



การประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลร่วมกับแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติเพื่อจำลองแผนที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำมูล

Application of Remote Sensing Data with HEC-RAS 2D Model to Simulate Floodplain in Mun River Basin

วีรภัทร ดวงขวัญ^{1*} ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์¹ และดวงฤดี โฆษิตกิตติวงศ์¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10140

Weeraphat Duangkhan^{1*}, Chaiwat Ekkawatpanit¹ and Duangrudee Kositgittiwong¹

¹ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi

126 Pracha Uthit Rd, Bang Mot, Thung Khru, Bangkok 10140

*ผู้รับผิดชอบบทความ: weeraphat.bay@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 08-2431-7661

Received: 24 June 2022, Revised: 16 September 2022, Accepted: 6 October 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลโดยการนำภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 ในการจำแนกการใช้ที่ดินเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงในการประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ โดยมีการจำแนกการใช้ที่ดินเป็น 4 ประเภท และใช้การจำแนกแบบกำกับดูแลด้วยวิธี Minimum Distance และทำการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกการใช้ที่ดิน จากนั้นนำข้อมูลการใช้ที่ดินนี้มาหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงเชิงพื้นที่และข้อมูลน้ำท่วมมาจำลองด้วยแบบจำลองการไหลสองมิติ ข้อมูลการศึกษานี้ได้สอบเทียบแบบจำลองในปี พ.ศ. 2554 และตรวจพิสูจน์ในปี พ.ศ. 2557 ได้ผลที่ดีที่สุดคือมีค่า NSE อยู่ในช่วง 0.95-0.97 และมี R^2 อยู่ในช่วง 0.96-0.99 ซึ่งหมายถึงแบบจำลองมีความแม่นยำสูง โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 ในแบบจำลอง HEC-RAS สองมิตินี้มีข้อดีคือสามารถจำลองพื้นที่น้ำท่วมในลักษณะการใช้ที่ดินต่างๆ ได้

คำสำคัญ การจำแนกการใช้ที่ดิน แบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ พื้นที่น้ำท่วม ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 แม่น้ำมูล

Abstract

This paper presents an application of remote sensing data using LANDSAT-8 satellite images for land use identification to estimate Manning's roughness coefficient. Then, the land use from satellite images with a two-dimensional HEC-RAS mathematical model is presented. The accuracy of the land use classification was tested, and four categories of land use were categorized using the minimum distance which is a supervised classification technique. Then, the Manning's roughness coefficient determined from the land-use data was used for two-dimensional simulation. To calibrate and validate this study, data from 2011 and 2014 were used. The best result has an NSE of 0.95-0.97 and an R^2 of 0.96-0.99, indicating that it is highly accurate. This two-dimensional



HEC-RAS model has the benefit of being able to simulate flooded regions in varied land use characteristics while using remote sensing data from LANDSAT-8 satellite images.

Keywords: Land use classification, HEC-RAS 2D model, Inundation area, LANDSAT-8 satellite imagery, Mun River

1. บทนำ

ในปัจจุบันแบบจำลองทางชลศาสตร์ HEC-RAS สองมิติ เป็นแบบจำลองการไหลที่พัฒนาโดย U.S Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center นิยมถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการจำลองสถานการณ์น้ำท่วม โดยในการจำลองการไหลของน้ำสองมิติต้องใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) ซึ่งจำเป็นต้องกำหนดสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งของพื้นที่โดยขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของพื้นที่ เช่น ลักษณะของสิ่งปกคลุมดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น

การจำแนกการใช้ที่ดินสามารถจำแนกได้โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแล้วอาศัยการประมวลผลจากอัลกอริทึมต่าง ๆ ซึ่งทำให้สามารถจำแนกประเภทการใช้ที่ดินได้ ที่ผ่านมามีหลายงานวิจัยที่ใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat ในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินมีด้วยกันหลากหลายวิธี เช่น Minimum Distance [1],[2], Maximum Likelihood [1-5], Support Vector- Machine [5] และวิธี Neural Network [6] เป็นต้น ซึ่งวิธีเหล่านี้เป็นวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลที่ต้องกำหนดพื้นที่ฝึก (Training Area) โดยการกำหนดเกณฑ์ของการจำแนกประเภทข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อจำแนกข้อมูลให้กับข้อมูลภาพทั้งหมด

ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS สองมิติร่วมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูล National Land Cover Dataset, NLCD ที่จำแนกการใช้ที่ดินด้วยวิธี Decision Tree พัฒนาขึ้นโดย United States Geological Survey, USGS ในการจำลองพื้นที่น้ำท่วมโดยใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งตามชนิดการใช้ที่ดิน [7] โดยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งจากการศึกษาของ Kalyanapu et al. [8] ที่ทำการศึกษาเพื่อดูความแตกต่างระหว่างการใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งที่ถูกกำหนดโดยการหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของสัมประสิทธิ์แมนนิ่งตามข้อมูลการใช้ที่ดินของ NLCD กับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งที่ใช้โดยทั่วไปและ

นอกจากนั้น Pinos et al.[9] ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินที่จำแนกและปรับปรุงโดย The National Water Secretariat of Ecuador, SENAGUA [10] ในการจำลองเปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ต่างๆ ด้วยแบบจำลองการไหลสองมิติ โดยผลการจำลองพบว่าแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติให้ผลการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมน้อยกว่าการจำลองหาพื้นที่น้ำท่วมที่ใช้ในการเปรียบเทียบประมาณ 7%-53% และมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน 3,5 และ 10 ประเภทให้ผลน้ำท่วมที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละกรณี [11]

