บทที่ 2
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แนวคิดและทฤษฎี

2.1 สำรวจเอกสาร แนวคิดและทฤษฎี

จากการสำรวจเอกสารพบว่าการศึกษาทิศทางการไหลของกระแสน้ำ ด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลขสองมิติ หรือสามมิติ ทั้งนี้ในการเลือกใช้แบบจำลองนั้นขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ รายละเอียดที่เราต้องการศึกษา และความพร้อมของข้อมูล กระแสน้ำในทะเลนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยแตกต่างกันไปแต่ละสถานที่โดยทั่วไปจะนำปัจจัยหลักนั้นมาใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายกระแสน้ำ

อ่าวไทยได้รับมรสุมหลัก 2 มรสุมคือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast monsoon) และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest monsoon) จึงได้มีการนำอิทธิพลของลมอันเนื่องมาจากลมมรสุมมาเป็นปัจจัยหลักในการศึกษาการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทย Yanagi and Takao (1998) ศึกษาการไหลเวียนกระแสน้ำที่แปรเปลี่ยนตามฤดูกาลในอ่าวไทย โดยใช้ข้อมูล ลม อุณหภูมิ และความเค็ม จากการเก็บข้อมูลของ NAGA ในการเดินเรือสำรวจระหว่างเดือนตุลาคม ค.ศ.1959 ถึงเดือนสิงหาคม ค.ศ.1960 โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 3 มิติพบว่ากระแสน้ำบริเวณกลางอ่าวไทยมีการไหลเวียนแบบตามเข็มนาฬิกาทั้งมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและมรสุมตะวันตกเฉียง การศึกษาการไหลเวียนของกระแสน้ำบริเวณพื้นที่ทะเลจีนใต้พบว่า อ่าวไทยจะมีการไหลเวียนของกระแสน้ำเป็นแบบทวนเข็มนาฬิกาในช่วงฤดูฝนและไหลแบบตามเข็มนาฬิกาในช่วงฤดูร้อน (Pohlman, 1987 อ้างโดย Yanagi, 1998) และจากการศึกษาการไหลเวียนของกระแสน้ำเนื่องจากลมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 2 มิติในอ่าวไทยพบว่า ในช่วงฤดูหนาวมีการไหลเวียนของกระแสน้ำในทิศทวนเข็มนาฬิกาบริเวณอ่าวไทยตอนบนรูปตัว ก และไหลแบบตามเข็มนาฬิกาในอ่าวไทยตอนล่าง ส่วนในช่วงฤดูร้อนเป็นแบบตามเข็มนาฬิกาตลอดทั้งอ่าว (Azmy et al., 1991 อ้างโดย Yanagi and Takao, 1998) อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และ มหรรณพ บรรพพงศ์ (2545) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงกระแสน้ำตามฤดูกาลในอ่าวไทย โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ 2 มิติ พบว่าเกิดวงกระแสน้ำขนาดใหญ่ที่มีทิศตามเข็มนาฬิกาบริเวณกลางอ่าวไทยในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้นในฤดูอื่น นอกจากการศึกษาของลมมรสุมที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งอ่าวไทยแล้วยังมีการศึกษาของลมมรสุมเฉพาะพื้นที่อ่าวไทยตอนบนและเพิ่มการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของน้ำที่เกิดจากแม่น้ำที่ไหลออกจากแม่น้ำสายต่างๆ ในอ่าวไทยตอนบนมาทำการศึกษาการไหลของกระแสน้ำ โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3 มิติ แก้สมการด้วยวิธีไฟต์ไนต์ดิฟเฟอเรนต์ (finite difference) พบว่าการไหลเวียน

ของน้ำเป็นลักษณะแบบเข้าและออกในระดับที่ต่างกันคือ ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีการไหลของน้ำเข้าทางด้านบนและออกทางด้านล่าง ส่วนช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีการไหลของน้ำออกทางด้านบนและเข้าทางด้านล่าง (สมชาย ศรีปัญญาวิชญ์, 2532)

นอกจากอิทธิพลของลมแล้วยังมีอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงที่มีผลต่อการไหลเวียนของกระแสน้ำทะเล Cheong and Lee (1997) ศึกษาการกระจายตัวของคราบน้ำมันบริเวณรอบๆ สิงคโปร์โดยเลียนแบบกระแสน้ำขึ้นน้ำลง (tidal current) เนื่องจากสิงคโปร์มีพื้นที่เป็นเกาะเป็นลักษณะขอบเขตเปิดจึงได้รับปัจจัยความแตกต่างของระดับน้ำจากรอบทิศทาง ดังนั้นการไหลเวียนของกระแสน้ำพื้นที่รอบๆ จึงได้มีการนำอิทธิพลดังกล่าวมาใช้รวมกับระบบสมการคณิตศาสตร์ทางชลศาสตร์ของน้ำขึ้นน้ำลง แก้ระบบสมการโดยใช้วิธีไฟต์ในดิฟเฟอเรนต์ โดยใช้ข้อมูลทิศทางการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันที่เกิดจากอุบัติเหตุของเรือน้ำมันจริงเป็นตัวตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองซึ่งพบว่า แบบจำลองสามารถทำนายการเคลื่อนตัวของคราบน้ำมันให้ผลถูกต้อง วิฑูรย์ โชคเฉลิมวัฒน์ (2532) ได้นำปัจจัยของระดับน้ำขึ้นน้ำขององ์ประกอบหลัก 4 ตัว คือ M_2, S_2, O_1, และ K_1 เข้ามาศึกษาการไหลเวียนของน้ำทะเลในอ่าวไทยตอนบนร่วมกับลมและปริมาณน้ำจากแม่น้ำ 4 สายหลัก โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element) แก้สมการการไหลแบบเฉลี่ยตามแนวดิ่งใน 2 มิติ (two–dimensional vertically averaged hydrodynamic) พบว่าลักษณะกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนมีทิศทางเข้าออกในแนวเหนือ-ใต้เป็นหลัก ยกเว้นบริเวณก้นอ่าวกระแสน้ำจะมีลักษณะไหลในแนวตั้งฉากกับชายฝั่งและไหลวนเล็กน้อย ระดับน้ำในอ่าวไทยจะมีค่าองค์ประกอบ (constituent) หลัก 4 ตัว คือ M_2, S_2 ซึ่งเป็นลักษณะของชนิดน้ำคู่ (semi-diurnal) โดยมีเฟสหมุนตามเข็มนาฬิกา และ O_1, K_1 ซึ่งเป็นลักษณะของชนิดน้ำเดี่ยว (diurnal) โดยมีเฟสแพร่ทวนเข็มนาฬิกาของบริเวณกลางอ่าวไทย (Yanagi et al., 1997) การศึกษาการไหลเวียนของกระแสน้ำก็เพื่อที่จะเข้าพฤติกรรมหลายๆที่เกิดในทะเลนั้นเอง Jacobson (2001) ศึกษาการไหลเวียนของน้ำโดยกำหนดทิศทางลมต่างๆ เพื่อเข้าใจพฤติกรรมของลมต่อการไหลเวียนของน้ำผิวหน้า Alexander (2002) ศึกษาการไหลเวียนของน้ำทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงลาฤนที่ชายฝั่งแปซิฟิก จากการสำรวจเอกสารพบว่ามีการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณกระแสน้ำทะเลและวิธีการแก้ระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยของการไหลจะมีอยู่ 2 วิธีที่นิยมคือ ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขไฟไนต์ดิฟเฟอร์เรนและระเบียบวิธีเชิงตัวเลขไฟไนต์เอลิเมนต์ ทั้งสองวิธีมีการหาคำตอบ มีรูปแบบกริดหรือเอลิเมนต์และข้อจำกัดที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามผลจากการคำนวณควรได้ลักษณะที่คล้อยตามกัน

การวิเคราะห์ปัญหาของการไหลเพื่อหาความเร็ว ความดัน และอุณหภูมิ ฯลฯ สำหรับใช้ในการออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมหรือการศึกษางานทางด้านวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computationnal Fluid Dynamics : CFD) ได้เข้ามามีบทบาทและก่อให้เกิดประโยชน์เป็นอย่างมากในปัจจุบัน วิธีการคำนวณพลศาสตร์ของไหลผสมผสานกับความรู้ทางด้านระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (numerical methods) โดยทำการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ (computer) เพื่อแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (partial differential equations) ซึ่งเป็นสมการแสดงความสมดุลของการไหล ก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่สามารถแสดงได้ด้วยภาพสี (color graphics) ทำให้นักวิเคราะห์สามารถเข้าใจปรากฏการณ์ของการไหลได้เป็นอย่างดี เป็นผลให้เราสามารถปรับปรุงดัดแปลงรูปแบบการออกแบบเป็นที่น่าพอใจบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ก่อนนำไปสร้างหรือทำการทดลองอีกต่อหนึ่งเพื่อย้ำความมั่นใจในการออกแบบนั้น (ปราโมทย์ เดชะอำไพ, 2545) ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาพลศาสตร์การไหลของน้ำทะเลโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาตร์ 2 มิติ ซึ่งพิจารณาความเร็วของน้ำเฉลี่ยตามความลึก โดยมีสมการอนุรักษ์โมเมนตัม (conservation of momentum)หรือสมการนาเวียร์-สโตกส์ (Navier-Stokes equation) สำหรับการแสดงพฤติกรรมการไหลอย่างปั่นป่วน (turbulent flows) และสมการอนุรักษ์มวล (conservation of mass or continuity equation) ทำให้ได้ชุดสมการที่ใช้อธิบายการไหลของน้ำทะเลแบบ 2 มิติ (King and Donnel, 1997 : Yanagi, 1999) คือ

สมการอนุรักษ์โมเมนตัม

$$h\frac{\partial u}{\partial t}+hu\frac{\partial u}{\partial x}+hv\frac{\partial u}{\partial y}-\frac{h}{p}\left[E_{xx}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+E_{xy}\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right]+gh\left[\frac{\partial a}{\partial x}+\frac{\partial h}{\partial x}\right]+\frac{gun^2}{\left(1.486h^{\frac{1}{6}}\right)^2}\left(u^2+v^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$-\xi V_a^2\cos\psi-2hv\omega\sin\Phi=0 \qquad \text{..... (1)}$$

$$h\frac{\partial v}{\partial t}+hu\frac{\partial v}{\partial x}+hv\frac{\partial v}{\partial y}-\frac{h}{p}\left[E_{yx}\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+E_{yy}\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right]+gh\left[\frac{\partial a}{\partial y}+\frac{\partial h}{\partial y}\right]+\frac{gvn^2}{\left(1.486h^{\frac{1}{6}}\right)^2}\left(u^2+v^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$-\xi V_a^2\sin\psi+2hu\omega\sin\Phi=0 \qquad \text{..... (2)}$$

สมการอนุรักษ์มวล

$$\frac{\partial h}{\partial t}+h\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)+u\frac{\partial h}{\partial x}+v\frac{\partial h}{\partial y}=0$$

..... (3)

โดยที่

h = ความลึกของน้ำ (เมตร)

u,v = อัตราเร็วของกระแสน้ำ (เมตรต่อวินาที)

x,y,t = โคออร์ดิเนตในระบบพิกัดฉาก (เมตร) และเวลา (วินาที)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำทะเล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

E = Eddy viscosity coefficient

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (เมตรต่อวินาทีกำลังสอง)

a = ระดับของพื้นท้องทะเล (เมตร)

n = Manning's roughness n-value

1.486 = ค่าคงที่ในการแปลงหน่วย

ξ = สัมประสิทธิ์ของความเค้นเนื่องจากลม

V_a = อัตราเร็วของลม (เมตรต่อวินาที)

ψ = ทิศทางของลม (องศา)

ω = อัตราที่โลกหมุนรอบตัวเอง

Φ = ละติจูด ณ พื้นที่แบบจำลอง (องศา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมการที่ (1), (2) และ (3) เรียกว่าระบบสมการการไหล 2 มิติ โดยรวมเทอมของความเค้นเนื่องจากลม (wind stress) แรงโคริโอลิส (coriolis force) และเทอมที่มาจากความแตกต่างของแรงดันน้ำ (pressure gradient) ซึ่งเป็นเทอมที่มีความสำคัญต่อการไหลเวียนของน้ำทะเลอย่างมาก ในการแก้ปัญหาระบบสมการดังกล่าวข้างต้น ในแบบจำลองนี้จะใช้ระเบียบเชิงตัวเลขวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยประยุกต์วิธีกาเลอร์คิน (Galerkin) เข้ากับระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง (method of weighted residuals) (ภาคผนวก ก.) ในการแก้สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังกล่าว อยู่ในรูปแบบไม่เชิงเส้น (nonlinear) การหาคำตอบในรูปแบบไม่เป็นเชิงเส้นของแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้ ใช้ระเบียบวิธีการทำซ้ำของนิวตัน – ราฟสัน (Newton-Raphson iteration method) (ภาคผนวก ข.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย