

การจัดทำภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยจากผลของ แบบจำลองภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS

ศุภกร ชินวรรณ¹, นน. วิริยะ เหลืองอร่าม ร.ท.² เฉลิมรัฐ แสงมณี,³ จุฑาทิพย์, ธนกิตติเมธาวุฒิ⁴

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศนั้นเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ และใช้เวลานานกว่าที่จะสังเกตเห็นได้ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศนั้นมีความแปรปรวนอยู่แล้วตามธรรมชาติ ดังนั้นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศนั้นจึงจะต้องมองไปในอนาคตระยะยาว ซึ่งเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ยังไม่สามารถทำการพยากรณ์สภาพอากาศอนาคตระยะยาวได้ อีกทั้งพลวัตของภาคส่วนต่างๆ ก็ส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนได้มาก ดังนั้นแนวทางหนึ่งต่อการทำความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว คือ การจัดทำภาพฉายอนาคต (Scenario) ขึ้นเพื่อใช้อธิบายถึงภูมิอากาศอนาคตภายใต้เงื่อนไขและสมมติฐานบางประการซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการประเมินผลกระทบภายใต้สถานการณ์นั้นๆ ตลอดจนผลสืบเนื่องอื่น ๆ จากการเปลี่ยนแปลง ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตภายใต้ข้อสมมุติเหล่านั้น ทั้งนี้การทำภาพฉายอนาคตไม่ใช่การวิเคราะห์เพื่อทำนายอนาคต แต่เป็นการหาทางเลือกที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากแนวโน้มที่เห็นอยู่ในปัจจุบันและความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต ภาพฉายอนาคตอาจมีหลาย ภาพแต่จะต้องมีความเป็นไปได้ และมักเกิดขึ้นมาจากความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของตัวแปรหลายชนิดตามเวลาที่เปลี่ยนไป) Ringland, 2006(

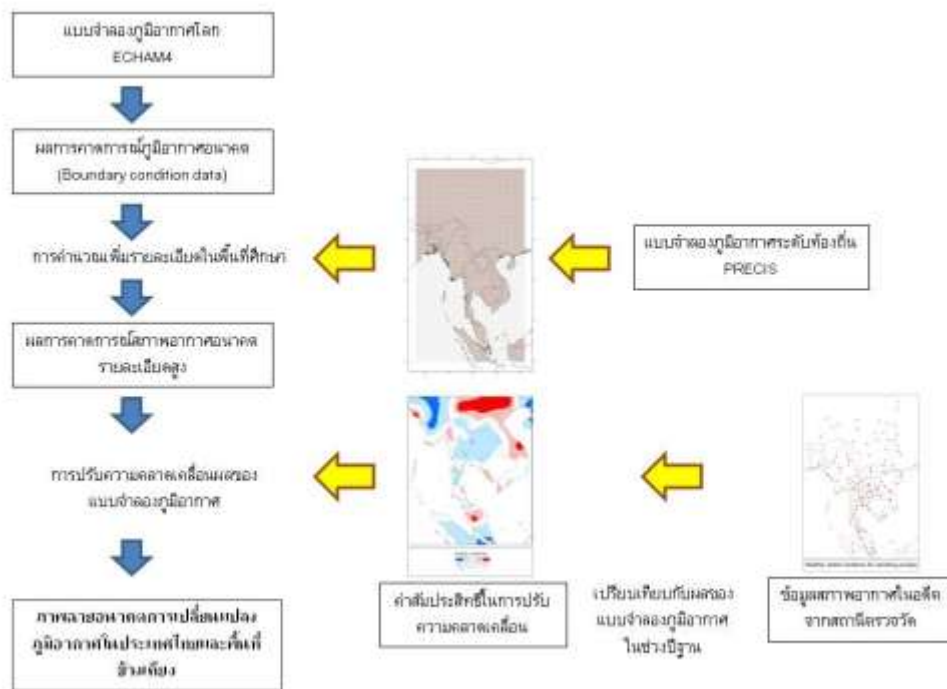
แนวทางการจัดทำภาพฉายอนาคตของภูมิอากาศนั้น ในปัจจุบันมักใช้ผลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (Global Circulation Model – GCM) ซึ่งทำการคำนวณสภาพอากาศในพื้นที่ทั่วโลกที่นั่นจะเป็นภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ซึ่งโดยพื้นฐานจะใช้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในทิศทางต่าง ๆ กัน ซึ่งผลของแบบจำลองภูมิอากาศโลกนั้น อาจนำมาใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการจัดทำภาพฉายอนาคตของภูมิอากาศในพื้นที่ระดับภูมิภาคหรือระดับประเทศที่มีรายละเอียดสูงขึ้น เพื่อให้สามารถใช้ในการ การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ซึ่งต้องการข้อมูลสภาพอากาศอนาคตที่มีความละเอียดสูงทั้งในเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) และในเชิงเวลา (Temporal resolution)

การจัดทำภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในการศึกษานี้จึงเป็นการจัดทำการคาดการณ์สภาพอากาศในประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงโดยใช้ผลของการจำลองสภาพอากาศอนาคตจากแบบจำลอง

^{1,3,4} ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² แผนกพยากรณ์อากาศ กองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ

ภูมิอากาศโลก (Global Circulation Model) ECHAM4 จาก Max Planck Institute for Meteorology และ German Climate Computing Centre ประเทศเยอรมันนี้ เป็นข้อมูลตั้งต้นและคำนวณเพิ่มรายละเอียดโดยแบบจำลองภูมิอากาศระดับท้องถิ่น (Regional Climate Model) ในลักษณะตารางกริด (Grid) ขนาด 20x20 กิโลเมตร โดยคำนวณผลเป็นชุดข้อมูลรายวันตลอดช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 21 นี้ และใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดในอดีตเป็นตัวเทียบและปรับให้มีความสอดคล้องกัน โดยตั้งข้อสมมุติฐาน (Assumption) ว่า ผลจากแบบจำลองภูมิอากาศนั้นเป็นข้อมูลที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงสัมพัทธ์ เมื่อเปรียบเทียบผลของแบบจำลองที่ทำการจำลองสภาพอากาศในอดีตและการจำลองสภาพอากาศในอนาคต โดยถือว่าการเปลี่ยนแปลงในอนาคตจะเป็นการเปลี่ยนแปลงไปจากภูมิอากาศที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ดังที่สรุปกรอบแนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการตามที่แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดและขั้นตอนการจัดทำภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยจากผลของแบบจำลองภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS

การจำลองสภาพอากาศความละเอียดสูงโดยแบบจำลองภูมิอากาศ PRECIS

หลักการ

วิธีที่ใช้ในการคาดหมายการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางภูมิอากาศในอนาคตที่ได้รับการยอมรับมากในปัจจุบัน ได้แก่ การใช้แบบจำลองระบบภูมิอากาศของโลก (Global Circulation Models: GCMs) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่รวมเอาผลกระทบของ

การเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิมหาสมุทรและบรรยากาศและสมุทรศาสตร์ โดยแบบจำลองทางภูมิอากาศตัวแรกได้เกิดขึ้นที่ NOAA's Geophysical Fluid Dynamics Laboratory มหาวิทยาลัย Princeton ประเทศสหรัฐอเมริกา ในช่วงปลายคริสต์ทศวรรษ และในปัจจุบันได้มีหลายหน่วยงานที่พัฒนาแบบจำลองภูมิอากาศขึ้นมาโดยใช้พื้นฐานแนวคิดคล้ายๆ กัน 1960 เช่น HadCM 3 (Hadley Centre Coupled Model, Version 3) ที่ถูกพัฒนาขึ้นที่ The Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research ประเทศอังกฤษ โดยการรวมเอาแบบจำลองบรรยากาศ HadAM ซึ่งคำนวณที่ความ 3 2 ละเอียดทุก ๆ 5x3 องศา ในแนวละติจูดและลองจิจูดเข้ากับแบบจำลองสมุทรศาสตร์ HadOM ซึ่งคำนวณที่ความ 3 1 ละเอียดทุก ๆ 2.5x1 องศา ในแนวละติจูดและลองจิจูด โดยในการรวมแบบจำลองได้คำนึงถึงการถ่ายเทความร้อน 25 ความชื้นและโมเมนตัมระหว่างพื้นผิวที่สัมผัสกันระหว่างบรรยากาศกับมหาสมุทร หรือแบบจำลองที่พิจารณาแต่ผลของการไหลเวียนของบรรยากาศเพียงอย่างเดียวอย่าง ECHAM ที่พัฒนามาจากแบบจำลอง 4 European Centre for Medium Range Weather Forecast: ECMWF โดย Max Planck Institute for Meteorology และ German Climate Computing Centre ประเทศเยอรมันนี้

อย่างไรก็ดี แม้ว่าการใช้แบบจำลองระบบภูมิอากาศของโลกลงจะเป็นวิธีที่ใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตที่ได้รับการยอมรับมากก็ตาม แต่แบบจำลองโดยส่วนใหญ่ที่ดำเนินการในปัจจุบันมีความละเอียดต่ำ กล่าวคือ ทำการคำนวณเป็นตารางขนาดประมาณด้านละ 2-3° (ประมาณ 200- เนื่องจากทำการคำนวณการ (กม 300 คาคการณ์สภาพอากาศอนาคตระยะยาวนี้ใช้ทรัพยากรระบบคอมพิวเตอร์สูงมาก ดังนั้น ผลที่ได้จึงไม่สามารถใช้ในการอธิบายถึงลักษณะสภาพอากาศของภูมิภาคหรือประเทศขนาดเล็กที่มีพื้นที่ไม่มากนัก การที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของภูมิภาคใดภูมิภาคหนึ่งหรือประเทศใดประเทศหนึ่ง จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการในการคำนวณเพิ่มความละเอียดของผลที่ได้จาก GCMs หรือเรียกว่ากระบวนการ "Downscale" ซึ่งมีหลายวิธีการ รายละเอียดในบทที่ 1) แต่ที่ได้นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นวิธีการทางพลศาสตร์ โดยการใช้แบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (Regional Climate Model) ซึ่งเป็นการรวบรวมเอาความรู้ทางพลศาสตร์ฟิสิกส์ของบรรยากาศเพื่อจำลองสภาวะภูมิอากาศแบบเดียวกับที่ใช้ใน GCMs แต่ทำการจำลองภูมิอากาศที่มีความละเอียดสูงในพื้นที่ขนาดจำกัด ซึ่งส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับพื้นที่ขนาดประมาณ 5,000 x 5, ตารางกิโลเมตร ด้วยความละเอียดในทางราบประมาณ 25- กิโลเมตร โดยแบบจำลองนี้สร้างบนพื้นฐาน 50 ของกระบวนการทางฟิสิกส์ของบรรยากาศที่มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อาทิ เมฆ การแผ่รังสี ฝน ระบบน้ำและดิน ซึ่งบางกระบวนการที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กกว่าขนาดของ Grid ที่ใช้ในการคำนวณ จะถูกแก้ปัญหาคำนวณด้วยวิธีการที่เรียกว่า "Parameterization" โดยอาศัยความสัมพันธ์ทางด้านพื้นที่และเวลาเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ย่อยๆ ของการคำนวณนำไปสู่การไหลเวียนในพื้นที่ขนาดใหญ่ต่อไป การ Downscale ด้วยวิธีนี้จะเป็นการคำนวณด้วยแบบจำลอง ครั้ง ได้แก่ การคำนวณด้วย 2GCMs เพื่อให้ได้ผลเพื่อใช้ศึกษาในภาพกว้าง สร้างเงื่อนไขเริ่มต้น (Initial Condition) และข้อมูลในบริเวณพื้นที่ขอบ (Boundary Conditions) กับการคำนวณด้วยความละเอียดที่สูงขึ้นในพื้นที่เฉพาะที่จะศึกษาต่อไป (IPCC, 2007)

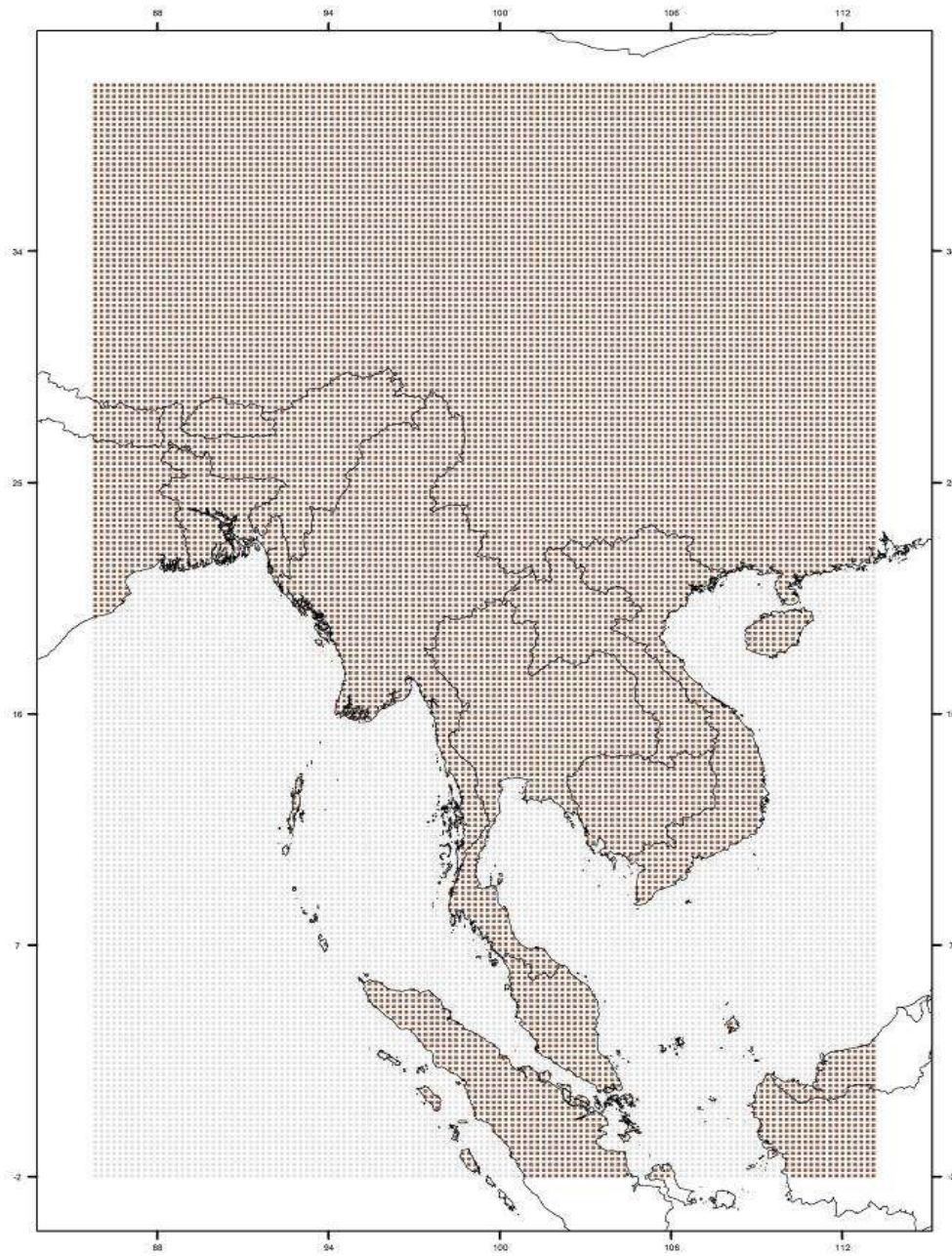
เมื่อ RCMs ได้รับข้อมูลเงื่อนไขเริ่มต้นและข้อมูลพื้นที่ขอบจาก GCMs จะนำไปคำนวณใหม่อีกครั้งบนพื้นฐานทางกายภาพของพื้นที่ที่ต้องการศึกษา โดยมีรายละเอียดต่างๆ มากยิ่งขึ้น เช่น ลักษณะของเส้นขอบฝั่ง ลักษณะทางภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์จากพื้นดิน ชนิดของวัสดุที่ปกคลุมดิน ฯลฯ ด้วยสมการและเงื่อนไขทางพลศาสตร์ฟิสิกส์เหมือนกับที่ใช้ใน GCMs ข้อเสียของการ Downscale ด้วยวิธีนี้ได้แก่ ความสิ้นเปลืองทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะนำมาใช้ในการ

คำนวณ ถ้าการคำนวณมีความละเอียดสูงขึ้น เวลาที่ใช้ในการคำนวณแต่ละครั้งจะยิ่งยาวนานขึ้น และ ความผิดพลาดที่สืบทอดมาจากผลการคำนวณใน GCMs ที่มี Grid ของการคำนวณขนาดใหญ่ ทำให้ RCMs ไม่สามารถแสดงถึงลักษณะเฉพาะของพื้นที่ในการคำนวณได้ดีเพียงพอ รวมถึงการคำนวณ RCMs แต่ละครั้งมีความต้องการข้อมูลตั้งต้นเป็นจำนวนมากจาก GCMs ทำให้มีปัญหาในเรื่องของการจัดการฐานข้อมูลในระดับหนึ่งด้วย)Jones et al, 2004)

อย่างไรก็ดี แม้ว่าความพยายามที่จะ ทำความเข้าใจถึงสภาพอากาศอนาคตโดยการคำนวณเพิ่มรายละเอียดให้กับผลของแบบจำลองภูมิอากาศนี้จะมีข้อจำกัดอยู่บ้างก็ตาม แต่ผลที่ได้ก็เพียงพอที่จะนำไปใช้ประกอบการศึกษาและวางแผนต่าง ๆ ในกระบวนการวางแผนที่อิงกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคตหลาย ๆ แนวทางได้ (Scenario-based planning)

แบบจำลองเชิงตัวเลข PRECIS

การจำลองสถานการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคตในการศึกษานี้เป็นการจำลองสภาพอากาศที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ 0.22° หรือ ประมาณ กิโลเมตร 25 (รูปที่ 2) โดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข PRECIS (Providing REgional Climates for Impacts Studies) (<http://precis.metoffice.com/>) ซึ่งเป็นแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาคที่พัฒนาขึ้นโดย The Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research ประเทศอังกฤษ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกพื้นที่ทั่วโลกโดยคำนวณได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลประสิทธิภาพสูงเพื่อตอบสนองความต้องการของประเทศต่าง ๆ ที่มีความประสงค์จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภูมิภาคตัวเอง โดยมีพื้นฐานการพัฒนาจากแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาครุ่นที่ 3 ของ Hadley Centre โดยเน้นการพัฒนาไปที่ความสะดวกของการใช้งานและการแสดงผลแก่ผู้ใช้ (Simson et al, 2006)



รูปที่ 2 ขอบเขตพื้นที่ทำการคำนวณการจำลองสภาพอากาศอนาคต

การจำลองบรรยากาศภายในแบบจำลองประกอบด้วย

1. พลศาสตร์ ประกอบด้วยการจำลองการไหลเวียนของบรรยากาศในทางอุตุนิยมวิทยาและเทอร์โมไดนามิกของบรรยากาศ รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นบริเวณผิวพื้นและการรบกวนการไหลเวียนของบรรยากาศเนื่องจากอิทธิพลของความสูงของพื้นที่
2. วัฏจักรของซัลเฟอร์ในบรรยากาศ พิจารณาการกระจายตัวและช่วงชีวิตของผงซัลเฟตในบรรยากาศ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของความหนาแน่นและปริมาณการปลดปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์
3. เมฆและหยาดน้ำฟ้า พิจารณาการเกิดเมฆก่อตัวทางตั้งและเมฆแผ่ขนาดใหญ่จากผลของหยาดน้ำฟ้ารวมถึงปริมาณรังสีที่บรรยากาศได้รับ
4. กระบวนการในการรับและแผ่รังสี ภายในแบบจำลองจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้น ความหนาแน่น คุณสมบัติของก๊าซในบรรยากาศ ความหนาแน่นของซัลเฟต ผุ่นควันแขวนลอยในบรรยากาศ เมฆ การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณรังสีที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาของปี
5. คุณสมบัติของพื้นดิน พิจารณาถึงการปกคลุมดินในแง่ผลกระทบต่อ การไหลเวียนของอากาศ การรับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ หยาดน้ำฟ้า การปลดปล่อยพลังงานความร้อนและความชื้นกลับสู่บรรยากาศ การไหลบ่าของน้ำที่เกิดจากฝน อุณหภูมิตามความลึกของดิน ความสามารถในการรองรับและการดูดซึมน้ำ

เงื่อนไขบริเวณขอบเขตของการคำนวณ แบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. ขอบเขตบนพื้นผิวของการคำนวณ ต้องการข้อมูลนำเข้าเฉพาะในบริเวณที่ปกคลุมด้วยน้ำเท่านั้น โดยปัจจัยที่ต้องการได้แก่ อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวและการปกคลุมของน้ำแข็งตลอดช่วงเวลาที่ทำการคำนวณด้วยแบบจำลอง
2. ขอบเขตด้านข้างของการคำนวณ ต้องการข้อมูลทางพลศาสตร์ของบรรยากาศที่ขอบของการคำนวณ ประกอบด้วยข้อมูล ความกดอากาศที่ผิวพื้น ลม อุณหภูมิ ความชื้นและข้อมูลทางเคมีของบรรยากาศ สำหรับขอบเขตด้านบนของการคำนวณต้องการเพียงข้อมูลปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์เท่านั้น

การนำ PRECIS model มาใช้ประกอบการจัดทำภาพถ่ายอนาคตลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทย

หลังจากที่ทางศูนย์เครือข่ายฯ ได้ศึกษาและทดลองใช้แบบจำลอง PRECIS มาระยะหนึ่ง จึงได้พิจารณานำเอาแบบจำลองดังกล่าวมาใช้ในการคาดหมายลักษณะภูมิอากาศในรอบ 100 ปีข้างหน้าของประเทศไทยโดยมีรายละเอียดของการทำงานดังนี้

1. กำหนดพื้นที่คำนวณระหว่างละติจูด 0 – 35 องศาเหนือ ลองจิจูด 90-112 องศาตะวันออก ด้วยความละเอียดของการคำนวณทุก ๆ 0.22x0.22 องศา หรือประมาณ 2.5x2.5 กม./หนึ่งพื้นที่คำนวณ

2. กำหนดช่วงเวลาในการคำนวณ แบ่งช่วงเวลาของการคำนวณตั้งแต่ ปี ค.ศ.1960 – 1989 และ ค.ศ.2010 - 2100 ออกเป็นช่วง ๆ ละ 10 ปี โดยแต่ละช่วงเวลาที่ใช้ในการคำนวณกำหนดให้แบบจำลองเริ่มทำการคำนวณก่อนเวลาที่จะนำไปใช้ 2 ปี เพื่อให้แบบจำลองได้เข้าสู่ภาวะสมดุลของข้อมูลเริ่มต้นและขอบเขตที่ได้รับจาก GCMs ก่อนที่จะถึงช่วงเวลาที่จะใช้ผลการคำนวณ ทั้งนี้การที่แบ่งการคำนวณออกเป็นช่วง ๆ เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาที่ใช้ทำการคำนวณ

3. รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิอากาศในอนาคต เลือกใช้ชุดข้อมูลจาก GCMs ECHAM 4 ในรูปแบบของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแบบ A2 และ B2 โดยที่ทาง Hadley Center ผู้พัฒนา software PRECIS ได้จัดเตรียมชุดข้อมูลดังกล่าวในรูปแบบที่ software PRECIS สามารถใช้งานได้มาพร้อมแล้ว

4. การกำหนดรูปแบบของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเพื่อการเผยแพร่ ในเบื้องต้นกำหนดไว้ 2 รูปแบบดังนี้ คือ

- ผลการคำนวณในลักษณะของ Text files ซึ่งให้ผลการคำนวณในทุกจุดที่พื้นที่คำนวณ โดยจัดทำเป็นชุดข้อมูลแบบรายวัน ประกอบด้วยตัวแปรทางอุตุนิยม หลัก ๆ ซึ่งครอบคลุมถึง ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ทิศทางและความเร็วลม ปริมาณรังสีคลื่นสั้น/หน่วยพื้นที่ที่ตกกระทบผิวพื้น อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง PRECIS นี้ยังประกอบด้วยตัวแปรอีกหลายตัวแปร ซึ่งสามารถทำการเผยแพร่เพิ่มเติมในภายหลังเมื่อมีความต้องการใช้งานจากด้านผู้ใช้
- การสรุปผลการคำนวณในลักษณะของ GIS ซึ่งในเบื้องต้นนี้ทำเฉพาะบางตัวแปรเท่านั้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยโดยสังเขป

นอกจากนี้ในส่วนของผลที่ได้จาก PRECIS ซึ่งเป็นรูปแบบเฉพาะของแบบจำลองทั้งในส่วนของการจัดเก็บข้อมูล รูปแบบของพื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณรวมถึงหน่วยของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ ซึ่งในเบื้องต้นได้พิจารณาแล้วเห็นว่ายังไม่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานจริงหรือเผยแพร่ได้โดยตรง จึงได้มีการปรับรูปแบบของผลลัพธ์จากแบบจำลองดังนี้

- ดัดขอบของพื้นที่การคำนวณ เนื่องจากข้อจำกัดของทุกแบบจำลองจะอยู่ที่ความผิดพลาดบริเวณพื้นที่ขอบของการคำนวณที่เรียกกันว่า Boundary Error ดังนั้นเมื่อแบบจำลองได้คำนวณเสร็จจึงได้ตัดบริเวณขอบของการคำนวณออก 2 กริด หรือ 0.44 องศา หรือประมาณ 50 กม.
- เนื่องจากในแบบจำลองมีการกำหนดแผนที่ด้วยวิธี Polar Projection ซึ่งมองว่าเส้นลองจิจูดทุกเส้นไปบรรจบกันบริเวณขั้วโลก ทำให้ระยะห่างระหว่างเส้นลองจิจูดที่ละติจูดต่างกันจะไม่เท่ากัน โดยที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรนั้นระยะห่างระหว่างเส้นลองจิจูดแต่ละเส้นจะมากที่สุดและค่อย ๆ แคบลงไปจนถึงขั้วโลกทั้ง 2 ด้าน แต่การกำหนดจุดของการคำนวณในแบบจำลองเป็นแบบขนาดของแต่ละกริดคงที่ เมื่อเลือกจำนวนกริดของการคำนวณในแนวตะวันออก-ตะวันตก แล้วจะทำให้จำนวนลองจิจูดที่ปรากฏในบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรมีน้อยกว่าจำนวนลองจิจูดในบริเวณที่ละติจูดที่สูงกว่า ซึ่งหากนำผลดังกล่าวมาแสดงโดยตรงอาจจะสร้างความลำบากให้กับผู้ใช้ที่ไม่คุ้นเคย รวมถึงแบบจำลองอื่นๆ

ที่มีรูปแบบของการกำหนดแผนที่แบบ Mercator ที่ให้ระยะห่างของลองจิจูดเท่ากันทั่วโลกแบบแผนที่ที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป โดยวิธีการในการคลี่แผนที่จาก Polar Projection เป็น Mercator Projection นั้นใช้ software ที่มีอยู่ในส่วนประกอบของ PRECIS เอง โดย software ดังกล่าวจะทำการ Interpolate ผลที่ได้จากการคำนวณ ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันในตัวแปรแต่ละชนิด) รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถอ่านได้ที่ UM documentation: The full scientific and technical manual of the unified model) ผลที่ได้จากการคลี่แผนที่นี้ ได้แก่ การปรับพื้นที่ซึ่งเป็นผลของการคำนวณ ให้อยู่ในตำแหน่งละติจูด และลองจิจูดตามระบบ Mercator รวมทั้งทำให้ความละเอียดของการคำนวณถูกปรับลงมาอยู่ที่ 0.20 องศาหรือประมาณ 20 กิโลเมตร

- การเปลี่ยนรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลจากแบบฐาน 2 ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดเก็บที่ทำให้สามารถเก็บข้อมูลจำนวนมากให้อยู่ในแฟ้มข้อมูลขนาดเล็กได้ แต่มีข้อเสียคือ binary file นี้อยู่ใน format ที่ไม่เป็นที่คุ้นเคยของกลุ่มผู้ใช้จึงได้จัดทำเป็นแฟ้มข้อมูลแบบ ASCII หรือ text file ที่แม้ว่าจะมีขนาดของแฟ้มข้อมูลใหญ่กว่า แต่ทำให้มีความสะดวกต่อการนำไปใช้ของผู้ใช้ทั่วไปมากยิ่งขึ้นด้วย โดยให้รูปแบบของการจัดเก็บข้อมูลเป็นลักษณะตาราง โดยในแต่ละแถวจะเป็นข้อมูลรายวันของตัวแปรที่กำหนดของแต่ละกริดที่ได้จากแบบจำลอง โดย 1 แฟ้มข้อมูลจะเป็นข้อมูลรายวันของ 1 ตัวแปรทั้งพื้นที่ที่คำนวณ /1 ปี
- การเปลี่ยนหน่วยที่ได้จากการคำนวณ เนื่องจากแบบจำลองได้ถูกออกแบบมาให้ตัวแปรต่างๆ ใช้หน่วยเป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อสะดวกในการคำนวณแต่อาจจะไม่เป็นที่คุ้นเคยต่อผู้ใช้จึงได้มีการคำนวณเพื่อเปลี่ยนหน่วยในตัวแปรต่างๆ โดยเฉพาะตัวแปรที่มีที่ใช้งานโดยทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนหน่วยที่ได้จากการคำนวณ

ตัวแปร	หน่วยจาก PRECIS	สมการ	หน่วยที่ได้
อุณหภูมิ (T)	เคลวิน (k)	$T_{(c)} = T_{(k)} - 273.15$	เซลเซียส (c)
ปริมาณน้ำฝน (P)	กิโลกรัม/ตร.ม.วินาที ($kg\ m^{-2}\ s^{-1}$)	$P_{(mm)} = P\ (kg\ m^{-2}\ s^{-1}) * 86555.184791^1$	มม).mm)
ทิศทางลม (W_{dir})	Wind U,V component	$W_{dir} = 2\pi\ ArcTAN(U/V) * 360$	องศาจากทิศเหนือ
ความเร็วลม (W_{speed})	Wind U,V component	$W_{speed} = SQRT(U^2+V^2)$	เมตร วินาที/)m/s)

- ค่าอื่น ๆ ที่คาดว่าจะเป็ประโยชน์ต่อการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลอื่นๆ ที่วิเคราะห์เพิ่มเติม

ข้อมูล	เกณฑ์	หน่วย
จำนวนวันฝนตก	มีปริมาณน้ำฝน/วัน มากกว่า 3 มม.	วัน
จำนวนวันอากาศร้อน	มีอุณหภูมิสูงสุดของวันสูงกว่าหรือเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส	วัน
จำนวนวันอากาศเย็น	มีอุณหภูมิต่ำสุดของวันต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส	วัน

การเปรียบเทียบผลจากการจำลองสภาพภูมิอากาศกับผลการตรวจวัดจริง และการจัดทำค่าสัมประสิทธิ์เพื่อใช้ปรับความคลาดเคลื่อน (Rescaling)

เนื่องจากการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตบนพื้นฐานของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศนั้นมีข้อจำกัดที่มักเกิดความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากข้อจำกัดของแบบจำลองหลายประการ ดังนั้นการทดสอบความถูกต้องของผลการคำนวณจากแบบจำลองจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญ โดยใช้ผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงปี ค .ศ.1980-1989 ซึ่งกำหนดเป็นปีฐานสำหรับการศึกษาและทำการเปรียบเทียบจากข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดโดยสถานีตรวจอากาศ โดยการเปรียบเทียบผลการจำลองสภาพภูมิอากาศกับผลการตรวจวัดนี้ เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบเป็นบางจุดที่มีตำแหน่งใกล้เคียงกับสถานีตรวจอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลาเดียวกัน โดยมีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกตำแหน่งที่อ่านข้อมูลจากแบบจำลองและสถานีตรวจอากาศที่จะนำมาใช้เปรียบเทียบ ดังนี้

- เลือกสถานีให้มีการกระจายตำแหน่งที่ตั้งอยู่ทั่วประเทศให้สามารถเป็นตัวแทนของพื้นที่ในแต่ละภาคทางอุตุนิยมวิทยาได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันออกบนตอนล่าง และภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามัน ซึ่งตามหลักเกณฑ์ดังกล่าวทำให้สามารถเลือกได้ 24 สถานี ดังนี้
 - 1.1. ภาคเหนือ เชียงราย แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ น่าน อุดรดิตถ์
 - 1.2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อุดรธานี นครพนม ขอนแก่น อุบลราชธานี นครราชสีมา
 - 1.3. ภาคกลาง นครสวรรค์ กำแพงเพชร ลพบุรี กรุงเทพ
 - 1.4. ภาคตะวันออก ชลบุรี ระยอง ตราด

1.5. ภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน หัวหิน ชุมพร

1.6. ภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนล่าง นครศรีธรรมราช ปัตตานี

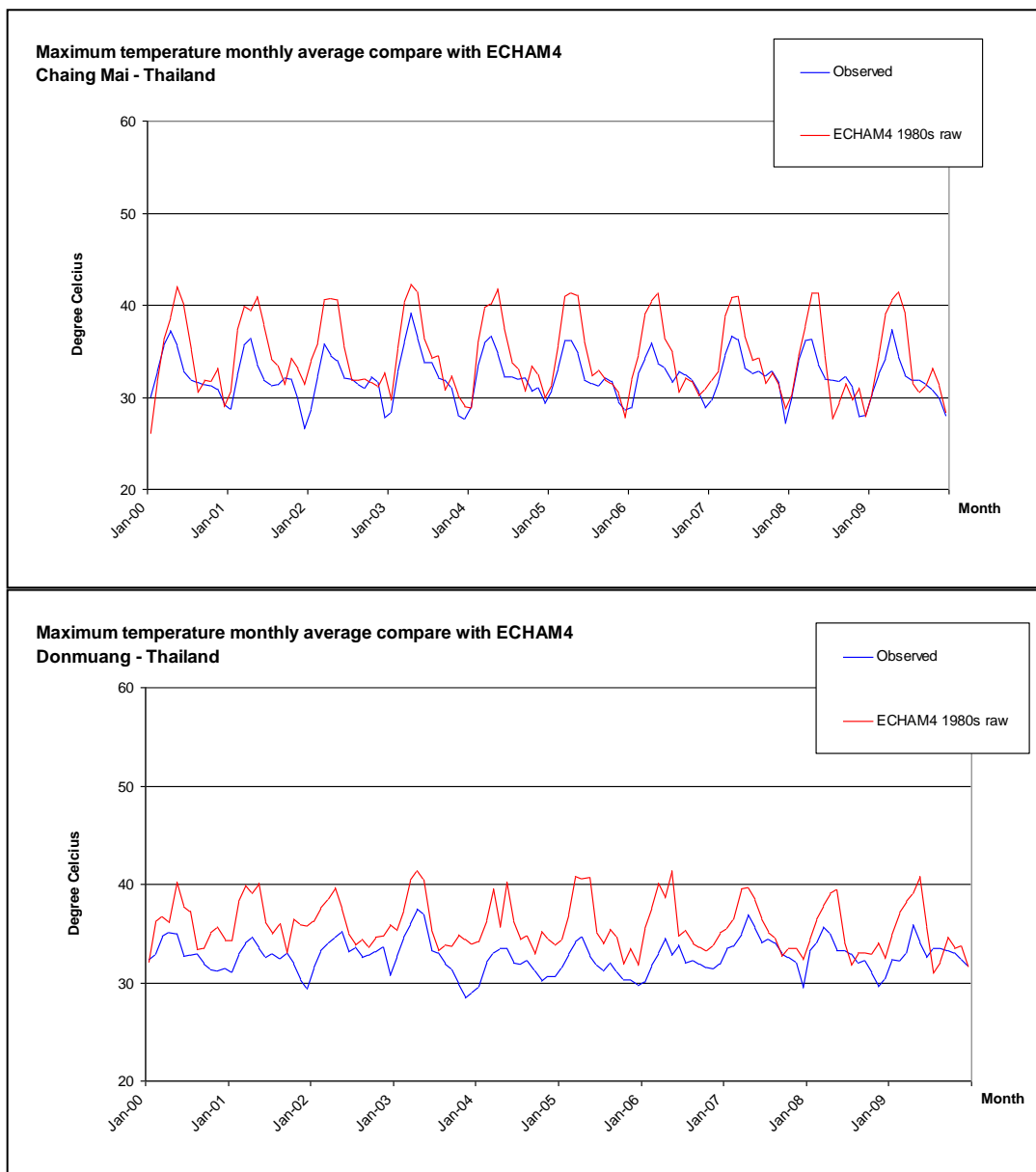
1.7. ภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามัน ระนอง ภูเก็ต สตูล

- เลือกตำแหน่งที่อ่านข้อมูลจากแบบจำลอง เนื่องจากการจำลองเชิงตัวเลขจะแบ่งพื้นที่คำนวณเป็นตารางกริดขนาดเล็ก จำนวนมากเรียงต่อกัน โดยแต่ละกริดจะเป็นตัวแทนของพื้นที่ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับ 0.2×0.2 องศา หรือประมาณ 20×20 กม. การเลือกกริดที่จะนำมาใช้เปรียบเทียบกับผลการตรวจอากาศในเบื้องต้นจะเลือกจากกริดที่อยู่ใกล้สถานีตรวจอากาศมากที่สุด แต่ในกรณีที่เป็นสถานีตรวจอากาศชายฝั่งแล้วกริดที่อยู่ใกล้ที่สุดในทะเลจะพิจารณาเลือกกริดที่ใกล้ที่สุดซึ่งอยู่บนแผ่นดิน เนื่องจากในทางอุตุนิยมวิทยาความแตกต่างระหว่างทะเลและแผ่นดินมีผลเป็นอย่างมากต่อตัวแปรต่างๆ

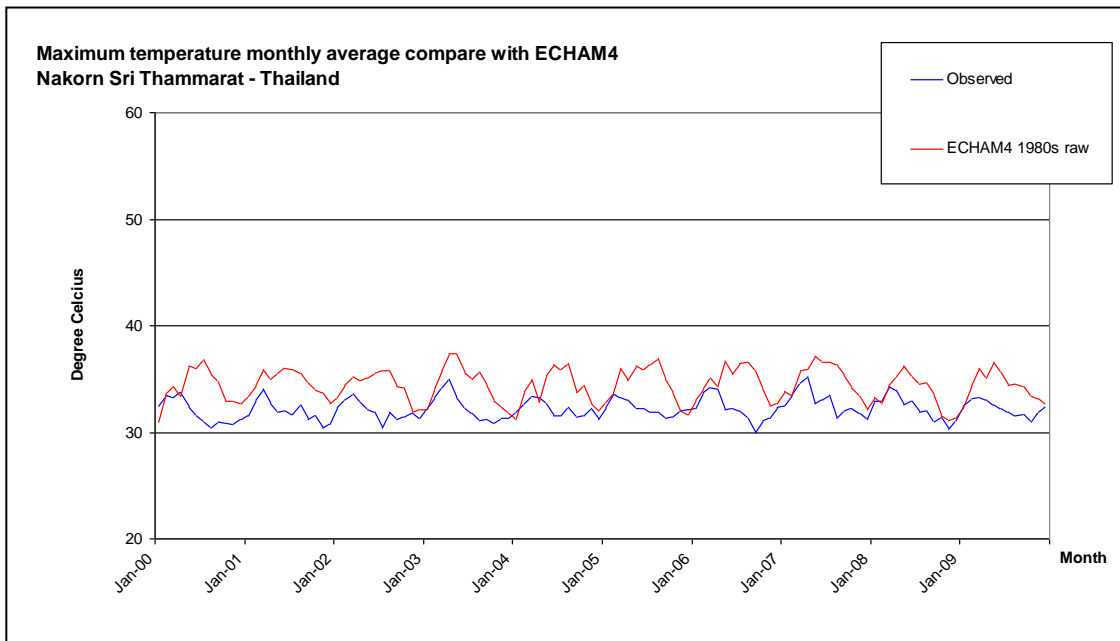
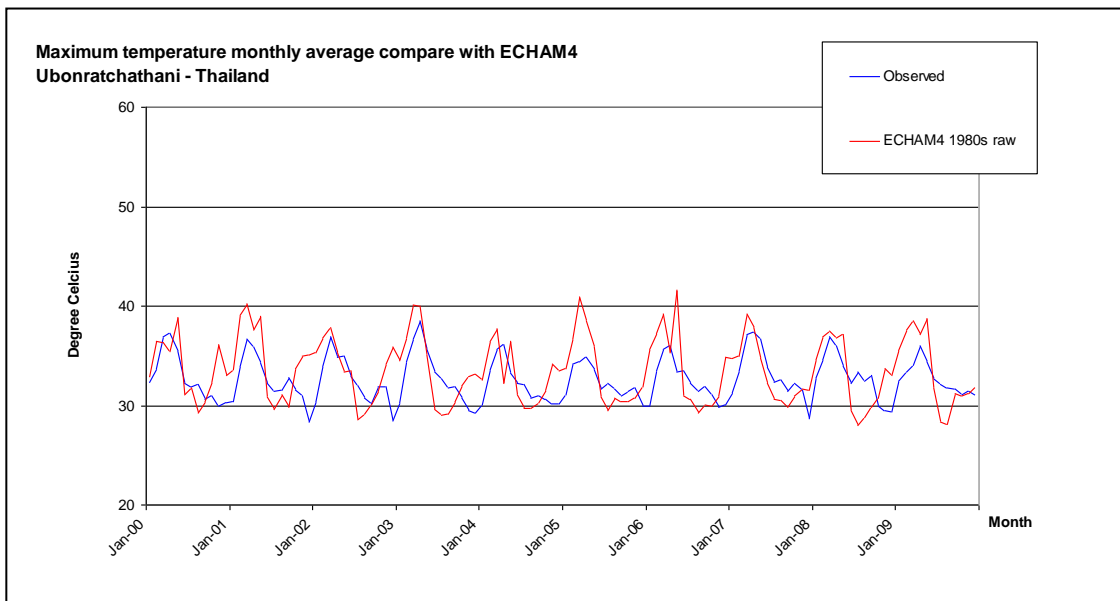
ทั้งนี้ การเปรียบเทียบได้ใช้ข้อมูล ชนิด คือ 3 ใช้ค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือน ที่ได้จากข้อมูลตรวจอากาศทำการเปรียบเทียบกับผลสรุปของการคำนวณรายวันโดยแบบจำลอง และได้นำมาเปรียบเทียบโดยใช้กราฟเส้นแบบจุดต่อจุด ซึ่งนำมาแสดงเป็นตัวอย่างได้ ดังต่อไปนี้

การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด

ในรูปที่ 3 และ 4 เส้นสีแดงเป็นผลที่ได้จากแบบจำลอง ส่วนเส้นสีน้ำเงินคือผลจากการตรวจวัดที่สถานีอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกันแล้วจะพบว่าผลการคำนวณจากแบบจำลองสามารถแสดงความสอดคล้องของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเชิงฤดูกาลได้เป็นอย่างดี ทั้งในช่วงที่ร้อนที่สุดและเย็นที่สุดของปี อย่างไรก็ตามพบว่าผลที่ได้จากแบบจำลองยังมีความคลาดเคลื่อนซึ่งแยกตามลักษณะพื้นที่ คือ สถานีตรวจวัดในแผ่นดินโดยผลที่ได้ส่วนใหญ่แสดงค่าอุณหภูมิที่สูงกว่าผลการตรวจวัดในหลายสถานี และสถานีตรวจวัดชายฝั่งทะเลที่ จะความคลาดเคลื่อนในลักษณะเดียวกัน อย่างไรก็ตามในบางสถานีกลับพบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากแบบจำลองที่แตกต่างจากผลการตรวจวัด เช่น ภูเก็ต และนครศรีธรรมราช เป็นต้น เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบโดยส่วนใหญ่แบบจำลองให้ผลการคำนวณค่าอุณหภูมิสูงสุดสูงกว่าความเป็นจริงอยู่ประมาณ 4- องศาเซลเซียส 6



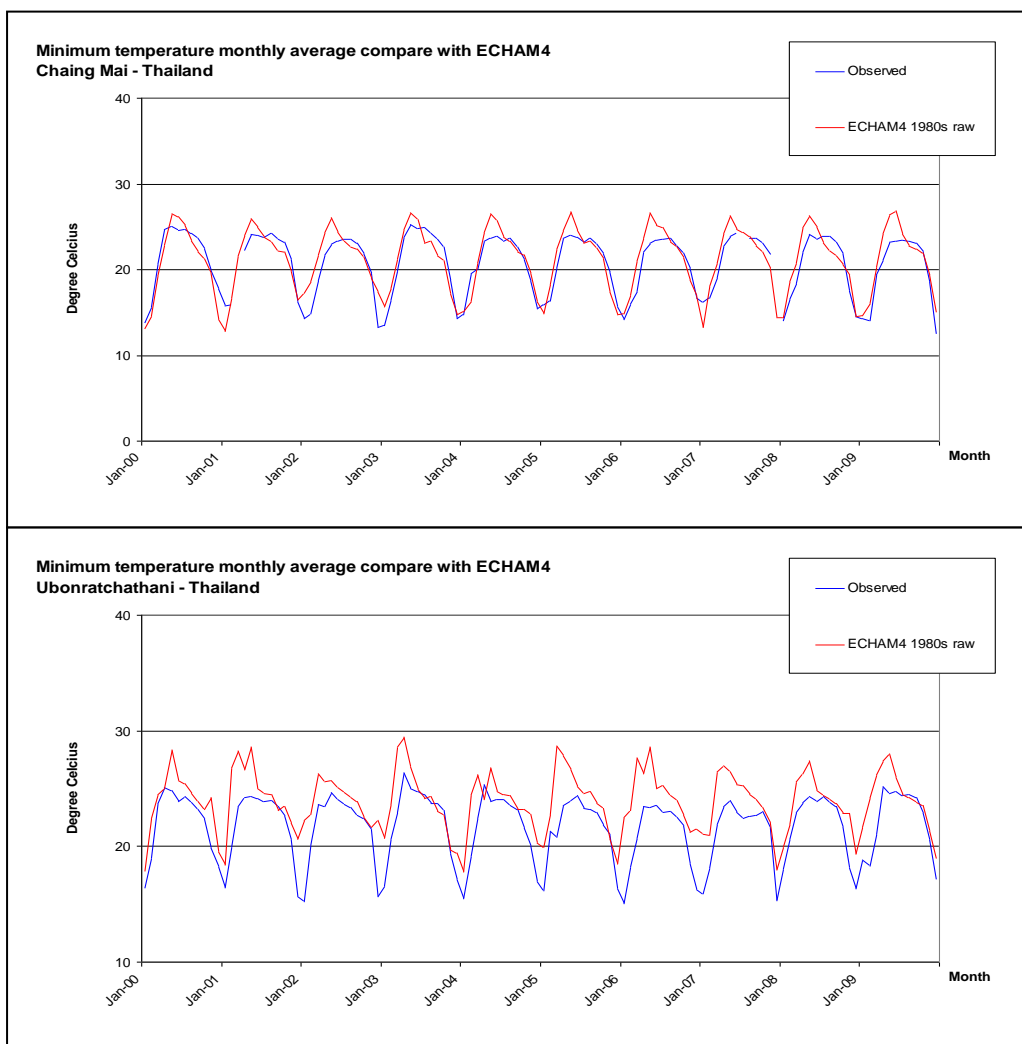
รูปที่ 3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในช่วงทศวรรษ 1980s ระหว่างผลการคำนวณโดยแบบจำลอง PRECIS (ECHAM4 1980s raw) และผลการตรวจวัด (Observed) ในจังหวัดเชียงใหม่และกรุงเทพฯ



รูปที่ 4 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในช่วงทศวรรษ 1980s ระหว่างผลการคำนวณโดยแบบจำลอง PRECIS และผลการตรวจวัด ในจังหวัดอุบลราชธานีและนครศรีธรรมราช

การเปรียบเทียบอุณหภูมิต่ำสุด

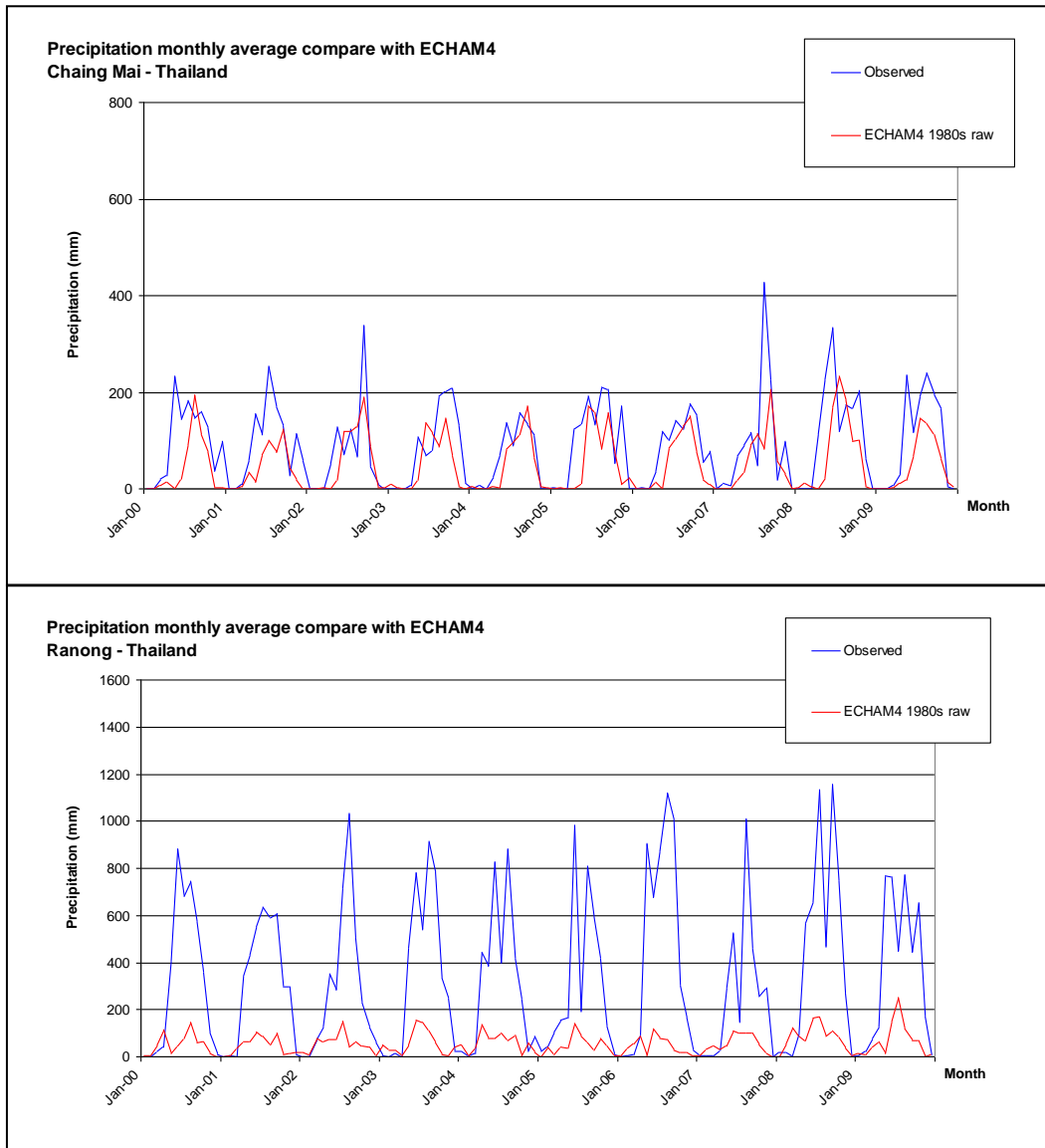
ในรูปที่ 5 กราฟเส้นสีแดงเป็นผลที่ได้จากแบบจำลอง ส่วนเส้นสีน้ำเงินคือผลการตรวจอากาศที่เกิดขึ้นจริง จะพบว่าผลการคำนวณจากแบบจำลองสามารถแสดงความสอดคล้องของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามฤดูกาลได้เป็นอย่างดี ทั้งในช่วงเวลาในการเกิดช่วงที่ร้อนที่สุดและเย็นที่สุดของปี ข้อมูลที่ได้จากการตรวจอากาศ ความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ ของปีประมาณ 1-2 เดือน เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบโดยส่วนใหญ่แล้วพบว่าแบบจำลองให้ค่าอุณหภูมิต่ำสุดสูงกว่าค่าจริงประมาณ 1 - 2 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนในช่วงทศวรรษ 1980s ระหว่างผลการคำนวณโดยแบบจำลอง PRECIS และผลการตรวจวัดในจังหวัดเชียงใหม่และอุบลราชธานี

การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝน

ผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าตรวจวัดและค่าจากแบบจำลองพบว่า เทียบแม้ว่าแบบจำลองจะแสดงปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลได้อย่างชัดเจนโดยแบ่งเป็นช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งในแต่ละปี อย่างไรก็ตาม กลับพบความคลาดเคลื่อนในสองลักษณะ คือ ช่วงเวลาการเกิดฝนและช่วงเดือนที่เริ่มปรากฏฝนที่คลาดเคลื่อน ในบางสถานีรวมทั้งความคลาดเคลื่อนอาจปรากฏเป็นบางปี และความคลาดเคลื่อนของรูปแบบปริมาณฝนตามฤดูกาลซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการตรวจวัดในบริเวณพื้นที่ที่อยู่ติดชายฝั่งทะเลและคาบสมุทรบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย รูปที่ 6



รูปที่ 6 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบปริมาณฝนสะสมรายเดือนในช่วงทศวรรษ 1980s ระหว่างผลการคำนวณโดยแบบจำลอง PRECIS และผลการตรวจวัด

การจัดทำภาพฉายภูมิอากาศอนาคตโดยการปรับความคลาดเคลื่อนของผลจากแบบจำลองภูมิอากาศ

จากผลการเปรียบเทียบนี้จะเห็นได้ว่า ผลที่ได้จากแบบจำลอง ภูมิอากาศยังไม่สามารถนำมาใช้อธิบายลักษณะสภาพอากาศได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งมีข้อจำกัดหากจะนำผลจากแบบจำลองไปใช้ต่อเนื่องสำหรับงานวิจัยอื่นๆ โดยตรง ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะปรับความคลาดเคลื่อนของผลที่ได้จากแบบจำลอง (Rescaling) เพื่อให้ได้ภาพฉายอนาคตที่สอดคล้องกับสภาพอากาศที่เคยเกิดขึ้นจริง ภายใต้ข้อสมมุติฐาน (assumption) ดังนี้คือ

