

# การปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปของอ่าวไทย

## A Correction of the General Bathymetric Data in the Gulf of Thailand

แพชเชนโชค จินตเศรณี\* และ อานุกุล บุรณประทีปรัตน์

Pachoenchoke Jintasaeranee\* and Anukul Buranapratheprat

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

Received : 2 November 2016

Accepted : 23 May 2017

Published online : 13 June 2017

### บทคัดย่อ

ข้อมูลความลึกพื้นมหาสมุทรทั่วไป (The General Bathymetric Chart of the Oceans 30 arc-second; GEBCO30) ที่มีความละเอียด (resolution) 0.5 ไมล์ทะเลบริเวณอ่าวไทย ถูกปรับแก้ความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลความลึกโดยการหยั่งน้ำซึ่งสำรวจและเผยแพร่โดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (Navigation charts; NC) ประมาณ 50 ระวัง การวิจัยทำการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนข้อมูล GEBCO30 โดยลบด้วยข้อมูล NC ในบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ความถูกต้องของข้อมูล GEBCO30 ถูกตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนตามมาตรฐาน IHO (1998, 2008) ด้วยชุดคำสั่งในโปรแกรม GMT (Generic Mapping Tools) ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลที่ปรับแก้ความถูกต้องทั้งหมดมีความเชื่อมั่นเฉลี่ยร้อยละ 98.31 และมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลน้อยกว่า 0.1 เมตร ยกเว้นบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกระหว่างสงขลาถึงก้นตัน ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความลึกน้อยกว่า 1.0 เมตร ยิ่งกว่านั้นยังพบว่าบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกระหว่างหลังสวนถึงประจวบคีรีขันธ์ แสดงข้อมูลความลึกตื้นกว่าบริเวณอื่น ด้วยเหตุนี้จึงควรใช้ข้อมูล NC ที่ได้จากการหยั่งน้ำที่มีความถูกต้องบริเวณชายฝั่งมาใช้แทนข้อมูลความลึก GEBCO30 ที่ยังไม่ปรับแก้ในอ่าวไทย หากต้องการผลการศึกษาที่มีความละเอียดมากขึ้น สามารถปรับขนาดกริดของข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้ให้มีความละเอียดมากขึ้น (resampling) ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้ สามารถเผยแพร่ให้นำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านการกระจายและการผสมผสานของมลสารและปัญหาการปนเปื้อนสารพิษที่ถูกขนส่งผ่านแม่น้ำลงสู่อ่าวไทยซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีได้ และยังสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญในแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการไหลเวียนของมวลน้ำของอ่าวไทย ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลความลึกที่เชื่อถือได้ เนื่องจากจะส่งผลให้การผลจากแบบจำลองนำเชื่อถือยิ่งขึ้น

**คำสำคัญ :** อ่าวไทย GEBCO 30 arc-second การหยั่งน้ำ แผนที่พื้นมหาสมุทร

\*Corresponding author. E-mail : pachoen@buu.ac.th

## Abstract

The general bathymetric data in the Gulf of Thailand (The General Bathymetric Chart of the Oceans 30 arc-second; GEBCO30) with the resolution of 0.5 nautical miles was corrected by comparison with the depth data surveyed by ship-line sounding and distributed by the Hydrographic Department, the Royal Thai Navy (Navigation charts; NC), 60 charts in approximate. The research is the error analysis of the GEBCO30 data which is deleted by NC data. The correction of GEBCO30 data was examined their error following the standard of IHO (1998, 2008) by using the script of GMT programming. The results illustrate the correction of the data of 98.31% in average under the confidence level with the error less than 0.1 meter except the area of the west coast of the Gulf of Thailand between Songkhla and Kelantan that show the error less than 1 meter. Moreover, the area of the west coast of the Gulf of Thailand between Lang-Suan and Prachuap-Khrikhan shows the data which is shallower than the others. By this respect, The NC data that surveyed along the coast could be used with the GEBCO30 data which no adjusted in the Gulf of Thailand. If the fine data is required, grids size of the data can be adjusted by resampling grids. The data from this research can be used for study the distribution and mixing of pollution loading generated red tide phenomena and used as the input data into the mathematical model for study the water circulation in the Gulf of Thailand that required the corrected data because of confident of model result.

**Keywords :** the Gulf of Thailand , GEBCO 30 arc-second, ship-line sounding, bathymetry

## บทนำ

ลักษณะภูมิศาสตร์ของอ่าวไทยตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ถูกกั้นปิดล้อมด้วยชายฝั่งของประเทศไทย มาเลเซีย กัมพูชา และเวียดนาม โดยมีช่องทางติดต่อกับทะเลจีนใต้บริเวณตอนล่างของอ่าว พื้นที่ทะเลบริเวณตอนกลางและตอนล่างของอ่าวมีลักษณะเป็นแอ่ง การศึกษาการไหลเวียนของมวลน้ำชั้นล่างของอ่าวไทยแสดงว่ามวลน้ำบริเวณกลางอ่าวซึ่งได้รับการส่งต่อสารอาหารมาจากอ่าวไทยตอนในนั้น มีการผสมผสานและไหลเวียนอยู่เฉพาะภายในอ่าวไทย โดยมีการแลกเปลี่ยนกับบริเวณตอนล่างของอ่าวและทะเลจีนใต้น้อยมาก (Jintasaerane, 1998) การไหลเวียนของมวลน้ำในอ่าวในลักษณะเช่นนี้มีความน่าสนใจ เนื่องจากอาจทำให้พื้นที่อ่าวไทยตอนในและตอนกลางเป็นแหล่งสะสมสารอาหารและเป็นพื้นที่แหล่งทรัพยากรธรรมชาติซึ่งมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม การพัฒนาด้านอุตสาหกรรมและการพัฒนาชุมชนพื้นที่ตอนในของอ่าวก็อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในอ่าวได้เช่นกัน โดยอาจก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนสารพิษที่ถูกขนส่งผ่านแม่น้ำลงสู่อ่าวไทยและอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีได้ (Chumnantana, 2006) มีการศึกษาการกระจายและการผสมผสานของมลสารในอ่าวไทย (Cheevaporn & Menasveta, 2003; Wattayakorn, 2012) ศึกษาการไหลเวียนของมวลน้ำชั้นล่างของอ่าวไทยโดยใช้ตัวติดตามกัมมันตรังสีตามธรรมชาติ (Jintasaerane, 1998) ศึกษาการจัดชั้นของมวลน้ำในอ่าวไทยจากข้อมูลทางกายภาพ (Yanagi *et al.*, 2001) รวมไปถึงจำลองการเกิด storm surge (Phaksopa & Sojisuoporn, 2006) นอกจากนี้ยังมีการจำลองการไหลเวียน

ของมวลน้ำที่ผิวหน้าของอ่าวไทยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Buranapratheprat & Bunpapong, 1998) ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลความลึกที่เชื่อถือได้เป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญ เนื่องจากจะส่งผลให้การผลการทำนายน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น (Buranapratheprat, 2008, 2009; Buranapratheprat *et al.*, 2009)