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจำลองพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติโดยใช้การจำแนกการใช้ที่ดินที่สร้างขึ้นจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 จากการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแลด้วยวิธี Minimum Distance ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันโดยทั่วไปอย่างกว้างขวางในการจำแนกการใช้ที่ดิน แล้วจึงนำข้อมูลการใช้ที่ดินไปใช้ในการกำหนดสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งเพื่อเปรียบเทียบกับจำลองแผนที่น้ำท่วมที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งแบบค่าเดียวที่ไม่ขึ้นกับลักษณะการใช้ที่ดิน โดยมีขอบเขตพื้นที่การศึกษาอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล

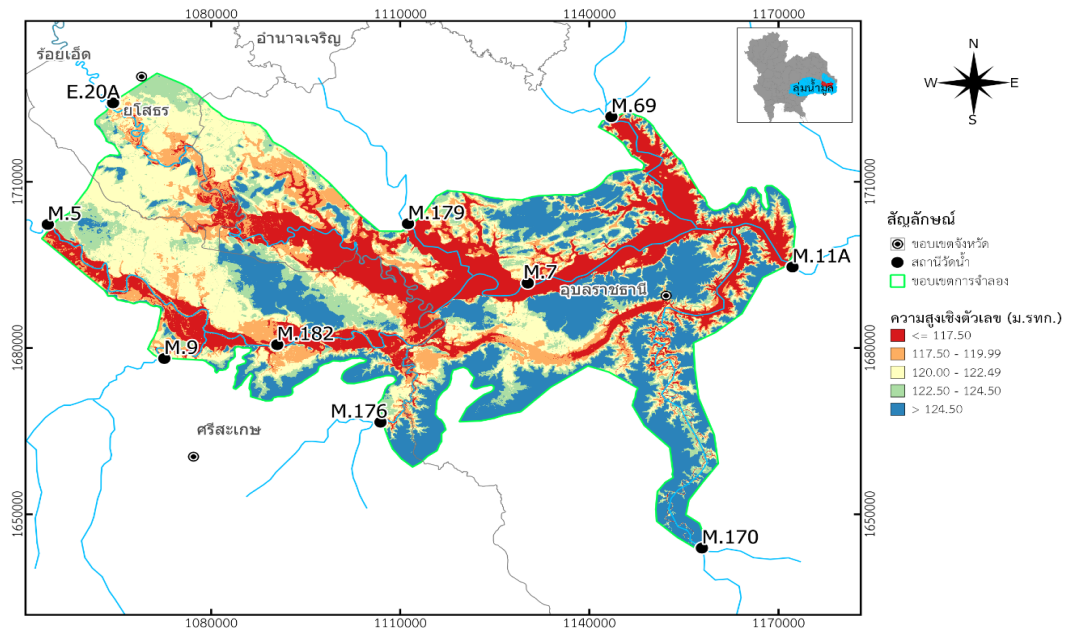
2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 พื้นที่การศึกษา

ในการศึกษานี้มีพื้นที่ศึกษาอยู่ภายในลุ่มน้ำมูลซึ่งครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดยโสธร ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี ดังรูปที่ 1

2.2 ข้อมูลอุทกวิทยาและแผนที่น้ำท่วม

ข้อมูลน้ำท่าในการศึกษานี้รวบรวมข้อมูลจากกรมชลประทาน โดยประกอบด้วยข้อมูลน้ำท่าและระดับน้ำรายวัน จากสถานีวัดน้ำทั้งหมด 10 สถานี ได้แก่ สถานี M.5 M.7 M.9 M.11A M.69 M.170 M.176 M.179 M.182 และ E.20A ของปี พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2557 โดยมีตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำดังรูปที่ 1



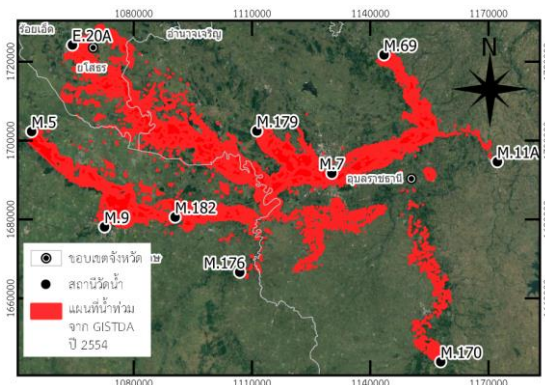
รูปที่ 1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา

โดยมีสถานีวัดน้ำท่าที่ด้านเหนือได้แก่ สถานี M.5 M.9 M.11A M.170 M.176 M.179 และสถานี E.20A และมีสถานีวัดน้ำท่าที่ด้านท้ายน้ำคือสถานี M.11A โดยการจำลองครั้งนี้มีสถานีวัดน้ำ M.7 และ M.182 เป็นสถานีที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง

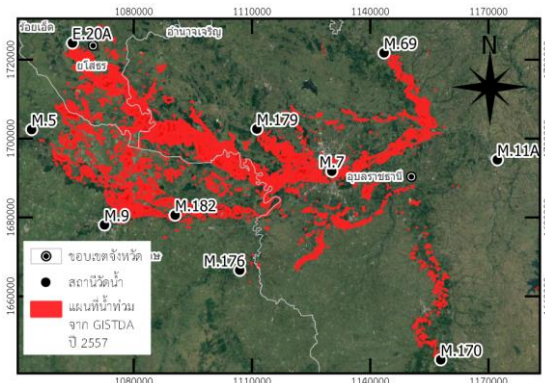
สำหรับการเปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมกับแบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมที่จัดทำโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน, GISTDA) โดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2557 ดังรูปที่ 2 ซึ่งมีพื้นที่น้ำท่วมในขอบเขตของแบบจำลองประมาณ 839.2 ตารางกิโลเมตรและ 500.5 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ

2.3 ข้อมูลการใช้ที่ดิน

ในการจำแนกข้อมูลการใช้ที่ดินจากดาวเทียม Landsat-8 จะมีการสอบเทียบข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงซึ่งกรมพัฒนาที่ดินจะจัดทำข้อมูลใหม่ทุกๆ 4 ปีและสามารถดาวน์โหลดได้จาก เว็บไซต์ <https://dinonline.ddd.go.th/> โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดยโสธร ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นข้อมูลที่จัดทำในปี พ.ศ.2562

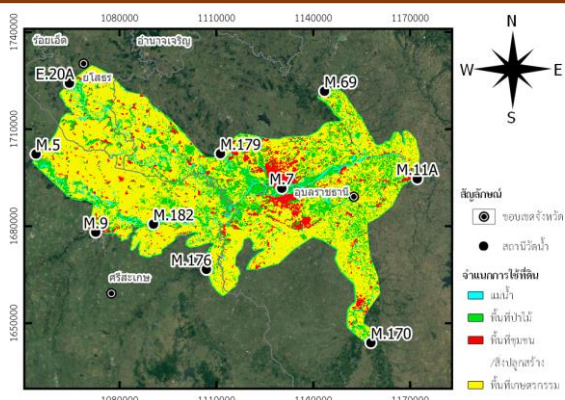


(ก) ปี พ.ศ.2554



(ข) ปี พ.ศ.2557

รูปที่ 2 แผนที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาจากภาพถ่ายดาวเทียมของ GISTDA



รูปที่ 3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

2.4 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8

สำหรับการจำแนกการใช้ที่ดินในการศึกษาค้นคว้านี้ เลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 ระบบ Operational Land Imagery (OLI) เนื่องจากดาวเทียม Landsat-8 เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่มีความละเอียดภาพ 30 เมตร โคจรซ้ำตำแหน่งเดิมทุกๆ 16 วัน โดยในการศึกษาค้นคว้านี้ได้เลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งเป็นภาพที่อยู่ในช่วงวันที่ 3-12 ธันวาคม พ.ศ.2562 โดยมีปริมาณเมฆน้อยเหมาะสมกับการจำแนกข้อมูล สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมนี้สามารถดาวน์โหลดได้จาก <https://earthexplorer.usgs.gov>

ตารางที่ 1 ข้อมูล Path/Row ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8

ลำดับที่	ตำแหน่ง Path	ตำแหน่ง Row	บันทึกข้อมูลวันที่
1	126	49	12/12/2562
2	126	50	12/12/2562
3	127	49	03/12/2562
4	127	50	03/12/2562

2.5 ข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM)

ข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM) ในการศึกษานี้ได้ใช้แผนที่ความละเอียดภาพจุด 30 เมตรของโครงการ The Shuttle Radar Topography Mission, SRTM ซึ่งเป็นความร่วมมือของ National Aeronautics and Space Administration, NASA และ National Geospatial-Intelligence Agency, NSA ในการจัดทำข้อมูลพื้นผิวภูมิ

ประเทศทั่วโลกและสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov> เช่นเดียวกัน

2.6 วิธีการศึกษา

2.6.1 การเตรียมข้อมูลการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม

ในการศึกษานี้ได้รวมแบนด์ (Composite Band) ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 โดยทำการรวมแบนด์ 2-7 จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 โดยใช้โปรแกรม QGIS มีรายละเอียดช่วงคลื่นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความยาวคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 ในแต่ละแบนด์

แบนด์	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)
2	0.45-0.51
3	0.53-0.59
4	0.64-0.67
5	0.85-0.88
6	1.57-1.65
7	2.11-2.29

2.6.2 การจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล

1) การกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ในการศึกษานี้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 ชนิดได้แก่พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ชุมชน

2) การจำแนกข้อมูลดาวเทียมด้วยเทคนิคการจำแนกแบบ Minimum Distance โดยจะทำการจำแนกข้อมูลจากการพิจารณาค่าสะท้อนช่วงคลื่นของแต่ละจุดภาพว่ามีระยะห่างน้อยที่สุดจากจุดศูนย์กลางของค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่ทำการจำแนกไว้จากขั้นตอนการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง

3) การประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment) ของการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม ด้วยเทคนิคการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการคำนวณหาจำนวนตัวอย่างจากสมการที่ (1)

$$n = \left(\frac{\sum W_i S_i}{S(\bar{O})} \right)^2 \quad (1)$$

โดยที่ n คือ จำนวนตัวอย่าง, W_i คือสัดส่วนของพื้นที่ของสิ่งปกคลุมประเภท i , $S(\bar{O})$ คือความคลาดเคลื่อนของค่าความถูกต้องโดยรวมที่ต้องการและ S_i คือส่วนเบี่ยงเบน



มาตรฐานคำนวณได้จาก ความถูกต้องของผู้ใช้ (U_i) ดังสมการที่ (2)

$$S_i = \sqrt{U_i(1 - U_i)} \quad (2)$$

แล้วสร้างเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Error Matrix) เพื่อคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาโดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) และ (4) โดยที่สัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa coefficient) บ่งบอกถึงความสอดคล้องกันของข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยที่ 0 หมายถึงความไม่สอดคล้องของข้อมูล และหากค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึงข้อมูลมีความสอดคล้องกันมาก [12]

$$\text{ความถูกต้องรวม} = \frac{\text{จำนวนที่ถูกต้อง}}{\text{จำนวนข้อมูล}} \quad (3)$$

$$Kappa = \frac{N \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \times n_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \times n_{+i})} \quad (4)$$

โดยที่ k คือประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน, n_{ii} คือผลรวมของแนวทแยงมุมของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน, n_{i+} คือผลรวมของแถวของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน, n_{+i} คือผลรวมของคอลัมน์ของ เมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน, N คือจำนวนตัวอย่างทั้งหมด

ตารางที่ 3 เกณฑ์ความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปา [12]

ลำดับ	สัมประสิทธิ์แคปปา	ขนาดความสอดคล้อง (Strength of Agreement)
1	<0.00	แย่ (Poor)
2	0.00-0.20	น้อย (Slight)
3	0.21-0.40	พอใช้ (Fair)
4	0.41-0.60	ปานกลาง (Moderate)
5	0.61-0.80	ดี (Substantial)
6	0.81-1.00	ดีมาก (Almost perfect)

2.7 แบบจำลองชลศาสตร์ HEC-RAS สองมิติ

แบบจำลอง HEC-RAS สองมิติใช้สมการที่เรียกว่า 2D Diffusion Wave โดยอาศัยหลักการของการอนุรักษ์มวล และอนุรักษ์โมเมนตัมดังสมการที่ (5) (6) และ (7)

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} + q = 0 \quad (5)$$

โดยที่ H คือระดับผิวน้ำ(เมตร), h คือความลึกของน้ำ (เมตร), t คือเวลา(วินาที), u และ v คือความเร็วในทิศทาง x และ y ตามลำดับ (m/s) และ q คืออัตราการไหลของน้ำจากแหล่งกำเนิดน้ำต่อพื้นที่หนึ่งหน่วย (m/s)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - g \frac{\partial H}{\partial x} + v_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f u + f v \quad (6)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - g \frac{\partial H}{\partial y} + v_t \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f v + f u \quad (7)$$

และจากสมการที่ (6) และ (7) ซึ่งก็คือสมการอนุพันธ์โมเมนตัมแบบสองมิติ โดยที่ g คือแรงโน้มถ่วง, v_t คือสัมประสิทธิ์ความหนืด, c_f คือสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน, f คือสัมประสิทธิ์ของโคริโอลิส โดยที่แบบจำลอง HEC-RAS ประยุกต์ใช้สมการทั้งสามเพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข [13]

2.7.1 การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง HEC-RAS

สอบเทียบแบบจำลองโดยใช้น้ำท่าในการสอบเทียบที่สถานี M.7 และ M.182 โดยมีดัชนี Nash Sutcliffe Efficiency, NSE เพื่อวัดความแม่นยำของแบบจำลองซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (8) โดยที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 เมื่อค่าเข้าใกล้ 1 หมายความว่าแบบจำลองมีความแม่นยำสูง นอกจากนี้ยังใช้ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE) ดังสมการที่ (9) โดยที่เมื่อค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงแบบจำลองมีความแม่นยำสูง และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (Coefficient of Determination, R^2) ที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 เมื่อค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึงผลของแบบจำลองมีความแม่นยำสูงคำนวณได้จากสมการที่ (10)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (8)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2} \quad (9)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}} \quad (10)$$



โดยที่ S คือค่าที่ได้จากแบบจำลอง, O คือค่าที่ได้จากการตรวจวัด, $\bar{S}$ และ $\bar{O}$ คือค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองและตรวจวัดตามลำดับ

2.8 สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง

ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการแก้ไขในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์คือสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงโดยที่การศึกษาครั้งนี้จะแบ่งการเลือกใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงเป็น 2 กรณี

โดยกรณีที่ 1 ใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงของพื้นที่น้ำท่วมถึงและทางน้ำเปิดโดยอ้างอิงจากการศึกษาที่ผ่านมา [14],[15] ซึ่งใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นที่น้ำท่วมถึงเพียงค่าเดียวโดยมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.03-0.15

ส่วนกรณีที่ 2 คือกำหนดสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้ที่ดินโดยใช้ค่าจากการศึกษาที่ผ่านมา [8] ซึ่งมีค่าดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงสำหรับการใช้ที่ดินแต่ละชนิด

