รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การออกแบบและการพัฒนาแบบจำลองประเมินความเสี่ยงของเมืองในประเทศไทยเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ระยะที่ 1 การพัฒนาแบบจำลองต้นแบบ)”

Design and development of risk assessment model for cities in Thailand and decision support system for climate change adaptation: Phase 1 – prototype development and proof of concept

โดย

หน่วยวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและโครงสร้างพื้นฐาน

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วันที่ 7 พฤษภาคม 2556

สัญญาเลขที่ RDG5340042

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การออกแบบและการพัฒนาแบบจำลองประเมินความเสี่ยงของเมืองในประเทศไทยเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ระยะที่ 1 การพัฒนาแบบจำลองต้นแบบ)”

Design and development of risk assessment model for cities in Thailand and decision support system for climate change adaptation: Phase 1 – prototype development and proof of concept

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตร์จารย์ ดร.ปุ่น เที่ยงบูรณธรรม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.จุฑาทิพย์ เฉลิมผล	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ ดร. ชาคริต โชติอมรศักดิ์	คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ชยา วรรณภูติ	คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
นางสาวนิภาพร แสนสุภา	หน่วยวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและโครงสร้างพื้นฐาน
นาวสาววิภาอินเรือง	หน่วยวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและโครงสร้างพื้นฐาน
นางปองทิพย์ เที่ยงบูรณธรรม	หน่วยวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและโครงสร้างพื้นฐาน
นายฉกาจ โชตินอก	หน่วยวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและโครงสร้างพื้นฐาน
นางสาวพราวพรรณ อาสาสรรพกิจ	หน่วยวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและโครงสร้างพื้นฐาน
นายอภิชัย มียิ่ง	หน่วยวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและโครงสร้างพื้นฐาน
นายฐิติพงศ์ จิระเจริญวงศ์	หน่วยวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและโครงสร้างพื้นฐาน

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

คำนำ

ผลการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศชี้ให้เห็นว่าภายในปี พ.ศ. 2600 จำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียสเพิ่มมากขึ้นกว่า 100 วัน ในเกือบทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่ในเขตเมือง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติรุนแรงขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันงานวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการปรับตัวโดยเฉพาะในเขตเมืองได้รับความสนใจค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเริ่มต้นงานวิจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเตรียมการปรับตัว เนื่องจากมีความจำเป็นที่จะต้องสื่อสารข้อมูลด้านผลกระทบ ความเสี่ยง ความเสียหายและโอกาสทางเศรษฐกิจต่อผู้มีอำนาจตัดสินใจในระดับท้องถิ่นต่อไป

รายงานเล่มนี้เป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งสาเหตุ ปัจจัย และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยด้านต่างๆที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วย ดินถล่ม น้ำท่วม ภัยแล้ง และหมอกควัน ซึ่งการทราบพื้นที่ได้รับผลกระทบ จะนำไปสู่การศึกษาในระดับพื้นที่ โดยเน้นแนวทางการศึกษาความเปราะบางและการปรับตัวของเมือง ถ้ารายงานฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใด ต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

สิงหาคม 2556

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ 1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1-5
1.3 แนวทางและขั้นตอนการดำเนินงาน 1-5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1-6

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คำสำคัญ 2-1
2.2 กรอบแนวคิดในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำโครงการฯ 2-6
2.3 กรอบแนวคิดด้านผังเมืองกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2-9
2.4 สาเหตุ ปัจจัยของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความเปราะบางของเมือง 2-19
2.5 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change Decision Support System) 2-20
2.6 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2-22
2.7 แนวทางการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อประเมินความเสี่ยงและความล่อแหลมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเมืองที่เลือกเป็นกรณีศึกษา 2-27
2.8 นโยบายเมืองที่ให้ความสำคัญกับสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Urban Policy on Climate Change) 2-28
2.9 กรอบการวิเคราะห์ เทคนิคเครื่องมือ วิธีการศึกษางานวิจัย 2-31

บทที่ 3 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยด้านต่างๆ

3.1 ลักษณะทางกายภาพของประเทศไทย 3-1
3.2 ค่าดัชนีน้ำฝนที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัย 3-6
3.3 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม 3-12
3.4 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม 3-23
3.5 วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง 3-29
3.6 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงหมอกควัน 3-36
3.7 ผลกระทบจากภัยพิบัติต่างๆ 3-53

บทที่ 4 การพัฒนาแบบจำลองต้นแบบ

4.1 การเปิดรับหรือภาวะคุกคามทางภูมิอากาศ (Exposure) 4-1
4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวหรือความไวต่อการเกิดภัย (Sensitivity) 4-6
4.3 ความสามารถในการรับมือกับภัยพิบัติ (Coping capacity) 4-8

สารบัญตาราง

ตาราง 2-1	ผลกระทบจากภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงต่อชุมชนเมือง	2-16
ตาราง 2-2	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เป็นไปได้ต่อเมือง	2-24
ตาราง 2-3	ดัชนีภูมิอากาศ (Climate indices) ที่ใช้วิเคราะห์สภาพภูมิอากาศสุดโต่งและคำอธิบายอย่างย่อ	2-30
ตาราง 3-1	ลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำย่อยในประเทศไทย	3-3
ตาราง 3-2	ดัชนีภูมิอากาศ (Climate indices) ปี (1990 - 2009)	3-6
ตาราง 3-3	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มในการศึกษาของ Gyeltshen	3-12
ตาราง 3-4	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มในการศึกษาของ ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคเหนือ	3-13
ตาราง 3-5	ปัจจัยและเงื่อนไขในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศปี (1990 – 2009)	3-14
ตาราง 3-6	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยในการศึกษาของสุพิชฌาย ธนารุณ	3-23
ตาราง 3-7	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยในการศึกษาของประสิทธิ์ เมฆอรุณ	3-24
ตาราง 3-8	ปัจจัยและเงื่อนไขในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม	3-26
ตาราง 3-9	พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง	3-29
ตาราง3-10	เหตุการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 – 2536	3-30
ตาราง 3-11	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในการศึกษาของวีระศักดิ์ อุดมโชค และ พูลศิริ ชูชีพ	3-31
ตาราง3-12	ปัจจัยและเงื่อนไขในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง	3-32
ตาราง3-13	เกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศสำหรับประเทศไทย	3-40
ตาราง 3-14	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 100 ug/m^3 เดือนมีนาคม 2550 - 2556	3-40
ตาราง3-15	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 100 ug/m^3 เดือนมกราคม 2550 – 2556	3-45
ตาราง 3-16	สรุปพื้นที่เสี่ยงจากภัยพิบัติ	3-53
ตาราง 4-1	ความสี่ยงในการเกิดภัยพิบัติในประเทศไทย	4-1

สารบัญภาพ

ภาพ 1-1	กรอบการพัฒนาเมืองที่สามารถลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	1-4
ภาพ 1-2	ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการในส่วนแรก (Phase I)	1-6
ภาพ 2-1	องค์ประกอบของความล่อแหลมตามนิยาม IPCC	2-4
ภาพ 2-2	การปรับตัวไปสู่สังคมมั่นคงและทนทานต่อความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	2-6
ภาพ 2-3	กรอบการพัฒนาเมืองที่สามารถลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	2-9
ภาพ 2-4	ตัวอย่าง Climate Change Decision Support System	2-21
ภาพ 2-5	ผลกระทบจากการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศ	2-23
ภาพ 2-6	โครงสร้างกรอบวิเคราะห์ ESC Model สำหรับการวิเคราะห์ด้วยบริบทในปัจจุบัน	2-34
ภาพ 2-7	โครงสร้างกรอบวิเคราะห์ ESC Model สำหรับการวิเคราะห์ด้วยบริบทในอนาคต	2-34
ภาพ 2-8	กระบวนการวิเคราะห์ฯ จากบริบทในปัจจุบันไปสู่บริบทในอนาคต	2-35
ภาพ 2-9	กรอบการดำเนินงานสำหรับการใช้เครื่องมือในการสนับสนุนระบบการตัดสินใจบริบทนโยบาย	2-36
ภาพ 2-10	กรอบนโยบายสำคัญในการปรับตัวของเมืองเขตภูมิอากาศร้อน	2-37
ภาพ 3-1	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม (2550-2556)	3-39
ภาพ 3-2	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนมิถุนายน – กันยายน (2550-2555)	3-43
ภาพ 3-3	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนตุลาคม – มกราคม (2550-2555)	3-45
ภาพ 3-4	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนมกราคม – ธันวาคม (2550-2556)	3-47
ภาพ 3-5	พื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติแต่ละด้าน	3-49
ภาพ 3-6	แนวทางในการวิเคราะห์แผนที่ความเสี่ยง	3-50
ภาพ 4-1	ภาพตัวอย่างปริมาณน้ำฝนของปี 1995 ของ Grid X1 Y2	4-3
ภาพ 4-2	กราฟแสดงปริมาณน้ำฝนตกสะสมตั้งแต่ปี 1990-2009 ของ Grid(X3, Y11)	4-3
ภาพ 4-3	แนวทางในการกำหนดระดับของการเกิดภัยหรือขนาดของความเสี่ยง	4-5
ภาพ 4-4	โอกาสในการเกิดระดับเหตุการณ์หรือขนาดของความเสี่ยง	4-5
ภาพ 4-5	การศึกษาความอ่อนไหวหรือความไวต่อการเกิดภัย	4-6
ภาพ 4-6	แนวทางการศึกษาระดับของความสามารถในการตั้งรับมือต่อภัยพิบัติ	4-8
ภาพ 4-7	แนวทางในการวิเคราะห์ความเปราะบางเชิงพื้นที่	4-10

สารบัญแผนที่

แผนที่ 3-1	ลักษณะภูมิประเทศ	3-4
แผนที่ 3-2	ขอบเขตลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำย่อย	3-5
แผนที่ 3-3	จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสูงสุดในรอบปี (rx1day) ปี 1990-2009	3-7
แผนที่ 3-4	จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกมากกว่า 20 มม. ใน 1 วัน (r20mm) ปี 1990-2009	3-8
แผนที่ 3-5	จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสะสม 5 วัน มากกว่า 200 มม. (rx5day_r200) ปี 1990-2009	3-9
แผนที่ 3-6	จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกสะสมมากที่สุดในรอบปี (cdd) ปี 1990-2009	3-10
แผนที่ 3-7	จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกติดต่อกัน 5 วัน (cdd_5day) ปี 1990-2009	3-11
แผนที่ 3-8	สถิติการเกิดดินถล่มปี 2531 - 2555	3-16
แผนที่ 3-9	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม ปัจจัยที่ 1 ความลาดชัน	3-17
แผนที่ 3-10	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม ปัจจัยที่ 2 การระบายน้ำของดิน	3-18
แผนที่ 3-11	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม ปัจจัยที่ 3 จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสูงสุดในรอบปี (precip_rx1day)	3-19
แผนที่ 3-12	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม ปัจจัยที่ 4 จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกมากกว่า 20 มม. ใน 1 วัน (precip_r20)	3-20
แผนที่ 3-13	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม ปัจจัยที่ 5 จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสะสม 5 วัน มากกว่า 200 มม. (precip_rx5day_r200)	3-21
แผนที่ 3-14	ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทย	3-22
แผนที่ 3-15	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม (ปัจจัยด้านพื้นที่ป่าไม้)	3-27
แผนที่ 3-16	ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในประเทศไทย	3-28
แผนที่ 3-17	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ปัจจัยที่ 1 จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกสะสมมากที่สุดในรอบปี (cdd)	3-33
แผนที่ 3-18	ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ปัจจัยที่ 2 จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกติดต่อกัน 5 วัน (cdd_5days)	3-34
แผนที่ 3-19	ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในประเทศไทย	3-35
แผนที่ 3-20	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม (2550-2556)	3-38
แผนที่ 3-21	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนมิถุนายน – กันยายน (2550 - 2555)	3-42
แผนที่ 3-22	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนตุลาคม – มกราคม (2550 - 2556)	3-44
แผนที่ 3-23	ระดับความเสี่ยงจากภัยพิบัติทุกด้าน	3-51
แผนที่ 3-24	ลุ่มน้ำที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ	3-52

แผนที่ 3-25 ความหนาแน่นประชากร พ.ศ. 2555 3-55
แผนที่ 3-26 ผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัว ปี 2554 3-56

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในช่วงเพียงไม่กี่ปีที่ผ่านมางานวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงตอนล่างได้รับความสนใจมากขึ้น สำหรับประเทศไทย แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อคาดการณ์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้ ชี้ให้เห็นว่าภายในปี พ.ศ. 2600 จำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส เพิ่มมากขึ้นกว่า 100 วัน ในเกือบทุกภูมิภาคของประเทศ ในขณะที่จำนวนวันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส ซึ่งจำกัดอยู่ในภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนมีน้อยกว่า 50 วัน และที่สำคัญคือความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมและภัยแล้งในฤดูมรสุม (อำนาจ ชิดไธสง และคณะ 2553) ข้อมูลดังกล่าวบ่งชี้ให้เห็นว่าผลกระทบส่วนใหญ่ตกอยู่ในหัวข้อการเกษตรและและการจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ชนบทเนื่องจากได้รับผลกระทบโดยตรงจากความแปรปรวนต่อสภาพภูมิอากาศและมีความเปราะบางกว่า

จากการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในเชิงพื้นที่ระดับย่อย จะพบว่าชุมชนเมืองก็มีความสำคัญไม่น้อยกว่าพื้นที่ชนบท เนื่องจากมีการคาดการณ์ว่าสัดส่วนของประชากรเมืองจะเพิ่มอีกร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ. 2575 (UN, 2006) เมืองเป็นศูนย์กลางของเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม พฤติกรรมของคนและอุตสาหกรรมในเมืองจึงเป็นตัวกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ไม่ว่าจากการคมนาคมหรือการใช้พลังงานในเมืองมีความหลากหลายขององค์ประกอบทางสังคมค่อนข้างมาก มีประชากรหนาแน่นและเติบโตอย่างรวดเร็ว และยังมีความแตกต่างในสถานะของประชากรอย่างมาก ซึ่งเห็นได้จากสภาพชุมชนแออัด หรือสลัมที่มักตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อภัยธรรมชาติและการระบาดของโรค ความเปราะบางของเมืองนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพและการให้ความสำคัญในการดูแลจัดการโครงสร้างพื้นฐานในระยะยาว ดังนั้นเมืองใหญ่จึงเป็นตัวแปรที่สำคัญในเชิงการบรรเทาปัญหา (mitigation) และปรับตัว (adaptation) ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างชัดเจน ปัจจุบันหลายเมืองได้ริเริ่มโครงการลดก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบล่างขึ้นบน (Betsill and Bulkeley, 2007; Lowe et al., 2009) แต่ Hunt and Watkiss (2011) กล่าวว่างานวิจัยด้านการปรับตัวในระดับเมืองได้รับความสนใจน้อยกว่า และที่สำคัญการวิเคราะห์ผลกระทบเชิงเศรษฐกิจในระดับท้องถิ่นนั้นมีน้อย ด้วยความสำคัญของเมืองและความเสี่ยงต่อภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศ เช่น คลื่นความร้อนในยุโรป 2546 เฮอร์ริเคนแคทรินาในนิวออร์ลีนส์ 2548 หรืออุทกภัยในภาคกลางของประเทศไทย 2554 ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องสื่อสารข้อมูลด้านผลกระทบ ความเสี่ยง ความเสียหายและโอกาสทางเศรษฐกิจต่อผู้มีอำนาจตัดสินใจในระดับท้องถิ่น เพื่อนำไปสู่การตอบสนองและลงทุนในมาตรการที่คุ้มค่า

ตลอด 15 ปีที่ผ่านมา มีการตีพิมพ์งานวิจัยด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในเมืองสำคัญจากทั่วทุกทวีป งานวิจัยมีความหลากหลายและครอบคลุมในเนื้อหาด้านกายภาพและสังคมมากขึ้น โดยสามารถแบ่งเป็นประเภทย่อยตามผลกระทบดังนี้ ก) น้ำท่วม - ลอนดอน (Holmann et al., 2005)อเล็กซานเดรีย (OECD, 2004a,b) มุมไบ (Range et al., 2011) ข) พายุและน้ำทะเลหนุน – สตอกโฮล์ม (Ekelund, 2007) ฟลอริดา (Stanton and Acketman, 2007) สิงคโปร์ (Ng and Mendelsohn, 2005) ค) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อสุขภาพ – ลิสบอน (Dessai, 2003)

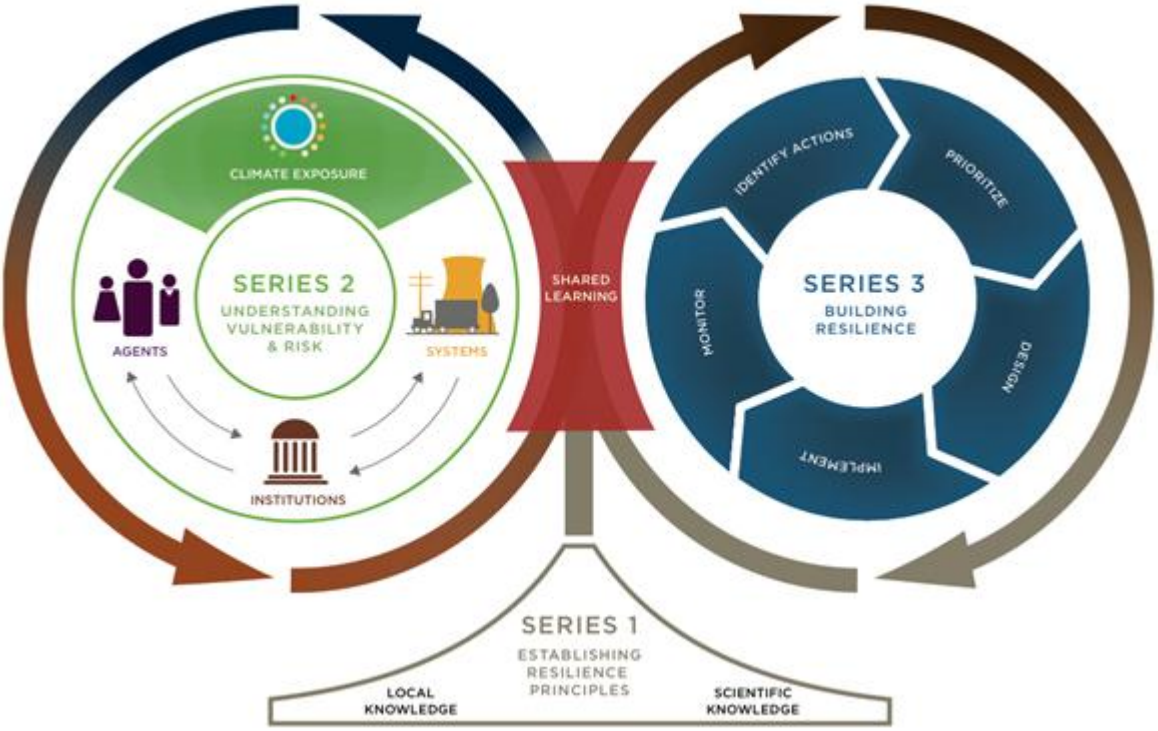
ฝรั่งเศส (Hallegatte et al., 2007) ชิคาโก (Ebi and Meehl, 2007) อินเดีย (Kovas and Akhtar, 2008) ง) ภัยพิบัติทางธรรมชาติโดยรวม – มะนิลา เม็กซิโก ญี่ปุ่น (Wisner, 2003) จ) ผลกระทบที่เกิดแบบองค์รวม เช่น น้ำท่วม สุขภาพ การใช้พลังงาน การคมนาคม และประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจ – ลอนดอน (Hall et al., 2009; Holman et al. 2005) บอสตัน (Kirchen et al., 2008) นิวยอร์ก (Rosenzweig et al., 2007) นอร์เวย์ (O'Brien et al., 2004) โคเปนเฮเกน (Hallegette et al., 2011) งานวิจัยเหล่านี้มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในระเบียบวิจัย โดย Hunt and Watkiss (2011) สำรวจและพบว่างานวิจัยจากประเทศพัฒนาแล้วมีวิธีวิจัยแบบเชิงปริมาณ โดยมักใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับโลกและภูมิภาค และการวิเคราะห์ผลกระทบในเชิงตัวเลขเพื่อเสนอมาตรการการปรับตัว แต่งานในประเทศกำลังพัฒนามักเป็นแบบเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์กลุ่มผู้เกี่ยวข้อง วิเคราะห์โครงสร้างสถาบัน การอภิบาลความเสี่ยงและประเมินศักยภาพ ทั้งนี้งานวิจัยสำหรับสตอล์คโฮม ลอนดอน นิวยอร์ก เป็นงานวิจัยแบบทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ มีการบูรณาการองค์ความรู้อย่างสมบูรณ์แบบมากที่สุด โดยคำนึงถึงผลกระทบและมาตรการปรับตัวต่อทุกภาคส่วนในเมืองทั้งในเชิงกายภาพและเศรษฐกิจสังคม

งานวิจัยด้านการประเมินผลกระทบ ความเสี่ยงและการปรับตัวเชิงคุณภาพสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทย่อยตามลักษณะเทคนิคเพื่อใช้จำลองอนาคตของผลกระทบเชิงกายภาพและเศรษฐกิจสังคมของท้องถิ่นนั้นๆ คือ 1) แบบ dynamical downscaling และ 2) แบบ statistical downscaling โดยการประเมินผลกระทบแบบ dynamical downscaling ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ในการกำหนด และคำนวณผลกระทบเชิงกายภาพและเศรษฐกิจสังคมในระดับท้องถิ่น ยกตัวอย่างเช่น การประเมินความเสี่ยงของอุทกภัยในสหราชอาณาจักร (Hall et al., 2005) มีขั้นตอนคือ 1) คำนวณความเสี่ยงของน้ำท่วมในเชิงพื้นที่ และความเสียหายในเชิงเศรษฐกิจสังคมจาก ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ความถี่และความรุนแรงของน้ำท่วม โอกาสที่น้ำทะลักกำแพงกั้นน้ำ ประชากรและประเภทพื้นที่ใช้สอย 2) กำหนดภาพจำลองเหตุการณ์เชิงภูมิอากาศระดับท้องถิ่น (regional climate scenario) เพื่อตรวจสอบว่าลักษณะการปล่อยก๊าซแบบต่ำ กลาง สูง (ตาม SRES scenario) มีผลต่อสภาพภูมิอากาศในอนาคตอย่างไร เพื่อนำมาซ้อนทับกับ 3) ภาพเหตุการณ์จำลองของเศรษฐกิจสังคมระดับท้องถิ่น เช่นลักษณะการพัฒนาเศรษฐกิจแบบท้องถิ่นนิยม โลกาภิวัฒน์ ระบบอภิบาลแบบศูนย์กลาง หรือแบบกระจาย ซึ่งเหล่านี้จะสัมพันธ์กับประชากร ผลผลิตทางเศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงการใช้สอยพื้นที่ ผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 2 และ 3 จะเป็นตัวแปรและตัวขับเคลื่อนแบบจำลองข้อ 1 เพื่อสามารถคำนวณหาผลกระทบของน้ำท่วมในอนาคตตามภาพเหตุการณ์จำลองต่างๆ ข้อมูลที่ได้จึงนำใส่ระบบภูมิสารสนเทศในขนาด 10x10 กม. ผลลัพธ์สุดท้ายคือแผนที่ที่สามารถแสดงพื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัย จำนวนประชากรและมูลค่าของทรัพย์สินที่เสี่ยงล่าสุด งานวิจัยของ Hallegate et al. (2011a) และ Hallegatte et al. (2011b) ได้นำหลักการประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจมาต่อยอดจากแบบจำลองประเภท dynamical downscaling ดังที่กล่าวด้านบนเพื่อศึกษาผลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับโลกต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพายุ storm surge และน้ำทะเลหนุนและลักษณะมาตรการการปรับตัวในเมืองโคเปนเฮเกน คณะวิจัยจึงประเมินและเปรียบเทียบความเสียหายทางเศรษฐกิจ (ทางตรงและทางอ้อม) จากการที่ 1) ไม่มีมาตรการปรับตัวเลย (ไม่มีกำแพงกันคลื่น) 2) มีมาตรการการปรับตัวบ้าง แต่ไม่สมบูรณ์ และ 3) มีมาตรการการปรับตัวที่สมบูรณ์ ระดับน้ำทะเลที่สูง 50 ซม. จากระดับน้ำทะเลกลางนำความเสียหาย 500 ล้านยูโรต่อปี หากไม่มีกำแพงกันคลื่นเลย แต่หากสร้างกำแพงที่ความสูง 200 ซม. จะลดความเสียเหลือเพียง 50 ล้านยูโรต่อปี ดังนั้นข้อมูลนี้จึงเป็นประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงหรือเสริมความสูงของกำแพงกันคลื่นที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อลดความเปราะของชุมชนชายฝั่ง เทคนิคเดียวกันนี้ได้ใช้กับงานของ Ranger et al., (2011) สำหรับความเปราะบางต่ออุทกภัยขั้นรุนแรงในนครมุมไบ ประเทศอินเดีย

เทคนิคแบบ statistical downscaling หรือ empirical-statistical model เป็นการหาความสัมพันธ์เชิงสถิติของข้อมูลอดีตและปัจจุบันเพื่อพยากรณ์ผลกระทบระดับท้องถิ่นในอนาคตภายใต้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่นงานของ Dessai (2002, 2003) และ Gosling et al. (2007, 2009) ได้ศึกษาผลกระทบของคลื่นความร้อนในหลายเมืองในยุโรป อเมริกาเหนือและออสเตรเลียโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้เสียชีวิตต่อการเพิ่มขึ้นข องอุณหภูมิ เพื่อหาอุณหภูมิขั้นต่ำสุดที่นำไปสู่การเสียชีวิต และพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้ง 2 งานวิจัยพบว่ามาตรการปรับตัว (เช่น การเตือนภัยล่วงหน้า การใช้พัดลม รดน้ำและเครื่องปรับอากาศ และการวางผังเมืองให้มีลมถ่ายเท) ช่วยให้ประชาชนปรับสภาพ (acclimatization) กับอุณหภูมิที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 องศาเซลเซียสในอีกหลายทศวรรษข้างหน้า และที่สำคัญจะช่วยลดจำนวนผู้เสียชีวิตลงประมาณครึ่งหนึ่งในเกือบทุกเมืองที่ศึกษา

การศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์กลุ่มผู้เกี่ยวข้อง วิเคราะห์โครงสร้างสถาบัน การอภิบาลความเสี่ยงและประเมินศักยภาพ เช่น การศึกษาของ Tanner และคณะ ในปี 2009 ได้สร้างกรอบการประเมินการปรับตัวและความเป็น ‘resilient city’ สำหรับ 10 เมืองในทวีปเอเชีย เช่น กรุงเทพมหานคร จิตตากอง โฮจิมิน ดานัง จาก 5 หัวข้อ คือ 1) ลักษณะการกระจายอำนาจ 2) ความโปร่งใสในการจัดการเงิน 3) การตอบสนองและความยืดหยุ่น 4) การมีส่วนร่วม และ 5) ประสบการณ์และการได้รับการสนับสนุน เมืองที่มีศักยภาพในการปรับตัวคือเมืองที่หน่วยราชการในแต่ละระดับทำงานอย่างมีความสอดคล้องกันและสามารถทำงานร่วมกับองค์กรต่างๆได้เพื่อจะนำแนวคิดของการประเมินความเสี่ยงด้านภูมิอากาศไปใช้กับแนวคิดการพัฒนา และจะต้องพัฒนาเพื่อคนยากจน (pro-poor development) และมีความโปร่งใสด้านการเงินโดยเฉพาะในการจัดการภัยพิบัติ น้ำและขยะ กรอบการวิเคราะห์ดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกับของ Birkman et al. (2010) ซึ่งวิเคราะห์ศักยภาพจากวิสัยทัศน์ การสื่อสารให้ข้อมูล การมีส่วนร่วมขององค์กรภายนอก มาตรการเชิงโครงสร้างและนโยบาย

ในปี 2552 เครือข่ายเมืองในภูมิภาคเอเชียเพื่อการฟื้นตัวจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ACCCRN) ได้คัดเลือก 10 เมือง จาก 4 ประเทศในทวีปเอเชียเพื่อหาเมืองต้นแบบของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในประเทศไทย จังหวัดเชียงรายและ อำเภอหาดใหญ่ได้รับการคัดเลือก โดยกิจกรรมที่เกี่ยวข้องคือการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว และการจัดการอุทกภัยตามลำดับ (ACCCRN, 2009). Institute for Social and Environment Transition, ISET (2011) แสดงกรอบการพัฒนาเมืองที่สามารถลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ภาพ 1-1)



ภาพ 1-1 กรอบการพัฒนาเมืองที่สามารถลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ISET, 2009)

วรรณกรรมส่วนใหญ่ชี้ว่าประเทศกำลังพัฒนาไม่มีนโยบายชุมชนระดับท้องถิ่นเพื่อรับมือกับความเสี่ยงต่อภัยพิบัติจากภูมิอากาศในระยะยาวที่ชัดเจน และหากมีก็อาจไม่สอดคล้องกับนโยบายรับมือภัยพิบัติประเภทอื่นๆ (Satterthwaite et al 2007; Tanner et al 2008) จริงๆแล้วเมืองไม่จำเป็นต้องสร้างนโยบายการปรับตัวขึ้นใหม่ (หรือแยกจากนโยบายด้านการจัดการภัยพิบัติ) เพียงแต่ต้องจัดการนโยบายเดิมที่มีอยู่ (โดยเฉพาะด้านพลังงาน การคมนาคม และโครงสร้างพื้นฐาน) ให้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการพัฒนาที่ยั่งยืนเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกและปรับตัวในระยะยาว และนโยบายการปรับตัวไม่ใช่เพียงแค่การปรับที่โครงสร้างพื้นฐานแต่เป็นการปรับโครงสร้างรัฐบาลในแต่ละระดับและแนวทางการอภิบาล Birkman et al. (2010); Hunt and Watkiss (2011); Satterthwaite et al (2007); Tanner et al (2008)

ในประเทศไทยมีการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแต่มักจำกัดอยู่ในภาคการเกษตร (อำนาจ ชิดไธสง และคณะ 2553; สกว. 2554) เช่น Chinvanno et al., (2006) ซึ่งได้ใช้เทคนิคแบบ dynamical downscaling ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีการประเมินผลกระทบในระดับเมืองและวิเคราะห์แบบรอบด้าน ซึ่งตรงกับที่ Hunt and Watkiss (2011) และ Satterthwaite et al (2007) ได้กล่าวไว้ถึงการทำวิจัยด้านการปรับตัวในประเทศกำลังพัฒนาว่ามักเป็นการเจาะจงผลกระทบที่มีต่อภาคส่วนใดภาคส่วนหนึ่ง และขาดความชัดเจนในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาในพื้นที่ ทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงผลกระทบที่เกิดขึ้นในขั้นต่างๆ

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้พบว่าการกำหนดยุทธวิธี หรือแนวทางการปรับตัวและการวางแผนรองรับสำหรับพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างมากในสถานการณ์ปัจจุบัน จึงต้องเร่งพัฒนาแบบจำลองในการใช้งานอย่างเป็นระบบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System) เพื่อให้สามารถบริหารความเสี่ยง และปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ภูมิอากาศที่เกิดขึ้นได้ ทั้งนี้การออกแบบกรอบแนวทางและกระบวนการในการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการบริหารความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยในการศึกษาครั้งนี้ จึงเป็นการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญซึ่งจำเป็นต่อการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงและการวางแผนตั้งรับปรับตัวของพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศไทยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อรวบรวมและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.2.2 เพื่อพัฒนาแบบจำลองต้นแบบเพื่อใช้ทดลองประเมินขีดความสามารถของเมืองในการต้านรับผลจากสภาวะอากาศรุนแรง และบ่งชี้ถึงประเด็นสำคัญที่ทำให้เมืองตกอยู่ในภาวะล่อแหลมเพื่อใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนพัฒนาเมืองให้มีความล่อแหลมน้อยลง

1.2.3 เพื่อทดสอบแบบจำลอง และประเมินความพร้อมของข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานแบบจำลอง ประเมินแบบจำลองและประเมินสถานะความพร้อมของข้อมูลที่มีอยู่และระบุชุดข้อมูลที่ต้องศึกษารวบ รวมเพิ่มเติมที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้าง พัฒนาและปรับปรุงแบบจำลองต่อไป

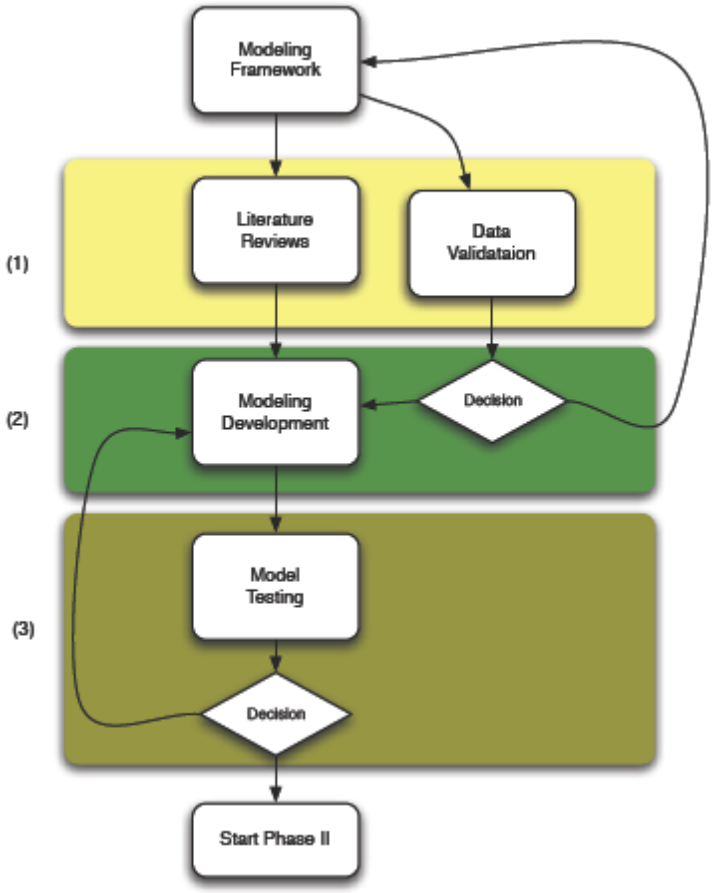
1.3 แนวทางและขั้นตอนการดำเนินงาน

โครงการนี้เป็นส่วนแรกของกระบวนการใหญ่ซึ่งแบ่งการดำเนินการเป็น 3 ช่วงคือ 1) การพัฒนากรอบความคิดแบบจำลอง และเครื่องมือ 2) การทดสอบแบบจำลอง และเครื่องมือ กับเมืองตัวอย่าง 3) ขยายผลเพื่อพัฒนาข้อมูลเมืองที่สำคัญในระดับประเทศ ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการส่วนแรกนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 คือ รวบรวมข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรม ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การประเมินผลกระทบและการวางแผนเพื่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเมินความเสี่ยงเชิงกายภาพ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และเศรษฐกิจ-สังคมจากข้อมูลเชิงพื้นที่ข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 2 คือ การพัฒนาแบบจำลองเบื้องต้นที่ใช้ในการบริหารความเสี่ยง และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย ที่อยู่บนฐานของกรอบแนวคิดเบื้องต้น โดยแบบจำลองนี้จะบ่งชี้ถึงระดับความล่อแหลมเปราะบางหรือภาวะเสี่ยงที่เมืองจะตกอยู่ในความเดือดร้อนจากผลของสภาพอากาศรุนแรง และ/หรือ สาเหตุหรือจุดอ่อนของเมืองที่ทำให้เมืองตกอยู่ในภาวะล่อแหลมนั้นๆ

ขั้นตอนที่ 3 คือ การทดสอบแนวคิดของแบบจำลอง (proof of concept) และประเมินความพร้อมของข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลและเงื่อนไขในการทดสอบแบบจำลอง และข้อมูลนำเข้าบางส่นก็อาจเป็นข้อมูลที่สมมุติขึ้นเพื่อประกอบการ การทดสอบแนวคิดของแบบจำลอง



ภาพ 1-2 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการในส่วนแรก (Phase I)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ต้นแบบของแบบจำลองในการประเมินขีดความสามารถของเมืองในการต้านรับผลจากสภาวะอากาศรุนแรงที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดต่อไป

1.4.2 ฐานข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.4.3 กรอบแนวทาง และกระบวนการในการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการบริหารความเสี่ยง และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย เพื่อพัฒนา ทดสอบและขยายผลต่อ

1.4.4 สถานะความพร้อมของข้อมูลที่มีอยู่ และรายการชุดข้อมูลที่ต้องศึกษารวบรวมเพิ่มเติม

1.4.5 การสร้างเครือข่ายความร่วมมือของหน่วยงานและองค์กรต่าง ๆ ในการเตรียมการและเตรียมพร้อมข้อมูลเพื่อสนับสนุนการบริหารความเสี่ยงในการตัดสินใจดำเนินการในกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากจะช่วยให้คณะวิจัยได้ทราบถึงแนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและการพัฒนาแบบจำลองประเมินความเสี่ยงของเมืองที่ได้มีการศึกษาไปแล้ว ซึ่งมีคำสำคัญ (Keywords) ที่เกี่ยวข้อง คือ การบริหารความเสี่ยง (Risk management) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) การปรับตัว (Adaptation) และดัชนีความเปราะบาง (Voluntary Index) คำสำคัญเหล่านี้จะนำไปค้นคว้า ศึกษาในงานวิจัยอื่นๆ ซึ่งประเด็น มุมมองที่เหมือนหรือแตกต่างจะเป็นเครื่องมือในการต่อยอดความคิด และนำมาปรับปรุง พัฒนาวิธีการวิจัย รวมถึงนำมาใช้ประโยชน์ในการอ้างอิง สนับสนุนทฤษฎี แนวคิดที่สามารถนำมาประกอบการพิจารณาการจัดทำโครงการต่อไป

2.1 คำสำคัญ

1) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change)

- การเปลี่ยนแปลงเชิงสถิติอย่างมีนัยยะสำคัญ และยืนยาวของรูปแบบสภาวะอากาศที่ยาวนานเป็นหลายศตวรรษหรือล้านๆ ปี (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554)
- การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย (average weather) ในพื้นที่หนึ่ง (ลักษณะอากาศเฉลี่ย หมายความรวมถึง ลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม เป็นต้น) ในช่วงเวลานาน (ดร.วิเชียร เกิดสุข, 2554)
- การเปลี่ยนแปลงใดๆ ของภูมิอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ทั้งทางตรงและทางอ้อม อันทำให้ส่วนประกอบของบรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน (ดร. วิเชียร เกิดสุข 2554 อ้างถึง IPCC)
- การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หมายความถึง การปรับตัวเพื่อให้สามารถดำรงอยู่ และดำเนินกิจกรรมหรือวิถีชีวิตต่อไปได้ภายใต้สถานการณ์ที่ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจหมายถึงแนวทางใหม่หรือวิธีการที่จะลดภาวะล่อแหลมเปราะบางของระบบ หรือภาคส่วนต่างๆ ตลอดจนสังคมมนุษย์ต่อผลกระทบ และผลสืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (IPCC, 2007)
- การเปลี่ยนแปลงซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสภาพทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางชีวภาพ ระบบเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของสภาพอากาศและที่ตั้งของเมือง (Parry et al., 2007)

2) สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงที่มีลักษณะเป็นพลวัตร (Dynamics of Climate Change)[1]

- การแปรเปลี่ยนตลอดเวลา อันเป็นปรากฏการณ์ที่พบเห็นในหลายภูมิภาคของโลก นั่นหมายความว่า สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงได้พัฒนาสู่ความผันผวนมากขึ้น เพราะผลกระทบของภาวะโลกร้อนแผ่กระจายสู่ทุกภาคส่วนของระบบนิเวศบนโลก นั่นหมายความว่า ผลกระทบจากภาวะโลกร้อน อาจทำให้เกิดภัยแล้งและน้ำท่วมอย่างรุนแรงบนพื้นที่เดียวกัน อาจทำให้สิ่งมีชีวิตบางสายพันธุ์เพิ่มจำนวนมากขึ้น แต่ทำให้บางสายพันธุ์น้อยลงหรือถึงขั้นสูญพันธุ์อย่างถาวร
- Dynamics of Climate Change มีผลทำให้การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematic Modeling) คาดการณ์สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงได้ยากมากขึ้น ขาดความแม่นยำ และอาจทำให้การกำหนดนโยบายหลายด้านผิดพลาด อาจประเมินความเสี่ยงต่ำเกินไป ดังกรณีน้ำท่วมใหญ่ในปี 2554 จากพายุหมุนพัดผ่านประเทศไทยมากกว่าค่าเฉลี่ย ทำให้สถานการณ์วิกฤติเกินกว่าคาดคิด เมื่อขาดการเตรียมพร้อมและขาดการบริหารจัดการที่ดี ความเสียหายจึงมากมายมหาศาล
- นิยาม Dynamics of Climate Change ยังไม่คุ้นเคยในประเทศไทย หน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังไม่ให้ความสำคัญมากนัก แต่นี้ยามนี้สามารถอธิบายปัญหาและความผิดพลาดในการบริหารจัดการความเสี่ยงภัยพิบัติได้ดี และตอบคำถามว่าทำไมโครงการขนาดใหญ่ด้วยงบประมาณมหาศาลจึงแก้ปัญหาน้ำท่วมไม่ได้ในหลายพื้นที่ แม้เพิ่งก่อสร้างเสร็จไม่นาน
- Dynamics of Climate Change ถูกโยงเข้ากับนิยาม Dynamics of Urbanization หรือความแปรเปลี่ยนของเมืองที่ผันผวน ซึ่งเป็นงานท้าทายอย่างยิ่ง ที่นักผังเมืองต้องประยุกต์สาระความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศลงในงานวางผังเมือง เพื่อลดผลกระทบต่างๆ โดยเฉพาะภัยพิบัติธรรมชาติ

3) ความเปราะบาง (Vulnerability)

- ระดับความเสี่ยงของบุคคล หรือ กลุ่ม หรือ ระบบใดระบบหนึ่งต่อสิ่งเร้าที่มีผลให้เกิดอันตราย(สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554)
- การที่ระบบไม่สามารถรับมือในการที่จะแก้ไขผลกระทบในเชิงลบ และความเสียหายอันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงหรือความแปรปรวนของภูมิอากาศ ทั้งนี้เป็นผลจากความรุนแรงของผลกระทบ และความสัมฤทธิ์ผลของความรับมือ ระดับความเปราะบางสามารถอธิบายโดยใช้ความสัมพันธ์ของ 3 ปัจจัยคือ (ดร.วิเชียร เกิดสุข, 2554)

1) Vulnerability = Risk/Coping capacity
   ความเปราะบาง= ความเสี่ยง/ความสามารถในการรับมือ
2) Risk = Exposure x Sensitivity
   ความเสี่ยง = การเปิดรับหรือภาวะคุกคามทางภูมิอากาศ x ความอ่อนไหวหรือความไว
3) Vulnerability = (Exposure x Sensitivity) / Coping capacity
   ความเปราะบาง = (การเปิดรับหรือภาวะคุกคามทางภูมิอากาศ x ความอ่อนไหวหรือความไว)/ความสามารถในการรับมือ

- ความเปราะบาง (Vulnerability) นั้น เป็นคำที่ใช้เพื่ออธิบายสถานการณ์ในเชิงลบที่ระบบ หรือภาคส่วนหนึ่ง หรือหน่วยสังคมหนึ่งเผชิญอยู่ ซึ่งเป็นผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงก่อให้เกิดแรงกดดันและกลายเป็นความเสี่ยงโดยที่

[1] ดร.ธงชัย โรจนกนันท์, **เอกสารประกอบการบรรยาย การประชุมเชิงปฏิบัติการ "นวัตกรรมเมือง"** พระนครศรีอยุธยาวันที่ 18-20 มกราคม 2555 **เอกสารประกอบการบรรยาย "การวางแผนพัฒนาเมือง/ชุมชน และสิ่งแวดล้อมในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น"** มกราคม-มีนาคม 2555 เชียงใหม่ อุบลราชธานี กรุงเทพมหานคร

ภาคส่วนนั้นๆ ไม่มีขีดความสามารถเพียงพอที่จะดำเนินการเพื่อให้พ้นจากสภาวะนั้น หรือบริหารจัดการให้ตนเองพ้นจากความเสี่ยงนั้นไปได้ (Adger et al., 2001) ซึ่งในการพิจารณาถึงความเสี่ยงและความเปราะบางต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือภาวะเสี่ยงนั้นๆ ควรที่จะต้องมีเป้าหมายในการทำความเข้าใจที่ชัดเจนว่า เป็นความเสี่ยง หรือความเปราะบางของระบบอะไร หรือของภาคส่วนใด หรือของใคร ภายใต้แรงกดดันจากปัจจัยเสี่ยง หรือตัวแปรทางภูมิอากาศใดบ้าง ตลอดจนพิจารณาถึงเงื่อนไขด้านเวลาที่เกิดภาวะของความเสี่ยงและความเปราะบางดังกล่าว เพื่อที่จะได้กำหนดยุทธศาสตร์การปรับตัวได้อย่างเหมาะสม (ศุภกร ชินวรรณโน, 2553)

- ระดับความอ่อนไหวของระบบใดระบบหนึ่งที่ไม่สามารถจัดการกับผลกระทบเชิงลบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง รวมถึงความแปรปรวน และสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศ (คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) โดยความล่อแหลม (ความเปราะบาง) ภายใต้นิยามของ IPCC อธิบายได้ด้วยหน้าที่ของตัวแปร 3 องค์ประกอบ คือ

1) การสัมผัสกับปัจจัยคุกคาม (Exposure) ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะทางธรรมชาติ และสภาวะที่ระบบกำลังประสบ หรือสัมผัสกับภัยคุกคาม โดยขึ้นอยู่กับความถี่ ระยะเวลา ขอบเขตความรุนแรง และพฤติกรรมของปัจจัยอันตราย หรือเหตุการณ์ที่ระบบกำลังสัมผัสหรือได้รับผลกระทบ ภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภัยอันตราย หมายถึง เหตุการณ์ทางกายภาพที่เกิดจากความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ภัยแล้ง อุทกภัย พายุและเหตุการณ์ฝนตกหนัก ทั้งนี้ ผลลัพธ์ของภัยพิบัติดังกล่าว ปรากฏในรูปการสูญเสียชีวิต ผู้ที่ได้รับผลกระทบ การสูญเสียด้านเศรษฐกิจ
2) ความอ่อนไหว (Sensitivity) ซึ่งอธิบายถึงระดับผลกระทบทั้งในเชิงบวกและลบที่ระบบได้รับสัมผัสกับปัจจัยอันตราย โดยความอ่อนไหวของระบบถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติและสถานภาพของระบบเป็นหลัก
3) ความสามารถในการตั้งรับและปรับตัวของระบบ (Adaptive capacity) หมายถึง ความสามารถของระบบในการตอบสนองและปรับตัวต่อการเผชิญกับปัจจัยคุกคามเพื่อลดความเสียหาย ในขณะเดียวกันแสวงหาโอกาสและผลประโยชน์จากผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว รวมทั้งการตั้งรับและปรับตัวเข้ากับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นภายหลัง

Vulnerability=f(exposure, sensitivity, adaptive capacity)

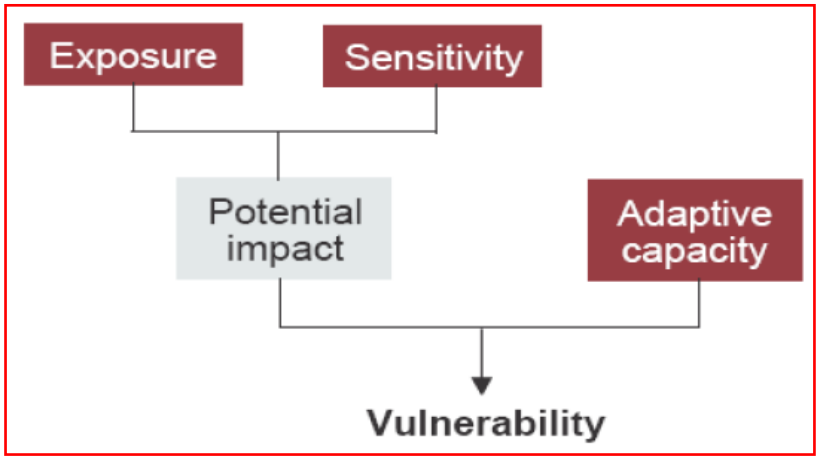
ในบริบทความเสี่ยง (risk) ความล่อแหลมอาจแสดงในรูปสมการข้างล่าง

Vulnerability=risk –adaptation

สำหรับศาสตร์ทางด้านภัยพิบัติ ความล่อแหลมเป็นองค์ประกอบหนึ่งของความเสี่ยง คือ

Risk=hazard (climate) x vulnerability (exposure)

Vulnerability= risk/hazard



ภาพ 2-1 องค์ประกอบของความล่อแหลมตามนิยาม IPCC ที่มา : IPCC (2007)

4) การปรับตัว (Adaptation)

- การดำเนินการใดๆ เพิ่มเติมจากที่มีอยู่เพื่อลดความเปราะบางของทั้งระบบหรือภาคส่วน ซึ่งอาจจะเป็น “การเพิ่มขีดความสามารถในการตั้งรับ” ต่อความเสียหายและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความแปรปรวนในระยะสั้น และ/หรือจากการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องในระยะยาว เช่น การประกันภัย การชดเชย และการฟื้นฟูความสูญเสียที่เกิดขึ้น (ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, 2554)
- การดำเนินการเพื่อรับมือกับผลกระทบจากปัญหาโลกร้อน (สานักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554)
- ความสามารถของระบบในการตอบสนองและปรับตัวต่อการเผชิญกับปัจจัยคุกคามเพื่อลดความเสียหาย ในขณะเดียวกัน แสวงหาโอกาสและผลประโยชน์จากผลกระทบ และการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว รวมทั้งการตั้งรับและปรับตัวเข้ากับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นภายหลัง
- การปรับตัวในบริบททางเศรษฐศาสตร์ มาโนช โพธาภารณ์ อ้างถึง Fourth assessment report of IPCC (IPCC 4AR) ว่าเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน มีหลายปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่นมาตรการปรับตัวถูกจำแนกตาม timing (anticipatory v reactive) scope (local v regional, short term v long term) purposefulness (autonomous v planned) & adaptive agent (natural systems v humans, individual v collective, private v public)แม้มีการปรับตัวในอดีต แต่อาจไม่ทั่วถึง หรือเป็นการปรับตัวใหม่พ้นจาก range of historical experience (เช่น อุณหภูมิและระดับน้ำทะเล ที่จะเพิ่มสูงขึ้น ความเข้มข้นและการเกิดที่บ่อยครั้งขึ้นของ weather extremes เช่น ภัยแล้ง heat waves น้ำท่วมและพายุ)

5) การบริหารความเสี่ยง (Risk management)

- โอกาส หรือความน่าจะเป็นที่ระบบจะได้รับผลกระทบ อันเป็นผลรวมของความถี่หรือความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ร่วมกับผลที่เกิดตามมา โดยความเสี่ยงอันเกิดจากสภาพความแปรปรวนของภูมิอากาศ ขึ้นกับโอกาสในการเปิดรับ (exposure) ของระบบสังคม นิเวศ หรือภาคส่วนนั้นๆ ซึ่งหมายความว่า หากระบบที่เปิดรับ (exposure unit) มีความอ่อนไหว (sensitivity) มาก ก็จะทำให้มีโอกาสหรือความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบในเชิงลบมากขึ้นไปด้วย
- การกำหนดแนวทางและกระบวนการในการบ่งชี้ วิเคราะห์ ประเมินจัดการ ติดตาม และสื่อสารความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรม หน่วยงาน หรือกระบวนการดำเนินงานขององค์กร เพื่อช่วยให้องค์กรลดการสูญเสียน้อยที่สุดและเพิ่ม

โอกาสให้แก่ธุรกิจมากที่สุด การบริหารความเสี่ยงยังหมายถึง การประกอบกันอย่างลงตัวของวัฒนธรรมองค์กร กระบวนการและโครงสร้างองค์กร ซึ่งมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการบริหารและผลได้ผลเสียของธุรกิจ

- ความเสี่ยง (Risk) คือเหตุการณ์หรือการกระทำใด ๆ ความผิดพลาด ความเสียหาย การรั่วไหล ความสูญเปล่า หรือเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ ที่อาจเกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ที่ไม่แน่นอน ซึ่งหากเกิดขึ้นจะมีผลในทางลบ ต่อการบรรลุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายขององค์กร ความเสี่ยง จำแนกได้เป็น ลักษณะ ดังนี้

  Strategic Risk: ความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องในระดับเหตุการณ์

  Operational Risk: ความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องในระดับปฏิบัติการ

  Financial Risk: ความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับด้านการเงิน

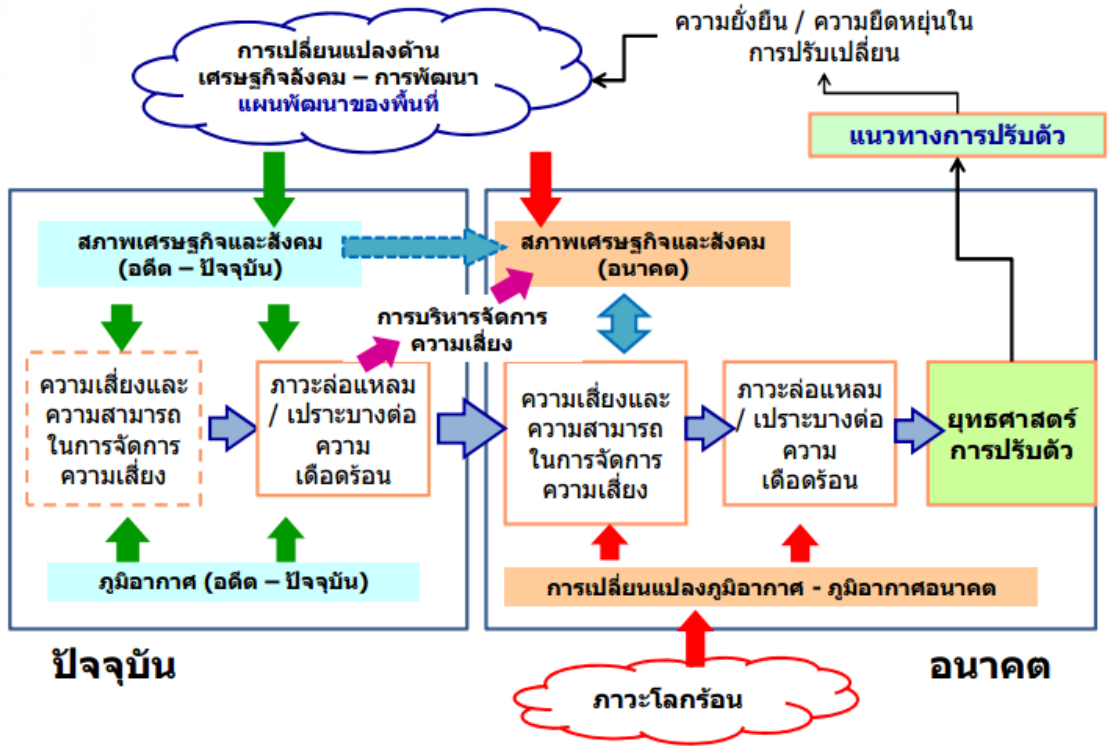
  Hazard Risk: ความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องในด้านความปลอดภัยจากอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน

- ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor) คือ ต้นเหตุหรือสาเหตุที่มาของความเสี่ยง ที่จะทำให้ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยระบุได้ว่าเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นนั้นจะเกิดขึ้นเมื่อใด เกิดขึ้นได้อย่างไรและทำไมต้องเกิดขึ้น ส่วนการบริหารความเสี่ยง (Risk Management) คือ กระบวนการที่ใช้ในการบริหารปัจจัย และควบคุมกิจกรรม กระบวนการการดำเนินงานต่าง ๆ โดยลดมูลเหตุแต่ละโอกาสที่จะเกิดความเสียหายเพื่อให้ระดับของความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอยู่ในระดับที่องค์การสามารถยอมรับได้ ประเมินได้ ควบคุมและตรวจสอบได้อย่างมีระบบ โดยคำนึงถึงการบรรลุเป้าหมายขององค์การเป็นสำคัญ (นิรภัย จันทร์สวัสดิ์, 2551)

6) ความมั่นคงและทนทานต่อความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Resilience)

- ความสามารถของชุมชน ในการรับมือ และต้านทานต่อผลกระทบจากภัยพิบัติต่างๆ รวมไปถึงความสามารถในการรักษาและฟื้นฟูโครงสร้างพื้นฐานจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (UNISDR as cited in Ambrose et al., 2009)

- การปรับกระบวนคิดของผู้วางนโยบาย นักวางแผนและการปรับวิธีการวางแผนในกรอบเวลาที่ไม่คุ้นเคยกรอบเวลาที่ยาวนานในอนาคตในบริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการขยายบริบทของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การสร้างขีดความสามารถให้สังคมและชุมชนเพื่อรับมือกับความเสี่ยงจากสภาพอากาศแปรปรวน รวมถึงการจัดตั้งหรือมอบหมายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องประสานงาน และรวมประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศลงในยุทธศาสตร์รายภาคส่วน หรือยุทธศาสตร์การพัฒนาพื้นที่ (ศุภกร ชินวรรโณ, 2556)



ภาพ 2-2 การปรับตัวไปสู่สังคมมั่นคงและทนทานต่อความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
ที่มา : ศุภกร ชินวรรโณ (2556)

- การตั้งรับหรือการเตรียมพร้อมรับมือกับภัยพิบัติเมือง (Urban Disaster Resilience) คือความสามารถในการรองรับ (absorb) ภัยพิบัติอันตราย และหมายถึงความสามารถในการเรียนรู้ เตรียมตนเองรับภัยรูปแบบต่างๆ ทั้งอุทกภัย ภัยแล้งและภัยร้ายแรงอื่นๆที่อาจไม่คาดคิด (shock) อย่างเป็นระบบ โดยการวางแผนตั้งรับประกอบด้วยสาระสำคัญ 4 ด้านได้แก่ ระบบของเมือง (Urban Systems) ผู้ปฏิบัติ (Agents) องค์กร (Institutions) และการเกิดภัย (Exposures) (ดร.ธงชัย โรจนกนันท์, 2555)

2.2 กรอบแนวคิดในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำโครงการฯ

การศึกษาแนวคิดต่างๆ ในการจัดทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกรอบแนวคิดการจัดทำโครงการนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ หาแนวทาง กระบวนการที่สามารถนำไปต่อยอด และเป็นตัวอย่างในวิธีการจัดการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ อุปสรรคในการศึกษาวิจัย การหาตัวแปร หรือปัจจัยต่างๆ ที่เป็นต้นเหตุของปัญหา

การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับโลกเกิดขึ้นราว 30 ปีที่แล้ว และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบัน (IPCC, 2007) รวบรวมการวิจัยและองค์ความรู้เกี่ยวกับ 1) วิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2) ผลกระทบและการปรับตัว และ 3) การลดก๊าซเรือนกระจก ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นักวิทยาศาสตร์มักใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อนำเข้ากับตัวแปรทางภูมิอากาศ และสังคมเพื่อบ่งบอกถึง

ผลกระทบทางตรงและทางอ้อมที่แต่ละพื้นที่จะได้รับในอนาคต เช่น ผลกระทบจากการที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น หรือจากการขาดแคลนฝน ด้วยปัจจัยท้องถิ่นที่หลากหลายจึงเกิดแนวคิดเรื่อง “ความล่อแหลม/ความเปราะบาง” หรือ Vulnerability (Smit, 2001, Turner et al., 2003 Adger, 2006) โดยความล่อแหลมของระบบๆ หนึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และอาจมีสาเหตุทั้งทางชีวกายภาพและทางเศรษฐกิจสังคมและการเมือง ส่วนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจทำให้ความเสี่ยงนั้นรุนแรงขึ้นและคาดการณ์ได้ลำบากขึ้น (ศุภกร ชินวรรโณ, 2553) ให้นิยามของความล่อแหลมว่าเป็น “คำที่ใช้เพื่ออธิบายสถานการณ์ในเชิงลบที่ระบบหรือภาคส่วนหนึ่งๆ หรือ หน่วยสังคมหนึ่งๆเผชิญอยู่ซึ่งเป็นผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงซึ่งก่อให้เกิดแรงกดดันและกลายเป็นความเสี่ยงโดยที่ภาคส่วนนั้นๆ ไม่มีขีดความสามารถเพียงพอที่จะดำเนินการเพื่อให้พ้นจากสภาวะนั้น หรือบริหารจัดการให้ตนเองพ้นจากความเสี่ยงนั้นไปได้” กล่าวคือ ความล่อแหลมเกิดขึ้นจากการที่ระบบไม่สามารถจะรองรับกับความเสี่ยง (risk) ไว้ได้ทั้งหมด ความเสี่ยงจะนำไปสู่ความล่อแหลมที่สูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของระบบในการรับมือหรือปรับตัว (coping capacity หรือ adaptive capacity) นั่นหมายความว่าจริงๆแล้ว ในแต่ละท้องถิ่นมีกระบวนการเรียนรู้ที่จะอยู่ร่วมกับความแปรปรวน หรือการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์ปัจจุบันอยู่แล้ว แต่การเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตที่ไม่อาจคาดการณ์ได้นั้นต้องการการปรับตัว (adaptation) ที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้สามารถดำรงวิถีชีวิตและดำเนินกิจกรรมต่อไปภายใต้การเปลี่ยนแปลงพร้อมกับลดปัจจัยที่จะทำให้ระบบล่อแหลมด้วย ดังนั้นระบบจึงต้องมีคุณลักษณะที่ยืดหยุ่น เพื่อให้มีความทนทานต่อการถูกรบกวนและสามารถฟื้นคืนสู่สภาพที่พึงประสงค์อันก่อให้เกิดภูมิคุ้มกัน (resilience) และการพัฒนาอย่างยั่งยืน การสร้างระบบที่มีภูมิคุ้มกันสูงจึงจำเป็นต้องมีวิสัยทัศน์ในการพัฒนาท้องถิ่นในระยะยาว เพื่อให้เกิดการปฏิรูปอย่างค่อยเป็นค่อยไปและนำระบบไปสู่สภาพใหม่ตามเป้าหมายที่สังคมต้องการ (Nelson, Adger and Brown, 2007) ที่สำคัญ (ISET, 2012) ได้ให้ความแตกต่างระหว่างการปรับตัวและภูมิคุ้มกันไว้ว่า กรณีแรกนั้นเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นและสิ้นสุดลงขึ้นอยู่กับความล่อแหลมของพื้นที่ แต่การสร้างภูมิคุ้มกันนั้นเป็นกิจกรรมที่ไม่มีที่สิ้นสุด เพราะต้องการความร่วมมือระหว่างชุมชน องค์กรและสถาบันอย่างต่อเนื่อง

ในประเทศไทยมีการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแต่มักจำกัดอยู่ในภาคการเกษตร (อำนาจ ชิดไธสง และคณะ 2553; สกว. 2554) เช่น (Chinvanno et al., 2006) ซึ่งได้ใช้เทคนิคแบบ dynamical downscaling ในปี 2552 เครือข่ายในภูมิภาคเอเชียเพื่อการฟื้นตัวจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ACCCRN) ได้คัดเลือก 10 เมืองจาก 4 ประเทศในทวีปเอเชียเพื่อหาเมืองต้นแบบของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในประเทศไทย จังหวัดเชียงรายและอำเภอหาดใหญ่ได้รับการคัดเลือก โดยกิจกรรมที่เกี่ยวข้องคือการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว และการจัดการอุทกภัยตามลำดับ (ACCCRN, 2009) อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังไม่มีการประเมินผลกระทบในระดับเมืองและวิเคราะห์แบบรอบด้าน ซึ่งตรงกับที่ (Hunt and Watkiss, 2011) และ (Satterthwaite et al, 2007) ได้กล่าวไว้ถึงการทำวิจัยด้านการปรับตัวในประเทศกำลังพัฒนาว่ามักเป็นการเจาะจงผลกระทบที่มีต่อภาคส่วนใดภาคส่วนหนึ่ง และขาดความชัดเจนในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาในพื้นที่ ทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงผลกระทบที่เกิดขึ้นในขั้นต่างๆ

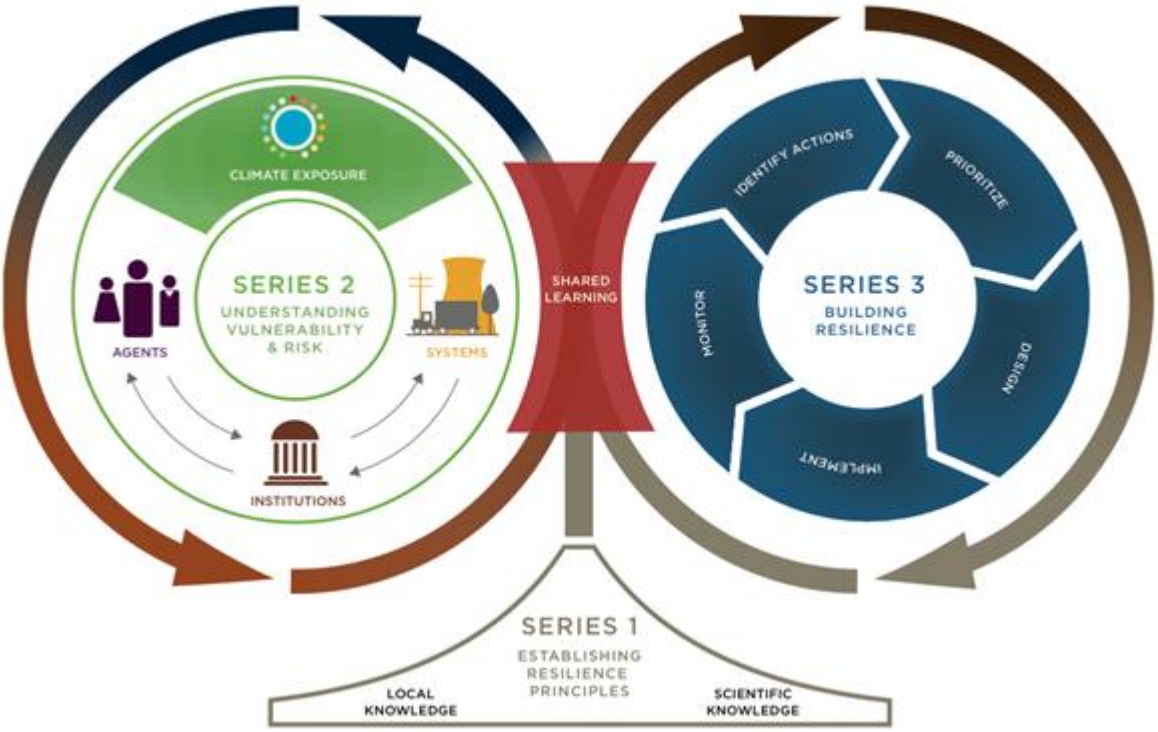
หน่วยงาน ACCCRN และ ISET ได้ร่วมพัฒนากรอบการพัฒนาเมืองที่สามารถลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ Urban Resilient Framework สำหรับเมืองในประเทศกำลังพัฒนาแถบทวีปเอเชีย โดยกรอบนี้แบ่งเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

1) องค์ความรู้
2) การทำความเข้าใจความล่อแหลม

3) การเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน

ด้านองค์ความรู้นั้น มีการเปิดโอกาสให้มีการบูรณาการระหว่างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ) และภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยมีองค์กรท้องถิ่นเป็นตัวประสาน ดังนั้นลักษณะการทำงานและกระบวนจึงไม่ใช่การบริหารจากบนลงล่าง แต่เป็นจากล่างขึ้นบนเพื่อเปิดโอกาสให้คนท้องถิ่นมีส่วนร่วมกับกิจกรรมและการวางแผน จากนั้นจึงร่วมกันระบุระบบในเมืองที่มีความเสี่ยงต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมไปถึงแนวทางลดความล่อแหลม นอกจากนั้นยังต้องเพิ่มขีดความสามารถให้กับปัจเจกบุคคลและองค์กร รวมทั้งลดอุปสรรคที่ขัดขวางการทำงานของสถาบันเพื่อให้เพิ่มความสามารถในการปรับตัว สามารถระบุความล่อแหลมของเมืองได้ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการจัดกลุ่มนโยบายพัฒนาและการลดภัยพิบัติที่มีอยู่เดิม เพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและอนาคต ในขั้นตอนนี้มุ่งเน้นกระบวนการเรียนรู้ การมีส่วนร่วมและติดตามผล กรอบงานชิ้นนี้ได้ระบุกุญแจสำคัญ 3 ประการ คือ

1) ระบบ (System) หมายถึงโครงสร้างพื้นฐาน ระบบนิเวศที่ช่วยสนับสนุนการดำรงชีวิตและเศรษฐกิจของมนุษย์ และระบบที่มีภูมิคุ้มกัน คือระบบที่ยังสามารถทำงานประสานได้แม้ในยามที่มีแรงกดดัน ซึ่งวัดได้จาก ความยืดหยุ่น ความเป็นอเนกประสงค์ และความสามารถในการทนทานต่อแรงกดดันที่จะไม่นำไปสู่วิกฤตล่มสลาย
2) หน่วยงาน (Agency) หน่วยงานที่มีภูมิคุ้มกันสูง หมายถึงปัจเจกบุคคลและองค์กรที่มีความพร้อมในการรับมือและปรับตัวเข้ากับสถานการณ์และแรงกดดันต่างๆ โดยขีดความสามารถในการปรับตัวนั้น เกิดจากกระบวนการเรียนรู้และประสบการณ์ที่สะสม ภูมิคุ้มกันของหน่วยงานวัดได้จาก การเตรียมพร้อม ความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดี และมีการเรียนรู้
3) สถาบัน (Institute) คือข้อตกลงหรือกฎเกณฑ์ เพื่อลดความไม่แน่นอนและเอื้อให้สังคมมนุษย์ดำเนินต่อไปได้อย่างมั่นคง และคุณสมบัติที่จำเป็นของสถาบัน เพื่อเอื้อให้เกิดภูมิคุ้มกันคือ สิทธิและการเข้าถึง อำนาจการตัดสินใจ และข้อมูลที่ละเอียดถูกต้อง



ภาพ 2-3 กรอบการพัฒนาเมืองที่สามารถลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
ที่มา : ISET (2009)

2.3 กรอบแนวคิดด้านผังเมืองกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

มาตรการด้านผังเมือง เป็นมาตรการสำคัญในระดับนโยบายที่จะครอบคลุมการจัดการด้านเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั้งเมือง เชื่อมโยงแนวคิดแต่ละองค์กร นำมาแปลงสู่การจัดการระดับพื้นที่หรือการออกข้อกำหนดควบคุมอาคาร ปรับผังให้สมดุลระหว่างการรักษาสภาพแวดล้อม พื้นที่สีเขียว และพื้นที่ที่มีกิจกรรมสูง เป็นต้น [2]มาตรการมากมายถูกนำเสนอผ่านงานวิจัยและนักวิชาการชั้นนำของโลก มาตรการหนึ่งที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุดคือมาตรการด้านผังเมือง อย่างไรก็ตาม ยังพบปัญหาและอุปสรรคในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะการนำข้อมูลและผลการวิจัยซึ่งเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เข้มข้น ซึ่งประสบความยุ่งยากในการนำมาประยุกต์ใช้ในงานผังเมือง แต่หลายประเทศได้พยายามปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งเป็นสาระที่น่าสนใจ สำหรับการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย

1) ความเป็นมาของการตั้งรับภัยพิบัติเมือง (Urban Disaster Resilience)

ช่วงกลางศตวรรษที่ 20 ยุคความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและวัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติแข็งแรงทนทานมากขึ้น การแก้ปัญหาน้ำท่วมด้วยโครงสร้างคอนกรีตเกิดขึ้นมากมาย โดยเฉพาะการก่อสร้างเขื่อน เกิดขึ้นนับหมื่นแห่งในประเทศสหรัฐอเมริกา แต่นักวิชาการบางกลุ่มสังเกตว่า ปัญหาน้ำท่วมไม่ได้ลดลง แต่กลับทวีความรุนแรงมากขึ้น ขยายเป็นวงกว้างมากขึ้นกว่าเดิม จนเกิดคำถามว่ามาตรการเน้นสิ่งก่อสร้างสามารถแก้ปัญหาน้ำท่วมได้อย่างยั่งยืนหรือไม่ งานวิทยานิพนธ์ของ Gilbert White ในทศวรรษที่ 1940 หัวข้อ Human Adjustment to Flood เน้นสาระสำคัญด้วยแนวความคิดว่า

[2]ดร.ธงชัย โรจนกนันท์. **เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์กลุ่มภารกิจด้านสาธารณภัยและพัฒนาเมือง**. วันที่ 25 มิถุนายน 2559 โรงแรมเอเชีย กรุงเทพมหานคร และโครงการ GTZ วันที่ 20 สิงหาคา 2553 ที่จังหวัดขอนแก่น

“ไม่ว่าด้วยวิธีใด มนุษย์ไม่มีทางชนะธรรมชาติ แต่มนุษย์ต้องปรับตนเองให้เข้ากับธรรมชาติ เรียนรู้ปรับวิถีชีวิตและตนเองให้อยู่ได้กับน้ำท่วม” ซึ่งต้องใช้เวลานานร่วมครึ่งศตวรรษจึงเกิดกระแสยอมรับความคิดนี้ ปัจจุบันแนวความคิดนี้ ได้รับการพัฒนาก้าวหน้าและปรากฏเป็นส่วนหนึ่งของมาตรการลดผลกระทบของสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ในรูปแบบของมาตรการปรับตัว (Adaptation) ควบคู่กับมาตรการบรรเทา (Mitigation) ที่องค์การสหประชาชาติได้นำเสนอและเผยแพร่มานานหลายปี และพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นโครงการต่างๆมากมายในหลายประเทศทั่วโลก

มูลนิธิ Rockefeller Foundation ได้จัดพิมพ์หนังสือ Catalyzing Urban Climate Resilience เพื่อเผยแพร่แนวความคิดตั้งรับภัยพิบัติเมืองจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง สำหรับโครงการความช่วยเหลือด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในประเทศอินเดีย เวียดนาม อินโดนีเซีย และประเทศไทย ในเดือนกันยายน พ.ศ 2554 นับเป็นเอกสารทางวิชาการจากองค์กรระหว่างประเทศที่แสดงเจตนารมณ์ชัดเจน แสวงหาแนวทางตั้งรับภัยพิบัติด้วยการเลือกชุมชนเมือง 10 เมืองในประเทศเหล่านี้ แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ โดยเน้นปัญหาน้ำท่วมและผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง หนังสือเล่มนี้ กล่าวถึงองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน คือ

1) ความรู้ (Knowledge) หมายถึงการนำความรู้โดยเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ และผนวกในงานผังเมืองและการบริหารการจัดการน้ำท่วม ด้วยเหตุที่สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงเป็นปัญหาของโลก และมนุษย์ทุกเผ่าพันธุ์บนโลก การบูรณาการความรู้ทั้งระดับโลก ภูมิภาคและท้องถิ่นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง นั่นหมายถึง หลักพื้นฐานของการวางแผนตั้งรับภัยพิบัติ (Resilience Planning)
2) ความเข้าใจเรื่องความคิดตั้งรับ (Understanding Resilience) ด้วยแนวทางการวิเคราะห์ (Analytical Approach) โดยผนวกปัจจัยต่างๆ เช่น ความเปราะบาง (Vulnerability) เพื่อการสร้างวิธีตั้งรับ (Building Resilience) ซึ่งครอบคลุมเรื่องระบบเมือง (Urban System) องค์กร (Institutes) ที่ผู้เกี่ยวข้องต้องมีส่วนร่วมในบทบาทหน้าที่ และจักต้องมีความเข้าใจร่วมกัน
3) กระบวนการ (Process) เพราะต้องนำให้หลักวิชาและขั้นตอนรวมถึงกระบวนการมาประยุกต์รวมกันจนถึงขั้นตอนนำไปปฏิบัติ

องค์ประกอบเหล่านี้มีแนวทางคล้ายกับรัฐบาลหลายประเทศในยุโรป เช่น รัฐบาลสหพันธรัฐเยอรมนีได้เริ่มจากการปลุกกระแสตระหนักรู้ (Awareness) ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทุกระดับ จากผู้ปฏิบัติระดับล่างถึงผู้บริหารระดับสูงให้เข้าใจสาระอย่างถูกต้อง และเข้าใจผลกระทบของสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ซึ่งมูลนิธิ Rockefeller Foundation ได้ดำเนินการมานานพอสมควรในหลายประเทศ ปัญหาที่ประสบคล้ายกันได้แก่ ประชาชนทั่วไปไม่เข้าใจและมองว่าสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงเป็นเรื่องไกลตัว จับต้องไม่ได้ ไม่สามารถโยงเข้าสู่ปัญหาโลกร้อนกับเรื่องน้ำท่วมได้

เมื่อที่ตั้งชุมชนเมืองมีความเปราะบางต่อภัยพิบัติ (Disaster Vulnerability) เช่น ตั้งอยู่บนที่ลุ่มต่ำ และมีประชากรเข้าไปอาศัยเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดความเสี่ยงน้ำท่วม (Flood Risk) มากขึ้น การให้ความรู้และความเข้าใจเหตุเหล่านี้ จึงเป็นขั้นตอนแรกที่ต้องดำเนินการ และต้องดำเนินการต่อเนื่องตามความรู้ และข้อมูลด้านต่างๆที่เพิ่มมากขึ้น ตามความก้าวหน้าของหลักวิชาการ ปัญหาที่มักพบในประเทศกำลังพัฒนาส่วนมากได้แก่ สังคมขาดการมองระยะไกล (Sight of Long-Term Trends) ทำให้ไม่เข้าใจผลกระทบร้ายแรงที่จะตามมาในอนาคต จากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีช่วงเวลาปรากฏผลกระทบนาน 10-50 ปี หรือมากกว่า ปัญหาและอุปสรรคทั้งหลายเหล่านี้ ทำให้โครงการตั้งรับภัยพิบัติเมืองจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ไม่เลือกเมืองขนาดใหญ่ที่คนทั่วไปรู้จัก แต่เลือกชุมชนเมืองขนาดกลาง พอเหมาะกับการดำเนินงาน กรณีประเทศไทยมีสองเมืองได้รับเลือกเข้าโครงการคือ หาดใหญ่และเชียงราย

มนุษย์กำลังเผชิญสภาพภูมิอากาศที่แปรเปลี่ยนตลอดเวลา (Dynamics of Climate Change) และความเป็นเมืองที่สลับซับซ้อน (Complex Urbanization) ทำให้การคาดการณ์ภัยพิบัติเมืองขาดความแม่นยำ แม้ประเทศที่มั่งคั่งร่ำรวยและมีเทคโนโลยีก้าวหน้าอย่างสหรัฐอเมริกา ก็ยังประสบภัยพิบัติเสียหายหนักจากพายุเฮอริเคน ซึ่งทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องวิตกกังวลเรื่องผลกระทบภัยพิบัติต่อภูมิภาคยากจนและล้าหลัง ที่จักประสบความเสียหายมากกว่า หากไม่มีการเตรียมความพร้อมรับภัยพิบัติ ดังได้กล่าวถึงโครงการในสี่ประเทศเอเชีย องค์กรอิสระในนามของ Institute of Social and Environmental Transition (ISET) มีบทบาทในโครงการนี้ ภายใต้หัวข้อ “โครางการเครือข่ายเมืองในเอเชียเพื่อเตรียมรับสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง” Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN) โดย Rockefeller Foundation สนับสนุนด้านการเงิน และมีสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยร่วมกับองค์กรท้องถิ่น เป็นผู้ประสานงานและจัดการประชุมทางวิชาการในกลุ่มประเทศโครงการ โดยให้ความสำคัญกับท้องถิ่นเพราะเป็นผู้เผชิญภัยพิบัติโดยตรง

ยุทธศาสตร์การเตรียมรับภัยพิบัติครอบคลุมสาระหลายรูปแบบและหลายด้าน จากดรรชนีการเตรียมรับภัยพิบัติ (Resilience Index) ในรูปขององค์กร (Institute) ที่มีการบริหารงานและกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ พร้อมรับเหตุที่ไม่คาดคิดที่อาจเกิดอย่างฉับพลัน เพราะหลายองค์กรมีรูปแบบและโครงสร้างที่ไม่สามารถตั้งรับภัยพิบัติได้ ปัญหาที่มักพบในกลุ่มเมืองขนาดกลางทั้งสี่ประเทศได้แก่ การขาดความรู้ และไม่มีระบบจัดเก็บข้อมูลสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ โดยเฉพาะเพื่อคาดการณ์ และเตรียมการป้องกัน (Predict and Prevent) ควบคู่กับการวางผังเมือง ดังกรณีเมืองชายฝั่งทะเลที่จะได้รับผลจากการเพิ่มระดับน้ำทะเลสูงขึ้นในอนาคต นโยบายการพัฒนาเมืองควรกำหนดแนวการวางผังเมืองให้หลีกเลี่ยงผลกระทบจากภาวะโลกร้อนในอนาคต ถอยร่นห่างจากพื้นที่ที่จะถูกน้ำทะเลท่วมถึง เป็นการเตรียมพร้อมตั้งรับผลกระทบและลดความเสี่ยงภัยที่สามารถเลี่ยงได้ล่วงหน้า การวางแผนตั้งรับ (Resilience Planning) ประกอบด้วยสาระสำคัญ 4 ด้าน ได้แก่

1) ระบบของเมือง (Urban Systems) นับตั้งแต่ระบบต่างๆของเมือง โดยเฉพาะระบบสาธารณูปโภคที่มักเปราะบาง (Fragile) เช่น ระบบถนน ไฟฟ้า ประปา สื่อสาร ฯลฯ ที่ก่อสร้างไม่ได้มาตรฐาน ไม่แข็งแรงจนไม่สามารถรับภัยพิบัติที่รุนแรงมากขึ้นจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง โดยคลุมถึงการพัฒนาระบบ การบริหาร การบำรุงดูแลรักษาระบบต่างๆให้พร้อมใช้งานเมื่อเกิดภัยร้ายแรง
2) ผู้ปฏิบัติ (Agents) หรือบุคคลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นองค์ประกอบสำคัญจากผู้บริหาร ผู้นำทุกระดับจนถึงประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ภัยพิบัติ เพราะเป็นผู้ผลักดัน และดำเนินการด้านต่างๆ ให้มีขีดความสามารถในการตั้งรับภัยพิบัติ บุคคลเหล่านี้ต้องมีความรู้เรื่องภัยพิบัติ ต้องเข้าใจหลักการตั้งรับ และต้องประสานความร่วมมือกันอย่างดี หากชุมชนเมืองใดขาดผู้ปฏิบัติ ผู้ร่วมดำเนินการ และประสานร่วมมือกันแก้ปัญหาสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ชุมชนนั้นจะเผชิญความเสี่ยงและได้รับความเสียหายมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับชุมชนอื่นที่มีการรวมกลุ่มผู้ปฏิบัติอย่างเข้มแข็ง ระดับความเปราะบางจึงขึ้นกับลักษณะของผู้ปฏิบัติ มากน้อยขึ้นกับความกระตือรือร้น ความใส่ใจและความรับผิดชอบในการร่วมกันปฏิบัติงาน
3) องค์กร (Institutions) หมายถึงรูปแบบการบริหารจนถึงการจัดการตามกรอบอำนาจตามกฎหมาย ที่ต้องนำมาใช้เป็นเครื่องมือตามกฎหมาย (Legal Tools) ในเหตุที่ต้องอาศัยอำนาจบังคับตามกฎหมาย เช่น กฎหมายผังเมืองเพื่อควบคุมทิศทางการเติบโตของเมือง การกำหนดเกณฑ์ต่างๆ ให้สิ่งปลูกสร้างมีความคงทนแข็งแรงเพียงพอรับภัยพิบัติ เป็นต้น
4) การเกิดภัย (Exposures) หรือลักษณะการเกิดภัยพิบัติต่างๆ ที่เป็นผลกระทบของความแปรปรวนและเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากภัยแล้งถึงภัยน้ำท่วมในพื้นที่เดียวกัน จากวงจรภัยแล้งที่เคยเกิดทุก 10-

12 ปี ถี่ขึ้นเป็นปีเว้นปี และภัยอื่นๆที่สามารถเกิดพร้อมกัน จนเป็นความเปราะบางและมีความเสี่ยงมากขึ้นจนถึงระดับวิกฤติ

จากกรอบความคิด (Conceptual Framework) นี้ องค์ประกอบทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์ เพื่อวางแผนเตรียมตั้งรับภัยพิบัติสำหรับชุมชนเมืองนั้น เพื่อให้ผู้บริหาร จนถึงประชาชนผู้อาศัยต้องรับทราบแนวทางการเตรียมตั้งรับภัยพิบัติร่วมกัน นับจากการยอมรับความจริงว่า ภัยพิบัติจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไม่สามารถแก้ไขได้ แต่สามารถบรรเทาความเสียหายได้ มากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยต่างๆข้างต้น จนถึงการพัฒนาแนวความคิดนี้ต่อเนื่อง เพื่อปรับยุทธศาสตร์รับภัยพิบัติ ที่จะทวีความรุนแรงและแปรปรวนมากขึ้นในอนาคต

2) กรอบแนวคิดด้านผังเมืองกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Conceptual Framework of Urban Planning and Climate Change)

แนวความคิดด้านผังเมืองและการพัฒนาเมืองปรับเปลี่ยนและพัฒนาไปมากมายในปัจจุบัน แตกต่างจากอดีตที่ไม่คำนึงถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากนัก หลังจากที่นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกนำเสนอเรื่องราวของภาวะโลกร้อนและผลต่อเนื่องถึงความเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และหลังจากผลกระทบชัดเจนและรุนแรงมากขึ้น เช่น ภัยธรรมชาติต่างๆ ที่สร้างความเสียหายแก่สังคมมนุษย์อย่างไม่เคยปรากฏมาก่อน ด้วยเหตุนี้เอง การผังเมืองในประเทศตะวันตกได้ปรับแนวความคิดด้านผังเมือง เพื่อประยุกต์งานผังเมืองให้เป็นมาตรการบรรเทาผลกระทบ ในขณะที่ประเทศกำลังพัฒนาซึ่งส่วนใหญ่ยากจน พยายามปรับกระบวนการผังเมืองเช่นกัน แต่ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ปัญหาพื้นฐานได้แก่ นักผังเมืองส่วนใหญ่ขาดทักษะในการนำข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องซึ่งมีสาระหลากหลายมาใช้ในงานผังเมือง

ศูนย์ศึกษาและติดตามภัยแผ่นดินไหว และสำนักงานผู้ประสานงานความเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ตระหนักถึงความสำคัญ และพบว่านักผังเมือง และบุคลากรด้านผังเมืองในประเทศไทยยังขาดแหล่งข้อมูลและความรู้ความเข้าใจด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เช่นเดียวกับประเทศกำลังพัฒนาอื่นๆ ซึ่งเป็นประเด็นหนึ่งที่ถูกพิจารณาว่าเป็นจุดอ่อน และบรรจุในแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ พ.ศ.2553-2562 และเสนอเป็นแนวทางแก้ไขปัญหานี้ โดยระบุให้ผู้บริหารและบุคลากรที่เกี่ยวข้องในทุกองค์กร อย่างน้อยร้อยละ 80 ต้องมีความรู้และความเข้าใจเรื่องสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงภายใน 3 ปี หรือ ก่อนปี 2556

ในปี 2006 หนังสือ Smart Growth and Climate Change ถูกตีพิมพ์ โดยมี Mathias Ruth เป็นผู้เรียบเรียงผลงานของนักวิชาการกลุ่มหนึ่ง **กล่าวถึงการพัฒนาเมืองอย่างชาญฉลาดเพื่อรับสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นกระแสความเคลื่อนไหวที่เน้นสาระความเป็นเมือง แหล่งรวมกิจกรรมที่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน** โดยเชื่อว่าการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุย่อมเป็นมาตรการเชิงรุกที่คาดหวังผลได้ดีที่สุด

การผังเมืองปรากฏเป็นเรื่องสำคัญตั้งแต่แรกเริ่ม เมื่อ Mathias Ruth กล่าวในบทนำว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลโดยตรงต่อระบบคมนาคม อีกนัยหนึ่งหมายถึงการวางผังและการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ดีสามารถลดการใช้พลังงานในภาคขนส่ง และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควบคู่กับการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพชีวิตในชุมชน ตัวอย่างเช่น การพัฒนาทางจักรยานให้มีต้นไม้ใหญ่ให้ร่มเงาตลอดและเชื่อมโยงจากบ้านพักอาศัยสู่ย่านต่างๆ ในเมือง

ปัญหาใหญ่สำหรับแนวความคิดนี้ ได้แก่ เมืองใหญ่หลายเมืองมีโครงสร้างและระบบต่างๆที่ก่อสร้างมานาน เช่น โครงข่ายถนนไม่เป็นระบบและถนนแคบมาก ไม่เอื้ออำนวยต่อการบรรเทาปัญหาโลกร้อน การปรับแก้ผังเมืองเป็นเรื่องท้าทายและยากลำบากอย่างยิ่ง นั่นคืองานของนักผังเมืองในประเทศไทยที่จะต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อแก้ปัญหาโลกร้อนด้วย “มาตรการผังเมือง”

แนวคิดพัฒนาการการเติบโตของเมืองอย่างชาญฉลาด (Development of Urban Smart Growth) มีจุดเริ่มต้นราวต้นทศวรรษที่ 1970 ในสหรัฐอเมริกา ในรูปแบบแนวความคิดเมืองกระชับ (Urban Compact) นำเสนอโดยนักผังเมืองและวิศวกรคมนาคม เพื่อลดงบประมาณและค่าใช้จ่าย แทนการขยายถนนและเพิ่มผิวจราจรสำหรับจำนวนรถยนต์ที่มากขึ้นอย่างไม่มีที่สิ้นสุด สิ้นเปลืองและไม่สามารถแก้ปัญหาใดๆของเมืองได้ นอกจากนี้ยังมีผู้นำเสนอแนวความคิดคล้ายกันหลายคน อย่างเช่น สถาปนิกชื่อ Peter Calthorpe ได้เสนอแนวความคิดเรื่อง Urban Village เพื่อสนับสนุนการพัฒนาเมืองที่ใช้ระบบขนส่งมวลชน เน้นให้ชุมชนเมืองใช้รถจักรยาน และลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ในขณะที่สถาปนิกอีกคน คือ Andres Duany ย้ำถึงความจำเป็นในการแก้กฎหมายควบคุมอาคารและกฎหมายผังเมืองเพื่อใช้บังคับให้ลดการใช้รถยนต์ในเขตเมือง แทนการที่รัฐบาลยังคงนโยบายขยายถนนออกไปยังชานเมืองเพื่อแก้ปัญหาจราจร พร้อมกับทำให้เมืองมีขนาดใหญ่มากขึ้นและใช้ที่ดินในแนวราบอย่างสิ้นเปลือง โดยเฉพาะเชื้อเพลิงสำหรับการเดินทางที่ไกลมากขึ้นตามขนาดของเมืองที่ขยายออกไป

ทศวรรษต่อมา นักวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยมากมาย โดยโต้แย้งทฤษฎีและแนวความคิดเดิม Peter Newman และ Jeff Kenworthy ศึกษาตัวอย่างเมืองใหญ่ในหลายประเทศ กล่าวถึงเมืองที่มีความหนาแน่นสูง มีการใช้ประโยชน์ที่ดินผสมผสานและมีระบบขนส่งมวลชนที่ดี ต่างมีสัดส่วนการใช้รถยนต์ส่วนตัวน้อย เมื่อเทียบกับเมืองที่มีประชากรหนาแน่นน้อยและแผ่กว้างไปในแนวราบ มีการใช้รถยนต์ส่วนตัวมากกว่า ในขณะที่การศึกษาอื่นกล่าวเสริมถึงพฤติกรรมของสังคมมนุษย์ที่พึงพอใจการขับรถส่วนตัวโดยไม่คำนึงถึงเรื่องสิ่งแวดล้อมและปัญหาโลกร้อน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกสบายของตนเองเป็นลำดับแรกและไม่ใส่ใจเรื่องใดนอกจากประโยชน์ของตนเอง แนวความคิดพัฒนาเมืองอย่างชาญฉลาดแพร่หลายในสหรัฐอเมริกา ทางยุโรปมีแนวความคิดการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน โดยสาระสำคัญไม่ต่างกันมากนัก ทั้งสองความคิดต่างกลายเป็นวาทกรรมในงานผังเมือง และเป็นนิยามที่ดูเหมือนขาดไม่ได้ในงานผังเมืองในปัจจุบัน

Jan Rotmans กล่าวว่า เมืองสมัยใหม่ (Modern Cities) ในปัจจุบันมีลักษณะปรับเปลี่ยนรูปและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Dynamics and Transformation) ทั้งขนาด (Size) โครงสร้าง (Structure) บทบาท (Functions) และหน้าที่ (Roles) หลายเมืองมีความสัมพันธ์ด้านเศรษฐกิจระดับภาคและระดับโลก (Regional and Global Relationships) ที่นักผังเมืองต้องเข้าใจลำดับและขีดจำกัดต่างๆขององค์ประกอบเหล่านี้ แนวความคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนจึงมิใช่ให้ความสำคัญแต่เพียงเมืองนั้นเท่านั้น แต่ต้องสร้างสมดุลการพัฒนาด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม สมดุลเชิงพื้นที่ทั้งในเมือง และชนบทรอบเมือง และขยายสมดุลถึงกลุ่มเมืองที่ต้องพึ่งพากันและกัน กลุ่มเมือง (Cluster of Cities-Network Cities) นี้เองที่ก่อให้เกิดปัญหาที่มีขนาดใหญ่มหาศาล เมื่อนำผลกระทบมารวมกัน นับตั้งแต่การปล่อยก๊าซเรือนกระจก น้ำเสีย ขยะ จนถึงเครือข่ายอาชญากรรมครอบคลุมกลุ่มเมืองที่มีประชากรนับสิบล้าน กรณีกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทั้งนนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาครและนครปฐม Jan Rotmans วิจารณ์ว่า การผังเมืองในอดีตที่ให้ความสำคัญการใช้ประโยชน์ที่ดินและองค์ประกอบทางกายภาพ ไม่สามารถต่อกรและเผชิญปัญหาของเมืองในปัจจุบัน ที่ต้องพิจารณาสาระให้ครอบคลุมองค์ประกอบทางเศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องสิ่งแวดล้อมที่ทวีความสำคัญมากขึ้น เป็นประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับความเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และองค์ประกอบเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของการผังเมืองในยุคปัจจุบัน ที่ต้องบูรณาการสาระต่างๆเข้าด้วยกัน และให้เกิดสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจสังคมกับสิ่งแวดล้อม หรืออีกนัยหนึ่งคือการแสวงหาการพัฒนาอย่างยั่งยืนด้วยมิติผังเมือง

การวางระบบคมนาคมในงานผังเมืองเพื่อบรรลุเป้าหมายนี้ ต้องออกแบบระบบคมนาคมใหม่ (Re-design of Transport System) เพื่อลดผลกระทบจากจราจรคับคั่งและมลภาวะให้มากที่สุด ซึ่งจะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นต้นเหตุของภาวะโลกร้อน เช่น การกำหนดทางจักรยานในชุมชนถึงระบบขนส่งมวลชนรูปแบบ

ต่างๆเพื่อลดการใช้พลังงาน หลักการเดียวกันนี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้เพื่อวางระบบสาธารณูปโภคให้เกิดความประหยัดและมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้พลังงาน การวางระบบน้ำประปาและระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเมือง

การวางผังเมืองในประเทศไทยและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

เอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยมีอยู่ไม่น้อย แต่ยังเทียบไม่ได้กับเอกสารและผลงานวิจัยในต่างประเทศ โดยเฉพาะทางยุโรป งานวิจัยเหล่านี้ยังดำเนินการอยู่ต่อไปและได้รับการสนับสนุนอย่างดีจากรัฐบาล อุปสรรคหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับงานผังเมืองที่ไม่แตกต่างจากประเทศอื่นได้แก่ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากที่ต้องนำมาใช้ในงานผังเมือง ขณะที่นักผังเมืองส่วนใหญ่ไม่มีความรู้ และไม่ได้รับการฝึกหัดให้ทำงานกับข้อมูลที่หลากหลายเกี่ยวข้องกับสาระมากมาย จากหน่วยของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ สู่หน่วยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ค่า เป็นตันต่อคนต่อปี

เดือนกรกฎาคม 2551 Corinne Kisner, นำเสนอข้อมูลที่น่าสนใจว่า **ในปี 2550 กรุงเทพมหานครปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 7.1 ตันต่อคนต่อปี มากกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศประมาณ 3 เท่า** มากกว่ามหานครลอนดอนและโตเกียวที่มีค่าประมาณ 6 ตันต่อคนต่อปี จำแนกก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยในกรุงเทพมหานครร้อยละ 84 มาจากการจราจรที่คับคั่ง คมนาคมขนส่งและการใช้พลังงานประเภทต่างๆ ซึ่งเป็นโจทย์แรกที่ครบถ้วนชัดเจนสำหรับการวางผังเมืองกรุงเทพมหานครที่จะต้องดำเนินการ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์จากนักวิชาการหลายแขนงยังมีความแตกต่างบางครั้งทำให้ยากต่อการนำไปใช้งาน ข้อโต้แย้งระหว่างนักวิชาการสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดความสับสน เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเกษตรกรรม ปศุสัตว์ และขยะจากชุมชน ในภาพรวมแล้ว จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการแปลข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์สำหรับใช้งาน และเป็นหลักอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ

แนวความคิดที่ได้รับการสนับสนุนจากนักสิ่งแวดล้อมได้แก่ **การศึกษาจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามการใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคาร ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวางผังเมือง** สามารถที่จะกำหนดแนวความคิดในการวางผังเมืองสำหรับชุมชนเมืองได้ ทั้งนี้จำเป็นต้องจัดทำฐานข้อมูลสำหรับเมืองขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ จำแนกตามบทบาทหน้าที่ของเมือง เช่น เมืองท่องเที่ยว เมืองอุตสาหกรรม และเมืองศูนย์กลางการบริหาร การศึกษา การค้าและการบริการ อนึ่งนโยบายของรัฐบาลไทยกำหนดให้ประเทศไทยต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ให้ได้ร้อยละ 25-40 ภายในปี 2563 ซึ่งเป็นสาระหลักที่รัฐบาลได้ให้สัตยาบรรณกับประชาคมโลก (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) ด้วยเหตุนี้ กรมโยธาธิการและผังเมืองจำเป็นต้องจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับเมืองเป็นฐานข้อมูลปัจจุบัน โดยอาจเลือกผังเมืองรวม อย่างน้อยแยกตามภาค หรือเมืองหลัก เมืองรอง ต่อจากนั้นในปี 2563 ต้องศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเมืองเหล่านี้อีกครั้ง เพื่อประเมินเปรียบเทียบผลการปฏิบัติงาน (Monitoring) สำหรับจัดทำรายงานเสนอต่อ IPCC ต่อไป นั่นหมายความว่า เมืองที่ถูกเลือกเหล่านั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องรวมถึงกรมฯ ต้องมีโครงการและแผนปฏิบัติการพร้อมงบประมาณอย่างเพียงพอและต่อเนื่อง เป็นแผน 5-10 ปี เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ให้บรรลุเป้าหมายที่รัฐบาลตั้งไว้ในปี 2563

3) มาตรการด้านผังเมือง เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Planning Measures for Climate Change)

Urban Planning for Climate Change โดย Edward J. Blakely และ Urban Density and Climate Change โดย David Dodman เป็นเอกสารทางวิชาการสองฉบับที่น่าสนใจ กล่าวถึงแนวความคิดการประยุกต์มาตรการผัง

เมืองเพื่อบรรเทาปัญหาภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ทั้งสองได้รวบรวมข้อมูล และแนวความคิดที่เกี่ยวข้องด้านผังเมืองกับภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งประมวลปัญหาและประสบการณ์ในหลายประเทศที่พยายามนำการผังเมืองมาใช้ประโยชน์ เหตุผลหลักที่นักวิชาการให้ความสำคัญกับชุมชนเมือง เพราะมนุษย์เป็นผู้ก่อปัญหาผ่านกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวัน โดยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น กระทั่งมีผลทำให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง และการสำรวจพบว่ากว่าร้อยละ 75 ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งโลกมาจากชุมชนเมืองใหญ่น้อยที่มีมนุษย์อาศัยหนาแน่นนั่นเอง ดังนั้น เมืองและมาตรการด้านผังเมืองจึงได้รับความสนใจและให้ความสำคัญ เป็นมาตรการหลักในการแก้และบรรเทาปัญหาภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงที่คาดหวังได้ผลมากที่สุด[3]

การพัฒนาเมืองและการผังเมืองได้รับการกล่าวถึงมากที่สุด กระทั่งกำหนดนโยบายของเมืองว่าด้วยสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Urban Policy on Climate Change) และรัฐบาลบางประเทศได้ประกาศนโยบายว่าจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 25-50 ก่อนปี 2020 หรือ พ.ศ. 2563 ทำให้เกิดยุทธศาสตร์ลดโลกร้อนด้วยมาตรการผังเมืองตามมา นิยามตามหลักสากลว่าด้วยลดโลกร้อน มี 2 คำหลัก ได้แก่ มาตรการบรรเทา (Mitigation) และมาตรการปรับตัว (Adaptation) ทั้งสองนิยามถูกแนะนำและเผยแพร่ไปยังกลุ่มประเทศสมาชิกทั่วโลก เพื่อร่วมกันลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเป็นส่วนหนึ่งในด้านผังเมือง

มาตรการบรรเทาเป็นนิยามแรกที่ปรากฏในยุคเริ่มรณรงค์มาตั้งแต่ทศวรรษที่ 1990 หมายถึงปฏิบัติการระยะยาว (Long-Term) เพื่อกำจัด (eliminate) และลดความเสี่ยงภัยพิบัติจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง แต่พบว่ามาตรการนี้อาจไม่ทันการณ์ เมื่อเทียบกับภัยธรรมชาติที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นทั่วทุกภูมิภาคตลอดปลายศตวรรษที่ 20

มาตรการปรับตัวมีระยะปฏิบัติการสั้นกว่า หรือต้องปฏิบัติทันที เพื่อเร่งรัดผลให้แก้ไขปัญหาที่เร่งด่วน ไม่อาจผ่อนปรนหรือรอคอยการเจรจาต่อรอง หรือเพื่อประสานประโยชน์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพราะระยะเวลาที่ผ่านไปจะเพิ่มความเสี่ยง และสร้างความเสียหายมากเกินกว่าประมาณการณ์ได้ มาตรการปรับตัวสามารถร่วมแก้ปัญหาโลกร้อนและสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงได้ด้วยตนเอง จากรายงานการศึกษา พบว่าประเทศที่ตั้งอยู่ในแนวใกล้เส้นศูนย์สูตรมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงมากกว่าประเทศในเขตหนาว ในขณะที่ประเทศเสี่ยงมากกว่ากลับดำเนินการน้อยกว่าเพื่อเตรียมรับผลกระทบ ทั้งสองมาตรการถูกเร่งรัดเนื่องจากการปล่อยระยะเวลาให้เนิ่นนานออกไป ภัยธรรมชาติต่างๆจะรุนแรงมากขึ้นและแก้ไขได้ยากลำบาก ความสูญเสียและงบประมาณจะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

เอกสารบางฉบับกล่าวถึงปัญหาการเติบโตของเมืองอย่างไร้ทิศทาง (Urban Sprawl) ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักที่งานผังเมืองต้องแก้ปัญหา เนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดและต้นเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด นับจากการกระจายตัวของชุมชนเมืองที่แผ่กระจาย ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการเดินทาง สิ้นเปลืองในการวางระบบสาธารณูปโภคสาธารณูปการ และร้ายแรงที่สุดคือการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างไม่คุ้มค่า รวมถึงการสูญเสียพื้นที่เกษตรกรรมอุดมสมบูรณ์ย่านชานเมืองและการสูญเสียพื้นที่ลุ่มน้ำ หรือพื้นที่แก้มลิง ทำให้เกิดน้ำท่วมเมือง เช่น กรณีน้ำท่วมใหญ่ในประเทศไทยในเดือนตุลาคม 2553 นอกจากนี้ David Dodman ได้ศึกษาและนำเสนอแนวทางการลดปัญหาโลกร้อนด้วยการควบคุมความหนาแน่นประชากรเมือง Urban Density และควบคุมไม่ให้เกิดการพัฒนาเมืองอย่างไร้ทิศทาง (Urban Sprawl) หรือการกำกับควบคุมพัฒนาเมืองด้วยมาตรการผังเมืองนั่นเอง โดยมุ่งหมายให้เมืองมีขนาดที่เหมาะสม และสามารถประหยัดตลอดจนใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า เช่น การพัฒนาเมืองให้อาคารต่างๆ อยู่ในรัศมีไม่ห่างกันมากนัก สะดวกต่อการเดินเท้า การเดินทางด้วยจักรยานหรือระบบขนส่งมวลชน เป็นผลโดยตรงต่อการลดปริมาณการใช้น้ำมัน ต่อเนื่องถึงลดการปล่อยก๊าซ

[3] ดร.ธงชัย โรจนกนันท์. **เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์กลุ่มภารกิจด้านสาธารณภัยและพัฒนาเมือง.** วันที่ 25 มิถุนายน 2559 โรงแรมเอเชีย กรุงเทพมหานคร และโครงการ GTZ วันที่ 20 สิงหาคา 2553 ที่จังหวัดขอนแก่น

คาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ประเด็นที่ถูกถกคิดและโต้เถียงกันมากได้แก่ เมืองแต่ละเมืองควรมีความหนาแน่นเท่าใด เพราะเมืองใหญ่น้อยต่างมีลักษณะและอัตราการเติบโตไม่เท่ากัน เพื่อให้เมืองมีรูปแบบที่เอื้ออำนวยต่อการแก้ปัญหาโลกร้อน นักวิชาการส่วนใหญ่เห็นพ้องว่าจำเป็นต้องนำทฤษฎีเมืองกระชับหรือ Theory of Urban Compact มาประยุกต์ใช้กับเมืองเหล่านี้ ซึ่งเหมาะสมสำหรับเมืองขนาดกลางและขนาดเล็กที่มีอัตราการขยายตัวปานกลาง ในขณะที่ยากกว่าในการประยุกต์ใช้กับเมืองขนาดใหญ่ระดับมหานครและเมืองที่ขยายตัวรวดเร็ว

การออกแบบเมืองให้กระชับนั้น ต้องระมัดระวังไม่ให้มีกลุ่มอาคารคอนกรีตขนาดใหญ่เกาะกลุ่มกันมากเกินไป เพราะความร้อนจากอาคาร ทั้งจากการสะสมพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ในเวลากลางวันและความร้อนจากเครื่องปรับอากาศ โดยไม่มีระบบการหมุนเวียนถ่ายเทของลมพัดพาความร้อนออกจากเมือง จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะกลุ่มความร้อนในเมือง (Urban Heat Island) ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ที่ปรากฏชัดในเมือง เช่น มหานครในกลุ่มประเทศตะวันตก รวมถึงกรุงเทพมหานครและเชียงใหม่

ในปี 2005 Neumann กล่าวสรุปว่า การประยุกต์ทฤษฎีเมืองกระชับหรือ Theory of Urban Compact โดยลำพังนั้น ไม่เพียงพอต่อการบรรเทาปัญหาโลกร้อน ต่อมาในปี 2006 Jabareen ได้เสนอแนวความคิดการออกแบบและวางผังเมืองผนวกเพิ่มจากทฤษฎีเมืองกระชับ ซึ่งยอมรับว่าเป็นแนวทางที่ดีที่สุด โดยเพิ่มสาระการวางผังระบบคมนาคมอย่างยั่งยืน การคุมเข้มความหนาแน่นของเมือง นอกจากนั้นยังเสนอให้เพิ่มสาระหรือบริบท (Context) ด้านการผังเมืองเชิงนิเวศ (Urban Ecology) การพัฒนาเมืองด้วยแนวทางต่างจากความคิดที่เคยปฏิบัติกันมา (Neo-traditional Development) และการพัฒนาที่พึ่งพาตนเองให้มากที่สุด รูปแบบของความหนาแน่น (Density Pattern) เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่นักวิชาการกลุ่มนี้กล่าวถึง โดยเฉพาะรูปแบบการบริโภคของประชากรเมืองกลุ่มต่างๆในเมือง เพราะประชากรที่มีรายได้สูงมักไม่ให้ความสำคัญการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ตัวอย่างกรณีการประหยัดพลังงาน และการบริโภคอย่างพอควร แม้ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนไม่มากนัก แต่สามารถก่อเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาโลกร้อนได้มากกว่าประชากรกลุ่มอื่นในเมือง ดังนั้นการรณรงค์ให้ทุกภาคส่วนร่วมกันแก้ปัญหาจึงเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่สำคัญ ตัวอย่างที่น่าสนใจได้แก่ การปลุกจิตสำนักเรื่องสิ่งแวดล้อมในโรงเรียน เริ่มตั้งแต่ระดับอนุบาล

David Dodman นำเสนอผลกระทบจากภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงต่อชุมชนเมือง มีการจำแนกเพื่อให้เกิดความเข้าใจ โดยสรุปในรูปของตาราง ดังตาราง 2-1

ตาราง 2-1 ผลกระทบจากภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงต่อชุมชนเมือง

ความเปลี่ยนแปลง (Changes)	ผลกระทบต่อมนุษย์และชุมชนเมือง
อุณหภูมิสูงขึ้น	-ต้องการใช้พลังงานมากขึ้น (เครื่องปรับอากาศ+ทำความร้อน) -คุณภาพอากาศต่ำลง -เกิดปรากฏการณ์เกาะกลุ่มความร้อนในเมือง (Urban Heat Island)
สภาพอากาศ	-เพิ่มความเสี่ยงน้ำท่วม -เพิ่มความเสี่ยงดินถล่ม -ประชากรชนบทย้ายถิ่นบานเข้าเมือง -ผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหาร
ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น	-น้ำท่วมพื้นที่ชายฝั่งทะเล

	-ผลกระทบต่อการท่องเที่ยวและเกษตรกรรมชายฝั่ง -การรุกของน้ำเค็มสู่แหล่งน้ำจืด
ความเปลี่ยนแปลงขั้นรุนแรง (Changes in Extreme)	
ฝนตกหนักและพายุไต้ฝุ่น	-น้ำท่วมรุนแรงบ่อยครั้งมากขึ้น -ภาวะดินถล่มเสี่ยงสูงมากขึ้น -เศรษฐกิจชุมชนเสียหาย -อาคาร บ้านเรือนเสียหาย
ความแห้งแล้ง	-ขาดแคลนน้ำ -อาหารขาดแคลนและราคาแพง -ผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ

ที่มา: Willbanks T.(2007), Climate Change 2007; Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge

การประมวลผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงที่จะก่อให้เกิดภัยธรรมชาติรุนแรง โดยเฉพาะต่อพื้นที่ชุมชนเมือง การประยุกต์ทฤษฎีเมืองกระชับหรือ Theory of Urban Compact จึงต้องศึกษาอย่างละเอียดรอบคอบ โดยยึดหลักและเกณฑ์การวางผังเมือง พื้นที่ที่มีประชากรอาศัยหนาแน่นควรเป็นพื้นที่ที่ปลอดภัยมากที่สุด ในขณะที่พื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยพิบัติสูง ควรมีประชากรอาศัยน้อยที่สุด เพื่ออัตราเสี่ยงและความสูญเสียจากภัยธรรมชาติทุกประเภท สำหรับชุมชนเดิม ควรทบทวนนโยบายการพัฒนาเมือง พื้นที่อ่อนไหวควรปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค เพิ่มประสิทธิภาพในการรับผลกระทบจากภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง

แม้แนวทางการบรรเทาปัญหาโลกร้อนด้วยมาตรการผังเป็นมาตรเริ่มแรกที่หลายประเทศเริ่มดำเนินการมานานหลายปี แต่นักวิชาการต่างสาขาได้นำเสนอมาตรการอื่นประกอบและประยุกต์ปฏิบัติอย่างจริงจัง เช่น การลดปริมาณขยะ การประหยัดพลังงานรูปแบบต่างๆ และการสร้างแหล่งพลังงานใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังกรณีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกระแสลม และจากแสงอาทิตย์ โดยรัฐบาลสนับสนุนทั้งด้านวิชาการและงบประมาณ

รายงานการศึกษามากมายได้เสนอแนวทางหลายประการ และสรุปแนวทางสำเร็จด้วยการกำหนดนโยบายการพัฒนา ผ่านมาตรการผังเมือง การควบคุมการก่อสร้างอาคารซึ่งแตกต่างจากวัตถุประสงค์เดิม ไม่ใช่เพียงการพิจารณาความมั่นคงแข็งแรงเหมือนในอดีต แต่ต้องคำนึงเรื่องสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง เช่น การเพิ่มระยะถอยร่นอาคาร จากอาคารข้างเคียงและจากแหล่งน้ำ เพื่อเพิ่มที่โล่งสำหรับปลูกต้นไม้ ตลอดจนการเพิ่มระยะห่างระหว่างอาคารในเมืองใหญ่ให้มีการถ่ายเทระบายความร้อนในเมือง

หากเปรียบเทียบความพยายามในการนำมาตรการผังเมืองมาลดและบรรเทาปัญหาโลกร้อนและสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง กลุ่มประเทศในยุโรปหลายประเทศได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องมานานหลายปี ความก้าวหน้าส่วนหนึ่งมาจากการควบคุมการพัฒนาเมืองอย่างจริงจัง ประกอบกับอัตราการเพิ่มประชากรน้อยมาก ตัวอย่างกรณีกรุงเบอร์ลินมีประชากรประมาณ 3 ล้านคนเศษ อาศัยในพื้นที่ราว 600 ตารางกิโลเมตร ความหนาแน่นประชากรเฉลี่ย 12,000 คนต่อตารางกิโลเมตร แต่ทว่าสามารถรักษาพื้นที่สีเขียว ทั้งสวนสาธารณะขนาดใหญ่และพื้นที่โล่งได้มาก ตามแนวนโยบายเมืองสีเขียว (Green City) เน้นสิ่งแวดล้อมธรรมชาติในเมืองใหญ่

ด้วยเหตุที่ขอบเขตความเป็นเมืองกว้างใหญ่ และขยายตัวต่อเนื่องอย่างรวดเร็ว มาตรการผังเมืองจึงมุ่งเน้นพื้นที่ที่มีความอ่อนไหว (Vulnerability) ซึ่งครอบคลุมสาระความอ่อนไหวไว้หลายด้าน จากระบบนิเวศธรรมชาติ (Natural Ecology) จนถึงระบบนิเวศเมือง (Urban Ecology) ทำให้เกิดนิยามที่ต้องผนวกในงานผังเมืองมากขึ้น เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biological Diversity) ซึ่งมาพร้อมกับทฤษฎีต่างๆมากมายที่นักผังเมืองต้องเรียนรู้เพิ่มขึ้น

สิ่งเหล่านี้นำมาซึ่งการนำเสนอมาตรการผังเมืองเพื่อลดภาวะโลกร้อน และลดผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง จากหลักการที่กว้างขึ้น เช่น การเพิ่มพื้นที่สีเขียว ทั้งสวนสาธารณะขนาดใหญ่ถึงสวนหย่อมในระดับชุมชน เพื่อให้มีสัดส่วนการผลิตออกซิเจนจากต้นไม้ต่อประชากรในเมือง และสัดส่วนพื้นที่สีเขียวมากขึ้นในย่านอุตสาหกรรมซึ่งอุตสาหกรรมบางประเภทเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่า ส่วนใหญ่มาตรการเข้มข้นปรากฏในรูปการควบคุมสัดส่วนการใช้ประโยชน์พื้นที่อาคาร (Floor Area Ratio-FAR) การกำหนดสัดส่วนพื้นที่โล่ง (Open Space Ratio-OSR) และระยะถอยร่นอาคารมากขึ้นจากเขตที่ดินและจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

การวางผังเมืองทุกระดับให้มีทางจักรยานเป็นอีกมาตรการหนึ่งที่ถูกเร่งรัด เพื่อให้เกิดผลในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และวางระบบขนส่งมวลชนรูปแบบต่างๆเพื่อลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว และมาตรการด้านผังเมืองอื่นๆเพื่อลดการใช้พลังงาน ลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็น ลดการทิ้งขยะ และลดการก่อมลพิษทุกประเภทจากเมือง

สรุป

การลดภาวะโลกร้อนและลดผลกระทบของสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงด้วยมาตรการผังเมือง เป็นพัฒนาการแนวความคิดมานานหลายทศวรรษ ถูกปรับปรุงและผนวกสาระรวมถึงข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้ามากขึ้น เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ไข บรรเทา และลดความเสี่ยงภัยพิบัติจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงที่คาดว่าจะทวีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคต

เดือนพฤศจิกายน 2552 สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้นำเสนอแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ พ.ศ. 2553-2562 กำหนดให้ทุกหน่วยงานพัฒนาความเข้าใจ และทักษะเจ้าหน้าที่ฝ่ายปฏิบัติการ ในการเตรียมความพร้อมรับผลกระทบจากความเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจด้านความเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงแก่บุคลากรด้านการผังเมือง เพื่อเสริมแนวความคิดและทฤษฎีร่วมสมัยสำหรับประยุกต์ใช้ในงานผังเมือง และเพื่อพัฒนาทักษะในการบริหารการจัดการที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง โดยมีเป้าหมายให้ผู้บริหารระดับกลาง สถาปนิก นักผังเมือง และเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ด้านผังเมือง ทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค ในกรมโยธาธิการและผังเมือง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแผนงานที่สำนักงานผู้ประสานงานความเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนำเสนอ ควบคู่กับแผนปฏิบัติการต่างๆต่อเนื่องถึงปี 2563

อย่างไรก็ตาม สำหรับประเทศไทยนั้น แนวความคิดลดความเสี่ยงภัยจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงด้วยมาตรการผังเมืองยังเป็นเรื่องใหม่ แม้ขาดความพร้อมหลายด้าน แต่เป็นหน้าที่ที่กรมโยธาธิการและผังเมืองต้องปฏิบัติตามสัตยาบรรณที่รัฐบาลลงนามกับประชาคมโลก โดยมีตัวชี้วัดและระยะเวลาที่กำหนดไว้ชัดเจน ซึ่งจักมีสาระที่เข้มข้นมากขึ้นใน

2.4 สาเหตุ ปัจจัยของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความเปราะบางของเมือง

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นเหตุการณ์สำคัญ ซึ่งเป็นที่มาของการเกิดมหาภัยพิบัติทางธรรมชาติ ทำให้คนส่วนใหญ่ได้หันมาสนใจกับสาเหตุที่แท้จริงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยส่วนใหญ่แล้วเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ที่มาจากการพัฒนาในด้านต่างๆ ทั้งด้านกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม จากการศึกษาของ[4] ศูนย์การวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในโครงการศึกษามาตรการที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แสดงถึงปัจจัยที่ส่งผลให้ภาคส่วนการพัฒนาเกิดความเสี่ยง และความล่อแหลมเปราะบางต่อภูมิอากาศ 4 ประเด็น คือ

1) การพัฒนาภาคการเกษตรกรรม (การผลิตพืชเศรษฐกิจ) ประกอบด้วย การจัดการน้ำและภัยพิบัติ (น้ำท่วม ดินโคลนถล่ม ขาดแคลนน้ำ) ปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสี่ยง คือ การบุกรุกทำลายป่า (การสูญเสียพื้นที่ป่าไม้) การก่อสร้างอาคาร ฯล และความสามารถในการกักเก็บน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ
2) การพัฒนาชุมชนและพื้นที่ประเภทเมืองธุรกิจ และสถาบันราชการ ประกอบด้วย โรคระบาด ภัยพิบัติ (น้ำท่วมและปัญหาหมอกควัน) ปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสี่ยง คือ จำนวน/ความหนาแน่นของประชากรและการขยายตัวของเมือง วัตถุดิบประกอบอาหาร การจัดการน้ำนอกเขตเมือง การจัดการไฟป่าและการจัดการพื้นที่เกษตรก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวโดยวิธีเผา (นอกเขตเมือง)
3) การพัฒนาเศรษฐกิจชายฝั่งทะเล เช่น ภาคการท่องเที่ยว ปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสี่ยง คือ สภาวะฝนตกหนัก การสื่อสารข่าวภัยพิบัติ รูปแบบการพัฒนาที่กระจุกตัว และความเสื่อมโทรมของทรัพยากรท่องเที่ยว (ปะการัง คุณภาพน้ำทะเล ฯลฯ)
4) การบริหารจัดการแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ เช่น การจัดการพื้นที่ป่าไม้ (ปัญหาไฟป่าและหมอกควัน) ปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสี่ยง คือ ลักษณะป่า/อุณหภูมิ และการเผาในพื้นที่เกษตร

Ebru A. Gencer (2007) กล่าวว่า การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากรประกอบกับความรุนแรงของมหันตภัยธรรมชาติได้ทำให้เมืองขนาดใหญ่เกิดความเปราะบางยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเมื่อที่อยู่อาศัย และโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ใช้วัสดุที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ความเลื่อมล้ำของเศรษฐกิจ สังคม จะเพิ่มความอ่อนแอให้กับมหานครในการรับมือกับภัยพิบัติ นอกจากนี้หน้าที่ทางภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวกับการเลือกพื้นที่ในการตั้งถิ่นฐาน จะมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความเสี่ยงในการเกิดภัยพิบัติ ซึ่ง Ebru A. Gencer ได้ทำการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ ในเมืองอิสตันบูล ประเทศตุรกี การวิจัยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลความเสี่ยง โดยการทบทวน วิเคราะห์ประวัติศาสตร์ที่ผ่านมาของเมือง โดยการตรวจสอบกฎหมายในการจัดวางผังเมือง รวมถึงการออกแบบนโยบายเกี่ยวกับความเปราะบางของเมือง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อความเสี่ยง (Components of Risks)

ACCCRN (2012) ให้นิยามของภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในบริบทของพื้นที่ในเมืองว่าเป็นความสามารถที่เมืองจะสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ก่อนที่ตัวระบบเองจะปรับเปลี่ยนโครงสร้างและกระบวนสู่สภาพใหม่ โดยภูมิคุ้มกันดังกล่าววัดได้จากความสามารถของเมืองในการสร้างความสมดุลระหว่างระบบนิเวศ และสังคมมนุษย์ ที่สำคัญ ในรายงานระบุ 10 ปัจจัย ที่จะช่วยให้เมืองมีความล่อแหลมน้อยลงและมีภูมิคุ้มกันสูงขึ้นดังนี้

1) การใช้สอยพื้นที่และการวางผังเมือง
2) ทางระบายน้ำและการจัดการน้ำท่วมและขยะ

[4] ศูนย์การวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,โครงการศึกษามาตรการที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

3) ระบบจัดการน้ำ
4) ระบบจัดการและช่วยเหลือเตือนภัย
5) ระบบสุขภาพ
6) ระบบการคมนาคมและอาคารที่ทนทาน
7) การดูแลระบบนิเวศ
8) การสร้างความหลากหลายและการป้องกันความเสี่ยงต่อวิถีชีวิต
9) การศึกษาและการสร้างขีดความสามารถ
10) กลไกความร่วมมือและสนับสนุนจากสถาบัน

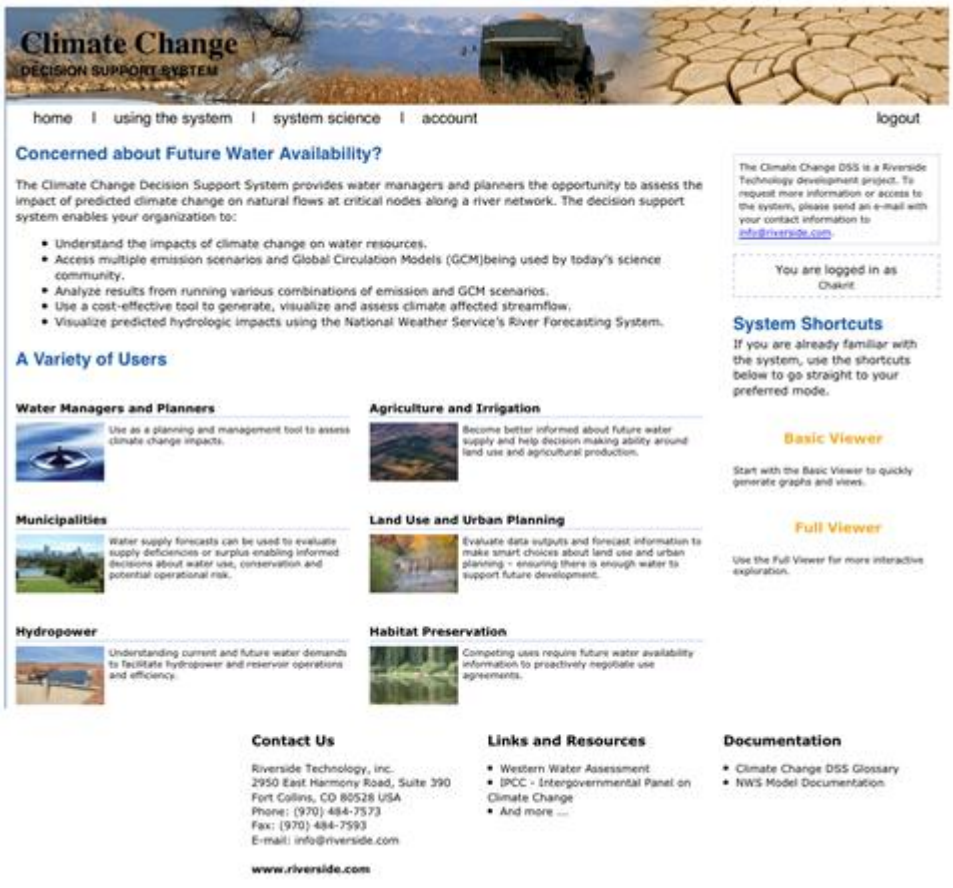
จะเห็นได้ว่าการปรับตัวและสร้างภูมิคุ้มกันสำหรับเมืองนั้นต้องการวิสัยทัศน์ที่มองแบบองค์รวมกว้าง และมองไปสู่อนาคต และเพียงต้องการการปรับปรุงแผนพัฒนาที่มีอยู่เดิมให้สอดคล้องกับบริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันและอนาคต

2.5 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change Decision Support System)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และระบบสิ่งแวดล้อมทั่วโลก อย่างไรก็ตามความไม่แน่นอนในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตก็ยังคงมีอยู่ อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในการทำความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่เกี่ยวข้อง ตลอดระยะเวลากว่า 2 ทศวรรษที่ผ่านมาได้มีความพยายามอย่างยิ่งเพื่อที่จะพัฒนาปรับปรุงแบบจำลองระบบมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมในระดับภูมิภาค เพื่อบูรณาการแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ แบบจำลองระบบสิ่งแวดล้อมและแบบจำลองทางเศรษฐกิจพลังงานเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจการจัดการนโยบายการลงทุน และการบริหารความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการบรรเทา (Mitigation) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการปรับตัว (Adation) เช่น การตอบสนองต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่ามาตรการการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยการจำกัดและลดการปล่อยการเรือนกระจกขึ้นสู่บรรยากาศจะประสบความสำเร็จ แต่ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก็ยังจะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากก๊าซเรือนกระจกที่มีมากในชั้นบรรยากาศในปัจจุบัน ซึ่งจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 50 ปีจึงจะกลับสู่สภาพเดิม (EU, 2009) ดังนั้นโลกจะต้องเผชิญกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างหลีกเลียงไม่ได้ โดยจะส่งผลกระทบต่อหลายภาคส่วนไม่ว่าจะเป็น ภาคแหล่งน้ำ การเกษตร พลังงาน สุขภาพ เป็นต้น

การเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อตรวจสอบว่าสถานที่ หรือภูมิภาคใด และภาคส่วนไหนที่มีความล่อแหลมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถือว่าเป็นความท้าทายสำหรับผู้มีอำนาจตัดสินใจและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อการดำเนินการหามาตรการปรับตัวที่เหมาะสมในแต่ล่ะพื้นที่ เครื่องมือที่สำคัญยิ่งที่จะช่วยในการตัดสินใจเหล่านี้คือระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System, DSS) เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่มีการรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเป็นระบบ โดยการนำเสนอข้อมูลที่สามารถเข้าใจได้ง่าย ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย และสามารถเลือกพื้นที่ได้ ซึ่งข้อมูลที่นำเสนอจะต้องอยู่ในรูปแบบของแผนที่หรือกราฟที่สามารถสื่อสารและเข้าใจได้ง่ายระหว่างผู้มีอำนาจในการตัดสินใจและผู้มีส่วนได้เสีย

ตัวอย่างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น Riverside's Climate Change DSS ได้ออกแบบเพื่อบริการข้อมูลให้ผู้ที่มีหน้าที่จัดการน้ำเพื่อประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อทรัพยากรน้ำ โดยใช้แบบจำลองอุทกศาสตร์ (Hydrologic Model) เพื่อทำการแปลงข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (Globla Climate Model, GCM) ที่ผ่านการย่อส่วนโดยวิธีทางสถิติ (Statistical Downscaling) ให้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาของการไหลของน้ำท่าเพื่อใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ ซึ่งแต่ละอนุกรมเวลาแทนการจำลองการคาดการณ์ของการไหลของน้ำท่าจากแบบจำลอง GCM แต่ล่ะ emission scenarios โดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ Riverside's Climate Change DSS พัฒนาขึ้นมานั้นให้บริการข้อมูลโดยสรุปเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเปรียบข้อมูลการการคาดการณ์การไหลของน้ำในอนาคตเทียบกับ การไหลของน้ำท่าในปีฐานได้ ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อดูผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำจากการประมาณการจากแบบจำลอง GCM แต่ล่ะตัว ระบบ DSS มีกลไกเพื่อทบทวน วิเคราะห์ และ ผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นเพื่อสนับสนุนการวางแผนในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและรับรู้ถึงความไม่แน่นอนของสภาพภูมิอากาศในอนาคต



ภาพ 2-4 ตัวอย่าง Climate Change Decision Support System
ที่มา http://www.climatechangedss.com/

2.6 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1) ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในทวีปเอเชีย

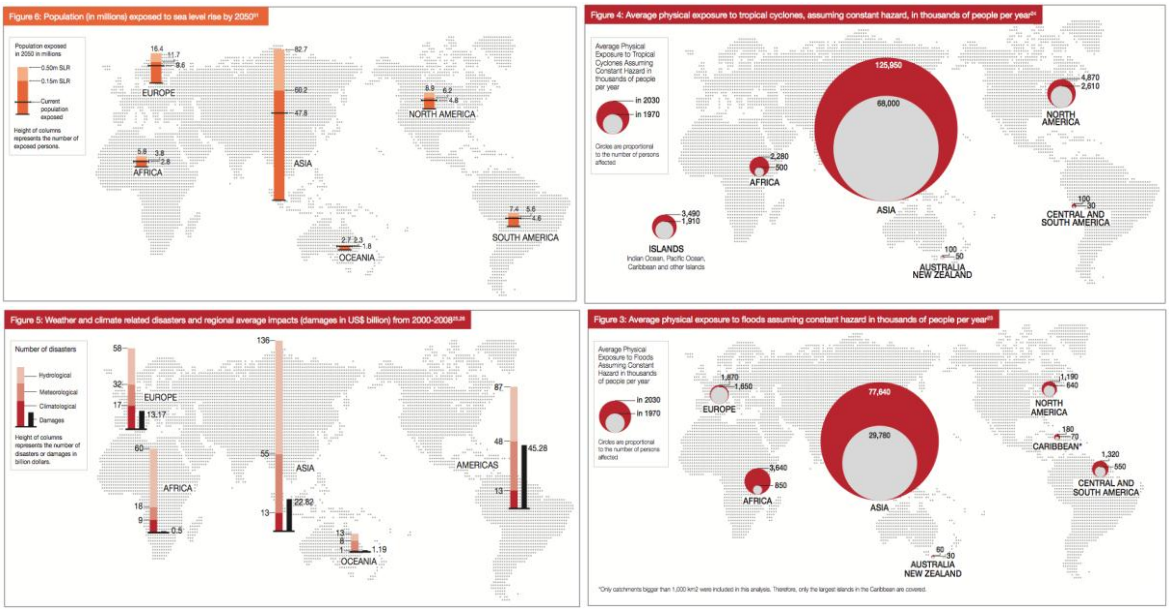
ระบบการผลิต (Production systems) โดยเฉพาะในภาคการเกษตร มีความอ่อนไหวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมากที่สุด (McCarthy & Group, 2001) ซึ่งในอนาคตภายในปี 2550 ทวีปเอเชียจะมีพื้นที่เกษตรที่เสื่อมสภาพมากขึ้นประมาณ 18 ล้านตารางกิโลเมตร และในช่วงปี 1990 การผลิตข้าวในทวีปเอเชียมีการขยายตัวที่ช้ากว่าอัตราการเติบโตของประชากร เนื่องจากการขาดแคลนน้ำ การใช้สารเคมี และปัญหาด้านนโยบาย แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของภูมิภาค

การขาดแคลนด้านอาหาร (Food security) การเพิ่มขึ้นของประชากร ส่งผลให้มีประชากรที่ขาดแคลนด้านอาการมากขึ้น โดยในระหว่างปี 1995-1999 มีประชากรที่ขาดแคลนอาหารเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6 เป็นร้อยละ 12 โดยกลุ่มที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือกลุ่มเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 5 ปี นอกจากการเพิ่มขึ้นของประชากรแล้ว การเปลี่ยนแปลงด้านรูปแบบการบริโภค จะนำไปสู่การเกษตรที่เข้มข้น การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ป่ากลายเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งการทำการเกษตรอย่างเข้มข้นทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดิน สูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย ในช่วงปีที่ผ่านมาบางประเทศในทวีปเอเชียได้ชะลอการผลิตอาหาร อันเนื่องมาจากการลดลงของสารอาหารในดิน การขาดแคลนน้ำ และปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

มหาสมุทรและระบบนิเวศชายฝั่ง (Oceanic and Coastal Ecosystems) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล ทั้งมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและเหตุการณ์พายุรุนแรง เมืองชายฝั่งทะเลที่ได้รับผลกระทบรุนแรง เช่น เซี่ยงไฮ้ เทียนจิน กวางโจว จาการ์ตา โตเกียว กรุงเทพมหานคร เป็นต้น

พายุและไซโคลน (Cyclones and storms) ความไม่แน่นอนของสภาพภูมิอากาศและสภาวะโลกร้อนส่งผลให้มีความถี่ของการเกิดพายุไซโคลนในเขตร้อนและคลื่นพายุเพิ่มขึ้น ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวส่งผลต่อการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน เช่น เหตุการณ์พายุไซโคลนนิลามถล่มประเทศอินเดียเมื่อเดือนตุลาคม 2555

ด้านสุขภาพ (Human Health) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและมลพิษทางอากาศ ส่งผลให้มีจำนวนผู้ป่วยที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนมากขึ้น (Heat Stroke) เช่นเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 31 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อสุขภาพของประชาชนในโตเกียว ญี่ปุ่น เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อสุขภาพของประชาชนในหนานจิง ประเทศจีน (Ando et al., 1996)



ภาพ 2-5 ผลกระทบจากการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศ
(Mitchell, 2012)

2) ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อชุมชนเมือง

ชุมชนเมืองต้องเผชิญหน้ากับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังต่อไปนี้คือ (Rosenzweing et al., 2011)

- ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเขตเมือง (Urban heat Island effects) โดยปกติแล้วพื้นที่ในเขตเมืองอุณหภูมิจะสูงกว่าบริเวณข้างเคียงเนื่องมาจากความสามารถในการดูกลืนความร้อนที่สูงกว่าและ
- มลพิษทางอากาศ (Air Pollution) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อุณหภูมิอากาศในเขตเมืองสูงอีกสาเหตุหนึ่ง
- สภาพภูมิอากาศสุดโต่ง (Climate extremes) เช่น พายุฝนตกหนัก คลื่นความร้อน เป็นต้น

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อเมืองจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้น และปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะแตกต่างกันไปในแต่ละสถานที่ ยกตัวอย่างเช่นเมืองใกล้ชายฝั่งที่มีความสูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่มาก การเกิดแผ่นดินทรุดอาจมีความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล และคลื่นทะเลจากพายุ ในขณะที่เมืองในเขตภูมิอากาศร้อน (หรือเขตอบอุ่นในช่วงฤดูร้อน) อาจจะได้รับผลกระทบจากคลื่นความร้อนที่นานและมีความรุนแรงมากขึ้น The World Bank (www.worldbank.org/eap/climatecities) ได้เสนอแนะวิธีการระบุขอบเขตของเมืองว่าผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เป็นไปได้ในเขตเมืองซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะทำเลที่ตั้งของเมือง ยกตัวอย่างเช่น การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเป็นภัยคุกคามต่อเมืองที่อยู่บริเวณชายฝั่ง (World Bank, 2009)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบทั้งในระยะสั้นและระยะยาวต่อเมือง ทั้งผลกระทบต่อสุขภาพพลานามัยของประชาชน ทรัพย์สิน ระบบเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งผลกระทบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการเตรียมความพร้อมในการรับมือและการตอบสนองของเมือง ตาราง 2-2 แสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อเมืองภายใต้การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงกลางถึงปลายศตวรรษที่

21 โดย IPCC AR4 (IPCC,2008) และรายงานประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและเมืองของ Rosenzweig et al (2011)

ตาราง 2-2 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เป็นไปได้ต่อเมือง

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Likelihood)	ผลกระทบต่อเมือง	ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ที่จะได้รับผลกระทบมาก
-อากาศร้อนขึ้น จำนวนกลางวันที่เย็นและคืนที่เย็นลดลง (Virtually certain) -ความถี่ห้วงความร้อนหรือคลื่นความร้อนมากขึ้น (Very likely)	-อาการกำเริบของปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองซึ่งทำให้ความเสี่ยงของการตายและการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับความร้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบต่อผู้สูงอายุ ผู้ป่วยเรื้อรัง เด็กอ่อนและผู้ที่แยกตัวออกจากสังคม -ความต้องการพลังงานในการทำความเย็นมากขึ้นในขณะที่ความต้องการพลังงานในการทำความร้อนลดลง -คุณภาพอากาศในเมืองลดลง -ความเครียดเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำโดยเฉพาะเมืองที่อาศัยน้ำจากการละลายของหิมะ จากความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้น และคุณภาพน้ำที่ลดลง -การแพร่ระบาดของโรคที่เกิดจากแมลง (vector-bone) เช่นโรคไข้มาลาเรียแพร่ระบาดไปยังเมืองที่อยู่ละติจูดสูงขึ้น -อุปสรรคต่อการขนส่งเนื่องมาจากหิมะและน้ำแข็งลดลง	ทุกพื้นที่โดยเฉพาะเมืองในผืนดินและเมืองที่ต้องใช้น้ำจากหิมะ
-ความถี่ของเหตุการณ์ฝนตกหนักเพิ่มมากขึ้น (Very likely) - ความเข้มของการเกิดพายุหมุนเขตร้อนมากขึ้น (likely)	-น้ำท่วม ลมแรง ดินถล่ม -การหยุดชะงักของแหล่งน้ำสาธารณะและระบบท่อระบายน้ำและผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน -ความเสียหายและความสูญเสียสินทรัพย์ทางกายภาพและโครงสร้างพื้นฐาน เช่น บ้าน สิ่งอำนวยความสะดวก ระบบสาธารณูปโภค -ความเสี่ยงของการเสียชีวิต บาดเจ็บและป่วยเพิ่มมากขึ้น (โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากน้ำ) -การหยุดชะงักของกิจกรรมการของส่ง พานิชย์ และเศรษฐกิจ	เมืองชายฝั่งหรือเมืองที่ราบน้ำท่วมถึงและเมืองที่อยู่บริเวณภูเขา

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Likelihood)	ผลกระทบต่อเมือง	ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ที่จะได้รับผลกระทบมาก
	-การถอนตัวจากการคุ้มครองความเสี่ยงในพื้นที่เสี่ยงภัยโดย บริษัท ประกันเอกชน -ภาวะขาดน้ำผ่อนเบาลง (ข้อดีช่วงสั้นๆ)	
-พื้นที่ประสพภัยแล้งเพิ่มมากขึ้น (likely)	-ความครียดเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ ความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้น และคุณภาพน้ำที่ลดลง -แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพลังน้ำลดลง -ดินเสื่อม คุณภาพผลผลิตทางการเกษตรลดลง ความเสี่ยงของการขาดแคลนอาหารเพิ่มขึ้น ปัญหาพายุฝุ่น - ศักยภาพสำหรับการโยกย้ายประชากรจากชนบทไปยังพื้นที่ในเมืองมากขึ้น	ทุกเมือง โดยเฉพาะเมืองในภูมิภาคที่ไม่ได้ออกแบบให้เข้ากับสภาพแห้งแล้ง
-การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล (Virtualy likely)	-เกิดการกัดเซาะชายฝั่งและพื้นดินจมน้ำ ค่าใช้จ่ายในการปกป้องชายฝั่งและการย้ายที่อยู่อาศัยมากขึ้น -น้ำใต้ดินลดลงเนื่องจากการรุกน้ำของน้ำทะเลในชั้นหินอุ้มน้ำ -ผลร้ายจากพายุหมุนเขตร้อนคลื่นพายุ (storm surge) โดยเฉพาะน้ำท่วมชายฝั่ง	เมืองชายฝั่ง

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก IPCC 2007 และRosenzweig 2010.

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนอกจากการจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อเมืองแล้วยังส่งผลกระทบต่อเมืองทางอ้อมโดยผ่านผลกระทบต่อพื้นที่นอกเมือง ตัวอย่างผลกระทบที่เป็นไปได้ทางอ้อมต่อเมืองจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น การใช้พลังงานที่มากขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความถี่ และความนานของคลื่นความร้อนในช่วงฤดูร้อน และความต้องการพลังงานเพื่อระบายความร้อน นอกจากนี้เมืองอาจจะต้องเผชิญปัญหาการอพยพถิ่นฐานจากชนบทเข้าเขตเมืองเนื่องผลกระทบจากปัญหาภัยแล้งและสภาพอากาศสุดโต่ง

เมืองจะมีความอ่อนไหวทางเศรษฐกิจจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วย ไม่เพียงเพราะความหนาแน่นของคนในเมือง และความเจริญทางเศรษฐกิจของเมืองเท่านั้น แต่หากไม่มีการเตรียมความพร้อมที่ดีความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะมีมูลค่าที่สูง ยกตัวอย่างเช่น เหตุการณ์พายุเฮอริเคน Kattrina ได้สร้างความเสียหายแก่ประเทศสหรัฐอเมริกากว่า 100,000 ล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ (NOAA 2011) เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงความถี่และความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะสร้างมูลค่าความเสียหายทั่วโลกระหว่าง 28 ถึง 68 พันล้านดอลลาร์สหรัฐต่อปี ในช่วงปลายทศวรรษที่ 2100 (world Bank, 2010b) ส่วนในกรุงมะลิลา กรุงเทพมหานคร และกรุงโอจิมินห์ จะเกิดความเสียหายที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์น้ำท่วม

ประมาณ 2-6 เปอร์เซนต์ของ GDP ของประเทศ เหตุการณ์น้ำท่วมในรอบ 30 ปีในกรุงมะนิลา สร้างความเสียหายประมาณ 900 ล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ และต้องใช้งบประมาณ 1.5 พันล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐเพื่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานในการควบคุมป้องกันปัญหาน้ำท่วม (World Bank, 2010b) นอกจากนี้เหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ในรอบ 50 ปีในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลในปี 2011 สร้างความเสียหายมากว่า 1.44 ล้านล้านบาท (World Bank, 2012)

จะเห็นว่าสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสภาวะโลกร้อน ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบการหมุนเวียนของอากาศและสิ่งมีชีวิต โดยปัจจุบันความแปรปรวนของสภาพอากาศได้ทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ อาทิเช่น บ่อยครั้งที่ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะเกิดฝนตกในหลายพื้นที่ของประเทศไทยและเกิดน้ำท่วมอย่างหนัก นอกจากนี้บางปียังประสบปัญหาภัยแล้งและภาวะฝนทิ้งช่วงสร้างความเสียหายต่อทรัพย์สิน พื้นที่ทำเกษตรกรรม และผลิตผลทางการเกษตร ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิต ตลอดจนอุตสาหกรรมท่องเที่ยวและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ

ในปี พ.ศ. 2553 และ 2554 ประเทศไทยได้เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมจำนวนบ่อยครั้งและรุนแรง และดูเหมือนว่าจะรุนแรงกว่าในอดีต ยกตัวอย่างเช่น ปี พ.ศ. 2553 เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมหนักเกือบทั่วภูมิภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคใต้ตอนล่าง และจังหวัดในภาคกลางเช่น อ่างทอง สำหรับในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งโดยปกติเป็นภาคที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับภาคอื่นๆ ก็เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมหนักในหลายๆ จังหวัดเช่นเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2553 ถือว่าเป็นเหตุการณ์รุนแรงที่สุดในรอบกว่า 50 ปี (ไทยรัฐ, 2550)

ล่าสุดเมื่อปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์น้ำท่วมอย่างหนักใน หลายๆ จังหวัด โดยเฉพาะพื้นที่จังหวัดในภาคกลาง เช่น อยุธยา กรุงเทพ และปริมณฑลได้ถูกน้ำท่วมขังกินเวลานานกว่าหนึ่งเดือน สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก ธนาคารโลกประเมินมูลค่าความเสียหายสูงถึง 1.44 ล้านล้านบาท (World Bank, 2011) เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 และจัดให้เป็นภัยพิบัติที่สร้างความเสียหายมากที่สุดเป็นอันดับ 4 ของโลก (AccuWeather, 2011) เหตุการณ์น้ำท่วมดังกล่าวทำให้พื้นดินกว่า 150 ล้านไร่ ซึ่งในจำนวนนี้เป็นทั้งพื้นที่เกษตรกรรมและอุตสาหกรรมใน 65 จังหวัด 684 อำเภอ ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 4,086,138 ครัวเรือน 13,595,192 คน บ้านเรือนเสียหายทั้งหลัง 2,329 หลัง บ้านเรือนเสียหายบางส่วน 96,833 หลัง พื้นที่การเกษตรคาดว่าจะได้รับความเสียหาย 11.20 ล้านไร่ ถนน 13,961 สาย ท่อระบายน้ำ 777 แห่ง ฝาย 982 แห่ง ทำนบ 142 แห่ง สะพาน/คอสะพาน 724 แห่ง บ่อปลา/บ่อกุ้ง/หอย 231,919 ไร่ ปศุสัตว์ 12.41 ล้านตัว มีผู้เสียชีวิต 813 ราย (44 จังหวัด) สูญหาย 3 คน (จ.แม่ฮ่องสอน 2 ราย จ.อุตรดิตถ์ 1 ราย) (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2554)

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความรุนแรงของอุณหภูมิและฝนแบบสุดโต่งจำนวนมากในภูมิภาคต่างๆทั่วโลก ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาวิเคราะห์ในทวีปยุโรปจากข้อมูลการตรวจวัดช่วงปี ค.ศ. 1946-1999 พบว่าจำนวนวันของกลางคืนที่หนาวเย็น (cold night) มีแนวโน้มลดลงในขณะที่จำนวนวันของกลางคืนที่อุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Tank and Konnen, 2003) ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาในทวีปแอฟริกา (Aguilar et. al, 2009) จากการศึกษาในประเทศจีนจากข้อมูลสถานีตรวจวัดทั่วประเทศพบว่าจำนวนวันของกลางคืนที่หนาวเย็นมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงปี 1961-2000 ส่งผลให้ค่าพิสัยของอุณหภูมิรายวัน (Diurnal Temperature Range, DTR) มีค่าลดลง (Qian and Lin, 2004) ในขณะที่การวิเคราะห์เกี่ยวกับฝนพบว่าจำนวนวันที่ฝนตก

มีแนวโน้มลดลงแต่ความเข้มของฝนมีค่าเพิ่มขึ้น (Zhai et al., 2005) ในทวีปออสเตรเลียจำนวนของวันที่อบอุ่นและกลางคืนที่อบอุ่นมีค่าลดลงตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 ส่วนจำนวนวันฝนตกหนักมีค่าเพิ่มขึ้นในบางพื้นที่ สำหรับแนวโน้มของอุณหภูมิรายวันสุดโต่งและฝนสุดโต่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จากการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดช่วงปี ค.ศ. 1961-1998 พบว่าจำนวนวันที่ร้อนและจำนวนคืนที่อุ่นรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่จำนวนวันฝนตกรายปีมีแนวโน้มมากขึ้นเช่นกัน (Manton et al., 2001) สำหรับการศึกษาในวีปอเมริกา เช่นอเมริกาใต้ พบว่าในช่วงปี ค.ศ. 1960-2000 จำนวนวันของกลางคืนที่อุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยทางสถิติ (Vincent et al., 2005) ในขณะการเปลี่ยนแปลงดัชนีฝนมีแนวโน้มไปในทิศทางที่รุนแรงมากขึ้น (Haylock et al., 2006) บริเวณพื้นที่แคริเบียนเปอร์เซ็นต์ของวันที่อุณหภูมิกลางวันและอุณหภูมิกลางคืนอุ่นมากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปลายทศวรรษที่ 1950 เป็นต้นมา (Peterson et al., 2002) สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าเหตุการณ์ฝนตกหนักมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (Aguilar et. al, 2005)

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและฝนแบบสุดโต่งข้างต้นจะเห็นว่าในหลายๆ ภูมิภาคทั่วโลกมีแนวโน้มที่จะเผชิญกับปัญหาสภาพภูมิอากาศสุดโต่งมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีผลกระทบโดยตรงและทางอ้อมต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ในเมือง ดังนั้นการได้ทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในพื้นที่จะช่วยให้เราสามารถประเมินและเตรียมความพร้อมในการเผชิญปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ได้ และยังเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินผลกระทบต่อด้านต่างๆ ได้

2.7 แนวทางการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อประเมินความเสี่ยงและความล่อแหลมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเมืองที่เลือกเป็นกรณีศึกษา

สำหรับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อประเมินผลกระทบที่เป็นไปได้ในเขตเมืองที่เลือกเป็นพื้นที่ศึกษาจะวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการศึกษาของ Chotamonsak (2012) ซึ่งเป็นข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศภูมิภาค WRF ซึ่งได้ทำการย่อส่วนโดยวิธีทางไดนามิค (Dynamical Downscaling) แบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM5 (ต่อไปนี้แทนด้วย ECHAM5-WRF) ภายใต้ภาพฉายในอนาคต (Scenario) แบบ A1B จากความละเอียดกริดประมาณ 160 กิโลเมตร ย่อส่วนลงมาที่ความละเอียดกริดขนาด 20 กิโลเมตรครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยและประเทศข้างเคียง ซึ่งข้อมูลจากแบบจำลองประกอบไปด้วยข้อมูลสภาพภูมิอากาศปีฐาน ค.ศ. 1990-2009 และข้อมูลการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตปี ค.ศ. 2045-2064 โดยในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีภูมิอากาศ (Climate indices) เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงฝนสุดโต่ง (Precipitation extremes) 5 ตัว (karl et al., 1999) ดังแสดงในตาราง 2-3 ข้อมูลจากการวิเคราะห์จะนำเสนอในรูปแบบของแผนที่ ข้อมูลจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะถูกนำเข้าแบบจำลองประเมินความเสี่ยงและความล่อแหลมของเมืองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ตาราง 2-3 ดัชนีภูมิอากาศ (Climate indices) ที่ใช้วิเคราะห์สภาพภูมิอากาศสุดโต่งและคำอธิบายอย่างย่อ

ที่	ดัชนี	ตัวย่อ	คำอธิบาย
1	precip_rx1day	rx1day	จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสูงสุดในรอบปี
2	precip_r20mm	precip_r20	จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกมากกว่า 20 มม. ใน 1 วัน
3	precip_rx5day_r200_events	rx5d_r200	จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสะสม 5 วัน มากกว่า 200 มม.
4	precip_cdd	precip_cdd	จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกสะสมมากที่สุดในรอบปี
5	precip_cdd_5days	precip_cdd5	จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกติดต่อกัน 5 วัน

2.8 นโยบายเมืองที่ให้ความสำคัญกับสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Urban Policy on Climate Change)

แนวโน้มผลกระทบของสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ทำให้รัฐบาลหลายประเทศต่างทบทวนนโยบายการพัฒนาเมือง [5]นโยบายการพัฒนาเมืองเริ่มเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน หลังจากองค์การสหประชาชาติก่อตั้งหน่วยงานด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง นั่นคือ The United Nations Framework Convention on Climate Change หรือ UNFCCC ในปี 2535 มีบทบาทและหน้าที่หลักในการรณรงค์ให้ประเทศสมาชิกลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยมาตรการ กลยุทธ์และยุทธศาสตร์ต่างๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งปัจจุบัน รัฐบาลหลายประเทศได้ปรับเปลี่ยนนโยบายหลายด้าน เพื่อลดผลกระทบของสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง แม้ประสบปัญหาและอุปสรรค โดยเฉพาะการขาดความร่วมมือจากประเทศที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดอย่างสหรัฐอเมริกา

นโยบายเมืองว่าด้วยสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในแต่ละประเทศ ดูเหมือนแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง สะท้อนความคิด ทัศนคติ ระดับการตื่นตัว ความรับผิดชอบ ดังกรณีประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในโลก กลับไม่ให้ความสำคัญและมองว่าการผูกมัดตนเองในเวทีโลก จะมีผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของตน แตกต่างกับระดับรัฐบาลท้องถิ่น ในกรณีที่ผู้ว่าการรัฐหลายรัฐได้เริ่มการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยการประกาศนโยบายต่างๆ โดยเฉพาะนโยบายเมืองว่าด้วยสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เช่น รัฐ California

ภาคเอกชนและมูลนิธิเพื่อสาธารณะกุศลอย่าง The Rockefeller Foundation กลับมีบทบาทในการรณรงค์และปลุกกระแสสังคมร่วมกันลดโลกร้อน และเตรียมตนเองรับผลกระทบของสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะพายุหมุน Tornado และ Hurricane ซึ่งปรากฏชัดว่ามีความถี่และความรุนแรงมากขึ้นทุกปี ไม่ต่างจากภูมิภาคอื่นอย่างประเทศไทย ดังกรณีพายุหมุนหลายลูกผ่านประเทศไทย ทำให้เกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ในปี 2554

[5] ดร.ธงชัย โรจนกนันท์, **เอกสารประกอบการบรรยาย การประชุมเชิงปฏิบัติการ "นวัตกรรมเมือง"** พระนครศรีอยุธยาวันที่ 18-20 มกราคม 2555 **เอกสารประกอบการบรรยาย "การวางแผนพัฒนาเมือง/ชุมชน และสิ่งแวดล้อมในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น"** มกราคม-มีนาคม 2555 เชียงใหม่ อุบลราชธานี กรุงเทพมหานคร

นโยบายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงดูเหมือนเด่นชัดมากที่สุด ได้แก่กลุ่มประเทศสมาชิกสหภาพยุโรป เอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องแยกตามสาขาต่างๆ จึงปรากฏมากมาย รวมถึงงานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐอย่างต่อเนื่อง ดังตัวอย่างสหพันธรัฐเยอรมัน

ในปี 1992 รัฐบาลกลางสหพันธรัฐเยอรมนีได้ก่อตั้งองค์กรอิสระ WBGU[6] เป็น องค์กรอิสระเพื่อให้คำปรึกษาด้านวิทยาศาสร์ (An Independent Scientific Advisory Body) เพื่อทำหน้าที่ศึกษาวิเคราะห์ ประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ครอบคลุมการประเมินผลกระทบ และจัดทำรายงานสรุปทั้งระดับชาติและระดับท้องถิ่น พร้อมกับเสนอแนะแนวทางแต่ละด้าน เพื่อเป็นฐานสำหรับท้องถิ่นและหน่วยงานของรัฐระดับสูง ในการกำหนดนโยบาย หรืออีกนัยหนึ่ง การกำหนดนโยบายมิใช่เป็นเพียงจากแรงผลักดันทางการเมืองเหมือนในอดีต แต่เป็นการกำหนดนโยบายจากเหตุผลและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเตรียมรับผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง สหพันธรัฐเยอรมันจึงเป็นประเทศในกลุ่มแรก ที่ประกาศนโยบายชัดเจนด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ปัจจุบันนโยบายเมืองว่าด้วยสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในสหพันธรัฐเยอรมัน ครอบคลุมสาระขยายกว้างออกไป มิใช่เพียงด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นก้าวหน้าในประเทศเท่านั้น แต่ได้ขยายความรู้ความเข้าใจออกไปยังกลุ่มประเทศยุโรปตะวันออก

สำหรับประเทศไทย แนวความคิดเดียวกันถูกประยุกต์ใช้กับโครงการความช่วยเหลือของรัฐบาลสหพันธรัฐเยอรมนีที่ให้ประเทศไทยอย่างต่อเนื่องมานานกว่าครึ่งศตวรรษ ในนามของ GTZ ซึ่งปัจจุบันเปลี่ยนเป็น GIZ แต่ยังคงบทบาทความช่วยเหลือด้านวิชาการเรื่องสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เน้นสาระด้านการท่องเที่ยว อุตสาหกรรมและผังเมือง โดยในปี 2555 เป็นระยะเวลาการกำหนดแนวทางและโครงการเสนอแนะ ก่อนเข้าสู่ระยะนำไปปฏิบัติตั้งแต่ปี 2556 เป็นต้นไป เดือนกันยายน ปี 2011 มูลนิธิเพื่อสาธารณะกุศล The Rockefeller Foundation ได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ Catalyzing Urban Climate Resilience กล่าวถึงโครงการของมูลนิธิที่ดำเนินการใน 4 ประเทศในทวีปเอเชีย คือ เวียดนาม อินเดีย อินโดนีเซีย และไทย โดยให้ความสำคัญเรื่องการเตรียมตัวตั้งรับภัยพิบัติธรรมชาติ ด้วยการวิเคราะห์และประเมินความเปราะบาง (Vulnerability) คัดเลือกชุมชนเมืองนำร่องเป็นกรณีตัวอย่างให้ชุมชนอื่นปฏิบัติตาม การสร้างความเข้าใจ ความตระหนัก การเรียนรู้และยอมรับว่า ชุมชนเมืองในภูมิภาคนี้มีความเปราะบาง สู่ความเสี่ยงต่อภัยพิบัติธรรมชาติ (Disaster Risk) มูลนิธิเพื่อสาธารณะกุศล The Rockefeller Foundation เลือกจังหวัดเชียงราย และอำเภอหาดใหญ่เป็นกรณีศึกษาในประเทศไทย และได้จัดกิจกรรมหลายครั้ง เพื่อกระตุ้นท้องถิ่นให้ตื่นตัว เตรียมตัวตั้งรับ โดยเฉพาะกรณีน้ำท่วมหาดใหญ่ แม้ประสบปัญหามากมาย แต่ทว่า มูลนิธิเพื่อสาธารณะกุศล The Rockefeller Foundation ยังคงพยายามนำประสบการณ์จากสี่ประเทศมาแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน และคาดหวังว่าชุมชนเหล่านั้นจะก้าวสู่ขั้นตอนนำไปปฏิบัติได้ภายในปี 2012-2013

วรรณกรรมส่วนใหญ่ชี้ว่าประเทศกำลังพัฒนาไม่มีนโยบายชุมชนระดับท้องถิ่นเพื่อรับมือกับความเสี่ยงต่อภัยพิบัติจากภูมิอากาศในระยะยาวที่ชัดเจน และหากมีก็อาจไม่สอดคล้องกับนโยบายรับมือภัยพิบัติประเภทอื่นๆ (Satterthwaite et al 2007; Tanner et al 2008) จริงๆแล้วเมืองไม่จำเป็นต้องสร้างนโยบายการปรับตัวขึ้นใหม่ (หรือแยกจากนโยบายด้านการจัดการภัยพิบัติ) เพียงแต่ต้องจัดการนโยบายเดิมที่มีอยู่ (โดยเฉพาะด้านพลังงาน การคมนาคม และโครสร้างพื้นฐาน) ให้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการพัฒนาที่ยั่งยืนเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกและปรับตัวในระยะยาว ดังนั้นนโยบายการปรับตัวไม่ใช่เพียงแค่การปรับที่โครงสร้างพื้นฐาน แต่เป็นการปรับโครงสร้างรัฐบาลในแต่ละระดับและแนวทางการอภิบาล Birkman et al. (2010); Hunt and Watkiss (2011); Satterthwaite et al (2007); Tanner et al (2008)

[6] เอกสารเผยแพร่สามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้ที่ www.wbgu.de

นโยบายด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในประเทศไทย[7]

หากเปรียบเทียบนโยบายระดับชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากการประชุมในระดับองค์การสหประชาชาติในประเทศบราซิลในปี 2535 หน่วยงานด้านนโยบายระดับชาติในประเทศไทย ใช้เวลาร่วม 20 ปี จึงปรากฏสาระด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 สะท้อนความตื่นตัวในระดับชาติที่ล้าหลังมาก นโยบายยังพะว้าพะวงกับการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ไม่ให้ความสำคัญเรื่องสิ่งแวดล้อมเท่าที่ควร เช่น ยังคาดการณ์การใช้พลังงานที่คงเพิ่มสูงขึ้น ไม่มีนโยบายประหยัดพลังงานที่ต้องปฏิบัติอย่างจริงจัง ซึ่งส่วนหนึ่งสืบเนื่องมาจากการที่ประเทศไทยถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาและไม่ได้ถูกกำหนดให้มีเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงที่ผ่านมา

อาจกล่าวได้ว่า งานวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย อาจมีจำนวนไม่มาก และสาระเนื้อหาของงานวิจัยไม่ละเอียดลึก เมื่อเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้ว ข้อสังเกตุที่สำคัญได้แก่ งานวิจัยเหล่านี้มีบทบาทน้อยในกระบวนการกำหนดนโยบาย แม้ข้อเสนอแนะในมุมกว้างสามารถเข้าใจได้ในสังคมไทย เช่น การอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าต้นน้ำ แต่กลับขัดแย้งกับนโยบายอื่น หรือกระตุ้นให้ป่าไม้ถูกทำลายมากขึ้น บางครั้งเกิดความเข้าใจผิด ดังกรณีการเพิ่มพื้นที่ปลูกยางพาราในเขตป่าสงวน และป่าอนุรักษ์ ทำลายระบบนิเวศต้นน้ำครั้งใหญ่จนเป็นสาเหตุหนึ่งของน้ำท่วมและดินถล่มในหลายจังหวัด บางแห่งเสียหายมากจนไม่อาจนำสภาพป่าฝนร้อนชื้นกลับคืนมาได้ และถูกซ้ำเติมด้วยการประกาศเป็นป่าเสื่อมโทรมและอนุญาตให้ประชาชนเข้าทำกินได้ กระทั่งมีการออกเอกสารสิทธิ และเปลี่ยนสภาพการถือครองไปสู่นักการเมืองและกลุ่มทุนจากเมืองใหญ่ในที่สุด

นโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถูกกล่าวถึงในแผนแม่บทระดับชาติ ว่าด้วยการลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่ความผันผวนทางการเมืองทำให้รัฐบาลไม่สามารถกำหนดนโยบายให้กระทรวง กรม และหน่วยงานราชการนำไปปฏิบัติได้ตามกำหนดเวลา อย่างไรก็ตาม องค์กรปกครองท้องถิ่นบางแห่ง ได้ให้ความสำคัญ และได้ดำเนินการลดผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาหลายปี เช่น เทศบาลเมืองแกลง จังหวัดระยอง ด้วยการลดปริมาณและกำจัดขยะด้วยชีวภาพ การประหยัดพลังงาน การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และโครงการต่างๆ เพื่อลดภาวะโลกร้อน จนเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุดแห่งหนึ่งในประเทศไทย

หากพิจารณาการกำหนดนโยบายในประเทศไทย กระทรวง กรมและหน่วยงานมีนโยบายเป็นของตนเอง เป็นเอกเทศ และไม่ปรากฏชัดว่านโยบายเหล่านี้เกื้อกูลเป็นประโยชน์ต่อกันและกันอย่างแท้จริง โดยเฉพาะเพื่อประโยชน์ต่อการลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แม้การกำหนดเป้าหมายเป็นตัวเลขของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ยังไม่สามารถระบุชัดเจนได้ แตกต่างจากกรณีประเทศสมาชิกสหภาพยุโรปที่ต่างประกาศนโยบายของตนเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ร้อยละ 20 30 และ 50 ก่อนปี 2593 หรือ 2643

นโยบายการพัฒนาเมืองและการผังเมืองว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปรากฏในเอกสารบางฉบับเสนอโดยหน่วยราชการ และนักวิชาการฝ่ายไทย แต่ยังไม่เป็นนโยบายที่ประกาศโดยรัฐบาล และไม่ปรากฏว่าอ้างอิงหลักการวิทยาศาสตร์ หรืองานวิจัยมากนัก ภาพสะท้อนขณะเกิดน้ำท่วมใหญ่ในปี 2554 ประการหนึ่งได้แก่ สังคมไทยยังขาดความเข้าใจถึงความเชื่อมโยงของเหตุน้ำท่วมใหญ่กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แม้ความผิดปกติ และความแปรปรวนของ

[7] ดร.ธงชัย โรจนกนันท์, **เอกสารประกอบการบรรยาย การประชุมเชิงปฏิบัติการ "นวัตกรรมเมือง"** พระนครศรีอยุธยาวันที่ 18-20 มกราคม 2555 **เอกสารประกอบการบรรยาย "การวางแผนพัฒนาเมือง/ชุมชน และสิ่งแวดล้อมในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น"** มกราคม-มีนาคม 2555 เชียงใหม่ อุบลราชธานี กรุงเทพมหานคร

สภาพอากาศปรากฏชัด แต่สังคมไทยยังไม่ตื่นตัวเท่าที่ควร ตามด้วยเศษขยะจำพวกกล่องโฟม และถุงพลาสติกปริมาณมหาศาล ตลอดเวลานานนับเดือนที่จ่ายแจกแก่ผู้ประสบภัย

อย่างไรก็ตาม นโยบายการผังเมืองที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Urban Policy on Climate Change) ในประเทศไทยยังไม่ชัดเจนเหมือนในประเทศตะวันตก ที่กำหนดนโยบาย และเป้าหมายชัดเจน เตรียมพร้อมรับภาวะสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และมีแนวทางปฏิบัติอย่างเป็นระบบ เช่น การกำหนดเป้าหมายลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ได้ร้อยละ 10 ภายในระยะเวลา 10 ปี และการลดการใช้พลังงานให้ได้ร้อยละ 30 ในเวลา 20 ปี ฯลฯ ตราบที่ยังไม่ปรากฏนโยบาย และแนวทางปฏิบัติอย่างเป็นทางการ แนวความคิดในการวางผังเพื่อตอบรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงมีลักษณะเป็นเอกเทศ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ได้รับการถ่ายโอนตามนโยบายกระจายอำนาจยังไม่ตื่นตัวกรณีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเท่าที่ควร คงมีเพียงท้องถิ่นบางแห่งที่ตระหนักถึงหน้าที่และเริ่มดำเนินการไปบางส่วน นโยบายว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความสำคัญอย่างยิ่ง แต่อาจน้อยกว่าแนวทางการนำไปปฏิบัติ เพราะต้องประสานความร่วมมือจากทุกภาคส่วน การวางผังเมืองและพัฒนาเมืองจำเป็นต้องปรับเปลี่ยน ชุมชนเมืองหลายแห่งต้องควบคุมการพัฒนาอย่างเข้มงวด โดยเฉพาะพื้นที่เสี่ยงภัยทุกประเภท การใช้ประโยชน์ที่ดินบางเมืองต้องปรับแก้ เพื่อเตรียมตั้งรับภัยพิบัติเมือง (Resilience to Urban Disasters) เช่น การกำหนดสัดส่วนการใช้พื้นที่อาคาร (Floor Area Ratio-FAR) ตามหลักเกณฑ์สากล เพื่อลดความเสี่ยงลงให้มากที่สุด สิ่งเหล่านี้ต้องเริ่มจากภาคประชาชน และท้องถิ่น ด้วยการเผยแพร่องค์ความรู้ ความเข้าใจและความตระหนักถึงมหันตภัย ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงหรือบรรเทาได้ด้วยมาตรการผังเมือง

2.9 กรอบการวิเคราะห์ เทคนิคเครื่องมือ วิธีการศึกษางานวิจัย

Hunt and Watkiss (2011) สำรวจและพบว่างานวิจัยจากประเทศพัฒนาแล้วมีวิธีวิจัยแบบเชิงปริมาณ โดยมักใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับโลกและภูมิภาค และการวิเคราะห์ผลกระทบในเชิงตัวเลขเพื่อเสนอมาตรการการปรับตัว แต่งานในประเทศกำลังพัฒนามักเป็นแบบเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์กลุ่มผู้เกี่ยวข้อง วิเคราะห์โครงสร้างสถาบัน การอภิบาลความเสี่ยงและประเมินศักยภาพ ทั้งนี้งานวิจัยสำหรับสตอล์คโฮม ลอนดอน นิวยอร์ก เป็นงานวิจัยแบบทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ มีการบูรณาการองค์ความรู้อย่างสมบูรณ์แบบมากที่สุด โดยคำนึงถึงผลกระทบและมาตรการปรับตัวต่อทุกภาคส่วนในเมืองทั้งในเชิงกายภาพและเศรษฐกิจสังคม

งานวิจัยด้านการประเมินผลกระทบ ความเสี่ยงและการปรับตัวเชิงคุณภาพสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทย่อยตามลักษณะเทคนิคเพื่อใช้จำลองอนาคตของผลกระทบเชิงกายภาพและเศรษฐกิจสังคมของท้องถิ่นนั้นๆ คือแบบ physical downscaling และ statistical downscaling โดยการประเมินผลกระทบแบบ physical downscaling ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ในการกำหนดและคำนวณผลกระทบเชิงกายภาพและเศรษฐกิจสังคมในระดับท้องถิ่น ยกตัวอย่างเช่น การประเมินความเสี่ยงของอุทกภัยในสหราชอาณาจักร (Hall et al., 2005) มีขั้นตอน คือ

1) คำนวณความเสี่ยงของน้ำท่วมในเชิงพื้นที่และความเสียหายในเชิงเศรษฐกิจสังคมจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ความถี่และความรุนแรงของน้ำท่วม โอกาสที่น้ำจะทะลักกำแพงกั้นน้ำ รวมถึงประชากรและประเภทพื้นที่ใช้สอย
2) กำหนดภาพจำลองเหตุการณ์เชิงภูมิอากาศระดับท้องถิ่น (regional climate scenario) เพื่อตรวจสอบว่าลักษณะการปล่อยก๊าซแบบต่ำ กลาง สูง (ตาม SRES scenario) มีผลต่อสภาพภูมิอากาศในอนาคตอย่างไร เพื่อนำมาซ้อนทับกับ

3) ภาพเหตุการณ์จำลองของเศรษฐกิจสังคมระดับท้องถิ่น เช่น ลักษณะการพัฒนาเศรษฐกิจแบบท้องถิ่นนิยม โลกาภิวัฒน์ ระบบอภิบาลแบบศูนย์กลาง หรือแบบกระจาย ซึ่งเหล่านี้จะสัมพันธ์กับประชากร ผลผลิตทางเศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงการใช้สอยพื้นที่

ผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 2 และ 3 จะเป็นตัวแปรและตัวขับเคลื่อนแบบจำลองข้อ 1 เพื่อสามารถคำนวณหาผลกระทบของน้ำท่วมในอนาคตตามภาพเหตุการณ์จำลองต่างๆ ข้อมูลที่ได้จะนำไปสู่ระบบภูมิสารสนเทศในขนาด 10x10 กม. ผลลัพธ์สุดท้าย คือแผนที่ที่สามารถแสดงพื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัย จำนวนประชากรและมูลค่าของทรัพย์สินที่เสี่ยง ล่าสุด งานวิจัยของ Hallegate et al. (2011a) และ Hallegatte et al. (2011b) ได้นำหลักการประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจมาต่อยอดจากแบบจำลองประเภท physical downscaling ดังที่กล่าวด้านบน เพื่อศึกษาผลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับโลกต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพายุ storm surge และน้ำทะเลหนุนและลักษณะมาตรการการปรับตัวในเมืองโคเปนเฮเกน คณะวิจัยจึงประเมินและเปรียบเทียบความเสียหายทางเศรษฐกิจ (ทางตรงและทางอ้อม) โดยมี 3 ตัวเลือก คือ

1) ไม่มีมาตรการปรับตัวเลย (ไม่มีกำแพงกันคลื่น)
2) มีมาตรการการปรับตัว แต่ไม่สมบูรณ์
3) มีมาตรการการปรับตัวที่สมบูรณ์

ระดับน้ำทะเลที่สูง 50 ซม. จากระดับน้ำทะเลกลางนำความเสียหาย 500 ล้านยูโรต่อปี หากไม่มีกำแพงกันคลื่นเลย แต่หากสร้างกำแพงที่ความสูง 200 ซม. จะลดความเสียเหลือเพียง 50 ล้านยูโรต่อปี ดังนั้นข้อมูลนี้จึงเป็นประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงหรือเสริมความสูงของกำแพงกันคลื่นที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อลดความเปราะของชุมชนชายฝั่ง เทคนิคเดียวกันนี้ได้ใช้กับงานของ Ranger et al., (2011) สาหรับความเปราะบางต่ออุทกภัยขั้นรุนแรงในนครมุมไบ ประเทศอินเดีย

งานวิจัยที่ใช้เทคนิคแบบ statistical downscaling หรือ empirical-statistical model เป็นการหาความสัมพันธ์เชิงสถิติของข้อมูลอดีตและปัจจุบันเพื่อพยากรณ์ผลกระทบระดับท้องถิ่นในอนาคตภายใต้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่นงานของ Dessai (2002, 2003) และ Gosling et al. (2007, 2009) ได้ศึกษาผลกระทบของคลื่นความร้อนในหลายเมืองในยุโรป อเมริกาเหนือ และออสเตรเลียโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้เสียชีวิตต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเพื่อหาอุณหภูมิขั้นต่ำสุดที่นำไปสู่การเสียชีวิต และพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้ง 2 งานวิจัยพบว่ายุทธวิธีการปรับตัว (เช่น การเตือนภัยล่วงหน้า การใช้พัดลม รดน้ำและเครื่องปรับอากาศ และการวางผังเมืองให้มีลมถ่ายเท) ช่วยให้ประชาชนปรับสภาพ (acclimatization) กับอุณหภูมิที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 องศาเซลเซียสอีกหลายทศวรรษข้างหน้าและที่สำคัญจะช่วยลดจำนวนผู้เสียชีวิตลงประมาณครึ่งหนึ่งในเกือบทุกเมืองที่ศึกษา

การศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์กลุ่มผู้เกี่ยวข้อง วิเคราะห์โครงสร้างสถาบัน การอภิบาลความเสี่ยงและประเมินศักยภาพ เช่น งานของ (Tanner et al. 2009) ได้สร้างกรอบการประเมิน (เชิงคุณภาพ) ในการปรับตัวและความเป็น 'resilient city' สำหรับ 10 เมืองในทวีปเอเชีย เช่น กรุงเทพมหานคร จิตตากอง โฮจิมิน ดานัง จาก 5 หัวข้อ คือ

1) ลักษณะการกระจายอำนาจ
2) ความโปร่งใสในการจัดการเงิน
3) การตอบสนองและความยืดหยุ่น

4) การมีส่วนร่วม

5) ประสบการณ์และการได้รับการสนับสนุน

เมืองที่มีศักยภาพในการปรับตัว คือเมืองที่หน่วยงานราชการในแต่ละระดับทำงานอย่างมีความสอดคล้องกัน และสามารถทำงานร่วมกับองค์กรต่างๆได้ เพื่อนำแนวคิดของการประเมินความเสี่ยงด้านภูมิอากาศไปใช้กับแนวคิดการพัฒนา และจะต้องพัฒนาเพื่อคนยากจน (pro-poor development) และมีความโปร่งใสด้านการเงินโดยเฉพาะในการจัดการภัยพิบัติน้ำ และขยะ กรอบการวิเคราะห์ดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกับของ Birkman et al. (2010) ซึ่งวิเคราะห์ศักยภาพจากวิสัยทัศน์ การสื่อสารให้ข้อมูล การมีส่วนร่วมขององค์กรภายนอก มาตรการเชิงโครงสร้างและนโยบาย

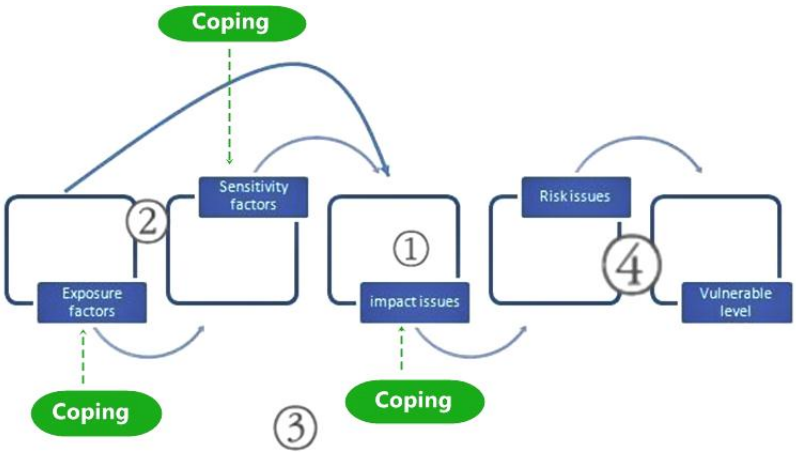
ในบริบทของประเทศกำลังพัฒนาและทวีปเอเชีย Tyler et al. (2010) มีความเห็นว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับปรุงกรอบการวิเคราะห์ความล่อแหลมและการปรับตัวสำหรับพื้นที่ในเมือง เนื่องจากระเบียบวิจัยที่ผ่านมาพึ่งพิงแบบจำลองคอมพิวเตอร์ในงานนำเสนอข้อมูลภูมิอากาศอย่างมาก ซึ่งไม่สามารถประยุกต์ใช้กับประเทศกำลังพัฒนาได้ดีนัก เนื่องจากยังไม่มีทรัพยากรองค์ความรู้ และบุคคลกรที่เพียงพอ หรือหากมีข้อมูลที่ได้อาจมีคุณภาพต่ำ มีความไม่แน่นอนสูง หรืออาจถูกตีความ และสื่อสารผิดความหมาย มากไปกว่านั้นการวางแผนการปรับตัวตามผลกระทบที่ได้จากการคาดการณ์ในแบบจำลอง หรือที่เรียกว่า Impact-based approach นั้นจะยิ่งเป็นการบดบังปัญหาแท้จริง ที่ก่อให้เกิดความล่อแหลมในพื้นที่ เพราะความล่อแหลมอาจไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว แต่อาจเป็นผลจากการใช้ และจัดการทรัพยากรที่ผิดพลาดก็เป็นได้ ดังนั้นสิ่งที่ต้องการคือมุมมองที่ยึดบริบทของ ความล่อแหลมของท้องถิ่นเป็นตัวตั้ง (Vulnerability-based approach) เพื่อให้สามารถมองเห็นพลวัตระหว่างเศรษฐกิจสังคม และสิ่งแวดล้อมในภาพแบบองค์รวม (holistic view) (O'Brien et al. 2007; Tyler et al. 2010; Chinvanno and Kerdsuk 2012)

ความเปราะบางและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภาคอีสาน ดร.วิเชียร เกิดสุข (2555) มีกรอบแนวคิดการประเมินความเสี่ยง/ภาวะล่อแหลมเปราะบาง/การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดังนี้

ประเด็นพื้นฐานที่ควรพิจารณา: Risk-based/ vulnerability-based approach

- ผลกระทบของสภาพอากาศและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อาจนำมาซึ่งความเสี่ยงที่เปลี่ยนแปลงไป
- การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงเดียวในสังคมที่ส่งผลต่อความเสี่ยงของชุมชน พิจารณาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นเรื่องเอกเทศไม่ได้
- ความเสี่ยงของชุมชนต่อผลกระทบจากสภาพอากาศผันแปรไปตามกาลเวลา ชุมชนไทยมีขีดความสามารถที่จะปรับตัวไปตามการเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่

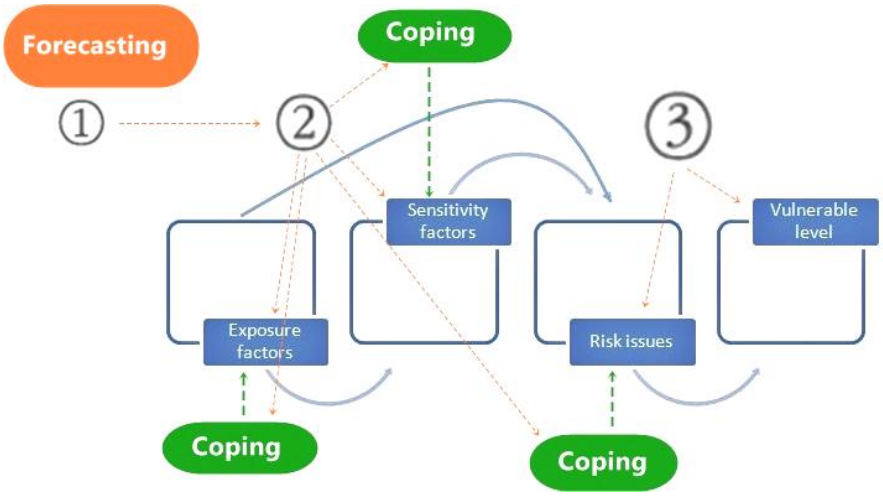
ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงและความเปราะบางต่อภูมิอากาศ โดยใช้กรอบการวิเคราะห์ของ ESC Model (อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, 2554) การนำข้อมูล(บริบทของภาคส่วนการพัฒนา/ประเด็นสำคัญ รวมทั้งบริบททางภูมิอากาศ) เข้าสู่โครงสร้างของ ESC Model ดังที่แสดงในภาพที่ 2-6



ภาพ 2-6 โครงสร้างกรอบวิเคราะห์ ESC Model สำหรับการวิเคราะห์ด้วยบริบทในปัจจุบัน

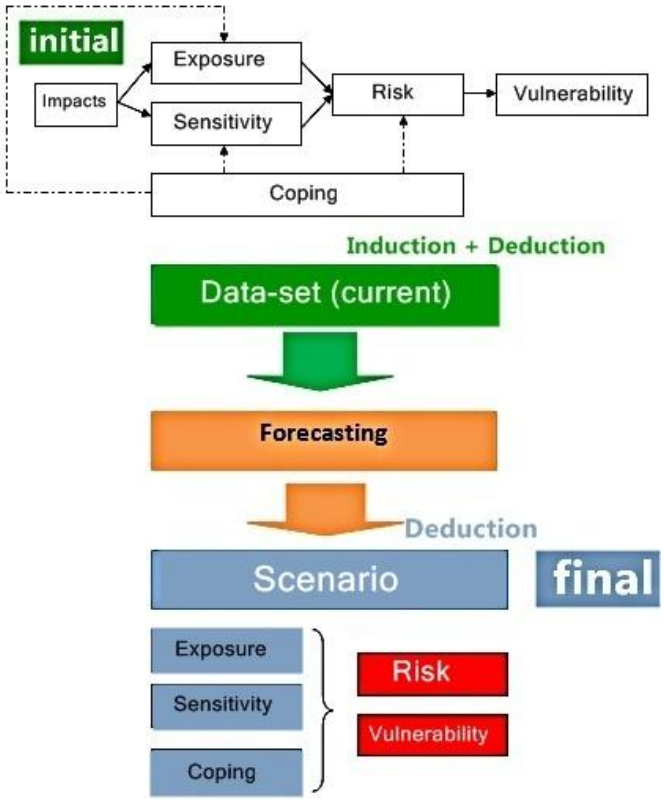
การวิเคราะห์ด้วยบริบทปัจจุบัน จะเริ่มจากการพิจารณาผลกระทบ (impacts) แล้วพิจารณาไปหาต้นเหตุ พร้อมจำแนกประเภทของปัจจัยเหตุเป็น 2 ประเภทคือ ปัจจัยเปิดรับ (exposure factors) และปัจจัยความอ่อนไหว (sensitivity factors) จากนั้นจะพิจารณาความเป็นไปได้ในการเกิดประเด็นความเสี่ยงต่างๆ (risk issues) และระดับความร้ายแรงของความเสี่ยงแต่ละประเด็น ขั้นตอนต่อไปคือ การพิจารณากลไกรับมือ (coping mechanisms) ว่ามีการใช้ในตำแหน่งใดบ้าง ตอบสนองปัจจัยใดบ้าง แล้วจึงระบุระดับความล่อแหลมเปราะบาง (vulnerable level) ของแต่ละประเด็นความเสี่ยง รวมทั้งความล่อแหลมเปราะบางโดยรวม

การวิเคราะห์ด้วยบริบทปัจจุบัน จะเป็นลักษณะการสร้างทฤษฎีแบบอุปมาน (induction) คือวิธีการหาเหตุจากผล ซึ่งเป็นหนึ่งในสองวิธีสำหรับการสร้างทฤษฎีในศาสตร์แขนงต่างๆ การอุปมานเป็นการรวบรวมข้อเท็จจริงจากปรากฏการณ์ที่ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ตรวจสอบได้ ในทางสถิติจะเรียกว่าการสรุปความจริงย่อยเพื่อนำไปสู่ความจริงหลัก อย่างไรก็ตาม ในการวิเคราะห์นี้ จะใช้วิธีอนุมาน (deduction) ในบางส่วน ซึ่งเป็นการตั้งสมมติฐานเบื้องต้นแล้วตรวจสอบหาข้อมูลสนับสนุนเพื่ออธิบายตามหลักเหตุและผลแบบตรรกวิทยา (วิธีสร้างทฤษฎีแบบที่สอง) ดังที่แสดงในภาพที่ 2-7



ภาพ 2-7 โครงสร้างกรอบวิเคราะห์ ESC Model สำหรับการวิเคราะห์ด้วยบริบทในอนาคต

การวิเคราะห์ด้วยบริบทในอนาคต จะเริ่มจากการพิจารณาชุดข้อมูลตามโครงสร้าง ESC Model ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ด้วยบริบทในปัจจุบัน จากนั้น เป็นการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคตของปัจจัย 3 ประเภท คือ exposure factors – sensitivity factors – coping mechanisms (ESC) ในระยะเวลาประมาณ 30 ปี ซึ่งปัจจัยทางภูมิอากาศเป็นส่วนหนึ่งในนั้น การคาดการณ์ปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากปัจจัยทางภูมิอากาศ จะพิจารณาประเด็นบางส่วนที่มีนัยสำคัญต่อการสร้างการเปลี่ยนแปลง ในท้ายสุด เมื่อสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย ESC ได้แล้ว จะทำการวิเคราะห์ และระบุแนวโน้มความเสี่ยงและความเปราะบาง กล่าวโดยสรุป การวิเคราะห์บริบทปัจจุบันและบริบทในอนาคตจะเป็นลักษณะของเหตุและผลที่สืบเนื่องกันไปเป็นกระบวนการ ดังแสดงในภาพ 2-8

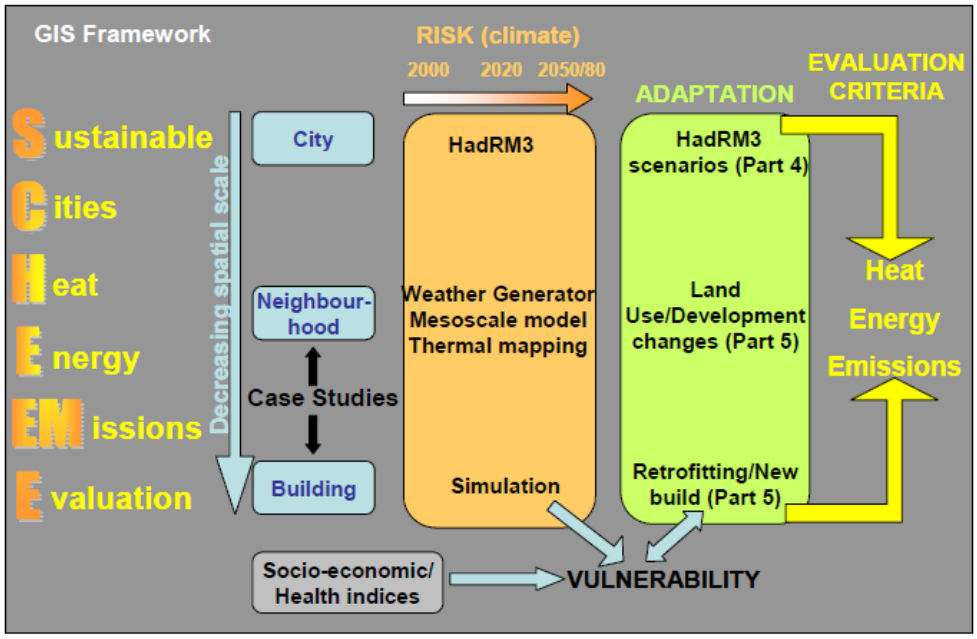


ภาพ 2-8 กระบวนการวิเคราะห์ฯ จากบริบทในปัจจุบันไปสู่บริบทในอนาคต
ที่มา : สรุปจากแนวคิด ESC Model (อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, 2554)

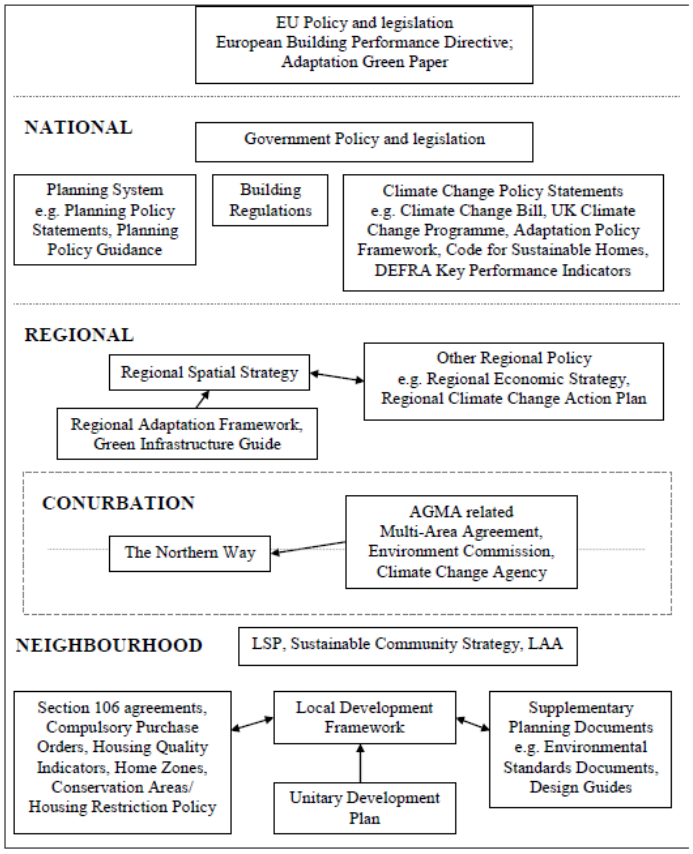
Claire Smith & Sarah Lindley (April 2008) ได้มีการวิจัยถึงการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ตัวแปรการปรับตัวในพื้นที่เมือง โดยเฉพาะอุณหภูมิที่สูง และสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์เป็นผู้สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความสะดวกสบาย ดังแสดงในภาพ 2-9 จุดประสงค์งานวิจัย คือ

1) เพื่อพัฒนาแบบจำลองสภาพภูมิอากาศเชิงสถิติสำหรับพื้นที่เมือง ที่สามารถใช้ในการศึกษาถึงผลกระทบและการปรับตัว ผลที่ได้นำมาซึ่งตัวการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือปรากฏการณ์ “เรือนกระจก” และภูมิทัศน์เมืองที่มีความร้อนเพิ่มขึ้น
2) เพื่อสร้างแบบจำลองอาคารและสภาพแวดล้อมที่มีการสร้างขึ้นมาใหม่ ที่ทำให้มนุษย์สามารถใช้ได้อย่างสะดวกสบาย ส่งผลให้เกิดความร้อนที่เพิ่มขึ้น ที่เป็นผลมาจากโครงสร้างของอาคาร รูปแบบ และการวางผัง

3) เพื่อประเมินผลการปล่อยความร้อนจากอาคารต่างๆ และอาคารที่มีการจัดการเรื่องการลดการใช้พลังงาน ลดการปล่อยมลพิษ และการเกิดก๊าซเรือนกระจก รวมถึงชี้แจงเรื่องงบประมาณค่าใช้จ่ายที่แตกต่างของทั้งสองอาคาร
4) เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้เครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับทางเลือกในการปรับตัวเพื่อการวางผังเมือง และการออกแบบ
5) เพื่อแสดงให้เห็นถึงวิธีการและเครื่องมือในการพัฒนาเชิงลึกในกรณีศึกษา ซึ่งมีการทำงานร่วมกันระหว่างนักวางแผน และนักออกแบบ ดังแสดงในภาพ 2-10



ภาพ 2-9กรอบการดำเนินงานสำหรับการใช้เครื่องมือในการสนับสนุนระบบการตัดสินใจบริบทนโยบาย



ภาพ 2-10 กรอบนโยบายสำคัญในการปรับตัวของเมืองเขตภูมิอากาศร้อน

ที่มา: Claire Smith & Sarah Lindley. Sustainable Cities:

Options for Responding to Climate change Impacts and Outcomes. April 2008

บทที่ 3
การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติด้านต่างๆ

ปัจจุบันเหตุการณ์ภัยพิบัติทางธรรมชาติได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกภูมิภาคทั่วโลก โดยเหตุการณ์ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งกลุ่มของภัยพิบัติได้ 3 กลุ่มใหญ่ คือ 1) เหตุการณ์พายุพัดถล่ม เช่น พายุเฮอริเคนแซนดี้พัดถล่มประเทศสหรัฐอเมริกา พายุไซโคลนพัดถล่มประเทศอินเดีย พายุไต้ฝุ่นบูพา พัดถล่มหมู่เกาะมินดาเนา ประเทศฟิลิปปินส์ 2) เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ประเทศมาเลเซียและประเทศพม่า 3) เหตุการณ์น้ำท่วมที่ประเทศอินเดีย ประเทศจีน ประเทศปากีสถาน เป็นต้น สำหรับเหตุการณ์ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ได้เกิดขึ้นเหตุการณ์ครั้งรุนแรงหลายเหตุการณ์ เช่น เหตุการณ์แผ่นดินไหวและคลื่นสึนามิที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ 6 จังหวัดในฝั่งทะเลอันดามันในปีพ.ศ. 2547 เหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางในปี พ.ศ. 2554 เหตุการณ์น้ำท่วมและดินโคลนถล่มในพื้นที่ภาคใต้ในปี พ.ศ. 2554 สถานการณ์ภัยแล้งในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในปี พ.ศ. 2555 และสถานการณ์หมอกควันปกคลุมพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยในช่วงเดือนมีนาคมของทุกปี เป็นต้น จากเหตุการณ์ภัยพิบัติที่เกิดขึ้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาถึงสาเหตุที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆ เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยในแต่ละประเภท เพื่อให้ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย สามารถเตรียมความพร้อมรับมือกับเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้น เพื่อลดความเสียหายที่จะส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สิน

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มุ่งศึกษาเหตุการณ์ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในประเทศไทยบ่อยครั้ง จำนวน 4 ภัย ได้แก่ ดินถล่ม น้ำท่วม ภัยแล้ง และหมอกควัน ซึ่งภัยพิบัติที่เกิดขึ้นนั้นล้วนมีปัจจัยกระตุ้นมาจากปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก โดยเฉพาะดินถล่ม น้ำท่วม และภัยแล้ง ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับภัยต่างๆนั้น เบื้องต้นจะทำการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของประเทศไทย ข้อมูลน้ำฝนที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแต่ละประเภท และแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยในแต่ละประเภท โดยมีรายละเอียดในการศึกษาดังนี้

3.1 ลักษณะทางกายภาพของประเทศไทย

ที่ตั้งและอาณาเขต

ประเทศไทยตั้งอยู่ที่ ละติจูด 5 องศา 37 ลิปดาเหนือถึง 20 องศา 28 ลิปดาเหนือ และมีตำแหน่งลองจิจูดที่ 97 องศา 21 ลิปดาตะวันออกถึง 105 องศา 37 ลิปดาตะวันออก และมีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับประเทศลาว และประเทศพม่า จังหวัดที่ติดต่อกับประเทศลาวเริ่มตั้งแต่ จังหวัดเชียงราย ผ่านจังหวัดพะเยา น่าน อุตรดิตถ์ พิษณุโลก เลย หนองคาย นครพนม มุกดาหาร อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี รวมระยะทางทั้งสิ้น 1,754 กิโลเมตร โดยมีพื้นที่ชายแดนที่เป็นทั้งภูเขา แม่น้ำ และที่ราบ จังหวัดที่ติดต่อกับประเทศพม่าบริเวณสามเหลี่ยมทองคำ อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ผ่านชายแดนที่เป็นทั้งภูเขาและแม่น้ำ ผ่านจังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน

ทิศตะวันออก ติดต่อกับประเทศลาว และประเทศกัมพูชา จังหวัดที่ติดต่อกับประเทศกัมพูชา เริ่มตั้งแต่จังหวัดจังหวัดอุบลราชธานี ผ่านจังหวัดศรีสะเกษ สุรินทร์ บุรีรัมย์ สระแก้ว จันทบุรี และตราด รวมระยะทางทั้งสิ้น 803 กิโลเมตร

ทิศใต้ ติดต่อกับประเทศมาเลเซีย ตั้งแต่จังหวัดสตูล สงขลา ยะลา และนราธิวาส รวมระยะทางเขตแดน 506 กิโลเมตร

ทิศตะวันตก ติดต่อกับประเทศพม่า บริเวณนจังหวัดตาก กาญจนบุรี ราชบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และระนอง โดยรวมระยะทางที่ติดต่อกับประทศพม่า ตั้งแต่จังหวัดเชียงรายจนถึงจังหวัดระนอง รวมระยะทางทั้งสิ้น 1,800 กิโลเมตร (เว็บไซต์ http://th.wikipedia.org)

ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทย โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 6 ลักษณะ ดังแสดงในแผนที่ 3-1

(1) เขตภูเขาและหุบเขาภาคเหนือ ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขา แนวเทือกเขาทอดตัวยาวในแนวเหนือ-ใต้ เทือกเขาที่สำคัญได้แก่ เทือกเขาแดนลาว เทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาผีปันน้ำ เทือกเขาหลวงพระบาง และมีที่ราบหุบเขาลักษณะแคบ ๆ อยู่ระหว่างแนวเทือกเขาเป็นบริเวณที่มีแม่น้ำไหลผ่านมีดินตะกอนอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเพาะปลูก

(2) เขตที่ราบลุ่มภาคกลาง ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือที่ราบตอนบนตั้งแต่จังหวัดนครสวรรค์ขึ้นไป จะเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำและที่ราบลูกฟูก มีภูเขประปราย -ที่ราบตอนล่างตั้งแต่นครสวรรค์ลงมาถึงอ่าวไทยเป็นที่ราบดินดอนสามเหลี่ยม มีลักษณะดินเป็นตะกอนน้ำพา

(3) เขตเทือกเขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูง รูปร่างคล้ายกระทะหงาย มีขอบทางด้านตะวันตกและด้านใต้ลาดลงทางด้านตะวันออก เทือกเขาที่สำคัญได้แก่ เทือกเขาเพชรบูรณ์ เทือกเขาดงพญาเย็น เทือกเขาสันกำแพง เทือกเขาภูพาน บริเวณตอนกลางของภาคเป็นแอ่ง เรียกว่าแอ่งโคราช

(4) เขตภูเขาและที่ราบภาคตะวันออก ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบลูกฟูกสลับกับภูเขาและมีที่ราบชายฝั่งทะเล มีแม่น้ำสายสั้น ๆ

(5) เขตเทือกเขาภาคตะวันตก ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาและหุบเขาที่ทอดตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีพื้นที่ราบแคบ ๆ
เทือกเขาที่สำคัญได้แก่ เทือกเขาตะนาวศรี เทือกเขาถนนธงชัยที่ทอดตัวยาวต่อเนื่องลงมา

(6) เขตคาบสมุทรภาคใต้ ลักษณะภูมิประเทศเป็นคาบสมุทรยื่นลงไปในทะเล ขนาบด้วยทะเลทั้ง 2 ด้าน มีภูเขาทอดตัวแนวเหนือ-ใต้ มีแม่น้ำสายสั้นๆและมีที่ราบชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกกว้างกว่าที่ราบชายฝั่งทะเลด้านตะวันตก

พื้นที่ลุ่มน้ำหลัก ลุ่มน้ำย่อย

ประเทศไทยแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำหลัก ออกเป็น 25 ลุ่มน้ำ ดังแสดงในแผนที่ 3-2

ภาคเหนือ ประกอบด้วย ลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำโขง 1 ลุ่มน้ำแม่กก ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง ลุ่มน้ำยม และลุ่มน้ำน่าน

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย ลุ่มน้ำโขง 2 ลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำมูล

ภาคกลาง ประกอบด้วย ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำสะแกกรัง ลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำท่าจีน

ภาคตะวันออก ประกอบด้วย ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำโตนเลสาบ ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

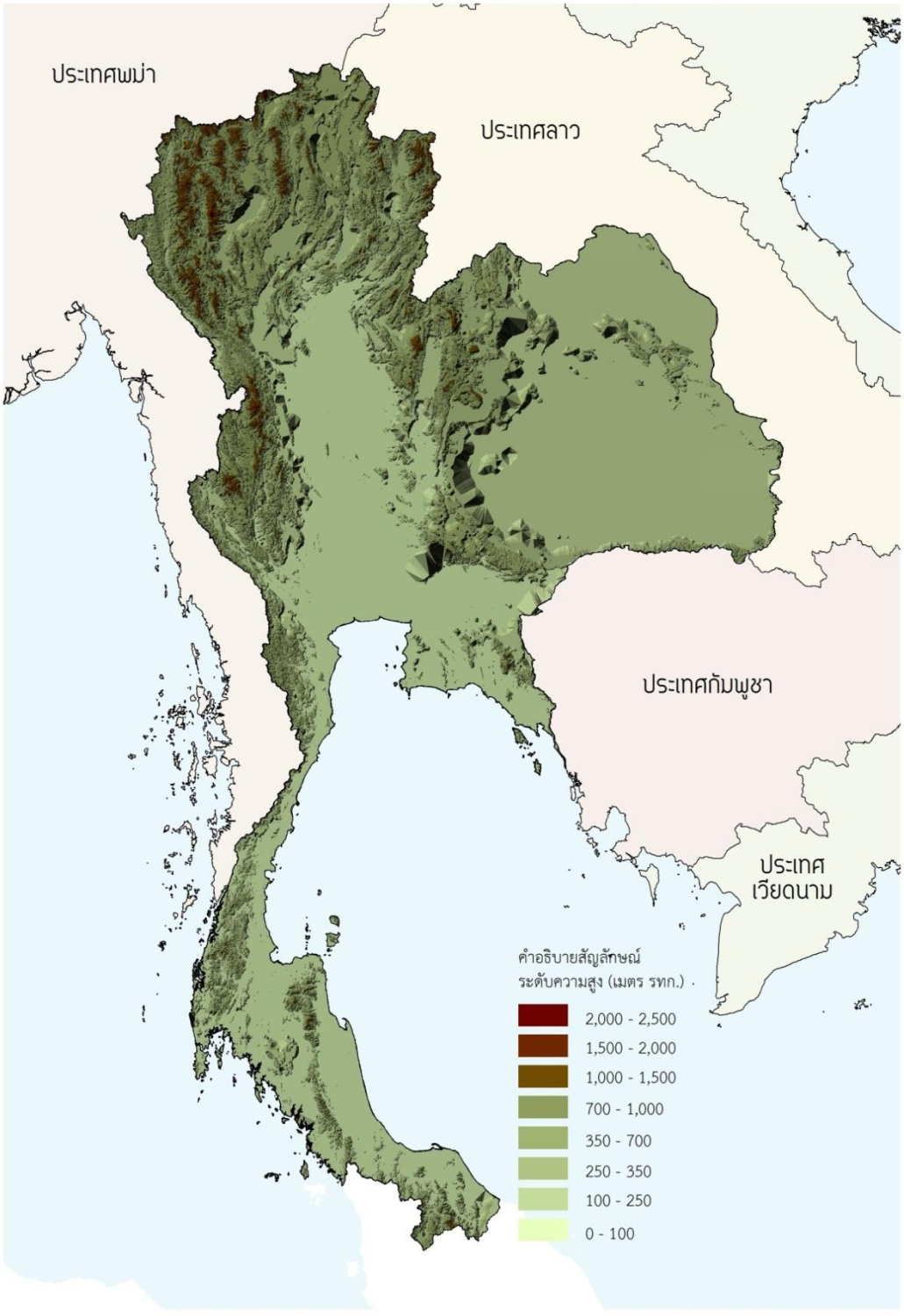
ภาคตะวันตก ประกอบด้วย ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก

ภาคใต้ ประกอบด้วย ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ลุ่มน้ำปตตานี ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก (เว็บไซต์ http://water.rid.go.th/) สำหรับลุ่มน้ำย่อย มีจำนวน 254 ลุ่มน้ำ ดังแสดงในตาราง 3-1

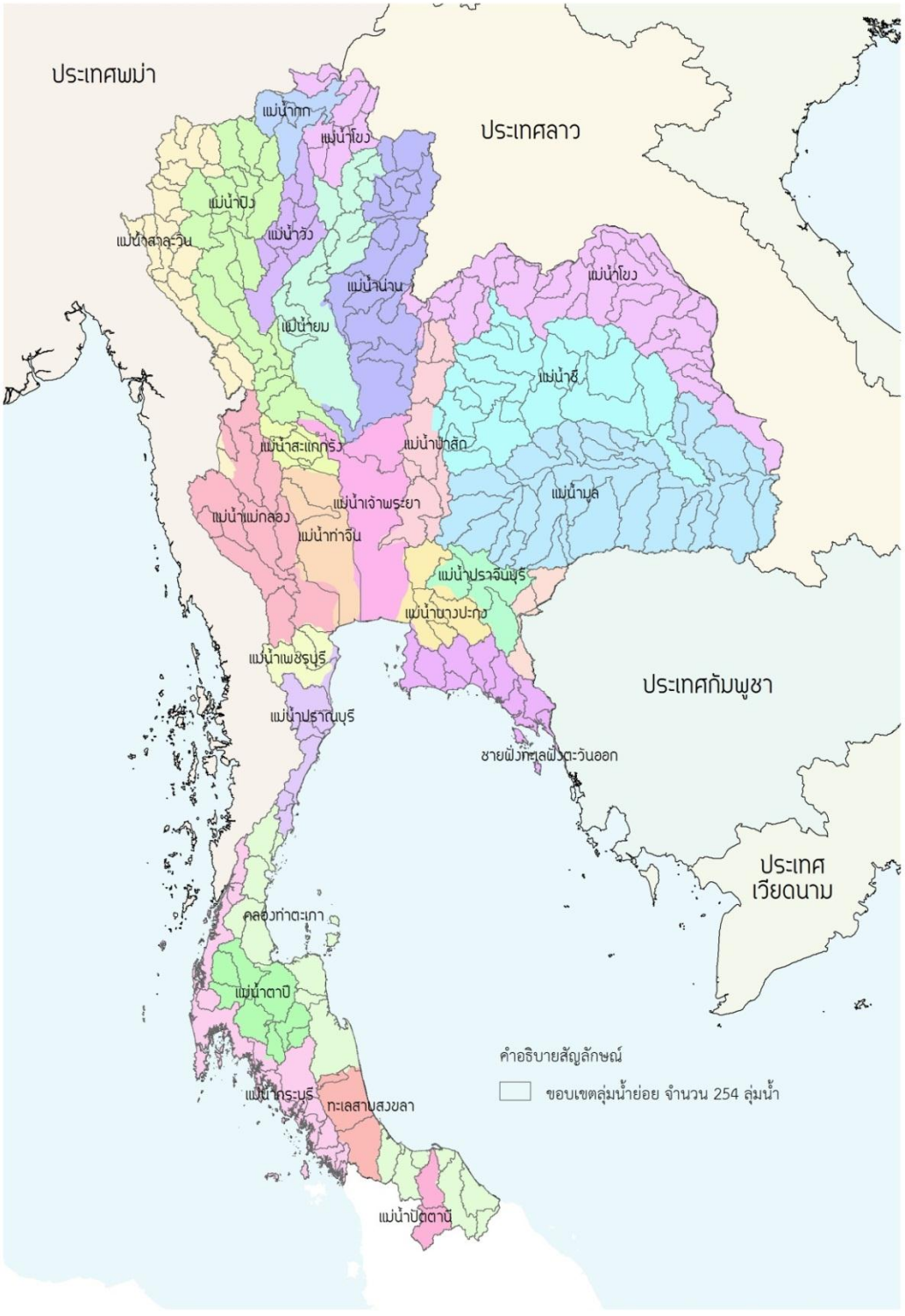
ตาราง 3-1 ลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำย่อยในประเทศไทย

กลุ่มลุ่มน้ำหลัก	พื้นที่ลุ่มน้ำ รวม (ตร.กม.)	ชื่อลุ่มน้ำหลัก	จำนวนลุ่มน้ำสาขา
1. กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขง	188,645	ลุ่มน้ำโขง ลุ่มน้ำกก ลุ่มน้ำชี ลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำโตนเลสาบ	95
2. กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสาละวิน	17,918	ลุ่มน้ำสาละวิน	17
3. กลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยา – ท่าจีน	157,925	ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง ลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำสะแกกรัง ลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำท่าจีน	70
4. กลุ่มลุ่มน้ำแม่กลอง	30,836	ลุ่มน้ำแม่กลอง	11
5. กลุ่มลุ่มน้ำบางปะกง	18,458	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำบางปะกง	8
6. กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก	13,829	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	6
7. กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก	12,347	ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก (ประจวบคีรีขันธ์)	8
8. กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ฝั่งอ่าวไทย)	50,930	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคใต้ฝั่งตะวันออก ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ลุ่มน้ำปัตตานี	26
9. กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก (ฝั่งอันดามัน)	20,473	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคใต้ฝั่งตะวันตก	13
รวม	511,361	25 ลุ่มน้ำหลัก	254

ที่มา : สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร



แผนที่ 3-1 ลักษณะภูมิประเทศ



แผนที่ 3-2 ขอบเขตลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำย่อย

3.2 ค่าดัชนีน้ำฝนที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัย

ค่าดัชนีน้ำฝนที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มและน้ำท่วม

ประกอบด้วยข้อมูลสภาพภูมิอากาศปี (1990 - 2009) โดยที่ข้อมูลสภาพภูมิอากาศปีฐาน ใช้ค่าดัชนีภูมิอากาศ (Climate indices) จำนวน 3 ค่า คือ

ดัชนีตัวที่ 1 จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสูงสุดในรอบปี ตั้งแต่ปี 1990 - 2009 (precip_rx1day) (แผนที่ 3-3)

ดัชนีตัวที่ 2 จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกมากกว่า 20 มม. ใน 1 วัน ตั้งแต่ปี 1990 - 2009 (precip_r20) (แผนที่ 3-4)

ดัชนีตัวที่ 3 จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสะสม 5 วัน มากกว่า 200 มม. ตั้งแต่ปี 1990 - 2009 (precip_rx5day_r200) (แผนที่ 3-5)

ค่าดัชนีน้ำฝนที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศปี (1990 - 2009) โดยที่ใช้ค่าดัชนีภูมิอากาศ (Climate indices) จำนวน 3 ค่า คือ

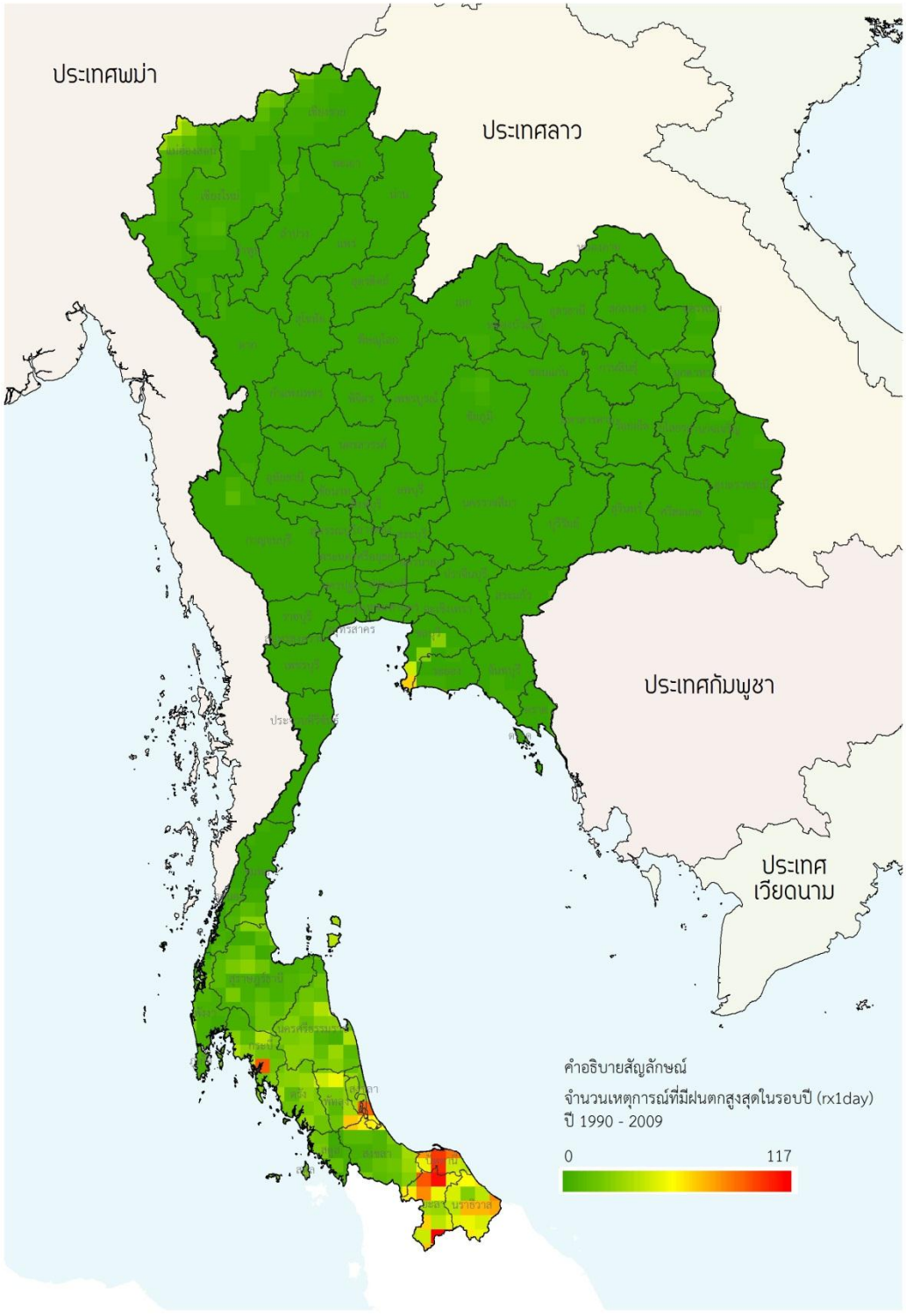
ดัชนีตัวที่ 1 จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกสะสมมากที่สุดในรอบปี ตั้งแต่ปี 1990 - 2009 (cdd) (แผนที่ 3-6)

ดัชนีตัวที่ 2 จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกติดต่อกัน 5 วัน ตั้งแต่ปี 1990 - 2009 (cdd_5day) (แผนที่ 3-7)

