

## การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง WRF-CFSR โดยวิธี EOF ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

ชนาพร เหมืองอุ้น และ ชาคกริต โชติอมรศักดิ์\*

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Ronald Macatangay และ วนิตา สุรพิพิธ

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 0985 6924 อีเมล: chakrit.c@cmu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.07.004

รับเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2564 แก้ไขเมื่อ 17 มีนาคม 2564 ตอปรับเมื่อ 2 เมษายน 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 5 กรกฎาคม 2565

© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

### บทคัดย่อ

ระบบแบบจำลองภูมิอากาศเป็นงานที่มีความท้าทายและมีความยาก เนื่องจากการประมวลผลจากแบบจำลองมีความไม่แน่นอนซึ่งเกิดจากหลายปัจจัยส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการจำลองทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา ฉะนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้วิธีการ หรือเทคนิคการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนสำหรับปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR และประเมินประสิทธิภาพวิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR โดยในการศึกษาได้เลือกใช้วิธีการ Empirical Orthogonal Function (EOF) ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนปริมาณน้ำฝนแบบรายเดือน โดยศึกษาในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยทั้งหมด 18 สถานีครอบคลุมตั้งแต่ ค.ศ. 1980–2010 (31 ปี) และใช้ข้อมูลตรวจวัดแบบกริด (APHRODITE CRU และ GPCP) ในการเปรียบเทียบผลร่วมกับข้อมูลแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR จากการศึกษาพบว่า วิธีปรับแก้ EOF สามารถลดค่าความแตกต่างระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนผิดปกติและค่าปริมาณน้ำฝนปกติเฉลี่ยให้มีความใกล้เคียงกับค่าความแตกต่างของข้อมูลตรวจวัด และในการตรวจสอบความถูกต้องด้วยค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) พบว่า วิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน EOF ยังไม่สามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนได้ แต่อย่างไรก็ตาม จากการตรวจสอบความถูกต้องด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) พบว่า วิธี EOF สามารถรักษาความต่อเนื่องเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนได้ โดยเฉพาะการปรับแก้ข้อมูลแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR และข้อมูลตรวจวัดกริด GPCP มีค่า  $r$  อยู่ในช่วง 0.52 ถึง 0.97 ซึ่งเป็นค่าความสัมพันธ์หลังปรับแก้ที่ดีที่สุด

**คำสำคัญ:** การปรับแก้ความคลาดเคลื่อน ปริมาณน้ำฝน Empirical Orthogonal Function, WRF-CFSR

การอ้างอิงบทความ: ชนาพร เหมืองอุ้น, ชาคกริต โชติอมรศักดิ์, Ronald Macatangay และ วนิตา สุรพิพิธ, “การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง WRF-CFSR โดยวิธี EOF ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย,” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 33, ฉบับที่ 1, หน้า 190–202, ม.ค.-มี.ค. 2566.



## Precipitation Bias Correction of WRF-CFSR Model by EOF Method Over Upper Northern Thailand

Chanaporn Muang-une and Chakrit Chotamonsak\*

Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

Ronald Macatangay and Vanisa Surapipith

National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization), Chiang Mai, Thailand

\* Corresponding Author, Tel. 08 0985 6924, E-mail: chakrit.c@cmu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.07.004

Received 1 February 2021; Revised 17 March 2021; Accepted 2 April 2021; Published online: 5 July 2022

© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

### Abstract

Climate modeling system is a challenging and difficult task. Because uncertainty of the model processing is caused by many factors that influence the discrepancy of model output in both spatial and time. Therefore, in this study, the objective of this study was to apply methods or techniques for precipitation bias correction method from the WRF-CFSR regional climate model and to evaluate the efficiency of precipitation bias correction methods from the WRF-CFSR regional climate model. This study was selected the Empirical Orthogonal Function (EOF) for the monthly precipitation bias correction method in the upper northern region of Thailand, all 18 stations covering from 1980-2010 (31 years) and use observation grids data (APHRODITE CRU and GPCP) to compare the results with the WRF-CFSR regional climate model data. The result that the EOF correction method can reduce the difference between the precipitation anomaly and mean precipitation to be closer to the difference of the observation data. For validation with the Root Mean Square Error (RMSE) was found that the EOF bias correction method was unable to reduce the precipitation error. However, the validation with correlation coefficient values, the EOF method can maintain the spatial continuity of monthly precipitation. In particular, the correction of the WRF-CFSR regional climate model data and the GPCP grid observation data had  $r$  values 0.52 to 0.97 which is the best correction correlation.

**Keywords:** Bias Correction, Precipitation, Empirical Orthogonal Function, WRF-CFSR

Please cite this article as: C. Muang-une, C. Chotamonsak, R. Macatangay, and V. Surapipith, "Precipitation bias correction of WRF-CFSR model by EOF method over upper northern Thailand," *The Journal of KMUTNB*, vol. 33, no. 1, pp. 190-202, Jan.-Mar. 2023 (in Thai)..

## 1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศค่อนข้างมาก เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในบริเวณใกล้แถบเส้นศูนย์สูตร ซึ่งเป็นบริเวณที่มีระบบภูมิอากาศแปรปรวนสำคัญ ได้แก่ ปรากฏการณ์ เอนโซ (El Nino–Southern Oscillation; ENSO) ปรากฏการณ์อินเดียโอเชียลไดโพล (Indian Ocean Dipole; IOD) ปรากฏการณ์ MJO (Madden Julian Oscillation) และมรสุมเขตร้อน และลักษณะภูมิประเทศภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยยังประกอบไปด้วยเทือกเขา ภูเขา และเนินเขาที่สลับซับซ้อน จึงเป็นบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงลมและรูปแบบของฝน [1] ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณน้ำฝนมีความไม่แน่นอนสูง ส่งผลต่อการพยากรณ์ที่ทำให้การประมวผลที่เกิดจากแบบจำลองเกิดความคลาดเคลื่อน (Bias) และในการศึกษาเบื้องต้นของประเทศไทยพบว่า ผลที่ได้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศและข้อมูลตรวจวัดนั้นยังมีความแตกต่างกันค่อนข้างสูง ซึ่งอาจจะมีการประมาณค่าที่สูงหรือต่ำเกินไปจากข้อมูลตรวจวัด [2] และแบบจำลองยังมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นอยู่เสมอ [3] ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำและความถูกต้องของการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนและความหนาแน่นของปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้น [4]

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF (Weather Research and Forecasting) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ประกอบไปด้วยตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาหลายพารามิเตอร์ พัฒนาโดย Nation Center for Atmospheric Research (NCAR) ซึ่งแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF เป็นการย่อส่วนด้วยวิธีทางไดนามิกส์ (Dynamical Downscaling) โดยเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศในระดับภูมิภาคและระดับท้องถิ่น (10–50 กิโลเมตร) เช่น ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ [5]–[7] และเป็นแบบจำลองบรรยากาศที่มีความทันสมัยที่สุดแบบจำลองหนึ่งที่มีการนำแบบจำลองนี้ไปใช้อย่างกว้างขวางทั้งเพื่องานวิจัยและการปฏิบัติจริง โดยแบบจำลองจะมีความแม่นยำมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความถูกต้องของข้อมูลหรือการกำหนดตัวแปรเสริมทางฟิสิกส์ ซึ่ง

แต่ละวิธีจะมีความละเอียดและความถูกต้องที่แตกต่างกันออกไป [5], [8] ทั้งนี้แบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF ยังมีการประยุกต์ใช้ระบบการพยากรณ์ CFS (Climate Forecast System) ร่วมด้วย โดย CFSR ถูกพัฒนาโดยศูนย์การสร้างแบบจำลองด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Modeling Center) จาก National Centers of Environmental Prediction (NCEP) โดย NCEP ได้นำ CFSR มาประยุกต์ใช้สำหรับการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศและระบบพยากรณ์อากาศตามฤดูกาลซึ่งครอบคลุมระยะเวลา 31 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 1979–2009 ซึ่ง CFSR ได้รับการออกแบบและดำเนินการในรูปแบบที่มีความละเอียดสูงในการคู่ควบระหว่าง บรรยากาศ-มหาสมุทร-พื้นผิวโลก-ระบบน้ำแข็งทางทะเล เพื่อให้การประมาณหรือการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด และในปัจจุบันจะขยายเป็นผลิตภัณฑ์ปฏิบัติการและ real-time ในอนาคตมากขึ้น [9]–[11] ฉะนั้นการย่อขนาดด้วยวิธีทางไดนามิกส์เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นในการลดข้อผิดพลาด หรือความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองระบบภูมิอากาศของโลก (Global Climate Model; GCM) แต่อย่างไรก็ตาม การย่อขนาดด้วยวิธีทางไดนามิกส์ยังคงมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น จึงต้องมีประยุกต์วิธีการหรือเทคนิคที่ช่วยลดความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลอง [12]

ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้วิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน Empirical Orthogonal Function (EOF) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในเชิงพื้นที่และเวลา (Spatial–Temporal) เนื่องจากวิธี EOF มีข้อได้เปรียบในการรักษาความต่อเนื่องเชิงพื้นที่ของความผิดปกติปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนซึ่งสามารถปรับแก้ความผิดปกติของฝนเฉลี่ยรายเดือนและตามฤดูกาลระหว่างข้อมูลตรวจวัดและข้อมูลแบบจำลองให้มีความสอดคล้องกัน และสามารถเพิ่มทักษะความแม่นยำของปริมาณฝนที่เป็นแบบจุดหรือรายสถานีได้ โดยการจับกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันในในกลุ่มหรือปัจจัย (Factor) เดียวกัน [13] เพื่อลดมิติของจำนวนตัวแปรในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ หรือสกัดโหมดที่โดดเด่นของความแปรปรวนในฐานข้อมูลเพื่อใช้แปลผลในเชิงกายภาพ และสังเคราะห์ชุดตัวแปรใหม่เพื่อเป็นตัวแทนฐานข้อมูลเดิมที่มีขนาดใหญ่ เป็นต้น [14]

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในประยุกต์ใช้วิธีการการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ครอบคลุมทั้งหมด 18 สถานี ตั้งแต่ ค.ศ. 1980–2010 เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝน ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สนับสนุนในการพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคต และยังสามารถเป็นข้อมูลช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำหรือการบริหารจัดการด้านอื่นๆ ได้

## 2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

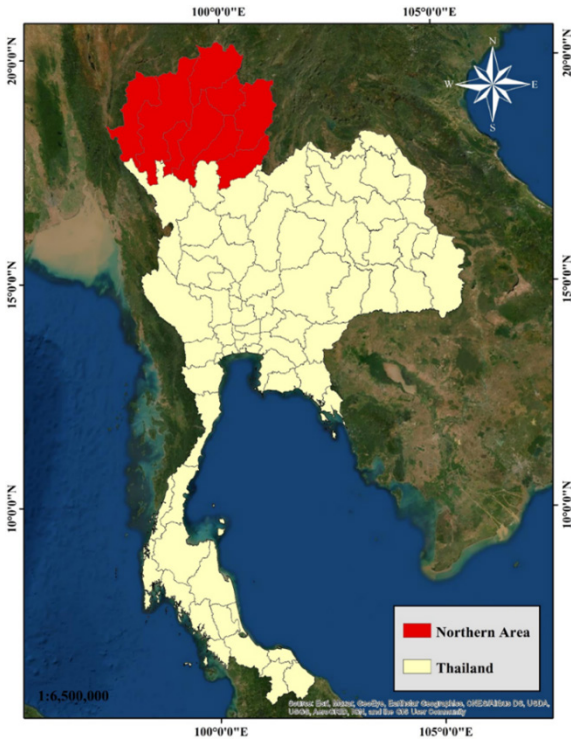
### 2.1 ข้อมูลและพื้นที่การศึกษา

ในการศึกษาได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนย้อนหลัง ซึ่งประกอบไปด้วยชุดข้อมูล 2 ข้อมูล คือ ข้อมูลประมวลผลจากแบบจำลอง Weather Research and Forecasting of Climate Forecast System Reanalysis (WRF-CFSR) โดยมีความละเอียดกริด  $12 \times 12$  กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง [12] และข้อมูลตรวจวัดแบบกริด ได้แก่ 1) ข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE (Asian Precipitation-Highly-Resolved Observation Data Integration Towards Evaluation of Water Resources) เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ที่ความละเอียดกริด  $0.25 \times 0.25$  องศา มีความหนาแน่นสูงของเครือข่ายการติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนสำหรับทวีปเอเชียมากกว่า 5,000–12,000 สถานี ครอบคลุมเวลาตั้งแต่ช่วง ค.ศ. 1951–2015 ดำเนินการโดยสถาบันวิจัยเพื่อมนุษยชาติและธรรมชาติ (Research Institute for Humanity and Nature; RIHN) และสถาบันวิจัยอุตุนิยมวิทยาญี่ปุ่น สำนักงานอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Research Institute of Japan Meteorological Agency; MRI/JMA) [15] 2) ข้อมูลตรวจวัดแบบกริดจาก CRU (Climatic Research Unit) เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน ที่ความละเอียดกริด  $0.5 \times 0.5$  องศา เป็นการรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั่วพื้นทวีป โดยมีการรวบรวมข้อมูล 11,800 สถานี และครอบคลุมตั้งแต่ช่วง ค.ศ. 1901–2017 จากคณะวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่

มหาวิทยาลัยอีสต์แองเกลีย (University of East Anglia, School of Environmental Sciences; UEA) ในเมืองนอริช ของประเทศอังกฤษ [16], [17] และ 3) ข้อมูลตรวจวัดแบบกริดจาก GPCP (Global Precipitation Climatology Project) เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ความละเอียดกริด  $0.25 \times 0.25$  องศา ข้อมูลเกิดจากการรวมกันของข้อมูลเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน และข้อมูลจากดาวเทียม ครอบคลุมเวลาตั้งแต่ช่วง ค.ศ. 1979–2011 ดำเนินการโดย National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) และ Oceanic and Atmospheric Research (OAR) [4], [18] โดยในการศึกษาได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างข้อมูลกริดแต่ละชุดกับข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอุตุนิยมวิทยาด้วยค่าสหสัมพันธ์ ( $r$ ) พบว่า การหาค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ยระหว่างข้อมูลตรวจวัดกริด APHRODITE และข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอุตุนิยมวิทยามีค่าเท่ากับ 0.957 ค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ยระหว่างข้อมูลตรวจวัดกริด CRU และข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอุตุนิยมวิทยามีค่าเท่ากับ 0.923 และค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ยระหว่างข้อมูลตรวจวัดกริด GPCP และข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอุตุนิยมวิทยามีค่าเท่ากับ 0.783 ซึ่งทำให้เห็นว่าการคำนวณระหว่างข้อมูลกริดแต่ละชุดข้อมูลกับข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอุตุนิยมวิทยามีค่าสหสัมพันธ์และความความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสูง ดังนั้นข้อมูลกริดจึงสามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลอุตุนิยมวิทยาได้ โดยในการศึกษาทำการจัดการข้อมูลและใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนตั้งแต่ ค.ศ. 1980–2010 ทั้งหมด 18 สถานี ของพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัด เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน พะเยา แม่ฮ่องสอน และอุดรดิตถ์ ดังรูปที่ 1 เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี EOF ต่อไป

### 2.2 แนวคิดและทฤษฎี

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี EOF ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางพลวัต และพฤติกรรมเชิงกายภาพของระบบภูมิอากาศ และสมุทรศาสตร์ทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา [14] โดยงาน



รูปที่ 1 พื้นที่ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

ของ Hannachi และคณะ ได้อธิบายถึงที่มาของสมการ EOF คือ เป็นการคำนวณข้อมูลแบบกริดที่เรียงต่อเนื่องกัน Space-Time ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ( $X$ ) ที่เวลา ( $t$ ) และตำแหน่งเชิงพื้นที่ ( $s$ ) โดยข้อมูลจะเป็นอิสระต่อกันในเวลา  $t_i$  และจุดพื้นที่  $s_j$  สามารถเขียนได้เป็น  $x_{ij}$  สำหรับ  $i = 1, \dots, n$  (เวลา) และ  $j = 1, \dots, p$  (สถานี) สามารถแทนข้อมูลปริมาณน้ำฝนของแบบจำลองและข้อมูลตรวจวัดในรูปแบบของเมทริกซ์ [19] ตามสมการที่ (1)

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_n)^T = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{pmatrix} \quad (1)$$

ที่  $x_t = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  ซึ่ง  $t = 1, \dots, n$  และ  $T$  คือ 'Transpose' เพื่อเป็นหลักประกันถึงผลการคำนวณ EOF ไม่มีข้อผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากข้อมูลที่มีค่าสูง

หรือต่ำกว่าปกติของจุดใดจุดหนึ่งหรือเวลาใดเวลาหนึ่ง จึงต้องมีการคำนวณค่าที่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยในระยะยาวหรือเรียกว่าค่า Anomaly โดยคำนวณค่าเฉลี่ยแต่ละคอลัมน์ของเมทริกซ์ข้อมูล  $x_{tk}$  และนำค่าเฉลี่ยดังกล่าวลบออกจากเมทริกซ์เดิม ดังสมการที่ (2) และ (3) [14]

$$\bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_{tk} \quad (2)$$

โดยที่  $\bar{x}_k$  คือ ค่าเฉลี่ยของเมทริกซ์ขนาด  $n \times p$  ที่  $i = 1, \dots, n$  และ  $k = 1, \dots, p$  ซึ่งเมทริกซ์ข้อมูล Anomaly,  $x'_{tk}$  สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$x'_{tk} = x_{tk} - \bar{x}_k \quad (3)$$

เมื่อพิจารณาเมทริกซ์ของข้อมูลค่าความผิดปกติ (Anomaly,  $x'_{tk}$ ) จะสามารถกำหนดหรือระบุค่าความสำคัญหรือค่า/กลุ่มข้อมูลที่มีความแปรปรวนมากที่สุดจากการคำนวณเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) โดยค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance) เป็นการหาความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างข้อมูลหรือสามารถเรียกว่าเป็นการรวมข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันสูงๆ มาอยู่ในกลุ่มหรือปัจจัยเดียวกันและมีความสัมพันธ์ต่อการคำนวณในส่วนของค่า Eigenvalue และ Eigenvector ดังสมการที่ (4) และ (5)

$$S = \frac{1}{n} X'^T X' \quad (4)$$

$$Su = \lambda^2 u \quad (5)$$

โดยที่  $S$  คือ ค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance)  $X'$  คือ ค่าความผิดปกติของปริมาณน้ำฝนเมทริกซ์ขนาด  $n \times p$  เกิดจากการเปลี่ยนสัญลักษณ์ของตัวแปรของข้อมูลค่าความผิดปกติ ( $x'_{tk}$ )  $u$  คือ Eigenvector และ  $\lambda$  คือ Eigenvalue ในการคำนวณสมการที่ (5) เป็นการนำค่าความแปรปรวนร่วมมาหาค่า Eigenvector ( $u$ ) และ Eigenvalue ( $\lambda$ ) จากการคำนวณ Determinant ของเมทริกซ์ โดยค่า Eigenvalue



เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสำคัญของข้อมูลซึ่งทำการเรียงค่า Eigenvalue จากมากไปน้อย สามารถอธิบายได้ว่า ถ้าค่า Eigenvalue มาก หมายถึงข้อมูลมีความสำคัญมากหรือข้อมูลมีความแปรปรวนสูง ซึ่งอธิบายข้อมูลได้มาก และถ้าค่า Eigenvalue น้อย หมายถึงข้อมูลมีความสำคัญน้อยหรือข้อมูลมีความแปรปรวนต่ำ ซึ่งอธิบายข้อมูลได้น้อยจากการคำนวณหาค่า Eigenvalue จะมีความสัมพันธ์ในการเลือกค่า Eigenvector (ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรหรือข้อมูลนั้นๆ) ในการคำนวณในสมการที่ (6) และ (7) เพื่อนำมาวิเคราะห์ในสมการการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนในงานของ Feudale และ Tompkins [4] ได้อธิบายถึงสมการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนปริมาณน้ำฝน  $X^c$  ในสมการที่ (8) ซึ่งเป็นค่าความผิดปกติปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ดังนี้

$$a_{ik}^o = \sum_{j=1}^p x_{ij}^o u_{kj}^o \quad (6)$$

$$a_{ik}^m = \sum_{j=1}^p x_{ij}^m u_{kj}^m \quad (7)$$

$$X^c = \sum_{j=1}^M a_{ik}^m u_{kj}^{oT} + \sum_{j=M+1}^N a_{ik}^m u_{kj}^{mT} \quad (8)$$

โดยองค์ประกอบหลัก (Principal Component; PC)  $a_{ik}^{o,m}$  สามารถสร้างจากการคูณของค่า Eigenvector  $u_{ij}^{o,m}$  กับค่าข้อมูลความผิดปกติฝนนั้นๆ ( $x_{ij}^{o,m}$ ) โดย  $o$  และ  $m$  คือข้อมูลตรวจวัดและข้อมูลแบบจำลอง ตามลำดับ โดย  $a_k = (a_{1k}, a_{2k}, a_{3k}, \dots, a_{nk})$  และ  $u_k = (u_{k1}, u_{k2}, u_{k3}, \dots, u_{kp})$  ซึ่งตัวห้อย  $k$  คือ จำนวนขององค์ประกอบหลัก การคำนวณค่าองค์ประกอบหลักเกิดจากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเรียงค่าความสำคัญจากค่า Eigenvalue ดังสมการที่ (9) โดยองค์ประกอบหลักตัวแรกจะมีความแปรปรวนสูงที่สุด และค่าถัดไปจะมีความแปรปรวนลดลงตามลำดับจำนวนขององค์ประกอบหลักที่เหมาะสมถูกเลือกมาใช้จะครอบคลุมความแปรปรวนที่สามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลมีค่าอยู่ระหว่าง 80–95% และสุดท้ายนี้ค่าจากสมการที่ (6) และ (7) คำนวณเพื่อหาการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนในแบบจำลองในสมการที่ (8) โดย  $N$  และ  $M$  คือ โหมด EOF ของ

ข้อมูลตรวจวัดและข้อมูลจากแบบจำลอง ตามลำดับ

$$\frac{100\lambda_k^2}{\sum_{k=1}^p \lambda_k^2} \% \quad (9)$$

จากการหาการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี EOF ในสมการที่ (8) ค่าปรับแก้ที่ได้จะเป็นผลลัพธ์ของค่าความผิดปกติของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (Mean Precipitation Anomaly) หลังจากนั้นนำไปหาเป็นค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (Mean Precipitation) อีกครั้ง เพื่อไปคำนวณหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนผิดปกติและค่าปริมาณน้ำฝนปกติที่เกิดขึ้น

การตรวจสอบความถูกต้องของการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้ปรับแก้กับข้อมูลตรวจวัดในช่วงเวลาใดๆ ด้วยค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, *RMSE*) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, *r*)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_{corr} - x_{obs})^2} \quad (10)$$

เมื่อ  $x_{corr}$ ,  $x_{obs}$  และ  $n$  คือ ข้อมูลที่ได้รับการปรับแก้ข้อมูลตรวจวัด และจำนวนข้อมูล ตามลำดับ

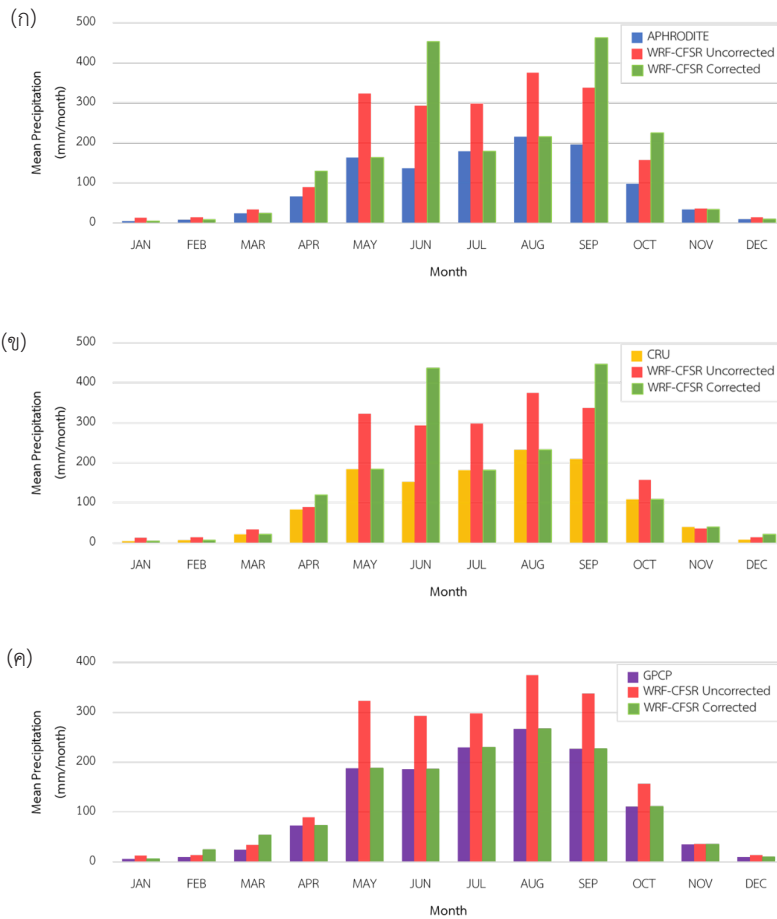
$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (11)$$

เมื่อ  $x$ ,  $y$  และ  $n$  คือ ข้อมูลของข้อมูลตรวจวัด ข้อมูลของแบบจำลอง และ  $n$  จำนวนของข้อมูลทั้งหมด ตามลำดับ

### 3. ผลการทดลอง

#### 3.1 การประยุกต์ใช้วิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วย EOF

การวิเคราะห์วิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนปริมาณน้ำฝนรายเดือนด้วย EOF ซึ่งในการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ในรูปแบบค่าความแตกต่างสมบูรณ์ระหว่างค่าความผิดปกติ



รูปที่ 2 ค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าความผิดปกติปริมาณน้ำฝนและค่าปกติข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE (ก) CRU (ข) และ GPCP (ค) แบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR และแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ที่ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (Mean Precipitation Anomaly) และค่าปริมาณน้ำฝนปกติเฉลี่ย (Mean Precipitation) โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE CRU และ GPCP ข้อมูลแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR 0 WRF-CFSR ที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วย EOF โดยแบ่งการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยหรือไม่มีปริมาณน้ำฝน ได้แก่ มกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม และช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมาก หรือช่วงมรสุมของประเทศไทย ได้แก่

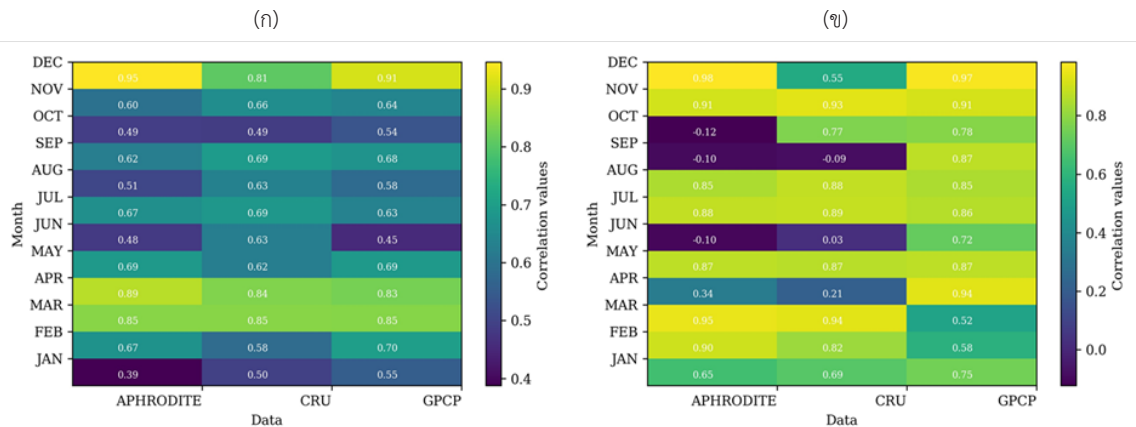
เดือนมิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน และตุลาคม โดยหลักการคำนวณและวิเคราะห์ของการประยุกต์ใช้วิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน EOF ผู้ศึกษาต้องการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำฝนผิดปกติมีความแตกต่างไปจากค่าปริมาณน้ำฝนปกติมากน้อยเพียงใดในแต่ละชุดข้อมูล และเพื่อวิเคราะห์วิธีปรับแก้ EOF สามารถลดความแตกต่างได้หรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 2 จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาในรูปที่ 2 (ก) เป็นการแสดงค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าความผิดปกติปริมาณน้ำฝนและค่าปกติของข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE และแบบจำลองสภาพอากาศระดับ

ภูมิภาค WRF-CFSR พบว่า ช่วงเดือนที่ไม่มีปริมาณน้ำฝนหรือมีปริมาณน้ำฝนน้อยวิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน EOF (แท่งสีเขียว) สามารถลดค่าความแตกต่างปริมาณน้ำฝน และรักษารูปแบบปริมาณน้ำฝนของแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ได้ ยกเว้นเดือนเมษายนและตุลาคม ที่การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนมีค่าความแตกต่างปริมาณน้ำฝนสูงกว่าข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE และแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ส่วนช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมาก หรือช่วงมรสุมของประเทศไทยวิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน EOF สามารถลดค่าความแตกต่างปริมาณน้ำฝนได้เพียงบางเดือน ได้แก่ เดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และสิงหาคม ในส่วนของเดือนมิถุนายนและกันยายน มีค่าความแตกต่างปริมาณน้ำฝนที่สูงมาก และรูปแบบปริมาณน้ำฝนไม่มีความสอดคล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE และแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ส่วนการวิเคราะห์ในรูปที่ 2 (ข) เป็นการแสดงค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าความผิดปกติปริมาณน้ำฝน และค่าปกติของข้อมูลตรวจวัดแบบกริด CRU และแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR พบว่า ผลการศึกษาที่มีความใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ของข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE [รูปที่ 2 (ก)] คือ ช่วงเดือนที่ไม่มีปริมาณน้ำฝนหรือมีปริมาณน้ำฝนน้อยวิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน EOF สามารถลดค่าความแตกต่างปริมาณน้ำฝนและรักษารูปแบบปริมาณน้ำฝนของแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ให้สอดคล้องและใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด ยกเว้นเดือนเมษายนที่การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนมีค่าความแตกต่างปริมาณน้ำฝนสูงกว่าข้อมูลตรวจวัดแบบกริด CRU และแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ส่วนช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากหรือช่วงมรสุมวิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน EOF สามารถลดค่าความแตกต่างปริมาณน้ำฝนได้เพียงบางเดือน ได้แก่ เดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และสิงหาคม ในส่วนของเดือนมิถุนายนและกันยายน มีค่าความแตกต่างปริมาณน้ำฝนที่สูงมาก และรูปแบบปริมาณน้ำฝนไม่มีความสอดคล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูล

ตรวจวัดแบบกริด CRU และแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR และสุดท้ายรูปที่ 2 (ค) เป็นการแสดงค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าความผิดปกติปริมาณน้ำฝน และค่าปกติของข้อมูลตรวจวัดแบบกริด GPCP และแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR พบว่า วิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน EOF สามารถลดค่าความแตกต่างปริมาณน้ำฝนของแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ทั้งในช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากหรือช่วงมรสุม และช่วงเดือนที่ไม่มีปริมาณน้ำฝนหรือมีปริมาณน้ำฝนน้อยให้สอดคล้องและใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดแบบกริด GPCP และสามารถรักษารูปแบบปริมาณน้ำฝน ยกเว้นเดือนกุมภาพันธ์ และมีนาคม ที่มีค่าความแตกต่างปริมาณน้ำฝนสูงกว่าความแตกต่างปริมาณน้ำฝนของข้อมูลตรวจวัดแบบกริด GPCP และแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR

จากการประยุกต์ใช้วิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน EOF ในแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE CRU และ GPCP ของพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ทำให้เห็นว่าวิธีการปรับแก้ EOF สามารถลดความแตกต่างระหว่างค่าความผิดปกติปริมาณน้ำฝน และค่าปริมาณน้ำฝนปกติของแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ให้มีความใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด แต่ผลการศึกษาในบางเดือนที่วิธี EOF ไม่สามารถลดความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนได้ โดยเฉพาะช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากหรือช่วงมรสุม ได้แก่ เดือนมิถุนายน และกันยายน (รูปที่ 2) โดยมีสาเหตุหลายประการ ประการแรก เนื่องจากเดือนดังกล่าวอยู่ในช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมาก หรือช่วงมรสุมของประเทศไทย จึงทำให้ปริมาณน้ำฝนมีความแปรปรวนและความไม่แน่นอนของปริมาณน้ำฝนสูง ประการที่สอง การตั้งเงื่อนไขในการคำนวณแต่ละช่วงเดือนที่มีความแตกต่างกัน เช่น ช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยหรือไม่มีปริมาณน้ำฝน ผู้ศึกษาได้กำหนดค่าองค์ประกอบหลัก (Principle Component; PC)  $N = 10$  (มีความหมายว่า จำนวนองค์ประกอบหลัก  $N = 10$  สามารถอธิบายข้อมูลหรือสามารถเป็นตัวแทนความแปรปรวนข้อมูล





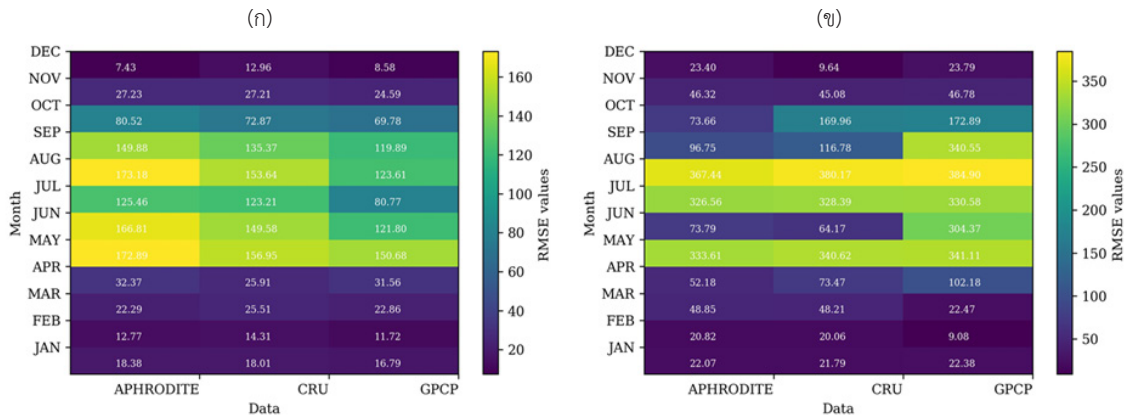
รูปที่ 3 ภาพ Heatmap แสดงผลการคำนวณค่า  $r$  รายเดือน กรณีก่อน (ก) และหลัง (ข) การปรับแก้ระหว่างข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE, CRU และ GPCP และแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR

ได้สูงถึง 90–95%) และช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนมากหรือช่วงมรสุมของประเทศไทย ผู้ศึกษาได้กำหนดค่าองค์ประกอบหลัก (Principle Component; PC)  $N = 2$  (เช่นเดียวกันมีความหมายว่า จำนวนองค์ประกอบหลัก  $N = 2$  สามารถอธิบายข้อมูลหรือสามารถเป็นตัวแทนความแปรปรวนข้อมูลได้สูงถึง 90–95%) ฉะนั้นการกำหนดค่าองค์ประกอบหลักทำให้ไม่เหมาะสมต่อข้อมูลปริมาณน้ำฝนบางเดือนได้ และประการที่สาม เกิดจากการประมวลผลของแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ที่มีการประมาณค่าสูงในทุกๆ เดือนและทุกๆ สถานี เมื่อนำไปคำนวณในสมการของการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน EOF ที่เป็นสมการผลบวก ยิ่งทำให้ผลการปรับแก้ที่เกิดขึ้นมีการประมาณค่าที่สูงมากขึ้นด้วย

### 3.2 การตรวจสอบความถูกต้องทางสถิติของวิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี EOF

การประเมินผลการวิเคราะห์ด้วยค่า  $r$  และค่า RMSE โดยเปรียบเทียบข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE, CRU และ GPCP และข้อมูลแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR จากการประยุกต์ใช้การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี EOF เป็นการจัดการข้อมูลที่มีความต่อเนื่องในเชิงพื้นที่และเวลา (Spatio-Temporal)

ทำให้การคำนวณนั้นออกมาในรูปของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย โดยผู้วิจัยทำการเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 18 สถานีทั่วภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย และเฉลี่ย 31 ปี (ค.ศ. 1980–2010) ซึ่งแยกออกมาวิเคราะห์ในแต่ละเดือน ดังรูปที่ 3 และ 4 เป็นการแสดงการตรวจสอบความถูกต้องทางสถิติ คือ ค่า  $r$  และค่า  $RMSE$  ก่อนและหลังทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน โดยค่า  $r$  ก่อนปรับแก้ความคลาดเคลื่อนข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE, CRU และ GPCP ส่วนใหญ่มีค่าความสัมพันธ์ปานกลางจนถึงมีค่าสูง คือ 0.50–0.95 ยกเว้นในบางเดือน เช่น เดือนมกราคม ของข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE (0.39) เดือนตุลาคม ของข้อมูลตรวจวัดแบบกริด CRU (0.49) และเดือนมิถุนายน ของข้อมูลตรวจวัดแบบกริด GPCP (0.45) [รูปที่ 3 (ก)] และเมื่อทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วย EOF ค่า  $r$  ส่วนใหญ่ของทุกชุดข้อมูลและทุกเดือนสามารถปรับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแบบจำลองและข้อมูลตรวจวัดแบบกริดให้ดีขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.52–0.98 ยกเว้นในบางเดือนที่หลังทำการปรับแก้ค่าความสัมพันธ์มีค่าต่ำและมีค่าติดลบ ได้แก่ เดือนมิถุนายน กันยายน และตุลาคม ของข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE มีค่า  $-0.10$ ,  $-0.10$  และ  $-0.12$  ตามลำดับ และเดือนเมษายน มิถุนายน และกันยายน ของข้อมูลตรวจวัดแบบกริด CRU มีค่า  $0.21$ ,  $0.03$  และ  $-0.09$



รูปที่ 4 ภาพ Heatmap แสดงผลการคำนวณค่า RMSE รายเดือน กรณีก่อน (ก) และหลัง (ข) การปรับแก้ระหว่างข้อมูลตรวจวัดแบบกริด APHRODITE, CRU และGPCP และแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR

ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าก่อนที่จะปรับแก้ความคลาดเคลื่อน [รูปที่ 3 (ข)] และการวิเคราะห์ค่า  $RMSE$  ก่อนการปรับแก้ของทุกข้อมูลและทุกเดือน ในช่วงเดือนที่ไม่มีปริมาณน้ำฝนหรือปริมาณน้ำฝนน้อย มีค่าความแตกต่างของข้อมูลตรวจและข้อมูลแบบจำลองอยู่ระหว่าง 7.43–80.52 มิลลิเมตรต่อเดือน ส่วนช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากหรือช่วงมรสุมมีค่าอยู่ระหว่าง 80.77–173.18 มิลลิเมตรต่อเดือน [รูปที่ 4 (ก)] เมื่อทำการปรับแก้ค่า  $RMSE$  ช่วงที่ไม่มีปริมาณน้ำฝนหรือมีปริมาณน้ำฝนน้อยอยู่ระหว่าง 9.08–340.55 มิลลิเมตรต่อเดือน และช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากหรือช่วงมรสุมในเดือนตุลาคมของข้อมูลตรวจวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 64.17–384.90 มิลลิเมตรต่อเดือน ทำให้เห็นว่าค่า  $RMSE$  หลังทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนมีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนทำการปรับแก้ โดยเฉพาะช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากหรือช่วงเดือนมรสุมมีค่าความแตกต่างของข้อมูลหรือค่าความคลาดเคลื่อนนั้นเพิ่มมากขึ้น [รูปที่ 4 (ข)]

จากการวิเคราะห์ทำให้เห็นว่าวิธี EOF สามารถทำให้ค่าปริมาณน้ำฝนของแบบจำลองเมื่อทำการปรับแก้แล้วมีค่าความสัมพันธ์ที่ดีขึ้น และสามารถรักษารูปแบบของปริมาณน้ำฝนให้ดียิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามมีเพียงบางเดือนที่ไม่สามารถทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดีขึ้นได้ เนื่องจากเดือนดังกล่าวค่าความผิดพลาดปริมาณน้ำฝนของการปรับแก้

ความคลาดเคลื่อน EOF มีการประมาณค่าที่สูงเมื่อเทียบกับข้อมูลตรวจวัด จึงทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลมีค่าต่ำ ซึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยทั้งการตั้งเงื่อนไขค่าองค์ประกอบหลัก หรือการประเมินค่าที่สูงของแบบจำลองในการคำนวณสมการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนในข้างต้น และในส่วนของค่า  $RMSE$  หลังปรับแก้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่มากกว่าก่อนปรับแก้ หรือไม่สามารถลดความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลตรวจวัด และข้อมูลแบบจำลองได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Ratnam และคณะ [20] ที่กล่าวว่า “การปรับแก้ปริมาณน้ำฝนด้วยวิธี EOF เป็นประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงค่าความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนให้ดียิ่งขึ้น แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของการลดความคลาดเคลื่อนปริมาณน้ำฝนระหว่างข้อมูลตรวจวัดและข้อมูลแบบจำลอง” ซึ่งในงานดังกล่าว ไม่ได้กล่าวถึงข้อจำกัดในการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนให้ดีขึ้นได้ ส่วนงานวิจัยนี้การนำปริมาณน้ำฝนทั้งระดับภูมิภาค 18 สถานี และในทุกปีมาทำการเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน สามารถทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมากยิ่งขึ้น และประกอบกับหลักการคำนวณวิธี EOF ของผู้วิจัยที่มีการตั้งเงื่อนไขในการคำนวณแต่ละเดือนไม่เหมือนกัน เพื่อความเป็นไปได้และถูกต้องมากที่สุด จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้วิธีการปรับแก้ EOF ไม่สามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแบบจำลองลงได้

#### 4. อธิปไตยและสรุป

การประยุกต์การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ด้วยวิธี EOF โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนแบบจุด หรือรายสถานีของภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยพบว่า สามารถลดความแตกต่างระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนผิดปกติและค่าปริมาณน้ำฝนปกติให้มีค่าลดลง และใกล้เคียงกับค่าความแตกต่างของข้อมูลตรวจวัดแบบกริดแต่ละชุด (APHRODITR, CRU และ GPCP) มากยิ่งขึ้น และในการตรวจสอบความถูกต้องด้วยค่า  $r$  วิธีปรับแก้ EOF สามารถทำให้ค่าปริมาณน้ำฝนของแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR เมื่อทำการปรับแก้ทำให้มีค่าความสัมพันธ์ที่ดีขึ้น และสามารถที่จะรักษารูปแบบของฝนทั้งเชิงพื้นที่และเวลาระหว่างข้อมูลตรวจวัด และข้อมูลแบบจำลองได้เป็นอย่างดี โดยทำให้ค่าแบบจำลองมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนไปในทิศทางเดียวกับข้อมูลตรวจวัด แต่อย่างไรก็ตาม ยังคงมีข้อมูลปริมาณน้ำฝนในบางเดือนที่ค่า  $r$  หลังปรับแก้มีต่ำกว่าก่อนทำการปรับแก้ ส่วนการวิเคราะห์ค่า  $RMSE$  วิธีปรับแก้ EOF ไม่สามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR หลังปรับแก้และข้อมูลตรวจวัดแบบกริดได้ และจากการประยุกต์ใช้วิธี EOF ที่นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดแบบกริดพบว่า วิธีปรับแก้ความคลาดเคลื่อน EOF ทำให้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค WRF-CFSR ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดแบบกริด GPCP มากที่สุด รองลงมาเป็นข้อมูลตรวจวัดแบบกริด CRU และ APHRODITE ตามลำดับ เนื่องจากแต่ละชุดข้อมูลมีกระบวนการนำเข้าข้อมูลตรวจวัดในการแปลงเป็นข้อมูลกริดแตกต่างกัน จึงทำให้แต่ละข้อมูลมีความเหมาะสมต่อพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยที่แตกต่างตามไปด้วย

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าวิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน EOF สามารถลดค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าความผิดปกติปริมาณน้ำฝน และค่าปกติเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลตรวจวัดแบบกริด และข้อมูลแบบจำลองสภาพอากาศระดับ

ภูมิภาค WRF-CFSR และสามารถประยุกต์ใช้ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยที่มีความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลในแบบเชิงพื้นที่และเวลา หรือการศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนในระยะยาวได้ ถึงแม้ว่าผลการศึกษาในบางเดือนมีค่า  $r$  ที่ต่ำกว่าศูนย์ และค่า  $RMSE$  ที่สูงกว่าก่อนทำการปรับแก้ หากการศึกษาในอนาคตที่จะหาวิธีการกำหนดค่าองค์ประกอบหลักเฉพาะเจาะจงในแต่ละเดือนเพื่อหาค่าองค์ประกอบหลักที่เหมาะสมของแต่ละเดือนหรือการจัดการข้อมูลในรูปแบบใหม่ในการอธิบายกายภาพการเกิดฝนต่างๆ เพิ่มเติม เช่น ปรากฏการณ์เอลนีโญ-ลานีญา เพื่อให้การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Nels, *The Effects of Topography on the Climate*. United States, 2017.
- [2] W. Wanwisad, *Climate Change: Effects to Thailand*. Bangkok, 2015 (in Thai).
- [3] J. P. Evans and D. Argüeso, "Guidance on the use of bias corrected data," University of New South Wales, Australia, 2014.
- [4] L. Feudale and A. M. Tompkins, "A simple bias correction technique for modeled monsoon precipitation applied to West Africa," *Geophysical Research Letters*, vol. 38, no. 3, pp. 1-5, 2011.
- [5] C. Chotamonsak, E. P. Salathé, J. Kreasuwan, S. Chantara, and K. Siriwitayakorn, "Projected climate change over Southeast Asia simulated using a WRF regional climate model," *Atmospheric Science Letters*, vol. 12, no. 2, pp. 213-219, April 2011.
- [6] Y. Wang, L. R. Leung, J. McGregor, D. Lee, W. Wang, Y. Ding, and F. Kimura, "Regional climate modeling: Progress, challenges, and prospects," *Journal of the Meteorological*

- Society of Japan*, vol. 82, no. 6, pp. 1599–1628, 2004.
- [7] X. Yang, E. F. Wood, J. Sheffield, L. Ren, M. Zhang, and Y. Wang, “Bias correction of historical and future simulations of precipitation and temperature for China from CMIP5 models,” *Journal of Hydrometeorology*, vol. 19, no. 3, pp. 609–623, 2018.
- [8] T. Thodsang, A. Chankarn, S. Kitiraj, K. Sinonpakorn, and S. Boonyaarunneth, “Analysis and accuracy of the weather research and forecasting model (WRF) for climate change prediction in Thailand,” in *Proceedings 19th NCCE*, 2014, pp. 1–8 (in Thai).
- [9] S. Saha, S. Nadiga, C. Thiaw, J. Wang, W. Wang, Q. Zhang, H. M. Van den Dool, H.-L. Pan, S. Moorthi, D. Behringer, D. Stokes, M. Peña, S. Lord, G. White, W. Ebisuzaki, P. Peng, and P. Xie, “The NCEP climate forecast system,” *Journal of Climate*, vol. 19, no. 15, pp. 3483–3517, 2006.
- [10] S. Saha, S. Moorthi, H.-Lu Pan, X. Wu, J. Wang, S. Nadiga, P. Tripp, R. Kistler, J. Woollen, D. Behringer, H. Liu, D. Stokes, R. Grumbine, G. Gayno, J. Wang, Y.-Tai Hou, H.-ya Chuang, H.-Ming, H. Juang, J. Sela, M. Iredell, R. Treadon, D. Kleist, P. Van Delst, D. Keyser, J. Derber, M. Ek, J. Meng, H. Wei, R. Yang, S. Lord, H. van den Dool, A. Kumar, W. Wang, C. Long, M. Chelliah, Y. Xue, B. Huang, J.-Kyung Schemm, W. Ebisuzaki, R. Lin, P. Xie, M. Chen, S. Zhou, W. Higgins, C.-Zhi Zou, Q. Liu, Y. Chen, Y. Han, L. Cucurull, R. W. Reynolds, G. Rutledge, and M. Goldberg, “The NCEP Climate Forecast System Reanalysis,” *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 91, no. 8, pp. 1015–1058, 2010.
- [11] S. Saha, S. Moorthi, X. Wu, J. Wang, S. Nadiga, P. Tripp, D. Behringer, Y.-Tai Hou, H.-ya Chuang, M. Iredell, M. Ek, J. Meng, R. Yang, M. Peña Mendez, H. van den Dool, Q. Zhang, W. Wang, M. Chen, and E. Becker, “The NCEP climate forecast system version 2,” *Journal of Climate*, vol. 27, no. 6, pp. 2185–2208, 2014.
- [12] C. Chotamonsak, O. Wiranwetchayan, D. Lapyai, and P. Thanadolmethaphorn, *Seasonal Climate Forecasting Model for Rice Yield Prediction Model for Thailand*. Chiangmai, 2018 (in Thai).
- [13] K. Kusreesakul, “Spatio-temporal rainfall changes in thailand and their connection with regional and global climate variability,” M.S. thesis, Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University, 2009 (in Thai).
- [14] A. Limsakul and W. Paengkaew, “Empirical orthogonal function (EOF) technique and ocean variability analysis,” *Burapha Science Journal*, vol. 18, no. 2, pp. 313–320, 2013 (in Thai).
- [15] A. Yatagai, *APHRODITE’s Water Resources project*. Kyoto, Japan, 2012.
- [16] I. Harris, *Release Notes for CRU TS v4.02*. University of East Anglia Norwich, 2018.
- [17] Q. Sun, C. Miao, Q. Duan, H. Ashouri, S. Sorooshian, and K.-Lin Hsu, “A review of global precipitation data sets: Data sources, estimation, and intercomparisons,” *Reviews of Geophysics*, vol. 56, no. 1, pp. 79–107, 2018.
- [18] A. Pendergrass, *The Climate Data Guide: GPCP (Monthly): Global Precipitation Climatology Project*. United States, 2014.



- [19] A. Hannachi, I. T. Jolliffe, and D. B. Stephenson, “Empirical orthogonal functions and related techniques in atmospheric science: A review,” *International Journal of Climatology*, vol. 27, no. 9, pp. 1119–1152, 2007.
- [20] J. V. Ratnam, T. Doi, and S. K. Behera, “Improving austral summer precipitation forecasts of SINTEX-F2 coupled ocean–atmosphere general circulation model over southern Africa by simple bias correction techniques,” *Atmospheric Science Letters*, vol. 20, no. 3, pp. 1–8, 2019.