# การจำลองสภาพน้ำท่วมแม่น้ำมูล จังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ. 2562 ด้วยแบบจำลอง Infoworks-ICM กรณีศึกษาอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานี ถึงปากแม่น้ำมูล

# Flooding Simulation In the Mun River Ubonratchathani Province of the Year 2019 Using Infoworks-ICM

# : In Case Study From Mueang Ubonratchathani District To the Estuary of the Mun River

**เสาวณีย์ บุญเลิศ[1,*] กฤษณ์ ศรีวรมาศ[2] และ ฤกษ์ชัย ศรีวรมาศ[3]**

*[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี*
*[3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี*
**Corresponding author; E-mail address: saowanee07_@hotmail.com* Kritubu@gmail.com**rerkchai.s@ubu.ac.th****

## บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการจำลองสภาพน้ำท่วมของแม่น้ำมูล กรณีศึกษาแม่น้ำมูลจากอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานีถึงปากแม่น้ำมูล อันเนื่องมาจากการเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในปี พ.ศ. 2562 โดยทำการจำลองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ Infoworks-ICM โดยรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ปัจจัยข้อมูลที่เป็นพื้นฐานการศึกษา ได้แก่ข้อมูลทางอุตุ-อุทกวิทยา ลักษณะกายภาพของพื้นที่และลำน้ำ ตามระเบียบวิธีการดำเนินการของแบบจำลองสภาพเป็นการศึกษาการไหลแบบหนึ่งมิติ โดยข้อมูลนำเข้าประกอบด้วย ข้อมูลรูปตัดของลำน้ำจำนวน 65 หน้าตัด รวมระยะทางที่ศึกษาตามลำน้ำประมาณ 90 กิโลเมตร และแบบจำลองภูมิประเทศของลุ่มน้ำที่สร้างขึ้นมาจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยมีชลภาพอัตราการไหลที่สถานีเหนือน้ำ และชลภาพระดับน้ำที่สถานีท้ายน้ำของช่วงลำน้ำที่พิจารณาเป็นสภาพขอบเขตด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำตามลำดับ ใช้สมการที่อยู่ในความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำในการสังเคราะห์ข้อมูลปริมาณการไหลบริเวณปากลำน้ำสาขาและใช้เป็นข้อมูลการไหลเข้าด้านข้างให้กับแบบจำลอง (Side flow) ผลการศึกษาที่ได้จากการจำลอง ทำให้ทราบถึงชลภาพระดับน้ำ และขอบเขตของพื้นที่น้ำท่วมซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนการศึกษาสภาพน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2562 และแบบจำลองยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการลำน้ำมูลในช่วงพื้นที่ศึกษาได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: อุทกภัย, แม่น้ำมูล, จังหวัดอุบลราชธานี, แบบจำลองคณิตศาสตร์ Infoworks-ICM

## Abstract

This article presents the results of simulating flooding conditions of the Mun river. A case study of the Mun river from Muang District Ubon Ratchathani Province to Mun River estuary in 2019 using Infoworks-ICM. By collecting and analyzing the data in the basic of model study including to meteorology and hydrology data, characteristics of physical section of Mun River basin along the methodology. Which is a 1-dimensional hydrodynamics model. The imported data consists of the 65 cross-sections, including the distance studied along the river of approximately 90 km, and the topographic model of the watershed created from the system. Geographic information (GIS) with hydraulic flow rates at upstream station and water level irrigation at the downstream station of the river range considered as the condition the upstream and downstream boundaries, respectively, Were used to synthesize the data with the equation related to the flow rate watershed area size. The flow volume at the estuary of the branch and used as the side flow data for the model. And the extent of flooded areas, Which can be used as educational representatives. Flood conditions in 2019 and the model can also be used as a tool for the management of the Mun River during the study area.

Keywords: Flood, Mun River, Ubon Ratchathani Province, Infoworks-ICM

## 1. คำนำ

จังหวัดอุบลราชธานี ตั้งอยู่ส่วนท้ายสุดของลุ่มน้ำมูลตอนล่าง มีลำน้ำใหญ่ที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานีสองสายคือ แม่น้ำมูล และแม่น้ำชี ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานีจึงมีปริมาณมาก ทำให้หลายปีที่ผ่านมาจังหวัดอุบลราชธานีประสบปัญหาอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลากเป็นประจำ

แม่น้ำมูลช่วงไหลผ่านอำเภอเมืองอุบลราชธานีและอำเภอวารินชำราบมีความจุที่รองรับและระบายน้ำที่จำกัด ปัญหาการระบายน้ำในลำน้ำมูลในช่วงฤดูน้ำหลากนั้นเกิดจากสาเหตุปัจจัยต่าง ๆ อันหลากหลาย ดังเช่น

ปริมาณน้ำหลากจากต้นน้ำ หรือน้ำหลากในพื้นที่อันเนื่องมาจากฝนที่ตกหนักและต่อเนื่อง สภาพการระบายน้ำทางด้านท้ายน้ำทั้งจากสภาพท้องน้ำที่สูงต่ำไม่แน่นอน หรือเหตุเกิดจากอาคารชลศาสตร์ที่มนุษย์สร้างขึ้น อันได้แก่ สะพาน เขื่อนปากมูล และการเอ่อของน้ำจากแม่น้ำโขงซึ่งปากแม่น้ำมูลไปเชื่อมชนเป็นต้นนอกจากนี้บริเวณด้านท้ายน้ำของลำน้ำมูลมีลักษณะที่เป็นคอคอด ลำน้ำแคบ สภาพของลำน้ำมูลมีเกาะแก่งตามธรรมชาติ โดยเฉพาะในลำน้ำมูลด้านท้ายอำเภอพิบูลมังสาหาร เป็นอุปสรรคสำคัญต่อการระบายน้ำในสภาวะน้ำหลาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งแก่งสะพือนั้นเป็นเกาะแก่งหินธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่มีลักษณะคล้ายลานหินและดินที่ถูกยกตัวขึ้นมาขวางทิศทางการไหลของน้ำจนเกือบเต็มหน้าตัดการไหลในลำน้ำมูล ท้องน้ำบริเวณแก่งสะพือนั้นมีลักษณะไม่แน่นอน มีความสูงต่ำเป็นช่วงตามการทดตัวทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นสะสมจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ด้วยลักษณะเช่นนี้ทำให้แก่งสะพือทำหน้าที่คล้ายฝายเก็บกักน้ำซึ่งทำให้เกิดปริมาตรกักเก็บในลำน้ำตามระดับของท้องน้ำย้อนกลับไปทางต้นน้ำซึ่งนับเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่สำคัญของจังหวัดอุบลราชธานี อย่างไรก็ตามในห้วงระยะเวลาฤดูน้ำหลากแก่งสะพือก็อาจเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำทางด้านท้ายน้ำในการที่จะไหลไปบรรจบกับลำน้ำโขงในจุดปลายสุดของแม่น้ำมูล ด้วยลักษณะทางกายภาพเช่นนี้ทำให้เกิดผลกระทบต่อการไหลผ่านทั้งจากทางด้านเหนือน้ำไปทางท้ายน้ำ ผลกระทบจากท้ายน้ำมายังแก่งสะพือ หรือเกิดทั้งสองสภาวะขึ้นพร้อมกัน

ดังนั้น เพื่อการศึกษาสภาพจำลองการไหลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาความต่อเนื่องของระดับน้ำตั้งแต่บริเวณอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานีไปจนกระทั่งจุดบรรจบแม่น้ำโขง โดยศึกษาผลกระทบจากสภาพลำน้ำมูลที่มีลักษณะเป็นปัจจุบันจะมีความสามารถของการเก็บกักน้ำของแม่น้ำมูลตั้งแต่อำเภอเมืองอุบลราชธานี ผ่านแก่งสะพือ และแก่งดอนต่าง ๆทั้งนี้จะได้พิจารณาถึงความสามารถในการไหลหลากของแม่น้ำมูลในช่วงหน้าน้ำว่ามีปัญหาและอุปสรรคอย่างไร จากสภาพข้อเท็จจริงดังกล่าวจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลทางกายภาพ อุทกวิทยา อุตุนิยมวิทยา นำมาทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการไหลหลากของน้ำ ซึ่งเครื่องมือที่เป็นที่ยอมรับและใช้งานอย่างแพร่หลายคือแบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) การศึกษาสภาพจำลองการไหลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ได้เลือกแบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWorks-ICM ซึ่งมีความน่าเชื่อถือและมีการประยุกต์ใช้สำหรับศึกษาปัญหาทางด้านวิศวกรรมอย่างกว้างขวาง

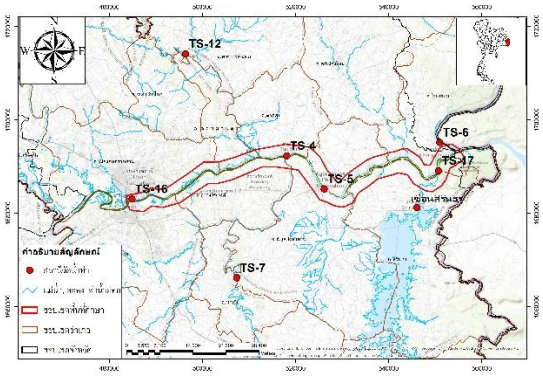
*1.1 วัตถุประสงค์*

1.1.1 เพื่อได้แบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWorks-ICM พื้นที่ลำน้ำมูลอำเภอเมืองอุบลราชธานีถึงปากแม่น้ำมูลไว้สำหรับบริหารจัดการน้ำ

1.1.2 เพื่อได้แบบจำลองในการศึกษาการไหลสภาพน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2562

*1.2 ขอบเขตพื้นที่ทำการศึกษา*

พื้นที่ศึกษาคือ ลำน้ำมูลจังหวัดอุบลราชธานี เริ่มจากสถานี TS-16 (M.7) ซึ่งอยู่บริเวณริมตลิ่งแม่น้ำมูล บริเวณเขตรอยต่อระหว่างอำเภอเมืองอุบลราชธานีและอำเภอวารินชำราบ ถึงปากแม่น้ำมูล อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ระยะทางตามลำน้ำมูลประมาณ 90 กิโลเมตร ดังรูปที่ 1




รูปที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

## 2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

*2.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์*

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ InfoWorks-ICM ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดย HR Wallingford, UK UK (ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็น Innovyze) เป็นแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic) ใช้สำหรับจำลองสภาพการไหลแบบทรงตัว (Steady Flow) และแบบไม่ทรงตัว (Unsteady Flow) ในระบบทางน้ำเปิดโดยอยู่บนพื้นฐานของสมการ Saint Venant แบบเต็มรูปแบบมีการประยุกต์ใช้สำหรับศึกษาปัญหาทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์อย่างกว้างขวาง โดยข้อมูลนำเข้าประกอบไปด้วย โครงข่ายลำน้ำ (River Network) รูปตัดตามขวางลำน้ำ (Cross section) ข้อมูลระดับน้ำหรืออัตราการไหลเบื้องต้นตามเงื่อนไขขอบเขต (Boundary condition) ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ (Manning roughness coefficient) ของลำน้ำและที่ราบริมฝั่ง ทั้งนี้ InfoWorks-ICM จะทำการคำนวณการหลากชลภาพอัตราการไหลไปตามลำน้ำ และเมื่อระดับน้ำสูงเกินตลิ่งก็จะไหลออกสู่ที่ราบริมฝั่งโดยใช้ข้อมูลพิกัดและระดับความสูงของภูมิประเทศจากแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำในการประมวลผล การทำงานของ InfoWorks-ICM มีสมการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1.1 การไหลแบบไม่คงตัวในทางน้ำเปิด เป็นสมการการไหลในลำน้ำธรรมชาติแบบไม่คงตัว 1 มิติ โดยพื้นฐานมาจากสมการ Saint-Venant ดังนี้

1) สมการสภาพต่อเนื่อง

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=q \qquad (1)$$

โดยที่ $Q$ = อัตราการไหลในลำน้ำ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

$X$ = ระยะทางตามทิศทางการไหล

$A$ = พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ

$q$ = อัตราการไหลเข้าหรือไหลออกจากลำน้ำหลักต่อหน่วยความยาวของลำน้ำ

2) สมการโมเมนตัม

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\beta Q^2}{A}\right)+gA\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)-gAS_f=0 \quad (2)$$

โดยที่ $\beta$ = แฟคเตอร์ปรับค่า (Correction factor)

$h$ = ระดับน้ำ

$g$ = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

$S_f$ = ความลาดชันของความเสียดทาน (Friction slope)

2.1.2 จุดบรรจบของลำน้ำ เมื่อมีลำน้ำสาขาไหลเข้ามาบรรจบกับลำน้ำหลัก ปริมาณน้ำจากลำน้ำสาขาที่ไหลเข้ามาจะทำให้เกิดปริมาณน้ำในลำน้ำหลักสูงขึ้น ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขว่าผลรวมของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าจะมีค่าเท่ากับปริมารน้ำที่ไหลออก และจะมีระดับน้ำเพียงค่าเดียวที่จุดบรรจบ โดยมีสมการอธิบายดังนี้

$$Q_1+Q_2+Q_3+\ldots=0 \quad (3)$$

$$h_1=h_2=h_3=\ldots \quad (4)$$

2.1.3 การไหลระหว่างลำน้ำและพื้นที่ราบริมฝั่ง ในขณะที่เกิดน้ำหลาก ระดับน้ำในลำน้ำจะสูงขึ้นจนล้นตลิ่ง (Overbank spillage) แล้วไหลเข้าสู่พื้นที่ราบริมฝั่ง และเมื่อระดับน้ำในริมน้ำลดลงจนต่ำกว่าระดับตลิ่ง น้ำจากพื้นที่ราบริมฝั่งก็จะไหลกลับลงสู่ลำน้ำ (Return flow) การอธิบายสภาพการไหลดังกล่าวเป็นสมการของกฎทรงมวล ดังนี้

$$q_{net}-A(h)\frac{\partial h}{\partial t}=0 \quad (5)$$

$$q_{net}=\sum_{i=1}^{n}q_i \quad (6)$$

โดยที่ $q_{net}$ = ปริมาณการไหลสุทธิ

$h$ = ระดับน้ำ

$n$ = จำนวนจุดที่มีการไหล

$q_i$ = ปริมาณการไหลตรงจุดที่พิจารณา

$i$ และ $A$ = พื้นที่ของที่ราบริมฝั่ง

2.1.4 การหาผลเฉลย เนื่องจากสมการ Saint-Venant อยู่ในรูปของสมการกึ่งอนุพันธ์ (Partial differential equation) ดังนั้น ในการการหาผลเฉลยของสมการเหล่านี้ต้องใช้วิธีเชิงตัวเลข ซึ่งโปรแกรม InfoWorks-ICM ได้แปลงสมการให้อยู่ในรูปของ Finite-Difference Equation Form แล้วใช้วิธีการเชิงตัวเลข Implicit Finite-Difference แบบ Weighted Four-Point Implicit ในการหาผลเฉลย ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณการหลากคืออัตราการไหลและระดับน้ำที่สถานีต่าง ๆ ตามลำน้ำ

*2.2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง*

ฤกษ์ชัย ศรีวรมาศ, กฤษณ์ ศรีวรมาศ,ธนภร ทวีวุฒิ และนาวกร ไชยวัฒนนันทน์[1] ศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายพฤติกรรมการไหลของน้ำข้ามแก่งสะพือ ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ Infoworks RS จำลองสภาพการไหลทางชลศาสตร์ของแม่น้ำมูลตั้งแต่สถานี M.7 ถึงเขื่อนปากมูล จากการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำมูลในช่วงดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในช่วง 0.025-0.04 สำหรับตลิ่งใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในช่วง 0.03-0.12 โดยผลจากการปรับเทียบแบบจำลองดังกล่าวทำให้ได้ค่าระดับน้ำจากแบบจำลองใกล้เคียงกับข้อมูลจากสถานีวัด

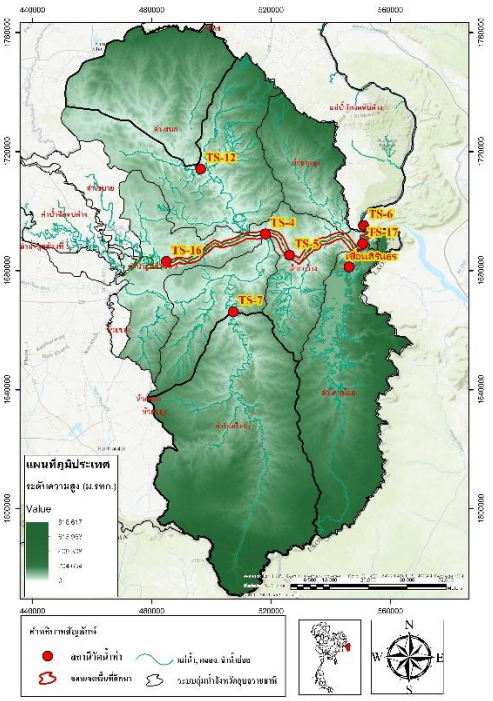
ดอน เครือหอม และบัญชา ขวัญยืน[2] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำบางประกง-ปราจีนบุรี ด้วยโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริและอ่างเก็บน้ำคลองพระสะทึง โดยพัฒนาแบบจำลอง InfoWorks-ICM และประยุกต์ใช้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการบรรเทาอุทกภัยโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWorks-ICM วิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากทั้งหมดเพื่อจำลองการแผ่ขยายของพื้นที่น้ำท่วมได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งผลการจำลองในแง่ของระยะเวลาน้ำท่วมขังในแต่ละพื้นที่ ผลจากการศึกษาพบว่าการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยโสมงและอ่างเก็บน้ำคลองพระสะทึง มีประสิทธิภาพในการบรรเทาอุทกภัย โดยสามารถแก้ปัญหาอุทกภัยได้เพียงบางส่วนเท่านั้นทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุการเกิดน้ำท่วมขึ้นกับลักษณะการเกิดฝนและตำแหน่งการเกิดฝนตก ดังนั้นการแก้ปัญหาด้านอุทกภัยในพื้นที่ศึกษาก็ยังจำเป็นต้องพิจารราแนวทางอื่น ๆ เพิ่มเติมควบคู่ไปเพื่อให้สามารถบรรเทาอุทกภัยได้เพิ่มขึ้น ต่อไป

## 3. วิธีการศึกษา

*3.1 การสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำเข้าแบบจำลอง*

จากการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลระดับน้ำ และปริมาณน้ำรายวัน ของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา ที่ได้มีการบันทึกไว้โดยระบบโทรมาตรการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย รายละเอียดสถานีวัดน้ำท่าที่นำมาใช้ในการศึกษาแสดงไว้ในรูปที่ 2

การนำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลองของลำน้ำสาขานั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอัตราการไหลบริเวณปากลำน้ำสาขา ซึ่งจากข้อมูลตำแหน่งสถานีโทรมาตรที่ไม่ได้ตั้งอยู่บริเวณปากลำน้ำสาขา ได้แก่ สถานีโทรมาตร TS-12 (ลำเซบก) และสถานีโทรมาตร TS-7 (ลำโดมใหญ่) ดังนั้นจึงต้องทำการสังเคราะห์ข้อมูลอัตราการไหลบริเวณปากลำน้ำสาขาในการสังเคราะห์ปริมาณอัตราการไหลเพื่อนำเข้าสู่แบบจำลองใช้สมการที่อยู่ในความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ[3] ดังสมการที่ 7




รูปที่ 2 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าที่นำมาใช้ในการศึกษา

$$\frac{Q}{A}=\frac{Q^*}{A^*} \qquad (7)$$

โดยที่

Q คือ อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)

A คือ พื้นที่รับน้ำ (ตารางเมตร)

Q* คือ อัตราการไหล ณ ตำแหน่งใหม่ (ลบ.ม./วินาที)

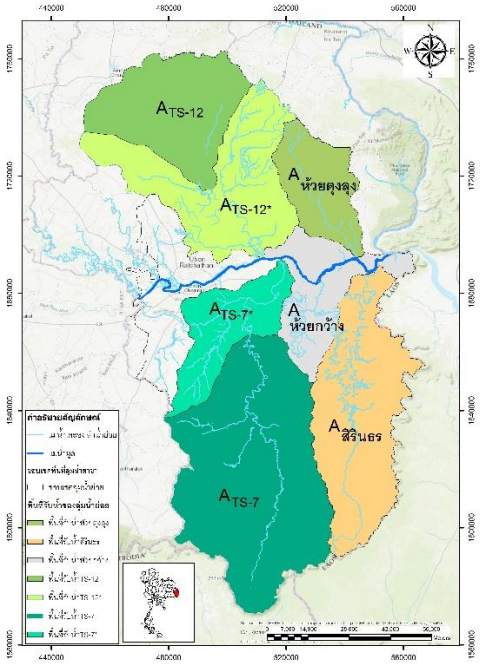
A* คือ พื้นที่รับน้ำ ณ ตำแหน่งใหม่ (ตารางเมตร)

จากหลักการสังเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจึงทำการแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำย่อย ดังรูปที่ 3

จากรูปที่ 3 นำมาคำนวณหาขนาดพื้นที่แต่ละลุ่มน้ำสาขาได้ข้อมูลตาม ตารางที่ 1 เมื่อทราบขนาดลุ่มน้ำก็สามารถสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าโดยใช้สมการที่ 7 ได้

**ตารางที่ 1 ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา**

| สถานีโทรมาตร | ขนาดพื้นที่รับน้ำ (ตารางเมตร) | พื้นที่รับน้ำ (ตารางเมตร) |
|---|---|---|
| TS-7 | 1,717,291,107 | พื้นที่รับน้ำ TS-7 (A) |
| TS-7* | 4,461,159,663 | พื้นที่รับน้ำ TS-7 (A)+ (B) |
| TS-12 | 2,139,047,528 | พื้นที่รับน้ำ TS-12 (A) |
| TS-12* | 3,581,934,169 | พื้นที่รับน้ำ TS-12 (A)+ (B) |
| ห้วยกว้าง | 48,063,044 | พื้นที่รับน้ำ 48,063,044 |
| ห้วยตุงลุง | 859,950,000 | พื้นที่รับน้ำ 859,950,000 |




รูปที่ 3 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

*3.2 การสร้างแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ InfoWorks-ICM*

เมื่อสังเคราะห์และรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว ทำการสร้างแบบจำลองสภาพการไหลแล้วทำการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อนที่จะนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้งาน ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม InfoWorks ICM เพื่อจำลองสภาพการไหลในลำน้ำ ประกอบไปด้วยขั้นตอนพื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ดังนี้

3.2.1 การสร้างฐานข้อมูล (Database) เพื่อใช้จัดเก็บข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง

3.2.2 การสร้างโครงข่ายลำน้ำและพื้นที่น้ำท่วม (Model Network) เพื่อเป็นตัวแทนสภาพการไหลในลุ่มน้ำพื้นที่ศึกษา

3.2.3 การสร้างข้อมูลนำเข้า (Model Input) เพื่อเป็นตัวแทนเหตุการณ์ที่ศึกษา

3.2.4 การจำลองเหตุการณ์ (Model Simulation)

3.2.5 ผลลัพธ์และการนำข้อมูลผลลัพธ์ทำการวิเคราะห์ข้อมูลให้เหมาะสม (Model Results)

*3.3 การกำหนดขอบเขตเงื่อนไขของแบบจำลอง*

3.3.1 ขอบเขตเงื่อนไขด้านชลศาสตร์ด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary) กำหนดให้ใช้ปริมาณน้ำในลำน้ำมูล โดยใช้ข้อมูลอัตราการไหลจากสถานี TS16 และกำหนดให้ใช้ปริมาณน้ำในลำน้ำสาขาที่สำคัญต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นอัตราการไหลเข้าด้านข้าง ได้แก่ ปริมาณน้ำในลำเชบกใช้ข้อมูลอัตราการไหลจากสถานี TS12 ปริมาณน้ำในลำโดมใหญ่ใช้ข้อมูลอัตราการไหลจากสถานี TS7 ที่ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่า ณ จุด

ออกบริเวณปากลำน้ำสาขา ปริมาณน้ำห้วยกว้างและปริมาณน้ำห้วยตุงลุง ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำท่าออกจากลุ่มน้ำ

3.3.2 ขอบเขตเงื่อนไขด้านชลศาสตร์ด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary) กำหนดให้ใช้ระดับน้ำจากสถานี TS6

3.3.3 การกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ของแบบจำลอง InfoWorks ICMเช่น ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning n) ที่มีผลต่อการคำนวณระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำแปรผันตามเวลาตลอดทั้งโครงข่ายลำน้ำ เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ใช้สถานีวัดน้ำท่าในการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองจำนวน 3 สถานี จึงได้แบ่งช่วงลำน้ำสำหรับการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในพื้นที่ศึกษาออกเป็นทั้งหมดจำนวน 5 ช่วง ดังแสดงในรูปที่ 4

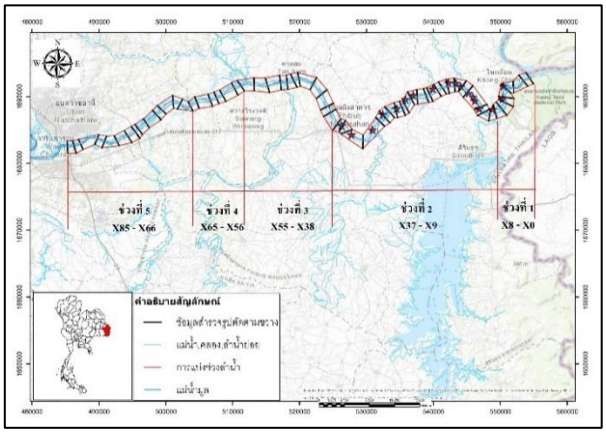
*3.4 การทดสอบกรณีศึกษา*

เมื่อได้แบบจำลองที่น่าเชื่อถือแล้วก็ดำเนินการทดสอบตามกรณีศึกษา โดยใช้ข้อมูลน้ำท่า ที่สถานี TS16 สถานี TS12 สถานี TS7 และสถานี TS-6 ใช้เป็นสถานีที่กำหนดขอบเขตเงื่อนไขของแบบจำลอง สถานี TS-4 สถานี TS-5 และสถานี TS-17 ใช้เป็นสถานีสำหรับปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลน้ำท่าปี พ.ศ.2560 – พ.ศ.2562 เพื่อทดสอบกรณีศึกษาสภาพน้ำท่วมอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานี ถึงปากแม่น้ำมูล ปี พ.ศ.2562

## 4. การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

*4.1 วิธีการปรับเทียบ*

การปรับเทียบและสอบทานแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ จะใช้ข้อมูลสภาพทางชลศาสตร์ที่วัดได้จริงในอดีต มาใช้วิเคราะห์เพื่อปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะพารามิเตอร์ที่สำคัญกรณีนี้ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ (Manning's n) ในการปรับเทียบจะมีการใส่ข้อมูลทางชลศาสตร์วัดได้จริงที่ขอบเขต (Boundary) ของแบบจำลอง ได้แก่ ค่าอัตราการไหลและค่าระดับน้ำ และทำการปรับแก้ค่า Manning's n จนกว่าสภาพทางชลศาสตร์ในลำน้ำ ณ จุดที่ใช้เป็นสถานีปรับเทียบได้แก่ สถานี TS4 แม่น้ำมูลวัดปากโดม สถานี TS5 แม่น้ำมูลท้ายแก่งสะพือ และสถานี TS17 แม่น้ำมูล หน้าเขื่อนปากมูลที่คำนวณได้จะใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดจริง




รูปที่ 4 การแบ่งช่วงลำน้ำสำหรับการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ

*4.2 ข้อมูลที่ใช้ปรับเทียบ*

ข้อมูลที่ใช้ปรับเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ได้แก่ ข้อมูลระดับน้ำในช่วงต่าง ๆ ของลำน้ำ ซึ่งเป็นค่าตรวจวัดจริงจากสถานีวัดน้ำท่าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยคัดเลือกตำแหน่งที่ใช้ปรับเทียบให้กระจายคลอบคลุมลำน้ำในพื้นที่ศึกษา การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลช่วงฤดูน้ำหลาก ในช่วงที่เขื่อนปากมูลเปิดบานประตูระบายน้ำตามมติคณะอนุกรรมการบริหารจัดการน้ำเขื่อนปากมูล (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2562) ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2 การเปิด-ปิด ประตูระบายน้ำเขื่อนปากมูล**

| ปี พ.ศ. | วันเปิดประตู | วันปิดประตู | รวมเวลา |
|---|---|---|---|
| 2560 | 7 มิ.ย. 60 | 19 พ.ย. 60 | 5 เดือน 11 วัน |
| 2561 | 29 ก.ค. 61 | 13 ต.ค. 61 | 2 เดือน 15 วัน |
| 2562 | 1 ก.ย. 62 | 8 ต.ค. 62 | 38 วัน |

*4.3 ผลการปรับเทียบ*

ค่าตัวแปรที่สำคัญในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ InfoWorks ICM ที่มีผลต่อการคำนวณระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำแปรผันตามเวลาตลอดทั้งลำน้ำ คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวเพื่อให้ได้ผลคำนวณที่ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ตรวจวัดจริงมากที่สุด ผลการปรับเทียบแบบจำลองสภาพการไหลสรุปได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำแต่ละช่วง ดังต่อไปนี้

ช่วงที่ 1 สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำมีค่าเท่ากับ 0.060 และตลิ่งมีค่าเท่ากับ 0.12

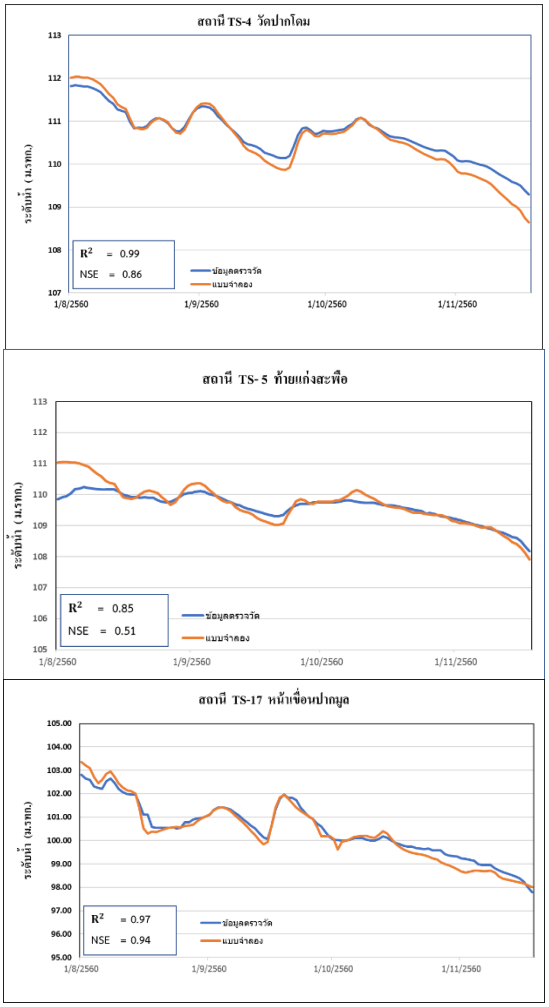
ช่วงที่ 2 สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำมีค่าเท่ากับ 0.065 และตลิ่งมีค่าเท่ากับ 0.12

ช่วงที่ 3 สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำมีค่าเท่ากับ 0.040 และตลิ่งมีค่าเท่ากับ 0.10

ช่วงที่ 4 สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำมีค่าเท่ากับ 0.035 และตลิ่งมีค่าเท่ากับ 0.075

ช่วงที่ 5 สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำมีค่าเท่ากับ 0.03 และตลิ่งมีค่าเท่ากับ 0.07

โดยค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำแต่ละช่วงที่ได้นั้น ทำการพิจารณาอ้างอิงเปรียบเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำมูลแล้วอยู่เกณฑ์ใกล้เคียงกัน

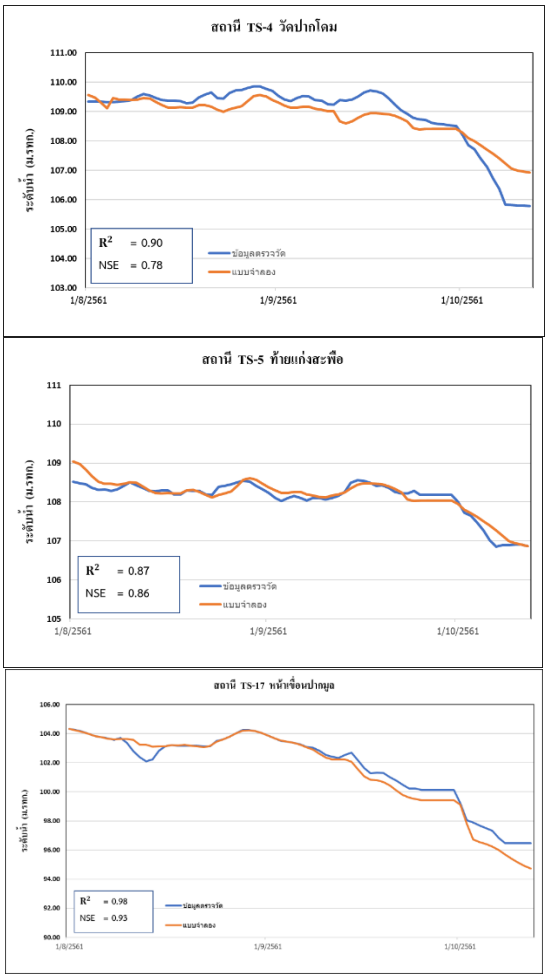



รูปที่ 5 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง

ผลการปรับเทียบระดับน้ำปี พ.ศ. 2560 จากการพิจารณาผลการปรับเทียบด้วยดัชนีทางสถิติ จำนวน 2 ดัชนี[4] พบว่าแบบจำลองมีความถูกต้องน่าเชื่อถือโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ Coefficient of Determination $R^2$ มีค่าอยู่ในช่วง 0.85 - 0.99 ค่าความแม่นยำของแบบจำลอง (Nash-Sutcliffe Effficiency,NSE) ของการปรับเทียบแบบจำลองอยู่ในช่วง 0.51-0.94 ดังแสดงในรูปที่ 5 จากการวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลอง ถือว่าแบบจำลองมีความถูกต้องเป็นตัวแทนที่ดีของพื้นที่ศึกษา

*4.4 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง*

การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง InfoWorks ICM ที่ได้ผ่านขั้นตอนการปรับเทียบมาแล้วนั้นดำเนินการโดยตรวจพิสูจน์แบบจำลองอุทกพลศาสตร์เปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำในปี พ.ศ.2561 โดยใช้ค่าสำประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำและตลิ่งเท่ากันกับขั้นตอนการปรับเทียบ ดังแสดงในรูปที่ 6

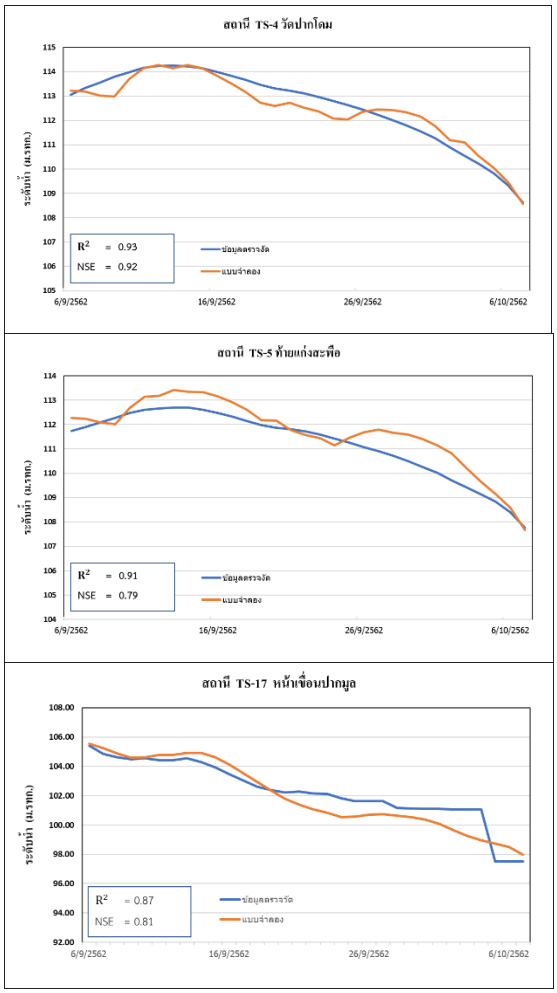



รูปที่ 6 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองได้ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ Coefficient of Determination $R^2$ (มีค่าอยู่ในช่วง 0.87 - 0.98 ค่าความแม่นยำของแบบจำลอง (Nash-SutcliffeEffficiency,NSE) (Nash and Sutcliffe,1970) ของการปรับเทียบแบบจำลองอยู่ในช่วง 0.78 - 0.93 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองสภาพการไหลแสดงว่าระดับน้ำที่คำนวณได้มีความสอดคล้องกับค่าตรวจวัด[5] แบบจำลอง InfoWorks ICM นี้จึงมีความถูกต้องในระดับที่นำไปประยุกต์ใช้กับสภาพการไหลได้สำหรับทุกช่วงเวลา

*4.5 ผลการจำลองสภาพน้ำท่วมแม่น้ำมูล*

4.5.1 ผลการจำลองสภาพการไหลแบบไม่คงตัว (Unsteady Flow) เมื่อทำการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง Infoworks-ICM กรณีศึกษาสภาพน้ำท่วมอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานี ถึงปากแม่น้ำมูลแล้วจนได้แบบจำลองเป็นที่น่าเชื่อถือแล้ว จากนั้นทำการจำลองสภาพน้ำท่วมโดยใช้กรณีน้ำท่วมปี พ.ศ.2562 เป็นกรณีศึกษา ได้ผลการจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 7

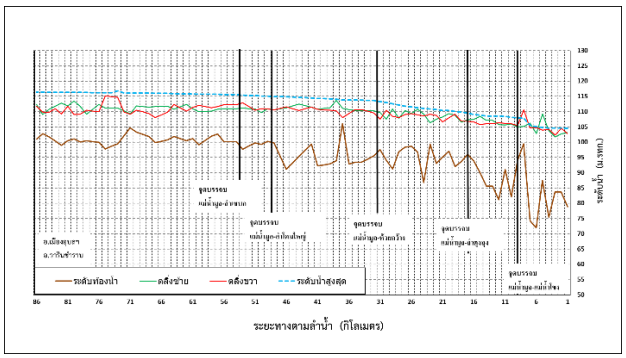



รูปที่ 7 ผลการจำลองสภาพน้ำท่วมปี พ.ศ.2562

ผลการจำลองสภาพน้ำท่วม ปี พ.ศ. 2562 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ Coefficient of Determination $R^2$ (มีค่าอยู่ในช่วง 0.87 - 0.93 ค่าความแม่นยำของแบบจำลอง (Nash-SutcliffeEfffficiency,NSE) (Nash and Sutcliffe,1970) ของการปรับเทียบแบบจำลองอยู่ในช่วง 0.81 - 0.92 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.5.2 เมื่อนำค่าระดับน้ำสูงสุดที่ได้จากการจำลองสภาพมาเปรียบเทียบกับตลิ่งลำน้ำฝั่งที่ต่ำกว่า และระดับท้องน้ำตามความยาวของลำน้ำ จะได้ผลดังรูปที่ 8 ซึ่งจะพบว่าระดับน้ำสูงสุดมีค่าสูงกว่าระดับตลิ่ง แสดงว่าน้ำจะล้นออกสู่พื้นที่ราบริมฝั่งลำน้ำโดยมีการเกิดน้ำท่วมเป็นการท่วมล้นตลิ่งบริเวณพื้นที่ลุ่มริมฝั่งลำน้ำมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งตลิ่งลำน้ำฝั่งอำเภอวารินชำราบที่มีระดับที่ต่ำกว่าฝั่งอำเภอเมืองอุบลราชธานี

4.5.3 ระดับน้ำสูงสุดตลอดแนวลำน้ำมูลไปถึงจุดบรรจบแม่น้ำโขงมีระดับน้ำที่สูงเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากปริมาณน้ำจากลำน้ำสาขาไหลเข้ามาเติมได้แก่ ปริมาณน้ำจากลุ่มน้ำลำเซบก, ลุ่มน้ำลำโดมใหญ่, ลุ่มน้ำห้วยกว้าง, ลุ่มน้ำตุงลุง และลุ่มน้ำลำโดมน้อย ประกอบกับช่วงเวลาที่ระดับน้ำทางด้านต้นน้ำที่สถานีวัดน้ำท่า TS-16 (M.7) มีระดับน้ำเพิ่มขึ้นนั้น ระดับน้ำโขงที่อยู่ท้ายน้ำก็เพิ่มระดับสูงขึ้นด้วยจึงเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำทางด้านท้ายน้ำ



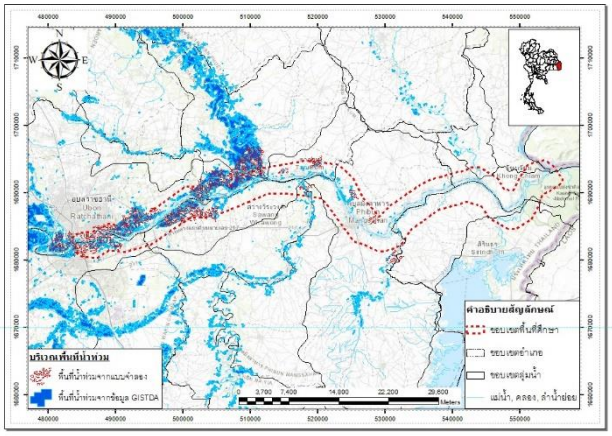

รูปที่ 8 ระดับน้ำสูงสุดตามความยาวของลำน้ำมูลเปรียบเทียบกับระดับตลิ่งและระดับท้องน้ำ

## 5.สรุปผลการศึกษา

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง InfoWorks ICM จากผลการศึกษาที่ได้ทำการจำลองสภาพน้ำท่วมแม่น้ำมูล จังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ.2562 ด้วยแบบจำลอง Infoworks-ICM กรณีศึกษาอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานีถึงปากแม่น้ำมูลนั้น มีการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองถือว่าค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำของสถานีวัดน้ำท่า TS-5 สถานีวัดน้ำท่า TS-4 และสถานีวัดน้ำท่า TS-17 ที่ได้แสดงไว้ในผลการศึกษาการจำลองสภาพน้ำท่วม ปี พ.ศ. 2562 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ Coefficient of Determination (มีค่าอยู่ในช่วง 0.87 - 0.93 ค่าความแม่นยำของแบบจำลอง (Nash-SutcliffeEfffficiency,NSE) (Nash and Sutcliffe,1970) ของการปรับเทียบแบบจำลองอยู่ในช่วง 0.81 - 0.92 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ซึ่งมีความน่าเชื่อถือในระดับที่จะนำแบบจำลองนี้ไปใช้ทดสอบและพยากรณ์ระดับน้ำได้

สำหรับการนำเอาแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อการจำลองสภาพน้ำท่วมแม่น้ำมูล จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้กรณีน้ำท่วมปี พ.ศ.2562 ด้วยแบบจำลอง Infoworks-ICM กรณีศึกษาอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานีถึงปากแม่น้ำมูล พบว่าไม่ใช่เฉพาะบริเวณพื้นที่รอบอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานีเท่านั้นที่เกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก ผลของการจำลองจนถึงปากแม่น้ำมูลที่บรรจบกับแม่น้ำโขง เมื่อพิจารณาพื้นที่น้ำท่วมในภาพรวมทำให้ทราบว่าเขตพื้นที่ใน อ.ดอนมดแดง อ.ตระการพืชผล อ.เมือง อ.ม่วงสามสิบ อ.เขื่องใน อ.พิบูลมังสาหาร อ.นาเยีย อ.น้ำขุ่น อ.ทุ่งศรีอุดม อ.เดชอุดม อ.นาจะหลวย อ.วารินชำราบ อ.ตาลสุม อ.เหล่าเสือโก้ก อ.น้ำยืน อ.สว่างวีระวงศ์ อ.สิรินธร อ.กุดข้าวปุ้น อ.ศรีเมืองใหม่ อ.เขมราฐ อ.โพธิ์ไทร อ.โขงเจียม และ อ.สำโรง รวมจำนวน 23 อำเภอ ทั้งนี้อันเนื่องมาจากการที่มีปริมาณน้ำหลากจากแม่น้ำชีและแม่น้ำมูลมารวมกันที่จังหวัดอุบลราชธานีที่เกิดขึ้นในรอบปีการเกิดซ้ำประมาณ 50 ปี (อ้างอิงข้อมูลจากฝ่ายประมวลวิเคราะห์และสถานการน้ำ กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์) สำหรับการซ้อนทับพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นโดยผลการจำลองสภาพน้ำท่วมดังแสดงในรูปที่ 9 สามารถทั้งพิสูจน์การ

สร้างความเชื่อถือให้แบบจำลองแล้วยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการประเมินสถานการณ์การบริหารจัดการน้ำในประเด็นอื่น ๆได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 9 เปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง กับภาพถ่ายดาวเทียมในวันที่ 14 กันยายน 2562

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ให้คำแนะนำในการจัดทำบทความฉบับนี้ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาตลอดการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการดำเนินงานวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

[1] ฤกษ์ชัย ศรีวรมาศ, กฤษณ์ ศรีวรมาศ, ธนภร ทวีวุฒิ, และนวกร ไชยวัฒนนันทน์ (2558). การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายพฤติกรรมการไหลของน้ำข้ามแก่งสะพือ. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8*, อุดรธานี, 8-7 สิงหาคม 2558.

[2] ดอน เครือหอม, และบัญชา ขวัญยืน (2560). การศึกษาประสิทธิภาพการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำบางประกง-ปราจีนบุรี ด้วยโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และอ่างเก็บน้ำคลองพระสะทึง. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 27, ฉบับที่ 4, หน้า 707-727.

[3] วีระพล แต้สมบัติ (2531). *อุทกวิทยาประยุกต์*. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, หน้า 1-22.

[4] วราวุธ วุฒิวณิชย์ (2553). การวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองโดยใช้ Nash-Sutcliffe Efficiency และ $R^2$ . *ชลกร "วันชูชาติ"* ฉบับที่ 4, หน้า 77-87.

[5] ฤกษ์ชัย ศรีวรมาศ, และกฤษณ์ ศรีวรมาศ (2548). การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางชลศาสตร์สำหรับการทำนายระดับน้ำและอัตราการไหลกรณีศึกษาลำน้ำมูลบริเวณอำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี.*การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติแห่งชาติ ครั้งที่ 10*, พัทยา.