

**การประยุกต์ใช้แบบจำลอง KW-GIUH
เพื่อศึกษาการบรรเทาอุทกภัยของเขื่อนแก่งเสือเต้น
Application of KW-GIUH Model
for Flood Mitigation of Kaeng Sua Ten dam**

ชาญชัย เพชรพงศ์พันธุ์ ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์* ดวงฤดี โฆษิตกิตติวงศ์ Kwan Tun Lee
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กทม. 10140

*Corresponding author: E-mail: chaiwat.ekk@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำยมเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำที่สำคัญของประเทศไทย และเป็นพื้นที่ที่มักจะประสบกับปัญหาอุทกภัยซ้ำซากเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะการเกิดอุทกภัยแบบฉับพลัน เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างมาก อีกทั้งยังมีความรุนแรงและเตรียมการรับมือได้ยาก ประกอบกับพื้นที่ตอนบนซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำ ไม่มีเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำที่ใช้ในการกักเก็บน้ำจึงทำให้น้ำจากแม่น้ำยมและน้ำป่าไหลเอ่อล้นเข้าท่วมทางด้านท้ายน้ำได้รับความเสียหายอยู่เสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้งานแบบจำลอง KW-GIUH ในการจำลองสภาพน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนและนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการบรรเทาอุทกภัยของเขื่อนแก่งเสือเต้นแบบจำลอง KW-GIUH เป็นแบบจำลองอุทกวิทยาที่นำหลักการของ Instantaneous Unit Hydrograph มาประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลทางด้านธรณีสัณฐานสำหรับการจำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำ ผลการจำลองจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดที่สถานีตรวจวัดน้ำท่าและตรวจสอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe coefficient จากนั้นนำมาประเมินประสิทธิภาพการบรรเทาอุทกภัยของเขื่อนแก่งเสือเต้น โดยการประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีการประเมินการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำที่มีชื่อว่า Puls Storage Indication ในช่วงระหว่างวันที่ 9 – 14 สิงหาคม, 30 สิงหาคม – 4 กันยายน พ.ศ. 2556 และ 30 สิงหาคม – 6 กันยายน พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นช่วงที่มีเหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลันเกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน ซึ่งแบบจำลอง KW-GIUH สามารถจำลองสภาพน้ำท่ารายชั่วโมงในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนได้เป็นอย่างดี ส่วนประสิทธิภาพในการลดค่าอัตราการไหลสูงสุดและการเก็บกักปริมาณน้ำหลากของเขื่อนแก่งเสือเต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39% และ 52% ตามลำดับ

คำสำคัญ: แบบจำลองอุทกวิทยา, KW-GIUH, น้ำท่วม, ลุ่มน้ำยมตอนบน, เขื่อนแก่งเสือเต้น

ABSTRACT

Yom River basin is one of the important basins in Thailand. This basin have incurred flooding for several time especially flash flood that has severe damage and difficult to cope. Because of topography is flat land with a steep slope area and there is no dam or reservoir to storage water in upstream so the water from Yom river and flooding can flow directly to downstream area and cause damage on a regular basis. This research aims to use KW-GIUH model to simulate river runoff in Upper Yom River basin and apply for assessing the effectiveness of flood mitigation of Kaeng Sua Ten dam. KW-GIUH model is hydrological model that use principle of Instantaneous Unit Hydrograph with geological data for river runoff simulation. The result is compared with observation data from station and investigated by Nash-Sutcliffe

coefficient index. Then, the effectiveness of flood mitigation of Kaeng Sua Ten dam is assessed by use these result with Puls Storage Indication method during 9-14 August, 30 August - 4 September 2013 and 30 August - 6 September 2013 which flood disaster had occurred in Upper Yom River basin. The results revealed that KW-GIUH model can be simulated hourly runoff in Upper Yom River basin satisfactory. The performance of flood attenuation and flood storage of Kaeng Sua Ten dam are average as 39% and 52% respectively.

Keyword: Performance assessment, Hydrological model, Semi-distributed, KW-GIUH, BTOPMC

1. บทนำ

ปัจจุบันในหลายพื้นที่ทั่วโลกประสบกับปัญหาภัยธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุทกภัย และ พายุฝน ถือเป็นภัยธรรมชาติที่ก่อให้เกิดความเสียหายมากที่สุด สำหรับประเทศไทยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือพื้นที่ทางตอนเหนือและตะวันตกของประเทศ โดยเฉพาะลุ่มน้ำยมซึ่งถือเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำที่สำคัญที่ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศและเป็นพื้นที่ที่มักประสบกับปัญหาอุทกภัยซ้ำซากเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะการเกิดอุทกภัยแบบฉับพลัน ซึ่งมีความรุนแรงและรับมือได้ยาก ด้วยลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบที่มีความลาดชันค่อนข้างมาก รวมถึงแม่น้ำยมซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักของลุ่มน้ำมีความกว้างในช่วงตอนล่างของลุ่มน้ำน้อยมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ทางตอนบน เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ประกอบกับมีการขยายตัวของชุมชนเมืองตลอดช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการระบายน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างไม่ดีนัก ประกอบกับบริเวณพื้นที่ต้นน้ำไม่มีที่กักเก็บน้ำจึงทำให้น้ำจากแม่น้ำยม และน้ำป่าไหลเอ่อล้นเข้าท่วมพื้นที่การเกษตร พื้นที่ชุมชน อยู่ท้ายน้ำจนได้รับความเสียหายอยู่เสมอ

เพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมน้ำแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำยม จึงได้มีการศึกษาและจัดทำโครงการก่อสร้างเขื่อนแก่งเสือเต้นขึ้นมา แต่ทว่าจากการศึกษาถึงผลกระทบต่างๆ รวมถึงกระบวนการเสนอหลายขั้นตอน ได้เกิดการชุมนุมของชาวบ้านเรียกร้องให้ยกเลิกโครงการ โครงการดังกล่าวจนถูกระงับมาจนกระทั่งปัจจุบัน[1] เมื่อมีเหตุการณ์อุทกภัยเกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำยม โครงการก่อสร้างเขื่อนแก่งเสือเต้นจึงมักถูกยกขึ้นมาเป็นประเด็นอยู่บ่อยครั้ง แต่ก็ยังไม่มีความคืบหน้าใดๆ ดังนั้นใน

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาและใช้งานแบบจำลอง KW-GIUH เพื่อจำลองสภาพน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนช่วงที่มีพายุฝนและน้ำหลากเกิดขึ้น รวมถึงนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการรับมือกับปัญหาอุทกภัยของเขื่อนแก่งเสือเต้น

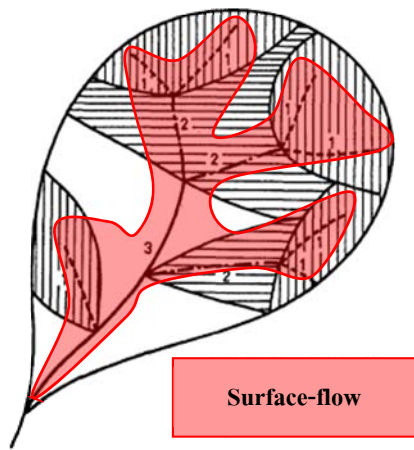
2. แบบจำลอง Kinematic Wave - Geomorphic Instantaneous Unit Hydrograph

KW-GIUH คือแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่ใช้ในการจำลองสภาพน้ำท่าจากพายุฝนที่ตกในพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนามาจากแบบจำลอง GIUH ของ Rodriguez-Iturbe และ Valdes โดย Kwan Tun Lee และ Ben Chie Yen เป็นแบบจำลองชนิด Physically-based model ที่มีรูปแบบการประมวลผลเชิงพื้นที่แบบกิ่งกระจายตัวแปร โดยประยุกต์ใช้หลักการของการสร้างกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่เกิดจากปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาการตกที่สั้นมากๆ (Instantaneous Unit Hydrograph, IUH) ร่วมกับข้อมูลทางด้านธรณีสัณฐาน (Geomorphology) และวิธีการแบ่งลำดับโครงข่ายลำน้ำ (Stream order system) ของ Strahler ในจำลองสภาพน้ำท่า [2]

เมื่อกำหนดให้ x_{oi} คือลำดับการไหลของน้ำบนพื้นดิน, x_i คือลำดับการไหลของน้ำในลำน้ำ มีลำดับการไหลคือ $i = 1, 2, 3, \dots, n$ และ ω คือเส้นทางการไหลเฉพาะของน้ำท่าจาก $x_{oi} \rightarrow x_i \rightarrow \dots \rightarrow x_\omega$ ค่าความน่าจะเป็นของการลดลงของปริมาณฝนสามารถหาได้จากสมการ

$$P(\omega) = R_{PCA} [P_{OAi} P_{X_{oi}} \dots P_{X_i X_j} \dots P_{X_k X_n}] \quad (1)$$

โดยที่ R_{PCA} คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างขนาดพื้นที่ซึ่งดินอ้อมด้วยน้ำตัวต่อขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดตั้งรูปที่ 1 มีค่าตั้งแต่ 0-1 ซึ่งหากพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษามีขนาดเล็กจะมีค่าเท่ากับ 1 และลดลงเรื่อยๆเมื่อพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษามีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถหาได้จากวิธีการลองผิดลองถูก(Trial and error), P_{Oai} คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่รับน้ำของลำน้ำ i ต่อพื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำ, P_{Xoi} คือความน่าจะเป็นของปริมาณน้ำฝนที่ลดลงการเปลี่ยนผ่านการไหลจากพื้นดินสู่ลำน้ำ i และ P_{Xij} คือความน่าจะเป็นของปริมาณน้ำฝนที่ลดลงจากการ



เปลี่ยนผ่านการไหลจากลำน้ำ i ไปยังลำน้ำ j [3]
รูปที่ 1 ตัวอย่างขอบเขตของพื้นที่รับน้ำฝนลุ่มน้ำ [2]

เมื่อกำหนดให้ T_{Xoi} คือระยะเวลาเริ่มตั้งแต่น้ำฝนตกลงสู่พื้นดินจนกระทั่งไหลลงสู่ลำน้ำ i และ T_{Xi} คือเวลาการไหลตลอดความยาวของลำน้ำ i ไปสู่ลำน้ำลำดับถัดไปหรือทางออก จึงสามารถคำนวณระยะเวลาการไหลทั้งหมดได้จากสมการ

$$T_{\omega} = T_{Xoi} + T_{Xi} + T_{Xj} + T_{Xn} \quad (2)$$

กำหนด $f(t)$ คือฟังก์ชันความน่าจะเป็นของเวลาการไหลรวมตัว และเมื่อพิจารณาจากหลักการของ Instantaneous Unit Hydrograph(IUH) ทำให้สามารถสร้างกราฟน้ำท่าที่จุดทางออกได้จากสมการ

$$U(t) = \sum_{\omega=W} [f_{Xoi}(t) * \dots * f_{Xn}(t)] \cdot P(\omega) \quad (3)$$

โดย * คือกระบวนการที่ใช้ในการหาผลรวมของอนุกรมเวลาเรียกว่า Convolution integral

จากนั้น Lee และ Yen ได้นำเอาทฤษฎีคลื่นจลนศาสตร์ (Kinematic-wave) และหลักการวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของ Wooding มาประยุกต์ใช้เพื่อทำให้มีค่าระยะเวลาของการไหลรวมตัวของน้ำ(Travel Time) ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้นกลายเป็นแบบจำลองที่มีชื่อว่า Kinematic Wave - Geomorphic Instantaneous Unit Hydrograph (KW-GIUH)

หลักการวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของ Wooding เรียกว่า V-Shape Sub basins Model น้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ทั้งสองส่วนจะไหลจากพื้นดินลงสู่ลำน้ำที่มีขนาดหน้าตัดและความชันคงที่ และได้สมการสำหรับคำนวณหาค่าเวลาการไหลรวมตัวดังนี้

$$T_{Xoi} = \left[\frac{n_o \bar{L}_{oi}}{\bar{s}_{oi}^{-1/2} i_e^{m-1}} \right]^{\frac{1}{m}} \quad (4)$$

$$T_{Xci} = \frac{B_i}{2i_e \bar{L}_{oi}} \left[h_{coi}^m + \frac{2i_e n_c \bar{L}_{oi} \bar{L}_{ci}}{B_i \bar{s}_{ci}^{-1/2}} \right] - h_{coi} \quad (5)$$

$$h_{coi} = \left[\frac{i_e n_c (N_i \bar{A}_i - A P_{Oai})}{N_i B_i \bar{s}_{ci}^{-1/2}} \right]^{\frac{1}{m}} \quad (6)$$

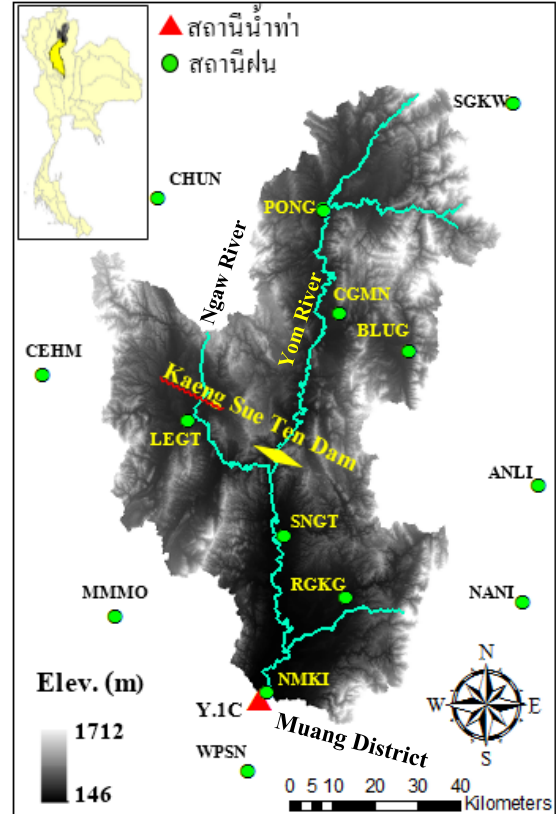
โดยที่ n_o คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของผิวดิน, n_c คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ, \bar{s}_{oi} คือ ค่าความลาดชันเฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำของลำน้ำ i , \bar{s}_{ci} คือ ค่าความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำ i , i_e คือ ค่าความเข้มฝน, \bar{L}_{oi} คือ ค่าความยาวเฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำของลำน้ำ i , \bar{L}_{ci} คือ ค่าความยาวเฉลี่ยของเส้นลำน้ำ i , B_i คือ ค่าความกว้างของลำน้ำ i , h_{coi} คือ ความลึกของน้ำในลำน้ำ และ N_i คือ จำนวนของเส้นลำน้ำในแต่ละลำดับชั้นการไหล [4]

3. พื้นที่ศึกษาและเขื่อนแก่งเสือเต้น

ลุ่มน้ำยมตอนบนตั้งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทย ลักษณะทางกายภาพเป็นวงรีแคบคล้ายขนนก มีขอบเขตพื้นที่ครอบคลุม 4 จังหวัด ได้แก่ พะเยา, แพร่, ลำปางและน่าน จุดเริ่มต้นของลำน้ำอยู่ที่ตอยขุนยวม ตั้งอยู่ในทิวเขาผีปันน้ำ อำเภอปงและอำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา เคลื่อนตัวไหลผ่านพื้นที่หุบเขาที่มีความลาดชันมาก สลับกับพื้นที่ราบแคบ ไหลผ่านเข้าสู่จังหวัดแพร่ไปยังอำเภอวังชิ้น ซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดขอบเขตของพื้นที่ช่วงตอนบนของลุ่มน้ำยม ความยาวของแม่น้ำยมเฉพาะที่ไหลผ่านจังหวัดแพร่ซึ่งประมาณ 280 กม. มีปริมาณน้ำทั้งหมด 1,538.5 ลบ.ม. คิดเป็น 41.85 % ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดในพื้นที่ลุ่มน้ำยม ซึ่งกว่า 80% ถูกใช้เพื่อการเกษตร เนื่องจากพื้นที่ 50% เป็นพื้นที่ป่าไม้ ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่ที่ใช้สำหรับการทำเกษตรกรรมกับชุมชนที่อยู่อาศัย คิดเป็น 40% และ 10% ตามลำดับ พื้นที่ทั้งลุ่มน้ำมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,160 มม. ซึ่งประมาณ 88% ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด มาจากพายุฝนที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน เริ่มต้นตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงตุลาคม และที่เหลืออีก 12% เป็นปริมาณฝนที่มาจากฤดูแล้งช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน [5]

โครงการเขื่อนแก่งเสือเต้นในการดำเนินการของกรมชลประทาน มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำ โดยจะกักเก็บปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำยมตอนบนซึ่งมีมากในฤดูฝนไว้ใช้ในฤดูแล้ง รวมถึงใช้เพื่อการบรรเทาปัญหาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดแพร่ สุโขทัย พิษณุโลก และพิจิตร เขื่อนแก่งเสือเต้นมีที่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอสอง จังหวัดแพร่ ห่างจากตัวเมืองแพร่ไปทางเหนือประมาณ 50 กม.เหนือจุดบรรจบแม่น้ำยมและแม่น้ำจาวไปทางเหนือประมาณ 7 กม. ดังรูปที่ 2 มีพื้นที่รับน้ำฝนที่ตำแหน่งที่ตั้งเขื่อน 3,683 ตร.กม. ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยจาก 37 ปี ปีละ 931.7 ล้านลบ.ม. ปริมาณฝนตกเฉลี่ยรายปีจากทั้งหมด 10 สถานีอยู่ที่ 1,201.2 มม. สันเขื่อนมีความกว้างกับความยาวเท่ากับ 10 ม. และ 540 ม.ตามลำดับ ความสูงเขื่อนวัดจากท้องลำน้ำเดิมเท่ากับ 70 ม. มีค่าความจุใช้งานอยู่ที่ 1,125 ล้าน ลบ.ม. มีอาคารระบายน้ำล้นติด

ตั้งอยู่ที่บริเวณไหล่เขื่อนฝั่งขวา จำนวน 4 ช่อง ความกว้างช่องละ 15 ม. สามารถระบายน้ำที่สูงสุด 5,355 ลบ.ม./วินาที [6]



รูปที่ 2 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

4. วิธีการดำเนินงาน

4.1 การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสภาพน้ำท่าที่บริเวณลุ่มน้ำยมตอนบน แบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อทิศทางและระยะเวลาการไหลของน้ำจากพื้นที่รับน้ำลงสู่ลำน้ำไปสิ้นสุดที่จุดทางออกของลุ่มน้ำ นอกจากนี้ยังมีผลต่ออัตราการไหลและปริมาณน้ำ ข้อมูลหลักที่จะนำมาใช้ในการกำหนดลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาคือ ข้อมูลระดับชั้นความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) DEM ที่มีความละเอียด 90 เมตรดังรูปที่ 2 และข้อมูลส่วนที่สองคือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนน้ำท่า จากสถาบัน

สารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร และศูนย์อุทกวิทยาชลประทาน ภาคเหนือตอนบน กรมชลประทาน แบ่งเป็นข้อมูลฝนรายชั่วโมงจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนจำนวน 8 สถานี และข้อมูลน้ำท่าประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงกับตารางความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับอัตราการไหล (Rating table) จากสถานีตรวจวัด Y.1C บ้านน้ำโค้ง ต.ป่าเมต อ.เมือง จ.แพร่ โดยได้รวบรวมข้อมูลในช่วงระหว่างวันที่ 9-14 สิงหาคม, 30 สิงหาคม – 4 กันยายน พ.ศ. 2556 และ 30 สิงหาคม – 6 กันยายน พ.ศ. 2557 มาใช้ในการศึกษา

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลระดับชั้นความสูงเชิงตัวเลข (DEM) จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อระบุค่าตัวแปรทางกายภาพของลุ่มน้ำ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งการจัดลำดับชั้นการไหลของลำน้ำ (Stream order) ด้วยวิธีของ Strahler พร้อมกับแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อย (Sub-watershed) ส่วนที่สองคือค่าความลาดชันเฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำย่อยและลำน้ำ ซึ่งทั้งสองส่วนสามารถวิเคราะห์ได้จากข้อมูล DEM ส่วนค่าความลาดชันเฉลี่ยของแต่ละเส้นลำดับการไหลหาได้โดยการเฉลี่ยค่าอัตราส่วนระหว่างผลต่างของระยะในแนวตั้งต่อผลต่างของระยะในแนวราบของเส้นลำน้ำในส่วนของตัวแปรด้านอุทกวิทยา ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีการที่เรียกว่า Thiessen Polygon ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่แบบ Trend Surface Analysis โดยการสร้างรูปหลายเหลี่ยมขึ้นมาจากการลากเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นที่โยงเชื่อมต่อตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานี ส่วนค่าอัตราการไหลรายชั่วโมงของน้ำท่า สามารถหาได้จากการเทียบค่าระดับความสูงของน้ำรายชั่วโมงกับค่าอัตราการไหลที่ระบุไว้ในตารางความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและอัตราการไหล

4.3 การกำหนดค่าพารามิเตอร์

ค่าพารามิเตอร์ มีผลอย่างมากต่อการจำลองสภาพน้ำท่าของแบบจำลอง ในแต่ละแบบจำลองจะมีการใช้งานค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลักการและโครงสร้างของแบบจำลอง โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง KW-GIUH แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง KW-GIUH

Parameter	Value
Overland flow roughness coefficient (n_o)	0.1-0.8
Channel flow roughness coefficient (n_c)	0.01-0.2
Ratio of the surface-flow region to the total area of watershed (R_{PCA})	0.1-1.0

4.4 การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

เพื่อเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพในการประเมินสภาพน้ำท่าของแบบจำลอง จึงได้ทำการเปรียบเทียบผลการจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด ณ สถานีตรวจวัดน้ำท่า Y.1C และพิจารณาความสอดคล้องกันของผลการจำลองกับข้อมูลตรวจวัดจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลของน้ำท่ากับเวลารวมถึงใช้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบจำลองที่มีชื่อว่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) ที่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (7) โดยใช้ผลการจำลองในช่วงระหว่างวันที่ 9-14 สิงหาคม กับ 30 สิงหาคม – 4 กันยายน พ.ศ. 2556 ในการสอบเทียบแบบจำลอง และ ทำการตรวจพิสูจน์แบบจำลองโดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 30 สิงหาคม – 6 กันยายน พ.ศ. 2557

