

การประเมินศักยภาพของพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทย โดยอาศัยเทคนิคการรับรู้ระยะไกล

Offshore Wind Resource Assessment of Thailand Using Remote Sensing Technique

จอมภพ แววศักดิ์¹, ลัทธวรรณ นิยมธรรม^{2*}, สมพล ชีวมงคลกานต์³ และชนะ จันทร์จำ³

Jompob Waewsak¹, Latthawan Niyomtham^{2*}, Somphol Cheewamongkholkarn³ and Chana Chancham³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินศักยภาพของพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยทั้งทะเลอ่าวไทยและทะเลอันดามัน โดยใช้เทคนิคการรับรู้ระยะไกล อัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 10 m เหนือระดับน้ำทะเลที่ถูกตรวจวัดโดย SeaWinds Scatterometer ที่ติดตั้งบนดาวเทียม QuickSCAT (ค.ศ. 1999-2009) ที่ความแยกชัด 1°x1° ถูกนำมาแปลผลและตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำโดยอาศัยข้อมูลลมตรวจวัดจากเรือเดินสมุทร ทึนลอยและแบบจำลองการพยากรณ์สภาพอากาศ และทำการประมาณค่าในช่วงเพื่อเพิ่มความแยกชัดเท่ากับ 1 km พร้อมกับประมาณค่านอกช่วงไปที่ระดับความสูง 50 m โดยได้จัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยทั้งรายเดือนและเฉลี่ยรายปีเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของศักยภาพพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลเชิงพื้นที่และเชิงเวลา ผลพบว่าภาพถ่ายดาวเทียม QuickSCAT มีความถูกต้องแม่นยำสำหรับการแปลผลอัตราเร็วในช่วง 3-18 m/s และมีความเอนเอียงสูงในอัตราเร็วลมที่สูงกว่า 20 m/s โดยอัตราเร็วลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 3.0-6.0 m/s บริเวณพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงได้แก่พื้นที่นอกชายฝั่งทะเลตอนกลางของประเทศไทยซึ่งมีอัตราเร็วลมอยู่ในช่วง 5.0-6.0 m/s และเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนสิงหาคมจะมีอัตราเร็วลมอยู่ในช่วง 7.0-10.0 m/s เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

คำสำคัญ: พลังงานลม เทคนิคการรับรู้จากระยะไกล ภาพถ่ายดาวเทียม ระบบภูมิสารสนเทศ

¹ รศ.ดร., สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² นักศึกษาปริญญาเอก สาขาการพัฒนายั่งยืน วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

³ นักวิจัย ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Assoc. Prof. Dr., Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

² Ph.D. Candidate, Division of Sustainable Development, International College, Thaksin University, Songkhla 90000, Thailand

³ Researcher, Solar-Wind Energy Laboratory, Research Center in Energy and Environment, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

* Corresponding author: E-mail address: lattawan.n@gmail.com

(Received: November 26, 2019; Revised: April 2, 2020; Accepted: April 21, 2020)

Abstract

This paper presents the evaluation of the offshore wind resource of Thailand (the Gulf of Thailand and the Andaman Sea) using remote sensing technique. The wind speed at height of 10 m above mean sea level (A.M.S.L.) was measured using SeaWinds Scatterometer on QuickSCAT by NASA. The QuickSCAT satellite images in 1999-2009 with resolution of $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ was interpreted and validated using the measured wind speed provided by the ship observation, buoy data and numerical weather prediction models. The wind speed was interpolated for 1 km resolution enhancement and extrapolated to the height of 50 m A.M.S.L.. The monthly and annual mean wind speed maps were presented in order to show the spatial and temporal variation of offshore wind energy potential. Results showed that QuickSCAT satellite images interpretation gave lower bias in the range of wind speed of 3-18 m/s, however, the bias was high for wind speed more than 20 m/s. It found that offshore mean wind speed at height of 50 m A.M.S.L. was in the range of 3.0-6.0 m/s where the middle part of Thai offshore had the highest potential with the wind speed in the range of 7.0-10.0 m/s. The offshore wind speed had high potential during June until August due to the influence of southwest monsoon.

Keywords: Wind Energy, Remote Sensing, Satellite Images, Geo-Informatics

บทนำ

พลังงานลมมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องและกำลังก้าวขึ้นมาเป็นแหล่งพลังงานหลักของโลกโดยเฉพาะแหล่งพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเล จากรายงานของ World Energy Outlook 2019 กล่าวว่า ศักยภาพทางเทคนิคของพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลทั่วโลกมีมากกว่า 120,000 กิกะวัตต์ สามารถผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า 420,000 เทราวัตต์ชั่วโมงต่อปี ซึ่งมากกว่าความต้องการพลังงานของประชากรโลกในปี 2583 ถึง 11 เท่า [1] สำหรับประเทศไทย ณ ปัจจุบัน ยังไม่มีการติดตั้งฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเล เพียงแต่อยู่ในระหว่างการศึกษาศักยภาพของพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลเพื่อระบุพื้นที่ที่สามารถพัฒนาเป็นฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลเท่านั้นและยังไม่แพร่หลายมากนัก โดยในปี 2554 ได้มีการคำนวณอัตราเร็วลมนอกชายฝั่งทะเล โดยใช้แบบจำลองบรรยากาศ KAMM (Karlsruhe Atmospheric Mesoscale Model) ที่ความละเอียดแนวนอน 3 กิโลเมตรที่ความสูง 90 เมตร พบว่าพื้นที่นอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยมีอัตราเร็วลมสูงกว่าฝั่งทะเลอันดามัน [2] ต่อมาในปี 2558 มีการศึกษาศักยภาพพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยของประเทศไทยด้วยแบบจำลองบรรยากาศสเกลปานกลาง-สเกลจุลภาคร่วมกัน (MC2-MSMicro) พบว่า บริเวณดังกล่าวมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.5-6.5 เมตรต่อวินาที โดยบริเวณที่มีศักยภาพพลังงานลมดีที่สุดคือ บริเวณอ่าวกรุงเทพ (Bay of Bangkok) ซึ่งมีอัตราเร็วลมอยู่ในช่วง 6.0-6.5 เมตรต่อวินาที สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 6 เทราวัตต์ชั่วโมงต่อปี และในปี 2560 ได้มีการศึกษาศักยภาพพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยอีกครั้งโดยอาศัยแบบจำลองที่แตกต่างกัน (อาศัย WRF Atmospheric Model) ซึ่งผลที่ได้มีความใกล้เคียงและสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน [3-4] นอกจากนี้ยังการประเมินศักยภาพพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยบริเวณอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชสำหรับเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพเชิงเทคนิคของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม โดยอาศัยข้อมูลตรวจวัดจากเสาวัดลมในพื้นที่ศึกษาด้วยโปรแกรม WAsP 9.0 [5]

