

การปรับค่าที่เหมาะสมของความละเอียดแผนที่พื้นทะเล สำหรับทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย

เชษฐโชค จินตเศรณี¹ และจันทิมา ปิยะพงษ์^{2*}

¹ภาควิชาวาริชศาสตร์ และ ²ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

*E-mail: chantimap@buu.ac.th

รับบทความ: 26 เมษายน 2563 แก้ไขบทความ: 20 สิงหาคม 2563 ยอมรับตีพิมพ์: 27 สิงหาคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับความละเอียดข้อมูลความลึกของข้อมูลพื้นมหาสมุทรทั่วไป ความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเลหรือ 926 เมตร (The General Bathymetric Chart of the Oceans 30 arc-second, GEBCO30) ที่เหมาะสมสำหรับทะเลอันดามัน การวิจัยทำโดยการปรับแก้ความถูกต้อง ข้อมูลความลึก GEBCO30 โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลการหยั่งความลึกน้ำเผยแพร่โดยกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ รวมทั้งสิ้น 18 ระวัง ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 ที่ถูกปรับแก้ความถูกต้องแล้ว (corrected GEBCO30) โดยเปรียบเทียบกับข้อมูล GEBCO30 และ ปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล corrected GEBCO30 อีกครั้ง หลังจากนั้นปรับปรุงความละเอียดข้อมูล corrected GEBCO30 เป็น 200 เมตร และ 50 เมตร ตรวจสอบความน่าเชื่อถือร้อยละ 95 ของข้อมูลเชิงพื้นที่ (THU 95% confidence level) ความน่าเชื่อถือร้อยละ 95 ของข้อมูลในแนวตั้ง (TVU 95% confidence level) ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล และความเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นร้อยละของความลึกน้ำ (SD % of water depth) ด้วยชุดคำสั่งที่เขียนด้วยโปรแกรม the Generic Mapping Tools (GMT) ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลความลึกพื้นทะเลในบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยที่ได้ปรับปรุง ให้มีความละเอียด 50 เมตร มีจำนวน 15,193,329 ข้อมูล ข้อมูลร้อยละ 99.99 มี THU 95% confidence level ต่ำกว่า ± 13.84 เมตร TVU 95% confidence level ต่ำกว่า ± 4.07 เมตร และมีค่า SD เฉลี่ยร้อยละ 0.6895 ต่ำกว่าร้อยละ 1 ของความลึกน้ำ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ทะเลอันดามัน GEBCO 30 ความละเอียดแผนที่ แผนที่พื้นทะเลรายละเอียดสูง

Optimization of Bathymetric Resolution for the Andaman Sea in the Area of Thailand

Pachoenchoke Jintasaeranee¹ and Chantima Piyapong^{2*}

¹Department of Aquatic Science and ²Department of Biology,
Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand
*E-mail: chantimap@buu.ac.th

Received: 26 April 2020 Revised: 20 August 2020 Accepted: 27 August 2020

Abstract

The primary aim of this research was to optimize the bathymetric resolution of the general bathymetric data resolution 05 nautical miles or 926 meters (the General Bathymetric Chart of the Oceans 30 arc-second, GEBCO30) for the Andaman Sea. The research was a correction of GEBCO30 bathymetric data by comparison with the ship-depth sounding data that published by the Hydrographic Department, the Royal Thai Navy 18 charts in total. Discrepant depth of the corrected GEBCO30 data was evaluated and then re-corrected the corrected GEBCO30 data. After that, the corrected GEBCO30 data was re-sampled to resolution of 200 meters and 50 meters. The values of Total Horizontal Uncertainty (THU 95% confidence level), Total Vertical Uncertainty (TVU 95% confidence level) following the standard of International Hydrographic Organization and also the Standard Deviation (SD % of water depth) are determined by using scripts of the Generic Mapping Tools (GMT) programming. The result showed that bathymetric depth data in the Andaman Sea in the area of Thailand that it was re-sampled the resolution to 50 meter has 15,193,329 data. 99.99% of the data showed value of THU 95% confidence level below ± 13.84 meters, TVU 95% confidence level below ± 4.07 meter and a SD value of 0.6895 in average thus below 1% of water depth, respectively.

Keywords: The Andaman Sea, GEBCO 30, Bathymetric resolution, High resolution bathymetry

บทนำ

เหตุการณ์แผ่นดินไหวใต้ทะเลเหนือเกาะ
สุมาตราในทะเลอันดามัน เมื่อ 26 ธันวาคม พ.ศ.
2547 ทำให้เกิดสึนามิเข้าสู่ชายฝั่งด้านตะวันตก

เฉียงใต้ของประเทศไทยและเกิดความเสียหาย
กับชายฝั่ง (Choowong *et al.*, 2008; Ghobarah
et al., 2006; Lay *et al.*, 2005; Velmurugan *et al.*,
2006) การตรวจสอบข้อมูลความลึกพื้นมหาสมุทร

ทั่วไป ความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเล (The General Bathymetric Chart of the Oceans 30 Arc-second, GEBCO30) พบว่า เขตลาดทวีปบางบริเวณในทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยมีความลาดเทสูงถึง 4.5° (Snidvongs *et al.*, 2007) มีแนวโน้มให้เกิดดินถล่มใต้ทะเล (submarine landslide) และอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการเกิดสึนามิได้ (Hampton *et al.*, 1996; López-Venegas *et al.*, 2008; McAdoo and Watts, 2004; McMurtry *et al.*, 2004; Smith and Sandwell, 2004) ข้อมูลจากการสำรวจด้วยเครื่องมือหิ้งความลึกน้ำชนิดใช้เสียงสะท้อนแบบหลายลำคลื่น (multibeam echo-sounder, MBES) พบร่องรอยของดินถล่มใต้ทะเลบริเวณขอบสันเขาใต้น้ำมะริดในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศไทย ปริมาตร 2.2×10^7 ลูกบาศก์เมตร ที่เคยทำให้เกิด สึนามิที่มีความสูงคลื่นเพียง 0.12 เมตร เข้าสู่ชายฝั่งด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศไทย อีกทั้งยังพบร่องรอยการไหลของดินตะกอน (gul-lies) จากบริเวณลาดทวีปลงสู่ฐานทวีป (Jintasaeranee *et al.*, 2012)

ความลึกบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยที่แสดงในแผนที่เดินเรือ มีการสำรวจในภาคสนามหลายครั้งด้วยการหยั่งน้ำ ปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึกและเผยแพร่แผนที่เดินเรือ โดยกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (Hydrographic Department, 2009) เมื่อตุลาคม ค.ศ. 2010 มีการเผยแพร่ข้อมูลความลึกของพื้นมหาสมุทรทั่วไป ความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเล (The GEBCO_08 Grid, 2010) ให้ใช้เพื่อการศึกษาวิจัย มีรายงานความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกชุดนี้บริเวณชายฝั่งเพียงบางพื้นที่ (Marks and Smith, 2005; Sandwell *et al.*, 2006) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลความลึกที่ตรวจวัดโดยเครื่องมือ

หิ้งความลึกชนิดใช้เสียงสะท้อนแบบหลายลำคลื่น มีการสำรวจในทะเลอันดามัน และแสดงแผนที่ข้อมูลความลึก ความละเอียดระหว่าง 50–200 เมตร (Flueh *et al.*, 2006; Krabbenhoft *et al.*, 2010; Jintasaeranee *et al.*, 2012; Raju *et al.*, 2004) ข้อมูลที่ถูกปรับแก้ความถูกต้องแล้ว ยังคงมีความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเล ข้อมูลความลึกนี้อาจมีความถูกต้องและมีความละเอียดไม่มากพอที่จะนำไปใช้ในการศึกษาลักษณะกายภาพของพื้นทะเลอันดามัน หรือการศึกษาเฉพาะด้านในพื้นที่ขนาดเล็ก

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงความละเอียดข้อมูลความลึกบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยที่ถูกปรับแก้ความถูกต้องแล้วให้มีความเหมาะสม เพื่อใช้อธิบายลักษณะกายภาพพื้นทะเลอันดามันที่น่าสนใจ การประเมินผลของภัยพิบัติทางทะเลที่อาจเกิดขึ้น และใช้เป็นข้อมูลเพื่อการตัดสินใจวางแผนการสำรวจและวิจัยในทะเลอันดามันต่อไป

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาริเวณพื้นที่ในทะเลอันดามันในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศไทย (The Government Gazette, 1988) ครั้งนี้ใช้แผนที่เดินเรือบริเวณทะเลอันดามันระหว่างระนองถึงสตูล พิกัดระหว่างลองจิจูด $95^{\circ}30' - 100^{\circ}18' \text{ }^{\circ}\text{E}$ และละติจูด $5^{\circ}54' - 10^{\circ}06' \text{ }^{\circ}\text{N}$ เผยแพร่โดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ระหว่าง พ.ศ. 2535 – 2548 (Hydrographic Department, 2009) การดำเนินการวิจัยทำโดยแบ่งพื้นที่ศึกษาโดยพิจารณาขนาดมาตราส่วนแผนที่ขนาดใหญ่ได้จำนวนทั้งสิ้น 3 พื้นที่ ครอบคลุมแผนที่เดินเรือจำนวนทั้งสิ้น 18 ราว (ตาราง 1 และภาพที่ 1) ได้แก่

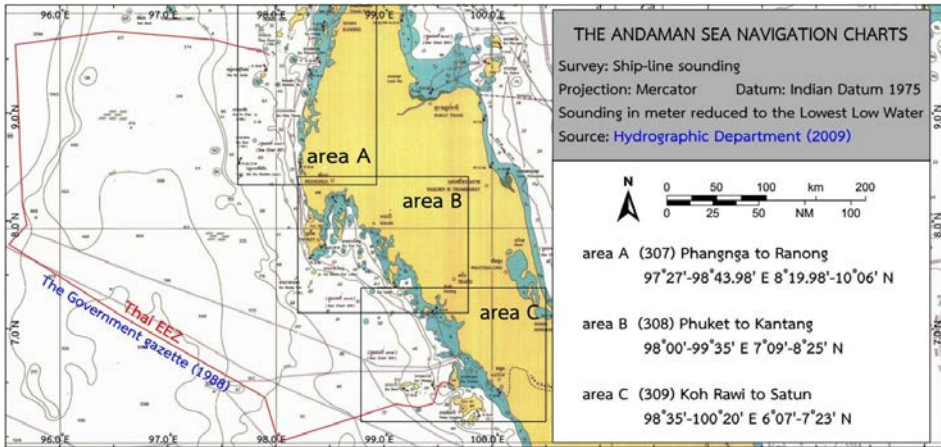
area A (แผนที่เดินเรือ ระวัง 307 พังงาถึงระนอง) area B (ระวัง 308 ภูเก็ตถึงกันตัง) และ area C (ระวัง 309 เกาะราวีถึงสตูล) ข้อมูลในแผนที่เดินเรือ (navigation charts) ที่ใช้ในการศึกษานี้ แสดงความลึกที่ตรวจวัดได้จากภาคสนามด้วยวิธีการหยั่งน้ำ (ship-line sounding) ในหน่วยเมตร หักลงหาระดับน้ำลงต่ำที่สุด (the lowest low water, L' LW) ใช้เส้นโครงแผนที่แบบเมอเคเตอร์ (mercator projection) และใช้ระบบพิกัด Indian Datum 1975 (InD75) ข้อมูลความลึก GEBCO30 (The GEBCO_08 Grid, 2010) ได้จากการคำนวณข้อมูลตรวจวัดความผิดปกติของแรงดึงดูด (gravity anomaly) ด้วยดาวเทียมวัดความสูง (satellite altimetry) เทียบกับจีโออยด์ (geoid) ผิวโลก และปรับแก้ความถูกต้องของข้อมูลก่อนเผยแพร่ (Smith and Sandwell, 1997) ข้อมูลความลึกแสดงในหน่วยเมตร

จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level, MSL) ใช้เส้นโครงแผนที่แบบเมอเคเตอร์ และใช้ระบบพิกัด World Geodetic System 1984 (WGS84)

วิธีดำเนินงานวิจัยทำการอ่านข้อมูล GEBCO30 เซิงตัวเลข (numerical data) แต่ละกริดในทุกพื้นที่ศึกษาโดยกำหนดพิกัดพื้นที่ให้เท่ากับแผนที่เดินเรือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ทั้ง 3 พื้นที่ กำหนดเครื่องหมายของข้อมูลความลึกให้กริดที่พื้นดินมีค่าความลึกเป็นศูนย์เมตร ในขณะที่กริดที่พื้นน้ำมีค่าความลึกเป็นลบ เช่นเดียวกับข้อมูลความลึกที่อ่านได้จากแผนที่เดินเรือ (digitized navigation charts, DNC) ที่มีความละเอียด (resolution) 0.5 ไมล์ทะเล ที่ได้ปรับค่าระบบพิกัดเป็น WGS84 และปรับค่าความลึกที่อ่านได้ในแต่ละพื้นที่ศึกษาให้แสดงในหน่วยเมตรเทียบกับ MSL เช่นเดียวกับข้อมูล GEBCO30

