

การศึกษาผลกระทบต่อสภาพฝนของประเทศไทยจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
โดยใช้เทคนิคปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแบบสเกลเชิงเส้น

ASSESSING THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON RAINFALL IN THAILAND BY USING LINEAR SCALING BIAS
CORRECTION TECHNIQUE

วินัย เขาวินวิวัฒน์^{1*}, จิราวรรณ คำมา¹ และ กนกศรี ศรีนินนการ¹

¹ ฝ่ายนวัตกรรมการสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน), กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

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

บทคัดย่อ

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาคหรือลุ่มน้ำนั้น จำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศระยะยาวจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกมาใช้ประกอบการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากแบบจำลองโลกมีสเกลที่ค่อนข้างหยาบหรือมีสเกลมากกว่า 100 ตารางกิโลเมตรขึ้นไป และมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าสภาพภูมิอากาศตรวจวัดไปค่อนข้างมาก ดังนั้นการนำข้อมูลภูมิอากาศมาใช้ในการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในระดับประเทศหรือระดับลุ่มน้ำจึงมีความจำเป็นต้องปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลก่อนนำมาใช้งานสำหรับการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่มีผลต่อสภาพฝนในแง่ของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบฝน รายเดือน รายฤดู และรายปี ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่มีผลต่อรูปแบบของสภาพฝนของประเทศไทยในแต่ละภูมิภาค โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนข้อมูลด้วยวิธีสเกลเชิงเส้น ร่วมกับข้อมูลฝนตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก CMIP6 จำนวน 3 แบบจำลอง ได้แก่ CESM2, MRI-ESM2-0, BCC-CSM2-MR, GFDL-ESM4 และ CanESM และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยค่าสหสัมพันธ์ และ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, การประเมินผลกระทบ, แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก, การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล, เทคนิคสเกลเชิงเส้น

Abstract

To study climate change at the regional or basin scale, it is imperative to use long-term climate data from the global general circulation model in the analysis of climate change. However, the global climate data have a rather coarse resolution or more than 100 square kilometers and highly deviate from the observed climate values. Therefore, before utilizing climate data to assess the impacts of climate change at the country or basin level, it is necessary to correct those biases for assessing the impact of climate change to rainfall condition of Thailand in term of trend of monthly, seasonal, and annual rainfall patterns. This research aimed to assess the impact of climate change to rainfall pattern by applying a technique to correct bias of the global circulation model data by using linear scaling method in conjunction with observed rainfall data from Thai Meteorology Department and 3 CMIP6 global circulation models, namely CESM2, MRI-ESM2-0, BCC-CSM2-MR, GFDL-ESM4, and CanESM. The reliability of bias corrected rainfall data was examined by using correlation coefficient and percentage of biases.

Keywords: climate change, impact assessment, global circulation model, bias correction, linear scaling technique

1. บทนำ

ในช่วงที่ผ่านมา การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกส่งผลต่อสภาพฝนของประเทศไทยอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อสภาพฝนมีปริมาณฝนที่มากเกินไปก็จะส่งผลทำให้เกิดสภาวะน้ำท่วม ในขณะที่ฝนไม่ตก หรือตกน้อยก็จะเกิดสภาวะภัยแล้ง ซึ่งผลพวงจากการเกิดสภาวะน้ำท่วม และภัยแล้งดังกล่าวส่งผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์โดยตรง ดังเช่นเหตุการณ์น้ำท่วมในปีพ.ศ. 2554 สภาวะอุทกภัยก่อให้เกิดความสูญเสียชีวิต ความเสียหาย

ต่อทรัพย์สิน และผลผลิตทางการเกษตร และอุตสาหกรรม ส่งผลต่อสภาพเศรษฐกิจเสียหาย และมีผลต่อความเชื่อมั่นของนักลงทุนต่างประเทศ และเหตุการณ์ภัยแล้งในปีพ.ศ. 2556 สภาวะภัยแล้งส่งผลต่อการผลิตทางการเกษตร แม้ว่าปัจจุบันนี้รัฐบาลได้พยายามวางแผนการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิม ดังจะเห็นได้จากปริมาณน้ำฝนโดยรวมของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2562 มีปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงกับปีพ.ศ. 2554 แต่ไม่เกิดน้ำท่วมเฉกเช่นในปีพ.ศ. 2554 จะเป็นอีกหนึ่งบทพิสูจน์ว่า เมื่อมีการวางแผน

บริหารน้ำล้นหน้าสามารถป้องกัน และลดความเสียหายจากสภาพฝนตกหนักได้เป็นอย่างดี ดังจะเห็นได้ว่าการบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในอนาคต จึงนำไปสู่วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ 1) เพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกให้มีสภาพใกล้เคียงกับค่าฝนตรวจวัดในปัจจุบัน และ 2) เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของฝน รายเดือน รายฤดู และรายปี ทั้งนี้เพื่อนำผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบฝนไปใช้ประกอบการวางแผนการจัดการน้ำที่สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อไป

2. สภาพพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ ครอบคลุมขอบเขตประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ระหว่างละติจูด 5 37' เหนือ กับ 20 27' เหนือ และระหว่างลองจิจูด 97 22' ตะวันออก กับ 105 37' ตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 513,115 ตารางกิโลเมตร ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมสองชนิด คือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดปกคลุมประเทศไทยระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึง กลางเดือนตุลาคม โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ และเปลี่ยนเป็น ลมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร มรสุมนี้จะนำมวลอากาศขึ้นจากมหาสมุทรอินเดีย มาสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและฝนตกชุกทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามบริเวณชายฝั่งทะเล และเทือกเขาด้านรับลมจะมีฝนมากกว่าบริเวณอื่น หลังจากหมดอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แล้ว ประมาณกลางเดือนตุลาคมจะมีมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลียและจีน จึงพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ทำให้ท้องฟ้าโปร่ง อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งทั่วไป โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนภาคใต้จะมีฝนชุก โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออก เนื่องจากมรสุมนี้นำความชื้นจากอ่าวไทยเข้ามาปกคลุม

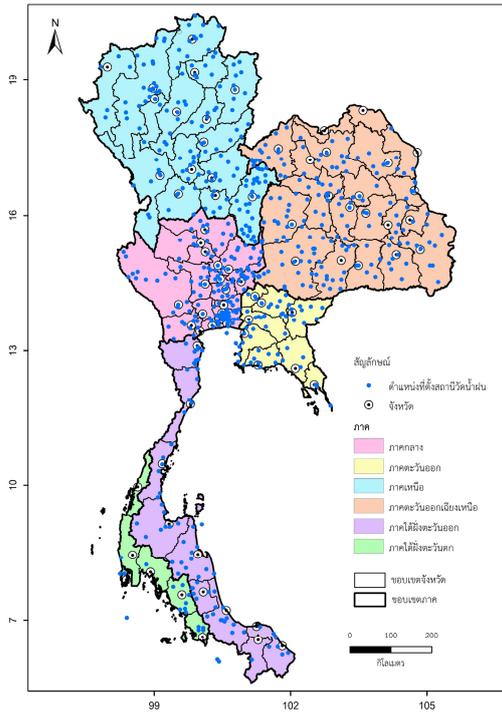
3. ข้อมูลที่ใช้

การศึกษาในครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลฝน รายวัน จากสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 628 สถานี ครอบคลุมขอบเขตพื้นที่ของประเทศไทย แสดงการกระจายตัวของสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา ดังรูปที่ 1 และข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก CMIP6 จำนวน 5 แบบจำลอง ได้แก่ CESM2 MRI-

