

การเปรียบเทียบการเตรียมข้อมูลระหว่าง MapSWAT และวิธีดั้งเดิมสำหรับ SWAT+ ในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กในประเทศไทย

Comparative Analysis of MapSWAT and Traditional Approaches for SWAT+ Data Preparation in a Small Catchment in Thailand

อิสเรศ กะการดี^{1,*} พงษ์ศักดิ์ จินดาศรี² พงษ์พิพงค์ พรหมใจ^{2,3} และ อุทัยวรรณ ผิวพรรณ⁴

¹ ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

² สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) (สสน.) กรุงเทพมหานคร

³ หน่วยงานวิจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

⁴ สาขานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อมและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตอำนาจเจริญ อำนาจเจริญ

*Corresponding author; E-mail address: isared.k@ku.th

บทคัดย่อ

การเตรียมข้อมูลมีความสำคัญมากต่อการสร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยาเนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำในการประเมินทรัพยากรน้ำ การศึกษานี้ได้นำ MapSWAT ซึ่งเป็นเครื่องมือภูมิสารสนเทศใหม่เพื่อออกแบบมาเพื่อปรับปรุงการเตรียมข้อมูลสำหรับแบบจำลอง SWAT+ (Soil and Water Assessment Tool Plus) ที่มีกระบวนการสำคัญคือ การวิเคราะห์ทางกายภาพ การจำแนกการใช้ที่ดิน และการประมาณค่าพารามิเตอร์ของดิน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์จากวิธีการเตรียมข้อมูลระหว่างวิธีดั้งเดิมและการใช้ MapSWAT เช่น การกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ การสร้างหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) และการจำลองการไหลของน้ำ โดยเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโพธิ์ (940 ตร.กม.) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทยมาเป็นกรณีศึกษา ผลการศึกษาพบว่า MapSWAT ช่วยลดระยะเวลาในการเตรียมข้อมูล โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศซับซ้อน ซึ่งเวอร์ชันที่บูรณาการกับ Google Earth Engine (GEE) ช่วยให้เข้าถึงข้อมูลภูมิสารสนเทศได้โดยตรง การแบ่งลุ่มน้ำย่อยด้วย MapSWAT พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำรวมลดลง 3.2% เมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิม ขณะที่จำนวนหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRU) ลดลงเล็กน้อยจาก 107 เป็น 101 หน่วย การจำลองการไหลของน้ำชี้ให้เห็นว่าอัตราการไหลจาก MapSWAT สูงกว่าวิธีดั้งเดิมในฤดูฝน ค่า RMSE อยู่ที่ 15.95 MapSWAT ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเตรียมข้อมูลลดข้อผิดพลาด และรองรับการใช้งานในพื้นที่ขาดแคลนข้อมูล การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า MapSWAT เป็นเครื่องมือที่เชื่อถือได้สำหรับการสนับสนุนแบบจำลอง SWAT+ อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: MapSWAT, SWAT+, การเตรียมข้อมูล, การจำลองทางอุทกวิทยา, ประเทศไทย

Abstract

Data preparation is important in hydrological modeling because it directly affects the accuracy of water resource assessments. This study introduces MapSWAT, a new geospatial tool designed to improve data preparation for the SWAT+ (Soil and Water Assessment Tool Plus) model. MapSWAT includes advanced processes for three key tasks: physical analysis, land use classification, and soil parameter estimation. The objective of this study is to compare the outcomes of data preparation between conventional methods and the use of MapSWAT, focusing on watershed delineation, hydrologic response unit (HRU) generation, and streamflow simulation. Both approaches include steps such as watershed delineation, creating Hydrologic Response Units (HRUs), and preparing input data for the SWAT+ model and streamflow simulations. Select the Huai Phong catchment (940 km²) which is a sub-basin of the Mun River Basin in Thailand for the study. The results show that MapSWAT reduces data preparation time, especially in complex terrains. It has two versions: standard and one integrated with Google Earth Engine (GEE) for direct access to geospatial data. Using MapSWAT for watershed subdivision reduced the total watershed area by 3.2% compared to traditional methods, with a slight decrease in hydrological response units (HRUs) from 107 to 101. The water flow simulation showed higher flow rates with MapSWAT during the rainy season, with an RMSE of 15.95, demonstrating its efficiency and reliability.

Keywords: MapSWAT, SWAT+, Data preparation, Hydrological Modeling, Thailand

1. บทนำ

การจัดการทรัพยากรน้ำมีความสำคัญมากในสถานการณ์การขาดแคลนน้ำทั่วโลกที่เพิ่มขึ้นและความผันผวนของสภาพภูมิอากาศ [1] การประเมินปริมาณน้ำที่แม่นยำผ่านการจำลองทางอุทกวิทยามีบทบาทสำคัญในการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและการตัดสินใจ [2,3] แบบจำลองทางอุทกวิทยาทำหน้าที่เป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการจำลองกระบวนการของกลุ่มน้ำ การคาดการณ์ปริมาณน้ำที่มี และการประเมินสถานการณ์การจัดการ [4,5]

ในบรรดาแบบจำลองทางอุทกวิทยาต่างๆ SWAT+ (Soil and Water Assessment Tool Plus) ได้กลายเป็นแพลตฟอร์มที่ทรงพลังและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางสำหรับการจำลองกลุ่มน้ำและการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม [6,7] ความสามารถที่ครอบคลุมของแบบจำลองในการจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำ การเคลื่อนย้ายตะกอน และวัฏจักรของสารอาหารทำให้มีคุณค่าอย่างยิ่งสำหรับนักวิจัยและผู้จัดการทรัพยากรน้ำ [8] อย่างไรก็ตาม แม้จะมีฟังก์ชันการทำงานที่แข็งแกร่ง การนำ SWAT+ และแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่คล้ายคลึงกันไปใช้มักจะมีความท้าทายสำคัญ โดยเฉพาะในการเตรียมข้อมูลและการตั้งค่าแบบจำลอง [9]

วิธีดั้งเดิมโดยใช้เครื่องมือ GIS ร่วมกับ ArcSWAT เพื่อประมวลผลข้อมูลอย่างละเอียด เช่น DEM การใช้ที่ดิน และดิน ที่จำเป็นต้องการความเชี่ยวชาญและใช้เวลามากในการเตรียมข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง รวมถึงข้อมูลภูมิประเทศ ข้อมูลการใช้ที่ดิน และคุณลักษณะของดิน [10,11] แม้ว่าการศึกษาหลายชิ้นได้สำรวจแง่มุมหลักของการจำลองทางอุทกวิทยา เช่น เทคนิคการปรับเทียบและความไวของพารามิเตอร์ [12-14] แต่ให้ความสนใจน้อยกว่าในการปรับปรุงขั้นตอนเริ่มต้นที่สำคัญของการเตรียมข้อมูล [15] คุณภาพและความแม่นยำของข้อมูลนำเข้ามีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง ทำให้การเตรียมข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมีความสำคัญสูงสุดสำหรับการจำลองทางอุทกวิทยาที่ประสบความสำเร็จ [16,17]

ล่าสุดปลั๊กอินระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ได้ปรากฏขึ้นเป็นทางเลือกที่อาจช่วยทำให้กระบวนการเตรียมข้อมูลสำหรับการจำลองทางอุทกวิทยาง่ายขึ้นและเร็วขึ้น [18,19] ปลั๊กอิน MapSWAT เป็นเครื่องมือใหม่ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อแก้ไขความท้าทายในการเตรียมข้อมูลสำหรับการจำลอง SWAT+ [20] อย่างไรก็ตาม ยังคงมีช่องว่างการวิจัยที่สำคัญในการประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิภาพของเครื่องมือดังกล่าวในการประยุกต์ใช้งานจริง โดยเฉพาะในบริบททางภูมิศาสตร์ที่หลากหลายและสถานการณ์ความพร้อมของข้อมูล [21]

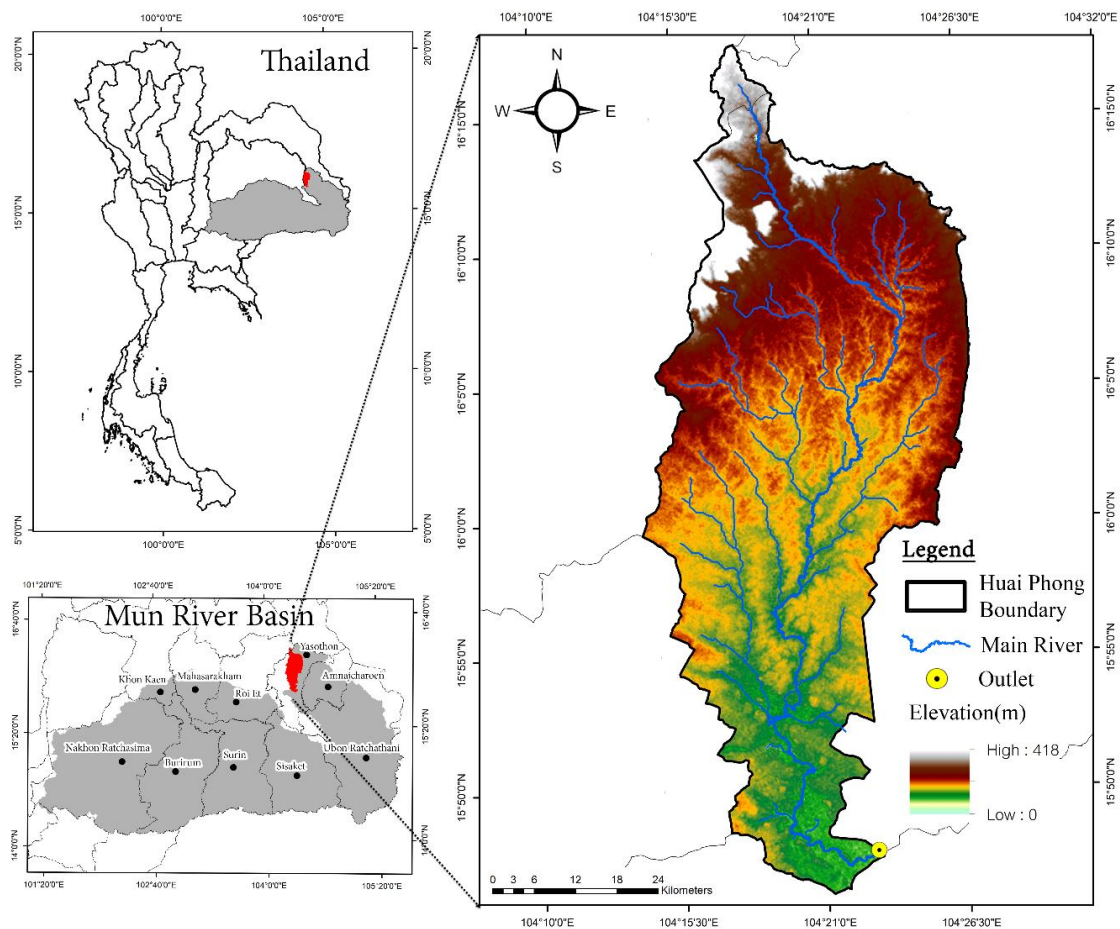
ความท้าทายนี้มีอยู่ในภูมิภาคต่างๆ เช่น ประเทศไทย ซึ่งการสำรวจข้อมูลทางกายภาพอย่างครอบคลุมในบางพื้นที่ยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้น จึงคาดหวังว่าเครื่องมือ MapSWAT จะช่วยแก้ไขปัญหานี้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพของปลั๊กอิน MapSWAT ในการปรับปรุงกระบวนการเตรียมข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง SWAT+ โดยเปรียบเทียบกับวิธีการเตรียมข้อมูลแบบในบริบทของประเทศไทย ซึ่งยังคงประสบปัญหาด้านความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลกายภาพ โดยมุ่งเน้นด้านความยืดหยุ่นในการทำงานและระยะเวลาในการเตรียมข้อมูล ความถูกต้องของข้อมูลนำเข้า เพื่อประเมินว่า MapSWAT เป็นทางเลือกที่เหมาะสมและมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้กับกลุ่มน้ำที่มีข้อจำกัดด้านข้อมูลหรือไม่ เพื่ออนาคตจะนำไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มน้ำอื่นต่อไป

2. เครื่องมือและวิธีดำเนินการ

2.1 พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำห้วยโพธิ์ (รูปที่ 1) (104°22'--104°24' E, 15°74'--16°30' N) อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่ 940 ตร.กม. อยู่ในเขตอำเภอภูพาน จังหวัดยโสธร ลุ่มน้ำมีรูปร่างยาวรี ทอดยาวในแนวเหนือ-ใต้ เป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำมูล โดยมีแม่น้ำคลองโพธิ์ไหลผ่านพื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยพื้นที่เกษตรกรรมและนาข้าว ปริมาณน้ำฝนรายปีอยู่ที่ 1,100-1,400 มม.



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา (ลุ่มน้ำห้วยโง)

ตารางที่ 1 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง SWAT+

ข้อมูล	แหล่งที่มา
1) SRTM (90 m)	https://cmr.earthdata.nasa.gov
2) แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน
3) แผนที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน
4) ตำแหน่งสถานีตรวจวัดอุทกวิทยา	กรมชลประทาน
6) เส้นลำน้ำ	กรมทรัพยากรน้ำ
7) สมบัติดิน	กรมพัฒนาที่ดิน
8) สภาพอากาศรายวัน (ฝน, อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด, ความชื้นสัมพัทธ์ พลังงานรังสีแสงอาทิตย์)	https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/climate-forecast-system-reanalysis-cfsr

2.2 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง SWAT+

การเตรียมข้อมูลแบบวิธีดั้งเดิมเพื่อเตรียมนำเข้า SWAT+ สามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทหลัก: ข้อมูลทางกายภาพและข้อมูลเชิงตัวเลข ซึ่งมาจากเว็บไซต์และหน่วยงานที่เชื่อถือได้ เช่น กรมชลประทาน (RID) กรมทรัพยากรน้ำ (DWR) กรมพัฒนาที่ดิน (LDD) และข้อมูลอากาศจาก National Centers for Environmental Prediction: NCEP [22]

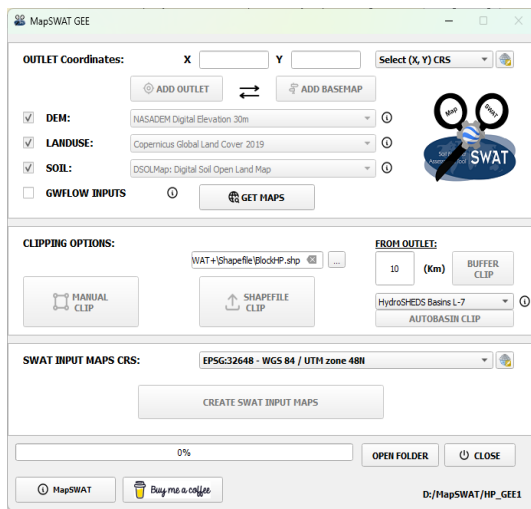
ย้อนหลังของระบบพยากรณ์ภูมิอากาศ (Climate Forecast System Reanalysis: CFSR) ครอบคลุมระยะเวลา 36 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1979 ถึง 2014 เพื่อให้ได้ข้อมูลภูมิอากาศที่มีความแม่นยำและสม่ำเสมอ เป็นประโยชน์ต่อการศึกษากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข [23,24] ดังตารางที่ 1

2.3 MapSWAT

MapSWAT เป็นปลั๊กอิน open source สำหรับ QGIS ที่ผสานรวมกับ Google Earth Engine (GEE) เพื่อสร้างและประมวลผลแผนที่นำเข้าสำหรับ SWAT+ [20] โดยการเตรียมแผนที่นำเข้าเป็นอัตโนมัติ MapSWAT ช่วยลดข้อผิดพลาด ประหยัดเวลา และลดความต้องการทรัพยากร ทำให้การสร้างแบบจำลองสะดวก คู่มือการใช้งานสามารถเข้าถึงได้ทางออนไลน์ที่ <https://adrlballesteros.github.io/MapSWAT/v> ดังแสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดของข้อมูลกายภาพเชิงพื้นที่จากการเข้าถึงผ่านปลั๊กอิน MapSWAT ประกอบด้วย แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) มีให้เลือก 3 แหล่งข้อมูล แผนที่การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (LULC) มีให้เลือก 2 แหล่งข้อมูล และแผนที่ดิน (Soil) 1 แหล่ง โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ DEM จาก NASADEM Digital Elevation 30 m ส่วน LULC จาก Copernicus

Global Land Cover 2019 เพื่อใช้ในการเตรียมข้อมูลสำหรับนำเข้าแบบจำลอง SWAT+ ต่อไป



รูปที่ 2 หน้าต่างการทำงานของปลั๊กอิน MapSWAT

ตารางที่ 2 ข้อมูลที่ผสมรวมเข้ากับเวอร์ชันของ MapSWAT ที่เชื่อมต่อกับ GEE

ชนิด	ข้อมูล	ความละเอียด
DEM	SRTM Digital Elevation Data 90 m	90 m
	NASADEM Digital Elevation 30 m	30 m
	Copernicus DEM GLO – 30 m	30 m
LULC	Copernicus Global Land Cover 2019	100 m
	GlobCover: Global Land Cover Map 2009	300 m
Soil	DSOLMap: Digital Soil Open Land Map	250 m

2.4 แบบจำลอง SWAT+

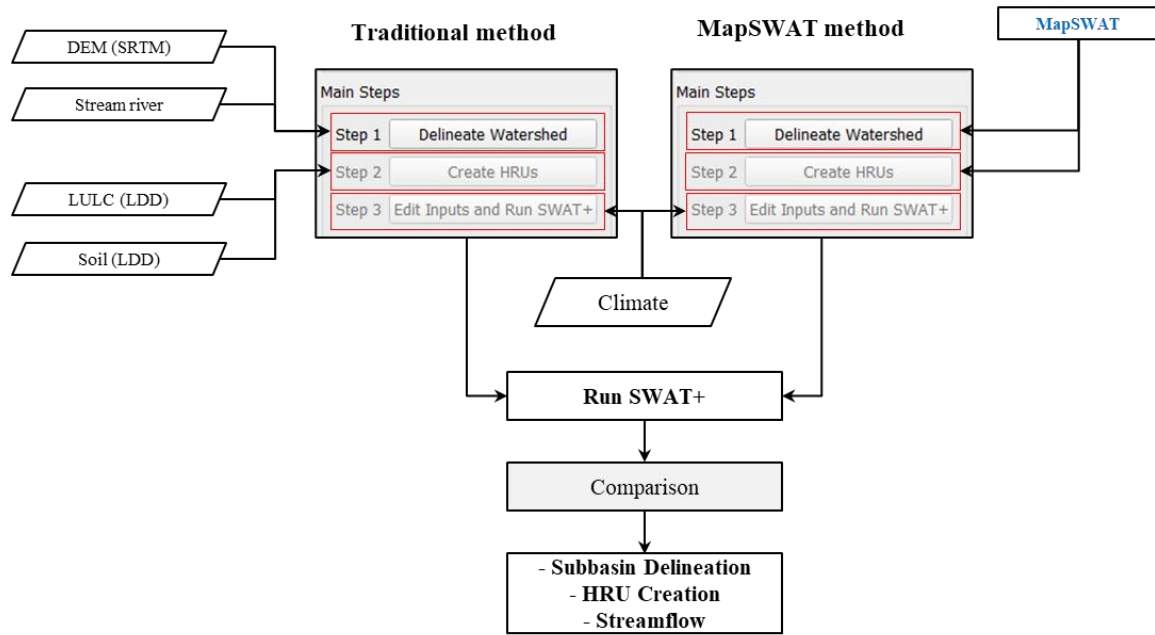
แบบจำลอง SWAT+ เป็นเวอร์ชันขั้นสูงของ SWAT ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ช่วยปรับปรุงการแสดงลุ่มน้ำ ไม่เหมือนกับรุ่นก่อนหน้า SWAT+

ช่วยให้สามารถทำการแผนที่ลำธารขนาดเล็กและลักษณะที่ดินได้อย่างละเอียด ช่วยเพิ่มการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ของน้ำ ที่ดิน และสภาพภูมิอากาศในระดับต่างๆ [6,7] โพลด์ ฟรี ที่ www.swat.tamu.edu/software/plus/ จำลองทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน สนับสนุนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ที่ดิน การปฏิบัติทางการเกษตร และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [26-28]

2.5 วิธีการดำเนินการ

การศึกษานี้มี 3 ขั้นตอนหลักคือ 1) ใช้วิธีดั้งเดิมในการเตรียมข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง 2) ใช้ MapSWAT ในการเตรียมข้อมูลสำหรับการทดสอบแบบจำลอง และ 3) เปรียบเทียบผลลัพธ์จากทั้งสองวิธี ดังแสดงในรูปที่ 3 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นแรกเตรียมข้อมูลพื้นฐานสำหรับแบบจำลอง SWAT+ ด้วยวิธีดั้งเดิม การกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำทำโดยใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) และข้อมูลแม่น้ำลำธารจากการรวบรวมในตารางที่ 1 ขั้นตอนนี้กำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ตามแผนที่ดินและการใช้ที่ดิน จากนั้นเพิ่มข้อมูลภูมิอากาศและทำการเรียกใช้แบบจำลอง การไหลของน้ำที่จำลองได้รับการปรับเทียบด้วยเครื่องมือ SWAT+ ปรับการตั้งค่าเพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่สังเกตได้และดัชนีประสิทธิภาพ การตรวจสอบความถูกต้องดำเนินการโดยใช้ข้อมูลแยกต่างหากเพื่อให้แน่ใจถึงความแม่นยำ ขั้นที่สอง เราใช้ปลั๊กอิน MapSWAT เพื่อรับข้อมูลความสูง (DEM) การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (LULC) และข้อมูลดินจากการรวบรวมในตารางที่ 2 กระบวนการใช้ปลั๊กอิน MapSWAT สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก López-Ballesteros, et al. [20] เราสร้างแบบจำลองเหมือนกับขั้นตอนก่อนหน้านี้ โดยสร้างลุ่มน้ำและ HRUs เราใช้ข้อมูลภูมิอากาศและการตั้งค่าการปรับเทียบเดียวกันจากขั้นตอนแรก จากนั้นเรียกใช้แบบจำลองขั้นตอนสุดท้าย เราเปรียบเทียบผลลัพธ์จากทั้งสองวิธี ในด้านจำนวนการกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำย่อยและพื้นที่ จำนวนหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) และปริมาณความแตกต่างของอัตราการไหลของน้ำ

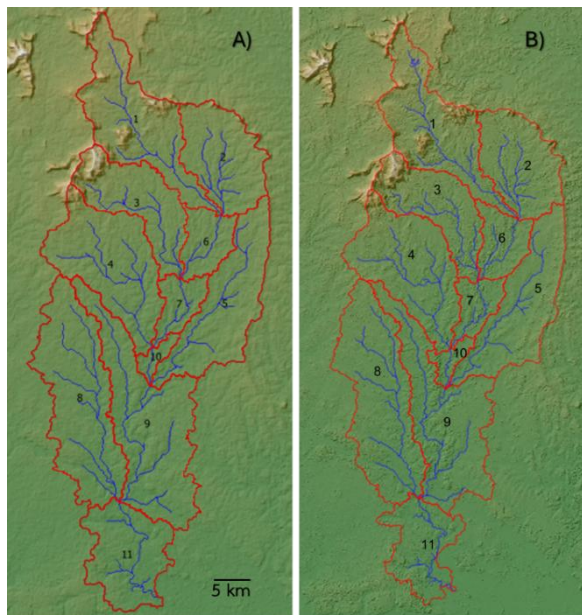


รูปที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ

3. ผลและวิจารณ์ผล

3.1 การแบ่งลุ่มน้ำ (watershed delineation)

จากรูปที่ 4 แสดงการแบ่งลุ่มน้ำจากการเตรียมข้อมูลด้วยวิธีดั้งเดิม (รูปที่ 4A) และการเตรียมข้อมูลด้วย MapSWAT (รูปที่ 4B) พบว่าการแบ่งลุ่มน้ำย่อยเท่ากันคือ 11 ลุ่มน้ำ จากการพิจารณาพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำรวมของ MapSWAT เท่ากับ 713.13 ตร.กม. น้อยกว่าวิธีดั้งเดิมประมาณ 22.87 ตร.กม. หรือ 3.2%



รูปที่ 4 การแบ่งลุ่มน้ำระหว่าง A) การเตรียมข้อมูลด้วยวิธีดั้งเดิม และ B) การเตรียมข้อมูลด้วย MapSWAT

ตารางที่ 3 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจากวิธี MapSWAT และวิธีดั้งเดิม

ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)		ผลต่าง	ร้อยละ
	วิธีดั้งเดิม	วิธี MapSWAT		
1	89.9	88.6	-1.33	-1.5
2	63.1	63.4	+0.29	+0.5
3	62.6	61.7	-0.89	-1.4
4	92.1	92.0	-0.06	-0.1
5	26.8	28.8	+2.02	+2.5
6	81.2	81.3	+0.16	+0.6
7	20.7	20.9	+0.26	+1.2
8	111.8	112.5	+0.71	+0.6
9	116.8	104.4	-12.33	-10.6
10	7.7	9.7	+2.08	27.2
11	63.5	49.7	-13.80	-21.7
รวม	736.0	713.1	-22.87	-3.1

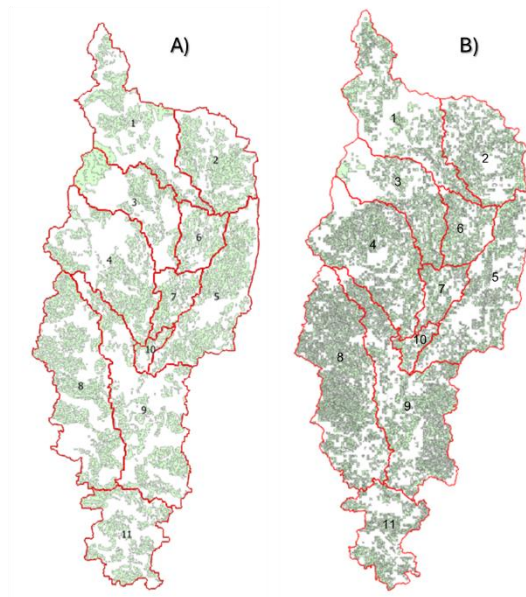
ในตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ได้จากการเตรียมข้อมูลด้วยวิธีดั้งเดิมและวิธี MapSWAT พบว่า มีความแตกต่างกันในระดับที่หลากหลาย โดยบางลุ่มน้ำย่อยมีขนาดเพิ่มขึ้น ขณะที่บางพื้นที่มีขนาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะลุ่มน้ำย่อยที่ 9 และ 11 ซึ่งลดลงมากที่สุดที่ 10.6% และ 21.7% ตามลำดับ ในขณะที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 10 มีขนาดเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 27.2% ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของความละเอียดของข้อมูล DEM จากแหล่งข้อมูลที่น่ามาใช้ โดยแนวโน้มโดยภาพรวม พื้นที่ลุ่มน้ำที่เตรียมข้อมูลด้วยวิธี MapSWAT ลดลง 22.87 (ตารางที่ 3) ตร.กม. หรือคิดเป็น 3.1% (ตารางที่ 3) เมื่อเทียบกับการเตรียมข้อมูลด้วยวิธีดั้งเดิม

ด้วยเหตุนี้สะท้อนให้เห็นว่าวิธี MapSWAT มีแนวโน้มแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเล็กกว่าวิธีดั้งเดิม (พื้นที่ลุ่มน้ำรวมลดลง 3.11%) และมีข้อดีในเชิงความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน อย่างไรก็ตาม ในอนาคตควรมีการตรวจสอบเพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

3.2 การสร้างหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRU Creation)

รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRU creation) แบบ Dominant HRU ที่เป็นการเลือกแบบเด่นเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา พบว่า แบบจำลอง SWAT+ สร้าง HRU จากการเตรียมข้อมูลด้วยวิธีดั้งเดิม (รูปที่ 5A) จำนวน 107 HRU (ตารางที่ 4) ในขณะที่การเตรียมข้อมูลด้วย MapSWAT (รูปที่ 5B) มีจำนวน 101 HRU (ตารางที่ 4)

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4 พบว่า จำนวน HRU ที่เป็นตัวแทนในแต่ละลุ่มน้ำย่อยมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งความถูกต้องของ HRU จากการเตรียมข้อมูลด้วยวิธีดั้งเดิม (รูปที่ 5A) มีมากกว่าเล็กน้อยเพราะเป็นข้อมูลแผนที่ดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินที่มีอัปเดตต่อเนื่อง ส่วนการเตรียมข้อมูลด้วย MapSWAT (รูปที่ 5B) ใช้ฐานข้อมูลที่เรียกผ่านแพลตฟอร์ม Google Earth Engine (GEE) ที่มีฐานข้อมูลทั่วโลกความถูกต้องข้อมูลมีข้อจำกัดในบางพื้นที่ที่มีความซับซ้อน



รูปที่ 5 การสร้างหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ระหว่าง A) การเตรียมข้อมูลด้วยวิธีดั้งเดิม กับ B) การเตรียมข้อมูลด้วย MapSWAT

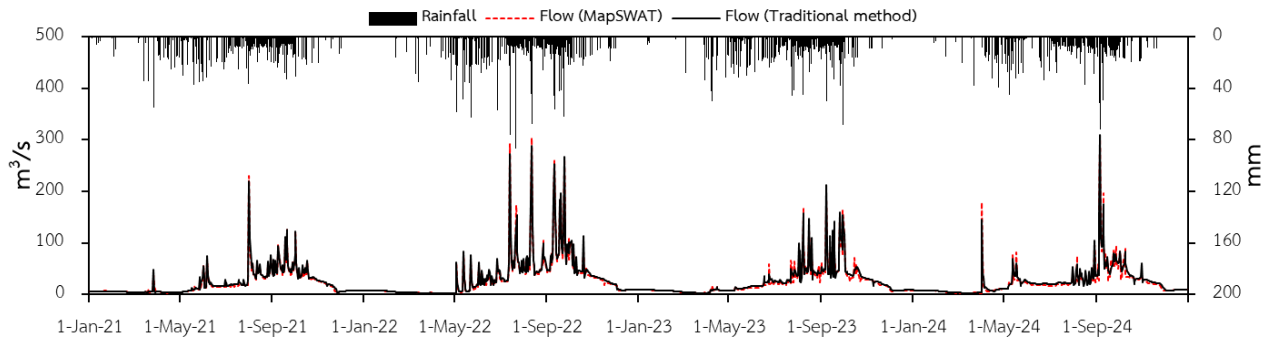
3.3 อัตราการไหล (Streamflow)

รูปที่ 6 แสดงจากการวิเคราะห์กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน (กราฟแท่งสีดำ) และอัตราการไหลของน้ำ (เส้นประสีแดง) จากวิธี MapSWAT และเส้นสีดำที่บ่งชี้จากวิธีดั้งเดิม) ในช่วงมกราคม 2021 ถึงกันยายน 2024 พบว่ามีความสัมพันธ์ชัดเจนระหว่างเหตุการณ์ฝนตกและการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของน้ำ โดยเมื่อมีฝนตกหนักซึ่งสังเกตได้จากแท่งสีดำที่ยื่นลงมาจากด้านบนของกราฟ จะส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลตามมาในช่วงเวลาถัดไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความล่าช้า (Time Lag) ระหว่างเหตุการณ์ฝนตกและการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของน้ำ ทั้งนี้ ค่าสูงสุดของปริมาณน้ำฝนอยู่ที่ประมาณ 160-200 มม. ในขณะที่อัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 250-300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

นอกจากนี้ยังพบว่ามีความแตกต่างระหว่างผลการวัดจากวิธี MapSWAT (เส้นสีแดง) และวิธีดั้งเดิม (เส้นสีน้ำเงิน) ในบางช่วงเวลา ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบอัตราการไหลระหว่าง 2 วิธี มีความแตกต่างกันเล็กน้อย มีค่า RMSE เท่ากับ 15.95 โดยช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) อัตราการไหลจากวิธี MapSWAT จะให้ค่าค่อนข้างสูงกว่าวิธีดั้งเดิม

ตารางที่ 4 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจากวิธี MapSWAT และวิธีดั้งเดิม

ลุ่มน้ำย่อย	จำนวน HRUs	
	วิธีดั้งเดิม	วิธี MapSWAT
1	11	13
2	11	11
3	11	9
4	13	13
5	11	11
6	3	3
7	5	5
8	13	11
9	13	13
10	1	1
11	15	11
รวม	107	101



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบอัตราการไหลระหว่างการเตรียมข้อมูลด้วยวิธีดั้งเดิมกับ MapSWAT

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้นำเสนอการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบเกี่ยวกับการเตรียมข้อมูล โดยใช้ทั้งแนวทางและเครื่องมือ MapSWAT ซึ่งเป็นปลั๊กอินแบบโอเพนซอร์สสำหรับ QGIS ที่ได้รับการบูรณาการร่วมกับ Google Earth Engine (GEE) เพื่อสร้างและประมวลผลแผนที่นำเข้า สำหรับแบบจำลองอุทกวิทยา SWAT+ การบูรณาการดังกล่าวช่วยให้กระบวนการเตรียมข้อมูลเบื้องต้นมีความคล่องตัวมากขึ้น ส่งผลให้แบบจำลอง SWAT+ สามารถเข้าถึงและใช้งานได้อย่างแพร่หลายยิ่งขึ้นในกลุ่มผู้ใช้ที่หลากหลาย MapSWAT ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเตรียมแผนที่นำเข้าสำหรับ SWAT+ โดยทำให้กระบวนการง่ายขึ้น ลดข้อผิดพลาด และลดระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ นอกจากนี้ เครื่องมือนี้อย่างเป็นนวัตกรรมสำคัญในด้านการศึกษากการสร้างแบบจำลองอุทกวิทยา เนื่องจากเป็นแพลตฟอร์มการเรียนรู้ที่เข้าถึงได้ง่ายสำหรับผู้สนใจแบบจำลอง SWAT+ มีให้เลือกใช้งานสองเวอร์ชัน ได้แก่ เวอร์ชันมาตรฐาน และ เวอร์ชันที่บูรณาการกับ GEE ความแตกต่างหลักระหว่างสองเวอร์ชันนี้คือ เวอร์ชันมาตรฐาน อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถนำเข้าข้อมูลของตนเอง ในขณะที่ เวอร์ชันที่บูรณาการกับ GEE ให้การเข้าถึงข้อมูลภูมิสารสนเทศที่มีอยู่ใน GEE โดยตรง

การทดสอบการแบ่งลุ่มน้ำด้วย MapSWAT พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำรวมมีขนาดลดลง 3.2% เมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิม โดยบางลุ่มน้ำมีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อาจเกิดจากความละเอียดของข้อมูล DEM ที่ใช้ นอกจากนี้ การสร้างหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRU) ด้วย MapSWAT มีจำนวนลดลงเล็กน้อยจาก 107 เป็น 101 หน่วย ขณะที่การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและอัตราการไหลของน้ำพบว่า มี Time Lag หลังจากฝนตก และอัตราการไหลจาก MapSWAT สูงกว่าวิธีดั้งเดิมในฤดูฝน ค่า RMSE เท่ากับ 15.95 ดังนั้น ควรศึกษาผลกระทบจากความละเอียดของ DEM เพิ่มเติม ทดสอบกับข้อมูลที่แตกต่างกัน และปรับปรุงการสอบเทียบแบบจำลอง SWAT+ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการบริหารจัดการน้ำ

ปลั๊กอิน MapSWAT มีการประมวลผลอัตโนมัติและรองรับ SWAT+ อย่างครบถ้วน แม้จะปรับแต่งได้น้อยกว่าวิธีดั้งเดิมแต่ลดข้อผิดพลาดจากการป้อนข้อมูลและเหมาะสำหรับการใช้งานในระดับทั่วไปถึงเชิงวิจัย. จากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT+ กับลุ่มน้ำห้วยโพธิ์ แสดงให้เห็นถึง

ศักยภาพในการเข้าถึงฐานข้อมูลแผนที่สภาพทางกายภาพ สำหรับนำเข้า SWAT+ โดยอาศัยการบูรณาการร่วมกับแพลตฟอร์ม GEE MapSWAT จึงสามารถช่วยให้การใช้งานแบบจำลอง SWAT+ เป็นไปอย่างราบรื่น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ขาดแคลนข้อมูล ความสามารถนี้ช่วยลดข้อจำกัดของการสร้างแบบจำลองอุทกวิทยาในพื้นที่ดังกล่าวได้อย่างเต็มที่ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า MapSWAT เป็นเครื่องมือที่เชื่อถือได้ในการสนับสนุนการสร้างแบบจำลอง SWAT+

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้แต่งขอแสดงความขอบคุณอย่างยิ่งต่อภาควิชาเกษตรกลวิธาน และคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จของผลงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Smith, B.E., Medley, B., Fettweis, X., Sutterley, T., Alexander, P., Porter, D. and Tedesco, M. (2023). Evaluating Greenland surface-mass-balance and firn-densification data using ICESat-2 altimetry. *The Cryosphere*, 17, pp. 789-808
- [2] Zhao, J., Zhang, N., Liu, Z., Zhang, Q. and Shang, C. (2024). SWAT model applications: From hydrological processes to ecosystem services. *Sci Total Environ*, 931, pp. 172605
- [3] Séne, S.M.K., Faye, C. and Pande, C.B. (2024). Assessment of current and future trends in water resources in the Gambia River Basin in a context of climate change. *Environmental Sciences Europe*, 36, pp.
- [4] Keller, A.A., Garner, K., Rao, N., Knipping, E. and Thomas, J. (2023). Hydrological models for climate-based assessments at the watershed scale: A critical review of existing hydrologic and water quality models. *Sci Total Environ*, 867, pp. 161209

- [5] Baran-Gurgul, K. and Rutkowska, A. (2024). Water Resource Management: Hydrological Modelling, Hydrological Cycles, and Hydrological Prediction. *Water*, 16, pp.
- [6] Bieger, K., Arnold, J.G., Rathjens, H., White, M.J., Bosch, D.D., Allen, P.M., Volk, M. and Srinivasan, R. (2016). Introduction to SWAT+, A Completely Restructured Version of the Soil and Water Assessment Tool. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 53, pp. 115-130
- [7] Her, Y. and Jeong, J. (2018). SWAT+ versus SWAT2012: Comparison of Sub-Daily Urban Runoff Simulations. *Transactions of the ASABE*, 61, pp. 1287-1295
- [8] Gassman, P.W., Reyes, M.R., Green, C.H. and Arnold, J.G. (2007). The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions. *Transactions of the ASABE*, 50, pp. 1211-1250
- [9] Plunge, S., Szabó, B., Strauch, M., Čerkasova, N., Schürz, C. and Piniewski, M. (2024). SWAT + input data preparation in a scripted workflow: SWATprepR. *Environmental Sciences Europe*, 36, pp.
- [10] Hoang, L., Mukundan, R., Moore, K.E.B., Owens, E.M. and Steenhuis, T.S. (2018). The effect of input data resolution and complexity on the uncertainty of hydrological predictions in a humid vegetated watershed. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, pp. 5947-5965
- [11] McMillan, H.K., Westerberg, I.K. and Krueger, T. (2018). Hydrological data uncertainty and its implications. *WIREs Water*, 5, pp.
- [12] Herrera, P.A., Marazuela, M.A. and Hofmann, T. (2021). Parameter estimation and uncertainty analysis in hydrological modeling. *WIREs Water*, 9, pp.
- [13] Nguyen, N.T., He, W., Zhu, Y. and Lü, H. (2020). Influence of Calibration Parameter Selection on Flash Flood Simulation for Small to Medium Catchments with MISDC-2L Model. *Water*, 12, pp.
- [14] Gou, J., Miao, C., Duan, Q., Tang, Q., Di, Z., Liao, W., Wu, J. and Zhou, R. (2020). Sensitivity Analysis-Based Automatic Parameter Calibration of the VIC Model for Streamflow Simulations Over China. *Water Resources Research*, 56, pp.
- [15] Perez, J., Iturbide, E., Olivares, V., Hidalgo, M., Martinez, A. and Almanza, N. (2015). A Data Preparation Methodology in Data Mining Applied to Mortality Population Databases. *J Med Syst*, 39, pp. 152
- [16] Wu, M.-C., Lin, G.-F. and Lin, H.-Y. (2013). The effect of data quality on model performance with application to daily evaporation estimation. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27, pp. 1661-1671
- [17] Hunger, M. and Döll, P. (2008). Value of river discharge data for global-scale hydrological modeling. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12, pp. 841-861
- [18] Castro, C.V. and Maidment, D.R. (2020). GIS preprocessing for rapid initialization of HEC-HMS hydrological basin models using web-based data services. *Environmental Modelling & Software*, 130, pp.
- [19] Zhang, H., Haan, C.T. and Nofziger, D.L. (1990). Hydrologic Modeling With GIS: An Overview. *Applied Engineering in Agriculture*, 6, pp. 453-458
- [20] López-Ballesteros, A., Srinivasan, R. and Senent-Aparicio, J. (2024). Introducing MapSWAT: An open source QGIS plugin integrated with google earth engine for efficiently generating ready-to-use SWAT+ input maps. *Environmental Modelling & Software*, 179, pp.
- [21] Barcellona, C., Marinas, Y.B., Tan, S.Y., Lee, G., Ko, K.C., Chham, S., Chhorvann, C., Leerapan, B., Pham Tien, N. and Lim, J. (2023). Measuring health equity in the ASEAN region: conceptual framework and assessment of data availability. *Int J Equity Health*, 22, pp. 251
- [22] Saha, S., Moorthi, S., Pan, H.-L., Wu, X., Wang, J., Nadiaga, S., Tripp, P., Kistler, R., Woollen, J., Behringer, D., Liu, H., Stokes, D., Grumbine, R., Gayno, G., Wang, J., Hou, Y.-T., Chuang, H.-y., Juang, H.-M.H., Sela, J., Iredell, M., Treadon, R., Kleist, D., Van Delst, P., Keyser, D., Derber, J., Ek, M., Meng, J., Wei, H., Yang, R., Lord, S., van den Dool, H., Kumar, A., Wang, W., Long, C., Chelliah, M., Xue, Y., Huang, B., Schemm, J.-K., Ebisuzaki, W., Lin, R., Xie, P., Chen, M., Zhou, S., Higgins, W., Zou, C.-Z., Liu, Q., Chen, Y., Han, Y., Cucurull, L., Reynolds, R.W., Rutledge, G. and Goldberg, M. (2010). The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91, pp. 1015-1058
- [23] Dile, Y.T. and Srinivasan, R. (2014). Evaluation of CFSR climate data for hydrologic prediction in data-scarce watersheds: an application in the Blue Nile River Basin. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 50, pp. 1226-1241
- [24] Fuka, D.R., Walter, M.T., MacAlister, C., Degaetano, A.T., Steenhuis, T.S. and Easton, Z.M. (2013). Using the Climate

- Forecast System Reanalysis as weather input data for watershed models. *Hydrological Processes*, 28, pp. 5613-5623
- [25] Jarvis, A., Guevara, E., Reuter, H. and Nelson, A. 2008 Hole-filled SRTM for the globe: version 4: data grid. <https://srtm.csi.cgiar.org> (4 March 2025, 2025).
- [26] Arnold, J.G., White, M.J., Allen, P.M., Gassman, P.W. and Bieger, K. (2020). Conceptual Framework of Connectivity for a National Agroecosystem Model Based on Transport Processes and Management Practices. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 1, pp. 154–169
- [27] Bailey, R.T., Park, S., Bieger, K., Arnold, J.G. and Allen, P.M. (2020). Enhancing SWAT+ simulation of groundwater flow and groundwater-surface water interactions using MODFLOW routines. *Environmental Modelling & Software*, 126, pp. 104660
- [28] Kakarndee, I. and Kositsakulchai, E. (2020). Comparison between SWAT and SWAT+ for simulating streamflow in a paddy-field-dominated basin, northeast Thailand. *E3S Web of Conferences*, 187, pp.