อจำลองน้ำท่าในแต่ละเหตุการณ์สำหรับทุกสถานีทั้ง 6 สถานีต่อไป



รูปที่ 5 ปริมาณฝนเรตเตอร์สถานี Z.11
(ปริมาณฝนสะสม 2/10/2565 10:00 ถึง 9/10/2565 02:00)



รูปที่ 6 ปริมาณฝนเรตเตอร์เฉลี่ยในลุ่มน้ำย่อยสถานี Z.11
(ปริมาณฝนสะสม 2/10/2565 10:00 ถึง 9/10/2565 02:00)

6.2 ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

จากผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS โดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 6 สถานี พบว่ากราฟน้ำท่าจากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดของแต่ละสถานี โดยมีค่า RMSE อยู่ในช่วง 4.19 – 41.8 ลบ.ม./วินาที และค่า NSE เฉลี่ยของทุกสถานีอยู่ในช่วง 0.66 – 0.81 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีถึงดีมาก ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS ที่ดีที่สุดของแต่ละสถานีแสดงไว้ในตารางที่ 6 ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีและยอมรับได้ของแบบจำลอง และยังพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแบบจำลอง URBS มีการแปรผันแตกต่างกันในแต่ละสถานี โดยมีค่า α อยู่ระหว่าง 0.10 – 0.90 ค่า β อยู่ระหว่าง 1.33 – 4.00 ค่า PR อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.50 และค่า IF อยู่ระหว่าง 100 – 2000 สะท้อนให้เห็นลักษณะเฉพาะของแต่ละสถานีที่มีผลต่อพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยแสดงกราฟเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดและข้อมูลน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองของสถานี Z.14 และ Z.45 ดังรูปที่ 7 – 8

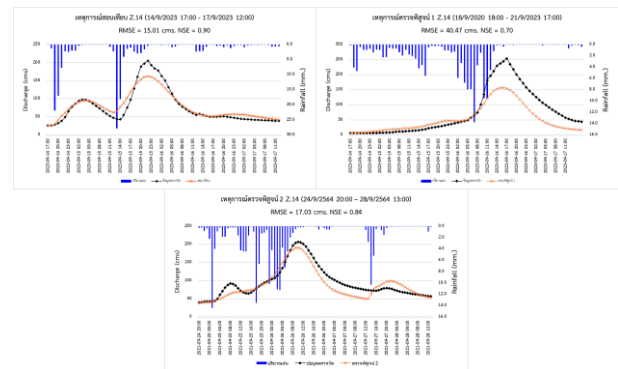
ตารางที่ 5 ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

สถานี	สอบเทียบ		ตรวจพิสูจน์ 1		ตรวจพิสูจน์ 2		NSE เฉลี่ย
	RMSE [*]	NSE	RMSE [*]	NSE	RMSE [*]	NSE	
Z.11	9.83	0.64	41.80	0.74	16.83	0.79	0.72
Z.14	15.01	0.90	40.47	0.70	17.03	0.84	0.81
Z.21	7.35	0.93	16.44	0.74	14.73	0.71	0.79
Z.28	10.51	0.69	18.97	0.72	11.66	0.58	0.66
Z.45	12.65	0.73	30.98	0.77	10.29	0.76	0.75
Z.47A	6.05	0.81	8.04	0.55	4.19	0.88	0.75

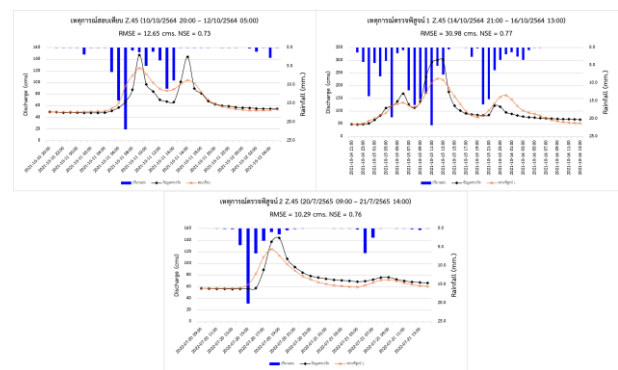
*หน่วยเป็น ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 6 พารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS ที่ได้จากการสอบเทียบ

ลำดับ	สถานี	α	β	PR	IF
1	Z.11	0.70	4.00	0.42	1100
2	Z.14	0.40	2.00	0.20	200
3	Z.21	0.10	3.00	0.50	1800
4	Z.28	0.90	2.00	0.34	2000
5	Z.45	0.23	1.33	0.47	100
6	Z.47A	0.43	2.00	0.38	1233



