

## การหึงความลึกน้ำทะเลจากการรับรู้ระยะไกลในอ่าวไทยด้วยภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8

### Remote Sensing - Derived Oceanic Bathymetry in the Gulf of Thailand

#### Using Landsat 8 Imageries

ชนัตพงษ์ เสื่องงามเอี่ยม<sup>1</sup> และ ศิริวิไล ถีระโรจนารัตน์<sup>2</sup>

Chanattapong Suerngamaiem<sup>1</sup> and Sirivilai Teerarojanarat<sup>2</sup>

Received : May 4, 2022

Revised : May 29, 2022

Accepted : June 1, 2022

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ทำการวิเคราะห์หาค่าความลึกน้ำทะเลในอ่าวไทย จำนวน 3 พื้นที่ อ้างอิงขอบเขตตามแผนที่เดินเรือ ได้แก่ พื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก (ทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา) พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก (เกาะสบบ้า ถึง เกาะจิกนอก) และพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก (อ่าวชุมพร) ด้วยเทคนิคการสร้างแผนที่ความลึกน้ำทะเลด้วยวิธี Satellite Derived Bathymetry (SDB) ร่วมกับแบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่น (Log - Band Ratio Method) เพื่อให้ได้ความลึกน้ำทะเลที่มีความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลแผนที่เดินเรือจากการสำรวจด้วยวิธีการหยั่งน้ำด้วยเสียงแบบลำคลื่นเดี่ยว ผลวิจัยพบว่าค่าความลึกน้ำทะเลจากวิธีการ SDB ช่วงความลึก 0 – 15 เมตร ในพื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.8621, 0.9130 และ 0.9304 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความลึกน้ำทะเลจากวิธีการ SDB กับความลึกน้ำสำรวจมีความสอดคล้องกันสูง โดยเฉพาะพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก ดังนั้นวิธีการ SDB จึงสามารถใช้เป็นวิธีการทางเลือกในการสนับสนุนการสำรวจแผนที่อุทกศาสตร์ในพื้นที่ความลึกน้ำไม่เกิน 15 เมตร ที่มีข้อมูลอุทกศาสตร์อยู่เพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลยได้เป็นอย่างดี

**คำสำคัญ:** การหึงความลึก, การหยั่งน้ำด้วยภาพถ่ายดาวเทียม, การรับรู้ระยะไกล, แลนด์แซท 8

<sup>1</sup>ประจำกองเรือยุทธการ

Attached to Royal Thai Fleet

E-mail: chanattapong\_s@hotmail.com

<sup>2</sup>รองศาสตราจารย์ หน่วยปฏิบัติการวิจัยภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
Associate Professor, Geography and Geoinformation Research Unit Department of Geography, Faculty of Arts, Chulalongkorn University

E-mail: sirivilai.t@chula.ac.th

### Abstract

The objective of this research is to apply Landsat 8 satellite imagery for analyzing the depth in the Gulf of Thailand in three study areas boundaries based on nautical charts. The first study area is the inner Gulf of Thailand (Entrance to Mae Nam Chao Phraya), the second study area is Eastern Gulf of Thailand (Koh Saba to Koh Chik Nok), and the third study area is Western Gulf of Thailand (Ao Chumphon). The depth accuracy from the integration of nautical chart techniques, Satellite Derived Bathymetry (SDB) and Log-Band Ratio Method is higher than single-beam echo sounding. About the depth between 0-15 meters in the study areas, the results indicate the Coefficient of determination ( $R^2$ ) in the Inner Gulf of Thailand, Eastern Gulf of Thailand, and Western Gulf of Thailand as 0.8621, 0.9130 and 0.9304 respectively. Depth from the SDB charts precisely consistent with depth from nautical chart can be concluded that depth derived from the SDB is suitable especially the area in the western Gulf of Thailand. The result of the study confirms that the SDB method and Log-Band Ratio Method can be alternative methods to support hydrographic bathymetry surveys in areas where depth is less than 15 meters or where, hydrographic bathymetry data is unavailable.

**Key words:** Bathymetry, Satellite Derived Bathymetry (SDB), Remote Sensing, LANDSAT 8

### 1. บทนำ

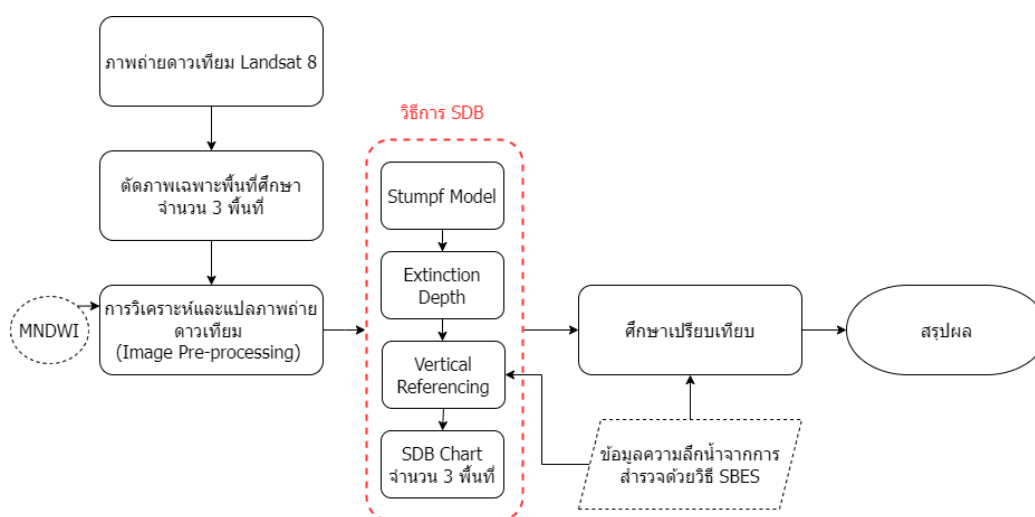
ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมาประเทศไทยให้ความสำคัญกับการใช้ทะเลเพื่อการแสวงหาทรัพยากร ในทะเล การคมนาคมขนส่งและการพาณิชย์ การท่องเที่ยว และการสร้างความมั่นคงของประเทศ ตลอดจนถึงการปกป้องผลประโยชน์แห่งชาติทางทะเลเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในด้านความปลอดภัยในการเดินเรือ เพื่อให้ นักเดินเรือสามารถเดินเรือได้อย่างปลอดภัย จึงจำเป็นต้องมีแผนที่เดินเรือที่มีประสิทธิภาพและถูกต้อง ในปัจจุบันการสำรวจและสร้างแผนที่เดินเรือของประเทศไทยรับผิดชอบโดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ใช้เทคโนโลยีการสำรวจความลึกน้ำด้วยระบบเสียงสะท้อน จำนวน 2 ระบบเป็นหลัก ได้แก่ ระบบหยั่งน้ำแบบ ลำคลื่นเดี่ยว (Single - Beam Echo Sounder System: SBES) ระบบหยั่งน้ำแบบหลายลำคลื่น (Multi - Beam Echo Sounder System: MBES) โดยใช้เรือเป็นพาหนะในการสำรวจ ทำให้เกิดข้อจำกัดด้านทรัพยากรที่ใช้ในการสำรวจและด้านบุคลากร ส่งผลให้ไม่สามารถสำรวจปรับปรุงแผนที่ทะเลให้มีความทันสมัยและครอบคลุมทั่วประเทศ ซึ่งกรมอุทกศาสตร์จะพิจารณาว่าพื้นที่ใดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศรวดเร็ว และมีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการสำรวจก่อนมาเป็นเกณฑ์ในการกำหนดระยะเวลาในการปรับปรุงแผนที่ จึงมีความจำเป็นในการหาเครื่องมือหรือวิธีการในการหาความลึกน้ำทะเลที่ให้ค่า

