การพยากรณ์การเคลื่อนที่ของน้ำมันในแม่น้ำตาปี ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

Numerical Simulation-Based Oil Spill Trajectory Prediction in Tapee River

เชิดวงศ์ แสงศุภวานิช*

คณะพาณิชยนาวีนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

Cherdvong Saengsupavanich*

Faculty of International Maritime Studies, Kasetsart University, Sri Racha campus,

Tungsukla, Sri Racha, Chonburi 20230

บทคัดย่อ

ปัจจุบันแบบจำลองคณิตศาสตร์มีบทบาทในการคาดการณ์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม การขนส่งทางน้ำมีความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุน้ำมันรั่วไหล ซึ่งจำเป็นต้องมีการเตรียมตัวรับมืออย่างระมัดระวัง บทความนี้ได้นำเสนอขั้นตอนและวิธีการต่าง ๆ อย่างละเอียด ในการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี การวิจัยเริ่มจากการสำรวจข้อมูลภาคสนามที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลแผนที่ความลึก ระดับน้ำ กระแสน้ำ เมื่อปรับแก้และสอบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านการไหลเวียนของกระแสน้ำ (MIKE21 HD) แล้วเสร็จ จะสามารถคาดการณ์ลักษณะการรั่วไหลของคราบน้ำมันได้โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE21/3 integrated model ผลการศึกษาพบว่าคราบน้ำมันจะเคลื่อนที่ตามช่วงเวลาที่น้ำขึ้นลง ด้วยความเร็วที่อาจมากถึง 1,310 เมตรต่อชั่วโมง ในช่วงน้ำกำลังลง มาตรการรับมือผลกระทบต่าง ๆ ได้ถูกเสนอแนะ บทความนี้นำเสนอรูปแบบการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตรร์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการและอธิบายขั้นตอนอย่างละเอียดถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อบริหารจัดการคราบน้ำมัน จึงสามารถนำไปใช้อ้างอิงในวงการด้านแบบจำลองคณิตศาสตร์และสมุทรศาสตร์ของประเทศไทย

คำสำคัญ : คราบน้ำมัน; แบบจำลองคณิตศาสตร์; สมุทรศาสตร์; แม่น้ำตาปี; วิศวกรรมชายฝั่ง; การขนส่งทางน้ำ

Abstract

Numerical simulation has a role in predicting environmental impact. Waterborne transportation bears the risk of oil spill, which must be addressed carefully. This article presents

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** cherdvong.s@ku.ac.th

DOI 10.14456/tstj.2016.76

the detailed method to use the numerical models for oil spill trajectory prediction in Tapee river, Surat Thani province. The research began with collecting relevant field data such as bathymetry, tide, and current. After calibrating and verifying the water circulation model, MIKE21 HD, the oil spill model named MIKE21/3 Integrated Model was applied. The results found that the oil would travel in different directions, depending on flood and ebb tides. The trajectory speed could be as fast as 1,310 meters per hour during ebb tide. Mitigation measures were suggested. This article academically demonstrates and elaborately describes how to apply the models for oil spill management, so that it can be a reference for numerical modeling and oceanographic communities in Thailand.

Keywords: oil spill; numerical simulation; oceanography; Tapee river; coastal engineering; waterborne transportation

1. บทนำ

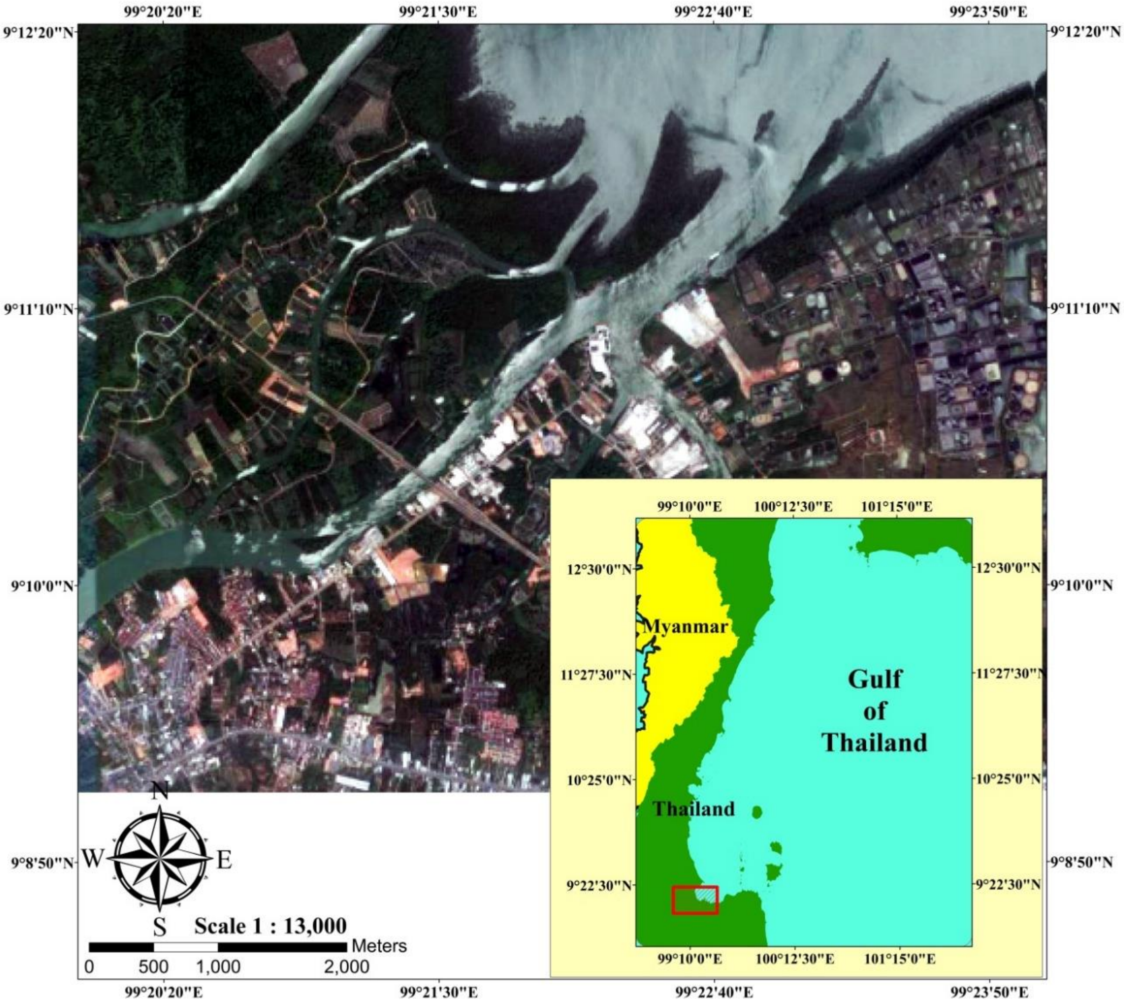
แม่น้ำตาปีเป็นแม่น้ำสายหลักสายหนึ่งในภาคใต้ ตั้งอยู่ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ความกว้างและความลึกของร่องน้ำในแม่น้ำตาปีมีความเหมาะสมต่อการเดินเรือ อีกทั้งระบบโลจิสติกส์เชื่อมต่อต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นทางรถยนต์ ทางรถไฟ และทางเรือของจังหวัดสุราษฎร์ธานี สามารถเชื่อมต่อไปยังภาคใต้ตอนบนของประเทศไทยได้สะดวก แม่น้ำตาปีจึงเป็นแม่น้ำหลักที่มีท่าเทียบเรืออยู่เป็นจำนวนมาก (รูปที่ 1)

การขนส่งทางน้ำอาจเกิดอุบัติเหตุขึ้นทำให้น้ำมันจากเรือมีการรั่วไหลลงแม่น้ำ [1,2] การจราจรทางน้ำยิ่งหนาแน่นก็ยิ่งทำให้โอกาสการเกิดอุบัติเหตุสูงขึ้นตามไปด้วย การเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับเหตุการณ์ไม่คาดฝันจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นก็เป็นเครื่องมือประเภทหนึ่งที่จะนำมาใช้บริหารจัดการได้ [3,4] บทความนี้ได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE21 [5] เพื่อคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน ถ้าหากเกิดอุบัติเหตุทางน้ำขึ้น โดยสมมติเหตุการณ์ที่ท่าเรือท่าใดท่าหนึ่งที่ขนส่งน้ำมันในแม่น้ำตาปี ผู้อ่านบทความจะสามารถเข้าใจขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการเพื่อประเมินผลการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันที่รั่วไหลลงในแม่น้ำ

2. วิธีการศึกษา

2.1 การสำรวจข้อมูลภาคสนามที่จำเป็น

งานวิจัยนี้จำเป็นต้องสำรวจหยั่งน้ำเละสำรวจตลิ่ง (รูปที่ 2) เนื่องจากข้อมูลที่สำคัญที่สุดประเภทหนึ่ง คือ แผนที่ความลึกที่ทันสมัย แผนที่ความลึกจากแหล่งอื่น เช่น แผนที่เดินเรือ อาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำแบบจำลองคณิตศาสตร์เนื่องจากมีความละเอียดไม่เพียงพอและเป็นข้อมูลที่ได้มีการสำรวจมาแล้วหลายปี ขอบเขตการสำรวจหยั่งน้ำครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ปากแม่น้าตาปีเข้าไปในแม่น้ำกว่า 10 กิโลเมตร และแตกแขนงไปตามแม่น้ำสาขา รวมระยะทางที่หยั่งน้ำทั้งสิ้น ประมาณ 52.5 กิโลเมตร โดยมีระยะห่างของแนวสำรวจ 50 เมตร การสำรวจหยั่งน้ำได้ดำเนินการระหว่างวันที่ 11 ถึง 12 ธันวาคม พ.ศ. 2557 ระบบพิกัดทางราบใช้ระบบพิกัดแผนที่ยูทีเอ็ม โซน 47 ส่วนระบบพิกัดทางดิ่งอ้างอิงค่าระดับจากระดับแม่น้ำปานกลาง (รทก.) และหมุดแผนที่อ้างอิง ใช้หมุดหลักฐาน



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

รูปที่ 2 การสำรวจหยั่งน้ำ

แผนที่ของกรมเจ้าท่าหมายเลข GPS289 ซึ่งตั้งอยู่บริเวณริมแม่น้ำตาปีในพื้นที่ศาลกรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ ตำบลบางกุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นหมุดอ้างอิง (รูปที่ 3)

รูปที่ 3 หมุดหลักฐานอ้างอิง

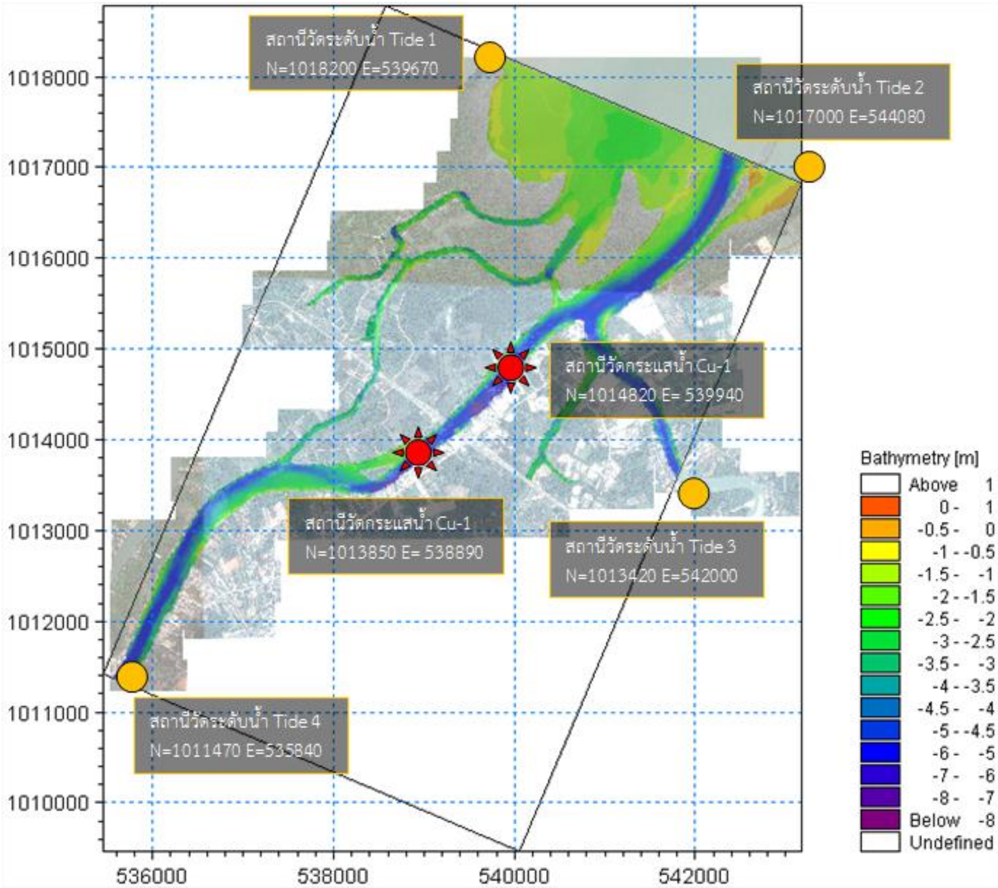
การสำรวจระดับน้ำขึ้นลงเป็นข้อมูลที่สำคัญเพื่อนำมาใช้เป็นเงื่อนไขขอบ (boundary condition) ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลงที่ใช้จะต้องมีความละเอียด ระดับน้ำที่แตกต่างกันเป็นมิลลิเมตรอาจไม่มีความสำคัญต่อการเดินเรือ แต่จะมีความสำคัญอย่างมากในการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านการไหลเวียนกระแสน้ำ การจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำจากข้อมูลทุติยภูมิเพียงสถานีเดียวอาจมีความถูกต้องต่ำ เมื่อผู้เขียนได้พิจารณาแล้วจึงดำเนินการสำรวจระดับน้ำขึ้นลงโดยติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติเป็นเวลา 1 เดือน ครอบคลุมช่วงน้ำเกิดและน้ำตายระหว่างวันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2557 จนถึงวันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นช่วงฤดูน้ำหลากของแม่น้ำตาปี และกำหนดให้บันทึกข้อมูลระดับน้ำทุก ๆ 10 นาที สถานที่ติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำจำนวน 4 แห่ง ดังรูปที่ 4 เพื่อนำมาใช้เป็นเงื่อนไขขอบได้อย่างละเอียดและถูกต้องดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถานีวัดระดับน้ำ

สถานีวัดระดับน้ำ	ตำแหน่ง	Northing (m)	Easting (m)
TIDE-1	บริเวณชายฝั่งทะเลปากคลองฉนาก	1018200	539670
TIDE-2	บริเวณชายฝั่งทะเลปากแม่น้ำตาปี	1017000	544080
TIDE-3	บริเวณชายฝั่งคลองท่าทอง	1013420	542000
TIDE-4	บริเวณริมฝั่งแม่น้ำตาปีใกล้กับที่ทำการอุทยานหมู่เกาะอ่างทอง	1011470	535840

ข้อมูลกระแสน้ำในงานวิจัยนี้ได้ตรวจวัด 2 สถานี โดยจุดตรวจวัดจุดที่ 1 มีพิกัด N=1014820 E=539940 ส่วนจุดตรวจวัดที่ 2 มีพิกัด N=1013850 E=538890 ทั้งสองจุดอยู่ห่างกันประมาณ 1.5 กิโลเมตร การตรวจวัดกระแสน้ำเป็นแบบรายชั่วโมงจำนวน 50 ชั่วโมง โดยตรวจวัดในช่วงน้ำตายระหว่างวันที่ 15-

16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เป็นเวลา 25 ชั่วโมง และตรวจวัดในช่วงน้ำเกิดในระหว่างวันที่ 22-23 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เป็นเวลาอีก 25 ชั่วโมง (รูปที่ 5)



รูปที่ 4 แผนที่ความลึกที่ได้จากการสำรวจตำแหน่งตรวจวัดกระแสน้ำและตำแหน่งตรวจวัดระดับน้ำ (แกนตั้งและแกนนอนของรูปเป็นแกนตามระบบ UTM Zone 47 มีหน่วยเป็นเมตร)

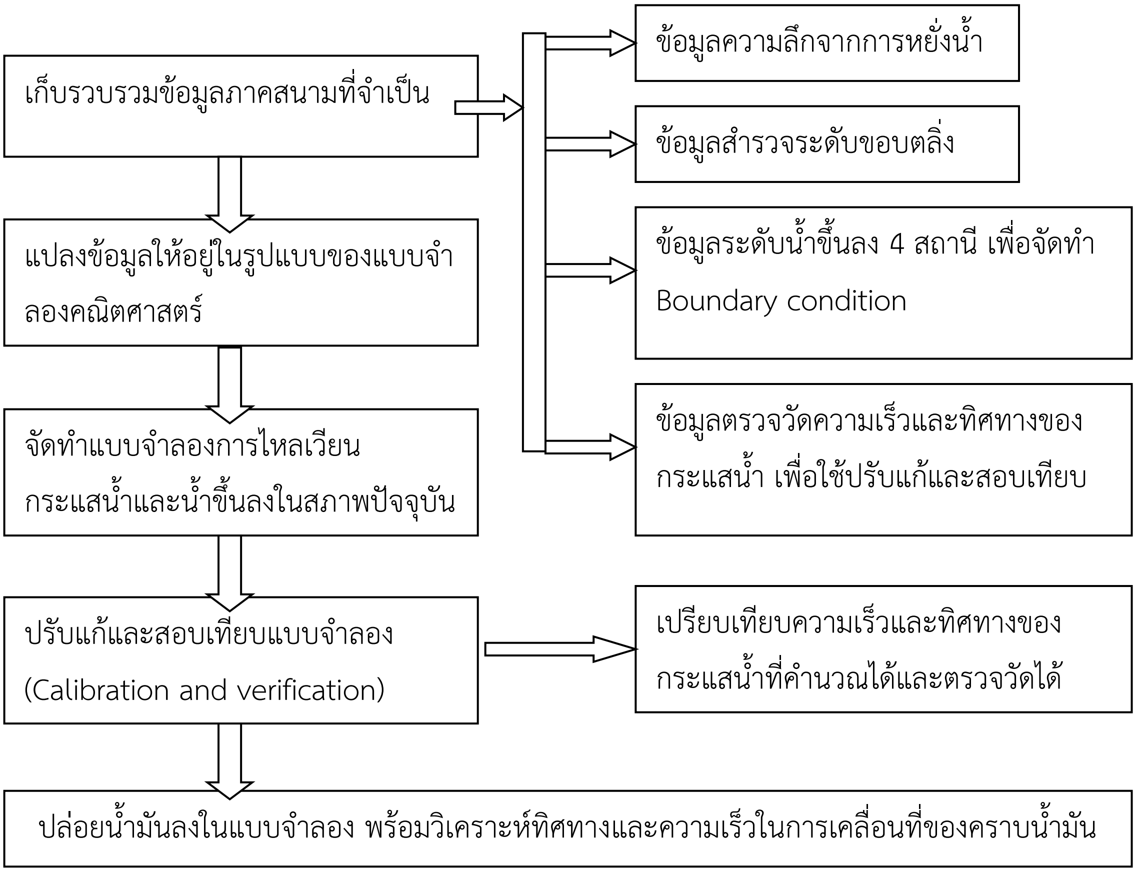
รูปที่ 5 การตรวจวัดกระแสน้ำ

2.2 ขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันที่รั่วไหล จะเริ่มจากการทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านกระแสน้ำ โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีชื่อว่า MIKE21 HD ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของกฎทรงมวลและสมการโมเมนตัม จากนั้นจึงปล่อยคราบน้ำมันโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE21/3 integrated model (รูปที่ 6) ค่าความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำที่จะพัดพาคราบน้ำมันจึงเป็นความเร็วของกระแสน้ำที่นำมาจากผลการทำแบบจำลอง MIKE21 HD ก่อนหน้า ซึ่งได้มีการปรับแก้และสอบเทียบไว้แล้ว ลักษณะของกระแสน้ำจะแปรเปลี่ยนตามช่วงเวลาที่น้ำขึ้นลง และจะเป็นความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำจริง ณ ช่วงเวลาที่ปล่อยคราบน้ำมัน ดังนั้นการจัดทำแบบจำลองการฟุ้งกระจายของคราบน้ำมันโดยนำผลการคำนวณกระแสน้ำของแบบจำลอง MIKE21 HD มาใช้ จึงถือได้ว่าแบบจำลองการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันได้มีการปรับแก้แบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

เทคนิคที่ผู้เขียนได้ใช้จัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ คือ เทคนิคที่ใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงในภาคสนาม โดยได้ตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำขึ้นลง 4 สถานีพร้อม ๆ กัน ทุก ๆ 10 นาที ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 เดือน ครอบคลุมช่วงน้ำเกิดและน้ำตาย ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่แตกต่างกันของ 4 สถานี นี้ แสดงให้เห็นว่าถึงแม้ตำแหน่งของสถานีจะอยู่ใกล้กัน แต่ก็มีความแตกต่างในระดับมิลลิเมตร ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ คือ ผลรวมของแรงต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นแรงเฉือนที่เกิดจากลมและปัจจัยอื่น ๆ และความแตกต่างของระดับน้ำทั้ง 4 สถานี ที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นเทคนิคในการทำแบบจำลองลักษณะนี้ จะมีความถูกต้องสูง เพราะใช้ข้อมูลจริงเป็นชุด และไม่จำเป็นจะต้องมีการตรวจวัดลมเพื่อนำมาใส่ในแบบจำลอง เนื่องจากระดับน้ำทั้ง 4 สถานี ที่แตกต่างกันนั้น ได้รวมอิทธิพลของลมไว้แล้ว ส่วนในแม่น้ำตาปีไม่มีคลื่นจึงไม่ได้นำคลื่นมาพิจารณาในการจัดทำแบบจำลองครั้งนี้ การจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์อีกเทคนิคหนึ่งที่มีราคาถูกกว่า แต่ไม่ถูกเลือกใช้ คือ การใช้ข้อมูลเป็นส่วน ๆ แล้วนำมารวมกัน เช่น การนำข้อมูลระดับน้ำจากสถานีตรวจวัดแห่งเดียวมาใช้ทำเงื่อนไขขอบ และจึงเพิ่มความเร็วลมเข้าไปในแบบจำลองเพื่อให้เกิดแรง และให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำ ถึงแม้เทคนิคเช่นนี้จะมีราคาถูก แต่ก็มีข้อด้อยด้านความแม่นยำที่ลดน้อยลง

หลังจากจัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ครบถ้วน โดยเฉพาะผลการทำแบบจำลอง MIKE21 HD ที่ปรับแก้และสอบเทียบซึ่งเป็นพื้นฐานในการคำนวณ MIKE21/3 Integrated Model แล้ว ผู้เขียนได้จัดเตรียมแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE21/3 integrated model โดยกำหนดขั้นเวลา (time step) ในการคำนวณให้เท่ากับ 0.5 วินาที ซึ่งไม่ควรมีค่ามากกว่าขนาดกริดหารด้วยความเร็วสูงสุดของกระแสน้ำ ($\Delta x / u_{\max}$) ซึ่งเท่ากับประมาณ 14 วินาที และป้อนข้อมูลเกี่ยวกับน้ำมันที่รั่วไหลและองค์ประกอบคาร์บอนของน้ำมัน และจำลองบนสมมติฐานที่เรือขนส่งน้ำมันที่เข้ามาเทียบท่ามีขนาดใหญ่ที่สุดประมาณ 3,000,000 ลิตร โดยแบ่งเป็นช่องเก็บน้ำมันในเรือจำนวน 10 ช่อง ช่องละ 300,000 ลิตร จากนั้นสมมติให้เกิดอุบัติเหตุจนช่องเก็บน้ำมันรั่ว 1 ช่อง และสมมติว่าน้ำมันรั่วไหลออกจากช่องทั้งหมดภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง และกำหนดให้น้ำมันดีเซลมีความหนาแน่น 820 kg/m^3 ดังนั้นจึงคิดเป็นอัตราการรั่วไหลเท่ากับ 34.17 kg/s และกำหนดช่วงเวลาที่ปล่อยน้ำมันเป็นช่วงน้ำเกิดทั้งในกรณีที่น้ำกำลังขึ้นและน้ำกำลังลง ซึ่งกระแสน้ำจะไหลแรงที่สุด แล้วจึงวิเคราะห์ทิศทางการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันและรัศมีของการฟุ้งกระจาย



รูปที่ 6 ขั้นตอนในการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน

2.3 การปรับแก้แบบจำลองคณิตศาสตร์

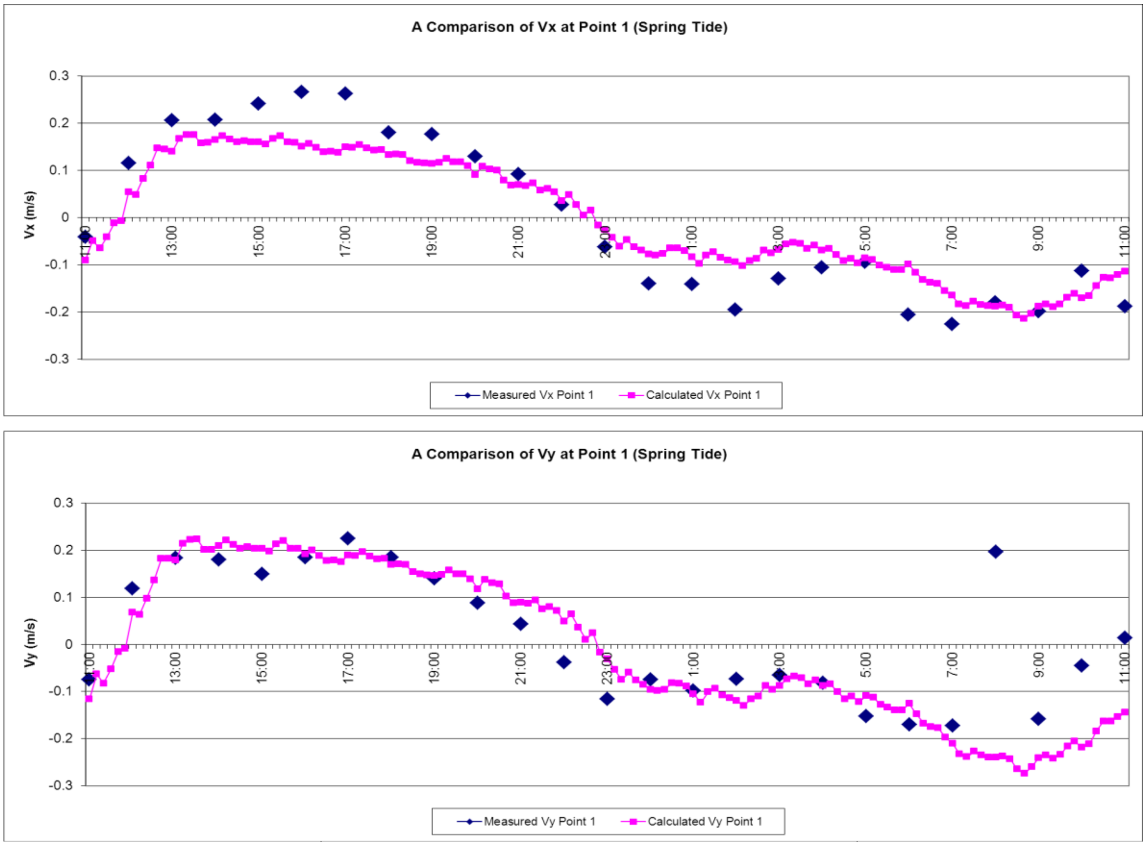
เนื่องจากเมื่อเริ่มต้นทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ กระแสน้ำในโดเมนยังมีค่าเป็นศูนย์ ผู้เขียนจึงมีความจำเป็นต้องเริ่มทำแบบจำลอง MIKE21 HD ก่อน 1 วัน คือ วันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เพื่อเป็นการอุ่น (warm-up) แบบจำลอง จากนั้นจึงคำนวณแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE21 HD ต่อเนื่องไปจนถึงวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เพื่อให้ครอบคลุมช่วงน้ำเกิด แล้วจึงดึงข้อมูลกระแสน้ำราย 10 นาที ขึ้นมาเปรียบเทียบกับความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำที่ตรวจวัดมาได้จริง การปรับแก้และสอบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์มีความสำคัญในการปรับแต่งผลการคำนวณให้สอดคล้องกับความเป็นจริง สำหรับโปรแกรม MIKE21 HD ตัวแปรหลักที่สำคัญในการปรับแก้ คือ manning number และค่า viscosity

การศึกษาครั้งนี้ ผู้เขียนได้เปรียบเทียบกระแสน้ำที่ตรวจวัดจริงและที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์อย่างละเอียด ทั้งในช่วงเวลาน้ำเกิดและช่วงเวลาน้ำตาย การเปรียบเทียบแต่ละช่วงเวลานั้นได้ใช้ข้อมูลวัดกระแสน้ำถึง 2 จุด เปรียบเทียบพร้อม ๆ กันและต่อเนื่องเป็นเวลา 25 ชั่วโมง ผู้เขียนได้เลือกใช้ข้อมูลของกระแสน้ำช่วงน้ำเกิดทั้งสองสถานีในการปรับแก้แบบจำลอง (calibration) และใช้ข้อมูลกระแสน้ำในช่วงน้ำตายในการสอบเทียบแบบจำลอง (verification) เพื่อให้เห็นผลการปรับแก้ที่ชัดเจนขึ้น และสามารถวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือของแบบ

จำลองได้ ผู้เขียนได้วิเคราะห์ความเร็วของการไหลในแนวแกนตะวันออก-ตะวันตก และแนวแกนเหนือ-ใต้ จากนั้นจึงเปรียบเทียบความเร็วในการไหลที่ได้จากการคำนวณและที่ได้จากการวัดจริง การวัดค่าความน่าเชื่อถือของแบบจำลองได้ใช้ค่า root mean square error (RMSE) ซึ่งค่า RMSE เป็นดัชนีที่ใช้ประเมินความแตกต่างระหว่างค่าที่คำนวณได้ และค่าที่ได้จากการตรวจวัด โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 คือ