รูปที่ 7 ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองสถานี Z.14



รูปที่ 8 ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองสถานี Z.45

6.3 ผลการพัฒนาความสัมพันธ์สำหรับการประเมินพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS

จากการพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะเฉพาะของกลุ่มน้ำกับพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS โดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 6 สถานี มาทำการวิเคราะห์และพัฒนาความสัมพันธ์ พบว่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS มีความสัมพันธ์ที่ดีมากกับค่าคุณลักษณะเฉพาะของกลุ่มน้ำได้ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของสมการความสัมพันธ์ถดถอย

แบบเส้นตรงเชิงซ้อนอยู่ระหว่าง 0.77 – 0.98 แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ที่สูงถึงสูงมาก และสมการความสัมพันธ์ถดถอยแบบยกกำลังเชิงซ้อนอยู่ระหว่าง 0.80 – 0.98 แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ที่สูงถึงสูงมากเช่นกัน แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมการความสัมพันธ์

ลำดับ	พารามิเตอร์	Multiple Linear	Multiple Power
		r	r
1	α	0.97	0.96
2	β	0.98	0.80
3	PR	0.77	0.96
4	IF	0.92	0.98

จากตารางที่ 6 พบว่าสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประเมินพารามิเตอร์แต่ละตัวของแบบจำลอง URBS ในพื้นที่ศึกษามิดังนี้

$$\alpha = -0.121 - (0.006 \times A) + (0.11 \times L) - (0.085 \times Lc) - (47.354 \times S) \quad (8)$$

$$\beta = 4.498 + (0.026 \times A) - (0.464 \times L) + (0.412 \times Lc) + (27.737 \times S) \quad (9)$$

$$PR = 0.311 \times (A^{-1.808} L^{0.768} Lc^{3.079} S^{0.388}) \quad (10)$$

$$IF = 87333.321 \times (A^{5.702} L^{-16.906} Lc^{4.214} S^{-2.298}) \quad (11)$$

ในการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวที่พัฒนาขึ้นต่อการประเมินน้ำท่าหรือน้ำท่วมในลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานี สามารถทำได้โดยการแทนค่าคุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำได้แก่ A , L , Lc และ S ในลุ่มน้ำที่พิจารณา ลงไปในสมการที่ (8) ถึง (11) เพื่อประเมินค่าพารามิเตอร์ α , β , PR และ IF ตามลำดับ จากนั้นนำพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ใช้เป็นตัวแทนของลุ่มน้ำที่พิจารณาในการจำลองน้ำท่าหรือน้ำท่วม อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยลำดับถัดไป มีความเหมาะสมที่จะต้องนำความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นไปตรวจพิสูจน์ประสิทธิภาพกับลุ่มน้ำที่มีสถานีวัดน้ำท่าอื่นในลุ่มน้ำเดียวกัน เสมือนเป็นลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า (Pseudo Ungauged Catchments) เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นของความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้น

7. สรุปผลการศึกษา

1) พารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS ที่เหมาะสมกับการจำลองเหตุการณ์น้ำท่ารายชั่วโมงสำหรับลุ่มน้ำที่มีสถานีตรวจวัด (Gauged Catchment) ต่างๆ ในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ที่ได้จากกระบวนการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง มีค่าพารามิเตอร์ α มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10 – 0.90 พารามิเตอร์ β มีค่าอยู่ระหว่าง 1.33 – 4.00 พารามิเตอร์ PR มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.50 และพารามิเตอร์ IF มีค่าอยู่ระหว่าง 100 – 2000 โดยการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมทางอุทกวิทยา ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่และเวลาของปริมาณน้ำฝน รวมถึงค่าคุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำนั้นๆ ที่พิจารณา

2) พารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS มีความสัมพันธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากกับค่าคุณลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำ 4 ประเภทคือ A , L , Lc และ S โดยรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ในการประเมินค่าพารามิเตอร์ β เป็นสมการความสัมพันธ์ถดถอยแบบเส้นตรงเชิงซ้อน และ PR เป็นสมการความสัมพันธ์ถดถอยแบบยกกำลังเชิงซ้อน

ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ เปี่ยมศิริ (2562) อย่างไรก็ตามรูปแบบความสัมพันธ์ในการประเมินพารามิเตอร์ α และ IF มีความแตกต่างกับผลการศึกษาดังกล่าว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมทางอุทกวิทยาและจำนวนสถานีที่ใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ของแต่ละการศึกษาแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะต้องทดสอบรูปแบบสมการความสัมพันธ์ใหม่เสมอ เมื่อต้องการสร้างความสัมพันธ์เพื่อประยุกต์ใช้งานกับลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีตรวจวัดในลุ่มน้ำอื่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณแอปพลิเคชัน Radar4Flood ซึ่งพัฒนาโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้การสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปี 2564 ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลฝนเรดาร์คอมโพสิตรายชั่วโมงสำหรับการศึกษานี้ รวมทั้งขอขอบคุณกรมชลประทานที่ให้การสนับสนุนข้อมูลต่างๆ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการดำเนินการศึกษาวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

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. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 255 หน้า.
- [3] เปี่ยมศิริ มากสงขลา (2562). การประเมินปริมาณน้ำท่วมในลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีตรวจวัดสำหรับลุ่มน้ำลำภาชี. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ), บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] ศิษรินทร์ สกลนุรักษ์ และพรณิพิมพ์ พุทธรักษา มะเปี่ยม (2563). การเปรียบเทียบข้อมูลฝนเรดาร์เพื่อการจำลองน้ำท่วมฉับพลันในลุ่มน้ำห้วยมา จังหวัดระยอง. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 141 หน้า.
- [5] นุชนาถ จงดี และพรณิพิมพ์ พุทธรักษา มะเปี่ยม. (2565). ประสิทธิภาพของน้ำฝนสถานีและน้ำฝนเรดาร์ต่อความถูกต้องและความไม่แน่นอนในการจำลองน้ำท่า: กรณีศึกษา ลุ่มน้ำห้วยมา จังหวัดระยอง. *การประชุมวิชาการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 15*, นนทบุรี, 1 กรกฎาคม 2565.
- [6] เจนจิรา กลิ่นระรื่น และพรณิพิมพ์ พุทธรักษา มะเปี่ยม (2567). ผลกระทบของการใช้ข้อมูลฝนเรดาร์ร่วมกับการเพิ่มโครงข่ายลุ่มน้ำย่อยในแบบจำลอง URBS ต่อการจำลองน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน. *การประชุมวิชาการคณะกรรมการด้านวิชาการชลประทานและการระบายน้ำแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17*, 3 กรกฎาคม 2567, หน้า 199-212.
- [7] ฐรี อรุณศรี และ พรณิพิมพ์ พุทธรักษา มะเปี่ยม (2565). การประเมินฝนเรดาร์ด้วยเทคนิคเรดาร์คอมโพสิตระหว่างสถานีเรดาร์สัตหีบและเรดาร์ระยอง. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27*, เชียงราย, 24-26 สิงหาคม 2565, หน้า WRE07-1-WRE07-8.

- [8] Mapiam, P.P. and Chautsuk, S. (2018). Improving runoff estimates by increasing catchment subdivision complexity and resolution of rainfall data in the Upper Ping River Basin, Thailand. *CMU Journal of Natural Sciences*, 17(2), pp.127-143.
- [9] Boyd, M.J., Bufill, M.C., and Knee, R.M. (1993). Pervious and impervious runoff in urban catchments. *Hydrological Sciences Journal*, 38(6), pp.463-478.
- [10] Carroll, D.G. (2007). URBS: A Rainfall Runoff Routing Model for Flood Forecasting and Design. Version 4.30. D.G. Carroll, Brisbane, Australia, pp.1-174.
- [11] Bárdossy, A. (2007). Calibration of hydrological model parameters for ungauged catchments. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, pp.703-710.
- [12] สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (2566). แผนป้องกันและแก้ไข ภาวะน้ำท่วม ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก. สำนักงานทรัพยากรน้ำ แห่งชาติ, หน้า 2-1-2-25.
- [13] พรณพิมพ์ พุทธรักษา มะเปี่ยม และคณะ (2566). การพัฒนาระบบ คาดการณ์น้ำท่วมฉับพลันและดินถล่มด้วยข้อมูลฝนความละเอียดสูง จากเรดาร์. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนาการวิจัย การเกษตร (องค์การมหาชน), หน้า 1-123.
- [14] Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D. and Veith, T.L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), pp.885-900.
- [15] Mukaka, M.M. (2012). A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*, 24(3), pp.69-71.