

บทที่ 2

ทฤษฎีและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สมการควบคุม (Governing Equations)

สมการควบคุมสำหรับการศึกษาลักษณะกระแสในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงในครั้งนี้ เป็นสมการแบบ 2 มิติ ที่คำนวณค่ากระแสเฉลี่ยตลอดความลึกตั้งแต่ผิวน้ำถึงพื้นทะเล ประกอบด้วย สมการการเคลื่อนที่ (Equations of Motion) และ สมการอนุรักษ์มวล (Continuity equation) โดยจะมีการพิจารณาปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกระแสในบริเวณที่ศึกษาคือ สม, น้ำขึ้นน้ำลง และ แรงเสียดทานที่มาจากพื้นทะเล สมการ (1) และ (2) เป็นสมการการเคลื่อนที่ของกระแสในแนวแกน x และ แกน y ตามลำดับ โดยแกน x และ y คือ แกนในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก และ แกนในแนวทิศเหนือ-ใต้ ตามลำดับ ส่วนสมการที่ 3 คือ สมการอนุรักษ์มวล

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + 2\Omega \sin \phi \cdot \bar{v} + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} = \bar{T}_{sx} - \bar{T}_{bx}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + 2\Omega \sin \phi \cdot \bar{u} + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} = \bar{T}_{sy} - \bar{T}_{by}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0. \quad (3)$$

เมื่อ

x และ y : ระยะทางในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก และ ในแนวทิศเหนือ-ใต้ ตามลำดับ

u และ v : การขนส่งต่อหนึ่งหน่วยความยาว (transport per unit width)
ในแนวแกน x และ y ตามลำดับ

η : ค่าระดับน้ำที่เบี่ยงเบนไปจากค่าความลึกเฉลี่ย

g : ค่าความเร่งที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.8 m s^{-2})

D : ความลึกเฉลี่ย

t : เวลา

Ω : ความเร็วเชิงมุมการหมุนของโลก ($7.29 \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$)

φ : ละติจูด

\vec{T}_{sx} และ \vec{T}_{sy} : เทอมของปัจจัยที่มาจากแรงเสียดทานที่ผิวทะเล
ในแนวแกน x และ แกน y ตามลำดับ

\vec{T}_{bx} และ \vec{T}_{by} : เทอมของปัจจัยที่มาจากแรงเสียดทานของพื้นทะเล
ในแนวแกน x และ แกน y ตามลำดับ

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

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

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

เมื่อ

k_s : สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานที่มาจากลม (1.1×10^{-6})

k_b : สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานที่เกิดจากพื้นท้องทะเล (2.5×10^{-6})

\vec{W} : ความเร็วลมที่ระดับ 10 เมตรเหนือพื้นทะเล

\vec{V} : ความเร็วกระแสน้ำ

ค่า k_s และ k_b เป็นค่าที่ปรากฏและใช้ในการศึกษาของ Bunpapong *et al.*(1985)

ในการคำนวณค่ากระแสน้ำด้วยคอมพิวเตอร์นั้น สมการควบคุมทั้งหมดที่ได้กล่าวมาจะถูกเปลี่ยนรูปและคำนวณค่ากระแสน้ำด้วยวิธีการเชิงตัวเลขแบบผลต่างสืบเนื่องแบบเอ็ดไอ (ADI Finite different method) ที่พัฒนาโดย Lendertse (1967) โดยในเทอมของการเปลี่ยนแปลงต่อเวลาจะเป็นแบบ Standard centered difference ส่วนเทอมการเปลี่ยนแปลงต่อระยะทางนั้น จะใช้ระบบ Spherical coordinate

พื้นที่ศึกษา

แบบจำลองนี้มีขอบเขตการคำนวณอยู่ในพื้นที่อ่าวไทยตอนบนทั้งหมด (ภาพที่ 1) โดยทำการกำหนดขนาดของกริดการคำนวณให้มีขนาดเล็กมากพอที่จะทำการศึกษาลักษณะกระแสน้ำในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงได้ชัดเจน ซึ่งได้กำหนดให้มีขนาดเท่ากับ 1×1 ลิปดา หรือ ประมาณ 1.852×1.852 กิโลเมตร มีจำนวนทั้งสิ้น 63×53 กริด (ภาพที่ 2) ครอบคลุมพื้นที่อ่าวไทยตอนบนทั้งหมด การกำหนดขอบเขตการคำนวณให้มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่การศึกษาเช่นนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของค่ากระแสน้ำที่เป็นผลมาจากบริเวณพื้นที่ข้างเคียง เช่นอิทธิพลจากแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นต้น

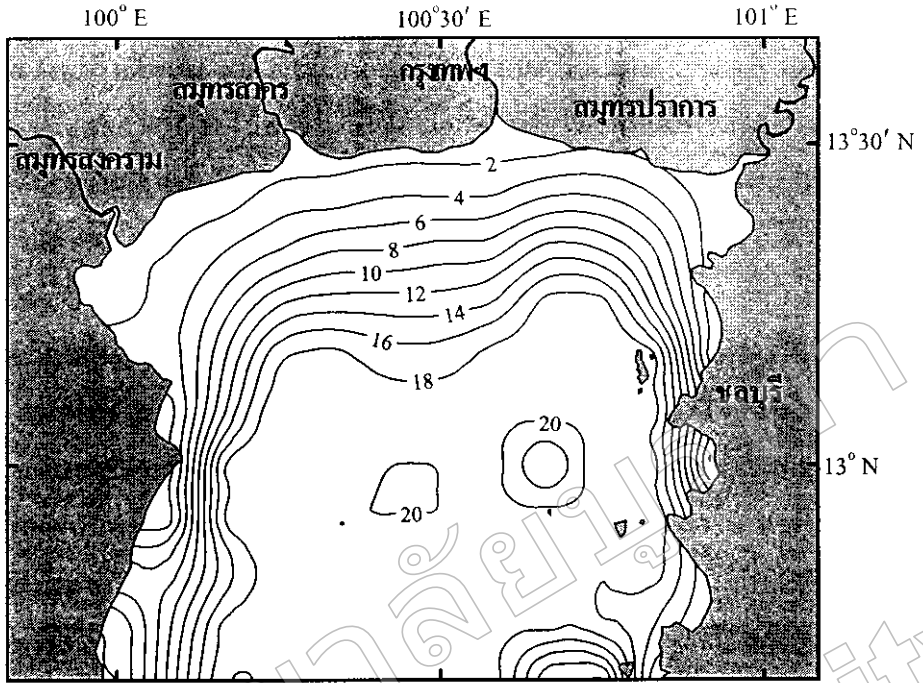
ข้อมูลความลึกของบริเวณอ่าวไทยตอนบนนั้น ใช้ข้อมูลจาก ETOPOS CD-ROM เนื่องจากข้อมูลนี้เป็นข้อมูลที่มีความละเอียดของพื้นที่ทุกๆ 5 ลิปดา แต่ในการคำนวณจะต้องใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดของพื้นที่ทุกๆ 1 ลิปดา ดังนั้นจึงได้ใช้เทคนิคการประมาณค่า (Interpolate) โดยใช้ Gauss Function ดังสมการ (6) และ (7) เพื่อให้ได้ข้อมูลความลึกสำหรับใช้เป็นข้อมูลนำเข้าครบทุกกริดการคำนวณ

$$\zeta = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i \cdot \zeta_{oi})}{\sum_{i=1}^n y_i} \quad (6)$$

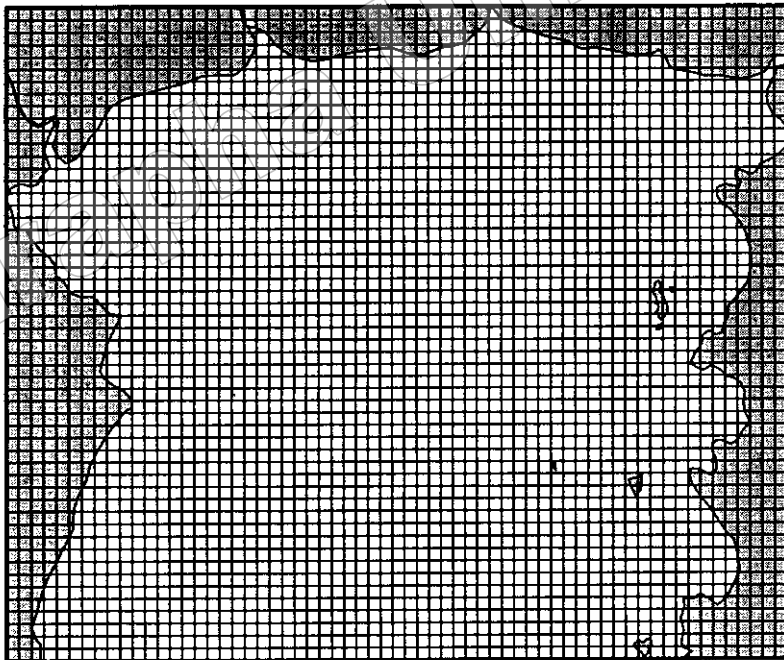
$$y_i = e^{-d_i^2 / r^2} \quad (7)$$

เมื่อ

- ζ : ค่าความลึกในตำแหน่งที่ต้องการคำนวณ
- ζ_{oi} : ค่าความลึกที่ทุกๆ 5 องศาจาก ETOPOS CD-ROM
- n : จำนวนข้อมูลที่อยู่ในขอบเขตที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ
- d_i : ระยะห่างระหว่างจุดที่จะทำการคำนวณและตำแหน่งของข้อมูลที่นำมาคำนวณ
- r : influence distance ในที่นี้กำหนดให้ r มีค่าเท่ากับ 6 กิโลเมตร



