

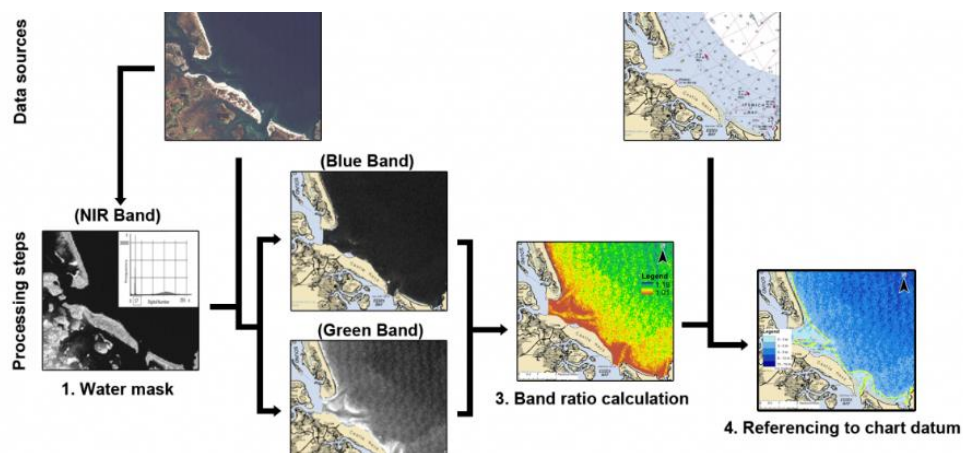
# แบบจำลองความลึกท้องน้ำต้นจากดาวเทียม (Satellite Derived Bathymetry)

เทพชัย ศรีน้อย และ รศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบจำลองความลึกท้องน้ำต้นจากภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Derived Bathymetry : SDB) มีพื้นฐานมาจากความเข้าใจโดยทั่วไปว่า สำหรับบริเวณชายฝั่งทะเลท้องน้ำตื้นที่น้ำใสมาก ท้องน้ำเรียบราบแล้ว (Horikawa, 1988) ความเข้มของสีน้ำทะเลบ่งบอกความลึกของน้ำทะเล หมายความว่ายิ่งสีน้ำทะเลเข้มมาก แสดงว่าบริเวณนั้นน้ำทะเลมีความลึกมาก สามารถเห็นได้จากการวิเคราะห์จากภาพถ่ายในช่วงคลื่นสีน้ำเงินและสีเขียว (Sabins JR, 1978) ตัวอย่างกระบวนการทำแบบจำลอง SDB แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการทำแบบจำลอง SDB

จาก Hydro International By Shachak Pe'eri, Chukwuma Azuike, Christopher Parrish

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนของภาพถ่ายดาวเทียมกับความลึกของท้องน้ำ ในงานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงเป็นแบบสมการเชิงประจักษ์ (Empirical Equation) ทั้งนี้รูปแบบสมการแบบอิงหลักการทางฟิสิกส์ (Physics-based model equation) ได้มีการศึกษาเรื่อยๆ ตลอดมา ในที่นี้จะยกตัวอย่างสมการรูปแบบแรกดังนี้

กำหนดให้ ค่าการสะท้อนซึ่งบอกเป็นเลขดิจิตอลในแต่ละช่องพิกเซลของภาพถ่ายทางดาวเทียมภาพหนึ่ง มีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีน้ำเงินเป็น  $L_B$  และมีค่าในช่วงคลื่นสีเขียวเป็น  $L_G$  บริเวณนั้นมีค่าความลึกเป็น  $H$  สมการแสดงความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนกับค่าความลึกเชิงประจักษ์เป็นดังนี้ (Geyman and Maloof, 2019)

A. Stumpf Algorithm (Stumpf et al., 2003)

$$H = m_{1s} \frac{\ln(1000L_B)}{\ln(1000L_G)} + m_{0s}$$

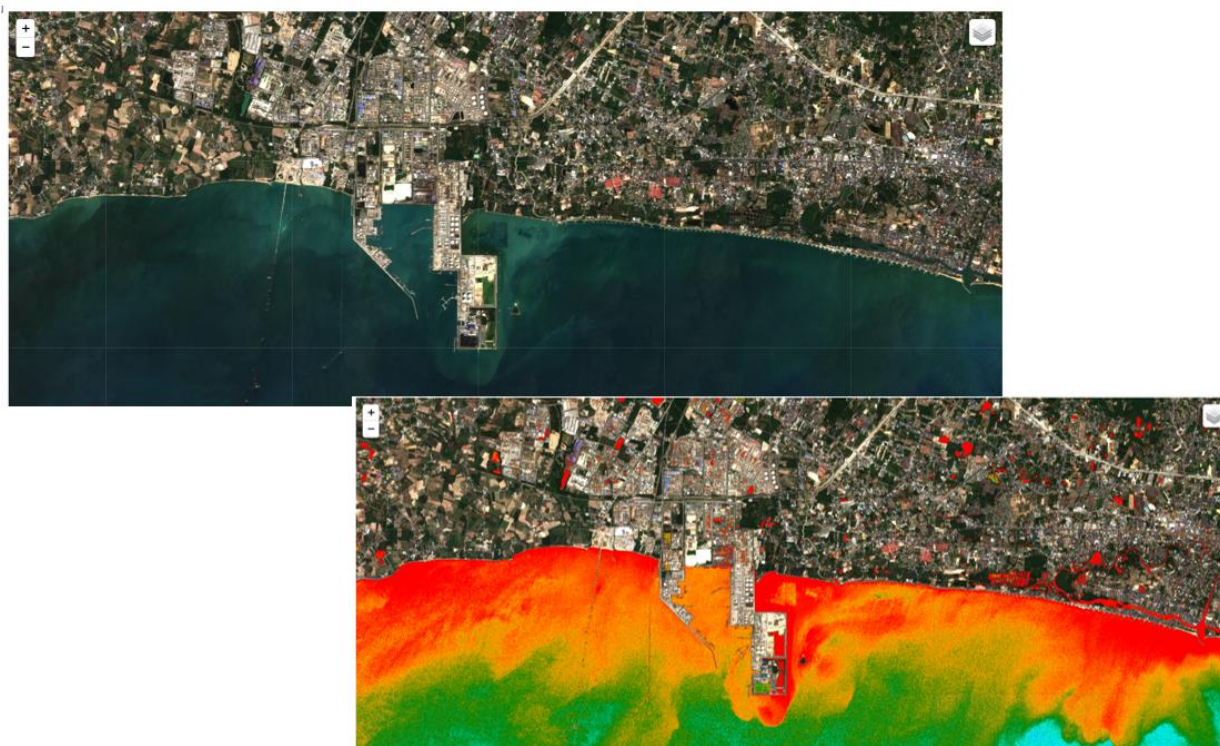
เมื่อ  $m_{1s}, m_{0s}$  เป็นสัมประสิทธิ์ของสมการ

B. Lyzenga Algorithm (Lyzenga, 1978) สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้สมการในรูปแบบอย่างง่าย ตามงานของ Geyman and Maloof, 2019

$$H = m_{2L} \ln(L_B) + m_{1L} \ln(L_G) + m_{0L}$$

เมื่อ  $m_{2L}, m_{1L}, m_{0L}$  เป็นสัมประสิทธิ์ของสมการ

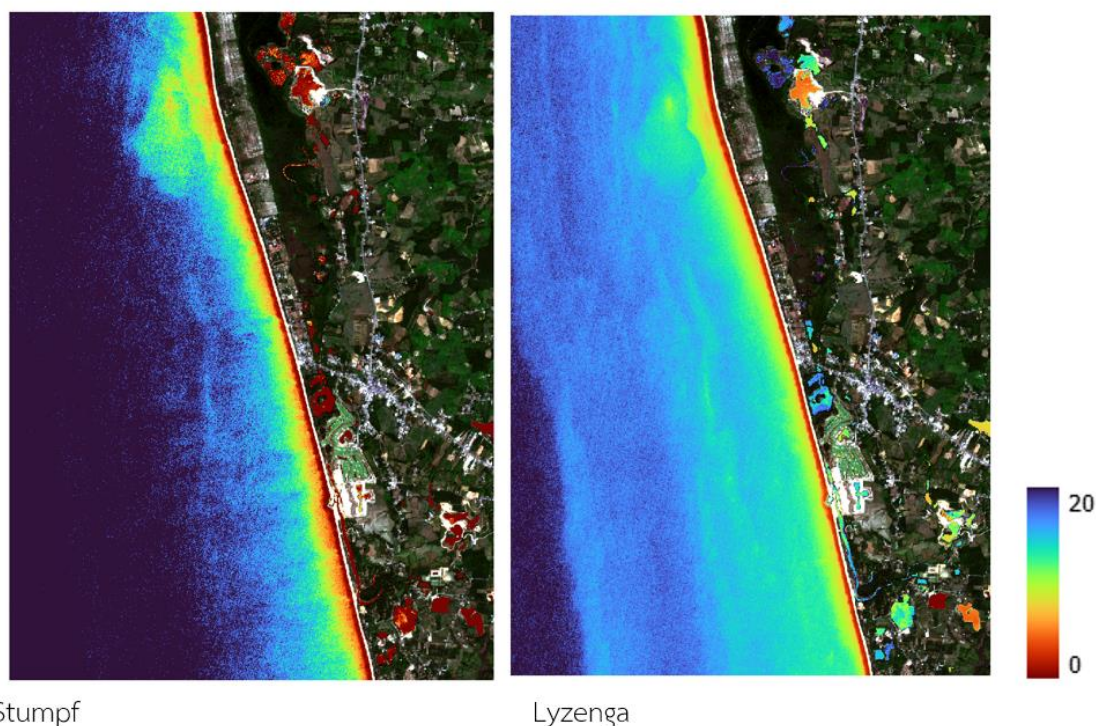
สัมประสิทธิ์ของสมการมาจากคำนวณจากการตรวจแก้กำลังสองน้อยสุด (Least Square Adjustment) สมการค่ารังวัด (Observation Equations) ของระบบสมการเชิงเส้นจากข้อมูลความลึกเริ่มต้นทำแบบจำลองกับค่าการสะท้อนในแบนด์สีเขียวและน้ำเงิน ผ่านแบบจำลองอัลกอริทึมดังกล่าว ตัวอย่างผลลัพธ์แสดงดังภาพ 2



ภาพที่ 2 แบบจำลองความลึกท้องน้ำต้นบริเวณท่าเรือน้ำลึกมาบตาพุด จังหวัดระยอง

แบบจำลองความลึกดังภาพที่ 2 นี้มาจากการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel 2 บันทึกภาพช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 กับข้อมูลค่าระดับตัวอย่างจาก single beam echo sounder ผ่าน Stumpf Algorithm

ทั้งนี้การเลือกใช้ Algorithm ที่แตกต่างกันจะให้ผลลัพธ์ที่ต่างกัน ดังภาพ เป็นแบบจำลองความลึกท้องน้ำ  
 ต้นบริเวณหาดท้ายเหมือง จังหวัดพังงา เปรียบเทียบระหว่าง Stumpf Algorithm และ Lyzenga Algorithm



ภาพที่ 3 แบบจำลองความลึกท้องน้ำต้นบริเวณหาดท้ายเหมือง จังหวัดพังงา

การประยุกต์ใช้แบบจำลองความลึกท้องน้ำต้นสามารถนำไปใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมท้องน้ำ  
 ต้น ลักษณะทางธรณีสัณฐานชายฝั่ง การวางแผนการเดินเรือขนาดใหญ่ หรือการวางแผนภัยพิบัติได้ การศึกษานี้ได้  
 นำไปนำเสนอเป็นหนึ่งในแผนที่เร่งด่วนสนับสนุนการฝึกช่วยเหลือผู้ประสบภัยทางทะเล 2565 โดยรอง  
 ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนันท และคณะ ได้บรรยายรายละเอียดไว้ดังนี้

แผนที่เส้นชั้นความลึกท้องน้ำโดยปกติจะได้รับการสำรวจโดยใช้คลื่นเสียงสะท้อนหยังความลึกน้ำแล้วผลิต  
 แผนที่ความลึกท้องน้ำ เครื่องมือดังกล่าวเรียกว่า Echo Sounder ซึ่งจะต้องติดเรือที่มีคนขับหรือใช้เรือไร้คนขับ  
 (Unmanned Vessel Survey : USV) ก็ได้ผลดีในปัจจุบัน

อีกทางเลือกหนึ่ง ในปัจจุบันมีเทคนิคการผลิตแผนที่ความลึกน้ำต้น (จำกัดความลึกที่ประมาณ <30 เมตร)  
 ด้วยข้อมูลดาวเทียม เช่น LandSat8, LandSat9, Sentinel-2A/B ซึ่งเป็นข้อมูลฟรีและมีอัปเดตต่อเนื่องบนพื้นที่  
 ใดๆบนโลก บ่อยซ้ำๆถึง 2.3 วัน (Li and Chen, 2020) พร้อมให้ดาวินโหลดได้สะดวกเรียกใช้ทันทีผ่าน Google  
 Earth Engine โดยอาศัยหลักการสะท้อนภาพความลึกท้องน้ำปรากฏบนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสเปกตรัมต่าง ๆ มี



ผลตอบสนองที่ต่างกัน โดยการศึกษาหาความสัมพันธ์บางช่วงคลื่นของภาพดาวเทียมมัลติสเปกตรัม และความเข้าใจของฟิสิกส์การสะท้อนและดูดซับช่วงคลื่นแสงอาทิตย์ ทำให้มีงานวิจัยจำนวนมากในช่วงสัก 5 ปีที่ผ่านมา พิสูจน์ให้เห็นว่าเราสามารถใช้อุปกรณ์ภาพถ่ายดาวเทียมมัลติสเปกตรัมหาความลึกท้องน้ำตื้นได้ การประมวลผลความลึกท้องน้ำแบบนี้เรียกว่า Satellite-Derived Bathymetry (SDB) สามารถนำไปผลิตแผนที่ความลึกน้ำตื้น (< 30 เมตร) บริเวณชายฝั่งและแหล่งน้ำในแผ่นดินทั่วไปประเทศไทย ได้ แต่อย่างไรก็ตามความละเอียดถูกต้องของความลึกน้ำตื้นยังจำกัดอยู่ที่  $\pm 1-3$  เมตร และจะดีขึ้นมากหากมีข้อมูลในพื้นที่ (in-situ) มาช่วยการจำลองแบบ

ในการฝึกครั้งนี้ ในพื้นที่ชายฝั่งของจังหวัดระยองและจังหวัดตลอดแนวยาวจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ไปจนถึง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดฉะเชิงเทรา ระยะทางรวมกว่า 122 กิโลเมตร และพื้นที่ชายฝั่งต่อเนื่องไปยังเกาะเสม็ดนั้น พบว่าระดับความลึกน้ำตื้นเพียง 5-10 เมตร จึงทำให้การผลิตแผนที่ความลึกท้องน้ำทะเลทำได้โดยมีประสิทธิภาพและสามารถทำได้ในเวลาอันน้อยกว่าชั่วโมงเท่านั้น แผนที่กริดความลึกน้ำตื้นตลอดแนวชายฝั่งประสบภัยได้รับผลกระทบจากพายุซัดชายฝั่ง แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กริดความลึกของท้องน้ำตื้น SDB GSD 10 เมตร ตลอดแนวชายฝั่งประสบภัย