ความถูกต้องของความลึก ใช้งบประมาณต่ำ และรวดเร็วในการดำเนินการสำรวจ โดยเฉพาะในพื้นที่น้ำตื้น หรือพื้นที่ใกล้ฝั่งซึ่งเป็นพื้นที่วิกฤตต่อการเดินเรือ

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS) มาประยุกต์ใช้เพื่อหยั่งความลึกน้ำทะเลโดยเฉพาะในพื้นที่ใกล้ฝั่งที่มีลักษณะตื้น ได้แก่ 1) วิธีการสำรวจแบบ Light Detection and Ranging หรือ LIDAR ซึ่งสามารถให้ค่าความลึกน้ำทะเล และลักษณะภูมิประเทศได้อย่างแม่นยำ ประหยัดเวลา แต่ยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของงบประมาณที่ใช้ในการดำเนินการที่ค่อนข้างสูง และ 2) วิธีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการหยั่งความลึกน้ำทะเล (Satellite Derived Bathymetry: SDB) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้แบบจำลองวิเคราะห์การทะลุผ่านของช่วงแสงที่มองเห็นได้ในน้ำ [1], [2] ทำให้มีข้อได้เปรียบในเรื่องของการใช้งบประมาณต่ำ เนื่องจากใช้เพียงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งภาพถ่ายดาวเทียมในปัจจุบันมีทั้งแบบที่เผยแพร่แบบไม่มีค่าใช้จ่ายและมีค่าใช้จ่าย และผลลัพธ์ที่ได้ให้ค่าความถูกต้องตามมาตรฐาน และมีความรวดเร็วในการดำเนินการ วิธีการ SDB จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการสำรวจแผนที่ในขั้นตอนการวางแผนสำรวจทะเล ช่วยในการหาสิ่งอันตรายใต้น้ำ โดยเฉพาะพื้นที่สำรวจด้วย Single Beam Echo Sounder ที่มีระยะห่างระหว่างแนวสำรวจมาก ในต่างประเทศได้มีงานวิจัยหลายฉบับที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้วิธีการ SDB ร่วมกับแบบจำลองต่างๆ เช่น Randazzo [3] ได้ใช้วิธีการ SDB ในการวิเคราะห์การกัดเซาะชายฝั่งซานวิโต โลคาโป ประเทศอิตาลี โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม GeoEye - 1 และ Duplancić Leder [4] ทำการศึกษาวิธีการ SDB ในพื้นที่ชายฝั่งและบริเวณที่ตื้นของอ่าวฮรามิน่า บนเกาะเมอร์เทอ ซึ่งตั้งอยู่ตอนกลางของทะเลเอเดรียติก ประเทศโครเอเชีย โดยเลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel 2 ร่วมกับแบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่น (Log - Band Ratio Method) [5] โดยผลลัพธ์จากตัวอย่างให้ผลการศึกษาที่ระบุได้ว่าวิธีการ SDB สามารถให้ค่าการหยั่งความลึกน้ำทะเลบริเวณแนวชายฝั่ง หรือที่ตื้นได้อย่างแม่นยำ และได้รับการยอมรับในช่วงหลายปีที่ผ่านมา [1], [2], [5] ถึงแม้ว่าวิธีการ SDB จะให้ผลลัพธ์แผนที่ความลึกน้ำที่มีความละเอียดต่ำเมื่อเทียบกับการหยั่งน้ำแบบ MBES ซึ่งครอบคลุมเต็มพื้นที่ที่มีความละเอียดสูงสุดถึง 0.5 เมตร [6] แต่เมื่อเทียบกับการสำรวจด้วยวิธีดึง (Lead -Lines) หรือวิธีการหยั่งน้ำแบบ SBES พบว่าวิธีการ SDB สามารถเติมเต็มช่องว่างของพื้นที่สำรวจด้วยวิธี Lead - Lines และ SBES ได้เป็นอย่างดี

ในประเทศไทยการสำรวจแผนที่ทะเลด้วยการหยั่งความลึกน้ำทะเลโดยการใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลด้วยวิธีการ SDB นับว่าเป็นวิธีการที่ใหม่ และไม่เคยมีการศึกษากับพื้นที่ทะเลของประเทศไทยมาก่อน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนที่ความลึกน้ำทะเลในอ่าวไทย 3 พื้นที่ ได้แก่ อ่าวไทยรูปตัว ก (ทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา) อ่าวไทยฝั่งตะวันออก (เกาะสบบ้าง ถึง เกาะจิกนอก) และอ่าวไทยฝั่งตะวันตก (อ่าวชุมพร) จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ด้วยวิธีการ Satellite Derived Bathymetry (SDB) ร่วมกับแบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่น [5] และวิเคราะห์เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองในแต่ละพื้นที่กับฐานข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน

## 2. ข้อมูลและวิธีการดำเนินงาน



รูปที่ 1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

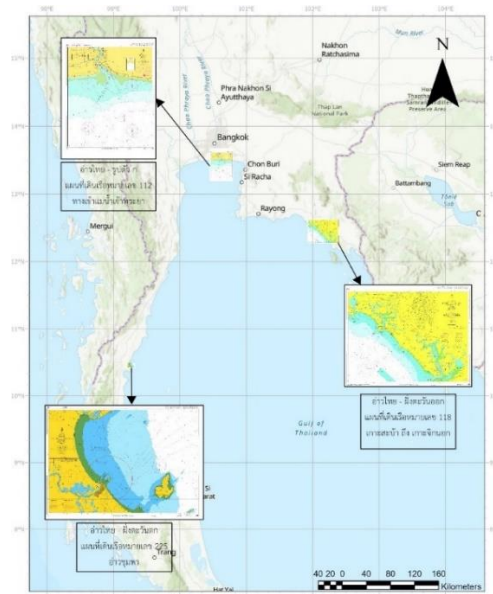
### 2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก ดังแสดงในรูปที่ 1 ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันทั้งในด้านสมุทรศาสตร์และกายภาพ ในการกำหนดพื้นที่ศึกษาวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการเลือกพื้นที่ที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงบริเวณตอนกลางของพื้นที่ทะเลในแต่ละฝั่ง อ้างอิงจากแผนที่เดินเรือของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ โดยเน้นศึกษาเฉพาะช่วงความลึกน้ำไม่เกิน 15 เมตร มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 พื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก (ทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา) ได้แก่ แผนที่เดินเรือหมายเลข 112 ทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา มีลักษณะเป็นดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีค่าความโปร่งแสงบริเวณปากทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยาอยู่ที่ 0.5 เมตร ที่ความลึก 2.4 – 3.1 เมตร [7]

2.1.2 พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก ได้แก่ แผนที่เดินเรือหมายเลข 118 เกาะสละบ้า ถึง เกาะจิกนอก จว.จันทบุรี มีลักษณะเป็นที่ราบฝั่งทะเล พื้นที่ชายฝั่งส่วนใหญ่เป็นหาดทรายปนโคลน และมีป่าชายเลนขึ้นอยู่หนาแน่น โดยมีค่าความโปร่งแสงบริเวณใกล้ฝั่ง (ปากแม่น้ำแฉมหนู และปากแม่น้ำ) ที่ความลึก 1.9 เมตร มีค่าความโปร่งแสง 1 เมตร และบริเวณห่างฝั่งประมาณ 3 กิโลเมตร ที่ระดับความลึก 12.5 เมตร มีค่าความโปร่งแสง 6 เมตร [7]

2.1.3 พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก ได้แก่ แผนที่เดินเรือหมายเลข 225 อ่าวชุมพร จว.ชุมพร มีลักษณะเป็นที่ราบตามแนวชายฝั่งทะเลของอ่าวไทย ลักษณะชายหาดค่อนข้างเรียบมีความโค้งเว้าน้อย และเป็นป่าชายเลนมีค่าความโปร่งแสง 1.6 เมตร และบริเวณห่างฝั่งประมาณ 3 กิโลเมตร ที่ระดับความลึก 8.0 เมตร มีค่าความโปร่งแสง 3.3 เมตร [7]



รูปที่ 2 ภาพรวมพื้นที่ศึกษา จำนวน 3 พื้นที่

## 2.2 การหึงความลึกด้วยภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Derived Bathymetry: SDB)

วิธีการ SDB เป็นวิธีการหึงความลึกน้ำทะเลในพื้นที่น้ำตื้นหรือบริเวณชายฝั่ง โดยใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลในด้านภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับการใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของช่วงคลื่นสีเขียวและสีน้ำเงิน วิธีการนี้สามารถใช้งานได้ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ลงทุนด้านเวลาและทรัพยากรที่ค่อนข้างต่ำ ถึงแม้ว่าข้อมูลที่ได้จะมีความแม่นยำและความละเอียดไม่เท่าการสำรวจแบบการหึงความลึกด้วยเสียงสะท้อน หรือ LIDAR แต่ก็สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนการสำรวจแบบ Bathymetric เพื่อเติมเต็มช่องว่างข้อมูลให้ครอบคลุมพื้นที่การสำรวจที่มีอยู่ และในบางสถานการณ์วิธีการ SDB เป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าวิธีการแบบเดิมในการสำรวจสภาพแวดล้อมชายฝั่ง เช่น ในบริเวณน้ำตื้นหรือบริเวณที่มีหิน ป่าชายเลน ซึ่งเป็นอุปสรรคในการนำเรือหยั่งน้ำ

แบบจำลองที่นิยมใช้กับวิธีการ SDB ได้แก่ แบบจำลอง Lyzenga (Linear Band Model) ของ Lyzenga [1] และแบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่น (Log - Band Ratio Model, Stumpf Model) ของ Stumpf และคณะ [5] โดยแบบจำลองทั้งสองได้ถูกนำมาอธิบายเปรียบเทียบในการนำมาใช้หึงความลึกน้ำทะเลด้วยวิธีการ SDB ผ่านงานวิจัย เช่น งานวิจัยของ Stumpf และคณะ [8] ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้แบบจำลอง Lyzenga และแบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่น ในการหาความลึกน้ำทะเลด้วยวิธีการ SDB บริเวณเกาะ Northwest Hawaiian ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และ LIDAR ซึ่งผลลัพธ์ของแบบจำลองทั้งสองสามารถดึงข้อมูลความลึกของน้ำที่ระดับความลึกน้อยกว่า 10 - 15 เมตร แต่แบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่นจะให้ผลลัพธ์ของข้อมูลที่ดีกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pennucci และคณะ [9] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่นสามารถนำมาใช้หาความลึกน้ำทะเลด้วยวิธีการ SDB ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบจำลอง Lyzenga

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าวิธีการ SDB ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหึงความลึกน้ำทะเลในพื้นที่ทะเลชายฝั่งต่างๆ เช่น Jagalingam และคณะ [10] Kimeli และคณะ [11] Kelvin Kang Wee Tang และคณะ [12] และ Randazzo และคณะ [13] โดยทุกงานวิจัยสามารถให้ค่าความลึกน้ำจากวิธีการ SDB ได้อย่างแม่นยำ แม้มีพื้นที่ศึกษาที่แตกต่างกัน ดังนั้น วิธีการ SDB ร่วมกับแบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่น จึงเป็นวิธีการที่สามารถนำมาใช้งานได้กับพื้นที่น้ำตื้นหรือบริเวณชายฝั่งในแต่ละภูมิศาสตร์ต่างๆ ได้

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการ SDB มาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ทะเลอ่าวไทย โดยเลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ซึ่งเป็นข้อมูลที่เข้าถึงได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย อ้างอิงกับมูลฐานทางราบ WGS84 และมีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต่อเนื่องย้อนหลัง ร่วมกับแบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่น [5] ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ให้ค่าความถูกต้องของข้อมูลได้เป็นอย่างดี โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบพื้นที่ทะเลอ่าวไทยจำนวน 3 พื้นที่ ซึ่งมีลักษณะทางสมุทรศาสตร์ที่แตกต่างกันว่าพื้นที่ใดให้ค่าความถูกต้องของผลลัพธ์มากที่สุด โดยอ้างอิงกับค่าข้อมูลความลึกน้ำสำรวจ

### 2.3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ในกระบวนการวิเคราะห์ค่าความลึกน้ำทะเล เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 อ้างอิงกับมูลฐานทางราบ WGS84 ซึ่งตรงกับแผนที่เดินเรือ และมีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมต่อเนื่องย้อนหลัง มีช่วงเวลาสอดคล้องกับแผนที่เดินเรือเดิมที่นำมาใช้ในการอ้างอิง การเลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 จะทำให้ได้ข้อมูลที่ย้อนหลังต่อเนื่องได้ อีกทั้งยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการดาวเทียม Landsat ในอนาคตต่อไปได้ โดยภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 เป็นข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วยระบบบันทึกภาพ 2 ชนิด คือ Operation Land Image (OLI) และ The Thermal Infrared Sensor (TIRS) จำนวน 11 ช่วงคลื่น ให้รายละเอียดจุดภาพช่วงคลื่น Visible, NIR, SWIR 30 เมตร ช่วงคลื่น Thermal 100 เมตร และ Panchromatic 15 เมตร [15] สามารถทำการดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov/> ของ USGS

งานวิจัยนี้จึงเป็นการนำข้อมูลภาพช่วงคลื่น Band 2 (BLUE), Band 3 (GREEN) และ Band 6 (SWIR) [2] มาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งความลึกน้ำทะเล โดยทำการเลือกภาพที่มีความชัดเจน ไม่มีเมฆปกคลุม ทะเลเรียบ และเลือกช่วงเวลาที่ไม่ใกล้เคียงกับช่วงเวลาที่ดำเนินการสำรวจแผนที่เดินเรือที่จัดทำโดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ โดยมีรายละเอียดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ที่เลือกใช้ตามแต่ละพื้นที่ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8

| พื้นที่                   | ช่วงเวลาที่ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 | Path/Row |
|---------------------------|-----------------------------------------|----------|
| ปากทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา | พฤศจิกายน 2561                          | 129/053  |
| เกาะสบบ้า ถึง เกาะจินนอก  | พฤศจิกายน 2559                          | 129/051  |
| อ่าวชุมพร                 | เมษายน 2559                             | 128/051  |



## 2.4 ข้อมูลความลึกน้ำสำรวจ (Bathymetry)

ข้อมูลความลึกน้ำสำรวจที่ใช้อ้างอิงในการสอบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของการหยั่งความลึกน้ำด้วยวิธีการ SDB เป็นข้อมูลการหยั่งความลึกพื้นท้องทะเลที่จัดทำโดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ด้วยวิธีการหยั่งความลึกน้ำด้วยเสียงสะท้อนแบบลำคลื่นเดียว (Single Beam Echo Sounder) ร่วมกับเครื่องรับตำแหน่งที่ด้วยดาวเทียม GNSS สำหรับบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยเทคนิค Differential Global Positioning System (DGPS) มูลฐานทางราบ WGS84 และทำการหักเลขน้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำขึ้น – ลง ในพื้นที่ ลงหาระดับน้ำลงต่ำที่สุด (Lowest Low Water: LLW) เป็นเมตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 รายละเอียดข้อมูลความลึกน้ำสำรวจ

| หมายเลขระวาง<br>แผนที่ | มาตราส่วน  | พื้นที่                   | ข้อมูลความลึกน้ำ<br>สำรวจ |
|------------------------|------------|---------------------------|---------------------------|
| 112                    | 1 : 45,000 | ปากทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา | พฤศจิกายน 2561            |
| 118                    | 1 : 60,000 | เกาะสบบ้า ถึง เกาะจิกนอก  | พฤศจิกายน 2559            |
| 225                    | 1 : 12,000 | อ่าวชุมพร                 | เมษายน 2559               |

## 2.5 การวิเคราะห์และแปลภาพถ่ายดาวเทียม (Image Pre - Processing)

การวิเคราะห์และแปลภาพถ่ายดาวเทียมใช้การประมวลผลผ่านโปรแกรมทางด้าน GIS มีกระบวนการและขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.5.1 การปรับแก้คลื่นรังสี (Radiometric Correction) เป็นการปรับปรุงแก้ไขความคลาดเคลื่อนของข้อมูล และสัญญาณคลื่นรบกวน อันเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น การรบกวนจากชั้นบรรยากาศ การกระจัดกระจายในชั้นบรรยากาศ หรือจากความบกพร่องของเครื่องรับสัญญาณ ทำให้เกิดความไม่ชัดเจน พร่ามัว หมอกหรือความสลัว (Haze) มีลายเส้นปะปน (Strip/Noise) ส่งผลให้ความคมชัดของภาพลดลง งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการเปลี่ยนค่าความสว่างในภาพให้เป็นค่าการแผ่รังสีสมบูรณ์ (Conversion of Digital Numbers to Absolute Radiance Value) ตามสมการที่ (1)

$$L = \left[ \frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{255} \right] \times DN + L_{MIN} \quad (1)$$

โดยที่ L = ค่าการแผ่รังสีตามช่วงคลื่น (Spectral Radiance)

L<sub>MAX</sub> = ค่าการแผ่รังสีสูงสุด ซึ่งแปลงจากค่าความสว่างสูงสุดในช่วงคลื่นนั้น (DN = 255)

L<sub>MIN</sub> = ค่าการแผ่รังสีต่ำสุด ซึ่งแปลงจากค่าความสว่างต่ำสุดในช่วงคลื่นนั้น (DN = 0)

DN = ค่าการสะท้อนของจุดภาพ (Digital Number)

### 2.5.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายดาวเทียม (Image Enhancement)

ก. การกรองภาพเชิงพื้นที่ (Spatial Image Filtering) มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความชัดเจนของภาพ หรือเน้นวัตถุที่ปรากฏในภาพ โดยในงานวิจัยนี้นำมาใช้เพื่อลดจุดรบกวนบนภาพถ่ายดาวเทียม (Speckle Noise) ที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ทะเลให้ลดน้อยลง

ข. การแยกน้ำ (Water Separation) ด้วยการใช้ค่าดัชนีความแตกต่างของความชื้นปรับปรุง (MNDWI) ของ Xu [14] ตามสมการที่ (2) โดยในขั้นตอนภาพถ่ายดาวเทียมถูกปรับขนาดให้ครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ที่สนใจ จากนั้น MNDWI จะคำนวณแยกส่วนที่เป็นน้ำทะเลหรือกำจัดส่วนที่เป็นแผ่นดินและเมฆส่วนใหญ่ออก ดัชนีสเปกตรัมนี้มีอยู่ในช่วงตั้งแต่ -1 ถึง +1 โดยที่ค่าเรดิโอเมตริก  $> 0$  แทนน้ำ และ  $\leq 0$  แทนพื้นดิน ด้วยวิธีนี้คุณสมบัติที่ไม่ใช่น้ำในภาพอาจถูกแยกออกจากการประมวลผล จากนั้นทำการแปลงแต่ละพิกเซลของภาพดาวเทียมให้แสดงเป็นแบบจุดลอยตัว (Floating Point) ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะพื้นที่ส่วนน้ำทะเลเพื่อใช้สำหรับวิธีการ SDB ต่อไป

$$MNDWI = \frac{GREEN-IR}{GREEN+IR} \quad (2)$$

โดยที่ GREEN = ช่วงคลื่นสีเขียว

IR = ช่วงคลื่น Infrared

### 2.6 แบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่น (Log - Band Ratio Method)

ภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการเตรียมเรียบร้อยแล้วจะนำเข้าสู่การประยุกต์ใช้แบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่นที่พัฒนาโดย Stumpf และคณะ [5] ตามสมการที่ (3) ซึ่งเป็นการใช้อัตราส่วนการแปลงค่าลอการิทึมของการสะท้อนของช่วงคลื่นแสงที่ผ่านความลึกน้ำที่ระดับแตกต่างกัน (สีน้ำเงินและสีเขียว)

$$Z = m_1 \times \frac{\ln(nRw(\lambda_i))}{\ln(nRw(\lambda_j))} - m_0 \quad (3)$$

โดยที่ Z = ความลึกน้ำสมบูรณ์จากวิธีการ SDB  $m_1$  = ค่าคงที่ที่ใช้ในการปรับอัตราส่วนต่อความลึก

Rw = การสะท้อนสเปกตรัมที่สังเกต  $m_0$  = ค่าชดเชยสำหรับความลึก 0 เมตร

$\lambda_i$  = ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (Band 2)

$\lambda_j$  = ช่วงคลื่นสีเขียว (Band 3)

หลังจากได้ค่าจากการคำนวณอัตราส่วนช่วงคลื่นแล้ว ( $\frac{\ln(nRw(\lambda_i))}{\ln(nRw(\lambda_j))}$ ) จะเป็นขั้นตอนของการหาค่าความลึกจำกัด (Extinction Depth) โดยใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear Pearson's Correlation) และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) คำนวณคู่กับค่าของความลึกน้ำสำรวจที่ใช้เป็นความลึกควบคุม (Depth Control Points) ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นค่าพารามิเตอร์  $m_1$  และ  $m_0$  ที่ใช้ในการปรับอัตราส่วนต่อความลึก ( $m_1$ ) และค่าชดเชยสำหรับความลึก 0 เมตร ( $m_0$ ) ตามแบบจำลองของ Stumpf



และคณะ [5] โดยค่าพารามิเตอร์  $m_1$   $m_0$  และผลลัพธ์อัตราส่วนช่วงคลื่น ( $\frac{\ln(nRw(\lambda_i))}{\ln(nRw(\lambda_j))}$ ) จะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความลึกอ้างอิง (Vertical Referencing) ซึ่งขั้นตอนนี้จะขั้นตอนสุดท้ายในการปรับปรุงผลลัพธ์ของค่าความลึกน้ำให้สมบูรณ์ ท้ายที่สุดค่าความลึกน้ำจากวิธีการ SDB ทั้ง 3 พื้นที่ จะถูกนำมาตรวจสอบและวิเคราะห์ทางสถิติ ผ่านค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Correlation: R) และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of Determination:  $R^2$ )

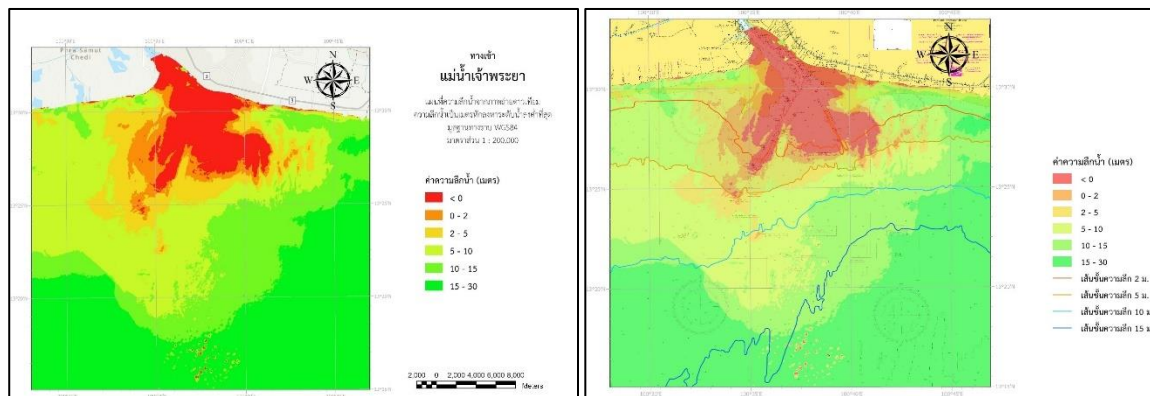
### 3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างค่าความลึกน้ำจากวิธีการ SDB กับค่าความลึกน้ำสำรวจทั้งสามพื้นที่โดยรวม พบว่าวิธีการ SDB ให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่วงคลื่นของแถบสีน้ำเงินและสีเขียว ( $\frac{\ln(nRw(\lambda_{blue}))}{\ln(nRw(\lambda_{green}))}$ ) กับความลึกน้ำสำรวจที่ใช้เป็นความลึกควบคุมทั้ง 3 พื้นที่ ดังตารางที่ 3 โดยมีค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.8833 - 0.9768 โดยพื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก ให้ความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด รองลงมาคือพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก และพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก ตามลำดับ

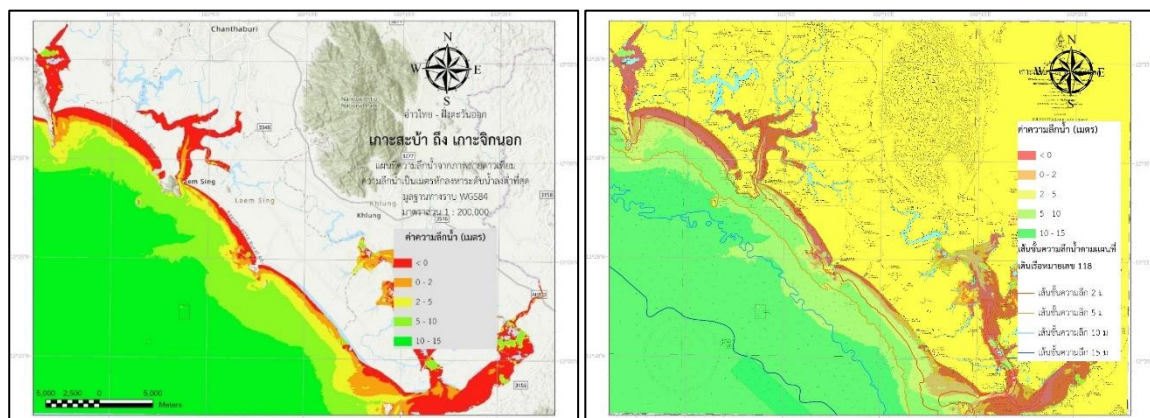
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างค่าอัตราส่วนช่วงคลื่นกับค่าความลึกน้ำสำรวจใน 3 พื้นที่

| Ratio SDB (Blue/Green) x Depth (Control) | Observations | $m_1$  | $m_0$  | $R^2$  |
|------------------------------------------|--------------|--------|--------|--------|
| พื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก                   | 140          | 2295.6 | 2318.1 | 0.9768 |
| พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก               | 1396         | 1218.6 | 1233.8 | 0.8833 |
| พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก                | 1387         | 1208.9 | 1222.2 | 0.9436 |

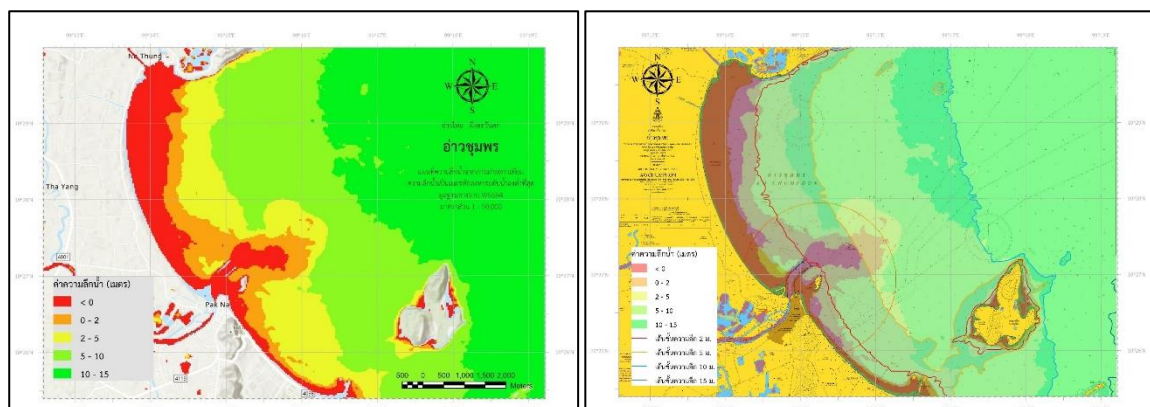
3.2 ค่าความลึกน้ำสมบูรณ์จากแบบจำลองสามารถสร้างเป็นแผนที่ความลึกน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 3 พื้นที่ ได้แก่ แผนที่ความลึกน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา (รูปที่ 3 ก) แผนที่ความลึกน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณเกาะสบบ้า ถึง เกาะจิกนอก (รูปที่ 4 ก) และแผนที่ความลึกน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณอ่าวชุมพร (รูปที่ 5 ก)



รูปที่ 3 (ก) แผนที่ความลึกน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา และ  
(ข) แผนที่ความลึกน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยาซ้อนทับกับแผนที่เดินเรือหมายเลข 112



รูปที่ 4 (ก) แผนที่ความลึกน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณเกาะสบบ้าง ถึง เกาะจินนอก และ  
(ข) แผนที่ความลึกน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณเกาะสบบ้าง ถึง เกาะจินนอกซ้อนทับกับแผนที่เดินเรือหมายเลข 118



รูปที่ 5 (ก) แผนที่ความลึกน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณอ่าวชุมพร และ  
(ข) แผนที่ความลึกน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณอ่าวชุมพรซ้อนทับกับแผนที่เดินเรือหมายเลข 225

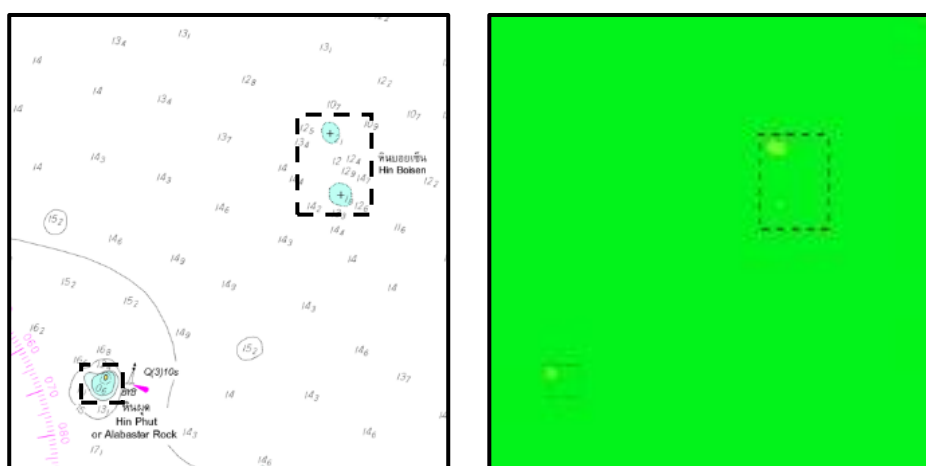
3.3 ตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติของค่าความลึกน้ำจากวิธีการ SDB ที่ได้จากแบบจำลองทั้ง 3 พื้นที่ กับค่าความลึกน้ำสำรวจ โดยแบ่งตามระดับความลึกที่ 0 – 5 เมตร, 5 – 10 เมตร, 10 – 15 เมตร และ 0 – 15 เมตร พบว่าค่า RMSE ในพื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก มีค่า RMSE มากที่สุด เท่ากับ 3.2952 โดยเฉพาะที่ระดับความลึก 0 – 5 เมตร มีค่า RMSE สูงถึง 4.1273 แสดงถึงค่าความลึกน้ำจากวิธีการ SDB ช่วงระดับความลึกดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับค่าความลึกน้ำสำรวจในเกณฑ์ต่ำ ส่วนพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และอ่าวไทยฝั่งตะวันตกมีค่า RMSE เท่ากับ 1.4512 และ 1.4194 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความลึกน้ำทะเลจากวิธีการ SDB ของพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ใกล้เคียงกับค่าความลึกน้ำสำรวจเป็นอย่างดี

**ตารางที่ 4** ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของค่าความลึกน้ำจากวิธีการ SDB กับค่าความลึกน้ำสำรวจ

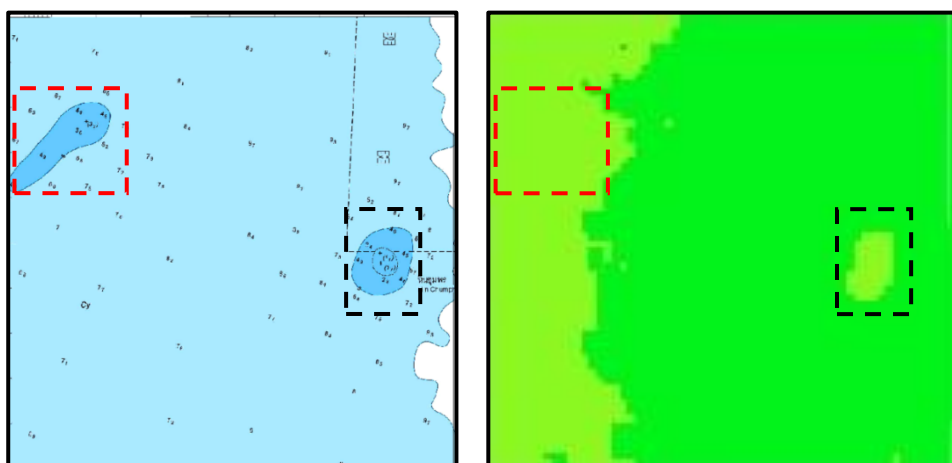
| ระดับความลึก (เมตร) | พื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก |        |        |                | พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก |        |        |                | พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก |        |        |                |
|---------------------|------------------------|--------|--------|----------------|----------------------------|--------|--------|----------------|---------------------------|--------|--------|----------------|
|                     | Obs.                   | RMSE   | R      | R <sup>2</sup> | Obs.                       | RMSE   | R      | R <sup>2</sup> | Obs.                      | RMSE   | R      | R <sup>2</sup> |
| 0 – 5               | 50                     | 4.1273 | 0.0430 | 0.0018         | 442                        | 1.4648 | 0.8445 | 0.7132         | 498                       | 1.3566 | 0.9298 | 0.8645         |
| 5 – 10              | 50                     | 1.1484 | 0.9832 | 0.9667         | 499                        | 1.2151 | 0.8978 | 0.8061         | 500                       | 1.4485 | 0.9668 | 0.9348         |
| 10 – 15             | 50                     | 3.7711 | 0.9305 | 0.8658         | 500                        | 1.6430 | 0.8102 | 0.6565         | 500                       | 1.4509 | 0.7237 | 0.5237         |
| 0 - 15              | 150                    | 3.2952 | 0.9285 | 0.8621         | 1441                       | 1.4512 | 0.9554 | 0.9130         | 1498                      | 1.4194 | 0.9646 | 0.9304         |

ในส่วนของค่า R<sup>2</sup> ที่ระดับความลึก 0 – 15 เมตร พบว่าพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตกมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.9304 รองลงมาคือพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และพื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าความลึกน้ำจากวิธีการ SDB ของพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตกมีความสอดคล้องกับค่าความลึกน้ำสำรวจในเกณฑ์ที่ดี รองลงมาคือ พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และพื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าทางสถิติจำแนกตามระดับความลึกน้ำทะเล พบว่าที่ระดับความลึก 5 -10 เมตร มีค่า RMSE ที่มีค่าต่ำ และมีค่า R<sup>2</sup> ที่มีค่าสูง แสดงให้เห็นว่าที่ระดับความลึก 5 -10 เมตร มีค่าความลึกน้ำจากวิธีการ SDB ที่ใกล้เคียงและสอดคล้องกับค่าความลึกน้ำสำรวจมากที่สุด ส่วนที่ระดับความลึก 10 -15 เมตร จะให้ค่าผลลัพธ์ที่สอดคล้องน้อยที่สุด ยกเว้นในพื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก ที่ระดับความลึก 0 – 5 เมตร ผลลัพธ์จากวิธีการ SDB มีความสอดคล้องกับค่าความลึกน้ำสำรวจในระดับค่อนข้างต่ำ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำเจ้าพระยา จึงมีค่าความสูงที่ส่งผลกระทบต่อการสะท้อนแสงของภาพถ่ายดาวเทียม

3.4 แผนที่ความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกแสดงให้เห็นรายละเอียดของพื้นที่อันตรายใต้น้ำในช่วงความลึกน้ำ 10 – 15 เมตร อย่างชัดเจน จากรูปที่ 6 ซึ่งเป็นบริเวณหินใต้น้ำ ได้แก่ หินบอยเซ็น และหินผุด และแผนที่ความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกแสดงให้เห็นรายละเอียดของพื้นที่อันตรายใต้น้ำในช่วงความลึกน้ำ 10 – 15 เมตร จากรูปที่ 7 บริเวณกรอบเส้นประสีดำแสดงพื้นที่บริเวณหินชุมพร ซึ่งปรากฏในแผนที่ความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียมตรงกับแผนที่เดินเรือ ส่วนกรอบเส้นประสีแดงแสดงพื้นที่บริเวณหินใต้น้ำ ซึ่งมีความลึกน้ำในแผนที่เดินเรือ 3.20 เมตร แต่ไม่ปรากฏในแผนที่ความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียม



รูปที่ 6 พื้นที่อันตรายใต้น้ำในแผนที่ความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก  
เปรียบเทียบกับแผนที่เดินเรือหมายเลข 118



รูปที่ 7 พื้นที่อันตรายใต้น้ำในแผนที่ความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก  
เปรียบเทียบกับแผนที่เดินเรือหมายเลข 225

3.5 ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาอื่นๆ ก่อนหน้านี้ [11], [10] และแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่น (Log - Band Ratio Method) สามารถใช้ได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและในช่วงเวลาที่ต่างกัน อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่า RMSE ของแผนที่ความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก พบว่าให้ค่าความแม่นยำของความลึกอยู่ในช่วง  $\pm 2.5$  เมตร ที่ระดับความลึก 10 เมตร เป็นไปตามขอบเขตของความเชื่อมั่นระดับ C (ZOC C) ตามมาตรฐานขององค์การอุทกศาสตร์ระหว่างประเทศ (IHO) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Meliala [16]

#### 4. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการนำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลมาประยุกต์ใช้ในการหึงความลึกน้ำทะเล โดยผลการวิจัยพบว่าภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 กับวิธีการ SDB สามารถหึงความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 3 พื้นที่ของอ่าวไทยได้ โดยให้ค่าความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความสัมพันธ์ชัดเจน และสอดคล้องกับความลึกน้ำสำรวจได้เป็นอย่างดี มีค่า  $R^2$  อยู่ในช่วง 0.8621 – 0.9304 นอกจากนี้ค่าความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงระดับความลึก 5 - 10 เมตร ของในทุกพื้นที่มีความใกล้เคียงสอดคล้องกับค่าความลึกน้ำสำรวจได้อย่างดีที่สุด รองลงมาคือช่วงระดับความลึก 0 - 5 เมตร และ 10 - 15 เมตร ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบพบว่าพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก (อ่าวชุมพร) เป็นพื้นที่ที่ให้ค่าผลลัพธ์ความลึกน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมดีที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก (เกาะสบบ้า ถึง เกาะจิกนอก) และพื้นที่อ่าวไทยรูปตัว ก (ทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความโปร่งแสงของน้ำทะเลอันส่งผลต่อการสะท้อนแสงของภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้วิธีการ SDB กับพื้นที่ที่มีค่าความโปร่งแสงของน้ำทะเลต่ำ นอกจากนี้แผนที่ความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียมยังแสดงให้เห็นถึงพื้นที่ตื้น หรือบริเวณหินใต้น้ำ ซึ่งเป็นพื้นที่วิกฤตต่อการเดินเรือได้ใกล้เคียงกับแผนที่เดินเรือที่ใช้อย่างยิ่ง อีกทั้งแผนที่ความลึกน้ำทะเลจากภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก (อ่าวชุมพร) และพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก (เกาะสบบ้า ถึง เกาะจิกนอก) เป็นไปตามขอบเขตของความเชื่อมั่นระดับ C (ZOC C) ตามมาตรฐานขององค์การอุทกศาสตร์ระหว่างประเทศ (IHO) อีกด้วย

การใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 เพื่อสร้างแผนที่ความลึกน้ำทะเลด้วยวิธีการ SDB ในทะเลอ่าวไทยจึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือหรือวิธีการทางเลือกในการช่วยหาความลึกน้ำทะเลที่ให้ค่าความถูกต้องของความลึกในช่วงความลึกน้ำไม่เกิน 15 เมตรได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะในพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก และอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ซึ่งใช้งบประมาณต่ำ มีประสิทธิภาพ ยืดหยุ่น ใช้งบค่าน้อย และรวดเร็วในการดำเนินการสำรวจเมื่อเปรียบเทียบกับ การสำรวจหึงน้ำด้วยเสียง อันจะช่วยพัฒนาการสำรวจแผนที่ทะเลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากในอนาคตต่อไป

#### 5. ข้อเสนอแนะ

5.1 จากการวิจัยครั้งนี้พบว่าการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 กับวิธีการ SDB และแบบจำลองอัตราส่วนช่วงคลื่น ไม่สามารถใช้ทดแทนวิธีการหึงความลึกน้ำทะเลแบบเดิมได้ เนื่องจากให้ค่าความละเอียดถูกต้องของความลึกน้ำที่ผิดไปจากความเป็นจริง แต่สามารถใช้เป็นเทคนิคสนับสนุนสำหรับการทำแผนที่อุทกศาสตร์ของพื้นที่ที่สนใจโดยเฉพาะ หรือพื้นที่น้ำตื้นชายฝั่งทะเลที่มีข้อมูลอุทกศาสตร์อยู่เพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลยได้



5.2 ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงขึ้น เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView - 2 มีรายละเอียดจุดภาพ 50 เซนติเมตร หรือภาพถ่ายของดาวเทียมไทยโชต มีรายละเอียดจุดภาพ 2 เมตร อาจให้ผลลัพธ์ของค่าความลึกจากแบบจำลองได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.3 ข้อจำกัดของช่วงเวลาในการเลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียมให้สอดคล้องกับช่วงเวลาในการสำรวจแผนที่ทะเล ทำให้อาจได้ภาพในการใช้วิเคราะห์ที่ไม่ชัดเจน มีเมฆปกคลุม หรือมีคลื่นในทะเลได้ จึงควรเลือกใช้ภาพที่มีข้อจำกัดน้อยที่สุด ร่วมกับการใช้เทคนิคในการเตรียมภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการใช้แบบจำลอง

5.4 ควรหลีกเลี่ยงการใช้วิธีการ SDB กับพื้นที่ที่มีค่าความโปร่งแสงของน้ำทะเลต่ำ เช่น บริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ บริเวณป่าชายเลน เป็นต้น

## 6. ประโยชน์ที่จะได้รับ

6.1 สามารถนำวิธีการหึงความลึกน้ำทะเลด้วยภาพถ่ายดาวเทียมไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ชายฝั่งทะเลอื่น ๆ ของประเทศไทย เพื่อใช้เป็นเครื่องช่วยในการวางแผนสำรวจแผนที่ทะเล

6.2 สามารถใช้จัดทำแผนที่ในกรณีเร่งด่วน และมีความจำเป็นต้องใช้งานเพื่อให้ทันต่อสถานการณ์ เช่น การทำแผนที่ในบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากสึนามิ การทำแผนที่สำหรับใช้ส่งกำลังบำรุงขึ้นฝั่ง เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Lyzenga DR. Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data. *Int J Remote Sens* [Internet]. 1981 [cited 2022 Apr 1];2(1):71–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/01431168108948342>
- [2] Pe’eri S, Parrish C, Azuik C, Alexander L, Armstrong A. Satellite remote sensing as a reconnaissance tool for assessing nautical chart adequacy and completeness. *Mar Geod* [Internet]. 2014 [cited 2022 Apr 2];37(3):293–314. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/01490419.2014.902880>
- [3] Randazzo G, Barreca G, Cascio M, Crupi A, Fontana M, Gregorio F, et al. Analysis of very high spatial resolution images for automatic shoreline extraction and satellite-derived bathymetry mapping. *Geosciences (Basel)* [Internet]. 2020 [cited 2022 Apr 6];10(5):172. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/geosciences10050172>
- [4] Duplancić Leder T, Leder N, Peroš J. Satellite Derived Bathymetry survey method - example of Hramina Bay. *Trans marit sci* [Internet]. 2019 [cited 2022 Apr 12];8(1):99–108. Available from: <http://dx.doi.org/10.7225/toms.v08.n01.010>
- [5] Stumpf RP, Holderied K, Sinclair M. Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnol Oceanogr* [Internet]. 2003 [cited 2022 Apr 15];48(1part2):547–56. Available from: [http://dx.doi.org/10.4319/lo.2003.48.1\\_part\\_2.0547](http://dx.doi.org/10.4319/lo.2003.48.1_part_2.0547)



- [6] IHO S-44. IHO Standard for Hydrographic Surveys. 6th ed. [place unknown]: International Hydrographic Organization; 2020.
- [7] กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. รายงานคุณภาพน้ำทะเล ปี 2562 - 2563. สมุทรสาคร: บอร์น ทุ ปี พับลิชชิ่ง; 2564.
- [8] Stumpf RP, Holderied K, Sinclair M. Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnol Oceanogr* [Internet]. 2003 [cited 2022 Apr 19];48(1part2):547–56. Available from: [http://dx.doi.org/10.4319/lo.2003.48.1\\_part\\_2.0547](http://dx.doi.org/10.4319/lo.2003.48.1_part_2.0547)
- [9] Pennucci G, Grasso R, Trees C. A study for near-shore characterization using high-resolution hyperspectral and multispectral images. In: *IGARSS 2008 - 2008 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. IEEE; 2008.
- [10] Jagalingam P, Akshaya BJ, Hegde AV. Bathymetry mapping using Landsat 8 satellite imagery. *Procedia Eng* [Internet]. 2015 [cited 2022 Apr 21];116:560–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.326>
- [11] Kimeli A, Thoya P, Ngisiang'e N, Ong'anda H, Magori C. Satellite-derived bathymetry: A case study of Mombasa Port Channel and its approaches, Kenya. *West Indian Ocean J Mar Sci* [Internet]. 2018 [cited 2022 Apr 22];17(2):93. Available from: <http://dx.doi.org/10.4314/wiojms.v17i2.8>
- [12] Tang KKW, Mahmud MR. Imagery-derived bathymetry in Strait of Johor's turbid waters using multispectral images. *ISPRS - Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci* [Internet]. 2018 [cited 2022 Apr 23];XLII-4/W9:139–45. Available from: <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-4-w9-139-2018>
- [13] Saeed R, Abdelrahman SM, Negm A. Satellite-Derived Bathymetry using Landsat-8 imagery for Safaga coastal zone, Egypt. *Acta Marisensis Seria Technologica* [Internet]. 2021 [cited 2022 Apr 25];18(1):8–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.2478/amset-2021-0002>
- [14] Gistda.or.th. [cited 2022 Apr 25]. Available from: <https://www.gistda.or.th/main/th/node/93>.
- [15] Xu H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *Int J Remote Sens* [Internet]. 2006 [cited 2022 Apr 29];27(14):3025–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/01431160600589179>
- [16] Meliala L, Wibowo WA, Amalia J. Satellite derived bathymetry on shallow reef platform: A preliminary result from Semak Daun, seribu islands, Java Sea, Indonesia. *KnE eng* [Internet]. 2019 [cited 2022 Apr 30]; Available from: <http://dx.doi.org/10.18502/keg.v4i3.5849>