

บทที่ 2

การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์นั้น ทำให้อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของโลกเกิดความแปรปรวนมากขึ้น ส่งผลให้เกิดสภาวะความแห้งแล้งและอุทกภัยที่เพิ่มความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะฉะนั้น การศึกษาวิจัยเพื่อคาดการณ์แนวโน้มความรุนแรงของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงและกำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศบนโลกที่ส่งผลกระทบต่อธรรมชาติทำให้วงจรอุทกเปลี่ยนแปลงไปจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก และจากการทบทวนพบการศึกษาในประเทศไทยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ คือ มีการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์การผันแปรของอุณหภูมิในประเทศไทยในช่วง 38 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 1951-1988 พบว่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงขึ้นชัดเจน และมีนัยสำคัญทางสถิติ มากกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิสูงสุด โดยเฉพาะภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงใต้ชัดเจนกว่าภาคอื่น ๆ คือ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีในช่วง ค.ศ. 1981-1988 สูงกว่าค่าปกติ $0.5-0.7^{\circ}\text{C}$ และพบว่าช่วงต้นฤดูหนาว คือ เดือนพฤศจิกายน และปลายฤดูหนาว คือ เดือนกุมภาพันธ์เป็นช่วงที่อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงขึ้นชัดเจนกว่าช่วงอื่นของปี โดยสูงกว่าปกติ $0.5-1.4^{\circ}\text{C}$ และบริเวณที่มีแนวโน้มสูงขึ้นชัดเจนส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ในประเทศไทยตอนบนมากกว่าตอนใต้ (นงศนาถ อุประสิทธิ์วงศ์, 2532) ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลฝนและอุณหภูมิผิวพื้นรายปีของประเทศไทยคาบ 39 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 1951-1989 โดยใช้วิธีคำนวณการผันแปรของค่าเฉลี่ยรายปี และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ทุก 5 ปี ของแต่ละภาค ซึ่งพบว่าตลอดคาบ 39 ปี ปริมาณฝนที่ตกในประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในขณะที่อุณหภูมิของอากาศมีแนวโน้มสูงขึ้น (วิภา รุ่งดิลกโรจน์ และสุดาพร นิมมา, 2533) และการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนและอุณหภูมिरายปีและรายเดือนในประเทศไทย จำนวน 45 สถานี ตั้งแต่ พ.ศ. 2494 – 2542 เป็นเวลา 49 ปี และใช้ cramer's test ในการทดสอบข้อมูลของแต่ละทศวรรษ ตั้งแต่ 1950, 1960, 1970, 1980 และ 1990 เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยระยะยาว 49 ปี และผลการวิเคราะห์ในทศวรรษ 1990 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฝนรายปีของประเทศไทย ส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในรอบ 49 ปี และปริมาณฝนรายเดือนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเป็นส่วนใหญ่ สำหรับแนวโน้มของปริมาณฝนที่ต่างจากค่าปกติมีแนวโน้มลดลงและต่ำกว่าค่าปกติในทุกภาค ในส่วนของอุณหภูมิพบว่าพื้นที่ประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยในรอบ 49 ปี อย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปีสูงกว่าค่าเฉลี่ยมากที่สุด 0.7°C ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงใต้ และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีสูงกว่าค่าเฉลี่ยมากที่สุด 0.7°C ในภาคกลางและภาคใต้ฝั่งตะวันตก และแนวโน้มของอุณหภูมิสูงสุด

และต่ำสุดเฉลี่ยที่ต่างจากค่าปกติในทุกภาคมีแนวโน้มสูงขึ้นและสูงกว่าค่าปกติ (ณรงค์นาถ อุประสิทธิ์ วงศ์ และ ชลาลัย แจ่มผล, 2544)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความผันแปรและแนวโน้มของฝน และอุณหภูมิในประเทศไทย จากการศึกษาจากข้อมูล 54 ปีตั้งแต่ ปี พ.ศ.2494 ซึ่งเป็นปีแรกที่มีการตรวจวัดข้อมูลจนถึง พ.ศ.2547 พบว่าอุณหภูมิของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย เป็นที่น่าสังเกตว่าปี พ.ศ.2541 ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญขนาดรุนแรง ประเทศไทยมีอากาศร้อนอบอ้าวและอุณหภูมิสูงกว่าปกติมาก โดยเฉพาะอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยสูงกว่า ปกติเกินกว่า 1 องศาเซลเซียส ส่วนปริมาณฝนและวันที่ฝนตกมีแนวโน้มลดลง ปีที่มีฝนต่ำกว่าปกติ ส่วนใหญ่สอดคล้องกับปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง (Chamnong Kaeochada, 2004)

อย่างไรก็ตาม การศึกษาในประเทศไทยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ที่พบทวนมายังไม่พบการนำผลลัพธ์จากแบบจำลอง GCM ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สามารถอธิบาย แนวโน้มลักษณะหลักๆ ของการกระจายตัวขององค์ประกอบทางภูมิอากาศที่สำคัญ เช่น ฝน อุณหภูมิ เป็นต้น บริเวณละติจูด (latitude) และลองจิจูด (longitude) ต่างๆ ในระดับโลก ได้ดีพอสมควร (Gates, 1999; Lambert and Boer, 2001) มาใช้กับวิธี downscaling เพื่อลดมาตราส่วนจากมาตรา ส่วนระดับบรรยากาศเป็นมาตราส่วนระดับลุ่มน้ำ หรือระดับสถานี เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จาก แบบจำลอง GCMS โดยปกติจะมีสเกลมากกว่า 2.0 องศา ทั้งละติจูด และลองจิจูด หรือมากกว่า 200 กิโลเมตร สำหรับละติจูดตรงกลางโลก ซึ่งหยาบเกินไปไม่สามารถให้รายละเอียดของตัวแปร ภูมิอากาศในมาตราส่วนที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในระดับลุ่มน้ำหรือระดับสถานีได้ (Xu, 1999; Prudhomme et.al., 2002)

แบบจำลองลดมาตราส่วน (downscaling) ที่สำคัญสำหรับการศึกษาผลกระทบของการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) การลดมาตราส่วนแบบพลศาสตร์ (Dynamical Downscaling; DD) และ 2) การลดมาตราส่วนทางสถิติ (Statistical Downscaling; SD) ซึ่งแต่ละประเภทอธิบายได้ ดังนี้ (Wilby and Dawson, 2007; Nguyen, 2002)

(1) การลดมาตราส่วนแบบพลศาสตร์

วิธีการลดมาตราส่วนแบบพลศาสตร์จะใช้ข้อมูลภูมิอากาศระดับภูมิภาคจากผลลัพธ์ ของแบบจำลอง GCM โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (Regional Climate Models, RCMs) มาอธิบายการกระจายขององค์ประกอบของภูมิอากาศด้วยขบวนการทางพลศาสตร์ ซึ่งสเกล พลศาสตร์ของแบบจำลองภูมิอากาศควรจะใช้ grid อยู่ในช่วงระยะ 20-50 km. (Xu, 1999) ข้อจำกัด

หลักของ RCMS คือ ต้องการการคำนวณเท่าๆ กับ GCM ที่วางตำแหน่งบนความเหมาะสมของขนาดที่ตั้งอาณาเขต จำนวนที่ทำการทดลอง และความต่อเนื่องของการจำลอง นอกจากนี้ภาพฉายที่ถูกแสดงโดย RCMS มีความอ่อนไหวต่อการเลือกขอบเขตเงื่อนไขที่ใช้เริ่มการทดลองด้วย ส่วนข้อได้เปรียบของ RCMS คือ สามารถใช้แก้ปัญหาสำหรับลักษณะบรรยากาศที่มีมาตราส่วนเล็กกว่าหรือระดับต่ำกว่า เช่น อธิบายการตกของฝนบริเวณภูเขา (Leavesley et al., 1992; Leavesley, 1994) ได้ดีกว่า GCM ดังนั้น RCMS สามารถใช้สำหรับตรวจหาผลจากปัจจัยภายนอกที่สำคัญ เช่น ผลจากระบบนิเวศวิทยาในโลก หรือ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของบรรยากาศ เป็นต้น โดยมีการพัฒนาวิธี Dynamical Downscaling เพื่อใช้ทำการศึกษได้ 3 วิธี คือ 1) Run โมเดลพื้นที่แบบจำลองด้วยข้อมูล GCM แบบขยายตามภูมิศาสตร์ 2) ทดลอง global-scale ด้วยข้อมูล GCM ที่มีความละเอียดสูง โดยใช้ค่า GCM หยาบเป็นค่าเริ่มต้น และ 3) ใช้แบบจำลอง global-scale แบบมีความละเอียดสูงกับพื้นที่ที่สนใจ (Xu, 1999; Yarnal et al., 2001; Prudhomme et al., 2002)

(2) การลดมาตราส่วนทางสถิติ

การลดมาตราส่วนทางสถิติ แบ่งย่อยได้เป็น 3 ประเภท (Xu, 1999) คือ

• Weather Typing

วิธี Weather Typing จะเกี่ยวข้องกับลักษณะของกลุ่มพื้นที่ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ โครงการสภาพอากาศสำหรับอนาคตได้ถูกสร้างขึ้น โดยอาจใช้วิธีที่เก็บตัวอย่างจากการกระจายตัวของข้อมูลที่ได้จากการสังเกต หรือการเก็บตัวอย่าง ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบของสภาพบรรยากาศโดย GCM หรืออาจใช้วิธีการสร้างลำดับของรูปแบบสภาพบรรยากาศ โดยใช้ Monte Carlo จากนั้นจึงเก็บตัวอย่างจากข้อมูลที่ได้ ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงบนพื้นฐานของ downscale จะถูกพบได้จากความเชื่อมโยงกันระหว่างสภาพอากาศที่ large scale และที่ local scale เทคนิคนี้สามารถใช้ได้กับตัวแปรทางสิ่งแวดล้อมที่หลากหลายรวมทั้ง multi-site application ด้วย อย่างไรก็ตามวิธีการจัดประเภทสภาพอากาศค่อนข้างจำกัดอยู่ในวงแคบ และล้วนขึ้นอยู่ด้วยความสัมพันธ์ระหว่างการหมุนเวียนของอากาศประจำและสภาพอากาศที่พื้นผิว และยังมีข้อจำกัดที่สำคัญอีกอย่าง คือ ความผันแปรของปริมาณฝนที่ตก เกิดจากความถี่ที่ผันแปรของรูปแบบสภาพอากาศที่ไม่ค่อยเป็นไปตามความผันแปรที่เกิดจาก GCM (Wilby et al., 2002a)

• Stochastic Weather Generation

วิธีนี้มักจะเกี่ยวกับการแก้ไขพารามิเตอร์ของการสร้างสภาพอากาศแบบดั้งเดิม เช่น WGEN (Richardson, 1981) หรือ LARS-WG (Semenov and Barrow, 1997) โดยแบบจำลอง WGEN จะจำลองลักษณะ-ของฝน โดยใช้ two-state, Markov chain ลำดับ 1 ประมาณการตกของน้ำฝนในวันที่มีฝน โดยใช้การกระจายตัวแบบ gamma จำลององค์ประกอบของอุณหภูมิและการแผ่รังสี โดยใช้ trivariate autoregression ลำดับ 1 ซึ่งเป็นเงื่อนไขของการตกของฝน โครงการสำหรับสภาพภูมิอากาศผันแปรถูกสร้างขึ้นโดยใช้ revised parameter set scaled แปรผันตรงกับ corresponding parameter change ใน GCM และจากการเปรียบเทียบทั้งสองโมเดลพบว่า LARS-WG สามารถอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของอากาศได้ดีกว่าวิธี WGEN (Semenov et al., 1998) ข้อดีของวิธีนี้ คือ สามารถสร้างสถิติของสภาพภูมิอากาศที่ได้จากการสังเกตซ้ำได้จำนวนมาก และสามารถใช้ได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ผลกระทบต่อการเกษตร นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการจัดทำวิเคราะห์ความเสี่ยง แต่ก็มีข้อเสียที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการปรับค่าพารามิเตอร์ของฝน สำหรับเงื่อนไขสภาพภูมิอากาศในอนาคตที่ไม่แน่นอน ซึ่งทำให้ไม่สามารถทำนายผลที่อาจมีต่อ secondary variable เช่น อุณหภูมิ ได้ (Wilby et al., 2002b)

• Regression

วิธีการลดมาตราส่วนบนพื้นฐานของการถดถอย ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ทำนาย local-scale และ regional scale (Yarnal et al., 2001; Prudhomme et al., 2002; Robert L. Wilby and Christian W. Dawson, 2007) การทำ downscale แต่ละครั้งจะแตกต่างกันเนื่องมาจากการเลือกใช้ function ทางคณิตศาสตร์ของการทำนาย หรือการทดสอบความเหมาะสมทางสถิติ (Wilby et al., 2002b) ปัจจุบันการถดถอยเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น โครงข่ายระบบประสาทเทียม การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ล้วนถูกใช้หาความสัมพันธ์ทาง predictor-predicted จุดแข็งคือ regression-downscaling คือเป็นการลดความสัมพันธ์ของการใช้ คู่ควบไปกับการใช้ความสัมพันธ์ของ absolute trans-scale โดยมีจุดอ่อน คือ ตัวแบบจำลองมักจะอธิบายได้เกี่ยวกับสัดส่วนของสภาพภูมิอากาศที่ผันแปรเท่านั้นโดยเฉพาะอนุกรมของฝน โดยปกติแล้วใช้การจัดประเภทสภาพอากาศและ regression-based downscale จะมีการอ่อนไหวสูงต่อการเลือกใช้ predictor variable และ function ทางสถิติ นอกจากนี้ยังเกิดปัญหาในการใช้งานในอนาคตเนื่องจากวิธีการดังกล่าว มีแนวโน้มเข้าสู่ขอบเขตของชุดข้อมูล

แบบจำลองวิธี DD และ วิธี SD สามารถนำเสนอลักษณะต่างๆ ไป ของภูมิอากาศสำหรับ
 ลุ่มน้ำได้ แต่ลักษณะของภูมิอากาศที่ได้ก็ยังมีคลาดเคลื่อน (biases) เมื่อนำไปเทียบเคียงกับ
 ข้อมูลที่มี อย่างไรก็ตามในคู่มือการใช้แบบจำลอง SDSM version 4.1 (Robert L. Wilby and
 Christan W. Dawson, 2007) ได้เปรียบเทียบจุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลองวิธี DD และ วิธี SD
 ไว้ดังนี้ (ดูตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1

จุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลองลดมาตราส่วนทางสถิติและพลศาสตร์

แบบจำลองลดมาตราส่วนทางสถิติ	แบบจำลองลดมาตราส่วนพลศาสตร์
จุดเด่น -ลดมาตราส่วนลงมาที่สถานีที่ต้องการได้ โดยใช้ผลลัพธ์จาก GCM มาลดสเกลได้โดยตรง -มีความละเอียดสูง, มีค่าใช้จ่ายในการคำนวณต่ำ -ผลลัพธ์สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนและความเสี่ยงได้ -ยืดหยุ่นต่อการนำไปปรับใช้	- ข้อมูลความละเอียด 10-50 km. ใช้ผลลัพธ์ของ GCM ได้ -มั่นคงทางกายภาพต่อปัจจัยภายนอกอื่นๆ -ใช้วิเคราะห์ขบวนการของบรรยากาศ เช่น ขบวนการที่ทำให้ภูมิศาสตร์ภูเขาเปลี่ยนไป -ผลที่ได้มีความสอดคล้องกับ GCM
จุดด้อย -ขึ้นกับลักษณะที่เป็นจริงของการกำหนดขอบเขตของ GCM -การเลือกขนาดและที่ตั้งอาณาเขตมีผลต่อผลลัพธ์ที่ได้ -ต้องการข้อมูลคุณภาพสูงสำหรับเปรียบเทียบแบบจำลอง -ความสัมพันธ์ของการทำนายมักจะไม่คงที่ -การเลือกตัวแปรที่ใช้ทำนายมีผลต่อผลที่ทำนาย -การเปลี่ยนแปลงแผนการจะมีผลต่อผลลัพธ์ -มีปัญหาเมื่อสภาพภูมิศาสตร์มีการผันแปรต่ำ -มักใช้กรอบระบบ GCM ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่เป็นชุดของ GCM	-ขึ้นกับลักษณะที่เป็นจริงของการกำหนดขอบเขตของ GCM -การเลือกขนาดและที่ตั้งอาณาเขตมีผลต่อผลลัพธ์ที่ได้ -ต้องการแหล่งข้อมูลในการคำนวณที่มีระดับนัยสำคัญ -ผลของสภาพภูมิอากาศที่ได้มักจะสอดคล้องกัน -เงื่อนไขเริ่มต้นของขอบเขตมีผลต่อผลลัพธ์ -การเลือกแผนการนำพากลุ่มเมฆมีผลต่อผลลัพธ์ -ไม่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนแปลงอาณาเขตใหม่ -มักใช้กรอบระบบ GCM ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่เป็นชุดของ GCM

ที่มา: คู่มือการใช้แบบจำลอง SDSM version 4.1 (Robert L. Wilby and Christan W. Dawson, 2007)

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าวิธี SD มีข้อได้เปรียบเหนือวิธี DD ในการนำไปใช้งานอยู่หลายประการ คือ มีความยืดหยุ่นต่อการนำไปปรับใช้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของปัญหาต่างๆ มีค่าใช้จ่ายในการคำนวณต่ำ และผลลัพธ์ที่ได้นำไปใช้ในการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนและความเสี่ยงได้ (Yarnal et al., 2001)

แบบจำลอง SD ที่นิยมใช้ ได้แก่ แบบจำลอง SDSM (Wilby et al., 2002; Nguyen, 2002; Yarnal et al., 2001) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นแบบจำลองนี้ให้ดาวนโหลดได้ฟรี มีความละเอียดสูง และใช้ผลลัพธ์จากแบบจำลองการหมุนเวียนภูมิอากาศ (general circulation models, GCMs) มาลดสเกลโดยตรง ในขณะที่แบบจำลอง SD ส่วนใหญ่มักจะจำกัดการใช้งานเฉพาะนักวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านนี้เพื่อการพัฒนาการวิจัย ในปัจจุบันถึงแม้ว่าจะมีโปรแกรมฟรีอื่นๆ เหมือนกับแบบจำลอง SDSM แต่โปรแกรมเหล่านี้ก็ยังไม่ค่อยได้รับความนิยม เนื่องจากคำตอบที่ได้ยังมีสเกลที่หยাবเกินไปทั้งด้านเวลา (temporally) และพื้นที่ (spatially) ส่วนแบบจำลองทางสถิติสำหรับสังเคราะห์ภูมิอากาศ (stochastic weather generators) ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในกลุ่มนักวิจัยทางด้านอุทก เช่น WGEN (Richardson, 1981) และ LARS-WG (Semenov and Barrow, 1997) เป็นต้น ก็ไม่ได้ใช้ผลลัพธ์จากแบบจำลอง GCM โดยตรงในกระบวนการสร้างภาพฉาย (scenario) ของสภาพอากาศในอนาคต ซึ่งต่างจากแบบจำลอง SDSM

ผลจากการทบทวนเอกสารได้แสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง SDSM เป็นแบบจำลองลดมาตราส่วนทางสถิติที่ได้รับการยอมรับให้ใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะสามารถลดมาตราส่วนจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศระดับโลกลงมาเป็นระดับสถานีได้โดยตรง อีกทั้งยังเป็นแบบจำลองที่ดาวนโหลดได้ฟรีอีกด้วย ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จะพัฒนาแบบจำลอง SDSM สำหรับคาดการณ์อุณหภูมิที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ดังจะได้อธิบายไว้ในบทที่ 4