

การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11-Data Assimilation เพื่อการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำชีตอนบน

An Application of MIKE11-Data Assimilation Model for Flood Forecasting in the Upper Chi River Basin

วิษุวัตก์ แท้สมบัติ^{1*}, กิตติพงศ์ ทองเชื้อ²

¹ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

fengwwt@ku.ac.th

² ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ kitipong_tc@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์น้ำในลุ่มน้ำชีตอนบนด้วยการประยุกต์ใช้ชุดของแบบจำลอง MIKE11-NAM/HD/DA โดยแบบจำลอง NAM/HD จะถูกใช้ในจำลองลักษณะทางด้านอุทกวิทยาและอุทกพลศาสตร์ของลุ่มน้ำ ส่วนแบบจำลอง DA จะใช้ในการพยากรณ์น้ำสำหรับการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง NAM/HD เลือกใช้เหตุการณ์อุทกภัยในอดีตช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2547-2550 ส่วนแบบจำลองพยากรณ์น้ำ DA ได้ถูกทดสอบประสิทธิภาพโดยเลือกเหตุการณ์อุทกภัยครั้งใหญ่ที่สุดที่เคยเกิดขึ้นในช่วงเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2549 โดยตั้งค่าช่วง Hindcast Period เท่ากับ 3 วันย้อนหลัง และค่าช่วง Forecast Period เท่ากับ 3 วันล่วงหน้า และทำการพยากรณ์ระดับน้ำต่อเนื่องทุกๆ 2 วัน โดยเริ่มต้นพยากรณ์ในวันที่ 2 จนถึงวันที่ 30 ตุลาคม 2549 ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง DA ให้ผลการพยากรณ์กราฟของระดับน้ำได้ใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำท่าทั้งสามแห่งในแม่น้ำชีได้แก่ สถานี E.23 สถานี E.21 และสถานี E.9 อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการพยากรณ์ระดับน้ำในช่วงหนึ่งวันล่วงหน้า, ช่วงสองวันล่วงหน้า และช่วงสามวันล่วงหน้า จะมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 98.85, 97.68, และ 96.34 ตามลำดับ

ABSTRACT

This study is aimed to develop flood forecasting model in the Upper Chi river basin by an application of MIKE11-NAM/HD/DA model. NAM/HD model was carried out to simulate the hydrologic and hydrodynamic conditions on the river basin, while DA model was applied for flood forecasting. The historical flood event between years 2004-2007 were selected for the calibration and verification of NAM/HD model. The highest flood event in the period of October 2009 was chosen to determine the performance of DA - flood forecasting model. The

* ผู้ติดต่อหลัก (Corresponding author)

runtime of DA model was setup that the hindcast period was three days backward, and forecast period was three days forward. The forecasts of water level by DA model were generated every two days and the time of forecast was started from 2nd October to 30th October 2009. The results were found that DA model has shown its effectiveness in forecasting water level hydrographs that close to the observed values at all three stations – E.23, E.21, and E.9 - located along the Chi river. The average accuracy of forecasting results at all stations revealed that for first day forecast, second day forecast, and third day forecast were 98.85%, 97.68%, และ 96.34%, respectively.

คำสำคัญ: MIKE11-DA; Data Assimilation; Flood Forecasting; River Basin Modeling; Upper Chi River Basin

1. บทนำ

ในปัจจุบันหน่วยงานในประเทศไทย อาทิเช่น กรมทรัพยากรน้ำ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้มีการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง MIKE-11 เพื่อการศึกษาและพยากรณ์น้ำท่วมในหลากหลายพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทยร่วมกับการติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อตรวจวัดข้อมูลอุทกวิทยาแบบต่อเนื่องตามเวลาจริง (Real Time) ในปัจจุบันได้เริ่มมีการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11–Data Assimilation (DA) มาใช้แทนแบบจำลอง MIKE11-FF แบบเดิม ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวมีหลักการที่น่าสนใจและสามารถพยากรณ์ปริมาณการไหลและระดับน้ำในลำน้ำได้อย่างแม่นยำ (DHI, 2007) โดยความแม่นยำในการพยากรณ์อยู่ในช่วง 1 ถึง 3 วันล่วงหน้า ซึ่งเพียงพอต่อการเตรียมการเพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วม รวมถึงการแจ้งเตือนภัยให้ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยได้รับทราบ อย่างไรก็ดี เนื่องจากจากสภาวะอากาศของโลกที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีตที่ผ่านมา ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดอุทกภัยมีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำแบบจำลอง DA มาประยุกต์ใช้เพื่อพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำชีตอนบน

2. วัตถุประสงค์

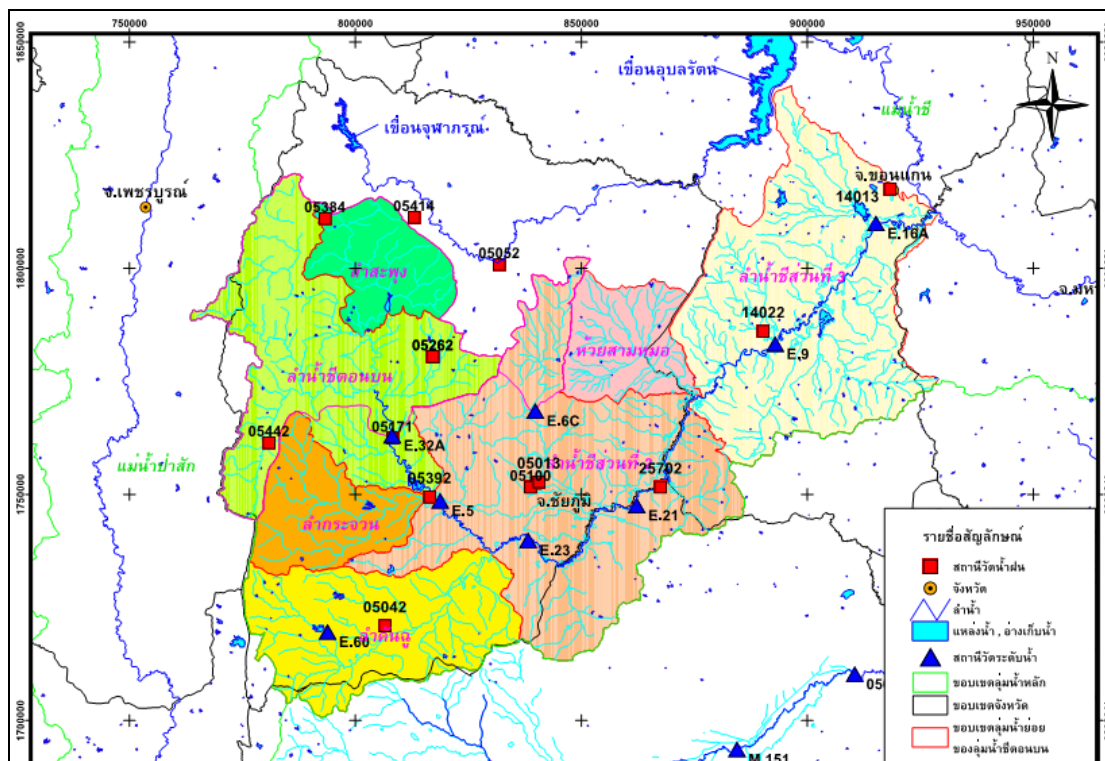
2.1 เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการของแบบจำลอง MIKE11- Data Assimilation (DA)

2.2 เพื่อประยุกต์ใช้งานแบบจำลองดังกล่าวในการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำชีตอนบน

3. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำชีตอนบน เป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำชี มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 13,292 ตร.กม. ครอบคลุมพื้นที่ 6 จังหวัด ได้แก่ ชัยภูมิ ขอนแก่น มหาสารคาม เพชรบูรณ์ นครราชสีมา และบุรีรัมย์ สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำชีตอนบนมีลักษณะเป็นเนินเขาสูงทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกของลุ่มน้ำ พื้นที่ตอนกลางเป็นที่ราบถึงลูกคลื่นลอนลาดและสลับกับเนินเขาเล็กน้อยทางด้านทิศใต้ ความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำโดยเฉลี่ยประมาณ 200 ม.(รทก.) ดังแสดงขอบเขตของลุ่มน้ำชีตอนบนไว้ในรูปที่ 1 ลุ่ม

กรมทรัพยากรน้ำ (2549) ได้ดำเนินการโครงการสำรวจติดตั้งระบบตรวจวัดและจัดตั้งศูนย์ข้อมูลภูมิภาคในพื้นที่ลุ่มน้ำชีตอนบนและลุ่มน้ำมูลตอนบนแล้วเสร็จเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2549 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดข้อมูลด้านอุตุ-อุทกวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำ ปริมาณการไหล และดัชนีคุณภาพน้ำ โดยตรวจวัดข้อมูลแบบต่อเนื่องตามเวลาจริง (Real Time) และพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อพยากรณ์น้ำหลากในลุ่มน้ำชีตอนบนและลุ่มน้ำมูลตอนบนรวมถึงลุ่มน้ำสาขา

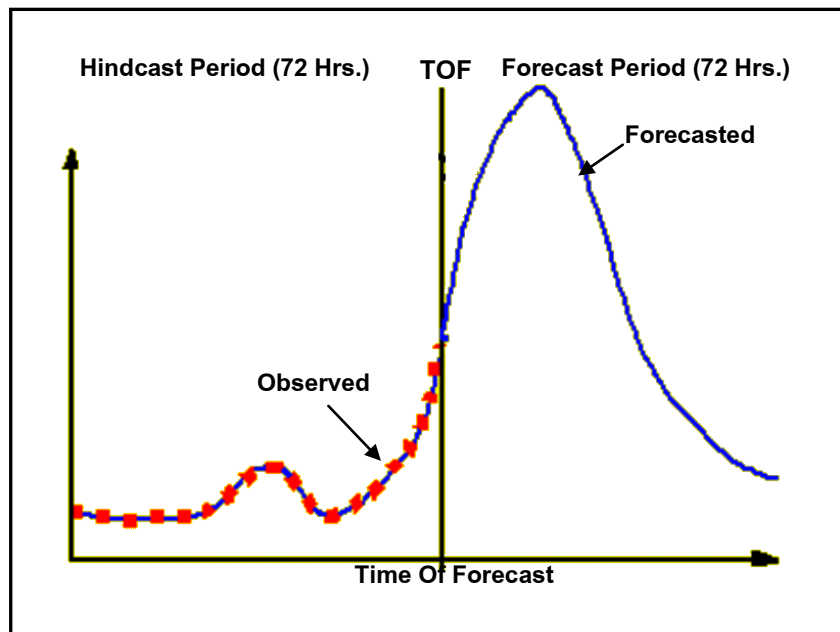


รูปที่ 1 ขอบเขตของกลุ่มน้ำชีตอนบน

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่คัดเลือกมาใช้จำลองระบบแม่น้ำชีตอนบน คือ แบบจำลอง MIKE 11 ซึ่งประกอบด้วย แบบจำลองย่อย จำนวน 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า หรือ MIKE11-NAM และแบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำในลำน้ำ หรือ MIKE11-HD ส่วนแบบจำลองพยากรณ์น้ำ MIKE11-DA จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

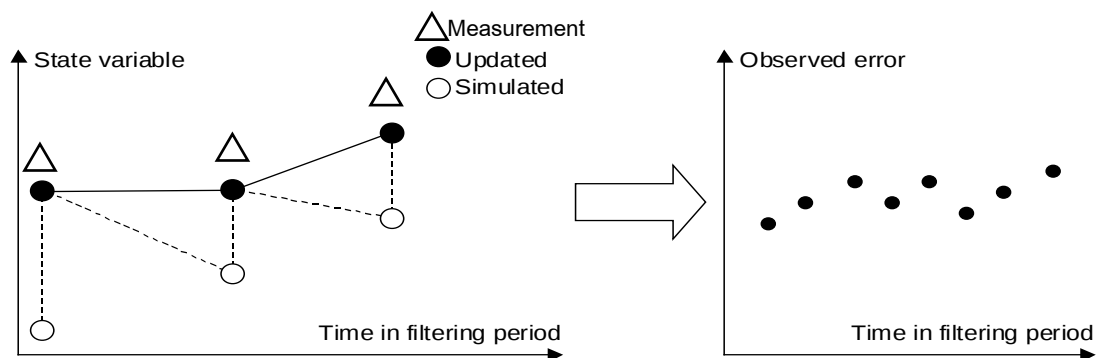
4.1 แบบจำลอง MIKE11-NAM ประยุกต์ใช้เพื่อประมาณค่าปริมาณการไหลเข้าด้านข้างของลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำชีตอนบนทั้งหมดที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า

6.1 ข้อมูลน้ำฝน สถานีที่ผ่านการคัดเลือกโดยวิธี Double Mass Curve (กรมทรัพยากรน้ำ, 2553) และ จะถูกใช้เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ร่วมกับ HD จำนวน 6 สถานี ได้แก่ สถานีรหัส 05013 05042 05072 05392 14013 และ 14022 ของกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยา

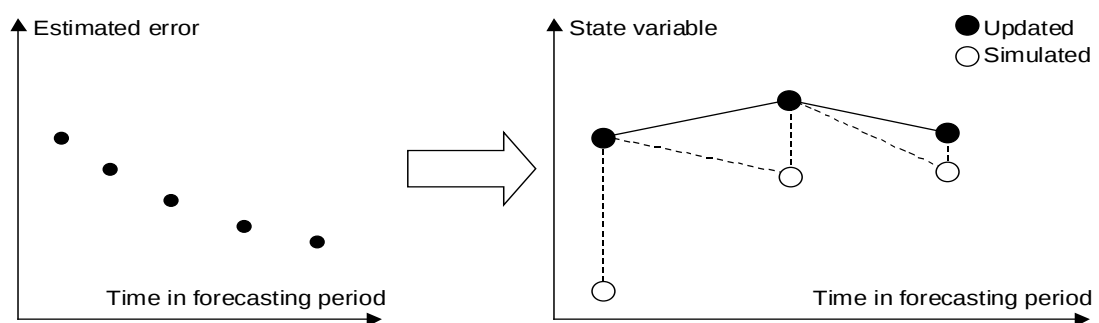


รูปที่ 2 หลักการกำหนดช่วงระยะเวลาที่จะทำการพยากรณ์น้ำในแต่ละครั้ง, (กรมทรัพยากรน้ำ, 2553)

เทคนิคการคัดกรอง (Filtering) โดยทฤษฎีของ Kalman ในช่วง Hindcast Period



การพยากรณ์ล่วงหน้า โดยใช้ Error Forecast Model ในช่วง Forecast Period



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของ การพยากรณ์น้ำโดยวิธี Data Assimilation (DHI, 2007)

6.2 ข้อมูลอัตราการกระเหยของน้ำ เลือกใช้สถานีอุตุนิยมวิทยาจำนวนทั้งสิ้น 2 สถานี คือ สถานีอุตุนิยมวิทยาชัยภูมิ และสถานีอุตุนิยมวิทยาขอนแก่น ของกรมอุตุนิยมวิทยา

6.3 ข้อมูลข้อมูลน้ำท่า เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำชีตอนบน จำนวน 7 สถานี ได้แก่ สถานีรหัส E.32A E.6C E.23 E.21 E.5 E.16A และ E.9 ของกรมชลประทาน

6.4 ข้อมูลกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (Rating Curves) ได้ทำการรวบรวมข้อมูล Rating Curves Tables ที่จัดทำขึ้นในแต่ละปีของกรมชลประทาน ช่วงปี พ.ศ. 2547 ถึงปี พ.ศ. 2550 ที่สถานี E.5 E.9 E.16A E.21 และ E.23 ในแม่น้ำชี

6.5 ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ ซึ่งสำรวจโดยกรมทรัพยากรน้ำในปี พ.ศ. 2549 แบ่งเป็น 2 แม่น้ำ คือ แม่น้ำชี ช่วงตั้งแต่บริเวณสะพานที่บ้านโนนเชือก จังหวัดชัยภูมิ ถึงบ้านเหล่านกชุม อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น จำนวน 70 รูปตัด ระยะทางรวม 342.65 กม. และห้วยปะทาว ช่วงตั้งแต่บ้านหนองใหญ่ จังหวัดชัยภูมิ ถึงจุดบรรจบแม่น้ำชี จำนวน 10 รูปตัด ระยะทางรวม 45 กม.

7. วิธีการศึกษา

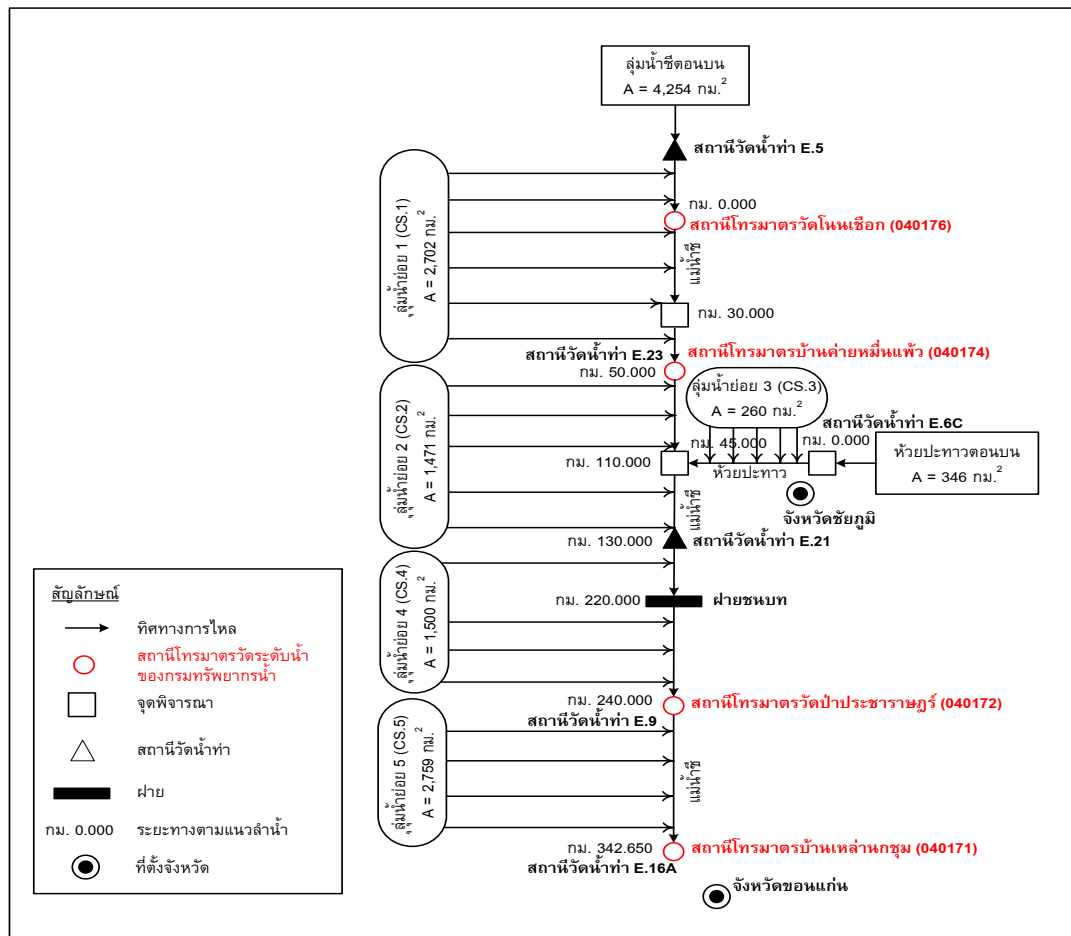
7.1 การจัดทำแบบจำลองระบบแม่น้ำ MIKE11-NAM/HD

ขั้นตอนการศึกษาจะเริ่มจากการจัดทำแบบจำลองระบบลุ่มน้ำ NAM/HD ขึ้นมาก่อนโดยจะครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำชีตอนบนทั้งหมด คิดเป็นพื้นที่ 13,292 ตร.กม. จากต้นน้ำลงไปจนถึงสถานีวัดน้ำท่า E.16A อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ซึ่งถือเป็นขอบเขตด้านท้ายน้ำของแบบจำลองโดยคิดเป็นระยะทางตามแนวลำน้ำตั้งแต่ขอบเขตด้านเหนือลำน้ำมาจนถึงด้านท้ายน้ำรวมทั้งสิ้น 342.65 กิโลเมตร ดังแสดงแผนภูมิระบบแม่น้ำชีตอนบนที่จะใช้ในการจัดทำแบบจำลอง NAM/HD ได้ดังรูปที่ 4 ดังสรุปขั้นตอนการตั้งค่าแต่ละแบบจำลองย่อยประกอบด้วย

1) การเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM จะใช้ข้อมูลรายวันของทั้งข้อมูลฝน, ข้อมูลการกระเหยจากถาดวัดการกระเหย และปริมาณการไหลที่ 2 สถานี ได้แก่ สถานี E.32A ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยลำน้ำชีตอนบนมีพื้นที่รับน้ำ 2,908 ตร.กม. และสถานี E.6C ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยลำน้ำชีส่วนที่ 2 มีพื้นที่รับน้ำ 346 ตร.กม. โดยการเปรียบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง NAM เลือกใช้ช่วงปี 2547-2548 และ 2549-2550 ตามลำดับ ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในส่วนของผลการศึกษา โดยกำหนดเกณฑ์ในการประเมินผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง NAM ซึ่งจะใช้ค่าดัชนีทางสถิติ 3 ตัว ดังแสดงในสมการ (1) (2) และ (3) ดังนี้

1.1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือ correlation coefficient (r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o) \times (Q_{ci} - \bar{Q}_c)}{\left[\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2 \times \sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2 \right]^{0.5}} \quad (1)$$



รูปที่ 4 แผนภูมิระบบแม่น้ำชีตอนบน (กรมทรัพยากรน้ำ, 2553)

1.2) ค่า efficiency index (EI)

$$EI = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2 - \sum_{i=1}^N (Q_{oi} - Q_{ci})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2} \times 100\% \quad (2)$$

1.3) ค่า root mean square error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [Q_{oi} - Q_{ci}]^2} \quad (3)$$

เมื่อ Q_i คือ ปริมาณการไหลหรือระดับน้ำ ที่เวลา i ส่วน $\bar{Q}$ คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณการไหลหรือระดับน้ำ โดยที่ subscript O กับ C คือ ค่าที่ตรวจวัดได้และค่าที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลองตามลำดับ และ N คือ จำนวนของข้อมูล

ค่า r มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้า r มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์แบบปฏิกิริยา โดยตรงที่ดีมาก ส่วนค่า Efficiency index (EI) ถ้ามีค่าเท่ากับ 100% แสดงว่าชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับที่ได้จากการตรวจวัดทุกข้อมูล ส่วนค่า root mean square error (RMSE) ยิ่งมีค่าน้อยยิ่งดี แสดงว่าชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลตรวจวัดน้อย

2) การเปรียบเทียบแบบจำลอง HD จะใช้ข้อมูลรายวันของปริมาณการไหลและระดับน้ำ รวมทั้งโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves) ที่ 4 สถานี เรียงลำดับจากด้านเหนือน้ำไปด้านท้ายน้ำได้แก่ สถานี E.5 E.23 E.21 และ E.9 ของกรมชลประทาน ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในส่วนของผลการศึกษา

3) การเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM ร่วมกับ HD โดยหลังจากได้ทำการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง NAM และ HD แยกส่วนกันแล้ว ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองย่อยทั้งสองในการจำลองสภาพการเกิดอุทกภัยในช่วงปี พ.ศ. 2547-2550 โดยกำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) ของระบบแม่น้ำชีตอนบน แสดงได้ดังนี้ (ดูรูปที่ 4)

- ขอบเขตด้านเหนือน้ำ กำหนดให้ใช้ สำหรับแม่น้ำชี ใช้ปริมาณการไหลรายวันที่สถานีวัดน้ำท่า E.5 และสำหรับห้วยปะทาว ใช้ปริมาณการไหลรายวันที่สถานี E.6C
- ขอบเขตด้านท้ายน้ำ กำหนดให้ใช้โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล หรือ Rating Curves ที่สถานี E.16A
- ปริมาณการไหลเข้าด้านข้างของลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า กำหนดให้ใช้ปริมาณการไหลที่ประเมินได้จากแบบจำลอง NAM จำนวน 5 ลุ่มน้ำย่อย (CS.1 – CS.5)
- อาคารชลศาสตร์ที่สำคัญ คือ ฝายชนบท โดยกำหนดเกณฑ์ในการควบคุมอาคารชลศาสตร์ สำหรับแบบจำลอง MIKE 11 HD ได้ดังนี้

(ก) ในช่วงฤดูแล้งหรือฤดูเพาะปลูก (ช่วงเดือนธันวาคม ถึง พฤษภาคม) ถ้าระดับน้ำหน้าฝายน้อยกว่าระดับเก็บกักปกติ กำหนดให้เปิดบานหมด แต่ถ้าระดับน้ำหน้าฝายมากกว่าระดับเก็บกักปกติ กำหนดให้เปิดบานในอัตราส่วนเดียวกับระดับน้ำที่เพิ่มขึ้น

(ข) ในช่วงฤดูฝนหรือฤดูน้ำหลาก (ช่วงเดือนมิถุนายน ถึง พฤศจิกายน) กำหนดให้เปิดบานหมด

7.2 การจัดทำแบบจำลองการพยากรณ์น้ำ MIKE11-DA

ในขั้นตอนนี้จะนำแบบจำลอง NAM/HD ที่ผ่านการเปรียบเทียบจากหัวข้อที่แล้ว มาประยุกต์ใช้โดยทดสอบผลการพยากรณ์น้ำในช่วงฤดูน้ำหลากในอดีตช่วงปี 2547-2550 เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของผลการพยากรณ์น้ำที่ได้จากแบบจำลอง MIKE11-DA ดังนั้น จึงได้พิจารณากำหนดจุดและชนิดของข้อมูลที่จะทำการพยากรณ์น้ำ จำนวนทั้งสิ้น 3 จุดในแม่น้ำชีสายหลัก โดยทุกจุดจะเลือกใช้ข้อมูลระดับน้ำรายวันมาทำการ Update กับผลการรันของแบบจำลอง ได้แก่

- 1) สถานี E.23 ซึ่งอยู่ตรงกับ กม.+50.00 ในแม่น้ำชี

- 2) สถานี E.21 ซึ่งตรงกับ กม.+130.00 ในแม่น้ำชี
- 3) สถานี E.9 ซึ่งตรงกับ กม.+240.00 ในแม่น้ำชี

จากการพิจารณาเหตุการณ์น้ำหลากในอดีตช่วงปี 2547-2550 พบว่าลุ่มน้ำชีตอนบน จะประสบกับปัญหาอุทกภัยสูงสุดในปี พ.ศ. 2549 โดยที่สถานี E.23 E.21 และ E.9 มีปริมาณการไหลสูงสุดเท่ากับ 399.8 (ณ วันที่ 10 ต.ค.), 744.6 (ณ วันที่ 14 ต.ค.) และ 612.6 (ณ วันที่ 18 ต.ค.) ลบ.ม.ต่อวินาที ตามลำดับ การทดสอบรันโดยตั้งค่าช่วง Hindcast Period เท่ากับ 3 วันย้อนหลัง และค่าช่วง Forecast Period เท่ากับ 3 วันล่วงหน้า และทำการพยากรณ์น้ำต่อเนื่องทุกๆ 2 วัน โดยช่วงเวลาเริ่มต้นการพยากรณ์ (TOF) ในวันที่ 2, 4, 6, เรื่อยไปจนถึงวันที่ 30 ตุลาคม 2549 จำนวนทั้งสิ้น 15 ครั้ง โดยผลการพยากรณ์น้ำที่สถานีวัดน้ำท่าทั้งสามแห่งได้แก่ สถานี E.23 สถานี E.21 และสถานี E.9 ในแม่น้ำชี จะถูกตรวจสอบค่าความแม่นยำในรูปของค่าคลาดเคลื่อนระหว่างค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จริงกับค่าระดับน้ำที่แบบจำลองพยากรณ์น้ำล่วงหน้าออกไปตั้งแต่ 1 ถึง 3 วัน จากสมการที่ (4) ดังนี้

$$\epsilon = \left| \frac{WL_{obs} - WL_{sim}}{WL_{obs}} \right| \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ ϵ = ค่าความคลาดเคลื่อน (หน่วยเป็น ร้อยละ)

WL_{obs} = ค่าระดับน้ำรายวันที่ตรวจวัดได้จริง (หน่วยเป็น ม.รทก.)

WL_{sim} = ค่าระดับน้ำรายวันที่พยากรณ์ได้จากแบบจำลอง (หน่วยเป็น ม.รทก.)

8. ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาจะแยกสรุปตามประเภทของแบบจำลองย่อย ดังนี้

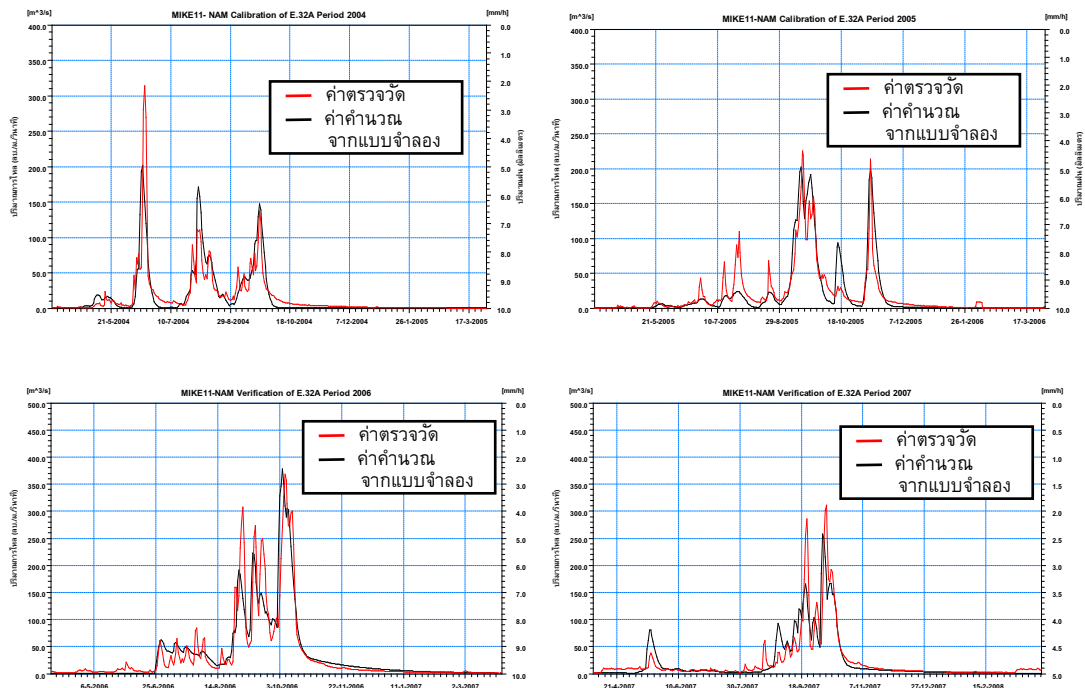
8.1 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า MIKE11-NAM

ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง NAM ดังแสดงในรูปที่ 5 และสรุปเป็นค่าดัชนีทางสถิติของปริมาณการไหลระหว่างค่าที่คำนวณได้กับค่าที่ตรวจวัดในตารางที่ 1 ซึ่งพบว่า ค่าทางสถิติของสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำชีตอนบนทั้งสองสถานีจะได้ค่าทางสถิติที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก โดยค่า r อยู่ในช่วง 0.747 – 0.911

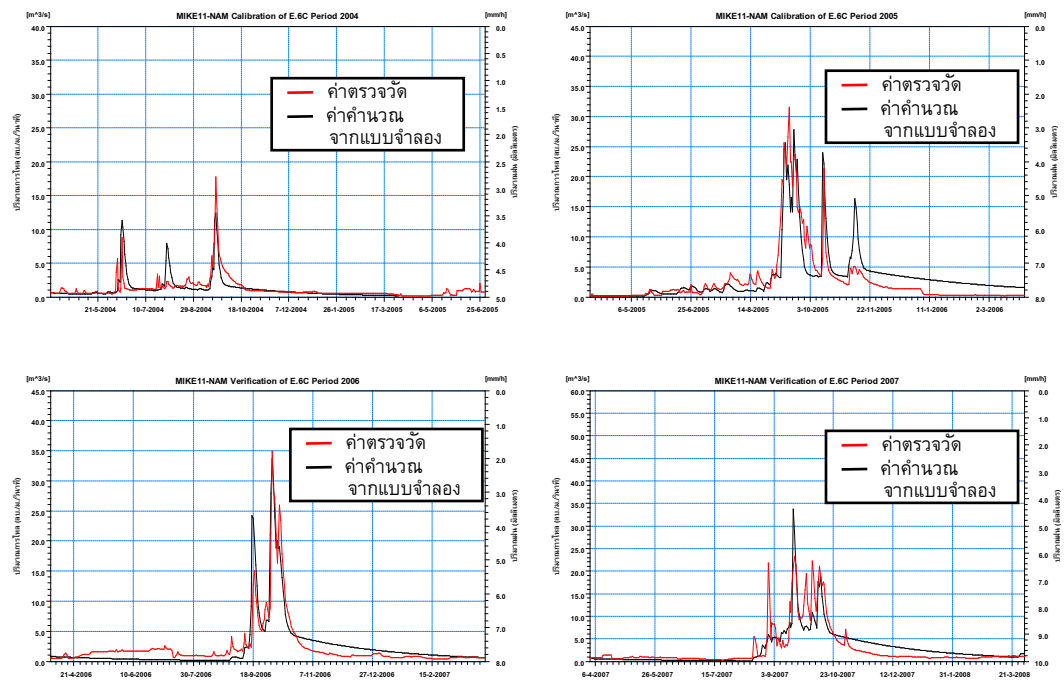
8.2 แบบจำลองการไหลในลำน้ำ MIKE11-HD

ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง HD ซึ่งได้จากการทดลองแบบ Trial and Error ค่าพารามิเตอร์ Manning's n จนได้ค่าที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับได้ ดังสรุปได้แสดงในตารางที่ 2

(ก) สถานี E.32A



(ข) สถานี E.6C



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11-NAM ที่สถานี E.32A และ E.6C ของปี 2547-2550

8.3 แบบจำลองระบบแม่น้ำ MIKE11-NAM/HD

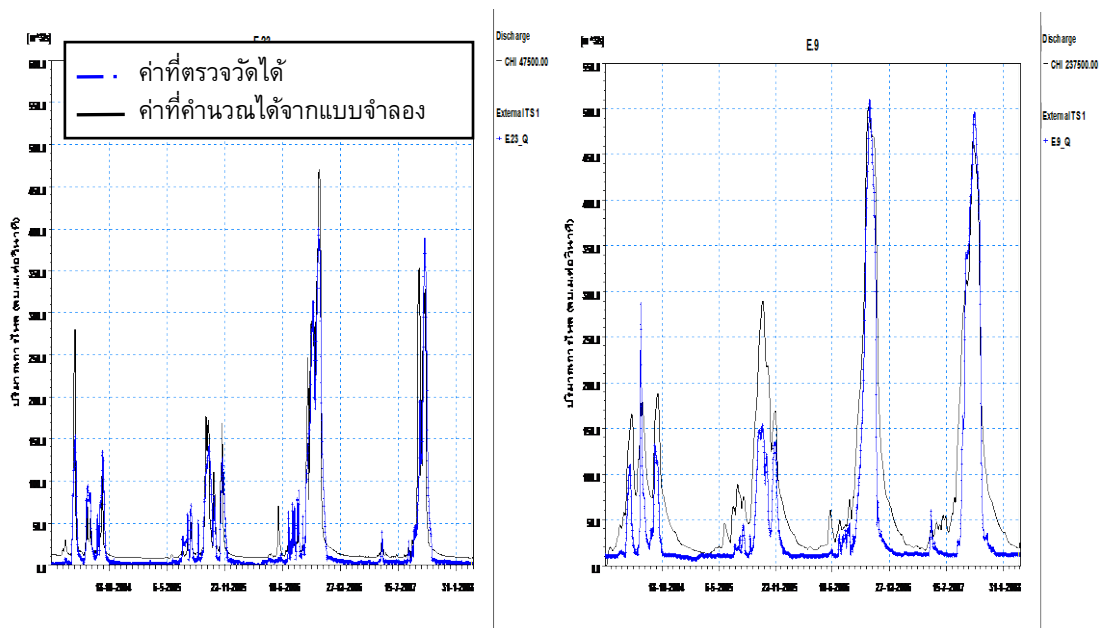
ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง NAM/HD สำหรับเหตุการณ์อุทกภัยในช่วงปี พ.ศ. 2547-2550 แสดงเป็นผลการวิเคราะห์กราฟปริมาณการไหลที่สถานี E.23 และ E.9 ในรูปที่ 6 ซึ่งพบว่าแบบจำลอง NAM/HD ให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณการไหลได้ดี มีเพียงปี พ.ศ.2549 ซึ่งมีปริมาณน้ำหลากมากพิจารณาในรูปที่ 6 ของสถานี E.23 พบว่า มีปริมาณไหลที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 400 ลบ.ม.ต่อวินาที แต่ส่วนผลการคำนวณจากแบบจำลองได้ค่ามากกว่าคือ 471 ลบ.ม.ต่อวินาที ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณน้ำหลากมากและเกิดน้ำล้นตลิ่งค่อนข้างมาก ทำให้ข้อมูลการวัดปริมาณการไหลอาจเกิดความผิดพลาดไป จึงทำให้ปริมาณการไหลที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด อย่างไรก็ตามสำหรับในปี พ.ศ.2547 2548 และ 2550 แบบจำลอง NAM/HD ให้ผลการคำนวณปริมาณการไหลได้ดีใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้

ตารางที่ 1 ค่าดัชนีทางสถิติของปริมาณการไหลจากผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง NAM

ช่วงปี พ.ศ.	สถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำชี					
	E.32A	E.6C	E.32A	E.6C	E.32A	E.6C
	ค่า r		ค่า EI (%)		ค่า RMSE (cms)	
ปี พ.ศ. 2547	0.850	0.747	69.78	49.42	18.91	1.20
ปี พ.ศ. 2548	0.901	0.858	81.07	67.53	17.94	2.55
ปี พ.ศ. 2549	0.911	0.900	80.39	80.92	28.18	1.98
ปี พ.ศ.2550	0.875	0.855	70.03	63.66	22.55	2.29

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning'n) ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง HD

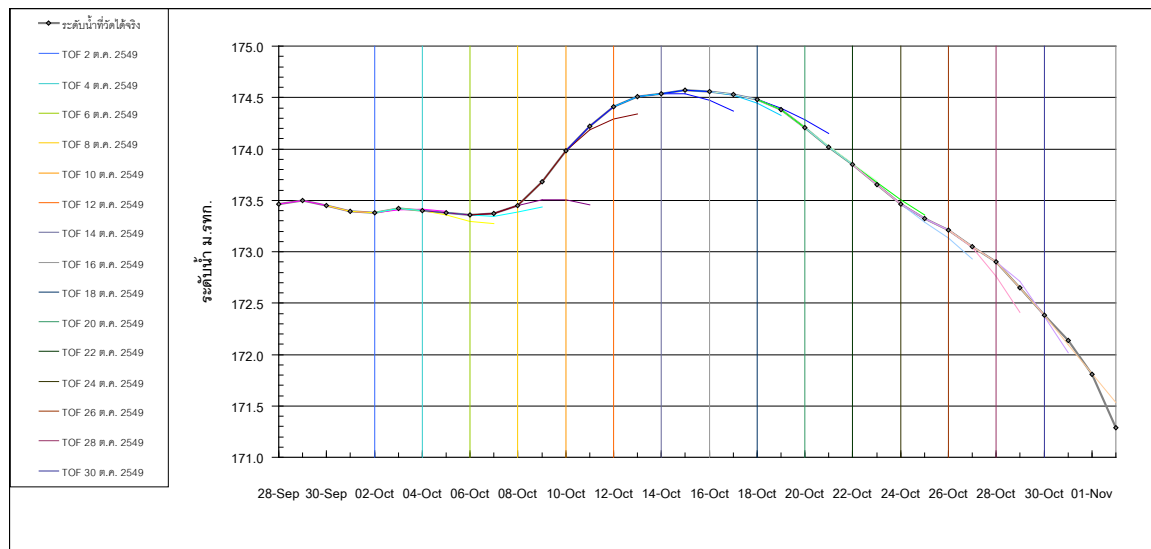
ชื่อลำน้ำ	ช่วงลำน้ำ	Manning'n
แม่น้ำชี	สถานีโทรมาตร 040176 – สถานีโทรมาตร 040174	0.05
ทุ่งน้ำท่วมในแม่น้ำชี	สถานีโทรมาตร 040176 – สถานีโทรมาตร 040174	0.20
แม่น้ำชี	สถานีโทรมาตร 040174 – สถานี E.21	0.10
ทุ่งน้ำท่วมในแม่น้ำชี	สถานีโทรมาตร 040174 – สถานี E.21	0.50
แม่น้ำชี	สถานี E.21 – สถานีโทรมาตร 040171	0.20
ทุ่งน้ำท่วมในแม่น้ำชี	สถานี E.21 – สถานีโทรมาตร 040171	0.95



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบปริมาณการไหลที่สถานี E.23 และ E.9 ของเหตุการณ์อุทกภัยปี 2547-2550

8.4 แบบจำลองการพยากรณ์น้ำ MIKE11-DA

ผลการพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้าซึ่งเริ่มต้นตั้งแต่วันที่ 2, 4, 6, เรื่อยไปทุก ๆ 2 วันจนถึงวันที่ 30 ตุลาคม 2549 ที่สถานีวัดน้ำท่าทั้งสามแห่งได้แก่ สถานี E.23 สถานี E.21 และสถานี E.9 ในแม่น้ำชี ซึ่งได้สรุปผลค่าความแม่นยำของผลการพยากรณ์ในรูปของค่าคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ตรวจวัดได้จริง กับค่าที่แบบจำลองพยากรณ์น้ำล่วงหน้าออกไปตั้งแต่ 1 ถึง 3 วันในตารางที่ 3 และได้แสดงตัวอย่างกราฟผลการพยากรณ์น้ำของสถานี E.21 ไว้ในรูปที่ 7 จากตารางที่ 3 พบว่า แบบจำลอง DA ให้ผลการพยากรณ์น้ำเป็นที่น่าพอใจในระดับดีมาก โดยผลการพยากรณ์ระดับน้ำในช่วงหนึ่งวันล่วงหน้าของ สถานีวัดน้ำท่าทั้งสามแห่งจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 1.15 และอยู่ในช่วงร้อยละ 0.01 ถึง ร้อยละ 17.73, สำหรับผลการพยากรณ์น้ำในช่วงสองวันล่วงหน้าจะมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 2.32 และอยู่ใน ช่วงร้อยละ 0.02 ถึงร้อยละ 28.43, และผลการพยากรณ์น้ำในวันที่สามจะมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 3.66 และอยู่ในช่วงร้อยละ 0.07 ถึงร้อยละ 28.97 ทั้งนี้ค่าคลาดเคลื่อนจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อพยากรณ์น้ำ ล่วงหน้าออกไปหลายวันขึ้นในทุกสถานี เนื่องจากยังขาดการพยากรณ์ฝนล่วงหน้าที่มีความแม่นยำสูง อยู่ แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าพิจารณาแปลงค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดไปเป็นค่าความแม่นยำ ยกตัวอย่างเช่น ที่สถานี E.23 (ตารางที่ 3) ผลการพยากรณ์น้ำล่วงหน้าวันที่ 3 มีความความ คลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 8.47 หรือคิดเป็นค่าความแม่นยำได้เป็นร้อยละ 96.34 เป็นต้น



รูปที่ 7 ผลการพยากรณ์น้ำที่สถานี E.21 ณ TOF ช่วงระหว่างวันที่ 2 ถึง 30 ตุลาคม 2549

ตารางที่ 3 สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง DA ช่วงระหว่างวันที่ 2 ถึง 30 ตุลาคม 2549

ช่วงเวลาการ พยากรณ์น้ำ (Time of Forecast)	ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าตรวจวัดได้จริงกับค่าที่พยากรณ์น้ำ								
	สถานี E.23			สถานี E.21			สถานี E.9		
	พยากรณ์ วันที่ 1	พยากรณ์ วันที่ 2	พยากรณ์ วันที่ 3	พยากรณ์ วันที่ 1	พยากรณ์ วันที่ 2	พยากรณ์ วันที่ 3	พยากรณ์ วันที่ 1	พยากรณ์ วันที่ 2	พยากรณ์ วันที่ 3
2 ต.ค. 2549	9.33	10.15	10.08	0.16	0.15	0.11	0.33	0.66	0.98
4 ต.ค. 2549	8.26	8.75	8.81	0.25	0.62	0.93	0.14	0.22	0.46
6 ต.ค. 2549	0.47	2.13	4.01	0.24	0.66	2.37	0.15	0.46	0.88
8 ต.ค. 2549	0.67	1.64	2.20	1.69	4.45	6.93	0.20	0.64	1.19
10 ต.ค. 2549	0.26	0.62	0.88	0.34	1.04	1.49	0.05	0.19	0.54
12 ต.ค. 2549	0.11	0.17	0.32	0.32	0.64	0.51	0.19	0.55	0.91
14 ต.ค. 2549	0.10	0.02	0.30	0.32	0.78	1.43	0.01	0.28	0.81
16 ต.ค. 2549	0.21	5.11	14.34	0.06	0.33	0.47	0.14	0.28	0.75
18 ต.ค. 2549	1.56	4.43	15.23	0.16	0.67	1.22	0.18	0.63	1.36
20 ต.ค. 2549	0.22	0.43	0.42	0.14	0.08	0.39	0.02	0.15	0.96
22 ต.ค. 2549	0.23	0.22	1.45	0.25	0.44	0.35	0.36	0.49	1.16
24 ต.ค. 2549	0.88	13.81	25.91	0.34	0.74	1.22	0.15	0.37	0.74
26 ต.ค. 2549	3.45	9.20	14.04	0.11	1.44	2.54	0.27	0.59	0.77
28 ต.ค. 2549	17.73	28.43	28.97	0.63	0.10	1.38	0.24	0.48	0.68
30 ต.ค. 2549	0.21	0.66	0.07	0.52	0.04	3.06	0.34	0.54	0.87
ค่าความคลาด เคลื่อนมากที่สุด	17.73	28.43	28.97	1.69	4.45	6.93	0.36	0.66	1.36
ค่าความคลาด เคลื่อนน้อยที่สุด	0.10	0.02	0.07	0.06	0.04	0.11	0.01	0.15	0.46
ค่าความคลาด เคลื่อนเฉลี่ย	2.91	5.72	8.47	0.37	0.81	1.63	0.18	0.44	0.87

9. สรุปและข้อเสนอแนะ

9.1 สรุปผลการศึกษา

ลุ่มน้ำชีตอนบน นับเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่และมีโอกาสที่จะเกิดปัญหาอุทกภัยขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของโลกได้ในอนาคต ผลการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งได้มีการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์น้ำและได้ทดสอบกับการจำลองเหตุการณ์อุทกภัยในปี พ.ศ. 2549 และพบว่าแบบจำลองดังกล่าวให้ผลการพยากรณ์ระดับน้ำที่มีความแม่นยำค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงสามารถนำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบโทรมาตรที่ติดตั้งไว้แล้วซึ่งจะมีการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Real-time ได้ทุก ๆ 15 นาที จึงสามารถทำการพยากรณ์น้ำได้ตามความถี่ของข้อมูลที่ส่งมาสู่แบบจำลองพยากรณ์น้ำ ดังนั้นเมื่อใดก็ตามที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดปัญหาอุทกภัยขึ้นในอนาคต ระบบดังกล่าวจะช่วยแจ้งเตือนภัยให้กับประชาชนและหน่วยงานในพื้นที่ได้ทราบถึงแนวโน้มการคาดการณ์ระดับน้ำในแม่น้ำชี ซึ่งจะช่วยลดความสูญเสียจากอุทกภัยลงได้ นอกจากนี้ชุดของแบบจำลอง MIKE11-NAM/HD/DA ก็นับว่าเป็นแบบจำลองระบบลุ่มน้ำ (River Basin Modelling) และการพยากรณ์น้ำ (Flood Forecasting) ที่มีการแสดงผลที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจและสามารถแสดงผลทั้งในกราฟ และตาราง รวมทั้งมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านอุทกภัยและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำอื่น ๆ ต่อไป

9.2 ข้อเสนอแนะ

ถึงแม้ว่าแบบจำลอง MIKE11-DA จะให้ผลการพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้าได้ค่อนข้างแม่นยำมาก แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า เมื่อทดลองเปลี่ยนประเภทของข้อมูลการตรวจวัดที่จะนำมาใช้ update จากข้อมูลระดับน้ำมาเป็นปริมาณการไหลที่ตรวจวัดได้ แบบจำลองดังกล่าวมักจะไม่สามารถคำนวณค่าปริมาณการไหลได้แม่นยำเทียบเท่ากับค่าระดับน้ำซึ่งเป็นค่าที่สำรวจได้ทุกวัน แต่ถ้าต้องการให้ปริมาณการไหลมีความแม่นยำมากขึ้นจะต้องมีการสำรวจ Rating Curves ในจุดสำคัญหรือเป็นที่ตั้งของสถานีวัดน้ำทำให้ครอบคลุมทุกช่วงการไหลตั้งแต่ค่าน้อยไปจนถึงค่ามากหรือช่วงที่เกิดอุทกภัย ซึ่งจะทำให้ทราบปริมาณการไหลที่ถูกต้องในทุกช่วงการไหล

10. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการตีพิมพ์จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์ ผู้แต่งขอขอบคุณหน่วยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมทรัพยากรน้ำ กรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยาที่อนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการศึกษา และขอขอบพระคุณคณาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมชลประทานที่ให้การสนับสนุนและคำปรึกษาตลอดการศึกษาในครั้งนี้

11. บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรน้ำ, 2549. รายงานแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการบริหารจัดการน้ำ โครงการสำรวจติดตั้งระบบตรวจวัดและจัดตั้งศูนย์ข้อมูลภูมิภาค ในพื้นที่ลุ่มน้ำชีตอนบนและลุ่มน้ำมูลตอนบน. กรมทรัพยากรน้ำ.
- กรมทรัพยากรน้ำ, 2553. รายงานผลการสอบเทียบและการปรับปรุงพัฒนาแบบจำลอง โครงการจ้างเหมาบำรุงรักษาระบบตรวจวัดสภาพน้ำอัตโนมัติทางไกลในพื้นที่ลุ่มน้ำชีตอนบนและมูลตอนบน. กรมทรัพยากรน้ำ.
- กฤษฎา แสงเพชรส่อง, 2547. แนวคิดพื้นฐานและหลักการทำงานของ Kalman Filter Algorithm. วารสารโรงเรียนนายเรือ, ปีที่ 4, ฉบับที่ 4: เลขหน้า 37-48.
- DHI Water Environment and Health, 2007. MIKE11-A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual. DHI, Denmark.