

การประยุกต์ใช้แบบจำลองชลศาสตร์และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสร้างแผนที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำวัง

An Application of Hydraulic Model and Geographic Information System for Generating Flood Inundation Map in Wang River Basin

วิษุวัต แท้สมบัติ (Wisuwat Taesomabat)¹

ดวงนภา วานิชสรรพ (Duangnapa Vanichsan)²

¹อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (fengwwt@ku.ac.th)

²นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (g5185015@ku.ac.th)

บทคัดย่อ : การศึกษาครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองชลศาสตร์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสร้างแผนที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำวัง โดยเลือกใช้แบบจำลอง MIKE11-GIS และ HEC-GeoRAS ในคำนวณค่าระดับน้ำท่วมจากข้อมูลปริมาณการไหลที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5, 10, 25 และ 50 ปี ตามลำดับ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ของปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปี (Momentary Peak) ที่ขอบเขตด้านเหนือน้ำคือสถานีวัดน้ำท่า W.10A ซึ่งอยู่ด้านท้ายน้ำของเขื่อนกัวลม ผลการศึกษาพบว่า แผนที่น้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบพื้นผิวของข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM) ที่นำมาใช้สร้างแผนที่น้ำท่วมมีความแตกต่างกัน โดย HEC-GeoRAS ใช้รูปแบบเวกเตอร์ (TIN-based) ซึ่งทำให้แผนที่น้ำท่วมที่ได้มีขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมมากกว่าและใช้เวลาในการคำนวณมากกว่า MIKE11-GIS ที่ใช้ DEM ในรูปแบบราสเตอร์ (Grid-based) ซึ่งมีความรวดเร็วในการคำนวณมากกว่า อย่างไรก็ตามแบบจำลองทั้งสองก็มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการสร้างแผนที่น้ำท่วมสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย

ABSTRACT : This study is an application of hydraulic model together with geographic information system to generate flood inundation map in Wang River Basin. Two models were selected namely MIKE11-GIS and HEC-GeoRAS for calculating flood depths affected by flood peaks at 5, 10, 25 and 50 years return period which analyzed by probability distribution of momentary flood at the upstream boundary namely W.10A station which located at the downstream portion of KewLom Dam. It was found that the flood inundation maps derived from these models were distinct due to the surface difference of the digital elevation model (DEM). The TIN-based surfaces used in HEC-GeoRAS delineate more flood inundation area, and need longer time to calculate. While the Grid-based surfaces used by MIKE11-GIS spend shorter time and were easy to accomplish. However, these models were suitable to generate flood inundation map in other river basins in Thailand.

KEYWORDS : MIKE11-GIS, HEC-GeoRAS, Geographic Information System, Flood inundation map

1. บทนำ

ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญของประเทศ เพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภค เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และรักษานิเวศด้านท้ายน้ำ การเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรน้ำในเชิงปริมาณระหว่างช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี อันเนื่องมาจากปริมาณฝนที่ตกและปริมาณน้ำเก็บกักในเขื่อน ทำให้เกิดความไม่สมดุลทางด้านทรัพยากรน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดวิกฤติน้ำท่วมครั้งใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำวัง ดังเช่น ปี พ.ศ. 2548 ที่ทำให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อชีวิตและทรัพย์สินในบางพื้นที่ของจังหวัดลำปางและตาก คิดเป็นมูลค่าความเสียหายประมาณ 221 ล้านบาท [1] ซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก ดังนั้นการจำลองสภาพทางชลศาสตร์โดยอาศัยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้งานผ่านโปรแกรมซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการคาดการณ์สภาพน้ำท่วมของพื้นที่ลุ่มน้ำวัง ทั้งนี้ทำให้ทราบถึงพื้นที่ที่คาดว่าจะประสบปัญหาน้ำท่วม และสามารถหาแนวทางบรรเทาและป้องกันปัญหาดังกล่าวได้ โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงเหมือนที่ผ่านมา แต่อย่างไรก็ตามในต่างประเทศมีแบบจำลองดังกล่าวจำนวนมากทั้งที่สามารถดาวน์โหลดได้จากอินเทอร์เน็ตและแบบที่มีค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อลิขสิทธิ์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้คัดเลือกแบบจำลอง HEC-GeoRAS และแบบจำลอง MIKE11-GIS มาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำวัง

2. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการของแบบจำลอง MIKE11-GIS และแบบจำลอง HEC-GeoRAS
- 2) เพื่อประยุกต์ใช้งานแบบจำลองทั้งสองในการประเมินสภาพพื้นที่น้ำท่วม พร้อมทั้งจัดทำแผนที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำวัง

3. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำวังอยู่ระหว่างเส้นละติจูด $17^{\circ} 05'$ ถึง $19^{\circ} 30'$ เหนือ และเส้นลองจิจูด $98^{\circ} 54'$ ถึง $99^{\circ} 58'$ ตะวันออก อาณาเขตทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำกก ทิศใต้และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำปิง ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 10,791 ตารางกิโลเมตร หรือ 6,744,375 ไร่ เป็นแม่น้ำที่มีขนาดเล็กและสั้นที่สุดที่ไหลลงแม่น้ำเจ้าพระยา ครอบคลุมเขต

ปกครอง 2 จังหวัด คือ จังหวัดลำปางและตาก โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 80 อยู่ในเขตจังหวัดลำปาง มีความยาวตามลำน้ำประมาณ 460 กิโลเมตร เกิดจากเทือกเขาผีปันน้ำ บริเวณคอยหลวง บ้านป่าหุ่ง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ในเขตอำเภอเขตรอยต่อระหว่างจังหวัดลำปางพะเยา และเชียงราย ไหลผ่านหุบเขาและเข้าสู่ที่ราบในเขตตัวเมืองจังหวัดลำปาง และไหลไปบรรจบกับแม่น้ำปิงด้านท้ายน้ำจากเขื่อนภูมิพลไปประมาณ 30 กิโลเมตร ที่บ้านปากวัง ตำบลตากออก อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก [2] สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่บางส่วนของแม่น้ำวังซึ่งอยู่ในขอบเขตของกลุ่มน้ำวังมาใช้ในการศึกษาโดยมีความยาวประมาณ 42 กิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1

4. แบบจำลอง MIKE11-GIS

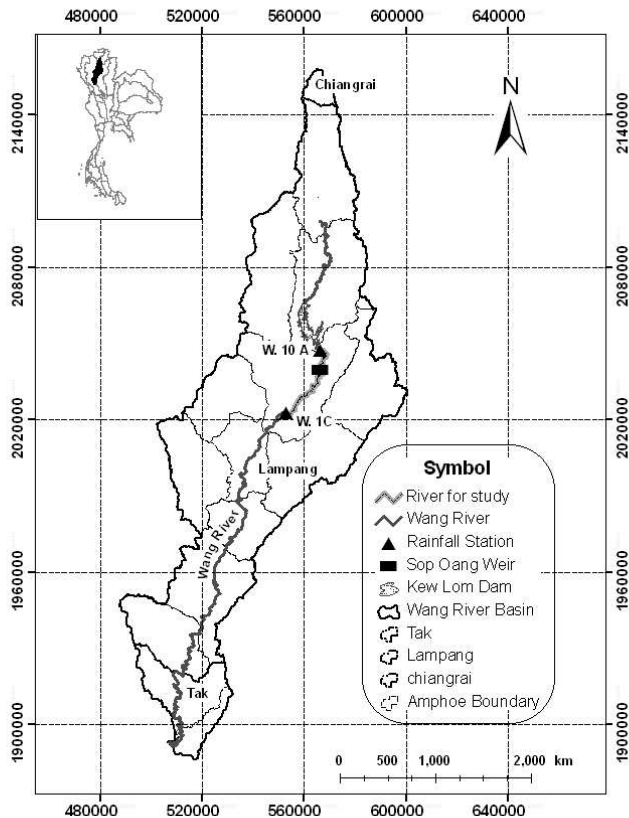
แบบจำลอง MIKE11-GIS ซึ่งพัฒนาโดย DHI Water Environment and Health ประเทศเดนมาร์ก [3] เป็นแบบจำลองที่ผสมผสานระหว่างการจำลองการไหลแบบมิติเดียว (MIKE11) กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) เพื่อวิเคราะห์และแปลผลการจำลองสภาพการไหลจาก MIKE 11 ให้เป็นแผนที่น้ำท่วมที่สามารถเข้าใจได้ง่าย แสดงให้เห็นถึงสภาพความเสี่ยงภัยน้ำท่วมในแต่ละพื้นที่ได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังนำไปใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการวางแผนการจัดการน้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงสร้างของแบบจำลอง MIKE 11 GIS แสดงได้ดังต่อไปนี้ ดังภาพที่ 2

