



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การประเมินความสูงคลื่นนัยสำคัญในประเทศไทยโดยข้อมูลลม ECMWF และ NCEP Assessment of significant wave heights in Thailand using ECMWF and NCEP wind data

ธรรมสรณ์ แก้วไทรหงวน^{1*} วงศ์นรินทร์ คำพอ¹ วาทิน ธนาธารพร² ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์¹
ดวงฤดี โฆษิตกิตติวงศ์ ก้องกิจกุล¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

² สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) กรุงเทพมหานคร 10900

Thammasorn Kaewsai-nguan ^{1*} Wongnarin Komporn ¹ Watin Thanathanphon ² Chaiwat Ekkawatpanit ¹
Duangrudee Kositgittiwong Kongkitkul ¹

¹ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

² Hydro Informatics Institute (Public Organization), Bangkok 10900

* Corresponding author.

E-mail: Thammasorn.kaew@kmutt.ac.th; Telephone: 092 494 5296

วันที่รับบทความ 7 กรกฎาคม 2566; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 6 กันยายน 2566; วันที่ตอบรับบทความ 1 กุมภาพันธ์ 2567

บทคัดย่อ

การผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยเผชิญกับความท้าทายหลายประการ ทั้งการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิล การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น สิ่งเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อจัดการปัญหาเหล่านี้ การเลือกใช้พลังงานหมุนเวียนถือเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ โดยเฉพาะพลังงานคลื่นซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่เกิดจากการควบคุมพลังงานจลน์ของคลื่นในมหาสมุทร นับเป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจำนวนมาก การศึกษาครั้งนี้อาศัยการทบทวนข้อมูลที่มีอยู่อย่างครอบคลุมเกี่ยวกับสภาพสมุทรศาสตร์ เช่น ความสูงคลื่นนัยสำคัญ คาบคลื่น และทิศทาง ตลอดจน ภูมิประเทศของแนวชายฝั่ง การศึกษาครั้งนี้ใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขที่มีชื่อว่า Simulating Waves Nearshore (SWAN) ในการจำลองการแพร่กระจายคลื่นและประเมินศักยภาพพลังงานคลื่น โดยใช้ข้อมูลพื้นท้องทะเลจากชุดข้อมูล GEBCO และข้อมูลลมจากศูนย์พยากรณ์อากาศระยะปานกลางแห่งยุโรป (ECMWF) และศูนย์พยากรณ์สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (NCEP) อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลความสูงคลื่นนัยสำคัญที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAN กับข้อมูลตรวจวัดจากดาวเทียม Jason และเพื่อตรวจสอบว่าแหล่งพลังงานลมใดเหมาะสมที่จะทำการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานคลื่นในทะเลไทย โดยทำการสอบเทียบข้อมูลทั้ง 3 ฤดูมรสุมในปีพ.ศ. 2552 และในช่วงหลังที่เกิดพายุโซนร้อนปาบึกในปีพ.ศ. 2562 สลายตัว ตรวจสอบแบบจำลองโดยการคำนวณ Root Mean Square Error (RMSE) ใช้เพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง และประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง SWAN โดยใช้ดัชนีการกระจาย (Scatter Index, SI) จากการศึกษาพบว่า ผลการคำนวณที่ได้จากข้อมูลลม ECMWF ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าผลจากการคำนวณจากข้อมูลลม NCEP เนื่องจากความละเอียดเชิงพื้นที่และเวลาที่มีความละเอียดมากกว่า ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาการประเมินศักยภาพพลังงานคลื่นในทะเลไทย

คำสำคัญ

คลื่นนัยสำคัญ แบบจำลอง SWAN ลม อ่าวไทย ทะเลอันดามัน

Abstract

Thailand's electricity production is facing a series of challenges, including import of fossil fuels, use of limited resources and increased demand for electricity. These things have an impact on the environment. To manage these problems Choosing to use renewable energy is one interesting option. Especially wave energy, which is a renewable

energy source created by harnessing the kinetic energy of ocean waves. It is considered a renewable energy that has the potential to produce a large amount of electricity. This study is based on a comprehensive review of oceanographic data, such as significant wave height, wave periods and directions and the topography of the coastline. This study used a numerical model called Simulated Nearshore Waves (SWAN) to simulate wave propagation and evaluate the energy potential of waves. Using seabed data from the GEBCO dataset and wind data from the European Center for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF) and the National Environmental Forecasting Center (NCEP). However, the objective of this study is to compare the significant wave height data calculated from the SWAN model with the measurement data from the Jason satellite and to determine which wind data sources are suitable for analyzing the wave energy potential in the Thai sea. By calibrating data from all three monsoon seasons in 2009 and after Tropical Storm Babuk in 2019, the model was checked through calculations. Root Mean Square Error (RMSE) is used to evaluate the accuracy of the model and evaluate the performance of the SWAN model using the Scatter Index (SI). From the study it was found that the calculations obtained from the ECMWF wind data provide better results than the calculations from the NCEP wind data due to the higher spatial and temporal resolution. The results of this study provide preliminary information for considering the assessment of wave energy potential in the Thai sea.

Keywords

significant wave height; SWAN model; wind; gulf of Thailand; Andaman sea

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างรวดเร็วและมีความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม แหล่งพลังงานส่วนมากมาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ดังนั้น จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนในการสำรวจพลังงานทางเลือก เช่น พลังงานคลื่น เนื่องจากมหาสมุทรครอบคลุมพื้นที่เกือบร้อยละ 70 ของโลก [4] คลื่นเป็นพลังงานที่มีศักยภาพมากเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานหมุนเวียนอื่น เนื่องจากพลังงานคลื่นสามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างไม่จำกัดเวลา และแหล่งพลังงานในโลกลูกโลกที่ไดจากคลื่นมีค่าเท่ากับ 8×10^6 TWh/ปี ซึ่งคิดเป็นประมาณ 100 เท่าของการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำทั้งหมดของโลก [9]

การประเมินศักยภาพพลังงานคลื่นมีความสำคัญต่อการพัฒนากลยุทธ์และนโยบายพลังงานหมุนเวียน พลังงานคลื่นเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สามารถใช้ประโยชน์จากการเคลื่อนที่ของทะเล ศักยภาพของพลังงานคลื่นจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ลักษณะท้องน้ำ ลม รวมถึงสภาพมหาสมุทรและภูมิประเทศชายฝั่ง ดังนั้น จำเป็นต้องใช้ข้อมูลลมที่เชื่อถือได้ แหล่งข้อมูลลมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสองแหล่ง คือ ศูนย์พยากรณ์อากาศระยะปานกลางแห่งยุโรป (ECMWF) และ หน่วยงานการพยากรณ์ด้านสิ่งแวดล้อมแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา (NCEP) โดยเลือก

ชุดข้อมูลของ FNL (Final database analysis) ด้วยการใช้อ้างอิงจากองค์กรเหล่านี้สามารถประเมินความสูงคลื่นนัยสำคัญของประเทศไทยได้ และเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลจากองค์กรใดเหมาะสมที่จะประเมินความสูงคลื่นในประเทศไทย ซึ่งตัวแปรสำคัญในการผลิตพลังงานคลื่นนั้นคือ ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (Significant wave height, H_s) ความสูงคลื่นทะเลที่สามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น เทคโนโลยีการแปลงพลังงานคลื่น การออกแบบระบบและสถานที่ที่ใช้งาน

มีการศึกษาหลายครั้งที่ประเมินศักยภาพพลังงานคลื่นในประเทศไทยโดยใช้วิธีการและแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน เช่น การศึกษาโดยวงศักรินทร์ คำพอ และคณะ [6] ได้ศึกษาการประเมินพลังงานคลื่นทั้งอ่าวไทยและทะเลอันดามันโดยใช้แบบจำลอง SWAN ข้อมูลพื้นท้องทะเลจาก ETOPO1 ข้อมูลลมจาก NOGAPS สำหรับบริเวณในปี พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2556 และ NAVGEM สำหรับบริเวณในปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2558 เป็นระยะเวลาทั้งหมด 10 ปี พบว่าบริเวณที่มีพลังงานคลื่นสูงสุดในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน คือ บริเวณอำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และ อำเภอเมืองระนอง จังหวัดระนอง ตามลำดับ, ชูติภัทร์ ฝอยหิรัญ และคณะ [3] ได้ศึกษา

ศักยภาพพลังงานคลื่นฝั่งทะเลอันดามันบริเวณชายฝั่งของ จังหวัดภูเก็ต และจังหวัดพังงา โดยใช้แบบจำลอง SWAN และ ได้ใช้แบบจำลอง CFD ในการจำลองลักษณะของคลื่นที่เกิดขึ้น, วาทิน ธนาธารพร และคณะ [11] ใช้แบบจำลอง SWAN เพื่อ ศึกษาลักษณะคลื่นในอ่าวไทย ในช่วงที่พายุไต้ฝุ่นหมุ่ยฟ้าพัด ผ่านอ่าวไทย โดยความสูงคลื่นที่สำคัญที่ได้จากแบบจำลอง นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดได้จากดาวเทียม ENVISAT และ GFO และประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้ ดัชนีการกระจาย (SI), Bingchen Liang และคณะ [8] ได้ ศึกษาข้อมูลคลื่นระยะยาวในข้อมูลระดับโลก เพื่อวิเคราะห์ ลักษณะของคลื่น เช่น การกระจายตัวเชิงพื้นที่และคลื่นที่รุนแรง ซึ่งมีบทบาทสำคัญในด้านของการออกแบบ การก่อสร้าง การ ติดตั้ง และการดำเนินงานทางโครงสร้างของทะเล

งานวิจัยที่ผ่านมามุ่งเน้นไปที่การศึกษาหาบริเวณที่ผลิต พลังงานไฟฟ้าได้สูงสุด, ศึกษาเฉพาะปีที่พายุรุนแรง และ ศึกษาลักษณะของคลื่น ซึ่งใช้ข้อมูลมาจากแหล่งที่มีเพียงแหล่ง เดียว ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดคลื่น คือ ลม ดังนั้น วัตถุประสงค์สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ เปรียบเทียบความสูง คลื่นที่สำคัญของข้อมูลตรวจวัดกับข้อมูลที่คำนวณได้จาก แบบจำลอง SWAN เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยทำการพิจารณาทั้งหมด 3 ฤดูมรสุม ของปี พ.ศ. 2552 และ หลังช่วงพายุโซนร้อนปาบึกในปี พ.ศ. 2562 เพื่อดูความ แตกต่างของความสูงคลื่นที่สำคัญในกรณีคลื่นปกติและกรณี คลื่นรุนแรง โดยใช้ข้อมูลพื้นที่ของทะเลจาก GEBCO 2022 ข้อมูลจาก 2 แหล่งที่มา คือ ข้อมูลจาก ECMWF และ ข้อมูลจาก NCEP เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลจากองค์กรใด เหมาะสมที่จะนำมาศึกษาศักยภาพพลังงานในประเทศไทย ซึ่ง ในปัจจุบันไม่มีข้อมูลหุ่นตรวจวัดจึงทำการใช้ข้อมูลจาก ดาวเทียม Jason-2 และ Jason-3 เป็นข้อมูลตรวจวัด

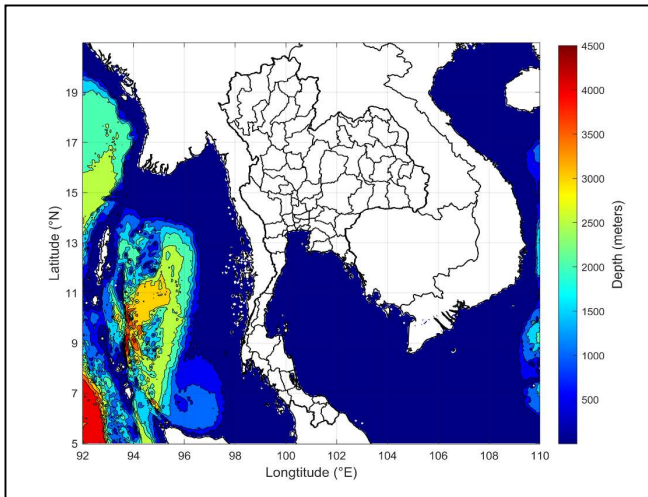
2. วิธีการดำเนินวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

อ่าวไทยเป็นอ่าวน้ำตื้นในทะเลจีนใต้มีลักษณะเป็นอ่าวปิด ตั้งอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีพรมแดนติดกับ ประเทศไทย ประเทศกัมพูชา และประเทศเวียดนาม อ่าวไทยมี พื้นที่ประมาณ 320,000 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ที่ละติจูด

9°2'0"N ถึง 13°5'0"N และลองจิจูด 99°5'0"E ถึง 105°0'0"E อ่าวไทยมีความลึกเฉลี่ยอยู่ที่ 58 เมตร และ ความลึกสูงสุดอยู่ที่ 85 เมตร ที่บริเวณก้นอ่าวมีแม่น้ำ สำคัญ 4 สายที่ไหลลงสู่ทะเล ได้แก่ แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง [1] จาก ลักษณะของอ่าวไทยกระแสน้ำที่ไหลเชี่ยวของแม่น้ำ สามารถลดความเค็มและตะกอนได้ โดยปกติอ่าวไทยน้ำ นิ่งและมีคลื่นเล็กน้อย เนื่องจากมีแนวกำบังและแนว ป้องกันจากผืนดินโดยรอบ อย่างไรก็ตาม ในช่วงฤดูมรสุม ซึ่งแบ่งได้เป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม) เป็นลมมรสุมหลักของประเทศไทยและ ส่งผลกระทบต่อทะเลโดยรอบประเทศ ทำให้เกิดลมแรง ผ่นตกหนัก อาจส่งผลให้เกิดพายุเป็นครั้งคราว และลม มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือน กุมภาพันธ์) ช่วงนี้ลมเปลี่ยนทิศ อากาศจะเย็นลงและแห้ง ขึ้น พื้นผิวทะเลสงบ

ทะเลอันดามันเป็นทะเลเปิดที่อยู่ทางตะวันออกเฉียง ใต้ของอ่าวเบงกอล เป็นส่วนหนึ่งของมหาสมุทรอินเดีย ทางเหนือของทะเลติดกับปากแม่น้ำอิรวดีในประเทศพม่า ทางตะวันออกเป็นคาบสมุทรประเทศพม่า ประเทศไทย และประเทศมาเลเซีย ทางตะวันตกเป็นหมู่เกาะอันดามัน และหมู่เกาะนิโคบาร์ ทางใต้ติดกับเกาะสุมาตราของ อินโดนีเซีย และช่องแคบมะละกา มีพื้นที่ประมาณ 797,000 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ที่ละติจูด 5°0'0"N ถึง 18°0'0"N และลองจิจูด 92°0'0"E ถึง 100°0'0"E มีความ ลึกเฉลี่ยอยู่ที่ 1,096 เมตร และความลึกสูงสุดอยู่ที่ 4,198 เมตร ในช่วงฤดูมรสุม (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) ทะเลอันดามันประสบคลื่นพายุและพายุโซนร้อน ทำให้คลื่น ทะเลสูงขึ้นหลายเมตร อีกทั้งสร้างความเสียหายอย่างมาก ต่อพื้นที่บริเวณชายฝั่ง ทะเลอันดามันที่อยู่ในบริเวณ ประเทศไทย ได้แก่ จ.ระนอง จ.พังงา จ.ภูเก็ต จ.กระบี่ จ. ตรัง และ จ.สตูล พื้นที่ศึกษาแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

2.2 แบบจำลองคลื่น (SWAN Model)

2.2.1 SWAN Model

แบบจำลอง SWAN model (Simulating WAVes Nearshore) [7] เป็นแบบจำลองคลื่นรุ่นที่ 3 ที่ใช้ในการจำลองการแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของคลื่นในบริเวณชายฝั่งและนอกชายฝั่ง แบบจำลองนี้ได้รับการพัฒนาโดย Delft University of Technology ในประเทศเนเธอร์แลนด์ และใช้กันอย่างแพร่หลายในสาขาวิชาวิศวกรรมชายฝั่งและสมุทรศาสตร์

แบบจำลอง SWAN ใช้วิธีทางสเปกตรัมเพื่อแก้สมการสมดุลพลังงานของคลื่นและทำนายความสูง ช่วงเวลา และทิศทางของคลื่น สามารถจำลองสภาพคลื่นได้หลากหลาย รวมถึงคลื่นที่เกิดจากลม การพองตัว และการโต้ตอบของคลื่นกับกระแสน้ำและการวัดระดับน้ำ แบบจำลองนี้ยังสามารถจำลองการแตกตัวของคลื่น และกระแสน้ำไหลของคลื่น รวมถึงการออกแบบโครงสร้างชายฝั่งทะเล ประเมินการกัดเซาะชายฝั่งและการเคลื่อนตัวของตะกอน และการทำนายทรัพยากรพลังงานคลื่นสำหรับการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน สมการหลักที่ใช้ในการคำนวณคลื่นมาจากสมการอนุพันธ์พลังงาน [7] ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial C_x N}{\partial x} + \frac{\partial C_y N}{\partial y} + \frac{\partial C_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial C_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

โดยที่ σ คือ ความถี่ของคลื่น θ คือ ทิศทางของคลื่น, $\frac{\partial N}{\partial t}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลง Wave action density เทียบกับเวลา, $\frac{\partial C_x N}{\partial x}$ คือ การถ่ายทอดคลื่นในแนวแกน x, C_x คือ อัตราเร็วในแนวแกน x, $\frac{\partial C_y N}{\partial y}$ คือ การถ่ายทอดคลื่นในแนวแกน y, C_y คือ อัตราเร็วในแนวแกน y, $\frac{\partial C_\sigma N}{\partial \sigma}$ คือ การเปลี่ยนแปลงความถี่ของคลื่น เมื่อความถี่ของน้ำเปลี่ยนแปลงไป และ $\frac{\partial C_\theta N}{\partial \theta}$ คือ การหักเหของคลื่น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความถี่ของน้ำ ด้านขวาของสมการประกอบด้วยพลังงานที่ทำให้เกิดคลื่น ดังสมการที่ (2)

$$S = S_{in} + S_{nl4} + S_{nl3} + S_{ds} + S_{br} + S_{bf} \quad (2)$$

โดยที่ S_{in} คือ พลังงานที่ถูกถ่ายทอดจากลม S_{nl4} คือ quadruplet wave-wave interactions เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบริเวณน้ำลึกเพื่อถ่ายทอดพลังงานคลื่นที่มีความถี่สูงสุดไปยังคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่า S_{nl3} คือ triad wave-wave interaction เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบริเวณน้ำตื้นเพื่อถ่ายทอดพลังงานคลื่นที่มีความถี่ต่ำไปยังคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า S_{ds} คือ white-capping การแตกตัวของยอดคลื่น S_{br} คือ depth-included wave breaking การแตกตัวของคลื่นเนื่องจากการเหนี่ยวนำของความถี่ และ S_{bf} คือ bottom friction แรงเสียดทานจากพื้นท้องน้ำ

แบบจำลอง SWAN ที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้ เป็นเวอร์ชัน 41.41 โดยใช้ข้อมูลพื้นท้องทะเลและข้อมูลลมเป็นพื้นฐานในการคำนวณ

2.2.2 ข้อมูลนำเข้า

ข้อมูลพื้นท้องทะเลที่ใช้ในแบบจำลองใช้ชุดข้อมูล General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) องค์การระดับโลกที่มุ่งเน้นการสร้างและเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างและความลึกของมหาสมุทร เป็นการร่วมมือกันระหว่างองค์การอุทกศาสตร์ระหว่างประเทศ (IHO)

และคณะกรรมการสมุทรศาสตร์ระหว่างรัฐบาล (IOC) ของยูเนสโก ในการศึกษาที่ใช้ข้อมูลชุด GEBCO 2022 ซึ่งมีความละเอียดทุก 15 พิลิปดา หรือประมาณ 0.463 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจะใช้ข้อมูลจาก 2 แหล่งที่มา เนื่องจากปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดคลื่น คือ ลม จึงทำการศึกษาลมทั้ง 2 แหล่งที่มา ที่มีความแตกต่างของความละเอียดเชิงพื้นที่และเวลา ซึ่งในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลลมจากศูนย์พยากรณ์อากาศระยะปานกลางแห่งยุโรป (ECMWF) ใช้ชุดข้อมูลลมเหนือผิวน้ำทะเลที่มีความสูง 10 เมตร ความละเอียดทุก 0.25 องศา หรือประมาณ 27.775 กิโลเมตร ความถี่ของเวลาของข้อมูล คือทุก 1 ชั่วโมง และข้อมูลลมจากศูนย์พยากรณ์สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (NCEP) เลือกใช้ชุดข้อมูลจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข FNL (Final Analysis) ใช้ชุดข้อมูลลมเหนือผิวน้ำทะเลที่มีความสูง 10 เมตร ความละเอียดทุก 1 องศา หรือประมาณ 111 กิโลเมตร ความถี่ของเวลาของข้อมูล คือทุก 6 ชั่วโมง โดยใช้ข้อมูลครอบคลุมอ่าวไทยและทะเลอันดามัน

2.2.3 การตั้งค่าแบบจำลอง

การศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลอง SWAN คำนวณความสูงคลื่นเพื่อเทียบกับข้อมูลดาวเทียม โดยทำการศึกษาคอบคลุมในบริเวณพื้นที่อ่าวไทย (ละติจูด 5 – 21 องศาเหนือ, ลองจิจูด 99 – 110 องศาตะวันออก) และบริเวณทะเลอันดามัน (ละติจูด 5 – 21 องศาเหนือ, ลองจิจูด 92 – 99 องศาตะวันออก) พิกัดที่ใช้ในการศึกษาคือพิกัดทรงกลม หมายเลขทิศทางที่ใช้ในการศึกษาคือ 360 องศา ความถี่ต่ำสุดและสูงสุดคือ 0.05 เฮิรตซ์ และ 2.5 เฮิรตซ์ การกำหนดขอบเขตที่ใช้ในการศึกษาคือ WAVEWATCH3 ระยะเวลาที่ใช้ในการสอบเทียบคือทุก ๆ 10 นาที

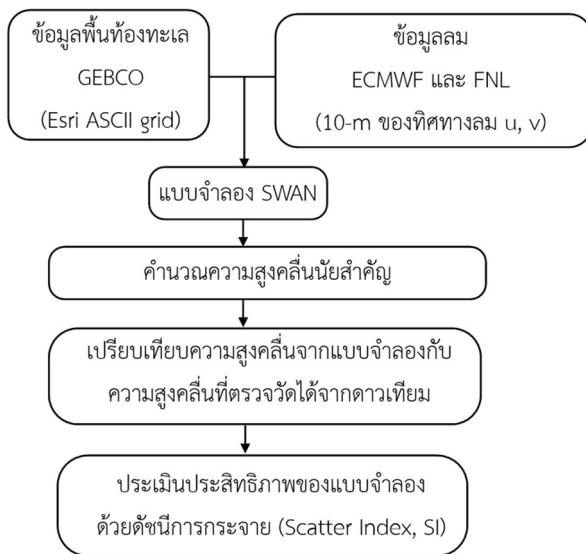
สำหรับการสอบเทียบและเปรียบเทียบข้อมูลกับข้อมูลตรวจวัดที่นำมาจากดาวเทียม Jason ซึ่งดาวเทียม Jason นั้นทำหน้าที่สำรวจลักษณะของมหาสมุทร โดยการจัดเก็บข้อมูลด้วยการส่งคลื่นเรดาร์ไปกระทบกับผิวน้ำของมหาสมุทรจำนวนหลายพันครั้งต่อวินาที และสะท้อนกลับไปยังตัวดาวเทียม ดาวเทียม Jason โคจรผ่านเส้นทางเดิมประมาณ ทุก ๆ 10 วัน ซึ่งมีเครื่องมือหลัก 2 ชนิดที่ทำงานในย่านความถี่ที่แตกต่างกัน ได้แก่ เครื่องวัดความสูงด้วยเรดาร์ (Ku-band)

และเครื่องวัดรังสี (C-band) เครื่องวัดความสูงด้วยเรดาร์บน Jason-2 เป็นเครื่องมือ Ku-band (13.6 GHz) ที่วัดระยะทางที่แม่นยำจากดาวเทียมไปยังพื้นผิวมหาสมุทร เครื่องวัดรังสีบน Jason-2 เป็นเครื่องมือ C-band (5.3 GHz) ที่วัดรังสีไมโครเวฟที่ปล่อยออกมาจากพื้นผิวมหาสมุทร ดังนั้นในการศึกษานี้จะนำความสูงคลื่นที่สำคัญจาก Ku-band นำมาสอบเทียบกับความสูงคลื่นที่สำคัญที่ได้จาก SWAN ซึ่งข้อมูลตรวจวัดของความสูงคลื่นที่สำคัญที่มาจาก Jason-2 สำหรับการวิเคราะห์ปี พ.ศ. 2552 และ Jason-3 สำหรับการวิเคราะห์ปี 2562 หมายเลขแทร็กที่ 179 สำหรับพิจารณาบริเวณฝั่งอ่าวไทยและหมายเลขแทร็กที่ 166 สำหรับพิจารณาบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน โดยศึกษาวันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2552 ของช่วงก่อนฤดูมรสุม, วันที่ 1 และ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2552 ของช่วงที่ได้รับอิทธิพลมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ของทะเลฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันตามลำดับ และวันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2552 ของช่วงที่ได้รับอิทธิพลมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ วันที่ 9 มกราคม 2562 ของช่วงที่พายุโซนร้อนปาบึกสลายตัวไปแล้ว พายุโซนร้อนปาบึกเริ่มก่อตัววันที่ 31 ธันวาคม 2561 และพัดผ่านประเทศไทยวันที่ 4 มกราคม 2562 ซึ่งกระทบจังหวัดทางภาคใต้ของประเทศ ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดกระบี่ โดยผลการคำนวณความสูงคลื่นจากการคำนวณของแบบจำลอง SWAN สามารถนำมาสร้างเป็นแผนภาพที่แสดงเส้นชั้นความสูงและทิศทางของคลื่นโดยใช้โปรแกรม MATLAB

2.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังแสดงในรูปที่ 2 โดยเริ่มจากดาวินโหลดข้อมูลพื้นที่อ่าวทะเลจาก GEBCO ในรูปแบบไฟล์ Esri ASCII และทำการจัดเรียงข้อมูลโดยใช้ Microsoft Excel ซึ่งข้อมูลของระดับน้ำทะเลต้องมีค่าเป็นบวกและข้อมูลพื้นดินมีค่าเป็นลบ และทำการแปลงข้อมูลให้เป็นไฟล์ *.dat ข้อมูลจาก ECMWF ดาวินโหลดเป็นไฟล์ NetCDF และข้อมูลลมจาก FNL ดาวินโหลดเป็นไฟล์ GRIB2 ทำการจัดเรียงข้อมูลเป็นอนุกรมเวลาในทิศทางเหนือ-ใต้ (u component) และทิศตะวันออก-ตก (v

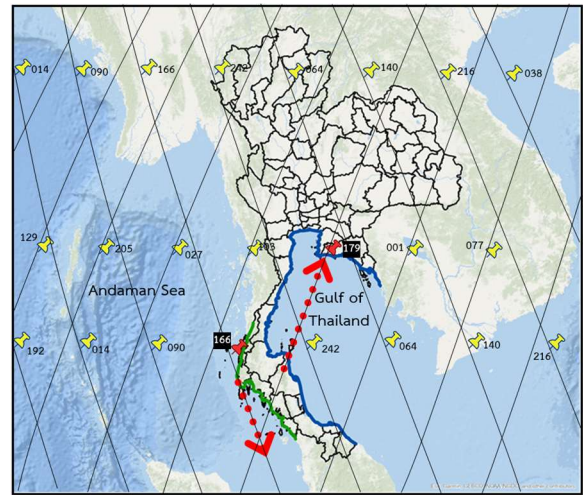
component) โดยใช้โปรแกรม Python และทำการแปลงข้อมูลเป็นไฟล์ *.dat จากนั้นนำข้อมูลพื้นที่ท้องทะเล และข้อมูลลมเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง SWAN โดยผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลอง SWAN สามารถแสดงแผนที่เส้นชั้นความสูงโดยใช้โปรแกรม MATLAB และเปรียบเทียบความสูงคลื่นจากแบบจำลองกับความสูงคลื่นที่ตรวจวัดได้จากดาวเทียม และทำการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยดัชนีการกระจาย (Scatter Index, SI) เพื่อสรุปการศึกษาในครั้งนี้



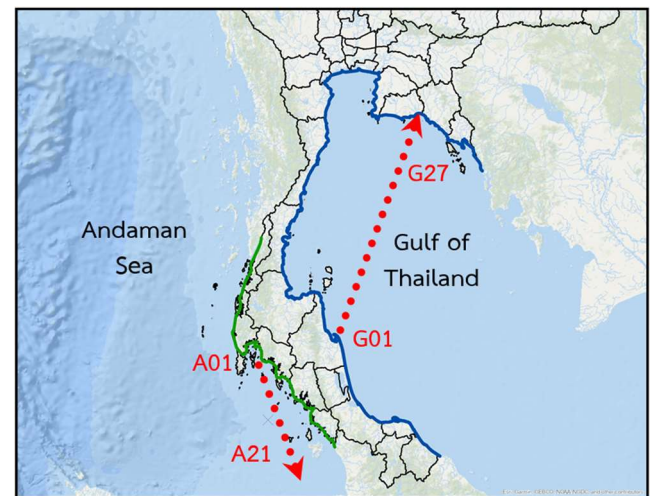
รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลวิจัย

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความสูงคลื่นที่สำคัญ โดยใช้แบบจำลอง SWAN ทั้งในอ่าวไทยและทะเลอันดามันโดยเปรียบเทียบข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAN กับดาวเทียม Jason-2 สำหรับข้อมูลในปีพ.ศ. 2552 และดาวเทียม Jason-3 สำหรับข้อมูลในปีพ.ศ. 2562 ทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม Jason แสดงในรูปที่ 3 ซึ่งพิกัดที่เลือกศึกษาแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3 ทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม Jason ในทะเลไทย



รูปที่ 4 พิกัดจุดที่ศึกษาของฝั่งอ่าวไทย 27 จุด และทะเลอันดามัน 21 จุด

ในการศึกษารั้งนี้ จะทำการตรวจสอบแบบจำลองโดยใช้การคำนวณ RMSE

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_i - M_i)^2} \quad (3)$$

โดยที่ N คือ จำนวนข้อมูลที่วัดได้หรือจำนวนข้อมูลที่ใช้อย่าง S คือ ค่าของความสูงคลื่นที่สำคัญที่ได้จากแบบจำลอง (m) และ M คือ ค่าความสูงของคลื่นที่สำคัญที่ได้จากดาวเทียม (m)

ประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง SWAN โดยใช้ดัชนีการกระจาย (Scatter Index, SI) ดังแสดงในสมการที่ (4)

ซึ่งเป็นดัชนีที่มีการใช้ทั่วไปที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสูงคลื่นจากแบบจำลองกับค่าตรวจวัดที่ได้จากดาวเทียม ปกติแล้วค่าดัชนีการกระจายตัวควรมีค่าน้อยที่สุดซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพดีในการคำนวณ

$$SI = \frac{RMSE}{\bar{X}} \times 100 \quad (4)$$

โดยที่ $RMSE$ คือ Root mean square error และ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยความสูงคลื่นที่ได้จากการตรวจวัด (m)

ความสูงคลื่นที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAN ที่ใช้ข้อมูลลมจาก ECMWF และ FNL นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลของดาวเทียม Jason ตามเส้นทางที่ดาวเทียมโคจรผ่านอ่าวไทยและทะเลอันดามันในช่วงเวลาของปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2562 โดยดาวเทียม Jason จะโคจรผ่านทะเลไทยประมาณทุก ๆ 10 วัน ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลฝั่งอ่าวไทยทั้งหมด 82 จุด เลือกมาพิจารณาในการศึกษา 27 จุด โดยเลือกจากตำแหน่งละติจูดทุก ๆ 0.1 องศา มีการบันทึกข้อมูลฝั่งทะเลอันดามันทั้งหมด 45 จุด เลือกมาพิจารณาในการศึกษา 21 จุด โดยเลือกจากตำแหน่งละติจูดทุก ๆ 0.1 องศา และแสดงการเปรียบเทียบความสูงคลื่นสำคัญของ 4 ช่วงเวลา พร้อมทั้งแสดงข้อมูลเดือนที่เลือกพิจารณา ในรูปที่ 5, 6, 7 และ 8 แสดงแผนที่เส้นชั้นความสูงของความสูงคลื่นสำคัญของบริเวณฝั่งอ่าวไทยจากข้อมูล ECMWF และข้อมูล FNL และรูปที่ 9, 10, 11 และ 12 แสดงแผนที่เส้นชั้นความสูงของความสูงคลื่นสำคัญของบริเวณฝั่งอันดามันจากข้อมูล ECMWF และข้อมูล FNL ในกราฟ (a) แสดงการเปรียบเทียบความสูงคลื่นสำคัญของข้อมูลดาวเทียม Jason, ความสูงคลื่นสำคัญของข้อมูล ECMWF และ ความสูงคลื่นสำคัญของข้อมูล FNL, กราฟ (b) แสดงข้อมูลความเร็วลมระหว่างดาวเทียม Jason, ข้อมูล ECMWF และ ข้อมูล FNL, กราฟ (c) แสดงข้อมูลความสูงคลื่นสำคัญของระหว่างข้อมูลดาวเทียม Jason กับความสูงคลื่นสำคัญของข้อมูล ECMWF ของเดือนที่ศึกษา และ กราฟ (d) แสดงข้อมูลความสูงคลื่นสำคัญของระหว่างข้อมูลดาวเทียม Jason กับความสูงคลื่นสำคัญของข้อมูล FNL ของเดือนที่ศึกษา และ

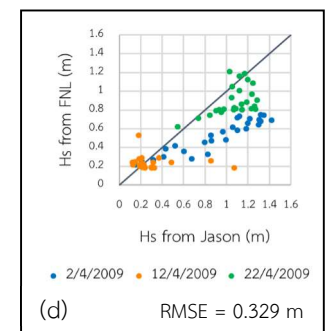
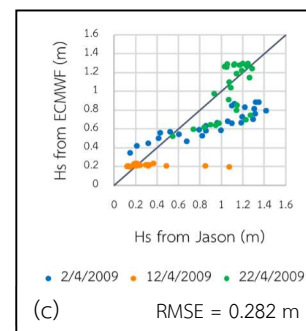
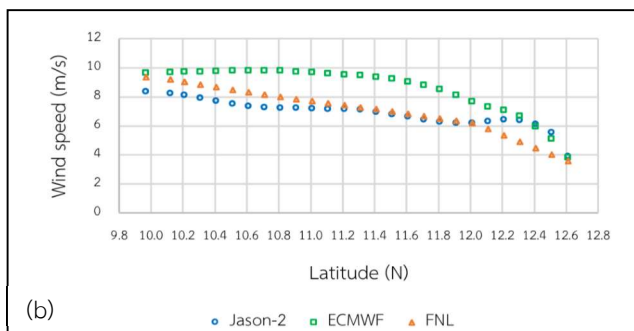
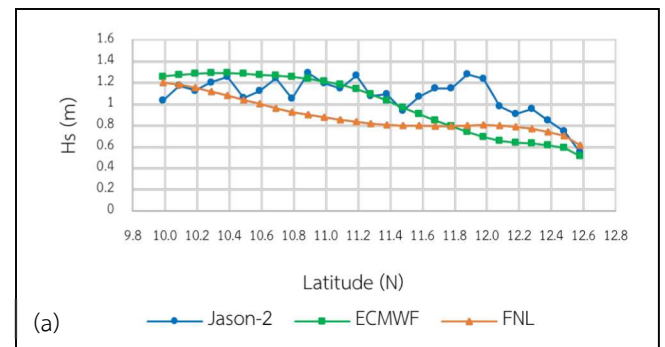
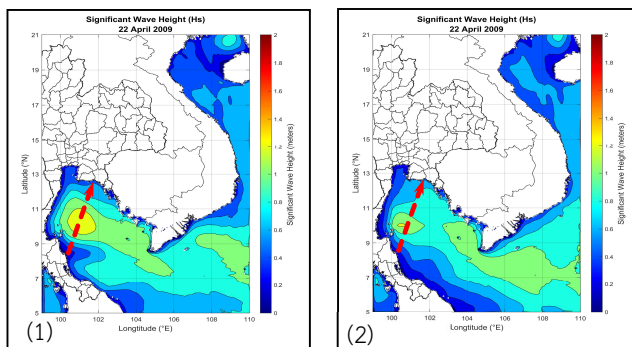
ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการคำนวณ Root Mean Square Error (RMSE) ดังแสดงในสมการที่ (3)

3.1 การเปรียบเทียบผลการคำนวณความสูงคลื่นที่สำคัญจากแบบจำลอง SWAN กับข้อมูลตรวจวัดจากดาวเทียม Jason

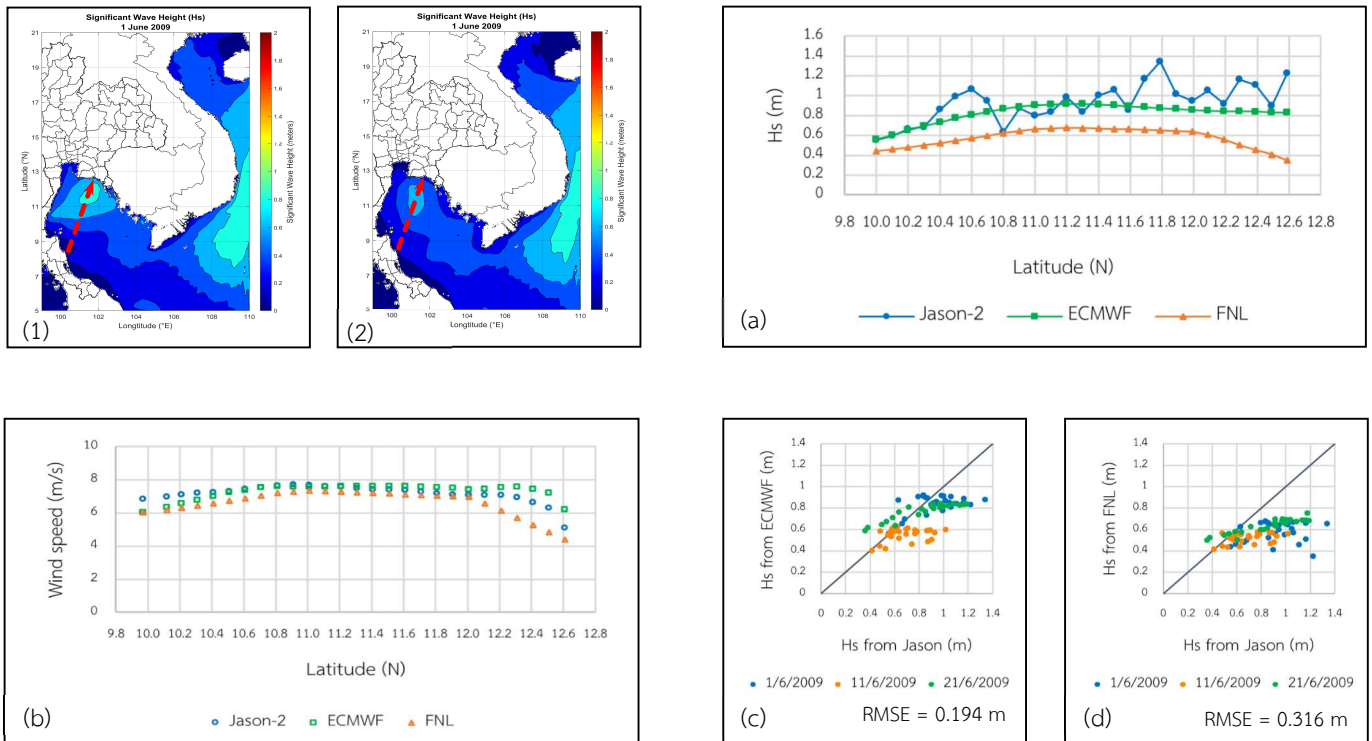
จากการเปรียบเทียบความสูงคลื่นที่สำคัญที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAN กับความสูงคลื่นที่สำคัญที่ได้จากดาวเทียม Jason ที่โคจรผ่านอ่าวไทยและทะเลอันดามัน โดยวิเคราะห์ของเดือนเมษายนช่วงก่อนฤดูมรสุมเดือนมิถุนายนช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เดือนธันวาคมช่วงที่ได้รับอิทธิพลตะวันออกเฉียงเหนือ และเดือนมกราคมช่วงหลังจากที่พายุโซนร้อนปาบึกสลายตัว ซึ่งในแต่ละเดือนการโคจรของดาวเทียม Jason โคจรมาบริเวณเดิมทุก ๆ 10 วัน ดังนั้น ในระยะเวลา 1 เดือนจะมีข้อมูลตรวจวัดจากดาวเทียม 3 วัน จากกราฟ (c) และ (d) แสดงค่าความสูงคลื่นที่สำคัญจากดาวเทียม Jason และความสูงคลื่นที่สำคัญจากการวิเคราะห์โดยข้อมูลลมจาก ECMWF และ FNL พบว่า บริเวณฝั่งอ่าวไทยในเดือนเมษายนของบริเวณฝั่งอ่าวไทยในเดือนเมษายนของวันที่ 2, 12 และ 22 พบว่า ค่าความสูงคลื่นที่สำคัญที่วิเคราะห์จากข้อมูล ECMWF มีค่ามากกว่าค่าความสูงคลื่นที่สำคัญที่วิเคราะห์จากข้อมูล FNL และในบางพื้นที่มีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก อีกทั้งแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ข้อมูล สำหรับเดือนมิถุนายนของวันที่ 1, 11 และ 21 พบว่า ค่าความสูงคลื่นที่สำคัญจากข้อมูล ECMWF มีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดมากกว่าข้อมูลจาก FNL เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด สำหรับเดือนธันวาคมของวันที่ 6, 16 และ 26 มีค่าความสูงคลื่นที่สำคัญจากข้อมูล ECMWF และข้อมูลจาก FNL มีความใกล้เคียงกัน มีเพียงบางค่าของความสูงคลื่นที่สำคัญจากข้อมูล ECMWF ที่มีค่ามากกว่าค่าความสูงคลื่นที่สำคัญจากข้อมูล FNL และสำหรับเดือนมกราคมของวันที่ 9 มีค่า ความสูงคลื่นที่สำคัญจากข้อมูล ECMWF กับ FNL ที่ใกล้เคียงกันกับข้อมูลตรวจวัด วันที่ 19 กับ 28 ค่าความสูงคลื่น

นัยสำคัญจากข้อมูล ECMWF มีค่าที่ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดมากกว่าค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูล FNL และบริเวณฝั่งทะเลอันดามันของเดือนเมษายน ของวันที่ 2, 12 และ 24 มีค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูล ECMWF และข้อมูลจาก FNL มีค่าที่ใกล้เคียงอย่างเห็นได้ชัด แต่ค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญของวันที่ 22 ที่วิเคราะห์จากข้อมูล FNL มีค่าสูงกว่าค่า ความสูงคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูล ECMWF สำหรับเดือนมิถุนายนของวันที่ 10, 20 และ 30 มีค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญที่ใกล้เคียงกันอย่างชัดเจน สำหรับเดือนธันวาคมของวันที่ 6 ค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูล ECMWF มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดมากกว่าค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูล FNL วันที่ 16 มีค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูล ECMWF และค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูล FNL มีค่าใกล้เคียงกัน และ วันที่ 26 ค่า Hs จากข้อมูล FNL มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดมากกว่าค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูล ECMWF โดยภาพรวมสังเกตเห็นได้ชัดว่า ค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างละติจูด 6 ถึง 7 องศาเหนือและมีค่าลดลงระหว่างละติจูด 7 ถึง 8 องศาเหนือ เนื่องจากบริเวณละติจูด 7

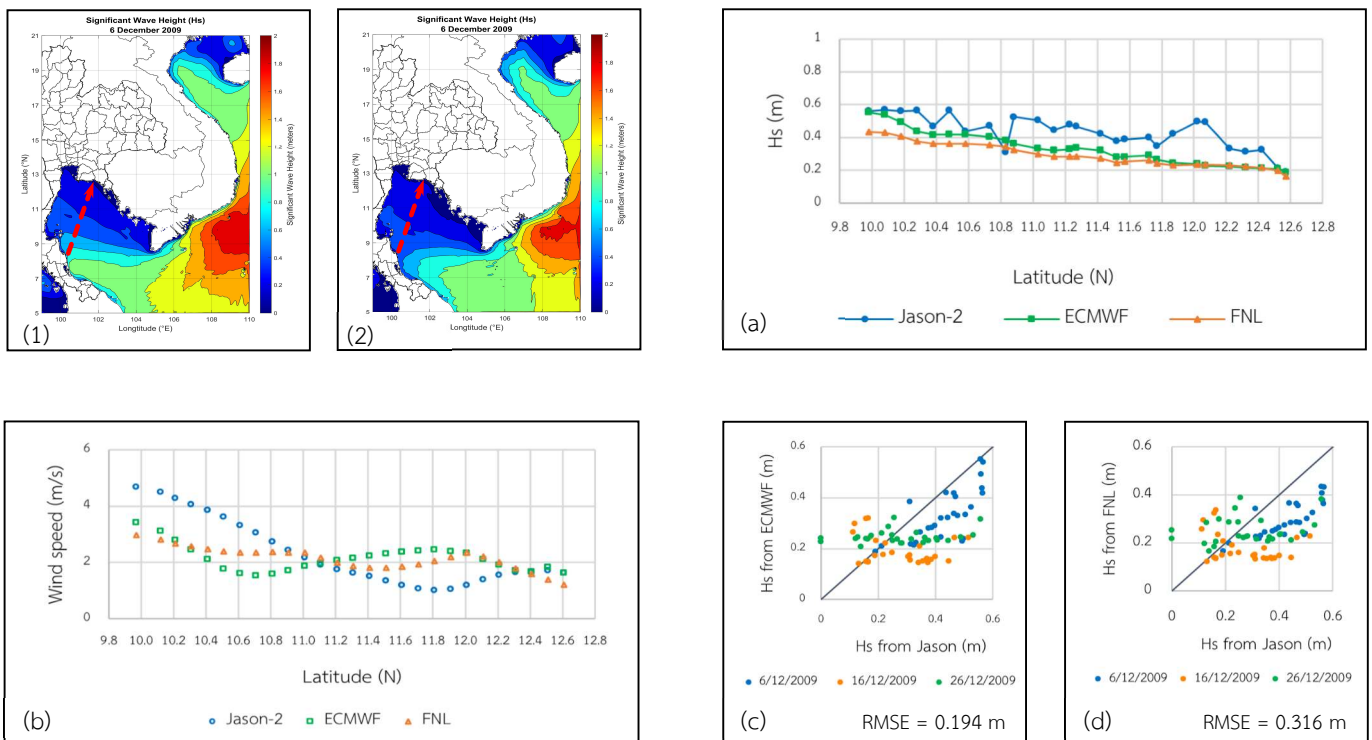
ถึง 8 มีความลึกของพื้นท้องทะเลตื้นกว่าบริเวณละติจูดที่ 6 ถึง 7 อีกทั้งในบริเวณละติจูดที่ 7 ถึง 8 อยู่ใกล้บริเวณหมู่เกาะทำให้ความสูงคลื่นนัยสำคัญมีแนวโน้มลดลง จากการวิเคราะห์ทั้งหมด พบว่า ความสูงคลื่นนัยสำคัญที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงและมีทิศทางเดียวกันกับค่าที่ได้จากดาวเทียม Jason ซึ่งการคำนวณคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูล ECMWF มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดมากกว่าข้อมูลของ FNL อย่างไรก็ตาม ยังคงมีค่าใกล้เคียงกับความสูงของคลื่นนัยสำคัญที่ตรวจวัดโดยคำนวณค่า RMSE ของผลการคำนวณคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูล ECMWF มีค่าน้อยกว่า RMSE จากผลการคำนวณคลื่นนัยสำคัญของข้อมูล FNL ผล RMSE ของความสูงคลื่นนัยสำคัญฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันแสดงในตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 พร้อมแสดงผลการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน RMSE พบว่า ความสูงคลื่นนัยสำคัญของข้อมูล ECMWF มีความใกล้เคียงกับข้อมูลดาวเทียม Jason มากกว่า ข้อมูล FNL



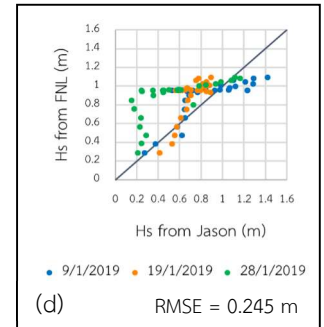
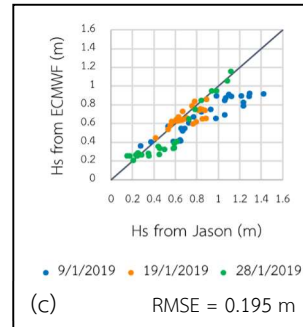
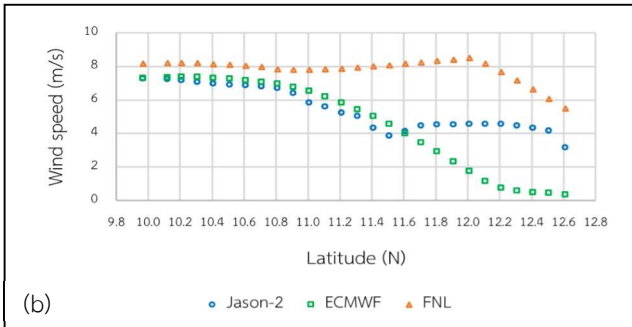
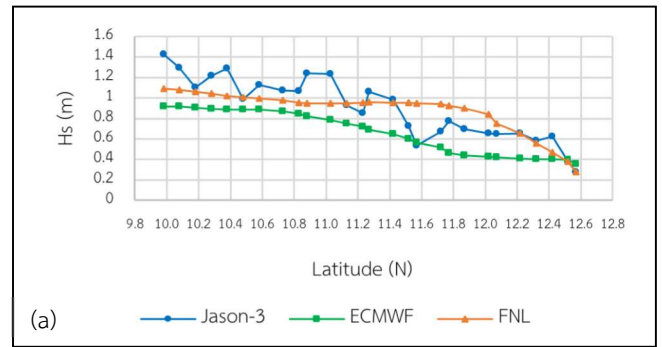
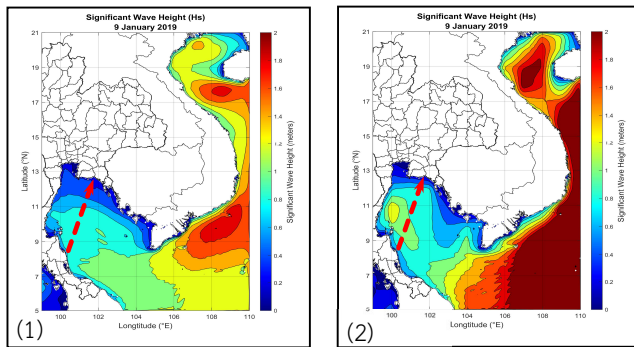
รูปที่ 5 แผนที่เส้นชั้นความสูงของวันที่ 22 เมษายน 2552 ฝั่งอ่าวไทย (1) ข้อมูล ECMWF (2) ข้อมูล FNL (a) เปรียบเทียบ Hs ของทั้ง 3 ข้อมูล (b) ความเร็วลมของทั้ง 3 ข้อมูล (c) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ ECMWF (d) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ FNL



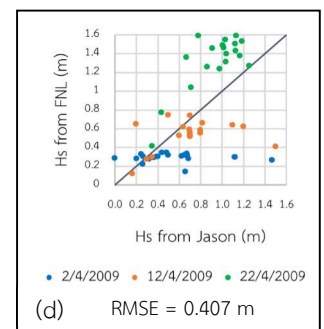
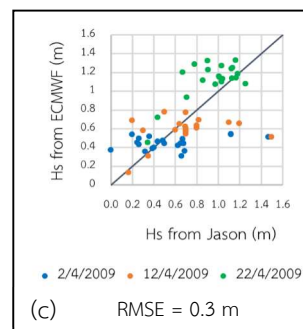
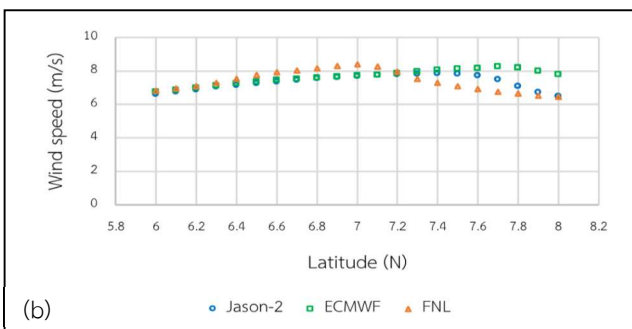
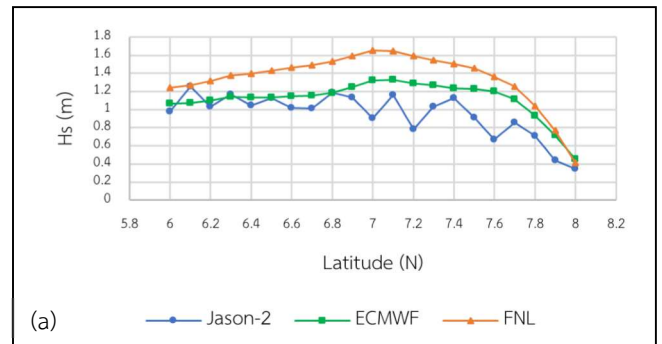
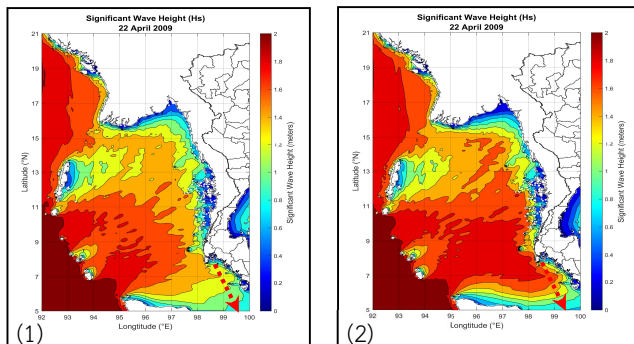
รูปที่ 6 แผนที่เส้นชั้นความสูงของวันที่ 1 มิถุนายน 2552 ฝั่งอ่าวไทย (1) ข้อมูล ECMWF (2) ข้อมูล FNL (a) เปรียบเทียบ Hs ของทั้ง 3 ข้อมูล (b) ความเร็วลมของทั้ง 3 ข้อมูล (c) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ ECMWF (d) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ FNL



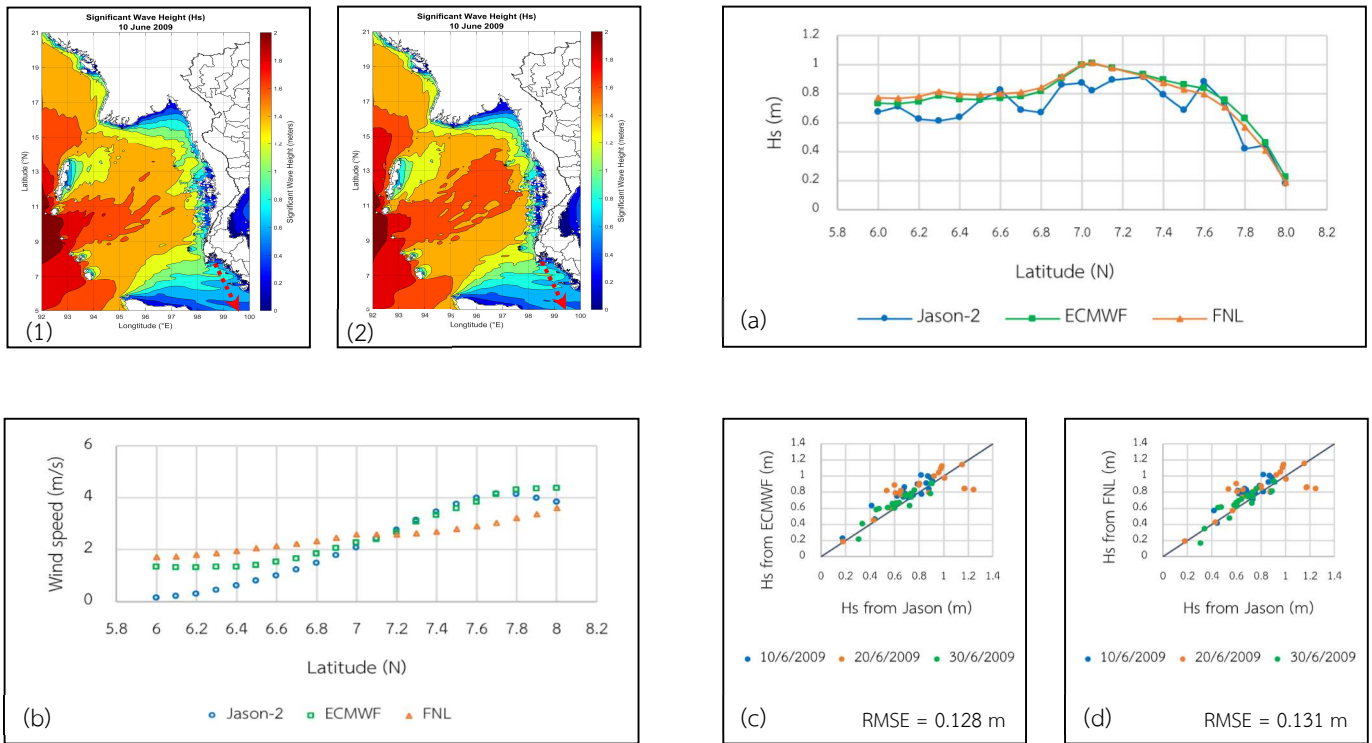
รูปที่ 7 แผนที่เส้นชั้นความสูงของวันที่ 6 ธันวาคม 2552 ฝั่งอ่าวไทย (1) ข้อมูล ECMWF (2) ข้อมูล FNL (a) เปรียบเทียบ Hs ของทั้ง 3 ข้อมูล (b) ความเร็วลมของทั้ง 3 ข้อมูล (c) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ ECMWF (d) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ FNL



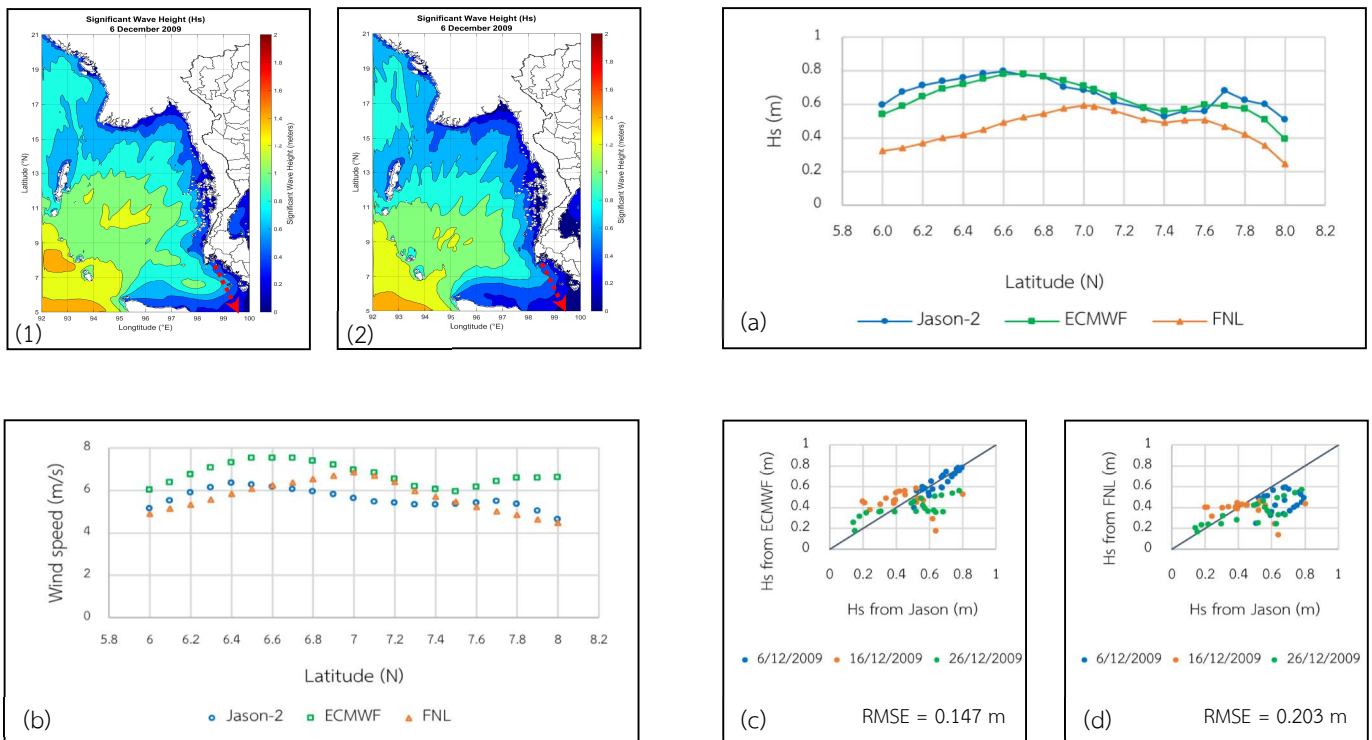
รูปที่ 8 แผนที่เส้นชั้นความสูงของวันที่ 9 มกราคม 2562 ฝั่งอ่าวไทย (1) ข้อมูล ECMWF (2) ข้อมูล FNL (a) เปรียบเทียบ Hs ของทั้ง 3 ข้อมูล (b) ความเร็วลมของทั้ง 3 ข้อมูล (c) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ ECMWF (d) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ FNL



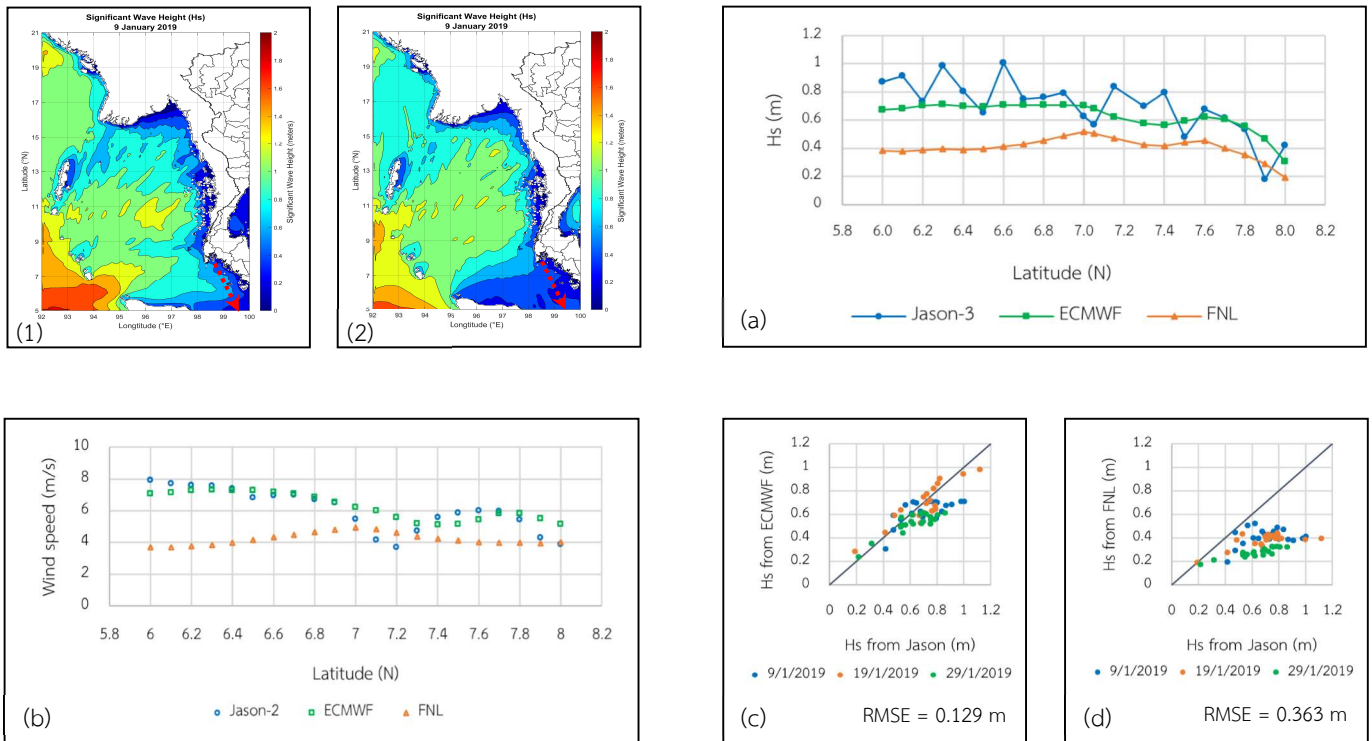
รูปที่ 9 แผนที่เส้นชั้นความสูงของวันที่ 22 เมษายน 2552 ฝั่งทะเลอันดามัน (1) ข้อมูล ECMWF (2) ข้อมูล FNL (a) เปรียบเทียบ Hs ของทั้ง 3 ข้อมูล (b) ความเร็วลมของทั้ง 3 ข้อมูล (c) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ ECMWF (d) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ FNL



รูปที่ 10 แผนที่เส้นชั้นความสูงของวันที่ 10 มิถุนายน 2552 ฝั่งทะเลอันดามัน (1) ข้อมูล ECMWF (2) ข้อมูล FNL (a) เปรียบเทียบ Hs ของทั้ง 3 ข้อมูล (b) ความเร็วลมของทั้ง 3 ข้อมูล (c) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ ECMWF (d) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ FNL



รูปที่ 11 แผนที่เส้นชั้นความสูงของวันที่ 6 ธันวาคม 2552 ฝั่งทะเลอันดามัน (1) ข้อมูล ECMWF (2) ข้อมูล FNL (a) เปรียบเทียบ Hs ของทั้ง 3 ข้อมูล (b) ความเร็วลมของทั้ง 3 ข้อมูล (c) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ ECMWF (d) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ FNL



รูปที่ 12 แผนที่เส้นชั้นความสูงของวันที่ 9 มกราคม 2562 ผังทะเลอันดามัน (1) ข้อมูลลม ECMWF (2) ข้อมูลลม FNL (a) เปรียบเทียบ Hs ของทั้ง 3 ข้อมูล (b) ความเร็วลมของทั้ง 3 ข้อมูล (c) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ ECMWF (d) เปรียบเทียบ Hs ระหว่าง Jason กับ FNL

ตารางที่ 1 ค่าของ RMSE และความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยของวันที่เลือกทำการศึกษา

พื้นที่ศึกษา	วันที่	ค่า RMSE (m) ระหว่างดาวเทียม Jason กับข้อมูลลม		ความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย (m)		
		ECMWF	FNL	Jason	ECMWF	FNL
อ่าวไทย	22 เม.ย. 52	0.230 m	0.251 m	1.08	1.00	0.90
	1 มิ.ย. 52	0.190 m	0.408 m	0.93	0.83	0.58
	6 ธ.ค. 52	0.124 m	0.153 m	0.43	0.33	0.29
	9 ม.ค. 62	0.273 m	0.185 m	0.89	0.66	0.87
ทะเลอันดามัน	22 เม.ย. 52	0.241 m	0.446 m	0.95	1.12	1.35
	1 มิ.ย. 52	0.108 m	0.114 m	0.70	0.78	0.78
	6 ธ.ค. 52	0.052 m	0.230 m	0.66	0.64	0.46
	9 ม.ค. 62	0.159 m	0.341 m	0.70	0.63	0.41

พบว่า ผลการคำนวณความสูงคลื่นจากแบบจำลอง SWAN ที่ใช้ข้อมูลลมจาก ECMWF มีค่าใกล้เคียงกับความสูงคลื่นที่ตรวจวัดจากดาวเทียมได้เป็นอย่างดี และพิจารณาผลการวิเคราะห์ให้ชัดเจนมากขึ้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลในเดือนที่เลือกพิจารณา

ตารางที่ 2 ค่าของ RMSE และความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยของเดือนที่เลือกทำการศึกษา

พื้นที่ศึกษา	เดือน	ค่า RMSE (m) ระหว่างดาวเทียม Jason กับข้อมูลลม		ความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย (m)		
		ECMWF	FNL	Jason	ECMWF	FNL
อ่าวไทย	เม.ย. 52	0.267 m	0.316 m	0.76	0.62	0.54
	มิ.ย. 52	0.185 m	0.310 m	0.82	0.72	0.57
	ธ.ค. 52	0.136 m	0.151 m	0.34	0.26	0.24
	ม.ค. 62	0.249 m	0.250 m	0.73	0.55	0.87
	เม.ย. 52	0.297 m	0.406 m	0.74	0.72	0.72
ทะเลอันดามัน	มิ.ย. 52	0.141 m	0.143 m	0.71	0.76	0.76
	ธ.ค. 52	0.147 m	0.203 m	0.53	0.50	0.40
	ม.ค. 62	0.140 m	0.362 m	0.67	0.61	0.35

พบว่า เมื่อพิจารณาข้อมูลเดือนที่เลือกพิจารณาทำให้เห็นผลลัพธ์ได้ชัดเจนมากขึ้นว่า ความสูงคลื่นนัยสำคัญที่วิเคราะห์จากข้อมูลลม ECMWF ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดจากดาวเทียม Jason มากกว่าการวิเคราะห์จากข้อมูลลม FNL การใช้ระยะเวลาที่มากขึ้น

ในการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถช่วยในการตรวจสอบข้อมูลให้ได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนขึ้น

3.2 ประสิทธิภาพของแบบจำลอง SWAN

จากการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง SWAN ด้วยดัชนีการกระจาย (SI) แสดงผลค่าดัชนีการกระจายความสูงคลื่นนัยสำคัญระหว่างแบบจำลอง SWAN ที่ใช้ข้อมูลลมจาก ECMWF และข้อมูลลมจาก FNL กับข้อมูลตรวจวัดจากดาวเทียม Jason เป็นข้อมูลวันที่เลือกศึกษาแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติระหว่างผลที่ได้จากการคำนวณความสูงคลื่นนัยสำคัญจาก SWAN กับข้อมูลตรวจวัดจากดาวเทียม Jason และในตารางที่ 4 แสดงข้อมูลค่า SI ของเดือนที่ศึกษา

ตารางที่ 3 ค่าของ SI ของวันที่เลือกทำการศึกษา

พื้นที่ศึกษา	วันที่	Jason และ ECMWF	Jason และ FNL
อ่าวไทย	22 เม.ย. 52	21.30%	23.24%
	1 มิ.ย. 52	20.43%	43.87%
	6 ธ.ค. 52	28.84%	35.58%
	9 ม.ค. 62	30.67%	20.77%
ทะเล อันดามัน	22 เม.ย. 52	25.37%	46.95%
	10 มิ.ย. 52	15.43%	16.29%
	6 ธ.ค. 52	7.88%	34.85%
	9 ม.ค. 62	22.71%	48.71%

พบว่า ค่า SI ของวันที่เลือกทำการศึกษาที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAN โดยใช้ข้อมูลลมจาก ECMWF กับข้อมูลตรวจวัดจากดาวเทียม Jason ให้ผลลัพธ์ดีกว่าค่า SI ที่ใช้ข้อมูลลมจาก FNL

จากตารางที่ 3 และ 4 ทะเลอันดามันมีผลค่า SI อยู่ในเกณฑ์ที่ดี เนื่องจากอ่าวไทยมีลักษณะเป็นอ่าวปิดและทะเลอันดามันมีลักษณะเป็นทะเลเปิด ดังนั้นเมื่อมีการเดินเรือในการขนส่งในบริเวณอ่าวไทยทำให้คลื่นที่ตรวจวัดได้จากดาวเทียม Jason เกิดความผันผวนมากกว่าฝั่งทะเลอันดามัน ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้บริเวณทะเลอันดามันให้ผลลัพธ์ค่า SI ดีกว่าบริเวณอ่าวไทย

ตารางที่ 4 ค่าของ SI ของเดือนที่เลือกทำการศึกษา

พื้นที่ศึกษา	เดือน	Jason และ ECMWF	Jason และ FNL
อ่าวไทย	เม.ย. 52	35.13%	41.58%
	มิ.ย. 52	22.56%	37.80%
	ธ.ค. 52	40.00%	44.41%
	ม.ค. 62	34.11%	34.25%
ทะเล อันดามัน	เม.ย. 52	40.14%	54.86%
	มิ.ย. 52	19.86%	20.14%
	ธ.ค. 52	27.74%	38.30%
	ม.ค. 62	20.90%	54.03%

4. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษา พบว่า แบบจำลอง SWAN แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องที่ีระหว่างผลลัพธ์ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAN โดยใช้ข้อมูลลม ECMWF ในการวิเคราะห์กับข้อมูลตรวจวัดจากดาวเทียม Jason-2 และ Jason-3 ในปี พ.ศ. 2552 และในเดือนมกราคม พ.ศ.2562 ความแตกต่างของความสูงคลื่นนัยสำคัญที่ได้จากแบบจำลองกับความสูงคลื่นนัยสำคัญที่ตรวจวัดจากดาวเทียมนั้นสามารถเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ เนื่องจากบริเวณที่ดาวเทียม Jason เคลื่อนที่ผ่านผิวน้ำไปยังบริเวณทะเลหรือในบริเวณทะเลเองอาจเกิดคลื่นจากดาวเทียมอื่นแทรกบรบกวน และอีกปัจจัยหนึ่งคือลักษณะของอ่าวไทยมีลักษณะเป็นอ่าวปิดและทะเลอันดามันมีลักษณะเป็นทะเลเปิด ทำให้เมื่อมีการขนส่งในอ่าวไทยคลื่นที่ตรวจวัดจากดาวเทียม Jason จึงมีความผันผวนมากกว่าทะเลอันดามัน อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบโดยรวมยังคงอยู่ในแนวโน้มที่ดี สามารถเห็นได้ชัดเจนจากการตรวจสอบความถูกต้องด้วยค่า RMSE และค่า SI พบว่าข้อมูลลมจาก ECMWF ให้ผลลัพธ์ที่ดี เนื่องจากมีความละเอียดในเชิงพื้นที่และเวลาที่มีความละเอียดมากกว่าข้อมูลลมจาก FNL และเนื่องจากแบบจำลอง SWAN ต้องใช้ข้อมูลลมในการคำนวณความสูงคลื่น ความถูกต้องของข้อมูลลมจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญเพื่อความแม่นยำในการคำนวณของแบบจำลองต้องใช้ข้อมูลลมจากแบบจำลองพยากรณ์อากาศที่มีความละเอียดและถูกต้องมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยไม่มีข้อมูล

ตรวจวัดข้อมูลลมในทะเล ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลระดับโลกจาก 2 แหล่งที่มาเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลจากองค์กรใดเหมาะสมที่จะประเมินศักยภาพพลังงานคลื่นในทะเลไทยและทำการเปรียบเทียบความสูงคลื่นนัยสำคัญกับข้อมูลตรวจวัดจากดาวเทียม Jason เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และนอกจากนี้ข้อมูลพื้นที่ท้องทะเลก็มีผลต่อการคำนวณเช่นเดียวกัน การศึกษานี้ใช้ข้อมูลพื้นที่ท้องทะเลจาก GEBCO ที่มีความละเอียดอยู่ที่ 15 ฟิลิปดา หรือประมาณ 0.46 กิโลเมตร ซึ่งเป็นความละเอียดที่ละเอียดที่สุดในตอนนี้ ดังนั้น การใช้ข้อมูลลมและข้อมูลพื้นที่ท้องทะเลที่มีความละเอียดสูงจะสามารถช่วยให้การคำนวณของแบบจำลองมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น การศึกษานี้ทำการจำลองที่มีความละเอียด 0.05×0.05 องศาในแนวละติจูดและลองจิจูด โดยให้แบบจำลองคำนวณทุก ๆ 10 นาที และกำหนดให้ผลที่ได้จากการคำนวณมีความถี่ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ถ้าหากให้แบบจำลองคำนวณผลที่มีความละเอียดมากขึ้นก็จะใช้ทรัพยากรในการประมวลผลที่มากขึ้น โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลอง SWAN ซึ่งทำการประมวลผลในเซิร์ฟเวอร์ที่มี CPU Core ทั้งหมด 48 core โดยใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง สำหรับการประมวลผลข้อมูล 1 เดือน ซึ่งหากใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในการใช้แบบจำลอง SWAN มีความละเอียดเท่ากับการศึกษาในครั้งนี้ความสามารถในการประมวลผลก็จะไม่เพียงพอ สำหรับการศึกษาในอนาคต ถ้าหากใช้คอมพิวเตอร์ที่มีศักยภาพในการประมวลผลที่ดีกว่าในการศึกษาครั้งนี้จะสามารถประมวลผลโดยใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าและได้ผลที่มีความละเอียดกว่า และจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าข้อมูลลมจาก ECMWF สามารถนำไปศึกษาการประเมินศักยภาพพลังงานคลื่นในประเทศไทยได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (สสน.) ที่สนับสนุนการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Akpinar A, Vledder GP, Kömürcü MI, Özger M. Evaluation of the numerical wave model (SWAN) for the wave simulation in the black sea. *Continental Shelf Research*. 2012;50-51: 80-99.
- [2] Ekkawatpanit C, Kositgittiwong D, Komporn W, Foyhirun C. The possibility of promoting wave energy in the coastal zone of Thailand. In: Fungtammasan B, Ishihara K. (eds.) *Energy & Climate Change: Innovating for a Sustainable Future*, 28- 30 Nov 2016, Bangkok, Thailand, Bangkok: 2016. P. 1-4.
- [3] Foyhirun C, Kositgittiwong D, Ekkawatpanit C. Wave energy potential and simulation on the Andaman Sea coast of Thailand. *Sustainability*. 2020 May 1;12(9):3657.
- [4] Lagoun MS, Benalia A, Benbouzid MEH. Ocean wave converts: state of the art and current status. In: Al-Hitmi M, Al-Emadi N, Hamila R. (eds.) *IEEE International Energy Conference*. 2009. P. 636-641.
- [5] Kanchana N, Jompob W. Assessment of sea wave power potential in the gulf of Thailand using simulating wave nearshore (SWAN). *Thaksin University Journal*. 2016;19(1): p. 12-30.
- [6] Komporn W, Ekkawatpanit C, Kositgittiwong D. Assessment of ocean wave energy resource potential in Thailand. *Ocean and Coastal Management*. 2018;160: 64-74.
- [7] Kositgittiwong D, Ekkawatpanit C, Wannawong W. Numerical simulation of ocean waves for hydropower generation in Thailand. In: Falconer R. (eds.) *Proceedings of the 19th IAHR-APD Congress 2014 Hanoi Vietnam*. Hanoi Vietnam: 2014. p. 1-6.
- [8] Liang B, Gao H, Shao Z. Characteristics of global waves based on the third-generation wave model swan. *Marine Structures*. 2019;64: 35-53.

[1] Akpinar A, Vledder GP, Kömürcü MI, Özger M. Evaluation of the numerical wave model (SWAN)

- [9] Benelghali S, Benbouzid M, Charpentier JF. Marine tidal current electric power generation technology: State of the Art and Current Status. *Proceedings of IEEE IEMDC'07, May 2007, Antalya (Turkey)*, Turkey; 2007. p. 1407-1412.
- [10] The SWAN Team. Input and output files. In: Delft University of Technology (eds.) *Swan User Manual*. Netherlands: 2022. p. 21-87.
- [11] Watin T, Nakhapakorn K, Pumijumnong N. Application of SWAN model for investigate wave characteristics in the gulf of Thailand during typhoon Muifa. *Science and Technology Journal*. 2011;19(3): 40-50.