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i' - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (7)$$

โดย Y_i คือ ค่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีตรวจวัดน้ำท่า, Y_i' คือ ค่าที่ได้จากการจำลอง และ \bar{Y} คือ ค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการตรวจวัด

4.5 การประเมินประสิทธิภาพในการบรรเทา
อุทกภัยของเขื่อนแก่งเสือเต้น

จากข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนที่ได้จาก
แบบจำลองและข้อมูลของเขื่อนแก่งเสือเต้น จะสามารถ
คำนวณปริมาณน้ำท่าหลังจากที่มีการเคลื่อนตัวผ่านตัว
เขื่อนรวมถึงปริมาตรน้ำที่ถูกเก็บกักไว้ในอ่างเก็บน้ำด้วย
วิธี Puls Storage Indication ดังสมการที่ (8) และ (9)

$$O_i = \frac{(\bar{I} \times \Delta t) + S_{i-1} - (O_{i-1} \times \frac{\Delta t}{2}) - S_0}{Q_D + \frac{\Delta t}{2} Y} \quad (8)$$

$$S_i = (Q_D \times O_i) + S_0 \quad (9)$$

โดย S คือ ปริมาตรเก็บกัก, S_0 คือ
ปริมาตรเก็บกักเริ่มต้น, \bar{I} คืออัตราการไหลเข้าเฉลี่ย,
 O คือ อัตราการไหลออก, Q_D คือ อัตราการระบายน้ำ
ของเขื่อน และ Δt คือ ช่วงเวลาของอัตราการไหลเข้า
จากนั้นนำค่าอัตราการไหลออกจากเขื่อนและ
ปริมาตรน้ำที่เก็บกักไว้โดยอ่างเก็บน้ำมาประเมิน
ความสามารถในการบรรเทาอุทกภัยของเขื่อนแก่งเสือ
เต้นได้จากสมการที่ (10) และ (11)

$$\text{Flood attenuation ratio} = \frac{\text{Peak Outflow}}{\text{Peak Inflow}} \quad (10)$$

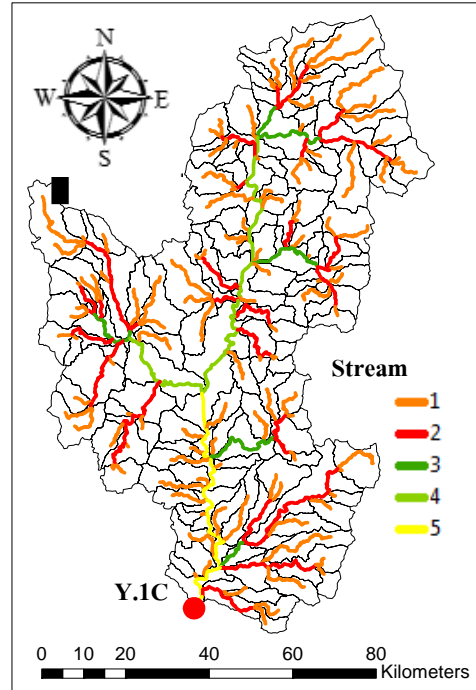
$$\text{Flood storage ratio} = \frac{\text{Max storage}}{\text{Total inflow volume}} \quad (11)$$

5. ผลการดำเนินงาน

5.1 การประมวลผลเชิงพื้นที่

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูล DEM สามารถแบ่งลำดับ
ชั้นการไหลของลำน้ำ (Stream Order) พร้อมกับพื้นที่
รับน้ำย่อยของแต่ละเส้นลำดับชั้นการไหลได้ดังรูปที่ 3
โดยพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดจะถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อย
อ้างอิงตามขอบเขตพื้นที่รับน้ำของแต่ละเส้นลำดับชั้น
การไหลของลำน้ำ(Stream Order) ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
กับลักษณะทางกายภาพต่างๆของลุ่มน้ำจากการ

วิเคราะห์มีค่าแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งได้มาจากการเฉลี่ย
ค่าของตัวแปรทั้งหมดเป็นหนึ่งค่าต่อหนึ่งพื้นที่รับย่อย
ซึ่งต่างจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสอบ
เทียบผลการจำลองซึ่งกำหนดให้ใช้เป็นค่าเดียวกันทั้ง
พื้นที่ลุ่มน้ำ



รูปที่ 3 พื้นที่ย่อยและเส้นลำดับชั้นการไหลลำน้ำ

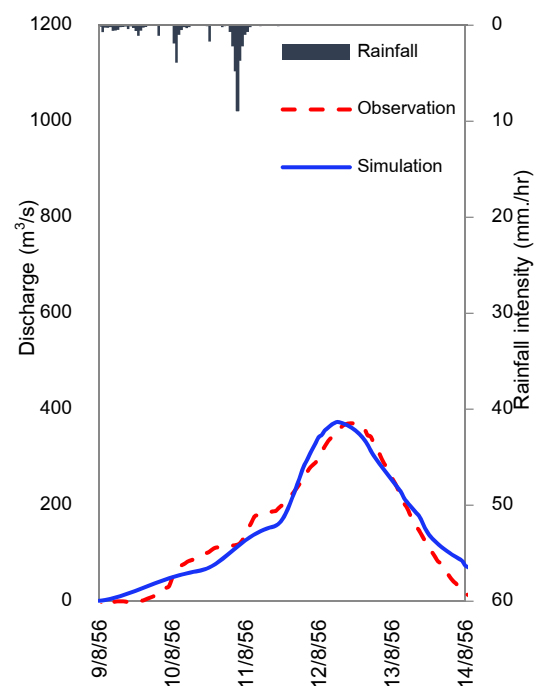
5.2 การจำลองสภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำยมตอนบน

การพิจารณาเลือกข้อมูลน้ำฝนน้ำท่าในช่วง
ระหว่างวันที่ 9 - 14 สิงหาคม, 30 สิงหาคม - 4
กันยายน พ.ศ. 2556 และ 30 สิงหาคม - 6 กันยายน
พ.ศ. 2557 มาใช้ในการศึกษา เนื่องจากเป็นช่วงที่มี
ข้อมูลถูกต้องครบถ้วนมากที่สุด อีกทั้งเป็นช่วงที่มี
ปริมาณความชื้นฝนและค่าอัตราการไหลสูงสุดในแต่
ละปี รวมถึงมีเหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลันเกิดขึ้นในพื้นที่
ลุ่มน้ำยมตอนบน โดยตำแหน่งที่มีความเหมาะสมต่อ
การศึกษาพฤติกรรมของเขื่อนแก่งเสือเต้น คือที่
ตำแหน่งสถานีตรวจวัด Y.20 ซึ่งตั้งอยู่ตอนบนตำแหน่ง
ที่ใกล้เคียงกับเขื่อน แต่ทว่าข้อมูลปริมาณน้ำท่าราย
ชั่วโมงในบางช่วงเวลาที่ทำการศึกษาไม่ครบถ้วน จึงมี
ความจำเป็นที่จะต้องนำข้อมูลจากสถานี Y.1C มาใช้ใน
การศึกษาแทน

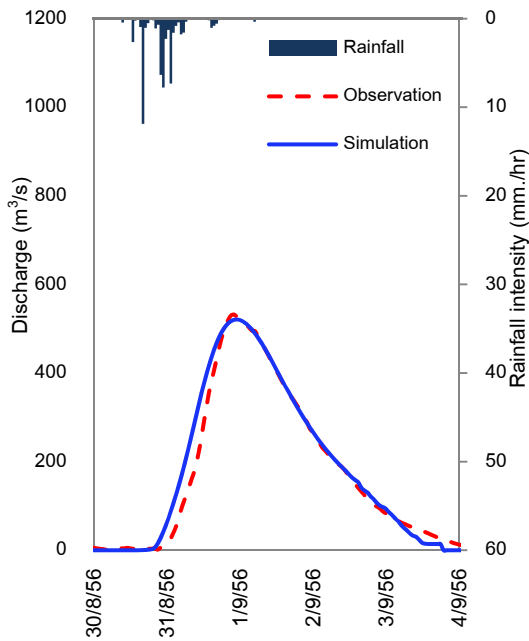
ตารางที่ 2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพ

	Order				
	1	2	3	4	5
A_{total} (sq.km.)	7555.934				
B_{outlet} (m.)	118				
N_i	118	29	7	2	1
\bar{L}_{Ci} (m.)	7.072	14.153	14.686	57.379	71.087
\bar{A}_i (sq.km.)	38.268	177.776	604.124	2614.630	7555.934
P_{OA_i}	0.5976	0.2265	0.0924	0.0534	0.0301
\bar{s}_{O_i} (m/m)	0.144	0.116	0.105	0.105	0.0087
\bar{s}_{C_i} (m/m)	0.00085	0.0006140	0.000590	0.000182	0.000160

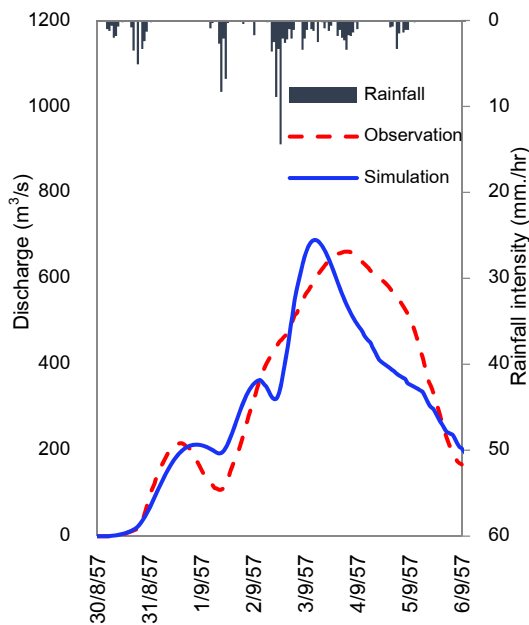
เมื่อเปรียบเทียบผลการจำลองปริมาณน้ำท่ารายชั่วโมงในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน กับข้อมูลน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีตรวจวัด Y.1C พบว่า ผลการจำลองสภาพน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง KW-GIUH มีความใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด โดยชุดค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองในช่วงวันที่ 9 - 14 สิงหาคม และ 30 สิงหาคม - 4 กันยายน พ.ศ. 2556 ได้แก่ n_o , n_c และ R_{PCA} มีค่าเท่ากับ 0.70, 0.20 และ 0.23 ตามลำดับ มีค่าดัชนี NSE เท่ากับ 0.945 และ 0.969 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก เมื่อนำค่าของชุดพารามิเตอร์ดังกล่าวมาทำการตรวจพิสูจน์แบบจำลองโดยใช้ข้อมูลพายุฝนที่เกิดขึ้นระหว่างวันที่ 30 สิงหาคม - 6 กันยายน พ.ศ. 2557 ผลปรากฏว่ามีค่าดัชนี NSE เท่ากับ 0.843 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี แสดงให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์ชุดนี้เป็นตัวแทนที่ดีและเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน และเมื่อพิจารณาจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าและความเข้มข้นกับช่วงระยะเวลาที่ฝนตกรายชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 4 ถึง 6 พบว่าผลการจำลองในช่วงแรกจนถึงจุดที่อัตราการไหลมีค่าสูงสุด (Peak flow) มีความแม่นยำน้อยกว่าช่วงที่อัตราการไหลมีค่าลดลง



รูปที่ 4 ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าและความเข้มข้นกับช่วงระยะเวลาที่ฝนตกรายชั่วโมงที่สถานี Y.1C ในช่วงระหว่างวันที่ 9 - 14 สิงหาคม พ.ศ. 2556



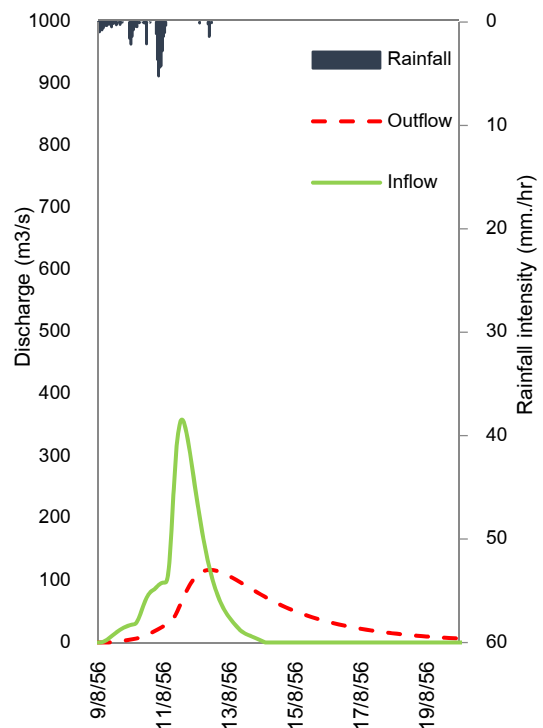
รูปที่ 5 ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำท่าและความเข้มข้นกับช่วงระยะเวลาที่ฝน ตกรายชั่วโมงที่สถานี Y.1C ในช่วงระหว่างวันที่ 30 สิงหาคม - 4 กันยายน พ.ศ. 2556



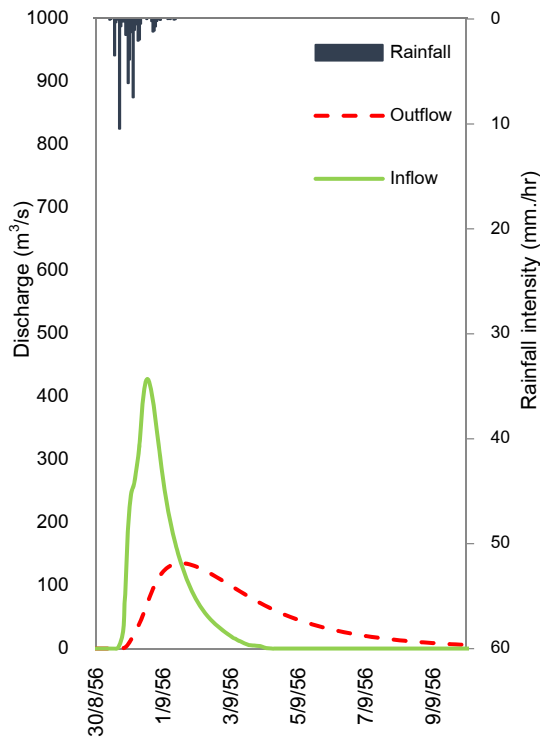
รูปที่ 6 ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำท่าและความเข้มข้นกับช่วงระยะเวลาที่ฝน ตกรายชั่วโมงที่สถานี Y.1C ในช่วงระหว่างวันที่ 30 สิงหาคม - 6 กันยายน พ.ศ. 2557

5.3 ประสิทธิภาพในการบรรเทาอุทกภัยของเขื่อน แก่งเสือเต้น

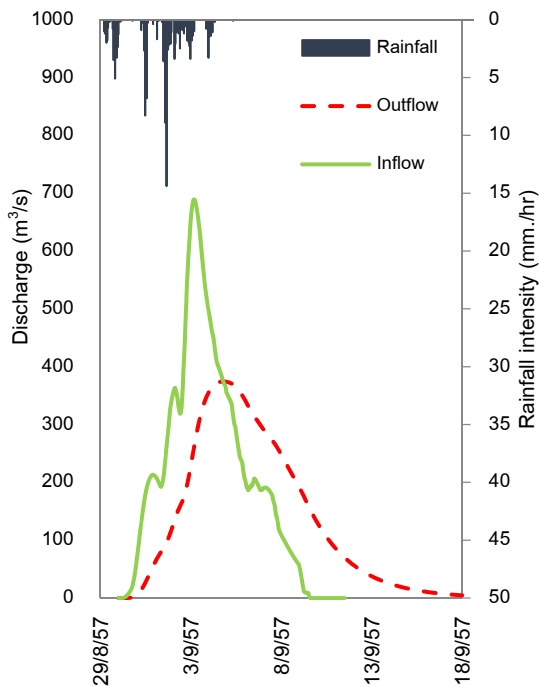
จากผลการศึกษาโดยการประยุกต์ใช้ปริมาณ น้ำท่าที่เกิดขึ้นจากพายุในช่วงวันที่ 9 -14 สิงหาคม, 30 สิงหาคม - 4 กันยายน พ.ศ.2556 และ 30 สิงหาคม - 6 กันยายน พ.ศ.2556 ซึ่งเป็นช่วงที่มีเหตุการณ์อุทกภัย เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน เพื่อประเมิน ประสิทธิภาพในการบรรเทาอุทกภัยของเขื่อนแก่งเสือ เต้น แสดงดังรูปที่ 7 และ 9 รวมถึงตารางที่ 3 พบว่า หากปริมาณน้ำเคลื่อนตัวผ่านเขื่อนแก่งเสือเต้นจะทำให้ เวลาที่เกิดปริมาณการไหลสูงสุดช้าลงไปเป็นเวลา ประมาณ 24-30 ชั่วโมง อีกทั้งเขื่อนแก่งเสือเต้นมี ประสิทธิภาพในการลดค่าอัตราการไหลสูงสุดของ ปริมาณน้ำหลากได้เฉลี่ยเท่ากับ 39% ซึ่งใกล้เคียงกับ การศึกษาของศูนย์อุทกวิทยา ชลประทานภาคเหนือ ตอนบนที่ประเมินได้ 44%[6] และสามารถเก็บกัก ปริมาณน้ำหลากไว้ได้เฉลี่ยถึง 52%



รูปที่ 7 ภาพแสดงปริมาณน้ำไหลเข้าและไหลออก จากเขื่อนแก่งเสือเต้น จากการจำลองช่วงวันที่ 9 -14 สิงหาคม พ.ศ.2556



รูปที่ 8 ภาพแสดงปริมาณน้ำไหลเข้าและไหลออก
จากเขื่อนแก่งเสือเต้น จากการจำลองช่วงวันที่ 30
สิงหาคม - 4 กันยายน พ.ศ.2556



รูปที่ 9 ภาพแสดงปริมาณน้ำไหลเข้าและไหลออก
จากเขื่อนแก่งเสือเต้น จากการจำลองช่วงวันที่ 30
สิงหาคม - 6 กันยายน พ.ศ.2557

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการบรรเทาอุทกภัยของเขื่อน
แก่งเสือเต้น

	9-14 ส.ค. 2556	30 ส.ค. - 4 ก.ย. 2556	30 ส.ค. - 6 ก.ย. 2557
Peak inflow (m ³ /s)	358.74	428.18	689.02
Peak outflow (m ³ /s)	113.71	135.96	374.53
Max storage (MCM)	24.95	28.56	78.68
Total inflow volume (MCM)	40.47	49.24	225.46
Flood attenuation ratio	0.32	0.32	0.54
Flood storage ratio	0.62	0.58	0.35

6. สรุป

แบบจำลอง KW-GIUH สามารถจำลองสภาพ
น้ำท่ารายชั่วโมงในพื้นที่ลุ่มน้ำมตอนบนได้เป็นอย่างดี
ดี เมื่อพิจารณาจากกราฟน้ำท่าที่มีความสอดคล้องกับ
ข้อมูลตรวจวัดและการตรวจสอบประสิทธิภาพของ
แบบจำลองด้วยค่า NSE ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก อีกทั้ง
ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีวิเคราะห์การ
เคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ เพื่อ
ประเมินประสิทธิภาพในการบรรเทาอุทกภัยของเขื่อน
แก่งเสือเต้นได้ดีเช่นกัน โดยแบบจำลอง KW-GIUH มี
การใช้งานที่ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับนำไปใช้งานใน
การประเมินการเกิดอุทกภัยแบบจับพลันในช่วงที่มี
พายุฝนตกหนักหรือนำไปประยุกต์ใช้ในด้านการศึกษา
ภัยน้ำท่วม โดยใช้งานร่วมกับระบบการเตือนภัยน้ำ
ท่วมแบบ Real time เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่หรือผู้
ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถเตรียมการรับมือได้อย่าง
ทัน่วงทีเมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงจุดวิกฤต แต่

แบบจำลอง KW-GIUH ยังมีขีดจำกัด คือ สามารถใช้งานได้เฉพาะในการจำลองปริมาณน้ำท่ารายชั่วโมงเท่านั้น อีกทั้งหากใช้งานในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่มากเกินไปผลการจำลองที่ได้อาจมีความแม่นยำลดลง

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำหรับการสนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัย และกรมชลประทานสำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูล ปริมาณน้ำฝนและอัตราการไหล ซึ่งคณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] เสมอชน ธนพัช. (2560, มกราคม.12). *เขื่อนแก่งเสือเต้น คณาจารย์พดนี้กับป่าสักทองผืนสุดท้าย*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.web.greenworld.or.th/library/environment-popular/1426>
- [2] K. T. Lee and B. C. Yen, "Geomorphology and Kinematic - Wave - Based Hydrograph Derivation," *J. Hydraul. Engrg. ASCE.*, vol. 2 (1), pp. 73–80, 1997.
- [3] K. T. Lee. "Runoff Prediction in Ungauged Watersheds". *International Workshop on Computational Hydrometeorology and Prof. H. L. Kuo's Memorial Symposium*. 15/10/2007. NCHC, (2007).
- [4] K. T. Lee, "Generating Design Hydrographs by DEM Assisted Geomorphic Runoff Simulation: A Case Study," *J. American Water Resour. Assoc.*, vol. 34(2), pp. 375–384, 1998.
- [5] สำนักชลประทานที่ 1. (2559, ตุลาคม.19). การบริหารจัดการน้ำแม่น้ำยม, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: irrigation.rid.go.th/rid4/jone_water/data/2552/pland/25-06-52/ES01.doc

- [6] กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2560, มกราคม.12). *แก่งเสือเต้นกับการแก้ไขปัญหาลุ่มน้ำยม*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: irrigation.rid.go.th/rid3/om3/datafile/news/ken_gseaten_160854.pdf
- [7] K. T. Lee, "Reservoir attenuation of floods from ungauged basins," *Hydrological Sciences Journal*, vol. 46(3), pp. 349-362, 2009.