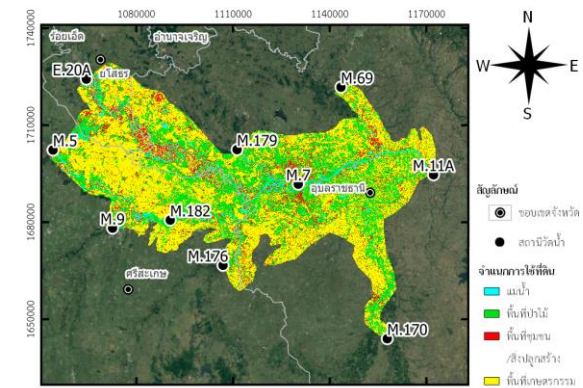
Land cover Description	Manning's n
Open water	0.001
Developed, open space	0.0404
Developed, low intensity	0.0678
Developed, medium intensity	0.0678
Developed, high intensity	0.0404
Barren land	0.0113
Deciduous forest	0.36
Evergreen forest	0.32

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 การจำแนกการใช้ที่ดิน

จากการจำแนกการใช้ที่ดินโดยใช้วิธีกำกับดูแลในการจำแนกโดยจำแนกเป็น 4 ประเภทได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ชุมชนดังแสดงในรูปที่ 4 โดยมีพื้นที่รวมทั้งหมดของพื้นที่ที่สนใจ 3,789 ตารางกิโลเมตร จากการตรวจสอบข้อมูลตัวอย่างโดยเริ่มจากการหาจำนวนข้อมูลตัวอย่างที่เหมาะสมในการตรวจสอบ ได้ตัวอย่างสุ่มเท่ากับ 117 ตัวอย่างแล้วนำไปสอบเทียบข้อมูลการใช้ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน แล้วหาค่าความแม่นยำด้วยวิธีเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนได้ผลดังตารางที่ 5

นำไปคำนวณหาความแม่นยำโดยรวมทั้งหมดได้เท่ากับ 87.18 เปอร์เซ็นต์และมีสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.81 โดยผลการจำแนกการใช้ที่ดินในพื้นที่ที่ศึกษาครั้งนี้พบว่าการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแลโดยใช้วิธี Minimum Distance สามารถจำแนกการใช้ที่ดินโดยมีค่าความถูกต้องโดยรวมที่สูง และมีค่าสัมประสิทธิ์ แคปปาในการจำแนกการใช้ที่ดินนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีที่สุด



รูปที่ 4 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากการจำแนกด้วยดาวเทียม Landsat-8

ตารางที่ 5 ค่าความถูกต้องจากการจำแนกการใช้ที่ดิน

ประเภทสิ่ง ปกคลุมดิน		ข้อมูลอ้างอิง				
		W ¹	F ²	A ³	U ⁴	Total
ข้อมูลจากการจำแนก	W	13	3	2	0	18
	F	0	36	3	0	39
	A	0	3	42	0	45
	U	0	3	1	11	15
	Total	13	45	48	11	117

1 W หมายถึงพื้นที่แหล่งน้ำ

2 F หมายถึงพื้นที่ป่าไม้

3 A หมายถึงพื้นที่เกษตรกรรม

4 U หมายถึงพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง

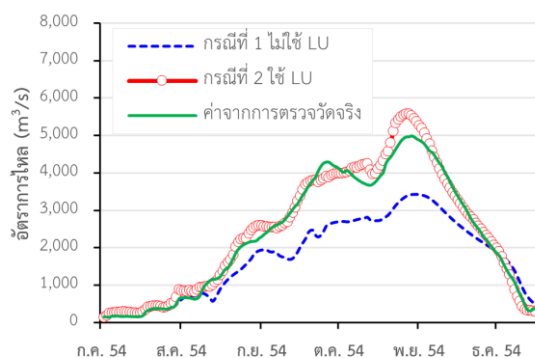
3.2 การสอบเทียบแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ

สำหรับผลการจำลองแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินและใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงทั้ง 2 กรณีเป็นไปดังรูปที่ 5-8 โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการปรับพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงเพื่อทำการสอบเทียบแบบจำลองโดยได้ผลของการปรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงในกรณีที่ 1 คือ พื้นที่น้ำท่วมถึงมีค่า 0.07 และสำหรับทางน้ำเปิดมีค่าเท่ากับ 0.03 โดยได้ผลน้ำท่าจากการจำลองในปี พ.ศ. 2554 ดังแสดงในรูป

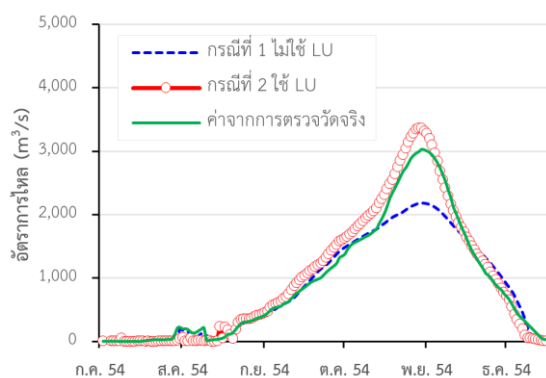


ที่ 5 และ 6 คำนวณหาดัชนี NSE R^2 และ RMSE ที่สถานี M.7 และ M.182 ได้ดังแสดงในตารางที่ 6 และสำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งในกรณีที่ 2 ได้ผลการปรับพารามิเตอร์ คือ 0.002 สำหรับพื้นที่แหล่งน้ำ 0.2 สำหรับพื้นที่ป่า 0.0404 สำหรับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และ 0.01 สำหรับพื้นที่การเกษตร ผลการคำนวณหา NSE R^2 และ RMSE ที่สถานี M.7 และ M.182 ดังแสดงในตารางที่ 6 ตารางที่ 6 ค่า NSE R^2 และ RMSE ของการสอบเทียบแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ

สถานี	ดัชนี	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
M.7 (1/6/2554-15/12/2554)	NSE	0.69	0.97
	R^2	0.95	0.97
	RMSE	888.79	287.32
M.182 (1/5/2557-31/3/2558)	NSE	0.92	0.97
	R^2	0.94	0.99
	RMSE	270.42	172.82



รูปที่ 5 น้ำท่าที่สถานี M.7 จากแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าปี พ.ศ.2554



รูปที่ 6 น้ำท่าที่สถานี M.182 จากแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าปี พ.ศ.2554

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าในกรณีที่ 2 ซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ดาวเทียม Landsat-8 เพื่อกำหนดสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งนั้นมีค่า NSE R^2 และ RMSE ที่แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของแบบจำลองมากกว่ากรณีที่ 1 ทั้งสถานี M.7 และ M.182

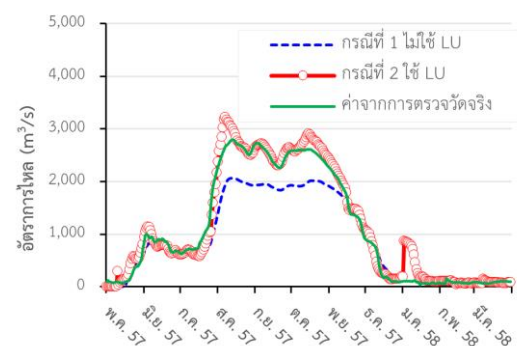
3.3 การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ

สำหรับผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง HEC-RAS สองมิติในกรณีที่ 1 และ 2 ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8 พบว่าที่สถานี M.7 จะเห็นถึงความแตกต่างของกราฟน้ำท่าของทั้งสองกรณีอย่างชัดเจน ในทางตรงกันข้ามที่สถานี M.182 จะเห็นความแตกต่างของกราฟอัตราการไหลค่อนข้างน้อย โดยค่า NSE R^2 และ RMSE เป็นไปดังตารางที่ 7

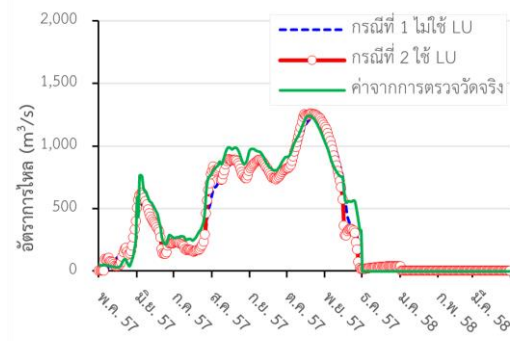
จากการวิเคราะห์ค่า NSE R^2 และ RMSE ในตารางที่ 7 พบว่าการจำลองแบบจำลองกรณีที่ 2 มีความแม่นยำมากกว่าในกรณี 1 เฉพาะที่สถานี M.7 ในขณะที่ที่สถานี M.182 พบว่าแบบจำลองมีความแม่นยำใกล้เคียงกันสำหรับทั้งสองกรณี โดยที่ในกรณีที่ 1 มีค่า NSE และ RMSE ที่แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของแบบจำลองมากกว่ากรณีที่ 2 เพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 7 ค่า NSE R^2 และ RMSE ของการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ

สถานี	ดัชนี	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
M.7 (1/6/2554-15/12/2554)	NSE	0.86	0.95
	R^2	0.95	0.98
	RMSE	383.40	225.96
M.182 (1/5/2557-31/3/2558)	NSE	0.95	0.90
	R^2	0.96	0.96
	RMSE	96.50	129.14



รูปที่ 7 น้ำท่าที่สถานี M.7 จากแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าปี พ.ศ.2557



รูปที่ 8 น้ำท่าที่สถานี M.182 จากแบบจำลองHEC-RAS สองมิติโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าปี พ.ศ.2557

3.4 วิเคราะห์ผลการจำลองแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ

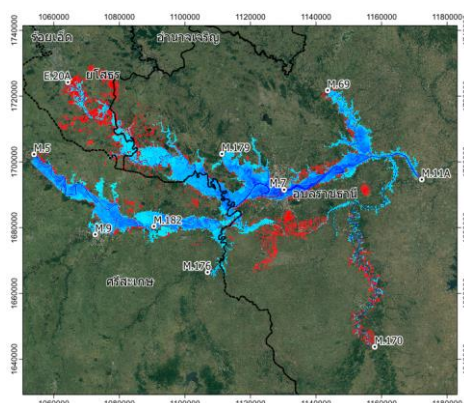
จากการจำลองแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติโดยใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งทั้งสองกรณีพบว่าในกรณีที่หนึ่งคือการใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งสำหรับพื้นที่น้ำท่วมโดยไม่กำหนดตามการใช้ประโยชน์ที่ดินจะมีกราฟน้ำท่าที่ต่ำกว่าค่าจากการตรวจวัดจริงโดยมี NSE อยู่ในช่วง 0.69 ถึง 0.95 และ R^2 อยู่ในช่วง 0.94 ถึง 0.96 ส่วนในกรณีที่สองสามารถให้ผลการจำลองที่แม่นยำกว่าเนื่องจากมี NSE และ R^2 ที่มากกว่ากรณีที่หนึ่งและยังมี RMSE ที่ต่ำกว่ากรณีที่หนึ่ง โดยมี NSE อยู่ในช่วง 0.95 ถึง 0.97 และ R^2 อยู่ในช่วง 0.96 ถึง 0.99 โดยในกรณีที่สองนั้นค่าความคลาดเคลื่อนออกมาอยู่ในเกณฑ์ที่บอกว่าแบบจำลองมีความแม่นยำสูง

จากตารางที่ 8 พบว่าการจำลองแผนที่น้ำท่วมในกรณีที่ 1 มีพื้นที่น้ำท่วมใกล้เคียงกับแผนที่น้ำท่วมจาก GISTDA มากกว่ากรณีที่ 2 นอกจากนั้นในการจำลองแผนที่น้ำท่วม

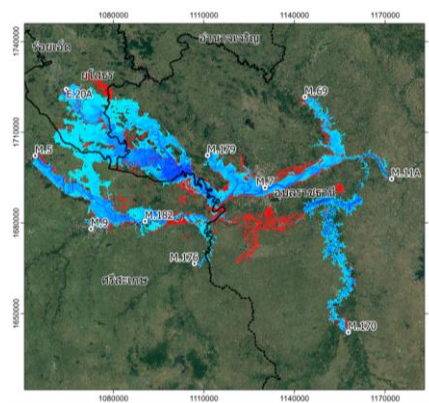
กรณีที่ 2 ของปี พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2557 จะมีพื้นที่น้ำท่วมมากกว่ากรณีที่ 1 คิดเป็น 59.5% และ 48.2% ตามลำดับและเมื่อเปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมพบว่าทั้งสองกรณีมีพื้นที่บางส่วนดังรูปที่ 9 และ 10 ที่ไม่มีพื้นที่น้ำท่วมเมื่อเทียบกับแผนที่น้ำท่วมของ GISTDA ซึ่งเป็นผลจากการที่ DEM ที่ใช้มีความละเอียดไม่เพียงพอทำให้ไม่มีการไหลไปบริเวณดังกล่าวและนอกจากนั้นยังพบว่าในทั้งสองกรณีมีพื้นที่น้ำท่วมมากกว่าพื้นที่น้ำท่วมจากแผนที่ GISTDA ดังตารางที่ 8 ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการที่ผลจำลองที่ได้จากแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติมีความต่อเนื่องของข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมมากกว่าแผนที่น้ำท่วมที่ได้จากแผนที่ดาวเทียมของ GISTDA ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ [9] ที่เปรียบเทียบแผนที่น้ำท่วมระหว่างแบบจำลอง HEC-RAS หนึ่งมิติกับ HEC-RAS สองมิติพบว่าแบบจำลองสองมิติมีพื้นที่น้ำท่วมแตกต่างกันประมาณ 7-50% ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่และปริมาณการไหล

ตารางที่ 8 พื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ ทั้ง 2 กรณี

ปี พ.ศ.	พื้นที่น้ำท่วม (ตารางกิโลเมตร)		
	GISTDA	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
2554	839.2	815.76	1,301.18
2557	500.5	582.61	863.30

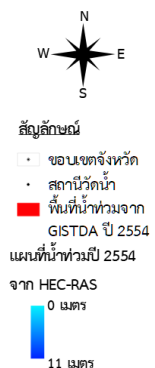


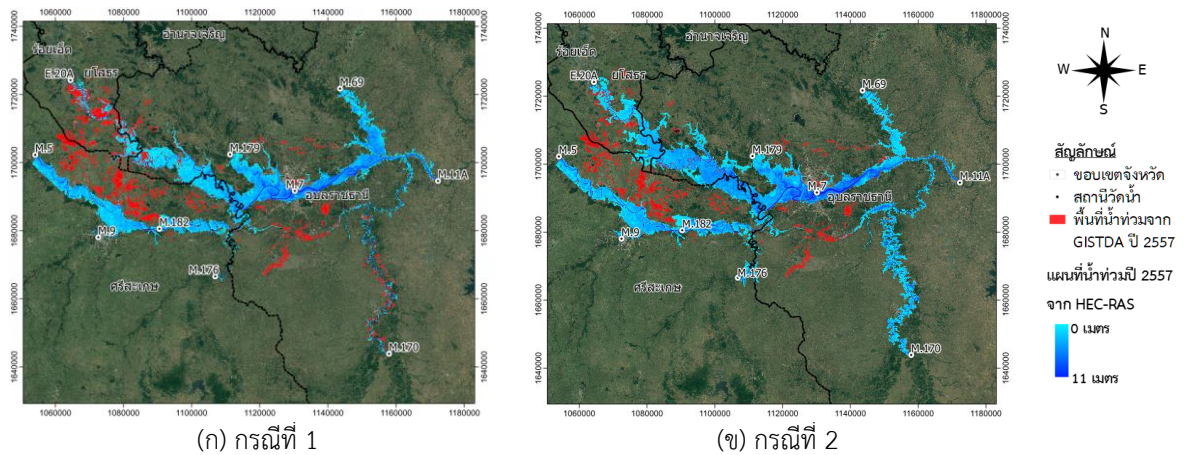
(ก) กรณีที่ 1



(ข) กรณีที่ 2

รูปที่ 9 แผนที่น้ำท่วมปี พ.ศ.2554 จากแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ





รูปที่ 10 แผนที่น้ำท่วมปี พ.ศ.2557 จากแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ

4. บทสรุป

จากการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลโดยการนำภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 ใช้ในการจำแนกการใช้ที่ดินเพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งเพื่อประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS สองมิติ โดยการศึกษาครั้งนี้จำแนกการใช้ที่ดินเป็น 4 ชนิด ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ชุมชน โดยการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยวิธี Minimum Distance โดยทำการตรวจสอบความแม่นยำของการจำแนกการใช้ที่ดินได้ความแม่นยำโดยรวมเท่ากับ 87.18 % และสัมประสิทธิ์แคปปามีค่า 0.81 จากนั้นนำข้อมูลการใช้ที่ดินนี้เพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งเชิงพื้นที่และข้อมูลน้ำท่ามาจำลองด้วยโปรแกรม HEC-RAS แบบสองมิติในการศึกษาครั้งนี้มีสถานีสอบเทียบสองสถานีได้แก่ สถานีวัดน้ำท่า M.7 และ M.182 และใช้ข้อมูลสอบเทียบปี พ.ศ.2554 ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน ถึง 15 ธันวาคม และปี พ.ศ.2557 ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ.2557 ถึง 31 มีนาคม พ.ศ.2558 พบว่าการจำแนกการใช้ที่ดินเพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งสามารถให้การจำลองน้ำท่าที่แม่นยำแต่ให้แผนที่น้ำท่วมที่มีพื้นที่มากกว่าแผนที่น้ำท่วมจาก GISTDA

ข้อดีของจำลองแผนที่น้ำท่วมจากข้อมูลการจำแนกการใช้ที่ดินด้วยภาพถ่ายดาวเทียมคือสามารถประเมินเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีตตามสภาพการใช้ที่ดินในอดีตเพื่อหาความเสียหายที่เกิดขึ้น และจำลองแผนที่น้ำท่วมตามการ

เปลี่ยนแปลงที่ดินเพื่อรองรับกับภาวะโลกรวนในอนาคต โดยที่แบบจำลอง HEC-RAS สองมิติยังคงมีข้อจำกัดคือไม่สามารถใส่อาคารชลศาสตร์เข้าไปในแบบจำลองทำให้ไม่สามารถจำลองในพื้นที่ที่มีเขื่อนหรือฝายได้ดังนั้นในพื้นที่ดังกล่าวอาจจะเลือกใช้แบบจำลอง HEC-RAS หนึ่งมิติ หรือควบคู่ระหว่างหนึ่งมิติและสองมิติแทนแบบจำลองสองมิติ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลอุทกวิทยาจากสำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน และสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Al-Ahmadi FS, Hames AS. Comparison of four classification methods to extract land use and land cover from Raw Satellite Images for Some Remote Arid Areas, Kingdom of Saudi Arabia. Journal of King Abdulaziz University - Earth Sciences. 2009;20:167-91.
- [2] Lu D, Mausel P, Batistella M, Moran E. Comparison of land-cover classification methods in the Brazilian Amazon Basin. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 2004;70:723-31.



- [3] Yuan F, Sawaya KE, Loeffelholz BC, Bauer ME. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment*. 2005;98(2-3):317-28.
- [4] Lu D, Batistella M, Moran E. Land-cover classification in the Brazilian Amazon with the integration of Landsat ETM+ and Radarsat data. *International Journal of Remote Sensing*. 2007;28(24):5447-59.
- [5] Kavzoglu T, Colkesen I. A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2009;11(5):352-9.
- [6] Aitkenhead MJ, Aalders IH. Classification of Landsat Thematic Mapper imagery for land cover using neural networks. *International Journal of Remote Sensing*. 2008;29(7):2075-84.
- [7] Garcia M, Juan A, Bedient P. Integrating Reservoir Operations and Flood Modeling with HEC-RAS 2D. *Water*. 2020;12(8).
- [8] Alfred K, Steven B, Timothy M. Effect of land use-based surface roughness on hydrologic model output. *Journal of Spatial Hydrology*. 2009;9:51-71.
- [9] Pinos J, Timbe L. Performance assessment of two-dimensional hydraulic models for generation of flood inundation maps in mountain river basins. *Water Science and Engineering. Eng*. 2019;12(1).
- [10] Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), 2014. Vulnerability Assessment to Flood Events of the Santa Barbara River, Volume 2: Hydraulic Study. SENAGUA, Quito, p. 108 (in Spanish).
- [11] Huang J, Zhou P, Zhou Z, Huang Y. Assessing the influence of land use and land cover datasets with different points in time and levels of detail on watershed modeling in the North River Watershed, China. *Int J Environ Res Public Health*. 2012;10(1):144-157.
- [12] Rwanga SS, Ndambuki JM. Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Geosciences*. 2017;08(04):611-22.
- [13] Brunner GW. HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual. US Army Corps of Engineers; 2016. Report No.: CPD-69.
- [14] Connell RJ, Painter DJ, Beffa C. Two-Dimensional Flood Plain Flow. II: Model Validation. *Journal of Hydrologic Engineering*. 2001;6(5):406.
- [15] Liu, Z, Merwade, V, Jafarzadegan, K. Investigating the role of model structure and surface roughness in generating flood inundation extents using one- and two-dimensional hydraulic models. *J Flood Risk Management*. 2019;12:e12347.