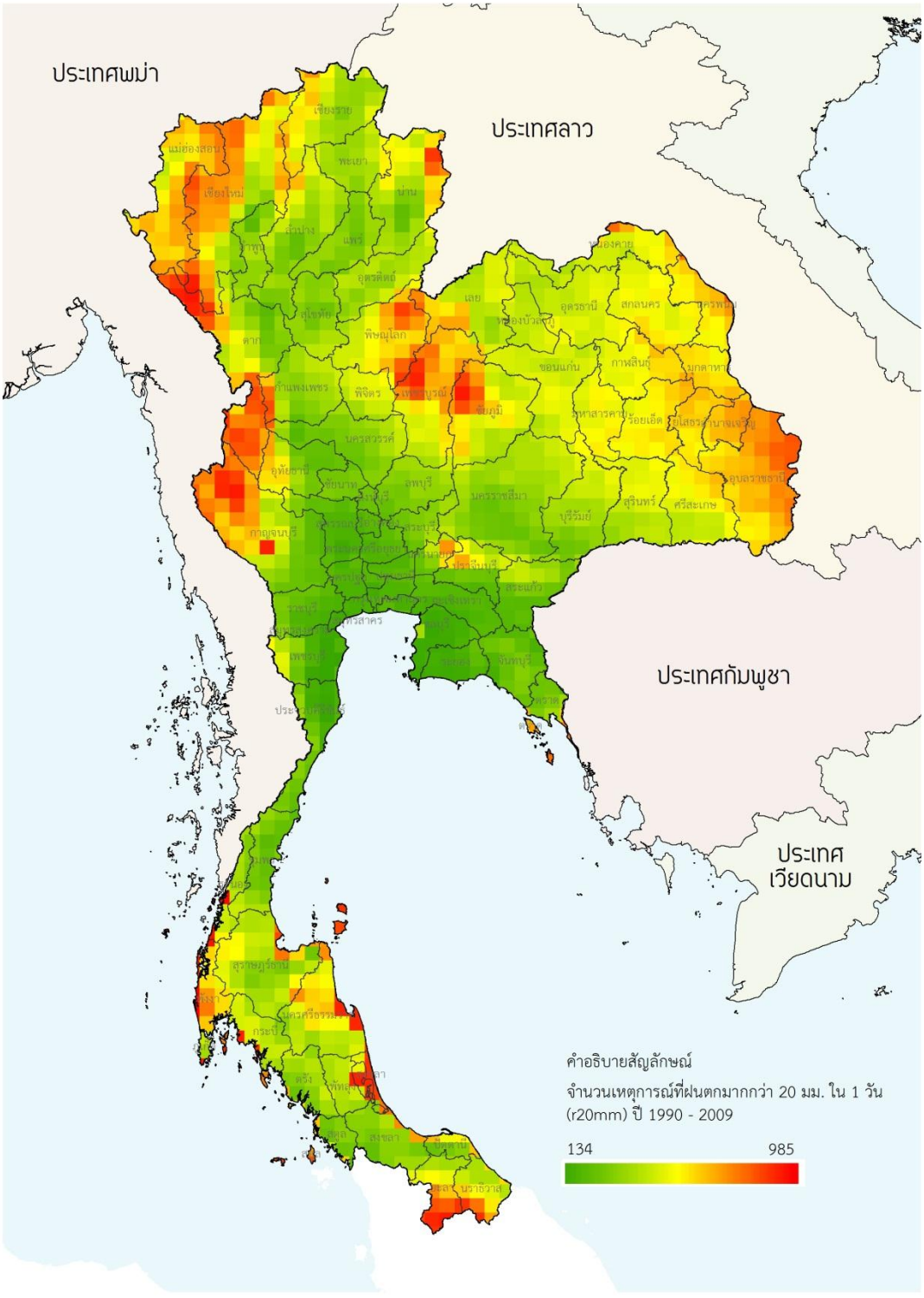
โดยที่ดัชนีภูมิอากาศแต่ละตัวสามารถอธิบายได้ดังนี้

ตาราง 3-2 ดัชนีภูมิอากาศ (Climate indices) ปี (1990 - 2009)

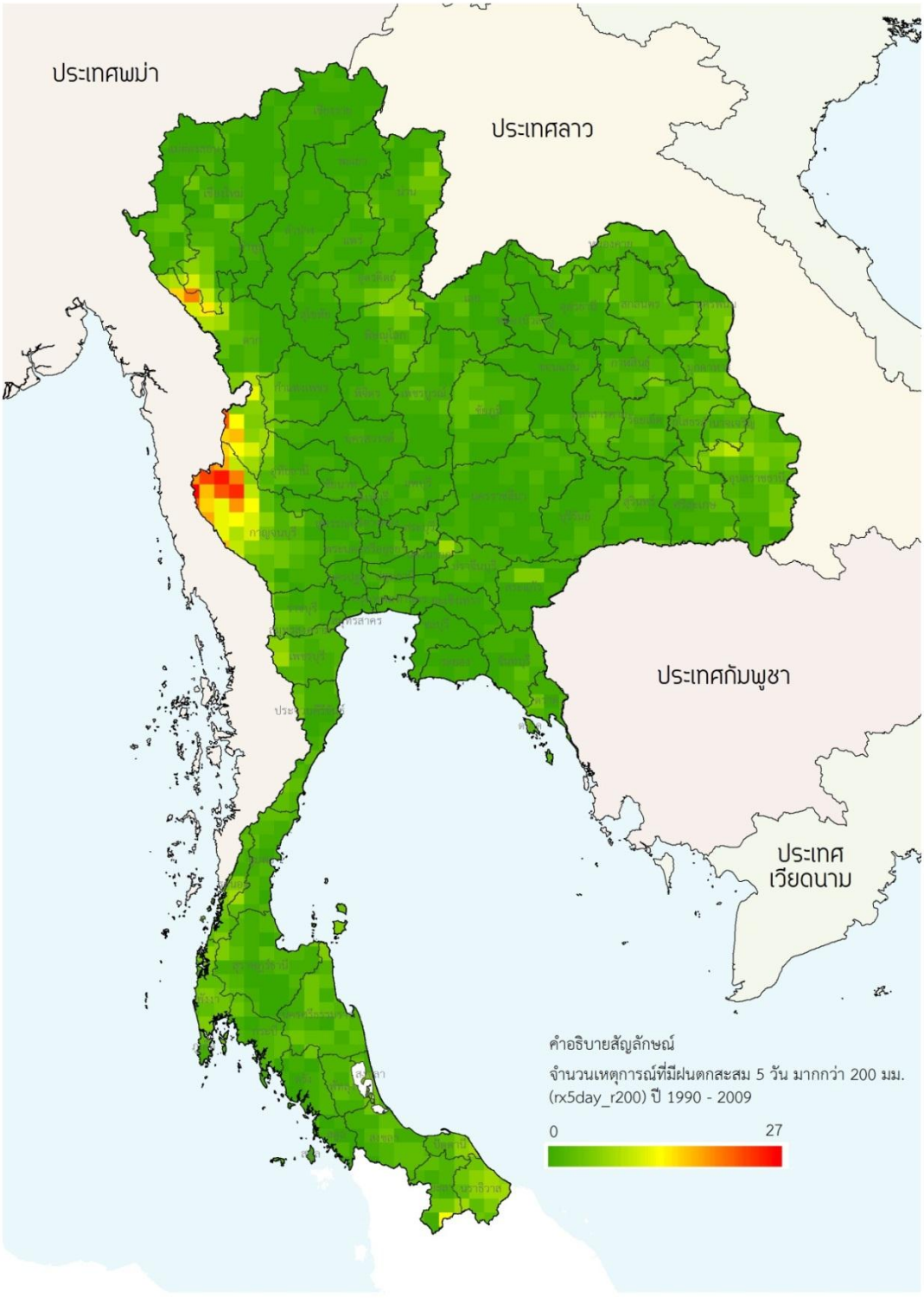
ที่	ดัชนี	คำอธิบาย
1	rx1day	จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสูงสุดในรอบปี หมายถึงจำนวนวันที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปี ในช่วงปี 1990 – 2009 โดยในแต่ละปีจะมี 1 เหตุการณ์
2	precip_r20	จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกมากกว่า 20 มม. ใน 1 วัน หมายถึงจำนวนวันที่ฝนตกหนักมากกว่า 20 มม. ในช่วงปี 1990 – 2009
3	rx5day_r200	จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสะสม 5 วัน มากกว่า 200 มม. หมายถึงจำนวนวันที่ฝนตกหนักติดต่อกัน 5 วัน และมีปริมาณน้ำฝนสะสมมากกว่า 200 มม. ในช่วงปี 1990 – 2009
4	precip_cdd	จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกสะสมมากที่สุดในรอบปี หมายถึงจำนวนวันสะสมที่ฝนไม่ตกติดต่อกันหรือวันที่ฝนขาดช่วงนานที่สุดในรอบปี ในช่วงปี 1990 – 2009
5	precip_cdd5	จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกติดต่อกัน 5 วัน หมายถึงจำนวนวันที่ฝนไม่ตกสะสมติดต่อกัน 5 วัน ในช่วงปี 1990 – 2009



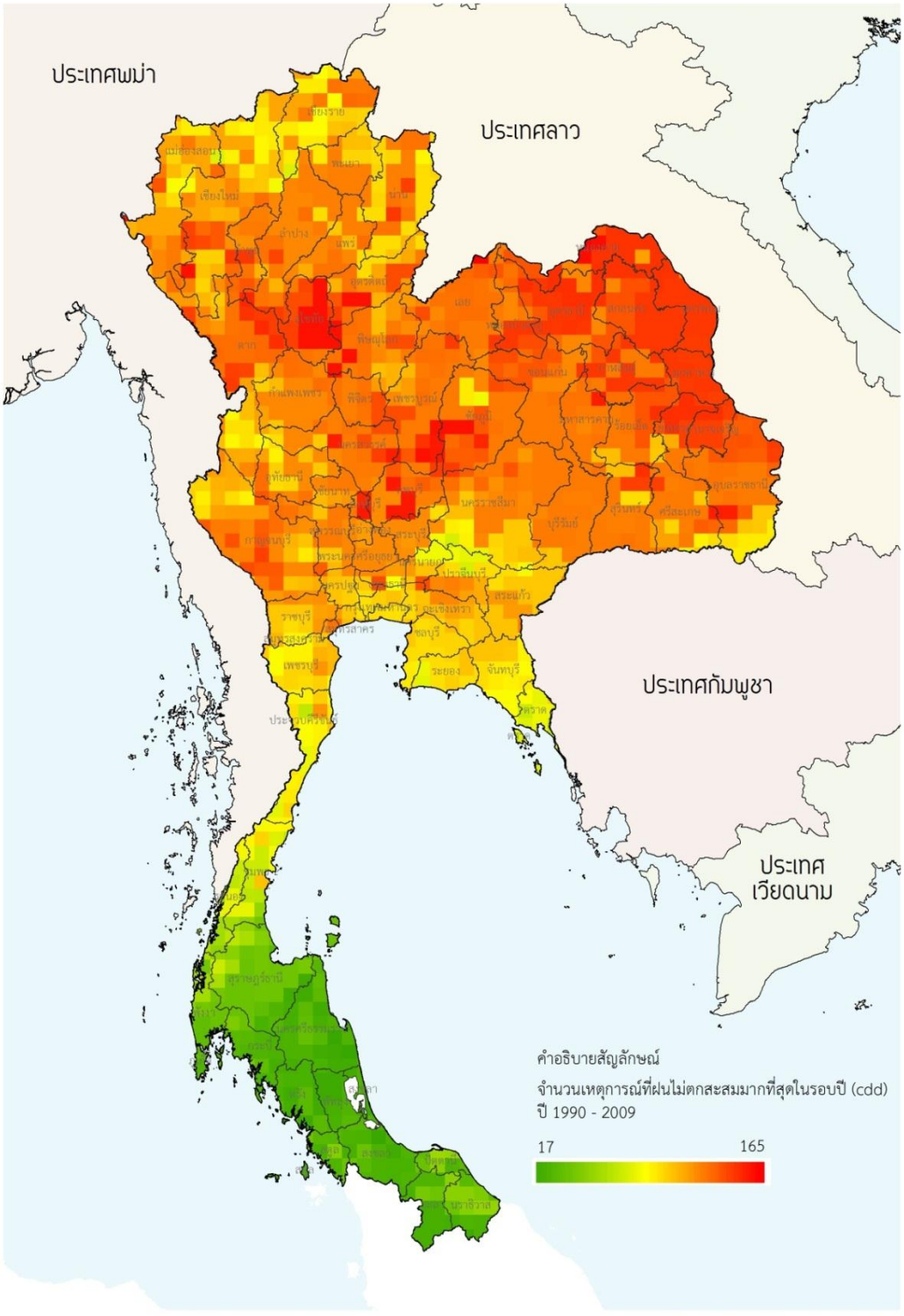
แผนที่ 3-3 จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสูงสุดในรอบปี (rx1day) ปี 1990-2009



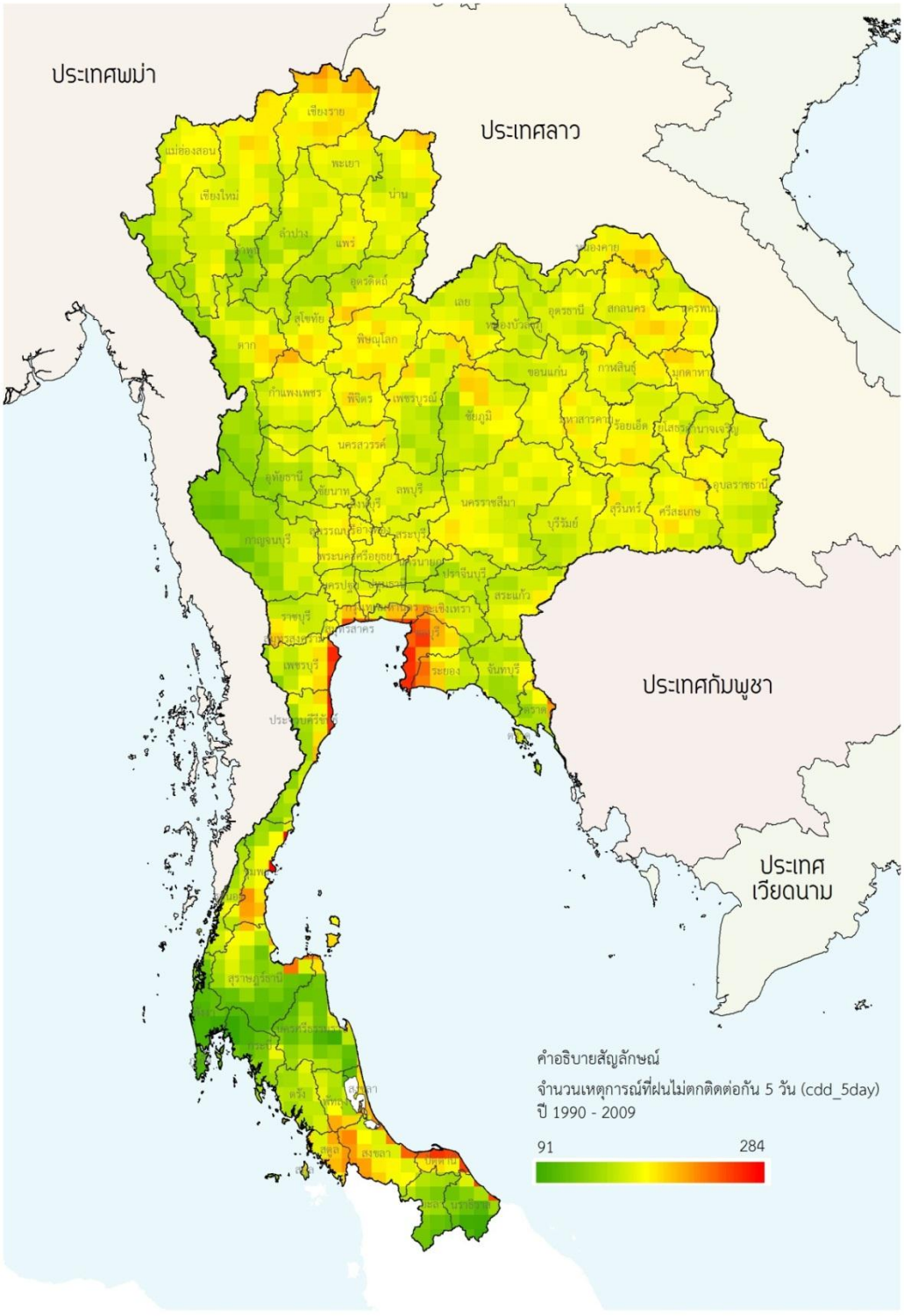
แผนที่ 3-4 จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกมากกว่า 20 มม. ใน 1 วัน (r20mm) ปี 1990-2009



แผนที่ 3-5 จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสะสม 5 วัน มากกว่า 200 มม. (rx5day_r200) ปี 1990-2009



แผนที่ 3-6 จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกสะสมมากที่สุดในรอบปี (cdd) ปี 1990-2009



แผนที่ 3-7 จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกติดต่อกัน 5 วัน (cdd_5day) ปี 1990-2009

3.3 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม

ดินถล่มเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งและสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นอย่างมาก (แผนที่ 3-8) จากการศึกษาของกรมทรัพยากรธรณี พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มมากถึง 51 จังหวัด โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณที่ลาดเชิงเขาหรือบริเวณที่ลุ่มที่อยู่ติดกับภูเขาสูง (กรมทรัพยากรธรณี, 2547) การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่เสี่ยงภัย จึงมีความจำเป็นเพื่อให้ประชาชนที่อยู่ในเขตพื้นที่เสี่ยง สามารถเตรียมการรับมือกับภัยที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ การระบุปัจจัยที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดดินถล่ม ซึ่งได้มีการศึกษาโดยหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2556) ได้ศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ปัจจัยในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มจำนวน 2 ปัจจัย คือปริมาณน้ำฝน และคุณสมบัติของดิน

1) ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยสะสมภายในระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ.2545-2554) โดยสามารถแบ่งเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนได้ดังนี้
   - ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดอันดับ 1 พ.ศ. 2553 ปริมาณ 470.6 มม./วัน
   - ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดอันดับ 2 พ.ศ. 2548 ปริมาณ 436.3 มม./วัน
   - ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดอันดับ 3 พ.ศ. 2550 ปริมาณ 393.5 มม./วัน
2) ปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์อีก 1 ปัจจัยคือ ข้อมูลคุณสมบัติของดินจากการพัฒนาที่ดิน โดยสามารถจำแนกลักษณะของดินที่มีอัตราเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มได้ดังนี้
   - กลุ่มดินที่มีความเสี่ยงต่อดินถล่มอันดับที่ 1 คือ ดินที่มีความลาดชันมากกว่า 35 องศา
   - กลุ่มดินที่มีความเสี่ยงต่อดินถล่มอันดับที่ 2 คือ ดินที่มีความลาดชัน 12-35 องศา
   - กลุ่มดินที่มีความเสี่ยงต่อดินถล่มอันดับที่ 3 คือ ดินที่มีความลาดชันน้อยกว่า 12 องศา

(Gyeltshen (2007) ได้ประเมินพิบัติภัยและความเสี่ยงจากดินถล่มของพื้นที่ดอยสุเทพ-ดอยปุยในจังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือของประเทศไทย โดยใช้ปัจจัยในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มจำนวน 4 ปัจจัย ดังแสดงในตาราง 3-3

ตาราง 3-3 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มในการศึกษาของ Gyeltshen

ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์	เงื่อนไข
1) ความลาดชัน	(1) 0-15 % (2) 15-30 % (3) มากกว่า 30 %
2) ลักษณะธรณีสัณฐาน	(1) หินแกรนิตและหินไนส์ (2) ตะกอนร่วน (3) หินภูเขาไฟ (4) หินคาร์บอเนต
3) การใช้ประโยชน์ที่ดิน	(1) เกษตรกรรม (2) พื้นที่ป่าไม้ (3) พื้นที่อยู่อาศัย (4) แหล่งน้ำ
4) ระยะห่างจากทางน้ำ	(1) น้อยกว่า 50 ม. (2) มากกว่า 50 ม.

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคเหนือ (2549) ได้ศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือ โดยกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มจำนวน 7 ปัจจัย ดังแสดงในตาราง 3-4

ตาราง 3-4 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มในการศึกษาของ ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคเหนือ

ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์	เงื่อนไข
1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย	(1) มากกวา 1150 มม. (2) 650 – 1,150 มม. (3) นอยกวา 650 มม
2) ชั้นหินพื้นฐาน	(1) หินแกรนิต หินไนส์ (2) หินปูน ตะกอนไมแข็งตัว (3) หินทราย หินชั้น หินชนวน (4) หินตะกอน (5) หินตะกอนคารบอนเนต (6) หินภูเขาไฟ
3) ความลาดชัน	(1) มากกวา 45% (2) 15 – 45% (3) นอยกวา 15%
4) สภาพป่าไม้	(1) ไม่ใช่พื้นที่ป่า (2) ป่าเสื่อมโทรม (3) ป่าสมบูรณ์
5) แนวกันชนรอยเลื่อน	(1) น้อยกวา 1,000 เมตร (2) 1,000 – 2,000 เมตร
6) ทิศทางการรับน้ำฝน	(1) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (2) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (3) ทิศทางอื่นๆ
7) ระดับความสูงจากน้ำทะเล	(1) สูงกวาหรือเทากับ 500 เมตร (2) ต่ำกวาระดับ 500 เมตร

สำหรับการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในต่างประเทศ พบว่าปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- ปัจจัยด้านความลาดชัน พบว่าโดยส่วนใหญ่จะจำแนกความลาดชันเพิ่มขึ้นครั้งละไม่เกิน 10 องศา เช่น Lee et al. (2003) จำแนกเป็น 0-5 องศา 6-9 องศา 10-13 องศา 14-17 องศา 18-23 องศา 24-29 องศา 30-37 องศา และ 38-86 องศา Choi et al. (2012) จำแนกเป็น 0-2 องศา 3-4 องศา 5-6 องศา 7-8 องศา 9-11 องศา 12-14 องศา 15-17 องศา 18-20 องศา 21-24 องศา และ 25-66 องศา
- ปัจจัยด้านข้อมูลชุดดิน ส่วนใหญ่จะกำหนดเป็นชุดดินที่พบในแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยจะพิจารณาถึงลักษณะของเนื้อดิน เช่นเนื้อดินหยาบ เนื้อดินละเอียด ความสามารถในการซับน้ำของดินซึ่งจะส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม เช่น Bui et al. (2012) Lee et al. (2003) และ Pradhan et al. (2010)
- ปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝน เช่น Bui et al. (2012) จำแนกปริมาณน้ำฝนออกเป็น 362-470 มิลลิเมตร 470-540 มิลลิเมตร 540-610 มิลลิเมตร และ 610–950 มิลลิเมตร

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มส่วนใหญ่จะใช้หลายปัจจัยในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดดินถล่ม สำหรับการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในประเทศไทย จากการใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศปี (1990 – 2009) โดยสามารถสรุปปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้ดังนี้

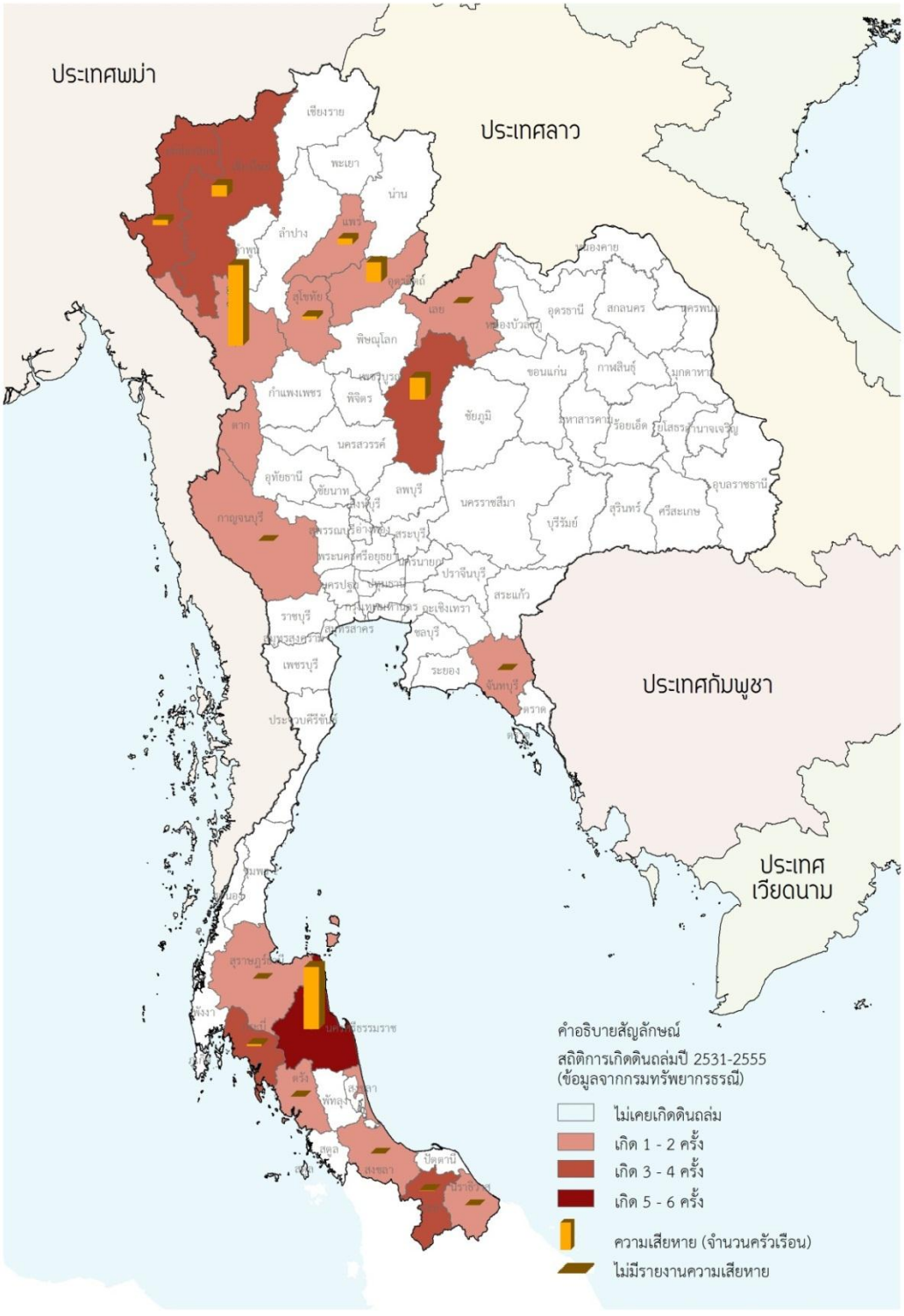
1) ความลาดชัน เนื่องจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าระดับความรุนแรงของดินถล่มจะสัมพันธ์กับความลาดชันของพื้นที่ ดังแสดงในแผนที่ 3-9
2) ปริมาณน้ำฝน เนื่องจากดินถล่มจะเกิดขึ้นเมื่อฝนตกหนักหรือตกติดต่อกันเป็นเวลานาน น้ำฝนจะไหลซึมลงไปในชั้นดิน จนกระทั่งชั้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ถ้าหากปริมาณน้ำในมวลดินเพิ่มขึ้นจนระดับน้ำในชั้นดินสูงขึ้นมาที่ระดับผิวดิน จะเกิดการไหลบนผิวดิน และกัดเซาะหน้าดินทำให้ลาดดินเริ่มมีการเคลื่อนตัวและเกิดการถล่มในที่สุด (กรมทรัพยากรธรณี, 2554) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ดัชนีน้ำฝนในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มจำนวน 3 ดัชนี คือ
    - จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสูงสุดในรอบปี (precip_rx1day)
    - จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกมากกว่า 20 มม. ใน 1 วัน (precip_r20)
    - จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสะสม 5 วัน มากกว่า 200 มม.(precip_rx5day_r200)

    โดยการแบ่งช่วงของดัชนีแต่ละตัว ใช้วิธีการจำแนกเงื่อนไขโดยเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ของข้อมูลที่มากที่สุดในแต่ละดัชนี (พื้นที่เสี่ยงน้อยคือช่วงที่มีค่าน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 พื้นที่เสี่ยงปานกลางคือช่วงที่มีค่าระหว่างเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 – 75 และพื้นที่เสี่ยงมากคือช่วงที่มีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75) ดังแสดงในแผนที่ 3-12 และ 3-13
3) การระบายน้ำของดิน เนื่องจากลักษณะของดินจะสัมพันธ์กับการเกิดดินถล่ม กล่าวคือ ดินที่มีการระบายน้ำเลวสามารถอุ้มน้ำไว้ได้มากส่งผลให้เกิดดินถล่มได้ง่าย ดังแสดงในแผนที่ 3-10 และ 3-11

ตาราง 3-5 ปัจจัยและเงื่อนไขในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศปี (1990 – 2009)

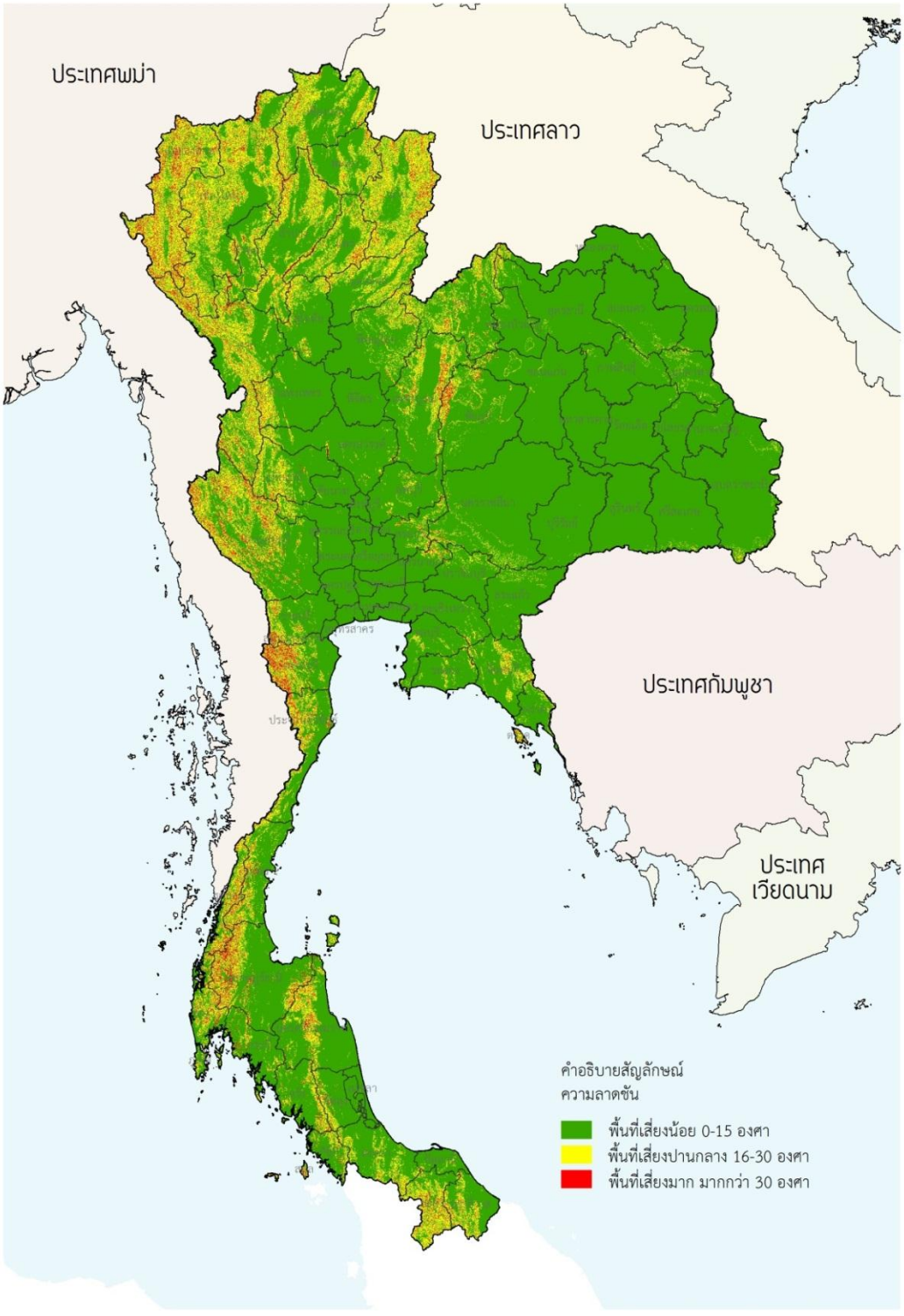
ปัจจัยหลัก	เงื่อนไข	ระดับความเสี่ยง	คะแนน
1) ความลาดชัน	(1) 0-15 องศา	(1) พื้นที่เสี่ยงน้อย	1
	(2) 16-30 องศา	(2) พื้นที่เสี่ยงปานกลาง	2
	(3) มากกว่า 30 องศา	(3) พื้นที่เสี่ยงมาก	3
2) การระบายน้ำของดิน	(1) การระบายน้ำมากเกินไป	(1) พื้นที่เสี่ยงน้อย	1
	(2) การระบายน้ำค่อนข้างมากเกินไป	(7) พื้นที่เสี่ยงมาก	2
	(3) การระบายน้ำดี		3
	(4) การระบายน้ำดีปานกลาง		4
	(5) การระบายน้ำค่อนข้างเลว		5
	(6) การระบายน้ำเลว		6
	(7) การระบายน้ำเลวมาก		7

ปัจจัยหลัก	เงื่อนไข	ระดับความเสี่ยง	คะแนน
3) การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสูงสุดในรอบปี (precip_rx1day)	(1) 0-29 วัน (2) 30-88 วัน (3) มากกว่า 88 วัน	(1) พื้นที่เสี่ยงน้อย (2) พื้นที่เสี่ยงปานกลาง (3) พื้นที่เสี่ยงมาก	1 2 3
4) การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกมากกว่า 20 มม. ใน 1 วัน (precip_r20)	(1) 0-246 วัน (2) 247-739 วัน (3) มากกว่า 739 วัน	(1) พื้นที่เสี่ยงน้อย (2) พื้นที่เสี่ยงปานกลาง (3) พื้นที่เสี่ยงมาก	1 2 3
5) การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสะสม 5 วัน มากกว่า 200 มม (precip_rx5day_r200)	(1) 0-7 วัน (2) 8-20 วัน (3) มากกว่า 20 วัน	(1) พื้นที่เสี่ยงน้อย (2) พื้นที่เสี่ยงปานกลาง (3) พื้นที่เสี่ยงมาก	1 2 3

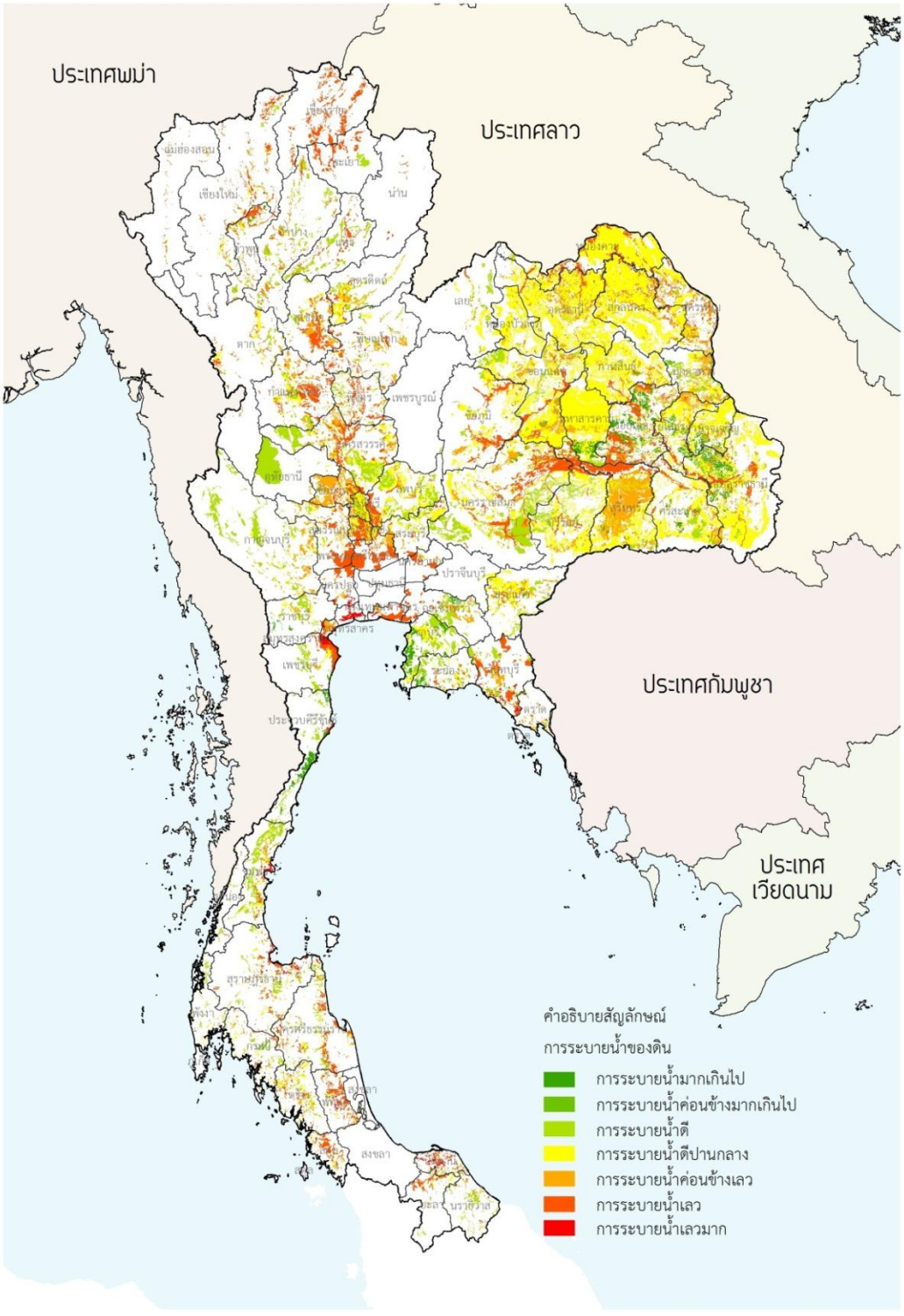


แผนที่ 3-8 สถิติการเกิดดินถล่มปี 2531 - 2555

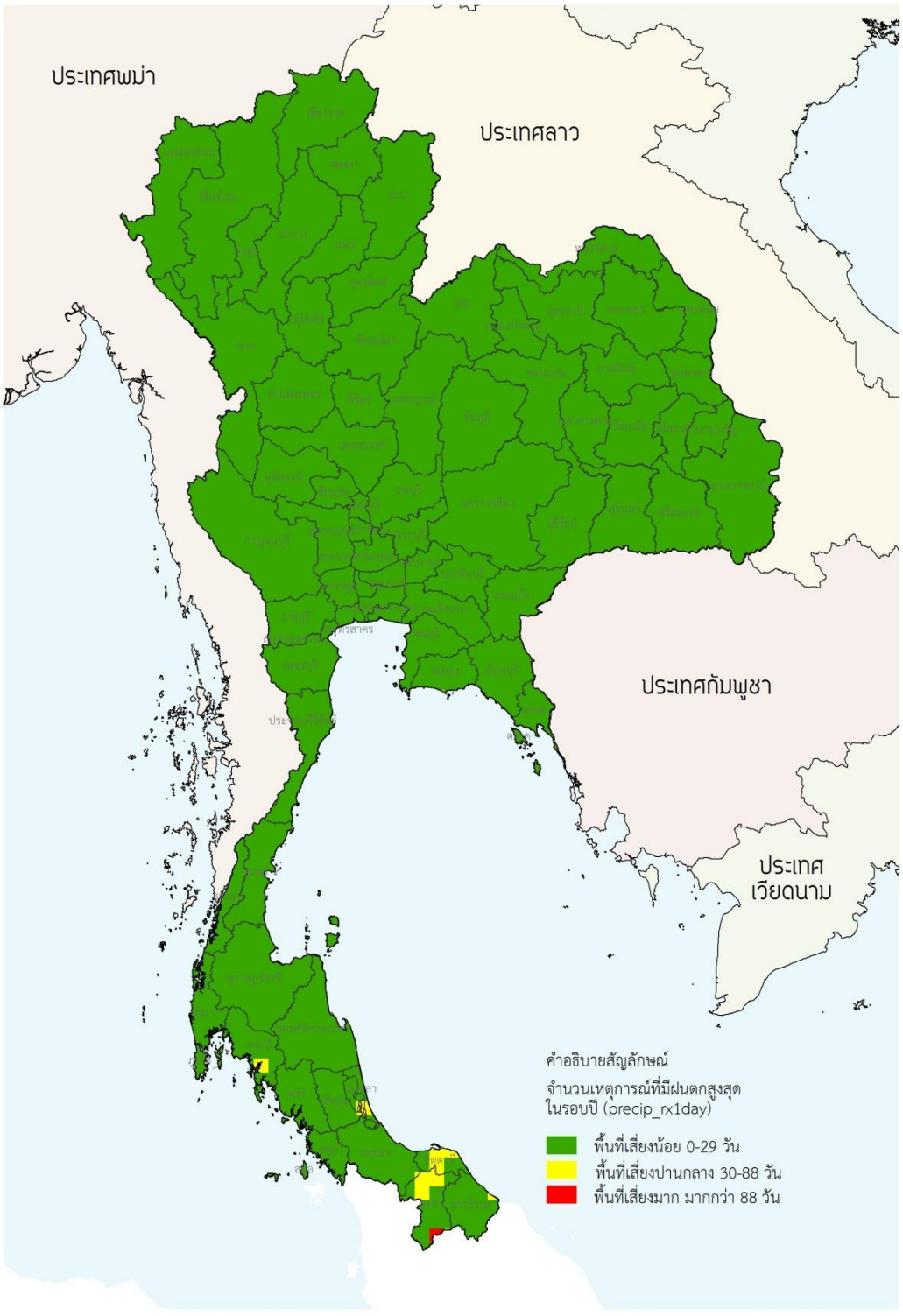
ที่มา : http://www.dmr.go.th/download/Landslide/event_landslide1.htm



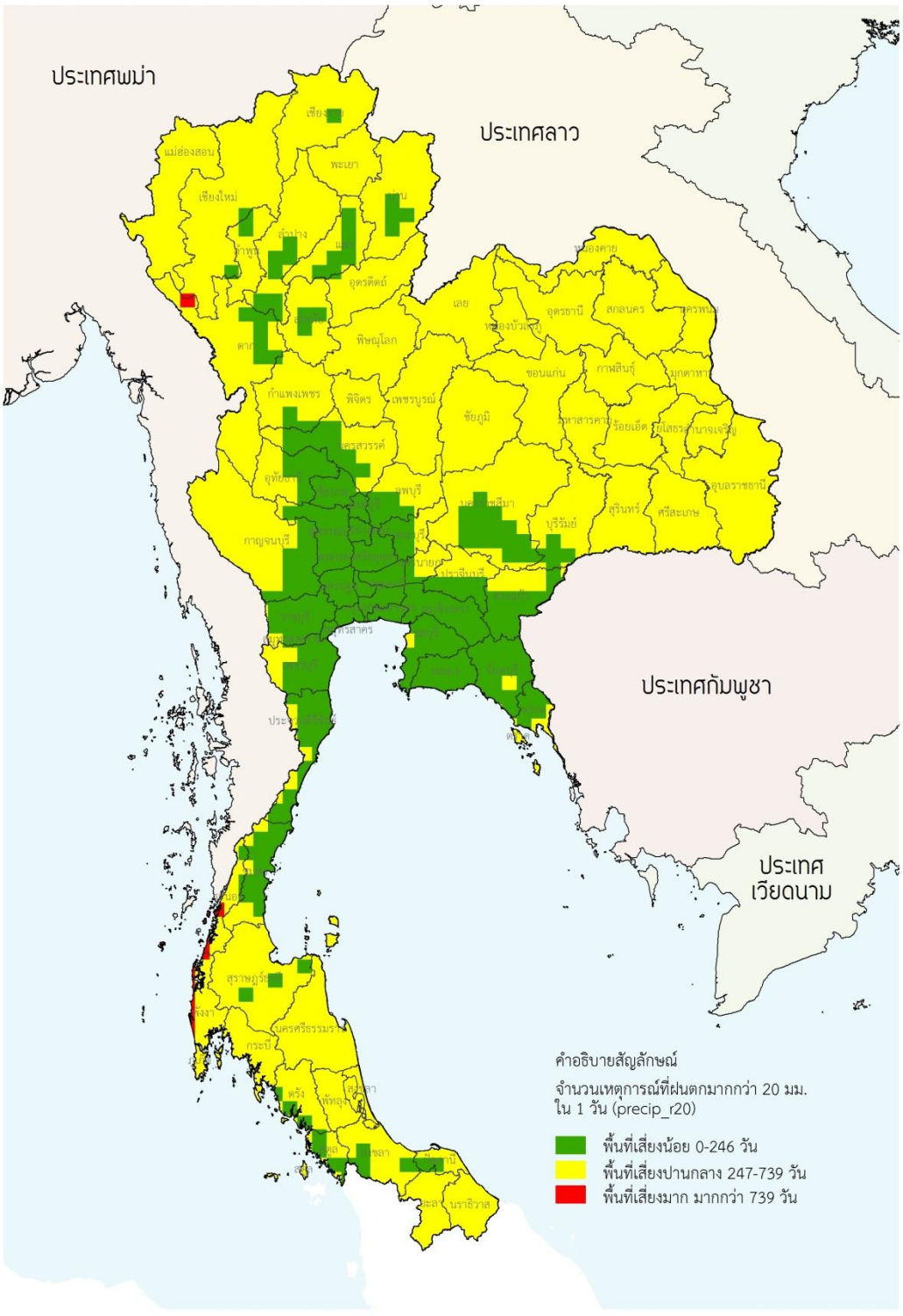
แผนที่ 3-9 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มโดย
ปัจจัยที่ 1 ความลาดชัน



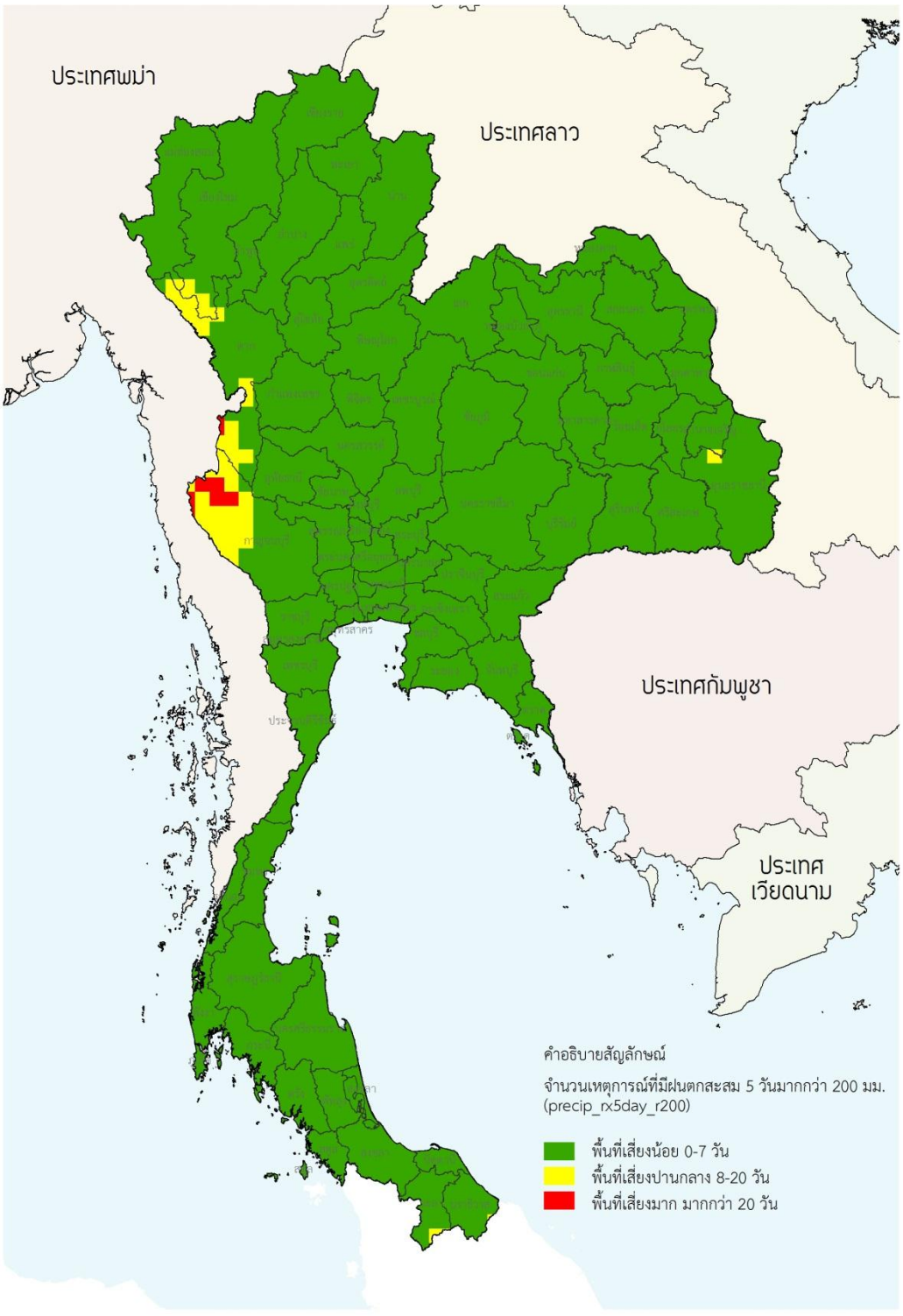
แผนที่ 3-10 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม
ปัจจัยที่ 2 การระบายน้ำของดิน



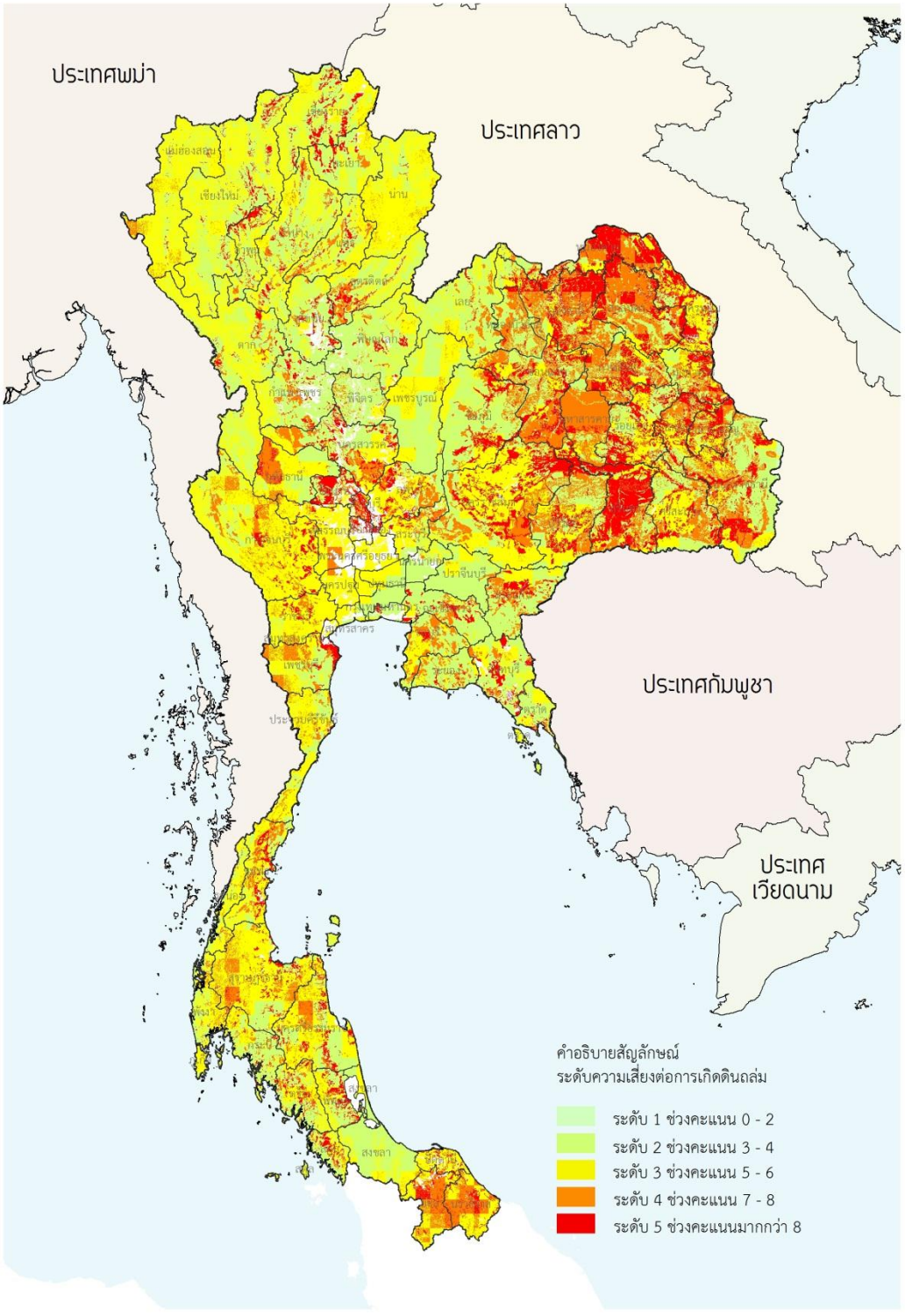
แผนที่ 3-11 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม
ปัจจัยที่ 3 จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสูงสุดในรอบปี (rx1day)



แผนที่ 3-12 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม
ปัจจัยที่ 4 จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกมากกว่า 20 มม. ใน 1 วัน (precip_r20)



แผนที่ 3-13 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม
ปัจจัยที่ 5 จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสะสม 5 วัน มากกว่า 200 มม. (precip_rx5day_r200)



แผนที่ 3-14 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทย

จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มในประเทศไทยดังแสดงใน แผนที่ 3-14 พบว่าพื้นที่เสี่ยงดินถล่มจะกระจายตัวอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ โดยเฉพาะพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเกือบทั้งภาค นอกจากนี้มีการกระจายตัวอยู่บริเวณพื้นที่ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดะเยา จังหวัดลำพูน จังหวัดลำปาง จังหวัดแพร่ จังหวัดอุตรดิตถ์

พื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดอุทัยธานี จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดลพบุรี จังหวัดชัยนาท จังหวัดสิงห์บุรี

พื้นที่ภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดสระแก้ว จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง จังหวัดจันทบุรี

พื้นที่ภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดชุมพร จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา จังหวัดนราธิวาส

3.4 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ประเทศไทยได้ประสบกับปัญหาอุทกภัยครั้งใหญ่หลายครั้ง ซึ่งสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนทั่วทุกภาค ดังเช่น เหตุการณ์น้ำท่วมกรุงเทพ ในปี พ.ศ. 2526 และ ปี พ.ศ. 2538 เหตุการณ์น้ำท่วมพื้นที่ภาคเหนือ ในปี พ.ศ. 2548, ปี พ.ศ. 2549 และปี พ.ศ. 2554 เหตุการณ์น้ำท่วมพื้นที่ภาคใต้ ในปี พ.ศ. 2543 และ ปี พ.ศ. 2548 สำหรับพื้นที่ภาคกลางได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมทุกปี เนื่องจากมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบ จึงเป็นพื้นที่รับน้ำที่ไหลลงมาจากพื้นที่ภาคเหนือ เช่นอุทกภัยครั้งใหญ่ที่เกิดขึ้นในปี 2554 ที่ผ่านมา ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของพายุโซนร้อนทำให้เกิดน้ำหลากในพื้นที่ภาคเหนือ และปริมาณน้ำจำนวนมากไหลลงสู่พื้นที่ภาคกลาง ทำให้เกิดน้ำท่วมขังในภาคกลางเป็นเวลาหลายเดือน และส่งผลกระทบในพื้นที่ 63 จังหวัด 684 อำเภอ อุทกภัยในครั้งนี้ธนาคารโลกได้ ประเมินมูลค่าความเสียหายสูงถึง 1.44 ล้านล้านบาท และจัดให้เป็นภัยพิบัติครั้งสร้างความเสียหายมากที่สุดเป็นอันดับสี่ของโลก โดยอุทกภัยในครั้งนี้ส่งผลให้ประชาชนได้รับความเดือดร้อน 4,086,138 ครัวเรือน บ้านเรือนเสียหายทั้งหลัง 2,329 หลัง เสียหายบางส่วน 96,833 หลัง พื้นที่การเกษตรคาดว่าจะได้รับความเสียหาย 11.20 ล้านไร่ (เว็บไซต์ http://th.wikipedia.org, 2556)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการศึกษาพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในแต่ละพื้นที่มีการกำหนดปัจจัยที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นปัจจัยด้านความแตกต่างของลักษณะภูมิประเทศ เช่นพื้นที่ภาคเหนือจะมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง และมีความลาดชัน พื้นที่ภาคกลางมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ นอกจากปัจจัยด้านลักษณะภูมิประเทศแล้วยังมีปัจจัยอื่นที่เป็นตัวสนับสนุนให้เกิดอุทกภัย ดังนี้