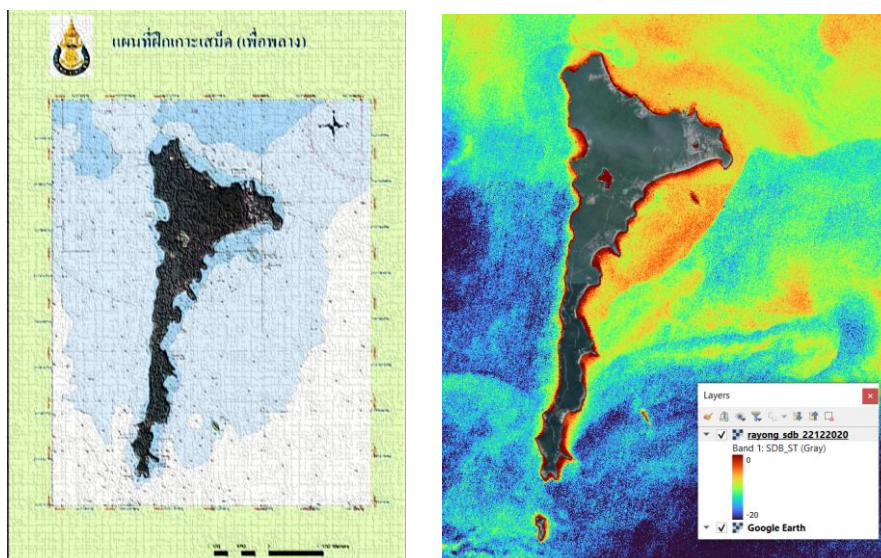
กริดของแผนที่ความลึกท้องน้ำ (Bathymetric Grid) ที่ผลิตจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel 2A/B ความละเอียดจุดภาพ GSD เป็น 10 เมตร จะนำมาผลิตเป็นแผนที่เส้นชั้นความลึกท้องน้ำชนิดเวกเตอร์ เส้นชั้นความสูงชั้นละ 1 เมตรและ 5 เมตร เป็นข้อมูลเวกเตอร์ชนิดไฟล์ GeoPackage บางส่วนของพื้นที่เกาะเสม็ดแสดงดังภาพที่ 5

กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือมีภารกิจประจำในการสำรวจโดยใช้คลื่นเสียงสะท้อนหังความลึกน้ำแล้วผลิตแผนที่ความลึกท้องทะเล ซึ่งอาจมีความละเอียดถูกต้องสูงกว่านี้มากตามมาตรฐานการหังความลึกน้ำของ International Hydrographic Organization (S44 IHO- “Accuracy Standards Recommended for Hydrographic Surveys”) และเป็นเทคนิควิธีการมาตรฐานปัจจุบัน แต่อาจมีข้อจำกัดในวงรอบของการปรับปรุงแผนที่ความลึกท้องทะเลที่มีพื้นที่กว้างขวางมากทั้งอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน



ภาพที่ 5 เส้นชั้นความสูงเท่าของภูมิประเทศและท้องน้ำดินผสมผสาน

นอกจากนี้เทคนิคการใช้เรือสำรวจใช้คลื่นเสียงสะท้อนยังความลึกน้ำอาจมีข้อจำกัดในพื้นที่น้ำตื้นที่เรือกินน้ำลึกเข้าไม่ถึงหรือยากต่อการเข้าถึง ทั้งนี้ตลอดจนบริเวณชายฝั่งมักมีโขดหิน ป่าชายเลน สิ่งปลูกสร้าง ฟาร์มทะเลและข้อจำกัดในการเดินเรือสำรวจต่างๆ มากมาย ดังนั้นในการกิจบรรเทาสาธารณภัย “from the Sea” ยังมีข้อมูลทางเลือก SDB ให้ใช้งาน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แบบจำลองความลึกท้องน้ำดินจากกรมอุทกศาสตร์เทียบกับจากผลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม