รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาลของประเทศไทยที่เกิดเนื่องจากปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation (MJO)

โดย ปัทมา สิงหรักษ์ และคณะ

มกราคม 2556

สัญญาเลขที่ RDG5330018

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาลของประเทศไทยที่เกิดเนื่องจากปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation (MJO)

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ดร.ปัทมา สิงหรักษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล	มหาวิทยาลัยบูรพา

ชุดโครงการ การจัดการความเสี่ยงจากความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: RDG5330018

ชื่อโครงการ: ความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาลของประเทศไทยที่เกิดเนื่องจากปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation (MJO)

ชื่อนักวิจัย: ปัทมา สิงหรักษ์ [1], ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล [2]

[1] คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

email address: patama.s@chula.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: กรกฎาคม 2553 – ตุลาคม 2554

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาลของประเทศไทย กับปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation (MJO) โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา 30 ปี (พ.ศ. 2522–2551) ประกอบกับข้อมูลที่บ่งบอกการเกิดเมฆยกตัวและปริมาณฝนในระดับภูมิภาค มาหาความสัมพันธ์โดยการวิเคราะห์ composite ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ซึ่งแบ่งได้เป็น 8 ระยะ โดยในระยะที่ 2 และ 3 ศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนอยู่ที่มหาสมุทรอินเดีย ในขณะที่ศูนย์กลางของบริเวณอากาศจมตัว ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวยให้เกิดการยกตัวเป็นเมฆฝนอยู่ที่มหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ในระยะที่ 4 และ 5 ศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนเคลื่อนที่ไปทางตะวันออก มาอยู่เหนือหมู่เกาะอินโดนีเซีย ระยะที่ 6 และ 7 เป็นสภาวะตรงข้ามกับระยะที่ 2 และ 3 ส่วนระยะที่ 1 และ 8 เป็นสภาวะตรงข้ามกับระยะที่ 4 และ 5 โดยเฉลี่ยแล้ววัฏจักรของ MJO ใช้เวลาประมาณ 30–60 วัน ผลการศึกษาพบว่าความแปรปรวนของปริมาณฝนในประเทศไทยมีความสัมพันธ์กับพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO โดยปริมาณฝนโดยเฉลี่ยมีค่ามากกว่าค่าปกติตามฤดูกาลเมื่อ MJO อยู่ในระยะที่ 3, 4, 5 และ 6 และมีค่าต่ำกว่าค่าปกติตามฤดูกาลเมื่อ MJO อยู่ในระยะที่ 7, 8, 1 และ 2 ส่วนแนวโน้มการเกิดเหตุการณ์ฝนตกหนัก ซึ่งบ่งชี้ด้วยความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่มีปริมาณฝนมากกว่าเปอร์เซนไทล์ที่ 90 มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยเมื่อ MJO อยู่ในระยะ 3, 4, 5 และ 6 และมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยเมื่อ MJO อยู่ในระยะที่ 7, 8, 1 และ 2 ผลการวิเคราะห์เมื่อจำแนกตามฤดูมรสุม พบว่า MJO ส่งผลต่อความผันแปรของปริมาณฝนทั่วทุกภูมิภาคของประเทศในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ MJO จะส่งผลกระทบต่อภาคใต้เท่านั้น ผลการวิเคราะห์เมื่อจำแนกตามสภาวะของปรากฏการณ์ ENSO พบว่าในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ศูนย์กลางของบริเวณอากาศจมตัวที่เกิดจาก MJO จะมีกำลังแรงขึ้น และในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนที่เกิดจาก MJO จะมีกำลังแรงขึ้น และขณะเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ซึ่งมักทำให้เกิดสภาวะแห้งแล้งในประเทศไทยโดยทั่วไปนั้น จะมีฝนตกได้หากมีศูนย์กลางของบริเวณกลุ่มเมฆฝนที่เกิดจากปรากฏการณ์ MJO เคลื่อนที่ผ่านประเทศไทย ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมถึงแนวทางการนำไปใช้ประกอบการคาดการณ์อากาศล่วงหน้าในระยะกลาง (3-10 วัน)

คำหลัก: Madden-Julian Oscillation (MJO), ปริมาณฝน, ENSO

Abstract

Project Code: RDG5330018

Project Title: Intraseasonal variability of Thailand rainfall associated with the Madden-Julian Oscillation (MJO)

Investigators: Singhruck, P. [1], Bhatrasataponkul, T. [2]

[1] Faculty of Science, Chulalongkorn University

[2] Faculty of Marine Technology, Burapha University Chanthaburi Campus

email address: patama.s@chula.ac.th

Project Duration: July 2010 – October 2011

This study investigates the variability of rainfall in Thailand at intraseasonal timescale associated with the Madden-Julian Oscillation (MJO). Using 30 years (1979-2008) of rainfall data from Thailand Meteorological Department's stations together with global gridded products of convective signal and rainfall, impacts of the MJO on rainfall variability are examined in terms of anomaly and probability of extreme events. Composite analysis according to the real-time multivariate MJO indices projects the evolution of the MJO life-cycle into 8 phases. During MJO active (suppressed) phases, positive (negative) convective anomalies and rainfall anomalies propagate into the eastern Indian Ocean, the Maritime Continent and the Western Pacific respectively. Meanwhile rainfall data from meteorological stations exhibit enhanced (reduced) rainfall accordingly implying spatial coherency of the MJO. In addition to variation of mean rainfall associated with the MJO, high impact events are also considered. During MJO active phases the probability of receiving rainfall amount greater than the 90th percentile increases compared to that during MJO suppressed phases. Stratifying the composites into southwest and northeast monsoon seasons shows similar MJO evolution with the center of convective and rainfall anomalies reside in the northern and southern hemispheres respectively. In southwest monsoon, all parts of Thailand are affected by the MJO, while only the southern part is affected in northeast monsoon. Furthermore, the combined effect of the MJO and the El-Nino Southern Oscillation (ENSO) are assessed. During ENSO warm (cold) phase the suppressed (active) convective anomalies of the MJO are intensified. During the generally dry condition of the ENSO warm phase, the arrival of MJO active phases enhances rainfall probability in Thailand. Further study should explore the implementation of the findings into medium range (3 – 10 days) forecasts.

Keywords: Madden-Julian Oscillation (MJO), intraseasonal variability, Thailand rainfall, ENSO

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ทั้งในระหว่างการดำเนินการวิจัย และต่อร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ กรมอุตุนิยมวิทยาที่ให้การสนับสนุนข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรีที่อำนวยความสะดวกด้านต่างๆในการทำวิจัย นางสาวณัฐธิดา จันทศิริ และนางสาววนัสนันท์ โอชกะ ผู้ช่วยวิจัย

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อ
Abstract
กิตติกรรมประกาศ
สารบัญเรื่อง
สารบัญตาราง
สารบัญรูป
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 3
บทที่ 2 ทบทวนเอกสารงานวิจัย..... 4
2.1 ความแปรปรวนของปริมาณฝนในประเทศไทย..... 4
2.2 ปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation (MJO)..... 6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย..... 14
3.1 ข้อมูล..... 14
3.2 วิธีการวิเคราะห์..... 22
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย..... 27
4.1 ความแปรปรวนของปริมาณฝนที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO..... 27
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ MJO กับการเกิดฝนตกหนัก..... 39
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ MJO และ ENSO กับความแปรปรวนของปริมาณฝน..... 45
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัยและบทสรุป..... 62
5.1 ความแปรปรวนของปริมาณฝนที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO..... 62
5.2 แนวทางการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์..... 62
5.3 บทสรุป..... 63
บรรณานุกรม..... 64
ภาคผนวก..... 66

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 จำนวนวันและ pentad ในแต่ละระยะของพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1979 ถึง 31 ธันวาคม ค.ศ. 2008 18

3.2 ปรากฏการณ์ El Nino (ENSO warm phase) และปรากฏการณ์ La Nina (ENSO cold phase) ที่เกิดขึ้นในระหว่างเดือนมกราคม ค.ศ. 1979 ถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2008 19

ผ.1 ดัชนี Oceanic Nino Index (ONI) ระหว่างเดือนมกราคม ค.ศ. 1979 ถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2008 67

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ขนาดพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลและคาบเวลาของปรากฏการณ์ในทางอุตุนิยมวิทยาเขตร้อนและความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ต่างๆ ที่มา: Meehl et al. (2001)	2
2.1	ปริมาณฝนเฉลี่ยในแต่ละ pentad (ห้าวัน) จากข้อมูลสถานีตรวจวัดจำนวน 32 สถานีที่ตั้งอยู่ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางของประเทศ เฉลี่ยในรอบ 50 ปี ที่มา: Takahashi and Yasunari (2006)	4
2.2	แผนภาพแสดงมรสุมฤดูร้อนเอเชียประกอบด้วย 3 บริเวณ ได้แก่ อินเดีย (ISM) เอเชียตะวันออก (EASM) และแปซิฟิกตะวันตก (WNPSM) และความผันแปรภายในฤดูกาลที่สำคัญ 2 รูปแบบ คือ BSIO ซึ่งรูปแบบที่เคลื่อนที่จากตะวันตกไปตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ และ 12-24 day mode ซึ่งเป็นรูปแบบที่เคลื่อนที่จากตะวันตกไปตะวันออกและมีคาบเวลา 12-24 วัน ที่มา: Lin et al. (2008)	5
2.3	แผนภาพแสดงการไหลเวียนอากาศที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO ที่มา: Rui and Wang (1990)	6
2.4	แผนภาพในแนวลองจิจูดกับความสูงที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร แสดงการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่และเวลาของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation (MJO) ที่มา: Madden and Julian (1972)	7
2.5	แผนภาพแสดงขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์การถ่ายเทพลังงานและโมเมนตัมระหว่างบรรยากาศกับมหาสมุทรที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO ที่มา: Zhang (2005)	8
2.6	แผนผังในแนวลองจิจูดกับเวลาของกลุ่มเมฆฝนระดับสูง เฉลี่ยระหว่างละติจูดที่ 0°–10°S ระหว่าง (a) วันที่ 1–31 ตุลาคม ค.ศ. 1992 ซึ่งเกิดปรากฏการณ์ MJO เคลื่อนที่ผ่านมหาสมุทรอินเดียตะวันออกไปยังมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก (b) ภาพขยายสำหรับวันที่ 20–31 ตุลาคม ค.ศ. 1992 ดังแสดงขอบเขตด้วยรูปสี่เหลี่ยมในรูป 1.3 (a) (c) ภาพขยายสำหรับวันที่ 22–28 ตุลาคม ค.ศ. 1992 ดังแสดงขอบเขตด้วยรูปสี่เหลี่ยมในรูป 1.3 (b) ขนาดของวงรีแปรผันตรงกับขนาดของกลุ่มเมฆฝน ที่มา: Chen et al. (1996)	10
2.7	ความแปรปรวนของปริมาณฝนและอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO (a) ระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม (b) ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน ที่มา: Zhang and Dong (2004)	12

รูปที่ **หน้า**

2.8 (a) จำนวนครั้งของการเกิดปรากฏการณ์ MJO ต่อปี เส้นประแทนค่าเฉลี่ยระหว่างปี ค.ศ. 1948–1972 และ 1973–2008 (b) ค่าเฉลี่ยรายปีของความผิดสภาพของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ($^{\circ}$C) ในเขตร้อนของมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิก เส้นทึบแสดงค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ในรอบ 30 ปี ที่มา: Jones and Carvalho (2011) 12

2.9 อนุกรมเวลาของความแปรปรวนของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO แสดงด้วยค่า $RMM1^2 + RMM2^2$ ที่มา: Wheeler and Hendon (2004) 13

3.1 ค่าดัชนี RMM1 และ RMM2 ระหว่างระหว่างวันที่ 25 เมษายน ถึง 25 กรกฎาคม ค.ศ. 2002 16

3.2 ค่าดัชนี RMM1 และ RMM2 ระหว่างระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม ค.ศ. 2003 ถึง 1 มกราคม ค.ศ. 2004 17

3.3 ค่าดัชนี RMM1 และ RMM2 ระหว่างระหว่าง วันที่ 15 มีนาคม ถึง 25 พฤษภาคม ค.ศ. 2005 17

3.4 จำนวนวันในระยะที่ 1 ถึง 8 ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO และจำนวนวันที่ปรากฏการณ์ MJO มีกำลังอ่อน แยกตามฤดูมรสุม ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1979 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ.2008 18

3.5 จำนวนวันในระยะที่ 1 ถึง 8 ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO และจำนวนวันที่ปรากฏการณ์ MJO มีกำลังอ่อน (weak) แยกตามสถานะของปรากฏกาณ์ ENSO ได้แก่ เอลนีโญ ลานีญา และปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1979 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2008 20

3.6 เช่นเดียวกับรูปที่ 3.5 แต่จำแนกเฉพาะฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม 21

3.7 เช่นเดียวกับรูปที่ 3.5 แต่จำแนกเฉพาะฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน 21

3.8 อนุกรมเวลาของ outgoing longwave radiation (OLR) ที่ลองจิจูด 100 $^{\circ}$E ละติจูด 17.5 $^{\circ}$N และวงจรรอบปีของ OLR ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2002 ถึง 30 เมษายน ค.ศ. 2003 23

3.9 อนุกรมเวลาของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ที่ลองจิจูด 101.25 $^{\circ}$E ละติจูด 16.25 $^{\circ}$N และวงจรรอบปีของปริมาณฝน ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2002 ถึง 30 เมษายน ค.ศ. 2003 24

รูปที่ **หน้า**

3.10 อนุกรมเวลาของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 7 วันของปริมาณฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดชัยภูมิ และวงจรรอบปีของปริมาณฝน ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2002 ถึง 30 เมษายน ค.ศ. 2003 24

3.11 อนุกรมเวลาของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ที่ลองจิจูด 101.25 °E ละติจูด 6.25 °N และวงจรรอบปีของปริมาณฝน ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2002 ถึง 30 เมษายน ค.ศ. 2003 22

3.12 อนุกรมเวลาของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 7 วันของปริมาณฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และวงจรรอบปีของปริมาณฝน ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2002 ถึง 30 เมษายน ค.ศ. 2003 25

4.1 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO 29

4.2 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.1เฉพาะระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม 30

4.3 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.1เฉพาะระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน 31

4.4 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝน จากชุดข้อมูล CMAP ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO 33

4.5 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.4 เฉพาะระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม 34

4.6 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.4 เฉพาะระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน 35

4.7 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝน จากข้อมูลสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม 37

4.8 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝน จากข้อมูลสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน 38

4.9 สัดส่วนของความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO เมื่อเทียบกับความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 โดยเฉลี่ย ปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม 41

4.10 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.9 เฉพาะระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน 42

4.11 สัดส่วนของความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO เมื่อเทียบกับความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 โดยเฉลี่ย ปริมาณฝนจากข้อมูลสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม 43

รูปที่ **หน้า**

4.12 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.11 เฉพาะระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน 44

4.13 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ในขณะที่ปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน 47

4.14 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา 48

4.15 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ 49

4.16 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่ปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน 50

4.17 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา 51

4.18 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ 52

4.19 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนในขณะที่ปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน 53

4.20 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา 54

4.21 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ 55

4.22 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่ปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน 56

4.23 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ตาม 57
พัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา .....

4.24 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ 58

4.25 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนขณะที่ปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน 59

รูปที่ **หน้า**

4.26 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา 60

4.27 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนขณะเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ 61

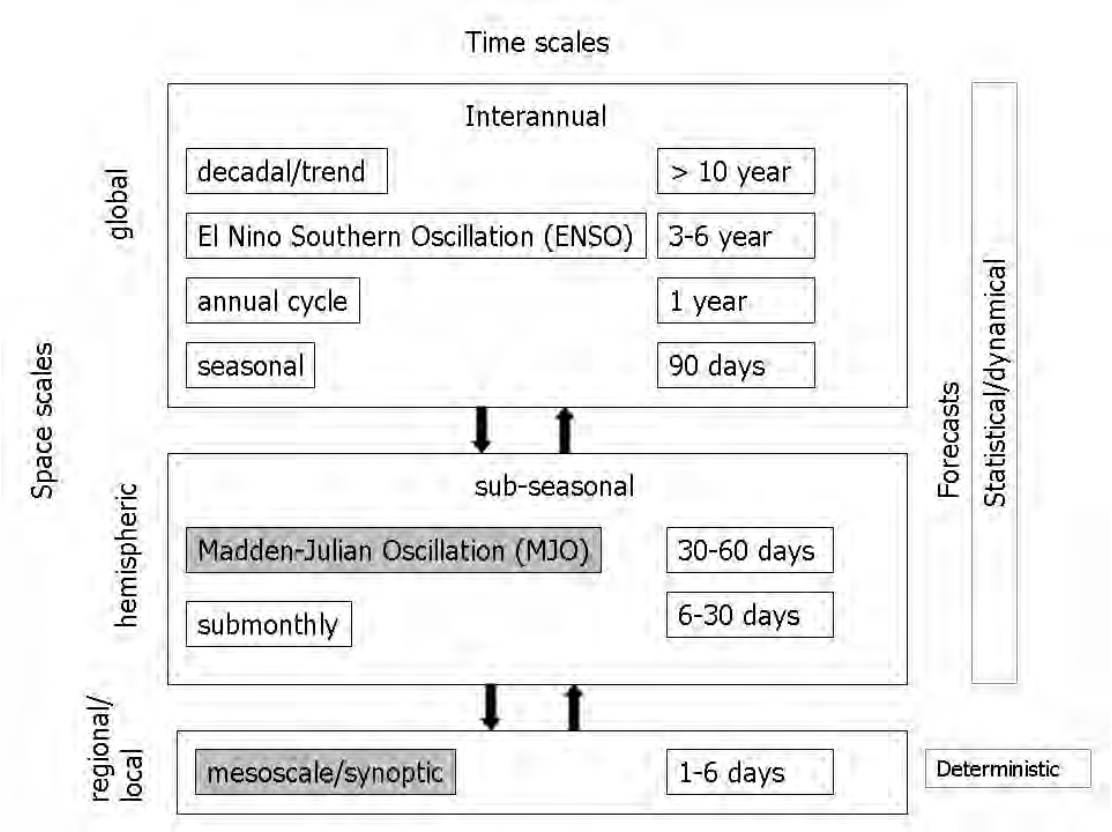
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ความแปรปรวนของสภาพอากาศและภูมิอากาศส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อสังคมไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแปรปรวนของปริมาณฝนซึ่งมีความสำคัญต่อการเกษตรและแหล่งน้ำ และพิบัติภัยทางธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม ฝนแล้ง ที่ผ่านมามีการศึกษาความแปรปรวนของปริมาณฝนของประเทศไทยในระยะยาว (แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล และคณะ, 2552) และความแปรปรวนในรอบเวลาที่นานกว่าหนึ่งปี ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ทางสมุทรศาสตร์และบรรยากาศที่สำคัญ ได้แก่ El Nino-Southern Oscillation (ENSO) (Singhrattna et al., 2005) และ Indian Ocean Dipole (ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล, 2552) อย่างไรก็ตามความแปรปรวนของภูมิอากาศเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุและมีหลายระดับความรุนแรง ทั้งที่เป็นปรากฏการณ์ที่มีลักษณะไม่เป็นคาบ และที่มีลักษณะเป็นคาบ ตั้งแต่หนึ่งวันไปจนถึงหลายปี ดังแสดงในรูปที่ 1.1 และปรากฏการณ์ต่างๆเหล่านี้ยังมีปฏิสัมพันธ์กันทั้งในเชิงเสริมกันและหักล้างกัน (Meehl et al., 2001) ดังนั้นในการประเมินความเสี่ยงจากความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศ นอกจากพิจารณาผลกระทบที่เกิดจากปรากฏการณ์ที่มีอิทธิพลสูงอย่างเช่น ENSO และระบบลมมรสุมแล้ว ต้องพิจารณาปรากฏการณ์อื่นๆที่อาจมีปฏิสัมพันธ์กันประกอบด้วย

หากพิจารณาความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาล ปรากฏการณ์ที่มีอิทธิพลมากที่สุดในคาบเวลานี้ คือ Madden-Julian Oscillation (MJO) ซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ การก่อตัวอย่างเป็นระบบของกลุ่มเมฆฝนเป็นบริเวณกว้างหลายพันตารางกิโลเมตร หรือระยะ wet phase เหนือแถบเขตร้อนของมหาสมุทรอินเดีย สลับกับบริเวณความกดอากาศสูง อากาศจมตัวซึ่งเป็นสภาวะที่ยับยั้งการก่อตัวของเมฆยกตัว (convection) เป็นเหตุให้มีเมฆฝนน้อย หรือระยะ dry phase ในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก และลักษณะคู่ตรงข้ามดังกล่าวมีการเคลื่อนตัวไปทางตะวันออก โดยบริเวณกลุ่มเมฆฝนจะเคลื่อนที่ไปถึงและสลายตัวบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 30 ถึง 60 วัน (Madden and Julian, 1971) ปรากฏการณ์ MJO ก่อให้เกิดความแปรปรวนของปริมาณฝน ตลอดจนการไหลเวียนของกระแสลมในบริเวณที่เคลื่อนผ่าน และเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญที่สุดที่ก่อให้เกิดความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาล (Zhang, 2005) ตัวอย่างของอิทธิพลของปรากฏการณ์ MJO เช่น วันเริ่มต้นฤดูมรสุม (monsoon onset) ในอินเดียและออสเตรเลียตอนเหนือมักเกิดในช่วงที่กลุ่มเมฆฝนของ MJO เคลื่อนผ่าน (Wheeler and Hendon, 2004) เช่นเดียวกับในทะเลจีนใต้ ซึ่งมีการสำรวจในปี ค.ศ.1998 พบว่าวันเริ่มฤดูมรสุมเกิดขึ้นหลังจากที่กลุ่มเมฆฝนของ MJO เคลื่อนผ่าน (Straub et al., 2006) ในทางตรงกันข้ามการทิ้งช่วงของฝนในฤดูมรสุม (monsoon break) มักเกิดในช่วงที่ความกดอากาศสูงของ MJO เคลื่อนผ่าน นอกจากนี้ MJO ยังมีความสัมพันธ์กับสภาวะสุดขีด (extreme events) ของปริมาณฝน Wheeler et al. (2008) พบแนวโน้มการเกิด

ฝนตกหนักในเขตออสเตรเลียตอนเหนือเพิ่มขึ้นสามเท่าในระยะ wet phase ของ MJO เมื่อเทียบกับระยะ dry phase ของ MJO



รูปที่ 1.1 ขนาดพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลและคาบเวลาของปรากฏการณ์ในทางอุตุนิยมวิทยาเขตร้อนและความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ต่างๆ ที่มา: Meehl et al. (2001)

การศึกษาพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO โดย Wheeler and Hendon (2004) ซึ่งใช้ข้อมูล outgoing longwave radiation (OLR) ที่วัดได้ด้วยดาวเทียม เป็นตัวแทนบริเวณที่เกิดเมฆฝน แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ประเทศไทยอยู่ในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของปรากฏการณ์ MJO ทั้งในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีการเปลี่ยนแปลงของบริเวณที่ได้รับผลกระทบตามฤดูมรสุม อย่างไรก็ตามจนถึงปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นระบบถึงความสัมพันธ์ของ MJO กับความแปรปรวนของปริมาณฝน ตลอดจนความสัมพันธ์ของ MJO กับการเกิดสภาวะสุดขีดของฝน โดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ประเทศไทย จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยนี้

นอกจากนี้การศึกษาระดับของความแปรปรวนของปริมาณฝนที่เกิดเนื่องจากปรากฏการณ์ MJO เปรียบเทียบกับปรากฏการณ์ที่มีอิทธิพลสูงอื่นๆ เช่น ENSO และระบบลมมรสุม จะทำให้สามารถประเมินระดับความแปรปรวนของปริมาณฝนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ประเทศไทยได้ครบถ้วนและถูกต้องยิ่งขึ้น ลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งของปรากฏการณ์ MJO คือ เมื่อก่อตัวขึ้นแล้ว มีรูปแบบของพัฒนาการที่ค่อนข้างแน่นอน จึงทำให้สามารถพยากรณ์สภาวะ

ฝนล่วงหน้าได้เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งถึงสองสัปดาห์ (Waliser et al., 2003) ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ MJO กับปริมาณฝนในประเทศไทย สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มขีดความสามารถในการพยากรณ์สภาวะฝนล่วงหน้าได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

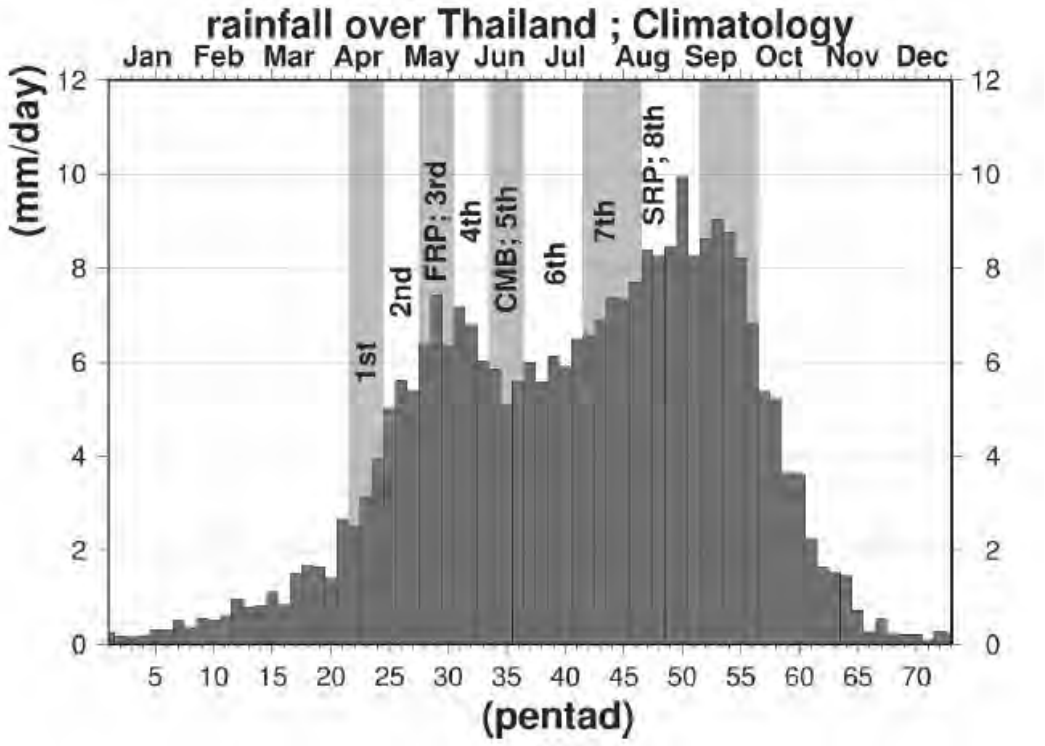
1.2.1 เพื่อระบุระดับความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาลของประเทศไทยที่เชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ MJO และขอบเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

1.2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ MJO กับปรากฏการณ์ ENSO ต่อความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาล

บทที่ 2
ทบทวนเอกสารงานวิจัย

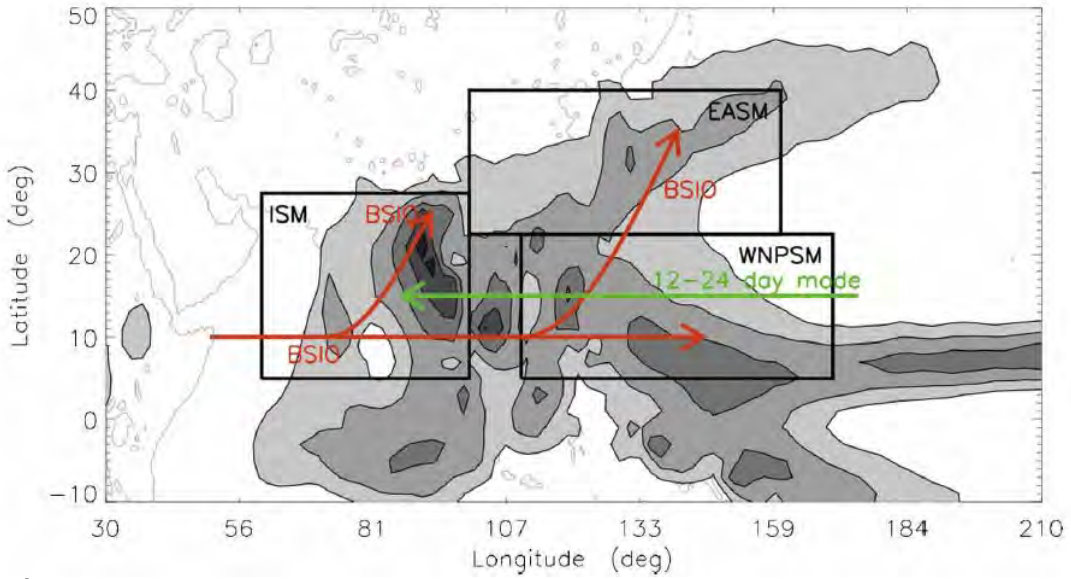
2.1 ความแปรปรวนของปริมาณฝนในประเทศไทย

ปริมาณฝนในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ซึ่งได้รับอิทธิพลหลักจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ภูมิภาคที่ได้รับฝนมากในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคใต้ฝั่งตะวันตก ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันออกได้รับฝนมากในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ รูปที่ 2.1 แสดงความผันแปรของปริมาณฝนในรอบปีสำหรับภูมิภาคที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ วันเริ่มต้นฤดูมรสุม (monsoon onset) ในช่วงปลายเดือนเมษายนถึงต้นเดือนพฤษภาคม ระยะฝนตกหนักช่วงต้นฤดูประมาณเดือนปลายเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนมิถุนายน ระยะฝนทิ้งช่วงในฤดูฝน (monsoon break) ประมาณปลายเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม และระยะฝนตกหนักช่วงปลายฤดูประมาณปลายเดือนกันยายน ซึ่งมักมีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนจากตะวันออกไปตะวันตกผ่านคาบสมุทรอินโดจีน ทำให้เกิดฝนตกหนักครั้งที่สองในช่วงฤดูฝนซึ่งหนักกว่าในช่วงต้นฤดู (Takahashi and Yasunari, 2006)



รูปที่ 2.1 ปริมาณฝนเฉลี่ยในแต่ละ pentad (ห้าวัน) หน่วย mm day^{-1} จากข้อมูลสถานีตรวจวัดจำนวน 32 สถานีที่ตั้งอยู่ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางของประเทศ เฉลี่ยในรอบ 50 ปี ที่มา: Takahashi and Yasunari (2006)

