

**การประเมินศักยภาพการบรรเทาปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำมูล
บริเวณจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์ด้วยแบบจำลอง MIKE11
ASSESSMENT OF FLOOD MITIGATION STRATEGIES IN
THE MUN RIVER IN THE PROVINCES OF BURIRAM AND SURIN
USING THE MIKE11 MODEL**

สุวาริ สงฆ์พัฒน์แก้ว¹ วิษุวัต แท้สมบัติ² และ ดวงนภา วาณิชสรณ์³

¹นักศึกษา, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

1 ม.6 ต.กำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140, suvari0117@gmail.com

²อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

1 ม.6 ต.กำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140, fengwwt@ku.ac.th

³อาจารย์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

85 ถ.มาลัยแมน ต.เมืองนครปฐม อ.เมือง จ.นครปฐม 73000, wanichsan@webmail.npru.ac.th

Suvari Songpatkeaw¹, Wisuwat Taesombat² and Duangnapa Vanichsan³

¹Student, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University Kamphaengsaen

Campus, 1 Moo 6, Kamphaengsaen District, Nakhon Pathom 73140, Thailand,

suvari0117@gmail.com

²Lecturer, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University Kamphaengsaen

Campus, 1 Moo 6, Kamphaengsaen District, Nakhon Pathom 73140, Thailand,

fengwwt@ku.ac.th

³Lecturer, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University,

85 Malaiman Rd, Mueang Nakhon Pathom District, Nakhon Pathom 73000, Thailand,

wanichsan@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการจำลองสภาพการเกิดอุทกภัยและเสนอแนะมาตรการในการบรรเทาอุทกภัยของแม่น้ำมูลบริเวณจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์ โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE11 ซึ่งจะใช้ในการจำลองสภาพการไหลแบบหนึ่งมิติของแม่น้ำมูล ส่วนมาตรการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ศึกษาได้รวบรวมแผนงานจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งพบว่ามี 2 หน่วยงาน ได้แก่

กรมเจ้าท่า และกรมทรัพยากรน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้เป็น 3 แนวทางเลือก ประกอบด้วย การทำแก้มลิง (SN.01) การขุดลอกลำน้ำ (SN.02) และการทำแก้มลิงพร้อมการขุดลอกลำน้ำ (SN.03) ผลการศึกษาพบว่า การบรรเทาอุทกภัยโดยการทำแก้มลิงพร้อมการขุดลอกลำน้ำ (SN.03) มีความเหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพแม่น้ำในปัจจุบัน โดยเลือกใช้กรณีศึกษาเป็นเหตุการณ์อุทกภัยในปี พ.ศ. 2560 มาตรการดังกล่าวจะช่วยเพิ่มปริมาณการไหลที่จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดสุรินทร์ได้เท่ากับ 605.90 และ 754.79 ลบ.ม.ต่อวินาที ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับสภาพปัจจุบันของเหตุการณ์อุทกภัยปี พ.ศ. 2560 นอกจากนี้ยังสามารถลดน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนลงจาก 3,759.36 ไร่ เหลือ 2,220.93 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 40.92

คำสำคัญ: การบรรเทาอุทกภัย, แม่น้ำมูล, แบบจำลอง MIKE11

ABSTRACT

The objective of this study is to apply the MIKE11 model to simulate flood conditions and provide strategies to mitigate flooding in the Mun River in Buriram and Surin provinces. This model was employed to recreate the unidirectional flow of the Mun river. The research area gathered flood mitigation measures from relevant agencies and identified two specific entities involved: the Marine Department and the Department of Water Resources. This study used 3 measures: flood retention area (SN.01), river dredging (SN.02), and flood retention area combined with river dredging (SN.03). According to the findings, the flood retention area, together with river dredging (SN.03), was the most suitable option when compared to the current state of the river. By applying the flood event of 2017 as a case study, the flow discharge in Buriram and Surin Provinces was projected to increase by 608.19 and 754.79 cubic meters per second, respectively, in comparison to the pre-flood conditions of 2017. Furthermore, it successfully reduced the extent of flooding in community areas from 3,759.36 rai to 2,220.93 rai, equivalent to a drop of 40.92%.

KEYWORDS: Flood Mitigation, Mun River, MIKE11 model

1. บทนำ

อุทกภัยเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เนื่องจากฝนตกในพื้นที่ลุ่มมีปริมาณมากและตกติดต่อกันเป็นเวลานานจนเกิดน้ำไหลบ่ามาตามผิวดินลงสู่ร่องน้ำ ลำธาร และแม่น้ำ หากลำน้ำตอนใดไม่สามารถรับปริมาณน้ำได้ก็จะบ่าท่วมตลิ่งเข้าไปท่วมพื้นที่ต่าง ๆ หรือชุมชนที่ไม่มีการ

ระบายน้ำที่สมบูรณ์ น้ำท่วมเป็นปัญหาที่มีผลกระทบทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก

ลุ่มน้ำมูล ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทางตอนบนของลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบสูง สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของลุ่มน้ำมูลได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนั้นยังได้รับอิทธิพลจากลมดีเปรสชันซึ่งพัดจากทะเลจีนใต้ ทำให้มีฝนตกหนักในฤดูฝน ลุ่มน้ำมูลมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,369.10 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม โดยในเดือนกันยายนซึ่งฝนตกสูงสุด มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 259.90 มิลลิเมตร [1] ที่ผ่านมามีจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์จัดเป็นพื้นที่ที่มีสภาพปัญหาอุทกภัย มีความลึกน้ำท่วม 0.75 - 1 เมตร ระยะเวลาน้ำท่วม 72 ชั่วโมง สภาพปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะน้ำท่วมล้นตลิ่งและน้ำท่วมขังในบางพื้นที่ เนื่องจากปริมาณน้ำของแม่น้ำมูลตอนบนมีมาก และน้ำจากลำน้ำสาขาต่าง ๆ ที่ไหลมาบรรจบทำให้มีปริมาณน้ำมากกว่าความจุลำน้ำและมีสิ่งกีดขวางการระบายน้ำหรือได้รับผลกระทบจากท้ายน้ำที่มีระดับสูงจนไม่สามารถระบายน้ำออกจากพื้นที่ได้ทันจนเกิดปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่ [2]

แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 ได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในลุ่มน้ำต่าง ๆ โดยมีหน่วยงานราชการหลายหน่วยงานที่นำแบบจำลอง MIKE11 มาประยุกต์ใช้ เช่น กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมอุตุนิยมวิทยา และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นต้น ซึ่งแบบจำลอง MIKE11 สามารถจำลองลักษณะการไหลของน้ำที่เป็นการไหลแบบทิศทางเดียว คือ ทิศทางตามการไหลของน้ำ (One dimension flow) และไม่คงที่ตามเวลา (Unsteady flow) อีกทั้งมีความคล่องตัวสูงและสะดวกในการใช้งาน จากการทบทวนงานวิจัยได้มีการนำมาตรการบรรเทา น้ำท่วมทั้งใช้สิ่งก่อสร้างและไม่ใช้สิ่งก่อสร้างมาช่วยลดความรุนแรงและบรรเทาผลกระทบที่เกิดจากน้ำท่วมทั้งในและต่างประเทศ เช่น การศึกษาสภาพการเกิดน้ำท่วมและแนวทางบรรเทาอุทกภัย กรณีศึกษาลุ่มน้ำมูลตอนบนในเขตจังหวัดนครราชสีมา พบว่าการใช้ระบบผันน้ำจากเขื่อนร่วมกับการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ สามารถลดระดับน้ำที่จะเข้าเมืองได้ดีที่สุด และสามารถช่วยระบายน้ำได้รวดเร็วขึ้น [3] การศึกษาการจำลองสภาพน้ำท่วมและการบริหารจัดการอุทกภัยของลุ่มน้ำมูลตอนกลาง โดยการสร้างคันป้องกันน้ำและคลองผันน้ำ พบว่าสามารถลดระดับน้ำหลากสูงสุดและลดระยะเวลาน้ำล้นตลิ่งได้ [4] อีกทั้งการศึกษการปรับปรุงร่องน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยวิธีการขุดลอก ผลการศึกษาพบว่าแม่น้ำเจ้าพระยา ระดับน้ำมีค่าลดลง และพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเร็วและอัตราการไหลเพิ่มขึ้น [5] การศึกษาการแก้ปัญหา น้ำท่วมเรื้อรังในเมืองบันดุง ประเทศอินโดนีเซีย ด้วยวิธีการปรับปรุงเพิ่มความจุและช่องทางการระบายน้ำ ผลการศึกษาพบว่าทั้ง 2 วิธีสามารถบรรเทาปัญหาน้ำท่วมได้ [6] รวมถึงการศึกษการบรรเทาอุทกภัยในแม่น้ำ Padas ประเทศมาเลเซีย ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS พบว่าการขุดลอกลำน้ำสามารถลดระดับน้ำท่วมสูงสุดได้ [7] และการศึกษาการวางแผนและการจัดการน้ำท่วม กรณีศึกษาลุ่มน้ำ Phan-Calo ประเทศเวียดนาม

พบว่าการสูบน้ำร่วมกับการสร้างอ่างเก็บน้ำ และการขุดลอกลำน้ำ เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการจัดการน้ำท่วม เนื่องจากมีความเสี่ยงและงบประมาณในการดำเนินการน้อยที่สุด [8] การบรรเทาน้ำท่วมด้วยการขุดลอกลำน้ำเป็นมาตรการบรรเทาน้ำท่วมที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางทั่วโลก ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราการไหลและความจุลำน้ำได้ อีกทั้งในปัจจุบันยังได้นำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการขุดลอกลำน้ำ ดังนี้ 1) Multi-beam sonars 2) Hydrosuction และ 3) Water injection dredge [9] แต่อย่างไรก็ตามการขุดลอกลำน้ำเพียงอย่างเดียวไม่สามารถแก้ปัญหา น้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การจัดการสภาพแวดล้อมของลำน้ำที่ดีจะสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาน้ำท่วมได้อย่างยั่งยืน [10]

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีการศึกษาสภาพการเกิดอุทกภัยในอดีตและเสนอแนะแนวทางในการบรรเทาอุทกภัยในแม่น้ำมูลบริเวณจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์ที่เหมาะสม โดยนำโครงการที่เกี่ยวข้องกับระบบป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำมูล จากสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ที่มีการรวบรวมเป็นแผนงานการบริหารจัดการอุทกภัยมาศึกษา ซึ่งมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอุทกภัย ดังนี้ สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ กรมชลประทาน และกรมทรัพยากรน้ำ กรมโยธาธิการและผังเมือง กรมเจ้าท่า การรถไฟแห่งประเทศไทย กรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท มีพื้นที่ดำเนินการครอบคลุม 7 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดยโสธร จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดอำนาจเจริญ และจังหวัดอุบลราชธานี แผนงานดังกล่าวมีการดำเนินโครงการทั้งโครงการขนาดใหญ่และขนาดกลาง ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาน้ำท่วม และมีหน่วยงานที่ดำเนินโครงการในบริเวณพื้นที่ศึกษา คือ กรมเจ้าท่าและกรมทรัพยากรน้ำ ซึ่งมุ่งเน้นการปรับปรุงสภาพลำน้ำให้เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำและชะลอน้ำหลากไม่ให้ไหลลงไปทางด้านท้ายน้ำอย่างรวดเร็ว ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำแผนงานดังกล่าวมาศึกษาโดยประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจำลองสภาพการไหลของลำน้ำในพื้นที่ศึกษา และหาแนวทางการบรรเทาอุทกภัยในแม่น้ำมูลบริเวณจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์ที่เหมาะสมต่อไป

