เอกสารอ้างอิง

Bell J.L., Sloan L.C., Snyder M.A., (2004) "Regional changes in extreme climatic events: a future climate SRES", J Climate, 17, 81-87.

Dudhia, J., Gill D., Manning K., Wang W. and Bruyere C., "PSU/NCAR Mesoscale Modeling System (MM5 version 3) tutorial class notes and user's guide", Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, USA, 2002.

David H. B., Lesheng B., and G. G. Bjarnason, (2005) "High-Resolution Regional Climate Simulations over Iceland Using Polar MM5", Monthly Weather review, 133, 3527-3547.

Grell, G.A., Dudhia J., and Stauffer D.R., " A description of the fifth-generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5)", NCAR Tech. Note, NCAR/TN-398+STR, 1994, 122p.

Hahmann, A.N., Rostkier-Edelstein D., Warner T.T., Liu Y., Vandenberghe F., and Swerdlin S.P., (2008) "Toward a climate downscaling for the Eastern Mediterranean at High-Resolution", Advances in Geosciences, 12, 159-164.

Hernandez J., Srikishen J., Erickson D., Oglesby R., Irwin D. , (2006) "A regional climate study of Central America using the MM5 modeling system:Results and comparison to observations", International Journal of Climatology,1361.

Jacobson, Mark Z. Fundamental of Atmospheric Modeling.Second Edition.New York: Cambridge University Press., 2005.

Mark M.Global Warming: A Very Short Introduction, Oxford University Press., 2005.

Mitchell, K. E. and coauthors, "The community Noah land surface model (LSM) User's guide", 15th AMS Conf. on Hydrology, 2002, 180-183.

Salathe´, E. P., Jr., R. Steed, C. F. Mass, and P. H. Zahn, (2008) "A high-resolution climate model for the United States Pacific Northwest, part II:Mesoscale feedbacks and local responses to climate change", J. Climate, 21,5708-5726.

Skamarock W. C., Klemp J. B., Dudhia J., Gill D. O., Barker D. M., Wang W. and Powers J. G., 2008: A Description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR Technical Note TN-468+STR. 113 pp

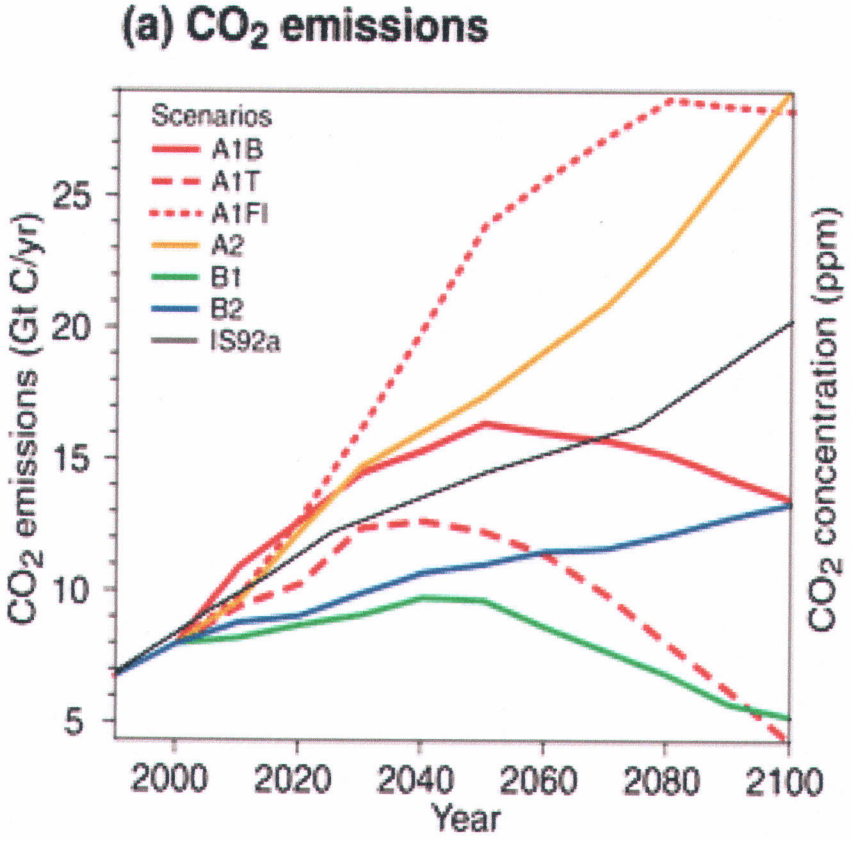
Steed R., N. Bond and C. Mass, 2000: The effects of domain size and lateral boundary update frequency on high resolution NWP. Tenth PSU/NCAR Mesoscale Model Users' Workshop.

http://www.climatechoices.org/SRES.html

http://www.metoffice.gov.uk/weather/marine/guide/beaufortscale.html

ภาคผนวก

I: CO_2 Emission SRES



ภาพแสดงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตาม SRES ต่าง ๆ

ที่มา : http://www.climatechoices.org/SRES.html

II การการเทียบความเร็วและชนิดของลม

ตารางภาคผนวกที่ 1 Beaufort wind force scale

มาตรโบฟอร์ด	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ชนิดลม
0	0–0.2	ลมสงบ (Calm (glassy))
1	0.3–1.5	ลมเบา (Calm (rippled))
2	1.6–3.3	ลมอ่อน (Smooth (wavelets))
3	3.4–5.4	ลมเฉื่อย (Slight)
4	5.5–7.9	ลมปานกลาง (Slight–Moderate)
5	8.0–10.7	ลมกระโชก (Moderate)
6	10.8–13.8	ลมแรง (Rough)
7	13.9–17.1	พายุปานกลาง (Rough–Very rough)
8	17.2–20.7	พายุกระโชก (Very rough–High)
9	20.8–24.4	พายุแรง (High)
10	24.5–28.4	พายุจัด (Very High)
11	28.5–32.6	พายุจัด (Very High)
12	32.7+	เฮอร์ริเคน (Phenomenal)

ที่มา: http://www.metoffice.gov.uk/weather/marine/guide/beaufortscale.html

III: วิธีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยด้วยแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค MM5(MM5 RCM)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยได้ดำเนินการโดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของภูมิอากาศ(อุณหภูมิและปริมาณฝนระดับผิวพื้น) ในอนาคต ค.ศ.2010-2039 ที่แบ่งเป็น 3 ทศวรรษดังนี้ ค.ศ.2010-2019 ค.ศ.2020-2029 ค.ศ.2030-2039 เทียบกับภูมิอากาศในอดีต(ช่วงปีฐาน)ช่วง ค.ศ.1970-1999 ช่วงฤดูร้อน ฤดูฝนและ ฤดูหนาวจากผลการจำลองภูมิอากาศด้วย **MM5 RCM** ทุกระยะ 15 km ทั่วประเทศไทย ตามหลักการการย่อส่วนเชิงพลวัต (dynamical downscaling) รายละเอียดตามรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

วิธีการย่อส่วนเชิงพลวัต คือใช้ผลลัพธ์ของแบบจำลองภูมิอากาศโลก(งานวิจัยนี้ใช้CCSM3 ที่มีความละเอียดตาม แนวราบ ~140 km)เป็นข้อมูลนำเข้าภูมิอากาศโลกเริ่มต้น และเงื่อนไขขอบเขตหรือ large scale forcingของแบบจำลองMM5 พื้นที่ในบริเวณที่จะวิเคราะห์โดยแบบจำลอง MM5รับข้อมูลภูมิอากาศเงื่อนไขขอบเขตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกและสภาพการใช้พื้นดินทั้งสี่ด้าน เรียกว่า coarse domain โดยภูมิอากาศโลกเป็นเงื่อนไขขอบเขตตั้งแต่ระดับผิวพื้นจนถึงระดับสูงสุดของแบบจำลองMM5 ซึ่งมีทั้งหมด 23 ระดับ แล้วคำนวณตามหลักการสมการทางกายภาพของขบวนการณ์ทางบรรยากาศต่างๆที่เกิดขึ้นในระยะที่เล็กลง เช่น การพาความร้อน ลมแปรปรวน การเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามแนวดิ่ง ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ ตลอดจนความแตกต่างระหว่างพื้นดินและทะเล ของแบบจำลองMM5ในพื้นที่ขนาดเล็กลงตามที่ต้องการ(เรียกว่า fine/nest domain ในกรณีนี้มีความละเอียดตามแนวราบ 15 km) ตาม physics schemes ที่เขียนไว้ในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ วิธีการที่ coarse domainรับข้อมูลภูมิอากาศเงื่อนไขขอบเขตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก แล้วทำการจำลองภูมิอากาศภูมิภาคในบริเวณที่เล็กลงหรือ fine domain โดยไม่ได้ส่งผลลัพธ์ของ fine domain กลับเข้าสู่ coarse domain เรียกว่า one-way nesting เป็นวิธีการของแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค, MM5 RCMตามหลักการย่อส่วนเชิงพลวัต

MM5 RCM ใช้กันแพร่หลายทั่วโลกในประเทศที่พัฒนาแล้ว ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศระดับภูมิภาค อย่างมีประสิทธิภาพ ในระยะกว่าสิบปีที่ผ่านมา

ความถูกต้องและน่าเชื่อถือของข้อมูล

รายงานฉบับสมบูรณ์นี้ได้ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขทุกขั้นตอนที่ไม่สมบูรณ์ ประสิทธิภาพของ MM5 RCM ในงานวิจัยนี้ ได้ทดสอบโดยการเปรียบเทียบผลการจำลองภูมิอากาศในอดีต(1970-1990) กับข้อมูลการวิเคราะห์ภูมิอากาศ Climate Research Unit(CRU) University of East Anglia ประเทศอังกฤษที่นิยมใช้ในการอ้างอิง ตามpublications ต่างๆ และได้ทดสอบความใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดจากกรม

อุตุนิยมวิทยา สำหรับ 5 จังหวัดที่สุ่มเลือก(random)คือ เชียงใหม่ พิษณุโลก กรุงเทพฯ อุบลราชธานี และสงขลาเป็นตัวแทนจากภูมิภาคต่างๆของประเทศไทย

ข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งในอดีตและในอนาคตเป็นข้อมูลดิบที่ได้จากแบบจำลองMM5 RCM(MM5 RCM outputs) ทีมวิจัยได้ปรับเลือกphysics schemeให้มีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ปรับค่า sea surface temperature ทุก 6 ชั่วโมง และใช้Nudging technique เพื่อจัดให้ข้อมูลCCSM3 เข้าโดเมนใหญ่ของMM5 RCM เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง ยังไม่มีการปรับข้อมูลดิบ(MM5 RCM outputs) เพื่อเพิ่มคุณภาพแต่อย่างใด การปรับ MM5 RCM outputs คงต้องพิจารณาความเหมาะสมตามแต่ละกรณีของการประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

IV: การเผยแพร่ผลงานวิจัย

1. เข้าร่วมประชุมสัมมนาไทย-จีน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศครั้งที่ 1 วันจันทร์ที่ 23 และวันอังคารที่ 24 มีนาคม 2552 ณ ห้องกมลทิพย์ โรงแรมพูลแมน บางกอก คิงพาวเวอร์ ถนนรางน้ำ กรุงเทพมหานคร

2. กำลังดำเนินการเขียนบทความวิจัยเรื่องนี้เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการ

3. การเผยแพร่ผลงานวิจัยได้ดำเนินการไปบางส่วนแล้วใน web site ของหน่วยวิจัยฟิสิกส์บรรยากาศ http://www.physics.science.cmu.ac.th/AtmosLab/climate_project/index.html

ตารางภาคผนวกที่ 2 รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการตามแผนงานโดยสรุป

วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
1. จำลองสภาพภูมิอากาศได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณฝน ในปีฐาน 30 ปี ค.ศ. 1970-1999 แล้วเปรียบเทียบผลกับข้อมูลตรวจวัด เพื่อปรับแก้แบบจำลองให้ได้ผลสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัด	1.1 ติดตั้งและตรวจสอบระบบปฏิบัติการ Linux Cluster	1.1 ระบบปฏิบัติการ Linux Cluster	1.1 มีระบบปฏิบัติการ Linux Cluster ที่พร้อมใช้ในงานวิจัย	
	1.2 เตรียมระบบปฏิบัติการแบบจำลองสภาพภูมิอากาศท้องถิ่นขั้นสูง ซึ่งเป็นระบบควบคู่ GCM-MM5	1.2 ระบบที่พร้อมใช้ในการประมวลผล MM5	1.2 มีแบบจำลอง MM5 ที่พร้อมใช้ในการจำลองภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย	
	1.3 ดัดแปลงแบบจำลอง MM5 สำหรับใช้เป็น Regional Climate Model (RCM)	1.3 แบบจำลองที่เหมาะสมกับการใช้งานระดับ advanced regional climate model	1.3 มีแบบจำลอง MM5 ที่เหมาะสมกับการใช้งานระดับ advanced regional climate model	
	1.4 จำลองภูมิอากาศปี	1.4 ผลการจำลองภูมิอากาศปี	1.4 มีผลการจำลองภูมิอากาศ	

	ฐาน	ฐาน 30 ปี	ปีฐาน 30 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 1970-1999 ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด ปริมาณฝน และ ลม เฉลี่ยรายวัน	
	1.5 เปรียบเทียบผลกับข้อมูลสภาพอากาศตรวจวัดและปรับแก้แบบจำลอง ให้สอดคล้องกับค่าตรวจวัด	1.5 ประสิทธิภาพของแบบจำลอง	1.5 มีแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมในการจำลองภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย	

วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
2. เพื่อจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงล่วงหน้า 30 ปี ค.ศ. 2010-2039 ภายใต้สถานการณ์ IPCC SRES SRES A2&A1B	2.1 จำลองลักษณะภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์ A2 ในช่วงปี ค.ศ. 2010-2039	2.1 ผลการจำลองภูมิอากาศในอนาคต 30 ปีภายใต้สถานการณ์ A2	2.1 ผลการจำลองภูมิอากาศในอนาคต 30 ปี ค.ศ. 2010-2039ภายใต้สถานการณ์ A2ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด ปริมาณฝน และ ลม เฉลี่ยรายวัน 30 ปี	
	2.2 จำลองลักษณะภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์ A1B ในช่วงปี ค.ศ. 2010-2039	2.2 ผลการจำลองภูมิอากาศในอนาคต 30 ปีภายใต้สถานการณ์ A1B	2.2 ผลการจำลองภูมิอากาศในอนาคต 30 ปี ค.ศ. 2010-2039 ภายใต้สถานการณ์ A2ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด ปริมาณฝน และ ลม เฉลี่ยรายวัน 30 ปี	
	2.3 เปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตภายใต้สถานการณ์ A2 กับ B2กับภูมิอากาศในปีฐาน	2.3 ผลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศล่วงหน้า 30 ปี	2.3 มีผลการเปลี่ยน แปลงภูมิอากาศล่วงหน้า 30 ปี ค.ศ. 2010-2039 ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด ปริมาณฝน และ ลม เฉลี่ย เทียบกับข้อมูลในปี ค.ศ.1970-1999	

ลงนาม .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เจียมใจ เครือสุวรรณ)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

วันที่ 8 ธันวาคม 2553.