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - y_i'\right)^2}{N}}$$

ซึ่ง y_i คือ ค่าความเร็วกระแสน้ำจากการตรวจวัดลำดับที่ I; y_i' คือ ค่าความเร็วกระแสน้ำจากการคำนวณลำดับที่ I; N คือ จำนวนจุดข้อมูล



Vx เป็น + หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศตะวันออก; Vx เป็น – หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศตะวันตก;
Vy เป็น + หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศเหนือ; Vy เป็น – หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศใต้

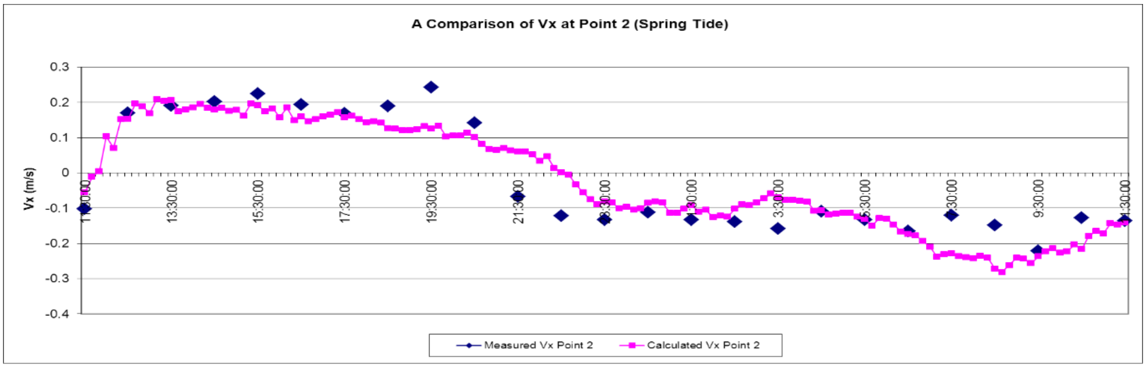
รูปที่ 7 ผลการเปรียบเทียบความเร็วการไหลในแนวแกน x และแกน y จากการตรวจวัดและจากการคำนวณ ณ สถานี Cu-1 ในช่วงน้ำเกิด ระหว่างวันที่ 22-23 ธันวาคม พ.ศ. 2557

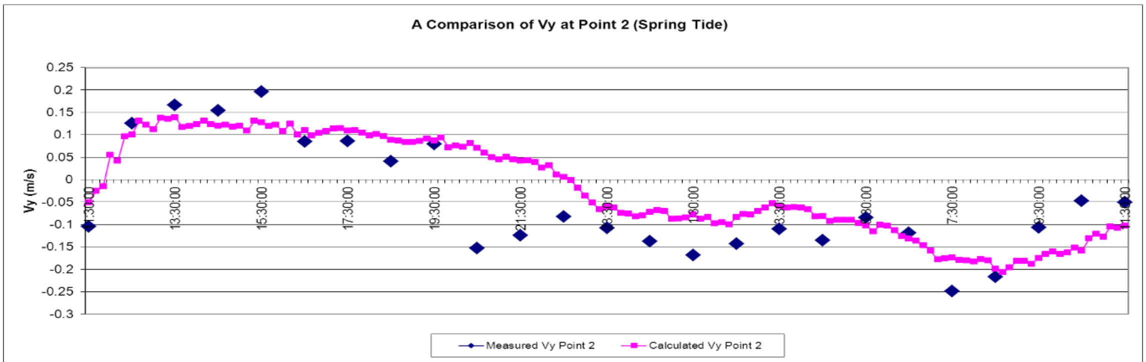
การใช้ค่า RMSE วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองดังกล่าว มีข้อได้เปรียบ คือ สามารถเปรียบเทียบค่าที่วัดจริงกับค่าที่คำนวณได้ทันที ค่า RMSE มีหน่วยเดียวกันกับความเร็วของกระแสน้ำทำให้สามารถเข้าใจความหมายของ RMSE ได้ทันที และไม่จำเป็นต้องใช้ค่าความแปรปรวน (variance) ในการ

คำนวณ [6,7] อย่างไรก็ตาม การใช้ค่า RMSE ในการคำนวณความน่าเชื่อถือของการคำนวนนั้น จำเป็นต้องมีการแปลงกระแสน้ำที่ได้จากการตรวจวัด (ความเร็วและทิศทางเทียบกับองศาเหนือ) ให้เป็นความเร็วในแนวแกนตะวันออก-ตะวันตก และแนว แกนเหนือ-ใต้เสียก่อน ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เกณฑ์การตัดสินความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง คือ ค่า RMSE ของการไหลทั้ง 2 แกน ควรมีค่าน้อยกว่าค่าความเร็วในการไหลสูงสุดในแต่ละแกน เกณฑ์ดังกล่าวได้ถูกนำเสนอในรูปแบบผลงานวิจัยในการประชุมวิชา การต่าง ๆ ในระดับโลก การประชุมดังกล่าวทุกการประชุมมีคณะกรรมการกลั่นกรองและมีกรรมการตรวจสอบเป็นบุคคลที่มีชื่อเสียงหลากหลายท่านจากหลากหลายประเทศ จึงทำให้สามารถมั่นใจได้ว่าเกณฑ์ดังกล่าวเป็นที่ยอมรับของวงการวิชาการระดับโลกโดยทั่วไป [6-8]

ค่า manning number ที่ทำให้ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำจากการคำนวณและการตรวจวัดมีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีค่าเท่ากับ 25 $m^{1/3}/s$ และค่า velocity-based viscosity ตาม Smagorinsky formula เท่ากับ 0.2 (รูปที่ 7-10)

รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบกระแสน้ำที่ตรวจวัดและคำนวณได้ ณ สถานี Cu-1 ในช่วงน้ำเกิด พบว่าค่า RMSE สำหรับ Vx = 0.064 m/s ส่วนค่า RMSE สำหรับ Vy = 0.107 m/s

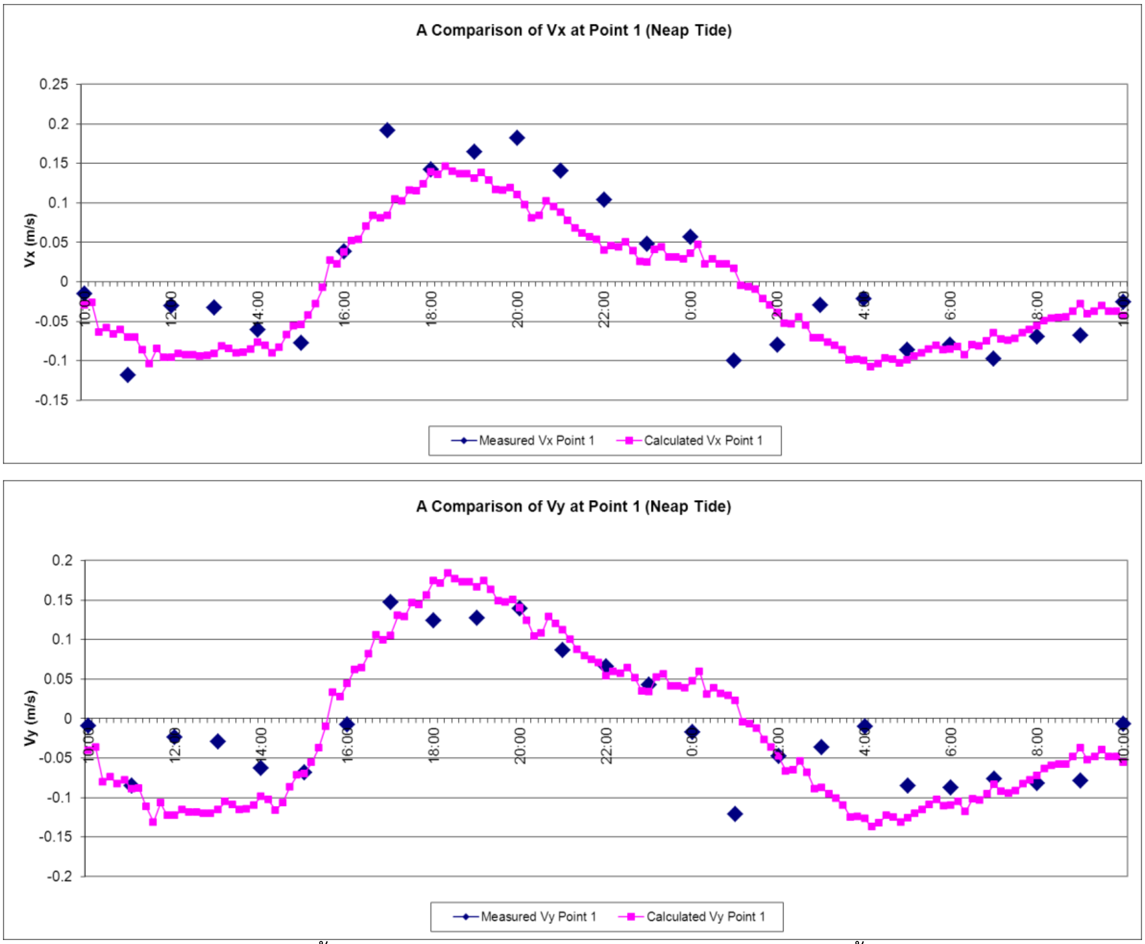




Vx เป็น + หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศตะวันออก; Vx เป็น – หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศตะวันตก;
Vy เป็น + หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศเหนือ; Vy เป็น – หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศใต้

รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบความเร็วการไหลในแนวแกน x และแกน y จากการตรวจวัดและจากการคำนวณ ณ สถานี Cu-2 ในช่วงน้ำเกิด ระหว่างวันที่ 22-23 ธันวาคม พ.ศ. 2557

รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบกระแสน้ำที่ตรวจวัดและคำนวณได้ ณ สถานี Cu-2 ในช่วงน้ำเกิด พบว่าค่า RMSE สำหรับ Vx = 0.065 m/s และค่า RMSE สำหรับ Vy = 0.077 m/s



Vx เป็น + หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศตะวันออก; Vx เป็น – หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศตะวันตก;
Vy เป็น + หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศเหนือ; Vy เป็น – หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศใต้

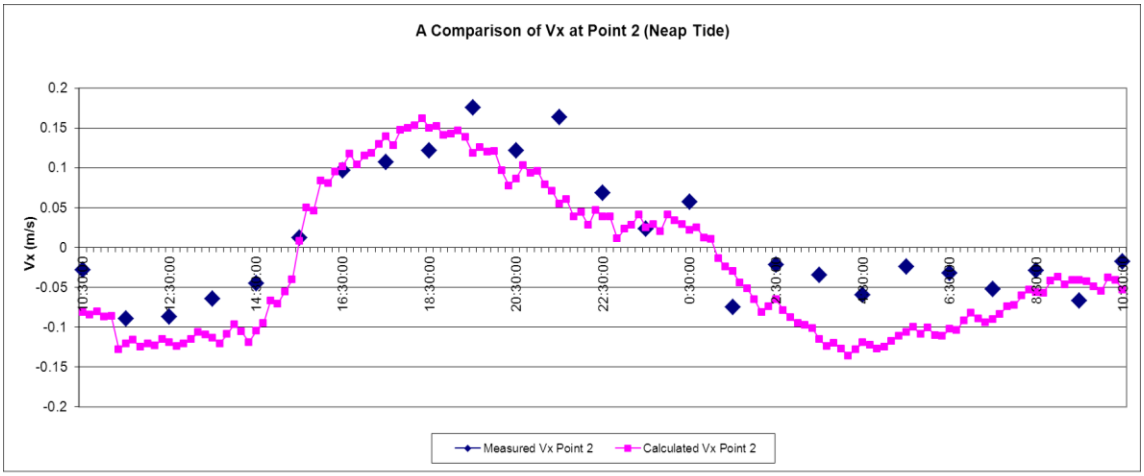
รูปที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความเร็วการไหลในแนวแกน x และแกน y จากการตรวจวัดและจากการคำนวณ ณ สถานี Cu-1 ในช่วงน้ำตาย ระหว่างวันที่ 15 -16 ธันวาคม พ.ศ. 2557

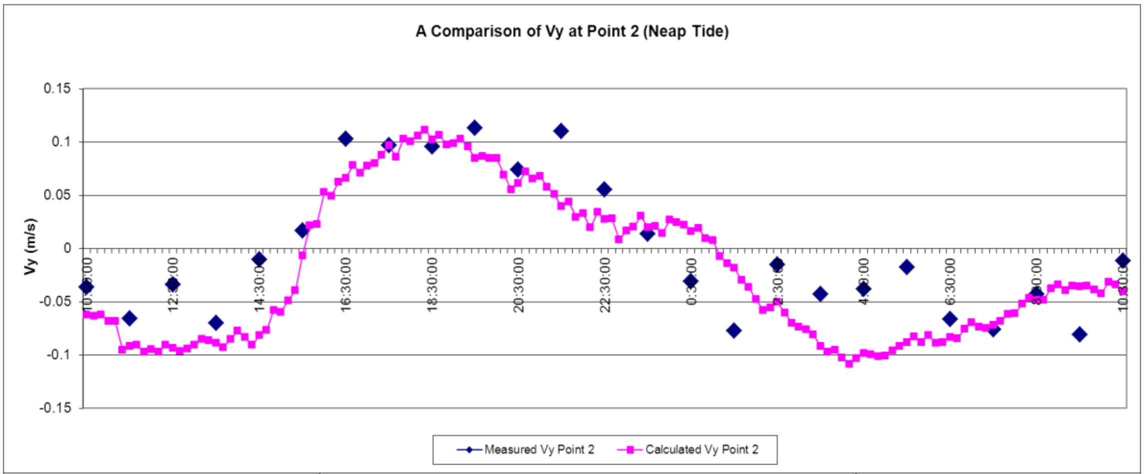
รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบกระแสน้ำที่ตรวจวัดและคำนวณได้ ณ สถานี Cu-1 ในช่วงน้ำตาย พบว่าค่า RMSE สำหรับ Vx = 0.050 m/s และค่า RMSE สำหรับ Vy = 0.055 m/s

รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบกระแสน้ำที่ตรวจวัดและคำนวณได้ ณ สถานี Cu-2 ในช่วงน้ำตาย พบว่า ค่า RMSE สำหรับ Vx = 0.049 m/s และค่า RMSE สำหรับ Vy = 0.040 m/s

3. ผลการศึกษา

3.1 ผลแบบจำลองการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในช่วงน้ำกำลังขึ้น





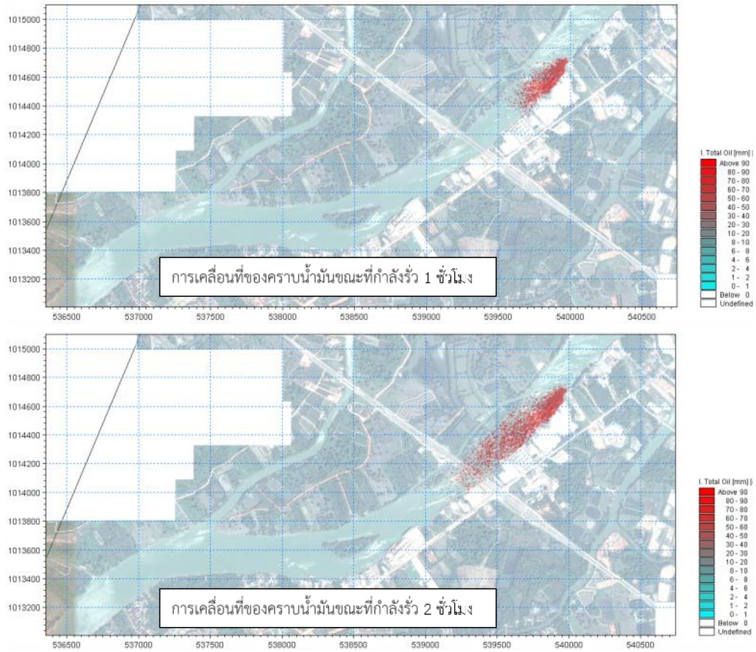
Vx เป็น + หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศตะวันออก; Vx เป็น – หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศตะวันตก;
Vy เป็น + หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศเหนือ; Vy เป็น – หมายถึง กระแสน้ำไหลไปทางทิศใต้

รูปที่ 10 ผลการเปรียบเทียบความเร็วการไหลในแนวแกน x และแกน y จากการตรวจวัดและจากการคำนวณ ณ สถานี Cu-2 ในช่วงน้ำตาย ระหว่างวันที่ 15 -16 ธันวาคม พ.ศ. 2557

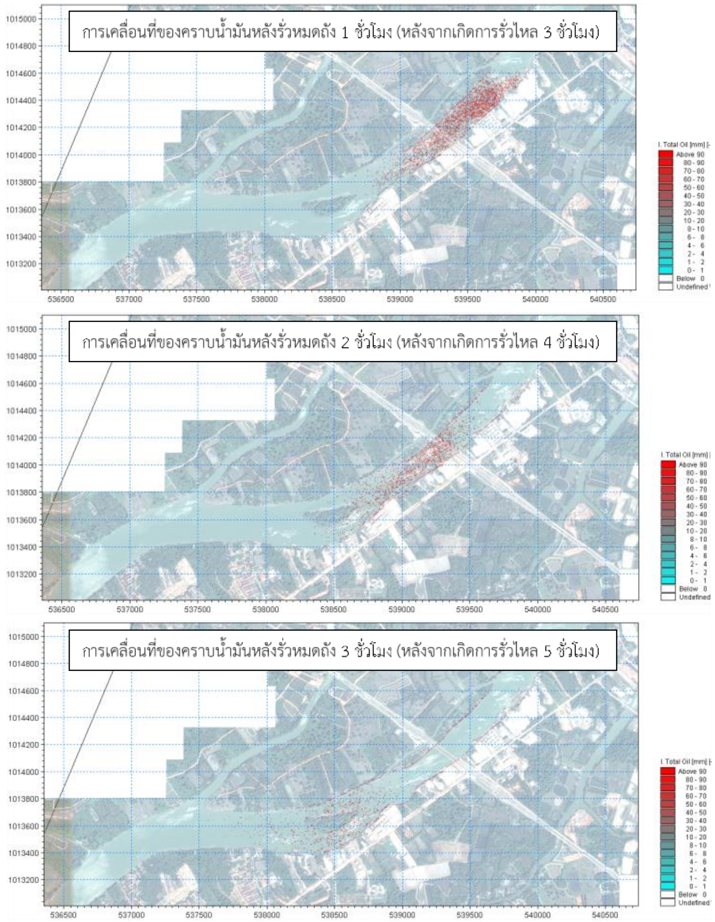
การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในช่วงน้ำกำลังขึ้นจะมีทิศทางไปทางต้นน้ำ โดยมีความเร็วในการเคลื่อนที่ประมาณ 420-720 เมตรต่อชั่วโมง คราบน้ำมันจะติดตามตลิ่ง ทำให้การเก็บคราบน้ำมันมีความยากลำบาก รูปที่ 11 แสดงการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในระหว่างที่น้ำมันกำลังรั่วออกจากถัง ส่วนรูปที่ 12 แสดงการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันเวลาระยะเวลาผ่านไป

3.2 ผลแบบจำลองการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในช่วงน้ำกำลังลง

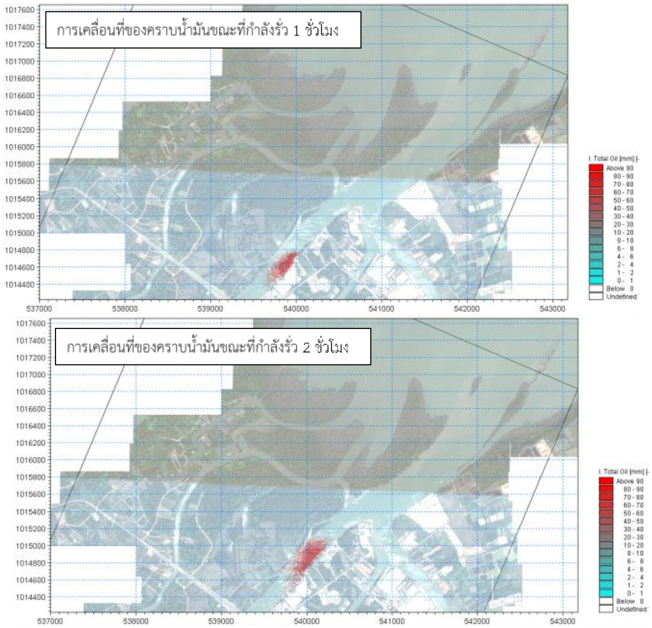
การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในช่วงน้ำกำลังลงจะมีทิศทางไปทางท้ายน้ำ โดยมีความเร็วในการเคลื่อนที่ประมาณ 780-1,310 เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งถือว่าเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าในช่วงน้ำขึ้น คราบน้ำมันจะติดตามตลิ่ง ทำให้การเก็บคราบน้ำมันมีความยากลำบาก รูปที่ 13 แสดงการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันใน



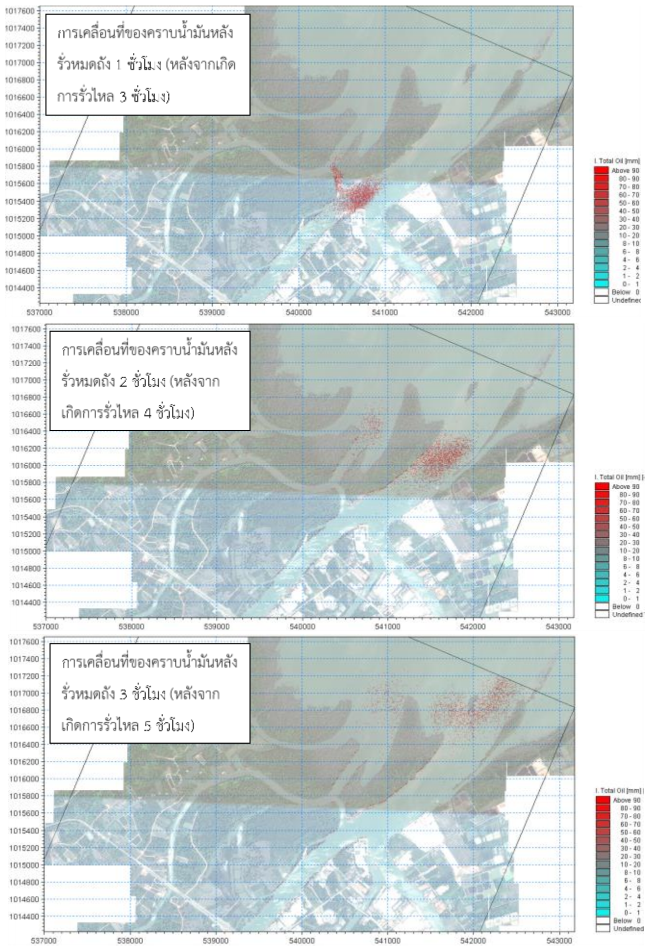
รูปที่ 11 การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันขณะกำลังรั่วในช่วงน้ำขึ้น (แกนตั้งและแกนนอนของรูปเป็นแกนตามระบบ UTM Zone 47 มีหน่วยเป็นเมตร)



รูปที่ 12 การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันหลังรั่วหมดถังในช่วงน้ำขึ้น (แกนตั้งและแกนนอนของรูปเป็นแกนตามระบบ UTM Zone 47 มีหน่วยเป็นเมตร)



รูปที่ 13 การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน ขณะกำลังรั่วในช่วงน้ำลง (แกนตั้งและแกนนอนของรูปเป็นแกนตาม ระบบ UTM Zone 47 มีหน่วยเป็นเมตร)



รูปที่ 14 การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน หลังรั่วหมดถังในช่วงน้ำลง (แกนตั้งและแกนนอนของรูปเป็นแกนตาม ระบบ UTM Zone 47 มีหน่วยเป็นเมตร)

ระหว่างที่น้ำมันกำลังรั่วออกจากถัง ส่วนรูปที่ 14 แสดงการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันเมื่อระยะเวลาผ่านไป

4. อภิปรายและสรุปผล

การบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องสร้างความพร้อมในการรับมือเหตุการณ์ไม่คาดฝัน ในกรณีของการขนส่งทางลำน้ำก็เช่นกัน แม่น้ำตาปีเป็นแม่น้ำสายหลักสายหนึ่งในภาคใต้ที่มีการจราจรทางน้ำหนาแน่นและมีท่าเทียบเรือเป็นจำนวนมากก็ย่อมมีความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุทางน้ำซึ่งอาจส่งผลให้มีคราบน้ำมันรั่วไหลได้ การวางแผนรับมือเหตุการณ์ดังกล่าวจำเป็นจะต้องมีการคาดการณ์ว่าคราบน้ำมันจะเคลื่อนที่ในลักษณะใดและด้วยความเร็วในการเคลื่อนที่เท่าไร ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

การศึกษาครั้งนี้ ผู้เขียนได้ใช้กรณีศึกษาของท่าเทียบเรือแห่งหนึ่ง และได้สมมติเหตุการณ์น้ำมันดีเซลที่บรรทุกมาเกิดรั่วไหล จากการศึกษาพบว่าถ้าหากเกิดเหตุการณ์รั่วไหลขณะน้ำกำลังขึ้น คราบน้ำมันจะเคลื่อนที่ไปทางต้นน้ำด้วยความเร็วประมาณ 420-720 เมตรต่อชั่วโมงและแพร่กระจายเต็มความกว้างของลำน้ำ แต่ถ้าหากเกิดอุบัติเหตุในช่วงที่น้ำกำลังลง คราบน้ำมันจะเคลื่อนที่ไปทางท้ายน้ำด้วยความเร็วประมาณ 780-1,310 เมตรต่อชั่วโมง เมื่อผู้บริหารสิ่งแวดล้อมทราบผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น ก็จะสามารถวางแผนการรับมือได้ เช่น การเตรียมการป้องกันก่อนที่คราบน้ำมันจะไหลออกสู่ทะเล หรือการอพยพหรือป้องกันพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหรือเป็นพื้นที่ที่มีคุณค่าทางสังคมและเศรษฐกิจ มาตรการเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับการรั่วไหลของคราบน้ำมันอื่นๆ อาจรวมไปถึง การกำหนดให้ท่าเทียบเรือจัดเตรียมทุ่นกักน้ำมัน (oil boom) ไว้ในปริมาณที่เพียงพอเพื่อล้อมรอบเรือลำที่รั่ว โดยมีความยาวของทุ่นกักน้ำมันควรมีความยาวรวมกันไม่น้อยกว่า 3 เท่า ของความยาวของเรือลำที่ใหญ่ที่สุดที่จะเข้าเทียบท่า และอาจให้จัดเตรียมทุ่นกักน้ำมันอีก 2 ชุด เพื่อนำไปปิดกั้นตลิ่งด้านต้นน้ำและท้ายน้ำ โดยทุ่นกักน้ำมันแต่ละชุดจะต้องมีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของแม่น้ำหรือเท่ากับ 250 เมตร และอาจให้มีการจัดเตรียมอุปกรณ์จัดเก็บคราบน้ำมัน ได้แก่ ตัวดูดน้ำมัน (oil skimmer) เพื่อดูดคราบน้ำมัน จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ตัว และเตรียมเรือเล็กหรือเรือลากจูงอย่างน้อย 2 ลำ เพื่อนำทุ่นกักน้ำมันไปล้อม นอกจากนี้อาจต้องกำหนดให้มีการฝึกซ้อมการตอบโต้การรั่วไหลของคราบน้ำมัน ไม่น้อยกว่าปีละครั้ง เป็นต้น

หัวใจของการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ คือ ความถูกต้องของข้อมูลและขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ เทคนิคในการคาดการณ์ผลกระทบตามวิธีการของบทความนี้มีราคาสูง แต่ก็ให้ผลการคำนวณที่มีความแม่นยำสูง ในทางกลับกัน ถ้าใช้ข้อมูลไม่ทันสมัยหรือหยาบเป็นข้อมูลในการทำแบบจำลอง การคาดการณ์ก็ยังสามารถกระทำได้แต่ความแม่นยำอาจลดลงและอาจส่งผลต่อแนวทางในการรับมือ บทความนี้จึงได้นำเสนอเทคนิคและขั้นตอนการทำแบบจำลองคณิตศาสตร์อย่างละเอียด รวมไปถึงขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูลภาคสนามที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อวงการวิชาการด้านแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านสมุทรศาสตร์ของประเทศไทย

5. รายการอ้างอิง

[1] Farrow, K., Brinson, A., Wallmo, K. and Lew, D.K., 2016, Environmental attitudes in the aftermath of the Gulf Oil Spill, Ocean Coast. Manag. 119: 128-134.

[2] Lee, M. and Jung, J., 2015, Pollution risk assessment of oil spill accidents in

Garorim Bay of Korea, Mar. Pollut. Bull. 100: 297-303.

[3] Alves, T.M., Kokinou, E., Zodiatis, G., Lardner, R., Panagiotakis, C. and Radhakrishnan, H., 2015, Modelling of oil spills in confined maritime basins: The case for early response in the Eastern Mediterranean Sea, Environ. Pollut. 206: 390-399.

[4] Liu, X., Guo, J., Guo, M., Hu, X., Tang, C., Wang, C. and Xing, Q., 2015, Modelling of oil spill trajectory for 2011 Penglai 19-3 coastal drilling field, China Appl. Math. Model. 39: 5331-5340.

[5] Mikepoweredbydhi, 2016, Available Source: https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-21/hydrodynamics, January 23, 2016.

[6] Saengsupavanich, C., 2012, Predicting and mitigating dredging dispersion impact: A case of Phuket Port, Thailand, World Acad. Sci. Eng. Technol. 72: 1639-1644.

[7] Saengsupavanich, C., 2013, Marine physical impacts of bridge foundations in Tammalung estuary, Thailand, ECSA 53: Estuaries and Coastal Area in Times of Intense Change.

[8] Saengsupavanich, C., 2014, Impacts of a barge accident on river bank stability, Asia-Pacific Management and Engineering Conference.