



รายงานฉบับสมบูรณ์

ข้อมูลความลึกพื้นทะเลคุณภาพสูงของอ่าวไทย  
และทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย

A high quality bathymetric data of the Gulf of Thailand  
and Andaman Sea in the area of Thailand

เผชิญโชค จินตเศรษฐี

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัย เงินรายได้ส่วนงาน  
เงินกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๒

รายงานฉบับสมบูรณ์

ข้อมูลความลึกพื้นทะเลคุณภาพสูงของอ่าวไทย  
และทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย

A high quality bathymetric data of the Gulf of Thailand  
and Andaman Sea in the area of Thailand

เผชิญโชค จินตเศรษฐี

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

## บทคัดย่อ

ข้อมูลความลึกพื้นมหาสมุทรทั่วไป (The General Bathymetric Chart of the Oceans 30 arc-second, GEBCO30) ความละเอียด 926 เมตร ที่ถูกเผยแพร่เมื่อ ค.ศ. 2015 ในอ่าวไทยและในทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย ถูกปรับแก้ความถูกต้องเปรียบเทียบกับข้อมูลที่อ่านได้จากแผนที่เดินเรือ (Digitized Navigation Charts, DNC) จำนวนรวมทั้งสิ้น 75 ระวัง ซึ่งสำรวจและเผยแพร่โดยกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) ด้วยชุดคำสั่งในโปรแกรม The Generic Mapping Tools (GMT) ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลที่ถูกปรับแก้ความถูกต้องแล้ว (Corrected GEBCO30) ของอ่าวไทยยังมีค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลบริเวณชายฝั่ง ด้วยเหตุนี้ข้อมูล DNC จึงถูกนำมาใช้ร่วมกับข้อมูล Corrected GEBCO30 ข้อมูลค่าความถูกต้องในแนวลึกที่เชื่อมั่นได้ร้อยละ 95 (Maximum allowable Total Vertical Uncertainty, TVU 95% confidence level) มากที่สุดร้อยละ 99.95 ของข้อมูลบริเวณพื้นที่ B (อ่าวไทยตอนบนและอ่าวไทยฝั่งตะวันตก-ประจวบคีรีขันธ์ถึงเกาะจวง) และค่าน้อยที่สุดร้อยละ 97.76 ของข้อมูลบริเวณพื้นที่ A (อ่าวไทยฝั่งตะวันออก เกาะจวงถึงเกาะกง) การเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่รวมกันระหว่าง DNC, Corrected GEBCO30 พื้นที่ A ถึงพื้นที่ F มีค่า SD ต่ำกว่าร้อยละ 1 ของความลึกน้ำ ข้อมูลความลึกในทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยที่ถูกปรับแก้ความถูกต้องแล้ว ร้อยละ 100.00 แสดงความคลาดเคลื่อน ต่ำกว่า  $\pm 20$  เมตร และข้อมูลความลึก Corrected GEBCO30 ร้อยละ 100.00 แสดงค่า TVU 95% confidence level ต่ำกว่า 1 เมตร การรวมข้อมูลความลึกในบริเวณอ่าวไทย ระหว่างข้อมูล GEBCO30 ที่ปรับแก้ความถูกต้องของทุกพื้นที่ศึกษากับข้อมูล GEBCO30 ในอ่าวไทย พบว่าข้อมูลร้อยละ 95.38 อยู่ในช่วงที่มีค่า THU 95% confidence level ข้อมูลร้อยละ 92.96 อยู่ในช่วงที่มีค่า TVU 95% confidence level และข้อมูลร้อยละ 100.00 อยู่ในช่วงที่มีค่า  $SD \leq 1\%$  of water depth และเมื่อรวมข้อมูลความลึกทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย ระหว่างข้อมูล GEBCO30 ที่ปรับแก้ความถูกต้องของทุกพื้นที่ศึกษาในบริเวณกับข้อมูล GEBCO30 ในทะเลอันดามัน แล้วพบว่าข้อมูลร้อยละ 88.91 อยู่ในช่วงที่มีค่า TVU 95% confidence level และข้อมูลร้อยละ 95.61 อยู่ในช่วงที่มีค่า  $SD \leq 1\%$  of water depth

**คำสำคัญ :** อ่าวไทย, ทะเลอันดามัน, ข้อมูลพื้นทะเลคุณภาพสูง, GEBCO30

## Abstract

The general bathymetric data (The General Bathymetric Chart of the Oceans 30 arc-second; GEBCO30) with the resolution of 0.5 nautical miles that was distributed in 2015 in the Gulf of Thailand and in the Andaman Sea in the area of Thailand were corrected by comparison with the Digitized Navigation Charts (DNC) data from 75 charts that was surveyed and distributed by the Hydrographic Department, the Royal Thai Navy following the standard of IHO S-44 (2008) by using scripts of the Generic Mapping Tools (GMT) programming. The result shows that the corrected GEBCO30 for the Gulf of Thailand also shows the discrepancy at the coastal areas. By this respect, the DNC data is combined with the corrected GEBCO30 data. The data shows the height value of Total Vertical Uncertainty (TVU 95% confidence level) of 99.95% of data at area B (the Upper Gulf of Thailand and the western part of the Gulf of Thailand-Prachuap Khiri Khan to Koh Chuang) and the lowest value of 97.76% of the data at area A (the eastern part of the Gulf of Thailand Koh Chuang to Koh Kong). A modification of the combined data between DNC, Corrected GEBCO30 area A-F and GEBCO30 in the Gulf of Thailand has SD below 1% of water depth. The corrected bathymetric data in the Andaman Sea in the area of Thailand of 100.00% shows value of discrepancy less than  $\pm 20$  meters and the corrected GEBCO30 data of 100.00% shows TVU 95% confidence level value less than 1 meter. Combination of the bathymetric data in the Gulf of Thailand between the corrected GEBCO30 data of research areas and GEBCO30 data in the Gulf of Thailand shows that the data 95.38% range in TVU 95% confidence level, data 92.96% range in TVU 95% confidence level and data 100.00% range in SD below 1% of water depth and the combined bathymetric data in the Andaman Sea in the area of Thailand between the corrected GEBCO30 data of research areas and GEBCO30 data in the Andaman Sea shows that 88.91% of the data range in TVU 95% confidence level and data 95.61% range in SD below 1% of water depth.

**Keywords :** Gulf of Thailand, Andaman Sea, High quality bathymetric data, GEBCO30

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัย เงินรายได้ส่วนงาน เงินกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๒ สัญญาเลขที่ ๐๐๘/๒๕๖๒

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ภูมิสังฐานของอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย.....	4
2.2 ข้อมูลความลึก (Bathymetric Data).....	10
2.3 ความน่าเชื่อถือข้อมูลความลึกตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล.....	13
2.4 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและปรับแก้ความถูกต้อง.....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 พื้นที่ศึกษาและแผนที่เดินเรือที่ใช้ในการศึกษา.....	17
3.2 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและการปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึก.....	21
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ข้อมูลความลึกคุณภาพสูงของอ่าวไทย.....	23
4.2 ข้อมูลความลึกคุณภาพสูงของทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย.....	30
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	
5.1 ข้อมูลความลึกคุณภาพสูงของอ่าวไทย.....	34
5.2 ข้อมูลความลึกคุณภาพสูงของทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย.....	35
เอกสารอ้างอิง	36

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2-1 การไหลเวียนมวลน้ำผิวหน้าทะเลในอ่าวไทย.....	6
ภาพที่ 2-2 ลักษณะพื้นทะเลอันดามันและส่วนที่ติดต่อกับมหาสมุทรอินเดีย.....	8
ภาพที่ 2-3 แผนที่โครงสร้างทางธรณีของพื้นทะเลอันดามันและส่วนที่ติดต่อกับพม่า.....	9
ภาพที่ 2-4 การตรวจวัดความลึกด้วยระบบการหยั่งน้ำด้วยเครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อน.....	11
ภาพที่ 2-5 การหยั่งน้ำด้วยเครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อนชนิดหลายลำคลื่น.....	12
ภาพที่ 2-6 การสำรวจด้วยดาวเทียมวัดความสูง.....	12
ภาพที่ 3-1 แผนที่เดินเรือบริเวณอ่าวไทยที่ใช้ในการวิจัย.....	19
ภาพที่ 3-2 แผนที่เดินเรือบริเวณอันดามันในเขตประเทศไทยที่ใช้ในการวิจัย.....	20
ภาพที่ 4-1 ภาพสีผสม area A แสดงความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 ร้อยละข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเล ข้อมูล Corrected GEBCO30 ร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเลข้อมูล DNC ระวัง 121, 151 และ 171 รวมกับ Corrected GEBCO30 และ ร้อยละข้อมูลความลึก DNC & Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level.....	24
ภาพที่ 4-2 ภาพสีผสม area B แสดงความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 ร้อยละข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเล ข้อมูล Corrected GEBCO30 ร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเลข้อมูล DNC ระวัง 223 รวมกับ Corrected GEBCO30 และ ร้อยละข้อมูลความลึก DNC & Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level.....	25
ภาพที่ 4-3 ภาพสีผสม area C แสดงความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 ร้อยละข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเล ข้อมูล Corrected GEBCO30 ร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเลข้อมูล DNC ระวัง 239 รวมกับ Corrected GEBCO30 และ ร้อยละข้อมูลความลึก DNC & Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level.....	26
ภาพที่ 4-4 ภาพสีผสม area D แสดงความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 ร้อยละข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเล ข้อมูล Corrected GEBCO30 ร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเลข้อมูล DNC ระวัง 227 รวมกับ Corrected GEBCO30 และ ร้อยละข้อมูลความลึก DNC & Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level.....	27

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4-5 ภาพสีผสม area E แสดงความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 ร้อยละ ข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level ภาพสีผสมแสดงความลึก พื้นที่เลขข้อมูล Corrected GEBCO30 ร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มี ค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นที่เลขข้อมูล DNC ระหว่าง 228 รวมกับ Corrected GEBCO30 และ ร้อยละข้อมูลความลึก DNC & Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level.....	28
ภาพที่ 4-6 ภาพสีผสม area E แสดงความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 ร้อยละ ข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level ภาพสีผสมแสดงความลึก พื้นที่เลขข้อมูล Corrected GEBCO30 ร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มี ค่า TVU 95% confidence level.....	29
ภาพที่ 4-7 ภาพสีผสมแสดงลักษณะพื้นที่เลขคุณภาพสูง บริเวณอ่าวไทย จากข้อมูล DNC รวม กับ Corrected GEBCO30 และ GEBCO30.....	30
ภาพที่ 4-8 ภาพสีผสม area A แสดงความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 ร้อยละ ข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level ร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสม แสดงความลึกพื้นที่เลขข้อมูล DNC รวมกับ Corrected GEBCO30.....	32
ภาพที่ 4-9 ภาพสีผสม area B แสดงความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 ร้อยละ ข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level ร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสม แสดงความลึกพื้นที่เลขข้อมูล DNC รวมกับ Corrected GEBCO30.....	32
ภาพที่ 4-10 ภาพสีผสม area C แสดงความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 ร้อยละ ข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level ร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสม แสดงความลึกพื้นที่เลขข้อมูล DNC รวมกับ Corrected GEBCO30.....	33
ภาพที่ 4-11 ภาพสีผสมแสดงลักษณะพื้นที่เลขคุณภาพสูง บริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศ ไทย ความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเล จากข้อมูล DNC รวมกับ Corrected GEBCO30 และ GEBCO30.....	33



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1	14
ตารางที่ 3-1	17
ตารางที่ 3-2	20
ตารางที่ 4-1	23
ตารางที่ 4-2	31

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พื้นที่อ่าวไทยถูกกั้นปิดล้อมด้วยชายฝั่งของประเทศไทย มาเลเซีย กัมพูชา และเวียดนาม แม่น้ำสายหลักบริเวณอ่าวไทยตอนใน ได้แก่ แม่น้ำบางปะกง เจ้าพระยา ท่าจีน และแม่น้ำแม่กลอง ส่งต่อสารอาหารลงสู่อ่าวไทยตอนกลางและอ่าวไทยตอนล่างซึ่งมีช่องทางติดต่อกับทะเลจีนใต้ ภูมิศาสตร์พื้นที่ทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนกลางและอ่าวไทยตอนล่างมีลักษณะเป็นแอ่ง การศึกษาการไหลเวียนของมวลน้ำชั้นล่างของอ่าวไทยโดยใช้ตัวติดตามกัมมันตรังสีตามธรรมชาติ แสดงให้เห็นว่ามวลน้ำในอ่าวไทยมีการผสมผสานและไหลเวียนอยู่ภายในอ่าว โดยมวลน้ำมีการแลกเปลี่ยนกับอ่าวไทยตอนล่างและทะเลจีนใต้น้อยมาก (Jintasaeranee, 1998) การไหลเวียนของมวลน้ำในอ่าวไทยเช่นนี้มีความน่าสนใจเนื่องจากอาจเป็นสาเหตุให้พื้นที่อ่าวไทยตอนในและอ่าวไทยตอนกลางเป็นแหล่งสะสมสารอาหาร ส่งผลให้เป็นพื้นที่แหล่งทรัพยากรธรรมชาติซึ่งมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม การพัฒนาด้านอุตสาหกรรมและการพัฒนาชุมชนในพื้นที่อ่าวไทยตอนในอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในอ่าวได้เช่นกัน โดยอาจก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนสารพิษที่ถูกขนส่งผ่านแม่น้ำลงสู่อ่าวไทยและอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (Chumnantana, 2006) ที่ผ่านมา มีการศึกษาการกระจายและการผสมผสานของมลสาร (Cheevaporn & Menasveta, 2003) การกระจายของคราบน้ำมันในอ่าวไทย (Wattayakorn, 2012) การไหลเวียนของมวลน้ำชั้นล่างของอ่าวไทยโดยใช้ตัวติดตามกัมมันตรังสีตามธรรมชาติ (Jintasaeranee, 1998) ศึกษาการจัดชั้นของมวลน้ำในอ่าวไทยจากข้อมูลทางกายภาพ (Yanagi *et al.*, 2001) รวมไปถึงจำลองการเกิดคลื่นพายุซัดฝั่ง (Storm surge) (Phaksopa & Sojisuporn, 2006) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการไหลเวียนของมวลน้ำที่ผิวหน้าโดยใช้ข้อมูลความลึก ETOPO5 คุณภาพ 5 ไมล์ทะเล เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อคำนวณตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทั้งในบริเวณชายฝั่ง (Buranapratheprat, 2009) อ่าวไทยตอนใน (Buranapratheprat, 2008; Buranapratheprat *et al.*, 2009) และอ่าวไทย (Buranapratheprat & Bunpapong, 1998) ซึ่งการศึกษาเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลความลึกที่เชื่อถือได้เป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญ เนื่องจากจะส่งผลให้การผลศึกษาและการทำนายตามแบบจำลองน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น (Buranapratheprat, 2008, 2009; Buranapratheprat *et al.*, 2009)

แผ่นดินไหวที่พื้นทะเล ขนาด 9.3 ริกเตอร์ บริเวณเหนือเกาะสุมาตรา เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 (Lay *et al.*, 2005) ทำให้เกิดคลื่นสึนามิเข้าสู่ชายฝั่งด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศไทย ส่งผลต่อการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน (Ghobarah *et al.*, 2006; Velmurugan *et al.*, 2006; Choowong *et al.*, 2008) และเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน์ชายฝั่ง (Cochard *et al.*, 2008) เหตุการณ์ภัยพิบัตินี้แสดงให้เห็นว่าพื้นทะเลบริเวณแอ่งอันดามัน (Andaman basin) ยังมีการเคลื่อนตัวอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ ดินตะกอนถล่มใต้ทะเล (Submarine landslide) ยังเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดสึนามิได้อีกด้วย (Hampton *et al.*, 1996; McAdoo & Watts, 2004; McMurtry *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2004; López-Venegas *et al.*, 2008) การตรวจสอบข้อมูลแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไป ความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเล (the GEneral Bathymetric Chart of the Oceans 30 arc-second, GEBCO30) พบว่าเขตลาดทวีปเมริด (Mergui slope) บางบริเวณในทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยมีความลาดเทสูงถึง  $4.5^\circ$  (Snidvongs *et al.*, 2007) ซึ่งมีแนวโน้มให้เกิดการถล่ม

ของตะกอนใต้ (Hampton *et al.*, 1996) ข้อมูลจากการสำรวจด้วยเครื่องมือหยั่งความลึกชนิดใช้คลื่นเสียงสะท้อนแบบหลายลำคลื่น (MultiBeam Echo-Sounder, MBES) พบร่องรอยดินตะกอนถล่มใต้ทะเล (Submarine landslide) บริเวณขอบสันเขาใต้น้ำมะริด (Mergui ridge) ในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศไทย ปริมาตร  $2.2 \times 10^7$  ลูกบาศก์เมตร ที่เคยทำให้เกิดสึนามิที่มีความสูงคลื่นเพียง 0.12 เมตร เข้าสู่ชายฝั่งด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศไทย อีกทั้งยังพบร่องรอยการไหลของดินตะกอน (Gullies) จากบริเวณลาดทวีปลงสู่ฐานทวีป (Jintasaerane *et al.*, 2012) มีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายเวลาเดินทางของสึนามิและผลกระทบที่เกิดตามมา (Kowalik *et al.*, 2005; Geist *et al.*, 2007; Kietpawpan *et al.*, 2008; Pranowo, 2010) แบบจำลองยังคงต้องการความลึกที่ถูกต้องบริเวณชายฝั่งของประเทศไทย นอกเหนือจากข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปและข้อมูลดาวเทียม (Smith & Sandwell, 1997)

ความลึกบริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยมีการตรวจวัดอย่างละเอียดด้วยวิธีการหยั่งน้ำ (Ship-line sounding) หลายครั้ง มีการปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึกและเผยแพร่ในรูปแบบของแผนที่เดินเรือ (Navigation charts, NC) โดยกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (Hydrographic Department, 2014) เนื่องจากการหยั่งน้ำมีจุดประสงค์เพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือบริเวณใกล้ชายฝั่งซึ่งต้องการข้อมูลความลึกที่ละเอียดมากกว่าบริเวณห่างฝั่ง จึงพบโดยทั่วไปว่าข้อมูลความลึกที่แสดงในแผนที่เดินเรือมีความละเอียดสูงบริเวณชายฝั่งและมีความละเอียดน้อยกว่าในบริเวณห่างฝั่ง เนื่องจากสถานีหยั่งน้ำมีระยะห่างมากกว่า 1 กิโลเมตร ที่ผ่านมามีการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไป ชนิด the GEneral Bathymetric Chart of the Oceans 1 arc-minute (GEBCO1) และ the Global relief model of Earth's surface 1 arc-minute (ETOPO1) ความละเอียด 1 ไมล์ทะเล หรือ 1.85 กิโลเมตร เผยแพร่โดย the National Geophysical Data Center (NGDC) เทียบกับข้อมูลความลึกที่สำรวจในภาคสนามและแสดงในแผนที่เดินเรือบริเวณอ่าวไทยตอนบน (Jintasaerane & Buranapratheprat, 2012) เมื่อกันยายน ค.ศ. 2010 มีการเผยแพร่ข้อมูลความลึกของพื้นมหาสมุทรทั่วไป ความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเล หรือ 926 เมตร (the GEneral Bathymetric Chart of the Oceans 30 arc-second, GEBCO30) และอนุญาตให้ใช้เพื่อการศึกษาได้ (The GEBCO\_08 Grid, 2010) และมีรายงานความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความลึกชุดนี้บริเวณชายฝั่งเพียงบางพื้นที่ (Marks & Smith, 2005; Sandwell *et al.*, 2006) จึงได้มีการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึก GEBCO30 บริเวณอ่าวไทยตอนบน (Jintasaerane, 2012; 2018) อ่าวไทย (Jintasaerane, 2013; Jintasaerane & Buranapratheprat, 2017) และทะเลอันดามัน (Jintasaerane *et al.*, 2018) อย่างไรก็ตาม ยังไม่เคยมีการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึก GEBCO30 ที่เพิ่งเผยแพร่เมื่อมีนาคม ค.ศ. 2015 (GEBCO30 2015) เปรียบเทียบกับข้อมูลความลึกที่สำรวจในภาคสนามและแสดงในแผนที่เดินเรือระวางต้นฉบับใหม่ (New publication) ของกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (Hydrographic Department, 2014) ซึ่งข้อมูลความลึกบริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยเหล่านี้อาจมีความถูกต้องและมีความละเอียดไม่เพียงพอสำหรับงานบางประเภท เช่น แบบจำลองการไหลเวียนและการผสมผสานของมวลน้ำ การทำนายการกระจายของมลสารในทะเล การประเมินผลของภัยพิบัติทางทะเลที่อาจเกิดขึ้น