ตาราง 1 พื้นที่ศึกษาแสดงระวางแผนที่ พื้นที่และมาตราส่วน ครั้งที่ปรับปรุงและปีที่เผยแพร่แผนที่เดินเรือ (Hydrographic Department, 2009)

area A (307) Phang-nga to Ranong			area B (308) Phuket to Kantang		
Map	Area (Natural scale)	Publication	Map	Area (Natural scale)	Publication
307	Phang-nga to Ranong (1:120,000)	4 th , 2002	308	Phuket to Kantang (1:200,000)	11 th , 2004
333	Ao Phang-nga (1:40,000)	6 th , 2001	333	Ao Phang-nga (1:40,000)	6 th , 2001
352	Koh Khai Yai to Koh Phayam (1:60,000)	2 nd , 1995	334	Phuket Harbour and Approaches (1:50,000)	3 rd , 2000
353	Tai Muang Phang-nga (1:60,000)	3 rd , 1996	335	Phuket Harbour (1:20,000)	11 th , 2003
332	Koh Phra Thong (1:60,000)	5 th , 2005	335-A	Ao Man and Approaches (1:8,000)	5 th , 1992
307-B	Similan Islands (1:40,000)	3 rd , 2001	336	Kantang (1:35,000)	10 th , 2003
307-A	Surin Islands (1:20,000)	2 nd , 2001	340	Krabi (1:40,000)	6 th , 1995
			358	Patong, Phuket (1:10,000)	1 st , 1996
area C (309) Koh Rawi to Satun					
Map	Area (Natural scale)	Publication	Map	Area (Natural scale)	Publication
309	Koh Rawi to Satun (1:200,000)	6 th , 2001	354	Koh Rang Nok to Kantang (1:80,000)	3 rd , 2000
350	Koh Tarutao to Satun (1:80,000)	5 th , 1999	336	Kantang (1:35,000)	10 th , 2003



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาริเวณทะเลอันดามัน

แปลงข้อมูลความลึก DNC และ GEB-CO30 ซึ่งตัวเลขเป็นข้อมูลสัมบูรณ์แบบกริด ตรวจสอบความคลาดเคลื่อน (discrepancy) ข้อมูลความลึก GEBCO30 ซึ่งพื้นที่ $(x,y)_{Dis \cdot GEBCO30}$ ในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษา โดยหักลบข้อมูล DNC แต่ละกริด $(x,y)_{DNC}$ ด้วยข้อมูล GEBCO30 แต่ละกริด $(x,y)_{GEBCO30}$ ซึ่งพื้นที่ ตามสมการที่ (1) การปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 (corrected GEBCO30) ซึ่งพื้นที่ $(x,y)_{Cor \cdot GEBCO30}$ โดยหักลบข้อมูลความลึก $(x,y)_{GEBCO30}$ ด้วย $(x,y)_{Dis \cdot GEBCO30}$ ตามสมการที่ (2) ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูล corrected GEBCO30 $(x,y)_{Dis \cdot Cor \cdot GEBCO30}$ ตามสมการที่ (3) และปรับแก้ข้อมูล $(x,y)_{Cor \cdot GEBCO30}$ ตามสมการที่ (4) แล้วแปลงข้อมูลความลึกที่ถูกปรับแก้ความถูกต้องแล้ว กลับมาเป็นข้อมูลเชิง

ตัวเลขเพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือข้อมูลความลึกตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) กำหนดว่าข้อมูลที่ยอมรับได้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% confidence level) ควรมีค่าความคลาดเคลื่อนรวมเชิงพื้นที่ (total horizontal uncertainty, THU 95% confidence level) อยู่ในช่วง ± 5 เมตร รวมกับร้อยละ 5 ของความลึก และควรมีค่าความคลาดเคลื่อนรวมตามความลึก (total vertical uncertainty, TVU 95% confidence level) เมื่อความลึกของน้ำมีค่ามากกว่า 100 เมตร ตามสมการที่ (5) กำหนดให้ a คือค่าสัดส่วนคงที่ของความคลาดเคลื่อนที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามความลึก (มีค่า 1.0) b คือสัมประสิทธิ์แสดงค่าความคลาดเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตามความลึก (มีค่า 0.023) และ d คือความลึกในหน่วยเมตร

$$(x,y)_{DNC} - (x,y)_{Dis \cdot GEBCO30} = (x,y)_{Dis \cdot GEBCO30} \quad \text{--- (1)}$$

$$(x,y)_{Dis \cdot GEBCO30} - (x,y)_{Dis \cdot GEBCO30} = (x,y)_{Cor \cdot GEBCO30} \quad \text{--- (2)}$$

$$(x,y)_{Cor \cdot GEBCO30} - (x,y)_{GEBCO30} = (x,y)_{Dis \cdot Cor \cdot GEBCO30} \quad \text{--- (3)}$$

$$(x,y)_{GEBCO30} - (x,y)_{Dis \cdot Cor \cdot GEBCO30} = (x,y)_{Cor \cdot GEBCO30} \quad \text{--- (4)}$$

$$(x,y)_{TVU (m)} = \pm \sqrt{a^2 + (b \times d_{(x,y)})^2} \quad \text{--- (5)}$$

ปรับปรุงความละเอียด (re-sampling) ข้อมูล corrected GEBCO30 แต่ละพื้นที่จากความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเล (0.00833° หรือ 926 เมตร) ให้มีความละเอียด 0.108 ไมล์ทะเล (0.00180° หรือ 200 เมตร) และ 0.027 ไมล์ทะเล (0.00045° หรือ 50 เมตร) ตามลำดับ และตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูล corrected GEBCO30 ที่ปรับปรุงรายละเอียดแล้ว $(x,y)_{Dis\text{-}Sam\text{-}Cor\text{-}GEBCO30}$ ตามสมการที่ (6) เพื่อปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึก GEBCO30 ที่ถูกปรับปรุงรายละเอียดแล้ว $(x,y)_{Sam\text{-}Cor\text{-}GEBCO30}$ ตามสมการที่ (7) และตรวจสอบ

$$(x,y)_{Sam\text{-}Cor\text{-}GEBCO30} - (x,y)_{Dis\text{-}Sam\text{-}Cor\text{-}GEBCO30} = (x,y)_{Dis\text{-}Sam\text{-}Cor\text{-}GEBCO30} \quad \text{--- (6)}$$

$$(x,y)_{Sam\text{-}Cor\text{-}GEBCO30} - (x,y)_{Dis\text{-}Sam\text{-}Cor\text{-}GEBCO30} = (x,y)_{Sam\text{-}Cor\text{-}GEBCO30} \quad \text{--- (7)}$$

