

การประเมินประสิทธิภาพของพารามิเตอร์คิวมูลัสจากแบบจำลองคาดการณ์สภาพอากาศระยะสั้น WRF สำหรับการคาดการณ์ อากาศชั้นบน

PERFORMANCE EVALUATION OF CUMULUS PARAMETERIZATION SCHEMES FROM WEATHER RESEARCH AND FORECASTING MODEL (WRF) FOR UPPER AIR FORECASTING

รติ สว่างวัฒนะไพบูลย์^{1,*}, สุกฤกษ์ วัฒนา², จิราวรรณ คำมา³ และ กนกศรี ศรีนนท์ภากร⁴

^{1,2,3,4} สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) เลขที่ 901 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ

*Corresponding author address: rati@hii.or.th

บทคัดย่อ

การคาดการณ์อากาศชั้นบน (อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และทิศทางลม) โดยใช้แบบจำลองคาดการณ์สภาพอากาศระยะสั้น (Weather Research and Forecasting: WRF) จำเป็นต้องกำหนดรูปแบบพารามิเตอร์คิวมูลัส บทความนี้ได้ทำการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของพารามิเตอร์คิวมูลัส 3 แบบ ได้แก่ Betts-Miller-Janjic Scheme (BMJ), Grell 3D Ensemble Scheme (G3), และ Non-Cumulus Scheme เมื่อใช้กับแบบจำลอง WRF ที่ความละเอียด 3 × 3 กิโลเมตร คาดการณ์อากาศชั้นบนบริเวณประเทศไทย ในช่วงพายุโซนร้อนซินกา เมื่อวันที่ 26-28 กรกฎาคม 2560 โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดสภาพอากาศชั้นบนจากกรมฝนหลวงและการบินเกษตรจำนวน 4 สถานี ที่ความกดอากาศ 1000-100 เฮกโตปาสกาล (Hectopascal: hPa) เวลา 00 UTC ความแม่นยำของการคาดการณ์วัดด้วยค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแม่นยำเมื่อคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง WRF ที่ใช้พารามิเตอร์คิวมูลัสทั้งสามแบบพบว่า การคาดการณ์อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ที่ใช้พารามิเตอร์คิวมูลัส G3 ให้ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า RMSE ดีที่สุด ซึ่งก็คือผลการคาดการณ์ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดมากที่สุด และสำหรับตัวแปรความเร็วลม และทิศทางลม การใช้พารามิเตอร์ Non-Cumulus ให้ผลดีที่สุด

คำสำคัญ: การกำหนดพารามิเตอร์คิวมูลัส, แบบจำลองคาดการณ์สภาพอากาศระยะสั้น WRF, อากาศชั้นบน

Abstract

In order to forecast upper air (air temperature, relative humidity, wind speed, and wind direction) using a short-term weather forecasting model (Weather Research and Forecasting, WRF), the cumulus parameterization must be specified. This paper evaluates the performance of three cumulus parameterization schemes: Betts-Miller-Janjic Scheme (BMJ), Grell 3D Ensemble Scheme (G3), and Non-Cumulus Scheme when used with a WRF model at resolution 3 × 3 kilometers to forecast upper air over Thailand during Tropical Storm SONCA on 26-28 July 2017. The upper air forecasts are compared to radiosonde observations of upper air conditions collected from 4 stations by the Department of Royal Rainmaking and Agricultural Aviation at air pressure of 1,000 – 100 Hectopascal (hPa), 00 UTC. The accuracy of the forecast is measured by Pearson correlation coefficient and root mean square error (RMSE). The results from the statistical analysis of the upper air forecasts from WRF model using 3 different cumulus parameterization schemes indicated that based on Pearson correlation coefficient and RMSE, G3 Scheme was the best for air temperature, and relative humidity forecasts, whereas the Non-Cumulus Scheme was most suitable for wind speed; and wind direction variables giving forecasts closest to observational data.

Keywords: Cumulus Parameterization Schemes, Weather Research and Forecasting Model (WRF), Upper Air

1. บทนำ

ปัจจุบันสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงและรวดเร็วมากขึ้น ตลอดจนช่วงเวลาในการเกิดของสภาพอากาศไม่เป็นไปตามหลักทฤษฎีและสถิติที่ผ่านมา ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและ

สิ่งมีชีวิตทางตรงและทางอ้อม เช่น การเปลี่ยนแปลงของฤดู การเกิดภัยพิบัติที่รุนแรงและบ่อยครั้ง ความแห้งแล้ง และส่งผลกระทบต่อทุกภาคส่วน แสดงให้เห็นว่าการคาดการณ์สภาพอากาศมีความสำคัญที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์ ติดตามสถานการณ์ เพื่อเป็นแนวทางการบริหารจัดการและลดผลกระทบของภัยพิบัติ

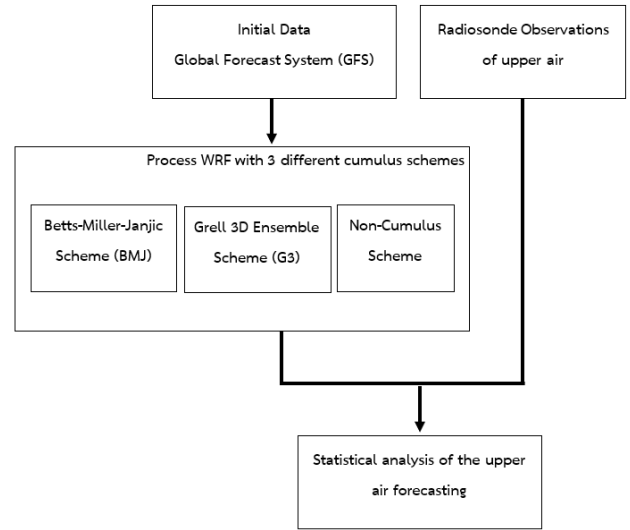
แบบจำลองสภาพอากาศระยะสั้น WRF (Weather Research and Forecasting) เป็นแบบจำลองเชิงตัวเลข ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีวัตถุประสงค์เบื้องต้นสำหรับพยากรณ์อากาศระยะสั้นไม่เกิน 7 วัน โดยได้มีการพัฒนาเพิ่มเติมให้เหมาะสมสำหรับคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ไปจนถึงคาดการณ์ระดับภูมิภาค พัฒนาโดย Nation Center for Atmospheric Research (NCAR) [1] ของสหรัฐอเมริกาเป็นหน่วยงานหลัก แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความแตกต่างกันระหว่างสภาพอากาศ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางบรรยากาศที่เกิดขึ้น ณ สถานที่ใดสถานที่หนึ่งหรือ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาและทดสอบพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เพื่อที่จะนำไปใช้ในการคาดการณ์สภาพอากาศที่เหมาะสมกับภูมิภาคในประเทศไทยต่อไป

สำหรับบทความนี้เน้นการศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการคาดการณ์อากาศชั้นบน สำหรับประเทศไทย จากแบบจำลอง WRF ณ เวลา 7.00น. ที่ใช้พารามิเตอร์ความคลัสต์ที่แตกต่างกัน เทียบกับข้อมูลตรวจวัดอากาศชั้นบนจากกรมฝนหลวงและการบินเกษตร โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของพารามิเตอร์ความคลัสต์

2. ข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์

2.1. ขั้นตอนการศึกษา

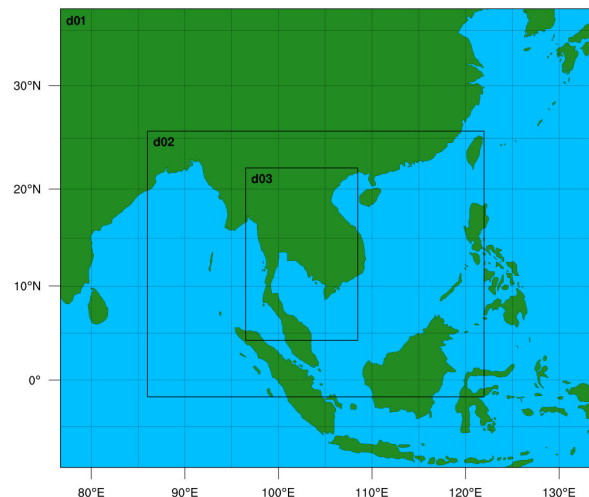
ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของพารามิเตอร์จากแบบจำลองคาดการณ์สภาพอากาศระยะสั้น WRF สำหรับการคาดการณ์อากาศชั้นบน ประกอบไปด้วยการรวบรวมข้อมูล Global Forecast System (GFS) สำหรับเป็นข้อมูลนำเข้าเริ่มต้น (initial condition) และข้อมูลขอบ (boundary condition) ของแบบจำลอง และข้อมูลตรวจวัดอากาศชั้นบนสำหรับใช้วิเคราะห์ ขั้นตอนมาเป็นการคาดการณ์อากาศชั้นบนด้วยพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน จากนั้นเป็นขั้นตอนสำหรับวิเคราะห์ความแม่นยำของการคาดการณ์ โดยทำการเปรียบเทียบตัวแปรอากาศชั้นบน (อุณหภูมิอากาศ ความชื้น ความเร็วและทิศทางลม) จากค่าตรวจวัดและการคาดการณ์ ด้วยค่าเฉลี่ย ณ เวลา 7.00น. ของวันที่ 26-28 กรกฎาคม 2560 ด้วยวิธีทางสถิติ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการศึกษาและประเมินประสิทธิภาพพารามิเตอร์ความคลัสต์จากแบบจำลองคาดการณ์อากาศระยะสั้น WRF

2.2. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาของแบบจำลองสภาพอากาศระยะสั้น WRF ประกอบไปด้วย 3 พื้นที่ศึกษาดังแสดงในภาพที่ 2 โดยพื้นที่ศึกษาที่ 1 (d01) มีความละเอียด 27 x 27 กิโลเมตร ครอบคลุมบริเวณภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อินเดีย จีนและญี่ปุ่นบางส่วน พื้นที่ศึกษาที่ 2 (d02) มีความละเอียด 9 x 9 กิโลเมตร ครอบคลุมแหลมอินโดจีน ได้หวัน อินโดนีเซียและฟิลิปปินส์บางส่วน ในขณะที่พื้นที่ศึกษาที่ 3 (d03) มีความละเอียดที่ 3 x 3 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยและประเทศพม่าได้แก่ ลาว พม่า เวียดนาม และกัมพูชา



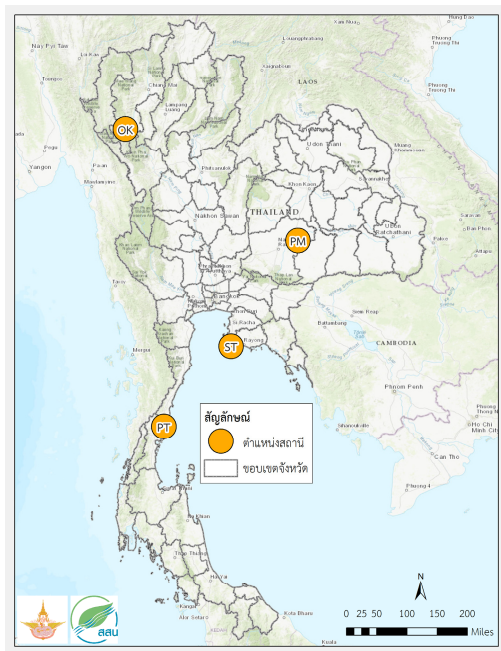
รูปที่ 2 พื้นที่ (Domain) จากแบบจำลองคาดการณ์อากาศระยะสั้น WRF

2.3. ข้อมูลตรวจวัดอากาศชั้นบน

การตรวจอากาศชั้นบน (Upper Air Observation) เป็นการตรวจอากาศชั้นบนตั้งแต่ระดับผิวพื้นขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศเบื้องบน ที่ระดับความสูงต่าง ๆ ประมาณ 30 กิโลเมตรจากพื้นดินโดยอากาศบอลลูนอัดด้วยแก๊สไฮโดรเจนผูกฟุ้งด้วยเครื่องส่งวิทยุหึ่งอากาศ (Radiosonde) และมีเครื่องมือรับที่ภาคพื้นดินทำการบันทึกข้อมูลและรายงานผล ข้อมูลตรวจวัดได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็ว และทิศทางการลม[2] โดยประกอบไปด้วย 4 สถานีดังตารางที่ 1 และรูปที่ 3

ตารางที่ 1 ตารางแสดงตำแหน่งของสถานีตรวจวัดอากาศชั้นบน

Station	Latitude	Longitude
อมก๋อย (Omkoï: OK)	17.864	98.433
ปะทิว (Phatiew: PT)	10.715	99.356
พิมาย (Phimai: PM)	15.182	102.564
สัตหีบ (Sattahip: ST)	12.647	100.966



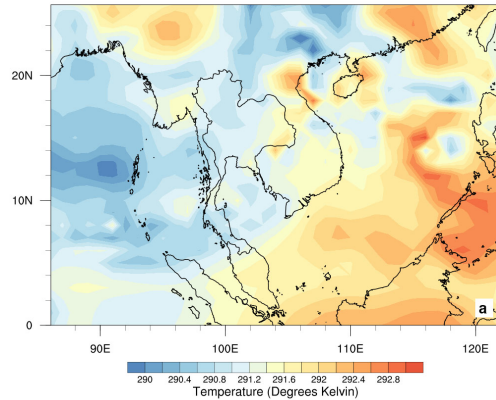
รูปที่ 3 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดอากาศชั้นบนจากกรมฝนหลวงและการบินเกษตร

2.4. ข้อมูลคาดการณ์อากาศชั้นบน

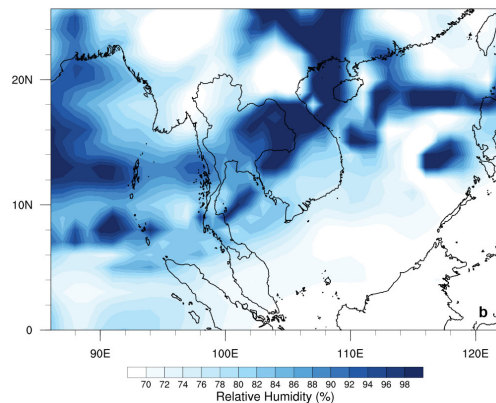
ข้อมูลคาดการณ์อากาศชั้นบน (อุณหภูมิอากาศ ความชื้น ความเร็วลมและทิศทางการลม) จากแบบจำลองคาดการณ์อากาศระยะสั้น WRF โดยบทความนี้ได้ทำการคาดการณ์อากาศระยะสั้น ด้วยพารามิเตอร์คิวมูลัสที่แตกต่างกันได้แก่ Betts-Miller-Janjic Scheme (BMJ), Grell 3D Ensemble Scheme (G3), และ Non-

Cumulus Scheme (NCU) ซึ่งใช้ข้อมูล Global Forecasting System (GFS) ที่ความละเอียด 0.5 x 0.5 ดีกรี เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลอง โดยทำการคาดการณ์วันที่ 26-28 กรกฎาคม 2560 (ช่วงเหตุการณ์พายุโซนร้อนเจินกา) เวลา 00UTC หรือ 07.00 นาฬิกา ความละเอียด 3x3 กิโลเมตร ที่ระดับความกดอากาศ 1000 ถึง 100 เฮกโตปาสกาล สำหรับคาดการณ์ อุณหภูมิอากาศ ความชื้น ความเร็วและทิศทางการลม ดังรูปที่ 4 (a-c)

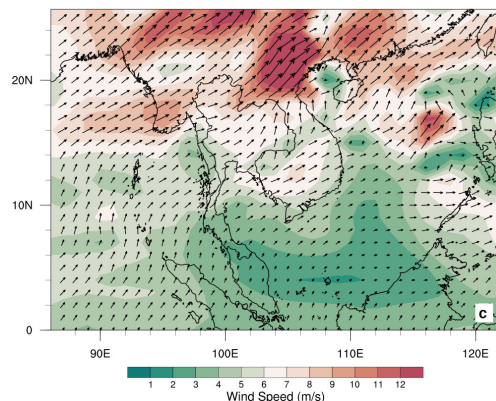
Temperature at 850 hPa



Relative Humidity at 850 hPa



Wind Speed and Direction at 850 hPa



รูปที่ 4 ตัวอย่างแผนที่คาดการณ์อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วและทิศทางการลม ที่ระดับความกดอากาศที่ 850 hPa จากแบบจำลองคาดการณ์อากาศระยะสั้น WRF

2.5. การกำหนดพารามิเตอร์คิวมูลัส

การกำหนดพารามิเตอร์คิวมูลัสสำหรับเมฆการพาความร้อนในแบบจำลอง WRF 3 วิธีที่ได้ทำมาเปรียบเทียบกันได้แก่

2.5.1. BETTS-MILLER-JANJIC SCHEME (BMJ)

วิธีนี้พัฒนาโดย Betts and Miller (1986) [3] และปรับปรุงโดย Janjic (1994) [4] เมฆการพาความร้อนจะเกิดเมื่อ

- 1) มี convective available potential energy (CAPE) ในบรรยากาศ
- 2) ความหนาของเมฆมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้
- 3) บรรยากาศมีความชื้นเพียงพอ

อุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศจะเปลี่ยนแปลงเข้าสู่สภาวะอ้างอิง ซึ่งสภาวะอ้างอิงนี้กำหนดจากข้อมูลภูมิอากาศ ความสูงของฐานเมฆ ความสูงยอดเมฆ และระดับเอือกแข็งในเมฆ

2.5.2. GRELL 3D ENSEMBLE SCHEME (G3)

วิธีนี้พัฒนามากจาก Arakawa-Schubert scheme [5] โดยพิจารณากระแสอากาศไหลขึ้นจากฐานถึงยอดเมฆ และกระแสอากาศไหลลงจากส่วนกลางของเมฆลงมายังฐานเมฆ มีการผสมของอากาศภายนอกเข้าไปในเมฆที่ยอดเมฆและส่วนกลางของเมฆ และอากาศภายในเมฆเคลื่อนที่ออกมาภายนอกทางกระแสอากาศไหลขึ้นที่ยอดเมฆและกระแสอากาศไหลลงที่ฐานเมฆ

2.5.3. NON-CUMULUS SCHEME (NCU)

การไม่กำหนดตัวแปรเสริมซึ่งเป็นตัวแปรที่ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างและเกี่ยวข้องกับการเกิดเมฆการพาความร้อน

2.6. สถิติสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ความแม่นยำ

2.6.1. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันหรือ the Pearson product-moment correlation coefficient ถูกคิดค้นโดย Pearson (1896, 1900) ซึ่งใช้วัดระดับความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างข้อมูล สองตัวแปรในมาตราอันตรภาคหรือมาตราอัตราส่วน และเป็นสัมประสิทธิ์ที่เป็นที่นิยมใช้ในการ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล [6][7] แสดงในสมการที่ (1)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

เมื่อค่า x_i คือค่าคาดการณ์อากาศชั้นบนจากแบบจำลอง
 \bar{x} คือค่าคาดการณ์อากาศชั้นบนเฉลี่ย
 y_i คือค่าตรวจวัดอากาศชั้นบน

\bar{y} คือค่าตรวจวัดอากาศชั้นบนเฉลี่ย

n คือจำนวนข้อมูล

2.6.2. ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) เป็นการวัดความแม่นยำจากรากที่สองของค่าเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ หากค่า RMSE มีค่าน้อยแสดงว่าค่าที่พยากรณ์ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง [8] แสดงในสมการที่ (2)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (2)$$

เมื่อค่า x_i คือค่าคาดการณ์อากาศชั้นบนจากแบบจำลอง

y_i คือค่าตรวจวัดอากาศชั้นบน

n คือจำนวนข้อมูล

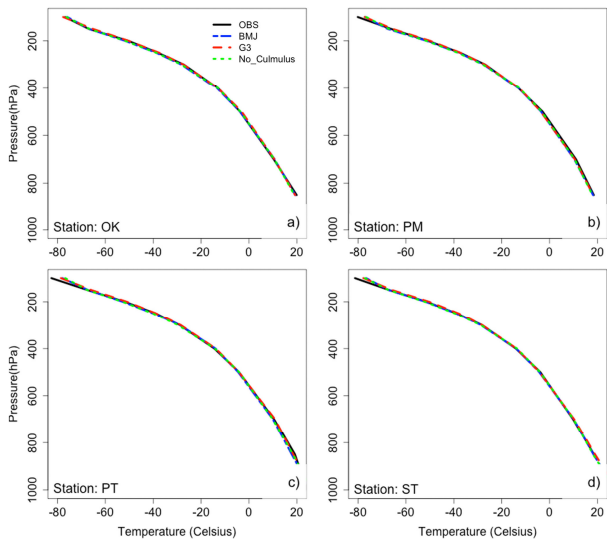
3. ผลการวิเคราะห์และประเมินผล

3.1. ค่าการณั้ของอุณหภูมิอากาศ

การเปรียบเทียบการคาดการณ์อุณหภูมิอากาศจากแบบจำลอง WRF โดยวิธีกำหนดพารามิเตอร์คิวมูลัสที่แตกต่างกัน (BMJ, G3 และ NCU) กับข้อมูลตรวจวัดจากกรมฝนหลวงและการบินเกษตร พบว่าการคาดการณ์อุณหภูมิอากาศ ด้วยค่าเฉลี่ย ณ เวลา 07.00น. ของวันที่ 26-28 กรกฎาคม 2560 ให้ผลสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดอุณหภูมิในทุกระดับชั้นความกดอากาศ ดังรูปที่ 5 ซึ่งให้ค่าสหสัมพันธ์สูง และพารามิเตอร์คิวมูลัส G3 ให้ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุดบริเวณสถานีอ้อมก้อย ที่ 0.7190 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของการคาดการณ์อุณหภูมิอากาศที่พารามิเตอร์คิวมูลัสแตกต่างกัน

Index	Station	BMJ	G3	NCU
Correlation	OK	0.9997	0.9997	0.9997
	PM	0.9993	0.9997	0.9997
	PT	0.9990	0.9997	0.9998
	ST	0.9991	0.9997	0.9991
RMSE	OK	0.7350	0.7190	0.7478
	PM	1.2635	1.1007	1.3820
	PT	1.6819	1.5138	2.0431
	ST	1.5868	1.3484	1.4716



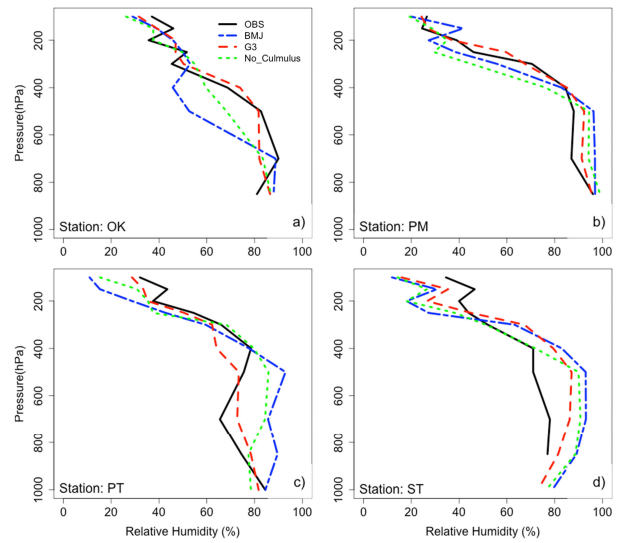
รูปที่ 5 การเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลตรวจวัดของอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1000-100 hPa ด้วยค่าเฉลี่ย ณ เวลา 7.00น. ของวันที่ 26-28 กรกฎาคม 2560

3.2. คาดการณ์ความชื้นสัมพัทธ์

การคาดการณ์ความชื้นสัมพัทธ์จากแบบพบว่าทุกพารามิเตอร์ คิวมูลัส (BMJ, G3 และ NCU) ให้ผลสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ด้วยค่าเฉลี่ย ณ เวลา 07.00น. ของวันที่ 26-28 กรกฎาคม 2560 ในทุกระดับชั้นความกดอากาศดังรูปที่ 6 ยกเว้นที่สถานีอ้อมก้อย (OK) ที่ใช้พารามิเตอร์คิวมูลัส BMJ ในช่วงความกดอากาศที่ 700 ถึง 300 hPa โดยพารามิเตอร์คิวมูลัส G3 ให้ค่าความสัมพันธ์และค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ดีที่สุดบริเวณสถานีพิมาย (PM) ที่ 0.9840 และ 5.2397 เปอร์เซนต์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของการคาดการณ์ความชื้นสัมพัทธ์ที่พารามิเตอร์คิวมูลัสแตกต่างกัน

Index	Station	BMJ	G3	NCU
Correlation	OK	0.7797	0.9472	0.9251
	PM	0.9426	0.9840	0.9429
	PT	0.9327	0.9515	0.9297
	ST	0.9738	0.9510	0.9766
RMSE	OK	13.96	6.4336	8.4990
	PM	10.0574	5.2397	11.3947
	PT	15.6010	6.5817	11.1550
	ST	17.1690	12.0256	14.8608



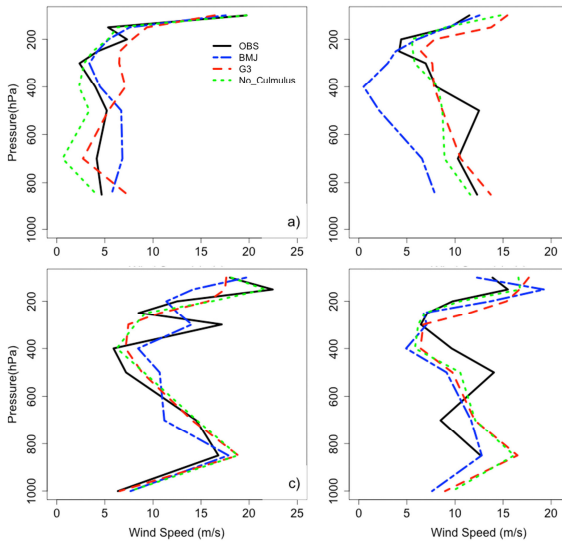
รูปที่ 6 การเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลตรวจวัดของความชื้นสัมพัทธ์ ที่ระดับความสูง 1000-100 hPa ด้วยค่าเฉลี่ย ณ เวลา 7.00น. ของวันที่ 26-28 กรกฎาคม 2560

3.3. คาดการณ์ความเร็วลม

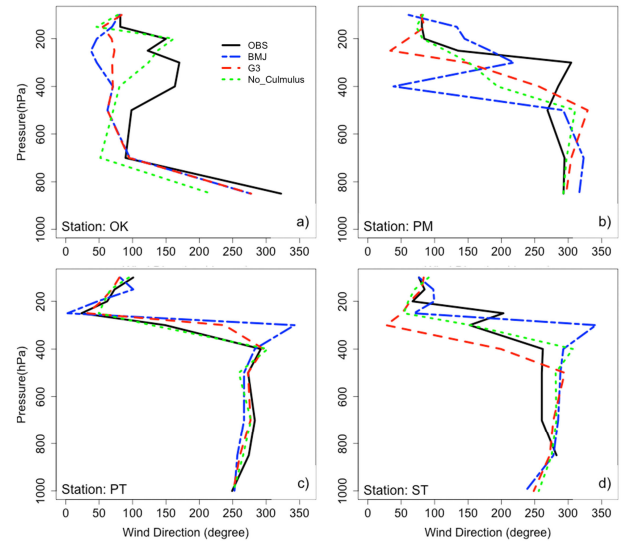
การคาดการณ์ความเร็วลมจากแบบจำลองพบว่าทุกพารามิเตอร์คิวมูลัส (BMJ, G3 และ NCU) ให้ผลสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมด้วยค่าเฉลี่ย ณ เวลา 07.00น. ของวันที่ 26-28 กรกฎาคม 2560 ในช่วงความกดอากาศ 1000 ถึง 100 hPa ดังรูปที่ 7 ยกเว้นแต่พารามิเตอร์คิวมูลัส BMJ บริเวณสถานีพิมายในช่วงความกดอากาศที่ 700 ถึง 250 hPa โดยพารามิเตอร์คิวมูลัส Non_Cumulus ให้ค่าสหสัมพันธ์สูงสุดที่ 0.9686 และค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด 1.6465 เมตร/วินาที บริเวณสถานีอ้อมก้อย (OK) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางแสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของการคาดการณ์ความเร็วลมที่พารามิเตอร์คิวมูลัสแตกต่างกัน

Index	Station	BMJ	G3	NCU
Correlation	OK	0.9568	0.8858	0.9686
	PM	0.3370	0.6923	0.7934
	PT	0.7522	0.7330	0.8184
	ST	0.6555	0.6047	0.7914
RMSE	OK	1.6728	2.7716	1.6465
	PM	4.9135	2.7575	1.8880
	PT	3.6267	3.7846	3.2275
	ST	3.1509	3.6891	2.6172



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่าการณ้กับผลตรวจวัดของความเร็วลม ที่ระดับความสูง 1000-100 hPa ด้วยค่าเฉลี่ย ณ เวลา 7.00น. ของวันที่ 26-28 กรกฎาคม 2560



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบค่าการณ้กับผลตรวจวัดของทิศทางลม ที่ระดับความสูง 1000-100 hPa ด้วยค่าเฉลี่ย ณ เวลา 7.00น. ของวันที่ 26-28 กรกฎาคม 2560

3.4. ค่าการณ้ทิศทางลม

การคาดการณ้ทิศทางลมจากแบบจำลองพบว่าให้ผลสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดอากาศชั้นบนในทุกระดับชั้นความกดอากาศด้วยค่าเฉลี่ย ณ เวลา 07.00น. ของวันที่ 26-28 กรกฎาคม 2560 ยกเว้นที่สถานีอมก๋อย (OK) และพิมาย (PM) ในช่วงความกดอากาศที่ 500 ถึง 300 hPa ดังรูปที่ 8 โดยพารามิเตอร์คิวมูลัส non_cumulus ให้ค่าสหสัมพันธ์และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยดีที่สุดในบริเวณสถานีปะทิว (PT) ที่ 0.9926 และ 12.66 องศาตามลำดับ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางแสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของการคาดการณ้ทิศทางลมที่พารามิเตอร์คิวมูลัสแตกต่างกัน

Index	Station	BMJ	G3	NCU
Correlation	OK	0.7956	0.8635	0.8550
	PM	0.5592	0.8365	0.8308
	PT	0.8374	0.9598	0.9926
	ST	0.6964	0.8019	0.8615
RMSE	OK	71.0052	59.5084	51.3186
	PM	93.7901	66.8749	61.2996
	PT	63.1850	29.4320	12.6699
	ST	79.7349	70.1464	53.4374

4. สรุปผลและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง Weather Research and Forecasting Model (WRF) ในการคาดการณ้อากาศชั้นบนในประเทศไทย ที่ความละเอียด 3x3 กิโลเมตร โดยมีการทดสอบผลของการกำหนดพารามิเตอร์คิวมูลัสที่แตกต่างกัน ได้แก่ Betts-Miller-Janjic Scheme (BMJ), Grell 3D Ensemble Scheme (G3), และ Non-Cumulus Scheme (NCU) ซึ่งทำการคาดการณ้ล่วงหน้า 3 วัน ระหว่าง 26-28 กรกฎาคม 2560 (ช่วงเหตุการณ์พายุโซนร้อนเซินกา) เพื่อหาพารามิเตอร์คิวมูลัสที่เหมาะสมกับประเทศไทย โดยพิจารณาจากตัวแปรอากาศชั้นบน (อุณหภูมิอากาศ ความชื้น ความเร็วและทิศทางลม) ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าไม่มีพารามิเตอร์คิวมูลัสใดที่ให้ผลคาดการณ้อากาศชั้นบนดีที่สุดในตัวแปร G3 ให้ผลการคาดการณ้อุณหภูมิอากาศและความชื้นดีกว่าพารามิเตอร์อื่น จึงได้เลือกพารามิเตอร์คิวมูลัส G3 สำหรับการคาดการณ้อากาศชั้นบนในช่วง 26-28 กรกฎาคม 2560

การวิเคราะห์ผลการคาดการณ้อากาศชั้นบนของประเทศไทยด้วยแบบจำลองระยะสั้น WRF ระหว่าง 26-28 กรกฎาคม 2560 พบว่าการคาดการณ้อุณหภูมิอากาศให้ผลใกล้เคียงค่าตรวจวัดมากที่สุด โดยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.72-2.04 องศาเซลเซียส แต่การคาดการณ้ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงกว่าค่าตรวจวัดในช่วงความกดอากาศ 1000-300 hPa โดยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.24-17.17 % สำหรับการคาดการณ้ความเร็วและทิศทางลมคาดการณ้ไม่ดีมากนักโดยคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.67-4.91 m/s และ 23.67-93.79 ดีกรีองศา ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ขอขอบคุณกรมฝนหลวงและการบินเกษตรที่อนุเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดสำหรับศึกษาและวิเคราะห์การคาดการณ์อากาศชั้นบนในประเทศไทย นอกจากนี้ขอขอบฟายนวัตกรรมสารสนเทศทรัพยากรน้ำ ของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ที่ให้การสนับสนุน

6. การอ้างอิง

- [1] Done, j. M., Leung, L. R., Davis, C. A., and Kuo, B. (2005). *Simulation of Warm Rainfall Using WRF Regional Climate Model. The 6th WRF/ 15th MM5 Users' Workshop*, Nation Center for Atmospheric Research, June 27-30, Boulder, United States
- [2] กรมฝนหลวงและการบินเกษตร (2013). *คู่มือปฏิบัติงานกระบวนการปฏิบัติการฝนหลวงประจำวันของกรมฝนหลวงและการบินเกษตร*, 5-8.
- [3] Betts, A.K, Miller, M.J. (1986). A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, ATEX, and arctic air-mass

data. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 112, 693-709. DOI: 10.1002/qj.49711247308

- [4] Janjic, Z.I. (1994). The step-mountain eta coordinate model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. *Monthly Weather Review*, 122, 927-945. DOI: 10.1175/1520-0493(1994)122<0927:TSMECM>2.0.CO;2
- [5] Arakawa, A., Schubert, W.H. (1974). Interaction of a cumulus cloud ensemble with the large-scale environment. Part I. *Journal of the Atmospheric Sciences* 31, 674-701. DOI: 10.1175/1520-0469(1974)031<0674:IOACCE>2.0.CO;2
- [6] Huson, L.W., B. Group, and LaRoche F.H. (2007) *Performance of some correlation coefficients when applied to zero-clustered data*. *J. Mod. Appl. Stat. Methods*, 530-536.
- [7] Rodgers, J.L. and Nicewander W.A. (1988). *Thirteen ways to look at the correlation coefficient*. *Am. Stat.* , 1988. 42(1), 59-66.
- [8] Pindyck, R. S., and Rubinfeld, D. L. (1998). *Econometric models and economic forecasts*, Irwin/McGraw-Hill ,338-346.