การศึกษาไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด โดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

The investigation of current divergence and convergence in the coastal area of Trat province using a hydrodynamic model

สุจิตรา บุญจันทร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

2565

การศึกษาไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด โดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

สุจิตรา บุญจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวาริชศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

The investigation of current divergence and convergence in the coastal area of Trat province using a hydrodynamic model

SUJITRA BOONJUN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF SCIENCE

IN AQUATIC SCIENCE

FACULTY OF SCIENCE

BURAPHA UNIVERSITY

2022

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ สุจิตรา บุญจันทร์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุกูล บูรณประทีปรัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ โศจิศุภร)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุกูล บูรณประทีปรัตน์)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิภูษิต มัณฑะจิตร)

.... กรรมการ

(ดร. ประสาร อินทเจริญ)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)

วันที่............ เดือน......................... พ.ศ. ....

60910016: สาขาวิชา: วาริชศาสตร์; วท.ม. (วาริชศาสตร์)
คำสำคัญ: ไดเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ, คอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ, จังหวัดตราด, แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

สุจิตรา บุญจันทร์ : การศึกษาไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด โดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์. (The investigation of current divergence and convergence in the coastal area of Trat province using a hydrodynamic model) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ ปี พ.ศ. 2565.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำ การเกิดไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ บริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดในปี 2561 โดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ Princeton Ocean Model (POM) ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษาถูกควบคุมโดยอิทธิพลของลมเป็นหลัก โดยกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกมีความเร็วสูงในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีทิศทางการไหลของกระแสน้ำมาจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือออกไปทางตะวันออกเฉียงใต้ และกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกมีความเร็วต่ำในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่มีทิศทางการไหลมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา ผลจากแบบจำลองยังพบว่าพื้นที่บริเวณชายฝั่งมีการเกิดไดเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กสลับกับการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กตลอดทั้งปี ชายฝั่งด้านเหนือของพื้นที่ศึกษาและชายฝั่งด้านตะวันตกของเกาะช้าง เกาะหมาก และเกาะกูด พบการเกิดไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าบริเวณชายฝั่งด้านในอ่าวตราด ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่กระแสน้ำมีความเร็วสูง ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์มีลักษณะที่เด่นชัดกว่าช่วงฤดูมรสุมอื่น ลมเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อกระแสน้ำตามฤดูกาล จึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ ลักษณะทางภูมิศาสตร์และชายฝั่งของจังหวัดตราด ยังเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในพื้นที่ ส่งผลให้ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และพบว่าบริเวณที่มีการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำในจังหวัดตราด มีความสอดคล้องกับบริเวณที่พบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (red tide) และปรากฏการณ์การรวมกลุ่มของแมงกะพรุน แต่ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางชีวภาพ และปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ ด้วย

60910016: MAJOR: AQUATIC SCIENCE; M.Sc. (AQUATIC SCIENCE)

KEYWORDS: Current divergence, Current convergence, Trat province, Hydrodynamic model

SUJITRA BOONJUN : THE INVESTIGATION OF CURRENT DIVERGENCE AND CONVERGENCE IN THE COASTAL AREA OF TRAT PROVINCE USING A HYDRODYNAMIC MODEL. ADVISORY COMMITTEE: ANUKUL BURANAPRATHEPRAT, 2022.

The purpose of this research is to study circulation patterns, and current divergence and convergence in the coastal area of Trat Province in 2018 using the Princeton Ocean Model (POM). The results showed that the circulation patterns were mainly controlled by the monsoon winds. The depth-averaged current magnitude was high in the southwest monsoon with a direction from the northwest to the southeast, and it was low in the northeast monsoon with a direction from the southeast to the northwest. The coastal area has small divergences alternating small convergence throughout the year. Large divergence and convergence were found near the north coast of the study area, and the west coast of Chang Island, Mak Island, and Kood Island. They were also found in Trat Bay but in smaller sizes. During the southwest monsoon, the current magnitude was high, and divergence/convergence appeared clearer than in the other monsoon seasons. The monsoon winds were the main factor controlling the circulation patterns, resulting in the seasonal variations of current divergence/convergence. The geographical and coastal features of Trat Province were other factors affecting circulations and current divergence/convergence. The convergence areas were found to relate to red tide and jellyfish bloom development. However, those phenomena are also controlled by other biological and physical factors.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง สำหรับการสนับสนุนงบประมาณในการตรวจวัดกระแสน้ำบริเวณหาดราชการุณย์ จังหวัดตราด และขอขอบคุณ คุณมิถิลา ปรานศิลป์ คุณอิสรา อาศิรนันต์ และเจ้าหน้าที่จากศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกทุกท่านสำหรับความช่วยเหลือ และการอำนวยความสะดวกในเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบพระคุณกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ กรมเจ้าท่า และกรมชลประทาน สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับอุปกรณ์ สถานที่ และสิ่งอำนวยความสะดวกในวิเคราะห์ข้อมูล

ขอขอบพระคุณพ่อ และแม่ ที่สนับสนุนทุนการศึกษาแก่ผู้วิจัย ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกท่านสำหรับคำปรึกษา คำแนะนำ และค่อยให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา สุดท้ายขอขอบคุณตัวผู้วิจัยเองสำหรับความพยายามในครั้งนี้

สุจิตรา บุญจันทร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ

กิตติกรรมประกาศ .... ฉ

สารบัญ .... ช

สารบัญตาราง .... ญ

สารบัญภาพ .... ฏ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ .... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 พื้นที่ศึกษา 4

2.1.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์ 4

2.1.2 ลมมรสุม 6

2.1.3 ลักษณะน้ำขึ้น-น้ำลง 7

2.1.4 การไหลเวียนกระแสน้ำ 7

2.2 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ 9

2.3 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic model) 11

2.3.1 สมการการเคลื่อนที่ (Equation of motions) 11

2.3.2 สมการอนุรักษ์มวล (Conservation of mass) 13

2.4 แบบจำลอง Princeton Ocean Model (POM) 14

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.. 16

3.1 การกำหนดค่าการทำงานให้แบบจำลอง 16

3.2 การจัดเตรียมข้อมูลนำเข้า 17

3.3 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง 18

3.4 การวิเคราะห์ผลและการรายงานผล 18

บทที่ 4 ผลการวิจัย 21

4.1 การตรวจสอบความความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง 21

4.1.1 การเปรียบเทียบระดับน้ำ 21

4.1.2 การเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำ 26

4.2 ลักษณะลมที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือน 29

4.3 การไหลเวียนกระแสน้ำ.. 30

4.4 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ... 34

4.5 การทดสอบปัจจัยลม.. 37

4.5.1 การลดความเร็วลม... 37

4.5.2 การเพิ่มความเร็วลม 40

บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล.. 44

5.1 อภิปรายผล 44

5.1.1 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง 44

5.1.2 การไหลเวียนกระแสน้ำ.. 45

5.1.3 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ 46

5.1.4 การทดสอบปัจจัยลม 48
5.2 สรุปผล 49
5.3 ข้อเสนอแนะ 50
บรรณานุกรม 51
ภาคผนวก 52
ภาคผนวก ก 53
ภาคผนวก ข 56
ประวัติย่อของผู้วิจัย 62

BURAPHA UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3-1 การทดสอบปัจจัยกายทางภาพ 19

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 ลักษณะภูมิประเทศจังหวัดตราด (www.mitrearth.org) 5

ภาพที่ 2-2 ทิศทางลมมรสุมที่เคลื่อนที่ผ่านประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.) 6

ภาพที่ 2-3 การผันแปรตามฤดูกาลของกระแสน้ำเฉลี่ยที่ผิวหน้าทะเลในอ่าวไทย (a) เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์, (b) เดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน, (c) เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน และ (d) เดือนตุลาคม (Sojisuporn, Morimoto and Yanagi, 2010) 8

ภาพที่ 2-4 รูปแบบกระแสน้ำในช่วงน้ำเกิด (spring tide) ที่ได้จากแบบจำลอง ในบริเวณช่องเกาะช้างและอ่าวตราด จังหวัดตราด ในช่วงน้ำขึ้น (flood tide) และน้ำลง (ebb tide) ในวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2559 (มณฑล อนงค์พรยศกุล และอุดม เครือเนียม, 2560) 9

ภาพที่ 2-5 ลักษณะคอนเวอร์เจนซ์และไดเวอร์เจนซ์ (Pond and Pickard, 1983) 10

ภาพที่ 2-6 การเปลี่ยนแปลงของมวลภายในขอบเขตที่กำหนด (Knauss, 1997) 14

ภาพที่ 2-7 การแบ่งชั้นน้ำในระบบพิกัดซิกมา (Mellor, 2004) 15

ภาพที่ 2-8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง POM โดยกรอบสี่เหลี่ยมที่มีขีดด้านข้างหมายถึงส่วนประกอบที่เป็น Subroutines (Mellor, 2004) 15

ภาพที่ 3-1 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา (▼ แสดงสถานีตรวจวัดระดับน้ำ ■ แสดงสถานีตรวจวัดกระแสน้ำ และเส้นคอนทัวร์แสดงความลึกของน้ำ (เมตร)) 16

ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการดำเนินงานโดยสรุป 20

ภาพที่ 4-1 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากการตรวจวัดในสถานีแหลมงอบ 22

ภาพที่ 4-2 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากการตรวจวัดในสถานีท่าแฉลบ 23

ภาพที่ 4-3 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากการตรวจวัดในสถานีราชการุณย์ 24

ภาพที่ 4-4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Determination : r^2) ของค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากการตรวจวัดในสถานีแหลมงอบ สถานีท่าแฉลบ และสถานีราชการุณย์ 25

ภาพที่ 4-5 การเปรียบเทียบกระแสน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และจากการตรวจวัดจริงที่สถานีราชการุณย์ เดือนมกราคม ปี 2561 26

ภาพที่ 4-6 การเปรียบเทียบกระแสน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และจากการตรวจวัดจริงที่สถานีราชการุณย์ เดือนกุมภาพันธ์(a) เดือนมีนาคม(b) และเดือนเมษายน(c) ปี 2561 27

ภาพที่ 4-7 การเปรียบเทียบกระแสน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และจากการตรวจวัดจริงที่สถานีราชการุณย์ เดือนพฤษภาคม (a) เดือนกันยายน (b) และ เดือนตุลาคม (c) ปี 2561 28

ภาพที่ 4-8 ความเร็วลมที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือนในปี 2561 (ECMWF, 2018) 29

ภาพที่ 4-9 ความเร็ว และทิศทางลมที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือนในปี 2561 (ECMWF, 2018) 29

ภาพที่ 4-10 ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกรายเดือนในปี 2561 31

ภาพที่ 4-11 การไหลเวียนกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในเดือนมกราคม – มิถุนายน ปี 2561 32

ภาพที่ 4-12 การไหลเวียนกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม ปี 2561 33

ภาพที่ 4-13 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในเดือนมกราคม – เดือนมิถุนายน ปี 2561 (บริเวณพื้นที่สีแดง (+) แสดงบริเวณที่พบไดเวอร์เจนซ์ และบริเวณพื้นที่สีน้ำเงิน (-) แสดงบริเวณที่พบคอนเวอร์เจนซ์) 35

ภาพที่ 4-14 ไดเวอร์เจนซ์ และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในเดือนกรฎาคม – เดือนธันวาคม ปี 2561 (บริเวณพื้นที่สีแดง (+) แสดงบริเวณที่พบไดเวอร์เจนซ์ และบริเวณพื้นที่สีน้ำเงิน (-) แสดงถึงบริเวณที่คอนเวอร์เจนซ์) 36

ภาพที่ 4-15 ค่าไดเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกรายเดือน 37

ภาพที่ 4-16 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึก และค่าไดเวอร์เจนซ์เฉลี่ยตามความลึก ในกรณีที่ลดความเร็วลม 50 % และกรณีที่เพิ่มความเร็วลมลง 50 % 38

ภาพที่ 4-17 การไหลเวียนกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในกรณีลดความเร็วลม เดือนมีนาคม(a) กรกฎาคม(b) ตุลาคม(c) และธันวาคม(d) ปี 2561 39

ภาพที่ 4-18 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในกรณีลดความเร็วลม เดือนมีนาคม(a) กรกฎาคม(b) ตุลาคม(c) และธันวาคม(d) ปี 2561(บริเวณพื้นที่สีแดง (+) แสดงบริเวณที่พบไดเวอร์เจนซ์ และบริเวณพื้นที่สีน้ำเงิน (-) แสดงบริเวณที่พบคอนเวอร์เจนซ์) .. 40

ภาพที่ 4-19 การไหลเวียนกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในกรณีเพิ่มความเร็วลม เดือนมีนาคม(a) กรกฎาคม(b) ตุลาคม(c) และธันวาคม(d) ปี 2561 42

ภาพที่ 4-20 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในกรณีลดความเร็วลม เดือนมีนาคม(a) กรกฎาคม(b) ตุลาคม(c) และธันวาคม(d) ปี 2561 (บริเวณพื้นที่สีแดง (+) แสดงบริเวณที่พบไดเวอร์เจนซ์ และบริเวณพื้นที่สีน้ำเงิน (-) แสดงบริเวณที่พบคอนเวอร์เจนซ์) 43

ภาพภาคผนวก ก-1 ความเร็ว และทิศทางลมที่ผิวน้ำเฉลี่ยในเดือนมกราคม – มิถุนายน 2561 .. 54

ภาพภาคผนวก ก-2 ความเร็ว และทิศทางลมที่ผิวน้ำเฉลี่ยในเดือนกรฎาคม – ธันวาคม 2561 .. 55

ภาพภาคผนวก ข-1 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จาก การตรวจวัดในสถานีแหลมงอบ (เดือนมกราคม – มิถุนายน) 57

ภาพภาคผนวก ข-2 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จาก การตรวจวัดในสถานีแหลมงอบ (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม) 58

ภาพภาคผนวก ข-3 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จาก การตรวจวัดในสถานีท่าแฉลบ (เดือนมกราคม – มิถุนายน) 59

ภาพภาคผนวก ข-4 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จาก การตรวจวัดในสถานีท่าแฉลบ (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม) 60

ภาพภาคผนวก ข-5 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จาก การตรวจวัดในสถานีราชการุณย์ 61

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
a	ความเร่ง
F	แรงที่มากระทำต่อวัตถุ
f	แรงโคริโอลิส
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
H	ความลึกของน้ำ
m	มวลของวัตถุ
∇P	การเปลี่ยนแปลงแรงดัน
p	แรงดัน
r	รัศมี
t	เวลา
u	ความเร็วกระแสน้ำในแนวแกน x
V	อัตราเร็ว
v	ความเร็วกระแสน้ำในแนวแกน y
w	ความเร็วกระแสน้ำในแนวแกน z
x	พิกัดในแนวตะวันออก - ตะวันตก
y	พิกัดในแนวเหนือ - ใต้
z	พิกัดในแนวดิ่ง
ρ	ความหนาแน่นของน้ำ
σ	ชั้นน้ำซิกม่า
θ	ละติจูด
ω	แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของโลก
Ω	ความเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนที่ของโลก

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ตราดเป็นจังหวัดที่อยู่ทางภาคตะวันออกสุดของประเทศไทย เป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางด้านทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งเป็นอย่างมาก มีพื้นที่ปกครองทางทะเลกว่า 7,257 ตารางกิโลเมตร และประกอบด้วยหมู่เกาะต่างๆ กว่า 52 เกาะ มีระบบนิเวศทางทะเลที่หลากหลาย (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561) มีแหล่งท่องเที่ยวบริเวณชายฝั่งที่มีชื่อเสียง และเป็นที่นิยมของนักท่องเที่ยวจำนวนมาก และมีการคมนาคมที่สะดวกสบาย ส่งผลให้มีศักยภาพในด้านการท่องเที่ยวสูง (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2562) จึงเกิดการพัฒนาการคมนาคม แหล่งชุมชนที่อยู่อาศัย และกิจกรรมการท่องเที่ยวทางทะเลอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีความเสี่ยงที่จะเกิดความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมทางทะเลตามมา เช่น ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี เป็นต้น การรวมกลุ่มของแมงกะพรุน เป็นอีกปรากฏการณ์หนึ่งที่พบได้บ่อยครั้งในพื้นที่จังหวัดตราด บริเวณหาดราชการุณย์ และชายฝั่งใกล้เคียง ในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายนของทุกปี (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, ม.ป.ป.) ซึ่งได้รับความสนใจจากนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก สร้างรายได้ให้กับประชาชนในพื้นที่ ในการพานักท่องเที่ยงล่องเรือชมการสะพรั่งของแมงกะพรุนหลากสี แต่การรวมกลุ่มของแมงกะพรุนในปริมาณมาก ทำให้กระบวนการทางธรรมชาติเสียสมดุล ส่งผลให้ปริมาณของแพลงก์ตอน ไข่ปลา และลูกปลาวัยอ่อน ในธรรมชาติลดลง เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารของแมงกะพรุน (Moller, 1980) การเพิ่มขึ้นของแมงกะพรุนไม่เพียงแต่ลดปริมาณของผลผลิตทางการประมงเท่านั้น แต่ส่งผลต่อเนื่องไปถึงมูลค่าของผลิตภัณฑ์ รายได้ และการจ้างงานในอุตสาหกรรมประมงอีกด้วย (Nastav et al., 2013)

อย่างไรก็ตามการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด ยังคงขาดข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการไหลเวียนของกระแสน้ำ ที่เป็นส่วนหนึ่งในการใช้อธิบายการเคลื่อนที่ และการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในน้ำทะเลซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับรูปแบบของการเคลื่อนที่ของมวลน้ำในลักษณะไดเวอร์เจนซ์ (divergences) และคอนเวอร์เจนซ์ (convergences) โดยไดเวอร์เจนซ์เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลน้ำที่ไหลแยกออกจากกัน ส่งผลให้มวลน้ำจาก

ด้านล่างไหลขึ้นมาแทนที่ หรือที่เรียกว่าปรากฏการณ์น้ำผุด (upwelling) ส่วนคอนเวอร์เจนซ์เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลน้ำที่ไหลมาบรรจบกันที่จุดศูนย์กลาง ส่งผลให้เกิดการจมตัวของมวลน้ำ (downwelling) และมวลน้ำจากด้านข้างจะไหลเข้ามาแทนที่ (Pond & Pickard, 1983) ซึ่งการเกิดไดเวอร์เจนซ์ หรือคอนเวอร์เจนซ์ สามารถเกิดได้หลายกรณี เช่น เกิดจากการไหลมาบรรจบกันของน้ำจืด และน้ำเค็มในบริเวณปากแม่น้ำ เกิดจากน้ำไหลออกจากชายฝั่งหรือไหลเข้าหาชายฝั่ง เกิดจากกระแสน้ำไหลเข้าหากันหรือไหลแยกออกจากกันเพราะความไม่สม่ำเสมอของลม หรือพื้นท้องทะเล และชายฝั่งที่มีความซับซ้อน ส่งผลให้กระแสน้ำมีความแตกต่างในเชิงพื้นที่ และเกิดจากการหมุนวนของมวลน้ำที่มีอิทธิพลจากแรงโคริโอลิส (coriolis) ส่งผลให้มวลน้ำไหลออกหรือไหลเข้าหาจุดศูนย์กลาง (Colling, 2001)

การเกิดไดเวอร์เจนซ์ หรือปรากฏการณ์น้ำผุดในมหาสมุทร ส่งผลให้สารอาหารที่อยู่ในชั้นน้ำด้านล่าง ไหลเวียนขึ้นมาสู่ชั้นน้ำด้านบน ซึ่งส่งผลให้คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) ที่ผิวน้ำมีความเข้มข้นสูงตามไปด้วย แต่สำหรับในบริเวณใกล้ชายฝั่ง และพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นเกาะ ไดเวอร์เจนซ์ มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับคลอโรฟิลล์ เอ (Michida et al., 2006) อาจมีความสัมพันธ์กับการแพร่กระจายของแพลงก์ตอน และรวมกลุ่มของแมงกะพรุนหลากสี ดังที่เกิดขึ้นในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการเกิดไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดในแต่ละเดือน รวมไปถึงศึกษาการไหลเวียนของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางทะเลที่เกี่ยวข้อง และการจัดการสิ่งแวดล้อมทางทะเลในบริเวณนี้ได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการไหลเวียนของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด

1.2.2 เพื่อศึกษาลักษณะไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดในแต่ละเดือนโดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

1.2.3 เพื่อศึกษาความสำคัญของปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 การไหลเวียนกระแสน้ำในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล

1.3.2 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน

1.3.3 ลมเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อกระแสน้ำ และการเปลี่ยนแปลงไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ทราบลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดในแต่ละเดือน

1.4.2 ทราบลักษณะไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดในแต่ละเดือน

1.4.3 ทราบปัจจัยกายทางภาพที่ส่งผลต่อการไหลเวียนกระแสน้ำ การเกิดไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด

1.4.4 สามารถใช้เป็นข้อมูลในการอธิบายปรากฏการณ์ทางทะเลที่เกี่ยวข้อง การเฝ้าระวังปัญหาทางสิ่งแวดล้อม และการจัดการสิ่งแวดล้อมทางทะเลในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำ ลักษณะไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ บริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดในแต่ละเดือน ตั้งแต่ละติจูดที่ 11.25 - 12.715 องศาเหนือและลองจิจูดที่ 101.6 - 103.025 องศาตะวันออก โดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ Princeton Ocean Model (POM) และทดสอบปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ ได้แก่ ปัจจัยลม โดยทำการลดความเร็วลมลง 50 % และเพิ่มความเร็วลมขึ้น 50 % จากค่าความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พื้นที่ศึกษา

จังหวัดตราดเป็น 1 ใน 24 จังหวัดชายฝั่งทะเลของประเทศไทย มีพื้นที่ปกครองทางทะเล 7,257 ตารางกิโลเมตร มีเส้นแนวชายฝั่งทะเลรวมทั้งหมด 178.19 กิโลเมตร ประกอบด้วยหมู่เกาะต่าง ๆ 52 เกาะ เป็นจังหวัดชายแดนสุดฝั่งทะเลตะวันออกมีอาณาเขตชายแดนทิศเหนือติดต่อกับอำเภอสำลูต จังหวัดพระตะบอง ประเทศกัมพูชา และอำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี ทิศตะวันออกติดต่อกับอำเภอมณฑลเสมา จังหวัดเกาะกง และจังหวัดโพธิสัตว์ ประเทศกัมพูชา ทิศใต้ติดต่อกับชายฝั่งทะเลทางอ่าวไทย และทิศตะวันตก ติดต่อกับอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561)

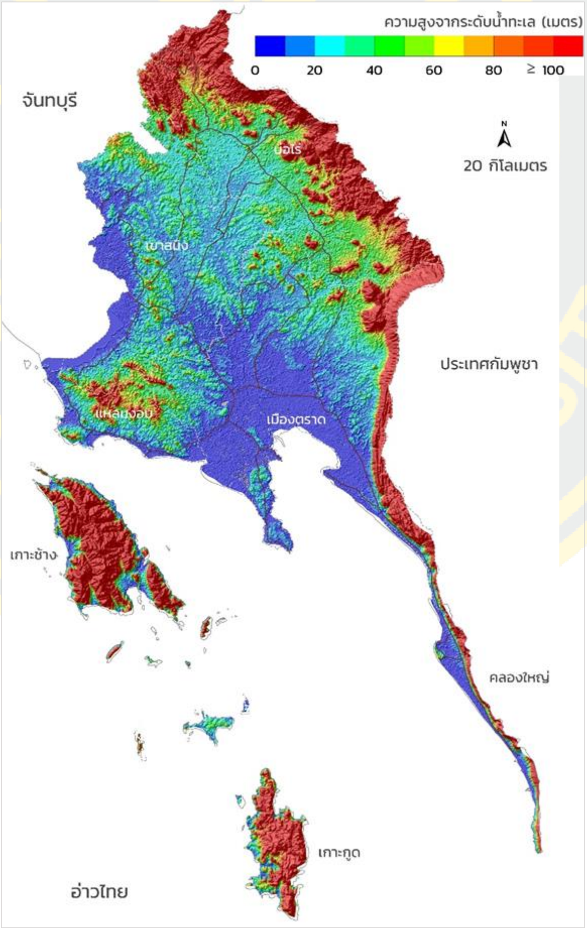
2.1.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์

