บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 โปรแกรมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ชุดโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งประกอบด้วย

1. SMS (Surface-water Modeling System) เวอร์ชั่น 7.0

2. GFGEN (Geometry File GENeration) เวอร์ชั่น 4.27

3. RMA2 WES (Resource Management Associates and the Waterways Experiment Station) เวอร์ชั่น 4.5

3.2 หน้าที่และความสำคัญของโปรแกรม

3.2.1 โปรแกรม SMS7.0

Surface-water Modeling System เป็นโปรแกรมสำหรับป้อนและแสดงผลแบบจำลองของของไหลทางสิ่งแวดล้อม สามารถใช้กับแบบจำลองที่เป็น 1 มิติ 2 มิติ และ 3 มิติ โปรแกรมนี้ได้รับการพัฒนาโดยห้องวิจัยแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Modeling Research Laboratory: EMRL) ที่มหาวิทยาลัยบริงแฮมยัง (Brigham Young University) คุณสมบัติของโปรแกรม SMS คือจะมีเครื่องมือที่ช่วยให้เราสามารถจำลองพื้นที่ศึกษาให้มีความใกล้เคียงตามลักษณะตามธรรมชาติของพื้นที่ศึกษาจริง ไม่ว่าจะเป็นการใส่ความลึกน้ำ การสร้างขอบเขตพื้นที่ศึกษาซึ่งในส่วนนี้จะเป็นส่วนเริ่มต้นก่อนการคำนวณ และเมื่อคำนวณแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะนำมาวิเคราะห์ผลในส่วนของโปรมแกรม SMS อีกครั้งหนึ่ง อาจจะวิเคราะห์ในรูปเวกเตอร์หรือรูปภาพสี จึงเรียกโปรแกรม SMS ว่าเป็น pre- และ post-processsor

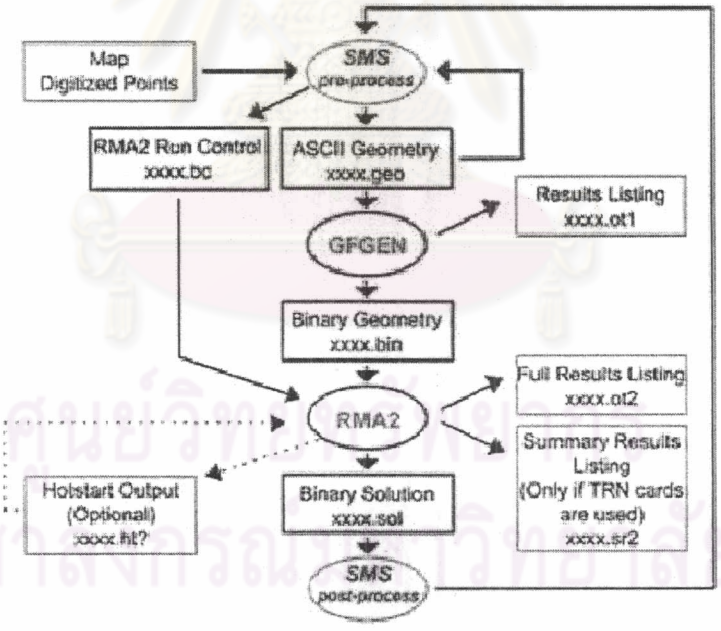
3.2.2 โปรแกรม GFGEN 4.27

ในส่วนที่สร้างโครงข่ายเอลิเมนต์จำลองพื้นที่ศึกษา การใส่ความลึก จากโปรแกรม SMS นั้น จะอยู่ในรูปไฟล์แบบแอสกี้ (ASCII file) ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณในส่วนของโปรแกรม RMA2 ได้ เนื่องจาก RMA2 ใช้ไฟล์ที่เป็น binary file โปรแกรม GFGEN จะแปลง ASCII Geometry file เป็น Binary Geometry file นอกจากการแปลงไฟล์แล้วโปรแกรมจะตรวจสอบความเหมาะสมของเอลิเมนต์ว่ามีรูปทรงทางเรขาคณิตที่ดีพอสำหรับที่จะใช้ในการคำนวณหรือไม่

การเรียงลำดับเอลิเมนต์ จะทำให้ได้เอลิเมนต์ที่เรียงกันอย่างต่อเนื่องเพื่อที่จะให้แบบจำลองคำนวณอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

3.2.3 โปรแกรม RMA2

RMA2 เป็นแบบจำลองเชิงตัวเลขไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการไหลเฉลี่ยตามความลึกใน 2 มิติ คำนวณหาคำตอบด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จากสมการนาเวียร์-สโตกส์ (Navier-Stokes equation) สำหรับการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow) ได้รับการพัฒนาโดย Norton, King and Orlob (1973) โปรแกรมจะอ่านไฟล์ลักษณะพื้นที่ศึกษาจากโปรแกรม GFGEN ซึ่งเป็น binary file รวมกับระบบสมการของการไหล แล้วหาความเร็วของกระแสน้ำใน 2 ทิศทาง สำหรับผลลัพธ์ของแบบจำลองนี้จะทำให้สามารถวิเคราะห์ความหมายทางด้านกายภาพได้ กระบวนการของโปรแกรมทั้งสามมีความสัมพันธ์กัน (ดังรูปที่ 3.1)

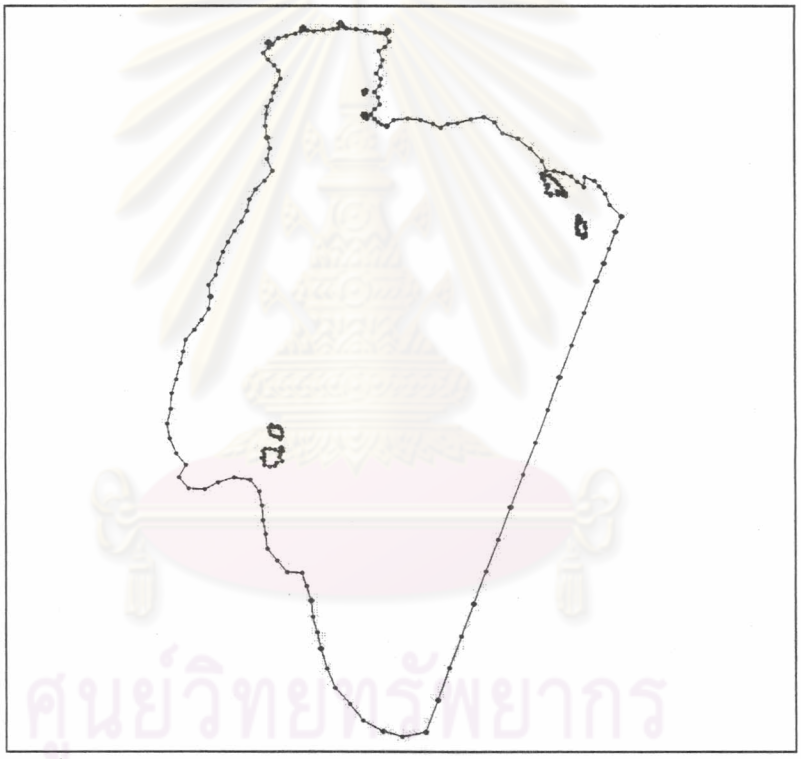


รูปที่ 3.1 แผนผังกระบวนการการทำงานของแบบจำลอง

ที่มา : King (2000)

3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองพื้นที่ศึกษา

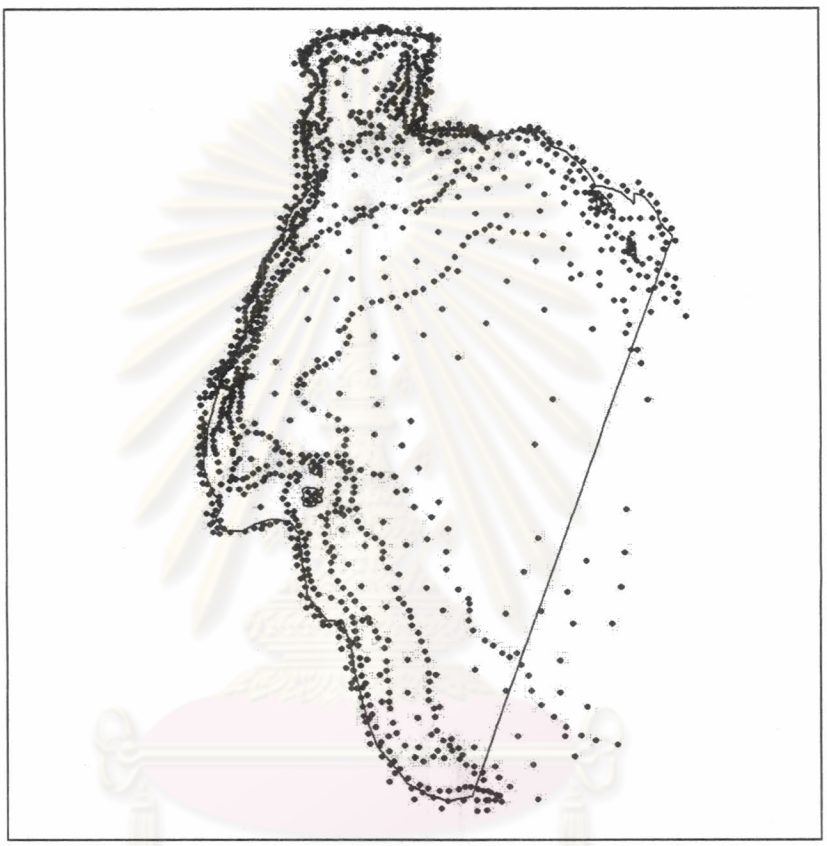
เริ่มจากการนำภาพแผนที่ พื้นที่ศึกษาซึ่งอยู่ในรูปแบบไฟล์จุด TIFF มาปรับให้มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geo-Referenced) ซึ่งใช้โคออร์ดิเนตเป็น UTM ในระบบหน่วยเมตริก จากนั้นเราจะใช้เครื่องมือในโปรแกรม SMS สร้างขอบเขตโดยการ digitize เส้นรอบพื้นที่ศึกษาโดยกำหนดระยะจุดต่อ (node) บนเส้นขอบเขตที่ระยะต่างๆ กัน ในการศึกษานี้กำหนดจุดโหนดให้ใกล้กันประมาณ 4 - 5 กิโลเมตร บริเวณอ่าวไทยตอนบนและห่างกันประมาณ 35 - 50 กิโลเมตร ที่ขอบเขตเปิดด้านล่างอ่าวไทย (ดังรูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 การกำหนดโหนดบนขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อได้ขอบเขตพื้นที่ศึกษาแล้ว ทำการใส่ความลึกน้ำ ซึ่งในโปรแกรมนี้จะใส่ความลึกน้ำตรงตำแหน่งหยั่งน้ำและค่าความลึกจากรูปที่ปรับพิกัดแล้วบนแผนที่บริเวณที่เราศึกษาได้เลย โดยกำหนดให้ความลึกน้ำมีค่าติดลบ พื้นดินมีค่าเท่ากับศูนย์ เพื่อให้โปรแกรมสามารถแยกระหว่างพื้นน้ำและพื้นดิน ได้ (ดังรูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 การใส่ความลึกน้ำตามแผนที่เดินเรือของกรมอุทกศาสตร์

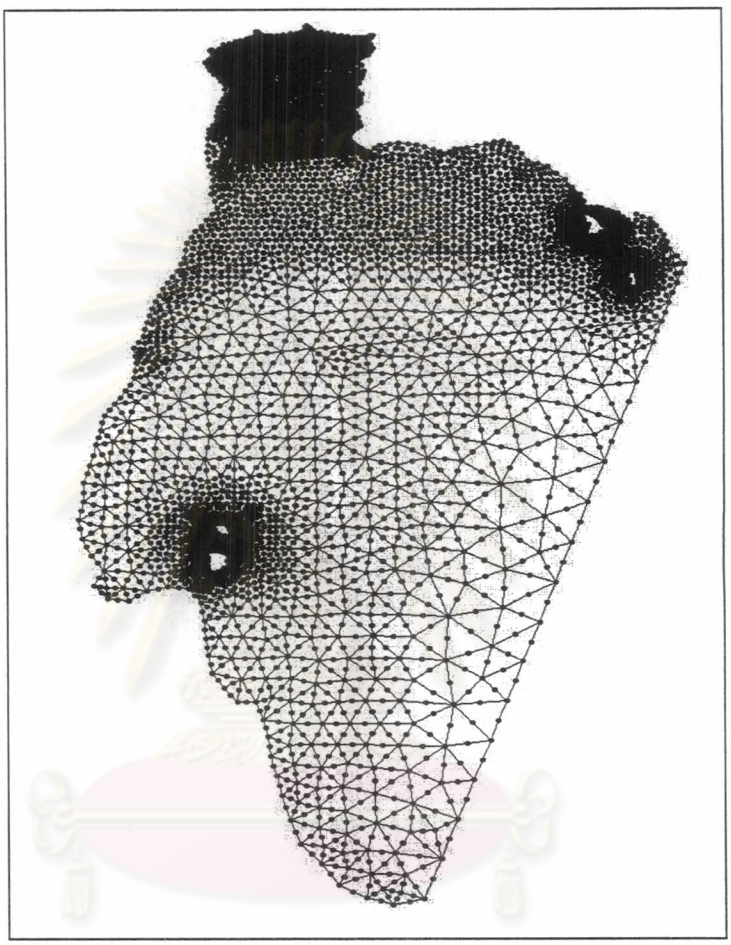
เมื่อกำหนดขอบเขตและความลึกน้ำเรียบร้อยแล้วจึงแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นส่วนย่อยๆหรือเอลิเมนต์ (elements) โดยโปรแกรมจะสร้างจุดโหนดที่กำหนดไว้ (ตามรูปที่ 3.2) ซึ่งขนาดของเอลิเมนต์ได้จากระยะห่างของจุดโหนด เนื่องจากโปรแกรมจะใช้จุดโหนดนี้ในการสร้างเอลิเมนต์ทั้งพื้นที่ ส่วนสำคัญในการสร้างเอลิเมนต์ที่ต้องพิจารณาคือ ขนาดเอลิเมนต์ เนื่องจากจำนวนเอลิเมนต์มากขึ้น ก็จะมีจำนวนจุดโหนดมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน ตำแหน่งของจุดโหนดจะเป็นตำแหน่งที่แบบจำลองต้องคำนวณผลลัพธ์ จะทำให้เกิดปัญหากับหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์

และทำให้การประมวลผลนานขึ้น แต่การสร้างเอลิเมนต์ที่มีขนาดเล็กมีข้อดีคือจะได้ผลที่ให้ความละเอียดมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน การพิจารณาขนาดของเอลิเมนต์ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของงาน บางปัญหาต้องการคำตอบที่ละเอียด บางปัญหาได้คำตอบที่หยาบก็เพียงพอ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการทราบว่ากระแสน้ำหมุนวนเกิดขึ้นบริเวณใดของอ่าวบ้าง เราก็ต้องทราบว่ากระแสน้ำหมุนวนวงนั้นมีขนาดเท่าไร เอลิเมนต์ที่สร้างก็ต้องเล็กกว่าขนาดของน้ำหมุนวนอย่างน้อยหนึ่งในสาม สิ่งเหล่านี้ต้องคำนึงถึงในการรันแบบจำลองเพื่อไม่ต้องเสียเวลามากในการรันแบบจำลองนั่นเอง ในงานวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้บริเวณอ่าวไทยตอนบนมีขนาดเอลิเมนต์ประมาณ 4 กิโลเมตร เนื่องจากว่าบริเวณนี้มีน้ำท่าไหลลงด้วย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ละเอียดมากขึ้น และพื้นที่ด้านล่างลงมาจะให้ขนาดเอลิเมนต์ใหญ่ขึ้นจนมากที่สุดตรงขอบเขตเปิด (open boundary) ประมาณ 35 กิโลเมตร สำหรับพื้นที่ศึกษานี้เอลิเมนต์ที่ใช้เป็นเอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยม (triangular elements) มีจำนวนเอลิเมนต์ทั้งพื้นที่ 2536 เอลิเมนต์ (ดังรูปที่ 3.4)

รูปที่ 3.4 เอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยมมีจำนวนทั้งพื้นที่ 2536 เอลิเมนต์

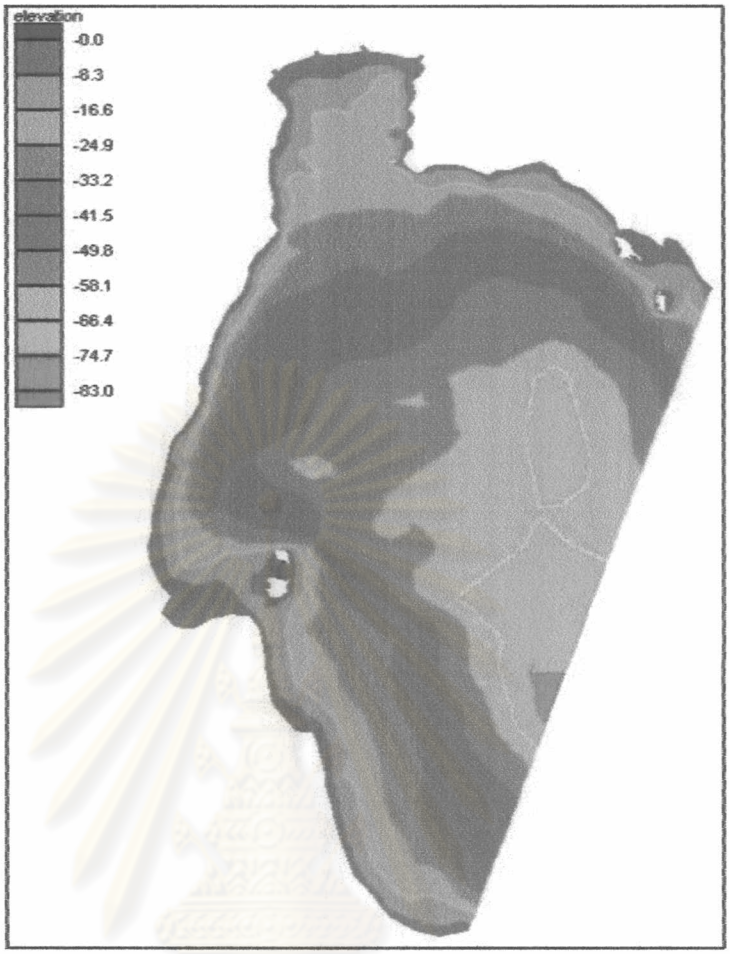
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอลิเมนต์แต่ละเอลิเมนต์จะเชื่อมต่อกันด้วยจุดโหนด (ดังรูปที่ 3.5) จากรูปมีจำนวน 5325 โหนด ซึ่งตำแหน่งโหนดนี้จะนำไปใช้ในการคำนวณหาผลลัพธ์และแสดงผล



รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งจุดโหนดบนเอลิเมนต์ มีจำนวนทั้งหมด 5325 โหนด

เมื่อได้จุดความลึกและเอลิเมนต์แล้วจะต้องกระจายความลึก เข้าโหนดบนเอลิเมนต์ เพื่อให้ทุกโหนดมีค่าความลึกน้ำ โดยใช้หลักการ interpolate ระหว่างความลึกน้ำที่อยู่ใกล้เคียงกันของโหนดนั้นๆ จะทำให้ได้ค่าความลึกน้ำทั้งพื้นที่ศึกษา ดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 ภาพสีความลึกน้ำที่ได้จากการ interpolate จุดความลึกน้ำ

ขั้นตอนต่อไปเป็นส่วนที่จะกำหนดการนำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง ในการศึกษานี้จะใช้ตรงส่วนที่เรียกว่าขอบเขตเปิด เป็นส่วนที่จะกำหนดการเข้าออกของข้อมูล สำหรับพื้นที่ศึกษานี้จะมีส่วนที่เป็นขอบเขตเปิด 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นขอบเขตเปิด บริเวณที่เป็นแม่น้ำสายหลักของอ่าวไทยตอนบนโดยใช้น้ำท่าเป็นข้อมูลนำเข้า และส่วนที่เป็นขอบเขตเปิดด้านล่างซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ระหว่างสถานีวัดระดับน้ำขึ้นน้ำลงคลองใหญ่ จังหวัดตราด กับสถานีวัดระดับน้ำขึ้นน้ำลงปัตตานี จังหวัดปัตตานี ซึ่งในการศึกษาใช้ค่าระดับน้ำขึ้นน้ำลงเป็นข้อมูลนำเข้าทางขอบเขตเปิดด้านล่างอ่าวไทย

3.4 การจัดการข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้คือ ข้อมูลน้ำท่า ข้อมูลลม ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลง ข้อมูลกระแสน้ำ

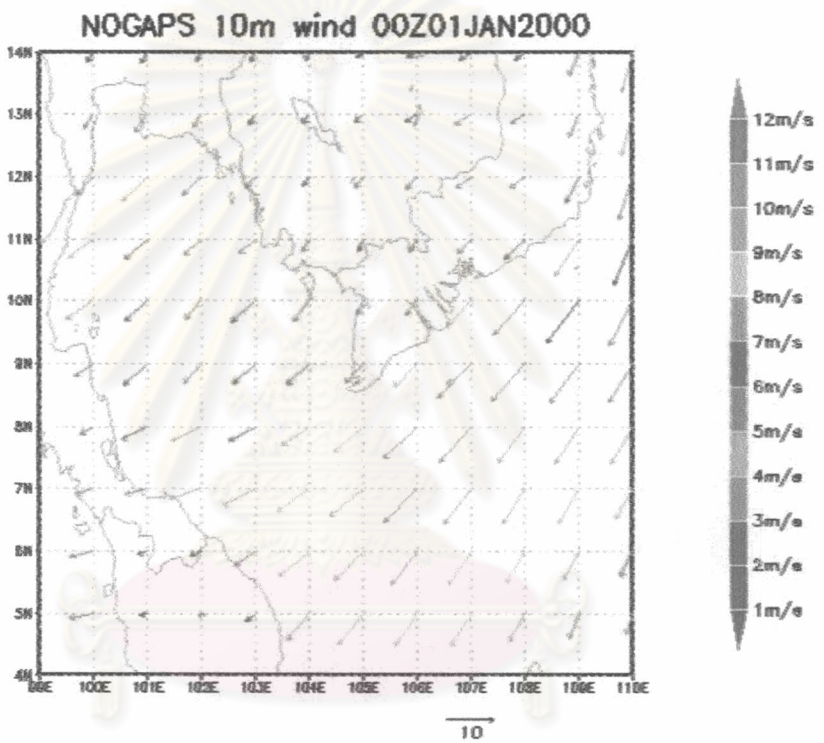
3.4.1 ข้อมูลน้ำท่าที่ไหลลงสู่อ่าวไทย

ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้นำแม่น้ำทุกสายรอบอ่าวไทยฝั่งตะวันออกและตะวันตกของอ่าวมาคำนวณ เนื่องจากปริมาณน้ำท่าจากแม่น้ำเหล่านั้นมีผลต่อการไหลเวียนของกระแสน้ำทั้งอ่าวน้อยมากเมื่อเทียบกับขนาดของอ่าวตอนล่าง แต่ในการศึกษาครั้งนี้นำแม่น้ำ 4 สายหลักของอ่าวไทยตอนบน มาพิจารณาเนื่องจากขนาดพื้นที่อ่าวไทยตอนบน ไม่ใหญ่มาก ปริมาณน้ำท่าน่าจะมีผลต่อการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบน จึงได้นำข้อมูลน้ำท่าเข้ามาพิจารณาด้วย ใช้ข้อมูลน้ำท่าปี พ.ศ. 2543 ด้วยความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมเจ้าท่า ซึ่งเป็นข้อมูลรายสัปดาห์ ในการศึกษาจะใช้ข้อมูลน้ำท่ารายสัปดาห์มาหาค่าเฉลี่ยแต่ละเดือน ผลของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน แสดงไว้ใน (ภาคผนวก ค.)

3.4.2 ข้อมูลลม

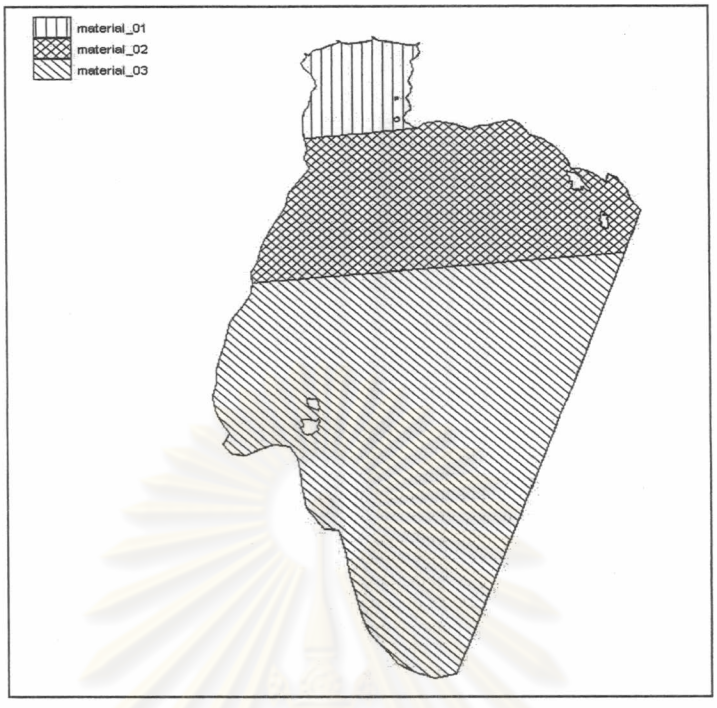
ทะเลในอ่าวไทยได้รับอิทธิพลของช่วงฤดูมรสุมที่พัดผ่านในทุกๆ รอบปีคือช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast monsoon) ซึ่งอยู่ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคมซึ่งตรงกับฤดูหนาวและ ช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest monsoon) ซึ่งอยู่ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคมซึ่งตรงกับฤดูฝน ในปัจจุบันมีการวัดความเร็วและทิศทางลมโดยสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา รอบพื้นที่อ่าวไทยตอนบน แต่เนื่องจากสถานีต่างๆเหล่านี้ ตั้งอยู่บนแผ่นดินยกเว้นที่สถานีนำร่อง จ.สมุทรปราการ ที่ตั้งอยู่ในทะเล จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ลมจากสถานีเหล่านี้ไม่น่าเป็นตัวแทนของลมทั้งอ่าวไทยได้ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลลมของ NOGAPS (Navy Operational Global Atmospheric Prediction System) ซึ่งเป็นลมที่ได้จากพยากรณ์อากาศทุก 12 ชั่วโมง (ดังรูปที่ 3.7) โดยรับข้อมูลตรวจอากาศจากสถานีตรวจอากาศทั่วโลกแล้วพยากรณ์ไปข้างหน้าด้วยแบบจำลอง NWP (Numerical Weather Predict) แต่มีข้อจำกัดคือข้อมูลลม NOGAPS มีรูปแบบไฟล์ที่ใช้ร่วมกันไม่ได้ และขนาดเอลิเมนต์ที่ต่างกัน เนื่องจากแบบจำลองทำนายของ NWP เป็นกริดสี่เหลี่ยมด้านเท่าขนาดหนึ่งดีกรีซึ่งประมาณ (117x117 ตารางกิโลเมตร) ต่างจากแบบจำลองซึ่งใช้เป็นเอลิเมนต์สามเหลี่ยม จึงต้องพิจารณาข้อมูลลมจากภาพแทน เมื่อพิจารณาภาพข้อมูลลมแล้วพบว่า ความเร็วลมใกล้เคียงกันอยู่สามกลุ่มคือบริเวณอ่าว

ไทยตอนบน มีค่าน้อยกว่าบริเวณอื่นคือมีขนาด 1- 3 เมตรต่อวินาที ส่วนที่สองคือตั้งแต่บริเวณกลางอ่าวไปจนถึงปากอ่าวไทยตอนบน ลมมีขนาดตั้งแต่ 4-7 เมตรต่อวินาที พื้นที่ส่วนที่สามบริเวณตอนล่างจะมีขนาดของลมค่อนข้างแรงกว่าบริเวณอื่นเนื่องจากอิทธิพลของลมจากทะเลจีนใต้ มีความเร็วประมาณ 5 – 10 เมตรต่อวินาที จึงกำหนดพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 ส่วน (ดังรูปที่ 3.8) และแต่ละส่วนจะแทนความเร็วและทิศทางลมหนึ่งค่าทุกๆ 12 ชั่วโมง



รูปที่ 3.7 ภาพข้อมูลลมจาก NOGAPS

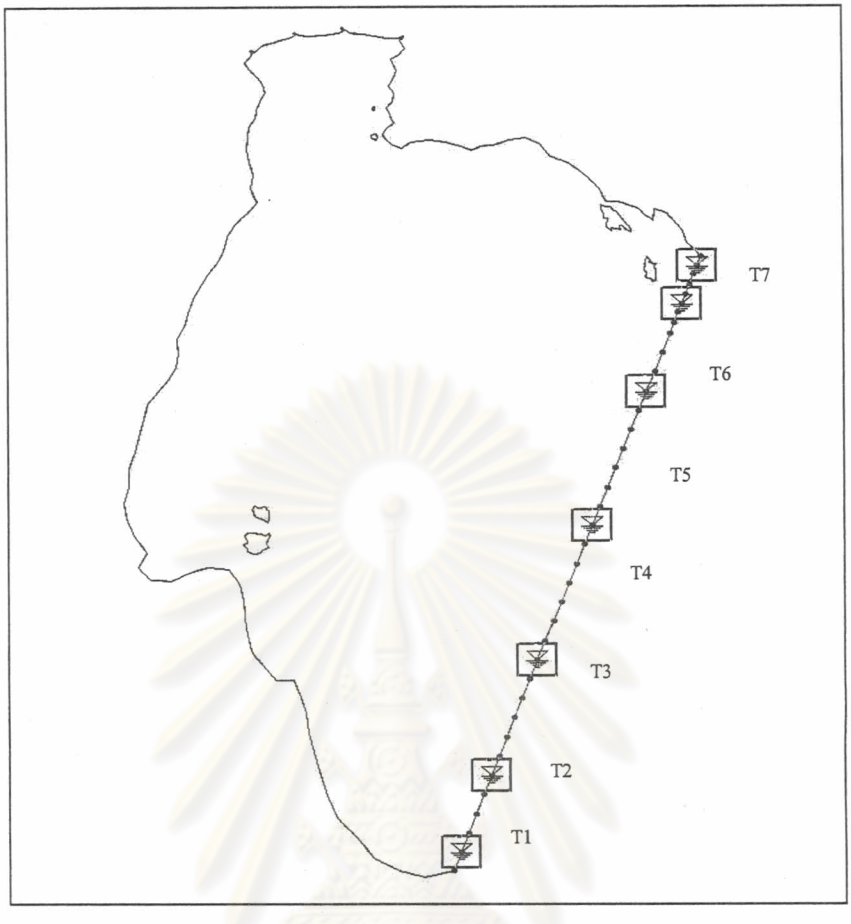
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.8 พื้นที่ตัวแทนของความเร็วและทิศทางลมทุกๆ 12 ชั่วโมง

3.4.3 ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลง

ระดับน้ำขึ้นน้ำลงแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่ง ทำให้เกิดการไหลของน้ำทะเลและเป็นปัจจัยหลักปัจจัยหนึ่งในการศึกษาครั้งนี้ น้ำขึ้นน้ำลงเป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณกระแสน้ำและยังเป็นข้อมูลสำคัญในการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองด้วย ในปัจจุบันมีการตั้งสถานีวัดระดับน้ำขึ้นน้ำลงรอบอ่าวไทยจากหน่วยงาน กรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ การท่าเรือแห่งประเทศไทยและกรมเจ้าท่า ในการตั้งสถานีวัดน้ำนั้นมีทั้งอยู่บริเวณ ใกล้ฝั่ง บริเวณปากแม่น้ำ และลึกเข้าไปในแม่น้ำ ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลงเป็นข้อมูลรายชั่วโมง ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลงจากขอบเขตเปิดที่เชื่อมระหว่าง สถานีวัดระดับน้ำขึ้นน้ำลงคลองใหญ่ อยู่ด้านทิศตะวันออกและสถานีวัดระดับน้ำขึ้นน้ำลงปัตตานี ที่อยู่ด้านทิศตะวันตกของอ่าวไทย โดยใช้หลักการประมาณจากข้อมูลทั้งสองฝั่ง เพื่อเพิ่มข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลง ระหว่างสถานีทั้งสองนี้อีก 5 สถานี (ดังรูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งระดับน้ำขึ้นน้ำลง (T2), (T3), (T4), (T5) และ (T6) ที่เกิดจากการ Interpolate ของสถานีวัดน้ำขึ้นน้ำลงคลองใหญ่ (T7) กับสถานีวัดน้ำขึ้นน้ำลงปัตตานี (T1)

3.4.4 ข้อมูลกระแสน้ำ

สิ่งสำคัญในการศึกษาแบบจำลองของการไหล คือ ความถูกต้องของแบบจำลอง จึงต้องมีการตรวจสอบ (verification) แบบจำลองเพื่อให้ทราบว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด ซึ่งในการศึกษาจะใช้ข้อมูลกระแสน้ำจากการตรวจวัดจริงของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency ; GISDA) จำนวน 2 สถานีคือ ข้อมูลกระแสน้ำทุ่นเกาะช้าง ในเดือนมิถุนายน, สิงหาคม และกันยายน ข้อมูลกระแสน้ำทุ่นหัวหิน ในเดือนสิงหาคมและกันยายนในปี พ.ศ. 2543

3.5 การคำนวณแบบจำลอง

ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งการคำนวณแบบจำลองออกเป็น 5 รูปแบบ ดังนี้

3.5.1 คำนวณแบบจำลองเพื่อปรับใช้ (calibration) ค่าตัวแปรไม่คงที่ในสมการการไหล 2 ตัว คือค่า Eddy viscosity (E) กับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท้องน้ำ (Manning's roughness coefficient: n) เพื่อจะได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่อ่าวไทย โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลงรายชั่วโมง วันที่ 1 ถึง 30 มกราคม 2543 ช่วยในการปรับเทียบ เนื่องจากใช้ระดับน้ำขึ้นน้ำลงเป็นตัวที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำทะเลจากขอบเขตเปิด การกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น ถือว่ามีความสำคัญมากในการคำนวณแบบจำลองเพราะจะทำให้แบบจำลองเข้าสู่สภาพ Convergence เร็วขึ้น จึงกำหนดเงื่อนไขโดยวิธี Cold start โดยใช้เทคนิค Ramp down คือการกำหนดให้ระดับน้ำสูงที่ขอบเขต แล้วลดระดับน้ำลง จะทำให้แบบจำลองลู่เข้าซึ่งต้องใช้เวลาช่วงหนึ่ง อาจใช้เวลาไม่เท่ากันในแต่ละแบบจำลอง ความสำคัญอีกอันหนึ่งของการคำนวณแบบจำลองคือการกำหนด time step หรือช่วงเวลาของแต่ละข้อมูล ในการศึกษาครั้งนี้เรากำหนดใช้ time step เป็น 1 ชั่วโมง เท่ากับช่วงเวลาของค่าระดับน้ำขึ้นน้ำลง

3.5.2 คำนวณกระแสน้ำโดยใช้ข้อมูลลม ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลง และน้ำท่า 4 สายหลักที่ไหลลงสู่อ่าวไทยตอนบน แล้วนำผลของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองตรวจสอบความถูกต้อง โดยนำค่าขนาดและทิศทางของกระแสน้ำจากแบบจำลอง ณ ตำแหน่งที่มีการตรวจวัด กับกระแสน้ำจริง มาทำการเปรียบเทียบกัน

3.5.3 คำนวณกระแสน้ำโดยคำนวณแต่ละอิทธิพลหลัก คือ คำนวณกระแสน้ำโดยใช้น้ำขึ้นน้ำลง คำนวณกระแสน้ำโดยใช้ลม และคำนวณกระแสน้ำโดยใช้น้ำขึ้นน้ำลงรวมกับลม ในการแยกอิทธิพลคำนวณเพื่อจะพิจารณาทิศทางของกระแสน้ำว่ามีผลต่อการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยอย่างไรบ้าง

3.5.4 คำนวณกระแสน้ำจากลมโดยแปรค่าตามขนาดความเร็ว 5, 10, 15, 20 เมตรต่อวินาที ในแต่ละทิศ 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315, และ 360 องศา

3.5.5 คำนวณกระแสน้ำโดยพิจารณาอิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลงโดยแปรค่าตาม แอมปลิจูดและเฟส ในการศึกษานี้จะทำการหาค่าองค์ประกอบหลัก 4 ตัว คือ M_2, S_2, K_1 และ O_1 ตรงขอบเขตเปิด ระหว่างสถานีวัดระดับน้ำขึ้นน้ำลงคลองใหญ่ กับ สถานีวัดระดับน้ำขึ้นน้ำลงปัตตานี ด้วยวิธีการวิเคราะห์ฮาร์โมนิก (Tidal Harmonic Analysis) ผลจากการวิเคราะห์ทำให้ได้แอมปลิจูด

และเฟสของแต่ละองค์ประกอบ (ภาคผนวก ง.) ในการคำนวณจะทำการคำนวณทีละองค์ประกอบ และคำนวณแบบรวมทั้ง 4 องค์ประกอบ เพื่อดูว่าอิทธิพลแต่ละตัวมีผลต่อการไหลเวียนของกระแสน้ำทะเลในอ่าวไทยอย่างไรบ้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย