



การพัฒนาวิธีการวัดการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวในประเทศไทย

สุนิสา สายอุปราช
ชวณี สุภีรัตน์
ปิยธิดา รุจะศิริ

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



The Development of Predictability Measurement Method for
Winter Monsoon Forecasts in Thailand

Sunisa Saiuparad
Chawanee Suphirat
Piyatida Rujasiri

This Research in Funded by Faculty of Science and Technology
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Year 2016

ชื่อเรื่อง การพัฒนาวิธีการวัดการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวในประเทศไทย
ผู้วิจัย นางสาวสุนิสา สายอุปราษ, นางสาวชวณี สุภีรัตน์
และนางสาวปิยธิดา รุจะศิริ
ปีที่ทำวิจัย พ.ศ. 2559

บทคัดย่อ

แบบจำลองการพยากรณ์อากาศถือเป็นสิ่งสำคัญเพราะว่าสามารถทำการพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ความถูกต้องของการพยากรณ์นั้นขึ้นอยู่กับแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและค่าเงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้ในการพยากรณ์ นอกจากนี้แล้ววิธีการวัดการพยากรณ์ก็ถือเป็นสิ่งที่สำคัญเพราะสามารถช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ได้เป็นอย่างดี งานวิจัยนี้เป็นการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองน้ำตื้น ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์นำมาจาก The Bjerknes Centre for Climate Research (BCCR), University of Bergen, ประเทศนอร์เวย์ โดยแบบจำลองภูมิอากาศโลก คือ Bergen Climate Model (BCM) Version 2.0 (BCCR-BCM2.0) จากหน่วยงานคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)) และวิธีวัดการพยากรณ์เบื้องต้นจะใช้ตัวแบบเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟ (Lyapunov Exponent) เป็นพื้นฐานในการวัดประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของแบบจำลองน้ำตื้น โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างตัวแบบเพื่อวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ขึ้นใหม่ ซึ่งใช้หลักการของการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา (time series analysis) มาช่วยในการสร้างตัวแบบเพื่อวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ ผลของการวิจัยพบว่าตัวแบบเพื่อวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่ใช้หลักการของการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาเข้ามาช่วยในการสร้างตัวแบบการพยากรณ์สามารถนำมาใช้ในการวัดประสิทธิภาพและความถูกต้องของการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวด้วยแบบจำลองน้ำตื้นได้เป็นอย่างดี สำหรับช่วงเวลาที่ศึกษาดังแต่ เดือนธันวาคม พ.ศ.2558 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2599

คำสำคัญ : วิธีการวัดการพยากรณ์/ มรสุมฤดูหนาว

Title The Development of Predictability Measurement Method for Winter Monsoon Forecasts in Thailand

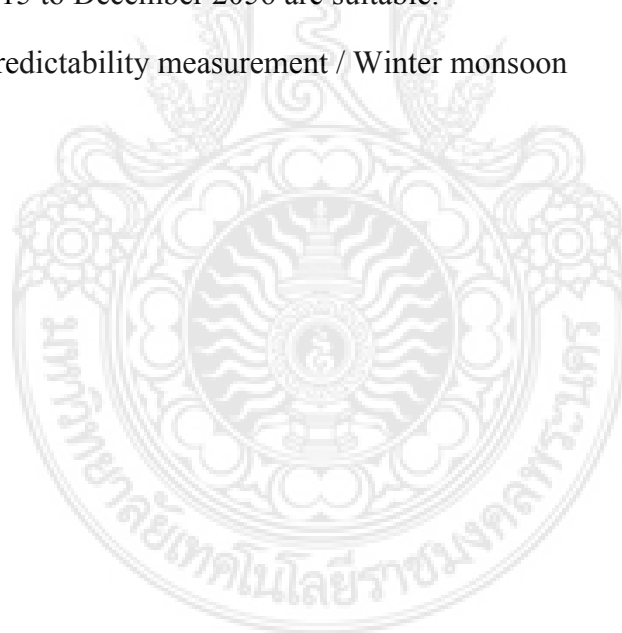
Researcher Miss Sunisa Saiuparad
Miss Chawanee Suphirat
Miss Piyatida Rujasiri

Year 2016

Abstract

The forecasting method is important because it can predict phenomena in the future. The accuracy of the forecast depends on the model and the initial conditions. In addition, the predictability measurement method is important can be check the accurate of forecasts. In this research is winter monsoon forecasts in Thailand by the shallow water model. The data from The Bjerknes Centre for Climate Research (BCCR), University of Bergen, Norway. The global climate model is Bergen Climate Model (BCM) Version 2.0 (BCCR-BCM2.0) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is used. The Lyapunov exponent (LE) is the predictability measurement method for verify the efficiency of model and establish the new predictability measurement method by the time series analysis. The result to show that the new predictability measurement method by the time series analysis can be measure the efficiency of the winter monsoon forecasts in Thailand by the shallow water model for December 2015 to December 2056 are suitable.

Keywords: Predictability measurement / Winter monsoon



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยจากงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาวิธีการวัดการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวในประเทศไทย ขอขอบพระคุณอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบพระคุณ ดร.ศุภฤกษ์ ศุขวัฒน์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาของงานวิจัยในครั้งนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณหัวหน้างานวิจัยและพัฒนาและผู้ปฏิบัติงาน ผู้ประสานงานวิจัย และหัวหน้างานการเงิน ที่ให้คำแนะนำในขั้นตอนการดำเนินการรายงานความก้าวหน้าในการทำวิจัยและการเบิกจ่ายงบประมาณของการทำงานวิจัย

ท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครูอาจารย์ ของคณะผู้วิจัยทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

