การไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรี จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองไฮโดรไดนามิค

Circulation in the Bang Pakong River Mouth and Chonburi Coastal Area Investigated Using a Hydrodynamic Model

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์*

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Anukul Buranapratheprat*

Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

บทคัดย่อ

แบบจำลองไฮโดรไดนามิคสองมิติ ได้ถูกนำมาใช้ศึกษาการไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรี โดยใช้ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญสำหรับการคำนวณ ได้แก่ ข้อมูลลม ข้อมูลน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน และข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีวิเคราะห์ฮาร์โมนิค ค่ากระแสน้ำเฉลี่ยรายเดือนได้ถูกนำมาวิเคราะห์ลักษณะการไหลเวียนของน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีในช่วงฤดูกาลต่างๆ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของลมมรสุมและปริมาณน้ำท่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำในบริเวณที่ศึกษา ลมจากทางทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศใต้ทำให้น้ำทะเลจากภายนอกไหลเข้ามาในพื้นที่จากทางด้านใต้และไหลออกทางทิศตะวันตกบริเวณตอนเหนือของพื้นที่ ในทางกลับกันในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรง เกิดการไหลเวียนของน้ำเข้ามาในบริเวณตอนเหนือของอ่าวจากทิศตะวันตก และไหลออกจากพื้นที่ทางด้านทิศใต้ น้ำท่าจากแม่น้ำบางปะกงทำให้กระแสน้ำไหลออกสู่ทะเลมีกำลังแรงในช่วงฤดูน้ำมาก (สิงหาคม ถึง ตุลาคม) ส่วนในช่วงเวลาอื่นไม่แสดงอิทธิพลเด่นชัด ลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำจากการศึกษานี้อาจนำไปเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของคุณภาพน้ำทะเลในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีได้

คำสำคัญ : การไหลเวียนกระแสน้ำ เอสทูรี แม่น้ำบางปะกง ชลบุรี แบบจำลองไฮโดรไดนามิค

Abstract

A two-dimensional hydrodynamic model was employed to investigate circulation in the Bang Pakong River mouth and Chonburi coastal area. Mean wind and river discharge, and computed sea surface elevation from harmonic analysis were used as major inputs in model simulation. Monthly mean currents were used to investigate circulation patterns in the study area. The results illustrated seasonal variations in circulation, controlled by the monsoonal wind systems and river discharge. Winds flowing from the north, the east and the south induce northward inflow in the southern part and westward outflow in the northern part of the study area. In contrast, strong southwest monsoonal wind generates eastward inflow in the northern part and southward outflow in the southern part of the study area. Discharge from the Bang Pakong River generates strong seaward flow during its highest peak from August to October. Its influence is not prominent, compared to wind forcing, in other seasons. Seasonal variations in circulation patterns, derived from this study, may be used to explain seasonal variations in water qualities in the Bang Pakong River mouth and Chonburi coastal area.

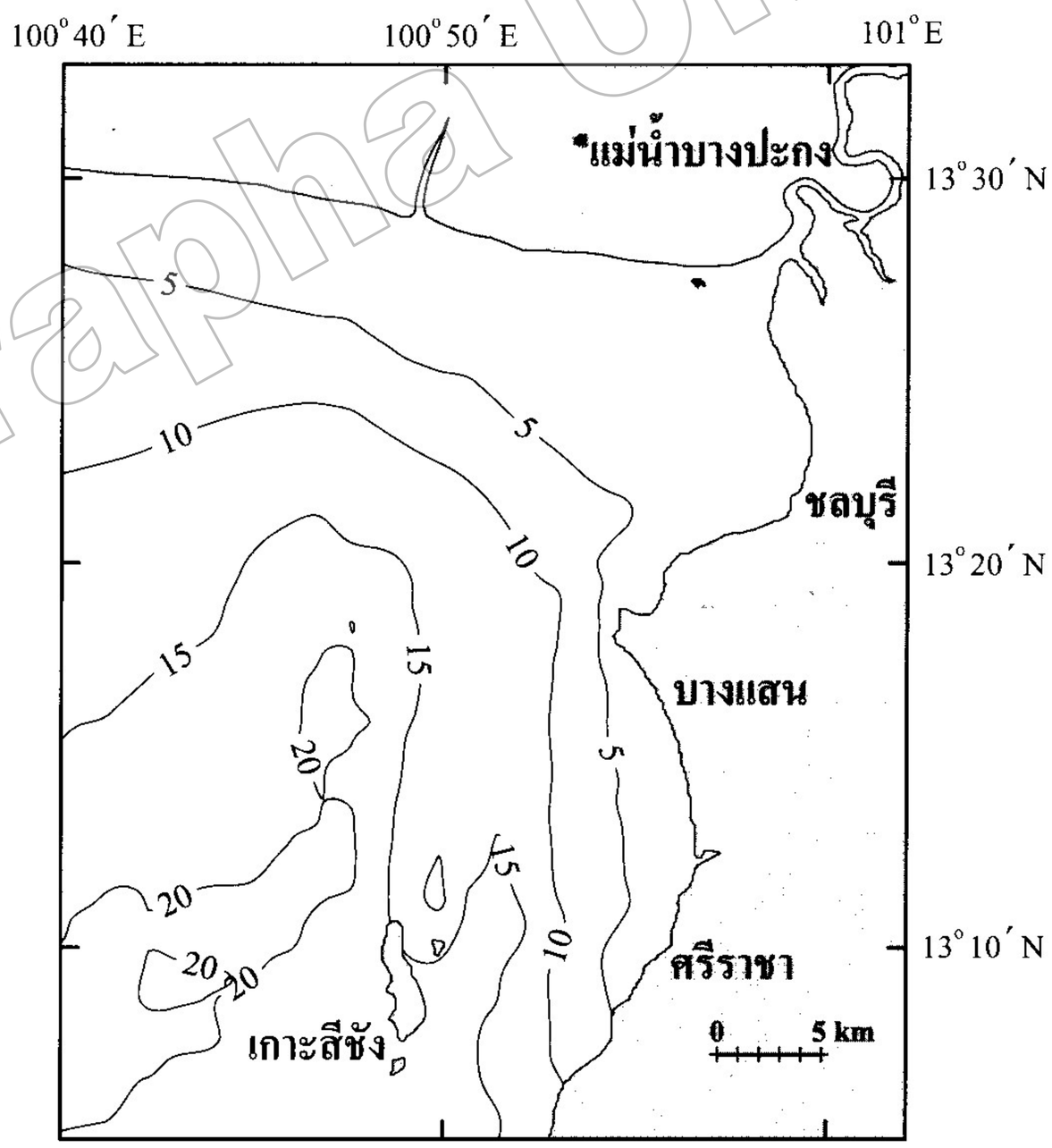
Keywords : circulation, estuary, Bang Pakong River, Chonburi, hydrodynamics model

*E-mail : anukul@buu.ac.th

บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่า ทะเลบริเวณชายฝั่งโดยเฉพาะบริเวณที่เป็นเอสทูรี่นั้น มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อมทางทะเล กล่าวคือเป็นแหล่งผสมพันธุ์ วางไข่และอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน เป็นที่หลบซ่อนศัตรูของสัตว์น้ำ และที่สำคัญคือเป็นบริเวณที่มีผลผลิตขั้นต้นสูงมาก (Burford *et al.*, 2008; Humborg, 1997) จึงถือได้ว่าเอสทูรี่เป็นแหล่งผลิตอาหารที่สำคัญแหล่งหนึ่งของทะเล นอกจากเรื่องความอุดมสมบูรณ์แล้ว เอสทูรี่ยังมีความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อมในแง่ของการเป็นที่รองรับสิ่งปนเปื้อนในน้ำที่มาจากแผ่นดินก่อนที่จะลงสู่ทะเล ในกรณีเกี่ยวกับมลภาวะนี้ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เพราะถ้าหากของเสียเกิดการสะสมตัวอยู่ในบริเวณเอสทูรี่ในปริมาณมากแล้ว ก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศวิทยาทางทะเลขึ้นตามมา

บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรี (ภาพที่ 1) เป็นเอสทูรี่ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมทางทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนด้านตะวันออก ซึ่งจากการพัฒนาและเติบโตของชุมชนเมือง รวมทั้งกิจกรรมทางด้านการกสิกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอุตสาหกรรม ได้ส่งผลให้แม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีถลายเป็นแหล่งรองรับของเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมเหล่านี้ จึงเป็นบริเวณที่ได้รับความสนใจด้านผลกระทบของสิ่งแวดล้อมทางทะเลที่เกิดขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ดี การศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นไปในแนวทางของการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางเคมีและชีววิทยา (ฉลวย มุสิกะ และคณะ, 2550) สำหรับงานทางด้านสมุทรศาสตร์ฟิสิกส์นั้นแม้ในอดีตที่ผ่านมาจะมีการศึกษาทางด้านนี้ในบริเวณอ่าวไทยตอนบน เช่น NEDECO (1965), Neelasri (1981) และ Sojisuporn (1994) หรือบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา เช่น พิชาญ สว่างวงศ์ และคณะ (1998) การศึกษาทางด้านพลวัตรของน้ำในพื้นที่บริเวณนี้ยังไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้ประกอบการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมทางทะเลต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำในพื้นที่ ซึ่งมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น การแพร่กระจาย หรือการสะสมตัวของสารมลพิษ กระบวนการพัดพาอาหาร ออกซิเจน และแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งของเสีย แพลงก์ตอนและสัตว์น้ำวัยอ่อน (สมถวิล จริตควร, 2540) ความสำคัญดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยการไหลเวียนของกระแสน้ำในพื้นที่ปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีในครั้งนี้



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรี เส้นความลึกเท่ามีหน่วยเป็นเมตร

เพื่อให้เข้าใจถึงภาพรวมของการไหลเวียนกระแสน้ำในพื้นที่จะต้องได้มาซึ่งข้อมูลในลักษณะที่ต่อเนื่องและครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ในทางปฏิบัติเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยากหากจะใช้วิธีการตรวจวัดโดยตรงเพราะต้องใช้เวลาและงบประมาณมาก การศึกษาโดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้เทคนิคทางคอมพิวเตอร์ในการคำนวณการไหลเวียนกระแสน้ำ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สำคัญที่ได้รับความสนใจและถูกนำมาใช้ในการศึกษาในลักษณะนี้อย่างกว้างขวาง (Levasseur *et al.*, 2007; Walters, 1992) การศึกษาในครั้งนี้ เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาการไหลเวียนกระแสน้ำในบริเวณอ่าวไทย โดย อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และ มหรรณพ บรรพพงศ์ (2541) ให้สามารถคำนวณค่ากระแสน้ำในพื้นที่ที่เล็กลง เพื่อให้สามารถศึกษาการไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีได้อย่างชัดเจน

แบบจำลองการไหลเวียนกระแสน้ำ

สมการควบคุม (Governing equations) ที่ใช้ศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำในครั้งนี้ เป็นสมการแบบสองมิติที่คำนวณค่ากระแสน้ำเฉลี่ยตลอดความลึก ประกอบด้วยสมการการเคลื่อนที่ (Equations of motion) และ สมการอนุรักษ์มวล (Continuity equation) โดยพิจารณาปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกระแสน้ำในบริเวณที่ศึกษาคือ ลม น้ำขึ้นน้ำลง และแรงเสียดทานที่มาจากพื้นทะเล สมการ (1) และ (2) เป็นสมการการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ ส่วนสมการ (3) คือ สมการอนุรักษ์มวล

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} - 2\Omega \sin\varphi . \vec{v} + gD\frac{\partial \eta}{\partial x} = \vec{T}_{sx} - \vec{T}_{bx} \qquad (1)$$

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} - 2\Omega \sin\varphi . \vec{u} + gD\frac{\partial \eta}{\partial y} = \vec{T}_{sy} - \vec{T}_{by} \qquad (2)$$

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial x} + \frac{\partial \vec{v}}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0 \qquad (3)$$

เมื่อ x และ y คือ ระยะทางในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก และในแนวทิศเหนือ-ใต้ ตามลำดับ; u และ v คือ การขนส่งต่อหนึ่งหน่วยความยาว (Transport per unit width) ในแนวแกน x และ y ตามลำดับ; η คือ ค่าระดับน้ำที่เบี่ยงเบนไปจากค่าความลึกเฉลี่ย ; g คือค่าความเร่งที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.8 m s^{-2}); D คือ ความลึกเฉลี่ย; t คือเวลา; Ω คือความเร็วเชิงมุมการหมุนของโลก (7.29x10^{-5} rad s^{-1}); φ คือ ละติจูด; $\vec{T}_{sx}$ และ $\vec{T}_{sy}$ คือ เทอมของปัจจัยที่มาจากแรงเสียดทานที่ผิวทะเลในแกน x และแกน y ตามลำดับ; $\vec{T}_{bx}$ และ $\vec{T}_{by}$ คือ เทอมของปัจจัยที่มาจากแรงเสียดทานของพื้นทะเลในแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ

ค่า $\vec{T}_s$ และ $\vec{T}_b$ สามารถแสดงในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการ (4) และ (5) ตามลำดับ ดังนี้

$$\vec{T}_s = k_s |\vec{W}| \vec{W} \qquad (4)$$

$$\vec{T}_b = k_b |\vec{V}| \vec{V} \qquad (5)$$

เมื่อ k_s คือ สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานที่เกิดจากลม (1.1 x 10^{-6}); k_b คือ สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานที่เกิดจากพื้นท้องทะเล (2.5 x 10^{-6}); W คือ ความเร็วลมที่ระดับ 10 m เหนือพื้นทะเล; V คือ ความเร็วกระแสน้ำ ค่า k_s และ k_b เป็นค่าที่ปรากฏและใช้ในการศึกษาของ Bunpapong *et al.* (1985)

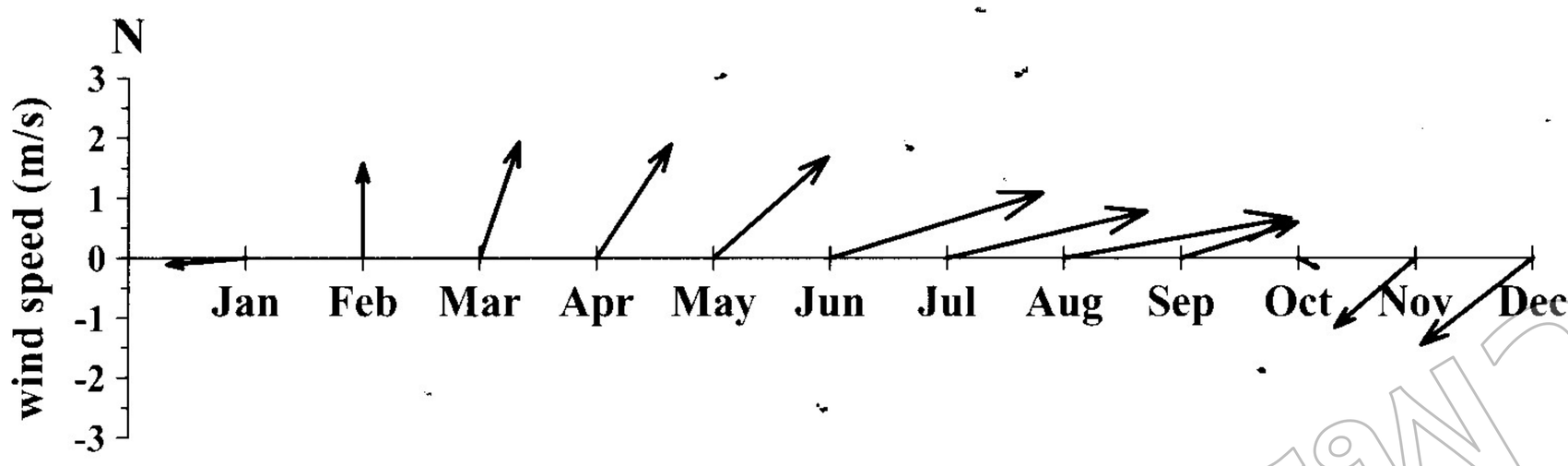
ในการคำนวณค่ากระแสน้ำด้วยคอมพิวเตอร์นั้น สมการควบคุมทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนรูปด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแบบผลต่างสืบเนื่องและใช้เทคนิคการแก้สมการหาคำตอบด้วยวิธีเอดีไอ (ADI: Alternating-Direction Implicit finite different method) เป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดย Lendertse (1967) โดยได้ประยุกต์ใช้ระบบพิกัดทรงกลม (Spherical coordinate) ในเทอมการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่อระยะทาง

การปรับแก้แบบจำลองและการเตรียมข้อมูลสำหรับพื้นที่ศึกษา

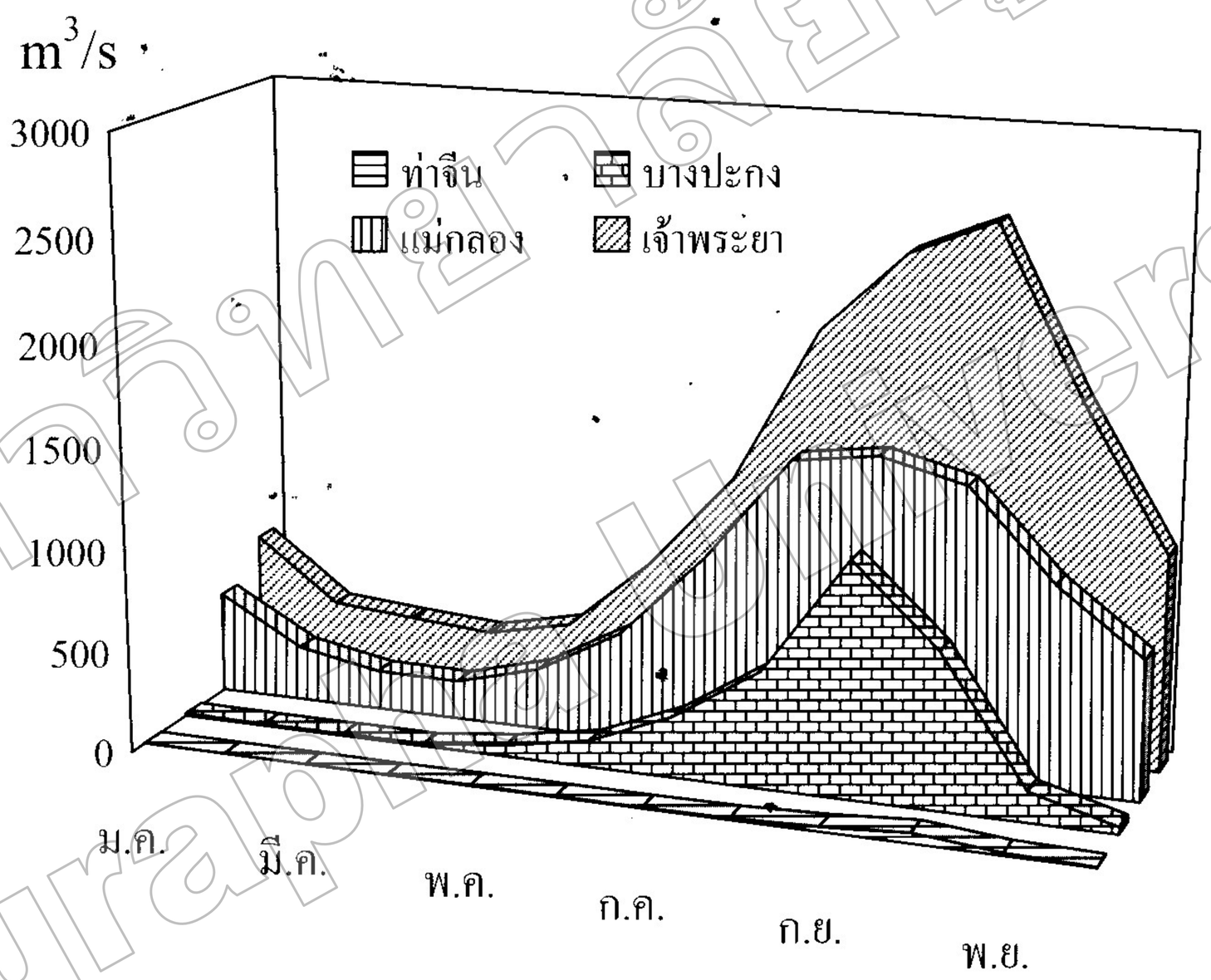
แบบจำลองมีขอบเขตการคำนวณอยู่ในพื้นที่อ่าวไทยตอนบนทั้งหมด โดยทำการกำหนดขนาดช่องกริดการคำนวณให้มีขนาดเล็กมากพอที่จะทำการศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีได้ชัดเจน ซึ่งได้กำหนดให้มีขนาดเท่ากับ 1 x 1 ลิปดา หรือ ประมาณ 1.852 x 1.852 กิโลเมตร ในแนวละติจูดและลองจิจูด ตามลำดับ การกำหนดขอบเขตการคำนวณให้มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาอิทธิพลที่มาจากบริเวณพื้นที่ข้างเคียงที่มีต่อการไหลเวียนในพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นบริเวณที่มีลักษณะเปิดโล่งออกสู่ทะเลอ่าวไทยตอนบน ข้อมูล ETOPO5 (http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/ETOPO5/) ถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลความลึกสำหรับการคำนวณ ข้อมูลลมใช้ค่าเฉลี่ย 8 ปี (ภาพที่ 2) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 ถึงปี พ.ศ. 2530 ของ European Center for Medium Range Weather Forecast (ECMWF) ข้อมูลน้ำท่าของแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เป็นข้อมูลเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัดโดยกรมชลประทาน (ภาพที่ 3) ข้อมูลน้ำท่าแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำเจ้าพระยา ได้จาก Snidvongs (1998) ส่วนข้อมูลน้ำท่าจากแม่น้ำบางปะกง ได้จาก Buranaprattheprat *et al.* (2002) ซึ่งเป็นข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนจากการตรวจวัดในปี 2537 - 2541



ภาพที่ 2 เวคเตอร์กระแสลมรายเดือนเฉลี่ยจากข้อมูล 8 ปี ของ ECMWF ในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง (Buranaprattheprat and Yanagi, 2003)



ภาพที่ 3 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของแม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่บริเวณอ่าวไทยตอนบน

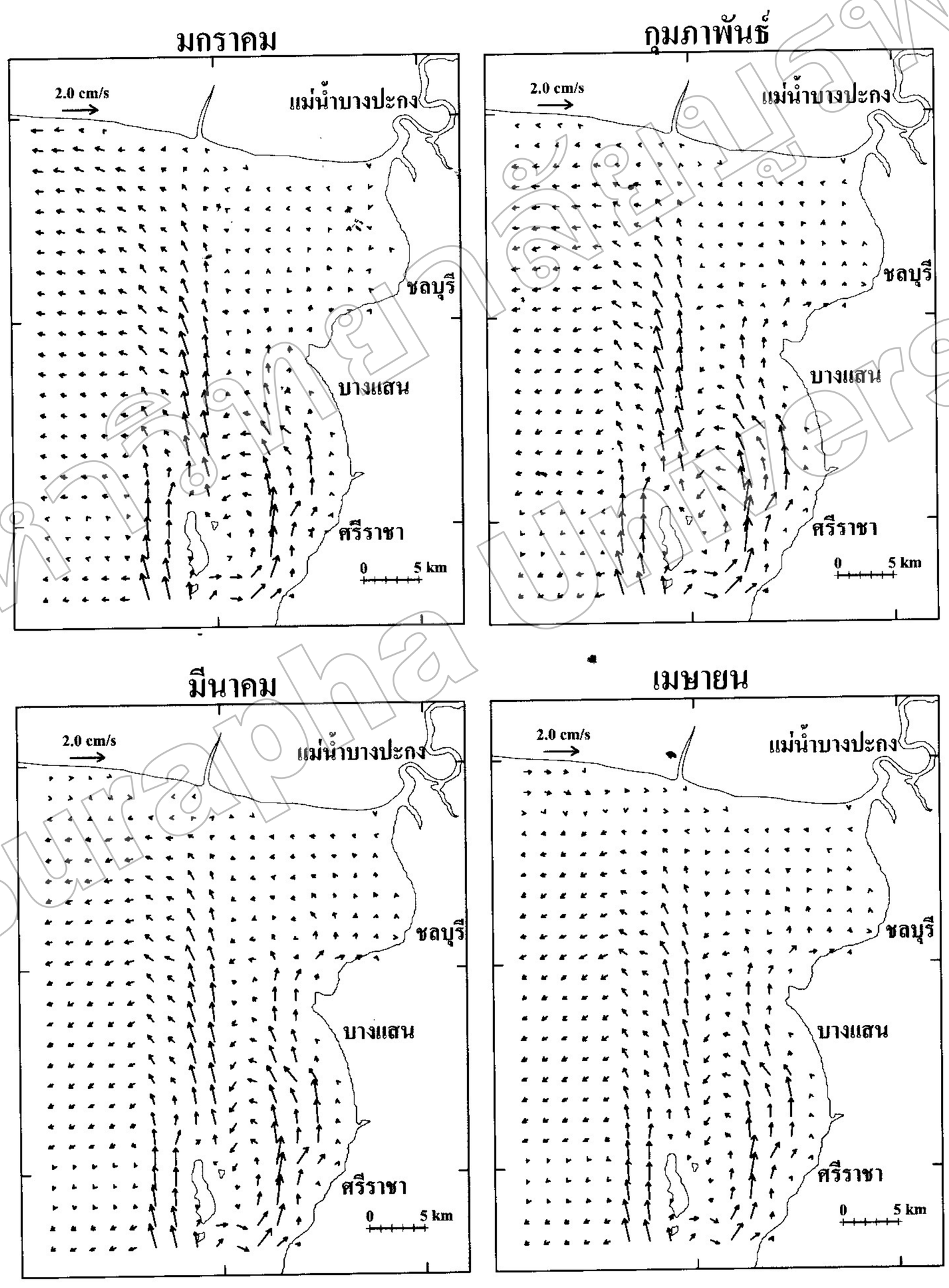
ที่มา : Snidvongs (1998) และ Buranaprattheprat *et al.* (2002)

แบบจำลองถูกกำหนดให้กระแสน้ำและการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลของสภาวะเริ่มต้น (Initial condition) มีค่าเป็นศูนย์หรืออยู่ในสภาวะน้ำนิ่ง ค่าขอบเขตที่บริเวณด้านเปิด (Open boundary) ทางด้านใต้ของอ่าวไทยตอนบน เป็นค่าระดับน้ำที่เบี่ยงเบนจากระดับความลึกเฉลี่ย (Sea surface elevation) ที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีวิเคราะห์ฮาร์โมนิค (Harmonic analysis) ของบริเวณ สัตหีบ และหัวหิน ส่วนค่าระดับน้ำที่อยู่ระหว่างบริเวณทั้งสองได้จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้น ค่าคงที่ฮาร์โมนิค K_1 O_1 M_2 และ S_2 ที่ใช้ในการคำนวณค่าระดับน้ำเป็นค่าที่อยู่ในรายงานของ ภูติ ภูติเกียรติขจร (2541) ขั้นเวลาของการคำนวณ (Time step) เท่ากับ 1.800 วินาที แบบจำลองถูกสั่งให้ดำเนินการคำนวณโดยไม่เก็บค่าผลลัพท์เป็นเวลาสองวัน เนื่องจากเป็นช่วงปรับค่าให้อยู่ในสภาวะเสถียร (Steady state) จากนั้นค่ากระแสน้ำจำนวน 30 วัน จะถูกเก็บค่าเพื่อทำการเฉลี่ยและแสดงเป็นผลลัพท์การไหลเวียนกระแสน้ำเฉลี่ยรายเดือน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

