การประชุมเชิงปฏิบัติการ ครั้งที่ 2
โครงการการศึกษาวิเคราะห์และสังเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

ผลกระทบต่อตัวแปรทางอุทกวิทยาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

โดย ดร.ปิยธิดา เรืองรัศมี
ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันอังคารที่ 22 กันยายน 2558
โรงแรมแมนดาริน

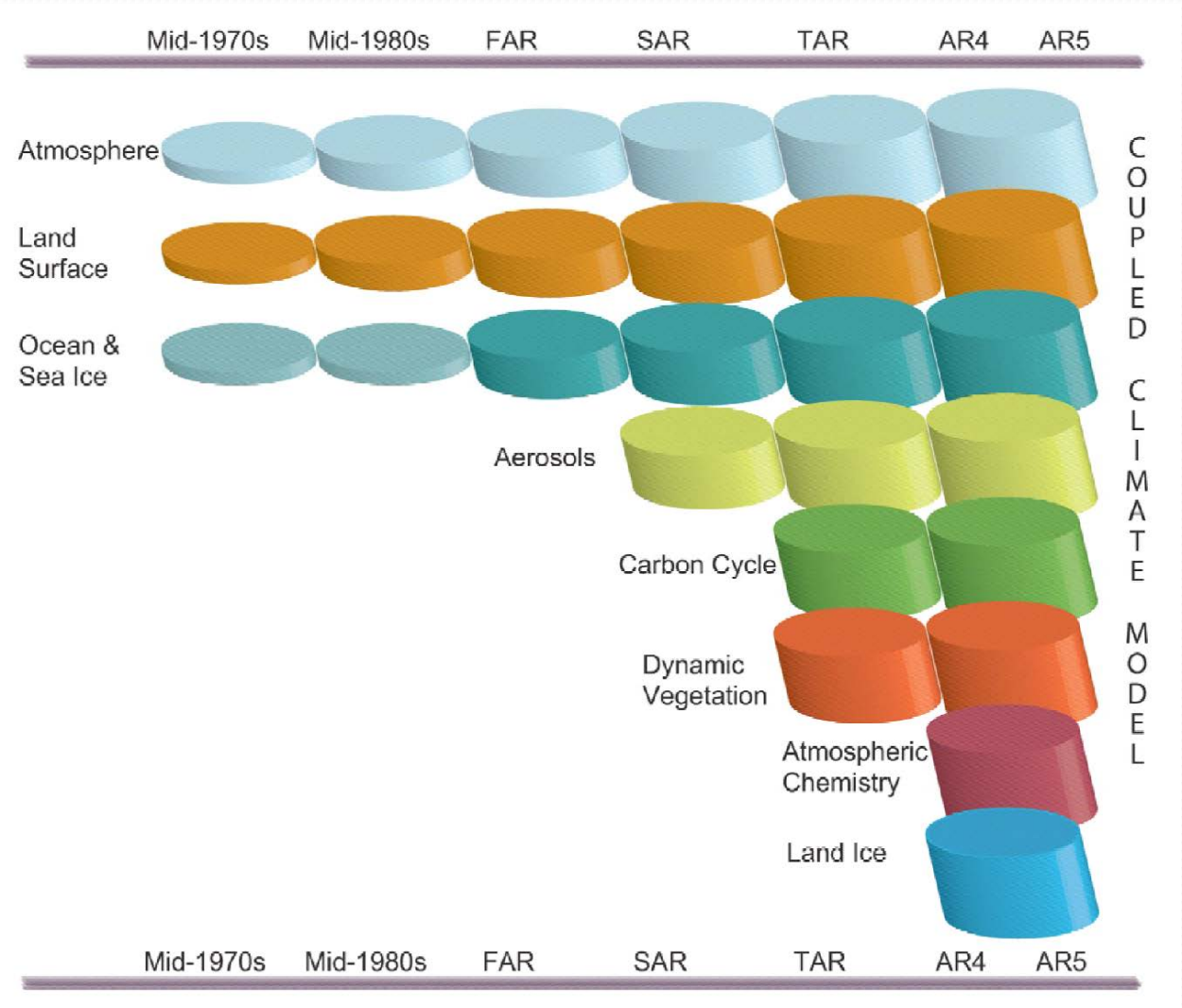
หัวข้อการนำเสนอ

- การทบทวนแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่ใช้ใน AR5

- การเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกกับข้อมูลฝนของประเทศไทย

- ตัวอย่างการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนของประเทศไทยในอนาคตจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก

การพัฒนาแบบจำลองภูมิอากาศโลกในระยะต่าง ๆ



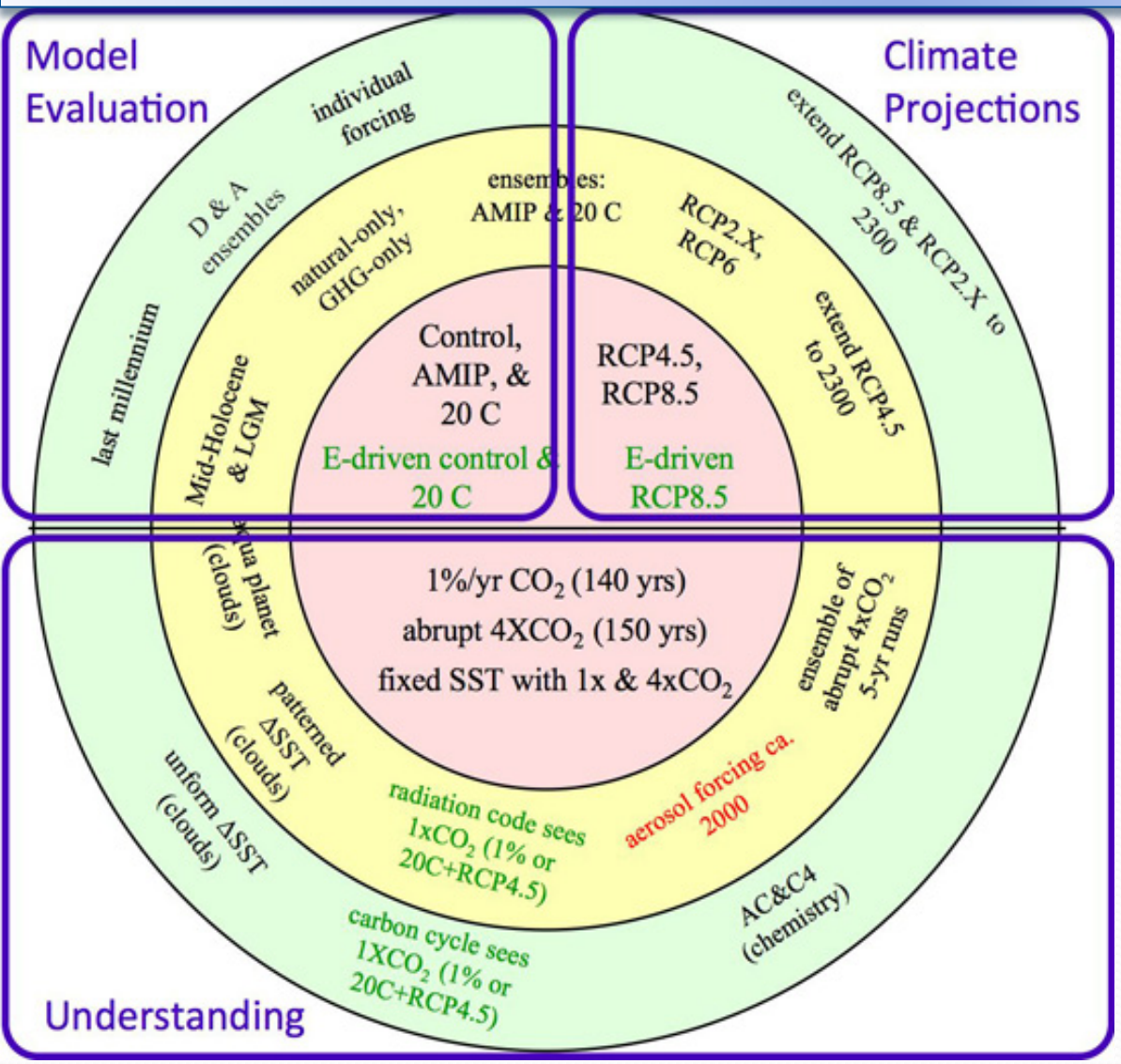
[IPCC, 2013]

Coupled Model Intercomparison Project (CMIP)

- Climate Modeling Groups กว่า 20 กลุ่มทั่วโลกที่ได้ทำการพัฒนา GCMs และได้เกิดความร่วมมือระหว่าง World Climate Research Programme's (WCRP) Working Group on Coupled Modelling (WGCM) และ International Geosphere-Biosphere Programme's (IGBP) Integration and Modeling of the Earth System (AIMES) project ในการจัดทำ climate model experiments ภายใต้โครงการ Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) โดยในปัจจุบันอยู่ในเฟสที่ 5 หรือ CMIP 5 (Meehl and Hibbard 2007; Hibbard et al. 2007)
- CMIP5 มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อประเมินกลไกของแบบจำลองในส่วนที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรของคาร์บอนและเมฆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีความเข้าใจใน feedbacks ค่อนข้างน้อย (2) เพื่อศึกษาความสามารถในการคาดการณ์ในช่วงทศวรรษ และ (3) เพื่อศึกษาถึงสาเหตุที่แต่ละแบบจำลองให้ผลการจำลองที่แตกต่างกันภายใต้เงื่อนไขที่คล้ายคลึงกัน (Taylor et al., 2012)

CMIP
The World Climate Research Programme's
Coupled Model Intercomparison Project

แผนภูมิสรุปการจำลองสภาพอากาศภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ภายใต้ CMIP5

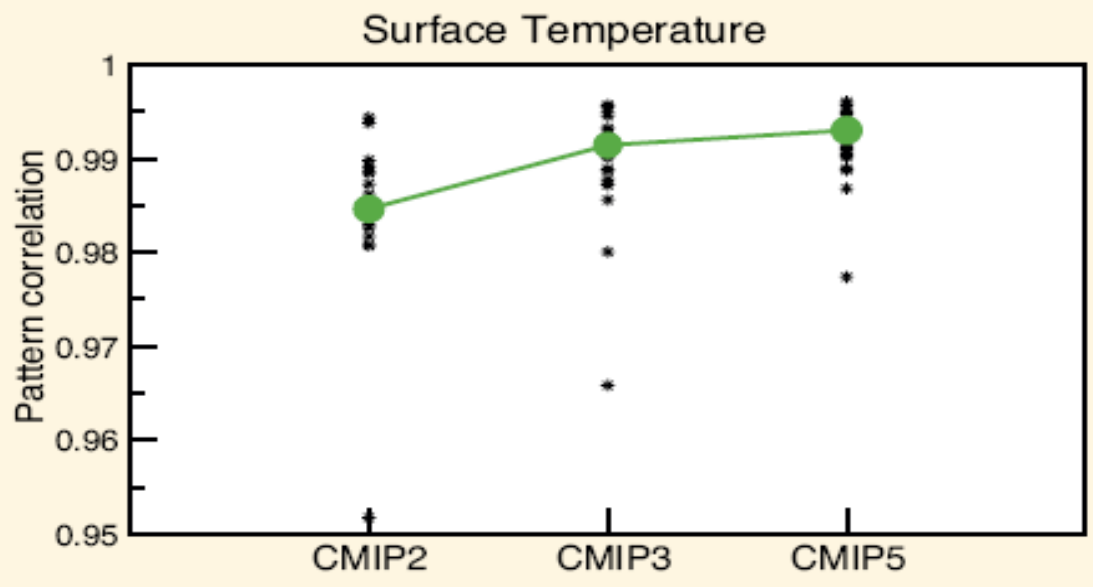


Taylor et al. (2012)

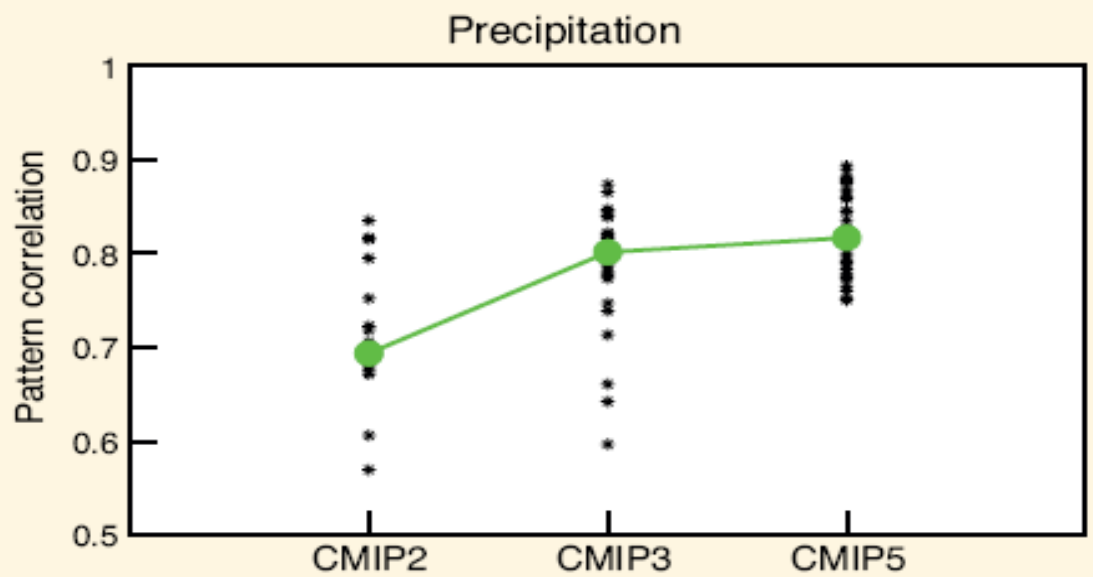
The CMIP5 (CMIP Phase 5) experiment design has been finalized with the following suites of experiments:

- Decadal Hindcasts and Predictions simulations
- Long-term simulations
- “Atmosphere-only" (prescribed SST) simulations for especially computationally-demanding models.

การเปรียบเทียบ pattern correlation ระหว่าง GCMs ในเฟส CMIP2 CMIP3 และ CMIP5



ผลของการจำลองอุณหภูมิมีค่า pattern correlation อยู่ในเกณฑ์ดีมาก และมีความแปรปรวนระหว่างแบบจำลองค่อนข้างน้อยมาก



การจำลองปริมาณฝนมีพัฒนาการที่ดีขึ้นมากในระยะ CMIP5 และมีความแปรปรวนระหว่างแบบจำลองลดลง

(Flato et al., 2013)

การศึกษาที่ผ่านมาสำหรับการประเมินแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกสำหรับประเทศไทย

- Jampanil et al. (2014) ได้ทำการประเมินการจำลองปริมาณฝนจากแบบจำลอง 23 แบบจำลองภายใต้ CMIP3 ซึ่งใช้ใน AR4 โดยทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนจาก Global Precipitation Climatology Project และวิเคราะห์ spatial correlation และ RMSE ของปริมาณฝนรายเดือน พบว่ามีแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก 6 แบบจำลองที่เหมาะสมกับประเทศไทย ได้แก่ gfdl_cm2_0, gfdl_cm2_1, ingv_echam4, inmcm3_0, k-1, miroc3_2_hires และ ncar_ccsm3_0
- Watanabe et al. (2014) ศึกษาและปรเมินแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก 9 แบบจำลองจากฐานข้อมูล CMIP5 ได้แก่ bcc-csm1-1-m, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3.6, GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, INM-CM4, IPSL-CM5A-LR, MIROC5, และ MRI-CGCM3 พิจารณาความสามารถในการจำลองฝนในช่วงฤดูมรสุมของประเทศไทย โดยทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนในระดับโลกและระดับภูมิภาค 3 ฐานข้อมูล ได้แก่ GPCP, CMAP, และ APHRODITE พบว่าผลการจัดลำดับ pattern correlation จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับฐานข้อมูลฝนที่ใช้
- Supharatid (2015) ทำการศึกษาและประเมินแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ CMIP3 และ CMIP5 ในการคาดการณ์ปริมาณฝนและนัยสำคัญของความเปราะบางภาวะน้ำท่วมบริเวณกรุงเทพมหานคร โดยได้ทำการเลือกแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกจำนวน 9 แบบจำลองภายใต้ CMIP3 และ CMIP5 พบว่า แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ CMIP5 มีความคล้ายคลึงกับข้อมูลสังเกตการณ์มากกว่าแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ CMIP3 อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์โดยภาพรวมทั้งหมดแล้ว พบว่า ไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างความสามารถของแบบจำลองจากฐานข้อมูล CMIP5 และ CMIP3 ได้

การจัดทำฐานข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกสำหรับประเทศไทย

❖คัดเลือกตัวแทนแบบจำลอง และภาพฉายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต
(ตัวอย่างการประเมินการจำลองปริมาณฝนในเชิงพื้นที่และเวลาของ GCMs เปรียบเทียบกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ในอดีต ในช่วงปีค.ศ. 1979-2005)

❖Downscaling future climate scenarios

❖Bias correction

❖การประเมินผลกระทบภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคส่วนที่สำคัญ

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่ได้รวบรวมจาก CMIP5

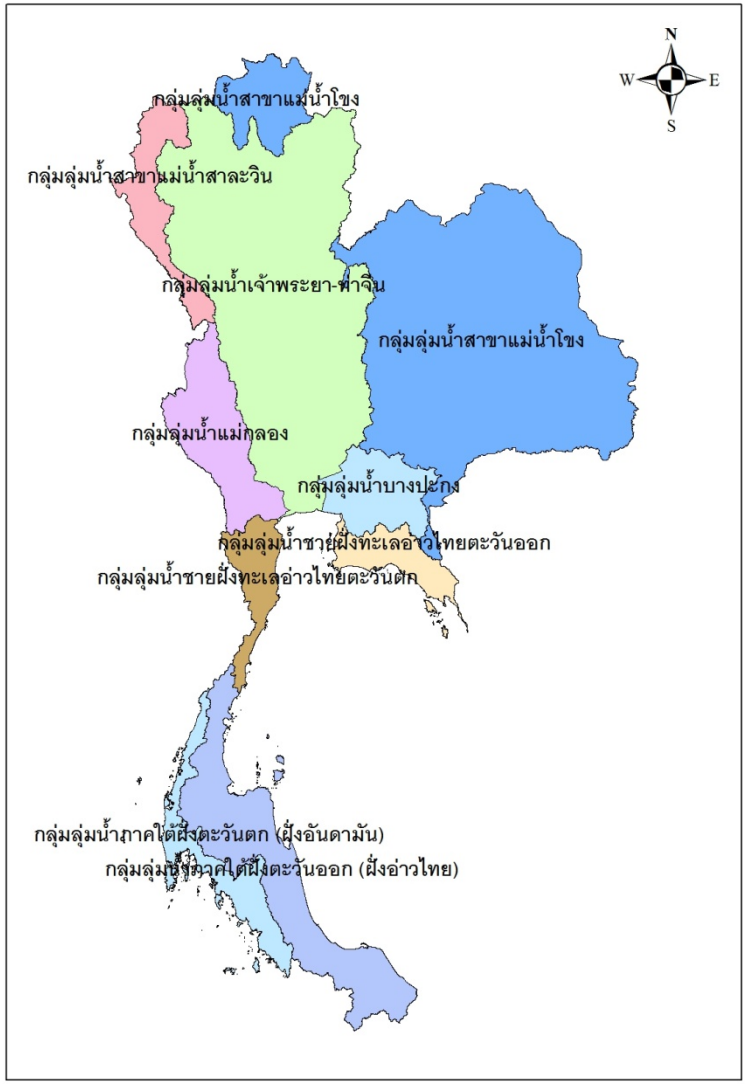
Modelling Group	Model Name	Historical	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) and Bureau of Meteorology (BOM), Australia	**ACCESS1.3**	1850-2005	-	yes	yes
University of Miami - RSMAS	**CCSM4**	1850-2005	yes	yes	yes
Centro Euro-Mediterraneo per I Cambiamenti Climatici	**CMCC-CMS**	1850-2005	-	yes	yes
Centre National de Recherches Météorologiques / Centre Européen de Recherche et Formation Avancée en Calcul Scientifique	**CNRM-CM5**	1850-2005	yes	yes	yes
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization in collaboration with Queensland Climate Change Centre of Excellence	**CSIRO-Mk3.6.0**	1850-2005	-	yes	yes
Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis	**CanCM4**	1961-2005	-	yes	-
NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	**GFDL-CM3**	1860-2005	yes	yes	yes
Met Office Hadley Centre (additional HadGEM2-ES realizations contributed by Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)	**HadCM3**	1859-2005	-	yes	-
Institute for Numerical Mathematics	**INM-CM4**	1850-2005	-	yes	yes
Institut Pierre-Simon Laplace	**IPSL-CM5A-MR**	1850-2005	yes	yes	yes
Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	**MIROC5**	1850-2012	yes	yes	yes
Meteorological Research Institute	**MRI-CGCM3**	1850-2005	yes	yes	yes

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่ใช้ในการศึกษานี้

ในการประเมินแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกเพื่อคัดเลือกตัวแทน 3 แบบจำลองสำหรับประเทศไทย ได้ทำการคัดเลือกแบบจำลองจำนวน 9 แบบจำลอง ซึ่งมี 6 แบบจำลองที่มีการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตภายใต้ RCPs ทั้ง 3 แบบ ได้แก่ CCSM4, CNRM-CM5, GFDL-CM3, IPSL-CM5A-MR, MIROC5, และ MRI-CGCM3

Climate Model
IPSL-CM5A-MR
GFDL-CM3
MRI-CGCM3
CNRM-CM5
MIROC5
HadCM3
ACCESS1.3
CCSM4
CSIRO-Mk3.6

การประเมินการจำลองสภาพฝนจาก GCM



โดยทำการวิเคราห์การจำลองฝนจาก GCM เปรียบเทียบกับฝนสังเกตการณ์จากกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี ค.ศ. 1979-2005

- ปริมาณฝนรายปีของประเทศไทย และ 9 ลุ่มน้ำหลัก
- ปริมาณฝนรายฤดูกาลของ 9 ลุ่มน้ำหลัก

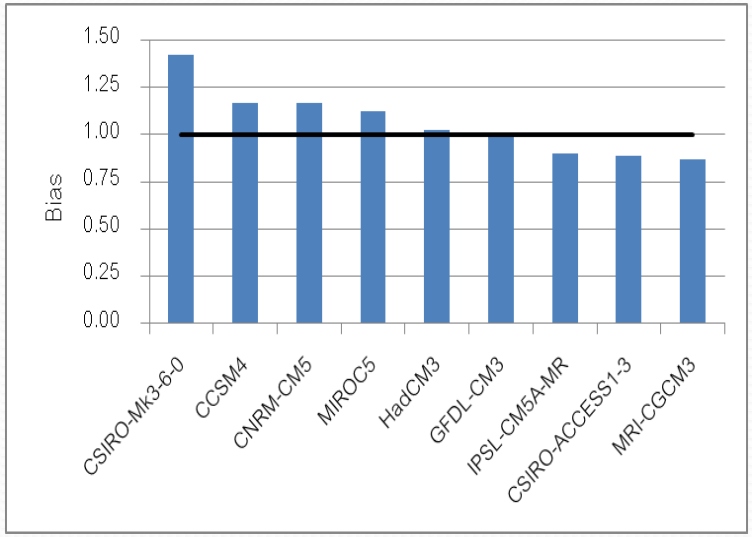
BIAS: $$\frac{\sum_{i=1}^{n} P_{GCM}}{\sum_{i=1}^{n} P_{obs}}$$ (Mehran et al., 2014)

RMSE: $$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (P_{GCM} - P_{obs})^2}{n}}$$

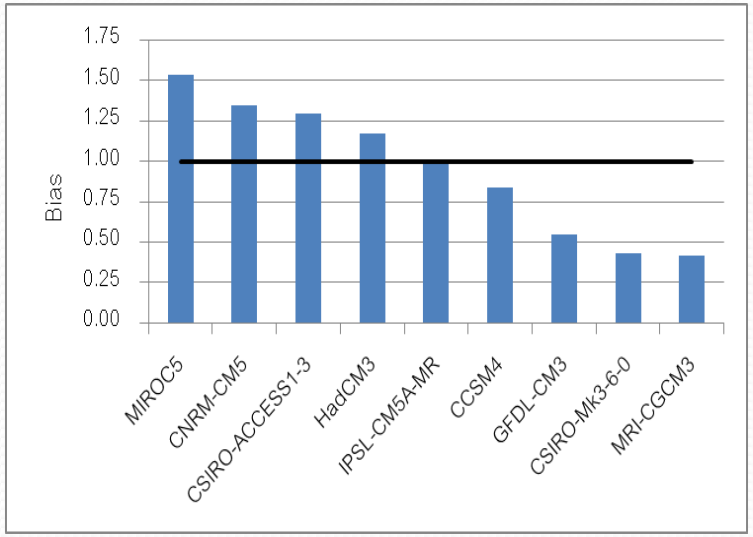
ผลการประเมินแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกสำหรับประเทศไทย

Climate Model	Annual Bias	RMSE (mm/year)	RMSE (mm/month)
IPSL-CM5A-MR	1.00	185.5	50.2
GFDL-CM3	1.02	191.9	57.1
MRI-CGCM3	1.06	257.8	98.7
CNRM-CM5	1.10	242.3	53.0
MIROC5	1.13	251.3	52.6
HadCM3	1.17	334.7	73.0
ACCESS1.3	1.20	387.7	93.6
CCSM4	1.27	407.6	70.8
CSIRO-Mk3.6	1.44	626.1	121.7

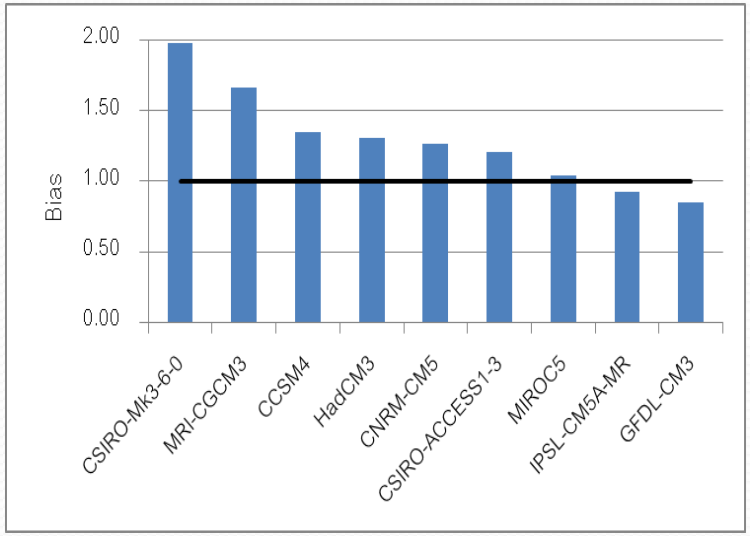
BIAS ของการจำลองปริมาณฝนรายเดือนในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ของกลุ่มลุ่มน้ำ inland



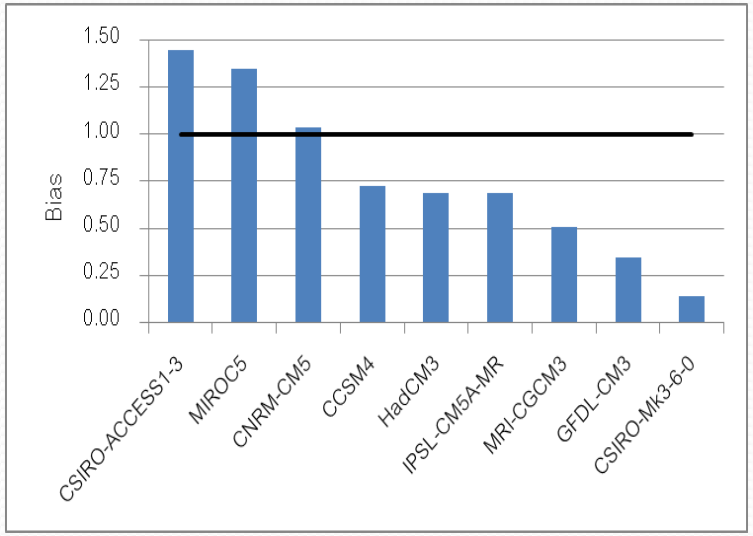
Group of Mekong (Wet Season)



Group of Mekong (Dry Season)

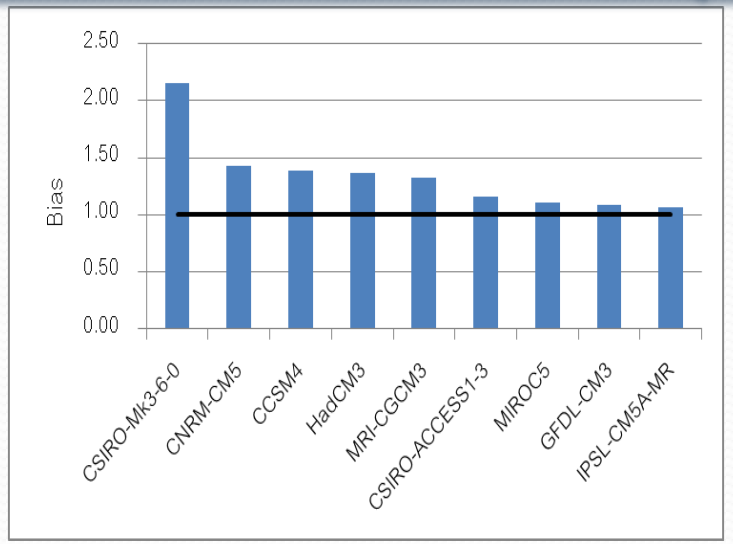


Group of Salawin (Wet Season)

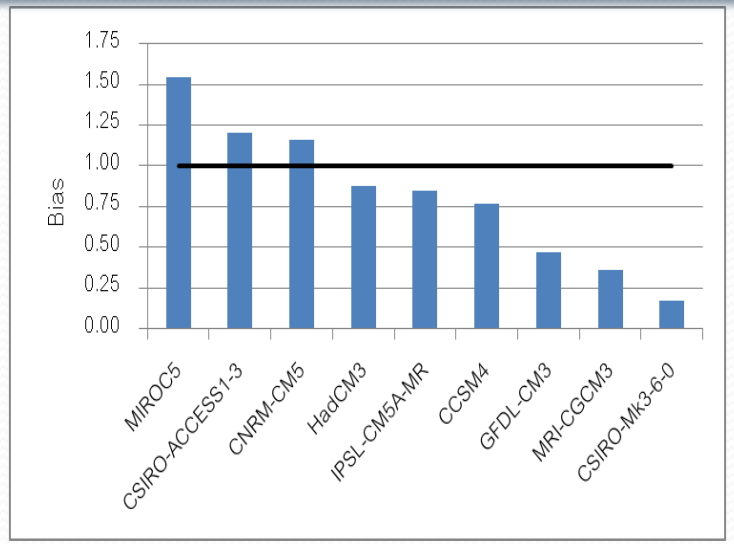


Group of Salawin (Dry Season)

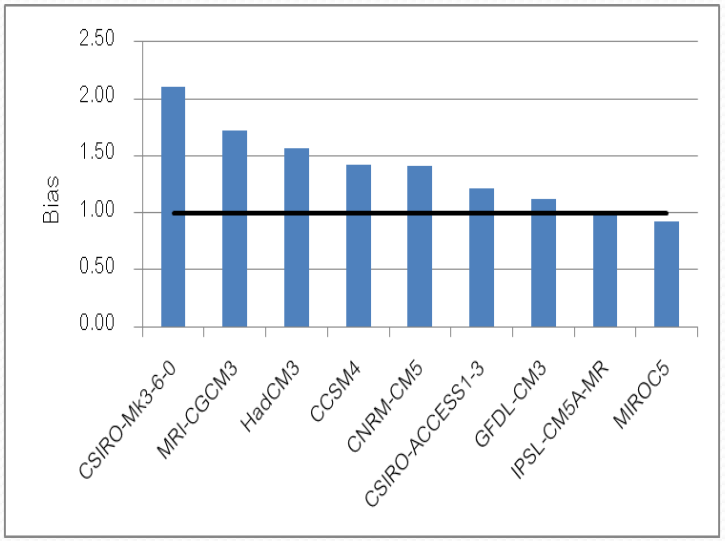
BIAS ของการจำลองปริมาณฝนรายเดือนในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ของกลุ่มลุ่มน้ำ inland



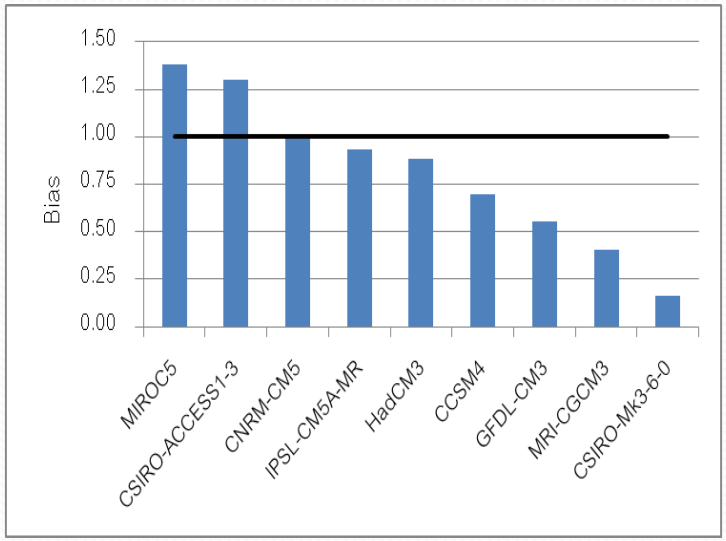
Group of Chao Phraya-Tha Chin (Wet Season)



Group of Chao Phraya-Tha Chin (Dry Season)

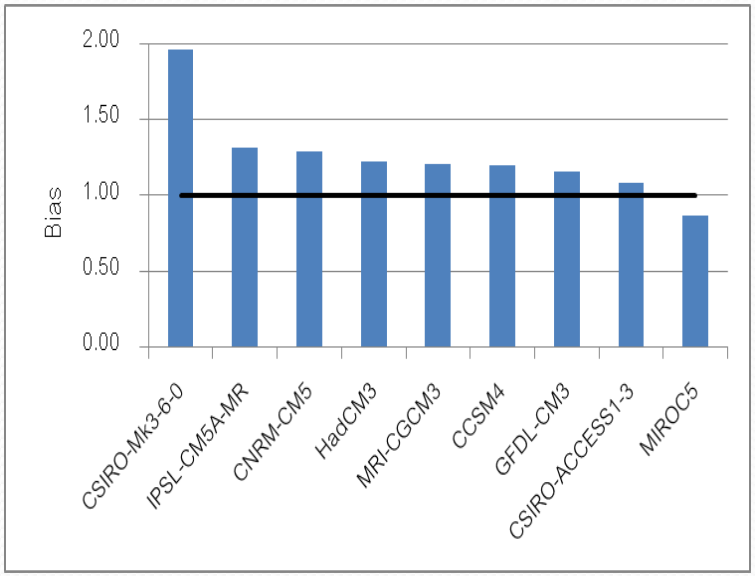


Group of Mae Klong (Wet Season)

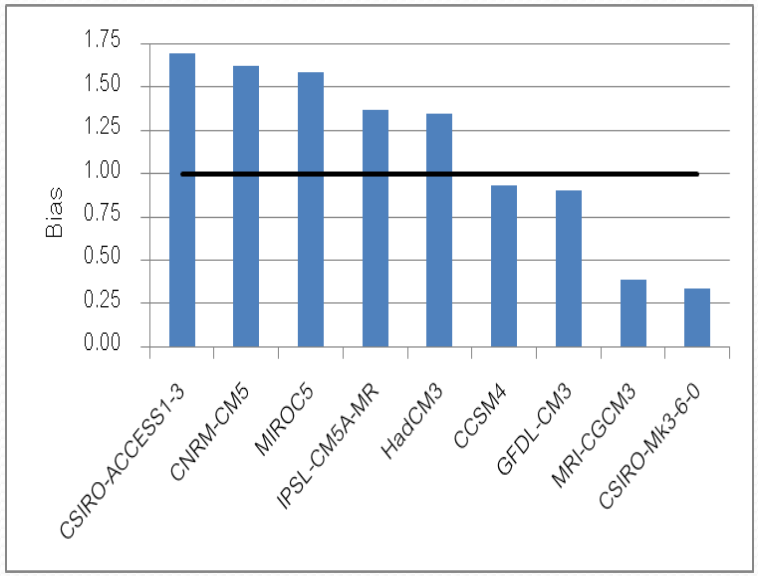


Group of Mae Klong (Dry Season)

BIAS ของการจำลองปริมาณฝนรายเดือนในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ของกลุ่มลุ่มน้ำ inland



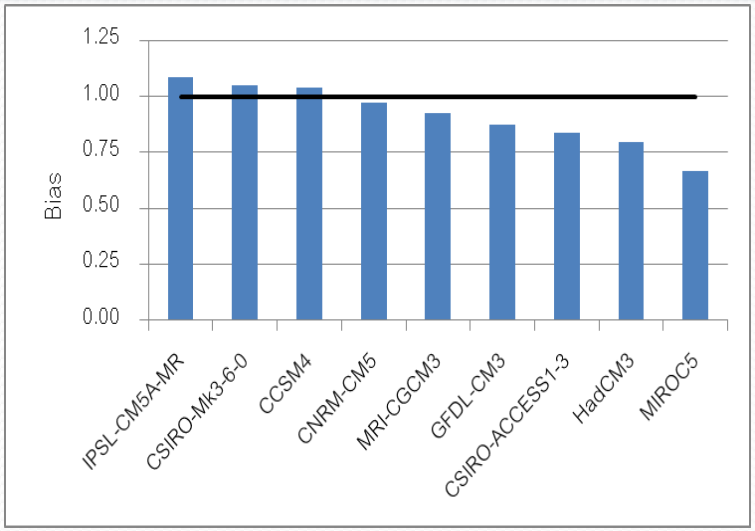
Group of Bang Pakong (Wet Season)



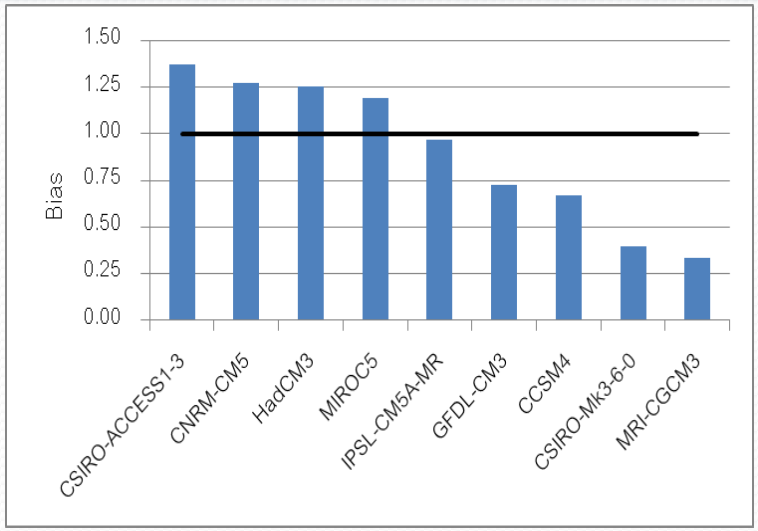
Group of Bang Pakong (Dry Season)

แบบจำลองทั้ง 9 แบบจำลองสามารถจำลองปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนได้ใกล้เคียงกับข้อมูลฝนจากการตรวจวัด ในขณะที่การจำลองปริมาณฝนในช่วงฤดูแล้งมีทั้งแบบจำลองที่ให้ค่าสูงกว่าและต่ำกว่าข้อมูลฝนจากการตรวจวัด โดยแบบจำลองที่ให้ค่าปริมาณฝนในช่วงฤดูแล้งที่ต่ำกว่าข้อมูลฝนจากการตรวจวัดค่อนข้างมาก ได้แก่ CSIRO-Mk3-6-0 and MRI-CGCM3

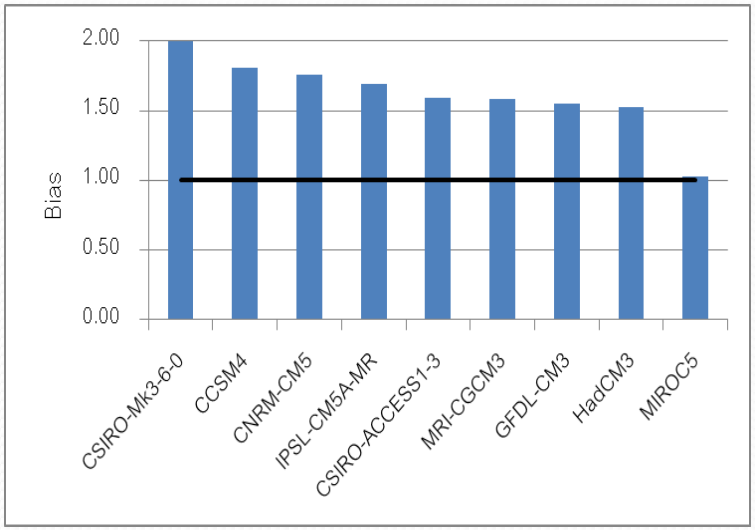
BIAS ของการจำลองปริมาณฝนรายเดือนในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ของกลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล



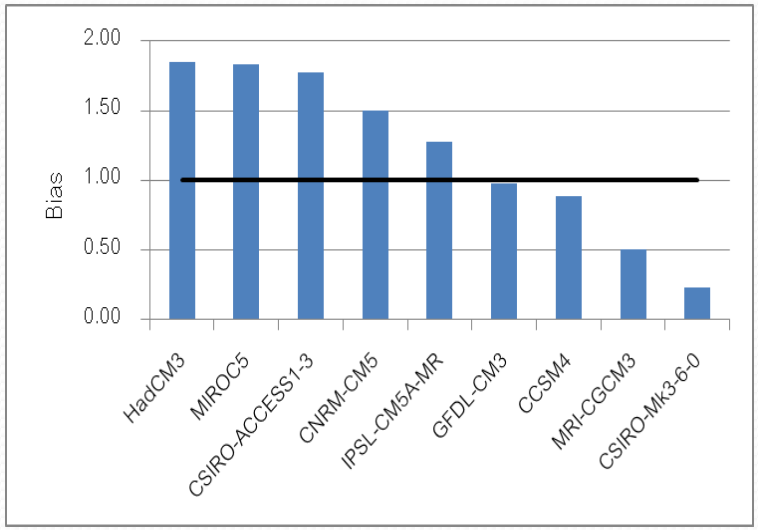
Group of East-Coast Gulf (Wet Season)



Group of East-Coast Gulf (Dry Season)

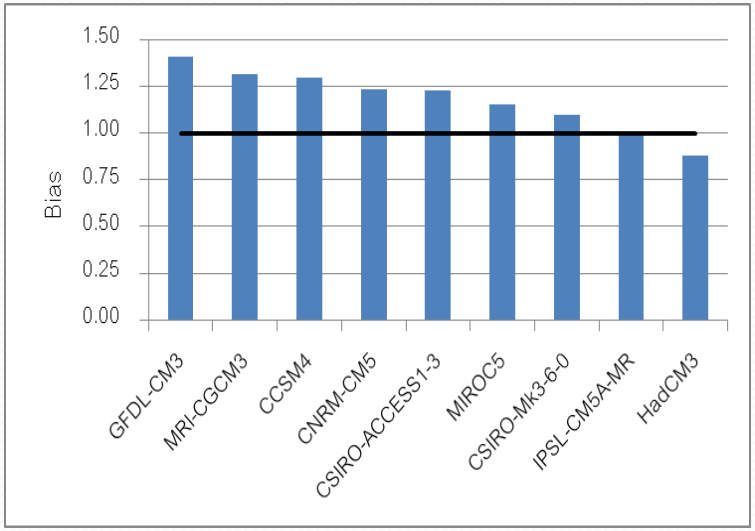


Group of West-Coast Gulf (Wet Season)

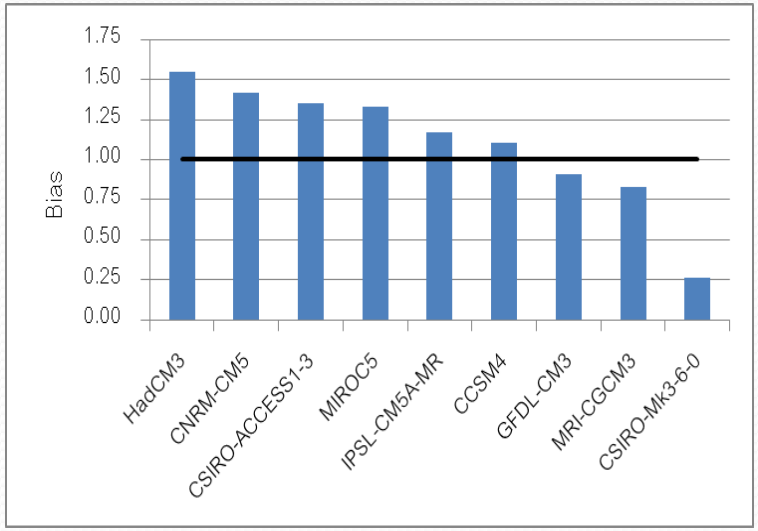


Group of West-Coast Gulf (Dry Season)

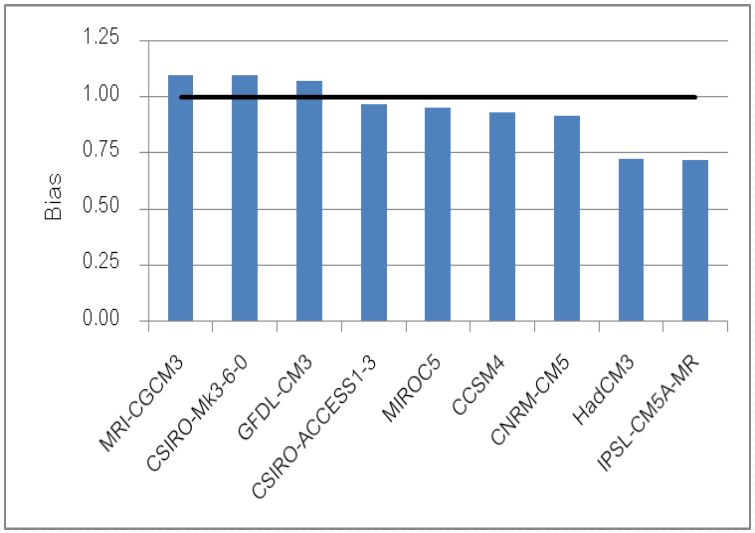
BIAS ของการจำลองปริมาณฝนรายเดือนในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ของกลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล



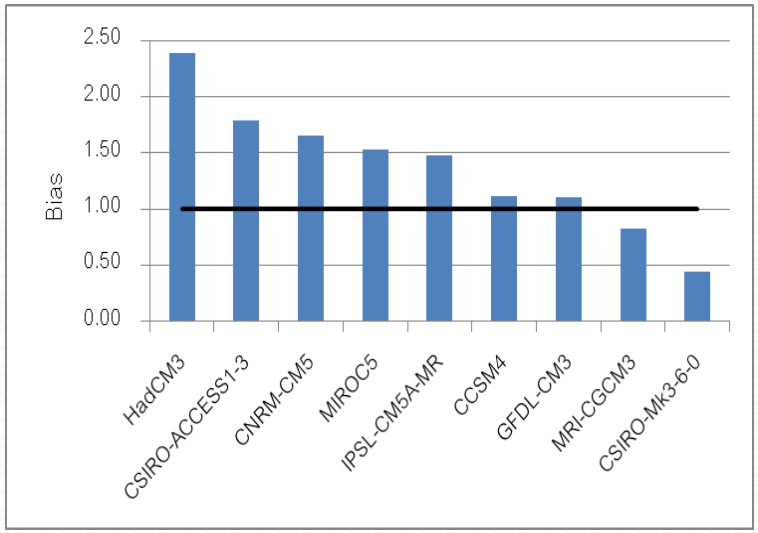
Group of Peninsula-East Coast (Wet Season)



Group of Peninsula-East Coast (Dry Season)



Group of Peninsula-West Coast (Wet Season)



Group of Peninsula-West Coast (Dry Season)

สรุปค่า Bias และ RMSE ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งในประเทศไทย

		CCSM4	CNRM-CM5	ACCESS1.3	CSRIO-Mk3.6	GFDL-CM3	HadCM3	IPSL-CM5A-MR	MIROC5	MRI-CGCM3
Wet Season	Bias	1.26	1.05	1.26	1.65	1.08	1.14	0.99	1.07	1.16
	RMSE	332.9	192.0	381.3	756.5	166.1	246.8	144.4	156.7	285.9
Dry Season	Bias	1.34	1.36	0.91	0.30	0.70	1.31	1.06	1.46	0.55
	RMSE	108.1	107.3	84.6	156.7	93.9	136.0	91.1	141.2	112.8

สรุปผลการศึกษาในระยะที่ 1

- แบบจำลองสภาพภูมิอากาศทั้ง 9 แบบจำลองมีแนวโน้มที่จะให้ค่าปริมาณฝนรายปีที่สูงกว่าข้อมูลฝนจากการตรวจวัด โดยมีค่า RMSE อยู่ในช่วง 186-626 มม.ต่อปี สำหรับปริมาณฝนรายเดือน ค่า RMSE อยู่ในช่วง 50-122 มม.ต่อปี แบบจำลองที่มีค่า BIAS ใกล้เคียง 1 มากที่สุดและมีค่า RMSE น้อยที่สุด คือ IPSL-CM5A-MR และแบบจำลองที่มีค่า BIAS และ RMSE มากที่สุด คือ CSIRO-Mk3-6-0
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ให้ค่าปริมาณฝนที่ใกล้เคียงกับข้อมูลฝนจากการตรวจวัดมากที่สุดทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ค่า RMSE ในช่วงฤดูฝนจะมีแนวโน้มที่สูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง โดยค่า RMSE ที่น้อยที่สุดในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 144 มม.ต่อเดือน และ 85 มม.ต่อเดือน ตามลำดับ ได้แก่ IPSL-CM5A-MR และ แบบจำลองที่ให้ค่า RMSE น้อยที่สุดในช่วงฤดูแล้ง ได้แก่ CSIRO-ACCESS1-3
- ผลที่ได้จากการประเมินแบบจำลองสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยในระยะที่ 1 นี้จะเป็นฐานในการพิจารณาการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมในการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยการศึกษาในขั้นต่อไปจะเป็นการย่อส่วนข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศและการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์ RCP2.6 RCP4.5 และ RCP8.5 ในช่วงเวลาในอนาคต

ตัวอย่างการวิเคราะห์ดัชนีฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของประเทศไทยในอนาคตจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก

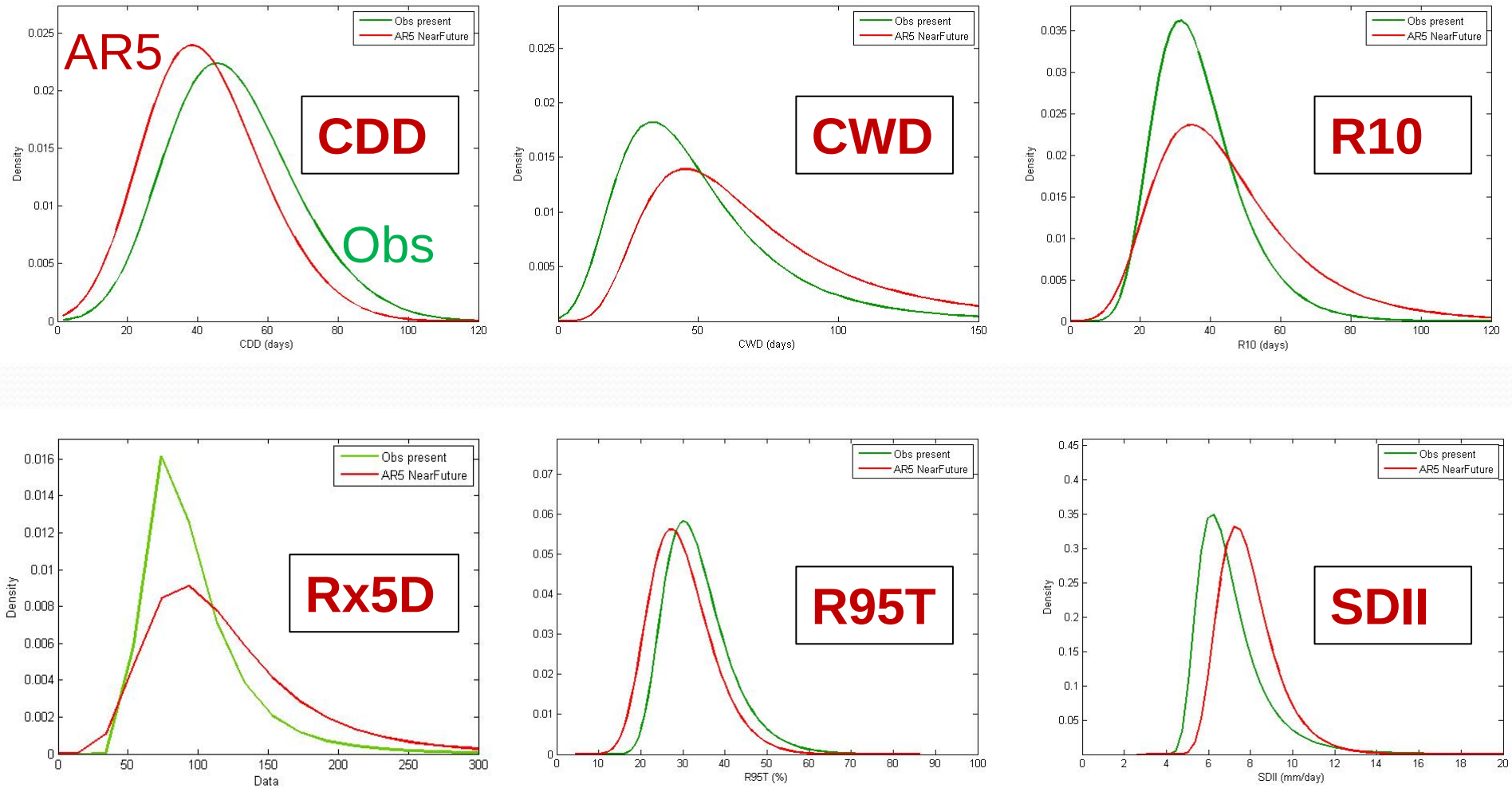
Projected Change in Extreme Indices

- MRI – AGCM 3.2S (AR5), high resolution GCM (20km x 20 km), Japan with bias correction
- Near future scenario (NF): 2015-2039
- Far future scenario (FF): 2075-2099
- Under SRES A1B
- Comparison between observation (1979-2006) and AR5 (2015-2039 and 2075-2099)

Extreme Precipitation Indices

Index	Definition	Unit
CDD	Maximum number of consecutive dry days (Rday < 1 mm)	Days
CWD	Maximum number of consecutive wet days (Rday ≥ 1 mm)	Days
R10	Number of days with precipitation ≥ 10 mm	Days
R20	Number of days with precipitation ≥ 20 mm	Days
Rx1Day	Maximum 1-day rainfall amount	mm
Rx5Day	Maximum 5-day rainfall amount	mm
SDII	Simple daily intensity index	mm/day
R95T	Fraction of 95th percentile to annual precipitation	%

Projected Change in Extreme Indices in Near Future



PDF of generalized extreme values distribution

River Basin	Percentage change in near future (AR5)							
	Extreme Precipitation Indices							
	R10	R20	SDII	RX1D	RX5D	CWD	CDD	R95T
Salawin	34%	256%	42%	225%	63%	-35%	-17%	39%
Mekong	-32%	-51%	-6%	+ 50 %	25%	29%	-27%	3%
Kok	-32%	-51%	-6%	20%	-5%	29%	-27%	3%
Chi	17%	-51%	13%	50%	63%	29%	-5%	-4%
Mun	34%	-51%	13%	50%	10%	67%	-5%	-17%
Ping	34%	51%	23%	100%	63%	3%	-32%	39%
Wang	17%	51%	23%	100%	10%	29%	-32%	12%
Yom	17%	-16%	13%	50%	10%	29%	-27%	3%
Nan	17%	-16%	13%	75%	37%	29%	-22%	3%
Chao Phraya	52%	12%	13%	-46%	10%	387%	-5%	-48%
Sakaekrang	52%	51%	42%	75%	10%	24%	-5%	12%
Pasuk	17%	51%	4%	50%	-7%	-23%	-13%	12%
Tha Chin	91%	51%	23%	-46%	37%	204%	-32%	-48%
Mae Klong	145%	196%	52%	120%	63%	25%	-5%	23%
Prachinburi	17%	-16%	4%	-46%	-7%	107%	-5%	-25%
Bang Pakong	52%	-51%	13%	20%	-7%	204%	-13%	-25%
Tonle Sap	34%	51%	13%	50%	10%	107%	-5%	-17%

River Basin	Percentage change in near future (AR5)							
	Extreme Precipitation Indices							
	R10	R20	SDII	RX1D	RX5D	CWD	CDD	R95T
East-Coast Gulf	52%	-16%	23%	20%	-7%	153%	-13%	-35%
Phetchaburi	145%	322%	71%	100%	63%	-23%	-22%	12%
West-Coast Gulf	145%	396%	71%	163%	63%	-23%	-22%	12%
Peninsula-East Coast	52%	51%	42%	163%	200%	-23%	-27%	-17%
Tapi	116%	51%	42%	163%	125%	-23%	-32%	-17%
Thale sap Songkhla	52%	51%	23%	163%	63%	-23%	-32%	-35%
Pattani	70%	-16%	23%	163%	225%	68%	-46%	-35%
Peninsula-West Coast	52%	51%	23%	163%	225%	29%	-32%	-25%