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 ความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเล เผยแพร่เมื่อมีนาคม ค.ศ. 2015 (The GEBCO\_2014 Grid,

2015) เปรียบเทียบกับข้อมูลความลึกที่สำรวจในภาคสนามและแสดงในแผนที่เดินเรือระวางต้นฉบับใหม่ของกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (Hydrographic Department, 2014) การวิจัยทำให้ได้ข้อมูลความลึกพื้นทะเลคุณภาพสูงของอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย ซึ่งมีความน่าเชื่อถือร้อยละ 95 ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล (IHO S-44, 2008) เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการจัดการในอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย และเป็นข้อมูลสำหรับผู้สนใจเพื่อใช้อธิบายลักษณะกายภาพพื้นทะเลอ่าวไทยและทะเลอันดามันที่น่าสนใจ การประเมินผลของภัยพิบัติทางทะเลที่อาจเกิดขึ้น และเพื่อการตัดสินใจวางแผนการสำรวจและวิจัยต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 2015 บริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลความลึกที่ตรวจวัดในภาคสนามด้วยวิธีการหยั่งน้ำของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ที่เผยแพร่ในเวลาใกล้เคียงกัน
2. ปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 2015 บริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย
3. ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความลึก GEBCO30 2015 บริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย ให้มีคุณภาพสูงและมีความน่าเชื่อถือร้อยละ 95 ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008)

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ข้อมูลความลึก GEBCO30 อ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยที่เผยแพร่เมื่อปี 2015 ที่ได้รับการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลแล้ว มีความน่าเชื่อถือมากกว่าร้อยละ 95 ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008)

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ข้อมูลความลึก GEBCO30 2015 บริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยที่ปรับแก้ความถูกต้องแล้วมีความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) และข้อมูลคุณภาพเพื่อนำไปใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การวิจัย และวางแผนสำรวจบริเวณอ่าวไทยและลาดทวีปของทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยต่อไป

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยจำนวน 6 พื้นที่ และบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยจำนวน 3 พื้นที่
2. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูลเชิงพื้นที่และความลึกของข้อมูล GEBCO30 2015 ในพื้นที่ศึกษาตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) ปรับแก้ความถูกต้องและปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความลึกชุดนี้
3. รวมข้อมูลความลึกในพื้นที่ศึกษาที่ปรับแก้ความถูกต้องและปรับปรุงคุณภาพข้อมูลแล้วกับข้อมูล GEBCO30 2015 บริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย แล้วปรับแก้ความถูกต้องและปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความลึก ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลให้ยอมรับได้ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008)

## บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

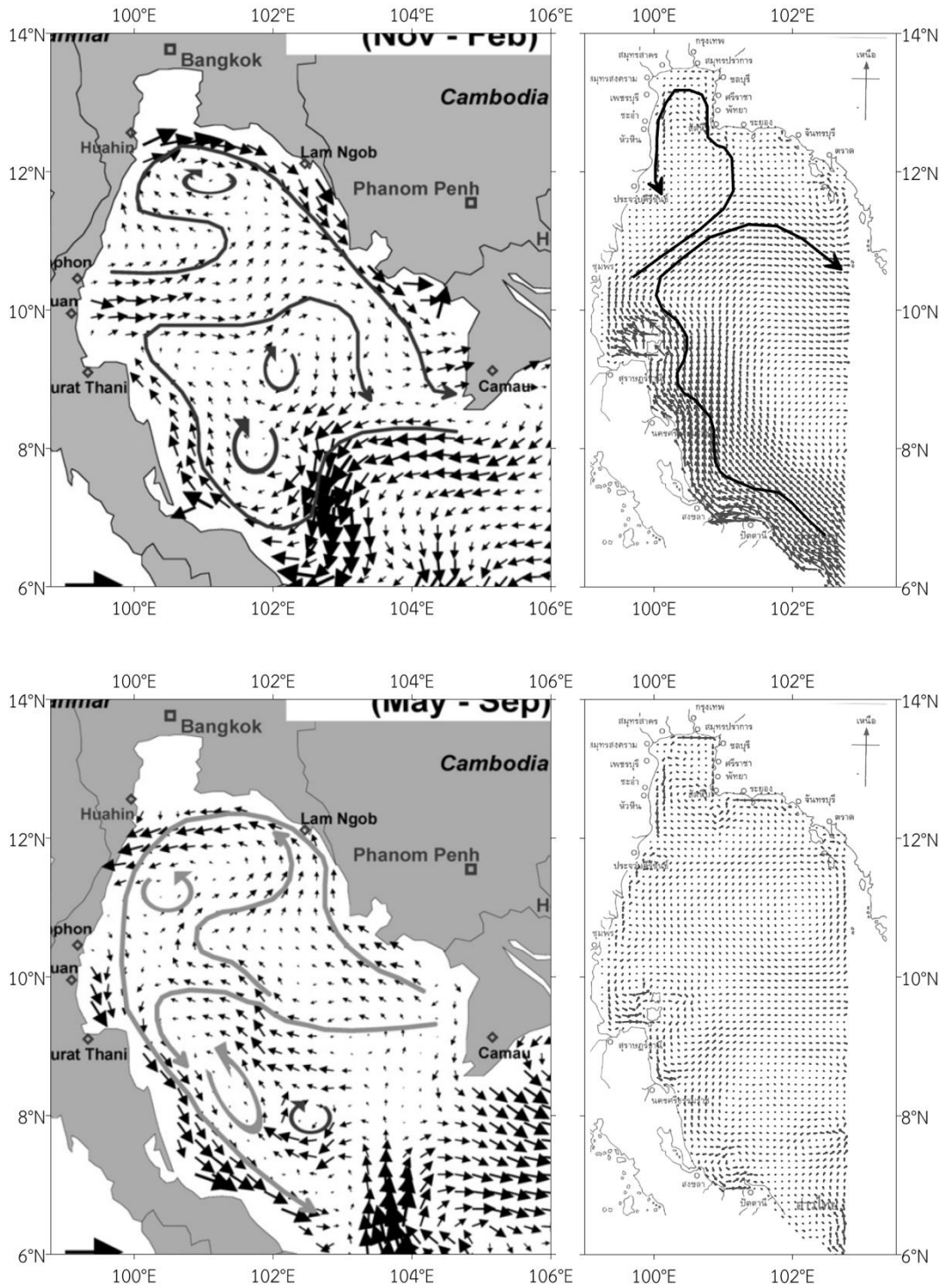
### 2.1 ภูมิสังเขปของอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย

อ่าวไทยมีลักษณะกึ่งปิดตั้งอยู่บริเวณฝั่งตะวันตกของทะเลจีนใต้ ระหว่างลองจิจูด  $99^{\circ}00'E$  และ  $106^{\circ}00'E$  และระหว่างละติจูด  $5^{\circ}00'N$  และ  $13^{\circ}30'N$  ล้อมรอบด้วยแผ่นดินทั้งด้านทิศตะวันออก ทิศเหนือ และทิศตะวันตก ด้วยพื้นที่ประเทศเวียดนาม กัมพูชา ไทย และมาเลเซีย อ่าวไทยครอบคลุมพื้นที่ทางทะเลประมาณ 320,000 ตารางกิโลเมตร (Wattayakorn, 2012) ซึ่งเป็นพื้นที่ค่อนข้างตื้น มีความลึกเฉลี่ยประมาณ 44 เมตร โดยมีความลึกมากที่สุดประมาณ 86 เมตรในบริเวณกลางอ่าว มีเนื้อที่ในส่วนที่เป็นเขตเศรษฐกิจน่านน้ำไทยประมาณ 200,000 ตารางกิโลเมตร (Department of Mineral Resources, 2012) พื้นอ่าวไทยโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะคล้ายรูปวงรี และแยกจากทะเลจีนใต้ด้วยแนวเนินเขาใต้ทะเล 2 แนว ซึ่งจำกัดการแลกเปลี่ยนมวลน้ำระหว่างอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ เนินเขาใต้น้ำแนวแรกสูงจากพื้นทะเลประมาณ 25 เมตร วางตัวอยู่บริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้ห่างจากแหลม Cape Camau ออกมาประมาณ 60 ไมล์ทะเล (ประมาณ 111 กิโลเมตร) ส่วนเนินเขาใต้น้ำแนวที่สองสูงประมาณ 50 เมตร วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ ห่างจากชายฝั่งเมือง Kota Bharu ออกมาประมาณ 90 ไมล์ทะเล (ประมาณ 165 กิโลเมตร) และมีแนวร่องลึกประมาณ 67 เมตร อยู่ระหว่างเนินเขาใต้ทะเลทั้ง 2 แนวนี้ (Wattayakorn, 2012)

กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ พ.ศ. 2536 แบ่งอ่าวไทยออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) อ่าวไทยตอนบน หรืออ่าวไทยรูปตัว “ก” ตั้งแต่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ถึงแหลมแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 2) อ่าวไทยตอนกลาง อาณาเขตตั้งแต่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์-แหลมแสมสาร ลงไปทางใต้จนถึงแนวเส้นแวงจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี ไปจรดขอบฝั่งด้านตะวันออก และ 3) อ่าวไทยตอนล่าง บริเวณแนวเส้นแวงจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี ไปจรดขอบฝั่งทางตะวันออกลงไปทางใต้

เนื่องจากไม่มีข้อมูลการตรวจวัดความเร็วและทิศทางกระแสน้ำในอ่าวไทยทั้งหมด จึงใช้ผลจากแบบจำลองกระแสน้ำผิวหน้าในอ่าวไทยเพื่อศึกษาการไหลเวียนของมวลน้ำผิวหน้าทะเล พบว่าอ่าวไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมในช่วงเวลาโดยประมาณ ดังนี้ 1) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2) ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมในเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน 3) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน และ 4) ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมในเดือนตุลาคม โดยจำลองการไหลเวียนของกระแสน้ำ Geostrophic พบว่ามวลน้ำในทะเลจีนใต้มีอิทธิพลอย่างมากต่อการไหลเวียนของมวลน้ำในอ่าวไทย โดยช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ แม้จะมีกระแสน้ำตะวันตกไหลมาจากทะเลจีนใต้ เลียบชายฝั่งตะวันตกเข้ามาในอ่าวไทย แต่กระแสน้ำในอ่าวไทยโดยรวมยังคงไหลอ่อน โดยมีทิศทางไหลตามเข็มนาฬิกา บริเวณอ่าวไทยตอนบนและอ่าวไทยตอนกลาง จึงทำให้มีการผสมผสานระหว่างมวลน้ำจากอ่าวไทยตอนบนและอ่าวไทยตอนล่างน้อย ในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมครั้งที่ 1 กระแสน้ำไหลค่อนข้างแรงบริเวณกลางอ่าวทางตอนใต้ของอ่าวเชื่อมต่อกับทะเลจีนใต้ ส่วนในอ่าวไทยความเร็วและทิศทางกระแสน้ำไม่ชัดเจนนัก ส่วนในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ น้ำที่มีความเค็มกว่าจากทะเลจีนใต้จะไหลเข้ามาทางตอนใต้ของอ่าวไทยเลียบทางฝั่งตะวันออกขึ้นมาถึงบริเวณอ่าวไทยตอนบน แล้วไหลเลียบฝั่งตะวันตกออกสู่ทะเลจีนใต้ ทำให้เกิดกระแสน้ำทิศทางน้ำวนขนาดใหญ่มีทิศทางเข็มนาฬิกาเป็นกระแสน้ำหลัก ในช่วงเวลานี้ และช่วงเปลี่ยนลมมรสุมครั้งที่ 2 กระแสน้ำในอ่าวไทยมีความแรงมากกว่าช่วงเปลี่ยนลมมรสุมครั้งที่ 1 และก่อให้เกิดกระแสน้ำวนแบบ

ตามเข็มนาฬิกาบริเวณกลางอ่าว ในขณะที่บริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวเกิดกระแสน้ำวนแบบทวนเข็มนาฬิกา (Sojisoporn *et al.*, 2010) ในขณะที่ Buranapratheprat & Bunpapong (1998) ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Hydrodynamic model) โดยใช้ค่าลมเฉลี่ยรายเดือน 8 ปี เพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนของมวลน้ำผิวหน้าของอ่าวไทย รายงานว่าการไหลเวียนในอ่าวไทยระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายนตรงข้ามกับการไหลเวียนระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม โดยพบการไหลเวียนขนาดใหญ่แบบตามเข็มนาฬิกาบริเวณกลางอ่าวไทยและขนาดเล็กบริเวณอ่าวไทยตอนบนในเดือนมกราคม และการไหลของมวลน้ำเสียบบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยเกิดช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม โดยพบน้ำวน (Eddy) ในเดือนพฤษภาคมในบริเวณจังหวัดปัตตานีและเกาะสมุย ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคมมวลน้ำไหลแรงขึ้นและพบน้ำวนมากขึ้น และยังคงพบน้ำวนจนถึงเดือนกันยายนและตุลาคมเมื่อมวลน้ำเริ่มไหลเบาลง และการไหลเวียนของน้ำในทิศทวนเข็มนาฬิกาพบอย่างชัดเจนในเดือนธันวาคม จากการเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองทั้งสอง (ภาพที่ 2-1) ทำให้เห็นภาพรวมการไหลเวียนของมวลน้ำผิวหน้าทะเลทั่วทั้งอ่าวไทย โดยในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เฉลี่ยระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ (Sojisoporn *et al.*, 2010) เปรียบเทียบกับผลจากแบบจำลองในเดือนกุมภาพันธ์ ของ Buranapratheprat & Bunpapong (1998) ผลจากแบบจำลองทั้งสองพบว่ามีการเสียน้ำตะวันตกจากทะเลจีนใต้บางส่วนไหลเสียบฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยเข้ามาจนถึงบริเวณตอนกลางอ่าวและไหลเสียบฝั่งตะวันออกกลับออกไปจากอ่าวไทยในทิศตามเข็มนาฬิกา ส่วนอ่าวไทยตอนบน Sojisoporn *et al.* (2010) พบว่ามีกระแสน้ำตะวันออกไหลออกมาจนถึงบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบนและไหลวกกลับขึ้นไปทางอ่าวไทยตอนในก่อนจะไหลเสียบฝั่งตะวันออกกลับออกไปจากอ่าวไทย ซึ่งในบริเวณเดียวกันนี้ Buranapratheprat & Bunpapong (1998) พบว่ามีกระแสน้ำที่ไหลอ่อนเสียบฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนบนเข้าไปสู่อ่าวไทยตอนในและไหลเสียบฝั่งตะวันตกกลับออกมาสู่อ่าวไทย อย่างไรก็ตาม ผลจากแบบจำลองทั้งสองพบว่ากระแสน้ำที่ไหลในอ่าวไทยในช่วงฤดูนี้อ่อนมาก ส่วนในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน Sojisoporn *et al.* (2010) รายงานว่ามีกระแสน้ำไหลเสียบน้ำไหลเสียบทางฝั่งตะวันออกขึ้นมาถึงบริเวณอ่าวไทยตอนบน แล้วไหลเสียบฝั่งตะวันตกออกสู่ทะเลจีนใต้ เช่นเดียวกับ Buranapratheprat & Bunpapong (1998) แต่ผลไม่ชัดเจนนักในบริเวณกลางอ่าว

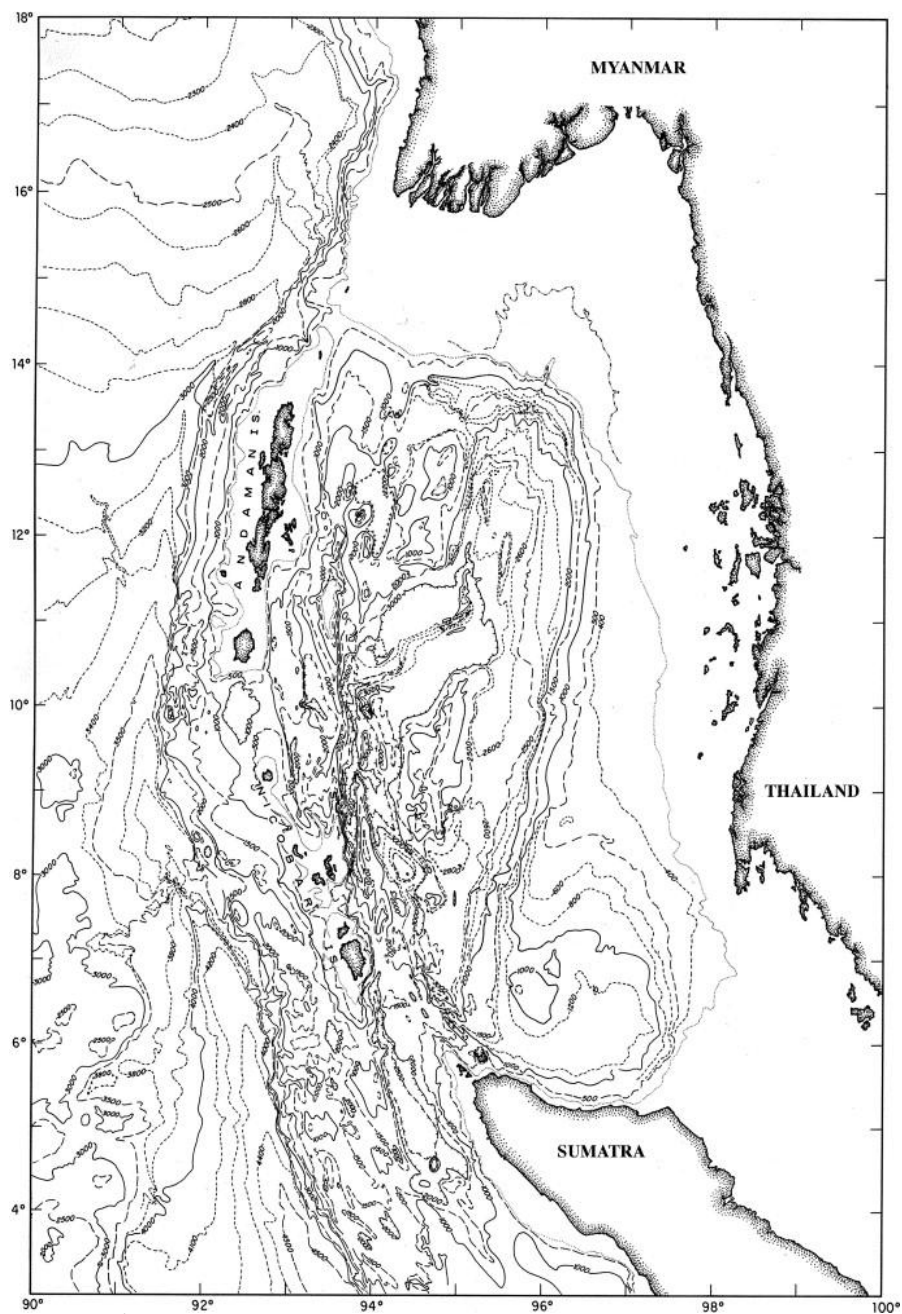


ภาพที่ 2-1 การไหลเวียนมวลน้ำผิวหน้าทะเลในอ่าวไทยในฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ภาพบน) และฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ภาพล่าง) เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองการไหลเวียนของ กระแสน้ำในอ่าวไทยระหว่าง Sojisuorn *et al.* (2010) และ Buranapratheprat & Bunpapong (1998)