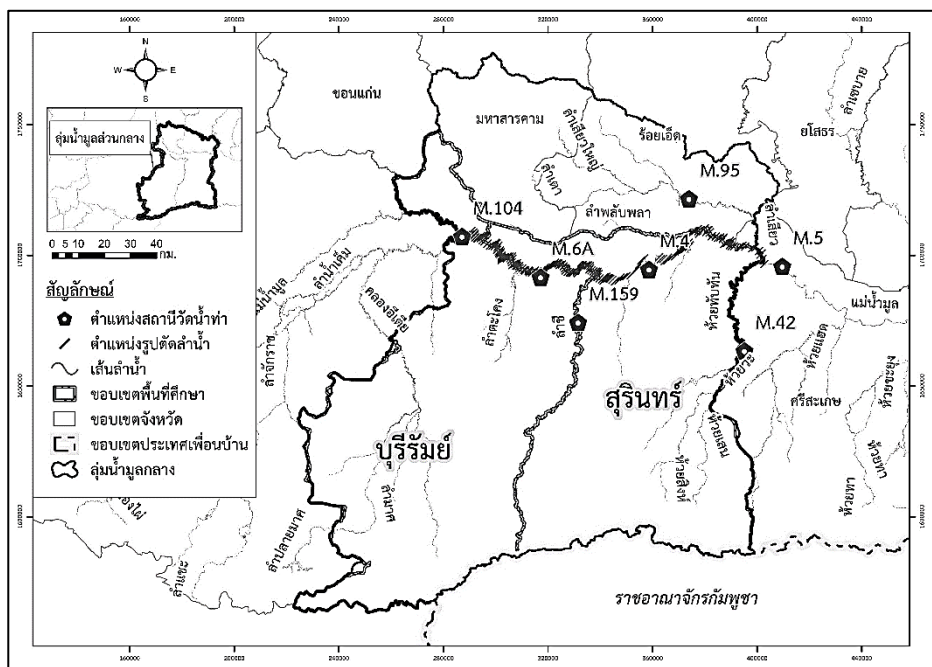
2. วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา คือ แม่น้ำมูลบริเวณจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์ ซึ่งตั้งอยู่ส่วนกลางของลุ่มน้ำมูล มีพื้นที่รับน้ำรวมทั้งสิ้น 24,691.87 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 15,432,421 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดสุรินทร์ บางส่วนของจังหวัดร้อยเอ็ด และจังหวัดมหาสารคาม ลำน้ำในพื้นที่ศึกษาได้แก่ ลำพั้งชู ห้วยตะโคง ลำชี ลำพลับพลา ห้วยทับทัน และลำเสียวใหญ่ โดยแม่น้ำมูลในพื้นที่ศึกษามีระยะทางทั้งสิ้น 290 กิโลเมตร กำหนดขอบเขตด้านเหนือ น้ำที่สถานี M.104 ตั้งอยู่ที่ ต.บ้านจาน อ.พุทไธสง จ.บุรีรัมย์ และขอบเขตด้านท้ายน้ำที่สถานี M.5 ตั้งอยู่ที่ อ.ราษีไศล จ.ศรีสะเกษ ดังรูปที่ 1

2.1 การรวบรวมและตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลน้ำท่ารวบรวมได้จากกรมชลประทาน ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 7 สถานี ได้แก่ M.104, M.6A, M.159, M.4, M.95, M.42 และ M.5
- 2) ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (Rating curves) ปี พ.ศ. 2564 ที่จัดทำโดยกรมชลประทานจำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานี M.6A, M.4 และ M.5
- 3) ข้อมูลรูปตัดขวางแม่น้ำมูล รวบรวมจากกรมเจ้าท่า ซึ่งมีการสำรวจแม่น้ำมูลเมื่อปี พ.ศ. 2564 จำนวน 213 รูปตัด รวมระยะทางทั้งสิ้น 290 กิโลเมตร



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

2.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลอง MIKE11-HD (Hydrodynamic Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองย่อยของแบบจำลอง MIKE11 ที่พัฒนาโดย DHI Water Environment and Health ประเทศเดนมาร์ก ตั้งอยู่บนพื้นฐานของสมการเซนต์-เวินนัท ซึ่งประกอบด้วยสมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัมแสดงดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ นอกจากนี้แบบจำลองดังกล่าวยังสามารถอธิบายถึงสภาพการไหลได้ทั้งการไหลแบบต่ำกว่าวิกฤต (Sub-critical flow) และการไหลแบบเหนือวิกฤต

(Super-critical flow) รวมทั้งสามารถคำนวณการไหลในระบบลำน้ำที่มีการไหลเข้าด้านข้างและแสดงผลการคำนวณที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (Time) และสถานที่ (Space)

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

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

โดยที่ Q = อัตราการไหล (ลบ.ม.ต่อวินาที)
 A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล (ตร.ม.)
 q = อัตราการไหลเข้าด้านข้าง (ลบ.ม.ต่อวินาที)
 h = ความลึกของน้ำ (เมตร)
 α = ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้โมเมนตัม
 C = ค่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy
 g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
 x = ระยะทาง (เมตร)
 t = เวลา (วินาที)

พารามิเตอร์ที่ใช้เปรียบเทียบแบบจำลองนี้ คือ ค่า Manning's n เป็นค่าที่แสดงถึงความเสียดทานต่อการไหลของน้ำในทางน้ำเปิด ในทางน้ำธรรมชาติค่า Manning's n จะอยู่ระหว่าง 0.01-0.05 และค่า Manning's n ในคลองส่งน้ำตาดคอนกรีตจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.013-0.015 [11]

2.3 การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11-HD

การเปรียบเทียบและการพิสูจน์แบบจำลองฯ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การเปรียบเทียบ โดยใช้การไหลแบบ Steady state และ 2) การเปรียบเทียบ โดยใช้ข้อมูลจากเหตุการณ์ในอดีต (Historical event) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนแรกเป็นการเปรียบเทียบ โดยใช้การไหลแบบ Steady state เริ่มต้นจากการวิเคราะห์หา Rating curves ที่เป็นตัวแทนของสถานีวัดน้ำท่า M.6A และ M.4 โดยใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2557-2564 จากนั้นทำการสมมติค่าปริมาณการไหลที่ขอบเขตด้านเหนือน้ำให้มีค่าคงที่ (Steady state) ปกติจะมีขนาดเท่ากับปริมาณการไหลสูงสุดเท่ากับปริมาณน้ำนองสูงสุดของลำน้ำ สำหรับใน

แม่น้ำมูลจะใช้ค่าระหว่าง 50-1,500 ลบ.ม.ต่อวินาที พร้อมทั้งนำค่าระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง และปริมาณการไหลที่มีความสัมพันธ์กันมาลงใน Rating curves เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลองฯ กับ Rating curves ที่ได้จากการตรวจวัดจริง โดยเริ่มจากการปรับค่า Manning's n ทั้งในลำน้ำและทุ่งน้ำท่วมด้วยวิธี Trial and Error เพื่อหาค่า Manning's n ที่เหมาะสมจนกว่าค่าระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองฯ มีค่าใกล้เคียงกับ Rating curves ที่ตรวจวัดจริง

สำหรับส่วนที่สองเป็นการปรับเทียบฯ โดยใช้ข้อมูลจากเหตุการณ์ในอดีต (Historical event) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของค่า Manning's n ที่ปรับเทียบมาได้ โดยเริ่มต้นจากการพิจารณาเลือกข้อมูลที่สามารถใช้ได้จริงในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2557-2561 ส่วนการตรวจพิสูจน์แบบจำลองฯ ใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2561-2564 จากนั้นทำการกำหนดขอบเขตด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ โดยใช้ข้อมูลปริมาณการไหลรายวันของสถานี M.104 ในแม่น้ำมูลเป็นขอบเขตทางด้านเหนือน้ำ ส่วนขอบเขตด้านท้ายน้ำใช้ข้อมูล Rating curves ของสถานี M.5 ในแม่น้ำมูล และปริมาณการไหลเข้าด้านข้างที่ประเมินได้จาก Side flow ตามธรรมชาติที่ไหลเข้าสู่แม่น้ำมูลในช่วงระหว่างสถานีวัดน้ำท่า M.104 และ M.5 ของกรมชลประทาน พร้อมทั้งกำหนดค่า Manning's n ให้มีค่าเท่ากับค่า Manning's n ตลอดช่วงแม่น้ำมูลที่ผ่านการปรับเทียบฯ โดยใช้การไหลแบบ Stead state และขั้นตอนสุดท้ายทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณระดับน้ำจากแบบจำลองกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงที่สถานี M.6A (กม.ที่ 81+568) และสถานี M.4 (กม.ที่ 169+377) ที่รวบรวมได้จากกรมชลประทาน โดยต้องมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด

2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

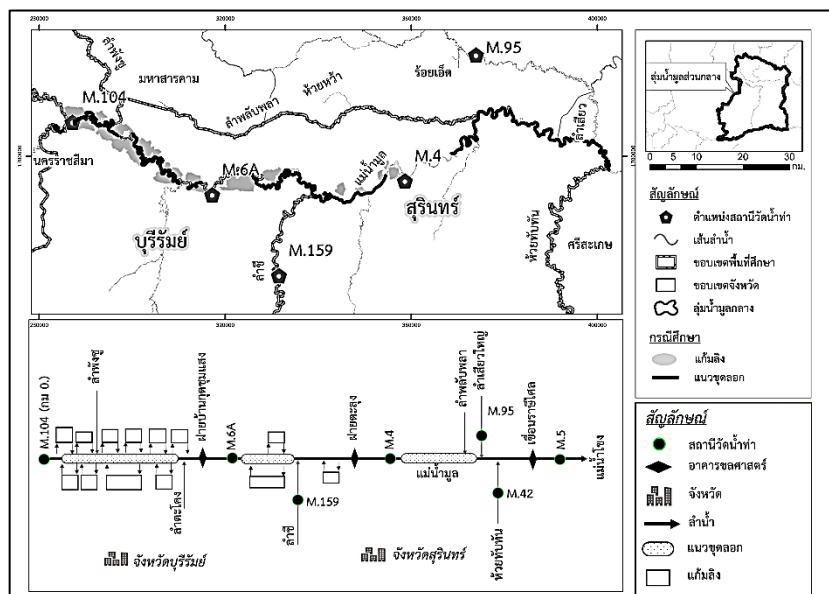
ในการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองฯ นั้น จำเป็นต้องใช้ดัชนีทางสถิติในการตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองฯ สำหรับการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ค่า Root mean square error (RMSE) โดยที่ชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าน้อยแสดงว่าชุดข้อมูลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลตรวจวัดน้อย และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (Coefficient of determination, R^2) ต้องมีค่ามากกว่า 0.6 จึงจะเป็นที่ยอมรับค่า Manning's n ลำน้ำที่ได้ [11]

2.5 การศึกษาแนวทางเลือกในการบรรเทาอุทกภัยด้วยแบบจำลอง MIKE11

กรมเจ้าท่า ได้เสนอแผนงานในการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล โดยการปรับปรุงขุดลอกแม่น้ำสายหลักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือปัจจุบัน ได้แก่ แม่น้ำชี แม่น้ำมูล แม่น้ำเลย และแม่น้ำสงคราม การดำเนินโครงการมีกำหนดรูปแบบการขุดลอกแม่น้ำให้สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำ และความลาดชันท้องแม่น้ำ ในส่วนของกรมทรัพยากรน้ำ ได้ดำเนินการศึกษา

โครงการแก้มลิงในพื้นที่ลุ่มต่ำของลุ่มน้ำมูล กำหนดให้มีแก้มลิงบริเวณพื้นที่ลุ่มต่ำทั้งสองฝั่งของแม่น้ำมูล เพื่อชะลอน้ำหลากไม่ให้ไหลลงไปตามด้านท้ายน้ำอย่างรวดเร็วเป็นการตัดยอดน้ำจากแม่น้ำมูลและลำน้ำสาขา ทำให้ความเสียหายที่จะเกิดจากน้ำท่วมลดลง (โครงการจัดทำผังลุ่มน้ำมูล) ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำมาประยุกต์ใช้เป็นทางเลือกสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 การทำแก้มลิง (SN.01) กรณีที่ 2 การขุดลอกลำน้ำ (SN.02) และกรณีที่ 3 การทำแก้มลิงพร้อมการขุดลอกลำน้ำ (SN.03)

สำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE11 โดยเริ่มจากจังหวัดบุรีรัมย์ไปจนถึงจังหวัดสุรินทร์ ตั้งแต่สถานีวัดน้ำท่า M.104 ต.ท่าตูม อ.ท่าตูม จ.สุรินทร์ ถึงสถานีวัดน้ำท่า M.5 อ.ราษีไศล จ.ศรีสะเกษ รวมระยะทาง 290 กิโลเมตร และได้พิจารณาเลือกใช้เหตุการณ์อุทกภัยปี พ.ศ. 2560 โดยมีกรณีศึกษาทั้งสิ้น 4 กรณีศึกษา คือ กรณีที่ 1 สภาพปัจจุบัน และกรณีที่ 2-4 เป็นสภาพปัจจุบันแต่มีการใช้มาตรการในการบรรเทาอุทกภัยทั้ง 3 กรณี (SN.01-SN.03) พร้อมทั้งจัดทำแผนที่น้ำท่วมประกอบ



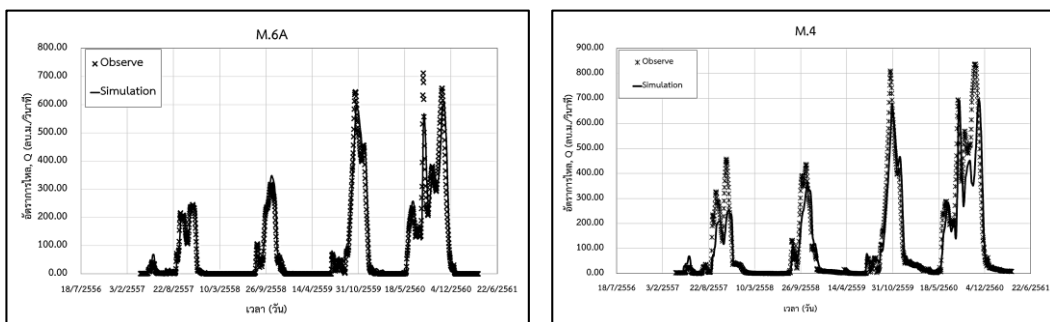
รูปที่ 2 แนวทางเลือกและผังระบบลำน้ำที่ใช้ในแบบจำลอง MIKE11

3. ผลการศึกษา

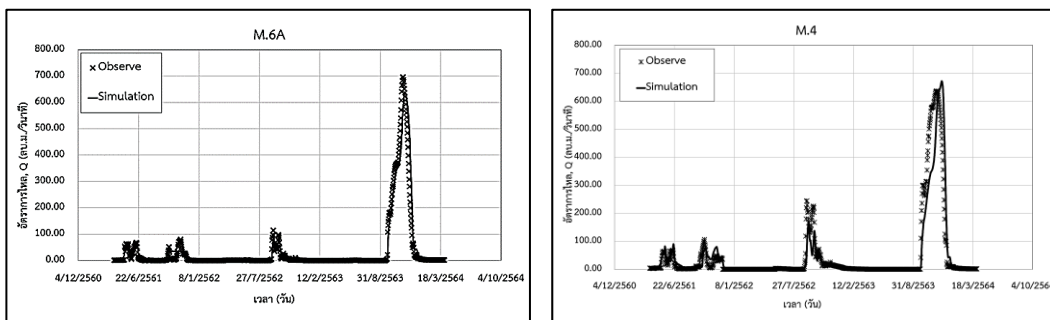
3.1 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11

ผลการศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11 ที่เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์เพื่อกำหนดค่าของแม่น้ำมูลบริเวณจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์ พบว่า ค่า n ของสถานี M.6A และ M.4 มีค่าเท่ากับ

0.060 และ 0.020 ตามลำดับ โดยที่แต่ละสถานีมีความผันแปรค่อนข้างสูง ซึ่งอาจมาจากสาเหตุที่แม่น้ำมูลมีสภาพลำนํ้าคดเคี้ยวประกอบกับลำนํ้าตื้นเขินจากการตกตะกอนหรือการพัดพาของตะกอนทับถม ในบางช่วงที่ทำให้หน้าตัดลำนํ้ามีการเปลี่ยนแปลง ในส่วนของผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ที่ใช้เหตุการณ์ในอดีตช่วงระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2557 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2561 พบว่า ค่า R^2 ที่สถานี M.6A มีค่าเท่ากับ 0.93 และ 0.94 ตามลำดับ และที่สถานี M.4 มีค่าเท่ากับ 0.82 และ 0.83 ตามลำดับ ส่วนค่า RMSE ที่สถานี M.6A มีค่าเท่ากับ 38.59 และ 28.25 ลบ.ม.ต่อวินาที ตามลำดับ และที่สถานี M.4 มีค่าเท่ากับ 83.37 และ 52.05 ลบ.ม.ต่อวินาที ตามลำดับซึ่งผ่านเกณฑ์การเปรียบเทียบฯ โดยแสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำและตรวจพิสูจน์ที่ได้ดังรูปที่ 3-4



รูปที่ 3 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง MIKE11 ปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561



รูปที่ 4 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11 ปี พ.ศ. 2561 ถึง 2564

3.2 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE11 ในการศึกษาแนวทางเลือก

จากผลการศึกษาทั้ง 3 กรณี ที่ได้พิจารณาจากเหตุการณ์อุทกภัยในปี พ.ศ. 2560 พบว่า การทำแก้มลิงพร้อมกับการขุดลอกลำนํ้า (SN.03) สามารถเพิ่มปริมาณการไหลและลดระดับน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญกว่าทางเลือกอื่นกล่าวคือ จังหวัดบุรีรัมย์ สถานี M.6A ก่อนการทำแก้มลิงพร้อมการขุด

ลอกลำน้ำมีปริมาณการไหลและระดับน้ำสูงสุดเท่ากับ 593.94 ลบ.ม.ต่อวินาที และ 130.00 ม.รทก. ตามลำดับ และเมื่อมีการทำแก้มลิงพร้อมกับการขุดลอกลำน้ำ พบว่ามีปริมาณการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้นเท่ากับ 605.90 ลบ.ม.ต่อวินาที หรือคิดเป็น 2.02% ส่วนระดับน้ำสูงสุด พบว่าสามารถลดระดับน้ำลงจากเดิม 0.47 เซนติเมตร หรือเหลือระดับน้ำสูงสุดเท่ากับ 129.53 ม.รทก. ในขณะที่จังหวัดสุรินทร์ สถานี M.4 ก่อนการทำแก้มลิงพร้อมกับการขุดลอกลำน้ำมีปริมาณการไหลและระดับน้ำสูงสุดเท่ากับ 742.38 ลบ.ม.ต่อวินาที และ 121.09 ม.รทก. ตามลำดับ เมื่อมีการทำแก้มลิงพร้อมกับการขุดลอกลำน้ำ พบว่ามีปริมาณการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้นเท่ากับ 754.79 ลบ.ม.ต่อวินาที คิดเป็น 1.67% ส่วนระดับน้ำสูงสุดลดลงจากเดิม 0.71 เซนติเมตร หรือลดลงเหลือ 120.38 ม.รทก. แสดงดังตารางที่ 1

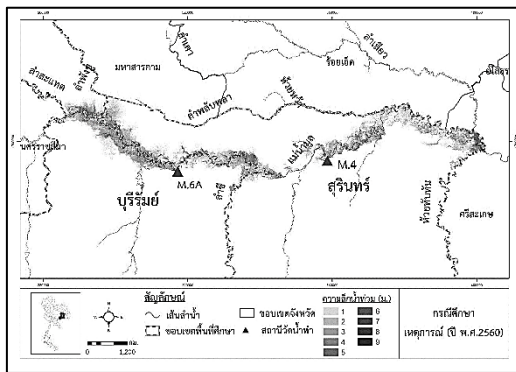
ตารางที่ 1 ผลการศึกษาการบรรเทาอุทกภัยด้วยแบบจำลอง MIKE11

กรณีศึกษา	ปริมาณการไหลสูงสุด (ลบ.ม.ต่อวินาที)		ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)		ปริมาตร (volume) ลบ.ม.		ขอบเขต พื้นที่น้ำท่วม (ไร่)
	M.6A	M.4	M.6A	M.4	M.6A	M.4	
เหตุการณ์ (ปี 2560)*	593.94	742.38	130.00	121.09	4447.70	5581.21	299,956.71
SN.01	593.30	741.63	129.91	120.96	4395.69	5546.61	279,577.74
ร้อยละ	(-0.11%)	(-0.10%)	(-0.07%)	(-0.10%)	(-1.17%)	(-0.62%)	(-6.80%)
SN.02	605.31	754.54	129.65	120.50	4396.12	5441.66	207,552.98
ร้อยละ	(1.92%)	(1.64%)	(-0.26%)	(-0.49%)	(-1.16%)	(-2.50%)	(-30.81%)
SN.03	605.90	754.79	129.53	120.38	4396.24	5441.69	202,954.80
ร้อยละ	(2.02%)	(1.67%)	(-0.36%)	(-0.59%)	(-1.16%)	(-2.50%)	(-32.34%)

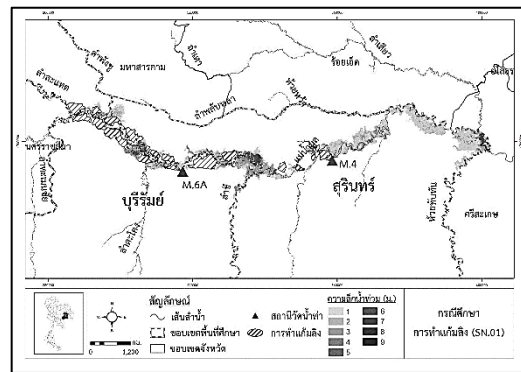
หมายเหตุ: - * อ้างอิงข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินปีพ.ศ. 2562

- ผลที่มีเครื่องหมายลบ คือค่าที่ลดลงเมื่อเทียบกับสภาพปัจจุบัน ผลที่มีเครื่องหมายบวก คือค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสภาพปัจจุบัน

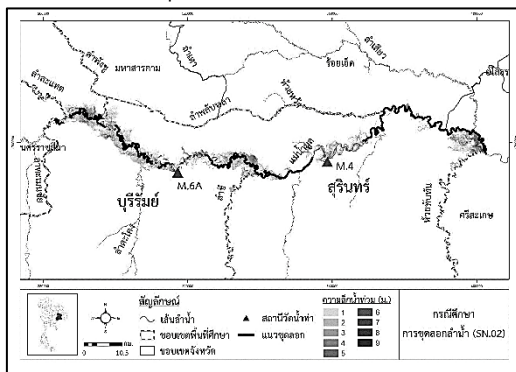
อีกทั้งเมื่อพิจารณาพื้นที่ประสบปัญหาอุทกภัยในปี พ.ศ. 2560 พบว่ามีพื้นที่น้ำท่วมทั้งสิ้น 299,956.71 ไร่ เมื่อมีการดำเนินการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยตามทางเลือกต่าง ๆ จะสามารถลดพื้นที่น้ำท่วมลงได้ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทางเลือกที่มีการทำแก้มลิงพร้อมกับการขุดลอกลำน้ำ (SN.03) สามารถลดพื้นที่น้ำท่วมได้มากที่สุดโดยเฉพาะพื้นที่ชุมชนคือ ลดพื้นที่น้ำท่วมจากเดิมได้ถึง 40.92% หรือมีพื้นที่น้ำท่วมลดลงเหลือ 2,220.93 ไร่



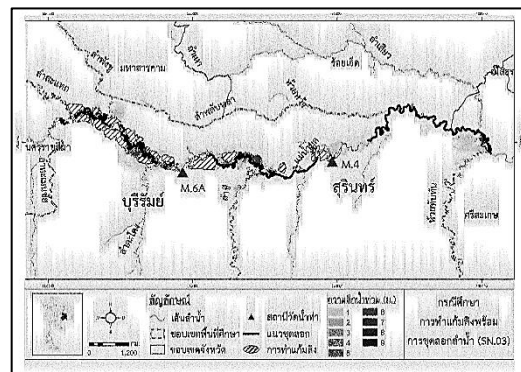
เหตุการณ์ (ปี พ.ศ. 2560)



SN.01



SN.02



SN.03

รูปที่ 5 ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมของแต่ละกรณีศึกษา

ตารางที่ 2 พื้นที่น้ำท่วมของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ

ประเภทของ การใช้ประโยชน์ที่ดิน		กรณีศึกษา	เหตุการณ์ (ปี 2560)*	SN.01	SN.02	SN.03
พื้นที่ชุมชน	ไร่		3,759.36	3,198.87	2,234.02	2,220.93
	ร้อยละ			14.91	40.57	40.92
พื้นที่เกษตรกรรม	ไร่		173,981.86	163,203.58	113,165.94	113,104.53
	ร้อยละ			6.20	34.96	34.99
พื้นที่ป่าไม้	ไร่		688.46	606.16	452.78	446.49
	ร้อยละ			11.96	34.23	35.15
พื้นที่น้ำ	ไร่		54,752.94	50,039.19	47,143.05	46,109.42
	ร้อยละ			8.61	13.90	15.79

ตารางที่ 2 พื้นที่น้ำท่วมของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ (ต่อ)

ประเภทของ การใช้ประโยชน์ที่ดิน		กรณีศึกษา	เหตุการณ์ (ปี 2560)*	SN.01	SN.02	SN.03
พื้นที่อื่น ๆ	ไร่		49,876.39	46,752.61	40,091.20	36,794.31
	ร้อยละ			6.26	19.62	26.23
รวมทั้งหมด	ไร่		299,956.71	279,577.74	207,552.98	202,954.80
	ร้อยละ			6.79	30.81	32.34

หมายเหตุ: * อ้างอิงข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินปีพ.ศ. 2562

3.3 การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์

ทั้งนี้ในการศึกษาแนวทางเลือกทั้ง 3 กรณี ได้มีการประมาณราคาเบื้องต้น โดยที่การทำแก้มลิง (SN.01) พื้นที่ทั้งหมดประมาณ 78,929 ไร่ ในกรณีศึกษากำหนดให้แก้มลิงมีความลึก 3 เมตร จะมีปริมาณวัสดุขุดเท่ากับ 379 ล้าน ลบ.ม. การขุดลอกแม่น้ำ (SN.02) ระยะทางประมาณ 244 กิโลเมตร มีปริมาณวัสดุขุดเท่ากับ 2.76 ล้าน ลบ.ม. และการทำแก้มลิงพร้อมกับการขุดลอกลำน้ำ (SN.03) มีปริมาณวัสดุขุดเท่ากับ 381.6 ล้าน ลบ.ม. รวมทั้งผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการพัฒนาโครงการเบื้องต้นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลกระทบเบื้องต้น

กรณี	ผลกระทบ	
	ด้านวิศวกรรม [12]	ด้านสิ่งแวดล้อม**
SN.01	1) ช่วยลดปริมาณการไหลได้เฉลี่ย 0.11% 2) ลดระดับน้ำได้เฉลี่ย 0.09% 3) ลดพื้นที่น้ำท่วมได้ 24.06% 4) ค่าก่อสร้าง 9,471 ล้านบาท	ในช่วงการก่อสร้าง เนื่องจากการขุดดินเพื่อทำเป็นแก้มลิง การกองดินจากการขุดหากกองไว้ใกล้ลำน้ำ จะทำให้เกิดการชะล้างและพัดพาตะกอนลงสู่ลำน้ำ ทำให้เกิดตะกอนแขวนลอยในลำน้ำเพิ่มขึ้นและจะมีผลกระทบโดยตรงต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณที่มีการทำแก้มลิง ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่การเกษตร ดังนั้นผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างคือการสูญเสียพื้นที่ทางการเกษตรและพื้นที่ใช้ประโยชน์บางส่วน

ตารางที่ 3 ผลกระทบเบื้องต้น (ต่อ)

กรณี	ผลกระทบ	
	ด้านวิศวกรรม [12]	ด้านสิ่งแวดล้อม**
SN.02	1) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการไหลได้เฉลี่ย 1.78% 2) ลดระดับน้ำได้เฉลี่ย 0.38% 3) ลดพื้นที่น้ำท่วมได้ 29.16 % 4) ค่าก่อสร้าง 68.8 ล้านบาท	เนื่องจากกิจกรรมการขุดลอกลำน้ำเป็นกิจกรรมที่กระทำในลำน้ำโดยตรง จึงมีผลกระทบต่อภารกิจของการไหลของน้ำในระยะก่อสร้าง รวมถึงทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนความขุ่นในแหล่งน้ำ ซึ่งราษฎรที่อยู่บริเวณริมแม่น้ำจะได้รับผลกระทบน้อย
SN.03	1) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการไหลได้เฉลี่ย 1.85% 2) ลดระดับน้ำได้เฉลี่ย 0.48% 3) ลดพื้นที่น้ำท่วมได้ 33.85% 4) ค่าก่อสร้าง 9,540 ล้านบาท	ในกรณีนี้ จะทำให้เกิดผลกระทบมากทั้งในลำน้ำและราษฎรที่อยู่บริเวณริมแม่น้ำ

หมายเหตุ: ** อ้างอิงจากโครงการศึกษาแผนหลักแบบบูรณาการ เพื่อการบรรเทาอุทกภัยและภัยแล้งพื้นที่เฉพาะ (Area Based) มูลตอนกลาง บุรีรัมย์-สุรินทร์

4. อภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาและกำหนดแนวทางในการศึกษาไว้ 3 กรณี พบว่าแนวทางเลือกที่ 3 การทำแก้มลิงพร้อมการขุดลอกลำน้ำ (SN.03) สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการไหลและช่วยลดระดับน้ำในแม่น้ำมูล เช่นเดียวกับการศึกษาของ Mingmuang and Kanasut [3] ได้กำหนดมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างประกอบด้วย 3 มาตรการ ได้แก่ 1) การใช้ระบบผันน้ำจากเขื่อนระบายน้ำโคกแฝกไปลงบึงพุดซา โดยใช้อาคารแบ่งน้ำละลมห้อม ต.โป่งแดง อ.ขามทะเลสอ 2) การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในลำตะคองและลำบริบูรณ์โดยการปรับปรุงก่อสร้าง รื้อฝายเดิม สิ่งกีดขวางทางน้ำ และขุดลอกลำน้ำ 3) รวมกรณีที่ 1 และ 2 เข้าด้วยกัน จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า สำหรับกรณีที่ 3 สามารถลดระดับน้ำที่จะเข้าเมืองได้ดีที่สุด และสามารถช่วยในการระบายน้ำได้เร็วขึ้นสอดคล้องกับการรายงานของ Pirom [13] ได้ศึกษาแนวทางแก้ปัญหาน้ำท่วมโดยการผันน้ำเข้าแก้มลิงในช่วงน้ำท่วมสามารถลดระดับน้ำท่วมได้และ Kaewsalubnil [14] ได้เสนอแนะแนวทางการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยของลำน้ำชีตอนบน โดยการขุดลอกลำน้ำสายหลักสีกลองจากเดิมเฉลี่ยประมาณ 1.00 เมตร และทำคันดินสูงขึ้นประมาณ 2.00 เมตร ในบริเวณที่เกิดน้ำท่วม สามารถลดระดับน้ำท่วมได้ 2.35 เมตร (71.36%) ซึ่งมีความ

สอดคล้องกับการศึกษา เนื่องจากกรณีศึกษาดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการไหลและช่วยลดระดับน้ำทำให้ประสิทธิภาพในการระบายน้ำของลำน้ำได้ดีขึ้น

5. สรุปผล

แม่น้ำมูลประสบปัญหาน้ำท่วมอันเนื่องมาจากปัจจัยหลายอย่าง ดังนั้นผลการศึกษาในครั้งนี้ได้นำเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2560 มาวิเคราะห์กับแผนงานของหน่วยงานในการบรรเทาอุกภัยบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางเลือกในการบรรเทาอุกภัย เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์ด้านชลศาสตร์ พบว่าการทำแก้มลิงพร้อมการขุดลอกลำน้ำ (SN.03) มีความเหมาะสมในการบรรเทาอุกภัย ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการไหลและลดระดับน้ำในแม่น้ำมูลมากที่สุด อีกทั้งยังสามารถลดพื้นที่น้ำท่วมทั้ง 2 จังหวัดเหลือ 202,954.80 ไร่ หรือคิดเป็น 32.34% โดยเฉพาะในพื้นที่ชุมชนสามารถลดพื้นที่น้ำท่วมได้ 40.92% แต่เมื่อพิจารณาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกรณีที่ 3 (SN.03) นั้นจะมีผลกระทบทั้งในลำน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมแม่น้ำมากที่สุด รวมถึงใช้งบประมาณสำหรับการลงทุนที่มากกว่าการทำแก้มลิงหรือการขุดลอกลำน้ำเพียงอย่างเดียว เมื่อทำการเปรียบเทียบแนวทางเลือกทั้ง 3 กรณีจะเห็นได้ว่ากรณีที่ 2 การขุดลอกลำน้ำ (SN.02) สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการไหลและลดระดับน้ำในแม่น้ำมูลรวมถึงสามารถลดพื้นที่น้ำท่วมทั้ง 2 จังหวัดได้ 30.81% ได้ใกล้เคียงกับกรณีที่ 3 ทั้งนี้ยังสามารถลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและด้านเศรษฐศาสตร์ได้มากกว่าการทำแก้มลิงพร้อมการขุดลอกลำน้ำ

References

- [1] Office of the National Water Resources. Summary report of the Mun river basin [Internet]. 2020 [cited 2024 May 19]. Available from: <https://ebook.onwr.go.th/read/140/pdf> (In Thai)
- [2] Bureau of water management and hydrology. Manual for estimating water flow using Manning's formula [Internet]. 2010 [cited 2024 Jan 24]. Available from: <https://division.dwr.go.th/bic/> (In Thai)
- [3] Mingmuang W, Kanasut J. Study of flood relief measures of upper Mun river basin in Nakhon Ratchasima by Mike11 model. Proceedings of the 9th Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus Conference: Engineering, Science Technology and Environment; 2012 Dec 6-7; Nakhon Pathom, Thailand. p. 571-78. (In Thai)

- [4] Yaibunditt T. The study of flood simulation and flood management of middle Mun river basin [Thesis]. Nakhon Pathom, Thailand: Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus; 2014. (In Thai)
- [5] Chamwan K, Kanasut J. Study on channel improvement of Chaopraya river. Proceedings of the 25th National Convention on Civil Engineering; 2020 Jul 15-17; Chonburi, Thailand. p. WRE26 1-7. (In Thai)
- [6] Sarminingshi A. Drainage system evaluation as an effort to reduce flood inundation in gedebage area, Bundung – West Java. Proceedings of International Conference on Sustainable Infrastructure; 2024 Oct 6-12; Honolulu, Hawaii. p. 1-9.
- [7] Pirah J, Roslee R. Positive changes in flood mitigation through sand dredging works at Padas river and Tributary based on HEC-RAS hydrological modelling. International Journal of Design & Nature and Ecodynamics 2021;16(4):451-58.
- [8] Nguyen DT. Risk-Based planning and optimization of flood management measures in Vietnam – a case study in the Phan-Calo river basin. Journal of Ecological Engineering 2023;24(5):166-75.
- [9] Smith B. Dredging and flood prevention: mitigating the risk of inundation [Internet]. 2023 [cited 2024 Jan 24]. Available from: <https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=1753>
- [10] CIWEM. Floods and dredging – a reality check [Internet]. 2023 [cited 2024 Jan 24]. Available from: <https://www.ciwem.org/assets/pdf/Policy/Reports/Floods-and-Dredging-a-reality-check.pdf>
- [11] Taesombat W, Patsinghasanee S. Flood mitigation study in Nam Loei river basin using river basin modelling. Proceedings of the 3rd National Convention on Water Resources Engineering; 2009 Aug 6-7; Nakhon Nakhon Nayok, Thailand. p. 1-10. (In Thai)
- [12] The Comptroller General's Department. Criteria for calculating the median price for irrigation construction work [Internet]. 2017 [cited 2024 Jan 24]. Available from: <https://finance.cdd.go.th/wp-content/uploads/sites/96/2017/04/5-หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานชลประทาน.pdf> (In Thai)
- [13] Pirom S. Flood simulation based hec-ras model and geographic information system of lower chaophraya river basin using retention ponds [Thesis]. Nakhon Pathom, Thailand: Silpakorn University; 2011. (In Thai)

- [14] Kaewsalubnil S. A study flooding and protection in the upper Chi Basin by using MIKE11 [Thesis]. Bangkok, Thailand: King Mongkut's University of Technology Thonburi; 2008. (In Thai)

ประวัติผู้เขียนบทความ



สุวารี สงฆ์พัฒนแก้ว นิสิตระดับมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เลขที่ 1 ม.6 ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
E-mail: suvari0117@gmail.com
งานวิจัยที่สนใจ: อุทกวิทยา แบบจำลองน้ำท่วมและการป้องกันน้ำท่วม



วิษุวัตก์ แท้สมบัติ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เลขที่ 1 ม.6 ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
E-mail: fengwwt@ku.ac.th
งานวิจัยที่สนใจ: อุทกวิทยา อุทกพลศาสตร์ และการชลประทาน



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงนภา วานิชสรรพ อาจารย์ประจำสาขาวิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครปฐม 85 ถ.มาลัยแมน ต.เมืองนครปฐม อ.เมือง จ.นครปฐม 73000
E-mail: wanichsan@webmail.npru.ac.th
งานวิจัยที่สนใจ: อุทกวิทยาและอุทกพลศาสตร์

Article History:

Received: March 20, 2024

Revised: July 30, 2024

Accepted: August 1, 2024