



**การศึกษากระแสน้ำ ไตเวอร์เจ้นซ์และคอนเวอร์เจ้นซ์บริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด
โดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์**

**The Investigation of Current, Divergence and Convergence in the Coastal Area
of Trat Province Using a Hydrodynamic Model**

สุจิตรา บุญจันทร์¹, มิถิลา ปรานศิลป์², อิศรา อาศิรนนต์³ และ อนุกูล บูรณประทีปรัตน์^{1*}
Sujitra Boonjun¹, Mitila Pransin², Isara Arsiranant³ and Anukul Buranapratheprat^{1*}

¹ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

²ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก, กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

³ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันออก, กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

¹Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

²Marine and Coastal Resources Research Center, the Eastern Gulf of Thailand, Department of Marine and Coastal Resources

³Marine and Coastal Resources Research Center, the Eastern Upper Gulf of Thailand,

Department of Marine and Coastal Resources

Mathematics, Faculty of Education, Roi Et Rajabhat University

Received : 11 May 2022

Revised : 15 June 2022

Accepted : 20 July 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำ การเกิดไตเวอร์เจ้นซ์และคอนเวอร์เจ้นซ์ของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดในปี 2561 โดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ Princeton Ocean Model (POM) ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษาถูกควบคุมโดยอิทธิพลของลมเป็นหลัก โดยมีความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกสูงในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้โดยมีทิศทางการไหลของกระแสน้ำมาจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือออกไปทางตะวันออกเฉียงใต้ กระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกมีความเร็วต่ำในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่มี ทิศทางการไหลมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา ผลจากแบบจำลองยังพบว่าพื้นที่บริเวณชายฝั่งมีการเกิดไตเวอร์เจ้นซ์ขนาดเล็กสลับกับการเกิดคอนเวอร์เจ้นซ์ขนาดเล็กตลอดทั้งปี ชายฝั่งด้านเหนือของพื้นที่ศึกษาและชายฝั่งด้านตะวันตกของเกาะช้าง เกาะหมาก และเกาะกูด พบการเกิดไตเวอร์เจ้นซ์และคอนเวอร์เจ้นซ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าบริเวณชายฝั่งด้านในอ่าวตราด ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่กระแสน้ำมีความเร็วสูง ไตเวอร์เจ้นซ์และคอนเวอร์เจ้นซ์มีลักษณะที่เด่นชัดกว่าช่วงฤดูมรสุมอื่น ลมเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อกระแสน้ำตามฤดูกาล จึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของการเกิดไตเวอร์เจ้นซ์และคอนเวอร์เจ้นซ์ ลักษณะทางภูมิศาสตร์และชายฝั่งของจังหวัดตราด ยังเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในพื้นที่ ส่งผลให้ไตเวอร์เจ้นซ์และคอนเวอร์เจ้นซ์ของกระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และพบว่าบริเวณที่มีการเกิดคอนเวอร์เจ้นซ์ของกระแสน้ำในจังหวัดตราด มีความสอดคล้องกับบริเวณที่พบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red Tide) และปรากฏการณ์การรวมกลุ่มของแมงกะพรุน แต่ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางชีวภาพ และปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ ด้วย

คำสำคัญ : ไตเวอร์เจ้นซ์ของกระแสน้ำ ; คอนเวอร์เจ้นซ์ของกระแสน้ำ ; จังหวัดตราด ; แบบจำลองอุทกพลศาสตร์



Abstract

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 divergence 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.

Keywords : current divergence ; current convergence ; Trat province ; hydrodynamic model

บทนำ

ตราดเป็นจังหวัดที่อยู่ทางภาคตะวันออกสุดของประเทศไทย เป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางด้านทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งเป็นอย่างมาก มีพื้นที่ปกครองทางทะเลกว่า 7,257 ตารางกิโลเมตร และประกอบด้วยหมู่เกาะต่างๆ กว่า 52 เกาะ มีระบบนิเวศทางทะเลที่หลากหลาย (DMCR, 2018) มีแหล่งท่องเที่ยวบริเวณชายฝั่งที่มีชื่อเสียง และเป็นที่ยอมรับของนักท่องเที่ยวจำนวนมาก และมีการคมนาคมที่สะดวกสบาย ส่งผลให้มีศักยภาพในด้านการท่องเที่ยวสูง (TAT, 2013) จึงเกิดการพัฒนากิจกรรมนันทนาการ แหล่งชุมชนที่อยู่อาศัย และกิจกรรมการท่องเที่ยวทางทะเลอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีความเสี่ยงที่จะเกิดความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมทางทะเลตามมา เช่น ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี เป็นต้น การรวมกลุ่มของแมงกะพรุนเป็นอีกปรากฏการณ์หนึ่งที่ได้พบได้บ่อยครั้งในพื้นที่จังหวัดตราด บริเวณหาดราษการุณย์ และชายฝั่งใกล้เคียง ในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายนของทุกปี (TAT, 2013) ซึ่งได้รับความสนใจจากนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก สร้างรายได้ให้กับประชาชนในพื้นที่ ในการพานักท่องเที่ยวลงเรือชมการสะพรั่งของแมงกะพรุนหลากสี แต่การรวมกลุ่มของแมงกะพรุนในปริมาณมาก ทำให้กระบวนการทางธรรมชาติเสียสมดุล ส่งผลให้ปริมาณของแพลงก์ตอน ไข่ปลา และลูกปลาวัยอ่อน ในธรรมชาติลดลง เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารของแมงกะพรุน (Moller, 1980) การเพิ่มขึ้นของแมงกะพรุนไม่เพียงแต่ลดปริมาณของผลผลิตทางการประมงเท่านั้น แต่ส่งผลต่อเนื่องไปถึงมูลค่าของผลิตภัณฑ์ รายได้ และการจ้างงานในอุตสาหกรรมประมงอีกด้วย (Nastav *et al.*, 2013)

อย่างไรก็ตามการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด ยังคงขาดข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการไหลเวียนของกระแสน้ำ ที่เป็นส่วนหนึ่งในการใช้อธิบายการเคลื่อนที่ และการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในน้ำทะเล ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับรูปแบบของการเคลื่อนที่ของมวลน้ำในลักษณะไดเวอร์เจนซ์ (Divergences) และคอนเวอร์เจนซ์ (Convergences) โดยไดเวอร์เจนซ์เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลน้ำที่ไหลแยกออกจากกัน ส่งผลให้มวลน้ำจากด้านล่างไหลขึ้นมาแทนที่ หรือที่เรียกว่าปรากฏการณ์น้ำผุด (Upwelling) ส่วนคอนเวอร์เจนซ์เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลน้ำที่ไหลมาบรรจบกันที่จุดศูนย์กลาง ส่งผลให้เกิดการจมตัวของมวลน้ำ (Downwelling) และมวลน้ำจากด้านข้างจะไหลเข้ามาแทนที่ (Pond & Pickard, 1983) ซึ่งการเกิดไดเวอร์เจนซ์ หรือคอนเวอร์เจนซ์ สามารถเกิดได้หลายกรณี เช่น เกิดจากการไหลมาบรรจบกันของน้ำจืด และน้ำเค็มในบริเวณปากแม่น้ำ เกิดจากน้ำไหลออกจากชายฝั่งหรือไหลเข้าหาชายฝั่ง เกิดจากกระแสน้ำไหลเข้าหากันหรือไหลแยกออกจากกันเพราะความไม่สม่ำเสมอของลม หรือพื้นที่ของทะเล 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 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการเกิดไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่ง

จังหวัดตราดในแต่ละเดือน รวมไปถึงศึกษาการไหลเวียนของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางทะเลที่เกี่ยวข้อง และการจัดการสิ่งแวดล้อมทางทะเลในบริเวณนี้ได้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษานี้ใช้แบบจำลอง Princeton Ocean Model (POM) ในการคำนวณค่ากระแสน้ำ POM เป็นแบบจำลองเชิงตัวเลขที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Blumberg and Mellor (1987) มีลักษณะพิเศษในการอาศัยระบบพิกัดซิกมา (Sigma Coordinate System) ในการแบ่งชั้นน้ำตามแนวตั้ง มีการคำนวณความปั่นป่วนของน้ำในส่วนแบบจำลองย่อย (Turbulence Closure Sub-Model) มีพื้นผิวที่เป็นอิสระ (Free Surface) และมีการแบ่งเวลา (Time Step) ออกเป็นแบบ External Mode และ Internal Mode ด้วย Splitting Technique (Blumberg and Mellor, 1987) ทำการกำหนดพื้นที่ศึกษาในแบบจำลองให้ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ละติจูดที่ 11.250 °N ถึง 12.715 °N และลองจิจูดที่ 101.600 °E ถึง 103.025 °E (Figure 1) มีความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาด 0.5 × 0.5 ลิปดา (926 × 926 ตารางเมตร) กำหนดให้พื้นที่บริเวณชายฝั่งด้านเหนือ ด้านตะวันออก และบริเวณเกาะต่าง ๆ ที่อยู่ในทะเลเป็นขอบเขตปิด (Closed Boundary) กำหนดให้พื้นที่ด้านตะวันตก และด้านใต้ของแบบจำลองเป็นขอบเขตเปิด (Open Boundary)