จังหวัดตราดมีลักษณะภูมิประเทศที่ประกอบไปด้วยอาณาบริเวณที่เป็นแผ่นดิน ภูเขา พื้นน้ำ และทะเล มีลักษณะอากาศที่ไม่ร้อน หรือหนาวจนเกินไป แต่มีฝนตกชุกมาก เพราะมีพื้นที่ติดทะเล และมีภูเขาโอบล้อม มีปริมาณฝนประมาณ 4,000 มิลลิเมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำท่าประมาณ 5,490 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งไหลลงสู่ทะเลปีละมากกว่า 5,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งในพื้นที่มีศักยภาพในการกักเก็บน้ำได้ 164.19 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (สำนักงานจังหวัดตราด, 2560) โดยจังหวัดตราดมีแม่น้ำที่สำคัญ 2 สาย ได้แก่ แม่น้ำตราด และแม่น้ำเวฬุ

แม่น้ำตราดเป็นแม่น้ำที่ใหญ่ที่สุดในพื้นที่ มีความยาว 15 กิโลเมตร มีต้นกำเนิดจากแอ่งซับน้ำใต้ดิน บนเทือกเขาบรรทัด ซึ่งไหลผ่านหลายพื้นที่ตั้งแต่อำเภอคลองใหญ่ อำเภอบ่อไร่ อำเภอเขาสมิง และไหลลงสู่ทะเลที่บ้านปากคลองด่านเก่า อำเภอเมืองตราด ซึ่งถือเป็นแหล่งน้ำสำคัญในการใช้เป็นแหล่งอุปโภค บริโภค และใช้เป็นเส้นทางคมนาคมต่าง ๆ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561)

แม่น้ำเวฬุเป็นแม่น้ำที่แบ่งเขตจังหวัดตราดและจังหวัดจันทบุรี มีความยาว 20 กิโลเมตร (ช่วงที่ไหลผ่านจังหวัดตราด) มีต้นน้ำบริเวณเขาชะเมา และเขาสระบาป ในเขตจังหวัดจันทบุรี ไหลผ่านตำบลแสนตุ้ง อำเภอเขาสมิง จากนั้นไหลลงสู่ทะเลบริเวณอ่าวบ้านบางกระดาน อำเภอแหลมงอบ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561)

ลักษณะธรณีสัณฐานบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดเป็นชายฝั่งหิน และศิลาแลง โดยชนิดหินที่พบบริเวณชายฝั่งเป็นชนิดเดียวกับหินภูเขาบริเวณใกล้เคียงของพื้นที่นั้น ๆ หาดที่มีลักษณะเป็นชายฝั่งหิน เช่น หาดแหลมงอบ มีลักษณะแหลมหินยื่นออกไปในทะเล หาดไม้รูด หาดสุขสำราญ ตำบลไม้รูด อำเภอคลองใหญ่ เป็นหาดทรายสลับกับหาดหิน ซึ่งเป็นลักษณะหาดกว้าง มีความลาดชันน้อย บริเวณที่เป็นพื้นที่หน้าผารอยเลื่อน (Fault scarp) เกิดเป็นหาดทรายเลียบแผ่นดินด้านนอกแนวชั้นหิน ส่วนหาดก้นอ่าวที่อยู่ระหว่างหัวแหลม พบได้มากในบริเวณชายฝั่งอำเภอแหลมงอบที่อยู่ตรงข้ามกับเกาะช้าง ที่ราบน้ำขึ้นถึงป่าชายเลนเกิดขึ้นในบริเวณอ่าวอำเภอเมืองตราด สองฝั่งของปากแม่น้ำตราด คลองท่าตะเภา และแม่น้ำเวฬุ (สิน สินสกุล และคณะ, 2545)



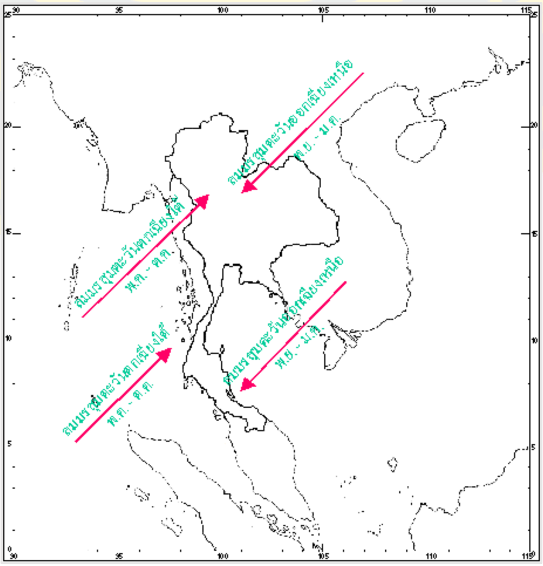
ภาพที่ 2-1 ลักษณะภูมิประเทศจังหวัดตราด (www.mitrearth.org)

2.1.2 ลมมรสุม

พื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตราดเป็นส่วนหนึ่งของชายฝั่งทะเลอ่าวไทยที่อยู่ทางฝั่งตะวันออก ซึ่งจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม 2 ลมมรสุม คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูง บริเวณมหาสมุทรอินเดียในซีกโลกใต้ จากนั้นจะพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ แล้วพัดข้ามผ่านเส้นศูนย์สูตรซึ่งจะเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ โดยได้นำพามวลอากาศชื้นเข้ามาปกและเทือกเขาในด้านที่ปะทะลม โดยลมลมมรสุมนี้จะตรงกับช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.)

ลมมรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือ แถบประเทศมองโกเลียและจีน ซึ่งจะพัดพาเอามวลอากาศเย็น และแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ในช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่โดยทั่วไปมีท้องฟ้าโปร่ง อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง โดยเฉพาะทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ส่วนทางภาคใต้จะยังมีฝนชุกโดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออก เนื่องจากลมมรสุมนี้จะพัดพาความชื้นจากทะเลอ่าวไทยเข้ามาปกคลุม (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2-2 ทิศทางลมมรสุมที่เคลื่อนที่ผ่านประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.)

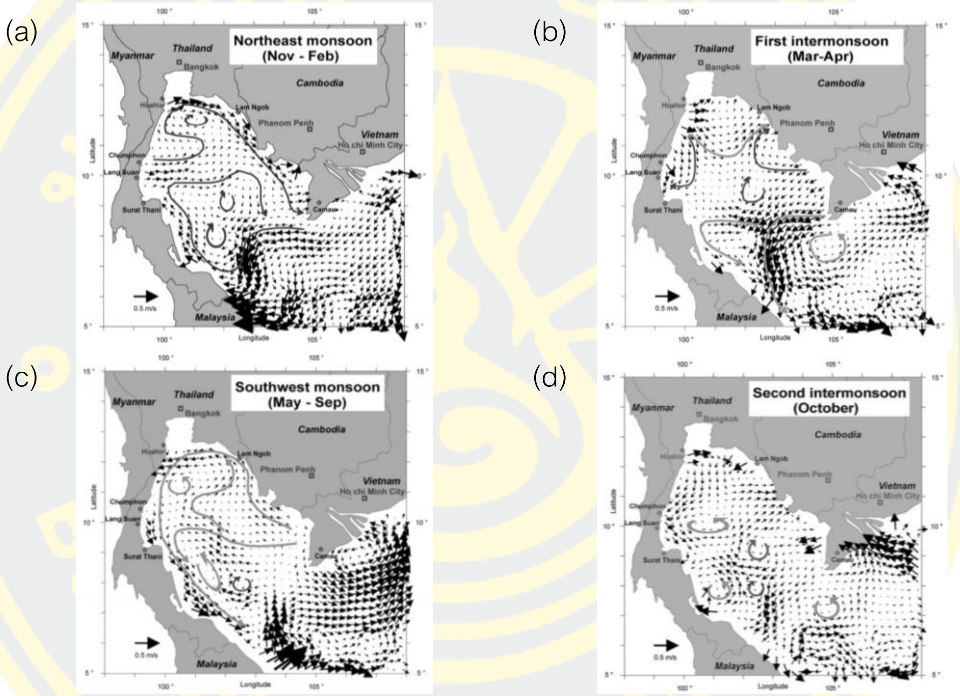
2.1.3 ลักษณะน้ำขึ้น-น้ำลง

น้ำขึ้น-น้ำลงเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่เกิดจากอิทธิพลของแรงดึงดูดจากดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลก และอิทธิพลของแรงหนีศูนย์กลางจากการหมุนของโลกกับดวงจันทร์ และการหมุนของโลกกับการโคจรรอบดวงอาทิตย์ ลักษณะน้ำขึ้น-น้ำมี 3 ลักษณะ คือ น้ำขึ้นน้ำลงแบบสองครั้งต่อวันที่เรียกว่าน้ำคู่ (Semi-diurnal), น้ำขึ้นน้ำลงแบบหนึ่งครั้งต่อวันที่เรียกว่าน้ำเดี่ยว (Daily หรือ Diurnal) และน้ำขึ้นน้ำลงแบบสองครั้งต่อวันแต่ระดับน้ำในแต่ละรอบไม่เท่ากันที่เรียกว่าแบบผสม (Mixed) โดยพบว่าบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดตราดมีลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงแบบน้ำเดี่ยว (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (มณฑล อนงค์พรยศกุล และอุดม เครือเนียม, 2560) ตลอดปี 2559 รูปแบบน้ำขึ้นน้ำลงของสถานีแหลมงอบ จังหวัดตราดมีลักษณะเป็นน้ำเดี่ยว และพบว่าค่าระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือนช่วงต้นปีและปลายปี (เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนมกราคม) จะสูงกว่าระดับน้ำเฉลี่ยรายปี แต่ค่าระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือนช่วงกลางปี (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม) จะต่ำกว่าระดับน้ำเฉลี่ยรายปี

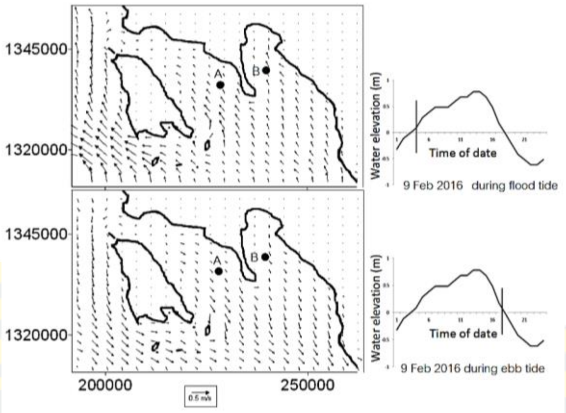
2.1.4 การไหลเวียนกระแสน้ำ

Sojisuporn, Morimoto and Yanagi (2010) ได้กล่าวถึงรูปแบบการไหลเวียนตามฤดูกาลของกระแสน้ำที่ผิวในบริเวณอ่าวไทยตอนล่างมีทิศทางการไหลเวียนของกระแสน้ำตามฤดูกาลเช่น เดียวกับอ่าวไทยตอนใน คือ ไหลตามเข็มนาฬิกาในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและไหลทวนเข็มนาฬิกาในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ภาพที่ 2-2) ซึ่งในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะคล้ายกับศึกษากระแสน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณช่องเกาะช้างและอ่าวตราดในปี 2559 ของ มณฑล อนงค์พรยศกุล และอุดม เครือเนียม (2560) ด้วยแบบจำลอง Princeton Ocean Model (POM) ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2559 ซึ่งตรงกับช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าการเคลื่อนที่ของน้ำบริเวณช่องเกาะช้างในขณะน้ำขึ้นน้ำจะไหลจากด้านใต้ขนานชายฝั่งขึ้นไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือตามลักษณะภูมิประเทศของช่องเกาะช้าง และในขณะน้ำลงน้ำจะไหลเลียบขนานชายฝั่งไปทางตะวันออกเฉียงใต้ด้วยของความเร็วสูงสุด 0.2-0.3 เมตรต่อวินาที ส่วนบริเวณอ่าวตราดขณะน้ำขึ้นน้ำจะไหลเข้าอ่าวตราดและขณะน้ำลงน้ำจะไหลออกจากอ่าวด้วยความเร็วสูงสุด 0.2-0.3 เมตรต่อวินาที (ภาพที่ 2-3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และภาณุ แช่มชื่น (2558) ได้ทำการตรวจวัดกระแสน้ำและระดับน้ำบริเวณบ้านแหลมศอกจังหวัดตราดในระหว่างวันที่ 30 พฤศจิกายน ถึงวันที่ 1 ธันวาคม 2555 ซึ่งตรงกับช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเช่นเดียวกัน และพบว่ากระแสน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณนี้มีทิศทางในแนวตะวันตก

เฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยช่วงน้ำขึ้นกระแสน้ำจะไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือด้วยความเร็วสูงสุดในช่วง 0.136 – 0.202 เมตรต่อวินาที และช่วงน้ำลงกระแสน้ำจะไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ด้วยความเร็วสูงสุดในช่วง 0.193 – 0.239 เมตรต่อวินาที และพบว่า กระแสน้ำสุทธิไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ค่อนไปทางตะวันออกด้วยความเร็วในช่วง 0.027 – 0.032 เมตรต่อวินาที



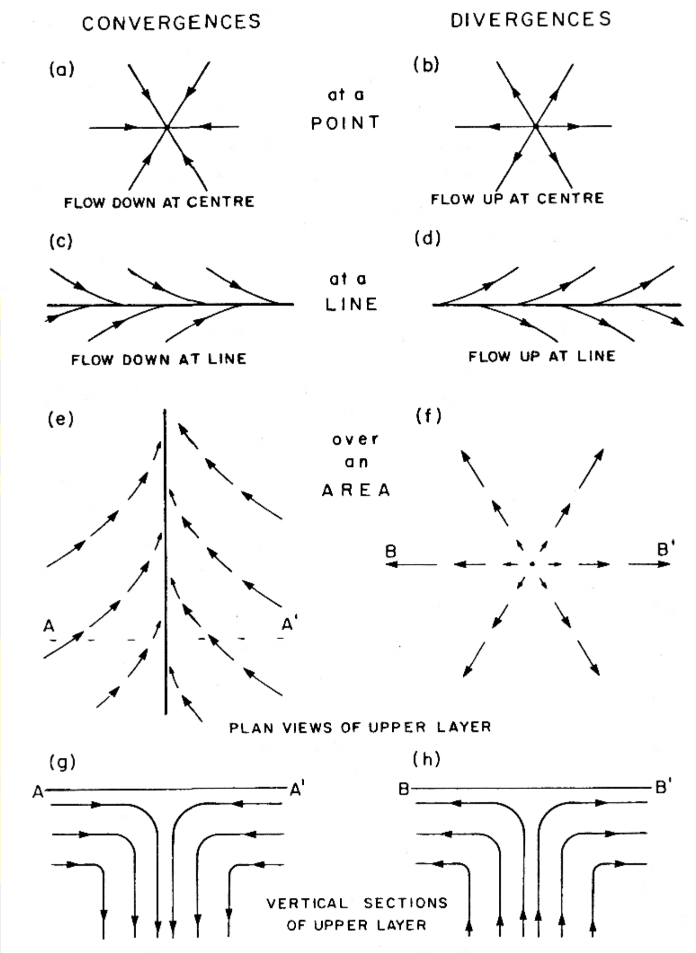
ภาพที่ 2-3 การผันแปรตามฤดูกาลของกระแสน้ำเฉลี่ยที่ผิวหน้าทะเลในอ่าวไทย (a) เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์, (b) เดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน, (c) เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน และ (d) เดือนตุลาคม (Sojisuporn, Morimoto and Yanagi, 2010)



ภาพที่ 2-4 รูปแบบกระแสน้ำในช่วงน้ำเกิด (spring tide) ที่ได้จากแบบจำลอง ในบริเวณช่องเกาะช้างและอ่าวตราด จังหวัดตราด ในช่วงน้ำขึ้น (flood tide) และน้ำลง (ebb tide) ในวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2559 (มณฑล อนงค์พรยศกุล และอุดม เครือเนียม, 2560)

2.2 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ

คุณลักษณะโดยทั่วไปของรูปแบบการไหลที่ผิวน้ำทะเล เกิดเนื่องจากมวลน้ำที่มีอยู่ในทะเลนั้นไม่สามารถสูญหายไปได้ แต่เพียงแค่เมื่อมีการไหลออกไปจะมีมวลน้ำไหลเข้ามาแทนที่ จึงทำให้เกิดรูปแบบของการเคลื่อนที่ของมวลน้ำ ซึ่งคอนเวอร์เจนซ์ (Convergences) คือ รูปแบบหนึ่งของการเคลื่อนที่ของมวลน้ำที่มีทิศทางการไหลมาบรรจบกันบริเวณจุดใดจุดหนึ่งหรือแนวเส้นใดแนวเส้นหนึ่ง (ภาพที่ 2-4 (a), (c), (e) และ (g)) โดยเกิดจากการจมตัวมวลน้ำ แล้วมวลน้ำด้านข้างไหลเข้ามาแทนที่ทำให้เห็นเป็นลักษณะที่มีการไหลมาบรรจบกัน ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งที่เรียกว่า ไดเวอร์เจนซ์ (Divergences) นั้น เกิดจากมวลน้ำที่ผิวมีลักษณะการไหลออกจากกันบริเวณจุดในจุดหนึ่งหรือแนวเส้นใดแนวเส้นหนึ่ง และมวลน้ำจากด้านล่างไหลขึ้นมาแทนที่ (ภาพที่ 2-4 (b), (d), (f) และ (h)) (Pond & Pickard, 1983)



ภาพที่ 2-5 ลักษณะคอนเวอร์เจนซ์และไดเวอร์เจนซ์ (Pond and Pickard, 1983)

จากการสำรวจไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ด้วยตัวติดตามในบริเวณอ่าวไทยตอนบน โดย Michida, Takimoto, Sojisporn and Yanagi (2006) พบว่า ไดเวอร์เจนซ์มีความสัมพันธ์ที่ค้อนข้างสูงกับคลอโรฟิลล์ เอ แต่จะมีความความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามบริเวณพื้นที่ที่ใกล้ชายฝั่ง หรือมีลักษณะเป็นเกาะ เนื่องจากรูปลักษณะชายฝั่งส่งผลต่อกระแสน้ำที่ผิว แต่อย่างไรก็ตามไดเวอร์เจนซ์ที่ผิวน้ำจะช่วยเก็บรักษาให้คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงที่ผิวน้ำ ซึ่งมีแหล่งที่มาจากชั้นน้ำด้านล่างที่มีความเข้มข้นของสารอาหารสูง อีกทั้งยังพบว่าระยะเวลาที่เกิดไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ที่ผิวน้ำ ถูกควบคุมโดยปัจจัยทางสมุทรศาสตร์หลายประการ ทั้งคลื่นที่เกิดขึ้นในระหว่างชั้นของน้ำ (Internal waves) ปัจจัยลม ปริมาณน้ำท่า (River discharge) และฤดูมรสุม

2.3 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic model)

แบบจำลองอุทกพลศาสตร์เป็นการจำลองสภาพทางกายภาพของแหล่งน้ำ โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะประกอบไปด้วยสมการพื้นฐาน 2 สมการ คือ สมการการเคลื่อนที่ (Equation of motions) และสมการอนุรักษ์มวล (Conservation of mass)

2.3.1 สมการการเคลื่อนที่ (Equation of motions)

สมการการเคลื่อนที่เป็นสมการที่เป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน (Newton's Second Law) ซึ่งได้อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมวล(Mass : m), แรง(Force : $\vec{F}$) และความเร่ง (Acceleration : $\vec{a}$) ของวัตถุไว้ว่า เมื่อมีแรงที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุนั้นมีความเร่งในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ โดยขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ที่มากระทำ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุนั้น สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\vec{F} = m\vec{a} \tag{2.1}$$

เมื่อ

$$\vec{a} = \frac{D\vec{V}}{Dt} \tag{2.2}$$

สามารถเขียนได้ว่า

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{\vec{F}}{m} \tag{2.3}$$

จากสมการที่ (2.3) จะเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงที่มากระทำต่อมวล ซึ่งแรงที่มีความเกี่ยวข้องในการเคลื่อนที่ของของไหลในทะเลนั้นจะประกอบไปด้วยแรงที่มาจากความแตกต่างของแรงดัน, แรงโคริโอลิส, แรงโน้มถ่วงของโลก และแรงเสียดทาน

2.3.1.1 ความเร่ง (Acceleration)

ความเร่ง คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วในหนึ่งหน่วยเวลา สามารถเขียนในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

$$\left.\begin{aligned}
\frac{Du}{Dt} &= \frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z} \\
\frac{Dv}{Dt} &= \frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z} \\
\frac{Dw}{Dt} &= \frac{\partial w}{\partial t} + u\frac{\partial w}{\partial x} + v\frac{\partial w}{\partial y} + w\frac{\partial w}{\partial z}
\end{aligned}\right\} \tag{2.4}$$

2.3.1.2 **ความแตกต่างของความดัน** (Pressure gradient)

ความแตกต่างของความดันเป็นแรงที่เกิดจากกการเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความดันสูงไปยังบริเวณที่มีความดันต่ำทำให้เกิดความแตกต่างของความดัน ซึ่งก็คือความลาดเอียงของระดับผิวน้ำ โดยระดับน้ำทะเลที่มีค่ามากกว่าจะเป็นตัวกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ เมื่อพิจารณาแรงจากความดันที่กระทำต่อมวลน้ำในแนวแกน x จะได้ผลต่างของความดัน ดังสมการ

$$\Delta F_x = \rho \Delta y \Delta x - (\rho + \Delta\rho)\Delta y \Delta z \tag{2.5}$$

$$\Delta F_x = (-\Delta\rho)\Delta y \Delta z \tag{2.6}$$

โดยที่

$$\Delta\rho = \frac{\partial\rho}{\partial x}\Delta x \tag{2.7}$$

แทนที่สมการที่ (2.7) ด้วยสมการที่ (2.8) จะได้

$$\Delta F_x = -\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)\Delta x \Delta y \Delta z \tag{2.8}$$

ทำให้สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความดันเขียนในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียนได้เป็น

$$\left.\begin{aligned} \frac{Du}{Dt} &= -\left(\frac{1}{\rho}\right)\frac{\partial\rho}{\partial x} \\ \frac{Dv}{Dt} &= -\left(\frac{1}{\rho}\right)\frac{\partial\rho}{\partial y} \\ \frac{Dw}{Dt} &= -\left(\frac{1}{\rho}\right)\frac{\partial\rho}{\partial z} \end{aligned}\right\} \tag{2.9}$$

2.3.1.3 **แรงโคริโอลิส** (Coriolis force)

แรงโคริโอลิส คือ แรงที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นแรงเสมือน เนื่องจากกฎของนิวตันใช้สำหรับพิกัดที่อยู่คงที่ เมื่อมาใช้กับพิกัดที่มีการหมุนไปกับโลกจึงต้องมีแรงเข้ามาเพิ่ม แรงโคริโอลิสจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อวัตถุบนผิวโลกมีการเคลื่อนที่ โดยขนาดของแรงโคริโอลิสจะมีค่าเท่ากับ 0 ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร และจะเพิ่มขึ้นตามละติจูดที่สูงขึ้นเข้าใกล้ขั้วโลก แรงโคริโอลิสส่งผลทำให้วัตถุที่เคลื่อนที่ในซีกโลกเหนือมีลักษณะเบนไปทางขวา และวัตถุที่เคลื่อนที่ในซีกโลกใต้มีลักษณะเบนไปทางซ้าย โดยสัมประสิทธิ์ของแรงโคริโอลิส คือ

$$f = 2\Omega \sin\theta \tag{2.10}$$

โดยสามารถเขียนสมการในแนวแกน x และ y ได้ว่า

$$f_u = (2\Omega \sin\theta) \times v \tag{2.11}$$

$$f_v = -(2\Omega \sin\theta) \times u \tag{2.12}$$

2.3.1.4 **แรงโน้มถ่วงของโลก** (Gravity force)

แรงโน้มถ่วงของโลกเป็นแรงดึงดูดระหว่างวัตถุ 1 กิโลกรัมบนผิวโลกกับมวลทั้งหมดของโลก โดยทิศทางของแรงจะมีทิศเข้าหาจุดศูนย์กลางของโลก ซึ่งความเร่งจากแรงโน้มถ่วงโลกนั้นมีค่าประมาณ 9.81 เมตร/วินาที^{2} และนอกจากจะเกิดแรงเข้าสู่ศูนย์กลางแล้วการหมุนรอบตัวเองของโลกยังทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Forces) ซึ่งมีค่าประมาณ 0.01 เมตร/วินาที^{2} เมื่อเปรียบเทียบกับแรงโน้มถ่วงของโลกแล้วถือว่ามีค่าน้อยกว่ามาก จึงสามารถตัดออกไปจากสมการการเคลื่อนที่ได้

2.3.1.5 **แรงเสียดทาน** (Friction force)

แรงเสียดทานเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งเกิดขึ้นระหว่างผิววัตถุกับพื้นที่สัมผัส ทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปทรงเชิงมุมซึ่งถูกแสดงออกในลักษณะของแรงเฉือน (Shear force) ซึ่งสามารถเขียนสมการของแรงเฉือนตามระบบพิกัดคาร์ทีเซียนได้ว่า

$$\left.\begin{aligned}
F_x &= \mu\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)\\
F_y &= \mu\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right)\\
F_z &= \mu\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right)
\end{aligned}\right\} \tag{2.13}$$

ดังนั้นสมการการเคลื่อนที่ของมวลน้ำสามารถเขียนได้เป็น

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho}P_x+f_u+F_x\\
\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho}P_y+f_v+F_y\\
\frac{\partial w}{\partial t}+u\frac{\partial w}{\partial x}+v\frac{\partial w}{\partial y}+w\frac{\partial w}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho}P_z-g+F_z
\end{aligned}\right\} \tag{2.14}$$

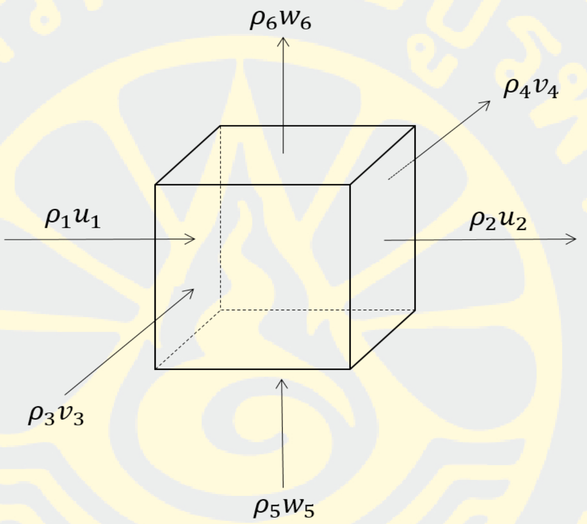
2.3.2 **สมการอนุรักษ์มวล** (Conservation of mass)

สมการการอนุรักษ์มวลหรือสมการความต่อเนื่อง (Continuity equation) เป็นสมการที่พิจารณาจากปริมาตรในขอบเขตที่กำหนด โดยอัตราการถ่ายทอดมวลที่ไหลเข้าและไหลออกจากระบบจะต้องเท่ากันเสมอ (ภาพที่ 6) ซึ่งในกรณีของของไหลที่มีการบีบอัดไม่ได้ (incompressible fluid) การเปลี่ยนแปลงใน x, y และ z รวมกันต้องมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นจึงสามารถเขียนในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ ได้เป็น

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} \quad (2.15)$$

และเมื่ออนุมานว่ามวลของไหลไม่สามารถบีบอัดได้ ซึ่งทำให้มีความหนาแน่นคงที่ ดังนั้นจึงสามารถเขียนเป็นสมการอนุรักษ์มวลใหม่ได้เป็น

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2.16)$$



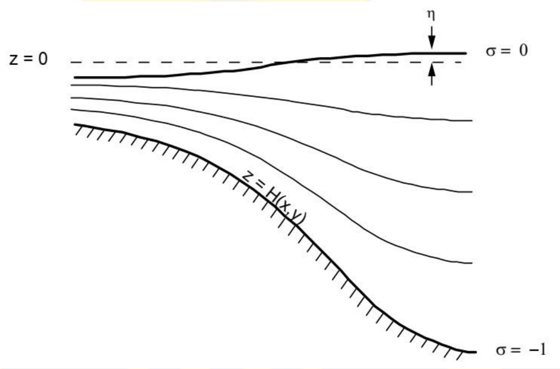
ภาพที่ 2-6 การเปลี่ยนแปลงของมวลภายในขอบเขตที่กำหนด (Knauss, 1997)

2.4 แบบจำลอง Princeton Ocean Model (POM)

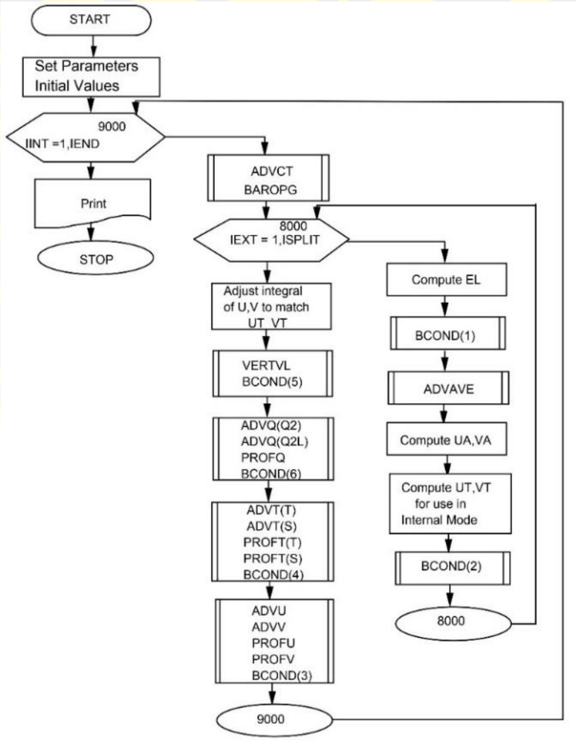
แบบจำลอง Princeton Ocean Model (POM) เป็นแบบจำลองเชิงตัวเลขที่ถูกเผยแพร่โดย Blumberg and Mellor ในปี ค.ศ.1987 มีคุณลักษณะพิเศษในการอาศัยระบบพิกัดซิกม่า (Sigma Coordinate System) ในการแบ่งชั้นน้ำตามแนวดิ่ง ซึ่งทำให้ได้ลักษณะพื้นท้องทะเลที่ใกล้เคียงกับสภาพจริงทั้งในทะเลเปิดและบริเวณชายฝั่ง(ภาพที่ 2-6) และมีการเพิ่มการคำนวณความปั่นป่วนของน้ำในส่วนแบบจำลองย่อย (Turbulence closure sub-model) ทำให้สามารถคำนวณการผสมผสานของมวลน้ำในแนวดิ่งได้ นอกจากนั้นยังมีพื้นผิวที่เป็นอิสระ (Free surface) และมีขั้นตอนการแบ่งเวลา(Time step) ที่ใช้ระยะเวลาสั้น ทำให้แบบจำลอง POM มีความสามารถในการจำลองการไหลเวียนกระแสน้ำได้ทั้งในแนวดิ่งและในแนวราบ โดยส่วนประกอบของโปรแกรมใน POM จะแยกการทำงานเป็นโปรแกรมหลัก (Main program) และโปรแกรมย่อย (Subroutine)

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ดังภาพที่ 2-7 ส่วนของ External mode จะอยู่ในรูปแบบ 2 มิติ และในส่วน Internal mode จะอยู่ในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลาคำนวณนานกว่าส่วน External mode (Blumberg and Mellor, 1987)



ภาพที่ 2-7 การแบ่งชั้นน้ำในระบบพิกัดซิกมา (Mellor, 2004)

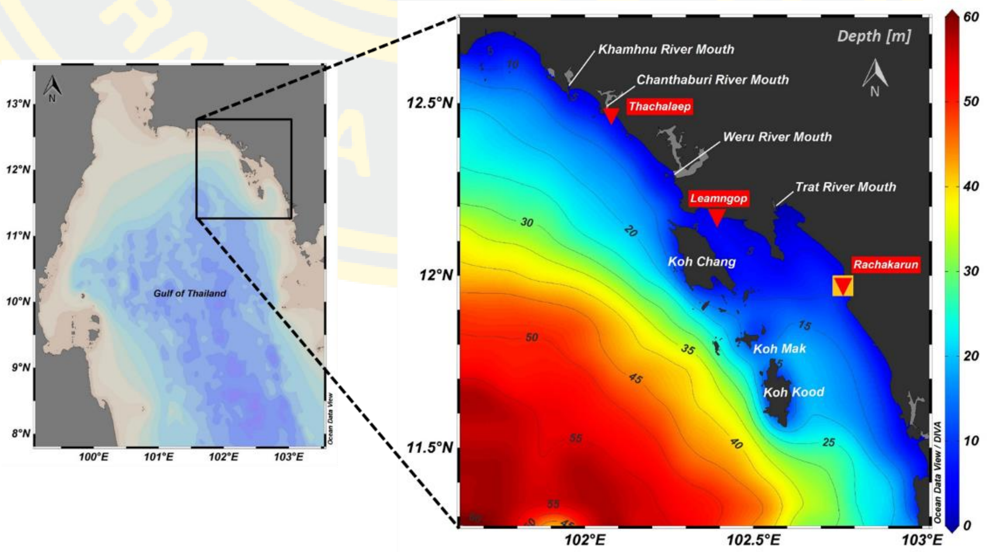


ภาพที่ 2-8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง POM โดยกรอบสี่เหลี่ยมที่มีขีดด้านข้างหมายถึงส่วนประกอบที่เป็น Subroutines (Mellor, 2004)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การกำหนดค่าการทำงานให้แบบจำลอง

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือแบบจำลอง Princeton ocean model (POM) ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.4 ซึ่งได้ทำการกำหนดพื้นที่ศึกษาให้ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ละติจูดที่ 11.250 – 12.715 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 101.600 – 103.025 องศาตะวันออก (ภาพที่ 3-1) ความละเอียดเชิงพื้นที่ได้ทำการกำหนดของขนาดช่องกริด (Grid) ไว้ที่ 0.5 x 0.5 ลิปดา หรือประมาณ 926 x 926 ตารางเมตร โดยมีจำนวนช่องกริดตามแนวแกน x และตามแนวแกน y เท่ากับ 171 ช่อง และ 176 ช่อง ตามลำดับ ในส่วนของกริดตามความลึกกำหนดให้มีจำนวนกริดที่คำนวณตามความลึก 10 ชั้น พื้นที่บริเวณชายฝั่งด้านเหนือ ด้านตะวันออก และบริเวณเกาะต่าง ๆ ที่อยู่ในทะเล กำหนดให้เป็นขอบเขตปิด (Closed boundary) และพื้นที่ด้านตะวันตก และด้านใต้ของแบบจำลองกำหนดให้เป็นขอบเขตเปิด (Open boundary) การระบุตำแหน่งของแม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่ทะเลแต่ละสายสำหรับใส่ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของ ได้แก่ แม่น้ำแขมหนู แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำเวฬุ และแม่น้ำตราด



ภาพที่ 3-1 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา (▼ แสดงสถานีตรวจวัดระดับน้ำ ■ แสดงสถานีตรวจวัดกระแสน้ำ และเส้นคอนทัวร์แสดงความลึกของน้ำ (เมตร))

3.2 การจัดเตรียมข้อมูลนำเข้า

3.2.1 ข้อมูลความลึกพื้นทะเล (Bathymetry) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากดาวเทียมที่วัดความผันผวนของแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity anomaly) และข้อมูลจากการหยั่งน้ำ ที่เผยแพร่โดย The General Bathymetric Chart of the Ocean (GEBCO) และกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (The Royal Thai Navy, RTN) ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลความลึกพื้นทะเลที่ได้จะนำมาประมาณค่า (Interpolation) ให้มีจุดพิกัดตรงกับจุดพิกัดของช่องคำนวณที่กำหนดไว้ โดยใช้วิธีการ Gaussian

3.2.2 ข้อมูลลม (Wind Stress) เป็นข้อมูลในปี 2561 ซึ่งได้มาจากแบบจำลองการคาดการณ์สภาพอากาศ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) ข้อมูลชุดนี้มีความละเอียด 0.125 × 0.125 องศา โดยได้นำมาทำการประมาณค่าข้อมูลให้มีจุดพิกัดตรงกับจุดพิกัดของช่องคำนวณที่กำหนดไว้ (https://apps.ecmwf.int)

3.2.3 ข้อมูลอุณหภูมิและความเค็ม (Temperature and Salinity) เป็นข้อมูลที่ได้จาก National Oceanographic Data Center (NODC); World Ocean Atlas 2013 โดยข้อมูลที่ได้มาจะเป็นข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนระยะยาวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 – 2555 ความละเอียด 0.25 × 0.25 องศา ซึ่งได้นำมาทำการประมาณค่าข้อมูลให้มีจุดพิกัดตรงกับจุดพิกัดของช่องคำนวณที่กำหนดไว้ (https://www.ncei.noaa.gov/access/world-ocean-atlas-2018/)

3.2.4 ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลง (Tide) เป็นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบ ฮาร์โมนิคด้วยแบบจำลอง TPXO8-ATLAS โดยใช้ค่าองค์ประกอบระดับน้ำขึ้นน้ำลง K1, O1, M2, S2, P1, Q1, N2 และ K2 (https://www.tpxo.net/global/tpxo8-atlas)

3.2.5 ข้อมูลปริมาณน้ำท่า (River Discharge) เป็นข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากการตรวจวัดจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้ ข้อมูลปริมาณน้ำท่าบริเวณแม่น้ำแขมหนูเป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาฟลักซ์ของน้ำบริเวณปากน้ำแขมหนู อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี (เบ็ญจมาศ จันทะภา ไพบูลย์กิจกุล, ศุภเสกข์ ไกรหาญ, ชลี ไพบูลย์กิจกุล และอนุกูล บูรณประทีปรัตน์, 2559) ข้อมูลปริมาณน้ำท่าบริเวณแม่น้ำจันทบุรีเป็นข้อมูลรายเดือนเฉลี่ยในระยะเวลา 9 ปี (ตั้งแต่ปี 2551 ถึง 2559) ที่ได้มาจากกรมชลประทาน (2017) ข้อมูลปริมาณน้ำท่าบริเวณแม่น้ำเวฬุเป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาฟลักซ์ของน้ำบริเวณปากแม่น้ำเวฬุ ในช่วงฤดูแล้งและฤดูน้ำมากในปี 2014 (อนุกูล บูรณประทีปรัตน์, สุธิดา กาญจน์อติเรกลาภ, ศุภชัย ยืนยง และศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ, 2561) และข้อมูลปริมาณน้ำท่าบริเวณแม่น้ำตราดเป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาฟลักซ์ของน้ำบริเวณปากแม่น้ำตราดในปี 2561 (เบญจมาศ มีทรัพย์ และคณะ, 2564)

3.3 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

ทำการตรวจสอบความความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง โดยการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ และทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงในแต่ละเดือน โดยเปรียบเทียบค่าระดับน้ำใน 3 สถานี ได้แก่ สถานีท่าแฉลบ สถานีแหลมงอบ และสถานีราชการุณย์ ซึ่งค่าระดับน้ำในสถานีท่าแฉลบ และสถานีแหลมงอบ เป็นค่าที่ได้มาจากสถานีตรวจวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า (กรมเจ้าท่า, 2561) ส่วนค่าระดับน้ำในสถานีราชการุณย์เป็นค่าที่ได้มาจากการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำในบริเวณหาดราชการุณย์ (ละติจูดที่ 11.970 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 102.766 องศาตะวันออก) สำหรับค่าความเร็ว และทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากการวัดในพื้นที่จริงได้มาจากการติดตั้งเครื่องวัดกระแสน้ำแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Infinity-EM AEM-USB Electromagnetic current meter) ในบริเวณหาดราชการุณย์ (ภาพที่ 3-1)

3.4 การวิเคราะห์ผลและการรายงานผล

3.3.1 การจำลองการไหลเวียนกระแสน้ำ

ทำการจำลองการไหลเวียนกระแสน้ำร่วมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสน้ำที่ได้เตรียมข้อมูลไว้ในหัวข้อ 3.2 โดยทำการจำลองการไหลเวียนกระแสน้ำในทุก ๆ เดือน จากนั้นนำค่าความเร็ว และทิศทางของกระแสน้ำและนำไปเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละเดือน

3.3.2 การคำนวนไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ

ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำในแนวราบ (Horizontal) สามารถคำนวณได้จากความแตกต่างเชิงพื้นที่ของความเร็วกระแสน้ำ เมื่อกำหนดให้ $\vec{u}$ เป็นความเร็วของกระแสน้ำในแนวแกน x และกำหนดให้ $\vec{v}$ เป็นความเร็วของกระแสน้ำในแนวแกน y จะสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$Div = \frac{\partial \vec{u}}{\partial x} + \frac{\partial \vec{v}}{\partial y} \qquad (3.1)$$

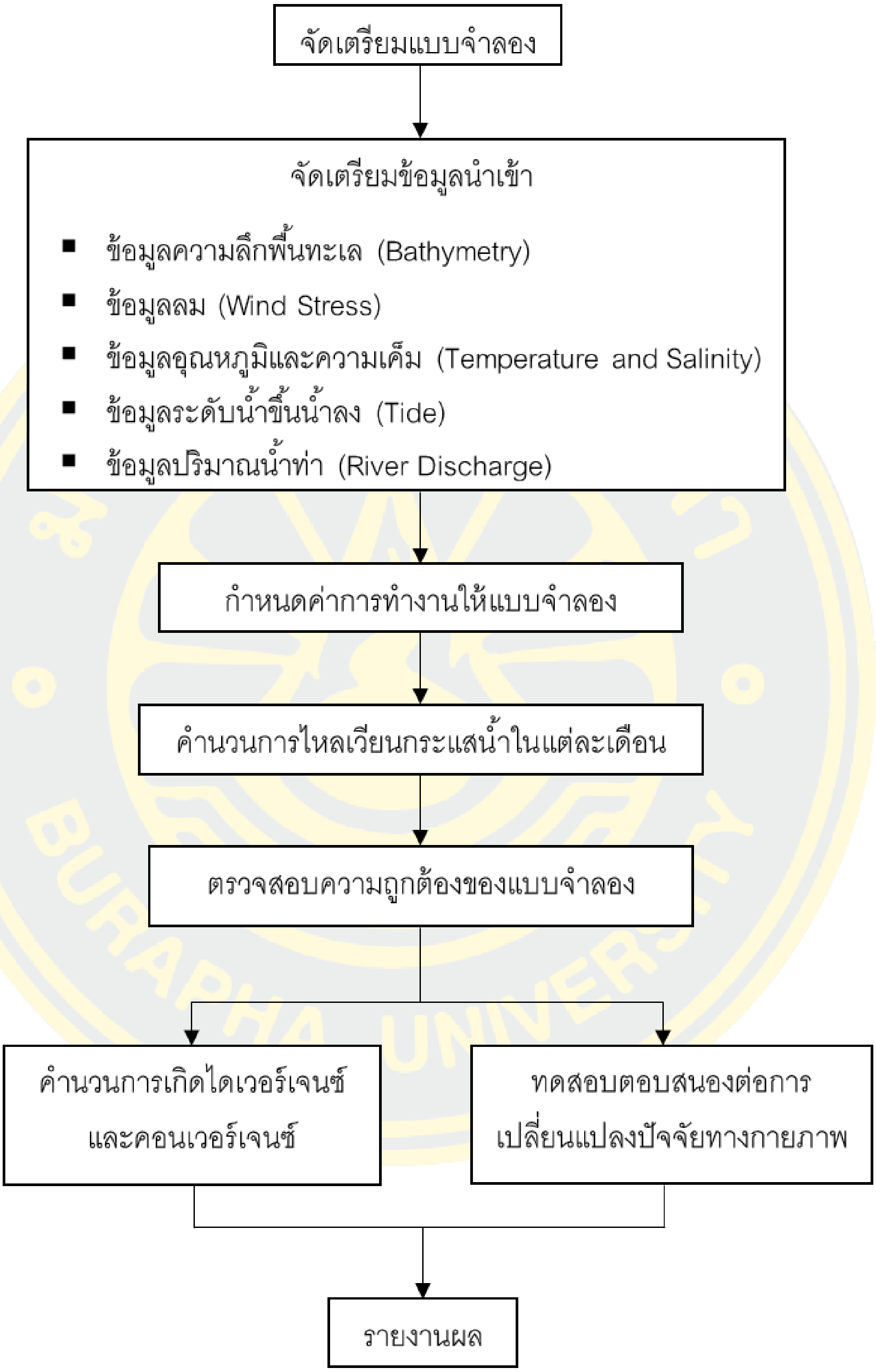
เมื่อ Div คือค่าไดเวอร์เจนซ์ ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเป็นบวกแสดงถึงการเกิดไดเวอร์เจนซ์ ถ้าเป็นลบแสดงถึงการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ และถ้าเป็นศูนย์แสดงถึงนอนไดเวอร์เจนซ์ (non-divergence) ซึ่งจะไม่เกิดทั้งไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาแสดงเป็นภาพ และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละเดือน

3.3.3 การทดสอบปัจจัยกายทางภาพ

ปัจจัยทางกายภาพที่ทำการทดสอบ คือ ปัจจัยลม โดยมีการลดความเร็วลมลง 50 % (Case 1) และเพิ่มความเร็วลมขึ้น 50 % (Case 2) จากค่าความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือนของกรณีควบคุม (Control ; CTL) ซึ่งทำการทดสอบในเดือนมีนาคม, เดือนกรกฎาคม, เดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม เพื่อเป็นตัวแทนของช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้, ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้, ช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตามลำดับ (ตารางที่ 3-1) จากนั้นนำผลที่ได้มาพิจารณาร่วมกับอิทธิพลของลักษณะทางภูมิศาสตร์ และลักษณะชายฝั่งที่ส่งผลต่อการเกิดไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์

ตารางที่ 3-1 การทดสอบปัจจัยกายทางภาพ

Case study	Wind		
	Decrease	Normal	Increase
CTL	-	✓	-
Case 1	✓	-	-
Case 2	-	-	✓



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการดำเนินงานโดยสรุป

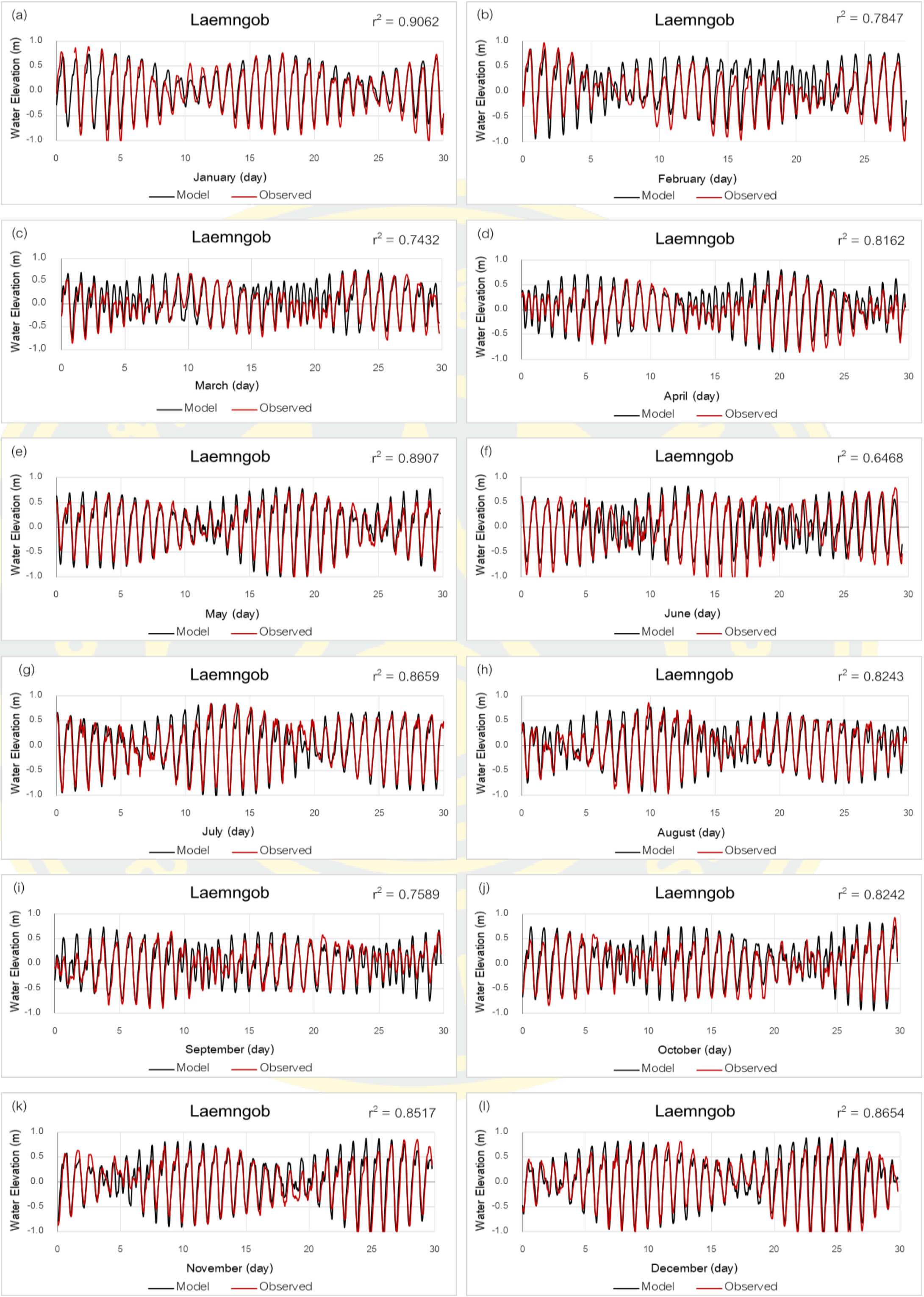
บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การตรวจสอบความความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

