

**ความแม่นยำของการพยากรณ์ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง  
เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2562 ในประเทศไทย ด้วยแบบจำลองสภาพอากาศ (WRF)**  
**The accuracy of the forecast of mean sea level pressure in May 2019 of Thailand  
by the Weather Research and Forecasting (WRF) model**

นุชนาถ คงช่วย<sup>\*</sup>, ตรีลักษณ์ ธรรมดี<sup>1</sup>

Noodchanath Kongchouy<sup>\*</sup>, Treelak Thamdee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

<sup>\*</sup>Corresponding author: nootchanath.k@psu.ac.th

Received: December 1, 2019

Revised: December 27, 2019

Accepted: December 30, 2019

**บทคัดย่อ**

ความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง คือความกดอากาศเทียบกับระดับมาตรฐาน เป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมสภาพอากาศ ซึ่งในการพยากรณ์สภาพอากาศเป็นเรื่องสำคัญต่อการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น ช่วยในการวางแผนการเดินทางของนักท่องเที่ยว การทำเกษตร การคมนาคม รวมไปถึงการเฝ้าระวังภัยธรรมชาติ ดังนั้นต้องอาศัยความแม่นยำของการพยากรณ์ ที่จะส่งผลให้การติดตามสถานการณ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาความแม่นยำของการพยากรณ์ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง ด้วยแบบจำลองสภาพอากาศ WRF โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศ (Gridded atmospheric data) จาก Global Forecast System (GFS) เช่น ลม อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับเป็นสภาวะเริ่มต้นหรือเงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบเขต ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนั้นเป็นข้อมูลรายวัน ในเดือนพฤษภาคม 2562 และวิธีทางสถิติที่นำมาใช้ในการทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองคือ ค่า Root mean square error (RMSE) Mean error (ME) Mean percentage error (MPE) Mean Absolute Percentage Error (MAPE) %Average Accuracy และ Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) โดยนำผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง WRF เทียบกับค่าตรวจวัดจริงจากสถานีอุตุนิยมวิทยา 118 สถานี ในประเทศไทย

จากผลการศึกษาพบว่าค่าการประเมินค่า RMSE ME MPE MAP %Average Accuracy และค่า NSE ให้ผลลัพธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยแสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง WRF มีความถูกต้องสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำมากกว่าการใช้ค่าเฉลี่ย แบบจำลองให้ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางมากกว่าค่าจริงที่ได้จากการตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งสำหรับประเทศไทยที่มีสภาพอากาศภายในประเทศไม่แตกต่างกันมากนัก พบว่าเกณฑ์ประเมินที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ความแม่นยำแบบจำลองสภาพอากาศ คือค่า RMSE และ ME เนื่องจากสามารถบอกความแตกต่างของค่าพยากรณ์กับค่าจริงในสเกลขนาดเล็กของแต่ละภาคในประเทศไทยได้ชัดเจนมากกว่าเกณฑ์อื่น ๆ และเมื่อใช้เกณฑ์ในการประเมินที่มากขึ้น อาจทำให้ค้นพบคุณสมบัติเพิ่มเติมของแบบจำลองได้

**คำสำคัญ:** ความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง / แบบจำลองอากาศ WRF / ความแม่นยำของแบบจำลอง

## Abstract

Mean sea-level pressure is one factor that controls the weather. The weather forecast facilitates the planning of tourist activities, agriculture, transport, as well as the surveillance of natural disasters. Therefore, forecasting accuracy is required to ensure effective situation tracking and the reliability of the model. Restricted to the weather forecast in Thailand, this research studies the accuracy of the mean sea-level pressure forecast by the WRF model. The data such as wind, temperature, humidity, and air pressure at sea level is imported from the Global Forecast System for initial condition, and boundary condition. The results from the model are daily forecasts for May 2019 and the statistical methods used to test the accuracy of the model are Root mean square error (RMSE), Mean error (ME), Mean percentage error (MPE), Mean absolute percentage error (MAPE), % Average Accuracy, and Nash-Sutcliffe efficiency (NSE). The predictions based on the WRF are compared to the actual measurements from 118 meteorological stations in Thailand.

The evaluation of RMSE, ME, MPE, MAPE, % Average Accuracy, and NSE showed similar results. By demonstrating the accuracy of the WRF model, its effective usage was proved. The model gives a forecast value of atmospheric pressure at mean sea level greater than the actual value obtained from meteorological measurements. For Thailand, with no significant difference in local weather conditions, the most suitable criteria for analyzing the weather model accuracy are RMSE and ME. The difference between the forecast value and the actual value on a small scale of each region in Thailand is expressed more precise. Using more evaluation criteria may enable the discovery of additional features of the model.

**Keywords:** Sea-level Pressure / WRF Model / Accuracy of Model

## 1. บทนำ

ความกดอากาศ (Pressure) คือ น้ำหนักของอากาศที่กดทับเหนือบริเวณนั้น ๆ ในการศึกษาทางอุตุนิยมวิทยาตรวจวัดค่าความกดอากาศด้วยเครื่องบารอมิเตอร์ปรอท ด้วยสถานีที่ตั้งสถานีตรวจอากาศต่าง ๆ ตั้งอยู่บนพื้นที่สูงแตกต่างกัน เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงระบุค่าความกดอากาศเทียบกับระดับมาตรฐาน ณ ระดับทะเลปานกลาง อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1,013.25 มิลลิบาร์ (mb) จะเท่ากับ 1,013.25 เฮกโตพาสคัล (hPa) ซึ่งเป็นหน่วยที่ใช้ในปัจจุบัน แต่บางครั้งอาจเทียบกับความยาวของปรอท มีค่าเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท สภาพทั่วไปพื้นที่ที่สูงกว่าระดับทะเลปานกลางจะมีความกดอากาศและความหนาแน่นน้อยกว่าบริเวณใกล้ระดับผิวน้ำทะเลปานกลาง เพราะพื้นผิวโลกใกล้ระดับน้ำทะเลมีความหนาแน่นของอากาศมากกว่า และมีชั้นอากาศทับถมกันอยู่หนาแน่นกว่าชั้นอากาศที่อยู่สูงขึ้นไป สามารถกล่าวได้ว่า เมื่อเพิ่มความสูงจากระดับผิวโลก ค่าความกดอากาศจะลดลง โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของอากาศ ทำให้ในบริเวณหนึ่ง ๆ นั้นมีค่าความกดอากาศไม่คงที่ในแต่ละช่วงเวลา (วุฒิพงษ์ แสงมณี, 2556) [1] เนื่องจากความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสภาพอากาศอื่น ๆ เช่น ความสูงของพื้นที่ โดยยิ่งสูง อุณหภูมิจะยิ่งต่ำ ความกดอากาศจะลดตามไปด้วย ทั้งนี้อากาศเย็นมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศร้อน จึงมีความกดอากาศมากกว่า เรียกว่า “ความกดอากาศสูง” (High pressure) อากาศเย็นด้านบนมีอุณหภูมิต่ำ เคลื่อนเข้ามาแทนที่อากาศร้อนที่อยู่เหนือพื้นผิว ทำให้เกิดแห้งแล้ง เนื่องจากอากาศเย็นมีไอน้ำน้อย อาจทำให้อากาศโปร่งใส ในทางตรงกันข้าม เรียกว่า “ความกดอากาศต่ำ” (Low pressure) อากาศร้อนเหนือพื้นผิว ยกตัวขึ้นแล้วอุณหภูมิลดต่ำลง ทำให้เกิดการ

ควบแน่นเป็นเมฆและฝนได้ และในการเคลื่อนตัวของอากาศเย็นมีมวลและความหนาแน่นมากกว่าอากาศร้อน กระแสอากาศจึงเคลื่อนตัวจากหย่อมความกดอากาศสูง (H) ไปยังหย่อมความกดอากาศต่ำ (L) ทำให้เกิดการกระจายและหมุนเวียนอากาศไปยังตำแหน่งต่าง ๆ บนผิวโลก เราเรียกกระแสอากาศซึ่งเคลื่อนตัวในแนวราบว่า “ลม” (Wind) เป็นต้น (ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2562) [2]

การพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข (Numerical Weather Prediction, NWP) คือ การคาดหมายลักษณะของลมฟ้าอากาศ โดยอาศัยสมการทาง Hydrodynamic และ Thermodynamic ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ สมการเหล่านี้จะรวมกันเป็นระบบสมการที่สมบูรณ์ เพื่อใช้ในการพยากรณ์อากาศเรียกว่าแบบจำลอง(Model) โดยจะบอกถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาต่าง ๆ เช่น ลม ความกดอากาศ อุณหภูมิและปริมาณความชื้นในอากาศ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของลมฟ้าอากาศ (ดุขภูฏี ศุขวัฒน์, 2549) [3] ด้วยประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ระหว่างละติจูด 5 องศา 37 ลิปดา เหนือ กับ 20 องศา 27 ลิปดา เหนือ และระหว่างลองจิจูด 97 องศา 22 ลิปดา ตะวันออก กับ 105 องศา 37 ลิปดา ตะวันออก สภาพอากาศส่วนใหญ่คล้ายคลึงกันมีแตกต่างกันบ้างเพียงเล็กน้อย สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝน ระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม และฤดูหนาว ระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) [4] ซึ่งข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้คือ เดือนพฤษภาคม มีความเหมาะสมแก่การศึกษา เนื่องจากมีความหลากหลายของสภาพอากาศอยู่ระหว่างปลายฤดูร้อนและต้นฤดูฝน

งานวิจัยได้ใช้แบบจำลองสภาพอากาศ WRF (v.3.8.1) เป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดย National Center for Atmospheric Research (NCAR) ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้ข้อมูลแบบจำลองสภาพอากาศขนาดภูมิภาค หรือจำกัดพื้นที่ สำหรับข้อมูลสภาพอากาศนั้นสามารถที่จะดาวน์โหลดได้โดยตรงจากเว็บไซต์ของ NCAR (ภาคภูมิ รัตน์จิราหนูกุล, 2549, หน้า 21) [5] โดยมีการสร้างแบบจำลอง WRF และนำไปศึกษาในงานวิจัยหลาย ๆ ภูมิภาคทั่วโลก เช่น สหรัฐอเมริกา ยุโรป เอเชีย ออสเตรเลีย รวมทั้งประเทศไทยด้วย สำหรับสภาวะเริ่มแรกของการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข จากการวัดตัวแปรจากข่ายการตรวจอากาศที่ปกคลุมพื้นที่ภายในแบบจำลอง รวมทั้งข้อมูลที่ได้จาก Sensor ต่าง ๆ ที่ติดตั้งอยู่ตามสถานีผิวพื้นเรือ ทุ่นลอย การตรวจอากาศชั้นบน ดาวเทียม และอากาศยาน ในระบบการตรวจอากาศรวมทั้งข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่แลกเปลี่ยนระหว่างประเทศซึ่งใช้เป็นเครื่องช่วยในการปรับข้อมูล (Assimilation) หรือเรียกว่า Objective Analysis สถานีตรวจอากาศที่กระจัดกระจายอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีระยะห่างไม่เท่ากัน จะถูกปรับเปลี่ยนเป็นตารางกริดในแบบจำลองการพยากรณ์อากาศด้วยวิธี Interpolation ซึ่งวิธีนี้ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นในเงื่อนไขระยะเริ่มแรกของแบบจำลอง เพราะฐานของข้อมูลไม่ได้เป็นข้อมูลแท้จริงก่อนที่จะนำเข้าสู่แบบจำลอง [3]

การพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข หากมีความแม่นยำจะเกิดประโยชน์ต่อการดำเนินงานวางแผนในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การช่วยกำหนดเส้นทางที่ปลอดภัยสำหรับการคมนาคมทางเรือและทางอากาศ การติดตามข่าวสภาพอากาศเพื่อการท่องเที่ยว การทำเกษตร รวมไปถึงการเฝ้าระวังภัยธรรมชาติ นำมาสู่ความสนใจของผู้วิจัยที่ศึกษาค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง และกรมอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทยใช้แบบจำลองสภาพอากาศ WRF จึงทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาความแม่นยำของผลการพยากรณ์ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางด้วยแบบจำลองสภาพอากาศ WRF ในเดือนพฤษภาคม 2562 ศึกษาตามรายสถานีในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยว่ามีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด ด้วยเกณฑ์การพิจารณาหลายวิธีทางสถิติที่นิยมใช้กัน 6 วิธี สำหรับการพิจารณาในเชิงการนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่ ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อน

กำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error (RMSE)) ที่สามารถบอกความแตกต่างในหน่วยเดียวกับข้อมูล เมื่อมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าค่าจริงและค่าพยากรณ์แตกต่างกันน้อย และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error (MAPE)) มีค่าน้อย แบบจำลองมีความแม่นยำมาก ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean error (ME)) สำหรับการพิจารณาพยากรณ์มีค่ามากหรือน้อยกว่าค่าจริง เปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean percentage error (MPE)) จะบ่งบอกว่าแบบจำลองสามารถใช้งานได้หรือไม่ และสำหรับการใช้ประกอบการพิจารณาความแม่นยำของแบบจำลองได้แก่ เปอร์เซ็นความถูกต้องเฉลี่ย (% Average Accuracy) และ ค่า Nash–Sutcliffe efficiency (NSE) วราวุธ วุฒิวิณิชย์, (2553) [6] กล่าวไว้ว่าเป็นตรรกะที่นิยมใช้ในการบอกค่าความแม่นยำหรือประสิทธิภาพของแบบจำลอง

## 2. วัตถุประสงค์

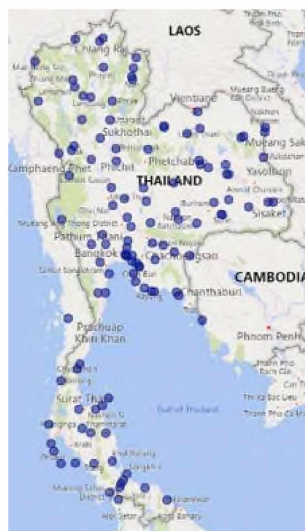
2.1 เพื่อศึกษาความแม่นยำการพยากรณ์ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางเดือนพฤษภาคม 2562 ในประเทศไทย ด้วยแบบจำลอง WRF

2.2 เพื่อศึกษาเกณฑ์ประเมินที่เหมาะสมสำหรับการประเมินความแม่นยำการพยากรณ์ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง เดือนพฤษภาคม 2562 ในประเทศไทย ด้วยแบบจำลอง WRF

## 3. วิธีการศึกษา

### 3.1 การเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา คือ ข้อมูลความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง รายวันใน เดือนพฤษภาคม 2562 จากการพยากรณ์โดยแบบจำลอง WRF และค่าตรวจวัดความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง จาก 118 สถานีตรวจวัด แบ่งเป็นรายภาคของประเทศไทยในทางอุตุนิยมวิทยา จึงพิจารณารูปแบบภูมิอากาศและแบ่งประเทศไทยออกได้เป็น 6 ภาคได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันออกและภาคใต้ฝั่งตะวันตก และทำการสร้างแผนภาพแสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดค่าความกดอากาศ ทั่วประเทศไทยด้วยโปรแกรม Power BI (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ตำแหน่งของสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา ในประเทศไทย จำนวน 118 สถานี

