บทที่ 2

การทบทวนเอกสาร

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผันแปรและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศกำลังเป็นปัญหาสำคัญในปัจจุบัน ซึ่งองค์กรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในระดับประเทศ และนานาชาติ ต่างให้ความสนใจและตระหนักถึงความสำคัญ และความจำเป็น ในเรื่องที่ภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาปริมาณฝนที่ลดลงในบางพื้นที่ หรือมีฝนเพิ่มขึ้นมาก การติดตามสถานการณ์ฝน และอุณหภูมิ ที่มีการเปลี่ยนแปลง รวมทั้งการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ทราบลักษณะการผันแปรและแนวโน้มของข้อมูล จึงเป็นสิ่งจำเป็นและมีประโยชน์ในการใช้เป็นพื้นฐาน เพื่อประกอบการพิจารณาหรือวางแผนเพื่อรับมือกับปัญหา และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (นงค์นาถ อู่ประสิทธิ์วงศ์ ,2544) ในประเทศไทยนั้น นงค์นาถ อู่ประสิทธิ์วงศ์ (2532) ได้วิเคราะห์การผันแปรของอุณหภูมิในประเทศไทยในช่วง 38 ปี ตั้งแต่ ค.ศ . 1951-1988 พบว่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงขึ้นชัดเจน และมีนัยสำคัญทางสถิติ มากกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิสูงสุด โดยเฉพาะภาคกลางและภาคตะวันออกเห็นได้ชัดเจนกว่าภาคอื่น ๆ คือ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีในช่วง ค.ศ .1981-1988 สูงกว่าค่าปกติ 0.5-0.7 $^{\circ}$C และพบว่าช่วงต้นฤดูหนาว คือ เดือนพฤศจิกายน และปลายฤดูหนาว คือ เดือนกุมภาพันธ์เป็นช่วงที่อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงขึ้นชัดเจนกว่าช่วงอื่นของปี โดยสูงกว่าปกติ 0.5-1.4 $^{\circ}$C และบริเวณที่มีแนวโน้มสูงขึ้นชัดเจนส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ในประเทศไทยตอนบนมากกว่าตอนใต้ ส่วน วิภา รุ่งดิลกโรจน์ และคณะ (2533)ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลฝนและอุณหภูมิผิวพื้นรายปีของประเทศไทยคาบ 39 ปี ตั้งแต่ ค.ศ .1951-1989 โดยใช้วิธีคำนวณการผันแปรของค่าเฉลี่ยรายปี และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ทุก 5 ปี ของแต่ละภาคพบว่าตลอดคาบ 39 ปี ปริมาณฝนที่ตกในประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในขณะที่อุณหภูมิของอากาศมีแนวโน้มสูงขึ้น นอกจากนี้ นงค์นาถ อู่ประสิทธิ์วงศ์ และคณะ(2544) ยังได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนและอุณหภูมิรายปีและรายเดือนในประเทศไทย จำนวน 45 สถานี ตั้งแต่ พ.ศ 2494 .– 2542 เป็นเวลา 49 ปี และใช้ cramer's test ในการทดสอบข้อมูลของแต่ละทศวรรษ ตั้งแต่ 1980 ,1970 ,1960 ,1950 และ 1990 เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยระยะยาว 49 ปี และผลการวิเคราะห์ในทศวรรษ 1990 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฝนรายปีของประเทศไทย ส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในรอบ 49 ปี และปริมาณฝนรายเดือนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเป็นส่วนใหญ่ สำหรับแนวโน้มของปริมาณฝนที่ต่างจากค่าปกติมีแนวโน้มลดลงและต่ำกว่าค่าปกติในทุกภา ในส่วนของอุณหภูมิพบว่า

พื้นที่ประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยในรอบ 49 ปี อย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปีสูงกว่าค่าเฉลี่ยมากที่สุด 0.7 °C ในภาคกลางและภาคตะวันออก และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีสูงกว่าค่าเฉลี่ยมากที่สุด 0.7 °C ในภาคกลางและภาคใต้ฝั่งตะวันตก และแนวโน้มของอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดเฉลี่ยที่ต่างจากค่าปกติในทุกภาคมีแนวโน้มสูงขึ้นและสูงกว่าค่าปกติ ส่วน จำนง แก้วชะฎา (2544) ได้ทำการศึกษาความผันแปรและแนวโน้มของฝนและอุณหภูมิในประเทศไทยจากข้อมูล 54 ปีตั้งแต่ ปี พ.ศ.2494 ซึ่งเป็นปีแรกที่เริ่มมีการตรวจวัดข้อมูลจนถึง พ.ศ.2547 พบว่าอุณหภูมิของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย เป็นที่น่าสังเกตว่าปี พ.ศ.2541 ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญขนาดรุนแรง ประเทศไทยมีอากาศร้อนอบอ้าวและอุณหภูมิสูงกว่าปกติมาก โดยเฉพาะอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยสูงกว่าปกติเกินกว่า 1 องศาเซลเซียส. ส่วนปริมาณฝนและวันที่ฝนตกมีแนวโน้มลดลง ปีที่มีฝนต่ำกว่าปกติส่วนใหญ่สอดคล้องกับปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง จากการทบทวนการศึกษาต่างๆ เห็นได้ว่าประเทศไทยได้มีการตื่นตัวสำหรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดขึ้น การศึกษาส่วนใหญ่เป็นการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาวิเคราะห์คาดการณ์แนวโน้มการเกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ แต่ยังไม่มีการศึกษาใดที่ทำการศึกษาการทำนายการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโดยการสร้างภาพฉาย ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในการสร้างภาพฉายก็คือแบบจำลอง GCMs

สำหรับแบบจำลอง GCMs ที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปในการอธิบายสภาพภูมิอากาศในระดับโลกนั้น Russell et al. ,1989 ได้ทำการศึกษาแบบจำลองการหมุนเวียนทั่วไปเกี่ยวกับบรรยากาศ(GCM) GCM สามารถถูกใช้เพื่อคำนวณน้ำผิวดินบนแม่น้ำส่วนใหญ่ของโลก แม่น้ำนั้นมีความสำคัญต่อวิเคราะห์สำหรับ แบบจำลองภูมิอากาศตามฤดูกาล ดังนั้นแบบจำลองน้ำผิวดินมีประโยชน์สำหรับวงจรของน้ำ แบบจำลองเกี่ยวกับบรรยากาศทั่วโลกของถูกใช้เพื่อคำนวณน้ำผิวดินสำหรับแม่น้ำส่วนใหญ่ของโลก และ Xu(1999) ได้ทำการศึกษาการไหลเวียนในแม่น้ำจากGCM และยังแนะนำให้ใช้วิธีการลดมาตราส่วน โดยจะ ศึกษาเกี่ยวกับวงจรอุทกที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอากาศตาม Wilby et al. (1998) ได้ทำการศึกษา การเปรียบเทียบการลดสัดส่วน และ ผลลัพธ์ ของGCM เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอากาศตามฤดูกาล ในลุ่มน้ำ San Juan , Colorado เหตุผลมูลฐาน สำหรับ การลดสัดส่วน ของทดลองการเปลี่ยนแปลงอากาศตามฤดูกาลจากแบบจำลอง GCMs คือ พื้นฐานไม่เพียงพอสำหรับการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนอากาศตามฤดูกาลของภูมิภาคนี้ เพราะว่าความละเอียดของ GCMs หยาบเกินไปที่จะแยกวิเคราะห์ย่อย ส่วน Tripathi et al .(2005) ได้ทำการศึกษาการลดสัดส่วนของการเร่งให้เกิดขึ้นสำหรับภาพฉายการเปลี่ยนแปลงอากาศตามฤดูกาล แบบจำลองอากาศตามฤดูกาลที่มีผลกระทบในการศึกษาเกี่ยวกับอุทก คือ GCMs ใช้ในการหาการเปลี่ยนแปลงอากาศตามฤดูกาลอนาคตที่คะเน แต่แบบจำลองกระทำบนสเกลหยาบ เพราะฉะนั้น ผลลัพธ์ จาก

GCM จะต้อง ทำการลดสัดส่วน โดย SVM จะทำการปรับการลดสัดส่วนให้เข้าใกล้ความถูกต้องตาม การลดสัดส่วน SVM -บนพื้นฐาน DM จะประยุกต์ใช้ในการทำนายอนาคตของอากาศตามฤดูกาลจาก แบบจำลองCGCM2 ผลลัพธ์ต่อมาที่วิเคราะห์ที่จะประเมินการผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอากาศ ตามฤดูกาลตอนบนของประเทศอินเดีย ถูกแสดงว่า SVMs เหมาะสมสำหรับอากาศตามฤดูกาลต่อ ผลกระทบการศึกษา ส่วน Koo et al. (2006) ได้ทำการศึกษาการประเมินทรัพยากรน้ำ บนการ เปลี่ยนแปลงอากาศตามฤดูกาลที่ผลกระทบเหนือสันปันน้ำของประเทศเกาหลีจุดประสงค์ของ การศึกษานี้ เพื่อจะทำการวิเคราะห์แนวโน้มระยะยาวของทรัพยากรน้ำ โดยการเปลี่ยนแปลงอากาศ ตามฤดูกาลที่ผลกระทบในอ่างของประเทศเกาหลี แบบจำลองที่การเลือกใช้คือแบบจำลอง PRMS ที่ พัฒนาโดย USGS และภายใต้ภาพฉาย A2 สำหรับอากาศตามฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงเหนือคาบสมุทร เกาหลี ในอนาคตอีก30ปีข้างหน้า โดยใช้ GCM กับแบบจำลองดังกล่าว ซึ่ง GCM จะมีกริดขนาดใหญ่ จึงใช้ที่จะต้องใช้เทคนิค downscaling เข้ามาช่วย ส่วน Kidson and Thompsorn(1988) ได้ ทำการศึกษา การเปรียบเทียบของเกี่ยวกับสถิติและแบบจำลอง-พื้นฐานของเทคนิคการลดมาตราส่วน สำหรับการคะเนการเปลี่ยนแปลงอากาศตามฤดูกาลโดยข้อดีของเทคนิคแบบจำลองเกี่ยวกับสถิติและ แห่งภูมิภาค สำหรับการลดมาตราส่วน GCM ที่ลอยเหนือ New Zealand ซึ่งเป็นประเทศที่เต็มไปด้วย ภูเขาเล็กๆ ที่ล้อมรอบด้วยมหาสมุทร ผลลัพธ์ของวิธีทั้งสองให้มีความสามารถใกล้เคียงกัน ซึ่ง เปรียบเทียบจากการคะเนสถานีประจำวันและทุกเดือน รายปี ของอุณหภูมิและฝน โดยเทคนิคเกี่ยวกับ สถิติจะได้เปรียบกว่านิดหน่อยตรงที่ว่าต้องการเงื่อนไขในการคำนวณน้อยกว่า ส่ว Mearns et al.,(1999)ได้ทำการศึกษา เปรียบเทียบแบบจำลองRCMและ SD ใต้การสร้างภาพฉาย จากทดลอง แบบจำลองRCM และ SD แบบจำลองทั้งคู่จะทำการแปลงข้อมูลมาจาก GCMs ผลการเปรียบเทียบ ปรากฏว่า RCM มีความแปรปรวนกว่าSD เนื่องจากRCM มีขนาดสเกลที่ใหญ่กว่าแล้วยังใช้ทรัพยากร ในการคำนวณสิ้นเปลืองอีกด้วย

แบบจำลองSD ก็มีด้วยกันหลายแบบจำลอง อย่างเช่น Semenov and Barrow,1997 ได้ ทำการศึกษา การเปรียบเทียบของ WGEN และ LARS - WG การทดสอบทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบ ความหลากหลายของลักษณะ อากาศของการเฝ้าสังเกตและข้อมูลอากาศสังเคราะห์ที่ได้มา ปรากฏว่า การสังเคราะห์อากาศของ LARS - WG มีความซับซ้อนมากกว่า ส่วน Nguyen ,2002 ได้ทำการ เปรียบเทียบวิธี SD ที่นิยมใช้มี 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลอง LARS-WG และแบบจำลอง SDSM โดย ใช้แบบจำลองทั้งสองในการหาสภาพอากาศรายวันใน Quebec ประเทศแคนนาดาพบว่าทั้งสอง แบบจำลองสามารถอธิบายคุณสมบัติทางสถิติของสภาพอากาศรายวันได้ดีโดยเฉพาะหาค่าอุณหภูมิ สูงสุดรายวัน แต่แบบจำลอง LARS-WGไม่ได้ใช้ผลลัพธ์จาก GCM โดยตรง ในกระบวนการสร้างภาพ ฉายของสภาพอากาศในอนาคต

2.2 แบบจำลองการลดมาตราส่วน

การลดมาตราส่วนที่ใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบันมี 2 ประเภท คือ ประเภทลดสเกลแบบพลศาสตร์ (dynamical downscaling, DD) และประเภทการสเกลทางสถิติ (statistical downscaling, SD)

2.1 แบบจำลองชนิด DD

วิธีการลดมาตราส่วนแบบพลศาสตร์จะใช้ข้อมูลภูมิอากาศระดับภูมิภาคจากผลลัพธ์ของแบบจำลอง GCM โดยใช้แบบจำลอง RCMs มาอธิบายการกระจายขององค์ประกอบของภูมิอากาศด้วยขบวนการทางพลศาสตร์ ซึ่งสเกลพลศาสตร์ของแบบจำลองภูมิอากาศจะใช้ grid อยู่ในช่วงระยะ 20-50 km. ข้อจำกัดหลักของ RCMs คือต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงสำหรับการคำนวณ ส่วนข้อได้เปรียบของ RCMs คือ สามารถใช้สำหรับตรวจหาผลจากปัจจัยภายนอกที่สำคัญ เช่น ผลจากระบบนิเวศวิทยาในโลก หรือ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของบรรยากาศ เป็นต้น (Wilby and Parson,2004)

2.2 แบบจำลองชนิด SD

แบบจำลองชนิดนี้ยังแบ่งออกเป็นชนิดย่อยๆดังนี้

2.2.1 weather typing

วิธี Weather Typing จะเกี่ยวข้องกับลักษณะของกลุ่มพื้นที่ ข้อมูลทางอุตุในระดับท้องถิ่นจะที่มีความสำคัญกับรูปแบบของการหมุนเวียนของบรรยากาศ ภาพฉายสภาพอากาศสำหรับอนาคตจะถูกสร้างขึ้นโดยการสุ่มของชุดข้อมูลที่สอดคล้องกัน GCMsหรือจากทำการสุ่มด้วยชุดข้อมูลการสังเคราะห์ การลดสเกลจะความเชื่อมโยงกันระหว่างสภาพอากาศ ข้อดีสำหรับวิธีนี้คือสามารถใช้ได้กับตัวแปรทางสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย และไม่มีข้อจำกัดในเรื่องหลายสถานี อย่างไรก็ตามวิธีการจัดประเภทสภาพอากาศค่อนข้างจำกัดอยู่ในวงแคบเนื่องจากไม่สามารถใช้งานกับการลดสเกลของภัยพิบัติได้ข้อจำกัดที่ร้ายแรงที่สุดคือการเปลี่ยนแปลงฝนกับบรรยากาศไม่ค่อยถูกต้องกับการเปลี่ยนแปลงที่ได้มาจาก GCMs (Wilby and Parson,2004)

2.2.2. stochastic weather generation

วิธีการลดมาตราส่วนทางสถิติโดยทั่วไปเป็น การหาพารามิเตอร์ของแบบจำลองบรรยากาศที่ยอมรับและใช้กันอยู่ทั่วไปภาพฉายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถูกสร้างโดยใช้ชุดของพารามิเตอร์ที่ถูกปรับแก้ให้สอดคล้องกับผลลัพธ์ของ GCMs ข้อดีของแบบจำลองคือสามารถที่จะ

รักษาค่าทางสถิติของข้อมูลภูมิอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเกษตรกรรม ยิ่งไปกว่านั้นแบบจำลองชนิดนี้ยังสามารถที่จะให้สถานะภาพฉายของลำดับเวลาขนาดใหญ่ สำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยง ข้อเสียก็คือไม่ค่อยรักษาความแปรปรวนของข้อมูลในหลายช่วงเวลาตั้งแต่ฤดูการไปจนถึงรายปี 10 ปี (Wilby and Parson, 2004)

2.2.3 transfer functions

วิธีการลดมาตราส่วนบนพื้นฐานของการถดถอย จะขึ้นอยู่กับความผันแปรของข้อมูลระหว่างตัวแปรตามระดับท้องถิ่น กับตัวแปรอิสระระดับภูมิภาค สามการถดถอยมี 2 แบบด้วยกันคือ สมาการเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น โครงข่ายระบบปราสาทเทียม จะใช้สัมประสิทธิ์สำคัญ ใช้องค์ประกอบในการวิเคราะห์ ข้อดีหลักๆคือมันใช้งานง่าย แต่ข้อเสียคือข่อยครั้งที่แบบจำลองไม่สามารถอธิบายความแปรปรวนข้อมูลภูมิอากาศได้ทั้งหมดโดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุกรมเวลา สมมุติฐานอื่นๆ ของแบบจำลองก็คล้ายๆ กับแบบจำลอง Weather Typing แบบจำลองนี้จะสมสุติว่าพารามิเตอร์ที่ใช้มีความถูกต้องกับเงื่อนไขภูมิอากาศในอนาคต และการลดสเกลจะมีความไหวกับกับตัวแปรอิสระและฟังก์ชั่นที่ใช้ ยิ่งไปกว่านั้นการใช้วิธีนี้ก็ยังไม่ให้ภัยพิบัติของภูมิอากาศในอนาคต ยังให้แต่ค่าเฉลี่ย เพราะว่าขบวนการภัยพิบัติต่างๆอยู่นอกข้อมูล (Wilby and Parson, 2004)

ตารางที่ 2.1

ข้อดีและข้อด้อยของแบบจำลอง statistical downscaling และ dynamical downscaling

	statistical downscaling	dynamical downscaling
ข้อดี	-ลดมาตราส่วนลงมาที่สถานีที่ต้องการได้โดยใช้ผลลัพธ์จากGCMมาลดสเกลได้โดยตรง -มีความละเอียดสูงมีค่าใช้จ่ายในกาคำนวณต่ำ -ผลลัพธ์สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนและความเสี่ยงได้ -ยืดหยุ่นต่อการนำไปปรับใช้	-ข้อมูลความละเอียด 10-50 km. ใช้ผลลัพธ์ของ GCM ได้ -มั่นคงทางกายภาพต่อปัจจัยภายนอกอื่นๆ -ใช้วิเคราะห์ขบวนการของบรรยากาศ เช่น ขบวนการที่ทำให้ภูมิศาสตร์ภูเขาเปลี่ยนไป -ผลที่ได้มีความสอดคล้องกับ GCM
ข้อด้อย	-ขึ้นกับลักษณะที่เป็นจริงของการกำหนดขอบเขตของ GCM -การเลือกขนาดและที่ตั้งอาณาเขตมีผลต่อผลลัพธ์ที่ได้ -ต้องการข้อมูลคุณภาพสูงสำหรับปรับเทียบแบบจำลอง -ความสำคัญของการทำนายมักจะไม่คงที่ -การเลือกตัวแปรที่ใช้ทำนายมีผลต่อผลที่ทำนาย -การเปลี่ยนแปลงแผนการจะมีผลต่อผลลัพธ์ -มีปัญหาเมื่อสภาพภูมิศาสตร์มีการผันแปรต่ำ -มักใช้นอกระบบ GCM ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่เป็นชุดของ GCM	-ขึ้นกับลักษณะที่เป็นจริงของการกำหนดขอบเขตของ GCM -การเลือกขนาดและที่ตั้งอาณาเขตมีผลต่อผลลัพธ์ที่ได้ -ต้องการแหล่งข้อมูลในการคำนวณที่มีระดับนัยสำคัญ -ผลของสภาพภูมิอากาศที่ได้มักจะไม่สอดคล้องกัน -เงื่อนไขเริ่มต้นของขอบเขตมีผลต่อผลลัพธ์ -การเลือกแผนการนำพากลุ่มเมฆมีผลต่อผลลัพธ์ -ไม่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนแปลงอาณาเขต-ใหม่ -มักใช้นอกระบบ GCM ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่เป็นชุดของ GCM

ที่มา: Wilby and Parson, 2004

จากการการทบทวนการศึกษาต่างๆ เห็นได้ว่าแบบจำลอง SD มีความยืดหยุ่นในการนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายกว่า และยังมีความละเอียดสูงกว่าแบบจำลอง DD และ แบบจำลอง SD ที่นิยมใช้กันก็คือแบบจำลอง SDSM ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการคำนวณที่ถูกกว่าและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้วิเคราะห์ผลลัพธ์ สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนและความเสี่ยงได้ด้วย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จะทำการพัฒนาแบบจำลอง SDSM (SDSM-HadCM3A2 และ SDSM-HadCM3B2) และ เพื่อทำการประยุกต์แบบจำลอง SDSM ที่ได้ ไปใช้ในการคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา(ซี-มูล)