หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
สภาพและเงื่อนไขการศึกษา

ในบทนี้ ได้กล่าวถึงสภาพทางกายภาพ เงื่อนไขและข้อมูลต่าง ๆ ที่มีการเก็บรวบรวมโดยหน่วยงานของรัฐ รวมทั้ง จากงานวิจัยในอดีต ซึ่งเป็นข้อมูลที่นำมาใช้ ในการศึกษานี้ ได้แก่ สภาพทางกายภาพของอ่าวไทยตอนบน ระดับน้ำขึ้นน้ำลง กระแสน้ำทะเล แรงลม การแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น NODE และ ELEMENT และพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง

3.1 สภาพทางกายภาพของอ่าวไทยตอนบน

อ่าวไทยตอนบน ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของที่ราบภาคกลางของประเทศไทย อยู่ระหว่างละติจูด 12°35'น. ถึง 13°3Ø'น. และลองจิจูด 1ØØ°ØØ'อ. ถึง 1ØØ°55'อ. มีลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาดประมาณ 1ØØ x 1ØØ กม. ล้อมรอบโดยชายฝั่งทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ทางด้านทิศใต้เป็นปากอ่าวอยู่ระหว่างอำเภอสัตหีบ และอำเภอหัวหิน ลักษณะท้องทะเล มีความลาดชันจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ และชายฝั่งด้านตะวันออกมีความลาดชันมากกว่าชายฝั่งด้านตะวันตก อ่าวไทยตอนบนมีความลึกเฉลี่ย ประมาณ 25 เมตร โดยมีความลึกสูงสุด ประมาณ 45-5Ø เมตร ที่บริเวณปากอ่าวเยื้องมาทางทิศตะวันออก มีแม่น้ำที่สำคัญ 4 สาย ทางชายฝั่งด้านทิศเหนือ ซึ่งนำพาน้ำจืดไหลลงมาจากภาคกลางและภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำบางปะกง (รูปที่ 3-1) ข้อมูลลักษณะท้องทะเลของอ่าวไทยตอนบนนี้ ได้มาจากแผนที่ท้องน้ำของอ่าวไทยหมายเลข ØØ1 (สำรวจโดย กรมอุทกศาสตร์ราชนาวีไทย พ.ศ.2478-2511 และเรืออเมริกัน U.S.S. MAURY พ.ศ.25Ø3-25Ø4 บรรณาธิการ ครั้งที่ 14 เมื่อเดือน กค. 2531 จัดพิมพ์โดยกรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ)

3.2 ระดับน้ำขึ้นน้ำลง

ระดับน้ำที่แตกต่างกันในบริเวณอ่าวไทยตอนบน เป็นปัจจัยสำคัญก่อให้เกิดการไหลของน้ำทะเล ในการศึกษานี้ จะใช้ข้อมูลระดับน้ำ เป็นเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลอง ที่ขอบเขตเปิด (Open Boundary) และขอบเขตแม่น้ำ (River Boundary) เพื่อคำนวณหากระแสน้ำและระดับน้ำที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในอ่าวไทยตอนบน และจะใช้ข้อมูลระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำที่อยู่ในทะเล เป็นข้อมูลในการทดสอบแบบจำลอง ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวไทยตอนบน

3.2.1 สถานีตรวจวัดระดับน้ำ

ระดับน้ำขึ้นน้ำลงในบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในปัจจุบันมีการตั้งสถานีตรวจวัดโดยกรมอุทกศาสตร์ ทหารเรือ การท่าเรือแห่งประเทศไทย และกรมเจ้าท่า ทำการวัดระดับน้ำรายชั่วโมงที่ชายฝั่งรวม 5 สถานี ได้แก่ สถานี สัตหีบ ปากน้ำบางปะกง ป้อมพระจุลฯ (ปากน้ำเจ้าพระยา) ปากน้ำท่าจีน และปากน้ำแม่กลอง นอกจากนี้ ยังมีสถานีที่ทำการวัดระดับน้ำในทะเลอีก 2 สถานี คือ สถานีสันดอนกรุงเทพฯ และสถานีเกาะสีชัง และในการศึกษานี้ จะใช้ข้อมูลของสถานีเกาะหลัก ซึ่งอยู่นอกบริเวณอ่าวไทยตอนบนด้วย ตำแหน่งของสถานีวัดระดับน้ำต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 3-2

ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงบางส่วนของสถานีต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ ได้มีการรวบรวมและบันทึกไว้บนเทปแม่เหล็กภายใต้ โครงการ Water Resources Information System for Thailand ของคณะอนุกรรมการพัฒนาทรัพยากรน้ำ คณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยมอบหมายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นผู้ดำเนินการรวบรวม ซึ่งข้อมูลนี้สามารถติดต่อขอคัดลอกได้จากกองวิจัยและวางแผนการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยโดยตรง รายละเอียดของสถานีในอ่าวไทยตอนบน และข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ แสดงในตารางที่ 3-1

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำโดยวิธีฮาร์โมนิก

เนื่องจากข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงมีอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้น การวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้ โดยวิธีฮาร์โมนิก ทำให้สามารถนำข้อมูลไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้องค์ประกอบฮาร์โมนิก (Harmonic Constituent) ในการทำนาย ค่าระดับน้ำในช่วงเวลาอื่น ๆ ที่ไม่มีข้อมูลได้

องค์ประกอบฮาร์โมนิกที่สำคัญที่สุด ซึ่งจะนำมาใช้ในการศึกษานี้ คือ M_2, S_2, O_1 และ K_1 โดยมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ แสดงในตารางที่ 3-2 ที่มาขององค์ประกอบฮาร์โมนิกแต่ละองค์ประกอบ สามารถดูได้จาก Dronker (1964) สำหรับช่วงเวลาของการวัดระดับน้ำรายชั่วโมงที่เหมาะสม เพื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบฮาร์โมนิกคือ 14 , 15 , 29 , 355 หรือ 369 วัน (คือจำนวนเท่าของจำนวนวันที่ดวงจันทร์โคจรครบ 1 รอบ) (Dronker) ซึ่งช่วงเวลาที่ยาวกว่าจะได้องค์ประกอบฮาร์โมนิกที่ถูกต้องมากกว่า สำหรับอิทธิพลของลักษณะทางภูมิอากาศซึ่งมีผลต่อระดับน้ำขึ้นน้ำลง เช่น กระแสลม ความกดอากาศ ฯลฯ โดยทั่วไปจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงทั้งแบบ random และเป็นฤดูการ ดังนั้นถ้าทำการวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบฮาร์โมนิกจากข้อมูลระดับน้ำในช่วงเวลาที่ยาวนาน ก็จะครอบคลุมถึงอิทธิพลของลักษณะทางภูมิอากาศได้ (Dronker , 1964) แต่ในกรณีของลักษณะทางภูมิอากาศที่มีความรุนแรงเป็นพิเศษ เช่นลมพายุ ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้น ๆ นั้น การวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำในช่วงเวลาที่ยาวนานด้วยวิธีฮาร์โมนิก จะไม่สามารถอธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปรกติดังกล่าวได้ กล่าวคือค่าระดับน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์วิธีฮาร์โมนิก จะเป็นค่าระดับน้ำในลักษณะที่เกิดขึ้นแบบสม่ำเสมอเท่านั้น ในการศึกษานี้จะใช้ช่วงเวลา 1 ปี ในการวิเคราะห์ ซึ่งจะใช้

ข้อมูลระดับน้ำที่จัดเตรียมโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ และได้ค่าองค์ประกอบฮาร์โมนิก ที่สถานีวัดระดับน้ำต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3-3 สำหรับในปีที่ข้อมูลไม่สมบูรณ์ หรือไม่มีข้อมูลจะใช้ข้อมูลของปี 2528 เป็นตัวแทนโดยเปรียบเทียบมุมเฟสให้ตรงกับข้อมูลของสถานีสัตหีบ กล่าวคือทำการคำนวณหาผลต่างของมุมเฟสระหว่างปีที่ต้องการข้อมูลกับมุมเฟสของข้อมูลในปี 2528 ที่สถานีสัตหีบ แล้วนำผลต่างของมุมเฟสที่ได้ ไปคำนวณหามุมเฟสของปีที่ต้องการจากมุมเฟสของข้อมูลในปี 2528 ที่สถานีอื่น ๆ ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากวิธีดังกล่าวกับข้อมูลวัดจริงเช่นที่สถานีป้อมพระจุล พบว่าได้ค่าใกล้เคียงกัน

3.2.3 ข้อมูลระดับน้ำที่หัวหิน

ในการศึกษานี้ มีขอบเขตเปิด (Open Boundary) อยู่ระหว่าง สัตหีบ และหัวหิน ซึ่งในปัจจุบัน สถานีตรวจวัดระดับน้ำที่หัวหิน กำลังอยู่ในระหว่างการขออนุมัติจัดสร้างโดยกรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ ดังนั้น ข้อมูลระดับน้ำที่หัวหิน จึงไม่มีการตรวจวัด แต่ในอดีต กรมอุทกศาสตร์ฯ ได้ทำการตั้งสถานีตรวจวัดระดับน้ำชั่วคราว ในระหว่างวันที่ 8 สิงหาคม ถึง 6 กันยายน พ.ศ.25Ø7 รวม 3Ø วัน ทำการวัดระดับน้ำ และวิเคราะห์หาองค์ประกอบฮาร์โมนิก เพื่อใช้ในการทำนายระดับน้ำ และทำการจัดพิมพ์เผยแพร่ในหนังสือ มาตราน้ำ-น่านน้ำไทย เป็นประจำทุกปี จนถึงปัจจุบัน

การทำนายระดับน้ำที่หัวหินที่ผ่านมา มีการใช้ข้อมูลจากการทำนายของกรมอุทกศาสตร์ฯ (Suphat Vongvisessomjai et.al , 1978) หรือใช้การ interpolation ค่าองค์ประกอบฮาร์โมนิก ระหว่างสถานีแม่กลองและสถานีเกาะหลัก (Santi Charuskumchornkul , 1988) สำหรับในการศึกษานี้จะทำการคำนวณหา อัตราส่วนของแอมปลิจูดและผลต่างของมุมเฟสขององค์ประกอบฮาร์โมนิก ระหว่างสถานีเกาะหลักและสถานีหัวหิน ในช่วงเวลาที่มีการวัดข้อมูลระดับน้ำเพื่อนำไปคำนวณหาองค์ประกอบฮาร์โมนิก ของสถานีหัวหิน จากข้อมูลของสถานีเกาะหลัก ในช่วงเวลาต่าง ๆ ค่าขององค์ประกอบฮาร์โมนิกของสถานีเกาะหลัก และสถานีหัวหิน แสดงในตารางที่ 3-4 และ ตารางที่ 3-5

3.3 ข้อมูลกระแสน้ำทะเล

กระแสน้ำทะเลเป็นอีกข้อมูลหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบผลการคำนวณกับข้อมูลที่ทำการวัดจริงในพื้นที่ศึกษา แต่กระแสน้ำทะเล เป็นข้อมูลที่ทำการวัดได้ยาก และต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นข้อมูล กระแสน้ำทะเลในบริเวณอ่าวไทยตอนบน จึงมีการวัดน้อยมาก กรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ ได้ทำการวัดกระแสน้ำทะเลรายชั่วโมง ในช่วงเวลา 25 ชั่วโมง จำนวน 8 สถานี รวม 2 ครั้ง ในระหว่างวันที่ 4-6 เมษายน 2516 และ 18 มีนาคม-7เมษายน 2522 รายละเอียดของช่วงเวลา และตำแหน่งของสถานีที่ทำการวัด แสดงในตารางที่ 3-6 และรูปที่ 3-3 นอกจากนี้ มีการวัดกระแสน้ำทะเล ในการศึกษาที่ผ่านมาโดยทำการวัดเฉพาะ

บริเวณที่ทำการศึกษา เช่น การวัดกระแสน้ำทะเลรายชั่วโมง ในช่วงเวลา 25 ชั่วโมง จำนวน 6 สถานี ที่อ่าวสัตหีบ รวม 8 ครั้ง ในปี 1973-1974 (Fuh , 1977)

3.4 ข้อมูลลม

ลมในประเทศไทย แบ่งได้เป็นสองลักษณะตามทิศทางการพัด คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในปัจจุบันมีการวัดความเร็วและทิศทางลมโดยสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา รอบพื้นที่อ่าวไทยตอนบน ได้แก่ สถานีสัตหีบ พัทยา เกาะสีชัง ชลบุรี สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี หัวหิน และสถานีนำร่อง โดยที่สถานีต่าง ๆ เหล่านี้ ตั้งอยู่บนแผ่นดินทั้งสิ้น ยกเว้น สถานีนำร่อง ที่ตั้งอยู่ในทะเล ห่างจากชายฝั่งประมาณ 15 กม. ความเร็วลมบนแผ่นดินโดยทั่วไป จะมีขนาดน้อยกว่า ลมในทะเลในพื้นที่ที่ติดกัน ทั้งนี้เนื่องจาก สิ่งปลูกสร้างและลักษณะของพื้นดิน จะทำให้ความเร็วของลมลดลง ดังนั้นในการศึกษานี้จะใช้ค่าความเร็วและทิศทางของลม จากสถานีนำร่องเป็นตัวแทน ตารางที่ 3-7 แสดงความเร็วและทิศทางของลมที่สถานีนำร่อง

3.5 การประยุกต์ใช้แบบจำลองในพื้นที่ศึกษา

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิธีไฟไนท์เอเลเมนต์นั้น จะต้องทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น NODE และเอเลเมนต์ย่อย และทำการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้นรวมทั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลองซึ่งมีรายละเอียดสำหรับการศึกษาครั้งนี้ดังต่อไปนี้ คือ

3.5.1 การแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น NODE และ เอเลเมนต์ (Element)

ในการคำนวณแก้สมการ partial differential ด้วยวิธีไฟไนท์เอเลเมนต์ จะเริ่มต้น โดยการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นพื้นที่ย่อย ๆ ขนาดเล็ก เรียกว่า เอเลเมนต์ ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วย NODE ที่ขอบเขตของแต่ละเอเลเมนต์ การแบ่งให้เอเลเมนต์ มีขนาดเล็กกว่า จะให้ผลการคำนวณที่ละเอียดกว่า ทั้งนี้เพราะจำนวน NODE จะมากกว่าทำให้ค่าของตัวแปรที่คำนวณได้ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง NODE กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษามากกว่า แต่เนื่องจากจำนวนตัวแปรที่มากกว่า จะต้องใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นด้วย ดังนั้นโดยทั่วไป จะทำการแบ่งเอเลเมนต์ให้มีขนาดเล็กหรือมีจำนวน NODE มาก เฉพาะในบริเวณที่จำเป็นเท่านั้น เช่น บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความลาดชันของท้องน้ำมาก บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรมาก (เช่น มี velocity gradient สูง) หรือบริเวณที่ต้องให้ความสนใจมากเป็นพิเศษ ซึ่งบริเวณอื่น ๆ อาจทำการแบ่งให้มีขนาดของเอเลเมนต์ใหญ่ขึ้นได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษของวิธีไฟไนท์เอเลเมนต์ที่สามารถเลือกแบ่ง

ขนาดพื้นที่ย่อย ตามความจำเป็นได้ ในการศึกษานี้ ได้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 116 เอเลเมนต์ 81 NODE ดังแสดงในรูปที่ 3-4 โดยให้มีขนาดเอเลเมนต์ ที่บริเวณชายฝั่งด้านทิศเหนือ เล็กกว่าบริเวณอื่น ทั้งนี้เพราะชายฝั่งด้านทิศเหนือ เป็นบริเวณก้นอ่าว และมีแม่น้ำ 4 สาย ไหลลงมาจากชายฝั่งด้านนี้ ทำให้เป็นที่คาดการณ์ว่า จะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและกระแสน้ำมากในบริเวณนี้ ความยาวด้านของเอเลเมนต์ที่ยาวที่สุดคือ 216ØØ เมตร ที่บริเวณใกล้ขอบเขตปิด และความยาวด้านที่สั้นที่สุด คือ 1ØØ เมตร ที่แม่น้ำท่าจีน

3.5.2 เงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบเขต

เงื่อนไขเริ่มต้นคือค่าของตัวแปรที่ตำแหน่งของ NODE ต่าง ๆ ในขณะเริ่มต้นทำการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในการศึกษานี้ ได้แก่ ค่าระดับน้ำและกระแสน้ำ โดยที่ค่าระดับน้ำ และกระแสน้ำที่ตำแหน่ง NODE ต่าง ๆ ในขณะเริ่มต้นทำการคำนวณนั้น ถ้ามีการตรวจวัดจะได้ค่าที่ดีที่สุด สำหรับเป็นเงื่อนไขเริ่มต้น แต่โดยทั่วไป จะไม่สามารถทำการตรวจวัดไว้ได้ ดังนั้น จึงมีวิธีกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นด้วยวิธี cold start กล่าวคือ กำหนดให้ค่าระดับน้ำเท่ากับค่าระดับคงที่ (เช่น Ø m.MSL เป็นต้น) และกระแสน้ำที่ตำแหน่ง NODE ต่าง ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์ แล้วจึงทำการคำนวณ โดยใช้เงื่อนไขขอบเขตก่อนช่วงเวลาที่ต้องการผลการคำนวณจริง ๆ เป็นระยะเวลาหนึ่ง เรียกว่า เป็นการทำ free run จนกระทั่งได้ค่าระดับน้ำและกระแสน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นของช่วงเวลาที่ต้องการผลการคำนวณ ช่วงเวลาที่ต้องใช้ในการทำ free run สำหรับแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้ จากการศึกษาที่ผ่านมา สุจริต คูณธนกุลวงศ์ (2533) พบว่าจะต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง โดยมีค่า Δt (time step) เท่ากับ 1 ชั่วโมงเพื่อให้ได้เงื่อนไขเริ่มต้นที่เหมาะสม

สำหรับเงื่อนไขขอบเขตของการศึกษานี้ กำหนดเงื่อนไขขอบเขตที่ขอบเขตเปิดเป็นค่าระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำที่หัวหินและสัตหีบ โดยคำนวณค่าระดับน้ำของ NODE ที่ขอบเขตเปิดซึ่งอยู่ระหว่างหัวหินและสัตหีบด้วยวิธี Linear Interpolation จากค่าระดับน้ำที่หัวหินและสัตหีบ นอกจากนี้เงื่อนไขขอบเขตที่ขอบเขตแม่น้ำได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำแม่กลอง จะใช้ค่าระดับน้ำวัดจริงที่สถานีตรวจวัดระดับน้ำ ซึ่งตั้งอยู่ที่บริเวณปากแม่น้ำทั้ง 4 สาย

3.5.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อมูลที่ต้องกำหนดให้ในการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ นอกจากการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น NODE และเอเลเมนต์ เงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบเขตดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ พารามิเตอร์ สำหรับสมการของการไหล 2 มิติ ในแนวราบที่ได้กล่าวในบทที่ 2 คือ

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

ψ = latitude ของอ่าวไทยตอนบน = 13° เหนือ

ω = ความเร็วเชิงมุมของโลก = 7.27×10^{-5} rad/s

f = Coriolis Parameter = 2 ω sin ψ = 3.27×10^{-5} rad/s

γ^2 = สัมประสิทธิ์ความเค้นของลม = Ø.ØØ26

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ = 1.ØØ T/m^3

ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ = Ø.ØØ12 T/m^3

U_o, V_o = ความเร็วลมในแนวแกน X และ Y ได้แก่ความเร็วลมที่สถานีนำร่อง สำหรับค่า C หรือ Chezy Constant นั้น จะทำการหาค่าที่เหมาะสมในขั้นตอน การคำนวณปรับเทียบแบบจำลองในบทต่อไป นอกจากนี้การกำหนดค่า weighting coefficient (θ) และ time step (Δt) นั้นจะต้องพิจารณาถึง stability และ accuracy ของแบบจำลองด้วย ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผลของการกำหนดค่า ต่อ stability มีผลดังนี้คือ (Reddy , 1984)

$$\theta = \begin{cases} Ø & \text{forward difference (Euler) scheme} \quad \text{Conditionally Stable} \\ \frac{1}{2} & \text{Crank-Nicolson scheme} \quad \text{Unconditionally Stable} \\ \frac{2}{3} & \text{Garlerkin method} \quad \text{Unconditionally Stable} \\ 1 & \text{backward-difference scheme} \quad \text{Conditionally Stable} \end{cases}$$

ซึ่งการกำหนดค่า θ เพื่อให้แบบจำลองเป็น Unconditionally Stable ทำให้การกำหนดค่า Δt จะขึ้นอยู่กับ accuracy ที่ต้องการเท่านั้น การกำหนดค่า Δt ที่น้อยลงจะทำให้ได้ accuracy ที่สูงขึ้น แต่เวลาที่ต้องใช้ในการคำนวณจะมากขึ้นด้วย ซึ่งจำเป็นต้องคำนึงถึงทั้งค่าความคลาดเคลื่อนและเวลาที่ใช้ในการคำนวณ จากการศึกษาแบบจำลองนี้ที่ผ่านมา สุจริต คูณธนกุลวงศ์ (2533) พบว่าค่า θ ที่เหมาะสมได้แก่ค่า θ = Ø.55 นั่นคือแบบจำลองนี้เป็น Unconditionally Stable โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และได้ใช้ค่า Δt เท่ากับ 1 ชั่วโมง สำหรับการคำนวณเกี่ยวกับกระแสน้ำที่มีผลมาจากน้ำขึ้นน้ำลง

3.5.4 ขั้นตอนการคำนวณ

การคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษานี้ มีขั้นตอนของการคำนวณในแบบจำลอง โดยสรุปดังต่อไปนี้ คือ

1. อ่านข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ เวลาที่เริ่มต้นและสิ้นสุดของการคำนวณพารามิเตอร์ของพื้นที่ศึกษา หมายเลขของ NODE ที่เป็นขอบเขตแบบต่าง ๆ ของพื้นที่ศึกษา ตำแหน่งของ NODE ความลึกของท้องน้ำจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ NODE ต่าง ๆ หมายเลขของเอเลเมนต์และหมายเลขของ NODE ในแต่ละเอเลเมนต์ เงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบเขต

2. คำนวณและจัดสมการ matrix ของแต่ละเอเลเมนต์ ตามสมการที่ (4.7)
3. รวมสมการ matrix ของแต่ละเอเลเมนต์ตามความสัมพันธ์ของ NODE และเอเลเมนต์ต่าง ๆ ได้เป็นสมการ matrix ของทั้งพื้นที่ศึกษา ตามสมการที่ (5Ø)
4. แทนค่าค่าเงื่อนไขขอบเขตของเวลานั้น ๆ
5. แก้สมการ matrix โดยวิธี Gaussian Elimination ได้ค่าระดับน้ำและกระแสน้ำที่ตำแหน่ง NODE ต่าง ๆ
6. พิมพ์ผลการคำนวณค่าระดับน้ำและกระแสน้ำที่ตำแหน่ง NODE ต่าง ๆ
7. ตรวจสอบการคำนวณสิ้นสุด ถ้าการคำนวณยังไม่สิ้นสุดจะนำผลการคำนวณค่าระดับน้ำและกระแสน้ำที่ได้ เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นในการคำนวณที่เวลาถัดไป

ผังการทำงานของขั้นตอนการคำนวณแสดงใน รูปที่ 3-5

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดของสถานีวัดระดับน้ำที่ใช้ในการศึกษา

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ตำแหน่งที่ตั้ง		หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ปีที่เริ่มทำการ
		ละติจูด	ลองจิจูด		
Ø9ØØØ4	ป้อมพระจุลฯ	33°33'Ø6" น.	1ØØ°34'44" อ.	การท่าเรือแห่งประเทศไทย	2482
Ø6ØØ11	ปากน้ำท่าจีน	13°3Ø'36" น.	1ØØ°16'4Ø" อ.	กรมเจ้าท่า	252Ø
Ø6ØØ12	ปากน้ำแม่กลอง	13°22'36" น.	99°13'Ø6" อ.	กรมเจ้าท่า	252Ø
Ø6ØØ25	ปากน้ำบางปะกง	13°3Ø'Ø3" น.	1ØØ°59'16" อ.	กรมเจ้าท่า	2524
Ø7ØØØ3	สัตหีบ	12°38'42" น.	1ØØ°52'55" อ.	กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ	2483
Ø7ØØØ4	เกาะหลัก	11°47'12" น.	99°48'58" อ.	กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ	2483
Ø9ØØØ6	สันดอนกรุงเทพ	13°26'19" น.	1ØØ°35'44" อ.	การท่าเรือแห่งประเทศไทย	2492
Ø9ØØØ7	เกาะสีชัง	13°Ø9'3Ø.5"น.	1ØØ°48'4Ø.9"อ.	การท่าเรือแห่งประเทศไทย	2482

ตารางที่ 3-2 องค์ประกอบฮาร์โมนิกที่ใช้ในการศึกษา

สัญญลักษณ์	ชื่อ	ชนิด	คาบเวลา
M_2	Principal Lunar	Semi-Diurnal Tide	12:25
S_2	Principal Solar	Semi-Diurnal Tide	12:00
O_1	Principal Lunar Diurnal	Diurnal Tide	25:49
K_1	Luni-Solar Diurnal	Diurnal Tide	23:36

ตารางที่ 3-3 องค์ประกอบฮาร์โมนิกของสถานีวัดระดับน้ำในอ่าวไทยตอนบน

สถานี	ปี		M_2	S_2	O_1	K_1	$\frac{(O_1+K_1)}{(M_2+S_2)}$
สัตหีบ	2517	A	0.2397	0.1230	0.3804	0.5873	2.6680
		P	115	261	134	307	
	2518	A	0.2537	0.1259	0.3466	0.5560	2.3778
		P	215	258	236	306	
	2519	A	0.2503	0.1292	0.3292	0.5348	2.2767
		P	316	257	340	305	
	2520	A	0.2497	0.1263	0.3258	0.5210	2.2521
		P	59	291	72	316	
	2521	A	0.2554	0.1229	0.3070	0.5225	2.1927
		P	133	259	164	299	
	2522	A	0.2198	0.1163	0.3543	0.5629	2.7289
		P	230	238	270	295	
	2523	A	0.2503	0.1204	0.3250	0.5275	2.2997
		P	334	262	17	292	
	2524	A	0.2460	0.1229	0.3468	0.5522	2.4370
		P	50	262	92	291	
	2525	A	0.2413	0.1196	0.3681	0.5687	2.5957
		P	148	260	193	289	
	2526	A	0.2403	0.1194	0.3883	0.6074	2.7681
		P	246	259	294	288	
	2527	A	0.2156	0.1188	0.3937	0.6087	2.9976
		P	345	263	31	290	
	2528	A	0.2275	0.1186	0.4325	0.6331	3.0789
		P	65	262	105	290	

หมายเหตุ : A คือแอมปลิจูด หน่วยเป็นเมตร
P คือมุมเฟส หน่วยเป็นองศา

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สถานี	ปี		M_2	S_2	O_1	K_1	$\frac{(O_1+K_1)}{(M_2+S_2)}$
ป้อมพระจุลฯ	2517	A	0.5209	0.2838	0.4175	0.6636	1.3435
		P	90	234	126	298	
	2518	A	0.5439	0.2874	0.3766	0.6368	1.2191
		P	192	232	229	298	
	2519	A	0.5149	0.3010	0.3533	0.6206	1.1937
		P	272	232	312	297	
	2520	A	0.5441	0.2925	0.3638	0.6019	1.1543
		P	9	237	52	294	
	2521	A	0.5529	0.2867	0.3385	0.5978	1.1152
		P	111	234	157	292	
	2522	A	0.4980	0.2750	0.3026	0.5923	1.1577
		P	203	231	261	287	
	2523	A	0.5549	0.2856	0.3591	0.6016	1.1430
		P	311	235	10	285	
	2524	A	0.5368	0.2926	0.3840	0.6275	1.2196
		P	28	237	85	283	
	2525	A	0.4483	0.2690	0.3923	0.6398	1.4389
		P	134	247	191	285	
	2526	A	0.5208	0.2698	0.4275	0.6682	1.3859
		P	224	233	288	280	
	2527	A	0.4985	0.2789	0.4684	0.6914	1.4919
		P	324	232	25	280	
	2528	A	0.4835	0.2662	0.4781	0.7108	1.5858
		P	43	236	98	283	

หมายเหตุ : A คือแอมปลิจูด หน่วยเป็นเมตร
P คือมุมเฟส หน่วยเป็นองศา

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สถานี	ปี		M_2	S_2	O_1	K_1	$\frac{(O_1+K_1)}{(M_2+S_2)}$
บางปะกง	2525	A	0.5111	0.2608	0.3860	0.6200	1.3033
		P	120	229	185	279	
	2526	A	0.5045	0.2540	0.4042	0.6410	1.3780
		P	218	227	287	277	
	2527	A	0.4940	0.2617	0.4498	0.6777	1.4920
		P	317	228	24	277	
	2528	A	0.4794	0.2609	0.4524	0.6849	1.5363
		P	37	230	97	281	
ท่าจีน	2522	A	0.4876	0.2585	0.3089	0.5666	1.1734
		P	214	234	262	292	
	2523	A	0.5024	0.2802	0.3052	0.5619	1.1080
		P	311	235	10	291	
	2525	A	0.5112	0.2586	0.3938	0.6180	1.3144
		P	124	234	188	281	
	2526	A	0.4889	0.2498	0.4070	0.6407	1.4183
		A	228	236	291	284	
	2527	P	0.4875	0.2485	0.4531	0.6737	1.5310
		A	328	238	30	283	
	2528	A	0.4210	0.2410	0.4381	0.6800	1.6890
		P	31	240	85	287	
แม่กลอง	2521	A	0.4782	0.2278	0.3027	0.5592	1.2208
		P	102	223	153	286	
	2522	A	0.5148	0.2666	0.3173	0.5622	1.1255
		P	206	220	262	279	
	2523	A	0.4915	0.2583	0.3459	0.5436	1.1863
		P	305	231	5	281	
	2525	A	0.4709	0.2401	0.3646	0.5964	1.3516
		P	118	226	185	277	
	2526	A	0.5048	0.2774	0.4164	0.6163	1.3203
		P	221	221	286	274	
	2527	A	0.4639	0.2482	0.4386	0.6549	1.5356
		P	315	225	23	275	
	2528	A	0.4462	0.2377	0.4377	0.6649	1.6122
		P	34	228	96	279	

หมายเหตุ : A คือแอมปลิจูด หน่วยเป็นเมตร
P คือมุมเฟส หน่วยเป็นองศา

ตารางที่ 3-4 อัตราส่วนขององค์ประกอบฮาร์โมนิคของสถานีเกาะหลัก และสถานีหัวหินในระหว่างวันที่ 8 สค. - 6 กย. 25Ø7

องค์ประกอบ		เกาะหลัก	หัวหิน	หัวหิน/เกาะหลัก	หัวหิน-เกาะหลัก
M_2	แอมปลิจูด	Ø.Ø661	Ø.3Ø18	4.5658	
	เฟส	-Ø.75Ø3	-Ø.9216		-Ø.1713
S_2	แอมปลิจูด	Ø.Ø15Ø	Ø.1584	1Ø.56ØØ	
	เฟส	4.3Ø69	3.8Ø82		-Ø.4987
O_1	แอมปลิจูด	Ø.38Ø4	Ø.4332	1.1388	
	เฟส	2.1786	2.2391		Ø.Ø6Ø5
K_1	แอมปลิจูด	Ø.5159	Ø.6316	1.2242	
	เฟส	2.14Ø5	2.2Ø38		Ø.Ø633

ตารางที่ 3-5 องค์ประกอบฮาร์โมนิกของสถานีเกาะหลักและสถานีหัวหิน

สถานี	ปี		M_2	S_2	O_1	K_1	$\frac{(O_1+K_1)}{(M_2+S_2)}$
เกาะหลัก	2517	A	0.0551	0.0129	0.3285	0.4944	12.1015
		P	101	269	130	300	
	2518	A	0.0563	0.0139	0.2971	0.4679	10.8974
		P	205	254	230	302	
	2520	A	0.0559	0.0174	0.2894	0.4471	10.0477
		P	46	293	69	309	
	2521	A	0.0568	0.0145	0.2540	0.4583	9.9902
		P	120	255	158	291	
	2522	A	0.0584	0.0161	0.2409	0.4531	9.3154
		P	210	252	259	289	
	2523	A	0.0580	0.0171	0.2849	0.4561	9.8668
		P	319	254	10	286	
	2524	A	0.0593	0.0161	0.3038	0.4818	10.4191
		P	35	262	87	284	
	2525	A	0.0564	0.0157	0.3209	0.5003	11.3897
		P	138	263	188	282	
	2526	A	0.0551	0.0139	0.3375	0.5175	12.3913
		P	233	256	292	282	
	2527	A	0.0525	0.0170	0.3722	0.5371	13.0835
		P	312	263	6	283	
	2528	A	0.0518	0.0190	0.3818	0.5452	13.0932
		P	55	265	100	285	
หัวหิน	2517	A	0.2516	0.1362	0.3741	0.6052	2.5253
		P	92	240	133	304	
	2518	A	0.2571	0.1468	0.3383	0.5728	2.2558
		P	195	225	233	306	
	2520	A	0.2552	0.1837	0.3296	0.5473	1.9979
		P	36	264	72	313	
	2521	A	0.2593	0.1531	0.2893	0.5611	2.0621
		P	110	226	161	294	
	2522	A	0.2666	0.1700	0.2743	0.5547	1.8988
		P	200	224	263	292	
	2523	A	0.2648	0.1806	0.3244	0.5584	1.9820
		P	309	225	13	289	
	2524	A	0.2708	0.1700	0.3460	0.5898	2.1230
		P	25	233	90	288	
	2525	A	0.2575	0.1658	0.3654	0.6125	2.3102
		P	128	235	191	286	
	2526	A	0.2516	0.1468	0.3843	0.6335	2.5547
		P	224	228	296	285	
	2527	A	0.2397	0.1795	0.4239	0.6575	2.5797
		P	303	234	10	287	
	2528	A	0.2365	0.2006	0.4348	0.6674	2.5216
		P	45	237	104	289	

หมายเหตุ : A คือแอมปลิจูด หน่วยเป็นเมตร
P คือมุมเฟส หน่วยเป็นองศา

i 10307527

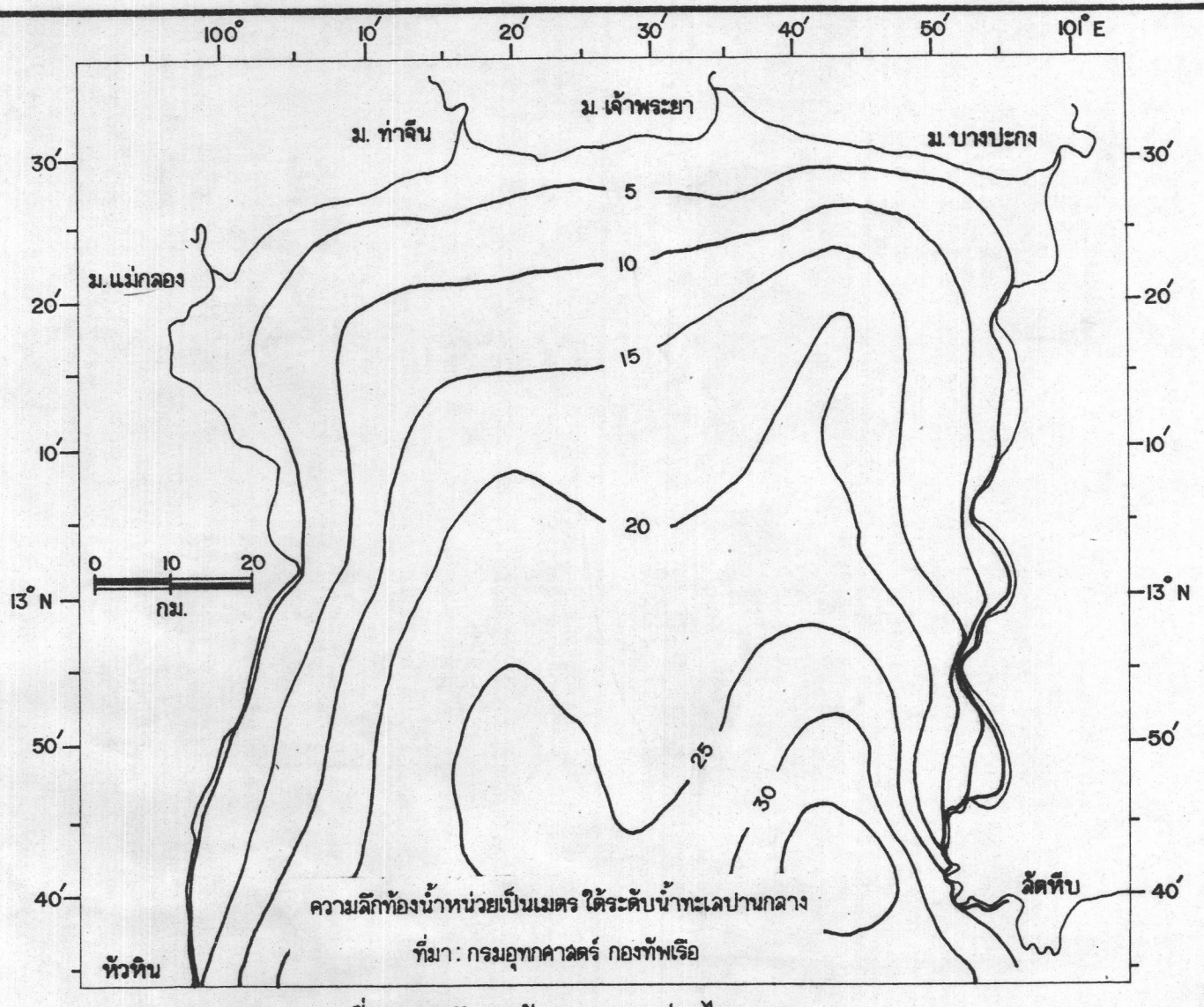
ตารางที่ 3-6 ตำแหน่งของสถานี และช่วงเวลาที่ทำการวัดกระแสน้ำ โดยกรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ

สถานี	การสำรวจครั้งที่ 1 4-6 เมษายน 2516				การสำรวจครั้งที่ 2 18 มีนาคม-7 เมษายน 2522			
	ละติจูด	ลองจิจูด	วัน เดือน ปี	เวลาเริ่มต้น	ละติจูด	ลองจิจูด	วัน เดือน ปี	เวลาเริ่มต้น
1	13°16'00"น.	100°21'30"อ.	6 เม.ย.16	18:02	13°17'00"น.	100°20'00"อ.	6 ก.พ.22	13:00
2	13°16'42"น.	100°38'18"อ.	6 เม.ย.16	17:00	13°18'00"น.	100°38'30"อ.	7 ก.พ.22	15:05
3	12°58'12"น.	100°35'36"อ.	5 เม.ย.16	15:00	13°06'00"น.	100°42'18"อ.	18 ก.พ.22	10:05
4	12°57'00"น.	100°49'54"อ.	4 เม.ย.16	13:05	12°50'00"น.	100°44'00"อ.	1 มี.ค.22	21:05
5	12°36'18"น.	100°41'48"อ.	3 เม.ย.16	10:18	12°35'00"น.	100°37'30"อ.	29 มี.ค.22	12:02
6	12°37'00"น.	100°17'30"อ.	3 เม.ย.16	10:02	12°37'00"น.	100°16'00"อ.	30 มี.ค.22	15:06
7	12°56'00"น.	100°09'00"อ.	4 เม.ย.16	13:00	12°50'00"น.	100°11'00"อ.	31 มี.ค.22	17:00
8	12°58'00"น.	100°21'00"อ.	5 เม.ย.16	15:00	13°06'00"น.	100°13'00"อ.	5 เม.ย.22	11:10

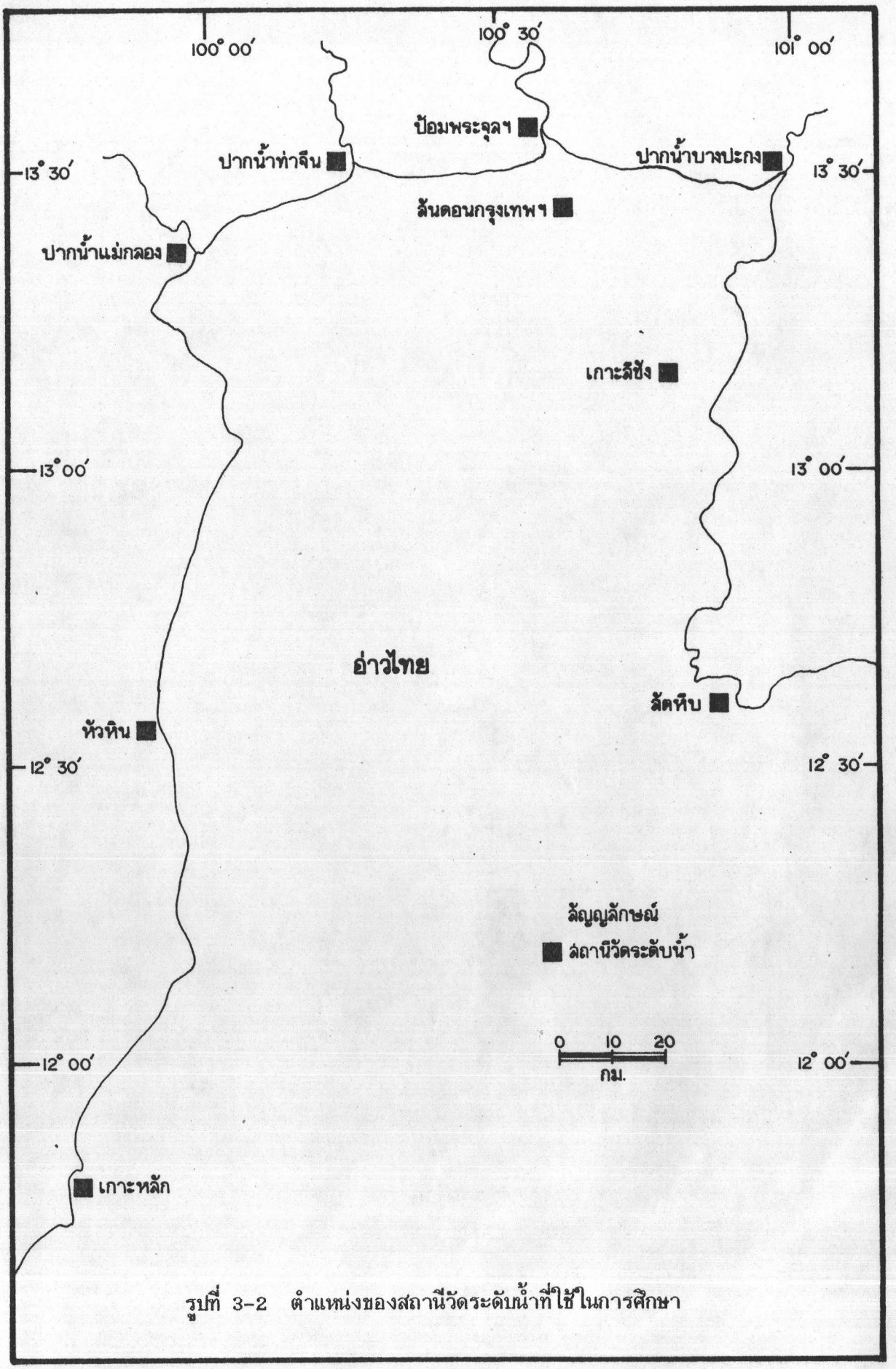
หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-7 ความเร็วและทิศทางของลมเฉลี่ยรายเดือน : สถานีน้ำร่อง

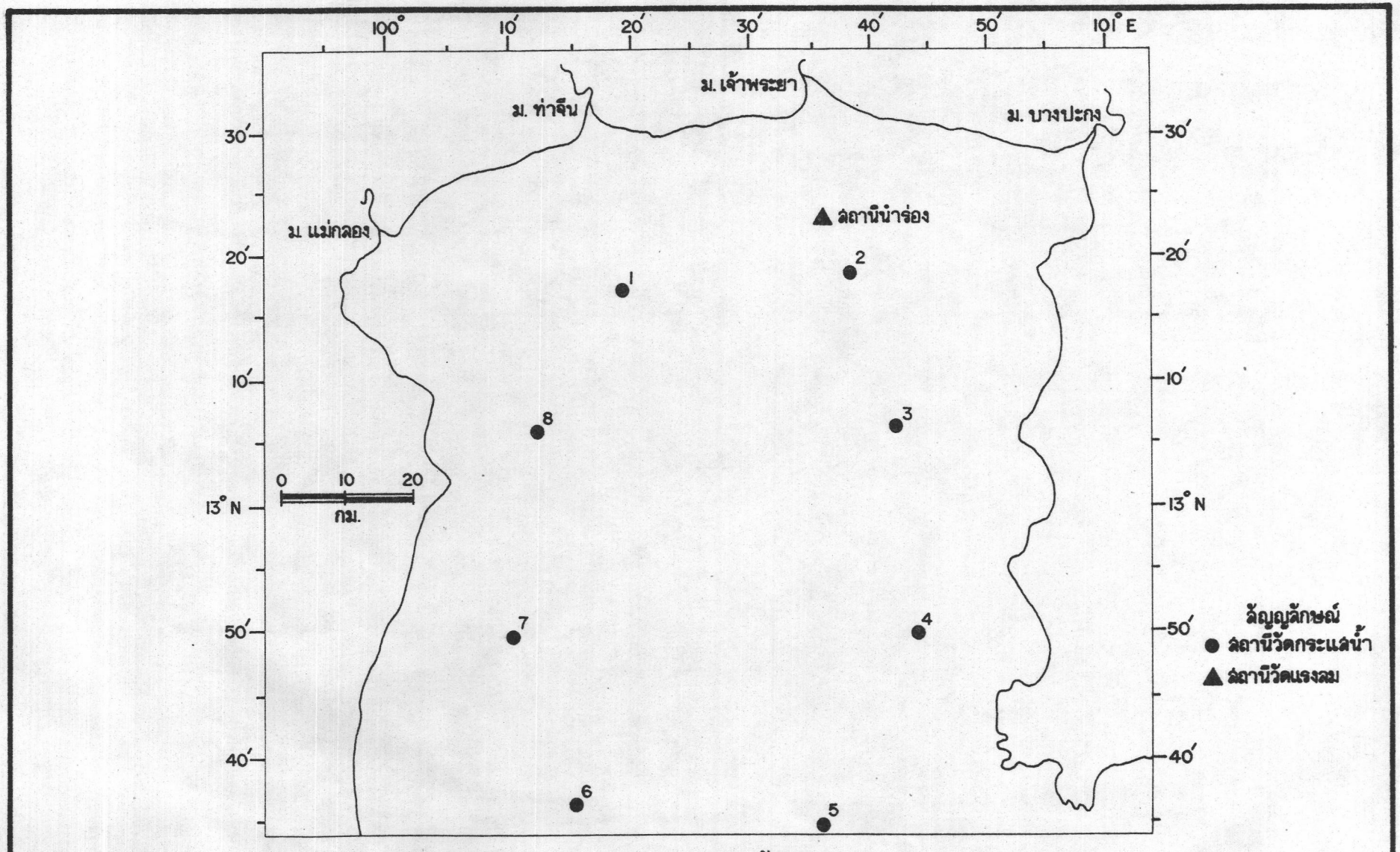
ปี		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2529	ความเร็ว (ม./ว.)	4.99	4.48	6.54	5.20	5.04	4.74	4.37	4.01	3.40	2.78	4.37	4.99
	ทิศทาง	NE	S	S	S	S	S	SW	SW	S	NE	NE	N
2530	ความเร็ว (ม./ว.)	5.04	5.10	5.15	4.94	4.48	5.46	4.32	4.53	3.86	2.83	4.12	5.30
	ทิศทาง	NE	S	S	S	S	S	S	S	S	NE	N	N
2531	ความเร็ว (ม./ว.)	3.76	3.60	5.71	4.48	4.58	4.79	4.43	4.17	3.14	3.91	6.02	5.30
	ทิศทาง	NE	S	S	S	S	SW	SW	S	S	NW	NE	NE
ค่าเฉลี่ย	ความเร็ว (ม./ว.)	4.58	4.37	5.82	4.89	4.68	4.99	4.37	4.22	3.45	3.19	4.84	5.20
	ทิศทาง	NE	S	S	S	S	S	SW	S	S	NE	NE	N



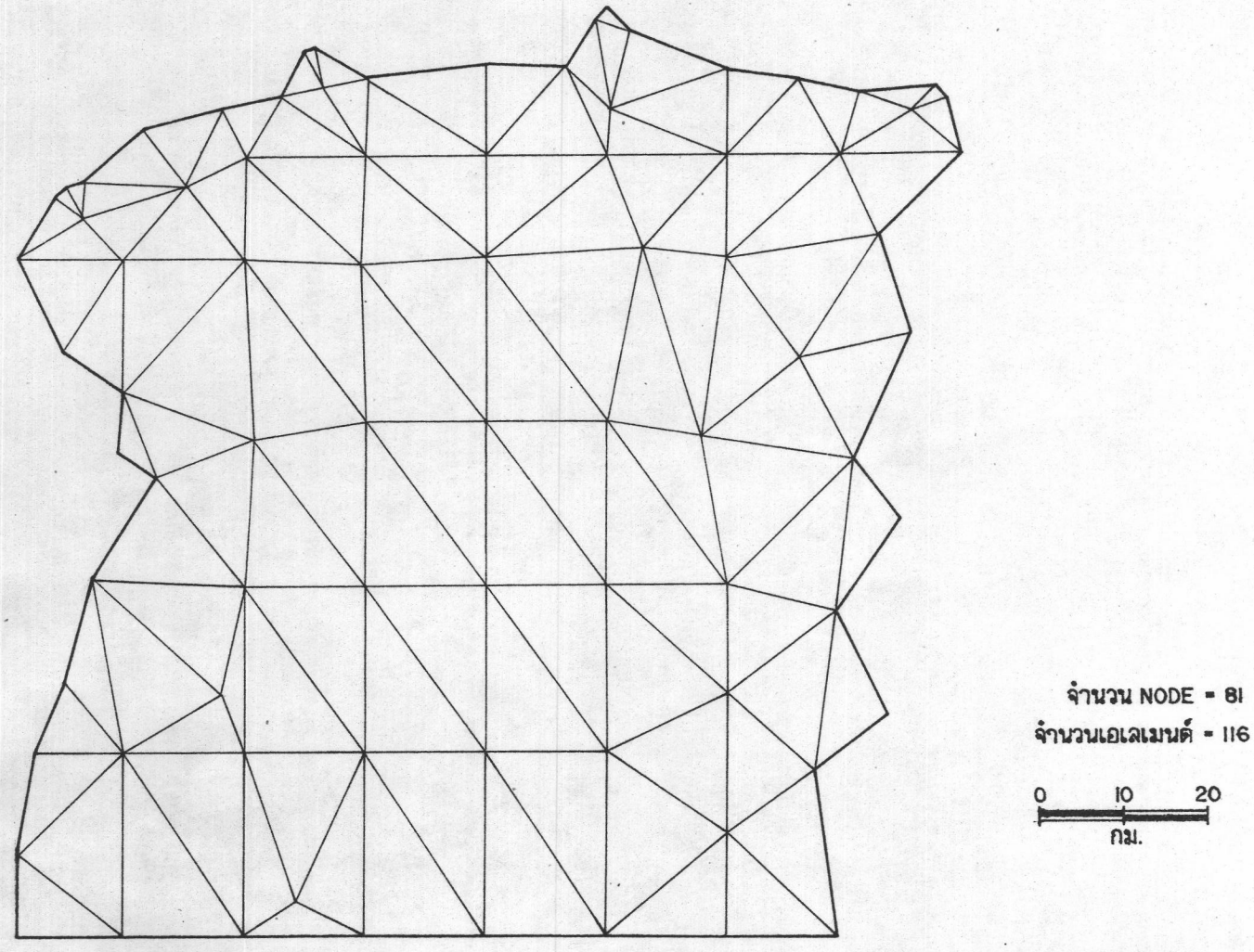
รูปที่ 3-1 ลักษณะท้องทะเลของอ่าวไทยตอนบน



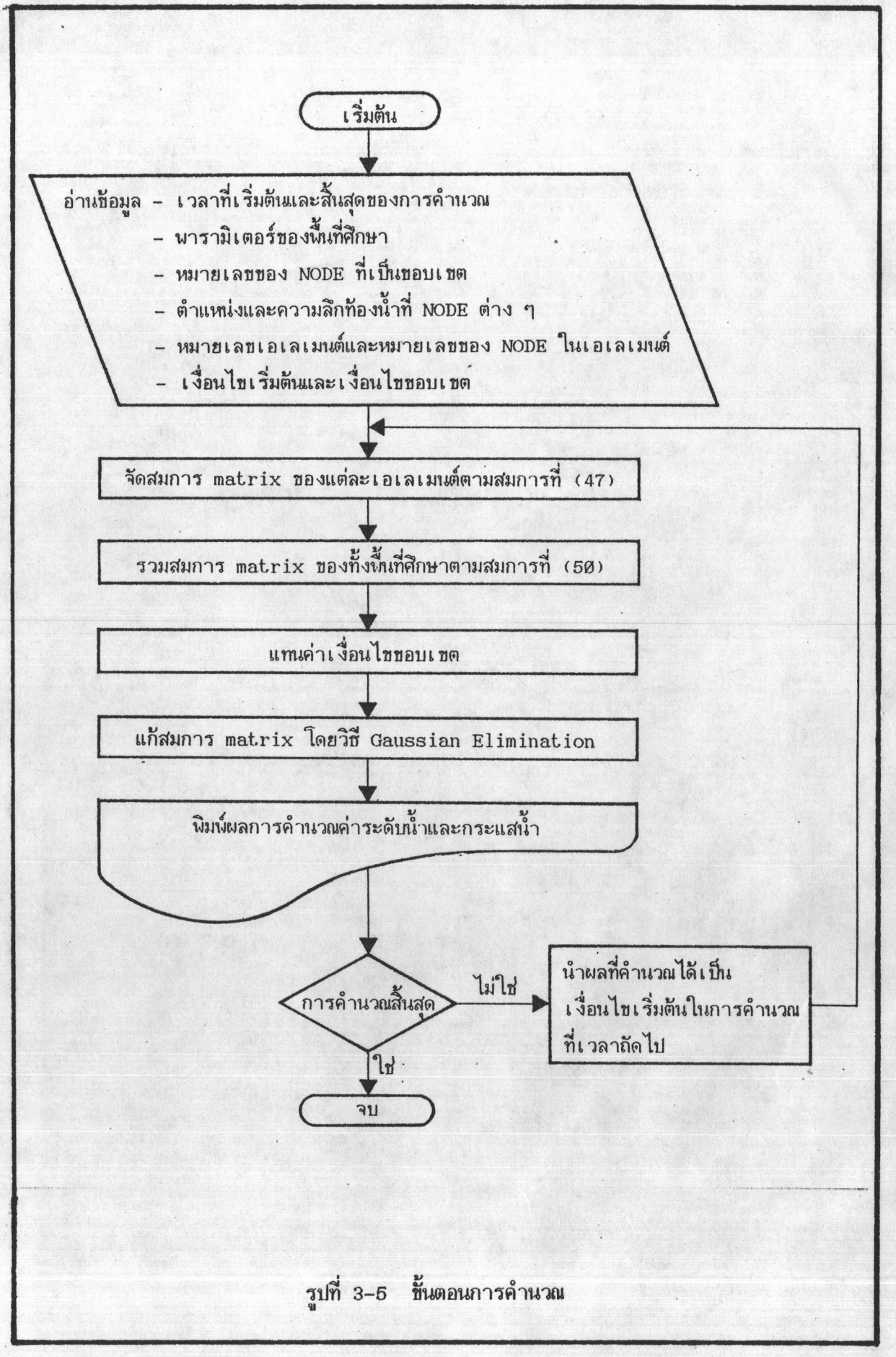
รูปที่ 3-2 ตำแหน่งของสถานีวัดระดับน้ำที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 3-3 ตำแหน่งสถานีวัดกระแสน้ำในบริเวณอ่าวไทยตอนบน



รูปที่ 3-4 การแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น NODE และเอเลเมนต์



รูปที่ 3-5 ขั้นตอนการคำนวณ