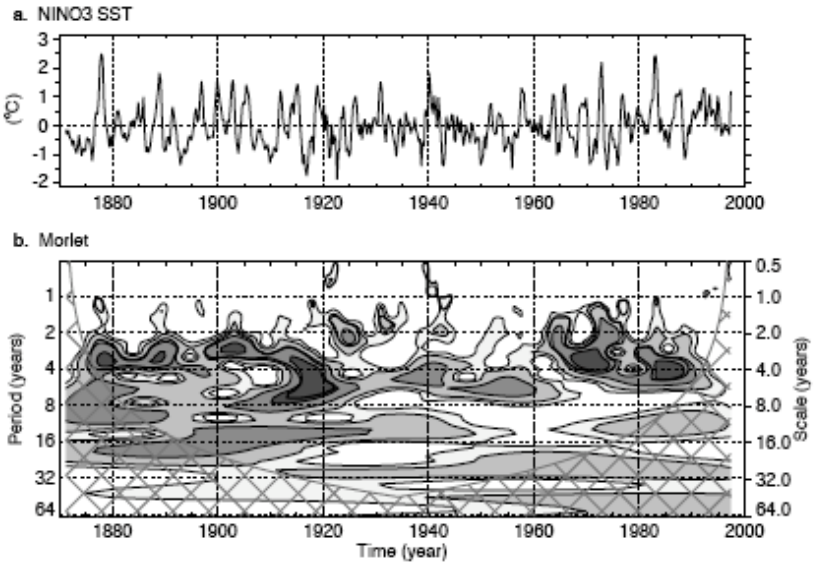
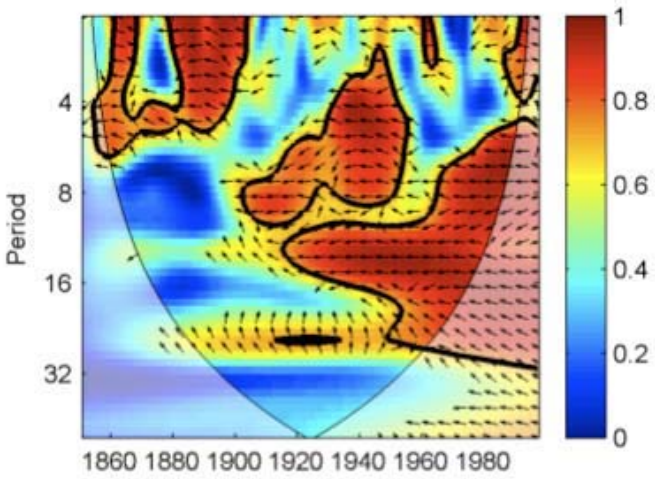


รูปที่ 3-11 (a) ข้อมูลอนุกรมเวลาของดัชนีอุณหภูมิน้ำทะเล (Nino3 SST Index) ที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์เอลนิโญ่ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา (b) ขนาดสเปคตรัม (Power Specturm) จากผลการแปลงเวฟเล็ตด้วยฟังก์ชั่นมอร์เล็ต (Morlet Wavelet) แสดงพฤติกรรมในรูปคาบการเกิดซ้ำที่สำคัญ พื้นที่แรเงาสีเทาเข้มภายใต้เส้นทึบสีดำแสดงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% เปรียบเทียบกับความแปรปรวนสัมพันธ์ (Red-noise Process) (ที่มา Torrence and Compo, 1998)

นอกจากการวิเคราะห์พฤติกรรมอนุกรมเวลาของตัวแปรหนึ่งๆแล้ว ยังสามารถใช้การแปลงครอสเวฟเล็ตเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรในแง่ของความเชื่อมโยงและการเหลื่อมล้ำของการเกิดได้อีกด้วย เช่น การศึกษาของ Grinsted et.al. (2004) ได้ใช้ครอสเวฟเล็ตเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี Arctic Oscillation (AO) กับค่าการขยายตัวสูงสุดของน้ำแข็งในทะเลบอลติก (Baltic Maximum Sea-ice Extent Record, BMI) และแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3-12 โดยแถบสีแสดงความสัมพันธ์ของสองตัวแปรจากขนาดของสเป็คตรัม (Power Spectrum) และลูกศรแสดงการเหลื่อมล้ำในเวลาของตัวแปรทั้งสอง (Phase Angle) ความสัมพันธ์ตามรูปที่ 3-12 แสดงถึงความสัมพันธ์แบบผกผัน (180 องศา) ในสเป็คตรัมที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 3-12 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดัชนี Arctic Oscillation (AO) และการขยายตัวของน้ำแข็งในทะเลบอลติก (Baltic Maximum Sea-ice Extent Record, BMI) ด้วยการแปลงครอสเวฟเล็ต โดยค่าความเข้มแสดงขนาดของความสัมพันธ์และลูกศรแสดงการเลื่อมล้ำของข้อมูล สังเกตว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้าม (anti-phase) สำหรับช่วงเวลาและความถี่ที่ความสัมพันธ์มีนัยสำคัญ

ในงานวิจัยของ Paulin C (2006) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฝนในเชิงพื้นที่และเวลาของประเทศแคนาดาในช่วงปี ค.ศ. 1900-2000 ซึ่งได้ประยุกต์วิธีเวฟเล็ต (Wavelet) และครอสเวฟเล็ต (Cross-wavelet) ในการจำแนกความถี่ต่ำที่สำคัญ (low-frequency) โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาของน้ำฝนจากสถานีฝนทั่วทั้งประเทศ และใช้ดัชนีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climatic indices) ได้แก่ North Atlantic Oscillation (NAO), Pacific-North American (PNA), Northern Hemisphere Annular Mode (NAM) และ El Nino/Southern Oscillation (ENSO) ซึ่งเป็นดัชนีสำคัญในการชี้วัดปรากฏการณ์เอลนิโญ่ (El Nino) และลานีญ่า (La Nina) โดยมีการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลฝน และดัชนีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเหล่านี้ โดยแยกเป็นรายฤดูกาล ซึ่งทำให้มีความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงเป็นฝนรายฤดูกาลจากผลของค่าดัชนีต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลความสัมพันธ์ต่างๆเหล่านี้นอกจากจะบอกพฤติกรรมของความแปรปรวนต่างๆ และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกแล้ว ยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงการพยากรณ์ตัวแปรสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้อีกด้วย

บทที่ 4

การเตรียมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

การเตรียมข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยข้อมูลเบื้องต้นต่าง ๆ ข้อมูลสมุทรศาสตร์ และ ข้อมูลการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศโลกในอนาคตด้วยแบบจำลอง GCM และดัชนีสมุทรศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ดัชนีความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ (SOI) ค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิก (Nino 1+2, Nino 3, Nino 4 และ Nino 3.4) และค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลในมหาสมุทรอินเดีย (DMI) รายละเอียดดังนี้

4.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องเบื้องต้น

ในการเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการศึกษาในครั้งนี้ ได้จำแนกตามประเภทของข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา ข้อมูลภูมิอากาศ และสมุทรศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ และข้อมูลแผนที่และข้อมูลพื้นฐานทั่วไป ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการเข้าถึงข้อมูล และเข้าใจลักษณะทางกายภาพของข้อมูล ทั้งในส่วนที่เป็นข้อมูลคงที่ (Static Data) ได้แก่ ข้อมูลสถานที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝน และสถานีวัดน้ำท่า เป็นต้น และข้อมูลพลวัตร (Dynamic Data) ได้แก่ ข้อมูลประเภทอนุกรมเวลา ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิรายวัน ข้อมูลฝนรายวันและรายเดือน และข้อมูลน้ำท่ารายวันและรายเดือน เป็นต้น คณะวิจัยจึงได้คำนึงถึงองค์ประกอบที่สำคัญที่พึงจะมีเป็นอย่างน้อย ซึ่งมีรายละเอียดของข้อมูลดังนี้

1) **ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยารายเดือนของประเทศไทย** ประกอบด้วย

1.1) ข้อมูลภูมิอากาศ ประกอบด้วย ชื่อสถานี รหัสสถานี ที่ตั้ง จังหวัด ลุ่มน้ำหลัก พิกัด UTM ระวางแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ละติจูด ลองติจูด อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน ในหน่วยองศาเซลเซียส (°C) ตามแผนที่ในบทที่ 2 และรายละเอียดสถานีในภาคผนวก ค

1.2) ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน ประกอบด้วย ชื่อสถานี รหัสสถานี ที่ตั้ง จังหวัด ลุ่มน้ำหลัก พิกัด UTM ระวางแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ละติจูด ลองติจูด ปีเริ่มเก็บ

ข้อมูล ปีสุดท้ายของข้อมูล และปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือน ในหน่วยมิลลิเมตร (mm) ตามแผนที่ในบทที่ 2 และรายละเอียดสถานีในภาคผนวก ค

1.3) ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ประกอบด้วย ชื่อสถานี รหัสสถานี พื้นที่รับน้ำฝน ที่ตั้ง จังหวัด ลุ่มน้ำหลัก พิกัด UTM ระวางแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ละติจูด ลองติจูด ปีเริ่มเก็บข้อมูล ปีสุดท้ายของข้อมูล และข้อมูลน้ำท่ารายเดือน ในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (m^3/s)

2) ข้อมูลดัชนีทางสมุทรศาสตร์ต่าง ๆ ประกอบด้วย

2.1) ดัชนีความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ (SOI)

2.2) ค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิก (Nino 1+2, Nino 3, Nino 4 และ Nino 3.4) และ

2.3) ค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลในมหาสมุทรอินเดีย (DMI)

2.4) ข้อมูลปีที่เกิดเอลนีโญ่และลานีญ่า

3) ข้อมูลแบบจำลองภูมิอากาศโลก ประกอบด้วย ชุดข้อมูลตัวแปรภูมิอากาศอนุกรมเวลของข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณฝน ของแบบจำลองต่างๆ ดังนี้

3.1) แบบจำลอง CGCM2 ของศูนย์ศึกษาสภาพอากาศแคนาดา ทั้งสมมติฐาน A2 และ B2

3.2) แบบจำลอง HadCM3 SRES ช่วงปี 1961–2099 ของอังกฤษ ทั้งสมมติฐาน A2 และ B2

3.3) แบบจำลองความละเอียดสูงของหน่วยงานอุตุนิยมวิทยา ประเทศญี่ปุ่น และ

3.4) ข้อมูล RCM จากแบบจำลอง PRECIS สมมติฐาน A2 ที่ศึกษาโดยศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ START ซึ่งใช้ข้อมูล GCM นำเข้าจากแบบจำลอง ECHAM4

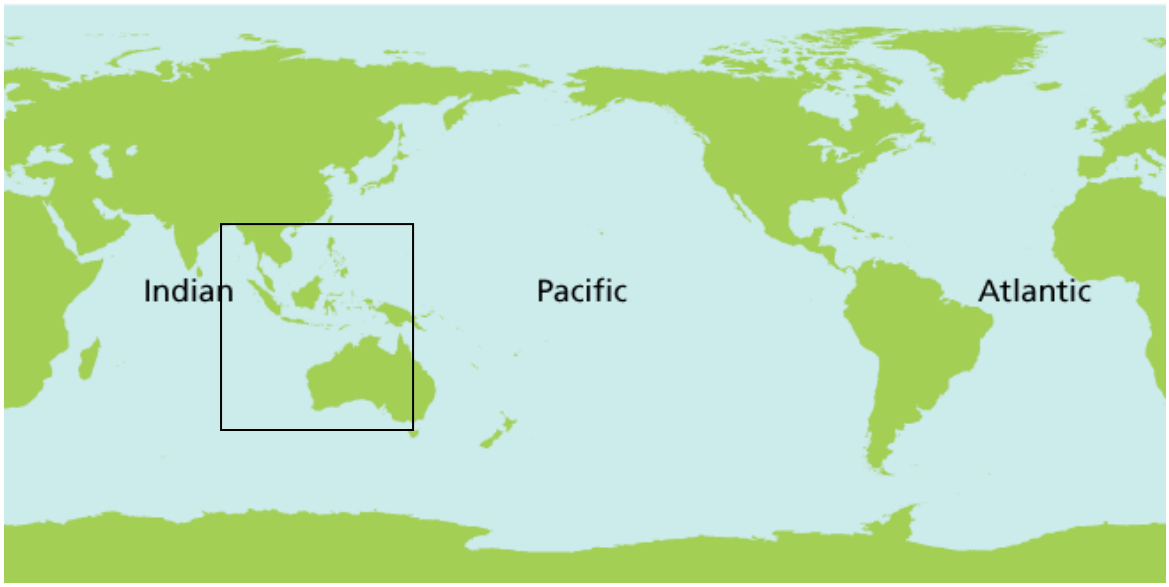
4) **ข้อมูลแผนที่และข้อมูลพื้นฐานทั่วไป** ประกอบด้วย

4.1) ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำประธานทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ได้แก่ รหัสลุ่มน้ำ ชื่อลุ่มน้ำ และพื้นที่ลุ่มน้ำ

4.2) ข้อมูลขอบเขตการปกครองและข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่ รหัสและชื่อของจังหวัด อำเภอ ตำบล และพื้นที่ของตำบล

4.2 ดัชนีสมุทรศาสตร์ ดัชนีความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ (SOI) ค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิก (Nino 1+2, Nino 3, Nino 4 และ Nino 3.4) และค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลในมหาสมุทรอินเดีย (DMI)

ระบบของชั้นบรรยากาศและมหาสมุทรมีการผันแปรที่หลากหลายและมีรูปแบบเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในมหาสมุทรจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อชั้นบรรยากาศด้วย เช่นรูปแบบคลื่นความร้อนที่เคลื่อนปกคลุมมหาสมุทร จะส่งผลกระทบต่อการหมุนเวียนของบรรยากาศ ซึ่งผลกระทบจากทั้งความหนาแน่นและการเคลื่อนที่ของสภาพอากาศก็จะเกิดกับมหาสมุทรด้วยเช่นกัน การเชื่อมโยงกันมีหลายรูปแบบ ซึ่งแตกต่างกันไปตามแต่ละภูมิภาค (U.S. Climate Change Science Program, 2008) ความผันแปรของอากาศในเขตเอเชียตะวันออก เอเชียใต้ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เชื่อมโยงอยู่กับปรากฏการณ์ ENSO (El Niño-Southern Oscillation) เมื่ออุณหภูมิโลกร้อนขึ้น ลักษณะอากาศในมหาสมุทรแปซิฟิกมีแนวโน้มที่จะเกิดสภาวะของ El Nino มากขึ้น ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความถี่การเกิด ENSO และการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรของฤดูกาล ซึ่งจะเห็นได้ว่าความผันแปรจากค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำทะเลบริเวณศูนย์สูตรของมหาสมุทรแปซิฟิก *ทำให้เกิดความแห้งแล้ง และอุทกภัยถี่ขึ้นระหว่างช่วงฤดูร้อนของประเทศที่อยู่ทางตะวันออก ทางใต้ และทางตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย* จึงกล่าวได้ว่าในอนาคตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วนี้จะทวีความรุนแรงมากขึ้น (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2549) นอกจากนี้ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นอกจากจะเชื่อมโยงกับมหาสมุทรแปซิฟิกแล้ว ยังมีความเชื่อมโยงกับมหาสมุทรอินเดียด้วยเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 4-1

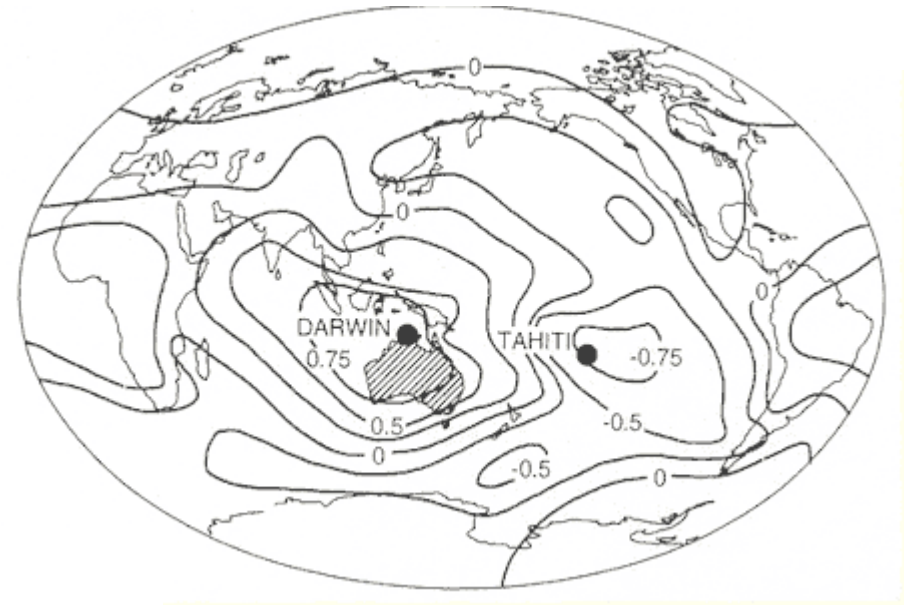


ที่มา: http://ioc3.unesco.org/oopc/state_of_the_ocean/atm/

รูปที่ 4-1 ตำแหน่งที่ตั้งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเชื่อมโยงกับมหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดีย

ปรากฏการณ์ ENSO เป็นการรวมกันระหว่างปรากฏการณ์ *El Nino* (EN) และ *Southern Oscillation* (SO) ซึ่งมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยปรากฏการณ์ เอลนิโญ่ (*El Nino*) เป็นการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำอุ่นในมหาสมุทร ตามแนวชายฝั่งตะวันตกของทวีปอเมริกาใต้ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศต่ำในบริเวณประเทศอินโดนีเซียและประเทศมาเลเซียกับความกดอากาศสูงในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ เมื่อระดับความแตกต่างของความกดอากาศนี้ลดลง ลมสินค้าตะวันตกจะอ่อนกำลังลง เป็นเหตุให้ผิวน้ำทะเลที่อุ่นเคลื่อนตัวออกจากฝั่งประเทศเปรู จากสาเหตุนี้ ความกดอากาศต่ำจึงเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันออก เป็นผลให้ปริมาณฝนตกบริเวณอินโดนีเซียและประเทศมาเลเซียลดลง แต่ไปเพิ่มปริมาณฝนตามแนวชายฝั่งตะวันตกของอเมริกากลางและทวีปอเมริกาใต้ ส่วนปรากฏการณ์ *Southern Oscillation* หรือความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ เป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ส่วนกลับที่ต่อเนื่องกันระหว่างความกดอากาศที่ระดับ ผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิกใต้กับมหาสมุทรอินเดียแถบศูนย์สูตร โดยรวมถึงการผันแปรของความเข้มของการหมุนเวียนของชั้นบรรยากาศในเขตร้อนบริเวณอินโด-แปซิฟิก ซึ่งเกิดจากการแลกเปลี่ยน อากาศระหว่างความกดอากาศสูงกึ่งเขตร้อนแถบแปซิฟิกใต้ (South Pacific Subtropical High) ความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตรบริเวณอินโดนีเซีย (Indonesian equatorial low) และความแตกต่างระหว่างความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล (Sea level pressure; SLP) ที่จุดต่างๆ ที่

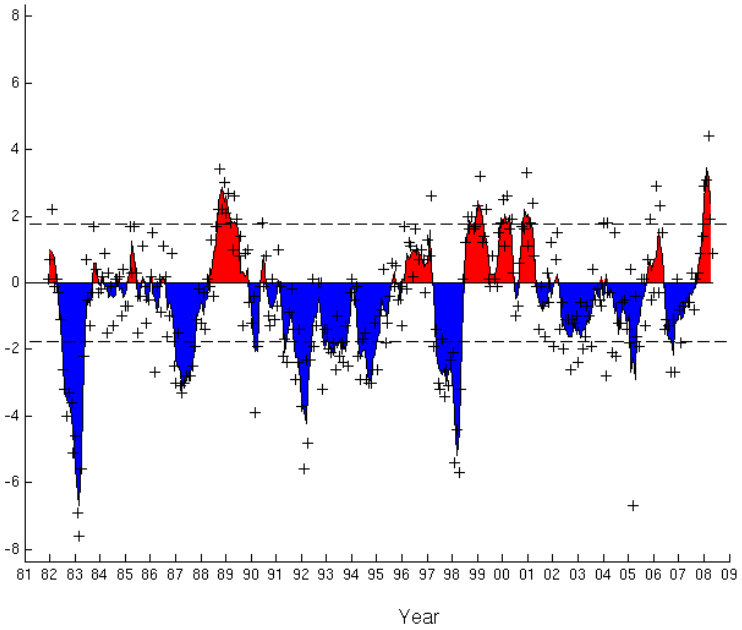
แทนความกดอากาศสูงกึ่งเขตร้อนแถบแปซิฟิกใต้กับจุดต่างๆ ที่แทนความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตรบริเวณอินโดนีเซียได้ถูกใช้เป็นค่าดัชนีของการผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ (Southern Oscillation Indices, *SOI*) เพื่อเป็นตัวแทนบอกถึงการเกิดของปรากฏการณ์เอลนิโญ่ได้ตัวหนึ่ง โดยที่ถ้าค่าของดัชนี SOI ต่ำ (มักมีค่าติดลบ) มักจะเกิดปรากฏการณ์เอลนิโญ่ ทั้งนี้มักจะใช้ค่า SLP ที่ระหว่างที่เกาะตาฮิติ (Tahiti, Society Island) บริเวณกลางมหาสมุทรแปซิฟิก และ SLP ที่เมืองดาร์วิน (Darwin) ประเทศออสเตรเลีย ดังรูปที่ 4-2 แทนระบบความกดอากาศทั้งสองตามลำดับเพื่อดูค่า SOI แสดงค่า SOI ดังรูปที่ 4-3



ที่มา: ATSE Focus No 99, November/December 1997

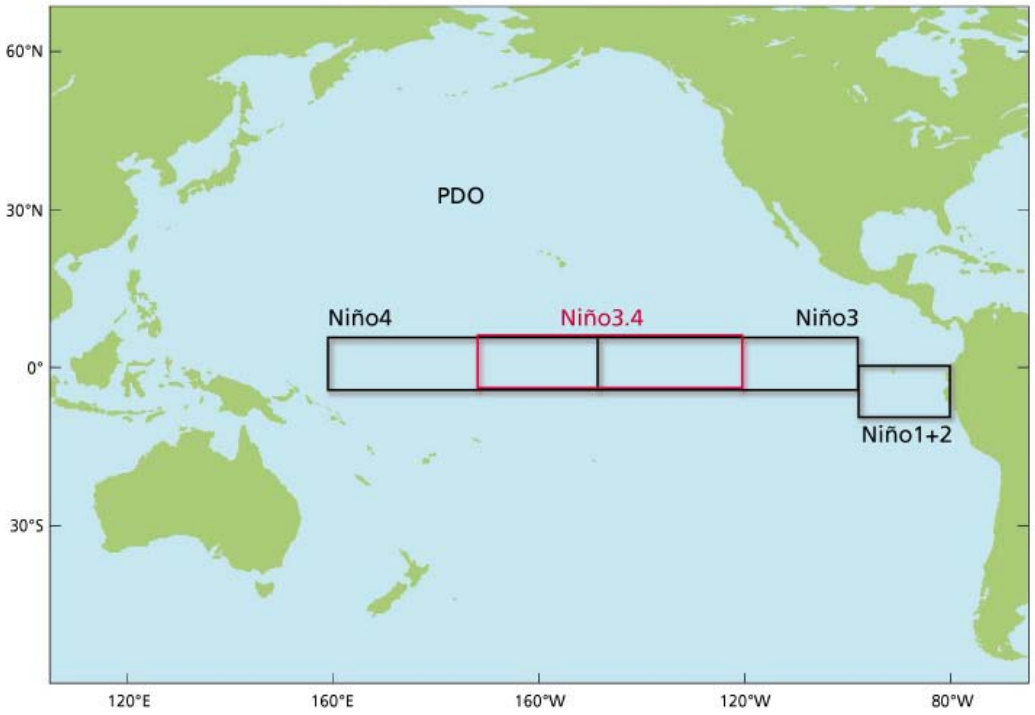
รูปที่ 4-2 ตำแหน่งที่ตั้งเกาะตาฮิติ และเมืองดาร์วิน รวมถึงภูมิภาคที่ได้รับอิทธิพลจากปรากฏการณ์ Southern Oscillation รวมทั้งแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของค่า SLP รายปี ที่เกิดบนโลก

ความสัมพันธ์ของทั้งสองปรากฏการณ์ จึงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างการผันแปรระหว่างปีของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับการเปลี่ยนแปลงความเข้มของการหมุนเวียนในแนวดิ่งในทิศตะวันตก-ตะวันออก (Walker Circulation) และการเปลี่ยนแปลงของฝนบริเวณแปซิฟิกแถบศูนย์สูตร โดยปรากฏการณ์ทั้งสองนี้เป็นตัวเชื่อมการผันแปรระหว่างมหาสมุทรกับบรรยากาศ ซึ่งเป็นตัวควบคุมหลักของกาลอากาศและภูมิอากาศโลก (นิพนธ์ ตั้งธรรม และคณะ)



ที่มา: http://ioc3.unesco.org/oopc/state_of_the_ocean/atm/

รูปที่ 4-3 ค่าดัชนีความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ (SOI)



ที่มา: http://ioc3.unesco.org/oopc/state_of_the_ocean/atm/

รูปที่ 4-4 การกำหนดพื้นที่ตัวแทนในค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลบริเวณกลางมหาสมุทรแปซิฟิก Nino 1+2 Nino 3 Nino 3.4 และ Nino 4

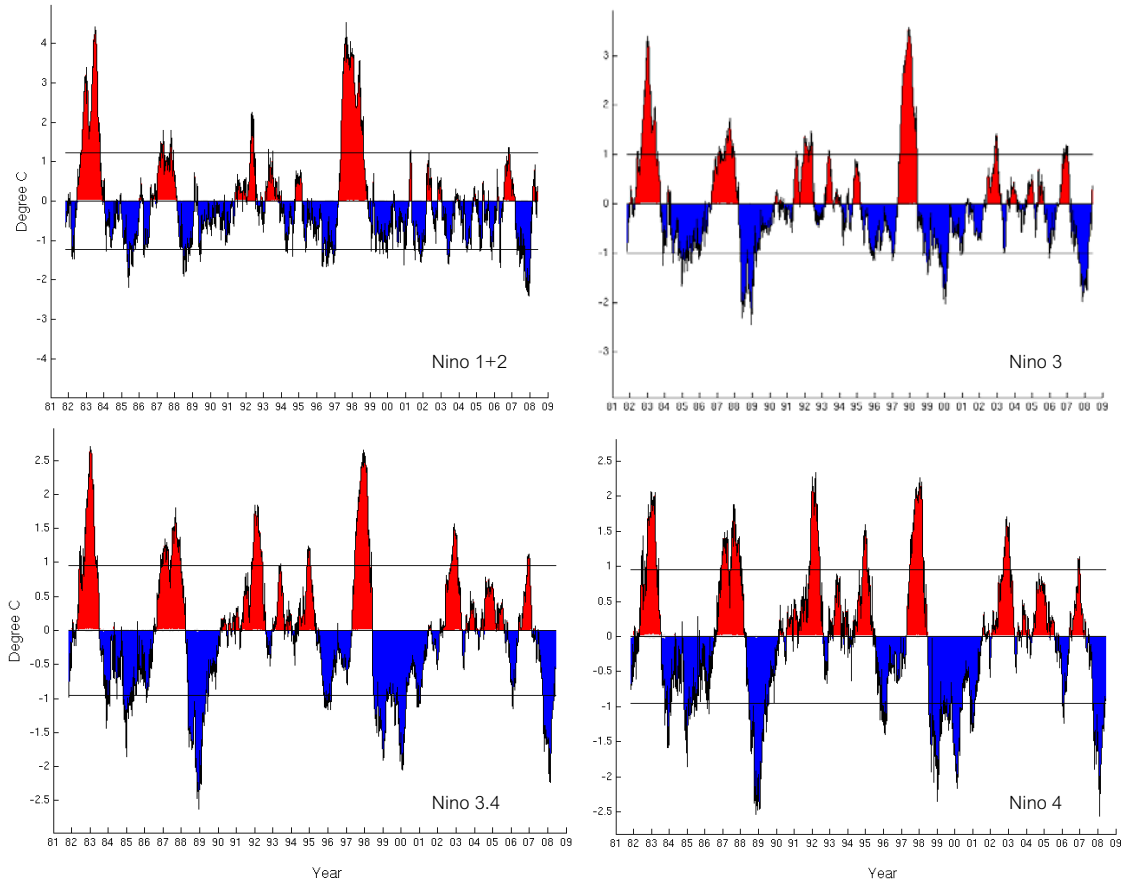
นอกจากนี้ยังมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอีกหลายอย่างที่ช่วยบ่งชี้การเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว ค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลบริเวณกลางมหาสมุทรแปซิฟิกก็เป็นวิธีการหนึ่งในการบ่งชี้สภาพ El Nino ในมหาสมุทรแปซิฟิกได้ โดยมีการกำหนดพื้นที่ตัวแทนในบริเวณที่ต่างๆ กัน ได้แก่ Nino 1+2 Nino 3 Nino 3.4 และ Nino 4 ดังรูปที่ 4-4 และแสดงค่าดังรูปที่ 4-5 มีรายละเอียดแต่ละตัวชี้วัดดังนี้

Nino 1+2 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกด้านตะวันออก บริเวณห่างจากชายฝั่งของเปรูและชิลี (90° W - 80° W, 10°S - 0°)

Nino 3 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณสภาพ El Nino บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกด้านตะวันออก (150° W - 90° W, 5°S - 5°N)

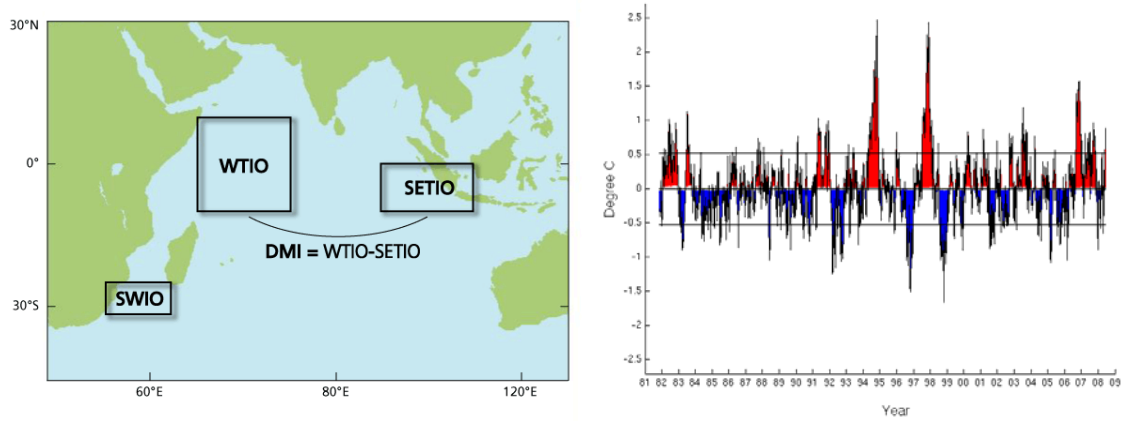
Nino 3.4 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณสภาพ El Nino บริเวณตอนกลางมหาสมุทรแปซิฟิก (150° W - 90° W, 5°S - 5°N)

Nino 4 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณสภาพ El Nino บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกด้านตะวันตก (160° E - 150° W, 5°S - 5°N)



ที่มา: http://ioc3.unesco.org/oopc/state_of_the_ocean/atm/

รูปที่ 4-5 ค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลบริเวณกลางมหาสมุทรแปซิฟิกรายสัปดาห์ของ Nino 1+2 Nino 3 Nino 3.4 และ Nino 4



ที่มา: http://ioc3.unesco.org/oopc/state_of_the_ocean/atm/

รูปที่ 4-6 ผลต่างค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลระหว่างมหาสมุทรอินเดียตะวันตกและตะวันออก (DMI)

นอกจากนี้ ผลต่างค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลระหว่างมหาสมุทรอินเดียตะวันตกและตะวันออก (Dipole Mode Index: DMI) ดังแสดงในรูปที่ 4-6 ก็เป็นดัชนีอีกตัวหนึ่งที่ชี้วัดการเกิดปรากฏการณ์ Indian Ocean Dipole หรือ IOD ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เชื่อมโยงระหว่างชั้นบรรยากาศและมหาสมุทรในมหาสมุทรอินเดีย ปรากฏการณ์นี้สามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เช่นกัน โดยในสภาวะปกติมหาสมุทรอินเดียจะแสดงลักษณะของมวลน้ำเย็นในบริเวณชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ และปรากฏมวลน้ำอุ่นบริเวณฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรอินเดียในเขตศูนย์สูตร แต่ในบางปีจะเกิดการแปรปรวนโดยมวลน้ำอุ่นทางฝั่งตะวันออกมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางตะวันตก ซึ่งจะส่งผลให้ฝนไปตกเหนือฝั่งตะวันออกของทวีปอัฟริกามากขึ้นและก่อให้เกิดสภาวะอากาศแห้งแล้งในหลายบริเวณในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยเฉพาะประเทศอินโดนีเซีย (ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก แห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, 2551)

จากการศึกษา ความผันแปรของลักษณะอากาศระดับทวีปภายใต้อิทธิพลของ ENSO ของนิพนธ์ ตั้งธรรม และคณะ พบว่า ENSO ไม่มีอิทธิพลที่ชัดเจนต่อลักษณะอากาศ ในเดือนมกราคมแต่จะทำให้เดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม มีปริมาณฝนต่ำกว่า และอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าปกติ เช่นเดียวกันในเดือนมิถุนายน ในเดือนกรกฎาคม ซึ่งเข้ากลางฤดูฝน ENSO มีผลทำให้พายุหมุนเขตร้อนเข้ามาปกคลุมประเทศไทยน้อยกว่าปกติ เดือนสิงหาคมซึ่งเป็นเดือนที่มีฝนตกสูงสุดในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยก็ปรากฏว่าในปีที่มีปรากฏการณ์ ENSO แม้ว่าจำนวนพายุหมุนเขตร้อนเข้ามาไม่น้อยกว่าปกติ แต่พายุหมุนดังกล่าวมีศักยภาพในการเกิดฝนน้อยกว่าปีปกติ แต่ในเดือนกันยายน ซึ่งเข้าช่วงปลายฤดูฝน จำนวนพายุจะเข้ามาน้อยกว่าปกติ ในเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเข้าสู่ฤดูแล้ง ลมมรสุมฤดูฝนในเดือนนี้ของปีที่เกิดปรากฏการณ์ ENSO จะอ่อนกำลังและเร็วกว่าปกติ แล้วจะเกิดการไหลของมวลอากาศร้อนเข้ามาทำให้อากาศแห้งกว่าปกติ ในเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเริ่มเข้าสู่ฤดูหนาว อุณหภูมิในเดือนนี้ของปี ENSO จะสูงกว่าปีปกติ เช่นเดียวกันกับในเดือนธันวาคม

และจากการศึกษาของศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก แห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรวมรายฤดูกาลกับตัวชี้วัดทางสมุทรศาสตร์ Nino 3.4 และ DMI พบว่าในการวิเคราะห์ปริมาณฝนรวมในช่วงฤดูฝนนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดทางสมุทรศาสตร์ Nino 3.4 จะเด่นชัดขึ้นเมื่อเข้าใกล้ช่วงฤดูกาลมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนเมษายนและพฤษภาคม มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เป็นสิ่งซึ่งยืนยันถึงความเกี่ยวข้องของปรากฏการณ์ ENSO กับความผันแปรของสภาพอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้เป็นอย่างดี โดยลักษณะเช่นเดียวกันนี้ปรากฏในช่วงฤดูแล้งด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัด DMI กับปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนแล้ว กลับพบความสัมพันธ์ที่แตกต่างจาก Nino 3.4 กล่าวคือ ตัวชี้วัด DMI มีความสัมพันธ์สูงสุดกับปริมาณฝนบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนในช่วงก่อนเข้าสู่ฤดูกาล 4 เดือน และลดลงอย่างมากเมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูกาล ซึ่งความสัมพันธ์นี้มีรูปแบบที่เหมือนกันในทั้ง 2 ช่วงฤดูกาลโดยที่ตัวชี้วัด DMI ที่แสดงความสัมพันธ์สูงสุดกับปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน คือ ตัวชี้วัด DMI ในเดือนมกราคมสำหรับช่วงฤดูฝน และในเดือนกรกฎาคม สำหรับช่วงฤดูแล้ง ในการวิเคราะห์การคาดการณ์ปริมาณฝนล่วงหน้าสำหรับฤดูฝนพบว่า ความสัมพันธ์ที่ปรากฏในเดือนมกราคมมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 กับปริมาณฝนรวมในฤดูกาลที่จะมาถึงในปีนั้นๆ และเป็นที่น่าสังเกตว่าการใช้ตัวชี้วัด DMI ร่วมในการคาดการณ์น่าจะสามารถคาดการณ์ปริมาณฝนรวมล่วงหน้ารายฤดูกาลได้นานขึ้น และนำมาสู่แนวคิดในการคาดการณ์ปริมาณฝนรวมในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาโดยตัวชี้วัดทางสมุทรศาสตร์ ซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลตัวชี้วัดทางสมุทรศาสตร์ทั้งสองในเดือนเดียวกันเพื่อให้ได้ผลการคาดการณ์ที่ดีที่สุด

4.3 ปีการเกิด เอลนิโญ่และ ลานีญ่าที่ผ่านมา

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและสมุทรศาสตร์ที่เฝ้าตรวจและพยากรณ์เหตุการณ์ เอลนีโญ/ลานีญา มีขึ้นมากในปัจจุบันซึ่งได้มาจากประเทศต่างๆ และระหว่างประเทศที่มีระบบเฝ้าตรวจ หลายๆ กลุ่ม สถาบันวิจัยและหน่วยงานอุตุนิยมวิทยาของประเทศต่างๆ และการบริการทางอุทกวิทยาได้ทำงานร่วมกันเกี่ยวกับการทดลองที่ยุ่งยากมากขึ้นของปรากฏการณ์เอลนีโญ/ลานีญาเพื่อนำมาแก้ไขปรับปรุงการคาดหมายและการผันแปรให้มีความชัดเจนและผลกระทบที่เกิดขึ้น การแลกเปลี่ยนและการประมวลผลของข้อมูลอยู่ภายใต้โปรแกรมความร่วมมือจากองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก คณะกรรมาธิการ

องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกด้านภูมิอากาศ (CCI) และโปรแกรมภูมิอากาศโลก (WCP) เพื่อให้มีการพัฒนาในกิจกรรมเหล่านี้ในประเทศสมาชิก (ศูนย์ภูมิอากาศแห่งชาติ, 2007) ดังนั้นการเกิดเอลนิโญ่และ ลานีญ่า ถูกจำแนกโดยเกณฑ์ที่แตกต่างกัน บางระบบใช้ความรุนแรงของการเกิดและสัญญาณของค่าดัชนีความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ (SOI) ขณะที่บางระบบใช้ค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (SST) ในแต่ละบริเวณของมหาสมุทรแปซิฟิก ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และบางระบบประเมินจากข้อมูลแหล่งต่าง ๆ มาประมาณความรุนแรงของการเกิดเอลนิโญ่และ ลานีญ่า โดยมีระบบที่ศึกษาการเกิดเอลนิโญ่และ ลานีญ่า และถูกใช้อ้างอิงมากที่สุดอยู่ 4 รายการ คือ

1) **Western Region Climate Center (WRCC)** at

   http://www.wrcc.dri.edu/enso/ensodef.html

2) **Climate Diagnostics Center (CDC)** at

   http://www.cdc.noaa.gov/people/cathy.smith/best/#years

3) **Climate Prediction Center (CPC)** at:

   http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.html

4) **Multivariate ENSO Index from Climate Diagnostics Center (MEI)** at

   http://www.cdc.noaa.gov/ENSO/enso.mei_index.html

Jan Null (2007) ได้ศึกษาความสอดคล้องของการเกิดเหตุการณ์เอลนิโญ่ และลานีญ่า เลือกจากค่าการเกิด 3 ใน 4 ของการศึกษาจากหน่วยงานที่กล่าวแล้วข้างต้น ซึ่งการศึกษาด้วยวิธีต่างๆ ของแต่ละหน่วยงานมีความเชื่อมโยงกันอย่างเห็นได้ชัด และการประเมินความสอดคล้องโดยวิธีการของหน่วยงานต่าง ๆ จะหลีกเลี่ยงในการให้คะแนนวิธีการอันหนึ่งอันใดมากกว่า โดยเมื่อ WRCC, CPC และ MEI มีค่า W+ และ CDC มีค่า W จะแสดงถึงว่ามีความรุนแรงของการเกิดเอลนิโญ่ นอกจากนี้การพิจารณาถึงฤดูกาลก็ถูกนำมาพิจารณาต่อการเกิดเหตุการณ์ด้วย แสดงผลการประเมินการเกิดเอลนิโญ่ และลานีญ่าของแต่ละหน่วยงานดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ความสอดคล้องของแต่ละระบบของปีการเกิด เอลนิโญ่และลานีญ่า

Winter	WRCC	CDC	CPC	MEI	Consensus
1950-51	C+	C	C	C	La Niña
1951-52	W+		W-		
1952-53					
1953-54	W		W-		
1954-55			C	C-	
1955-56	C+		C+	C	**Strong La Niña**
1956-57	C		C-	C-	Weak La Niña
1957-58	W	W	W+	W	El Niño
1958-59			W+	W-	
1959-60					
1960-61					
1961-62				C-	
1962-63				C-	
1963-64	W		W-		
1964-65	C		C	C-	La Niña
1965-66	W+	W	W	W	El Niño
1966-67				C-	
1967-68				C-	
1968-69			W	W-	
1969-70	W		W		
1970-71	C		C	C	La Niña
1971-72	C		C-	C-	Weak La Niña
1972-73	W+	W	W+	W	**Strong El Niño**
1973-74	C+	C	C+	C+	**Strong La Niña**
1974-75	C		C-	C-	Weak La Niña
1975-76	C+	C	C+	C	**Strong La Niña**
1976-77	W		W-		
1977-78	W+		W-	W-	El Niño
1978-79					
1979-80			W-	W-	
1980-81					

ตารางที่ 4-1 ความสอดคล้องของแต่ละระบบของปีการเกิด เอลนิโญ่และลานีญ่า (ต่อ)

Winter	WRCC	CDC	CPC	MEI	Consensus
1981-82					
1982-83	W+	W	W+	W+	Strong El Niño
1983-84			C-		
1984-85			C-	C-	
1985-86					
1986-87			W	W	
1987-88	W+	W-	W	W-	El Niño
1988-89	C+	C-	C+	C	Strong La Niña
1989-90					
1990-91			W+		
1991-92	W	W	W+	W+	Strong El Niño
1992-93	W		W+	W-	El Niño
1993-94	W+		W		
1994-95	W+		W	W-	El Niño
1995-96			C-	C-	
1996-97					
1997-98	W+	W	W+	W+	Strong El Niño
1998-99	C+		C	C-	La Niña
1999-00			C	C	
2000-01	C	C	C-	C-	La Niña
2001-02					
2002-03	W	W	W	W	El Niño
2003-04					

บทที่ 5

การศึกษาพฤติกรรมของน้ำฝนน้ำท่าและสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

ในบทนี้ข้อมูลน้ำฝนน้ำท่า และสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย อันได้แก่อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด ที่ได้จากสถานีตรวจวัดใน 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทย จะถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาพฤติกรรมต่างๆ อันได้แก่ (1) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลรายปีจากอดีตถึงปัจจุบันด้วยสมการสหสัมพันธ์เชิงเส้น (2) การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนและลักษณะของฤดูกาล ด้วยการเปรียบเทียบในอดีตและปัจจุบัน และ (3) คาบการเกิดซ้ำ ความรุนแรงและการเปลี่ยนแปลง ด้วยการใช้เทคนิคเวฟเล็ต (Wavelet) โดยจะทำการสรุปพฤติกรรมที่มีความสำคัญลงบนแผนที่ เพื่อแสดงการกระจายตัวของพฤติกรรมดังกล่าวเชิงพื้นที่ ใน 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทย นอกจากนี้ยังได้ศึกษาพฤติกรรมของระดับน้ำทะเลเบื้องต้น เพื่อช่วยสนับสนุนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการศึกษาดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าพฤติกรรมที่สำคัญเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากในอดีตหรือไม่

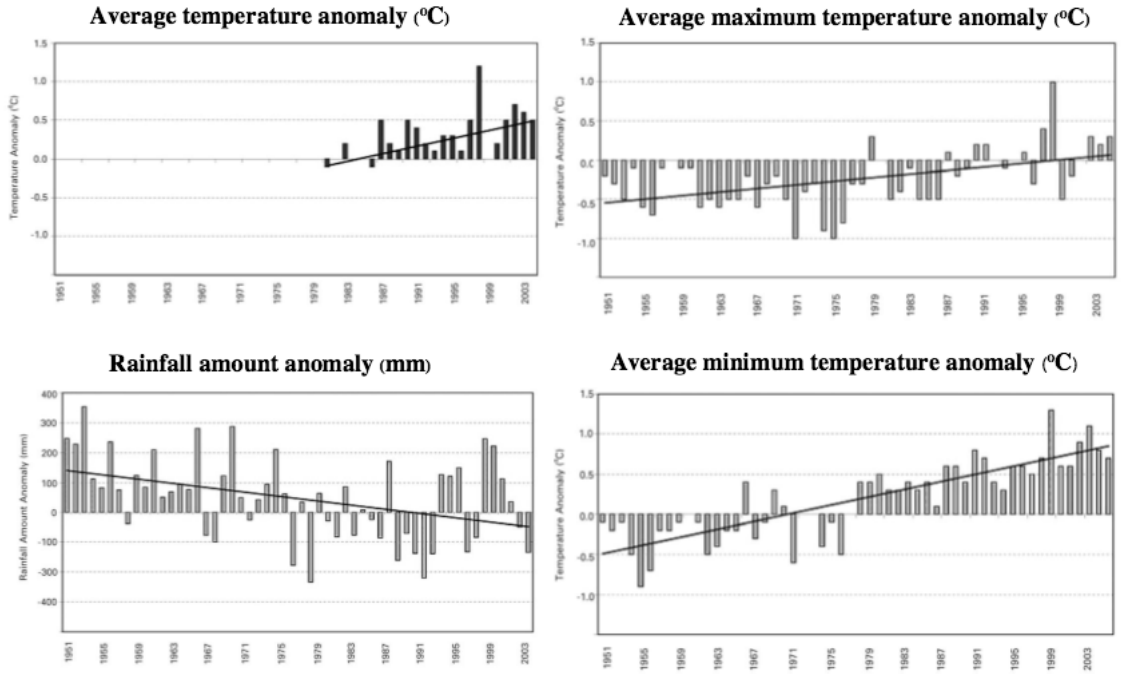
5.1 แนวทางการศึกษาพฤติกรรมของข้อมูลอนุกรมเวลา

การศึกษาพฤติกรรมของข้อมูลน้ำฝนน้ำท่า และสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย รวมไปถึงการเปรียบเทียบพฤติกรรมของตัวแปรที่ได้จากสถานีตรวจวัดและที่ใช้ในแบบจำลอง GCM ประกอบด้วย (1) การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยรายปี (2) การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนและลักษณะของฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไป และ (3) การวิเคราะห์คาบการเกิดซ้ำ ซึ่งมีรายละเอียดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

5.1.1 การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยรายปี

การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรน้ำฝนน้ำท่า และสภาพภูมิอากาศรายปีนี้ จะใช้การวิเคราะห์ด้วยสมการความถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Model) เพื่อหาแนวโน้มของข้อมูลว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น หรือลดลงต่อปีอย่างไร แนวทางการศึกษาลักษณะนี้เป็นแนวทางพื้นฐานและนิยมใช้เพื่อศึกษาข้อมูลอนุกรมเวลาเบื้องต้น เนื่องจากเป็นวิธีการที่รวดเร็ว และง่ายต่อความเข้าใจ ดังตัวอย่างการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของประเทศไทยโดย

กรมอุตุนิยมวิทยา (Chamnong Kaewchada, 2005) ที่แสดงในรูปที่ 5-1 ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่า อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุดของประเทศไทยในแต่ละปี มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย มีแนวโน้มที่จะลดลง เป็นต้น



รูปที่ 5-1 ตัวอย่างการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลน้ำฝนและอุณหภูมิของประเทศไทยด้วยการใช้สมการการถดถอยเชิงเส้น (ที่มา Chamnong Kaewchada, 2005)

จากรูปที่ 5-1 เส้นที่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรรายปี ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรง ซึ่งประกอบด้วยค่าคงที่สองตัว อันได้แก่ (a) ค่าคงที่แสดงการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวแปร รายปี (slope) และ (b) ค่าคงที่แสดงค่าของตัวแปรที่เวลาเริ่มต้น (intersection) ซึ่งทั้งสองค่านี้เป็นค่าที่ทำให้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าตรวจวัดจริงและค่าประมาณจากสมการ มีค่าน้อยที่สุด (Linear Least Square) ทั้งนี้ในการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจะเน้นค่าคงที่ที่แสดงการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวแปร รายปี เป็นหลัก

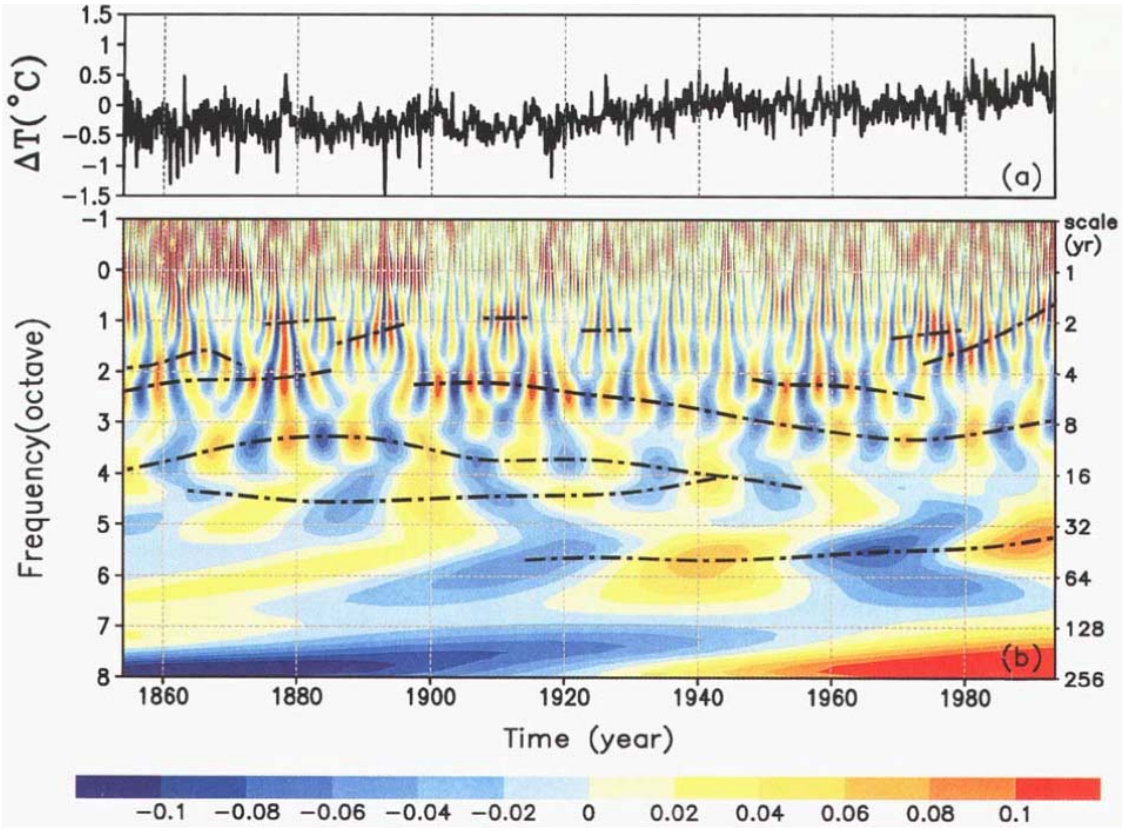
แม้ว่าแนวทางในการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนน้ำท่าและสภาพอากาศของประเทศไทยในลักษณะนี้ได้เคยมีการศึกษามาแล้ว แต่ยังไม่พบว่ามีการรวบรวมข้อมูลแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลที่สถานีต่างๆ และค่าเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำ มาแสดงผลร่วมกันเชิงพื้นที่ ซึ่งการกระจายของพฤติกรรมเชิงพื้นที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจในพฤติกรรมของตัวแปรต่างๆ