ระบบมรสุมฤดูร้อนของเอเชียแบ่งเป็นองค์ประกอบย่อย 3 บริเวณที่มีลักษณะเฉพาะตัว ได้แก่ มรสุมฤดูร้อนอินเดีย (Indian summer monsoon, ISM) มรสุมฤดูร้อนเอเชียตะวันออก (East Asian summer monsoon, EASM) และมรสุมฤดูร้อนแปซิฟิกตะวันตก (Western North Pacific summer monsoon, WNPSM) โดยระบบมรสุมย่อยเหล่านี้ต่างก็มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน (Hoyos and Webster, 2007; Lin et al., 2008) นอกจากความแปรปรวนที่มีคาบตามฤดูกาลแล้วยังมีความแปรปรวนภายในฤดูกาล (instraseasonal variability, ISV) ซึ่งมีคาบเวลาสั้นกว่าฤดูกาลเกิดขึ้นอีกด้วย แบ่งได้เป็น 2 คาบเวลาหลัก คือ ความแปรปรวนที่มีคาบเวลา 30–60 วัน เคลื่อนที่จากตะวันตกไปตะวันออก และความแปรปรวนที่มีคาบเวลา 12–24 วัน เคลื่อนที่จากตะวันออกไปตะวันตก (Yokoi et al. 2007; Lin et al., 2008) (รูปที่ 2.2) สำหรับความแปรปรวนที่มีคาบเวลา 30–60 วัน และเคลื่อนที่จากตะวันตกไปตะวันออกนั้น ตรงกับปรากฏการณ์ Madden Julian Oscillation (MJO) อย่างไรก็ตามหากเกิดในช่วงมรสุมเอเชียฤดูร้อนบางครั้งเรียกว่า Boreal Summer Intraseasonal Oscillation (BSIO) (Lin et al., 2008)



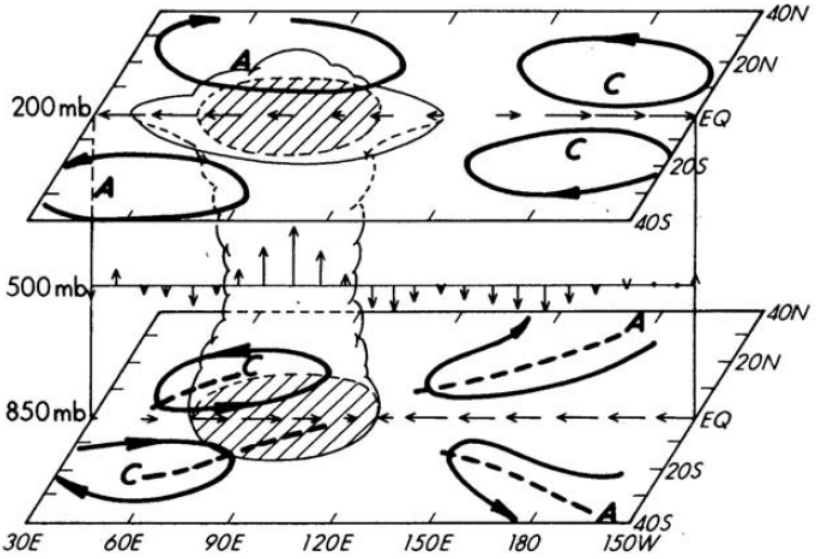
รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงมรสุมฤดูร้อนเอเชียประกอบด้วย 3 บริเวณ ได้แก่ อินเดีย (ISM) เอเชียตะวันออก (EASM) และแปซิฟิกตะวันตก (WNPSM) และความผันแปรภายในฤดูกาลที่สำคัญ 2 รูปแบบ คือ BSIO ซึ่งเป็นรูปแบบที่เคลื่อนที่จากตะวันตกไปตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ และ 12–24 day mode ซึ่งเป็นรูปแบบที่เคลื่อนที่จากตะวันตกไปตะวันออกและมีคาบเวลา 12–24 วัน เส้นเท่าแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณฝนในมรสุมฤดูร้อนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมจากชุดข้อมูล GCPC เส้นเท่าเส้นแรกเริ่มที่ 4 mm day $^{-1}$ เส้นถัดไปมีค่าเพิ่มขึ้น 2 mm day $^{-1}$ ที่มา: Lin et al. (2008)

ระบบลมมรสุมฤดูหนาวส่งผลต่อความแปรปรวนของปริมาณฝนเฉพาะบริเวณภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย โดยมีปริมาณฝนมากในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม โดยเฉพาะหากมีระลอกอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุมจะทำให้มีโอกาสเกิดฝนตกหนัก รวมทั้งในช่วงนี้อาจมีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนเข้าสู่ฝั่งอ่าวไทยได้

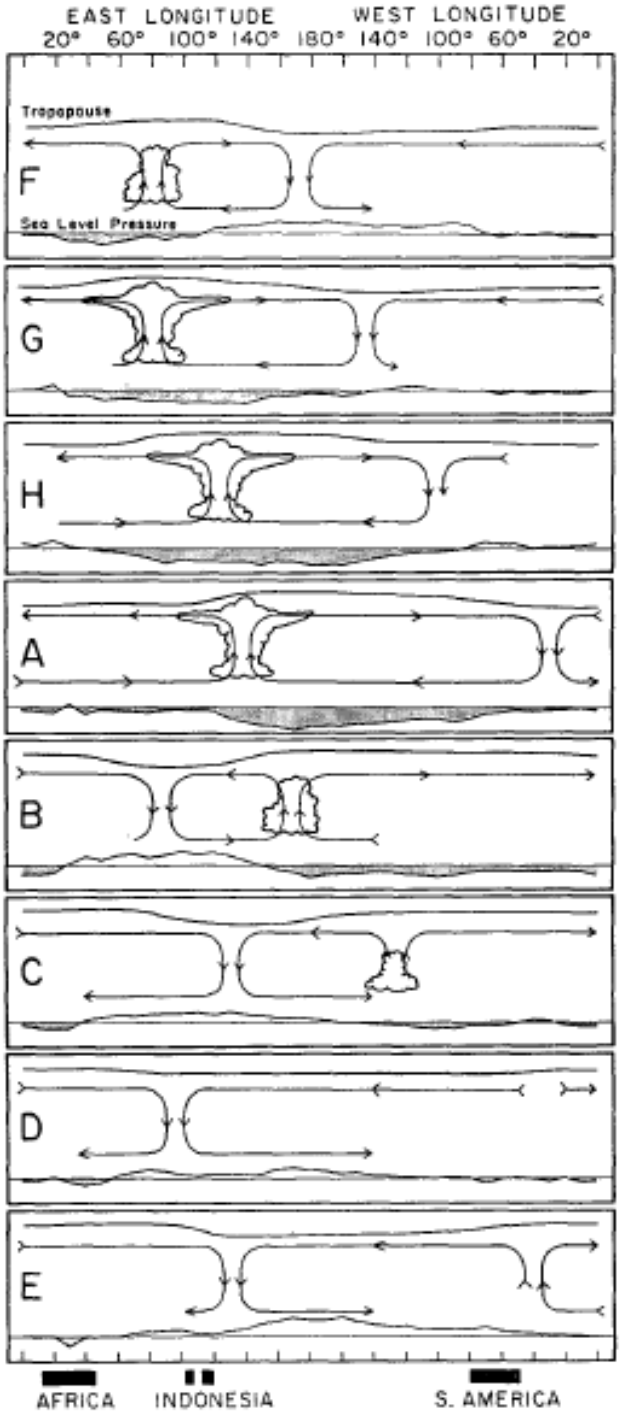
2.2 ปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation (MJO)

2.2.1 ลักษณะเด่น

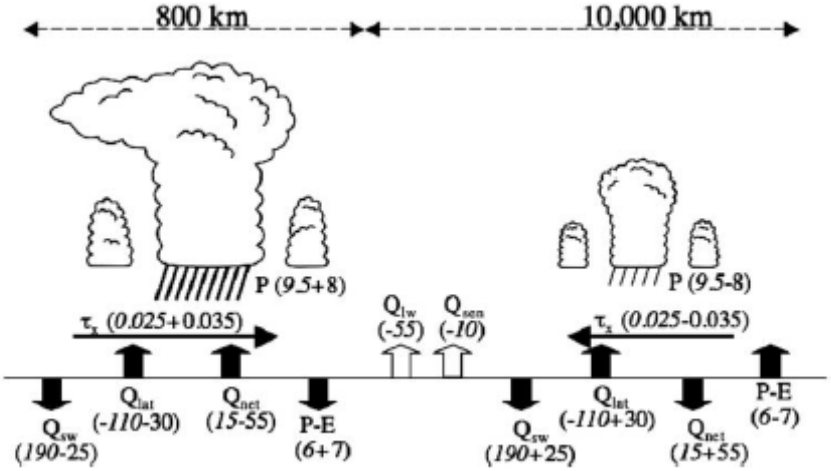
ระบบบรรยากาศแถบเขตร้อนมีความความแปรปรวนที่สำคัญเกิดขึ้นในรอบ 30–60 วัน นั่นคือ การก่อตัวของกลุ่มเมฆฝนเป็นบริเวณกว้างเหนือมหาสมุทรอินเดีย ขณะเดียวกันการก่อตัวของกลุ่มเมฆฝนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอื่นๆในทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความเชื่อมโยงกัน ได้แก่ ลมในแนวตะวันตกตะวันออก (u) ที่บรรยากาศระดับล่าง (850 hPa) และที่บรรยากาศระดับบน (200 hPa) และความกดอากาศที่ผิวพื้น โดยบริเวณกลุ่มเมฆฝนจะมีความกดอากาศต่ำ ลมที่ระดับล่างพัดเข้าสู่ศูนย์กลางเมฆฝน ทำให้เกิดการก่อตัวของเมฆยกตัวได้ดี ลมที่ระดับบนพัดออกจากศูนย์กลางเมฆฝนแล้วไปจมตัวที่ด้านข้างฝั่งตะวันออกและตะวันตก ลักษณะอากาศบริเวณที่อากาศจมตัวมีเสถียรภาพสูง สภาวะเช่นนี้ไม่ส่งเสริมให้เกิดการก่อตัวของเมฆยกตัว และความกดอากาศบริเวณนี้มีค่าสูง จึงเกิดลักษณะคู่ตรงข้ามของกลุ่มเมฆฝน (convective dipole) ขึ้น (รูปที่ 2.3) ลักษณะดังกล่าวจะเคลื่อนตัวไปทางตะวันออก ทำให้กลุ่มเมฆฝนเคลื่อนตัวมาอยู่เหนือหมู่เกาะอินโดนีเซีย ตามด้วยมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ก่อนจะอ่อนกำลังลงบริเวณเส้นแบ่งเขตวันสากล ลักษณะดังกล่าวค้นพบเป็นครั้งแรกโดย Madden and Julian (1971, 1972) (รูปที่ 2.4) ต่อมาจึงเรียกชื่อความแปรปรวนลักษณะแบบนี้ว่า Madden-Julian Oscillation (MJO) บริเวณกลุ่มเมฆฝนที่ก่อตัวเป็นวงกว้างประมาณ 800 กิโลเมตร เรียกว่าระยะ active phase หรือ wet phase ของปรากฏการณ์ MJO ขณะที่บริเวณอากาศจมตัวซึ่งยับยั้งการเกิดกลุ่มเมฆฝน เรียกว่าระยะ suppressed phase หรือ dry phase ของปรากฏกาณ์ MJO ซึ่งครอบคลุมพื้นที่กว้างกว่า ประมาณ 10,000 km (รูปที่ 2.5)



รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงการไหลเวียนอากาศที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO สัญลักษณ์ก้อนเมฆแทนศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝน ลูกศรแสดงทิศทางของความผิดสภาพของความเร็วลมที่ระดับ 850 hPa และ 200 hPa และความเร็วลมในแนวดิ่งที่ระดับ 500 hPa ตัวอักษร A และ C แทน anticyclones และ cyclones ตามลำดับ เส้นประแทน troughs กับ ridges ที่มา: Rui and Wang (1990)



รูปที่ 2.4 แผนภาพในแนวลองจิจูดกับความสูงที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร แสดงการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่และเวลาของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation (MJO) สัญลักษณ์ก้อนเมฆแทนศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝน ลูกศรแสดงทิศทางลมในแนวตะวันตกตะวันออก เส้นโค้งด้านล่างแสดงการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศที่ผิวพื้น เส้นโค้งด้านบนแสดงการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศที่ระดับบนของชั้นโทรโปสเฟียร์ ที่มา: Madden and Julian (1972)



รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์การถ่ายเทพลังงานและโมเมนตัมระหว่างบรรยากาศกับมหาสมุทรที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO ได้แก่ ฟลักซ์ของรังสีจากดวงอาทิตย์ (Q_{sw} หน่วย W m^{-2}) ฟลักซ์ของความร้อนจากการเปลี่ยนสถานะของน้ำ (Q_{lat} หน่วย W m^{-2}) ฟลักซ์ของความร้อนรวม (Q_{net} หน่วย W m^{-2}) ปริมาณฝน (P หน่วย mm d^{-1}) ปริมาณน้ำที่ถ่ายเทสู่มหาสมุทร (P-E หน่วย mm d^{-1}) และความเค้นของลมในแนวตะวันตกตะวันออก (T_x หน่วย N m^{-2}) ทิศของลูกศรชี้ลงและค่าฟลักซ์เป็นบวกหมายถึงฟลักซ์ที่ถ่ายเทจากบรรยากาศสู่มหาสมุทร สัญลักษณ์เมฆที่ก่อตัวสูงทางซ้ายมือแทนกลุ่มเมฆฝนในช่วง wet phase ของปรากฏการณ์ MJO สัญลักษณ์เมฆที่ก่อตัวไม่สูงทางขวามือแทนกลุ่มเมฆฝนในช่วง dry phase ของปรากฏการณ์ MJO (ตัวเลขมาจากข้อมูลจากการตรวจวัดในภาคสนาม) ที่มา: Zhang (2005)

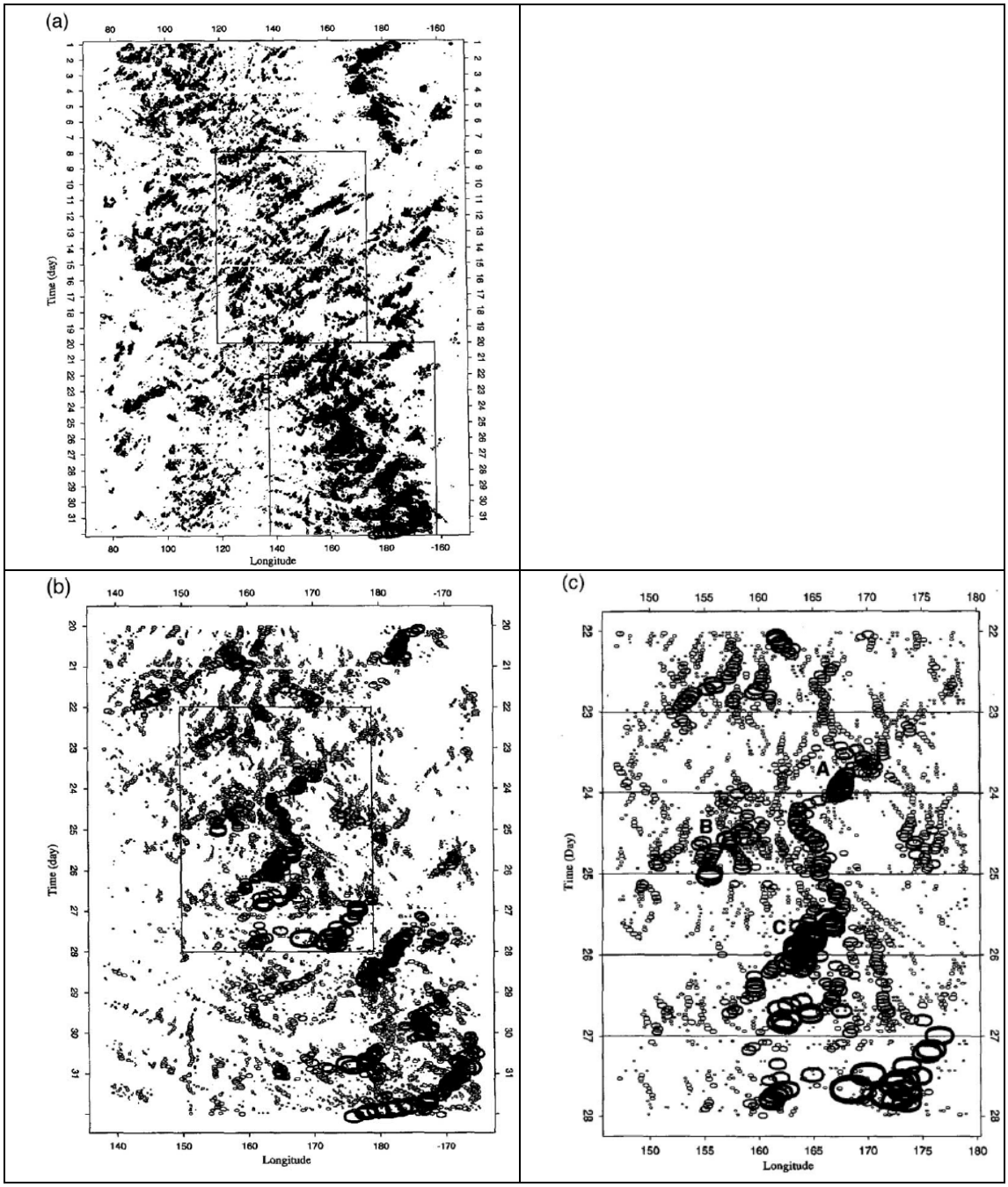
2.2.2 กลไกในการเกิดปรากฏการณ์ MJO

กลไกในการทำให้ลักษณะคู่ตรงข้ามของปรากฏการณ์ MJO มีการเคลื่อนที่จากตะวันตกไปทางตะวันออก ส่วนหนึ่งเกิดจากอุณหภูมิของน้ำทะเลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ความร้อนที่น้ำได้รับ (Zhang, 2005) โดยในช่วง dry phase มีปริมาณเมฆฝนน้อย ทำให้ฟลักซ์ความร้อนที่ได้รับมีค่ามากกว่าค่าปกติ ขณะเดียวกันกับที่บรรยากาศชั้นล่างเกิดลมตะวันออกซึ่งมีทิศตรงข้ามกับทิศทางของลมประจำถิ่น ทำให้ความแรงของลมโดยรวมมีค่าลดลง ส่งผลให้ปริมาณการระเหยเป็นไอน้ำลดลง และฟลักซ์ความร้อนจากการระเหยมีค่าลดลง ดังนั้นในระยะนี้ปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับจึงมีค่ามากกว่าค่าปกติ ส่งผลให้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงขึ้น ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้อากาศเหนือบริเวณน้ำอุณหภูมิสูงมีเสถียรภาพลดลง เกิดการยกตัวได้ดีขึ้น จึงเป็นผลให้ในระยะเวลาต่อจากช่วง dry phase เกิดการก่อตัวเป็นเมฆฝนในบริเวณกว้างได้ดีกลายเป็นช่วง wet phase ของปรากฏการณ์ MJO และเมื่อเข้าสู่ระยะ wet phase แล้ว ลักษณะการรวมตัวของกลุ่มเมฆฝนทำให้ปริมาณความร้อนที่ลงมาสู่ผิวน้ำทะเลมีค่าลดลง ขณะเดียวกันกับที่บรรยากาศชั้นล่างเกิดลมตะวันตกพัดเข้ามาสู่บริเวณศูนย์กลางของ

กลุ่มเมฆฝน เมื่อเสริมเข้ากับลมประจำถิ่นซึ่งเป็นลมตะวันตก ทำให้ความแรงของลมเพิ่มขึ้น เป็นผลให้อัตราการระเหยเพิ่มมากขึ้น การสูญเสียความร้อนของน้ำจากการระเหยจึงมากขึ้น ดังนั้นในระยะนี้ปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับจึงมีค่าน้อยกว่าค่าปกติ ส่งผลให้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลลดลง ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้อากาศเหนือบริเวณน้ำอุณหภูมิต่ำมีเสถียรภาพมากขึ้น ยับยั้งการเกิดเมฆยกตัว เกิดเป็นช่วง dry phase ของปรากฏการณ์ MJO ในรอบต่อไป (Shinoda et al., 1999; Zhang, 2005)

2.2.3 ความแปรปรวนภายในของปรากฏการณ์ MJO

ในภาพรวมช่วง wet phase ของปรากฏการณ์ MJO กลุ่มเมฆฝนจะก่อตัวเป็นบริเวณกว้าง และเคลื่อนที่จากตะวันตกไปตะวันออกตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30–60 วัน (รูปที่ 2.6 a) ขณะเดียวกันยังมีความแปรปรวนภายในของกลุ่มเมฆฝนที่มีความถี่สูงกว่าด้วย (Chen et al., 1996) โดยกลุ่มเมฆฝนขนาดใหญ่ที่ก่อตัวเป็นบริเวณกว้าง เรียกว่า super cloud cluster ภายในประกอบไปด้วยกลุ่มเมฆฝนขนาดกลาง เรียกว่า cloud cluster ซึ่งเคลื่อนที่จากตะวันออกไปตะวันตกใช้เวลาประมาณ 3–5 วัน (รูปที่ 2.6 b) ภายใน cloud cluster ยังประกอบไปด้วยกลุ่มเมฆขนาดเล็กๆ หลายกลุ่ม (รูปที่ 2.6 c)



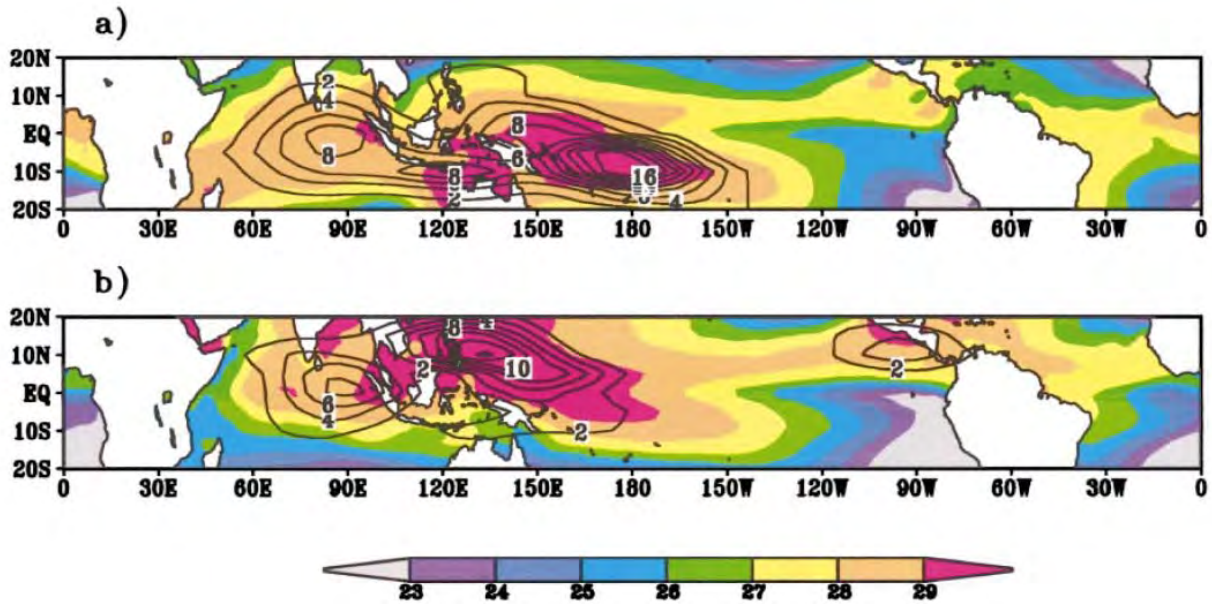
รูปที่ 2.6 แผนผังในแนวลองจิจูดกับเวลาของกลุ่มเมฆฝนระดับสูงเฉลี่ยระหว่างละติจูดที่ 0° –10°S ระหว่าง (a) วันที่ 1–31 ตุลาคม ค.ศ.1992 ซึ่งเกิดปรากฏการณ์ MJO เคลื่อนที่ผ่านมหาสมุทรอินเดียตะวันออกไปยังมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก (b) ภาพขยายสำหรับวันที่ 20–31 ตุลาคม ค.ศ.1992 ดังแสดงขอบเขตด้วยรูปสี่เหลี่ยมในรูป 1.3 (a) (c) ภาพขยายสำหรับวันที่ 22–28 ตุลาคม ค.ศ.1992 ดังแสดงขอบเขตด้วยรูปสี่เหลี่ยมในรูป 1.3 (b) ขนาดของวงรีแปรผันตรงกับขนาดของกลุ่มเมฆฝน ที่มา: Chen et al. (1996)

2.2.4 ความแปรปรวนของปรากฏการณ์ MJO ตามฤดูกาลและระหว่างปี

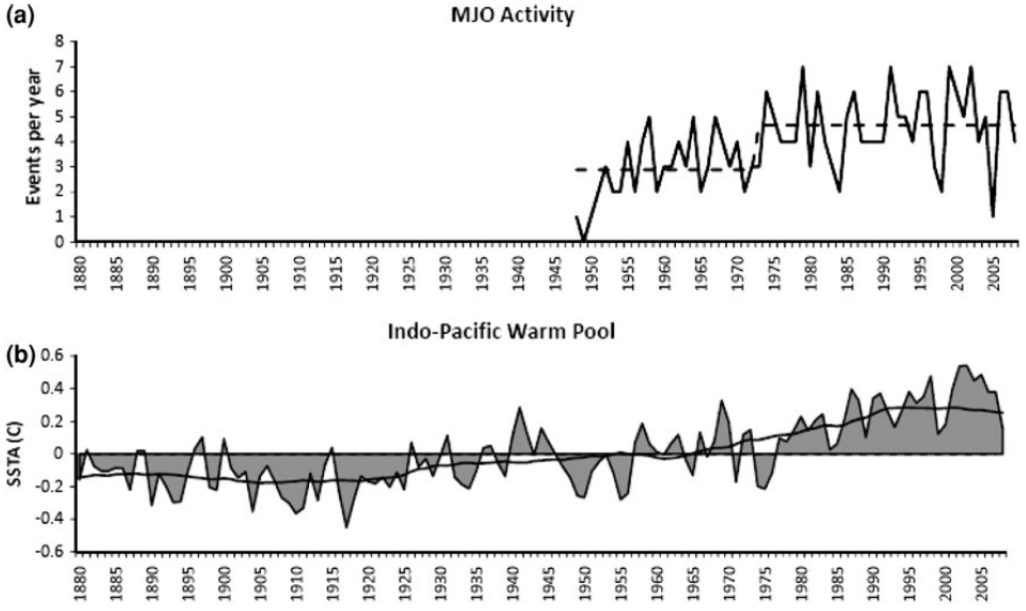
กลุ่มเมฆฝนที่ก่อตัวบริเวณเขตร้อนของมหาสมุทรอินเดียและเคลื่อนที่ไปยังมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกภายในระยะเวลา 30–60 วันเป็นลักษณะเด่นของปรากฏการณ์ MJO แต่ศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งละติจูด ขึ้นอยู่กับลักษณะประจำฤดูกาลด้วย ซึ่งกำหนดโดยตำแหน่งของร่อง Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ) (Zhang and Dong, 2004) ในฤดูร้อนของซีกโลกเหนือซึ่งตรงกับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ร่อง ITCZ อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร ซึ่งเป็นไปตามอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ศูนย์กลางของความแปรปรวนของกลุ่มเมฆฝนตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO จึงอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรด้วย (รูปที่ 2.7 b) ในฤดูร้อนของซีกโลกใต้ซึ่งตรงกับฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ร่อง ITCZ อยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรเช่นเดียวกันกับศูนย์กลางความแปรปรวนของกลุ่มเมฆฝนของ MJO (รูปที่ 2.7 a) นอกจากตำแหน่งของศูนย์กลางของกลุ่มเมฆที่แตกต่างกันในสองฤดูกาลแล้ว ความแปรปรวนของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างสองฤดูกาลยังมีค่าไม่เท่ากัน โดยความแปรปรวนของปริมาณฝนที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO ในฤดูร้อนของซีกโลกใต้มีค่ามากกว่าในฤดูร้อนของซีกโลกเหนือ

นอกจากความแปรปรวนของปรากฏการณ์ MJO ตามฤดูกาลแล้วยังมีความแปรปรวนที่มีคาบเวลายาวนานกว่าฤดูกาลอีกด้วย โดยในรอบหลายสิบปี (decadal timescale) จำนวนครั้งของการเกิดปรากฏการณ์ MJO ต่อปี มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3 ครั้งต่อปีระหว่างปี ค.ศ. 1948–1972 เป็น 4 ครั้งต่อปีระหว่างปี ค.ศ. 1973–2008 (รูปที่ 2.8 a) แนวโน้มดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยรายปีของความผิดสภาพของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตร้อนของมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิกที่เพิ่มสูงขึ้นในปี ค.ศ. 1973 (รูปที่ 2.8 b) เรียกว่า Pacific Decadal Oscillation ซึ่งพลิกกลับจากสถานะ cold phase เป็น warm phase หรือเกิด regime shift (Jones and Carvalho, 2011)

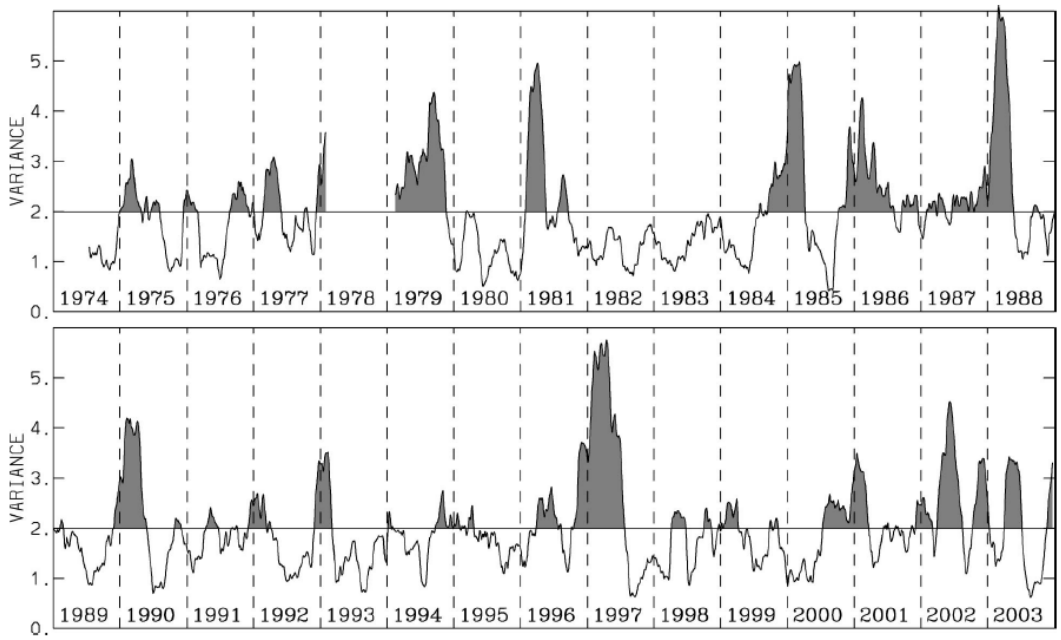
ส่วนในรอบเวลามากกว่าหนึ่งปีแต่น้อยกว่าสิบปี (interannual timescale) ปรากฏการณ์ที่มีอิทธิพลมากที่สุดได้แก่ ปรากฏการณ์ ENSO แต่จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนของปรากฏการณ์ MJO กับปรากฏการณ์ ENSO ยังไม่พบความสัมพันธ์กัน ดังในรูปที่ 2.9 ปีที่ปรากฏการณ์ MJO มีกำลังแรงไม่ตรงกับสถานะใดสถานะหนึ่งโดยเฉพาะของปรากฏการณ์ ENSO (Wheeler and Hendon, 2004) แต่มีงานวิจัยที่พบความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ MJO กับ ENSO ในแง่มุมที่ว่าปรากฏการณ์ MJO มักเป็นปัจจัยหนึ่งในหลายปัจจัยที่นำไปสู่การเริ่มต้นของปรากฏการณ์ ENSO เพราะ MJO ในช่วง wet phase ทำให้เกิดลมตะวันตกในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ส่งผลทำให้น้ำอุณหภูมิสูงเคลื่อนที่ไปยังตอนกลางของมหาสมุทรแปซิฟิกมากขึ้น พร้อมทั้งทำให้เกิด Kelvin waves ที่สามารถทำให้อุณหภูมิน้ำทะเลทางตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิสูงขึ้นได้ (McPhaden et al., 2006)



รูปที่ 2.7 ความแปรปรวนของปริมาณฝน (เส้นเท่า หน่วย $mm^2 d^{-2}$) และอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (สี หน่วย $^{\circ}C$) ที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO (a) ระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม (b) ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน ที่มา: Zhang and Dong (2004)



รูปที่ 2.8 (a) จำนวนครั้งของการเกิดปรากฏการณ์ MJO ต่อปี เส้นประแทนค่าเฉลี่ยระหว่างปี ค.ศ. 1948–1972 และ ค.ศ. 1973–2008 (b) ค่าเฉลี่ยรายปีของความผิดสภาพของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ($^{\circ}C$) ในเขตร้อนของมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิก เส้นทึบแสดงค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ในรอบ 30 ปี ที่มา: Jones and Carvalho (2011)



รูปที่ 2.9 อนุกรมเวลาของความแปรปรวนของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO แสดงด้วยค่า $RMM1^2 + RMM2^2$ ที่มา: Wheeler and Hendon (2004)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูล

3.1.1 ชุดข้อมูลปริมาณฝนและปริมาณเมฆฝน

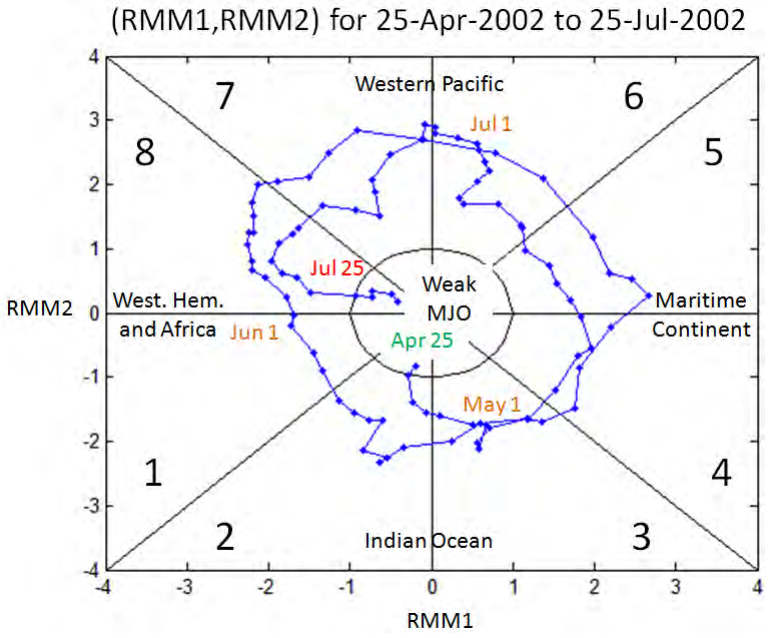
1. ปริมาณฝนรายวันจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ผ่านกระบวนการควบคุมคุณภาพของข้อมูลแล้ว (ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล, 2552) จำนวน 58 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศไทย ใช้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2522 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 (ค.ศ. 1979–2008) ระยะเวลา 30 ปี

2. outgoing longwave radiation (OLR) จากการตรวจวัดด้วยดาวเทียม NOAA (Liebmann and Smith, 1996) เป็นค่าที่แสดงการก่อตัวของกลุ่มเมฆฝนยกตัว (convection) เป็นบริเวณกว้างได้ดี และใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ MJO อย่างแพร่หลาย (Wheeler and Hendon, 2004; Wheeler et al., 2009) ทั้งนี้เพราะ OLR เป็นค่ารังสีอินฟราเรดที่ตรวจวัดได้จากภายนอกชั้นบรรยากาศของโลก ค่า OLR ต่ำแสดงถึงรังสีที่แผ่ออกไปมาจากบริเวณยอดเมฆที่ก่อตัวสูงขึ้นไปในชั้นบรรยากาศ ค่า OLR สูงแสดงถึงรังสีที่แผ่ออกไปมาจากบริเวณใกล้ผิวพื้น ทำให้อนุมานได้ว่าบริเวณนั้นไม่มีเมฆปกคลุม ข้อมูล OLR อยู่ในรูปกริดความละเอียด 2.5°x2.5° เป็นค่าเฉลี่ยรายวันเข้าถึงได้จากเว็บไซต์ http://www.esrl.noaa.gov/psd ของหน่วยงาน Earth System Research Laboratory แห่ง National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 1979 ถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2008

3. Climate Prediction Center (CPC) Merged Analysis of Precipitation (CMAP) เป็นข้อมูลปริมาณฝนทั่วโลก ที่ได้มาจากวิเคราะห์ทางสถิติโดยมีข้อมูลนำเข้าจากหลายแหล่ง ได้แก่ การตรวจวัดภาคพื้นดิน การตรวจวัดด้วยดาวเทียมในช่วงรังสีอินฟราเรดและไมโครเวฟ จำนวน 5 แหล่ง ได้แก่ GPI, OPI, SSM/I scattering, SSM/I emission และ MSU และแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์สภาพอากาศ (Xie and Arkin, 1997) ข้อมูล CMAP อยู่ในรูปกริดความละเอียด 2.5°x2.5° เป็นค่าเฉลี่ยปริมาณฝนรายห้าวัน (pentad) เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ http://www.esrl.noaa.gov/psd ของหน่วยงาน Earth System Research Laboratory แห่ง National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 1979 ถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2008

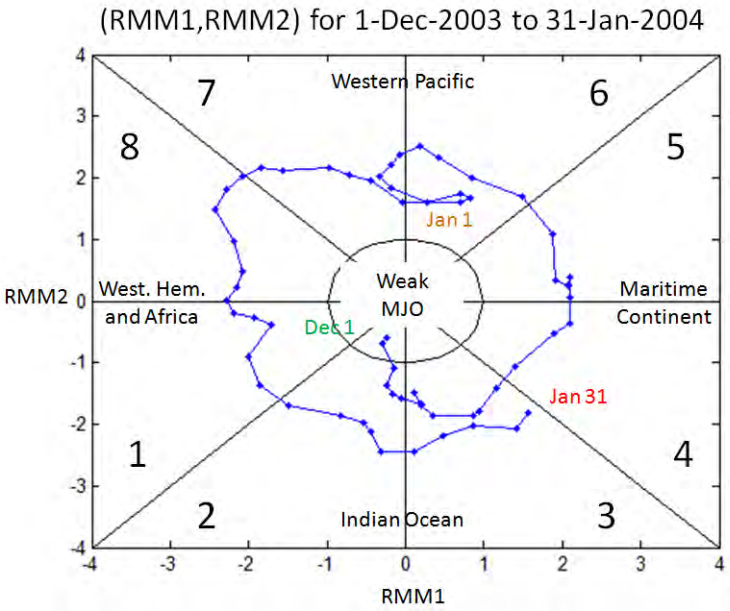
3.1.2 ดัชนีบ่งชี้พัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO

ดัชนีบ่งชี้การเกิดปรากฏการณ์ MJO คือ all-season real-time multivariate MJO index (RMM index) ของ Wheeler and Hendon (2004) เป็นดัชนีที่ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ MJO อย่างแพร่หลาย (Kim et al., 2010; Matthews et al., 2010; Pai et al., 2011) เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ http://www.cawcr.gov.au ของหน่วยงาน The Centre for Australian Weather and Climate Research ประเทศออสเตรเลีย RMM index ได้มาจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Empirical Orthogonal Function (EOF) ของค่า OLR และค่าความเร็วลมในแนวตะวันออก-ตะวันตกที่ระดับ 850 hPa และระดับ 200 hPa ค่า principal component (PC) ตัวที่หนึ่งและสองที่ได้จากการวิเคราะห์ก็คือค่าดัชนี RMM1 และ RMM2 ซึ่งจะแปรผันตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ค่าขนาดของเวกเตอร์ $\sqrt{RMM1^2 + RMM2^2} \geq 1$ แสดงว่าเป็นช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ MJO หากค่าขนาดของเวกเตอร์ $\sqrt{RMM1^2 + RMM2^2} < 1$ แสดงว่าเป็นช่วงที่ไม่เกิดปรากฏการณ์ MJO ตำแหน่งของจุดบน phase space แทนตำแหน่งศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ โดยระยะ (phase) ที่ 1 แทนการเริ่มต้นของปรากฏการณ์บริเวณมหาสมุทรอินเดียตะวันตกแล้วเคลื่อนที่ไปทางตะวันออก ระยะที่ 2 และ 3 ศูนย์กลางกลุ่มเมฆฝนอยู่ที่มหาสมุทรอินเดีย ระยะที่ 4 และ 5 ศูนย์กลางกลุ่มเมฆฝนอยู่ที่หมู่เกาะอินโดนีเซีย ระยะที่ 6 และ 7 ศูนย์กลางกลุ่มเมฆฝนอยู่ที่มหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก จนสิ้นสุดพัฒนาการเมื่อกลุ่มเมฆฝนอ่อนกำลังลงบริเวณเส้นแบ่งเขตวันสากลในระยะที่ 8 รูปที่ 3.1 แสดงค่าของ RMM1 และ RMM2 ใน phase space ตั้งแต่วันที่ 25 เมษายน ถึง 25 กรกฎาคม ค.ศ. 2002 แสดงถึงตำแหน่งจุดศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนตั้งแต่เริ่มก่อตัวในมหาสมุทรอินเดียในวันที่ 27 เมษายน แล้วเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกผ่านหมู่เกาะอินโดนีเซียและมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกในเดือนพฤษภาคม และเริ่มต้นวัฏจักรใหม่ในเดือนมิถุนายน จนกระทั่งอ่อนตัวลงบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ลักษณะการเคลื่อนที่ของจุดแบบทวนเข็มนาฬิกาแทนรูปแบบการเคลื่อนที่จากตะวันตกไปทางตะวันออกของกลุ่มเมฆฝนนั่นเอง

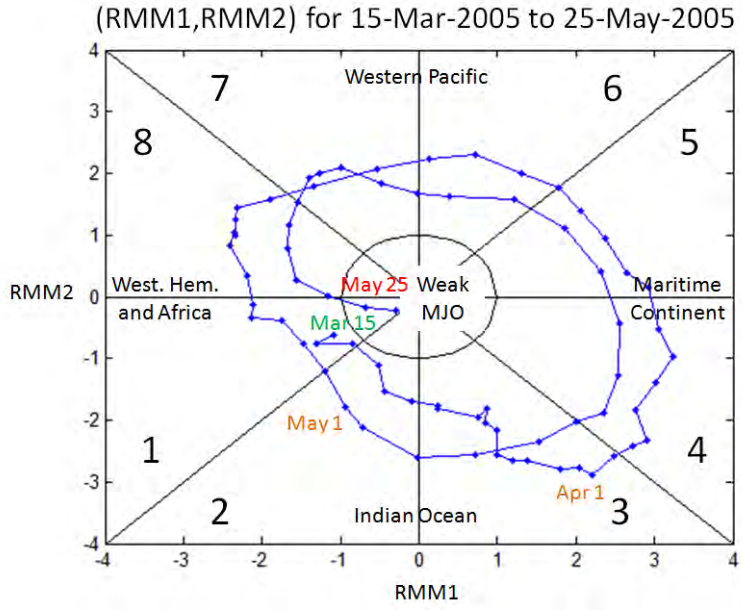


รูปที่ 3.1 ค่าดัชนี RMM1 และ RMM2 ระหว่างระหว่างวันที่ 25 เมษายน ถึง 25 กรกฎาคม ค.ศ. 2002 ตำแหน่งของจุดใน phase space แสดงสถานะของ MJO และตำแหน่งศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนที่เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออก โดย $\sqrt{RMM1^2 + RMM2^2} \geq 1$ แสดงว่าเกิดปรากฏการณ์ MJO $\sqrt{RMM1^2 + RMM2^2} < 1$ แสดงว่าไม่เกิดปรากฏการณ์ MJO ส่วนระยะที่ 8 และ 1 แสดงว่าตำแหน่งศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนอยู่เหนือทวีปแอฟริกาตะวันออก ระยะที่ 2 และ 3 ศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนอยู่เหนือมหาสมุทรอินเดีย ระยะที่ 4 และ 5 ศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนอยู่เหนือหมู่เกาะอินโดนีเซีย ระยะที่ 6 และ 7 ศูนย์กลางเมฆฝนอยู่เหนือมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก

เนื่องจากปรากฏการณ์ MJO เป็นความแปรปรวนภายในฤดูกาล จึงสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกเดือนและทุกฤดูกาล ดังรูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของปรากฏการณ์ MJO ที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างของปรากฏการณ์ MJO ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และรูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างของปรากฏการณ์ MJO ในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม



รูปที่ 3.2 เช่นเดียวกับรูปที่ 3.1 แต่เป็นค่าดัชนี RMM1 และ RMM2 ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม ค.ศ. 2003 ถึงวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 2004

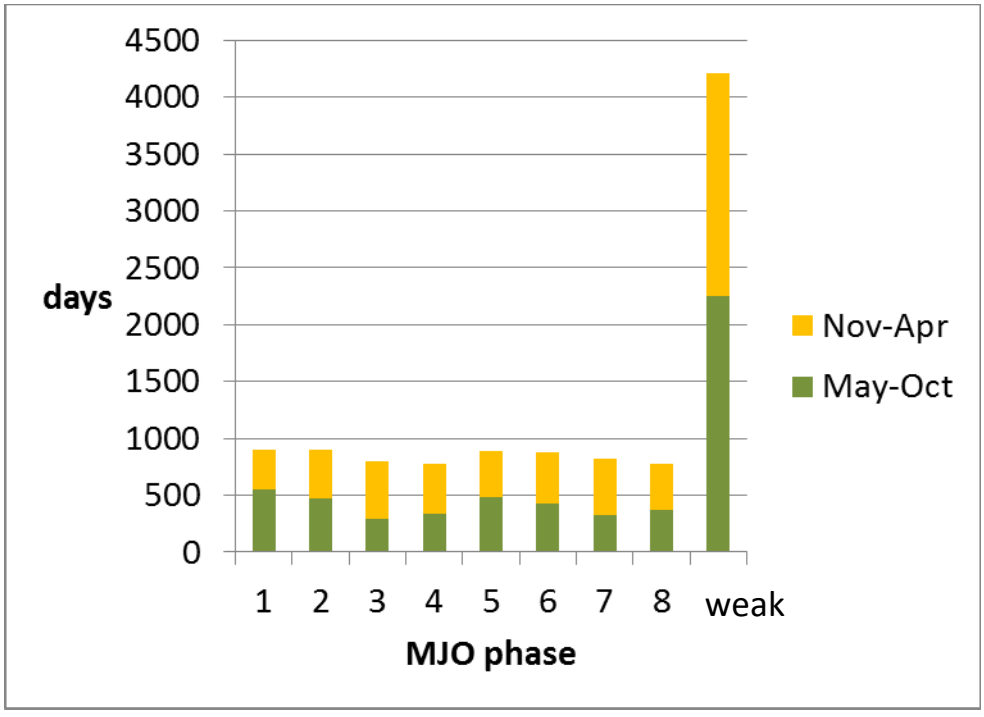


รูปที่ 3.3 เช่นเดียวกับรูปที่ 3.1 แต่เป็นค่าดัชนี RMM1 และ RMM2 ระหว่างวันที่ 15 มีนาคม ถึง 25 พฤษภาคม ค.ศ. 2005

ตารางที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่าในระยะเวลา 30 ปีของการศึกษา ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1979 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2008 มีจำนวนวันที่ปรากฏการณ์ MJO มีกำลังอ่อน (weak MJO) คิดเป็นร้อยละ 38.5 ของจำนวนวันทั้งหมด ส่วนจำนวนวันที่เกิดปรากฏการณ์ MJO ขึ้นนั้นหากแบ่งตามพัฒนาการต่างๆ แล้วมีจำนวนใกล้เคียงกันประมาณร้อยละ 7 และหากจำแนกตามฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือดังรูปที่ 3.4 แล้ว แนวโน้มการกระจายของวันตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ก็ยังมีลักษณะใกล้เคียงกันทุกระยะ (phase)

ตารางที่ 3.1 จำนวนวันและ pentad ในแต่ละระยะของพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1979 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2008 (ไม่คิดวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ในปีที่เป็นอธิกสุรทิน หรือ leap year)

ระยะของ MJO	จำนวนวัน	จำนวน pentad
1	902	187
2	898	181
3	800	173
4	781	153
5	886	178
6	875	175
7	821	161
8	773	153
Weak MJO	4214	829



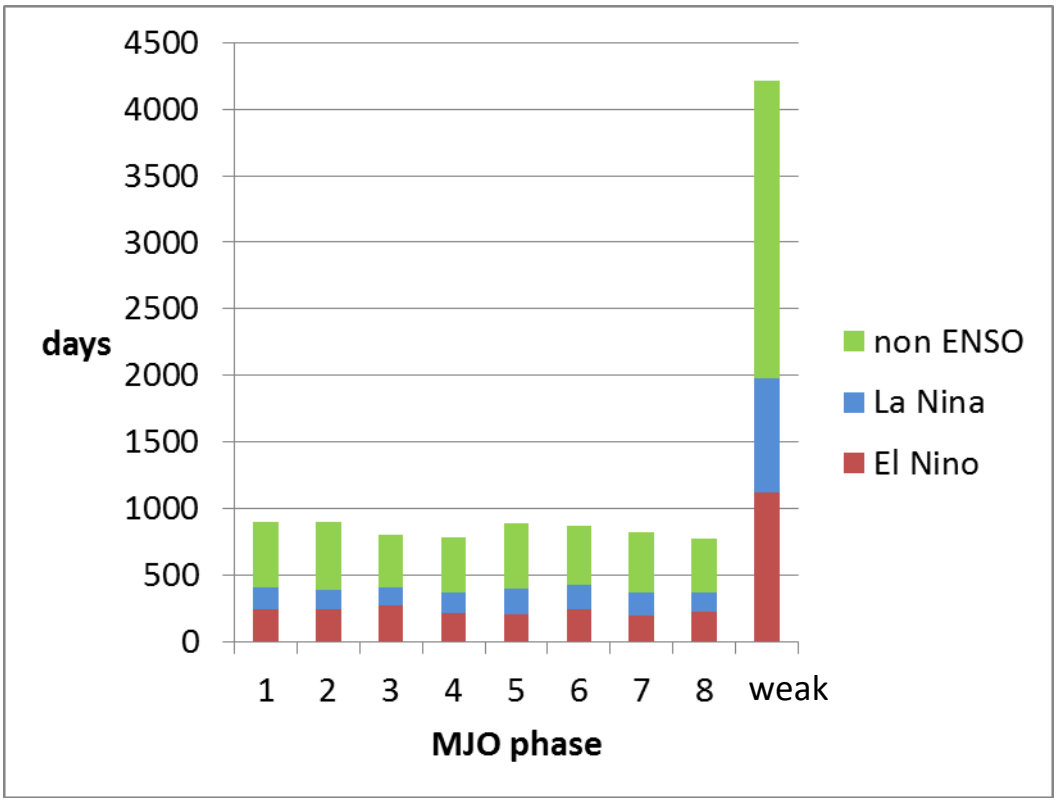
รูปที่ 3.4 จำนวนวันที่ในระยะที่ 1 ถึง 8 ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO และจำนวนวันที่ปรากฏการณ์ MJO มีกำลังอ่อน (weak) แยกตามฤดูมรสุม ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (สีเขียว) และระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน (สีเหลือง) ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1979 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2008

3.1.3 ดัชนีบ่งชี้สถานะของปรากฏการณ์ El-Nino Southern Oscillation (ENSO)

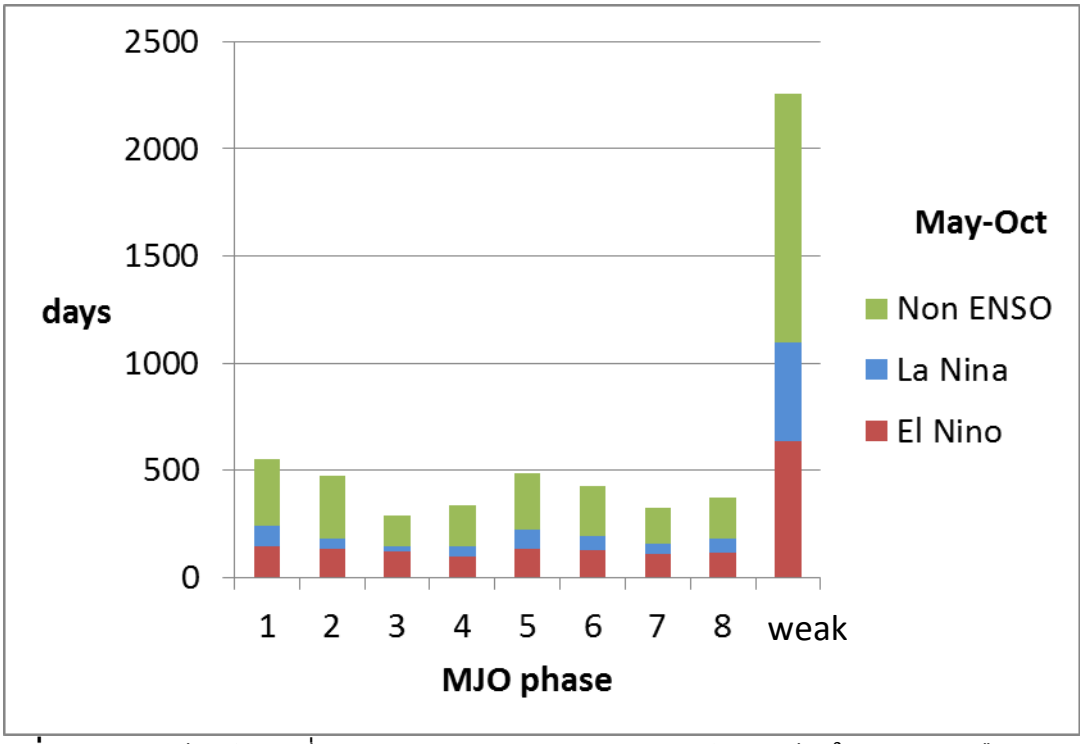
ดัชนีบ่งชี้สถานะของปรากฏการณ์ ENSO คือ Oceanic Nino Index (ONI) เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ http://www.cpc.ncep.noaa.gov ของหน่วยงาน Climate Prediction Center แห่ง National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ดัชนี ONI ได้มาจากค่าผิดปกติของอุณหภูมิน้ำทะเลเฉลี่ยในรอบ 3 เดือนเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปีฐานระหว่าง ค.ศ. 1971-2000 บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกระหว่างละติจูด 5°N-5°S ลองจิจูด 120°-170°W (หรือเรียกว่า Nino 3.4) หากค่าดัชนี ONI > 0.5 $^{\circ}$C ติดต่อกันอย่างน้อย 5 เดือนแสดงว่าเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ หรือ ENSO warm phase หากค่าดัชนี ONI < -0.5 $^{\circ}$C ติดต่อกันอย่างน้อย 5 เดือนแสดงว่าเกิดปรากฏการณ์ลานีญา หรือ ENSO cold phase (ภาคผนวก ตารางที่ ผ.1) ตารางที่ 3.2 สรุปปรากฏการณ์ ENSO ที่เกิดขึ้นในระยะเวลา 30 ปีที่ทำการศึกษา จะเห็นได้ว่าปรากฏการณ์ ENSO มักจะมีกำลังแรงในช่วงเดือนพฤศจิกายน เดือนธันวาคมและเดือนมกราคมของปี รูปที่ 3.5 จำแนกวันในแต่ละระยะตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO และสถานะของปรากฏการณ์ ENSO รูปที่ 3.6 จำแนกวันในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO และสถานะของปรากฏการณ์ ENSO รูปที่ 3.7 จำแนกวันในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO และสถานะของปรากฏการณ์ ENSO โดยรวมแล้วร้อยละ 53 ของวันทั้งหมดอยู่ในสภาวะที่ปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน ร้อยละ 27 เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และร้อยละ 20 เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ส่วนจำนวนวันในแต่ระยะของปรากฏการ์ ENSO จำแนกตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO มีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3.2 ปรากฏการณ์ El Nino (ENSO warm phase) และปรากฏการณ์ La Nina (ENSO cold phase) ที่เกิดขึ้นในระหว่างเดือนมกราคม ค.ศ. 1979 ถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2008 เดือนที่เริ่มต้นปรากฏการณ์ (Start) เดือนที่ปรากฏการณ์มีกำลังแรงที่สุด (Peak) เดือนที่สิ้นสุดปรากฏการณ์ (End) ระยะเวลาของปรากฏการณ์ (เดือน)

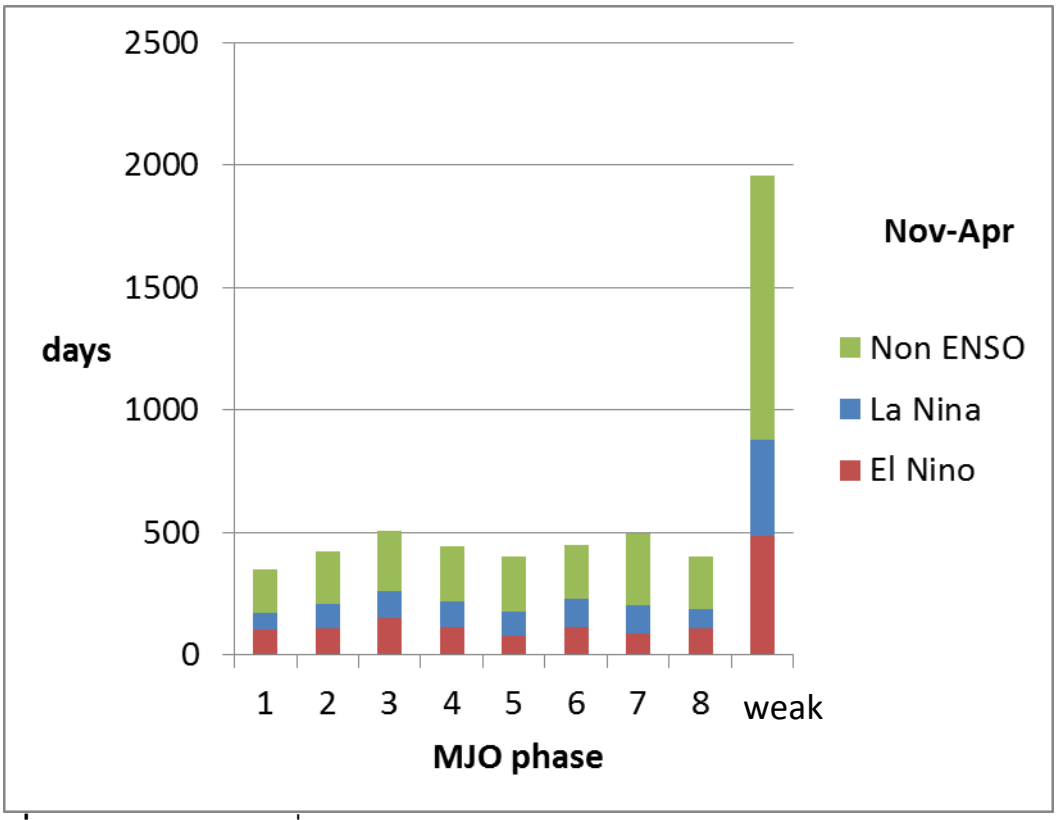
El Nino					La Nina				
Start	Peak	End	Duration	Peak SSTa	Start	Peak	End	Duration	Peak SSTa
1982.5	1982.12	1983.6	14	2.3	1984.10	1984.12	1985.9	12	-1.1
1986.8	1987.8	1988.2	19	1.6	1988.5	1988.11	1989.5	13	-1.9
1991.5	1992.1	1992.7	15	1.8	1995.9	1995.11	1996.3	7	-0.7
1994.5	1994.12	1995.3	11	1.3	1998.7	1999.12	2000.6	24	-1.6
1997.4	1997.11	1998.5	13	2.5	2000.10	2000.12	2001.2	5	-0.7
2002.5	2002.11	2003.3	11	1.5	2007.9	2008.1	2008.5	9	-1.4
2004.6	2004.9	2005.2	9	0.9					
2006.8	2006.11	2007.1	6	1.1					



รูปที่ 3.5 จำนวนวัน ในระยะที่ 1 ถึง 8 ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO และจำนวนวันที่ปรากฏการณ์ MJO มีกำลังอ่อน (weak) แยกตามสถานะของปรากฏกาณ์ ENSO ได้แก่ เอลนีโญ (สีแดง) ลานีญา (สีน้ำเงิน) และปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน (สีเขียว) ตั้งแต่วันที่ 1 เดือนมกราคม ค.ศ. 1979 ถึงวันที่ 31 เดือนธันวาคม ค.ศ. 2008



รูปที่ 3.6 เช่นเดียวกับรูปที่ 3.5 แต่จำแนกเฉพาะฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม



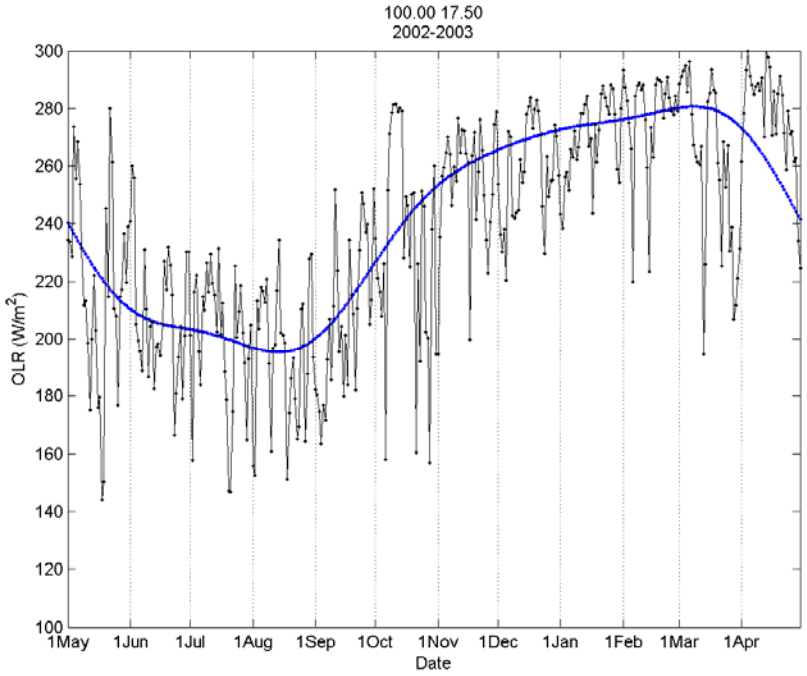
รูปที่ 3.7 เช่นเดียวกับรูปที่ 3.5 แต่จำแนกเฉพาะฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน

3.2 วิธีการวิเคราะห์ composite analysis

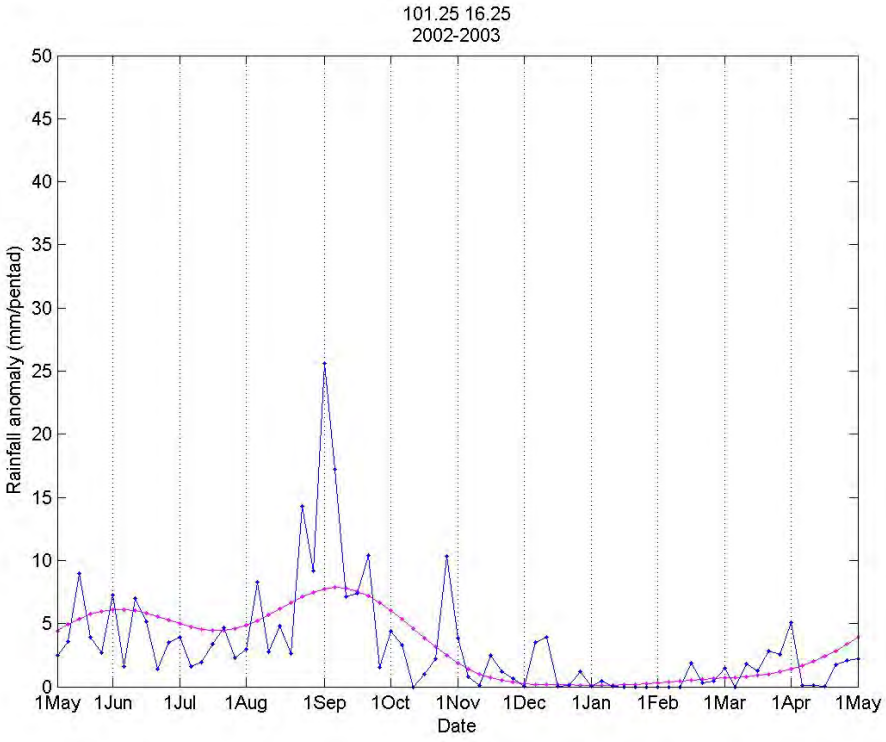
อิทธิพลของปรากฏการณ์ MJO ต่อความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาล สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งจากค่าความผิดสภาพโดยเฉลี่ยของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ปริมาณฝนตลอดจนการหมุนเวียนของบรรยากาศ และจากความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ เช่น ความน่าจะเป็นในการเกิดฝนตกหนักกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 เป็นต้น ซึ่งค่าหลังนี้เป็นตัวบ่งชี้โอกาสในการเกิดเหตุการณ์สุดขีด (extreme events) ได้

3.2.1 ความผิดสภาพของปริมาณฝน (Rainfall anomaly)

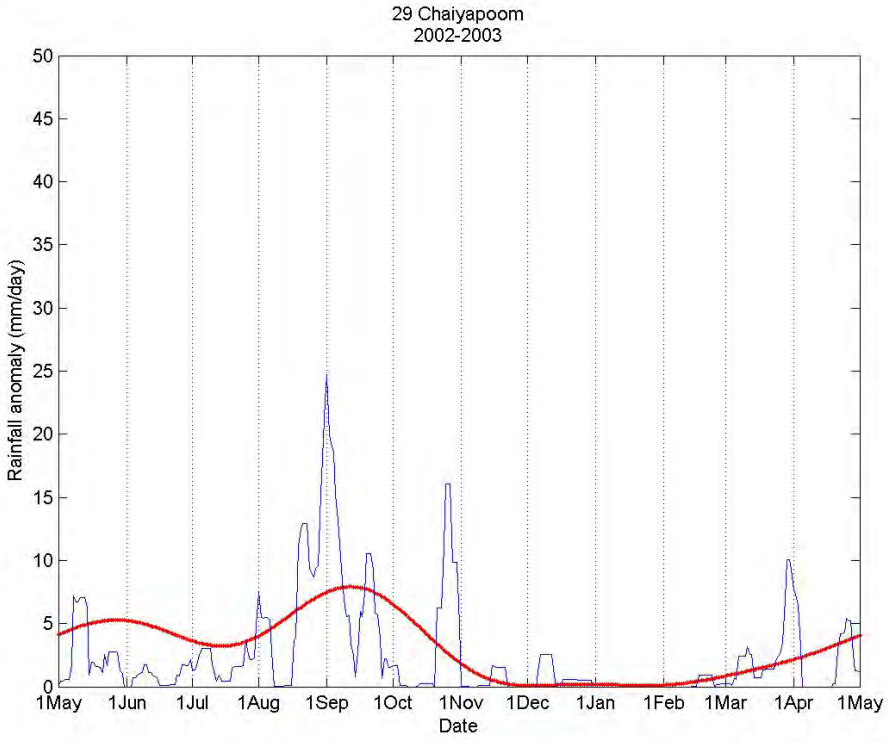
เนื่องจากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงภายในฤดูกาล จึงต้องขจัดอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลออกไปก่อน โดยค่าเฉลี่ยของตัวแปรใดๆตามฤดูกาลได้มาจากการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก (Harmonic analysis) ของอนุกรมเวลา โดยค่าวัฏจักรรอบปีประกอบด้วยค่าเฉลี่ย ฮาร์มอนิกที่หนึ่ง สอง สามและสี่ของอนุกรมเวลา (30 ปี) ค่าที่เหลือหลังจากการหักลบวัฏจักรรอบปีออกไป เรียกว่าความผิดสภาพ (anomaly) ของปริมานั้น รูปที่ 3.8 เป็นอนุกรมเวลาของค่า OLR ที่กริดบริเวณตอนบนของประเทศไทย (ลองจิจูด 100°E ละติจูด 17.5°N) และวงจรรอบปีของ OLR ค่า OLR เป็นค่าอุณหภูมิที่แผ่กลับไปจากโลกในช่วงรังสีอินฟราเรด ใช้เป็นตัวบ่งชี้การก่อตัวของกลุ่มเมฆฝนได้ดี ค่า OLR จึงต่ำในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) และสูงในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์) อย่างไรก็ตามจะเห็นความแปรปรวนรายวัน และความแปรปรวนภายในฤดูกาลซ้อนทับอยู่กับค่าวัฏจักรรอบปี รูปที่ 3.9 เป็นอนุกรมเวลาของปริมาณฝนจากข้อมูล CMAP รายห้าวัน (pentad) ซึ่งให้ภาพรวมบริเวณกว้างของความแปรปรวนของฝนได้ดี และค่าวงจรรอบปีของปริมาณฝนที่ตำแหน่งกริดลองจิจูด 101.25°E ละติจูด 16.25°N แสดงให้เห็นวัฏจักรของปริมาณฝนได้อย่างชัดเจน ได้แก่ ระยะฝนตกหนักในช่วงต้นฤดูฝน ระยะฝนทิ้งช่วงกลางฤดูฝน และระยะฝนตกหนักปลายฤดูฝนที่มีค่าสูงกว่าช่วงต้นฤดู นอกจากนี้ยังเห็นความแปรปรวนภายในฤดูกาลอีกด้วย รูปที่ 3.10 เป็นอนุกรมเวลาของปริมาณฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดชัยภูมิ ซึ่งได้ทำการหาค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ (moving average) ระยะเวลา 7 วัน เพื่อลดค่าความแปรปรวนความถี่สูง และเพื่อเปรียบเทียบกับค่าปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ในบริเวณเดียวกัน (รูปที่ 3.9) จะเห็นได้ว่าแม้ปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดจะมีความแปรปรวนเชิงพื้นที่สูง เนื่องจากอิทธพิลของภูมิประเทศ และลักษณะอากาศที่เกิดในบริเวณเล็กๆ (small scale variability) แต่หากศึกษาแนวโน้วของการเปลี่ยนแปลงโดยหักค่าความแปรปรวนที่มีความถี่สูงออกไปแล้ว ก็ยังเห็นความแปรปรวนที่มีทิศทางเดียวกับความแปรปรวนของฝนในระดับภูมิภาคซึ่งได้มาจากข้อมูล CMAP ได้เช่นเดียวกัน และเนื่องจากปรากฏการณ์ MJO เป็นปรากฏการณ์ที่มีขอบเขตอิทธิพลในระดับภูมิภาค งานวิจัยนี้จึงใช้ชุดข้อมูลในระดับภูมิภาคในการศึกษาเป็นข้อมูลหลัก และใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดเพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงในระดับเล็กลงเป็นรายพื้นที่



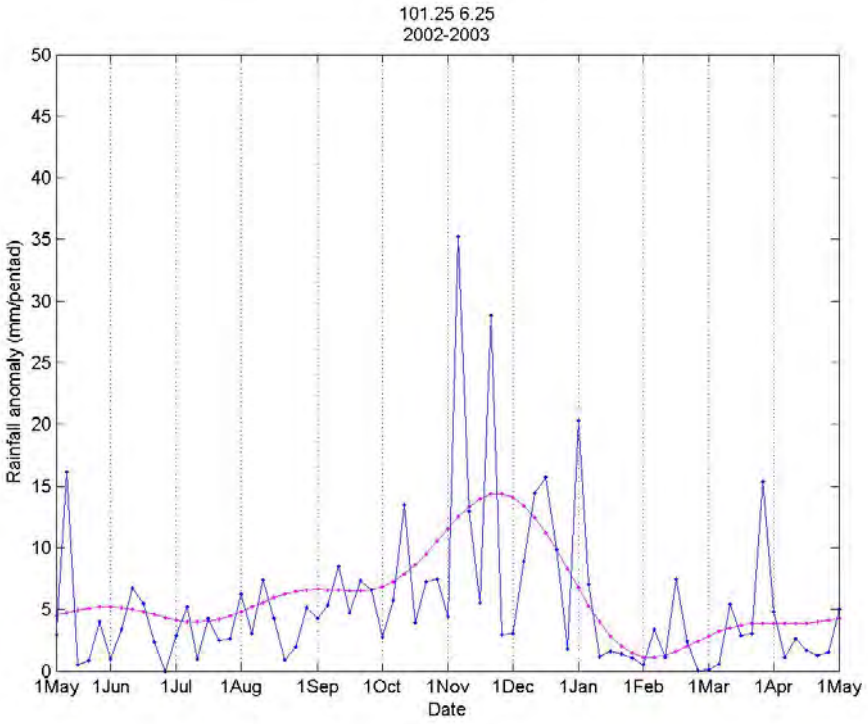
รูปที่ 3.8 อนุกรมเวลาของ outgoing longwave radiation (OLR หน่วย W m $^{-2}$ เส้นสีดำ) ที่ลองจิจูด 100°E ละติจูด 17.5°N และวงจรรอบปีของ OLR (เส้นสีน้ำเงิน) ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2002 ถึง 30 เมษายน ค.ศ. 2003



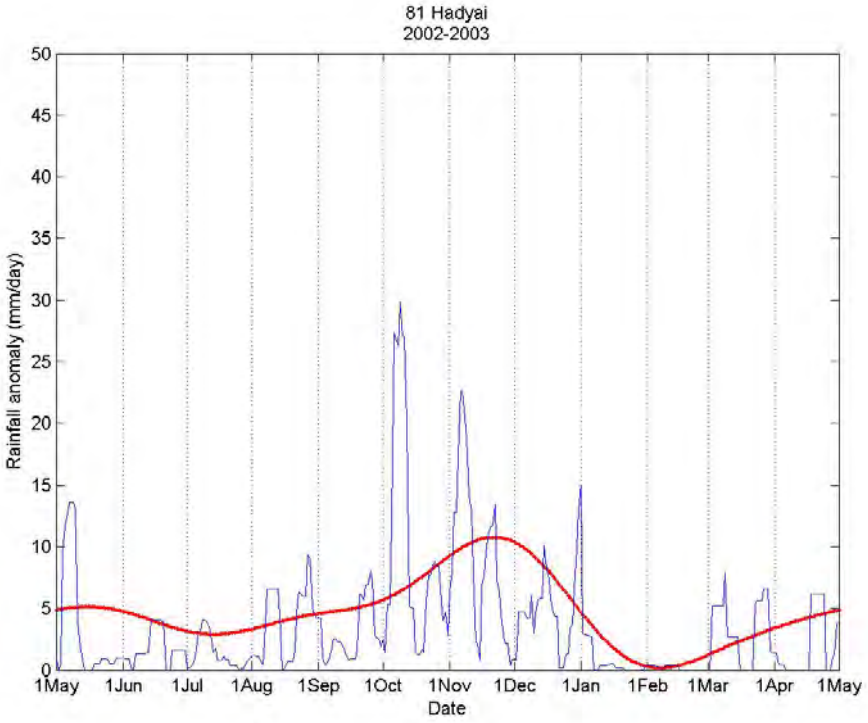
รูปที่ 3.9 อนุกรมเวลาของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP (หน่วย mm d^{-1} เส้นสีน้ำเงิน) ที่ลองจิจูด 101.25°E ละติจูด 16.25°N และวงจรรอบปีของปริมาณฝน (เส้นสีชมพู) ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2002 ถึง 30 เมษายน ค.ศ. 2003



รูปที่ 3.10 อนุกรมเวลาของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 7 วันของปริมาณฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดชัยภูมิ (หน่วย mm d^{-1} เส้นสีน้ำเงิน) และวงจรรอบปีของปริมาณฝน (เส้นสีแดง) ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2002 ถึง 30 เมษายน ค.ศ. 2003



รูปที่ 3.11 อนุกรมเวลาของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP (หน่วย mm d^{-1} เส้นสีน้ำเงิน) ที่ลองจิจูด 101.25°E ละติจูด 6.25°N และวงจรรอบปีของปริมาณฝน (เส้นสีชมพู) ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2002 ถึง 30 เมษายน ค.ศ. 2003



รูปที่ 3.12 อนุกรมเวลาของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 7 วันของปริมาณฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (หน่วย mm d^{-1} เส้นสีน้ำเงิน) และวงจรรอบปีของปริมาณฝน (เส้นสีแดง) ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2002 ถึง 30 เมษายน ค.ศ. 2003

3.2.2 การทำ composite และการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ

จากนั้นนำอนุกรมเวลาของความผิดสภาพของปริมาณฝนมาทำ composite analysis คือการรวมกลุ่มค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนแบ่งตามวัฏจักรของ MJO ซึ่งกำหนดโดย RMM index ออกเป็น 8 ระยะ รวมกับระยะที่ไม่เกิดปรากฏการณ์ MJO ด้วยเป็น 9 ระยะ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพของแต่ละระยะ และทำการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติแบบ parametric test โดยมีสมมติฐานว่าการแจกแจงของค่าความผิดสภาพเป็นแบบปกติ ค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพของแต่ละระยะจะถูกทดสอบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากศูนย์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ Student's *t* test

$$t = \frac{\left|\sum_{ph} A/N\right|}{\sigma\sqrt{\frac{1}{N}}} > 1.96$$

A คือ ค่าความผิดสภาพของแต่ละระยะ

N คือ จำนวนวันในแต่ละระยะ

σ คือ ความแปรปรวนของค่าความผิดสภาพ

3.2.3 composite analysis ของสภาวะสุดขีดของฝน

การกำหนดสภาวะสุดขีดของฝนในการวิจัยนี้ได้ใช้ปริมาณฝนที่มากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ของแต่ละสถานีเป็นเกณฑ์ โดยหาปริมาณฝนที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ของแต่ละสถานี รวบรวมวันที่ตรงกับแต่ละระยะของ MJO ตาม RMM index แล้วคำนวณความน่าจะเป็นของการเกิดฝนตกหนักกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 แบ่งตามระยะต่างๆ

- ความน่าจะเป็นในการเกิดฝนตกหนักกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ในแต่ละระยะ หาได้จากจำนวนวันในที่ฝนตกหนักกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ในแต่ละระยะ หารด้วยจำนวนวันทั้งหมดในระยะนั้นๆ
- ความน่าจะเป็นที่จะเกิดฝนตกหนักกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 โดยเฉลี่ยของชุดข้อมูล หาได้จากจำนวนวันที่ฝนตกหนักกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ของชุดข้อมูล หารด้วยจำนวนวันทั้งหมดของชุดข้อมูล
- เปรียบเทียบความน่าจะเป็นระหว่างระยะต่างๆของพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO โดยนำค่าความน่าจะเป็นของแต่ละระยะ หารด้วยค่าความน่าจะเป็นทั้งหมดของชุดข้อมูล

บทที่ 4
ผลการวิจัย

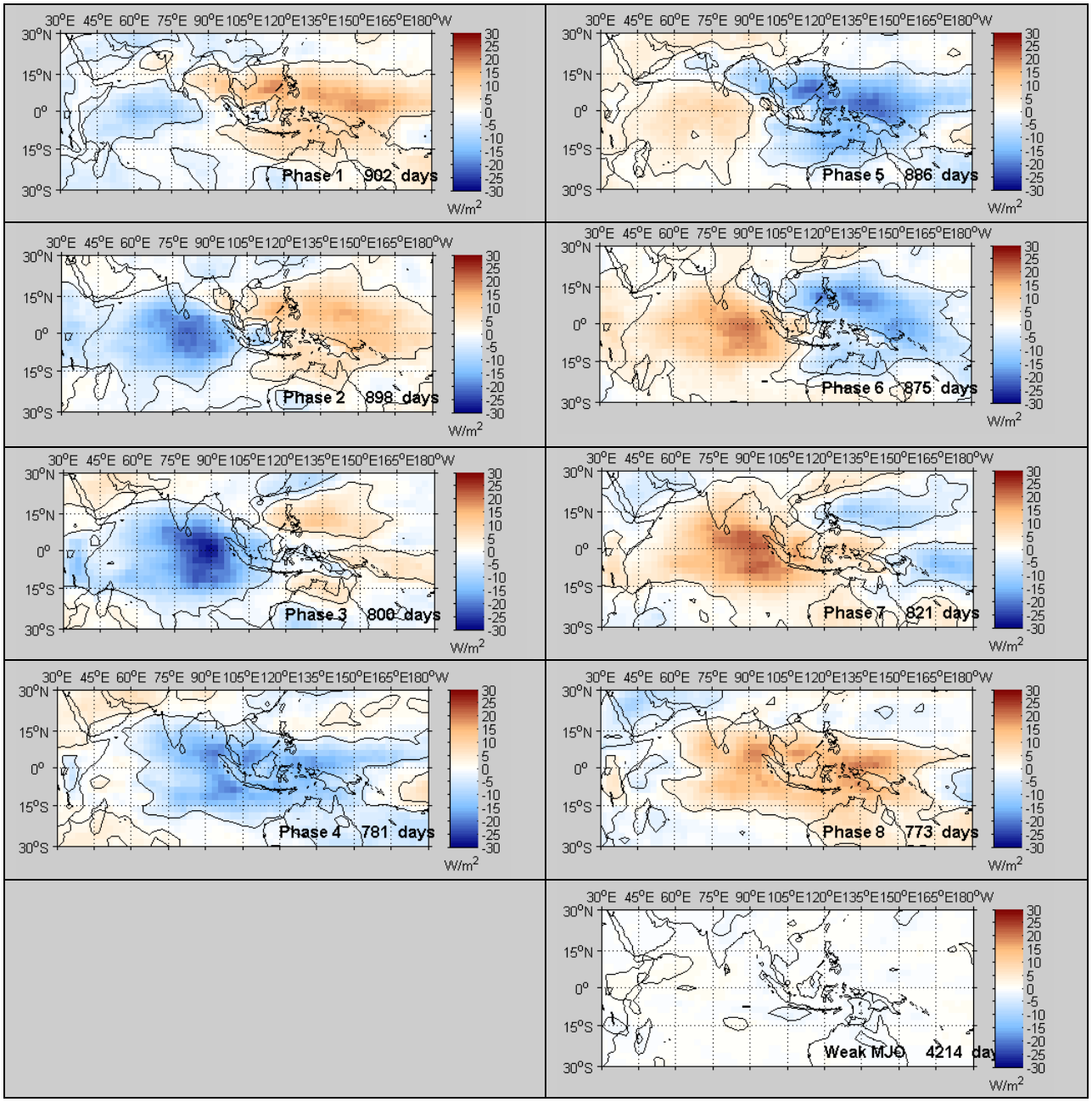
4.1 ความแปรปรวนของปริมาณฝนที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO

4.1.1 ความแปรปรวนของปริมาณฝนในระดับภูมิภาค

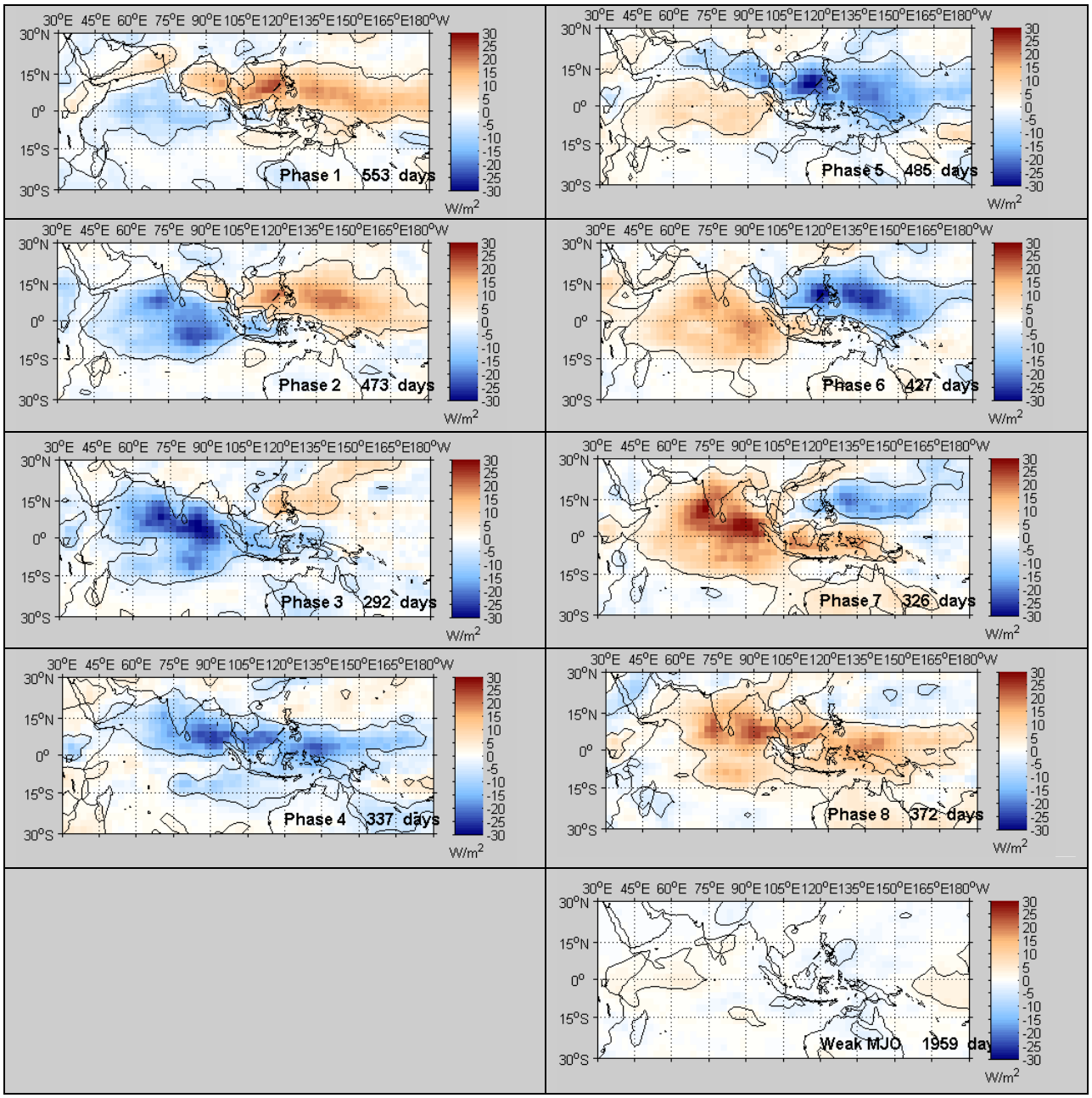
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาลของประเทศไทยที่เกิดเนื่องจากปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation (MJO) เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ composite analysis ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ของ MJO ของค่าความผิดสภาพของ OLR (รูปที่ 4.1) โดยค่าผิดสภาพเป็นลบ แสดงถึงปริมาณกลุ่มเมฆฝนมีมากกว่าปกติ และค่าผิดสภาพเป็นบวก แสดงถึงปริมาณกลุ่มเมฆฝนมีน้อยกว่าปกติ ในระยะที่ 1 ของ MJO ตรงกับช่วงที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีปริมาณกลุ่มเมฆฝนน้อยกว่าปกติอย่างมีนัยสำคัญ โดยบริเวณที่ค่าความผิดสภาพของ OLR เป็นลบ ครอบคลุมอาณาเขตตั้งแต่อ่าวเบงกอลไปจนจรดมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก มีจุดศูนย์กลางอยู่เหนือทะเลจีนใต้ ขณะที่บริเวณมหาสมุทรอินเดียตอนกลางมีกลุ่มเมฆฝนปกคลุมมากกว่าปกติ นั่นคือค่าความผิดสภาพของฝนในเชิงพื้นที่มีลักษณะเป็นคู่ตรงข้ามหรือไดโพล (dipole) ระยะที่ 2 บริเวณประเทศไทยยังคงมีลักษณะเมฆฝนน้อยกว่าปกติ แต่มีค่าความผิดสภาพของ OLR ลดลงเมื่อเทียบกับระยะที่ 1 และมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าความผิดสภาพเฉพาะบางพื้นที่ ได้แก่ ภาคตะวันออกและตะวันตกของประเทศ ระยะที่ 3 บริเวณศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนเคลื่อนที่มาถึงคาบสมุทรมลายูและเกาะสุมาตรา ขณะที่ศูนย์กลางของบริเวณที่มีเมฆฝนน้อยกว่าปกติที่อ่อนกำลังลงจากในสองระยะแรกยังคงอยู่เหนือทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแปซิฟิกตอนเหนือ ลักษณะเช่นนี้ทำให้เฉพาะบริเวณภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทยมีกลุ่มเมฆฝนปกคลุมมากกว่าปกติ ขณะที่ภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศมีค่าความผิดสภาพของ OLR น้อยและไม่มีนัยสำคัญ ระยะที่ 4 ทุกภูมิภาคของประเทศไทยยกเว้นเขตเหนือสุดของประเทศปกคลุมด้วยกลุ่มเมฆฝนที่มากกว่าค่าปกติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งบริเวณที่มีปริมาณเมฆฝนมากกว่าปกตินี้ครอบคลุมอาณาเขตตั้งแต่มหาสมุทรอินเดียตอนกลางไปจนถึงมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ระยะที่ 5 ทุกภูมิภาคของประเทศยังมีกลุ่มเมฆปกคลุมมากกว่าปกติเช่นเดียวกับในระยะที่ 4 เช่นเดียวกับเหนืออ่าวเบงกอลและทะเลจีนใต้ ขณะที่เหนือมหาสมุทรอินเดียตอนกลางและทิศตะวันตกมีปริมาณกลุ่มเมฆฝนน้อยกว่าปกติ ระยะที่ 6 บริเวณที่มีปริมาณฝนน้อยกว่าปกติเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันออกปกคลุมตอนใต้ของคาบสมุทรมลายูและเกาะสุมาตรา ลักษณะเช่นนี้ทำให้เฉพาะบริเวณภาคใต้ตอนล่างของประเทศมีปริมาณเมฆปกคลุมน้อยกว่าปกติ ขณะทีพื้นที่ด้านทิศตะวันออกและตะวันตกของประเทศยังคงมีปริมาณเมฆฝนมากกว่าปกติ ระยะที่ 7 ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศมีปริมาณเมฆฝนน้อยกว่าปกติ ศูนย์กลางของบริเวณที่มีค่าความผิดสภาพเป็นบวกมากกว่าปกติอยู่เหนือมหาสมุทรอินเดียตะวันออก ระยะที่ 8 มีลักษณะใกล้เคียงกับระยะที่ 7 ยกเว้นตอนบนสุดของประเทศที่มีค่าความผิดสภาพน้อยและไม่มีนัยสำคัญ บริเวณที่มีปริมาณเมฆฝนน้อยกว่าปกตินี้ครอบคลุมทั้ง

มหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกในระยะนี้ ในขณะที่ไม่เกิดปรากฏการณ์ MJO หรือปรากฏการณ์ MJO มีกำลังอ่อน ค่าความผิดสภาพของ OLR มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์

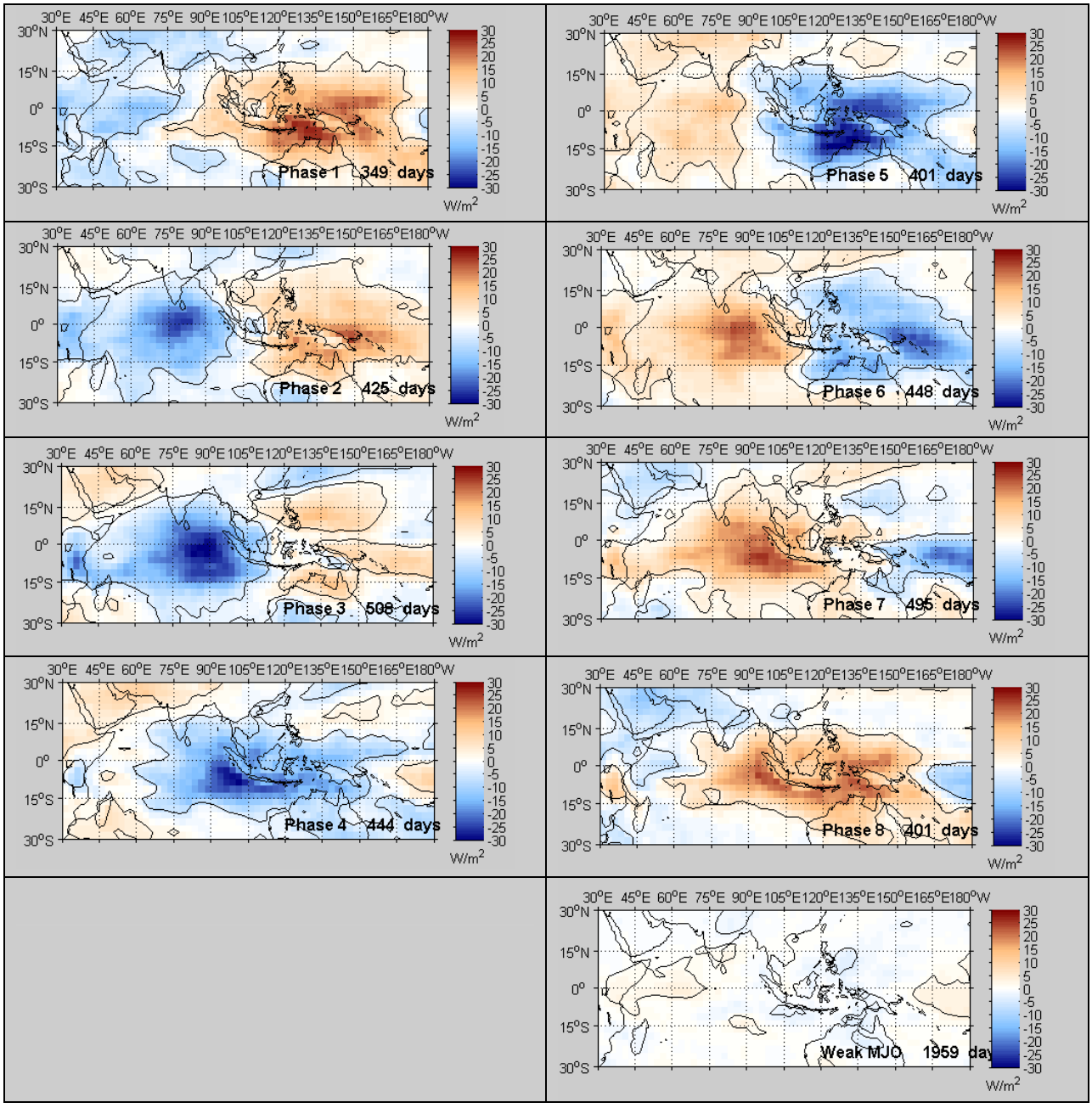
การวิเคราะห์ MJO composite ของ OLR ตามฤดูกาล พบว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (รูปที่ 4.2) พัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO มีรูปแบบความแปรปรวนของกลุ่มเมฆฝน ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์รวมทั้งปี (รูปที่ 4.1) แต่ความแปรปรวนของกลุ่มเมฆฝนจะเกิดมากบริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตร ส่วนในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน (รูปที่ 4.3) ความแปรปรวนของกลุ่มเมฆฝนจะเกิดมากบริเวณใต้เส้นศูนย์สูตร



รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR (W m^{-2}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO เส้นทึบสีดำล้อมรอบบริเวณที่ค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญด้วยการทดสอบแบบ Student's *t* test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และได้แสดงจำนวนวันในแต่ละระยะไว้ด้วย



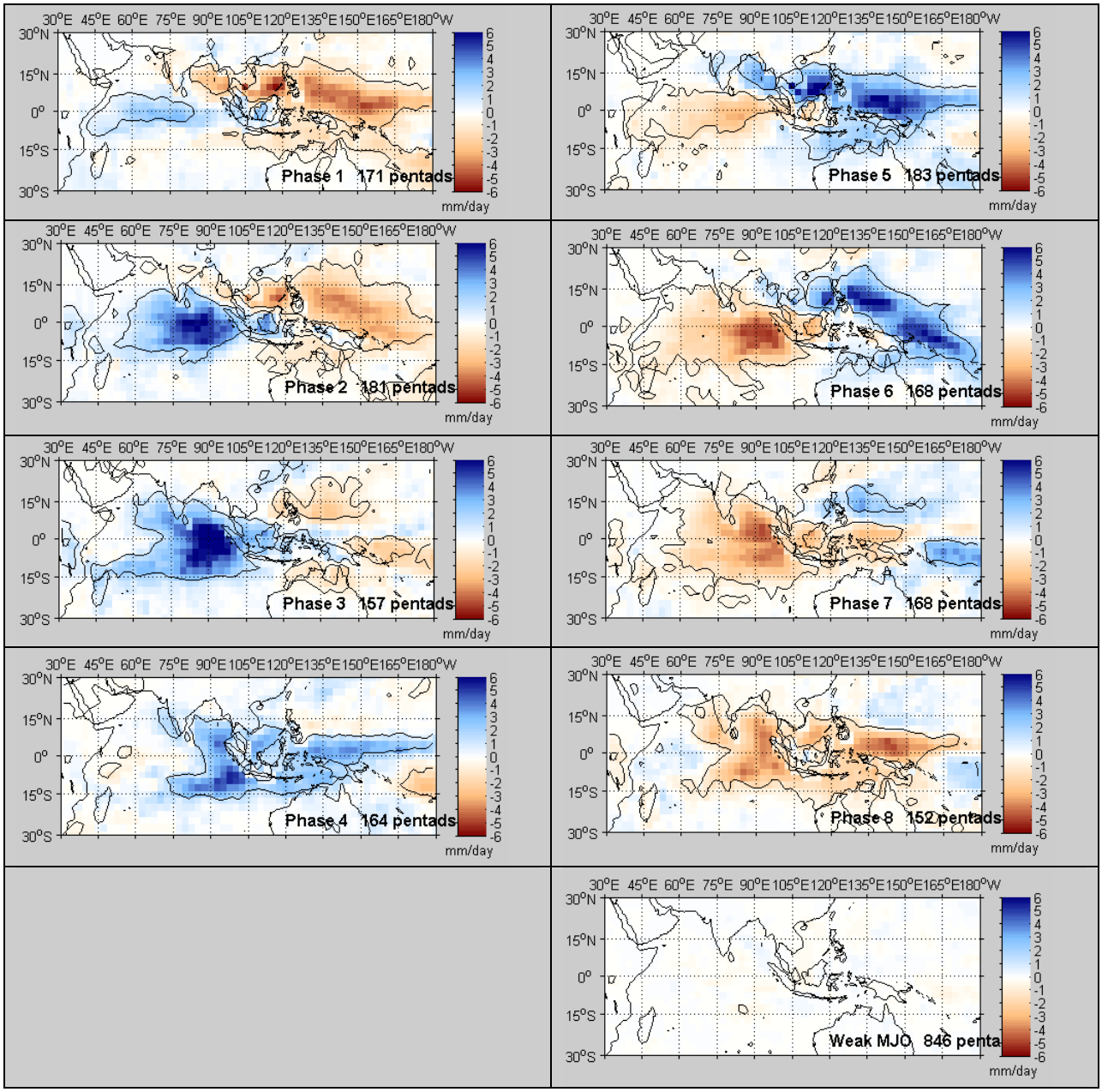
รูปที่ 4.2 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.1 เฉพาะระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม



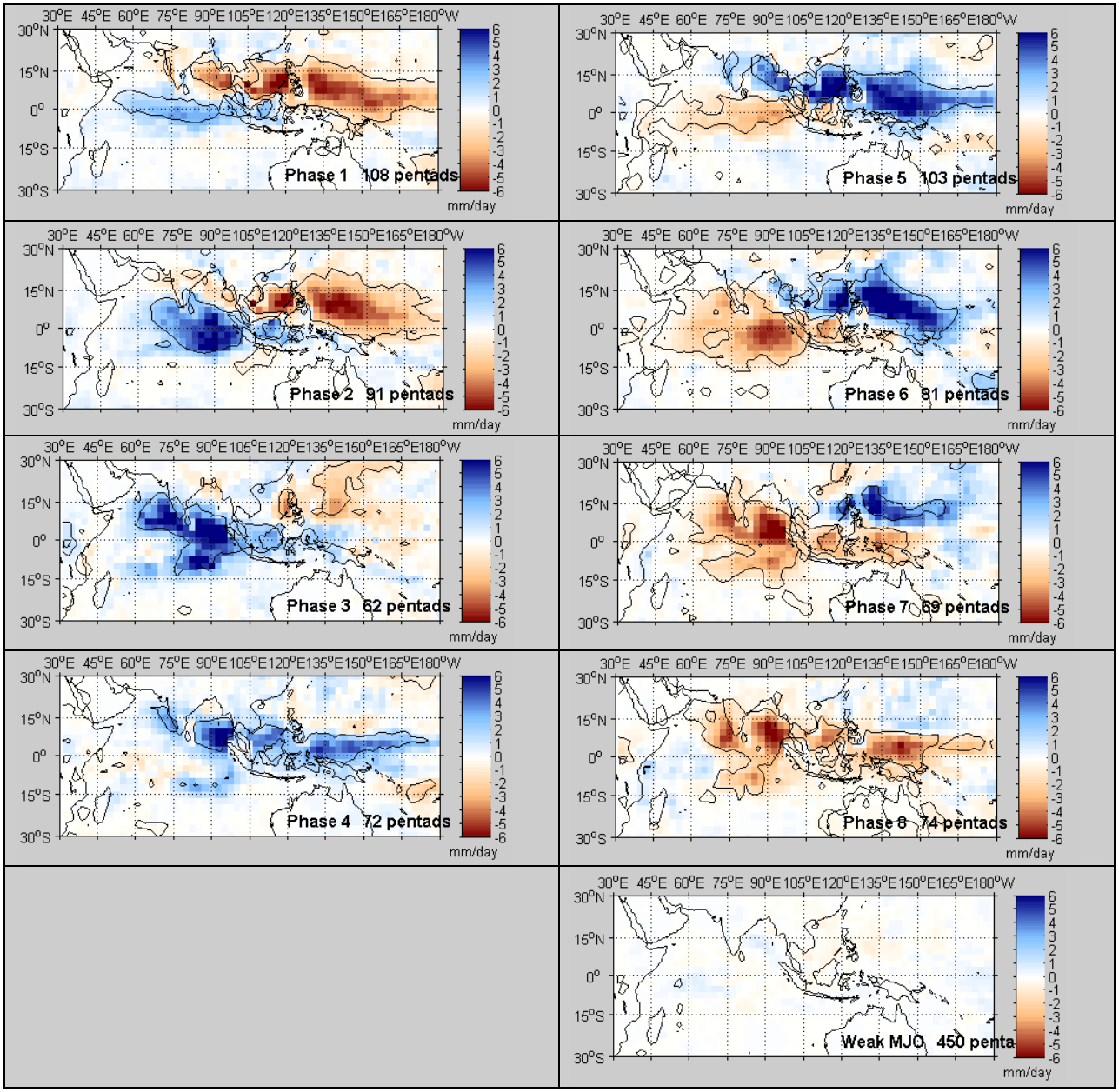
รูปที่ 4.3 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.1 ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน

ค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ตามพัฒนาการของ MJO (รูปที่ 4.4) แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนไปในทิศทางเดียวกันกับค่า OLR ในระยะที่ 1 ทุกภูมิภาคในประเทศไทยยกเว้นภาคเหนือและภาคใต้ตอนล่างมีปริมาณฝนน้อยกว่าค่าปกติอย่างมีนัยสำคัญ ประมาณ -1 ถึง -2 mm day^{-1} โดยบริเวณที่มีปริมาณฝนน้อยกว่าปกติครอบคลุมพื้นที่ในอ่าวเบงกอล ทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก และความผิดสภาพเหนือทะเลมีค่ามากกว่าเหนือแผ่นดิน ระยะที่ 2 ประเทศไทยยังมีปริมาณฝนต่ำกว่าปกติเล็กน้อย แต่มีเฉพาะบริเวณภาคใต้ตอนบนและภาคตะวันออกของประเทศเท่านั้นที่ค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพ (-1 ถึง -2 mm day^{-1}) มีนัยสำคัญทางสถิติ ระยะที่ 3 ทั่วทุกพื้นที่ของประเทศมีปริมาณฝนสูงกว่าค่าปกติเล็กน้อย แต่มีเฉพาะบริเวณภาคใต้ตอนล่างเท่านั้นที่ค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพ (2 mm day^{-1}) มีนัยสำคัญทางสถิติ ระยะที่ 4 ภาคใต้และภาคตะวันออกมีปริมาณฝนมากกว่าค่าปกติอย่างมีนัยสำคัญ ประมาณ 2 ถึง 4 mm day^{-1} ระยะที่ 5 ภาคใต้และภาคตะวันออกมีปริมาณฝนมากกว่าค่าปกติอย่างมีนัยสำคัญ ประมาณ 1 ถึง 2 mm day^{-1} ขณะที่ภาคเหนือมีปริมาณฝนน้อยกว่าปกติเล็กน้อยแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ระยะที่ 6 ค่าความผิดสภาพของฝนในประเทศไทยโดยทั่วไปมีลักษณะคล้ายคลึงกับระยะที่ 5 ขณะที่ภาคใต้ตอนล่างเริ่มมีปริมาณฝนน้อยกว่าปกติเล็กน้อย ระยะที่ 7 และระยะที่ 8 พื้นที่ประเทศไทยทุกภูมิภาคมีปริมาณฝนต่ำกว่าค่าปกติ แต่มีเฉพาะภาคใต้ที่ค่าความผิดสภาพประมาณ -2 ถึง -3 mm day^{-1} มีนัยสำคัญทางสถิติ รูปที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ในช่วงที่เป็น weak MJO จะเห็นได้ว่าขณะที่ไม่เกิดปรากฏการณ์ MJO หรือปรากฏการณ์ MJO มีกำลังอ่อน ค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์

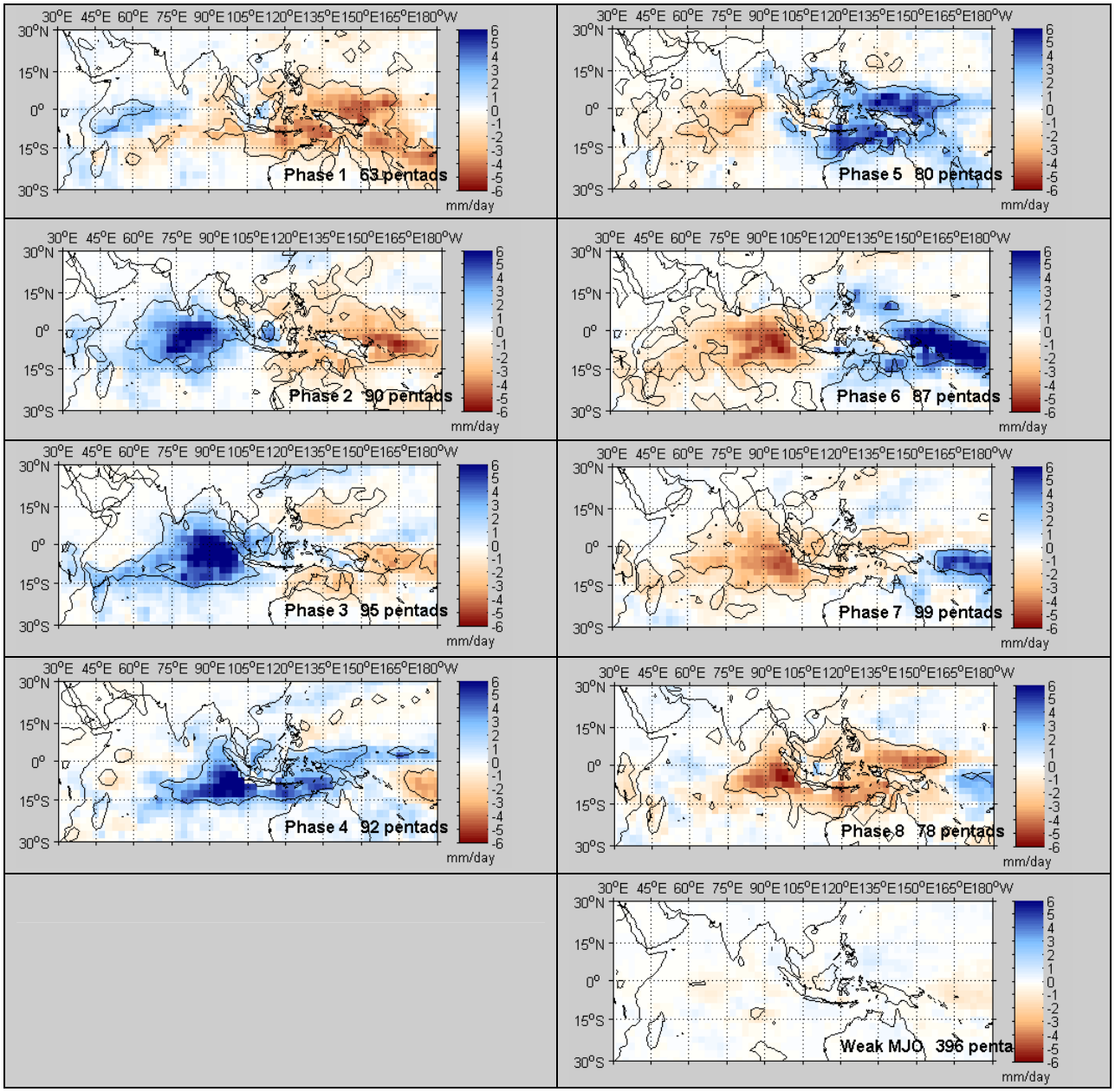
การวิเคราะห์ MJO composite ของปริมาณฝนตามฤดูกาล พบว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (รูปที่ 4.5) พัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO มีรูปแบบความแปรปรวนของปริมาณฝนใกล้เคียงกับการวิเคราะห์รวมทั้งปี (รูปที่ 4.4) แต่ความแปรปรวนของฝนจะเกิดมากบริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรและมีแอมปลิจูดสูงกว่า ส่วนในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน (รูปที่ 4.6) ความแปรปรวนของปริมาณฝนจะเกิดมากบริเวณใต้เส้นศูนย์สูตร



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP (mm day^{-1}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO เส้นทึบสีดำล้อมรอบบริเวณที่ค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญด้วยการทดสอบแบบ Student's *t* test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และได้แสดงจำนวน pentad (ห้าวัน) ในแต่ละระยะไว้ด้วย



รูปที่ 4.5 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.4 เฉพาะระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม

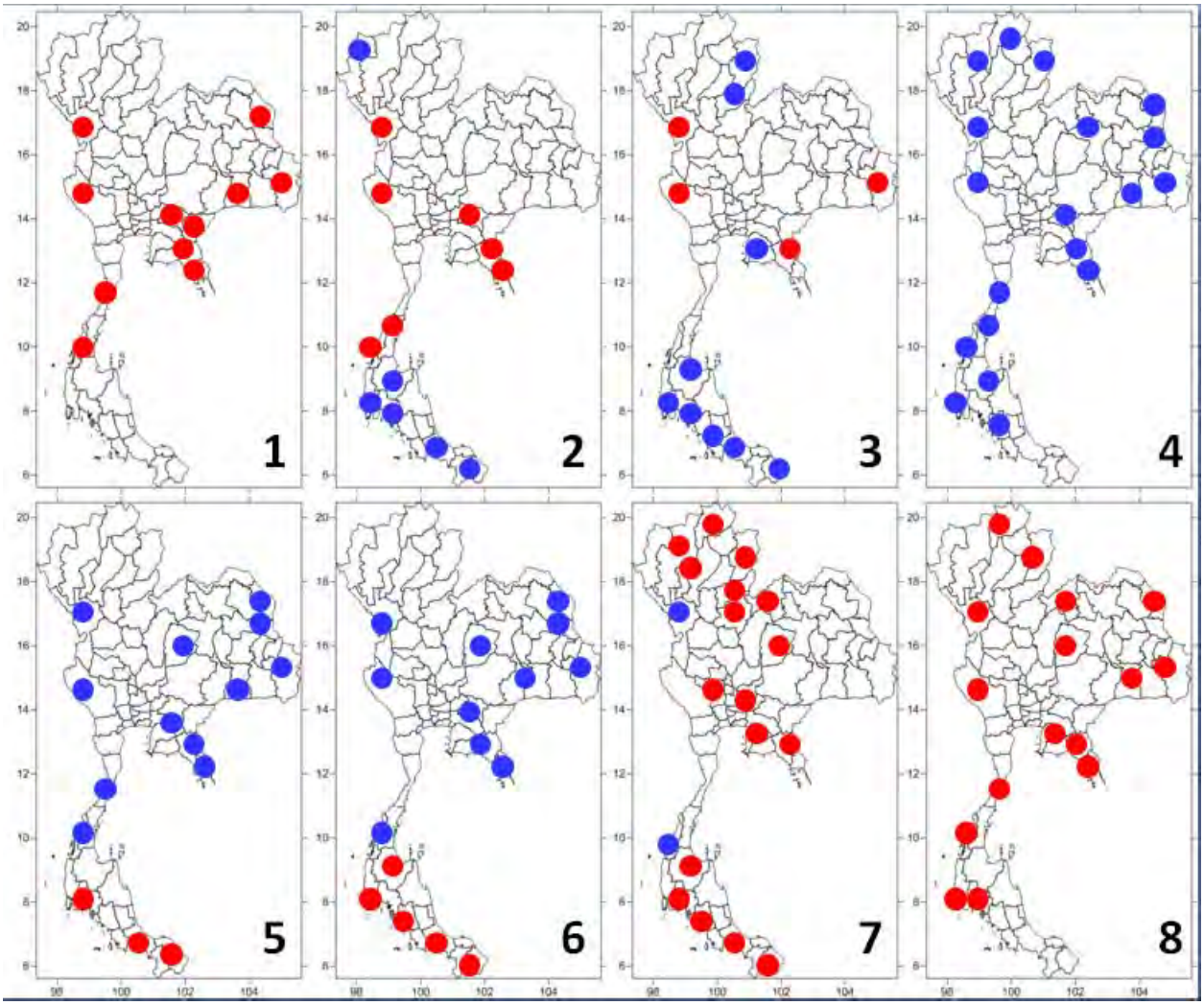


รูปที่ 4.6 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.4 เฉพาะระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน

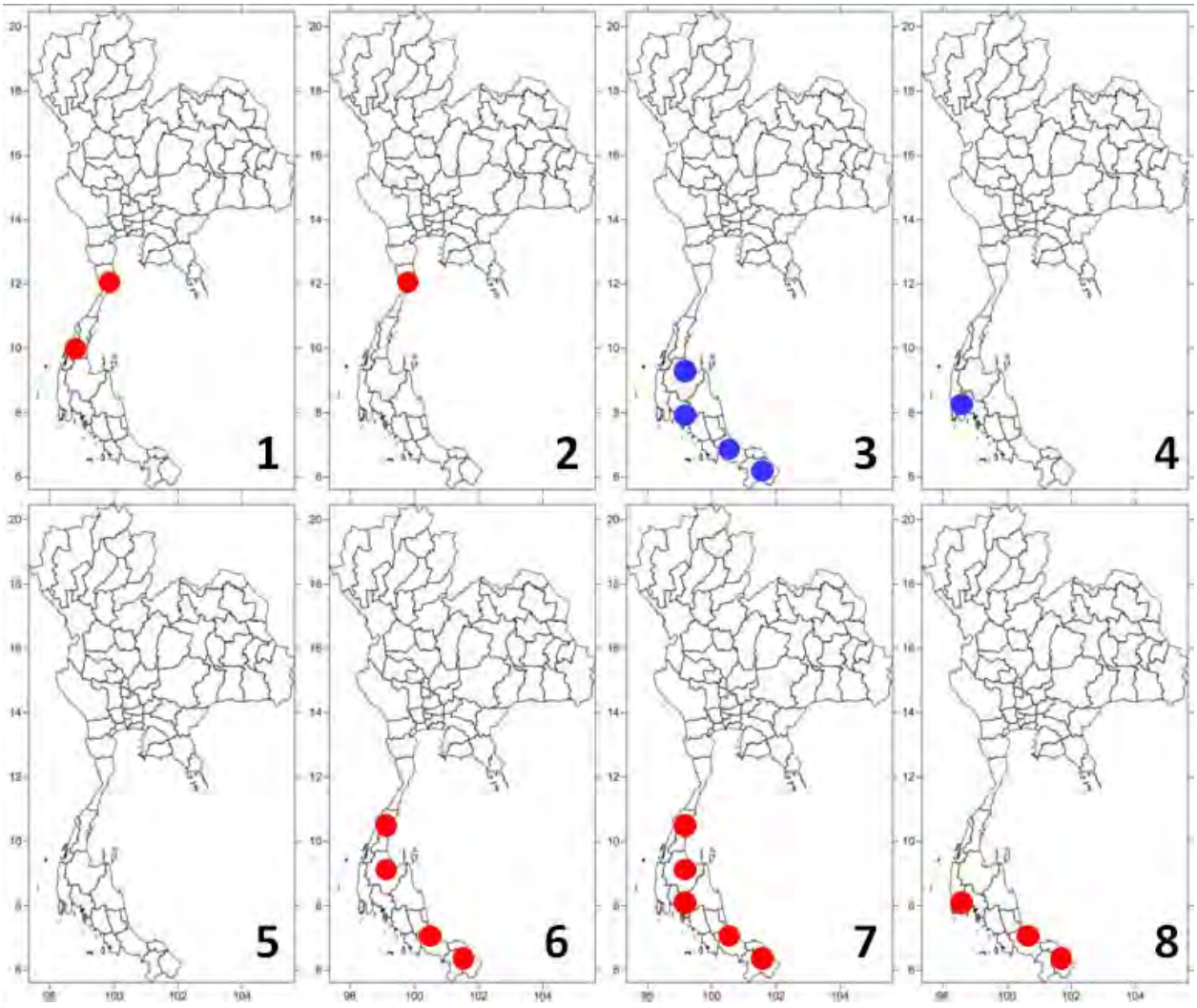
4.1.2 ความแปรปรวนของปริมาณฝนในระดับท้องถิ่น

ข้อมูล OLR ซึ่งบ่งชี้การก่อตัวของเมฆฝนและข้อมูลปริมาณฝนจาก CMAP ซึ่งเป็นข้อมูลเฉลี่ยบนพื้นที่ขนาด 2.5° x 2.5° แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ MJO กับความแปรปรวนของปริมาณฝนทั้งในระดับภูมิภาคและในประเทศไทย ต่อไปจะได้แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฝนในระดับท้องถิ่นโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินของกรมอุตุนิยมวิทยา รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบความผิดสภาพของปริมาณฝนจากสถานีวัดตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยแสดงเฉพาะสถานีที่มีค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% และสัญลักษณ์แสดงเฉพาะทิศทางของการเปลี่ยนแปลง ในระยะที่ 1 ปริมาณฝนของสถานีในภาคใต้ตอนบน ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าต่ำกว่าปกติ ลักษณะของค่าความผิดสภาพที่ได้มีความคล้ายคลึงกับค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ในระยะเดียวกัน (รูปที่ 4.5) ระยะที่ 2 ภาพรวมของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนมีทั้งสถานีที่มีปริมาณฝนต่ำกว่าค่าปกติ ได้แก่ สถานีในภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ตอนบน ขณะที่ภาคใต้ตอนล่างมีปริมาณฝนมากกว่าปกติ ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลจาก CMAP ขณะที่ในภูมิภาคอื่นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของค่าความผิดสภาพ ระยะที่ 3 สถานีบริเวณภาคใต้ตอนล่างมีปริมาณฝนมากกว่า สอดคล้องกับข้อมูลจาก OLR และ CMAP ที่แสดงให้เห็นว่าในระยะนี้กลุ่มเมฆฝนได้เคลื่อนตัวเข้าปกคลุมภาคใต้ตอนล่าง ระยะที่ 4 สถานีในทุกภูมิภาคของประเทศมีปริมาณฝนเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติตามฤดูกาล ระยะที่ 5 และระยะที่ 6 พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศยังคงมีปริมาณฝนเฉลี่ยมากกว่าค่าปกติ ยกเว้นภาคใต้ตอนล่างที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยน้อยกว่าค่าปกติ ลักษณะเช่นนี้มีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงระดับภูมิภาคที่แสดงให้เห็นในข้อมูล OLR และ CMAP ระยะที่ 7 และระยะที่ 8 พื้นที่ทุกภูมิภาคของประเทศมีปริมาณฝนเฉลี่ยน้อยกว่าค่าปกติ เช่นเดียวกับที่ปรากฏในข้อมูล OLR และ CMAP

ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน รูปแบบความผิดสภาพของปริมาณฝนจากสถานีวัดตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO มีนัยสำคัญในภาคใต้ของประเทศเท่านั้น (รูปที่ 4.8) โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ยมากกว่าค่าปกติตามฤดูกาลเฉพาะในระยะที่ 3 และระยะที่ 4 ในบางสถานีเท่านั้น มีปริมาณฝนน้อยกว่าค่าปกติในระยะที่ 6, 7, 8, 1 และระยะที่ 2 ส่วนระยะที่ 5 ไม่มีสถานีใดที่มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจาก OLR และ CMAP



รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากข้อมูลสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา (mm day^{-1}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม สีแดงแทนค่าความผิดสภาพเป็นบวก สีน้ำเงินแทนค่าความผิดสภาพเป็นลบ แสดงเฉพาะสถานีที่มีค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญด้วยการทดสอบแบบ Student's *t* test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



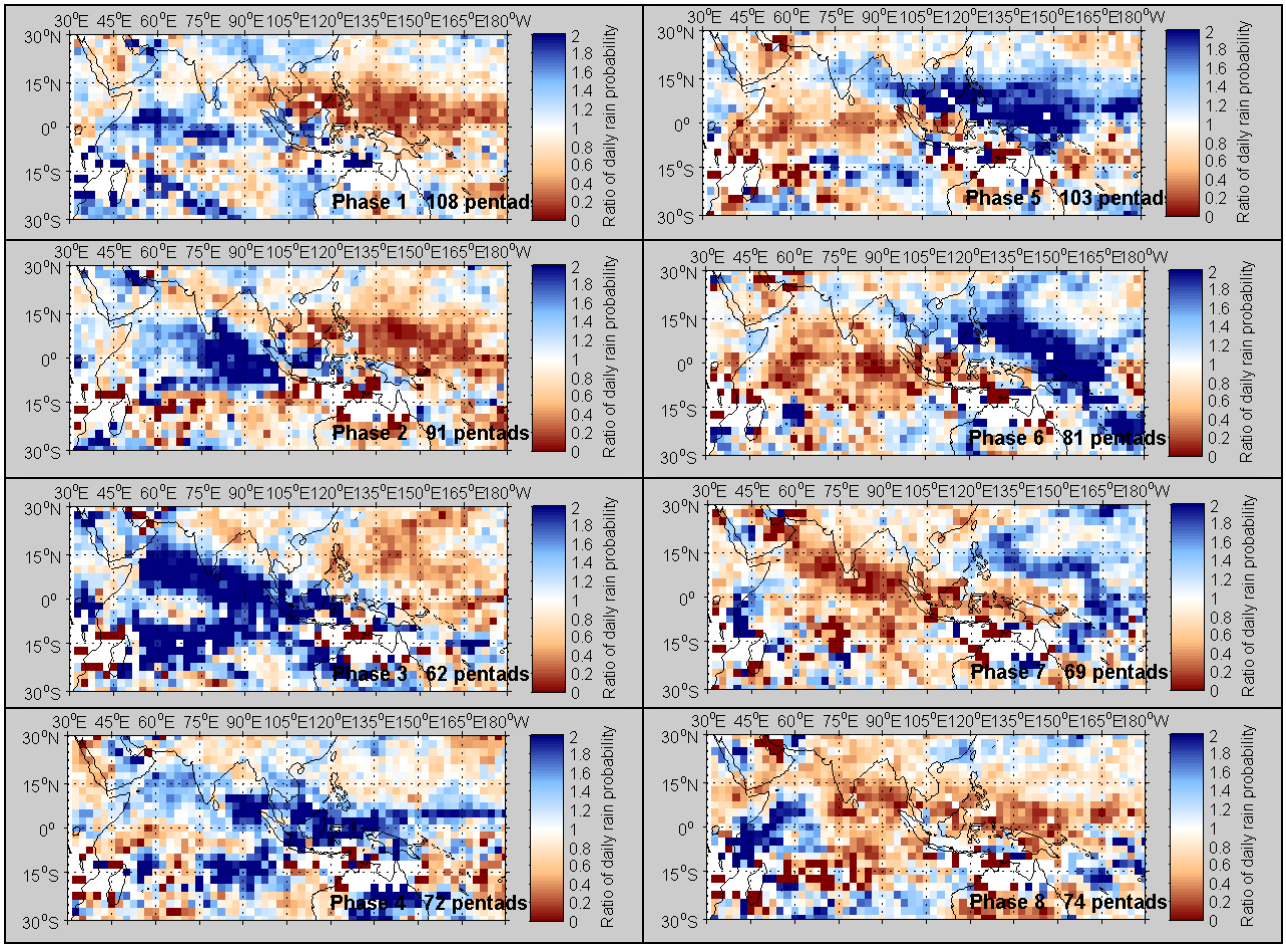
รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากข้อมูลสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา (mm day^{-1}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน สีแดงแทนค่าความผิดสภาพเป็นบวก สีน้ำเงินแทนค่าความผิดสภาพเป็นลบ แสดงเฉพาะสถานีที่มีค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญด้วยการทดสอบแบบ Student's *t* test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ MJO กับการเกิดฝนตกหนัก