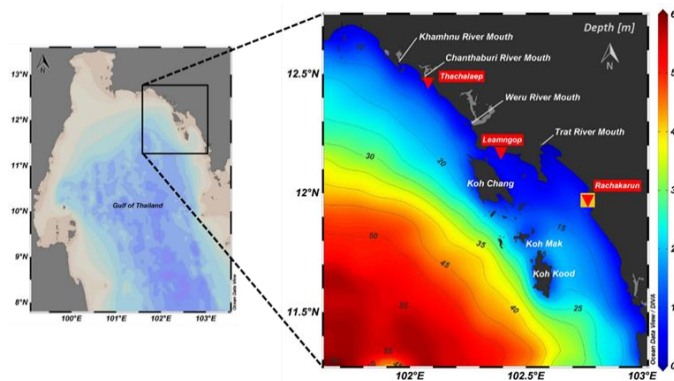


Figure 1 The coastal area of Trat Province, contours representing depth in meters, ▼ water level measuring stations, and ■ current measuring station.

ทำการศึกษาการไหลเวียนของกระแสน้ำ การเกิดไดเวอร์เจนซ์ และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำในปี 2561 โดยมีสมมติฐานว่าการไหลเวียนของกระแสน้ำในปี 2561 ไม่มีความแตกต่างจากปีอื่น ๆ และในปี 2561 ยังเป็นช่วงที่ได้ทำการติดตั้งเครื่องวัดกระแสน้ำในบริเวณหาดราชการุณย์ (ละติจูดที่ 11.970 °N และลองจิจูดที่ 102.766 °E) ซึ่งสามารถใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองได้อีกด้วย สำหรับข้อมูลนำเข้าที่สำคัญในแบบจำลอง ได้แก่ 1) ข้อมูลความลึกพื้นทะเล (Bathymetry) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากดาวเทียมที่ใช้วัดความผันผวนของแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Anomaly) ซึ่ง

เผยแพร่โดย The General Bathymetric Chart of the Ocean (GEBCO) ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการหยั่งน้ำของกองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (The Royal Thai Navy, RTN) โดยนำค่าที่ได้มาทำการประมาณค่า (Interpolation) ให้มีจุดพิกัดตรงกับจุดพิกัดของช่องคำนวณที่กำหนดไว้โดยใช้วิธีการ Gaussian, 2) ข้อมูลลม (Wind Stress) ในปี 2561 (Figure 2) เป็นข้อมูลจากได้มาแบบจำลองการคาดการณ์สภาพอากาศ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), 3) ข้อมูลอุณหภูมิและความเค็มตามความลึก (Temperature and Salinity) เป็นข้อมูลรายเดือนเฉลี่ยระยะยาวตั้งแต่ปี 2494 ถึง 2555 ซึ่งเผยแพร่โดย National Oceanographic Data Center (NODC) ; World Ocean Atlas 2013 ข้อมูลทั้งหมดได้ถูกนำมาประมาณค่าให้มีจุดพิกัดตรงกับจุดพิกัดของช่องคำนวณที่กำหนดไว้, 4) ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลง (Tide) เป็นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบฮาร์โมนิคด้วยแบบจำลอง TPX08 – ATLAS โดยใช้ค่าองค์ประกอบระดับน้ำขึ้นน้ำลง K1, O1, M2, S2, P1, Q1, N2 และ K2 และ 5) ข้อมูลปริมาณน้ำท่า (River Discharge) บริเวณแม่น้ำแควใหญ่เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาฟลักซ์ของน้ำบริเวณปากน้ำแควใหญ่ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี (Paibulkichakul, 2016) ข้อมูลปริมาณน้ำท่าบริเวณแม่น้ำจันทบุรีเป็นข้อมูลรายเดือนเฉลี่ยในระยะเวลา 9 ปี (ตั้งแต่ปี 2551 ถึง 2559) (RID, 2017) ข้อมูลปริมาณน้ำท่าบริเวณแม่น้ำเวฬุเป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาฟลักซ์ของน้ำบริเวณปากแม่น้ำเวฬุ ในช่วงฤดูแล้งและฤดูน้ำมากในปี 2014 (Buranapratheprat *et al.*, 2018) และข้อมูลปริมาณน้ำท่าบริเวณแม่น้ำตราดเป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาฟลักซ์ของน้ำบริเวณปากแม่น้ำตราดในปี 2561 (Meesub *et al.*, 2020)

ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสในแนวราบ (Horizontal) สามารถคำนวณได้จากความแตกต่างเชิงพื้นที่ของความเร็วกระแส เมื่อกำหนดให้ u เป็นความเร็วของกระแสในแนวแกน x และกำหนดให้ v เป็นความเร็วของกระแสในแนวแกน y จะสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$Div = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad (1)$$

เมื่อ Div คือค่าไดเวอร์เจนซ์ ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเป็นบวกแสดงถึงการเกิดไดเวอร์เจนซ์ ถ้าเป็นลบแสดงถึงการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ และถ้าเป็นศูนย์แสดงถึงนอนไดเวอร์เจนซ์ (Non-Divergence) ซึ่งจะไม่เกิดทั้งไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์

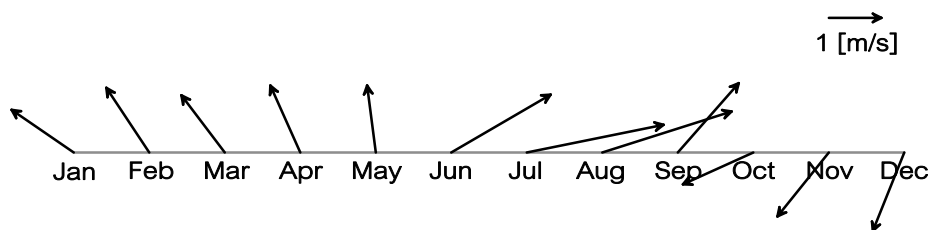
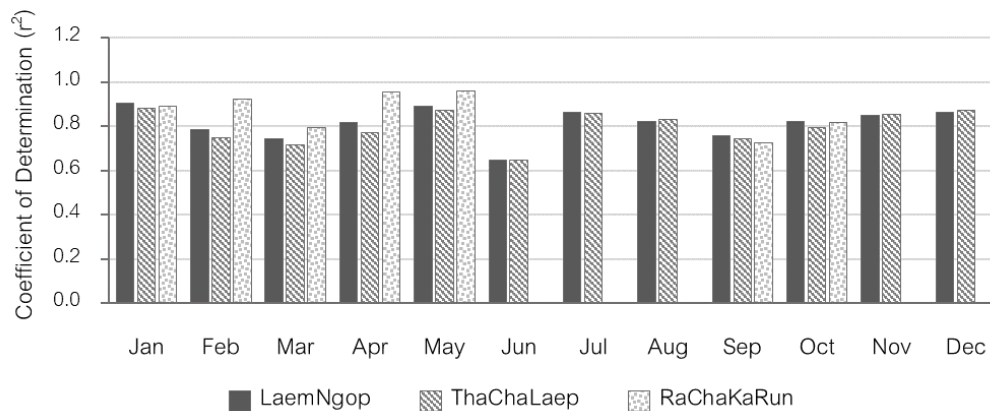


Figure 2 Averaged monthly wind vectors over the coastal area of Trat Province in 2018 (ECMWF, 2018)

ผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาแบบจำลองในครั้งนี้ได้ถูกตรวจสอบความน่าเชื่อถือโดยการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ และทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงในแต่ละเดือน โดยเปรียบเทียบค่าระดับน้ำใน 3 สถานี ได้แก่ สถานีท่าแหลบ สถานีแหลมงอบ และสถานีราชการุณย์ (Figure 1) ซึ่งค่าระดับน้ำในสถานีท่าแหลบ และสถานีแหลมงอบ เป็นค่าที่ได้มาจากการตรวจวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า (MD, 2018) ส่วนค่าระดับน้ำในสถานีราชการุณย์เป็นค่าที่ได้มาจากการติดตั้งเครื่องวัดระดับในบริเวณหาดราชการุณย์ ผลจากการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำในแต่ละเดือนพบว่าทั้ง 3 สถานี ระดับน้ำจากแบบจำลองมีค่าสูงกว่าระดับน้ำจากการตรวจวัดจริงเล็กน้อย มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Determination : r^2) อยู่ในช่วง 0.65 - 0.98 โดยสถานีท่าแหลบมีค่า r^2 อยู่ในช่วง 0.66 - 0.89 สถานีแหลมงอบมีค่า r^2 อยู่ในช่วง 0.65 - 0.89 และสถานีราชการุณย์มีค่า r^2 อยู่ในช่วง 0.74 - 0.98 (Figure 3) เมื่อเปรียบเทียบค่าระดับน้ำรายชั่วโมงพบว่าระดับน้ำจากแบบจำลองมีเฟส (Phase) และแอมพลิจูด (Amplitude) ใกล้เคียงกับระดับน้ำจากสถานีตรวจวัดจริง (Figure 4)



Note: No measuring water elevation data in June, July, August, November, and December 2018 at Rachakarun station.

Figure 3 Coefficient of Determination (r^2) of water elevation data from the model and the measurement at Laemngop station, Thahalaep station, and Rachakarun station.

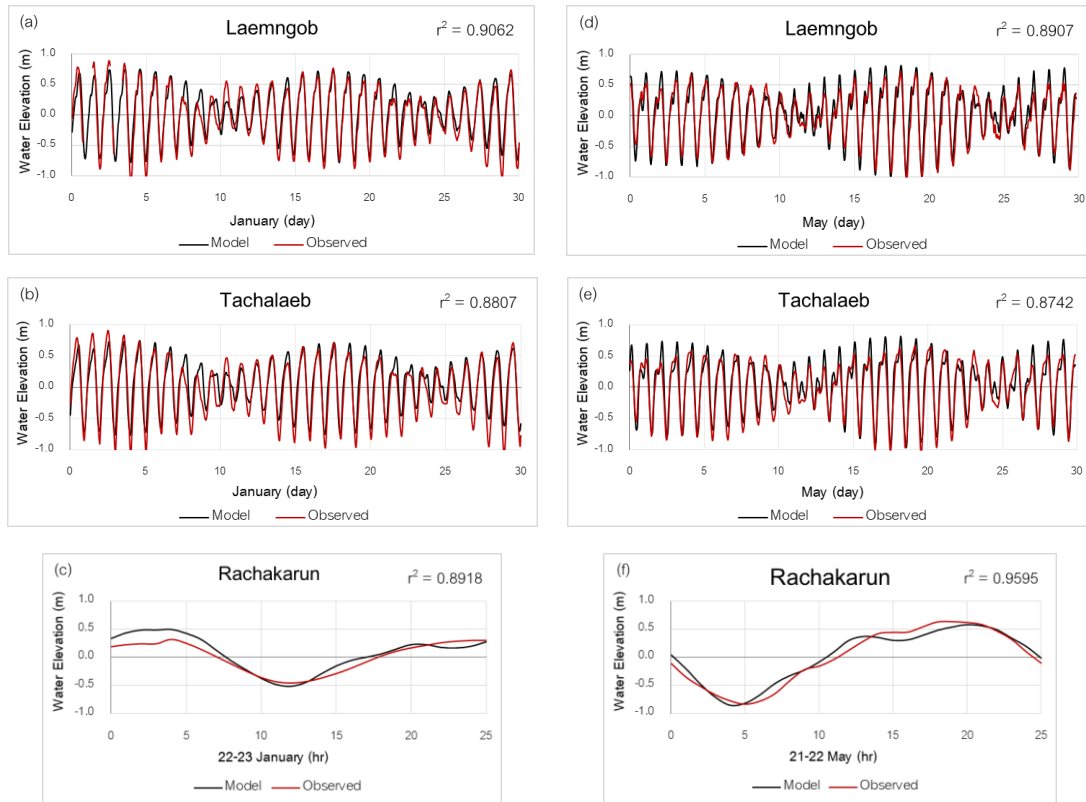


Figure 4 Comparison of water elevation data between the model and the measurement in January (a-c) and May (d-f) 2018 at Laemngop station, Tachalaep station, and Rachakarun station.

สำหรับความเร็ว และทิศทางของกระแสที่จากการตรวจวัดจริง ได้มาจากการติดตั้งเครื่องวัดกระแสแบบ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รุ่น Infinity-EM AEM-USB ที่ตั้งไว้ในบริเวณหาดราชากรุณย์ (Figure 1) ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบ ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำพบว่าทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับทิศทางของ กระแสน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริง แต่มีความแตกต่างกันในช่วงที่กระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้น-น้ำลง และพบว่า ความเร็วของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีค่าสูงกว่าความเร็วของกระแสน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริงเล็กน้อย ยกเว้นในเดือน มกราคม และเดือนเมษายน (ไม่แสดงในที่นี้) ที่ความเร็วของกระแสน้ำจากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าความเร็วของกระแสน้ำจาก การตรวจวัดจริง (Figure 5) ซึ่งผลที่ได้จากการเปรียบเทียบดังกล่าว ยังถือว่าแบบจำลองที่ใช้มีความน่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับ การศึกษา

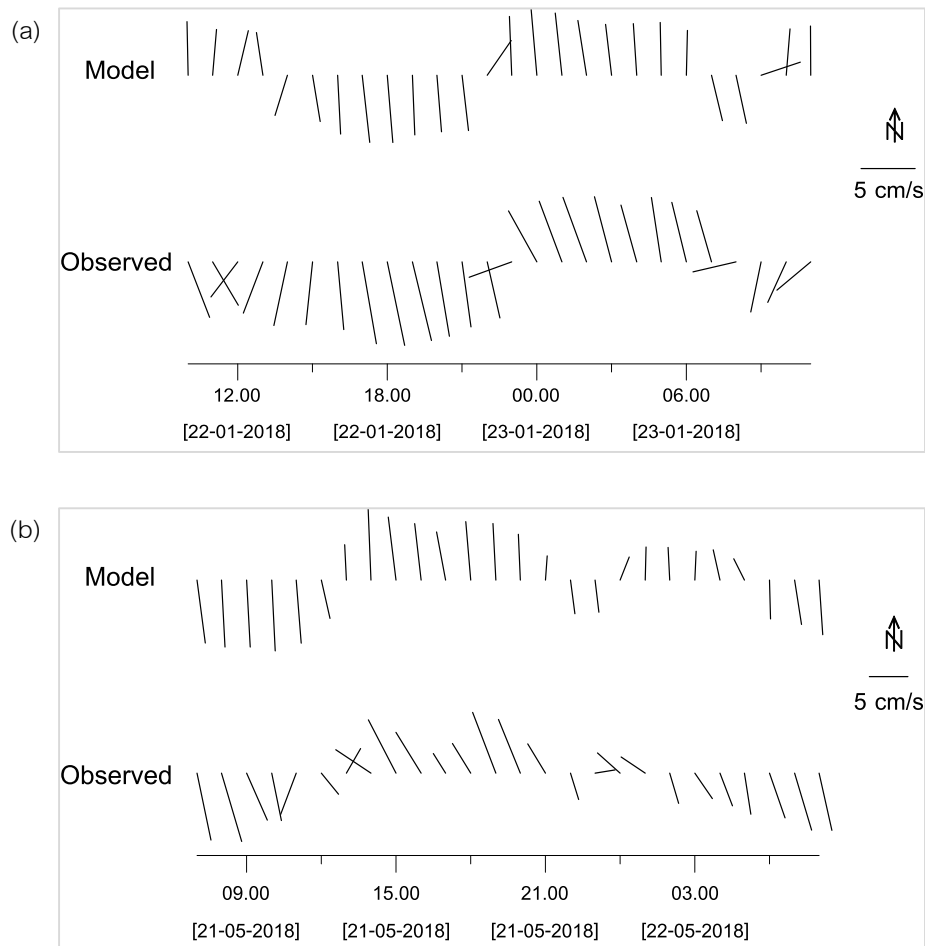


Figure 5 Comparison of current data between the model and the measurement at Rachakarun station in January (a) and May 2018 (b).

จากแบบจำลองการไหลเวียนกระแสน้ำพบว่าความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกในพื้นที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.31 – 6.68 cm/s ตลอดทั้งปีบริเวณพื้นที่ศึกษาด้านตะวันออก (บริเวณด้านในอ่าวตราด) มีความเร็วของกระแสน้ำต่ำกว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาด้านตะวันตก (บริเวณด้านนอกอ่าวตราด) และมีการไหลเวียนของกระแสน้ำมีความแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน ดังนี้ ในช่วงเดือนมกราคม (Figure 6a) กระแสน้ำมีความเร็วเฉลี่ยตามความลึก 2.26 cm/s บริเวณด้านนอกและด้านในอ่าวตราดมีทิศทางของกระแสน้ำไหลจากทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ขึ้นมาถึงประมาณช่วงกลางอ่าว และไหลออกไปทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา บริเวณชายฝั่งทางตะวันออกด้านในอ่าวตราดกระแสน้ำมีความเร็วต่ำ และพบการหมุนวนของกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา บริเวณปากแม่น้ำเวพู ต่อมาในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงเดือนพฤษภาคม (Figure 6b,



6c, 6d and 6e) กระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกมีความเร็วลดลงเรื่อยๆ แต่มีค่าที่ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 1.50 – 1.58 cm/s ในช่วงนี้จะสังเกตเห็นได้ว่ากระแสน้ำบริเวณชายฝั่งทางตะวันออกด้านในอ่าวตราดกระแสน้ำมีความเร็วต่ำกว่าในช่วงเดือนมกราคม และยังพบการหมุนวนของกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกาบริเวณปากแม่น้ำเวฬุ แต่จะพบขนาดที่เล็กลงกว่าเดือนมกราคม ซึ่งทิศทางการไหลของกระแสน้ำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงเดือนพฤษภาคมนี้กระแสน้ำที่มีความเร็วสูงที่สุดยังคงไหลมาจากทางตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา แต่จะมีกระแสน้ำเพียงบางส่วนของไหลเลียบชายฝั่งด้านตะวันตกของเกาะช้าง เกาะหมาก เกาะกูดขึ้นไปแล้วไหลออกทางตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา และมีกระแสน้ำบางส่วนไหลวกกลับออกไปทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา ต่อมาในช่วงเดือนมิถุนายนไปจนถึงเดือนสิงหาคม (Figure 6f, 7a and 7b) กระแสน้ำเริ่มกลับมามีความเร็วสูงขึ้นอีกครั้ง และมีความเร็วสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม (6.68 cm/s) ซึ่งเป็นช่วงที่กระแสน้ำมีความเร็วสูงที่สุดในรอบปี สำหรับทิศทางการไหลของกระแสน้ำจะเริ่มเห็นความแตกต่างที่ชัดเจน โดยจะเห็นว่าพื้นที่ศึกษาทั้งด้านในและด้านนอกอ่าวตราดมีกระแสน้ำไหลมาจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ แล้วไหลเลียบชายฝั่งออกไปทางตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นลักษณะที่ตรงข้ามกับช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ต่อมาในช่วงเดือนกันยายน (Figure 7c) กระแสน้ำมีความเร็วลดลงจากเดือนสิงหาคมเป็นอย่างมาก โดยมีความเฉลี่ยตามความลึก 1.76 cm/s การไหลของกระแสน้ำในบริเวณด้านล่างของพื้นที่ศึกษามีทิศทางที่ไม่แน่นอน แต่บริเวณด้านเหนือของพื้นที่ศึกษาและบริเวณชายฝั่งยังคงมีการไหลจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปทางตะวันออกเฉียงใต้เหมือนในช่วงสิงหาคม

ในช่วงเดือนตุลาคม (Figure 7d) กระแสน้ำมีความเร็วสูงขึ้นเล็กน้อยจากเดือนกันยายน โดยมีความเร็วเฉลี่ยตามความลึก 1.97 cm/s บริเวณด้านในอ่าวตราดกระแสน้ำมีความเร็วต่ำและมีทิศทางที่ไม่แน่นอน ส่วนบริเวณด้านนอกอ่าวตราดมีทิศทางการไหลจากตะวันออกเฉียงใต้ขึ้นไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ และเริ่มกลับมาพบการหมุนวนของกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกาบริเวณปากแม่น้ำเวฬุซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่ากรหมุนวนของน้ำจะมีบริเวณกว้างมากกว่าในช่วงเดือนอื่นๆ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน (Figure 7e) กระแสน้ำกลับมาที่มีความเร็วลดลงอีกครั้งมีความเร็วเฉลี่ยตามความลึก 1.35 cm/s สำหรับทิศทางการไหลของกระแสน้ำในเดือนนี้ บริเวณด้านในอ่าวตราดยังคงมีความเร็วต่ำและมีทิศทางที่ไม่แน่นอนคล้ายช่วงเดือนตุลาคม แต่การไหลของกระแสน้ำบริเวณด้านนอกอ่าวตราดที่มีทิศทางการไหลมาจากตะวันออกเฉียงใต้ขึ้นไปทางตะวันตกเฉียงเหนือจะอยู่ห่างออกไปไกลจากชายฝั่งมากกว่าในเดือนตุลาคม สูดท้ายในช่วงเดือนธันวาคม (Figure 7f) เป็นช่วงที่กระแสน้ำมีความเร็วเฉลี่ยต่ำที่สุดในรอบปี (1.31 cm/s) การไหลของกระแสน้ำในช่วงเดือนนี้มีทิศทางไม่แน่นอนทั้งบริเวณด้านในและด้านนอกอ่าวตราด บริเวณชายฝั่งทางตะวันออกด้านในอ่าวตราดกระแสน้ำมีความเร็วต่ำ มีกระแสน้ำบางส่วนที่ไหลมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ขึ้นมาถึงประมาณช่วงกลางอ่าวแล้วไหลออกไปทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นลักษณะที่คล้ายกับเดือนมกราคม

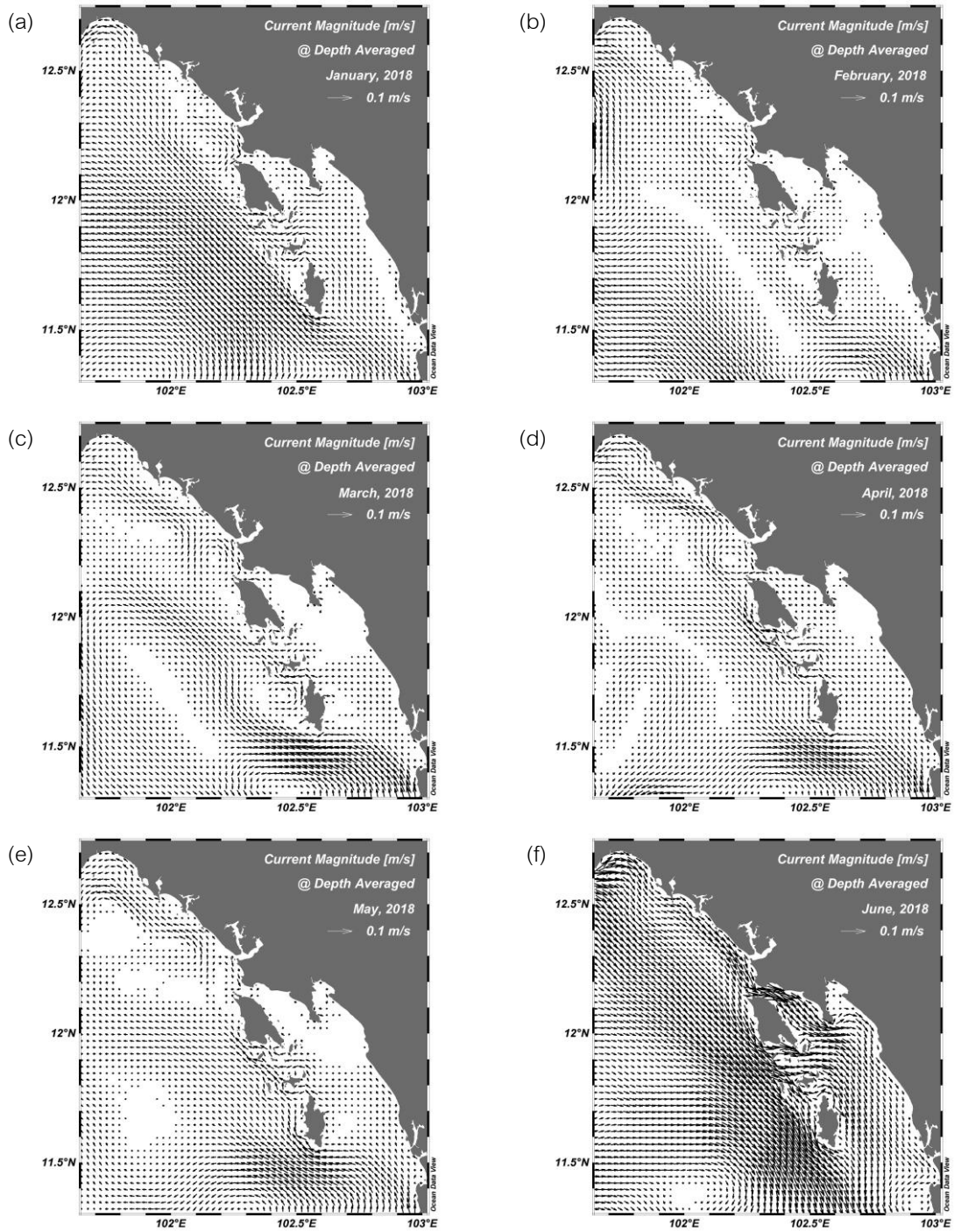


Figure 6 Simulated monthly depth-averaged residual circulations from January to June 2018, with arrows representing current, magnitude, and directions.

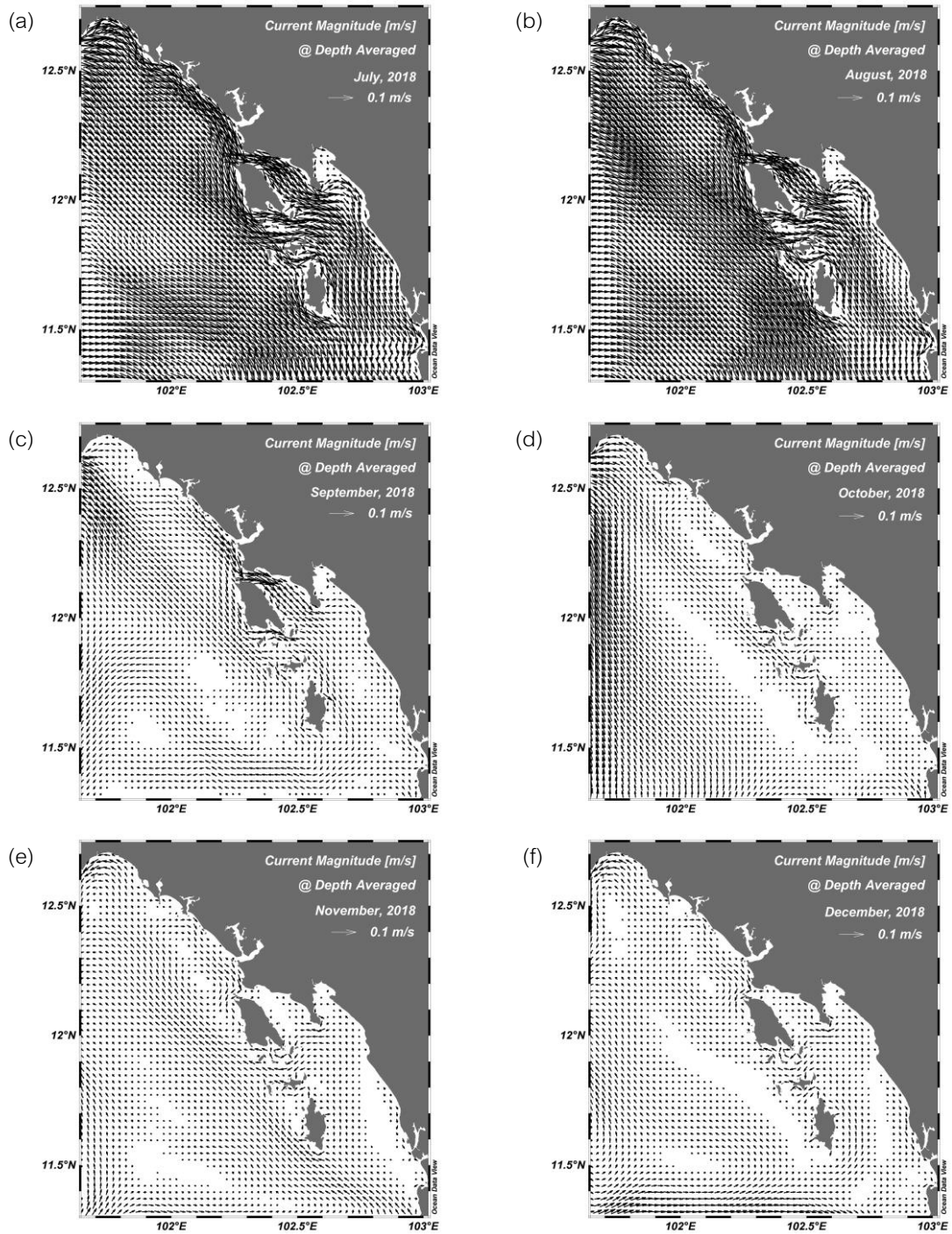


Figure 7 Simulated monthly depth-averaged residual circulations from July to December 2018, with arrows representing current, magnitude, and directions.

ผลการศึกษาไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำจากแบบจำลองพบว่า พื้นที่บริเวณชายฝั่งมีการเกิดไดเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กสลับกับการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กตลอดทั้งปี โดยชายฝั่งด้านเหนือของพื้นที่ศึกษาและชายฝั่งด้านตะวันตกของเกาะช้าง เกาะหมาก เกาะกูด พบการเกิดไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าบริเวณชายฝั่งด้านในอ่าวตราด ซึ่งลักษณะไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ที่เกิดขึ้นจะมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละเดือนดังนี้ ในเดือนมกราคม (Figure 8a) พบว่าคอนเวอร์เจนซ์และไดเวอร์เจนซ์ในทะเลเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง จะสังเกตได้ว่าเป็นเดือนเดียวที่พบคอนเวอร์เจนซ์ด้านในอ่าวตราดตอนเหนืออย่างชัดเจน และพบไดเวอร์เจนซ์บริเวณด้านในอ่าวตราดตอนกลางอย่างชัดเจน เช่นเดียวกัน ส่วนบริเวณด้านนอกอ่าวตราดพบไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ขนาดใหญ่สลับกันทั่วทั้งอ่าว ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ (Figure 8b) บริเวณด้านเหนือของพื้นที่ศึกษาและบริเวณด้านในอ่าวตราดมีการเกิดไดเวอร์เจนซ์อย่างชัดเจน ส่วนในบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของเกาะช้าง เกาะหมาก เกาะกูด และด้านตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษาพบการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ ต่อมาในช่วงเดือนมีนาคมไปจนถึงเดือนพฤษภาคม (Figure 8c, 8d and 8e) ไดเวอร์เจนซ์ลดจากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ แต่กลับมีพื้นที่ที่พบคอนเวอร์เจนซ์เพิ่มมากขึ้น และยังคงพบการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ที่กระจายเป็นบริเวณกว้างมากขึ้นทางตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา

ในช่วงเดือนมิถุนายนไปจนถึงเดือนกันยายน (Figure 8f, 9a, 9b and 9c) ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์มีลักษณะที่ชัดเจนกว่าช่วงเดือนอื่นๆในรอบปี พบการเกิดคอนเวอร์เจนซ์เป็นบริเวณกว้างทั้งกลางอ่าวตราด และกลางทะเลนอกอ่าวตราด แต่บริเวณด้านในอ่าวตราดทางด้านเหนือยังคงพบการเกิดไดเวอร์เจนซ์ค่อนข้างสูง ซึ่งในเดือนมิถุนายนคอนเวอร์เจนซ์จะเกิดสูงแล้วจะค่อยๆลงเรื่อยๆ ไปจนถึงช่วงเดือนกันยายนจะพบว่าไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์มีความชัดเจนลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่กลับมาพบการเกิดคอนเวอร์เจนซ์เป็นบริเวณกว้างในบริเวณกลางอ่าวด้านในและบริเวณกลางทะเลด้านนอกอ่าวตราด ในช่วงเดือนตุลาคม (Figure 9d) เป็นช่วงที่มีการเกิดไดเวอร์เจนซ์สูงที่สุดในรอบปี ทั้งบริเวณด้านในและด้านนอกอ่าวตราดพื้นที่ส่วนใหญ่มีการเกิดไดเวอร์เจนซ์อย่างชัดเจน แต่บริเวณกลางอ่าวและบริเวณชายฝั่งทางตะวันตกของเกาะช้างยังคงพบการเกิดคอนเวอร์เจนซ์เหมือนในช่วงเดือนมิถุนายนไปจนถึงเดือนกันยายน และสุดท้ายในช่วงเดือนพฤศจิกายนไปจนถึงเดือนธันวาคม (Figure 9e and 9f) มีไดเวอร์เจนซ์เกิดขึ้นบริเวณด้านในอ่าวตราดคล้ายกันกับช่วงเดือนตุลาคม แต่จะมีไดเวอร์เจนซ์น้อยกว่าเดือนตุลาคม

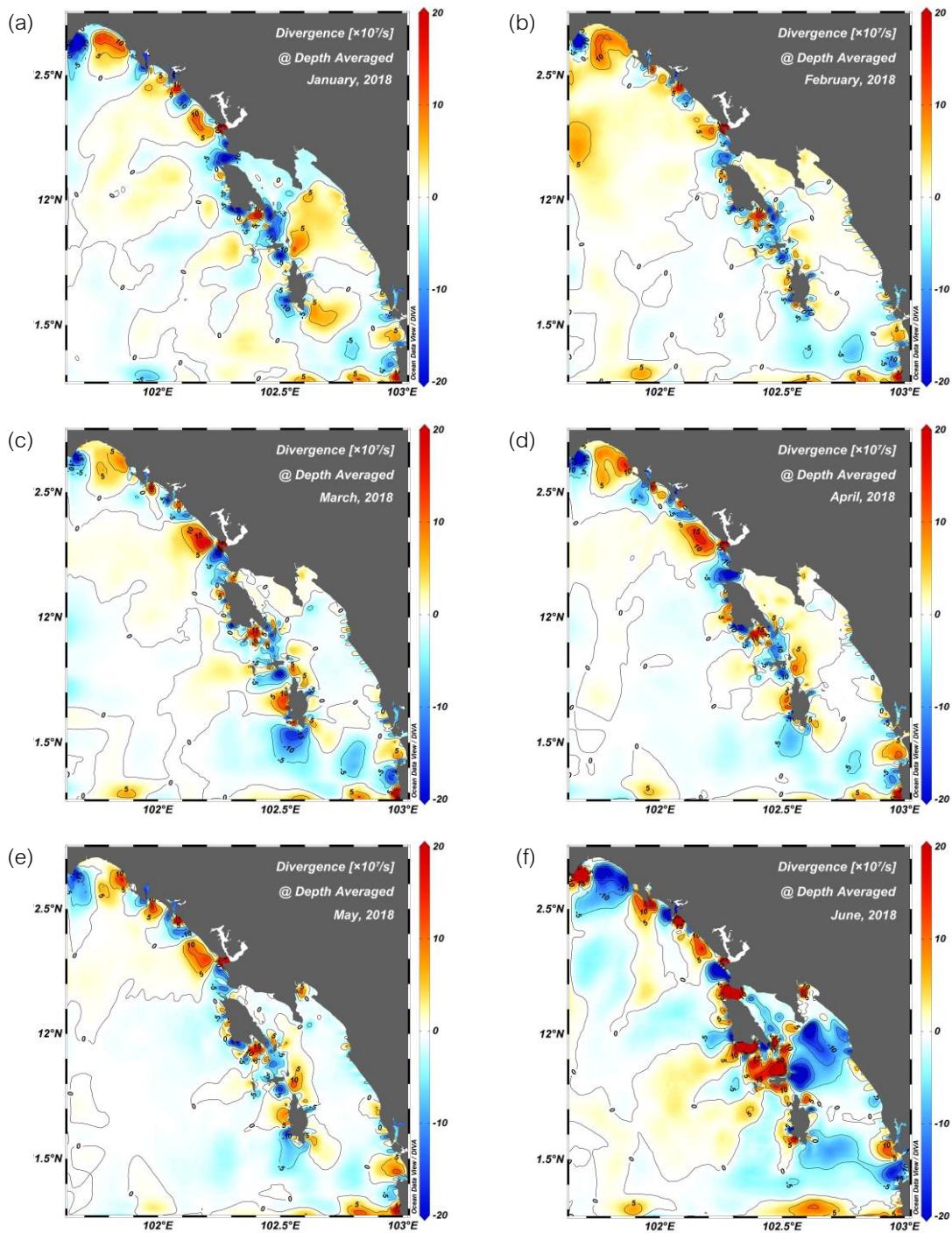


Figure 8 Monthly depth-averaged divergence and convergence from January to June 2018, with the red area (+) representing divergence, and the blue area (-) representing convergence.

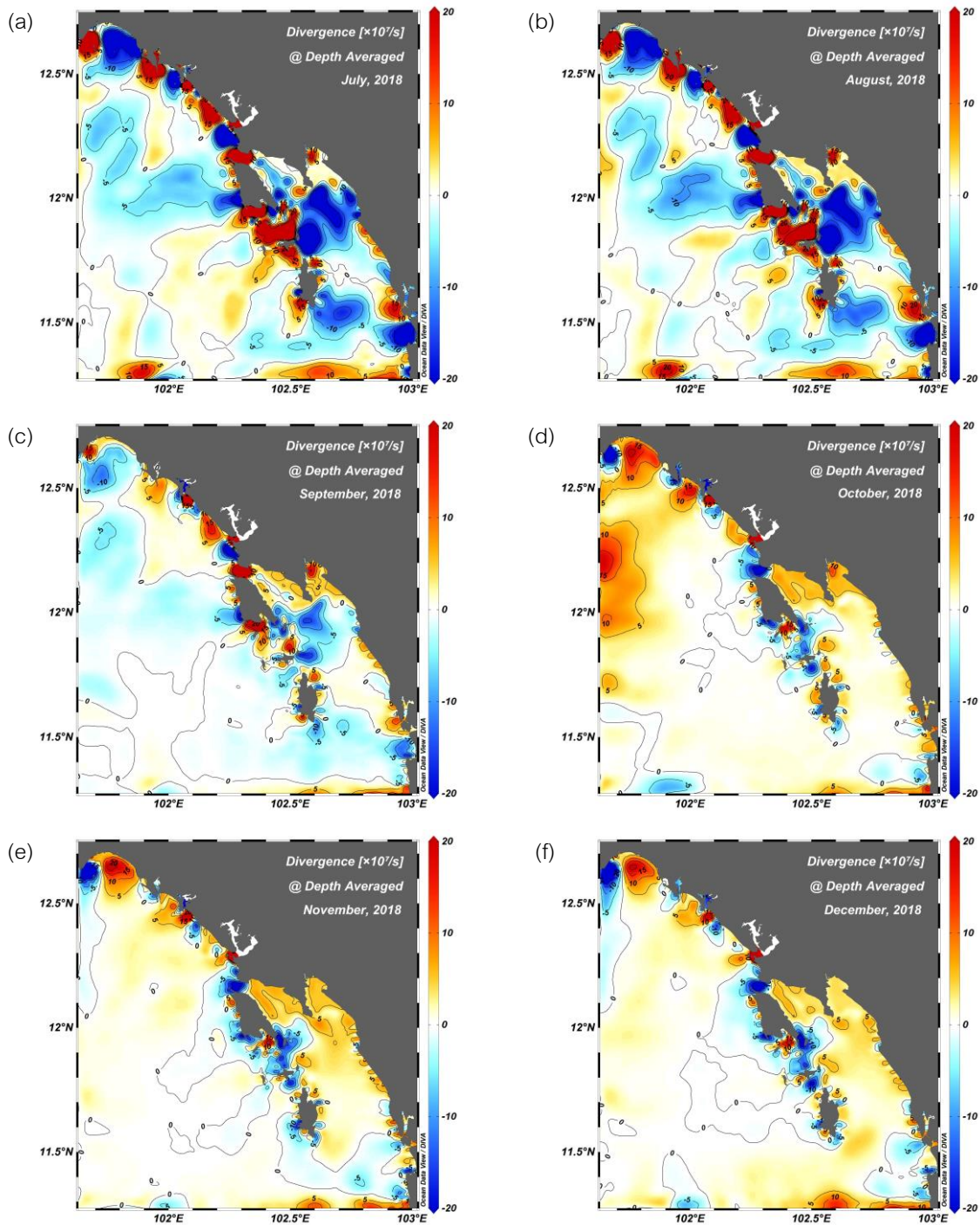


Figure 9 Monthly depth-averaged divergence and convergence from July to December 2018, with the red area (+) representing divergence, and the blue area (-) representing convergence.



วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ของค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง สังเกตได้ว่าสถานีราชการศูนย์ และสถานีแหลมงอบมีค่า r^2 สูงกว่าสถานีท่าแฉลบ (Figure 3) ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของสถานที่ตั้งของสถานีวัดระดับน้ำ โดยราชการศูนย์ และสถานีแหลมงอบมีที่ตั้งที่อยู่ห่างจากบริเวณชายฝั่งออกมาเพียงเล็กน้อย ส่วนสถานีท่าแฉลบมีที่ตั้งอยู่ด้านในของชายฝั่ง ซึ่งเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของเวลาที่ระดับน้ำมีการขึ้นลงในแต่ละวัน รวมไปถึงส่งผลต่อเฟส และแอมพลิจูดของระดับน้ำ ทำให้ค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับสถานีราชการศูนย์ และสถานีแหลมงอบมากกว่าสถานีท่าแฉลบ

จากผลการศึกษาพบว่าทิศทางของกระแสน้ำเฉลี่ยมีความเร็วสอดคล้องกับความเร็วลมที่ผิวทะเล จะสังเกตได้ว่าในช่วงเดือนมิถุนายนที่กระแสน้ำมีความเร็วเพิ่มสูงขึ้นไปจนถึงช่วงเดือนสิงหาคมที่กระแสน้ำมีความเร็วสูงที่สุดในรอบปี เป็นช่วงของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ผิวทะเลสูงที่สุดในรอบปีเช่นเดียวกัน (Figure 10) แต่ในเดือนธันวาคมที่กระแสน้ำมีความเร็วต่ำที่สุดในรอบปีนั้นกลับไม่ได้มีความเร็วลมเฉลี่ยที่ผิวทะเลต่ำที่สุดตามไปด้วย เนื่องด้วยในช่วงเดือนธันวาคมเป็นช่วงที่ตรงกับฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศทางของลมส่วนใหญ่พัดมาจากทางตะวันออกเฉียงเหนือ (Figure 2) ถูกบดบังด้วยลักษณะของภูมิประเทศของจังหวัดตราดที่มีเทือกเขาบรรทัด และมีเกาะขนาดใหญ่อย่างเกาะช้าง และเกาะกูด (Tansuwan, 2003) ส่งผลให้ลมในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีความเร็วลดลง กระแสน้ำในพื้นที่ศึกษาจึงมีความเร็วลดลงตามไปด้วย และด้วยลักษณะภูมิประเทศนี้ยังส่งผลให้กระแสน้ำด้านในอ่าวตราดมีความเร็วต่ำกว่าด้านนอกอ่าวตราดตลอดทั้งปี สำหรับในช่วงที่ลมมีความเร็วต่ำที่สุดในรอบปี (เดือนพฤษภาคม) ลมและกระแสน้ำมีทิศทางที่พัดมาจากทางใต้ (Figure 2) ซึ่งทิศทางนี้มวนน้ำสามารถไหลเข้ามาในพื้นที่ศึกษาได้โดยผ่านช่องว่างระหว่างเกาะและชายฝั่ง ทำให้กระแสน้ำในเดือนพฤษภาคมมีความเร็วสูงกว่าเดือนธันวาคม และในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ลมมีความเร็วสูง ส่งผลให้เกิดการผลักดันมวนน้ำจากพื้นที่ด้านตะวันตกซึ่งเป็นพื้นที่เปิดให้พัดเข้าหาชายฝั่ง แม้จะมีเกาะขนาดใหญ่บดบังแต่กระแสน้ำในช่วงนี้มีความเร็วสูงจึงสามารถไหลผ่านช่องว่างระหว่างเกาะทำให้ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เกิดการไหลเวียนกระแสน้ำในบริเวณอ่าวตราดมากกว่าในช่วงฤดูอื่นๆ จากการหาค่าความสัมพันธ์ทางสถิติยังคงพบว่าความเร็วลมและความเร็วของกระแสน้ำมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ($p > 0.05$) ดังนั้นลมจึงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้กระแสน้ำทั้งด้านในและด้านนอกอ่าวตราดเกิดการไหลเวียนเกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Buranapratheprat *et al.*, (2002) และ Leenawarat *et al.*, (2018) ที่พบว่าลมเป็นปัจจัยหลักของการเปลี่ยนแปลงกระแสน้ำในบริเวณอ่าวไทย

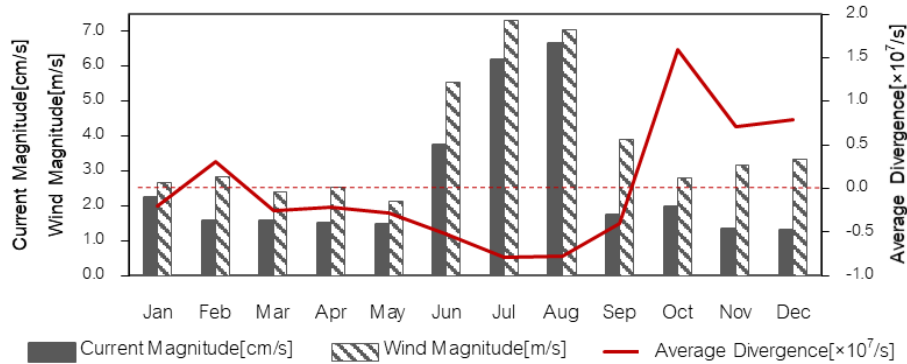


Figure 10 Monthly data of current magnitude (cm/s), wind magnitude (m/s), and divergence ($\times 10^7/s$) averaged over the study area.

จากผลการศึกษาพบว่าค่าไดเวอร์เจนซ์เฉลี่ยรายเดือนมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูมรสุม โดยในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม) และในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนมิถุนายน-กันยายน) มีค่าเฉลี่ยเป็นลบ (เกิดคอนเวอร์เจนซ์) ส่วนในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนตุลาคม) และในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนพฤศจิกายน-มกราคม) มีค่าเฉลี่ยเป็นบวก (เกิดไดเวอร์เจนซ์) (Figure 10) นั้นเป็นเพราะทิศทางลมในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีลักษณะพัดเข้าหาชายฝั่ง (Figure 2) ส่งผลให้ทิศทางของกระแสน้ำมีลักษณะไหลเข้าหาชายฝั่ง ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ ส่วนในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือลมมีทิศทางพัดออกจากชายฝั่ง ส่งผลให้ทิศทางของกระแสน้ำมีลักษณะไหลออกจากชายฝั่ง ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการเกิดไดเวอร์เจนซ์ ยกเว้นในเดือนมกราคมที่มีผลเป็นลบ และเดือนกุมภาพันธ์มีผลเป็นบวก ซึ่งแตกต่างจากเดือนอื่นที่อยู่ในฤดูมรสุมเดียวกัน นอกจากนี้แรงโคริโอลิสที่มีอิทธิพลน้อยในบริเวณน้ำตื้น ส่งผลให้การไหลเวียนกระแส น้ำบริเวณชายฝั่งเกิดการเปลี่ยนแปลง ประกอบกับลักษณะชายฝั่งที่มีความซับซ้อน อ่าวขนาดเล็ก จึงพบไดเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กสลับกับคอนเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กในบริเวณชายฝั่งที่มีน้ำตื้นตลอดทั้งปี และพบไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ขนาดใหญ่ ในบริเวณทะเลนอกชายฝั่งที่มีน้ำลึก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Michida *et al.*, (2006) ที่พบว่าความแตกต่างของลักษณะกระแสน้ำระหว่างสถานีเก็บตัวอย่างที่อยู่ใกล้เกาะ และสถานีที่อยู่ด้านนอกชายฝั่ง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าไดเวอร์เจนซ์

ได้ทำการทดสอบปัจจัยลมโดยมีการเพิ่มความเร็วลมขึ้น 50 % และลดความเร็วลมลง 50 % จากค่าที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน ซึ่งได้ทำการทดสอบในเดือนมีนาคม, เดือนกรกฎาคม, เดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม เพื่อเป็นตัวแทนของช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้, ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้, ช่วงเปลี่ยนจากฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตามลำดับ ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่าเมื่อลมมีความเร็วเพิ่มขึ้นและลดลง กระแสน้ำก็จะมีความเร็วเพิ่มขึ้นและลดลงตามไปด้วย เนื่องจากลมคือปัจจัย

หลักที่ส่งผลต่อการไหลเวียนกระแสน้ำสุทธิ (Buranapratheprat *et al.*, 2002) และพบว่าเปลี่ยนแปลงค่าไดเวอร์เจนซ์ไม่ได้เพิ่มขึ้นและลดลงตามความเร็วลมโดยตรง (Figure 11) มีเพียงเดือนกรกฎาคมเท่านั้นที่กรณีลมเบาทำให้เกิดคอนเวอร์เจนซ์สูงกว่ากรณีที่ลมแรง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะทางภูมิศาสตร์และชายฝั่งของจังหวัดตราด ยังคงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ

จากรายงานกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งพบว่าในพื้นที่จังหวัดตราดมีรายงานการพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีและการรวมกลุ่มของแมงกะพรุนอยู่บ่อยครั้ง โดยเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2558 มีการพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ตลอดแนวชายฝั่งยาวหลายกิโลเมตร ในบริเวณหาดราชกาธุณย์ (DMCR, 2015) และพบว่ามีการรวมกลุ่มของแมงกะพรุนกล่องเป็นจำนวนมาก ในบริเวณท่าเทียบเรืออ่าวสลัด เกาะกูด (ละติจูดที่ 11.72 °N และลองจิจูดที่ 102.57 °E) เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2021 (DMCR, 2021) ซึ่งปรากฏการณ์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นมีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากการศึกษา โดยพบว่าบริเวณที่ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในเดือนกรกฎาคม และการรวมกลุ่มของแมงกะพรุนในเดือนสิงหาคม เป็นบริเวณที่เกิดคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ และจากรายงานฤดูกาลแพร่กระจายของแมงกะพรุนพิษในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดตราด ของสถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง พบว่าในพื้นที่จังหวัดตราดมีการแพร่กระจายของแมงกะพรุนตลอดทั้งปี โดยบริเวณที่พบแมงกะพรุนจะมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละช่วงฤดูกาล (DMCR, 2020) จึงเป็นข้อสังเกตว่าปรากฏการณ์การรวมกลุ่มของแมงกะพรุนในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดตราดน่าจะมีความสอดคล้องกับบริเวณที่มีการเกิดคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำ แต่ทั้งนี้การรวมกลุ่มของแมงกะพรุนที่เกิดขึ้นนั้น ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายอย่าง เช่น แหล่งอาหาร อุณหภูมิของน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล รวมไปถึงวงจรชีวิตของแมงกะพรุนด้วย

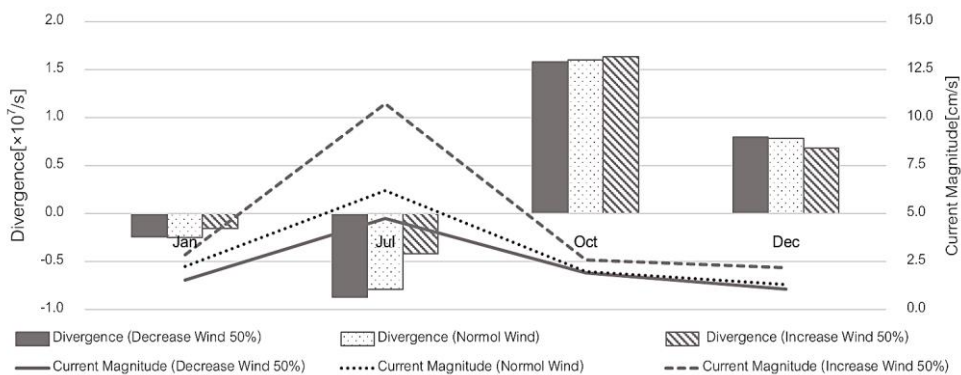


Figure 11 Monthly averaged current magnitude and divergence in 3 cases: normal wind, 50 % increase wind, and 50 % decrease wind.



สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการไหลเวียนกระแสน้ำด้วยแบบจำลองไฮโดรไดนามิคพบว่ารูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำในพื้นที่จังหวัดตราดถูกควบคุมโดยอิทธิพลของลมเป็นหลัก ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำมีความสอดคล้องกับทิศทางของลมที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาล กระแสน้ำในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีทิศทางการไหลจากตะวันตกเฉียงเหนือไปทางตะวันออกเฉียงใต้ ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือกระแสน้ำมีทิศทางการไหลจากทางตะวันออกเฉียงใต้ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ในช่วงที่ลมและกระแสน้ำมีความเร็วต่ำจะมีทิศทางการไหลที่ไม่แน่นอน จากการศึกษาไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์พบว่าตามแนวชายฝั่งด้านในอ่าวตราดเกิดไดเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กสลับกับคอนเวอร์เจนซ์ขนาดเล็กตลอดทั้งปี ค่าไดเวอร์เจนซ์มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูมรสุม โดยในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พื้นที่ส่วนมากเกิดคอนเวอร์เจนซ์ แต่ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพื้นที่ส่วนมากเกิดไดเวอร์เจนซ์ และพบว่าลักษณะทางภูมิศาสตร์ และลักษณะชายฝั่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความเร็วลมและทิศทางของลม ซึ่งเป็นผลให้กระแสน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ไดเวอร์เจนซ์และคอนเวอร์เจนซ์ของกระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จากศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง สำหรับความช่วยเหลือในการตรวจวัดกระแสน้ำบริเวณหาดราชการุณย์ จังหวัดตราด ขอขอบคุณกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ กรมเจ้าท่า กรมชลประทาน สำหรับข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในวิจัยนี้ ขอขอบคุณกลุ่มสมุทรศาสตร์ และภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับความช่วยเหลือในออกเก็บข้อมูลภาคสนาม อุปกรณ์การเก็บข้อมูลภาคสนาม และสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใช้ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Blumberg, A. F. & Mellor, G. L. (1987). *A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model*. p. 1-16. In N. S. Heaps (Ed.), *Three-Dimensional Coastal Ocean Model*. (pp. 1-16). Washington DC: AGU.

Buranapratheprat, A., Kan-atireklarp, S., Yuenyong, S. & Kan-atireklarp, S. (2018). Fluxes of Suspended Sediment and Dissolved Inorganic Nutrients at the Welu River Mouth in Dry and Wet Seasons in 2014. *Burapha Science Journal*, 23(1), 546-556. (in Thai)

Buranapratheprat, A., Yanagi, T., Sawangwong, P. (2002). Seasonal variations in circulation and salinity distributions in the upper Gulf of Thailand: modeling approach. *La mer*, 40, 147-155.



Colling, A. (2001). *Ocean circulation* (Vol. 3). Butterworth-Heinemann.

Department of Marine and Coastal Resources - DMCR. (2015). *Plankton bloom is the reason why the sea water changes color in Trat Province*. Bangkok. (in Thai)

Department of Marine and Coastal Resources - DMCR. (2017). *Jellyfish bloom near the coast of Pak Klong Son, Trat Province*. Bangkok. (in Thai)

Department of Marine and Coastal Resources - DMCR. (2018). *Marine and Coastal Resources data in Trat province*. Bangkok: Information and Surveying Technology for Marine and Coastal Resources Division. (in Thai)

Department of Marine and Coastal Resources - DMCR. (2020). *Distribution of The Dangers jellyfish in the coastal areas of Trat Province*. Bangkok: The Situation of Marine and Coastal Resources and Coastal Erosion Report. (in Thai)

Department of Marine and Coastal Resources - DMCR. (2021). *The Dangers of Box Jellyfish, Koh Kood*. Bangkok. (in Thai)

Eastern Region Irrigation Hydrology Center - RID. (2017). *River Discharge in Chanthaburi Province*. Chonburi. (in Thai)

Leenawarat, D., Tong-U-dom, S & Buranapratheprat, A. (2018). A Hydrodynamic Model for the Study of the Seasonal Variation in the Residence Time of Water Mass in the Inner Gulf of Thailand. *Burapha Science Journal*, 24(1), 1-16. (in Thai)

Marine Department – MD. (2018). *Water Elevation in Trat Province*. Bangkok. (in Thai)

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.

Meesub, B., Buranapratheprat, A., Thaipichitburapa, P., Kan-atireklarp, S. & Kan-atireklarp, S. (2021). Fluxes of Dissolved Inorganic Nutrients and Suspended Sediment at The Trat River Mouth, Trat Province in 2018. *Burapha Science Journal*, 26(1), 526-544. (in Thai)

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

Paibulkichakul, B., Kraiharn, S., Paibulkichakul, C. & Buranapratheprat, A. (2016). Flux of Silicate at Kham Hnu River Mouth, Tha Mai District, Chanthaburi Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 44(special 1) 709 – 716. (in Thai)

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.

Tansuwan, V. (2003). *Environmental Geology of Changwat Trat*. Bangkok: Department of Mineral Resources. (in Thai)

Tourism Authority of Thailand East Region – TAT. (2013). *Trat province*. Bangkok. (in Thai)