

ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูล Global Warming and Climate Change in Chi-Mun River Basin

ศุภกร ชินวรโรณ (Suppakorn Chinvano)¹
วิริยะ เหลืองอร่าม (Viriya Laung-Aram)²
จุฑาทิพย์ ธนกิตติเมธาวุฒิ (Jutatip Thanakitmetavut)³

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะของภาวะโลกร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในเขตลุ่มน้ำชี-มูลเป็นการสรุปผลการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระดับภูมิภาค PRECIS คำนวณสภาพภูมิอากาศอนาคตที่มีความละเอียดสูงในพื้นที่ประเทศไทยและประเทศข้างเคียง โดยใช้ข้อมูลตั้งต้นจากผลการจำลองสภาพภูมิอากาศโลกจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ECHAM4 ซึ่งคาดการณ์สภาพอากาศล่วงหน้าระยะยาวตลอดช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 21 นี้ ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกซึ่งคาดว่าจะเพิ่มขึ้นในอนาคตตามแนวทางการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจและสังคมแบบ A2 ที่ทาง Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) กำหนดขึ้น ผลการจำลองสภาพภูมิอากาศในอดีตโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระดับภูมิภาคในเบื้องต้นยังคงมีความคลาดเคลื่อนจากผลของการตรวจวัด การปรับผลจากแบบจำลองด้วยวิธี rescale โดยใช้ความแตกต่างระหว่างผลของการคำนวณโดยแบบจำลองและผลของการตรวจวัดช่วยลดความคลาดเคลื่อนลงได้พอสมควร ผลสรุปแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในลุ่มน้ำชี-มูลมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นและมีช่วงเวลาที่อากาศร้อนในรอบปียาวนานมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด พื้นที่ที่มีอากาศร้อนมากขึ้นจะแพร่กระจายเป็นวงกว้างโดยเฉพาะในเขตลุ่มน้ำมูล และปริมาณฝนในรอบปีก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

Abstract

This study of climate change in Chi-Mun river basin is a summary of future climate projection dataset, which is generated from PRECIS regional climate scenario using data from ECHAM4 A2 Global Circulation Model as initial data for simulation. Comparison of result from the regional climate model with data from observation at meteorological observation stations shows that the result from climate model still vary from observe data, therefore, rescaling technique was applied to the dataset in order to adjust the model bias.

¹ ที่ปรึกษากลุ่มวิชาการ ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
² นายทหารพยากรณ์อากาศ แผนกพยากรณ์อากาศ กองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ
³ ผู้ช่วยวิจัย ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Final result of future climate projection from regional climate model, PRECIS, shows trend of rising in temperature in Chi-Mun basin, both maximum and minimum temperature. Moreover, the warm period over the year will also extend longer and cover wider coverage. Annual precipitation will increase in the future.

คำสำคัญ: โลกร้อน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ลุ่มน้ำชี-มูล, แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ, PRECIS, ECHAM4

Keywords: global warming, climate change, Chi-Mun river basin, climate model, PRECIS, ECHAM4

บทนำ

การที่ก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของโลกได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะตั้งแต่ในช่วงยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมานั้น ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนที่มีความรุนแรงมากขึ้นซึ่งส่งผลให้ภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และเกิดผลกระทบต่อเนื้อที่ไปยังระบบนิเวศและชีวิตความเป็นอยู่ของผู้คนซึ่งอาจเป็นผลกระทบที่มีความหลากหลายแตกต่างกัน (IPCC, 2001) ประเด็นสำคัญที่ประเทศไทยควรจะต้องคำนึงถึงก็คือ ภาวะโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้นอยู่นี้เป็นปรากฏการณ์ในระดับโลกและคาดว่า จะยังคงดำเนินต่อไปอีกหลายทศวรรษเป็นอย่างน้อย และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอันเป็นผลสืบเนื่องจากภาวะโลกร้อนนั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละภูมิภาคของโลก (IPCC, 2007) ทั้งนี้ประเทศไทยตกอยู่ในข่ายที่จะได้รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนโดยหลีกเลี่ยงไม่ได้ การทำความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตจะช่วยให้ภาคส่วนต่างๆสามารถดำเนินการเตรียมตัวหรือปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ในอนาคตได้อย่างเหมาะสมได้

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศนั้นเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ และใช้เวลานานกว่าที่จะเป็นที่สังเกตได้ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศนั้นมีความแปรปรวนอยู่แล้วตามธรรมชาติ ดังนั้นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศนั้นจึงจำเป็นต้องมองไปในอนาคตระยะยาว ซึ่งเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ยังไม่สามารถทำการพยากรณ์สภาพอากาศอนาคตระยะยาวได้ อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจและสังคมตลอดจนเทคโนโลยีในอนาคตก็ส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนถึงปริมาณ

ก๊าซเรือนกระจกในอนาคต ดังนั้นแนวทางหนึ่งต่อการทำความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาวก็คือ การดำเนินการศึกษาโดยการจำลองสภาพอนาคตขึ้นภายใต้สมมติฐานหรือเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นบางประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมมติฐานในเรื่องของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต

การจำลองสภาพอากาศอนาคตที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบในระดับภูมิภาคและระดับประเทศได้อย่างเหมาะสมนั้น จะต้องเป็นการคำนวณที่มีความละเอียดสูง ทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเงื่อนไข ซึ่งสภาพอากาศจำลองอนาคตในลักษณะดังกล่าวสำหรับประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นี้ยังเป็นสิ่งที่ขาดแคลนและมีการดำเนินการในขอบเขตที่จำกัดอยู่มากในปัจจุบัน ทางศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จึงได้ทำการจำลองสภาพภูมิอากาศอากาศระยะยาวที่มีความละเอียดสูงสำหรับภูมิภาคนี้ และได้สรุปรายละเอียดถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูลดังที่จะได้นำเสนอในรายงานนี้

การจำลองสภาพภูมิอากาศอากาศระยะยาวที่มีความละเอียดสูงนี้เป็นโครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจาก Asia-Pacific Network for Global Change Research (APN) และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โดยเป็นการจัดทำกรจำลองสภาพภูมิอากาศรายวันในอนาคตจนถึงสิ้นคริสต์ศตวรรษนี้ โดยมีขอบเขตครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยทั้งหมดตลอดจนประเทศข้างเคียง เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคนี้อันเป็นผลจากภาวะโลกร้อน และสามารถนำไปใช้ศึกษาต่อในเรื่องผลกระทบของการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ต่างๆ ที่มีต่อระบบและภาคส่วนต่างๆ เพื่อที่จะได้นำไปสู่การศึกษาถึงภาวะเสี่ยงต่อความเดือดร้อนและแนวทางการปรับตัวต่อสถานการณ์อนาคตต่อไป

วิธีการและอุปกรณ์

การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศระยะยาวโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

วิธีที่ใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาวะทางภูมิอากาศในอนาคตที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดในปัจจุบัน ได้แก่ การใช้แบบจำลองระบบภูมิอากาศของโลก (Global Circulation Models: GCMs) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่รวมเอาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิจากของบรรยากาศและสมุทรศาสตร์ โดยในการคำนวณถึงสภาพภูมิอากาศอนาคตแบบจำลองได้คำนึงถึงการถ่ายเทความร้อน ความชื้นและโมเมนตัมระหว่างพื้นผิวที่สัมผัสกันระหว่างบรรยากาศกับมหาสมุทร เช่น แบบจำลองที่ชื่อว่า HadCM3 (Hadley Centre Coupled Model, Version 3) ที่ถูกพัฒนาขึ้นที่ Hadley Centre ประเทศอังกฤษ เป็นการรวมเอาแบบจำลองบรรยากาศ HadAM3 ซึ่งคำนวณที่ความละเอียดทุกๆ 2.5x3.75 องศา ในแนวละติจูดและลองจิจูดเข้ากับแบบจำลองสมุทรศาสตร์ HadOM3 ซึ่งคำนวณที่ความละเอียดทุกๆ 1.25x1.25 องศา ในแนวละติจูดและลองจิจูด (http://cera-www.dkrz.de/IPCC_DDC/IS92a/HadleyCM3/hadcm3.html) หรืออีกประเภทหนึ่ง ได้แก่ แบบจำลองที่พิจารณาแต่ผลของการไหลเวียนของบรรยากาศเพียงอย่างเดียวอย่างเช่น ECHAM4 ที่พัฒนามาจากแบบจำลอง European Centre for Medium Range Weather Forecast: ECMWF โดย Max Planck Institute for Meteorology และ German Climate Computing Centre ประเทศเยอรมัน (http://cera-www.dkrz.de/IPCC_DDC/IS92a/Max-Planck-Institut/echam4opyc3.html)

แม้ว่าการใช้แบบจำลอง GCMs เพื่อการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศของโลก

จะพัฒนาขึ้นและเป็นที่ยอมรับอย่างมาก แต่สำหรับภูมิภาคหรือประเทศขนาดเล็กที่มีพื้นที่ไม่ใหญ่มากนั้น การใช้ GCMs จะไม่สามารถอธิบายถึงลักษณะทางอุณหภูมิจากของพื้นที่ต่างๆ ได้เนื่องจากความละเอียดในการคำนวณของ GCMs ไม่มากพอ เช่น แบบจำลอง GCM HadAM3 ซึ่งคำนวณที่ความละเอียดทุกๆ 2.5x3.75 องศา ในแนวละติจูดและลองจิจูด (ประมาณ 250 กม. x 350 กม.) การคำนวณด้วยความละเอียดดังกล่าวทำให้จำนวนตารางกริดของการคำนวณน้อยเกินไปที่จะแสดงลักษณะเฉพาะของพื้นที่ได้ เช่น พื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยจะมีจุดที่แสดงเพียง 2 จุดเท่านั้น คือ ภาคเหนือฝั่งตะวันตกรวมถึงบางส่วนของประเทศพม่า 1 จุด และฝั่งตะวันออกรวมถึงบางส่วนของประเทศลาวเป็นจุดที่ 2 ดังนั้นการที่จะศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภูมิภาคใดภูมิภาคหนึ่งหรือประเทศใดประเทศหนึ่ง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีกระบวนการในการเพิ่มความละเอียดของการคำนวณ ซึ่งในทางการใช้แบบจำลองเรียกว่ากระบวนการ “Down Scale” โดยวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 3 วิธี ได้แก่ วิธีการทางสถิติ วิธีการทางพลศาสตร์และวิธีผสมผสานระหว่างสถิติและพลศาสตร์

วิธีการทางสถิติ มีพื้นฐานบนความสัมพันธ์ระหว่างผลการคำนวณจากแบบจำลองในขนาดใหญ่ ความละเอียดต่ำ กับปัจจัยที่ได้จากผลการตรวจอากาศในอดีตของพื้นที่ที่จะศึกษา โดยอยู่บนสมมติฐาน 2 ข้อ ได้แก่

1. ผลการคำนวณและผลการตรวจอากาศในช่วงเวลาเดียวกันจะต้องมีการเก็บมายาวนานเพียงพอที่จะนำมาใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้ง 2 ชุด
2. ความสัมพันธ์ระหว่างผลการคำนวณและผลการตรวจอากาศในอดีตจนถึงปัจจุบันจะเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับในอนาคต

การศึกษาหลายครั้งพบว่าสมมติฐานทั้ง 2 ข้อไม่สามารถใช้ได้ดีกับปัจจัยทางอุณหภูมิจากได้ทุกประเภท เช่น สามารถใช้ได้ดีกับอุณหภูมิ แต่ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ของความชื้น การเกิดฝน และการไหลเวียนของอากาศได้ เป็นต้น อีกทั้งวิธีการทางสถิตินี้สามารถอธิบายได้เฉพาะบริเวณที่มีข้อมูลผลการตรวจอากาศที่หนาแน่นเพียงพอเท่านั้น

วิธีการทางพลศาสตร์ เป็นการรวบรวมเอาความรู้ทางด้านพลศาสตร์ฟิสิกส์ของบรรยากาศเพื่อจำลองสภาวะภูมิอากาศแบบเดียวกับที่ใช้ใน GCMs มาสร้างเป็นแบบจำลอง โดยให้บรรยากาศได้มีปฏิสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกายภาพของพื้นที่ที่จะศึกษาในเชิงภูมิอากาศ การ DownScale ด้วยวิธีนี้จะเป็นการคำนวณด้วยแบบจำลอง 2 ครั้งได้แก่ การคำนวณด้วย GCMs เพื่อให้ได้ผลเพื่อใช้ศึกษาในภาพกว้าง สร้างเงื่อนไขเริ่มต้น (Initial Condition) และข้อมูลในบริเวณพื้นที่ขอบ (Boundary Condition) ให้กับการคำนวณด้วยความละเอียดที่สูงขึ้นในพื้นที่เฉพาะที่จะศึกษาต่อไป

แบบจำลองความละเอียดสูงที่ใช้คำนวณในพื้นที่เฉพาะจะมีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า Regional Climate Models (RCMs) หรือแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค ซึ่งเป็นแบบจำลองภูมิอากาศที่มีความละเอียดสูงสำหรับใช้ศึกษาในพื้นที่ขนาดเล็ก ซึ่งส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับพื้นที่ขนาดไม่เกิน 5,000x5,000 กม. ด้วยความละเอียดในทางราบประมาณ 50 กม. สร้างบนพื้นฐานของกระบวนการทางฟิสิกส์ของบรรยากาศที่มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางภูมิอากาศ เช่น เมฆ การแผ่รังสี ฝน ระบบน้ำและดิน ซึ่งบางกระบวนการที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กกว่าขนาดของกริดที่ใช้ในการคำนวณจะถูกแก้ปัญหาคด้วยวิธีการที่เรียกว่า “Parameterization” โดยอาศัยความสัมพันธ์ทางด้านพื้นที่และเวลาเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ย่อยๆ ของการคำนวณนำไปสู่การไหลเวียนในพื้นที่ขนาดใหญ่ต่อไป

เมื่อ RCMs ได้รับข้อมูลเงื่อนไขเริ่มต้นและข้อมูลพื้นที่ขอบจาก GCMs ก็จะนำไปคำนวณใหม่อีกครั้งบนพื้นฐานทางกายภาพของพื้นที่ที่สนใจ โดยมีรายละเอียดต่างๆ มากยิ่งขึ้นเช่น ลักษณะของเส้นขอบฝั่งลักษณะทางภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์จากพื้นดินชนิดของวัสดุที่ปกคลุมดิน ฯลฯ ด้วยสมการและเงื่อนไขทางพลศาสตร์ฟิสิกส์เหมือนกับที่ใช้ใน GCMs ข้อเสียของการ DownScale ด้วยวิธีนี้ได้แก่ ความสิ้นเปลืองทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ ถ้าการคำนวณมีความละเอียดสูงขึ้น

เวลาที่ใช้ในการคำนวณแต่ละครั้งก็จะยิ่งยาวนานขึ้น และความผิดพลาดที่สืบทอดมาจากผลการคำนวณใน GCMs ที่มีกริดของการคำนวณขนาดใหญ่ทำให้ RCMs ไม่สามารถแสดงถึงลักษณะเฉพาะของพื้นที่ในการคำนวณได้ดีเพียงพอ รวมถึงการคำนวณ RCMs แต่ละครั้งมีความต้องการข้อมูลตั้งต้นเป็นจำนวนมากจาก GCMs ทำให้มีปัญหาในเรื่องของการจัดการฐานข้อมูล

วิธีการทางสถิติและพลศาสตร์ เป็นการรวบรวมเอาข้อดีของทั้ง 2 วิธีที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเข้าด้วยกัน โดยการใช้ความสัมพันธ์จากผลการคำนวณด้วย RCMs 2 ครั้ง ดังนี้

1. คำนวณ RCMs ด้วยเงื่อนไขตั้งต้นและขอบเขตที่ได้จากข้อมูลผลการตรวจอากาศ จากปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยาที่มีขนาดใหญ่และได้รับการตรวจสอบยืนยันแน่นอน ร่วมกับข้อมูลจาก GCMs ในช่วงเวลาที่ไม่มีปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยาเด่นชัดเพียงพอที่จะใช้กับ RCMs

2. คำนวณ RCMs ด้วยเงื่อนไขตั้งต้นและขอบเขตที่ได้จาก GCMs ตามปกติ ในช่วงเวลาเดียวกันกับวิธีการตามข้อ 1 หลังจากนั้นนำผลของ RCMs ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 2 ครั้งมาหาความสัมพันธ์ และนำความสัมพันธ์ดังกล่าวไปใช้เป็นเงื่อนไขในการคำนวณเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตด้วย RCMs ต่อไปข้อดีและข้อเสียของตัวแปรแรกที่ทำมาใช้หาความสัมพันธ์จะเหมือนกับข้อดีและข้อเสียของวิธีการทางสถิติเพียงอย่างเดียวคือเรื่องการจำกัดของข้อมูลตรวจอากาศ ทั้งในเรื่องของความหนาแน่นและความยาวนานของข้อมูล แต่เมื่อพิจารณาถึงภาพรวมของผลที่ได้ทั้งหมดจะสามารถให้ผลการทำนายที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ดี การใช้งาน RCM ก็มีข้อจำกัดและข้อควรระวังดังต่อไปนี้ คือ

- ขอบเขตของการคำนวณ กล่าวคือ การเลือกขอบเขตของการคำนวณมีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากมีผลต่อความถูกต้องของผลการคาดการณ์ลักษณะภูมิอากาศโดยตรง ขอบเขตของการคำนวณจะต้องใหญ่พอที่จะทำให้เกิดกระบวนการทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่นั้นได้อย่างสมบูรณ์

- ความละเอียดของการคำนวณ จะต้องสูงพอที่จะแสดงรายละเอียดของพลังงานที่เป็นตัวขับเคลื่อนการไหลเวียนของบรรยากาศและเป็นคุณลักษณะเฉพาะตัวของลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่นั้นๆ

- เงื่อนไขของพื้นที่ขอบเขตของการคำนวณ ทั้งนี้ข้อมูลพื้นที่ขอบเขตของการคำนวณเป็นข้อมูลตั้งต้นอย่างหนึ่งที่เป็นตัวขับเคลื่อนบรรยากาศภายในของพื้นที่คำนวณให้เกิดการเคลื่อนที่นำไปสู่ปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ ที่ควรจะเป็นสามารถแยกพิจารณาได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. พื้นที่ขอบเขตทางด้านข้างของการคำนวณ ถูกขับเคลื่อนและป้อนข้อมูลเข้าด้วย 2 กระบวนการ ได้แก่ Relaxation Method เป็นกระบวนการป้อนค่าของการขับเคลื่อนทางกลศาสตร์ (Newtonian term) และ Spectral Nesting เป็นกระบวนการในการส่งผ่านข้อมูลในรูปของคลื่น

2. พื้นที่ขอบเขตบริเวณพื้นผิวของการคำนวณ ประกอบด้วยข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ความหนาและการปกคลุมของน้ำแข็ง และในบางแบบจำลองมีความต้องการข้อมูลอุณหภูมิของชั้นดิน

- การกำหนดช่วงเวลาเริ่มต้นของการคำนวณ จะต้องกำหนดก่อนที่จะถึงช่วงเวลาที่ศึกษา ยาวนานเพียงพอ เนื่องจากกรณีที่ขับเคลื่อนบรรยากาศที่หยุดนิ่งในแบบจำลองให้เกิดการไหลเวียนและเกิดเป็นปรากฏการณ์ต่างๆ ต้องใช้เวลาที่ยาวนานเพียงพอ

- กระบวนการทางฟิสิกส์ที่ใช้ ทั้งนี้โดยข้อเท็จจริงที่ว่าความผิดพลาดคลาดเคลื่อนของผลที่ได้จากการจำลองบรรยากาศในระดับภูมิภาคอาจเกิดขึ้นได้จากทั้งข้อมูลตั้งต้นและข้อมูลขอบเขตที่ได้รับจาก GCMs และตัวของ RCMs เอง ทำให้การพัฒนา RCMs เป็นไปใน 2 รูปแบบ ได้แก่

1. ใช้รูปแบบของฟิสิกส์ที่แตกต่างกับ GCMs มีข้อดีคือ RCMs จะถูกพัฒนาและปรับแต่งให้มีความเหมาะสมกับความละเอียดของการคำนวณและคุณสมบัติทางกายภาพของพื้นที่ที่จะทำการศึกษาได้ดี แต่มีข้อเสียเช่นกันคือเรื่องของความเข้ากันได้ของแบบจำลองระหว่าง GCMs และ RCMs ในเรื่องของ

การนำเข้าและการแปลผลข้อมูลจาก GCMs เพื่อนำมาใช้ใน RCMs

2. ใช้ฟิสิกส์แบบเดียวกับที่ใช้ใน GCMs ข้อดีคือสามารถเข้าถึงและใช้ข้อมูลจาก GCMs ได้ อย่างเต็มประสิทธิภาพ แต่มีข้อเสียคือการเปลี่ยนแปลงความละเอียดของการคำนวณจำเป็นต้องได้รับการปรับแต่งที่เหมาะสมกับความละเอียดนั้นๆ

เงื่อนไขของการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศระยะยาว

การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศระยะยาว ใช้เงื่อนไขของการเพิ่มขึ้นประมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศซึ่งเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และโดยส่วนใหญ่แล้วเกิดจากกิจกรรมมนุษย์ โดยเฉพาะในด้านการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน รวมถึงก๊าซธรรมชาติ การคาดการณ์ถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศนั้น ทาง Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ได้มีการจัดทำการคาดการณ์ไว้หลายแนวทางมากกว่า 40 แนวทาง โดยได้กำหนดขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงในเชิงเศรษฐกิจและสังคมในอนาคตไปจนถึงสิ้นคริสต์ศตวรรษที่ 21 การกำหนดทิศทาง การเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นจะอยู่ภายใต้แนวทางหลักๆ คือ A1/A2/B1/B2 ซึ่งอาจอธิบายพอเป็นสังเขปได้ดังนี้ (IPCC, 2000)

- แนวทางในกลุ่ม A1 เป็นการมองภาพอนาคตว่าโลกจะมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจออกไปอย่างรวดเร็ว มีอัตราการเพิ่มประชากรต่ำ จะมีการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เพิ่มมากขึ้น และจะมีการประสานรวมตัวกันระหว่างภูมิภาคต่างๆ มากขึ้นในอนาคต

- แนวทางในกลุ่ม A2 เป็นการมองภาพอนาคตถึงโลกที่มีความแปลกแยกแบ่งตัวออกเป็นภูมิภาคต่างๆ และมีการขยายตัวของประชากรสูง การพัฒนาเศรษฐกิจด้านต่างๆ จะเน้นที่ระบบเศรษฐกิจของแต่ละภูมิภาค การเปลี่ยนแปลงในด้านการใช้

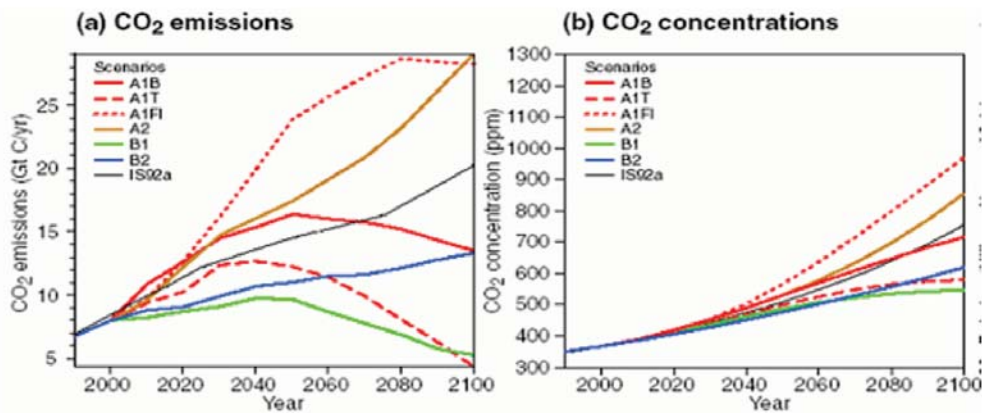
เทคโนโลยีจะหลากหลายไม่สอดคล้องกัน และการเปลี่ยนแปลงจะเป็นไปอย่างไม่รวดเร็วนัก

- แนวทางในกลุ่ม B1 มองภาพอนาคตถึงโลกที่มีการประสานรวมตัวกันมากขึ้น และจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำ เช่นเดียวกับแนวทาง A1 แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในโครงสร้างของระบบเศรษฐกิจ ซึ่งจะมุ่งไปทางด้านธุรกิจการให้บริการและด้านข้อมูลข่าวสารมากขึ้น โดยมีการบริโภคทรัพยากรต่างๆ น้อยลง และมีการพัฒนาและนำใช้เทคโนโลยีที่สะอาดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น แนวทางนี้มองถึงโลกที่ระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความยั่งยืน รวมถึงความเท่าเทียมกันที่มากขึ้น

- แนวทางในกลุ่ม B2 มองภาพอนาคตถึงโลกที่แต่ละท้องถิ่นเน้นถึงแนวทางของตนเองที่จะก่อให้เกิดความยั่งยืนของระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม อนาคตของโลกตามแนวทางนี้จะมี

ประชากรเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง รวมถึงการพัฒนาด้านเศรษฐกิจในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีจะเป็นไปช้ากว่าและมีความหลากหลายน้อยกว่าที่จะเป็นไปในแนวทางในกลุ่ม A1 / B1 ทิศทางของอนาคตตามแนวทางนี้จะมุ่งเน้นไปในทางที่มีการรักษาสภาพแวดล้อมมากขึ้น และมีความเท่าเทียมกันในทางสังคมสูงขึ้น

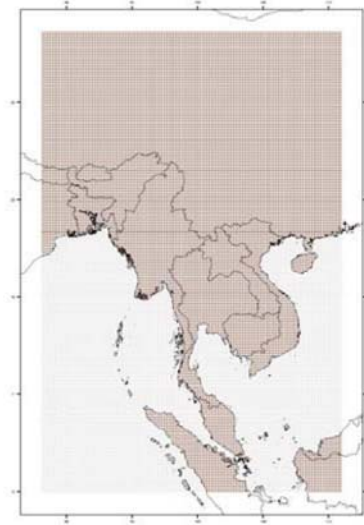
สภาพเศรษฐกิจและสังคมของโลกในอนาคตตามแนวทางที่แตกต่างกันนี้ จะก่อให้เกิดกิจกรรมที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศที่แตกต่างกัน ซึ่งตามการคาดการณ์ของ IPCC แล้ว พบว่าแนวทางในกลุ่ม A2 จะก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด โดยมีแนวทาง A1, B2 และ B1 ลดหลั่นตามมา ทั้งนี้ยกเว้นแนวทางย่อย A1FI (แนวทางย่อยในกลุ่ม A1 ที่อนาคตเน้นการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล) (รูปที่ 1)



รูปที่ 1. การคาดการณ์ถึงเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศโลกในอนาคตตามแนวทางต่างๆ โดย Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (IPCC, 2000)

การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศระยะยาวในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการคาดการณ์โดยยึดแนวทางการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศโลกตามแนวทาง A2 โดยทำการจำลองสภาพภูมิอากาศรายวันตลอดช่วง ค.ศ.1960-2100

โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 0.22° หรือ ประมาณ 25 กิโลเมตร และทำการปรับรายละเอียดอีกครั้งหนึ่งให้มีความละเอียดที่ 20x20 กิโลเมตร โดยครอบคลุมขอบเขตพื้นที่ lat 0-35N / lon 90-115E (รูปที่ 2)



รูปที่ 2. ขอบเขตพื้นที่ที่ทำการจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคต

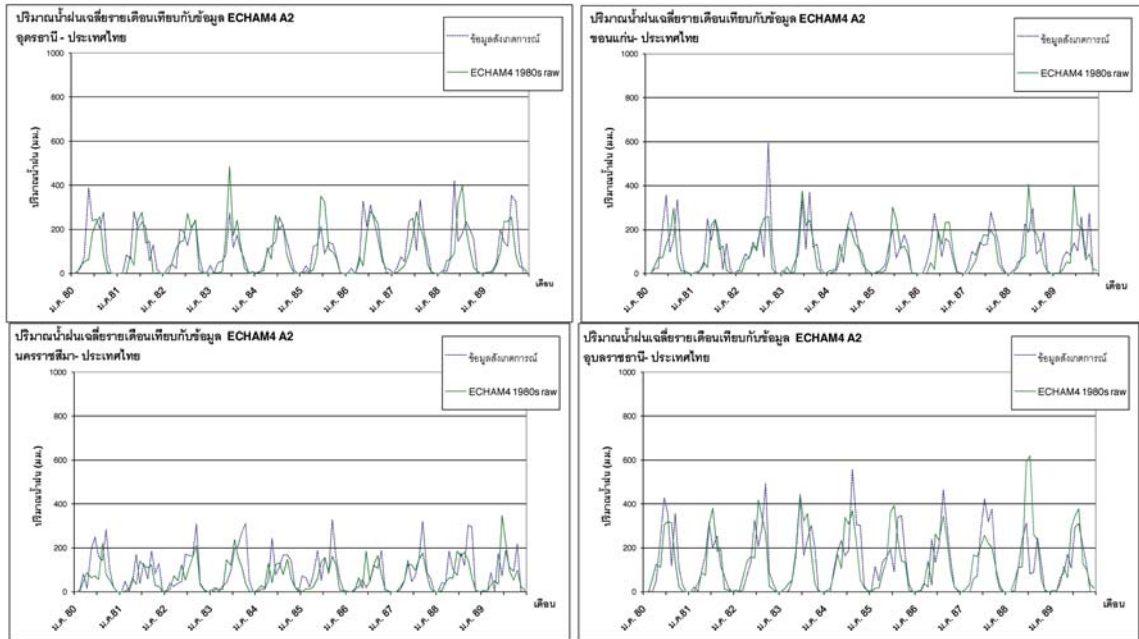
การดำเนินการจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตนี้ เป็นผลสืบเนื่องจากร่วมมือระหว่างศูนย์เครือข่ายฯ และ The Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research, United Kingdom (<http://www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre/index.html>) ซึ่งเป็นหน่วยวิจัยทางการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศอังกฤษ ซึ่งได้เริ่มความร่วมมือกันมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 โดยที่ทาง Hadley Centre ได้ให้การสนับสนุนในด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านทางกรฝึกอบรมการใช้งานแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนการสนับสนุนด้าน software และชุดข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีความละเอียดสูงในระดับภูมิภาคและระดับประเทศ กล่าวคือ แบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (RCM) PRECIS (Providing REgional Climates for Impacts Studies) (<http://precis.metoffice.com/>) ซึ่งเป็นโปรแกรมขนาดเล็กทำงานโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ผู้ใช้ทุกพื้นที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้ มีพื้นฐานการพัฒนาจากแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาครุ่นที่ 3 ของ Hadley Centre ซึ่งพัฒนาให้สะดวกต่อการใช้

งานและแสดงผลการคำนวณ และการจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตนี้ใช้ชุดข้อมูล Global dataset ECHAM4 A2 เป็นข้อมูลพื้นตั้งต้นในการคำนวณ

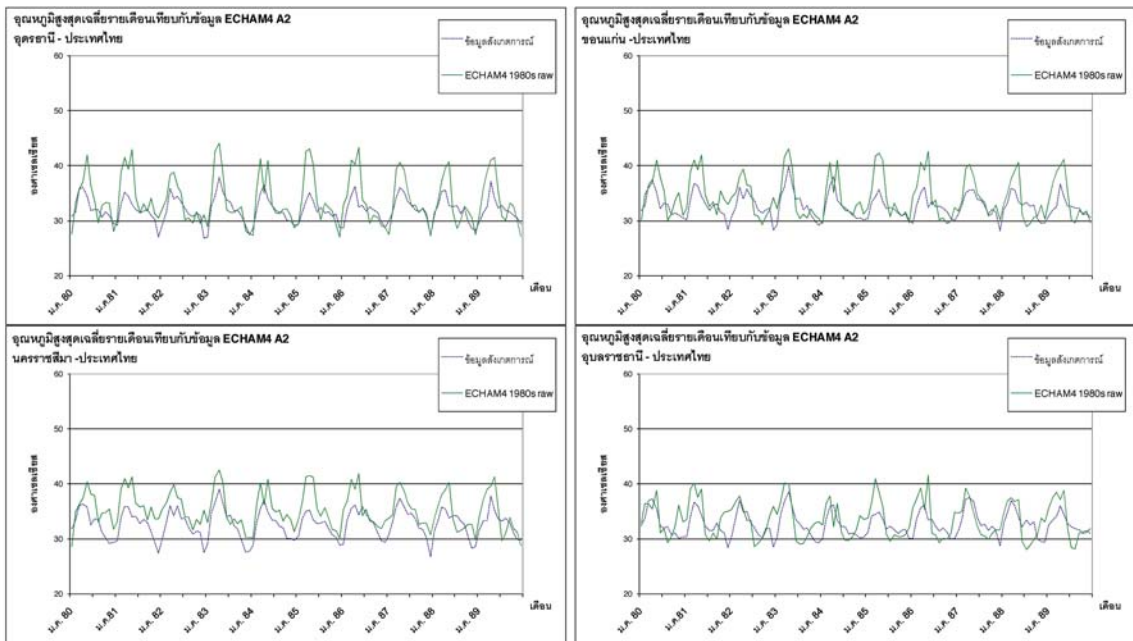
ผลการศึกษา

สภาพภูมิอากาศระยะยาวของประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง

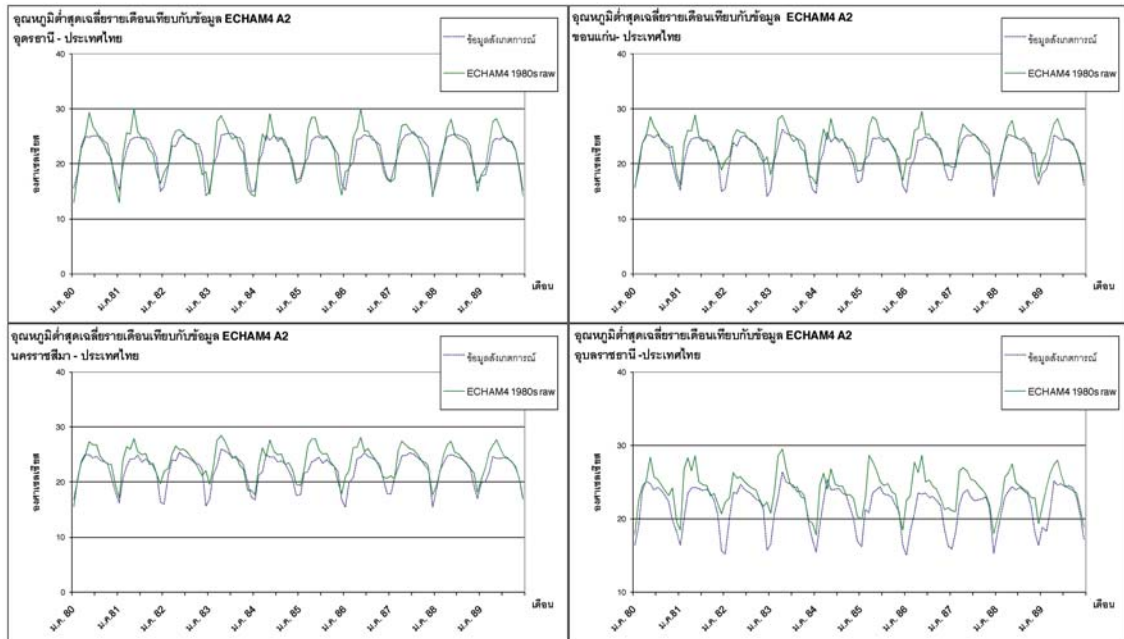
ผลการจำลองสถานการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคตโดยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศนี้เมื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดแล้ว ยังพบว่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง ทั้งนี้จะเห็นได้จากการเปรียบเทียบลักษณะอากาศที่สำคัญในช่วงทศวรรษ 1980 ที่ได้ยกมาทำการเปรียบเทียบ ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน โดยจะเห็นว่าแม้ว่าแบบจำลองจะให้ผลของลักษณะอากาศในรูปแบบของฤดูกาลได้ดีพอสมควร แต่อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่เป็นผลจากการคำนวณนั้นยังสูงกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่อยู่บ้าง และในส่วนของปริมาณน้ำฝนนั้นพบว่าต่ำกว่าผลการตรวจวัด (รูปที่ 3)



รูปที่ 3. ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากผลของการตรวจวัดและผลของแบบจำลอง PRECIS (1980-89) ในพื้นที่ภาคอีสาน (อุดรธานี, ขอนแก่น, นครราชสีมา, อุบลราชธานี)



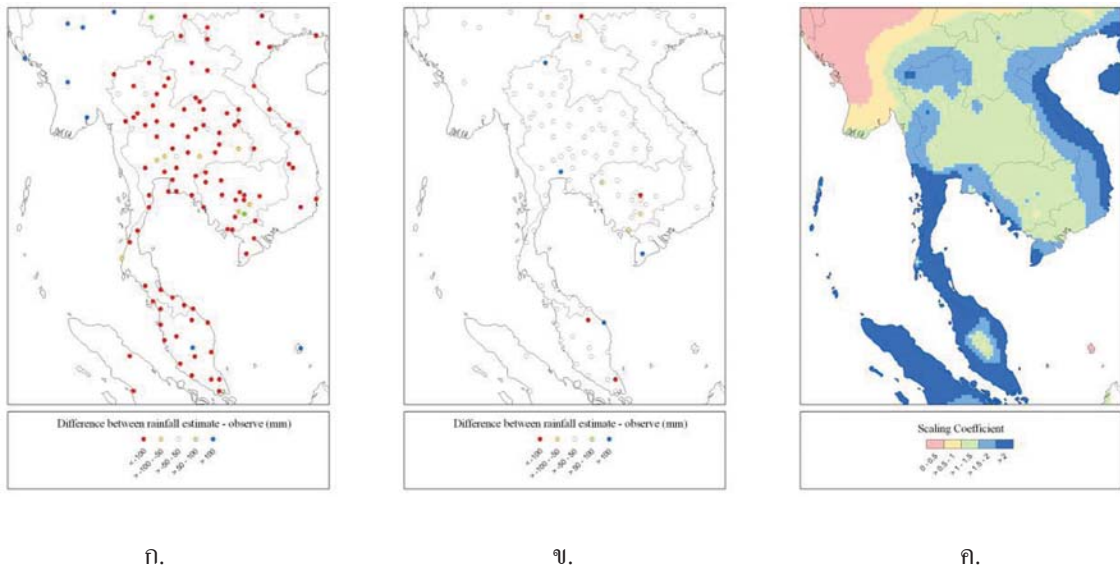
รูปที่ 4. ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนจากผลของการตรวจวัดและผลของแบบจำลอง PRECIS (1980-1989) ในพื้นที่ภาคอีสาน (อุดรธานี, ขอนแก่น, นครราชสีมา, อุบลราชธานี)



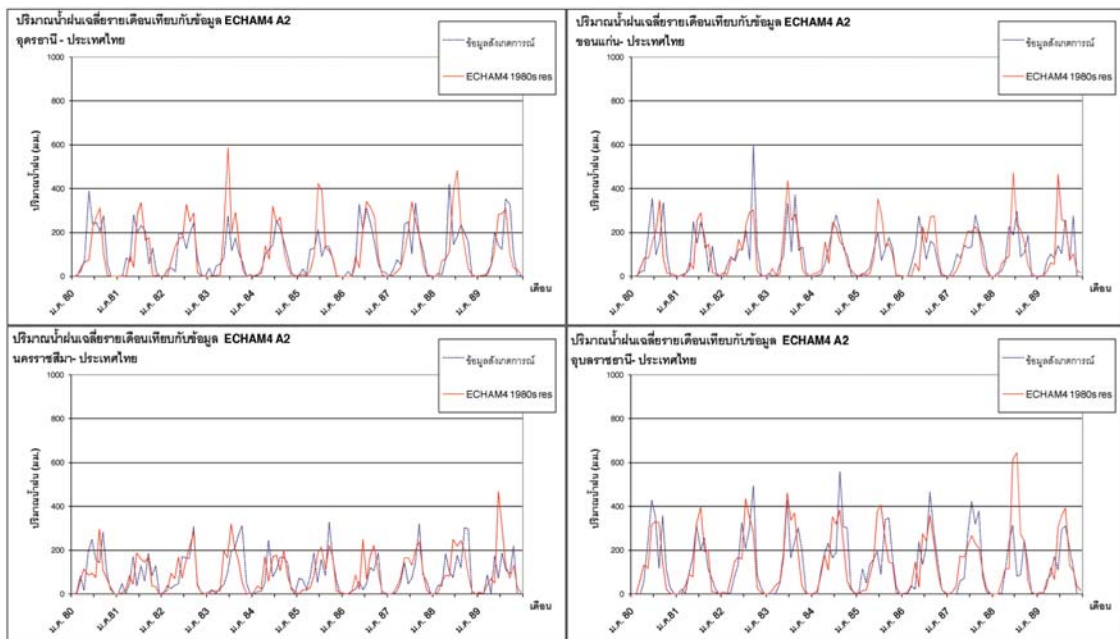
รูปที่ 5. ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนจากผลของการตรวจวัดและผลของแบบจำลอง PRECIS (1980-89) ในพื้นที่ภาคอีสาน (อุดรธานี, ขอนแก่น, นครราชสีมา, อุบลราชธานี)

ดังนั้น เพื่อให้ได้ผลการจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น และสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบในด้านต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการคำนวณเพื่อปรับความคลาดเคลื่อนนี้โดยวิธีการ rescale โดยการหาค่าความคลาดเคลื่อนของลักษณะอากาศที่จุดต่างๆ ที่มีสถานีอุตุนิยมวิทยาทำการตรวจวัดสภาพอากาศ และทำการ interpolate ค่าความแตกต่างด้วยวิธี Kriging เพื่อให้ได้ค่าตัวเลขหรือสัมประสิทธิ์ที่จะนำไปใช้ปรับผลการจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัด ทั้งนี้เมื่อทำการปรับความคลาดเคลื่อนแล้ว พบว่าผลของการจำลองสภาพภูมิอากาศในช่วงปี

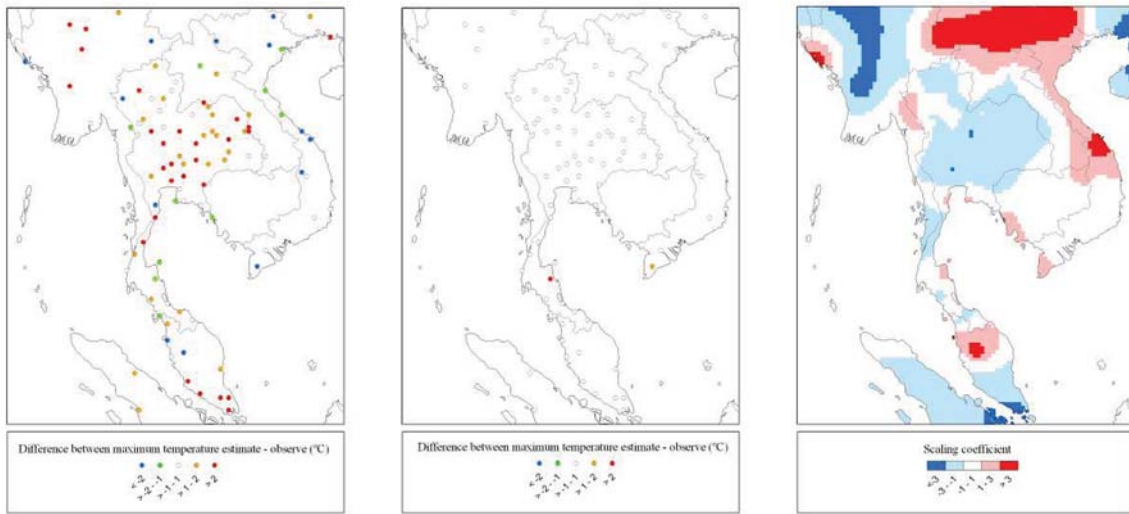
ฐานที่ใช้เปรียบเทียบนั้นใกล้เคียงกับผลของการตรวจวัดมากขึ้น และได้้นำค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นผลจากการ interpolate ค่าความแตกต่างนั้นไปใช้ปรับผลการจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตตลอดช่วงศตวรรษ ทั้งนี้ได้ใช้ขั้นตอนการ rescale นี้ในการปรับความคลาดเคลื่อนของปริมาณฝนและอุณหภูมิสูงสุด ส่วนการปรับความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิต่ำสุด เป็นการนำค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่เป็นผลของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศมาหักลบออกจากค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันหลังการปรับความคลาดเคลื่อนแล้ว ผลของการปรับความคลาดเคลื่อนนี้แสดงโดยภาพประกอบดังต่อไปนี้



รูปที่ 6 ก. ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ยรายทศวรรษในปีฐาน ก่อนปรับความคลาดเคลื่อน และ ข. ความแตกต่างหลังปรับความคลาดเคลื่อนเปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลองและผลการตรวจวัด และ ค.ผลการ interpolate ความต่างรายสถานีเพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ในการปรับความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 7. ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากผลของการตรวจวัดและผลของแบบจำลอง PRECIS หลังการปรับความคลาดเคลื่อน (1980-89) ในพื้นที่ภาคอีสาน (อุดรธานี, ขอนแก่น, นครราชสีมา, อุบลราชธานี)

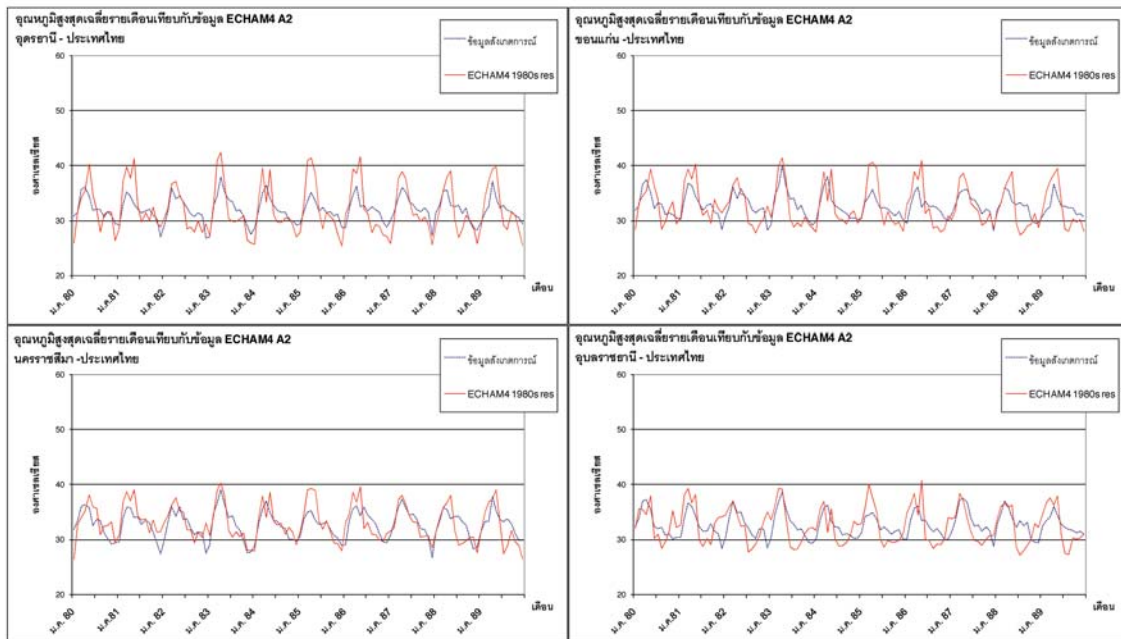


ก.

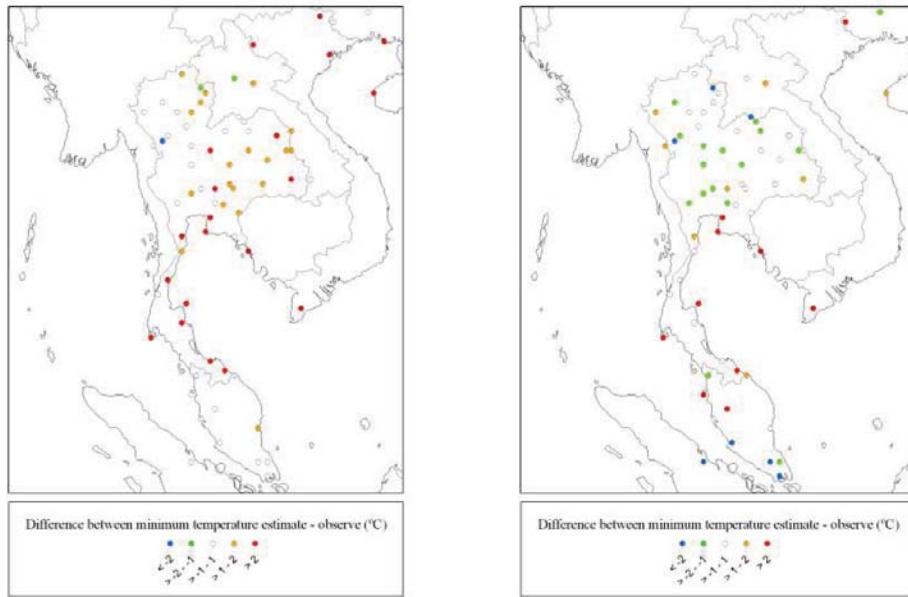
ข.

ค.

รูปที่ 8. ก. ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันเฉลี่ยรายทศวรรษในปีฐานก่อนปรับลดความคลาดเคลื่อน และ ข. หลังปรับความคลาดเคลื่อนเปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลองและผลการตรวจวัด และ ค. ผลการ interpolate ค่าสัมประสิทธิ์การปรับลดความคลาดเคลื่อนรายสถานี



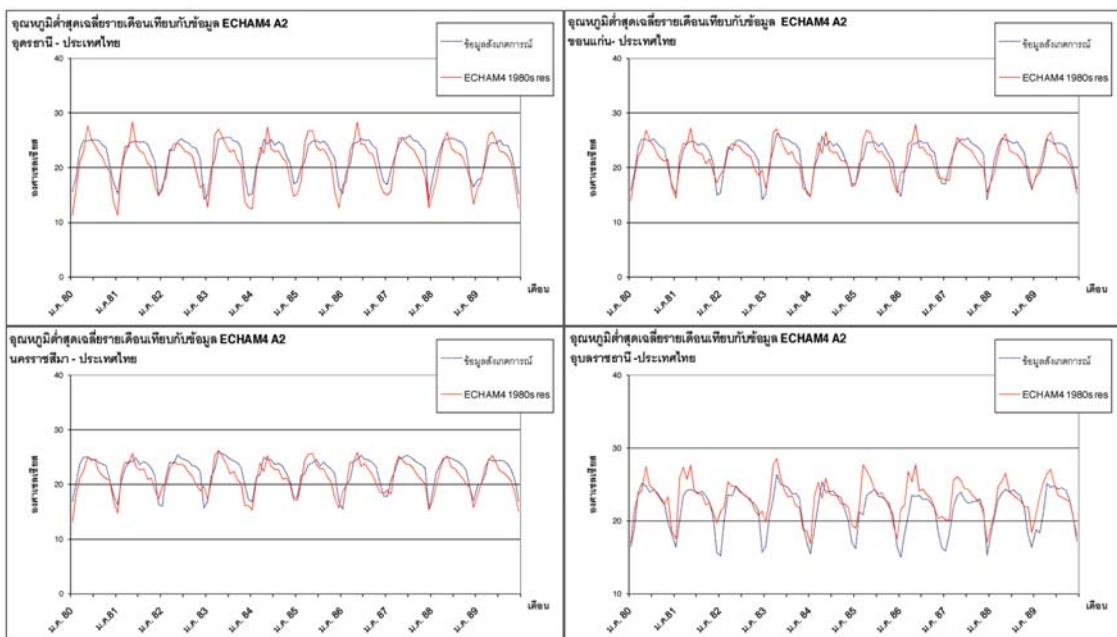
รูปที่ 9. ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนจากผลของการตรวจวัดและผลของแบบจำลอง PRECIS หลังการปรับความคลาดเคลื่อน (1980-89) ในพื้นที่ภาคอีสาน (อุดรธานี, ขอนแก่น, นครราชสีมา, อุบลราชธานี)



ก.

ข.

รูปที่ 10. ก. ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิต่ำสุดรายวันเฉลี่ยรายทศวรรษในปีฐาน ก่อนปรับความคลาดเคลื่อน และ ข. หลังปรับความคลาดเคลื่อนเปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลองและผลการตรวจวัด

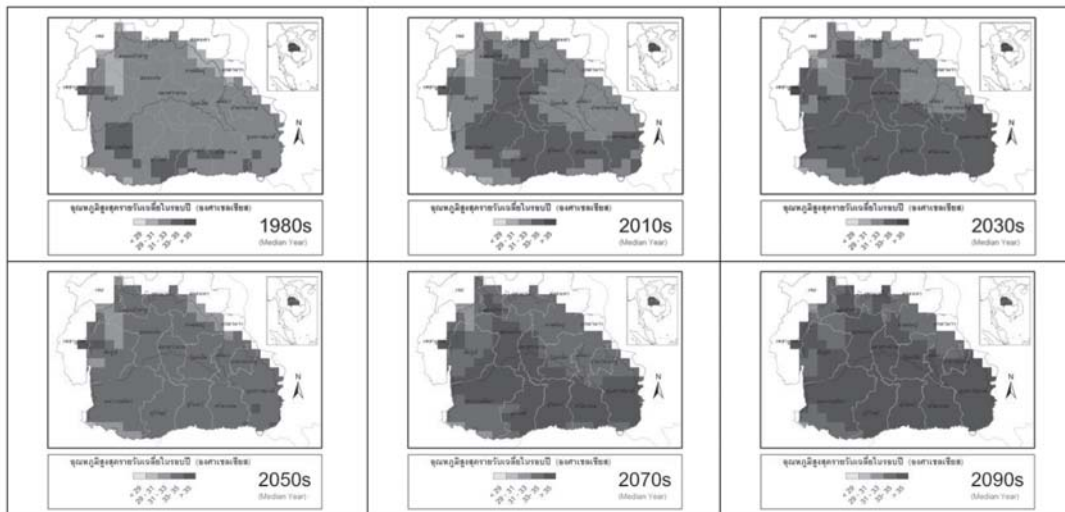


รูปที่ 11. ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิต่ำสุดรายเดือนจากผลของการตรวจวัดและผลของแบบจำลอง PRECIS หลังการปรับความคลาดเคลื่อน (1980-89) ในพื้นที่ภาคอีสาน (อุดรธานี, ขอนแก่น, นครราชสีมา, อุบลราชธานี)

**การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใน
พื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูล: อุณหภูมิสูงสุดรายวัน**

ผลสรุปจากการจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 21 แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูลในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่แล้วมีอุณหภูมิ

สูงสุดรายวันเฉลี่ยในรอบปีอยู่ที่ประมาณ 31-33°C และจะค่อยๆ ขยับสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยพื้นที่ที่จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นนี้จะขยายตัวจากเขตลุ่มน้ำมูลขึ้นมาทางเหนือจนครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำชีเกือบทั้งหมด (รูปที่ 12)

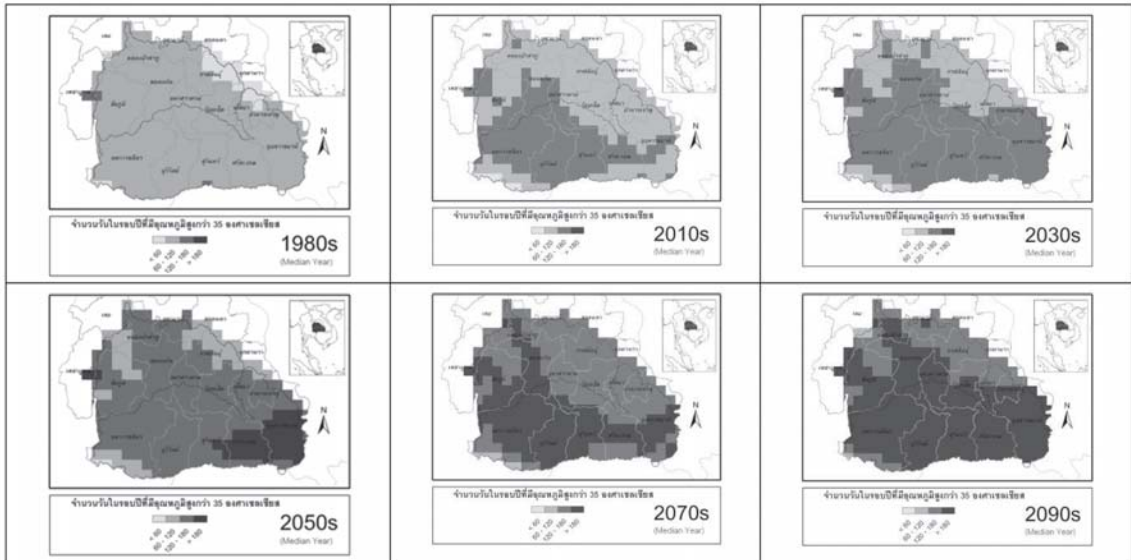


รูปที่ 12. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดรายวันเฉลี่ยในแต่ละช่วงทศวรรษ

**การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใน
พื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูล: อุณหภูมิกลางวัน**

ในประเด็นเรื่องอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ การพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงในอนาคตยังจำเป็นต้องมองถึงการเปลี่ยนแปลงในด้านช่วงเวลาด้วย กล่าวคือ ผลของการจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตแสดงให้เห็นว่า พื้นที่ในเขตลุ่มน้ำชี-มูลนี้จะมีช่วงเวลาที่มีอากาศร้อนในรอบปียาวนานมากขึ้น โดยที่ในปัจจุบันพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูลมีวันที่อากาศร้อนกว่า 35°C อยู่ประมาณ 3-4 เดือนต่อปี แต่ในอนาคตในช่วงกลาง

คริสต์ศตวรรษนี้ พื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูลจะมีช่วงเวลาที่อากาศร้อนยาวนานขึ้นอีกประมาณ 1 เดือน และบางพื้นที่ในเขตลุ่มน้ำมูลอาจจะมียาวขึ้นกว่าปัจจุบันถึง 2 เดือน แนวโน้มของระยะเวลาที่มีอากาศร้อนในรอบปีนี้จะยิ่งยืดยาวขึ้นเรื่อยๆ ไปจนช่วงปลายศตวรรษ โดยที่ในช่วงเวลานั้นพื้นที่ในเขตลุ่มน้ำชี-มูลอาจจะมีหน้าร้อน หรือจำนวนวันที่อากาศร้อนกว่า 35°C นานถึง 6-8 เดือนต่อปี ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าหน้าร้อนในอนาคตจะยาวขึ้นเป็น 2 เท่าของปัจจุบัน (รูปที่ 13)

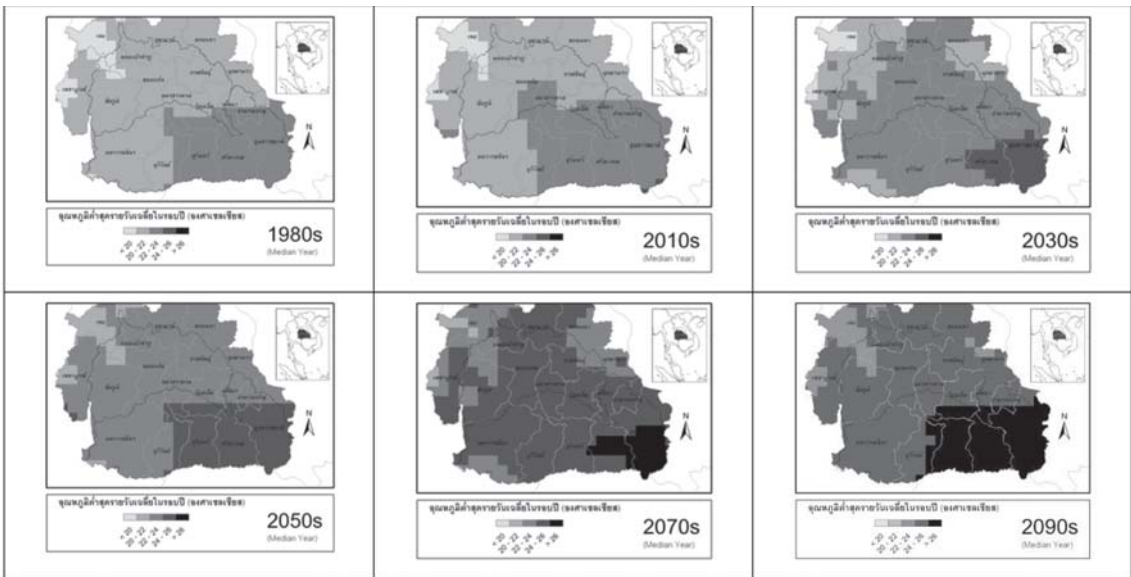


รูปที่ 13. การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่มีอากาศร้อน (> 35°C) ในรอบปีเฉลี่ยในแต่ละช่วงทศวรรษ

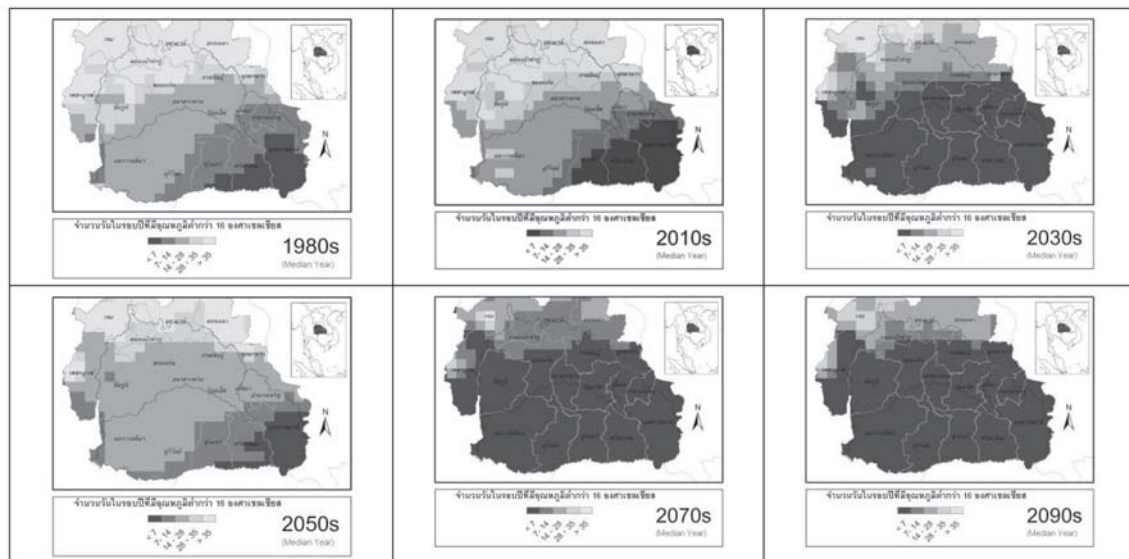
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูล: อุณหภูมิกลางวัน

ในส่วนของอุณหภูมิค่าสุดรายวันหรืออุณหภูมิกลางวันก็มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน และระยะเวลาที่มีอากาศเย็นในรอบปี หรือจำนวนวันที่มีอุณหภูมิต่ำสุดต่ำกว่า 16 °C ในรอบปีก็จะลดน้อยลง

หรือกล่าวในอีกนัยหนึ่งก็คือ หน้าหนาวในอนาคตจะหดสั้นลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดตั้งแต่ช่วงกลางคริสต์ศตวรรษเป็นต้นไป พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำชี-มูลอาจจะไม่มีหน้าหนาวอย่างเช่นที่เคยเป็นอยู่อีกต่อไป โดยมีช่วงอากาศเย็นเหลืออยู่เพียงช่วงเวลาสั้นๆ 1-2 สัปดาห์ต่อปีเท่านั้น



รูปที่ 14. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิค่าสุดรายวันเฉลี่ยแต่ละช่วงทศวรรษ

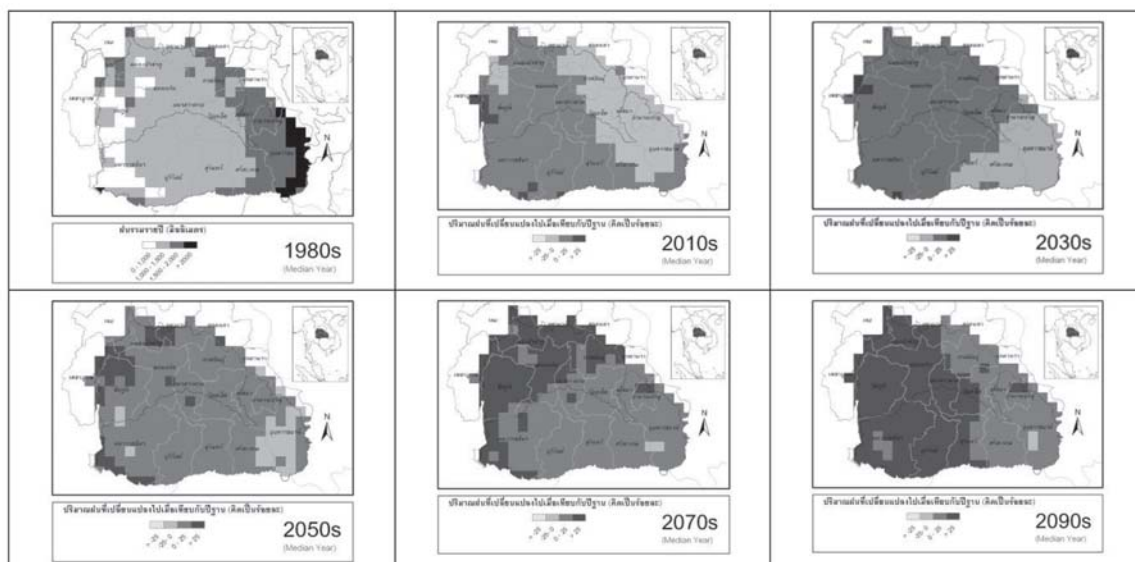


รูปที่ 15. การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่มีอากาศเย็น (<math>< 16^{\circ}\text{C}</math>) ในรอบปีเฉลี่ยแต่ละช่วงทศวรรษ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูล: ปริมาณน้ำฝนรายปี

ในส่วนของปริมาณฝนรายปีนั้น ผลจากการจำลองสภาพภูมิอากาศพบว่าปริมาณฝนรายปีมีแนวโน้ม

เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ไปจนถึงช่วงปลายคริสต์ศตวรรษ (รูปที่ 16) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อาจจะมีฝนเพิ่มสูงขึ้นประมาณร้อยละ 10-15 ในช่วงกลางศตวรรษ และอาจเพิ่มสูงขึ้นกว่าร้อยละ 25 ในช่วงปลายศตวรรษ



รูปที่ 16. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมในรอบปีเฉลี่ยแต่ละช่วงทศวรรษเมื่อเทียบกับทศวรรษที่ 1990s

บทสรุป

ผลการจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตในพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูลนี้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเป็นผลจากภาวะโลกร้อนได้ในระดับหนึ่งโดยได้ทำการสรุปในรายงานนี้โดยสังเขปเท่านั้น ทั้งนี้การพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จำเป็นต้องพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในหลายมิติ ได้แก่

- การเปลี่ยนแปลงในเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิจะสูงขึ้นมากน้อยเท่าไร หรือ ปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร เป็นต้น

- การเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่ กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตนี้มีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ โดยที่บางพื้นที่อาจจะเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยกว่าพื้นที่อื่น

- การเปลี่ยนแปลงในเชิงเวลา ได้แก่ การขยับเลื่อนของฤดูกาล หรือ ระยะเวลาที่มีอากาศร้อนหรือเย็นในรอบปีที่จะเปลี่ยนไปในอนาคต เป็นต้น

- การเปลี่ยนแปลงของค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของลักษณะอากาศ (extreme change) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของของลักษณะอากาศในอนาคตจะมองการเปลี่ยนแปลงในเชิงค่าเฉลี่ยแต่เพียงอย่างเดียวไม่ได้ เพราะการเปลี่ยนแปลงของค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของลักษณะอากาศบางอย่างนั้น แม้จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ ในรอบปี ซึ่งไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงไปมากนัก แต่ก็อาจจะเกินขีดจำกัดที่บางภาคส่วนจะทนรับได้ เช่น พืชหรือสัตว์บางชนิดอาจจะตายไปในช่วงเวลาที่เกิดภาวะอากาศรุนแรงนั้นแล้ว

การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิซึ่งแบบจำลองภูมิอากาศคาดว่าจะมีแนวโน้มสูงขึ้น ระยะเวลาที่มีอากาศร้อนในรอบปียาวนานมากขึ้น ปริมาณฝนรายปีและรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนในอนาคตย่อมส่งผลกระทบต่อภาคส่วนต่างๆ ในพื้นที่ ซึ่งแต่ละภาคส่วนจะได้รับผลกระทบที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ในการพิจารณาถึงผลกระทบต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงในมิติต่างๆ ประกอบกัน

อย่างไรก็ตาม ประเด็นที่สำคัญประการหนึ่งได้แก่ การดำเนินการศึกษาโดยการจำลองสถานการณ์อนาคตขึ้นนั้นยังคงมีความไม่แน่นอนค่อนข้างมากเนื่องจากการจำลองสถานการณ์ในอนาคตที่มีระยะเวลายาวมาก ประกอบกับข้อจำกัดด้านอื่นๆ ในเทคโนโลยีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ ดังนั้น แนวทางการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคและอนุภูมิภาคที่มีความละเอียดสูงนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาโดยการจำลองสถานการณ์ในอนาคตขึ้นให้หลากหลาย ทั้งนี้อาจจะทำได้โดยการใช้เครื่องมือและข้อมูลที่หลากหลาย เช่น การใช้ข้อมูลจาก Global Circulation Model ที่แตกต่างกันและนำสถานการณ์จำลองที่มีความละเอียดสูงเหล่านั้นมาพิจารณาร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปถึงทิศทางและระดับของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- IPCC. (2000). Special Report on Emission Scenarios (SRES). Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC. (2001). Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland.
- Jones, R.G., M. Noguer, D.C. Hassell, D. Hudson, S. Wilson, G. Jenkins and J.F.B. Mitchell (2004) Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS, Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 40pp, April 2004

Simson, W., D. Hassell., D. Hein, R. Jones. and R. Taylor. 2006. Installing using the Hadley Centre regional climate modeling system, PRECIS: version 1.4.6. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK.

The IPCC Data Distribution Centre: HadCM3 Description [on-line]. Available at: http://cera-www.dkrz.de/IPCC_DDC/IS92a/HadleyCM3/hadcm3.html. Accessed on 20 April 2009.

The IPCC Data Distribution Centre: ECHAM4/OPYC3 Description [on-line]. Available at http://cera-www.dkrz.de/IPCC_DDC/IS92a/Max-Planck-Institut/echam4opyc3.html. Accessed on 20 April 2009.