

การประมาณค่าตัวแปรของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า InfoWorks PDM ในลุ่มน้ำแม่วังทอง

An Estimation of InfoWorks PDM Rainfall-Runoffmodel Parameters in Mae Wang Thong River Basin

วิษณุวัฒน์ เต็มสมบัติ สุทธิพงษ์ จุลฉาย

ห้องปฏิบัติการวิจัยการจำลองระบบทรัพยากรน้ำด้วยคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศ (WRCMIS Lab)

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า InfoWorks PDM เพื่อคำนวณปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำแม่วังทองโดยใช้ข้อมูลจากสถานีโทรมาตรลุ่มน้ำแม่วังทองซึ่งตรวจวัดข้อมูลน้ำฝนและระดับน้ำแบบต่อเนื่องราย 15 นาทีตามเวลาจริง ผลการเปรียบเทียบและการตรวจพิสูจน์ของแบบจำลองที่สถานี TNwt.6 และ TNwt.15 ในระหว่างเดือนมิถุนายน-ตุลาคม พ.ศ. 2556 ได้ค่าทางสถิติของแบบจำลอง PDM มีค่า r เท่ากับ 0.87 และ 0.85 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ส่วนค่าความแม่นยำและความคลาดเคลื่อน RMSE และ NSE อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ต่อมาทำการวิเคราะห์ความไวของค่าตัวแปรจากแบบจำลอง PDM ที่สถานีโทรมาตร TNwt.6 โดยพิจารณาจากปริมาตรน้ำและปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำท่าที่เปลี่ยนแปลงไปจากการเปลี่ยนค่าตัวแปรแต่ละตัวผลที่ได้พบว่า ค่าตัวแปร 4 ตัวที่มีความไวมากกว่าตัวแปรอื่น คือ ค่า $rainfc$ ค่า $k1$ ค่า bg และ ค่า kg

คำสำคัญ : แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า, แบบจำลอง InfoWorks PDM, การวิเคราะห์ความไวของค่าตัวแปร, ลุ่มน้ำแม่วังทอง

Abstract

This study is an application of InfoWorks PDM rainfall – runoff model to calculate runoff of Mae Wang Thong Basin using data from telemetry stations which measured 15-minutes rainfall and water level real-time data. The model calibration and verification at TNwt.15 and TNwt.6 station during June - October 2013 found that the statistical indexes of PDM model has r equal to 0.87 and 0.85, respectively which are illustrated very good correlation. While, the precision and accuracy of model result, RMSE and NSE remain acceptable. The sensitivity analysis of PDM model parameters at TNwt.6 telemetry station was then carried out by considering the change of both volume and peak flow hydrograph affected from the change of each model parameter. It found that four model parameters are sensitive than others namely $rainfc$, $k1$, bg and kg .

Keywords : Rainfall-Runoff Model, InfoWorks PDM Model, Sensitivity Study, Mae Wang Thong River Basin

1. บทนำ

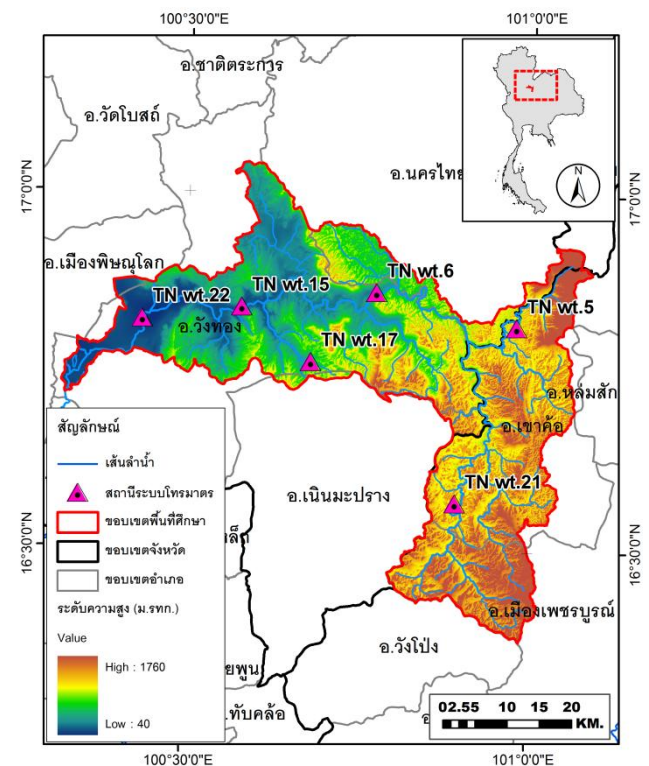
พื้นที่ลุ่มน้ำแม่วังทองมักจะประสบปัญหาอุทกภัยในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคมซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม พายุและร่องความกดอากาศต่ำ โดยพื้นที่ต้นน้ำของแม่น้ำวังทองอยู่บนเทือกเขาสูงบริเวณเขตของจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดเพชรบูรณ์เนื่องจากสภาพลำน้ำมีความลาดชันสูงและไม่มีแหล่งเก็บกักน้ำและชะลอการไหลของน้ำในช่วงฤดูฝนจะเกิดน้ำป่าไหลหลากจากบนเขาลงมาทำให้แม่น้ำวังทองเอ่อล้นตลิ่งจนเกิดน้ำท่วมฉับพลันด้านท้ายน้ำทำให้พื้นที่การเกษตรและบ้านเรือนเสียหายเป็นประจำทุกปี

ในปี พ.ศ. 2553 กรมชลประทานได้เริ่มติดตั้งระบบโทรมาตรในลุ่มน้ำแม่วังทอง และติดตั้งแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2554 จำนวน 6 สถานี โดยเป็นสถานีตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำและปริมาณน้ำฝน 4 สถานี และสถานีตรวจวัดข้อมูลปริมาณน้ำฝน 2 สถานี ซึ่งเป็นการตรวจวัดข้อมูลน้ำฝนและระดับน้ำแบบต่อเนื่องราย 15 นาทีตามเวลาจริง (Real Time) [1] โดยนำมาประเมินหาปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำแม่วังทองจากข้อมูลฝนเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพยากรณ์น้ำท่วมและเตือนภัยในลุ่มน้ำสำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า InfoWorks PDM เพื่อทำการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองโดยใช้ข้อมูลตรวจวัดจริงจากสถานีโทรมาตรในลุ่มน้ำแม่วังทองและการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรของแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการปรับค่าตัวแปรต่อไป

2. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่วังทอง เป็นลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำน่านตอนล่าง ความยาวประมาณ 136 กิโลเมตร มีพื้นที่รวมทั้งลุ่มน้ำประมาณ 1,970 ตารางกิโลเมตร อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 16-22 เหนือ ถึง เส้นรุ้งที่ 17-2 เหนือ และอยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 100-19 ตะวันออก ถึง เส้นแวงที่ 101-4 ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของ 2 จังหวัด ได้แก่ ทางทิศตะวันตกติดกับ อำเภอมวกเหล็กของจังหวัดพิษณุโลก และทางทิศตะวันออกติดกับ อำเภอเขาค้อของจังหวัดเพชรบูรณ์ พื้นที่ต้นน้ำของแม่น้ำวังทองอยู่บนเทือกเขาสูงบริเวณตำบลเจ๊กน้อย และตำบลชัยเปา

รอยต่ออำเภอเมืองและอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดเพชรบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 1



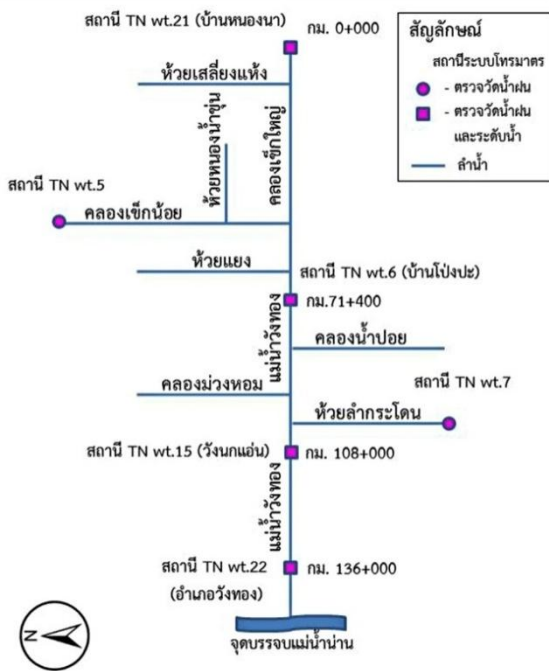
รูปที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

3. หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลอง InfoWorks-PDM ย่อมาจาก Probability Distributed Model เป็นแบบจำลองแบบ Deterministic Conceptual Model ที่ทำการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากน้ำฝน ซึ่งในการคำนวณจะนำเข้าข้อมูลน้ำฝนที่ได้จากสถานีตรวจวัดแสดงในรูปที่ 2 แล้วคำนวณหาปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย

หลักการทำงานของแบบจำลอง PDM ซึ่งปรับปรุงขึ้นมาจาก ISIS PDM ที่พัฒนาขึ้นโดย Center for Ecology and Hydrology ประเทศอังกฤษ เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝนและการระเหย โดยมีความสามารถคำนวณน้ำของดินเป็นปัจจัยหลักในการควบคุมปริมาณน้ำท่าที่จะไหลออกจากลุ่มน้ำ [2]-[3] แต่เนื่องจากดินที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในลุ่มน้ำเดียวกัน จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกันจึงใช้หลักการ Probability Distribution เป็นพื้นฐานของแบบจำลอง โดย

เมื่อมีฝนตกลงมาจะมีน้ำบางส่วนสูญเสียไปจากการระเหย ส่วนที่เหลืออยู่บนผิวดินจะถูกจำลองให้เป็นการเก็บกักน้ำบนผิวดิน และส่วนที่ซึมลงใต้ดินจะถูกจำลองเป็นแหล่งเก็บกักน้ำใต้ดิน ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง คือ ปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำ ที่เป็นผลรวมของการไหลออกจากแหล่งเก็บกักน้ำผิวดินและแหล่งเก็บกักน้ำใต้ดินที่เวลาเดียวกัน ดังแสดงผังการทำงานของแบบจำลอง PDM ในรูปที่ 3



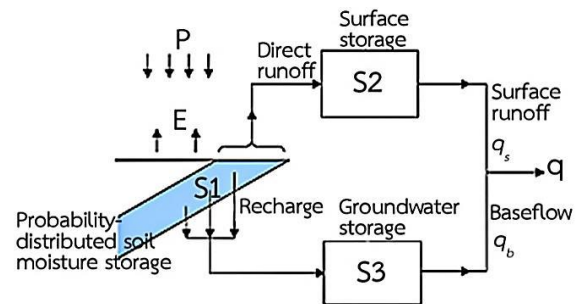
รูปที่ 2 ระบบลุ่มน้ำและสถานีโทรมาตร

เมื่อกำหนดให้ความสามารถในการเก็บกักน้ำของแห่งดิน (Soil Column) ที่ตำแหน่งใดๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นเสมือนถังเก็บน้ำที่มีความจุ C' ต่อมาถ้ดั่งกล่าวได้รับน้ำจากฝน (P) และในขณะเดียวกันก็มีการสูญเสียเนื่องจากการระเหย (E) ต่อมาถ้ได้รับน้ำจนกระทั่งน้ำเต็มถึงจะล้นออกนอกถังเป็นปริมาณน้ำท่า (q) แต่ในกรณีที่มีการสูญเสียมากกว่าปริมาณฝนจะไม่ล้นออกนอกถังซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$q = \begin{cases} P - E - (C' - S_0), & P > C' + E \\ 0, & P \leq C' + E \end{cases} \quad (1)$$

โดยที่ q คือ ปริมาณน้ำท่าไหลออกจากกลุ่มน้ำ และ S_0 คือ ระดับน้ำในถังตอนเริ่มต้น เมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งใดๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งมีความสามารถในการเก็บกักน้ำเท่ากับ c ซึ่งถือว่าเป็นตัวแปรสุ่ม (Random Variable) ที่สัมพันธ์กับ Probability Density Function, $f(c)$ ดังนั้น

สัดส่วนของกลุ่มน้ำที่มีพิสัยของระดับน้ำอยู่ในช่วง $(c, c+dc)$ จะเป็น $f(c)dc$



รูปที่ 3 ผังการทำงานของแบบจำลอง InfoWorks PDM

การพิจารณาสมมูลน้ำเริ่มต้นจากการนำถึงน้ำในลุ่มน้ำที่มีความสูงเท่ากันแต่มีระดับน้ำแตกต่างกันไปตามตำแหน่งต่างๆ มาเรียงกันตามลำดับของระดับน้ำจากมากไปน้อย ในกรณีที่ลุ่มน้ำแห่งตอนเริ่มต้นถึงน้ำก็จะมีการเก็บกักเป็นศูนย์ และเมื่อมีฝนตกภายในช่วงเวลาที่พิจารณาในอัตราสุทธิ P ถึงจะรับน้ำไว้เป็นความลึกเท่ากับ P แต่ถ้าถึงนั้นมีความสูงที่เหลืออยู่น้อยกว่า P จะเกิดการไหลล้นออกนอกถัง ดังนั้น ถ้าพิจารณาในช่วงเวลาใดๆ ถึงที่มีความจุเหลืออยู่น้อยจะเต็มก่อน แล้วระบายน้ำออกมาเป็นน้ำท่า และเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาที่พิจารณา ถึงที่มีความจุเท่ากับ P จะเต็มพอดีและเริ่มที่จะระบายน้ำออก โดยทั่วไป จะมีถึงหลายใบที่มีความจุเท่ากัน ดังนั้น ปริมาณน้ำท่าที่จะได้จากลุ่มน้ำจะมาจากการปรับค่าความลึกของน้ำในถังตามความถี่ ซึ่งจะระบุโดย $f(c)$ และเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาที่พิจารณา ถึงที่มีความจุน้อยกว่า P เริ่มจะระบายน้ำออกมาเป็นน้ำท่า ถ้าให้ C' เป็นความจุวิกฤตของถังที่มีความจุน้อยกว่า P ซึ่งจะได้รับน้ำเต็มถึงที่เวลา t จึงสามารถเขียนสัดส่วนของกลุ่มน้ำที่มีถึงซึ่งมีความจุเท่ากับหรือน้อยกว่าความจุวิกฤตได้ดังนี้

$$\text{prob}(c \leq C^*) = F(C^*) = \int_0^{C^*} f(c)dc \quad (2)$$

โดยที่ $F(C^*)$ คือ Distribution Function ของความจุของถังและเกี่ยวข้องกับ Density Function, $f(c)$ ภายใต้อสมการความสัมพันธ์ $f(c) = dF(C^*)/dc$ ซึ่งเป็นสัดส่วนของกลุ่มน้ำที่จะให้น้ำท่าเช่นเดียวกัน[4]-[5] และจากคำแนะนำของผู้พัฒนาแบบจำลองนี้ได้สรุปค่าตัวแปรและความสัมพันธ์กับกระบวนการต่างๆ ทางอุทกวิทยาได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่สำคัญของแบบจำลอง PDM [5]

กระบวนการ	ตัวแปร	หน่วย	ความหมาย
1. ปริมาณฝนและการระเหย	1) rainfc 2) idly 3) be	- ชั่วโมง -	ตัวคูณปริมาณฝน เวลาที่เลื่อนออก เลขยกกำลังของฟังก์ชันการระเหย
2. การกระจายตัวของ การเก็บกักความชื้นในดิน	4) cmax 5) b	มม. -	ความจุกักเก็บน้ำในดินสูงสุด เลขยกกำลังของการกระจายตัวPareto
3. การไหลของน้ำใต้ดิน	6) kg 7) bg	ชั่วโมง -	ค่าคงที่ของเวลาการไหลของน้ำใต้ดิน เลขยกกำลังของเวลาการไหลของน้ำใต้ดิน
4. การเคลื่อนตัวของน้ำท่า	8) k1	ชั่วโมง	ค่าคงที่ของเวลาการไหลบนผิวดิน
5. ปริมาณการไหลพื้นฐาน	9) kb	ชั่วโมง	ค่าคงที่ของเวลาการไหลพื้นฐาน

4. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนคือ การรวบรวมข้อมูล การตรวจสอบและนำเข้าข้อมูล การเปรียบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลองและการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรของแบบจำลอง

4.1 การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

1) ข้อมูลตรวจวัดระดับน้ำ ปริมาณการไหล และปริมาณน้ำฝนราย 15 นาที จากสถานีระบบโทรมาตร ปี พ.ศ. 2554-2556 รวบรวมได้จากกรมชลประทาน

2) ข้อมูลการระเหยจากถาดวัดการระเหยของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่วังทองและบริเวณใกล้เคียงจำนวน 3 สถานี คือ สถานีตรวจอากาศพิษณุโลก , อำเภอหล่มสัก และเพชรบูรณ์ ในช่วงปี พ.ศ. 2523-2552

4.2 การตรวจสอบและนำเข้าข้อมูล

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมเพื่อนำเข้าไปสร้างแบบจำลองของข้อมูลฝนราย 15 นาทีในปี 2554-2556 ด้วยวิธีการวิเคราะห์ Double Mass Curve ของสถานีโทรมาตรในลุ่มน้ำแม่วังทองแล้วปรับแก้ค่าปริมาณฝนแต่ละสถานีให้มีค่าใกล้เคียงกับ

ปริมาณฝนสะสมของสถานีข้างเคียงโดยการตัดข้อมูลที่มีค่าซ้ำกันกับข้อมูลที่มีค่าติดลบทิ้งไป หลังจากนั้นจะใช้ข้อมูลน้ำฝนในปี พ.ศ. 2556 นำเข้าเพื่อเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองการนำเข้าข้อมูลจะใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณฝนเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำด้วยวิธี Thiessen Polygon ส่วนข้อมูลอัตราการระเหยและปริมาณการไหลจะใช้บริเวณจุดออกของพื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละลุ่มน้ำ

4.3 การเปรียบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

การเปรียบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง PDM เลือกใช้สถานีโทรมาตร TNwt.6 และสถานี TNwt.15 โดยกำหนดเกณฑ์ในการประเมินผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองซึ่งจะใช้ค่าดัชนีทางสถิติ 3 ตัว จะพิจารณาเลือกช่วงปีของข้อมูลน้ำฝน น้ำท่า และการระเหยมาใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลองในช่วงเดือนกันยายน ถึงตุลาคม และการตรวจพิสูจน์แบบจำลองในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง สิงหาคม ปี พ.ศ. 2556 และวัดผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลทางสถิติดังนี้

1) ค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error, RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad (3)$$

2) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือ Correlation Coefficient (r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

3) ค่าความแม่นยำ (Nash-Sutcliffe Efficiency, NSE)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

เมื่อ y_i คือค่าที่ได้จากแบบจำลอง, x_i คือ ค่าที่ได้จากการตรวจวัด, $\bar{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง, $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัด, n คือ จำนวนชุดข้อมูล

ค่า r ควรมีค่ามากกว่า 0.6 ซึ่งถ้า r มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างสมบูรณ์ ส่วนค่า RMSE และ NSE ยิ่งมีค่าน้อยยิ่งดี แสดงว่าชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลตรวจวัดน้อย

4.4 การวิเคราะห์ความไวของตัวแปรจากแบบจำลอง

การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองเพื่อดูว่าปริมาณการไหลเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรแต่ละตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลงในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่เพื่อหาค่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลในลุ่มน้ำแม่วังทองมากที่สุดโดยนำค่าตัวแปรที่ผ่านการปรับเทียบที่สถานี TNwt.6 มาใช้ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน ปี พ.ศ.2556 เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการปริมาณการไหลในลำน้ำไม่มากนักและไม่เกินระดับตลิ่งลำน้ำค่าตัวแปรเริ่มต้นมีทั้งหมด 9 ตัวแปร ได้แก่ ค่า rainfc, cmax, k1, kg, bg, tdly, b, be และ kb

5. ผลการศึกษา

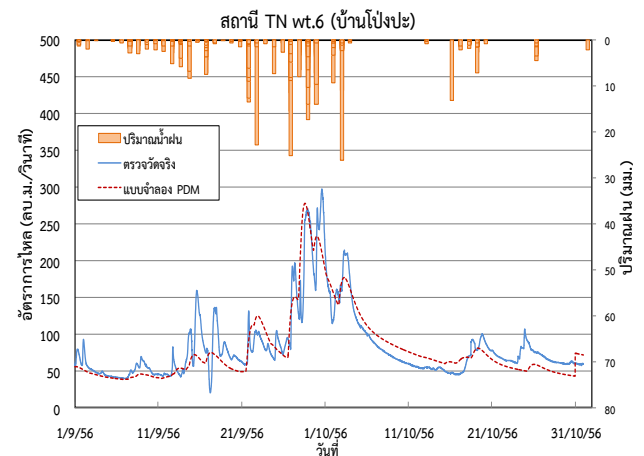
ผลการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองและผลการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรของแบบจำลอง

5.1 ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

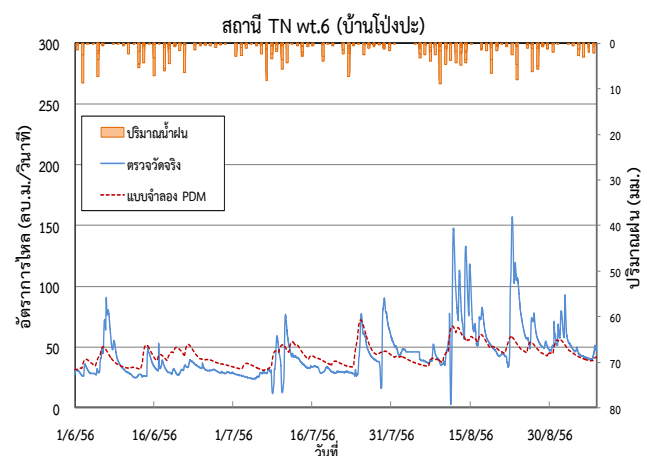
สถานี TNwt.6 มีผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองแสดงดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ตามลำดับ จากรูปแสดงการพล็อตกราฟระหว่างค่าปริมาณการไหลที่ตรวจวัดได้จริง (เส้นทึบ) กับค่าปริมาณการไหลที่คำนวณได้จาก PDM (เส้นประ) ส่วนตารางที่ 2 แสดงค่าทางสถิติของแบบจำลอง PDM ที่สถานี TN wt.6 และ TNwt.15 ซึ่งมีค่า r เท่ากับ 0.87 และ 0.85 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ส่วนค่า RMSE และ NSE อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และแสดงค่าตัวแปรที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง PDM ทั้งสองสถานีในตารางที่ 3 หลังจากนั้น จึงคัดเลือกแบบจำลอง PDM ของสถานี TNwt.6 โดยพิจารณาจากค่า r ดีกว่ามาใช้ในการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรของแบบจำลองต่อไป

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีทางสถิติที่ได้จากผลการปรับเทียบ

สถานี	ค่า r	ค่า RMSE	ค่า NSE
TNwt.6	0.87	19.74	0.75
TNwt.15	0.85	43.81	0.72



รูปที่ 4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองที่สถานี TNwt.6



รูปที่ 5 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองที่สถานี TNwt.6

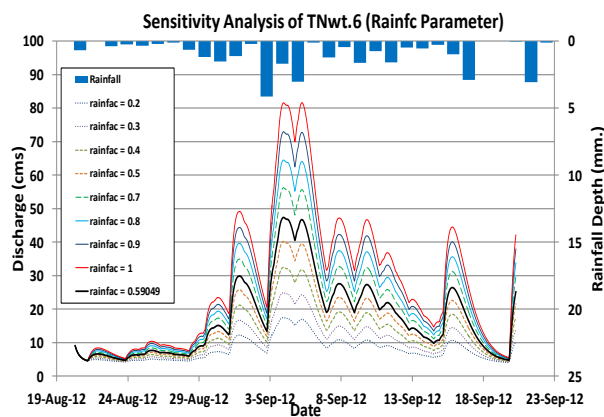
ตารางที่ 3 ค่าตัวแปรที่ผ่านการปรับเทียบแบบจำลอง

ตัวแปร	สถานี TN wt.6	สถานี TN wt.15
rainfc	0.5905	0.927
cmax	451	460
b	3.141	1.202
be	7.036	8.801
k1	18.83	19.29
kb	499.36	242.77
kg	26114	41846
bg	1.1329	1.941
tdly	3.25	0.511

5.2 ผลการวิเคราะห์ความไวของค่าตัวแปร

เมื่อพิจารณาจากปริมาตรน้ำ (Volume) และการไหลสูงสุดของกราฟน้ำท่า (Flood Peak) พบว่า ค่าตัวแปรที่มีความไวต่อปริมาณน้ำท่วมในลุ่มน้ำแม่วังทองมากที่สุดและรองลงมาตามลำดับได้แก่ ค่า rainfc ค่า k1 ค่า bg

และ ค่า kg โดยแสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งแสดงเฉพาะค่า rainfc และตารางที่ 4 โดยทั้งสองตัวแปรที่มีความอ่อนไหวมากขึ้น เนื่องจาก rainfc จะเป็นตัวคูณปรับแก้ปริมาณฝน, k1 จะเกี่ยวข้องกับระยะเวลาการเคลื่อนตัวของน้ำท่าผิวดิน, และ kg กับ bg จะเกี่ยวข้องการไหลของน้ำใต้ดิน



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความไวของตัวแปร rainfc จากแบบจำลอง PDM

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรในแบบจำลอง PDM ที่สถานี TNwt.6

change	Rainfc		Change	k1	
parameter	Peak	Volume	Parameter	Peak	Volume
	(%)	(%)		(%)	(%)
0.2	-63.11	-53.61	5	6.50	4.79
0.3	-47.47	-40.41	10	25.02	1.66
0.4	-31.47	-26.84	15	10.68	0.45
0.5	-15.12	-12.90	20	-4.62	-0.21
0.7	18.70	15.96	25	-16.20	-0.75
0.8	36.17	30.83	30	-24.80	-1.28
0.9	54.01	45.92	40	-36.96	-2.70
1.0	72.25	61.18	50	-45.44	-4.32

change	kg		change	bg	
parameter	Peak	Volume	parameter	Peak	Volume
	(%)	(%)		(%)	(%)
5000	-53.68	-22.45	0.50	9.54	-7.55
10000	-19.61	3.19	1.00	2.73	-5.18
15000	-1.17	9.59	1.50	-54.15	-22.23
20000	-0.73	3.76	2.00	-60.76	-19.23
30000	0.48	-1.49	2.50	-36.10	-8.23
35000	1.05	-2.82	3.00	-0.67	-4.86
40000	1.57	-3.75	3.50	15.34	-3.57
50000	2.48	-4.93	4.00	10.63	-2.39

6. สรุปผลการศึกษา

ผลการเปรียบเทียบและผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง PDM ที่สถานี TNwt.6 และ TNwt.15 พบว่า ค่าทางสถิติอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และการวิเคราะห์ความไวของค่าตัวแปรในกลุ่มน้ำแม่วังทอง พบว่า ค่าตัวแปรที่มีความไวได้แก่ ค่า rainfc ค่า k1 ค่า bg และ ค่า kg ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับค่าตัวแปรเพื่อประเมินหาปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำแม่วังทองและกลุ่มน้ำอื่นได้ต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

จากการศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการตีพิมพ์จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสนม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงาน กรมชลประทานและกรมอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่อนุเคราะห์ข้อมูล

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Royal Irrigation Department, "Study and Installation of Telemetry System in Mae Wang Thong River Basin for Flood Forecasting and Warning System," 2010.
- [2] K. Khantiyawichai, "An Application of InfoWorks RSmodel for Flood Estimation in Chi River Basin," Master Thesis Department of Water Resources Engineering, Khon Kaen University, 2004.
- [3] R. Homvichien, "An Application of InfoWorks PDM model for Streamflow Estimation in Chi River Basin," Master Thesis Department of Water Resources Engineering, Khon Kaen University, 2006.
- [4] S. Chaluay, "The Study on Real Time Flood Forecasting in the Mae Wang Thong Basin," Master Thesis Department of Irrigation Engineering, Kasetsart University, 2014.
- [5] HR Wallingford Ltd, "InfoWorks RS and FloodWorks ISIS Flow User Manual," UK, 1998.