



การประเมินปริมาณน้ำทำได้ด้วยแบบจำลองอุทกวิทยา HEC-HMS
สถานี P.1 แม่น้ำปิง สะพานนวรัฐ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ส่วนอุทกวิทยา

สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา

กรมชลประทาน

มกราคม 2561

คำนำ

การประเมินปริมาณน้ำท่ามีความสำคัญต่อการบริหารจัดการน้ำเพื่อการจัดสรรน้ำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ การเตือนภัยบรรเทาอุทกภัย และการศึกษาวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าเป็นการศึกษาทางอุทกวิทยาเบื้องต้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดน้ำท่าจากน้ำฝนที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะด้านการเตือนภัยก่อนเกิดเหตุการณ์อุทกภัยต้องทำการประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยความรวดเร็วและแม่นยำ เพื่อให้ทันต่อเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น และบรรเทาความเสียหายที่เกิดจากอุทกภัยได้

กุลยา เจริญกิจเกษตร

มกราคม 2561

ที่มาและความสำคัญ

สถานี P.1 แม่น้ำปิง บริเวณสะพานนวรัฐ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นสถานีเตือนภัยสำหรับเมืองเชียงใหม่ ซึ่งเมืองเชียงใหม่ในอดีตเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมอยู่บ่อยครั้งจากฝนที่ตกปริมาณมากบริเวณต้นน้ำ และหลากลงมาอย่างท่วมเมือง สร้างความเสียหายอย่างมากทางเศรษฐกิจ จึงต้องมีการประเมินปริมาณน้ำท่าล่วงหน้าเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจเตือนภัยและบริหารจัดการน้ำเพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกแบบจำลองอุทกวิทยา HEC-HMS มาประเมินน้ำท่าในแต่ละเหตุการณ์ เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากที่จะเกิดขึ้น โดยการศึกษาครั้งนี้มีข้อมูลด้านเข้าที่สำคัญคือ ปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่ารายวัน ในการแปลงน้ำฝนเป็นน้ำท้านั้นแบบจำลองอุทกวิทยา HEC-HMS ได้แบ่งประเภทแบบจำลองตามกระบวนการเกิดน้ำท่าออกเป็น 3 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองคำนวณปริมาณน้ำท่า (Runoff-volume models) แบบจำลองปริมาณน้ำท่าโดยตรง (Direct-runoff models) และแบบจำลองปริมาณการไหลพื้นฐาน (Baseflow models) เมื่อนำทั้ง 3 ส่วนมารวมกันจะได้เป็นปริมาณน้ำท่าที่จุดพิจารณา แบบจำลองมีการแบ่งส่วนที่ชัดเจน และไม่ซับซ้อน ทำให้เข้าใจได้ง่าย และสามารถวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว สามารถใช้เป็นเครื่องมือตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำและการเตือนภัยได้อย่างทันเหตุการณ์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่ใช้กับ สถานี P.1 แม่น้ำปิง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
2. เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าที่สถานี P.1 แม่น้ำปิง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ประโยชน์ที่ได้รับ

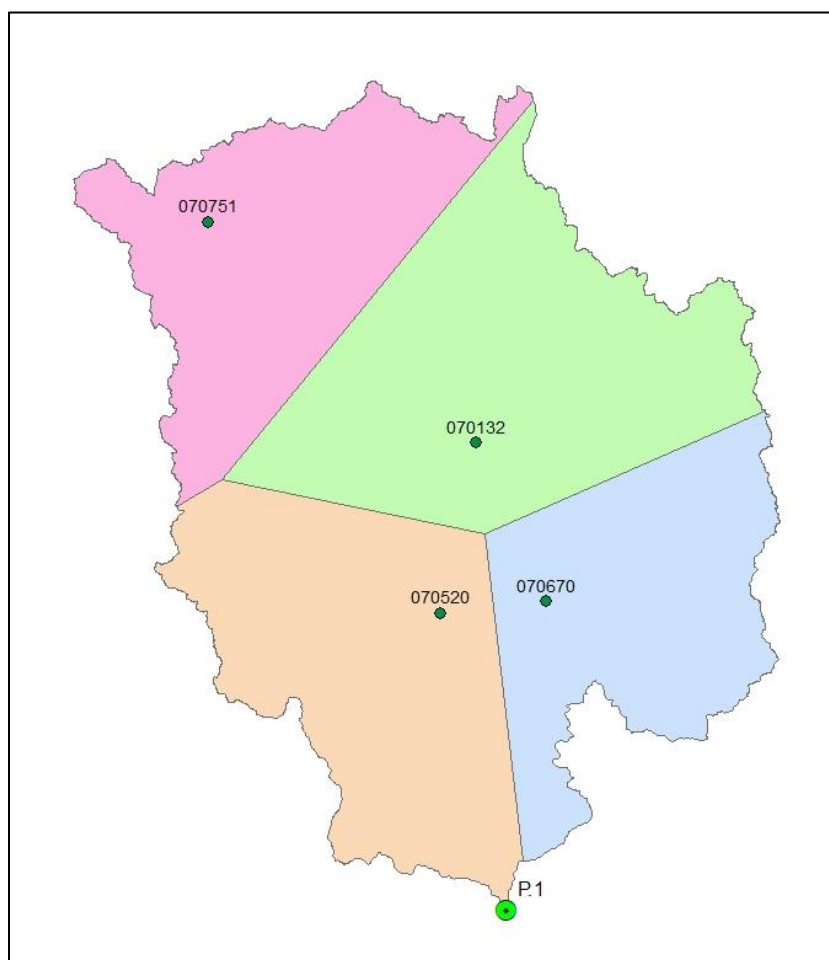
1. ปรับใช้แบบจำลองอุทกวิทยาแบบ open source สำหรับลุ่มน้ำต่างได้
2. ได้โครงสร้างแบบจำลองสำหรับสถานการณ์น้ำในเหตุการณ์น้ำท่าต่างๆ
3. ได้ค่าพารามิเตอร์สำหรับประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำใกล้เคียง