| | หน้า |
|---|----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | (ก) |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | (ข) |
| กิตติกรรมประกาศ | (ค) |
| สารบัญ | (ง) |
| สารบัญตาราง | (ฉ) |
| สารบัญรูปภาพ | (ช) |
| รายการสัญลักษณ์ | (ซ) |
| คำศัพท์เฉพาะทางและตัวย่อ | (ฅ) |
| 1. บทนำ | 1 |
| 1.1 ความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1.1 เลขชี้กำลังไลยาปูนอฟ (Lyapunov Exponent: LE) | 3 |
| 2.1.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา (Time series analysis) | 4 |
| 2.2 การทดสอบความแม่นยำในการพยากรณ์ | 4 |
| 2.2.1 ค่าผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) | 4 |
| 2.2.2 รากกำลังสองเฉลี่ยผิดพลาด (Root Mean Square Error: RMSE) | 5 |
| 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 5 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|-----------|
| 3. ระเบียบวิธีการวิจัย | 6 |
| 3.1 แบบจำลองน้ำตื้น (Shallow Water Model) | 6 |
| 3.2 ข้อมูล | 7 |
| 3.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลของแบบจำลองน้ำตื้น | 7 |
| 3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลของแบบจำลองน้ำตื้น | 8 |
| 3.3 ขอบเขตของบริเวณในการพยากรณ์ | 8 |
| 3.3.1 บริเวณที่ใช้ในการทดลอง (The domain) | 8 |
| 3.4 การออกแบบการทดลอง | 9 |
| 3.4.1 การประมวลผลการพยากรณ์ของแบบจำลองน้ำตื้น | 9 |
| 3.4.2 ตัวแบบวัดการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา (Time series analysis) | 10 |
| 4. ผลของการทดลอง | 11 |
| 4.1 การพัฒนาตัวแบบวัดการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา (Time series analysis) | 11 |
| 4.2 ผลการพยากรณ์โดยใช้แบบจำลองน้ำตื้น | 11 |
| 4.3 ผลของการวัดประสิทธิภาพและความถูกต้องของการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาว | 14 |
| 5. สรุปผล และข้อเสนอแนะของการทดลอง | 16 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 16 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 16 |
| บรรณานุกรม | 17 |
| ประวัติคณะผู้วิจัย | 19 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 3.1 | ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง | 7 |
| 3.2 | การตั้งค่าสำหรับการประมวลผลการพยากรณ์ของแบบจำลองน้ำดื่ม | 9 |
| 4.1 | ค่าของตัวแบบวัดความถูกต้องของการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาว | 15 |



สารบัญรูปลูกภาพ

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 3.1 | ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลสำหรับประมวลผลของแบบจำลองน้ำขึ้น | 8 |
| 3.2 | บริเวณในการศึกษาและพยากรณ์ | 9 |
| 4.1 | a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 06 ธ.ค. 2049 0000UT b) เงื่อนไขเริ่มต้นในการประมวลผลการพยากรณ์แบบควบคุม (CTRL) | 12 |
| 4.2 | a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 07 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 24 ชั่วโมง จาก CTRL | 12 |
| 4.3 | a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 08 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 48 ชั่วโมง จาก CTRL | 13 |
| 4.4 | a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 09 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 72 ชั่วโมง จาก CTRL | 13 |
| 4.5 | a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 10 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 96 ชั่วโมง จาก CTRL | 13 |
| 4.6 | a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 11 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 110 ชั่วโมง จาก CTRL | 14 |
| 4.7 | a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 12 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 144 ชั่วโมง จาก CTRL | 14 |

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์

| | |
|--------------|---|
| T | อุณหภูมิ |
| n | จำนวนตัวแปร |
| p | ความดัน |
| ρ | ความหนาแน่น |
| q | ความชื้นที่เฉพาะเจาะจง |
| g | แรงโน้มถ่วง |
| Ω | การหมุนของโลก |
| F_d | แรงต้านของโลก |
| R | เวกเตอร์รังสี |
| C | การนำความร้อน |
| c_p | ความจุความร้อนที่ความดันคงที่ |
| E | การระเหย |
| S | ความร้อนแฝง |
| S_q | การเปลี่ยนเฟส |
| k | ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ |
| R_d | แก๊สคงที่อากาศแห้ง |
| δ | ระยะระหว่างเส้นโคจร |
| \hat{x}_i | ค่าพยากรณ์ |
| x_i | ค่าจริง |
| Δy_p | ระยะทางที่เข้าใกล้ผนังจากพื้นผิวของแข็ง |
| v | ความเร็ว |
| Y_t | ค่าของข้อมูล ณ เวลา t |
| T_t | ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t |
| C_t | ค่าความผันแปรตามค่าวัฏจักร ณ เวลา t |
| S_t | ค่าความผันแปรตามฤดูกาล ณ เวลา t |
| I_t | ค่าความไม่แน่นอน ณ เวลา t |
| λ_i | สัมประสิทธิ์ของตัวกรอง |

คำศัพท์เฉพาะทางและตัวย่อ

| | |
|-------------|--|
| CTRL | Control Run |
| LE | Lyapunov Exponent |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| MAE | Mean Absolute Error |
| MSE | Mean Square Error |
| RMSE | Root Mean Square Error |
| BCCR-BCM2.0 | Bjerknes Centre for Climate Research Bergen Climate Model Version 2.0 |
| TSE | Time Series Exponent |



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การพยากรณ์ ถือเป็น การคาดหมายสภาวะต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยจะต้องมีข้อมูลเบื้องต้นหรือเงื่อนไขเริ่มต้น (initial condition) ในการพยากรณ์ที่ดีและมีประสิทธิภาพจึงจะทำให้การพยากรณ์นั้นเกิดผลที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น การตรวจสอบหรือวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ถือเป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในกระบวนการของการพยากรณ์ เนื่องจากการตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ว่ามีความแม่นยำมากเพียงใดก่อนที่จะนำเสนอข้อมูลในการพยากรณ์นั้น ในงานวิจัยนี้เป็นการพยากรณ์การเกิดมรสุมฤดูหนาว (Winter Monsoon) บริเวณประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองน้ำตื้น (The Shallow Water model) และทำการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวโดยใช้วิธีการวัดการพยากรณ์ที่ได้มาตรฐาน คือ เลขชี้กำลังไลยาปูนอฟ (Lyapunov exponent) ซึ่งถือเป็นวิธีวัดการพยากรณ์ที่นิยมใช้มาก โดย E Aurell et al, 1997 ได้พัฒนาวิธีเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟให้เหมาะสมในการตรวจสอบความถูกต้องในการพยากรณ์ของระบบพลวัต (Dynamic System) ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงตามเวลา นอกจากนั้นแล้วยังทำการพัฒนาวิธีการวัดการพยากรณ์ที่สอดคล้องกับมรสุมฤดูหนาวบริเวณประเทศไทย ซึ่งจะเชื่อมโยงวิธีเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟเข้ากับทฤษฎีการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series analysis) โดยทำการศึกษาถึงรูปแบบ การเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนไหวของข้อมูลในอดีต ปัจจุบัน เพื่อพยากรณ์ข้อมูลในอนาคต โดย Zhan-Qian Lu, 1994 ได้ใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาเข้ามาช่วยในการตรวจสอบระบบที่ยุ่งเหยิง (Chaos) ของระบบอุทุนิยมวิทยา นิเวศวิทยา ชีววิทยา และระบาดวิทยา ซึ่งมีกระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยเช่นกัน เพื่อให้การพยากรณ์มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

จุดประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อพัฒนาวิธีการวัดการพยากรณ์ของการเกิดมรสุมฤดูหนาวบริเวณประเทศไทยที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟเป็นพื้นฐานในการพัฒนาวิธีการวัดการพยากรณ์ที่สร้างขึ้นให้สอดคล้องกับข้อมูลและค่าเงื่อนไขเริ่มต้นของการพยากรณ์บริเวณประเทศไทยและเชื่อมโยงวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลามาช่วยในการปรับวิธีการวัดการพยากรณ์ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการวัดการพยากรณ์ของแบบจำลองให้มากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาวิธีการวัดความถูกต้องในการพยากรณ์ของการเกิดมรสุมฤดูหนาวบริเวณประเทศไทยที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้แบบจำลองน้ำตื้นในการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาว (winter monsoon)
2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยคือ อุณหภูมิ (T), ความเร็วลมในแนวแกน x (u), ความเร็วลมในแนวแกน y (v) และ Geopotential height (z)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาวิธีการวัดความถูกต้องในการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการตรวจสอบความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลองน้ำตื้นได้
2. สามารถนำวิธีการวัดความถูกต้องในการพยากรณ์ไปพัฒนาต่อยอดเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอื่น ๆ ได้



บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างวิธีการวัดความถูกต้องในการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการตรวจสอบความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลองน้ำตื้น (The Shallow Water Model) เพื่อการทำนายมรสุมฤดูหนาวในประเทศไทย โดยวิธีการสร้างและพัฒนาจะใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series analysis) มาช่วยในการเชื่อมโยงและพัฒนาตัวแบบวัดการพยากรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

2.1.1 เลขชี้กำลังไลยาปูนอฟ (Lyapunov Exponent: LE)

เลขชี้กำลังไลยาปูนอฟ คือปริมาณทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วัดความแตกต่างของเส้นโคจรเริ่มต้นกับเส้นโคจรที่อ่อนไหวต่อค่าเริ่มต้นและใช้กำหนดความเสถียรในแต่ละลักษณะของสถานะ เลขชี้กำลังไลยาปูนอฟในระบบพลวัต $f: R^n \rightarrow R^n$ ภายใต้เส้นโคจร $\mathbf{x}(t) = f(\mathbf{x}_0, t)$ และเงื่อนไขเริ่มต้น $\mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0$ ใช้วัดการลู่เข้าหรือลู่ออกของสองเส้นโคจรในพื้นที่ ถ้าค่าของเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟเป็นบวกแสดงว่าค่าเฉลี่ยเลขชี้กำลังลู่ออกหรือระบบเกิดความยุ่งเหยิง (chaos) แต่ถ้าเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟเป็นลบแสดงว่าค่าเฉลี่ยเลขชี้กำลังลู่เข้า ดังนั้นให้ $\delta x_i(t)$ คือส่วนเบี่ยงเบนของค่าการก่อกวนเริ่มต้น (perturbed run) ที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเริ่มต้น (control run) พิจารณาสองเส้นโคจรระหว่างค่าเริ่มต้น (control run) และค่าที่ได้จากการก่อกวน (perturbed run) ในสนามที่เวลา t และ เวลา $t + \Delta t$, $x_i, i=1,2,3,\dots,N$, จะได้ $\|\delta(x_i(t))\|$ และ $\|\delta(x_i(t + \Delta t))\|$, ตามลำดับ ดังนั้นเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟ คืออัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยของระยะเริ่มต้น (the initial distance) (P. Cvitanović et al, 2015)

$$\lambda = \frac{1}{\Delta t} \ln \frac{\|\delta(x_i(t + \Delta t))\|}{\|\delta(x_i(t))\|}, i=1,2,\dots,N \quad (2.1)$$

- เมื่อ $\|\dots\|$ คือระยะระหว่างสองเส้นโคจร
 $\delta(x_i(t))$ คือระยะระหว่างสองเส้นโคจรที่เวลา t
 $\delta(x_i(t + \Delta t))$ คือระยะระหว่างสองเส้นโคจรที่เวลา $t + \Delta t$,
และ Δt คือช่วงเวลาของการพยากรณ์

2.1.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series analysis)

การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series analysis) หมายถึง การศึกษาถึงรูปแบบและเหตุการณ์เปลี่ยนแปลง และเคลื่อนไหวของข้อมูลชุดหนึ่ง ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บมาแล้วในอดีตโดยเก็บในช่วงห่างของเวลาเท่า ๆ ซึ่งจะพบว่า เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลง ไป ข้อมูล เหล่านี้ก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย นั่นคือการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นฟังก์ชันกับเวลา โดยในมีข้อสมมติว่า ลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรในอดีตจนถึงปัจจุบันสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์แนวโน้ม ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ (ศิรินภา จัน โปแก้ว, 2554)

| | |
|--|--|
| ข้อมูลตัวแปรเดียวในช่วงเวลาต่าง ๆ (..., $Y_{t-3}, Y_{t-2}, Y_{t-1}$) $\rightarrow Y_t$ ข้อมูลอดีต และปัจจุบัน | สร้างสมการทำนายอนุกรมเวลา $Y_t \rightarrow Y_{t-1} \rightarrow Y_{t-2} \dots$ พยากรณ์อนาคต |
|--|--|

รูปแบบของข้อมูลอนุกรมเวลา มี 2 ลักษณะ คือ

1. รูปแบบการบวก $Y_t = T_t + C_t + S_t + I_t$

2. รูปแบบการคูณ $Y_t = T_t \times C_t \times S_t \times I_t$

เมื่อ Y_t = ค่าของข้อมูล ณ เวลา t

T_t = ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t

C_t = ค่าความผันแปรตามค่าวัฏจักร ณ เวลา t

S_t = ค่าความผันแปรตามฤดูกาล ณ เวลา t

I_t = ค่าความไม่แน่นอน ณ เวลา t

2.2 การทดสอบความแม่นยำในการพยากรณ์

การประเมินประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของแบบจำลองและความถูกต้องของการพยากรณ์สามารถใช้ตัวแบบทางสถิติ เช่น mean absolute error (MAE) และ root mean square error (RMSE)

2.2.1 ค่าผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE)

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ คือ ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสมบูรณ์ระหว่างค่าพยากรณ์และค่าจริง หากมีค่าน้อย แสดงว่าแบบจำลองสามารถประมาณค่าประมาณได้ใกล้เคียงกับค่าจริง โดย MAE มีสูตรในการคำนวณดังนี้ (Ian, 2003),

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{x}_i - x_i| \quad (2.2)$$

เมื่อ n คือ จำนวนตัวแปร
 \hat{x}_i คือ ค่าพยากรณ์
 x_i คือ ค่าจริง

2.2.2 รากกำลังสองเฉลี่ยผิดพลาด (Root Mean Square Error: RMSE)

รากกำลังสองเฉลี่ยผิดพลาด คือ การวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าที่ประมาณจากแบบจำลองยกกำลังสอง ถ้า RMSE มีค่าน้อย แสดงว่าแบบจำลองสามารถประมาณค่าประมาณได้ใกล้เคียงกับค่าจริง แต่ถ้ามีค่าเท่ากับศูนย์ หมายความว่าไม่เกิดความคาดเคลื่อนในแบบจำลองนี้ RMSE กำหนดได้ดังนี้ (Ian, 2003)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i)^2} \quad (2.3)$$

เมื่อ n คือ จำนวนตัวแปร
 \hat{x}_i คือ ค่าพยากรณ์
 x_i คือ ค่าจริง

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

E Aurell et al (1996) ได้พัฒนาวิธีเลขชี้กำลังไลยาฟูนอนอฟที่เหมาะสมในการตรวจสอบความถูกต้องในการพยากรณ์ของระบบพลวัต (Dynamic System) ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยศึกษาในกรณีสามมิติของอากาศที่ปั่นป่วน (Turbulence) โดยใช้เลขชี้กำลังไลยาฟูนอนอฟขนาดจำกัดในการวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของระบบที่เปลี่ยนไปที่เกิดจากการก่อกวน (Perturbation) โดยพบว่าเลขชี้กำลังไลยาฟูนอนอฟสามารถช่วยในการวัดการเปลี่ยนแปลงของระบบด้านบรรยากาศได้

Zhan-Qian Lu (1994) ได้ใช้การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาเข้ามาช่วยในการตรวจสอบระบบที่ยุ่งเหยิง (Chaos) ของระบบอุตุนิยมวิทยา นิเวศวิทยา ชีววิทยา และระบาดวิทยา ซึ่งมีกระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยเช่นกัน เพื่อให้การพยากรณ์มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาตัวแบบวัดการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการตรวจสอบความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลองน้ำตื้น (The Shallow Water Model) โดยปกติตัวแบบวัดการพยากรณ์ที่ง่ายและนิยมใช้ในงานวิจัยก็คือ เลขชี้กำลังไลยาปูนอฟ (The Lyapunov exponent: LE) ซึ่งเป็นตัวแบบวัดความถูกต้องในการพยากรณ์ที่สามารถบ่งบอกลักษณะของอัตราการเคลื่อนที่ของเส้นโคจรในระบบกลศาสตร์ได้ นั่นคือลักษณะอัตราการเคลื่อนที่ของเส้นโคจรที่ลู่ออกกันหรือลู่ออกจากกัน แต่เพื่อให้การวัดความถูกต้องในการพยากรณ์มีประสิทธิภาพและเหมาะสมมากขึ้น จึงได้ทำการพัฒนาตัวแบบวัดการพยากรณ์โดยใช้การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา (Time series analysis) เข้ามาช่วยในการพัฒนาตัวแบบวัดการพยากรณ์

3.1 แบบจำลองน้ำตื้น (Shallow Water Model)

แบบจำลองน้ำตื้นเป็นแบบจำลองพื้นฐานที่สามารถใช้ในการพยากรณ์สภาพบรรยากาศขนาดใหญ่ ซึ่งสมการน้ำตื้นเป็นส่วนสำคัญในการสร้างแบบจำลองน้ำตื้น โดยปรับและสร้างมาจากสมการอนุพันธ์มวล และสมการอนุพันธ์โมเมนตัม (the Navier-Stokes equations) นอกจากนี้ยังมีสมการอุทกสถิตศาสตร์และสมการความต่อเนื่อง มาใช้ในการสร้างแบบจำลองน้ำตื้น (Holton, 2004).

สมการโมเมนตัม,

$$\frac{du}{dt} - fv + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad (3.1)$$

$$\frac{dv}{dt} + fu + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad (3.2)$$

สมการอุทกสถิตศาสตร์,

$$\frac{\partial p}{\partial z} + \rho g = 0 \quad (3.3)$$

และสมการความต่อเนื่อง,

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3.4)$$

เมื่อ u , v และ w คือ ลมตามแนวแกน x , y และ z ตามลำดับ

$$f = 2\Omega \sin \theta, \quad (\Omega \text{ คือความเร็วเชิงมุมของโลก } \theta \text{ คือ แลตจูด})$$

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลว

p คือ ความดัน

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

3.2 ข้อมูล

3.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลของแบบจำลองน้ำตื้น

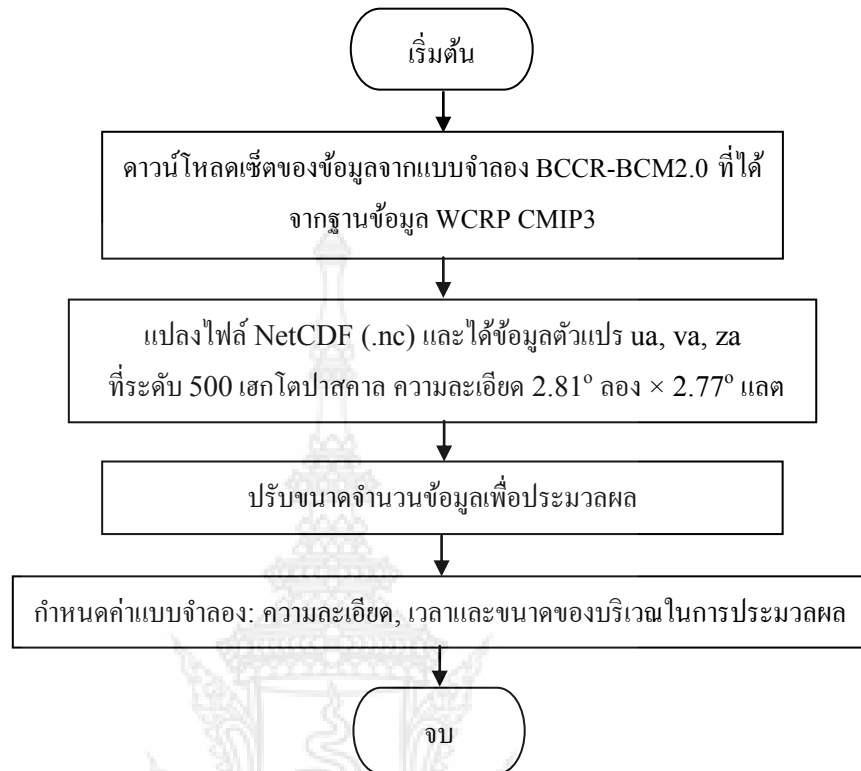
ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย คือข้อมูลในช่วงที่เกิดมรสุมฤดูหนาว ในปี ค.ศ. 2015-2056 จาก The Bjerknes Centre for Climate Research (BCCR), University of Bergen, Norway. The global climate model is Bergen Climate Model (BCM) Version 2.0 (BCCR-BCM2.0) from the World Climate Research Programme's (WCRP's) Coupled Model Intercomparison Project phase 3 (CMIP3) multi-model data set for the Fourth Assessment Report (AR4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2009) โดยแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 มีความละเอียด 2.81° ลองจิจูด \times 2.77° แลตจิจูด, ใช้วิธีเชิงตัวเลขแบบ semi-lagrangian และ semi-implicit time integration โดยลักษณะสภาพอากาศในการทำนายเป็นแบบ A2 scenario ซึ่งได้จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 ใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าสำหรับแบบจำลองน้ำตื้น โดยข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