เหล่านี้ได้ดียิ่งขึ้น และมีประโยชน์มากกว่าการแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยทั้งประเทศเพียงค่าเดียวที่ได้ทำการศึกษากันมาในอดีต

5.1.2 การศึกษาคาบการเกิดซ้ำ ความรุนแรงและการเปลี่ยนแปลง

การศึกษาพฤติกรรมด้านคาบการเกิดซ้ำ ความรุนแรง และการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลน้ำฝนน้ำท่า และสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยที่ผ่านมายังมีไม่มากนัก ส่วนใหญ่การศึกษาดังกล่าวนิยมใช้การวิเคราะห์ข้อมูลในมิติของเวลา โดยเน้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นรายฤดูกาลเป็นหลัก แนวทางการศึกษาลักษณะนี้ไม่สามารถแสดงพฤติกรรมการเกิดซ้ำและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมดอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเพื่อให้การศึกษาพฤติกรรมด้านคาบการเกิดซ้ำ ของตัวแปรน้ำฝนน้ำท่า และสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ความถูกต้องและสมบูรณ์ การศึกษานี้จึงใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลในมิติของความถี่แทน โดยใช้เทคนิคการแปลงเวฟเล็ต (Wavelet) ซึ่งแนวทางดังกล่าวจะแสดงให้เห็นพฤติกรรมของความถี่หลักหรือคาบการเกิดซ้ำ และการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาต่างๆ กันได้โดยง่ายและมีประสิทธิภาพ

การแปลงเวฟเล็ตสามารถแสดงถึงลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาได้ดีกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนขนาดหรือความถี่ และมีการตรวจวัดที่ยาวนาน ดังตัวอย่างของข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยของซีกโลกเหนือรายเดือนในระยะเวลาประมาณ 30 ปีที่ผ่านมา (Lau and Weng, 1995) หากพิจารณาในมิติของเวลาดังที่นิยมใช้กันอยู่ จะสามารถแสดงข้อมูลได้ดังรูปที่ 5-2 (บน) ซึ่งไม่สามารถแยกแยะความถี่หลักหรือคาบการเกิดซ้ำที่สำคัญได้ อย่างไรก็ดี หากใช้เทคนิคการแปลงเวฟเล็ต ข้อมูลดังกล่าวจะสามารถแสดงได้ในรูปของเส้นชั้นความสูง โดยแกนนอนแสดงช่วงเวลา แกนตั้งแสดงความถี่หรือคาบการเกิดหลัก (ความถี่เท่ากับส่วนกลับของคาบการเกิด) และความสูงแสดงความสำคัญของคาบการเกิดที่เวลาหนึ่งๆ ดังรูปที่ 5-2 (ล่าง) หากเชื่อมต่อบริเวณที่มีความสำคัญซึ่งแสดงบริเวณที่เป็นสีแดง (ตามเส้นไข่ปลา) จะสามารถบอกถึงคาบการเกิดที่สำคัญในแต่ละช่วงเวลาได้ และสามารถบอกได้ด้วยว่าคาบการเกิดเหล่านั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในลักษณะใด สำหรับผลการศึกษาในรูปที่ 5-2 จะพบว่าข้อมูลอุณหภูมิดังกล่าว มีคาบการเกิดซ้ำที่สำคัญที่ 2-3 ปี และมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา และจะพบคาบการเกิดซ้ำอื่นๆ ด้วยแต่มีความสำคัญลดลงไป รายละเอียดของการแปลงเวฟเล็ตและการแสดงผลในมิติของเวลาดังกล่าวนี้ ผู้สนใจสามารถอ่านเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ก



รูปที่ 5-2 (a) ข้อมูลอนุกรมเวลาของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในซีกโลกเหนือที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าเฉลี่ย (b) ผลการแปลงเวฟเล็ตสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาดังกล่าว โดยเส้นประแสดงสเกลที่มีความสำคัญ (ที่มา Lau and Weng, 1995)

5.1.3 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนและเปรียบเทียบลักษณะของฤดูกาล

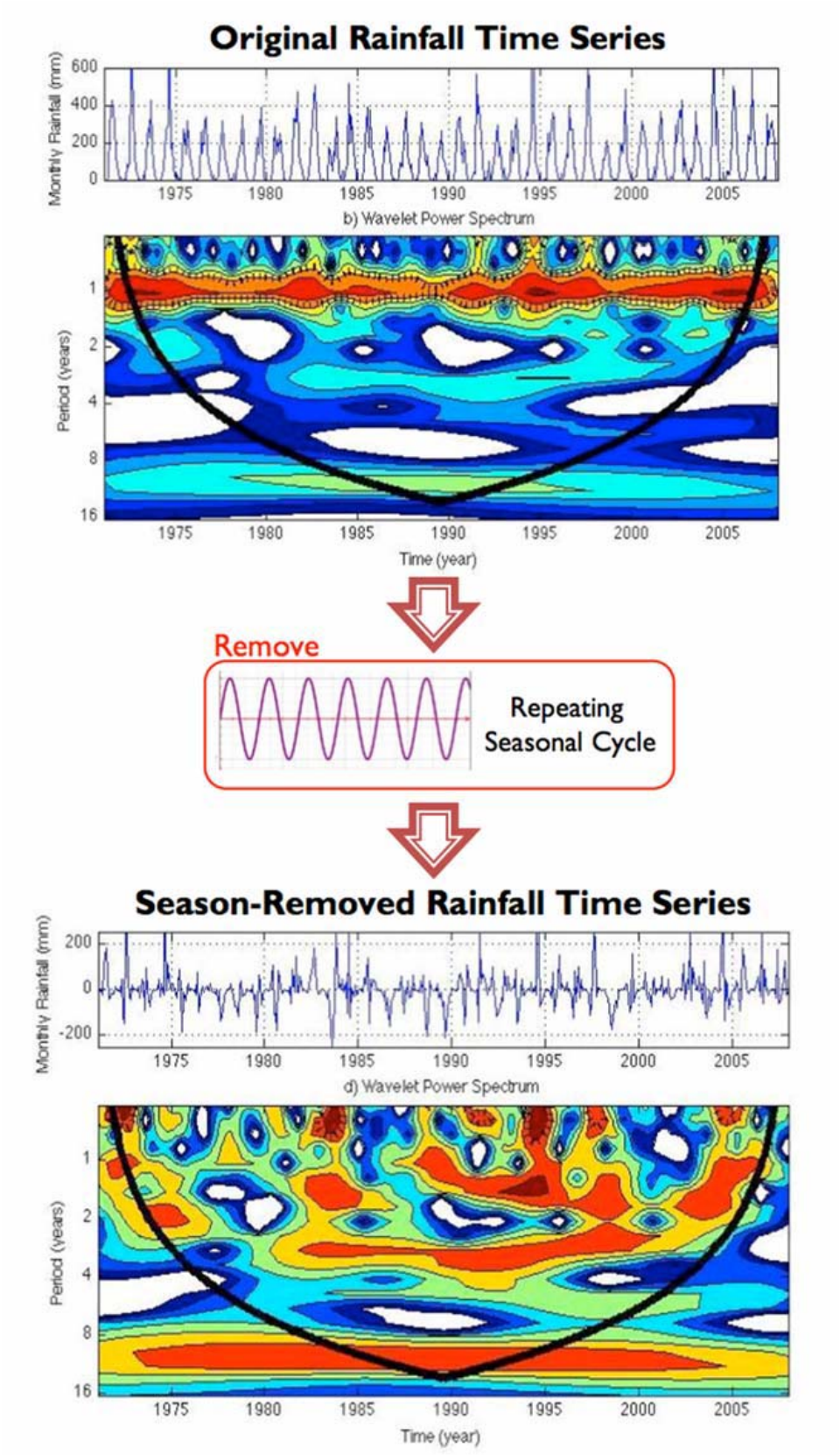
ลักษณะของฤดูกาลของข้อมูลน้ำฝนน้ำท่า และสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยสามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของตัวแปรในแต่ละเดือน โดยในการเปรียบเทียบลักษณะของฤดูกาลจะเปรียบเทียบลักษณะในอดีต ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยก่อนปี ค.ศ. 1995 กับลักษณะในปัจจุบัน ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยหลักจากปี ค.ศ. 1995 เป็นต้นมา การเปรียบเทียบดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลในประเทศไทยอย่างคร่าวๆ โดยพิจารณาการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนเหล่านี้ และตำแหน่งหรือเดือนที่ค่าเหล่านี้มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดประกอบกัน

ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์ลักษณะของฤดูกาลนี้ จะได้มีการศึกษามาแล้วในอดีต แต่การศึกษาที่ผ่านมาจะเน้นเฉพาะพฤติกรรมของข้อมูลเฉลี่ยของประเทศ หรือในพื้นที่เฉพาะหนึ่งๆ โดยไม่มีการแสดงลักษณะการกระจายของพฤติกรรมในเชิงพื้นที่ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงทำการรวบรวมการเปลี่ยนแปลงจากแต่ละสถานี และค่าเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำแล้ว เพื่อเสนอผลบนแผนที่ ให้เห็นถึงการกระจายของการเปลี่ยนแปลง และความสอดคล้องของพฤติกรรมในภูมิภาคต่างๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และการวิเคราะห์เชิงกลุ่มพื้นที่เช่นเดียวกับการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงชัดเจนขึ้นด้วยเช่นกัน

5.1.4 สรุปลักษณะพฤติกรรมแบ่งตามลักษณะกลุ่มพื้นที่

จัดกลุ่มพื้นที่ของประเทศไทยตามลักษณะพื้นที่และความคล้ายคลึงของข้อมูลออกเป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่ม 1 ได้แก่ กลุ่มพื้นที่ภาคเหนือ กลุ่ม 2 ได้แก่ กลุ่มพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กลุ่ม 3 ได้แก่ กลุ่มพื้นที่ภาคกลาง กลุ่ม 4 ได้แก่ กลุ่มพื้นที่ภาคตะวันออก กลุ่ม 5 ได้แก่ กลุ่มพื้นที่ชายฝั่งทะเลฝั่งอ่าวไทย และกลุ่ม 6 ได้แก่ กลุ่มพื้นที่ชายฝั่งทะเลฝั่งอันดามัน โดยสรุปลักษณะโดยใช้สัญลักษณ์เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในเชิงกลุ่มพื้นที่ชัดเจนขึ้น

อนึ่ง เนื่องจากข้อมูลน้ำฝนน้ำท่า และสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยมีลักษณะการเกิดซ้ำที่ 1 ปีที่เด่นชัด ทำให้การแสดงผลของเวฟเล็ตที่คาบความถี่อื่นๆ มีลักษณะที่ไม่ชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 5-3 (บน) ซึ่งได้จากการวิเคราะห์เวฟเล็ตของข้อมูลฝนของประเทศไทย เพื่อให้สามารถวิเคราะห์คาบการเกิดซ้ำอื่นๆ ได้ ในการศึกษานี้จึงได้ทำการแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาเดิมด้วยการหักค่าเฉลี่ยของตัวแปรในแต่ละเดือนออก และเรียกข้อมูลที่ได้นี้ว่า ข้อมูลปรับแก้ฤดูกาล (Season-Removed Data) เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเวฟเล็ต จะได้ผลดังรูปที่ 5-3 (ล่าง) ซึ่งสะท้อนข้อมูลเดิมที่มีการหักคาบการเกิดซ้ำที่ 1 ปีออกไป เพื่อให้คาบการเกิดซ้ำอื่นๆ มีความชัดเจนมากขึ้น เห็นได้จากรูปร่างของเวฟเล็ตที่ใกล้เคียงกันระหว่างข้อมูลทั้งสอง แต่มีขนาดความสูงที่คาบการเกิดอื่นๆ สูงขึ้น



รูปที่ 5-3 เทคนิคการวิเคราะห์เวฟเล็ตด้วยข้อมูลปกติ (บน) และข้อมูลที่หักค่ารายฤดูหรือคาบการเกิดที่ 1 ปีออก (ล่าง) ซึ่งทำให้คาบการเกิดอื่นๆ มีความเด่นชัดมากขึ้น

5.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์พฤติกรรมของน้ำฝนน้ำท่าและสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนน้ำท่า และสภาพภูมิอากาศรายเดือนในประเทศไทย เพื่อศึกษาพฤติกรรมในเรื่องของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ลักษณะของฤดูกาล และคาบการเกิด โดยใช้ทฤษฎีต่างๆ ที่กล่าวไปแล้วในเบื้องต้น มีแนวทางในการดำเนินการดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลและตรวจสอบความถูกต้อง

1.1) รวบรวมข้อมูลน้ำฝนน้ำท่ารายเดือนของแต่ละสถานี ใน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย โดยจัดเรียงข้อมูลใหม่ให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลา หรือแถวของข้อมูล โดยรายละเอียดการคัดเลือกสถานีที่ใช้ในการศึกษาได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

1.2) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยการเปรียบเทียบ Double Mass Curve ของข้อมูลสถานีใกล้เคียงและเติมข้อมูลที่ขาด หรือผิดพลาดให้เหมาะสม ขั้นตอนดังกล่าวมีความจำเป็นในการแปลงเวฟเล็ต เพราะข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์หรือผิดพลาดจะทำให้ความสำคัญของสเกลที่เวลาดังกล่าวมีความคาดเคลื่อนไปได้

1.3) เฉลี่ยข้อมูลน้ำฝน และสภาพภูมิอากาศรายเดือน ของสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำเดียวกัน โดยการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักด้วยพื้นที่ของ Thiessen Polygon เป็นข้อมูลเฉลี่ยของลุ่มน้ำ แสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ค และเฉลี่ยสถานีทั้งหมดเป็นข้อมูลเฉลี่ยของประเทศไทย

2) ศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยรายปี

2.1) รวม (ข้อมูลฝน) หรือเฉลี่ย (ข้อมูลน้ำท่าและภูมิอากาศ) ข้อมูลรายเดือนไปเป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายปี ในรูปแบบของแถวของข้อมูล

2.2) วิเคราะห์หาสมการสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear Regression)

2.3) เก็บค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวแปรรายปี เพื่อการแสดงผลเชิงพื้นที่

2.4) หาค่าการกระจายตัวข้อมูลจากสมการเส้นตรงด้วยค่า R^2

3) **การศึกษาคาบการเกิดซ้ำ ความรุนแรงและการเปลี่ยนแปลง**

3.1) แปลงข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน และข้อมูลที่หักค่าฤดูกาลออก (Season-Removed Data) ด้วยการแปลงเวฟเล็ต ตามภาคผนวก ก โดยค่าที่ได้เป็นค่าเชิงซ้อน (Complex Number) ณ คาบการเกิดซ้ำและที่เวลาหนึ่งๆ

3.2) หาแอมพลิจูดของเวฟเล็ต (Amplitude) โดยการหาขนาดของค่าเชิงซ้อน

3.3) แสดงผลในรูปแบบเส้นชั้นความสูง โดยให้แกนนอนเป็นช่วงเวลา และแกนตั้งเป็นคาบการเกิดซ้ำ

3.4) หาพฤติกรรมที่สำคัญในแง่ของคาบการเกิดซ้ำ ในพื้นที่ต่างๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยกำหนดคาบการเกิดซ้ำและช่วงเวลาที่จะพิจารณา

3.5) หาแอมพลิจูดของพฤติกรรมในข้อ 4.4) สำหรับทุกรูปแบบพฤติกรรมที่สนใจเพื่อการแสดงผลเชิงพื้นที่

4) **เปรียบเทียบลักษณะของฤดูกาล**

4.1) คำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละเดือน ก่อนปี ค.ศ. 1995 เป็นค่าฐาน เนื่องจากพบพฤติกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงเด่นชัดหลังปี 1995 ดังหัวข้อ 5.3.3

4.2) คำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละเดือน หลังปี ค.ศ. 1995 เป็นค่าปัจจุบัน

4.3) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของฤดูกาลทั้งสอง เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงรายฤดูที่เกิดขึ้น

5) **ลักษณะของตัวแปรลงบนแผนที่เชิงพื้นที่และสรุปผล**

5.1) นำข้อมูลสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงแนวโน้มรายปี จากการวิเคราะห์สมการสหสัมพันธ์เชิงเส้น ณ ตำแหน่งสถานี และค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำ มาแสดงบนแผนที่ 25 ลุ่มน้ำ