วิธีการศึกษา

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า

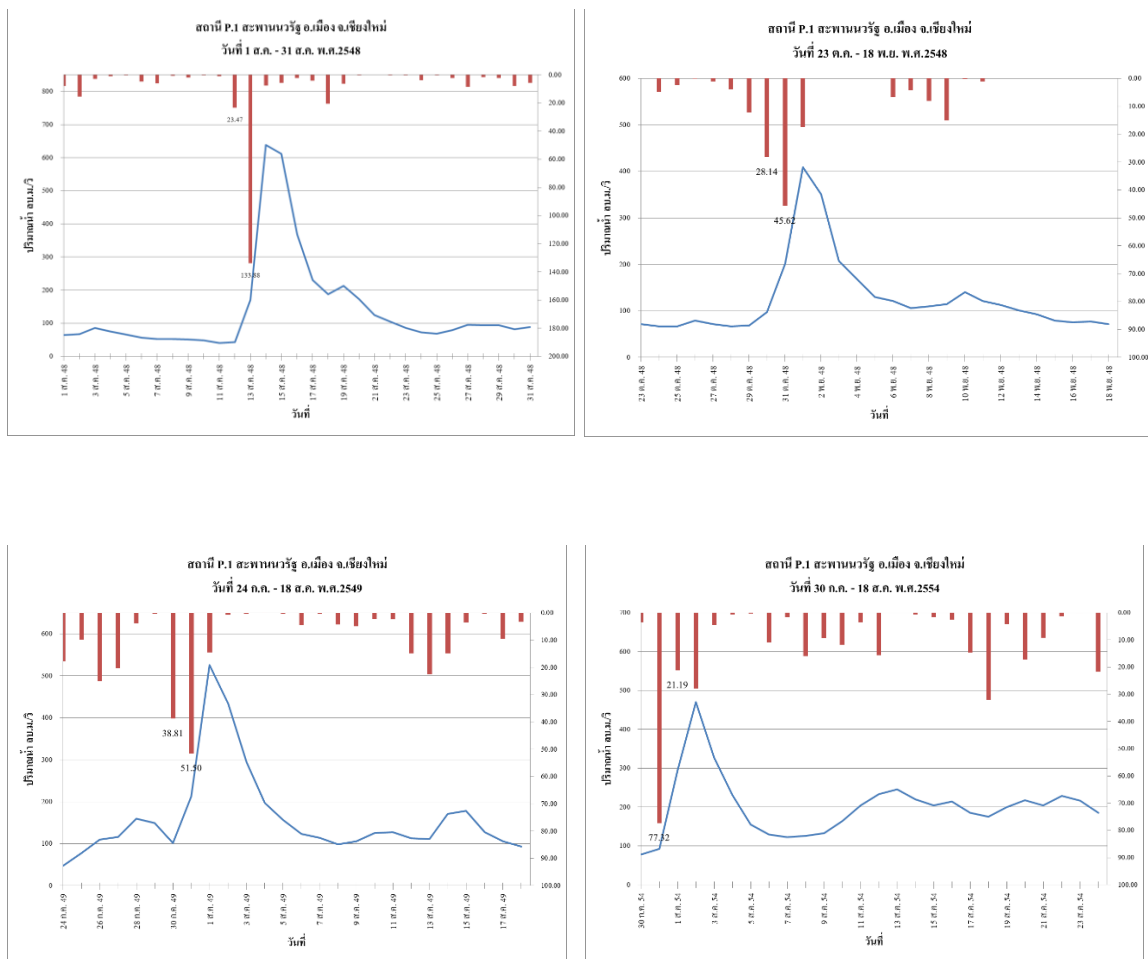
1.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันของสถานี P.1 โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันทั้งหมดที่ได้ทำการตรวจวัดตั้งแต่เปิดสถานี และคัดเลือกเหตุการณ์น้ำท่าที่มีลักษณะเป็นเหตุการณ์เดี่ยว

1.2 รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน โดยคัดเลือกสถานีที่อยู่ในลุ่มน้ำย่อยเหนือสถานี P.1 ทั้งหมดที่มีการรายงานข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ได้แก่ สถานี 070751 P.65 ต.เปียงหลวง อ.เวียงแหง จ.เชียงใหม่ สถานี 070132 อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ สถานี 070670 เขื่อนแม่งัด อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ และสถานี 070520 ห้วยงานโครงการแม่แตง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยด้วยวิธี Thiessen Polygon ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 Thiessen Polygon ของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือสถานี P.1

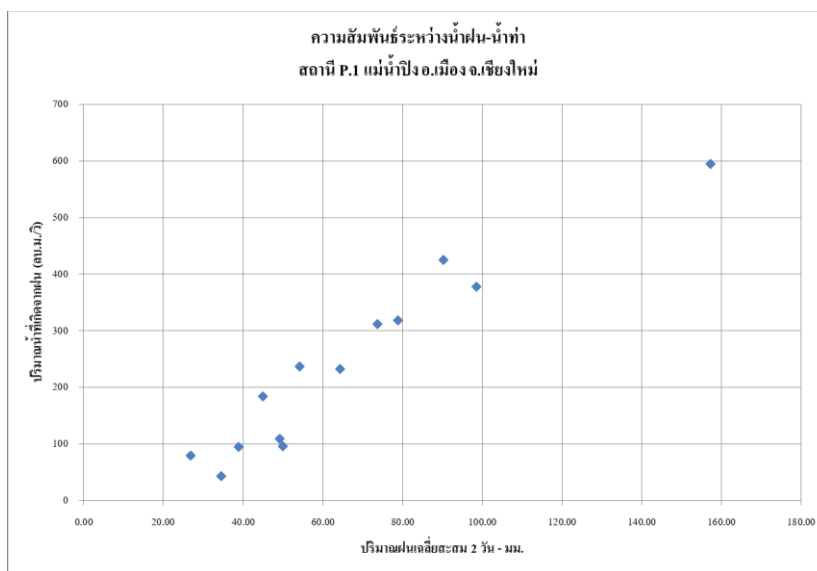
1.3 จับคู่ปริมาณน้ำฝนรายวันกับเหตุการณ์น้ำท่า แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2 แสดงให้เห็นได้ว่า เหตุการณ์น้ำท่าที่เกิดขึ้นเกิดจากปริมาณฝนสะสม 2 วัน ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าจึงต้องในปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสม 2 วัน สร้างความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2 การจับคู่น้ำฝนกับเหตุการณ์น้ำท่า

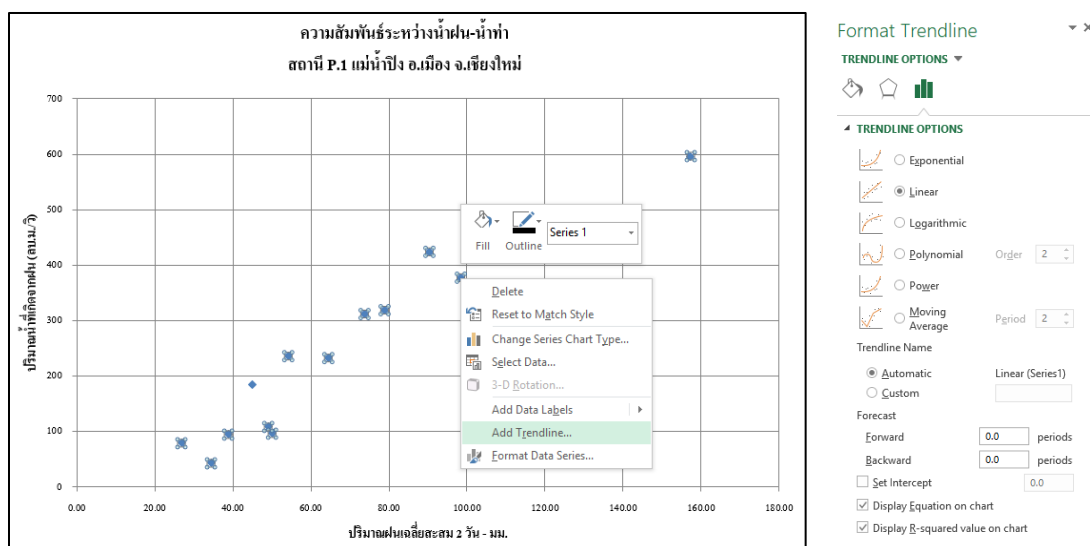
1.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าน้ำฝนและน้ำท่ารายวันด้วยวิธี Simple Linear Regression โดยนำค่าปริมาณน้ำรายวันสูงสุดของเหตุการณ์ที่ตัดปริมาณการไหลพื้นฐานแล้ว กับปริมาณน้ำฝนสะสม

2 วันที่ทำให้เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมสูงสุดนี้ ทั้งหมด 13 เหตุการณ์ มาวาดลงบนกราฟแบบ Scatter plot ดังรูปที่ 3

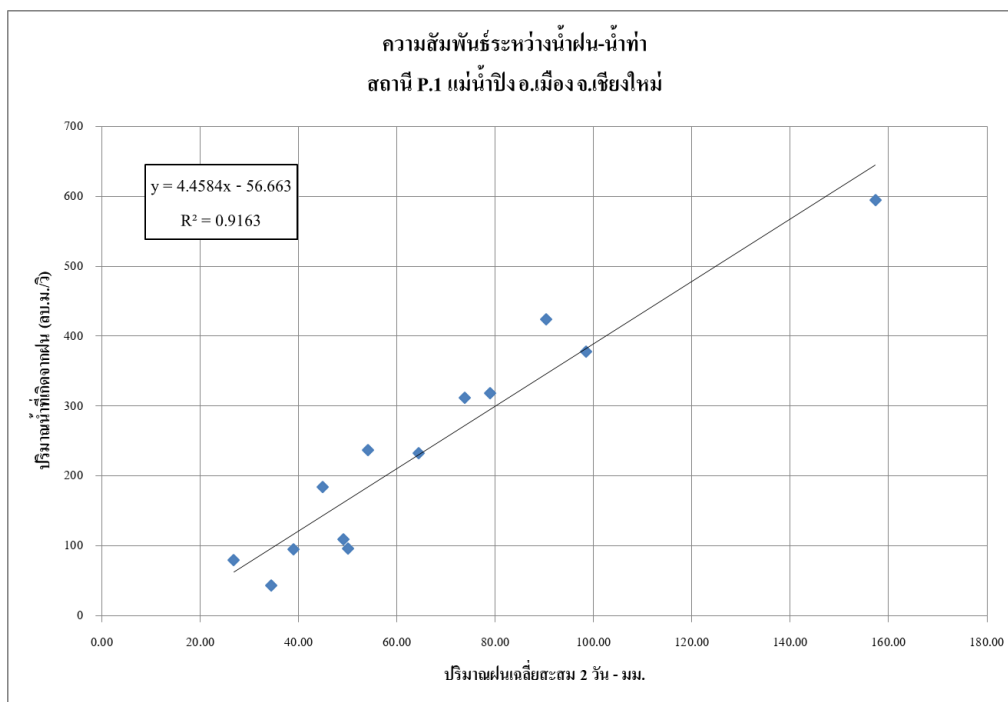


รูปที่ 3 การวาดจุดแสดงค่าปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากฝน และปริมาณฝนเฉลี่ยสะสม 2 วัน แบบ scatter plot

เลือกใช้ Trend line แบบ Linear และเลือกแสดงสมการ และค่า R^2 บนกราฟ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การตั้งค่ารูปแบบเส้น Trend line และสมการความสัมพันธ์ แบบ Linear



รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่า สถานี P.1 แม่น้ำปิง อ.เมือง จ.เชียงใหม่

จากรูปที่ 5 จะแสดงให้เห็นได้ว่า ได้เส้น Trend line พร้อมสมการ Simple Linear Regression สำหรับใช้ในการประเมินน้ำท่า ดังสมการต่อไปนี้

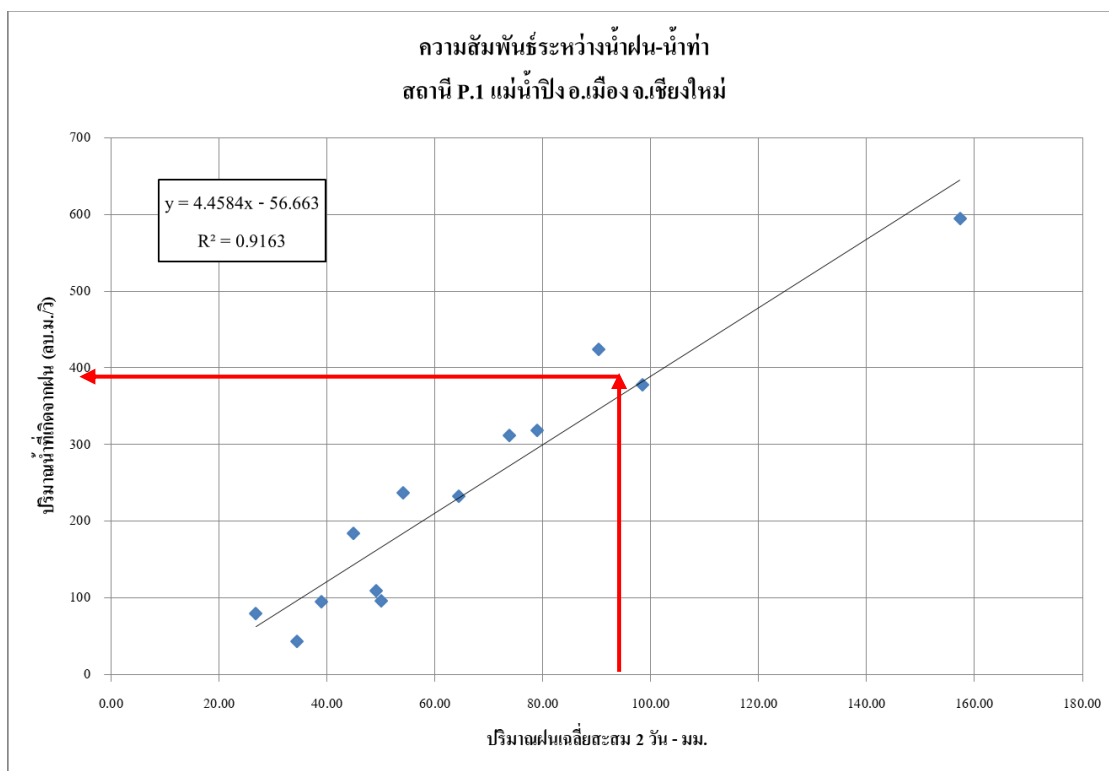
$$Q = 4.4584x - 56.663$$

โดยที่ Q คือ ปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากน้ำฝน (ลบ.ม./วิ)

x คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2 วัน (มม.)

ในการประเมินปริมาณน้ำท่าสามารถใช้สมการดังกล่าวในการประเมินปริมาณน้ำท่าได้โดยเมื่อทราบค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกสะสมในพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือสถานี P.1 นำปริมาณน้ำฝนที่ได้มาแทนค่า x ในสมการ จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากน้ำฝน หน่วย ลบ.ม./วิ หรือสามารถอ่านค่าจากกราฟได้ง่ายโดยเริ่มอ่านจากค่าปริมาณน้ำฝนสะสม 2 วัน ที่ทราบค่า และอ่านค่าปริมาณน้ำท่าที่เกิดจาก

ฝนที่ตรงกับเส้นแนวโน้มที่ตรงกับค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสม 2 วันนั้น ดังตัวอย่างจากรูปที่ 6 จากค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสม 2 วัน ที่ 100 มม. อ่านค่าปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากฝนได้ประมาณ 390 ลบ.ม./วิ



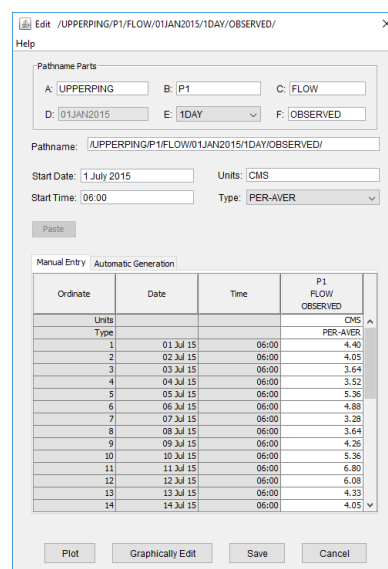
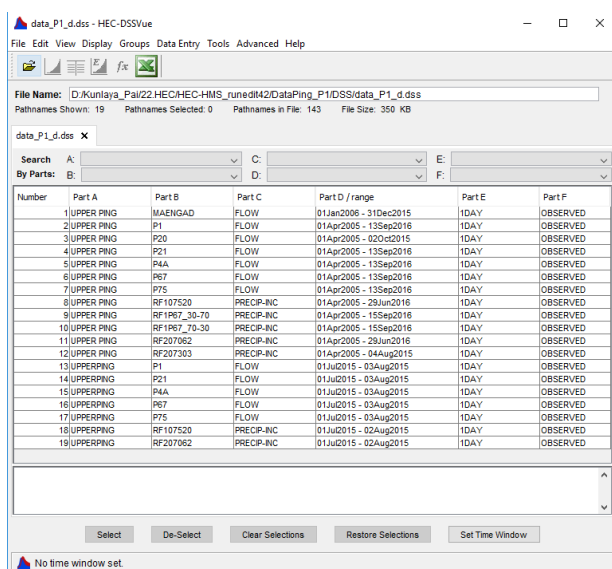
รูปที่ 6 การอ่านค่าจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่า สถานี P.1 แม่น้ำปิง อ.เมือง จ.เชียงใหม่

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์น้ำฝนน้ำท่าจากเหตุการณ์น้ำท่าทั้งหมด 13 เหตุการณ์ ได้สมการ Simple Linear Regression ดังสมการข้างต้น จากการสร้างเส้น Trend line ได้ค่า R^2 เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการที่จะนำไปใช้ หากเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง การศึกษาครั้งนี้ได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.9163 ซึ่งเข้าใกล้ 1 มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าค่อนข้างดี จึงมีความเหมาะสมในการนำสถานีน้ำฝนดังกล่าวข้างต้นมาใช้ในการประเมินน้ำท่าด้วยแบบจำลองอุทกวิทยา HEC-HMS ต่อไป

2. การสร้างชุดข้อมูลด้านเข้าให้แบบจำลอง

2.1 การสร้างชุดข้อมูลกายภาพ : ข้อมูลกายภาพที่ใช้วิเคราะห์ในแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ สำหรับวิเคราะห์ลักษณะและขอบเขตลุ่มน้ำ และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนของกลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณาจากการวิเคราะห์โดยแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ได้ขอบเขตพื้นที่รับน้ำฝนของสถานี P.75, P.4A, P.21, P.1 และพื้นที่รับน้ำฝนระหว่างสถานี P.75 และสถานี P.67 ขนาดพื้นที่ 3,080 ตร.กม. 1,930 ตร.กม. 452 ตร.กม. และ 313 ตร.กม.

2.1 การสร้างชุดข้อมูลน้ำฝน : จัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีตรวจวัด โดยใช้สถานีน้ำฝนที่ได้ผ่านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่าแล้ว ได้แก่ สถานี 070751 P.65 ต.เปียงหลวง อ.เวียงแหง จ.เชียงใหม่ สถานี 070132 อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ สถานี 070670 เขื่อนแม่งัด อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ และสถานี 070520 ห้วยงานโครงการแม่แตง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ นำข้อมูลน้ำฝนรายวันของแต่ละสถานีให้อยู่ในรูปแบบ Time Series และสร้างเป็นชุดข้อมูล DSS File เป็นข้อมูลด้านเข้าแบบจำลอง HEC-HMS



รูปที่ 7 รูปแบบข้อมูล DSS File

3. การสอบเทียบ และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง HEC-HMS

การสอบเทียบแบบจำลองเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อให้ได้ซึ่งพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของแต่ละสถานีน้ำท่าที่ได้ทำการศึกษา โดยการสอบเทียบเป็นกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองด้วยการเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง และการพิสูจน์แบบจำลองเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของพารามิเตอร์ที่ผ่านการสอบเทียบมาแล้วโดยนำไปใช้กับเหตุการณ์อื่นๆ การสอบเทียบจึงทำไปเพื่อทราบถึงวิธีการที่ใช้ประเมินน้ำท่าได้ดีที่สุด

3.1 วิธีการ และพารามิเตอร์ที่เลือกใช้

การวิเคราะห์น้ำฝน-น้ำท่าด้วยแบบจำลองอุทกวิทยา HEC-HMS แบ่งประเภทแบบจำลองตามกระบวนการเกิดน้ำท่าออกเป็น 3 ประเภท โดยแต่ละประเภทได้เลือกใช้แบบจำลองดังนี้

แบบจำลองคำนวณปริมาณน้ำท่า (Runoff-volume models) ได้เลือกใช้วิธี Initial and Constant มีพารามิเตอร์ที่ต้องสอบเทียบ คือ Initial Loss (mm), Constant Rate (mm/hr) และ Impervious (%)

แบบจำลองปริมาณน้ำท่าโดยตรง (Direct-runoff models) ได้เลือกใช้วิธี Snyder Unit Hydrograph มีพารามิเตอร์ที่ต้องสอบเทียบ คือ Standard Lag (hr) และ Peaking Coefficient

แบบจำลองปริมาณการไหลพื้นฐาน (Baseflow models) ได้เลือกใช้วิธี Exponential Recession มีพารามิเตอร์ที่ต้องสอบเทียบ คือ Initial Discharge (m^3/s), Recession Constant และ Threshold Discharge (m^3/s)

การวิเคราะห์การไหลบนเส้นทางน้ำ (Channel Flow models) เพื่อกำหนดกราฟน้ำท่าที่ท้ายน้ำ ได้เลือกใช้แบบจำลองดังนี้

แบบจำลอง Kinematic wave มีข้อมูลด้านเข้าที่จำเป็น คือ Length (m), Slope (m/m) และพารามิเตอร์ที่ต้องสอบเทียบ คือ Manning's n, Shape, Bottom Width (m), Side Slope (xH : 1V)

แบบจำลอง Muskingum มีพารามิเตอร์ที่ต้องสอบเทียบ คือ Muskingum K (hr) และ Muskingum X

แบบจำลอง Lag มีพารามิเตอร์ที่ต้องสอบเทียบ คือ Lag (min)

3.2 เกณฑ์การเปรียบเทียบความถูกต้องแบบจำลอง

การเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองด้วยการตรวจสอบความเข้ากันได้ดีของกราฟน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลองกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด สามารถทำได้โดยใช้ค่าทางสถิติ คือ Root Mean Square Error (RMSE) ซึ่งเป็นตัวแปรทางสถิติที่แสดงระดับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด หากมีเท่ากับ 0 แสดงว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองเท่ากับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

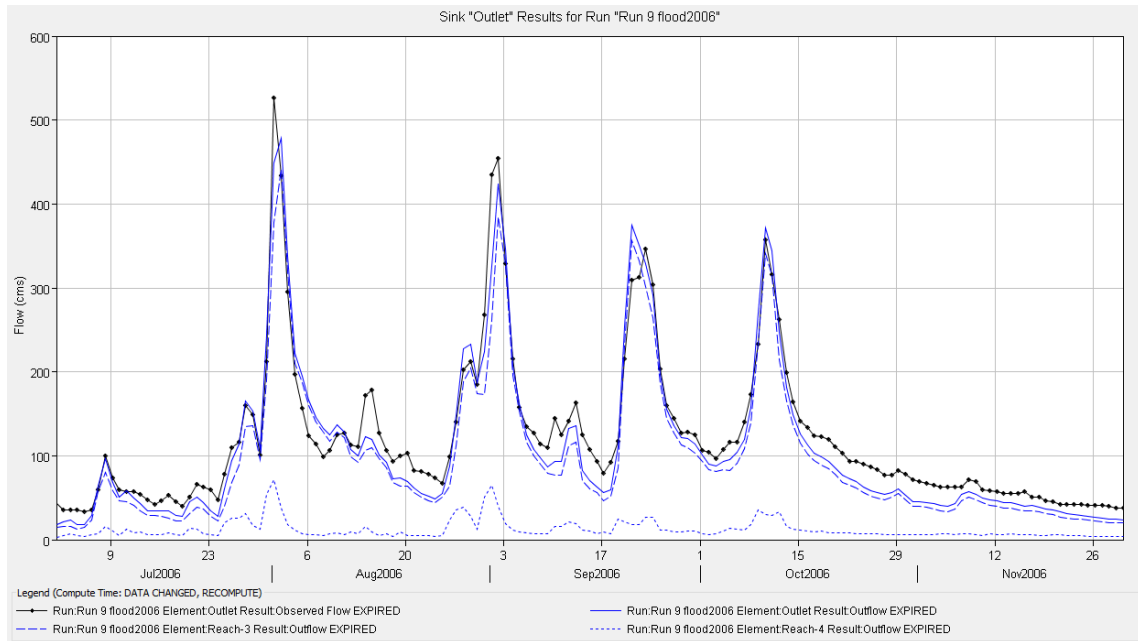
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_{mi} - Q_{ci})^2}$$

โดยที่	Q_{mi}	= ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่เวลา i
	$\bar{Q}_m$	= ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด
	Q_{ci}	= ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่เวลา i
	$\bar{Q}_c$	= ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง
	N	= จำนวนของข้อมูล

4. ผลการศึกษา

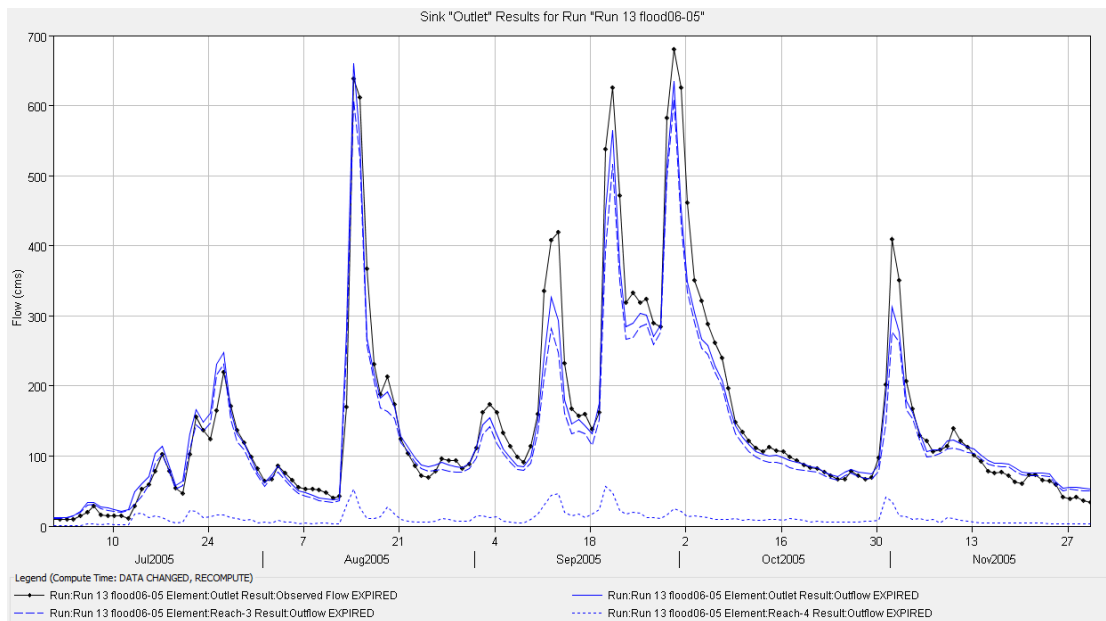
ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองที่สถานี P.1 เบื้องต้นได้เลือกเหตุการณ์น้ำมากในช่วงฤดูฝนมาทำการศึกษาเนื่องจากเป็นเหตุการณ์ที่มักต้องพยากรณ์อย่างเร่งด่วน เพื่อการเตือนภัย และการบริหารจัดการน้ำ เพื่อลดผลกระทบจากอุทกภัย โดยได้ใช้ 1 เหตุการณ์สำหรับการสอบเทียบ และ 2 เหตุการณ์สำหรับการตรวจพิสูจน์ ได้ผลดังนี้

ผลการจำลองเหตุการณ์สอบเทียบเหตุการณ์น้ำมาก ช่วงวันที่ 1 กรกฎาคม – 30 พฤศจิกายน พ.ศ.2549 ได้ผลการประเมินกราฟน้ำท่าแสดงดังรูปที่ 8 และค่า RMSE เท่ากับ 24.6 m³/s



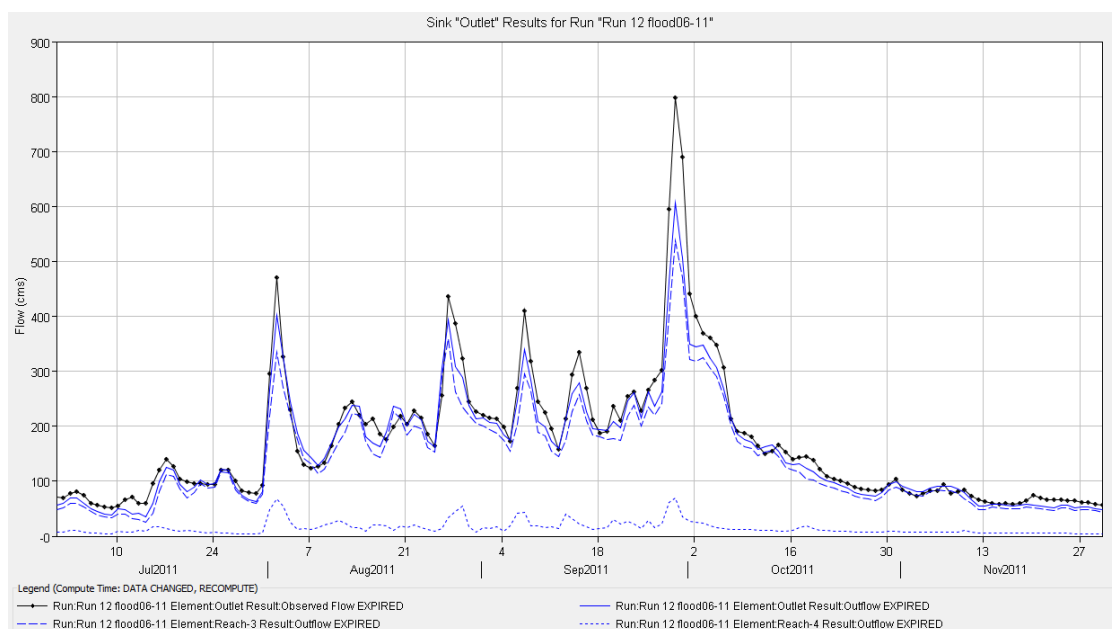
รูปที่ 8 ผลการสอบเทียบแบบจำลองเหตุการณ์น้ำมาก สถานี P.1

ผลการจำลองเหตุการณ์ตรวจพิสูจน์เหตุการณ์น้ำมาก เหตุการณ์ที่ 1 ช่วงวันที่ 1 กรกฎาคม – 30 พฤศจิกายน พ.ศ.2548 ได้ผลการประเมินกราฟน้ำท่าแสดงดังรูปที่ 9 และค่า RMSE เท่ากับ 34.4 m³/s



รูปที่ 9 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองเหตุการณ์น้ำมาก เหตุการณ์ที่ 1 สถานี P.1

ผลการจำลองเหตุการณ์ตรวจพิสูจน์เหตุการณ์น้ำมาก เหตุการณ์ที่ 2 ช่วงวันที่ 1 กรกฎาคม – 30 พฤศจิกายน พ.ศ.2554 ได้ผลการประเมินกราฟน้ำท่าแสดงดังรูปที่ 10 และค่า RMSE เท่ากับ $34.4 \text{ m}^3/\text{s}$



รูปที่ 10 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองเหตุการณ์น้ำมาก เหตุการณ์ที่ 2 สถานี P.1

จากผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง รูปร่างของกราฟน้ำท่าค่อนข้างเป็นไปตามข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด และค่า RMSE ที่ไม่สูงมาก แสดงว่าพารามิเตอร์ชุดนี้สามารถนำไปใช้ได้สำหรับการพยากรณ์เหตุการณ์น้ำมากต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์น้ำฝนน้ำท่าครั้งนี้เป็นลักษณะการน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝนแบบเดียว โดยการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝนสะสม 2 วัน ซึ่งเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ แต่ยังมีเหตุการณ์น้ำท่าที่เกิดจากความสัมพันธ์แบบปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วันอีก หากต้องการประเมินน้ำท่าได้ครอบคลุมทุกรูปแบบจะต้องมีการศึกษาความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่นๆที่เกิดขึ้นเพิ่มเติม

2. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลด้านเข้าที่สำคัญ หากกลุ่มน้ำยังมีการตั้งสถานีวัดน้ำฝนไม่เพียงพอ กระจายตัวไม่ทั่วทั้งลุ่มน้ำ ด้วยอุปสรรคทางด้านภูมิประเทศและด้านอื่นๆ ควรมีการแก้ปัญหาในส่วนนี้ด้วยการใช้การประเมินปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่มาประยุกต์ใช้ เพื่อนำไปสู่การเพิ่มความถูกต้องในการประเมินน้ำฝน-น้ำท่าต่อไป