การศึกษาความแตกต่างของปริมาณน้ำท่าและพารามิเตอร์ของแบบจำลอง SWAT จากการใช้ข้อมูลฝนตรวจวัดและข้อมูลฝนภาพถ่ายดาวเทียม

เกศวรา สิทธิโชค[1*] จุติเทพ วงษ์เพ็ชร[2] แพรววดี หงษาวง[3] และ ธีรศักดิ์ ซ้ายอ่อน[4]
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

** Corresponding Author: fengkrs@ku.ac.th*
[1] อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
[3] นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
[4] นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน

ข้อมูลบทความ

ประวัติบทความ :
รับเพื่อพิจารณา: 25 มิถุนายน 2564
แก้ไข: 25 กุมภาพันธ์ 2565
ตอบรับ: 10 มีนาคม 2565
DOI: 10.14456/kmuttrd.2022.7

คำสำคัญ :
SWAT / ข้อมูลฝนภาพถ่ายดาวเทียม / อ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน / ปริมาณน้ำท่า / ปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำ

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์และปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ระหว่างการใช้ปริมาณฝนที่ได้จากสถานีตรวจวัดฝน (SWAT-Station) และปริมาณฝนจากการตรวจวัดด้วยดาวเทียม Global Satellite Mapping of Precipitation Near real Time (GSMaP_NRT) (SWAT-GSMaP_NRT) ซึ่งได้รับการปรับแก้ค่าความเอนเอียงก่อนนำเข้าสู่แบบจำลอง ผลการปรับเทียบ/ทวนสอบแบบจำลอง SWAT-Station โดยการใช้ดัชนีทางสถิติ R^2 NSE และ PBIAS พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ-ปานกลาง (0.26/0.26, 0.25/0.14, 26.75%/-26.50%) ในขณะที่เมื่อนำข้อมูลปริมาณฝนภาพถ่ายดาวเทียมเข้าสู่แบบจำลอง SWAT-Station โดยไม่มีการปรับค่าพารามิเตอร์พบว่าผลลัพธ์ R^2 NSE และ PBIAS มีค่าที่สูงขึ้น (0.45/0.46, 0.41/0.48, 25.16%/-21.19%) ดัชนีดังกล่าวมีค่าสูงสุดเมื่อแบบจำลอง SWAT-GSMaP_NRT ได้รับการปรับค่าพารามิเตอร์ (0.68/0.51, 0.68/0.45, 11.93%/-13.94%) เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหว 5 อันดับแรก พบว่า ค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มการคำนวณปริมาณน้ำในดินมีความอ่อนไหวมากที่สุด ค่าสูงสุดของพารามิเตอร์โดยส่วนใหญ่ของแบบจำลอง SWAT-GSMaP_NRT มีค่าสูงกว่าของแบบจำลอง SWAT-Station จากการประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจากแบบจำลองที่ปรับเทียบแล้ว พบว่า แบบจำลองทั้ง 2 แสดงค่าความแตกต่างของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยเท่ากับ 12.37% โดยส่วนใหญ่พบว่า SWAT-GSMaP_NRT จะประเมินผลปริมาณน้ำท่าต่ำกว่า SWAT-Station เล็กน้อย แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำรายฤดูกาล พบว่า ช่วงต้น-กลางฤดูฝน SWAT-JAXA ให้ผลประเมินปริมาณน้ำที่สูงกว่า และเมื่อเข้าสู่ปลายฤดูฝน SWAT-GSMaP_NRT ให้ผลประเมินปริมาณน้ำที่ได้ต่ำกว่า SWAT-Station โดยในช่วงฤดูฝนประมาณปริมาณน้ำไหลลงอ่างเฉลี่ยได้เดือนละ 119 และ 129 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ช่วงฤดูแล้ง ประมาณปริมาณน้ำไหลลงอ่างเฉลี่ยได้เดือนละ 48 และ 36 ล้าน ลบ.ม. เมื่อใช้แบบจำลอง SWAT-Station และ SWAT-GSMaP_NRT ตามลำดับ

Study of Differences in Runoff and SWAT Model Parameters Using Observed Versus Satellite Rainfall Data

Ketvara Sittichok[1*] Jutithep Vongphet[2] Praewwadee Hongsawong[3] and Therasak Saiaon[4]
Kasetsart University Kamphaengsaen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

[*] Corresponding Author: fengkrs@ku.ac.th
[1] Lecturer, Irrigation Engineering Department, Faculty of Engineering Kamphaengsaen Campus.
[2] Assistant Professor, Irrigation Engineering Department, Faculty of Engineering Kamphaengsaen Campus.
[3] Master Student, Irrigation Engineering Department, Faculty of Engineering Kamphaengsaen Campus.
[4] Master Student, Irrigation Engineering Department, Faculty of Engineering Kamphaengsaen Campus.

Article Info

Article History:
Received: June 25, 2021
Revised: February 25, 2022
Accepted: March 10, 2022
DOI: 10.14456/kmuttrd.2022.7

Keywords:
SWAT / Satellite Rainfall / Kaengkrachan Reservoir / Runoff / Reservoir Inflow

Abstract

The objective of this study was to investigate the differences in runoff and SWAT model parameters that were obtained using observed rainfall data (SWAT-Station) and satellite rainfall data as prepared by JAXA Global Rainfall Watch System (SWAT-GSMaP_NRT). A bias correction method was initially employed for satellite rainfall data, which were then introduced to the SWAT model. Both SWAT-Station and SWAT-GSMaP_NRT models were calibrated and validated; R^2 NSE and PBIAS were used to estimate the model performance. Low to medium performance of SWAT-Station model were noted in both calibration/validation stages, with R^2 NSE and PBIAS of 0.26/0.26, 0.25/0.14 and 26.75%/-26.50%, respectively. On the other hand, better performance was noted when satellite rainfall data were introduced to the model instead of the observed data (R^2 of 0.45/0.46, NSE of 0.41/0.48 and PBIAS of 25.16%/-21.19%). Calibration/validation results of SWAT-GSMaP_NRT model showed the highest performance, with R^2 of 0.68/0.51, NSE of 0.68/0.45 and PBIAS of 11.93%/-13.94%. Top five sensitive parameters of both models were then investigated; most sensitive ones were noted to belong to the soil moisture parameters. The maximum value of the sensitive parameters of SWAT-GSMaP_NRT model were slightly higher than those of SWAT-Station model. Finally, annual inflows predicted by both models were examined. Difference in the annual inflows predicted by both models was 12.37%. SWAT-GSMaP_NRT estimated slightly higher inflows when compared to SWAT-Station in rainy season; lower inflows were noticeably estimated starting from the end of wet season until the end of dry season, however. Average monthly inflows in rainy/dry season were predicted to be 119/48 and 129/36 mcm by SWAT-Station and SWAT-GSMaP_NRT models, respectively.

1. บทนำ

การวางโครงการชลประทานเพื่อสร้างพื้นที่กักเก็บน้ำหรือการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและการบริหารจัดการน้ำจำเป็นต้องพิจารณาถึงข้อมูลปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่ต้องการศึกษา ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำท่าดังกล่าวสามารถรวบรวมได้หากพื้นที่ดังกล่าวมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำ อย่างไรก็ตาม ในบางพื้นที่ยังคงมีข้อจำกัดในการติดตั้งและการบำรุงรักษาสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำ เช่น ลักษณะพื้นที่เป็นพื้นที่ต้นน้ำที่ยากต่อการเข้าถึง จึงไม่สามารถติดตั้งสถานีได้ รวมถึงหากมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำในพื้นที่ดังกล่าวจะส่งผลต่อความยากลำบากในการเข้าไปตรวจสอบและบำรุงรักษา รวมถึงการติดตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำในพื้นที่ที่ยากแก่การเข้าถึง ส่งผลให้ต้องมีการใช้งบประมาณในการติดตั้งและการบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ทั่วไป จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น บางพื้นที่อาจมีสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าจึงเข้ามามีบทบาทในการประเมินถึงปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ไม่มีการตรวจวัดปริมาณน้ำ [1-2]

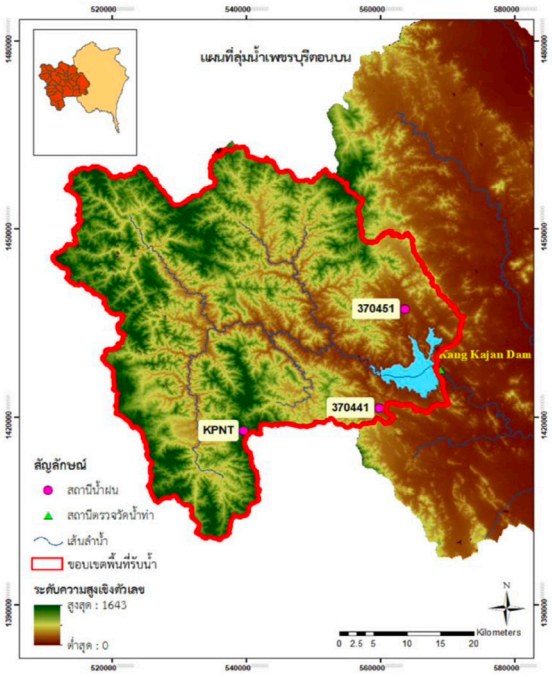
แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เป็นแบบจำลองที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลายในหลายพื้นที่ทั่วโลก เนื่องจากความสามารถของแบบจำลองที่สามารถใช้ในการประเมินปัจจัยทางด้านอุทกวิทยาได้ในหลายส่วน เช่น ปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอน และคุณภาพน้ำ [3-5] นอกจากนั้น แบบจำลอง SWAT ยังสามารถพิจารณาถึงผลการเปลี่ยนแปลงการจัดการพื้นที่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นที่จะมีผลต่อปัจจัยทางด้านอุทกวิทยา Emam และคณะ [6] ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในการประเมินปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยและปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ไม่มีการติดตั้งสถานีตรวจวัดน้ำท่าบริเวณตอนกลางของประเทศเวียดนาม Ramos และ Martinez-Casasnovas [7] ได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำในดินและข้อมูลปริมาณน้ำท่าเพื่อปรับเทียบแบบจำลอง SWAT สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีกิจกรรมทางการเกษตรและไม่มีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัด โดยผลการศึกษาพบว่า SWAT สามารถประเมินปริมาณน้ำในดินปริมาณน้ำท่าผิวดิน และการชะล้างพังทลายของดินในช่วงที่มีระดับฝนเฉลี่ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เป็นที่ทราบกันดีว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญมากต่อการประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เนื่องจากปริมาณและรูปแบบของการเกิดน้ำท่าขึ้นอยู่กับปริมาณฝนเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตาม ในหลายพื้นที่โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณต้นน้ำ หรือพื้นที่ด้านเหนือของอ่างเก็บน้ำ มีข้อจำกัดในการติดตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณฝน ดังนั้น การประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าจึงจำเป็นต้องมีการประยุกต์ใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากแหล่งอื่น ข้อมูลปริมาณฝนจากการตรวจวัดโดยดาวเทียม (Satellite rainfall) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลหลักที่จะนำเข้าสู่แบบจำลองแทนการใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งข้อมูลปริมาณฝนจากการตรวจวัดโดยดาวเทียมในปัจจุบันได้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย [8-10] อย่างไรก็ตาม ปริมาณฝนจากการตรวจวัดโดยดาวเทียมมีข้อจำกัดในหลายประการ เช่น การประเมินปริมาณฝนที่มีค่าค่อนข้างต่ำกว่าปริมาณฝนตรวจวัดในพื้นที่สูงหรือพื้นที่เชิงเขา และจะมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำในกรณีการตรวจจับปริมาณฝนที่เกิดขึ้นในช่วงสั้น ๆ ผปริมาณฝนจากการตรวจวัดด้วยดาวเทียมจึงจำเป็นต้องได้รับการปรับแก้ให้มีความสอดคล้องกับปริมาณฝนที่ได้จากการตรวจวัด [11]

การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีในรูปแบบของข้อมูลรายเดือน โดยเปรียบเทียบการใช้ข้อมูลปริมาณฝนที่ได้จากสถานีตรวจวัดกับการใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ผลการศึกษาจะแสดงถึงความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง SWAT เมื่อมีการประยุกต์ใช้ข้อมูลปริมาณฝนที่แตกต่างกัน รวมถึงความแตกต่างของประสิทธิภาพของแบบจำลองในการประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำแก่งกระจานรายเดือน เพื่อสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการประเมินถึงปริมาณน้ำต้นทุน และการวางแผนการบริการจัดการน้ำ และสามารถใช้เป็นแนวทางสนับสนุนการประเมินปริมาณน้ำท่าโดยการใช้แบบจำลองสำหรับอ่างเก็บน้ำที่ไม่มีการตรวจวัดปริมาณฝนหรือการตรวจวัดปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำได้ต่อไป

2. พื้นที่ศึกษา

อ่างเก็บน้ำแก่งกระจานเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่สุดในลุ่มน้ำเพชรบุรี (รูปที่ 1) ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำย่อยลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน พื้นที่ส่วนใหญ่ด้านเหนืออ่างเก็บน้ำฯจะเป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์โดยมีสถานีตรวจวัดปริมาณฝนที่อยู่บริเวณอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน 3 สถานีหลัก ได้แก่ สถานีตรวจวัดปริมาณฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา 2 สถานีได้แก่ สถานี 370451 (สถานีบ้านแม่คะเมย) และ 370441 (อุทยานแห่งชาติเขามะเร็ว) และสถานีตรวจวัดฝนของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ 1 สถานี (KPNT) และสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่าท้ายอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน 1 สถานี แสดงดังรูปที่ 1 ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีปริมาณฝนตรวจวัดเฉลี่ยประมาณ 1,100 มม./ปี อุณหภูมิต่ำสุด–สูงสุดมีค่าเท่ากับ 24-32 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานเฉลี่ยรายปีมีค่าประมาณ 900 ล้าน ลบ.ม. อ่างเก็บน้ำแก่งกระจานมีความจุเก็บกัก 710 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณเก็บกักใช้การ 645 ล้าน ลบ.ม. น้ำที่ระบายจากเขื่อนแก่งกระจานจะไหลไปรวมกันที่เขื่อนเพชรบุรี เพื่อทำการทดน้ำเข้าสู่ระบบชลประทานเพื่อใช้ในกิจกรรมการเกษตร ซึ่งลุ่มน้ำเพชรบุรีมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 6,260 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินหลากหลายประเภททั้งพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนเมือง ปริมาณน้ำร้อยละ 77 ของปริมาณน้ำต้นทุนทั้งหมด ถูกส่งให้กับพื้นที่การเกษตรโดยเฉพาะพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง จากลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีที่มีความหลากหลายส่งผลให้เกิดปัญหาทั้งทางด้านความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ปัญหาการขาดแคลนน้ำใน



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาและสถานีตรวจวัดปริมาณฝนที่ใช้ในการศึกษา

บางช่วงรวมไปถึงปัญหาคุณภาพน้ำที่เกิดจากของเสียหลังจากการทำการเกษตร

3. วิธีการศึกษา

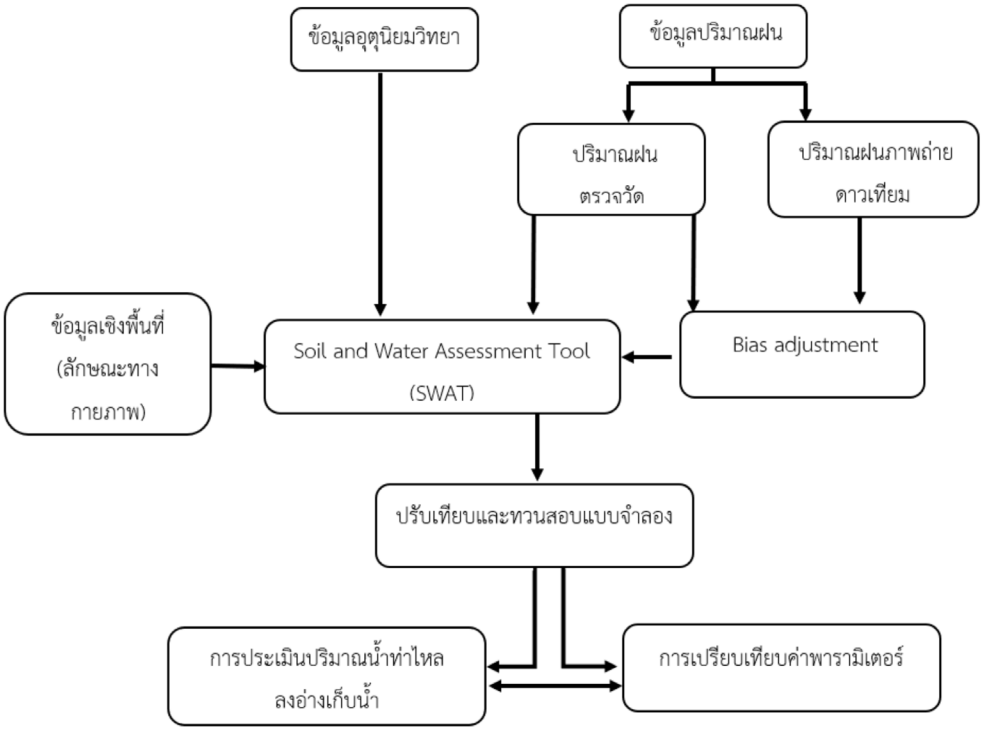
การศึกษาครั้งนี้มีขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกได้เป็น 5 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (2) การปรับค่าความเอนเอียง (Bias correction) ของข้อมูลปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม (3) การตั้งค่าแบบจำลอง SWAT (4) การปรับเทียบและทวนสอบแบบจำลอง และ (5) การประเมินผลปริมาณน้ำท่าและการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของแบบจำลอง โดยรูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการศึกษา โดยข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดปริมาณฝน และข้อมูลปริมาณฝนภาพถ่ายดาวเทียมได้ถูกเก็บรวบรวม จากนั้นข้อมูลปริมาณฝนภาพถ่ายดาวเทียมจะได้รับการปรับแก้ค่าความเอนเอียง ข้อมูลปริมาณฝนทั้ง 2 ประเภทร่วมกับข้อมูลอื่นๆจะถูกนำเข้าสู่แบบจำลอง SWAT เพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าและพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองที่เกิดขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT จำเป็นต้องมีการนำเข้าข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 5 ประเภท ได้แก่ ปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสงอาทิตย์ โดยตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาของกรมอุตุนิยมวิทยาแสดงดังรูปที่ 3a

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝน 2 ประเภทได้แก่ปริมาณฝนจากการตรวจวัดของสถานีตรวจวัด (รูปที่ 1) และปริมาณฝนจากการตรวจวัดโดยดาวเทียม GSMaP_NRT จาก JAXA



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

Global Rainfall Watch System พัฒนาโดย Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency ซึ่งมีความถี่ราย 1 ชั่วโมง และมีลักษณะของข้อมูลในรูปแบบของกริดเซลล์ขนาด 10x10 กิโลเมตร มีช่วงข้อมูลของปริมาณฝนทั้ง 2 ประเภทอยู่ในช่วงระหว่าง 2006-2020 ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้มีการคำนวณค่าความถี่ราย 1 ชั่วโมงของข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดดาวเทียมให้เป็นปริมาณฝนรายวันเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาปรับแก้ค่าความเอนเอียงร่วมกับข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดโดยมีการปรับแก้ค่ารายวัน และประยุกต์ใช้การประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Interpolation) ด้วยวิธี Inverse Distance Weight (IDW) เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่แบบจำลอง SWAT ต่อไป โดยการปรับแก้ค่าความเอนเอียงได้มีการใช้ค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณฝนดาวเทียมและปริมาณฝนตรวจวัดมาเป็นค่าปรับแก้ ซึ่งเป็นวิธีการที่ถูกใช้งานอย่างแพร่หลายในการปรับแก้ค่าความเอนเอียง ([12] - [14]) โดยการศึกษาครั้งนี้ได้มีการคำนวณแยกเป็นรายกริดและกำหนดให้ปริมาณฝนปรับแก้รายวันที่พิจารณาเท่ากับปริมาณฝนดาวเทียมในวันนั้นคูณด้วยค่าปรับแก้ซึ่งจะมีค่าเท่ากับสัดส่วนของผลรวมปริมาณฝนตรวจวัดของสถานีต่อผลรวมปริมาณฝนของดาวเทียมตามช่วงเวลาที่มีข้อมูลดังสมการที่ 1

$$P'_{(i,d)} = P_{s(i,d)} \times \frac{\sum P_{o(i)}}{\sum P_{s(i)}} \quad (1)$$

โดยที่ P' คือ ปริมาณฝนดาวเทียมรายวันหลังปรับแก้, Ps คือ ปริมาณฝนดาวเทียมรายวัน, Po คือ ปริมาณฝนตรวจวัดรายวัน, i คือ ตำแหน่งกริดที่พิจารณา และ d คือ วันที่พิจารณา

ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำเชิงพื้นที่

- *แผนที่ระดับความสูงเชิงพื้นที่ (Digital Elevation Map: DEM)*

ข้อมูลสภาพภูมิประเทศประกอบด้วยความสูงจากระดับน้ำทะเล ขอบเขตลุ่มน้ำ และเส้นลำน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยความสูงจากระดับน้ำทะเลมีค่าสูงสุดที่ 1,644 เมตร และต่ำสุดที่ 0 เมตร ซึ่งแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) มีความละเอียดที่ 30x30 เมตร โดยหน่วยงาน Ministry of Economy, Trade and Industry (MEIT) of Japan and NASA รูปที่ 3a แสดงแผนที่ระดับความสูงเชิงตัวเลขของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี

- *แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน*

แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินปี 2018 มีการจัดหมวดหมู่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินแบ่งเป็น 5 หมวดหมู่ ประกอบด้วย เกษตรกรรม นาข้าว ป่าไม้ ชุมชน เมือง และแหล่งน้ำ โดยสัดส่วนพื้นที่ประเภทต่างๆของลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน มีป่าไม้ 73% เกษตรกรรม 17% นาข้าวชลประทาน 3% ชุมชนเมือง 5% และ แหล่งน้ำ 2% ของพื้นที่ รูปที่ 3b แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี

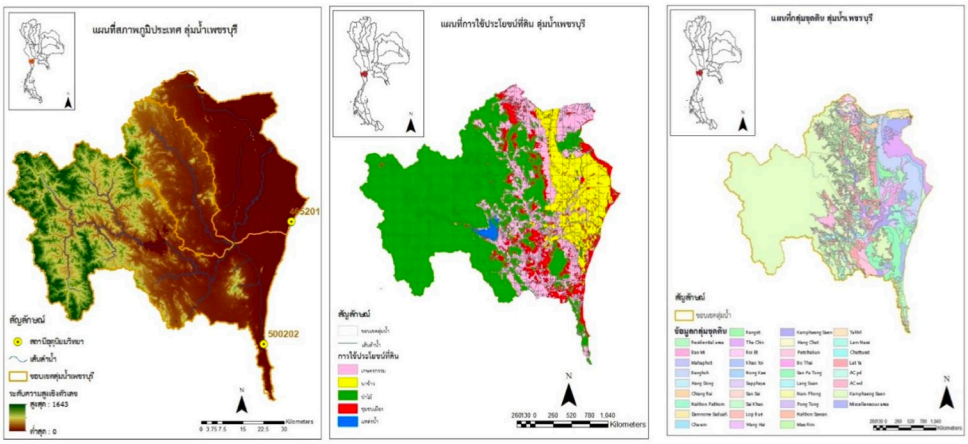
- *แผนที่กลุ่มชุดดิน*

แผนที่กลุ่มชุดดินและข้อมูลชุดดินปี 2010 ของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีในการศึกษาครั้งนี้ได้ความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีสามารถจำแนกข้อมูลชุดดินได้ทั้งหมด 38 ประเภท รูปที่ 3c แสดงข้อมูลกลุ่มชุดดิน

ข้อมูลปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน

ข้อมูลปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานรายวันได้ถูกเก็บรวบรวมจากฐานข้อมูลน้ำในอ่างเก็บน้ำกรมชลประทาน โดยส่วนระบบสารสนเทศและภูมิสาร

สนเทศ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ประเมินได้จากแบบจำลอง SWAT



รูปที่ 3 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพเชิงพื้นที่

3.2. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT

แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาน้ำฝน-น้ำท่า ประเภท Semi-distributed model เป็นแบบจำลองที่มีความสามารถในการจำลองพื้นที่ที่มีความซับซ้อนทางด้านอุทกวิทยา โดยมีพื้นฐานอยู่บนสมการสมดุลของน้ำ ดังแสดงในสมการที่ 2 และรูปที่ 4

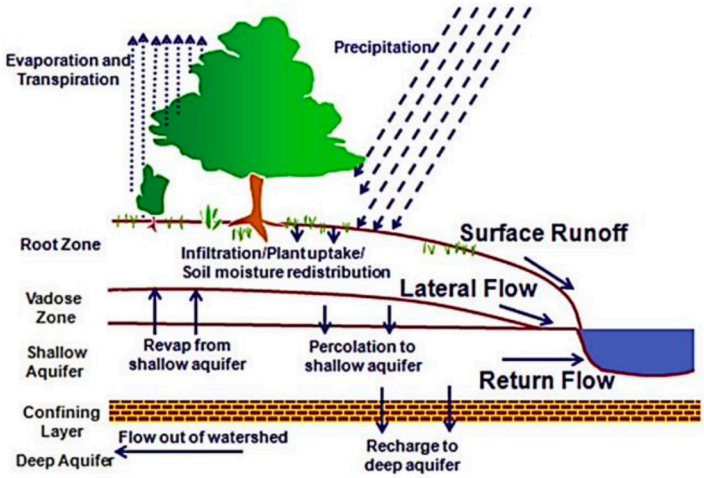
$$SW_t = SW_{t-1} + R - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_w \quad (2)$$

โดยที่ SWt คือปริมาณน้ำสุดท้ายที่คงเหลืออยู่ในดิน (มิลลิเมตร), t คือช่วงเวลา (วัน), SWt-1 คือปริมาณน้ำเริ่มต้นที่อยู่ในดิน ของวันที่ i (มิลลิเมตร), R คือ ปริมาณน้ำฝนของวันที่ i (มิลลิเมตร), Qsurf คือปริมาณน้ำผิวดินของวันที่ i (มิลลิเมตร), Ea คือปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยและการคายน้ำของพืช (มิลลิเมตร), Wseep คือปริมาณน้ำที่สูญเสียออกจากหน้าตัดดิน Soil profile ของวันที่ i (มิลลิเมตร), Qw คือ ปริมาณน้ำใต้ดินของวันที่ i (มิลลิเมตร)

แบบจำลอง SWAT จะมีการกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological Response Units: HRUs) HRUs คือการกำหนดหน่วยย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำโดยการพิจารณาจาก 3 ปัจจัย ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) สมบัติของดิน (Soil types) และข้อมูลชั้นความสูง (DEM) โดย SWAT จะมีฐานข้อมูลการใช้ที่ดินในแต่ประเภทเช่น เกษตรกรรม สำหรับพืชประเภทต่าง ๆ ป่าไม้ พื้นที่เขตเมือง

3.3 การปรับเทียบและทวนสอบแบบจำลอง

เพื่อให้การประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานมีความถูกต้องและใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัด พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณในแบบจำลอง SWAT จะต้องถูกปรับเพื่อให้มีค่าที่ใกล้เคียงกับลักษณะสภาพพื้นที่ความเป็นจริงมากที่สุด โดย SWAT Calibration and Uncertainty Programs (SWAT-CUP) ซึ่งเป็นโปรแกรมซึ่งถูกพัฒนาเพื่อใช้สำหรับการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง



รูปที่ 4 สมดุลน้ำในแบบจำลอง SWAT

SWAT ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ รายละเอียดของ SWAT-CUP พร้อมทั้งขั้นตอนวิธีการปรับเทียบแบบจำลองแสดงใน Abbaspour [16] โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองในครั้งนี้ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) Nash-Sutcliff Efficiency (NSE) และร้อยละของความเอนเอียง (Percent Bias, PBIAS)

ค่า R^2 เป็นค่าที่แสดงถึงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าตรวจวัด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ซึ่งหากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ากลุ่มข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีค่าความสัมพันธ์สูง ค่า NSE มีค่าอยู่ระหว่าง -∞ ถึง 1 โดยหาก NSE มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด และหากมีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าแบบจำลองสามารถประเมินปริมาณน้ำท่าได้อย่างแม่นยำ (Perfect fit) และหากค่า NSE ต่ำกว่า 0 หมายความว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าความน่าเชื่อถือที่น้อยมาก ซึ่งควรที่จะพิจารณาใช้ผลค่าเฉลี่ยที่ตรวจวัดหรือค่าที่นำมาเปรียบเทียบมากกว่าการใช้ผลที่ได้จากแบบจำลอง สำหรับค่า PBIAS แสดงถึงแนวโน้มค่าเฉลี่ยของแบบจำลองว่ามีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด (Over/Under estimation) หาก PBIAS มีค่าเป็นบวกแสดงว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าค่าตรวจวัดและหากมีค่าเป็นลบจะแสดงผลในลักษณะที่ตรงข้าม [16] โดย R^2 และ NSE ที่มีค่ามากกว่า 0.50 และ 0.36 แสดงว่าผลของแบบจำลองอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ ในขณะที่ PBIAS ควรมีค่าต่ำกว่า 25 % [17; 18] วิธีการคำนวณของเกณฑ์การประเมินทั้ง 3 เกณฑ์แสดงดังสมการที่ 3-5

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{obs}-Q_{sim})^2}{(Q_{obs}-\bar{Q}_{obs})^2} \quad (3)$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^{n}(Q_{obs}-\bar{Q}_{obs})(Q_{sim}-\bar{Q}_{sim})]^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_{obs}-\bar{Q}_{obs})^2 \sum_{i=1}^{n}(Q_{sim}-\bar{Q}_{sim})^2} \quad (4)$$

$$PBIAS = 100 \times \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{obs}-Q_{sim})}{\sum_{i=1}^{n} Q_{obs}}\right] \quad (5)$$

3.4 การประเมินผลพารามิเตอร์และปริมาณน้ำท่า

แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่มีพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการคำนวณลักษณะทางด้านอุทกวิทยาของพื้นที่ศึกษาอยู่เป็นจำนวนมากเนื่องจากแบบจำลอง SWAT มีความสามารถในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ในหลายด้าน เช่น ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินหรือภูมิอากาศที่มีต่อปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอน รวมถึงมลพิษทางน้ำต่าง ๆ โดยแบบจำลอง SWAT มีชุดพารามิเตอร์อยู่ทั้งสิ้นมากกว่า 20 กลุ่มพารามิเตอร์ เช่น พารามิเตอร์ในกลุ่มของสมบัติของดิน ลักษณะของทางน้ำ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำใต้ดิน ลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงลักษณะของแหล่งกักเก็บน้ำต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อประเมินถึงความแตกต่างระหว่างการใช้ปริมาณฝนที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีกับการใช้ปริมาณฝนที่ได้จากการตรวจวัดด้วยดาวเทียมในการประเมินปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้น ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง SWAT-Station และ SWAT-GSMaP_NRT จะถูกทำการเปรียบเทียบ พร้อมกับผลของความแตกต่างของปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานที่เกิดขึ้น

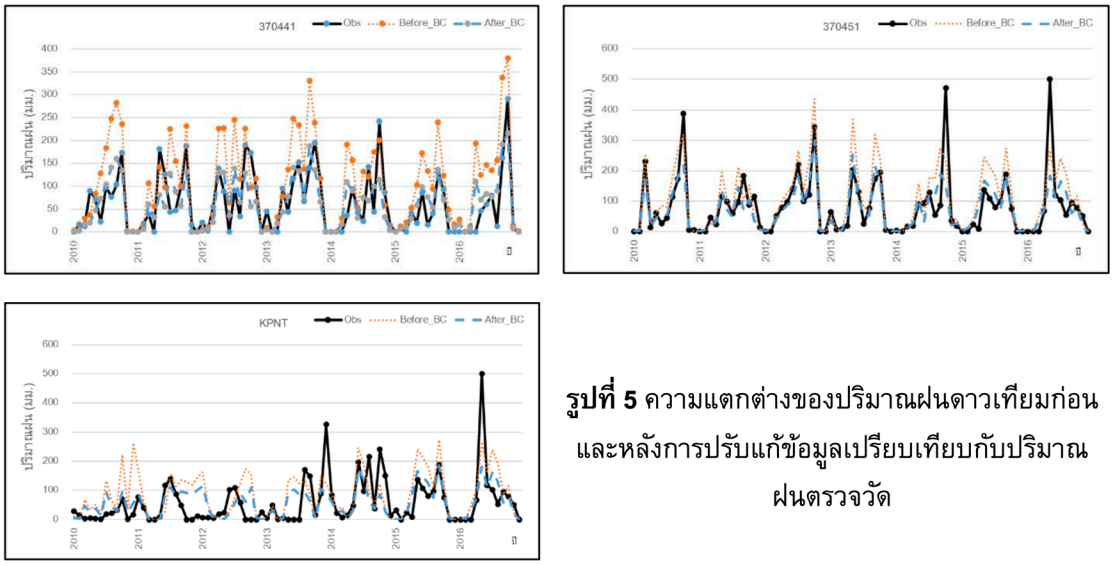
4. ผลการศึกษา

4.1. ผลการปรับแก้ข้อมูลปริมาณฝนจากการตรวจวัดโดยดาวเทียม

ปริมาณฝนจากการตรวจวัดโดยดาวเทียม GSMaP_NRT ได้ถูกนำมาปรับแก้ค่าความเอนเอียงโดยวิธีอัตราส่วน ซึ่งผลความแตกต่างของการปรับแก้ข้อมูลฝนดาวเทียมเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณฝนก่อนการปรับแก้และเปรียบเทียบกับปริมาณฝนตรวจวัด ณ จุดสถานีตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงปี 2010-2017 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณฝนที่สถานีมีข้อมูลที่สมบูรณ์ พบว่าค่าความสัมพันธ์ของปริมาณฝนดาวเทียมรายเดือนเมื่อเปรียบเทียบกับค่าตรวจวัดรายเดือนมีค่า R^2 เปลี่ยนแปลงจากเดิมเพียงเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.20-0.57 แต่เมื่อพิจารณาถึงค่า NSE และค่า PBIAS ก่อนและหลังการปรับแก้ข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบกับค่าตรวจวัดพบว่า การปรับแก้ข้อมูลสามารถส่งผลให้ข้อมูลปริมาณฝนมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณฝนตรวจวัดได้เพิ่มมากขึ้น โดยค่า NSE อยู่ในช่วงระหว่าง -0.51 ถึง 0.29 และค่า PBIAS อยู่ในช่วงระหว่าง -76% ถึง -46% ของทั้ง 3 ซึ่งเมื่อปรับแก้ค่าความเอนเอียงแล้วพบว่าค่า NSE มีค่าที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ค่า PBIAS มีค่าที่ลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.15-0.57 และ -9% ถึง 0.1% ตามลำดับ จากรูปที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบดังกล่าวโดยจะเห็นได้ว่าก่อนการปรับแก้ค่าความเอนเอียงปริมาณฝนรายเดือนส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าค่าตรวจวัดเป็นอย่างมาก ซึ่งเมื่อดำเนินการปรับแก้ค่าความเอนเอียงแล้วค่าปริมาณฝนมีค่าใกล้เคียงค่าตรวจวัดมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาการปรับแก้ค่าความเอนเอียงของ Soo และคณะ [19] และงานวิจัยของ Chaudhary และ Dhanya [20] ซึ่งจากผลการศึกษานี้ร่วมกับงานวิจัยอื่นแสดงให้เห็นว่าปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมควรต้องได้รับการปรับแก้ค่าความเอนเอียงก่อนที่จะนำมาใช้ในการประเมินด้านอื่นๆ โดยปริมาณฝนดาวเทียมที่ได้รับการปรับแก้แล้วและมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้ถูกนำไปใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง SWAT ต่อไป

4.2. ผลการปรับเทียบและทวนสอบแบบจำลอง SWAT

แบบจำลอง SWAT ได้ถูกปรับเทียบและทวนสอบเพื่อประเมินถึงพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการ



รูปที่ 5 ความแตกต่างของปริมาณฝนดาวเทียมก่อนและหลังการปรับแก้ข้อมูลเปรียบเทียบกับปริมาณฝนตรวจวัด

คำนวณปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน โดยมีช่วงเวลาการปรับเทียบแบบจำลองตั้งแต่ปี 2006-2011 และทวนสอบแบบจำลองตั้งแต่ปี 2012-2017 โดยผลของปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง (ตารางที่ 1) พบว่าการใช้ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัด (SWAT-Station)ได้ค่า R^2 NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.26 0.25 และ -26.75% ตามลำดับและผลจากการทวนสอบแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง โดยมีค่า ค่า R^2 NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.26 0.20 และ -26.50% โดยเมื่อพิจารณากราฟปริมาณน้ำท่า (รูปที่ 5 (a1) และ (a2)) พบว่าโดยส่วนใหญ่ผลลัพธ์จากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัด ในขณะที่ในช่วงทวนสอบแบบจำลองโดยเฉพาะในช่วงปี 2016-2017 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าสูงกว่าการตรวจวัด และเมื่อนำพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองมาใช้ในการคำนวณโดยการเปลี่ยนข้อมูลฝนเป็นการใช้ฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมพบว่าค่าความถูกต้องของแบบจำลองเพิ่มขึ้นทั้งในช่วงของการสอบเทียบและทวนสอบแบบจำลอง (รูปที่ 5 (b1 และ b2)) แบบจำลอง โดยมีค่า R^2 NSE และ PBIAS ของช่วงปรับเทียบ/ทวนสอบแบบจำลองเท่ากับ 0.45/0.46 0.41/0.48 และ 25.16/-21.19%

จากนั้นพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT ได้ถูกปรับเทียบโดยการนำเข้าข้อมูลปริมาณฝนภาพถ่ายดาวเทียมแทนการใช้ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัด พบว่าเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลองเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ดัชนี โดยมีค่า R^2 NSE และ PBIAS ของช่วงปรับเทียบ/ทวนสอบแบบจำลองเท่ากับ 0.68/0.51 0.68/0.45 และ 11.93/-13.94% ซึ่งค่าที่ได้เป็นค่าที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบแบบจำลองข้างต้น (รูปที่ 5 (c1) และ (c2)) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้ปริมาณฝนตรวจวัดจากดาวเทียมที่มีการกระจายตัวของข้อมูลในรูปแบบกริดสามารถส่งผลให้การประเมินผลปริมาณน้ำท่าของแบบจำลองดีมากกว่าการเลือกใช้ข้อมูลปริมาณฝนที่ได้จากการตรวจวัดของสถานีที่มีข้อจำกัดของจำนวนเพียง 3 สถานี เนื่องด้วยการกระจายตัวของ

ข้อมูลปริมาณฝนจะส่งผลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าโดยตรงซึ่งหากมีข้อมูลการกระจายตัวของปริมาณฝนที่ดีจะช่วยให้การประเมินถึงปริมาณน้ำท่าแม่นยำมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลฝนตรวจวัดมาใช้ร่วมกับพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบโดยฝนดาวเทียมพบว่า ค่า R^2 NSE และ PBIAS มีค่าต่ำที่สุดจากการทดสอบทั้ง 4 กรณี แสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 5 (d1) และ (d2) แสดงให้เห็นว่าการปรับเทียบแบบจำลองและการเลือกใช้พารามิเตอร์ขึ้นอยู่กับแหล่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการปรับเทียบ

ตารางที่ 1 ผลการปรับเทียบและทวนสอบแบบจำลอง

	ช่วงการทดสอบ	R^2	**NSE**	**PBIAS**
SWAT-Station	Calibration	0.26	0.25	26.75
	Validation	0.26	0.14	-26.50
SWAT-GSMaP_NRT (พารามิเตอร์ฝนตรวจวัด)	Calibration	0.45	0.41	25.16
	Validation	0.46	0.48	-21.19
SWAT-GSMaP_NRT	Calibration	0.68	0.68	11.93
	Validation	0.51	0.45	-13.94
SWAT-Station (พารามิเตอร์ฝนดาวเทียม)	Calibration	0.18	0.08	24.66
	Validation	0.19	-0.61	-21.95

4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองจากการใช้ข้อมูลปริมาณฝนที่แตกต่างกัน

เมื่อทำการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ 5 อันดับแรกที่มีความอ่อนไหวของแบบจำลอง SWAT-Station และ SWAT-GSMaP_NRT พบว่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำในชั้นดินเป็นกลุ่มที่มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวมากที่สุด 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าความจุความชื้นในดิน (Available water capacity, SOL_AWC) สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated hydraulic conductivity, SOL_K) และ ความหนาแน่นของดินที่มีความชื้น (Moist bulk density, SOL_BD) โดยมีค่าความอ่อนไหวอยู่ในลำดับที่ 1 2 และ 4 ตามลำดับ โดยจะพบว่าค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวเมื่อมีการปรับค่าใน SWAT-GSMap_NRT จะได้ค่าสูงสุดของ SOL_AWC และ SOL_BD สูงกว่าในแบบจำลอง SWAT-Station โดยการปรับเทียบด้วยข้อมูล SWAT-Station ให้ค่าของ SOL_AWC ในช่วงระหว่าง 0-0.21 ในขณะที่ SWAT-GSMaP_NRT ให้ค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0-0.44 โดยค่า SOL_AWC ในแบบจำลอง SWAT มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 โดยที่ 0 หมายถึงบริเวณพื้นที่ที่มีลักษณะสมบัติของดินที่ไม่มีค่าของความชื้นที่พืชจะสามารถนำไปใช้ได้ ในขณะที่ค่าของ SOL_K เมื่อทำการปรับเทียบด้วย SWAT-Station และ SWAT-GSMaP_NRT พบว่า ค่าสูงสุดของ SOL_K สำหรับแบบจำลอง SWAT-GSMaP_NRT จะมีค่าต่ำกว่าแบบจำลอง SWAT-Station ให้ค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.82-56.79 และ 0-53.40 ตามลำดับ โดยค่า SOL_K ของแบบจำลอง SWAT มีค่าอยู่ระหว่ง 0-2,000 ซึ่งจะ

เห็นได้ว่าผลที่ได้จาก 2 แบบจำลองมีค่าที่แตกต่างกันแต่เพียงเล็กน้อย โดยในพื้นที่ที่มีค่า SOL_K เท่ากับ 0 หมายถึงมีค่าการซึมผ่านน้ำของดินที่น้อยมาก สำหรับ SOL_BD ของทั้ง 2 แบบจำลองมีค่าสูงสุดที่แตกต่างกัน โดยค่าสูงสุดของ SWAT-Station เท่ากับ 1.21 ในขณะที่ค่าของ SWAT-GSMaP_NRT เท่ากับ 2.50

พารามิเตอร์ CN2 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำท่าในวิธีของ SCS Curve number เป็นพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวในลำดับที่ 3 โดย SWAT-GSMaP_NRT จะให้ค่า CN2 ที่สูงกว่าแบบจำลอง SWAT-Station ในขณะที่ค่าต่ำสุดมีค่าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยค่า CN2 เป็นค่าที่บ่งบอกถึงลักษณะของพื้นที่รวมถึงปริมาณน้ำในชั้นดินในช่วงก่อนหน้าโดยพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะของสมบัติของดิน และลักษณะสภาพทางอุกทวิทยา (Hydrologic condition) และสุดท้ายค่าความสูงของระดับน้ำชั้นตื้น (Shallow aquifer) GWQMN ของแบบจำลอง SWAT-GSMaP_NRT ให้ค่าที่สูงกว่าแบบจำลอง SWAT-Station สำหรับค่าสูงสุด โดยช่วงของค่าพารามิเตอร์แสดงดังตารางที่ 2 โดยผลการตรวจสอบความอ่อนไหวของพารามิเตอร์พบว่าพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวโดยส่วนใหญ่ของพื้นที่นี้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Mangsamong และ Kodah [21]

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหว 5 อันดับแรก

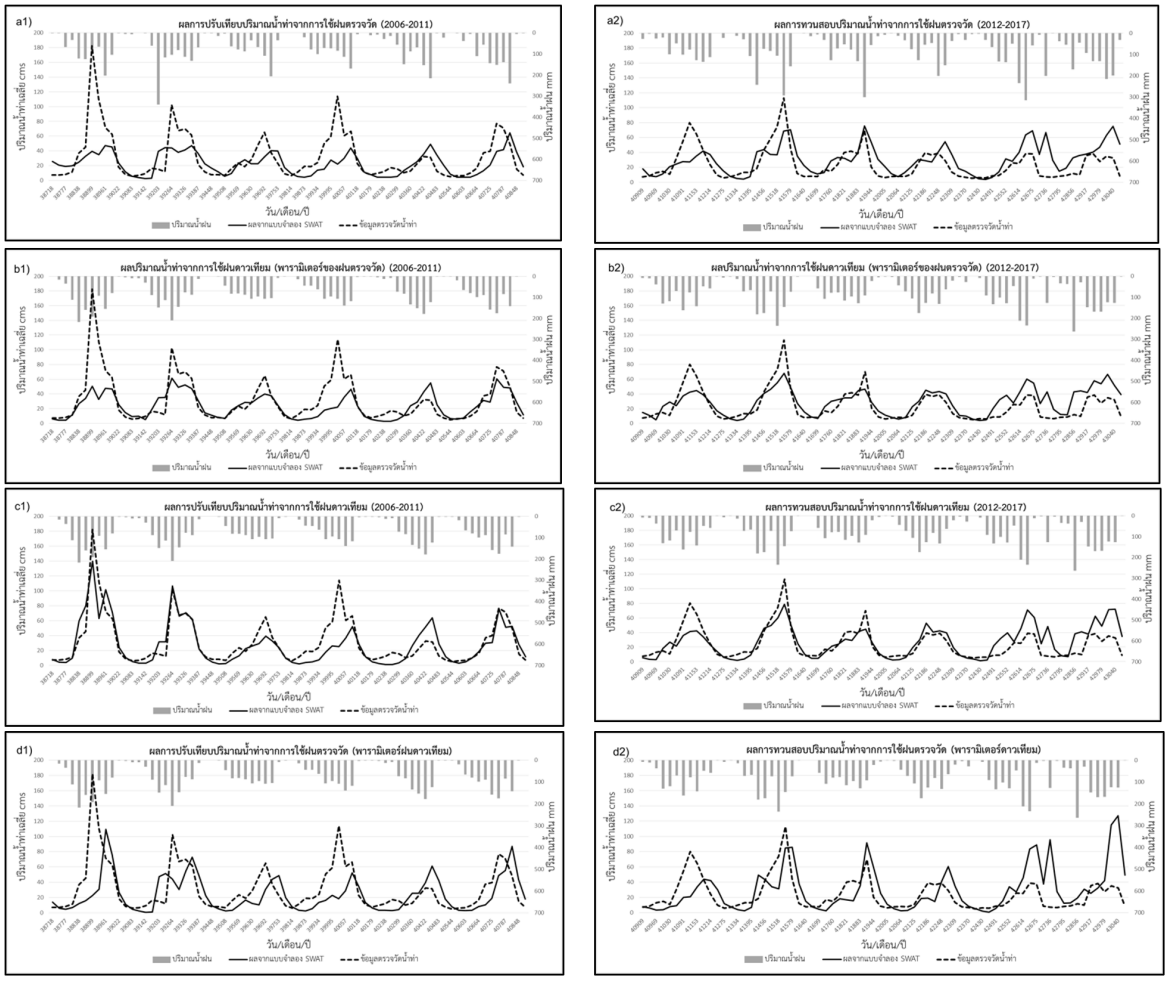
Parameter	Unit	SWAT-Station	SWAT-GSMaP_NRT	Range in SWAT
1. SOL_AWC	-	0.00-0.21	0.00-0.44	0-1
2. SOL_K	mm/hr	1.82-56.79	0.00-53.40	0-2000
3. CN2	-	35-46	38-52	35-98
4. SOL_BD	g/cm^3	0.90-1.21	0.90-2.50	0.90-2.50
5. GWQMN	mm	3,515-3,799	3,446-3,906	0-5,000

4.3 ปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจากแบบจำลอง SWAT

เมื่อแบบจำลอง SWAT-Station และ SWAT-GSMaP_NRT ได้ถูกปรับเทียบและทวนสอบพร้อมทั้งตรวจสอบถึงค่าพารามิเตอร์เสร็จสิ้น จากนั้นผลการประเมินปริมาณน้ำท่าข้างต้นได้ถูกนำมาประเมินถึงปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานรายปีตั้งแต่ปี ค.ศ. 2006-2020 รูปที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานระหว่างผลการตรวจวัดปริมาณน้ำ และผลประเมินปริมาณน้ำท่าที่ได้แบบจำลอง SWAT-Station และแบบจำลอง SWAT-GSMaP_NRT รูปที่ 6(a) เป็นการประเมินผลปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเฉลี่ยรายเดือน พบว่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม (195 ล้าน ลบ.ม.) โดยช่วงฤดูที่มีปริมาณน้ำมากเกิดขึ้นตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวแบบจำลอง SWAT-GSMaP_NRT สามารถประเมินปริมาณน้ำได้ใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดมากกว่าแบบจำลอง SWAT-Station โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 6-31% ในขณะที่แบบจำลอง SWAT-Station มีค่าเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 13-53% และในขณะช่วงฤดูแล้งโดยส่วนใหญ่ SWAT-GSMaP_NRT ก็ยังคงแสดงผลค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าแบบจำลอง SWAT-Station ยกเว้นในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน ซึ่ง

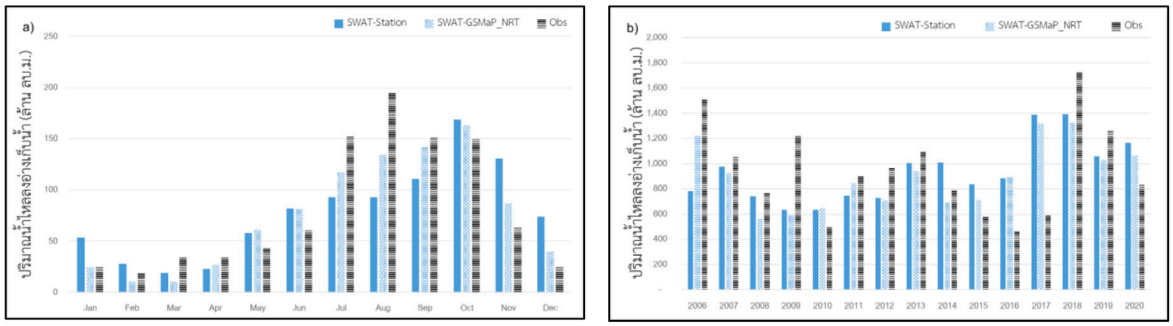
แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลมีผลต่อการรับน้ำและการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งส่งผลให้แบบจำลอง SWAT-GSMaP_NRT ให้ผลในรายเดือนโดยส่วนใหญ่ใกล้เคียงกว่า แบบจำลอง SWAT-Station

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาข้อมูลในรูปแบบของค่าเฉลี่ยรายปีซึ่งเป็นภาพรวมปริมาณน้ำทั้งหมดในแต่ละปี รูปที่ 6(b) พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าแตกต่างกันออกไปในแต่ละช่วงปี โดยหากพิจารณาภาพรวมค่าเฉลี่ยรายปีพบว่า SWAT-Station และ SWAT-GSMaP_NRT มีปริมาณน้ำไหลลงอ่างเท่ากับ 932 และ 898 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งปริมาณน้ำไหลลงอ่างจากค่าตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 951 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองแสดงค่าคลาดเคลื่อนต่างกันเพียงเล็กน้อย (2% และ 6 % ตามลำดับ) โดยในช่วงปีน้ำมากเช่นปี 2009 และปี 2018-2019 แบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่างจากค่าตรวจวัดไม่แตกต่างกันมาก โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 16-23% โดยแบบจำลอง SWAT-Station แสดงค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าแบบจำลอง SWAT-GSMaP_NRT เพียงเล็กน้อย (3%) ในขณะ



รูปที่ 6 ผลการปรับเทียบและทวนสอบแบบจำลองปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากแบบจำลอง SWAT-Station และ SWAT-JAXA

ที่ช่วงปี 2006 ซึ่งเป็นช่วงปีน้ำมากแบบจำลอง SWAT-Station แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 48% สูงกว่าการใช้แบบจำลอง SWAT-GSMaP_NRT (19%)



รูปที่ 7 ปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานเฉลี่ยรายเดือน (a) และรายปี (b) จากการตรวจวัดและจากแบบจำลอง SWAT-Station และ SWAT-GSMaP_NRT

5. สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

เป็นที่ทราบกันดีว่าข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดฝนเป็นข้อมูลที่ได้รับการยอมรับว่ามีความถูกต้องและแม่นยำในการนำมาใช้เพื่อการประเมินผลลัพธ์ทางด้านอุทกวิทยา แต่เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึงพื้นที่รวมถึงการติดตั้งและบำรุงรักษาสถานีตรวจวัดปริมาณฝนที่ต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมาก ดังนั้นปริมาณฝนจากการตรวจวัดด้วยดาวเทียมจึงเป็นอีกหนึ่งแหล่งข้อมูลที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะตรวจสอบความแตกต่างของพารามิเตอร์และผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ในการใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากแหล่งข้อมูลที่ต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน

จากการใช้แบบจำลอง SWAT ร่วมกับปริมาณฝนตรวจวัด (SWAT-Station) พบว่าผลการปรับเทียบและทวนสอบข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ต่ำถึงปานกลาง เนื่องจากข้อจำกัดของจำนวนสถานีตรวจวัดที่มีเพียง 3 สถานี และการกระจายตัวของสถานีที่มีเพียงบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำแก่งกระจานเท่านั้น อย่างไรก็ตามเมื่อนำปริมาณฝนภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้รับการปรับแก้ค่าความเอนเอียง (Bias correction) มาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง SWAT โดยยังคงใช้พารามิเตอร์ที่ทำการปรับเทียบในครั้งแรกพบว่าค่าความถูกต้องของแบบจำลองเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นเมื่อทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง SWAT จากการใช้ข้อมูลฝนภาพถ่ายดาวเทียม (SWAT-GSMaP_NRT) พบว่าค่าความถูกต้องของแบบจำลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูงขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากข้อมูลปริมาณฝนดาวเทียมที่เป็นรายกริด ส่งผลให้มีข้อมูลที่นำเข้าสู่แบบจำลอง SWAT-GSMaP_NRT ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย

จากการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลอง SWAT-Station และ SWAT-GSMaP_NRT พบว่าพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบนนั้นอยู่ในกลุ่มของความชื้นหรือปริมาณน้ำในชั้นดิน ชั้นน้ำใต้ดิน และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินน้ำท่า ซึ่งช่วงค่าของพารามิเตอร์ของแบบจำลอง SWAT-Station และ SWAT-GSMaP_NRT มีค่าต่างกันเล็กน้อย และเมื่อประเมินปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจากแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองพบว่าเมื่อ

พิจารณาถึงปริมาณน้ำท่ารวมรายปีโดยส่วนใหญ่แบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองคำนวณได้ค่าต่างกันเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนพบว่ารูปแบบของปริมาณน้ำท่าของ SWAT-GSMaP_NRT จะมีค่าสูงกว่า SWAT-Station ในช่วงฤดูฝนและจะมีค่าต่ำกว่าในช่วงฤดูแล้ง

จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสู่แบบจำลองควบคู่ไปกับการใช้ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดในเรื่องของสถานีตรวจวัดปริมาณฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากค่าพารามิเตอร์เมื่อหลังจากการปรับเทียบจากแบบจำลองทั้ง 2 มีค่าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่เนื่องจากการกระจายตัวของข้อมูลปริมาณฝนภาพถ่ายดาวเทียม ส่งผลให้ผลการปรับเทียบและทวนสอบแบบจำลอง SWAT-GSMaP_NRT มีค่าที่ดีกว่า นอกจากนั้นการพิจารณาถึงการเลือกใช้วิธีการปรับแก้ค่าความเอนเอียงของภาพถ่ายดาวเทียมควรมีการประเมินถึงวิธีการอื่น เช่น การปรับแก้ด้วยวิธี Quantile mapping หรือ Quantile delta mapping [22] รวมถึงการพิจารณาถึงความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้ก่อนและหลังการปรับแก้ในกรณีที่มีการกระจายตัวของสถานีตรวจวัดปริมาณฝนที่แตกต่างกันจะส่งผลให้การนำข้อมูลปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมมาประยุกต์ใช้มีความน่าเชื่อถือและแม่นยำมากยิ่งขึ้น และควรมีการพิจารณาข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมจากแหล่งข้อมูลอื่นร่วมด้วยซึ่งอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการนำภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้กับแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าได้ดียิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) (Agricultural Research Development Agency: ARDA) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

7. เอกสารอ้างอิง

1. Daeha, K., Jung, Il W. and Jong, A.C., 2017, “A Comparative Assessment of Rainfall-runoff Modelling Against Regional Flow Duration Curves for Ungauged Catchments,” *Hydrology and Earth System*, 21, pp. 5647-5661.

2. Makungo, R., Odiyo, J.O., Ndiritu, J.G. and Mwaka, B., 2010, “Rainfall-runoff Modelling Approach for Ungauged Catchments: A Case Study of Nzhelele River Sub-quaternary Catchment,” *Physics and Chemeistry of the Earth*, 35 (13-14), pp. 596-607.

3. Qi, J., Zhang, X., Yang, Q., Srinivasan, R., Arnold, J.G., Li, J., Waldholf, S. and Cole, J., 2020, “SWAT Ungauged: Water Quality Modeling in the Upper Mississippi River Basin,” *Journal of Hydrology*, 584, 124601. https://doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.124601.

4. Hallouz, F., Meddi, M., Mahe, G., Alirahmani, S. and Keddar, A., 2018, “Modeling of Discharge and Sediment Transport through the SWAT Model in the Basin of Harraza (Northwest of Algeria),” *Water Science*, 32 (1), pp. 79-88.

5. Martinez-Salvador, A. and Conesa-Garcia, C., 2020, “Suitability of the SWAT Model for Simulating Water Discharge and Sediment Load in a Karst Watershed of the Semiarid Mediterranean Basin,” *Water Resources Management*, 34, pp. 785-802.

6. Emam, A.R., Kappas, M., Khan Nguyen, L.H. and Renchin, T., 2016, "Hydrological Modeling in an Ungauged Basin of Central Vietnam using SWAT Model," *Hydrology and Earth System Sciences*, 4 (16), pp. 1-17. https://doi:10.5194/hess-2016-44.

7. Ramos, M. and Martinez-Casasnovas, J., 2015, "Soil Water Content, Runoff and Soil Loss Prediction in a Small Ungauged Agricultural Basin in the Mediterranean Region using the Soil and Water Assessment Tool," *Journal of Agricultural Science*, 153, pp. 481-496.

8. Boonchum, T., Taesombat, W. and Chompuchan, C., 2020, "Evaluation of Satellite Monthly Rainfall Product PERSIANN-CCS using Rain Gauge Stations over the Upper Ping River Basin," *Thaksin University Journal*, 23 (3), pp. 42-50.

9. Phonkasi, S., 2016, "The Relationship between Satellite Rainfall and the Gauge Rainfall in Nan River Basin," *Research Journal-Rajamangala University of Technology Thanyaburi*, 15 (1). pp. 51-56.

10. Tantanee, S. and Phonkasi, S., 2013, "Investigation of Relationship between Satellite Rainfall and Observed Rainfall from Gauging Station Network for Northern Thailand," *The 2nd EIT International Conference on Water Resources Engineering*, Chiang Rai, Le Méridien Chiang Rai Resort, Chiang Rai.

11. Muller, M.F. and Thompson, S.E., 2013, "Bias Adjustment of Satellite Rainfall Data through Stochastic Modeling: Methods Development and Application to Nepal," *Advances in Water Resources*, 60, pp. 121-134.

12. Wetchayont, P., Waiyasusri, K. Sumpradit, K. and Nongnang, P., 2020, "Development of GIS Application for Satellite Rainfall Bias Collection," *The Journal of Industrial Technology*, 8 (1), pp. 13-21.

13. Tesfagiorgis, K., Mahani, S.E., Krakauer, N.Y. and Khanbilvardi, R., 2011, "Bias Correction of Satellite Rainfall Estimating using a Radar-Gauge Product – a Case Study in Oklahoma," *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, pp. 25631-2647.

14. Boushaki, F.I., Hsu, K.L., Sorooshian, S. and Park, G.H., 2009, "Bias Adjustment of Satellite Precipitation Estimation using Ground-Based Measurement: A Case Study Evaluation over the Southwestern United States," *Journal of Hydrometeorology*, 10, pp. 1231-1242.

15. Amatya, D.M., Rossi, C.G., Saleh, A., Dai, Z., Youssef, M.A., Williams, R.G., Bosch, D.D., Chescheir, G.M., Sun, G., Skaggs, R.W., Trettin, C.C., Vance, E.D., Nettles, J.E. and Tian, S., 2013, "Review of Nitrogen Fate Models Applicable to Forest Landscapes in the Southern U.S.," *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 56 (5), pp. 1731-175.

16. Abbaspour, K.C., 2012, SWAT Calibration and Uncertainty Programs-A User Manual, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dubendorf.

17. Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D. and Veith, T.L., 2007, "Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations, *ASABE*, 50 (3), pp. 885-900.

18. Mendoza, J.A.C., Alcazar, T.A.C. and Medina, S.A.Z., 2021, "Calibration and Uncertainty Analysis for Modelling Runoff in the Tambo River Basin, Peru using Sequential Uncertainty Fitting ver-2 (SUFI-2) Algorithm," *Air, Soil and Water Research*, 14, pp. 1-13.

19. Soo, E.Z.X., Jaafar, W.Z.W., Lai, S.H., Othman, F., Elshafie, A., Islam, T., Srivastava, P. and Hadi, H.S.O., 2020, "Evaluation of Bias-adjusted Satellite Precipitation Estimations for Extreme Flood Events in Langat River Basin, Malaysia," *Hydrology Research*, 51 (1), pp. 105-126. https://doi.org/10.2166/nh.2019.071.

20. Chaudhary, S. and Dhanya, C.T., 2019, "Investigating the Performance of Bias Correction Algorithms on Satellite-based Precipitation Estimations," Remote Sensing for Agriculture, *Ecosystems, and Hydrology XXI*, 11149. https://doi/org/10.1117/12.2533214.

21. Mangsamong, W. and Kodah, H., 2018, "The Study of Parameter Sensitivity of SWAT Model for Runoff and Groundwater: A Case Study of Phetchaburi Basin," *Princess of Naradhiwas University Journal*, 10 (2), pp. 80-92.

22. Cannon, A.J., Sobie, S.R. and Murdock, T.Q., 2015, "Bias Correction of GCM Precipitation by Quantile Mapping: How Well Do Methods Preserve Changes in Quantile and Extremes?," *Journal of Climate*, 28, pp. 6938-6959.