5.2) นำแอมพลิจูดของการวิเคราะห์เวฟเล็ต ตามลักษณะของพฤติกรรมที่สำคัญต่างๆ จากแต่ละสถานีตรวจวัด และค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำ มาแสดงบนแผนที่ 25 ลุ่มน้ำ

5.3) จัดกลุ่มพื้นที่ที่มีพฤติกรรมคล้ายกันออกเป็น 6 กลุ่ม แสดงในรูปสัญลักษณ์เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ได้ชัดเจนขึ้น

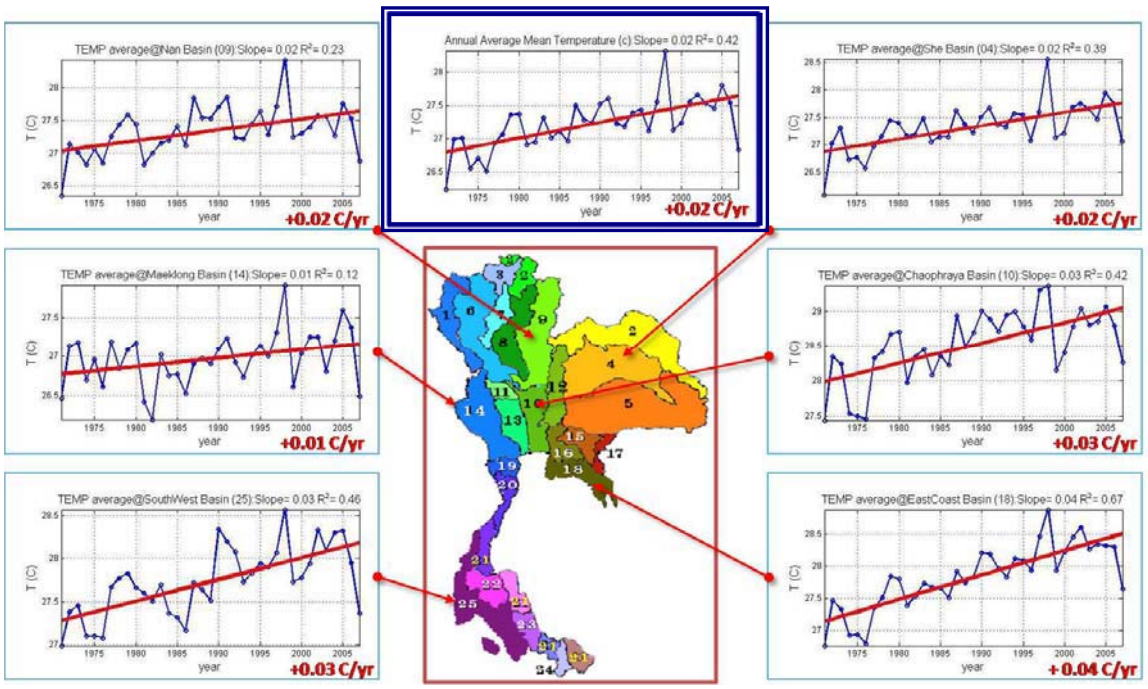
5.4) สรุปลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลน้ำฝนน้ำท่า และสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลกในบทต่อไป

5.3 พฤติกรรมของข้อมูลสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย

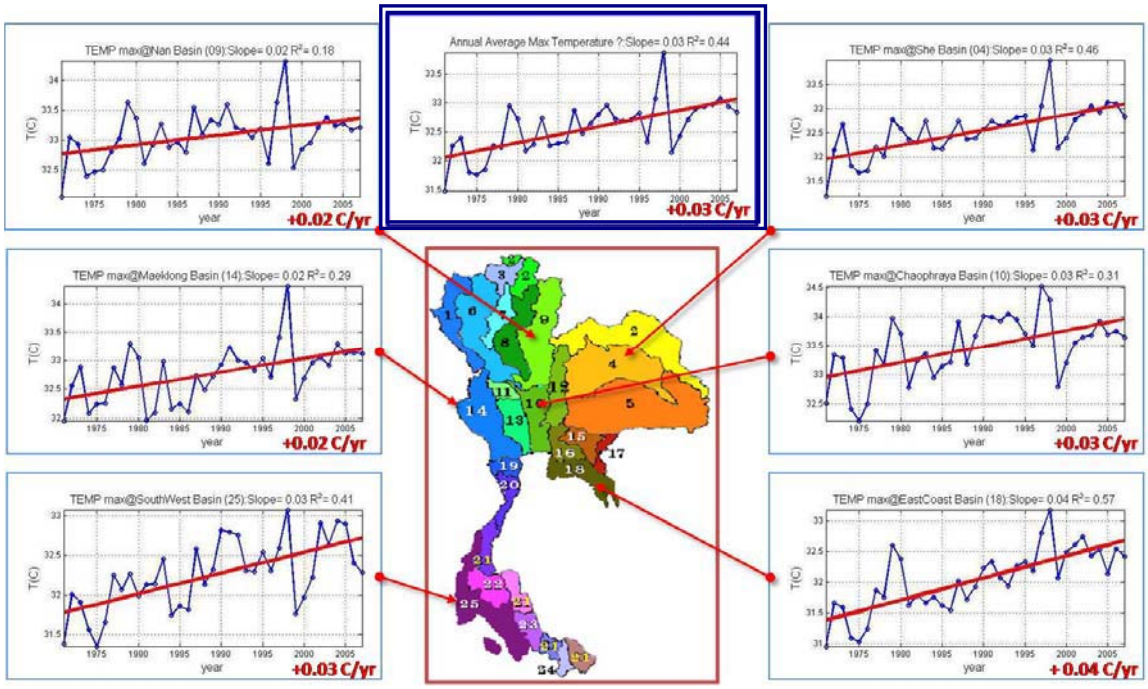
การศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย ประกอบด้วยข้อมูล อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของประเทศไทย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนของประเทศไทย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนของประเทศไทย

5.3.1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย

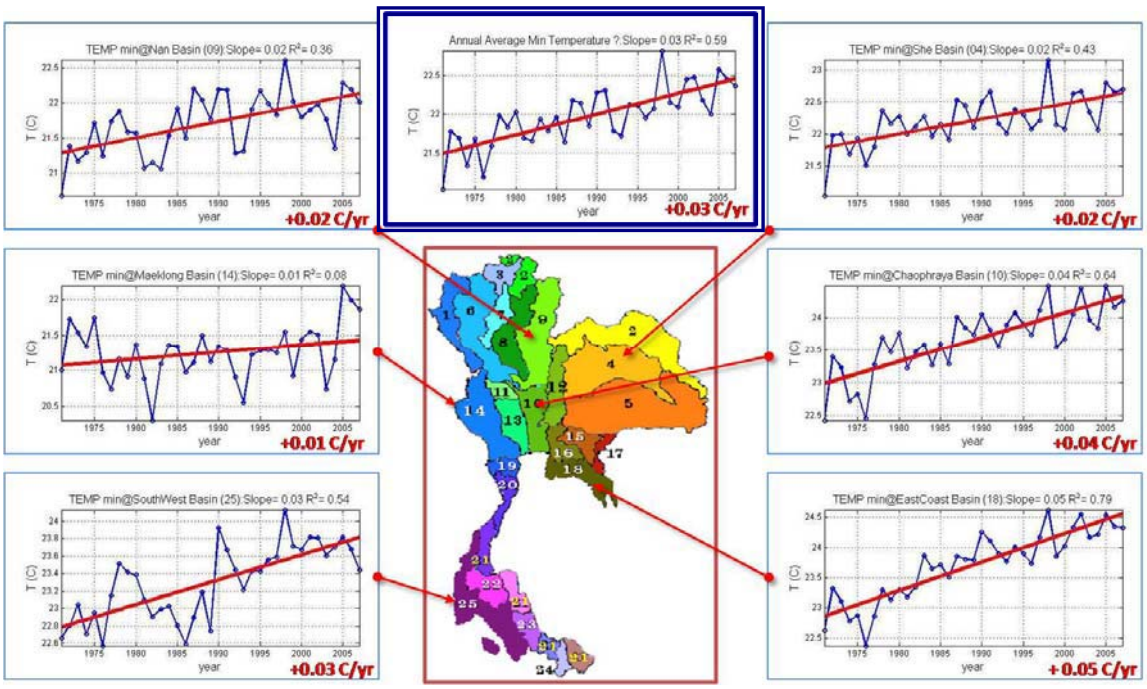
การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศรายปี อันได้แก่อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และต่ำสุดเฉลี่ยของประเทศไทยในช่วงเวลา 40 ปีที่ผ่านมา (ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1971 ถึง 2007) มีแนวโน้มสูงขึ้นเกือบในทุกพื้นที่ของประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 5-4 ถึง 5-6 โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศที่ประมาณ 0.01 – 0.04 $^{\circ}$C ต่อปี มีเพียงลุ่มน้ำแม่กลองและลุ่มน้ำบางปะกงที่มีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิน้อยกว่า 0.02 $^{\circ}$C ต่อปี และอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยอยู่ที่ประมาณ +0.02 $^{\circ}$C ต่อปี ส่วนอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิสูงสุดของประเทศไทยมีอัตราการเพิ่มขึ้นประมาณ +0.03 $^{\circ}$C ต่อปี การกระจายตัวของอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ แสดงดังรูปที่ 5-7 ถึง 5-9 ส่วนข้อมูลของลุ่มน้ำทั้งหมดสามารถดูรายละเอียดได้ในฐานข้อมูล CUCCH (CU-Climate Change Hydrology) Version 1.0 เนื่องจากข้อมูลที่แสดงเป็นเพียงตัวอย่างที่เลือกมาเพียง 6 ลุ่มน้ำเท่านั้น



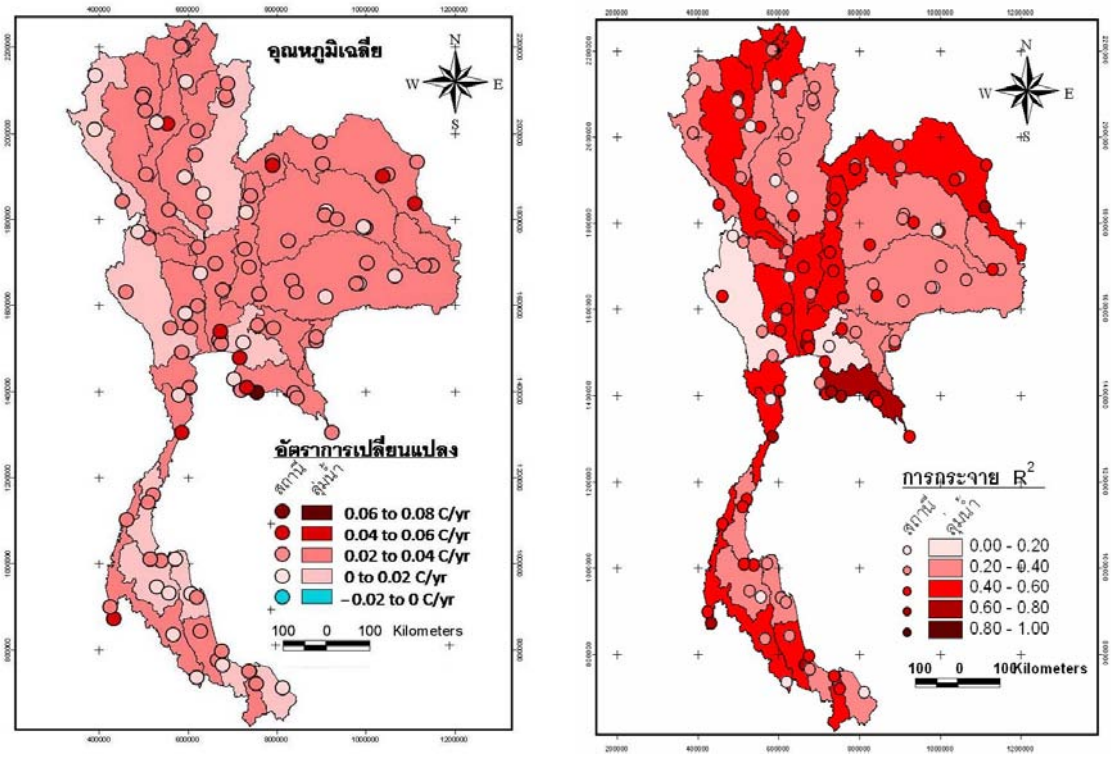
รูปที่ 5-4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยที่สูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยของประเทศ (ในกรอบ) ประมาณ 0.02 °C ต่อปี



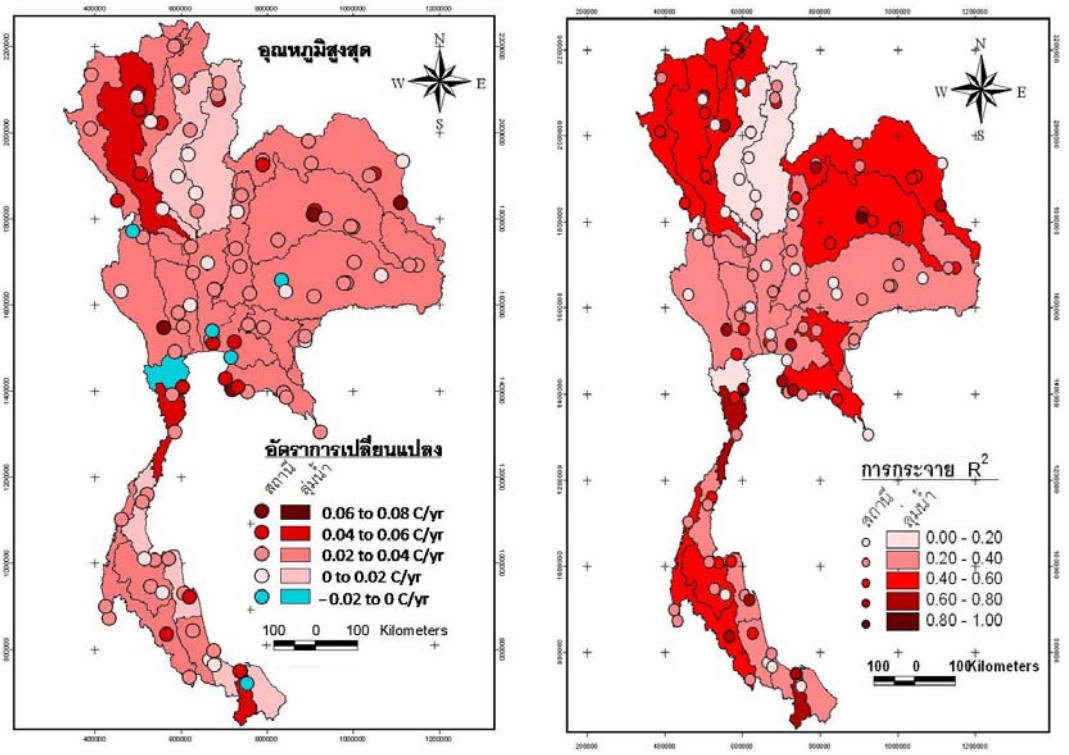
รูปที่ 5-5 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยที่สูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยของประเทศ (ในกรอบ) ประมาณ 0.03 °C ต่อปี



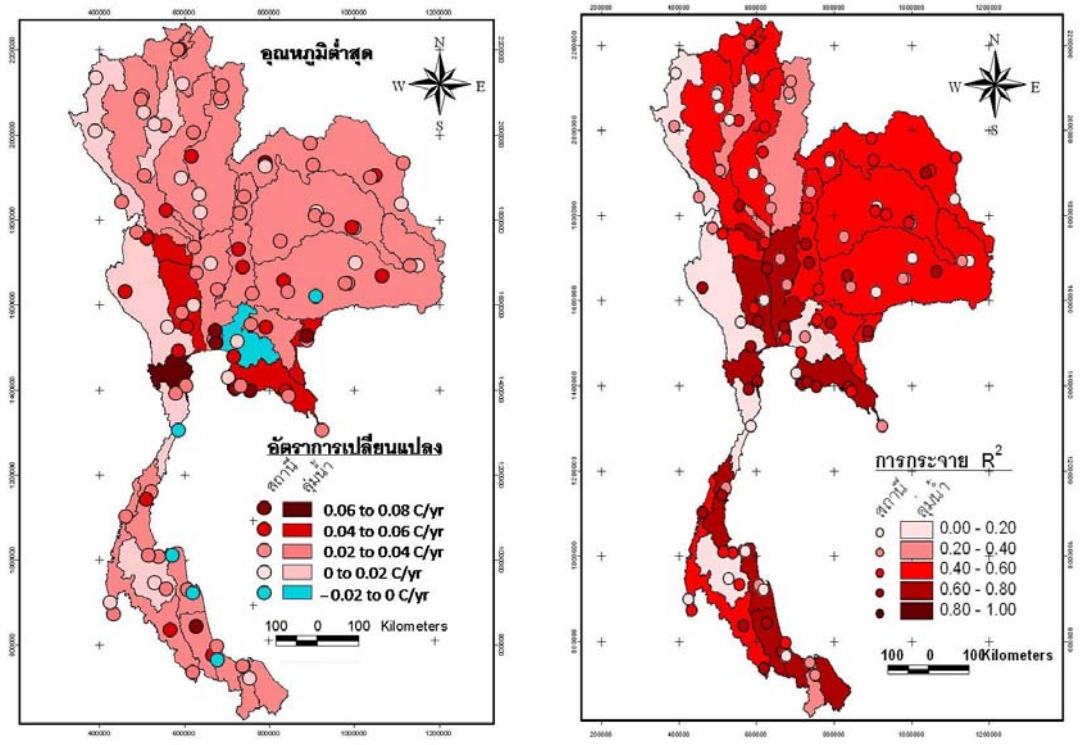
รูปที่ 5-6 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยที่สูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยของประเทศ (ในกรอบ) ประมาณ 0.03 °C ต่อปี



รูปที่ 5-7 อัตราการเปลี่ยนแปลงและการกระจายตัวของข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี จากข้อมูล ณ สถานีตรวจวัด และค่าเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำของไทย (0.4-1.0 กระจายน้อย 0.2-0.4 กระจายปานกลาง และ 0-0.2 กระจายมาก)



รูปที่ 5-8 อัตราการเปลี่ยนแปลงและการกระจายตัวของข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายปี จากข้อมูล ณ สถานีตรวจวัด และค่าเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำของไทย (0.4-1.0 กระจายน้อย 0.2-0.4 กระจายปานกลาง และ 0-0.2 กระจายมาก)



รูปที่ 5-9 อัตราการเปลี่ยนแปลงและการกระจายตัวของข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุดรายปี จากข้อมูล ณ สถานีตรวจวัด และค่าเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำของไทย (0.4-1.0 กระจายน้อย 0.2-0.4 กระจายปานกลาง และ 0-0.2 กระจายมาก)

การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรายปี ทำได้โดยการวิเคราะห์สมการสหสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยรายปี และดูแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวแปรเหล่านั้น พร้อมไปกับการวิเคราะห์หาความสอดคล้องของข้อมูลกับแนวโน้มการประมาณ ซึ่งหาได้จากค่า R^2 ของสมการการถดถอยเชิงเส้น (Coefficient of Determination) ค่า R^2 ที่ได้นี้จะแสดงร้อยละของข้อมูลที่สมการความถดถอยเชิงเส้นตรง สามารถแสดงได้ โดยค่า R^2 ที่ใกล้เคียง 1 แปลว่าข้อมูลมีการกระจายออกจากสมการเส้นตรงเพียงเล็กน้อย ทำให้ค่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากสมการมีความน่าเชื่อถือมาก ในทางตรงกันข้าม ค่า R^2 ที่เข้าใกล้ 0 หมายความว่าข้อมูลมีการกระจายมากเกินกว่าที่จะแสดงได้ด้วยสมการเส้นตรง ทำให้ค่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คำนวณได้ไม่น่าเชื่อถือ

เมื่อพิจารณาจากแผนภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิสูงสุดมีความน่าเชื่อถือของข้อมูลมากที่สุดเมื่อพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ (R^2) โดยครอบคลุมเกือบทุกพื้นที่ของประเทศไทย

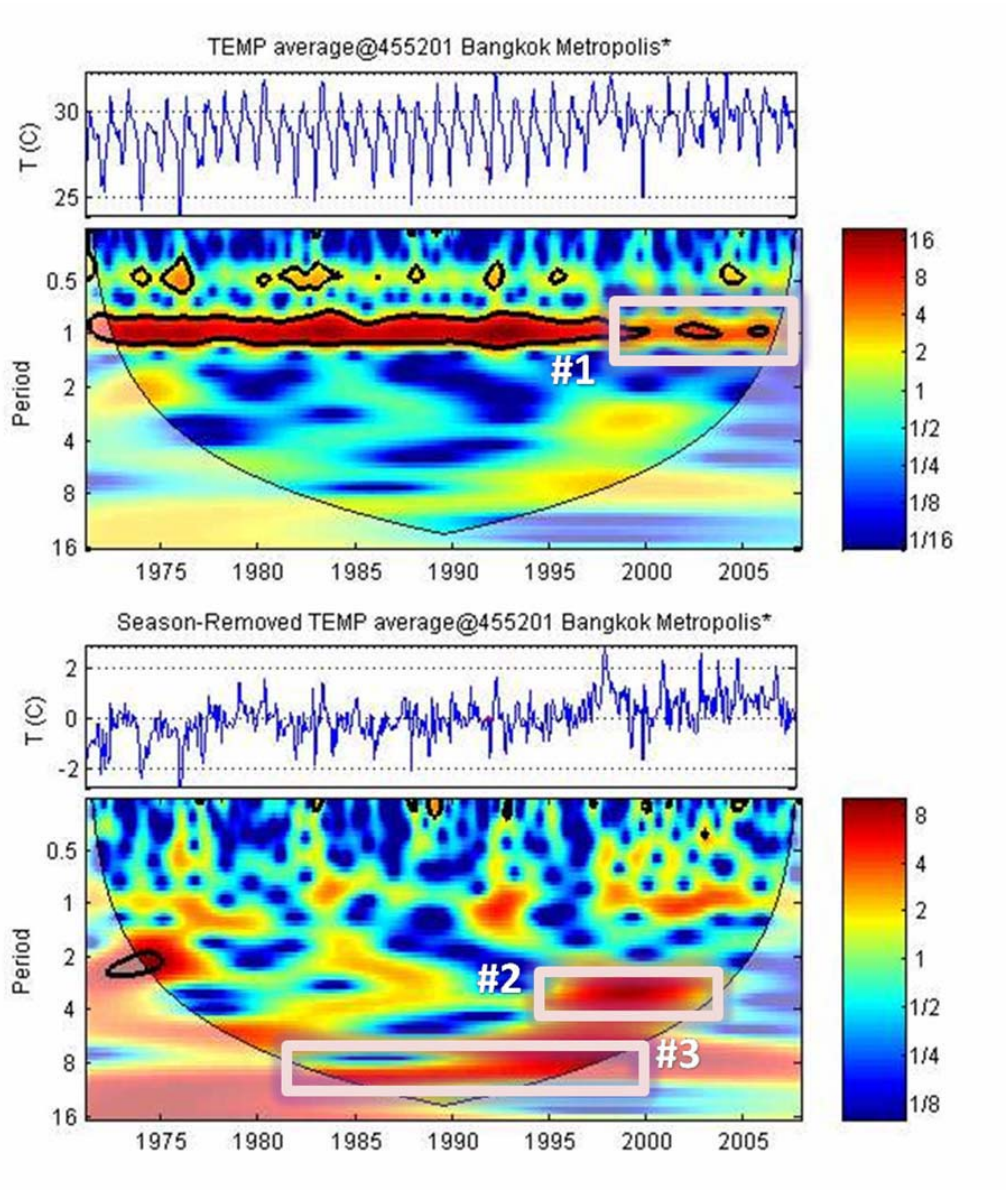
5.3.2 พฤติกรรมด้านคาบการเกิดซ้ำของสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย

ในการศึกษาพฤติกรรมด้านคาบการเกิดซ้ำของสภาพภูมิอากาศ จะพิจารณาจากแอมพลิจูดของเวฟเล็ตที่แปลงมาจากข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดและต่ำสุดรายเดือน และจากข้อมูลที่หักค่าเฉลี่ยรายฤดูที่คาบการเกิดซ้ำ 1 ปีออกแล้ว (Season-Removed Data) โดยนำข้อมูลดังกล่าวของแต่ละสถานี และแต่ละลุ่มน้ำมาสร้างเส้นชั้นความสูง จากการศึกษาพบว่ากำลังของเวฟเล็ตที่ได้จากอุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดและต่ำสุด โดยส่วนใหญ่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน 3 รูปแบบ ดังที่แสดงในรูปที่ 5-10 และแสดงภาพรวมของทั้งประเทศซึ่งมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน 3 รูปแบบเช่นกัน ดังรูปที่ 5-11 กล่าวคือ

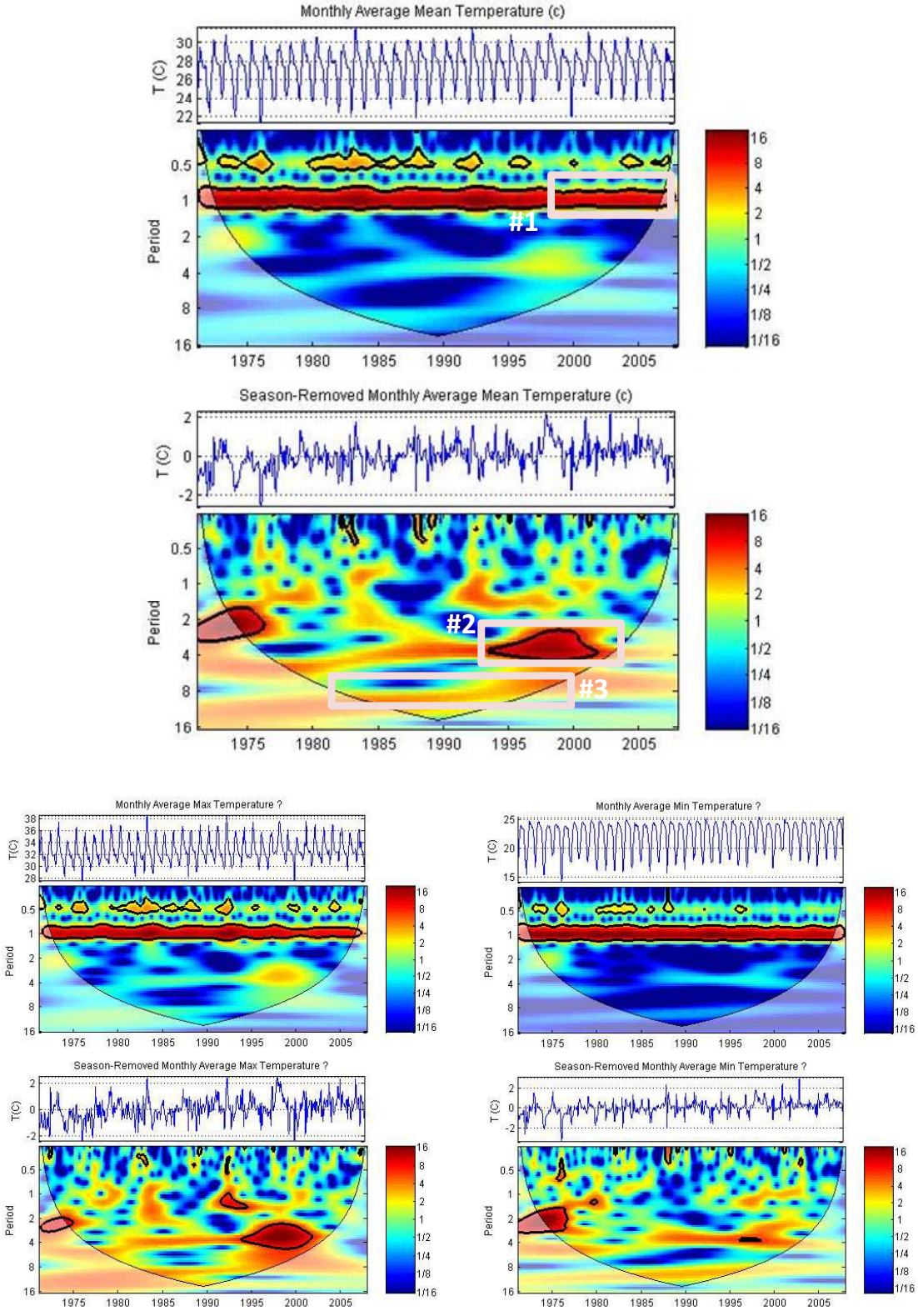
1) **พฤติกรรมแบบที่** 1: คาบการเกิดซ้ำที่ 1 ปีของอุณหภูมิหลังปี ค.ศ. 1995 มีความสำคัญลดลง ซึ่งแปลว่าฤดูกาลของช่วงเวลาในปัจจุบัน จะไม่เหมือนเดิม หน้าร้อนอาจจะไม่ร้อน หน้าหนาวอาจจะไม่หนาวเหมือนที่เคยเป็นมาในอดีต
2) **พฤติกรรมแบบที่** 2: พบคาบการเกิดซ้ำที่ประมาณ 4 ปีในช่วงปี ค.ศ. 1995 – 2000 ที่มีความสำคัญในข้อมูลที่หักค่าเฉลี่ยรายเดือนแล้ว ซึ่งลักษณะดังกล่าวไม่พบในช่วงเวลาก่อนหน้านี้ และอาจแสดงถึงความรุนแรงของสภาพอากาศ (impulse) ณ ช่วงเวลาดังกล่าว

3) **พฤติกรรมแบบที่** 3: พบคาบการเกิดซ้ำที่ประมาณ 8 ปี จากข้อมูลที่หักค่าเฉลี่ยรายเดือนออกแล้ว และเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของค่าขอบเขตพฤติกรรมนี้จึงเน้นเฉพาะในช่วงปี ค.ศ. 1980 – 2000 ซึ่งอยู่ใน Cone of Influence เท่านั้น

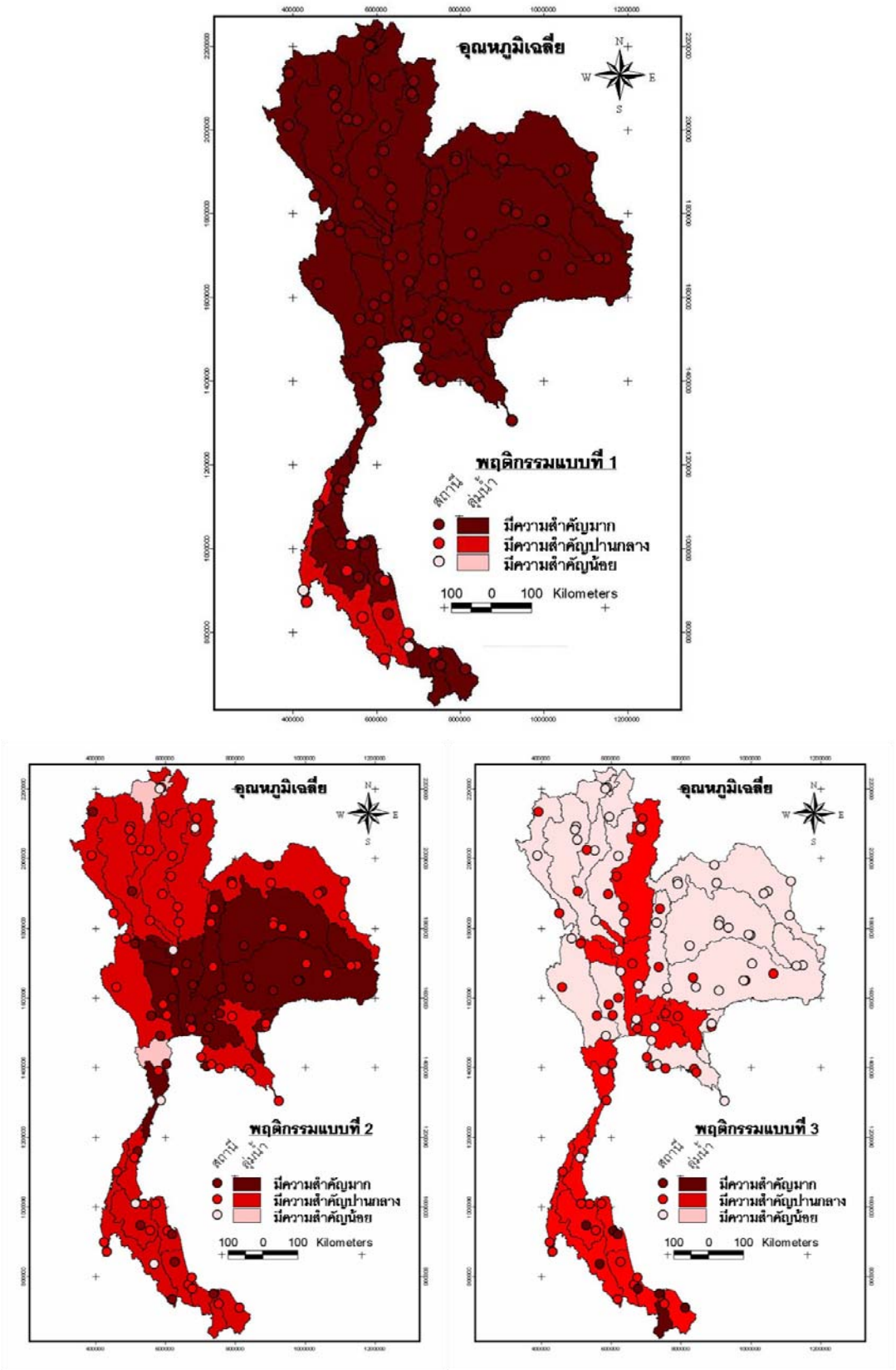
รูปที่ 5-12 ถึง 5-14 แสดงการกระจายของพฤติกรรมแบบที่ 1 ถึง 3 ที่ได้จากข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด ณ ตำแหน่งสถานีตรวจวัดและค่าเฉลี่ยเชิงพื้นที่ โดยสีแดงเข้มแสดงความสำคัญที่มากหรือเกิดพฤติกรรมดังกล่าวอย่างเห็นได้ชัด ในทางตรงกันข้ามสีชมพูแสดงความสำคัญที่น้อยหรือสามารถสังเกตพฤติกรรมดังกล่าวได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในภาพรวมจะเห็นว่า ค่าที่ได้จากสถานีตรวจวัดในบางพื้นที่ มีลักษณะที่ไม่ตรงกับค่าเฉลี่ยรายลุ่มน้ำ ทั้งๆที่ข้อมูลทั้งสองมีที่มาเดียวกัน สิ่งที่เกิดขึ้นนี้น่าจะมีเหตุผลมาจากผลกระทบจากการเฉลี่ยค่าที่มีความหลากหลาย ซึ่งอาจทำให้พฤติกรรมบางอย่างที่เป็นพฤติกรรมเฉพาะ หรือพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีความรุนแรง (Extreme Value Data) หายไปได้ ลักษณะที่เกิดขึ้นนี้เป็นสิ่งที่ควรระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแปลงข้อมูลระหว่างจุดตรวจวัด และข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่อาจมีพฤติกรรมไม่เหมือนเดิม



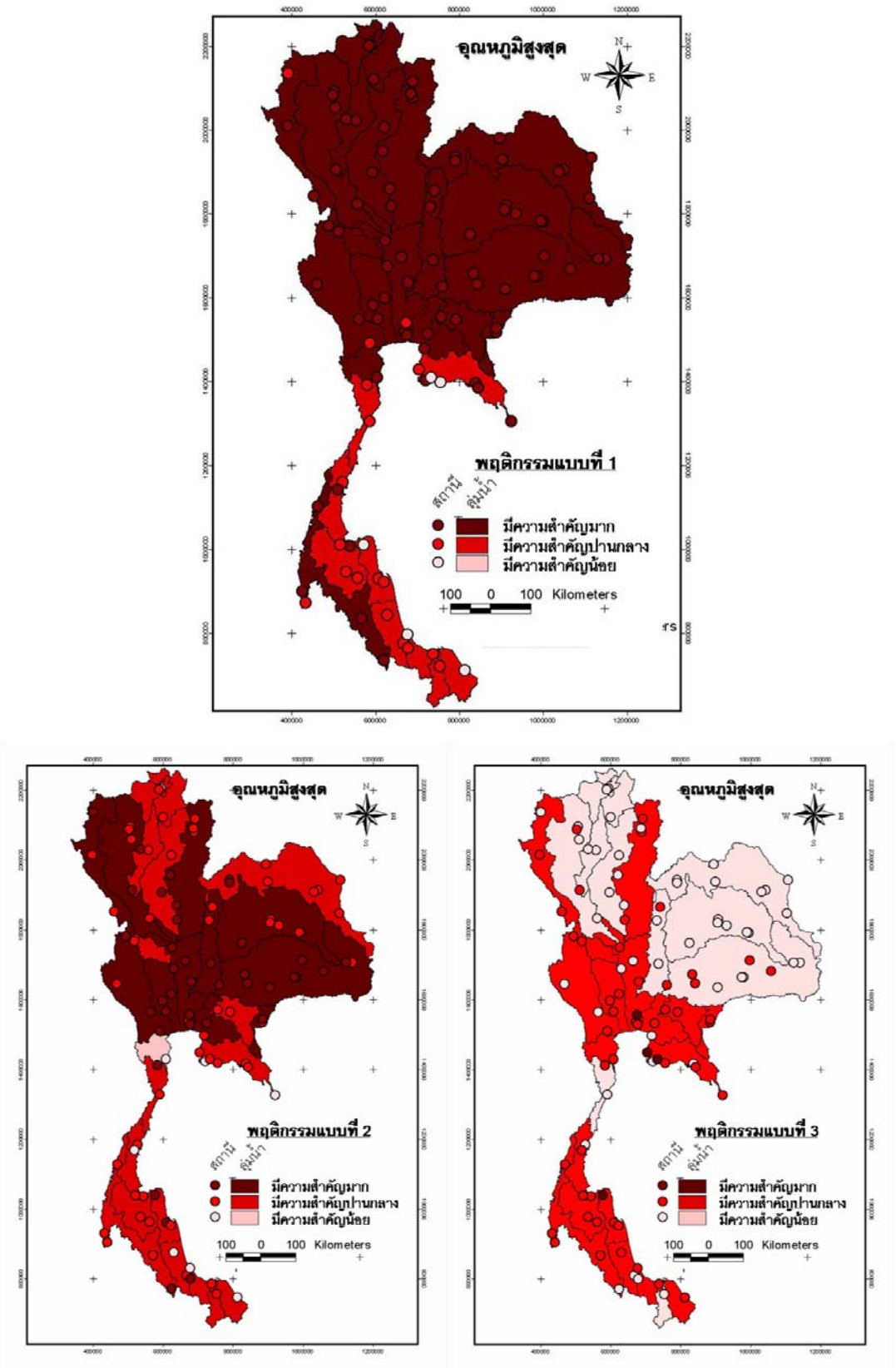
รูปที่ 5-10 พฤติกรรมการเกิดซ้ำของอุณหภูมิเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการแปลงเวฟเล็ต โดยมีรูปแบบ 3 ลักษณะที่ใกล้เคียงกันในหลายพื้นที่ของประเทศไทย



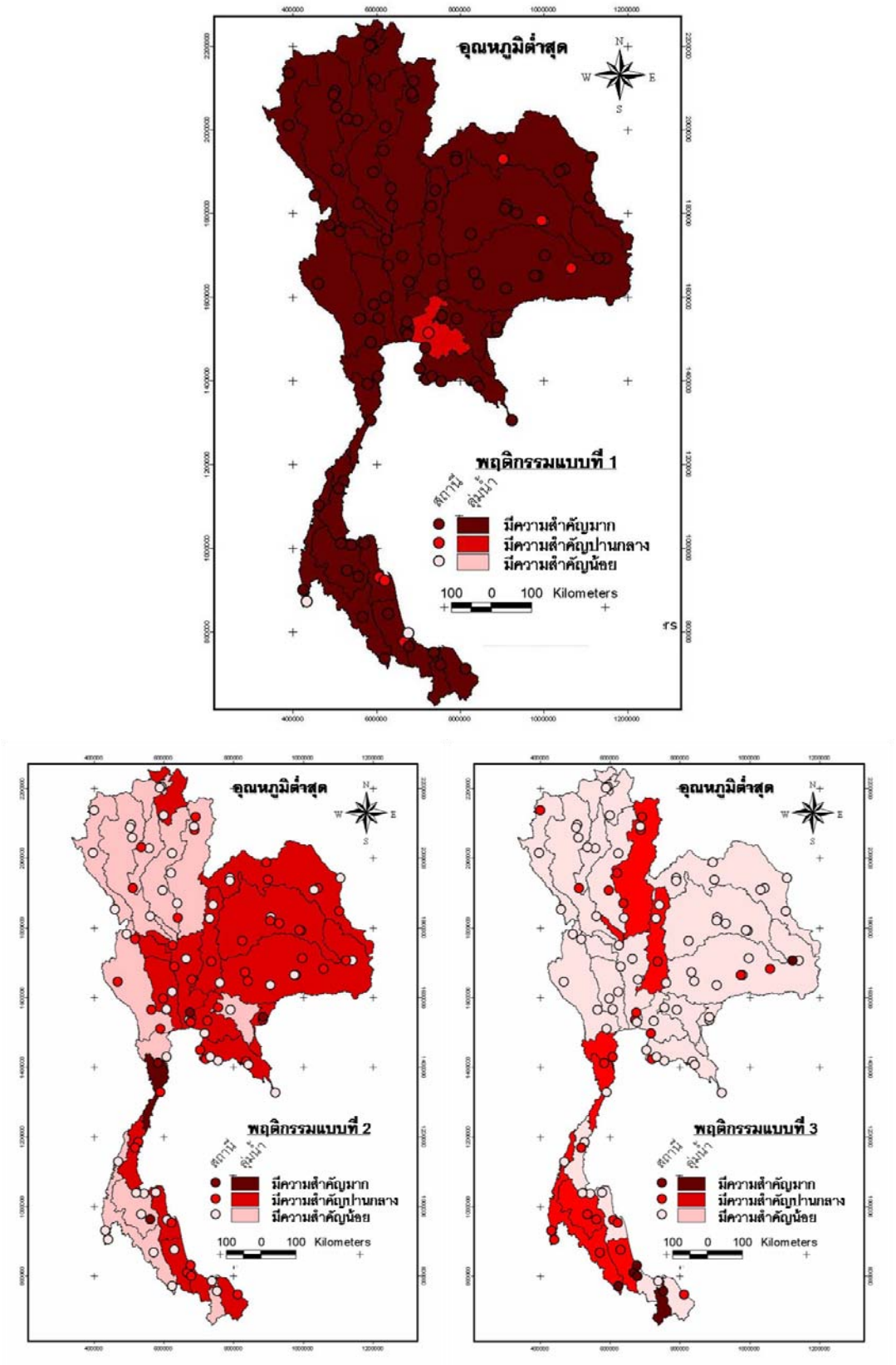
รูปที่ 5-11 พฤติกรรมการเกิดซ้ำของ อุณหภูมิเฉลี่ย (ภาพบน) อุณหภูมิสูงสุด (ล่างซ้าย) และ อุณหภูมิต่ำสุด (ล่างขวา) ของประเทศไทยที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการแปลงเวฟเล็ต โดยมีรูปแบบ 3 ลักษณะที่ใกล้เคียงกันในหลายพื้นที่ของประเทศไทย



รูปที่ 5-12 การกระจายตัวของพฤติกรรมแบบที่ 1 (บน) พฤติกรรมแบบที่ 2 (ล่างซ้าย) และพฤติกรรมแบบที่ 3 (ล่างขวา) จากข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย ณ สถานีตรวจวัดแสดงด้วยจุด และค่าเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำของไทย



รูปที่ 5-13 การกระจายตัวของพฤติกรรมแบบที่ 1 (บน) พฤติกรรมแบบที่ 2 (ล่างซ้าย) และพฤติกรรมแบบที่ 3 (ล่างขวา) จากข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด ณ สถานีตรวจวัดแสดงด้วยจุด และค่าเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำของไทย



รูปที่ 5-14 การกระจายตัวของพฤติกรรมแบบที่ 1 (บน) พฤติกรรมแบบที่ 2 (ล่างซ้าย) และพฤติกรรมแบบที่ 3 (ล่างขวา) จากข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุด ณ สถานีตรวจวัดแสดงด้วยจุด และค่าเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำของไทย

เมื่อพิจารณารูปที่ 5-12 ถึง 5-14 ซึ่งแสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด พบว่าพฤติกรรมแบบที่ 1 หรือความชัดเจนของฤดูกาลที่คาบการเกิดซ้ำ 1 ปี ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา (ปี ค.ศ. 1995 – 2005) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับในอดีต (ก่อนปี ค.ศ. 1995) โดยพื้นที่ที่มีสีแดงเข้มแสดงว่าความชัดเจนของฤดูกาลในปัจจุบันได้ลดลงมาก ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าพื้นที่โดยส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีความชัดเจนของฤดูกาลในปัจจุบันลดลงจากในอดีต โดยการกระจายตัวจะสม่ำเสมอ ซึ่งแปลว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยจะเกิดขึ้นในทุกพื้นที่ โดยมีความรุนแรงค่อนข้างมากใกล้เคียงกัน ยกเว้นบริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก และลุ่มน้ำทะเลสาปสงขลาที่มีความรุนแรงปานกลาง

สำหรับอุณหภูมิสูงสุดความชัดเจนของฤดูกาลจะลดลงมากในทุกพื้นที่ แต่บริเวณพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทยมีความรุนแรงปานกลาง ลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลให้สภาพอากาศโดยรวมในหน้าร้อนมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้มาก ส่วนพฤติกรรมความชัดเจนของฤดูกาลสำหรับอุณหภูมิต่ำสุดจะลดลงมากในทุกพื้นที่ของประเทศไทย ยกเว้นลุ่มน้ำบางปะกงที่มีความรุนแรงของพฤติกรรมปานกลาง

การกระจายเชิงพื้นที่ของพฤติกรรมแบบที่ 2 ซึ่งแสดงคาบการเกิดซ้ำที่ประมาณ 4 ปีที่เกิดขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1995 – 2000 ลักษณะดังกล่าวอาจแสดงได้ถึงการเกิดสภาพอากาศที่รุนแรงในช่วงเวลานี้ ที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อนในอดีต จากรูปที่ 5-13 จะเห็นว่าการกระจายของพฤติกรรมที่ 2 นี้ยังคงมีค่าค่อนข้างสูงในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิสูงสุด อย่างไรก็ดีพฤติกรรมในลักษณะนี้จากอุณหภูมิต่ำสุดกลับไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก

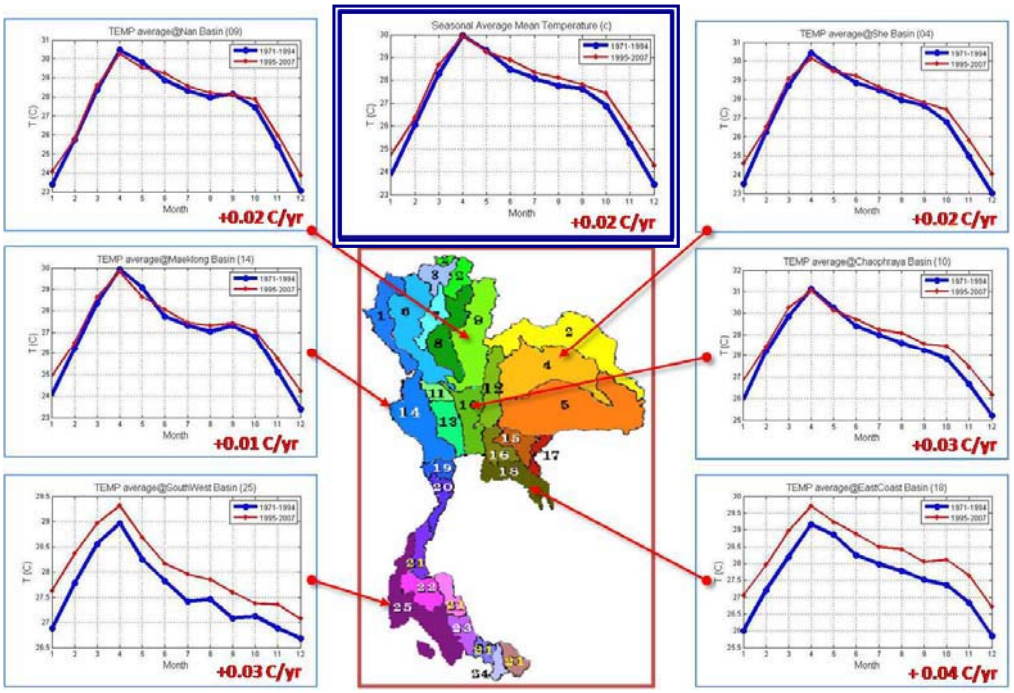
การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของพฤติกรรมแบบที่ 3 ซึ่งแสดงถึงคาบการเกิดซ้ำที่ประมาณ 8 ปีที่เกิดขึ้นระหว่างปี ค.ศ. 1980 – 2000 ทั้งนี้ช่วงเวลาของพฤติกรรมถูกจำกัดโดยค่าขอบเขต (Cone of Influence) ทำให้ไม่สามารถพิจารณาคาบการเกิดดังกล่าวในเวลาปัจจุบันได้ ซึ่งการกระจายของพฤติกรรมนี้มีความสำคัญค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับพฤติกรรมอื่นๆ และมักกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ภาคกลางและภาคใต้เป็นหลัก พฤติกรรมแบบที่ 3 นี้อาจจะมีประโยชน์ในการประมาณอุณหภูมิเนื่องจากเป็นพฤติกรรมที่มีคาบการเกิดคงที่ แต่ไม่สามารถใช้เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศของประเทศไทยได้

กล่าวโดยสรุปจะเห็นว่าสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในแง่ของคาบการเกิดซ้ำและความรุนแรง ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต โดยพฤติกรรมที่เห็นได้ชัด ได้แก่ การที่ฤดูกาล หรือคาบการเกิดซ้ำของเหตุการณ์ที่ 1 ปี มีความชัดเจนลดลงมากจากปกติ และการที่คาบการเกิดซ้ำที่ประมาณ 4 ปีหรือเกิดความแปรปรวนที่รุนแรงในช่วง ค.ศ. 1995 – 2000 จากผลการศึกษาดังกล่าวน่าจะเป็นเหตุให้เชื่อได้ว่าสภาพอากาศของประเทศไทย ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด เริ่มได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1995 แล้ว