| เงื่อนไขเริ่มต้น | ตัวแปร |
|-----------------------------|--|
| 06 ธันวาคม 2049 0000 UTC | (u), pcmdi.ipcc4.bccr_bcm2_0.sresa2.run1.daily.ua_A2_2049.nc |
| | (v), pcmdi.ipcc4.bccr_bcm2_0.sresa2.run1.daily.va_A2_2049.nc |
| | (z), pcmdi.ipcc4.bccr_bcm2_0.sresa2.run1.daily.zg_A2_2049.nc |

- เมื่อ
1. ความเร็วลมในแนวแกน x (u)
 2. ความเร็วลมในแนวแกน y (v)
 3. ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (Geopotential height (z))

3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลของแบบจำลองน้ำตื้น



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลสำหรับประมวลผลของแบบจำลองน้ำตื้น

3.3 ขอบเขตของบริเวณในการพยากรณ์

3.3.1 บริเวณที่ใช้ในการทดลอง (The domain)

บริเวณที่ใช้ในการทดลองประมวลผลด้วยแบบจำลองน้ำตื้น คือ 180° ตะวันตก ถึง 180° ตะวันออก และ 40° ใต้ ถึง 80° เหนือ และบริเวณที่ศึกษา คือ ลองจิจูด 97° ตะวันออก ถึง 105° ตะวันออก และ แลตติจูด 5° ใต้ ถึง 99° เหนือ ดังแสดงในรูปที่ 1 แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 บริเวณในการศึกษาและพยากรณ์

3.4 การออกแบบการทดลอง

3.4.1 การประมวลผลการพยากรณ์ของแบบจำลองน้ำตื้น

แบบจำลองน้ำตื้นประมวลผลด้วยขนาดกริด 1×1 แลตจูด-ลองจิจูด การประมวลผลการพยากรณ์จะใช้ข้อมูลจากตารางที่ 3.1 เป็นข้อมูลเริ่มต้น โดยเรียกว่าการประมวลผลแบบควบคุม (CTRL) และการประมวลผลแบบควบคุมใช้ข้อมูลเริ่มต้นในการพยากรณ์จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 (A2 scenario) โดยตัวแปรที่ใช้ในการประมวลผลคือ ความเร็วลมในแนวแกน x (u), ความเร็วลมในแนวแกน y (v) และความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (Geopotential height (z)) โดยรายละเอียดของข้อมูลในการพยากรณ์โดยแบบจำลองน้ำตื้นสรุปในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การตั้งค่าสำหรับการประมวลผลการพยากรณ์ของแบบจำลองน้ำตื้น

| รายละเอียด | RUN |
|------------------------|--|
| บริเวณ (Domain) | long: 180°W to 180°E, lat: 40°S to 80°N. |
| ความละเอียด | $\Delta x = \Delta y = 1^\circ$, $\Delta t = 60$ (s) |
| ข้อมูลเงื่อนไขเริ่มต้น | BCCR-BCM2.0 (A2 scenario), 06 Dec 2049, 500 hecto Pascal (hPa) |
| เงื่อนไขขอบเขต | Cyclic in the west-east boundary Open in the north-south boundary |
| ระยะเวลาในการพยากรณ์ | 7 วัน |

3.4.2 ตัวแบบวัดการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลา (Time series analysis)

การวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลาเป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลห้อนุกรมเวลาในเชิงของการวิเคราะห์ทางสถิติและคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปของข้อมูลที่ต้องการศึกษา การพยากรณ์ห้อนุกรมเวลาในอนาคตด้วยแบบจำลองต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานของค่าที่ได้จากการสำรวจในอดีต รายละเอียดสำคัญของการวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลามีดังนี้ ให้ x_t แทนห้อนุกรมเวลา ที่เวลา T_t วิธีพื้นฐานของการวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลามาจากตัวกรองเชิงเส้น ดังสมการต่อไปนี้

$$T_t = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \lambda_i X_{t+i} \quad (3.5)$$

λ_i คือ สัมประสิทธิ์ของตัวกรอง (Zucchini, W. and Nenadic, O., 2016)



บทที่ 4 ผลของการทดลอง

4.1 การพัฒนาตัวแบบวัดการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา (Time series analysis)

การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาเป็นวิธีทางสถิติที่เหมาะสมและสำคัญในการประมาณค่าหรือพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเวลา การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาดังกล่าวต่อไปนี

$$T_t = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \lambda_i X_{t+i} \quad (4.1)$$

เมื่อ $x_i(t)$ คือ ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (the geopotential height) ที่เวลา t

และ $\lambda_i = \frac{1}{t} \ln \frac{\|\delta x_i(t)\|}{\|\delta x_i(t_0)\|}$ คือ เลขชี้กำลังไลยาพูนอฟ (LE) ที่เวลา t

ดังนั้น

$$T_t = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \frac{1}{t} \ln \frac{\|\delta x_i(t)\|}{\|\delta x_i(t_0)\|} (X_{t+i}) \quad (4.2)$$

สมมติว่า $X_{t+i} = x_{i+1}(t)$ คือ ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (the geopotential height) ที่เวลา t

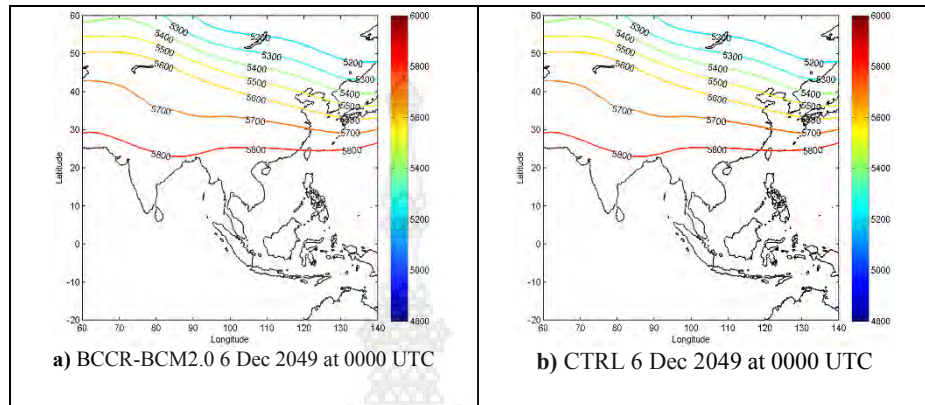
เพราะฉะนั้น เลขชี้กำลังหอนุกรมเวลา (The time series exponent : TSE) เป็นดังสมการต่อไปนี

$$T_t = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \frac{1}{t} \ln \frac{\|\delta x_i(t)\|}{\|\delta x_i(t_0)\|} (x_{i+1}(t)) \quad (4.3)$$