ภาพที่ 1 พื้นที่และเส้นชั้นความลึก (เมตร) ของอ่าวไทยตอนบน



ภาพที่ 2 ขอบเขตการคำนวณของพื้นที่ศึกษา

ค่าเริ่มต้น ค่าขอบเขต และข้อมูลนำเข้าสำหรับการคำนวณ

ในส่วนของค่าเริ่มต้นนั้น แบบจำลองนี้ได้มีการกำหนดให้กระแสน้ำและการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลมีค่าเป็นศูนย์ หรือ อยู่ในสภาวะน้ำนิ่ง และตลอดช่วงเวลาของการคำนวณทั้งหมด ค่ากระแสน้ำที่มีทิศตั้งฉากกับแผ่นดินจะมีค่าเป็นศูนย์ ส่วนค่าขอบเขตที่บริเวณด้านเปิด (Open boundary) ทางด้านล่างของพื้นที่ศึกษานั้น เป็นค่าระดับน้ำที่เบี่ยงเบนจากระดับความลึกเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีวิเคราะห์ฮาร์โมนิก (Harmonic analysis) ของบริเวณปลายสุดทางด้านตะวันออกและตะวันตกของด้านเปิด คือที่ สัตหีบ และ หัวหิน ตามลำดับ ค่าคงที่ฮาร์โมนิก K1, O1, M2 และ S2 (ตารางที่ 1) ที่ใช้ในการคำนวณค่าระดับน้ำที่บริเวณหัวหิน เป็นค่าที่มีปรากฏอยู่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณค่าระดับน้ำขึ้นน้ำลงของ Dr. Tateki Fujiwara ส่วนค่าคงที่ที่บริเวณสัตหีบ เป็นค่าที่มีปรากฏอยู่ในการศึกษาของ ภูติ ภูติเกียรติขจร (2541) ส่วนค่าระดับน้ำที่อยู่ระหว่างบริเวณทั้งสองได้จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้น

ข้อมูลลมที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้า เป็นค่าเฉลี่ย 8 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 ถึงปี พ.ศ. 2530 ของ European Center for Medium Range Weather Forecast หรือ ECMWF ภาพที่ 3 ถึง 14 แสดงกระแสลมเฉลี่ยรายเดือนที่ใช้ในการคำนวณ

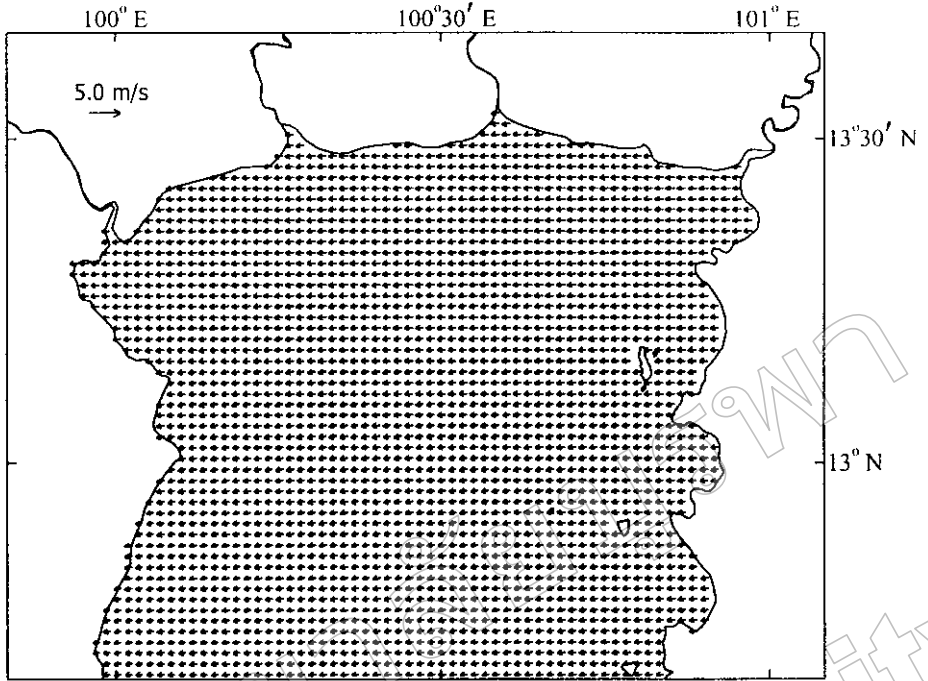
ข้อมูลน้ำท่าของแม่น้ำแม่กลอง, แม่น้ำท่าจีน และ แม่น้ำเจ้าพระยา เป็นข้อมูลเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัดโดยกรมชลประทาน สำหรับข้อมูลน้ำท่าของแม่น้ำบางปะกงได้จากการศึกษาของ Boonphakdee et. al.(1999) ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลน้ำท่าจากแม่น้ำที่ใช้ในการคำนวณครั้งนี้

ตารางที่ 1 ค่าคงที่ฮาร์โมนิกที่บริเวณหัวหินและสัตหีบ

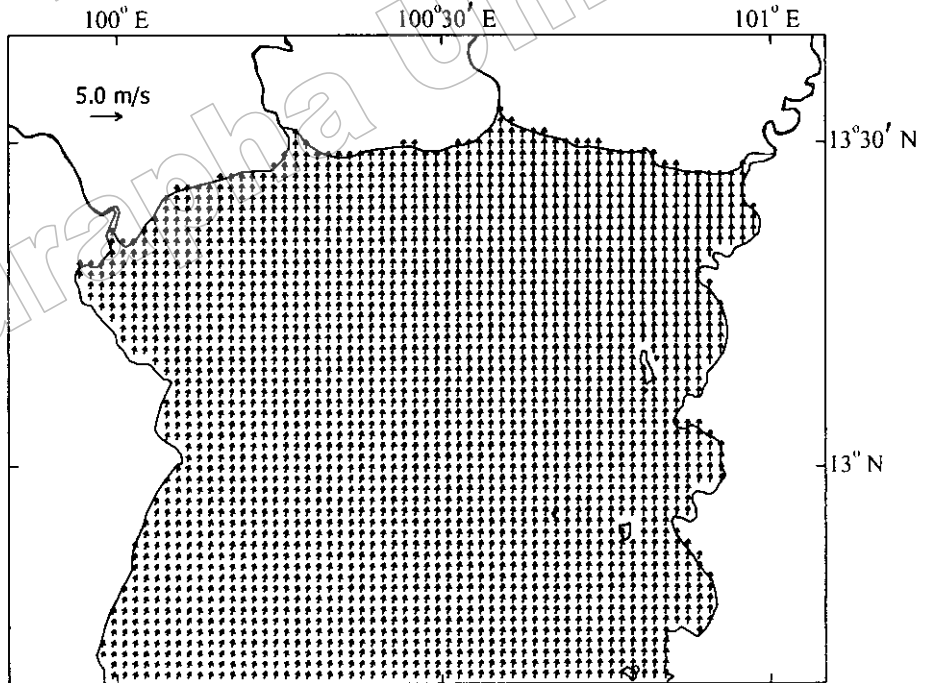
ค่าคงที่ฮาร์โมนิก	หัวหิน		สัตหีบ	
	แอมปริจูด (ซม.)	เฟส (องศา)	แอมปริจูด (ซม.)	เฟส (องศา)
K1	61.2	155.1	58.7	162.0
O1	39.0	119.2	29.3	112.0
M2	29.7	139.9	26.1	121.0
S2	15.3	212.8	12.3	192.0

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน (ลบ. เมตร ต่อ วินาที) ของแม่น้ำแม่กลอง, แม่น้ำท่าจีน, แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง

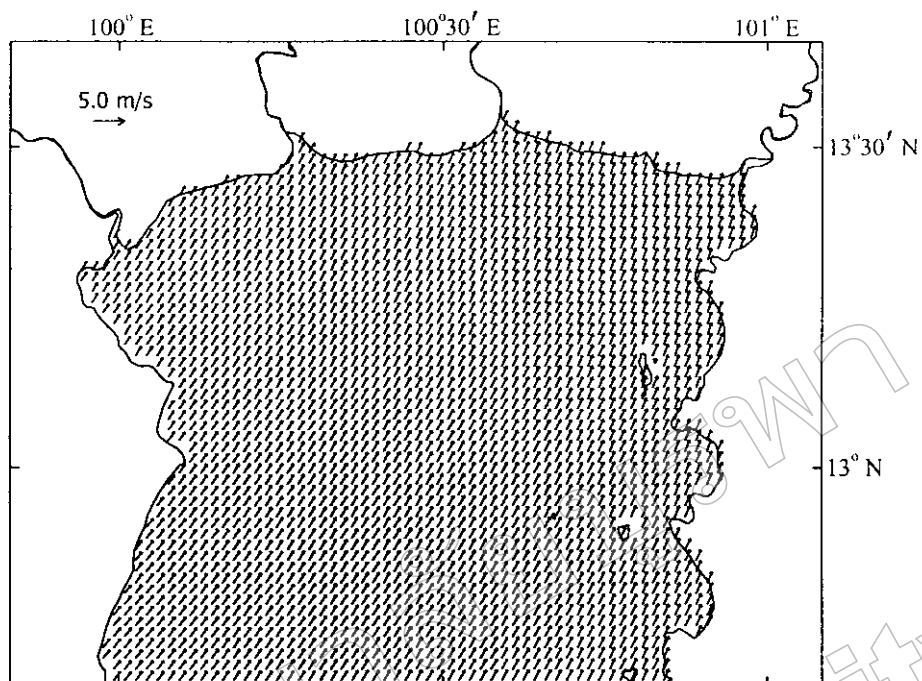
เดือน	ม.แม่กลอง	ม.ท่าจีน	ม.เจ้าพระยา	ม.บางปะกง
มกราคม	623	1.41	680	12
กุมภาพันธ์	320	0.75	375	8
มีนาคม	449	0.72	340	8
เมษายน	309	1.62	310	10
พฤษภาคม	446	5.51	400	55
มิถุนายน	809	4.28	760	129
กรกฎาคม	694	3.97	1,230	302
สิงหาคม	1,229	7.64	2,000	571
กันยายน	1,587	23.26	2,400	1,153
ตุลาคม	1,732	51.43	2,580	769
พฤศจิกายน	945	3.36	1,760	148
ธันวาคม	791	1.41	1,060	35



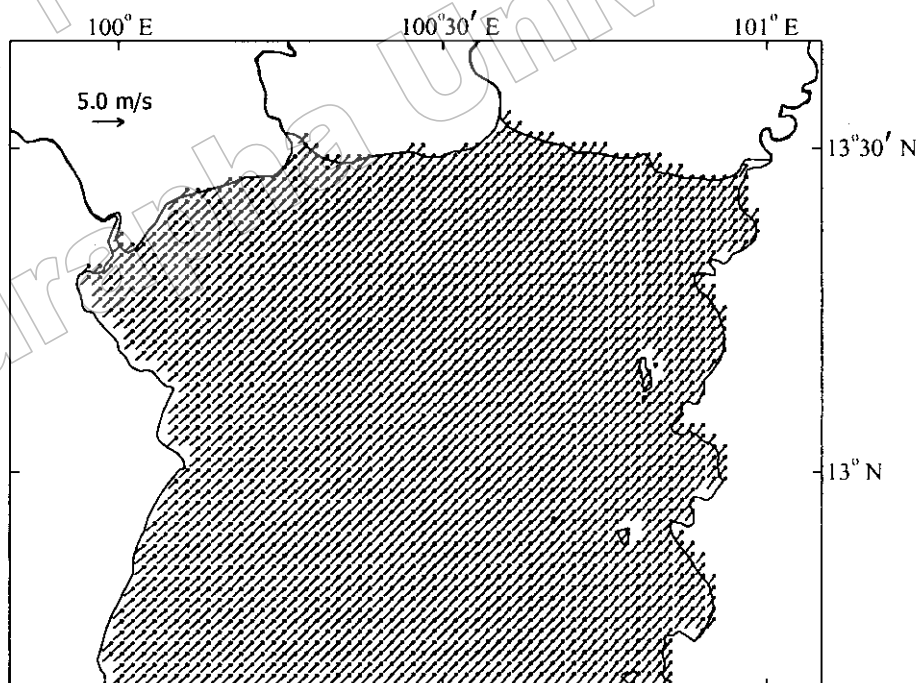
ภาพที่ 3 กระแสลมเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนมกราคม



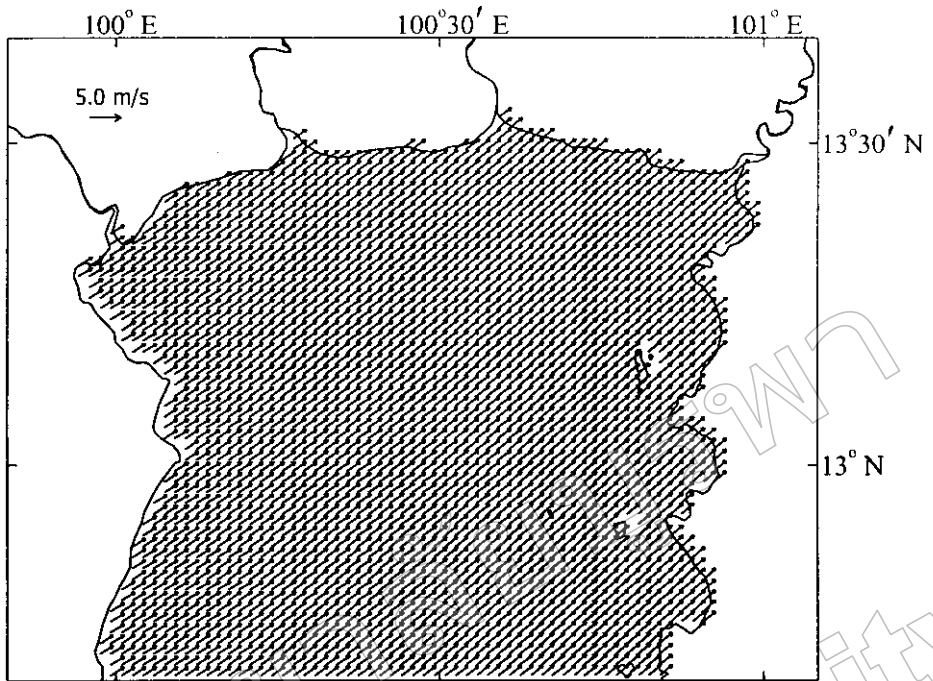
ภาพที่ 4 กระแสลมเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนกุมภาพันธ์



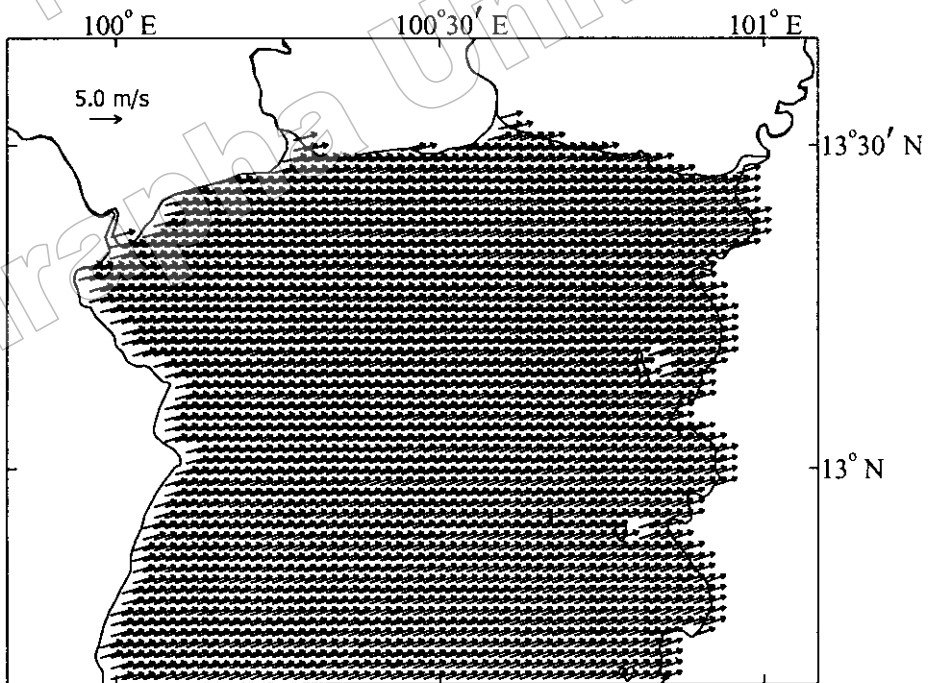
ภาพที่ 5 กระแสลมเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนมีนาคม



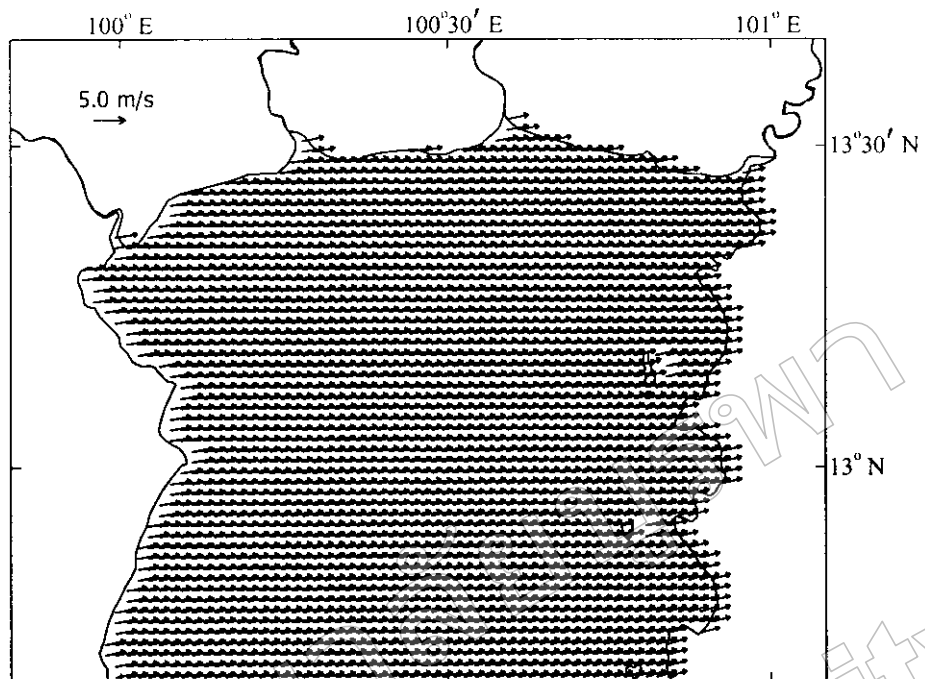
ภาพที่ 6 กระแสลมเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนเมษายน



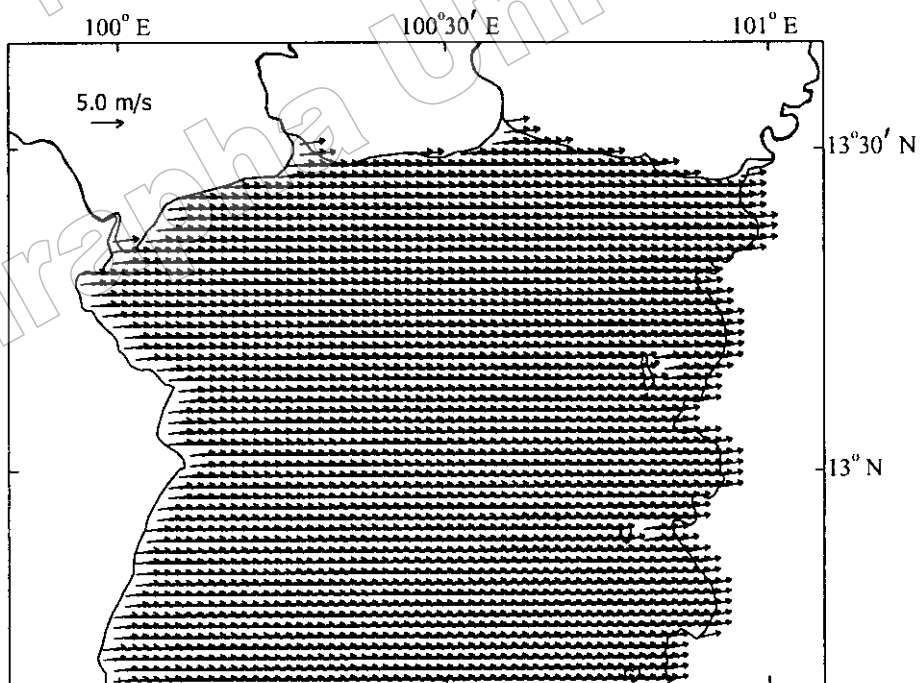
ภาพที่ 7 กระแสลมเฉื่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนพฤษภาคม



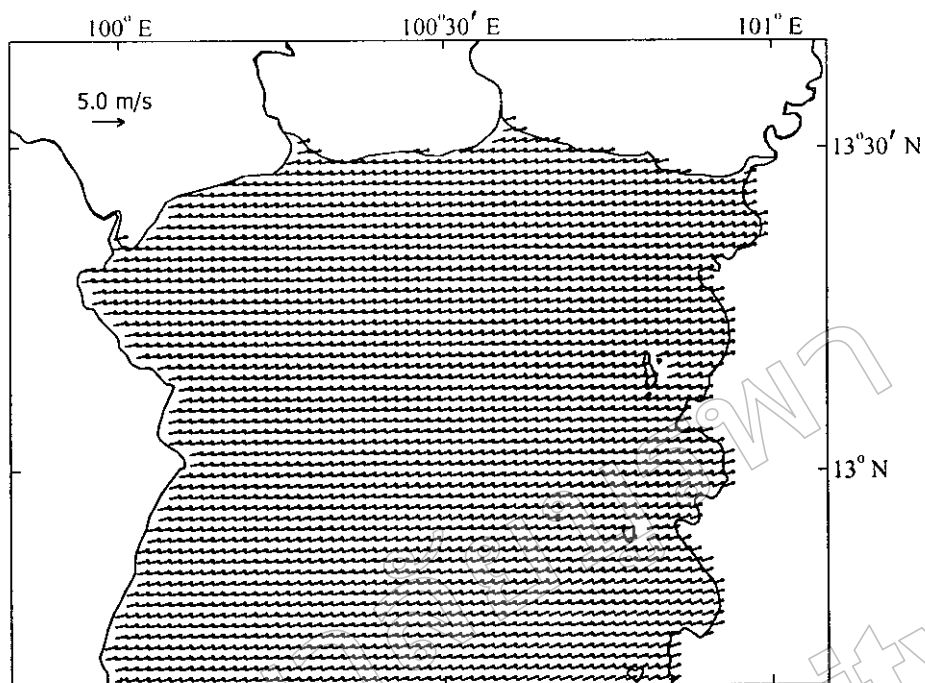
ภาพที่ 8 กระแสลมเฉื่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนมิถุนายน



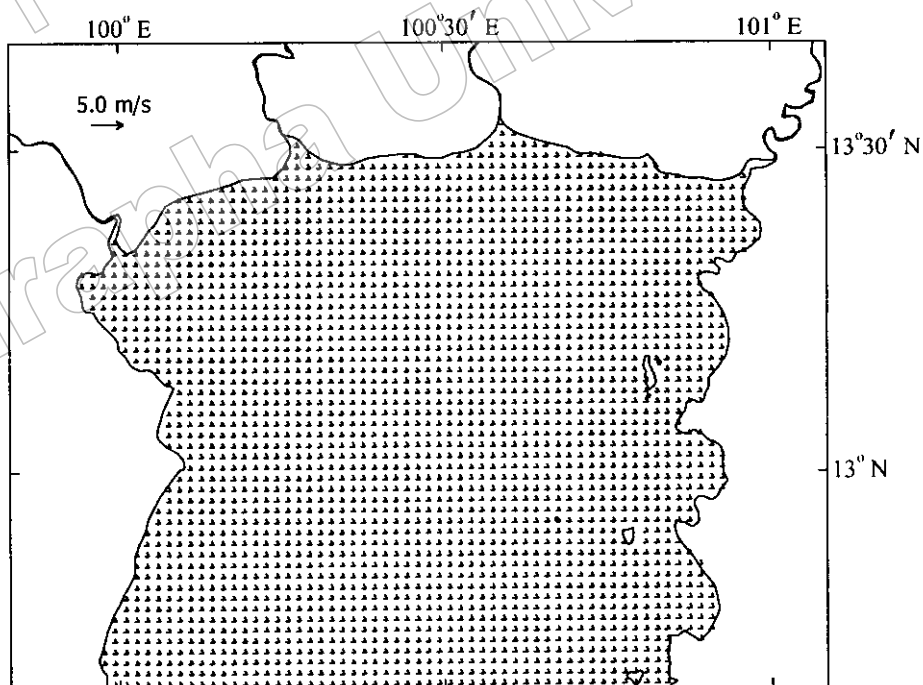
ภาพที่ 9 กระแสลมเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนกรกฎาคม



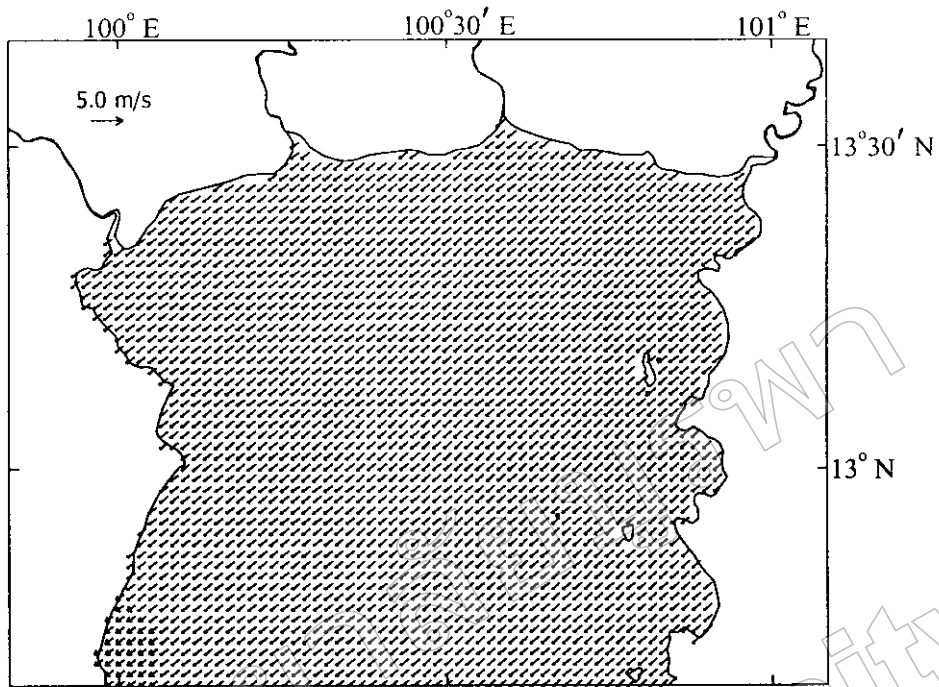
ภาพที่ 10 กระแสลมเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนสิงหาคม



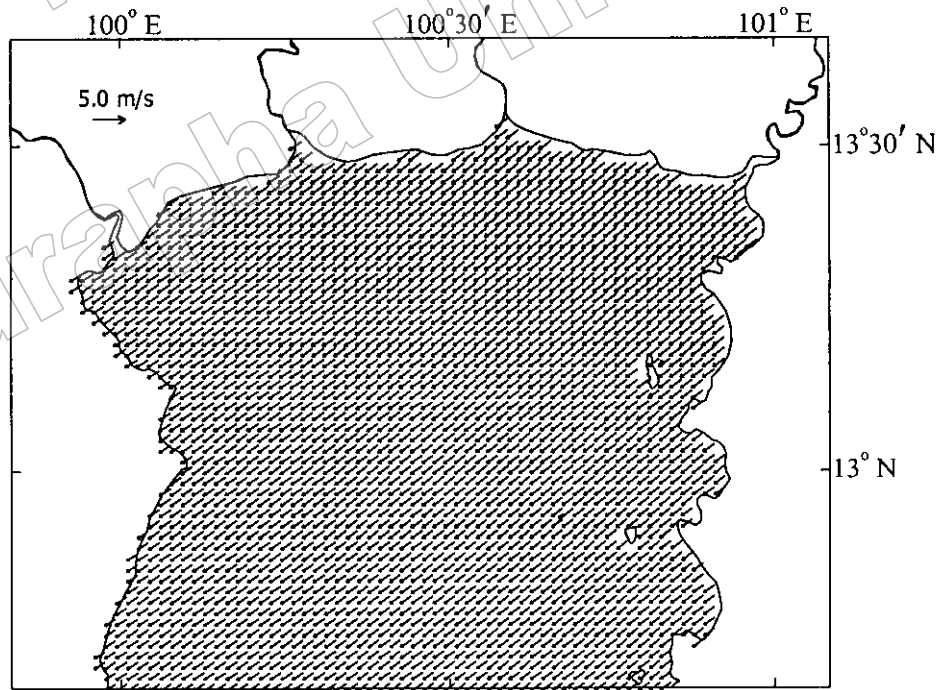
ภาพที่ 11 กระแสลมเฉื่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนกันยายน



ภาพที่ 12 กระแสลมเฉื่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนตุลาคม



ภาพที่ 13 กระแสลมเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนพฤศจิกายน



ภาพที่ 14 กระแสลมเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนเดือนธันวาคม