



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT และข้อมูลฝนดาวเทียม GSMaP เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีตรวจวัด : กรณีศึกษา ลุ่มน้ำลำพะเนียง Application of SWAT hydrological model and GSMaP satellite rainfall data for runoff estimation in an ungauged watershed: a case study of Lam Paniang Watershed

สุบรร ผลกะสิ^{1*} หริส ประสารฉำ² จตุรงค์ ภาคสามศรี³ กิตติเวช ขันติยวิชัย⁴

¹ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

² สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

³ โครงการชลประทานหนองบัวลำภู อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู 39000

⁴ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

Suban Phonkasi^{1*} Haris Prasanchum² Jaturong Paksamsri³ Kittiwet Kuntiyawichai⁴

¹ Department of Civil Technical Education, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen campus, Khon Kaen 40000

² Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen campus, Khon Kaen 40000

³ Nong Bua Lam Phu Irrigation Office, Nong Bua Lam Phu 39000

⁴ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding author.

E-mail: suban.ph@rmuti.ac.th; Telephone: 081 873 1512

วันที่รับบทความ 15 กุมภาพันธ์ 2567; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 17 เมษายน 2567; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 20 มิถุนายน 2567

วันที่ตอบรับบทความ 27 กรกฎาคม 2567

บทคัดย่อ

ปริมาณน้ำท่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนที่กระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ของลุ่มน้ำ ในขณะที่สถานีตรวจวัดน้ำท่าและปริมาณฝนในลุ่มน้ำระดับภูมิภาค โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังมีจำนวนน้อย ซึ่งส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำของทั้งลุ่มน้ำ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในการประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำลำพะเนียง ระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2563 โดยใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ที่ผ่านการปรับลดค่าความคลาดเคลื่อนแล้วและนำเข้าสู่การจำลองสภาพปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัด ผลการศึกษาพบว่า การประมาณปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT ร่วมกับข้อมูลฝนดาวเทียม GSMaP_NRT จำนวน 55 จุด ที่ผ่านการปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำลำพะเนียง เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีวัดน้ำ E.64 และ E.68A พบว่ามีค่าดัชนี $R^2 > 0.6$, $NSE > 0.5$ และ $PBIAS < 25\%$ ซึ่งถือว่ามีความน่าเชื่อถือของผลการจำลองสภาพอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และแสดงให้เห็นว่าการจำลองสภาพปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถแสดงผลลัพธ์ปริมาณน้ำท่ารายลุ่มน้ำย่อยในรูปแบบของแผนที่เชิงพื้นที่ได้ โดยสรุป ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ร่วมกับข้อมูลฝนดาวเทียม GSMaP_NRT สามารถนำมาใช้ประเมินปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำที่ขาดแคลนสถานีตรวจวัดได้อย่างเหมาะสม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และลดผลกระทบต่อการเกิดอุทกภัยหรือภัยแล้งในพื้นที่ได้

คำสำคัญ

น้ำท่า แบบจำลอง SWAT ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ลุ่มน้ำลำพะเนียง

Abstract

It is true that runoff has a close relationship with rainfall distributed over the basin, while streamflow and rainfall stations within the Northeast region is also found to be insufficient and inevitably affects the water management of the entire watershed. The purpose of this study was to apply the SWAT hydrological model for evaluating runoff in the Lam Paniang Watershed between 2010 - 2020 by using the bias-corrected GSMaP_NRT satellite rainfall data as input for runoff estimation in ungauged areas. When compared to the observed runoff at E.64 and E.68A stations, the results showed that the values of $R^2 > 0.6$, $NSE > 0.5$, and $PBIAS < 25\%$ of daily runoff simulated by the bias-corrected GSMaP_NRT satellite rainfall data of 55 grid points covering the entire Lam Paniang Watershed indicate satisfactory model performance for simulation in ungauged catchment. Thereafter, the runoff for each sub-basin and its spatial maps can be determined. In conclusion, it can be stated that the application of SWAT model in combination with GSMaP_NRT satellite rainfall data could appropriately be used to evaluate the runoff in ungauged watershed, in which the obtained results can be beneficial for efficient water management planning and effective flood and drought mitigation strategies applied in the area.

Keywords

runoff, SWAT model, GSMaP_NRT Satellite Rainfall, ungauged watershed, Lam Paniang Watershed

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเพื่อการวางแผนการใช้น้ำที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ฝนซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญและมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าในพื้นที่นั้นๆ โดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยทั่วไปมักจะประสบปัญหาการขาดแคลนข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัด จึงเป็นอุปสรรคต่อการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากลุ่มน้ำ การตรวจวัดปริมาณฝนภาคพื้นดินของประเทศไทยที่ดำเนินการโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งข้อมูลที่วัดได้จะเป็นปริมาณฝนที่ตกลงสู่พื้นดินโดยตรง แต่ปริมาณฝนที่ได้เป็นเพียงตัวแทนของข้อมูล บริเวณที่ทำการตรวจวัดเท่านั้น ไม่สามารถเป็นตัวแทนของบริเวณที่อยู่ห่างไกลจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนได้ [1] การตรวจวัดปริมาณฝนโดยใช้ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถตรวจวัดปริมาณฝนได้ครอบคลุมพื้นที่ได้ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณที่ไม่มีสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน เช่น บริเวณพื้นที่ป่า บริเวณพื้นที่เขาสูง [2]

ในแง่ของการประเมินปริมาณน้ำท่า แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ซึ่งเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่จำลองลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำในลักษณะของการกระจายพารามิเตอร์ตามสภาพทางกายภาพของพื้นที่จริง ถือว่าเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่สามารถคำนวณปริมาณน้ำท่า

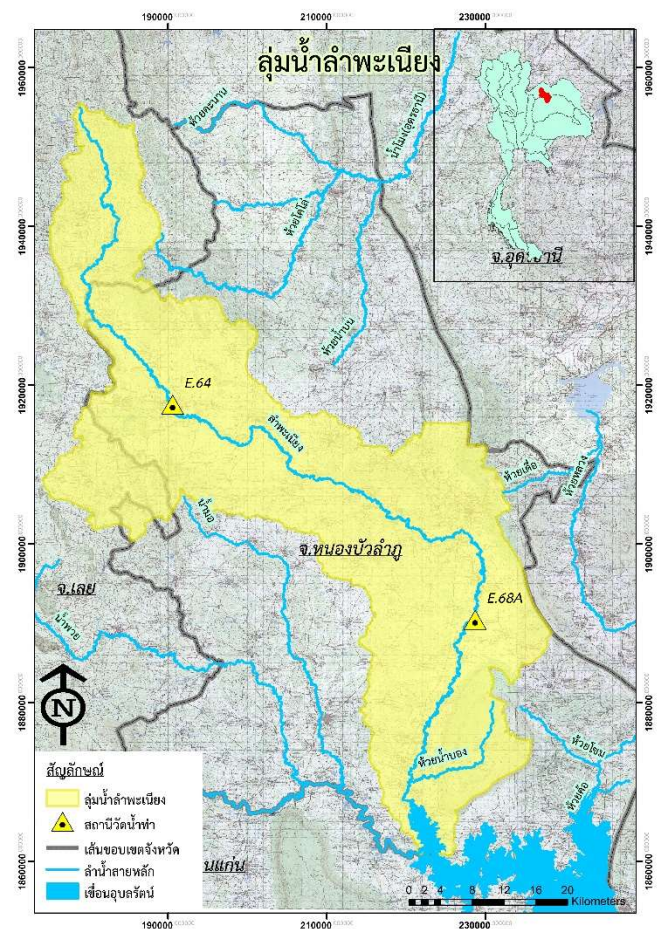
โดยสามารถกำหนดจุดออกที่ต้องการวัดปริมาณน้ำได้โดยอิสระและคำนวณออกมาได้ทั้งในรูปแบบรายวัน รายเดือน และรายปี [3] อย่างไรก็ตาม การประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลปริมาณฝนภาคพื้นดินในการคำนวณปริมาณน้ำท่า ซึ่งปัญหาที่พบของประเทศไทยแต่ละสถานีมีความห่างไกลกันและมีจำนวนสถานีค่อนข้างน้อย บางสถานีมีข้อมูลที่ขาดหายไป [4] จากข้อจำกัดดังกล่าว ทำให้มีหลายงานวิจัยที่นำเทคโนโลยีเรดาร์และดาวเทียมรายละเอียดสูงทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาใช้ในการติดตามข้อมูลฝน และนำไปใช้งานร่วมกับแบบจำลองทางอุทกวิทยา อาทิเช่น Al-Dousari และคณะ (2553) [5] ซึ่งได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM สำหรับเป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินปริมาณน้ำอัดเสริมใต้ดินบริเวณตอนเหนือของประเทศคูเวตและพื้นที่ลุ่มน้ำ Umm Al Aish บริเวณตอนกลางของประเทศคูเวต โดยพบว่าข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM มีความถูกต้องถึง 90% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฝนที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ สอดคล้องกับงานวิจัยของภุริภัทร์ ธูปกระโทก และรัชมี สุวรรณวีระกำจร (2556) [6] ที่ได้ทำการเปรียบเทียบการกระจายพร้อมทั้งวิเคราะห์ ความคลาดเคลื่อน และความสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนจากดาวเทียม TRMM ผลิตภัณฑ์ 3B43 กับสถานีอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทย ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2541 – 2555 ในลุ่มน้ำโขง ชี

และมูล และพบว่าทั้ง 2 ชุดข้อมูลมีรูปแบบการกระจายของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีปริมาณฝนมากในบริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และลดต่ำลงบริเวณตอนกลางและตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM สามารถเป็นอีกแหล่งข้อมูลทางเลือกที่มีความเหมาะสมสำหรับการศึกษาวิจัยในกลุ่มน้ำโขง ชี และมูล นอกจากนี้ ฟาตา มรรชหวิ. (2560). [7] ยังได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ GSMap (Global Satellite Mapping of Precipitation) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างภาพถ่ายปริมาณฝนทั่วโลกที่มีความแม่นยำและมีรายละเอียดสูง โดยมีแนวคิดในการทำการวิเคราะห์หาอัตราการตกของฝนจากเครื่องมือหลายช่วงคลื่นและจากดาวเทียมหลายดวง รวมทั้งข้อมูลในช่วงคลื่นไมโครเวฟจากดาวเทียมที่มีวงโคจรต่ำ และชุดข้อมูลในช่วงคลื่นอินฟราเรดที่ติดตั้งบนดาวเทียมค้างฟ้า ในขณะที่เกศวรา สิทธิโชค และคณะ (2565) [8] ก็ได้ทำการตรวจสอบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์และปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ระหว่างการใช้ปริมาณฝนที่ได้จากสถานีตรวจวัดน้ำฝนและปริมาณฝนจากการตรวจวัดดาวเทียม Global Satellite Mapping of Precipitation Near real Time (GSMap_NRT) ซึ่งได้รับการปรับแก้ค่าความเอนเอียงก่อนนำเข้าสู่แบบจำลอง โดยพบว่าข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมสามารถใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสู่แบบจำลองควบคู่กับการใช้ข้อมูลฝนตรวจวัดในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดในเรื่องของสถานีตรวจวัดน้ำฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการศึกษานี้จะนำข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMap_NRT ร่วมกับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT สำหรับประเมินปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดน้ำฝนในเขตลุ่มน้ำลำพะเนียง ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรให้มีประสิทธิภาพ ตลอดจนการลดความเสี่ยงและผลกระทบจากอุทกภัยหรือภัยแล้งที่อาจเกิดขึ้นในเขตพื้นที่ศึกษา

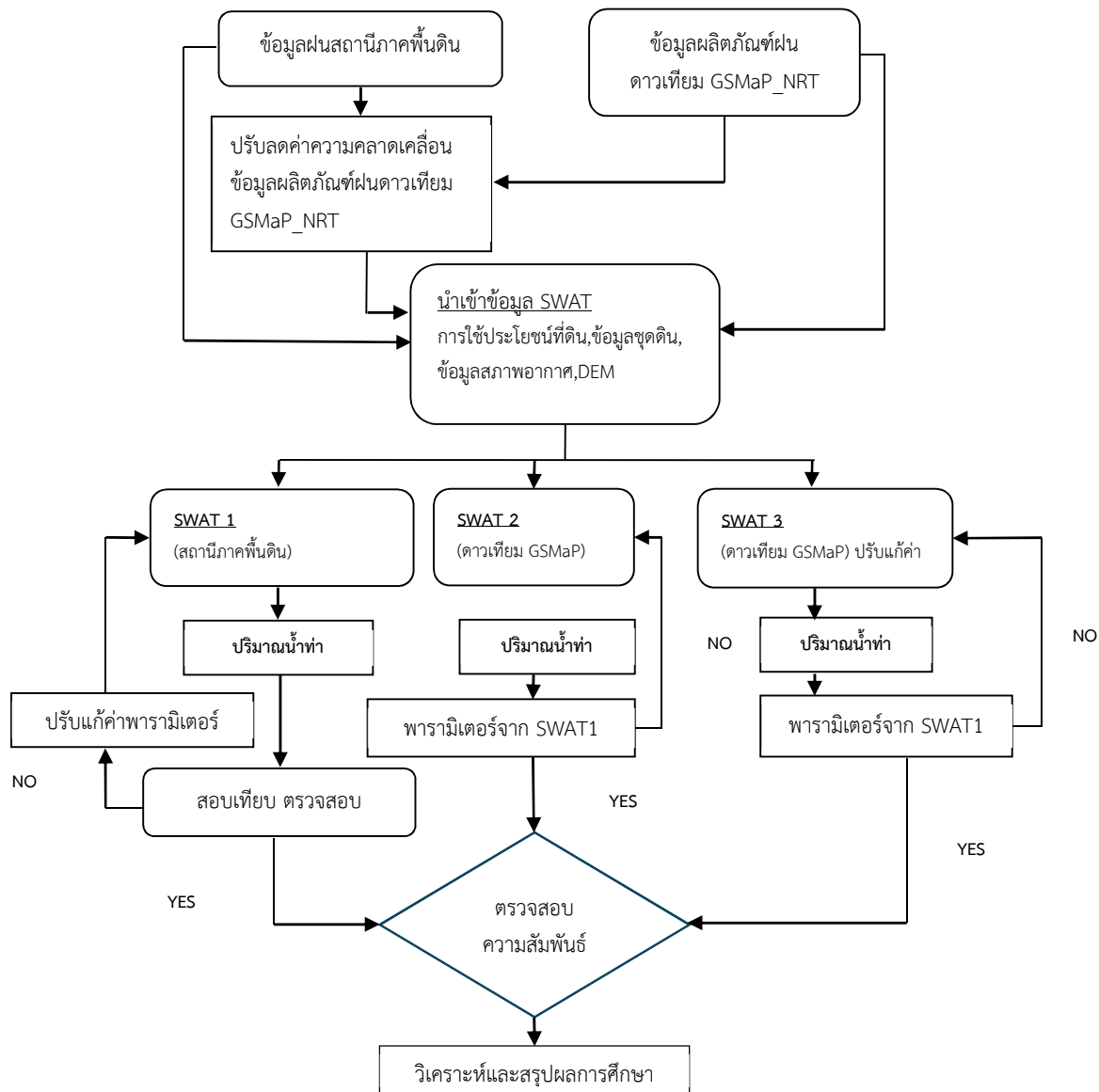
2. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำลำพะเนียงครอบคลุมพื้นที่จังหวัดหนองบัวลำภูและจังหวัดเลย มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 2,562.90 ตารางกิโลเมตร (คิดเป็นร้อยละ 3.93 ของพื้นที่ลุ่มน้ำชี) โดยพื้นที่ลุ่มน้ำลำพะเนียงมีต้นน้ำเริ่มจากเทือกเขาภูขาวในจังหวัดเลย แล้วไหลในทิศตะวันออกเฉียงใต้ผ่านตัวจังหวัดหนองบัวลำภู และไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์บริเวณอำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดหนองบัวลำภู โดยมีลำพะเนียงเป็นลำน้ำสายหลักมีความยาวประมาณ 285 กิโลเมตร [9] ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 1

ลุ่มน้ำลำพะเนียงมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,409.20 มิลลิเมตร โดยในการศึกษานี้จะใช้ข้อมูลตรวจวัด ณ สถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทานจำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานีวัดน้ำท่า E.64 และ E.68A โดยที่ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของกลุ่มน้ำลำพะเนียง 320.90 ล้าน ลบ.ม.



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำลำพะเนียง



รูปที่ 2 ขั้นตอนการศึกษา

3. วิธีศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย จะเริ่มต้นด้วย 1) การรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาแบบรายวันและข้อมูลลักษณะทางกายภาพ (ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1) 2) ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนภาคพื้นดินในเขตพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีโค้งทับทวี (Double Mass Curve) เพื่อวิเคราะห์ความผิดปกติของข้อมูลปริมาณฝน 3) การปรับลดค่าความคลาดเคลื่อนจากปริมาณฝนที่ได้จากข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT เปรียบเทียบกับปริมาณฝนที่ตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน และ 4) การนำข้อมูลพื้นฐานเข้าสู่แบบจำลอง SWAT ในส่วนของข้อมูลฝนที่ใช้สำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT จะ

แบ่งออกเป็น 3 ชนิดข้อมูล คือ ปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีภาคพื้นดิน (SWAT1) ปริมาณฝนจากสถานีจำลอง GSMaP (SWAT2) และปริมาณฝนจากสถานีจำลอง GSMaP ที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ค่า (SWAT3) โดยจะอาศัยการตรวจสอบค่าความอ่อนไหวด้วยโปรแกรม SWAT-CUP หลังจากนั้นจึงนำผลการประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยข้อมูลฝนนำเข้า 3 ชุดข้อมูล และทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือเพื่อประเมินความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลอง SWAT ด้วยค่าทางสถิติ R^2 , NSE และ PBIAS โดยเป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด ณ สถานีวัดน้ำท่า กับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAT โดยขั้นตอนการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลลักษณะทางกายภาพ

ที่	ชนิดของข้อมูล	ช่วงเวลา (พ.ศ.)	ที่มา
1	ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข(DEM) 30m.x 30 ม.	2563	กรมการพัฒนาที่ดิน
2	ข้อมูลชุดดิน	2561	กรมการพัฒนาที่ดิน
3	ข้อมูลการใช้ที่ดิน	2562	กรมการพัฒนาที่ดิน
4	ข้อมูลเส้นลำนํ้าและขอบเขตลุ่มนํ้า	2562	กรมชลประทาน
5	ข้อมูลสภาพอากาศ	2553- 2563	กรมอุตุนิยมวิทยา
6	ข้อมูลฝนรายวันจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้น	2553- 2563	กรมอุตุนิยมวิทยา
7	ข้อมูลฝนรายวันจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT	2553- 2563	https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index.htm
8	ข้อมูลฝนรายวันจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT (ปรับแก้ค่าฯ)	2553- 2563	-
9	ข้อมูลน้ำท่ารายวัน	2553- 2563	กรมชลประทาน

3.1 การปรับลดค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Change Factor Method

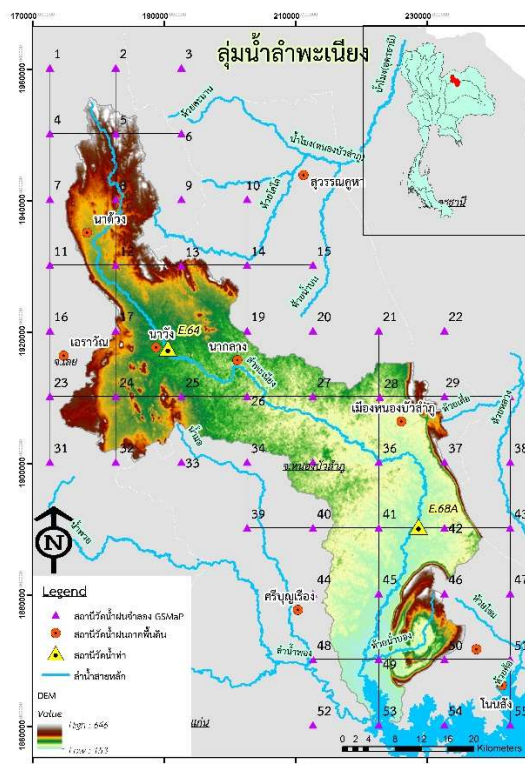
เนื่องจากการใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT มีข้อจำกัดที่อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณฝนจาก GSMaP_NRT อาจจะมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าปริมาณฝนที่ตรวจวัดจากสถานีภาคพื้นดิน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการปรับลดความคลาดเคลื่อนโดยวิธีการสร้างค่าคงที่สำหรับปรับลดค่าความคลาดเคลื่อน [10] โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ใช้วิธี Point to Pixel ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างและความคลาดเคลื่อนของ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2563 (11 ปี) ที่ได้จากข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT เสมือนเป็นสถานีตรวจวัดน้ำฝนจำลอง GSMaP จำนวน 55 สถานี กับปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน จำนวน 9 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 3 ในส่วนของการเปรียบเทียบ

ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนจะเป็นการเปรียบเทียบกันระหว่าง สถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดินกับสถานีจำลอง GSMaP ได้แก่ สถานีนาด้วง (NP.08) สถานีเอราวัณ (NP.16) สถานีสุวรรณคูหา (NP.10) สถานีนาวัง (NP.18) สถานีนากลาง (NP.26) สถานีอำเภอมือง (NP.28) สถานีศรีบุญเรือง (NP.44) สถานีโนนสัง (NP.51) และสถานีนิคมสร้างตนเองโนนสัง (NP.50) หลังจากนั้นทำการคำนวณอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของ ปริมาณฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินกับค่าเฉลี่ย ปริมาณฝนจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT โดยใช้สมการที่ (1)

$$C_{PC} = \frac{(PC_{OBS-AVE})}{(PC_{GSM\alpha p-AVE})} \quad (1)$$

เมื่อ C_{PC} คือ ค่าคงที่ปรับลดความคลาดเคลื่อนปริมาณ
 ฝนจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT
 $PC_{OBS-AVE}$ คือ ปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน
 เฉลี่ยรายเดือน $PC_{GSMaP-AVE}$ คือ ปริมาณฝนจากข้อมูล
 ผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT เฉลี่ยรายเดือน



รูปที่ 3 สถานีตรวจวัดน้ำฝนสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดินและสถานีตรวจวัดน้ำฝนสถานีตรวจวัดน้ำฝนจำลอง GSMaP

