

2) ปริมาณน้ำฝนสะสม

ผลการศึกษาพฤติกรรมการเกิดซ้ำที่คาบการเกิด 1 ปี ในช่วงปีฐานของข้อมูล ปริมาณฝนสะสมจากข้อมูลการตรวจวัดจริงมีพฤติกรรมค่อนข้างชัดเจน มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ประมาณตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 และจากข้อมูลภูมิอากาศโลก CGCM2 พฤติกรรมที่คาบการเกิดซ้ำ 1 ปี มีความชัดเจนเช่นกัน ดังหัวข้อ 7.2.3 ที่กล่าวมาแล้ว

เมื่อเทียบสัดส่วนข้อมูลจากแบบจำลอง CGCM2 กับข้อมูลตรวจวัดจริง (Ratio) พบว่ามีความชัดเจนของพฤติกรรมที่คาบการเกิดซ้ำ 1 ปี พฤติกรรมไม่สม่ำเสมอ แต่รูปแบบของ พฤติกรรมค่อนข้างสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดจริง ส่วนข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิง สถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD มีความชัดเจนของพฤติกรรมที่คาบการเกิดซ้ำ 1 ปีเช่นกัน และข้อมูล ค่อนข้างสม่ำเสมอว่าการ Ratio และมีความสอดคล้องกับข้อมูลภูมิอากาศโลก แต่รูปแบบพฤติกรรม ค่อนข้างต่างจากข้อมูลตรวจวัด

ข้อมูลจากแบบจำลอง HadCM3 เมื่อวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จาก แบบจำลอง ASD พบคาบการเกิดซ้ำที่ 1 ปี ชัดเจนและมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมประมาณปี ค.ศ. 2040 ทั้ง 2 สมมติฐาน แสดงพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน ของสถานี 459201 ชลบุรี ประกอบด้วยข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูลที่ผ่านการ วิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD ดังรูปที่ 7-16

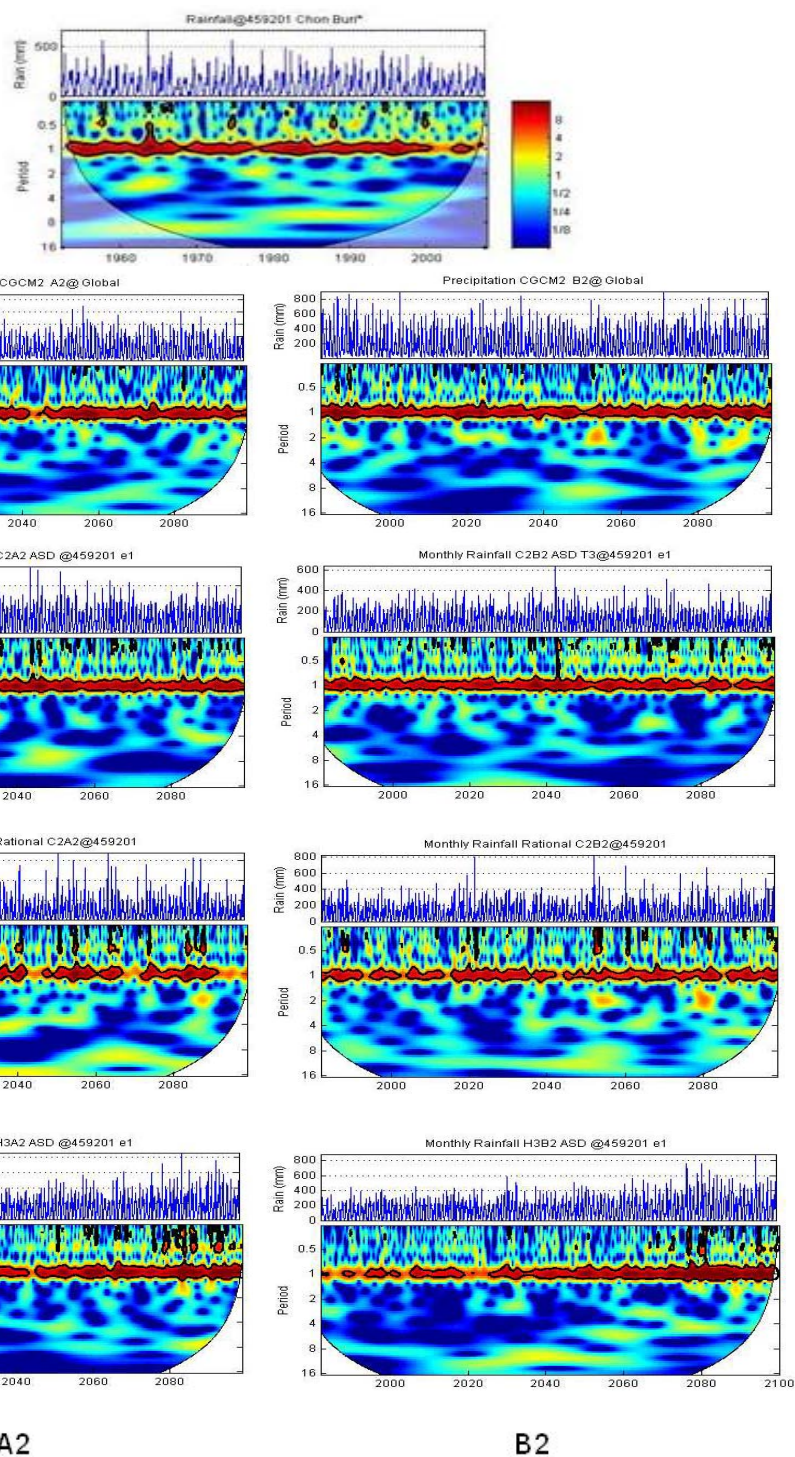
ข้อมูลตรวจวัด

CGCM2

Ratio: CGCM2

ASD: CGCM2

ASD: HadCM3

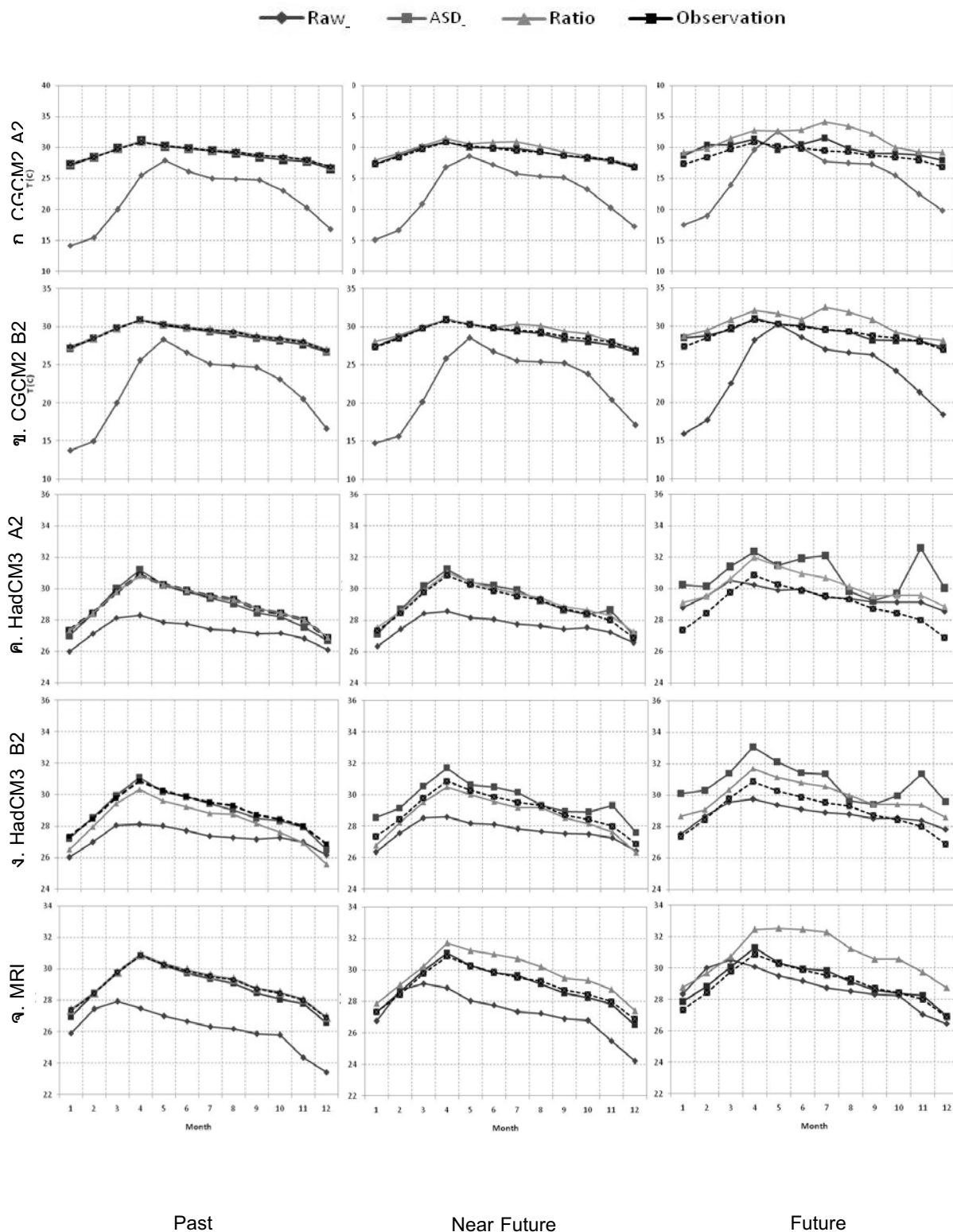


รูปที่ 7-16 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนของสถานี 459201 ชลบุรี ข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD

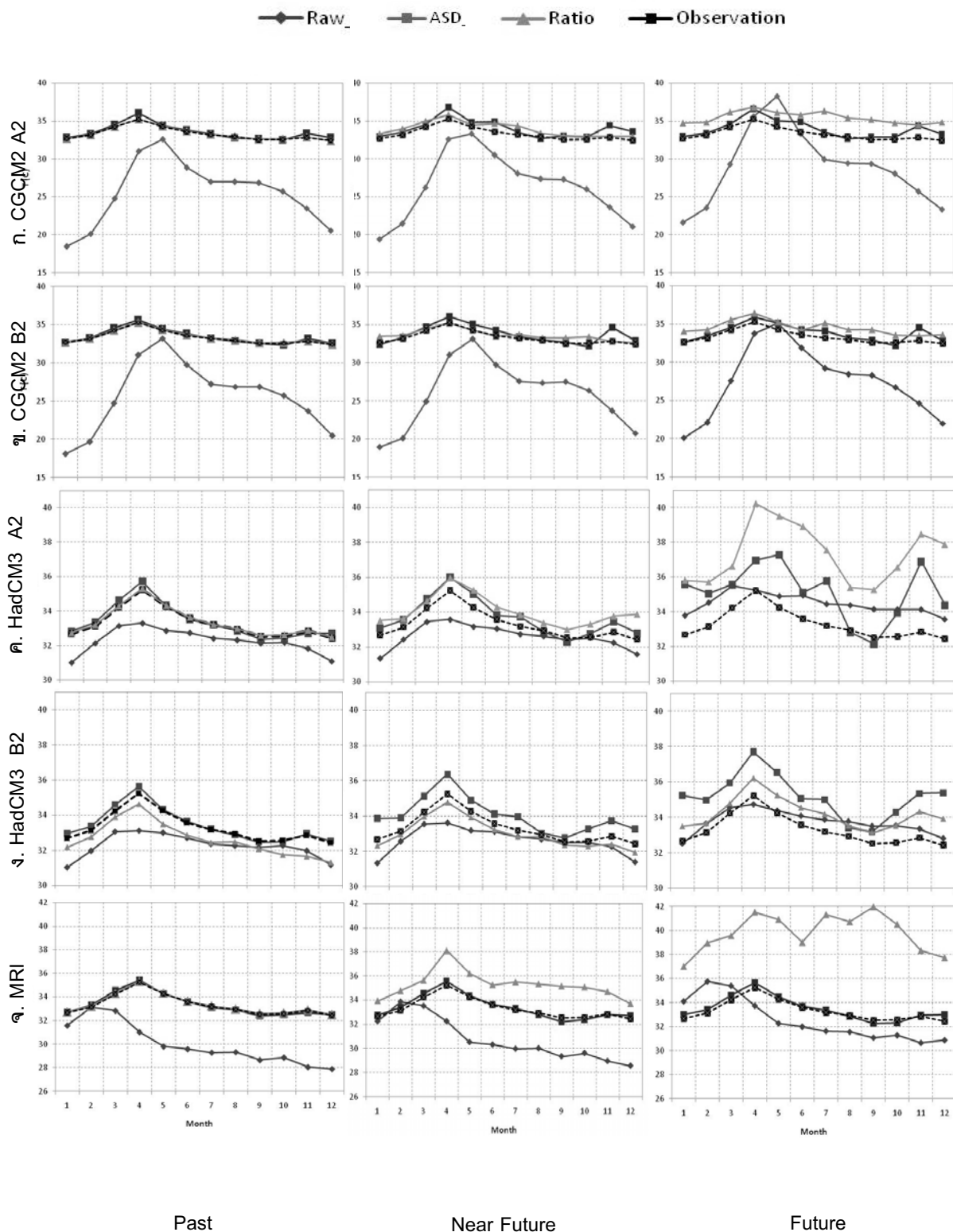
7.3.4 การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน

1) อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด

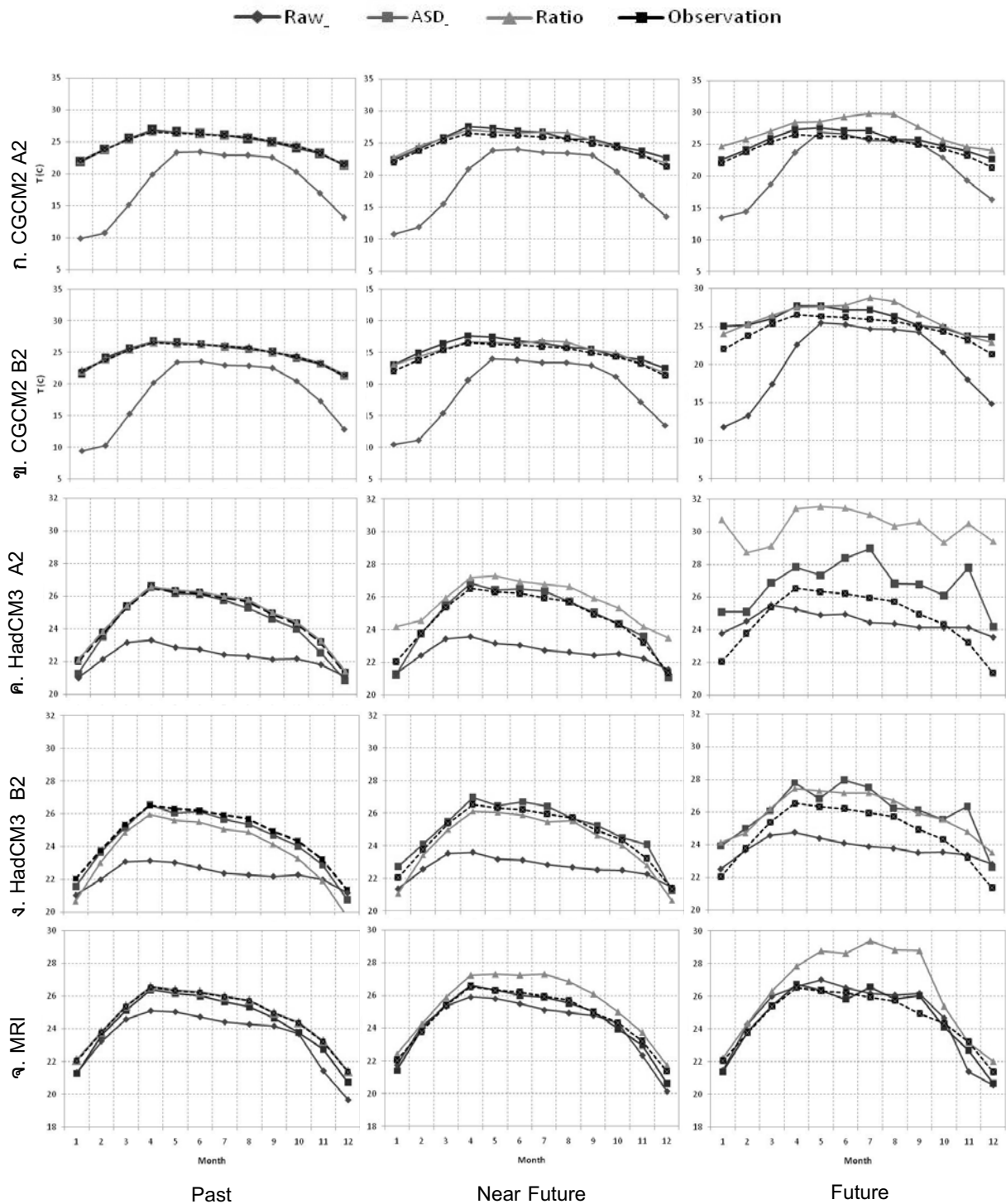
จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายเดือนอุณหภูมิจากข้อมูลภูมิอากาศโลก ข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD จากข้อมูลแบบจำลอง CGCM2 HadCM3 และ MRI พบว่าทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มอุณหภูมิในอนาคตเพิ่มขึ้นทั้ง 2 สมมติฐาน โดยข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD ในข้อมูลทุกแบบจำลองสามารถแสดงผลของค่าเฉลี่ยรายเดือนได้ดีกว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ยังไม่ผ่านการสังเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม เมื่อเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงในปีฐาน ทั้งในช่วงอดีต 1982-2004 (Past) ช่วงอนาคตระยะใกล้ 2015-2034 (Near Future) และอนาคตระยะไกล 2075-2099 (Far Future) แต่จะสังเกตได้ว่าช่วงอนาคตระยะไกลจะมีความแปรปรวนของข้อมูลการกระจายรายเดือนค่อนข้างมาก จากการวิเคราะห์โดย Ratio และ ASD โดยเฉพาะข้อมูลที่นำเข้าจากแบบจำลอง HadCM3 และ MRI ทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด แสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 3 ช่วงแยกตามแบบจำลองสมมติฐานต่างๆ ดังรูปที่ 7-17 ถึง 7-19 ซึ่งจากการศึกษาแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยรายเดือนข้อมูลปริมาณฝนทั้งจากแบบจำลองและการวิเคราะห์ทางยังมีความแปรปรวนของข้อมูลค่อนข้างมาก



รูปที่ 7-17 การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิเฉลี่ยของสถานี 459201 ชลบุรี จากข้อมูลภูมิอากาศโลก ข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD



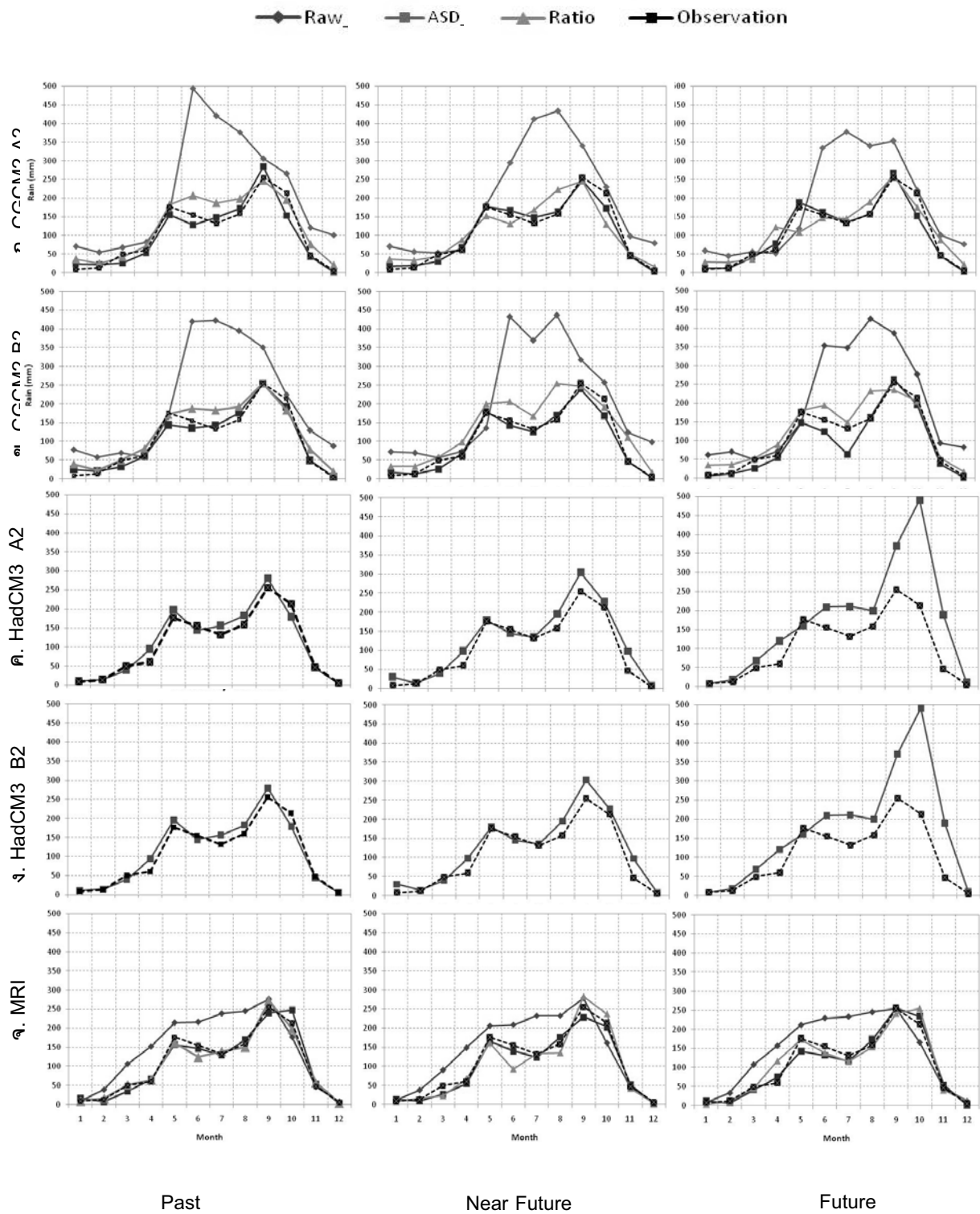
รูปที่ 7-18 การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดของสถานี 459201 ชลบุรี จากข้อมูลภูมิอากาศโลก ข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูล ที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD



รูปที่ 7-19 การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิต่ำสุดของสถานี 459201 ชลบุรี จากข้อมูลภูมิอากาศโลก ข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูล ที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD

2) ปริมาณน้ำฝนสะสม

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณฝนจากข้อมูลภูมิอากาศโลก ข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD จากข้อมูลแบบจำลอง CGCM2 HadCM3 และ MRI พบว่ามีแนวโน้มลดลงในอนาคตทั้ง 2 สมมติฐาน โดยข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD สามารถแสดงผลค่าเฉลี่ยรายเดือนใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดจริงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) โดยการวิเคราะห์ทั้ง 2 แบบสามารถแสดงผลของค่าเฉลี่ยรายเดือนได้ดีกว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ยังไม่ผ่านการสังเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม เมื่อเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงในปีฐาน ทั้งในช่วงอดีต 1982-2004 (Past) ช่วงอนาคตระยะใกล้ 2015-2034 (Near Future) และอนาคตระยะไกล 2075-2099 (Far Future) และจะสังเกตได้ว่าช่วงอนาคตระยะไกลจะมีความแปรปรวนของข้อมูลการกระจายรายเดือนค่อนข้างมากโดยเฉพาะแบบจำลอง HadCM3 ซึ่งแสดงเฉพาะการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD เนื่องจากข้อมูลนำเข้าไม่มีข้อมูลปริมาณฝนเช่นเดียวกับการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง แสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 3 ช่วงแยกตามแบบจำลองสมมติฐานต่างๆ ดังรูปที่ 7-20 ซึ่งจากการศึกษาแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยรายเดือนข้อมูลปริมาณฝนทั้งจากแบบจำลองและการวิเคราะห์ทางยังมีความแปรปรวนของข้อมูลค่อนข้างมาก



รูปที่ 7-20 การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยของสถานี 459201 ชลบุรี จาก ข้อมูลภูมิอากาศโลก ข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และ ข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD

7.4 สรุปพฤติกรรมของอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนจากการสังเคราะห์ข้อมูลความละเอียดสูงเชิงสถิติ

จากการวิเคราะห์อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณฝนจากของประเทศไทย จากการพยากรณ์โดยแบบจำลองภูมิอากาศโลกต่างๆ ได้แก่ แบบจำลอง CGCM2 HadCM3 MRI และ PRECIS: ECHAM4 โดยจากการศึกษาพบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายปี และแนวโน้มค่าเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกจากแบบจำลองต่างๆ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนทั้ง 2 สมมติฐาน ส่วนปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในอนาคต และพบพฤติกรรมการเกิดซ้ำที่คาบการเกิดซ้ำ 1 ปี ชัดเจนทั้งอุณหภูมิและปริมาณฝน แต่เนื่องจากข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกเป็นข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ทำให้พฤติกรรมเฉพาะรายสถานีหายไป และจากข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศโลกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติโดย การ วิเคราะห์โดยใช้วิธีเทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD ทั้งในแง่ของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายเดือน และพฤติกรรมการเกิดซ้ำและความรุนแรงที่คาบการเกิด 1 ปี เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกแบบจำลองรวมถึงการนำข้อมูลจากแบบจำลองมาวิเคราะห์ทางสถิติที่เหมาะสมเพื่อสามารถนำข้อมูลผลพยากรณ์ไปประยุกต์ใช้ต่อไปในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ภาคตะวันออก

จากผลการศึกษาพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิทั้งจากอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด จากแบบจำลอง CGCM2 พบว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ยังไม่ผ่านการสังเคราะห์ข้อมูล (CGCM2-Raw) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ข้อมูลจากแบบจำลองที่เทียบสัดส่วนกับข้อมูลตรวจวัดจริง (CGCM2-Ratio) ส่วนข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD มีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด หรือแทบจะไม่เห็นความเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน และพบว่าช่วงการแกว่งของข้อมูลลดลงมากโดยไม่สามารถจับค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อมูลได้ การวิเคราะห์ค่าแนวโน้มโดยการ Ratio จึงมีแนวโน้มและรูปแบบข้อมูลที่ดีกว่าสามารถจับค่าสูงสุดต่ำสุดได้มากกว่า และจากการวิเคราะห์ปริมาณฝนพบว่าปริมาณฝนในอนาคตมีแนวโน้มโดยเฉลี่ยลดลงสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดจริง ยกเว้นแบบจำลอง PRECIS: ECHAM4 ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศโลก ข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จาก

แบบจำลอง ASD มีความแปรปรวนของข้อมูลค่อนข้างมาก การวิเคราะห์ Ratio จึงมีแนวโน้มและรูปแบบข้อมูลที่ดีกว่าสามารถจับค่าสูงสุดต่ำสุดได้มากกว่าเช่นเดียวกันกับที่ได้กล่าวไว้ในเรื่องอุณหภูมิ

พฤติกรรมด้านคาบการเกิดซ้ำของข้อมูลภูมิอากาศโลก CGCM2 ทั้ง 2 สมมติฐาน พบพฤติกรรมการเกิดซ้ำที่ชัดเจนที่คาบการเกิด 1 ปีสม่ำเสมอทั้งจากข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด ต่างจากข้อมูลจากแบบจำลอง HadCM3 พบว่าที่คาบการเกิดซ้ำ 1 ปี กลับไม่สม่ำเสมอ ส่วนแบบจำลอง MRI มีความชัดเจนของพฤติกรรมที่คาบการเกิดซ้ำที่ 1 ปีค่อนข้างชัดเจน แต่ลักษณะของพฤติกรรมไม่สม่ำเสมอ และแบบจำลอง RCM ที่ได้จาก ECHAM4 และลดขนาดข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยแบบจำลอง PRECIS ก็พบคาบการเกิดซ้ำที่ 1 ปีเช่นกันและเห็นการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมหลังปี 1995 เมื่อเทียบสัดส่วนข้อมูลจากแบบจำลอง CGCM2 กับข้อมูลตรวจวัดจริง (Ratio) พบว่าทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดมีความชัดเจนของพฤติกรรมประมาณปี ค.ศ. 2020 จนถึงปี ค.ศ. 2100 ซึ่งลักษณะดังกล่าวไม่พบในช่วงเวลาก่อนหน้านี้ และอาจแสดงถึงความรุนแรงของสภาพอากาศ ณ ช่วงเวลาดังกล่าว แต่พฤติกรรมดังกล่าวไม่สม่ำเสมอ ส่วนข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD มีความชัดเจนของพฤติกรรมและค่อนข้างสม่ำเสมอ เช่นเดียวกับข้อมูลที่ยังไม่ผ่านการวิเคราะห์เชิงสถิติเพิ่มเติม ซึ่งรูปแบบพฤติกรรมจากการเทียบสัดส่วนมีความสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดมากที่สุด

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิจากข้อมูลภูมิอากาศโลก ข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD จากข้อมูลแบบจำลอง CGCM2 HadCM3 และ MRI พบว่าทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มอุณหภูมิในอนาคตเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณฝนส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงทั้ง 2 สมมติฐาน โดยข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD ในข้อมูลทุกแบบจำลองสามารถแสดงผลของค่าเฉลี่ยรายเดือนได้ดีกว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ยังไม่ผ่านการสังเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม เมื่อเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงในปีฐาน ทั้งในช่วงอดีต 1982-2004 (Past) ช่วงอนาคตระยะใกล้ 2015-2034 (Near Future) และอนาคตระยะไกล 2075-2099 (Far Future) แต่จะสังเกตได้ว่าช่วงอนาคตระยะไกลจะมีความแปรปรวนของข้อมูลการกระจายรายเดือนค่อนข้างมาก

จากการพิจารณาในภาพรวมต่อการเลือกแบบจำลองและการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงใต้ การเทียบสัดส่วนจากแบบจำลอง CGCM2 เป็นแบบจำลองที่ค่อนข้างเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์เพื่อศึกษาผลกระทบและการปรับตัวในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงใต้มากที่สุด เนื่องจากแนวโน้มค่าเฉลี่ยรายปี ลักษณะค่าเฉลี่ยรายเดือน และพฤติกรรมที่คาบการเกิดซ้ำที่ 1 ปี มีความสอดคล้องโดยรวมกับข้อมูลตรวจวัดจริงมากที่สุด (โดยผลการศึกษาในเรื่องผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงใต้ แสดงรายละเอียดในรายงานเล่ม 2)

บทที่ 8

การพัฒนาเทคนิค คาดการณ์ ช่วงระยะสั้น (รายฤดู) ของปริมาณฝน

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลกระทบต่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆ มากมายเห็นได้ชัดจากการที่ฝนไม่ตกตามฤดูกาล ทำให้เกิดปัญหาต่อกิจกรรมและการดำรงชีวิตของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการบริหารจัดการน้ำ หรือการเพาะปลูกที่ต้องอาศัยฝนเป็นหลัก การศึกษาและพัฒนาเทคนิคในการพยากรณ์น้ำฝนจึงมีความสำคัญ และมีหน่วยงานต่างๆ พยายามหาวิธีการต่างๆ เพื่อจะคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนล่วงหน้าเพื่อให้สามารถเตรียมพร้อมรับมือกับปัญหาฝนที่ไม่ตกตามฤดูต่างๆ โดยการศึกษาครั้งนี้ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่พยายามพัฒนาเทคนิคการคาดการณ์ (Prediction) ปริมาณฝนระยะสั้นเบื้องต้นของประเทศไทย โดยอาศัยข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลฝน อุณหภูมิของประเทศไทย ข้อมูลดัชนีสมุทรศาสตร์ต่างๆ และข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก CGCM2 ด้วยวิธีการทางสถิติโดยใช้เทคนิคการสร้างสมการสหสัมพันธ์เชิงเส้นแบบหลายตัวแปร (Multiple Linear Regression) โดยมีรายละเอียดดังนี้

8.1 ขั้นตอนการพัฒนาเทคนิคการคาดการณ์ช่วงระยะสั้นของปริมาณฝน

การพัฒนาเทคนิคการคาดการณ์ช่วงระยะสั้นของปริมาณฝนรายเดือนในประเทศไทย เพื่อศึกษาแนวทางการคาดการณ์และพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการคาดการณ์ที่กล่าวไปแล้วในเบื้องต้น มีแนวทางในการดำเนินการดังนี้

1) รวบรวมข้อมูล

- 1.1) รวบรวมข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของประเทศไทยที่ได้จากที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 5
- 1.2) รวบรวมข้อมูลดัชนีสมุทรศาสตร์ต่างๆ ที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 6 ได้แก่ ดัชนีความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ (SOI) ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิก (Nino 1+2, Nino 4 และ Nino 3.4) และค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรอินเดีย (DMI)
- 1.3) ข้อมูลการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศโลกในอนาคตด้วยแบบจำลอง GCM2 ทั้งสมมติฐาน A2 และ B2 ได้แก่อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณฝน

- 2) นำข้อมูลที่ยังรวมครบแล้วจัดอยู่ในรูปของอนุกรมเวลา และหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลรายเดือน (Monthly Average) เพื่อหาความแตกต่างจากค่าปกติ (Anomaly)
- 3) หาช่วงเวลาเหลื่อมล้ำที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลฝนสูงสุด โดยวิธี Cross-Correlation กับข้อมูลในช่วงปี ค.ศ. 1982-2000 และ 1996-2000 (ช่วงปรับเทียบข้อมูล) โดยหาช่วงเวลาที่ตัวแปรอื่นๆ นำหน้าข้อมูลฝนแต่ให้ระยะเวลาไม่เกิน 6 เดือน เพื่อให้สามารถคาดการณ์ในช่วงระยะสั้นล่วงหน้าได้
- 4) หาชุดของตัวแปรต้นที่ดีที่สุดในการคาดการณ์ปริมาณฝน ด้วย Best Subsets Regression ในแต่ละกลุ่ม โดยแบ่งชุดข้อมูลที่ศึกษาออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย
 - กลุ่ม 1 ข้อมูลจากแบบจำลอง GCM อันได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณฝน
 - กลุ่ม 2 ข้อมูลดัชนีสมุทรศาสตร์ ได้แก่ SOI Nino 3.4 Nino 4 Nino1+2 และ DMI
 - กลุ่ม 3 ข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณฝนในประเทศไทย ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณฝน
- 5) สร้างกรณีศึกษา จากข้อมูลทั้ง 3 ชุด โดยกำหนดให้มี 3 กรณี
 - กรณีที่ 1 ใช้ข้อมูลกลุ่ม 1 เพียงอย่างเดียว
 - กรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลกลุ่ม 1 และ 2
 - กรณีที่ 3 ใช้ข้อมูลกลุ่ม 1 2 และ 3
- 6) หาค่าสัมประสิทธิ์ และหาค่าฝนปริมาณฝนจากสมการในช่วงปรับเทียบ (ปี ค.ศ. 1982-2000 และ 1996-2000) และสอบทานข้อมูล (ปี ค.ศ. 2001-2007)
- 7) ทำซ้ำข้อ 6) โดยหาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเฉพาะในฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม) และฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน-เมษายน)

8.2 ผลการพัฒนาเทคนิคคาดการณ์ช่วงระยะสั้นของปริมาณฝน

การพัฒนาเทคนิคคาดการณ์ปริมาณฝนในช่วงระยะสั้นได้แบ่งชุดข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มข้อมูลอุณหภูมิต้องพื้น (Local) กลุ่มข้อมูลดัชนีสมุทรศาสตร์ (Nino) กลุ่มข้อมูลภูมิอากาศโลก (GCM) โดยวิเคราะห์เฉพาะสมมติฐาน B2 โดยข้อมูลทั้งหมดได้คิดช่วงเวลาเหลือมล้ำที่ดีที่สุด และไม่เกิน 6 เดือนเพื่อให้แนวโน้มยังอยู่ในช่วงของฤดูกาลใกล้เคียงกันโดยมีผลการวิเคราะห์ช่วงเวลาเหลือมล้ำแสดงดังตารางที่ 8-1 และ 8-2 การวิเคราะห์ได้จัดรูปแบบกลุ่มตัวแปรที่น่ามาวิเคราะห์ออกเป็น 3 ชุด ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยแต่ละชุดข้อมูลจะมี 2 กรณีย่อย คือช่วงฤดูฝนและช่วงฤดูแล้ง ผลการเปรียบเทียบพบว่าชุดข้อมูลที่มีครบทั้งข้อมูล Local Nino และ GCM ให้ผลการเปรียบเทียบและสอบทานข้อมูลได้ดีที่สุด รองลงมาคือชุดข้อมูลที่ประกอบด้วย Nino และ GCM ส่วนข้อมูลชุดที่มีเพียง GCM ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อคาดการณ์ฝน เนื่องจากผลการเปรียบเทียบและสอบทานไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากข้อมูล GCM เป็นข้อมูลที่ใช้แสดงผลในพื้นที่ขนาดใหญ่ จึงไม่สามารถแสดงลักษณะเฉพาะของพื้นที่ได้ แสดงดังรูปที่ 8-1 และ 8-2

เมื่อพิจารณาช่วงเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 2 ช่วง เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบผลจากการเลือกช่วงเปรียบเทียบหลังปี ค.ศ. 1995 จากการที่อุณหภูมิและฝนของประเทศไทยมีพฤติกรรมการเกิดซ้ำที่คาบการเกิด 1 ปีเปลี่ยนแปลงเด่นชัดหลังปี ค.ศ. 1995 จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 5 จึงได้เลือกช่วงการเปรียบเทียบข้อมูล 2 ช่วงในเบื้องต้น ได้แก่ 1) ช่วงเปรียบเทียบระยะยาวจากอดีต ค.ศ. 1982-2000 และ 2) ช่วงเปรียบเทียบหลัง ค.ศ. 1995 คือช่วงปี 1996-2000 ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงเปรียบเทียบระยะยาว กลุ่มข้อมูล Local ที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิสูงสุด และปริมาณฝน กลุ่มข้อมูล Nino ข้อมูลที่เหมาะสมคือทั้ง SOI Nino4 และ DMI แต่พบว่าชุดข้อมูลที่มีเฉพาะ Nino และ GCM ในช่วงฤดูกาลทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง Nino34 จะแสดงผลได้ดีกว่า Nino 4 เล็กน้อย โดยสามารถจับค่าสูงสุดต่ำสุดได้มากกว่า นอกจากนี้มีข้อสังเกตว่าในช่วงฤดูแล้งของช่วงการเปรียบเทียบระยะยาว DMI จะไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณฝน ส่วนกลุ่มข้อมูลจากแบบจำลอง CGCM2 B2 ข้อมูลที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิสูงสุดและปริมาณฝน แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 8-1 ส่วนผลการเปรียบเทียบข้อมูลหลังปี ค.ศ. 1995 ข้อมูล Local ที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณฝน กลุ่มข้อมูล Nino ปริมาณฝนรวมทั้งปีมีกลุ่มข้อมูลที่เหมาะสมคือทั้ง SOI Nino4 และ DMI ส่วนกลุ่มข้อมูลจากแบบจำลอง CGCM2 B2 ข้อมูลที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิต่ำสุดและปริมาณฝน เมื่อแบ่งรายฤดูโดยพิจารณาจากชุดข้อมูลที่มี

ครบทั้ง 3 ชุดซึ่งเป็นชุดที่ให้ผลเปรียบเทียบและสอบทานสอดคล้องที่สุดพบว่าฤดูฝน ชุดข้อมูลที่เหมาะสมคือ SOI และ DMI ข้อมูล Nino ไม่มีอิทธิพลมากนัก ส่วนฤดูแล้งชุดข้อมูลที่ให้ผลสอดคล้องคือ Nino4 และ DMI แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 8-2 ซึ่งต่างจากช่วงเปรียบเทียบระยะยาว อาจเนื่องมาจากในช่วงเปรียบเทียบข้อมูลหลังปี 1995 มีช่วงระยะเวลาในการเปรียบเทียบค่อนข้างน้อย หรือในช่วงเปรียบเทียบระยะยาวอาจมีช่วงบางปีที่ได้รับอิทธิพลจาก SOI ค่อนข้างมาก การเลือกช่วงระยะเวลาเพื่อให้ครอบคลุมจึงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาเมื่อมีการศึกษาต่อไป และเมื่อพิจารณากลุ่มข้อมูลจากแบบจำลอง CGCM2 สมมติฐาน B2 พบว่าในช่วงเฉลี่ยรวมรายปี และช่วงฤดูฝนตัวแปรที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิต่ำสุดและปริมาณฝน ส่วนในช่วงฤดูแล้งตัวแปรที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิสูงสุดและปริมาณฝน

ผลการเปรียบเทียบและสอบทานเมื่อเลือกตัวแปรต้นต่างๆ ได้แล้วพบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของข้อมูลที่มีกลุ่มข้อมูลครบทั้ง 3 ชุดให้ผลเปรียบเทียบและสอบทานสอดคล้องมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 8-1 แต่ปริมาณฝนสะสมรายวัน และฝนสะสมรายเดือนของผลรวมรายปีมีแนวโน้มสอดคล้องที่ดีกว่ารายฤดูกาล แสดงดังรูปที่ 8-1 และ 8-2 และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายเดือนพบว่า ผลการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยรายปีมีความสอดคล้องค่อนข้างมากทั้งกับข้อมูลตรวจวัดจริงในช่วงเปรียบเทียบ และจากข้อมูลฝนเฉลี่ย 30 ปี และให้ผลสอดคล้องดีกว่าเมื่อแยกวิเคราะห์รายฤดูกาล แต่โดยภาพรวมค่าเฉลี่ยรายปีและค่าเฉลี่ยในช่วงรายฤดูกาลมีความสอดคล้องของข้อมูลทั้งจากข้อมูลตรวจวัดจริงในช่วงเปรียบเทียบ และจากข้อมูลฝนเฉลี่ย 30 ปี แต่ในช่วงสอบทานมีความสอดคล้องของรูปแบบข้อมูลแต่การจับค่าสูงสุดต่ำสุดยังมีความต่างที่เห็นได้ชัดเจนเช่นกัน แสดงดังรูปที่ 8-3 A และ B และแสดงผลการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (RMSE) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ดังตารางที่ 8-1 และ 8-2

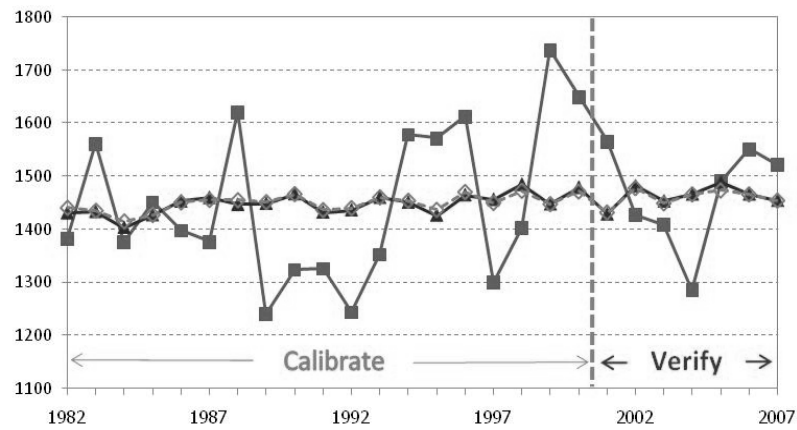
ตารางที่ 8-1 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ใช้ในการศึกษาแนวโน้มการคาดการณ์ปริมาณฝน ในช่วงปรับเปลี่ยนข้อมูลระยะยาว (ค.ศ. 1982-2000)

Pattern	Constant	Local		Nino				CGCM2 (B2)		All Year		Calibrate		Verify	
		Tmax lag 4	Rain lag 3	SOI lag 0	Nino34 lag 0	Nino4 lag 0	DMI lag 4	Ctmax lag 1	Cpcp lag 1	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²
1. GCM	0.0002	-	-	-	-	-	-	0.150	0.100	31.86	0.92	30.49	0.92	35.31	0.90
1.1 Rainy	0.0002	-	-	-	-	-	-	0.150	0.100	35.13	0.54	34.05	0.58	37.91	0.42
1.2 Dry	0.0002	-	-	-	-	-	-	0.082	0.137	28.69	0.73	27.22	0.77	32.32	0.61
2. GCM + Nino	0.0002	-	-	0.130	-	-0.249	0.065	0.159	0.060	30.46	0.92	28.59	0.93	35.03	0.90
2.1 Rainy	0.0003	-	-	0.016	-0.293	-	0.159	0.201	0.022	33.64	0.59	32.03	0.64	37.66	0.44
1.2 Dry	0.0002	-	-	0.157	-0.301	-	-	0.092	0.098	25.82	0.79	24.09	0.83	30.03	0.67
3. GCM + Nino + Local	0.0002	0.141	0.103	0.123	-	-0.208	0.033	0.145	0.084	30.56	0.92	28.39	0.93	35.81	0.89
3.1 Rainy	0.0002	0.189	-0.026	0.041	-	-0.236	0.142	0.192	0.049	33.59	0.59	31.98	0.64	37.61	0.46
1.2 Dry	0.0002	0.052	0.193	0.143	-	-0.258	-	0.076	0.114	25.95	0.79	23.57	0.83	31.52	0.64

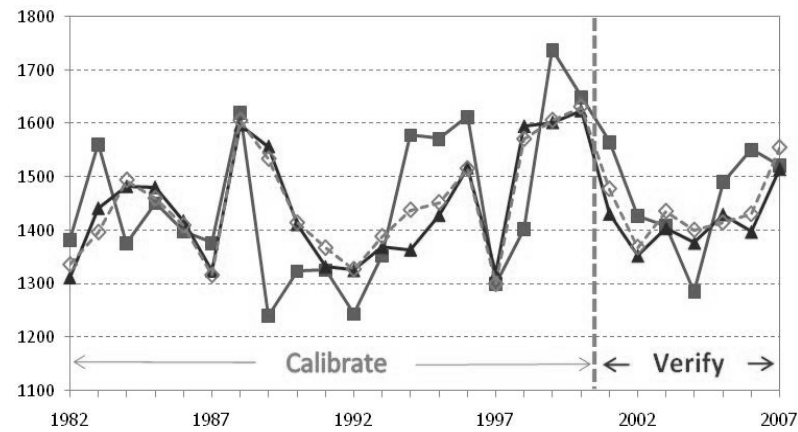
ตารางที่ 8-2 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ใช้ในการศึกษาแนวโน้มการคาดการณ์ปริมาณฝน ในช่วงปรับเทียบข้อมูลหลังปี ค.ศ. 1995 (ค.ศ. 1996-2000)

Pattern	Constant	Local		Nino			CGCM2 (B2)			All Year		Calibrate		Verify	
		Tmin lag 1	Rain lag 1	SOI lag 0	Nino4 lag 1	DMI lag 3	Ctmax lag 0	Ctmin lag 2	Cpcp lag 1	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²
1. GCM	0.0000	-	-	-	-	-	-	0.289	0.128	36.54	0.89	26.93	0.93	42.08	0.86
1.1 Rainy	0.0000	-	-	-	-	-	-	0.364	-0.191	36.83	0.47	28.97	0.68	41.55	0.33
1.2 Dry	0.0000	-	-	-	-	-	-0.156	-	0.272	33.01	0.70	21.71	0.73	39.13	0.58
2. GCM + Nino	0.0000	-	-	0.170	-0.108	-0.245	-	0.338	0.017	35.03	0.90	21.97	0.96	41.94	0.86
2.1 Rainy	0.0000	-	-	0.123	-	-0.186	-	0.444	-0.181	36.88	0.47	27.18	0.73	42.48	0.29
1.2 Dry	-0.0010	-	-	-	-0.592	-0.186	-0.086	-	-0.050	26.05	0.80	14.64	0.79	31.78	0.63
3. GCM + Nino + Local	0.0000	0.180	0.213	0.171	-0.050	-0.240	-	0.257	0.055	36.87	0.88	21.51	0.96	44.72	0.84
3.1 Rainy	0.0000	0.207	0.150	0.086	-	-0.182	-	0.357	-0.153	37.50	0.45	27.11	0.73	43.43	0.25
1.2 Dry	-0.0010	0.395	-0.051	-	-0.641	-0.338	-0.088	-	-0.058	25.57	0.81	14.77	0.78	31.07	0.65

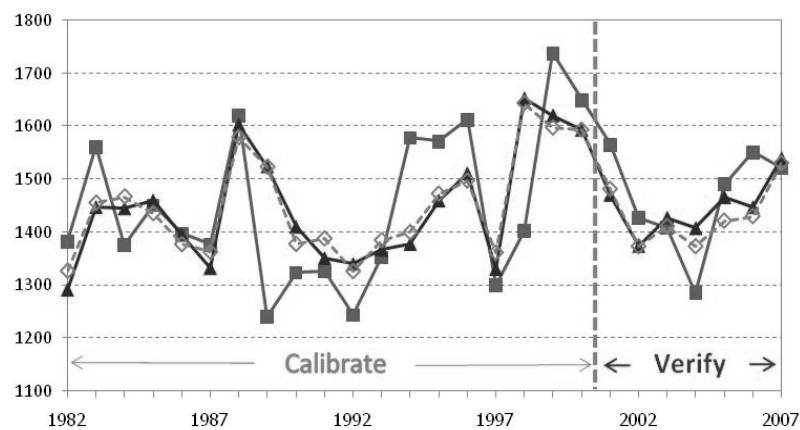
■ Observation ▲ forecast (all) ◇ forecast (by season)



ก. กรณีสที่ 1 GCM



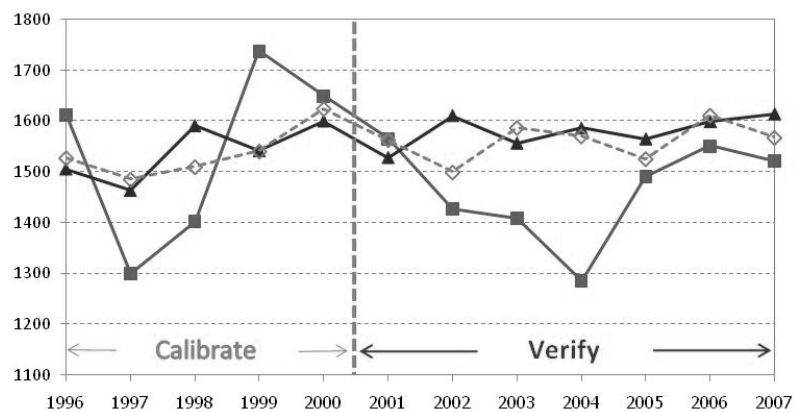
ข. กรณีสที่ 2 GCM + Nino



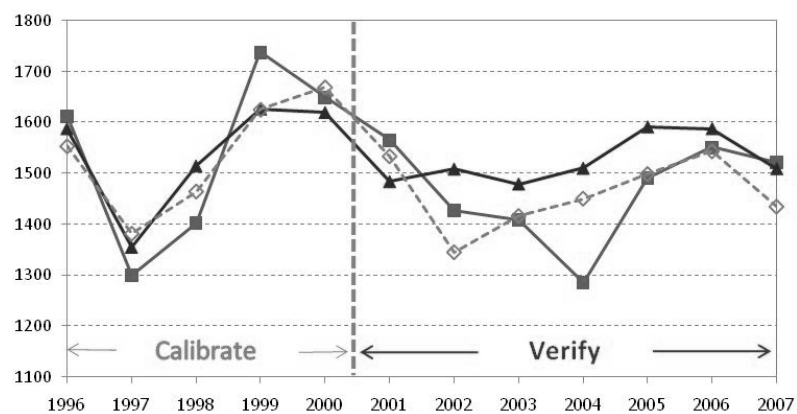
ค. กรณีสที่ 3 GCM + Nino + Local

รูปที่ 8-1 A ปริมาณฝนสะสมรายปีในช่วงปรับเทียบและสอบทาน เปรียบเทียบผลในช่วงเฉลี่ยรวมทั้งปี และช่วงฤดูกาล (ฤดูฝน และฤดูแล้ง) ของข้อมูลปรับเทียบระยะยาว

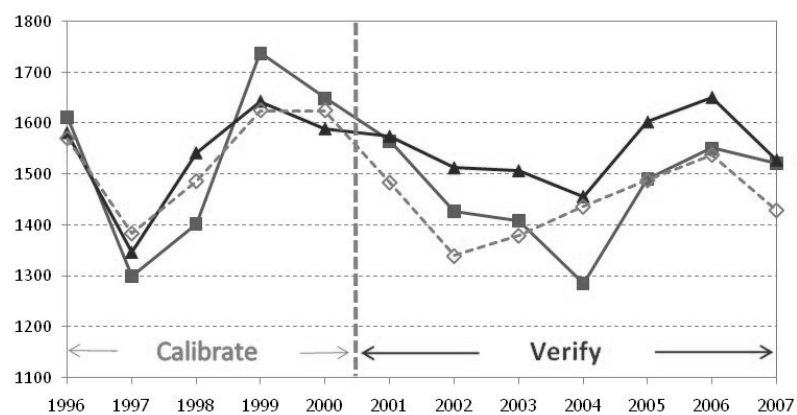
■ Observation ▲ forecast (all) ◇ forecast (by season)



ก. กรณีสี่ 1 GCM

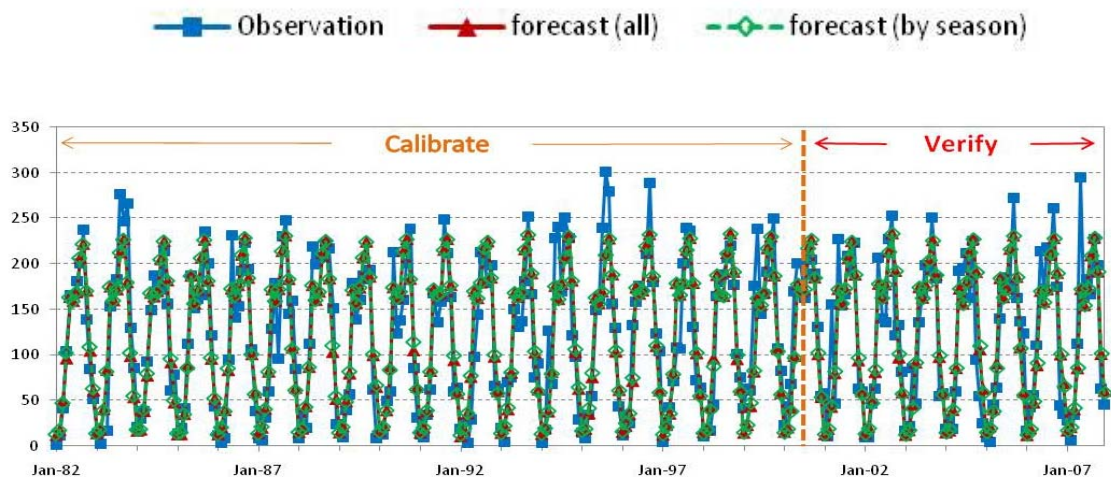


ข. กรณีสี่ 2 GCM + Nino

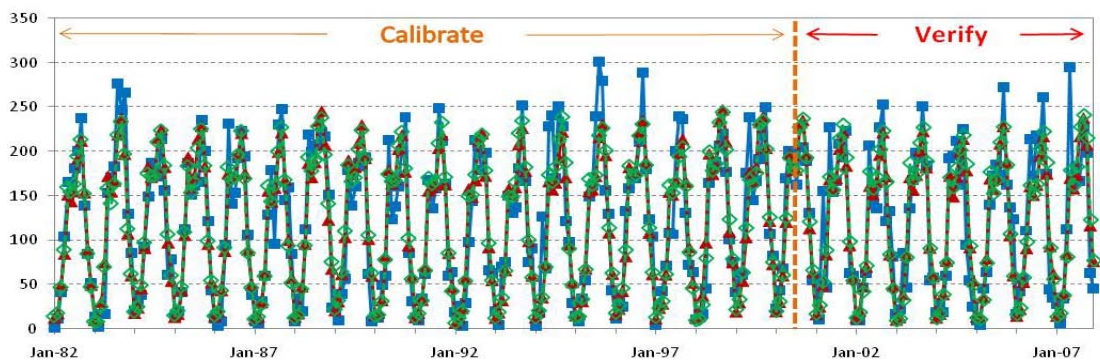


ค. กรณีสี่ 3 GCM + Nino + Local

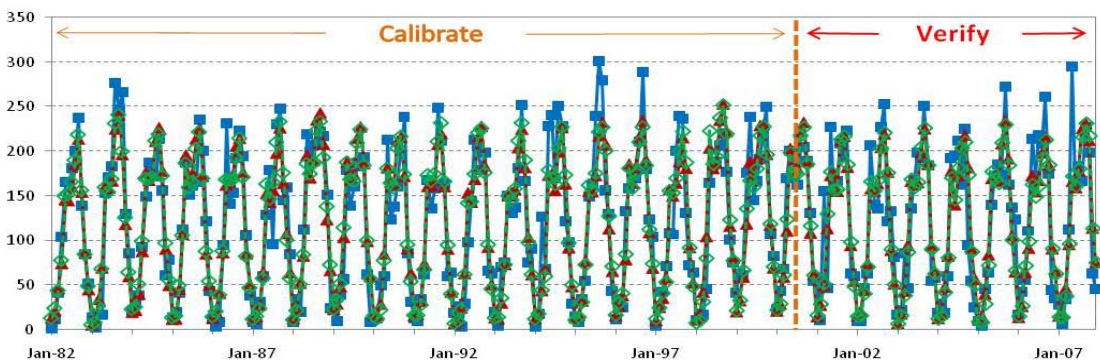
รูปที่ 8-1B ปริมาณฝนสะสมรายปีในช่วงปรับเทียบและสอบทาน เปรียบเทียบผลในช่วงเฉลี่ยรวมทั้งปี และช่วงฤดูกาล (ฤดูฝน และฤดูแล้ง) ของข้อมูลปรับเทียบหลังปี ค.ศ. 1995



ก. กรณีที่ 1 GCM

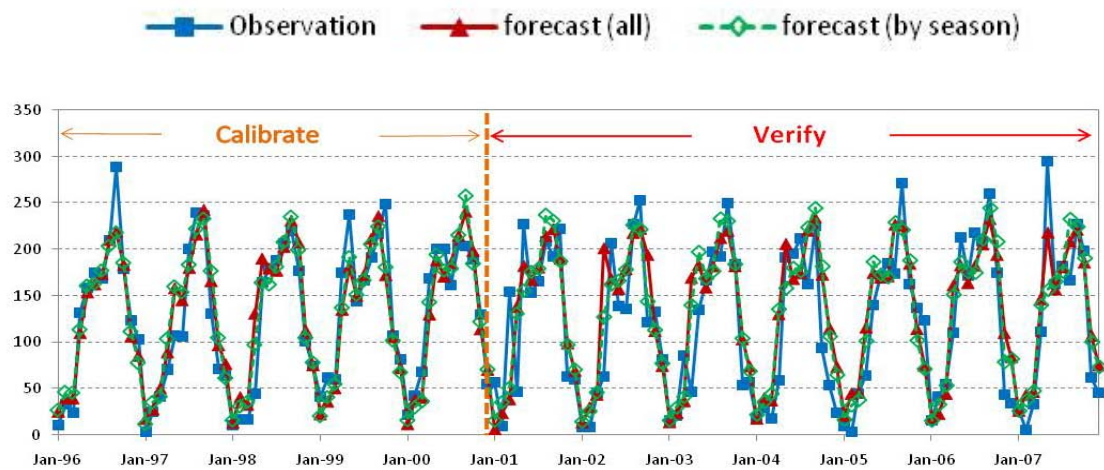


ข. กรณีที่ 2 GCM + Nino

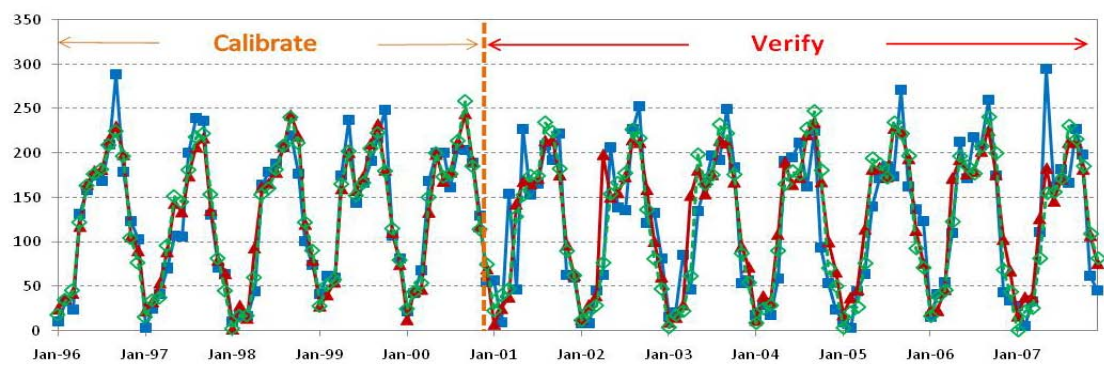


ค. กรณีที่ 3 GCM + Nino + Local

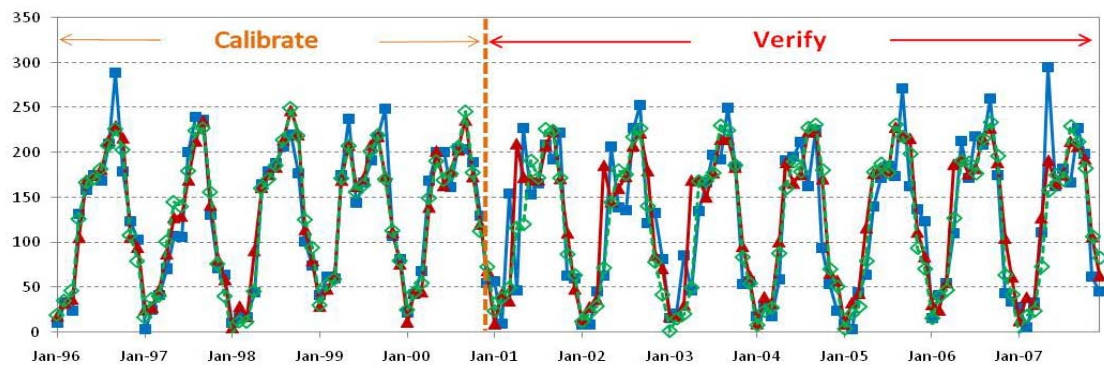
รูปที่ 8-2A ปริมาณฝนสะสมรายเดือนในช่วงปรับเทียบและสอบทาน เปรียบเทียบผลในช่วงเฉลี่ย
รวมทั้งปี และช่วงฤดูกาล (ฤดูฝน และฤดูแล้ง) ของข้อมูลปรับเทียบระยะยาว



ก. กรณีที่ 1 GCM

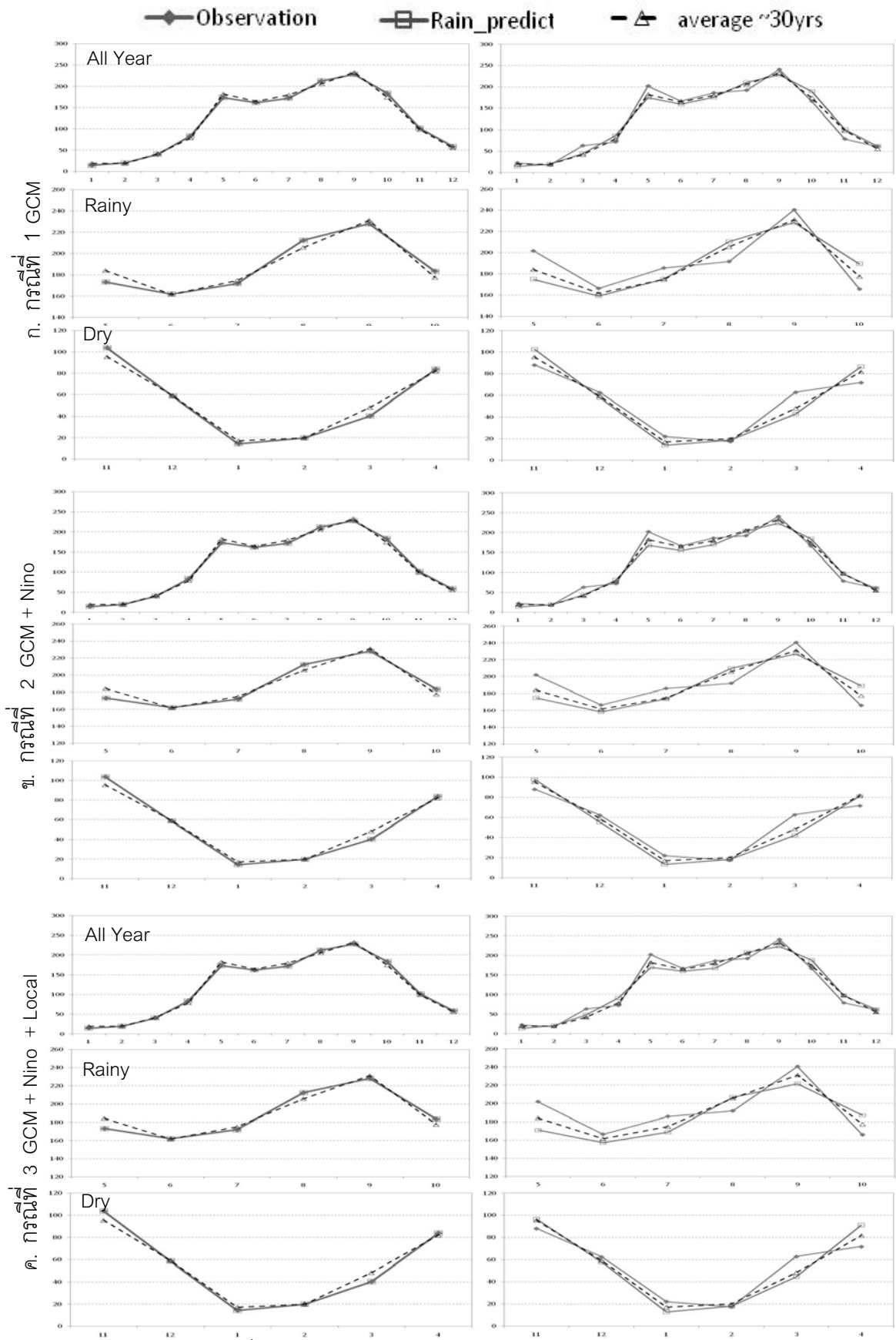


ข. กรณีที่ 2 GCM + Nino

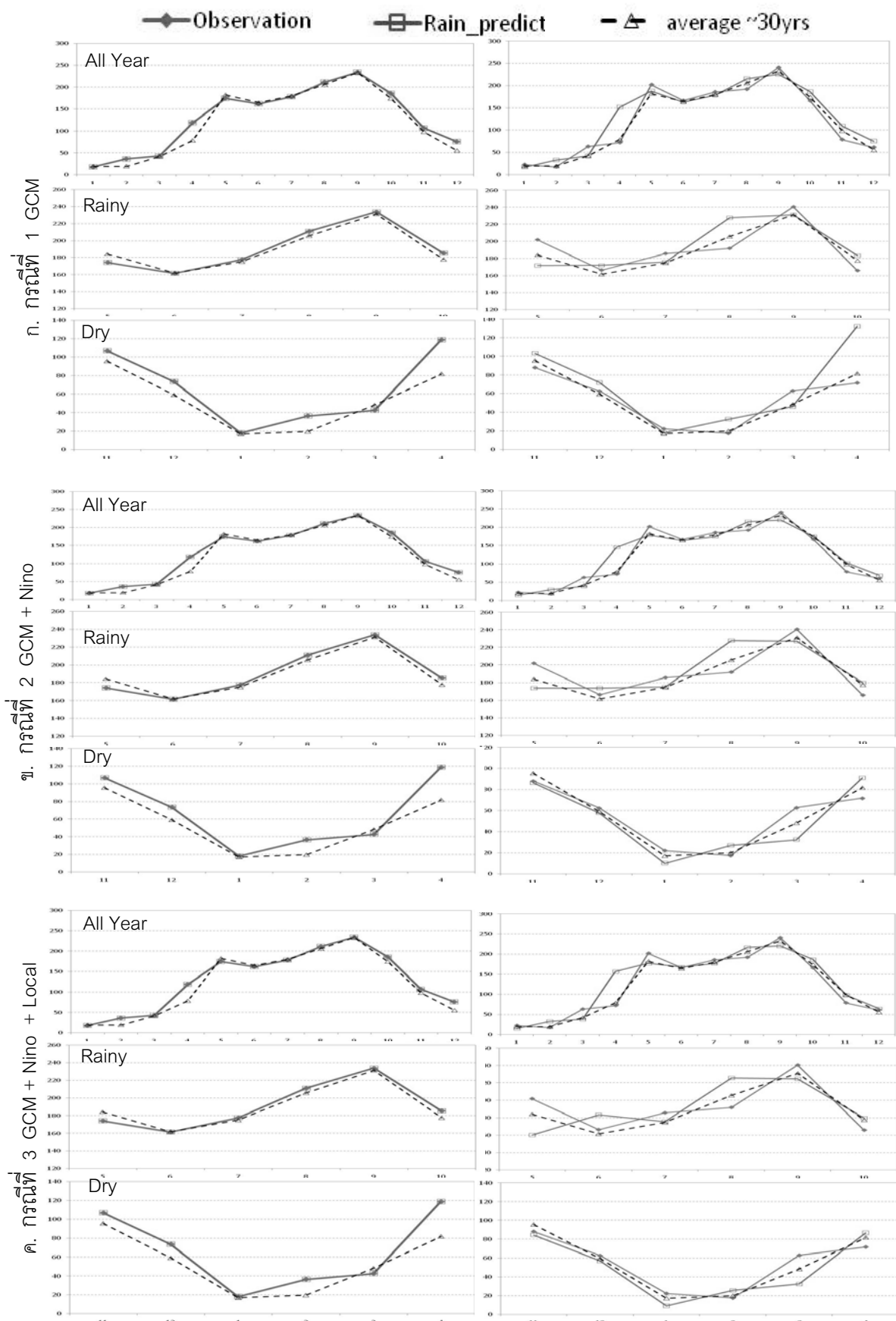


ค. กรณีที่ 3 GCM + Nino + Local

รูปที่ 8-2B ปริมาณฝนสะสมรายเดือนในช่วงปรับเทียบและสอบทาน เปรียบเทียบผลในช่วงเฉลี่ย
รวมทั้งปี และช่วงฤดูกาล (ฤดูฝน และฤดูแล้ง) ของข้อมูลปรับเทียบหลังปี ค.ศ. 1995



รูปที่ 8-3A ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนเปรียบเทียบผลในช่วงปรับเทียบ (รูปซ้าย) และสอบทานข้อมูล (รูปขวา) ของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ช่วงฤดูฝน และช่วงฤดูแล้ง ของข้อมูลปรับเทียบระยะยาว



รูปที่ 8-3B ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนเปรียบเทียบผลในช่วงปรับเทียบ (รูปซ้าย) และสอบทานข้อมูล (รูปขวา) ของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ช่วงฤดูฝน และช่วงฤดูแล้ง ของข้อมูลปรับเทียบหลังปี 1995

8.3 สรุปผลการพัฒนาเทคนิคคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในช่วงระยะสั้น

การพัฒนาเทคนิคคาดการณ์ปริมาณฝนในช่วงระยะสั้นเบื้องต้นจากการแบ่งช่วงเปรียบเทียบข้อมูลออกเป็น 2 ช่วง พบว่าทั้งในช่วงการเปรียบเทียบทั้งระยะยาว (1982-2000) และหลังปี ค.ศ. 1995 (1996-2000) ชุดข้อมูลที่เหมาะสมคือชุดข้อมูลที่ประกอบด้วยทั้ง Local Nino และ GCM ในการเปรียบเทียบระยะยาวมีตัวแปรต้นที่มีอิทธิพลในการคาดการณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 7 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด ปริมาณฝน SOI Nino4 DMI ctmaxb2 (ข้อมูลจากแบบจำลอง CGCM2 B2) และ cpcpb2 (ข้อมูลจากแบบจำลอง CGCM2 B2) ส่วนการเปรียบเทียบในช่วงหลังปี ค.ศ. 1995 มีตัวแปรต้นที่มีอิทธิพลในการคาดการณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 7 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุด ปริมาณฝน SOI Nino4 DMI ctmaxb2 และ cpcpb2 เมื่อแยกกราฟฤดูกาลมีความแตกต่างของกลุ่มข้อมูล Nino ค่อนข้างชัด และแตกต่างกันในช่วงเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 2 ช่วง โดยพบว่าในฤดูฝนในช่วงเปรียบเทียบระยะยาวตัวแปรในกลุ่ม Nino ที่มีความสำคัญได้แก่ SOI Nino และ DMI ส่วนในช่วงเปรียบเทียบข้อมูลหลังปี 1995 ตัวแปรที่สำคัญได้แก่ SOI และ DMI ส่วนในช่วงฤดูแล้ง ช่วงเปรียบเทียบระยะยาวตัวแปรที่สำคัญได้แก่ SOI และ Nino4 ส่วนช่วงเปรียบเทียบหลังปี 1995 ตัวแปรที่สำคัญได้แก่ Nino4 และ DMI ซึ่งอาจเป็นผลมาจากช่วงระยะเวลาในการเปรียบเทียบ ซึ่งบางช่วงปีอาจมีอิทธิพลของดัชนีสมุทรศาสตร์ตัวใดตัวหนึ่งเด่นชัด แต่เมื่อพิจารณาครอบคลุมเป็นช่วงเวลาอาจเห็นอิทธิพลเพียงบางส่วนหรือหลายส่วนรวมกัน ดังนั้นทั้งตัวแปรต่างที่นำมาคัดกรองเบื้องต้น และช่วงระยะเวลาในการเปรียบเทียบข้อมูลมีความสำคัญต่อการเลือกตัวแปรค่อนข้างมาก และควรนำมาพิจารณาเมื่อมีการศึกษาต่อไป

บทที่ 9

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

การดำเนินงาน โครงการ “ผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อปริมาณน้ำฝนน้ำท่ารายเดือนของประเทศไทย และผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ภาคตะวันออก” ครอบคลุมระยะเวลาการดำเนินงานทั้งหมด 2 ปี (24 เดือน) โดยได้ศึกษารวบรวมข้อมูลการพยากรณ์โดยใช้ผลจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่มีการศึกษาไว้แล้วจากหน่วยงานต่างๆ ของต่างประเทศ และนำผลจากแบบจำลองนำมาสังเคราะห์ข้อมูลความละเอียดสูงโดยลดขนาดข้อมูลเพื่อศึกษาในระดับสถานี โดยมีผลการศึกษาในรายงานเล่ม 1 ตามบทต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งสามารถสรุปความก้าวหน้าการดำเนินงาน ปัญหา อุปสรรค และแผนการดำเนินงานในด้านต่างๆ ได้ดังนี้

9.1 การศึกษาเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่ผ่านมา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก (Global Climate Change) คือการที่สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ใดๆ มีการเปลี่ยนแปลงหรือแตกต่างจากเดิมเป็นช่วงเวลานานหรืออย่างถาวร เช่น แนวโน้มของสภาพอากาศ ค่าเฉลี่ย ค่าการแกว่งของข้อมูล โดยเห็นได้จากข้อมูลสภาพอากาศที่มีการตรวจวัดด้วยเครื่องมือต่างๆ จากหลายๆ พื้นที่ในโลก เช่น อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกทั้งบนพื้นดินและในทะเล ที่มีค่าสูงขึ้นถึงประมาณ 0.6 องศาเซลเซียสในศตวรรษที่ผ่านมา ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้น 9 ถึง 20 เซนติเมตร หรือแม้แต่การที่น้ำแข็งขั้วโลกและเทือกเขาสูงในหลายๆ แห่งมีการหลอมละลายอย่างรวดเร็วขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เทียบกับค่าเฉลี่ยของข้อมูล ณ ปีฐาน จำนวน 30 ปี (ค.ศ. 1961 ถึง ค.ศ. 1990) และจากข้อมูลการศึกษาวิจัยที่มีอยู่อย่างมากมายในปัจจุบันระบุว่าสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นน่าจะเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) และฝุ่นละอองในบรรยากาศ (Aerosol) รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้สมดุลของพลังงานที่โลกได้รับมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย (IPCC, 2007)

การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลก มีความสัมพันธ์กับความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศของโลก (Global Climate Variability) ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศจากสภาพเดิมในระยะเวลาอันสั้น ดังตัวอย่างของปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Nino) ที่อุณหภูมิของมหาสมุทร

แปซิฟิกมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกติ และปรากฏการณ์ลานีญา (La Nina) ที่อุณหภูมิของอากาศและผิวทะเลเฉลี่ยของมหาสมุทรแปซิฟิกลดลงต่ำกว่าปกติ ปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลให้สภาพภูมิอากาศในพื้นที่แถบมหาสมุทรแปซิฟิกมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยปรากฏการณ์เอลนีโญ ที่มีมวลอากาศบริเวณตอนกลางของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกตินี้ ทำให้เกิดการก่อตัวของเมฆบริเวณตอนกลางของมหาสมุทรซึ่งปกติเมฆฝนเหล่านี้จะก่อตัวบริเวณทิศตะวันตกของมหาสมุทร ลักษณะเช่นนี้ทำให้ฝนมีแนวโน้มที่จะตกบริเวณตอนกลางและตะวันออกของมหาสมุทรแทน ในทางตรงกันข้ามปรากฏการณ์ลานีญาที่อุณหภูมิของอากาศและผิวทะเลเฉลี่ยของมหาสมุทรแปซิฟิกลดลงส่งผลให้เกิดฝนตกหนักกว่าปกติในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอุทกภัยได้ (NOAA, 2007)

แนวทางในการศึกษาพฤติกรรมอันเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศนั้น นิยมใช้การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการสภาพอากาศของโลก หรือของภูมิภาค การวิเคราะห์อนุกรมเวลาของข้อมูลเอนไซม์ในมิติของเวลาและความถี่ (Time-frequency Domain) จากการใช้การแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform) ก็เป็นแนวทางหนึ่งซึ่งประยุกต์มาจากการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) ให้มีความเหมาะสมกับและมีประสิทธิภาพกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ (Non-stationary) ซึ่ง Torrence and Compo (1998) ได้นำเสนอแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาอย่างละเอียดและศึกษาข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิก (NINO3 SST Index) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของสภาพอากาศในมหาสมุทรแปซิฟิกมีคาบการเกิดซ้ำที่สำคัญอยู่ในช่วงระหว่าง 2-4 ปี ในช่วงปี ค.ศ. 1880 – 1920 และช่วงปี ค.ศ. 1965 – 1990 ซึ่งแตกต่างกับพฤติกรรมในช่วงปี ค.ศ. 1920 – 1960 ซึ่งลักษณะการเกิดความแปรปรวนไม่ชัดเจน นอกจากการวิเคราะห์พฤติกรรมอนุกรมเวลาของตัวแปรหนึ่งๆ แล้ว ยังสามารถใช้การแปลงครอสเวฟเลตเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรในแง่ของความเชื่อมโยงและการเหลื่อมล้ำของการเกิดได้อีกด้วย เช่น การศึกษาของ Grinsted et.al. (2004) ได้ใช้ครอสเวฟเลตเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี Arctic Oscillation (AO) กับค่าการขยายตัวสูงสุดของน้ำแข็งในทะเลบอลติก (Baltic Maximum Sea-ice Extent Record, BMI)

9.2 ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยข้อมูลเบื้องต้นต่าง ๆ ข้อมูลภูมิอากาศของประเทศไทย ข้อมูลการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศโลกในอนาคตด้วยแบบจำลอง GCM และดัชนีสมุทรศาสตร์

ต่าง ๆ ได้แก่ดัชนีความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ (SOI) ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิก (Nino 1+2, Nino 3, Nino 4 และ Nino 3.4) และค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรอินเดีย (DMI) โดยมีการรายงานว่าความผันแปรของอากาศในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เอเชียใต้ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เชื่อมโยงอยู่กับปรากฏการณ์ ENSO (El Niño-Southern Oscillation) เมื่ออุณหภูมิโลกร้อนขึ้น ลักษณะอากาศในมหาสมุทรแปซิฟิกมีแนวโน้มที่จะเกิดสภาวะของ El Nino มากขึ้น ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความถี่การเกิด ENSO และการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรของฤดูกาล ซึ่งจะเห็นได้ว่าความผันแปรจากค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณศูนย์สูตรของมหาสมุทรแปซิฟิก ทำให้เกิดความแห้งแล้ง และอุทกภัยถี่ขึ้นระหว่างช่วงฤดูร้อนของประเทศที่อยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ และทางตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย จึงกล่าวได้ว่าในอนาคตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วนี้จะทวีความรุนแรงมากขึ้น (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2549) นอกจากนี้ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นอกจากจะเชื่อมโยงกับมหาสมุทรแปซิฟิกแล้ว ยังมีความเชื่อมโยงกับมหาสมุทรอินเดียด้วยเช่นเดียวกัน

นอกจากนี้นิพนธ์และคณะยังศึกษาถึงความผันแปรของลักษณะอากาศระดับทวีปภายใต้อิทธิพลของ ENSO ของ นิพนธ์ ตั้งธรรม และคณะ พบว่า ENSO ไม่มีอิทธิพลที่ชัดเจนต่อลักษณะอากาศ ในเดือนมกราคมแต่จะทำให้เดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคมมีปริมาณฝนต่ำกว่าปกติ และอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าปกติ เช่นเดียวกันในเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคมซึ่งเข้ากลางฤดูฝน ENSO มีผลทำให้พายุหมุนเขตร้อนเข้ามาปกคลุมประเทศไทยน้อยกว่าปกติ เดือนสิงหาคมซึ่งเป็นเดือนที่มีฝนตกสูงสุดในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยก็ปรากฏว่าในปีที่มีปรากฏการณ์ ENSO แม้ว่าจำนวนพายุหมุนเขตร้อนเข้ามาไม่น้อยกว่าปกติ แต่พายุหมุนดังกล่าวมีศักยภาพในการเกิดฝนน้อยกว่าปีปกติ แต่ในเดือนกันยายน ซึ่งเข้าช่วงปลายฤดูฝน จำนวนพายุจะเข้ามาน้อยกว่าปกติ ในเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเข้าสู่ฤดูแล้ง ลมมรสุมฤดูฝนในเดือนนี้ของปีที่เกิดปรากฏการณ์ ENSO จะอ่อนกำลังและเร็วกว่าปกติ แล้วจะเกิดการไหลของมวลอากาศร้อนเข้ามาทำให้อากาศแห้งกว่าปกติ ในเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเริ่มเข้าสู่ฤดูหนาว อุณหภูมิในเดือนนี้ของปี ENSO จะสูงกว่าปีปกติ เช่นเดียวกันกับในเดือนธันวาคม

9.3 การศึกษาพฤติกรรมของน้ำฝนน้ำท่าและสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

การศึกษาถึงพฤติกรรมของน้ำฝนน้ำท่าและสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เพื่อต้องการตรวจสอบพฤติกรรมที่สำคัญและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จากการศึกษาพบว่าสภาพภูมิอากาศและ

ปริมาณฝนของประเทศไทย ในแง่ของคาบการเกิดซ้ำและความรุนแรงในปัจจุบันมีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต โดยพฤติกรรมที่เห็นได้ชัด ได้แก่ การที่ฤดูกาลหรือคาบการเกิดซ้ำของเหตุการณ์ที่ 1 ปี มีความชัดเจนลดลงมากจากปกติ โดยเฉพาะก่อนและหลังปี 1995 นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิมียุทธกรรมของคาบการเกิดซ้ำที่ประมาณ 4 ปี หรือเกิดความแปรปรวนที่รุนแรงในช่วง ค.ศ. 1995 – 2000 ขณะที่ปริมาณน้ำฝนมีคาบการเกิดซ้ำที่ประมาณ 5-8 ปี ส่วนข้อมูลน้ำท่าไม่มีรูปแบบที่ชัดเจนและข้อมูลมีความแปรปรวนสูง จากผลการศึกษาที่น่าจะเป็นเหตุให้เชื่อได้ว่าสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด เริ่มได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1995 แล้ว และปริมาณฝนเริ่มได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 ส่วนข้อมูลน้ำท่าคณะผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่ามีอิทธิพลจากการ operate ของมนุษย์หรือสิ่งก่อสร้างมาก ข้อมูลที่ศึกษาจึงไม่ใช่จากเหตุการณ์ธรรมชาติ เนื่องจากผลการศึกษาไม่เห็นรูปแบบของข้อมูลที่ชัดเจน นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลของระดับน้ำทะเลรายเดือนของสถานีบางปะกง พบว่าระดับน้ำทะเลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจากพฤติกรรมการเกิดซ้ำที่คาบการเกิด 1 ปี เห็นได้ชัดว่ามีความรุนแรงของพฤติกรรมเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่หลังปี ค.ศ. 2000 เป็นต้นมา จึงควรมีการศึกษาในรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับระดับน้ำทะเลต่อไป

9.4 ความสัมพันธ์ของตัวแปรสมุทรศาสตร์ กับข้อมูลน้ำฝนและสภาพอากาศรายเดือนของประเทศไทย

จากข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาว่าสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม อันอาจเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกนั้น เพื่อให้ข้อสรุปดังกล่าวมีความชัดเจนมากขึ้น คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลตัวแปรสมุทรศาสตร์ที่นิยมใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก กับข้อมูลสภาพภูมิอากาศและน้ำฝนของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของคาบการเกิดซ้ำ ความรุนแรงและการเปลี่ยนแปลง ผลการศึกษาพบว่า สภาพภูมิอากาศและปริมาณฝนสะสมของประเทศไทยมีลักษณะที่สัมพันธ์กับตัวแปรดัชนีในมหาสมุทรแปซิฟิก มากกว่าดัชนี DMI ในมหาสมุทรอินเดีย โดยตัวแปรที่อาจมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และช่วงเวลาเหลือมล้ำ ได้แก่ดัชนี Nino 3.4 ที่ประกอบด้วยคลื่นที่คาบการเกิดซ้ำที่สัมพันธ์กันในหลายตำแหน่ง และเป็นดัชนีที่มีความสัมพันธ์กับทั้งตัวแปรสภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนมากที่สุด จากการวิเคราะห์การแปลงครอสเวฟเล็ต โดย

Nino 3.4 และสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยสัมพันธ์กันอยู่ที่คาบการเกิดซ้ำที่ 0.5, 1 และ 4 ปี โดยมีช่วงเวลาเหลือมล้ำสำหรับคาบการเกิดซ้ำเหล่านี้ประมาณ 4.5, 1, และ 8 เดือนตามลำดับ สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำสุด แต่สำหรับอุณหภูมิสูงสุดช่วงเวลาเหลือมล้ำจะลดลงจากเดิมเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบการกระจายของช่วงเวลาเหลือมล้ำที่คาบการเกิดซ้ำ 1 ปีพบว่า โดยส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีลักษณะที่คล้ายกับค่าเฉลี่ย ยกเว้นบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตกสำหรับข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยและต่ำสุดที่มีช่วงเวลาเหลือมล้ำสั้นกว่าพื้นที่อื่นๆ และภาคใต้ฝั่งตะวันออกสำหรับข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดที่มีช่วงเวลาเหลือมล้ำยาวนานกว่าพื้นที่อื่นๆ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสมุทรศาสตร์กับปริมาณน้ำฝนจะมีลักษณะที่คล้ายกับอุณหภูมิสูงสุด แต่คาบการเกิดซ้ำที่สำคัญกับดัชนี Nino 3.4 ปรากฏที่คาบการเกิด 1 ปี และ 12 ปี โดยมีช่วงเวลาเหลือมล้ำประมาณ 3 เดือนและ 5 ปีตามลำดับอีกด้วย ซึ่งการกระจายของช่วงเวลาเหลือมล้ำที่คาบการเกิด 1 ปีในทุกกลุ่มน้ำจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน เว้นแต่พื้นที่ในภาคใต้ฝั่งตะวันออกที่จะมีช่วงเวลากการเหลือมล้ำที่นานขึ้นประมาณ 2 เดือน

9.5 พฤติกรรมของอุณหภูมิและปริมาณฝน จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก และข้อมูลจากการสังเคราะห์เชิงสถิติ

แบบจำลองภูมิอากาศโลกในอนาคต (General Circulation Models, GCMs) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในระดับโลก ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ อัตราการระเหย ความชื้น และความเร็วลม เป็นต้น ภายใต้การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) ซึ่งจำลองสภาพภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์สมมุติ (Special Report on Emissions Scenarios, SRES) เป็นแหล่งข้อมูลตั้งต้นสำหรับการประมาณสภาพภูมิอากาศที่น่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งจะแสดงผลในระดับมหภาค เทคนิคการเพิ่มความละเอียดของข้อมูลจึงเป็นวิธีการหนึ่งในการปรับปรุงการประมาณค่าตัวแปรในระดับภูมิภาค การนำข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกและข้อมูลที่ได้เพิ่มความละเอียดข้อมูลเชิงสถิติมาเพื่อประยุกต์ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยจึงควรต้องมีการศึกษาพฤติกรรมของข้อมูลที่ได้แบบจำลองต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกข้อมูลมาใช้

จากการวิเคราะห์อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณฝนจากของประเทศไทย จากการพยากรณ์โดยแบบจำลองภูมิอากาศโลกต่างๆ ได้แก่ แบบจำลอง CGCM2 HadCM3 MRI และ PRECIS: ECHAM4 โดยวิเคราะห์ข้อมูลทั้งจากแบบจำลองโดยตรง (Raw)

วิเคราะห์โดยใช้วิธีเทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD ทั้งในแง่ของการวิเคราะห์ความแตกต่างของพฤติกรรม แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายเดือน และพฤติกรรมการเกิดซ้ำและความรุนแรงที่คาบการเกิด 1 ปี เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกแบบจำลองรวมถึงการนำข้อมูลจากแบบจำลองมาวิเคราะห์ทางสถิติที่เหมาะสมเพื่อสามารถนำข้อมูลผลพยากรณ์ไปประยุกต์ใช้ต่อไปในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ภาคตะวันออก จากผลการศึกษาพบว่าโดยรวมข้อมูลอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต และข้อมูลจากแบบจำลอง CGCM2 พบว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ยังไม่ผ่านการสังเคราะห์ข้อมูล (CGCM2-Raw) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ข้อมูลจากแบบจำลองที่เทียบสัดส่วนกับข้อมูลตรวจวัดจริง (CGCM2-Ratio) ส่วนข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD มีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด หรือแทบจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน และพบว่าช่วงการแกว่งของข้อมูลลดลงมากโดยไม่สามารถจับค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อมูลได้ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณฝนพบว่า ปริมาณฝนในอนาคตมีแนวโน้มโดยเฉลี่ยลดลงสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดจริง ยกเว้นแบบจำลอง PRECIS: ECHAM4 ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศโลก ข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD มีความแปรปรวนของข้อมูลค่อนข้างมาก การวิเคราะห์ Ratio จึงมีแนวโน้มและรูปแบบข้อมูลที่ดีกว่าสามารถจับค่าสูงสุดต่ำสุดได้มากกว่า เช่นเดียวกันกับที่ได้กล่าวไว้ในเรื่องอุณหภูมิ

พฤติกรรมด้านคาบการเกิดซ้ำของข้อมูลภูมิอากาศโลกที่ได้จากแบบจำลองและที่ผ่านการสังเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติพบพฤติกรรมการเกิดซ้ำที่ชัดเจนที่คาบการเกิด 1 ปี โดยข้อมูลจากแบบจำลอง CGCM2 จะมีความสม่ำเสมอของพฤติกรรม แต่ข้อมูลจากแบบจำลอง HadCM3 กลับไม่สม่ำเสมอ ส่วนแบบจำลอง MRI เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่ารูปแบบพฤติกรรมจากการเทียบสัดส่วนกับข้อมูลตรวจวัด (Ratio) จากแบบจำลอง CGCM2 มีความสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดมากที่สุด โดยพบว่าทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดมีความชัดเจนของพฤติกรรมประมาณปี ค.ศ. 2020 จนถึงปี ค.ศ. 2100 ซึ่งลักษณะดังกล่าวไม่พบในช่วงเวลาก่อนหน้านี้ และอาจแสดงถึงความรุนแรงของสภาพอากาศ ณ ช่วงเวลาดังกล่าว แต่พฤติกรรมดังกล่าวไม่สม่ำเสมอ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิจากข้อมูลภูมิอากาศโลก พบว่าทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มอุณหภูมิในอนาคตเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณฝน

ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงทั้ง 2 สมมติฐาน โดยข้อมูลภูมิอากาศโลกที่เทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD ในข้อมูลทุกแบบจำลองสามารถแสดงผลของค่าเฉลี่ยรายเดือนได้ดีกว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ยังไม่ผ่านการสังเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม เมื่อเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงในปฐฐาน ทั้งในช่วงอดีต 1982-2004 (Past) ช่วงอนาคตระยะใกล้ 2015-2034 (Near Future) และอนาคตระยะไกล 2075-2099 (Far Future) แต่จะสังเกตได้ว่าช่วงอนาคตระยะไกลจะมีความแปรปรวนของข้อมูลการกระจายรายเดือนค่อนข้างมาก

จากการพิจารณาในภาพรวมต่อการเลือกแบบจำลองและการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงใต้ การเทียบสัดส่วนจากแบบจำลอง CGCM2 เป็นแบบจำลองที่ค่อนข้างเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์เพื่อศึกษาผลกระทบและการปรับตัวในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงใต้มากที่สุด เนื่องจากแนวโน้มค่าเฉลี่ยรายปี ลักษณะค่าเฉลี่ยรายเดือน และพฤติกรรมที่คาบการเกิดซ้ำที่ 1 ปี มีความสอดคล้องโดยรวมกับข้อมูลตรวจวัดจริงมากที่สุด)

9.6 การพัฒนาเทคนิคคาดการณ์ปริมาณฝนรายฤดู

การพัฒนาเทคนิคคาดการณ์ปริมาณฝนในช่วงรายฤดูได้แบ่งชุดข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มข้อมูลอุณหภูมิจุดและฝน (Local) กลุ่มข้อมูลดัชนีสมุทศาสตร์ (Nino) กลุ่มข้อมูลภูมิอากาศโลก (GCM) เฉพาะสมมติฐาน B2 นำข้อมูลทั้งหมดมาคิดช่วงเวลาเหลือมล้ำที่ดีที่สุดและให้ไม่เกินระยะเวลา 6 เดือนเพื่อให้แนวโน้มยังอยู่ในช่วงของฤดูกาลที่ใกล้เคียงกัน วิเคราะห์โดยหาค่าสัมประสิทธิ์ และหาค่าปริมาณฝน และแยกฤดูกาลคือช่วงฤดูฝนและช่วงฤดูแล้ง ผลการเปรียบเทียบพบว่าชุดข้อมูลที่มีครบทั้งข้อมูล Local Nino และ GCM ให้ผลการปรับเทียบและสอบทานข้อมูลได้ดีที่สุด เมื่อพิจารณาช่วงปรับเทียบข้อมูลทั้ง 2 ช่วง คือ ช่วงปรับเทียบระยะยาวจากอดีต ค.ศ. 1982-2000 และช่วงปรับเทียบหลัง ค.ศ. 1995 คือช่วงปี 1996-2000 ผลการศึกษาพบว่าผลการปรับเทียบระยะยาวให้ผลการคาดการณ์สอดคล้องมากกว่าเนื่องจากช่วงเวลาในการปรับเทียบค่อนข้างมาก ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงปรับเทียบระยะยาว กลุ่มข้อมูล Local ที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิสูงสุด และปริมาณฝน กลุ่มข้อมูล Nino ข้อมูลที่เหมาะสมคือทั้ง SOI Nino4 และ DMI แต่พบว่า ชุดข้อมูลที่มีเฉพาะ Nino และ GCM ในช่วงฤดูกาลทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง Nino34 แสดงผลได้ดีกว่า Nino 4 เล็กน้อย โดยสามารถจับค่าสูงสุดต่ำสุดได้มากกว่า นอกจากนี้มีข้อสังเกตว่าในช่วงฤดูแล้งของช่วงการปรับเทียบระยะยาว DMI จะไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณฝน ส่วนกลุ่มข้อมูลจาก

แบบจำลอง CGCM2 B2 ข้อมูลที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิสูงสุดและปริมาณฝน ส่วนผลการเปรียบเทียบข้อมูลหลังปี ค.ศ. 1995 ข้อมูล Local ที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณฝน กลุ่มข้อมูล Nino ปริมาณฝนรวมทั้งปีมีกลุ่มข้อมูลที่เหมาะสมคือทั้ง SOI Nino4 และ DMI ส่วนกลุ่มข้อมูลจากแบบจำลอง CGCM2 B2 ข้อมูลที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิต่ำสุดและปริมาณฝน เมื่อแบ่งรายฤดูโดยพิจารณาจากชุดข้อมูลที่มีครบทั้ง 3 ชุดซึ่งเป็นชุดที่ให้ผลเปรียบเทียบและสอบทานสอดคล้องที่สุดพบว่าฤดูฝน ชุดข้อมูลที่เหมาะสมคือ SOI และ DMI ข้อมูล Nino ไม่มีอิทธิพลมากนัก ส่วนฤดูแล้งชุดข้อมูลที่ให้ผลสอดคล้องคือ Nino4 และ DMI จากผลการศึกษาพบว่าแปรต่างที่นำมาคัดกรองเบื้องต้นและช่วงระยะเวลาในการเปรียบเทียบข้อมูลมีความสำคัญต่อการเลือกตัวแปรค่อนข้างมาก

9.7 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพฤติกรรมของข้อมูลสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ข้อมูลดัชนีสมุทรศาสตร์ต่างๆ ตลอดจนข้อมูลสภาพภูมิอากาศโลกจากแบบจำลองต่างๆ พบว่าข้อมูลเหล่านี้มีหลายแหล่งที่ทำการศึกษา เช่น ข้อมูล GCM ต่างๆ ซึ่งมีรูปแบบของข้อมูลแตกต่างกันไป ทั้งการได้มาของข้อมูลการจัดรูปแบบข้อมูลที่แตกต่างกัน ความคลาดเคลื่อนที่ต่าง ๆ กัน ซึ่งควรศึกษาข้อมูลในหลายๆ แหล่งเปรียบเทียบ และเมื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาศึกษาและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยเฉพาะแนวโน้มของปริมาณฝนจากการศึกษาเบื้องต้นในการคัดเลือกตัวแปรต่างๆ เหล่านี้สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคเพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในช่วงระยะสั้นได้ โดยศึกษาตัวแปรต้น ช่วงเวลาเหลื่อมล้ำ หาข้อมูลดัชนีสมุทรศาสตร์และข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกในแต่ละแหล่ง ซึ่งข้อมูลดัชนีสมุทรศาสตร์ของแต่ละหน่วยงานที่นำมาศึกษาก็มีความสำคัญเช่นกัน เนื่องจากชุดข้อมูลที่แตกต่าง ช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา การเปิดให้สามารถใช้ข้อมูลและความทันสมัยของข้อมูล ซึ่งจะเป็นแนวทางที่ควรนำมาศึกษาต่อไปในอนาคต เพื่อช่วยให้เทคนิคการคาดการณ์ฝนในช่วงระยะสั้นของประเทศไทยมีความหลากหลายในการเปรียบเทียบแต่ละแหล่งที่ได้ศึกษา นอกจากนี้การนำผลจากข้อมูลภูมิอากาศโลกมาใช้โดยการลดขนาดข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นควรวิเคราะห์จากหลายๆ แบบจำลองเพื่อหาความน่าจะเป็นและความเหมาะสมในการเลือกใช้ เพื่อช่วยในการวางแผนการจัดการเพื่อรองรับปริมาณฝนที่มีความแปรปรวนได้ในช่วงระยะสั้นต่อไปในอนาคต นอกจากนี้จากผลการศึกษาเบื้องต้นยังพบว่าช่วงระยะเวลาในการเปรียบเทียบข้อมูล และช่วงเวลาเหลื่อมล้ำ (time lag) ของตัวแปรต้นมีความสำคัญค่อนข้างมาก และควรนำมาพิจารณาเมื่อมีการศึกษาต่อไป

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมชลประทาน, โครงการศึกษาเพื่อทำแผนหลักรองรับการพัฒนาแหล่งน้ำและปรับปรุงโครงการ

ชลประทาน สำหรับแผนฯ 9, รายงานสถานภาพลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำ, 2546

กรมชลประทาน, การคาดการณ์สถานการณ์น้ำปี 2552, 30 กรกฎาคม 2552

ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, 2550: โลกร้อนสุดขีด วิฤติอนาคตประเทศไทย. สำนักพิมพ์ฐานบุ๊คส์, กรุงเทพฯ, 258 หน้า

นิพนธ์ ตั้งธรรม, ศ.ดร. 2548, ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อทรัพยากรน้ำของประเทศไทย, เอกสารนำเสนอในโครงการสัมมนาด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับผู้บริหารระดับสูงองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ จัดโดย โครงการสิ่งแวดล้อมศึกษา สถาบันเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก แห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, รายงานผลการวิจัย โครงการการศึกษานำร่องเพื่อจัดทำขั้นตอนต้นแบบในการคาดการณ์ปริมาณฝนล่วงหน้ารายฤดูกาลและผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำ, 2551

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 2549, โครงการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการทรัพยากรน้ำเชิงพื้นที่พร้อมระบบสนับสนุนการตัดสินใจและกระบวนการทางสังคมในบริเวณพื้นที่จังหวัดระยอง จัดทำโดย สุจิต คุณธนกุลวงศ์, รศ.ดร.และคณะ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2545 "เบี่ยงลึกเอลนีโญ...มหันตภัยแล้งซ้ำซาก" เอกสารประกอบการเสวนาเชิงปฏิบัติการ

สุจิต คุณธนกุลวงศ์, รศ.ดร.และคณะ, 2550 , การประเมินและพยากรณ์น้ำฝนจากข้อมูลระยะไกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, เอกสารวิชาการ

วิรัช ฉัตรตรงค์ สุจิต คุณธนกุลวงศ์ และวิษญาณ เจริญกุล พฤติกรรมของอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนของประเทศไทย จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก, โยธาแห่งชาติครั้งที่ 14 พค 2552 (6 pp)

ภาษาอังกฤษ

Canada Climate Change Scenarios Network (CCCSN). <http://www.ccsn.ca> (Last accessed: January 10, 2008.)

Climate Change and Impact & Adaptation Research in Thailand, National Workshop on HAE Model Development , organized by World Bank, Mar 16, 2009.

Climate Change Impact Assessment Methodology to Water Resource Management in East Coast Basin, TRF seminar, Faculty of Engineering Chulalongkorn University , Mar 13, 2008.

Climate Change and Water Study in Thailand, Seminar on Impact of Climate Change on Irrigation Systems, by JIID, March 23 – 25, 2009 Chiangmai, Thailand.

Climate Change: Present and Future Challenges/Opportunities for Vulnerable Asia-Pacific Countries: Impacts/Adaptation: Water Resources and Coastal Systems, TICA Annual International Training Workshop, July 15, 2009.

Cohen, S.J., 1990. Bringing the Global Warming Issue Closer to Home: the Challenge of Regional Impact Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **71**, 520-526

Crane, R.G., and B.C. Hewitson, 1998: Doubled CO₂ Precipitation Changes for the Susquehanna Basin: Downs-scaling from the GENESIS General Circulation Model. *International Journal of Climatology*, **18**, 65-76.

Flato, G.M., G.J. Boer, W.G. Lee, N.A. McFarlane, D. Ramsden, M.C. Reader and A.J. Weaver. 2000. The Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis global coupled model and its climate. *Climate Dynamics*, **16**, 451-467.

Gates, W.L., 1985: The Use of General Circulation Models in the Analysis of the Ecosystem Impacts of Climatic Change. *Climatic Change*, **7**, 267-284

Gu, D. and S.G.H. Philander, 1995: "Secular Changes of Annual and Interannual Variability in the Tropics during the Past Century." *Journal of Climate*, **8**, 864-876.

- Hughes, J.P., P. Guttorp, and S.P. Charles, 1999. A Non-homogeneous Hidden Markov Model for Precipitation Occurrence. *Applied Statistics*, **48**, 15-30.
- Imbrie, J. and K.P. Imbrie, 1986: IPP Ages Solving the Mystery. *Harvard University Press*, Longon, 224pp.
- Impact of Global Climate Change to Monthly Rainfall-Runoff in Thailand and its Impacts on Water Resources Management in the Eastern Region of Thailand, 2nd GMS Development Dialogue by ADB, May 21, 2008.
- IPCC, 2007. "Climate Change 2007: The Physical Science Basis." Contribution of Working Group I to the 4th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Kaiser, G., 1994: A Friendly Guide to Wavelets. Birkhauser, 300 pp.
- Karl, T.R., R.W. Knight, and N. Plummer, 1995: "Trends in high-frequency climate variability in the twentieth century." *Nature*, **337**, 217-220.
- Kidson, J.W., and C.S. Thompson, 1998; A Comparison of Statistical and Model-Based Downscaling Techniques for Estimating Local Climate Variations. *Journal of Climate*, **11**, 735-753.
- Kim, J.W., J.T. Chang, N.L. Baker, D.S. Wilks, and W.L. Gates, 1984: The Statistical Problem of Climate Inversion: Determination of the Relationship between Local and Large-scale Climate. *Monthly Weather Review*, **112**, 2069-2077
- Kitoh, A., D. Nohara, and M. Hosaka. 2006."Impact of Global Warming on Precipitation and Streamflow Simulated by a 20-km Mesh Climate Model." The 3rd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference. Bangkok, Thailand: National Research Council of Thailand (NRCT)
- Lamb, P. 1987: On the Development of Regional Climatic Scenarios for Policy Oriented Climatic Impact Assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **68**, 1116-1123

- Lau, K.M., and H.Y. Weng, 1995: Climate Signal Detection Using Wavelet Transform: How to Make a Time Series Sing. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **76**, 2390-2402.
- London Climate Change Partnership (LCCP), 2002: A Climate Change Impacts in London Evaluation Study. Final Technical Report, Entec UK Ltd.
- Markovic D. and M. Koch. 2006. "Characteristic scales, temporal variability modes and simulation of monthly Elbe River flow time series at ungauged locations," *Physics and Chemistry of the Earth*, **31**, 1262–1273
- Markovic, D. and Koch, M., 2005b."Wavelet and scaling analysis of monthly precipitation extremes in Germany in the 20th century: Interannual to interdecadal oscillations and the North Atlantic oscillation influence" *Water Resources Research*, **41**, W09420.
- Martin, E., B. Timbal, and E. Brun, 1997: Downscaling of General Circulation Model Outputs: Simulation of the Snow Climatology of the French Alps and Sensitivity to Climate Change. *Climate Dynamics*, **13**, 45-56.
- Mearns, L.O, F. Giorgi, P. Whetton, D. Pabon, M. Hulme, and M. Lai, 2003: Guidelines for use of Climate Scenarios Developed from Regional Climate Model Experiments. Data Distribution Center of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Misiti, M., Y. Misiti, G. Oppenheim, and J.M. Poggi, 2007: MATLAB® Wavelet Toolbox 4 User's Guide, The MathWorks, Inc., Online Documents (<http://www.mathworks.com>), 1180 pp.
- Murphy, J.M., 1999: An Evaluation of Statistical and Dynamical Techniques for Downscaling Local Climate. *Journal of Climate*, **12**, 2256-2284.
- National Oceanic and Atmosphere Administration (NOAA). http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/nino-home.html. (Last accessed: March 28, 2007.)
- Neelin, J.D., D.S. Battisti, A.C. Hirst, Fei-Fei Jin, Y. Wakata, T. Yamagata, and S.E. Zebiak, 1998: "ENSO theory." *J. of Geophysics Research*, **103** (17), 14,261-14,290.

- Paulin C, 2006. "Special and temporal variability of Canadian seasonal precipitation (1900-2000). *Advances in Water Resources*, **29**, 1846-1865.
- Robinson, P.J., and P.L. Finkelstein, 1989: Strategies for Development of Climate Scenario. Final Report to the U.S. Environmental Protection Agency. Atmosphere Research and Exposure Assessment Laboratory, Office of Research and Development, USEPA, Research Triangle Park, NC, 73 pp.
- Ruosteenoja, K., T.R. Carter, K. Jylhä and H. Tuomenvirta, 2003: Future climate in world regions: an Intercomparison of model-based projections for the new IPCC emissions scenarios. *The Finnish Environment*, **644**, Finnish Environment Institute, 83pp.
- Smith, J.B., and D.A. Tirpak, 1989: The Potential Effects of Global Climate Change on the United States. Report to Congress, United States Environmental Protection Agency, EPA-230-0-89-050, Washington, DC, 409 pp.
- Thailand Country Climate Change Perspective, Theme IV: Impact of Climate Change on Transboundary Water Governance and Reform Needs Department of Water Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, May 21, 2009.
- The Data Distribution Centre (DDC) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), <http://www.ipcc-data.org>. (Last accessed: Jan. 11, 2008.)
- Torrence, C., and G.P. Compo, 1998: "A Practical Guide to Wavelet Analysis." *Bulletin of the American Meteorological Society*, **79** (1), 61-78.
- Torrence, C., and G.P. Compo, 1998: A Practical Guide to Wavelet Analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **71** (1), 61-78.
- Toshio Yamagata Toward predicting climate variations for disaster prevention under the global warming stress UNITAR Hiroshima Sept. 30, 2008 (<http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/>)
- Von Storch, H., 1999: On the use of "Inflation" in Statistical Dwonscaling. *J. of Climate*, **12**, 3505-3506.

- Von Storch, H., E. Zorita, and U. Cubasch, 1993: Downscaling of Global Climate Change Estimates to Regional Scales: An Application to Iberian Rainfall in Wintertime. *Journal of Climate*, **6**, 1161-1171.
- Wang, B., and Y. Wang, 1996: "Temporal Structure of the Southern Oscillation as Revealed by Waveform and Wavelet Analysis." *Journal of Climate*, **9**, 1586-1598.
- Wilby, R.L. and Dawson, C.W., 2007: Statistical Downscaling Model SDSM version 4.2. A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts, 94 pp.
- Wilby, R.L., S.P. Charles, E. Zorita, B. Timbal, P. Whetton, and L.O. Mearns, 2004: Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods. Data Distribution Center of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 27 pp.
- Wilby, R.L., T.M.L. Wigley, D. Conway, P.D. Jones, B.C. Hewitson, J. Main, and D.S. Wilks, 1998: Statistical Downscaling of General Circulation Model Output: A Comparison of Methods. *Water Resources Research*, **34**, 2995-3008.
- Wilks, D.S., and R.L. Wilby, 1999: The Weather Generation Game: A Review of Stochastic Weather Models. *Progress in Physical Geography*, **23**, 329-357.
- Yamagata Toshio, Toward predicting climate variations for disaster prevention under the global warming stress UNITAR Hiroshima
Sept. 30, 2008 <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/>
- Zorita, E., J.P. Hughes, D.P. Lettenmaier, and H. von Storch, 1995: Stochastic Characterization of Regional Circulation Patterns for Climate Model Diagnosis and Estimation of Local Precipitation. *Journal of Climate*, **8**, 1023-1042.
- Zorita, E. and H. von Storch, 1999: The Analog Method as a Simple Statistical Downscaling Technique: Comparison with more Complicated Methods. *Journal of Climate*, **12**, 2474-2489.

เอกสารเผยแพร่อื่นๆ

- กัณท์ธีรย์ บุญประกอบ, 2007, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง,
<http://www.ru.ac.th/climate-change/sci.htm>
- กรมอุทกศาสตร์, กองทัพเรือ, <http://www.navy.mi.th>
- กระทรวงพาณิชย์ อ้างจากสถานีอุตุนิยมวิทยา ชลบุรี
www.moc.go.th/opscenter/cb/maketing_data47/pass1.pdf
- ศูนย์ภูมิอากาศแห่งชาติ, กรมอุตุนิยมวิทยา, การกลับมาของลานีญา ปี ค.ศ.2007,
<http://www.tmd.go.th>
- สุจิตต์ คุณธนกุลวงศ์ บทบาทของ R&D ในการประเมินผลกระทบและปรับตัวของไทยสัมมนา
วิชาการ ในวาระครบรอบ 15 ปี สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย "...ภาวะโลกร้อนในบริบทของ
สังคมไทย..." วันอังคารที่ 29 กรกฎาคม 2551 ณ ศูนย์การประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี
- ดร. วิรัช ฉัตรตรงค์ รัช.ดร. สุจิตต์ คุณธนกุลวงศ์ วิชาญณ เจริญกุล, พฤติกรรมของอุณหภูมิ
เฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก, การ
ประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14 พค 2552 (6 pp)
- สุจิตต์ คุณธนกุลวงศ์ การศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับการเพิ่มของระดับ น้ำ
ทะเล, การประชุมสัมมนาวิชาการ โครงการศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของ
ระดับน้ำทะเลต่อสภาพการใช้ที่ดินชายฝั่งทะเลของประเทศไทย, สผ., 28 พค 2552
- สุจิตต์ คุณธนกุลวงศ์ การคาดการณ์สถานการณ์น้ำปี 2552, นำเสนอที่กรมชลประทาน,
30 กรกฎาคม 2552
- Australian Academy of Technological Sciences and Engineering, ATSE Focus No
99, November/December 1997, <http://www.atse.org.au/index.php?sectionid=383>
- Chamnong Kaewchada, กรมอุตุนิยมวิทยา 2005, <http://www.tmd.go.th>
- Jan Null, El Nino & La Nina Years: A Consensus List, Golden Gate Weather Services,
<http://ggweather.com/enso/years.htm>.
- OOPC Secretariat - IOC/UNESCO, 2005-6,
http://ioc3.unesco.org/oopc/state_of_the_ocean/atm/

- Sucharit K., Climate Change Impact Assessment Methodology to Water Resource Management in East Coast Basin, TRF seminar, Faculty of Engineering Chulalongkorn University , Mar 13, 2008.
- Sucharit K ., Impact of Global Climate Change to Monthly Rainfall-Runoff in Thailand and its Impacts on Water Resources Management in the Eastern Region of Thailand, 2nd GMS Development Dialogue by ADB, May 21, 2008.
- Sucharit K ., Climate Change and Impact & Adaptation Research in Thailand, National Workshop on HAE Model Development , organized by World Bank, Mar 16, 2009.
- Sucharit K., Climate Change and Water Study in Thailand, Seminar on Impact of Climate Change on Irrigation Systems, by JIID, March 23 – 25, 2009 Chiangmai, Thailand.
- Sucharit K., Thailand Country Climate Change Perspective, Theme IV: Impact of Climate Change on Transboundary Water Governance and Reform Needs Department of Water Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, May 21, 2009.
- Sucharit K., Climate Change: Present and Future Challenges/Opportunities for Vulnerable Asia-Pacific Countries: Impacts/Adaptation: Water Resources and Coastal Systems, TICA Annual International Training Workshop, July 15, 2009.

ภาคผนวก ก

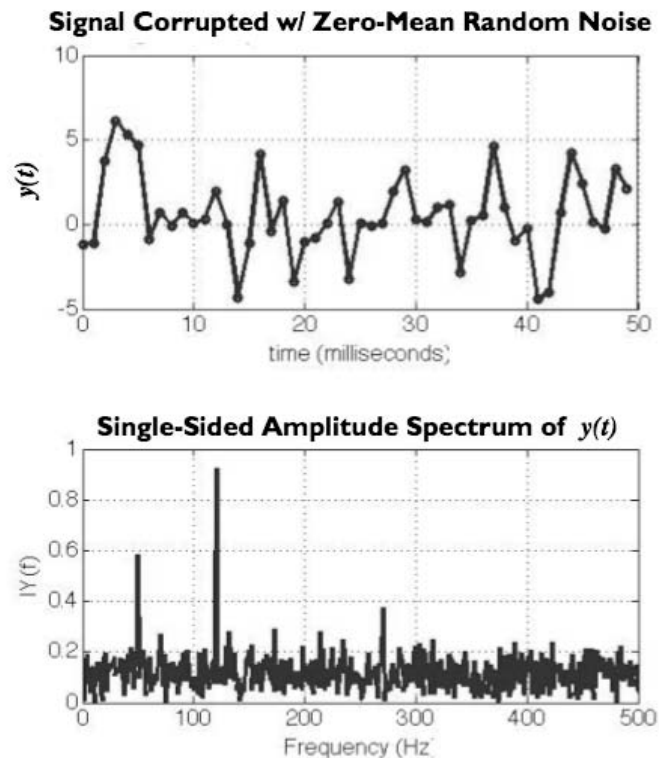
ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คาบการเกิดซ้ำด้วยการแปลงเวฟเล็ต

ก.1 การวิเคราะห์คาบการเกิดซ้ำในมิติของเวลาและความถี่

การศึกษายุติกรรมด้านคาบการเกิดของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ผ่านมาในประเทศไทย นิยมใช้การวิเคราะห์ข้อมูลในมิติของเวลา (Time Domain Analysis) โดยเน้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นรายฤดูกาล หรือรายปีเป็นสำคัญ แนวทางดังกล่าวไม่สามารถแสดงรายละเอียดของคาบการเกิดซ้ำ และการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังตัวอย่างในรูปที่ ก-1 (บน) ซึ่งแสดงข้อมูลสมมุติในมิติของเวลา ข้อมูลดังกล่าวประกอบไปด้วยคลื่นความถี่หลัก 50 และ 120 เฮิรท์ (หรือที่คาบการเกิดหลัก 1/50 และ 1/120 วินาที) รวมกับความคาดเคลื่อนแบบปกติ จะเห็นว่าเราไม่สามารถบ่งชี้ถึงความถี่หลักเหล่านี้ได้โดยง่ายจากการแสดงผลในมิติของเวลาดังกล่าวนี้

ในทางตรงกันข้ามหากทำการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาในมิติของความถี่ (Frequency Domain Analysis) เช่น การใช้การแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) หรือการแปลงเวฟเล็ต (Wavelet Transform) เป็นต้น จะสามารถศึกษาคาบการเกิดและการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้โดยง่าย และมีประสิทธิภาพมากกว่าการวิเคราะห์ในมิติของเวลา ดังตัวอย่างในรูปที่ ก-1 (ล่าง) ซึ่งแสดงข้อมูลอนุกรมเวลาเดียวกันนี้ในมิติของความถี่ โดยการแปลงฟูเรียร์ จะเห็นว่าในกรณีดังกล่าว เราสามารถบ่งชี้ความถี่หลักที่ 50 และ 120 เฮิรท์ได้โดยง่าย นอกจากนี้ เรายังสามารถบอกได้ว่าความถี่ที่ 120 เฮิรท์มีความสำคัญมากกว่าความถี่ที่ 50 เฮิรท์ จากความสูงของกราฟอีกด้วย



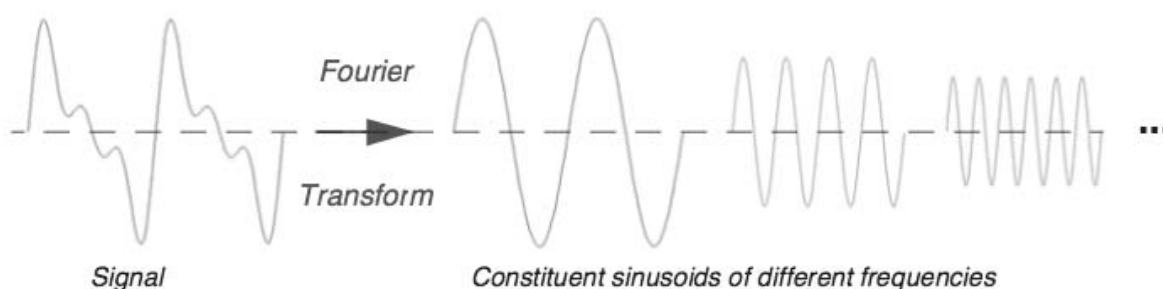
รูปที่ ก-1 ตัวอย่างข้อมูลสมมุติที่ประกอบด้วยความถี่หลักที่ 50 และ 120 เฮิรท์ บวกกับความคาดเคลื่อนแบบปกติ โดยแสดงในมิติของเวลา (บน) และในมิติของความถี่โดยการแปลงฟูเรียร์ (ล่าง)

เครื่องมือที่ใช้ในการแปลงข้อมูลจากมิติของเวลาไปสู่มิติของความถี่มีอยู่มากมาย แต่เทคนิคที่นิยมใช้สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ (Non-stationary) เรียกว่า การแปลงเวฟเล็ต (Wavelet Transform) วิธีการนี้พัฒนามาจากการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) ให้สามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงของความถี่ในช่วงเวลาต่างๆ ได้ ตัวอย่างของการงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้การแปลงเวฟเล็ต ประกอบด้วย การตรวจวัดแผ่นดินไหว การวิเคราะห์รูปภาพ คลื่นสัญญาณ การศึกษาความแปรปรวนควอนตัมฟิสิกส์ งานวิจัยด้านยาและการรักษาโรค รวมไปถึงงานทางด้านการวิเคราะห์สภาพอากาศ

เนื่องจากการแปลงเวฟเล็ตเกี่ยวข้องกับสมการคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและไม่เป็นที่คุ้นเคยในหมู่นักอุตุนิยมวิทยา ดังนั้นรายงานนี้จึงขอนำเสนอถึงความรู้พื้นฐานของการแปลงเวฟเล็ต โดยเริ่มจากหลักการแปลงฟูเรียร์ ข้อจำกัดต่างๆ ซึ่งนำมาสู่การพัฒนาเป็นการแปลงเวฟเล็ต รวมทั้งแนวทางการนำเสนอข้อมูลในมิติของความถี่ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในการใช้งานต่อไป

ก.2 ทฤษฎีการแปลงฟูรีเยร์ (Fourier Transform)

การแปลงฟูรีเยร์ (Fourier Transform) เป็นแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาของสัญญาณที่เป็นที่รู้จักและใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแปลงสัญญาณของคลื่นไฟฟ้า (Signal Processing) การแปลงฟูรีเยร์อาศัยหลักการที่ว่า อนุกรมเวลาของคลื่นสัญญาณใดๆ จะสามารถแยกออกได้เป็นคลื่นไซน์ (Sinusoids) ที่ความถี่ต่างๆ (Frequency) ที่มีกำลัง (Amplitude) ต่างกัน ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ ก-2



รูปที่ ก-2 สัญญาณคลื่นในมิติของเวลาสามารถแยกออกเป็นคลื่นไซน์ที่ความถี่ต่างๆ ที่มีกำลังต่างกันได้ (ที่มา Misiti, 2007)

หากสมมุติให้ $f(t)$ แทนอนุกรมเวลาของข้อมูลสัญญาณในมิติของเวลา ผลการแปลงฟูรีเยร์ของ $f(t)$ หรือบางครั้งเรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์ของฟูรีเยร์ $F(\omega)$ สามารถหาได้จากสมการ

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad (\text{ก.1})$$

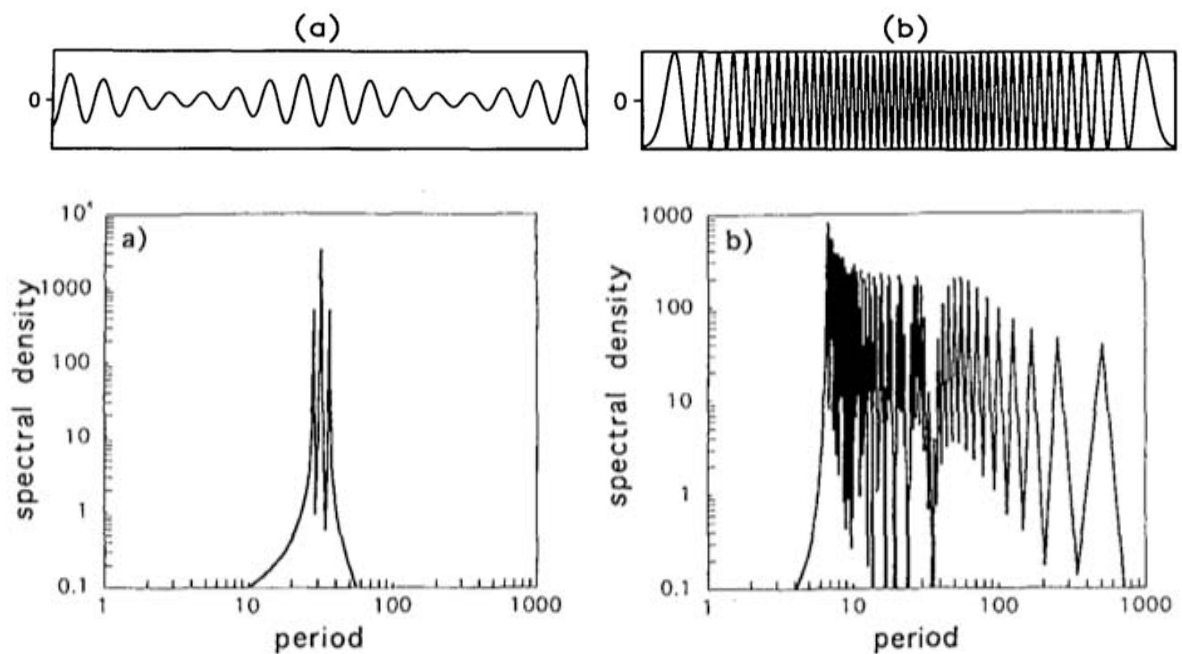
กล่าวคือผลการแปลงฟูรีเยร์ $F(\omega)$ คือผลรวมของสัญญาณ $f(t)$ คูณด้วยฟังก์ชันของค่า exponential ที่ทุกเวลา โดยฟังก์ชันของค่า exponential นี้ไม่ใช่เลขจำนวนจริง (Complex Number) แต่สามารถแตกออกมาอยู่ในรูปของฟังก์ชันของไซน์และโคไซน์ได้ หรืออาจกล่าวได้ว่าการแปลงฟูรีเยร์คือการเปลี่ยนจากสัญญาณในมิติของเวลา (Time Domain) ที่แสดงขนาดของคลื่น ณ เวลาต่างๆ กัน มาอยู่ในมิติของความถี่ (Frequency Domain) ที่แสดงกำลัง (Amplitude) ของคลื่น ณ ความถี่ต่างๆ กันดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ ก-3 ซึ่งจะเห็นว่าสัญญาณในมิติของเวลามีการแปรปรวนมาก แม้ว่าจะเราจะสามารถมองเห็นลักษณะการเกิดซ้ำหรือความถี่ต่างๆ ได้โดยสังเขป แต่เราไม่สามารถบอก

รายละเอียดของความถี่เหล่านี้ได้อย่างครบถ้วน แต่เมื่อใช้การแปลงฟูเรียร์และแสดงผลในมิติของความถี่ กล่าวคือแสดงค่ากำลังของสัมประสิทธิ์ของฟูเรียร์ $F(\omega)$ ที่ความถี่ ω ต่างๆ ด้วยการแสดงผลลักษณะนี้ เราจะสามารถแยกสัญญาณออกเป็นส่วนประกอบที่มาจากความถี่หลักสามความถี่ได้ง่าย



รูปที่ ก-3 การแปลงฟูเรียร์จากข้อมูลอนุกรมของสัญญาณในมิติของเวลามาเป็นข้อมูลในมิติของความถี่ (ที่มา Misiti, 2007)

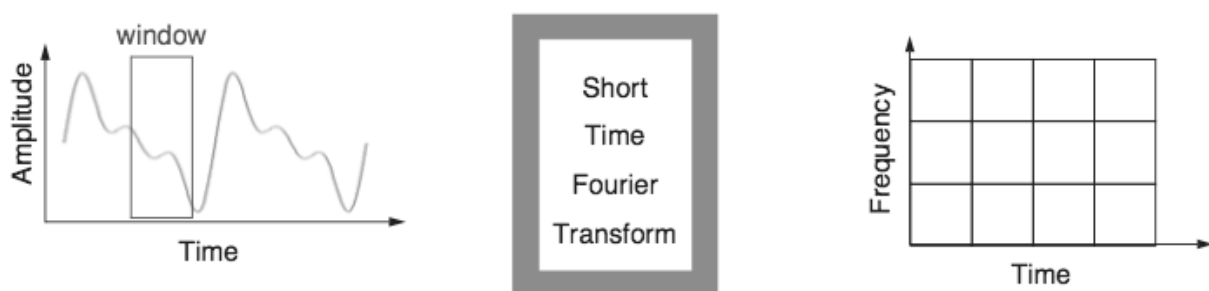
การแปลงฟูเรียร์มีประโยชน์อย่างยิ่งในการแปลงสัญญาณในมิติของเวลาที่มีความสลับซับซ้อน ให้อยู่ในรูปของความถี่ต่างๆ ทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ถึงคาบการเกิดที่สำคัญต่างๆ ได้ การแปลงฟูเรียร์จะได้ผลดีเมื่อสัญญาณไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากตลอดระยะเวลาของข้อมูล (Stationary Signal) แต่ถ้าสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาอย่างฉับพลันหรือมีแนวโน้มในพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม การแปลงฟูเรียร์จะให้ค่าที่มีความผิดพลาดได้ ยกตัวอย่างเช่น สัญญาณในรูปที่ ก-4 (a) ที่สัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงขนาดแต่ความถี่คงที่ และรูปที่ ก-4 (b) ที่มีการเปลี่ยนความถี่แต่ขนาดคงที่ ซึ่งสัญญาณทั้งสองสามารถหาการแปลงฟูเรียร์ออกมาได้แต่ไม่สามารถสื่อถึงขนาดและความถี่ที่สำคัญได้อย่างถูกต้อง ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นสิ่งที่พบมากในการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรสภาพอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ดังนั้นการแปลงฟูเรียร์ดังกล่าวจึงอาจไม่ใช่แนวทางที่เหมาะสมกับการศึกษาตัวแปรดังกล่าว



รูปที่ 4-4 การแปลงฟูเรียร์จากข้อมูลอนุกรมของสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงในเวลา โดยรูป (a) มีการเปลี่ยนแปลงขนาดที่เวลาต่างๆ โดยความถี่คงที่ และรูป (b) มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ โดยที่เวลาคงที่ จะเห็นได้ว่าผลการแปลงฟูเรียร์ไม่สามารถแสดงถึงพฤติกรรมของสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาดังกล่าวได้ดีนัก (ที่มา Lau and Weng, 1995)

แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาเมื่อสัญญาณที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการแปลงฟูเรียร์แบบกำหนดหน้าต่างต่าง (Short-Time Fourier Transform, STFT) ซึ่งเป็นการแปลงฟูเรียร์ของข้อมูลภายใต้หน้าต่างของช่วงเวลาเล็กๆ โดยใช้สมการที่ ก.1 และเปลี่ยนจากการอินทิเกรตตลอดช่วงเวลากลายเป็นอินทิเกรตเฉพาะในช่วงเวลาย่อยที่สนใจ จากนั้นจึงทำการย้ายหน้าต่างนั้นไปเรื่อยๆ จนครบทุกช่วงเวลา ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวจะแสดงผลในรูปแบบของแผนภาพ (Elevation Map) หรือเส้นชั้นความสูง (Contour) ที่แสดงขนาดของความถี่ ที่เวลาถึงกลางของหน้าต่างที่สนใจ ดังแสดงในรูปที่ ก-5 แนวทางดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ลักษณะของสัญญาณที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาย่อยๆ ได้

อย่างไรก็ดีการวิเคราะห์ด้วย STFT ก็มีข้อจำกัด กล่าวคือ (1) ผลการวิเคราะห์จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของหน้าต่างที่กำหนด ทำให้ต้องมีการวิเคราะห์หลายๆ ครั้งด้วยขนาดหน้าต่าง ต่างๆ กันเพื่อเลือกความกว้างของหน้าต่างที่เหมาะสม และ (2) ขนาดของหน้าต่างที่คงที่ในเวลาและความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 6-4 ทำให้สามารถจับข้อมูลที่มีความถี่สูงได้มาก (สัญญาณความถี่สูงเกิดหลายครั้งในหน้าต่างที่กำหนด) แต่ไม่สามารถจับข้อมูลที่มีความถี่ต่ำได้ครบถ้วน (สัญญาณความถี่ต่ำยาวเลยขนาดของหน้าต่างที่กำหนด) ทำให้ขนาดที่ความถี่ต่ำมีค่าต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และที่ความถี่สูงมีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ข้อมูลได้



รูปที่ 6-5 การแปลงฟูเรียร์แบบกำหนดหน้าต่าง (Short Time Fourier Transform) เกิดจากการแปลงฟูเรียร์ของข้อมูลทีหน้าต่างเวลาเยี่ย (Window) โดยจะแสดงผลเป็นขนาด (ความสูงที่ตั้งฉากกับหน้ากระดาษ) ของความถี่ ณ ตำแหน่งในเวลาของหน้าต่างที่วิเคราะห์ (ที่มา Misiti, 2007)

6.3 ทฤษฎีการแปลงเวฟเล็ต (Wavelet Transform)

การแปลงเวฟเล็ต (WT) เป็นแนวทางที่พัฒนามาจากข้อจำกัดของการแปลงฟูเรียร์แบบกำหนดหน้าต่าง (STFT) โดยประยุกต์ให้ขนาดของหน้าต่างกว้างมากขึ้นสำหรับสัญญาณที่มีความถี่ต่ำและแคบลงสำหรับสัญญาณที่มีความถี่สูงโดยอัตโนมัติ ดังลักษณะที่แสดงในรูปที่ 6-6 ขนาดของหน้าต่างที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ดังกล่าวทำให้ผลการวิเคราะห์ตัวแปรอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดและความถี่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และมีความรวดเร็วเนื่องจากไม่จำเป็นต้องแปลงสัญญาณหลายครั้งทีขนาดของหน้าต่างต่างๆ กันเหมือนการแปลง STFT



รูปที่ ๖-6 การแปลงเวฟเล็ต (Wavelet Transform) ที่ประยุกต์มาจากการแปลงเวฟเล็ตแบบกำหนดหน้าต่าง (STFT) โดยให้ขนาดของหน้าต่างกว้างขึ้นเมื่อวิเคราะห์สัญญาณความถี่ต่ำ และแคบลงเมื่อวิเคราะห์สัญญาณความถี่สูง (ที่มา Misiti, 2007)

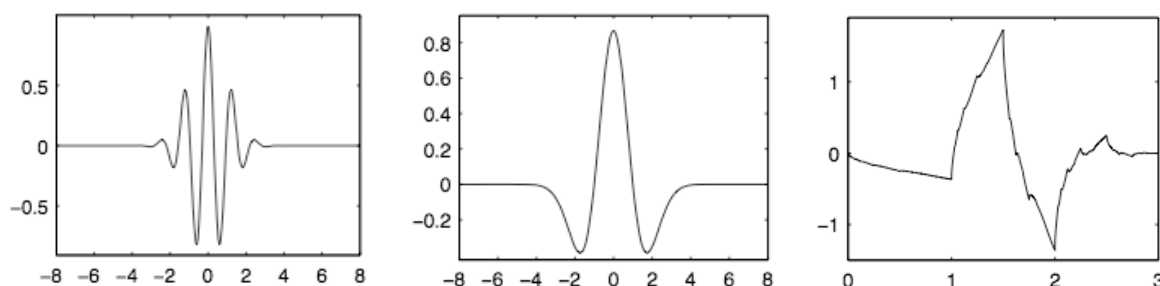
สมการทางคณิตศาสตร์ของการแปลงเวฟเล็ต จะมีลักษณะคล้ายกับการแปลงฟูเรียร์ในสมการที่ (๖.1) โดยสมมติให้ $f(t)$ แทนอนุกรมเวลาของข้อมูลสัญญาณในมิติของเวลา ผลการแปลงเวฟเล็ต¹ (Wavelet Transform) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของความถี่และตำแหน่งในเวลา สามารถหาได้จากสมการ

$$C(\text{scale}, \text{position}) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi(\text{scale}, \text{position}, t) dt \quad (๖.2)$$

โดยที่ Ψ คือฟังก์ชันเวฟเล็ต (Wavelet Function) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสมการ ๖.1 ในการแปลงฟูเรียร์ ฟังก์ชันดังกล่าวจะใช้ exponential ที่เป็นฟังก์ชันของค่าไซน์ (sinusoids) และโคไซน์ (cosinusoids) ซึ่งยาวตลอดช่วงระยะเวลาของข้อมูล แต่สำหรับฟังก์ชันเวฟเล็ตจะมีการปรับความกว้างของหน้าต่างหรือสเกลโดยอัตโนมัติตามความถี่ของข้อมูล ด้วยเหตุนี้ฟังก์ชันเวฟเล็ตจึงจำเป็นต้องมีลักษณะเฉพาะ ฟังก์ชันเวฟเล็ตที่เป็นที่นิยมใช้งาน ได้แก่ ฟังก์ชัน Morlet, Mexican hat, และ Daubechies ดังแสดงในรูปที่ ๖-7 อนึ่งในการแปลงเวฟเล็ตมักนิยมใช้ สเกล (Scale) แทนคาบ (Period) ซึ่งเป็นส่วนกลับของความถี่ (Frequency) ที่นิยมใช้ในการแปลงฟูเรียร์ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง สเกลและคาบจะแตกต่างกันไปตามชนิดของฟังก์ชันเวฟเล็ต แต่สำหรับฟังก์ชันเวฟเล็ต Morlet

¹ ในทางคณิตศาสตร์จะเรียกผลการแปลงดังกล่าวว่า การแปลงเวฟเล็ตแบบต่อเนื่อง (Continuous Wavelet Transform) ซึ่งมีพฤติกรรมแตกต่างจากการแปลงเวฟเล็ตแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Wavelet Transform) ผู้สนใจสามารถอ่านรายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก (Torrence and Compo, 1998)

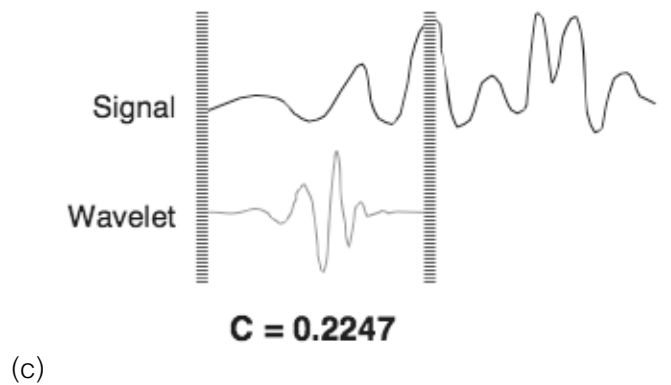
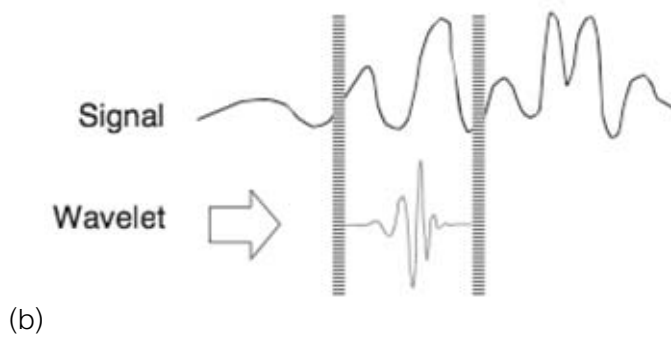
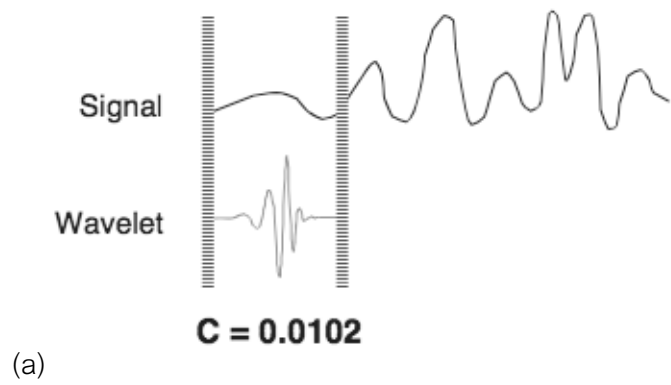
ที่นิยมใช้ มีค่าสเกลของเวฟเล็ตเท่ากับ 1.03 เท่าของคาบฟูเรียร์ ดังนั้นเมื่อใช้ฟังก์ชันดังกล่าว จึงอาจประมาณใช้สเกล แทนคาบการเกิดซ้ำได้



รูปที่ 1-7 ตัวอย่างของฟังก์ชันเวฟเล็ตที่นิยมใช้ ได้แก่ Morlet (ซ้าย) Mexican Hat (กลาง) และ Daubechies (ขวา) (ที่มา Misiti, 2007)

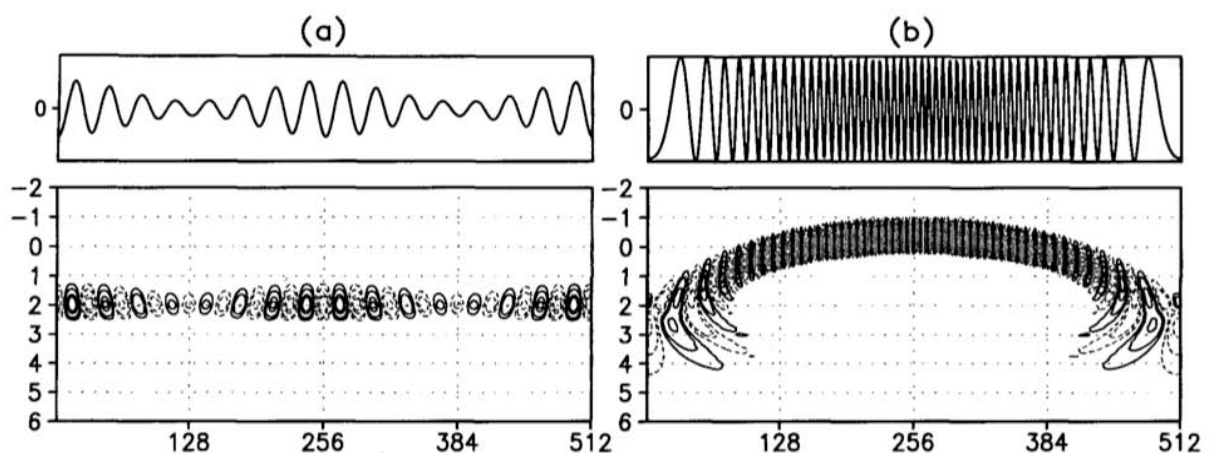
จากสมการที่ (1.2) การแปลงเวฟเล็ต คือการรวมผลคูณของสัญญาณกับฟังก์ชันเวฟเล็ตที่เปลี่ยนสเกลและเลื่อนตำแหน่งไปจนครบทุกเวลา ซึ่งมีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้คือ

- 1) เลือกฟังก์ชันเวฟเล็ตโดยเริ่มจากสเกลเล็กสุดที่สนใจศึกษา และจัดให้ฟังก์ชันอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นเดียวกับสัญญาณที่จะทำการแปลง
- 2) หาสัมประสิทธิ์การแปลงเวฟเล็ตที่สเกลและตำแหน่งเวลาดังกล่าว, $C(\text{scale}, \text{position})$ ด้วยสมการที่ (1.2) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จะแสดงความเหมือนหรือความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันเวฟเล็ตในช่วงเวลาที่ฟังก์ชันซ้อนทับข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 1-8 (a) โดยหากทั้งสองสัญญาณมีความคล้ายคลึงกันมากค่าสัมประสิทธิ์จะมีค่ามากด้วย
- 3) เลื่อนฟังก์ชันเวฟเล็ตไปทางขวา ดังแสดงในรูปที่ 1-8 (b) และทำข้อ (2) ซ้ำจนกว่าจะครบทุกข้อมูล
- 4) ทำการขยายสเกลของฟังก์ชันเวฟเล็ตให้ยาวขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1-8 (c) และทำซ้ำข้อ (1) ถึงข้อ (3)
- 5) ทำซ้ำข้อ (1) และ (4) จนครบทุกสเกลที่ต้องการ จากนั้นจึงแสดงค่าสัมประสิทธิ์ C ด้วยแผนที่หรือเส้นชั้นความสูง ณ สเกลและเวลาต่างๆ



รูปที่ ๓-8 ขั้นตอนการหาผลการแปลงเวฟเล็ตด้วยการเลื่อนและปรับสเกล (Shift and Scale) ของฟังก์ชันเวฟเล็ต (ที่มา Misiti, 2007)

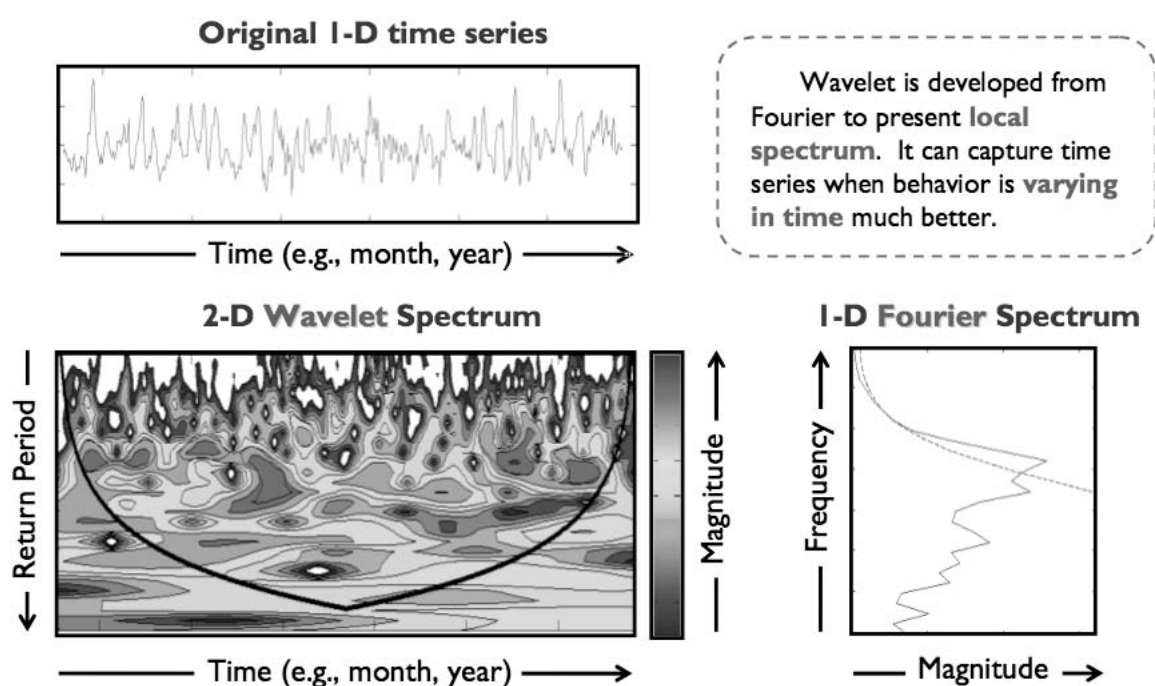
เมื่อเปรียบเทียบกับ การแปลงฟูเรียร์ การแปลงเวฟเล็ตสามารถแสดงถึงลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาได้ดีกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนขนาด หรือความถี่ ดังตัวอย่างในรูปที่ ก-9 ซึ่งแสดงผลการแปลงเวฟเล็ตจากสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด และ/หรือ ความถี่ในเวลาเปรียบเทียบกับรูปที่ ก-4 ที่ใช้การแปลงฟูเรียร์ซึ่งไม่สามารถแสดงรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ ผลการแปลงเวฟเล็ตในรูปที่ ก-9 (a) แสดงความสำคัญหลักที่สเกลคงที่ ประมาณ 10^2 หน่วย แต่มีความเส้นขึ้นความสูงเพิ่มขึ้นและลดลงตามขนาดของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา และในรูปที่ ก-9 (b) การแปลงเวฟเล็ตแสดงเส้นขึ้นความสูงที่มีขนาดคงที่ แต่ที่สเกลต่างกัน คือเริ่มจากสเกลสูง (ความถี่ต่ำ) ไปที่สเกลต่ำ (ความถี่สูง) และกลับไปสเกลสูงตามลักษณะของสัญญาณที่วิเคราะห์ จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นว่าการแปลงเวฟเล็ตจึงน่าจะเหมาะสมในการศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมของตัวแปรสภาพอากาศ ในแง่ของความถี่การเกิด ความรุนแรง และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ ก-9 การแปลงเวฟเล็ตจากข้อมูลอนุกรมของสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงในเวลา โดยรูป (a) มีการเปลี่ยนแปลงขนาดที่เวลาต่างๆ โดยความถี่คงที่ และรูป (b) มีการเปลี่ยนแปลงความถี่โดยที่เวลาคงที่ จะเห็นได้ว่าผลการแปลงเวฟเล็ตสามารถให้ข้อมูลที่ง่ายต่อการศึกษาและวิเคราะห์ในแง่ของความถี่ ความรุนแรง และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (ที่มา Lau and Weng, 1995)

ก.4 การประยุกต์ใช้เทคนิคเวฟเล็ตเพื่อศึกษาการเกิดและความรุนแรง

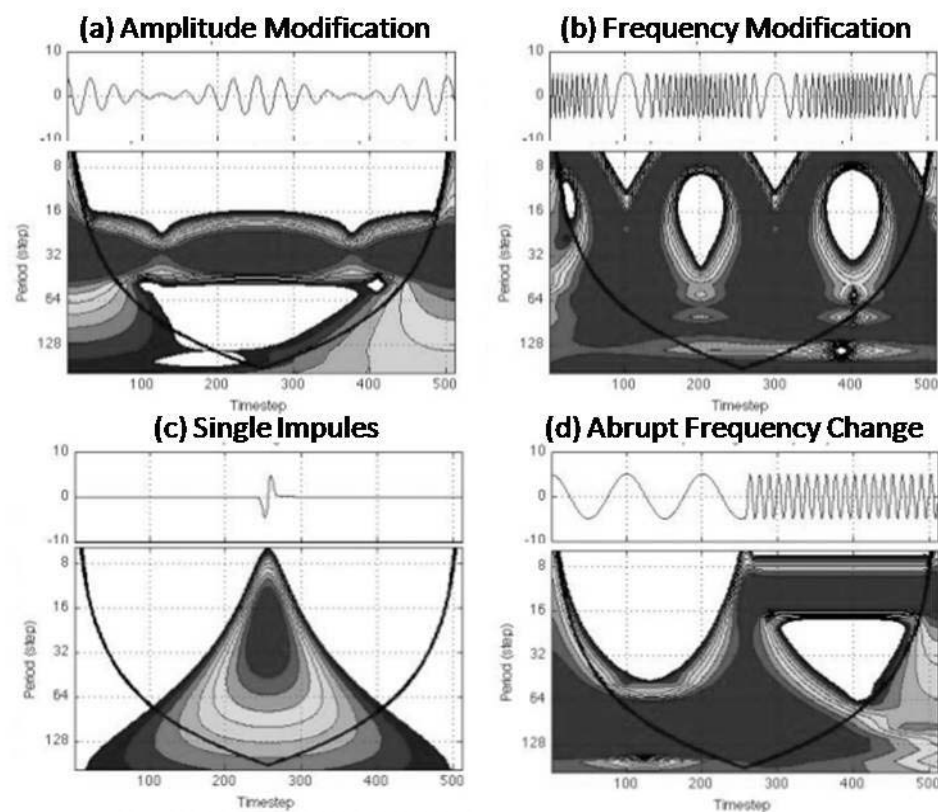
เทคนิคเวฟเล็ตสามารถประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาการเกิดและความรุนแรง รวมทั้งสังเกตพฤติกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดยการเปลี่ยนมุมมองของอนุกรมเวลา จากมุมมองที่แสดงค่าของตัวแปรที่แต่ละช่วงเวลา มาสู่มุมมองในรูปแบบของเส้นชั้นความถี่ ที่คาบการเกิดและที่ช่วงเวลาต่างๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ ก-10 นอกจากนี้ยังสามารถประมาณค่าการแปลงฟูเรียร์ได้จากการรวมเส้นชั้นความถี่ที่ทุกเวลาอีกด้วย การแสดงผลของการแปลงเวฟเล็ตในรูปแบบเส้นชั้นความถี่จะบ่งบอกถึงคาบการเกิดที่มีความสำคัญด้วยพื้นที่สีแดงและส้มตามลำดับ อนึ่ง ผลที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตบริเวณขอบของข้อมูลจะมีความผิดพลาดเนื่องจากการนำข้อมูลมาวนซ้ำ ซึ่งขอบเขตที่ข้อมูลมีความผิดพลาดนี้นิยมแสดงด้วยเส้นขอบเขต (Cone of Influence) ดังแสดงด้วยเส้นทึบสีดำครึ่งวงกลม ตามรูปที่ ก-10 ซึ่งค่าที่อยู่นอกบริเวณดังกล่าวไม่ควรนำมาพิจารณาพฤติกรรมของตัวแปร



รูปที่ ก-10 ตัวอย่างการแปลงเวฟเล็ตที่เปลี่ยนจากมุมมองของข้อมูลอนุกรมเวลา มาในรูปของเส้นชั้นความถี่ที่คาบการเกิดและเวลาต่างๆ โดยผลรวมของการแปลงเวฟเล็ตในเวลาสามารถประมาณลักษณะของการแปลงฟูเรียร์ได้

ตัวอย่างของพฤติกรรมของอนุกรมเวลาที่สามารถบ่งบอกได้แก่การเปลี่ยนความเข้ม (Amplitude) คาบการเกิด (Period) พฤติกรรมต่างๆ เหล่านี้สามารถตรวจพบได้ในมิติของเวลาในกรณีที่เกิดเหตุการณ์

การเปลี่ยนแปลงอย่างหนึ่งอย่างใดที่ชัดเจน แต่หากมีการผสมผสานการเปลี่ยนแปลงด้วยหลายๆ ปัจจัยจะเป็นการยากที่จะตรวจวัดได้ในมิติของเวลาเพียงอย่างเดียว ซึ่งการใช้การแปลงเวฟเล็ตจะช่วยให้มุมมองของข้อมูลให้มีความหลากหลายมากขึ้น และทำให้สามารถแยกพฤติกรรมต่างๆ ของข้อมูลออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ ก-11 ตัวอย่างผลการแปลงเวฟเล็ตที่แสดงพฤติกรรมต่างๆ ของข้อมูลอนุกรมเวลาได้แก่ (a) การแปลงความเข้ม (b) การแปลงความถี่หรือคาบ (c) การเกิดเหตุการณ์รุนแรง และ (d) การเปลี่ยนคาบการเกิดอย่างรวดเร็ว

เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคเวฟเล็ต รูปที่ ก-11 แสดงลักษณะของข้อมูลสภาพอากาศที่พบบ่อย และผลการแปลงเวฟเล็ตของลักษณะต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย (a) รูปแบบการเปลี่ยนแปลงความเข้ม (Amplitude Modification) ผลการแปลงเวฟเล็ตจะมีกำลังสูงที่คาบการเกิดหนึ่งๆ ซึ่งแสดงคาบการเกิดหลักของเหตุการณ์ แต่ขนาดความกว้างของกำลังจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดความเข้มในมิติของเวลาที่เพิ่มขึ้น (b) รูปแบบการเปลี่ยนแปลงความถี่หรือคาบการเกิด (Frequency or Period Modification) ผลการแปลงเวฟเล็ตจะมีกำลังสูงบนคาบการเกิดที่สัมพันธ์กับคาบการเกิดของอนุกรมเวลาในมิติของความถี่ (c) รูปแบบการเกิดเหตุการณ์ที่รุนแรง (Impulse) ผลการแปลงเวฟเล็ตจะมีกำลังสูงครอบคลุมหลายคาบการเกิด ที่เวลาที่เกิดเหตุการณ์ที่รุนแรงนั้นๆ และ (d) รูปแบบการเปลี่ยนแปลงคาบการเกิดอย่างรวดเร็ว (Abrupt Frequency Change) ผลการแปลงเวฟเล็ตจะมีกำลังสูงที่คาบการเกิดที่สัมพันธ์กับคลื่นในช่วงแรก และเปลี่ยนไปที่ตำแหน่งของคาบการเกิดใหม่ที่สัมพันธ์กับคลื่นในช่วงหลังอย่างรวดเร็ว รูปแบบเหล่านี้จะใช้เป็นพื้นฐานเพื่อให้สามารถเข้าใจและการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูลจริงที่มีการผสมผสานกันของรูปแบบต่างๆ สามารถทำได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข

การประมาณค่าและตรวจสอบสถานีภูมิอากาศ สถานีน้ำฝนน้ำท่า และการหาค่าเฉลี่ยปริมาณฝนและอุณหภูมิรายเดือน

การศึกษาข้อมูลข้อมูลภูมิอากาศ และข้อมูลน้ำฝนน้ำท่ารายเดือน มีรายละเอียดในการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนน้ำท่า การรวบรวมข้อมูลด้านต่าง ๆ ดังที่กล่าวในบทที่ 2 ซึ่งการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนน้ำท่าต้องตรวจสอบข้อมูลและเลือกสถานีที่ตรวจสอบข้อมูลแล้วมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีรายละเอียดวิธีที่ใช้ตรวจสอบข้อมูลดังนี้

ข.1 การประมาณค่าข้อมูลน้ำฝนและข้อมูลภูมิอากาศที่ขาดหายไป (Estimating missing data)

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและข้อมูลภูมิอากาศเป็นข้อมูลที่สำคัญในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งการตรวจวัดข้อมูลอาจไม่ครบถ้วนทำให้ข้อมูลบางช่วงขาดหายไป ในการวิเคราะห์ข้อมูลจำเป็นต้องมีข้อมูลครบถ้วนในทุกสถานี จึงจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคการประมาณค่าข้อมูลสำหรับข้อมูลที่ขาดหายไปวิธีการประมาณค่าข้อมูลนั้นมีหลายวิธี เช่น (1) วิธีเฉลี่ยจากสถานีข้างเคียง (station-mean method) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด วิธีนี้จะให้ความสำคัญกับข้อมูลของทุกสถานีเท่า ๆ กันสามารถใช้ได้ในกรณีที่ปริมาณน้ำฝนปกติรายปี(normal annual rainfall) ของสถานีที่ข้อมูลหายไป กับสถานีข้างเคียง มีค่าต่างกันไม่เกิน 10 % ในขณะที่ (2) วิธีอัตราส่วนปกติ (normal-ratio method) เลือกใช้ กรณีปริมาณน้ำฝนปกติรายปีต่างกันมาก (เกิน 10 %) และ (3) วิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักด้วยส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง (invert distance square weight area) มาใช้ในการประมาณค่า โดยวิธีอัตราส่วนปกติจะพิจารณาปริมาณน้ำฝนปกติรายปี (normal annual rainfall) ของแต่ละสถานี ส่วนวิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักด้วยส่วนกลับของระยะทางกำลังสองจะพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีที่ข้อมูลหายไปกับสถานีข้างเคียง

และในการศึกษานี้ได้เลือกใช้วิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักด้วยส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง (Invert distance square weight area) ในการประมาณค่าข้อมูลที่ขาดหายไป เนื่องจากสามารถเลือกใช้กรณีปริมาณน้ำฝนปกติรายปีต่างกันมากได้และใช้ค่าส่วนกลับของระยะทางยกกำลังสองมาใช้

คำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก วิธีนี้เหมาะกับบริเวณที่การกระจายตัวของสถานีไม่สม่ำเสมอเนื่องจาก นำระยะทางระหว่างสถานีมาพิจารณาด้วย ดังสมการที่ (1)

$$P_x = \sum_{i=1}^n W_i \bullet P_i \quad \text{สมการ (1)}$$

โดยที่

$$W_i = \frac{1/d_i^2}{\sum_{i=1}^n 1/d_i^2}$$

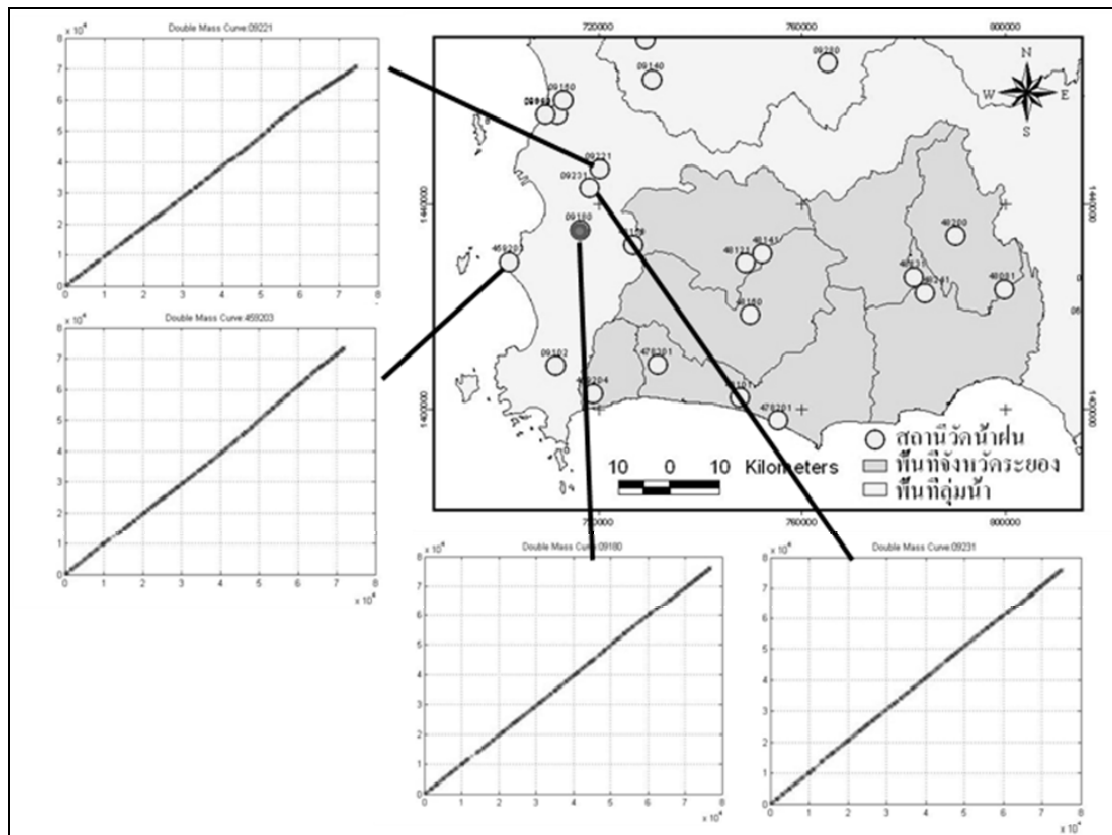
โดยที่ d_i^2 เป็นระยะทางระหว่างสถานีที่ข้อมูลหายไปกับสถานีข้างเคียงยกกำลังสอง
 หาจาก $d_i^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2$ โดย $\Delta x = x_x - x_i$ และ $\Delta y = y_x - y_i$

ข.2 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลน้ำฝน และข้อมูลภูมิอากาศ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนและข้อมูลภูมิอากาศ ควรมีการตรวจสอบข้อมูลเนื่องจากข้อมูลที่ได้มาอาจมีความผิดพลาดได้หลายกรณี เช่น การบันทึกข้อมูลผิดพลาด เครื่องมือชำรุดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่ตั้งของสถานี สภาพการวัดของเครื่องมือ (Exposure) เปลี่ยนแปลงไป มีการเปลี่ยนแปลงประเภทของเครื่องมือ หรือการเปลี่ยนแปลงวิธีการตรวจวัดข้อมูล เป็นต้น ความผิดพลาดของข้อมูลเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เหล่านี้ ไม่สามารถรู้ได้ยกเว้นแต่ได้มีการตรวจสอบข้อมูล

การตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนและข้อมูลภูมิอากาศนั้นใช้วิธี Double mass curve ซึ่งเป็นวิธีตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูล เช่นการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝน ตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบค่าสะสมของปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีที่จะตรวจสอบค่าสะสมที่เกี่ยวข้องของสถานีต่างๆ ที่ตั้งอยู่รอบๆ การเปรียบเทียบทำได้โดยพล็อตค่าสะสมของปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีที่ต้องการจะตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีของสถานีต่างๆ หากกราฟมีการเปลี่ยนแปลงความชันซึ่งแสดงว่าค่าที่ใช้ไม่มีความน่าเชื่อถือเท่าที่ควร และหากข้อมูลเชื่อถือได้กราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง มีความลาดเทเดียวตลอด ผลการตรวจสอบข้อมูลของสถานีที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะยกตัวอย่างสถานีของข้อมูลปริมาณฝนในจังหวัดระยอง ดังรูปที่ ข-1 ส่วนการตรวจสอบข้อมูลของสถานีทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิ

ต่ำสุด นอกจากนี้ยังมีข้อมูลค่าการระเหย ความชื้นสัมพัทธ์ และความกดอากาศด้วย โดยสามารถดูได้จากข้อมูลผลการศึกษาในแผ่น CD-ROM



รูปที่ ข-1 ผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนโดยวิธี Double mass curve ยกตัวอย่างบางสถานีในกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศไทย

ข.3 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลน้ำท่า

การตรวจสอบข้อมูลน้ำท่า มีความจำเป็นเนื่องจากหลีกเลี่ยงข้อมูลที่อาจมีการบันทึกข้อมูลผิดพลาด เครื่องมือชำรุด มีการเปลี่ยนแปลงสภาพลำนน้ำบริเวณสถานี มีขยะหรือสภาพท้องน้ำเปลี่ยนไป ทั้งจากการกัดเซาะหรือการตกสะสมของตะกอน เป็นต้น โดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า ต้องนำข้อมูลน้ำท่าจากอดีตที่ได้บันทึกได้มาวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งปัญหาที่พบคือ ข้อมูลน้ำท่าในหลายๆ สถานีมีความสมบูรณ์ของข้อมูลค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการประเมินน้ำท่าด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ในการศึกษาได้เลือกใช้แบบจำลอง HEC-4 ซึ่งเป็นแบบจำลองทางสถิติของปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีต่าง ๆ โดยแบบจำลอง HEC-4 จะสามารถสร้างข้อมูลน้ำท่ารายเดือนที่ต่อเนื่องตามช่วงเวลาที่มีข้อมูลได้ นอกจากนี้ยังสามารถเติมข้อมูลที่ขาดหายไป (Filling Missing Data) โดยการคำนวณจากปริมาณน้ำท่าของสถานีอื่นในช่วงเวลาเดียวกัน (Concurrent Flows) และจะคำนวณค่าสูงสุดและต่ำสุดแต่ละเดือนให้ จากข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ (Recorded) และข้อมูลต่อเติม (Reconstituted) ตลอดจนข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่ (Generated)

แบบจำลอง HEC-4 มีหลายทางเลือกเพื่อนำไปใช้ในแต่ละกรณี นอกจากนี้ ยังใช้ได้กับตัวแปรอื่น เช่น ปริมาณฝน ปริมาณการระเหย อุณหภูมิ ปริมาณน้ำที่ต้องการ ทั้งตัวแปรเดียวหรือหลายตัวแปร

ข.3.1 หลักการสำคัญในการวิเคราะห์

1) ส่วนของการวิเคราะห์เชิงสถิติของโปรแกรม HEC-4 ปริมาณน้ำท่าแต่ละเดือนของสถานีต่างๆ จะบวกด้วยปริมาณ q_i ซึ่งจะมีค่าประมาณ 1 เปอร์เซนต์ของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการ take log ของค่าศูนย์ (Infinite Negative Logarithms) ปริมาณ q_i ที่เพิ่มขึ้นจะถูกหักออกจากค่าปริมาณน้ำท่าภายหลัง ในขั้นตอนสุดท้าย ค่าตัวแปรซึ่งเป็นปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่บวกด้วย q_i จะเปลี่ยนให้อยู่ในอยู่รูป Logarithms ดังนี้

$$x_{i,m} = \log(Q_{i,m} + q_i) \quad (1)$$

โดยที่

$X_{i,m}$	=	log ของปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่บวกด้วย q_i แล้วของเดือน i ปีที่ m
$Q_{i,m}$	=	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของข้อมูลเดิมของเดือน i ปีที่ m (m^3/s)
q_i	=	ค่าที่ใส่ไว้ป้องกัน Infinite Logarithms ในเดือน i
i	=	เดือนที่ i
m	=	ปีที่ m

การคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และสัมประสิทธิ์ความบิดเบี้ยว (Skew Coefficient) ของแต่ละเดือนของสถานีต่าง ๆ คำนวณได้ตามสูตรต่อไปนี้

$$\bar{X}_i = \sum_{m=1}^N X_{i,m} / N \quad (2)$$

$$S_i = \sqrt{\sum_{m=1}^N (X_{i,m} - \bar{X}_i)^2 / (N-1)} \quad (3)$$

$$g_i = N \sum_{m=1}^N (X_{i,m} - \bar{X}_i)^3 / ((N-1)(N-2)S_i^3) \quad (4)$$

โดยที่

X_i	=	ค่าเฉลี่ยของ X ในเดือน i
S_i	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ X ในเดือน i
g_i	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความบิดเบี้ยวของ X ในเดือน i
N	=	จำนวนปีของข้อมูล

2) แต่ละสถานีหากข้อมูลเดือนใดหายไป โปรแกรมจะค้นหาข้อมูลจากสถานีอื่น ๆ ที่มีสถิติยาวกว่า มาใช้ปรับแก้ค่าสถิติ (Statistics) ต่าง ๆ ที่คำนวณมาจากข้อมูลที่ไม่ครบสมบูรณ์ให้เชื่อถือยิ่งขึ้น จากนั้นจึงปรับแก้ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณได้

สมการที่ (5) ใช้ในการคำนวณจำนวนข้อมูลเทียบเท่า N' ซึ่งจะเป็นพื้นฐานการเลือกข้อมูลที่ดีที่สุดที่จะนำไปใช้ในการปรับแก้

$$N' = \frac{N}{1 - \frac{N'_2 - N_1}{N'_2} R^2} \quad (5)$$

$$R^2 = \frac{N'_2 (N'_1 - N_1)}{N'_1 (N'_2 - N_1)}$$

หรือ

$$\text{สมการที่ใช้ปรับแก้ค่าเฉลี่ย} \quad \bar{X}'_1 - \bar{X}_1 = (\bar{X}'_2 - \bar{X}_2) R S_1 / S_2 \quad (6)$$

$$\text{สมการที่ใช้ปรับค่าเบี่ยงเบน} \quad s'_1 - s_1 = (s'_2 - s_2) R^2 s_1 / s_2 \quad (7)$$

เครื่องหมายขีดบน (Prime) เป็นข้อมูลของปีที่มีข้อมูลนาน ส่วนที่ไม่มีเครื่องหมายขีดบนนั้น เป็นข้อมูลของสถานีที่มีข้อมูลสั้นของสถานีหมายเลข 1 และหมายเลข 2

N = จำนวนปีของข้อมูล (Length of Record)

R = Linear Correlation Coefficient

3) เปลี่ยนค่าตัวแปร $X_{i,m}$ (Individual Flow) ให้เป็นตัวแปรมาตรฐานโดยใช้ Pearson Type III Probability Distribution ดังต่อไปนี้

$$t_{i,m} = (X_{i,m} - \bar{X}_i) / S_i \quad (8)$$

$$K_{i,m} = (6 / g_i) \left[\left((g_i t_{i,m} / 2) + 1 \right)^{1/3} - 1 \right] + g_i / 6 \quad (9)$$

$t_{i,m}$ = Pearson Type III Standard Deviate

$K_{i,m}$ = Normal Standard Deviate

4) หลังจากเปลี่ยนค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือนของทุกสถานี และทุกเดือนให้เป็นค่าตัวแปรปกติมาตรฐาน ($K_{i,m}$) ขึ้นต่อไป โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ R ระหว่างแต่ละคู่ของสถานีสำหรับเดือนเดียวกัน (Concurrent month) และกับเดือนก่อน (Preceding month) จากสมการต่อไปนี้

$$R_{i,j-1} = \left\{ 1 - \left[1 - \left(\sum_{m=1}^N X_{i,m} X_{i-1,m} \right)^2 / \left(\sum_{m=1}^N X_{i,m}^2 \sum_{m=1}^N X_{i-1,m}^2 \right) \right] (N-1)(N-2) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

$$\text{เมื่อ } X = X - \bar{X}$$

5) ถ้าหากค่าตัวแปรปริมาณน้ำท่าแต่ละคู่ของสถานีมีน้อยไม่เพียงพอจะนำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ได้ (จำนวนปีของเดือนนั้นน้อยกว่า 1) ก็จำเป็นต้องประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ระหว่างแต่ละตัวแปรของคู่ตัวแปรที่หายไป (i และ j) กับตัวแปรอื่น (k) ใด ๆ ตามสมการต่อไปนี้

$$R_{i,j} = R_{k,i} R_{k,j} \sqrt{(1 - R_{k,i}^2)(1 - R_{k,j}^2)} \quad (11)$$

จากการคำนวณค่า $R_{i,j}$ ได้หลาย ๆ ค่าซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรอื่น (k) ต่าง ๆ ที่นำมาทำการคำนวณตามลำดับ ขีดจำกัดบนของค่า $R_{i,j}$ จะกำหนดให้เท่ากับค่าต่ำสุดของค่า Upper Limits (คำนวณโดยใช้เครื่องหมาย+) ต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากสมการที่ (11) และขีดจำกัดล่างของ $R_{i,j}$ จะกำหนดให้เท่ากับค่าสูงสุดของ Lower Limits (คำนวณโดยใช้เครื่องหมาย-) ต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากสมการที่ (11) เช่นเดียวกัน และค่าเฉลี่ยของขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่างจะกำหนดให้เป็นค่าของ $R_{i,j}$ ที่ขาดหายไป

6) ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ขาดหายไปไม่ว่าจะเป็นสถานีใด โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าที่ขาดหายไปเหล่านี้ทุกเดือนและทุกสถานี และเพื่อที่จะสร้างข้อมูลเพิ่มเติม (Reconstitute) ในช่วงที่ขาดหายไปดังกล่าว จำเป็นต้องคำนวณสมการถดถอย (Regression Equation) ในเทอมของตัวแปรปกติมาตรฐานด้วยการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องการจาก Correlation Matrix ที่สมบูรณ์สำหรับเดือนนั้น และแก้สมการด้วยวิธี Crout ค่าที่ขาดหายไป (ในเทอมของตัวแปรปกติมาตรฐาน) จะ

คำนวณจากสมการถดถอยที่คำนวณได้นี้ ซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวในขั้นตอนที่ 8. เกี่ยวกับวิธีการสร้างข้อมูลใหม่ (Streamflow Generation)

7) ในขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนค่าตัวแปรปกติมาตรฐานกลับไปเป็นปริมาณน้ำท่ารายเดือนด้วยการใช้สมการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

$$t_{i,m} = \{[(g_i / 6)(K'_{i,m} - g_i / 6) + 1]^3 - 1\} (2 / g_i) \quad (12)$$

$$X_{i,m} = \bar{X}_i + t_{i,m} S_i \quad (11)$$

$$Q_{i,m} = \text{Antilog } X_{i,m} - q_i \quad (14)$$

$$Q_{i,m} \geq 0 \quad (15)$$

สำหรับค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือน $Q_{i,m}$ ที่คำนวณได้นี้จะต้องมีค่ามากกว่า หรือ เท่ากับศูนย์ ถ้าหากว่ามีค่าเป็นลบจะกำหนดให้เท่ากับศูนย์

8) ในการสร้างข้อมูลใหม่ (Streamflow Generation) โปรแกรมจะทำการคำนวณสมการถดถอยจาก Correlation Matrix ด้วยวิธี Crout สำหรับแต่ละสถานีและแต่ละเดือนจากนั้นทำการคำนวณปริมาณน้ำท่าของแต่ละสถานีโดยคำนวณแต่ละเดือนติดต่อกันไป ด้วยการใช้สมการที่ (16) โดยจะเริ่มจากค่าเฉลี่ยของทุกสถานีในเดือนแรก และคำนวณเดือนต่อ ๆ ไป จากนั้นจะตัดค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่สร้างขึ้นมาใหม่ในช่วง 2 ปีแรกทิ้งไป

$$K'_{i,j} = \beta_1 K'_{i,1} + \beta_2 K'_{i,2} + \dots + \beta_{j-1} K'_{i,j-1} + \beta_j K'_{i-1,j} + \beta_{j+1} K'_{i-1,j+1} + \dots + \beta_n K'_{i-1,n} + \sqrt{1 - R_{i,j}^2} z_{i,j} \quad (16)$$

$K'_{i,j}$ = ค่า Monthly Flow Logarithm ซึ่งแสดงในค่าของตัวแปรปกติมาตรฐานของเดือน i สถานี j
 = สัมประสิทธิ์เบต้าคำนวณจาก Correlation Matrix ของสถานี j
 n = จำนวนสถานีที่มีสหสัมพันธ์กัน

$R_{i,j}$	=	สัมประสิทธิ์สหพันธ์เชิงซ้อน (Multiple Regression Coefficient) ของเดือน i สถานี j
$Z_{i,m}$	=	จำนวนเลขสุ่ม (Random Number) ของเดือน i สถานี j
i	=	เดือนที่ i
j	=	สถานีที่ j

สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการคำนวณที่ใช้ในแบบจำลอง HEC- 4 สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากคู่มือของแบบจำลอง HEC-4 (Monthly Streamflow Simulation)

แบบจำลอง HEC-4 สามารถทำงานได้หลายทางเลือก (Options) ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

- *Standard Analysis and Generation* (ดังแสดงในตัวอย่าง input&output data)
- Multi-pass Reconstitution and Generation
- Flow Projections
- Compute and Use Generalized Statistics
- Statistics Furnished
- Generalized Statistics Furnished

ตัวอย่างข้อมูลน้ำท่าเมื่อใช้แบบจำลอง HEC 4 โดยเป็นข้อมูลน้ำท่ารายเดือนของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปราจีนบุรี สถานี Kgt12 และ Kgt13 ซึ่งมีข้อมูลในช่วงปี ค.ศ.1966 – 2005 (ในส่วนของ *input data* ค่า -1 คือไม่มีข้อมูลตรงนั้นและจะให้โปรแกรมเติมให้ ซึ่งใน module นี้ จะเติมต่อขยายข้อมูลตั้งแต่ปี 1952-2006, *output data* ค่าซึ่งมี E ต่อท้าย คือค่าซึ่งเติมขึ้นมาโดยโปรแกรม)

ตัวอย่างการใส่ข้อมูลในแบบจำลอง HEC 4 (INPUT DATA)

TEST DATA - 723-X6-L2340													50
Station code 330=Kgt12 ,317=Kgt13													
A	B	1952	4	1	55								
C	1												
D	2	330	317										
E	2	1.	1.										
H3301952	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301953	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301954	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301955	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301956	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301957	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301958	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301959	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301960	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301961	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301962	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301963	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301964	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301965	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H3301966	-1	-1	709	2648	5944	11378	5269	1245	493	209	87	18	
H3301967	31	407	554	2045	8865	5243	8784	1463	355	96	51	67	
H3301968	46	110	124	494	3009	3655	1919	218	148	44	44	10	
H3301969	9	22	417	4039	5127	13193	5373	801	243	90	47	26	
H3301970	37	83	1029	2884	4934	7012	4124	963	375	79	48	21	
H3301971	14	42	2670	1720	4404	9319	4208	1272	241	76	50	26	
H3301972	134	14	260	741	3102	12612	7825	3135	826	204	78	33	
H3301973	20	43	40	1838	2696	7604	8863	1473	288	100	73	68	
H3301974	126	656	1339	557	4061	5245	12031	1800	407	151	73	204	
H3301975	40	93	1299	3119	5311	5094	6638	847	298	90	39	9	
H3301976	5	90	1282	5567	4338	8134	4603	4924	597	204	103	51	
H3301977	69	73	127	981	2819	7367	3460	1246	320	74	13	0	
H3301978	0	601	1822	3527	5261	8239	6936	614	216	33	2	0	
H3301979	22	190	514	5269	2790	3597	4567	321	195	87	64	39	
H3301980	21	37	1279	2170	3556	8852	8577	1483	441	193	132	144	
H3301981	131	411	2504	2896	6195	7889	6044	2345	711	221	189	140	
H3301982	234	157	318	1677	6845	10471	4682	1690	520	177	199	220	
H3301983	23	34	700	2049	7891	5931	26493	2404	656	251	132	-1	
H3301984	86	162	1382	1060	7683	5737	5440	622	240	45	20	9	
H3301985	122	1944	2379	3975	2415	4998	3030	1143	397	62	24	15	
H3301986	40	1491	345	1594	5664	7345	9456	1276	587	200	142	31	
H3301987	65	78	605	1033	248	5318	1549	899	317	51	33	32	
H3301988	34	120	2451	1249	2763	4759	8042	1064	383	92	41	25	
H3301989	13	350	758	1332	4418	3375	2104	428	189	47	10	3	
H3301990	5	180	227	411	1120	3143	13431	1222	309	66	20	19	
H3301991	9	68	336	687	6355	8196	7433	783	269	106	44	16	
H3301992	8	12	59	66	1297	2161	2500	553	122	21	7	5	
H3301993	40	135	98	229	3998	6420	3149	1060	219	30	0	0	
H3301994	0	24	376	5497	5491	11677	2790	302	117	38	22	2	
H3301995	10	9	132	780	4831	14243	6101	573	167	25	25	18	
H3301996	17	350	734	602	1748	3704	8083	2083	335	45	74	16	

ตัวอย่างข้อมูลเมื่อใช้แบบจำลอง HEC 4 (OUTPUT DATA)

RECORDED AND RECONSTITUTED FLOWS														
STA	YEAR	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	TOTAL
330	1952	39E	331E	409E	928E	808E	5830E	3022E	1805E	504E	142E	103E	115E	14036
330	1953	34E	173E	2368E	6125E	4847E	8385E	3600E	1525E	389E	107E	91E	129E	27773
330	1954	338E	804E	1126E	4706E	2625E	3851E	5065E	822E	217E	26E	2E	1E	19583
330	1955	3E	19E	114E	1097E	5819E	6888E	2826E	999E	436E	126E	83E	147E	18557
330	1956	110E	133E	172E	1130E	3621E	5908E	4454E	3947E	1121E	210E	159E	130E	21095
330	1957	95E	273E	1216E	1517E	5392E	3947E	3994E	1114E	500E	158E	182E	57E	18445
330	1958	166E	254E	458E	3062E	5387E	9046E	4141E	150E	158E	22E	15E	3E	22862
330	1959	3E	75E	891E	2434E	4037E	6037E	1253E	1155E	304E	63E	6E	1E	16259
330	1960	4E	38E	701E	1601E	2453E	1922E	8036E	1189E	320E	170E	136E	65E	16635
330	1961	39E	755E	637E	4606E	5205E	6024E	8151E	1376E	560E	198E	76E	19E	27646
330	1962	689E	721E	1237E	1318E	5960E	4375E	2303E	624E	176E	24E	38E	4E	17469
330	1963	7E	426E	1887E	2329E	7408E	11577E	2815E	1483E	354E	141E	97E	123E	28647
330	1964	42E	1170E	1320E	2699E	5657E	9980E	5680E	1165E	385E	101E	64E	70E	28333
330	1965	32E	50E	704E	571E	4397E	8412E	4700E	1588E	266E	42E	30E	20E	20812
330	1966	32E	1740E	709	2648	5944	11378	5269	1245	493	209	87	18	29772
330	1967	31	407	554	2045	8865	5243	8784	1463	355	96	51	67	27961
330	1968	46	110	124	494	3009	3655	1919	218	148	44	44	10	9821
330	1969	9	22	417	4039	5127	13193	5373	801	243	90	47	26	29387
330	1970	37	83	1029	2884	4934	7012	4124	963	375	79	48	21	21589
330	1971	14	42	2670	1720	4404	9319	4208	1272	241	76	50	26	24042
330	1972	134	14	260	741	3102	12612	7825	3135	826	204	78	33	28964
330	1973	20	43	40	1838	2696	7604	8863	1473	288	100	73	68	23106
330	1974	126	656	1339	557	4061	5245	12031	1800	407	151	73	204	26650
330	1975	40	93	1299	3119	5311	5094	6638	847	298	90	39	9	22877
330	1976	5	90	1282	5567	4338	8134	4603	4924	597	204	103	51	29898
330	1977	69	73	127	981	2819	7367	3460	1246	320	74	13	0	16549
330	1978	0	601	1822	3527	5261	8239	6936	614	216	33	2	0	27251
330	1979	22	190	514	5269	2790	3597	4567	321	195	87	64	39	17655
330	1980	21	37	1279	2170	3556	8852	8577	1483	441	193	132	144	26885
330	1981	131	411	2504	2896	6195	7889	6044	2345	711	221	189	140	29676
330	1982	234	157	318	1677	6845	10471	4682	1690	520	177	199	220	27190
330	1983	23	34	700	2049	7891	5931	26493	2404	656	251	132	50E	46614
330	1984	86	162	1382	1060	7683	5737	5440	622	240	45	20	9	22486
330	1985	122	1944	2379	3975	2415	4998	3030	1143	397	62	24	15	20504
330	1986	40	1491	345	1594	5664	7345	9456	1276	587	200	142	31	28171
330	1987	65	78	605	1033	248	5318	1549	899	317	51	33	32	10228
330	1988	34	120	2451	1249	2763	4759	8042	1064	383	92	41	25	21023
330	1989	13	350	758	1332	4418	3375	2104	428	189	47	10	3	13027
330	1990	5	180	227	411	1120	3143	13431	1222	309	66	20	19	20153
330	1991	9	68	336	687	6355	8196	7433	783	269	106	44	16	24302
330	1992	8	12	59	66	1297	2161	2500	553	122	21	7	5	6811
330	1993	40	135	98	229	3998	6420	3149	1060	219	30	0	0	15378
330	1994	0	24	376	5497	5491	11677	2790	302	117	38	22	2	26336
330	1995	10	9	132	780	4831	14243	6101	573	167	25	25	18	26914
330	1996	17	350	734	602	1748	3704	8083	2083	335	45	74	16	17791

ค.3.2 สรุปแนวทางการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า

ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสำหรับจุดที่ตั้งอาคารแหล่งน้ำที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่านั้น จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่บริเวณข้างเคียง และนำผลมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า ณ จุดที่ตั้งอาคารแหล่งน้ำที่ต้องการ ตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษารูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย ตลอดทั้งลุ่มน้ำที่ศึกษา และบริเวณข้างเคียง โดยอาศัยข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนต่าง ๆ หรือศึกษาจากแผนที่แสดงชั้นปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย
2. ศึกษาปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ของแม่น้ำและลำน้ำสาขาจากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าของสถานีต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้เคียง
3. ทำการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่า หรือทำการเลือกกลุ่มสถานีวัดน้ำท่า โดยพิจารณา ค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ และปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยและมีพื้นที่ใกล้เคียงกันเป็นหลัก

4. สำหรับกลุ่มสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการเลือก ทำการต่อขยายปริมาณน้ำท่ารายเดือนของแต่ละสถานี ให้มีสถิติยาวตามต้องการ ด้วยการใส่แบบจำลอง HEC-4 ถ้าหากว่าไม่มีสถานีใดที่มีข้อมูลยาวพอเพียง ก็จะสามารถพิจารณาข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนของสถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้

ค.4 รายละเอียดเครือข่ายสถานีที่ใช้ในการศึกษา

เครือข่ายสถานีข้อมูลอุตุทุกวิทยาประกอบด้วยข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลภูมิอากาศ และข้อมูลน้ำท่า รายละเอียดดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2 จำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาจำนวน 169 สถานี ดังตารางที่ ข-1 สถานีวัดข้อมูลภูมิอากาศจำนวน 100 สถานี ดังตารางที่ ข-2 และสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 68 สถานีดังตารางที่ ข-3

ตารางที่ ข-1 รายละเอียดสถานีนัดนำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและชลประทานใช้ในการศึกษา

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
1	20062	ที่ว่าการอำเภอแม่ลาน้อย	20062	01	แม่น้ำสาละวิน	อ.แม่ลาน้อย	จ.แม่ฮ่องสอน	ภาคเหนือ	1970-2003
2	300201	สดอ.แม่ฮ่องสอน*	20012	01	แม่น้ำสาละวิน	อ.เมือง	จ.แม่ฮ่องสอน	ภาคเหนือ	1952-2007
3	300202	สดอ.แม่สะเรียง*	20023	01	แม่น้ำสาละวิน	อ.แม่สะเรียง	จ.แม่ฮ่องสอน	ภาคเหนือ	1952-2007
4	376202	สดอ.แม่สอด*	63033	01	แม่น้ำสาละวิน	อ.แม่สอด	จ.ตาก	ภาคเหนือ	1952-2007
5	30022	ที่ว่าการอำเภอโพธารมย์	30022	02	แม่น้ำโขง	อ.โพธารมย์	จ.หนองคาย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1992-2006
6	50072	สถานีทดลองข้าวสกลนคร อ.เมือง	50072	02	แม่น้ำโขง	อ.เมือง	จ.สกลนคร	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1962-2007
7	353201	สดอ.เลย*	18013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมืองเลย	จ.เลย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
8	353301	สภษ.เลย*	18062	02	แม่น้ำโขง	อ.เมืองเลย	จ.เลย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
9	354201	สดอ.อุดรธานี*	68013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมือง	จ.อุดรธานี	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
10	356201	สดอ.สกลนคร*	50013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมือง	จ.สกลนคร	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
11	356301	สภษ.สกลนคร*	50122	02	แม่น้ำโขง	อ.เมือง	จ.สกลนคร	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1967-2007
12	357201	สดอ.นครพนม*	24013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมือง	จ.นครพนม	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
13	357301	สภษ.นครพนม*	24042	02	แม่น้ำโขง	อ.เมือง	จ.นครพนม	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1983-2007
14	383201	สดอ.มุกดาหาร*	64013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมือง	จ.มุกดาหาร	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
15	310201	สภษ.พะเยา*	73013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมืองพะเยา	จ.พะเยา	ภาคเหนือ	1981-2007
16	352201	สดอ.หนองคาย*	30013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมือง	จ.หนองคาย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
17	07102	ที่ว่าการอำเภอฝาง (สด.ชั้น 3)	07102	03	แม่น้ำกก	อ.ฝาง	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1952-2002
18	07172	สถานีทดลองพืชสวนฝาง	07172	03	แม่น้ำกก	อ.ฝาง	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1952-2002
19	07492	ที่ว่าการอำเภอแม่เมาะ บ้านเลขที่ 202 ม.4	07492	03	แม่น้ำกก	อ.แม่เมาะ	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1970-2002
20	303201	สดอ.เชียงราย*	08013	03	แม่น้ำกก	อ.เมือง	จ.เชียงราย	ภาคเหนือ	1952-2007

ตารางที่ ข-1 รายละเอียดสถานียัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและชลประทานที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
21	303301	สภ.เรียงราย*	08123	03	แม่น้ำกก	อ.เมือง	จ.เชียงราย	ภาคเหนือ	1979-2007
22	18181	บ้านผานกแก้ว (E.29) อ.ภูกะดัง	18181	04	แม่น้ำที	อ.ภูกะดัง	จ.เลย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1978-2007
23	05100	สำนักชลประทาน ชัยภูมิ	05100	04	แม่น้ำชี	อ.เมืองชัยภูมิ	จ.ชัยภูมิ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1954-2007
24	11090	ห้วยโพธิ์ อ.เมืง	11090	04	แม่น้ำชี	อ.เมือง	จ.กาฬสินธุ์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1956-2007
25	11170	ห้วยแก่ง	11170	04	แม่น้ำชี	กิ่งอ.ดอนจาน	จ.กาฬสินธุ์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1970-2007
26	11240	ห้วยฟ้า อ.ห้วยผึ้ง	11240	04	แม่น้ำชี	อ.ห้วยผึ้ง	จ.กาฬสินธุ์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1972-2007
27	14042	ที่ว่าการอำเภอบ้านไผ่	14042	04	แม่น้ำชี	อ.บ้านไผ่	จ.ขอนแก่น	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1954-2007
28	72061	ฟ้าหยาด(E.20A) อ.มหาชนะชัย	72061	04	แม่น้ำชี	อ.มหาชนะชัย	จ.ยโสธร	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1976-2007
29	403201	สดอ.ชัยภูมิ*	05013	04	แม่น้ำชี	อ.เมืองชัยภูมิ	จ.ชัยภูมิ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
30	381201	สดอ.ขอนแก่น*	14013	04	แม่น้ำชี	อ.เมือง	จ.ขอนแก่น	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
31	381301	สภ.ท่าพระ*	14602	04	แม่น้ำชี	อ.พระยืน	จ.ขอนแก่น	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
32	387401	สทท.โกสุมพิสัย*	21043	04	แม่น้ำชี	อ.โกสุมพิสัย	จ.มหาสารคาม	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
33	388401	สทท.กมลาไสย	11032	04	แม่น้ำชี	อ.กมลาไสย	จ.กาฬสินธุ์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
34	405201	สดอ.ร้อยเอ็ด*	49013	04	แม่น้ำชี	อ.เมืองร้อยเอ็ด	จ.ร้อยเอ็ด	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
35	405301	สภ.ร้อยเอ็ด*	49323	04	แม่น้ำชี	อ.เมืองร้อยเอ็ด	จ.ร้อยเอ็ด	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1983-2007
36	57161	เขื่อนห้วยลำยาง(M.91) อ.ชุมหาญ	57161	05	แม่น้ำมูล	อ.ภูสิงห์	จ.ศรีสะเกษ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1977-2007
37	62032	สำนักงานเกษตรอำเภอรัตนบุรี	62032	05	แม่น้ำมูล	อ.รัตนบุรี	จ.สุรินทร์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2006
38	62120	สภอ.ห้วยตะเริง	62120	05	แม่น้ำมูล	อ.เมืองสุรินทร์	จ.สุรินทร์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2004
39	67240	หนองช้างใหญ่(Trk.13) อ.เมือง	67240	05	แม่น้ำมูล	อ.ม่วงสามสิบ	จ.อุบลราชธานี	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1955-2007
40	431401	สทท.โขดชัย*	25093	05	แม่น้ำมูล	อ.โขดชัย	จ.นครราชสีมา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007

ตารางที่ ข-1 รายละเอียดสถานียัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและชลประทานที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
41	436401	สทท.นางรอง*	02033	05	แม่น้ำมูล	อ.นางรอง	จ.บุรีรัมย์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
42	432201	สทอ.สุรินทร์*	62013	05	แม่น้ำมูล	อ.เมืองสุรินทร์	จ.สุรินทร์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
43	432301	สทช.สุรินทร์*		05	แม่น้ำมูล	อ.เมืองสุรินทร์	จ.สุรินทร์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
44	432401	สทท.ท่าตูม*	62043	05	แม่น้ำมูล	อ.ท่าตูม	จ.สุรินทร์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
45	407301	สทช.อุบลราชธานี*	67092	05	แม่น้ำมูล	กิ่งกษ.วชิระวงศ์	จ.อุบลราชธานี	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1972-2007
46	407501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	67013	05	แม่น้ำมูล	อ.เมือง	จ.อุบลราชธานี	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
47	409301	สทช.ศรีสะเกษ*	57203	05	แม่น้ำมูล	อ.วังหิน	จ.ศรีสะเกษ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1983-2007
48	431201	สทอ.นครราชสีมา*	25013	05	แม่น้ำมูล	อ.เมือง	จ.นครราชสีมา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1952-2007
49	431301	สทช.ปากช่อง*	25272	05	แม่น้ำมูล	อ.ปากช่อง	จ.นครราชสีมา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1968-2007
50	07391	สำนักงานชลประทานที่ 1 อ.เมืองเชียงใหม่	07391	06	แม่น้ำปิง	อ.เมือง	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1971-2007
51	07502	สวนป่าแม่หอพระ อ.แม่แตง	07502	06	แม่น้ำปิง	อ.พร้าว	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1972-2007
52	327301	สทช.แม่ใจ*	07304	06	แม่น้ำปิง	อ.สันทราย	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1971-2007
53	327501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ	07013	06	แม่น้ำปิง	อ.แมริม	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1952-2007
54	329201	สทช.ลำพูน*	17093	06	แม่น้ำปิง	อ.เมืองลำพูน	จ.ลำพูน	ภาคเหนือ	1981-2007
55	376203	สทอ.เขื่อนภูมิพล*		06	แม่น้ำปิง	อ.สามเงา	จ.ตาก	ภาคเหนือ	1971-2007
56	380201	สทช.กำแพงเพชร*	12012	06	แม่น้ำปิง	อ.เมือง	จ.กำแพงเพชร	ภาคเหนือ	1981-2007
57	16151	แม่จาง (W.15) อ.แม่ทะ	16151	07	แม่น้ำวัง	อ.แม่ทะ	จ.ลำปาง	ภาคเหนือ	1971-2007
58	16214	สวนป่าแม่ทรายคำ ต.นิคมพัฒนา อ.เมือง	16214	07	แม่น้ำวัง	อ.แจ้ห่ม	จ.ลำปาง	ภาคเหนือ	1972-2007
59	16072	ที่ว่าการอำเภอเถิน	16072	07	แม่น้ำวัง	อ.เถิน	จ.ลำปาง	ภาคเหนือ	1952-2002
60	328201	สทอ.ลำปาง*	16013	07	แม่น้ำวัง	อ.เมืองลำปาง	จ.ลำปาง	ภาคเหนือ	1952-2007

ตารางที่ ข-1 รายละเอียดสถานีนับได้ไม่ขึ้นของกรมอุตุนิยมวิทยาและชลประทานที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
61	328301	สภ.ลำปาง*	16303	07	แม่น้ำวัง	อ.ห้างฉัตร	จ.ลำปาง	ภาคเหนือ	1982-2007
62	40043	สำนักงานเกษตรอำเภอสอง (สอท.ชั้น 3)	40043	08	แม่น้ำยม	อ.สอง	จ.แพร่	ภาคเหนือ	1952-2007
63	40111	แม่น้ำยม (Y.20) อ.สอง	40111	08	แม่น้ำยม	อ.สอง	จ.แพร่	ภาคเหนือ	1973-2007
64	16092	ที่ว่าการอำเภองาว	16092	08	แม่น้ำยม	อ.งาว	จ.ลำปาง	ภาคเหนือ	1952-2002
65	59121	แก่งหลวง (Y.6) อ.ศรีสัชนาลัย	59121	08	แม่น้ำยม	อ.ศรีสัชนาลัย	จ.สุโขทัย	ภาคเหนือ	1953-2007
66	59131	ดอนระเบียบ (Y.14) อ.ศรีสัชนาลัย	59131	08	แม่น้ำยม	อ.ศรีสัชนาลัย	จ.สุโขทัย	ภาคเหนือ	1965-2003
67	330201	สภ.แพร่*	40013	08	แม่น้ำยม	อ.เมืองแพร่	จ.แพร่	ภาคเหนือ	1952-2007
68	373301	สภ.ศรีลำโพง*		08	แม่น้ำยม	อ.ศรีลำโพง	จ.สุโขทัย	ภาคเหนือ	1971-2007
69	28111	บ้านหาดข้าวสาร (N.42) อ.เวียงสา	28111	09	แม่น้ำน่าน	อ.เวียงสา	จ.น่าน	ภาคเหนือ	1952-2007
70	39032	ที่ว่าการอำเภอวังทอง	39032	09	แม่น้ำน่าน	อ.วังทอง	จ.พิษณุโลก	ภาคเหนือ	1952-2007
71	39101	วังนกแอ่น (N.24) อ.วังทอง	39101	09	แม่น้ำน่าน	อ.วังทอง	จ.พิษณุโลก	ภาคเหนือ	1952-2007
72	70022	สำนักงานเกษตรอำเภอน้ำปาด	70022	09	แม่น้ำน่าน	อ.น้ำปาด	จ.อุดรดิตถ์	ภาคเหนือ	1952-2007
73	331201	สทอ.น่าน*	28013	09	แม่น้ำน่าน	อ.เมืองน่าน	จ.น่าน	ภาคเหนือ	1952-2007
74	331301	สภ.น่าน*	28142	09	แม่น้ำน่าน	อ.เมืองน่าน	จ.น่าน	ภาคเหนือ	1952-2007
75	331401	สทท.ท่าวังผา*	28073	09	แม่น้ำน่าน	อ.ท่าวังผา	จ.น่าน	ภาคเหนือ	1952-2007
76	351201	สทอ.อุดรดิตถ์*	70013	09	แม่น้ำน่าน	อ.เมือง	จ.อุดรดิตถ์	ภาคเหนือ	1952-2007
77	378201	สภ.พิษณุโลก*	39013	09	แม่น้ำน่าน	อ.เมือง	จ.พิษณุโลก	ภาคเหนือ	1952-2007
78	01140	ปตร. ยางมณี อ.โพธาราม	01140	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.โพธาราม	จ.อ่างทอง	ภาคกลาง	1956-2007
79	04361	เขื่อนเจ้าพระยา อ.สรรพยา	04361	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.สรรพยา	จ.ชัยนาท	ภาคกลาง	1955-2007
80	19210	ปตร.โครงการชัยม (CPK.27) อ.เมืองลพบุรี	19210	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.เมืองลพบุรี	จ.ลพบุรี	ภาคกลาง	1960-2005

ตารางที่ ข-1 รายละเอียดสถานีนับต้นแผนของกรมอุตุนิยมวิทยาและชลประทานที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
81	26230	ปตร.ช่องแค (CPK.26) อ.ตากดี	26230	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.ตากดี	จ.นครสวรรค์	ภาคเหนือ	1964-2005
82	402301	สกข.ชัยนาท*	04382	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.สรรพยา	จ.ชัยนาท	ภาคกลาง	1971-2007
83	400301	สกข.ตากฟ้า*	26142	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.ตากฟ้า	จ.นครสวรรค์	ภาคเหนือ	1971-2007
84	426201	สดอ.ลพบุรี*	19013	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.เมืองลพบุรี	จ.ลพบุรี	ภาคกลาง	1952-2007
85	455601	ท่าอากาศยานกรุงเทพ*	41063	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	เขตดอนเมือง	จ.กรุงเทพมหานคร	ภาคกลาง	1971-2007
86	455201	ศูนย์ประมงแห่งชาติสิริภิต	41752	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	เขตคลองเตย	จ.กรุงเทพมหานคร	ภาคกลาง	1971-2007
87	455301	สกข.บางนา*(กรมอุตุนิยมวิทยา)	41083	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	เขตบางนา	จ.กรุงเทพมหานคร	ภาคกลาง	1971-2007
88	400201	สดอ.นครสวรรค์*	26013	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.เมือง	จ.นครสวรรค์	ภาคเหนือ	1952-2007
89	04290	ปตร. มโนรมย์	04290	11	แม่น้ำสะแกกรัง	อ.เมือง	จ.อุทัยธานี	ภาคเหนือ	1957-2007
90	12081	บ้านปางมะค่า อ.ขามเฒ่าลักษณะ	12081	11	แม่น้ำสะแกกรัง	อ.ขามเฒ่าลักษณะ	จ.กำแพงเพชร	ภาคเหนือ	1970-2007
91	26262	ศาลเจ้าพ่ออ.ลาดยาว	26262	11	แม่น้ำสะแกกรัง	อ.ลาดยาว	จ.นครสวรรค์	ภาคเหนือ	1970-2007
92	26271	ห้วยแม่वंศ์	26271	11	แม่น้ำสะแกกรัง	อ.ลาดยาว	จ.นครสวรรค์	ภาคเหนือ	1975-2007
93	26281	คลองโพธิ์ (Ct.7) อ.ลาดยาว	26281	11	แม่น้ำสะแกกรัง	กิ่งอ.ชุมตาบง	จ.นครสวรรค์	ภาคเหนือ	1975-2007
94	376201	สดอ.ตาก*	63013	12	แม่น้ำปิง	อ.เมืองตาก	จ.ตาก	ภาคเหนือ	1971-2007
95	36032	ที่ว่าการอำเภอห่มเกล้า	36032	12	แม่น้ำปาลัก	อ.ห่มเกล้า	จ.เพชรบูรณ์	ภาคเหนือ	1952-2007
96	379201	สดอ.เพชรบูรณ์*	36013	12	แม่น้ำปาลัก	อ.เมือง	จ.เพชรบูรณ์	ภาคเหนือ	1952-2007
97	379401	สทท.ห่มเกล้า*	36023	12	แม่น้ำปาลัก	อ.ห่มเกล้า	จ.เพชรบูรณ์	ภาคเหนือ	1952-2007
98	379402	สทท.วิเชียรบุรี*	36043	12	แม่น้ำปาลัก	อ.วิเชียรบุรี	จ.เพชรบูรณ์	ภาคเหนือ	1952-2007
99	415301	สกข.อยุธยา	42632	12	แม่น้ำปาลัก	อ.ท่าเรือ	จ.พระนครศรีอยุธยา	ภาคกลาง	1993-2007
100	426401	สทท.บัวชุม*	19113	12	แม่น้ำปาลัก	อ.ชัยบาดาล	จ.ลพบุรี	ภาคกลาง	1969-2007

ตารางที่ ข-1 รายละเอียดสถานีนับได้น่าฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและชลประทานที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
101	01080	คลองส่งน้ำ 8L-1R (NOI.10) อ.สามโก้	01080	13	แม่น้ำท่าจีน	อ.สามโก้	จ.อ่างทอง	ภาคกลาง	1965-2007
102	23052	ที่ว่าการอำเภอท่าแพงแสน	23052	13	แม่น้ำท่าจีน	อ.ท่าแพงแสน	จ.นครปฐม	ภาคกลาง	1952-2002
103	451301	สภ.ท่าแพงแสน*	23062	13	แม่น้ำท่าจีน	อ.ท่ามะกา	จ.กาญจนบุรี	ภาคกลาง	1973-2007
104	425301	สภ.อู่ทอง*	60522	13	แม่น้ำท่าจีน	อ.หัวยกระเจา	จ.กาญจนบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
105	425201	สตอ.สุพรรณบุรี*	60013	13	แม่น้ำท่าจีน	อ.เมือง	จ.สุพรรณบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
106	13221	ห้วยแม่บ้านน้อย อ.ไทรโยค	13221	14	แม่น้ำแม่กลอง	อ.ไทรโยค	จ.กาญจนบุรี	ภาคกลาง	1966-2007
107	13022	ที่ว่าการอำเภอท่าม่วง	13022	14	แม่น้ำแม่กลอง	อ.ท่าม่วง	จ.กาญจนบุรี	ภาคกลาง	1952-2002
108	376401	สตอ.ลุ่มผาง*	63042	14	แม่น้ำแม่กลอง	อ.ลุ่มผาง	จ.ตาก	ภาคเหนือ	1952-2007
109	450201	สตอ.กาญจนบุรี*	13013	14	แม่น้ำแม่กลอง	อ.เมือง	จ.กาญจนบุรี	ภาคกลาง	1952-2007
110	450401	ทองผาภูมิ		14	แม่น้ำแม่กลอง	อ.ทองผาภูมิ	จ.กาญจนบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
111	03110	ปตร. ปากตะคลอง	03110	15	แม่น้ำปราชญ์บุรี	อ.เขาฉกรรจ์	จ.สระแก้ว	ภาคกลาง	1952-2007
112	44191	ห้วยโสมง (Kgt.15A) อ.กบินทร์บุรี	44191	15	แม่น้ำปราชญ์บุรี	อ.นาดี	จ.ปราจีนบุรี	ภาคกลาง	1968-2007
113	430201	สตอ.ปราจีนบุรี*	44013	15	แม่น้ำปราชญ์บุรี	อ.เมือง	จ.ปราจีนบุรี	ภาคกลาง	1952-2007
114	430401	สตอ.กบินทร์บุรี*	44043	15	แม่น้ำปราชญ์บุรี	อ.กบินทร์บุรี	จ.ปราจีนบุรี	ภาคกลาง	1952-2007
115	03090	ปตร. ท่าไถ่	03090	16	แม่น้ำบางปะกง	อ.เมือง	จ.ฉะเชิงเทรา	ภาคกลาง	1952-2007
116	03130	ปตร. นางฮอง	03130	16	แม่น้ำบางปะกง	อ.บางบ่อ	จ.สมุทรปราการ	ภาคกลาง	1960-2007
117	03172	สำนักงานเกษตรอำเภอราชสาสน์	03172	16	แม่น้ำบางปะกง	อ.ราชสาสน์	จ.ฉะเชิงเทรา	ภาคกลาง	1977-2007
118	09052	ที่ว่าการอำเภอบางละมุง	09052	16	แม่น้ำบางปะกง	อ.ลำลูกกา	จ.ปทุมธานี	ภาคกลาง	1952-2007
119	09062	ที่ว่าการอำเภอบ้านมิ่ง	09062	16	แม่น้ำบางปะกง	อ.บ้านมิ่ง	จ.ชลบุรี	ภาคกลาง	1952-2007
120	423301	สภ.ฉะเชิงเทรา	03012	16	แม่น้ำบางปะกง	อ.เมือง	จ.ฉะเชิงเทรา	ภาคกลาง	1989-2007

ตารางที่ ข-1 รายละเอียดสถานีนับได้ใหม่ของกรมอุตุนิยมวิทยาและชลประทานที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
121	06062	ที่ว่าการอำเภอโป่งน้ำร้อน	06062	17	โดนเลสาป	อ.โป่งน้ำร้อน	จ.จันทบุรี	ภาคกลาง	1956-2007
122	74022	ที่ว่าการอำเภอวัฒนานคร	74022	17	โดนเลสาป	อ.วัฒนานคร	จ.สระแก้ว	ภาคกลาง	1952-2007
123	74042	ที่ว่าการอำเภอตาพระยา	74042	17	โดนเลสาป	อ.ตาพระยา	จ.สระแก้ว	ภาคกลาง	1965-2007
124	74102	นิคมสร้างตนเองคลองน้ำใส อ.อรัญประเทศ	74102	17	โดนเลสาป	อ.อรัญประเทศ	จ.สระแก้ว	ภาคกลาง	1964-2007
125	440201	สตอ.อรัญประเทศ*	74033	17	โดนเลสาป	อ.อรัญประเทศ	จ.สระแก้ว	ภาคกลาง	1952-2007
126	09042	ที่ว่าการอำเภอศรีราชา	09042	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.ศรีราชา	จ.ชลบุรี	ภาคกลาง	1952-2007
127	09102	ศูนย์ฝึกทหารใหม่ อ.สัตหีบ	09102	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.สัตหีบ	จ.ชลบุรี	ภาคกลาง	1961-2007
128	09160	บางพระ อ.ศรีราชา	09160	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.ศรีราชา	จ.ชลบุรี	ภาคกลาง	1955-2007
129	06042	ที่ว่าการอำเภอท่าใหม่	06042	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.ท่าใหม่	จ.จันทบุรี	ภาคกลาง	1952-2007
130	459201	สตอ.ชลบุรี*	09013	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.เมืองชลบุรี	จ.ชลบุรี	ภาคกลาง	1952-2007
131	478201	สตอ.ระยอง*	48193	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.เมืองระยอง	จ.ระยอง	ภาคกลาง	1981-2007
132	478301	สภ.หัวไผ่*	48052	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.เมืองระยอง	จ.ระยอง	ภาคกลาง	1959-2007
133	459204	สตอ.สัตหีบ	09073	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.สัตหีบ	จ.ชลบุรี	ภาคกลาง	1952-2007
134	480201	สตอ.จันทบุรี*	06013	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.เมืองจันทบุรี	จ.จันทบุรี	ภาคกลาง	1952-2007
135	480301	สภ.พหล *	06072	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.แหลมสิงห์	จ.จันทบุรี	ภาคกลาง	1973-2007
136	459203	สตอ.พทยา*	09133	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.บางละมุง	จ.ชลบุรี	ภาคกลาง	1981-2007
137	501201	สตอ.คลองใหญ่*	66032	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.คลองใหญ่	จ.ตราด	ภาคกลาง	1952-2007
138	37101	ตะเคียนห้าบาท (B-5) อ.ท่ายาง	37101	19	แม่น้ำเพชรบุรี	อ.แก่งกระจาน	จ.เพชรบุรี	ภาคกลาง	1965-2007
139	465201	สตอ.เพชรบุรี*	37293	19	แม่น้ำเพชรบุรี	อ.ชะอำ	จ.เพชรบุรี	ภาคกลาง	1977-2007
140	500202	สตอ.หัวหิน*	45043	19	แม่น้ำเพชรบุรี	อ.หัวหิน	จ.ประจวบคีรีขันธ์	ภาคกลาง	1952-2007

ตารางที่ ข-1 รายละเอียดสถานีนัดนำเผนของการมอดุณยมวิทยาและชลประทานที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
141	45181	บ้านพวงจักรสังข์(Ky.2) อ.กุยบุรี	45181	20	ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	อ.กุยบุรี	จ.ประจวบคีรีขันธ์	ภาคกลาง	1979-2007
142	500201	สตอ.ประจวบคีรีขันธ์*	45013	20	ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	อ.เมือง	จ.ประจวบคีรีขันธ์	ภาคกลาง	1952-2007
143	500301	สภษ.หนองพลับ*	45152	20	ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	อ.หัวหิน	จ.ประจวบคีรีขันธ์	ภาคกลาง	1975-2007
144	29131	โครงการภูเ็นะ (X.119) อ.สุโขทัย	29131	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.สุโขทัย	จ.นราธิวาส	ภาคใต้	1980-2007
145	517201	สตอ.ชุมพร*	10013	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.เมืองชุมพร	จ.ชุมพร	ภาคใต้	1952-2007
146	517301	สภษ.สวี*	10082	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.เมืองชุมพร	จ.ชุมพร	ภาคใต้	1967-2007
147	552201	สตอ.นครศรีธรรมราช*	27013	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.เมือง	จ.นครศรีธรรมราช	ภาคใต้	1952-2007
148	552301	สภษ.นครศรีธรรมราช*	27492	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.ปากพนัง	จ.นครศรีธรรมราช	ภาคใต้	1983-2007
149	583201	สตอ.นราธิวาส*	29013	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.เมือง	จ.นราธิวาส	ภาคใต้	1952-2007
150	580201	สตอ.ปัตตานี(สนามบิน)*	33103	21	แม่น้ำปัตตานี	อ.เมืองปัตตานี	จ.ปัตตานี	ภาคใต้	1971-2007
151	551201	สุราษฎร์ธานี		22	แม่น้ำตาปี	อ.เมือง	จ.สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้	1971-2007
152	551202	สตอ.สุราษฎร์ธานี*	61303	22	แม่น้ำตาปี	อ.เมือง	จ.สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้	1985-2006
153	552401	สตอ.ฉวาง	27072	22	แม่น้ำตาปี	อ.ฉวาง	จ.นครศรีธรรมราช	ภาคใต้	1999-2007
154	58221	คลองละมั่ง (X.113) อ.สะเดา	58221	23	ทะเลสาบสงขลา	อ.สะเดา	จ.สงขลา	ภาคใต้	1980-2007
155	560301	สภษ.พัทลุง*	35153	23	ทะเลสาบสงขลา	อ.เมืองพัทลุง	จ.พัทลุง	ภาคใต้	1981-2007
156	568301	สภษ.คอหงษ์*	58112	23	ทะเลสาบสงขลา	อ.หาดใหญ่	จ.สงขลา	ภาคใต้	1971-2007
157	568501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก	58013	23	ทะเลสาบสงขลา	อ.เมืองสงขลา	จ.สงขลา	ภาคใต้	1952-2007
158	568502	สนามบินหาดใหญ่*	58332	23	ทะเลสาบสงขลา	อ.คลองหอยโข่ง	จ.สงขลา	ภาคใต้	1973-2007
159	33103	สตอ.ปัตตานี(สนามบิน)*	33103	24	แม่น้ำปัตตานี	อ.เมืองปัตตานี	จ.ปัตตานี	ภาคใต้	1970-2007
160	581301	สภษ.ยะลา*	71182	24	แม่น้ำปัตตานี	อ.เมืองยะลา	จ.ยะลา	ภาคใต้	1982-2007

ตารางที่ ข-1 รายละเอียดสถานีนัดนำเผนของการมอดุนิยมวิทยาและชลประทานที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
161	43033	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันตก	43033	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.ถลาง	จ.ภูเก็ต	ภาคใต้	1988-2007
162	43060	โครงการบางวัด	43060	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.กระบุรี	จ.ภูเก็ต	ภาคใต้	1979-2005
163	55060	โครงการคลองบาลอย อ.ละงู	55060	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.ละงู	จ.สตูล	ภาคใต้	1979-2007
164	532201	สตอ.ระนอง*	46013	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.เมืองระนอง	จ.ระนอง	ภาคใต้	1952-2007
165	561201	สตอ.ตะกั่วป่า*	34152	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.ตะกั่วป่า	จ.พังงา	ภาคใต้	1981-2007
166	564201	สตอ.ภูเก็ต*	43013	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.เมืองภูเก็ต	จ.ภูเก็ต	ภาคใต้	1952-2007
167	564202	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันตก จ.ภูเก็ต	43033	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.ถลาง	จ.ภูเก็ต	ภาคใต้	1971-2007
168	567201	สตอ.ตรัง*	65013	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.เมืองตรัง	จ.ตรัง	ภาคใต้	1971-2007
169	570201	สตอ.สตูล*	55073	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.เมืองสตูล	จ.สตูล	ภาคใต้	1978-2007

หมายเหตุ: รหัสสถานี 5 ตัวอักษร คือสถานีของกรมชลประทาน

รหัสสถานี 6 ตัวอักษร คือสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา

รหัสสถานีของกรมชลประทาน คือสถานีของกรมชลประทานที่เชื่อมโยงร่วมกับกรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ ข-2 รายละเอียดสถานีนัดตั้มมูลุมอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้นการศึกษา

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
1	300201	สดอ.แม่ฮ่องสอน*	20012	01	แม่น้ำสาละวิน	อ.เมืองแม่ฮ่องสอน	จ.แม่ฮ่องสอน	ภาคเหนือ	1971-2007
2	300202	สดอ.แม่ฮ่องสอน	20023	01	แม่น้ำสาละวิน	อ.แม่สะเรียง	จ.แม่ฮ่องสอน	ภาคเหนือ	1971-2007
3	303201	สดอ.เชียงใหม่	08013	03	แม่น้ำกก	อ.เมืองเชียงใหม่	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1971-2007
4	303301	สดอ.เชียงใหม่	08123	03	แม่น้ำกก	อ.เมืองเชียงใหม่	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1979-2007
5	310201	สดอ.พะเยา*	73013	02	แม่น้ำอิง	อ.เมืองพะเยา	จ.พะเยา	ภาคเหนือ	1981-2007
6	327301	สดอ.แม่ใจ (เชียงใหม่)	07304	06	แม่น้ำปิง	อ.สันทราย	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1971-2007
7	327501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ	07013	06	แม่น้ำปิง	อ.แม่ริม	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1971-2007
8	328201	สดอ.ลำปาง*	16013	07	แม่น้ำวัง	อ.เมืองลำปาง	จ.ลำปาง	ภาคเหนือ	1971-2007
9	328301	สดอ.ลำปาง	16303	07	แม่น้ำวัง	อ.ห้างฉัตร	จ.ลำปาง	ภาคเหนือ	1982-2007
10	329201	สดอ.ลำพูน	17093	06	แม่น้ำปิง	อ.เมืองลำพูน	จ.ลำพูน	ภาคเหนือ	1981-2007
11	330201	สดอ.แพร่*	40013	08	แม่น้ำยม	อ.เมืองแพร่	จ.แพร่	ภาคเหนือ	1971-2007
12	331201	สดอ.น่าน*	28013	09	แม่น้ำน่าน	อ.เมืองน่าน	จ.น่าน	ภาคเหนือ	1971-2007
13	331301	สดอ.น่าน	28142	09	แม่น้ำน่าน	อ.เมืองน่าน	จ.น่าน	ภาคเหนือ	1971-2007
14	331401	สดอ.ท่าวังผา*	28073	09	แม่น้ำน่าน	อ.ท่าวังผา	จ.น่าน	ภาคเหนือ	1971-2007
15	351201	สดอ.อุดรดิตถ์*	70013	09	แม่น้ำน่าน	อ.เมืองอุดรดิตถ์	จ.อุดรดิตถ์	ภาคเหนือ	1971-2007
16	373301	สดอ.ศรีสะเกษ (สุโขทัย)		08	แม่น้ำยม	อ.ศรีสะเกษ	จ.สุโขทัย	ภาคเหนือ	1971-2007
17	376201	สดอ.ตาก	63013	11	แม่น้ำสะแกกรัง	อ.เมืองตาก	จ.ตาก	ภาคเหนือ	1971-2007
18	376202	สดอ.แม่สอด*	63033	01	แม่น้ำสาละวิน	อ.แม่สอด	จ.ตาก	ภาคเหนือ	1971-2007
19	376203	สดอ.เขื่อนภูมิพล*		06	แม่น้ำปิง	อ.สามเงา	จ.ตาก	ภาคเหนือ	1971-2007
20	376401	สดอ.อุ้มผาง*	63042	14	แม่น้ำแม่กลอง	อ.อุ้มผาง	จ.ตาก	ภาคเหนือ	1978-2007

ตารางที่ ข-2 รายละเอียดสถานีนัดตั้งข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
21	378201	สทช.พิษณุโลก*	39013	09	แม่น้ำน่าน	อ.เมือง	จ.พิษณุโลก	ภาคเหนือ	1971-2007
22	379201	สทอ.เพชรบูรณ์*	36013	12	แม่น้ำป่าสัก	อ.เมือง	จ.เพชรบูรณ์	ภาคเหนือ	1971-2007
23	379401	สทท.หล่มสัก*	36023	12	แม่น้ำป่าสัก	อ.หล่มสัก	จ.เพชรบูรณ์	ภาคเหนือ	1971-2007
24	380201	สทช.กำแพงเพชร*	12012	06	แม่น้ำปิง	อ.เมือง	จ.กำแพงเพชร	ภาคเหนือ	1981-2007
25	386301	สทช. พิจิตร	38092	08	แม่น้ำยม	อ.เมืองพิจิตร	จ.พิจิตร	ภาคเหนือ	1992-2007
26	352201	สทอ.หนองคาย*	30013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมือง	จ.หนองคาย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
27	353201	สทอ.เลย*	18013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมืองเลย	จ.เลย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
28	353301	สทช. เลย	18062	02	แม่น้ำโขง	อ.เมืองเลย	จ.เลย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
29	354201	สทอ.อุดรธานี*	68013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมืองอุดรธานี	จ.อุดรธานี	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
30	356201	สทอ.สกลนคร*	50013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมืองสกลนคร	จ.สกลนคร	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
31	356301	สทช. สกลนคร	50122	02	แม่น้ำโขง	อ.เมืองสกลนคร	จ.สกลนคร	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
32	357201	สทอ.นครพนม*	24013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมือง	จ.นครพนม	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
33	381201	สทอ.ขอนแก่น*	14013	04	แม่น้ำชี	อ.เมือง	จ.ขอนแก่น	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
34	381301	สทช. ท่าพระ (ขอนแก่น)	14602	04	แม่น้ำชี	อ.พระยืน	จ.ขอนแก่น	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
35	383201	สทอ.มุกดาหาร*	64013	02	แม่น้ำโขง	อ.เมือง	จ.มุกดาหาร	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
36	387401	สทท.โกสุมพิสัย*	21043	04	แม่น้ำชี	อ.โกสุมพิสัย	จ.มหาสารคาม	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
37	403201	สทอ.ชัยภูมิ*	05013	04	แม่น้ำชี	อ.เมืองชัยภูมิ	จ.ชัยภูมิ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
38	405201	สทอ.ร้อยเอ็ด*	49013	04	แม่น้ำชี	อ.เมืองร้อยเอ็ด	จ.ร้อยเอ็ด	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
39	405301	สทช. ร้อยเอ็ด	49323	04	แม่น้ำชี	อ.เมืองร้อยเอ็ด	จ.ร้อยเอ็ด	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1983-2007
40	407301	สทช. อุบลราชธานี	67092	05	แม่น้ำมูล	อ.สว่างวีระ	จ.อุบลราชธานี	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1972-2007

ตารางที่ ข-2 รายละเอียดสถานีนัดข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
41	407501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะ	67013	05	แม่น้ำมูล	อ.เมือง	จ.อุบลราชธานี	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
42	409301	สทช. ศรีสะเกษ	57203	05	แม่น้ำมูล	อ.วังหิน	จ.ศรีสะเกษ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1983-2007
43	431201	สทอ. นครราชสีมา*	25013	05	แม่น้ำมูล	อ.เมือง	จ.นครราชสีมา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
44	431301	สทช. ปากช่อง (นครราชสีมา	25272	05	แม่น้ำมูล	อ.ปากช่อง	จ.นครราชสีมา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
45	431401	สทอ. โชคชัย*	25093	05	แม่น้ำมูล	อ.โชคชัย	จ.นครราชสีมา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
46	432201	สทอ. สุรินทร์*	62013	05	แม่น้ำมูล	อ.เมืองสุรินทร์	จ.สุรินทร์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
47	432301	สทช. สุรินทร์		05	แม่น้ำมูล	อ.เมืองสุรินทร์	จ.สุรินทร์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
48	432401	สทช. ท่าตูม*	62043	05	แม่น้ำมูล	อ.ท่าตูม	จ.สุรินทร์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
49	436401	สทช. นางรอง*	02033	05	แม่น้ำมูล	อ.นางรอง	จ.บุรีรัมย์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2007
50	423301	สทช. จะเจียงเทรา	03012	16	แม่น้ำบางปะกง	อ.เมืองจะเจียงเท	จ.ฉะเชิงเทรา	ภาคกลาง	1989-2007
51	430201	สทอ. ปราจีนบุรี*	44013	15	แม่น้ำปราจีนบุรี	อ.เมือง	จ.ปราจีนบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
52	430401	สทท. กบินทร์บุรี*	44043	15	แม่น้ำปราจีนบุรี	อ.กบินทร์บุรี	จ.ปราจีนบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
53	440201	สทอ. อรัญประเทศ*	74033	17	โดนลงสาป	อ.อรัญประเทศ	จ.สระแก้ว	ภาคกลาง	1971-2007
54	440401	สทท. สระแก้ว	74012	17	โดนลงสาป	อ.เมืองสระแก้ว	จ.สระแก้ว	ภาคกลาง	1999-2007
55	459201	สทอ. ชลบุรี*	09013	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.เมืองชลบุรี	จ.ชลบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
56	459203	สทอ. พัทธยา*	09133	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.บางละมุง	จ.ชลบุรี	ภาคกลาง	1981-2007
57	459204	สทอ. สัตหีบ	09073	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.สัตหีบ	จ.ชลบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
58	478201	สทอ. ระยอง*	48193	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.เมืองระยอง	จ.ระยอง	ภาคกลาง	1981-2007
59	478301	สทช. ห้วยโป่ง*	48052	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.เมืองระยอง	จ.ระยอง	ภาคกลาง	1971-2007
60	480201	สทอ. จันทบุรี*	06013	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.เมืองจันทบุรี	จ.จันทบุรี	ภาคกลาง	1971-2007

ตารางที่ ข-2 รายละเอียดสถานีนัดข้อมูลภูมิภาคการศึกษาของกรมอุดมศึกษาเพื่อใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
61	480301	สกษ. พหล (จันทบุรี)	06072	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.แหลมสิงห์	จ.จันทบุรี	ภาคกลาง	1973-2007
62	501201	สดอ.คลองใหญ่*	66032	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	อ.คลองใหญ่	จ.ตราด	ภาคกลาง	1971-2007
63	400201	สดอ.นครสวรรค์*	26013	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.เมือง	จ.นครสวรรค์	ภาคเหนือ	1971-2007
64	400301	สกษ. ตากฟ้า (นครสวรรค์)	26142	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.ตากฟ้า	จ.นครสวรรค์	ภาคเหนือ	1971-2007
65	402301	สกษ. ร้อยนาท*	04382	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.สรรพยา	จ.ร้อยนาท	ภาคกลาง	1971-2007
66	424301	สกษ. ราชบุรี	47392	14	แม่น้ำแม่กลอง	อ.เมืองราชบุรี	จ.ราชบุรี	ภาคกลาง	1992-2007
67	425201	สดอ. สุพรรณบุรี	60013	13	แม่น้ำท่าจีน	อ.เมือง	จ.สุพรรณบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
68	425301	สกษ. อุทอง (สุพรรณบุรี	60522	13	แม่น้ำท่าจีน	อ.ห้วยกระเจา	จ.กาญจนบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
69	426201	สดอ. ลพบุรี*	19013	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.เมืองลพบุรี	จ.ลพบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
70	426401	สดท. บัวชุม*	19113	12	แม่น้ำป่าสัก	อ.ชัยบาดาล	จ.ลพบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
71	450201	สดอ.กาญจนบุรี*	13013	14	แม่น้ำแม่	อ.เมือง	จ.กาญจนบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
72	450401	ทองผาภูมิ		14	แม่น้ำแม่กลอง	อ.ทองผาภูมิ	จ.กาญจนบุรี	ภาคกลาง	1971-2007
73	451301	สกษ. กำแพงแสน (นครปฐม)	23062	13	แม่น้ำท่าจีน	อ.ท่ามะกา	จ.กาญจนบุรี	ภาคกลาง	1973-2007
74	455201	ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริ	41752	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	เขตคลองเตย	จ.กรุงเทพมหานคร	ภาคกลาง	1971-2007
75	455301	สกษ. บางนา (กรุงเทพฯ)	41083	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	เขตบางนา	จ.กรุงเทพมหานคร	ภาคกลาง	1971-2007
76	455601	ท่าอากาศยานกรุงเทพ*	41063	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	เขตดอนเมือง	จ.กรุงเทพมหานคร	ภาคกลาง	1971-2007
77	465201	สดอ.เพชรบุรี*	37293	19	แม่น้ำเพชรบุรี	อ.ชะอำ	จ.เพชรบุรี	ภาคกลาง	1981-2007
78	500201	สดอ. ประจวบคีรีขันธ์*	45013	20	ชายฝั่งทะเลประจวบคีรี	อ.เมือง	จ.ประจวบคีรีขันธ์	ภาคกลาง	1971-2007
79	500301	สกษ. หองพลลับ (ประจวบฯ)	45152	20	ชายฝั่งทะเลประจวบคีรี	อ.หัวหิน	จ.ประจวบคีรีขันธ์	ภาคกลาง	1975-2007
80	517201	สดอ. ชุมพร*	10013	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.เมืองชุมพร	จ.ชุมพร	ภาคใต้	1971-2007

ตารางที่ ข-2 รายละเอียดสถานีนัดข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสสถานี ของกรม ชลประทาน	รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
81	517301	สภ. สวี (ชุมพร)	10082	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.เมืองชุมพร	จ.ชุมพร	ภาคใต้	1971-2007
82	532201	สคอ.ระนอง*	46013	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.เมืองระนอง	จ.ระนอง	ภาคใต้	1971-2007 1971-1998, 2006-2007
83	551201	สคอ.สุราษฎร์ธานี*		22	แม่น้ำตาปี	อ.เมืองสุราษฎร์	จ.สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้	2007
84	551202	พนัง	61303	22	แม่น้ำตาปี	อ.พนัง	จ.สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้	1988-2006
85	551301	สภ. สุราษฎร์ธานี	61442	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.กาญจนดิษฐ์	จ.สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้	1992-2007
86	551401	สอท.พระแสง	61082	22	แม่น้ำตาปี	อ.พระแสง	จ.สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้	1999-2007
87	552201	สคอ. นครศรีธรรมราช*	27013	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.เมือง	จ.นครศรีธรรมราช	ภาคใต้	1971-2007
88	552301	สภ. นครศรีธรรมราช	27492	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.ปากพนัง	จ.นครศรีธรรมราช	ภาคใต้	1983-2007
89	552401	สอท.ฉวาง	27072	22	แม่น้ำตาปี	อ.ฉวาง	จ.นครศรีธรรมราช	ภาคใต้	1999-2007
90	560301	สภ. พัทลุง*	35153	23	ทะเลสาบสงขลา	อ.เมืองพัทลุง	จ.พัทลุง	ภาคใต้	1981-2007
91	564201	สคอ.ภูเก็ต*	43013	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.เมืองภูเก็ต	จ.ภูเก็ต	ภาคใต้	1971-2007
92	564202	สนามบินภูเก็ต		25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.เมืองภูเก็ต	จ.ภูเก็ต	ภาคใต้	1971-2007
93	567201	สคอ.ตรัง*	65013	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.เมืองตรัง	จ.ตรัง	ภาคใต้	1971-2007
94	568301	สภ. คอหงส์ (สงขลา)	58112	23	ทะเลสาบสงขลา	อ.หาดใหญ่	จ.สงขลา	ภาคใต้	1971-2007
95	568501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้	58013	23	ทะเลสาบสงขลา	อ.เมืองสงขลา	จ.สงขลา	ภาคใต้	1971-2007
96	568502	สนามบินหาดใหญ่*	58332	23	ทะเลสาบสงขลา	อ.คลองหอยโข่ง	จ.สงขลา	ภาคใต้	1973-2007
97	570201	สคอ.สตูล*	55073	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	อ.เมืองสตูล	จ.สตูล	ภาคใต้	1978-2007
98	580201	สคอ.ปัตตานี(สนามบิน)*	33103	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.เมืองปัตตานี	จ.ปัตตานี	ภาคใต้	1971-2007
99	581301	สภ. ยะลา	71182	24	แม่น้ำปัตตานี	อ.เมืองยะลา	จ.ยะลา	ภาคใต้	1982-2007
100	583201	สคอ. นราธิวาส*	29013	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	อ.เมือง	จ.นราธิวาส	ภาคใต้	1971-2007

ตารางที่ ข-3 รายละเอียดสถานีนับต้นน้ำท่าของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสลุ่ม น้ำ	ชื่อ ลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
1	SW5A	บ้านท่าโป่งแดง	01	แม่น้ำสาละวิน	อ.เมือง	จ.แม่ฮ่องสอน	ภาคเหนือ	1982-2005
2	SW6	บ้านแม่ละเมา	01	แม่น้ำสาละวิน	อ.แม่สอด	จ.ตาก	ภาคเหนือ	1978-2005
3	E20A	แม่น้ำกี้	04	แม่น้ำกี้	อ.มหาราชชัย	จ.ยโสธร	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1974-2005
4	E8	บ้านท่าพระไทย	04	แม่น้ำกี้	อ.เมือง	จ.มหาสารคาม	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1955-2003
5	E18	บ้านท่าไคร้	04	แม่น้ำกี้	อ.เสลภูมิ	จ.ร้อยเอ็ด	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1974-2005
6	E9	บ้านโจด	04	แม่น้ำกี้	อ.มัญจาคีรี	จ.ขอนแก่น	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1967-2004
7	E16A	บ้านท่าพระ	04	แม่น้ำกี้	อ.เมืองขอนแก่น	จ.ขอนแก่น	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1958-2003
8	E23	บ้านด้าย	04	แม่น้ำกี้	อ.เมืองชัยภูมิ	จ.ชัยภูมิ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1974-2005
9	E21	บ้านแก่งโก	04	แม่น้ำกี้	อ.แก่งสนามนาง	จ.นครราชสีมา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1968-1997
10	E5	บ้านโนนเปือย	04	แม่น้ำกี้	อ.หนองบัวระเหว	จ.ชัยภูมิ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1958-1997
11	E29	บ้านผานกเค้า	04	แม่น้ำกี้	อ.ภูกระดึง	จ.เลย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1978-2005
12	E54	บ้านแก่งยาว	04	แม่น้ำกี้	อ.ภูฉนวนรายณ์	จ.กาฬสินธุ์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1969-2005
13	E65	บ้านท่าไฮ	04	แม่น้ำกี้	อ.ท่าคันโท	จ.กาฬสินธุ์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1983-2004
14	E75	บ้านหนองม่วง	04	แม่น้ำกี้	อ.เมืองกาฬสินธุ์	จ.กาฬสินธุ์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1987-2005
15	E26	บ้านหัวทัว	04	แม่น้ำกี้	อ.ยางตลาด	จ.กาฬสินธุ์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1970-1997
16	W4A	บ้านวังหมัน	07	แม่น้ำง	อ.สามงา	จ.ตาก	ภาคเหนือ	1972-2005
17	W3A	บ้านดอนชัย	07	แม่น้ำง	อ.เถิน	จ.ลำปาง	ภาคเหนือ	1968-1998
18	M6A	บ้านสตึก	05	แม่น้ำมูล	อ.สตึก	จ.บุรีรัมย์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1964-1995
19	M9	บ้านหนองหญ้าปล้อง	05	แม่น้ำมูล	อ.เมือง	จ.ศรีสะเกษ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1954-2003
20	M91	บ้านไทยถาวร	05	แม่น้ำมูล	อ.ภูสิงห์	จ.ศรีสะเกษ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1977-2004

ตารางที่ ข-3 รายละเอียดสถานีนัดนำท่าของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสลุ่ม น้ำ	ชื่อ ลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
21	M26	บ้านลำชี	05	แม่น้ำมูล	อ.เมืองสุรินทร์	จ.สุรินทร์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1954-2003
22	M42	บ้านห้วยทับทัน	05	แม่น้ำมูล	อ.ห้วยทับทัน	จ.ศรีสะเกษ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1972-2004
23	M101	บ้านแยง	05	แม่น้ำมูล	อ.สังขะ	จ.สุรินทร์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1979-1995
24	M102	บ้านพลชัย	05	แม่น้ำมูล	อ.สังขะ	จ.สุรินทร์	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1977-1996
25	M69	บ้านท่าบ่อแบง	05	แม่น้ำมูล	อ.ตระการพืชผล	จ.อุบลราชธานี	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-1977
26	M89	สะพานอาคารเขมร	05	แม่น้ำมูล	อ.ปากช่อง	จ.นครราชสีมา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1971-2004
27	P1	สะพานนรบุรี	06	แม่น้ำปิง	อ.เมืองเชียงใหม่	จ.เชียงใหม่	ภาคเหนือ	1952-2005
28	P7A	ในเมือง	06	แม่น้ำปิง	อ.เมือง	จ.กำแพงเพชร	ภาคเหนือ	1978-2005
29	P2A	บ้านท่าแค	06	แม่น้ำปิง	อ.เมืองตาก	จ.ตาก	ภาคเหนือ	1952-2001
30	P17	บ้านท่ากัว	06	แม่น้ำปิง	อ.บรรพตพิสัย	จ.นครสวรรค์	ภาคเหนือ	1955-2005
31	P35	บ้านปางตาไว	06	แม่น้ำปิง	อ.ปางศิลาทอง	จ.กำแพงเพชร	ภาคเหนือ	1974-2003
32	Y14	บ้านดอนมะเบียง	08	แม่น้ำยม	อ.ศรีสัชนาลัย	จ.สุโขทัย	ภาคเหนือ	1964-2005
33	Y6	บ้านแก่งหลวง	08	แม่น้ำยม	อ.ศรีสัชนาลัย	จ.สุโขทัย	ภาคเหนือ	1952-2005
34	Y3A	บ้านวังไม้ทอง	08	แม่น้ำยม	อ.สวรรคโลก	จ.สุโขทัย	ภาคเหนือ	1967-2005
35	Y20	บ้านห้วยสัก	08	แม่น้ำยม	อ.สอง	จ.แพร่	ภาคเหนือ	1973-2005
36	Y1C	บ้านน้ำโค้ง	08	แม่น้ำยม	อ.เมืองแพร่	จ.แพร่	ภาคเหนือ	1979-2005
37	N5A	ในเมือง	09	แม่น้ำน่าน	อ.เมืองพิษณุโลก	จ.พิษณุโลก	ภาคเหนือ	1966-2005
38	N24	บ้านวังนกแอ่น	09	แม่น้ำน่าน	อ.วังทอง	จ.พิษณุโลก	ภาคเหนือ	1965-2005
39	N40	บ้านหนองบอน	09	แม่น้ำน่าน	อ.วัดโบสถ์	จ.พิษณุโลก	ภาคเหนือ	1977-2005
40	N1	ที่สำนักงานป่าไม้	09	แม่น้ำน่าน	อ.เมืองน่าน	จ.น่าน	ภาคเหนือ	1963-2005

ตารางที่ ข-3 รายละเอียดสถานีนับได้^๕นำท่าของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสลุ่ม น้ำ	ชื่อ ลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
41	C2	ค่ายจิระประวัติ	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.เมืองนครสวรรค์	จ.นครสวรรค์	ภาคเหนือ	1956-2005
42	C13	ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคกลาง	10	แม่น้ำเจ้าพระยา	อ.สรรพยา	จ.ชัยนาท	ภาคกลาง	1952-2005
43	S12	บ้านท่าลาว	12	แม่น้ำป่าสัก	อ.หนองไผ่	จ.เพชรบูรณ์	ภาคเหนือ	1979-2005
44	S13	บ้านท่าเยยม	12	แม่น้ำป่าสัก	อ.ลำสนธิ	จ.ลพบุรี	ภาคกลาง	1978-2005
45	S7	มิตรภาพ	12	แม่น้ำป่าสัก	อ.ปากช่อง	จ.นครราชสีมา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1978-2005
46	S9	บ้านป่า	12	แม่น้ำป่าสัก	อ.แก่งคอย	จ.สระบุรี	ภาคกลาง	1974-2005
47	C30	บ้านสมอทอง	13	แม่น้ำท่าจีน	อ.ห้วยคต	จ.อุทัยธานี	ภาคเหนือ	1983-2005
48	Kgt3	แม่น้ำปราจีนบุรี	15	แม่น้ำปราจีนบุรี	อ.กบินทร์บุรี	จ.ปราจีนบุรี	ภาคกลาง	1965-2005
49	Kgt10	คลองพระสีผึ้ง	15	แม่น้ำปราจีนบุรี	อ.เมืองสระแก้ว	จ.สระแก้ว	ภาคกลาง	1967-1996
50	Kgt9	บ้านเขาฉกรรจ์	15	แม่น้ำปราจีนบุรี	อ.เขาฉกรรจ์	จ.สระแก้ว	ภาคกลาง	1970-2005
51	Kgt12	บ้านแก่ง	15	แม่น้ำปราจีนบุรี	อ.เมืองสระแก้ว	จ.สระแก้ว	ภาคกลาง	1967-2005
52	Kgt13	บ้านนางเล็ง	15	แม่น้ำปราจีนบุรี	อ.กบินทร์บุรี	จ.ปราจีนบุรี	ภาคกลาง	1967-1996
53	Kgt14	บ้านทุ่งแฝก	15	แม่น้ำปราจีนบุรี	อ.นาดี	จ.ปราจีนบุรี	ภาคกลาง	1967-2005
54	Kgt15A	บ้านแก่งดินสอ	15	แม่น้ำปราจีนบุรี	อ.นาดี	จ.ปราจีนบุรี	ภาคกลาง	1968-1998
55	Kgt19	บ้านเขานางนม	16	แม่น้ำบางปะกง	กิ่งอ.เกาะจันทร์	จ.ชลบุรี	ภาคกลาง	1966-2005
56	NY3	บ้านป่าชะ	16	แม่น้ำบางปะกง	อ.บ้านนา	จ.นครนายก	ภาคกลาง	1976-2004
57	Z18	บ้านขี้ก้าอ้อ	18	ชายฝั่งทะเล	กิ่งอ.เขาชะเมา	จ.ระยอง	ภาคกลาง	1977-2004
58	B3	บ้านสองพี่น้อง	19	ตะวันออก	อ.แก่งกระเจาน	จ.เพชรบุรี	ภาคกลาง	1968-1996
59	B6	สะพานภยนต์	19	แม่น้ำเพชรบุรี	อ.แก่งกระเจาน	จ.เพชรบุรี	ภาคกลาง	1966-2005
60	GT7	บ้านวังยาว	20	ชายฝั่งทะเล	อ.บางสะพาน	จ.ประจวบคีรีขันธ์	ภาคกลาง	1968-2005

ตารางที่ ข-3 รายละเอียดสถานีนับต้นน้ำท่าของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัสลุ่ม น้ำ	ชื่อ ลุ่มน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ภาค	ช่วงข้อมูล
61	GT9	บ้านกลาง	20	ชายฝั่งทะเล ประจวบคีรีขันธ์	อ.ทับสะแก	จ.ประจวบคีรีขันธ์	ภาคกลาง	1980-2005
62	GT10	บ้านหนองหญ้าปล้อง	20	ชายฝั่งทะเล ประจวบคีรีขันธ์	อ.บางสะพาน	จ.ประจวบคีรีขันธ์	ภาคกลาง	1980-2005
63	X103	บ้านโนนทอง	21	ภาคใต้ฝั่ง ตะวันออก	อ.ไชยา	จ.สุราษฎร์ธานี	ภาคใต้	1979-2005
64	X105	บ้านไม้เลียบ	21	ภาคใต้ฝั่ง ตะวันออก	อ.ชะอวด	จ.นครศรีธรรมราช	ภาคใต้	1979-2005
65	X90	บ้านบางศาลา	23	ทะเลสาบสงขลา	อ.คลองหอยโข่ง	จ.สงขลา	ภาคใต้	1972-2005
66	X170	บ้านคลองลำ	23	ทะเลสาบสงขลา	อ.เมืองพัทลุง	จ.พัทลุง	ภาคใต้	1978-2005
67	X40	ปัตตานีที่บ้านตลาดเก่า	24	แม่น้ำปัตตานี	อ.เมืองยะลา	จ.ยะลา	ภาคใต้	1977-2004
68	X40A	บ้านท่าสาป	24	แม่น้ำปัตตานี	อ.เมืองยะลา	จ.ยะลา	ภาคใต้	1965-2005

ข.4 การหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method

วิธีของธิเอสเซน (Thiessen method) ใช้หาค่าเฉลี่ยปริมาณฝน และอุณหภูมิ โดยเป็นการสร้างรูปหลายเหลี่ยม (polygon) ขึ้น โดยถือว่าปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในพื้นที่หลายเหลี่ยมนั้นมีค่าสม่ำเสมอเท่ากับสถานีวัดที่ตั้งในรูปหลายเหลี่ยมนั้น แล้วจึงหาพื้นที่ของแต่ละสถานีครอบคลุมเพื่อทำการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบมีค่าถ่วงน้ำหนัก โดยจากการศึกษาใช้โปรแกรม Arcview ช่วยในการหาพื้นที่ที่อยู่ล้อมรอบสถานีในแต่ละลุ่มน้ำ แสดงผลการหาพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิดังรูปที่ ข-4 และรายละเอียดพื้นที่และการให้น้ำหนักจากวิธี Thiessen Polygon Method ดังตารางที่ ข-5 ซึ่งจากให้คะแนนจะแยกแต่ละลุ่มน้ำ สถานีที่ใช้ในแต่ละลุ่มน้ำไม่เท่ากัน ทั้งนี้ในบางลุ่มน้ำก็ไม่สามารถหาพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon ได้เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านจำนวนสถานีที่นำมาใช้วิเคราะห์ เช่น ข้อมูลภูมิอากาศบริเวณลุ่มน้ำสะแกกรัง ลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำโดนเลสาป และลุ่มน้ำปัตตานี เนื่องจากมีสถานีที่นำมาวิเคราะห์ได้เพียง 1 สถานีจึงใช้พื้นที่ลุ่มน้ำในการวิเคราะห์

ปริมาณฝนเฉลี่ยต่อพื้นที่หาได้จาก สมการที่ (17)

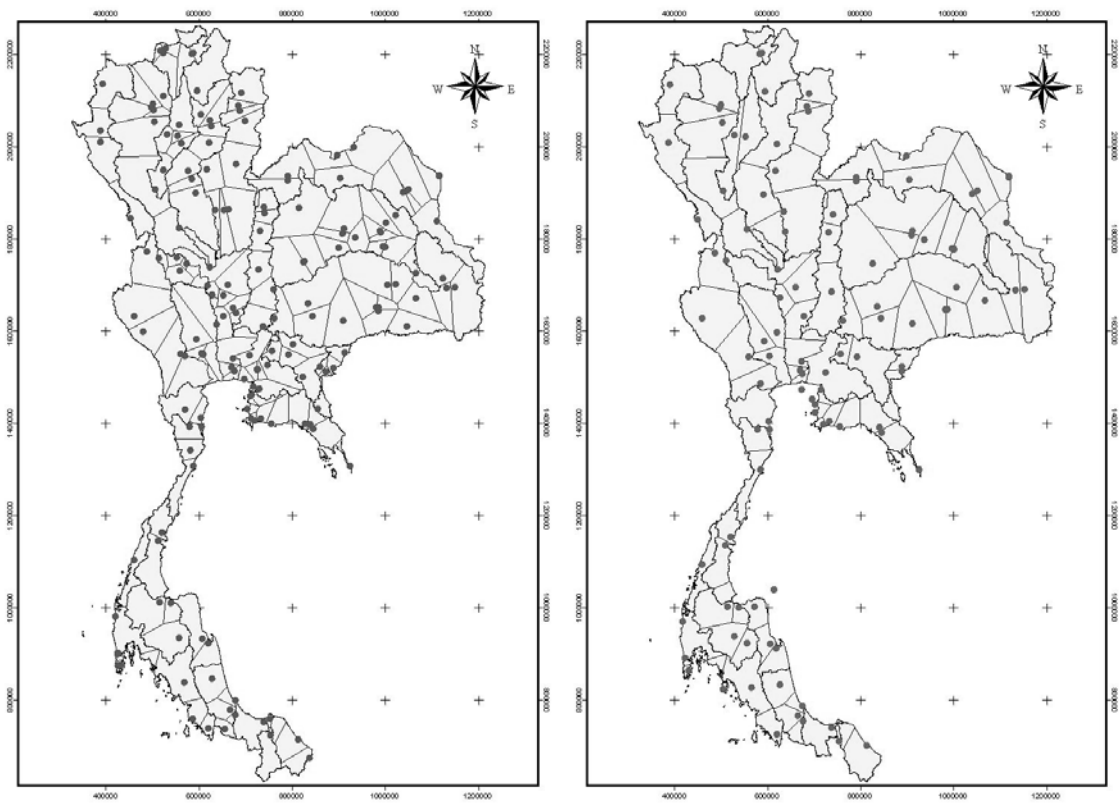
ปริมาณฝนเฉลี่ย

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n P_i A_i$$

เมื่อกำหนดให้

P_i คือปริมาณฝนในแต่ละสถานี

A_i คือพื้นที่รูปหลายเหลี่ยม (ตร.กม.)



รูปที่ ข-3 การหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของปริมาณน้ำฝน (ซ้าย) และ อุณหภูมิ (ขวา) ตามแต่ละลุ่มน้ำของไทย

ตารางที่ ข-4 ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของปริมาณน้ำฝน

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่จากการ วิเคราะห์ Thiessen Polygon (sq km ²)	น้ำหนักจากการ วิเคราะห์พื้นที่ (ตามลุ่มน้ำ)
1	20062	ที่ว่าการอำเภอแม่ลาน้อย	1	3,386,563.67	17.72 %
2	300201	สตอ.แม่ฮ่องสอน*	1	6,486,414.86	33.95 %
3	300202	สตอ.แม่สะเรียง*	1	5,165,452.37	27.03 %
4	376202	สตอ.แม่สวด*	1	4,069,377.95	21.3 %
5	30022	ที่ว่าการอำเภอพนพิสัย	2	7,940,775.82	13.89 %
6	50072	สถานีทดลองข้าวสกลนคร อ.เมือง	2	715,444.64	1.25 %
7	353201	สตอ.เลย*	2	5,529,717.89	9.67 %
8	353301	สภษ.เลย*	2	4,092,430.27	7.16 %
9	354201	สตอ.อุดรธานี*	2	5,405,801.47	9.45 %
10	356201	สตอ.สกลนคร*	2	5,396,291.41	9.44 %
11	356301	สภษ.สกลนคร*	2	4,787,361.64	8.37 %
12	357201	สตอ.นครพนม*	2	2,679,535.64	4.69 %
13	383201	สตอ.มุกดาหาร*	2	7,153,277.57	12.51 %
14	310201	สภษ.พะเยา*	2	10,030,131.54	17.54 %
15	352201	สตอ.หนองคาย*	2	3,456,127.76	6.04 %
16	07102	ที่ว่าการอำเภอฝาง (สอท.ชั้น 3)	3	2,704,948.08	37.08 %
17	07172	สถานีทดลองพืชสวนฝาง	3	460,428.58	6.31 %
18	07492	ที่ว่าการอำเภอแม่อาว	3	834,938.07	11.45 %
19	303201	สตอ.เชียงใหม่*	3	1,271,832.53	17.43 %
20	303301	สภษ.เชียงใหม่*	3	2,023,046.10	27.73 %
21	18181	บ้านผานกแก้ว (E.29) อ.ภูกระดึง	4	10,145,298.63	20.65 %
22	05100	สำนักชลประทาน ชัยภูมิ	4	6,646,018.16	13.52 %
23	11090	ห้วยโพธิ์ อ.เมือง	4	1,169,865.34	2.38 %
24	11170	ห้วยแก่ง	4	3,576,268.11	7.28 %
25	11240	ห้วยฟ้า อ.ห้วยผึ้ง	4	3,719,688.46	7.57 %

ตารางที่ ข-4 ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของ ปริมาณน้ำฝน (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่จากการ วิเคราะห์ Thiessen Polygon (sq km ²)	น้ำหนักจากการ วิเคราะห์พื้นที่ ในแต่ละลุ่มน้ำ*
26	14042	ที่ว่าการอำเภอบ้านไผ่	4	2,557,354.49	5.2 %
27	72061	ฟ้าหยาด(E.20A) อ.มหาชนะชัย	4	2,673,959.60	5.44 %
28	403201	สตอ.ชัยภูมิ*	4	3,647,443.38	7.42 %
29	381201	สตอ.ขอนแก่น*	4	6,697,802.11	13.63 %
30	381301	สภ.ท่าพระ*	4	1,427,535.01	2.9 %
31	387401	สอท.โกสุมพิสัย*	4	2,269,810.63	4.62 %
32	388401	สอท.กมลาไสย	4	861,679.21	1.75 %
33	405201	สตอ.ร้อยเอ็ด*	4	2,787,695.11	5.67 %
34	405301	สภ.ร้อยเอ็ด*	4	960,367.37	1.95 %
35	57161	เหนือห้วยสำราญ(M.91) อ.ขุนหาญ	5	4,375,596.29	6.16 %
36	62032	สำนักงานเกษตรอำเภอรัตนบุรี	5	3,146,469.12	4.43 %
37	62120	สภ.ห้วยสะเนียง	5	2,793,901.03	3.93 %
38	67240	หนองช้างใหญ่(Tnk.13) อ.เมือง	5	7,112,768.85	10.01 %
39	431401	สอท.โชคชัย*	5	5,077,536.51	7.14 %
40	436401	สอท.นางรอง*	5	8,023,249.22	11.29 %
41	432201	สตอ.สุรินทร์*	5	1,043,742.18	1.47 %
42	432301	สภ.สุรินทร์*	5	3,092,487.41	4.35 %
43	432401	สอท.ท่าตูม*	5	8,257,078.69	11.62 %
44	407301	สภ.อุบลราชธานี*	5	8,164,507.57	11.49 %
45	407501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	5	3,070,156.32	4.32 %
46	409301	สภ.ศรีสะเกษ*	5	4,451,085.41	6.26 %
47	431201	สตอ.นครราชสีมา*	5	8,964,436.02	12.61 %
48	431301	สภ.ปากช่อง*	5	3,502,754.82	4.93 %
49	07391	สำนักชลประทานที่ 1 อ.เมืองเชียงใหม่	6	816,029.20	2.36 %
50	07502	สวนป่าแม่หอพระ อ.แม่แตง	6	4,362,495.69	12.63 %

ตารางที่ ข-4 ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของ ปริมาณน้ำฝน (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่จากการ วิเคราะห์ Thiessen Polygon (sq km ²)	น้ำหนักจากการ วิเคราะห์พื้นที่ ในแต่ละลุ่มน้ำ*
51	327301	สภ.แม่ใจ*	6	2,743,448.83	7.94 %
52	327501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ	6	3,593,552.54	10.4 %
53	329201	สภ.ลำพูน*	6	8,195,441.74	23.72 %
54	376203	สตอ.เขื่อนภูมิพล*	6	8,820,028.49	25.53 %
55	380201	สภ.กำแพงเพชร*	6	6,020,513.65	17.42 %
56	16151	แม่จาง (W.15) อ.แม่ทะ	7	1,471,733.99	13.63 %
57	16214	สวนป่าแม่ทรายคำ ต.นิคมพัฒนา	7	4,306,944.12	39.9 %
58	16072	ที่ว่าการอำเภอเถิน	7	2,759,687.84	25.56 %
59	328201	สตอ.ลำปาง*	7	737,648.52	6.83 %
60	328301	สภ.ลำปาง*	7	1,519,589.18	14.08 %
61	40043	สำนักงานเกษตรอำเภอสอง (สอท.ชั้น 3)	8	1,488,752.41	6.19 %
62	40111	แม่น้ำยม (Y.20) อ.สอง	8	2,367,542.83	9.84 %
63	16092	ที่ว่าการอำเภองาว	8	3,169,007.20	13.18 %
64	59121	แก่งหลวง (Y.6) อ.ศรีสันดาลย์	8	1,629,455.02	6.77 %
65	59131	ดอนระเบียง (Y.14) อ.ศรีสันดาลย์	8	3,615,556.04	15.03 %
66	330201	สภ.แพร่*	8	2,999,129.47	12.47 %
67	373301	สภ.ศรีสาโรง*	8	8,782,633.52	36.52 %
68	28111	บ้านหาดข้าวสาร (N.42) อ.เวียงสา	9	4,289,006.22	12.36 %
69	39032	ที่ว่าการอำเภอวังทอง	9	2,746,748.95	7.92 %
70	39101	วังนกแอ่น (N.24) อ.วังทอง	9	7,226,084.71	20.83 %
71	70022	สำนักงานเกษตรอำเภอน้ำปาด	9	6,288,112.61	18.13 %
72	331201	สตอ.น่าน*	9	1,661,355.28	4.79 %
73	331301	สภ.น่าน*	9	1,017,292.30	2.93 %
74	331401	สอท.ท่าวังผา*	9	4,710,173.48	13.58 %
75	351201	สตอ.อุตรดิตถ์*	9	3,366,422.19	9.7 %

ตารางที่ ข-4 ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของ ปริมาณน้ำฝน (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่จากการ วิเคราะห์ Thiessen Polygon (sq km ²)	น้ำหนักจากการ วิเคราะห์พื้นที่ ในแต่ละลุ่มน้ำ*
76	378201	สภษ.พิษณุโลก*	9	3,385,455.23	9.76 %
77	01140	ปตร. ยางมณี อ.โพทอง	10	2,145,221.24	10.45 %
78	04361	เขื่อนเจ้าพระยา อ.สรรพยา	10	715,961.46	3.49 %
79	19210	ปตร.โคกกระเทียม (CPK.27)	10	1,362,482.70	6.64 %
80	26230	ปตร.ช่องแค (CPK.26) อ.ตาคลี	10	950,647.38	4.63 %
81	402301	สภษ.ชัยนาท*	10	364,070.39	1.77 %
82	400301	สภษ.ตากฟ้า*	10	4,422,967.66	21.55 %
83	426201	สตอ.ลพบุรี*	10	1,571,980.98	7.66 %
84	455601	ท่าอากาศยานกรุงเทพ*	10	3,522,081.08	17.16 %
85	455201	ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิต	10	779,874.31	3.8 %
86	455301	สภษ.บางนา*(กรมอุตุนิยมวิทยา)	10	663,578.54	3.23 %
87	400201	สตอ.นครสวรรค์*	10	4,029,476.62	19.63 %
88	04290	ปตร. มโนรมย์	11	794,846.12	16.2 %
89	12081	บ้านปางมะค่า อ.ขามเฒ่า	11	723,962.23	14.75 %
90	26262	ศาลเจ้าไก่อ้อ อ.ลาดยาว	11	610,885.79	12.45 %
91	26271	ห้วยแม่วงศ์	11	225,055.63	4.59 %
92	26281	คลองโพธิ์ (Ct.7) อ.ลาดยาว	11	1,838,675.50	37.47 %
93	376201	สตอ.ตาก*	11	714,182.41	14.55 %
94	36032	ที่ว่าการอำเภอหล่มเก่า	12	1,775,716.61	11.36 %
95	379201	สตอ.เพชรบูรณ์*	12	2,629,676.66	16.82 %
96	379401	สอท.หล่มสัก*	12	1,296,404.35	8.29 %
97	379402	สอท.วิเชียรบุรี*	12	3,543,615.02	22.67 %
98	415301	สภษ.อยุธยา	12	3,522,513.24	22.53 %
99	426401	สอท.บัวชุม*	12	2,864,083.72	18.32 %
100	01080	คลองส่งน้ำ 8L-1R (NOI.10) อ.สามโก้	13	5,465,134.62	40.54 %

ตารางที่ ข-4 ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของ ปริมาณน้ำฝน (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่จากการ วิเคราะห์ Thiessen Polygon (sq km ²)	น้ำหนักจากการ วิเคราะห์พื้นที่ ในแต่ละลุ่มน้ำ*
101	23052	ที่ว่าการอำเภอกำแพงแสน	13	692,885.35	5.14 %
102	451301	สภษ.กำแพงแสน*	13	816,919.02	6.06 %
103	425301	สภษ.คูททอง*	13	4,730,808.92	35.09 %
104	425201	สตอ.สุพรรณบุรี*	13	1,774,303.78	13.16 %
105	13221	ห้วยแม่น้ำน้อย อ.ไทรโยค	14	5,396,278.36	17.88 %
106	13022	ที่ว่าการอำเภอดำรง	14	4,598,270.83	15.24 %
107	376401	สตอ.อุ้มผาง*	14	6,155,679.34	20.4 %
108	450201	สตอ.กาญจนบุรี*	14	5,418,621.00	17.95 %
109	450401	ทองผาภูมิ	14	8,612,780.74	28.54 %
110	03110	ปตร. ปากตะคลอง	15	3,899,830.22	40.39 %
111	44191	ห้วยโสมง (Kgt.15A) อ.กบินทร์บุรี	15	2,702,489.83	27.99 %
112	430201	สตอ.ปราจีนบุรี*	15	1,329,674.68	13.77 %
113	430401	สตอ.กบินทร์บุรี*	15	1,722,495.33	17.84 %
114	03090	ปตร. ท่าไถ่	16	645,272.92	6.03 %
115	03130	ปตร. นางฮอง	16	698,800.44	6.52 %
116	03172	สำนักงานเกษตรอำเภอราชสาสน์	16	3,613,612.74	33.74 %
117	09052	ที่ว่าการอำเภอบางละมุง	16	2,701,377.21	25.22 %
118	09062	ที่ว่าการอำเภอบ้านบึง	16	2,484,116.23	23.19 %
119	423301	สภษ.ฉะเชิงเทรา	16	566,723.96	5.29 %
120	06062	ที่ว่าการอำเภอโป่งน้ำร้อน	17	1,278,688.41	31.23 %
121	74022	ที่ว่าการอำเภอวัฒนานคร	17	464,277.48	11.34 %
122	74042	ที่ว่าการอำเภอตาพระยา	17	1,183,364.91	28.9 %
123	74102	นิคมสร้างตนเองคลองน้ำใส	17	478,958.72	11.7 %
124	440201	สตอ.อรัญประเทศ*	17	689,071.76	16.83 %
125	09042	ที่ว่าการอำเภอศรีราชา	18	233,959.26	1.73 %

ตารางที่ ข-4 ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของ ปริมาณน้ำฝน (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่จากการ วิเคราะห์ Thiessen Polygon (sq km ²)	น้ำหนักจากการ วิเคราะห์พื้นที่ ในแต่ละลุ่มน้ำ*
126	09102	ศูนย์ฝึกทหารใหม่ อ.สัตหีบ	18	337,878.43	2.5 %
127	09160	บางพระ อ.ศรีราชา	18	828,581.57	6.14 %
128	06042	ที่ว่าการอำเภอท่าใหม่	18	2,992,373.39	22.18 %
129	459201	สตอ.ชลบุรี*	18	312,641.95	2.32 %
130	478201	สตอ.ระยอง*	18	2,226,702.72	16.5 %
131	478301	สภ.ห้วยโป่ง*	18	1,137,285.00	8.43 %
132	459204	สตอ.สัตหีบ	18	142,962.41	1.06 %
133	480201	สตอ.จันทบุรี*	18	1,188,679.62	8.81 %
134	480301	สภ.พลี*	18	3,179,393.21	23.57 %
135	459203	สตอ.พัตยา*	18	373,838.44	2.77 %
136	501201	สตอ.คลองใหญ่*	18	537,056.64	3.98 %
137	37101	ตะเคียนหน้าบาท (B.5) อ.ท่าช้าง	19	5,011,623.22	80.16 %
138	465201	สตอ.เพชรบุรี*	19	1,240,421.38	19.84 %
139	45181	บ้านพงษ์กระสังข์(Ky.2) อ.กุยบุรี	20	2,108,048.23	29.67 %
140	500201	สตอ.ประจวบคีรีขันธ์*	20	2,625,530.56	36.96 %
141	500301	สภ.หนองพลับ*	20	2,370,444.90	33.37 %
142	29131	โครงการมูโนะ (X.119) อ.สุโขทัย-ลก	21	1,969,840.83	7.57 %
143	517201	สตอ.ชุมพร*	21	2,678,588.54	10.29 %
144	517301	สภ.สวี*	21	5,499,590.03	21.13 %
145	552201	สตอ.นครศรีธรรมราช*	21	4,706,437.29	18.08 %
146	552301	สภ.นครศรีธรรมราช*	21	2,757,399.44	10.59 %
147	583201	สตอ.นราธิวาส*	21	3,103,045.49	11.92 %
148	580201	สตอ.ปัตตานี(สนามบิน)*	21	5,314,571.87	20.42 %
149	551201	สุราษฎร์ธานี	22	1,534,884.98	11.41 %
150	551202	สตอ.สุราษฎร์ธานี*	22	6,273,687.37	46.62 %

ตารางที่ ข-4 ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของ ปริมาณน้ำฝน (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่จากการ วิเคราะห์ Thiessen Polygon (sq km ²)	น้ำหนักจากการ วิเคราะห์พื้นที่ ในแต่ละลุ่มน้ำ*
151	552401	สอท.ฉวาง	22	5,648,612.32	41.97 %
152	58221	คลองละบัง (X.113) อ.สะเดา	23	1,139,762.14	13.43 %
153	560301	สทช.พัทลุง*	23	4,346,010.18	51.21 %
154	568301	สทช.คอนหษ์*	23	1,906,819.99	22.47 %
155	568501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก	23	773,789.74	9.12 %
156	568502	สนามบินหาดใหญ่*	23	319,901.64	3.77 %
157	33103	สตอ.ปัตตานี(สนามบิน)*	24	141,915.12	3.85 %
158	581301	สทช.ยะลา*	24	3,543,003.66	96.15 %
159	43033	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันตก	25	175,226.64	0.89 %
160	43060	โครงการบางวัด	25	213,576.94	1.08 %
161	55060	โครงการคลองบาลอย อ.ละงู	25	2,139,026.74	10.81 %
162	532201	สตอ.ระนอง*	25	3,664,501.90	18.51 %
163	564201	สตอ.ภูเก็ต*	25	1,057,401.44	5.34 %
164	564202	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันตก	25	4,544,391.28	22.96 %
165	567201	สตอ.ตรัง*	25	6,846,120.25	34.58 %
166	570201	สตอ.สตูล*	25	1,155,035.41	5.83 %

ตารางที่ ข-5 ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของอุณหภูมิต

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่จากการ วิเคราะห์ Thiessen Polygon (sq km ²)	น้ำหนักจากการ วิเคราะห์พื้นที่ ในแต่ละลุ่มน้ำ*
1	300201	สตอ.แม่ฮ่องสอน*	1	6,915,951.33	36.19 %
2	300202	สตอ.แม่สะเรียง	1	8,128,877.44	42.54 %
3	376202	สตอ.แม่สอด*	1	4,062,980.07	21.26 %
4	310201	สภษ.พะเยา*	1	10,030,131.54	17.54 %
5	352201	สตอ.หนองคาย*	2	8,788,835.39	15.37 %
6	353201	สตอ.เลย*	2	5,529,635.75	9.67 %
7	353301	สภษ. เลย	2	4,092,537.80	7.16 %
8	354201	สตอ.อุดรธานี*	2	6,098,863.87	10.66 %
9	356201	สตอ.สกลนคร*	2	7,253,152.38	12.68 %
10	356301	สภษ. สกลนคร	2	5,555,317.26	9.71 %
11	357201	สตอ.นครพนม*	2	2,679,509.03	4.69 %
12	383201	สตอ.มุกดาหาร*	2	7,158,912.61	12.52 %
13	303201	สตอ.เชียงใหม่	3	1,262,209.61	17.3 %
14	303301	สภษ.เชียงใหม่*	3	6,032,983.75	82.7 %
15	381201	สตอ.ขอนแก่น*	4	14,168,474.29	28.83 %
16	381301	สภษ. ท่าพระ (ขอนแก่น)	4	3,449,152.76	7.02 %
17	387401	สอท.โกสุมพิสัย*	4	4,313,628.28	8.78 %
18	403201	สตอ.ชัยภูมิ*	4	14,950,491.04	30.42 %
19	405201	สตอ.ร้อยเอ็ด*	4	8,322,460.77	16.94 %
20	405301	สภษ. ร้อยเอ็ด	4	3,936,578.46	8.01 %
21	407301	สภษ. อุบลราชธานี	5	9,345,436.07	13.15 %
22	407501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะ	5	8,568,245.98	12.06 %
23	409301	สภษ. ศรีสะเกษ	5	8,389,925.91	11.8 %
24	431201	สตอ.นครราชสีมา*	5	8,964,418.23	12.61 %
25	431301	สภษ. ปากช่อง (นครราชสีมา	5	3,502,758.79	4.93 %

ตารางที่ ข-5 ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของอุณหภูมิต่อ

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่จากการ วิเคราะห์ Thiessen Polygon (sq km ²)	น้ำหนักจากการ วิเคราะห์พื้นที่ ในแต่ละลุ่มน้ำ*
26	431401	สอท.โชคชัย*	5	5,077,523.50	7.14 %
27	432201	สตอ.สุรินทร์*	5	3,767,383.44	5.3 %
28	432301	สทช. สุรินทร์	5	4,241,675.62	5.97 %
29	432401	สอท.ท่าตูม*	5	11,120,229.02	15.65 %
30	436401	สอท.นางรอง*	5	8,098,172.86	11.39 %
31	327301	สทช. แม่โจ้ (เชียงใหม่)	6	7,205,341.01	20.85 %
32	327501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ	6	4,076,330.54	11.8 %
33	329201	สตอ.ลำพูน	6	8,429,303.65	24.4 %
34	376203	สตอ.เขื่อนภูมิพล*	6	8,835,007.73	25.57 %
35	380201	สทช.กำแพงเพชร*	6	6,005,527.21	17.38 %
36	328201	สตอ.ลำปาง*	7	5,994,496.92	55.53 %
37	328301	สทช. ลำปาง	7	4,801,106.74	44.47 %
38	330201	สทช.แพร่*	8	11,432,113.43	47.53 %
39	373301	สทช. ศรีลำโรง (สุโขทัย)	8	9,025,050.30	37.52 %
40	386301	สทช. พิจิตร	8	3,594,912.76	14.95 %
41	331201	สตอ.น่าน*	9	6,958,119.08	20.06 %
42	331301	สทช. น่าน	9	1,017,230.31	2.93 %
43	331401	สอท.ท่าวังผา*	9	4,710,187.03	13.58 %
44	351201	สตอ.อุดรดิตถ์*	9	8,184,455.90	23.59 %
45	378201	สทช.พิษณุโลก*	9	13,820,658.65	39.84 %
46	400201	สตอ.นครสวรรค์*	10	4,041,013.00	19.69 %
47	400301	สทช. ตากฟ้า (นครสวรรค์)	10	5,108,501.73	24.89 %
48	402301	สทช.ชัยนาท*	10	1,684,531.94	8.21 %
49	426201	สตอ.ลพบุรี*	10	4,525,469.10	22.04 %
50	455201	ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์	10	779,863.01	3.8 %

ตารางที่ ข-5 ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของอุณหภูมิต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่จากการ วิเคราะห์ Thiessen Polygon (sq km ²)	น้ำหนักจากการ วิเคราะห์พื้นที่ ในแต่ละลุ่มน้ำ*
51	455301	สกษ. บางนา (กรุงเทพฯ)	10	663,582.02	3.23 %
52	455601	ท่าอากาศยานกรุงเทพ*	10	3,725,381.54	18.15 %
53	379201	สตอ.เพชรบูรณ์*	12	3,618,726.14	23.15 %
54	379401	สกท.หล่มสัก*	12	3,072,103.69	19.65 %
55	426401	สกท.บัวชุม*	12	8,941,179.77	57.2 %
56	425201	สตอ.สุพรรณบุรี	13	6,851,976.28	50.83 %
57	425301	สกษ. อุทอง (สุพรรณบุรี	13	3,437,638.77	25.5 %
58	451301	สกษ. กำแพงแสน (นครปฐม)	13	3,190,436.64	23.67 %
59	376401	สกท.อุ้มผาง*	14	6,155,706.24	20.4 %
60	424301	สกษ. ราชบุรี	14	4,281,193.46	14.18 %
61	450201	สตอ.กาญจนบุรี*	14	7,206,386.38	23.88 %
62	450401	ทองผาภูมิ	14	12,538,344.20	41.54 %
63	430201	สตอ.ปราจีนบุรี*	15	1,571,345.69	16.28 %
64	430401	สกท.กบินทร์บุรี*	15	8,083,144.37	83.72 %
65	440201	สตอ.อุไรประเทศ*	17	2,110,054.15	51.54 %
66	440401	สกท.สระแก้ว	17	1,984,307.13	48.46 %
67	459201	สตอ.ชลบุรี*	18	882,720.42	6.54 %
68	459203	สตอ.พืดยา*	18	734,449.63	5.44 %
69	459204	สตอ.สัตหีบ	18	408,523.76	3.03 %
70	478201	สตอ.ระยอง*	18	2,576,612.67	19.1 %
71	478301	สกษ. ห้วยโป่ง*	18	1,321,873.72	9.8 %
72	480201	สตอ.จันทบุรี*	18	3,849,905.25	28.54 %
73	480301	สกษ. พลับ (จันทบุรี)	18	3,180,204.53	23.57 %
74	501201	สตอ.คลองใหญ่*	18	537,062.67	3.98 %
75	500201	สตอ.ประจวบคีรีขันธ์*	20	3,761,113.55	52.94 %

ตารางที่ ข-5 ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่โดยวิธี Thiessen Polygon Method ของอุณหภูมิต่อ

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่จากการ วิเคราะห์ Thiessen Polygon (sq km ²)	น้ำหนักจากการ วิเคราะห์พื้นที่ ในแต่ละลุ่มน้ำ*
76	500301	สภษ. หนองพลับ (ประจวบฯ)	20	3,342,910.14	47.06 %
77	517201	สตอ.ชุมพร*	21	2,663,876.76	10.23 %
78	517301	สภษ. สวี (ชุมพร)	21	4,021,997.18	15.45 %
79	551301	สภษ. สุราษฎร์ธานี	21	4,106,462.77	15.78 %
80	552201	สตอ.นครศรีธรรมราช*	21	2,092,846.96	8.04 %
81	552301	สภษ. นครศรีธรรมราช	21	2,756,831.62	10.59 %
82	580201	สตอ.ปัตตานี(สนามบิน)*	21	5,308,470.80	20.39 %
83	583201	สตอ.นราธิวาส*	21	5,078,987.38	19.51 %
84	551201	สตอ.สุราษฎร์ธานี*	22	1,266,974.87	9.41 %
85	551202	พุนพิน	22	5,088,151.39	37.81 %
86	551401	สอท.พระแสง	22	4,395,086.56	32.66 %
87	552401	สอท.ฉวาง	22	2,706,971.85	20.12 %
88	560301	สภษ.พัทลุง*	23	4,330,778.50	51.03 %
89	568301	สภษ. คอหงษ์ (สงขลา)	23	2,177,178.97	25.66 %
90	568501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้	23	829,482.01	9.77 %
91	568502	สนามบินหาดใหญ่*	23	1,148,844.21	13.54 %
92	532201	สตอ.ระนอง*	25	3,660,799.29	18.49 %
93	564201	สตอ.ภูเก็ต*	25	1,274,198.65	6.44 %
94	564202	สนามบินภูเก็ต	25	4,707,780.54	23.78 %
95	567201	สตอ.ตรัง*	25	7,392,318.89	37.34 %
96	570201	สตอ.สตูล*	25	2,760,183.23	13.94 %