มีการตรวจวัดความลึกของอ่าวไทยทั้งหมดด้วยวิธีหยั่งน้ำ (ship-line sounding) และเผยแพร่ในรูปแบบของแผนที่เดินเรือ (Navigation charts; NC) โดยกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เนื่องจากมีความจำเป็นต้องตรวจวัดข้อมูลความลึกในพื้นที่ชายฝั่งและปากแม่น้ำอย่างละเอียดเพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือบริเวณใกล้ชายฝั่ง ในขณะที่บริเวณกลางอ่าวไม่มีการตรวจวัดอย่างความละเอียดมากนัก ส่งผลให้ข้อมูล NC มีความละเอียดสูงบริเวณชายฝั่ง แต่มีความละเอียดน้อยในบริเวณกลางอ่าวไทย ดังนั้นนักวิจัยจึงใช้ข้อมูลความลึกพื้นมหาสมุทรทั่วไป เช่น ข้อมูลความลึกพื้นมหาสมุทรทั่วไปชนิด ETOPO5 ซึ่งมีความละเอียด 5 ไมล์ทะเล ชนิด ETOPO1 (Amante & Eakins, 2009) และชนิด GEBCO1 (IOC, IHO & BODC, 2003) ความละเอียด 1 ไมล์ทะเล เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อคำนวณในแบบจำลองแทนเมื่อเดือนตุลาคม ค.ศ. 2010 มีหน่วยงานไม่หวังผลกำไรเผยแพร่ข้อมูลความลึกของพื้นมหาสมุทรทั่วไป (The General Bathymetric Chart of the Oceans; GEBCO) ชนิด GEBCO 30 arc-second (GEBCO30) (The GEBCO\_08 Grid, 2010) ความละเอียด (resolution) 1 ไมล์ทะเล หรือประมาณ 926 เมตร ซึ่งนับเป็นข้อมูลความลึกพื้นมหาสมุทรที่ดีที่สุดในปัจจุบันและอนุญาตให้นำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย เนื่องจากข้อมูลชุดดังกล่าวเพิ่งจะมีการเผยแพร่ จึงยังไม่มีรายงานความคลาดเคลื่อนของข้อมูลมากนัก โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่ง (Marks & Smith, 2005; Sandwell *et al.*, 2006) ยิ่งกว่านั้นยังไม่เคยมีการนำข้อมูล GEBCO30 บริเวณอ่าวไทยมาใช้ประโยชน์ ที่ผ่านมามีการศึกษาความคลาดเคลื่อนของแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไป (GEBCO1 และ ETOPO1) บริเวณอ่าวไทยตอนบน (Jintasaerane & Buranapratheprat, 2012) ความคลาดเคลื่อนของแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไป (GEBCO 30 arc-second) บริเวณอ่าวไทยตอนบน (Jintasaerane, 2012) และการศึกษาเบื้องต้นของความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความลึกในอ่าวไทย (Jintasaerane, 2013) บ้างแล้วก็ตาม แต่ยังไม่เคยมีการปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 บริเวณอ่าวไทย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึกพื้นมหาสมุทรทั่วไป GEBCO30 บริเวณอ่าวไทย โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลความลึก NC ทั้งหมด ผลการวิจัยทำให้ได้ข้อมูลความลึกในอ่าวไทยที่มีความละเอียด 0.5 ไมล์ทะเล ที่สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาทิศทางและการเคลื่อนที่ของมวลน้ำในอ่าวไทย รวมถึงศึกษาการแพร่กระจายของมลสารและการสะสมสารอาหารในอ่าวไทยต่อไป

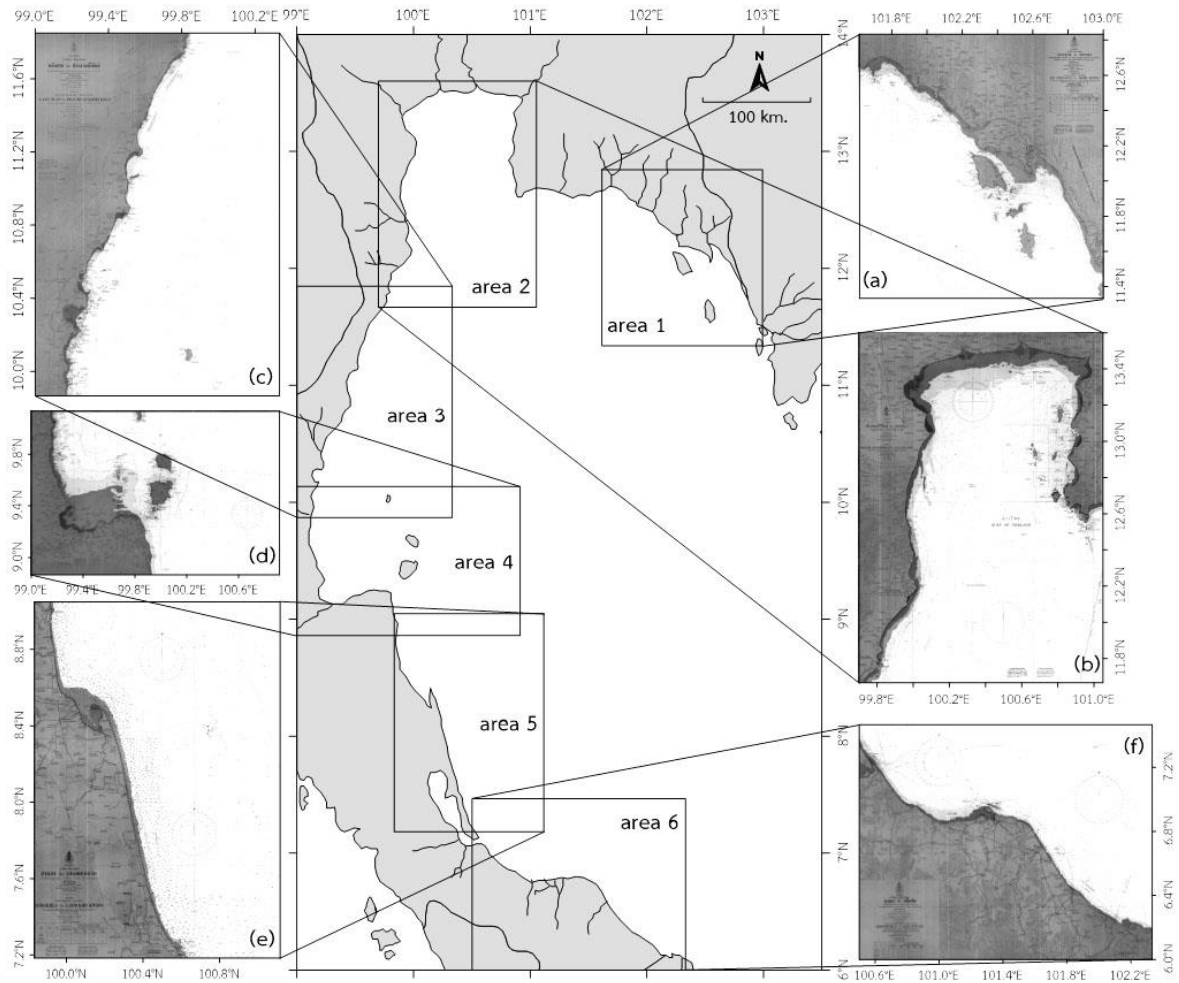
## วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูล NC ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ ได้จากการอ่านข้อมูล (digitize) จากแผนที่เดินเรือจำนวนทั้งสิ้น 59 ราว (ตารางที่ 1) แบ่งเป็นพื้นที่ศึกษาจำนวน 6 พื้นที่ (ภาพที่ 1) ได้แก่ พื้นที่ 1) บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ระหว่างเกาะจงถึงเกาะกง พิกัดระหว่างลองจิจูด  $100^{\circ}97' - 103^{\circ}00' E$  และระหว่างละติจูด  $11^{\circ}20' - 12^{\circ}50' N$  สืบค้นโดยกรมอุทกศาสตร์ ราชนาวิกไทย พ.ศ. 2516-2518, 2526-2528, 2526 และ 2530-2536 แผนที่อังกฤษหมายเลข 3967 และเรือสำรวจอเมริกัน พ.ศ. 2503-2504 พื้นที่ 2) บริเวณอ่าวไทยตอนบนและอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ระหว่างประจวบคีรีขันธ์ถึงเกาะจง พิกัดระหว่างลองจิจูด  $99^{\circ}42' - 101^{\circ}03' E$  และระหว่างละติจูด  $11^{\circ}40' - 13^{\circ}36' N$  สืบค้นโดยกรมอุทกศาสตร์ ราชนาวิกไทย พ.ศ. 2478-2536 และเรือสำรวจอเมริกัน U.S.S. MAURY พ.ศ. 2503-2504 พื้นที่ 3) บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ระหว่างหลัง