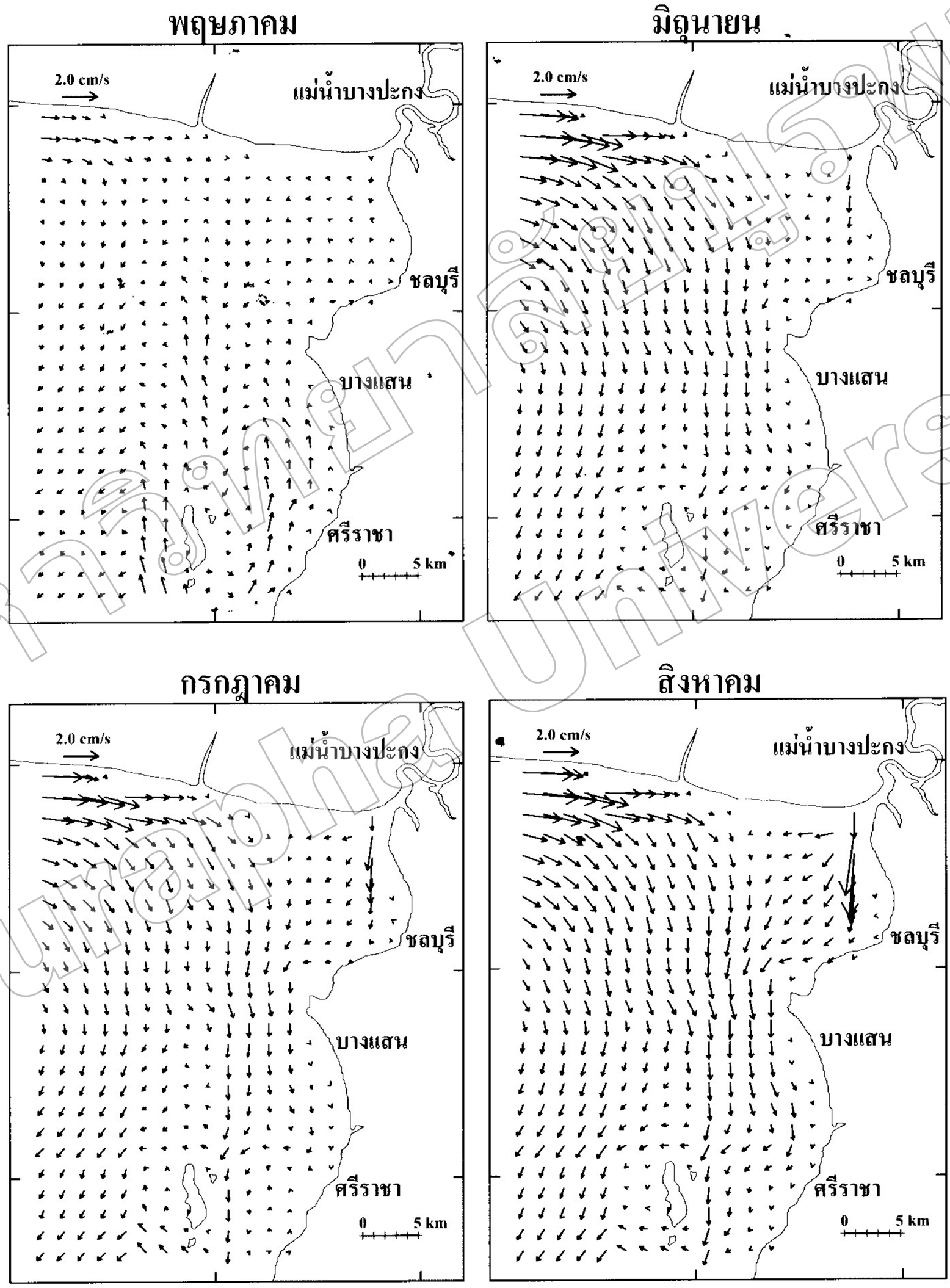
การไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรี

ช่วงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน (ภาพที่ 4 ค) ถึง เดือนมีนาคม (ภาพที่ 4 ก) กระแสน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่มีความเร็วน้อยกว่า 1.0 cm/s เกิดการไหลเวียนกระแสน้ำจากทางตอนใต้ที่บริเวณใกล้กับเกาะสีชังและศรีราชาขึ้นมาสู่ตอนเหนือของพื้นที่ จากนั้นทิศทางการไหลเวียนจึงเบนออกจากพื้นที่ทางทิศตะวันตก กระแสน้ำในส่วนนี้มีขนาด 1.0-2.0 cm/s ซึ่งมีกำลังแรงมากกว่าในบริเวณอื่นๆ สอดคล้องกับลักษณะกระแสลมที่มาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม อย่างไรก็ดีรูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำยังคงเหมือนเดิมแต่มีขนาดความเร็วลดลง เมื่อกระแสลมมีการเปลี่ยนทิศทางไปเป็นทิศตะวันออกและทิศใต้ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สำหรับบริเวณใกล้กับปากแม่น้ำบางปะกง กระแสน้ำมีขนาดความเร็วต่ำมากและมีรูปแบบการไหลเวียนที่ไม่ชัดเจน เนื่องจากปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำบางปะกงอยู่ในระดับต่ำ (< 150 m^2/s) ในช่วงนี้ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 4ก การไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนเมษายน

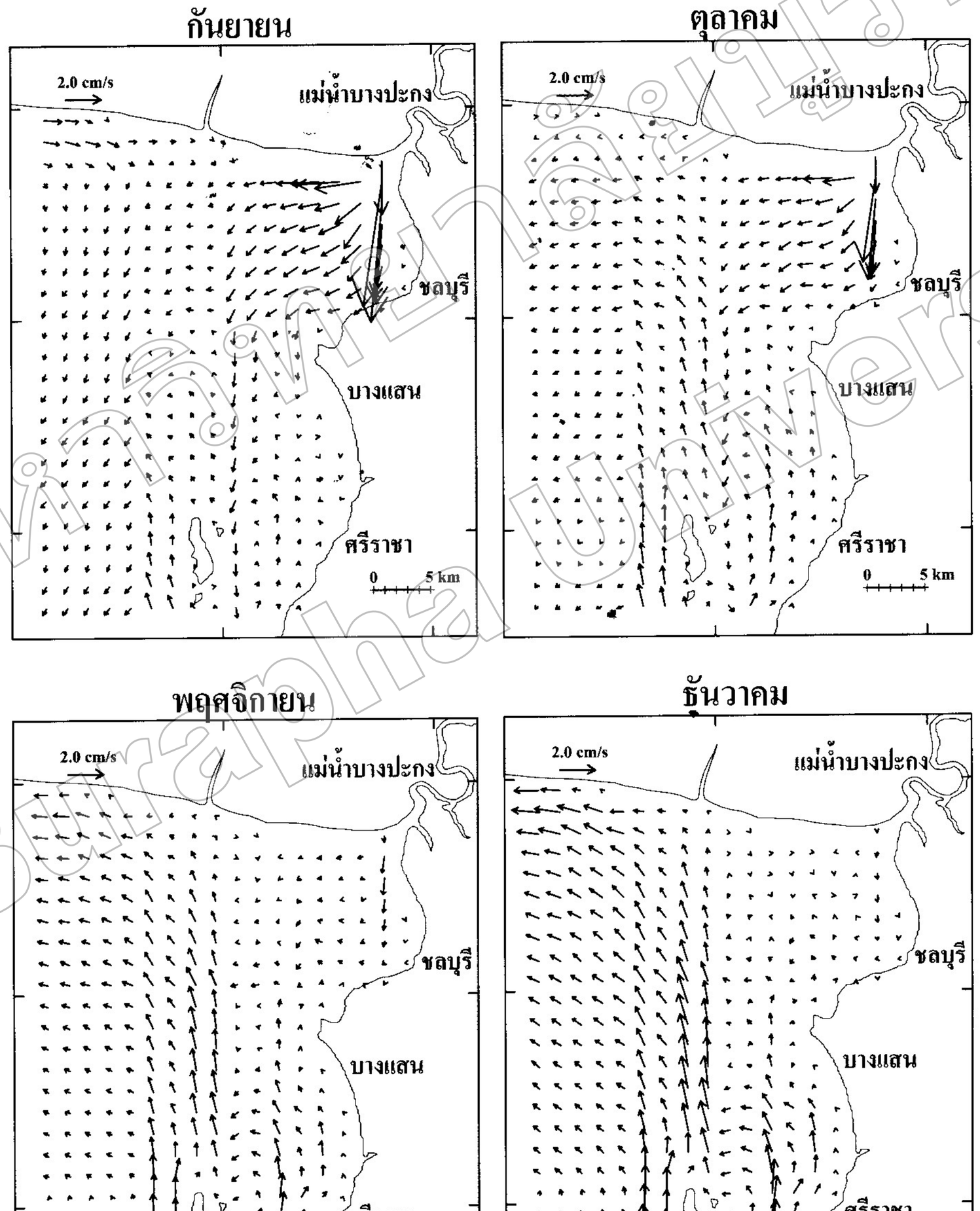
การไหลเวียนกระแสน้ำที่ไหลขึ้นมาจากทิศใต้ที่บริเวณใกล้กับเกาะสีชังยังคงเกิดขึ้นในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม (ภาพที่ 4 ก และ 4 ข) แต่มีขนาดเบาลงไปมาก โดยมีความเร็วน้อยกว่า 1.0 cm/s ช่วงนี้ซึ่งเป็นช่วงที่ลมเปลี่ยนทิศทางจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทางทิศตะวันตกมากขึ้น (ภาพที่ 2) ทำให้กระแสน้ำในพื้นที่เริ่มเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลเวียน สังเกตจากการมีกระแสน้ำที่ไหลเข้ามาในบริเวณด้านเหนือของพื้นที่จากทางทิศตะวันตก กระแสน้ำบริเวณใกล้กับปากแม่น้ำบางปะกงยังคงมีลักษณะของการไหลเวียนที่ไม่ชัดเจนและมีขนาดเบามากว่า 1.0 cm/s เหมือนกับช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนมีนาคมที่ผ่านมา เนื่องจากปริมาณน้ำท่ายังคงมีน้อยในช่วงเวลานี้เช่นเดียวกัน (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 4ข การไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม

ช่วงตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม (ภาพที่ 4 ข) เป็นช่วงที่ลมจากทางทิศตะวันตกมีกำลังแรงซึ่งอยู่ในช่วง 3.0-4.0 m/s (ภาพที่ 2) ทำให้กระแสน้ำที่ไหลเข้ามาในพื้นที่ด้านเหนือจากทางทิศตะวันตกมีกำลังแรงขึ้นในระดับ 2.0-3.0 cm/s โดยรวมแล้วกระแสน้ำในช่วงเวลานี้มีความเร็วมากกว่าในช่วงเวลาอื่นในรอบปีโดยมีทิศทางการไหลจากทางทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ของพื้นที่สำหรับในบริเวณใกล้กับปากแม่น้ำบางปะกง เริ่มมีการไหลเวียนที่มีทิศออกจากปากแม่น้ำโดยมีแนวโน้มของความเร็วที่เพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเดือน (ภาพที่ 3)

ในช่วงเดือนกันยายนและตุลาคม (ภาพที่ 4 ค) เนื่องจากเป็นช่วงเปลี่ยนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ไปเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ภาพที่ 2) จึงทำให้เริ่มมีกระแสน้ำไหลเข้ามาในพื้นที่จากทิศใต้ในบริเวณใกล้กับเกาะสีชัง ในขณะที่กระแสน้ำจากทางตะวันตกที่ไหลเข้าสู่ตอนเหนือของพื้นที่ในช่วงเดือนก่อนหน้านี้ยังคงปรากฏให้เห็นอยู่ กระแสน้ำโดยรวมในพื้นที่มีความเร็วต่ำกว่า 1.0 cm/s ยกเว้นในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงที่กระแสน้ำมีกำลังแรง เนื่องจากเป็นช่วงที่น้ำท่าจากแม่น้ำบางปะกงมีปริมาณสูงที่สุดในรอบปีซึ่งอยู่ในระดับที่มากกว่า 1,000 m^3/s (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 4ค การไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การเปรียบเทียบผลการคำนวณกับค่าจากการตรวจวัด (Model verification)

ได้ทำการเปรียบเทียบค่ากระแสน้ำที่คำนวณได้กับค่ากระแสน้ำที่วัดได้จริงจากการตรวจวัดวัดโดยทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ของคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โดยทุ่นที่ติดตั้งอยู่ในขอบเขตพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ คือทุ่นสีชัง ซึ่งมีพิกัดอยู่ที่ละติจูด 13°16′ 00″ N ลองจิจูด 100°45′ 32″ E ผลการเปรียบเทียบค่ากระแสน้ำของเดือนมกราคม และเดือนมิถุนายน 2547 ซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบค่าการไหลเวียนกระแสน้ำแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องและไม่สอดคล้องของผลการคำนวณและค่าจากการตรวจวัดทั้งขนาดขวามเร็ว (Magnitude) และทิศทาง (Direction) การเปรียบเทียบขนาดความเร็วของกระแสน้ำชั่วขณะ (Instantaneous current) พบว่าทั้งผลจากการตรวจวัดและแบบจำลองมีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน โดยค่าเฉลี่ยของกระแสน้ำที่คำนวณได้โดยแบบจำลองมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัดเล็กน้อยในระดับที่ต่างกันไม่เกิน 5.0 cm/s ในทั้งสองช่วงเวลา (ตารางที่ 1) สำหรับในแง่ทิศทาง กระแสน้ำมีลักษณะการไหลขึ้นและลงตามอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงโดยมีทิศเกือบจะเป็นไปในแนวทิศเหนือ-ใต้ แต่เบนไปในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เล็กน้อย (ภาพที่ 5) ทั้งนี้ผลจากแบบจำลองมีแนวโน้มการเบนของทิศทางมากกว่าผลจากการตรวจวัดประมาณ 5 องศา

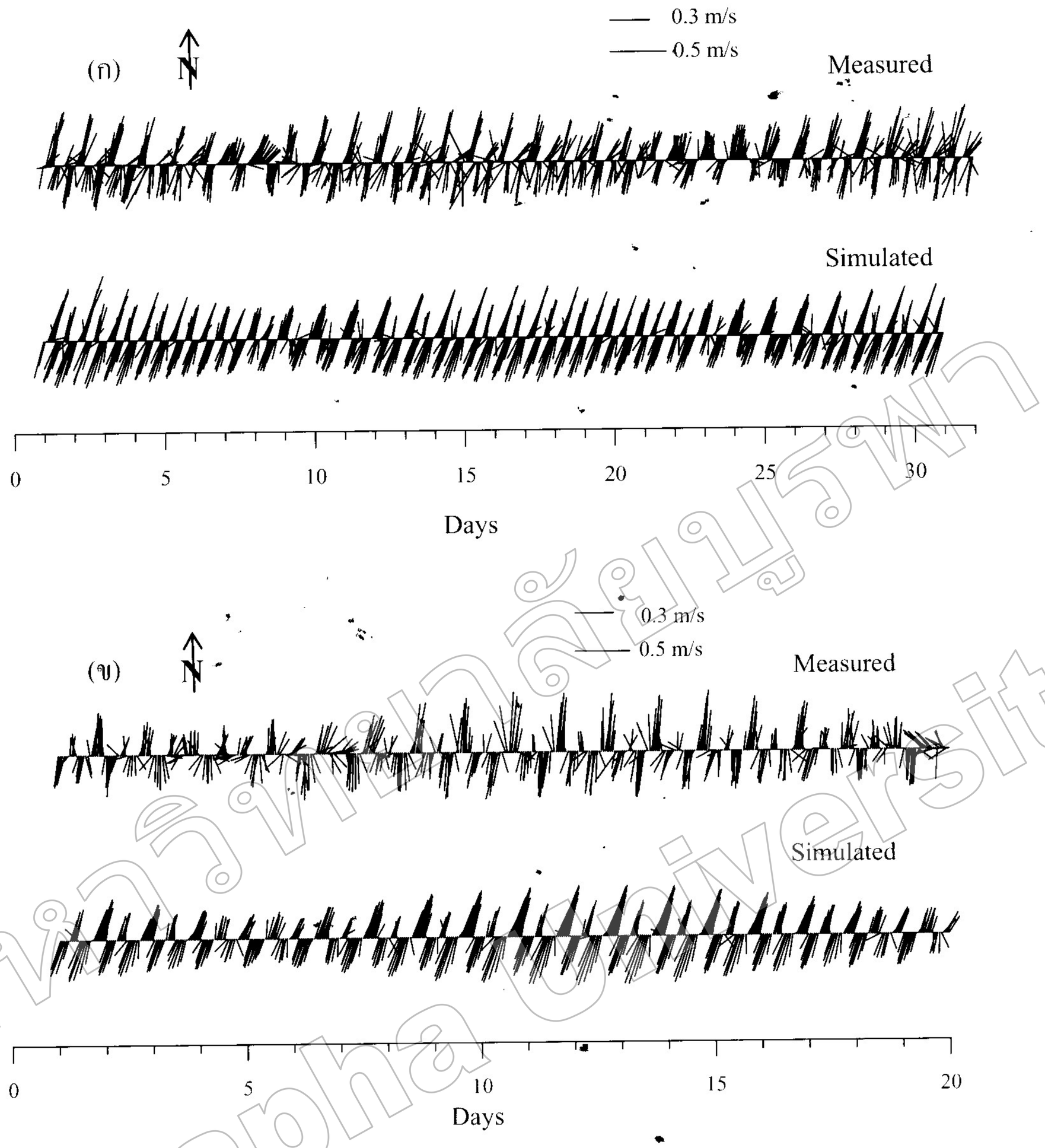
ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบขนาดความเร็วของกระแสน้ำชั่วขณะ (Instantaneous Current) ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดและจากการคำนวณโดยแบบจำลอง ในเดือนมกราคม และมิถุนายน 2537

ขนาดความเร็วของกระแสน้ำ (cm/s)				
เดือน	**ที่มาของข้อมูล**	**เฉลี่ย ± SD**	**ต่ำสุด**	**สูงสุด**
มกราคม 2537	การตรวจวัด	15.48 ± 11.29	0.20	50.70
	แบบจำลอง	19.12 ± 11.54	0.31	65.68
มิถุนายน 2537	การตรวจวัด	14.62 ± 12.37	0.20	56.70
	แบบจำลอง	17.56 ± 11.49	0.40	48.63

วิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาและการเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลจากการตรวจวัด แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงที่มีต่อกระแสน้ำชั่วขณะ (ภาพที่ 5) ในขณะที่หากพิจารณาที่การไหลเวียนซึ่งเป็นลักษณะกระแสน้ำที่เกิดจากการกรองเอาค่ากระแสน้ำชั่วขณะออกไป (Residual current) ทำให้อิทธิพลของลมมรสุมปริมาณน้ำท่า และน้ำขึ้นน้ำลง ต่อการไหลเวียนมีความเด่นชัดมากขึ้น การไหลเวียนที่เหนี่ยวนำโดยน้ำขึ้นน้ำลง (Tide-induced residual current) มีทิศทางจากทิศใต้สู่ทิศเหนือของพื้นที่ คล้ายกับในช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ แต่กระแสน้ำมีขนาดต่ำกว่า (ภาพที่ 6) อาจเกิดจากตัวเกาะสีชังที่เหนี่ยวนำให้กระแสน้ำขึ้นแรงกว่ากระแสน้ำลงเป็นผลให้กระแสน้ำสุทธิมีทิศไปทางเหนือ อย่างไรก็ดีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลเวียนในทุกๆ เดือนตามผลการศึกษา (ภาพที่ 4) แสดงให้เห็นว่าลมและน้ำท่ามีอิทธิพลเหนือกว่าน้ำขึ้นน้ำลง เพราะถ้าหากน้ำขึ้นน้ำลงมีอิทธิพลมากกว่าแล้ว รูปแบบการไหลเวียนจะไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยในแต่ละฤดูกาล

การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ลมมรสุมเหนี่ยวนำให้น้ำทะเลจากภายนอกไหลเข้ามาในพื้นที่ในทิศทางที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปในช่วงที่ลมมีแนวโน้มของทิศทางที่พัดมาจากทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศใต้ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน และเดือนมีนาคม ทำให้น้ำทะเลจากภายนอกไหลเข้ามาในพื้นที่จากทิศใต้ขึ้นมาสู่ทิศเหนือ จากนั้นจึงไหลออกจากพื้นที่ทางทิศตะวันตกในทางกลับกันช่วงที่ลมมรสุมจากทิศตะวันตกมีกำลังแรง ระหว่างเดือนมิถุนายน และเดือนสิงหาคม เกิดการไหลเวียนในลักษณะที่ตรงข้ามกัน คือมีน้ำทะเลไหลเข้ามาในพื้นที่ตอนบนจากทิศตะวันตก จากนั้นจึงไหลลงไปทางทิศใต้จนกระทั่งไหลออกจากพื้นที่ไป สำหรับการไหลเวียนกระแสน้ำในช่วงอื่นซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม จะมีลักษณะที่ไม่แน่นอน เกิดจากทิศทางลมที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเปลี่ยนฤดูกาล สำหรับอิทธิพลของน้ำท่าจากแม่น้ำบางปะกงทำให้กระแสน้ำที่บริเวณปากแม่น้ำมีกำลังแรงเนื่องมาจากกระบวนการ Entrainment ทำให้เกิดกระแสน้ำที่ไหลออกจากบริเวณปากแม่น้ำมีกำลังแรงในช่วง

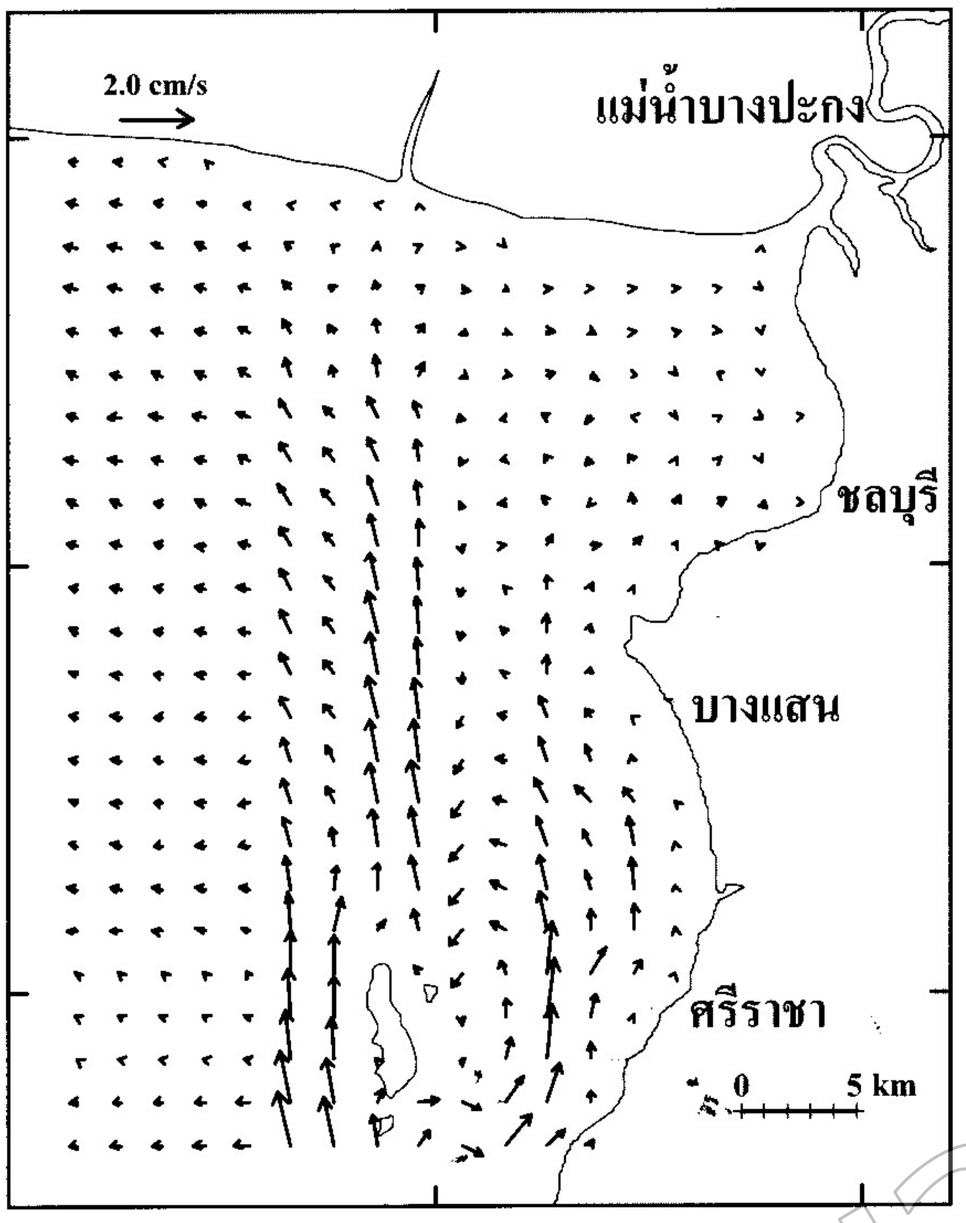


ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบค่ากระแสน้ำที่ได้จากการวัดโดยทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ที่บริเวณใกล้กับเกาะสีชัง และจากการคำนวณโดยแบบจำลอง ในช่วงเดือนมกราคม (ก) และในช่วงเดือนมิถุนายน 2537 (ข)

เดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน อย่างไรก็ดี ข้อผิดพลาดของผลการคำนวณอาจเกิดขึ้นได้ เนื่องจากแบบจำลองสองมิติที่ใช้ในการศึกษาไม่สามารถจำลองกระแสน้ำที่มีอิทธิพลมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำซึ่งอาจมีความสำคัญในฤดูกาลที่มีน้ำจืดไหลลงสู่ทะเลในปริมาณมากได้

ลักษณะการไหลเวียนที่ได้จากผลการศึกษา อาจนำไปเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทะเลในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีเกี่ยวกับผลกระทบจากน้ำทะเลภายนอกที่ไหลเข้ามาในพื้นที่ได้ กล่าวคือในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นช่วงที่น้ำทะเลจากบริเวณอ่าวไทยตอนล่างมีโอกาสไหลเข้ามาในพื้นที่ ในขณะที่ช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรง น้ำทะเลทางด้านเหนือของอ่าวไทยตอนบนจะไหลเข้ามาในพื้นที่ทางฝั่งตะวันตก มีความเป็นไปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำภายในพื้นที่อาจได้รับอิทธิพลจากน้ำที่ไหลเข้ามาจากภายนอกพื้นที่จากต่างบริเวณในปริมาณที่แตกต่างกันตามฤดูกาล ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจศึกษาถึงความสัมพันธ์ต่างๆ เหล่านี้ต่อไปในอนาคต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 6 การไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีที่พิจารณาเฉพาะปัจจัยจากน้ำขึ้นน้ำลง

สรุป

แบบจำลองไฮโดรไดนามิคสองมิติ ได้ถูกนำมาใช้ศึกษาการไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของลมมรสุมและปริมาณน้ำท่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำ ลมจากทางทิศเหนือ ทิศตะวันออกและทิศใต้ ทำให้เกิดการไหลเวียนจากทิศใต้ขึ้นสู่ทิศเหนือ แล้วจึงไหลเบนออกไปทางทิศตะวันตก ในขณะที่ในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรง เกิดการไหลเวียนของน้ำเข้ามาในบริเวณตอนเหนือของพื้นที่จากทิศตะวันตกแล้วไหลลงสู่ทิศใต้ อิทธิพลจากแม่น้ำบางปะกงทำให้กระแสน้ำไหลออกสู่ทะเลมีกำลังแรงในช่วงฤดูน้ำมาก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสภาวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2543 ขอขอบคุณ สภาวิจัยแห่งชาติที่เอื้อเฟื้อข้อมูลกระแสน้ำจากการตรวจวัดโดยทุ่นสมุทรศาสร์ และภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สำหรับการสนับสนุนอุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้ประเมินบทความทั้งสามท่านที่ได้ให้คำแนะนำสำหรับการปรับปรุงบทความให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงสุดาวรรณ, อาวุธ หมั่นหาผล และแววตา ทองระอา. (2550). สถานการณ์คุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ปี 2548. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 12*(1). 33-44.

พิชาญ สว่างวงศ์ และคณะ. (2541). *การศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และ ชีวภาพ ในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง 2537-2540.* รายงานวิจัยโครงการวิจัยร่วม NRCT-JSPS.

ภูติ ภูติเกียรติขจร. (2541). การศึกษารูปแบบการไหลเวียนของน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนโดย*ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี.

สมถวิล จริตควร. (2540). *ชีววิทยาทางทะเล.* ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี.

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และมหรรณพ บรรพพงศ์. (2541). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของกระแสน้ำในอ่าวไทย โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์แบบ 2 มิติ. *วาริชศาสตร์. 4*(2). 27-39.

Bunpapong, M., Reid, R.O. & Whitaker, E. (1985). *An Investigation of Hurricane-Induced Forerunner Surge in the Gulf of Mexico.* Research conducted through Texas A&M Research Foundation Project 4667, Texas A&M University USA.

Buranapratheprat, A. & Yanagi, T. (2003). Seasonal variations in circulation and average residence time of the Bangpakong estuary, Thailand. *La mer, 41*, 199-213.

Buranapratheprat, A., Yanagi, T., Boonphakdee, T. & Sawangwong, P. (2002). Seasonal variations in inorganic nutrient budgets of the Bangpakong estuary, Thailand. *Journal of Oceanography 58*, 557-564.

Burford, M.A., Alongi, D.M., McKinnon, A.D. & Trott, L.A. (2008). Primary production and nutrients in a tropical macrotidal estuary, Darwin Harbour, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *79*(3), 440-448.

Humborg, C. (1997). Primary productivity regime and nutrient removal in the Danube estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. *45*(5), 579-589.

Leendertse, J. J. (1967). *Aspects of a Computational Model for Long-Period Water-Wave Propagation.* Memorandum RM-5294-PR, United States Air Force, USA.

Levasseur, A., Shi, L., Wells, N.C., Purdie, D.A. & Kelly-Gerreyn, B.A. (2007). A three-dimensional hydrodynamic model of estuarine circulation with an application to Southampton Water, UK. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *73*(3-4), 753-767.

NEDECO. (1965). *A Study on the Siltation of the Bangkok Port Channel*. The Hage, Holland.

Neelasri, K. (1981). Analysis of the observed current during the inter-monsoon period. *Proceedings the 2nd Seminar on Water Quality and Living Resources in Thai Water*. pp. 57-63.

Sojisuporn, P. (1994). Density-driven and wind-driven current in the upper Gulf of Thailand. *Proceedings IOC-WESTPAC 3rd International Scientific Symposium*. pp. 374-385.

Snidvongs, A. (1998). The oceanography of the Gulf of Thailand: Research and management policy. pp 1-68. In D.M. Johnston (ed.) SEAPOL Integrated Studies of the Gulf of Thailand, Vol. 1. Southeast Asian Programme in Ocean Law, Policy and Management (SEAPOL).

Walters, R.A. (1992). A three-dimensional, finite element model for coastal and estuarine circulation. *Continental Shelf Research*, *12*(1), 83-102.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University