การศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง

Study on Flood Forecasting in Lower Pasak River Basin

พีรชาญ์ ภาคเดช[1] จิระวัฒน์ กณะสุต[2] นภาพร เปี่ยมสง่า[3]

Preeracha Parkdeth[1] Jirawat Kanasut[2] Napaporn Piamsa-nga[3]

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์[1,2,3]

peerachar.tou@gmail.com[1], fengjwg@ku.ac.th[2], fengnpr@ku.ac.th[3]

บทคัดย่อ

การเกิดอุทกภัยที่รุนแรงของลุ่มน้ำป่าสักตอนล่างในปี พ.ศ. 2553 มีสาเหตุมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกสะสมติดต่อกันในหลายพื้นที่ ในช่วงเดือนตุลาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน ตามอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคใต้ตอนบน ภาคกลางและภาคตะวันออก และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้สถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์สูงกว่าระดับเก็บกักสูงสุด อีกทั้งสภาพน้ำในลำน้ำป่าสักด้านท้ายน้ำยังล้นตลิ่ง ประกอบกับมีน้ำจากคลองชัยนาท-ป่าสัก ไหลมาสมทบที่หน้าเขื่อนพระรามหก ทำให้ระดับน้ำหน้าเขื่อนและปริมาณน้ำสูง และเพื่อช่วยลดผลกระทบปริมาณน้ำและระดับน้ำที่หน้าเขื่อนพระรามหกจึงต้องระบาย ผ่านเขื่อนพระรามหกไปยังจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ส่งผลทำให้น้ำไหลล้นตลิ่งเข้าท่วมบ้านเรือนราษฎร พื้นการเกษตร และพื้นที่เศรษฐกิจ ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์และประเมินสภาพการไหลของน้ำหลากลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง โดยการจำลองสภาพการไหลในแม่น้ำป่าสักตอนล่างด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 ในการวิเคราะห์สภาพน้ำหลาก พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำ (Manning's n) ของลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง มีค่า เท่ากับ 0.025 และในการจัดทำแบบจำลองพยากรณ์น้ำ พบว่าฟังก์ชั่นที่ให้ความถูกต้องแม่นยำในการพยากรณ์น้ำดีที่สุดคือแบบ Triangular โดยการพยากรณ์น้ำ ณ วันที่ 23 – 30 ตุลาคม พ.ศ.2553 จะให้ผลการพยากรณ์น้ำล่วงหน้า 2 วัน 3 วัน และ 7 วัน ที่มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.05, 0.06 และ 0.06 เมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: การพยากรณ์น้ำท่วม, แบบจำลอง MIKE Flood, เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์

Abstract

The severe flooding of the Lower Pasak River basin was occurred in 2010 due to the continuous heavy rainfall from October to November because of the low-pressure trough and Eastern and the southwest monsoon. Consequently, the water level of the Pasak Jolasid reservoir was higher than the maximum pool level. Moreover, the downstream of the reservoir was flooded, and the large quantity of discharge in Chainat Pasak canal flows through Pasak river at the upstream of Rama VI Dam, so that, the upstream water level was high. Rama VI dam has to release excess water to Ayutthaya province to reduce the impact on the upstream water volume and water level. As a result, houses, agricultural areas, and economic areas were flooded. This study aims to analyze and estimate flood in Lower Pasak River Basin by using a mathematical model; MIKE11 to simulate flood discharge and flood water levels. It was found that the bed resistant's channel (Manning's n) of the Lower Pasak Basin river were 0.025. The most accuracy function was Triangular. It was used to forecast flood water levels during Time of Forecast (ToF) 23 – 30 October 2010 for 2 days, 3 days, and 7 days ahead. It returned average error of 0.05, 0.06 and 0.06 m, respectively.

Keywords: flood forecasting, MIKE Flood, Pasak Jolasid dam

1. บทนำ

การเกิดอุทกภัยที่รุนแรงของลุ่มน้ำป่าสักตอนล่างในปี พ.ศ. 2553 มีสาเหตุมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกสะสมติดต่อกันในหลายพื้นที่ ในช่วงเดือนตุลาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน ตามอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคใต้ตอนบน ภาคกลางและภาคตะวันออก และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้สถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์สูงกว่าระดับเก็บกักสูงสุด อีกทั้งสภาพน้ำในลำน้ำป่าสักด้านท้ายน้ำยังล้นตลิ่ง ประกอบกับมีน้ำจากคลองชัยนาท-ป่าสัก ไหลมาสมทบที่หน้าเขื่อนพระรามหก ทำให้ระดับน้ำหน้าเขื่อนและปริมาณน้ำสูงและวิกฤติ ส่งผลทำให้น้ำไหลล้นตลิ่งเข้าท่วมบ้านเรือนราษฎร พื้นการเกษตร และพื้นที่เศรษฐกิจ ซึ่งปัญหาดังกล่าวยังไม่มีการศึกษามากนัก จึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาถึงสภาพทางอุทกพลศาสตร์ของแม่น้ำป่าสักตอนล่าง เพื่อคาดการณ์แนวโน้มของการเกิดน้ำท่วมของลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง และสามารถใช้ประกอบการบริหารจัดการน้ำและเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพ สามารถช่วยบรรเทาและลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 ได้แก่

มุจลินทร์ ทันมา (2562) ได้ศึกษาแนวทางการพยากรณ์น้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11พื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง จังหวัดอุทัยธานี โดยทำการพยากรณ์ที่สถานีวัดน้ำท่า Ct.2A ในช่วงวันที่ 5-12 ตุลาคม 2554 พบว่า การพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้า 1 วัน จะมีความแม่นยำที่สุด โดยมีค่า RMSE เท่ากับ 0.02 เมตร และการพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้า 3 วัน มีค่า RMSE เท่ากับ 0.02 เมตร

สิทธิโชติ อาชวกิจโกศล (2562) ได้ศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมปีพ.ศ.2562 ที่จะเกิดขึ้นในลุ่มน้ำมูลตอนล่าง โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 พบว่า การพยากรณ์โดยพิจารณาว่าไม่มีฝนตก จะได้ผลการพยากรณ์ระดับน้ำ 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ที่ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.05 0.12 และ 0.19 เมตร ตามลำดับ โดยการพยากรณ์ระดับน้ำ 3 วัน มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งไม่เกิน 0.2 เมตร

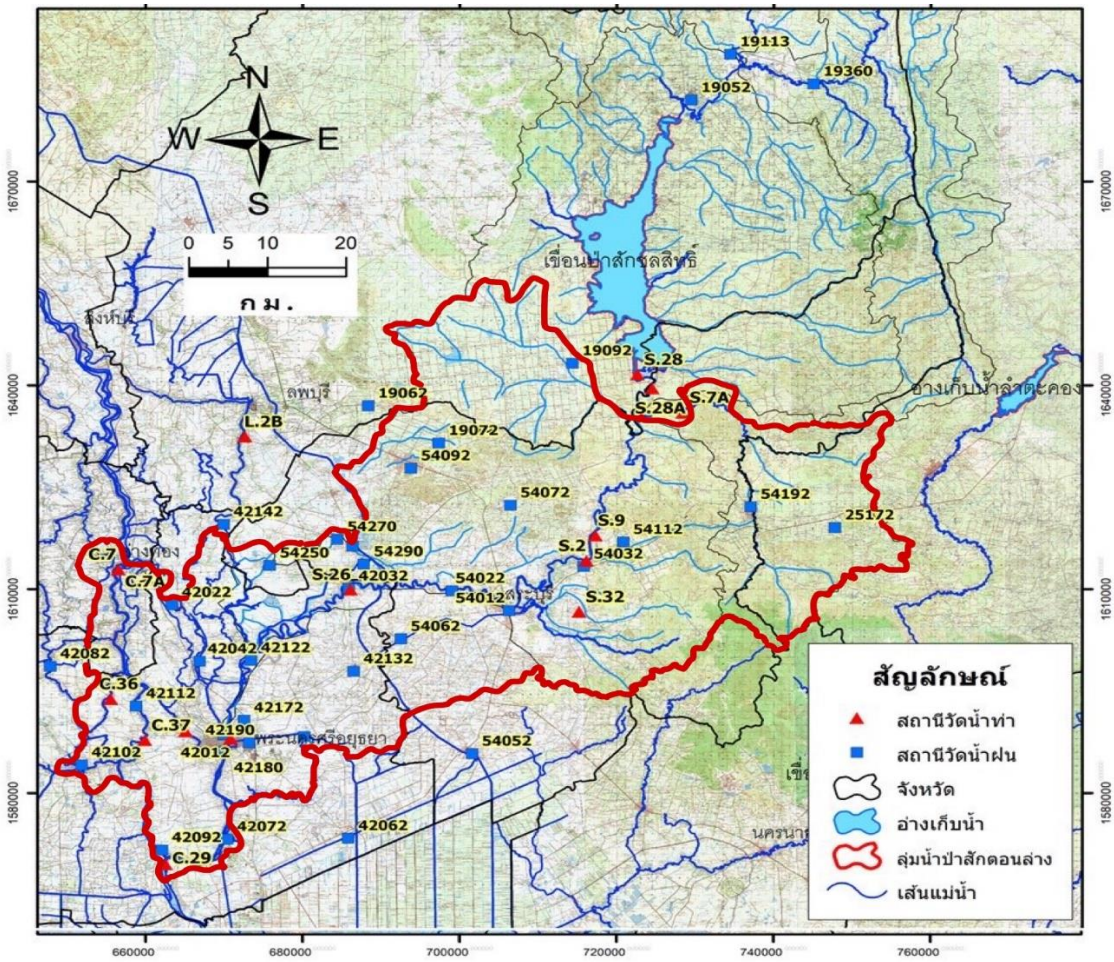
ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนล่างโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์สภาพการไหลหลากและพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้า โดยใช้ 3 แบบจำลองย่อยคือ 1.แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า 2.แบบจำลองสภาพการไหล 3.แบบจำลองพยากรณ์น้ำ

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์และประเมินสภาพการไหลของน้ำหลากลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง
2. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม

3. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง เริ่มตั้งแต่ ท้ายเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี ไปจนถึงจุดบรรจบแม่น้ำเจ้าพระยา อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่สถานีวัดน้ำท่า C.29 ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง

4. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

1. แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model)

เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่จำลองกระบวนการน้ำฝน-น้ำท่าที่เกิดขึ้นในระดับลุ่มน้ำ (Catchment) และเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลอง MIKE 11 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า สามารถประยุกต์ใช้งานได้ทั้งแบบอิสระหรือเป็นตัวแทนของหนึ่งหรือหลาย ๆ พื้นที่รับน้ำเพื่อสร้างการไหลเข้าลำน้ำสาขา สามารถใช้แบบจำลอง NAM สร้างพื้นที่รับน้ำเป็นพื้นที่เดียวหรือเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยหลายพื้นที่รับน้ำ และลำน้ำสาขาที่มีความซับซ้อน และร่องน้ำต่าง ๆ ภายในแบบจำลองเดียว

2. แบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Model)

แบบจำลอง MIKE 11 HD เป็นแบบจำลองเชิงกายภาพ (Physical Based Model) ใช้ข้อมูลทางกายภาพของลำน้ำเป็นข้อมูลหลัก แบบจำลองนี้จึงเหมือนกับการสร้างลำน้ำหรือแม่น้ำในเครื่องคอมพิวเตอร์ ให้มีสภาพเหมือนลำน้ำจริง เพื่อใช้คำนวณค่าระดับน้ำ (H หรือ h) และอัตราการไหลหรือปริมาณการไหล (Q) ในทุกตำแหน่งของลำน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีข้อมูลลักษณะของลำน้ำ

หลักการสำคัญในการคำนวณทางชลศาสตร์ของการไหลในลำน้ำมีทฤษฎีที่สำคัญสองข้อคือ 1) กฎทรงมวล โดยยึดหลักว่าด้วยการไม่สูญสลายหายไปของมวลน้ำ 2) กฎของแรงกระทำ ทั้งนี้หากมีแรงกระทำที่ไม่สมดุลก็จะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ดังนั้นจะเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \qquad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{A}\frac{\partial Q}{\partial x} + g\left(\frac{A}{B} - \frac{Q^2}{A^2}\right)\frac{\partial A}{\partial x} + gA(S_f - S_0) = 0 \qquad (2)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)
A คือ พื้นที่หน้าตัดของการไหล (ตร.ม.)
t คือ เวลา (วินาที)
X คือ ระยะทาง (เมตร)
B คือ ความกว้างของลำน้ำ (เมตร)
g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (เมตร/วินาที^{2})
S_f คือ ความลาดเอียงของเส้นพลังงาน
S_0 คือ ความลาดเอียงของพื้นคลอง

3. แบบจำลองพยากรณ์น้ำ (Flood Forecasting Model)

แบบจำลอง MIKE11-DA ใช้ในการพยากรณ์ โดยกำหนดช่วงเวลาในการพยากรณ์ (ToF ; Time of Forecast) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาที่จะต้องจัดเตรียมข้อมูล Real-Time โดยจะต้องแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา โดยยึดเวลา ToF เป็นตัวแบ่งได้แก่

1. Hindcast Period (ช่วงเวลาย้อนหลังเวลา) เป็นช่วงเวลาที่มีข้อมูลปริมาณน้ำฝน-น้ำท่าที่ตรวจสอบความถูกต้องจากสถานี และถ้าข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำและเชื่อถือได้ จะทำให้ผลของการพยากรณ์น้ำในช่วง Forecast Period มีความแม่นยำมากขึ้นไปด้วย

2. Forecast Period (ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำล่วงหน้า) เป็นช่วงเวลาที่แบบจำลองประมาณค่าขอบเขตของ ปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า และปริมาณการปล่อยน้ำจากเขื่อนต่างๆ ในช่วงเวลาที่พยากรณ์ล่วงหน้า โดยแบบจำลองจะนำค่าไปใช้แบบมีเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition)

ภาพที่ 2 ช่วงเวลาการพยากรณ์น้ำตามเวลาของ ToF

การพยากรณ์น้ำที่ถูกต้องและมีความเชื่อถือได้จะนำไปสู่การบริหารจัดการน้ำท่วม การเตือนภัยน้ำท่วม ณ เวลาปัจจุบัน (Real Time) ได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ โดยแบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Model) จะเป็นตัวหลักของการพยากรณ์น้ำ ซึ่งต้องใช้ข้อมูลต่างๆ ณ เวลาปัจจุบัน และข้อมูลคาดการณ์ล่วงหน้า โดยจะมีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์น้ำที่สามารถเกิดขึ้นจาก

(1) ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลก่อนเวลาที่จะทำการพยากรณ์

(2) ความคลาดเคลื่อนของการคำนวณในช่วงเวลาที่ทำการพยากรณ์

(3) ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง ซึ่งประกอบไปด้วย โครงสร้างของแบบจำลอง และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในแบบจำลอง

ซึ่งการกำหนดฟังก์ชั่นของการปรับค่าความคลาดเคลื่อน ณ ตำแหน่งที่มีการ Update process มีทั้งหมด 3 แบบ คือ

(1) แบบ Constant เป็นการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในตำแหน่งตรวจวัดจะเป็นการแก้ไขแบบกระจายกันอย่างสม่ำเสมอเท่ากันผ่านจุดระหว่าง จุด Lower และ จุด Upper

(2) แบบ Triangular เป็นการแก้ไขข้อผิดพลาดโดยจะเป็นการลดลงเชิงเส้นจากตำแหน่งวัดไปเป็น 0 ที่จุด Lower และจุด Upper คล้ายรูปสามเหลี่ยม และ

(3) แบบ Mixed exponential เป็นการแก้ไขข้อผิดพลาดโดยลดลงตามฟังก์ชั่นเลขชี้กำลังจากตำแหน่งการวัดไปเป็น Lower และ Upper chainage ถึง 0.01 เท่าของการแก้ไขในตำแหน่งตรวจวัด ซึ่งเป็นการปรับค่าก่อนที่จะทำการพยากรณ์

การกำหนดสมการในการพยากรณ์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองมีทั้งหมด 2 สมการคือ

1. Linear error forecasting model สมการที่ใช้ในการทำนายความคลาดเคลื่อน จะพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนที่เคยเกิดดังสมการ first order autoregressive error forecast model ต่อไปนี้

$$\varepsilon_k = a\varepsilon_{k-1} \qquad (3)$$

เมื่อ ε_k คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่คาดว่าจะเกิด

ε_{k-1} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เคยเกิด

a คือ ค่าสัมประสิทธิ์

2. Non-linear error forecasting model รูปแบบของสมการที่ใช้ในการทำนายความคลาดเคลื่อนที่ไม่ใช่สมการเชิงเส้น ได้แก่ พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง จะมีรูปแบบของสมการเป็นแบบ harmonic ดังต่อไปนี้

$$\varepsilon_k = a+b\cos\left(\frac{2\pi}{c}t+d\right)+e\cos\left(\frac{2\pi}{f}t+g\right) \qquad (4)$$

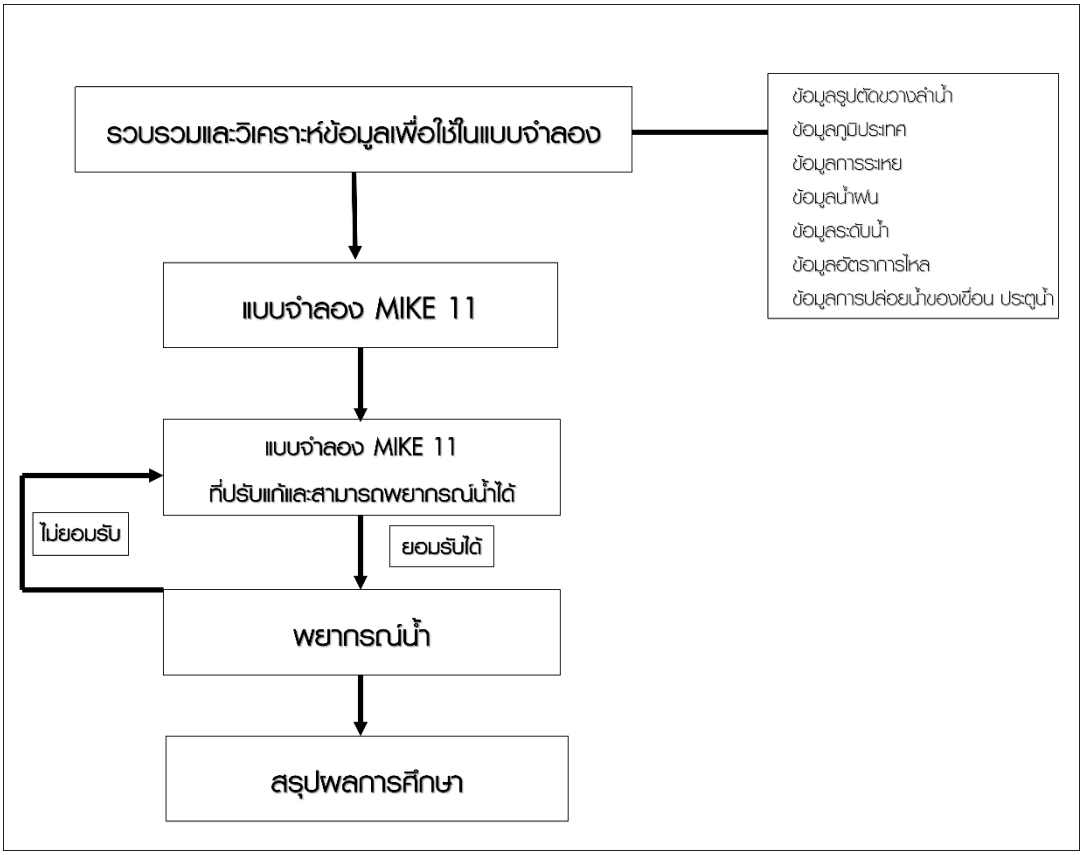
เมื่อ a, b, c, d, e, f และ g คือ ค่าสัมประสิทธิ์

t คือ เวลา

5. การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมเพื่อใช้ในการจัดทำ สอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง ประกอบด้วย ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง ข้อมูลรูปตัดลำน้ำป่าสัก ลำน้ำเจ้าพระยา ลำน้ำแม่น้ำน้อย ลำน้ำลพบุรี คลองชัยนาท-ป่าสัก คลองระพีพัฒน์ คลองบางแก้ว คลองบางบาลและคลองบางหลวง ข้อมูลการระเหย ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ข้อมูลระดับน้ำและปริมาณน้ำท่ารายวัน จากกรมชลประทาน

6. วิธีการศึกษา



ภาพที่ 3 แผนผังขั้นตอนและวิธีการศึกษา

6.1 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง

จัดทำแบบจำลองด้านชลศาสตร์และพยากรณ์น้ำหลากโดยใช้โปรแกรม MIKE 11 สำหรับพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองย่อย 3 แบบจำลอง ได้แก่ 1. แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model, RR) (MIKE 11 NAM) ใช้ในการแปลงปริมาณน้ำฝนที่ตกในลุ่มน้ำเป็นปริมาณน้ำท่า 2. แบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Model, HD) (MIKE 11 HD) ใช้ในการคำนวณการไหลของน้ำในลำน้ำ 3. แบบจำลองพยากรณ์น้ำ (Flood Forecasting Model หรือ Data Assimilation Model) (MIKE 11 DA) ใช้ในการพยากรณ์น้ำโดยมีขั้นตอนการปรับค่าด้วยข้อมูลตรวจวัดปัจจุบัน (Update Process)

- จัดทำแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model, RR) (MIKE 11 NAM)

1) คัดเลือกสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่าที่ใช้ในการสอบเทียบและตรวจสอบ ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆของพื้นที่ศึกษา จำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานีวัดน้ำท่า S.9 และสถานีวัดน้ำท่า C.36

2) คัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนที่มีข้อมูลต่อเนื่องถึงปัจจุบัน และที่ตั้งของสถานีกระจายครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆ

3) ทำการแบ่งขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยแล้ว ได้จัดทำ Thiessen Polygon ของสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำ สำหรับการสอบเทียบแบบจำลองสภาพการไหล

4) ทำการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง NAM ที่สถานีวัดน้ำท่า S.9 และ C.36 ซึ่งตั้งอยู่บริเวณลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง เพื่อหาพารามิเตอร์ของแบบจำลองสำหรับการประเมินอัตราการไหลจากลุ่มน้ำย่อยของแม่น้ำป่าสักตอนล่าง

- จัดแบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Model, MIKE 11 HD)

1) ทำการแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อยที่จะใช้ในการศึกษาสภาพการไหล ซึ่งจากการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจะได้ทั้งหมด 12 ลุ่มน้ำย่อย และกำหนดขอบเขตด้านเหนือน้ำ และด้านท้ายน้ำของโครงข่ายลำน้ำ เงื่อนไขด้านเหนือน้ำของแม่น้ำป่าสักเริ่มจากเขื่อนป่าสักฯบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยา จากนั้นแม่น้ำเจ้าพระยาเริ่มจาก C.7A ไปบรรจบที่ C.29 คลองชัยนาท-ป่าสักเริ่มจากปตร.เริงราง บรรจบที่แม่น้ำป่าสัก คลองระพีพัฒน์เริ่มจากแม่น้ำป่าสัก ท้ายน้ำใช้ปริมาณน้ำที่ ปตร.พระนารายณ์ แม่น้ำลพบุรีเริ่มจาก L.2B บรรจบกับแม่น้ำป่าสัก คลองบางแก้ว เริ่มจาก ปตร.บางแก้ว บรรจบแม่น้ำลพบุรี แม่น้ำน้อยเริ่มจาก ปตร.ผักไห่ บรรจบแม่น้ำเจ้าพระยา

2) แบบจำลองสภาพการไหลที่จัดทำขึ้นจะได้ทำการเชื่อมต่อกับแบบจำลอง NAM ที่ได้สอบเทียบไว้แล้ว เพื่อให้ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ไหลลงสู่ลำน้ำ โดยปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จะเชื่อมต่อเข้ากับแบบจำลองสภาพการไหล ณ ตำแหน่งหน้าตัดลำน้ำของแม่น้ำป่าสักและแม่น้ำเจ้าพระยา

3) ทำการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหลที่จุดพิจารณาต่าง ๆ สถานีวัดน้ำท่า S.5 และสถานีวัดน้ำท่า C.36

- แบบจำลองพยากรณ์น้ำ (Flood Forecasting Model)

1) การพยากรณ์ระดับน้ำในแม่น้ำป่าสักในช่วงที่ทำการศึกษา ใช้ข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลในช่วงเวลาก่อนและหลังเวลาที่จะทำการพยากรณ์ โดยข้อมูลก่อนการพยากรณ์จะเป็นข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ของกรมชลประทานและระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัดที่เขื่อนป่าสัก ในขณะที่ข้อมูลหลังเวลาที่ทำการพยากรณ์จะเป็นข้อมูลจากการพยากรณ์น้ำ

2) การปรับค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองการพยากรณ์น้ำโดยใช้จุด Update ด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของสถานีวัดน้ำท่า S.5 และสถานีวัดน้ำท่า C.36 ในช่วงวันที่ระหว่างวันที่ 23 ตุลาคม 2553 ถึงวันที่ 30 ตุลาคม 2553 ทั้งในช่วงของการปรับค่าความคลาดเคลื่อนก่อนการปรับ 7 วัน และในช่วงของการปรับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการปรับ 7 วัน ใช้สมการ linear error forecasting model มาประกอบการปรับค่าระดับน้ำ (update process)

3) ตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์น้ำ โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาฟังก์ชั่นของแบบจำลองพยากรณ์น้ำ ทั้งหมดจำนวน 3 แบบ คือ 1.แบบ Constant 2.แบบ Triangular และ 3.แบบ Mixed exponential

2. ศึกษาตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์ระดับน้ำ

6.2 เกณฑ์การตัดสินสอบเทียบแบบจำลอง

ในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองนั้น จะเป็นการหาความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดของสถานีวัดน้ำท่า สำหรับในการศึกษานี้ได้ใช้ค่าทางสถิติที่นำมาวิเคราะห์การเข้ากันได้ของข้อมูลทั้งสอง มีทั้งหมด 3 ตัวแปร คือ Correlation Coefficient (r), Root Mean Square Error (RMSE) และ Water Balance Error (WBL)

1) Correlation Coefficient (r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N}(Q_{oi}-\overline{Q_o})^2 - \sum_{i=1}^{N}(Q_{ci}-\overline{Q_c})^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(Q_{oi}-\overline{Q_o})^2 - \sum_{i=1}^{N}(Q_{ci}-\overline{Q_c})^2}} \quad (5)$$

2) Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Q_{oi}-\overline{Q_{ci}})^2} \quad (6)$$

3) Water Balance Error (WBL)

$$WBL = \frac{\sum_{i=1}^{N} Q_{ci} - \sum_{i=1}^{N} Q_{oi}}{\sum_{i=1}^{N} Q_{oi}} x100 \quad (7)$$

โดยที่

Q_{oi} คือข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดที่เวลา i

$\overline{Q_o}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด

Q_{ci} คือ ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองที่เวลา i

$\overline{Q_c}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง

N คือ จำนวนของข้อมูล

โดย r มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้า r มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง และถ้า r มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์ที่ดีกันแต่เป็นความสัมพันธ์ที่ดีกันแบบผกผันกัน ค่า RMSE เท่ากับ 0 นั้นหมายความว่าชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับค่าที่ได้จากการตรวจวัดทุกข้อมูล ในขณะที่ค่า WBL เป็นการหาความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำท่าที่สะสมจากการคำนวณเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าสะสมตรวจวัด ซึ่งค่า WBL จะมีค่าความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 20 %

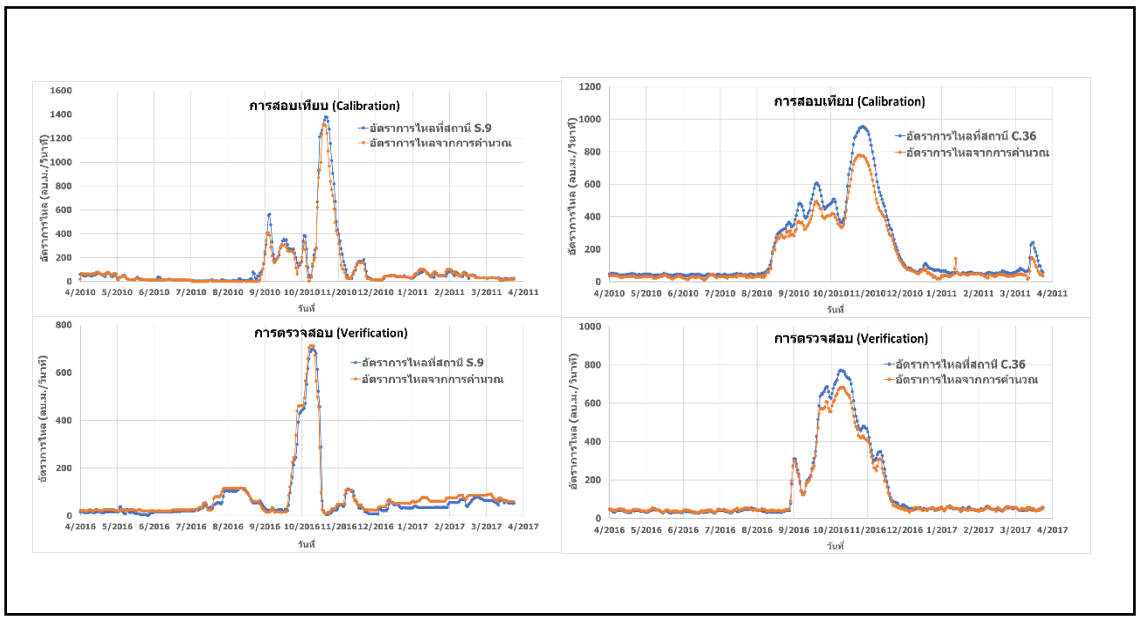
7. ผลการศึกษาและวิจารณ์

7.1 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง NAM

การสอบเทียบแบบจำลอง NAM ที่สถานีวัดน้ำท่า S.9 และ C.36 ซึ่งตั้งอยู่บริเวณลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง โดยผลการสอบเทียบ NAM ที่สถานีวัดน้ำท่า S.9 และ C.36 ด้วยข้อมูลปี พ.ศ.2553 มีค่า r เท่ากับ 0.98 และ 0.99 ตามลำดับ และค่า WBL เท่ากับ -12.68 % และ -19.44 % ตามลำดับ ส่วนผลการตรวจสอบ NAM ที่สถานีวัดน้ำท่า S.9 และ C.36 ด้วยข้อมูลปี พ.ศ.2559 มีค่า r เท่ากับ 0.98 และ 0.99 ตามลำดับ และค่า WBL เท่ากับ 14.91 % และ -7.20 %ตามลำดับ ซึ่งมีผลคำนวณกับการตรวจวัดสอดคล้องกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบอัตราการไหลแบบจำลอง NAM

สถานีวัดน้ำท่า	การสอบเทียบ (Calibration)		การตรวจสอบ (Verification)	
	r	WBL (%)	r	WBL (%)
S.9	0.98	-12.68	0.98	14.91
C.36	0.99	-19.44	0.99	-7.20



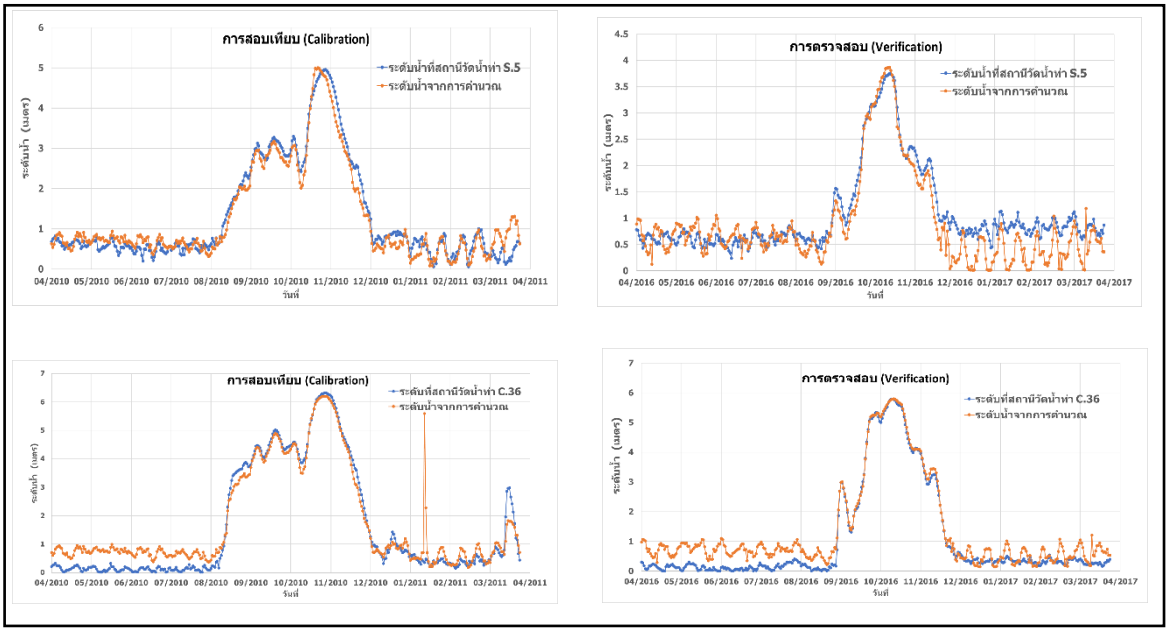
ภาพที่ 4 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบอัตราการไหลแบบจำลอง NAM ที่สถานีวัดน้ำท่า S.9 และ C.36

7.2 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหล (MIKE11 HD)

การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหล ได้ทำการสอบเทียบในช่วงฤดูฝน (เดือนตุลาคม) โดยเลือกเหตุการณ์ปี พ.ศ. 2553 และเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2559 เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำ (Manning's n) ของแบบจำลองลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง มีค่าเท่ากับ 0.025 การสอบเทียบแบบจำลองสภาพการไหลที่จุดพิจารณาต่าง ๆ สถานีวัดน้ำท่า S.5 และสถานีวัดน้ำท่า C.36 ด้วยข้อมูลปี พ.ศ.2553 โดยมีค่า r เท่ากับ 0.97 และ 0.97 ตามลำดับ และค่า RMSE เท่ากับ 0.26 เมตร และ 0.50 เมตร ตามลำดับ และผลการตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหล ด้วยข้อมูล พ.ศ. 2559 โดยมีค่า r เท่ากับ 0.94 และ 0.98 ตามลำดับ และค่า RMSE เท่ากับ 0.34 เมตร และ 0.43 เมตร ตามลำดับ โดยมีผลคำนวณกับการตรวจวัดสอดคล้องกัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบระดับน้ำแบบจำลองสภาพการไหล

จุดพิจารณา	การสอบเทียบ (Calibration)			การตรวจสอบ (Verification)		
	r	RMSE (เมตร)	ปี (พ.ศ.)	r	RMSE (เมตร)	ปี (พ.ศ.)
S.5	0.97	0.26	2553	0.94	0.34	2559
C.36	0.97	0.50	2553	0.98	0.43	2559

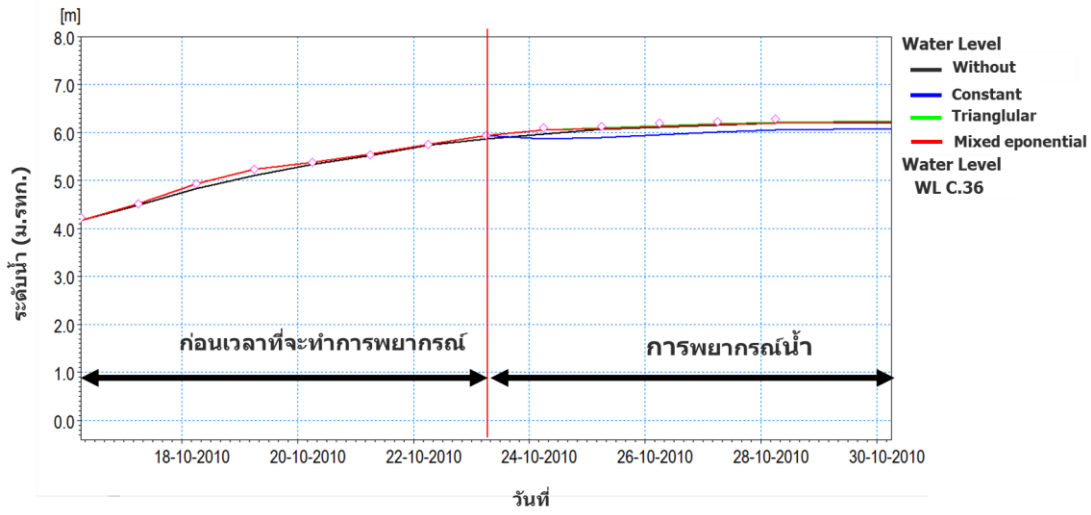


ภาพที่ 5 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบระดับน้ำแบบจำลองสภาพการไหล ที่สถานีวัดน้ำท่า S.5 และ C.36

ผลการศึกษากรณต่างๆ สามารถสรุป ได้ดังนี้

ผลการศึกษาฟังก์ชั้นของแบบจำลองพยากรณ์น้ำ

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 11 ใช้สมการ Linear error forecasting model ในการพยากรณ์น้ำ ณ วันที่ 23 ตุลาคม 2553 ด้วยข้อมูลก่อนการพยากรณ์ระดับน้ำ 7 วัน และช่วงเวลาที่ทำการพยากรณ์ระดับน้ำ 7 วัน โดยทำการปรับค่าความคลาดเคลื่อนด้วยการ Update process ทำให้ผลการคำนวณระดับบน้ำ ณ เวลาที่จะทำการพยากรณ์น้ำมีค่าเท่ากับระดับน้ำที่มีการตรวจวัดในขณะที่การไม่ปรับค่าความคลาดเคลื่อน (Without update process) จะได้ผลการคำนวณระดับน้ำ ณ เวลาที่จะทำการพยากรณ์น้ำมีค่าแตกต่างจากผลการตรวจวัดและส่งผลให้การคำนวณระดับน้ำในช่วงเวลาที่ทำการพยากรณ์น้ำต่อไป โดยการปรับค่าความคลาดเคลื่อนแบบ Constant ทำให้ระดับน้ำเพิ่มขึ้นแบบคงที่ส่งผลให้การปรับค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าแม่นยำน้อยกว่าการปรับค่าความคลาดเคลื่อนแบบ Mixed exponential และ Triangular ดังแสดงในภาพที่ 6 จากผลการปรับค่าความคลาดเคลื่อนล่วงหน้า 2 วัน 3 วัน และ 7 วัน ที่สถานีวัดน้ำท่า C.36 พบว่าฟังก์ชั่นที่ให้ความถูกต้องแม่นยำในการพยากรณ์น้ำดีที่สุดคือแบบ Triangula ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า แบบ Triangular มีค่า RMSE เท่ากับ 0.03 เมตร 0.04 เมตร และ 0.06 เมตร ตามลำดับ แบบ Constant มีค่า RMSE เท่ากับ 0.22 เมตร 0.23 เมตร และ 0.23 เมตร ตามลำดับ แบบ Mixed Exponential มีค่า RMSE เท่ากับ 0.04 เมตร 0.05 เมตร และ 0.06 เมตร ตามลำดับ



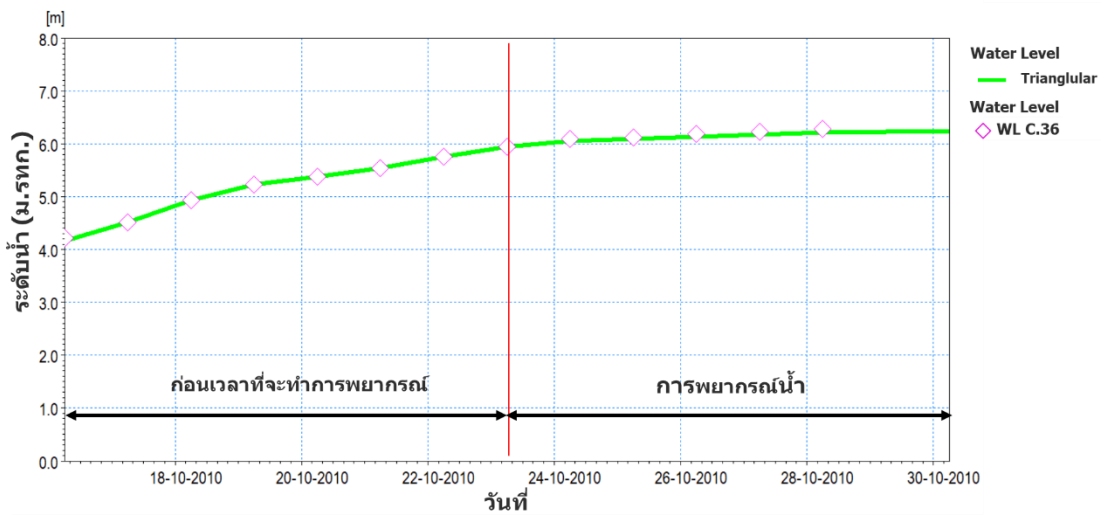
ภาพที่ 6 แสดงผลการพยากรณ์ระดับน้ำเมื่อมีการ Update process 3 รูปแบบต่างๆ ที่สถานีวันน้ำท่า C.36 ทำการพยากรณ์ ณ วันที่ 23 ตุลาคม 2553

ตารางที่ 3 การปรับค่าความคลาดเคลื่อนของช่วงเวลาที่ทำการพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้าเมื่อมีการ Update process รูปแบบต่างๆ ที่สถานีวัดน้ำท่า C.36 ทำการพยากรณ์ ณ วันที่ 23 ตุลาคม 2553

รูปแบบ	RMSE (เมตร)		
	2 วัน	3 วัน	7 วัน
Without Update	0.10	0.09	0.09
Constant	0.22	0.23	0.23
Triangular	0.03	0.04	0.06
Mixed Exponential	0.04	0.05	0.07

ผลการศึกษาตรวจสอบความแม่นยำของพยากรณ์ระดับน้ำ

ในการศึกษาฟังก์ชั่นของการปรับค่าความคลาดเคลื่อนพบว่าฟังก์ชั่นแบบ Triangular มีผลการพยากรณ์ระดับน้ำที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จึงเลือกใช้ฟังก์ชั่นแบบ Triangular ในการศึกษาความแม่นยำของการปรับค่าความคลาดเคลื่อนล่วงหน้า 2 วัน 3 วัน และ 7 วัน ของแบบจำลองพยากรณ์น้ำที่สถานีวัดน้ำท่า C.36 โดยทำการพยากรณ์ ณ วันที่ 23 ตุลาคม 2553 ถึง วันที่ 30 ตุลาคม 2553 แสดงในภาพที่ 7 พบว่า มีค่า RMSE ของการพยากรณ์น้ำล่วงหน้า 2 วัน 3 วัน และ 7 วัน เท่ากับ 0.03 เมตร 0.04 เมตร และ 0.06 เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



ภาพที่ 7 แสดงผลการพยากรณ์ระดับน้ำเมื่อมีการ Update process ที่สถานีวัดน้ำท่า C.36 ทำการพยากรณ์ ณ วันที่ 23 ตุลาคม 2553

ตารางที่ 5 การปรับค่าความคลาดเคลื่อนของช่วงเวลาที่ทำการพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้าเมื่อมีการ Update process แบบ Triangular ที่สถานีวัดน้ำท่า C.36 ทำการพยากรณ์ ณ วันที่ 23 ตุลาคม 2553

สถานีวัดน้ำท่า C.36										
ล่วงหน้า	พยากรณ์วันที่ 23			พยากรณ์วันที่ 24			พยากรณ์วันที่ 25			RMSE (m.)
	ผลการตรวจวัด ม.(รทก.)	ผลพยากรณ์ ม.(รทก.)	ความคลาดเคลื่อน (ม.)	ผลการตรวจวัด ม.(รทก.)	ผลพยากรณ์ ม.(รทก.)	ความคลาดเคลื่อน (ม.)	ผลการตรวจวัด ม.(รทก.)	ผลพยากรณ์ ม.(รทก.)	ความคลาดเคลื่อน (ม.)	
1 วัน	6.09	6.05	0.04	6.12	6.18	-0.06	6.19	6.06	0.13	0.05
2 วัน	6.12	6.09	0.03	6.19	6.20	-0.01	6.22	6.07	0.15	0.05
3 วัน	6.19	6.13	0.06	6.22	6.24	-0.02	6.28	6.10	0.18	0.06
4 วัน	6.22	6.18	0.04	6.28	6.28	0.00	6.29	6.12	0.17	0.06
5 วัน	6.28	6.22	0.07	6.29	6.29	0.00	6.31	6.13	0.18	0.06
6 วัน	6.29	6.23	0.07	6.31	6.29	0.02	6.32	6.14	0.18	0.06
7 วัน	6.31	6.23	0.08	6.32	6.30	0.02	6.3	6.13	0.17	0.06

8. สรุปผลการศึกษา

1. ในการศึกษาปริมาณน้ำท่า โดยใช้แบบจำลองสภาพการไหลของน้ำหลากลุ่มน้ำป่าสักตอนล่างได้ผลของปริมาณน้ำท่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัดต่างๆ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง เท่ากับ 0.025 และผลคำนวณจากแบบจำลองสภาพการไหลได้นำมาสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า S.5 และ สถานีวัดน้ำท่า C.36 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ (r) และค่า RMSE ของระดับน้ำอยู่ในช่วง 0.94-0.98 และ 0.26-0.50 เมตร ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2. ในการพยากรณ์น้ำของเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2553 พบว่าการพยากรณ์น้ำของแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่า C.36 โดยการใช้ฟังก์ชั่นในกระบวนการ Update process แบบ Triangular จะสามารถปรับค่าความคลาดเคลื่อนให้มีความถูกต้องแม่นยำได้ดีกว่าแบบ Constant และแบบ Mixed exponential โดยมีผลการปรับค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้ำล่วงน้ำ 2 วัน 3 วัน และ 7 วัน มีค่ารากที่สองของความผิดพลาดยกกำลังสองเฉลี่ย RMSE ของระดับน้ำ เท่ากับ 0.05 เมตร 0.06 เมตร และ 0.06 เมตร ตามลำดับ ซึ่งแบบจำลองที่ได้จัดทำขึ้น

จึงมีความเหมาะสมในการคาดการณ์แนวโน้มของการเกิดน้ำท่วมของลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง และสามารถใช้ประกอบการบริหารจัดการน้ำและเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพ สามารถช่วยบรรเทาและลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้เป็นอย่างดี

9. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาตลอดการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณกรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมแผนที่ทหาร ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการดำเนินการงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิงและสิ่งอ้างอิง

DHI Water Environment and Health. 2007. MIKE11-A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual. DHI, Denmark.

มุจลินทร์ ทันมา. 2562. การพยากรณ์น้ำของจังหวัดอุทัยธานีในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิทธิโชติ อาชวกิจโกศล. 2562. การศึกษาการพยากรณ์น้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนล่าง.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.