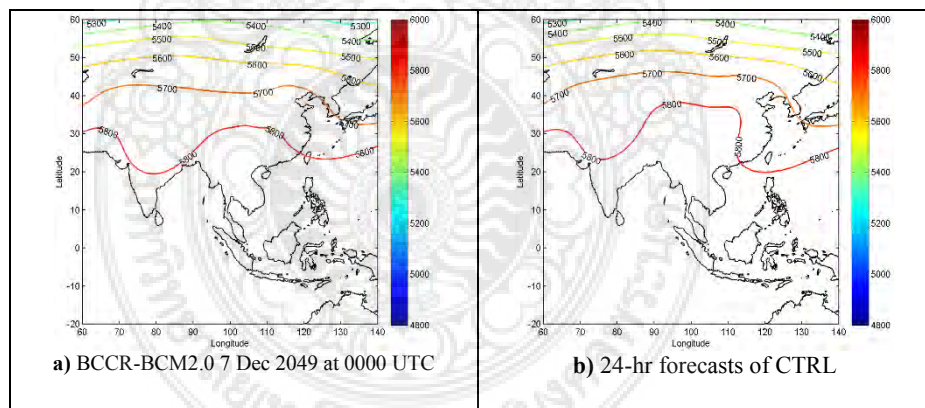
4.2 ผลการพยากรณ์โดยใช้แบบจำลองน้ำตื้น

งานวิจัยนี้ทำการประมวลผลการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวโดยใช้แบบจำลองน้ำตื้น ค่าเงื่อนไขเริ่มต้นในการประมวลผลการพยากรณ์ได้จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 (A2 scenario) ซึ่งตัวแปรที่ใช้ในการประมวลผลคือ ความเร็วลมในแนวแกน x (u), ความเร็วลมในแนวแกน y (v) และความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (Geopotential height (z)) และเริ่มต้นประมวลผลการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นของวันที่ 6 ธันวาคม 2049 มาเป็นข้อมูลค่าเงื่อนไขเริ่มต้นในการพยากรณ์

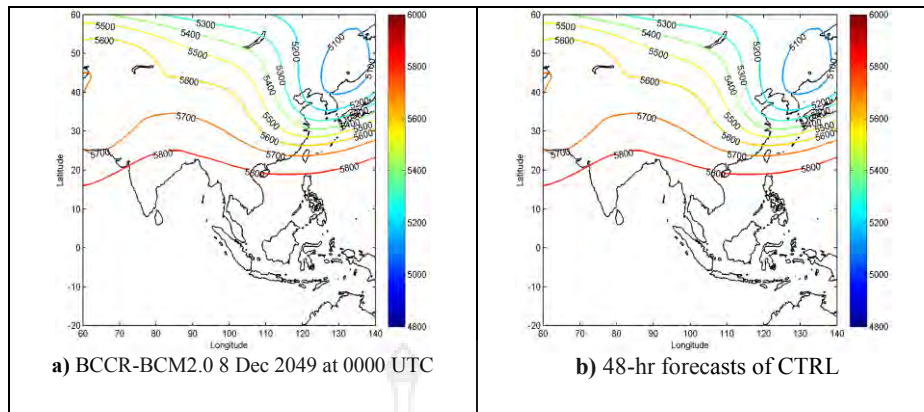
แบบจำลองประมวลผลการพยากรณ์ด้วยขนาดกริด 1×1 องศา แลตติจูด-ลองจิจูด ซึ่งเวลาในการประมวลผลข้อมูลของการพยากรณ์จะแสดงผลทุก ๆ 60 วินาที ขนาดบริเวณที่ใช้ในการทดสอบคือ ลองจิจูด 180°W ถึง 180°E และ แลตติจูด 40°S to 80°N และกำหนดให้แบบจำลองประมวลผลการพยากรณ์ 7 วัน ซึ่งผลของการพยากรณ์ แสดงในรูปที่ 4.1-4.7



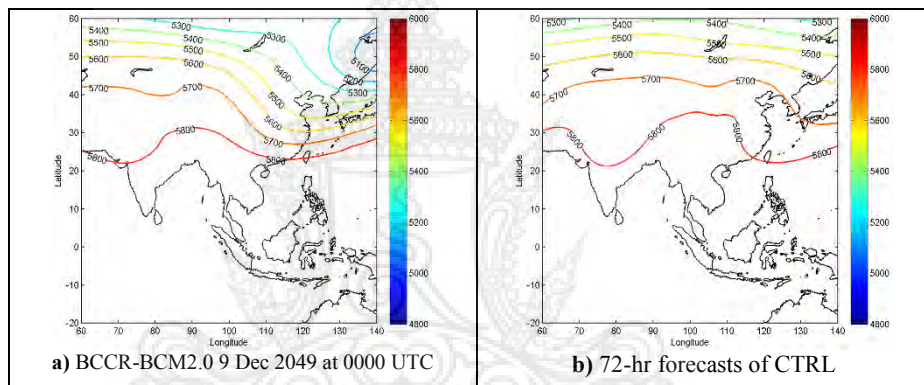
รูปที่ 4.1 a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 06 ธ.ค. 2049 0000UT b) เงื่อนไขเริ่มต้นในการประมวลผลการพยากรณ์แบบควบคุม (CTRL)



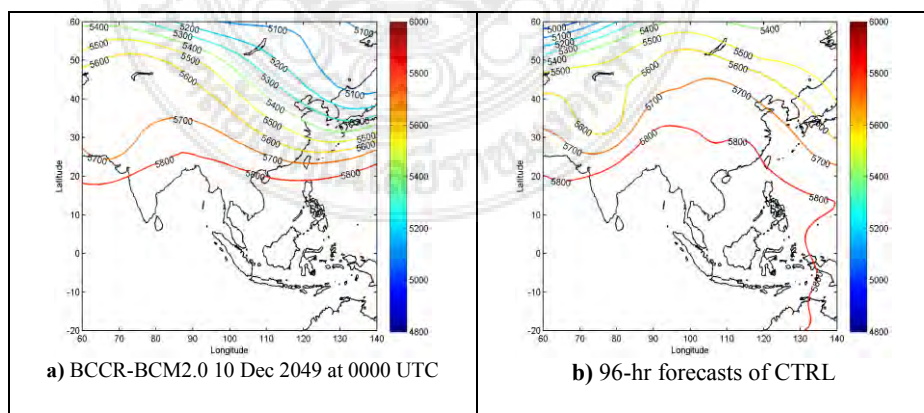
รูปที่ 4.2 a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 07 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 24 ชั่วโมง จาก CTRL



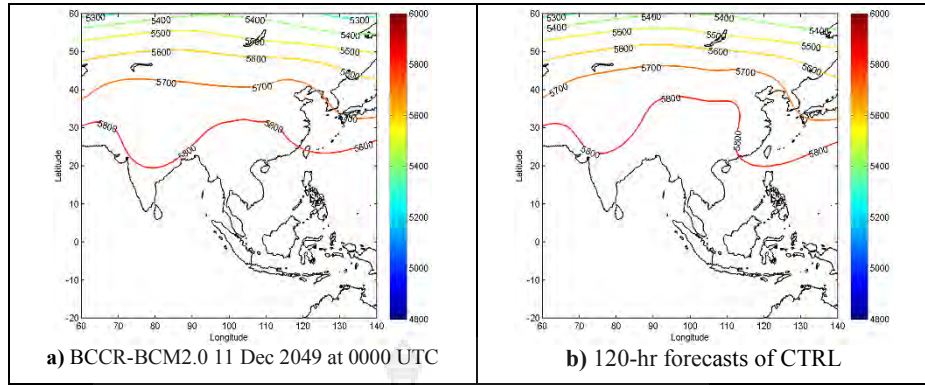
รูปที่ 4.3 a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 08 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 48 ชั่วโมง จาก CTRL



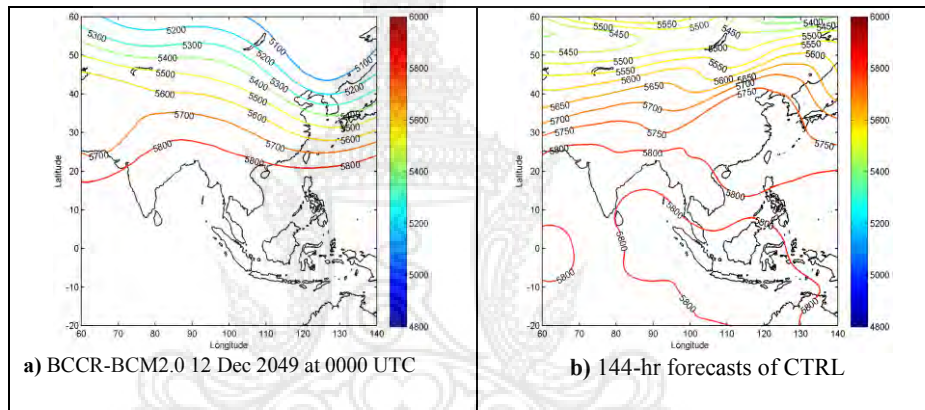
รูปที่ 4.4 a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 09 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 72 ชั่วโมง จาก CTRL



รูปที่ 4.5 a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 10 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 96 ชั่วโมง จาก CTRL



รูปที่ 4.6 a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 11 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 120 ชั่วโมง จาก CTRL



รูปที่ 4.7 a) ความกดอากาศเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 วันที่ 12 ธ.ค. 2049 0000UT b) ผลการพยากรณ์ใน 144 ชั่วโมง จาก CTRL

จากรูปที่ 4.1 - 4.7 คือผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 และแบบจำลองน้ำตื้นจำนวน 7 วัน โดยเมื่อนำผลการพยากรณ์จากแบบจำลองน้ำตื้นมาเทียบกับการพยากรณ์ของแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 จะพบว่าผลการพยากรณ์เริ่มมีค่าแตกต่างกันตั้งแต่วันที่ 4 (9 Dec 2049) ของการพยากรณ์ ซึ่งทำให้พบว่าแบบจำลองน้ำตื้นมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์เพียง 4 วัน

4.3 ผลของการวัดประสิทธิภาพและความถูกต้องของการพยากรณ์มรสุม

ฤดูหนาว

ตัวแบบวัดการพยากรณ์ที่ใช้เพื่อวัดความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลองน้ำตื้นคือ เลขชี้กำลังไลยาพูนอฟ (LE) และตัวแบบวัดการพยากรณ์ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นโดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาเข้ามาช่วยในการพัฒนาตัวแบบให้มีความเหมาะสมและให้สอดคล้องกับเวลาที่ทำการพยากรณ์ โดยทำการวัดค่าของการพยากรณ์ระหว่างค่าของการพยากรณ์ที่ควบคุม (CTRL) กับค่าของการ

พยากรณ์ที่ได้จากแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 โดยวัดความถูกต้องของการพยากรณ์บริเวณประเทศไทย ซึ่งค่าของตัวแบบวัดความถูกต้องของการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าของตัวแบบวัดความถูกต้องของการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาว

| เวลาพยากรณ์ (ชม.) | ตัวแบบวัดการพยากรณ์ | |
|----------------------|---------------------|---------|
| | LE | TSE |
| 24 | -0.3095 | -0.4563 |
| 48 | -0.3498 | -0.4876 |
| 72 | -0.3082 | 0.5764 |
| 96 | 1.6129 | 1.9783 |
| 120 | 1.4095 | 1.5902 |
| 144 | 1.3057 | 2.8432 |

จากตารางที่ 4.1 ตัวแบบวัดความถูกต้องในการพยากรณ์เลขชี้กำลังไลยาพูนอฟมีค่าเป็นบวกสำหรับเวลาในการพยากรณ์ที่ 96 ชั่วโมง แสดงว่าเกิดการลู่ออกของเส้นทางการเคลื่อนที่ระหว่างความดันบรรยากาศของการประมวลผลแบบควบคุม (CTRL) ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองน้ำขึ้นสามารถพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวได้ถูกต้องจำนวน 4 วัน เมื่อเทียบกับแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 ซึ่งเป็นแบบจำลองภูมิอากาศโลก นอกจากนั้นตัวแบบวัดความถูกต้องในการพยากรณ์เลขชี้กำลังอนุกรมเวลา (TSE) มีค่าเป็นบวกสำหรับเวลาในการพยากรณ์ที่ 72 ชั่วโมง แสดงว่าเกิดการลู่ออกของเส้นทางการเคลื่อนที่ระหว่างความดันบรรยากาศของการประมวลผลแบบควบคุม (CTRL) ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองน้ำขึ้นสามารถพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวได้ถูกต้องจำนวน 3 วัน เมื่อเทียบกับแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 นั่นคือทั้งตัวแบบวัดความถูกต้องในการพยากรณ์เลขชี้กำลังไลยาพูนอฟและตัวแบบวัดความถูกต้องในการพยากรณ์เลขชี้กำลังอนุกรมเวลาสามารถวัดความถูกต้องในการพยากรณ์ได้ใกล้เคียงกัน

บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะของการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาตัวแบบวัดการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการตรวจสอบความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลองน้ำตื้น (The Shallow Water Model) โดยปกติตัวแบบวัดการพยากรณ์ที่ง่ายและนิยมใช้ในงานวิจัยก็คือ เลขชี้กำลังไลยาปูนอฟ (The Lyapunov exponent: LE) ซึ่งเป็นตัวแบบวัดความถูกต้องในการพยากรณ์ที่สามารถบ่งบอกลักษณะของอัตราการเคลื่อนที่ของเส้นโคจรในระบบกลศาสตร์ได้ ซึ่งการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองน้ำตื้นต้องมีช่วงเวลาในการพยากรณ์เข้ามาเกี่ยวข้องดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการพัฒนาตัวแบบวัดการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับแบบจำลองน้ำตื้นเพื่อให้สามารถทำการตรวจสอบความถูกต้องในการพยากรณ์ได้อย่างถูกต้องโดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series analysis) เข้ามาช่วยในการพัฒนาตัวแบบวัดความถูกต้องของการพยากรณ์โดยตัวแบบวัดการพยากรณ์ โดยจากผลการวิจัยพบว่าจากการประมวลผลการพยากรณ์แบบควบคุมโดยใช้ข้อมูลของวันที่ 6 ธันวาคม 2049 จากฐานข้อมูล WCRP CMIP3 เป็นค่าเงื่อนไขเริ่มต้นในการพยากรณ์และทำการพยากรณ์จำนวน 7 วัน และทำการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์โดยใช้เลขชี้กำลังไลยาปูนอฟและเลขชี้กำลังอนุกรมเวลาพบว่าเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟทำการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ได้ว่า แบบจำลองน้ำตื้นสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องจำนวน 4 เมื่อเทียบกับแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 และเลขชี้กำลังอนุกรมเวลาทำการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์พบว่าแบบจำลองน้ำตื้นสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องจำนวน 3 เมื่อเทียบกับแบบจำลอง BCCR-BCM2.0 นั่นคือสามารถสรุปได้ว่าตัวแบบวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่พัฒนาขึ้นคือเลขชี้กำลังอนุกรมเวลาสามารถทำการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ได้เมื่อเปรียบเทียบกับเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำเลขชี้กำลังอนุกรมเวลาที่พัฒนาขึ้นไปวัดความถูกต้องของการพยากรณ์สำหรับแบบจำลองอื่นๆ ด้วย
2. ควรพัฒนาตัวแบบวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับแบบจำลองน้ำตื้นอื่นๆ

บรรณานุกรม

Aurell, E., Boffetta, G., Crisanti, A., Paladin, G. and Vulpiani, A., 1997, "Predictability in the Large: An Extension of the Concept of Lyapunov Exponent", **Journal of Physics A**, Vol. 30, No. 1, pp. 1-26.

Cvitanović, P., Artuso, R., Mainieri, R., Tanner, G., Vattay, G., Whelan, N. and Wirzba, A., 2015, ChaosBook.org version15, pp. 115-118.

Diebold, F.X. and Kilian, L., 2001, "Measuring Predictability: Theory and Macroeconomic Applications" *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 16, pp. 657-669.

Donald, C. A., 2000, *Essential of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere*, 3rd ed., Brooks Cole, Pacific Grove, CA, pp.171-173.

Eric, W., 1998, *Meteorology*, Mc Graw-Hill, Inc, USA, pp. 316.

Holton, J. R., 2004, *Introduction to Dynamic Meteorology*, 4th ed., Elsevier Inc., UK., pp. 188-219.

Ian, T.J. and David, B.S., 2003, *Forecast Verification*, John Wiley & Sons Ltd, England, pp. 101-115.

McCue, L. and Troesch, A., 2004, "Use of Lyapunov Exponents to Predict Chaotic Vessel Motions", **book google.com**, pp. 156-171.

Palmer, T. and Hagedorn, R., 2006, **Predictability of Weather and Climate**, Cambridge University Press, UK, pp. 1-30.

Ying, C.L., Mary Ann, F.H., Mark, G.F., and Ivan, O., 2003, "Inability of Lyapunov Exponents to Predict Epileptic Seizures", **Physical review letters**, Vol. 91, No. 6, pp. 1-4.

Zhan-Qian Lu, 1994, “Estimating Lyapunov Exponents in Chaotic Time Series with Locally Weighted Regression”, Dissertation, pp. 27-30.

Zucchini, W. and Nenadic, O., 2016, “Time Series Analysis with R -Part I”, pp.8.

สิรินภา จันโปแก้ว, 2554, การพยากรณ์ราคาข้าว กรณีศึกษาเปรียบเทียบ โดยวิธี Decomposition และ Smoothing Method, Research Exercise in Current Economics Issue.



ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ดร.สุนิสา สายอุปราช
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr.Sunisa Saiuparad
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 7202 00341 42 0
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
เลขที่ 1381 ถ.ประชาราษฎร์สาย 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์: 02-8363000 ต่อ 4136
โทรสาร: 02-8363000 ต่อ 4136
E-mail: sunisa.sa@rmutp.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
2554 ปริญญาคุชฎบัณฑิต (ปร.ค.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2550 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (คอ.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีและ
สื่อสารการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2548 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
สาขาวิชา Mathematical Model
สาขาวิชา Meteorological
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดย
ระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัยหัวหน้า
โครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -
7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -
7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : - สภาวะฝนหนักและฝนแล้งภายใต้ภาวะโลกร้อน
- รูปแบบของฝนอันเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อน

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ:

- การพัฒนาวิธีการวัดการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวในประเทศไทย

ประวัติผู้วิจัยคนที่ 2

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวชวณี สุภิรัตน์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss. Chawanee Suphirat
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 7097 00014 54 0
- ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
- หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
เลขที่ 1381 ถ.ประชาราษฎร์สาย 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์: 02-8363000 ต่อ 4197
โทรสาร: -
E-mail: chawanee.s@rmutp.ac.th
- ประวัติการศึกษา
 - 2552 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาสถิติ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - 2549 ป.บัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล
 - 2548 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 1. การใช้โปรแกรมทางสถิติ เช่น SPSS , SAS
 2. Experimental Design
- ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัยหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
 - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :-

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ: - การพัฒนาวิธีการวัดการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวในประเทศไทย