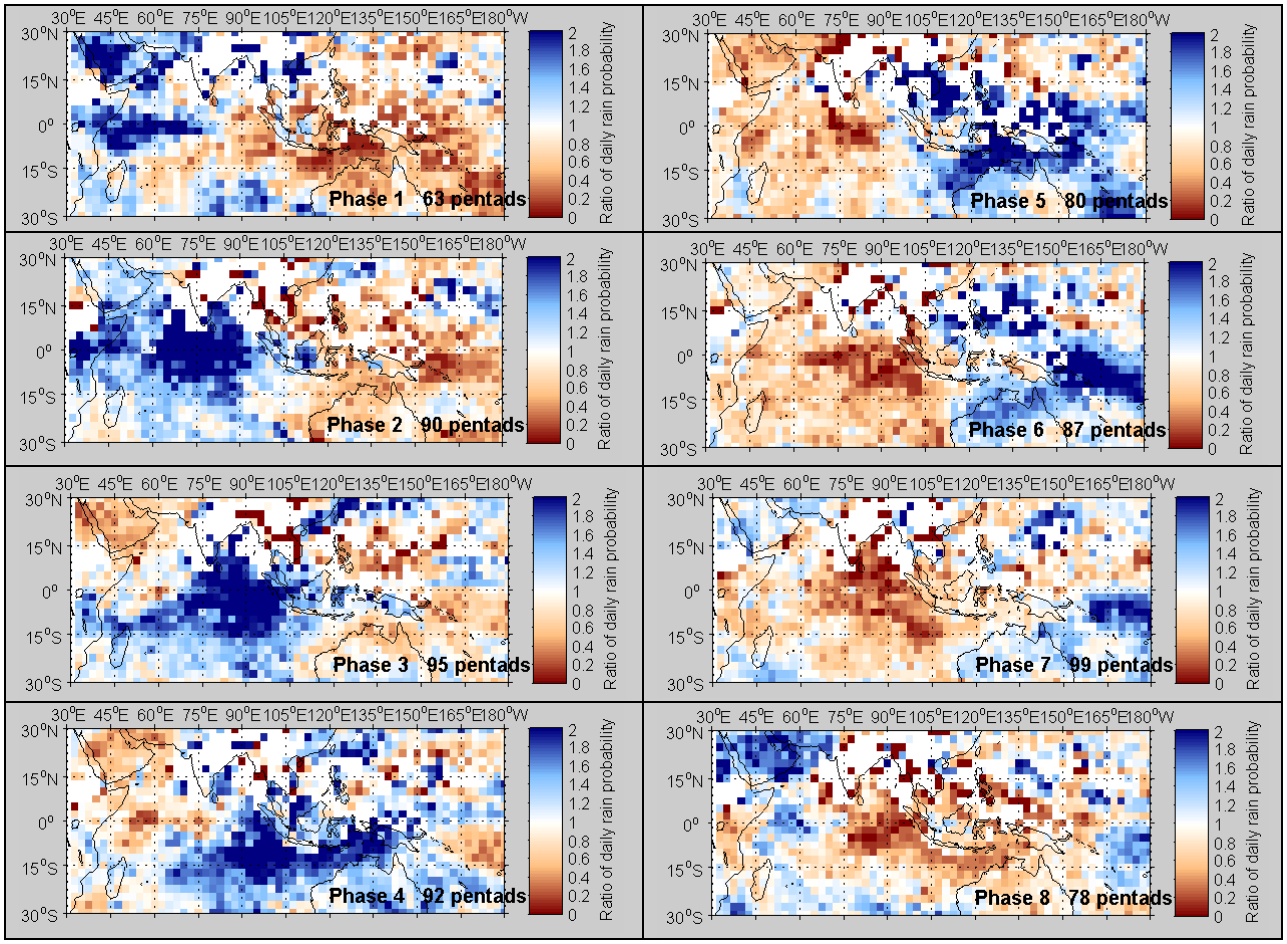
ความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาลกับปรากฏการณ์ MJO นอกจากพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพไปจากปกติแล้ว ยังสามารถพิจารณาในรูปของการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ฝนตกมากกว่าค่าเกณฑ์ (threshold) ได้ ในที่นี้เลือกใช้ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ในการแสดงโอกาสในการเกิดฝนตกหนัก รูปที่ 4.9 แสดงสัดส่วนของความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO เมื่อเทียบกับความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 โดยเฉลี่ย โดยใช้ปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP เฉพาะช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพของปริมาณฝน โดยในระยะที่ 1 และ 2 ภาคใต้ตอนบนมีค่าความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ลดลง ขณะที่ภาคเหนือมีค่าความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 สูงขึ้น ระยะที่ 3 ทุกภูมิภาคของประเทศยกเว้นภาคใต้ตอนล่างมีค่าความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ลดลง ขณะที่ภาคใต้ตอนล่างมีค่าความน่าจะเป็นสูงขึ้น ลักษณะดังกล่าวมีทั้งส่วนที่คล้ายคลึงและแตกต่างจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพ (รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6) ในระยะนี้ค่าความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 เพิ่มขึ้นบริเวณภาคใต้ตอนล่างขณะเดียวกับที่ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนมีค่ามากกว่าปกติ ในขณะที่ส่วนอื่นของประเทศมีความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ลดลง 0.6 ขณะที่ค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพไม่มีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ระยะที่ 4 และระยะที่ 5 ทั่วทุกภูมิภาคของไทยมีค่าความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 เพิ่มขึ้น ระยะที่ 6 เฉพาะภาคใต้ตอนล่างมีความน่าจะเป็นลดลง ระยะที่ 7 และระยะที่ 8 ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศมีความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ลดลง หากพิจารณาเป็นรายพื้นที่แล้วจะเห็นได้ว่า ภาคใต้และภาคตะวันออกมีความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 เพิ่มขึ้น 3.5 เท่าจาก 0.4 เป็น 1.4 เมื่อเทียบระหว่างระยะที่ 8 กับระยะที่ 5 ภาคเหนือมีความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 เพิ่มขึ้น 2.5 เท่าจาก 0.6 เป็น 1.6 เมื่อเทียบระหว่างระยะที่ 1 กับระยะที่ 9 ขณะที่ในช่วงที่ปรากฏการณ์ MJO มีกำลังอ่อน ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 มีค่าประมาณ 1 และพบแนวโน้มใกล้เคียงกันในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 4.10)

ต่อมาใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อหาสัดส่วนของความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO เทียบกับความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 โดยเฉลี่ย พบแนวโน้มลักษณะของการเปลี่ยนแปลง

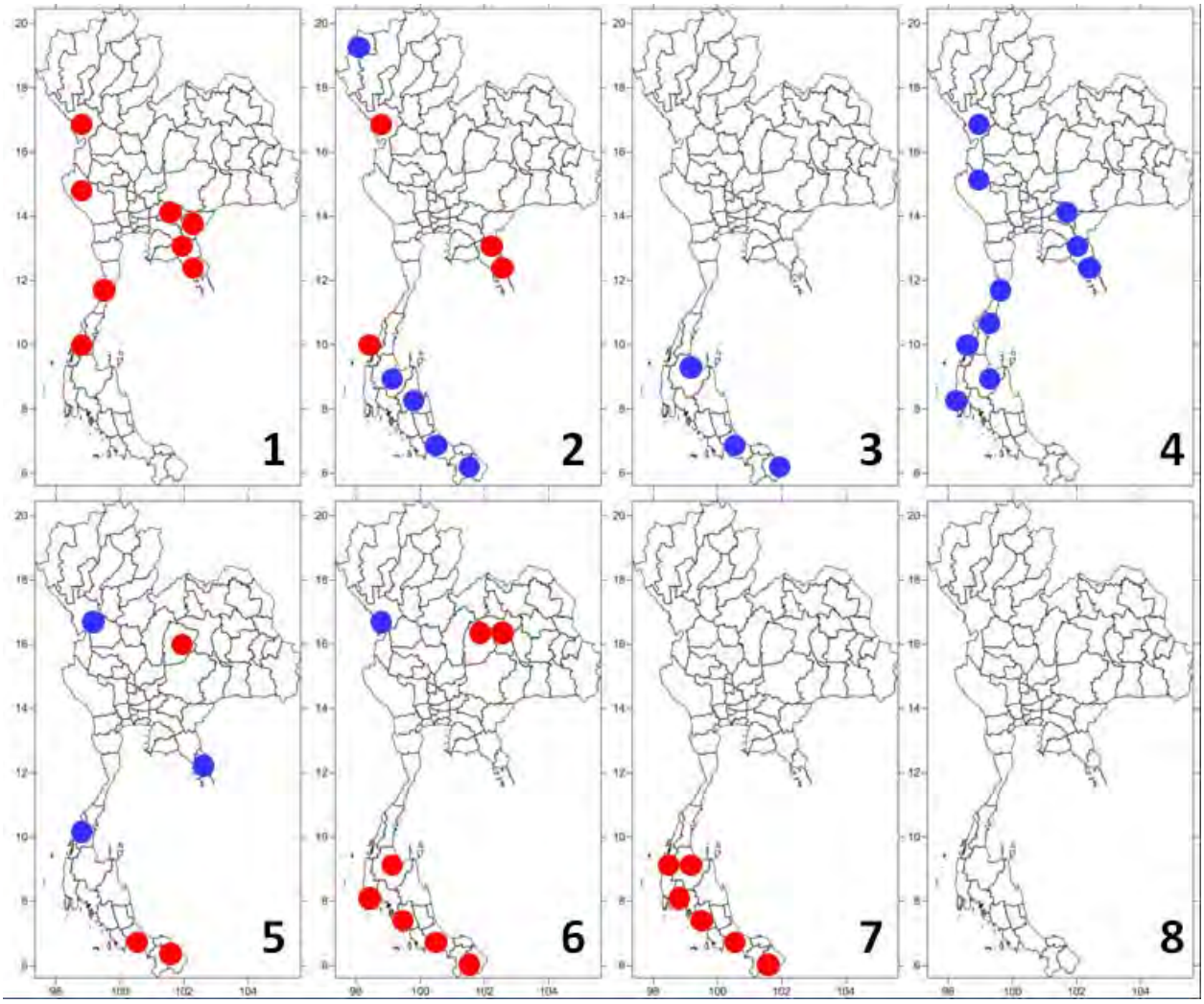
ความน่าจะเป็นคล้ายคลึงกับที่หาได้จากการใช้ชุดข้อมูล CMAP โดยในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 4.11) ภาคตะวันตกและภาคตะวันออกมีโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 เพิ่มขึ้นในระยะที่ 4 และลดลงในระยะที่ 1 ส่วนในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 4.12) ภาคใต้ตอนล่างโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 เพิ่มขึ้นในระยะที่ 3 และลดลงในระยะที่ 6, 7 และ 8



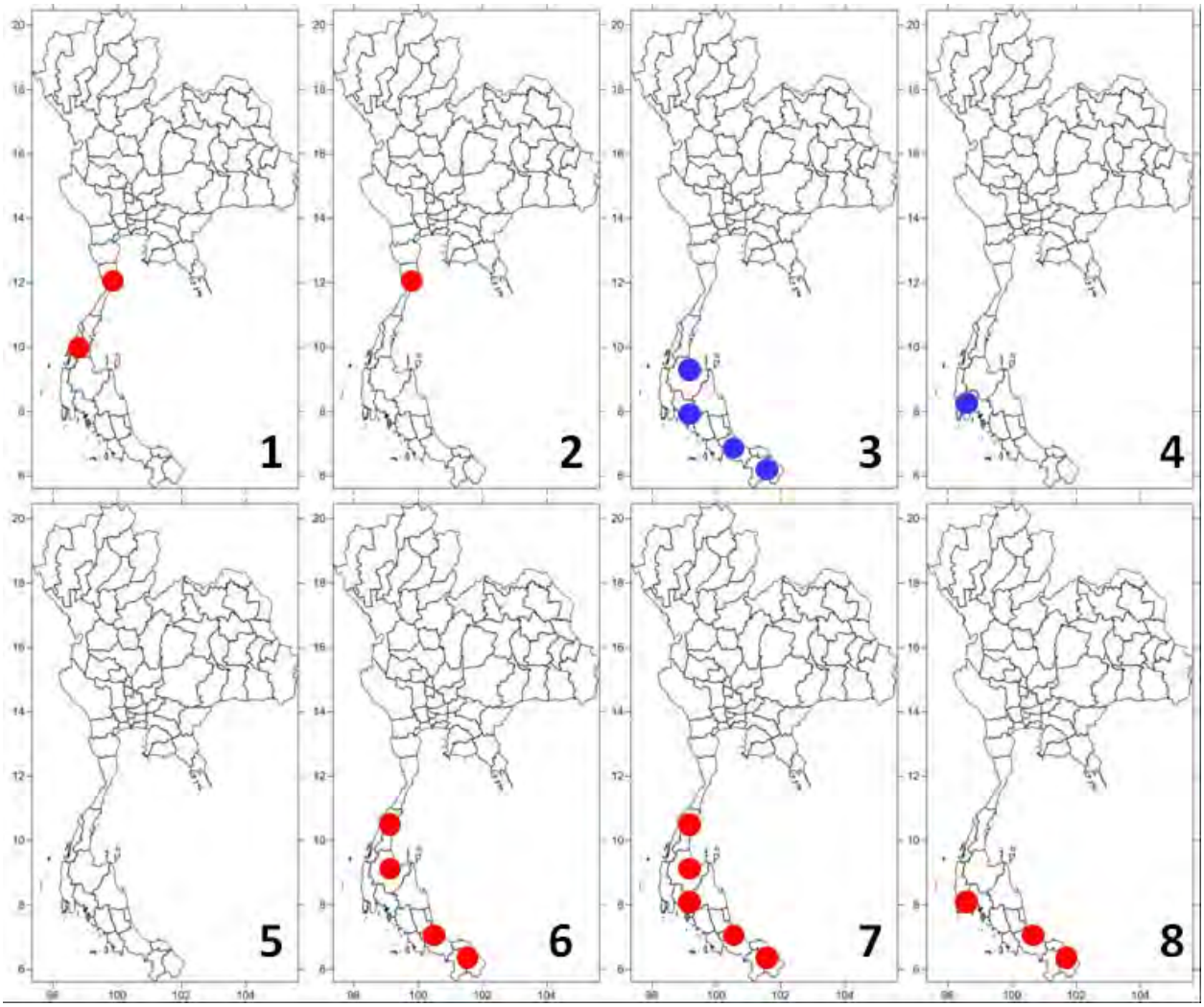
รูปที่ 4.9 สัดส่วนของความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO เมื่อเทียบกับความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 โดยเฉลี่ย ปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และได้แสดงจำนวน pentad (ห้าวัน) ในแต่ละระยะไว้ด้วย



รูปที่ 4.10 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.9 เฉพาะระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน



รูปที่ 4.11 สัดส่วนของความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO เมื่อเทียบกับความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 โดยเฉลี่ย ปริมาณฝนจากข้อมูลสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม สีแดงแทนค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นตั้งแต่ 0.0 ถึง ที่ 1.0 สีน้ำเงินแทนค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นมากกว่า 1.0 ถึง 2.0



รูปที่ 4.12 เช่นเดียวกับรูปที่ 4.11 เฉพาะระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน

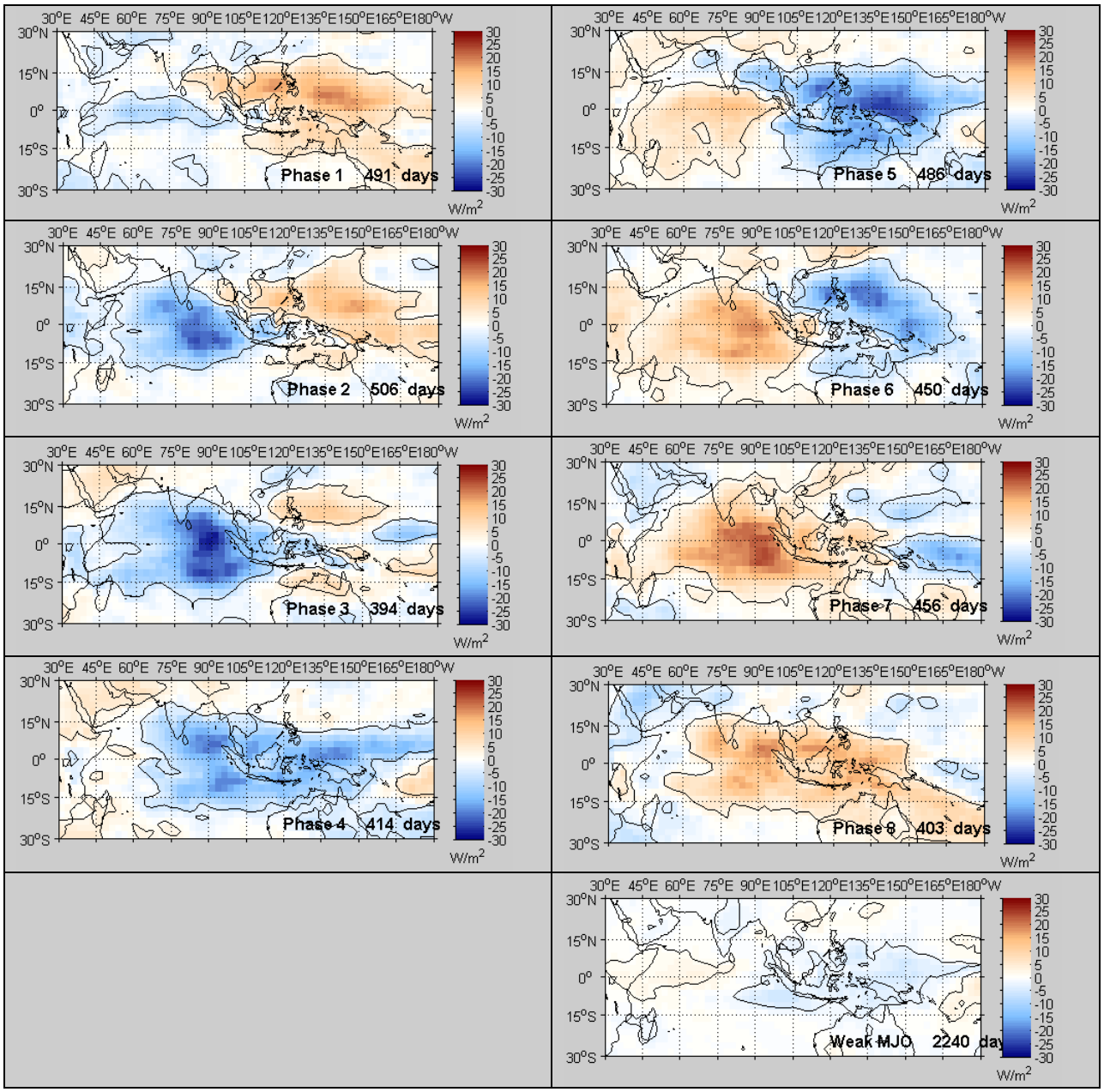
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ MJO และ ENSO กับความแปรปรวนของปริมาณฝน

ปรากฏการณ์ MJO เป็นปรากฏการณ์ที่มีความสำคัญที่สุดในคาบเวลาระหว่างฤดูกาล ขณะที่ปรากฏการณ์ ENSO เป็นปรากฏการณ์ที่มีความสำคัญที่สุดในคาบเวลานานกว่าหนึ่งปี ในบทนี้จะได้ศึกษา ความสัมพันธ์ในเชิงเสริมกันหรือหักล้างกันระหว่างปรากฏการณ์ทั้งสองและผลที่มีต่อความแปรปรวนของฝนภายในฤดูกาล โดยการทำ composite analysis จำแนกตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO และจำแนกตามสถานะของปรากฏการณ์ ENSO แบ่งเป็นปรากฏการณ์เอลนีโญหรือ ENSO warm phase ปรากฏการณ์ลานีญาหรือ ENSO cold phase และช่วงที่ปรากฏกาณ์ ENSO มีกำลังอ่อน รูปที่ 4.13 เป็น MJO composite ของค่า OLR ตามพัฒนาการของ MJO โดยใช้ข้อมูลทั้งปี ในช่วงที่ปรากฏกาณ์ ENSO มีกำลังอ่อน พบว่ารูปแบบความแปรปรวนของ OLR คล้ายคลึงกับรูปแบบที่ไม่มีการจำแนกตามสถานะของปรากฏการณ์ ENSO (รูปที่ 4.1) ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา (รูปที่ 4.14) บริเวณค่าผิดสภาพ OLR เป็นลบซึ่งหมายถึงการก่อตัวของกลุ่มเมฆฝนมีค่ามากขึ้นในทุกระยะ เช่นเดียวกับค่าผิดสภาพ OLR เป็นบวกซึ่งหมายถึงบริเวณอากาศจมตัวก็มีค่ามากขึ้นเช่นกัน ขณะที่ค่าความผิดสภาพของ OLR ในช่วงที่ปรากฏการณ์ MJO มีกำลังอ่อนมีค่าเป็นลบ เป็นการยืนยันได้ดีว่าในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญานั้นโดยทั่วไปแล้วมีการก่อตัวของกลุ่มเมฆฝนมากกว่าปกติถึงแม้ว่าจะไม่มีปรากฏการณ์ MJO เกิดขึ้น ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ (รูปที่ 4.15) ค่าความผิดสภาพของ OLR มีค่ามากขึ้นโดยเฉพาะค่าลบซึ่งหมายถึงบริเวณอากาศจมตัวและการก่อตัวของปริมาณฝนมีน้อย โดยค่าความผิดสภาพของ OLR ในช่วงที่ปรากฏการณ์ MJO มีกำลังอ่อนมีค่าเป็นลบยืนยันสภาพโดยทั่วไปได้ดี ขณะที่ในช่วง dry phase ของ MJO ก็จะยิ่งมีสภาวะรุนแรงยิ่งขึ้น

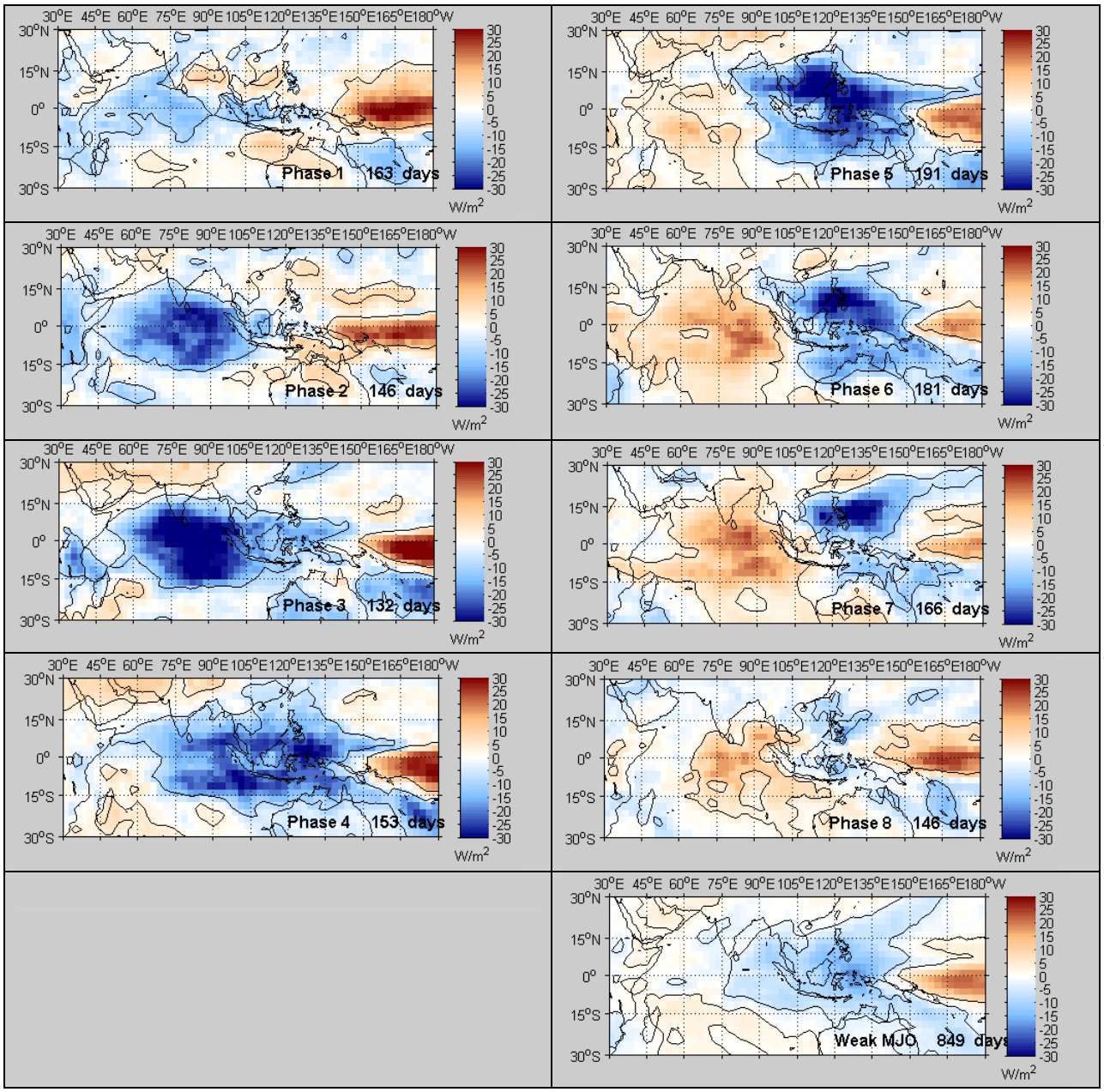
การจำแนกการวิเคราะห์ตามฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 4.16) แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนมากขึ้นว่าบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของปรากฏการณ์ MJO และ ENSO คือบริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรและช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา สภาวะ wet phase ของปรากฏการณ์ MJO จะมีกำลังแรงมากขึ้น (รูปที่ 4.17) ในขณะที่ช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ สภาวะ dry phase ของปรากฏการณ์ MJO จะมีกำลังแรงมากขึ้น (รูปที่ 4.18) สำหรับในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 4.19) บริเวณที่ได้รับอิทธิพลของปรากฏการณ์ MJO และ ENSO คือบริเวณใกล้และใต้เส้นศูนย์สูตร และช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา สภาวะ wet phase ของปรากฏการณ์ MJO จะมีกำลังแรงมากขึ้น (รูปที่ 4.20) ในขณะที่ช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ สภาวะ dry phase ของปรากฏการณ์ MJO จะมีกำลังแรงมากขึ้น (รูปที่ 4.21) สิ่งที่แตกต่างระหว่างสองฤดูกาลคือในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือค่าความผิดสภาพมีแอมปลิจูดมากกว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่พบว่าปรากฏการณ์ MJO มีกำลังแรงในช่วงฤดูร้อนของซีกโลกใต้มากกว่าช่วงฤดูร้อนของซีกโลกเหนือ

การวิเคราะห์รูปแบบเดียวกันกับข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยในรอบห้าวันจากชุดข้อมูล CMAP ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 4.22 รูปที่ 4.23 และรูปที่ 4.24) และในฤดูมรสุม

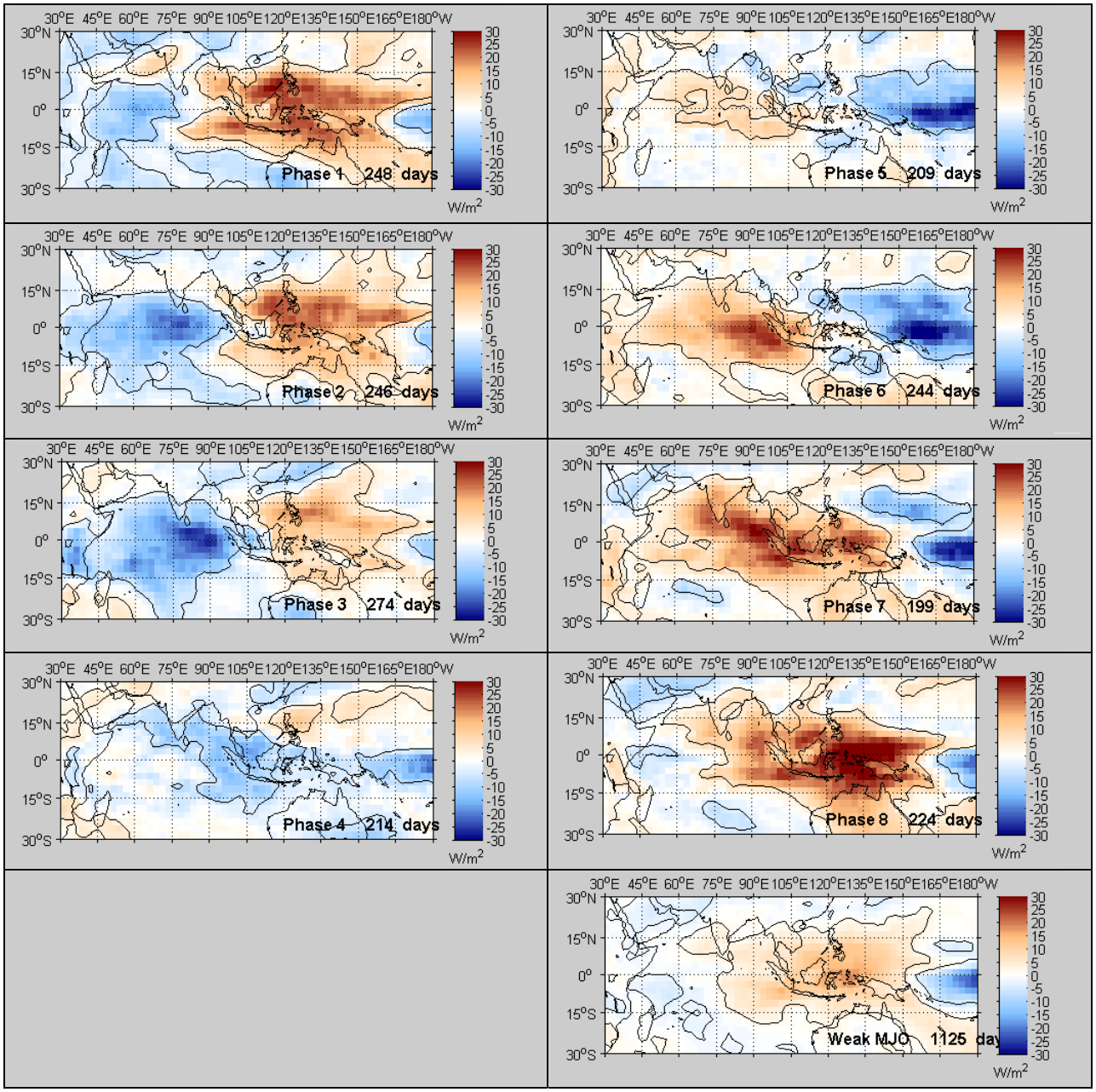
ตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 4.25 รูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.27) ได้ภาพแนวโน้มความแปรปรวนของปริมาณฝนตามพัฒนาการของ MJO และสถานะของปรากฏการณ์ ENSO คล้ายคลึงกับชุดข้อมูล OLR โดยบริเวณที่มีความแปรปรวนของปริมาณฝนมากเกิดขึ้นเหนือมหาสมุทรมากกว่าเหนือแผ่นดิน



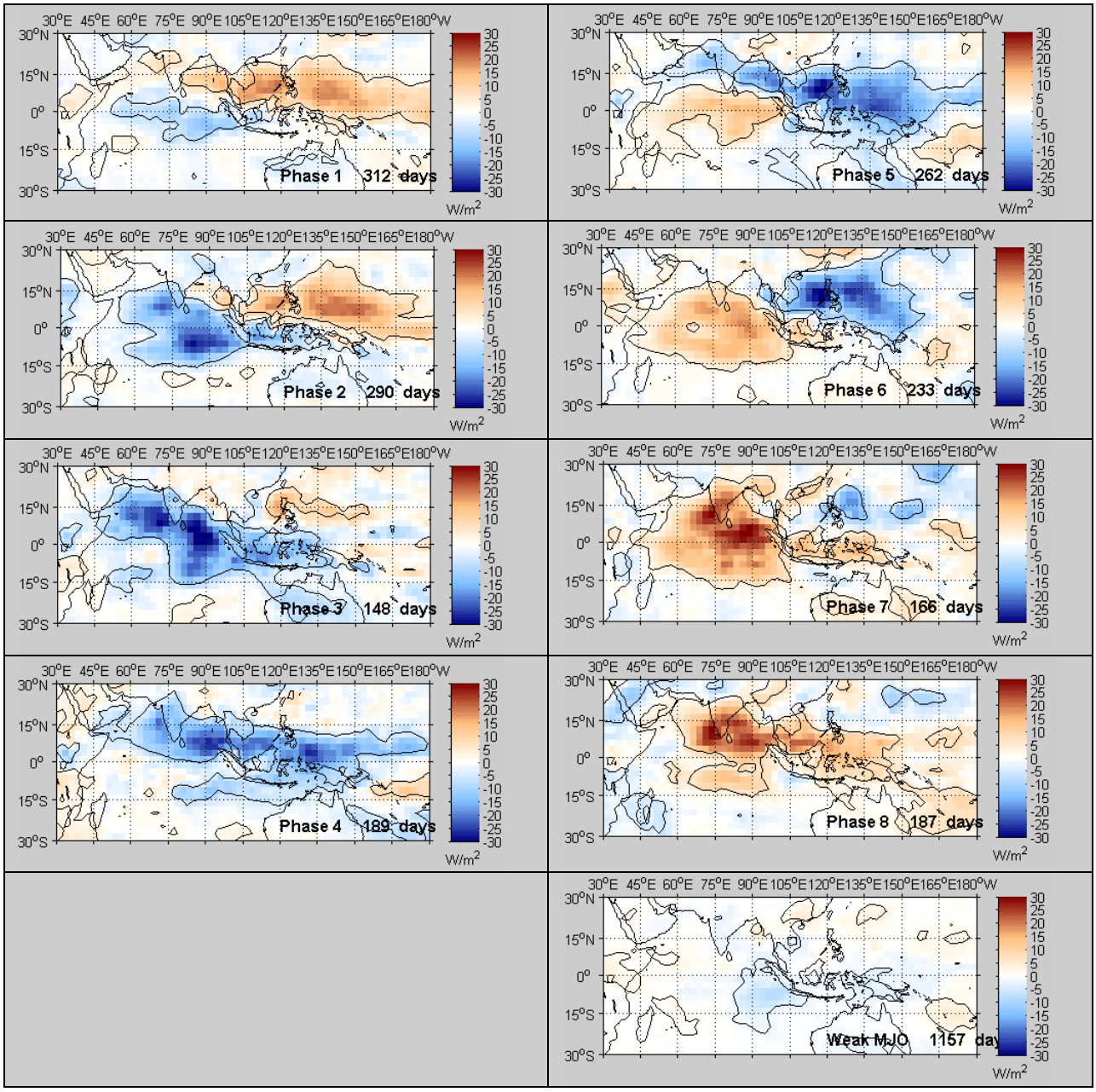
รูปที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR (W m^{-2}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ในขณะที่ปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน เส้นทึบสีดำล้อมรอบบริเวณที่ค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญด้วยการทดสอบแบบ Student's *t* test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และได้แสดงจำนวนวันในแต่ละระยะไว้ด้วย



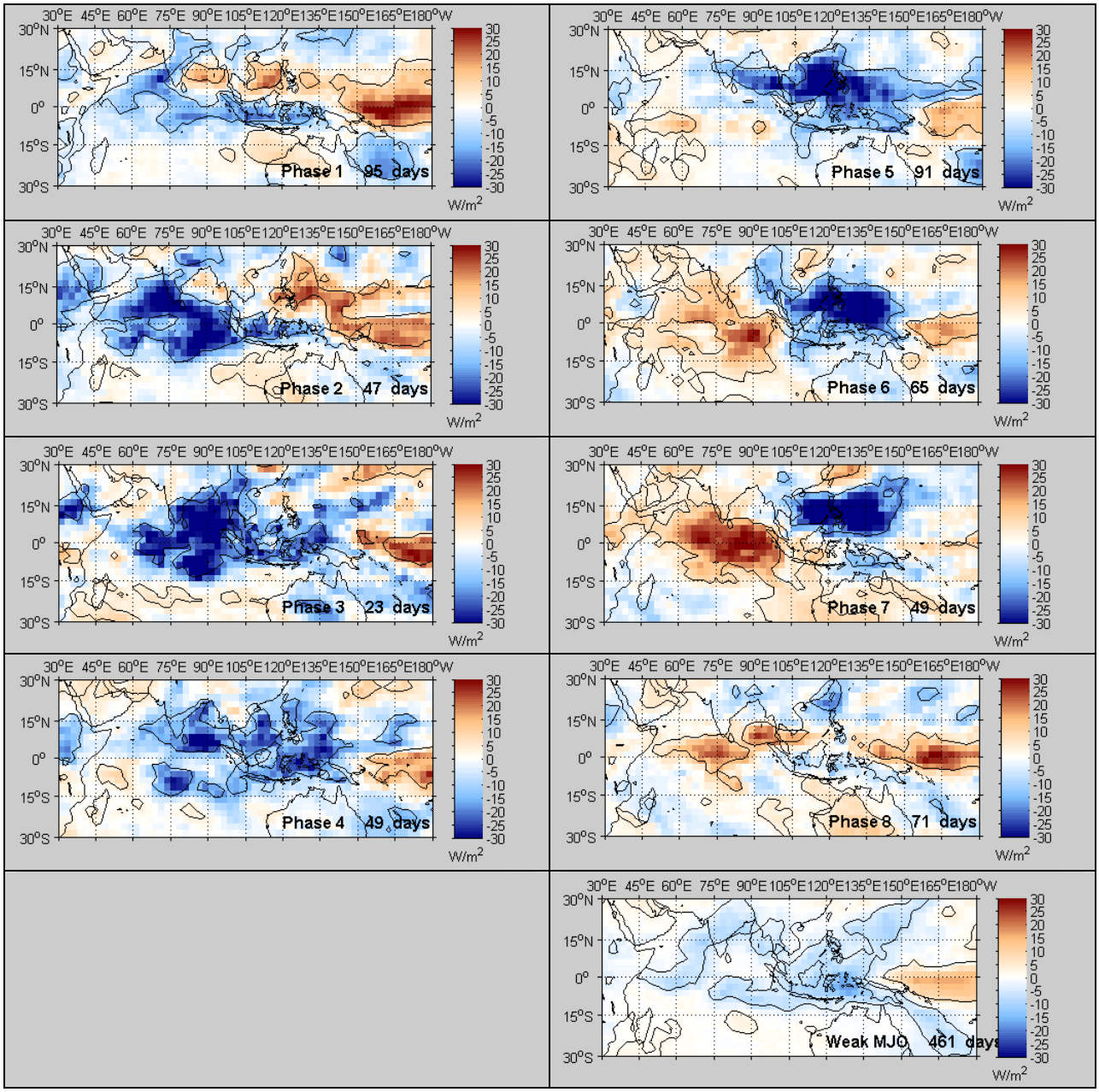
รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR (W m^{-2}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา



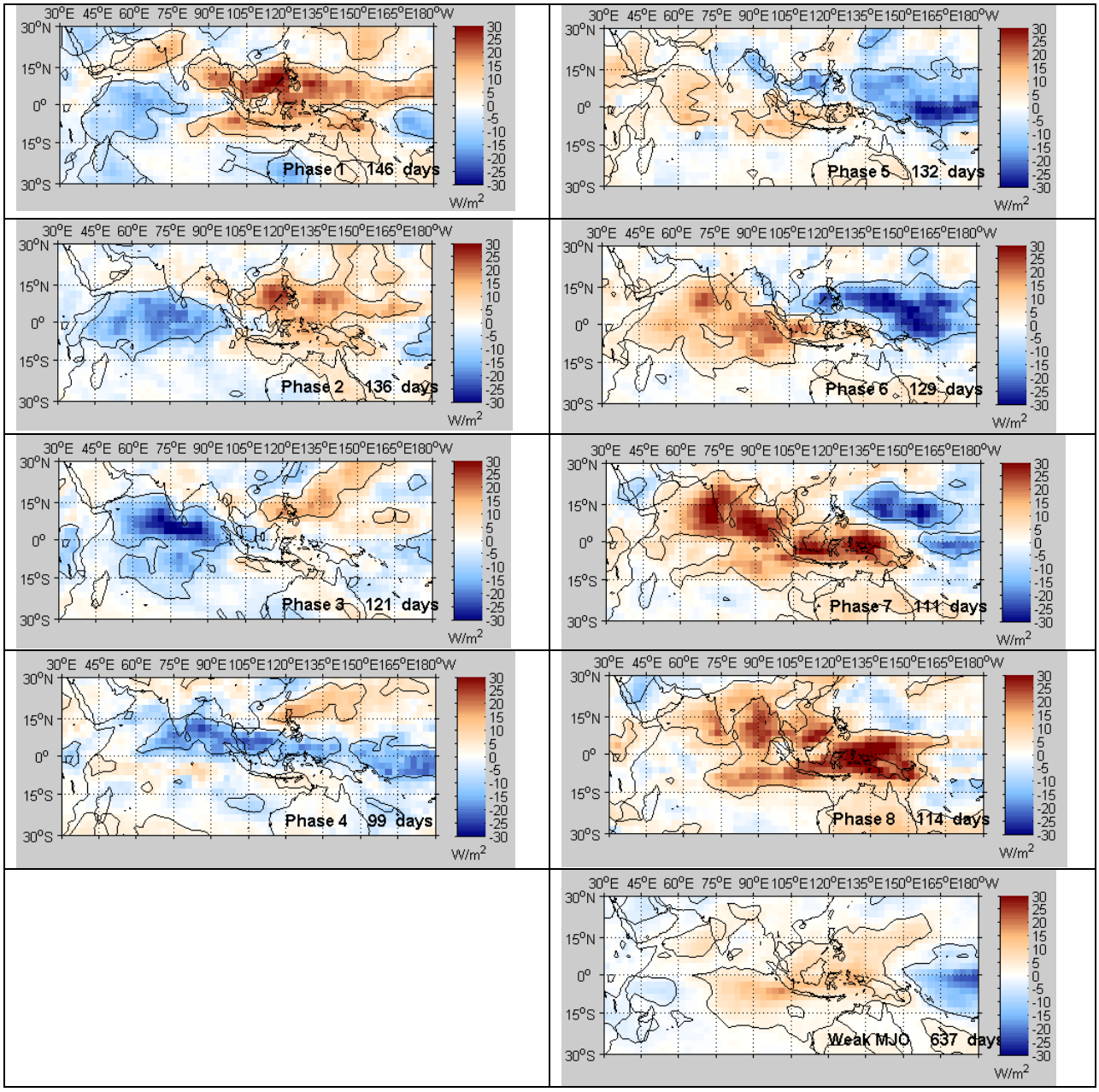
รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR (W m^{-2}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ



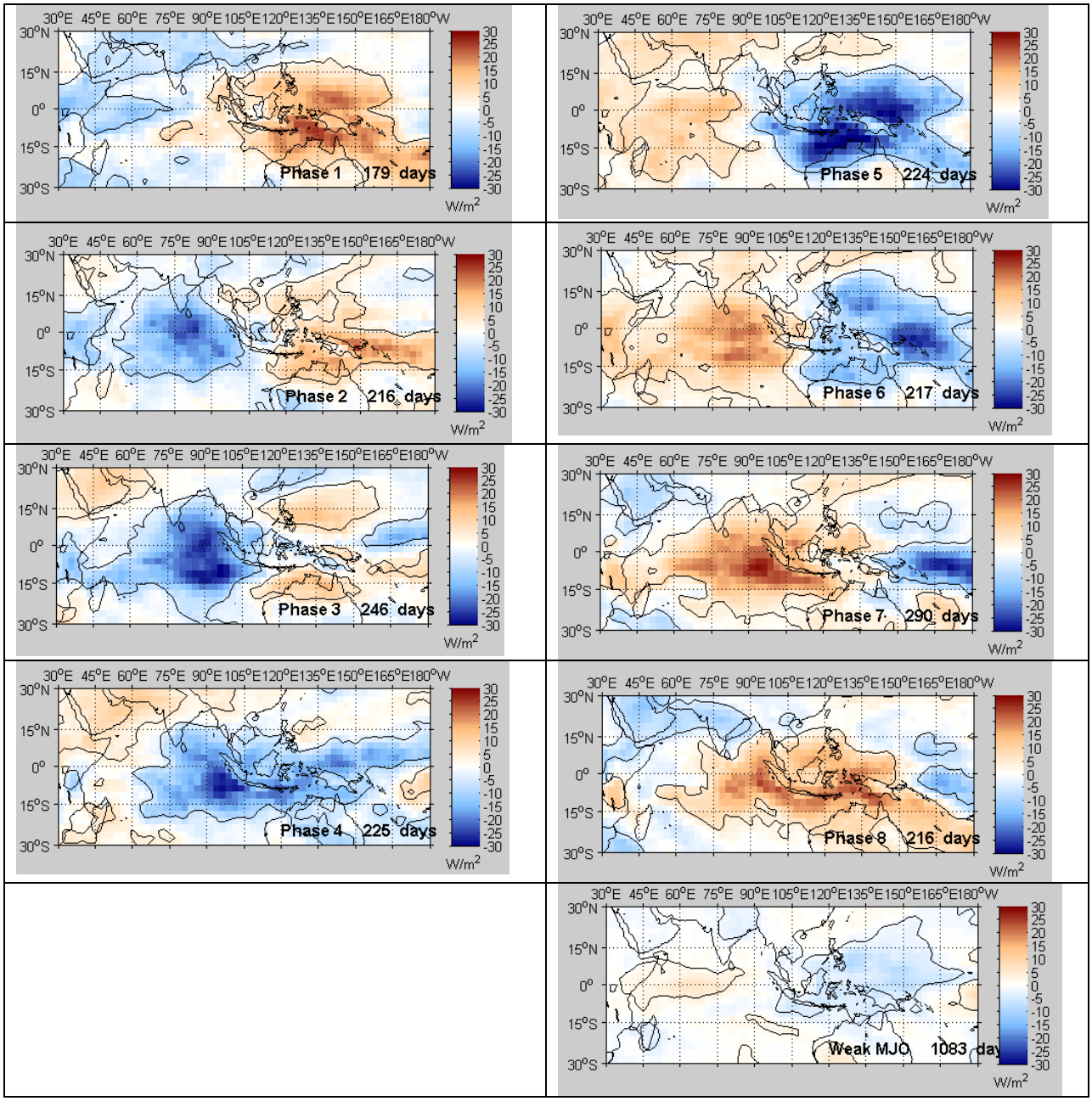
รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR (W m^{-2}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่ปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน



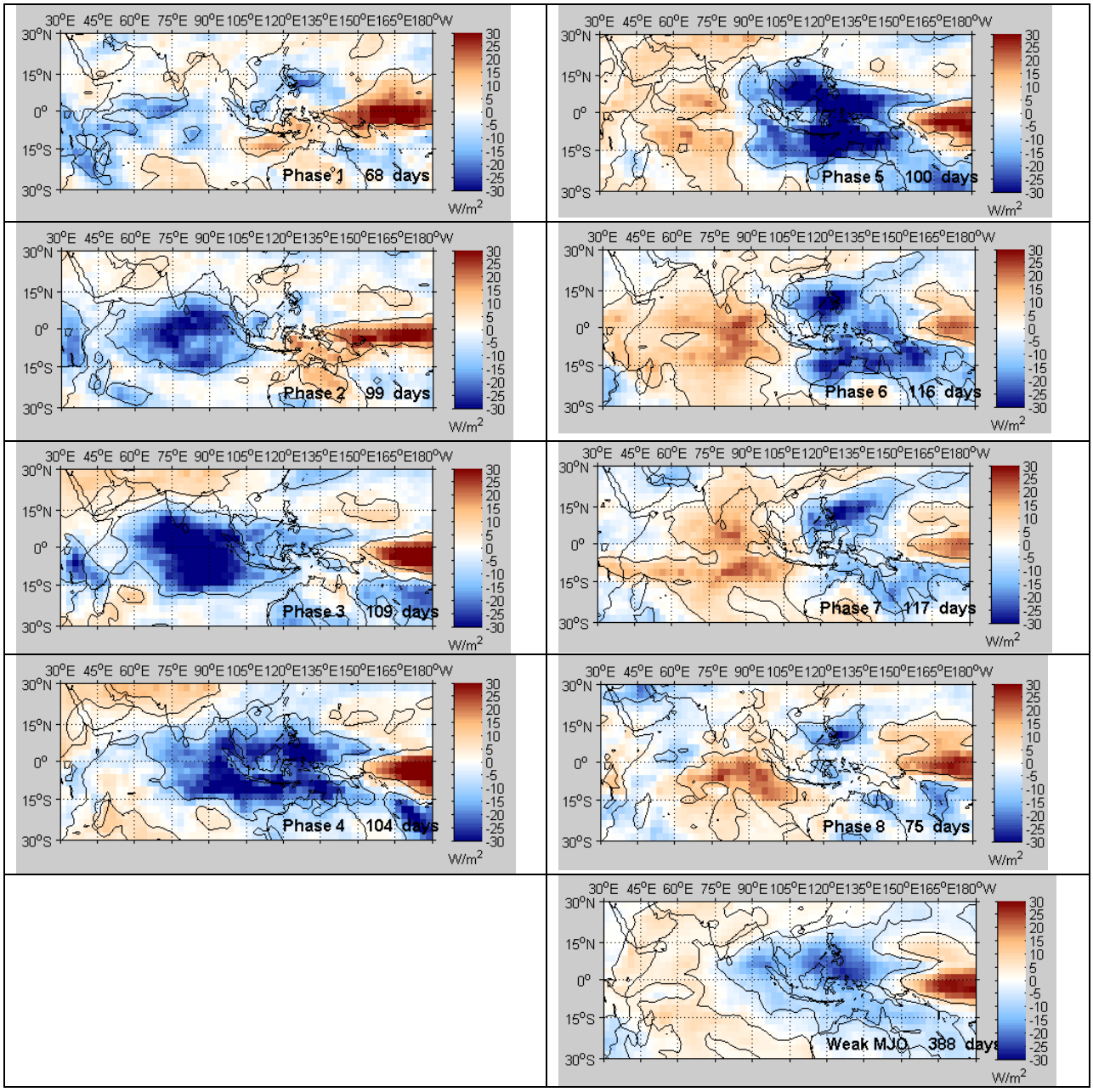
รูปที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR (W m^{-2}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา



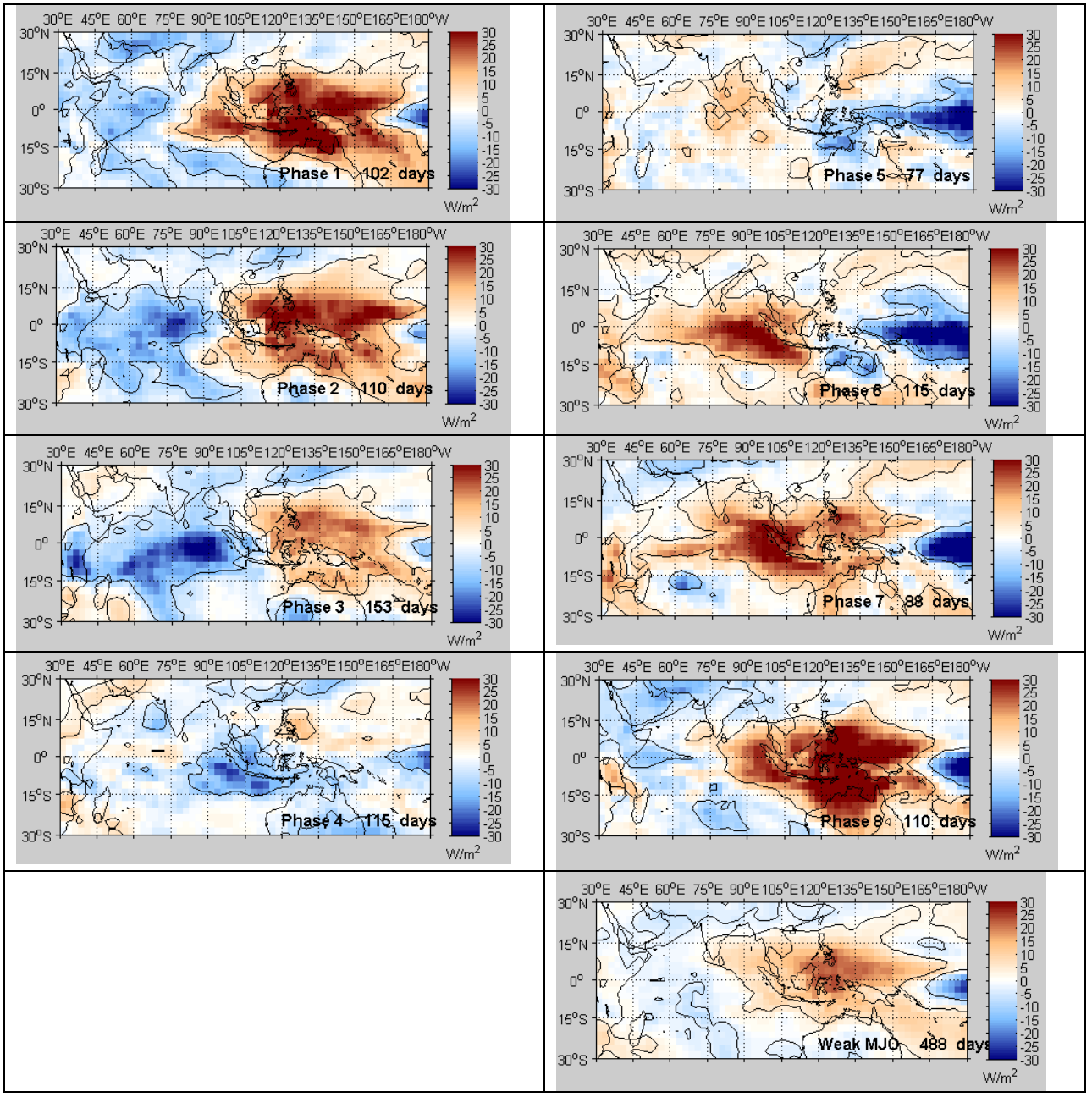
รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR (W m^{-2}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ



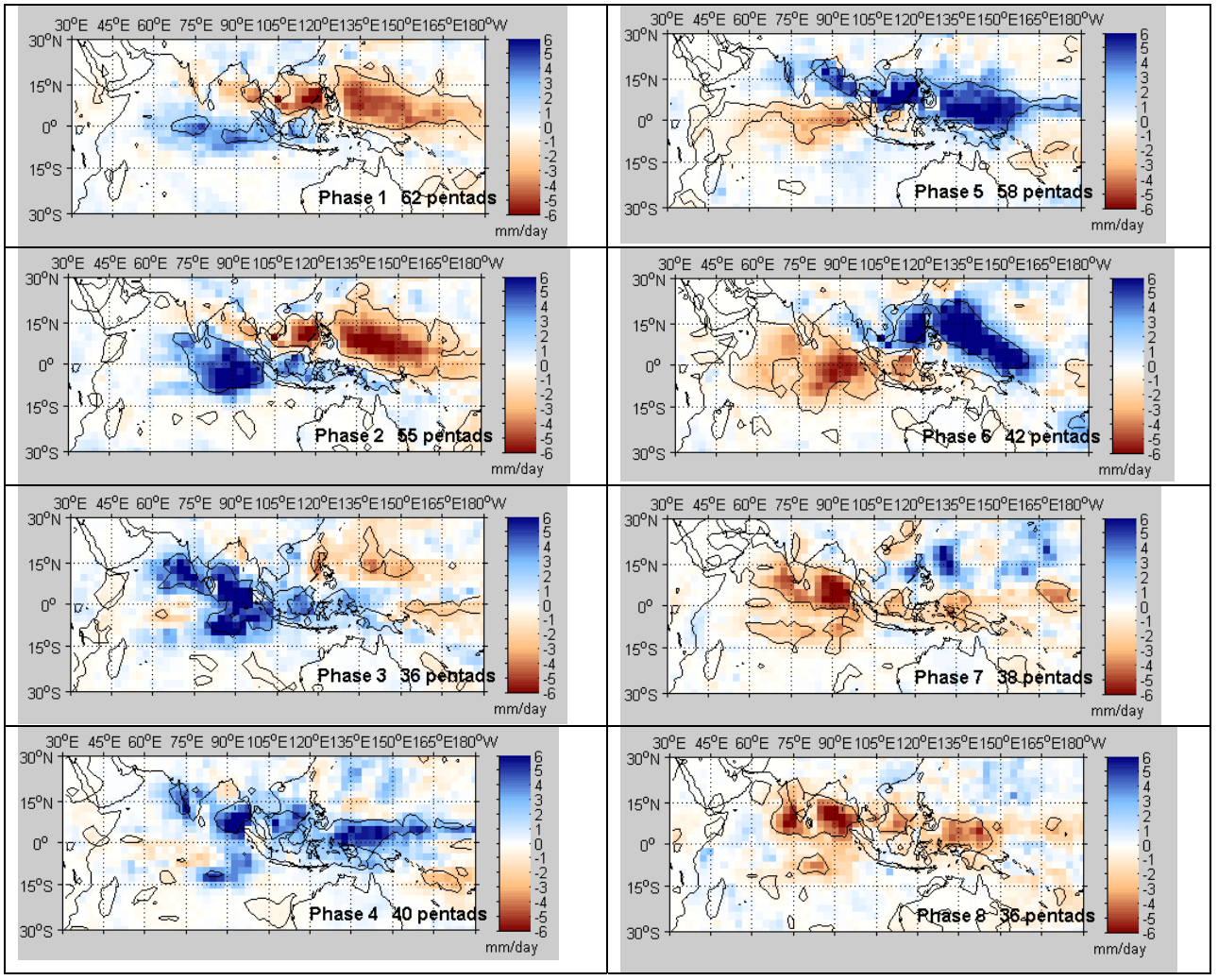
รูปที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR (W m^{-2}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนในขณะที่ปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน



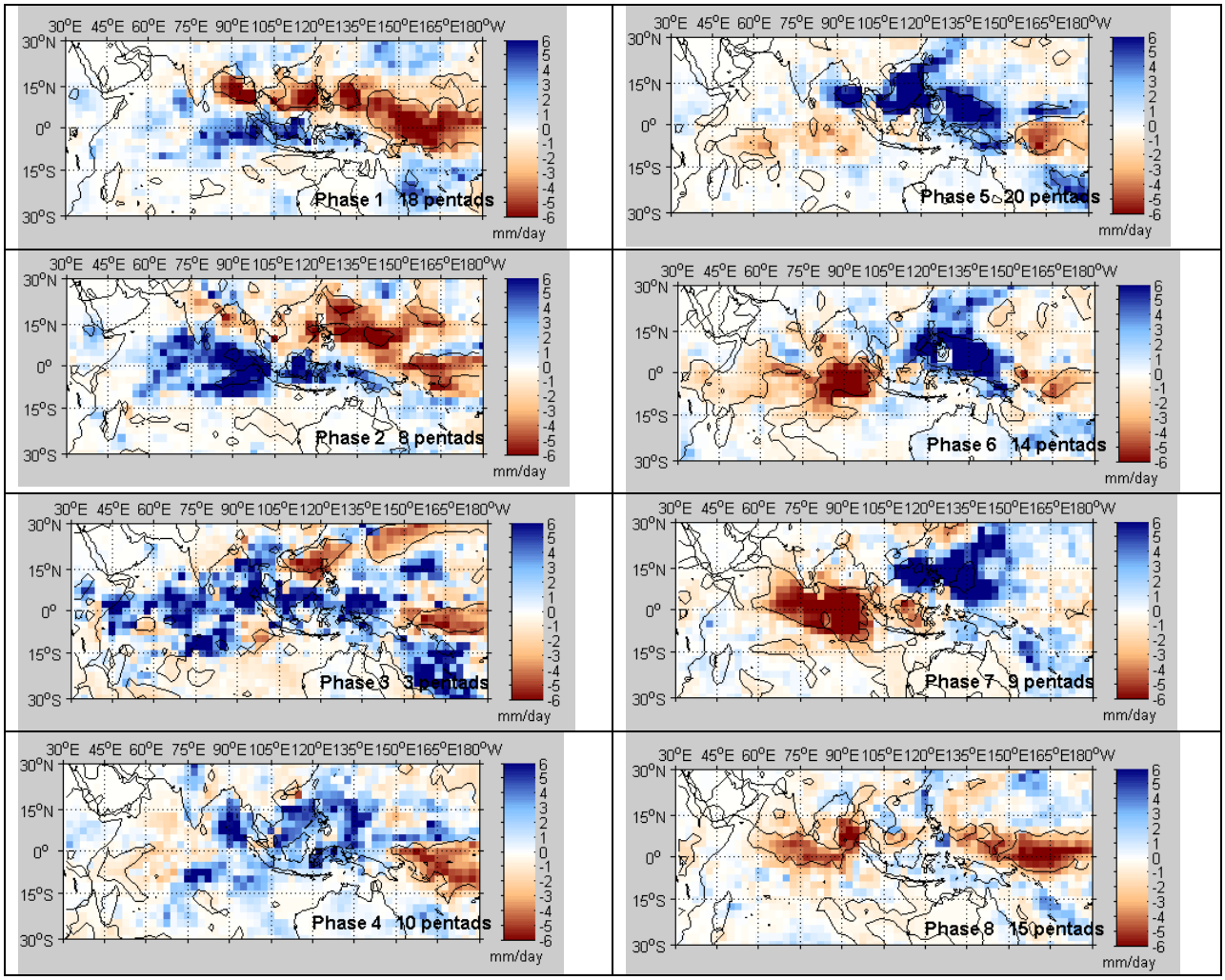
รูปที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR (W m^{-2}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา



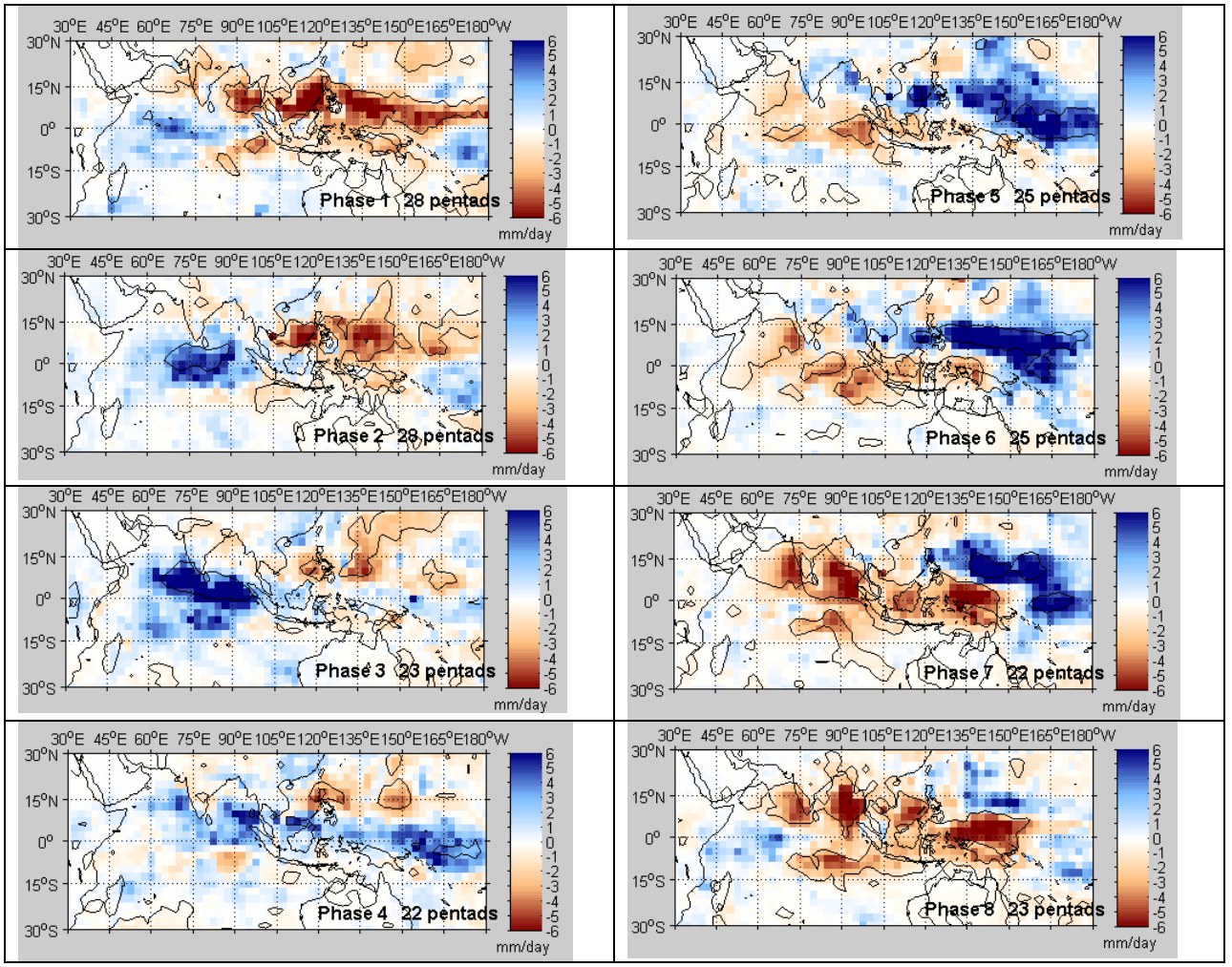
รูปที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของ OLR (W m^{-2}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ



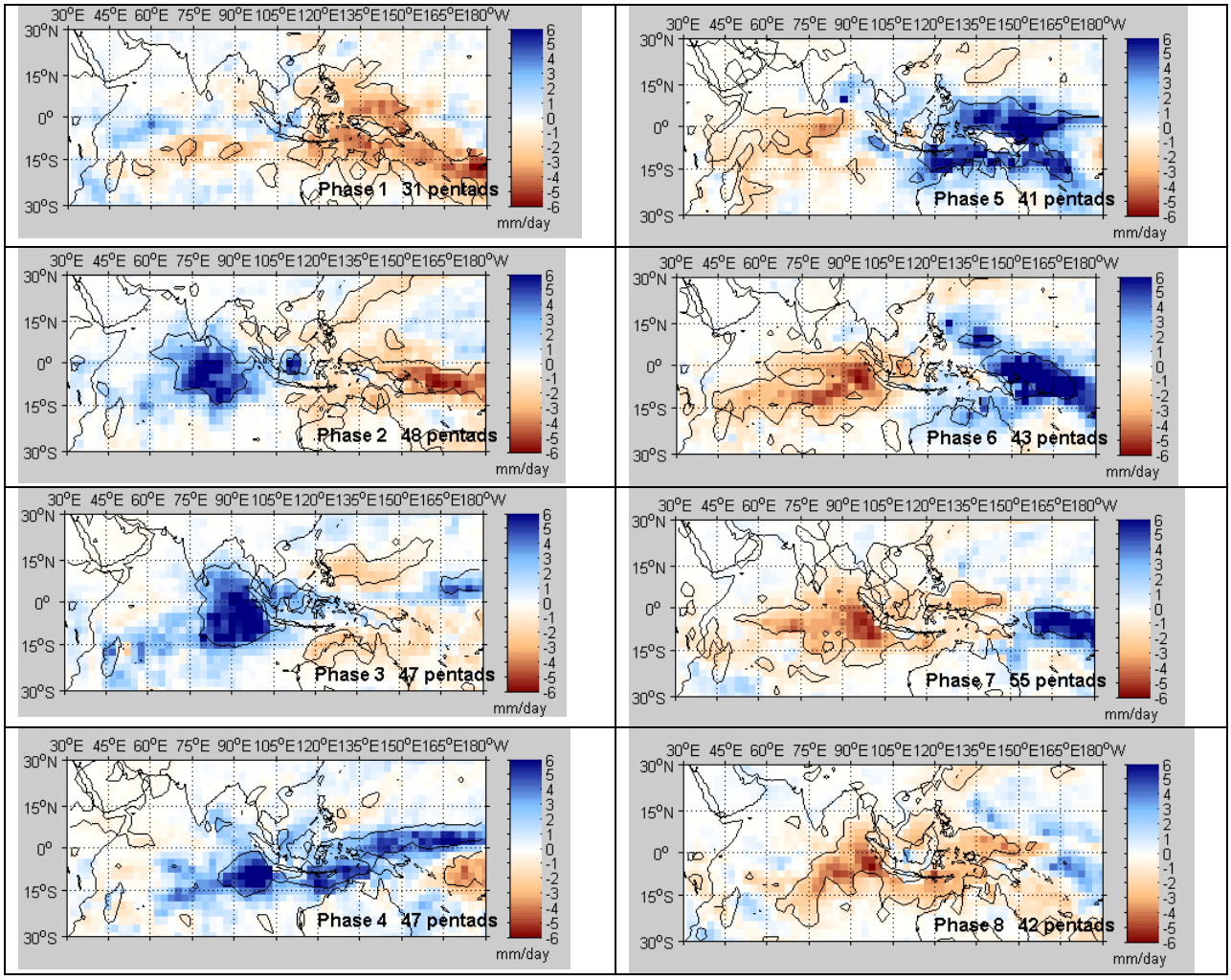
รูปที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP (mm day^{-1}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่ปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน เส้นทึบสีดำล้อมรอบบริเวณที่ค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญด้วยการทดสอบแบบ Student's *t* test ที่ระดับความเชื่อมั่น ที่ 95% และได้แสดงจำนวน pentad (ห้าวัน) ในแต่ละระยะไว้ด้วย



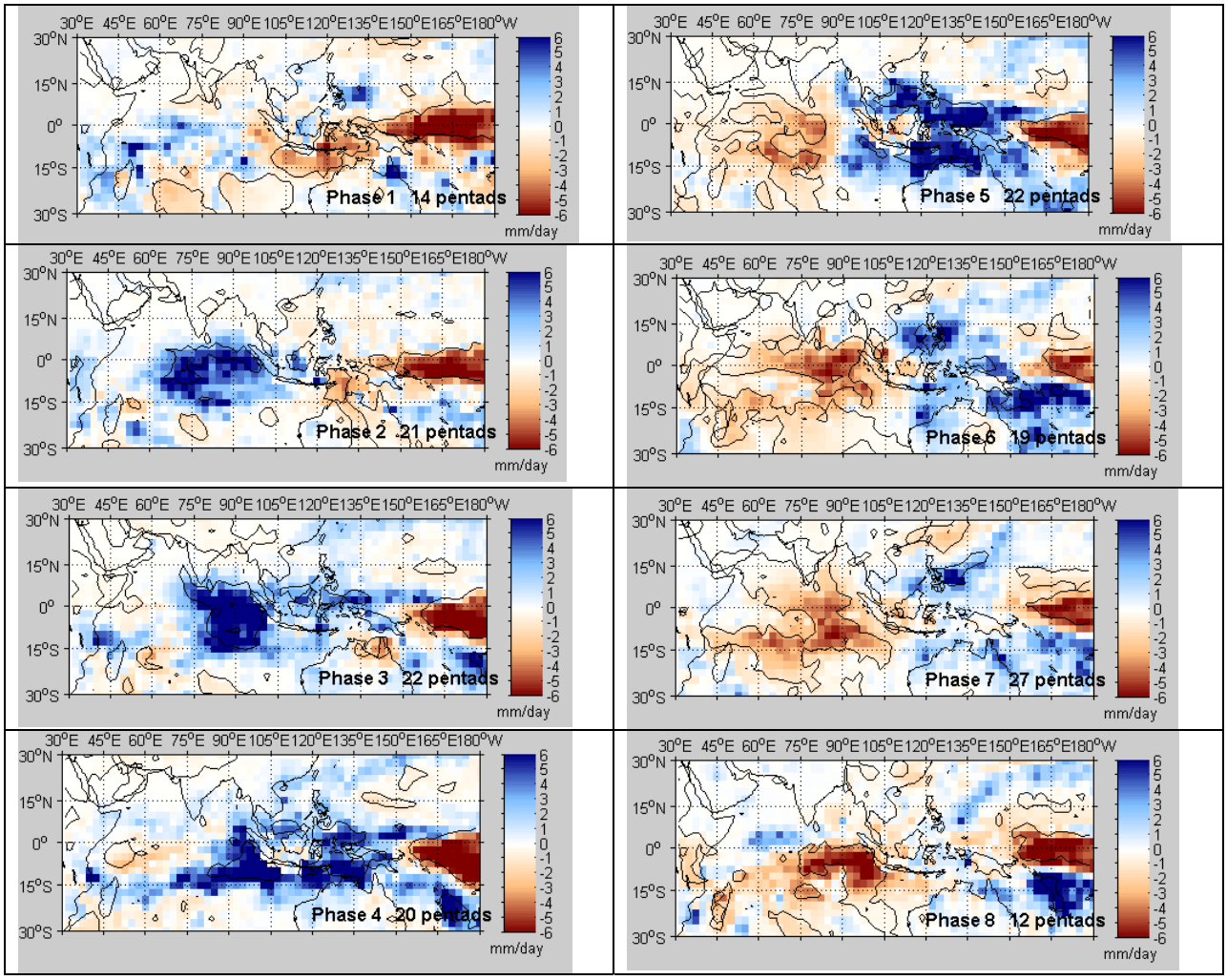
รูปที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP (mm day^{-1}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา



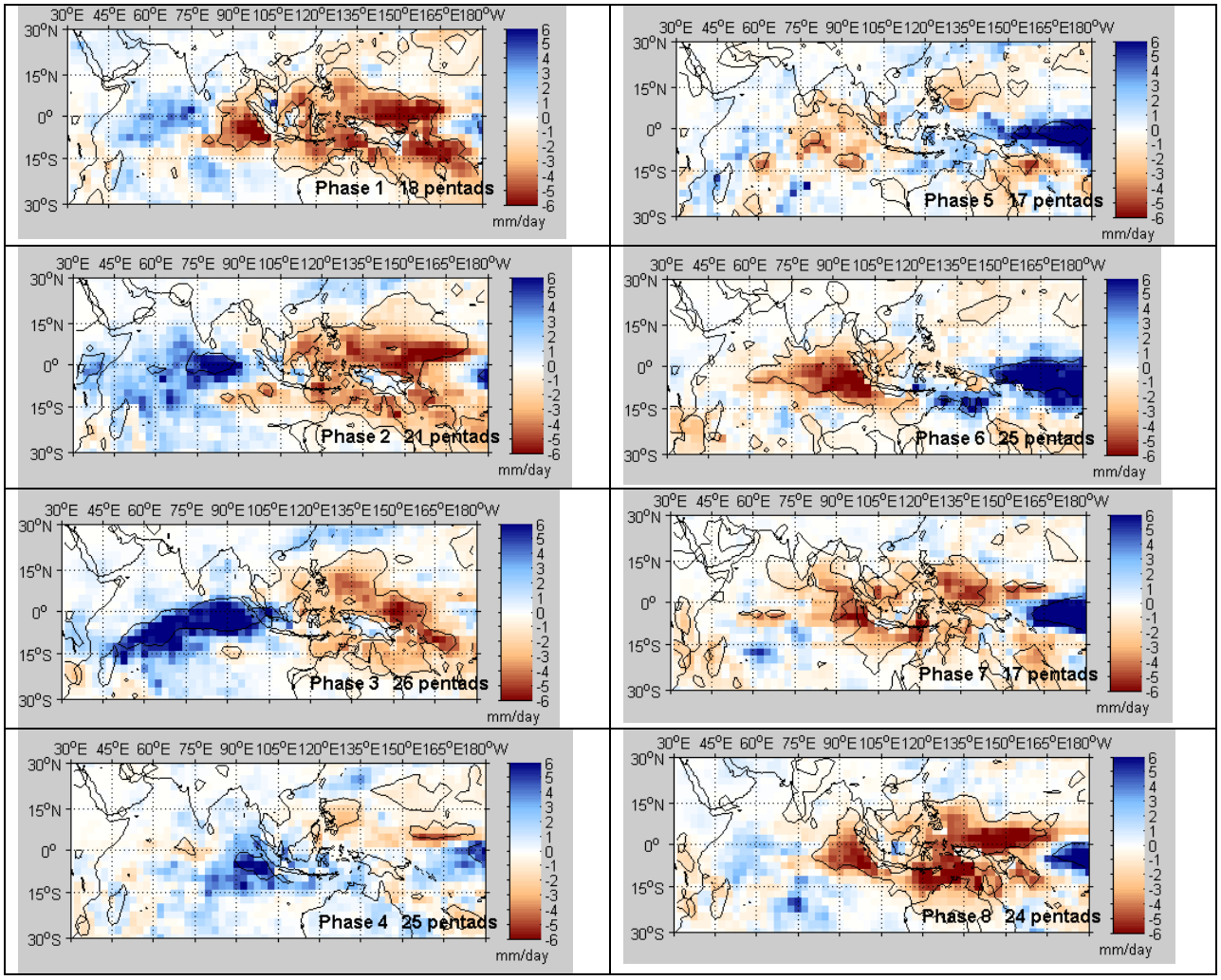
รูปที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP (mm day^{-1}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ



รูปที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP (mm day^{-1}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนขณะที่ปรากฏการณ์ ENSO มีกำลังอ่อน



รูปที่ 4.26 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP (mm day^{-1}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา



รูปที่ 4.27 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP (mm day^{-1}) ตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนขณะเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัยและบทสรุป

5.1 ความแปรปรวนของปริมาณฝนที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO

ค่าความผิดสภาพของ OLR สามารถใช้เปรียบเทียบได้กับผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ MJO ที่แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกของคู่ตรงข้ามของปริมาณกลุ่มเมฆฝน (Wheeler and Hendon, 2004; Pai et al., 2011) พบว่ามีความคล้ายคลึงกัน นอกจากค่าความผิดสภาพของ OLR ซึ่งบ่งชี้ลักษณะการรวมตัวของกลุ่มเมฆฝนบริเวณกว้างได้ดีแล้ว ค่าความผิดสภาพของปริมาณฝนจากชุดข้อมูล CMAP ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยรายห้าวัน ยังแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนตามพัฒนาการของ MJO ในทำนองเดียวกันกับ OLR ด้วย แม้ว่าจะมีจำนวนข้อมูลที่แตกต่างกันในการหาค่าเฉลี่ยและการทดสอบทางสถิติ และเมื่อใช้ข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าได้ค่าความผิดสภาพที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ MJO ไปในทิศทางเดียวกับข้อมูล CMAP แม้ว่าจะมีจำนวนข้อมูลที่แตกต่างกันในการหาค่าเฉลี่ยและการทดสอบทางสถิติ สำหรับผลของค่าเฉลี่ยของความผิดสภาพขณะที่ปรากฏการณ์ MJO มีกำลังอ่อน มีค่าไม่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงได้จากเส้นที่ล้อมรอบพื้นที่ในรูป จะมีเฉพาะบางบริเวณเท่านั้นที่มีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ แต่มักเกิดเป็นกลุ่มเล็ก ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้เพราะตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยามักมีสหสัมพันธ์ในเชิงพื้นที่ ดังนั้นในการพิจารณาว่าบริเวณใดมีค่าความผิดสภาพที่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องพิจารณาพื้นที่แวดล้อมและสภาพการเปลี่ยนแปลงในระดับภูมิภาคประกอบด้วย

สำหรับความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์สุดขีด ซึ่งในการศึกษานี้ใช้ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 นั้นแสดงแนวโน้มไปในทางที่สัมพันธ์กับความแปรปรวนของปริมาณฝนในระดับภูมิภาค นั่นคือขณะที่ปรากฏการณ์ MJO อยู่ในระยะที่ทำให้บริเวณใดๆมีปริมาณฝนมากกว่าปกติ จะตรงกับระยะที่ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ที่ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 มีมากกว่าค่าความน่าจะเป็นโดยเฉลี่ยด้วย

5.2 แนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการคาดการณ์โอกาสการเกิดฝนมากกว่าค่าปกติ และสภาวะฝนตกหนักได้โดยการติดตามพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO ร่วมกับการพยากรณ์ในทางอุตุนิยมโดยวิธีปกติ ตัวอย่างเช่น ขณะเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญซึ่งมักทำให้เกิดสภาวะแห้งแล้งในประเทศไทยโดยทั่วไปนั้น จะมีฝนตกได้หากศูนย์กลางของบริเวณกลุ่มเมฆฝนที่เกิดจากปรากฏการณ์ MJO เคลื่อนตัวผ่านประเทศไทย

5.3 บทสรุป

1. ความแปรปรวนของปริมาณฝนภายในฤดูกาลของประเทศไทยมีความสัมพันธ์กับพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO โดยปริมาณฝนมีค่าต่ำกว่าปกติ เมื่อ MJO อยู่ในระยะที่ 7, 8, 1 และ 2 และปริมาณฝนมีค่ามากกว่าปกติเมื่อ MJO อยู่ในระยะที่ 3, 4, 5 และ 6 โดยค่าความผิดสภาพมีความสัมพันธ์ในทางตรงกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณฝนในแต่ละสถานี

2. ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ที่ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 มีความสัมพันธ์กับพัฒนาการของปรากฏการณ์ MJO โดยในระยะที่ปริมาณฝนมีค่ามากกว่าปกติ เช่น MJO ระยะที่ 4, 5 และ 6 ตรงกับระยะที่ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ที่ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 มีค่าสูงขึ้นกว่าค่าเฉลี่ย ส่วนในช่วงที่ปริมาณฝนมีค่าน้อยกว่าปกติ เช่น MJO ระยะที่ 7, 8, 1 และ 2 ตรงกับระยะที่ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ที่ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันมากกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย

3. MJO ส่งผลต่อความผันแปรของปริมาณฝนทุกภูมิภาคของประเทศในฤดูมรสุมตะวันตะวันตกเฉียงใต้ ขณะที่ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะส่งผลกระทบต่อภาคใต้เท่านั้น

4. ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ศูนย์กลางของบริเวณอากาศจมตัวที่เกิดจาก MJO มีกำลังแรงขึ้น และในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ศูนย์กลางของกลุ่มเมฆฝนยกตัวที่เกิดจาก MJO มีกำลังแรงขึ้น

5. ขณะเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญซึ่งมักทำให้เกิดสภาวะแห้งแล้งในประเทศไทย โดยทั่วไปนั้น จะมีฝนตกได้หากศูนย์กลางของบริเวณกลุ่มเมฆฝนที่เกิดจากปรากฏการณ์ MJO เคลื่อนตัวผ่านประเทศไทย

บรรณานุกรม

ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล (2552) ความแปรปรวนของสภาพอากาศของประเทศไทยอันเนื่องมาจากความผิดสภาพทางสมุทรศาสตร์. ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล อัศมน ลิ่มสกุล และทวีวงศ์ ศรีบุรี (2552) การประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย: การวิเคราะห์ความเสี่ยงและความล่อแหลมของพื้นที่วิกฤต. ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Chen, S. S., B. E. Mapes, and R. A. Houze Jr. (1996) Multiscale variability of deep convection in relation to large-scale circulation in TOGA COARE. *Journal of Atmospheric Science*, **53**, 1380–1409 .

Hoyos, C. D. and P. J. Webster (2007) The role of intraseasonal variability in the nature of Asian Monsoon precipitation. *Journal of Climate*, **20**, 4402–4424 .

Jones, C. and L. M. V. Carvalho (2011) Stochastic simulations of the Madden-Julian oscillation activity. *Climate Dynamics*, **36**, 229–246 .

Liebmann, B. and C. A. Smith. (1996) Description of a Complete (Interpolated) Outgoing Longwave Radiation Dataset. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **77**, 1275–1277 .

Lin, J.-L., K. M. Weickman, G. N. Kiladis, B. E. Mapes, S. D. Schubert, M. J. Suarez, J. T. Bacmeister and M.-I. Lee (2008) Subseasonal variability associated with Asian summer monsoon simulated by 14 IPCC AR4 coupled GCMs. *Journal of Climate*, **21**, 4541–4567 .

Madden, R. A. and P. R. Julian (1971) Description of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *Journal of Atmospheric Sciences*, **28**, 702–708 .

Madden, R. A. and P. R. Julian (1972) Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 period. *Journal of Atmospheric Sciences*, **29**, 1109–1123 .

McPhaden, M. J., X. Zhang, H. H. Hendon and M. C. Wheeler (2006) Large scale dynamics and MJO forcing of ENSO variability. *Geophysical Research Letters*, **33**, L16702, doi:10.1029/2006GL026786.

Matthews, A. J. (2008) Primary and successive events in the Madden-Julian Oscillation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society,* **134**, 439–453 .

Meehl, G. A., R. Lukas, G. N. Kiladis, K. M. Weickmann, A. J. Matthews, and M. H. Wheeler (2001) A conceptual framework for time and space scale interactions in the climate system. *Climate Dynamics*, **17**, 753–775 .

Pai, D. S., J. Bhate, O. P. Sreejith and H. R. Hatwar (2011) Impact of MJO on the intraseasonal variation of summer monsoon rainfall over India. *Climate Dynamics*, **36**, 41–55 .

Rui, H., and B. Wang (1990) Development characteristics and dynamic structure of tropical intraseasonal convection anomalies. Journal of Atmospheric Science, **47**, 357–379 .

Shinoda, T., H. H. Hendon and J. D. Glick (1999) Intraseasonal surface fluxes in the tropical western Pacific from NCEP reanalyses. *Monthly Weather Review*, **127**, 678–693 .

Singhrattna, N., B. Rajagopalan, K. K. Kumar and M. Clark (2005) Interannual and interdecadal variability of Thailand summer monsoon season. *Journal of Climate*, **18**, 1697–1708 .

Straub, K. H., G. N. Kiladis and P. E. Ciesielski (2006) The role of equatorial waves in the onset of the South China Sea summer monsoon and the demise of El Nino during 1998. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, **42**, 219–238 .

Takahashi, H. G. and T. Yasunari (2006) A climatological monsoon break in rainfall over Indochina—A singularity in the seasonal march of the Asian summer monsoon. *Journal of Climate*, **19**, 1545–1556 .

Waliser, D. E., K. M. Lau, W. Stern, and C. Jones (2003) Potential predictability of the Madden-Julian Oscillation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **84**, 33-50.

Wang, B. and LinHo (2002) Rainy season of the Asian-Pacific summer monsoon. *Journal of Climate*, **15**, 386–398 .

Wheeler, M. C. and H. H. Hendon (2004) An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction. *Monthly Weather Review*, **113**, 941–961 .

Wheeler, M. C., H. H. Hendon, S. Clemland, H. Meinke, and A. Donald (2008) Impacts of the Madden-Julian Oscillation on Australian rainfall and circulation. *Journal of Climate*, **22**, 1482–1498 .

Xie, P. and P. A. Arkin. (1997) Global Precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **78**, 2539-2558.

Yokoi, S., T. Satomura and J. Matsumoto (2007) Climatological Characteristics of the Intraseasonal variation of precipitation over the Indochina Peninsula. *Journal of Climate*, **20**, 5301–5315 .

Zhang, C. (2005) Madden-Julian Oscillation. *Reviews of Geophysics*, **43**, 2003RG.

Zhang, C. and M. Dong (2004) Seasonality of the Madden-Julian Oscillation. *Journal of Climate*, **17**, 3169–3180.

ภาคผนวก

ตารางที่ ผ.1 ดัชนี Oceanic Nino Index (ONI) ระหว่างเดือนมกราคม ค.ศ. 1979 ถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2008 ได้มาจากค่าผิดปกติของอุณหภูมิน้ำทะเลเฉลี่ยในรอบ 3 เดือนเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปีฐานระหว่าง ค.ศ. 1971-2000 บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกระหว่างละติจูด 5°N-5°S ลองจิจูด 120°-170°W (หรือเรียกว่า Nino 3.4) หากค่าดัชนี ONI > 0.5 °C ติดต่อกันอย่างน้อย 5 เดือนแสดงว่าเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ หากค่าดัชนี ONI < -0.5 °C ติดต่อกันอย่างน้อย 5 เดือนแสดงว่าเกิดปรากฏการณ์ลานีญา เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ http://www.cpc.ncep.noaa.gov ของหน่วยงาน Climate Prediction Center แห่ง National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) ประเทศสหรัฐอเมริกา

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1979	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.5
1980	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1
1982	0.0	0.1	0.1	0.3	**0.6**	**0.7**	**0.7**	**1.0**	**1.5**	**1.9**	**2.2**	**2.3**
1983	**2.3**	**2.0**	**1.5**	**1.2**	**1.0**	**0.6**	0.2	-0.2	-0.6	-0.8	-0.9	-0.7
1984	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	**-0.6**	**-0.9**	**-1.1**
1985	**-0.9**	**-0.8**	**-0.7**	**-0.7**	**-0.7**	**-0.6**	**-0.5**	**-0.5**	**-0.5**	-0.4	-0.3	-0.4
1986	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.3	**0.5**	**0.7**	**0.9**	**1.1**	**1.2**
1987	**1.2**	**1.3**	**1.2**	**1.1**	**1.0**	**1.2**	**1.4**	**1.6**	**1.6**	**1.5**	**1.3**	**1.1**
1988	**0.7**	**0.5**	0.1	-0.2	**-0.7**	**-1.2**	**-1.3**	**-1.2**	**-1.3**	**-1.6**	**-1.9**	**-1.9**
1989	**-1.7**	**-1.5**	**-1.1**	**-0.8**	**-0.6**	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
1991	0.4	0.3	0.3	0.4	**0.6**	**0.8**	**1.0**	**0.9**	**0.9**	**1.0**	**1.4**	**1.6**
1992	**1.8**	**1.6**	**1.5**	**1.4**	**1.2**	**0.8**	**0.5**	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.2
1993	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2
1994	0.2	0.2	0.3	0.4	**0.5**	**0.5**	**0.6**	**0.6**	**0.7**	**0.9**	**1.2**	**1.3**
1995	**1.2**	**0.9**	**0.7**	0.4	0.3	0.2	0.0	-0.2	**-0.5**	**-0.6**	**-0.7**	**-0.7**
1996	**-0.7**	**-0.7**	**-0.5**	-0.3	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1997	-0.4	-0.3	0.0	0.4	**0.8**	**1.3**	**1.7**	**2.0**	**2.2**	**2.4**	**2.5**	**2.5**
1998	**2.3**	**1.9**	**1.5**	**1.0**	**0.5**	0.0	**-0.5**	**-0.8**	**-1.0**	**-1.1**	**-1.3**	**-1.4**
1999	**-1.4**	**-1.2**	**-0.9**	**-0.8**	**-0.8**	**-0.8**	**-0.9**	**-0.9**	**-1.0**	**-1.1**	**-1.3**	**-1.6**

2000	**-1.6**	**-1.4**	**-1.0**	**-0.8**	**-0.6**	**-0.5**	-0.4	-0.4	-0.4	**-0.5**	**-0.6**	**-0.7**
2001	**-0.6**	**-0.5**	-0.4	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	-0.1	-0.1
2002	-0.1	0.1	0.2	0.4	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**1.0**	**1.1**	**1.3**	**1.5**	**1.4**
2003	**1.2**	**0.9**	**0.5**	0.1	-0.1	0.1	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	**0.5**	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**0.8**	**0.8**	**0.8**
2005	**0.7**	**0.5**	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	-0.1	-0.4	-0.7
2006	-0.7	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.2	0.3	**0.5**	**0.6**	**0.9**	**1.1**	**1.1**
2007	**0.8**	0.4	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.4	**-0.7**	**-1.0**	**-1.1**	**-1.3**
2008	**-1.4**	**-1.4**	**-1.1**	**-0.8**	**-0.6**	-0.4	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.6