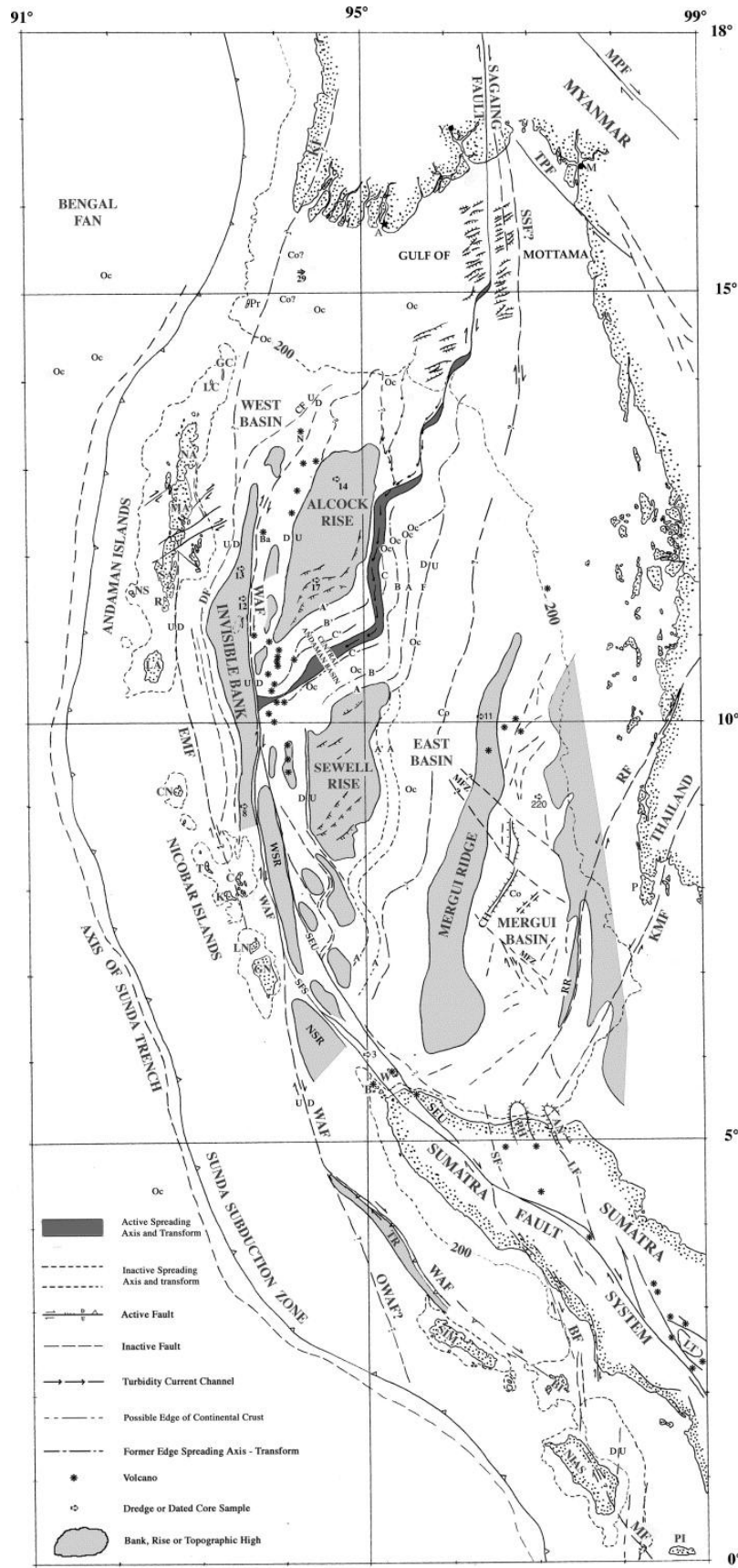
ทะเลอันดามัน (ภาพที่ 2-2) เป็นส่วนนอกฝั่งตะวันตกของพม่า ไทยและมาเลเซีย ต่อเนื่องเข้าไปในมหาสมุทรอินเดียเข้าหาแอ่งทะเลอันดามัน (Andaman basin) และสิ้นสุดที่หมู่เกาะอันดามัน-นิโคบาร์ (Andaman-Nicobar islands) ส่วนทางด้านทิศใต้เป็นฝั่งสุมาตราเหนือ และช่องแคบมะละกา (Malacca straits) บริเวณทะเลอันดามันของไทยเป็นเพียงขอบตะวันออกของแอ่งทะเลอันดามันเท่านั้น เป็นลักษณะทางธรณีวิทยาที่ซับซ้อนของภูมิภาคที่เป็นแอ่งซึ่งแตกต่างจากแอ่งอื่นๆ เนื่องจากแอ่งอันดามันหันหน้าไปทางตะวันตกซึ่งถูกก่อรูปร่างขึ้นโดยการเคลื่อนที่ในแนวเฉือน (Transtension) ทะเลอันดามันวางตัวตลอดขอบของแนวปะทะที่ลาดเอียงอย่างสูงระหว่างการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกออสเตรเลีย (Australian plate) และแผ่นเปลือกโลกอินเดีย (Indian plate) ทางตะวันออกเฉียงเหนือ และแผ่นเปลือกโลกยูเรเชียหรือแผ่นเปลือกโลกเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Eurasian or Southeast Asian plate) (Curry, 2005)

ทะเลอันดามันเป็นลักษณะทางธรณีวิทยาของภูมิภาคที่เป็นแอ่งที่ยังไม่สงบซึ่งวางตัวอยู่เหนือและด้านหลังของแนวเขตที่มีการปะทะกันและจมตัวของแผ่นเปลือกโลกซุนดา โดยที่เป็นการปะทะระหว่างกันของแผ่นเปลือกทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast Asian plate) ที่อยู่ด้านบนเหนือแนวมุดตัวของด้านล่างของแผ่นเปลือกโลกออสเตรเลีย (Australian plate) ที่เอียงอย่างมาก (ภาพที่ 2-3) ผลของการปะทะของแนวปะทะได้เป็นการก่อให้เกิดของ Sliver plate ระหว่างแนวจมตัวและระบบการเคลื่อนที่ของเปลือกโลกที่ซับซ้อน การชนกันในช่วงปลายยุคพาลีโอซีน (Paleocene Epoch) ของอินเดียและทวีปเอเชียด้วยการปะทะอย่างประมาณการตามปกตินั้นเริ่มต้นการหมุนตามเข็มนาฬิกาและการโค้งงอของทางด้านเหนือและด้านตะวันตกของแผ่นเปลือกซุนดา ในระยะเริ่มแรกของ Sliver fault ที่ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าได้เริ่มต้นในช่วงอีโอซีนซึ่งขยายตลอดแนวทางด้านนอกของแนวสันเขาใต้น้ำใกล้ฝั่งจากเกาะสุมาตราตลอดถึงปัจจุบันของทะเลอันดามันไปสู่ Sagaing Fault ด้วยแนวปะทะของการปะทะที่เกิดเนื่องจากการหมุนทำให้อัตราการเคลื่อนผ่านของแผ่นเปลือกโลกเพิ่มขึ้นและลำดับของแอ่งที่ขยายที่ถูกเปิดอย่างเอียงๆ โดยการร่วมกันของการขยายแนวขอบแผ่นเปลือกโลกและการเคลื่อนที่ผ่านกันของแผ่นเปลือกโลก แอ่งเหล่านี้ในลำดับเหตุการณ์เป็นแอ่ง Mergui เริ่มต้นที่ประมาณ ~32 ล้านปีที่แล้ว Alcock and Sewell Rises ที่ประกอบกันเริ่มต้นที่ ~23 ล้านปีที่แล้ว การแยกของแอ่งด้านตะวันออกเกิดจากการเพิ่มของด้านล่างของลาดทวีปเริ่มต้นที่ ~15 ล้านปีที่แล้ว และสุดท้ายที่ประมาณ ~4 ล้านปีที่แล้วการแสดงแนวของแผ่นเปลือกโลกถูกก่อให้เกิดขึ้น Alcock and Sewell Rises ถูกแยกโดยการก่อรูปร่างของ Central Andaman Basin และแนวรอยเลื่อนเคลื่อนย้ายบนฝั่งจากแนวรอยเลื่อน Mentawai ไปสู่ระบบแนวรอยเลื่อน Sumatra (Frerichs, 1971; Rodolfo, 1969a; 1969b; Curry, 2005) แอ่งตะกอนพื้นทวีปในยุคเทอร์เชียรีที่อยู่ในอาณาเขตของไทยได้แก่ แอ่งมะริด (Mergui basin) ซึ่งเป็นแอ่งที่เกิดขึ้น ในช่วงปลายสมัยโอลิโกซีนอันเป็นผลมาจากการยกตัวของแผ่นเปลือกโลกพื้นทวีป ประกอบกับได้รับอิทธิพลจากกลุ่มรอยเลื่อนระนองและคลองมะรุ่ย (Ranong & Khlong Marui faults) ส่งผลให้แอ่งมีลักษณะเป็นแบบกึ่งกราเบนวางตัวในแนวเหนือใต้ (Polachan, 1988) ตะกอนในแอ่งเป็นพวกตะกอนที่สะสมตัวในทะเลน้ำลึกเพียงแอ่งเดียวในประเทศไทย มีความหนาถึง 8,000 เมตร แบ่งออกเป็นแอ่งย่อย ได้ 3 แอ่ง ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 50,000 ตารางกิโลเมตร (Rodolfo, 1969)





ภาพที่ 2-2 ลักษณะพื้นทะเลอันดามันและส่วนที่ติดต่อกับมหาสมุทรอินเดีย ความลึกแสดงในหน่วยเมตร (Curry, 2005)

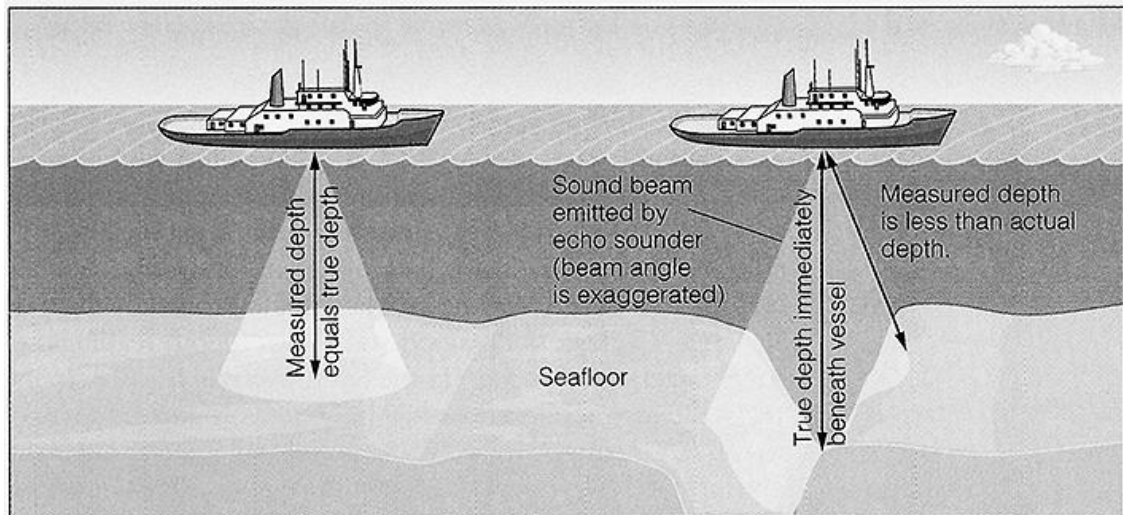


ภาพที่ 2-3 แผนที่โครงสร้างทางธรณีของพื้นที่ลอนดามันและส่วนที่ติดต่อกับพม่าและตอนเหนือของเกาะสุมาตรา (Frerichs, 1971; Rodolfo, 1969a; 1969b)

## 2.2 ข้อมูลความลึก (Bathymetric data)

การสำรวจแผนที่ทะเล (Hydrographic Survey) เป็นการสำรวจเพื่อให้ได้ข้อมูลประกอบการทำแผนที่ มีจุดประสงค์หลักในการหาข้อมูลทางน้ำ ได้แก่ ความลึก ลักษณะของพื้นท้องน้ำ ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำ ระดับความสูงและเวลาการขึ้นลงของน้ำ รวมถึงตำแหน่งของวัตถุและรูปลักษณะต่างๆ บนแผนที่เดินเรือ จึงต้องมีการใช้ข้อมูลที่วัดได้และใช้การบรรยายโดยอ้างถึงข้อมูลที่มีการตรวจวัดได้ ซึ่งเครื่องมือที่สำคัญคือเครื่องมือการหยั่งน้ำด้วยคลื่นสะท้อน (Echo Sounder) เพื่อนำตัวเลขที่ได้มาลงบนแผนที่เดินเรือเป็นความลึก และรวมถึงลงรายละเอียดลักษณะพื้นท้องทะเลแสดงไว้ในแผนที่เดินเรือ แผนที่เดินเรือมีความสำคัญเนื่องจากมีไว้เพื่อช่วยส่งเสริมและก่อให้เกิดความปลอดภัยในการเดินเรืออย่างสูงสุด ด้วยการแสดงความลึก ลักษณะพื้นท้องทะเล ช่องทางการเดินเรือ หินโสโครกที่ตื้น สิ่งกีดขวาง ที่หมายเด่นชัด เครื่องหมายในการเดินเรือ และข้อมูลอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ในการเดินเรือ ด้วยรูปแบบเป็นแผนที่เฉพาะทาง ส่งผลให้แผนที่เดินเรือมีลักษณะพิเศษแตกต่างจากแผนที่ทั่วไปอยู่หลายประการ สาเหตุของแผนที่เดินเรือนี้มีการจัดการดำเนินการตามมาตรฐานให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก ความแตกต่างระหว่างมาตรฐานของแผนที่นี้ขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน การเหลื่อมทับกันระหว่างแผนที่ขณะที่ยังนำมาต่อกันเพื่อความสะดวกในการเดินเรืออย่างต่อเนื่อง จะต้องมีการแก้ไขข้อมูลตามข้อมูลการเปลี่ยนแปลงไปจากประกาศชาวเรือในแต่ละครั้งจะมีการแจ้งการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม เช่น มีการวางทุ่นใหม่ที่บริเวณนั้น (Hydrographic Department, 2014)

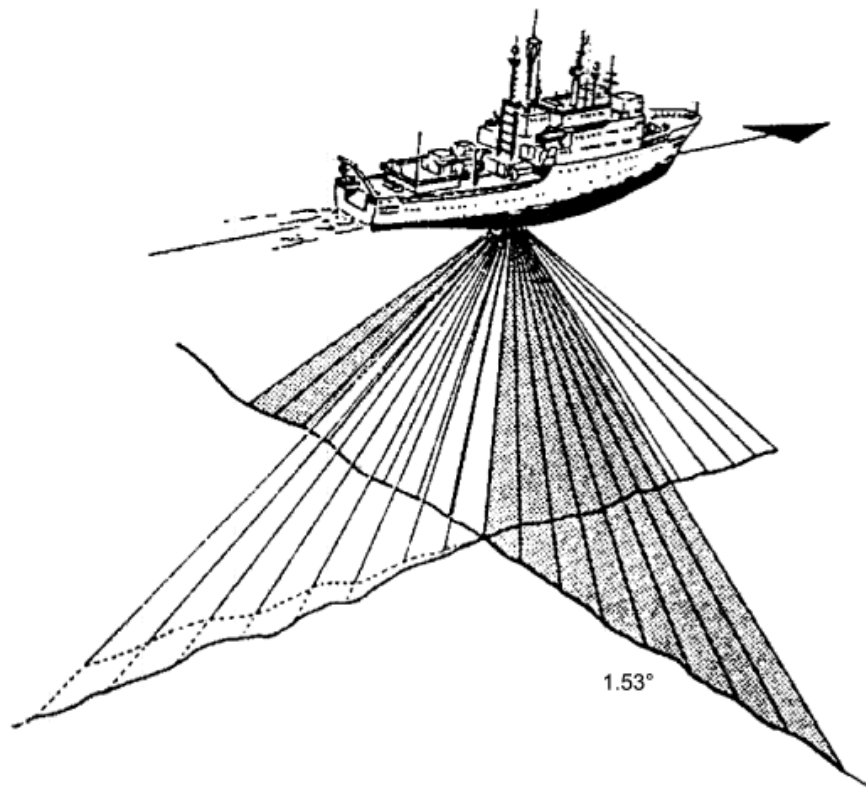
การหยั่งน้ำ (Ship-depth Sounding) เป็นการหยั่งหาความลึกน้ำซึ่งเป็นงานหลักของการสำรวจและสร้างแผนที่เดินเรือ และเป็นงานพื้นฐานที่นักสำรวจจะต้องปฏิบัติก่อนการสร้างแผนที่แต่ละระวาง เพื่อการตรวจวัดให้ได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล (IHO S-44, 1998; 2008) หลักการหาค่าความลึกไม่แตกต่างกับการหาค่าความสูงบนพื้นดิน ซึ่งจะแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ วิธีการหาค่าความลึกโดยตรง ได้แก่ การนำเครื่องมืออุปกรณ์ลงไปวัดระยะตั้งแต่ผิวหน้าน้ำจนถึงพื้นท้องน้ำ เช่น ดิ่งน้ำตื้น (Leadline) และไม้เมตรหยั่งน้ำ (Pole) เป็นต้น และวิธีการหาค่าความลึกโดยทางอ้อม เช่น ดิ่งเครื่องจักร (Sounding Machine) เครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อน (Echo Sounder) หรือดาวเทียมวัดความสูง (Satellite Altimetry) เป็นต้น แผนที่เดินเรือแสดงความลึกน้ำเป็นเมตรหักลงหารระดับน้ำลงต่ำที่สุด เพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือ (Najanks, 2015) การหยั่งน้ำด้วยเครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อน (Echo Sounder) ใช้หลักการวัดเวลาการเดินทางของเสียงสะท้อนในน้ำที่มีการเดินทางไปและกลับมาที่ต้นกำเนิดเสียง และสามารถหาความลึกน้ำได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความลึกน้ำ มีค่าเท่ากับความเร็วเสียงสะท้อนในน้ำคูณกับครึ่งหนึ่งของเวลาเดินทางของเสียงสะท้อนในน้ำ การหยั่งน้ำด้วยเครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อนชนิดลำคลื่นเดียว (Singlebeam echo sounders, SBES) (ภาพที่ 2-4) พัฒนามาจากโซนาร์ทางทหาร นำมาใช้ในงานสำรวจอุทกศาสตร์ตั้งแต่กลางปี ค.ศ. 1900 สำหรับกรมอุทกศาสตร์เริ่มใช้ในปี พ.ศ. 2476 โดยความถี่สูง 200 KHz ใช้หยั่งน้ำในเขตน้ำตื้นที่มีความลึกไม่มากนัก ปัจจุบันกองสำรวจแผนที่ใช้ Singlebeam ที่สามารถนำไปติดตั้งกับเรือขนาดเล็ก เช่น เรือประมง รับจ้าง หรือเรือหลวงที่ต้องการทำการสำรวจพื้นที่ที่มีความลึกแตกต่างกันเหล่านั้น (Najanks, 2015)



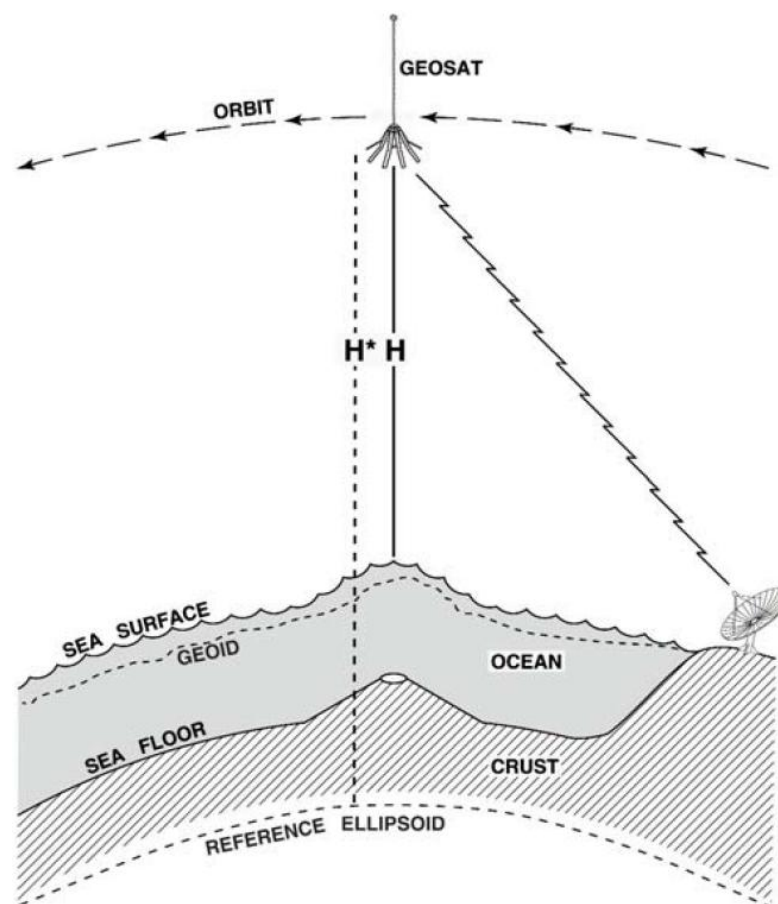
ภาพที่ 2-4 การตรวจวัดความลึกด้วยระบบการหยั่งน้ำด้วยเครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อน

(Garrison, 2004)

การหยั่งน้ำด้วยเครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อนชนิดหลายลำคลื่น (Multibeam echo sounders, MBES) (ภาพที่ 2-5) ปัจจุบันวิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีสำรวจก้าวหน้าขึ้นมากจึงมีการพัฒนาระบบ MBES เพื่อให้ได้ข้อมูลความลึกน้ำ ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดได้ถึงร้อยละ 100 ของพื้นที่สำรวจ ซึ่งความกว้างของป้อมหรือจะเป็นประมาณ 8-10 เท่าของความลึกน้ำ ด้วยมุมกวาดประมาณ 150 องศา ซึ่งระบบ MBES มาช่วยเสริมประสิทธิภาพการกวาดหาวัตถุพื้นท้องทะเลได้ถูกต้องแม่นยำ และครอบคลุมมากขึ้น เป็นไปตามเกณฑ์ชิ้นงานในมาตรฐานการสำรวจอุทกศาสตร์ของ IHO S-44 (Najanks, 2015) การสำรวจด้วยดาวเทียมวัดความสูง (Satellite Altimetry) (ภาพที่ 2-6) การหาข้อมูลความลึกโดยใช้ดาวเทียมสามารถคำนวณได้จากการตรวจวัดความผิดปกติของแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity anomaly) ด้วยดาวเทียมวัดความสูงเทียบกับจีโออยด์ (Geoid) ที่พื้นผิวโลก สิ่งที่ต้องพิจารณาในการใช้ดาวเทียมวัดความลึกของทะเล คือ แรงดึงดูดความสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวน้ำจนถึงพื้นทะเล เนื่องจากแนวแรงโน้มถ่วงของโลกตั้งฉากกับผิวจีโออยด์ทุกที่ ดังนั้นผิวน้ำทะเลตามธรรมชาติจะมีผิวน้ำเป็นไปตามจีโออยด์ ในบริเวณพื้นทะเลที่มีภูเขาสูงจะมีการนูนของผิวทะเลและจีโออยด์ในบริเวณนั้นจะมีทิศทางของระนาบพื้นผิวที่ไม่ตรงกับจุดศูนย์กลางมวลของโลก การสังเกตพื้นทะเลบริเวณที่มีการนูนจากบนเรือสังเกตเห็นได้ยาก แต่เป็นเรื่องง่ายสำหรับดาวเทียมที่หาพื้นที่นูนของพื้นผิวทะเลบริเวณพื้นท้องทะเลที่มีลักษณะไม่ราบเรียบมีทั้งภูเขาใต้ทะเลและเหวลึก ทำให้พื้นน้ำมีลักษณะไม่ราบเรียบตามไปด้วยเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกบริเวณนั้น ซึ่งถ้าหากเป็นภูเขาท้องน้ำจะยกตัวสูงขึ้นมีแรงดึงดูดน้อยกว่าบริเวณที่เป็นเหวที่มีแรงดึงดูดมากกว่า (Sandwell, 1992)



ภาพที่ 2-5 การหยั่งน้ำด้วยเครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อนชนิดหลายลำคลื่น (Beyer *et al*, 2005)



ภาพที่ 2-6 การสำรวจด้วยดาวเทียมวัดความสูง (Satellite Altimetry) (Smith & Sandwell, 2004)

### 2.3 ความน่าเชื่อถือข้อมูลความลึกตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล

บรรณสารพิเศษที่จัดทำขึ้นในบรรณาธิกรครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2511 มีชื่อว่า “มาตรฐานความถูกต้องที่แนะนำสำหรับการสำรวจอุทกศาสตร์” ซึ่งได้จัดพิมพ์ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2511 ในส่วนของการกล่าวนำ ได้ระบุว่า “การสำรวจอุทกศาสตร์ได้มีการแบ่งชั้นงานในการทำการสำรวจเพื่อวัตถุประสงค์ในการประกอบระวางแผนที่เดินเรือที่ใช้สำหรับเรือโดยทั่วไป” มีการแก้ไขที่ผ่านมามีอีก 4 ครั้ง เมื่อปี พ.ศ. 2525, 2530 และ 2541 และฉบับปัจจุบันเป็นฉบับบรรณาธิกรครั้งที่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551 การแก้ไขเพื่อต้องการให้เป็นคู่มือแนะนำที่มีความชัดเจน ในส่วนนี้เกี่ยวข้องกับรูปลักษณะพื้นที่ท้องทะเล และแสดงรายการที่เกี่ยวข้องกับขีดความสามารถของระบบสำหรับการตรวจสอบรูปลักษณะต่างๆ และคุณลักษณะของรูปลักษณะต่างๆ ที่ต้องได้รับการตรวจสอบ และได้กำหนดมาตรฐานขั้นต่ำสำหรับการสำรวจที่กระทำเพื่อจุดมุ่งประสงค์ในเรื่องความปลอดภัยของการเดินเรือผิวน้ำ (Surface Navigation) กำหนดเกณฑ์มาตรฐานของชั้นงานสำรวจเป็น 4 ชั้นงาน (ตารางที่ 2-1) ได้แก่

1) งานชั้นพิเศษ ใกล้เคียงกับมาตรฐานทางวิศวกรรม ใช้กับบริเวณพื้นที่ล่อแหลม ความลึกน้ำได้กระดุกงุน้อยสุด และพื้นที่ท้องทะเลน่าจะเป็นอันตรายต่อเรือ ได้แก่ หน้าท่าจอดเรือ เขตท่าเรือ ร่องน้ำสำคัญ มีความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดน้อยที่สุด ใช้เครื่องมือความละเอียดสูงสุด เช่น เครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อนแบบหลายลำคลื่น (Multibeam Echosounder) โซนาร์กวาดทางข้าง (Side Scan Sonar) ค่าความถูกต้องในแนวราบที่เชื่อมั่นได้ร้อยละ 95 (Maximum allowable Total Horizontal Uncertainty, THU 95% confidence level) ไม่มากกว่า 2 เมตร ค่าความถูกต้องในแนวลึกที่เชื่อมั่นได้ร้อยละ 95 (Maximum allowable Total Vertical Uncertainty, TVU 95% confidence level) คำนวณได้ตามสมการที่ 1 เมื่อ a มีค่าเท่ากับ 0.25 เมตร b มีค่าเท่ากับ 0.0075 และ d คือความลึกน้ำในหน่วยเมตร และต้องตรวจพบวัตถุขนาดใหญ่ตั้งแต่ 1 เมตรได้ พื้นที่หยั่งน้ำเท่ากับร้อยละ 100 ของพื้นที่ทั้งหมด

$$\pm\sqrt{a^2+(b \times d)^2} \quad \text{สมการที่ 1}$$

2) งานชั้น 1a สำหรับ ท่าเรือ ร่องน้ำ ทางเข้าท่าเรือ เส้นทางสำคัญ พื้นที่ใกล้ฝั่งที่มีการจราจรหนาแน่น ความลึกน้ำได้กระดุกงุน้อยสุด พื้นที่ท้องทะเลมีอันตรายน้อย พื้นที่ที่มีความลึกน้ำน้อยกว่า 100 เมตร ค่า THU 95% confidence level ไม่มากกว่า 5 เมตร+ร้อยละ 5 ของความลึกน้ำ ค่า TVU 95% confidence level คำนวณได้ตามสมการที่ 1 เมื่อ a มีค่าเท่ากับ 0.5 เมตร b มีค่าเท่ากับ 0.013 และ d คือความลึกน้ำในหน่วยเมตร พื้นที่ที่น่าจะมีสิ่งกีดขวาง ต้องตรวจพบวัตถุที่มีขนาดตั้งแต่ 2 เมตร ไปจนถึงความลึกน้ำที่ 40 เมตร ความลึกน้ำมากกว่า 40 เมตร ต้องตรวจพบวัตถุขนาดใหญ่กว่าร้อยละ 10 ของความลึกน้ำ พื้นที่หยั่งน้ำร้อยละ 100 ของพื้นที่ทั้งหมด

3) งานชั้น 1b พื้นที่ที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ของงานชั้นพิเศษ และงานชั้น 1a ความลึกน้ำน้อยกว่า 100 เมตร ค่า THU 95% confidence level ไม่มากกว่า 5 เมตร+ร้อยละ 5 ของความลึกน้ำ ค่า TVU 95% confidence level คำนวณได้ตามสมการที่ 1 เมื่อ a มีค่าเท่ากับ 0.5 เมตร b มีค่าเท่ากับ 0.013 และ d คือความลึกน้ำในหน่วยเมตร แน่ใจว่าไม่มีสิ่งกีดขวางบนพื้นที่ท้องทะเลที่เป็นอันตรายแก่เรือที่จะผ่าน

กำหนดระยะห่างของแนวหยั่งน้ำเป็น 3 เท่าของความลึกน้ำเฉลี่ย หรือ 25 เมตร (เลือกอย่างใดมากกว่า) และ

4) งานชั้น 2 พื้นที่ที่ไม่อยู่ในงานชั้นพิเศษ งานชั้น 1 และงานชั้น 1b ที่มีความลึกน้ำมากกว่า 100 เมตร ค่า THU 95% confidence level ไม่มากกว่า 20 เมตร+ร้อยละ 10 ของความลึกน้ำ ค่า TVU 95% confidence level คำนวณได้ตามสมการที่ 1 เมื่อ a มีค่าเท่ากับ 1.0 เมตร b มีค่าเท่ากับ 0.023 และ d คือความลึกน้ำในหน่วยเมตร ไม่จำเป็นต้องตรวจพื้นที่ท้องทะเล กำหนดระยะห่างของแนวหยั่งน้ำเป็น 4 เท่าของความลึกเฉลี่ย

**ตารางที่ 2-1** มาตรฐานน้อยที่สุดสำหรับการสำรวจแผนที่ (IHO S-22, 2008; Najanks, 2015)

ชั้นงาน	พิเศษ	1a	1b	2
พื้นที่	ท่าเรือ พื้นที่จอด ร่องน้ำสำคัญ	ท่าเรือ ร่องน้ำทางเข้า ท่าเรือ พื้นที่ชายฝั่ง ความลึกน้อยกว่า 100 เมตร	พื้นที่ที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ของ งานชั้นพิเศษ และงาน ชั้น 1 ความลึกน้อยกว่า 100 เมตร	พื้นที่ห่างฝั่ง ไม่อยู่ใน เกณฑ์ของงานชั้น พิเศษ งานชั้น 1 และ 1b ความลึกมากกว่า 100 เมตร
ความถูกต้องใน แนวราบที่เชื่อมั่น ได้ร้อยละ 95	2 เมตร	5 เมตร + 5% ของ ความลึก	5 เมตร + 5% ของ ความลึก	20 เมตร + 10% ของ ความลึก
ความถูกต้องใน แนวตั้งที่เชื่อมั่น ได้ร้อยละ 95	a = 0.25 เมตร b = 0.0075	a = 0.5 เมตร b = 0.013	a = 0.5 เมตร b = 0.013	a = 1.0 เมตร b = 0.023
การตรวจพื้นที่ ทะเล	บังคับ	บังคับ	อาจทำในบางพื้นที่	ไม่จำเป็น
ระบบตรวจสอบ	วัตถุทรงขนาดใหญ่ กว่า 1 เมตร	วัตถุทรงขนาดใหญ่ กว่า 2 เมตรความลึกถึง 40 เมตร (10 % ของความลึก กว่า 40 เมตร)	ไม่จำเป็น	ไม่จำเป็น

กองสำรวจแผนที่ไม่เห็นด้วยกับการกำหนดระยะห่างระหว่างแนวหยั่งน้ำของงานชั้น 1b และงานชั้น 2 ที่กำหนดให้ใช้ความลึกเฉลี่ย  $\times 3$  หรือ 25 เมตรแล้วแต่ว่าอันใดจะมากกว่า โดยมีเหตุผลว่า อ่าวไทยและทะเลอันดามันส่วนใหญ่มีน้ำตื้น การกำหนดระยะห่างดังกล่าวจะทำให้การสำรวจแผนที่แต่ละระวางใช้เวลาและงบประมาณมากขึ้นหลายเท่า ส่งผลต่อวงรอบการสำรวจแผนที่ ดังนั้นการกำหนดมาตราส่วนสำรวจและระยะห่างแนวหยั่งน้ำยังคงยึดถือปฏิบัติตามระเบียบกรมอุทกศาสตร์ว่าด้วยแผนที่สำรวจและหลักฐานการสำรวจ ปี พ.ศ. 2537 และคู่มือการสร้างแผนที่เดินเรือของกองสร้างแผนที่ และปฏิบัติตามมาตรฐาน IHO S-44 บรรณานุกรมครั้งที่ 3 ซึ่งปฏิบัติ ดังนี้ การลงเลขน้ำในแผนที่สำรวจมีระยะห่าง 0.5-1 เซนติเมตร ในเขตที่มีความลึกน้ำต่ำกว่า 10 เมตร และห่าง 1 เซนติเมตร ในเขตน้ำลึก 10 เมตร ขึ้นไป และตัวอย่างแนวหยั่งน้ำของแผนที่มาตราส่วน 1:10,000 แนวหยั่งน้ำจะห่างกัน 50 เมตร ในเขตน้ำตื้นและห่างกัน 100 เมตร ในเขตน้ำลึก ปัจจุบันเรื่องการกำหนดระยะห่างของแนวหยั่งน้ำเป็นเรื่องที่นักสำรวจกักแถมพอสมควรว่าควรปฏิบัติอย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด เพราะนอกจากมีข้อพิจารณาเรื่องความหนาแน่นของเลขน้ำที่ต้องปรากฏบนแผนที่สำรวจแล้ว ยังมีปัจจัยของเรื่องงบประมาณค่าใช้จ่ายที่แปรผันตามความถี่ของแนวหยั่งน้ำ ซึ่งมีข้อเท็จจริงว่าการหยั่งน้ำโดยมีระยะห่างของแนวหยั่งน้ำที่มีความถี่เป็น 2 เท่าของมาตราส่วนของแผนที่เดินเรือตามที่ยึดถือปฏิบัติกันมานั้น ในขั้นตอนการคัดเลือกเลขน้ำลงในแผนที่เดินเรือจะคัดเอาเลขน้ำไว้ประมาณร้อยละ 40-50 ของเลขน้ำทั้งหมดที่หยั่งมาได้ ส่วนเลขน้ำที่ถูกคัดทิ้งไปนั้นหมายถึงเสียงบประมาณค่าใช้จ่ายในการสำรวจไปโดยเปล่าประโยชน์ จึงมีแนวความคิดว่าควรสำรวจที่มาตราส่วนเดียวกันกับมาตราส่วนที่จะใช้สร้างแผนที่เดินเรือ ในพื้นที่ที่พิจารณาเห็นว่ามีความจำเป็นในการเดินเรื่อน้อย และไม่ปรากฏอันตรายใดต่อการเดินเรือมาก่อน เช่น พื้นที่ชั้นงาน 1b และ 2 ประกอบกับความละเอียดถูกต้องของเครื่องมือสำรวจในปัจจุบันนั้นสูงมาก ทำให้ได้ตำบลที่และความลึกที่ถูกต้องแม่นยำ และการหาสิ่งอันตรายใต้น้ำจะใช้ระบบมัลติบีมค้นหาในพื้นที่ที่เป็นข้อกำหนดตามเกณฑ์ชั้นงานพิเศษและชั้น 1a เท่านั้น สำหรับพื้นที่ 1b อาจจะตรวจสอบในบางพื้นที่ที่ได้รับรายงานการพบวัตถุใต้น้ำที่อาจกีดขวางการเดินเรือ แต่ทั้งนี้ยังมีข้อกังวลในการปฏิบัติอยู่บ้าง ดังนั้นหากมีข้อจำกัดในด้านงบประมาณ ก็จะเลือกวิธีการใช้แนวหยั่งน้ำเป็น 2 เท่าของมาตราส่วนแผนที่ ในบริเวณความลึกน้ำต่ำกว่า 10 เมตรลงไป ส่วนบริเวณลึกกว่า 10 เมตรขึ้นไปจะกำหนดแนวหยั่งน้ำเท่ากับมาตราส่วนแผนที่ (Najanks, 2015)

การแบ่งเขตน่านน้ำไทยตามชั้นงาน โดยบริเวณฝั่งอ่าวไทย มีความลึกน้ำไม่เกิน 85 เมตร พื้นที่ที่จะต้องหยั่งน้ำด้วยงานชั้นพิเศษ จำนวน 10,190 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่จะต้องหยั่งน้ำด้วยงานชั้น 1a จำนวน 73,257 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่จะต้องหยั่งน้ำด้วยงานชั้น 1b จำนวน 118,197 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่จะต้องหยั่งน้ำด้วยงานชั้น 2 ไม่มี และบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน พื้นที่ที่จะต้องหยั่งน้ำด้วยงานชั้นพิเศษ จำนวน 5,000 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่จะต้องหยั่งน้ำด้วยงานชั้น 1a จำนวน 31,573 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่จะต้องหยั่งน้ำด้วยงานชั้น 1b จำนวน 13,604 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่จะต้องหยั่งน้ำด้วยงานชั้น 2 จำนวน 62,324 ตารางกิโลเมตร (Najanks, 2015)



## 2.4 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและปรับแก้ความถูกต้อง

ปรับค่าระบบพิกัดแผนที่เดินเรือจาก Indian Datum 1975 (InD75) เป็นระบบพิกัดสากล World Geodetic System 1984 (WGS84) ด้วยค่าแก้ค่าบัลที่ที่รับจากดาวเทียมที่แสดงในแต่ละระวางแผนที่ อ่านข้อมูลความลึกเชิงตัวเลขจากแผนที่เดินเรือ (Digitized Navigation Charts, DNC) และปรับค่าความลึกแผนที่เดินเรือที่อ่านได้จากการหยั่งน้ำในหน่วยเมตรหักลงหาระดับน้ำทะเลต่ำที่สุด (the Lowest Low Water, L' LW) ให้แสดงในหน่วยเมตรเทียบกับระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL) ด้วยค่าระดับทะเลปานกลางเหนือเส้นเกณฑ์ (MSL above datum) ที่แสดงไว้ในแต่ละระวางแผนที่เช่นเดียวกัน เพื่อให้ข้อมูล DNC สามารถใช้เปรียบเทียบได้กับข้อมูล GEBCO30 ได้ ทำการแปลงข้อมูล DNC ที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่แบบกริด (Grid data) ที่มีความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเล ตรวจสอบความคลาดเคลื่อน (Discrepancy) ของข้อมูลความลึกของ GEBCO30 โดยการหักลบข้อมูลความลึกที่ได้จากแผนที่เดินเรือแต่ละกริดด้วยข้อมูลความลึก GEBCO30 แต่ละกริดแบบเมตริกซ์ ปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึก GEBCO30 เชิงพื้นที่โดยการหักลบด้วยความคลาดเคลื่อนข้อมูล GEBCO30 เชิงพื้นที่ แล้วตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล IHO S-44 (2008) โดยกำหนดไว้ว่าข้อมูลที่สามารถยอมรับได้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% confidence level) บริเวณอ่าวไทย พื้นที่ประมาณร้อยละ 94.95 ของพื้นที่อ่าวไทยทั้งหมด เป็นพื้นที่ชั้นงาน 1a พื้นที่ชายฝั่งความลึกน้อยกว่า 100 เมตร และชั้นงาน 1b พื้นที่ที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ของงานชั้นพิเศษ และงานชั้น 1 ความลึกน้อยกว่า 100 เมตร ควรมีความ THU 95% confidence level ไม่มากกว่า 5 เมตร+ร้อยละ 5 ของความลึกน้ำ และค่า TVU 95% confidence level คำนวณได้ตามสมการที่ 1 เมื่อ a มีค่าเท่ากับ 0.5 เมตร b มีค่าเท่ากับ 0.013 และ d คือความลึกน้ำในหน่วยเมตร ซึ่งบริเวณฝั่งอ่าวไทย มีความลึกน้ำไม่เกิน 85 เมตร จึงควรมี THU 95% confidence level ไม่มากกว่า 9.25 เมตร และ TVU 95% confidence level ระหว่าง  $\pm 1.22$  เมตร และบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย พบพื้นที่ชั้นงานพิเศษร้อยละ 4.44 พื้นที่ชั้นงาน 1a ร้อยละ 28.06 พื้นที่ชั้นงาน 1b ร้อยละ 12.09 รวมทั้งหมดร้อยละ 44.60 ของพื้นที่ทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย และพบชั้นงาน 2 ร้อยละ 55.40 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังนั้นหากต้องการข้อมูลที่มีคุณภาพสูง จึงควรมีค่า THU 95% confidence level ไม่มากกว่า 20 เมตร+ร้อยละ 10 ของความลึกน้ำ และค่า TVU 95% confidence level คำนวณได้ตามสมการที่ 1 เมื่อ a มีค่าเท่ากับ 1.0 เมตร b มีค่าเท่ากับ 0.023 และ d คือความลึกน้ำในหน่วยเมตร เช่นเดียวกับพื้นที่อ่าวไทย ซึ่งบริเวณที่ศึกษาในทะเลอันดามัน มีความลึกน้ำไม่เกิน 242 เมตร จึงควรมี THU 95% confidence level ไม่มากกว่า 44.2 เมตร และ TVU 95% confidence level ระหว่าง  $\pm 5.66$  เมตร (IHO S-22, 2008; Najanks, 2015)

### บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

#### 3.1 พื้นที่ศึกษาและแผนที่เดินเรือที่ใช้ในการศึกษา

พื้นที่ศึกษาในอ่าวไทยถูกแบ่งตามแผนที่ซึ่งมีมาตราส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาในอ่าวไทยจำนวน 6 พื้นที่ (ตารางที่ 3-1 และภาพที่ 3-1) ได้แก่ area A) อ่าวไทยฝั่งตะวันออก-เกาะจวงถึงเกาะกง area B) อ่าวไทยตอนบนและอ่าวไทยฝั่งตะวันตก-ประจวบคีรีขันธ์ถึงเกาะจวง area C) อ่าวไทยฝั่งตะวันตก-หลังสวนถึงประจวบคีรีขันธ์ area D) อ่าวไทยฝั่งตะวันตก-แหลมคอกวางถึงหลังสวน area E) อ่าวไทยฝั่งตะวันตก-สงขลาถึงแหลมคอกวาง และ area F) อ่าวไทยฝั่งตะวันตก-สงขลาถึงกลันตัน รวมจำนวนแผนที่เดินเรือบริเวณอ่าวไทยที่ใช้ในการศึกษานี้มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 55 ระวัง และพื้นที่ศึกษาบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย แบ่งเป็นพื้นที่ศึกษาจำนวนทั้งสิ้น 3 พื้นที่ (ตารางที่ 3-2 และภาพที่ 3-2) ได้แก่ area A) ทะเลอันดามันบริเวณพังงาถึงระนอง area B) ฝั่งตะวันตกของแหลมมลายูบริเวณภูเก็ตถึงกันตัง และ area C) ฝั่งตะวันตกของแหลมมลายูบริเวณเกาะราวีถึงสตูล รวมจำนวนแผนที่เดินเรือบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทยที่ใช้ในการศึกษานี้มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 20 ระวัง (Hydrographic Department, 2014)

**ตารางที่ 3-1** ระวังแผนที่ พื้นที่และมาตราส่วน ครั้งที่ปรับปรุงข้อมูลและปีที่เผยแพร่แผนที่เดินเรือ  
กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ที่ใช้ในการวิจัยบริเวณอ่าวไทย (Hydrographic Department, 2014)

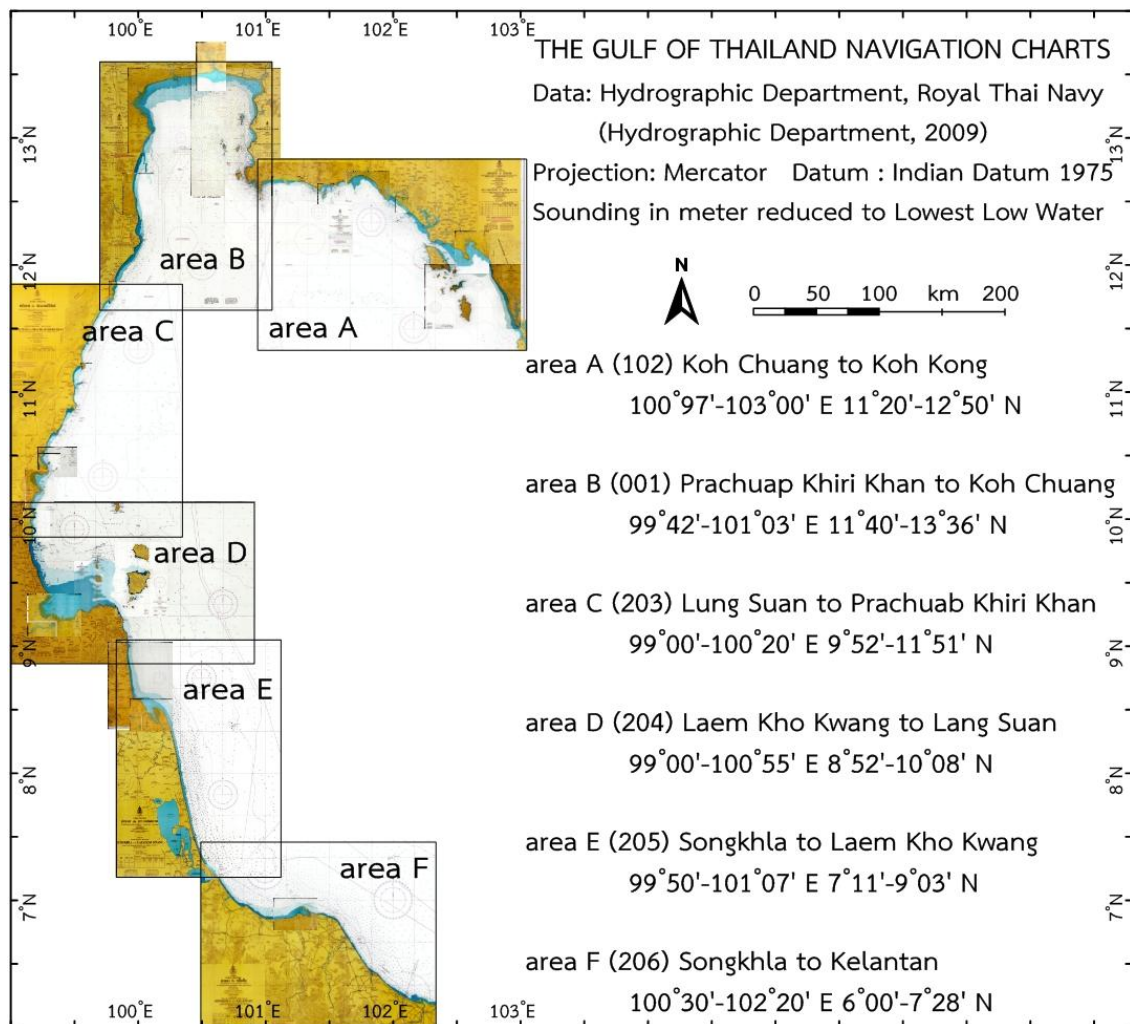
Chart No.	Chart title in the Gulf of Thailand : area A	Datum	Scale	Last edition
157	Maptaphut Industrial Port	WGS84	1:12,000	4 <sup>th</sup> May, 2013
170	Thai Petrochemical Industry Port	WGS84	1:12,000	1 <sup>st</sup> Jun, 2006
149	Entrance to Mae Nam Chanthaburi	InD75	1:15,000	3 <sup>rd</sup> Jul, 2004
116	Ko Samet	WGS84	1:20,000	10 <sup>th</sup> Sep, 2015
163	Mab Ta Phut Industrial Port and Approaches	WGS84	1:22,000	2 <sup>nd</sup> Feb, 2014
169	Entrance to Thai Petrochemical Industry Port	WGS84	1:22,000	2 <sup>nd</sup> Jan, 2008
119	Mae Nam Wen and Entrance	InD75	1:35,000	5 <sup>th</sup> Apr, 1998
117	Laem Thorapim to Ko Saba	InD75	1:40,000	6 <sup>th</sup> Sep, 2006
120	Chong Ko Chang	WGS84	1:50,000	13 <sup>th</sup> Mar, 2017
121	Ao Trat	WGS84	1:50,000	9 <sup>th</sup> Sep, 2015
118	Ko Saba to Ko Chik Nok	InD75	1:60,000	8 <sup>th</sup> Jan, 2009
151	Ko Chang to Ko Yor	InD75	1:90,000	4 <sup>th</sup> Aug, 2007
141	Laem Thorapim to Ko Khram	InD75	1:120,000	15 <sup>th</sup> Aug, 2015
102	Ko Chuang to Koh Kong	InD75	1:240,000	19 <sup>th</sup> Mar, 2007

**ตารางที่ 3-1 (ต่อ)**

Chart No.	Chart title in the Gulf of Thailand : area B	Datum	Scale	Last edition
115A	Sattahip Commercial Port (Chuk Samet Harbour)	WGS84	1:8,000	6 <sup>th</sup> Jan, 2014
137	Sri Racha Ao Udom to Bang Phra	WGS84	1:12,000	9 <sup>th</sup> Mar, 2013
147A	Ao Pattaya	WGS84	1:12,000	2 <sup>nd</sup> Feb, 2012
156	Laem Chabang Port	WGS84	1:12,000	5 <sup>th</sup> Feb, 2015
114	Koh Sichang Harbour	WGS84	1:15,000	17 <sup>th</sup> Mar, 2013
112A	Pak Mae Nam Chao Phraya	WGS84	1:22,000	2 <sup>nd</sup> Jul, 2010
113	Entrance to Mae Nam Bang Pakong	WGS84	1:22,000	8 <sup>th</sup> Feb, 2014
147	Ko Lan to Laem Phattaya	WGS84	1:22,000	8 <sup>th</sup> May, 2009
159	Bang Phra to Ang Sila	WGS84	1:22,000	2 <sup>nd</sup> Dec, 2012
164	Sri Racha and Approaches	WGS84	1:22,000	3 <sup>rd</sup> Mar, 2019
171	Ko Phai to Ko Lan	WGS84	1:22,000	2 <sup>nd</sup> Feb, 2011
222	Entrance to Mae Nam Tha Chin	InD75	1:25,000	8 <sup>th</sup> May, 2004
223	Entrance to Mae Nam Mae Klong	InD75	1:25,000	7 <sup>th</sup> Jul, 2005
115	Ao Sattahip and Approaches	WGS84	1:40,000	14 <sup>th</sup> May, 2016
246	Hua Hin	WGS84	1:40,000	7 <sup>th</sup> Mar 2017
112	Entrance to Mae Nam Chao Phraya	WGS84	1:45,000	23 <sup>rd</sup> Dec, 2018
248	Hat Chao Samran to Samut Sakhon	InD75	1:80,000	6 <sup>th</sup> Nov, 2012
142	Pak Nam Chao Phraya to Ko Raet	WGS84	1:120,000	10 <sup>th</sup> Dec, 2016
001	Gulf of Thailand, Prachuap Khiri Khan to Ko Chuang	InD75	1:240,000	20 <sup>th</sup> Oct, 2014
Chart No.	Chart title in the Gulf of Thailand : area C	Datum	Scale	Last edition
224	Prachuap Khiri Khan	WGS84	1:20,000	8 <sup>th</sup> May, 2019
260	Prachuab Port	WGS84	1:12,000	2 <sup>nd</sup> Jul, 2011
265	Ko Tao	WGS84	1:12,000	1 <sup>st</sup> Dec, 2010
225	Ao Chumphon	InD75	1:20,000	10 <sup>th</sup> Feb, 2012
239	Ao Sawi and Approaches	InD75	1:40,000	5 <sup>th</sup> Jun, 2008
255	Ao Chumporn to Ko Ngam Yai	InD75	1:40,000	3 <sup>rd</sup> Mar, 2005
203	Lung Suan to Prachuab Khiri Khan	InD75	1:240,000	17 <sup>th</sup> Nov, 2011
Chart No.	Chart title in the Gulf of Thailand : area D	Datum	Scale	Last edition
273	Ang Thong Island Ko Wua Ta Lap to Ko Thai Phlao	WGS84	1:12,000	1 <sup>st</sup> Jul, 2012
226	Lung Suan and Approaches	InD75	1:30,000	11 <sup>th</sup> Oct, 2011
272	Ko Chueak to Ko Tungku	WGS84	1:45,000	1 <sup>st</sup> Mar, 2013
227	Ao Ban Don	InD75	1:50,000	8 <sup>th</sup> Sep, 2002
243	Chong Samui to Ko Pha-ngan	WGS84	1:70,000	9 <sup>th</sup> Oct, 2018
261	Laem Khung Mo to Ko Samui	InD75	1:70,000	2 <sup>nd</sup> Dec, 2007
204	Laem Kho Kwang to Lang Suan	InD75	1:240,000	16 <sup>th</sup> Jan, 2015
Chart No.	Chart title in the Gulf of Thailand : area E	Datum	Scale	Last edition
228	Ao Nakhon Si Thammarat	InD75	1:40,000	3 <sup>rd</sup> Jun, 2008
244	Pak Panang to Laem Kho Kwang	InD75	1:80,000	7 <sup>th</sup> May, 2009
205	Songkhla to Laem Kho Kwang	InD75	1:240,000	9 <sup>th</sup> May, 2013

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

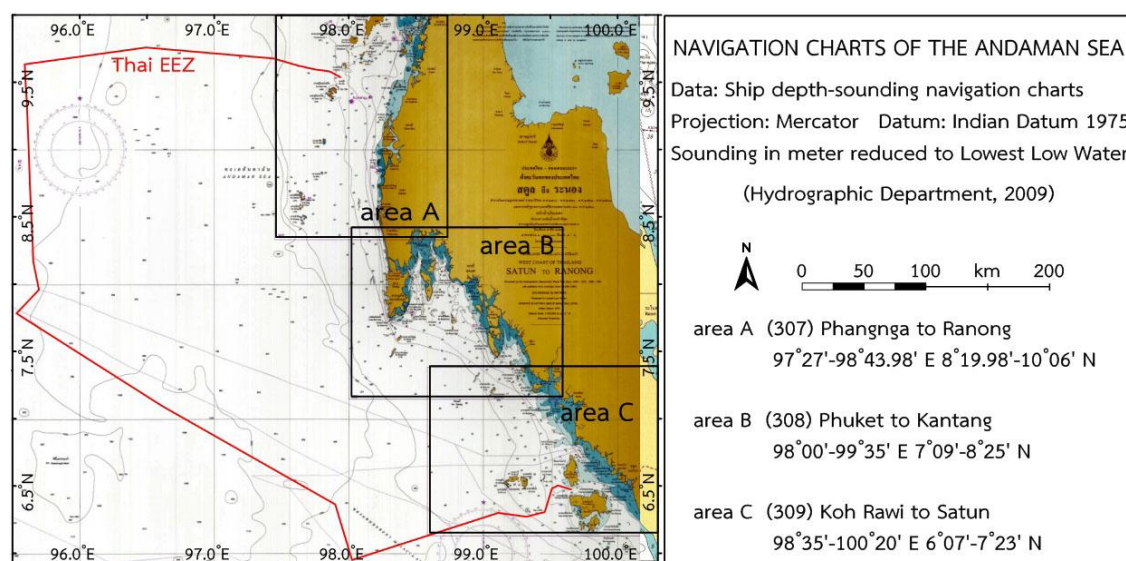
Chart No.	Chart title in the Gulf of Thailand : area F	Datum	Scale	Last edition
229A	Songkhla Harbour	WGS84	1:12,000	2 <sup>nd</sup> Nov, 2013
230	Ao Pattani	Ind75	1:40,000	7 <sup>th</sup> Dec, 1997
229	Entrance to Songkhla Harbour	WGS84	1:45,000	8 <sup>th</sup> Nov, 2013
206	Songkhla to Kelantan	Ind75	1:240,000	13 <sup>th</sup> Nov, 2002
045	Krungthep to Singapore	Ind75	1:1,850,000	7 <sup>th</sup> Sep, 2003



ภาพที่ 3-1 แผนที่เดินเรือบริเวณอ่าวไทยที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 3-2 ระวางแผนที่ พื้นที่และมาตราส่วน ครั้งที่ปรับปรุงข้อมูลและปีที่เผยแพร่แผนที่เดินเรือ  
กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ที่ใช้ในการวิจัยบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย  
(Hydrographic Department, 2014)

Chart No.	Chart title in the Andaman Sea : area A	Datum	Scale	Last edition
374	Entrance to Ranong Port	WGS84	1:12,000	1 <sup>st</sup> Nov, 2011
307A	Surin Islands	InD75	1:20,000	4 <sup>th</sup> May, 2012
307B	Similan Islands	InD75	1:40,000	3 <sup>rd</sup> Apr, 2001
331	Entrance to Ranong	InD75	1:40,000	5 <sup>th</sup> Dec, 2012
332	Ko Phra Thong	WGS84	1:45,000	6 <sup>th</sup> Aug, 2013
353	Ban Thai Muang to Chong Pak Ko	WGS84	1:45,000	4 <sup>th</sup> Jul, 2008
352	Ko Khai Yai to Ko Phayam	InD75	1:60,000	4 <sup>th</sup> Mar, 2011
307	Phang-nga to Ranong	InD75	1:200,000	5 <sup>th</sup> Jul, 2010
Chart No.	Chart title in the Andaman Sea : area B	Datum	Scale	Last edition
335A	Ao Man and Approaches	WGS84	1:8,000	7 <sup>th</sup> Sep, 2006
358	Ao Patong	WGS84	1:10,000	2 <sup>nd</sup> Aug, 2006
335	Phuket Harbour	WGS84	1:22,000	12 <sup>th</sup> Jan, 2008
333	Ao Phang-nga	WGS84	1:45,000	7 <sup>th</sup> May, 2010
340	Entrance to Krabi Laem Hang Nak to Ko Pu	WGS84	1:45,000	8 <sup>th</sup> Mar, 2012
334	Phuket Harbour and Approaches	InD75	1:50,000	4 <sup>th</sup> Jan, 2013
308	Phuket to Kantang	InD75	1:200,000	13 <sup>th</sup> Aug, 2015
Chart No.	Chart title in the Andaman Sea : area C	Datum	Scale	Last edition
336	Entrance to Kantang	WGS84	35,000	11 <sup>th</sup> Jan, 2014
350	Ko Tarutao to Satun	InD75	80,000	6 <sup>th</sup> May, 2011
354	Ko Rang Nok to Kantang	WGS84	80,000	4 <sup>th</sup> Dec 2015
309	Ko Rawi to Satun	InD75	200,000	8 <sup>th</sup> May, 2008
362	Satun to Ranong	InD75	700,000	2 <sup>nd</sup> Jul, 2008



ภาพที่ 3-2 แผนที่เดินเรือบริเวณอันดามันในเขตประเทศไทยที่ใช้ในการวิจัย

### 3.2 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและการปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึก

นำแผนที่เดินเรือทุกระวางในแต่ละพื้นที่ศึกษาเข้าโปรแกรม Surfer 7.0 โดยปรับระบบพิกัด Indian Datum 1975 (InD75) เป็นระบบ World Geodetic System 1984 (WGS84) ด้วยค่าแก้ค่าบดที่ที่รับจากดาวเทียมที่แสดงไว้ในแต่ละระวางแผนที่เดินเรือ แล้วอ่านค่าลงจุด ละติจูด และค่าความลึกจากแผนที่เดินเรือ (Digitized Navigation Charts, DNC) คุณภาพ 0.5 ไมล์ทะเล ข้อมูลความลึกของแผนที่เดินเรือแสดงในหน่วยเมตรที่กลางระดับน้ำลงต่ำที่สุด (the Lowest Low Water, L' LW) ปรับค่าความลึกที่อ่านได้เทียบกับระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL) ด้วยค่าเฉลี่ยระดับทะเลปานกลางเหนือเส้นแวงที่แสดงไว้ในแผนที่เดินเรือแต่ละระวาง อ่านข้อมูล GEBCO30 (The GEBCO\_2014 Grid, 2015) แต่ละพื้นที่ศึกษาด้วยชุดคำสั่งที่เขียนด้วยโปรแกรม the Generic Mapping Tools (Wessel & Smith, 1998) แล้วปรับแก้ข้อมูลที่อ่านได้โดยกำหนดให้กริดที่พื้นดินมีค่าความลึกเป็นศูนย์และกริดที่พื้นน้ำมีค่าความลึกเป็นค่าลบ เช่นเดียวกับข้อมูล DNC

ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกเชิงพื้นที่ และปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึกในแนวราบที่เชื่อมั่นได้ร้อยละ 95 (Maximum allowable Total Horizontal Uncertainty, THU 95% confidence level) ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกตามแนวตั้ง และปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึกตามแนวตั้งที่เชื่อมั่นได้ร้อยละ 95 (Maximum allowable Total Vertical Uncertainty, TVU 95% confidence level) คำนวณได้ตามสมการที่ 1 ในอ่าวไทยและทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย เมื่อ a มีค่าเท่ากับ 0.5 เมตร b มีค่าเท่ากับ 0.013 และ d คือความลึกน้ำในหน่วยเมตร ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) และคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) ตามมาตรฐานข้อมูลความลึกคุณภาพสูง ค่า  $SD \leq 1\%$  of water depth

การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนความลึก (Discrepant depth) เชิงพื้นที่ ข้อมูล GEBCO30 ในแต่ละพื้นที่ศึกษา  $(x_i y_j)_{Discrepant\ depth\ (m)}$  ทำโดยแปลงข้อมูลเชิงตัวเลข (Numerical data) DNC และ GEBCO30 เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่แบบกริด (Grid data) แล้วลบข้อมูล DNC เชิงพื้นที่  $(x_i y_j)_{DNC}$  ด้วยข้อมูล GEBCO30 เชิงพื้นที่  $(x_i y_j)_{GEBCO30}$  แบบเมตริกซ์ ตามสมการที่ 2 แล้วตรวจสอบค่า THU 95% confidence level ที่มีค่า  $\leq 5$  เมตร+ร้อยละ 5 ของความลึกน้ำ การปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 (Corrected GEBCO30) เชิงพื้นที่  $(x_i y_j)_{Corrected\ GEBCO30}$  ทำโดยหักลบข้อมูล  $(x_i y_j)_{GEBCO30}$  ด้วย  $(x_i y_j)_{Discrepant\ depth\ (m)}$  แบบเมตริกซ์ ตามสมการที่ 3 แล้วตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูลและปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึก Corrected GEBCO30 อีกครั้ง ตามสมการที่ 4 และ 5 และตรวจสอบค่า TVU 95% confidence level ตามสมการที่ 6 (IHO S-44, 2008) เมื่อความลึกของน้ำมีค่าน้อยกว่า 100 เมตร กำหนดให้ a คือค่าสัดส่วนคงที่ของความคลาดเคลื่อนที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามความลึก (มีค่า 0.5), b คือสัมประสิทธิ์แสดงค่าความคลาดเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตามความลึก (มีค่า 0.013), d คือความลึกในหน่วยเมตร และค่า  $b \times d$  แสดงค่าสัดส่วนคงที่ของความคลาดเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตามความลึก มาตรฐานอุทกศาสตร์สากล (IHO S-44, 2008) กำหนดว่าเมื่อข้อมูลความลึกมีค่าน้อยกว่า 100 เมตร ข้อมูลที่ยอมรับได้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% confidence level) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

รวมข้อมูลความลึกในทุกพื้นที่ศึกษากับข้อมูล GEBCO30 ในอ่าวไทย ตรวจสอบความน่าเชื่อถือและร้อยละของข้อมูลมากที่สุดที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) และข้อมูลความลึกที่ตรวจวัดด้วยเครื่องมือหยั่งความลึกชนิดใช้คลื่นเสียงสะท้อน (Echo sounder) ที่ยอมรับได้พบว่าข้อมูล

มีความน่าเชื่อถือเมื่อมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าร้อยละ 1 ของความลึกน้ำ ( $SD \leq 1\%$  of water depth) (Beyer *et al.*, 2003; 2005) และซ้อนทับกับข้อมูลคุณภาพสูงที่เคยมีการศึกษาไว้

$$(x_i y_j)_{Discrepant\ depth\ (m)} = (x_i y_j)_{DNC} - (x_i y_j)_{GEBCO30} \quad \text{สมการที่ 2}$$

$$(x_i y_j)_{GEBCO30} - (x_i y_j)_{Discrepant\ depth\ (m)} = (x_i y_j)_{Corrected\ GEBCO30} \quad \text{สมการที่ 3}$$

$$(x_i y_j)_{Discrepant\ depth\ (m)} = (x_i y_j)_{DNC} - (x_i y_j)_{Corrected\ GEBCO30} \quad \text{สมการที่ 4}$$

$$(x_i y_j)_{Corrected\ GEBCO30} - (x_i y_j)_{Discrepant\ depth\ (m)} = (x_i y_j)_{Corrected\ GEBCO30} \quad \text{สมการที่ 5}$$

$$(x_i y_j)_{TVU\ (m)} = \pm \sqrt{a^2 + (b \times d_{(x_i y_j)})^2} \quad \text{สมการที่ 6}$$

แสดงค่า THU และ Corrected GEBCO30 ด้วยภาพสีผสม (Color-code map) เส้นโครงแผนที่แบบ เมอเคเตอร์ ระบบพิกัด WGS-84 (Marks & Smith, 2005; Beyer *et al.*, 2003; 2005; Sandwell *et al.*, 2006) และแสดงค่า THU, TVU และ SD % of water depth ด้วยแผนภูมิความถี่สะสม (Histogram plots)

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

### 4.1 ข้อมูลความลึกคุณภาพสูงของอ่าวไทย

ผลการศึกษาพบว่าช่วงข้อมูล DNC ค่า THU 95% confidence level และ TVU 95% confidence level ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล (IHO S-44, 2008) ช่วงข้อมูล GEBCO30 ค่า THU 95% confidence level และ TVU 95% confidence level ข้อมูล Corrected GEBCO30 และข้อมูล DNC รวมกับ Corrected GEBCO30 บริเวณอ่าวไทย พื้นที่ศึกษา area A ถึง area F แสดงดังตารางที่ 4-1

**ตารางที่ 4-1** ช่วงข้อมูลความลึกบริเวณอ่าวไทย ข้อมูล DNC, GEBCO30 และ Corrected GEBCO30 หน่วยเมตร ค่า THU 95% Confidence level หน่วยเมตร ค่า TVU 95% confidence level หน่วยเมตร และร้อยละค่า TVU 95% confidence level ข้อมูล DNC รวมกับ Corrected GEBCO30 ในพื้นที่ศึกษา

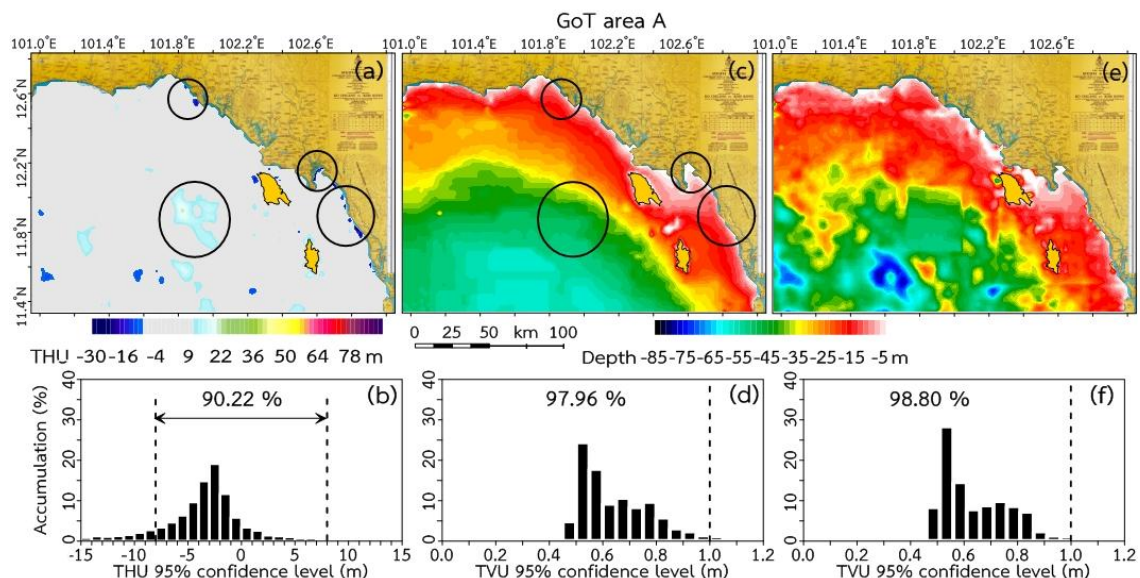
Subjects \ Area	A	B	C	D	E	F
DNC depth (m)	(-59)-(0)	(-58)-(0)	(-67)-(0)	(-65)-(0)	(-56)-(0)	(-59)-(0)
THU 95% confidence level $\leq$ 5 m + 5% of water depth (m)	$\pm$ 7.95	$\pm$ 7.90	$\pm$ 8.35	$\pm$ 8.25	$\pm$ 7.80	$\pm$ 7.95
TVU 95% confidence level (m)	$\pm$ 0.92	$\pm$ 0.90	$\pm$ 1.00	$\pm$ 0.98	$\pm$ 0.88	$\pm$ 0.92
Corrected GEBCO30 (m)	(-85)-(0)	(-70)-(0)	(-85)-(0)	(-85)-(0)	(-90)-(0)	(-80)-(0)
THU 95% confidence level (%)	90.22	98.24	92.00	97.73	96.98	91.65
TVU 95% confidence level (%)	97.96	99.95	98.58	98.96	98.98	99.94
DNC plus Corrected GEBCO30 (m)	(-85)-(0)	(-70)-(0)	(-85)-(0)	(-85)-(0)	(-90)-(0)	-
TVU 95% confidence level (%)	98.80	99.95	98.73	99.33	99.03	-

แสดงว่าข้อมูล Corrected GEBCO30 มีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูล DNC แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ (ภาพที่ 4-1a ถึง 4-6a และภาพที่ 4-1b ถึง 4-6b) โดยพบค่า THU 95% confidence level ช่วงร้อยละ 90.22-98.24 โดยพบว่าค่า THU 95% confidence level มากที่สุดร้อยละ 98.24 บริเวณ area B และค่าน้อยที่สุดร้อยละ 90.22 บริเวณ area A อย่างไรก็ตาม ข้อมูล Corrected GEBCO30 มีความน่าเชื่อถือข้อมูลที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล (IHO S-44, 2008) ข้อมูล Corrected GEBCO30 ในแต่ละพื้นที่ (ภาพที่ 4-1c ถึง 4-6c และ 4-1d ถึง 4-6d) พบว่าข้อมูล Corrected GEBCO30 ทุกพื้นที่มีค่าความลึกใกล้เคียงกับข้อมูล DNC มากกว่าข้อมูล GEBCO30 และพบค่า TVU 95% confidence level มากที่สุดร้อยละ 99.95 บริเวณ area B และค่าน้อยที่สุดร้อยละ 97.96 บริเวณ area A มีความน่าเชื่อถือข้อมูลที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล อาจเนื่องมาจาก area B พื้นทะเลมีความสม่ำเสมอมากกว่า area A อย่างไรก็ดี แม้มีการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนข้อมูลและปรับแก้ความถูกต้องแล้วก็ตาม ยังคงพบว่าข้อมูลที่ถูกปรับแก้แล้วมีความคลาดเคลื่อนที่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่ง จึงนำข้อมูล DNC มาใช้ร่วมกับข้อมูล Corrected GEBCO30 (DNC & Corrected GEBCO30) ในบริเวณที่พบว่ายังมีความคลาดเคลื่อนข้อมูลสูงในพื้นที่ศึกษาโดย area A ใช้ข้อมูล DNC แหลมทรพิม อ่าวตราด และเกาะยอ (แผนที่เดินเรือระหว่าง 117, 121

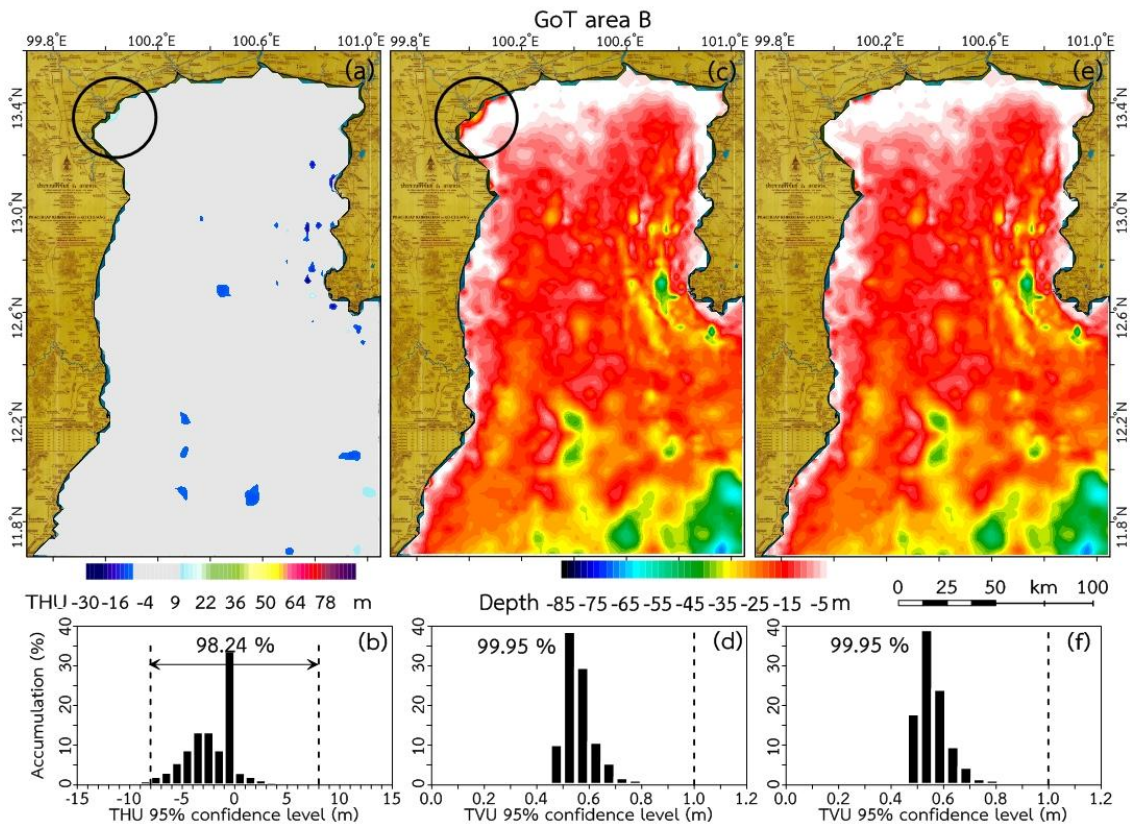


และ 151) ร่วมกับข้อมูล Corrected GEBCO30 area B ข้อมูล DNC ทางเข้าแม่น้ำแม่กลอง (ระวาง 223) ร่วมกับข้อมูล Corrected GEBCO30 area C ข้อมูล DNC อ่าวสวีและบริเวณใกล้เคียง (ระวาง 239) ร่วมกับข้อมูล Corrected GEBCO30 area D ข้อมูล DNC อ่าวบ้านดอน (ระวาง 227) ร่วมกับข้อมูล Corrected GEBCO30 area E ข้อมูล DNC อ่าวนครศรีธรรมราช (ระวาง 228) ร่วมกับข้อมูล Corrected GEBCO30 ในขณะที่ area F ไม่พบความคลาดเคลื่อนข้อมูล Corrected GEBCO30 ทำให้ได้ข้อมูล DNC & Corrected GEBCO30 area A ถึง area F เมื่อตรวจสอบค่า TVU แล้วพบว่ามีความสูงมากขึ้นกว่าค่า TVU 95% confidence level ข้อมูล Corrected GEBCO30 โดยพบค่า TVU มากที่สุดร้อยละ 99.95 บริเวณ area B และค่าน้อยที่สุดร้อยละ 98.73 บริเวณ area C

เมื่อนำข้อมูลที่รับแก้ความถูกต้องของทุกพื้นที่ศึกษามารวมกับข้อมูล GEBCO30 ในบริเวณอ่าวไทย (ภาพที่ 4-7) และตรวจสอบ THU 95% confidence level, TVU 95% confidence level และ SD (% of water depth) แล้วพบว่าข้อมูลร้อยละ 95.38 อยู่ในช่วงที่มีค่า THU 95% confidence level ข้อมูลร้อยละ 92.96 อยู่ในช่วงที่มีค่า TVU 95% confidence level และข้อมูลร้อยละ 100.00 อยู่ในช่วงที่มีค่า  $SD \leq 1\%$  of water depth

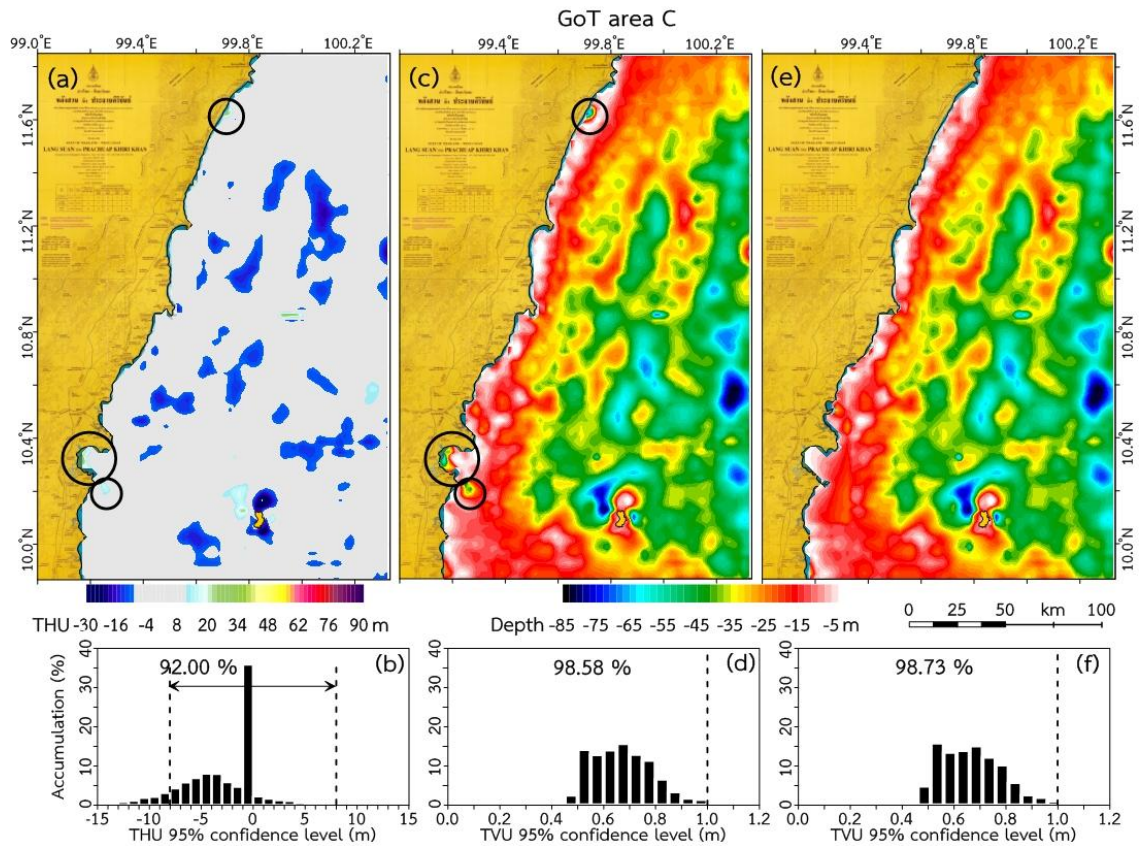


**ภาพที่ 4-1** ภาพสีผสม area A แสดง (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 พื้นที่ในวงกลมสีดำที่บ่งชี้ค่า THU มากกว่า 95% confidence level (b) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level (c) ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเลข้อมูล Corrected GEBCO30 (d) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเลข้อมูล DNC ระวาง 121, 151 และ 171 ร่วมกับ Corrected GEBCO30 และ (f) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก DNC & Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level



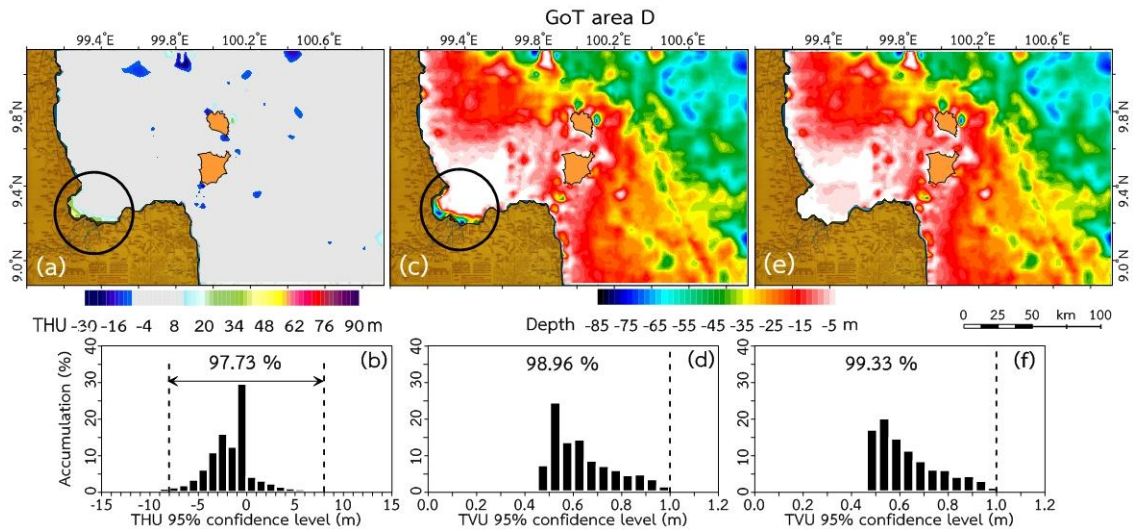
ภาพที่ 4-2 ภาพสีผสม area B แสดง (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 พื้นที่เนวงกลม

