การวิเคราะห์ความจุลำน้ำของแม่น้ำลำภาชี ด้วยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11

An Analysis on Discharge Carrying Capacity of Lam Pachi River by MIKE11 Model

ดวงนภา วานิชสรรพ์ วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ห้องปฏิบัติการวิจัยการจำลองระบบทรัพยากรน้ำด้วยคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศ (WRCMIS Lab)
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11 เพื่อจำลองการไหลแบบ 1 มิติในแม่น้ำลำภาชี และวิเคราะห์ด้านอุทกภัยของลุ่มน้ำ โดยเริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลระดับน้ำ อัตราการไหล และโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ตรวจวัดได้ในช่วงปี พ.ศ. 2549 - 2558 และการสำรวจข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำและทุ่งน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2559 ต่อมาได้ทำการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่า K.61 และ K.62 ซึ่งพบว่า ค่า R^2 และ RMSE อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ หลังจากนั้นได้นำแบบจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความจุลำน้ำและความลึกน้ำในแต่ละจุดของแม่น้ำลำภาชี ผลการศึกษาพบว่า บริเวณด้านท้ายน้ำของแม่น้ำลำภาชีช่วงกม.ที่ 60+001 ถึง กม.ที่ 71+759 มีความจุลำน้ำเฉลี่ยมากที่สุด คือ 669 cms นอกจากนี้ยังพบว่าความจุลำน้ำเฉลี่ยของแม่น้ำลำภาชีทั้งสายมีค่าเท่ากับ 364 cms ส่วนช่วงลำน้ำบริเวณระหว่าง กม.ที่ 40+001 ถึง กม.ที่ 50+000 ของแม่น้ำลำภาชี ที่ อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี จะมีความจุลำน้ำเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 170 cms ซึ่งสอดคล้องกับความลึกน้ำต่ำที่สุดโดยส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 4.00 m ดังนั้น ช่วงลำน้ำบริเวณดังกล่าวจึงเป็นอุปสรรคในการไหลของน้ำในแม่น้ำลำภาชีและจะต้องดำเนินการแก้ไขปัญหานี้ต่อไป

คำสำคัญ : อุทกภัย แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ แบบจำลอง MIKE11 ลำภาชี

Abstract

The study was carried out by an application of MIKE11 hydrodynamic model in order to simulate one dimensional flow in Lam Pachi river and analyze flooding in this river basin. First, the observed data of water level, discharge, and rating curves were collected in the period of 2006 – 2015. The river cross sections of Lam Pachi river and flood plain were surveyed in the year of 2016. The model calibration and verification were later carried out at the runoff station K.61 and K.62. The result found that R^2 and RMSE were accepted. Furthermore, calibrated hydrodynamic model was applied to analyze the discharge carrying capacity and river depth for each cross section in Lam Pachi river. It found that the downstream

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

portion of Lam Pachi river between KM. 60+001 to KM. 71+759 has a maximum of average discharge carrying capacity around 669 cms. In addition, the average discharge carrying capacity of all portions of Lam Pachi river was around 364 cms. The river portion between KM. 40+001 to KM. 50+000 at amphoe Dan MaKhamTia, Kanchanaburi Province has a minimum of average discharge carrying capacity around 170 cms and corresponding to the minimum of river depth which almost have values below 4 meters. Thus, this river portion was an obstacle for the river flow in Lam Pachi river and had to be resolved this problem further.

Keywords : Flooding, Hydrodynamic Model, MIKE11 model, Lam Pachi

1. บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่ามหาศาลและมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต หากพื้นที่ใดขาดแคลนน้ำก็ทำให้เกิดปัญหาความแห้งแล้ง หรือพื้นที่ใดมีน้ำมากเกินไปก็จะทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังดังเช่นพื้นที่ในลุ่มน้ำลำภาชีที่มักประสบปัญหาอุทกภัยซ้ำซาก เหตุผลหลักมาจากสภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำที่ไม่เอื้ออำนวย ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน ซึ่งมีการบุกรุกถางป่าเพื่อใช้เป็นที่ทำกิน การก่อสร้างอาคารรุกล้ำลำน้ำ อีกทั้งปัญหาการกัดเซาะพังทลายของดินจนเกิดตะกอนทับถมเป็นปริมาณมาก

หากรวบรวมสถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี พบว่า เมื่อปี พ.ศ. 2548-2551 เกิดน้ำท่วมฉับพลันและน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่ ต.หนองไผ่ ต.ด่านมะขามเตี้ย ต.จรเข้เผือก อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี และ อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี และปี พ.ศ. 2553 เกิดอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี อ.บ้านคา อ.สวนผึ้ง อ.จอมบึง จ.ราชบุรี เป็นต้น ซึ่งจะสอดคล้องกับข้อมูลความเสียหายและจำนวนเงินที่ทางสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยต้องช่วยเหลือประชาชนในจังหวัดกาญจนบุรีคิดเป็นมูลค่าการให้ความช่วยเหลือประมาณ 10 ล้านบาทต่อปี

ดังนั้น หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องจึงได้ทำการศึกษาหาทางแก้ไขปัญหาอุทกภัยในลุ่มน้ำลำภาชี อาทิเช่น ในปี พ.ศ. 2547 กรมชลประทานได้แต่งตั้งคณะทำงานโครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำภาชี จังหวัดราชบุรี–กาญจนบุรี เพื่อหาแนวทางในการศึกษาแผนพัฒนาลุ่มน้ำและการศึกษาความเหมาะสมโครงการแก้ปัญหาภัยแล้งและบรรเทาอุทกภัย ลุ่มน้ำลำภาชี จังหวัดราชบุรี–กาญจนบุรี ผลการศึกษาครั้งนี้

ก่อให้เกิดการจัดทำแผนงานโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขึ้น ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2555 กรมชลประทานได้ทำการศึกษาการโครงการบริหารจัดการน้ำแก้ปัญหาภัยแล้งและบรรเทาอุทกภัยของลุ่มน้ำลำภาชี จังหวัดกาญจนบุรี และราชบุรี เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาการพัฒนาแหล่งน้ำอย่างเป็นระบบ ผลการศึกษาและวิเคราะห์ทางเลือกด้านต่างๆ สามารถสรุปเป็นองค์ประกอบและลักษณะเบื้องต้นของทางเลือกในการแก้ไขปัญหาลุ่มน้ำได้ และเมื่อปี พ.ศ. 2558 กรมทรัพยากรน้ำได้จัดทำแผนการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการภายใต้โครงการผันน้ำข้ามอ่างเก็บน้ำ ซึ่งสำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 7 ได้รับผิดชอบในส่วนของโครงการผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำท่าเคยมากักเก็บไว้ที่อ่างเก็บน้ำห้วยมะหาดแล้วส่งต่อไปยังอ่างเก็บน้ำสำนักไม้เต็ง โดยการเก็บน้ำบางส่วนไว้ในอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่นั้นจะสามารถบรรเทาและชะลอไม่ให้น้ำกว่า 50% ลงมาสมทบกับน้ำจากลำน้ำสาขาบริเวณตอนกลางและตอนปลายของลุ่มน้ำ

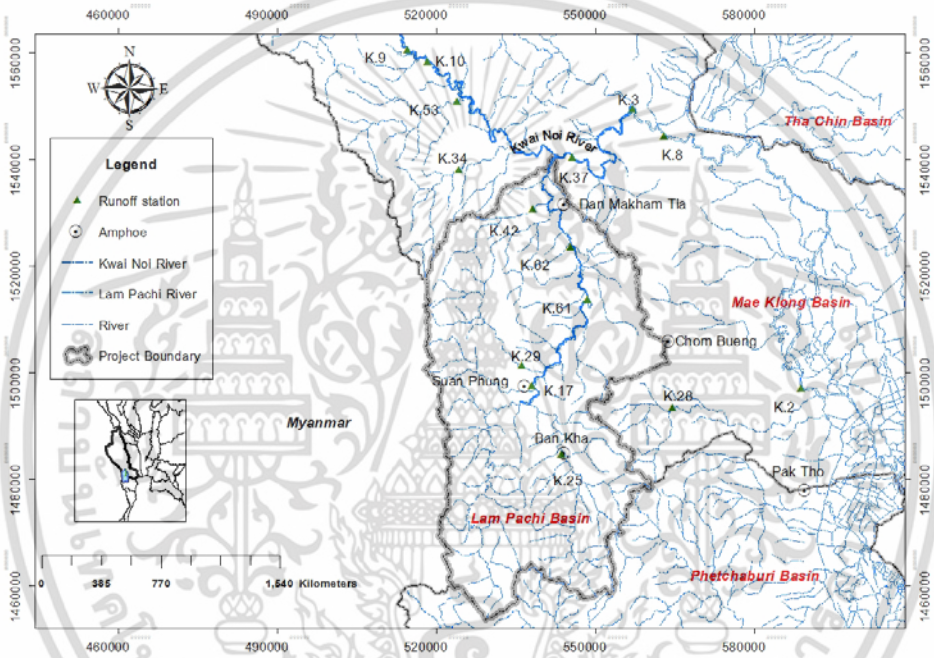
อย่างไรก็ตามถึงแม้จะมีแผนพัฒนาแหล่งน้ำและแผนการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการที่เป็นระบบ แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาเรื่องอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีได้ทั้งหมด เพราะในปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวยังคงเกิดอุทกภัยอย่างรวดเร็วและทวีความรุนแรงมากขึ้น หากไม่มีการรับมือที่ดีย่อมก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนในพื้นที่เป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเครื่องมือที่ทันสมัยรวมถึงข้อมูลทางกายภาพที่เป็นปัจจุบันในการศึกษาหาความจุลำน้ำบริเวณตอนกลางและตอนปลายแม่น้ำลำภาชีที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุทกภัย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในวางแผนสำหรับแก้ปัญหาอุทกภัย

2. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำลำภาชี เป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำแม่กลอง ครอบคลุมพื้นที่ 2 จังหวัด 5 อำเภอ มีความยาวลำน้ำประมาณ 163 กิโลเมตร มีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาที่แบ่งเขตแดนระหว่างจังหวัดราชบุรีและเพชรบุรี มีลำน้ำย่อย 24 สาย ตลอดช่วงลำน้ำลำภาชี มีพื้นที่ 2,558 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ทางตอนล่างของลุ่มน้ำแม่กลอง มีอาณาเขตดังนี้ ทิศเหนือติดต่อกับลุ่มน้ำแม่น้ำแควน้อยตอนล่าง ทิศใต้ติดต่อกับลุ่มน้ำเพชรบุรี ทิศตะวันออกติดต่อกับลุ่มน้ำที่ราบแม่กลอง และทิศตะวันตกติดต่อกับประเทศสาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า [1] แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำลำภาชี

3. หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11 [2] ซึ่งมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการคำนวณทางอุทกพลศาสตร์ของการไหลในลำน้ำ คือ 1) กฎทรงมวล โดยยึดหลักว่าด้วยการไม่สูญสลาย/หายไปของมวลน้ำ และ 2) กฎของแรงกระทำโดยหากมีแรงกระทำที่ไม่สมดุลจะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ สามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{2Q}{A}\frac{\partial Q}{\partial x}+\left(g\frac{A}{B}-\frac{Q^2}{A^2}\right)\frac{\partial Q}{\partial x}+gA\left(S_f-S_0\right)=0 \quad (2)$$

เมื่อ Q = ปริมาณการไหล (cms)

A = พื้นที่หน้าตัดลำน้ำของจุดที่คำนวณการไหล (m^2)

T = เวลา (s)

x = ระยะทาง (m)

B = ความกว้างของลำน้ำ (m)

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (m/s^2)

S_f = ความเสียดทานลำน้ำ

S_0 = ความลาดเอียงของท้องน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการทั้ง 2 ข้างต้นเป็นแบบ Non-linear Second Order Partial Differential Equation ที่ไม่สามารถแก้สมการได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลขและ Finite Difference Method ในการพิสูจน์สมการนี้แทน โดยเลือกค่า Time step ในการคำนวณที่เหมาะสม เพื่อให้แบบจำลองมีเสถียรภาพ ซึ่งพบว่า การตั้งค่า Time Step ขนาดเล็กมากเท่าใดยิ่งส่งผลให้แบบจำลองมีเสถียรภาพมากขึ้นเท่านั้น แต่จะใช้เวลาในการคำนวณนานมากขึ้นด้วยเช่นกัน

ส่วนการวิเคราะห์ความจุลำน้ำนั้นใช้การคำนวณอย่างง่ายจากสมการการไหลของ Manning [3] พิจารณาจากระดับของตลิ่งในแต่ละรูปตัดลำน้ำ โดยระดับของตลิ่งนั้นจะเลือกใช้ค่าระดับของตลิ่งฝั่งที่ต่ำมาใช้ในการคำนวณ