สุพิชฌาย ธนารุณ (2553) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์รวมกับการวิเคราะหศักยภาพเชิงพื้นที่ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยในจังหวัดอ่างทอง โดยกำหนดปัจจัยและเงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังตาราง 3-6

ตาราง 3-6 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยในการศึกษาของสุพิชฌาย ธนารุณ

ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์	เงื่อนไข	
1) ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรวม 1 วัน	(1) 0 - 60 มม.	(2) 61 - 75 มม.
	(3) 76 - 100 มม.	(4) > 100 มม.
2) พื้นที่น้ำทวมในอดีต	(1) ไม่ท่วม	(2) น้ำทวมปีใดปีหนึ่ง
	(3) น้ำทวม ≥2 ปี	(4) น้ำทวม ≥3 ปี
3) ความลาดชันของพื้นที่	(1) 0 - 5 %	(2) 6 - 10 %

ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์	เงื่อนไข
	(3) 11 - 15 % (4) > 5 %
4) ความสูงจากระดับน้ำทะเล	(1) 0 - 100 เมตร (2) 101 - 300 เมตร (3) 301 - 500 เมตร (4) > 500 เมตร
5) สิ่งกีดขวางทางน้ำ	(1) 0.00 - 0.20 กม./ตร.กม. (2) 0.21 - 0.40 กม./ตร.กม. (3) 0.41 - 0.60 กม./ตร.กม. (4) > 0.60 กม./ตร.กม.
6) ความหนาแน่นของทางน้ำ	(1) 0.10 - 0.35 กม./ตร.กม. (2) 0.36 - 0.70 กม./ตร.กม. (3) 0.71 - 1.00 กม./ตร.กม. (4) > 1.00 กม./ตร.กม.
7) ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	(1) < 150 ตร.กม. (2) 150 - 250 ตร.กม. (3) 251 - 350 ตร.กม. (4) > 350 ตร.กม.
8) ความสามารถในการระบายน้ำของดิน	(1) การระบายน้ำดี (2) การระบายน้ำดีปานกลาง (3) การระบายน้ำค่อนข้างเลว (4) การระบายน้ำเลว
9) การใช้ประโยชน์ที่ดิน	(1) พื้นที่อยู่อาศัย (2) นาข้าว พืชไร่ (3) พื้นที่การใช้ประโยชน์อื่น (4) พืชสวน ไม้ยืนต้น

ประสิทธิ์ เมฆอรุณ (2544) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัย บริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่าง โดยกำหนดปัจจัยและเงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังตาราง 3-7

ตาราง 3-7 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยในการศึกษาของประสิทธิ์ เมฆอรุณ

ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์	เงื่อนไข
1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย	(1) 1,134 - 1,149 มม. (2) 1,149 - 1,164 มม. (3) 1,164 - 1,179 มม. (4) 1,179 - 1,194 มม.
2) จำนวนวันที่ฝนตก	(1) 97.3 - 97.8 วัน (2) 97.8 - 98.4 มม. (3) 98.4 - 98.9 มม. (4) 98.9 - 99.4 วัน
3) จำนวนฝนที่เคยตกมากที่สุด	(1) 126.87 - 141.26 มม. (2) 141.26 - 155.65 มม. (3) 155.65 - 170.04 มม. (4) 170.04 - 184.43 มม.
4) ความลาดชัน	(1) 0 - 5 เปอร์เซ็นต์ (2) 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ (3) 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ (4) มากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์
5) ความสูงจากระดับน้ำทะเล	(1) ต่ำกว่า 100 ม. (2) 100 - 500 ม. (3) 500 – 1,000 ม. (4) มากกว่า 1,000 ม.
6) ความหนาแน่นของลำน้ำ	(1) มากกว่า 53.98 กม. (2) 25.75 – 53.98 กม. (3) 0.01 – 25.75 กม. (4) ไม่มีลำน้ำไหลผ่าน
7) สิ่งกีดขวางลำน้ำ	(1) ไม่มีสิ่งกีดขวางลำน้ำ (2) 0.01 - 31.05 กม. (3) 31.05 - 74.01 กม. (4) มากกว่า 74.01 กม.
8) การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุม	(1) พื้นที่ป่าไม้และไม้สวน (2) พื้นที่ตัวเมืองและที่ว่างเปล่า

ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์	เงื่อนไข
ดิน	(3) พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ (4) พื้นที่นา
9) ความสามารถในการระบายน้ำของดิน	(1) ดินระบายน้ำได้ดีมาก (2) ดินระบายน้ำได้ดี (3) ดินระบายน้ำได้ปานกลาง (4) ดินระบายน้ำได้เลว

Tran et al. (2008) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และองค์ความรู้ด้านการจัดการภัยพิบัติ ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในประเทศเวียดนาม โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาแบ่งเป็นปัจจัยทางด้านกายภาพ และปัจจัยด้านสถิติที่เคยเกิดน้ำท่วม โดยมีรายละเอียดของปัจจัยคือ ปัจจัยด้านกายภาพ ประกอบด้วย ลักษณะทางอุทกวิทยา ลักษณะภูมิประเทศ เส้นทางคมนาคม สิ่งปกคลุมดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะของที่อยู่อาศัย ระยะห่างระหว่างบ้านและแม่น้ำ ระยะห่างระหว่างบ้านและสถานพยาบาล ระยะห่างระหว่างบ้านและถนนสายหลัก ปัจจัยด้านสถิติที่เคยเกิดน้ำท่วม ประกอบด้วย ระดับของน้ำท่วมในปี 1999 ระดับของน้ำท่วมในปี 2004

Ahmed et al. (2011) ได้คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมฉับพลัน (flash flood) บริเวณถนน Katherine ประเทศอียิป โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ETM+ โดยวิเคราะห์บนพื้นฐานของข้อมูล DEM การศึกษานี้ได้ใช้ปัจจัยทางด้านอุทกวิทยาเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย ทิศทางการไหลของน้ำ การไหลสะสมของน้ำ พื้นที่รับน้ำ และจุดเชื่อมต่อของทางน้ำ

Zerger, A and Eealands, S (2004) ได้สร้างแบบจำลองการตัดสินใจในการจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วม อันมีสาเหตุมาจากการเกิดพายุไซโคลน ในประเทศออสเตรเลีย การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลอาคาร (ความสูงอาคาร วัสดุอาคาร การใช้ประโยชน์อาคาร ที่อยู่ของอาคาร) ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital elevation model) ข้อมูลเส้นชั้นความสูง ข้อมูลโครงข่ายถนน ข้อมูลระดับน้ำ ข้อมูลเหตุการณ์การเกิดภัยพิบัติย้อนหลัง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าการศึกษาพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม จะใช้หลายปัจจัยในการวิเคราะห์ **ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมจำนวน 4 ปัจจัย** โดยใช้ปัจจัยดัชนีน้ำฝนจำนวน 3 ดัชนี เช่นเดียวกับการวิเคราะห์พื้นทีเสี่ยงดินถล่ม คือ

- การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสูงสุดในรอบปี (precip_rx1day) (แผนที่ 3-11)
- การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกมากกว่า 20 มม. ใน 1 วัน (precip_r20) (แผนที่ 3-12)
- การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสะสม 5 วัน มากกว่า 200 มม. (precip_rx5day_r200) (แผนที่ 3-13)

โดยการแบ่งช่วงของดัชนีแต่ละตัว ใช้วิธีการจำแนกเงื่อนไขโดยเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ของ ข้อมูลที่มากที่สุดในแต่ละดัชนี (พื้นที่เสี่ยงน้อยคือช่วงที่มีค่าน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 พื้นที่เสี่ยงปานกลางคือช่วงที่มีค่าระหว่างเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 – 75 และพื้นที่เสี่ยงมากคือช่วงที่มีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75) นอกจากดัชนีน้ำฝน ยังได้เพิ่มปัจจัยด้านพื้นที่ป่าไม้ เนื่องจากพื้นทีป่าเป็นปัจจัยสำคัญในการดูดซับน้ำไม่ให้ไหลเร็วและแรงเกินไป สามารถชะลอการไหลของน้ำโดยเฉพาะพื้นที่บริเวณต้นน้ำ (แผนที่ 3-15)

ตาราง 3-8 ปัจจัยและเงื่อนไขในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

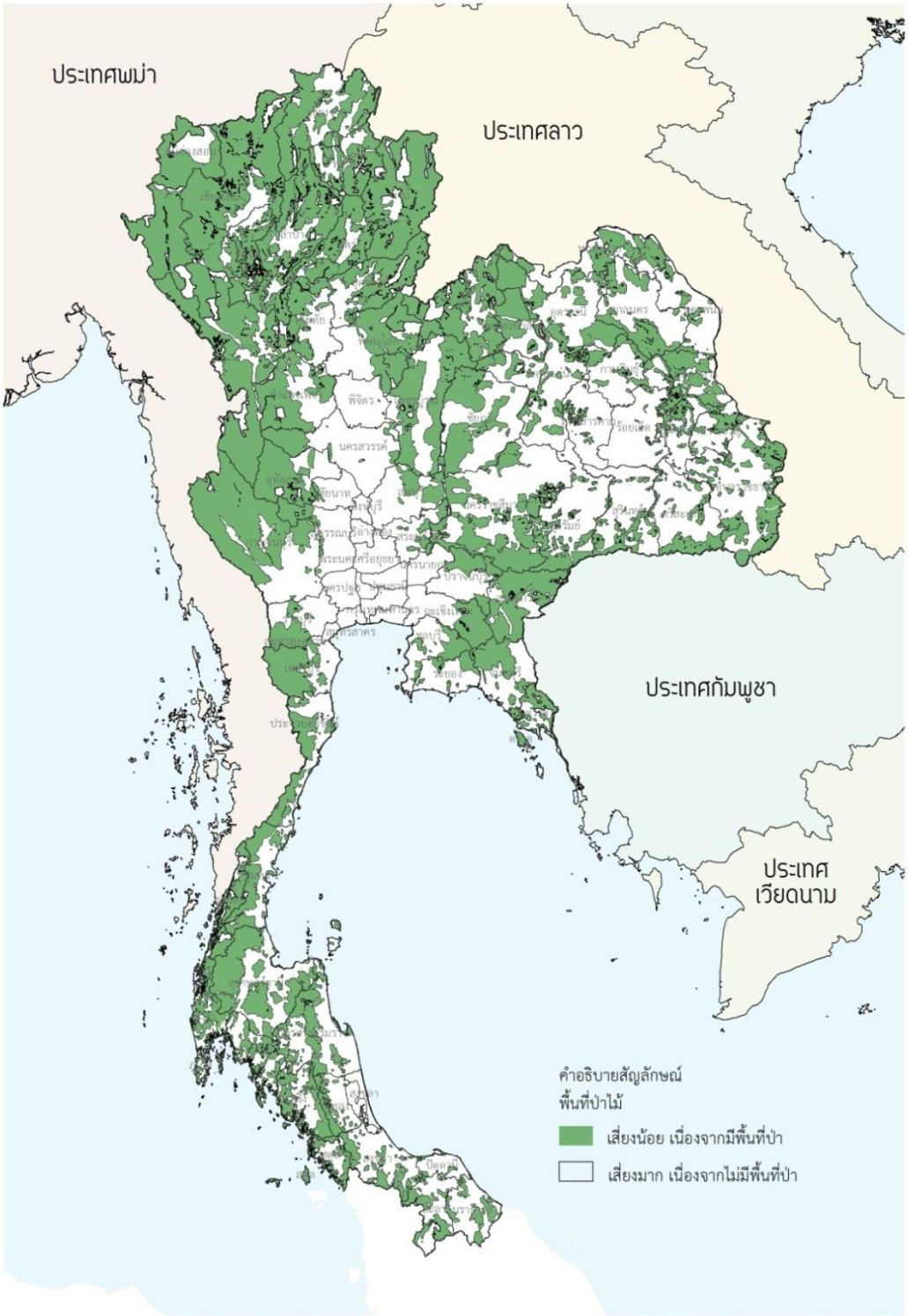
ปัจจัยหลัก	เงื่อนไข	ระดับความเสี่ยง	คะแนน
1) การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสูงสุดในรอบปี (precip_rx1day)	(1) 0-68 วัน (2) 69-204 วัน (3) มากกว่า 204 วัน	(1) พื้นที่เสี่ยงน้อย (2) พื้นที่เสี่ยงปานกลาง (3) พื้นที่เสี่ยงมาก	1 2 3
2) การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกมากกว่า 20 มม. ใน 1 วัน (precip_r20)	(1) 0-22 วัน (2) 23-65 วัน (3) มากกว่า 65 วัน	(1) พื้นที่เสี่ยงน้อย (2) พื้นที่เสี่ยงปานกลาง (3) พื้นที่เสี่ยงมาก	1 2 3
3) การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกสะสม 5 วัน มากกว่า 200 มม (precip_rx5day_r200)	(1) 0-2 วัน (2) 3-5 วัน (3) มากกว่า 5 วัน	(1) พื้นที่เสี่ยงน้อย (2) พื้นที่เสี่ยงปานกลาง (3) พื้นที่เสี่ยงมาก	1 2 3
4) พื้นที่ป่าไม้	(1) มีพื้นที่ป่า (2) ไม่มีพื้นที่ป่า	(1) พื้นที่เสี่ยงน้อย (3) พื้นที่เสี่ยงมาก	0 3

จากการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในประเทศไทย สามารถจำแนกระดับความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ออกเป็น 5 ระดับตามการให้ค่าคะแนน คือ ระดับ 1 ช่วงคะแนน 0-2 ระดับ 2 ช่วงคะแนน 3-4 ระดับ 3 ช่วงคะแนน 5-6 ระดับ 4 ช่วงคะแนน 7-8 และระดับ 5 ช่วงคะแนน 9-10 ดังแสดงในแผนที่ 3-16

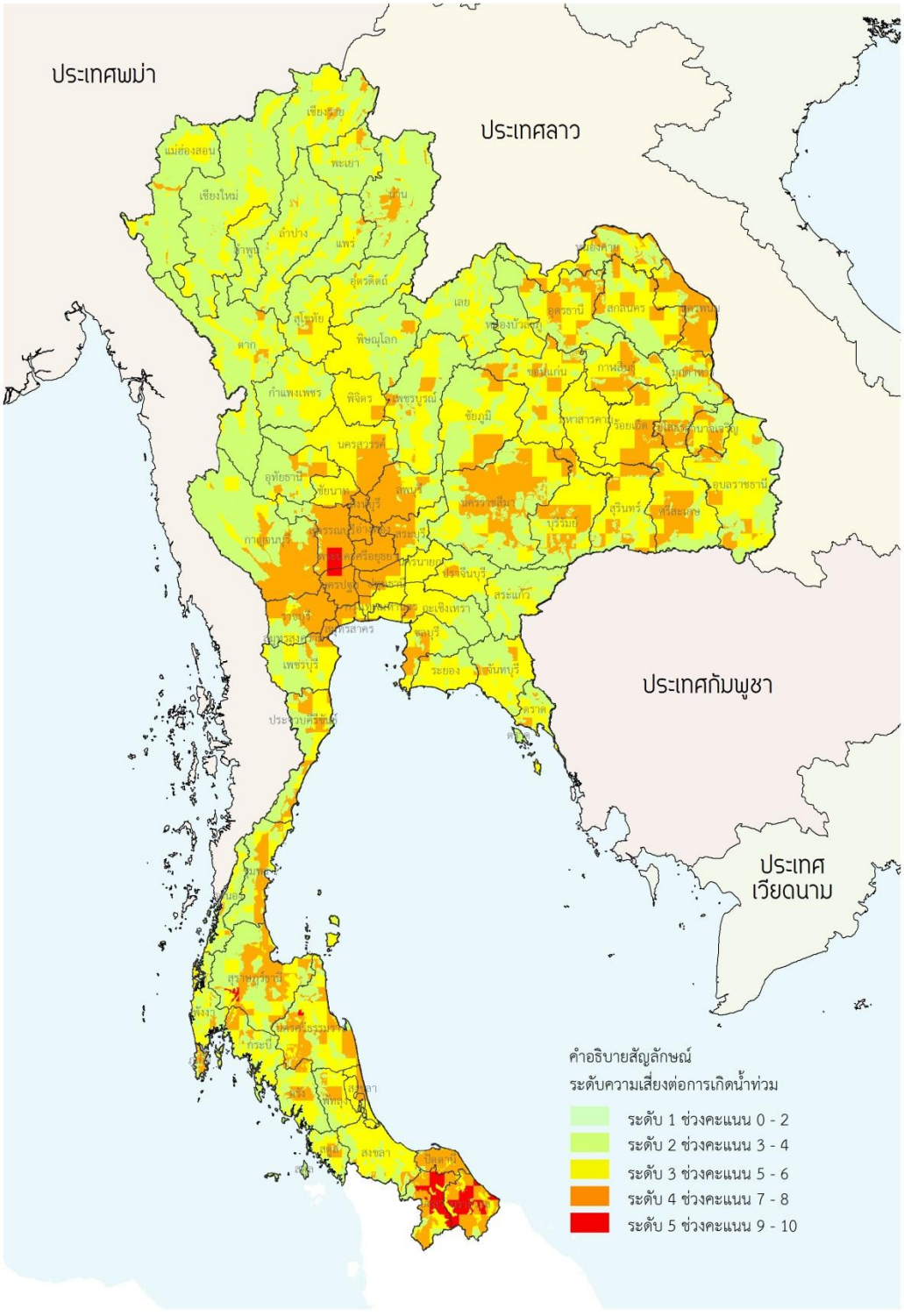
ผลการวิเคราะห์ พบว่าพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในระดับ 4 และ 5 ส่วนใหญ่คือพื้นที่ในเขตภาคกลาง ประกอบด้วย จังหวัดพิจิตร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดอ่างทอง จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดสระบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดลพบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดนนทบุรี จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดกาญจนบุรี และราชบุรี

พื้นที่ภาคใต้ ประกอบด้วย จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา จังหวัดนราธิวาส

พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย บางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดนครพนม จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดกาฬสินธุ์



แผนที่ 3-15 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม (ปัจจัยด้านพื้นที่ป่าไม้)



แผนที่ 3-16 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในประเทศไทย

3.5 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

ภัยแล้ง คือภัยที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นเวลานาน จนก่อให้เกิดความแห้งแล้ง และส่งผลกระทบต่อชุมชน โดยมีสาเหตุจากธรรมชาติ อันได้แก่ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล และสาเหตุจากภัยธรรมชาติ เช่น วาตภัย แผ่นดินไหว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสาเหตุจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การทำลายชั้นโอโซน ผลกระทบของภาวะเรือนกระจก การพัฒนาด้านอุตสาหกรรม การตัดไม้ทำลายป่า ฯลฯ

จากเว็บไซต์ของกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าภัยแล้งในประเทศไทยจะเกิดใน 2 ช่วง คือ

(1) ช่วงฤดูหนาวต่อเนื่องถึงฤดูร้อน ซึ่งเริ่มจากครึ่งหลังของเดือนตุลาคมเป็นต้นไป บริเวณประเทศไทยตอนบน (ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออก) จะมีปริมาณฝนลดลงเป็นลำดับ จนกระทั่งเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมของ ปีถัดไป ซึ่งภัยแล้งลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี

(2) ช่วงกลางฤดูฝน ประมาณปลายเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม จะมีฝนทิ้งช่วงเกิดขึ้น ภัยแล้งลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเฉพาะท้องถิ่นหรือบางบริเวณ บางครั้งอาจครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างเกือบทั่วประเทศ

ภัยแล้งในประเทศไทยส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อการเกษตรกรรม โดยเป็นภัยแล้งที่เกิดจากขาดฝนหรือ ฝนแล้งในช่วงฤดูฝน และเกิด ฝนทิ้งช่วง ในเดือนมิถุนายนต่อเนื่องเดือนกรกฎาคม พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งมาก ได้แก่ บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง เพราะเป็นบริเวณที่อิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เข้าไปไม่ถึง และถ้าปีใดไม่มีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนผ่านในแนว ดังกล่าวแล้วจะก่อให้เกิดภัยแล้งรุนแรงมากขึ้น นอกจากพื้นที่ดังกล่าวแล้ว ยังมีพื้นที่อื่น ๆ ที่มักจะประสบปัญหาภัยแล้งเป็นประจำอีกดังตาราง 3-9

ตาราง 3-9 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง

ภาค/เดือน	เหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	กลาง	ตะวันออก	ใต้	
					ฝั่งตะวันออก	ฝั่งตะวันตก
มกราคม						ฝนแล้ง
กุมภาพันธ์		ฝนแล้ง	ฝนแล้ง			ฝนแล้ง
มีนาคม	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง
เมษายน	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง		ฝนแล้ง
พฤษภาคม						ฝนแล้ง
มิถุนายน	ฝนแล้ง	ฝนทิ้งช่วง	ฝนแล้ง	ฝนทิ้งช่วง		

ที่มา : http://www.tmd.go.th

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยประสบกับภาวะภัยแล้งหลายครั้ง กรมอุตุนิยมวิทยาได้บันทึกเหตุการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 – 2536 สรุปได้ดังตาราง 3-10

ตาราง 3-10 เหตุการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 – 2536

ปี	เหตุการณ์
พ.ศ. 2510	พื้นที่ตั้งแต่จังหวัดชุมพรขึ้นมา รวมถึงตอนบนของประเทศเกือบทั้งหมดในภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือรวมทั้งกรุงเทพมหานคร มีปริมาณฝนน้อยมาก ทำให้เกิดภัยแล้ง
พ.ศ. 2511	พื้นที่ตั้งแต่ตอนกลางของภาคเหนือบริเวณจังหวัดพิษณุโลก ภาคกลางทั้งภาคตลอด ถึงด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และตลอดฝั่งอ่าวไทยของภาคใต้เกือบทั้งหมด ได้รับปริมาณฝนน้อยมาก และส่งผลให้เกิดภัยแล้ง
พ.ศ. 2520	มีรายงานว่าเกิดภัยแล้วในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกลางเดือนสิงหาคม พื้นที่ที่ประสบภัยเกือบทั่วประเทศ
พ.ศ. 2522	เป็นปีที่เกิดฝนแล้งรุนแรง โดยมีรายงานว่าเกิดภัยแล้งในช่วงครึ่งหลังของเดือนกรกฎาคม และช่วงปลายเดือนสิงหาคมต่อเนื่องถึงสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนกันยายน เนื่องจากปริมาณฝนตกลงมามีน้อยมาก ทำความเสียหายและมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยโดยเฉพาะด้านเกษตรกรรรม และอุตสาหกรรมรวมทั้งการผลิตไฟฟ้า นอกจากนั้นยังกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชนในประเทศเพราะขาดน้ำกิน น้ำใช้ บริเวณที่แล้งจัดนั้นมีบริเวณกว้างที่สุดคือ ภาคเหนือต่อภาคกลางทั้งหมด ทางตอนบนและด้านตะวันตก ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน
พ.ศ. 2529	มีรายงานความเสียหายจากสำนักเลขาธิการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน กระทรวงหมาดไทยว่า บริเวณที่ประสบภัยมีถึง 41 จังหวัด ซึ่งภัยแล้งในปีนี้เกิดจากภาวะฝนทิ้งช่วงที่ปรากฏ ชัดเจนเป็นเวลาหลายวัน คือช่วงปลายเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนมิถุนายน ช่วงปลายเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม ช่วงครึ่งหลังของเดือนกันยายนและช่วงครึ่งแรกของเดือนตุลาคม
พ.ศ. 2530	เป็นปีที่ประสบกับภัยแล้งหนักอีกครั้งหนึ่งหลังจากที่ประสบมาแล้วจากปี 2529 โดยพื้นที่ที่ประสบภัยเป็นบริเวณกว้างใน เกือบทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกและทวีความรุนแรงมากขึ้นในช่วงตอนกลางฤดูฝน
พ.ศ. 2533	มีฝนตกน้อยมากในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายนทั่วประเทศ พื้นที่ทางการเกษตรที่ประสบปัญหาภัยแล้วส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้
พ.ศ. 2534	เป็นปีที่ปริมาณฝนสะสมมีน้อยตั้งแต่ต้นฤดูฝน เนื่องจากมีฝนตกในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางน้อยมาก อีกทั้งระดับน้ำในเขื่อนและอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าปกติมาก กรมชลประทานไม่สามารถที่จะระบายน้ำลงมาช่วงเกษตรกรที่อยู่ใต้เขื่อนได้ ทำให้เกิดภาวะการขาดแคลนน้ำขึ้น ในหลายพื้นที่บริเวณภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันต
พ.ศ. 2535	มีรายงานว่าเกิดภัยแล้งขึ้นในช่วงเดือนมีนาคมต่อเนื่องถึงเดือนมิถุนายนจากภาวะที่มีฝนตกในช่วงฤดูร้อนน้อย และมีภาวะฝนทิ้งช่วงปลายเดือนมิถุนายนต่อเนื่องต้นเดือนกรกฎาคม โดยพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งส่วนใหญ่อยู่ใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้และภาคเหนือตามลำดับ
พ.ศ. 2536	มีรายงานว่าเกิดภัยแล้ง ในช่วงเดือนมีนาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม และในช่วงกลางเดือนมิถุนายนเนื่องจากเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงตั้งแต่ประมาณกลางเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนกรกฎาคม นอกจากนั้นในช่วงปลายฤดูเพาะปลูก ฝนหมดเร็วกว่าปกติ โดยพื้นที่ที่ประสบภัยส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกและภาคใต้ตามลำดับ

ที่มา : http://www.tmd.go.th

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

ประวิทย์ จันทร์แฉ่ง (2553) ได้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้งในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางธรรมชาติ คือ ปริมาณน้ำฝนต่อปี ปริมาณน้ำบาดาล ลักษณะเนื้อดิน การระบายน้ำของดิน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพที่มนุษย์ที่สร้างขึ้น ได้แก่ คลองชลประทาน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Jeyaseelan (2003) ได้ประเมินผลและติดตามพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในประเทศอินเดีย โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล โดยการศึกษานี้ได้แบ่งปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ด้าน คือ ภัยแล้งที่เกี่ยวข้องกับด้านอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย ข้อมูลฝนทิ้งช่วง (ปริมาณฝน ความเข้มฝน) อุณหภูมิ ลม ความชื้น แสงแดด ปริมาณเมฆปกคลุม การแทรกซึมของน้ำ ปริมาณน้ำไหลบ่า ปริมาณน้ำใต้ดิน ภัยแล้งที่เกี่ยวข้องกับด้านเกษตรกรรม ประกอบด้วย ปริมาณน้ำในดิน การขาดน้ำในพืชหรือการลดลงของมวลชีวภาพ ภัยแล้งที่เกี่ยวข้องกับด้านอุทกวิทยา ปริมาณการไหลของน้ำ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ บ่อ ทะเลสาบ พื้นที่ชุ่มน้ำ

วีระศักดิ์ อุดมโชค และ พูลศิริ ชูชีพ (2548) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดภัยแล้งและกำหนดพื้นที่เสี่ยงบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตรในกำหนดคาถวงน้ำหนักของแตละปจจัย โดยใช้ปัจจัยในการศึกษาจำนวน 6 ปัจจัย ดังตาราง 3-11

ตาราง 3-11 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในการศึกษาของวีระศักดิ์ อุดมโชค และ พูลศิริ ชูชีพ

ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์	เงื่อนไข	ค่าคะแนน
1) ดัชนีฝนแลง	(1) ฝนปานกลาง-ฝนดี	1
	(2) ฝนคอนขางแลง	2
	(3) ฝนแลง	3
	(4) ฝนแล้งจัด	4
2) การอุมน้ำของดิน	(1) มาก	1
	(2) ปานกลาง	2.5
	(3) น้อย	4
3) เขตชลประทาน	(1) ในเขตชลประทาน	1
	(2) นอกเขตชลประทาน	4
4) ปริมาณน้ำใต้ดิน	(1) มาก (20- 50 ลูกบาศกเมตรตอชั่วโมง)	1
	(2) ปานกลาง(10- 20 ลูกบาศกเมตรตอชั่วโมง)	2.5
	(3) นอย(5- 10 ลูกบาศกเมตรตอชั่วโมง)	4
5) จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยรายป	(1) ฝนตกมากกวา120 วัน/ป	1
	(2) ฝนตก100- 120 วัน/ป	2
6) การใชประโยชนที่ดิ	(1) พื้นที่ชุมน้ำและพื้นที่รกรางอื่นๆ	1
	(2) พืชสวนและไมยืนตน พื้นที่ปา และไมพุมเตี้ย	2

ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์	เงื่อนไข	ค่าคะแนน
	(3) พืชไร่ (4) เขตอุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัย เหมือง นาขาว บอปลาและกุ	3 4

จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านน้ำฝนเป็นหลัก เช่น ปริมาณน้ำฝนต่อปี ข้อมูลฝนทิ้งช่วง เช่น ปริมาณฝน ความเข้มฝน ดัชนีฝนแลง จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยรายป เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งครั้งนี้ จึงใช้ดัชนีน้ำฝนทีเกี่ยวข้องกับการเกิดภัยแล้ง จำนวน 2 ดัชนี คือ

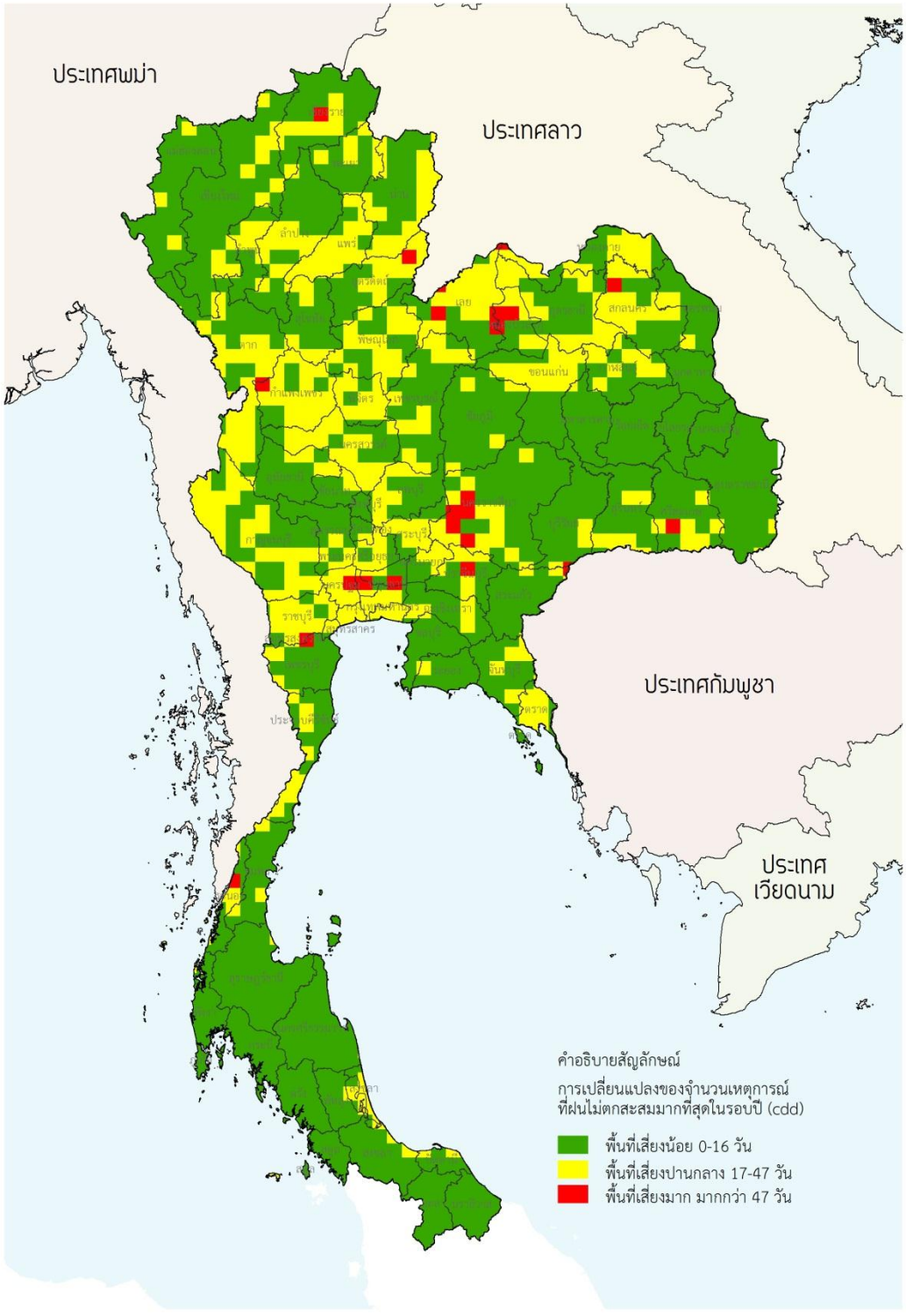
(1) การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกสะสมมากที่สุดในรอบปี (cdd) ดังแสดงในแผนที่ 3-17

(2) การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกติดต่อกัน 5 วัน (cdd_5days) ดังแสดงในแผนที่ 3-18

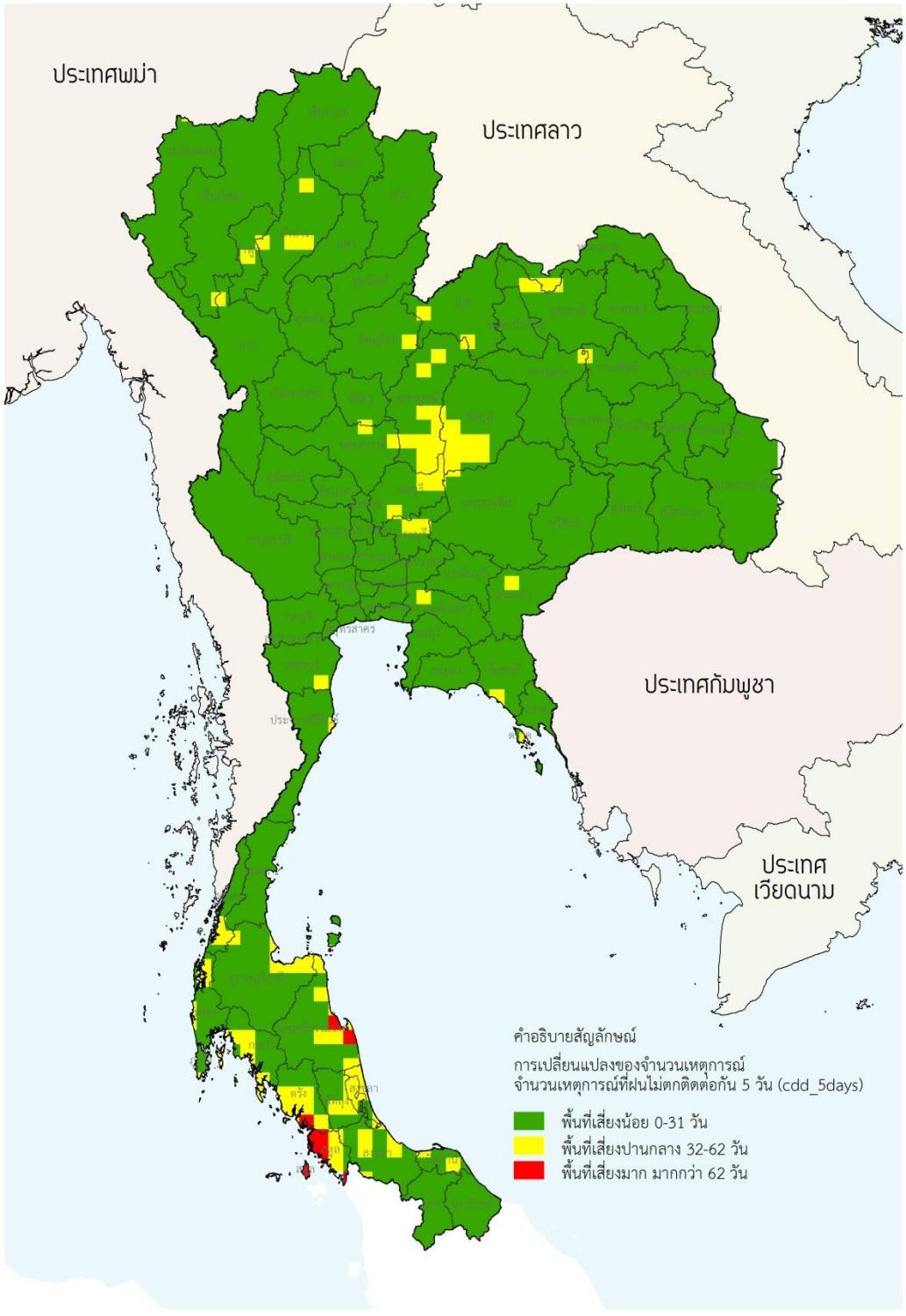
โดยการแบ่งช่วงของดัชนีแต่ละตัว ใช้วิธีการจำแนกเงื่อนไขโดยเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ของ ข้อมูลที่มากที่สุดในแต่ละดัชนี (พื้นที่เสี่ยงน้อยคือช่วงที่มีค่าน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 พื้นที่เสี่ยงปานกลางคือช่วงที่มีค่าระหว่างเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 – 75 และพื้นที่เสี่ยงมากคือช่วงที่มีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75) ดังตาราง 3-12

ตาราง 3-12 ปัจจัยและเงื่อนไขในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

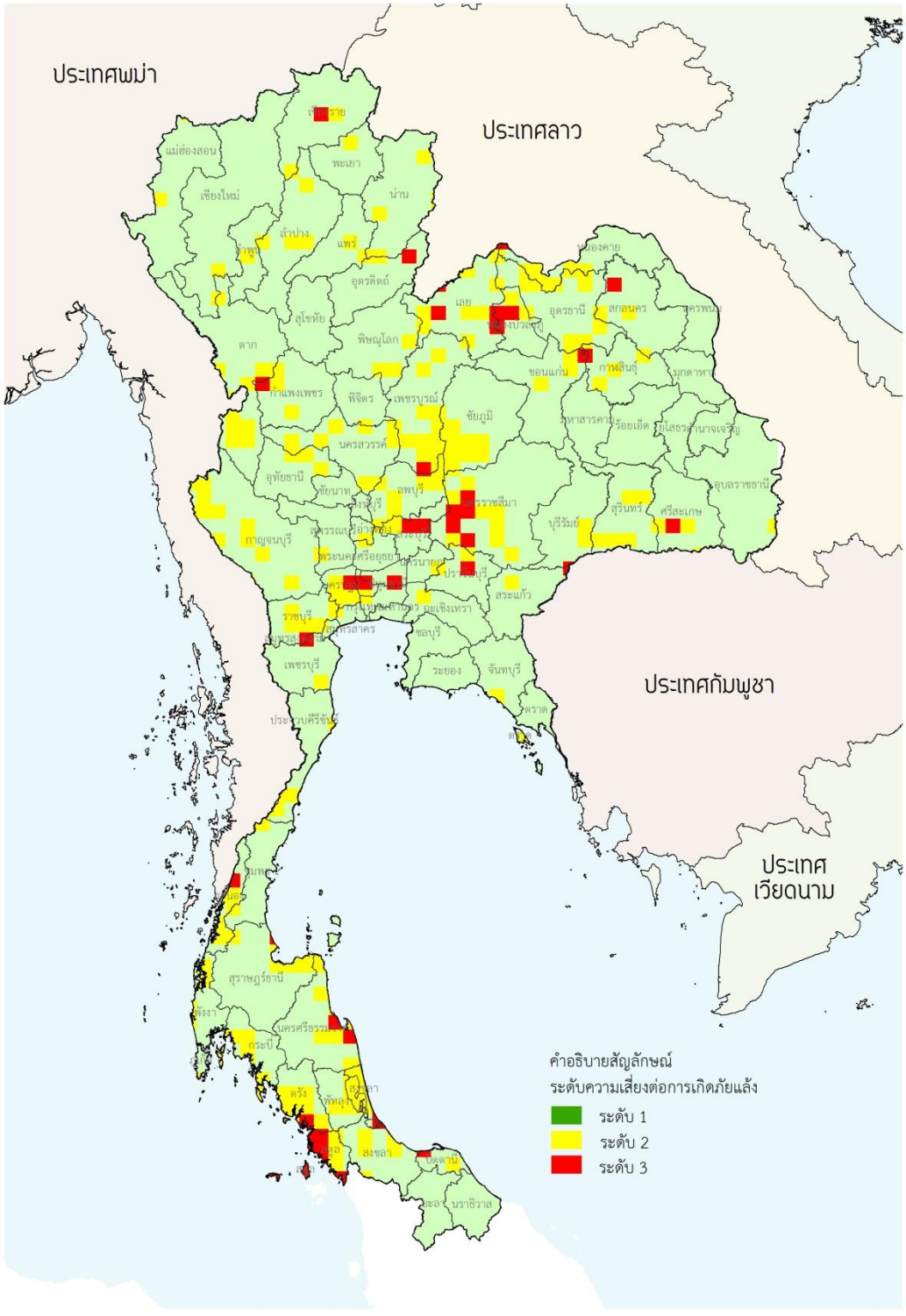
ปัจจัยหลัก	เงื่อนไข	ระดับความเสี่ยง	คะแนน
1) การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกสะสมมากที่สุดในรอบปี (cdd)	(1) 0-16 วัน (2) 17-47 วัน (3) มากกว่า 47 วัน	(1) พื้นที่เสี่ยงน้อย (2) พื้นที่เสี่ยงปานกลาง (3) พื้นที่เสี่ยงมาก	1 2 3
2) การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกติดต่อกัน 5 วัน (cdd_5days) (เฉพาะปัจจัยที่ 2 ใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50)	(1) 0-31 วัน (2) 32-62 วัน (3) มากกว่า 62 วัน	(1) พื้นที่เสี่ยงน้อย (2) พื้นที่เสี่ยงปานกลาง (3) พื้นที่เสี่ยงมาก	1 2 3



แผนที่ 3-17 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง
ปัจจัยที่ 1 จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกสะสมมากที่สุดในรอบปี (cdd)



แผนที่ 3-18 ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง
ปัจจัยที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกติดต่อกัน 5 วัน (cdd_5days)



แผนที่ 3-19 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในประเทศไทย

จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้ง ดังแสดงในแผนที่ 3-19 พบว่าจังหวัดที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับ 2 และระดับ 3 ส่วนใหญ่จะอยู่ในจังหวัดบริเวณภาคกลาง ภาคตะวันออกฉียงเหนือ และภาคใต้ ซึ่งประกอบด้วยจังหวัดต่างๆ ดังนี้

พื้นที่ภาคกลาง ประกอบด้วย จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดลพบุรี จังหวัดสระบุรี นครปฐม จังหวัดปทุมธานี ราชบุรี

พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดเลย จังหวัดหนองบัวลำภู จังหวัดหนองคาย จังหวัดอุดรธานี จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดศรีษะเกษ

พื้นที่ภาคใต้ ประกอบด้วย จังหวัดระนอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสตูล จังหวัดสงขลา จังหวัดพัทลุง จังหวัดปัตตานี

3.6 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงหมอกควัน

ปัญหาหมอกควันในประเทศไทยเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญเนื่องจากส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชน ได้แก่ ผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะผู้ที่มีภูมิต้านทานต่ำ เช่น ผู้สูงอายุ เด็กเล็ก และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ รวมทั้งทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชน บดบังทัศนวิสัย และเป็นอุปสรรคในการคมนาคมและขนส่ง การทำลายทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศป่าไม้ รวมทั้งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวที่เป็นระบบเศรษฐกิจที่สำคัญของพื้นที่ ซึ่งความรุนแรงของปัญหาโดยทั่วไปปรากฏชัดเจนในช่วงหน้าแล้ง (ธันวาคม- เมษายน) ของทุกปี ที่มีสภาวะอากาศที่แห้งและนิ่ง ทำให้ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กเพิ่มขึ้นเนื่องจากความแห้งแล้งที่ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของไฟป่า ประกอบกับในช่วงเวลาดังกล่าวเกษตรกรจะทำการเผาเศษวัสดุเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับทำการเกษตรในช่วงฤดูฝน สำหรับปีที่มีฝนตกน้อยหรือเกิดภาวะแห้งแล้งจะทำให้การชะล้างหมอกควันหรือฝุ่นที่แขวนลอยในอากาศเป็นไปได้น้อย

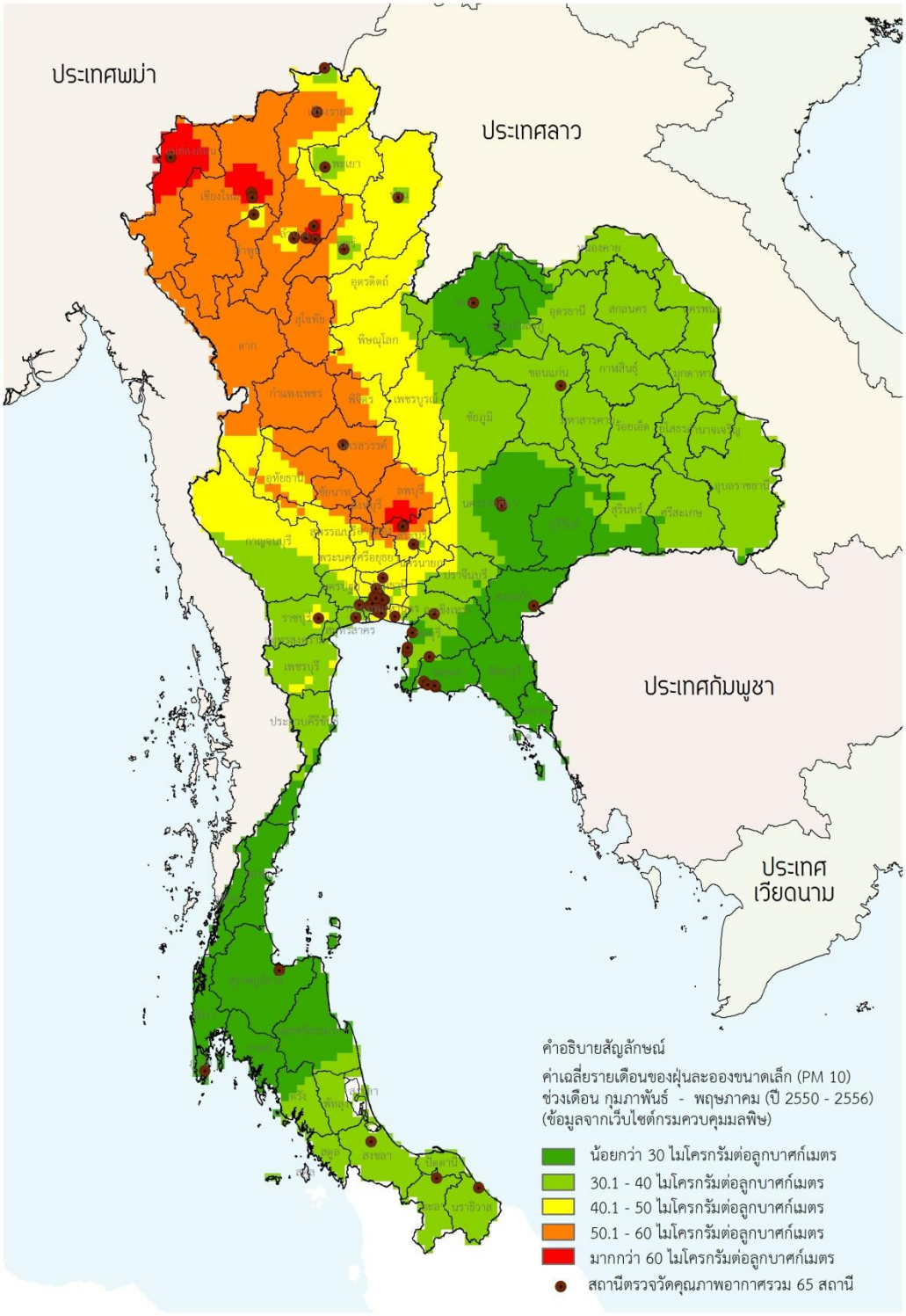
ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2550 ภาคเหนือตอนบนประสบปัญหาหมอกควันที่รุนแรงมาก พบว่าระดับหมอกควันและฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ขึ้นสูงอย่างมากต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 3-4 สัปดาห์ ปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อธุรกิจการท่องเที่ยวและการบริการ รวมถึงการจราจรทั้งทางบกและทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีผลต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่โดยตรง จากการติดตามตรวจสอบปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) โดยสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ ในปี 2550 - 2553 พบว่าหลายสถานีใน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ประกอบด้วย จังหวัดเชียงราย พะเยา ลำปาง แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน น่านและแพร่ พบว่า ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนของทุกปีที่มีการเผาในที่โล่งจำนวนมากทั้งการเผาในพื้นที่ป่า การเผาเศษเหลือจากการเกษตรในพื้นที่เกษตร และการเผาขยะมูลฝอยและเศษใบไม้ กิ่งไม้ในพื้นที่ชุมชน รวมทั้งผลกระทบจากการเผาในพื้นที่ประเทศเพื่อนบ้าน ในกลุ่มภูมิภาคลุ่มน้ำโขงปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในหลายพื้นที่และติดต่อกันเป็นเวลานานหลายวัน (เว็บไซต์ http://www.pcd.go.th)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวมสถิติของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยใช้ค่าเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 – เมษายน 2556 ดังแสดงในแผนที่ 3-20 โดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งใน

กรุงเทพมหานครและต่างจังหวัด รวม 65 สถานี ทั่วประเทศ โดยการศึกษาแบ่งตามช่วงฤดูกาลของประเทศไทยจากการแบ่งฤดูกาลของกรมอุตุนิยมวิทยา ดังนี้

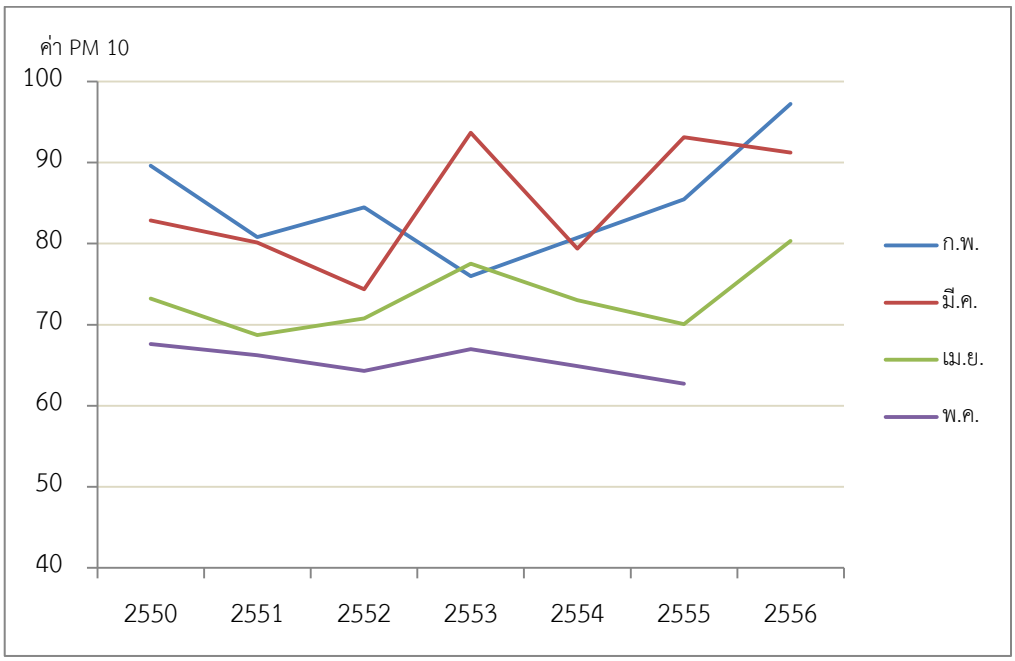
ฤดูร้อน ได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคม
ฤดูฝน ได้แก่ เดือนมิถุนายน – กันยายน
ฤดูหนาว ได้แก่ เดือนตุลาคม – มกราคม

ในการศึกษาค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในภาพรวมระดับประเทศโดยพิจารณาแยกเป็นฤดูกาลนั้น ได้ใช้วิธีการประมาณค่า (Interpolate) เพื่อให้สามารถพิจารณาภาพรวมได้ทั้งประเทศ แต่ทั้งนี้เนื่องจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 65 สถานีดังที่กล่าวมาข้างต้น ไม่เพียงพอสำหรับการประมาณค่าในภาพรวมทั้งประเทศ เนื่องจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศไม่ได้กระจายอยู่ทุกจังหวัด ดังนั้นในการประมาณค่าเพื่อให้เห็นภาพรวมทั้งประเทศ จึงได้กำหนดให้บางสถานีเป็นตัวแทนของค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในพื้นที่ที่ใกล้เคียงกัน ได้แก่ กำหนดให้สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่จังหวัดขอนแก่นเป็นตัวแทนของค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งการใช้ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจากสถานีใกล้เคียง อาจจะทำให้ค่าฝุ่นละอองที่ได้ไม่ใช่ค่าจริงที่ปรากฏในพื้นที่นั้นๆ



แผนที่ 3-20 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม (2550-2556)

จากแผนที่ 3-20 แสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคม ปี 2550-2556 เนื่องจากช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม เป็นช่วงหน้าแล้ง ไม่มีฝนตก ส่งผลให้เกิดการสะสมของฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย เช่น จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดลำพูน จังหวัดลำปาง ฯลฯ จะมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กสูงกว่าภาคอื่นๆของประเทศเนื่องจากมีการเผาในที่โล่ง การเผาในพื้นที่ป่าเพื่อหาของป่า การเผาในพื้นที่เกษตรกรรม และผลกระทบจากการเผาในพื้นที่ประเทศเพื่อนบ้าน นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ภาคเหนือ ที่เป็นพื้นที่สูงมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ โดยเฉพาะพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ถ้ามีความกดอากาศสูงเข้ามาปกคลุมพื้นที่ จะส่งผลให้หมอกควันถูกกดไว้ในพื้นที่ที่เป็นแอ่งกะทะ ทำให้ไม่สามารถกระจายตัวไปยังพื้นที่อื่นๆได้



ภาพ 3-1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม (2550-2556)

จากภาพ 3-1 พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคมจะมีปริมาณค่อนข้างสูงตั้งแต่ปี 2550 ถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะเดือนมีนาคม แต่อย่างไรก็ตามปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่พบช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม จะมีค่าค่อนข้างต่ำประมาณ 75 - 95 เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนของทุกสถานี ซึ่งค่าดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศสำหรับประเทศไทยของกรมควบคุมมลพิษ (ตาราง 3-13) ถือว่าไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายสถานีเฉพาะช่วงเดือนเดือนมีนาคมตั้งแต่ปี 2550 - 2556 พบว่ามีหลายสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังตาราง 3-14

ตาราง 3-13 เกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศสำหรับประเทศไทย

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	แนวทางการป้องกันผลกระทบ
0-50	คุณภาพดี	ฟ้า	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
51-100	คุณภาพปานกลาง	เขียว	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
101-200	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	เหลือง	ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังภายนอกอาคาร บุคคลทั่วไปโดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุไม่ควรทำกิจกรรมภายนอกอาคารเป็นเวลานาน
201-300	มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก	ส้ม	ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมภายนอกอาคาร บุคคลทั่วไปโดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุควรจำกัดการออกกำลังกายนอกอาคาร
มากกว่า 300	อันตราย	แดง	บุคคลทั่วไปควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังภายนอกอาคาร สำหรับผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจควรอยู่ภายในอาคาร

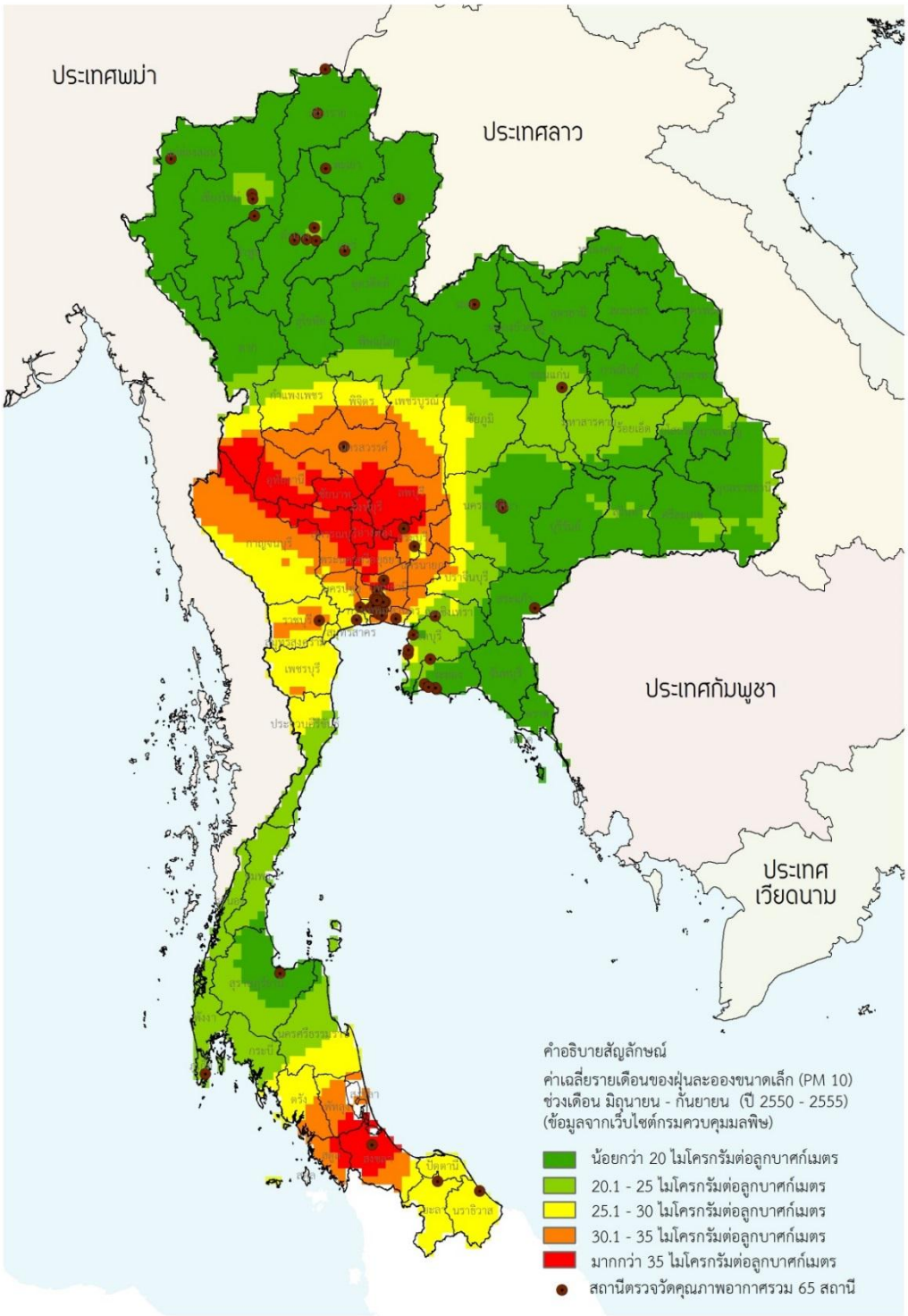
ที่มา : เว็บไซต์ http://www.pcd.go.th

ตาราง 3-14 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 100 ug/m^3 เดือนมีนาคม 2550 - 2556

ภูมิภาค	สถานี	สถานการณ์
กรุงเทพมหานคร	วงเวียน 22 กรกฎา ถ.สันติภาพ	- ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 140.0 ug/m^3
ปริมณฑล	ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพคนพิการและทุพพลภาพ จ.สมุทรปราการ	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 122.3 ug/m^3
	บ้านพักกรมทรัพยากรธรณี	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 108.8 ug/m^3
เหนือ	สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเชียงราย	- ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 159.7 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 121.0 ug/m^3
	สำนักงานสาธารณสุขอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย	- ปี 2555 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 262.3 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 115.0 ug/m^3
	ศาลากลางอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 162.4 ug/m^3 - ปี 2552 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 110.7 ug/m^3 - ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 111.6 ug/m^3 - ปี 2555 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 120.2 ug/m^3
	โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 162.5 ug/m^3 - ปี 2552 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 118.4 ug/m^3 - ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 120.2 ug/m^3
	สำนักงานเทศบาลเมืองน่าน จังหวัดน่าน	- ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 123.7 ug/m^3 - ปี 2555 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 125.9 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 116.0 ug/m^3
	อุทยานการเรียนรู้กว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา	- ปี 2555 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 138.7 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 104.0 ug/m^3
	สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดแพร่	- ปี 2555 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 121.2 ug/m^3

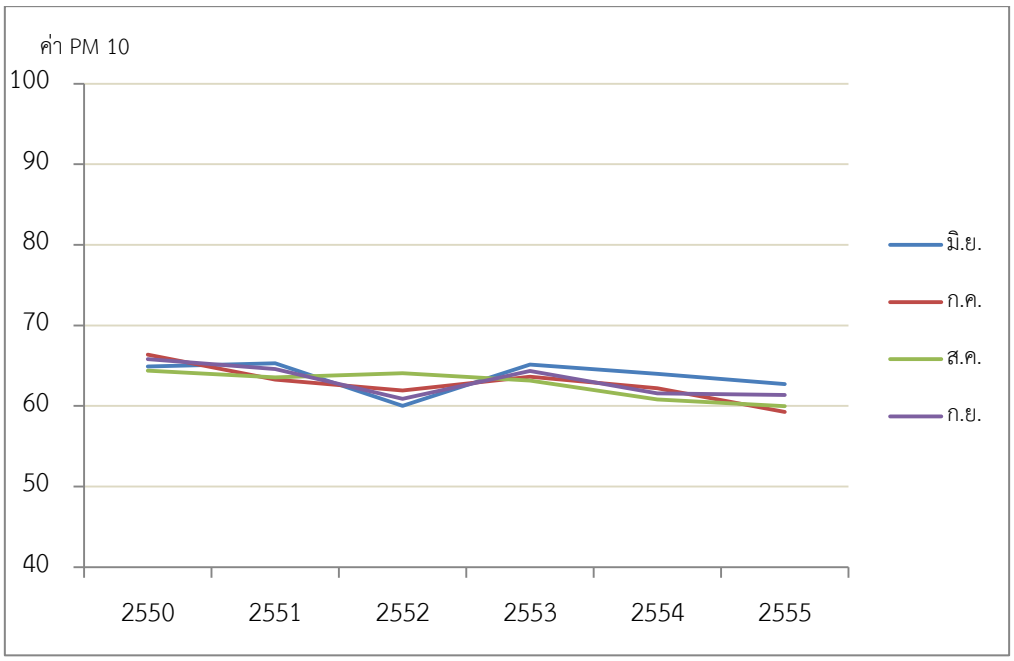
ภูมิภาค	สถานี	สถานการณ์
		- ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 123 ug/m^3
	สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดแม่ฮ่องสอน	- ปี 2552 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 151.8 ug/m^3 - ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 190.8 ug/m^3 - ปี 2555 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 221.7 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 187.0 ug/m^3
	ศาลหลักเมือง จังหวัดลำปาง	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 126.4 ug/m^3 - ปี 2551 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 104.6 ug/m^3 - ปี 2552 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 128.4 ug/m^3 - ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 113.4 ug/m^3 - ปี 2555 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 123.6 ug/m^3
	สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำปาง	- ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 113.4 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 114.0 ug/m^3
	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านสบป้าด จังหวัดลำปาง	- ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 103.8 ug/m^3 - ปี 2555 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 108.9 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 103.0 ug/m^3
	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าสี จังหวัดลำปาง	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 117.3 ug/m^3 - ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 111.7 ug/m^3 - ปี 2555 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 126.8 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 123.0 ug/m^3
	สำนักงานการประปาส่วนภูมิภาคแม่เมาะ จังหวัดลำปาง	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 114.2 ug/m^3 - ปี 2555 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 105.1 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 102.0 ug/m^3
	สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดลำพูน	- ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 142.2 ug/m^3 - ปี 2555 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 113.4 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 104.0 ug/m^3
กลาง	สถานีตำรวจภูธรตำบลหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี	- ปี 2551 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 108.1 ug/m^3 - ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 110.5 ug/m^3 - ปี 2554 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 126.6 ug/m^3
ตะวันออก	สนามกีฬาเทศบาลแหลมฉบัง	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 119.9 ug/m^3

ที่มา : เว็บไซต์ http://www.pcd.go.th

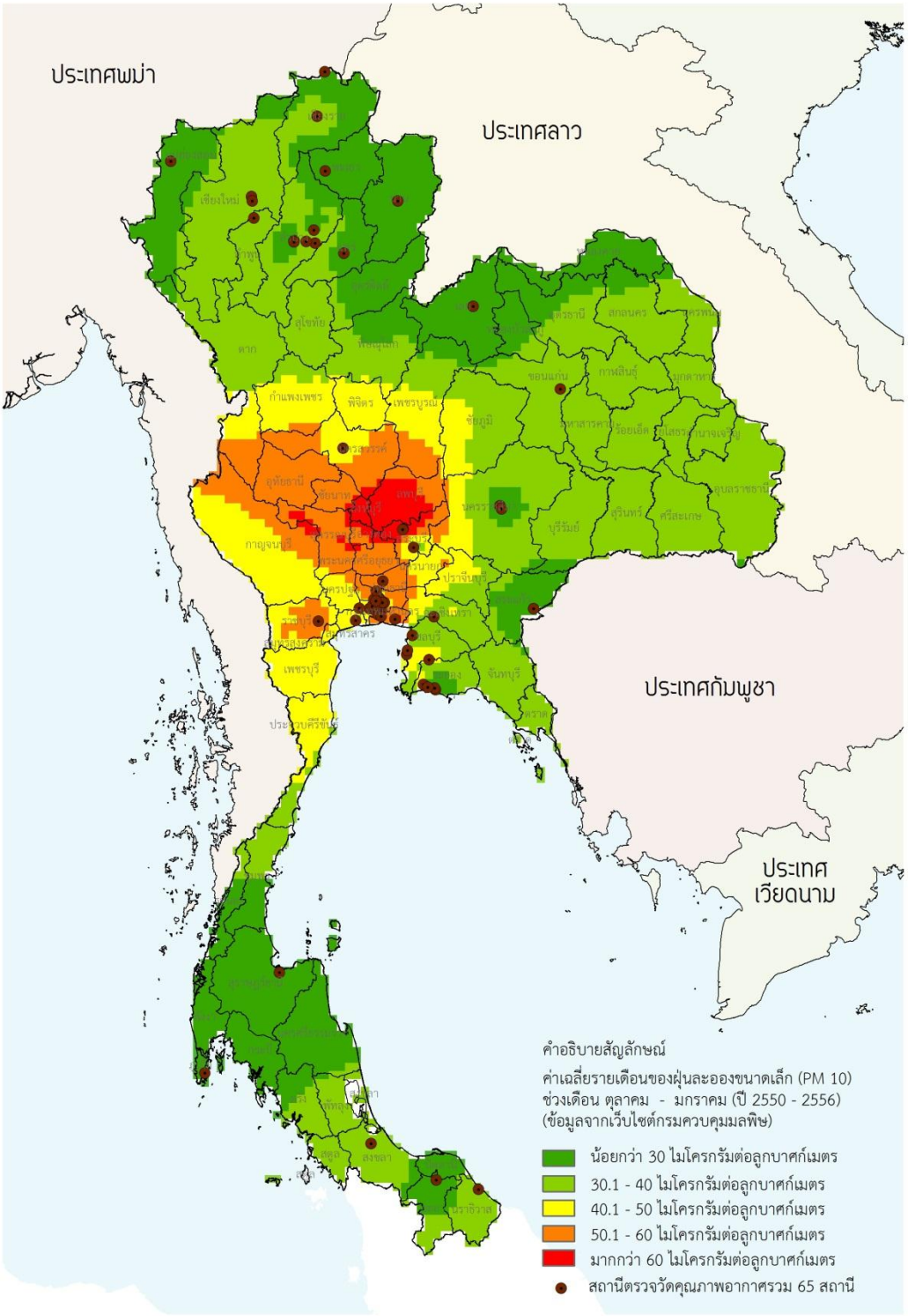


แผนที่ 3-21 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนมิถุนายน – กันยายน (2550 -2555)

จากแผนที่ 3-21 แสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ช่วงเดือนมิถุนายน - กันยายน ปี 2550-2555 พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจะมีค่าต่ำในทุกภูมิภาคของประเทศ เนื่องจากตรงกับช่วงฤดูฝน ถึงแม้ว่าในบางพื้นที่ของภาคกลางและภาคใต้จะมีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่าสูงกว่าภาคอื่นๆ แต่ค่าที่พบก็ยังต่ำกว่า 35 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายปี (ภาพ 3-2) พบว่าค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2550 - 2555 มีค่าอยู่ในช่วง 60-70 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพเช่นเดียวกัน

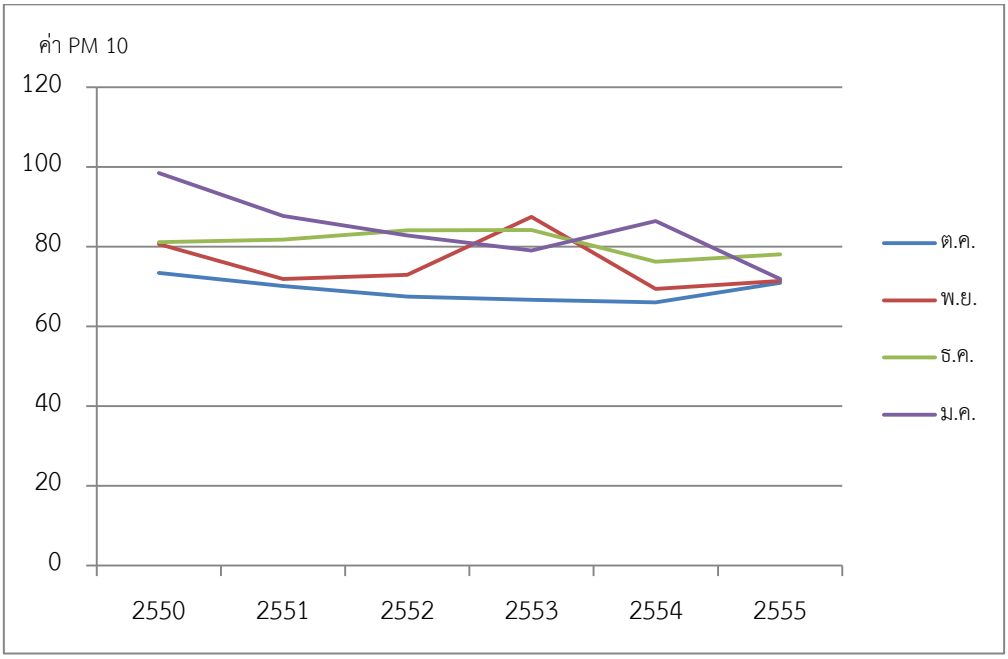


ภาพ 3-2 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนมิถุนายน – กันยายน (2550-2555)



แผนที่ 3-22 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนตุลาคม – มกราคม (2550 -2556)

จากแผนที่ 3-22 แสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ช่วงเดือนตุลาคม – มกราคม ปี 2550-2556 พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจะมีค่าสูงในพื้นที่ภาคกลาง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเป็นช่วงเริ่มต้นเข้าสู่ฤดูแล้ง (ธันวาคม- เมษายน) ที่มีสภาวะอากาศที่แห้งและนิ่งทำให้ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน (เว็บไซต์ http://www.pcd.go.th) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเป็นรายปี (ภาพ 3-3) พบว่าค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่าเฉลี่ยที่พบทั้งประเทศ มีค่าอยู่ในช่วง 60 - 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพเช่นเดียวกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่พบช่วงฤดูฝน



ภาพ 3-3 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนตุลาคม – มกราคม (2550-2555)

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเป็นรายสถานีเฉพาะช่วงเดือนมกราคมตั้งแต่ปี 2550 - 2556 ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นเข้าสู่ฤดูแล้ง พบว่ามีหลายสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังตาราง 3-15

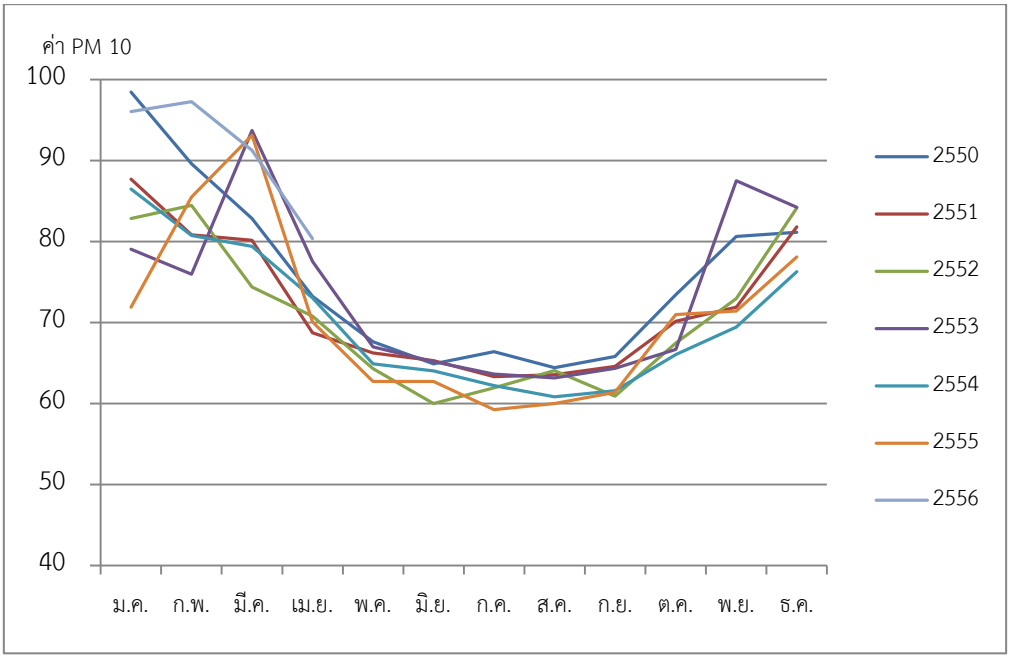
ตาราง 3-15 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 100 ug/m^3 เดือนมกราคม 2550 – 2556

ภูมิภาค	สถานี	สถานการณ์
กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	- ปี 2552 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 110.9 ug/m^3
	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 124.9 ug/m^3 - ปี 2551 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 101.4 ug/m^3 - ปี 2552 ค่าฝุ่นละอองขนาดล็ก เท่ากับ 128.6 ug/m^3

ภูมิภาค	สถานี	สถานการณ์
		- ปี 2554 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 103.3 ug/m^3
	กรมการขนส่งทางบก	- ปี 2554 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 101.4 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 120.0 ug/m^3
	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 106.8 ug/m^3 - ปี 2551 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 103.5 ug/m^3
	วงเวียน 22 กรกฎา ถ.สันติภาพ	- ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 146.0 ug/m^3
	การเคหะชุมชนดินแดง	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 134.4 ug/m^3
ปริมณฑล	ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพคนพิการและทุพพลภาพ จังหวัดสมุทรปราการ	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 161.6 ug/m^3
	โรงไฟฟ้าพระนครใต้ จังหวัดสมุทรปราการ	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 196.0 ug/m^3 - ปี 2551 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 128.9 ug/m^3
	บ้านพักกรมทรัพยากรธรณี จังหวัดสมุทรปราการ	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 167.3 ug/m^3
	ศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 146.7 ug/m^3
ปริมณฑล	การเคหะชุมชนบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 100.3 ug/m^3 - ปี 2551 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 108.4 ug/m^3
เหนือ	วิทยาลัยอาชีวศึกษานครสวรรค์	- ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 102.0 ug/m^3
กลาง	ศูนย์วิศวกรรมการแพทย์ที่ 1 จังหวัดราชบุรี	- ปี 2551 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 111.7ug/m^3
	สถานีตำรวจภูธรตำบลหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 172.7 ug/m^3 - ปี 2551 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 147.2 ug/m^3 - ปี 2552 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 121.5 ug/m^3 - ปี 2553 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 129.6 ug/m^3 - ปี 2554 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 135.9 ug/m^3 - ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 184 ug/m^3
	โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 101.6 ug/m^3 - ปี 2551 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 100.3 ug/m^3
ตะวันออก	สนามกีฬาเทศบาลแหลมฉบัง	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 147.5 ug/m^3
	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด จังหวัดระยอง	- ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 124.0 ug/m^3
	โรงเรียนอนุบาลศรีอรัญโญทัย จังหวัดสระแก้ว	- ปี 2556 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 104.0 ug/m^3
	บ้านพักทหารมณฑลทหารบกที่ 21 จังหวัดนครราชสีมา	- ปี 2550 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 112.6 ug/m^3 - ปี 2551 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก เท่ากับ 119.7 ug/m^3

ที่มา : เว็บไซต์ http://www.pcd.go.th

เมื่อพิจารณาภาพรวมของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 65 สถานีทั่วประเทศ ตั้งแต่เดือนมกราคม ปี 2550 ถึงเดือนเมษายน ปี 2556 (ภาพ 3-4) พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก จะเริ่มมีค่าสูงในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคมของทุกปี ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเผาในที่โล่ง การเผาในพื้นที่ป่า การเผาเศษเหลือจากการเกษตรในพื้นที่เกษตร รวมทั้งผลกระทบจากการเผาในพื้นที่ประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งสาเหตุดังกล่าวได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย (เว็บไซต์ http://www.pcd.go.th)



ภาพ 3-4 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เดือนมกราคม – ธันวาคม (2550-2556)

จากการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งประกอบด้วย ภัยดินถล่ม ภัยน้ำท่วม ภัยแล้งและภัยจากหมอกควันในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม สามารถสรุปได้ดังนี้

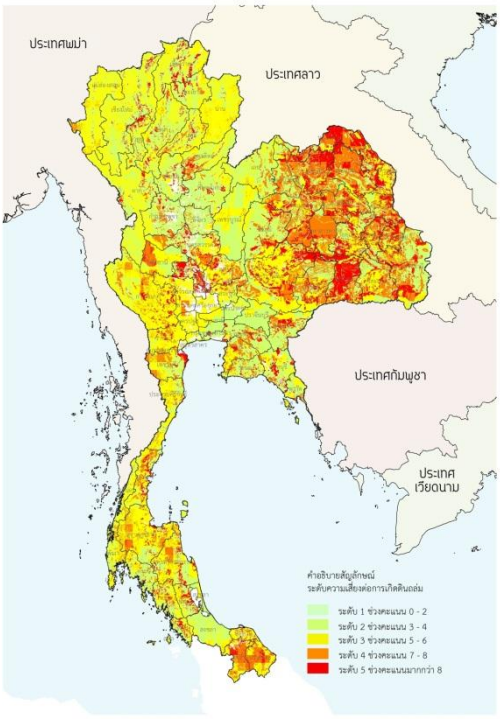
พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม จะกระจายตัวอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ โดยเฉพาะพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเกือบทั้งภาค นอกจากนี้มีการกระจายตัวอยู่บริเวณพื้นที่ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดะเยา จังหวัดลำพูน จังหวัดลำปาง จังหวัดแพร่ จังหวัดอุตรดิตถ์ พื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดอุทัยธานี จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดลพบุรี จังหวัดชัยนาท จังหวัดสิงห์บุรี พื้นที่ภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดสระแก้ว จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง จังหวัดจันทบุรี พื้นที่ภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดชุมพร จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา จังหวัดนราธิวาส

พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม ส่วนใหญ่คือพื้นที่ในเขตภาคกลาง ประกอบด้วย จังหวัดพิจิตร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดอ่างทอง จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดสระบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดลพบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดนนทบุรี จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดกาญจนบุรี และราชบุรี พื้นที่ภาคใต้ประกอบด้วย จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา จังหวัดนราธิวาส พื้นที่ภาค

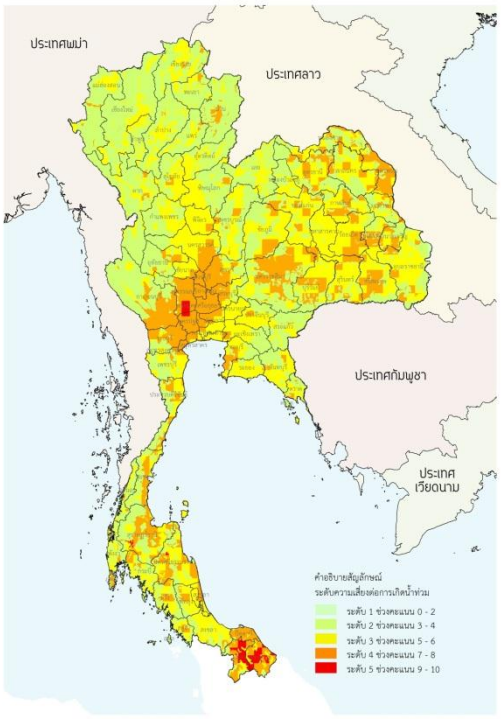
ตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย บางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดนครพนม จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดกาฬสินธุ์

พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ส่วนใหญ่จะอยู่ในจังหวัดบริเวณภาคกลาง ภาคตะวันออกฉียงเหนือ และภาคใต้ ซึ่งประกอบด้วยจังหวัดต่างๆ ดังนี้ พื้นที่ภาคกลาง ประกอบด้วย จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดลพบุรี จังหวัดสระบุรี นครปฐม จังหวัดปทุมธานี ราชบุรี พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดเลย จังหวัดหนองบัวลำภู จังหวัดหนองคาย จังหวัดอุดรธานี จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดศรีษะเกษ พื้นที่ภาคใต้ ประกอบด้วย จังหวัดระนอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสตูล จังหวัดสงขลา จังหวัดพัทลุง จังหวัดปัตตานี

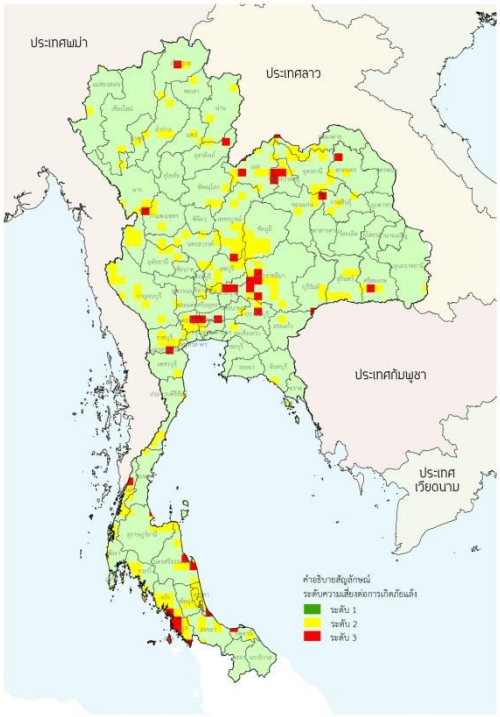
พื้นที่เสี่ยงหมอกควัน พิจารณาจาก ค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม ปี 2550-2556 พบว่าพื้นที่ที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กสูง ได้แก่ พื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย เช่น จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดลำพูน จังหวัดลำปาง ฯลฯ



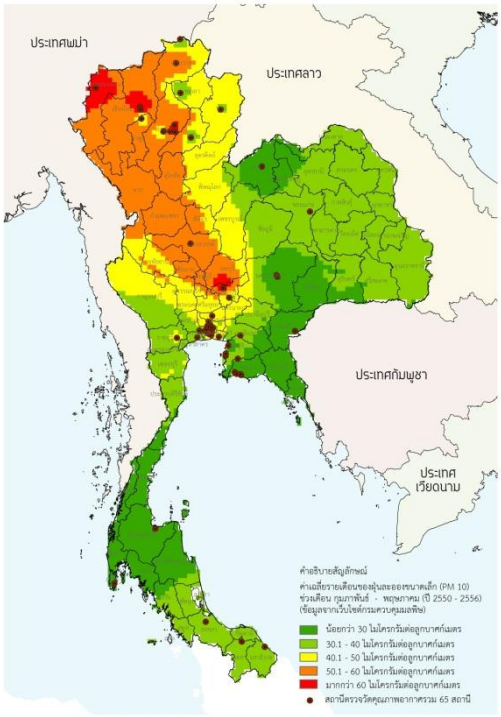
พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม



พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม



พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

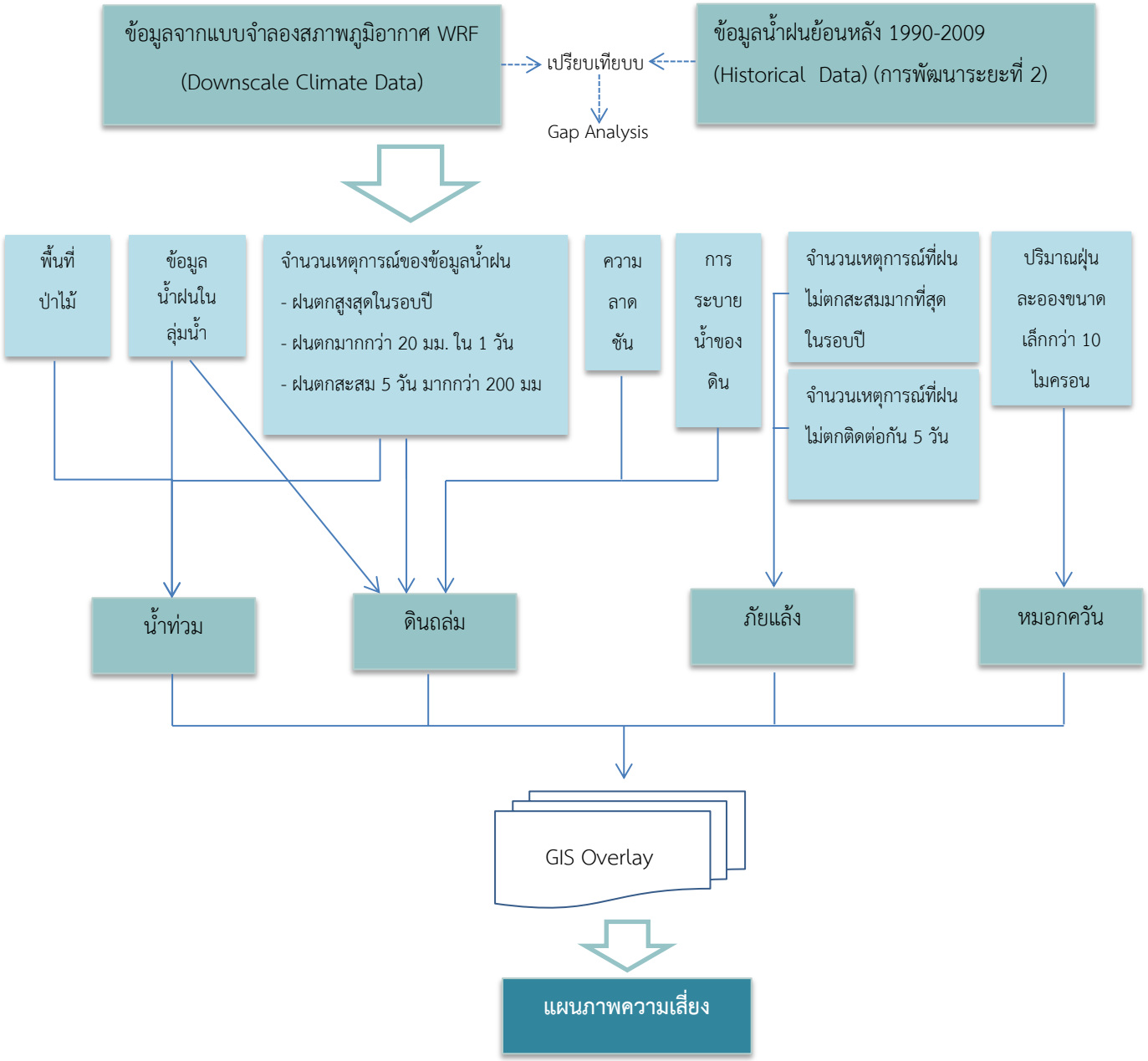


พื้นที่เสี่ยงหมอกควัน (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม)

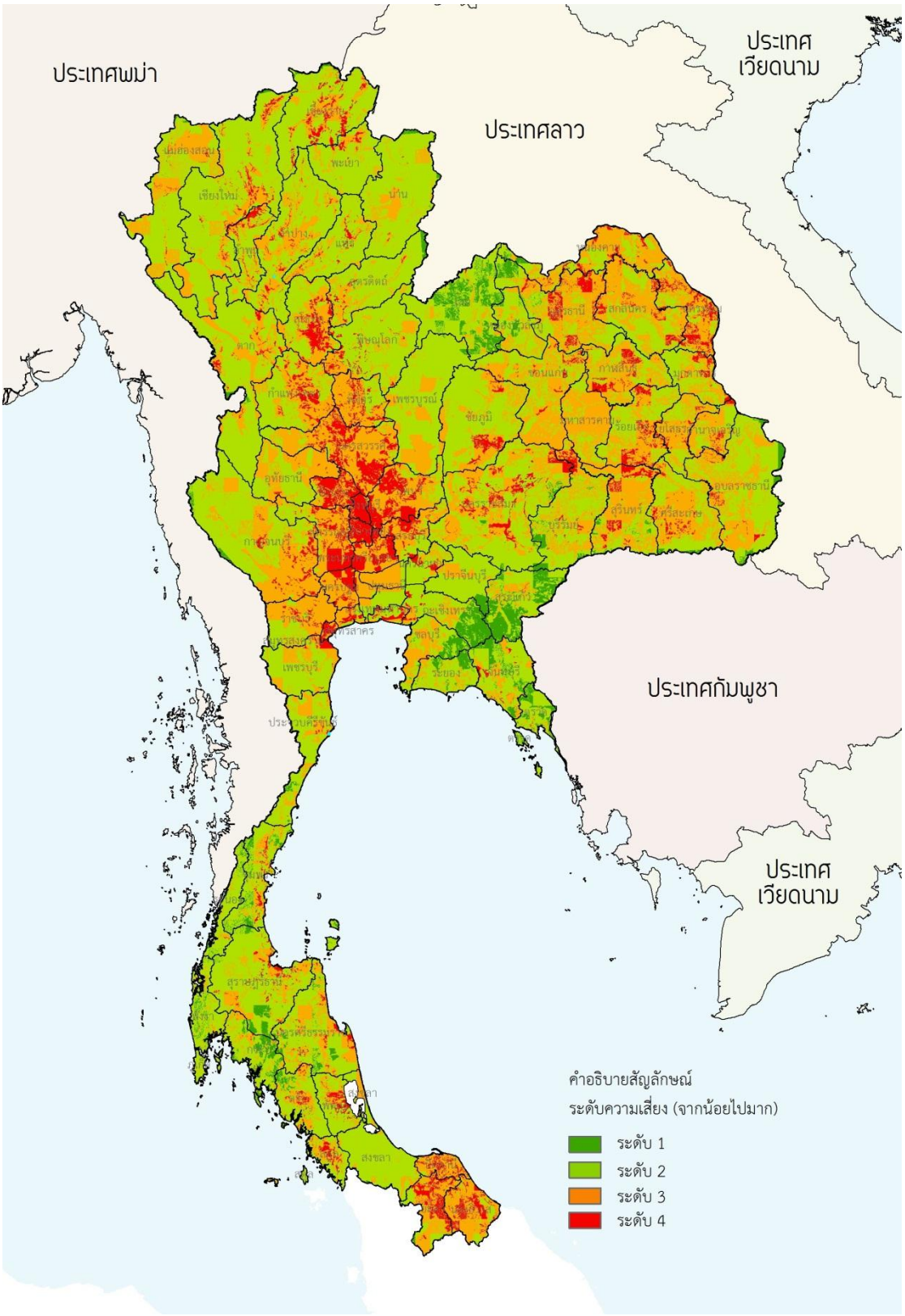
ภาพ 3-5 พื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติแต่ละด้าน

จากพื้นที่เสี่ยงภัยในแต่ละประเภทดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยภาพรวมทั้งประเทศ เพื่อกำหนดจุดพื้นที่ ว่าพื้นที่บริเวณใดมีระดับความเสี่ยงจากภัยทั้ง 4 ด้านมากที่สุด โดยมีแนวทางในการวิเคราะห์แผนที่ความเสี่ยงดังภาพ 3-6 จะพบว่าการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลน้ำฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ WRF (Downscale Climate Data) ซึ่งข้อมูลน้ำฝนชุดนี้ถูกนำไปในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมและดินถล่ม ซึ่งในการพัฒนาระยะที่ 2 จะมีการใช้ข้อมูลน้ำฝนย้อนหลัง 1990-2009 เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ เพื่อ ให้ได้ชุดข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุด

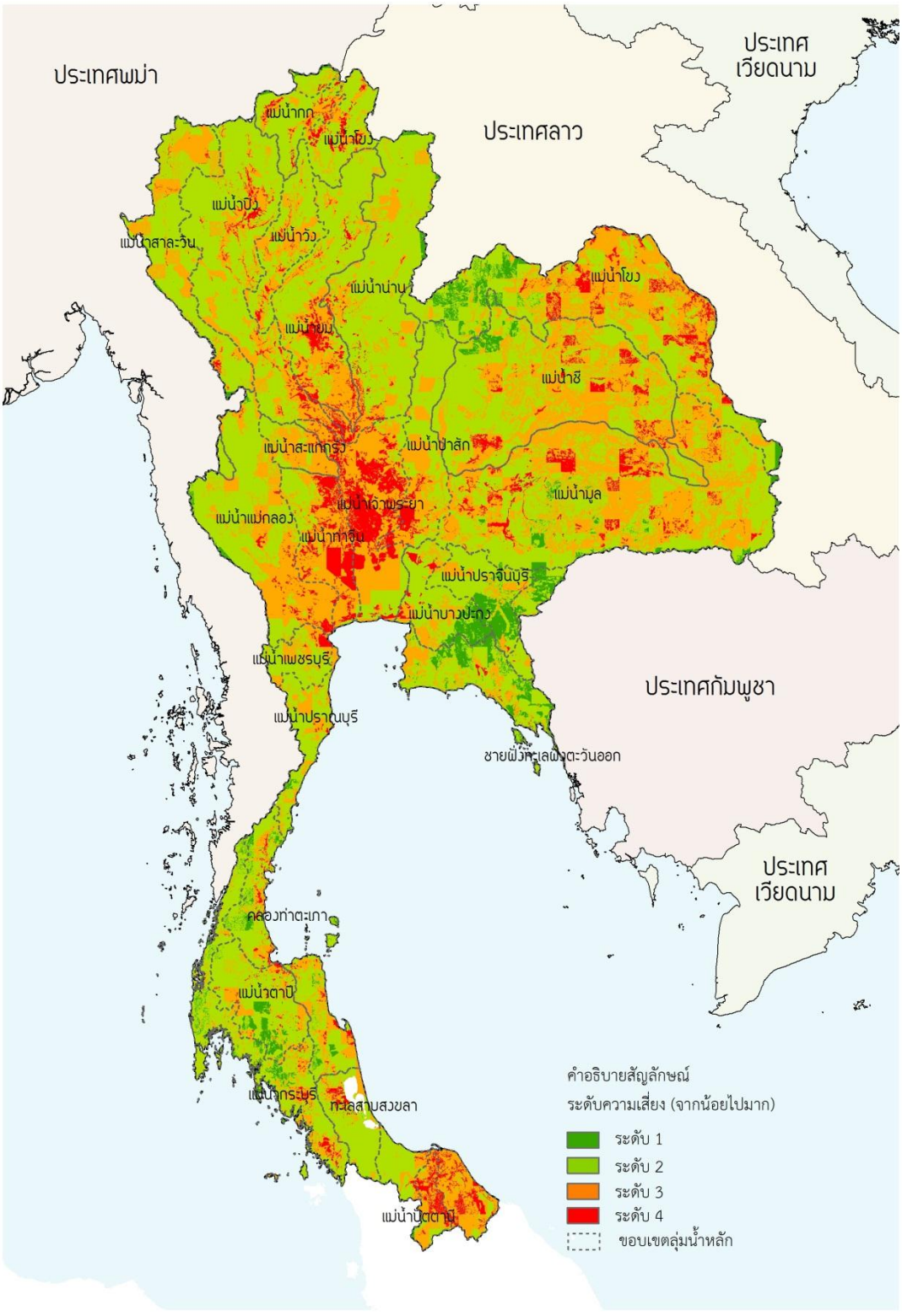
จากภาพจะเห็นว่านอกจากข้อมูลน้ำฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ และข้อมูลน้ำฝนย้อนหลังแล้ว ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและดินถล่มจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาในระดับลุ่มน้ำ โดยปริมาณน้ำฝนจะถูกสะสมอยู่ในพื้นที่แต่ละลุ่มน้ำ ถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำใดสามารถเก็บกักน้ำได้มาก พื้นที่นั้นก็มีโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมหรือดินถล่มได้ สำหรับวิธีการแบ่งระดับความเสี่ยงจากภัยพิบัติทุกด้าน ใช้วิธีการซ้อนทับ (overlay) ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)



ภาพ 3-6 แนวทางในการวิเคราะห์แผนที่ความเสี่ยง



แผนที่ 3-23 ระดับความเสี่ยงจากภัยพิบัติทุกด้าน



แผนที่ 3-24 ลุ่มน้ำที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ

จากแผนที่ 3-23 และ 3-24 พบว่าพื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากภัยพิบัติทุกด้านคือพื้นที่บริเวณภาคกลาง และบางจังหวัดในเขตภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ซึ่งสามารถสรุปพื้นที่บริเวณที่มีระดับความเสี่ยงจากภัยพิบัติในระดับสูง (ระดับ 4) ได้ดังนี้ ภาคเหนือ ได้แก่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดลำพูน ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดสุโขทัย จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดพิจิตร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดชัยนาท จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดลพบุรี จังหวัดอ่างทอง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสาคร ภาคใต้ ได้แก่จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา จังหวัดนราธิวาส ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดอุดรธานี จังหวัดนครพนม จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดสุรินทร์

ตาราง 3-16 สรุปพื้นที่เสี่ยงจากภัยพิบัติ

พื้นที่	พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ	ลุ่มน้ำที่ได้รับผลกระทบ
ภาคเหนือ	จ.เชียงใหม่ จ.เชียงราย จ.ลำพูน	ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำกก ลุ่มน้ำโขง
ภาคกลาง	จ. สุโขทัย จ. กำแพงเพชร จ. พิจิตร จ. นครสวรรค์ จ. ชัยนาท จ. สิงห์บุรี จ. ลพบุรี จ. อ่างทอง จ. พระนครศรีอยุธยา จ. นครปฐม จ. สมุทรสาคร	ลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำท่าจีน
ภาคใต้	จ. ปัตตานี จ. ยะลา จ. นราธิวาส	ลุ่มน้ำปัตตานี
ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	จ. นครราชสีมา จ. ชัยภูมิ จ. อุดรธานี จ. นครพนม จ. ร้อยเอ็ด จ. สุรินทร์	ลุ่มน้ำโขง ลุ่มน้ำชี ลุ่มน้ำมูล

3.7 ผลกระทบจากภัยพิบัติต่างๆ

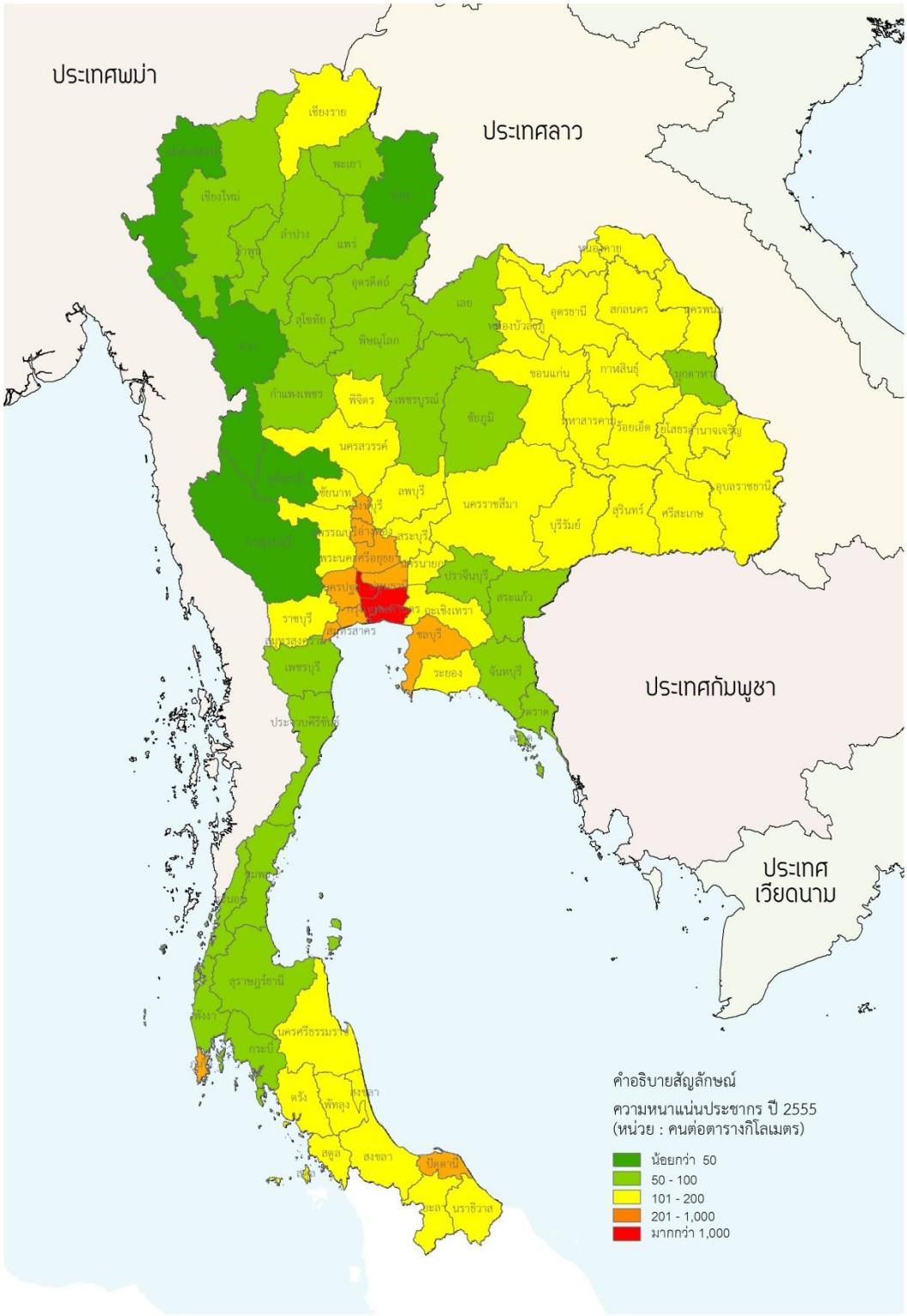
จากการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติทั้ง 4 ด้าน อันได้แก่ ดินถล่ม น้ำท่วม ภัยแล้ง และหมอกควัน พบว่ามีหลายพื้นที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงระดับสูง ซึ่งการเกิดภัยต่างๆนั้นเมื่อพิจารณาจากเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในประเทศไทย เช่นเหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางในปี พ.ศ. 2554 เหตุการณ์น้ำท่วมและดินโคลนถล่มในพื้นที่ภาคใต้ในปี พ.ศ. 2554 สถานการณ์ภัยแล้งในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในปี พ.ศ. 2555 สถานการณ์หมอกควันปกคลุมพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยในช่วงเดือนมีนาคมของทุกปี เป็นต้น จากเหตุการณ์ภัยพิบัติที่เกิดขึ้น ได้ส่งผลเสียอย่างมากต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาตัวชี้วัดด้านผลกระทบต่อชีวิตของประชาชนเพิ่มเติม ได้แก่ ความหนาแน่นประชากร (แผนที่ 3-25) เนื่องจากพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง จะส่งผลต่อความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพสินย์ตามมาด้วย สำหรับความเสียหายต่อทรัพย์สินได้พิจารณาตัวชี้วัดด้านผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัว (แผนที่ 3-24) เนื่องจากการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ส่งผลให้กิจกรรมด้านเศรษฐกิจชะงัก ซึ่งเป็นผลให้สูญเสียรายได้ทั้งต่อรายได้ครัวเรือน และรายได้ภาพรวมของจังหวัด

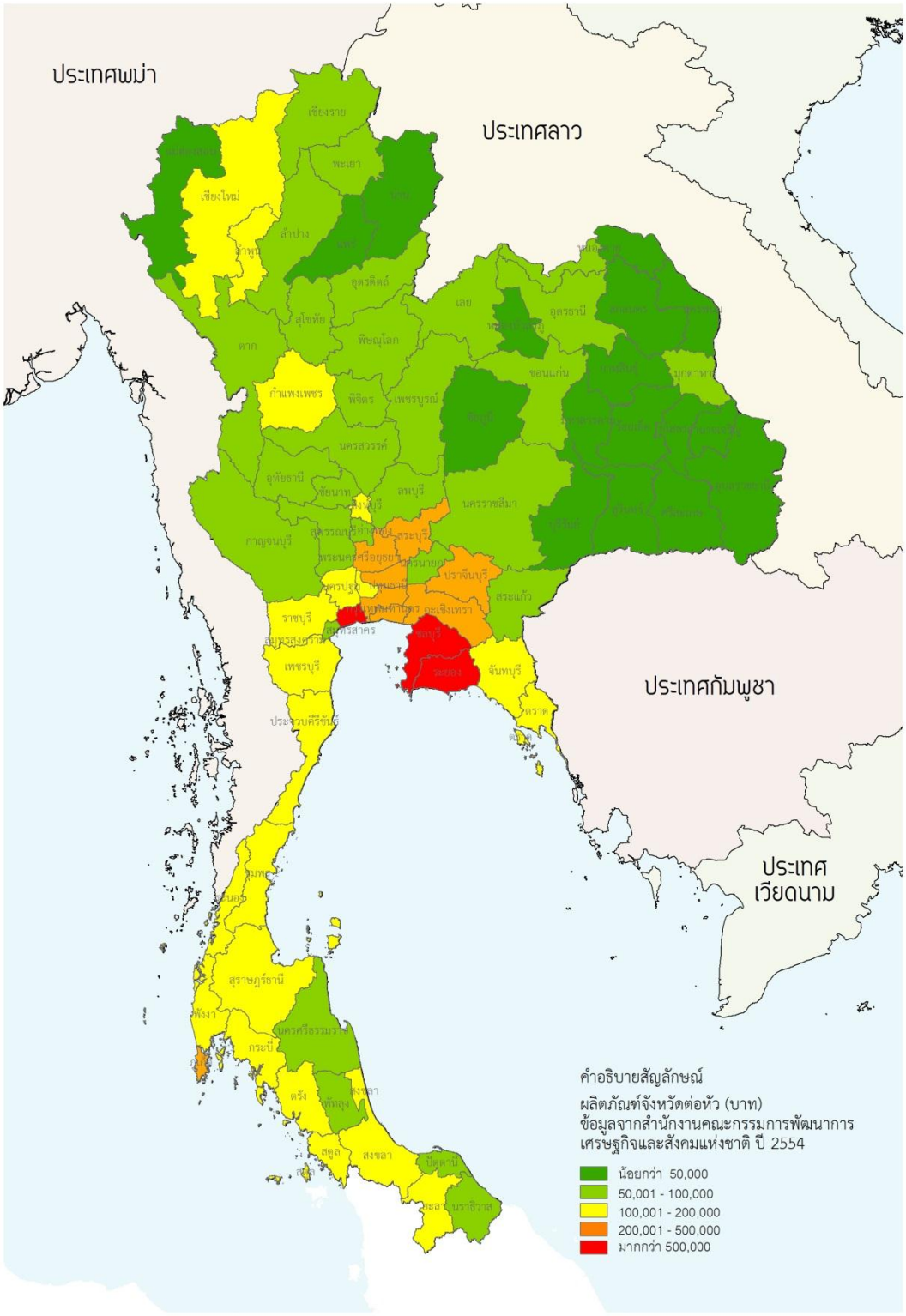
จากแผนที่ 3-25 พบว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมากกว่า 1,000 คนต่อตารางกิโลเมตร ได้แก่จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดนนทบุรี รองลงมาคือพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรระหว่าง 200 - 1,000 คนต่อตารางกิโลเมตร ได้แก่จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดอ่างทอง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดปทุมธานี จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดชลบุรี จังหวัดภูเก็ต และจังหวัดปัตตานี

จากแผนที่ 3-26 พบว่าจังหวัดที่มีผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัวมากกว่า 5 แสนล้านบาท ได้แก่ จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดสมุทรสาคร รองลงมาคือจังหวัดที่มีผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัวระหว่าง 2 แสน - 5 แสนล้านบาท ได้แก่ จังหวัดสระบุรี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดปทุมธานี จังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดภูเก็ต

เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของประชากรและผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัว (GPP per Capita) ร่วมกัน พบว่าจังหวัดที่มีความหนาแน่นของประชากรและผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัวสูง ส่วนใหญ่เป็นจังหวัดในเขตภาคกลาง และภาคตะวันออก เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจ และเป็นแหล่งการจ้างงานที่สำคัญของประเทศ ส่งผลให้มีความหนาแน่นประชากรมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเมื่อมีเหตุการณ์ภัยพิบัติต่างๆเกิดขึ้น พื้นที่ดังกล่าวจึงได้รับผลกระทบทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สินมากที่สุด เช่นกรณีที่มีความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่มากเกินไปจะทำให้การเคลื่อนย้ายคนเมื่อเกิดภัยพิบัติทำได้ยากขึ้น จึงส่งผลต่อความเสียหายที่มากขึ้นด้วย ส่วนภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ดินถล่ม ภัยแล้ง และหมอกควัน เป็นพื้นที่การเกษตร ซึ่งในกรณีการเกิดภัยพิบัติก็จะส่งผลกระทบเชิงลูกโซ่ไปยังพื้นที่อื่นๆของประเทศอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นการบ่งชี้ความเสี่ยงและการเตรียมพร้อมเพื่อรองรับหรือลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้น จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศในระยะยาว



แผนที่ 3-25 ความหนาแน่นประชากร พ.ศ. 2555



แผนที่ 3-26 ผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัว ปี 2554

บทที่ 4
การพัฒนาแบบจำลองต้นแบบ

แนวคิดในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากวรรณกรรม และบทความที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัวจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในบทที่ 2 รวมถึงการทดลองวิเคราะห์ความเสี่ยงของพื้นที่จากภัยพิบัติต่างๆ ในบทที่ 3 ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการเกิดภัยพิบัติในระดับพื้นที่จากข้อมูลที่มีอยู่ แต่การคาดการณ์ความอ่อนไหวในระดับพื้นที่นั้น ยังต้องอาศัยข้อมูลในส่วนอื่นๆเพิ่มเติม อาทิ ระดับของผลกระทบเชิงพื้นที่จากการเกิดภัยพิบัติ และความสามารถของพื้นที่ในการรับมือกับภัยพิบัติ ซึ่งจะต้องทำการพัฒนาดัชนีชี้วัดเพิ่มเติม ในบทนี้จะประกอบไปด้วยเนื้อหาดังนี้ การเปิดรับหรือภาวะคุกคามทางภูมิอากาศ (Exposure) ความอ่อนไหวหรือความไวต่อภัยต่างๆ (Sensitivity) ความสามารถในการรับมือ (Coping capacity) ความเปราะบาง (Vulnerability) และแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองระยะที่ 2

4.1 การเปิดรับหรือภาวะคุกคามทางภูมิอากาศ (Exposure)

การสัมผัสกับปัจจัยคุกคาม (Exposure) ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะทางธรรมชาติ และสภาวะที่ระบบกำลังประสบหรือสัมผัสกับภัยคุกคาม โดยขึ้นอยู่กับความถี่ ระยะเวลา ขอบเขตความรุนแรง และพฤติกรรมของปัจจัยอันตราย หรือเหตุการณ์ที่ระบบกำลังสัมผัสหรือได้รับผลกระทบ ภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภัยอันตราย หมายถึงเหตุการณ์ทางกายภาพที่เกิดจากความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2007) สำหรับประเทศไทยหมายถึงความเสี่ยงจากดินถล่ม น้ำท่วม ภัยแล้ง และหมอกควัน ทั้งนี้ ผลลัพธ์ของภัยพิบัติดังกล่าว ปรากฏในรูปการสูญเสียชีวิต ผู้ที่ได้รับผลกระทบและการสูญเสียด้านเศรษฐกิจ

การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการเกิดภัยพิบัติในบทที่ 3 ได้แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงในการเกิดภัยพิบัติในหลายจังหวัดของประเทศไทย และบางจังหวัดก็มีความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบจากภัยพิบัติมากกว่า 1 ประเภทรายละเอียดดังแสดงในตาราง 4-1

ตาราง 4-1 ความเสี่ยงในการเกิดภัยพิบัติในประเทศไทย

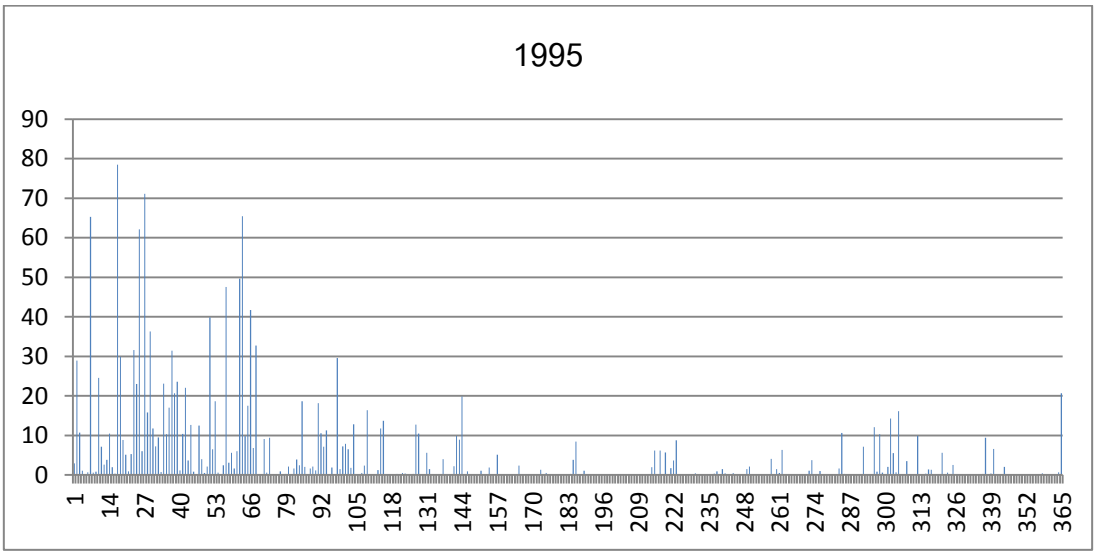
ภัยพิบัติ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	เหนือ	กลาง	ตะวันออก	ใต้
ดินถล่ม	เกือบทั้งภาค	เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ลำพูน ลำปาง แพร่ อุตรดิตถ์	กำแพงเพชร อุทัยธานี นครสวรรค์ ลพบุรี ชัยนาท สิงห์บุรี	ฉะเชิงเทรา สระแก้ว ชลบุรี ระยอง จันทบุรี	เพชรบุรี ชุมพร ปัตตานี ยะลา นราธิวาส
น้ำท่วมในระดับ 4 และ 5	บางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา	-	พิจิตร นครสวรรค์ สุพรรณบุรี อ่างทอง สิงห์บุรี	-	สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ปัตตานี

ภัยพิบัติ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	เหนือ	กลาง	ตะวันออก	ใต้
	นครพนม ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์		สระบุรีปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา ลพบุรี นครปฐม นนทบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม กาญจนบุรี และ ราชบุรี		ยะลา นราธิวาส
การเกิดภัยแล้งในระดับ 2 และระดับ 3	ประกอบด้วย ชัยภูมิ นครราชสีมา เลย หนองบัวลำภู หนองคาย อุดรธานี ขอนแก่น กาฬสินธุ์ สุรินทร์ ศรีษะเกษ	-	เพชรบูรณ์ ลพบุรี สระบุรี นครปฐม ปทุมธานี ราชบุรี	-	ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ ตรัง นครศรีธรรมราช สตูล สงขลา พัทลุง ปัตตานี
หมอกควัน	-	ทั่วทั้งภาค	-	-	-

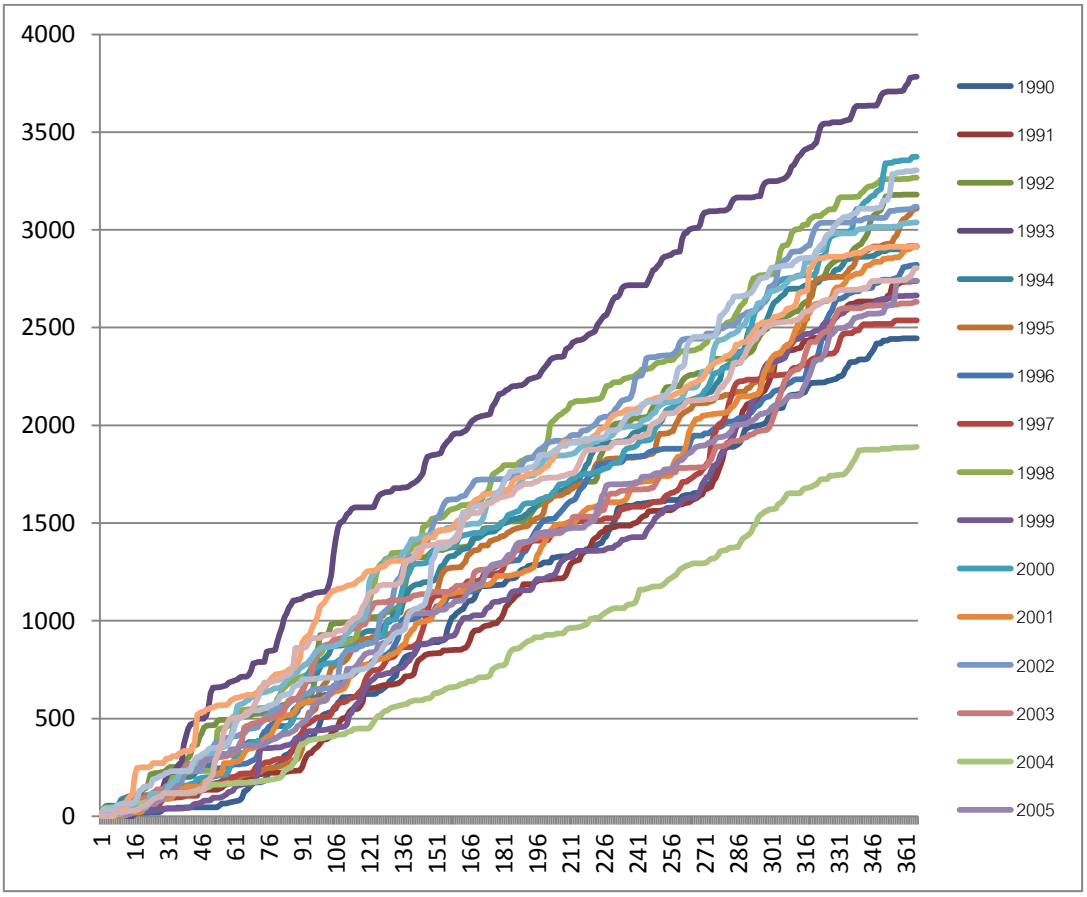
การสัมผัสกับปัจจัยคุกคาม ในที่นี้จะรวมไปถึงการศึกษาความเสี่ยง ซึ่งหมายถึง ผลรวมของความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์และผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ดังสมการ

Risk = (probability) x (Impact)

ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ (probability) หมายถึงความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่ส่งผลให้เกิดภัยพิบัติต่างๆ ในการศึกษานี้จะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน 20 ปีย้อนหลังตั้งแต่ปี คศ.1990 ถึงปี คศ. 2009 เพื่อวิเคราะห์ว่าช่วงใดมีฝนตกมาก ช่วงใดที่ฝนตกน้อย เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ต่อไป



ภาพ 4-1 ภาพตัวอย่างปริมาณน้ำฝนของปี 1995 ของ Grid X1 Y2



ภาพ 4-2 กราฟแสดงปริมาณน้ำฝนตกสะสมตั้งแต่ปี 1990-2009 ของ Grid(X3, Y11)

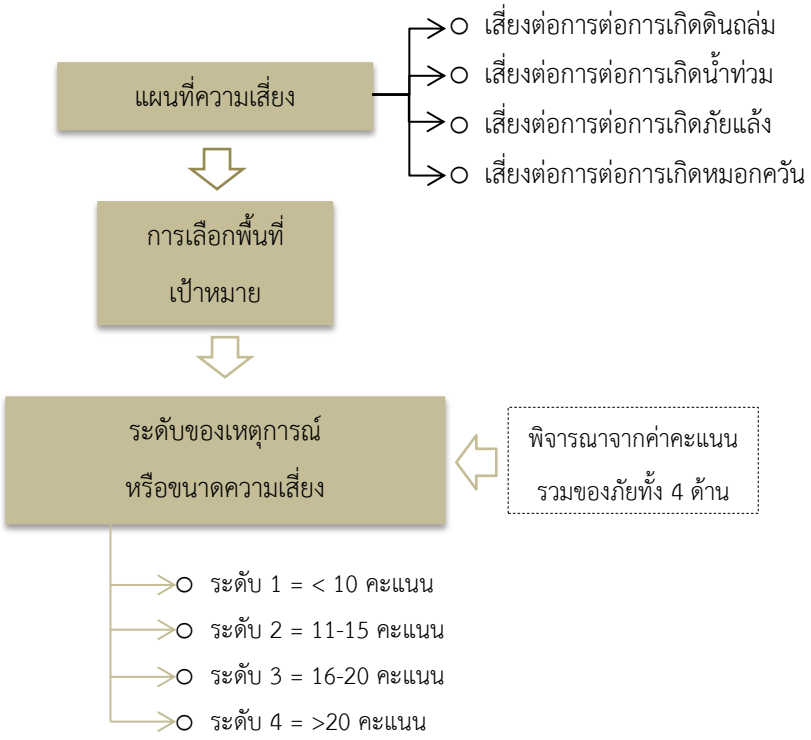
จากภาพ 4-2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝนสะสมในแต่ละปีมีลักษณะอย่างไร ปีไหนที่มีฝนตกสะสมมากที่สุดหรือปีไหนมีฝนตกน้อยที่สุด และช่วงใดของปีที่มีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อดูแนวโน้มของการเพิ่มของปริมาณน้ำฝน

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่กล่าวมา ขอยกตัวอย่างการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนมาวิเคราะห์เหตุการณ์ของการเกิดน้ำท่วมในแต่ละปี โดยคำนวณมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกมากกว่า 90 มิลลิเมตรต่อวัน ของแต่ละพื้นที่ที่แสดงในรูปแบบ Grid X , Y เพื่อนำมาหาความน่าจะเป็น และนำข้อมูลชุดเดียวกันนั้นมาวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นของการเกิดภัยแล้ง ซึ่งคำนวณมาจากเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกติดต่อกัน 5 วัน ของ Grid นั้น ซึ่งจะนับเป็นหนึ่งเหตุการณ์

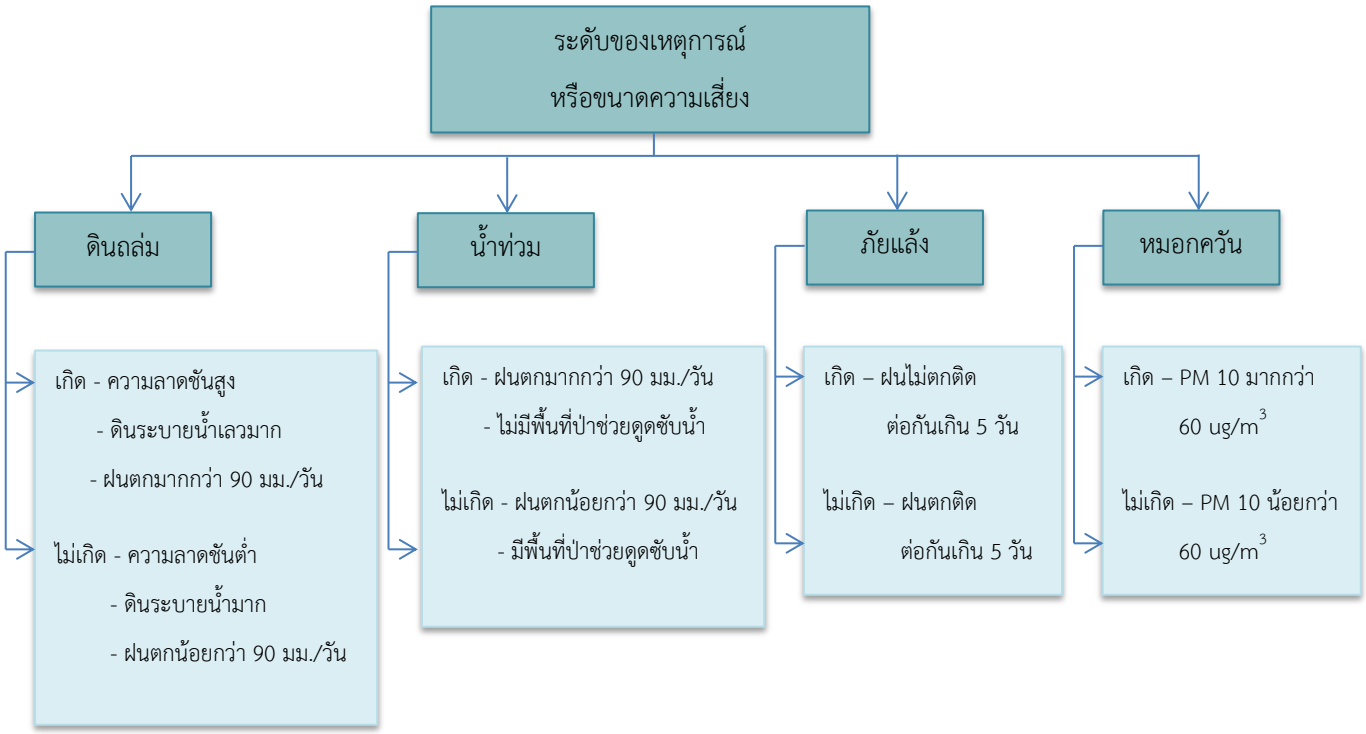
ในส่วนของผลกระทบที่เกิดจากภัยพิบัติ (Impact) ดังที่กล่าวมาในบทที่ 3 จะใช้ตัวชี้วัดความเสียหายคือกำหนดให้ความหนาแน่นของประชากร เป็นตัวแทนของ Social Impact และผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัว (GPP per Capita) เป็นตัวแทนของ Economic Impact ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้ระบุว่าพื้นที่ใดได้รับผลกระทบจากแต่ละภันมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามขอยกตัวอย่างการศึกษาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ และผลกระทบในพื้นที่จังหวัดเชียงราย (Grid X50 Y56) ซึ่งจังหวัดเชียงรายมีค่าของผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัวเท่ากับ 59,018 บาทต่อปี ความหนาแน่นของประชากร เท่ากับ 104 คนต่อตารางกิโลเมตร จากนั้นจึงนำค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ของ Grid หรือของจังหวัดนั้นซึ่งก็คือค่าความเสี่ยงหรือ ภาวะคุกคามทางภูมิประเทศคูณกับความอ่อนไหว ซึ่งในที่นี้ขอยกตัวอย่างของเหตุการณ์ของฝนตกมากกว่า 90 มิลลิเมตรต่อวัน ก็จะได้ค่าของผลกระทบที่เกิดขึ้น

	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์	Economic Impact	Social Impact
Grid X50 Y56	Min 0.0055	322.99	0.568
	Med 0.0329	10.62	0.019
	Max 0.0521	0.55	0.001

จากแผนที่ความเสี่ยงจากพิบัติทั้ง 4 ด้าน ดังที่กล่าวมาในบทที่ 3 นำไปสู่การคัดเลือกพื้นที่เป้าหมาย เพื่อทำการศึกษาเชิงลึกถึงโอกาสหรือความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติแต่ละด้านต่อไป (การพัฒนาแบบจำลองระยะที่ 2) เพื่อให้สามารถกำหนดระดับของการเกิดภัยหรือขนาดของความเสี่ยงได้ (magnitude) ดังแสดงในภาพ 4-3



ภาพ 4-3 แนวทางในการกำหนดระดับของการเกิดภัยหรือขนาดของความเสี่ยง



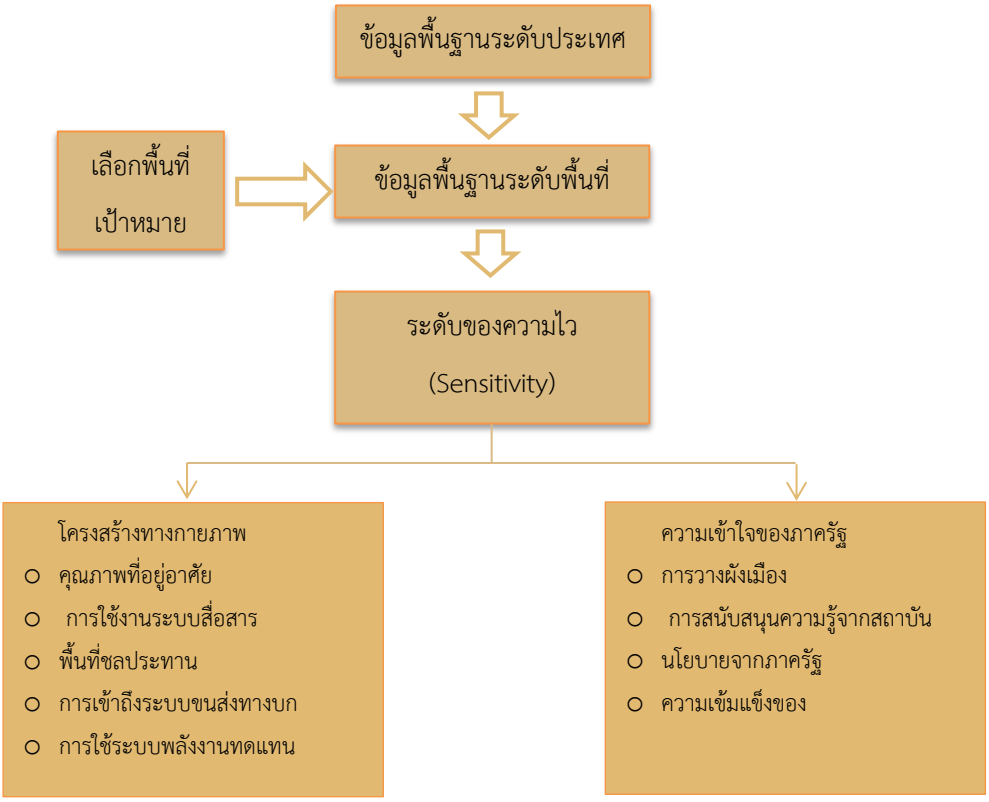
ภาพ 4-4 โอกาสในการเกิดระดับเหตุการณ์หรือขนาดของความเสี่ยง

จากภาพ 4-4 อธิบายถึงโอกาสในการเกิดภัยแต่ละด้าน โดยตัวแปรที่นำมาใช้กำหนดว่าจะเกิดภัยแต่ละด้านหรือไม่นั้น มาจากปัจจัยในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงในบทที่ 3 ซึ่งข้อมูลน้ำฝนจะใช้จำนวนเหตุการณ์ที่ได้มาจากการวิเคราะห์แบบจำลองสภาพภูมิอากาศภูมิภาค WRF ซึ่งได้ทำการย่อส่วนโดยวิธีทางไดนามิค (Dynamical Downscaling) ซึ่งการพัฒนาแบบจำลองระยะที่ 2 จะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน 20 ปีย้อนหลังตั้งแต่ปี คศ.1990 ถึงปี คศ. 2009 (Historical Data) เพื่อความแม่นยำในการวิเคราะห์ความเสี่ยง ทั้งนี้ได้กำหนดปัจจัยเบื้องต้นของโอกาสในการเกิดและไม่เกิดภัยแต่ละประเภทไว้

4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวหรือความไวต่อการเกิดภัย (Sensitivity)

ความอ่อนไหวหรือความไวต่อการเกิดภัย (Sensitivity) หมายถึงการอธิบายถึงระดับของผลกระทบทั้งในเชิงบวกและเชิงลบที่ระบบได้รับสัมผัสกับปัจจัยอันตราย โดยความอ่อนไหวของระบบถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติและสถานภาพของระบบเป็นหลัก (IPCC, 2007)

ในการศึกษาความอ่อนไหวหรือความไวต่อการเกิดภัย หลังจากการคัดเลือกพื้นที่เป้าหมายแล้ว จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลเชิงลึกในพื้นที่เป้าหมาย และข้อมูลภาพรวมระดับประเทศเพื่อพิจารณาว่าในพื้นที่นั้นๆ มีอะไรที่สามารถรองรับกับภัยพิบัติที่จะเกิดขึ้นได้



ภาพ 4-5 การศึกษาความอ่อนไหวหรือความไวต่อการเกิดภัย

จากภาพ 4-5 พบว่าการศึกษาความอ่อนไหวหรือความไวต่อการเกิดภัย จะพิจารณาปัจจัยอยู่ 2 ด้าน คือ ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพ และความเข้าใจของภาครัฐ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

(1) ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพ ประกอบด้วย

คุณภาพที่อยู่อาศัย จะเป็นการบ่งบอกถึงความสามารถในการรับมือเมื่อเกิดภัยต่างๆ เช่น วัสดุของที่อยู่อาศัยที่มีความมั่นคง จะสามารถทนทานต่อสิ่งกระตุ้นให้เกิดความเสียหายได้มากกว่าวัสดุที่ไม่มั่นคง เป็นต้น

การใช้งานระบบสื่อสาร หรือการเข้าถึงเทคโนโลยี เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีต่างๆสามารถเข้าถึงได้ง่าย เช่นโทรศัพท์มือถือ อินเตอร์เน็ท ฯลฯ ซึ่งการเข้าถึงเทคโนโลยีมีความสำคัญในแง่ของการรับรู้ข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ในการเตรียมความพร้อมรับมือกับภัยต่างๆ

พื้นที่ชลประทาน เนื่องจากพื้นที่ที่อยู่ในเขตชลประทาน จะมีระบบการจัดการน้ำหรือระบบระบายน้ำ ซึ่งมีความสำคัญมากในการเก็บกักน้ำไว้ใช้เมื่อเกิดภัยแล้ง และเป็นพื้นที่รองรับน้ำเมื่อเกิดน้ำท่วม

การเข้าถึงระบบขนส่งทางบก มีความสำคัญในการเข้าช่วยเหลือพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยต่างๆ รวมทั้งการอพยพเคลื่อนย้ายคนออกจากพื้นที่เสี่ยงภัย เนื่องจากการขนส่งทางบกมีความสะดวก รวดเร็วกว่าการขนส่งด้านอื่น

การใช้ระบบพลังงานทดแทน มีความสำคัญในช่วงเวลาที่เกิดภัยต่างๆ เนื่องจากในช่วงที่เกิดเหตุการณ์ การเข้าถึงแหล่งพลังงานหลักเป็นไปได้ยาก เช่น น้ำมัน ไฟฟ้า เป็นต้น ดังนั้นการเตรียมแหล่งพลังงานสำรองจึงมีความสำคัญมากทั้งในแง่ของการขนส่งและการสื่อการ

(2) ความเข้าใจของภาครัฐ ประกอบด้วย

การวางผังเมือง มีการศึกษาภาพรวมของเมืองเพื่อ ทำการพัฒนาผังเมืองเพื่อให้สวดคล้องกับความเป็นจริงมีการวางแผนปรับปรุงส่วนต่างๆ ที่ก่อให้เกิดความล่อแหล่มต่อความเสียหายได้

สถาบันต่างๆ ให้การสนับสนุนความรู้ ซึ่งในปัจจุบันการให้ความรู้ในสถาบันต่างๆ ยังเน้นให้ความรู้เกี่ยวกับวิชาชีพนั้นๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีการสอดแทรกเนื้อหาของ เมืองหรือการปรับเปลี่ยนของเมืองเข้าไป หรืออาจจะมีการจัดพื้นที่ของภาพเมืองในอนาคตเพื่อให้เด็กหรือผู้ที่สนใจได้เข้าใจบริบทเมืองมากขึ้น

มีนโยบายจากภาครัฐที่ชัดเจน ในการจัดการความเสียหายที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องมีภาครัฐเป็นแกนนำ ซึ่งจะสามารถทำให้นักวิชาการได้สามารถนำความรู้ลงสู่ชาวบ้านได้ โดยนโยบายของภาครัฐจำเป็นต้องชี้แจงให้ชัดเจนในเรื่องของการปรับตัว

ความเข้มแข็งของผู้นำ เป็นแกนหลักในการพัฒนาด้านการปรับตัว ซึ่งในส่วนของผู้นำจำเป็นต้องเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและ เข้าใจการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องความเข้มแข็งของผู้นำจะเป็นการนำทางไปสู่นโยบายที่เข้มแข็งด้วย

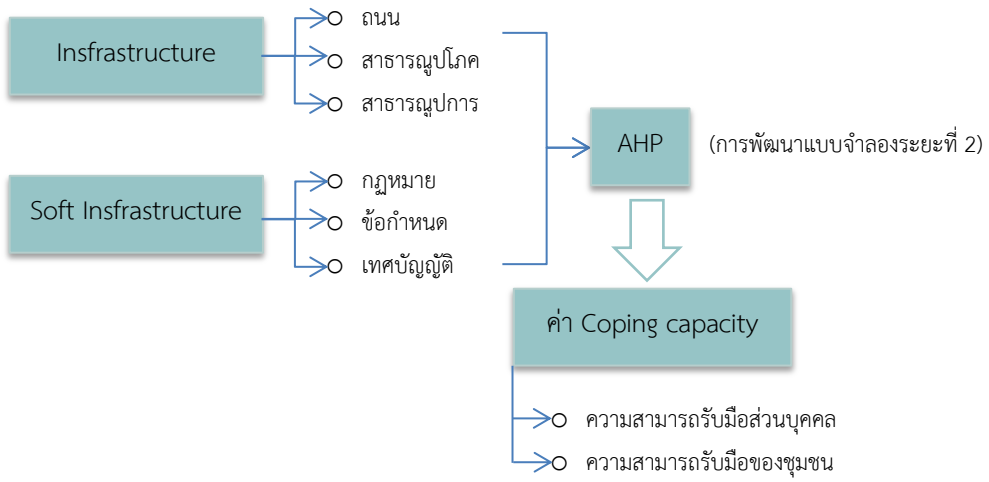
ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ เป็นปัจจัยเชิงพื้นที่ ซึ่งจะต้องได้รับการรวบรวมเพื่อนำมาเป็นส่วนหนึ่งของสมการในการคำนวณหรือวิเคราะห์ความอ่อนไหวเชิงพื้นที่ในระยะที่ 2 ของการพัฒนาแบบจำลองต่อไป

4.3 ความสามารถในการรับมือกับภัยพิบัติ (Coping capacity)

ความสามารถในการตั้งรับและปรับตัวของระบบ (Coping capacity / Adaptive capacity) หมายถึง ความสามารถของระบบในการตอบสนองและปรับตัวต่อการเผชิญกับปัจจัยคุกคามเพื่อลดความเสียหาย ในขณะเดียวกันแสวงหาโอกาสและผลประโยชน์จากผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว รวมทั้งการตั้งรับและปรับตัวเข้ากับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นภายหลัง (IPCC, 2007)

โดยทั่วไปการเตรียมการรับมือเมื่อเกิดภัยพิบัติ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ การเตรียมความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) เช่น ระบบประปา ระบบน้ำทิ้ง ระบบไฟฟ้า และ ระบบสื่อสาร และโครงสร้างพื้นฐานด้านกฎระเบียบ (Soft Infrastructure) เช่น กฎหมาย ข้อกำหนดต่างๆ ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงเมื่อเกิดภัย

ซึ่งการวิเคราะห์การเตรียมความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐาน และโครงสร้างพื้นฐานด้านกฎระเบียบนั้น จะทำการศึกษาด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchical Process : AHP) ซึ่งเป็นการศึกษาโดยการแยกแยะถึงองค์ประกอบของปัญหา มีการให้น้ำหนักเปรียบเทียบในแต่ละปัจจัยของปัญหาในแต่ละลำดับชั้น ซึ่งประกอบด้วยทางเลือกต่างๆ จนสุดท้ายจึงได้ทางเลือกที่ต้องการ ซึ่งผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วย AHP นำไปสู่การจำแนกระดับของความสามารถในการตั้งรับมือต่อภัยพิบัติต่อไป (การพัฒนาแบบจำลองระยะที่ 2)



ภาพ 4-6 แนวทางการศึกษาระดับของความสามารถในการตั้งรับมือต่อภัยพิบัติ

จากภาพ 4-6 พบว่าการศึกษาความสามารถในการตั้งรับมือต่อภับพิบัติ จะพิจารณาปัจจัยอยู่ 2 ด้าน คือ ความสามารถรับมือส่วนบุคคล และความสามารถรับมือของชุมชน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

(1) ความสามารถรับมือส่วนบุคคล

ความหนาแน่นของประชากร เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัว เนื่องจากปริมาณความหนาแน่นของประชากร ส่งผลโดยตรงต่อการเคลื่อนย้ายคนออกจากพื้นที่ที่ประสบภัยพิบัติ

ระดับการศึกษา ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความสัมพันธ์กับการเกิดภัยพิบัติยังเป็นไปในระดับต่ำ การเตรียมตัวเพื่อตั้งรับกับการเกิดภัยพิบัติที่มีเพิ่มขึ้นหรือรุนแรงขึ้นจึงเป็นปัจจัยที่ต้องเพิ่มให้สูงขึ้น

(2) ความสามารถรับมือของชุมชน

รายได้เฉลี่ยต่อคน จะส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการใช้งบประมาณในการซ่อมแซมหรือใช้ในการรักษาชีวิตในยามที่เกิดภัยต่างๆได้

การว่างงาน สัดส่วนการว่างงาน จะเป็นตัวพิจารณาถึงการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของรายได้ครัวเรือน ซึ่งเมื่อเกิดภัยต่างๆ จะทำให้ทราบถึงความสามารถในการยังชีพรวมทั้งซ่อมแซมทรัพย์สินที่เสียหายด้วย

การรวมกลุ่มภายในชุมชน และความเข้มแข็งของชุมชน เป็นตัวพิจารณาถึงความร่วมมือของคนในชุมชนเมื่อเกิดภัยต่างๆ เช่นในแง่ของการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน การกระจายข่าวสารก่อนและหลังการเกิดภัย เป็นต้น

4.4 การวิเคราะห์ความเปราะบาง (Vulnerability)

ความเปราะบาง (Vulnerability) เป็นคำที่ใช้เพื่ออธิบายสถานการณ์ในเชิงลบที่ระบบ หรือภาคส่วนหนึ่ง หรือหน่วยสังคมหนึ่งเผชิญอยู่ ซึ่งเป็นผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงก่อให้เกิดแรงกดดันและกลายเป็นความเสี่ยงโดยที่ภาคส่วนนั้นๆ ไม่มีขีดความสามารถเพียงพอที่จะดำเนินการเพื่อให้พ้นจากสภาวะนั้น หรือบริหารจัดการให้ตนเองพ้นจากความเสี่ยงนั้นไปได้ (Adger et al., 2001) ซึ่งในการพิจารณาถึงความเสี่ยงและความเปราะบางต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือภาวะเสี่ยงนั้นๆ ควรที่จะต้องมีเป้าหมายในการทำความเข้าใจที่ชัดเจนว่า เป็นความเสี่ยง หรือความเปราะบางของระบบอะไร หรือของภาคส่วนใด หรือของใคร ภายใต้แรงกดดันจากปัจจัยเสี่ยง หรือตัวแปรทางภูมิอากาศใดบ้าง ตลอดจนพิจารณาถึงเงื่อนไขด้านเวลาที่เกิดภาวะของความเสี่ยงและความเปราะบางดังกล่าว เพื่อที่จะได้กำหนดยุทธศาสตร์การปรับตัวได้อย่างเหมาะสม (ศุภกร ชินวรรณโน, 2553)

สำหรับแนวทางในการวิเคราะห์ความเปราะบางของพื้นที่เป้าหมาย สามารถสรุปได้ดังสมการด้านล่าง ซึ่งการศึกษาเพื่อระบุว่าแต่ละพื้นที่มีระดับของความเปราะบางเชิงพื้นที่ในระดับใด จะทำการศึกษาเชิงลึกต่อไปในการพัฒนาแบบจำลองระยะที่ 2

$$\text{Vulnerability} = (\text{Exposure} \times \text{Sensitivity}) / \text{Coping capacity}$$

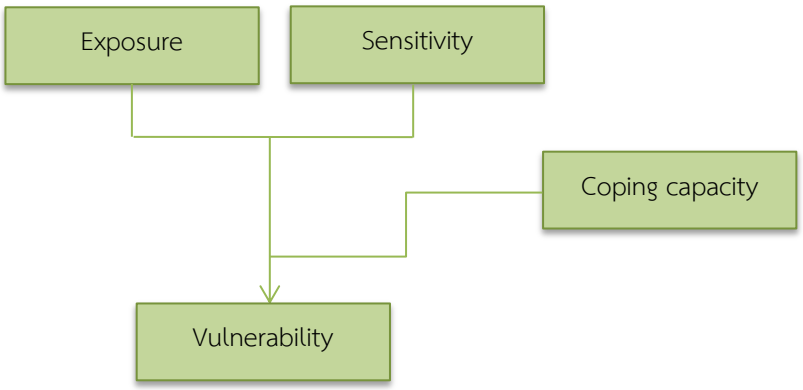
โดยที่

ความเปราะบาง (Vulnerability)

การสัมผัสกับปัจจัยคุกคาม (Exposure)

ความอ่อนไหวหรือความไวต่อการเกิดภัย (Sensitivity)

ความสามารถในการตั้งรับและปรับตัวของระบบ (Coping capacity / Adaptive capacity)



ภาพ 4-7 แนวทางในการวิเคราะห์ความเปราะบางเชิงพื้นที่

4.5 แนวทางในการพัฒนาแบบจำลองในระยะที่ 2

การศึกษาออกแบบ และพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินความเสี่ยงของเมืองในประเทศไทยเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารความเสี่ยงและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในระยะที่ 1 พบว่าข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นมีอยู่อย่างจำกัด ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของข้อมูลปริมาณน้ำ และจำนวนครั้งในการเกิดภัยพิบัติในอดีต จะเป็นข้อมูลรายจังหวัด การกดข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นไปอย่างจำกัด ซึ่งหากพื้นที่ หรือจังหวัดที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดภัยพิบัติ สามารถดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่เพิ่มเติมก็จะทำให้สามารถพัฒนาแบบจำลองสำหรับแต่ละอำเภอ/ตำบล เพิ่มเติมได้ เพื่อให้องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น หรือประชาชนสามารถเข้าถึง และเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเกิดภัยพิบัติได้ดียิ่งขึ้น และมีส่วนร่วมในการกำหนดแนวทางในการปรับตัว และ/หรือรองรับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม

การพัฒนาแบบจำลองในระยะที่ 2 จะทำการพิจารณาดัชนีชี้วัดพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อศึกษา และวิเคราะห์ความเสี่ยงของพื้นที่ รวมถึงวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และนำมาตรการในการปรับตัวมาผนวกเข้ากับแบบจำลองของพื้นที่ เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของความเสี่ยงว่าจะเพิ่มขึ้น หรือลดลงจากมาตรการดังกล่าว เพื่อเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจต่อไป

บรรณานุกรม

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2554. เอกสารสรุปสถานการณ์สาธารณภัย ประจำวันที่ 31 ธันวาคม 2554. ออนไลน์. สืบค้นจาก อินเตอร์เน็ท http://61.19.100.58/public/Group3/datagroup3/2554/dailyreportdec/evening31.pdf ค้นเมื่อวันที่ 21 เมษายน 2556

กรมทรัพยากรธรณี. “แผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชนจังหวัดอุตรดิตถ์ พ.ศ. 2554”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.dmr.go.th/main.php?filename (25 สิงหาคม 2555).

กรมทรัพยากรธรณี. “โครงการจัดทำแผนแม่บทการจัดการทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2547”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.dmr.go.th/ (1 พฤษภาคม 2556).

กรมทรัพยากรธรณี. “บันทึกเหตุการณ์ดินถล่ม”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.dmr.go.th/download/Landslide/event_landslide1.htm (14 พฤษภาคม 2556).

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2550. ข้อมูลเกี่ยวกัยภัยแล้ง. ออนไลน์. สืบค้นจาก อินเตอร์เน็ท http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=71 ค้นเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2556

ดร.วิเชียร เกิดสุข. **ความเปราะบางและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภาคอีสาน.** “เวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้งานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม: การปรับตัวของชุมชนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภุมิอากาศโลก” 23 พฤษภาคม 2555 ณ โรงแรมเจริญานี ขอนแก่น

ดร.ธงชัย โรจนกนันท์. **การตั้งรับภัยพิบัติ (ตอนที่ 1) (Urban Disaster Resilience)**. ธันวาคม 2555

ดร.ธงชัย โรจนกนันท์. **ผังเมืองเพื่อภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Urban Planning for Climate Change).** เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์กลุ่มภารกิจด้านสาธารณภัยและพัฒนาเมือง วันที่ 25 มิถุนายน 2553 โรงแรมเอเชีย กรุงเทพมหานคร และโครงการ GTZ วันที่ 20 สิงหาคม 2553 ที่จังหวัดขอนแก่น

ดร.ธงชัย โรจนกนันท์. **เรียนรู้การเติบโตอย่างชาญฉลาดกับสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Reading on Smart Growth and Climate Change).** เอกสารประกอบการเสวนาทางวิชาการเรื่อง Urban and Town plan as Climate and Environmental Protection Tool จัดโดยสำนักงานความร่วมมือทางวิชาการ สหพันธรัฐเยอรมันร่วมกับสำนักผังเมืองรวมและผังเมืองเฉพาะ วันที่ 4 พฤศจิกายน 2553 กรมโยธาธิการและผังเมือง ถนนพระรามที่ 9 กรุงเทพมหานคร

ดร.ธงชัย โรจนกนันท์.**นโยบายเมืองว่าด้วยสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Urban Policy on Climate Change)**. เอกสารประกอบการบรรยาย การประชุมเชิงปฏิบัติการ “นวัตกรรมเมือง” พระนครศรีอยุธยาวันที่ 18-20 มกราคม 2555 และเอกสารประกอบการบรรยาย “การวางแผนพัฒนาเมือง/ชุมชน และสิ่งแวดล้อมในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น” มกราคม-มีนาคม 2555 เชียงใหม่ อุบลราชธานี กรุงเทพมหานคร

ดร.ธงชัย โรจนกนันท์. **การตั้งรับภัยพิบัติเมือง ตอนที่ 1 (Urban Disaster Resilience).** “วารสารกรมโยธาธิการและผังเมือง” ธันวาคม 2555

ไทยรัฐ. 2550. ข่าวไทยรัฐออนไลน์ : น้ำท่วมหลายพื้นที่ โคราชอ่วม หนักสุดรอบ 50 ปี. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต, http://www.thairath.co.th/content/region/119277 , ค้นเมื่อวันที่ 21 เมษายน 2555

นิรภัย จันทร์สวัสดิ์. **การบริหารความเสี่ยง (RISK MANAGEMENT) จากทฤษฎีสู่ปฏิบัติ**

ประวิทย์ จันทร์แฉ่ง. “การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์,2553.

ประสิทธิ์ เมฆอรุณ. “การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัยในเขตลุ่มน้ำยมตอนล่าง” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,2544.

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2556) **นวัตกรรมด้านวิศวกรรมโยธาเพื่อการจัดการภัยพิบัติ** เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18 ในหัวข้อ “วิศวกรรมโยธาเพื่อการตอบสนองต่อภัยพิบัติทางธรรมชาติ”

วีระศักดิ์ อุดมโชค และ พูลศิริ ชูชีพ. (2548) **การกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยแลงบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย** เอกสารประกอบการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 สาขาประมง สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

ศุภกร ชินวรรโณ. **ข้อเสนอเรื่องการปรับเปลี่ยนไปสู่สังคมที่มั่นคงและทนทานต่อความเสี่ยงจากภูมิอากาศ.** “เวที Global Forum ปีที่ 3 ครั้งที่ 6” 4 กุมภาพันธ์ 2556 ณ ห้องประชุมกมลทิพย์ 3 โรงแรมสุโกศล (สยามซิตี้)

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. **รายงานฉบับสมบูรณ์ (ฉบับร่าง) แก้ไข โครงการศึกษามาตรการที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม**. คู่มือการใช้งานโปรแกรมคำนวณดัชนีความล่อแหลมจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับชุมชน(Prevalent Community Climate Change Vulnerability Tool; ERCCC version 1.0)**

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ). 2549. “การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในเขตภาคเหนือตอนบน”. *รายงานฉบับสมบูรณ์.* ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย-๑ (๒๕๕๓). **ประเด็นท้าทาย ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการเจรจาของไทย**, กรุงเทพมหานคร

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย-๒ (๒๕๕๓). เรดด์พลัส. **ประเด็นร้อนในเวทีเจรจาโลก แนวคิด และรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับสังคมไทย**. กรุงเทพมหานคร

สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. (2554). **รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของไทย ครั้งที่ 1**. ม.ป.ป.

สุพิชฌาย์ ธนารุณ. “การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจังหวัดอ่างทอง” ข วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์,2553.

อำนาจ ชิดไธสง กัณฑรีย์. บุญประกอบ เจียมใจเครือสุวรรณ, ศุภกร ชินวรรโณ และคณะ 2553. **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เล่ม 2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต**. Thai-GLOB

ACCCRN. 2009. **Responding to the Urban Climate Challenge (eds)**. ISET, Boulder, Colorado, USA.

Aguilar, E. et al., 2005. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961-2003. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 110(D23).

Aguilar, E. et al., 2009. Changes in temperature and precipitation extremes in western central Africa, Guinea Conakry, and Zimbabwe, 1955-2006. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 114.

Ambrose, K., Dazé, A., & Ehrhart, C. (2009). *Climate Vulnerability and Capacity Analysis: Handbook* (pp. 1–52).

AccuWeather. 2012. Top 5 Most Expensive Natural Disasters in History. Online. Available from Internet, http://www.accuweather.com/en/weather-news/top-5-most-expensive-natural-d/47459, accessed 21 April 2012.

Ahmed, M. et al., 2011. Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. Journal of Environment of Earth Sciences, (62): 611 – 623.

Bui, D. T., Pradhan, B., Lofman, O., Revhaug, I. and Dick, O. B. 2012. "Landslide susceptibility assessment in the Hoa Binh province of Vietnam: A comparison of the Levenberg–Marquardt and Bayesian regularized neural networks." *Journal of Geomorphology*, 1-18.

Birkman, J., Garschagen, M., Kraas, F., Quang, N. 2010. **Adaptive Urban Governance: new challenges for the second generationof urban adaptation strategies to climate change**. Sustainable Science. 5: 185-206.

Blakely E.J. (2007), **Urban Planning for Climate Change**, Lincoln Institute of Land Policy, USA

Black M. & King J. (2009). **The Atlas of Water; Mapping the World's most critical Resource**. University of California Press, California, USA

Choi, J., Oh, H. J., Lee, H. J., Lee, C. and Lee, S. 2012. "Combining landslide susceptibility maps obtained from frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network models using ASTER images and GIS." *Journal of Engineering Geology*, 124 : 12–23.

Claire Smith & Sarah Lindley. (2008). **Sustainable Cities: Options for Responding to Climate cHange Impacts and Outcomes.**

Chinvanno, S. et al. 2006. **Risk and Vulnerability of Rain-fed Farmers in Lower Mekong River Countries to Climate Change:Case study in Lao PDR and Thailand**. START. Thailand.

Chotamonsak, C. "Climate Change Simulations for Thailand Using Regional Climate Model ". Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy, Chiang Mai University. 2012.

Dessai, S. 2003a. **Heat stress and mortality in Lisbon Part I. model construction and validation**. International Journal of Biometeorology. 47: 6-12.

Dessai, S. 2003b. **Heat stress and mortality in Lisbon Part II. An assessment of the potential impacts of climate change**.International Journal of Biometeorology. 48: 37-44.

Dodman D. (2009), **Urban Density and Climate Change, Human Settlements and Climate Change Groups**, International Institute for Environment and Development, United Nations Population Fund (UNFPA), USA

Ebru A. Gencer. **VULNERABILITY in HAZARD-PRONE MEGACITIES: An Overview of Global Trends and the Case of the Istanbul Metropolitan Area**. Summer Academy for Social Vulnerability (Draft 01) July 2007

Gyeltshen, D. 2007. "Landslide hazard and risk assessment of doi suthep-pui area in chiang mai province, northern thailand". Degree of master of science in environmental science The graduate school, Chiangmai University.

Haylock, M.R. et al., 2006. Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. Journal of Climate, 19(8): 1490-1512.

Hallegatte S, Henriet F, Corfee-Morlot J (2011a). **The economics of climate change impacts and policy benefits at city scale: a conceptual framework**. Climatic Change. 51: 51-87

Hallegate, S. et al. 2011b. **Assessing climate change impacts, sea level rise and storm surge risk in port cities: a case study on Copenhagen**. Climatic Change. 104:113-137.

Hunt, A. and Watkiss, P. 2011. **Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature**. Climatic Change 104:13–49

Jeyaseelan, A.T. 2003 "Droughts and Floods Assessment and Monotoring Using Remote Sensing And GIS AND GIS" *Journal of Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*, pp. 291-313

Karl, T.R., N. Nicholls, and A. Ghazi, 1999: CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and in dicators for climate extremes: Workshop summary. *Climatic Change*, 42, 3-7

Lee, S., Ryu, J. H., Min, K. and Won, J. S. 2003. "Landslide susceptibility analysis using GIS and artifitial neural network." *Journal of Earth Surface Processes and Landforms*, 28 : 1361–1376.

Manton, M.J. et al., 2001. Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. International Journal of Climatology, 21(3): 269-284.

Moench M. and et al (2009).**Catalyzing Urban Climate Resilience**. The Rockefeller Foundation, New York, USA

Moench M., Tyler S. & Lage J. (2011), **Catalyzing Urban Climate Resilience, Applying Resilience Concept to Planning Practice**; Rockefeller Foundation, USA

McCarthy, J. J., & Group, I. P. O. C. C. W., II. (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability* (p. 1032). Cambridge University Press.

Mitchell, T. (2012). *Managing Climate Extremes and Disasters in Asia:Lessons from the IPCC SREX Report* (pp. 1–24). Climate and Development Knowledge Network.

O'Brien K, Leichenko R, Kelkar U, Venema H, Aandahla G, Tompkins, H, Akram J, Bhadwal S, Barg S, Nygaarda L, West J.2004. **Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. Global EnvironmentalChange**, 14, 303–313

Peterson, T.C. et al., 2002. Recent changes in climate extremes in the Caribbean region. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 107(D21).

Parry, M. L., Canziani, O., Palutikof, J., van der Linden, P. J., & Hanson, C. E. (2007). *Climate Change 2007* (p. 976). Cambridge University Press.

Pradhan, B., Lee, S. and Buchroithner, M. F. 2010 "A GIS-based back-propagation neural network model and its cross-application and validation for landslide susceptibility analyses." *Journal of Computers Environment and Urban Systems*, 34 : 216–235.

Qian, W.H., Lin, X., 2004. Regional trends in recent temperature indices in China. Climate Research, 27(2): 119-134.

Rockefeller Foundation. 2011. "Asian Cities Climate Change Resilience Network." http://www. rockefellerfoundation.org/what-we-do/current- work/developing-climate-change-resilience/ asian-cities-climate-change-resilience

Rosenzweig, Cynthia, William Solecki, Stephen A. Hammer and Shagun Mehrotra. 2010. "Cities Lead the Way in Climate-change Action." Nature 467: 909-911.

Rosenzweig, Cynthia, William Solecki, Stephen A. Hammer, and Shagun Mehrotra, eds. 2011. Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Ruth M. (2006), **Smart Growth and Climate Change; Regional Development, Infrastructure and Adaptation**, University of Maryland, Edward Elgar, MA, USA

Tanner, T., Mitchell, T., Polack, E., and Guenther, B. 2009. **Urban Governance for Adaptation: Assessing Climate Change Resilience in Ten Asian Cities**. Institute of Development Studies, Working Paper 315

Tank, A., Konnen, G.P., 2003. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. Journal of Climate, 16(22): 3665-3680.

Tran, P. et al., 2008. GIS and local knowledge in disaster management: a case study of flood risk mapping in Viet Nam. Journal of GIS and local knowledge in disaster management, pp:152-169.

Vincent, L.A. et al., 2005. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. Journal of Climate, 18(23): 5011-5023.

World Bank. 2009. Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters. Washington, DC: World Bank. www.worldbank.org/eap/ climatecities

World Bank. 2010a. Climate Risks and Adaptation in Asian Coastal Megacities: A Synthesis Report. http://sit- eresources.worldbank.org/EASTASIAPACIFICEXT/ Resources/226300-1287600424406/coastal_mega- cities_fullreport.pdf. Washington DC: World Bank.

Worldbank. 2010b. Natural Hazards, Unnatural Disasters. http://www.gfdrr.org/gfdrr/sites/gfdrr.org/files/nhud/files/NHUD-Overview.pdf. Washington, DC: World Bank.

Worldbank. 2010c. Citation of IEA, 2008. “Cities and Climate Change: An Urgent Agenda.” Washington DC: World Bank. http://siteresources.worldbank.org/ INTUWM/Resources/340232-1205330656272/ CitiesandClimateChange.pdf

Word Bank. 2012. The World Bank Supports Thailand's Post-Floods Recovery Effort. Online. Available From Internet,http://www.worldbank.or.th/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/EASTASIAPACIFICEXT/THAILANDEXTN/0,,contentMDK:23067443~pagePK:141137~piPK:141127~theSitePK:333296,00.html, accessed 21 April 2012.

Zhai, P.M., Zhang, X.B., Wan, H., Pan, X.H., 2005. Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China. Journal of Climate, 18(7): 1096-1108.

Zerger, A and Eealands, S. 2004. Beyond Modelling: Linking Models with GIS for Flood Risk Management. Journal of Natural Hazards, (33): 191-208.