- ผลจากแบบจำลองภูมิอากาศนั้นเป็นข้อมูลที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงสัมพัทธ์
- การเปลี่ยนแปลงในอนาคตจะเป็นการเปลี่ยนแปลงไปจากภูมิอากาศที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

ทั้งนี้ได้ทำการปรับความคลาดเคลื่อนนี้กับชุดข้อมูลตัวแปรทางอุตุนิยมเพียง 3 ตัวแปรที่ทางคณะผู้วิจัยเห็นว่ามีความสมบูรณ์ของข้อมูลตรวจวัดเพียงพอต่อการดำเนินการ อีกทั้งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการต่อ ยอดไปสู่งานวิจัยชิ้นอื่นๆ คือ ข้อมูลฝนรายวัน ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด และข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุด โดยในการปรับความคลาดเคลื่อนของข้อมูล คณะผู้วิจัยพิจารณาเลือกข้อมูลรายสถานีตรวจวัดจำนวน 130 สถานี³ จากประเทศต่าง ๆ ที่ครอบคลุมพื้นที่คำนวณในการศึกษานี้ ดังนี้ ประเทศจีน จำนวน 31 สถานี ประเทศอินเดีย จำนวน 1 สถานี ประเทศไทย จำนวน 56 สถานี ประเทศเวียดนาม จำนวน 15 สถานี ประเทศพม่า จำนวน 9 สถานี ประเทศลาว จำนวน 5 สถานี ประเทศมาเลเซีย จำนวน 16 สถานี ประเทศอินโดนีเซีย จำนวน 3 สถานี โดยมีตำแหน่งสถานีดังที่แสดงในรูปที่ 7

³ ที่มา National Climatic Data Center (<http://www.ncdc.noaa.gov>) , Meteorological and Geophysical Agency, Indonesia, Department of Meteorology and Hydrology, Laos PDR, Malaysian Meteorological Department, Malaysia, Department of Meteorology & Hydrology, Myanmar, Thailand Meteorology Department, Institute of Meteorology, Hydrology and Environment, Vietnam,



รูปที่ 7 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดที่ใช้ข้อมูลในการปรับความคลาดเคลื่อนของผลจากแบบจำลองภูมิอากาศ

การปรับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลฝนรายวัน

คณะผู้วิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาในภาพรวมของพื้นที่จากสถานีตรวจวัดทั้งหมด 130 สถานีแล้ว การเปรียบเทียบปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยช่วงทศวรรษในปฏิฐาน (1980s) จากข้อมูลตรวจวัดกับผลจากแบบจำลอง พบว่าโดยส่วนใหญ่ความคลาดเคลื่อนจะไปในแนวทางเดียวกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งจากการเปรียบเทียบปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ยจากแบบจำลองน้อยกว่าผลการตรวจวัดเกือบทุกสถานีในอัตราที่ไม่เท่ากัน ยกเว้นสถานีในประเทศพม่า จากเหตุผลนี้ นำไปสู่การปรับความคลาดเคลื่อนโดยการปรับเพิ่มหรือลดผลที่ได้จากแบบจำลองด้วยค่าสัมประสิทธิ์ที่ต่างกันในแต่ละกริด โดยค่าสัมประสิทธิ์นั้นเป็นผลมาจากการคำนวณอัตราส่วนระหว่างปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ยรายทศวรรษจากการตรวจวัด กับผลจากแบบจำลอง ตามสมการ (1)

$$k_i = \frac{\overline{P_{simulated}}}{\overline{P_{Observed}}} \quad (1)$$

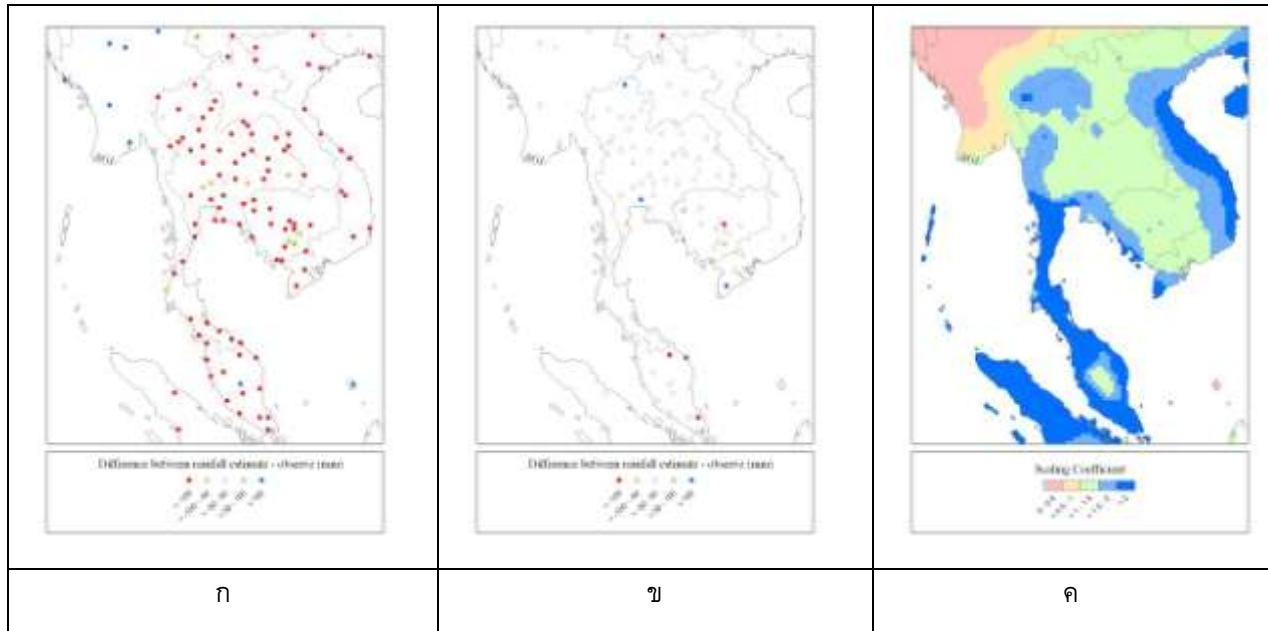
k_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปรับลดความคลาดเคลื่อน และ \overline{P} คือ ปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ยรายทศวรรษที่กริด i

โดยค่าสัมประสิทธิ์รายสถานีที่ได้นี้จะนำมา Interpolate เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์รายกริดทั้งหมดซึ่งเป็นผลจากแบบจำลองด้วยโปรแกรม Surfer v.8 หลังจากได้ค่าค่าสัมประสิทธิ์รายกริดแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์นี้จะถูกนำไปคูณกับปริมาณฝนรายวันจากแบบจำลองที่กริดเดียวกันตามสมการ (2) เพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณฝนรายวันที่ผ่านการปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว

$$P'_i = k_i \cdot P_i \quad (2)$$

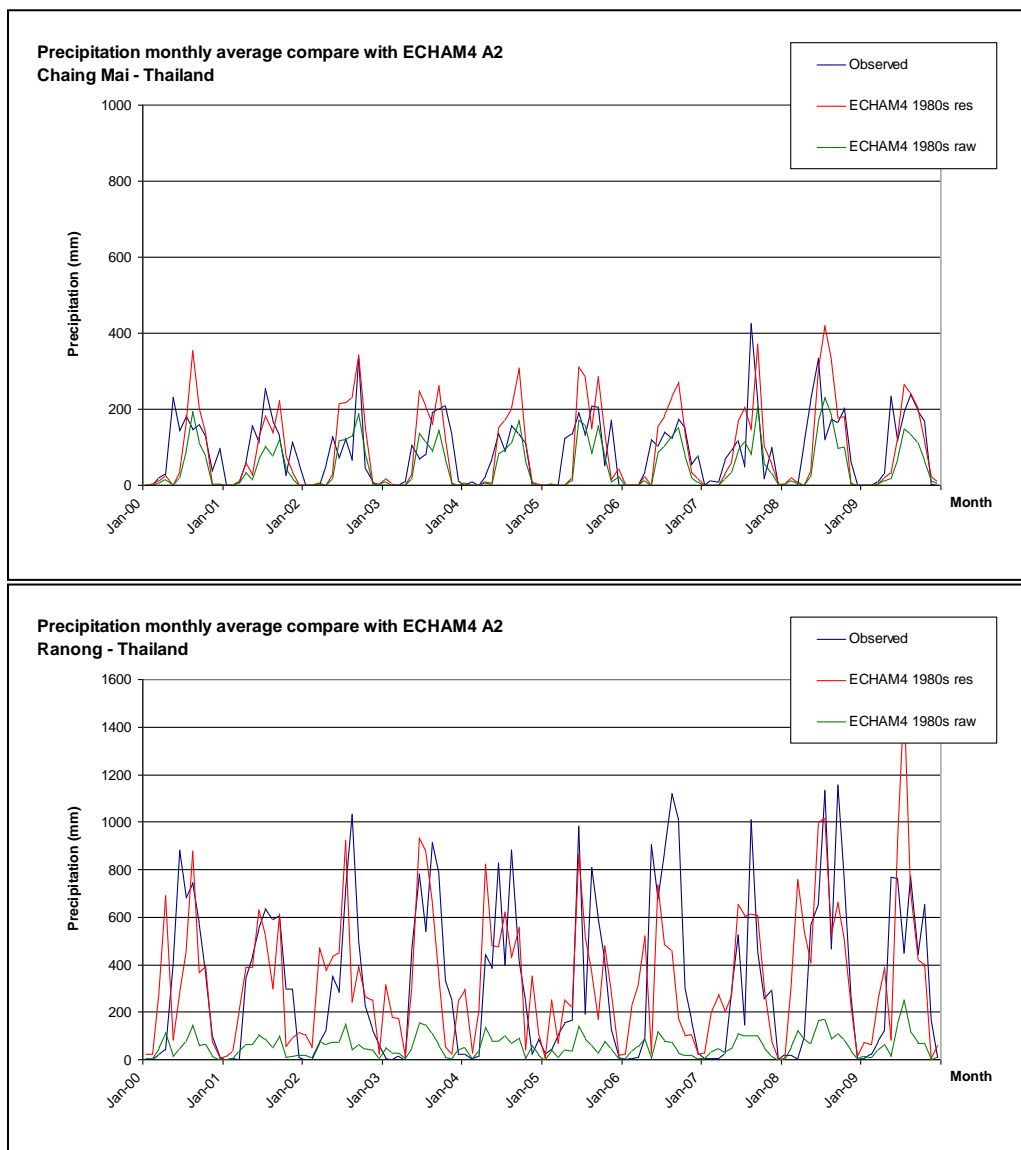
P'_i คือ ปริมาณฝนรายวันหลังปรับลดความคลาดเคลื่อน และ P_i คือ ปริมาณฝนรายวันก่อนปรับลดความคลาดเคลื่อนที่กริด i

ทั้งนี้การเปรียบเทียบผลที่ได้หลังการปรับความคลาดเคลื่อน แสดงผลที่น่าพอใจ โดยผลที่ได้เกือบทุกสถานีแสดงค่าความแตกต่างของปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ยรายทศวรรษไม่เกิน 100 มิลลิเมตร (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ยรายทศวรรษในปฏิฐานเปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลองและผลการตรวจวัด (ก.) ก่อนปรับลดความคลาดเคลื่อน และ (ข.) หลังปรับความคลาดเคลื่อน และ (ค.) ผลการ Interpolate ค่าสัมประสิทธิ์การปรับความคลาดเคลื่อนรายสถานี

โดยภายหลังจากปรับความคลาดเคลื่อนแล้ว ผลที่ได้มีความสอดคล้องกับผลของการตรวจวัดมากขึ้น ทั้งนี้การเปรียบเทียบผลระหว่างผลจากการตรวจวัด และผลจากแบบจำลอง (เส้นสีเขียว) ผลจากแบบจำลองโดยตรง (เส้นสีน้ำเงิน) หลังปรับความคลาดเคลื่อน แสดง (เส้นสีแดง) ในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝนสะสมรายเดือนในช่วงทศวรรษ 1980s ระหว่างผลการคำนวณโดยแบบจำลอง PRECIS (ECHAM4 1980 raw) และผลหลังการปรับความคลาดเคลื่อน (ECHAM4 1980 res) เปรียบเทียบกับผลการตรวจวัด (Observed)

การปรับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายวัน

ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายวันจากผลการคำนวณโดยแบบจำลองนี้ก็แสดงลักษณะคล้ายกับข้อมูลปริมาณฝนรายวัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดอาจมีค่าต่ำกว่าหรือมากกว่าศูนย์ได้ทำให้ไม่สามารถ

ดำเนินการในลักษณะเดียวกันกับข้อมูลฝน ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับลดความคลาดเคลื่อนจึงได้ดำเนินการโดยการหาผลต่างระหว่างอุณหภูมิรายวันเฉลี่ยรายทศวรรษระหว่างผลจากแบบจำลองและผลจากการตรวจวัดตามสมการ (3)

$$k_i = \overline{T_{x_{simulated}}} - \overline{T_{x_{observed}}} \quad (3)$$

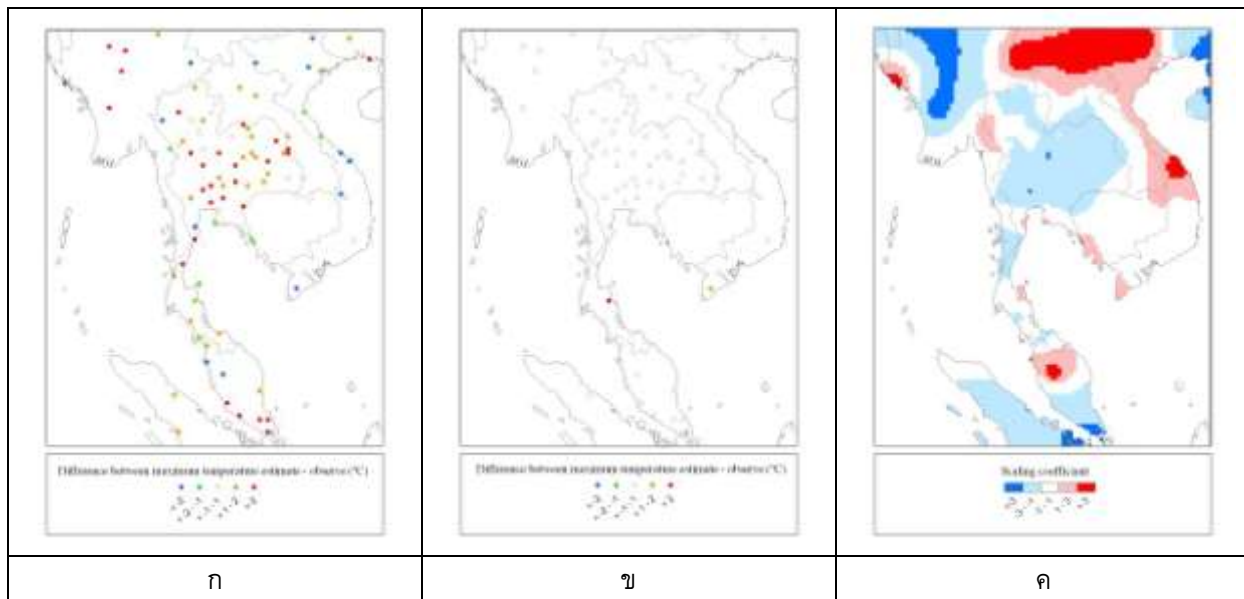
k_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปรับลดความคลาดเคลื่อน และ \bar{T} คือ อุณหภูมิสูงสุดรายวันเฉลี่ยรายทศวรรษที่กริด i

โดยค่าสัมประสิทธิ์รายสถานีที่ได้จะนำมา Interpolate เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์รายกริดทั้งหมดซึ่งเป็นผลจากแบบจำลองด้วยโปรแกรม Surfer v.8 หลังจากได้ค่าสัมประสิทธิ์รายกริดแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์นี้จะถูกนำไปคูณกับอุณหภูมิสูงสุดรายวันจากแบบจำลองที่กริดเดียวกันตามสมการ (2.4) เพื่อให้ได้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายวันที่ผ่านการปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว

$$Tx'_i = k_i + Tx_i \quad (2.4)$$

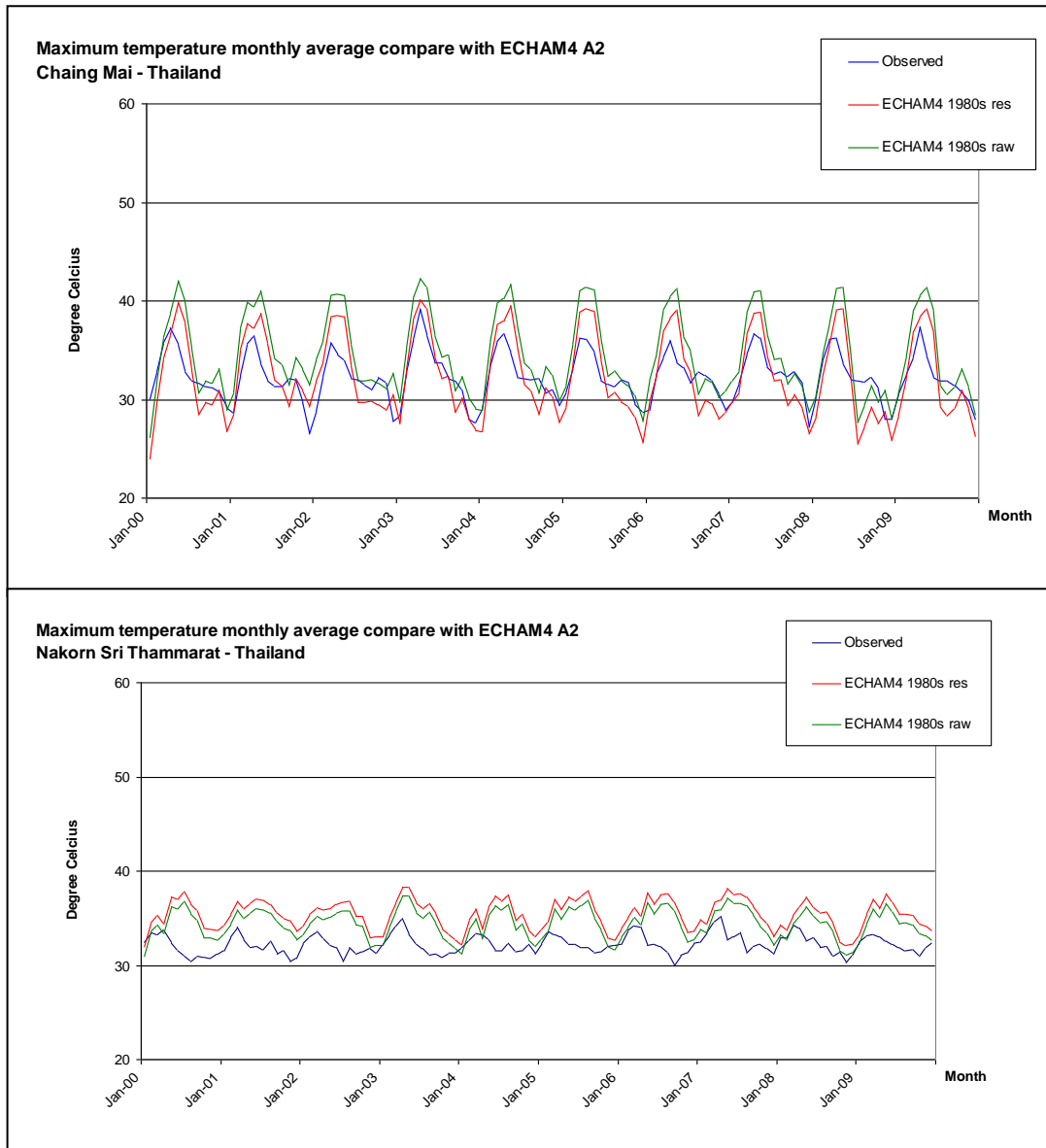
Tx'_i คือ อุณหภูมิสูงสุดรายวันหลังปรับความคลาดเคลื่อน k_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปรับลดความคลาดเคลื่อน และ Tx_i คือ อุณหภูมิสูงสุดรายวันก่อนปรับความคลาดเคลื่อนที่กริด i

การเปรียบเทียบผลที่ได้หลังการปรับความคลาดเคลื่อน แสดงผลที่น่าพอใจ โดยผลที่ได้เกือบทุกสถานีแสดงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดรายวันเฉลี่ยรายทศวรรษไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส (รูปที่ 10 - 11)



รูปที่ 10 ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันเฉลี่ยรายทศวรรษในปฏิทินเปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลองและผลการตรวจวัด (ก.) ก่อนปรับลดความคลาดเคลื่อน และ (ข.) หลังปรับลดความคลาดเคลื่อน และ (ค.) ผลการ interpolate ค่าสัมประสิทธิ์การปรับความคลาดเคลื่อนรายสถานี

โดยผลที่ได้ภายหลังการปรับความคลาดเคลื่อนแล้วมีความสอดคล้องกับผลของการตรวจวัดมากขึ้น ทั้งนี้จะเห็นได้จากการเปรียบเทียบผลระหว่างผลจากการตรวจวัด และผลจาก (เส้นสีเขียว) ผลจากแบบจำลองโดยตรง (เส้นสีน้ำเงิน) แบบจำลองหลังปรับความคลาดเคลื่อน)เส้นสีแดงแสดงตั้ง (ตัวอย่างในรูปที่ 2.11



รูปที่ 11 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในช่วงทศวรรษ 1980s ระหว่างผลการคำนวณโดยแบบจำลอง PRECIS (ECHAM4 1980s raw) และผลหลังการปรับความคลาดเคลื่อน (ECHAM4 1980s res) เปรียบเทียบกับผลการตรวจวัด (Observed)

การปรับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน

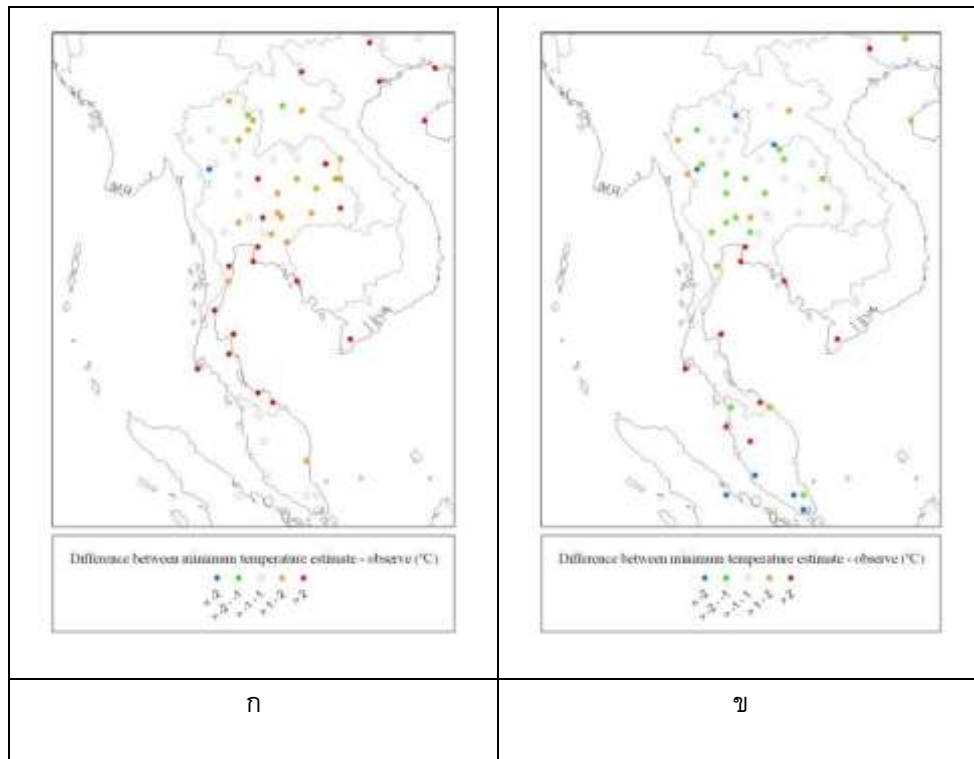
สำหรับการปรับความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิประเภทนี้มีความแตกต่างจากการปรับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลประเภทอื่น เนื่องจากในการปรับข้อมูลนี้จำเป็นที่จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขประการหนึ่ง คือ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวันต้องไม่

มากกว่าอุณหภูมิสูงสุดในวันเดียวกันซึ่งได้รับการปรับความคลาดเคลื่อนแล้ว คณะผู้วิจัยได้ทดลองดำเนินการในหลายๆ แนวทาง จนได้ข้อสรุปในการปรับความคลาดเคลื่อน คือ การปรับลดความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิต่ำสุดจะดำเนินการโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปรับความคลาดเคลื่อนเดียวกันกับการปรับค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวัน โดยดำเนินการตามสมการ (5)

$$Tn'_i = k_i + Tn_i \quad (5)$$

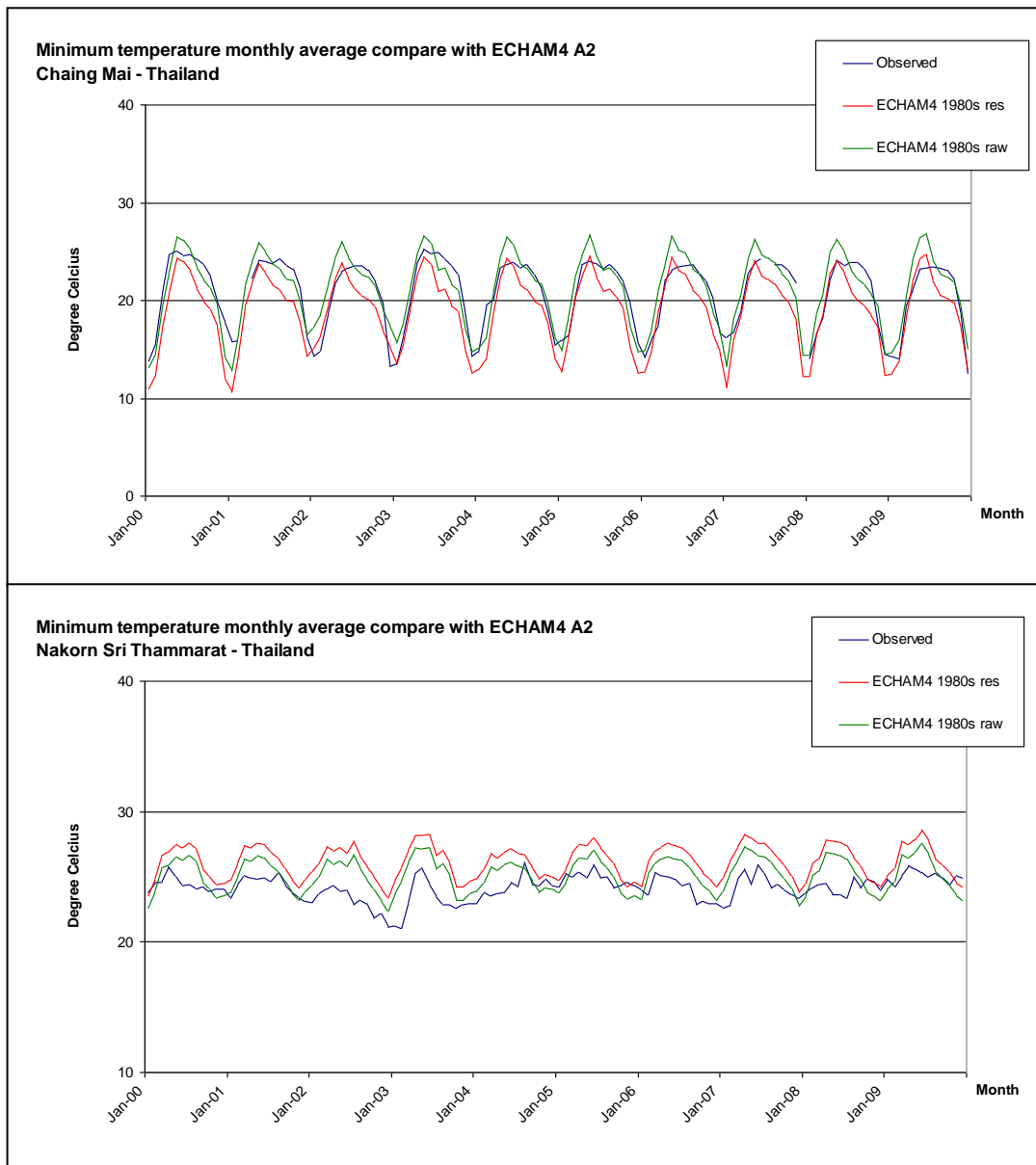
Tn'_i คือ อุณหภูมิสูงสุดรายวันหลังปรับความคลาดเคลื่อน k_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปรับลดความคลาดเคลื่อน และ Tn_i คือ อุณหภูมิต่ำสุดรายวันก่อนปรับความคลาดเคลื่อนเคลื่อนที่กริด i

ผลที่ได้หลังการปรับความคลาดเคลื่อนให้ผลเป็นที่น่าพอใจเมื่อพิจารณาจากผลต่างระหว่างอุณหภูมิต่ำสุดรายวันเฉลี่ยรายทศวรรษก่อนการปรับความคลาดเคลื่อนกับหลังปรับความคลาดเคลื่อนแสดงให้เห็นว่าผลจากแบบจำลองให้ค่าสูงกว่าผลการตรวจวัดมากกว่า 2 องศาเซลเซียส แต่ภายหลังการปรับความคลาดเคลื่อนแล้วปรากฏว่าผลจากแบบจำลองหลังการปรับแสดงอุณหภูมิต่ำสุดรายวันเฉลี่ยรายทศวรรษต่ำกว่าผลการตรวจวัดในช่วง 1-2 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามยังมีบางสถานีซึ่งยังมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 2 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะในบริเวณคาบสมุทรมหาคาใต้ของไทย (รูปที่ 12-13)



รูปที่ 12 ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิต่ำสุดรายวันเฉลี่ยรายทศวรรษในปฏิทินเปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลองและผลการตรวจวัด (ก.) ก่อนปรับความคลาดเคลื่อน และ (ข.) หลังปรับความคลาดเคลื่อน

ภายหลังการปรับความคลาดเคลื่อนแล้ว ผลที่ได้มีความสอดคล้องกับผลของการตรวจวัดมากขึ้น ทั้งนี้การเปรียบเทียบผลระหว่างผลจากการตรวจวัด และผลจากแบบจำลอง (เส้นสีเขียว) ผลจากแบบจำลองโดยตรง (เส้นสีน้ำเงิน) หลังปรับความคลาดเคลื่อน)เส้นสีแดง (ตัวอย่างแสดงดังในรูปที่ 13



รูปที่ 13 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนในช่วงทศวรรษ 1980s ระหว่างผลการคำนวณโดยแบบจำลอง PRECIS และผลหลังการปรับความคลาดเคลื่อนเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัด

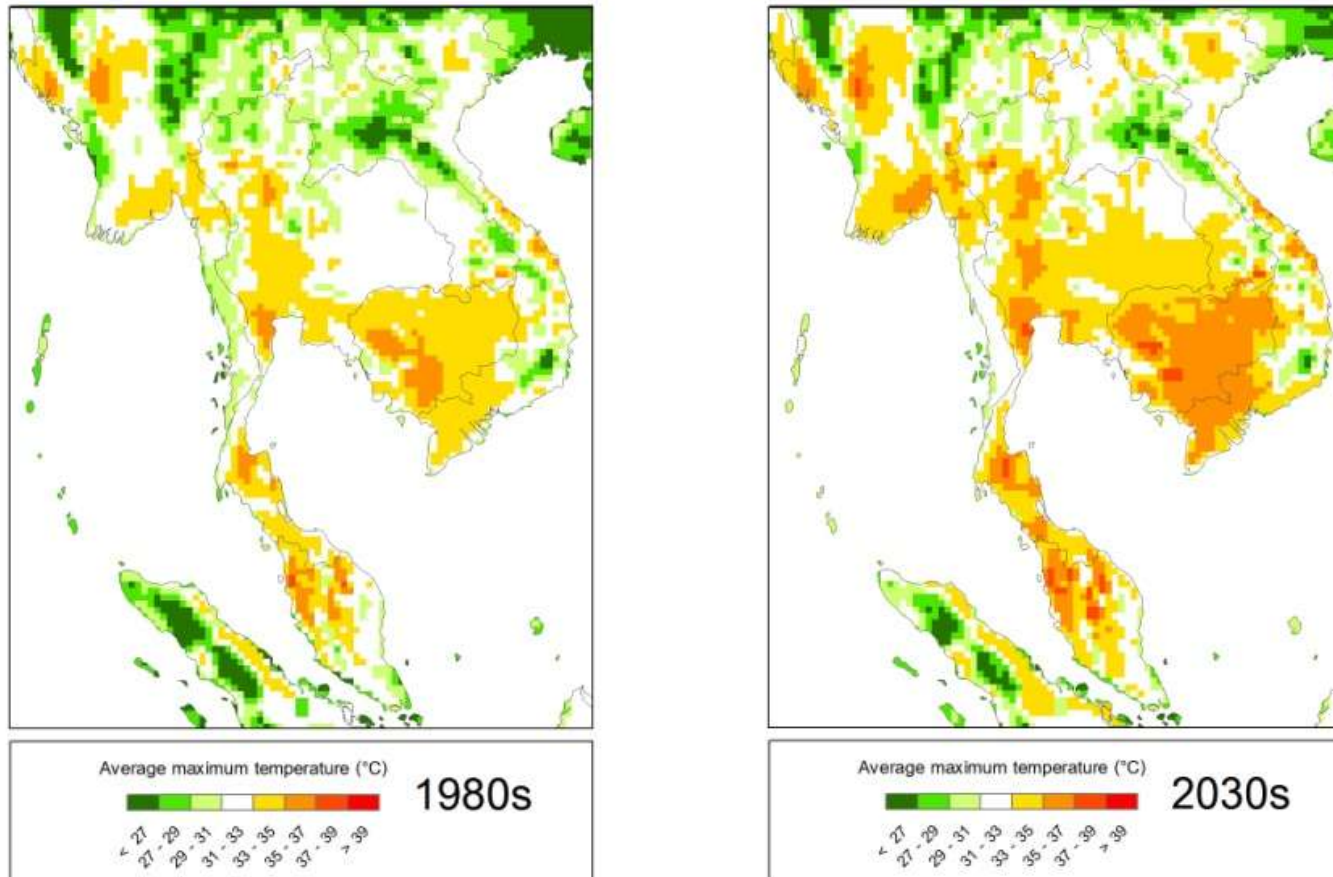
ภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทย

(หมายเหตุ :เป็นการสรุปโดยสังเขปของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต โดยครอบคลุมถึงตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่สำคัญเพียง อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และ ปริมาณน้ำฝน เท่านั้น)

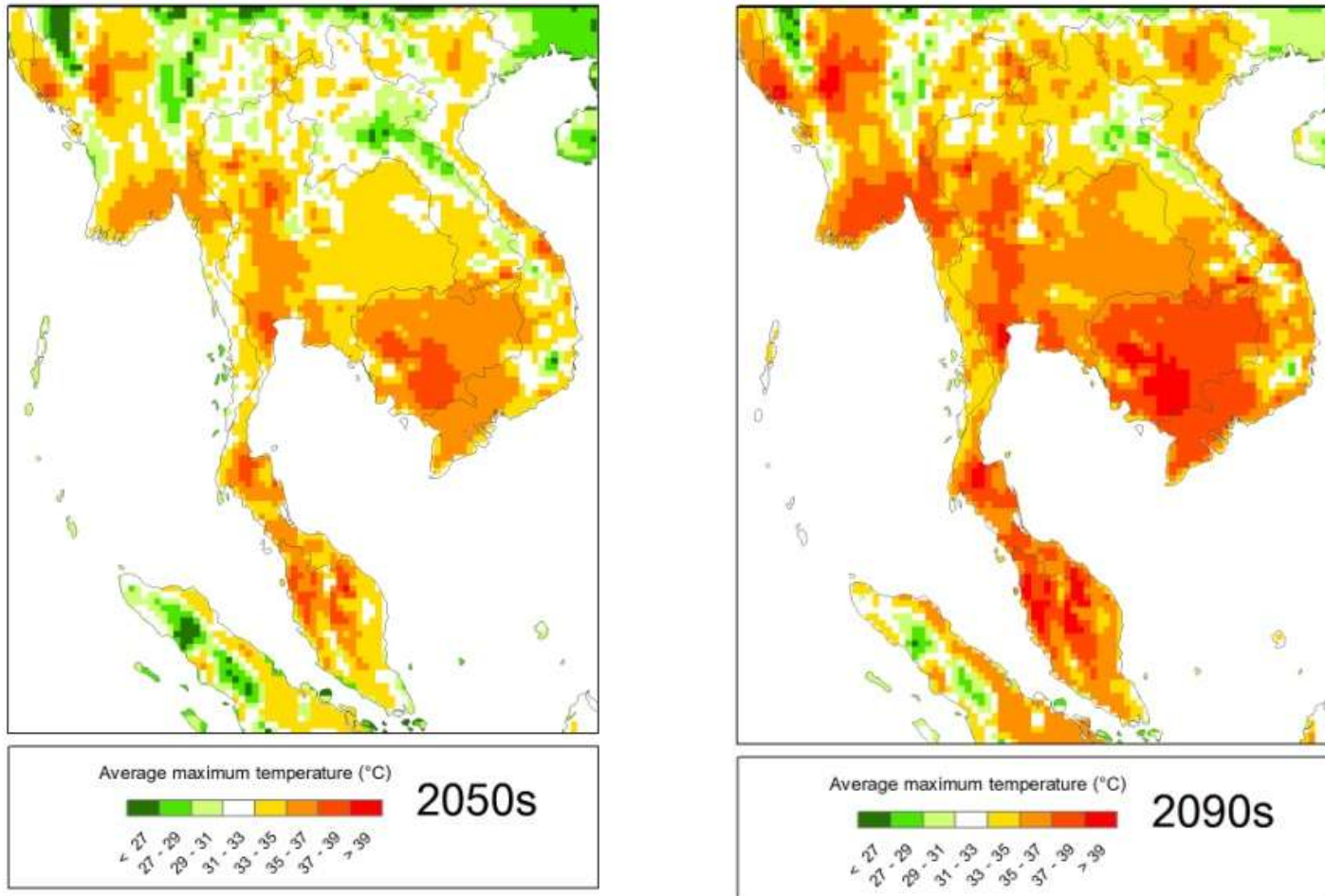
ภาพถ่ายอนาคตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุด

การพิจารณาภาพอุณหภูมิสูงสุดในอนาคตนี้ ได้แยกพิจารณาเป็น 2 ส่วน คือ อุณหภูมิสูงสุดรายวันเฉลี่ยในรอบ 10 ปี และจำนวนวันที่มีอากาศร้อน หรือ วันที่มีอุณหภูมิสูงสุดมากกว่าหรือเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส

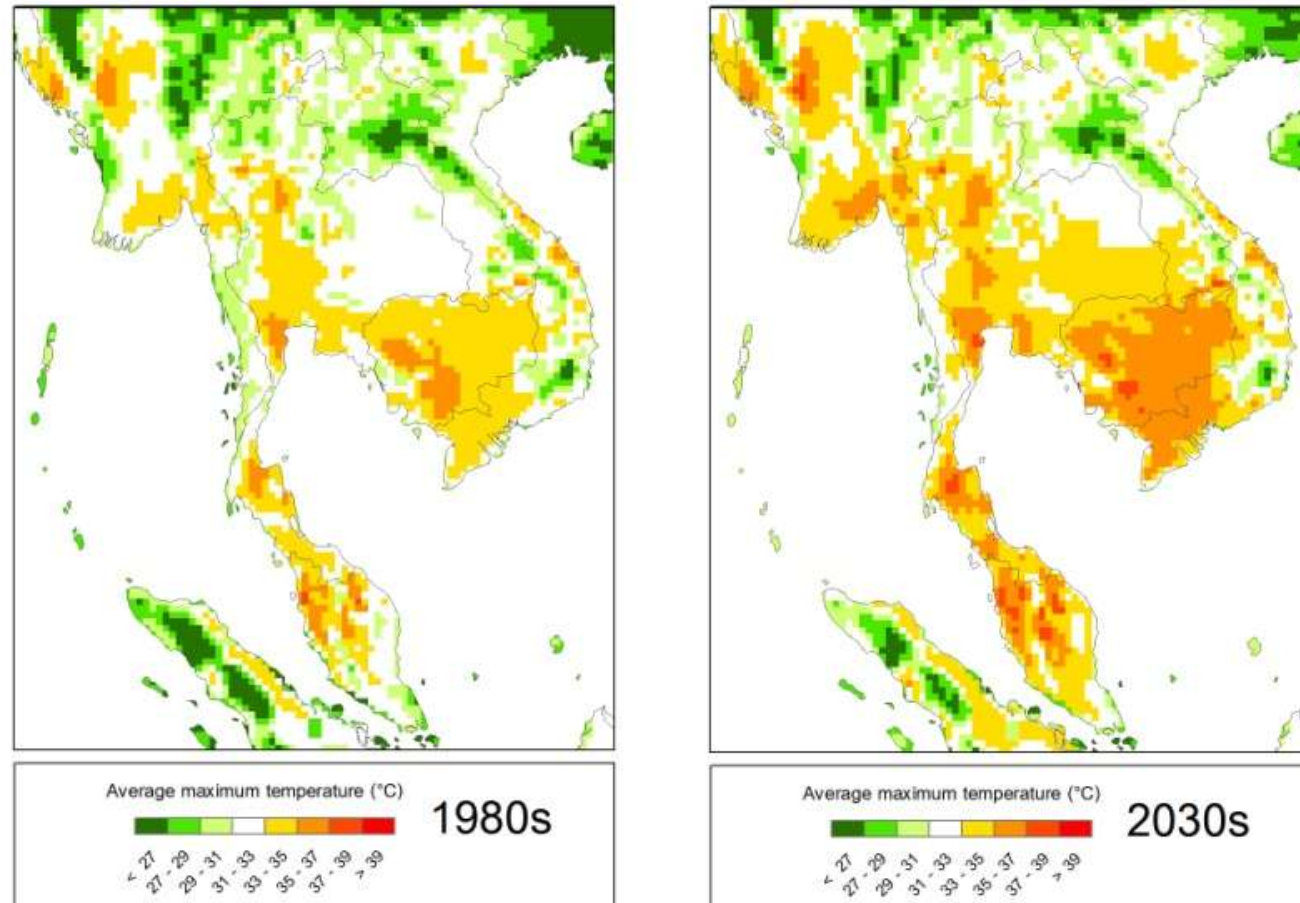
ในส่วนของอุณหภูมิสูงสุดรายวันเฉลี่ยรายทศวรรษนั้น พบว่าช่วงทศวรรษที่ 1980 บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 27-33 องศาเซลเซียส ส่วนพื้นที่ส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 31-33 องศาเซลเซียส บริเวณภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลาง ภาคตะวันออก ตลอดจนพื้นที่ในภาคใต้มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ประมาณ 33-37 องศาเซลเซียส ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ A พบว่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในประเทศไทยในช่วงต้นศตวรรษ ไม่ได้เปลี่ยนแปลง 2 ไปจากช่วงปลายศตวรรษก่อนมากนัก กล่าวคือ ภาคเหนือตอนบนมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 29-33 องศาเซลเซียส แต่จะเพิ่มสูงขึ้นเป็นประมาณ 33-35 องศาเซลเซียสในช่วงปลายศตวรรษ พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 31-33 องศาเซลเซียส จะเพิ่มสูงขึ้นเป็นประมาณ 33-37 องศาเซลเซียสในช่วงปลายศตวรรษ ส่วนภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลาง ภาคตะวันออก และ พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคใต้ซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดทั้งปีในช่วงต้นศตวรรษประมาณ 33-35 องศาเซลเซียส จะเพิ่มสูงขึ้นเป็นประมาณ 33-37 องศาเซลเซียสในช่วงปลายศตวรรษ ส่วนสภาพอุณหภูมิสูงสุดในอนาคตภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ B2 ก็เป็นไปในทิศทางที่เพิ่มสูงขึ้นในเกือบทุกพื้นที่ในประเทศไทยเช่นกัน แต่เพิ่มสูงขึ้นในระดับที่ต่ำกว่า A2 เล็กน้อย (รูปที่ 14 - 15)



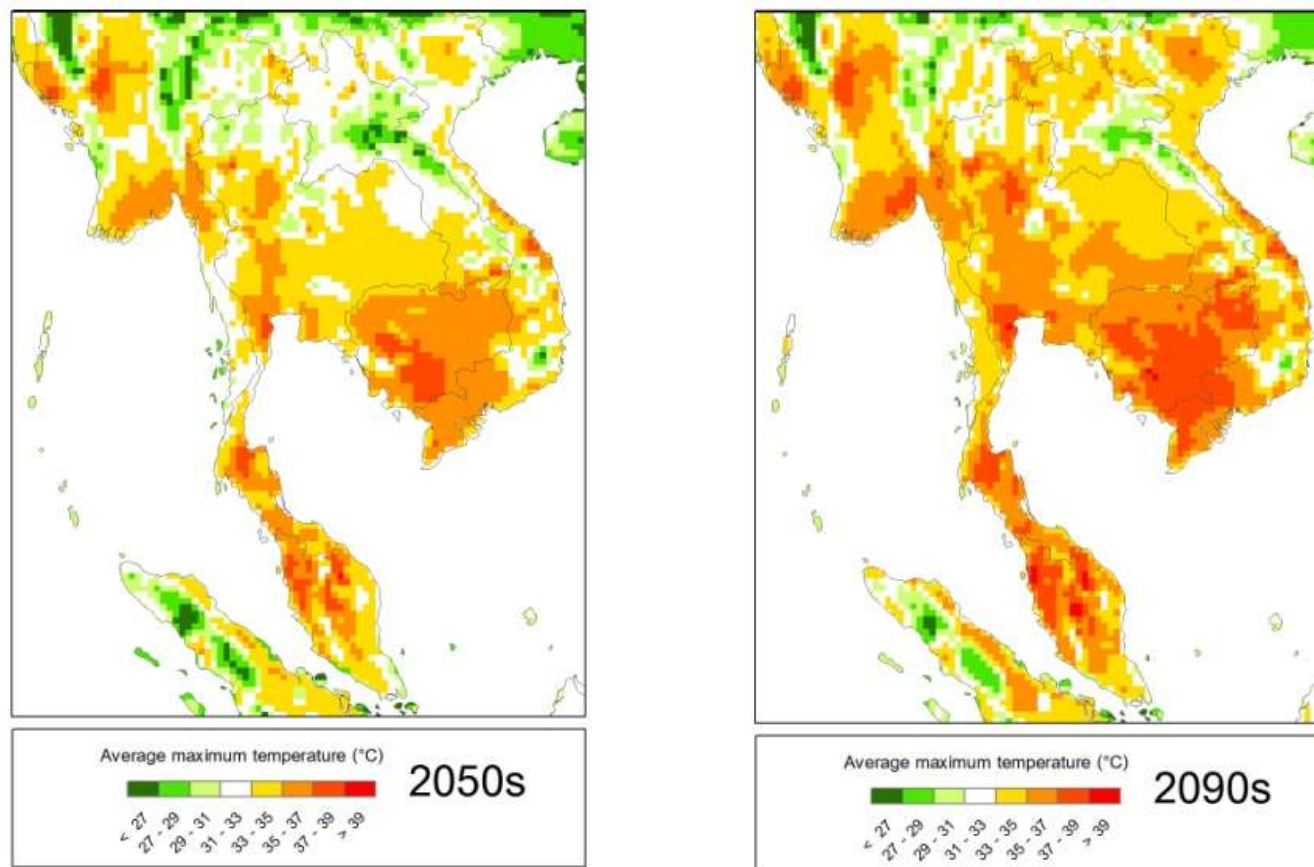
รูปที่ 14 แผนที่แสดงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของพื้นที่ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงตลอดช่วงศตวรรษที่ 21 ภายใต้ SRES A2



รูปที่ 14 (ต่อ) แผนที่แสดงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของพื้นที่ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงตลอดช่วงศตวรรษที่ 21 ภายใต้ SRES A2



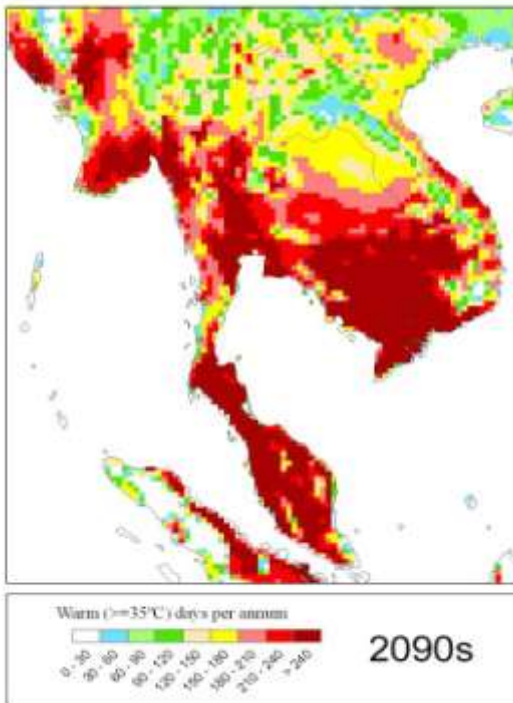
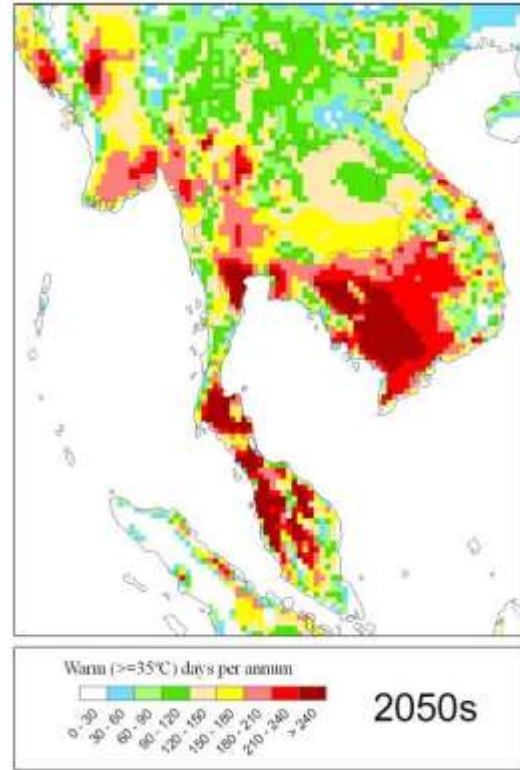
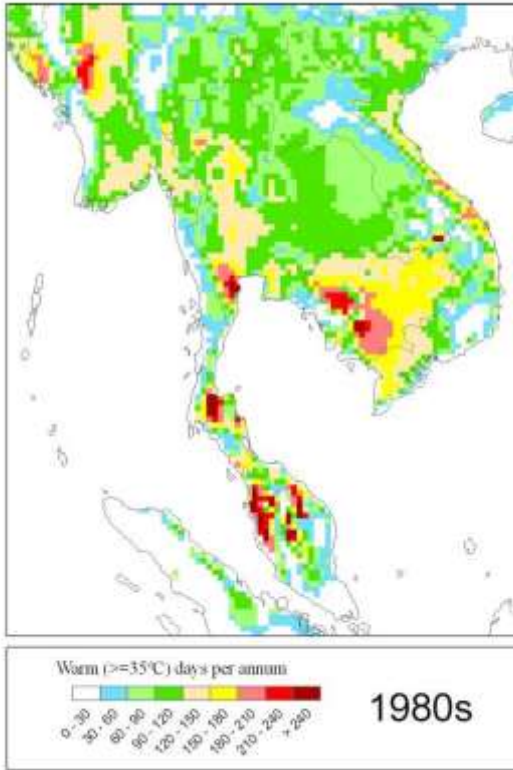
รูปที่ 15 แผนที่แสดงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของพื้นที่ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงตลอดช่วงศตวรรษที่ 21 ภายใต้ SRES B2



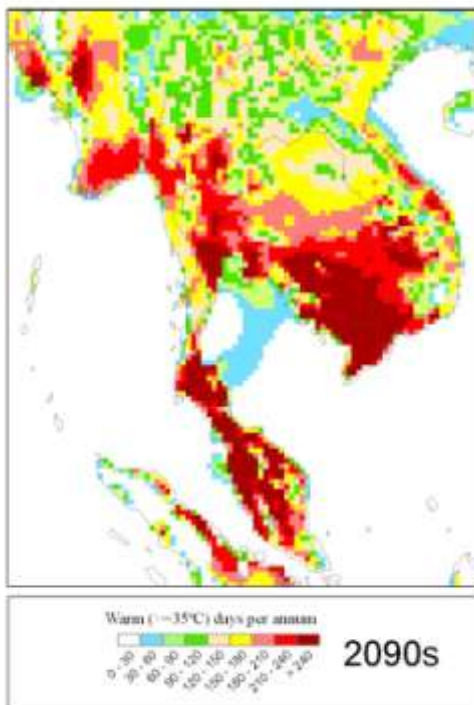
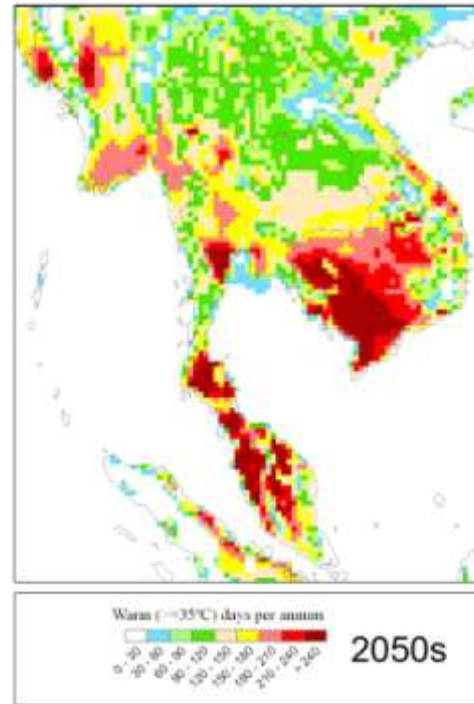
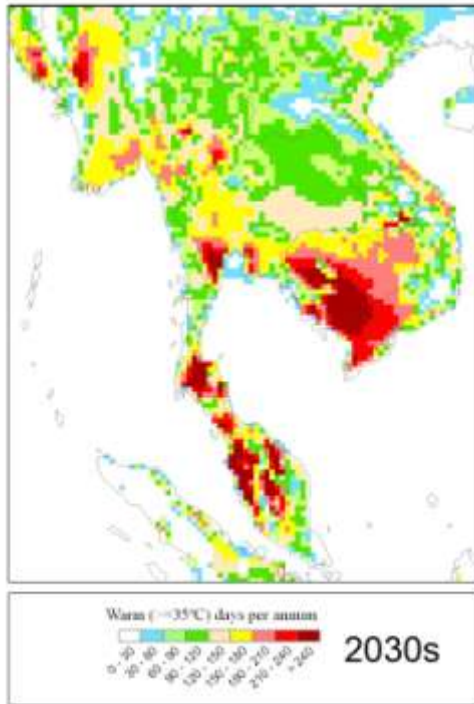
รูปที่ 15 (ต่อ) แผนที่แสดงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของพื้นที่ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงตลอดช่วงศตวรรษที่ 21 ภายใต้ SRES B2

วันที่มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับหรือสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส

ในส่วนของระยะเวลาที่มีอากาศร้อนในรอบปี หรือวันที่มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับหรือสูงกว่า 35 องศาเซลเซียสนั้น ผลสรุปแสดงให้เห็นว่า ในช่วงปลายศตวรรษที่ผ่านมา บริเวณที่มีจำนวนวันที่มีอากาศร้อนมากที่สุดอยู่ในบริเวณภาคกลางและตอนกลางของภาคใต้ โดยมีจำนวนวันที่มีอากาศร้อนยาวนานถึงประมาณ 5-6 เดือนต่อปี และนานมากถึง 7-เดือนต่อปีในบางพื้นที่ ส่วนภาคเหนือ 8 และภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีฤดูร้อนยาวนานประมาณ 3-4 เดือนต่อปีในช่วงต้นศตวรรษนี้ ผลสรุปจากภาพฉายขนาดนี้แสดงให้เห็นว่าฤดูร้อนหรือระยะเวลาที่มีอากาศร้อนในรอบปีจะยาวนานขึ้นในเกือบทุกพื้นที่ในประเทศไทย ซึ่งอาจยาวนานขึ้นกว่าเดิมถึง 2-3 เดือนในช่วงปลายศตวรรษนี้ ดังที่จะแสดงในภาพประกอบ 16 - 17



รูปที่ 16 แผนที่แสดงระยะเวลาที่มี
อากาศร้อนของพื้นที่ประเทศไทยและ
พื้นที่ข้างเคียงตลอดช่วงศตวรรษที่ 21
ภายใต้ SRES A2

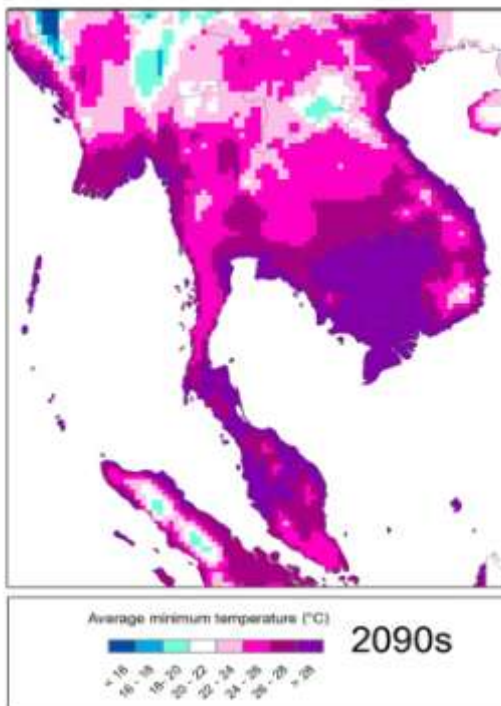
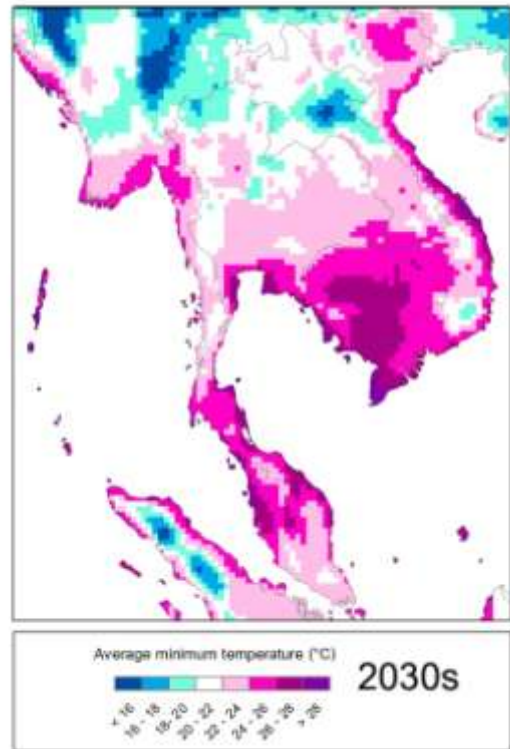
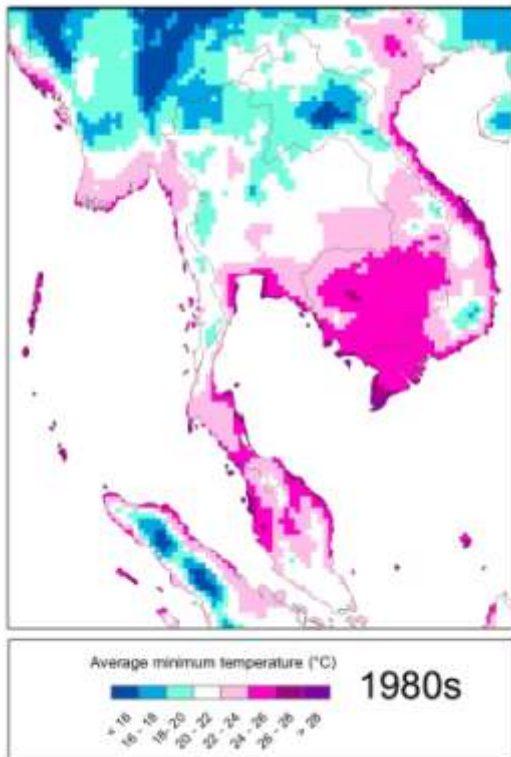


รูปที่ 17 แผนที่แสดงระยะเวลาที่มี
อากาศร้อนของพื้นที่ประเทศไทย
และพื้นที่ข้างเคียงตลอดช่วง
ศตวรรษที่ 21 ภายใต้ SRES B2

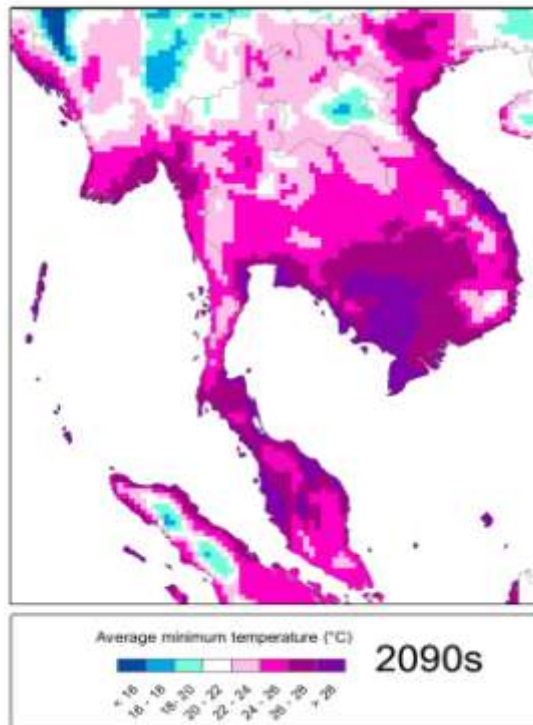
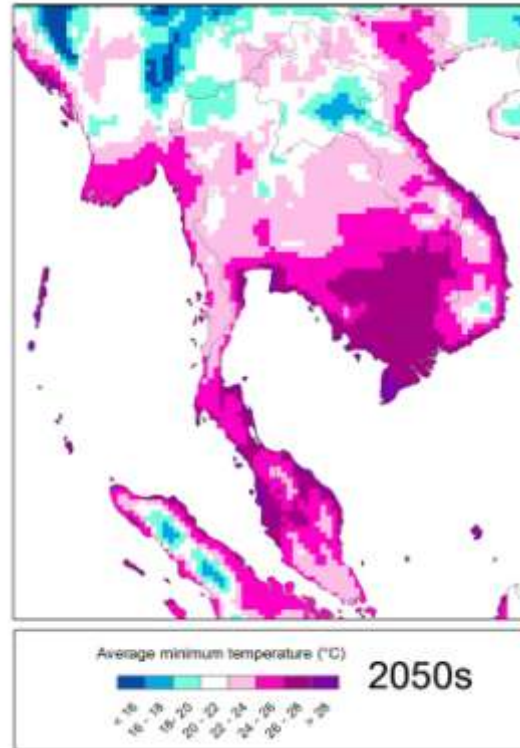
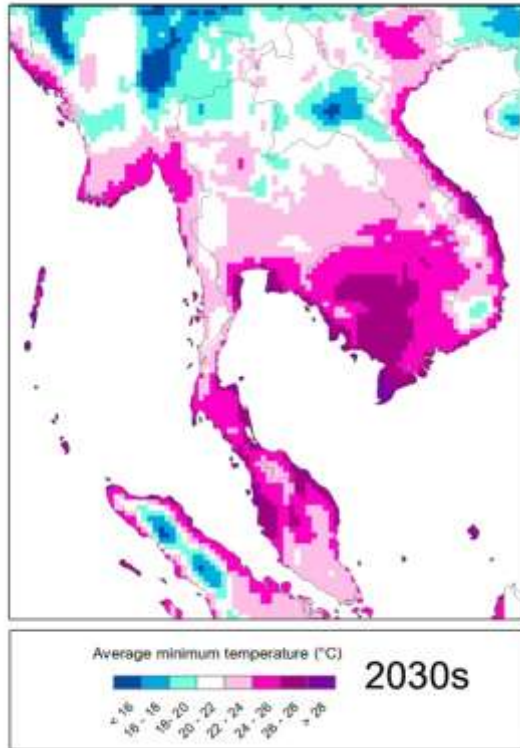
ภาพถ่ายขนาดตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุด

ช่วงทศวรรษที่ 1980 บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 18-22 องศาเซลเซียส ในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 22-24 องศาเซลเซียส ส่วนในบริเวณภาคกลาง และภาคตะวันออกจะมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่อื่นๆคือ 24-26 องศาเซลเซียส และในช่วงต้นศตวรรษนี้ อุณหภูมิรายวันต่ำสุดเฉลี่ยของพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะอยู่ในช่วง 20-22 องศาเซลเซียส สำหรับพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ภาคกลาง และภาคตะวันออกตลอดจนภาคใต้ จะมีอุณหภูมิรายวันต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 22-24 องศาเซลเซียส โดยที่พื้นที่บางส่วนในภาคใต้จะมีอุณหภูมิรายวันต่ำสุดเฉลี่ยที่สูงกว่านั้นเล็กน้อย สภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ทั่วประเทศไทยมีแนวโน้มที่อุณหภูมิรายวันต่ำสุดเฉลี่ยจะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเพิ่มสูงขึ้น 3-4 องศาเซลเซียสในช่วงปลายศตวรรษภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ A2 ซึ่งภายใต้สถานการณ์แบบ B2 อุณหภูมิรายวันต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปีก็มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน แต่เป็นไปในระดับที่ต่ำกว่า กล่าวคือ ประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส โดยแสดงผลสรุปดังรูปที่ 18 - 19

การจัดทำภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยจากผลของแบบจำลอง
ภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS
กันยายน 2553



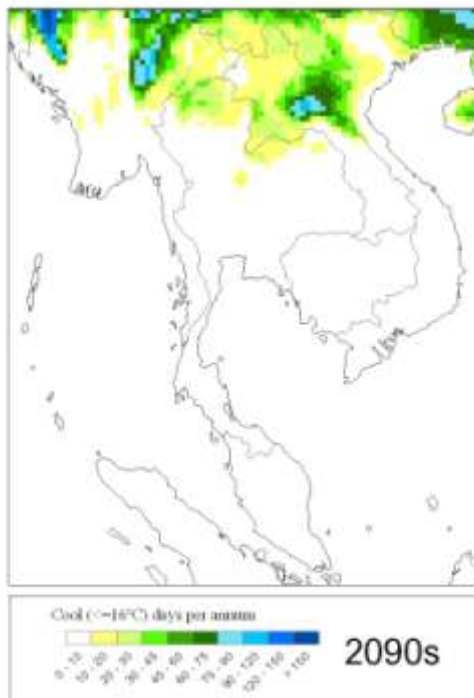
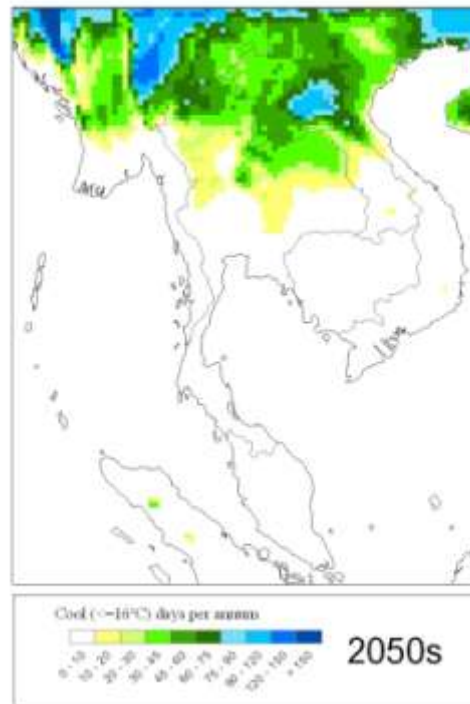
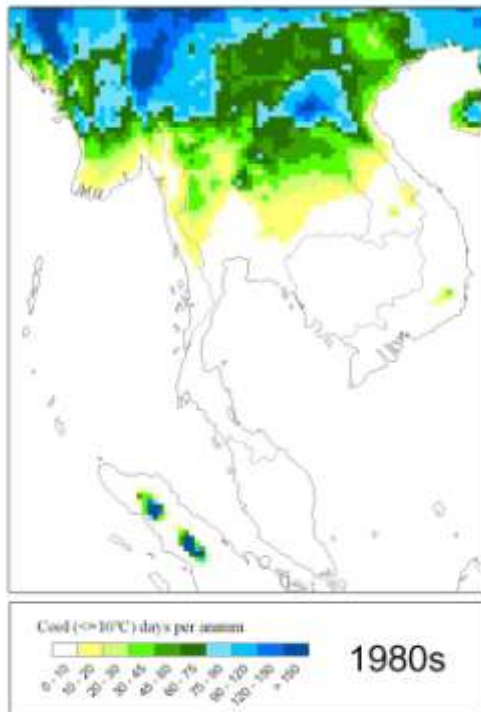
รูปที่ 17 แผนที่แสดงอุณหภูมิ
ต่ำสุดเฉลี่ยของพื้นที่ประเทศ
ไทยและพื้นที่ข้างเคียงตลอด
ช่วงศตวรรษที่ 21 ภายใต้
SRES A2



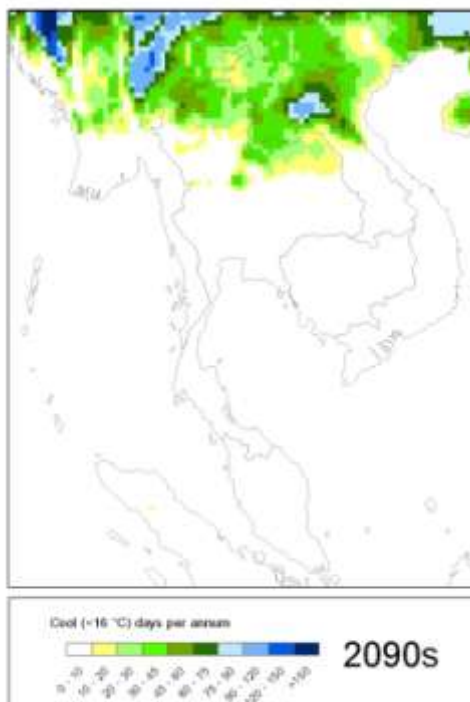
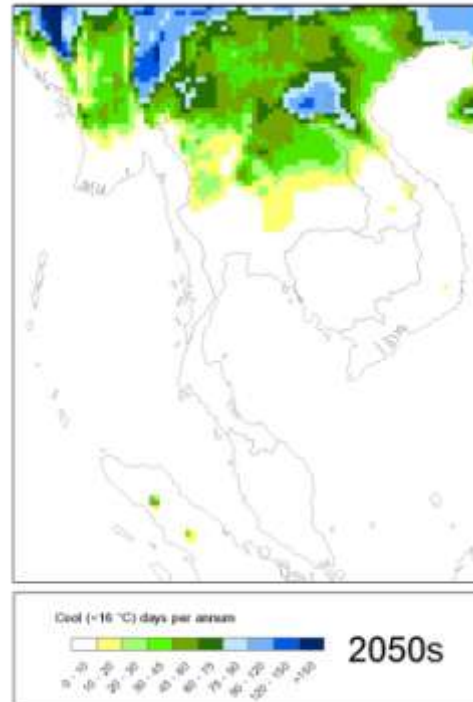
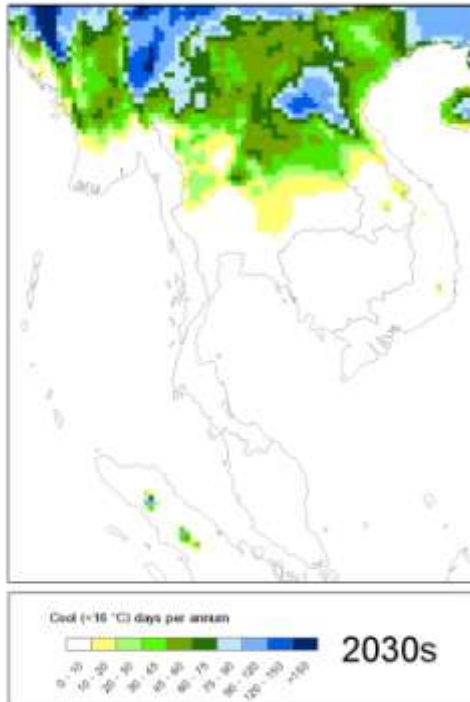
รูปที่ 18 แผนที่แสดงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของพื้นที่ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงตลอดช่วงศตวรรษที่ 21 ภายใต้ SRES B2

ระยะเวลาที่มีอากาศเย็นในรอบปี

ส่วนระยะเวลาที่มีอากาศเย็นในรอบปีนั้น พบว่าพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนมีจำนวนวันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส ยาวนานที่สุดประมาณ 2-2.5 เดือน สำหรับพื้นที่อื่นๆของประเทศไทยโดยเฉลี่ยในรอบทศวรรษแล้วมีจำนวนวันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียสไม่เกิน 10 วัน และภาพถ่ายขนาดตแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาที่มีอากาศเย็นในประเทศไทยจะลดลงในอนาคต ในช่วงต้นศตวรรษนี้ พื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนจะมีจำนวนวันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส ยาวนานที่สุดประมาณ 1-2.5 เดือน โดยยังคงมีพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส ยาวนานกว่า เดือน 2 ปรากฏให้เห็นอยู่ทางตอนบนของพื้นที่ แต่ระยะเวลาที่มีอากาศเย็นนี้จะลดสั้นลง โดยเริ่มเห็นได้ตั้งแต่ช่วงกลางศตวรรษและเห็นได้อย่างชัดเจนในช่วงปลายศตวรรษ ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ A ทั้งนี้พื้นที่ที่จะมี 2 1 อุณหภูมิต่ำกว่า 6 องศาเซลเซียส จะเหลืออยู่เพียงตามพื้นที่เทือกเขาบางแห่งเท่านั้น อย่างไรก็ตามสถานการณ์ภายใต้การเปลี่ยนแปลงแบบ B2 จะเปลี่ยนน้อยกว่า โดยบางส่วนของภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนยังคงมีระยะเวลาที่อากาศเย็นประมาณ เดือนอยู่ 1 บ้าง แต่พื้นที่ดังกล่าวก็มีแนวโน้มลดลง ดังที่จะแสดงในรูปที่ 19 - 20



รูปที่ 19 แผนที่แสดงระยะเวลา
ที่มีอากาศเย็นของพื้นที่ประเทศ
ไทยและพื้นที่ข้างเคียงตลอด
ช่วงศตวรรษที่ 21 ภายใต้
SRES A2



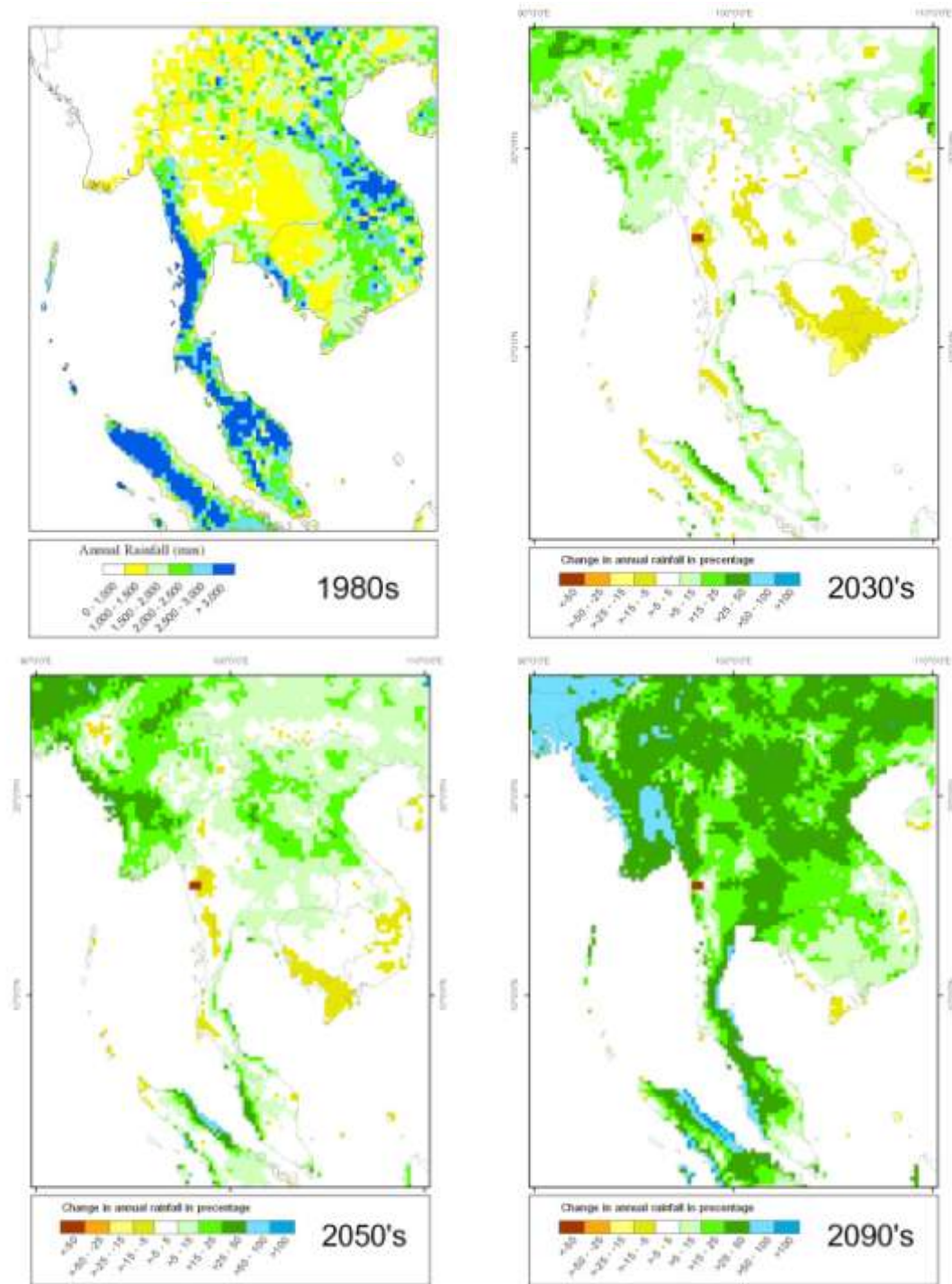
รูปที่ 20 แผนที่แสดงระยะเวลา
ที่มีอากาศเย็นของพื้นที่ประเทศ
ไทยและพื้นที่ข้างเคียงตลอด
ช่วงศตวรรษที่ 21 ภายใต้
SRES B2

ภาพถ่ายขนาดตของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายปี

จากการพิจารณาปริมาณน้ำฝนสะสมในรอบ 1 ปีเฉลี่ยในรอบทศวรรษ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่บริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง มีปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีในช่วง 1,000-1,500 มิลลิเมตร ส่วนในภาคตะวันออก มีปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีประมาณ 1,500-2,500 มิลลิเมตร และพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคใต้มีปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีมากกว่า 2,000 มิลลิเมตร และสูงมากกว่า 3,000 มิลลิเมตรในหลายพื้นที่ ผลสรุปจากภาพถ่ายขนาดตแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทั่วทุกภาคของประเทศไทยทั้งในด้านปริมาณซึ่งในช่วงปลายศตวรรษอาจเพิ่มสูงขึ้นถึงประมาณ 15-25% และ 25-50% ในหลายพื้นที่โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ภาคกลางต่อกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และนอกจากนี้ การกระจายตัวของพื้นที่ที่มีจำนวนฝนตกเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 21 - 22

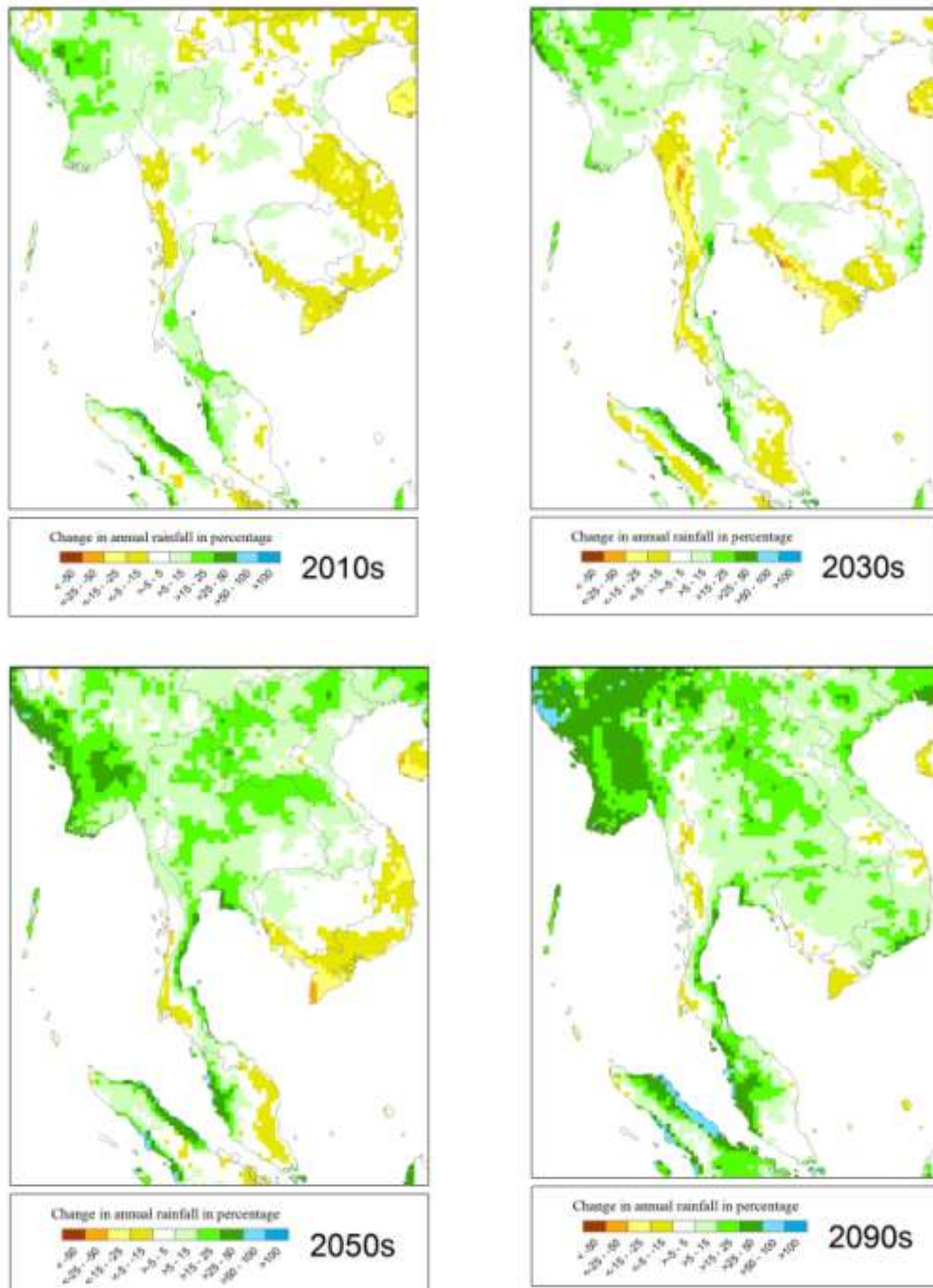
อนึ่ง เมื่อพิจารณาถึงจำนวนวันที่ฝนตกในรอบปี ซึ่งใช้เกณฑ์การพิจารณาในรายงานฉบับนี้พอให้เกิดความเข้าใจโดยสังเขป คือ วันที่มีฝนตกเกินกว่า 3 มิลลิเมตรขึ้นไป ผลสรุปจากภาพถ่ายขนาดตนี้แสดงให้เห็นว่าจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยในแต่ละปีในเกือบทุกพื้นที่ยังคงใกล้เคียงกับที่เคยเป็นมาในอดีต ซึ่งบ่งชี้ว่าความยาวนานของฤดูฝนในอนาคตน่าจะยังคงไม่เปลี่ยนแปลงไปจากที่เคยเป็นอยู่มากนัก นอกจากนี้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งอาจมีฤดูฝนยาวนานขึ้น 1-2 สัปดาห์ และภาคตะวันออกจะมีฤดูฝนยาวนานขึ้น 2-4 สัปดาห์ ซึ่งจากการที่ปริมาณฝนรายปีในอนาคตเกือบทุกพื้นที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยที่การกระจายตัวยังคงเป็นไปประมาณที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้ อาจะบ่งชี้ว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละครั้งในอนาคตจะเพิ่มสูงขึ้นหรืออาจจะเรียกได้ว่าฝนที่ตกแต่ละครั้งจะตกหนักมากขึ้นกว่าที่เป็นมาในอดีต ซึ่งหมายถึงความเสี่ยงต่อภาวะน้ำท่วมฉับพลัน น้ำหลาก และภัยธรรมชาติที่จะเกิดตามมาจากอุทกภัยอีกหลายชนิด

การจัดทำภาพถ่ายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยจากผลของแบบจำลอง
ภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS
กันยายน 2553



รูปที่ 21 แผนที่แสดงปริมาณน้ำฝนสะสมในรอบปีในช่วงทศวรรษ 1980 และการเปลี่ยนแปลง (%) ตลอดช่วงศตวรรษที่ 21 ภายใต้ SRES A2

การจัดทำภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยจากผลของแบบจำลอง
ภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS
กันยายน 2553



รูปที่ 22 แผนที่แสดงปริมาณน้ำฝนสะสมในรอบปีในช่วงทศวรรษ 1980 และการเปลี่ยนแปลง (%) ตลอดช่วงศตวรรษที่ 21ภายใต้ SRES B2

สรุป

ภาพฉายอนาคตภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงนี้ แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นทั้งกลางวันและกลางคืน โดยที่อุณหภูมิกลางวันจะเปลี่ยนแปลงมากกว่าอุณหภูมิกลางวัน อีกทั้งยังมีช่วงเวลาที่มียุณหภูมิร้อนในรอบปียาวนานมากขึ้น ซึ่งอาจอนุมานได้ว่า ฤดูร้อนยืดยาวขึ้นโดยที่ฤดูหนาวจะหดสั้นลง โดยที่ฤดูฝนมีฝนตกชุกมากขึ้น ซึ่งชุดข้อมูลตามภาพฉายอนาคตนี้ สามารถนำไปใช้ศึกษาต่อในเรื่องผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบและภาคส่วนต่างๆ ในประเทศไทย รวมถึงผลกระทบต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นข้ามขอบเขตพรมแดนของประเทศไทยด้วย เพื่อที่จะได้นำไปสู่การศึกษาถึงภาวะเสี่ยงต่อความเดือดร้อนและแนวทางการปรับตัวต่อสถานการณ์ในอนาคตต่อไป

แต่อย่างไรก็ดี ผลการจำลอง ภูมิอากาศอนาคตและการจัดทำภาพฉายอนาคตนี้ก็สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้เพียงสังเขปเท่านั้น โดยบอกถึงแนวโน้มของทิศทางและรูปแบบการเปลี่ยนแปลงภายใต้เงื่อนไขบางประการ คือ การที่ก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศมีปริมาณเพิ่มขึ้น และคำนวณการเปลี่ยนแปลงในอนาคตโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ภายใต้หลักเกณฑ์ที่เข้าใจอยู่ในปัจจุบัน ทั้งนี้การนำไป ใช้งานต่างๆ นั้น ผู้ใช้ข้อมูล จะต้องคำนึงถึงการนำไปใช้งานในบริบทของภูมิอากาศโดยมองถึงสภาพอากาศโดยรวมของช่วงระยะเวลาแต่ละช่วงที่นานพอสมควร และพิจารณาในเชิงการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับสภาพของช่วงปีฐานที่เป็นผลจากการจำลอง โดยแบบจำลอง โดยพิจารณาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงหรือความแปรปรวนของช่วงเวลาในอนาคตแต่ละช่วง ตัวอย่างเช่น การพิจารณาถึง ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิหรือปริมาณฝนของแต่ละทศวรรษ หรือ การพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในปี median year ในแต่ละรอบทศวรรษ หรือ การพิจารณาถึงจำนวนปีที่มี สภาพอากาศที่สูงหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของทศวรรษนั้น ๆ หรือพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของปีที่ร้อนที่สุดหรือปีที่มีฝนมากที่สุดในแต่ละรอบทศวรรษ เป็นต้น นอกจากนี้ ข้อควรระวังที่สำคัญในการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากผลของแบบจำลองภูมิอากาศหรือการนำผลไปใช้เพื่อการวิเคราะห์ผลกระทบต่อไป ก็คือ ค่าตัวแปรต่างๆ ที่แบบจำลองให้ผลมาเป็นรายวันในแต่ละปีนั้นไม่ใช่ปีจริงตามปฏิทิน แต่เป็นการบ่งถึงช่วงเวลาโดยประมาณในช่วงปีนั้นๆ ดังนั้นการใช้งานชุดข้อมูลนี้จะต้องคำนึงถึงบริบทของภูมิอากาศ (climate) ทั้งนี้การทำภาพฉายอนาคตนี้ไม่ใช่ว่าพยากรณ์อากาศระยะยาวดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

กิตติกรรมประกาศ

การจำลองสภาพอากาศอนาคตสำหรับประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงโดยแบบจำลองภูมิอากาศเพื่อใช้จัดทำภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการศึกษานี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากความร่วมมือด้านเทคนิคระหว่างศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast Asia START Regional Center) และ The Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research, United Kingdom ซึ่งเป็นหน่วยวิจัยทางด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศอังกฤษ โดยได้เริ่มความร่วมมือกันมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ภายใต้การสนับสนุนจาก Asia-Pacific Network for Global Change Research, British Council - Thailand และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทั้งนี้ทาง Hadley Centre ได้ให้การสนับสนุนต่อทางศูนย์เครือข่ายฯ ในด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านทางฝึกอบรมการใช้งานแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนการสนับสนุนด้าน software และชุดข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาคและระดับประเทศ

เอกสารอ้างอิง

- IPCC. (2000). Special Report on Emission Scenarios (SRES). Cambridge University Press, Cambridge.
- 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,
- Ringland, G. 2006. Scenario Planning: managing for the future. John Wiley & Sons Ltd. West Sussex, England.
- 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.

