



การศึกษาระดับผิวหน้าทะเลบริเวณอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ ด้วยข้อมูลดาวเทียมระบบอัลติมิตรี

Sea Surface Height Study in the Gulf of Thailand and South China Sea using Satellite Altimetry Data

นาวาเอกสมมาตร เนียมนิล^{1*} Marc Naeije² และอิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์³

¹กองวิชาวิศวกรรมอุทกศาสตร์ ฝ้ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

²Faculty of Aerospace Engineering, Delft University of Technology, Delft, HS Netherlands

³ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

จากการศึกษาค่าความสูงของผิวหน้าทะเลบริเวณอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ด้วยข้อมูลดาวเทียมอัลติมิตรีระหว่างปี พ.ศ.2536 - 2555 พบว่า ค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย (amplitude) มีค่าสูงกว่าในทะเลจีนใต้ค่าเฟส (phase) ของระดับน้ำทะเลพบค่าสูงสุดในอ่าวไทย ประมาณกลางเดือนมกราคม ค่าต่ำสุดประมาณเดือนกรกฎาคม ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุม อัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระยะยาวสำหรับอ่าวไทย มีค่า 3.4 ± 0.7 มิลลิเมตรต่อปี ในทะเลจีนใต้ มีค่าระหว่าง 4-5 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งค่าดังกล่าว นั้น สูงกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกซึ่งมีค่าประมาณ 3.2 มิลลิเมตรต่อปี สำหรับลักษณะการเปลี่ยนแปลง (pattern) ของค่าความสูงระดับน้ำทะเล ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมมรสุม โดยในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤศจิกายน - มกราคม) จะพบค่าความสูงระดับน้ำทะเลมีค่าสูงบริเวณชายฝั่งของประเทศจีน เกาะบอร์เนียว และอ่าวไทย โดยมีค่าต่ำบริเวณทะเลเล็กในทะเลจีนใต้ ส่วนช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม - สิงหาคม) จะมีลักษณะตรงกันข้ามคือ มีค่าสูงบริเวณทะเลเล็กในทะเลจีนใต้ และมีค่าต่ำบริเวณชายฝั่งของประเทศจีน เกาะบอร์เนียว และอ่าวไทย นอกจากนี้ ยังพบเพิ่มเติมอีกว่า ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ ENSO (El Nino-Southern Oscillation) มีผลกระทบต่อทำให้ค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ มีค่าลดลงต่ำกว่าค่าเฉลี่ย เช่น ในปี พ.ศ.2540-2541 เป็นต้น



Abstract

Sea Surface Height or Sea level amplitude, phase and trend in the Gulf of Thailand (GoT) and South China Sea (SCS) have been derived from 1993-2010 multi-satellite altimeter data. First, amplitude plot shows high amplitude in the GoT and a lower one in SCS. Second, the phase plot gives the degrees starting with 1 January. As number of degrees is almost the same as number of days for a year (360/365), this basically says where the amplitude as given in the amplitude plot will have its maximum, so for the entire the GoT which can be said this is around middle of January (the high peak), so half a year later low peak will be seen. Last, sea level trend plot shows average sea level rise rate is 3.4 ± 0.7 millimeter per year in the GoT and higher rate is also found in SCS which is higher than global average sea level rise rate (3.2 millimeter per year). Sea Level Anomaly shows two modes: (1) Low water level remains along the axis with heights on both sides (coasts of Asian continent, Borneo and GOT) when northeast monsoon prevails (November to January) (2) High water level remains along the axis with lows on both sides when southwest monsoon prevails (May to August). We also found that during 1997-1998 ENSO (El Nino-Southern Oscillation) event, sea surface height in the GoT and SCS is much lower than normal situation.

1. บทนำ

การตรวจวัดค่าระดับน้ำจากดาวเทียม (Satellite Altimetry) เป็นเทคนิคในการตรวจวัดค่าความสูงของผิวน้ำทะเล (sea surface heights) เช่น ระดับน้ำ คลื่น โดยการวัดเวลาที่คลื่นเรดาร์เดินทางออกจากเสาสัญญาณ (antenna) ไปยังผิวน้ำทะเล แล้วสะท้อนกลับมายังตัวรับ (receiver) ที่อยู่บนดาวเทียม ประกอบกับการทราบตำแหน่งที่แน่นอนของดาวเทียม ทำให้สามารถหาค่าความสูงของผิวน้ำทะเลที่ต้องการศึกษาได้ ดาวเทียมที่ใช้งานดังกล่าว ประกอบด้วย ดาวเทียม TOPEX/POSEIDON เป็นโครงการความร่วมมือระหว่าง National Aeronautics and Space

Administration (NASA) ของสหรัฐอเมริกา และ Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) ของฝรั่งเศส โดยมี Jet Propulsion Laboratory ซึ่งเป็นหน่วยงานของนาซ่า ในเมืองพาซาดีนา รัฐแคลิฟอร์เนีย เป็นผู้รับผิดชอบในส่วนของประเทศ ดาวเทียมมี Sensors ต่าง ๆ ประกอบด้วย เครื่องวัดความสูง เครื่องตรวจจับคลื่นไมโครเวฟ เครื่องบอกตำแหน่งโลก (GPS) เครื่องวัดการสะท้อนของแสงเลเซอร์จากด้านหลัง และ เสาอากาศสำหรับติดตามข่าวสาร ข้อมูล โดยดาวเทียมโคจรที่ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 1336 กิโลเมตร เพื่อใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับมหาสมุทร วัดระดับความสูงของน้ำทะเล