2) นำค่าคงที่ที่ได้จากสมการที่ (1) ไปปรับแก้ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จาก GSMaP_NRT ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2559 (7 ปี) ซึ่งจะทำให้ได้ค่า $PC_{GSMaP-AVE-REV}$ หลังจากนั้นจึงใช้สมการที่ (2) ในการหาค่าคงที่ C_{PC-REV} ซึ่งค่าคงที่ที่ได้จากสมการที่ (2) จะถูกนำไปปรับแก้ค่าปริมาณฝนจาก GSMaP_NRT ที่ยังไม่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจะได้เป็นค่า PC_{GSMaP} และทดสอบความถูกต้องเพื่อความน่าเชื่อถืออีกครั้งโดยใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2560 – 2563 (4 ปี) สำหรับการสอบเทียบข้อมูล

$$C_{PC-REV} = \frac{(PC_{OBS-AVE})}{(PC_{GSMaP-AVE-REV})} \quad (2)$$

เมื่อ C_{PC-REV} คือ ค่าคงที่ปรับลดความคลาดเคลื่อนที่ได้ผ่านการปรับแก้ด้วยการเพิ่มหรือลดค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ระหว่าง พ.ศ. 2560 – 2563 ซึ่งทำให้ผลต่างระหว่างปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินน้อยที่สุด $PC_{GSMaP-AVE-REV}$ คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ที่ผ่านการปรับแก้ด้วยการเพิ่มหรือลดค่าซึ่งทำให้ได้ผลต่างระหว่างปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินน้อยที่สุด

$$PC_{GSMaP-REV} = PC_{GSMaP} \times C_{PC-REV} \quad (3)$$

เมื่อ $PC_{GSMaP-REV}$ คือ ปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแล้ว (มม.) PC_{GSMaP} คือ ปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ที่ยังไม่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน (มม.)

(3) เมื่อได้ค่าคงที่ที่ผ่านการปรับแก้ที่ทำให้ปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ใกล้เคียงกับปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินมากที่สุด ค่าปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT รายวันจะถูกนำไปปรับลดความคลาดเคลื่อนโดยใช้สมการที่ (3) ซึ่งจะใช้วิธีการจัดชุด

กลุ่มปรับลดความคลาดเคลื่อนโดยกำหนดระยะที่ใกล้ที่สุดของสถานีตรวจวัดน้ำฝนสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดินเป็นหลัก ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชุดกลุ่มปรับลดความคลาดเคลื่อน

ที่	สถานีตรวจวัดน้ำฝนสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	สถานีตรวจวัดน้ำฝนสถานีตรวจวัดน้ำฝนจำลอง GSMaP
1	นาด้าง (10)	NP.01, NP.02, NP.04, NP.05, NP.07, NP.08, NP.09, NP.11, NP.12, NP.13
2	เอราวัณ (5)	NP.16, NP.23, NP.24, NP.31, NP.32
3	สุวรรณคูหา (5)	NP.03, NP.06, NP.10, NP.14, NP.15
4	นาวัง (4)	NP.17, NP.18, NP.25, NP.33
5	นากลาง (5)	NP.19, NP.20, NP.26, NP.27, NP.34
6	เมือง (12)	NP.21, NP.22, NP.28, NP.29, NP.30, NP.35, NP.36, NP.37, NP.38, NP.41, NP.42, NP.43
7	ศรีบุญเรือง (7)	NP.39, NP.40, NP.44, NP.45, NP.48, NP.49, NP.52
8	โนนสัง (3)	NP.47, NP.51, NP.55
9	นิคมฯ โนนสัง (4)	NP.46, NP.50, NP.53, NP.54

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือสถานีวัดปริมาณน้ำฝนจำลองที่นำค่ามาตรวจสอบความสัมพันธ์และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างและความคลาดเคลื่อน

3.2 แบบจำลอง SWAT

SWAT เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องภายใต้ความร่วมมือระหว่าง Texas Agricultural Experiment Station- Blackland Research Center กับ United States Department of Agriculture's Agricultural Research Service (USDA-ARS) [11] ซึ่งได้มีการนำข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จากแบบจำลองด้าน GIS ประยุกต์ใช้กับร่วมกับ SWAT โดยมีวัตถุประสงค์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่า ซึ่งใช้สมการสมดุลน้ำมาพิจารณากระบวนการทางอุทกวิทยาดังแสดงในสมการที่ (4)

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (4)$$

เมื่อ SW_t คือปริมาณน้ำในดินสุดท้าย (มม.) SW_0 คือปริมาณน้ำในดินเริ่มต้น (มม.) t คือเวลา (วัน) R_{day} คือปริมาณฝนในวันที่ i (มม.) Q_{surf} คือปริมาณน้ำผิวดินในวันที่ i (มม.) E_a คือปริมาณการคายระเหยในวันที่ i (มม.) W_{seep} คือปริมาณน้ำไหลซึมลงสู่ชั้นใต้ดินในวันที่ i (มม.) Q_{gw} คือปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลกลับสู่ลำน้ำในวันที่ i (มม.)

3.3 ประสิทธิภาพของแบบจำลอง

การประเมินประสิทธิภาพของผลการจำลองปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัด ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ดัชนีทางสถิติสำหรับการประเมินแบบจำลองทางอุทกวิทยา จำนวน 3 ดัชนี คือ

1) ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ซึ่งจะมีค่าระหว่าง 0-1 โดยค่ามากกว่า 0.5 จะแสดงว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในระดับที่มีความน่าเชื่อถือดังแสดงในสมการที่ (5)

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n ((Q_i - Q_{avr}) \times (P_i - P_{avr}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{avr})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - P_{avr})^2}} \right]^2 \quad (5)$$

2) ค่าสัมประสิทธิ์ของ Nash Suttcliffe (Nash-Suttcliffe efficiency, NSE) มีค่าระหว่าง $-\infty$ ถึง 1 โดย NSE เท่ากับ 1 แสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองตรงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด NSE เท่ากับ 0 แสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด และ $NSE < 0$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดดีกว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองดังแสดงในสมการที่ (6)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{avr})^2} \quad (6)$$

3) ค่าร้อยละความเอนเอียงของการประมาณ (PBIAS) มีค่าเกณฑ์ความเอนเอียงที่ยอมรับได้ต่ำสุดคือไม่เกินร้อยละ 25 ดังแสดงในสมการที่ (7)

$$PBIAS = \left| \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim})}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs})} \times 100 \right| \quad (7)$$

จากสมการที่ (5) – (7) เมื่อ i คือ ลำดับที่ n คือ จำนวนที่เก็บข้อมูลทั้งหมด Q_i คือ ค่าที่ได้จากการตรวจวัดลำดับที่ i Q_{avr} คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการตรวจวัดทั้งหมด P_i คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลองลำดับที่ i P_{avr} คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากแบบจำลองทั้งหมด Q_{sim} คือ ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง Q_{obs} คือ ปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองแสดงในตารางที่ 3

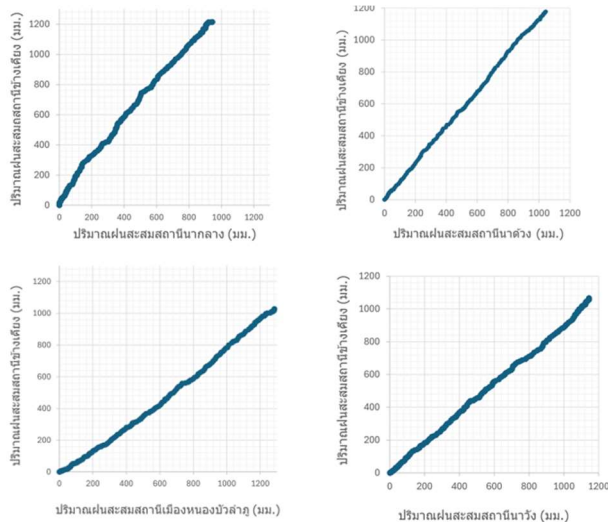
ตารางที่ 3 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง [12]

ระดับประสิทธิภาพแบบจำลอง	เกณฑ์ทางสถิติ		
	R^2	NSE	PBIAS (%)
ดีมาก	$0.75 < R^2 \leq 1.00$	$0.75 < NSE \leq 1.00$	$PBIAS < \pm 10$
ดี	$0.65 < R^2 \leq 0.75$	$0.65 < NSE \leq 0.75$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$
น่าพอใจ	$0.50 < R^2 \leq 0.65$	$0.50 < NSE \leq 0.65$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$
ไม่น่าพอใจ	$R^2 \leq 0.50$	$NSE \leq 0.50$	$PBIAS \geq \pm 25$

4. ผลการศึกษา

4.1 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนภาคพื้นดิน

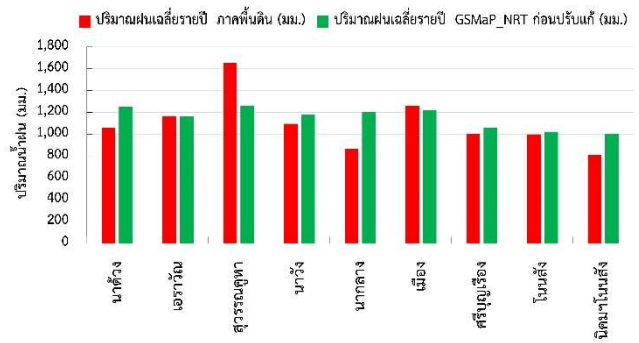
การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนเฉลี่ยรายวันในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำพะเนียงจำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีนากลาง สถานีนาด้วง สถานีเมืองหนองบัวลำภู และสถานีนาวังด้วยวิธีโค้งทับทวี (Double Mass Curve) โดยเป็นการเปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะสมของปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันของสถานีที่ต้องการตรวจสอบกับค่าสะสมของกลุ่มสถานีที่ตั้งอยู่โดยรอบ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2563 และพบว่ากราฟความสัมพันธ์มีลักษณะเป็นเส้นตรงและมีความลาดชันคงที่ ดังนั้นจึงถือได้ว่าข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดินที่นำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลที่มีคุณภาพและเชื่อถือได้ โดยไม่ต้องทำการปรับแก้ข้อมูลก่อนนำไปใช้ ดังแสดงรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนภาคพื้นดินในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำพะเนียง

4.2 การปรับลดค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณฝนจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT

1) การเปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีก่อนการปรับความคลาดเคลื่อน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฝนจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ส่วนมากมีปริมาณฝนมากกว่าปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน (ยกเว้นสถานีสุวรรณคูหาที่มีผลตรงกันข้าม) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของฟาตา มรรัชทวี [7] ที่ระบุว่าค่าปริมาณฝนมีความผันผวน ซึ่งผลการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน 9 สถานี ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำพะเนียงกับปริมาณฝน GSMaP_NRT ที่ตำแหน่งและเวลาตรงกัน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5 โดยที่สถานีสุวรรณคูหาและสถานีนากลางจะมีผลต่างของข้อมูลฝนจากทั้งสองแหล่งมากที่สุด ในขณะที่สถานีเอราวัณ สถานีเมืองหนองบัวลำภู และสถานีโนนสังจะมีปริมาณฝนจากทั้งสองแหล่งที่ใกล้เคียงกันมาก แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าปริมาณฝน GSMaP_NRT มีปริมาณฝนมากกว่าปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดินในบางช่วงเวลา เช่น ปี พ.ศ. 2555 – 2557 และ 2560 – 2562



รูปที่ 5 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดินทั้ง 9 สถานี กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีจาก GSMaP_NRT ก่อนการปรับลดความคลาดเคลื่อน

2) จากการคำนวณอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณฝนรายเดือน ได้ค่าคงที่ C_{PC-REV} ที่ผ่านการปรับแก้แล้ว ซึ่งจะทำให้ปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ใกล้เคียงกับปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินมากที่สุด และให้ค่าสหสัมพันธ์สูงที่สุดในช่วงการสอบเทียบและตรวจสอบ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4

3) การเปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยหลังการปรับแก้ เป็นการนำค่าปริมาณฝนจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ที่ผ่านการปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว มาเปรียบเทียบกับสถานีวัดฝนภาคพื้นดินในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2563 (11 ปี) อีกครั้ง โดยพบว่าปริมาณฝน GSMaP_NRT ที่ผ่านการปรับแก้ค่าจะเข้าใกล้ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีภาคพื้นดิน ภาพรวมของผลการเปรียบเทียบหลังการปรับลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินและปริมาณฝน GSMaP_NRT ทั้งลุ่มน้ำ (9 สถานี) สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 5 ซึ่งมีแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่า R^2 กรณีก่อนการปรับลดความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 4 ค่าคงที่ C_{PC-REV} สำหรับปรับลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน

สถานีฝนภาคพื้นดิน	ค่าคงที่ C_{PC-REV}											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
นาด้าง	1.87	1.34	1.42	1.10	0.91	0.83	0.75	0.86	1.03	1.59	1.46	2.99
เอราวัณ	2.22	1.85	1.49	1.51	0.94	0.99	0.65	0.77	1.05	1.46	1.50	2.47
สุวรรณคูหา	1.43	1.03	1.23	0.97	1.18	1.13	1.07	1.35	1.71	2.02	1.44	1.74
นาเว้ง	3.17	1.67	0.93	1.08	0.76	0.66	0.76	1.02	1.28	1.28	1.22	3.70
นากลาง	0.20	1.13	1.18	0.65	0.58	0.71	0.63	0.79	1.09	0.91	0.93	0.70
เมือง	1.30	4.16	1.34	1.17	1.02	0.89	0.81	0.93	1.24	1.65	1.12	1.56
ศรีบุญเรือง	3.00	1.47	1.18	0.52	0.71	0.93	0.88	0.89	1.26	1.80	1.16	2.98
โนนสัง	2.30	0.60	0.98	0.72	0.59	0.69	1.02	1.16	1.40	1.41	0.87	3.46
นิคมฯ โนนสัง	3.57	1.31	1.20	0.64	0.71	0.71	0.71	0.93	1.00	1.27	0.90	4.27

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีหลังการปรับลดความคลาดเคลื่อนจำนวน 9 สถานี

ที่	สถานีภาคพื้นดิน	สถานีจำลอง GSMaP	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีจาก GSMaP_NRT (มม.)		ค่า R^2	
			ก่อนปรับแก้	หลังปรับแก้	ก่อนปรับแก้	หลังปรับแก้
1	นาด้าง	NP.08	1,250.25	1,186.16	0.67	0.69
2	เอราวัณ	NP.16	1,162.13	1,138.10	0.70	0.77
3	สุวรรณคูหา	NP.10	1,258.75	1,633.41	0.69	0.71
4	นาเว้ง	NP.18	1,178.71	1,117.40	0.61	0.66
5	นากลาง	NP.26	1,202.90	889.54	0.49	0.56
6	เมือง	NP.28	1,220.58	1,265.27	0.71	0.74
7	ศรีบุญเรือง	NP.44	1,056.88	1,026.52	0.73	0.77
8	โนนสัง	NP.51	1,021.62	1,016.46	0.75	0.80
9	นิคมฯ โนนสัง	NP.50	1,002.14	862.24	0.64	0.70