ESM2-0 BCC-CSM2-MR GFDL-ESM4 และ CanESM แสดงรายละเอียดของแบบจำลองดังตารางที่ 1 สำหรับกรณีสถานการณ์สมมติในอนาคต Representative Concentration Pathways (RCP) ร่วมกับ Shared Socioeconomic Pathways (SSP) โดยที่เส้นตัวแทนความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ RCP เป็นการปล่อยแก๊สเรือนกระจกซึ่งใช้ในรายงานการประเมินฉบับที่ 5 ของไอพีซีซี โดยใช้กรณี RCP4.5 และกรณี RCP8.5 คือ ในการศึกษาครั้งนี้ ได้พิจารณาสถานการณ์สมมติในอนาคตจากตารางเมทริกซ์ผสมผสานระหว่าง SSP กับ RCP กล่าวคือ SSP245 เป็นกรณีที่เส้นทางอนาคตที่มี radiation forcing ปานกลาง และปรับปรุงกรณี RCP4.5 ให้ทันสมัยขึ้น ซึ่ง RCP245 เป็นกรณีที่ปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะถึงจุดยอดในกลางคริสต์ศตวรรษหรืออีกราว 30 ปีข้างหน้า โดยจะสูงกว่าระดับการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในปี ค.ศ. 2000 ราว 50 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศจะสูงสุดที่ 520 ส่วนต่อล้านส่วนในค.ศ. 2070 และ SSP585 เป็นกรณีที่เส้นทางอนาคตที่มี radiation forcing สูงที่ใช้ในการศึกษาผลกระทบ การปรับตัว และการบรรเทา และปรับปรุง RCP8.5 ให้ทันสมัยขึ้น ซึ่ง RCP8.5 เป็นกรณีที่เลวร้ายที่สุด โดยคาดการณ์ว่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกระทั่งกลางคริสต์ศตวรรษนี้ โดยในปี ค.ศ. 2100 จะมีความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเท่ากับ 950 ส่วนต่อล้านส่วน ขณะที่ความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีจะค่อนข้างคงที่ที่ราว 30 กิกะตัน คิดเป็นเกือบสี่เท่าของการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 8 กิกะตันต่อปีในปี ค.ศ. 2000

ตารางที่ 1 รายละเอียดของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก

ตัวย่อสถาบัน	สถาบัน	ชื่อแบบจำลอง	ขนาดความละเอียด	เอกสารอ้างอิง
NCAR	National Center for Atmospheric Research, USA	CESM2	100 km	[1]
MRI	Meteorological Research Institute, Japan	MRI-ESM2-0	100 km	[2]
BCC	Beijing Climate Center, China Meteorological Administration, China	BCC-CSM2-MR	100 km	[3]
NOAA-GFDL	NOAA/Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA	GFDL-ESM4	100 km	[4]
CCCma	Canadian Climate Centre	CanESM5	280 km	[5]



รูปที่ 1 การกระจายตัวของสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา

4. ระเบียบวิธีวิจัย

ในการศึกษานี้ ได้แนวทางในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลฝนตรวจวัดของสถานีวัดน้ำฝน กรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 628 สถานี และรวบรวมข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก 5 ชุดข้อมูล ในช่วงอดีตที่ผ่านมา (Historical period, 1981 – 2014) และช่วงเวลาอนาคต (2015 – 2039, 2040 – 2069, 2070 – 2100) ภายใต้สถานการณ์ Shared Socioeconomic Pathways (SSP245 และ SSP585)

2) ดึงข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก 5 ชุดข้อมูลมายังสถานีตรวจวัด

3) จัดรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของอนุกรมเวลา

4) หาค่าพารามิเตอร์ หรือค่าเฉลี่ยของฝนรายวันในแต่ละเดือน ของข้อมูลฝนตรวจวัด และข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก

5) ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกในช่วงอดีตที่ผ่านมา (Historical period, 1981 – 2014) ดังสมการที่ 1

$$pcp_{bc,i,j} = pcp_{gs,i,j} \times \frac{\mu_{obs_{m,i}}}{\mu_{gs_{m,i}}} \quad (1)$$

j is day

i is station, $i = 1, 2, 3, \dots, n$

m is month, $m = 1, 2, 3, \dots, 12$

pcp_{bc} = daily bias corrected precipitation

pcp_{gs} = daily GCM precipitation

$\mu_{gs_{m,i}}$ = monthly mean precipitation of GCM at station (i) (1981-2014)

$\mu_{obs_{m,i}}$ = monthly mean precipitation of observations at station (i) (1981-2014)

6) ทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแล้ว

7) ประยุกต์ค่าพารามิเตอร์กับข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก 5 ชุดข้อมูล ในช่วงเวลาอนาคต

8) ศึกษา และประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อแนวโน้มของรูปแบบของฝน รายเดือน รายฤดู และรายปี จากข้อมูลฝนปรับแก้แต่ละแบบจำลอง หลังจากนั้นจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยหรือ Ensemble mean

9) สรุปผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อแนวโน้มของรูปแบบของฝนรายเดือน รายฤดู และรายปี

5. ผลการศึกษา

จากการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกกับพื้นที่ประเทศไทยของแบบจำลองต่างๆ ด้วยค่าสหสัมพันธ์ (Correlation, r) และ PBIAS ของฝนรายเดือน แสดงรายละเอียดของค่าสหสัมพันธ์ (Correlation, r) และ PBIAS ของฝนรายเดือน ดังตารางที่ 2 และ 3 พบว่า ค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ย 0.56 โดยที่ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด 0.64 และค่า PBIAS มีค่าเท่ากับ -2.13%

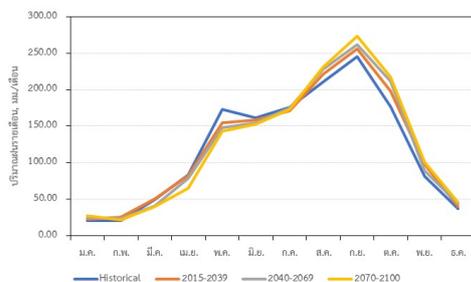
ตารางที่ 2 ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation, r) ของข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่ปรับแก้

ภูมิภาค	R					Average
	CESM2	MRI-ESM2-0	BCC-CSM2-MR	GFDL-ESM4	CanESM	
ภาคเหนือ	0.63	0.63	0.59	0.58	0.63	0.61
ภาคกลาง	0.59	0.60	0.57	0.59	0.65	0.60
ภาคตะวันออก	0.63	0.65	0.60	0.61	0.69	0.64
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.65	0.65	0.61	0.61	0.68	0.64
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	0.48	0.58	0.43	0.51	0.51	0.50
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	0.40	0.43	0.36	0.36	0.38	0.39
รวม	0.56	0.59	0.53	0.54	0.59	0.56

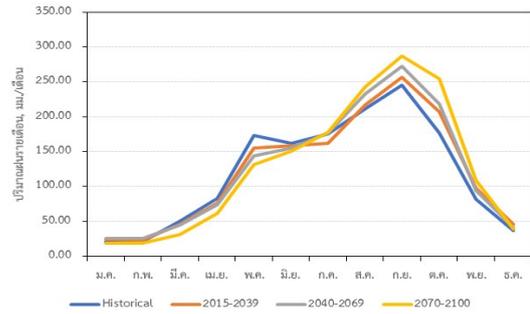
ตารางที่ 3 ค่า PBIAS ของข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่ปรับแก้

ภูมิภาค	PBIAS					Average
	CESM2	MRI-ESM2-0	BCC-CSM2-MR	GFDL-ESM4	CanESM	
ภาคเหนือ	-2.08	0.01	-2.03	-4.38	-3.32	-2.36
ภาคกลาง	-1.91	0.01	-2.08	-3.37	-2.44	-1.96
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	-2.08	0.01	-2.36	-4.32	-2.57	-2.27
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	-2.19	0.03	-1.89	-1.97	-3.26	-1.86
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	-2.67	0.01	-3.10	-3.83	-3.33	-2.58
รวม	-2.11	0.01	-2.19	-3.42	-2.92	-2.13

เมื่อข้อมูลฝนแบบจำลองปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทุกแบบจำลองนำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฝนรายเดือน พบว่า ในกรณี SSP245 (ดังรูปที่ 2) ภาพรวมของประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 2015 - 2039 มีแนวโน้มลดลงในเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม (-1% ถึง -11%) ในขณะที่เดือนอื่นๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (5% ถึง 26%) ในช่วงปี ค.ศ. 2040 - 2069 มีแนวโน้มลดลงในเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม (-1% ถึง -18%) ในขณะที่เดือนอื่นๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (8% ถึง 19%) ในช่วงปี ค.ศ. 2070 - 2100 มีแนวโน้มลดลงในเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม (-1% ถึง -22%) ในขณะที่เดือนอื่นๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (6% ถึง 31%) สำหรับกรณี SSP585 (ดังรูปที่ 3) ภาพรวมของประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 2015 - 2039 มีแนวโน้มลดลงในเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม (-2% ถึง -10%) ในขณะที่เดือนอื่นๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (3% ถึง 23%) ในช่วงปี ค.ศ. 2040 - 2069 มีแนวโน้มลดลงในเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม (-4% ถึง -17%) ในขณะที่เดือนอื่นๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (10% ถึง 24%) ในช่วงปี ค.ศ. 2070 - 2100 มีแนวโน้มลดลงในเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม (-7% ถึง -37%) ในขณะที่เดือนอื่นๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (1% ถึง 44%)



รูปที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณฝนรายเดือนของประเทศไทยในกรณี SSP245



รูปที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณฝนรายเดือนของประเทศไทยในกรณี SSP585

เมื่อข้อมูลฝนแบบจำลองปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทุกแบบจำลองนำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฝนรายฤดู พบว่า ในกรณี SSP245 (ดังตารางที่ 4) ปริมาณน้ำฝนในฤดูแล้ง และฤดูฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยที่ช่วงปี ค.ศ. 2015 - 2039 เพิ่มขึ้น 9.93% และ 1.35% ในช่วงปี 2040 - 2069 เพิ่มขึ้น 5.76% และ 3.03% และช่วงปี ค.ศ. 2070 - 2099 เพิ่มขึ้น 4.52% และ 4.13% ตามลำดับ สำหรับกรณี SSP585 (ดังตารางที่ 5) ปริมาณน้ำฝนในฤดูแล้ง และฤดูฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียง 2 ช่วงปี โดยที่ช่วงปี ค.ศ. 2015 - 2039 เพิ่มขึ้น 7.26% และ 1.08% ในช่วงปี ค.ศ. 2040 - 2069 เพิ่มขึ้น 8.64% และ 4.68% ในขณะที่ช่วงปี ค.ศ. 2070 - 2099 ฤดูแล้งมีแนวโน้มลดลง -4.31% ส่วนฤดูฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 8.84% ตามลำดับ

ตารางที่ 4 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของฝนปรับแก้ รายฤดู ในกรณี SSP245

ภาค	เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของกรณี SSP245, %					
	2015-2039		2040-2069		2070-2099	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
ภาคเหนือ	15.68	1.83	12.32	6.11	18.13	8.56
ภาคกลาง	19.83	1.49	2.77	1.41	13.42	4.44
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	11.10	0.63	4.16	1.24	0.14	2.45
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	17.52	-0.82	11.84	4.30	10.22	6.47
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	2.71	2.52	1.76	3.55	-8.97	2.66
ภาคใต้ฝั่งตะวันออกเฉลี่ย	7.18	2.46	6.10	1.60	6.87	0.64
เฉลี่ย	9.93	1.35	5.76	3.03	4.52	4.13

ตารางที่ 5 เปรอ์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของฝนปรับแก้ รายฤดู ใน
กรณี SSP585

ภาค	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของกรณี SSP585, %					
	2015-2039		2040-2069		2070-2099	
	ฤดู แล้ง	ฤดู ฝน	ฤดู แล้ง	ฤดู ฝน	ฤดู แล้ง	ฤดู ฝน
ภาคเหนือ	12.39	1.82	9.62	5.59	9.79	16.4
ภาคกลาง	10.36	0.97	12.30	2.90	-0.06	7.40
ภาคตะวันออก	5.37	0.17	8.06	2.64	-4.39	3.72
ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	11.59	1.16	16.99	4.67	-0.70	9.94
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	0.67	1.54	0.77	7.41	-16.5	10.4
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	8.69	1.28	10.30	4.49	-2.62	5.41
เฉลี่ย	7.26	1.08	8.64	4.68	-4.31	8.84

เมื่อข้อมูลฝนแบบจำลองปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทุก
แบบจำลองนำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฝนรายปี พบว่า ในกรณี
SSP245 (ดังตารางที่ 6) ปริมาณน้ำฝนรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้ง 3
ช่วงเวลา โดยที่ช่วงปี ค.ศ. 2015 – 2039 เพิ่มขึ้น 2.97% ในช่วงปี
2040 – 2069 เพิ่มขึ้น 3.01% และช่วงปีค.ศ. 2070 – 2099 เพิ่มขึ้น
3.82% ตามลำดับ แสดงการเปลี่ยนแปลงของฝนรายปี ในกรณี
SSP245 ดังรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่า ปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน
พื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันออก
สำหรับในกรณี SSP585 (ดังตารางที่ 7) ปริมาณน้ำฝนรายปีมี
แนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ช่วงเวลาเช่นเดียวกัน โดยที่ช่วงปี ค.ศ. 2015
– 2039 เพิ่มขึ้น 2.26% ในช่วงปี 2040 – 2069 เพิ่มขึ้น 4.58%
และช่วงปีค.ศ. 2070 – 2099 เพิ่มขึ้น 6.04% ตามลำดับ แสดงการ
เปลี่ยนแปลงของฝนรายปี ในกรณี SSP585 ดังรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่า
ปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในพื้นที่ภาคเหนือ ภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันออก

ตารางที่ 6 เปรอ์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของฝนปรับแก้ รายปี ใน
กรณี SSP245

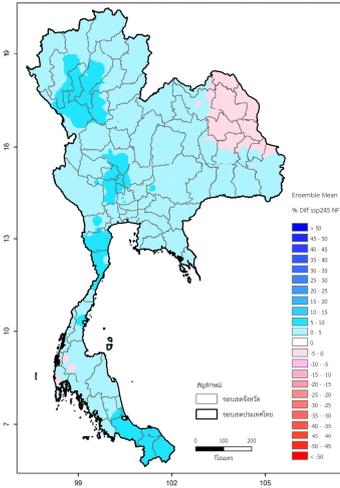
ภาค	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย, %			
	1981-2014	2015-2039	2040-2069	2070-2100	
ภาคเหนือ	1254.73	3.55	6.61	9.80	
ภาคกลาง	1207.70	4.01	1.28	5.47	
ภาคตะวันออก	1490.39	1.98	1.28	1.91	
ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	1309.61	1.51	4.93	6.85	
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	1745.60	2.54	2.34	-0.40	
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	1609.80	4.33	2.27	1.78	
เฉลี่ย	1436.31	2.97	3.01	3.82	

ตารางที่ 7 เปรอ์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของฝนปรับแก้ รายปี ในกรณี
SSP585

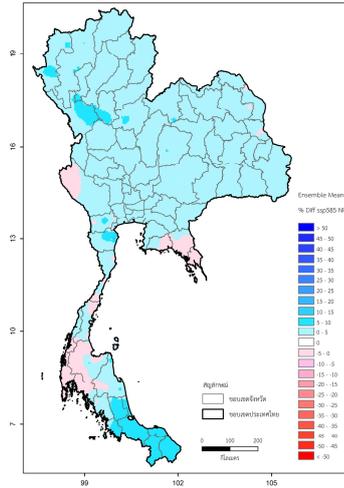
ภาค	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย, %			
	1981- 2014	2015- 2039	2040- 2069	2070- 2100	
ภาคเหนือ	1254.73	3.28	5.47	15.48	
ภาคกลาง	1207.70	2.29	3.57	6.25	
ภาคตะวันออก	1490.39	0.49	2.84	2.45	
ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	1309.61	2.43	5.80	8.41	
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	1745.60	1.16	5.04	3.93	
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	1609.80	4.16	4.78	2.20	
เฉลี่ย	1436.31	2.26	4.58	6.04	

6. สรุปผลการศึกษา

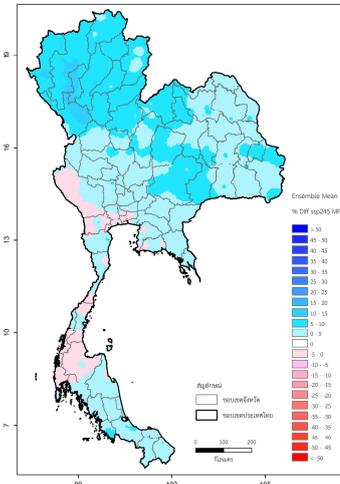
ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation, r) และ PBIAS ของฝนรายเดือน
พบว่า ค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ย 0.56 โดยที่ภาคตะวันออก และภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด 0.64 และค่า PBIAS มีค่า
เท่ากับ -2.13% สำหรับฝนรายเดือน ในกรณี SSP245 ภาพรวมของ
ประเทศไทยในอนาคตมีแนวโน้มลดลงในเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม
ในขณะที่เดือนอื่นๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับกรณี SSP585
ภาพรวมของประเทศไทยในอนาคต มีแนวโน้มลดลงในเดือนมีนาคม
ถึงกรกฎาคม ในขณะที่เดือนอื่นๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับฝนราย
ฤดู ในกรณี SSP245 ปริมาณน้ำฝนในฤดูแล้ง และฤดูฝนมีแนวโน้ม
เพิ่มขึ้นทั้ง 3 ช่วงเวลา สำหรับกรณี SSP585 ปริมาณน้ำฝนในฤดู
แล้ง และฤดูฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียง 2 ช่วงปี คือช่วงปี ค.ศ. 2015
– 2039 และช่วงปีค.ศ. 2040 – 2069 ส่วนช่วงปีค.ศ. 2070 –
2099 ฤดูแล้งมีแนวโน้มลดลง แต่ฤดูฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับฝน
รายปี ในกรณี SSP245 ปริมาณน้ำฝนรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้ง 3
ช่วงเวลา สำหรับในกรณี SSP585 ปริมาณน้ำฝนรายปีมีแนวโน้ม
เพิ่มขึ้นทั้ง 3 ช่วงเวลาเช่นเดียวกัน ภาพรวมของฝนรายปี จะเห็นได้
ว่า ปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในพื้นที่ภาคเหนือ ภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันออก



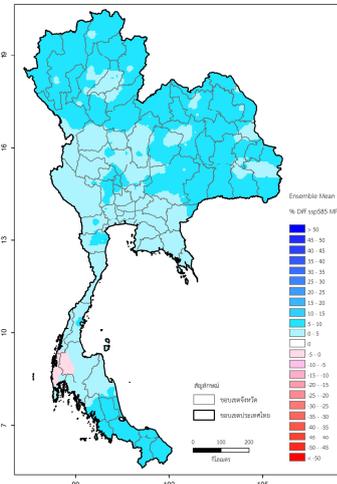
(ก) ช่วงปี ค.ศ. 2015 - 2039



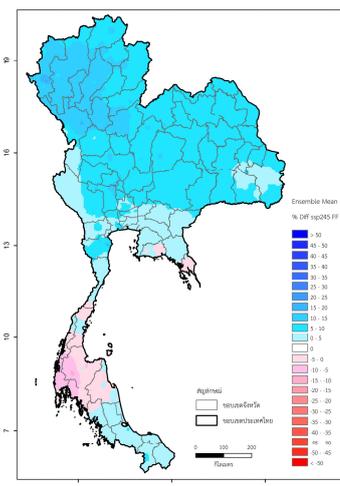
(ก) ช่วงปี ค.ศ. 2015 - 2039



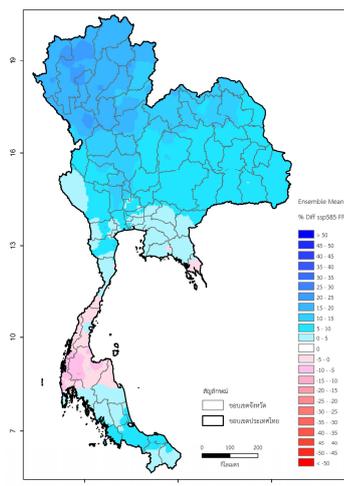
(ข) ช่วงปี ค.ศ. 2040 - 2069



(ข) ช่วงปี ค.ศ. 2040 - 2069



(ค) ช่วงปี ค.ศ. 2070 - 2100



(ค) ช่วงปี ค.ศ. 2070 - 2100

รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของฝนปรับแก้ ในกรณี SSP245

รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของฝนปรับแก้ ในกรณี SSP585

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] G. Danabasoglu, D. Lawrence, K. Lindsay, W. Lipscomb, G. Strand NCAR CESM2 model output prepared for CMIP6 CMIP historical <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.7627> (2019)
- [2] S. Yukimoto, T. Koshiro, H. Kawai, N. Oshima, K. Yoshida, S. Urakawa, H. Tsujino, M. Deushi, T. Tanaka, M. Hosaka, H. Yoshimura, E. Shindo, R. Mizuta, M. Ishii, A. Obata, Y. Adachi MRI MRI-ESM2.0 model output prepared for CMIP6 CMIP historical <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.6842> (2019)
- [3] T. Wu, M. Chu, M. Dong, Y. Fang, W. Jie, J. Li, W. Li, Q. Liu, X. Shi, X. Xin, J. Yan, F. Zhang, J. Zhang, L. Zhang, Y. Zhang BCC BCC-CSM2MR model output prepared for CMIP6 cmip historical <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.2948> (2018)
- [4] J.P. Krasting, J.G. John, C. Blanton, C. McHugh, S. Nikonov, A. Radhakrishnan, K. Rand, N.T. Zadeh, V. Balaji, J. Durachta, C. Dupuis, R. Menzel, T. Robinson, S. Underwood, H. Vahlenkamp, K.A. Dunne, P.P. Gauthier, P. Ginoux, S.M. Griffies, R. Hallberg, M. Harrison, W. Hurlin, S. Malyshev, V. Naik, F. Paulot, D.J. Paynter, J. Ploshay, D.M. Schwarzkopf, C.J. Seman, L. Silvers, B. Wyman, Y. Zeng, A. Adcroft, J.P. Dunne, H. Guo, I.M. Held, L.W. Horowitz, P. Milly, E. Shevliakova, C. Stock, M. Winton, M. Zhao NOAA-GFDL GFDL-ESM4 model output prepared for CMIP6 CMIP historical <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.8597> (2018)
- [5] Neil C. Swart, Jason N.S. Cole, Viatcheslav V. Kharin, Mike Lazare, John F. Scinocca, Nathan P. Gillett, James Anstey, Vivek Arora, James R. Christian, Sarah Hanna, Yanjun Jiao, Warren G. Lee, Fouad Majaess, Oleg A. Saenko, Christian Seiler, Clint Seinen, Andrew Shao, Larry Solheim, Knut von Salzen, Duo Yang, Barbara Winter, The Canadian Earth System Model version 5 (CanESM5.0.3) <https://doi.org/10.5194/gmd-2019-177>