การพัฒนาฐานข้อมูลดินประเทศไทยสำหรับแบบจำลอง SWAT
A Development of Thai Soil Database for SWAT Model

ปิยะวัฒน์ วุฒิชัยกิจเจริญ[1,*] พีรวัฒน์ ปลาเงิน[2] ณัฐพงศ์ ผัดแก้ว[3] นุชฎาภรณ์ ณ เชียงใหม่[4] และ สิทธิชัย แหล่งป่าหมุ้น[5]

[1,3,4,5] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.เชียงใหม่
[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
**Corresponding author; E-mail address: piyawat@rmult.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการจัดทำฐานข้อมูลดินที่สำรวจในประเทศไทยสำหรับแบบจำลอง SWAT โดยใช้ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ และลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน จ.อุดรธานี เป็นพื้นที่ทดสอบ โดยเลือกฐานข้อมูลคุณสมบัติดินจากองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) มาทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณปริมาณน้ำท่ารายวันและรายเดือน เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลดินไทยที่ได้จัดทำขึ้น ผลการทดสอบพบว่าการใช้ฐานข้อมูลดินไทยและ FAO ให้รูปแบบกราฟน้ำท่ามีความใกล้เคียงกัน โดยการใช้คุณสมบัติดินจาก FAO ให้ผลการคำนวณที่ถูกต้องน่าเชื่อถือกว่าดินไทยเล็กน้อย เนื่องจากคุณสมบัติดินไทยบางตัวแปรไม่มีการจัดเก็บจึงต้องทำการประมาณค่าโดยใช้ความสัมพันธ์กับตัวแปรพื้นฐานอื่นๆ แทน อีกทั้งในบริเวณพื้นที่ลาดชันมาก ยังไม่มีการสำรวจข้อมูล จึงต้องใช้คุณสมบัติดินในบริเวณใกล้เคียงแทน ดังนั้นหากมีการทดสอบคุณสมบัติดินเพิ่มเติมและสำรวจข้อมูลในพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก ก็จะทำให้การใช้ฐานข้อมูลดินในประเทศไทยมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยฐานข้อมูลดินไทยที่จัดทำขึ้น ได้เผยแพร่ออนไลน์ จัดเก็บในรูปแบบไฟล์ Microsoft Excel ชื่อ ThaiSoilSeriesSWAT.xlsx เพื่อให้ผู้ใช้แบบจำลอง SWAT สามารถดาวน์โหลดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างรวดเร็วจาก https://engineering.rmutl.ac.th/civil/page/swat-thai-database/

คำสำคัญ: แบบจำลองลุ่มน้ำ, ฐานข้อมูลดินไทย, ปริมาณน้ำท่า, แม่แจ่ม, ห้วยหลวง

Abstract

This study prepares Thai soil database for SWAT model. The Mea Chaem basin, Chiangmai, and Upper Huai Luang basin, Udon Thani, are employed as the test areas. The daily and monthly runoff estimated from SWAT using the proposed Thai soil database and the FAO soil database is compared. The results show that hydrographs estimated from both soil databases are similar while using FAO soil database provides slightly reliable than using Thai soil database. Since some parameters of Thai soil database have not collected, the estimation using relationship of those parameters with other basic parameters is then applied. In addition, there are no data in the high slope area, the soil properties in vicinity is then employed. Then, for more reliability of Thai soil database, the further investigation for soil survey and its properties test are required. The established Thai soil database in Microsoft Excel format name ThaiSoilSeriesSWAT.xlsx is online published at https://engineering.rmutl.ac.th/civil/page/swat-thai-database/.

Keywords: SWAT, Model Basin, Thai Soil Database, Runoff, Mea Chaem, Huai Luang

1. บทนำ

จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำได้รับผลกระทบในช่วงฤดูฝนหรือฤดูน้ำหลาก ปริมาณน้ำจะมีมากเกินความต้องการ และในทางตรงข้าม ช่วงฤดูแล้งปริมาณน้ำจะมีน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการ การวางแผนจัดการลุ่มน้ำที่ดีจะช่วยลดปัญหาทางด้านทรัพยากรน้ำได้ ซึ่งการจัดการลุ่มต้องอาศัยเครื่องมือช่วยพื้นฐาน เพื่อช่วยในการตัดสินใจ หนึ่งในเครื่องมือช่วยพื้นฐานนั้นก็คือ แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) [1] ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำลองลุ่มน้ำเพื่อประเมินปริมาณน้ำท่า ตะกอน และสารเคมีในลุ่มน้ำ ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยสามารถวิเคราะห์ผลกระทบ จากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของลุ่มน้ำและสภาพภูมิอากาศ โดยต้องใช้ฐานข้อมูลทางกายภาพของลุ่มน้ำพื้นฐานหลายชนิดเป็นข้อมูลขาเข้า ได้แก่ ข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศ ข้อมูลชนิดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ซึ่งข้อมูลบางชนิด ที่ได้จัดทำขึ้นพร้อมกับแบบจำลองไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประเทศไทยได้ เช่น ข้อมูลชนิดดิน ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา [2] ดังนั้นผู้ประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องมีการเตรียมข้อมูลชนิดดินในเบื้องต้นก่อนถึงจะสามารถใช้งานได้ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้เวลาในการเตรียมข้อมูลนาน การศึกษาครั้งนี้เป็นการจัดทำฐานข้อมูลชนิดดินเพื่อใช้งานในแบบจำลอง

SWAT จากข้อมูลชุดดิน (Soil Series) [3] ของกรมพัฒนาที่ดินของประเทศไทย เพื่อเพิ่มความสะดวกในการสร้างแบบจำลองลุ่มน้ำในประเทศไทย และเพื่อให้การจำลองคุณลักษณะดินใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่จริงมากที่สุด โดยพิจารณาเลือกใช้ลุ่มน้ำและช่วงเวลาทดสอบจากข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาที่สมบูรณ์ที่สุด ในระหว่างที่ทำการศึกษา จากบริเวณพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จำนวน 2 ลุ่มน้ำได้แก่ ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ และ ลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน จ.อุดรธานี

2. วิธีการศึกษา

การจัดทำฐานข้อมูลชนิดดินของแบบจำลอง SWAT ในการศึกษานี้เป็นการจัดทำฐานข้อมูลจากข้อมูลชุดดิน (Soil Series) ของประเทศไทย จำนวน 240 ชุดดิน จากกรมพัฒนาที่ดินของประเทศไทย โดยพารามิเตอร์ของดินที่แบบจำลอง SWAT ต้องการแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ส่วนแรกได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานที่มีการจัดเก็บไว้แล้วโดยกรมพัฒนาที่ดิน และข้อมูลส่วนที่สองคือ ข้อมูลที่ไม่ได้มีการจัดเก็บไว้ ซึ่งต้องมีการคำนวณเพิ่มเติมจากสมการความสัมพันธ์กับคุณสมบัติพื้นฐานของดินที่มีอยู่ ตามคู่มือการใช้งานแบบจำลอง SWAT [2] และการใช้โปรแกรม Soil Water Characteristics พัฒนาโดย Saxton [4] เมื่อได้ฐานข้อมูลดินไทยแล้ว จึงทำการจัดเตรียมฐานข้อมูลดินจาก องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) ในพื้นที่ที่ต้องการทดสอบ ได้แก่พื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม และลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน แล้วจึงทำการจำลองปริมาณน้ำท่ารายวันและรายเดือนในลุ่มน้ำทดสอบทั้งสองโดยแบบจำลอง SWAT จากการใช้ฐานข้อมูลดินทั้งสอง เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลดินไทยที่ได้จัดทำขึ้น โดยวิธีการศึกษาในแต่ละขั้นตอน แสดงรายละเอียดได้ตามลำดับดังนี้

2.1 การจัดทำฐานข้อมูลดิน

เป็นการเตรียมค่าพารามิเตอร์ของดินที่แบบจำลอง SWAT ใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำที่พิจารณา โดยใช้ข้อมูลคุณสมบัติของชุดดินที่มาจากกรมพัฒนาที่ดินจำนวน 240 ชุดดิน ได้แก่ ข้อมูลทางกายภาพพื้นฐานของดิน ประกอบด้วยลักษณะชั้นดิน (Soil Texture) ความลึกชั้นดิน ร้อยละดินทราย (% Sand) ร้อยละทรายแป้ง (% Silt) ร้อยละดินเหนียว (% Clay) ร้อยละชิ้นส่วนหิน (% Rock) และข้อมูลทางเคมีของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (% Carbon) ค่าการนำไฟฟ้า นอกจากนั้นต้องทำการคำนวณ ข้อมูลที่ไม่ได้มีการจัดเก็บไว้โดยกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งประกอบไปด้วย ตัวแปรทางด้านการกัดเซาะของดิน (KUSLE) ซึ่งสามารถทำการคำนวณได้ตามสมการที่แนะนำในคู่มือการใช้งานแบบจำลอง SWAT [2] ค่าความหนาแน่นชื้น (Moist Bulk Density, BD), ปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Water Content, AWC), การนำน้ำของดินในสภาพที่อิ่มตัว (Saturated Hydraulic Conductivity, SHC) และความจุความชื้นภาคสนาม (Field Capacity, FC) ซึ่งค่าเหล่านี้สามารถคำนวณจากโปรแกรม Soil Water Characteristics [4] สำหรับข้อมูลดินจาก FAO เป็นข้อมูลที่สามารถสืบค้นได้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตซึ่งมีข้อมูลทุกพื้นที่ทั่วโลกแต่เป็นข้อมูลที่ขาดความละเอียดในเชิงพื้นที่ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลที่มีความละเอียดประมาณ 900 ม. x 900 ม. โดยสามารถสืบค้นได้จากเว็บไซต์ ฐานข้อมูลดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) [5]

2.2 การรวบรวมข้อมูลในลุ่มน้ำทดสอบ

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลจาก กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน และกรมอุตุวิทยา ข้อมูลพื้นฐานที่ต้องใช้ และแหล่งที่มาของข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1 – 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่ม

รายการข้อมูล	ที่มา	ปี (พ.ศ.)
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2543
ข้อมูลระดับดินเชิงตัวเลข ขนาด 30 ม. x 30 ม.	กรมพัฒนาที่ดิน	2544
ข้อมูลดินและตารางคุณสมบัติดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2557
ข้อมูลฝน และข้อมูลอุณหภูมิ สูงสุด ต่ำสุด รายวัน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2543-2545
ข้อมูลสถานีอุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลน้ำท่า รายวัน	กรมชลประทาน	2543-2545

ตารางที่ 2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน

รายการข้อมูล	ที่มา	ปี (พ.ศ.)
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2552
ข้อมูลระดับดินเชิงตัวเลข ขนาด 30 ม. x 30 ม.	กรมพัฒนาที่ดิน	2543
ข้อมูลดินและตารางคุณสมบัติดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2557
ข้อมูลฝน และข้อมูลอุณหภูมิ สูงสุด ต่ำสุด รายวัน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2554-2557
ข้อมูลสถานีอุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลน้ำท่า รายวัน	กรมชลประทาน	2554-2557

2.3 การทำแบบจำลอง SWAT ในลุ่มน้ำทดสอบ

ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง SWAT มีอยู่ 2 รูปแบบคือ ข้อมูลเชิงเวกเตอร์ (Vector Data) เช่น ข้อมูลชนิดดิน และข้อมูลเชิงตาราง (Raster Data) เช่น ข้อมูลระดับดิน โดยการนำเข้าข้อมูลเริ่มจากการใส่ข้อมูลระดับดิน จากนั้นทำการกำหนดเส้นแนวลำน้ำและสถานีวัดน้ำและจุดออกของลุ่มน้ำ เพื่อทำการแบ่งขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใช้ในการศึกษา จากนั้นเป็นการนำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและชนิดดินในแต่ละประเภทให้สอดคล้องกับฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและชนิดดินที่มีในแบบจำลอง SWAT จากนั้นทำการกำหนดลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ ชนิดของดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ และความลาดชันของผิวดิน แล้วจึงทำการกำหนดหน่วยการจัดการทางอุทกวิทยา (HRUs) โดยการศึกษานี้ใช้เกณฑ์การแบ่ง HRUs ตามค่าที่ใช้ในตัวอย่างที่ใช้ในคู่มือการใช้งาน SWAT ได้แก่ การกำหนดให้

สร้าง HRUs ในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยการพิจารณาจาก ชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่ครอบคลุมมากกว่า 5% ชนิดของดินที่มีพื้นที่ครอบคลุมมากกว่า 20% และชนิดของความลาดชันของดินที่มีพื้นที่ครอบคลุมมากกว่า 20% โดยบริเวณพื้นที่ที่ถูกครอบคลุมน้อยกว่าค่าเหล่านี้จะถูกตัดออกจากลุ่มน้ำย่อย และปรับเพิ่มพื้นที่ของข้อมูลชนิดที่เหลือขึ้นมาแทนตามสัดส่วน [2] (เช่นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแห่งหนึ่ง มีการใช้ที่ดินชนิดที่อยู่อาศัยครอบคลุมพื้นที่เพียง 3% ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยนั้น พื้นที่อยู่อาศัยนั้นก็จะถูกตัดออก และพื้นที่การใช้ที่ดินชนิดอื่นๆ จะถูกปรับเพิ่มขึ้นมาทดแทนตามสัดส่วนที่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยนั้น) เพื่อลดการสร้าง HRUs ที่มีจำนวนมากเกินไปนั่นเอง

เมื่อจัดเตรียมข้อมูลครบถ้วนแล้ว ก็เป็นการนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศ โดยอย่างน้อยจะต้องประกอบไปด้วยค่าอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดรายวัน และ ปริมาณน้ำฝนรายวัน โดยแบบจำลอง SWAT จะทำการรวบรวมข้อมูลขาเข้าต่างๆ ไปประมวลผลและจัดเตรียมเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำท่าในขั้นตอนต่อไป โดยในขั้นตอนการคำนวณปริมาณน้ำท่านี้ การศึกษานี้ ไม่มีการปรับเทียบตัวแปรใดๆ ทั้งสิ้นในแบบจำลอง SWAT เพื่อให้ทราบเฉพาะผลแตกต่างของการใช้ฐานข้อมูลดินไทยและ FAO เท่านั้น

2.4 สถิติทดสอบเปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลอง

การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT โดยใช้ฐานข้อมูลดินไทย กับฐานข้อมูลดิน FAO กับปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดได้จริง การศึกษานี้เลือกใช้ค่าสถิติทดสอบที่นิยมใช้โดยทั่วไปในงานด้านอุทกวิทยา จำนวน 3 ตัว [6] ได้แก่ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) Nash-Sutcliffe Efficiency (E) และ Percent Bias (PBIAS) สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(O_i - \overline{O}\right)\left(P_i - \overline{P}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(O_i - \overline{O}\right)^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(P_i - \overline{P}\right)^2}} \right)^2 \quad (1)$$

$$E = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(O_i - P_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(O_i - \overline{O}\right)^2} \right) \quad (2)$$

$$PBIAS = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(O_i - P_i\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(O_i\right)} \right) \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ i คือ ลำดับที่ของข้อมูลน้ำท่า, n คือ จำนวนของข้อมูลน้ำท่าทั้งหมด, O_i คือ น้ำท่าจากการตรวจวัด, $\overline{O}$ คือ ค่าเฉลี่ยน้ำท่าจากการตรวจวัดทั้งหมด, P_i คือ น้ำท่าจากแบบจำลอง, $\overline{P}$ คือ ค่าเฉลี่ยน้ำท่าจากแบบจำลองทั้งหมด

Arnold และคณะ [7] ได้อธิบายวิธีการตีความหมายผลการคำนวณค่าสถิติ R^2 และ E ไว้ดังนี้ ค่าสถิติ R^2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เมื่อค่า R^2 = 0 แปลว่าข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กัน และค่า R^2 = 1 แปลว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ค่าสถิติ E มีค่าอยู่ระหว่าง $-\infty$ ถึง 1 เมื่อค่า E = 1 แปลว่าค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับค่าตรวจวัดอย่างสมบูรณ์ ค่า $E \leq 0$ แปลว่าการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าตรวจวัดให้ความถูกต้องมากกว่าการใช้ค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง (ผลจากแบบจำลองไม่สอดคล้องกับค่าตรวจวัด) ค่าสถิติ R^2 และ E นี้จะมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้นไปตามปริมาณน้ำท่าที่มากขึ้น Moriasi และคณะ [6] ได้อธิบายไว้ว่า PBIAS ใช้สำหรับการตรวจวัดแนวโน้มเฉลี่ยของที่คำนวณได้จากแบบจำลองว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าตรวจวัด ค่าที่ดีที่สุดคือ PBIAS = 0 โดยที่ค่า PBIAS เข้าใกล้ 0 มากเท่าใด แปลว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองมีความถูกต้องมากเท่านั้น ถ้าค่า PBIAS เป็นบวกมาก แปลว่าค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าค่าตรวจวัดมาก ถ้าค่า PBIAS เป็นลบมาก แปลว่าค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่ามากกว่าค่าตรวจวัดมาก โดยเกณฑ์การตรวจสอบค่าสถิติทั้งสาม สำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่ารายวันที่น่าเชื่อถือ ได้แก่ $R^2 \geq 0.6$, $E \geq 0.5$ และ $PBIAS \leq 15\%$ [7] โดยในการศึกษานี้ มุ่งเน้นเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการใช้ข้อมูลชุดดินไทยและ FAO โดยใช้แบบจำลอง SWAT เท่านั้น มิได้มุ่งเน้นการปรับผลการจำลองปริมาณน้ำท่าให้เข้ากับค่าที่ตรวจวัด จึงไม่ได้ทำการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ใดๆ และไม่ได้มุ่งเน้นให้ค่าสถิติตรวจสอบทั้งสามผ่านเกณฑ์ดังกล่าวไว้ข้างต้น

3. ผลการศึกษา

ฐานข้อมูลดินในประเทศไทย สำหรับแบบจำลอง SWAT ในการศึกษานี้ ได้ใช้ลุ่มน้ำแม่แจ่ม และลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน เป็นลุ่มน้ำทดสอบ ในการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่า โดยคำนวณปริมาณน้ำท่ารายวันและรายเดือนจากการใช้ฐานข้อมูลดินไทย พ.ศ. 2557 และฐานข้อมูลดิน FAO [5] และทำการเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จริงของลุ่มน้ำแม่แจ่ม ณ สถานี P.14 ในช่วงวันที่ 1 เมษายน 2543 - 31 ธันวาคม 2545 และลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน ณ สถานี Kh.53 ในช่วงวันที่ 1 เมษายน 2554 - 31 มีนาคม 2557 (ช่วงเวลาไม่ตรงกันเนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูล) ผลการศึกษาแสดงได้ตามลำดับดังต่อไปนี้

3.1 ผลการเตรียมข้อมูลพื้นฐานและฐานข้อมูลดินสำหรับแบบจำลอง

สถานีอุตุ-อุทกวิทยา ในลุ่มน้ำแม่แจ่ม และลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบนที่ใช้ในการศึกษานี้ แสดงดังรูปที่ 1 - 2 ตามลำดับ ลุ่มน้ำแม่แจ่ม สถานีตรวจวัดน้ำท่า P.14 ตั้งอยู่บริเวณแก่งออบหลวง อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ มีพื้นที่รับน้ำ 3,806 ตร.กม. ลักษณะของการใช้ที่ดินที่มีสัดส่วนมากที่สุดคือป่าไม้ ซึ่งกระจายตัวอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ รองลงมาเป็นการใช้ที่ดินทางด้านเกษตรกรรม พื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่อื่นๆ ลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน สถานีตรวจวัดน้ำท่า Kh.53 ตั้งอยู่บริเวณบ้านหนองวัวซอ อ.หนองวัวซอ จ.อุดรธานี มีพื้นที่รับน้ำ 417 ตร.กม. พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าเขา รองลงมาเป็นการใช้ที่ดินทางการเกษตรกรรม พื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่อื่นๆ [8]

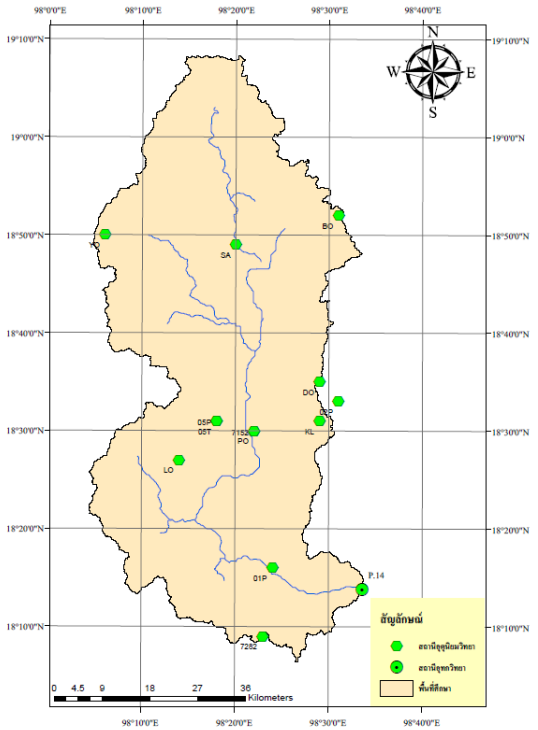
ฐานข้อมูลดินที่จัดทำขึ้น เป็นการใช้ค่าพารามิเตอร์ดินที่สำรวจจากพื้นที่จริงในประเทศไทย โดยกรมพัฒนาที่ดิน และข้อมูลดินจาก FAO มาเตรียมเป็นฐานข้อมูลของแบบจำลอง SWAT โดยตัวอย่างฐานข้อมูลดินไทยและ FAO ของลุ่มน้ำแม่แจ่มและลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน แสดงดังรูปที่ 3 - 6 ตามลำดับ โดยในพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก จะไม่มีข้อมูลดินไทย จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลชนิดดินที่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนมากในบริเวณใกล้เคียงแทน

3.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำทดสอบ

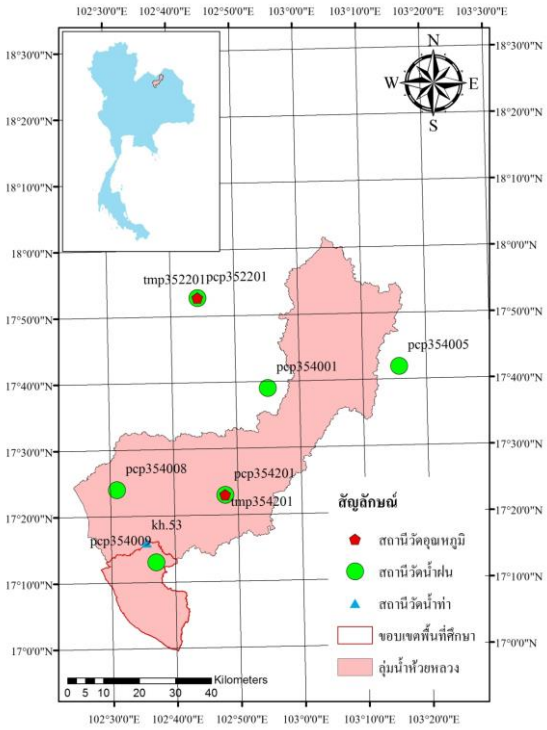
ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่ารายวันและรายเดือน ลุ่มน้ำแม่แจ่มใช้ปริมาณน้ำท่าในช่วงวันที่ 1 เมษายน 2543 ถึง 31 ธันวาคม 2545 ที่วัดได้จริง ณ สถานี P.14 แสดงได้ดังรูปที่ 7 - 8 ตามลำดับ และในลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในช่วงวันที่ 1 เมษายน 2554 - 31 มีนาคม 2557 ที่วัดได้จริง ณ สถานี Kh.53 ได้ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่ารายวันและรายเดือน ดังรูปที่ 9 - 10 ตามลำดับ

จากรูปที่ 7 - 8 พบว่าปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่แจ่มที่คำนวณได้จากการใช้ฐานข้อมูลดินไทยและ FAO มีความสอดคล้องกัน โดยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จริง พบว่า การใช้ฐานข้อมูลดินไทย คำนวณปริมาณน้ำท่ารายวัน มีค่า R^2, E และ PBIAS เท่ากับ 0.28, -81.73 และ -674.30 ตามลำดับ คำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือน มีค่า R^2, E และ PBIAS เท่ากับ 0.53, -111.32 และ -672.94 ตามลำดับ และ จากการใช้ฐานข้อมูลดิน FAO คำนวณปริมาณน้ำท่ารายวัน มีค่า R^2, E และ PBIAS เท่ากับ 0.39, -49.70 และ -664.44 ตามลำดับ คำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนมีค่า R^2, E และ PBIAS เท่ากับ 0.81, -93.80 และ -663.17 ตามลำดับ โดยทั้งดินไทยและ FAO ให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำแม่แจ่มที่ได้จากแบบจำลอง SWAT สูงกว่าค่าที่ตรวจวัดได้จริงทั้งรายวันและรายเดือน ทั้งนี้เนื่องจากยังไม่ได้มีการสอบเทียบแบบจำลอง

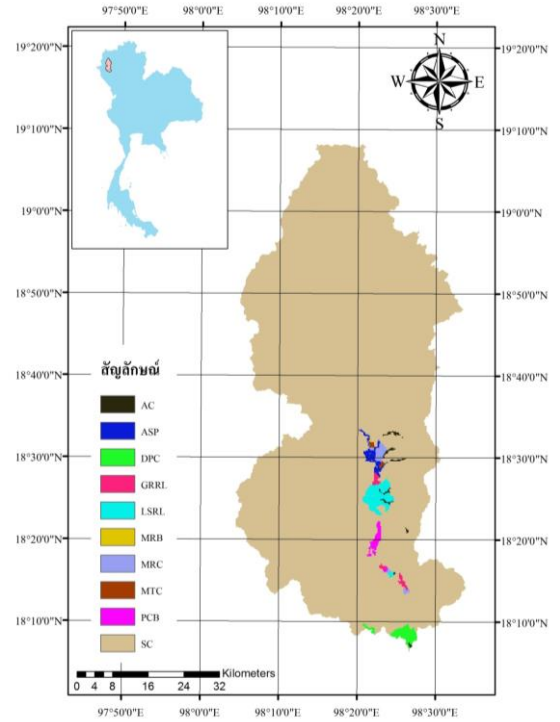
จากรูปที่ 9 - 10 จะเห็นว่าปริมาณน้ำท่าลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบนที่คำนวณได้จากฐานข้อมูลดินไทยและ FAO มีความสอดคล้องกันเช่นเดียวกับลุ่มน้ำแม่แจ่ม โดยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดได้จริง พบว่า การใช้ฐานข้อมูลดินไทย คำนวณปริมาณน้ำท่ารายวัน มีค่า R^2, E และ PBIAS เท่ากับ 0.04, -60.08 และ -393.04 ตามลำดับ คำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือน มีค่า R^2, E และ PBIAS เท่ากับ 0.46, -8.06 และ -533.26 ตามลำดับ และจากการใช้ฐานข้อมูลดิน FAO คำนวณปริมาณน้ำท่ารายวัน มีค่า R^2, E และ PBIAS เท่ากับ 0.04, -60.73 และ -357.80 ตามลำดับ คำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนมีค่า R^2, E และ PBIAS เท่ากับ 0.47, -7.04 และ -488.59 ตามลำดับ โดยทั้งดินไทยและ FAO ให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบนที่ได้จากแบบจำลอง สูงกว่าปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดได้จริงทั้งรายวันและรายเดือน ลักษณะเดียวกันกับลุ่มน้ำแม่แจ่ม



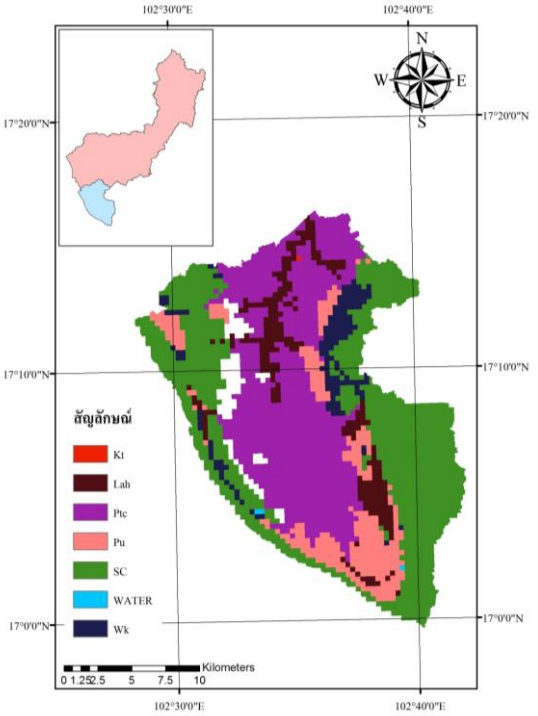
รูปที่ 1 ตำแหน่งสถานีอุตุ-อุทกวิทยาที่ใช้ในการศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่ม



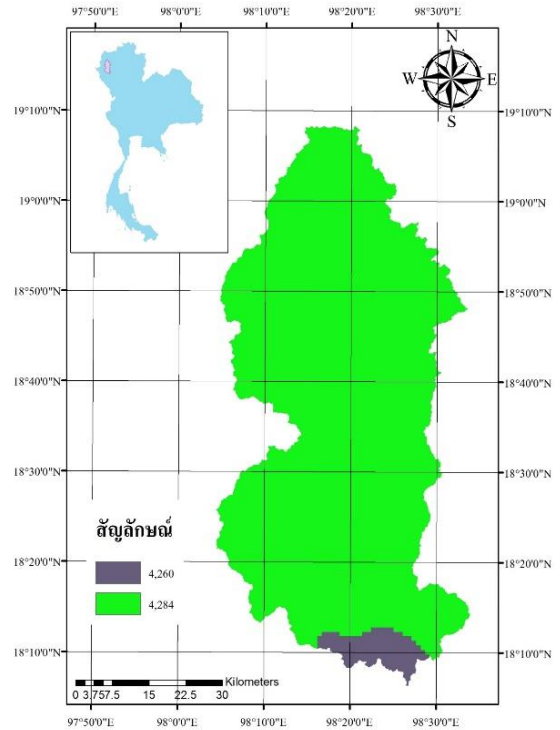
รูปที่ 2 ตำแหน่งสถานีอุตุ-อุทกวิทยาที่ใช้ในการศึกษาลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน



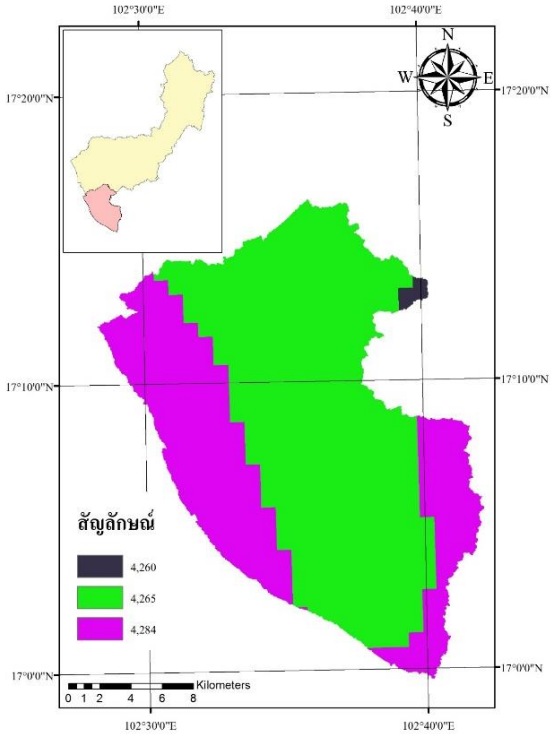
รูปที่ 3 ชนิดดินของประเทศไทยในลุ่มน้ำแม่แจ่ม



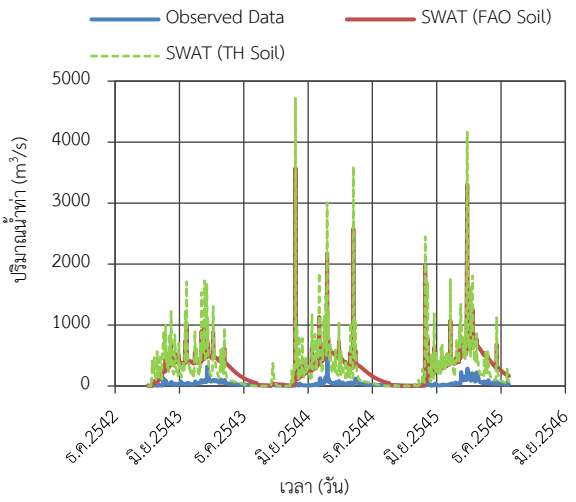
รูปที่ 5 ชนิดดินของประเทศไทยในลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน



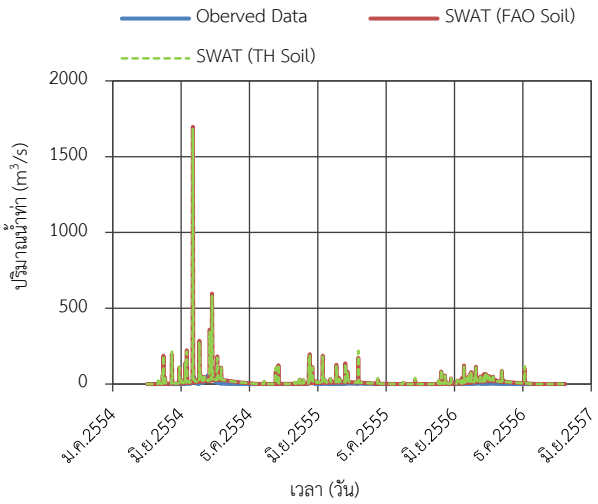
รูปที่ 4 ชนิดดิน FAO ในลุ่มน้ำแม่แจ่ม



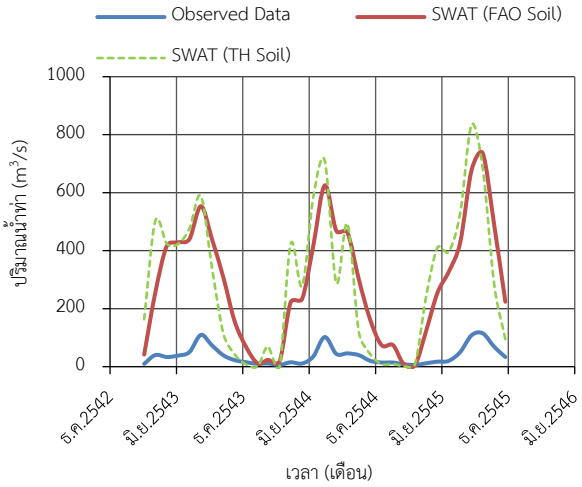
รูปที่ 6 ชนิดดิน FAO ของลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน



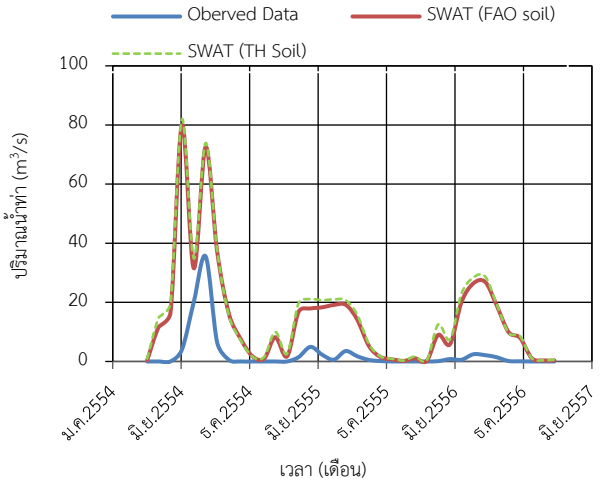
รูปที่ 7 ผลการจำลองน้ำท่ารายวันลุ่มน้ำแม่แจ่ม



รูปที่ 9 ผลการจำลองน้ำท่ารายวันลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน



รูปที่ 8 ผลการจำลองน้ำท่ารายเดือนลุ่มน้ำแม่แจ่ม



รูปที่ 10 ผลการจำลองน้ำท่ารายเดือนลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน

ผลการทดสอบการใช้ฐานข้อมูลดินไทยเมื่อเปรียบเทียบกับ FAO และปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จริงในลุ่มน้ำแม่แจ่มและลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน สามารถสรุปค่าสถิติทดสอบได้ดังตารางที่ 3 - 4 ตามลำดับ โดยในภาพรวมพบว่า รูปแบบกราฟน้ำท่าจากการใช้ฐานข้อมูลดินไทยและ FAO มีลักษณะคล้ายกัน โดยหากไม่มีการสอบเทียบแบบจำลอง ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองจะมีค่ามากกว่าตรวจวัดได้ ค่อนข้างมาก หากพิจารณาความแตกต่างของการใช้ฐานข้อมูลดินทั้งสอง จากค่า R^2, E และ PBIAS พบว่า การใช้ฐานข้อมูลดิน FAO จะมีความน่าเชื่อถือมากกว่าฐานข้อมูลดินไทยเล็กน้อย ถึงแม้ข้อมูลดิน FAO จะมีความละเอียดของข้อมูลในเชิงพื้นที่น้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติดินบางตัวของไทยยังไม่มีการทดสอบหรือเผยแพร่ อีกทั้งในพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก ได้แก่ บริเวณที่ลาดชันเชิงเขาก็ยังไม่มีการสำรวจข้อมูล และเมื่อพิจารณาผลต่างของสถิติทดสอบสำหรับน้ำท่ารายวันและรายเดือน พบว่าเมื่อพิจารณาค่า R^2 การประเมินน้ำท่ารายวันมีความคลาดเคลื่อนมากกว่ารายเดือน เนื่องจากข้อมูลรายวันมีความ

ตารางที่ 3 สรุปผลการเปรียบเทียบการจำลองปริมาณน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำแม่แจ่ม

สถิติทดสอบ	ฐานข้อมูลดินไทย		ฐานข้อมูลดิน FAO	
	รายวัน	รายเดือน	รายวัน	รายเดือน
R^2	0.28	0.53	0.39	0.81
E	-81.73	-111.32	-49.70	-93.80
PBIAS	-674.30	-672.94	-664.44	-663.17

ตารางที่ 4 สรุปผลการเปรียบเทียบการจำลองปริมาณน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนบน

สถิติทดสอบ	ฐานข้อมูลดินไทย		ฐานข้อมูลดิน FAO	
	รายวัน	รายเดือน	รายวัน	รายเดือน
R^2	0.04	0.46	0.04	0.47
E	-60.08	-8.06	-60.73	-7.04
PBIAS	-393.04	-533.26	-357.80	-488.59

แปรปรวนสูงกว่าข้อมูลรายเดือน แต่เมื่อพิจารณาค่า E และค่า PBIAS พบว่ายังไม่สามารถสรุปได้ว่าการจำลองปริมาณน้ำท่ารายวันหรือรายเดือนจะมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยกว่ากัน เนื่องจากค่าสถิติจากสองลุ่มน้ำแสดงผลในทิศทางที่แตกต่างกัน

4. บทสรุป

การจัดทำฐานข้อมูลดินในประเทศไทยสำหรับแบบจำลอง SWAT ในการศึกษานี้ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับการใช้ฐานข้อมูลดิน FAO โดยใช้ลุ่มน้ำแม่แจ่ม และลุ่มน้ำหลวงตอนบนเป็นลุ่มน้ำทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าที่ตรวจวัดได้จริง ฐานข้อมูลดินไทยที่จัดทำขึ้นสามารถแยกตามข้อมูลชุดดินไทยทั่วประเทศได้จำนวนทั้งสิ้น 240 ชุดดิน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับแบบจำลอง SWAT ได้อย่างรวดเร็ว จากผลการเปรียบเทียบ การใช้ฐานข้อมูลดินไทยกับ FAO พบว่าปริมาณน้ำท่ารายวันและรายเดือนมีรูปแบบกราฟน้ำท่าที่ใกล้เคียงกัน โดยการใช้ข้อมูลคุณสมบัติดินจาก FAO จะมีค่าที่ถูกต้องน่าเชื่อถือกว่าดินไทยเล็กน้อย เนื่องจากคุณสมบัติดินไทยบางค่ายังไม่มีการทดสอบ อีกทั้งยังไม่มีการเก็บข้อมูลบริเวณพื้นที่ลาดชันมาก ดังนั้นหากมีการทดสอบคุณสมบัติดินและการสำรวจเพิ่มเติม จะทำให้ฐานข้อมูลดินในประเทศไทยมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยฐานข้อมูลดินไทยที่จัดทำขึ้นในการศึกษานี้ ได้ถูกเผยแพร่ออนไลน์ ในรูปแบบไฟล์ Microsoft Excel ชื่อ ThaiSoilSeriesSWAT.xlsx เพื่อให้ผู้ใช้แบบจำลอง SWAT สามารถดาวน์โหลดไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างรวดเร็วจาก https://engineering.rmutl.ac.th/civil/page/swat-thai-database/ หรือสามารถสืบค้นในรูปแบบเอกสารได้จาก ณัฐพงศ์ ผัดแก้ว และคณะ [8]

ทั้งนี้คณะผู้ศึกษาจะไม่รับผิดชอบต่อความเสียหายใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการนำฐานข้อมูลตัวแปรชุดดินไทยสำหรับแบบจำลอง SWAT ที่ได้จัดทำขึ้นไปประยุกต์ใช้งานในอนาคต ผู้ใช้งานควรศึกษาทำความเข้าใจความหมายและขอบเขตการใช้งานตัวแปรแต่ละตัวอย่างรอบคอบ ควรมีการตรวจสอบความสมเหตุสมผล ของชุดตัวแปรที่จะนำไปใช้และผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลอง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องน่าเชื่อถือมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงงานวิจัยเรื่อง การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำห้วยหลวงและผลกระทบต่อปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยหลวงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภายใต้ชุดโครงการ การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สัญญาเลขที่ RDG5830001 และปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ คณะผู้ศึกษา ขอขอบคุณ กรมพัฒนาที่ดิน กรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ทำให้บทความมีคุณภาพยิ่งขึ้น โดยฐานข้อมูลตัวแปรชุดดินไทยสำหรับแบบจำลอง SWAT ที่ได้จัดทำขึ้นนี้ ได้ถูกเผยแพร่ให้เป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านบทความในวงกว้างต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] วินัย วังพิมูล (2552). *คู่มือปฏิบัติการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT*, ส่วนงานคณะกรรมการลุ่มแม่น้ำโขง สำนักงานประสานความร่วมมือระหว่างประเทศ, กรมทรัพยากรน้ำ.

[2] Arnold, J.G., et al. (2011). *SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL Input/Output File Documentation version 2009*. Texas A&M University System, USA.

[3] สำนักสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แผนที่ชุดดินรายอำเภอ, แหล่งที่มา: http://oss101.ldd.go.th/web_th_soilseries/INDEX_th_series.htm.

[4] Saxton, K.E. Soil Water Characteristics - Hydraulic Properties Calculator. Available from: https://hydrolab.arsusda.gov/soilwater/Index.htm.

[5] Food and Agriculture Organization of the United Nation. FAO SOILS PORTAL Harmonized World Soil Database v 1.2, Available from: http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/.

[6] Moriasi, D.N., et al. (2007). Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 50(3), pp. 885-900.

[7] Arnold, J.G., et al. (2012). SWAT: Model use, calibration, and validation. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 55(4), pp. 1491-1508.

[8] ณัฐพงศ์ ผัดแก้ว, นุชฎาภรณ์ ณ เชียงใหม่ และ สิทธิชัย แหล่งป่าหมุ้น (2558). *การพัฒนาฐานข้อมูลดินในประเทศไทยสำหรับแบบจำลอง SWAT*, ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.