สวนถึงประจวบคีรีขันธ์ พิกัดระหว่างลองจิจูด  $99^{\circ}00' - 100^{\circ}20' E$  และระหว่างละติจูด  $9^{\circ}52' - 11^{\circ}51' N$  สํารวจโดยกรมอุทกศาสตร์ ราชนาวิไทย พ.ศ. 2510, 2530, 2531, 2533, 2536 และ 2537 และเรือสำรวจอเมริกัน U.S.S. MAURY พ.ศ. 2506 พื้นที่ 4) บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ระหว่างแหลมคอกวางถึงหลังสวน พิกัดระหว่างลองจิจูด  $99^{\circ}00' - 100^{\circ}55' E$  และระหว่างละติจูด  $8^{\circ}52' - 10^{\circ}08' N$  สํารวจโดยกรมอุทกศาสตร์ ราชนาวิไทย พ.ศ. 2493-2533 พื้นที่ 5) บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ระหว่างสงขลาถึงแหลมคอกวาง พิกัดระหว่างลองจิจูด  $99^{\circ}50' - 101^{\circ}07' E$  และระหว่างละติจูด  $7^{\circ}11' - 9^{\circ}03' N$  สํารวจโดยกรมอุทกศาสตร์ ราชนาวิไทย พ.ศ. 2501 และ 2514 และ พื้นที่ 6) บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ระหว่างสงขลาถึงกลันตัน พิกัดระหว่างลองจิจูด  $100^{\circ}30' - 102^{\circ}20' E$  และระหว่างละติจูด  $6^{\circ}00' - 7^{\circ}27' N$  สํารวจโดยกรมอุทกศาสตร์ ราชนาวิไทย พ.ศ. 2503-2525 แผนที่อังกฤษหมายเลข 3542 และ 3961 ข้อมูลความลึกที่แสดงใน NC ทั้งหมดทำโดยการหยั่งน้ำหลายครั้ง จึงเป็นข้อมูลมีความถูกต้องและมีความละเอียดสูง NC ทั้งหมดแสดงข้อมูลการหยั่งน้ำเป็นเมตร หักลงหารระดับน้ำลงต่ำที่สุด ความสูงนับเป็นเมตรจากระดับทะเลปานกลาง โครงสร้างแผนที่เป็นแบบเมอเคเตอร์ ใช้ระบบพิกัดอินเดียเนดาตัม 2518 (Indian Datum 1975)

ตารางที่ 1 แสดงหมายเลขระวาง NC พื้นที่ และมาตราส่วนของ NC กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ระวาง	พื้นที่ 1	มาตราส่วน	ระวาง	พื้นที่ 2	มาตราส่วน
102	เกาะจวงถึงเกาะกง	1:240,000	001	ประจวบคีรีขันธ์ถึงเกาะจวง	1:240,000
142	ปากแม่น้ำเจ้าพระยาถึงเกาะแสด	1:120,000	112CRT	ทางเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา	1:30,000
157	ท่าเรือนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	1:10,000	113CRT	ทางเข้าแม่น้ำบางปะกง	1:25,000
163	ท่าเรือนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและ บริเวณใกล้เคียง	1:25,000	222	ทางเข้าแม่น้ำท่าจีน	1:25,000
117	แหลมทรพิมถึงเกาะสะบ้า	1:40,000	223	ทางเข้าแม่น้ำแม่กลอง	1:25,000
116	เกาะเสม็ด	1:20,000	114CRT	ท่าเรือเกาะสีชัง	1:15,000
141	แหลมทรพิมถึงเกาะคราม	1:120,000	137CRT	ศรีราชาตั้งแต่บางพระถึงอ่าวอุดม	1:20,000
001	ประจวบคีรีขันธ์ถึงเกาะจวง	1:240,000	137A	อ่าวอุดม (กระสือ)	1:6,000
118	เกาะสะบ้าถึงเกาะจิกนอก	1:60,000	159	บางพระถึงบางทราย	1:25,000
149	แม่น้ำจันทบุรี	1:15,000	147A	อ่าวพิทยา	1:10,000
119	แม่น้ำเวฬุและทางเข้า	1:35,000	147CRT	เกาะล้านถึงแหลมพิทยา	1:25,000
120	ช่องเกาะช้าง	1:50,000	115A	ท่าเรือพาณิชย์สัตหีบ	1:8,000
121	อ่าวตราด	1:50,000	115	อ่าวสัตหีบและบริเวณใกล้เคียง	1:40,000
151	เกาะช้างถึงเกาะยอ	1:90,000	141	แหลมทรพิมถึงเกาะคราม	1:120,000
			246	หัวหิน	1:40,000
			244	ปากพ่องถึงแหลมคอกวาง	1:80,000
			248	หาดเจ้าสำราญถึงสมุทรสาคร	1:80,000
			142	ปากแม่น้ำเจ้าพระยาถึงเกาะแสด	1:120,000
ระวาง	พื้นที่ 3	มาตราส่วน	ระวาง	พื้นที่ 4	มาตราส่วน
203	หลังสวนถึงประจวบคีรีขันธ์	1:240,000	204	แหลมคอกวางถึงหลังสวน	1:240,000
244	ปากพ่องถึงแหลมคอกวาง	1:80,000	203	หลังสวนถึงประจวบคีรีขันธ์	1:240,000
260	ท่าเรือประจวบคีรีขันธ์	1:10,000	243	ช่องสมุยถึงเกาะพะงัน	1:70,000
255	อ่าวชุมพรถึงเกาะง่ามใหญ่	1:40,000	261	แหลมคู้งหม้อถึงเกาะสมุย	1:70,000
225	อ่าวชุมพร	1:20,000			
239	อ่าวสวีและบริเวณใกล้เคียง	1:40,000			
204	แหลมคอกวางถึงหลังสวน	1:240,000			
ระวาง	พื้นที่ 5	มาตราส่วน	ระวาง	พื้นที่ 6	มาตราส่วน
205	สงขลาถึงแหลมคอกวาง	1:240,000	206	สงขลาถึงกัลปตัน	1:240,000
229	ท่าเรือสงขลา	1:20,000	230	อ่าวปัตตานี	1:40,000
206	สงขลาถึงกัลปตัน	1:240,000	229	ท่าเรือสงขลา	1:20,000
228	อ่าวนครศรีธรรมราช	1:40,000			
244	ปากพ่องถึงแหลมคอกวาง	1:80,000			



ภาพที่ 1 แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณชายฝั่งอ่าวไทย

- (a) อ่าวไทยฝั่งตะวันออกระหว่างเกาะจงถึงเกาะกง
- (b) อ่าวไทยตอนบนและอ่าวไทยฝั่งตะวันตกระหว่างประจวบคีรีขันธ์ถึงเกาะจง
- (c) อ่าวไทยฝั่งตะวันตกระหว่างหลังสวนถึงประจวบคีรีขันธ์
- (d) อ่าวไทยฝั่งตะวันตกระหว่างแหลมคอกวางถึงหลังสวน
- (e) อ่าวไทยฝั่งตะวันตกระหว่างสงขลาถึงแหลมคอกวาง และ
- (f) อ่าวไทยฝั่งตะวันตกระหว่างสงขลาถึงกัลปตัน

ส่วนข้อมูล GEBCO30 บริเวณอ่าวไทยที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ เป็นข้อมูลจากการ interpolate ข้อมูลการตรวจวัดความลึกด้วยคลื่นเสียง (ship track sounding) และการประมาณความลึกโดยการตรวจวัดความผิดปกติของแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity anomaly) ด้วยดาวเทียมวัดความสูง (satellite altimetry) เทียบกับจีโออยด์ (geoid) ผิวโลก มีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลก่อนเผยแพร่ เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะพื้นมหาสมุทรทั่วไป (Sandwell, 1991) ข้อมูลแสดงความลึกเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Smith & Sandwell, 2004) โครงสร้างแผนที่เป็นแบบเมอเคเตอร์ ใช้ระบบพิกัด World Geodetic System 1984 (WGS84)

วิธีการวิจัยทำโดยการตัดข้อมูล GEBCO30 บริเวณอ่าวไทยและสร้างแบบจำลองพื้นมหาสมุทรโดยใช้ชุดคำสั่ง (script) ที่เขียนด้วยโปรแกรม Generic mapping tools; GMT (Wessel & Smith, 1998) กำหนดแนวชายฝั่งบนแผนที่ และกำหนดให้ความลึกของกริดที่อยู่เหนือผิวน้ำมีค่าเป็น 0 เมตร และความลึกของกริดที่อยู่ใต้ผิวน้ำมีค่าเป็นลบ ส่วน NC มีการแปลงระบบพิกัดทั้งหมดให้เป็นระบบ WGS84 นำเข้าโปรแกรม Surfer กำหนดขนาดกริด (grid cell size) เป็น 0.5 ไมล์ทะเล และอ่านข้อมูลความลึก (digitize) ณ จุดกึ่งกลางของแต่ละกริดที่แสดงใน NC เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงตัวเลขมาใช้ในการคำนวณต่อไป การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน (discrepancy) ทำโดยการลบข้อมูล NC  $((x_i, y_j)_{NC})$  แต่ละกริดด้วยข้อมูล GEBCO30  $((x_i, y_j)_{GEBCO30})$  ตามสมการที่ 1 ด้วยชุดคำสั่งที่เขียนด้วยโปรแกรม GMT คำนวณความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกแต่ละกริด และแสดงในรูปของแผนภูมิความถี่สะสม (histograms plot) แล้วนำข้อมูลทั้ง GEBCO30, NC และความคลาดเคลื่อนมาสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะพื้นทะเลด้วยมาตราส่วนสีผสม (color-code map) (Marks & Smith, 2005; Beyer *et al.*, 2005, Sandwell *et al.*, 2006) โครงสร้างแผนที่เป็นแบบเมอเคเตอร์ (Mercator projection) การปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 เชิงพื้นที่  $((x_i, y_j)_{GEBCO30})$  ทำโดยหักลบค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 ด้วยข้อมูลความลึกที่คำนวณได้ด้วยสมการที่ 2 ด้วยชุดคำสั่งที่เขียนด้วยโปรแกรม GMT แล้วคำนวณความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึกตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล IHO (1998, 2008) ตามข้อกำหนดใน IHO standard ข้อ 1a และ 1b ที่กำหนดว่าเมื่อข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ (normal distribution) ความน่าเชื่อถือข้อมูลความลึกที่ยอมรับได้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% confidence level) ต้องมีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าร้อยละ 5 ของความลึกน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลความลึกที่ได้จากการตรวจวัดในภาคสนาม สำหรับอ่าวไทยมีความลึกน้อยกว่า 100 เมตร กำหนดให้ข้อมูลความลึกที่ยอมรับได้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ต้องมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า  $\pm 5$  เมตร หลังจากนั้นแปลงข้อมูลชุดใหม่ที่ได้ให้อยู่ในรูปข้อมูลเชิงตัวเลขที่ง่ายต่อการนำไปใช้งานต่อไป

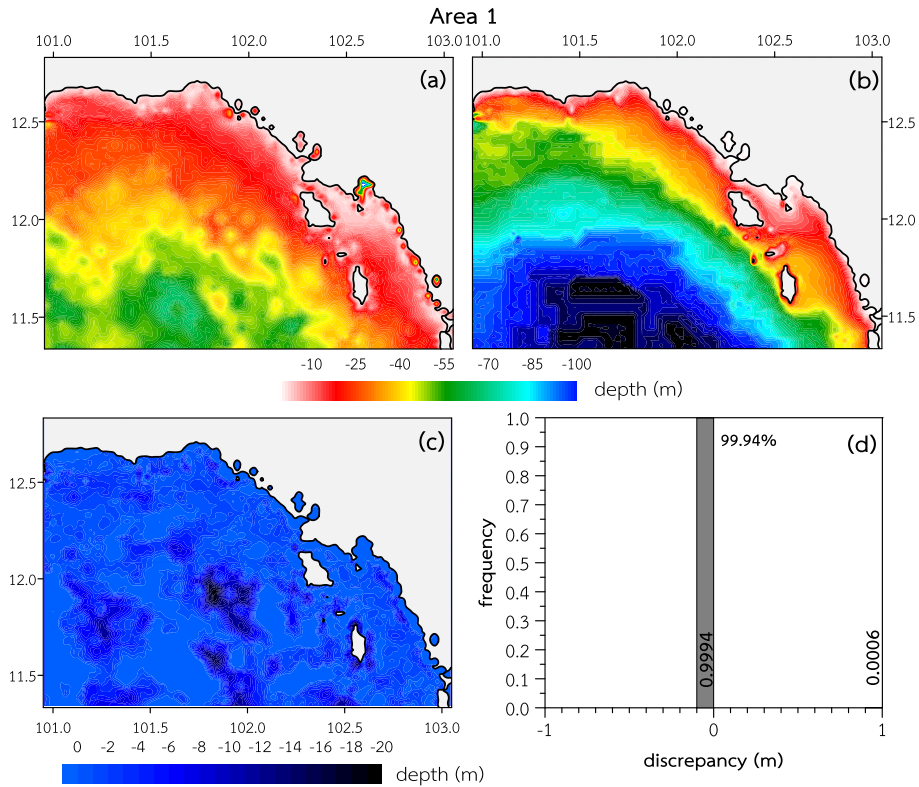
$$discrepancy (m) = (x_i, y_j)_{NC} - (x_i, y_j)_{GEBCO30} \quad (1)$$

$$(x_i, y_j)_{GEBCO30} - discrepancy (m) = (x_i, y_j)_{adj} \quad (2)$$

### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การศึกษาพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 บริเวณพื้นที่ 1 มีค่าระหว่าง 0-18.47 เมตร หลังปรับแก้ข้อมูล GEBCO30 แล้วพบว่าร้อยละ 99.94 ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนระหว่าง 0.0-0.1 เมตร บริเวณพื้นที่ 2 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 มีค่าระหว่าง 0-20.76 โดยร้อยละ 97.47 ของข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนระหว่าง 0.0-0.1 เมตร บริเวณพื้นที่ 3 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 มีค่าระหว่าง 0-31.71 เมตร โดยร้อยละ 100.00 ข้อมูลความลึกคลาดเคลื่อนระหว่าง 0.0-0.1 เมตร บริเวณพื้นที่ 4 ค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูล GEBCO30 มีค่าระหว่าง 0-34.49 เมตร โดยร้อยละ 96.69 ของข้อมูลความลึกคลาดเคลื่อนระหว่าง 0.0-0.1 เมตร บริเวณพื้นที่ 5 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 มีค่าระหว่าง 0-21.50 เมตร โดยร้อยละ 100.00 ของข้อมูลความลึกคลาดเคลื่อนระหว่าง 0.0-0.1 เมตร และบริเวณพื้นที่ 6 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 ส่วนใหญ่มีค่าร้อยละ 95.78 โดยข้อมูลคลาดเคลื่อนระหว่าง 0.0-1.0 เมตร ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเกิดจากมี NC บริเวณนี้จำกัด

จึงทำให้มีข้อมูลมาใช้ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล GEBCO30 น้อย อย่างไรก็ตาม การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการปรับแก้ความถูกต้องข้อมูล GEBCO30 บริเวณอ่าวไทยด้วยข้อมูลการหยั่งน้ำ มีค่าต่ำกว่ากำหนดมาตรฐานความน่าเชื่อถือข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไป ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล (ภาพที่ 2)



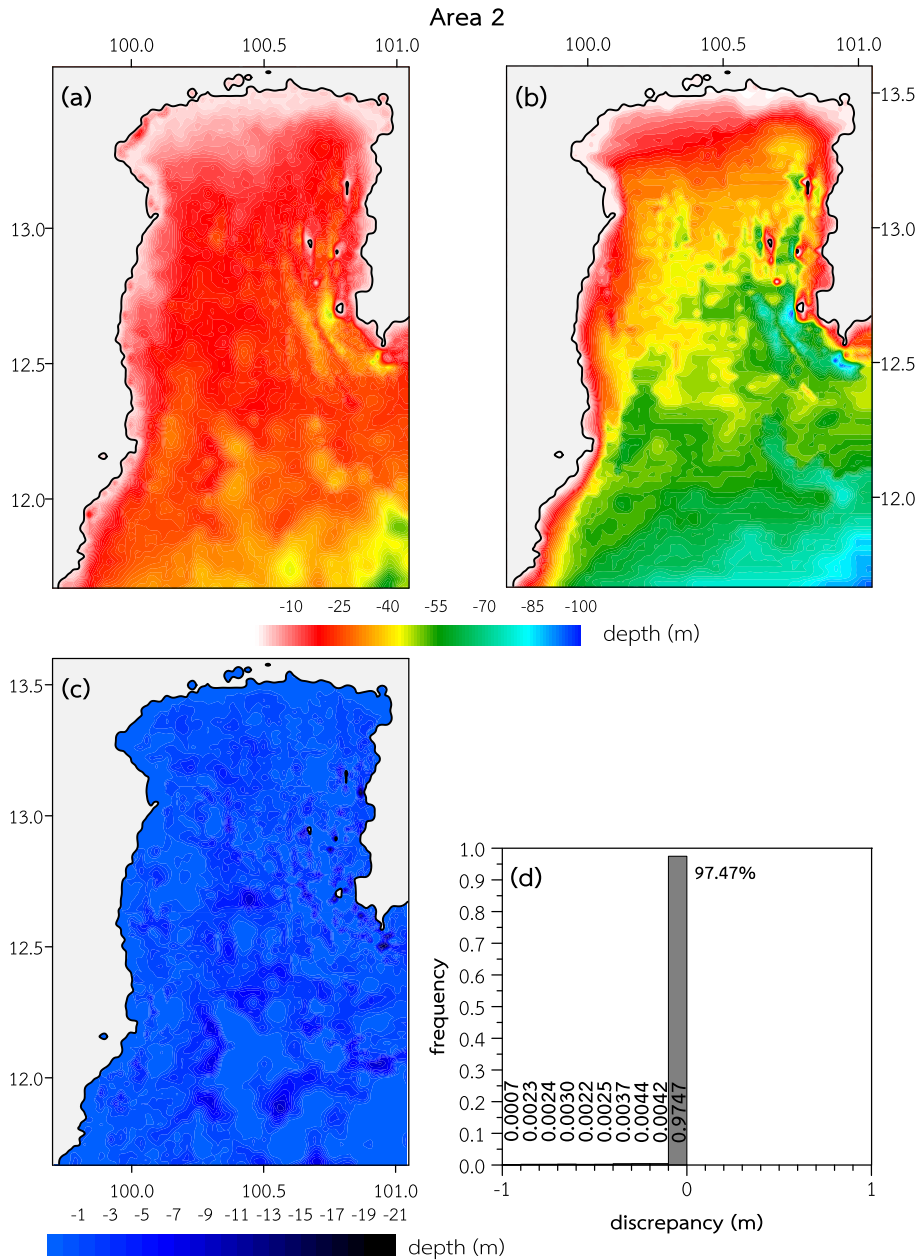
ภาพที่ 2 แสดงแบบจำลองพื้นทะเล ข้อมูล GEBCO30 บริเวณพื้นที่ 1

(a) ข้อมูลความลึก NC พื้นที่ 1

(b) ความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 ลบด้วยข้อมูลความลึก NC บริเวณพื้นที่ 1

(c) และ (d) แผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปที่ปรับแก้ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล ในบริเวณพื้นที่ 1



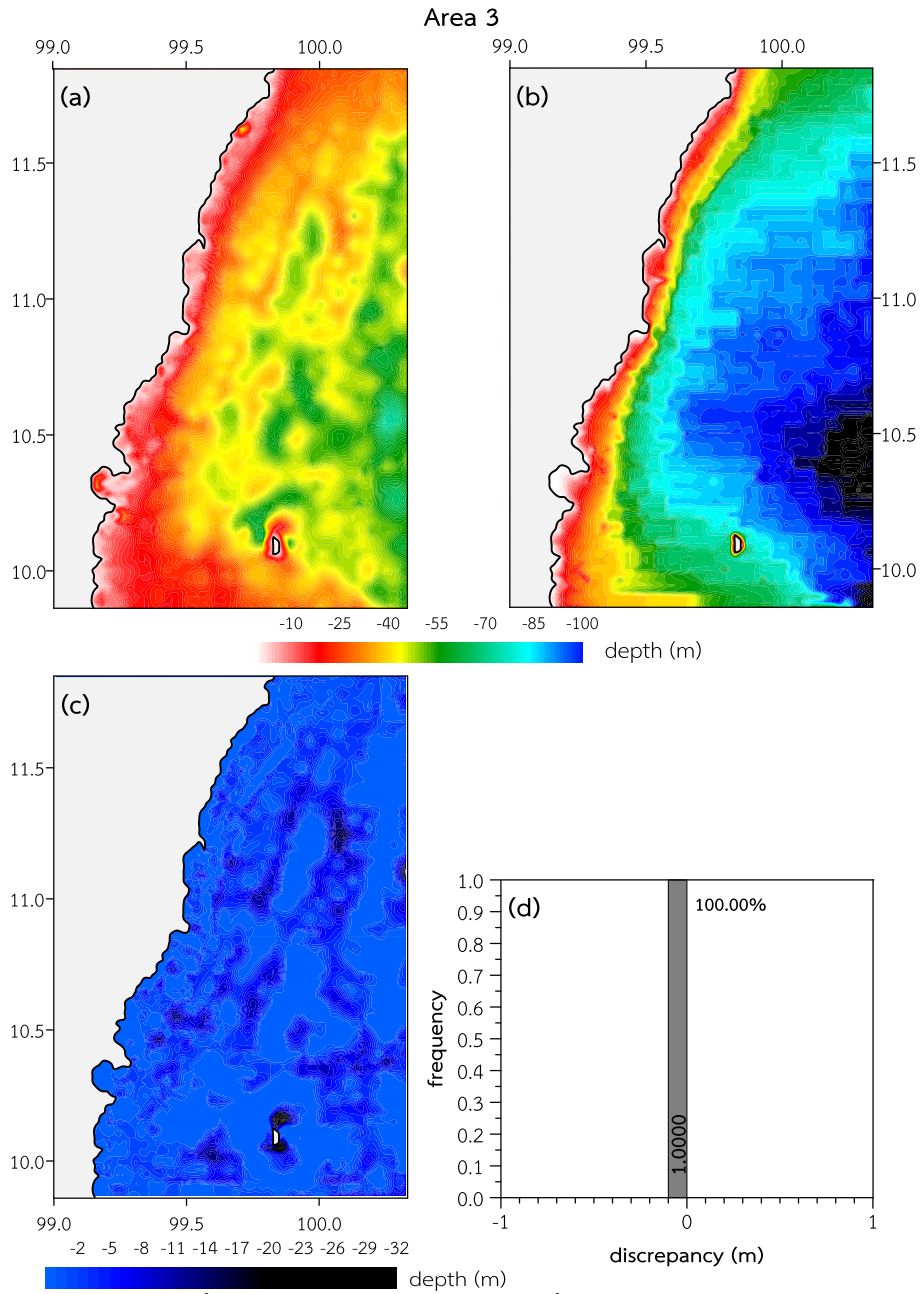


**ภาพที่ 2 (ต่อ)** แสดงแบบจำลองพื้นที่ทะเล ข้อมูล GEBCO30 บริเวณพื้นที่ 2

(a) ข้อมูลความลึก NC พื้นที่ 2

(b) ความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 ลบด้วยข้อมูลความลึก NC บริเวณพื้นที่ 2

(c) และ (d) แผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปที่ปรับแก้ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล ในบริเวณพื้นที่ 2

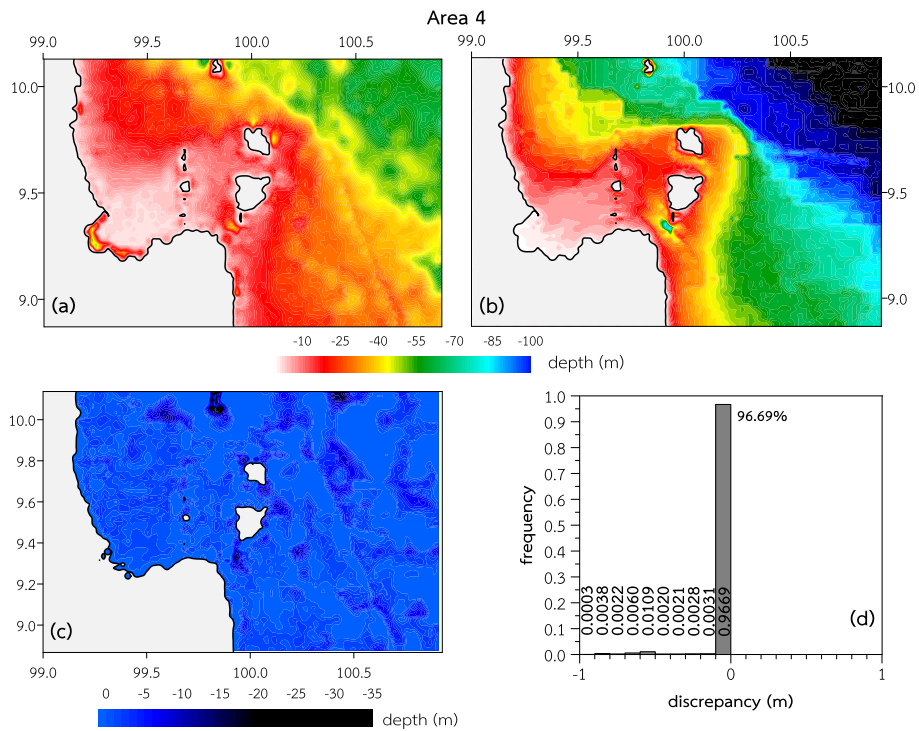


ภาพที่ 2 (ต่อ) แสดงแบบจำลองพื้นทะเล ข้อมูล GEBCO30 บริเวณพื้นที่ 3

(a) ข้อมูลความลึก NC พื้นที่ 3

(b) ความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 ลบด้วยข้อมูลความลึก NC บริเวณพื้นที่ 3

(c) และ (d) แผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปที่ปรับแก้ตามมาตรฐาน อุทกศาสตร์สากล ในบริเวณพื้นที่ 3

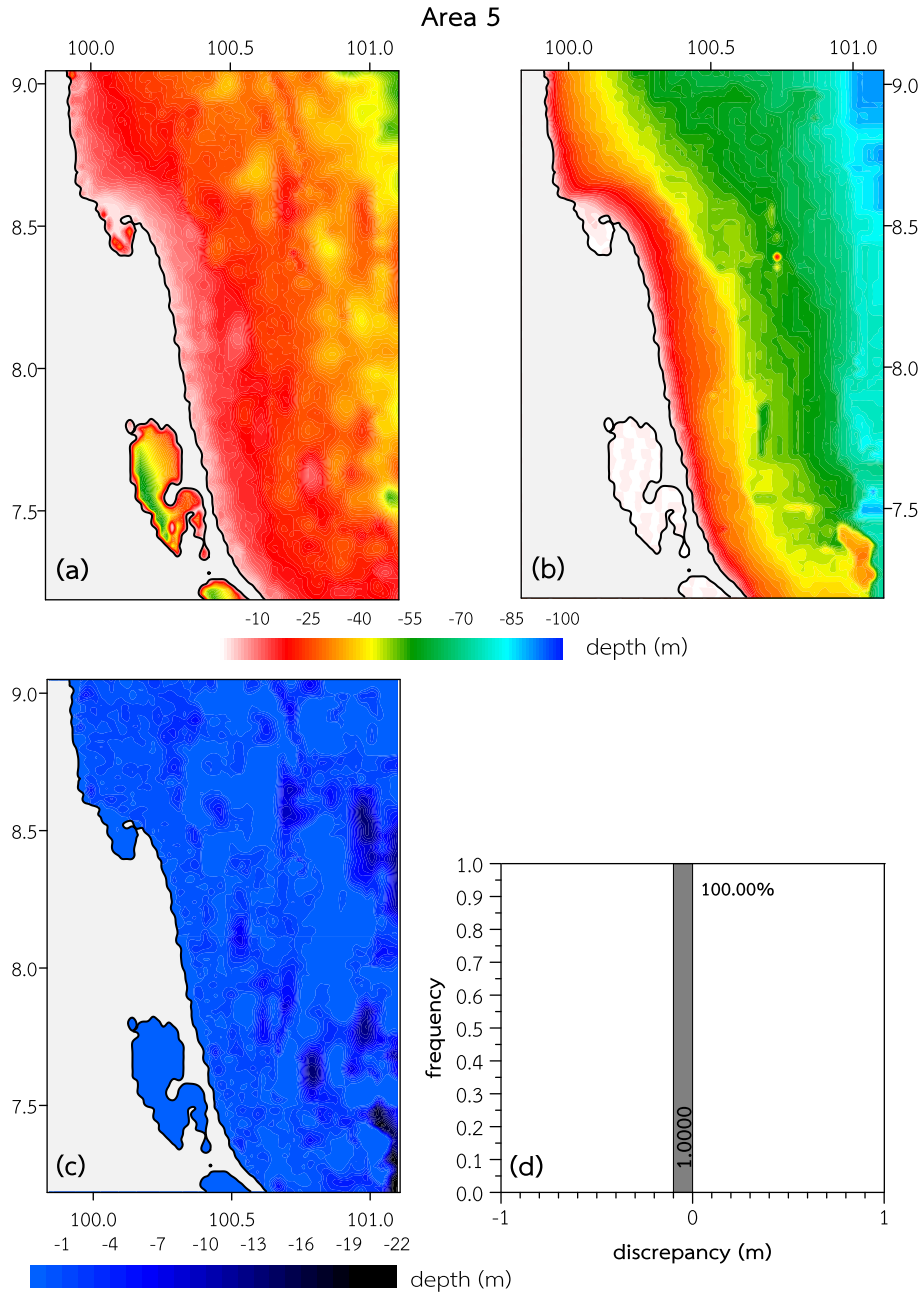


ภาพที่ 2 (ต่อ) แสดงแบบจำลองพื้นทะเล ข้อมูล GEBCO30 บริเวณพื้นที่ 4

(a) ข้อมูลความลึก NC พื้นที่ 4

(b) ความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 ลบด้วยข้อมูลความลึก NC บริเวณพื้นที่ 4

(c) และ (d) แผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปที่ปรับแก้ตามมาตรฐาน อุทกศาสตร์สากล ในบริเวณพื้นที่ 4

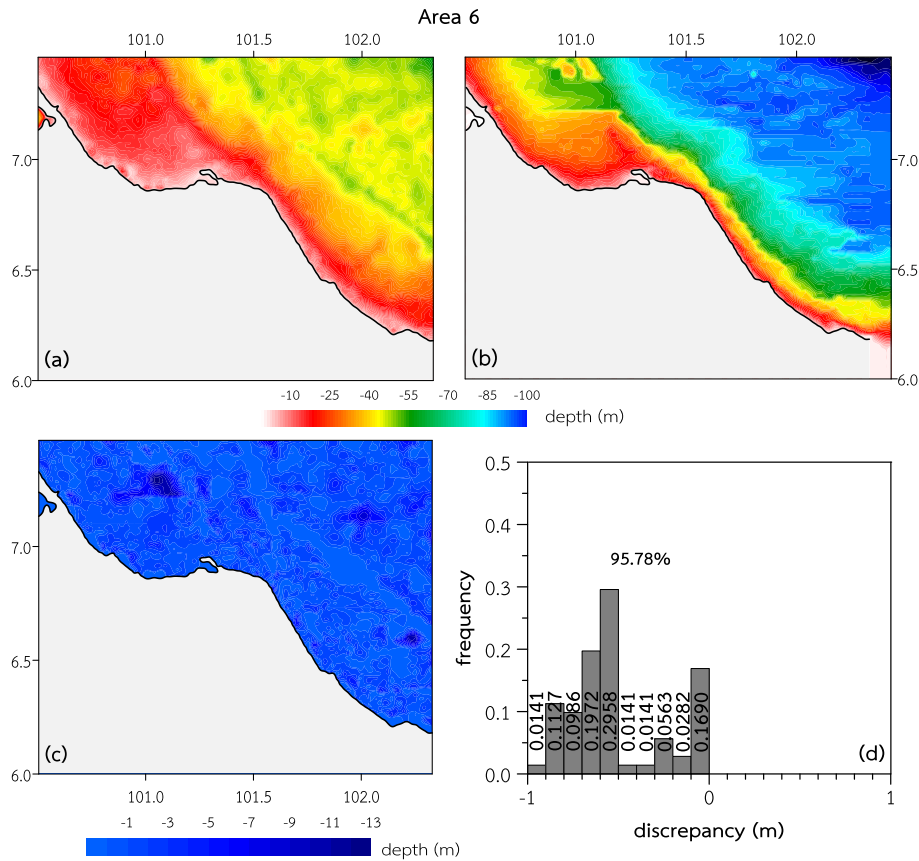


**ภาพที่ 2 (ต่อ)** แสดงแบบจำลองพื้นที่ทะเล ข้อมูล GEBCO30 บริเวณพื้นที่ 5

(a) ข้อมูลความลึก NC พื้นที่ 5

(b) ความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 ลบด้วยข้อมูลความลึก NC บริเวณพื้นที่ 5

(c) และ (d) แผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปที่ปรับแก้ตามมาตรฐานอุทกศาสตร์สากล ในบริเวณพื้นที่ 5

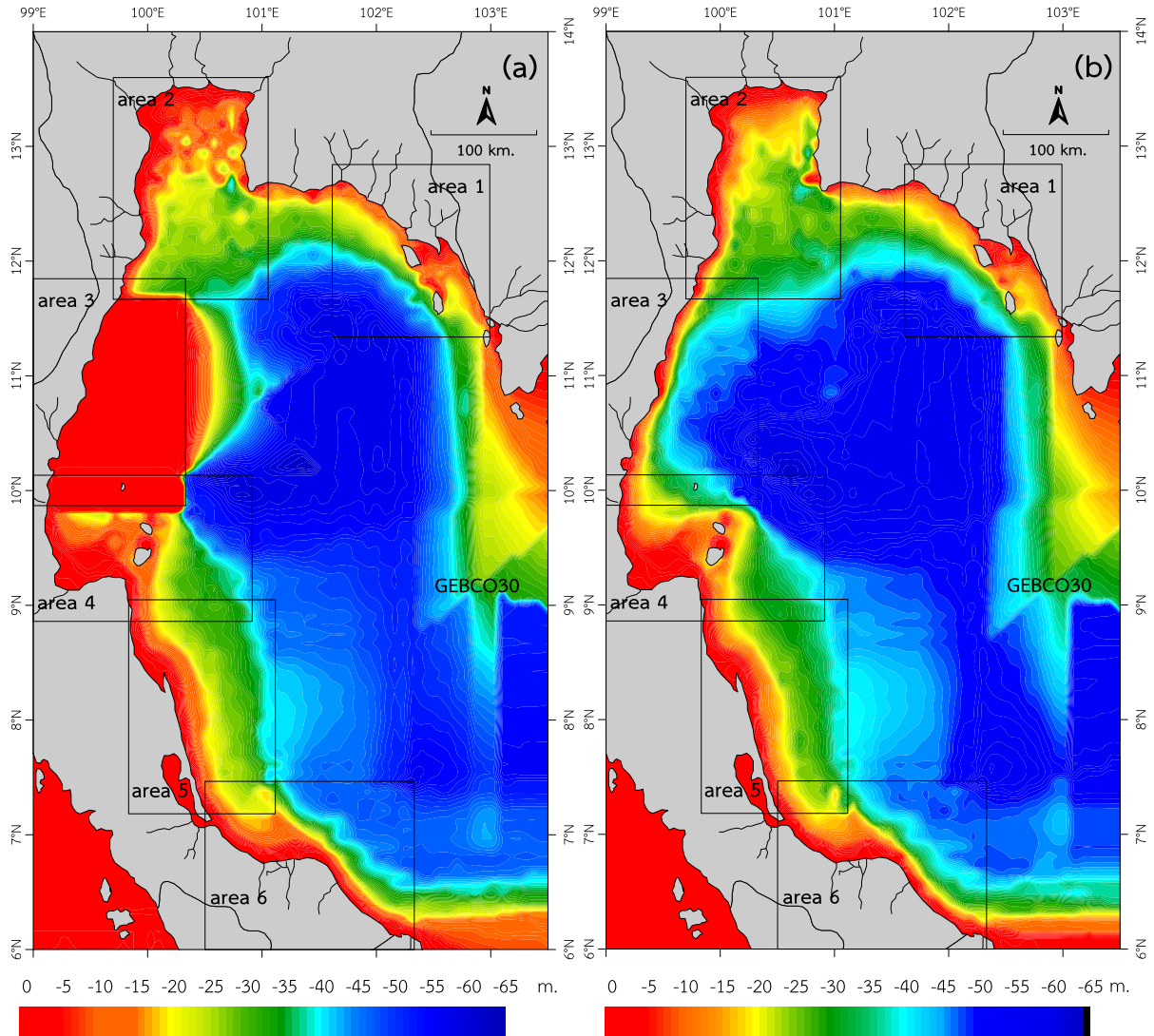


ภาพที่ 2 (ต่อ) แสดงแบบจำลองพื้นทะเล ข้อมูล GEBCO30 บริเวณพื้นที่ 6

- (a) ข้อมูลความลึก NC พื้นที่ 6
- (b) ความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 ลบด้วยข้อมูลความลึก NC บริเวณพื้นที่ 6
- (c) และ (d) แผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของข้อมูลความลึกแผนที่พื้นมหาสมุทรทั่วไปที่ปรับแก้ตามมาตรฐาน อุทกศาสตร์สากล ในบริเวณพื้นที่ 6

การศึกษานี้ทำให้ได้ข้อมูลความลึก GEBCO30 จำนวน 65,536 ข้อมูล เมื่อรวมกับข้อมูลความลึกที่ปรับแก้ความถูกต้องแล้วพบว่ามีจำนวนรวม 215,095 ข้อมูล หรือคิดเป็นร้อยละ 90.97 ของข้อมูลความลึกบริเวณอ่าวไทยทั้งหมด ในขณะที่เมื่อนำข้อมูลความลึก NC มาแทนที่ข้อมูล GEBCO30 ที่ยังไม่ปรับแก้ในบริเวณชายฝั่ง กลับพบว่ามีจำนวนรวม 236,441 ข้อมูล หรือคิดเป็นร้อยละ 100.00 ของข้อมูลความลึก แสดงให้เห็นว่าข้อมูลความลึก GEBCO30 ที่อ่านได้จากบริเวณอ่าวไทย มีจำนวนน้อยกว่าข้อมูล GEBCO30 ที่ถูกปรับแก้ความถูกต้องด้วยข้อมูล NC เมื่อพิจารณาลักษณะพื้นทะเลของอ่าวไทยตามแบบจำลองแสดงลักษณะพื้นทะเลด้วยมาตราส่วนสี่สม แล้วพบว่าบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย ทั้งพื้นที่ 2 และพื้นที่ 5 (ภาพที่ 3) แล้วพบว่าข้อมูล GEBCO30 ที่ปรับแก้แล้วยังคงมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความลึกบางส่วนอยู่ ซึ่งน่าจะเกิดเนื่องจากมีจำนวน NC น้อยในบริเวณดังกล่าว โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ 3 เป็นบริเวณที่ตื้นอย่างมาก (ภาพที่ 3a) เมื่อเทียบกับบริเวณเดียวกัน (ภาพที่ 3b) ดังนั้นจึงควรใช้ข้อมูลความลึกโดยการหยั่งน้ำ (NC) แต่ละพื้นที่หากต้องการศึกษาในพื้นที่ขนาดเล็ก และหากต้องการศึกษาทั้งบริเวณอ่าวไทยควรนำข้อมูล NC มาแทนที่ข้อมูล GEBCO30 บริเวณชายฝั่ง จะทำให้ได้จำนวนข้อมูลมากที่สุดเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป และหากต้องการสำรวจความลึกของมหาสมุทรและจัดทำแผนที่ลักษณะพื้นมหาสมุทรด้วยอุปกรณ์ที่มีความละเอียดสูง ควรมีการสำรวจด้วย multibeam echo

sounder เช่น การศึกษาธรณีวิทยาภาพพื้นทะเลอ่าวไทยตอนบน ด้วยเครื่อง parametric echo sounder หรือเครื่อง multibeam echo sounder ซึ่งอาจต้องใช้เวลาสำรวจด้วยเร็วมากกว่า 200 ปี พร้อมกับค่าใช้จ่ายจำนวนมาก (Sandwell et al., 2006)



ภาพที่ 3 (a) แสดงพื้นทะเลบริเวณอ่าวไทยจากข้อมูลความลึก GEBCO30 ที่ปรับแก้แล้ว รวมกับข้อมูลความลึก GEBCO30 ที่ไม่มีการปรับแก้ และ (b) แสดงพื้นทะเลอ่าวไทยจากข้อมูลความลึกที่ตรวจวัดได้โดยการหยั่งน้ำ (NC) รวมกับข้อมูลความลึก GEBCO30 ที่ไม่มีการปรับแก้

### สรุปผลการวิจัย

การปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลความลึกพื้นมหาสมุทรทั่วไป ชนิด GEBCO30 (The General Bathymetric Chart of the Oceans 30 arc-second) มีความละเอียด (resolution) 0.5 ไมล์ทะเลบริเวณอ่าวไทย โดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลความลึกโดยการหยั่งน้ำซึ่งสำรวจและเผยแพร่โดยกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (NC) จำนวนรวม 6 พื้นที่ รวมทั้งสิ้น 59 ระวัง โดยการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนข้อมูลความลึก GEBCO30 และตรวจสอบความ

นำเชื่อถือของข้อมูลตามมาตรฐาน IHO (1998, 2008) ด้วยชุดคำสั่งในโปรแกรม GMT (Generic Mapping Tools) ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลที่ปรับแก้ทั้งหมดมีค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยร้อยละ 98.31 และมีค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความลึกน้อยกว่า 0.1 เมตร ยกเว้นบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกระหว่างสงขลาถึงก้นตัน ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความลึกน้อยกว่า 1.0 เมตร หลังจากการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความลึกพื้นมหาสมุทรทั่วไปแล้ว พบว่าบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกระหว่างหลังสวนถึงประจวบคีรีขันธ์ แสดงข้อมูลความลึกตื้นกว่าบริเวณอื่น จึงควรใช้ข้อมูลความลึกโดยการหยั่งน้ำ (NC) แต่ละพื้นที่หากต้องการศึกษาในพื้นที่ขนาดเล็ก และหากต้องการศึกษาทั้งบริเวณอ่าวไทยควรนำข้อมูล NC มาใช้แทนข้อมูล GEBCO30 บริเวณชายฝั่ง จะทำให้ได้จำนวนข้อมูลมากที่สุด บางกรณีที่ต้องการข้อมูลที่มีความละเอียดมากขึ้น (resampling) ต้องทำการปรับขนาดกริดของข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถเผยแพร่ให้ผู้สนใจนำไปใช้ประโยชน์ได้ในการศึกษาการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม และการพัฒนาชุมชนพื้นที่ตอนในของอ่าวที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ และอาจก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนสารพิษที่ถูกขนส่งผ่านแม่น้ำลงสู่อ่าวไทย และอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีได้ หรือใช้ในการศึกษาการกระจายและการผสมผสานของมลสารในอ่าวไทย รวมทั้งศึกษาการจัดชั้นของมวลน้ำในอ่าวไทยจากข้อมูลทางกายภาพ แบบจำลองการเกิด storm surge และยังสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญในแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการไหลเวียนของมวลน้ำที่ผิวหน้าของอ่าวไทย ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลความลึกที่เชื่อถือได้ เนื่องจากจะส่งผลให้การผลของแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

- Amante, C., & Eakins, B.W. (2009). ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis (March 2009). *NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24*, 19 pp.
- 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-dimension hydrodynamic model for the Gulf of Thailand. *Proceeding of The IOC/WESPAC Fourth International Scientific Symposium*, 469-478.
- Buranapratheprat, A. (2008) Circulation in the Upper Gulf of Thailand: A review. *Burapha Sci. J.*, 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 Sci. J.*, 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 Sci. J.*, 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.

- 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)
- International Hydrographic Organization; IHO. (1998). *IHO Standards for Hydrographic Surveys: 4<sup>th</sup> Edition, Special Publication, 44*, International Hydrographic Bureau. Monaco. (April 1998).
- International Hydrographic Organization; IHO. (2008). *IHO Standards for Hydrographic Surveys: 5<sup>th</sup> Edition, Special Publication, 44*, International Hydrographic Bureau. Monaco. (February 2008).
- IOC, IHO & BODC. (2003). *Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas, published on CD-ROM on behalf of the Intergovernmental Oceanographic Commission and the International Hydrographic Organization as part of the General Bathymetric Chart of the Oceans*, British Oceanographic Data Centre, Liverpool, U.K.
- 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 Sci. J.*, 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 Sci. J.*, 17(2), 72-81. (in Thai)
- Jintasaeranee, P. (2013). A preliminary study on a discrepancy of the Bathymetric data in the Gulf of Thailand. *Burapha Sci. J.*, 18(2), 97-106. (in Thai)
- 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.
- 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.
- Sandwell, D.T. (1991). Geophysical applications of satellite altimetry. *Reviews of Geophysics*, 132-137.
- 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. (2004). Conventional bathymetry, bathymetry from space, and geodetic altimetry. *Oceanography*, 17(1), 8-23.
- The GEBCO\_08 Grid. (2010). version 20100927. Retrieved November 2, 2016, from <http://www.gebco.net>
- 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., & Fujiwara, S. (2001). Seasonal variation of stratification in the Gulf of Thailand. *Journal of Oceanography*, 57, 461-470.