ในปัจจุบันข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากรถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายจากดาวเทียมอาศัยเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ในการรับและจัดเก็บข้อมูลซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้การแผ่รังสีพลังงานแม่เหล็กแม่ไฟฟ้า (Electromagnetic Energy) ในการบันทึกคุณลักษณะของวัตถุ (Objects) ปรากฏการณ์ (Phenomena) ต่างๆ จากลักษณะเฉพาะตัวในการสะท้อนหรือแผ่รังสีของวัตถุแต่ละชนิดและแสดงคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัณฐานของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal) โดยข้อมูลที่ได้อาจถูกนำมาจัดการและวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลผลิตตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาเป็นหนึ่งในข้อมูลที่ได้รับจากดาวเทียมสำรวจด้วยเทคนิคการรับรู้ระยะไกลเช่นกัน เพื่อสำรวจการเปลี่ยนแปลงของสภาพชั้นบรรยากาศโลก อีกทั้งยังสามารถใช้ประโยชน์จากภาพถ่ายดาวเทียมและเทคนิคการรับรู้ระยะไกลนี้ในการศึกษาสภาพของพลังงานลมในพื้นที่เป้าหมายได้อีกด้วย โดยในอดีต การตรวจสอบสถานะการไหลของลมและอัตราเร็วจะอาศัยเครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ที่ติดตั้งบนเสาสูงเพื่อนำข้อมูลที่ตรวจวัดได้ไปประเมินศักยภาพพลังงานลมในพื้นที่เป็นอันดับต่อไป ซึ่งการติดตั้งเสาวัดลมที่ส่วนใหญ่มีความสูงของเสาที่ 50 เมตรนั้น มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง และจำเป็นต้องมีการประเมินและเสาะหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้ง ในขณะที่กังหันลมสำหรับผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีความสูงของเสา (Hub Height) มากกว่า 150 เมตร และมีขนาดใบพัดที่ใหญ่มากขึ้น เพื่อให้สามารถผลิตพลังงานได้มากขึ้นกว่าเดิม การใช้ข้อมูลจากเสาวัดลมที่ความสูง 50 เมตร มาประมาณค่าอัตราเร็วลมที่ความสูงเท่ากับความสูงกังหันลมจะส่งผลให้ผลการประเมินมีความคลาดเคลื่อนและไม่แน่นอนสูง ด้วยเหตุนี้จึงมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการรับรู้ระยะไกลและภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับการพยากรณ์อากาศในการเก็บข้อมูลสถานะการไหลและอัตราเร็วของลมซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่ถูกลงและสามารถเก็บข้อมูลได้ที่มีความสูงมากกว่า 200 เมตร นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้มียังความต่อเนื่องและครบถ้วนมากกว่าข้อมูลจากเสาวัดลมที่ต้องมีการหยุดใช้งานจากการซ่อมบำรุงหรือเมื่อมีพายุ

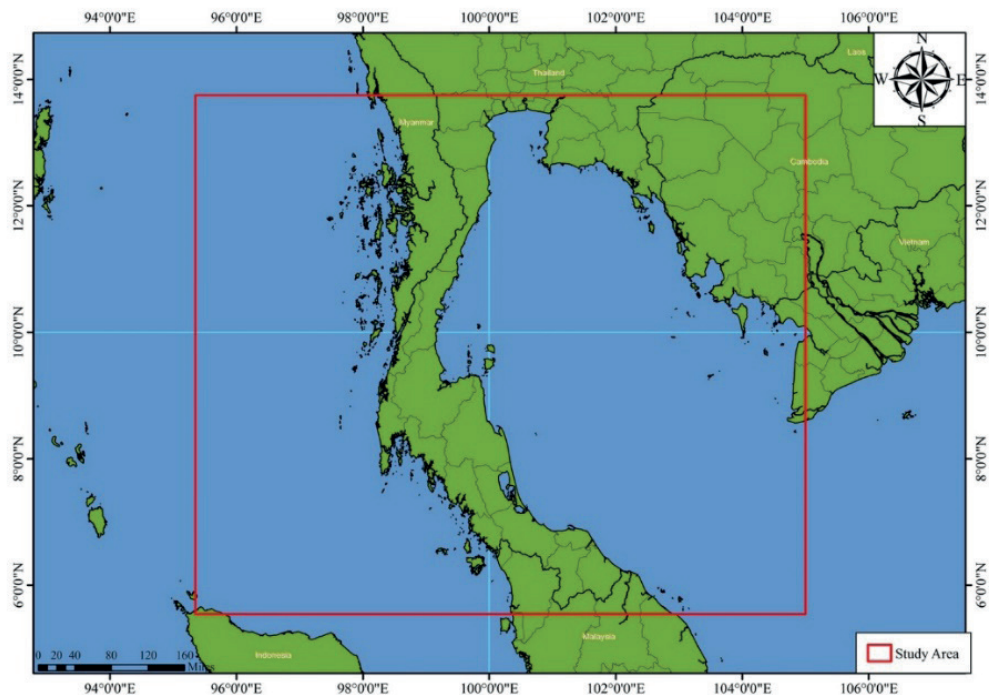
ทั้งนี้ ที่ผ่านมามาประเทศไทยประเมินศักยภาพของพลังงานลมทั้งในและนอกชายฝั่งโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และข้อมูลเชิงสถิติเป็นส่วนใหญ่ แต่สำหรับการศึกษานี้ได้นำเทคนิคการรับรู้ระยะไกลมาประยุกต์ใช้สำหรับการประเมินศักยภาพของพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและอันดามันของประเทศไทยที่ความละเอียดแยกซัด 1 กิโลเมตร โดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศสมจากดาวเทียมสำรวจ QuickSCAT ร่วมกับกรวิเคราะห์ผลทางเทคโนโลยีสารสนเทศในการประมาณค่าอัตราเร็วลมซึ่งแสดงในรูปแบบของแผนที่ความเร็วลม

ระเบียบวิธีวิจัย

พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้ครอบคลุมพื้นที่นอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยทั้งทะเลอ่าวไทยและทะเลอันดามัน โดยเป็นพื้นที่ครอบคลุมพิกัดละติจูดระหว่าง 5.50°N-13.00°N และลองจิจูดระหว่าง 95.50°E-104.50°E ซึ่งเป็นพื้นที่น้ำทะเลทั้งหมดเท่ากับ 875,283 km² แสดงดังภาพที่ 1

ดาวเทียม QuickSCAT ของ NASA (Quick Scatterometer) เป็นดาวเทียมสำรวจโลกที่ดำเนินการตรวจวัดอัตราเร็วและทิศทางของลมในทะเลในกรณีที่ไม่มีน้ำแข็งปกคลุมในทุกสภาพดินฟ้าอากาศและมีเมฆปกคลุมโดยอาศัยเครื่องมือวัด SeaWinds Scatterometer ซึ่งถูกปล่อยขึ้นสำรวจโลกเวลา 07:15 p.m.

วันเสาร์ที่ 19 เดือนมิถุนายน 1999 มีวงโคจรวิถีโค้งตัดกับเส้นศูนย์สูตรที่เวลา 06:00 a.m. ที่ระดับความสูง 803 กิโลเมตร มีคาบการโคจรมายังตำแหน่งเดิมเท่ากับ 4 วัน (57 รอบ) และมีคาบการโคจรต่อ 1 รอบเท่ากับ 101 นาที (14.25 รอบต่อวัน) และเหตุการณ์ตรวจวัดในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2009 [6] อุปกรณ์ SeaWinds บน QuickSCAT เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดคลื่นไมโครเวฟที่ถูกออกแบบให้ทำการตรวจวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการกระเจิงกลับ (Backscatter) จากพื้นผิวมหาสมุทรที่มีความขรุขระเนื่องจากลม อุปกรณ์ SeaWinds อาศัยการหมุนของจานรับสัญญาณดาวเทียมด้วยแนวลาดินสอแบบกรวย 2 แนวเพื่อให้เกิดการตรวจวัดแบบหลายครั้งจากการกระเจิงกลับภายใต้มุมมองที่มีรูปทรงเรขาคณิตที่แตกต่างกัน จานรับสัญญาณจะปลดปล่อยคลื่นไมโครเวฟแบบพัลส์ที่มีความถี่ 13.4 GHz (KU-Band) และจะถูกกระเจิงกลับด้วยคลื่นแคปิลารีซึ่งจะสมนัยกับลมและสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของลมพื้นผิวอย่างรวดเร็ว [7]



ภาพที่ 1 แผนที่ศึกษานอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทย

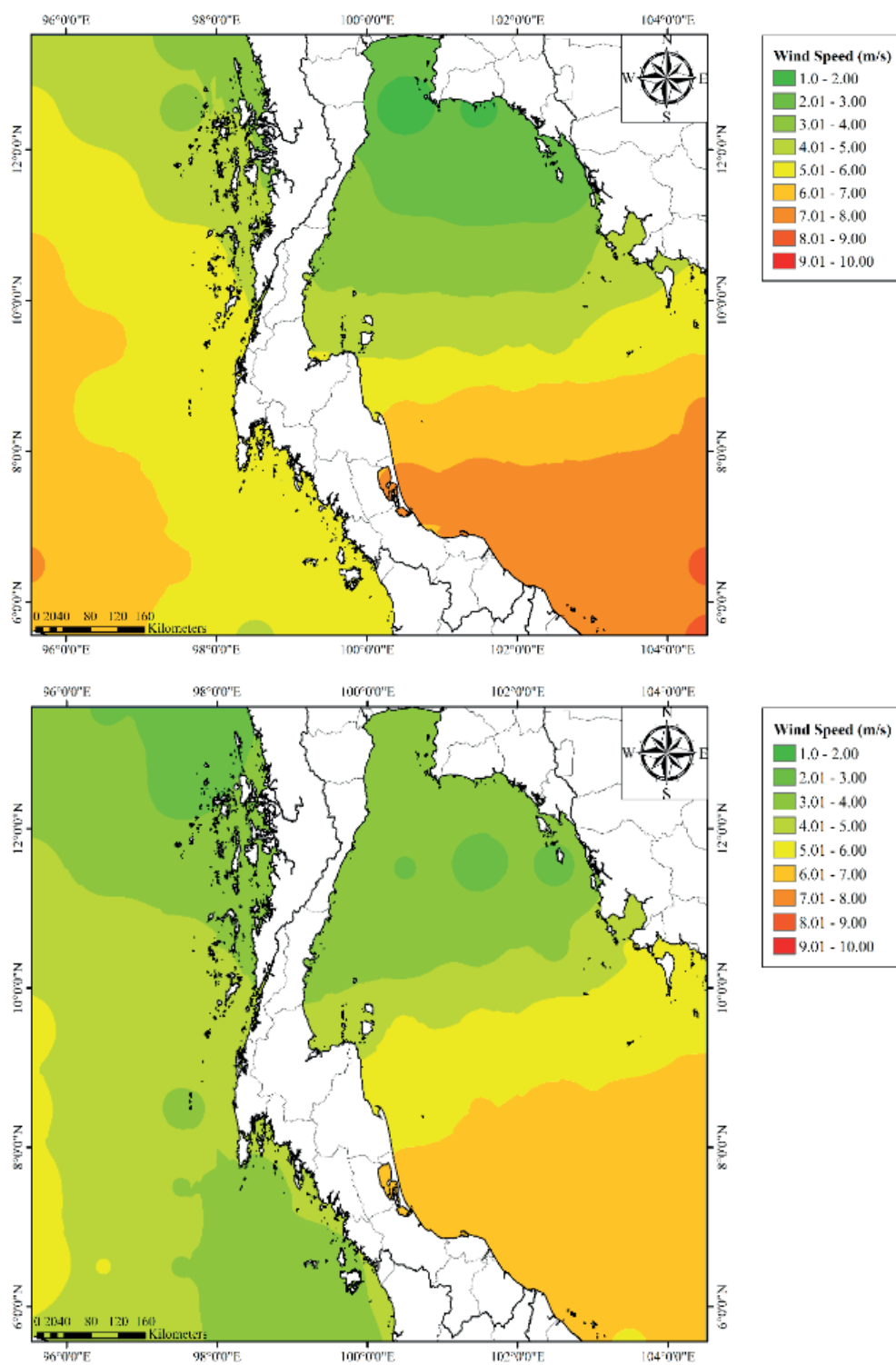
ลมนิวทรอลสมมูลย์ (Equivalent Neutral Winds) จะเป็นลมพื้นผิวที่ระดับความสูง 10 m ซึ่งถูกตรวจวัดภายใต้เงื่อนไขเสถียร (Stability) หรือบรรยากาศที่แยกเป็นชั้นๆ (Atmospheric Stratification) (อุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลมีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศที่บริเวณผิวน้ำระหว่างน้ำทะเลและอากาศ) ถึงแม้ว่าลมนิวทรอลสมมูลย์จะสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับลมที่ระดับความสูง 10 m แต่ก็ยังมีความไม่แน่นอนเนื่องจากมีค่าความเอนเอียง (Bias) ของการตรวจวัดทั้ง 2 เท่ากับ 0.2 เมตรต่อวินาที โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ไม่ได้นำค่าความเอนเอียงมารวมในการวิเคราะห์และแสดงผลที่ระดับความสูง 10 เมตร ด้วย [8] ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผลิตภัณฑ์ข้อมูลลมจาก Scatterometer ในระดับ 2B ที่ความแยกชัด 25 กิโลเมตร โดยผ่านกระบวนการจากฟังก์ชันแบบจำลองทางกายภาพ QSCAT-1 ซึ่งพัฒนาโดยโครงการ NASA QuickSCAT

และกระจายข้อมูล โดย JPL's Physical Oceanography DAAC [9] สมรรถนะของ QuickSCAT ได้รับการตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบกับผลลัพธ์กับข้อมูลลมตรวจวัดจากทุ่นลอยและจากแบบจำลอง การพยากรณ์สภาพอากาศเชิงตัวเลข (NWP) โดยพบว่าอัตราเร็วลมไม่มีไบแอสในช่วง 3-18 เมตรต่อวินาที แต่จะมีความไม่แน่นอนเมื่ออัตราเร็วลมมีค่ามากกว่า 20 เมตรต่อวินาที [10]

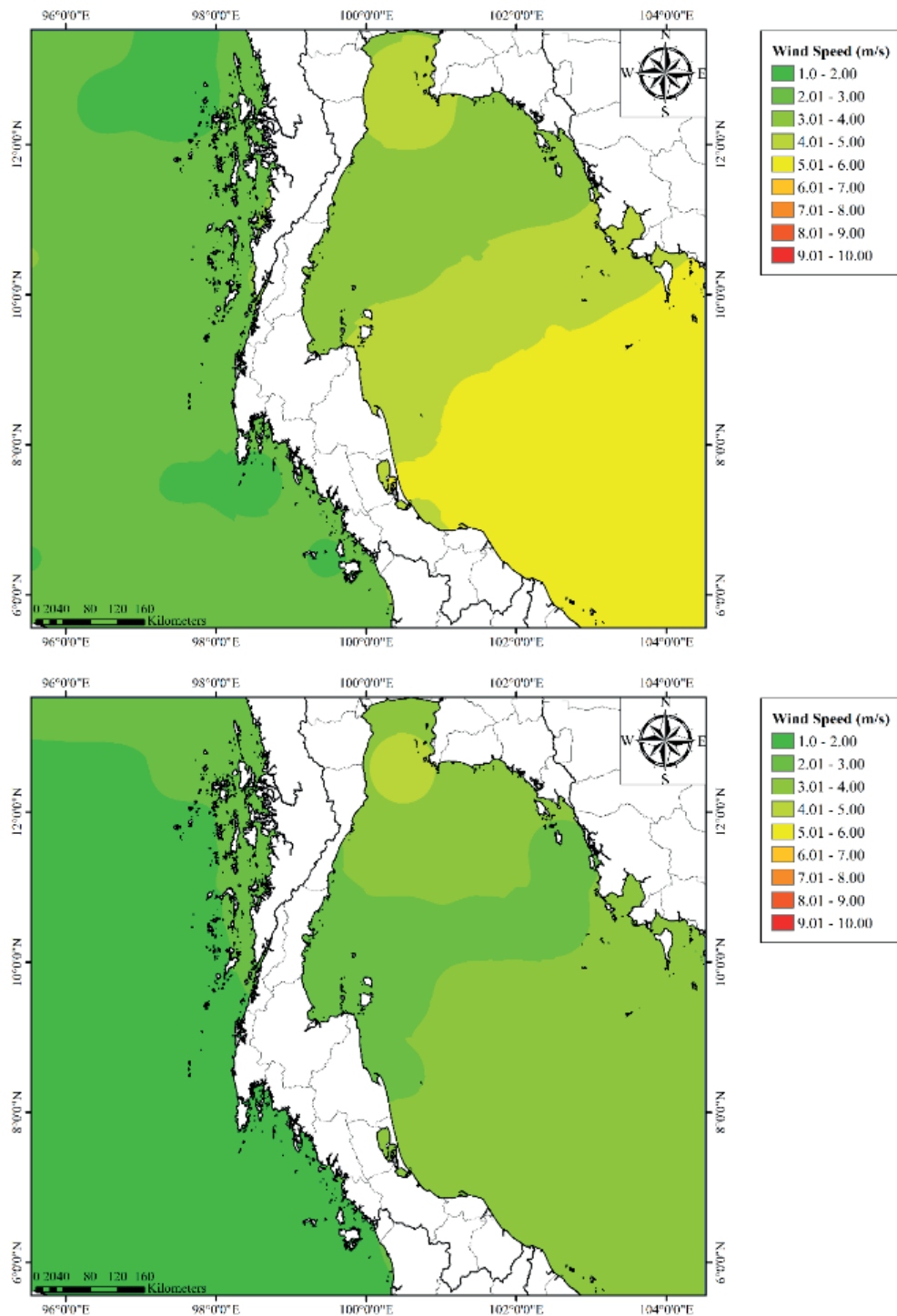
งานวิจัยนี้อาศัยข้อมูลลมพื้นผิวระดับน้ำทะเลที่มีความสูง 10 เมตร จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม QuickSCAT โดย PODAAC ซึ่งเป็นฐานข้อมูลลมนอกชายฝั่งทะเลในช่วงปี ค.ศ. 1999-2009 แล้วทำการประมาณค่าในช่วงของข้อมูลลมนอกชายฝั่งทะเลเชิงพื้นที่โดยอาศัยเครื่องมือในโปรแกรม ArcGIS 10.2 เพื่อให้มีความแม่นยำของข้อมูลเชิงพื้นที่มากขึ้นในระดับ 1 km หลังจากนั้นทำการประมาณค่านอกช่วงไปที่ระดับความสูง 50 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลเฉลี่ยโดยอาศัยกฎ Power Law ที่ค่า Exponent เท่ากับ 1/7 และจัดทำแผนที่ลมนอกชายฝั่งทะเลในพื้นที่ศึกษารายเดือนและเฉลี่ยรายปีเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราเร็วลมนอกชายฝั่งทะเลทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา

ผลและอภิปรายผล

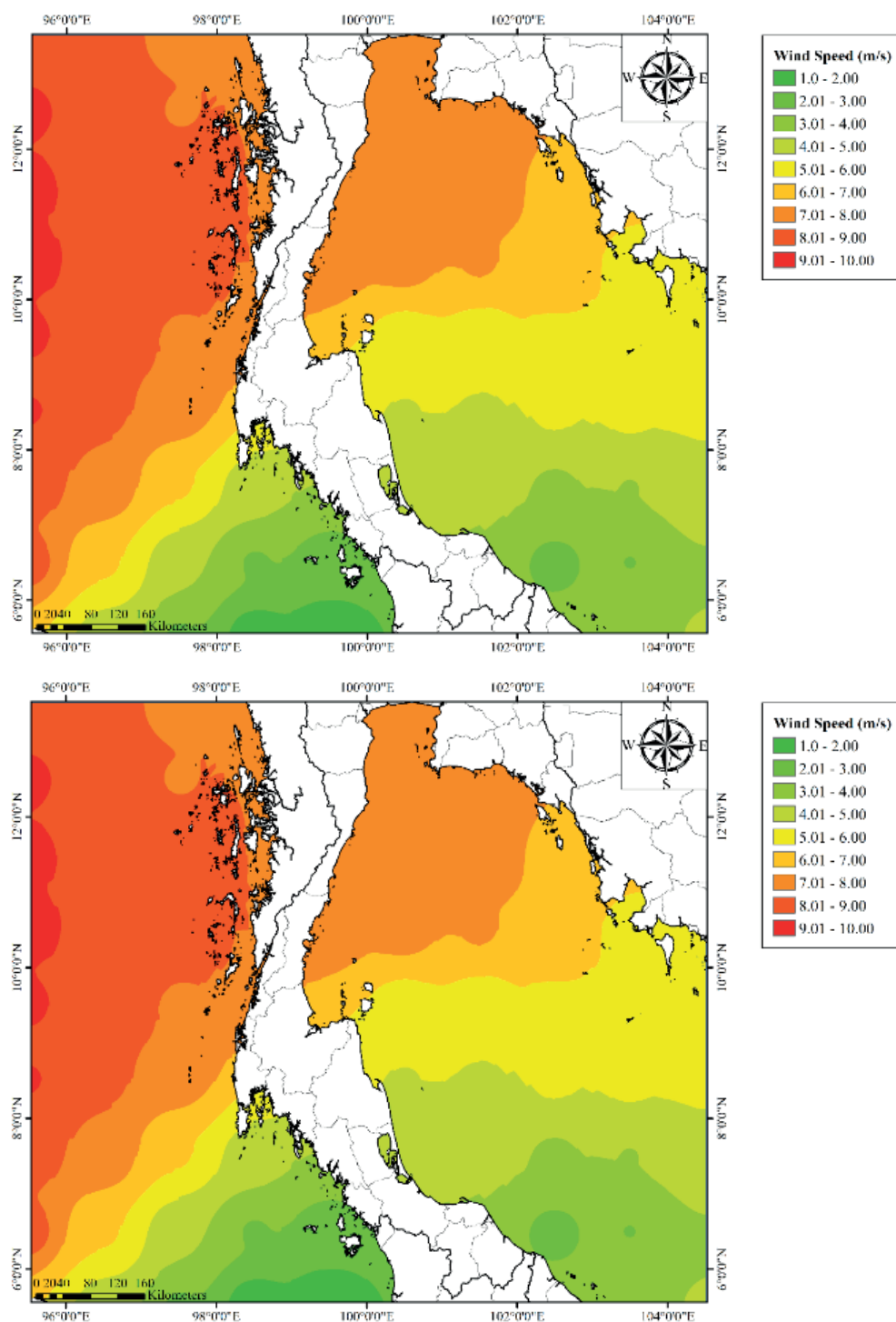
การประเมินศักยภาพพลังงานนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและอันดามันอาศัยเทคนิคการรับรู้ระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียม QuickSCAT โดยใช้ข้อมูลในช่วงปี 1999 – 2009 (10 ปี) ทำการประมาณค่านอกช่วงที่ระดับความสูง 50 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลเนื่องจากเป็นความสูงของข้อมูลตรวจวัดจากเรือเดินสมุทร ทุ่นลอยและแบบจำลองการพยากรณ์สภาพอากาศเพื่อให้การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอยู่ในระดับความสูงเดียวกัน จากการตรวจสอบความแม่นยำของข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม QuickSCAT ความแม่นยำ $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ พบว่า มีความถูกต้องแม่นยำสำหรับการแปลผลอัตราเร็วในช่วง 3-18 เมตรต่อวินาที และมีความเอนเอียงสูงในอัตราเร็วลมที่สูงกว่า 20 เมตรต่อวินาที ผลการวิเคราะห์อัตราเร็วลมที่ความสูง 50 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ถูกจัดแสดงในรูปของแผนที่ความเร็วลม ซึ่งแผนที่ความเร็วมรายเดือนนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทย ความละเอียดแยกชัด 1 กิโลเมตร ที่ความสูง 50 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล แสดงดังภาพที่ 2-7 แสดงให้เห็นว่า บริเวณพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงได้แก่พื้นที่นอกชายฝั่งทะเลตอนกลางของประเทศไทยซึ่งมีอัตราเร็วลมอยู่ในช่วง 5.0-6.0 เมตรต่อวินาที ซึ่งจะพบในฝั่งทะเลอ่าวไทยมากกว่าฝั่งทะเลอันดามัน แม้ว่าในเดือนกุมภาพันธ์ (ภาพที่ 2 ขวา) อิทธิพลของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทยเริ่มอ่อนกำลังลง แต่อัตราเร็วลมทางฝั่งทะเลอ่าวไทยยังคงมีค่าสูงกว่าฝั่งทะเลอันดามัน สำหรับระหว่างเดือนเมษายน (ภาพที่ 3 ขวา) อัตราเร็วลมนอกชายฝั่งทะเลทั้งสองฝั่งจะมีค่าลดลง และเริ่มมีกำลังลมเพิ่มขึ้นในช่วงกลางเดือนพฤษภาคม (ภาพที่ 4 ซ้าย) เนื่องจากเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมของประเทศไทย โดยเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนสิงหาคม (ภาพที่ 4 ขวา – ภาพที่ 5 ขวา) จะมีอัตราเร็วลมอยู่ในช่วง 7.0-10.0 เมตรต่อวินาที ซึ่งสูงกว่าช่วงอื่นๆ ของปีเนื่องได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อัตราเร็วลมที่สูงนี้จะขยายตัวจากชายฝั่งเป็นบริเวณกว้างมากขึ้น นอกจากนี้ แผนที่ความเร็วมเฉลี่ยรายปีนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทย แสดงดังภาพที่ 8 พบว่า อัตราเร็วลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยทั้งฝั่งทะเลอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามันที่ระดับความสูง 50 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 3.0-6.0 เมตรต่อวินาที โดยฝั่งทะเลอ่าวไทยมีอัตราเร็วลมสูงกว่าฝั่งทะเลอันดามัน