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT

1) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT โดยใช้ชุดข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน (SWAT1) โดยการนำปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการตรวจวัดจริง ณ สถานีวัดน้ำท่า E.64 และ E.68A ในช่วงของการสอบเทียบ (ปีพ.ศ. 2553 - 2563) โดยการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวจำนวน 8 พารามิเตอร์ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 6 ซึ่งพบว่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ความแม่นยำที่น่าพอใจ (ดูตารางที่ 3 ประกอบ) ในส่วนของช่วงของการตรวจสอบปี พ.ศ. 2560 - 2563) ณ สถานีวัดน้ำท่า E.64 และ E.68A พบว่ามีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าเกณฑ์ความแม่นยำที่น่า

พอใจ ในขณะที่หากพิจารณาในภาพรวม ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 - 2563 (11 ปี) ณ สถานีวัดน้ำท่า E.64 และ E.68A จะพบว่าค่าดัชนีทางสถิติอยู่ในเกณฑ์ความแม่นยำที่น่าพอใจ เช่นเดียวกับการสอบเทียบ ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 7 และ 8 และรูปที่ 6 และ 7

ตารางที่ 6 ชุดพารามิเตอร์วิเคราะห์ความอ่อนไหว

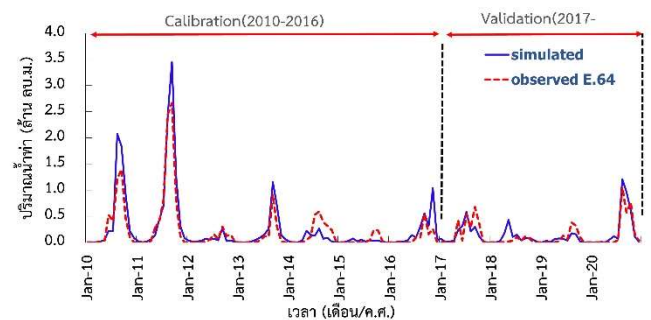
ลำดับที่	พารามิเตอร์	คำอธิบาย	ช่วงในการปรับ	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าที่ดีที่สุด
1	CN2	ค่าสัมประสิทธิ์ในลำน้ำที่ความชื้นในดินระดับที่สอง	0.01–0.25	0.0362	0.0887	0.0414
2	SOL_AWC	ค่าปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินที่สามารถเก็บกักไว้ได้เพื่อพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์	0 – 1.5	0.6972	1.0918	0.9509
3	ESCO	ค่าปัจจัยขดเคຍการระเหยในดิน	-0.01 – 1	-0.0126	0.6626	0.3972
4	CH_N2	ค่า Manning's n สำหรับลำน้ำหลัก	-0.01– 0.30	0.1162	0.3289	0.2985
5	SLSUBBSN	ค่าความยาวความลาดชันเฉลี่ย	- 40– 150	-31.6652	89.4652	44.7681
6	ALPHA_BF	ค่าปัจจัยการไหลลดลงของปริมาณการไหลพื้นฐาน	0 –1.5	0.4434	1.3306	0.8435
7	GW_DELAY	ระยะเวลาการไหลของน้ำใต้ดิน	- 200– 500	-176.8941	241.0941	20.8143
8	GWQMN	ค่าระดับความลึกของน้ำในชั้นน้ำบาดาลระดับตื้น	0 – 5000	312.2631	1437.7368	779.3347

ตารางที่ 7 ผลการประเมินความแม่นยำด้วยค่าดัชนีทางสถิติ ณ สถานีวัดน้ำท่า E.64 โดยใช้ชุดข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

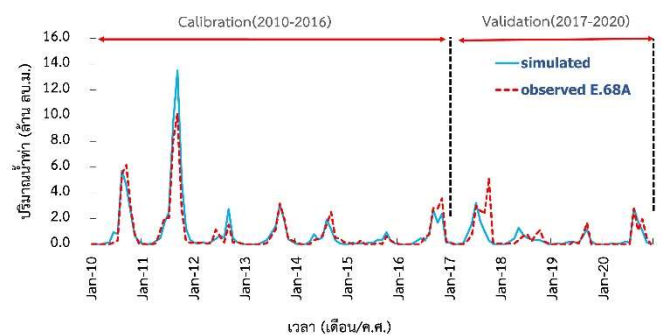
ช่วง	ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้าน ลบ.ม.)		ดัชนีทางสถิติ		
		E.64	SWAT	R ²	NSE	PBIAS
สอบเทียบ	2553 - 2563	76.75	92.53	0.89	0.86	20.56
ตรวจสอบ	2553 - 2563	47.03	50.62	0.72	0.70	7.62
รวม	2553 - 2563	65.94	77.29	0.86	0.85	17.21

ตารางที่ 8 ดัชนีวัดผลของแบบจำลอง ณ สถานีวัดน้ำท่า E.68A โดยใช้ชุดข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

ช่วง	ปี (พ.ศ.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้าน ลบ.ม.)		ดัชนี		
		E.68A	SWAT	R ²	NSE	PBIAS
สอบเทียบ	2553 - 2563	315.99	347.37	0.92	0.91	9.93
ตรวจสอบ	2553 - 2563	207.21	169.53	0.42	0.65	18.18
รวม	2553 - 2563	276.44	282.70	0.83	0.84	2.27

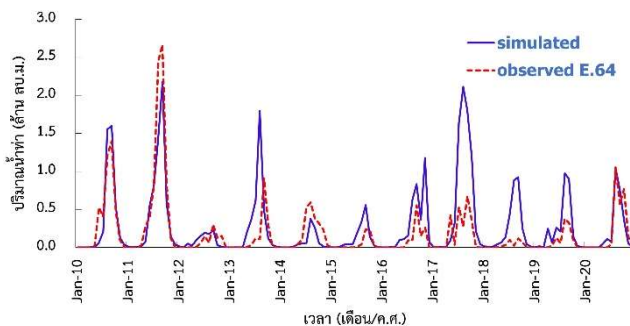


รูปที่ 6 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลจากสถานีตรวจวัด E.64 กับผลการคำนวณด้วยแบบจำลอง SWAT ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2563 โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

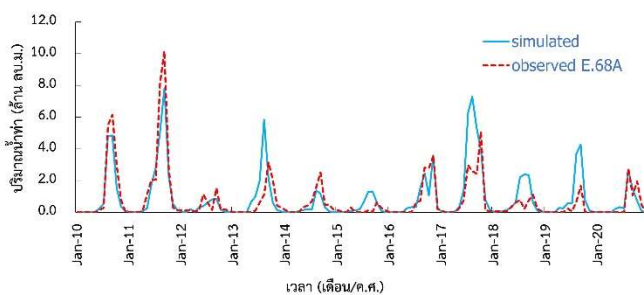


รูปที่ 7 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลจากสถานีตรวจวัด E.68A กับผลการคำนวณด้วยแบบจำลอง SWAT ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2563 โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

2) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT โดยใช้ชุดข้อมูลปริมาณฝน ก่อนการปรับลดความคลาดเคลื่อน (SWAT2) โดยการนำปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการตรวจวัดจริง ณ สถานีวัดน้ำท่า E.64 และ E.68A ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2563 (11 ปี) ซึ่งพบว่าค่าดัชนีทางสถิติต่ำกว่าเกณฑ์ความแม่นยำที่น่าพอใจ โดยที่ปริมาณน้ำท่าที่เป็นผลการคำนวณจาก SWAT จะมีค่าสูงกว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดทั้ง E.64 และ E.68A ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 7 และ 8 และรูปที่ 8 และ 9