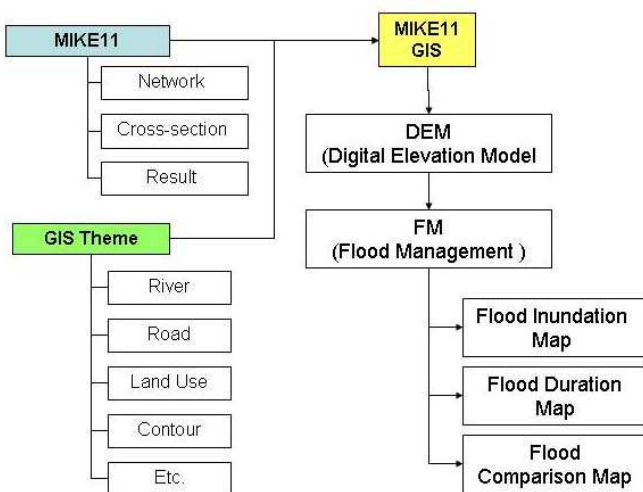
5. แบบจำลอง HEC-GeoRAS

แบบจำลอง HEC-GeoRAS ซึ่งพัฒนาโดยหน่วยงาน Hydrologic Engineering Center (HEC), US Army Corps of Engineering ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเครื่องมือที่อาศัยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ร่วมกับผลการคำนวณค่าระดับน้ำเชิงตัวเลขจากแบบจำลองการไหลแบบมิติเดียว HEC-RAS (River Analysis System) [4] และแผนที่ฐานภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model: DEM) ในรูปแบบโครงข่ายสามเหลี่ยมแบบไม่สม่ำเสมอ (Triangulated Irregular Network: TIN) ซึ่งเชื่อมต่อกัน โดยที่ชุดสามเหลี่ยมหนึ่งรูปเกิดจากการประกอบกันของจุด 3 จุด แต่ละจุดมีเลขกำกับในรูปแบบ x,y,z

โดยค่า x และ y คือ พิกัด และค่า z คือ ระดับความสูง DEM ดังกล่าวจะถูกใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) เพื่อเตรียมเป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง HEC-GeoRAS และแสดงผลทางด้านออกด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปแบบของแผนที่น้ำท่วม



ภาพที่ 1 พื้นที่ลุ่มน้ำวัง



ภาพที่ 2 โครงสร้างของแบบจำลอง MIKE 11-GIS [3]

6. การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลอุทกวิทยา ประกอบด้วย ปริมาณน้ำนองสูงสุดที่สถานี W.10A ก่อนมีการสร้างเขื่อนกักลม (ปี พ.ศ. 2505-2528) จะใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตด้านเหนือน้ำของแบบจำลอง และข้อมูลโค้งสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหลที่สถานี W.1C ใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตด้านท้ายน้ำของแบบจำลอง ซึ่งรวบรวมได้จากกรมชลประทาน
- 2) ข้อมูลแผนที่ฐานภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model: DEM) ที่มีความละเอียดของข้อมูล (Resolution) 20 เมตร ซึ่งรวบรวมได้จากกรมแผนที่ทหาร
- 3) ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ศึกษา และเส้นลำน้ำ ที่จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Shapefile ซึ่งรวบรวมได้จากกรมทรัพยากรน้ำ
- 4) ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ ซึ่งรวบรวมได้จากกรมชลประทาน
- 5) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Shapefile ซึ่งรวบรวมได้จากกรมพัฒนาที่ดิน

7. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาแบ่งตามประเภทของแบบจำลอง คือ

- 1) แบบจำลอง MIKE 11-GIS และ 2) แบบจำลอง HEC-GeoRAS แสดงขั้นตอนการศึกษาได้ดังนี้

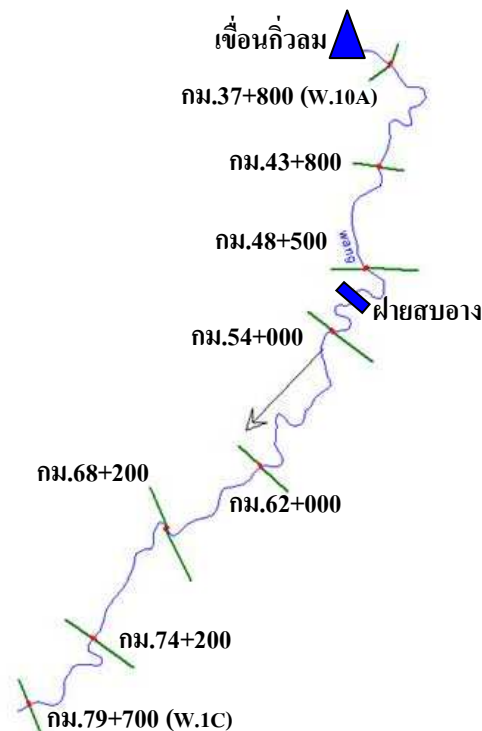
7.1 การจัดทำแบบจำลอง MIKE 11-GIS

การจัดทำแบบจำลอง MIKE 11-GIS เริ่มจากการจำลองการไหลในแม่น้ำวังในช่วงกม.37+800 (W.10A) จนถึงกม.79+200 (W.1C) ด้วยแบบจำลอง MIKE11 โดยกำหนดให้ขอบเขตด้านเหนือน้ำคือ ปริมาณน้ำนองสูงสุดที่วิเคราะห์ได้จากการแจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบลที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5, 10, 25 และ 50 ปี ตามลำดับ ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 1 ส่วนขอบเขตด้านท้ายน้ำคือ ข้อมูลโค้งสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหลที่สถานี W.1C แผนภูมิระบบแม่น้ำวังแสดงดังภาพที่ 3 ทั้งนี้กำหนดให้ใช้ค่า Manning's n เท่ากับ 0.04 สำหรับบริเวณลำน้ำ (Channel) และค่า Manning's n เท่ากับ 0.20 บริเวณทุ่งน้ำท่วม (Floodplain) จากนั้นทำการคำนวณระดับน้ำตลอดช่วงแม่น้ำวังแต่ละรอบปีการเกิดซ้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11 ผลที่ได้จะถูกนำไปใช้ในแบบจำลอง MIKE11-GIS เพื่อคำนวณแผนที่น้ำท่วม

ร่วมกับ DEM ที่สร้างจากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) ด้วยโปรแกรม ArcView 3.2 ซึ่งเป็น DEM ในรูปแบบราสเตอร์ (Grid-based) ที่มีขนาด pixel ประมาณ 30 เมตร รายละเอียดขั้นตอนการสร้างแผนที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง MIKE11-GIS แสดงดังภาพที่ 4

ตารางที่ 1 การแจกแจงความถี่ของปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปี (Momentary Peak) ที่สถานีวัดน้ำท่า W.10 A

รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำนองสูงสุด (ลบ.ม./ว.)
5	430.1
10	550.0
25	701.4
50	813.7



ภาพที่ 3 โครงข่ายระบบแม่น้ำวังที่ใช้จำลองสภาพน้ำท่วม

7.2 การจัดทำแบบจำลอง HEC-GeoRAS

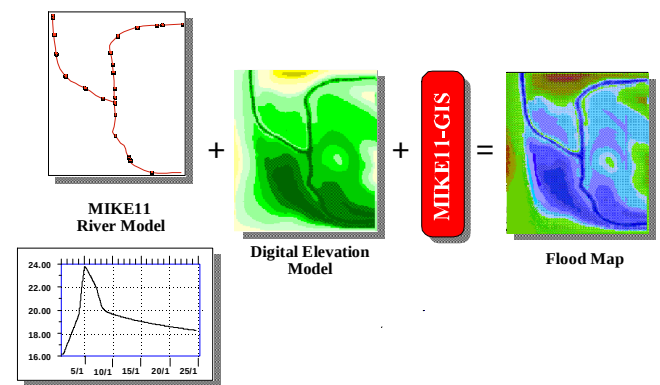
การจัดทำแบบจำลอง HEC-GeoRAS มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ทำการสร้าง DEM ในรูปแบบเวกเตอร์ (TIN-based) ด้วยโปรแกรม ArcGIS Version 9.2
- 2) ทำการสร้างชั้นข้อมูลด้วยแบบจำลอง HEC-GeoRAS ในโปรแกรม ArcGIS Version 9.2 ร่วมกับ DEM ที่ได้จากข้อ 1) ชั้นข้อมูลที่ถูกสร้างในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย River centerline, Banks, Flow paths และ Cross-sections

3) ทำการ Export ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำวังที่ได้จาก HEC-GeoRAS เพื่อนำไปสร้างโครงข่ายระบบแม่น้ำวังดังแสดงในภาพที่ 3 และกำหนดค่า Manning'n เช่นเดียวกับแบบจำลอง MIKE11 เพื่อคำนวณระดับน้ำน้ำตลอดช่วงแม่น้ำวังด้วยแบบจำลอง HEC-RAS

4) ทำการ Export ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง HEC-RAS ไปยังแบบจำลอง HEC-GeoRAS อีกครั้ง เพื่อนำไปสร้างแผนที่น้ำท่วม โดยผ่านทางโปรแกรม ArcGIS Version 9.2

Flood Mapping facilities applying MIKE 11 GIS



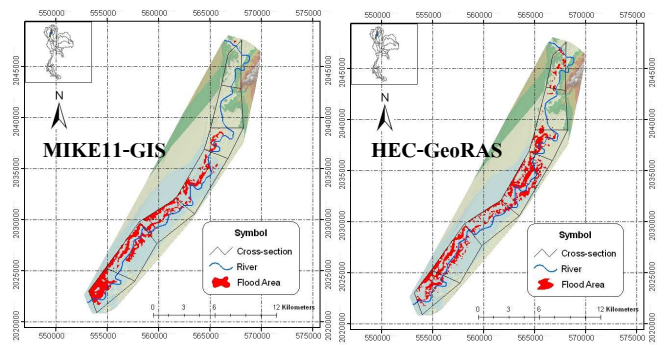
ภาพที่ 4 การสร้างแผนที่น้ำท่วมของ MIKE11-GIS [3]

8. ผลการศึกษาและวิจารณ์

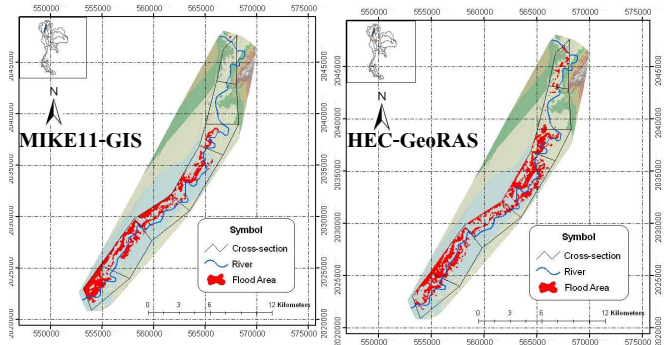
ผลการศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม (Flood Inundation Boundary) ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง MIKE11-GIS และ HEC-GeoRAS ของแต่ละรอบปีการเกิดซ้ำซึ่งแสดงดังภาพที่ 5 และ 2) พื้นที่น้ำท่วม (Flood Inundation Area) ที่คำนวณได้จากแบบจำลองทั้งสองแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พื้นที่น้ำท่วมที่คำนวณได้จากแบบจำลองทั้งสอง

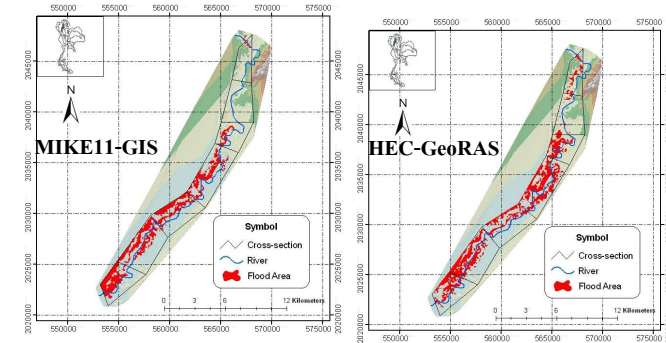
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	พื้นที่น้ำท่วม (ตารางกิโลเมตร)	
	MKE11-GIS	HEC-GeoRAS
5	5.69	15.66
10	6.09	18.03
25	6.52	19.45
50	7.28	20.27



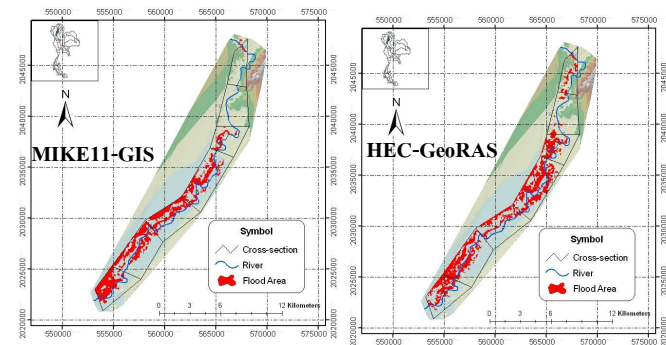
(1) แผนที่น้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี



(2) แผนที่น้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี



(3) แผนที่น้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 25 ปี



(4) แผนที่น้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี

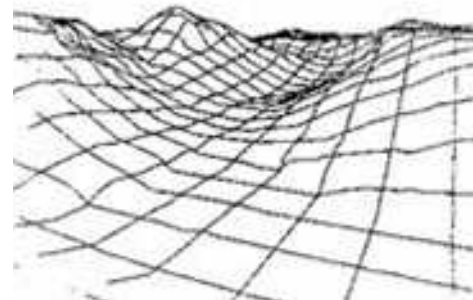
ภาพที่ 5 แสดงขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมที่คำนวณได้จากแบบจำลอง

MIKE11-GIS และ HEC-GeoRAS ของแต่ละรอบปีการเกิดซ้ำ

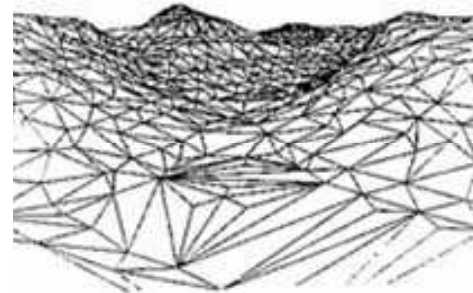
จากการศึกษาพบว่า ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมที่คำนวณได้จากแบบจำลองทั้งสองมีความแตกต่างกัน เนื่องจากแบบจำลองทั้งสองต้องการ DEM ที่มีลักษณะพื้นผิวที่ต่างกันในการสร้างแผนที่น้ำท่วม กล่าวคือ แบบจำลอง HEC-GeoRAS จะใช้ DEM

ในรูปแบบเวกเตอร์ (TIN-based) ทำให้แผนที่น้ำท่วมที่ได้มีความละเอียด แต่ใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าแบบจำลอง MIKE11-GIS ที่ใช้ DEM ในรูปแบบราสเตอร์ (Grid-based) ความแตกต่างของพื้นผิวของ DEM ในรูปแบบราสเตอร์และเวกเตอร์แสดงดังตัวอย่างในภาพที่ 6

นอกจากนี้ยังพบว่า ที่ปริมาณการไหลที่รอบปีการเกิดซ้ำเดียวกัน แผนที่น้ำท่วมที่วิเคราะห์ได้จากวิธี TIN-based จะให้ค่าขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมมากกว่าวิธี Grid-based ในทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ และหากพิจารณาจากลักษณะของพื้นผิวของ DEM ระหว่างรูปแบบเวกเตอร์กับราสเตอร์จะพบว่า พื้นผิวของ DEM ในรูปแบบราสเตอร์มีความสม่ำเสมอ และมีขนาดเท่ากันทุก ๆ ตารางกริด แต่พื้นผิวของ DEM ในรูปแบบเวกเตอร์จะมีความไม่สม่ำเสมอของพื้นผิวอยู่มาก ทั้งนี้เกิดจากรูปเหลี่ยมที่มีขนาดที่ไม่เท่ากันซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนจุดของค่าระดับความสูงของพื้นดิน ดังนั้นในการวิเคราะห์แผนที่น้ำท่วมด้วยวิธี TIN-based จึงมักจะให้ค่าขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมมากกว่าวิธี Grid-based



(1) DEM รูปแบบราสเตอร์ (Grid-based)



(2) DEM รูปแบบเวกเตอร์ (TIN-based)

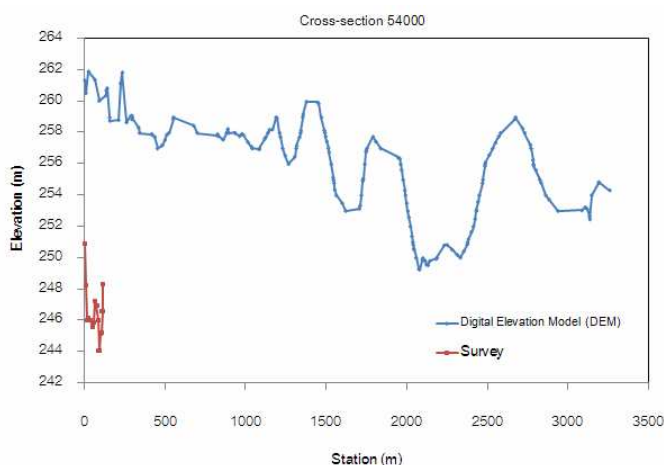
ภาพที่ 6 ตัวอย่างพื้นผิวของ DEM ทั้งรูปแบบราสเตอร์และเวกเตอร์ [5]

9.1 สรุปผลการศึกษา

แบบจำลอง MIKE11-GIS และ HEC-GeoRAS สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ทางชลศาสตร์ของการไหลแบบ 1 มิติตลอดจนสร้างแผนที่น้ำท่วมเพื่อประเมินสภาพน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำวังได้เป็นอย่างดี และมีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำอื่น ๆ ของประเทศไทย

9.2 ข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่พบในการศึกษาครั้งนี้คือ ระดับอ้างอิงของ DEM กับรูปตัดขวางลำน้ำที่ได้จากการสำรวจไม่มีความสอดคล้องกัน โดยพบว่า รูปตัดลำน้ำที่ได้จากการสำรวจ มีระดับอ้างอิงที่ต่ำกว่าระดับที่ได้จาก DEM ณ ตำแหน่งเดียวกันดังแสดงในภาพที่ 7 ดังนั้นอาจทำให้ผลของพื้นที่น้ำท่วมที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อน และการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลตัดขวางลำน้ำที่สำรวจโดยกรมชลประทาน ส่วน DEM ได้จากกรมแผนที่ทหาร ดังนั้นในการสรุปผลจึงไม่ได้กล่าวถึงระดับของน้ำท่วม อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้จะเน้นถึงการเปรียบเทียบวิธีการในการจัดสร้างขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองทั้งสองซึ่งมีความแตกต่างกันตามชนิดของพื้นผิว DEM เป็นหลัก



ภาพที่ 7 ระดับอ้างอิงจาก DEM และรูปตัดขวางลำน้ำที่กม.54+000

10. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการตีพิมพ์จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์ ผู้แต่งขอขอบคุณหน่วยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมแผนที่ทหาร และกรมพัฒนาที่ดิน ที่อนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการศึกษา และขอขอบคุณคณาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ม.เกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนและคำปรึกษาตลอดการศึกษาในครั้งนี้

11. บรรณานุกรม

- [1] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2548. สรุปสถานการณ์ภัยของประเทศไทย. แหล่งที่มา: <http://www.disaster.go.th>.
- [2] กรมทรัพยากรน้ำ. 2549. โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำวัง. กรุงเทพฯ.
- [3] DHI Water Environment and Health. 2001. MIKE 11-GIS Floodplain Mapping and Analysis – User Guide. Denmark: 141 p.
- [4] HEC-GeoRAS. 2009. HEC-GeoRAS User's Manual. USA: 246 p.
- [5] Sneed, D.B. 2000. Development and application of unsteady flood models using geographic information system. Department al Report, Civil Engineering Department of the University of Texas at Austin.