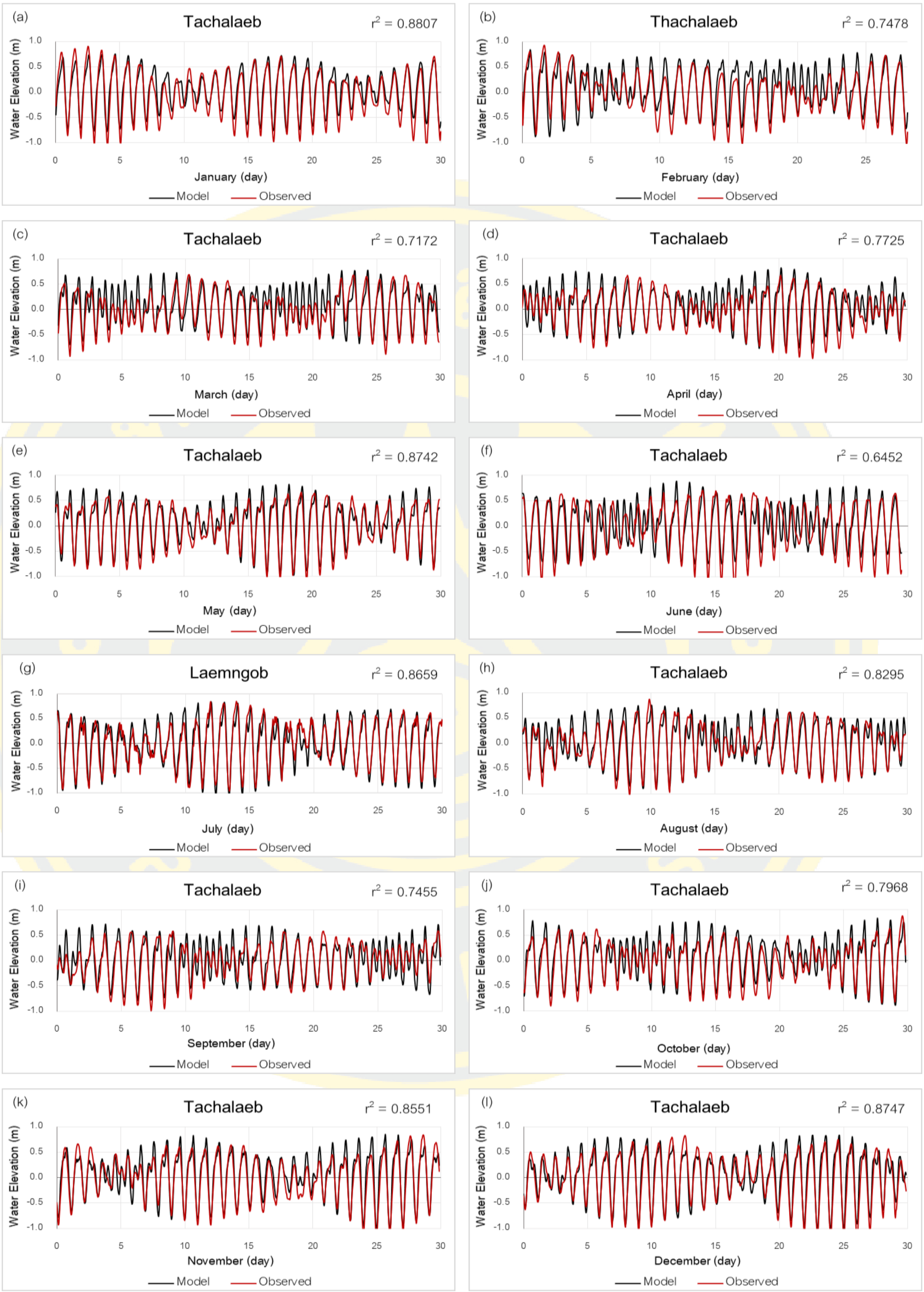
4.1.1 การเปรียบเทียบระดับน้ำ

จากการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง และค่าระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริงพบว่าทั้งสถานีแหลมงอบ(ภาพที่ 4-1) สถานีท่าแฉลบ(ภาพที่ 4-2) และสถานีราชการุณย์(ภาพที่ 4-3) มีความแตกต่างกัน โดยระดับน้ำจากแบบจำลองมีค่าสูงกว่าระดับน้ำจากการตรวจวัดจริงเล็กน้อย และทั้ง 3 สถานี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Determination : r^2) อยู่ในช่วง 0.65 - 0.96 (ภาพที่ 4-4) โดยสถานีแหลมงอบมีค่า r^2 อยู่ในช่วง 0.65 - 0.91 สถานีท่าแฉลบมีค่า r^2 อยู่ในช่วง 0.65 - 0.88 และสถานีราชการุณย์มีค่า r^2 อยู่ในช่วง 0.72 - 0.96 ซึ่งสถานีแหลมงอบ และสถานีท่าแฉลบ มีค่า r^2 ต่ำที่สุดในเดือนมิถุนายน และสูงที่สุดในเดือนมกราคมเช่นเดียวกัน แต่สำหรับสถานีราชการุณย์ที่มีค่า r^2 สูงกว่าอีกทั้ง 2 สถานี จะมี r^2 ต่ำที่สุดในเดือนกันยายน และสูงที่สุดในเดือนเมษายน

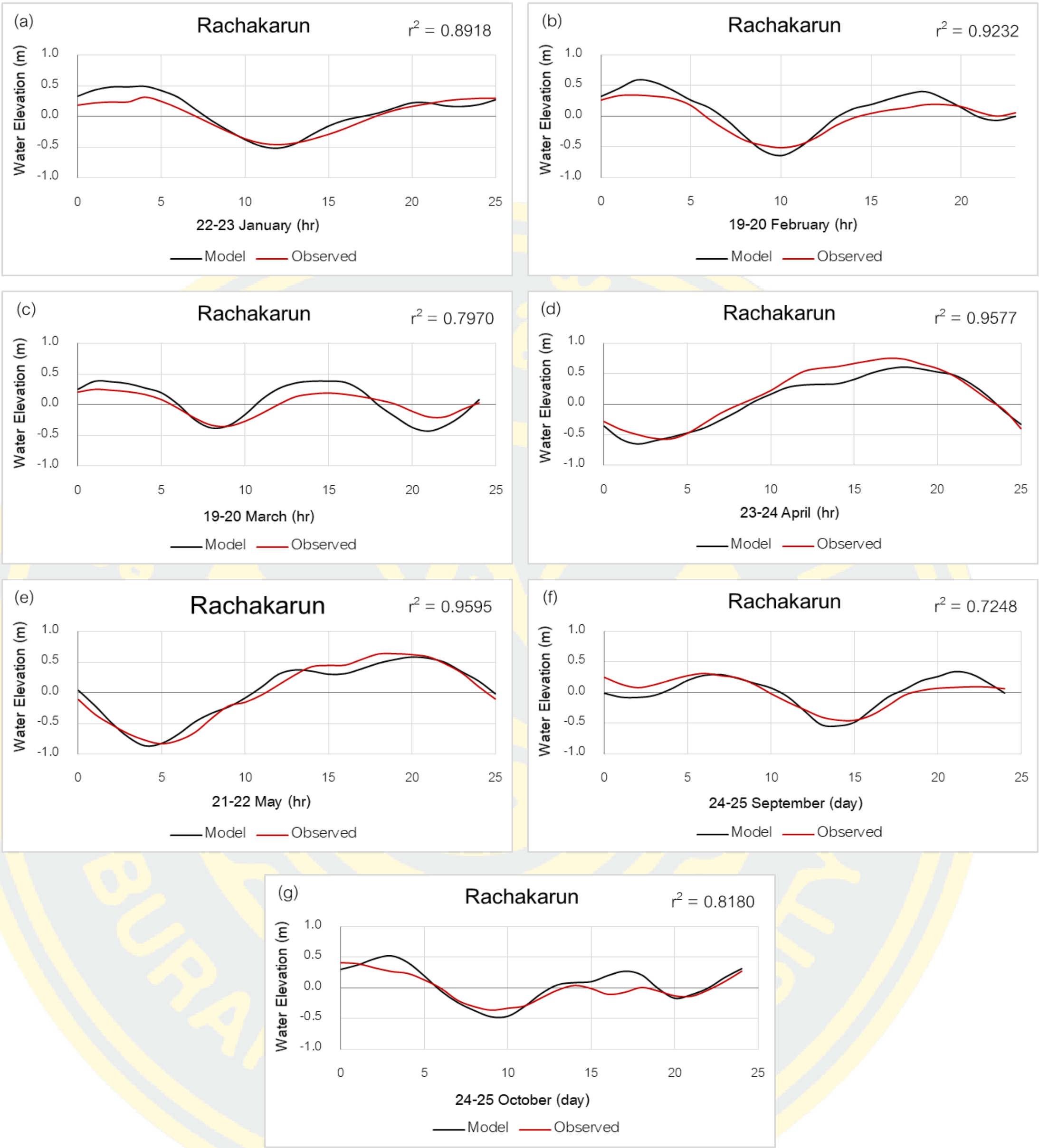
เมื่อเปรียบเทียบค่าระดับน้ำรายชั่วโมงพบว่า โดยภาพรวมระดับน้ำจากแบบจำลองมีเฟส (Phase) และแอมพลิจูด (Amplitude) ใกล้เคียงกับระดับน้ำจากสถานีตรวจวัดจริง ทั้ง 3 สถานี แต่ในบางช่วงเวลาที่ระดับน้ำมีแอมพลิจูดต่ำ จะสามารถสังเกตความแตกต่างระหว่างระดับน้ำ และจากสถานีตรวจวัดจริงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานีราชการุณย์ที่พบว่าระดับน้ำจากการตรวจวัดจริงมีเฟสกว้างกว่าระดับน้ำจากแบบจำลอง แต่ระดับน้ำจากแบบจำลองจะมีแอมพลิจูดที่สูงกว่าระดับน้ำจากการตรวจวัดจริง ซึ่งผลที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า r^2 และค่าระดับน้ำรายชั่วโมงที่มีความแตกต่างกัน เป็นความแตกต่างกันเพียบเล็กน้อย และยังถือว่าแบบจำลองที่ใช้มีความน่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับใช้ในการศึกษานี้



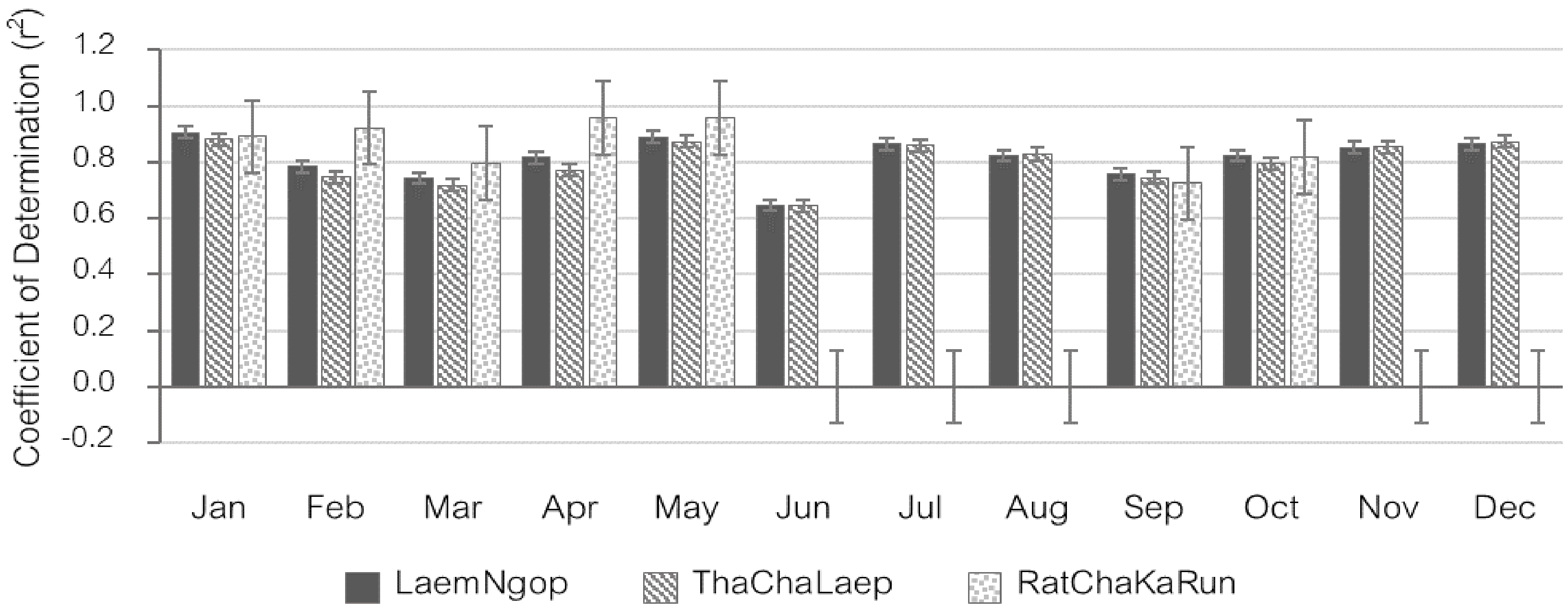
ภาพที่ 4-1 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากการตรวจวัดในสถานีแหลมงอบ



ภาพที่ 4-2 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากการตรวจวัดในสถานีท่าแฉลบ



ภาพที่ 4-3 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากการตรวจวัดในสถานีราชการุณย์

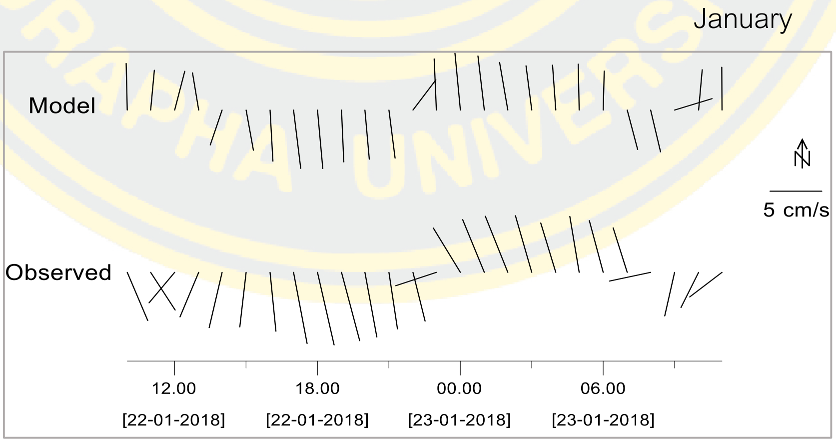


ภาพที่ 4-4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Determination : r^2) ของค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากการตรวจวัดในสถานีแหลมงอบ สถานีท่าแฉลบ และสถานีราชการุณย์

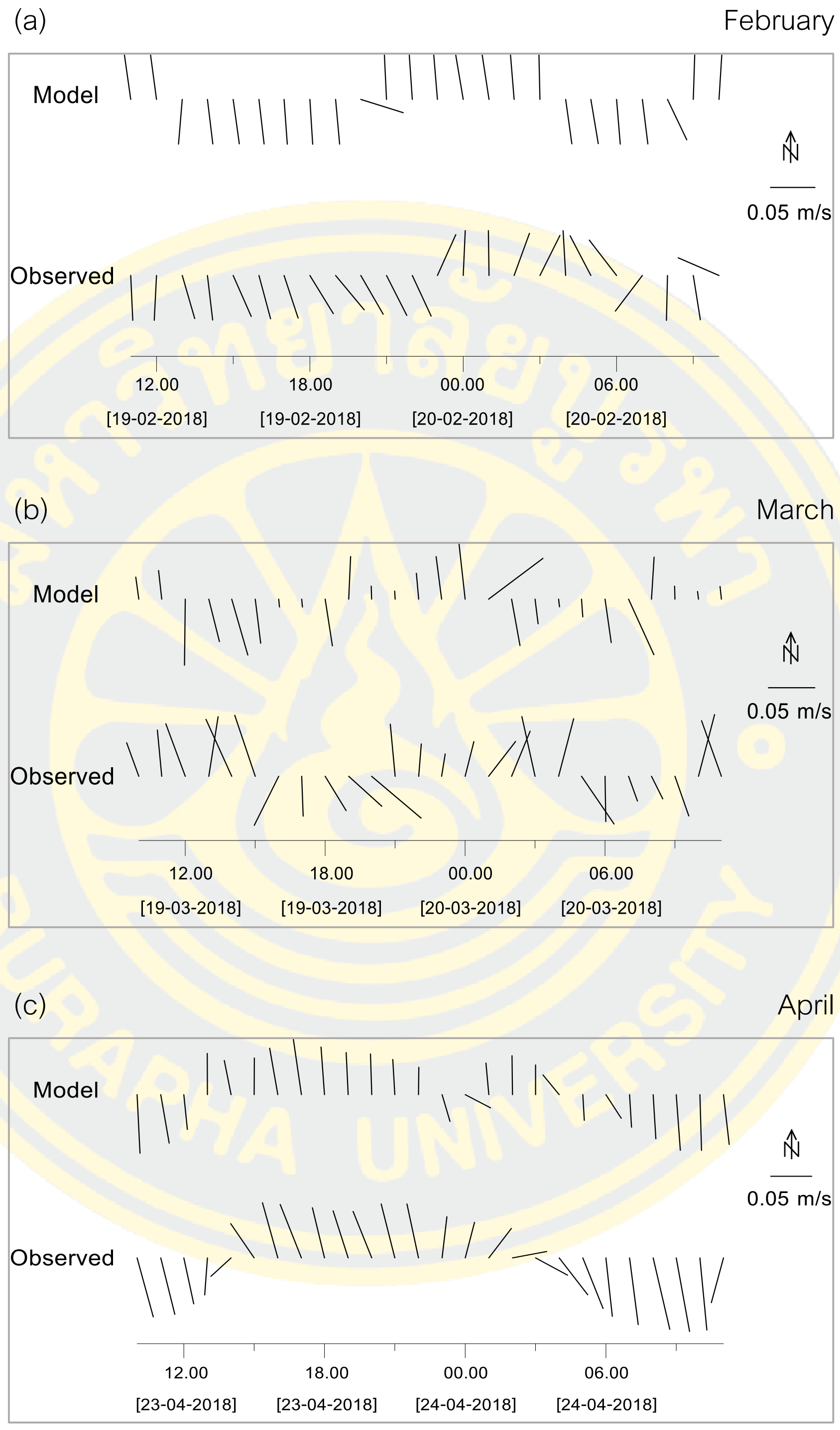
4.1.2 การเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำ

จากการเปรียบเทียบความเร็ว และทิศทางของกระแสน้ำในสถานีราชการุณย์พบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน โดยความเร็วของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีค่าสูงกว่าความเร็วของกระแสน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริงเล็กน้อย ยกเว้นในเดือนมกราคม (ภาพที่ 4-5) และเดือนเมษายน (ภาพที่ 4-6 (c)) ที่พบว่าความเร็วของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าความเร็วของกระแสน้ำจากการตรวจวัดจริง

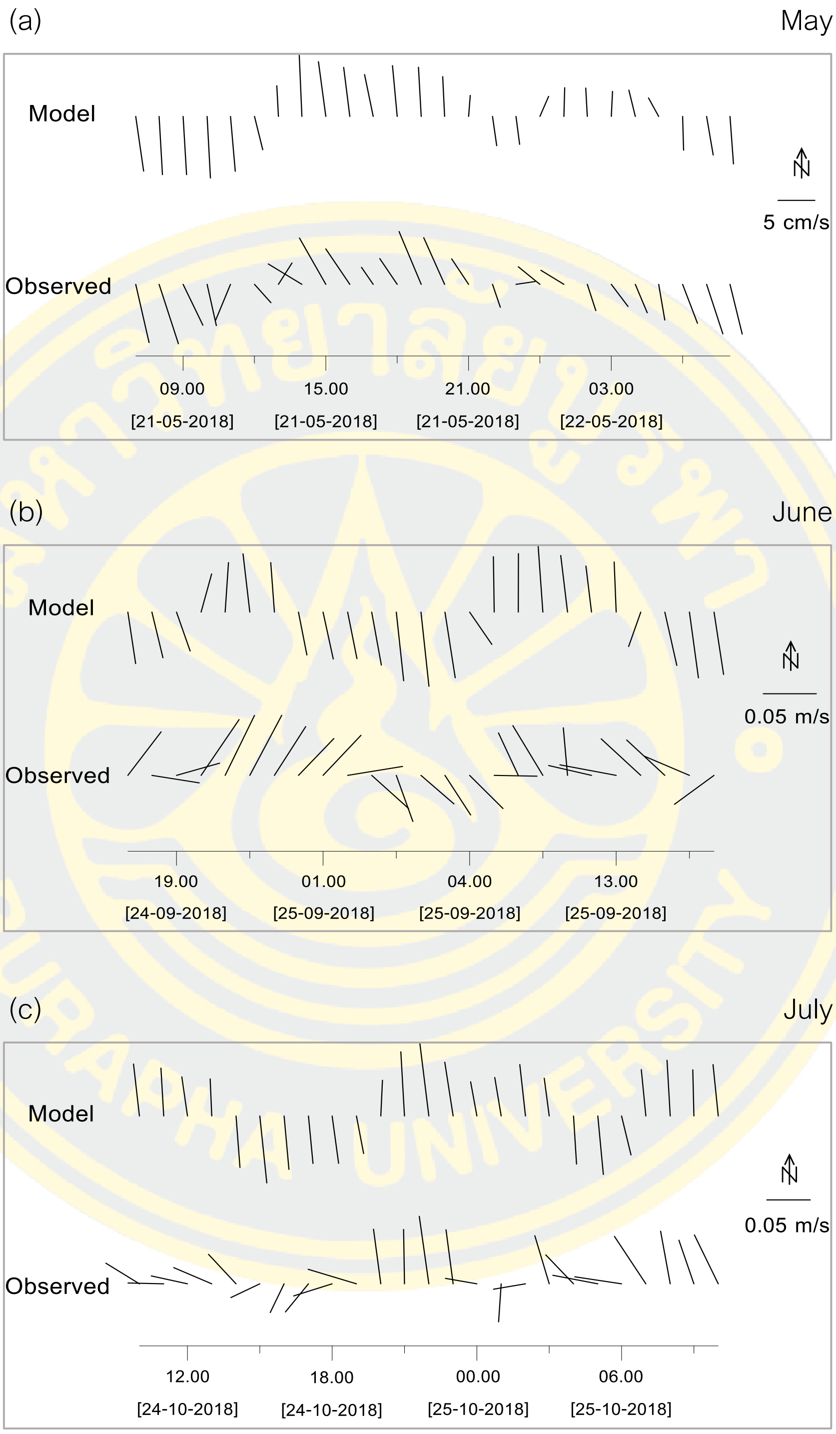
สำหรับทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองส่วนมากมีความสอดคล้องกับทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริง แต่จะมีความแตกต่างกันในช่วงที่กระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้น-น้ำลง และสังเกตได้ว่าทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองในแต่ละช่วงเวลาจะมีความต่อเนื่องกว่าทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริง ยกเว้นในเดือนมีนาคม (ภาพที่ 4-6 (b)) ที่พบว่าทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริงความต่อเนื่องกว่าทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งผลที่ได้จากการเปรียบเทียบดังกล่าวยังถือว่าแบบจำลองที่ใช้มีความน่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับการศึกษานี้



ภาพที่ 4-5 การเปรียบเทียบกระแสน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และจากการตรวจวัดจริงที่สถานีราชการุณย์ เดือนมกราคม ปี 2561



ภาพที่ 4-6 การเปรียบเทียบกระแสน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และจากการตรวจวัดจริงที่สถานีราชการุณย์ เดือนกุมภาพันธ์(a) เดือนมีนาคม(b) และเดือนเมษายน(c) ปี 2561

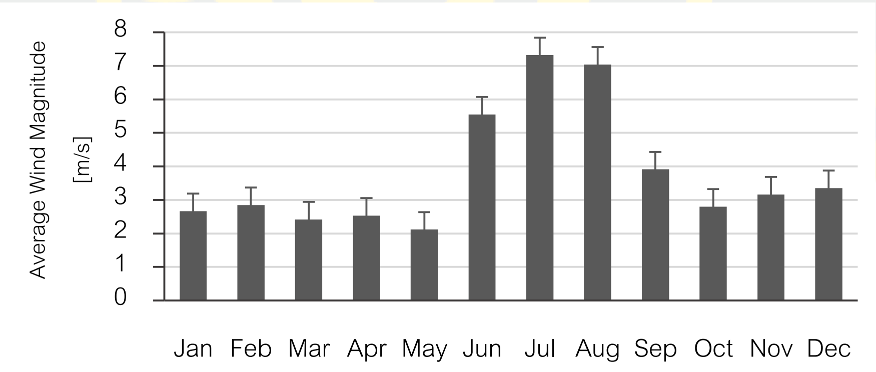


ภาพที่ 4-7 การเปรียบเทียบกระแสน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และจากการตรวจวัดจริงที่สถานีราชการุณย์ เดือนพฤษภาคม (a) เดือนกันยายน (b) และ เดือนตุลาคม (c) ปี 2561

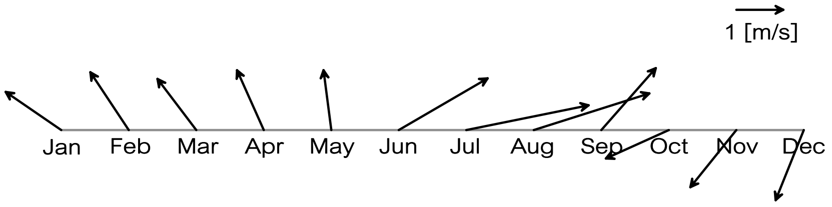
4.2 ลักษณะลมที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือน

จากแบบจำลองการคาดการณ์สภาพอากาศ ECMF พบว่า ตลอดทั้งปี 2561 พื้นที่ศึกษามีความเร็วลมเฉลี่ยที่ผิวทะเลอยู่ในช่วง 2.21-7.32 m/s เมื่อทำการเปรียบเทียบความเร็วลมในแต่ละเดือนพบว่า ในช่วงเดือนมิถุนายนไปจนถึงเดือนกันยายน ซึ่งตรงกับช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นช่วงที่ลมมีความเร็วสูง โดยจะมีความเร็วสูงที่สุดในเดือนกรกฎาคม (7.32 m/s) และพบว่าในช่วงเดือนตุลาคมไปจนถึงเดือนเมษายน มีความเร็วลมเฉลี่ยที่ผิวทะเลใกล้เคียงกัน (แต่มีความเร็วมลมที่ผิวทะเลต่ำที่สุดในเดือนเมษายน (2.12 m/s) ซึ่งตรงกับช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ภาพที่ 4-8)

สำหรับทิศทางลมในเดือนมกราคมไปจนถึงเดือนพฤษภาคมลมมีลักษณะพัดมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นลักษณะที่พัดขนาดกับชายฝั่ง ต่อมาในช่วงเดือนมิถุนายนไปจนถึงเดือนกันยายนที่มีทิศทางพัดมาจากทางตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเป็นลักษณะที่พัดเข้าหาชายฝั่ง และสุดท้ายในช่วงเดือนตุลาคมไปจนถึงเดือนธันวาคมลมมีทิศทางพัดมาจากทางตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นลักษณะที่พัดออกจากชายฝั่ง (ภาพที่ 4-9)



ภาพที่ 4-8 ความเร็วลมที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือนในปี 2561 (ECMWF, 2018)



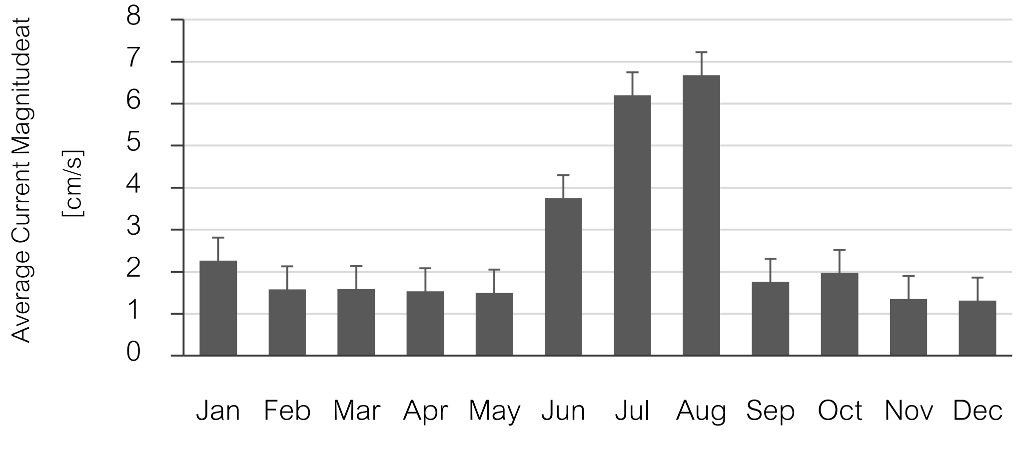
ภาพที่ 4-9 ความเร็ว และทิศทางลมที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือนในปี 2561 (ECMWF, 2018)

4.3 การไหลเวียนกระแสน้ำ

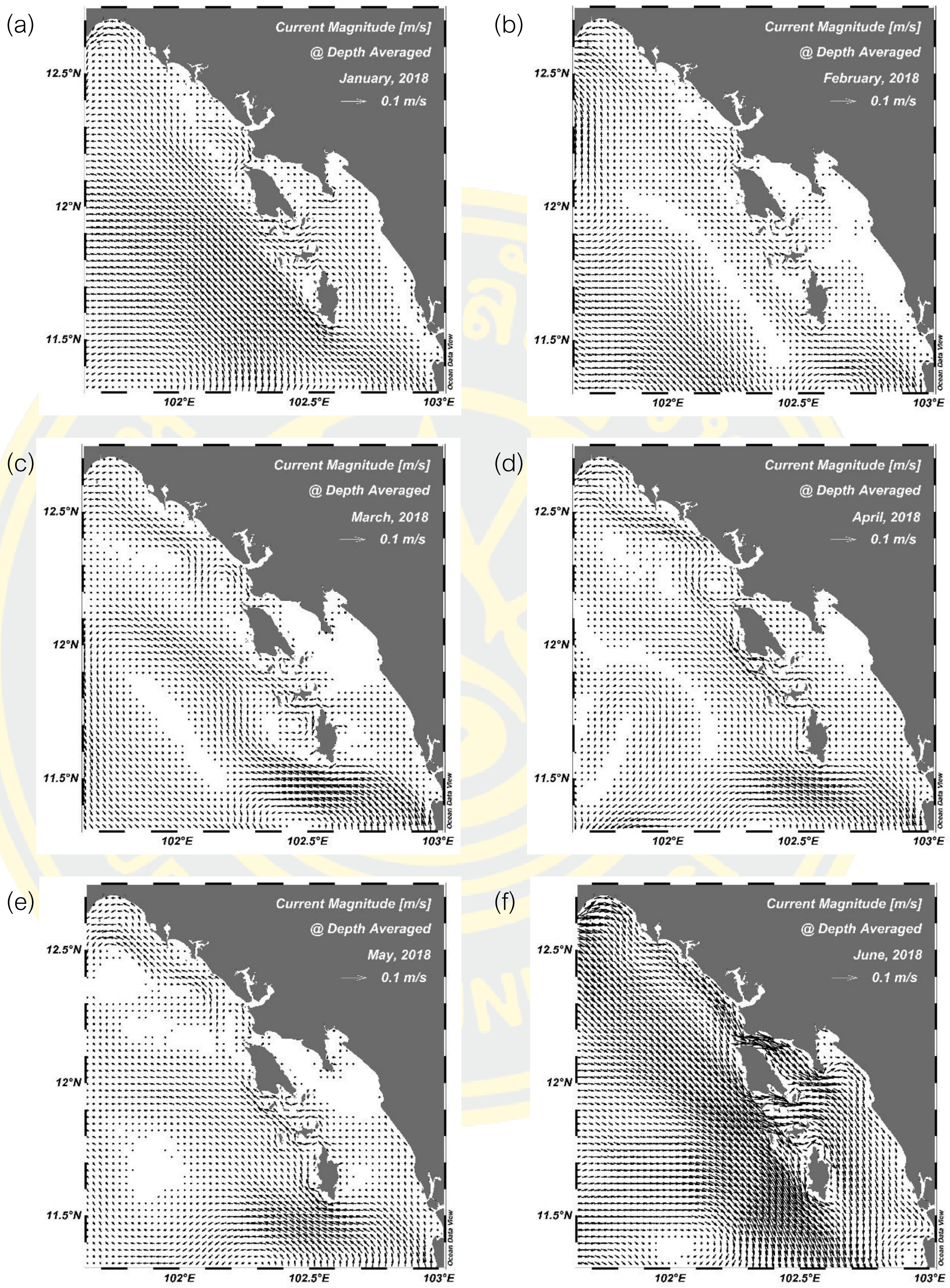
จากแบบจำลองการไหลเวียนกระแสน้ำพบว่าความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในพื้นที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.31 – 6.68 cm/s (ภาพที่ 4-10) ตลอดทั้งปีบริเวณพื้นที่ศึกษาด้านตะวันออก (บริเวณด้านในอ่าวตราด) มีความเร็วของกระแสน้ำต่ำกว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาด้านตะวันตก (บริเวณด้านนอกอ่าวตราด) และมีการไหลเวียนของกระแสน้ำมีความแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน ดังนี้ ในช่วงเดือนมกราคม (ภาพที่ 4-11 (a)) กระแสน้ำมีความเร็วเฉลี่ยตามความลึก 2.26 cm/s บริเวณด้านนอก และด้านในอ่าวตราดมีทิศทางของกระแสน้ำไหลจากทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ขึ้นมาถึงประมาณช่วงกลางอ่าว และไหลออกไปทางทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา บริเวณชายฝั่งทางตะวันออกด้านในอ่าวตราดกระแสน้ำมีความเร็วต่ำ และพบการหมุนวนของกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา (Clockwise circulation) บริเวณปากแม่น้ำเวฬุ ต่อมาในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงเดือนพฤษภาคม (ภาพที่ 4-11 (b), (c), (d) และ (e)) กระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกมีความเร็วลดลงเรื่อยๆ แต่มีค่าที่ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 1.50 – 1.58 cm/s ในช่วงนี้จะสังเกตได้ว่ากระแสน้ำบริเวณชายฝั่งทางตะวันออกด้านในอ่าวตราดกระแสน้ำมีความเร็วต่ำกว่าในช่วงเดือนมกราคม และยังพบการหมุนวนของกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกาบริเวณปากแม่น้ำเวฬุ แต่จะพบขนาดที่เล็กลงกว่าเดือนมกราคม ซึ่งทิศทางการไหลของกระแสน้ำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงเดือนพฤษภาคมนี้กระแสน้ำที่มีความเร็วสูงที่สุดยังคงพัดมาจากทางตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา แต่จะมีกระแสน้ำเพียงบางส่วนที่พัดเลียบชายฝั่งด้านตะวันตกของเกาะช้าง เกาะหมาก เกาะกูดขึ้นไปแล้วไหลออกทางตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา และมีกระแสน้ำบางส่วนไหลวกกลับออกไปทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา

ในช่วงเดือนมิถุนายนไปจนถึงเดือนสิงหาคม (ภาพที่ 4-11 (f), 4-11 (g) และ4-12 (b)) กระแสน้ำเริ่มกลับมามีความเร็วสูงขึ้นอีกครั้ง และมีความเร็วสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม (6.68 cm/s) ซึ่งเป็นช่วงที่กระแสน้ำมีความเร็วสูงที่สุดในรอบปี สำหรับทิศทางการไหลของกระแสน้ำจะเริ่มเห็นความแตกต่างที่ชัดเจน โดยจะเห็นว่าพื้นที่ศึกษาทั้งด้านในและด้านนอกอ่าวตราดมีกระแสน้ำไหลมาจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ แล้วไหลเลียบชายฝั่งออกไปทางตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นลักษณะที่ตรงข้ามกับช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ต่อมาในช่วงเดือนกันยายน (ภาพที่ 4-12(c)) กระแสน้ำมีความเร็วลดลงจากเดือนสิงหาคมเป็นอย่างมาก โดยมีความเฉลี่ยตามความลึก 1.76 cm/s การไหลของกระแสน้ำในบริเวณด้านล่างของพื้นที่ศึกษามีทิศทางที่ไม่แน่นอน แต่บริเวณด้านเหนือของพื้นที่ศึกษาและบริเวณชายฝั่งยังคงมีการไหลจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปทางตะวันออกเฉียงใต้เหมือนในช่วงสิงหาคม

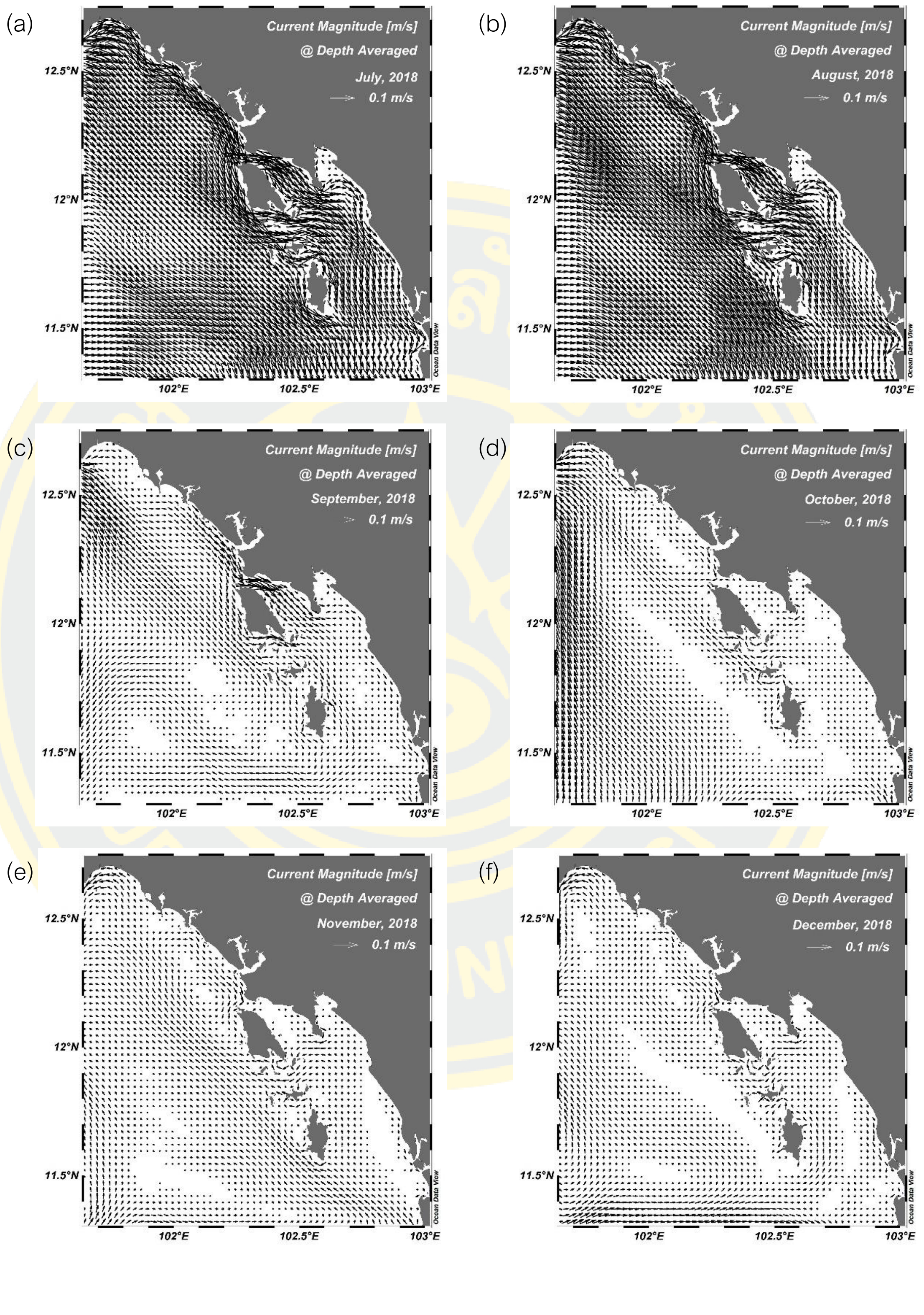
ในช่วงเดือนตุลาคม (ภาพที่ 4-12 (d)) กระแสน้ำมีความเร็วสูงขึ้นเล็กน้อยจากเดือนกันยายน โดยมีความเร็วเฉลี่ยตามความลึก 1.97 cm/s บริเวณด้านในอ่าวตราดกระแสน้ำมีความเร็วต่ำและมีทิศทางที่ไม่แน่นอน ส่วนบริเวณด้านนอกอ่าวตราดมีทิศทางการไหลจากตะวันออกเฉียงใต้ขึ้นไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ และเริ่มกลับมาพบการหมุนวนของกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกาบริเวณปากแม่น้ำเวฬุซึ่งจะสังเกตได้ว่าการหมุนวนของน้ำจะมีบริเวณกว้างมากกว่าในช่วงเดือนอื่นๆ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน (ภาพที่ 4-12 (e)) กระแสน้ำกลับมามีความเร็วลดลงอีกครั้งมีความเร็วเฉลี่ยตามความลึก 1.35 cm/s สำหรับทิศทางการไหลของกระแสน้ำในเดือนนี้ บริเวณด้านในอ่าวตราดยังคงมีความเร็วต่ำและมีทิศทางที่ไม่แน่นอนคล้ายช่วงเดือนตุลาคม แต่การไหลของกระแสน้ำบริเวณด้านนอกอ่าวตราดที่มีทิศทางการไหลมาจากตะวันออกเฉียงใต้ขึ้นไปทางตะวันตกเฉียงเหนือจะอยู่ห่างออกไปไกลจากชายฝั่งมากกว่าในเดือนตุลาคม สุดท้ายในช่วงเดือนธันวาคม (ภาพที่ 4-12 (f)) เป็นช่วงที่กระแสน้ำมีความเร็วเฉลี่ยต่ำที่สุดในรอบปี (1.31 cm/s) การไหลของกระแสน้ำในช่วงเดือนนี้มีทิศทางไม่แน่นอนทั้งบริเวณด้านในและด้านนอกอ่าวตราด บริเวณชายฝั่งทางตะวันออกด้านในอ่าวตราดกระแสน้ำมีความเร็วต่ำ มีกระแสน้ำบางส่วนที่ไหลมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ขึ้นมาถึงประมาณช่วงกลางอ่าวแล้วไหลออกไปทางทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นลักษณะที่คล้ายกับเดือนมกราคม



ภาพที่ 4-10 ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกรายเดือนในปี 2561



ภาพที่ 4-11 การไหลเวียนกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในเดือนมกราคม – มิถุนายน ปี 2561

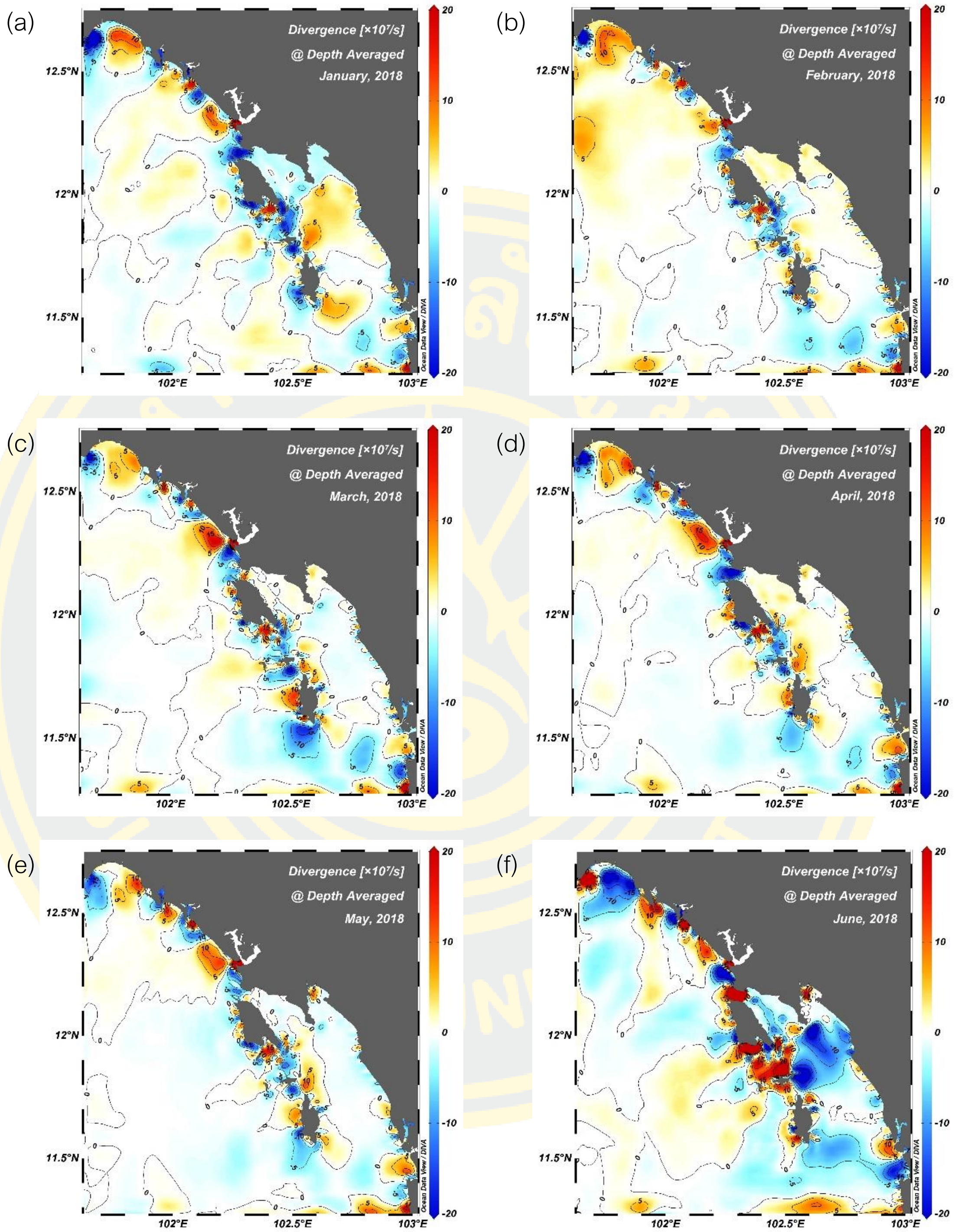


ภาพที่ 4-12 การไหลเวียนกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม ปี 2561

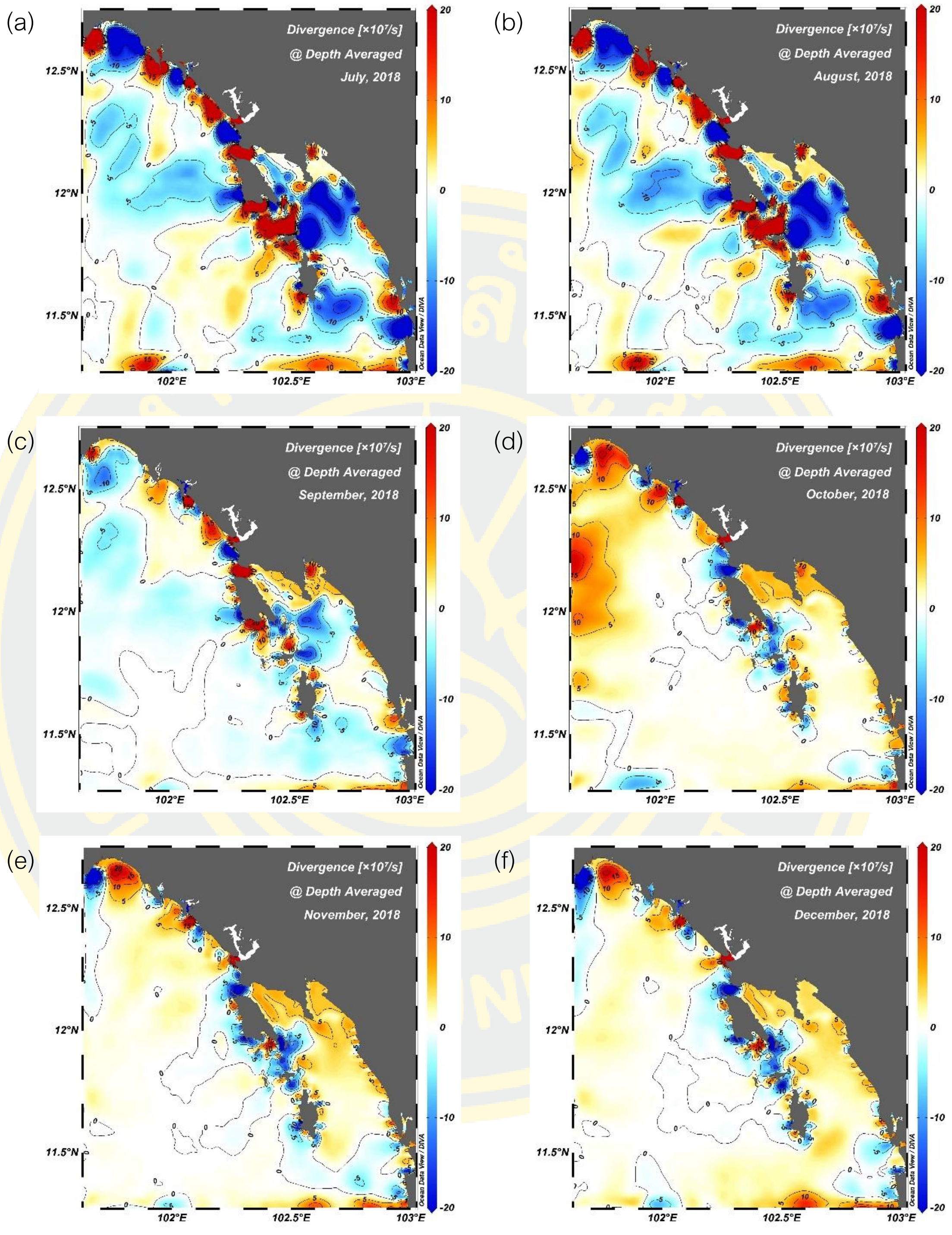
4.4 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ

ผลการศึกษาไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำจากแบบจำลองพบว่า พื้นที่บริเวณชายฝั่งมีการเกิดไดเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กสลับกับการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กตลอดทั้งปี โดยชายฝั่งด้านเหนือของพื้นที่ศึกษาและชายฝั่งด้านตะวันตกของเกาะช้าง เกาะหมาก เกาะกูด พบการเกิดไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าบริเวณชายฝั่งด้านในอ่าวตราด ซึ่งลักษณะไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ที่เกิดขึ้นจะมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละเดือนดังนี้ ในเดือนมกราคม (ภาพที่ 4-13 (a)) พบว่าคอนเวอร์เจนซ์และไดเวอร์เจนซ์ในทะเลเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง จะสังเกตได้ว่าเป็นเดือนเดียวที่พบคอนเวอร์เจนซ์ด้านในอ่าวตราดตอนเหนืออย่างชัดเจน และพบไดเวอร์เจนซ์บริเวณด้านในอ่าวตราดตอนกลางอย่างชัดเจนเช่นเดียวกัน ส่วนบริเวณด้านนอกอ่าวตราดพบไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ขนาดใหญ่สลับกันทั่วทั้งอ่าว ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ (ภาพที่ 4-13 (b)) บริเวณด้านเหนือของพื้นที่ศึกษาและบริเวณด้านในอ่าวตราดมีการเกิดไดเวอร์เจนซ์อย่างชัดเจน ส่วนในบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของเกาะช้าง เกาะหมาก เกาะกูด และด้านตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษาพบการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ ต่อมาในช่วงเดือนมีนาคมไปจนถึงเดือนพฤษภาคม (ภาพที่ 4-13 (c), (d) และ(e)) ไดเวอร์เจนซ์ลดจากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ แต่กลับมีพื้นที่ที่พบคอนเวอร์เจนซ์เพิ่มมากขึ้น และยังคงพบการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ที่กระจายเป็นบริเวณกว้างมากขึ้นทางตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา

ในช่วงเดือนมิถุนายนไปจนถึงเดือนกันยายน (ภาพที่ 4-13 (f), 4-14(a), 4-14(b) และ4-14(c)) ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์มีลักษณะที่ชัดเจนกว่าช่วงเดือนอื่นๆในรอบปี พบการเกิดคอนเวอร์เจนซ์เป็นบริเวณกว้างทั้งกลางอ่าวตราด และกลางทะเลนอกอ่าวตราด แต่บริเวณด้านในอ่าวตราดทางด้านเหนือยังคงพบการเกิดไดเวอร์เจนซ์ค่อนข้างสูง ซึ่งในเดือนมิถุนายนคอนเวอร์เจนซ์จะเกิดสูงแล้วจะค่อยๆลงเรื่อยๆ ไปจนถึงช่วงเดือนกันยายนจะพบว่าไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์มีความชัดเจนลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่กลับมาพบการเกิดคอนเวอร์เจนซ์เป็นบริเวณกว้างในบริเวณกลางอ่าวด้านในและบริเวณกลางทะเลด้านนอกอ่าวตราด ในช่วงเดือนตุลาคม (ภาพที่ 4-14 (d)) เป็นช่วงที่มีการเกิดไดเวอร์เจนซ์สูงที่สุดในรอบปี ทั้งบริเวณด้านในและด้านนอกอ่าวตราดพื้นที่ส่วนใหญ่มีการเกิดไดเวอร์เจนซ์อย่างชัดเจน แต่บริเวณกลางอ่าวและบริเวณชายฝั่งทางตะวันตกของเกาะช้างยังคงพบการเกิดคอนเวอร์เจนซ์เหมือนในช่วงเดือนมิถุนายนไปจนถึงเดือนกันยายน และสุดท้ายในช่วงเดือนพฤศจิกายนไปจนถึงเดือนธันวาคม (ภาพที่ 4-14 (e) และ (f) มีไดเวอร์เจนซ์เกิดขึ้นบริเวณด้านในอ่าวตราดคล้ายกันกับช่วงเดือนตุลาคม แต่จะมีไดเวอร์เจนซ์น้อยกว่าเดือนตุลาคม



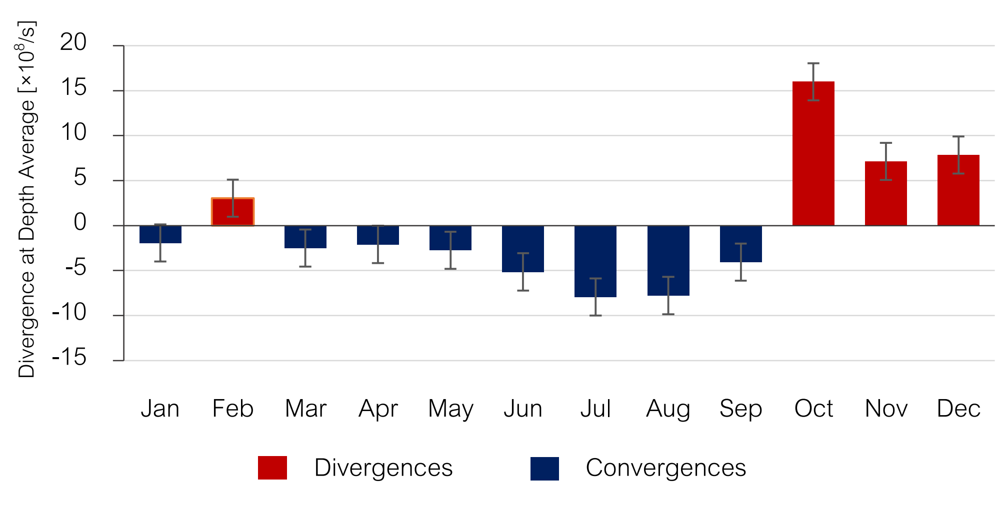
ภาพที่ 4-13 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในเดือนมกราคม – เดือนมิถุนายน ปี 2561 (บริเวณพื้นที่สีแดง (+) แสดงบริเวณที่พบไดเวอร์เจนซ์ และบริเวณพื้นที่สีน้ำเงิน (-) แสดงบริเวณที่พบคอนเวอร์เจนซ์)



ภาพที่ 4-14 ไดเวอร์เจนซ์ และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในเดือนกรกฎาคม – เดือนธันวาคม ปี 2561 (บริเวณพื้นที่สีแดง (+) แสดงบริเวณที่พบไดเวอร์เจนซ์ และบริเวณพื้นที่สีน้ำเงิน (-) แสดงถึงบริเวณที่คอนเวอร์เจนซ์)

จากการเปรียบเทียบค่าไดเวอร์เจนซ์เฉลี่ยรายเดือน พบว่าค่าไดเวอร์เจนซ์มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูมรสุม โดยในเดือนมีนาคมไปจนถึงเดือนกันยายน ซึ่งครอบคลุมช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีค่าเฉลี่ยเป็นลบ (เกิดคอนเวอร์เจนซ์) แต่สำหรับในเดือนตุลาคมไปจนถึงเดือนธันวาคม ซึ่งครอบคลุมช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าเฉลี่ยเป็นบวก (เกิดไดเวอร์เจนซ์) ยกเว้นในเดือนมกราคมที่มีผลเป็นลบ และเดือนกุมภาพันธ์มีผลเป็นบวก ซึ่งแตกต่างจากเดือนอื่นที่อยู่ในฤดูมรสุมเดียวกัน

(ภาพที่ 4-15)



ภาพที่ 4-15 ค่าไดเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกรายเดือน

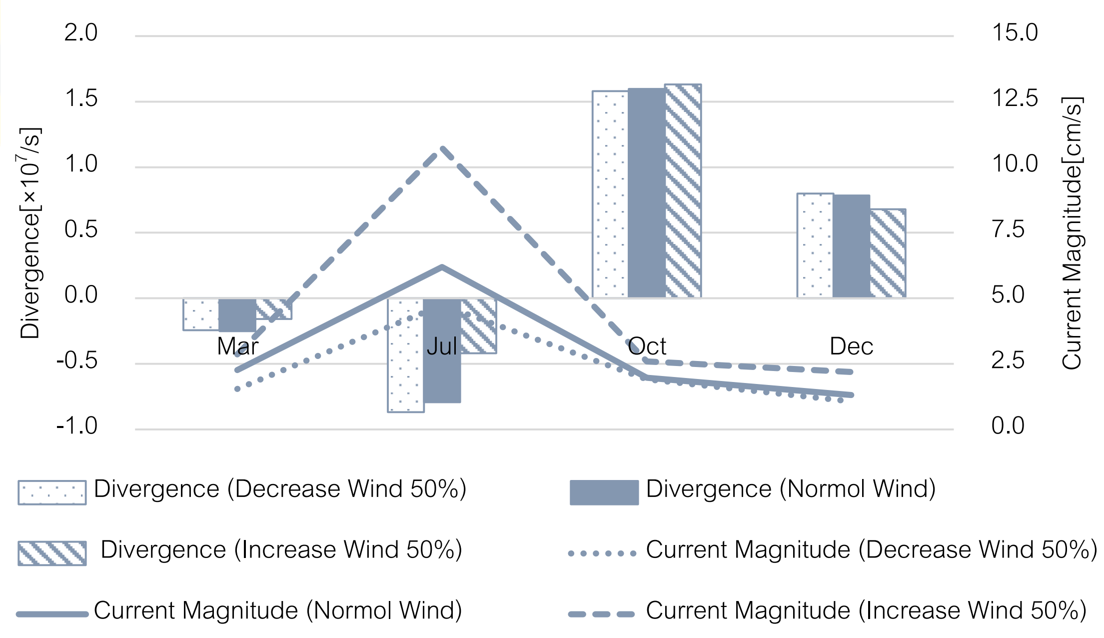
4.5 การทดสอบปัจจัยลม

4.5.1 การลดความเร็วลม

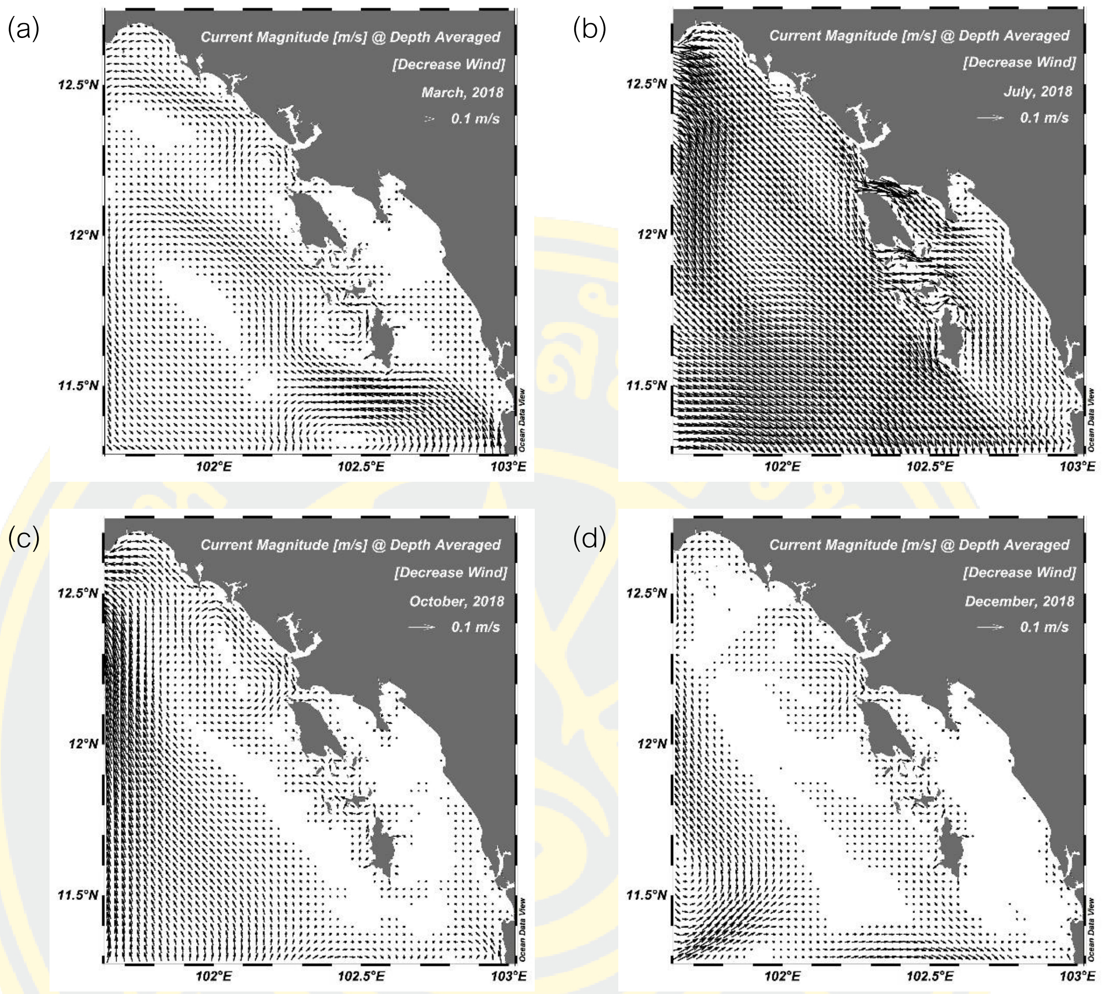
จากการทดสอบปัจจัยลมโดยลดความเร็วลมลง 50 % พบว่า เมื่อความเร็วลมลดลง ความเร็วของกระแสน้ำจะลดลงตามไปด้วย โดยความเร็วของกระแสน้ำในช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้(เดือนมีนาคม) ไปจนถึงช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนกรกฎาคม) มีความแตกต่างจากกรณีควบคุมมากกว่าช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนตุลาคม) ไปจนถึงช่วงฤดูมรสุม

ตะวันออกเฉียงเหนือ(เดือนธันวาคม)(ภาพที่ 4-16) สำหรับทิศทางของกระแสน้ำมีทิศทางที่ใกล้เคียงกับกรณีควบคุมในทุกฤดูมรสุม (ภาพที่ 4-17)

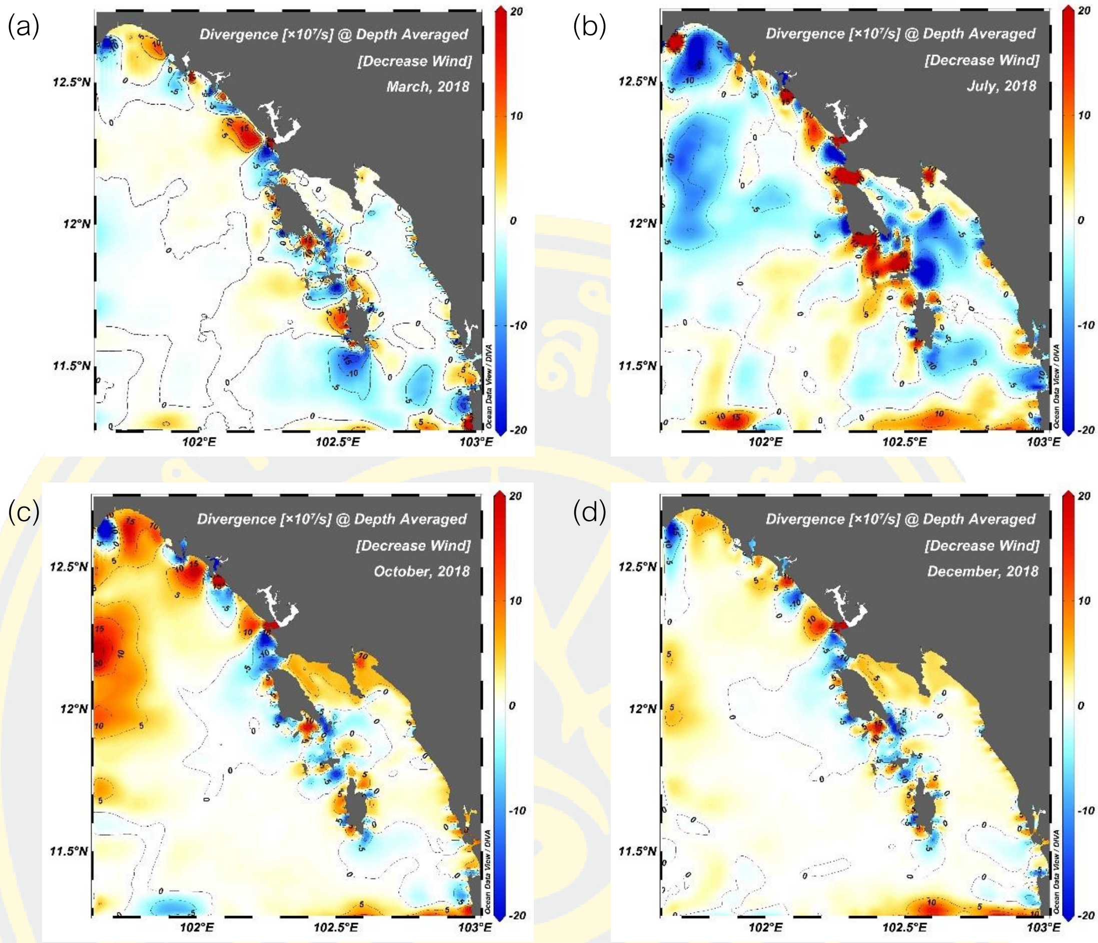
จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำในกรณีลดความเร็วลมพบว่า ในพื้นที่ศึกษาส่วนมากมีการเปลี่ยนแปลงบริเวณที่พบไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำเพียงเล็กน้อย แต่บริเวณตะวันตกของพื้นที่ศึกษามีคอนเวอร์เจนซ์มากขึ้นในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ภาพที่ 4-18 (b)) และมีไดเวอร์เจนซ์มากขึ้นในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ภาพที่ 4-18 (d)) และสามารถสังเกตได้ชัดเจนจากการเปลี่ยนแปลงค่าไดเวอร์เจนซ์เฉลี่ยตามความลึก (ภาพที่ 4-16) ซึ่งพบว่าในช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ค่าไดเวอร์เจนซ์เฉลี่ยตามความลึกมีค่าที่ใกล้เคียงกับกรณีควบคุม ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ไปจนถึงช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าไดเวอร์เจนซ์เฉลี่ยตามความลึกลดลง และในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าไดเวอร์เจนซ์เฉลี่ยตามความลึกเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4-16 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึก และค่าไดเวอร์เจนซ์เฉลี่ยตามความลึก ในกรณีที่ลดความเร็วลม 50 % และกรณีที่เพิ่มความเร็วลมลง 50 %



ภาพที่ 4-17 การไหลเวียนกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในกรณีลดความเร็วลม เดือนมีนาคม(a) กรกฎาคม(b) ตุลาคม(c) และธันวาคม(d) ปี 2561



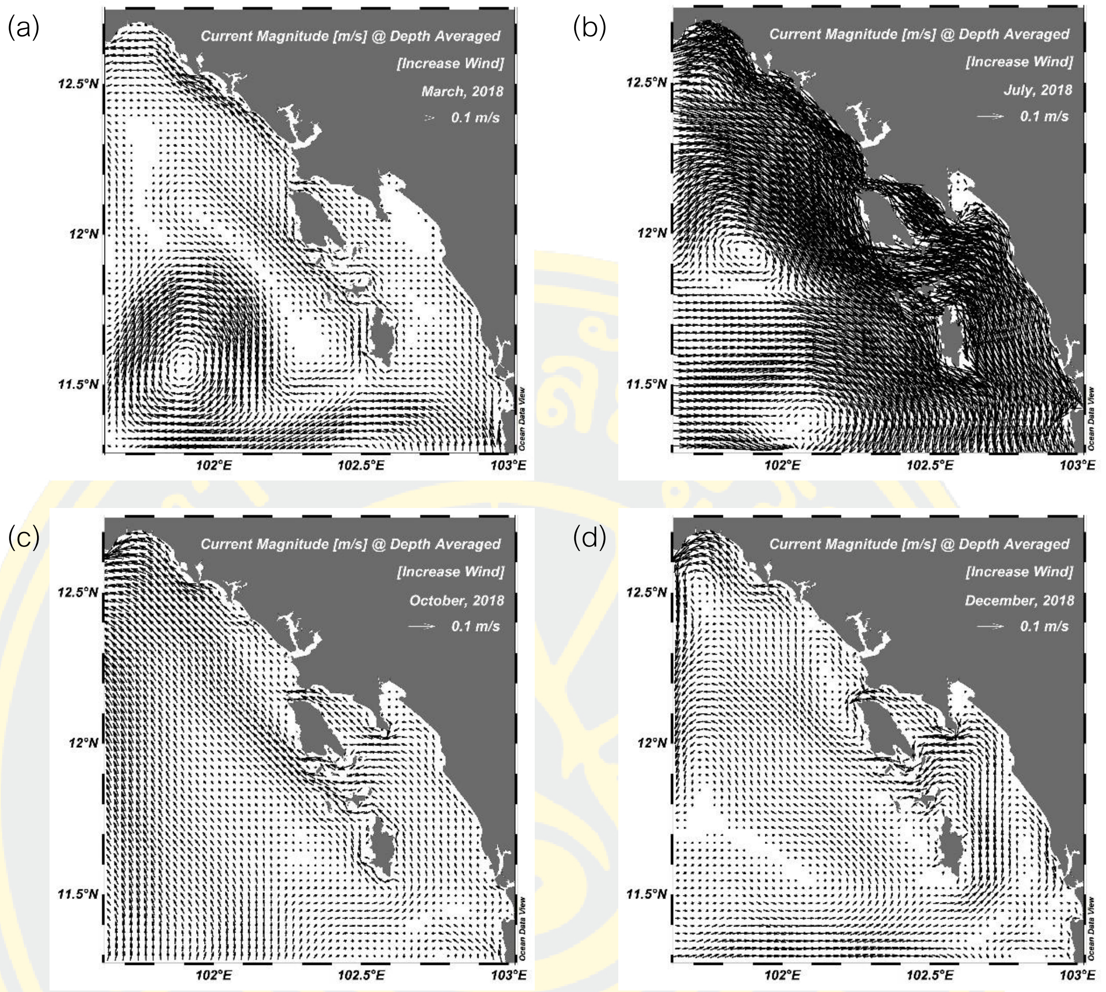
ภาพที่ 4-18 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในกรณีลดความเร็วลม เดือนมีนาคม(a) กรกฎาคม(b) ตุลาคม(c) และธันวาคม(d) ปี 2561(บริเวณพื้นที่สีแดง (+) แสดงบริเวณที่พบไดเวอร์เจนซ์ และบริเวณพื้นที่สีน้ำเงิน (-) แสดงบริเวณที่พบคอนเวอร์เจนซ์)

4.5.2 การเพิ่มความเร็วลม

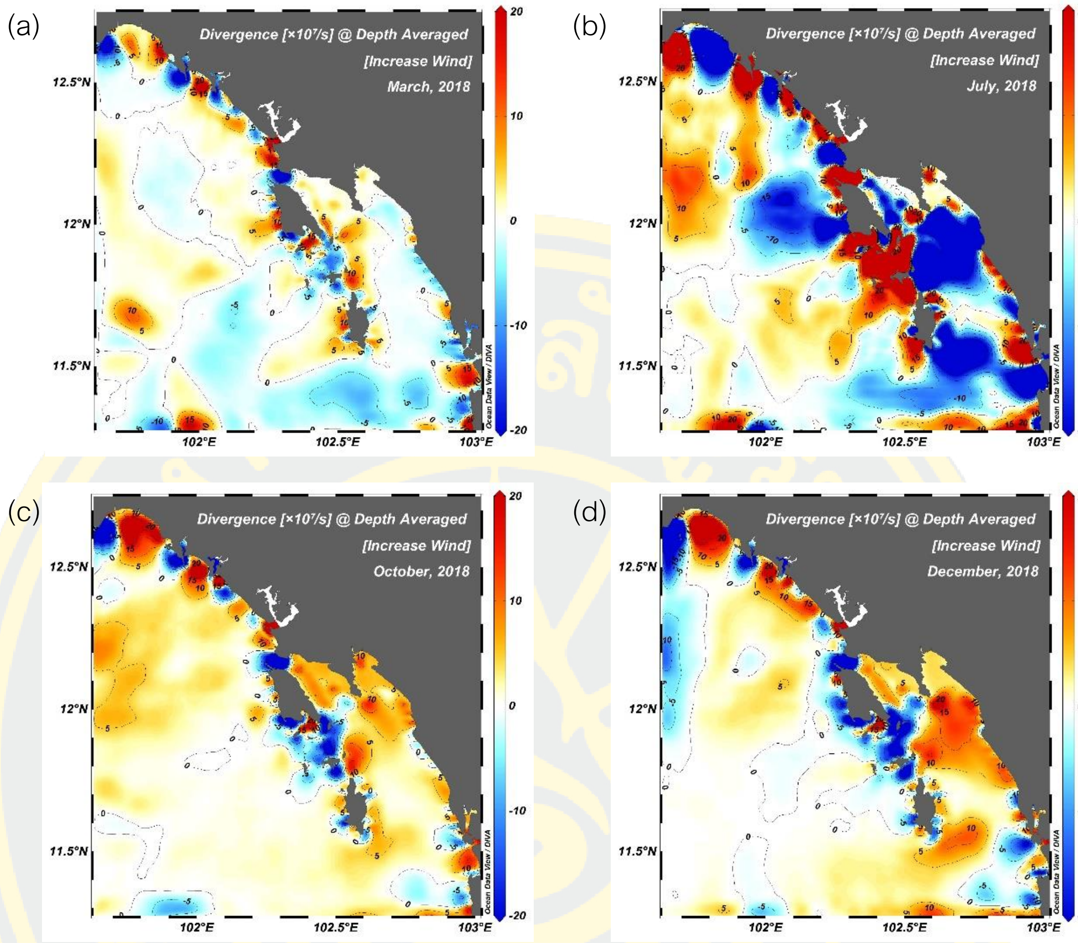
จากการทดสอบปัจจัยลมโดยเพิ่มความเร็วลมขึ้น 50 % จากค่าความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงไปพบว่า เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นความเร็วของกระแสน้ำจะเพิ่มขึ้นไปด้วยในทุกฤดูมรสุม ซึ่งความเร็วของกระแสน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ สำหรับทิศทางของกระแสน้ำโดยส่วนมากยังมีทิศทางที่ใกล้เคียงกับกรณีควบคุมในทุกฤดูมรสุม (ภาพที่ 4-16) แต่ยังสามารถพบความแตกต่างที่ชัดเจนในหลายบริเวณ ดังนี้ ในช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุม

ตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กระแสน้ำมีลักษณะที่ไหลเลียบชายฝั่งมากขึ้น และพบการหมุนวนของกระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกา (Counter-Clockwise Circulation) ขนาดใหญ่ในบริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 4-19 (a)) ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กระแสน้ำมีลักษณะพัดเข้าหาชายฝั่งมากขึ้น พบการหมุนวนของกระแสน้ำทั้งแบบทวนเข็มนาฬิกา และแบบตามเข็มนาฬิกาขนาดใหญ่ทางทิศตะวันตก และทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษาตามลำดับ (ภาพที่ 4-19 (b)) ในช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งบริเวณด้านใน และด้านนอกอ่าวตราดกระแสน้ำมีทิศทางการไหลจากตะวันออกเฉียงใต้ขึ้นไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ และไม่พบการหมุนวนของน้ำแบบตามเข็มนาฬิกาในบริเวณปากแม่น้ำเวฬุ ซึ่งเป็นลักษณะเด่นที่มีในกรณีควบคุม (ภาพที่ 4-19 (c)) และสุดท้ายในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ กระแสน้ำมีทิศทางการไหลมาจากทางทิศใต้ของของพื้นที่ศึกษา โดยกระแสน้ำบางส่วนมีการไหลเข้าไปบริเวณด้านในอ่าวตราด แล้วไหลออกไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษาเช่นเดียวกับบริเวณด้านนอกอ่าวตราด (ภาพที่ 4-19 (d))

จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำในกรณีเพิ่มความเร็วลมพบว่า ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่ากรณีลดความเร็วลม โดยในทุกช่วงฤดูมรสุมมีค่าไดเวอร์เจนซ์เฉลี่ยตามความลึกที่เพิ่มขึ้นยกเว้นในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่มีค่าไดเวอร์เจนซ์เฉลี่ยตามความลึกลดลง (ภาพที่ 4-16) และพบว่าบริเวณชายฝั่งที่พบไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำมีความชัดเจนมากขึ้นในทุกช่วงฤดูมรสุม แต่ในบริเวณด้านนอกชายฝั่งทั้งด้านในและด้านนอกอ่าวตราดยังสามารถสังเกตความแตกต่างได้อย่างชัดเจนดังนี้ ดังนี้ ในช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณช่องเกาะช้าง และด้านตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษามีไดเวอร์เจนซ์เพิ่มขึ้น แต่บริเวณกลางพื้นที่ศึกษาด้านนอกอ่าวตราดกลับพบว่ามีคอนเวอร์เจนซ์เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-20 (a)) ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษามีการเปลี่ยนจากคอนเวอร์เจนซ์เป็นไดเวอร์เจนซ์ (ภาพที่ 4-20 (b)) ในช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษาไดเวอร์เจนซ์มีความชัดเจนลดลง แต่บริเวณกลางพื้นที่ศึกษาด้านในอ่าวตราดมีไดเวอร์เจนซ์ที่ชัดเจนมากขึ้น (ภาพที่ 4-20 (c)) และในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษามีการเปลี่ยนจากไดเวอร์เจนซ์เป็นคอนเวอร์เจนซ์ แต่บริเวณกลางพื้นที่ศึกษาด้านในอ่าวตราดมีไดเวอร์เจนซ์ที่ชัดเจนมากขึ้น (ภาพที่ 4-20 (d))



ภาพที่ 4-19 การไหลเวียนกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในกรณีเพิ่มความเร็วลม เดือนมีนาคม(a) กรกฎาคม(b) ตุลาคม(c) และธันวาคม(d) ปี 2561



ภาพที่ 4-20 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในกรณีลดความเร็วลม เดือนมีนาคม(a) กรกฎาคม(b) ตุลาคม(c) และธันวาคม(d) ปี 2561 (บริเวณพื้นที่สีแดง (+) แสดงบริเวณที่พบไดเวอร์เจนซ์ และบริเวณพื้นที่สีน้ำเงิน (-) แสดงบริเวณที่พบคอนเวอร์เจนซ์)

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

5.1 อภิปรายผล

5.1.1 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

จากผลการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำที่พบว่าสถานีราชการุณย์มีค่า r^2 สูงกว่าสถานีแหลมงอบ และสถานีท่าแฉลบ เป็นผลมาจากความแตกต่างของสถานที่ตั้งของสถานีวัดระดับน้ำ โดยสถานีราชการุณย์มีที่ตั้งที่อยู่ห่างจากบริเวณชายฝั่งออกมาเพียงเล็กน้อย ส่วนสถานีท่าแฉลบมีที่ตั้งอยู่ด้านในของชายฝั่ง เป็นผลให้เกิดความแตกต่างของเวลาที่ระดับน้ำมีการขึ้นลงในแต่ละวัน รวมไปถึงส่งผลต่อเฟส และแอมพลิจูดของระดับน้ำ รวมไปถึงแบบจำลองในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาในบริเวณทะเลชายฝั่งจึงส่งผลให้ค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับสถานีราชการุณย์ มากกว่าสถานีแหลมงอบ และสถานีท่าแฉลบ

จากผลการเปรียบเทียบความเร็ว และทิศทางของกระแสน้ำที่พบว่ากระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีความต่อเนื่องมากกว่าความเร็ว และทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริงนั้นเป็นเพราะการคำนวนในค่ากระแสน้ำจากแบบจำลองมีการเฉลี่ยค่าความเร็ว และทิศทางของกระแสน้ำในแต่ช่วงเวลาจึงส่งผลให้กระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีความต่อเนื่องมากกว่า นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบความเร็ว และทิศทางของกระแสน้ำมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าการเปรียบเทียบระดับน้ำ เนื่องจากปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในแบบจำลองมีที่มาจากหลากหลายแหล่ง รวมทั้งข้อมูลบางปัจจัยเป็นค่าที่ได้จากการประมาณ จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการตรวจวัดจริง ส่งผลให้การเปรียบเทียบความเร็ว และทิศทางของกระแสน้ำสามารถพบความแตกต่างได้มากกว่าการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำ ทั้งนี้แม้ผลจากการเปรียบเทียบทั้งค่าระดับน้ำและกระแสน้ำจะยังมีความแตกต่างกัน แต่ถือว่าเป็นความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และยังถือว่าแบบจำลองที่ใช้มีความน่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับใช้ในการศึกษานี้

5.1.2 การไหลเวียนกระแสน้ำ

จากผลการศึกษาการไหลเวียนกระแสน้ำ พบว่าความเร็ว และทิศทางของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกมีความสอดคล้องกับความเร็ว และทิศทางลมเฉลี่ยที่ผิวทะเล ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกมีความเร็วสูงที่สุดในรอบปี เป็นช่วงที่ความเร็วลมเฉลี่ยที่ผิวทะเลสูงที่สุดในรอบปีเช่นเดียวกัน แต่ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่กระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกมีความเร็วต่ำที่สุดในรอบปี กลับไม่ได้มีความเร็วลมเฉลี่ยที่ผิวทะเลต่ำที่สุดตามไปด้วยนั้น เนื่องด้วยในช่วงเดือนธันวาคมเป็นช่วงที่ตรงกับทิศทางของลมส่วนใหญ่พัดมาจากทางตะวันออกเฉียงเหนือ (ภาพภาคผนวก ก-2) ถูกบดบังด้วยลักษณะของภูมิประเทศของจังหวัดตราดที่มีเทือกเขาบรรทัด และมีเกาะขนาดใหญ่อย่างเกาะช้าง และเกาะกูด (วีระพงษ์ ตันสุวรรณ, 2546) ส่งผลให้ลมเฉลี่ยที่ผิวทะเลในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีความเร็วลดลง ซึ่งเป็นผลให้กระแสน้ำในพื้นที่ศึกษามีความเร็วลดลงตามไปด้วย และด้วยลักษณะภูมิประเทศนี้ยังส่งผลให้กระแสน้ำด้านในอ่าวตราดมีความเร็วต่ำกว่าด้านนอกอ่าวตราดตลอดทั้งปีอีกด้วย

สำหรับในช่วงที่ลมมีความเร็วต่ำที่สุดในรอบปี (เดือนพฤษภาคม) ลมและกระแสน้ำมีทิศทางที่พัดมาจากทางใต้ (ภาพภาคผนวก ก-1) ซึ่งทิศทางนี้มวลน้ำสามารถไหลข้ามาในพื้นที่ศึกษาได้โดยผ่านช่องว่างระหว่างเกาะและชายฝั่ง ทำให้กระแสน้ำในเดือนพฤษภาคมมีความเร็วสูงกว่าเดือนธันวาคม และในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ลมมีความเร็วสูง ส่งผลให้เกิดการผลักดันมวลน้ำจากพื้นที่ด้านตะวันตกซึ่งเป็นพื้นที่เปิดให้พัดเข้าหาชายฝั่ง แม้จะมีเกาะขนาดใหญ่บดบังแต่กระแสน้ำในช่วงนี้มีความเร็วสูงจึงสามารถไหลผ่านช่องว่างระหว่างเกาะทำให้ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เกิดการไหลเวียนกระแสน้ำในบริเวณอ่าวตราดมากกว่าในช่วงฤดูอื่น ๆ จากการหาค่าความสัมพันธ์ทางสถิติยังคงพบว่าความเร็วลมและความเร็วของกระแสน้ำมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ($p > 0.05$) ดังนั้นลมจึงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้กระแสน้ำทั้งด้านในและด้านนอกอ่าวตราดเกิดการไหลเวียนเกิดการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาล สอดคล้องกับผลที่ได้จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของการไหลเวียนกระแสน้ำและการกระจายความเค็มในอ่าวไทยตอนบน (Buranapratheprat A., Yanagi T., and Sawangwong P., 2002) และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของระยะเวลาพำนักของมวลน้ำในอ่าวไทยตอนใน (ดุษฎี

หลีนวรัตน์, ศิราพร ทองอุดม และอนุกูล บูรณประทีปรัตน์, 2562) ที่พบว่าลมเป็นปัจจัยหลักของการเปลี่ยนแปลงกระแสน้ำในบริเวณอ่าวไทย

พบว่าความเร็วของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าความเร็วของกระแสน้ำสุทธิจากงานวิจัยของอนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และภาณุ แช่มชื่น (2558) และงานวิจัยของมณฑล อนงค์พรยศกุล และอุดม เครือเนียม (2560) เล็กน้อย และพบว่าทิศทางการไหลเวียนกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองยังมีความสอดคล้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของกระแสน้ำที่ผิวทะเลในบริเวณอ่าวไทย (Sojisuporn P., Morimoto A. and Yanagi T., 2010) ซึ่งมีรูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำตามฤดูกาล เช่นเดียวกับอ่าวไทยตอนใน คือมีลักษณะไหลตามเข็มนาฬิกาในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และไหลทวนเข็มนาฬิกาในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งชายฝั่งจังหวัดตราดเป็นส่วนหนึ่งของอ่าวไทยที่อยู่ทางฝั่งตะวันออก จึงมีลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำเช่นเดียวกับการไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทย แต่เนื่องจากเป็นพื้นที่ชายฝั่งจึงไม่พบการไหลตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกาได้เต็มรูปแบบ

5.1.3 ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ

จากผลการศึกษาพบว่าค่าไดเวอร์เจนซ์เฉลี่ยรายเดือนมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูมรสุม โดยในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม) และในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนมิถุนายน-กันยายน) มีค่าเฉลี่ยเป็นลบ (เกิดคอนเวอร์เจนซ์) นั้นเป็นเพราะ ทิศทางลม และทิศทางของกระแสน้ำในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีลักษณะพัดเข้าหาชายฝั่ง เมื่อกระแสน้ำไหลเข้าหาชายฝั่ง ส่งผลให้เกิดจากการจมตัวมวลน้ำ และมวลน้ำด้านข้างไหลเข้ามาแทนที่ทำให้เห็นเป็นลักษณะที่มีการไหลมาบรรจบกัน ซึ่งเป็นลักษณะของการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ (Pond & Pickard, 1983) และในทางกลับกันช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนตุลาคม) และในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนพฤศจิกายน-มกราคม) มีค่าเฉลี่ยเป็นบวก (เกิดไดเวอร์เจนซ์) ทิศทางลม และทิศทางของกระแสน้ำมีลักษณะพัดออกจากชายฝั่ง เมื่อมวลน้ำมีลักษณะไหลออกจากชายฝั่ง มวลน้ำจากด้านล่างไหลขึ้นมาแทนที่ ซึ่งเป็นลักษณะไดเวอร์เจนซ์ (Pond & Pickard, 1983) สอดคล้องกับการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนจากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองไฮโดรไดนามิค 3 มิติ ที่พบว่ารูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลมีความสอดคล้องกับทิศทางของลมมรสุม และกระแสน้ำที่ผิวทะเลมีทิศ

ทางการเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของลม ในขณะที่กระแสน้ำในที่ลึกลงไปจะมีทิศทางตรงข้าม ส่งผลให้เกิดการไหลแทนที่น้ำที่ผิวทะเล เกิดเป็นคอนเวอร์เจนซ์ และไดเวอร์เจนซ์ที่ผิวทะเล ซึ่งมีความสอดคล้องกับการเกิดปรากฏการณ์น้ำมุด และน้ำผุดในบริเวณชายฝั่งทะเล ตามลำดับ (Buranapratheprat, 2008) ยกเว้นในเดือนมกราคมที่มีผลเป็นลบ และเดือนกุมภาพันธ์มีผลเป็นบวก ซึ่งแตกต่างจากเดือนอื่นที่อยู่ในฤดูมรสุมเดียวกัน

จากผลการศึกษาไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำที่พบว่า พื้นที่บริเวณชายฝั่งมีการเกิดไดเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กสลับกับการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กตลอดทั้งปี โดยชายฝั่งด้านเหนือของพื้นที่ศึกษาและชายฝั่งด้านตะวันตกของเกาะช้าง เกาะหมาก เกาะกูด พบการเกิดไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าบริเวณชายฝั่งด้านในอ่าวตราด นั้นเป็นเพราะแรงโคริโอลิสที่มีอิทธิพลน้อยในบริเวณน้ำตื้น ส่งผลให้การไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งเกิดการเปลี่ยนแปลง ประกอบกับลักษณะชายฝั่งที่มีความซับซ้อน อ่าวขนาดเล็ก จึงพบไดเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กสลับกับคอนเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กในบริเวณชายฝั่งที่มีน้ำตื้นตลอดทั้งปี และพบไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ขนาดใหญ่ ในบริเวณทะเลนอกชายฝั่งที่มีน้ำลึก สอดคล้องกับการสำรวจไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ด้วยตัวติดตามในบริเวณอ่าวไทยตอนบนของ Michida et al., (2006) ที่พบว่า ไดเวอร์เจนซ์มีความสัมพันธ์กับคลอโรฟิลล์ เอ ค้อนข้างสูง แต่จะมีความความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามในบริเวณพื้นที่ที่ใกล้ชายฝั่ง หรือบริเวณที่มีลักษณะเป็นเกาะเนื่องจากรูปลักษณะชายฝั่งส่งผลต่อกระแสน้ำที่ผิว แต่อย่างไรก็ตามการพบไดเวอร์เจนซ์ที่ผิวน้ำจะส่งผลให้คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงที่ผิวน้ำ ซึ่งมีแหล่งที่มาจากชั้นน้ำด้านล่างที่มีความเข้มข้นของสารอาหารสูง อีกทั้งยังพบว่าระยะเวลาที่เกิดไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ที่ผิวน้ำ ถูกควบคุมโดยปัจจัยทางสมุทรศาสตร์หลายประการ ทั้งคลื่นที่เกิดขึ้นในระหว่างชั้นของน้ำ (Internal waves) ปริมาณน้ำท่า ความเร็วและทิศทางของลม รวมไปถึงฤดูมรสุม

บริเวณที่เกิดคอนเวอร์เจนซ์มีความสอดคล้องกับการรวมกลุ่มของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตราด ซึ่งจากรายงานกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งพบว่าในพื้นที่จังหวัดตราดมีรายงานการพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีและการรวมกลุ่มของแมงกะพรุนอยู่บ่อยครั้ง โดยเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2558 มีการพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ตลอดแนวชายฝั่งยาวหลายกิโลเมตร ในบริเวณหาดราชการุณย์ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558)

และพบว่ามีการรวมกลุ่มของแมงกะพรุนกล่องเป็นจำนวนมาก ในบริเวณท่าเทียบเรืออ่าวสลัด เกาะกูด (ละติจูดที่ 11.72 ^{o}N และลองจิจูดที่ 102.57 ^{o}E) เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2564 (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2564) ซึ่งปรากฏการณ์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นมีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากการศึกษา โดยพบว่าบริเวณที่ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในเดือนกรกฎาคม และการรวมกลุ่มของแมงกะพรุนในเดือนสิงหาคม เป็นบริเวณที่เกิดคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ และจากรายงานฤดูกาลแพร่กระจายของแมงกะพรุนพิษในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดตราด ของสถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง พบว่าในพื้นที่จังหวัดตราดมีการแพร่กระจายของแมงกะพรุนตลอดทั้งปี โดยบริเวณที่พบแมงกะพรุนจะมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละช่วงฤดูกาล (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2563) จึงเป็นข้อสังเกตว่าปรากฏการณ์การรวมกลุ่มของแมงกระพรุนในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดตราดน่าจะมีความสอดคล้องกับบริเวณที่มีการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ แต่ทั้งนี้การรวมกลุ่มของแมงกะพรุนที่เกิดขึ้นนั้น ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายอย่าง เช่น แหล่งอาหาร อุณภูมิของน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล รวมไปถึงวงจรชีวิตของแมงกะพรุนด้วย

5.1.4 **การทดสอบปัจจัยลม**

จากการทดสอบปัจจัยลมพบว่า เมื่อความเร็วลมลดลง และเพิ่มขึ้น กระแสน้ำก็จะมีความเร็วลดลง และเพิ่มขึ้นตามไปด้วยในทุกฤดูมรสุม แต่ในกรณีเพิ่มความเร็วลมจะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงกระแสน้ำ และไดเวอร์เจนซ์มากกว่ากรณีลดความเร็วลม เนื่องจากการเพิ่มความเร็วลมเป็นการเพิ่มความปั่นป่วนให้มวลน้ำที่ผิวทะเล ส่งผลให้มวลน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงและเกิดการไหลเวียนมากขึ้น จึงพบว่าการเพิ่มความเร็วลมส่งให้เห็นความแตกต่างของทิศทางกระแสน้ำและการไดเวอร์เจนซ์ชัดเจนกว่าการลดความเร็วลม และในลักษณะเดียวกันนี้เองทำให้พบว่าความเร็วของกระแสน้ำในช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ไปจนถึงช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีความแตกต่างจากกรณีควบคุมมากกว่าช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ไปจนถึงช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีลักษณะลมที่เบากว่า

จากผลการศึกษายังสังเกตได้ว่าแม้ความเร็วของกระแสน้ำจะลดลงและเพิ่มขึ้นตามความเร็วลม แต่การเปลี่ยนแปลงค่าไดเวอร์เจนซ์ไม่ได้ลดลงและเพิ่มขึ้นตามความเร็วลมโดยตรง (ภาพที่ 4-16) และยังสังเกตได้ว่าในเดือนกรกฎาคมที่กรณีลมเบาทำให้เกิดคอนเวอร์เจนซ์สูงกว่ากรณีที่ลมแรง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าไดเวอร์เจนซ์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยลมเพียงปัจจัยเดียว แต่ยังมีอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญ คือลักษณะทางภูมิศาสตร์และชายฝั่งของจังหวัดตราดที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ เนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์และชายฝั่ง ส่งผลต่อความเร็ว และทิศทางของลมในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด ซึ่งเป็นผลให้กระแสน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูมรสุม จึงส่งผลให้ไดเวอร์เจนซ์ และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

5.2 สรุปผล

1. การไหลเวียนกระแสน้ำในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของลมมรสุมเป็นหลัก ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำมีความสอดคล้องกับความเร็ว และทิศทางของลมที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูมรสุม โดยในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ไปจนถึงช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ลมมีความเร็วสูง กระแสน้ำมีทิศทางการไหลจากตะวันตกเฉียงเหนือไปทางตะวันออกเฉียงใต้ และในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ไปจนถึงในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่ลมมีความเร็วต่ำ กระแสน้ำมีทิศทางการไหลจากทางตะวันออกเฉียงใต้ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

2. ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ที่พบตามแนวชายฝั่งด้านในอ่าวตราดเป็นไดเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กสลับกับคอนเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กซึ่งเกิดขึ้นตลอดทั้งปี แต่ในบริเวณด้านนอกอ่าวตราด และบริเวณกลางอ่าว พบไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าในบริเวณชายฝั่ง ซึ่งค่าไดเวอร์เจนซ์จะมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูมรสุม โดยในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ไปจนถึงช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พื้นที่ส่วนมากเกิดคอนเวอร์เจนซ์ แต่ในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ไปจนถึงช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่ส่วนมากเกิดไดเวอร์เจนซ์ ยกเว้นในเดือนมกราคมที่มีผลเป็นลบ และเดือนกุมภาพันธ์มีผลเป็นบวก ซึ่งแตกต่างจากเดือนอื่นที่อยู่ในฤดูมรสุมเดียวกัน

3. ลักษณะทางภูมิศาสตร์ และลักษณะชายฝั่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเร็ว และทิศทางของลมในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด ซึ่งเป็นผลให้กระแสน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูมรสุม และส่งผลให้ไดเวอร์เจนซ์ และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูมรสุมตามไปด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

1.แม้ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตัดข้อมูลกระแสน้ำที่มีความผิดปกติในบริเวณขอบเขตเปิดออกไปบ้างแล้ว แต่ยังคงพบความผิดปกติของกระแสน้ำในบริเวณขอบเขตเปิดอยู่บางส่วน ซึ่งอาจทำให้การแปลผลมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นการนำข้อมูลไปใช้ควรมีการระมัดระวังในส่วนนี้ และในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการขยายขอบเขตให้มากขึ้นเพื่อลดความผิดปกติในบริเวณที่ต้องการ

2. การศึกษาไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ในพื้นที่จังหวัดตราดครั้งต่อไปควรมีการศึกษาร่วมกับข้อมูลคลอโรฟิลล์ทั้งจากภาคสนาม และข้อมูลดาวเทียม เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงกับปัจจัยทางเคมี และชีวภาพได้มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

บรรณานุกรม

Blumberg A. F. ann Mellor G. L. (1987). *A Description of a Three-Dimensional Coastal Ocean Circulation Model. Three-Dimensional Coastal Ocean Models.* doi : 10.1029/CO004p000110.1029/CO004p0001

Knauss J. A. (1997). *Introduction to physical oceanography.*: Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall.

Mellor G. (2004). *Users gulde for a three-dimensional, primitive equation, numerical ocean model.*

Michida Y., Takimoto R., Sojisuporn P. and Yanagi T. (2006). *Divergence/convergence field observed with GPS tracked drifters in the Upper Guft of Thailand.* Coastal Marine Science, 30(1), 27-35.

Moller, H. (1980). *Population dynamic of Aurelia aurita medusae in Kiel Bight , Germany (FRG).* Marine Biology, 60, 123-128.

Nastav B., Malej M., Malej and A.Jr. Malej A. (2013). *Is it possible to determine the economic impact of jellyfish outbreaks on fisheries.* Medit. Mar. Sci., 14(1), 214-223.

Pond S. and Pickard G. L. (1983). *Appendix 1 - Mathematical Review with Some Elementary Fluid Mechanics.* In S. Pond & G. L. Pickard (Eds.), *Introductory Dynamical Oceanography (Second Edition)* (pp. 287-301). Oxford: Butterworth-Heinemann.

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.

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2562). *ตราด.* เข้าถึงได้จาก : https://thai.tourismthailand.org/Destinations/Provinces/ตราด/466

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (ม.ป.ป.). *ปรากฏการณ์แมงกะพรุนหลากสี*. เข้าถึงได้จาก : https://thai.tourismthailand.org/Events-and-Festivals/ปรากฏการณ์แมงกะพรุนหลากสี

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556). *อุทกศาสตร์ชายฝั่งทะเล*. เข้าถึงได้จาก : https://km.dmcr.go.th/th/c_59/s_246/d_1130

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2561). *ข้อมูลทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งจังหวัดตราด.* เข้าถึงได้จาก : https://km.dmcr.go.th/th/c_59/s_246/d_1130

กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). *ลมมรสุม*. เข้าถึงได้จาก : https://www3.tmd.go.th/info/ลมมรสม

เบ็ญจมาศ จันทะภา ไพบูลย์กิจกุล, ศุภเสกข์ ไกรหาญ, ชลี ไพบูลย์กิจกุล และอนุกูล บูรณประทีปรัตน์. (2559). *ฟลักซ์ซิลิเกตบริเวณปากน้ำแขมหนู อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี พ.ศ. 2557*. แก่นเกษตร, 44(พิเศษ 1), 709-715.

มณฑล อนงค์พรยศกุล และอุดม เครือเนียม. (2560). *กระแสน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณช่องเกาะช้างและอ่าวตราด จังหวัดตราด ปี* 2559. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิน สินสกุล และคณะ. (2545). *การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทย*. กรุงเทพมหานคร : บริษัท โมเดิร์น ฟิล์ม เซ็นเตอร์ จำกัด.

สำนักงานจังหวัดตราด. (2560). *ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม*. เข้าถึงได้จาก : http://www.trat.go.th/newweb2018/pages/forest.html

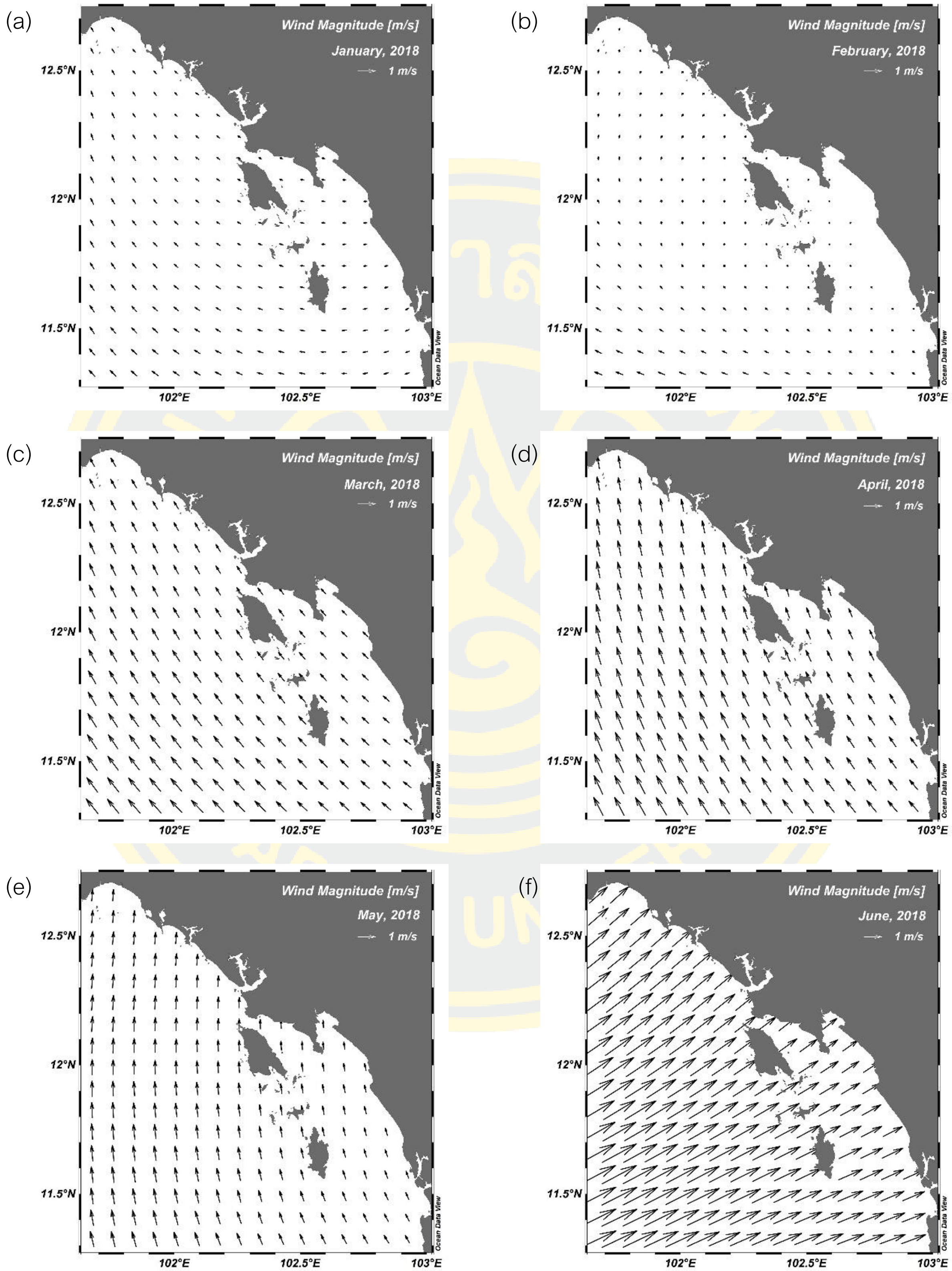
อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และภาณุ แช่มชื่น. (2558). *กระแสน้ำบริเวณบ้านแหลมศอก จ.ตราด ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.* วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, *20*(2), 112-117.

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์, สุธิดา กาญจน์อดิเรกลาภ, ศุภชัย ยืนยง และศุภวัตร กาญจน์อดิเรกลาภ. (2561). *ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำเวฬุ ในช่วงฤดูแล้งและฤดูน้ำมาก ในปี พ.ศ.* 2557. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, *23*(1), 546-556.

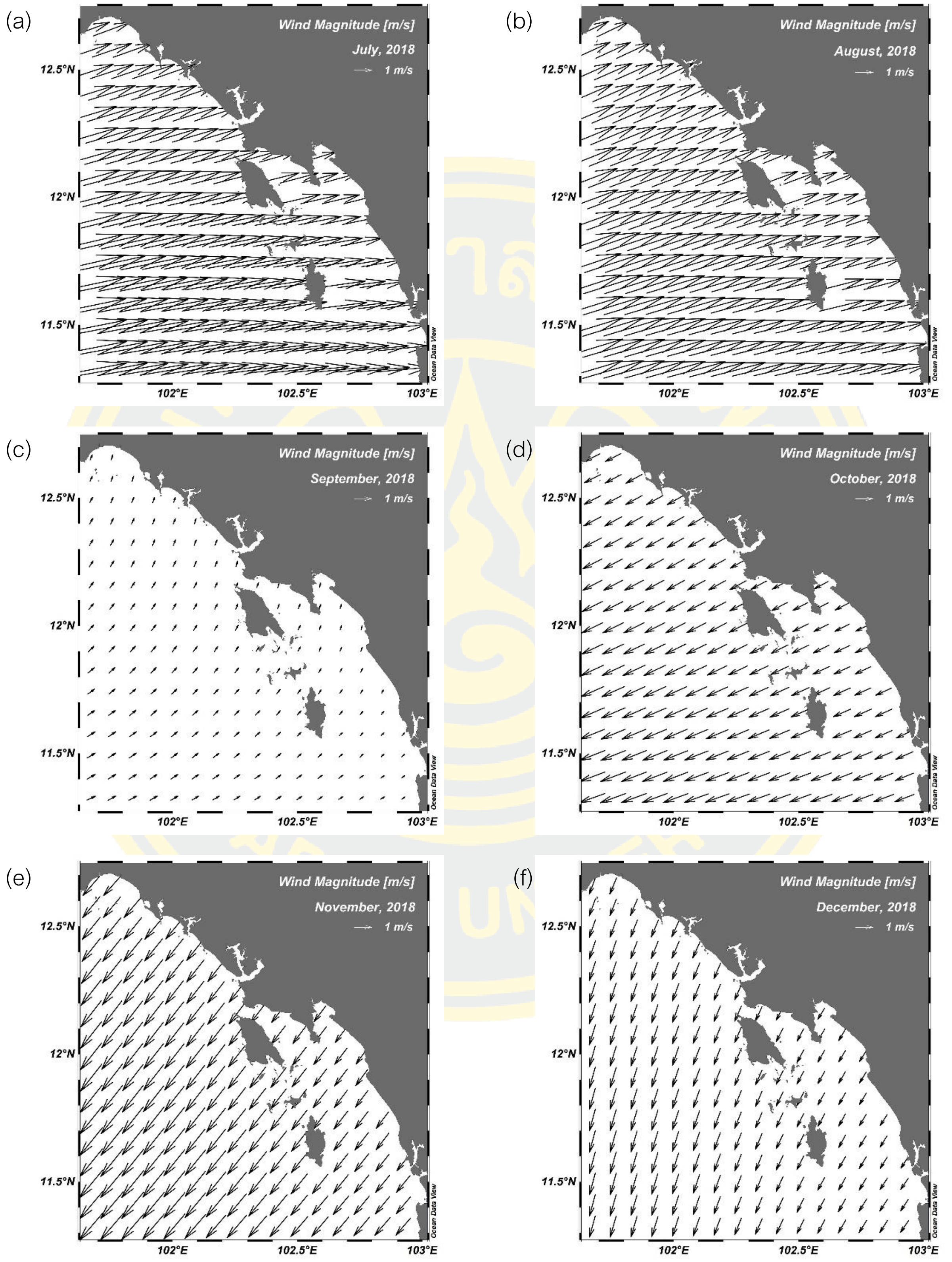
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ลักษณะลมเฉลี่ยรายเดือน



ภาพภาคผนวก ก-1 ความเร็ว และทิศทางลมที่ผิวน้ำเฉลี่ยในเดือนมกราคม – มิถุนายน 2561



ภาพภาคผนวก ก-2 ความเร็ว และทิศทางลมที่ผิวน้ำเฉลี่ยในเดือนกรฎาคม – ธันวาคม 2561

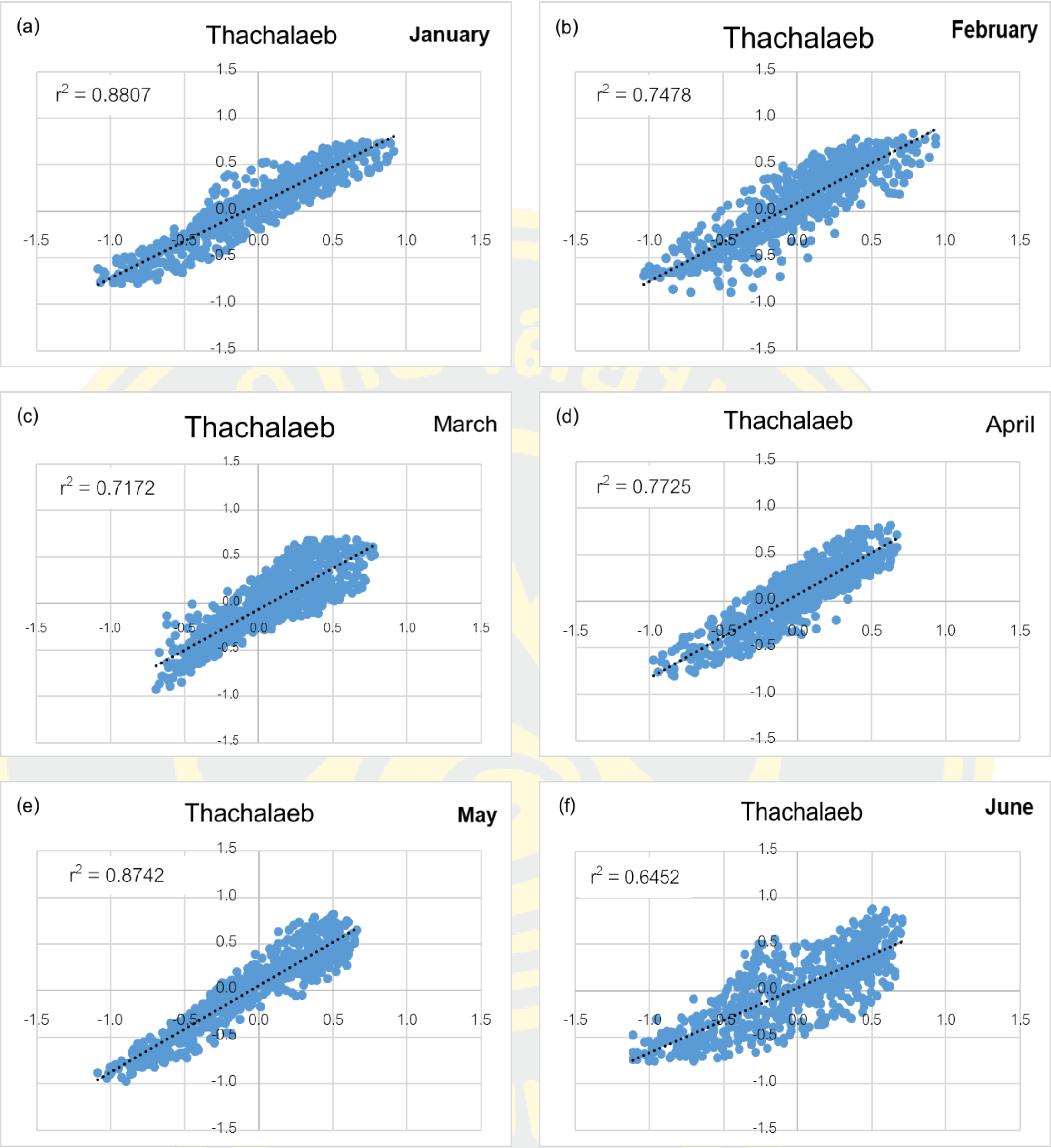
ภาคผนวก ข

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากการตรวจวัด

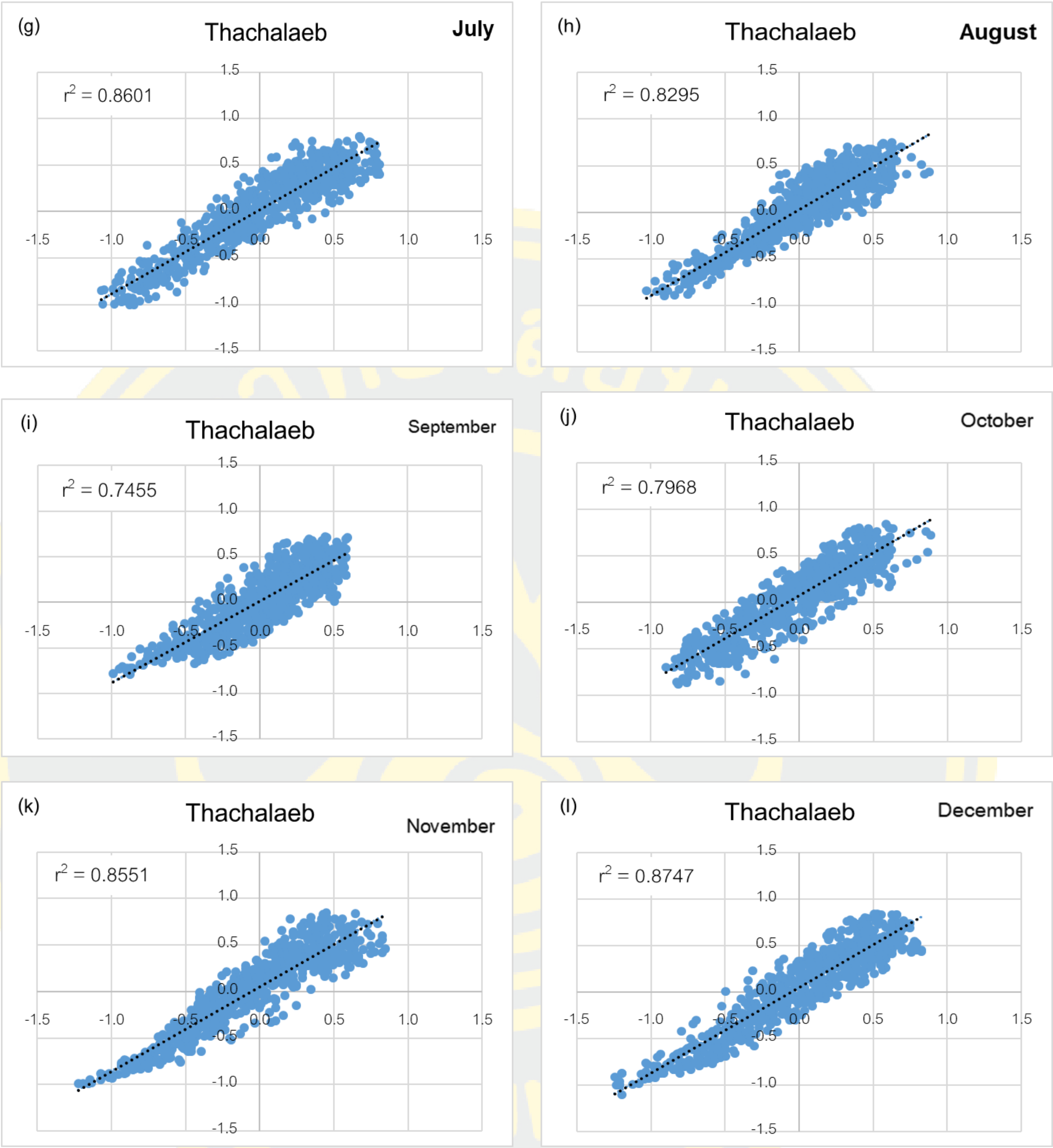
มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ภาพภาคผนวก ข-1 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จาก การตรวจวัดในสถานีแหลมงอบ (เดือนมกราคม – มิถุนายน)

ภาพภาคผนวก ข-2 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จาก การตรวจวัดในสถานีแหลมงอบ (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม)



ภาพภาคผนวก ข-3 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จาก การตรวจวัดในสถานีท่าแฉลบ (เดือนมกราคม – มิถุนายน)



ภาพภาคผนวก ข-4 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จาก การตรวจวัดในสถานีท่าแฉลบ (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม)

ภาพภาคผนวก ข-5 การเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จาก การตรวจวัดในสถานีราชการุณย์

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	สุจิตรา บุญจันทร์	
วัน เดือน ปี เกิด	21 ธันวาคม 2536	
สถานที่เกิด	อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี	
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	81/161 หมู่1 ตำบลสองคอน อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี 18110	
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2559 - 2560	นักวิชาการประมง (ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก)
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2559	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วาริชศาสตร์) มหาวิทยาลัยบูรพา
	พ.ศ. 2565	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วาริชศาสตร์) มหาวิทยาลัยบูรพา