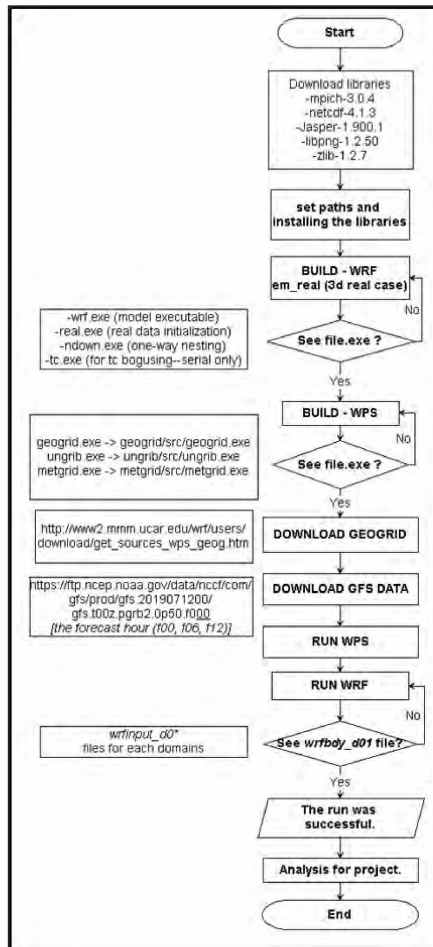
ข้อมูลนำเข้า (forcing data) สำหรับเป็นเงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลอง WRF คือข้อมูลแบบจำลองโลก (Global Forecast System (GFS)) ได้แก่ Mean sea level pressure, Wind, Temperature, Relative humidity และ Geopotential height เป็นต้น (ภาคภูมิ รัตน์จิราอนุกุล และสุจิตรา รัตน์จิราอนุกุล, 2561) [7]

### 3.2 การสร้างแบบจำลอง WRF เพื่อพยากรณ์ความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง

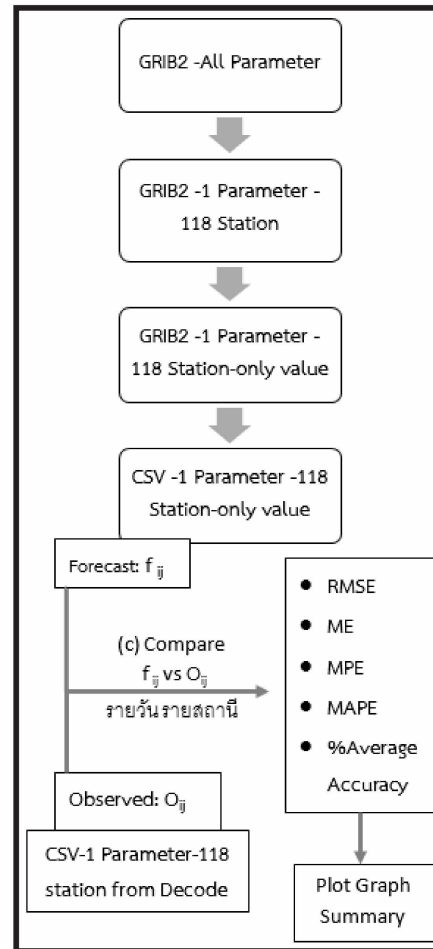
การเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศมีความซับซ้อนภายใต้กฎทางฟิสิกส์ สำหรับการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศที่สมบูรณ์แบบนั้นเป็นไปได้ยาก ทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยจึงทำการดัดแปลงคุณสมบัติบางประการของบรรยากาศ โดยใช้สมมติฐานต่าง ๆ ทางอุตุนิยมหาวิทยาลัย เพื่อให้ระบบสมการมีความซับซ้อนน้อยลง (Simplified) ซึ่งระบบสมการที่ใช้บรรยายคุณสมบัติของบรรยากาศจะเรียกว่า แบบจำลองบรรยากาศเชิงตัวเลข โดยเมื่อนำไปคาดหมายลักษณะอากาศในอนาคต จึงกลายเป็นการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข (Numerical Weather Prediction)

แบบจำลอง WRF คือแบบจำลองสภาพอากาศเชิงตัวเลขแบบ Non Linear ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของบรรยากาศเรียงลำดับตามพิกัดจุดกริดในแต่ละคาบเวลา (Grid Point Model) เริ่มจากการวิเคราะห์ตัวแปรของบรรยากาศคำนวณจากข้อมูลสถานะเริ่มแรกและ เมื่อแก้ระบบสมการของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ทำให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับสถานะของบรรยากาศที่จะเกิดในอนาคตได้ จากนั้นจึงแปลผลที่ได้จากการแก้สมการโดยประมาณในรูปแบบของสภาพอากาศ เช่น ฝน อุณหภูมิ ปริมาณเมฆปกคลุม ความเร็วลมและความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง เนื่องจากมีข้อมูลจำนวนมากและเป็นวิธีการคำนวณที่ซับซ้อน จึงต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่และมีความเร็วสูงในการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข ซึ่งการคำนวณและการพิจารณาอย่างรอบคอบของแหล่งที่มาของข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยจะส่งผลต่อความถูกต้องของผลการพยากรณ์อากาศ และสามารถสรุปขั้นตอนการติดตั้งแบบจำลอง WRF (รูปที่ 2) ตามแนวทางของ ดุษฎี ศุขวัฒน์, (2549) [3] ได้ดังนี้

- 1) การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 2) การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เช่น การถอดรหัสข้อมูล และการตรวจสอบความผิดพลาด
- 3) การวิเคราะห์เชิงวัตถุวิสัย (Objective Analysis) เพื่อจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณด้วยวิธีการเชิงตัวเลขโดยคอมพิวเตอร์
- 4) การเตรียมข้อมูลเริ่มต้น (Initialization) ใช้ข้อมูลสภาพอากาศ (Gridded atmospheric data) จาก Global Forecast System (GFS) เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับเป็นเงื่อนไขเริ่มต้น และเงื่อนไขขอบเขต
- 5) การคำนวณตามระบบสมการของแบบจำลอง เพื่อพยากรณ์องค์ประกอบทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง HPC ณ กรมอุตุนิยมหาวิทยาลัยของประเทศไทย Global 0.5 degree domain run 10 km. resolution พยากรณ์ทุก ๆ 24 ชม. ที่เวลา 00.00 UTC
- 6) การหาค่าองค์ประกอบทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยอื่น ๆ (Derivation of Specific Weather Parameters)
- 7) การแสดงผลการพยากรณ์รูปแบบตัวเลข
- 8) การตรวจสอบ (Verification) ผลการพยากรณ์เชิงตัวเลขของค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง (รูปที่ 3)



รูปที่ 2 ขั้นตอนการติดตั้งแบบจำลอง WRF



รูปที่ 3 ขั้นตอนการประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง WRF

### 3.3 การประเมินความแม่นยำของการพยากรณ์

การประเมินความแม่นยำของการพยากรณ์ ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง เดือนพฤษภาคม 2562 ในประเทศไทยด้วยแบบจำลอง WRF ในแต่ละสถานีตามรายการภาค ได้แก่ ค่า Root mean square error (RMSE), Mean error (ME), Mean percentage error (MPE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), %Average Accuracy และค่า Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) โดยมีการคำนวณและแปลความหมายผลคดคลั่งกันของเกณฑ์ประเมินความแม่นยำ (ตารางที่ 1)

ตาราง 1 สูตรคำนวณของเกณฑ์ประเมินต่าง ๆ และการแปลความหมาย

สมการ	สูตรที่ใช้คำนวณ	การแปลความหมาย
1	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - O_i)^2}{n}}$	ค่ายิ่งเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแบบยิ่งมีความแม่นยำ (Sile et.al., 2014) [8]
2	$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (f_i - O_i)}{n}$	ME > 0 แสดงว่าค่าพยากรณ์มากกว่าค่าจริง ME < 0 แสดงว่าค่าพยากรณ์น้อยกว่าค่าจริง [8]
3	$MPE = \left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{f_i - O_i}{O_i} \times 100 \right) \right] / n$	-10% < MPE < 10% แสดงว่าแบบจำลองมีความถูกต้องในระดับใช้งานได้ (เกษรินทร์ ห่านประเสริฐ, 2554) [9]
4	$MAPE = \left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{ f_i - O_i }{O_i} \times 100 \right) \right] / n$	ค่ายิ่งน้อย แสดงว่าตัวแบบยิ่งมีความแม่นยำ (Pompigna. A & Rupi. F. 2018). [10]
5	$\% \text{ Average Accuracy} = 100 - \frac{\sum_{i=1}^n \left( \left  \frac{f_i - O_i}{O_i} \right  \times 100 \right)}{n}$	ค่ายิ่งมาก แสดงว่าตัวแบบยิ่งมีความแม่นยำ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2562) [11]
6	$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (f_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$	NSE = 1 แบบจำลองไม่มีความผิดพลาด 0 < NSE < 1 แบบจำลองให้ค่าพยากรณ์แม่นยำกว่าการใช้ค่าเฉลี่ย NSE = 0 แบบจำลองให้ค่าพยากรณ์ไม่ต่างจากการใช้ค่าเฉลี่ย NSE $\square$ 0.75 Good prediction 0.36 < NSE < 0.75 Satisfactory prediction [7]

เมื่อ  $n$  คือ จำนวนข้อมูลรายวัน

$f_i$  คือ ค่าพยากรณ์ความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง จากแบบจำลอง WRF

$O$  คือ ค่าเฉลี่ยค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางจากสถานีตรวจวัด

$O_i$  คือ ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางจากสถานีตรวจวัด (ค่าจริง)

### 3.4 การจัดการและการประมวลผล

ติดตั้งแบบจำลอง WRF version 3.8.1 โดยใช้ระบบปฏิบัติการ LINUX ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง HPC ที่ส่วนพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข กองพยากรณ์อากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ประเทศไทย

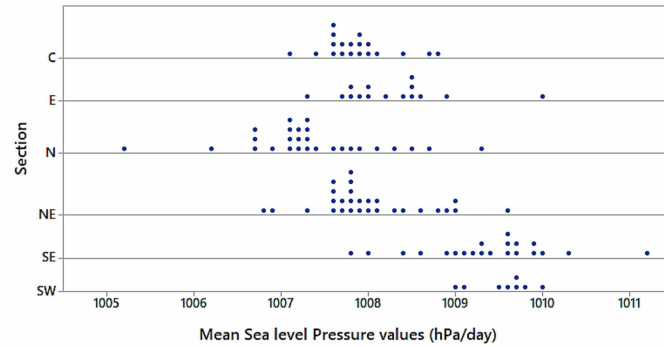
ในการจัดการข้อมูลและสร้างกราฟแสดงค่าของเกณฑ์ต่าง ๆ ใช้โปรแกรม Microsoft Excel การสร้างกราฟ Dot plot และคำนวณช่วงความเชื่อมั่น 95% ใช้โปรแกรม Minitab ส่วนการคำนวณตามสูตรต่าง ๆ (ตารางที่ 1) ใช้โปรแกรม MATLAB และการสร้างแผนที่แสดงพิกัดของสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย ด้วยโปรแกรม Power BI

## 4. ผลการศึกษา

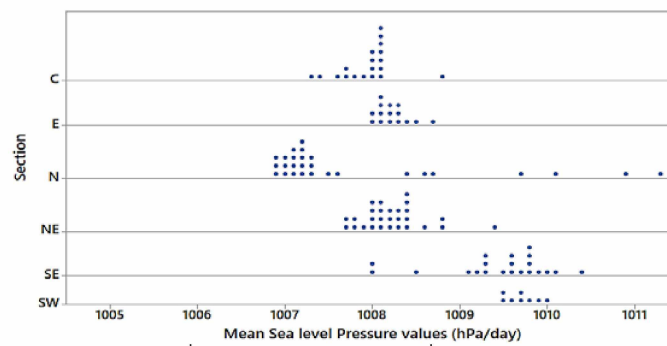
### 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

เมื่อนำค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง (hPa) จากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาทุกสถานี ในเดือนพฤษภาคม 2562 จำนวน 31 วัน เฉลี่ยได้ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง hPa ต่อวัน ในแต่ละสถานีแสดงใน

กราฟ Dot plot พบว่าค่าจริงและค่าพยากรณ์มีการกระจายตัวของค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4-5)



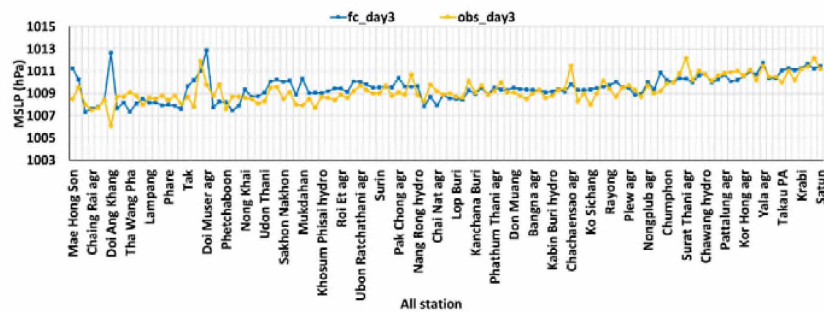
รูปที่ 4 ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา 118 สถานี



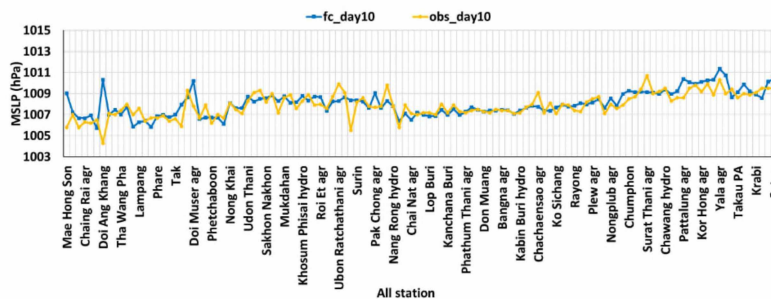
รูปที่ 5 ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางเฉลี่ย จากแบบจำลอง WRF 118 สถานี

#### 4.2 ผลการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง WRF

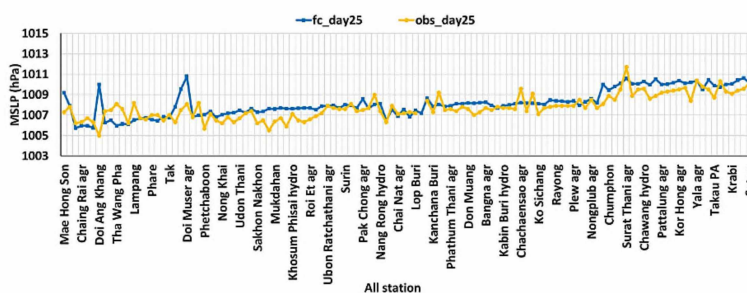
เมื่อนำผลการพยากรณ์ของแบบจำลอง WRF plot กับค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางที่ได้จากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาแล้ว พบว่าค่าพยากรณ์มีความใกล้เคียงกับค่าจริง โดยสุ่มยกตัวอย่าง ได้แก่ วันที่ 3 วันที่ 10 และวันที่ 25 เดือนพฤษภาคม 2562 ตามลำดับ (รูปที่ 6-8)



รูปที่ 6 ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง รายวัน ระหว่างผลการพยากรณ์ของแบบจำลอง WRF กับค่าจริง 118 สถานี วันที่ 3 พฤษภาคม 2562



รูปที่ 7 ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง รายวัน ระหว่าง ผลการพยากรณ์ของแบบจำลอง WRF กับค่าจริง 118 สถานี วันที่ 10 พฤษภาคม 2562

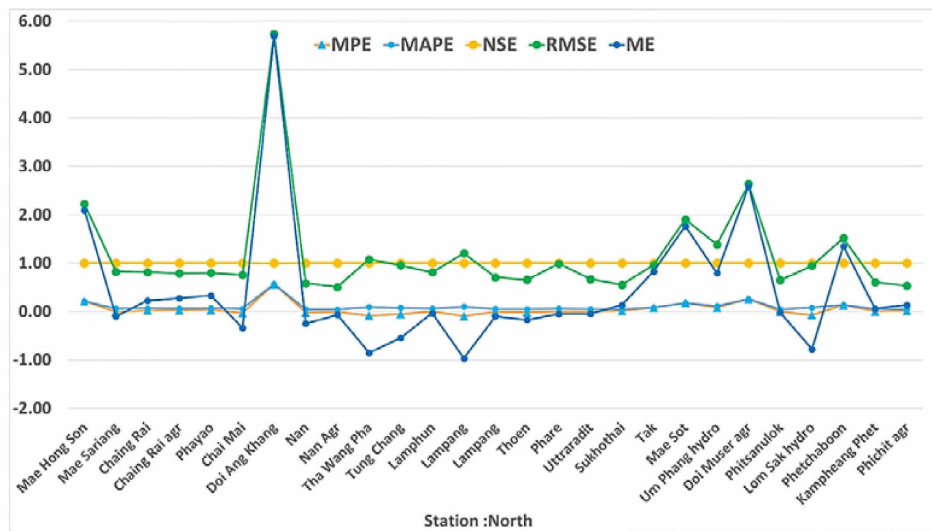


รูปที่ 8 ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง รายวัน ระหว่าง ผลการพยากรณ์ของแบบจำลอง WRF กับค่าจริง 118 สถานี วันที่ 25 พฤษภาคม 2562

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลอง WRF

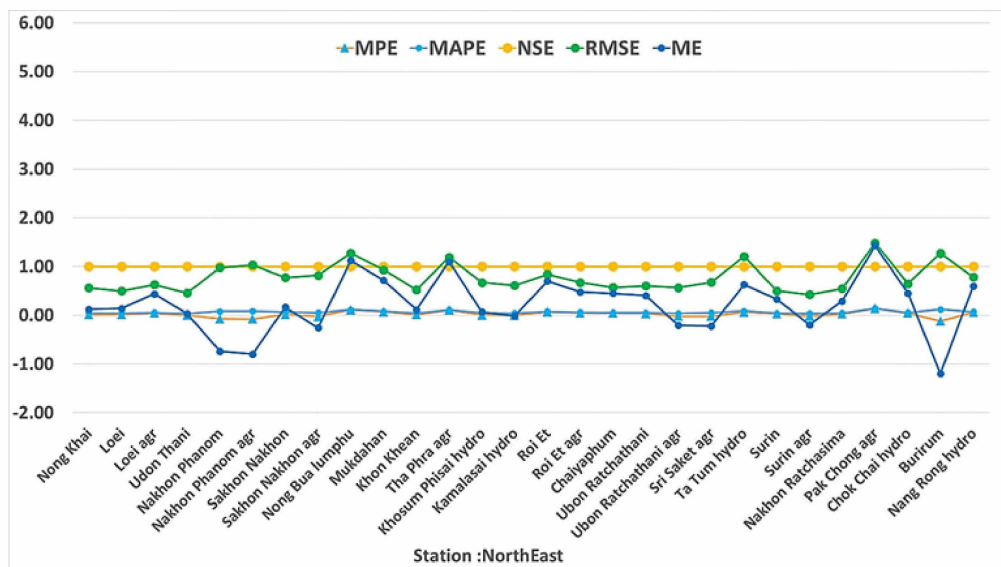
จากการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์อากาศ ซึ่งพบว่า แบบจำลอง WRF มีความเหมาะสมกับข้อมูลความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง พิจารณาการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์อากาศด้วยเกณฑ์ประเมินทั้ง 6 เกณฑ์ ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และ ภาคใต้ฝั่งตะวันตก จะเห็นได้ว่าได้ผลการพยากรณ์สอดคล้องกัน โดยในแต่ละภาคนั้นมีค่า NSE เท่ากับ 1 ค่า %Average Accuracy เกือบ 100% อาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองไม่มีความผิดพลาด ส่วนค่า MAPE และค่า MPE มีค่าเข้าใกล้ 0 แต่แต่ละภาคแทบจะไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2) แต่เมื่อพิจารณาค่า RMSE และ ME สามารถบอกความแตกต่างของค่าพยากรณ์กับค่าจริงในแต่ละภาคของประเทศไทยได้ชัดเจนและสามารถแสดงให้เห็นความแตกต่างในสเกลขนาดเล็กได้ดีกว่าเกณฑ์อื่น ๆ (รูปที่ 9-14) จึงสามารถกล่าวได้ว่าเป็นเกณฑ์ประเมินที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ความแม่นยำแบบจำลองสภาพอากาศ สำหรับรายละเอียดการวิเคราะห์แยกตามภาคของประเทศไทย ได้ดังนี้

1) ในภาคเหนือมีทั้งหมด 27 สถานี (รูปที่ 9) พบว่าสถานีส่วนใหญ่ การพยากรณ์มีความแม่นยำสูงทุกการประเมินให้ผลลัพธ์ไปในทิศทางเดียวกัน มีค่า RMSE > 2 เพียง 3 สถานี ที่เหลือจะมีค่าตั้งแต่ 2 เข้าใกล้ 0 แสดงว่าค่าพยากรณ์ต่างจากค่าจริงเล็กน้อย มี 14 สถานีที่ค่า ME < 0 หมายถึงค่าพยากรณ์มีค่าน้อยกว่าค่าจริงและค่า MAPE เข้าใกล้เส้น 0 มาก แบบจำลองสามารถใช้งานได้ ค่า MPE อยู่ระหว่าง -10% และ 10% บ่งบอกว่าแบบจำลองสามารถใช้งานได้ และในส่วนค่า NSE เข้าใกล้ 1 มาก ๆ แสดงว่าแบบจำลองให้ค่าพยากรณ์แม่นยำกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยและความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุดที่สถานี Nan Agr ต่ำสุดที่สถานี Doi Ang Khang แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ความแม่นยำสูง



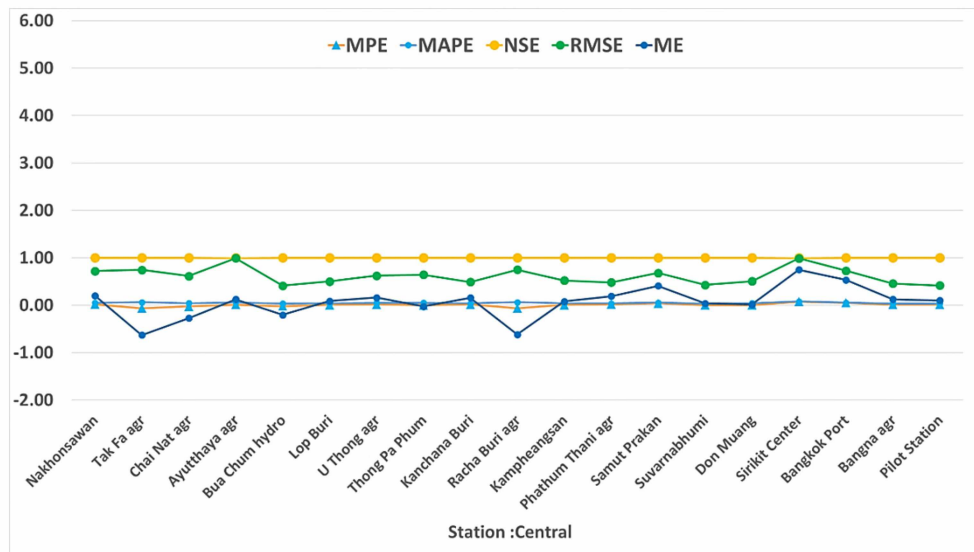
รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าของเกณฑ์ประเมินต่าง ๆ ทุกสถานีในภาคเหนือ

2) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีทั้งหมด 28 สถานี (รูปที่ 10) พบว่าในการประเมินให้ผลลัพธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยสถานีส่วนใหญ่มีค่า RMSE ในช่วง 0.5 - 1 แสดงว่า ค่าพยากรณ์มีความแตกต่างจากค่าจริงเล็กน้อย แสดงว่าตัวแบบนั้นมีความแม่นยำ จากเกณฑ์ ME มี 20 สถานีที่ ME > 0 แสดงว่าสถานีส่วนใหญ่ แบบจำลองให้ค่าพยากรณ์มากกว่าค่าจริง และค่าอื่น ๆ (NSE, MPE, MAPE) แสดงผลคล้ายกับภาคเหนือและ ความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุดที่ สถานี Surin agr ต่ำสุดที่สถานี สถานี Pak Chong ag แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่มีความแม่นยำเช่นเดียวกัน



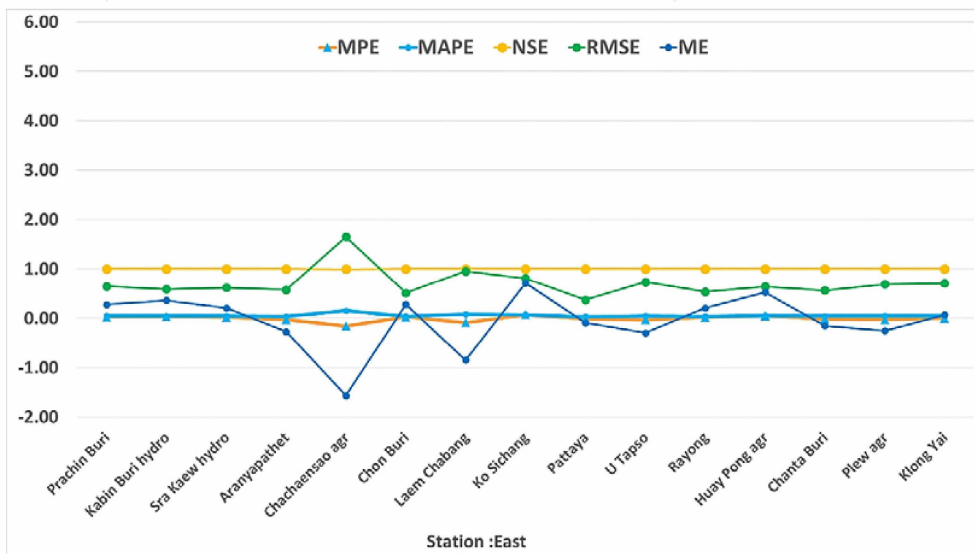
รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าของเกณฑ์ประเมินต่าง ๆ ทุกสถานีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3) สถานีในภาคกลางมีทั้งหมด 19 สถานี (รูปที่ 11) พบว่าค่า RMSE ในช่วง 0.5 - 1 โดยส่วนใหญ่มีค่าเข้าใกล้ 0.5 แสดงว่า ค่าพยากรณ์มีความแตกต่างจากค่าจริงน้อยมาก และสถานีส่วนใหญ่มีค่า  $0 < ME < 0.5$  แสดงว่าพยากรณ์เกินค่าจริงเล็กน้อย ส่วนเกณฑ์ของค่าอื่น ๆ (NSE, MPE, MAPE) แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความแม่นยำเช่นเดียวกัน ภาคเหนือ โดยมีสถานีที่แม่นยำน้อยที่สุดคือ Ayutthaya agr และมากที่สุดคือ สถานี Bua Chum hydro



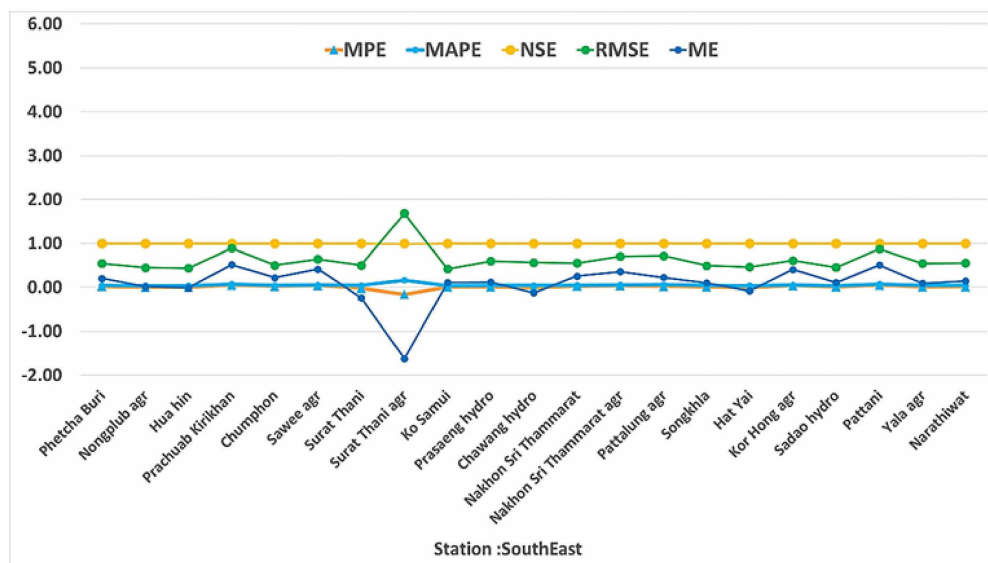
รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าของเกณฑ์ประเมินต่าง ๆ ทุกสถานีในภาคกลาง

4) ภาคตะวันออกมีทั้งหมด 15 สถานี (รูปที่ 12) พบว่าค่า RMSE ในช่วง 0.5 – 1 โดยส่วนใหญ่มีค่าเข้าใกล้ 0.5 แสดงว่า ค่าพยากรณ์มีความแตกต่างจากค่าจริงเล็กน้อยเช่นเดียวกัน สำหรับค่า ME สถานีที่มีค่ามากกว่า 0 และน้อยกว่า 0 มีจำนวนใกล้เคียงกัน แสดงว่าแบบจำลองให้ค่าพยากรณ์ทั้งมากกว่าและน้อยกว่าค่าจริง ซึ่งมีความใกล้เคียงกัน ส่วนเกณฑ์ของค่าอื่น ๆ (NSE, MPE, MAPE) แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความแม่นยำเช่นเดียวกับภาคเหนือโดยมีสถานีที่แม่นยำน้อยที่สุดคือ Chachaensao agr และสถานี Pattaya แม่นยำมากที่สุด



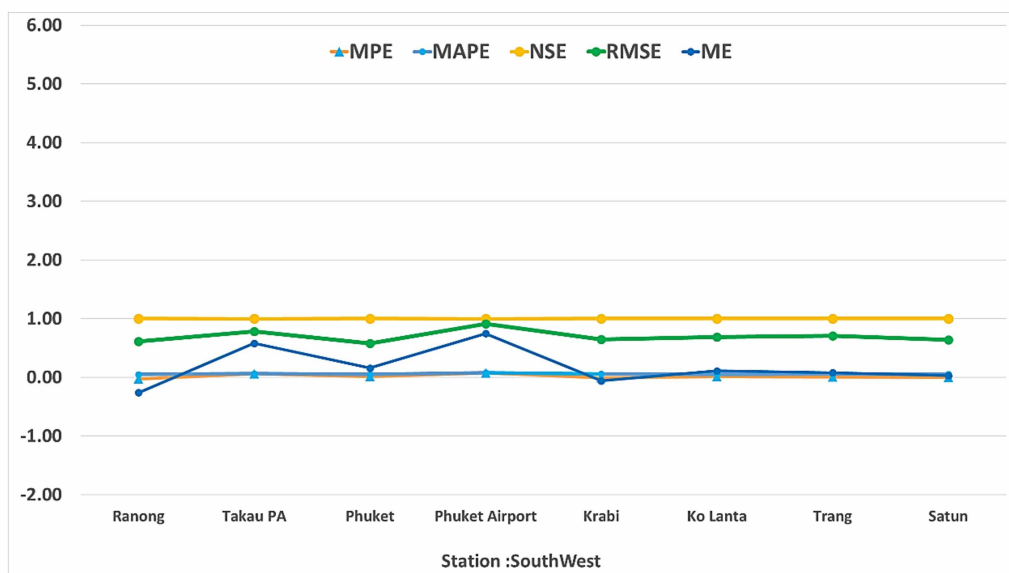
รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าของเกณฑ์ประเมินต่าง ๆ ทุกสถานีในภาคตะวันออก

5) ภาคใต้ตะวันออกมีทั้งหมด 21 สถานี (รูปที่ 13) พบว่าสถานีส่วนใหญ่มีค่า RMSE แสดงถึงความแตกต่างเล็กน้อยของค่าพยากรณ์และค่าจริง ส่วนค่า ME สถานีส่วนใหญ่มีค่าพยากรณ์มากกว่าค่าจริงและค่าอื่น ๆ (NSE, MPE, MAPE) แสดงผลคล้ายกับภาคเหนือ ซึ่งสถานีที่แม่นยำน้อยที่สุดคือ Surat Thani agr และสถานี Ko Samui มีความแม่นยำมากที่สุดในภาคกลาง



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าของเกณฑ์ประเมินต่าง ๆ ทุกสถานีในภาคใต้ฝั่งตะวันออก

6) ภาคใต้ตะวันตกมีทั้งหมด 8 สถานี (รูปที่ 14) พบว่าสถานีส่วนใหญ่มีค่า RMSE เข้าใกล้ 0 แบบจำลองนั้นมีความแม่นยำ ส่วนค่า ME แสดงให้เห็นว่ามีเพียง 3 สถานีที่มีค่าพยากรณ์มากกว่าค่าจริงอย่างชัดเจน และค่าอื่น ๆ (NSE, MPE, MAPE) แสดงผลในทิศทางเดียวกับภาคเหนือ โดยมีสถานีที่แม่นยำน้อยที่สุดคือ Phuket Airport และสถานี Phuket แม่นยำมากที่สุด



รูปที่ 14 กราฟแสดงค่าของเกณฑ์ประเมินต่าง ๆ ทุกสถานีในภาคภาคใต้ฝั่งตะวันตก

ตารางที่ 2 ค่าของเกณฑ์ประเมินต่าง ๆ สถานีที่แม่นยำที่สุดและน้อยที่สุดจำแนกรายภาค

สถานี	Station	RMSE	ME	MAPE	MPE	NSE	%
							Average Accuracy
ภาคเหนือ							
แม่นยำสูงสุด	Nan Agr	0.5080	-0.0677	0.0414	-0.0067	0.9999	99.9586
แม่นยำน้อยที่สุด	Doi Ang Khang	5.7362	5.6894	0.5660	0.5660	0.9998	99.4340
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ							
แม่นยำสูงสุด	Surin agr	0.4227	-0.1965	0.0354	-0.0195	0.9999	99.9646
แม่นยำน้อยที่สุด	Pak Chong agr	1.4816	1.4313	0.1420	0.1420	0.9999	99.8580
ภาคกลาง							
แม่นยำสูงสุด	Bua Chum hydro	0.4142	-0.2032	0.0335	-0.0202	0.9999	99.9665
แม่นยำน้อยที่สุด	Ayutthaya agr	0.9936	0.1242	0.0589	0.0124	0.9999	99.9411
ภาคตะวันออก							
แม่นยำสูงสุด	Pattaya	0.3743	-0.0897	0.0320	-0.0089	0.9999	99.9680
แม่นยำน้อยที่สุด	Chachaensao agr	1.6464	-1.5626	0.1547	-0.1547	0.9999	99.8453
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก							
แม่นยำสูงสุด	Ko Samui	0.4214	0.1074	0.0339	0.0106	0.9999	99.9661
แม่นยำน้อยที่สุด	Surat Thani agr	1.6844	-1.6239	0.1606	-0.1606	0.9999	99.8394
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก							
แม่นยำสูงสุด	Phuket	0.5766	0.1565	0.0496	0.0155	0.9999	99.9504
แม่นยำน้อยที่สุด	Phuket Airport	0.9105	0.7445	0.0806	0.0738	0.9999	99.9194

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเกณฑ์ที่พบว่ามีความเหมาะสมสำหรับการประเมินความแม่นยำของแบบจำลองสภาพอากาศ WRF นั่นคือค่า RMSE (รูปที่ 15) อีกทั้งยังเป็นเกณฑ์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันของกรมอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย จำแนกตามแต่ละสถานีตรวจวัดในแต่ละภูมิภาค ซึ่งพบว่าที่ภาคเหนือ แบบจำลองให้ค่าพยากรณ์คลาดเคลื่อนมากกว่าภาคอื่น ๆ



รูปที่ 15 ค่า RMSE ของค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางทุกสถานีจำแนกรายภาคในประเทศไทย

#### 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของ แบบจำลอง WRF ภาพรวมทั้งประเทศ

การพยากรณ์ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 บริเวณประเทศไทย ทุกเกณฑ์มีช่วงความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 3) อยู่ในช่วงที่ดี พิจารณาค่า RMSE มีช่วงไม่คลุม 0 ค่าพยากรณ์มีความแตกต่างจากค่าจริงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่า MAPE มีค่าน้อยและช่วงอยู่ใกล้ 0 มาก แสดงว่าตัวแบบจำลอง WRF มี

ความแม่นยำ โดยค่าพยากรณ์มีค่ามากกว่าค่าจริง บ่งบอกด้วยค่า ME ที่อยู่ในช่วงค่าเป็นบวก %Average Accuracy และค่า NSE แสดงถึงแบบจำลอง WRF ไม่มีความผิดพลาดในการพยากรณ์ ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าแบบจำลอง WRF มีความแม่นยำ สามารถเชื่อถือได้และนำไปประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์สภาพอากาศในประเทศไทยได้ โดยเฉพาะค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง

ตารางที่ 3 ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของเกณฑ์ประเมินต่าง ๆ

เกณฑ์ประเมินความ แม่นยำ	ช่วงความเชื่อมั่น 95 %
RMSE	(0.6954, 0.9075)
ME	(0.0411, 0.3249)
MAPE	(0.0562, 0.0773)
MPE	(0.0041, 0.0323)
NSE	(0.9999, 1.0000)
% Average Accuracy	(99.9227%, 99.9439%)

## 5. สรุป อภิปรายผลการศึกษา

จากวัตถุประสงค์การศึกษา เพื่อหาความแม่นยำการพยากรณ์ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางเดือน พฤษภาคม 2562 ในประเทศไทย ด้วยแบบจำลอง WRF และเปรียบเทียบ เกณฑ์ประเมินที่เหมาะสมสำหรับการประเมิน ความแม่นยำการพยากรณ์ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเล ปานกลาง เดือนพฤษภาคม 2562 ในประเทศไทย พบว่า แบบจำลอง WRF เป็นเครื่องมือพยากรณ์สภาพอากาศที่มีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำ และเกณฑ์การประเมินความ แม่นยำต่าง ๆ ในบริเวณประเทศไทยนั้นสามารถใช้หลายเกณฑ์ประกอบการพิจารณาความแม่นยำได้ เนื่องจากทำให้ แปลผลได้ในหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ในมุมมองความเคลื่อนที่นอกจากจะทราบเพียงแต่ความแตกต่างของค่าพยากรณ์กับ ค่าจริงแล้ว ยังทำให้ทราบถึงค่าพยากรณ์มากหรือน้อยกว่าค่าจริง และในด้านความแม่นยำ ที่ทำให้ทราบความถูกต้อง โดยเฉลี่ย และตรวจเช็คความแม่นยำอีกด้วย อย่างไรก็ตามค่า RMSE และ ME ก็ยังสามารถแสดงให้เห็นความคลาด เคลื่อนที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถทำให้มีการพัฒนาแบบจำลอง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนต่อไปได้ แต่การวิเคราะห์ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมีข้อสังเกตว่าอาจเกิดจากตำแหน่งของสถานีตรวจวัดที่ตั้งอยู่ในภูมิประเทศที่มีลักษณะ เฉพาะที่แตกต่างจากสถานีตรวจวัดอื่นในประเทศไทย เช่น สถานีดอยอ่างขาง (Doi Ang Khang) มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,400 เมตร ซึ่งพบความกดอากาศที่วัดได้โดยเฉลี่ยในเดือนพฤษภาคม 2562 เท่ากับ 1005.2 hPa มีค่า ต่ำกว่าสถานีตรวจวัดอื่น ๆ ในประเทศไทย และเป็นค่าผิดปกติ (Outlier) จากค่าเฉลี่ยค่าความกดอากาศของทั้ง ประเทศ เมื่อทำการพยากรณ์ จึงมีผลทำให้ค่าพยากรณ์มากกว่าค่าจริง (Overestimate) อย่างเห็นได้ชัดกว่าสถานีอื่น ๆ แต่ทั้งนี้ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ซึ่งในทางปฏิบัติของนักอุตุนิยมวิทยาสมัครรับค่า RMSE ที่มีค่าไม่เกิน 7 ทั้งนี้และการศึกษาครั้งต่อไปสามารถทำวิจัยเพิ่มเติมได้ โดยการขยายช่วงเวลาเป็นทั้งปีเพื่อ เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ในแต่ละฤดูกาลได้ด้วย และนอกจากนี้สามารถหาแบบจำลองการพยากรณ์อื่นที่ทำให้ พยากรณ์ในสถานีตรวจวัดที่มีความพิเศษ เช่น สถานีดอยอ่างขาง เช่น การสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยอนุกรม เวลาวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ดังการศึกษาของ วรวงศ์ณา กิระดิวิบูลย์, (2556) [12] ที่ทำการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ระหว่างวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาล ง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม สำหรับการพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร ถึงแม้ข้อมูลจะเป็นข้อมูลต่างกันพื้นที่ต่างกัน แต่

ลักษณะข้อมูลเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาเช่นเดียวกับค่าความกดอากาศ ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ น่าจะช่วยให้พยากรณ์ได้ น่าจะเป็นอีกวิธีที่เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองในสถานีที่มีลักษณะเฉพาะ ได้ส่วนสถานีอื่นๆ การใช้แบบจำลอง WRF ที่กรมอุตุนิยมวิทยาประเทศไทยใช้ย่อมมีความแม่นยำสูงอยู่แล้วไม่ว่าจะวัดความแม่นยำด้วยเกณฑ์ใด ทั้งนี้แบบจำลอง WRF เป็นแบบจำลองที่ยอมรับการใช้ทั่วโลกในวงการอุตุนิยมวิทยาที่มีความจำเป็นการพยากรณ์ข้อมูลสภาพอากาศทั้งนี้ ความแม่นยำขึ้นอยู่กับ ข้อมูลนำเข้า (input) ด้วย ดังจากการศึกษาของ Misaki et.al. (2019) [13] ที่ทำการเปรียบเทียบการเปรียบเทียบความแม่นยำของความเร็วลมชายฝั่ง ระหว่างการจำลอง WRF โดยใช้ชุดข้อมูลที่แตกต่างกันในญี่ปุ่น คือ ความเร็วลมเหนือพื้นดิน ความเร็วลมชายฝั่ง ความเร็วลมเหนือทะเล เพื่อปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลองความเร็วลม สำหรับการประเมินทรัพยากรลมในพื้นที่ชายฝั่งทะเลเพื่อใช้เป็นแนวทางการประเมินประสิทธิภาพของการใช้สำนักงานอุตุนิยมวิทยาญี่ปุ่น ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองค่าความกดอากาศที่ระดับทะเล การจะเลือกใช้แบบจำลองใดอาจจะต้องขึ้นอยู่กับระดับความสูงของสถานีตรวจวัดด้วย

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วุฒิพงษ์ แสงมณี. (2556). ความกดอากาศ. โครงการตำราคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์.  
[http://www.geog.pn.psu.ac.th/CAIClimate/5Pressure 49.pdf](http://www.geog.pn.psu.ac.th/CAIClimate/5Pressure%2049.pdf) (เข้าถึงเมื่อ 25 สิงหาคม 2562)
- [2] ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (2562). ความกดอากาศ.  
[www.lesa.biz/earth/atmosphere/air-pressure](http://www.lesa.biz/earth/atmosphere/air-pressure)
- [3] ดุษฎี ศุขวัฒน์. (2549). การพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข (Numerical Weather Prediction).  
<http://www.wing2rtaf.net/department/weather/images/commander/1.6%20%20NWP.pdf> (เข้าถึงเมื่อ 25 สิงหาคม 2562)
- [4] กรมอุตุนิยมวิทยา. (2556). ภูมิอากาศของประเทศไทย.  
<https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=22&fbclid=IwAR0lx2v-hHNSQf9oNP-AP88iU5arW9S1p3fDTXrO5KxSu7UfzdKbVX7xpzM> (เข้าถึงเมื่อ 25 สิงหาคม 2562)
- [5] ภาคภูมิ รัตน์จิราภกุล. (2549). การจำลองสภาพอากาศเชิงตัวเลขของพายุไซนร้อนบริเวณประเทศไทยตอนบน โดยใช้แบบจำลอง WRF. <http://newtdc.thailis.or.th/docview.aspx?tdcid=31916> (เข้าถึงเมื่อ 25 สิงหาคม 2562)
- [6] วรารุช วุฒินิธิชัย. (2553). การวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองโดยใช้ Nash-Sutcliffe Efficiency และ  $R^2$ . วนธุชาติ. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์.  
<http://pirun.ku.ac.th/~fengvwp/paperpdf/95-Jan-4-2553Nash%20Efficiency.pdf> (เข้าถึงเมื่อ 25 สิงหาคม 2562)
- [7] ภาคภูมิ รัตน์จิราภกุล และสุจิตรา รัตน์จิราภกุล. (2561). การประเมินศักยภาพพลังงานลมบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยในขนาดตดด้วยแบบจำลองภูมิอากาศความละเอียดสูง.  
<http://cmruir.cmru.ac.th/handle/123456789/13637?fbclid=IwAR1BdYlf4ol21wVuOdEwsQOVGcWlaw-N5FOXdOmYoKxIHibkISLNmpySyqw> (เข้าถึงเมื่อ 25 สิงหาคม 2562)
- [8] Sile, T., Bekere, L., Cepite-Frisfelde, D., Sennikovs, J. & Bethers, U. (2014). Verification of numerical weather prediction model results for energy applications in Latvia. Energy Procedia, 59(6), 213–220. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.369> (accessed on 25 August 2019).
- [9] เกษรินทร์ ทานประเสริฐ. (2554). แบบจำลองในการประมาณค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รวมสำหรับประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา. เอกสารผลงานวิชาการอุตุนิยมวิทยา (2554).  
<https://www.tmd.go.th/info/proceedings.pdf>

- [10] Pompigna, A & Rupi, F. (2018). Comparing practice-ready forecast models for weekly and monthly fluctuations of average daily traffic and enhancing accuracy by weighting methods. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209575641730301X> (accessed on 25 August 2019).
- [11] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2562). Accuracy / ความถูกต้อง ความแม่นยำ. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4289/accuracy> (เข้าถึงเมื่อ 25 สิงหาคม 2562)
- [12] วรางคณา กীরติวิบูลย์. (2556). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ระหว่างวิธีบอซซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม สำหรับการพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร. <http://science.buu.ac.th/ojs246/index.php/sci/article/download/687/631> (เข้าถึงเมื่อ 25 สิงหาคม 2562)
- [13] Misaki, T., Ohsawa, T., Konagaya, M., Shimada, S., Takeyama, Y. and Nakamura, S. (2019). Accuracy comparison of coastal wind speeds between WRF simulations using different Input datasets in Japan. *Energies* 12, 27-54. Retrieved from: [http://app10.infoc.nedo.go.jp/Nedo\\_Webgis/top.html](http://app10.infoc.nedo.go.jp/Nedo_Webgis/top.html) (accessed on 25 December 2019).