4. วิธีการศึกษา

มีขั้นตอนการศึกษาอย่างรายละเอียดดังนี้

4.1 การสร้างแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11

ทำการสำรวจข้อมูลร่องน้ำและแนวตลิ่งของแม่น้ำลำภาชีในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน 2559 โดยแม่น้ำลำภาชีมีระยะทางรวม 74.759 km เริ่มตั้งแต่สถานีวัดน้ำท่า K.17 บ้านบ่อ อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี ถึงจุดบรรจบแม่น้ำแควน้อยดังแสดงในรูปที่ 1 และมีจำนวนรูปตัดลำน้ำ 213 รูปตัด ส่วนแม่น้ำแควน้อยเริ่มตั้งแต่ท้ายสถานีวัดน้ำท่า K.10 บ้านลุ่มสุ่ม อ.ไทรโยก จ.กาญจนบุรี ถึงจุดบรรจบแม่น้ำแควใหญ่ มีจำนวนรูปตัดลำน้ำ 21 รูปตัด คิดเป็นระยะทางรวม 97.591 km หลังจากนั้นนำข้อมูลรูปตัดลำน้ำเข้าสู่ฐานข้อมูลของแบบจำลอง MIKE11 เพื่อสร้างแผนที่โครงข่ายแม่น้ำ

4.2 การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับเทียบ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำ หรือ Manning's n ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ Manning's n จะแสดงถึงความเสียดทานต่อการไหลของน้ำในทางน้ำเปิด โดยค่า Manning's n ในทางน้ำเปิดของทางน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปแล้วจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.05 และค่า Manning's n ในคลองส่งน้ำดาดคอนกรีตจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.013-0.015 [4]-[5] สำหรับการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองอุทกพลศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) การปรับเทียบแบบจำลองฯ โดยใช้การไหลแบบ Steady State เริ่มจากทำการพิจารณาที่สถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ในลำน้ำสายหลัก และมีรูปตัดตรงกับรูปตัดที่อยู่ในแบบจำลอง MIKE11 ซึ่งจากการพิจารณาพบว่ามีสถานีวัดน้ำท่าในแม่น้ำลำภาชี จำนวน 2 สถานี คือ สถานีวัดน้ำท่า K.61 และ K.62 ของกรมชลประทาน ส่วนในแม่น้ำแควน้อย จำนวน 1 สถานี คือ สถานีวัดน้ำท่า K.37 ของกรมชลประทาน จากนั้นกำหนดขอบเขตเหนือน้ำและท้ายน้ำ โดยกำหนดให้รูปตัดแรกบริเวณด้านท้ายน้ำของสถานีวัดน้ำท่า K.17 เป็นขอบเขตด้านเหนือน้ำของแบบจำลองในแม่น้ำลำภาชี และรูปตัดบริเวณสถานี K.10 เป็นขอบเขตด้านเหนือน้ำของแบบจำลองในแม่น้ำแควน้อย ส่วนขอบเขตด้านท้ายน้ำจะใช้ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณการไหล (Rating Curves) ที่สถานี K.3 ขั้นตอนในการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11 มีดังนี้

(1) ทำการวิเคราะห์หา Rating Curves ของสถานีวัดน้ำท่า K.61, K.62 และ K.37 ซึ่งได้จากการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ. 2558

(2) สมมติค่าปริมาณการไหลที่ขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upper Boundary) ให้มีค่าคงที่ (Steady State) ซึ่งปริมาณการไหลสูงสุดจะต้องเท่ากับปริมาณน้ำนองสูงสุดของลำน้ำ ในแม่น้ำลำภาชีและแม่น้ำแควน้อยจะใช้ค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 5-500 และ 5-800 m^3/s ตามลำดับ ส่วนขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Lower Boundary) กำหนดให้เป็น Rating Curves ของสถานี K.3 ในแม่น้ำแควน้อย

2) การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองฯ โดยใช้ข้อมูลเหตุการณ์ในอดีต (Historical Event) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำที่ปรับเทียบมาได้ โดยพิจารณาใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2549-2553 สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองฯ และข้อมูลช่วงปี พ.ศ. 2554-2558 ซึ่งใกล้เคียงกับข้อมูลรูปตัดลำน้ำที่ได้สำรวจใหม่นั้นจะถูกใช้เป็นข้อมูลในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวัดผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองฯ

การวัดผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองฯ ซึ่งจะใช้ค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จริง และตรวจสอบประสิทธิผลด้วยค่าดัชนีทางสถิติ จำนวน 2 ดัชนี [6] คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ correlation coefficient (R^2) และค่า Root Mean Square Error (RMSE) โดยค่า R^2 ต้องมากกว่า 0.6 และค่า RMSE ต้องมีค่าน้อยที่สุด จึงจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระลำน้ำมีความน่าเชื่อถือ

4.4 การประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองฯ ในการวิเคราะห์ความลึกน้ำในแต่ละจุดในแม่น้ำลำภาชีเพื่อประเมินประสิทธิภาพการไหลในแต่ละช่วงลำน้ำ โดยค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองฯ เป็นความลึกน้ำของแต่ละรูปตัด นอกจากนี้แบบจำลองดังกล่าวยังสามารถหาความจุลำน้ำของแม่น้ำลำภาชีได้ โดยพิจารณาแบ่งช่วงลำน้ำออกเป็น 5 ช่วง ช่วงละ 10 km และกำหนดให้แบบจำลองฯทำการวิเคราะห์อัตราการไหลในแต่ละรูปตัดลำน้ำ เมื่อระดับน้ำสูงสุดเท่ากับค่าระดับตลิ่งที่ต่ำกว่าระหว่างค่าระดับของตลิ่งฝั่งซ้ายและตลิ่งฝั่งขวา ผลลัพธ์ที่ได้คือ ประสิทธิภาพการไหลของน้ำแบบเต็มตลิ่ง

5. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

5.1 ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11

เนื่องจากปริมาณการไหลที่ระดับน้ำเดียวกันมีการเปลี่ยนแปลงทุกปี ค่า Manning's n ของแม่น้ำลำภาชีทั้งในลำน้ำและทุ่งน้ำท่วมที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองฯ จึงมีค่าเท่ากับ 0.033-0.100 และ 0.200 ตามลำดับ ส่วนค่า Manning's n ของแม่น้ำแควน้อยทั้งในลำน้ำและทุ่งน้ำท่วมมีค่าเท่ากับ 0.0286 และ 0.100 ตามลำดับ สำหรับรายละเอียดของค่า Manning's n ของแม่น้ำแสดงดังตารางที่ 1 นอกจากนี้ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองฯ ยังพบว่า ค่าดัชนีทางสถิติ คือ ค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.92 และ 0.89 ตามลำดับ และ ค่า RMSE มีค่าเท่ากับ 0.62 และ 0.75 m ตามลำดับ แสดงว่าผลการคำนวณจากแบบจำลองฯ ซึ่งผ่านเกณฑ์การปรับเทียบฯ และได้แสดงผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์ค่าระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองฯกับค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จริงบริเวณสถานี K.62 ในรูปที่ 2 และรูปที่ 3 ตามลำดับ

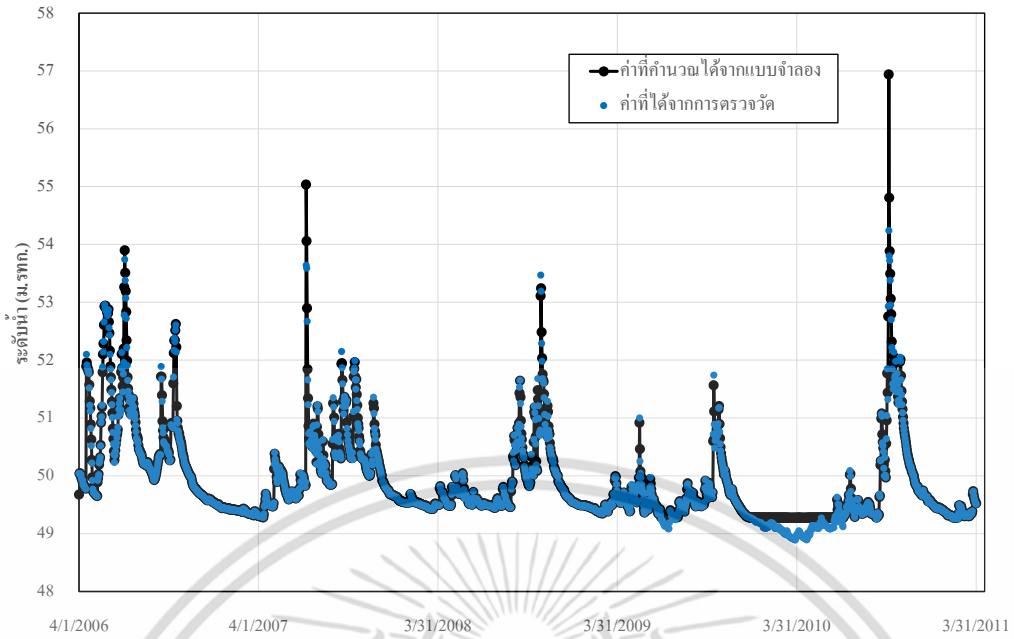
ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n) ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง MIKE11