สีดำทึบแสดงค่า THU มากกว่า 95% confidence level (b) Histogram plots แสดง ร้อยละข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level (c) ภาพสีผสมแสดงความ ลึกพื้นที่ทะเลข้อมูล Corrected GEBCO30 (d) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสมแสดงความลึก พื้นที่ทะเลข้อมูล DNC ระหว่าง 223 รวมถึง Corrected GEBCO30 และ (f) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก DNC & Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level

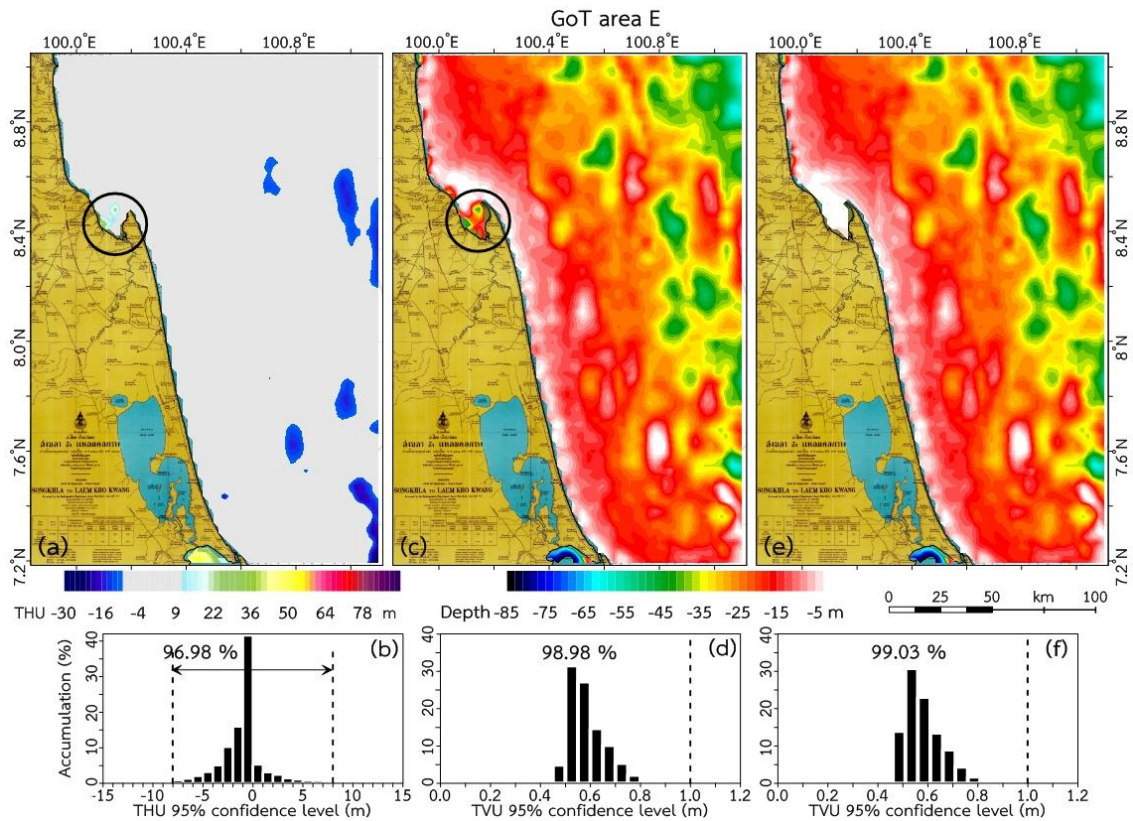


**ภาพที่ 4-3** ภาพสีผสม area C แสดง (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 พื้นที่ในวงกลม สีดำทึบแสดงค่า THU มากกว่า 95% confidence level (b) Histogram plots แสดง ร้อยละข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level (c) ภาพสีผสมแสดงความ ลึกพื้นทะเลข้อมูล Corrected GEBCO30 (d) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสมแสดงความลึก พื้นทะเลข้อมูล DNC ระบาย 239 ร่วมกับ Corrected GEBCO30 และ (f) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก DNC & Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level



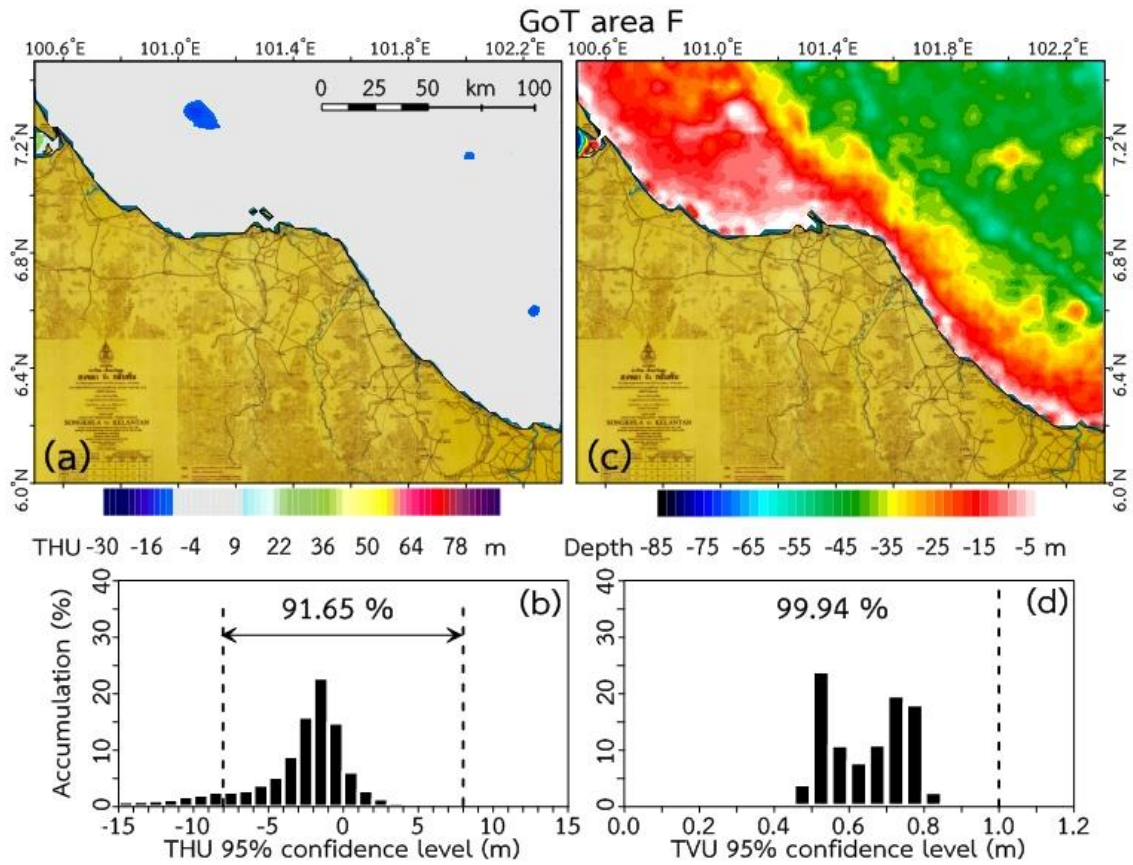


**ภาพที่ 4-4** ภาพสีผสม area D แสดง (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 พื้นที่ในวงกลม สีดำทึบแสดงค่า THU มากกว่า 95% confidence level (b) Histogram plots แสดง ร้อยละข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level (c) ภาพสีผสมแสดงความ ลึกพื้นทะเลข้อมูล Corrected GEBCO30 (d) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสมแสดงความลึก พื้นทะเลข้อมูล DNC ระวัง 227 ร่วมกับ Corrected GEBCO30 และ (f) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก DNC & Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level

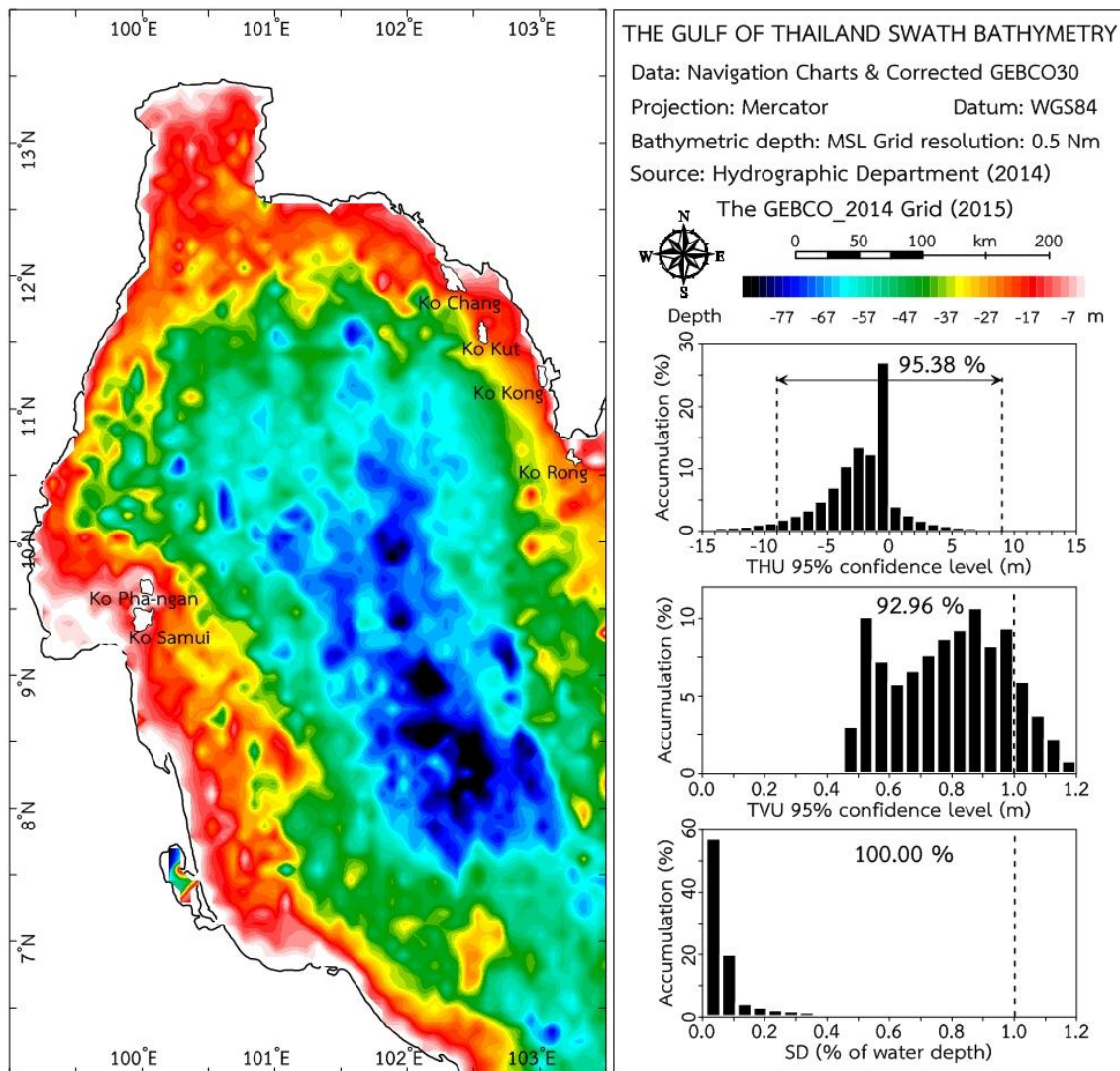


ภาพที่ 4-5 ภาพสีผสม area E แสดง (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 พื้นที่ในวงกลม

สีดำที่บแสดงค่า THU มากกว่า 95% confidence level (b) Histogram plots แสดง ร้อยละข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level (c) ภาพสีผสมแสดงความ ลึกพื้นทะเลเลขข้อมูล Corrected GEBCO30 (d) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level (e) ภาพสีผสมแสดงความ ลึกพื้นทะเลเลขข้อมูล DNC ระหว่าง 228 รวมทั้ง Corrected GEBCO30 และ (f) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก DNC & Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level



**ภาพที่ 4-6** ภาพสีผสม area F แสดง (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูล GEBCO30 พื้นที่ในวงกลม สีดำที่บแสดงค่า THU มากกว่า 95% confidence level (b) Histogram plots แสดง ร้อยละข้อมูล GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level (c) ภาพสีผสมแสดงความ ลึกพื้นทะเลข้อมูล Corrected GEBCO30 (d) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูล Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level



ภาพที่ 4-7 ภาพสีผสมแสดงลักษณะพื้นทะเลคุณภาพสูง บริเวณอ่าวไทย จากข้อมูล DNC ร่วมกับ Corrected GEBCO30 และ GEBCO30

#### 4.2 ข้อมูลความลึกคุณภาพสูงของทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย

ผลการศึกษาพบว่าช่วงข้อมูล DNC ค่า THU 95% confidence level และ TVU 95% confidence level ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล (IHO S-44, 2008) ช่วงข้อมูล GEBCO30 ค่า THU 95% confidence level และ TVU 95% confidence level ข้อมูล Corrected GEBCO30 และข้อมูล DNC ร่วมกับ Corrected GEBCO30 บริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย พื้นที่ศึกษา area A ถึง area C แสดงดังตารางที่ 4-2



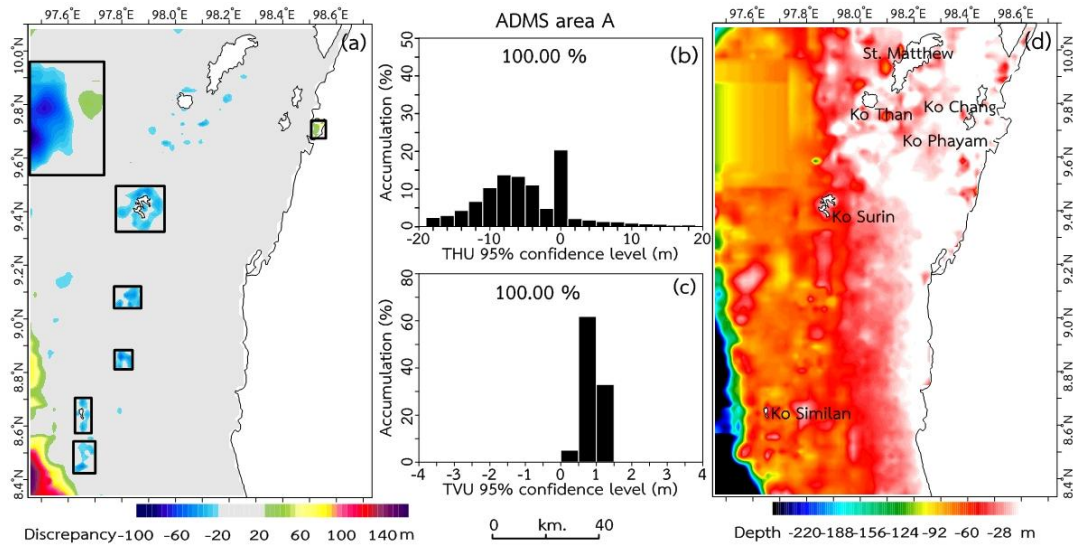
**ตารางที่ 4-2** ช่วงข้อมูลความลึกบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย ข้อมูล DNC, GEBCO30 และข้อมูล DNC รวมกับ Corrected GEBCO30 ร้อยละ THU 95% Confidence level ร้อยละ TVU 95% confidence level และร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD % of water depth) ในพื้นที่ศึกษา

	area A	area B	area C	DNC+Corrected GEBCO30
DNC depth (m)	(-173)–(0)	(-242)–(0)	(-115)–(0)	-
GEBCO30 depth (m)	(-298)–(0)	(-282)–(0)	(-105)–(0)	(-2,712)–(0)
THU Corrected GEBCO30	20 m	20 m	20 m	
THU 95% confidence level (m)	100.00	100.00	100.00	
TVU Corrected GEBCO30	≤ 4.10 m	≤ 5.66 m	≤ 2.83 m	≤ 62.38 m
TVU 95% confidence level (m)	100.00	100.00	100.00	88.91
SD (< 1% of water depth)	-	-	-	85.81

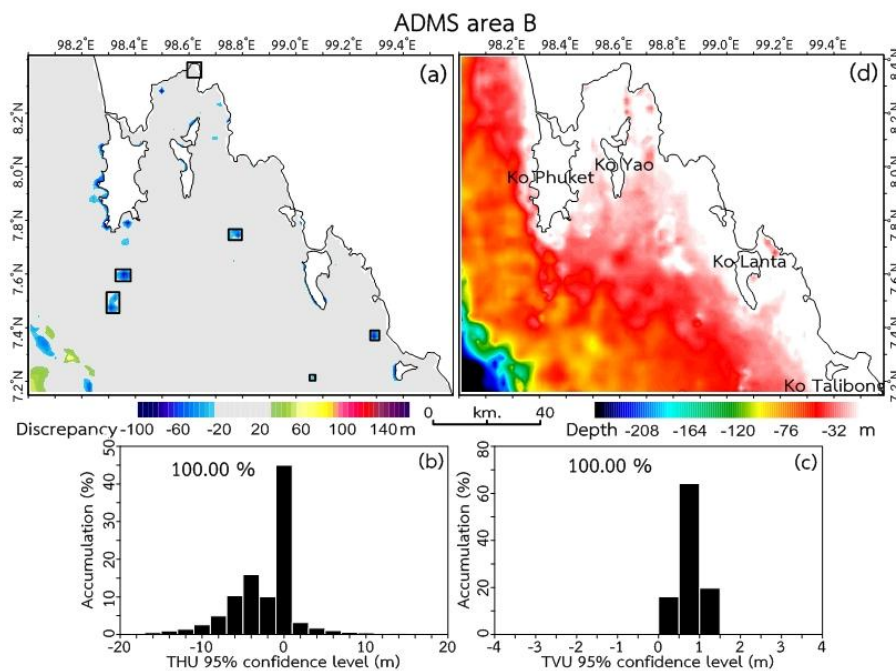
การศึกษาพบว่าข้อมูลความลึก DNC แตกต่างจากข้อมูล GEBCO30 บริเวณ area A, B และ C +125, +40 และ -10 เมตร โดย area A และ B พบข้อมูลความลึก GEBCO30 มากกว่าข้อมูล DNC ในบริเวณเดียวกัน หรือข้อมูลความลึก GEBCO30 ทั้ง 2 พื้นที่นี้ลึกกว่า DNC 125 และ 40 เมตร ในขณะที่บริเวณพื้นที่ C พบข้อมูลความลึก GEBCO30 ใกล้เคียงกับ DNC หรือข้อมูลความลึก GEBCO30 ตื้นกว่า DNC 10 เมตร บริเวณ area A, area B และ area C พบว่าข้อมูลร้อยละ 100.00 แสดงค่า THU 95% confidence level เมื่อปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 แล้วพบว่าข้อมูลที่ปรับแก้ความถูกต้องแล้วข้อมูลทั้งหมดร้อยละ 100.00 แสดงค่า TVU 95% confidence level ต่ำกว่า 4.10 เมตร บริเวณ area A ต่ำกว่า 5.66 เมตร บริเวณ area B และต่ำกว่า 2.83 เมตร บริเวณ area C ตามลำดับ และข้อมูลร้อยละ 100.00 แสดงค่า SD ต่ำกว่า 1% of water depth (ภาพที่ 4-8 ภาพที่ 4-9 และ ภาพที่ 4-10)

เมื่อนำข้อมูลที่ปรับแก้ความถูกต้องของทุกพื้นที่ศึกษามารวมกับข้อมูล GEBCO30 ในบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย (ภาพที่ 4-11) และตรวจสอบ THU 95% confidence level, TVU 95% confidence level และ SD (% of water depth) แล้วพบว่าข้อมูลร้อยละ 88.91 อยู่ในช่วงที่มีค่า TVU 95% confidence level และข้อมูลร้อยละ 95.61 อยู่ในช่วงที่มีค่า SD ≤ 1% of water depth

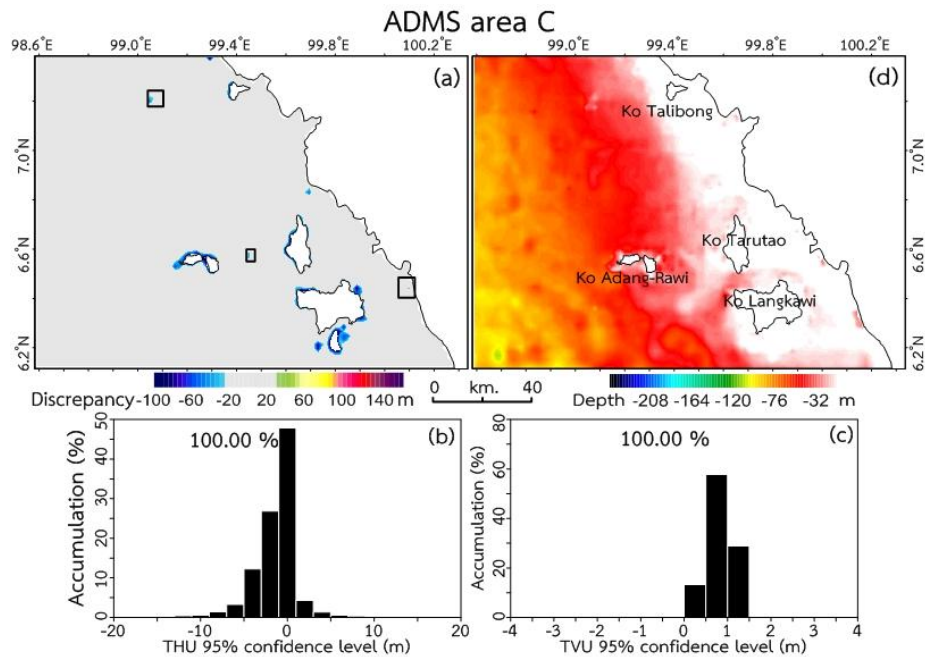




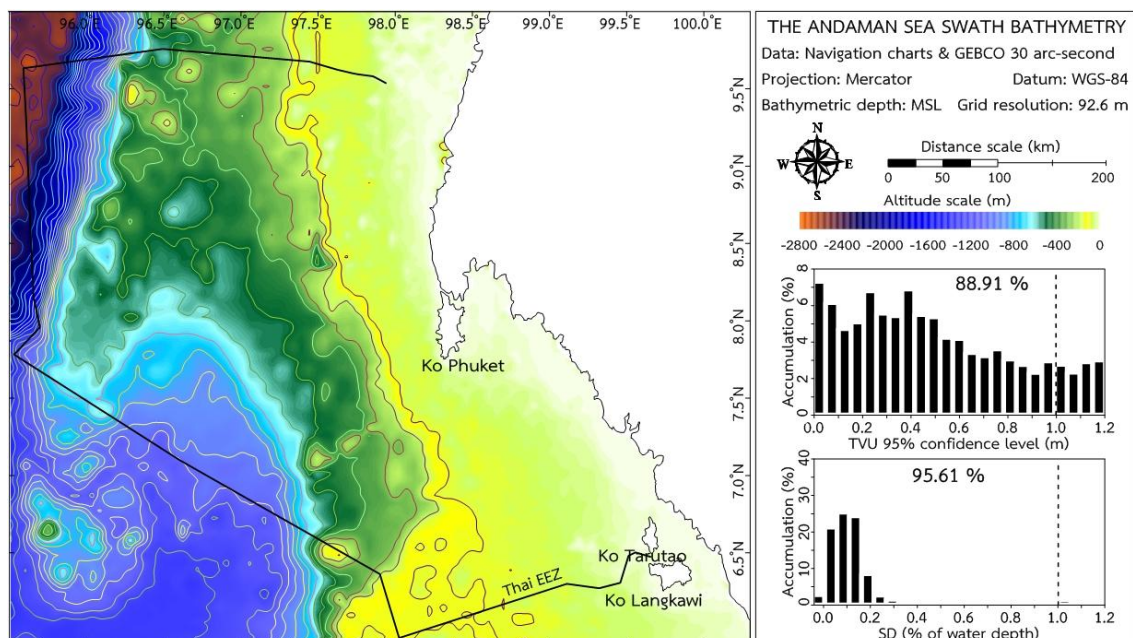
ภาพที่ 4-8 ภาพสีผสม area A แสดง (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูลความลึก GECOCO30 พื้นที่ในกรอบสี่เหลี่ยมสีดำที่แสดงค่า THU มากกว่า 95% confidence level (b) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก GECOCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level (c) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก Corrected GECOCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) (d) ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเลข้อมูลความลึก DNC รวมกับ Corrected GECOCO30



ภาพที่ 4-9 ภาพสีผสม area B แสดง (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูลความลึก GECOCO30 พื้นที่ในกรอบสี่เหลี่ยมสีดำที่แสดงค่า THU มากกว่า 95% confidence level (b) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก GECOCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level (c) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก Corrected GECOCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) (d) ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้นทะเลข้อมูลความลึก DNC รวมกับ Corrected GECOCO30



ภาพที่ 4-10 ภาพสีผสม area C แสดง (a) ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ข้อมูลความลึก GEBCO30 พื้นที่ในกรอบสี่เหลี่ยมสีดำที่บ่งแสดงค่า THU มากกว่า 95% confidence level (b) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก GEBCO30 ที่มีค่า THU 95% confidence level (c) Histogram plots แสดงร้อยละข้อมูลความลึก Corrected GEBCO30 ที่มีค่า TVU 95% confidence level ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008) (d) ภาพสีผสมแสดงความลึกพื้น ทะเลข้อมูลความลึก DNC ร่วมกับ Corrected GEBCO30



ภาพที่ 4-11 ภาพสีผสมแสดงลักษณะพื้นทะเลคุณภาพสูง บริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย ความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเล จากข้อมูล DNC ร่วมกับ Corrected GEBCO30 และ GEBCO30

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

#### 5.1 ข้อมูลความลึกคุณภาพสูงของอ่าวไทย

การศึกษาพบค่า THU 95% confidence level ข้อมูล GEBCO30 แตกต่างกันแต่ละพื้นที่ แสดงให้เห็นว่าข้อมูล GEBCO30 มีความคลาดเคลื่อนจากความลึกที่ตรวจวัดโดยการหยั่งน้ำ โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งเช่นเดียวกับรายงานความคลาดเคลื่อนข้อมูล GEBCO30 (Marks & Smith, 2005; Sandwell *et al.*, 2006) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะพื้นทะเลบริเวณพื้นที่ศึกษา B มีความสม่ำเสมอมากกว่าพื้นที่ D เมื่อมีการปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 แต่ละพื้นที่ศึกษาในอ่าวไทย ทำให้ข้อมูล Corrected GEBCO30 ทุกพื้นที่มีค่าความลึกใกล้เคียงกับข้อมูล DNC มากกว่าข้อมูล GEBCO30 แล้วก็ตาม ยังพบค่า TVU 95% confidence level พื้นที่ B มากกว่าพื้นที่ A สอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบบริเวณอ่าวไทยมีค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูล GEBCO30 มากกว่าพื้นที่ค่อนข้างขรุขระ (Jintasaeranee, 2013) และพื้นที่ B มีค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลร้อยละ 97.47 มีความน่าเชื่อถือข้อมูลที่ยอมรับได้มากกว่าพื้นที่ D ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลร้อยละ 96.69 (Jintasaeranee & Buranapratheprat, 2017) และแสดงให้เห็นความสำคัญในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือข้อมูลที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล (IHO S-44, 2008) แสดงให้เห็นว่าข้อมูล GEBCO30 บริเวณที่พื้นทะเลมีความสม่ำเสมอมากกว่าจะพบร้อยละของข้อมูลมีค่า THU 95% confidence level และ TVU 95% confidence level สูงกว่าพื้นทะเลที่มีความสม่ำเสมอน้อยกว่า

การตรวจสอบค่า THU 95% confidence level และปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 ที่เผยแพร่เมื่อ ค.ศ. 2015 (The GEBCO\_2014 Grid, 2015) ในบริเวณอ่าวไทยรวม 6 พื้นที่ โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่อ่านได้จากแผนที่เดินเรือ (Digitized Navigation Charts, DNC) แสดงความลึกจากการหยั่งน้ำซึ่งสำรวจและเผยแพร่โดยกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (Hydrographic Department, 2014) จำนวนรวม 55 ระวัง และตรวจสอบค่า TVU 95% confidence level ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล (IHO S-44, 2008) พบค่า THU 95% confidence level มากที่สุดร้อยละ 98.24 ที่พื้นที่ B (อ่าวไทยตอนบนและอ่าวไทยฝั่งตะวันตก-ประจวบคีรีขันธ์ถึงเกาะจวง) และน้อยที่สุดร้อยละ 90.22 ที่พื้นที่ A (อ่าวไทยฝั่งตะวันออก เกาะจวงถึงเกาะกง) เมื่อปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 แล้ว (Corrected GEBCO30) พบค่า TVU 95% confidence level มากที่สุดร้อยละ 99.95 ที่พื้นที่ B (อ่าวไทยตอนบนและอ่าวไทยฝั่งตะวันตก-ประจวบคีรีขันธ์ถึงเกาะจวง) และน้อยที่สุดร้อยละ 97.96 ที่พื้นที่ A (อ่าวไทยฝั่งตะวันออก-เกาะจวงถึงเกาะกง) แสดงให้เห็นว่าข้อมูล GEBCO30 บริเวณที่พื้นทะเลมีความสม่ำเสมอมากกว่าจะพบร้อยละของข้อมูลมีค่า THU และ TVU สูงกว่าพื้นทะเลที่มีความสม่ำเสมอต่ำกว่า แต่ยังคงพบข้อมูล Corrected GEBCO30 ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลบริเวณชายฝั่ง จึงนำข้อมูล DNC มาใช้แทนข้อมูล Corrected GEBCO30 ในบริเวณที่พบความคลาดเคลื่อนข้อมูล เมื่อตรวจสอบค่า TVU 95% confidence level แล้วพบว่ามีความสูงมากขึ้นกว่าเดิม โดยพบค่า TVU 95% confidence level มากที่สุดร้อยละ 99.95 บริเวณพื้นที่ B (อ่าวไทยตอนบนและอ่าวไทยฝั่งตะวันตก-ประจวบคีรีขันธ์ถึงเกาะจวง) และค่าน้อยที่สุดร้อยละ 98.73 บริเวณพื้นที่ C (อ่าวไทยฝั่งตะวันตก-หลังสวนถึงประจวบคีรีขันธ์) และข้อมูลทั้งหมดมีค่า SD ต่ำกว่าร้อยละ 1 ของความลึกน้ำ (Beyer *et al.*, 2003; 2005) เพื่อให้ผู้สนใจนำไปใช้ในการอธิบายลักษณะพื้นทะเลบริเวณ

อ่าวไทย จำลองการไหลเวียนและการผสมผสานของมวลน้ำในอ่าว และเป็นข้อมูลเพื่อการตัดสินใจวางแผนสำรวจและวิจัยในอ่าวไทยต่อไป

## 5.2 ข้อมูลความลึกคุณภาพสูงของทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย

การศึกษาพบว่า area A และ area B ข้อมูล GEBCO30 แสดงความลึกมากกว่าข้อมูล DNC ในบริเวณเดียวกัน ขณะที่บริเวณพื้นที่ C ข้อมูล GEBCO30 แสดงความลึกใกล้เคียงกับ DNC บริเวณ area A, B และ C พบว่าข้อมูลร้อยละ 100.00 แสดงค่า THU 95% confidence level ต่ำกว่า 20 เมตร เมื่อปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 area A, B และ C แล้วพบว่าข้อมูลที่ปรับแก้ความถูกต้องแล้วร้อยละ 100.00 แสดงค่า TVU 95% confidence level ต่ำกว่า 4.10 เมตร, 5.66 เมตร และ 2.83 เมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าข้อมูล Corrected GEBCO30 บริเวณพื้นที่ศึกษาในทะเลอันดามันทั้งหมดยอมรับได้ตามมาตรฐาน IHO S-44 (2008)

เมื่อนำข้อมูลที่ปรับแก้ความถูกต้องของทุกพื้นที่ศึกษามารวมกับข้อมูล GEBCO30 ในบริเวณทะเลอันดามันในเขตประเทศไทย และตรวจสอบ THU 95% confidence level, TVU 95% confidence level และ SD (% of water depth) แล้วพบว่าข้อมูลร้อยละ 88.91 อยู่ในช่วงที่มีค่า TVU 95% confidence level และข้อมูลร้อยละ 95.61 อยู่ในช่วงที่มีค่า  $SD \leq 1\%$  of water depth

### เอกสารอ้างอิง

- Beyer, A., Schenke, H.W., Klenke, M., & Niederjasper, F. (2003). High resolution bathymetry of the eastern slope of the Porcupine Seabight. *Marine Geology*, 198, 27-54.
- Beyer, A., Rathlau, R., & Schenke, H.W. (2005). Multibeam bathymetry of the Hakon Mosby mud volcano. *Marine Geophysical Researches*, 26, 61-75.
- Buranapratheprat, A., & Bunpapong, M. (1998) A two-dimensional hydrodynamic model for the Gulf of Thailand. *Proceeding of the IOC/WESTPAC Fourth International Scientific Symposium*, 469-478.
- Buranapratheprat, A. (2008) Circulation in the Upper Gulf of Thailand: A review. *Burapha Science Journal*, 13(1), 75-83. (in Thai)
- Buranapratheprat, A., Niemann K. O., Yanagi, T., Matsumura, S., & Sojisuporn, P. (2009). Circulation in the Upper Gulf of Thailand investigated using a Three-Dimensional Hydrodynamic model. *Burapha Science Journal*, 14(1), 99-113. (in Thai)
- Buranapratheprat, A. (2009). Circulation in the Bangpakong river mouth and Chonburi coastal area investigated using a Hydrodynamic model. *Burapha Science Journal*, 14(2), 50-60. (in Thai)
- Cheevaporn, V., & Menasveta, P. (2003). Water pollution and habitat degradation in the Gulf of Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 47, 43-51.
- Choowong, M., Murakoshi, N., Ken-ichiro Hisada, Charusiri, P., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V., Jankaew, K., Kanjanapayont, P., & Phantu Wongraj, S. (2008). 2004 Indian Ocean tsunami inflow and outflow at Phuket, Thailand. *Marine Geology*, 248, 179-192.
- Chumnantana, R. (2006). *Causative phytoplankton of red tide phenomena in the Upper Gulf of Thailand*. Technical paper no. 1/2006. Phuket Marine Biological Center. Department of Marine and Coastal Resources. Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- Cochard, R., Ranamukhaarachchi, S.L., Shivakoti, G.P., Shipin, O.V., Edwards, P.J., & Seeland, K.T. (2008). The 2004 tsunami in Aceh and Southern Thailand: A review on coastal ecosystems, wave hazards and vulnerability. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 10, 3-40.
- Curry, J.R. (2005). Tectonics and history of the Andaman Sea region. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25, 187-232.
- Department of Mineral Resources. (2012). *Marine geology of the upper Gulf of Thailand*. Technical paper no. 9/2555. DMR. Department of Mineral Resources. Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)

- Frerichs, W.E. (1971) Paleobathymetric trends of Neogene foraminiferal assemblages and sea floor tectonism in the Andaman Sea area. *Marine Geology*, 11, 159–173.
- Garrison, T. (2004). *Essentials of Oceanography*. 3<sup>rd</sup> edition. Books/Cole : Thomson Learning Academic Resource Center.
- Geist, E.L., Titov, V.V., Arcas, D., Pollitz, F.F., & 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., & 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., & Locat, J. (1996). Submarine landslides. *Reviews of Geophysics*, 34(1), 33-59.
- Hydrographic Department. (2014). *Nautical Charts and Publications*. Navigational Supporting Center. Hydrographic Department. Royal Thai Navy. available at <http://www.navigationsupport.com/>
- IHO S-44. (1998). *IHO Standards for Hydrographic Surveys: 4<sup>th</sup> Edition April 1998*, Special Publication No. 44, International Hydrographic Organization. International Hydrographic Bureau. Monaco.
- IHO S-44. (2008). *IHO Standards for Hydrographic Surveys: 5<sup>th</sup> Edition February 2008*, Special Publication No. 44, International Hydrographic Organization. International Hydrographic Bureau. Monaco.
- Jintasaeranee, P. (1998). *Circulation of deep water masses in the Gulf of Thailand using natural Radium-226 and Radium-228 radiotracers*. Thesis. Graduate School. Chulalongkorn University. (in Thai)
- Jintasaeranee, P. (2012). Accuracy of the General Bathymetry (GEBCO 30 arc-second) in the Upper Gulf of Thailand. *Burapha Science Journal*, 17(1), 69-76. (in Thai)
- Jintasaeranee, P., & Buranapratheprat, A. (2012). Discrepancy of the general bathymetry (GEBCO1 and ETOPO1) in the Upper Gulf of Thailand. *Burapha Science Journal*, 17(2), 72-81. (in Thai)
- Jintasaeranee, P., Weinrebe, W., Klauke, I., Snidvongs, A., & 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.
- Jintasaeranee, P. (2013). A preliminary study on a discrepancy of the Bathymetric data in the Gulf of Thailand. *Burapha Science Journal*, 18(2), 97-106. (in Thai)

- Jintasaeranee, P., & Buranapratheprat, A. (2017). A correction of the General Bathymetric Data in the Gulf of Thailand. *Burapha Science Journal*, 22(2), 118-134. (in Thai).
- Jintasaeranee, P. (2018). A high resolution bathymetric data for the inner Gulf of Thailand. *Burapha Science Journal*, 23(3), 1559-1570. (in Thai)
- Jintasaeranee, P., Intacharoen, P., & Buranapratheprat, A. (2018). A correction of the GEBCO30 bathymetric data in the Andaman Sea. *Burapha Science Journal*, 23(3), 1538-1548. (in Thai).
- Kietpawpan, M., Visuthismajarn, P., Tanavud, C., & 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., & Whitmore, P. (2005). Numerical modeling of the global tsunami: Indonesian tsunami of 26 December 2004. *Science of Tsunami Hazards*, 23(1), 40-56.
- 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., & Sipkin, S. (2005). The Great Sumatra-Andaman Earthquake of 26 December 2004. *Science*, 308, 1127-1133.
- López-Venegas, A.M., ten Brink, U.S., & 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., & 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., & 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., & Imamura, F. (2004). Giant landslides, mega-tsunamis, and paleo-sea level in the Hawaiian Islands. *Marine Geology*, 203, 219-233.
- Najanks, T. (2015). *Map survey 2*. Hydrographic school. Technical Division. Hydrographic Department. Royal Thai Navy.
- Phaksopa, J., & Sojisuporn, P. (2006). Storm surge in the Gulf of Thailand generated by Typhoon Linda in 1997 using Princeton Ocean Model (POM). *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 40, 260-268.
- Polachan, S. (1988). *The geological evolution of the Murgui Basin, S.E. Andaman Sea, Thailand*. PH.D. thesis, Royal Holloway and Bedford New College, University of London.

- Pranowo, W.S. (2010). *Adaptive mesh refinement applied to Tsunami modeling: TsunaFLASH*. Dr. Ing. Disertation. University of Bremen.
- Rodolfo, K.S. (1969a) Bathymetry and marine geology of the Andaman basin, and tectonic implications for Southeast Asia. *Geological Society of America Bulletin*, 80, 1203–1230.
- Rodolfo, K.S. (1969b). Sediments of the Andaman Basin, Northeastern Indian Ocean. *Marine Geology*, 7, 371–402.
- Sandwell, D.T. (1992). Ocean Bumps and Dips. *Natural Science*, 252-256
- Sandwell, D.T., Smith, W.H.F., Gille, S., Kappel, E., Jayne, S., Soofi, K., Coakley, B., & 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. & Sandwell, D.T. (1997). Global sea floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. *Science*, 277, 1956-1962.
- Smith, W.H.F. & Sandwell, D.T. (2004). Conventional Bathymetry, Bathymetry from Space, and Geodetic Altimetry. *Oceanography*, 17, 8-23.
- Smith, D.E., Shi, S., Cullingford, R.A., Dawson, A.G., Dawson, S., Firth, C.R., Foster, I.D.L., Fretwell, P.T., Haggart, B.A., Holloway, L.K., & Long, D. (2004). The Holocene Storegga Slide tsunami in the United Kingdom. *Quaternary Science Reviews*, 23, 2291-2321.
- Snidvongs, A., Weinrebe, W., Brueckmann, W., Hensen, C., Jintasaeranee, P., & Bunsomboonsakul, S. (2007). *Morphodynamics and Slope Stability of the Andaman Sea Shelf Break: Annual research report for year 1*. National Research Council of Thailand.
- Sojisuporn, P., Morimoto, A., & Yanagi, T. (2010). Seasonal variation of sea surface current in the Gulf of Thailand. *Coastal marine science*, 34(1), 91-102.
- The GEBCO\_08 Grid. (2010). version 20100927. available at <http://www.gebco.net>
- The GEBCO\_2014 Grid. (2015) version 20150318. available at <http://www.gebco.net>
- 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., & 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.
- Wattayakorn, G. (2012). Petroleum pollution in the Gulf of Thailand: A historical review. *Coastal marine science*, 35(1), 234-245.
- Wessel, P., & Smith, W.H.F. (1998). New improved version of generic mapping tools release. *EOS Transactions American Geophysical Union*, 79(47), 579.
- Yanagi, T., Sachoemar, S.I., Takao, T., & Fugiwara, S. (2001). Seasonal variation of stratification in the Gulf of Thailand. *Journal of Oceanography*, 57, 461-470.