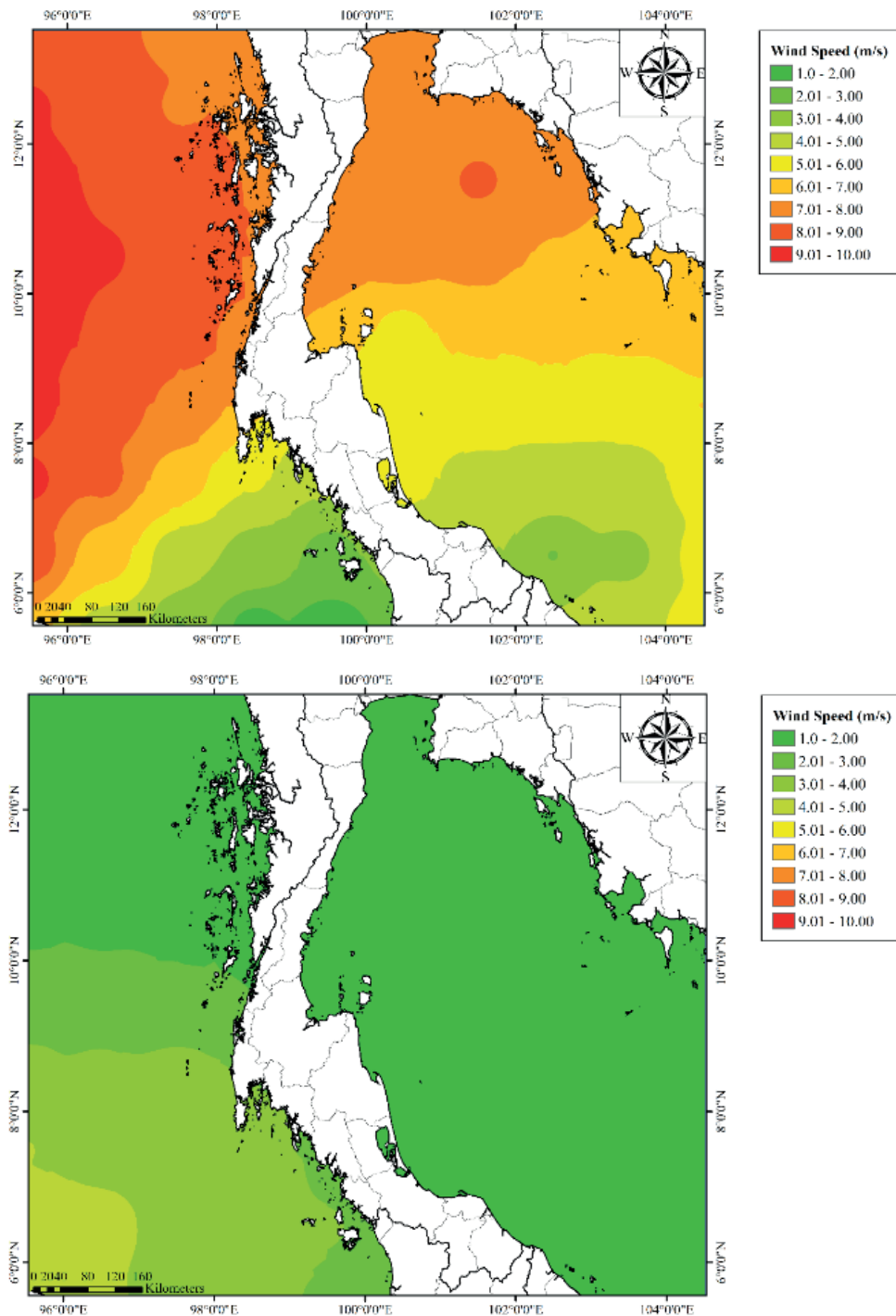
ภาพที่ 2 แผนที่ลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยที่ระดับความสูง 50 m เหนือระดับน้ำทะเล
 ความแยกชัด 1 km เดือนมกราคม (บน) และเดือนกุมภาพันธ์ (ล่าง)



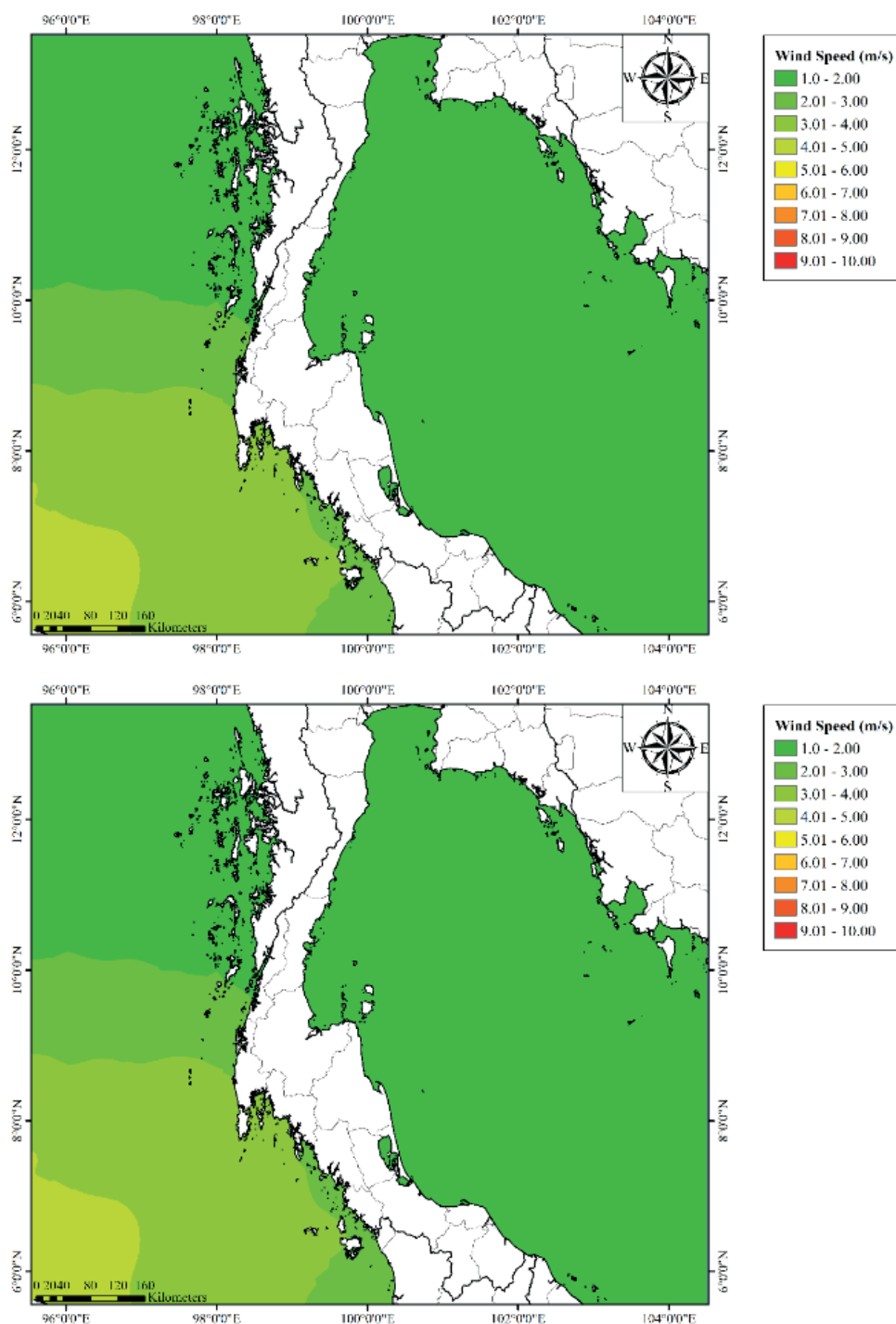
ภาพที่ 3 แผนที่ลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยที่ระดับความสูง 50 m เหนือระดับน้ำทะเล ความแยกชัด 1 km เดือนมีนาคม (บน) และเดือนเมษายน (ล่าง)



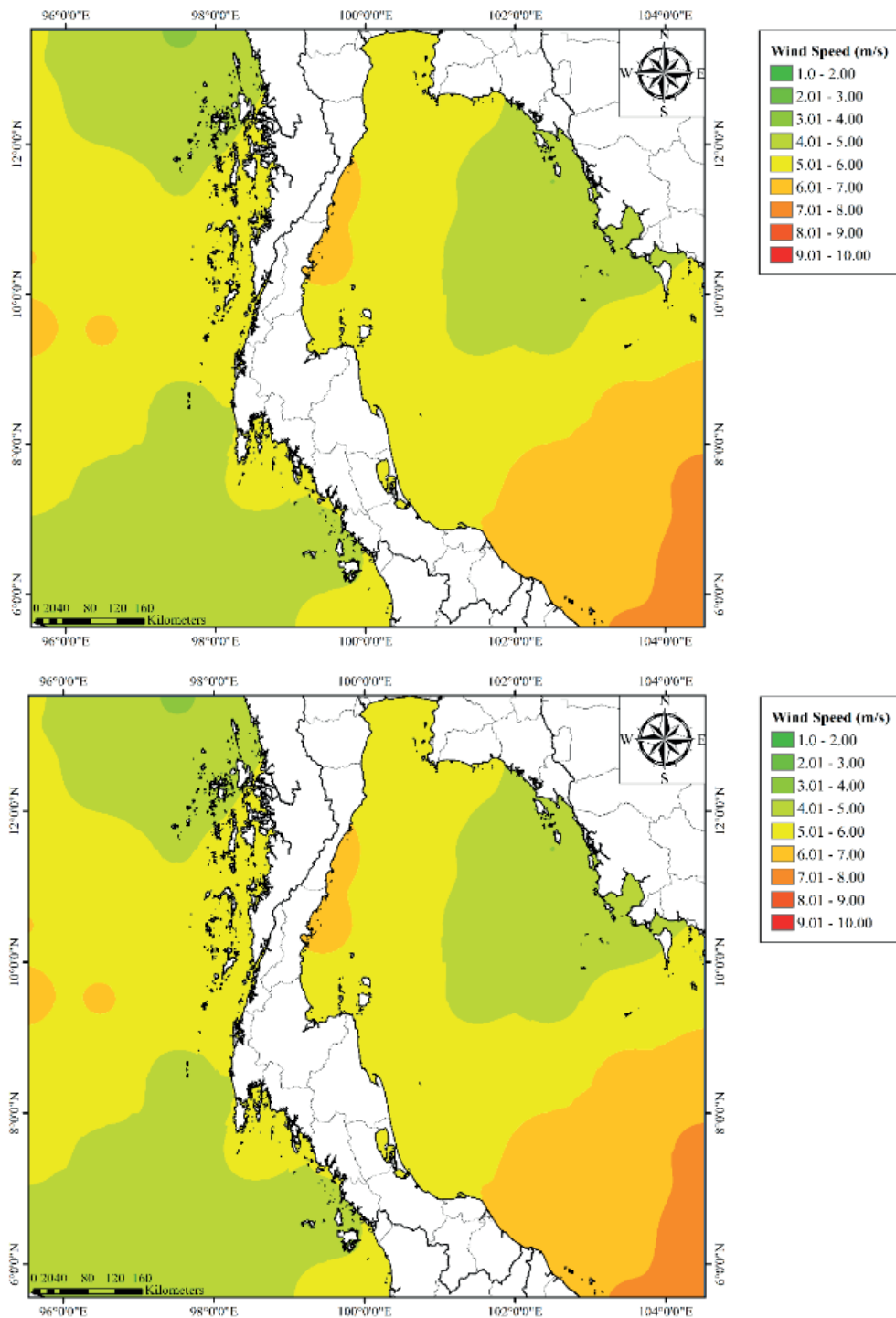
ภาพที่ 4 แผนที่ลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยที่ระดับความสูง 50 m เหนือระดับน้ำทะเล ความแยกชัด 1 km เดือนพฤษภาคม (บน) และเดือนมิถุนายน (ล่าง)



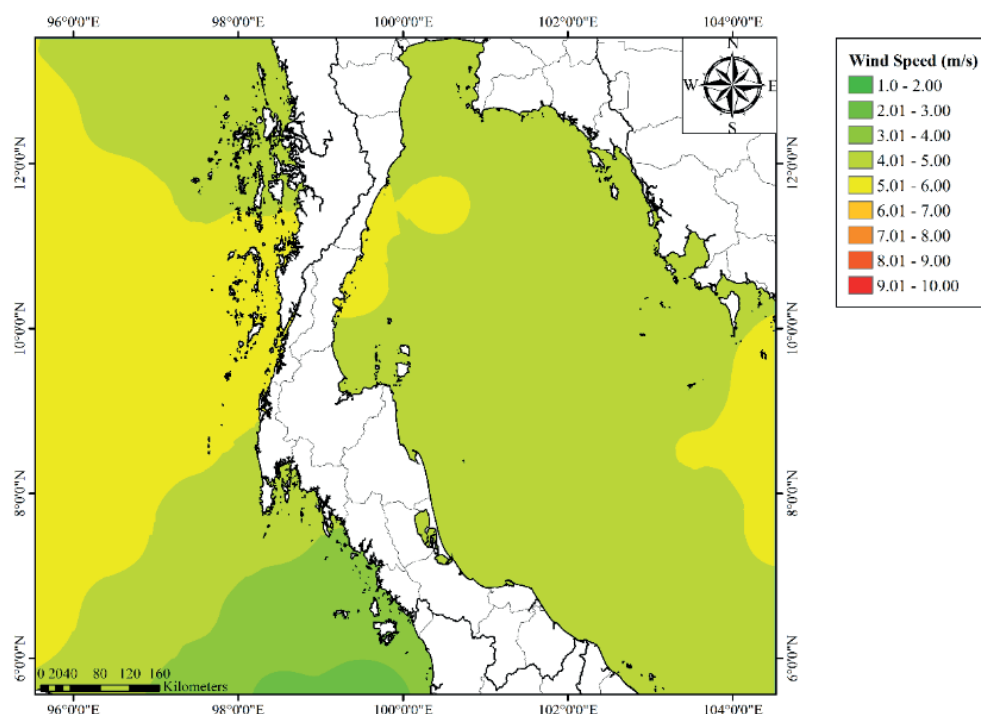
ภาพที่ 5 แผนที่ลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยที่ระดับความสูง 50 m เหนือระดับน้ำทะเล ความแยกชัด 1 km เดือนกรกฎาคม (บน) และเดือนสิงหาคม (ล่าง)



ภาพที่ 6 แผนที่ลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยที่ระดับความสูง 50 m เหนือระดับน้ำทะเล ความแยกชัด 1 km เดือนกันยายน (บน) และเดือนตุลาคม (ล่าง)



ภาพที่ 7 แผนที่ลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยที่ระดับความสูง 50 m เหนือระดับน้ำทะเล ความแยกชัด 1 km เดือนพฤศจิกายน (บน) และเดือนธันวาคม (ล่าง)



ภาพที่ 8 แผนที่ลมเฉลี่ยรายปีนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทยที่ระดับความสูง 50 m
เหนือระดับน้ำทะเล ความแยกชัด 1 km

สรุปและข้อเสนอแนะ

พื้นที่นอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและอันดามันของประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานลมดีในบริเวณชายฝั่งทะเลตอนกลาง โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยรายปีที่ระดับความสูง 50 m อยู่ในช่วง 3.0-6.0 m/s ซึ่งเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนสิงหาคมจะมีอัตราเร็วลมอยู่ในช่วง 7.00-10.0 m/s ซึ่งสูงกว่าช่วงอื่นๆ ของปี เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ สำหรับข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม QuickSCAT มีความถูกต้องแม่นยำสำหรับการแปลผลอัตราเร็วในช่วง 3-18 m/s และมีความเอนเอียงสูงในอัตราเร็วลมที่สูงกว่า 20 m/s

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิจัยของงานวิจัยนี้

References

- [1] International Energy Agency (IEA). (2019). *Offshore wind outlook 2019* (Online). Retrieved November 1, 2019, from https://webstore.iea.org/download/direct/2886?fileName=Offshore_Wind_Outlook_2019.pdf.

- [2] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy. (2011). *Final report: The preliminary assessment of feasibility and environment impact on offshore wind farm development* (Online). Retrieved March 30, 2020, from <http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/Bib14378.pdf>.
- [3] Waewsak, J., Landry, M., & Gagnon, Y. (2015). Offshore wind power potential of the Gulf of Thailand. *Renewable Energy*, 81, 609–626. DOI: 10.1016/j.renene.2015.03.069.
- [4] Chancham, C., Waewsak, J., & Gagnon, Y. (2017). Offshore wind resource assessment and wind power plant optimization in the Gulf of Thailand. *Energy*, 139, 706–731. DOI: 10.1016/j.energy.2017.08.026.
- [5] Chancham, C., Klompong, N., & Waewsak, J. (2013). Technical analysis of the Thai Gulf offshore wind farm power plant at Pak Phanang district in Nakhon Si Thammarat province. *Thaksin University Journal*, 16(1), 1–8.
- [6] Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. (2019). *Winds: measuring ocean winds from space (Missions: QuikSCAT)* (Online). Retrieved November 15, 2019, from <https://winds.jpl.nasa.gov/missions/quikscat>.
- [7] Spencer, M. W., Wu, C., & Long, D. G. (2000). Improved resolution backscatter measurements with the *SeaWinds* pencil-beam scatterometer. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38(1), 89–104.
- [8] Portabella, M., & Stoffelen, A. (2009). On scatterometer ocean stress. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 26(2), 368–382. DOI: 10.1175/2008JTECHO578.1.
- [9] Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. (2019). *QuikSCAT science data product user's manual* (Online). Retrieved November 15, 2019, from ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/allData/quikscat/L2B/docs/QSUG_v3.pdf.
- [10] Bourassa, M. A., Legler, D. M., O'Brien, J. J., & Smith S. R. (2003). SeaWinds validation with research vessels. *Journal of Geophysical Research*, 108(C2), 1–16. DOI: 10.1029/2001JC001028.