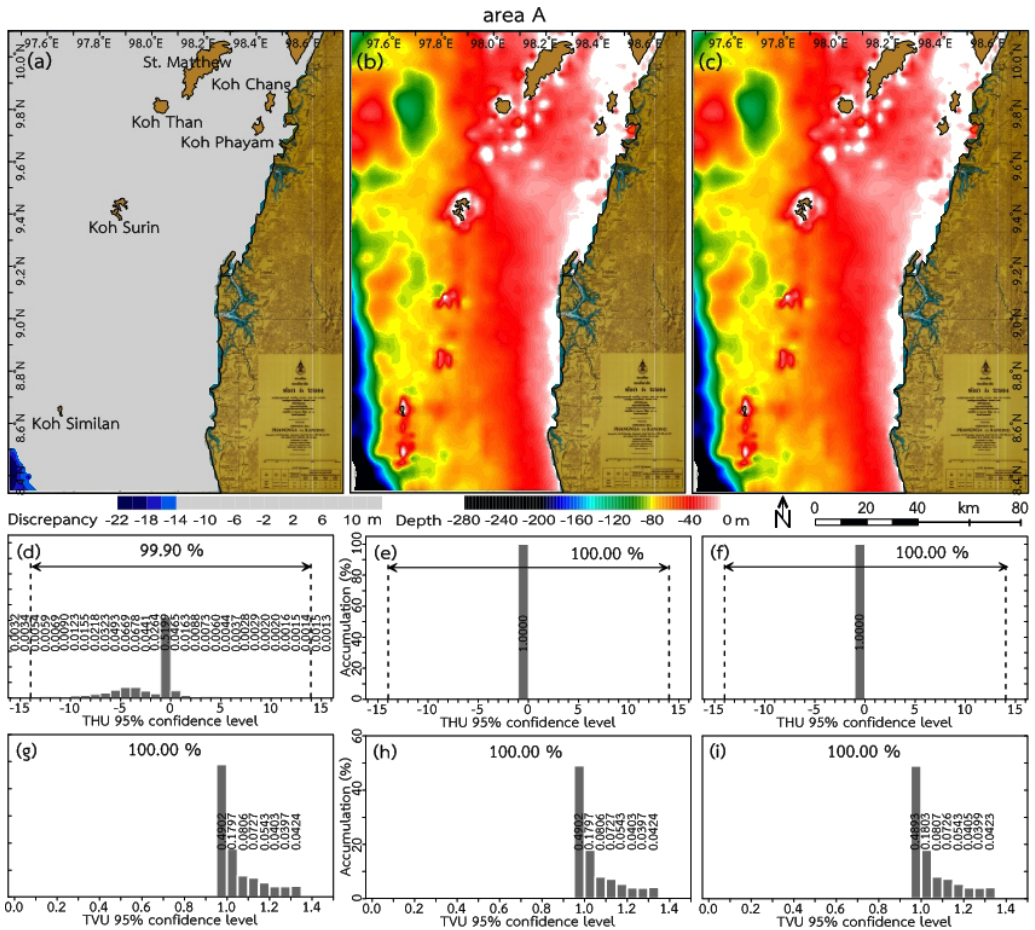
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาข้อมูล GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร ในพื้นที่ศึกษา area A มีจำนวน 61,090 ข้อมูล เมื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูลพบว่ามีความคลาดเคลื่อนในช่วง (-100) – (160) เมตร เมื่อปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลและตรวจสอบซ้ำอีกครั้งพบว่าข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนในช่วง (-22) – (12) เมตร โดยข้อมูลร้อยละ 99.90 มีความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง THU 95% confidence level ± 14 เมตร และร้อยละ 100.00 มีค่า TVU 95% confidence level อยู่ในช่วง ± 3.99 เมตร เมื่อปรับปรุงให้ข้อมูลมีความละเอียด 200 เมตร พบว่า มีจำนวน 600,332 ข้อมูล โดยร้อยละ 100.00 มี THU 95% confidence level ± 14 เมตร และร้อยละ 100.00 มีค่า TVU 95% confidence level อยู่ในช่วง ± 3.00 เมตร และเมื่อปรับปรุงความละเอียดข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ให้มีความละเอียด 50 เมตร

ค่า TVU ข้อมูลนี้ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลความลึกที่ตรวจวัดด้วยเครื่องมือหยั่งความลึกหน้าชนิดใช้เสียงสะท้อนแบบหลายลำคลื่น มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่มากกว่าร้อยละ 1 ของความลึกน้ำ (SD $\leq 1\%$ of water depth) (Beyer *et al.*, 2003, 2005) การอ่านข้อมูลความลึก GEBCO30 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อน การปรับแก้ความถูกต้อง และการปรับปรุงรายละเอียดข้อมูลความลึก GEBCO30 ด้วยชุดคำสั่งที่เขียนด้วยโปรแกรม The Generic Mapping Tools (GMT) (Wessel and Smith, 1998)

พบว่ามีจำนวน 9,611,942 ข้อมูล โดยข้อมูลร้อยละ 100.00 มีความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง THU 95% confidence level ± 14 เมตร ร้อยละ 100.00 มีค่า TVU 95% confidence level อยู่ในช่วง ± 3.99 เมตร (ภาพที่ 2) และมีค่า SD เท่ากับ 0.6640 ของร้อยละของความลึกน้ำ (% of water depth)

พื้นที่ศึกษา area B มีจำนวน 25,646 ข้อมูล พบความคลาดเคลื่อนข้อมูล GEBCO30 จากการตรวจสอบครั้งแรกในช่วง (-60) – (100) เมตร เมื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลครั้งที่สองแล้วพบความคลาดเคลื่อนช่วง (-60) – (60) เมตร โดยข้อมูลร้อยละ 100.00 มีความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง THU 95% confidence level ± 17 เมตร และร้อยละ 100.00 มีค่า TVU 95% confidence level อยู่ในช่วง ± 5.57 เมตร เมื่อปรับปรุงให้ข้อมูลมีความละเอียด 200 เมตร พบว่า

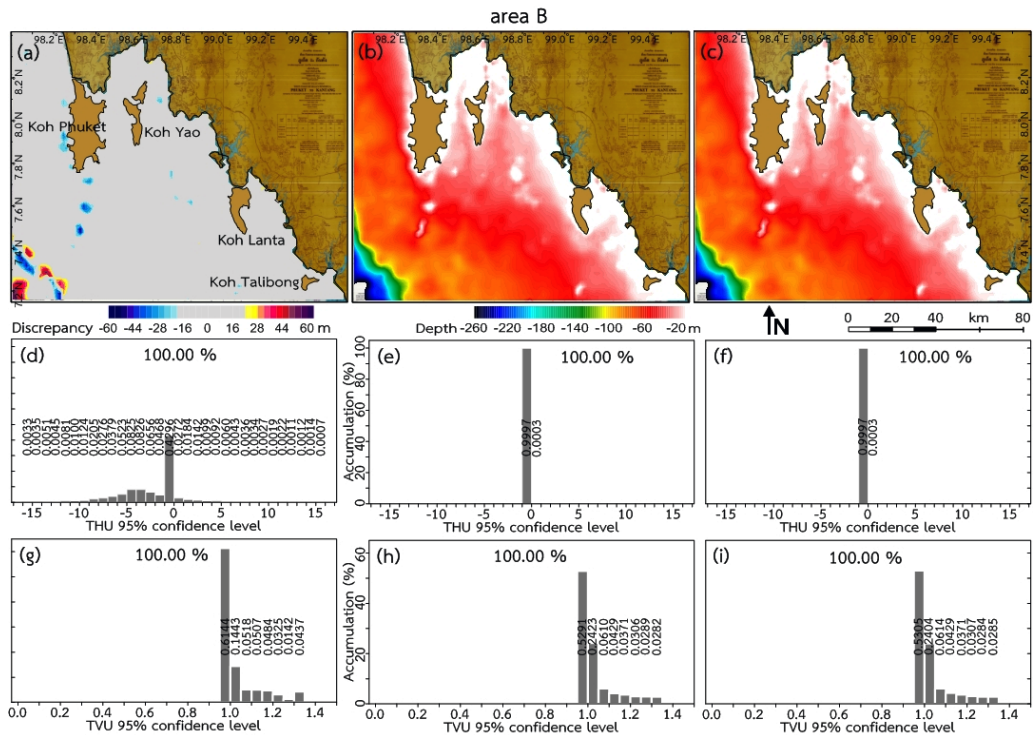


ภาพที่ 2 ผลการศึกษาข้อมูลความลึกในพื้นที่ area A (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร (b และ c) ภาพสีผสมลักษณะพื้นทะเลจากข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ความละเอียด 200 เมตร และ 50 เมตร (d, e และ f) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูล corrected GEBCO30 ความละเอียด 936 เมตร 200 เมตร และ 50 เมตร ที่พบ THU 95% confidence level และ (g, h และ i) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ตามความลึกความละเอียด 926 เมตร 200 เมตร และ 50 เมตร ที่พบ TVU 95% confidence level ตาม IHO S-44 (2008)

มีจำนวน 95,711 ข้อมูล ข้อมูลร้อยละ 100.00 มีความคลาดเคลื่อนข้อมูลที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง THU 95% confidence level ± 17 เมตร และร้อยละ 97.18 มีค่า TVU 95% confidence level อยู่ในช่วง ± 5.57 เมตร และเมื่อปรับปรุงความละเอียด

ข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ให้มีความละเอียด 50 เมตร พบว่ามีจำนวน 1,533,695 ข้อมูล พบความคลาดเคลื่อนช่วง $(-0.39) - (0.76)$ เมตร โดยข้อมูลร้อยละ 100.00 มีความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง THU 95%

confidence level ± 17 เมตร ร้อยละ 100.00 มีค่า (ภาพที่ 3) และมีค่า SD เท่ากับ 0.6579% of water TVU 95% confidence level อยู่ในช่วง ± 5.57 เมตร depth



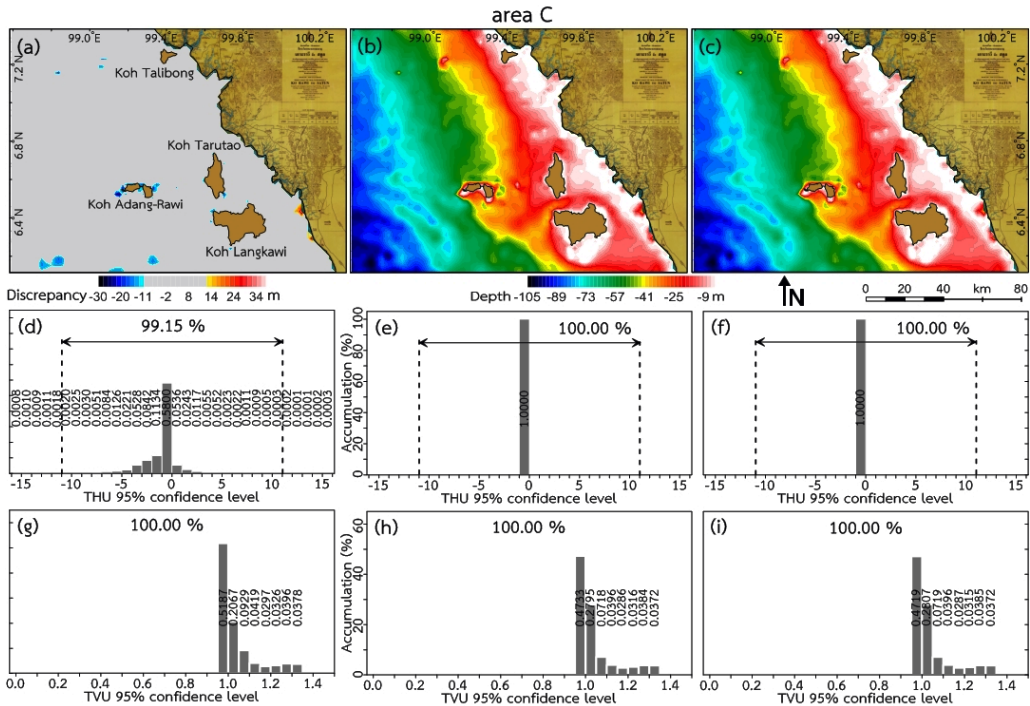
ภาพที่ 3 ผลการศึกษาข้อมูลความลึกในพื้นที่ area B (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร (b และ c) ภาพสีผสมลักษณะพื้นที่ทะเลจากข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ความละเอียด 200 เมตร และ 50 เมตร (d, e และ f) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูล corrected GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร 200 เมตร และ 50 เมตร ที่พบ THU 95% confidence level และ (g, h และ i) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ตามความลึกความละเอียด 926 เมตร 200 เมตร และ 50 เมตร ที่พบ TVU 95% confidence level ตาม IHO S-44 (2008)

พื้นที่ศึกษา area C มีจำนวน 28,560 ข้อมูล การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูล GEBCO30 ครั้งแรกพบว่ามีค่าในช่วง (-500) - (50) เมตร เมื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึกอีกครั้งแล้วพบว่ามีความคลาดเคลื่อนช่วง (-30) - (40) เมตร โดยข้อมูลร้อยละ 99.15 มีความคลาดเคลื่อนข้อมูล

ความลึกที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง THU 95% confidence level ± 11 เมตร และร้อยละ 100.00 มีค่า TVU 95% confidence level อยู่ในช่วง ± 2.65 เมตร เมื่อปรับปรุงให้ข้อมูลมีความละเอียด 200 เมตร พบว่ามีจำนวน 106,594 ข้อมูล โดยข้อมูลร้อยละ 100.00 มีความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง THU 95% confidence

level ± 11 เมตร และข้อมูลร้อยละ 96.28 มีค่า TVU 95% confidence level อยู่ในช่วง ± 2.65 เมตร ตามลำดับ และเมื่อปรับปรุงความละเอียดข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ให้มีความละเอียด 50 เมตร พบว่ามีจำนวน 1,691,830 ข้อมูล โดยข้อมูล

ร้อยละ 100.00 มีความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง THU 95% confidence level ± 11 เมตร ร้อยละ 100.00 มีค่า TVU 95% confidence level อยู่ในช่วง ± 2.65 เมตร (ภาพที่ 4) และมีค่า SD เท่ากับ 0.4466% of water depth



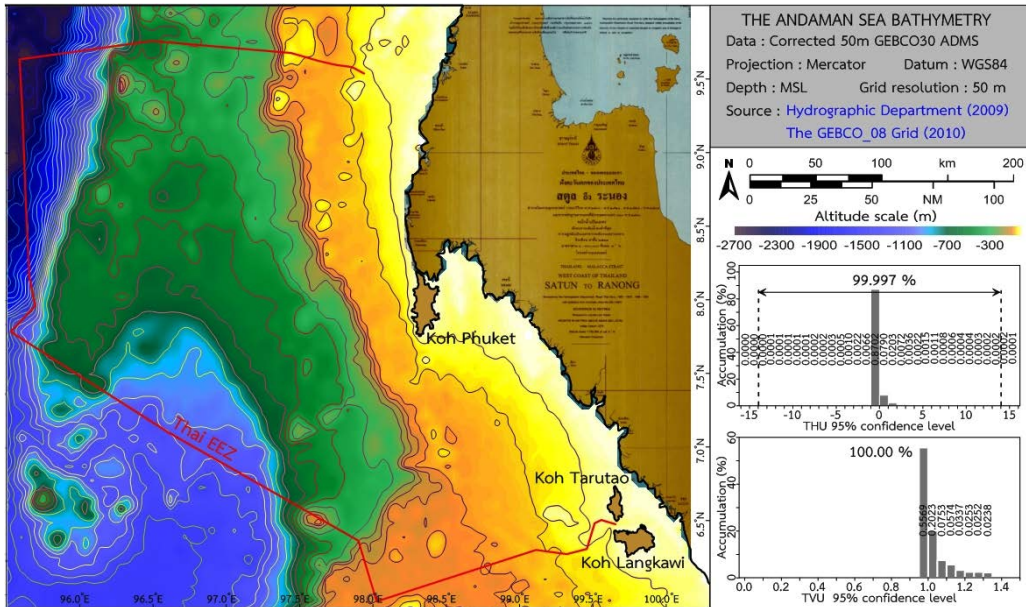
ภาพที่ 4 ผลการศึกษาข้อมูลความลึกในพื้นที่ area C (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร (b และ c) ภาพสีผสมลักษณะพื้นทะเลจากข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ความละเอียด 200 เมตร และ 50 เมตร (d, e และ f) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูล corrected GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร 200 เมตร และ 50 เมตร ที่พบ THU 95% confidence level และ (g, h และ i) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ตามความลึกความละเอียด 926 เมตร 200 เมตร และ 50 เมตร ที่พบ TVU 95% confidence level ตาม IHO S-44 (2008)

เมื่อนำข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร ในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้มารวมกับข้อมูล GEBCO30 ในบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยแล้วปรับปรุงความละเอียดข้อมูลเป็น 50 เมตร พบว่า

มีจำนวน 15,193,329 ข้อมูล (ภาพที่ 5) โดยข้อมูลร้อยละ 99.997 มีความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย THU 95% confidence level ในพื้นที่ศึกษา ± 13.84 เมตร และอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย TVU 95% confidence level ในพื้นที่ศึกษา

±4.07 เมตร ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) สูงกว่าข้อมูล corrected GEBCO30 ความละเอียด 100 เมตร พบความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกเพียงร้อยละ 85.81 และค่า TVU 95%

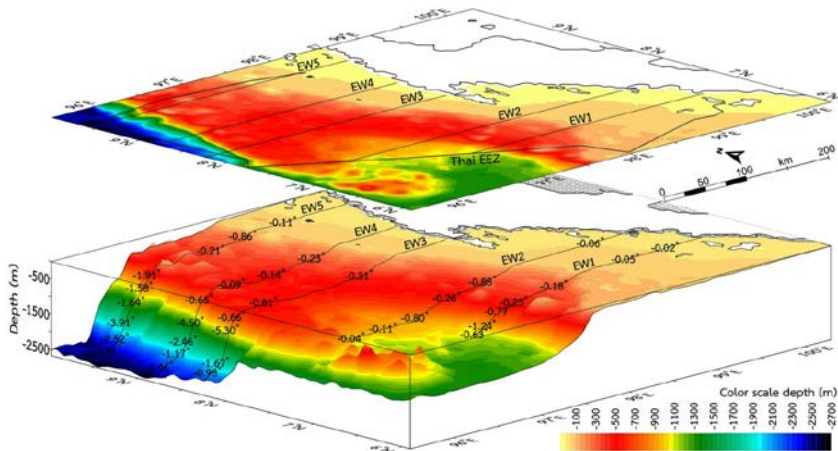
confidence level ร้อยละ 99.08 และมีค่า SD เฉลี่ยร้อยละ 0.6895 ไม่มากกว่าร้อยละ 1 ของความลึกน้ำเช่นเดียวกับที่รายงานไว้โดย Beyer *et al.* (2003, 2005)



ภาพที่ 5 ภาพสีผสมข้อมูลความลึกพื้นทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย ความละเอียด 50 เมตร และ histogram plots แสดงค่าร้อยละความน่าเชื่อถือข้อมูลความลึกจากการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกในช่วง THU 95% confidence level และ TVU 95% confidence level ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008)

พื้นทะเลอันดามันค่อนข้างราบเรียบ บริเวณตอนปลายของลาดทวีปมะริดในแอ่งอันดามัน ตามแนวความลาดเท EW1 และ EW2 และค่อย ๆ ลาดเทมากขึ้นทางทิศเหนือบริเวณด้านบนของขอบแอ่งอันดามัน (ความลาดเทในแนว EW3 EW4 และ EW5) ในเขตลาดทวีปมะริด (Mergui slope) บางบริเวณในทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย (ภาพที่ 6) มีความลาดเทสูงระหว่าง 4.5–5.3° (ความลาดเทในแนว EW3 และ EW4) สอดคล้องกับการศึกษาของ Snidvongs *et al.* (2007) ที่พบว่าบริเวณลาดทวีปมะริดมีความ

ลาดเทสูงถึง 4.5° มีแนวโน้มให้เกิดการถล่มของตะกอนได้ (Hampton *et al.*, 1996) เช่นเดียวกับข้อมูลจากการสำรวจด้วยเครื่องมือหยั่งความลึกชนิดใช้เสียงสะท้อนแบบหลายลำคลื่น (MBES) พบร่องรอยดินตะกอนถล่มใต้ทะเล บริเวณขอบสันเขาใต้น้ำมะริด ในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศไทย ปริมาตร 2.2×10^7 ลูกบาศก์เมตร ที่เคยทำให้เกิดสึนามิที่มีความสูงคลื่นเพียง 0.12 เมตร เข้าสู่ชายฝั่งด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศไทย อีกทั้งยังพบร่องรอยการไหลของดินตะกอนจากบริเวณลาดทวีปลงสู่ฐานทวีป (Jinta-



ภาพที่ 6 ภาพสีผสมแสดงลักษณะภูมิศาสตร์พื้นทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย ความละเอียด 50 เมตร

saeranee *et al.*, 2012)

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาข้อมูลความลึก GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร ในทุกพื้นที่ศึกษา (ตาราง 1) หลังจากปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลและตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกซ้ำในครั้งที่สอง พบว่า ข้อมูล corrected GEBCO30 เฉลี่ยร้อยละ 99.68 มีความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย ± 13.84 เมตร และข้อมูลทั้งหมดมีค่า TVU อยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย 4.07 เมตร ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) แสดงให้เห็นว่าการคำนวณความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 แล้วนำมาปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลในทุกพื้นที่ศึกษาเพิ่มเติมจากการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของข้อมูล GEBCO30 เพียงครั้งเดียว ทำให้ได้ข้อมูล corrected GEBCO30 ชุดใหม่ที่มีช่วงความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกน้อยลงและข้อมูลความลึกยังมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามยังพบว่าพื้นที่บางส่วนโดยเฉพาะ

บริเวณที่ลึกในทุกพื้นที่ศึกษา ยังพบว่ามี ความคลาดเคลื่อนข้อมูลอยู่บ้าง หากต้องการให้ข้อมูลที่ปรับแก้ความถูกต้องแล้วที่มีความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ทั้งหมด อาจต้องพัฒนาวิธีการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและการปรับแก้ความถูกต้องที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เมื่อปรับปรุงความละเอียดข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร ให้มีความละเอียด 200 เมตร พบว่า พื้นที่ศึกษา area A B และ C มีจำนวนข้อมูลเพิ่มมากขึ้น 9.83 3.73 และ 3.73 เท่าของข้อมูล corrected GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร และเมื่อปรับปรุงข้อมูลความลึกให้มีความละเอียด 50 เมตร ทำให้ได้ข้อมูลในพื้นที่ศึกษา area A B และ C มีจำนวนข้อมูลเพิ่มมากขึ้น 157.34 59.80 และ 59.24 เท่า โดยข้อมูลที่ปรับปรุงความละเอียดเป็น 200 เมตร และ 50 เมตร ในทุกพื้นที่ศึกษา มีความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกทั้งหมดที่ยอมรับได้ในช่วง THU และ TVU ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) มากกว่าข้อมูล corrected GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร

ข้อมูลความลึก corrected GEBCO30 ความละเอียด 926 เมตร ในพื้นที่ที่ศึกษาที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้มารวมกับข้อมูล GEBCO30 ในบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย และปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล แล้วปรับปรุงข้อมูลความลึกให้มีความละเอียด 200 และ 50 เมตร พบว่ามีข้อมูลจำนวน 586,710 และ 15,193,329 ข้อมูล ข้อมูลร้อยละ 99.997 มีความคลาดเคลื่อน ข้อมูลความลึกอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย THU ในพื้นที่ศึกษา ± 13.84 เมตร และอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย TVU ในพื้นที่ศึกษา ± 4.07 เมตร ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) และมีค่า SD เฉลี่ย ร้อยละ 0.6895 ต่ำกว่าร้อยละ 1 ของความลึกน้ำ เช่นเดียวกับ Beyer *et al.* (2003, 2005) รายงานไว้ และพบว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือไม่แตกต่างจากข้อมูลที่ปรับปรุงความละเอียดระหว่าง 50–200 เมตร เช่นเดียวกับความละเอียดของแผนที่จากการสำรวจพื้นที่ทะเลที่ Flueh *et al.* (2006) Jintasaeranee *et al.* (2012) Krabbenhoft *et al.* (2010) และ Raju *et al.* (2004) รายงานไว้

พื้นที่ทะเลอันดามันบริเวณตอนปลายของลาดทวีปมะริดในแอ่งอันดามันค่อนข้างราบเรียบ และค่อย ๆ ลาดเทมากขึ้นทางทิศเหนือ บริเวณด้านบนของขอบแอ่งอันดามัน พบว่า บางบริเวณของลาดทวีปมะริด ในทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยมีความลาดเทสูงระหว่าง $4.5\text{--}5.3^\circ$ มีแนวโน้มให้เกิดการถล่มของตะกอนได้ เช่นเดียวกับที่พบจากข้อมูลจากการสำรวจด้วยเครื่องมือหยั่งความลึกชนิดใช้เสียงสะท้อนแบบหลายลำคลื่น พบร่องรอยดินตะกอนถล่มใต้ทะเลบริเวณขอบสันเขาใต้น้ำมะริดในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศไทย (Jintasaeranee *et al.*, 2012)

