

การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง NRCS-CN ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง

Runoff estimation by NRCS-CN model in the Lam Pra Pleng Basin

นันทน์ลิน ลีลานอย^{1*}, ธีรวัฒน์ สุวรรณเลิศเจริญ², ทศพล จตุระบุล³, กอบเกียรติ ผ่องพุด^{1*}

Nannalin Leelanoi^{1*}, Teerawat Suwanlertcharoen², Thodsapol Chaturabul³, Kobkiat Pongput¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

²สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

³ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

*Corresponding author E-mail: Nannalin.l@ku.th

บทคัดย่อ

พื้นที่ต้นน้ำส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยยังมีการตรวจวัดข้อมูลทางอุทกวิทยาไม่เพียงพอ การประเมินน้ำท่าด้วยแบบจำลอง NRCS-CN จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสม แต่พารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองจะต้องปรับให้เหมาะสมกับพื้นที่ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ 5 กรณี มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง โดยใช้เหตุการณ์พายุฝนที่สถานีวัดน้ำท่า M145 จำนวน 180 เหตุการณ์ ในช่วง ปี พ.ศ. 2548 - 2560 ผลการศึกษา พบว่า ในกรณีที่มีการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ I_a , $CN_{II\alpha}$ และ α ให้มีค่าเท่ากับ 0.05S, 68 และ 1 ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องของแบบจำลองมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอื่น โดยมีค่า R^2 , RMSE, NSE, PBIAS เท่ากับ 0.55, 1.45, 0.49 และ 19.86 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในระดับปานกลาง

คำสำคัญ: แบบจำลอง NRCS-CN, หมายเลขโค้งน้ำท่า, ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น

Abstract

Most upstream watersheds in North-eastern Thailand still have insufficient measurements of hydrological data. Assessing runoff with the NRCS-CN model is available alternative, but the parameters used in the model must be locally optimized. The objective of this study was to select parameters available from the five parameters modified and applied to the Lam Pra Pleng River Basin. The 180 storm events from the M145 runoff station between 2005 and 2017 were used to calibrated and verified the model. The findings indicate that; I_a , $CN_{II\alpha}$, α values of 0.05S, 68 and 1 respectively gave the highest R^2 , RMSE, NSE, PBIAS of 0.55, 1.45, 0.49 and 19.86, respectively. These values are considered moderate at the acceptance level criteria.

Keywords: NRCS-CN model, Curve number, Initial abstraction

1. ที่มาและความสำคัญ

ปริมาณน้ำท่าเป็นข้อมูลพื้นฐานทางอุทกวิทยา สำหรับการวางแผนโครงการชลประทาน การออกแบบอาคารชลศาสตร์ และการบริหารจัดการน้ำ เป็นต้น การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าเป็นผลสะท้อนจากปริมาณน้ำฝน ซึ่งการตรวจวัดปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดทางอุทกวิทยาได้รับการยอมรับว่าเป็นข้อมูลที่ให้ความถูกต้องและแม่นยำ แต่มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถดำเนินการได้ตลอดเวลา และทุกที่ที่ต้องการ อีกทั้งการตรวจวัดต้องใช้เครื่องมือราคาแพง พื้นที่ต้นน้ำส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง การตรวจวัดข้อมูลทางอุทกวิทยายังมีไม่เพียงพอ คือ สถานีวัดน้ำท่าควรติดตั้งครอบคลุมต้นน้ำ ปลายน้ำ และจุดที่ต้องการเพิ่มความถี่ในการตรวจวัดข้อมูลเพื่อนำไปประเมินค่าปริมาณน้ำต้นทุนในโครงการพัฒนาแหล่งน้ำประเภทต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการชลประทานขนาดเล็ก ซึ่งมีระยะเวลาในการสำรวจออกแบบค่อนข้างจำกัด จากปัญหาดังกล่าวการประเมินน้ำท่าด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม

ปัจจุบันแบบจำลองน้ำท่ามีหลากหลายแบบ หนึ่งในนั้นคือ แบบจำลอง NRCS-CN (The Natural Resources Conservation Service Curve Number) ซึ่งได้รับการพัฒนาจากแบบจำลอง SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number) เป็นหนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าจากน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ เนื่องจากมีโครงสร้างไม่สลับซับซ้อน สามารถใช้งานได้ง่าย โดยกำหนดค่า Curve Number (CN) ซึ่งพิจารณาจากสมบัติทางอุทกวิทยาของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้า เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่า ทั้งนี้พารามิเตอร์ของแบบจำลองยังสามารถเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีตรวจวัดน้ำท่า (Ajmal et al., 2015) ซึ่งนับว่าเหมาะสมสำหรับงานด้านการจัดการลุ่มน้ำ

แบบจำลอง NRCS-CN มีหลักการที่สำคัญคือ ปริมาณน้ำท่าโดยตรง (direct runoff) จะเกิดขึ้นหลังจากที่ฝนตกแล้วช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งปริมาณฝนที่สูญเสียก่อนที่จะมีการไหลออกเป็นน้ำท่าโดยตรงเรียกว่า ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (initial abstraction, I_a) มีค่าเท่ากับ อัตราส่วนการสูญเสียเริ่มต้น (λ) คิดเป็นร้อยละ 20 ของปริมาณการเก็บกักสูงสุด (Potential Maximum Retention, S) หรือ λ มีค่าเท่ากับ 0.2 ตามสมมติฐานเดิม (USDA-NRCS, 2004; Wang et al., 2012) ต่อมาได้มีการศึกษาข้อมูลปริมาณฝนและข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่ต้นน้ำขนาดเล็กใน 307 แห่ง ในประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาระบุว่า λ มีค่าประมาณ 0.05 ผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงมากกว่าสมมติฐานเดิม (Woodward et al., 2003) และ การศึกษาพื้นที่แหล่งน้ำในประเทศออสเตรเลีย จำนวน 186 แห่ง เสนอว่าให้ใช้ค่า λ เท่ากับ 0.05 จะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Beck et al., 2009) และมีการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำทางตะวันออกเฉียงใต้ของรัฐริโซนา ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าค่า λ ที่เหมาะสมที่สุดจะมีค่าระหว่าง 0.01 ถึง 0.1 (Yuan et al., 2014) ในการศึกษาการหาปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ 15 ลุ่มน้ำของเกาหลีใต้ ที่มีความลาดชัน ในช่วงฤดูฝนโดยการประยุกต์ใช้ค่า CN_T (ตาราง CN) ที่พัฒนาขึ้นตามเงื่อนไขของสหรัฐอเมริกา ส่งผลให้การประเมินปริมาณน้ำท่านั้นไม่ดี แต่ในบางพื้นที่ที่ขาดข้อมูลทางอุทกวิทยาหรือพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดค่า CN_T ยังมีความสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณาด้วย (Kim et al., 2010; Ajmal et al., 2015)

ดังนั้นในการศึกษานี้ได้คัดเลือกพื้นที่ต้นน้ำ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงเป็นพื้นที่ศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการประเมินสมรรถนะของแบบจำลองเมื่อมีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ค่า CN และ I_a และเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ 5 กรณี ในแบบจำลอง NRCS-CN มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง

2. วัตถุประสงค์

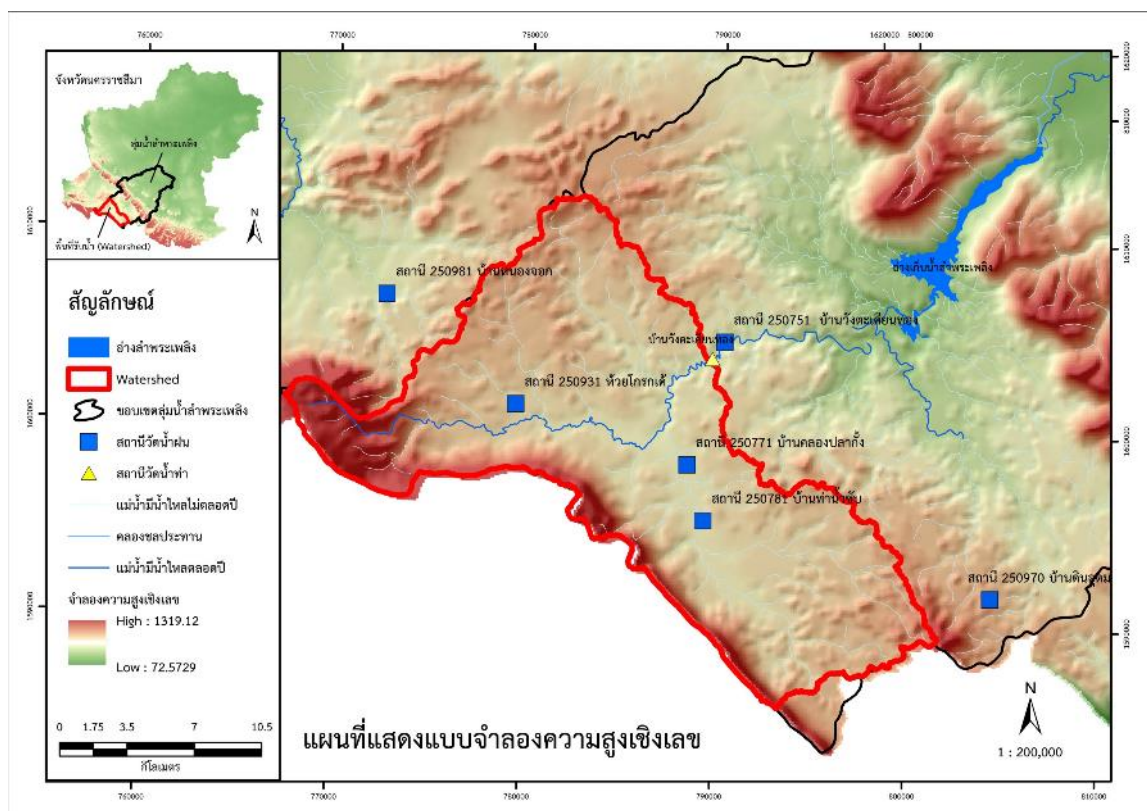
1. เพื่อประเมินสมรรถนะของแบบจำลองเมื่อมีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์
2. เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดที่มีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ 5 กรณี ในแบบจำลอง NRCS-CN มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำลำพระเพลิงเป็นลุ่มน้ำสาขาทางฝั่งซ้ายของแม่น้ำมูล โดยมีต้นน้ำจากเทือกเขาชันกำแพง ซึ่งเป็นสันปันน้ำระหว่างลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำนครนายกในตอนใต้สุดของอำเภอบึงระจิว โดยช่วงแรกของลำน้ำเริ่มจากต้นน้ำถึงบ้านบุหัวช้างเป็นช่วงที่ลำน้ำไหลผ่านภูมิประเทศเป็นป่าเขาที่มีความลาดชันมาก ลำน้ำช่วงนี้มีความยาวประมาณ 60 กิโลเมตรและมีความลาดชันประมาณ 1 : 300 และช่วงที่สองเริ่มจากบ้านบุหัวช้างจนถึงแม่น้ำมูล แม่น้ำลำพระเพลิงจะเริ่มไหลผ่านที่ราบแคบบริเวณฝั่งซ้ายของลำน้ำจะมีพื้นที่ราบมากกว่าฝั่งขวา ลำน้ำช่วงนี้มีความยาวประมาณ 60 กิโลเมตรและมีความลาดชันน้อยกว่าช่วงแรกคือ ประมาณ 1 : 2,500 รวมความยาวของแม่น้ำลำพระเพลิง 120 กิโลเมตรและอยู่ในจังหวัดนครราชสีมาทั้งหมด

สำหรับพื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง บริเวณบ้านวังตะเคียน อำเภอบึงระจิว จังหวัดนครราชสีมา มีสถานีวัดน้ำท่า M 145 เป็นจุดออกของลุ่มน้ำ ครอบคลุมพื้นที่ 322 ตารางกิโลเมตร ซึ่งในช่วงเดือนกันยายน ถึง ตุลาคม มีปริมาณฝนเฉลี่ยระหว่าง 220 - 150 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย เท่ากับ 79.39 ล้านลูกบาศก์เมตร สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ที่มีความลาดชันเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงร้อยละ 2 - 5 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 วิเคราะห์จากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินบริเวณลุ่มน้ำพื้นที่ศึกษาพบว่า พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่มากที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 169.51 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 52.58 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาได้แก่พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนหรือสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่น้ำ คิดเป็นพื้นที่ 113.86, 18.48, 17.51 และ 3.02 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 35.32, 5.73, 5.43 และ 0.94 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ โดยสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา

3.2 แบบจำลอง NRCS-CN

แบบจำลอง NRCS-CN เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการ NRCS-CN สามารถแสดงได้ตามลำดับดังต่อไปนี้ (USDA-NRCS, 2004)

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{P+(1-I_a)S} \quad P > I_a, \text{ และ } Q = 0 \text{ เมื่อ } I_a = \lambda S \quad (1)$$

เมื่อ P คือปริมาณฝน (Precipitation) (มม), Q คือปริมาณน้ำท่า (Direct Runoff) (มม), I_a คือปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (Initial abstraction) (มม), S คือปริมาณการเก็บกักสูงสุด (Potential Maximum Retention) (มม), λ คือ อัตราส่วนการสูญเสียเริ่มต้น (Initial abstraction ratio) โดยที่ $I_a = 0.2S$ (USDA-NRCS, 2004) สำหรับปริมาณการเก็บกักสูงสุด (S) สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (2)$$

โดยที่ค่า CN คือ หมายเลขโค้งน้ำท่า สามารถหาค่าได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลชนิดของดิน ค่าที่ได้จะอยู่ระหว่าง $0 \leq CN \leq 100$ ซึ่งเป็นค่า CN_{II} ในสมการที่ (3) ใช้เฉพาะในกรณีของ AMC II เท่านั้น

$$CN_{II} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n (A_i \times CN_i) \quad (3)$$

ค่า CN_I และ CN_{III} ในสมการที่ (4) และ สมการที่ (5) ตามลำดับ เป็น CN ใช้สำหรับกรณี AMC I และ AMC III (Chow et al., 1988) มีดังนี้

$$CN_I = \frac{4.2CN_{II}}{10 - 0.058CN_{II}} \quad (4)$$

$$CN_{III} = \frac{23CN_{II}}{10 + 0.13CN_{II}} \quad (5)$$

โดยที่ AMC คือปริมาณฝนสะสมทั้งหมดที่ตกก่อนหน้าพายุฝนที่พิจารณา 5 วัน และยังพิจารณาช่วงฤดูกาลเพาะปลูกของพืชด้วย ซึ่งแบ่ง AMC เป็น 3 ชนิด ได้แก่ AMC I (ความชื้นต่ำ) AMC II (ความชื้นเฉลี่ย) AMC III (ความชื้นสูง) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งเงื่อนไขความชื้นเริ่มต้นก่อนหน้า (AMC)

ชนิดของ AMC	ปริมาณฝนสะสมก่อนหน้า 5 วัน (มิลลิเมตร)	
	นอกฤดูการเพาะปลูก	ฤดูการเพาะปลูก
AMC I (ความชื้นต่ำ)	< 12.7	< 35.6
AMC II (ความชื้นเฉลี่ย)	12.7 – 27.9	35.6 – 53.3
AMC III (ความชื้นสูง)	> 27.9	> 53.3

ที่มา: (Chow et al., 1988)

จากสมมติฐานเดิมการกำหนดให้ค่า $I_a = 0.2S$ ได้พิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน, P (มม.) และปริมาณน้ำท่า, Q (มม.) สามารถคำนวณค่า S ได้จากสมการที่ (4) (Hawkins, 1993)

$$S = 5 \{ P + 2Q - (4Q^2 + 5PQ)^{0.5} \} \quad (6)$$

Woodward et al. (2003) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของค่า $S_{0.2}$ (มม.) และ $S_{0.05}$ (มม.) ที่กำหนดให้ $\lambda = 0.2$ และ $\lambda = 0.05$ ดังนี้

$$S_{0.05} = 0.8187S_{0.2}^{1.15} \quad (7)$$

ถ้าแทนค่า $S_{0.05}$ ในสมการที่ 2 จะได้ค่า CN ใหม่ สำหรับ $\lambda = 0.05$ ได้พิจารณาบริเวณที่เป็นพื้นที่ต้นน้ำที่มีความลาดชันประมาณหรือต่ำกว่า 5% (Huang et al., 2006; Deshmukh et al., 2013; Mishra et al., 2014) ซึ่ง Sharpley และ Williams (1990) เสนอแนะว่า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าได้น่าค่าความลาดชันมาปรับใช้กับแบบจำลอง ให้สัมพันธ์กับค่า CN สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$CN_{II\alpha} = \left(\frac{CN_{III} - CN_{II}}{3} \right) (1 - 2e^{-13.86\alpha}) + CN_{II} \quad (8)$$

โดยที่ $CN_{II\alpha}$ คือ ค่าที่ปรับมาจากค่า CN_{II} โดย α คือ ความลาดชันของพื้นที่ (ม./ม.)

Yuan et al. (2014) ได้ศึกษาพื้นที่ต้นน้ำจำนวน 10 แห่ง บริเวณตอนใต้ของรัฐแอริโซนา ผลการศึกษาพบว่า การปรับเปลี่ยนสมมติฐานเดิมที่กำหนดให้ $I_a = 0.2S$ สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำท่าได้ดียิ่งขึ้น Woodward et al. (2003) ได้เสนอให้กำหนดค่า $I_a = 0.05S$ ตามผลการศึกษาที่ได้รับการยอมรับแล้ว รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยการพิจารณาพารามิเตอร์อื่น (เช่น P, S, P5) ในการประมาณค่า I_a อย่างไรก็ตามก็ยังพบจุดบกพร่องในการกำหนดความสัมพันธ์ของ I_a Wang et al. (2012) จึงเสนอให้คำนวณค่า I_a ใหม่โดยการแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การสูญเสียก่อนสู่วิวดิน (I_{int}) และปริมาณการสูญเสียบนผิวดิน (I_{other}) ยกตัวอย่างเช่น การแทรกซึมผ่านผิวดิน การกักเก็บตามแหล่งน้ำต่างๆ คำนวณได้จากสมการที่ (9), (10) ตามลำดับ

$$I_{int} = 0.026P + 0.9389 \quad (9)$$

ในการคำนวณการสูญเสียบนผิวดิน (I_{other}) ยกตัวอย่างเช่น การแทรกซึมผ่านผิวดิน การกักเก็บตามแหล่งน้ำต่างๆ คำนวณได้จากสมการที่ (10)

$$I_{other} = \lambda S \left(\frac{P}{P+P_5+S} \right)^\alpha \quad (10)$$

Jain et al. (2006) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ค่า I_a ในแบบจำลอง NRCS ถือว่า ค่า $I_a = 0.2S$ แต่ในทางปฏิบัติพบว่าพารามิเตอร์ตัวอื่นที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น เช่น ปริมาณความลึกฝนส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงค่า S ดังนั้นจึงปรับเปลี่ยนความสัมพันธ์ค่า I_a ได้ดังสมการที่ (11)

$$I_a = \lambda S \left(\frac{P}{P+S} \right)^\alpha \quad (11)$$

จากการศึกษาลุ่มน้ำที่ไม่มีการตรวจวัดข้อมูลน้ำท่าของ Jain et al. (2006) ด้วยการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ในสมการที่ (11) จากสำรวจข้อมูลจากเหตุการณ์พายุฝน 22,392 เหตุการณ์ จาก 84 ลุ่มน้ำ พบว่า λ และ α มีค่าเท่ากับ 0.3 และ 1.5 ตามลำดับจะไม่สามารถทำได้ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง จึงกำหนดให้ กำหนดให้ λ และ α มีค่าเท่ากับ 0.05 และ 1 ตามลำดับ นอกจากการนำค่า S และ P มาพิจารณาแล้วยังเสนอแนะให้นำค่า P_5 มาพิจารณาด้วย เนื่องจากเมื่อค่า P_5 เพิ่มขึ้นในทางกลับกันค่า I_a จะมีค่าลดลงไปด้วย ดังนั้นจะสามารถคำนวณหา I_a จากสมการ ที่ (9) และ (10) ได้ดังสมการที่ (12)

$$I_a = I_{int} + I_{other} = (0.026P + 0.9389) + 0.05S \left(\frac{P}{P+P_5+S} \right) \quad (12)$$

3.3 วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง NRCS-CN ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง ดังแสดงในภาพที่ 2 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 การรวบรวมข้อมูล

1) รวบรวมข้อมูลทางกายภาพ ได้แก่ ข้อมูลลักษณะของดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของปี พ.ศ. 2558 จากกรมพัฒนาที่ดิน รวมถึงข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model; DEM) จากกรมแผนที่ทหาร สำหรับนำมาวิเคราะห์หาค่าหมายเลขโค้งน้ำท่า (Curve Number, CN) ที่เงื่อนไขเริ่มต้นประเภทที่ 2 (CN_{AMCII}) โดยใช้เครื่องมือ Geographic Information System (GIS) ในการวิเคราะห์ค่า CN_{AMCII}

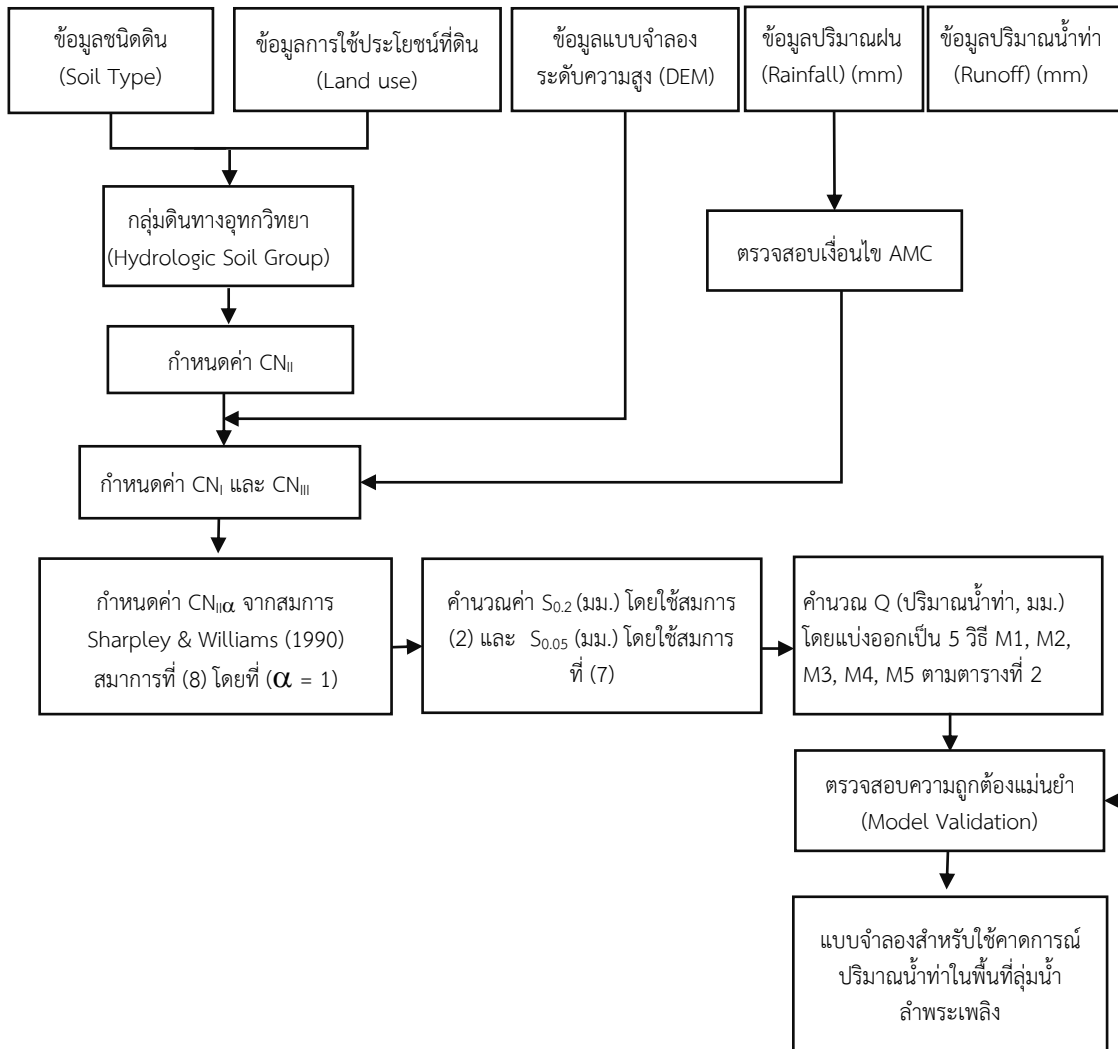
2) รวบรวมข้อมูลทางอุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลฝนรายวัน โดยการหาปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยที่มีอยู่ในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงจำนวน 6 สถานี ได้แก่ 250781, 250931, 250771, 250751, 250981 และ 250970 ตามลำดับ ในช่วงปี พ.ศ. 2548 ถึง 2560 ด้วยวิธีธีเอสเซนโพลีกอน (Thiessen Polygon) และข้อมูลน้ำท่ารายวันจากสถานี M145 ของกรมชลประทาน

3.3.2 การคำนวณปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง NRCS-CN

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง NRCS-CN ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง ได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ารายวันของสถานีวัดน้ำท่า M145 มาคัดเลือกเหตุการณ์พายุฝน จำนวน 180 เหตุการณ์ ซึ่งอยู่ระหว่าง 10.32 ถึง 81.34 มม. ในช่วง ปี พ.ศ. 2548 – 2560 และกำหนดรูปแบบการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง NRCS-CN โดยแบ่งรูปแบบการวิเคราะห์ไว้ทั้งหมดเป็น 5 วิธี ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ตามรูปแบบที่กำหนดไว้ และในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง รายละเอียดการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ตามรูปแบบที่กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขอบเขตของแบบจำลอง

แบบจำลอง	ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง			สมการที่ใช้ในการคำนวณ	หมายเหตุ
	λ	α	CN_{II} ($CN_{II\alpha}$)		
M1	0.2	-	CN_{II}	(1), (2), (3)	Original NRCS Model
M2	0.2	-	$CN_{II\alpha}$	(1), (2), (8)	ปรับความลาดชัน NRCS Model
M3	0.05	-	CN_{II}	(1), (2), (7)	Woodward et al. (2003) Model
M4	0.05	-	$CN_{II\alpha}$	(1), (2), (7), (8)	ปรับความลาดชัน Woodward et al. (2003) Model
M5	0.05	1	$CN_{II\alpha}$	(1), (2), (12)	Ajmal et al. (2016)



ภาพที่ 2 วิธีศึกษาการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง NRCS-CN

3.3.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลองกับการตรวจวัดในภาคสนาม ณ สถานีวัดน้ำท่า M.145 โดยใช้เกณฑ์ในการตรวจสอบด้วยสมการดังต่อไปนี้

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination, R^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งใช้แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างข้อมูลสองชุด หากค่า R^2 เข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันมาก แต่หากค่า R^2 เข้าใกล้ 0 แสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันน้อย ค่ารวมได้ดังสมการ

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (Q_c - \bar{Q}_c)(Q_o - \bar{Q}_o)]^2}{\sum_{i=1}^n (Q_c - \bar{Q}_c)^2 \sum_{i=1}^n (Q_o - \bar{Q}_o)^2} \quad (13)$$

ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE) จะมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์ได้ใกล้เคียงกับค่าจริง ค่ารวมได้ดังสมการ

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_o - Q_c)^2} \quad (14)$$

ค่าความแม่นยำของแบบจำลอง (Nash-Sutcliffe Efficiency, NSE) มีค่าอยู่ระหว่าง $-\infty$ ถึง 1 ซึ่งใช้เป็นดัชนีบอกค่าความแม่นยำ หรือประสิทธิภาพของแบบจำลอง คำนวณได้ดังสมการ

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_o - Q_c)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_o - \bar{Q}_o)^2} \quad (15)$$

Percent Bias (PBIAS) เป็นดัชนีชี้วัดแนวโน้มค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากแบบจำลองว่า มีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าการตรวจวัด โดยค่าที่ได้นั้นควรมีค่าใกล้ 0 โดยหากค่าเป็นบวกบ่งบอกถึงการจำลองที่ให้ผลต่ำกว่าค่าที่เกิดขึ้นจริง และหากค่าเป็นลบบ่งบอกถึงการจำลองที่ให้ค่าสูงกว่าค่าที่เกิดขึ้นจริง คำนวณได้ดังสมการ

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_o - Q_c)}{\sum_{i=1}^n (Q_o)} \right] \times 100 \quad (16)$$

โดยที่ Q_o คือ ข้อมูลจากการตรวจวัด Q_c คือ ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง \bar{Q}_o คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด \bar{Q}_c คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง i คือ จำนวนเหตุการณ์พายุฝน และ n คือ จำนวนคู่ของชุดข้อมูล

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนประสิทธิภาพสำหรับค่าสถิติ

ค่าสถิติ	เกณฑ์การตัดสินใจ			
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้
R^2	>0.80	$0.70 < R^2 \leq 0.80$	$0.50 < R^2 < 0.70$	≤ 0.50
RMSE	0.00-0.50	0.50-0.60	0.60-0.70	>0.70
NSE	>0.80	$0.60 \leq NSE \leq 0.80$	$0.50 < NSE < 0.60$	≤ 0.50
PBIAS	$\leq \pm 5$	$\pm 5 < PBIAS < \pm 10$	$\pm 10 \leq PBIAS \leq \pm 25$	$> \pm 25$

ที่มา (Moriasi et al., 2007)

4. ผลการศึกษา

จากการศึกษาคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง NRCS-CN ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงจากข้อมูลเหตุการณ์พายุฝน จำนวน 180 เหตุการณ์ ในช่วง ปี พ.ศ. 2548 – 2560 ของสถานีวัดน้ำท่า M145 ซึ่งกำหนดรูปแบบการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง NRCS-CN ทั้งหมด 5 วิธี ตามแบบจำลอง M1, M2, M3, M4, M5 ผลการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองของแต่ละแบบจำลองจำนวน 4 วิธี แสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination, R^2) ใช้แสดงสอดคล้องกันระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดและปริมาณน้ำท่าได้จากแบบจำลอง ผลการศึกษา พบว่า แบบจำลองที่ให้ค่า R^2 ระดับปานกลางคือ M5, M1, M3, M4 มีค่า R^2 เท่ากับ 0.55, 0.51, 0.51, 0.50 ตามลำดับ และแบบจำลอง M2 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในระดับพอใช้มีค่า R^2 เท่ากับ 0.49 ประสิทธิภาพโดยรวมแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง M5 ให้ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.55 ซึ่งแสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง

2) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE) ผลการศึกษา พบว่าแบบจำลองทั้ง M1, M2, M3, M4, M5 มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 1.82, 1.86, 1.60, 1.61, 1.45 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเกณฑ์การให้คะแนนทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3 แบบจำลองทั้งหมด มีค่า RMSE มากกว่า 0.7 อยู่ในเกณฑ์ระดับพอใช้ แต่เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองโดยเรียงลำดับจากค่าความคลาดเคลื่อนน้อยสุดไปมากที่สุด $M5 < M3 < M4 < M1 < M2$ มีค่า RMSE เท่ากับ $1.45 < 1.60 < 1.61 < 1.82 < 1.86$ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง M5 มีค่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์น้อยที่สุดที่ 1.45 มม. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีความลาดชันสูงจะทำให้ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้นลดลง ปริมาณน้ำท่าที่คาดการณ์เพิ่มขึ้น

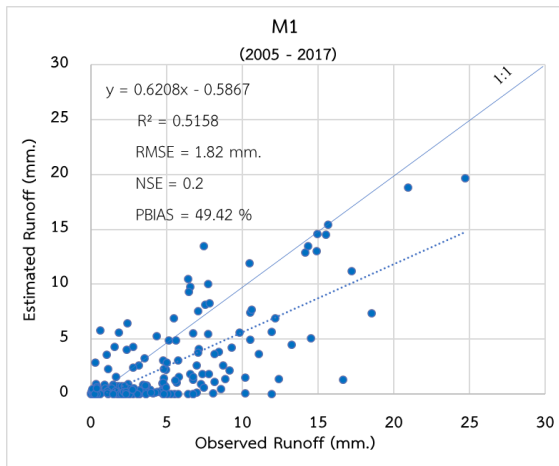
3) ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Nash-Sutcliffe Efficiency, NSE) ผลการศึกษา พบว่า แบบจำลองที่ถือว่าดีที่สุดจากผลลัพธ์ที่สังเกตได้จากค่า NSE ของแบบจำลองทั้ง 5 วิธี ค่า NSE ของแบบจำลอง M1, M2, M3, M4 และ M5 มีค่าเท่ากับ 0.2, 0.16, 0.38, 0.37, 0.49 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.5 อยู่ในเกณฑ์ระดับพอใช้ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลองจากมากไปน้อย พบว่า $M5 > M3 > M4 > M1 > M2$

4) ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง Percent Bias (PBIAS) ผลการศึกษา พบว่า ค่า PBIAS ของแบบจำลอง M1, M2, M3, M4 มีค่า PBIAS เท่ากับ 49.42, 50.67, 30.75, 30.46 ตามลำดับเมื่อเทียบเกณฑ์การให้คะแนนจากตารางที่ 3 มีค่ามากกว่า $\pm 25\%$ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ระดับพอใช้ ทั้งนี้อาจเป็นผลที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำท่าค่อนข้างมาก สำหรับแบบจำลอง M5 ค่า PBIAS มีค่าเท่ากับ 19.86 อยู่ในเกณฑ์ที่ระดับปานกลาง

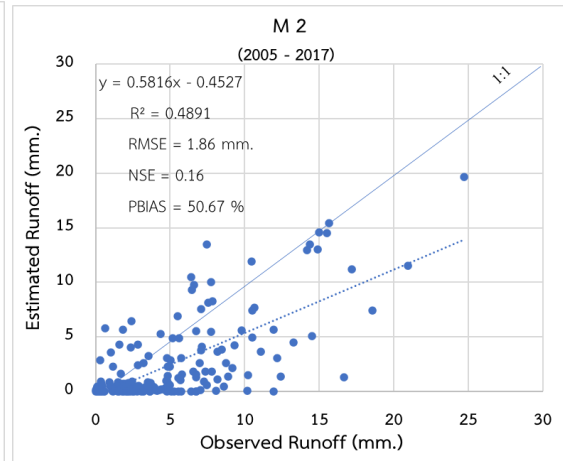
ตารางที่ 4 ผลการสอบเทียบแบบจำลองในกลุ่มน้ำลำพระเพลิง

แบบจำลอง	รูปแบบการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์			R ²	RMSE (มม.)	NSE	PBIAS (%)
	λ	CN	α				
M1	0.2	CN	-	0.51	1.82	0.2	49.42
M2	0.2	CN α	-	0.49	1.86	0.16	50.67
M3	0.05	CN	-	0.51	1.60	0.38	30.75
M4	0.05	CN α	-	0.50	1.61	0.37	30.46
M5	0.05	CN α	1	0.55	1.45	0.49	19.86

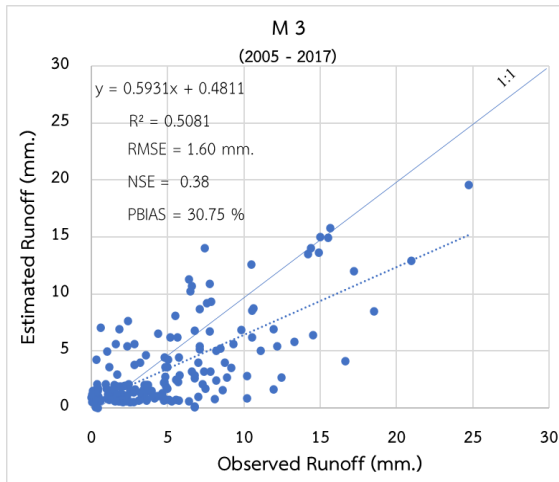
เมื่อพิจารณารูปภาพความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าระหว่างการคำนวณจากแบบจำลอง กับการตรวจวัดในภาคสนาม ณ สถานี M.145 ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่า แบบจำลอง M1 เส้นกราฟถดถอยต่ำกว่าเส้น 1:1 แสดงให้เห็นว่าการคาดการณ์น้ำท่าที่ตรวจวัดได้จริงแต่เมื่อเทียบกับแบบจำลอง M2 ที่ปรับใช้ค่า CN_{||} α ความชันของกราฟเส้นถดถอยต่ำกว่า แบบจำลอง M1 เมื่อพิจารณาแบบจำลอง M3 กราฟเส้นถดถอยต่ำกว่าเส้น 1:1 แต่ค่าความชันสูงกว่าเมื่อเทียบกับแบบจำลอง M4 และแบบจำลอง M1 แต่อยู่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง M5 ค่าความชันของกราฟเส้นถดถอยสูงที่สุด ซึ่งสังเกตได้จากค่าที่เข้าใกล้แกนนอน (แกน x) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเข้าใกล้เส้น 1:1 และสามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าได้สอดคล้องกับปริมาณการตรวจวัดจริงมากกว่าแบบจำลองอื่นๆ การกระจายตัวของกราฟโดยภาพรวมการเบี่ยงเบนอยู่ต่ำกว่าเส้น 1:1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำท่าที่คาดการณ์ได้ทั้ง 5 แบบจำลองมีปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดได้จริง



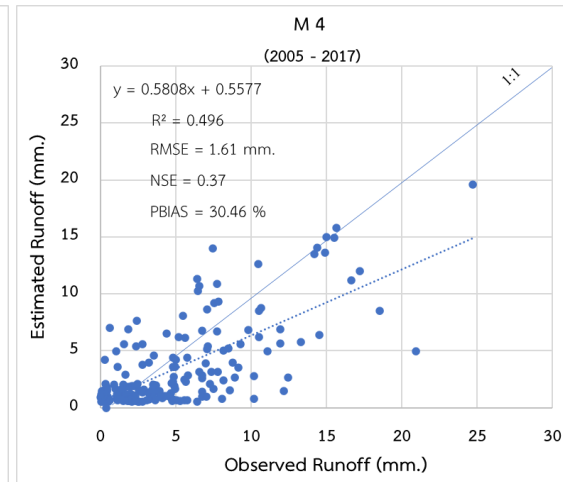
(ก)



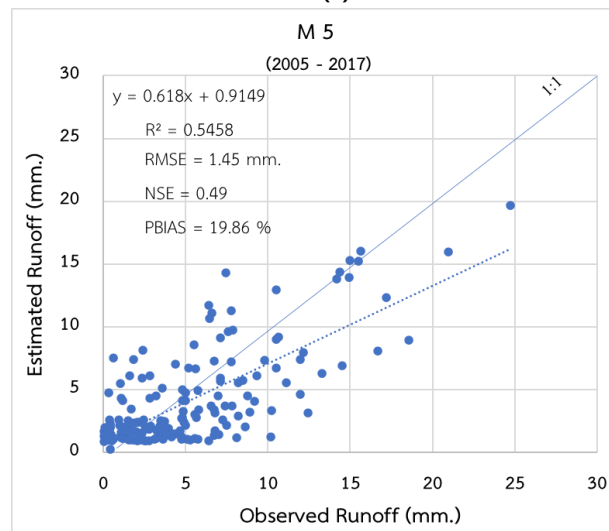
(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าระหว่างผลลัพธ์จากแบบจำลองกับการตรวจวัด ณ สถานี M.145

(ก) M1 กรณี $la = 0.2S$, CN_{II} , (ข) M2 กรณี $la = 0.2S$, $CN_{II\alpha}$, (ค) M3 กรณี $la = 0.05S$, CN_{II}

(ง) M4 กรณี $la = 0.05S$, $CN_{II\alpha}$, (จ) M5 กรณี $la = 0.05S$, $CN_{II\alpha}$, $\alpha = 1$

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง NRCS-CN ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงจากข้อมูลเหตุการณ์พายุฝนจำนวน 180 เหตุการณ์ ในช่วง ปี พ.ศ. 2548 – 2560 ของสถานีวัดน้ำท่า M145 เพื่อประเมินสมรรถนะของแบบจำลองเมื่อมีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ค่า CN และ Ia เลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดของการใช้งานแบบจำลองที่ต่างกัน 5 วิธีของแบบจำลอง NRCS-CN ให้เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองโดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบการคำนวณทั้ง 5 วิธี พบว่า ตามสมมติฐานเดิมที่ $Ia = 0.2S$ แบบจำลอง M1 คาดการณ์น้ำท่าได้แม่นยำกว่า แบบจำลอง M2 ที่ใช้ค่า $CN_{II\alpha}$ เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองที่ตามสมมติฐานที่ $Ia = 0.05S$ แบบจำลอง M3 ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบจำลอง M4 ที่ใช้ค่า $CN_{II\alpha}$ แสดงให้เห็นว่าการปรับเปลี่ยนค่า CN_{II} เป็น $CN_{II\alpha}$ ส่งผลกระทบประสิทธิภาพแบบจำลองลดลง แต่ในทางตรงกันข้าม การปรับเปลี่ยนค่า $Ia = 0.2S$ เป็น $Ia = 0.05S$ ทำให้ประสิทธิภาพแบบจำลองสูงขึ้น นอกจากนี้ แบบจำลอง M5 ที่ปรับเปลี่ยนค่า Ia, $CN_{II\alpha}$ และ α ให้มีค่าเท่ากับ 0.05S, 68 และ 1 ทำให้การคาดการณ์น้ำท่าดีที่สุด ในภาพรวมการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง NRCS-CN ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง ที่มีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ในกรณีแบบจำลอง M5 มีความถูกต้องของแบบจำลองมากที่สุด ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในระดับปานกลาง ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาข้างแสดงให้เห็นถึงการปรับเปลี่ยนค่า λ เท่ากับ 0.05 และการพิจารณาพารามิเตอร์เกี่ยวกับความลาดชันของพื้นที่ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง NRCS-CN ให้มีความถูกต้องมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสมมติฐานเดิมที่กำหนด ค่า λ เท่ากับ 0.2

เอกสารอ้างอิง

- Ajmal, M., & Kim, T. W. (2015). Quantifying excess stormwater using SCS-CN-based rainfall runoff models and different curve number determination methods. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 141(3), 04014058.
- Ajmal, M., Ahn, J. H., & Kim, T. W. (2016). Excess stormwater quantification in ungauged watersheds using an event-based modified NRCS model. *Water resources management*, 30(4), 1433-1448.
- Beck, H. E., de Jeu, R. A., Schellekens, J., van Dijk, A. I., & Bruijnzeel, L. A. (2009). Improving curve number based storm runoff estimates using soil moisture proxies. *IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*, 2(4), 250-259.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology* McGraw-Hill Book Company. New York.
- Deshmukh, D. S., Chaube, U. C., Hailu, A. E., Gudeta, D. A., & Kassa, M. T. (2013). Estimation and comparison of curve numbers based on dynamic land use land cover change, observed rainfall-runoff data and land slope. *Journal of Hydrology*, 492, 89-101.
- Hawkins, R. H. (1993). Asymptotic determination of runoff curve numbers from data. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 119(2), 334-345.
- Huang, M., Gallichand, J., Wang, Z., & Goulet, M. (2006). A modification to the Soil Conservation Service curve number method for steep slopes in the Loess Plateau of China. *Hydrological Processes: An International Journal*, 20(3), 579-589.
- Jain, M. K., Mishra, S. K., Suresh Babu, P., & Venugopal, K. (2006). On the Ia-S relation of the SCS-CN method. *Hydrology Research*, 37(3), 261-275.
- Kim, N. W., Lee, J. W., Lee, J., & Lee, J. E. (2010). SWAT application to estimate design runoff curve number for South Korean conditions. *Hydrological processes*, 24(15), 2156-2170.
- Mishra SK, Chaudhary A, Shrestha RK, Pandey A, Lal M (2014) Experimental verification of the effect of slope and land use on SCS runoff curve number. *Water Resour Manag* 28 (11):3407–3416

- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900.
- Sharpley, A. N., & Williams, J. R. (1990). EPIC. Erosion/Productivity impact calculator: 1. Model documentation. 2. User manual.
- USDA-NRCS (US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service) (2004) 'Hydrology' National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4. Soil Conservation Service, USDA, Washington, DC
- Wang, X., Liu, T., & Yang, W. (2012). Development of a robust runoff-prediction model by fusing the rational equation and a modified SCS-CN method. *Hydrological sciences journal*, 57(6), 1118-1140.
- Woodward, D. E., Hawkins, R. H., Jiang, R., Hjelmfelt, Jr, A. T., Van Mullem, J. A., & Quan, Q. D. (2003). Runoff curve number method: Examination of the initial abstraction ratio. In *World water & environmental resources congress 2003* (pp. 1-10).
- Yuan, Y., Nie, W., McCutcheon, S. C., & Taguas, E. V. (2014). Initial abstraction and curve numbers for semiarid watersheds in Southeastern Arizona. *Hydrological processes*, 28(3), 774-783.