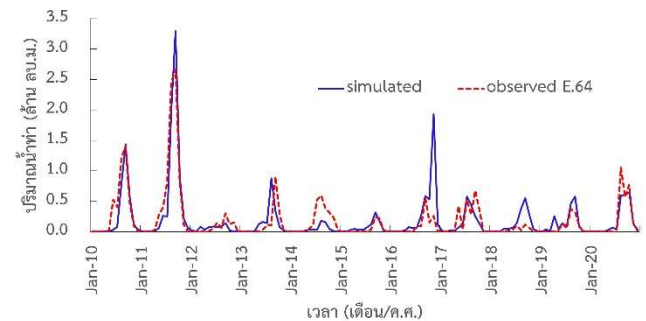


รูปที่ 8 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลจากสถานีตรวจวัด E.64 กับผลการคำนวณจาก SWAT ระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2563 โดยใช้ชุดข้อมูลปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ก่อนการปรับลดความคลาดเคลื่อน

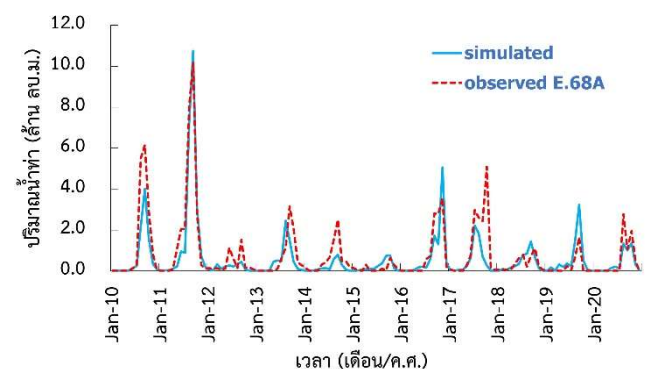


รูปที่ 9 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลจากสถานีตรวจวัด E.68A กับผลการคำนวณจาก SWAT ระหว่าง พ.ศ. 2553 –

3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT โดยใช้ชุดข้อมูลปริมาณฝน หลังการปรับลดความคลาดเคลื่อน (SWAT3) โดยการนำปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการตรวจวัดจริง ณ สถานีวัดน้ำท่า E.64 และ E.68A ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2563 (11 ปี) ซึ่งพบว่าค่าดัชนีทางสถิติอยู่ในเกณฑ์ความแม่นยำที่น่าพอใจ โดยที่ปริมาณน้ำท่าที่เป็นผลการคำนวณจาก SWAT จะมีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดทั้ง E.64 และ E.68A มากยิ่งขึ้น ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 9 และรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลจากสถานีตรวจวัด E.64 กับผลการคำนวณจาก SWAT ระหว่าง พ.ศ. 2553 – 2563 โดยใช้ชุดข้อมูลปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT หลังการปรับลดความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 11 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลจากสถานีตรวจวัด E.68A กับผลการคำนวณจาก SWAT ระหว่าง พ.ศ. 2553 – 2563 โดยใช้ชุดข้อมูลปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT หลังการปรับลดความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 9 ผลการประเมินความแม่นยำด้วยค่าดัชนีทางสถิติ ณ สถานีวัดน้ำท่า E.64 และ E68A โดยใช้ชุดข้อมูลปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT

สถานี	ข้อมูลฝน GSMaP_NRT ที่นำเข้าแบบจำลอง SWAT	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้าน ลบ.ม.)		ดัชนีทางสถิติ		
		ตรวจวัด	คำนวณโดย SWAT	R ²	NSE	PBIAS
E64	ไม่มีการปรับแก้	65.94	97.57	0.48	0.46	47.96
	มีการปรับแก้	65.94	67.18	0.69	0.68	1.88
E68A	ไม่มีการปรับแก้	276.44	320.58	0.63	0.60	15.97
	มีการปรับแก้	276.44	211.05	0.76	0.67	23.66

4.4 ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำลำพะเนียงในเขตพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัด

การประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT โดยใช้ชุดข้อมูลปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT หลังปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว สามารถกำหนดจุดออกโดยแบ่งกลุ่มน้ำลำพะเนียงเป็นกลุ่มน้ำย่อยทั้งสิ้น 15 กลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดน้ำท่าได้ ซึ่งผลการศึกษาจะแสดงกลุ่มน้ำย่อยเป็นกลุ่มน้ำย่อยตอนบน กลุ่มน้ำย่อยตอนกลาง และกลุ่มน้ำย่อยตอนล่าง โดยทำการเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของทั้งกลุ่มน้ำลำพะเนียง ดังแสดงในตารางที่ 10 และแสดงผลการประเมินประมณน้ำท่ารายปีรายกลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงในรูปที่ 12

จากรูปที่ 12 หากพิจารณาปี พ.ศ. 2553 – 2554, 2556, และ 2559-2563 จะพบว่าปริมาณน้ำท่ารายปีบริเวณกลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ทางด้านท้ายน้ำใกล้กับอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์จะมีปริมาณมากกว่าน้ำย่อยที่อยู่ทางด้านต้นน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีน้ำท่วมใหญ่ของจังหวัดขอนแก่นและบริเวณใกล้เคียง และก่อให้เกิดความเสียหายจากน้ำท่วมในหลายพื้นที่ ในขณะที่ปี พ.ศ. 2555 และ 2557 – 2558 จะมีปริมาณน้ำท่ารายปีใกล้เคียงกันในแต่ละกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำลำพะเนียง

5. สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT และข้อมูลฝนดาวเทียม GSMaP เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าในพื้นที่กลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีตรวจวัดในเขตพื้นที่กลุ่มน้ำลำพะเนียง โดยที่ก่อนเริ่มต้นการจำลองสภาพด้วยแบบจำลอง

SWAT ได้มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนภาคพื้นดินที่ตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำลำพะเนียงด้วยวิธีโค้งทับทวี (Double Mass Curve) ซึ่งพบว่าไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นกับข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน และสามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับปริมาณฝนจาก GSMaP_NRT ที่ตำแหน่งและเวลาตรงกัน โดยไม่ต้องทำการปรับแก้ข้อมูลก่อนนำไปใช้

ตารางที่ 10 ร้อยละของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของทั้งกลุ่มน้ำลำพะเนียง โดยใช้ชุดข้อมูลปริมาณฝนจาก ผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT หลังปรับลดความคลาดเคลื่อน

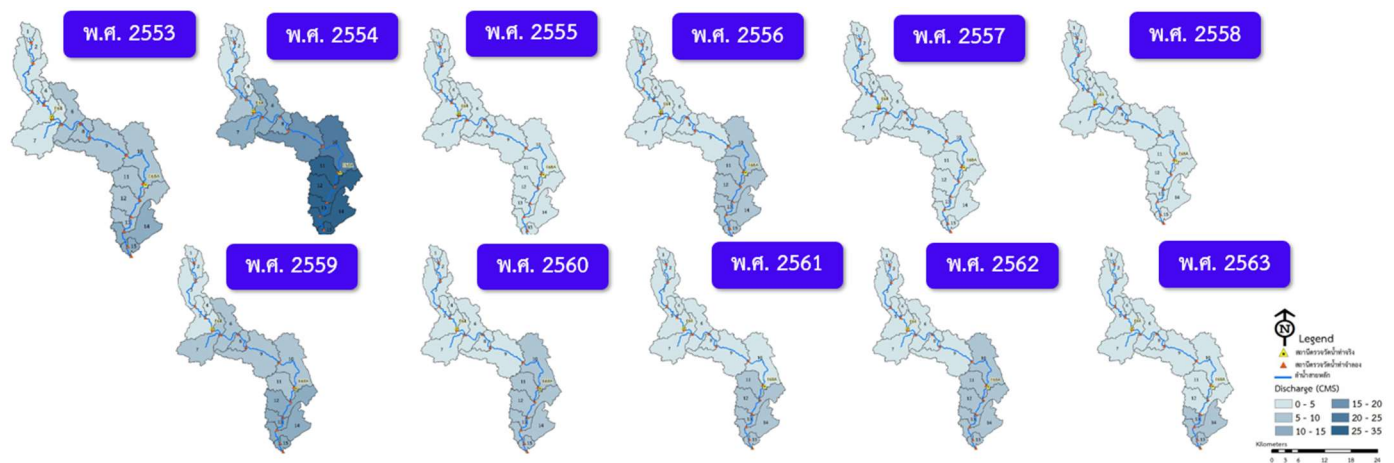
กลุ่มน้ำ	กลุ่มน้ำย่อย (SWAT)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้าน ลบ.ม.)	ร้อยละ
ลำพะเนียงตอนบน	Sub - 1	0.48	0.02
	Sub - 2	14.95	0.70
	Sub - 3	42.98	2.02
	Sub - 4	2.74	0.13
	Sub - 5	67.18	3.15
ลำพะเนียงตอนกลาง	Sub - 6	127.19	5.97
	Sub - 7	99.54	4.67
	Sub - 8	132.16	6.20
	Sub - 9	155.99	7.32
	Sub - 10	211.05	9.90
ลำพะเนียงตอนล่าง	Sub - 11	231.78	10.87
	Sub - 12	248.48	11.65
	Sub - 13	253.32	11.88
	Sub - 14	265.53	12.45
	Sub - 15	278.78	13.08

ในแง่ของการปรับลดค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินกับปริมาณฝนจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT โดยใช้วิธี Change Factor Method พบว่าก่อนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.75 ซึ่งเมื่อทำการปรับแก้ค่าปริมาณฝนที่ได้จากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT จะพบว่าปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจะมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ที่มีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.50 – 0.80 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีแนวโน้มลดลงและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ในขณะที่ผลจากการวิจัยดังกล่าวยังชี้ให้เห็นว่าข้อมูลปริมาณฝนที่ได้จากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT สามารถนำไปปรับใช้ในบริเวณที่ไม่มีสถานีตรวจวัดน้ำฝนได้ แต่จะต้องทำการปรับลดค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณฝนที่ได้จากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ก่อนนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้งาน

ในส่วนของการประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT ณ สถานีวัดน้ำท่า E.64 และ E.68A พบว่าปริมาณน้ำท่าที่อาศัยชุดข้อมูลฝนดาวเทียม GSMaP_NRT หลังการปรับลดความคลาดเคลื่อน ให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากแบบจำลอง SWAT สอดคล้องกับปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ตรวจวัดได้จริง โดยพิจารณาได้จากการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง SWAT ซึ่งพบว่าผลการประเมินความแม่นยำด้วยค่าดัชนีทางสถิติอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ดังนั้น

ผลการวิจัยนี้จึงสามารถชี้ให้เห็นว่าการใช้ปริมาณฝนที่ได้จากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT ที่ผ่านการการปรับลดค่าความคลาดเคลื่อนสามารถนำไปปรับใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าได้โดยอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ หลังจากนั้นจึงนำรูปแบบของการประเมินปริมาณน้ำท่าดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัด โดยการกำหนดจุดออกของปริมาณน้ำท่าของแต่ละลุ่มน้ำย่อยในเขตลุ่มน้ำลำพะเนียง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาดังกล่าวยังสามารถแสดงข้อมูลแผนที่ในรูปของแผนที่ที่แสดงระดับสีอ่อนเข้มตามค่าความหนาแน่นของปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านจุดทางออกของแต่ละลุ่มน้ำย่อยที่มีความแม่นยำ ถูกต้อง และอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและการเตือนภัยทางน้ำ เพื่อลดความเสี่ยงจากการเกิดอุทกภัยและภัยแล้งในพื้นที่ได้

อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งต่อไปควรทดลองนำค่าปริมาณฝนที่ได้จากการสำรวจด้วยดาวเทียมดวงอื่นๆ ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Daymet Version 3 ที่มีความละเอียดถึง 1 กิโลเมตร x 1 กิโลเมตร ซึ่งให้ข้อมูลที่มีความละเอียดค่อนข้างมากในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 ถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลดังกล่าวอาจจะยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย หากแต่สามารถเป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ที่น่าสนใจที่อาจจะนำไปต่อยอดเพิ่มเติมในกรณีที่ขยายขอบเขตของพื้นที่ศึกษาไปยังบริเวณอื่นๆ ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวได้



รูปที่ 12 ผลการประเมินปริมาณน้ำท่ารายปีรายลุ่มน้ำย่อยโดยใช้ชุดข้อมูลปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ฝนดาวเทียม GSMaP_NRT หลังการปรับลดความคลาดเคลื่อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทานที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศ ปริมาณน้ำท่า และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สักชัย เอี่ยมประเสริฐ. การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าน้ำฝนรายวัน ด้วยวิธีสารสนเทศภูมิศาสตร์บริเวณพื้นที่ราบลุ่มน้ำเจ้าพระยา[วิทยานิพนธ์]. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต,สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์; 2554.
- [2] Chokngamwong R, Long SC. Thailand Daily rainfall and comparison with TRMM products. *Journal of Hydrometeorology*. 2008: 256-266.
- [3] ชีรวัฒน์ สุวรรณเลิศเจริญ. การประยุกต์แบบจำลอง SWAT ในการประเมินปริมาณน้ำท่า และตะกอนแขวนลอยจากพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก: กรณีศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่พูล. กรุงเทพมหานคร [วิทยานิพนธ์]. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2554.
- [4] ไมตรี ศรีสุวรรณ. การเปรียบเทียบปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM กับสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินเพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำภูมิภาค [วิทยานิพนธ์] คณะวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.วิทยาเขตขอนแก่น; 2561.
- [5] Al- Dousari A, Milewski A, Din SU, Ahmed M. (2010). Remote sensing inputs to SWAT model for groundwater recharge estimates in Kuwait. *Advances in Natural and Applied Sciences*.2001; 4(1), 71-77.
- [6] ภูริภัทร์ ธูปกระโทก, รัชมี สุวรรณวีระกำธร. การตรวจสอบความใช้ได้ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ในลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย*. 2556;14(13): 14-21.
- [7] ฟาตา มรรษทวี. การประเมินค่าปริมาณฝนจากชุดข้อมูล GSMaP ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ Paper presented at the ทฤษฎาภรณ์ธรรมชาติ สารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม นครสวรรค์ ครั้งที่ 2; 2560.
- [8] เกศวรา สิทธิโชค, จุติเทพ วงษ์เพ็ชร, แพรวดี หงสาวง, ชีรศักดิ์ ชัยอ่อน. การศึกษาความแตกต่างของปริมาณน้ำท่าและพารามิเตอร์ของแบบจำลอง SWAT จากการใช้ข้อมูลฝนตรวจวัดและข้อมูลฝนภาพถ่ายดาวเทียม. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*. 2565; 45(1): 07-123.
- [9] กรมชลประทาน. ข้อมูลโครงการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบสิ่งแวดล้อม. โครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำพะเนียง. จังหวัดหนองบัวลำภู. กรมชลประทาน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2556.
- [10] พงศกร พวงชมพู, หริส ประสารฉ่ำ. ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณน้ำท่าในอ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์. *วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 2558;9(1): 171-194.
- [11] Arnold AG, Srinivasan R, Muttiah RS, Williams JR. Large area hydrological modeling and assessment part I: model development. *Journal of American Water Resource Association*. 1998; 34(1): 73–89.
- [12] Moriasi DN, Arnold JG, Liew, MWV, Bingner RL, Harmel RD, Veith TL (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 2007; 50(3): 885-900.