

การศึกษารูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยในปีภาวะเอนโซ่

Investigation of Circulation Patterns in the Gulf of Thailand

in ENSO Years

ปริญ หล่อพิทยากร

วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

นิพนธ์ ตั้งธรรม

ศูนย์วิจัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

วิทย์ ธารชลาณุกิจ

คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

ปราโมทย์ โสจิสูตร

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงรูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยภายใต้ภาวะเอนโซ่ การไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวได้จากแบบจำลองกระแสน้ำ POM (Princeton Ocean Model) โดยมีข้อมูลนำเข้าคือ ข้อมูลลม ข้อมูลอุณหภูมิและความเค็มผิวน้ำทะเล ซึ่งผลของกระแสน้ำเฉลี่ยรายเดือนได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลกระแสน้ำที่ได้จากหุ่นสมุทรศาสตร์ ณ สถานีระยอง และเพชรบุรี ซึ่งความสัมพันธ์ของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองกระแสน้ำโดยเทียบกับหุ่นสมุทรศาสตร์มีความสัมพันธ์ถึง 50-60% ดังนั้นสามารถนำแบบจำลองมาใช้ในการทำนายถึงรูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยได้ รูปแบบกระแสน้ำที่ถูกขับเคลื่อนโดยลมในอ่าวไทยในช่วงปีภาวะเอลนีโญ (พ.ศ. 2540-2541) และปีภาวะลานินญา (พ.ศ. 2541-2542) มีรูปแบบคล้ายคลึงกันกับในปีภาวะปกติ (พ.ศ. 2546) นอกจากนี้กระแสน้ำมีความแรงมากในช่วงปีภาวะเอลนีโญและ ลานินญา สำหรับในช่วงฤดูร้อน (เดือนเมษายน) กระแสน้ำจะมีลักษณะวงวนแบบทวนเข็มนาฬิกาและไหลออกจากอ่าว ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนสิงหาคม) กระแสน้ำมีรูปแบบการไหลออกจากอ่าวทางด้านตะวันตกของอ่าวและกระแสน้ำมีทิศทางไหลเข้าอ่าวทางด้านตะวันออกของอ่าวและมีลักษณะเป็นวงวนในทิศทวนเข็มนาฬิกาในบริเวณแหลมคามา ส่วนในเดือนตุลาคมกระแสน้ำเริ่มมีการเปลี่ยนทิศทาง และในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนมกราคม) กระแสน้ำมีลักษณะเวียนจากทางด้านตะวันออกของอ่าวและไหลเลียบขึ้นไปทางชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย

คำสำคัญ : การไหลเวียนกระแสน้ำ อ่าวไทย เอ็นโซ

Abstract

The aim of this research is to study circulation patterns in the Gulf of Thailand under different ENSO conditions. The circulation in the gulf was derived from POM (Princeton Ocean Model). Inputs to the model were wind data, sea surface temperature and salinity data. The monthly averages of currents were compared with measured current data from the offshore oceanographic buoys at Rayong and Petchburi station. The model predicted and the measured current were comparable with 50-60% correlation. Thus, the POM model could be used to predict the circulation patterns in the Gulf of Thailand. Wind-driven circulation patterns in the gulf during El Nino years (1997-1998) and La Nina years (1998-1999) were similar to that during the moderate year (2003) except that the current speeds were much stronger during the El Nino and La Nina years. During summer (April), counter-clock wise circulation existed in the gulf. During the South West monsoon (August), water flowed out of the gulf via the western side. Then the currents turned to the eastern side of the gulf, the counter-clock wise eddy existed at the tip of Ca Mau peninsular. In October, the currents started to switch direction and during the North East monsoon (January), the current meander from the eastern side of the gulf entrance to the western side, then flowed along the gulf's western coast into the gulf.

Keywords: circulation, Gulf of Thailand, ENSO

1. บทนำ

อ่าวไทยเป็นอ่าวกึ่งปิดตั้งอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ของทะเลจีนใต้ อยู่ในพิกัดภูมิศาสตร์ที่ละติจูด 6 ถึง 14 องศาเหนือ และลองจิจูด 99 ถึง 105 องศาตะวันออก พื้นที่ทั้งหมดของอ่าวอยู่ในเขตไหล่ทวีป มีความลึกโดยเฉลี่ยประมาณ 40 เมตร [2] ซึ่งการศึกษารูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากกระแสน้ำเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาถึงการแพร่กระจายของอุณหภูมि ความเค็ม รวมถึงการเคลื่อนที่ของตะกอนอีกด้วย ซึ่งอ่าวไทยเป็นบริเวณพื้นที่ที่กว้างถ้าจะทำให้ทราบถึงรูปแบบกระแสน้ำทั้งพื้นที่แบบต่อเนื่องโดยการตรวจวัดทุกจุดในเวลาเดียวกันซึ่งคงเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

ดังนั้นการสร้างแบบจำลองและการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณลักษณะกระแสน้ำในอ่าวไทยจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการศึกษาถึงปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ส่งผลถึงกระแสน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระแสน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของลมก็จะส่งผลถึงรูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำ จากการศึกษาการไหลเวียนของมวลน้ำเนื่องจากอิทธิพลของลมในอ่าวไทยตอนบนในรูปแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณลักษณะการไหลเวียนของน้ำในสภาวะคงที่ภายใต้สภาวะของน้ำทะเลที่มีความหนาแน่นคงที่ไม่มีมีการไหลเข้าของแม่น้ำจากแม่น้ำสายต่าง ๆ พบว่าทิศทางการไหลของน้ำมีทิศเบนไปทางขวาตามแรงของโคลิโอลิส แต่ในบางจุดมีการ

เบี่ยงเบนของทิศทางกระแสน้ำไปทางซ้ายทั้งนี้ เนื่องจากภูมิประเทศของอ่าวไทย [1] และจากการศึกษาของ [2] ได้ทำการศึกษาลักษณะกระแสน้ำในแต่ละฤดูกาลในอ่าวไทยโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์แบบ 2 มิติ โดยใช้ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญได้แก่ ข้อมูลลมเฉลี่ยจาก European Center for Medium Range Weather Forecast (ECMWF) ข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีฮาร์โมนิก และข้อมูลความลึกเฉลี่ยที่ได้จากแผนที่เดินเรือ ผลการคำนวณที่ได้แสดงให้เห็นความสำคัญของลมที่มีต่อลักษณะกระแสน้ำเฉลี่ยในแต่ละฤดูกาล พบว่า มีวงกระแสน้ำขนาดใหญ่มีทิศตามเข็มนาฬิกาบริเวณกลางอ่าวไทยเกิดขึ้นในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งลักษณะเช่นนี้ไม่ปรากฏในฤดูกาลอื่น แต่ในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมจากตะวันตกเฉียงใต้เป็นมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบว่ารูปแบบกระแสน้ำมีความซับซ้อนมาก และต่อมาได้มีการศึกษาถึงกระแสน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนที่เกิดจากอิทธิพลของลม พบว่ากระแสน้ำมีทิศทางการไหลแบบทวนเข็มนาฬิกาในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อขนาดของลมในทิศทางตะวันออกหรือลมทางทิศใต้มีความแรงกว่าลมทางตะวันตกหรือลมทางเหนือ ตามลำดับ [4] ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาจะเป็นการศึกษารูปแบบการไหลเวียนของมวลน้ำในอ่าวไทยโดยเน้นถึงอิทธิพลของลมมรสุมเป็นหลัก การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงรูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำโดยใช้แบบจำลองของ Princeton Ocean Model (POM) เพื่อที่อธิบายรูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำในช่วงปีภาวะเอลนีโญ ลานินญา และปีภาวะปกติ ว่ามีรูปแบบการไหลเวียนอย่างไร

2. อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

2.1 ข้อมูลลมทุก 6 ชั่วโมงจากแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์อากาศของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา (NAVY Global Atmospheric Prediction System; NOGAPS) สามารถหาได้จาก [7] ซึ่งเป็นความเร็วลมในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออก-ตะวันตก ของทั่วโลก และนำมาเฉพาะในส่วนในพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือบริเวณส่วนของอ่าวไทยทั้งหมด ตลอดช่วงเวลาเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2540 - ธันวาคม พ.ศ. 2546 โดยที่ข้อมูลลมนั้นจะแสดงทุกๆ 1 องศา และทำการ interpolate ลมให้ได้ทิศทางและความเร็วลมทุก 0.1 องศา และนำข้อมูลลมที่ประกอบด้วยทิศทางลมและความเร็วลมจากทฤษฎีสมุทรศาสตร์ที่ระดับ 3.5 เมตร ดังตำแหน่งในรูปที่ 1 โดยทำการคำนวณให้เป็นลมที่ระดับ 10 เมตร ดังสมการที่ 1 [9] ตลอดในช่วงเดือนมกราคม-กรกฎาคม พ.ศ. 2540 และทำการ interpolate ให้ได้ทิศทางลมและความเร็วลมทุก 0.1 องศา

$$U = U_r \left(\frac{Z_x}{Z_r} \right)^\alpha \text{ เมื่อ } \alpha = \frac{1}{7} \quad (1)$$

U คือ ความเร็วลมที่ระดับ 10 เมตร ในหน่วย m/sec

U_r คือ ความเร็วลมที่ระดับ 3.5 เมตร ในหน่วย m/sec

Z_r คือ ความสูงมีค่าเท่ากับ 3.5 เมตร

Z_x คือ ความสูงมีค่าเท่ากับ 10 เมตร

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทดลองที่ขึ้นอยู่กับ

สถานะเสถียรภาพของความกดดันบรรยากาศ

สำหรับภาวะเงื่อนไขเสถียรภาพ (ความสูงน้อย

กว่า 50 เมตร จะมีค่า $\frac{1}{7}$ หรือ 0.143)

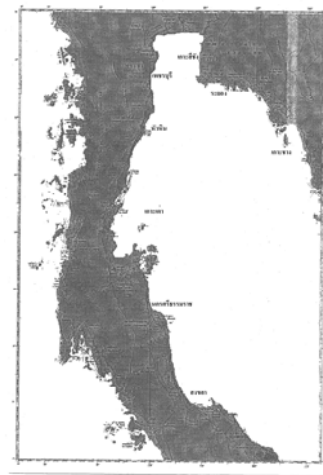
2.2 นำข้อมูลลมพร้อมทั้งข้อมูลอุณหภูมิและความเค็มที่ผิวน้ำทะเลจากทฤษฎีสมุทรศาสตร์ตามตำแหน่งดังรูปที่ 1 โดยที่นำค่าอุณหภูมิและความเค็ม

มาทำการ interpolate ให้ได้ค่าอุณหภูมิและความเค็มที่ระดับผิวน้ำทะเลตลอดทุก 0.1 องศา เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองการไหลเวียนกระแสน้ำ (POM) ทุกๆ 6 ชั่วโมง และทำการประมวลผลเพื่อให้ได้กระแสน้ำทุก 0.1 องศา และทำการเฉลี่ยกระแสน้ำให้เป็นแบบรายเดือนตลอดช่วงปี พ.ศ. 2540-2546 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ครอบคลุมทั้งปรากฏการณ์เอลนีโญ ลานินญา และปีภาวะปกติ

2.3 เนื่องด้วยข้อมูลลมที่ประกอบด้วยทิศทางและความเร็วลม รวมถึงค่าอุณหภูมิและความเค็มที่ผิวน้ำทะเลนั้นเป็นข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งที่ห่างกันมาก และต้องทำการ interpolate ให้ได้ข้อมูลในพื้นที่เล็กขึ้น ซึ่งข้อมูลนำเข้านั้นไม่ได้มาจากข้อมูลจริงทุก 0.1 ดีกรี และทุกช่วงเวลาแบบต่อเนื่อง ดังนั้นกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองกระแสน้ำนั้นได้จากการนำข้อมูลนำเข้า คือ ลม อุณหภูมิ และความเค็มผิวน้ำทะเลซึ่งต่างจากปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีปัจจัยทางธรรมชาติมากกว่านี้และเนื่องจากทุนสำรวจสมุทรศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ทำการตรวจวัดกระแสน้ำในแต่ละตำแหน่งโดยเป็นการตรวจวัดจริงและตรวจวัดแบบต่อเนื่องทุกช่วงเวลา ดังนั้นรูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองกระแสน้ำจะต้องมีบางส่วนที่มีการคลาดเคลื่อนจากการวัดจริง ดังนั้นจึงต้องทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ของความเร็วกระแสน้ำโดยทำการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองกระแสน้ำกับทุนสมุทรศาสตร์ และทิศทางกระแสน้ำโดยใช้โปรแกรมกราฟเฟอร์ โดยที่ทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ของแบบจำลองกระแสน้ำกับทุนสมุทรศาสตร์ในตำแหน่งที่ทุนสมุทรศาสตร์มีข้อมูลครบที่สุดซึ่ง ได้แก่ ตำแหน่งระยอง และตำแหน่งเพชรบุรี โดยตรวจสอบค่าความสัมพันธ์ตลอดทั้งช่วงภาวะเอลนีโญ ลานินญา และภาวะ

ปกติ จากนั้นศึกษารูปแบบกระแสน้ำในช่วงปีภาวะเอลนีโญ, ปีภาวะลานินญา และปีภาวะปกติ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ค่าดัชนี SOI เป็นค่าบ่งชี้ถึงช่วงปีภาวะเอลนีโญ ลานินญา และภาวะปกติ ดังตารางที่ 1 [5] รูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำในปีภาวะเอลนีโญในช่วงเดือนสิงหาคม ตุลาคม พ.ศ. 2540 และมกราคม เมษายน พ.ศ. 2541 สำหรับในปีภาวะลานินญาศึกษากระแสน้ำในเดือนสิงหาคม ตุลาคม พ.ศ. 2541 และเดือนมกราคม เมษายน ปีพ.ศ. 2542 ส่วนในช่วงปีภาวะปกติทำการศึกษากระแสน้ำในเดือนมกราคม เมษายน สิงหาคม และเดือนตุลาคม ในปี พ.ศ. 2546

2.4 คำนวณหาทิศทางกระแสน้ำสุทธิโดยใช้เวกเตอร์องค์ประกอบ U และ V เฉลี่ยเพื่อหาทิศทางเฉลี่ยและความเร็วกระแสน้ำสุทธิที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ตลอด 100 จุดของอ่าวไทยในช่วงปีภาวะเอลนีโญ ลานินญา และปีภาวะปกติ และทดสอบทางสถิติแบบ t-test ของค่าความเร็วกระแสน้ำที่ระดับความเชื่อมั่นระดับ 95%



รูปที่ 1 ตำแหน่งทุนสมุทรศาสตร์ในอ่าวไทย
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ตารางที่ 1 ดัชนีของ SOI (Southern Oscillation Index) ในช่วงปี ค.ศ. 1997 - ค.ศ. 2003

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1997	4.1	13.3	-8.5	-16.2	-22.4	-24.1	-9.5	-19.8	-14.8	-17.8	-15.2	-9.1
1998	-23.5	-19.2	-28.5	-24.4	0.5	9.9	14.6	9.8	11.1	10.9	12.5	13.3
1999	15.6	8.6	8.9	18.5	1.3	1.0	4.8	2.1	-0.4	9.1	13.1	12.8
2000	5.1	12.9	9.4	16.8	3.6	-5.5	-3.7	5.3	9.9	9.7	22.4	7.7
2001	8.9	11.9	6.7	0.3	-9.0	1.8	-3.0	-8.9	1.4	-1.9	7.2	-9.1
2002	2.7	7.7	-5.2	-3.8	-14.5	-6.3	-7.6	-14.6	-7.6	-7.4	-6.0	-10.6
2003	-2.0	-7.4	-6.8	-5.5	-7.4	-12.0	2.9	-1.8	-2.2	-1.9	-3.4	9.8

ที่มา : Commonwealth of Australia (2011)

หมายเหตุ : ค่า SOI มากกว่า +8 เป็นช่วงภาวะลานินญา, ค่า SOI น้อยกว่า -8 เป็นช่วงภาวะเอลนินโญ และค่า SOI อยู่ในช่วงระหว่าง -8 ถึง +8 เป็นช่วงภาวะปกติ

3. แบบจำลองการไหลเวียนกระแสน้ำ (POM)

พื้นฐานของแบบจำลองการไหลเวียนของมวลน้ำคือสมการอนุรักษ์โมเมนตัมและสมการความต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติของอุณหพลศาสตร์และการแบ่งชั้นน้ำของความหนาแน่นที่ประกอบด้วยค่าความเค็มและอุณหภูมิที่จะพิจารณาในรูปแบบของสมการพลังงาน สมการค่าความเค็ม ซึ่งสมการเหล่านี้เป็นการแก้ปัญหาในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนในแนวราบ ซึ่งสมการทั้งหมดสามารถอธิบายได้ ดังนี้

$$x^* = x, y^* = y, \sigma = \frac{z - \eta}{H + \eta}, t^* = t \quad (2)$$

เมื่อ x คือ พิกัดในแนวตะวันออก-ตะวันตก

y คือ พิกัดในทิศทางแนวเหนือ-ใต้

σ คือ พิกัดแนวดิ่งโดยแบ่งคอลัมน์น้ำเป็นชั้น

z คือ ความลึกน้ำจากผิวน้ำ

H คือ ความลึกน้ำ

η คือ ระดับน้ำที่ผิวน้ำที่กระเพื่อมสูง/ต่ำไปจากระดับน้ำนิ่ง

D คือ ความลึกน้ำทั้งหมด ซึ่ง $D = H + \eta$

จากสมการพื้นฐานที่ได้ในสมการที่ (2) นั้นสามารถนำมาเขียนในรูปแบบของสมการต่อเนื่องได้ โดยปกติฟลักซ์สุทธิของมวลน้ำที่ไหลเข้า-ออกของพื้นที่จะต้องมีความสมดุลกันโดยที่มีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ Pugh (1987) อ้างถึงใน [6] ที่สามารถอธิบายได้ในสมการ

$$\frac{\partial DU}{\partial x} + \frac{\partial DV}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

เมื่อ U และ V คือ ความเร็วตามแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ

ω คือ องค์ประกอบความเร็วตามแนวดิ่ง

จากสมการการไหลของมวลน้ำเป็นสมการพื้นฐานของกฎนิวตันข้อที่ 2 ซึ่งแสดงถึงสถานะอัตรา การเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมของวัตถุ คือ มีค่าเท่ากับแรงสุทธิที่กระทำกับวัตถุ ในธรรมชาติการไหลเวียนของมวลน้ำจะมีการปั่นป่วน การเปลี่ยนแปลงในตำแหน่งและเวลา ดังนั้น ปริมาณการ

เฉลี่ยของเวลา และความเร็วเฉือน เป็นการพิจารณาในสมการ ดังนี้

$$\frac{\partial UD}{\partial t} + \frac{\partial U^2 D}{\partial x} + \frac{\partial UVD}{\partial y} + \frac{\partial U\omega}{\partial \sigma} - fVD + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} \quad (4)$$

$$+ \frac{gD^2}{\rho_0} \int_{\sigma}^0 \left[\frac{\partial \rho'}{\partial x} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial x} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'} \right] d\sigma' = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial U}{\partial \sigma} \right] + F_x$$

$$\frac{\partial VD}{\partial t} + \frac{\partial UVD}{\partial x} + \frac{\partial V^2 D}{\partial y} + \frac{\partial V\omega}{\partial \sigma} + fUD + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} \quad (5)$$

$$+ \frac{gD^2}{\rho_0} \int_{\sigma}^0 \left[\frac{\partial \rho'}{\partial y} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial y} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'} \right] d\sigma' = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right] + F_y$$

เมื่อ f คือ พารามิเตอร์ของโคลิโอริส

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
(9.8 m/sec^2)

K_m คือ ความหนืดตามแนวดิ่ง และ ρ คือ ความหนาแน่นโดยที่ A_M , A_H เป็นความหนืดตามแนวราบและสัมพันธ์กับการแพร่กระจาย ตามลำดับ

F_x, F_y คือ พจน์ของความหนืดตามแนวราบ ซึ่งหมายถึงแรงเสียดทานที่ท้องทะเลและแรงเฉือนจากลมที่ผิว

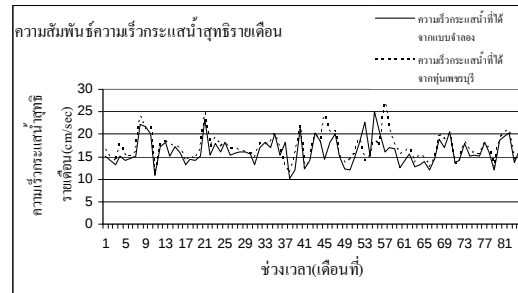
4. ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

4.1 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองกระแสน้ำเทียบกับทฤษฎีสมุทรศาสตร์

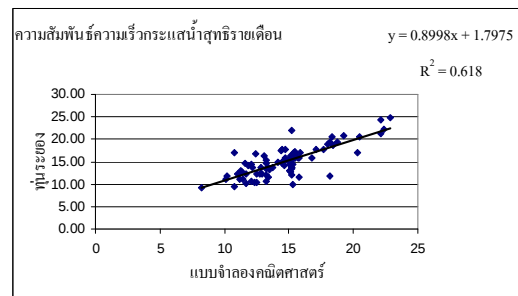
ผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ของแบบจำลองกระแสน้ำเทียบกับทฤษฎีสมุทรศาสตร์ของความเร็วกระแสน้ำในรูปแบบของอนุกรมเวลาพบว่ารูปแบบความเร็วกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองกระแสน้ำและทฤษฎีสมุทรศาสตร์ในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาดใกล้เคียงกัน (ดังรูปที่ 2a และ 2b) และจากการตรวจสอบความสัมพันธ์รูปแบบความเร็วกระแสน้ำจากแบบจำลองกระแสน้ำกับทฤษฎีสมุทรศาสตร์โดยศึกษาในรูปแบบสหสัมพันธ์พบว่าค่าความสัมพันธ์ R^2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.5-0.6 ซึ่งเป็นค่าความสัมพันธ์ที่สูง



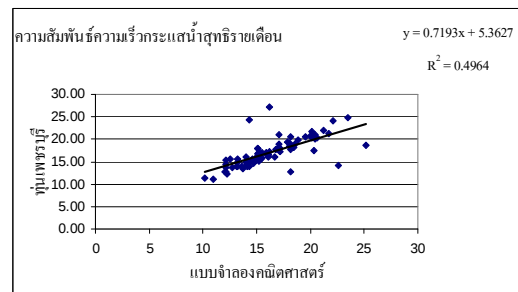
(a)



(b)



(c)

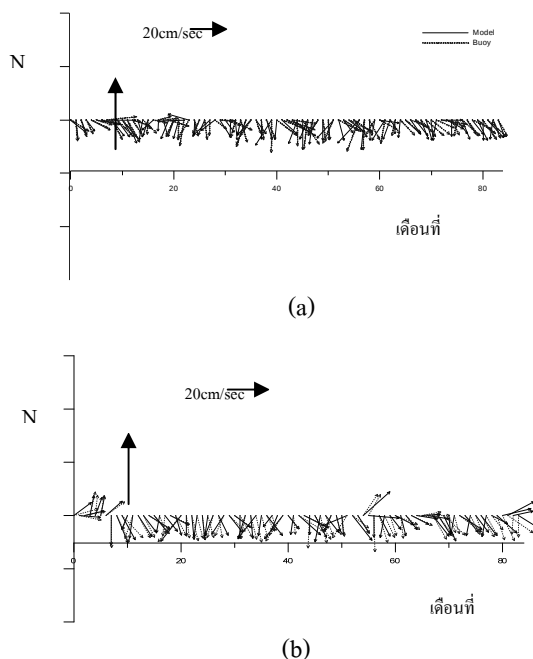


(d)

รูปที่ 2 ตรวจสอบความสัมพันธ์ความเร็วกระแสน้ำสมุทรศาสตร์ระหว่างแบบจำลองคณิตศาสตร์กับทฤษฎีสมุทรศาสตร์

พอสมควร กล่าวคือ แบบจำลองกระแสน้ำที่แสดงถึงความเร็วกระแสน้ำมีความสัมพันธ์มากกว่า 50% ดังรูปที่ 2c และ 2d

จากการตรวจสอบความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสน้ำระหว่างแบบจำลองกระแสน้ำกับหุ่นสมุทรศาสตร์โดยใช้โปรแกรมกราฟเฟอร์จะเห็นได้ว่ากระแสน้ำและขนาดของความเร็วกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองกระแสน้ำกับหุ่นสมุทรศาสตร์มีขนาดใกล้เคียงกันมากและทิศทางไปในทางเดียวกัน ดังรูปที่ 3a และ 3b



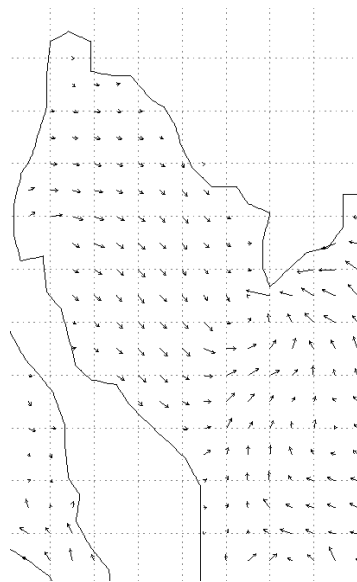
รูปที่ 3 ตรวจสอบความสัมพันธ์ทิศทางกระแสน้ำที่ได้จากโปรแกรมกราฟเฟอร์ (a) สถานีระยอง (b) สถานีเพชรบุรี

จากการตรวจสอบความสัมพันธ์ของแบบจำลองกระแสน้ำในรูปแบบความเร็วกระแสน้ำและทิศทางกระแสน้ำนั้น แบบจำลองกระแสน้ำมี

ความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงพอสมควร ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการศึกษาสามารถใช้แบบจำลองกระแสน้ำอธิบายพฤติกรรมของกระแสน้ำในอ่าวไทยในช่วงปีภาวะเอลนีโญ ลานินญา และปีภาวะปกติได้พอสมควร

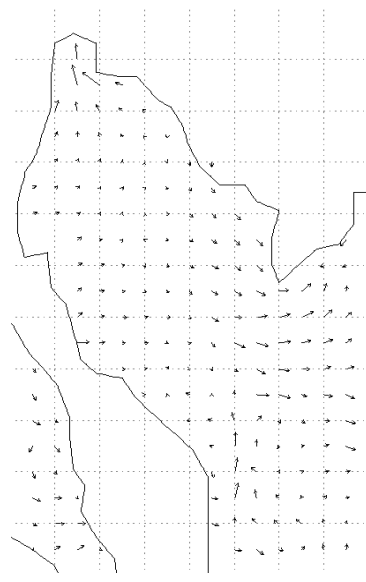
4.2 รูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำในปีภาวะอินโซ

จากการศึกษารูปแบบกระแสน้ำในช่วงภาวะเอลนีโญ ในปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2541 ดังรูปที่ 4 และลานินญา ในปี พ.ศ. 2541 - พ.ศ. 2542 ดังรูปที่ 5 การไหลเวียนกระแสน้ำในช่วงปีภาวะเอลนีโญ และภาวะลานินญา พบว่ารูปแบบกระแสน้ำในช่วงเดือนสิงหาคมกระแสน้ำไหลออกทางด้านฝั่งตะวันตกของอ่าวและบริเวณอ่าวไทยตอนบนจะมีรูปแบบกระแสน้ำที่ไหลออกจากอ่าวและมีทิศทางไหลออกไปทางฝั่งตะวันออก-ตะวันออกเฉียงใต้ของอ่าวไทย เนื่องจากอิทธิพลของลมดันน้ำในอ่าวไทยให้ไหลไปในทิศตะวันออก-ตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นไปตามหลักของ Ekman transport [1] และในบริเวณที่ปลายแหลมคาเมาพบว่ามีกระแสน้ำววน (eddy) แบบทวนเข็มนาฬิกา และกระแสน้ำมีความแรงค่อนข้างมาก ส่วนในช่วงเดือนตุลาคมพบว่ากระแสน้ำเริ่มกลับทิศทางโดยไหลออกจากอ่าวไทยทางปลายแหลมคาเมาและกระแสน้ำไหลเข้าอ่าวไทยในรูปแบบที่ไม่ชัดเจนโดยมีน้ำเข้าไปสะสมในอ่าวไทยตอนบน สำหรับเดือนมกราคมพบว่าบริเวณปากอ่าวไทยมีน้ำไหลเลี้ยวเบนจากฝั่งตะวันออกไปทางทิศตะวันตก และทางฝั่งตะวันตกมีกระแสน้ำไหลเลี้ยวขึ้นไปทางเหนือ และบริเวณอ่าวไทยตอนบนมีน้ำไหลออกจากอ่าว สำหรับในเดือนเมษายนนั้นบริเวณอ่าวไทยได้รับอิทธิพลของลมตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งทิศทางลมอยู่ในแนวเดียวกับการวางตัวของอ่าวไทย [8] ทำให้กระแสน้ำไหลเป็นวงแบบตามเข็มนาฬิกา



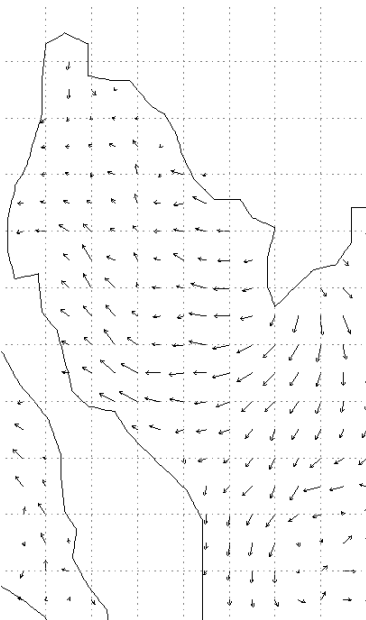
9 cm/sec ➔

สิงหาคม พ.ศ. 2540



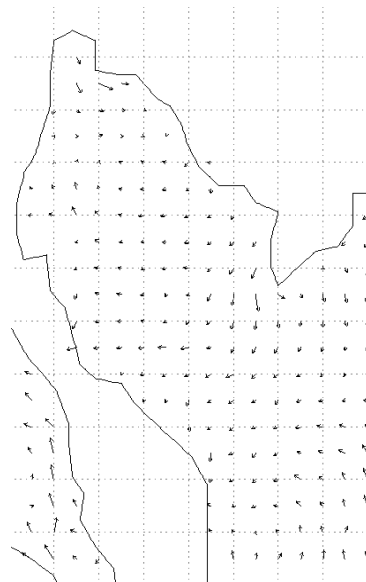
8 cm/sec ➔

ตุลาคม พ.ศ. 2540



6 cm/sec ➔

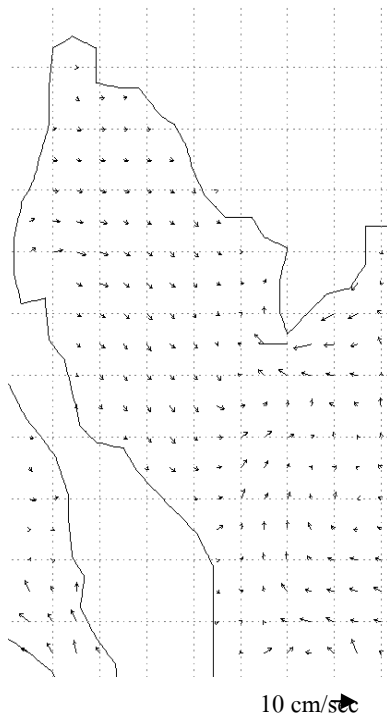
มกราคม พ.ศ. 2541



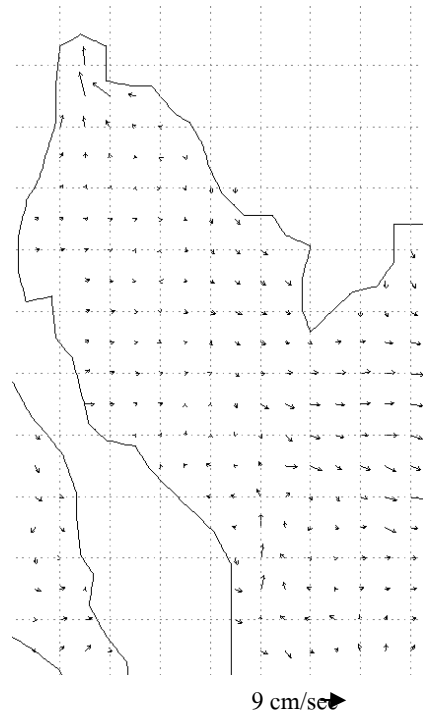
8 cm/sec ➔

เมษายน พ.ศ. 2541

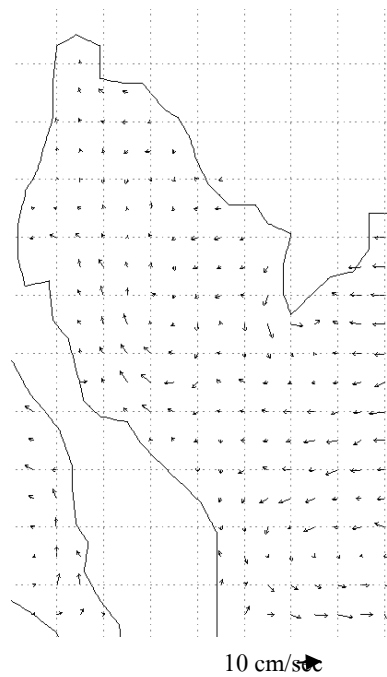
รูปที่ 4 การไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยปีภาวะเอลนีโญ



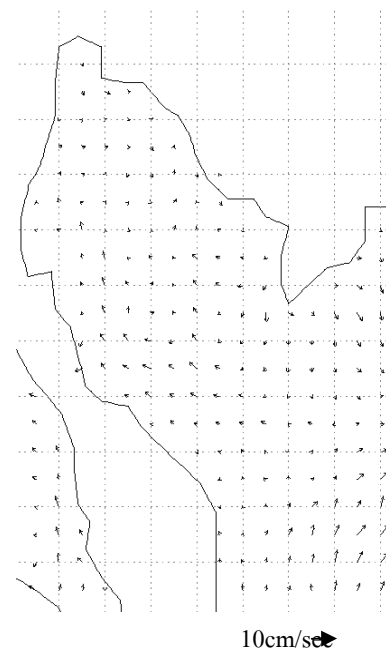
สิงหาคม พ.ศ. 2541



ตุลาคม พ.ศ. 2541

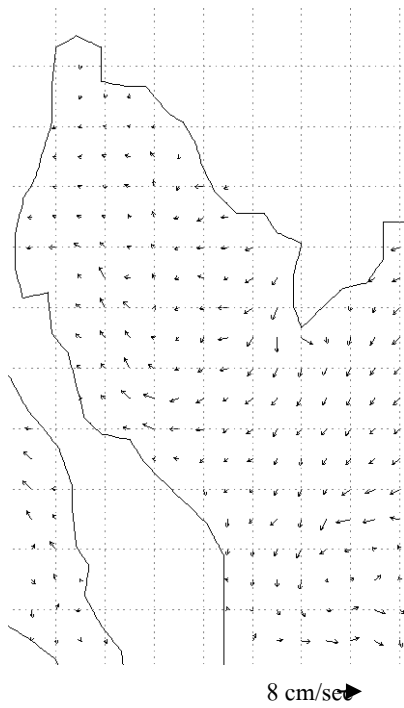


มกราคม พ.ศ. 2542

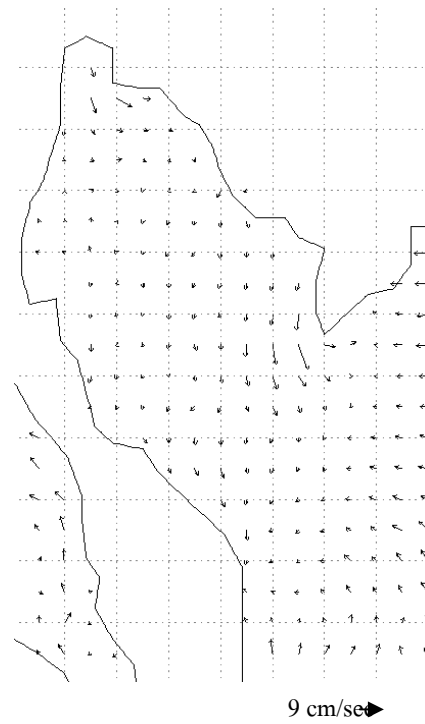


เมษายน พ.ศ. 2542

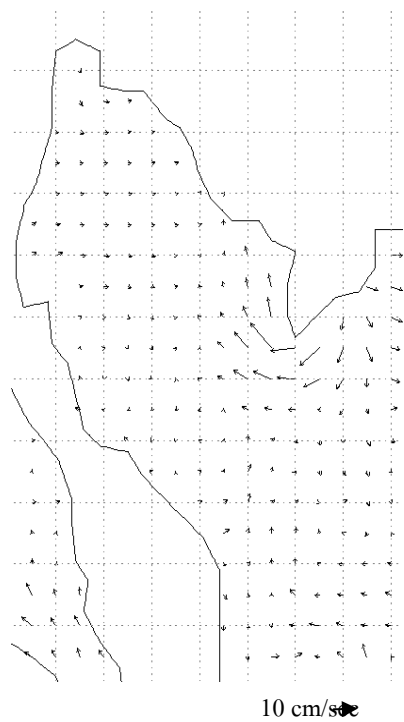
รูปที่ 5 การไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยปีภาวะลานินญา



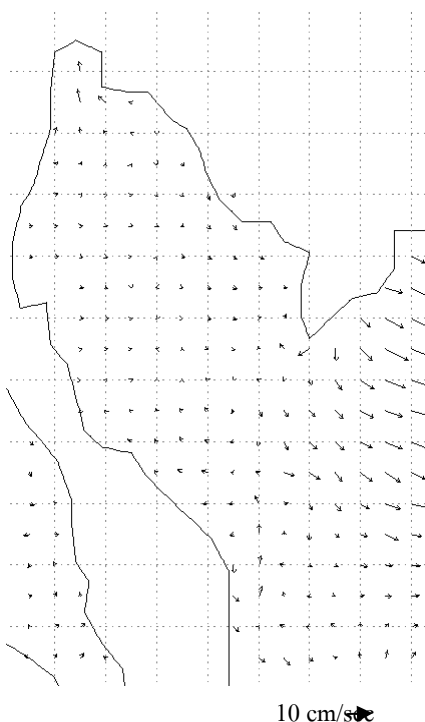
มกราคม พ.ศ. 2546



เมษายน พ.ศ. 2546



สิงหาคม พ.ศ. 2546



ตุลาคม พ.ศ. 2546

รูปที่ 6 การไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยปีภาวะปกติ

สำหรับในภาวะปกติ ในปี พ.ศ. 2546 ดังรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่ากระแสน้ำในเดือนสิงหาคมไหลเข้าอ่าวไทยทางปลายแหลมคามาและแตกต่างกับกระแสน้ำในเดือนสิงหาคมในช่วงภาวะเอลนีโญและลานีญา คือไม่พบการหมุนวนของกระแสน้ำ สำหรับเดือนตุลาคมพบว่ากระแสน้ำจะมีความคล้ายคลึงกับในช่วงปีภาวะเอลนีโญและลานีญา กล่าวคือ กระแสน้ำเริ่มกลับทิศทางโดยไหลออกอ่าวไทยทางปลายแหลมคามาและกระแสน้ำไหลเข้าอ่าวไทยในรูปแบบที่ไม่ชัดเจนโดยมีน้ำเข้าไปสะสมในอ่าวไทยตอนบน ส่วนเดือนมกราคมพบว่ากระแสน้ำมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกันกับในช่วงปีภาวะเอลนีโญและลานีญาโดยที่กระแสน้ำนั้นได้ไหลเลี้ยวเบนจากฝั่งตะวันออกไปในทิศทางตะวันตก และทางฝั่งตะวันตกมีกระแสน้ำไหลเลี้ยวขึ้นไปทางเหนือ และบริเวณอ่าวไทยตอนบนมีน้ำไหลออกจากอ่าวแต่ไม่แรงเท่ากับในช่วงปีภาวะเอลนีโญและปีภาวะลานีญา และสำหรับกระแสน้ำในเดือนเมษายนในปีภาวะปกติจะเห็นได้ว่ากระแสน้ำจะไม่เกิดการไหลเป็นวงตามเข็มนาฬิกาเหมือนกับในช่วงเดือนเมษายนของปีภาวะเอลนีโญและปีภาวะลานีญา สำหรับความแรงกระแสน้ำจะมีลักษณะเบากว่าในช่วงภาวะเอลนีโญและภาวะลานีญาที่อยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน และเมื่อสังเกตค่าทิศทางกระแสน้ำและความเร็วกระแสน้ำสุทธิของอ่าวไทย ดังตารางที่ 2 จะพบว่าโดยรวมแล้วทิศทางกระแสน้ำสุทธิของแต่ละช่วงจะมีค่าใกล้เคียงกันแต่ค่าความเร็วกระแสน้ำสุทธิในช่วงเอลนีโญจะสูงกว่าในช่วงภาวะลานีญาและปีภาวะปกติ และสังเกตเห็นว่าทั้งช่วงภาวะเอลนีโญและภาวะลานีญาความเร็วกระแสน้ำสุทธิมีค่ามากกว่าช่วงปีภาวะปกติแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงปีภาวะเอลนีโญและปีภาวะลานีญานั้นลมค้าจะมีความแรงมากกว่า

ในช่วงปีภาวะปกติและประกอบกับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านอ่าวไทยจึงส่งผลทำให้กระแสน้ำในช่วงปีภาวะเอลนีโญและภาวะลานีญามีความแรงกว่าในช่วงปีภาวะปกติ อย่างไรก็ตามรูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำในช่วงปีภาวะเอลนีโญและปีภาวะลานีญารวมถึงปีภาวะปกติในช่วงเวลาฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และช่วงเวลาฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือก็จะมีรูปแบบการไหลเวียนที่คล้ายคลึงกันในช่วงฤดูมรสุมเดียวกัน ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัย [1] ที่ได้ทำการศึกษากการไหลเวียนของน้ำเนื่องจากอิทธิพลของลมในอ่าวไทยตอนบนในรูปแบบของแบบจำลองคณิตศาสตร์พบว่าทิศทางการไหลของน้ำมีทิศเบนไปทางขวาตามแรงโคลิโอลิสแต่ในบางจุดมีการเบี่ยงเบนของทิศทางกระแสน้ำในทางซ้ายทั้งนี้เนื่องจากรูปร่างภูมิประเทศของอ่าวไทย และจากการศึกษาวิจัย [4] ได้ศึกษากระแสน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนที่เกิดจากอิทธิพลของลมพบว่ากระแสน้ำมีทิศทางการไหลแบบทวนเข็มนาฬิกาในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อขนาดของลมในทางทิศตะวันออกหรือลมทางทิศใต้มีความแรงกว่าลมทางทิศตะวันตกหรือลมทางทิศเหนือตามลำดับ และมีความสอดคล้องกับงานวิจัย [3] ได้ทำการศึกษาแบบจำลองไฮโดรไดนามิกสองมิติซึ่งได้ถูกนำมาใช้ศึกษาการไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีโดยใช้ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญสำหรับการคำนวณได้แก่ ข้อมูลลม ข้อมูลน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ลักษณะการไหลเวียนของน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรี พบว่าในช่วงฤดูกาลต่างๆ อิทธิพลของลมมรสุมและปริมาณน้ำท่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของลักษณะการ

ไหลเวียนของกระแสในบริเวณที่ศึกษา ลมจากทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศใต้ ทำให้น้ำทะเลจากภายนอกไหลเข้ามาในพื้นที่จากทางด้านใต้และไหลออกจากทิศตะวันตกบริเวณตอนเหนือของพื้นที่ ในทางตรงข้ามกันในช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ กำลังแรงเกิดการไหลเวียนของน้ำเข้ามาในบริเวณตอนเหนือของอ่าวจากทิศตะวันตกและไหลออกจากพื้นที่ทางด้านทิศใต้ น้ำท่าจากแม่น้ำบางปะกงทำให้กระแสน้ำไหลออกสู่ทะเลและมีความแรงในช่วงฤดู

น้ำหลาก (สิงหาคม-ตุลาคม) และจากผลการศึกษาในครั้งนี้มีความคล้ายคลึงกับ [8] ซึ่งได้ทำการศึกษากระแสน้ำตามฤดูกาลในช่วงปี พ.ศ. 2538 - พ.ศ. 2543 ที่มีความซับซ้อนมากกว่าผลการศึกษาในครั้งนี้แต่มีองค์ประกอบหลักที่เหมือนกัน อาทิ รูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำที่อยู่ในช่วงเดือนที่ได้รับอิทธิพลมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น

ตารางที่ 2 ทิศทางกระแสน้ำสุทธิและความเร็วกระแสน้ำสุทธิในอ่าวไทย

เดือน	ทิศทางกระแสน้ำสุทธิ (องศา)	ความเร็วกระแสน้ำสุทธิ (cm/sec)
สิงหาคม พ.ศ. 2540 (เอลนินโญ)	149.19	16.72
ตุลาคม พ.ศ. 2540 (เอลนินโญ)	166.02	15.52
มกราคม พ.ศ. 2541 (เอลนินโญ)	279.21	9.03
เมษายน พ.ศ. 2541 (เอลนินโญ)	198.32	7.09
สิงหาคม พ.ศ. 2541 (ลานินญา)	172.03	14.30
ตุลาคม พ.ศ. 2541 (ลานินญา)	183.25	17.66
มกราคม พ.ศ. 2542 (ลานินญา)	160.56	7.19
เมษายน พ.ศ. 2542 (ลานินญา)	199.95	6.13
มกราคม พ.ศ. 2546 (ปกติ)	227.75	6.10
เมษายน พ.ศ. 2546 (ปกติ)	193.89	8.72
สิงหาคม พ.ศ. 2546 (ปกติ)	152.50	6.63
ตุลาคม พ.ศ. 2546 (ปกติ)	117.90	8.24

ตารางที่ 3 ค่าทางสถิติ t-test ของค่าความเร็วกระแสน้ำสุทธิที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระหว่างปีภาวะเอลนินโญ กับปีภาวะปกติและปีภาวะลานินญากับปีภาวะปกติ

ค่าทดสอบทางสถิติ t-test ของความเร็วกระแสน้ำสุทธิที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	
ความเร็วกระแสน้ำปีภาวะเอลนินโญ - ปีภาวะปกติ	ความเร็วกระแสน้ำปีภาวะลานินญา - ปีภาวะปกติ
t-test 1.820	t-test 1.387
SD 5.12855	SD 5.61841
Sig. (2-tailed) 0.166 (ns)	Sig. (2-tailed) 0.259 (ns)

หมายเหตุ : ns คือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5. สรุปผลการศึกษา

การตรวจสอบความสัมพันธ์ของแบบจำลองกระแสน้ำนั้นมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง ดังนั้นแบบจำลองกระแสน้ำนี้สามารถนำไปใช้อธิบายถึงรูปแบบการไหลเวียนของมวลน้ำในอ่าวไทยได้พอสมควร รูปแบบกระแสน้ำในช่วงภาวะเอลนีโญ (พ.ศ. 2540-2541) และลานีญา (พ.ศ. 2541-2542) รูปแบบกระแสน้ำในเดือนสิงหาคมน้ำไหลออกจากอ่าวไทยทางฝั่งตะวันตกแล้วเลี้ยวเบนไปทางแหลมคาเมา มีน้ำหมุนวนแบบทวนเข็มนาฬิกาที่ปลายแหลมคาเมา ส่วนในเดือนตุลาคมกระแสน้ำเริ่มกลับทิศทางโดยมีความเร็วกระแสน้ำลดลง และกระแสน้ำในเดือนมกราคมกระแสน้ำมีรูปแบบไหลเลี้ยวเบนจากอ่าวไทยฝั่งตะวันออกไปทิศทางฝั่งตะวันตกและไหลเลี้ยวไปทางเหนือของอ่าว สำหรับกระแสน้ำในเดือนเมษายนมีรูปแบบไหลเป็นวงทวนเข็มนาฬิกาในอ่าวไทยแต่ความเร็วกระแสน้ำไม่มาก แต่สำหรับในปีภาวะปกติ (พ.ศ. 2545-2546) กระแสน้ำจะมีการไหลเวียนคล้ายคลึงกันกับในปีภาวะเอลนีโญและปีภาวะลานีญา ยกเว้นกระแสน้ำในเดือนเมษายนในปีภาวะปกติจะไม่มีลักษณะการไหลวงวนในทิศตามเข็มนาฬิกาเหมือนกับกระแสน้ำในเดือนเมษายนในช่วงปีภาวะเอลนีโญและปีภาวะลานีญา และที่สำคัญกระแสน้ำในปีภาวะปกติจะไหลเบากว่าในปีภาวะ เอลนีโญและปีภาวะลานีญาแบบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ ด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลลม อุณหภูมิ และความเค็มจากทุ่นสมุทรศาสตร์ในอ่าวไทย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ปราโมทย์ โสจิสูตร, 2527, แบบจำลองคอมพิวเตอร์ของการไหลเวียนของน้ำเนื่องจากลมในอ่าวไทยตอนบน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- [2] อนุกุล บุณยประทีปรัตน์ และมหรณพ บรรพพงศ์, 2541, การศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของกระแสน้ำในอ่าวไทยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 2 มิติ, ว.วาริชศาสตร์ 4 (1-2): 27-39.
- [3] อนุกุล บุณยประทีปรัตน์, 2552, การไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีจากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองไฮโดรไดนามิก, ว.วิทยาศาสตร์บูรพา 14 (2): 50-60.
- [4] Buranapratheprat, A., Yanagi, T., Sojisuporn, P. and Booncherm, C., 2006, Influence of Local Wind Field on Seasonal Circulation in the Upper Gulf of Thailand, Coastal Marine Science 30 (1): 19-26.
- [5] Commonwealth of Australia 2011, Bureau of Meteorology (ABN 92 637 533 532 S.O.I. (Southern Oscillation Index) Archives 1876 to present, Available Source: <http://www.bom.gov.au/climate/current/soihtm1.shtml>, April 18, 2011.
- [6] Mellor, G.L., User Guide for a Three-dimensional, 1984, Primitive Equation Numerical Ocean Model, Princeton University, New Jersey, pp. 1-25.

- [7] NOGAPS, Available Source: <ftp://US.godae2USgodae.org/pub/outgoing/fnmdc/models/nogaps/2003>, August 10, 2008.
- [8] 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.
- [9] Wikimedia Foundation, Inc., Wind profile power law 2010, Available Source: http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_profile_power_law, December 22, 2010.