ชื่อลำน้ำ	ช่วงลำน้ำ	Manning's n
แม่น้ำลำภาชี	ตั้งแต่สถานีวัดน้ำท่า K.17 บ้านบ่อ อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี ของ	
- ในลำน้ำ (Channel)	กรมชลประทาน ถึงจุดบรรจบแม่น้ำแควน้อย ระยะทางรวม	0.033–0.100
- ทุ่งน้ำท่วม (Flood plain)	71.759 km	0.200
แม่น้ำแควน้อย	ตั้งแต่ท้ายสถานีวัดน้ำท่า K.10 บ้านลุ่มสุ่ม อ.ไทรโยก	
- ในลำน้ำ (Channel)	จ.กาญจนบุรี ถึงจุดบรรจบแม่น้ำแควใหญ่ ระยะทางรวม	0.0286
- ทุ่งน้ำท่วม (Flood plain)	97.591 km	0.100

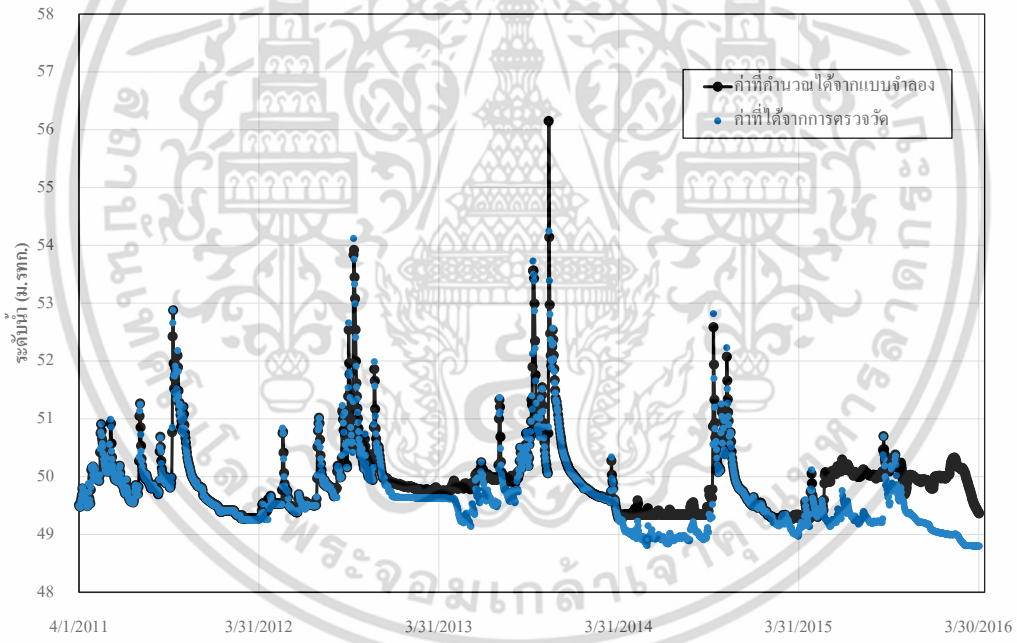
5.2 ผลการวิเคราะห์ความลึกน้ำในแต่ละจุดในแม่น้ำลำภาชี

จากการวิเคราะห์ระดับความลึกน้ำของแต่ละรูปตัดด้วยแบบจำลอง MIKE11 พบว่า บริเวณ อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี มีความลึกน้ำอยู่ในช่วงไม่เกิน 4 m ซึ่งบริเวณดังกล่าวมีการวางตัวของแม่น้ำแบบโค้งตวัด (Meander river) และด้านท้ายน้ำบริเวณจุดบรรจบระหว่างแม่น้ำลำภาชีกับแม่น้ำแควน้อยจะมีความลึกน้ำอยู่ในช่วง 12.01-16.00 m นอกจากนี้ช่วงความลึกน้ำในช่วง 4.01-8.00 m มีจำนวนรูปตัดขวางมากที่สุด คือ 168 รูปตัด โดยมีระยะทางสะสมประมาณ 59.34 km ส่วนช่วงความลึกน้ำอยู่ที่ 12.01-16.00 m จะมีจำนวนรูปตัดขวางน้อยที่สุด คือ มีเพียง 6 รูปตัด เท่านั้น และระยะทางสะสมประมาณ 2.12 km ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ผลการปรับเทียบแบบจำลองฯ ที่สถานี K.62



รูปที่ 3 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองฯ ที่สถานี K.62

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความลึกน้ำต่ำสุดในแต่ละจุดในแม่น้ำลำภาชี

ช่วงระดับความลึกน้ำต่ำสุด	จำนวน (รูปตัด)	ระยะทางสะสม (km)
0.00-4.00 m	14	4.95
4.01-8.00 m	168	59.34
8.01-12.00 m	13	4.59
12.01-16.00 m	6	2.12

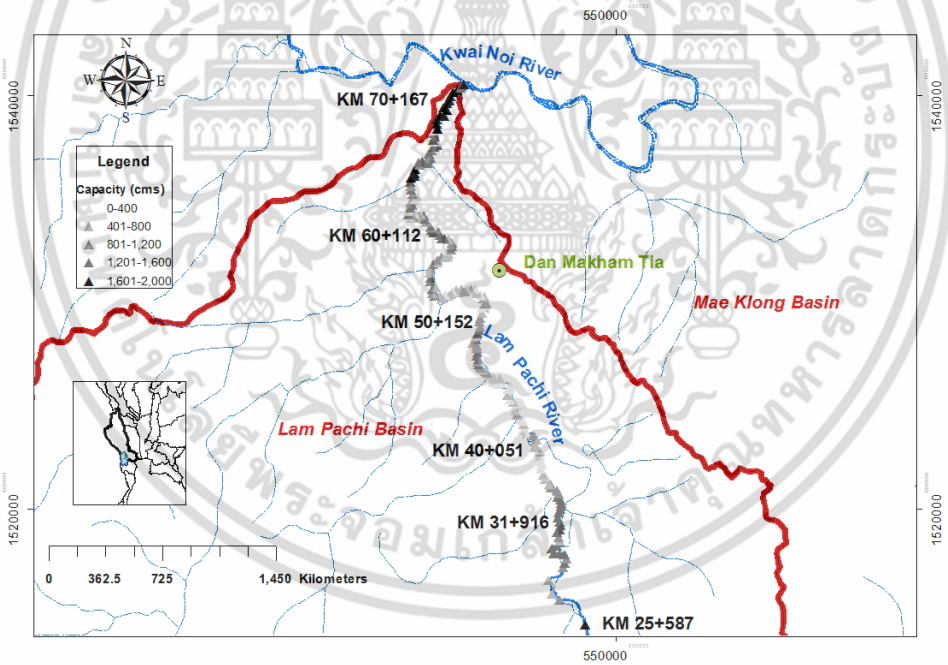
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลการวิเคราะห์ความจุลำน้ำของแม่น้ำลำภาชี

ผลการวิเคราะห์ความจุลำน้ำพบว่า แม่น้ำลำภาชีมีความจุลำน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 170–669 m^3/s และมีความจุลำน้ำเฉลี่ยตลอดช่วงลำน้ำเท่ากับ 364 m^3/s โดยช่วง กม.ที่ 60+001 ถึง กม.ที่ 71-759 มีความจุลำน้ำเฉลี่ยมากที่สุด คือ 669 m^3/s ส่วนช่วง กม.ที่ 40+001 ถึง กม.ที่ 50+000 มีความจุลำน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 170 m^3/s นอกจากนี้หากวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและความลึกของลำน้ำพบว่า มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.957 นั่นหมายความว่า อัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำจะสัมพันธ์กับความลึก ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3 และแสดงเป็นแผนที่ตำแหน่งของจุดที่มีความจุลำน้ำต่างๆ ในรูปที่ 4

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความจุลำน้ำและความลึกลำน้ำของแม่น้ำลำภาชีด้วยแบบจำลอง MIKE11

แม่น้ำลำภาชี	ความจุลำน้ำเฉลี่ย (m^3/s)	ความลึกเฉลี่ย (m)
- กม.ที่ 25+587 ถึง กม.ที่ 30+000	600	5.74
- กม.ที่ 30+001 ถึง กม.ที่ 40+000	300	5.50
- กม.ที่ 40+001 ถึง กม.ที่ 50+000	170	4.86
- กม.ที่ 50+001 ถึง กม.ที่ 60+000	214	5.25
- กม.ที่ 60+001 ถึง กม.ที่ 71+759	669	7.38
ค่าเฉลี่ยตลอดช่วงลำน้ำ	**364**	**5.83**



รูปที่ 4 ตำแหน่งความจุลำน้ำต่างๆ ในแม่น้ำลำภาชี

6. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาในเรื่องการวิเคราะห์ความจุลำน้ำของแม่น้ำลำภาชีด้วยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11 พบว่า ความจุลำน้ำเฉลี่ยของแม่น้ำลำภาชีทั้งสายที่มีค่าเท่ากับ 364 m^3/s ส่วนบริเวณท้ายน้ำของแม่น้ำลำภาชีช่วง กม.ที่ 60+001 ถึง กม.ที่ 71+759 มีความจุลำน้ำเฉลี่ยมากที่สุด คือ 669 m^3/s และบริเวณตอนล่างระหว่าง กม.ที่ 40+001 ถึง กม.ที่ 50+000 ของแม่น้ำลำภาชี อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี จะมีความลึกต่ำที่สุด ส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 4.00 m ซึ่งสอดคล้องกับความจุลำน้ำเฉลี่ยที่มีค่าน้อยที่สุด (170 m^3/s) ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้บริเวณ อ.ด่านมะขามเตี้ย มักจะเกิดอุทกภัยซ้ำซาก ดังนั้นข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถจะใช้เป็นแนวทางให้หน่วยงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราชการที่เกี่ยวข้องสำหรับการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาอุทกภัยที่จะเกิดขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นการดำเนินการขุดลอกลำน้ำ เพื่อเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำให้รองรับปริมาณการไหลได้มากขึ้น รวมทั้งการปรับปรุงความลาดชันท้องน้ำให้มีความความลาดชันเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยเร่งระบายน้ำและลดระดับน้ำลงจากเดิม ซึ่งไปเป็นตามสมการของ Manning แต่อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาร่วมกันเพื่อหาแนวทางการขุดลอกและปรับปรุงความลาดชันท้องน้ำที่เหมาะสมและยั่งยืนของแม่น้ำลำภาชีต่อไป และต้องพิจารณารวมถึงปริมาณน้ำที่ระบายเพิ่มขึ้นจากแม่น้ำลำภาชีจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อแม่น้ำแควน้อยที่อยู่ถัดมาทางด้านท้ายน้ำให้เกิดการล้นตลิ่งด้วย โดยสามารถนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้ช่วยในการคัดเลือกรูปตัดลำน้ำที่จะขุดลอกและความลาดชันลำน้ำที่เหมาะสมต่อไปได้เป็นอย่างดี

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยการจำลองระบบทรัพยากรน้ำด้วยคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศ (WRCMIS Lab) ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และซอฟแวร์แบบจำลองต่างๆ และขอขอบคุณหน่วยงานกรมชลประทาน และกรมทรัพยากรน้ำที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการศึกษาวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] I. Pituk, “Hydrological Studies of Ungauged Subbasins for Conservation and Restoration of Water Resources and Design Decision Making,” Master Thesis Department of Water Resources Engineering, Kasetsart University, 2014.

[2] W. Taesombat, “A Study of River Mechanics in Lower Pasak River by Mathematical Model,” TSAE Journal, vol. 22, no. 2, pp. 7-16, 2016.

[3] S. Chanyotha and C. Rukvichai, “Basic Hydraulics of Open Channel Flow,” Chulalongkorn University, 2013.

[4] K. Leewatchanakul, “Hydraulics,” Rangsit University, 2015.

[5] C. Chaivijarn, “Hydraulic Engineering,” Chulalongkorn University, 2013.

[6] N. Intaboot and W. Taesombat, “Longitudinal Salinity Intrusion and Dispersion along the Thachin River Due to Sea Level Rise,” Journal of Science and Technology, vol. 3, no. 2, pp. 71-88, 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้