ความสูงคลื่น แลพกระแสน้ำในมหาสมุทร ปรับปรุงด้านการพยากรณ์อากาศ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์อากาศตามฤดูกาลทั่วโลก รวมทั้งใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Nino) และกระบวนการ Oscillation ของมหาสมุทรแปซิฟิก

ดาวเทียม ERS (European Remote Sensing Satellite) พัฒนาโดยองค์การอวกาศแห่งยุโรป (European Space Agency, ESA) ERS-1 ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2534 มีเครื่องรับรู้ 2 ระบบ คือ ระบบแพสซีฟ และระบบแอกทีฟ ซึ่งสามารถถ่ายภาพในทุกสภาพอากาศ ทะลุเมฆและหมอก นอกจากนั้นยังสามารถบันทึกข้อมูลในเวลากลางคืน บันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นแบนด์ C หรือที่มีความถี่ 5.3 GHz ความละเอียดภาพ 30 เมตร คาบการโคจร 100 นาที และโคจรกลับมายังบริเวณเดิมทุก ๆ ๓๕ วัน มีระบบ Synthetic Aperture Radar (SAR) radar altimeter และอุปกรณ์ในการตรวจวัดอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ลม คลื่น และความสูงของระดับน้ำทะเล ปัจจุบันดาวเทียมชุดนี้ปฏิบัติการอยู่ 2 ดวง คือ ERS-1 และ ERS-2

ดาวเทียม ENVISAT (Environmental Satellite) เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของยุโรป มีความสามารถในการบันทึกข้อมูลทางด้านสภาพทางทะเล และชีววิทยาทางทะเล ดาวเทียมเอนวิแซทส่งขึ้นสู่วงโคจร โดยจรวด Ariane 5G (Ariane 511, V145) ขึ้นสู่วงโคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun Synchronous) 766 km x 784 km x 98.5° จาก Kourou (Guyane) เมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2002 เวลา 1:07 UTC ดาวเทียมมีน้ำหนัก 8.1 ตัน (รวมน้ำหนักเชื้อเพลิง 319 กิโลกรัม) สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 6.5 kW วงโคจรที่ระดับความสูง 790 กิโลเมตร คาบการโคจร 101 นาที โคจรกลับมาที่เดิมทุก 35 วัน

ดาวเทียมเอนวิแซท ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดต่าง ๆ เช่น Radar Altimeter, Doris system, Microwave Radiometer สามารถบันทึกสถานะข้อมูลทางทะเล คลอโรฟิลล์ ตะกอน แขนงลอย เคมีในบรรยากาศ และสภาพแวดล้อมทางทวีป เป็นต้น

ดาวเทียม JASON-1 เป็นโครงการความร่วมมือระหว่าง NASA และ CNES ต่อจากดาวเทียม TOPEX/POSEIDON ดาวเทียมเจสัน 1 ซึ่งมีขนาด 102 ปอนด์นี้ จะทำงานประสานกับดาวเทียมที่ออปเท็กซ์/ไพโซดอน ซึ่งเริ่มปฏิบัติการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 ในการตรวจสอบสภาพภูมิอากาศของโลก อันเป็นผลมาจากการทำปฏิกริยากัน ระหว่างมหาสมุทรและชั้นบรรยากาศโลก ที่ผ่านมาที่ออปเท็กซ์ ได้ส่งภาพถ่ายมหาสมุทรจำนวนมาก ซึ่งรวมถึง ภาพที่แสดงพัฒนาการของปรากฏการณ์เรือนกระจกและเอลนีโญ ในมหาสมุทรแปซิฟิก ที่ทำให้สภาพอากาศผิดปกติ ในช่วงฤดูหนาวของปี พ.ศ.2540-2541 ด้วย เจสัน 1 และที่ออปเท็กซ์/ไพโซดอน จะวัดค่าระดับความสูงของน้ำทะเล ที่ให้ความละเอียดถึงระดับเซนติเมตร จากนั้นนักวิทยาศาสตร์ จะใช้ข้อมูลระดับ ความสูง และความแรงลม ในมหาสมุทรอธิบายปรากฏการณ์ ที่ทำให้สภาพภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไป สำหรับอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียมเจสัน 1 ประกอบด้วย เครื่องวัดระดับความสูงไพโซดอน 2 (POSEIDON 2) อุปกรณ์วัดสัญญาณคลื่นไมโครเวฟ สำหรับวัดไอน้ำในชั้นบรรยากาศ และอุปกรณ์ระบุตำแหน่งที่แม่นยำ (GPS)

ดาวเทียม JASON-2 จะดำเนินการตรวจวัดทางด้านสมุทรศาสตร์ต่อจาก TOPEX/POSEIDON และ JASON-1 โดยจะศึกษาติดตามการไหลเวียนของน้ำในมหาสมุทร ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมหาสมุทรและบรรยากาศ เพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์

อากาศและการติดตามปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น เอลนีโญ สำหรับอุปกรณ์ที่ติดตั้งใน JASON-2 ประกอบด้วย CNES Poseidon-3 altimeter, NASA Advanced Microwave Radiometer (AMR), three-frequency CNES DORIS receiver NASA GPS receiver NASA reflector array และ Time Transfer by Laser Link (T2L2) payload

เนื่องจากการวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่แท้จริง ของสถานีวัดระดับน้ำ มีค่าแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของอัตราท้องถิ่น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่คำนวณจากงานศึกษาส่วนใหญ่เป็นอัตราสัมพัทธ์ (Relative Rate) ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่แท้จริงกับอัตราการเคลื่อนตัวทางดิ่งของแผ่นดิน (Vertical Motion) บริเวณนั้นอันเกิดจากสาเหตุสำคัญ 3 ประการได้แก่

1. การดีดตัวกลับของเปลือกโลกหลังยุคน้ำแข็ง (Post Glacial Rebound, PGR) อันเนื่องมาจากน้ำหนักของน้ำแข็งที่กดทับเปลือกโลกหายไปภายหลังสิ้นยุคน้ำแข็ง ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นทุกหนทุกแห่งทั่วโลก และค่าการดีดตัวกลับแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ สำหรับประเทศไทยบริเวณเกาะหลักมีค่าการดีดตัวกลับประมาณ 0.55 มิลลิเมตรต่อปี (Peltier, 2004)
2. การเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก (Crustal Motion) อันเนื่องมาจากแรงทางด้านฮัยออสเฟียร์ ซึ่งรวมถึงการบิดเบี้ยวของแผ่นเปลือกโลก (Crustal Deformation) ทั้งทางราบและทางดิ่ง
3. การทรุดตัว/ยกตัวอันเนื่องมาจากสาเหตุอื่น เช่น การทรุดตัวของแผ่นดินจากการสูบน้ำบาดาลไปใช้หรือการบิดเบี้ยวของผิวโลกเนื่องจากน้ำหนักของ

ตะกอนที่ทับถมมากขึ้นเรื่อย ๆ ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง การหาอัตราการเคลื่อนตัวทางดิ่งของแผ่นดินจากแต่ละปัจจัยเพื่อนำมาตรวจแก้ค่าระดับน้ำอาจใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ เช่น แบบจำลอง ICE5G โดย Peltier (2004) ที่คำนวณหา PGR ของแผ่นดิน อย่างไรก็ตาม ทุกแบบจำลองล้วนแต่ไม่สมบูรณ์และมีความคลาดเคลื่อนแฝงอยู่ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของค่าตรวจแก้ที่ได้จากแบบจำลอง ทางเลือกหนึ่งเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้คือ การวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่แท้จริง โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำทะเลจากดาวเทียมระบบอัลติเมตริ์ เนื่องจากการตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำทะเลดังกล่าวนี้อ้างอิงอยู่บน Reference Ellipsoid ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่คำนวณจากข้อมูลดาวเทียมระบบอัลติเมตริ์ จึงเป็นค่าที่แท้จริง (Absolute Rate) ไม่ต้องทำการปรับแก้อัตราการเคลื่อนตัวทางดิ่งของแผ่นดินอีก

สำหรับการศึกษาพลวัตและการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในบริเวณอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ ประกอบด้วย

Punpuk (1981) ได้วิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก และสัตหีบ ช่วงปี ค.ศ. 1960-1966 พบว่า การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำรายปีมีค่า 0.5 เมตร เป็นผลเนื่องมาจาก Ekman Transport ซึ่งเกิดจากระบบลมมรสุม

Neelasri (1995) วิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงจากสถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก และสัตหีบ ช่วงปี ค.ศ. 1963-1987 พบว่า ค่าระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือนในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงธันวาคม จะสูงกว่าในช่วงฤดูมรสุม



ตะวันตกเฉียงใต้ ระหว่างเดือน มิถุนายน – กรกฎาคม ประมาณ 0.4 เมตร และการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลตามช่วงฤดูกาลดังกล่าวนี้มีลักษณะเหมือนกับผลการคำนวณระดับน้ำโดยใช้ค่าตัวแปรจำสำคัญที่มีคาบเวลาครึ่งปี (Sa) และหนึ่งปี (SSa) Wang (1999) ได้วิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมระบบอัลติมิตรี ช่วงปี ค.ศ. 1992 -1997 เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระยะยาว พบว่า บริเวณทะเลเหลือง ทะเลตะวันออก และทะเลจีนใต้ มีค่า $+3.44 + 0.61, +3.12 + 0.47$ และ $-1.41 + 0.48$ มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ และปรากฏการณ์ ENSO ในปี 1993, 1994 และ 1997-1998 มีผลกระทบต่อค่าความสูงระดับน้ำทะเลทั้ง 3 บริเวณดังกล่าว

Fang (2006) ได้วิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมระบบอัลติมิตรี ช่วงปี ค.ศ. 1995-2001 ด้วยวิธี Empirical Orthogonal Function (EOF) analysis พบว่า การเคลื่อนตัวของมวลน้ำในทะเลจีนใต้ อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

Cheng (2007) ได้วิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมระบบอัลติมิตรี ช่วงปี ค.ศ. 1993 -2005 พบว่า ช่วงปี ค.ศ. 1993 -2000 มีการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล เท่ากับ $+ 11.3$ มิลลิเมตรต่อปี แต่มีอัตรา ๆ ที่ลดลงในช่วงปี ค.ศ. 2001 - 2005 เท่ากับ $- 11.8$ มิลลิเมตรต่อปี และได้ตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงระดับน้ำทะเลอย่างชัดเจนบริเวณที่ลึกของทะเลจีนใต้

Sojisuporn et al (2010) ได้วิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมระบบอัลติมิตรี (TOPEX/Poseidon และ ERS-2) ช่วงปี ค.ศ. 1995 - 2001 พบว่า มีการเคลื่อนตัวของมวลน้ำจากทะเลจีนใต้เข้ามายังอ่าวไทย มีการ

หมุนวน (eddy) แบบตามเข็มนาฬิกา บริเวณอ่าวไทยตอนใน และอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดน้ำผุด (upwelling)

Trisirisatayawong et al (2011) ได้วิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมระบบอัลติมิตรี ช่วงปี ค.ศ. 1993 - 2010 เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระยะยาวบริเวณอ่าวไทย พบว่า บริเวณเกาะมัตโพน เกาะหลัก สัตหีบ และเกาะสีชัง มีค่า $+3.2+0.7, +3.6+0.7, +4.8+0.7$ และ $+5.8+0.8$ มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงระดับน้ำทะเลในลักษณะคาบเวลาหนึ่งปี (annual cycle) และครึ่งปี (semi-annual cycle) สำหรับการเปลี่ยนแปลงรายหกเดือน อาจเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ ENSO การเปลี่ยนแปลงระยะยาวของดวงอาทิตย์ (solar activity) และวัฏจักรระยะยาว (18.7 ปี) ของระดับน้ำ (lunar nutation)

AVISO (2014) ได้วิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมระบบอัลติมิตรี ช่วงปี ค.ศ. 1993 - 2013 พบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระยะยาวของโลก (Global Mean Sea Level Rise Rate) มีค่าเท่ากับ $+3.19 + 0.4$ มิลลิเมตรต่อปี

2. วัตถุประสงค์

เพื่อทราบถึงพลวัตของค่าความสูงของผิวน้ำทะเลและอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระยะยาวในบริเวณอ่าวไทยและทะเลจีนใต้

3. วิธีการ

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลดาวเทียมจากฐานข้อมูล Radar Altimeter Database System



(RADS) ที่พัฒนาโดย Delft University of Technology, Netherlands โดยฐานข้อมูลดังกล่าวได้รวบรวมข้อมูลการตรวจวัดค่าระดับน้ำทะเลจากดาวเทียมทุกดวง ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1993 จนถึง ปัจจุบัน (Naeije et al.2006, 2007, 2008 and Scharroo, 2008) สำหรับข้อมูลที่น่ามาใช้ในการศึกษา อยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1993-2012 จากดาวเทียม จำนวน 5 ดวง ประกอบด้วย ERS-2 Envisat TOPEX/Poseidon Jason-1 และ Jason-2 รายละเอียดข้อมูลตามตารางที่ 1

ของข้อมูลดาวเทียมชั้น TOPEX (TOPEX/Poseidon Jason-1 และ Jason-2) มากกว่าของดาวเทียมชั้น ERS (ERS-2 และ Envisat) เราได้ดำเนินการปรับแก้ค่าที่เรียกว่า dual- crossover minimization analysis โดยการกำหนดให้วงโคจรของดาวเทียมชั้น TOPEX นั้นคงที่ และวงโคจรของดาวเทียมชั้น ERS มีการปรับแก้ไปพร้อม ๆ กัน

3. การแปลงข้อมูลที่ได้ตรวจสอบความถูกต้องแล้วให้อยู่ในระบบกริด โดยนำข้อมูลดาวเทียมชั้น TOPEX และข้อมูลดาวเทียมชั้น ERS มารวมกันและคำนวณ

ตารางที่ 1. ข้อมูลระดับน้ำทะเลจากดาวเทียมในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ (Satellite Altimetry data in Gulf of Thailand and South China Sea)

Satellite	ช่วงเวลา	ระยะเวลาการเก็บข้อมูล(ปี)
TOPEX/POSEIDON	1993 – 2002	10
ERS-2	1993 – 2008	16
ENVISAT	2002 – 2010	9
JASON-1	2002 – 2012	11
JASON-2	2008 – 2012	5

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย

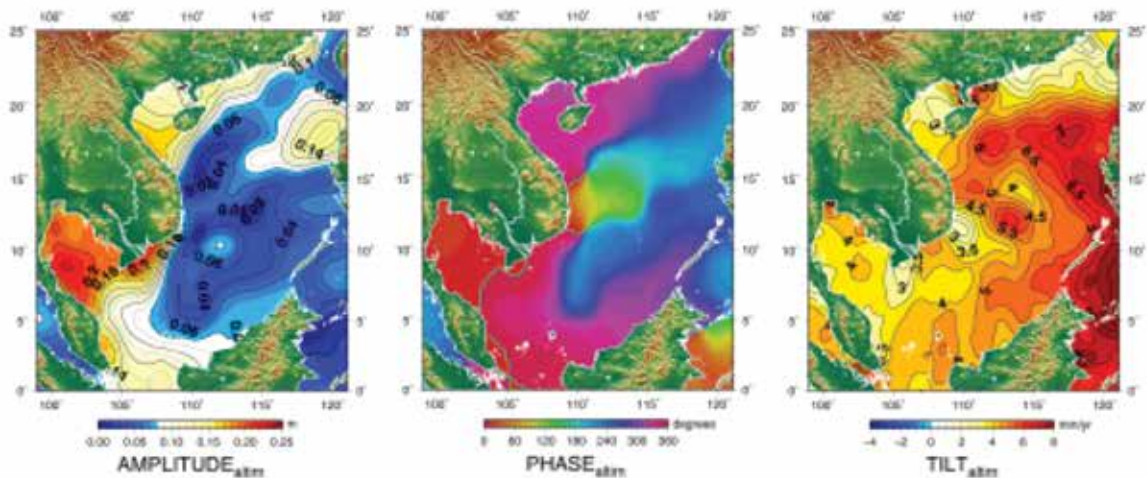
1. การเลือกข้อมูล หลังจากติดตั้งฐานข้อมูล RADS เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการเลือกข้อมูลระดับน้ำทะเลเฉพาะบริเวณอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993-2012 เพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้
2. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เนื่องจากความถูกต้องของวงโคจร (orbit's radial accuracy)

ค่าระดับน้ำทะเลในแต่ละกริด แล้วคำนวณค่าให้เป็นค่าระดับน้ำเฉลี่ยรายวัน (daily sea level anomaly grids) จากนั้นก็รวบรวมเป็นค่าระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากสถานีวัดระดับน้ำ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวนี้ ช่วยปรับปรุงค่า Root Mean Square Error (RMSE) ของความแตกต่างระหว่างค่าระดับน้ำเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมและจากสถานีวัด

ระดับน้ำให้ดีขึ้น จากค่าระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือน เราสามารถนำมาคำนวณหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ (sea level trend) จากข้อมูลดาวเทียม ด้วยวิธี Iterative Reweighted Least Squares (IRLS) regression analysis ซึ่งวิธีการนี้ ได้นำไปคำนวณหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำด้วยเช่นกัน

4. การนำเสนอข้อมูล โดยส่งข้อมูลระดับน้ำทะเลในระบบ กริดไปยังโปรแกรม MATLAB และ Generic Mapping Tools (GMT) เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ รวมถึงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟและคอนทัวร์

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้

จากรูปที่ 1 พบว่า พบว่าค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย (amplitude) มีค่าระหว่าง 0.15-0.20 เมตร ส่วนในทะเลจีนใต้มีค่าต่ำกว่า โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.05-0.15 เมตร ค่าเฟส (phase) ของระดับน้ำทะเล พบค่าต่ำสุดในอ่าวไทย ประมาณเดือนกรกฎาคม ส่วนค่าสูงสุด จะพบประมาณกลางเดือน

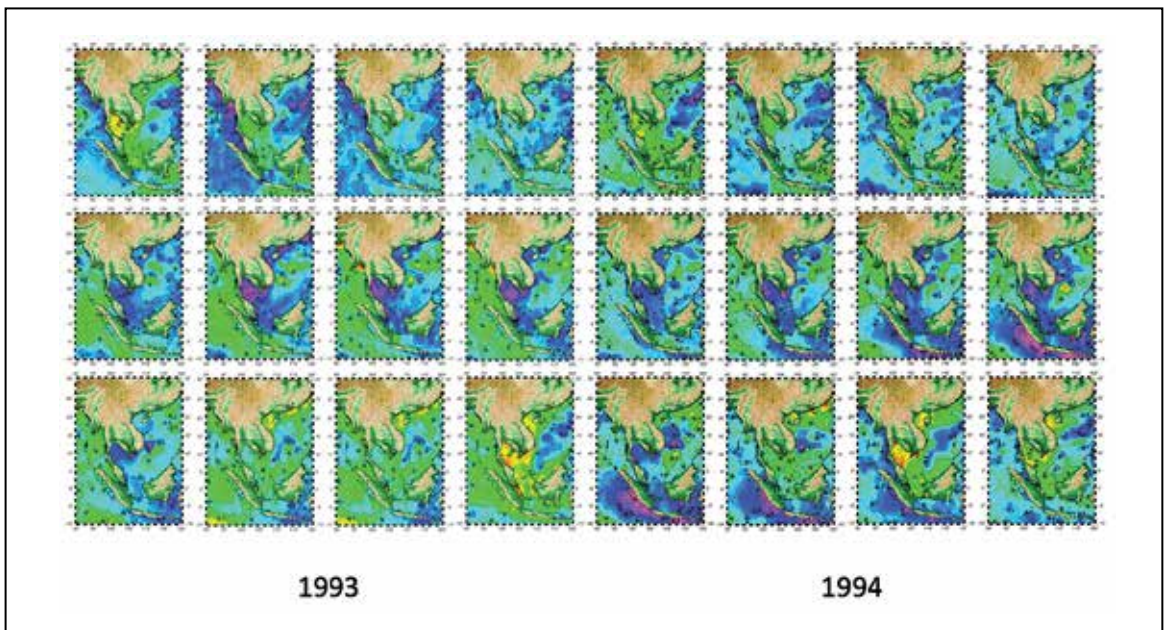
มกราคม โดยพบการเปลี่ยนแปลงในลักษณะคาบเวลาครึ่งปีและคาบเวลาหนึ่งปี ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยในฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มวลน้ำในอ่าวไทยจะถูกพัดพาไปเออทางด้านฝั่งตะวันออก และเกิดเป็นกระแสน้ำ Geostrophic Current ไหลออกไปทางกลางอ่าวไทย เป็นสาเหตุให้ระดับน้ำทะเลบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยตอนบนในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง กรกฎาคม มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าระดับน้ำทะเลในเดือนอื่น ๆ ส่วนในฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ สภาวะการณ์จะเปลี่ยนไปในลักษณะตรงกันข้าม คือ มวลน้ำจะถูกพัดพาไปเออทางด้านฝั่งตะวันตก และเกิดเป็นกระแสน้ำไหลเข้าไปยังอ่าวไทย

ตอนบน ทำให้ระดับน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน ถึง มกราคม ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำทะเลจากสถานีวัดระดับน้ำ โดยวิธี Low Pass Filter ของ Punpuk (1981) และ Neelasri (1995)

อัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระยะยาวจากข้อมูลดาวเทียม (ดูจาก tilt plot) พบว่า สำหรับอ่าวไทย อัตราการเปลี่ยนแปลงมีค่า $3.4 + 0.7$ มิลลิเมตรต่อปี ในทะเลจีนใต้ มีค่าระหว่าง 4-5 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งค่าดังกล่าวนี้ สูงกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลก ซึ่งมีค่าประมาณ 3.2 มิลลิเมตรต่อปี ทั้งนี้ค่าดังกล่าวนี้ มีค่าใกล้เคียงกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระยะยาวจากการศึกษาของ Trisirisatayawong et al. 2011 และการศึกษาของ AVISO, 2014 (ช่วงข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ อยู่ระหว่าง 19 – 20 ปี) โดยมีค่าสูงกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยจากการศึกษาของ Wang, 1999 และ Fang, 2006 แต่มีค่าน้อยกว่าจากการศึกษาของ Cheng, 2007 ซึ่งมีช่วงข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์น้อยกว่าการศึกษาครั้งนี้ (13 – 14 ปี)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ประกอบด้วย ช่วงปกติ (รูปที่ 2) ช่วงเกิดปรากฏการณ์ El Nino (รูปที่ 3) และช่วงเกิดปรากฏการณ์ La Nina (รูปที่ 4)

ในช่วงปีปกติ (รูปที่ 2) พบว่า ค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย จะมีค่าต่ำสุดในช่วงเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม 1993 ส่วนค่าสูงสุดจะพบในช่วงเดือนมกราคมและธันวาคม 1993 กับเดือนมกราคม 1994 ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤศจิกายน – มกราคม) จะพบค่าความสูงระดับน้ำทะเล มีค่าสูงบริเวณชายฝั่งของประเทศจีน เกาะบอร์เนียว และอ่าวไทย โดยมีค่าต่ำกว่าบริเวณทะเลลึกในทะเลจีนใต้ สำหรับช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม – สิงหาคม) จะมีลักษณะตรงกันข้ามคือ มีค่าสูงบริเวณ

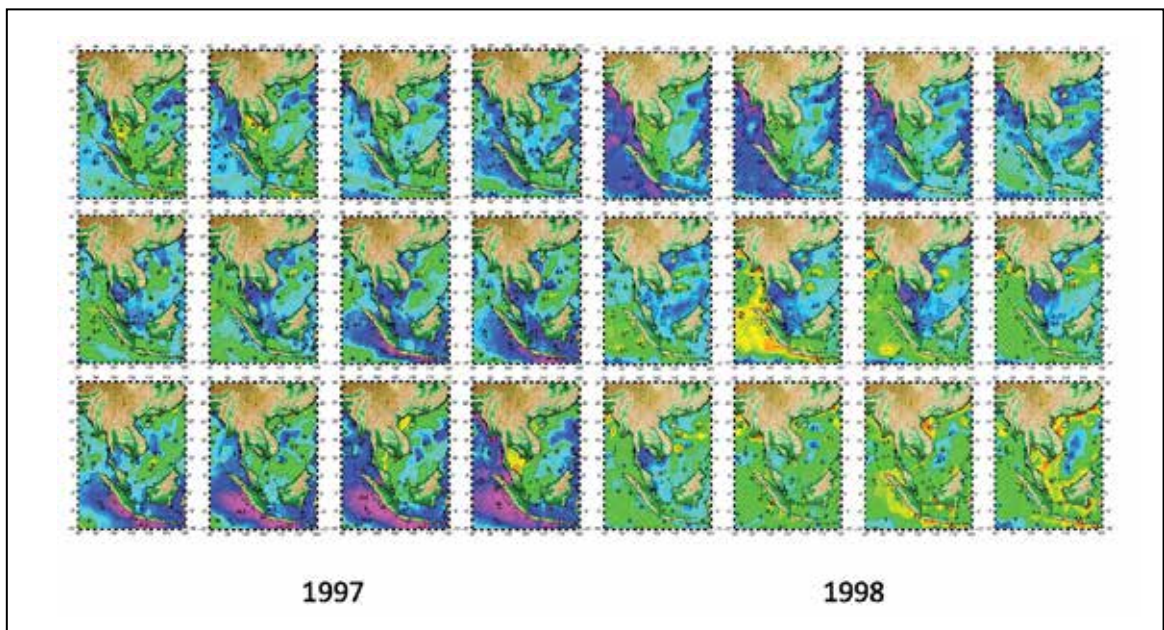


รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ ช่วงปกติ (Normal Phase) ค.ศ.1993-1994

ทะเลลึกในทะเลจีนใต้ และมีค่าต่ำบริเวณชายฝั่งของ ประเทศจีน เกาะบอร์เนียว และอ่าวไทย ซึ่งลักษณะ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับการศึกษา จากข้อมูลสถานีวัดระดับน้ำของ Punpuk (1981), Neelasri (1995) และการศึกษาจากข้อมูลดาวเทียม ระบบอัลติมิตรี ของ Sojisuporn et al. (2010) และ Trisirisatayawong et al. (2011)

และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เช่นเดียวกับในช่วงปี ปกติ

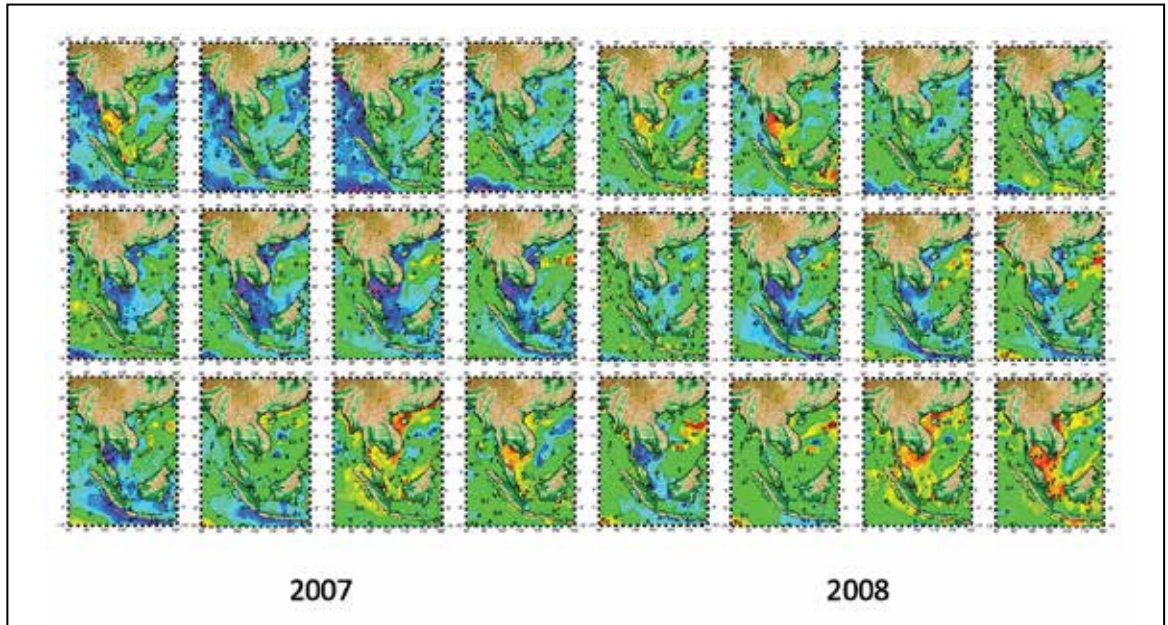
สำหรับช่วงปีที่เกิดปรากฏการณ์ La Nina (รูปที่ 4) ค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยและ ทะเลจีนใต้ จะมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย โดยในเดือน กรกฎาคม 2007 จะเห็นค่าความสูงระดับน้ำทะเลใน ทะเลจีนใต้ เริ่มมีค่าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องไปจนถึงเดือน



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ ช่วงเกิดปรากฏการณ์ El Nino ค.ศ.1997-1998

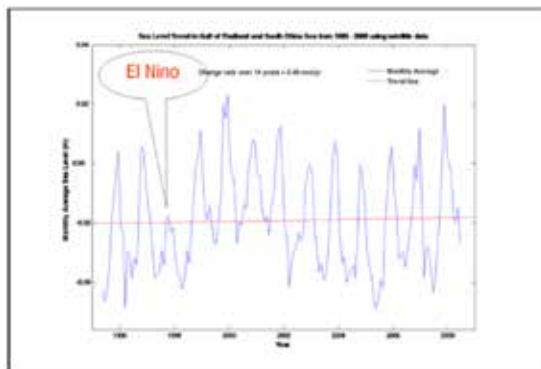
สำหรับช่วงปีที่เกิดปรากฏการณ์ El Nino (รูป ที่ 3) พบว่า ค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย และทะเลจีนใต้ ส่วนใหญ่ จะมีค่าต่ำกว่าค่าความสูง ระดับน้ำทะเลเฉลี่ย เกือบตลอดทั้งปี ยกเว้นในช่วง ฤดูมรสุมตะวันออก เฉียงเหนือ ได้แก่ ช่วงเดือน มกราคมและกุมภาพันธ์ 1997 กับช่วงเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม 1998 ทั้งนี้ลักษณะการเปลี่ยนแปลง ของค่าความสูงระดับน้ำทะเลในแต่ละเดือน ยังขึ้น อยู่กับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียง

ธันวาคม 2008 มีเฉพาะเดือนมิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม 2007 และมิถุนายน 2008 เท่านั้น ที่พบ ค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยต่ำกว่าค่า ความสูงระดับน้ำทะเลเฉลี่ย นอกจากนี้ ลักษณะ การเปลี่ยนแปลงของค่าความสูงระดับน้ำทะเล รายเดือน ยังขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมมรสุมตะวัน ออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เช่น เดียวกับช่วงปีปกติ และช่วงปีที่เกิดปรากฏการณ์ El Nino



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ ช่วงเกิดปรากฏการณ์ La Nina ค.ศ.2007-2008

นอกจากนี้ จากรูปที่ 5 เรายังพบเพิ่มเติมอีกว่า ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ ENSO (El Nino-Southern Oscillation) มีผลกระทบทำให้ค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ มีค่าลดลงต่ำกว่าค่าเฉลี่ย เช่น ในปี ค.ศ.1997-1998 เป็นต้น



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ ตั้งแต่ปี ค.ศ.1995 - 2009

5. สรุป

ค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย (amplitude) มีค่าสูงกว่าในทะเลจีนใต้ ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระยะยาวสำหรับอ่าวไทยมีค่าต่ำกว่าในทะเลจีนใต้ แต่ค่าดังกล่าวนี้ สูงกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลก ค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ มีความสัมพันธ์กับการเกิดปรากฏการณ์ ENSO (El Nino-Southern Oscillation) ซึ่งต้องศึกษาในรายละเอียดต่อไป



เอกสารอ้างอิง .

- [1] AVISO. (2014) Mean Sea Level Rise. Retrieved January 2,2014 from [http:// www.aviso.oceanobs.com/en/news/ocean-indicators/mean-sea-level/](http://www.aviso.oceanobs.com/en/news/ocean-indicators/mean-sea-level/)
- [2] Cheng, X. and Qi, Y. (2007) Trends of sea level variations in the South China Sea from merged altimetry data. *Global and Planetary Change*, 57, 371-382.
- [3] Fang, G., H. Chen, Z. Wei, Y. Wang, X. Wang, and C. Li. (2006) Trends and interannual variability of the South China Sea surface winds, surface height, and surface temperature in the recent decade, *J. Geophys. Res.*, 111, C11S16, doi:10.1029/2005JC003276.
- [4] Naeije, M., Schrama, E., Doornbos, E., and Scharroo, R. (2006). The Role of RADS in Building the 15-year Altimeter Record, Proc. Symp. “15 years of Progress in Radar Altimetry”, 13-18 March 2006, Venice, Italy, ISBN 92-9092-925-1.
- [5] Naeije, M., Scharroo, R. and Doornbos, E. (2007). Next generation altimeter service: challenges and achievements, in Envisat Symposium, Montreux, Switzerland, ESA SP-636, edited by H. Lacoste, ESA/ESTEC.
- [6] Naeije, M., Scharroo, R. Doornbos, E. and Schrama, E. (2008). Global Altimetry Sea-level Service: GLASS, Final Report. NIVR/DEOS publ., NUSP-2 report GO 52320 DEO, 107pp.
- [7] Neelasri, K. (1995) An investigation of mean sea level change in the upper gulf of thailand. page 25. Report to National Research Council of Thailand.
- [8] Peltier, W.R. (2004) Global Glacial Isostasy and the Surface of the Ice-Age Earth: The ICE-5G (VM2) model and GRACE. *Ann. Rev. Earth. Planet. Sci.* 32,111-149.
- [9] Punpuk, V. (1981) Sea level variations in Gulf of Thailand. Master's thesis, NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL, Monterey, California, USA.
- [10] Scharroo, R. (2008) RADS version 3.0 User manual and Format Specification. Delft University of Technology. 47 pp.
- [11] Sojisuporn, P., Morimoto, A. and Yanagi, T. (2010) Seasonal variation of sea surface current in the Gulf of Thailand. *Coastal Marine Science*, 34(1), 91-102
- [12] Trisirisatayawong, I., Naeije, M., Simons, W., and Fenoglio-Marc, L. (2011). Sea level change in the Gulf of Thailand from GPS-corrected tide gauge data and multi-satellite altimetry. *Global and Planetary Change*, 76,137–151.
- [13] Wang H.Y, L.T. Liu, H.T. Hsu, G.Y. Wang, (1999) The sea level anomalies in China and vicinity from satellite altimeter data, *The Proceedings of the 20th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS99)*, Hong Kong, 1999.1:319-324.