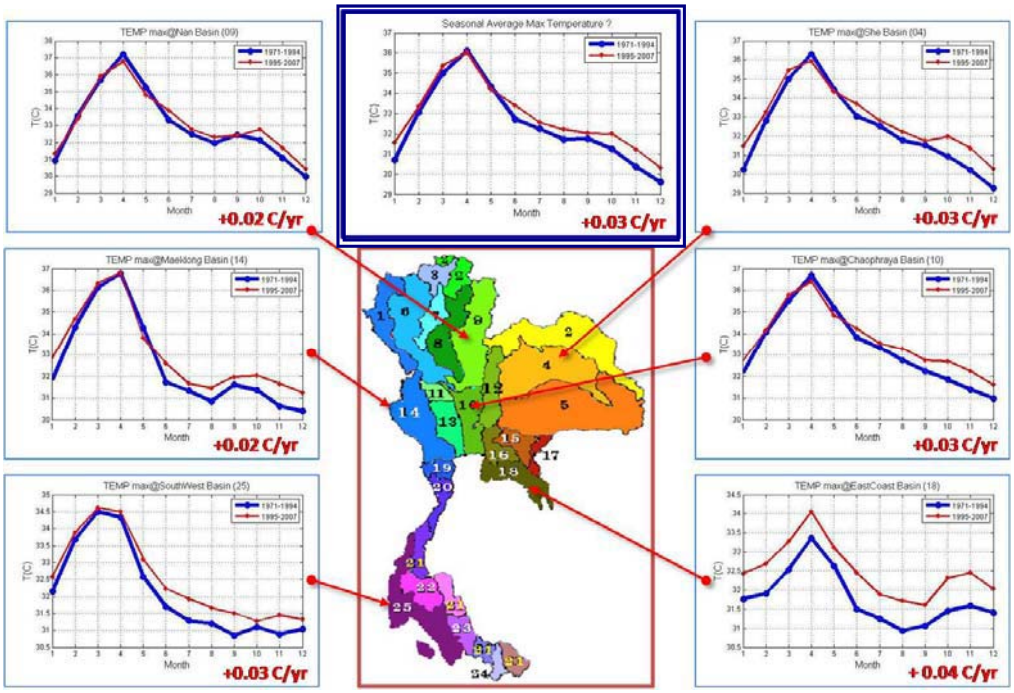
อนึ่ง การคัดเลือกพฤติกรรมรูปแบบต่างๆ และแสดงการกระจายของความสำคัญของพฤติกรรมนั้นๆ ลงบนแผนที่ เป็นเพียงแนวทางหนึ่งในการที่จะรวบรวมข้อมูลจากทุกสถานี และทุกลุ่มน้ำที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ให้เกิดความชัดเจนในการเปรียบเทียบโดยเลือกพฤติกรรมที่มักจะเกิดโดยรวมเท่านั้น หากพิจารณาผลการแปลงเวฟเล็ตของข้อมูลแต่ละตัว อาจจะพบพฤติกรรมอื่นๆ ที่มีความชัดเจนหรือมีความสำคัญมากกว่านี้ได้ นอกจากนี้ยังมีแนวทางอื่นที่อาจใช้ในการแสดงการกระจายของพฤติกรรม เช่น การคำนวณหาคาบการเกิดที่สำคัญ ณ ช่วงเวลาต่างๆ แล้วนำคาบการเกิดมาแสดงผลเชิงพื้นที่ เป็นต้น ซึ่งน่าจะได้มีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

5.3.3 การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนและการเปลี่ยนแปลงเชิงฤดูกาลในประเทศไทย

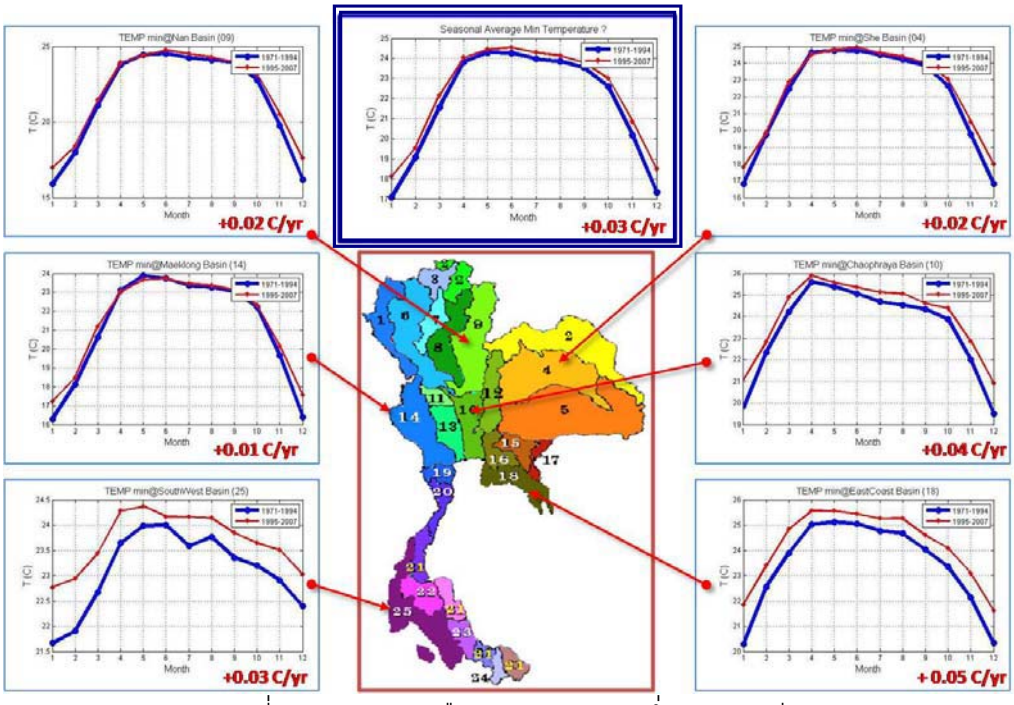
จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุดของประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 1971 – 1994 และระหว่างปี ค.ศ. 1995 – 2007 ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาอุณหภูมิเฉลี่ยในทุกเดือนและในทุกพื้นที่ของประเทศไทยมีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 5-15 ถึง 5-17 ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายปีที่ได้กล่าวไปแล้ว และพบว่ามีรูปแบบการเปลี่ยนแปลง 2 รูปแบบที่ชัดเจน แบบแรกอุณหภูมิสูงในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว แบบที่สองสูงทั้งปี โดยในภาคเหนือมักจะเพิ่มขึ้นในฤดูฝนและฤดูหนาว ส่วนฤดูร้อนโดยเฉพาะเดือนเมษายนนั้น อุณหภูมิเฉลี่ยในปัจจุบันไม่ได้สูงขึ้นมากนัก ผิดกับพื้นที่ในภาคตะวันออกและทางภาคใต้ที่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะเกิดขึ้นในทุกเดือนตลอดทั้งปี แสดงดังรูปที่ 5-18 ถึง 5-20



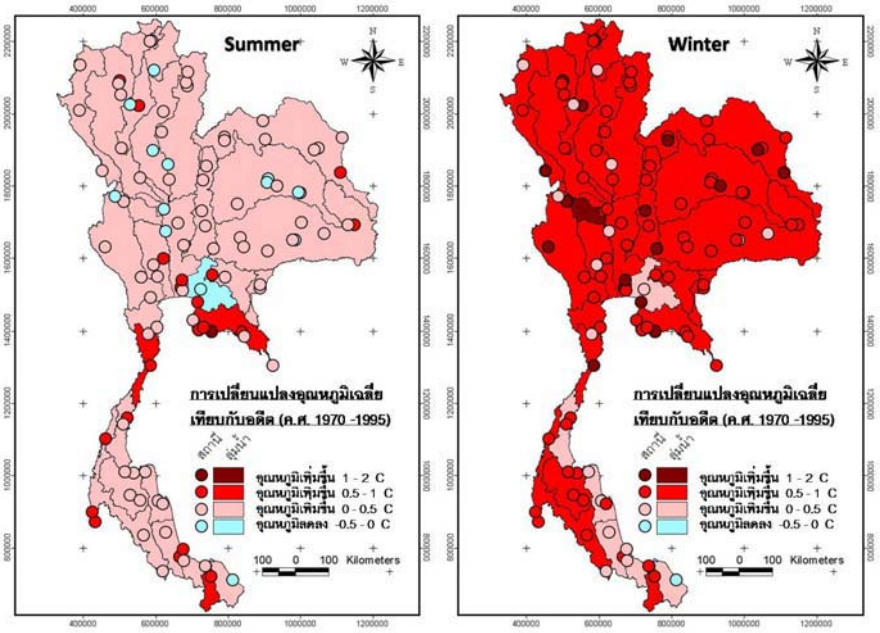
รูปที่ 5-15 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงรายเดือนของอุณหภูมิเฉลี่ยก่อนปี ค.ศ. 1995 และอุณหภูมิเฉลี่ยหลังปี ค.ศ. 1995 ในลุ่มน้ำตัวอย่างของประเทศไทย โดยรูปในกรอบสีน้ำเงินแสดงค่าเฉลี่ยของประเทศไทย



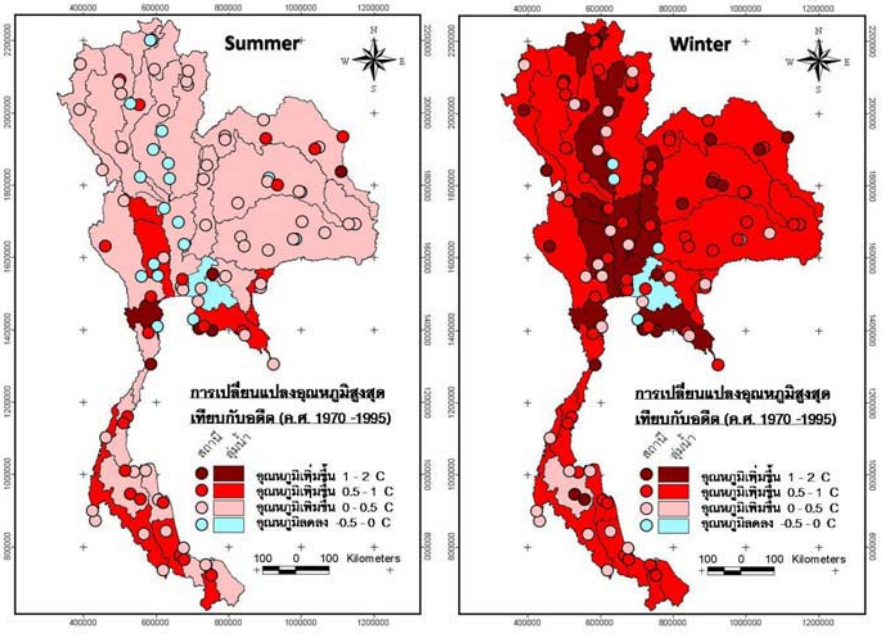
รูปที่ 5-16 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดก่อนปี ค.ศ. 1995 และอุณหภูมิสูงสุดหลังปี ค.ศ. 1995 ในลุ่มน้ำตัวอย่างของประเทศไทย โดยรูปในกรอบสีน้ำเงินแสดงค่าเฉลี่ยของประเทศไทย



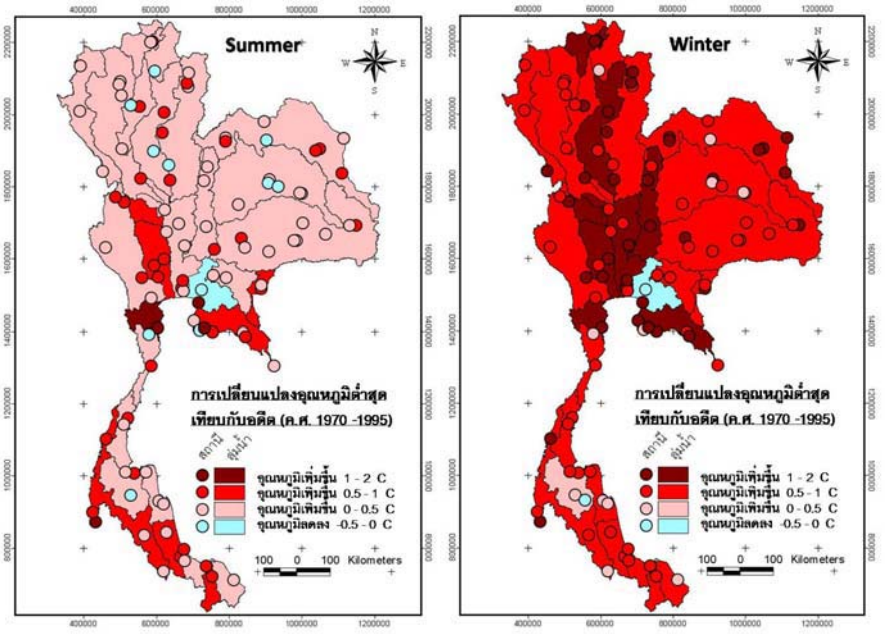
รูปที่ 5-17 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงรายเดือนของอุณหภูมิต่ำสุดก่อนปี ค.ศ. 1995 และอุณหภูมิต่ำสุดหลังปี ค.ศ. 1995 ในลุ่มน้ำตัวอย่างของประเทศไทย โดยรูปในกรอบสีน้ำเงินแสดงค่าเฉลี่ยของประเทศไทย



รูปที่ 5-18 ลักษณะของฤดูกาล (ฤดูร้อนและฤดูหนาว) เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยก่อนปี ค.ศ. 1995 และหลังปี ค.ศ. 1995 ในลุ่มน้ำตัวอย่างของประเทศไทย



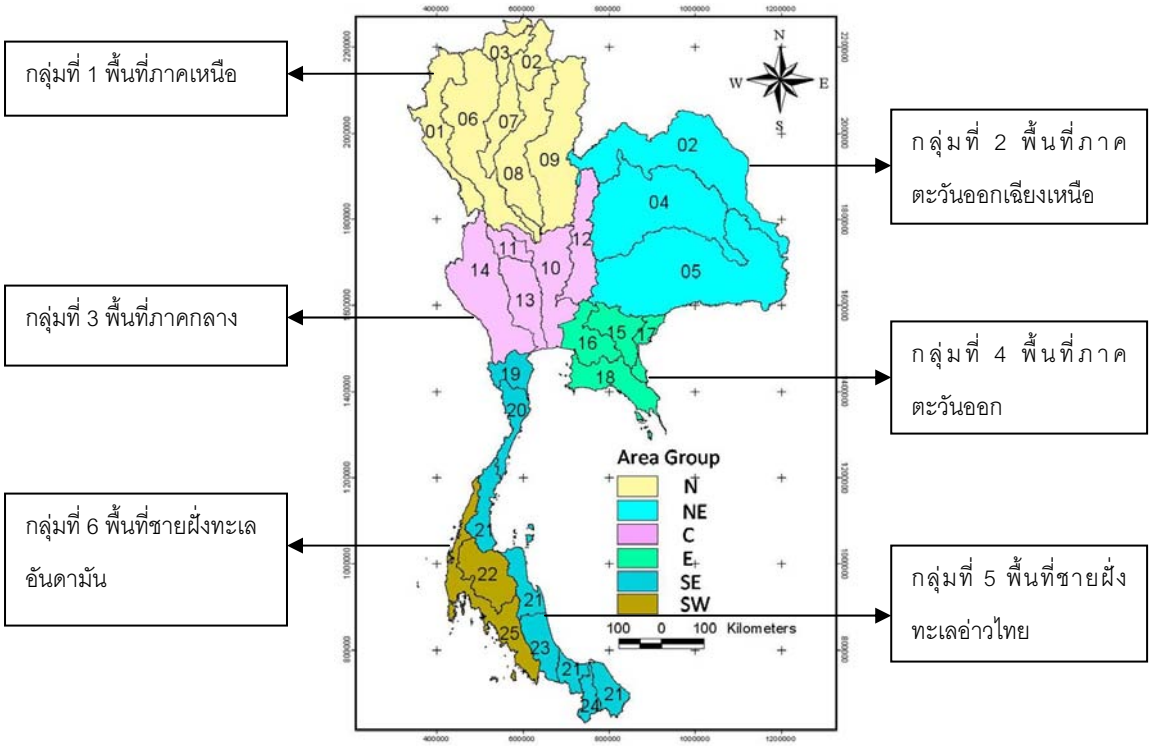
รูปที่ 5-19 ลักษณะของฤดูกาล (ฤดูร้อนและฤดูหนาว) เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดก่อนปี ค.ศ. 1995 และหลังปี ค.ศ. 1995 ในลุ่มน้ำตัวอย่างของประเทศไทย



รูปที่ 5-20 ลักษณะของฤดูกาล (ฤดูร้อนและฤดูหนาว) เปรียบเทียบอุณหภูมิต่ำสุดก่อนปี ค.ศ. 1995 และหลังปี ค.ศ. 1995 ในลุ่มน้ำตัวอย่างของประเทศไทย

5.3.4 สรุปลักษณะพฤติกรรมของอุณหภูมิเฉลี่ยแบ่งตามลักษณะกลุ่มพื้นที่

จากการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงรายเดือน และพฤติกรรมการเกิดซ้ำของอุณหภูมิดังหัวข้อที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้จัดกลุ่มพื้นที่ของประเทศไทยตามลักษณะพื้นที่และความคล้ายคลึงของข้อมูลออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มพื้นที่ภาคเหนือ กลุ่มพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กลุ่มพื้นที่ภาคกลาง กลุ่มพื้นที่ภาคตะวันออก กลุ่มพื้นที่ชายฝั่งทะเลฝั่งอ่าวไทย และกลุ่มพื้นที่ชายฝั่งทะเลฝั่งอันดามัน แสดงดังรูปที่ 5-21



รูปที่ 5-21 การแบ่งกลุ่มพื้นที่ของประเทศไทยตามลักษณะลุ่มน้ำที่มีความคล้ายคลึงกันของข้อมูล

รูปดังกล่าวได้แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลักษณะการเปลี่ยนแปลงรายเดือน และพฤติกรรมของอุณหภูมิที่แสดงความชัดเจนของฤดูกาลที่คาบการเกิดซ้ำที่ 1 ปีในช่วงปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 1995-2005) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอดีต (ก่อนปี ค.ศ. 1995) โดยแสดงในรูปของสัญลักษณ์ เพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนมากขึ้น แสดงดังตารางที่ 5-1 โดยพบว่าแนวโน้มอุณหภูมิสูงขึ้นในทุกกลุ่มพื้นที่ แต่มีการกระจายอยู่ในระดับปานกลาง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดพบว่าโดยส่วนใหญ่ฤดูหนาวอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นจาก