อย่างไรก็ตาม แผนที่เดินเรือที่นำมาใช้ในการศึกษานี้รวมทั้งข้อมูล GEBCO30 ที่นำมาใช้เป็นข้อมูลในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2535–2548 และปี พ.ศ. 2553 พื้นที่ทะเลในสภาวะปัจจุบันอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปในบริเวณที่มีอัตราการตกตะกอนสูง ทำให้ข้อมูลความลึกเปลี่ยนแปลงไปได้ในบริเวณนั้น ดังนั้นควรมีการศึกษาโดยใช้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากกว่านี้ ปัจจุบันมีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายเวลาเดินทางของสึนามิและผลกระทบที่เกิดตามมา (Geist *et al.*, 2007; Kietpawpan *et al.*, 2008; Kowalik *et al.*, 2005) แบบจำลองยังคงต้องการความลึกที่ถูกต้องบริเวณชายฝั่งของประเทศไทย นอกเหนือจากข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปและข้อมูลดาวเทียม (Smith and Sandwell, 1997)

เอกสารอ้างอิง

- Beyer, A., Rathlau, R., and Schenke, H. W. (2005). Multibeam bathymetry of the Hakon Mosby mud volcano. **Marine Geophysical Researches** 26: 61–75.
- Beyer, A., Schenke, H. W., Klenke, M., and Niederjasper, F. (2003). High resolution bathymetry of the eastern slope of the Porcupine Seabight. **Marine Geology** 198: 27–54.
- Choowong, M., Murakoshi, N., Hisada, K., Charusiri, P., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V., Jankaew, K., Kanjanapayont, P., and Phantu Wongraj, S. (2008). 2004 Indian Ocean tsunami inflow and outflow at Phuket, Thailand. **Marine Geology** 248:

- 179–192.
- Flueh, E. R., Schoene, T., and Weinrebe, W. (2006). **FS Sonne cruise report SO186 B, C & D GITEWS**. Germany: The Leibniz–Institute of Marine Sciences.
- Geist, E. L., Titov, V. V., Arcas, D., Pollitz, F. F., and Bilek, S. L. (2007). Implications of the 26 December 2004 Sumatra–Andaman Earthquake on tsunami forecast and assessment models for great subduction-zone earthquakes. **Bulletin of the Seismological Society of America** 97(1A): 249–270.
- Ghobarah, A., Saatcioglu, M., and Nistor, I. (2006). The impact of the 26 December 2004 earthquake and tsunami on structures and Infrastructure. **Engineering Structures** 28: 312–326.
- Hampton, M. A., Lee, H. J., and Locat, J. (1996). Submarine landslides. **Reviews of Geophysics** 34(1): 33–59.
- Hydrographic Department. (2009). **Nautical Charts and Publications**. Navigational Supporting Center. Hydrographic Department, Royal Thai Navy, Thailand.
- IHO S–44. (2008). **IHO Standards for Hydrographic Surveys: 5th Edition February 2008, Special Publication No. 44**, International Hydrographic Organization. International Hydrographic Bureau. Monaco.
- Jintasaeranee, P., Weinrebe, W., Klaucke, I., Snidvongs, A., and Flueh, E. R. (2012). Morphology of the Andaman outer shelf and upper slope of the Thai exclusive economic zone. **Journal of Asian Earth Science** 46: 78–85.
- Kietpawpan, M., Visuthismajarn, P., Tanavud, C., and Robson, M. G. (2008). Method of calculating tsunami travel times in the Andaman Sea region. **Natural Hazards** 46: 89–106.
- Kowalik, Z., Knight, W., Logan, T., and Whitmore, P. (2005). Numerical modeling of the global tsunami: Indonesian tsunami of 26 December 2004. **Science of Tsunami Hazards** 23(1): 40–56.
- Krabbenhoef, A., Weinrebe, R. W., Kopp, H., Flueh, E. R., Ladage, S., Papenberg, C., Planert, L., and Djajadihardja, Y. (2010). Bathymetry of the Indonesian Sunda margin—relating morphological features of the upper plate slopes to the location and extent of the seismogenic zone. **Natural Hazards and Earth System Sciences** 10: 1899–1911.
- Lay, T., Kanamori, H., Ammon, C. J., Nettles, M., Ward, S. N., Aster, R. C., Beck, S. L., Bilek, S. L., Brudzinski, M. R., Butler, R., DeShon, H. R., Ekstroem, G., Satake, K., and Sipkin, S. (2005). The Great Sumatra–Andaman Earthquake of 26 December 2004. **Science** 308: 1127–1133.
- López–Venegas, A. M., ten Brink, U. S., and Geist, E.L. (2008). Submarine landslide

- as the source for the October 11, 1918 Mona Passage tsunami: Observations and modelling. **Marine Geology** 254: 35–46.
- Marks, K. M., and Smith, W. H. F. (2005). 2500m isobath from satellite bathymetry: Accuracy assessment in light of IHO S–44 standards. **International Hydrographic Review** 6(2): 1–11.
- McAdoo, B. G., and Watts, P. (2004). Tsunami hazard from submarine landslides on the Oregon continental slope. **Marine Geology** 203: 235–245.
- McMurtry, G. M., Watts, P., Fryer, G. J., Smith, J. R., and Imamura, F. (2004). Giant landslides, mega–tsunamis, and paleo–sea level in the Hawaiian Islands. **Marine Geology** 203: 219–233.
- Raju, K. A. K., Ramprasad, T., Rao, P. S., Rao, B. R., and Varghese, J. (2004). New insights into the tectonic evolution of the Andaman basin, northeast Indian Ocean. **Earth and Planetary Science Letters** 221: 145–162.
- Sandwell, D. T., Smith, W. H. F., Gille, S., Kappel, E., Jayne, S., Soofi, K., Coakley, B., and Geli, L. (2006). Bathymetry from space: Rationale and requirements for a new, high–resolution altimetric mission. **C.R. Geoscience** 338: 1049–1062.
- Smith, W. H. F., and Sandwell, D. T. (2004). Conventional bathymetry, bathymetry from space, and geodetic altimetry. **Oceanography** 17: 8–23.
- Smith, W. H. F., and Sandwell, D. T. (1997). Global sea floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. **Science** 277: 1956–1962.
- Snidvongs, A., Weinrebe, W., Brueckmann, W., Hensen, C., Jintasaeranee, P., and Bunsomboonsakul, S. (2007). **Morphodynamics and Slope Stability of the Andaman Sea Shelf Break: Annual Research Report for Year 1**. National Research Council of Thailand.
- The GEBCO_08 Grid. (2010). version 20100928, <http://www.gebco.net>, April 10, 2020.
- The Government gazette. (1988). the Exclusive economic zone of the kingdom of Thailand in the Andaman Sea. **The Government gazette** 105(120): 26 July 1988.
- Velmurugan, A., Swarnam, T. P., and Ravisankar, N. (2006). Assessment of tsunami impact in south Andaman using remote sensing and GIS. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing** 34(2): 193–202.
- Wessel, P., and Smith, W. H. F. (1998). New improved version of generic mapping tools release. **EOS Transactions American Geophysical Union** 79(47): 579.