

การประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของ  
พื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อย จังหวัดพิษณุโลก

**Climate Risk Assessment of Khwae Noi River Basin, Phitsanulok Province**

ดร.สมเกียรติ อภินิพนวิศว์<sup>1</sup>, ผศ.ดร.จิรสรณ์ สันติศิริสมบุญ<sup>2</sup>,

นายวชิร สามวัง<sup>1</sup>, นายปรีชา สุขกล้า<sup>3</sup>, ดร.ชัชฌา บุคดาบุญ<sup>4</sup>

**Dr. Somkiat Apipattanavis, Dr. Jirasorn Santisirisomboon**

**Mr. Wachira Sarmwung, Mr. Preecha Sukklum, Dr. Chitnucha Buddhagoon**

<sup>1</sup> สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน, <sup>2</sup> คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, <sup>3</sup> สำนักชลประทานที่ 3 กรมชลประทาน, <sup>4</sup> ศูนย์ข่าวปราจีนบุรี กรมการข้าว

Email: skavis@yahoo.com

**บทคัดย่อ**

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ส่งผลต่อการดำรงชีพของมนุษย์ ทำให้มนุษย์ต้องหาหนทางเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลง หรือปรับการดำเนินชีวิตให้สามารถดำรงชีพอยู่ในสภาวะแวดล้อมใหม่ได้ เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้น หรือ อากาศที่แล้งแห้ง เป็นต้น การสร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก เพื่อให้เห็นภาพฉายสภาพภูมิอากาศในอนาคต (Future Climate Projection) จึงมีประโยชน์ต่อการเตรียมมาตรการบรรเทาความรุนแรง หรือ การปรับตัวในสิ่งแวดล้อมใหม่ อย่างไรก็ตาม เหตุการณ์จำลองภูมิอากาศในอนาคต มีความไม่แน่นอน (Uncertainty) ปรากฏอยู่ในข้อมูล ทำให้การเลือกพิจารณามาตรการหรือการปรับตัว มีความเสี่ยงว่าเหตุการณ์ที่คาดการณ์ไว้ว่าจะไม่เกิดขึ้น ดังนั้น การประเมินความเสี่ยงของสภาพอากาศจึงมีความสำคัญยิ่งต่อการบริหารจัดการรับมือหรือปรับตัวกับสิ่งแวดล้อมใหม่ ปัจจัยของความไม่แน่นอนในข้อมูลเหตุการณ์จำลองภูมิอากาศ เป็นผลสะสมของความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตข้อมูลอากาศ ได้แก่ 1) การตั้งสมมุติฐาน ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ที่ปล่อยขึ้นในชั้นบรรยากาศในอนาคต 2) การจำลองเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ด้วยแบบจำลอง General Circulation Model (GCM) และ 3) การย่อส่วน (Downscaling) แบบจำลอง Global Climate Model (GCM) เพื่อให้ผลที่ได้มีความละเอียดเพียงพอต่อการศึกษา เช่น ระดับภูมิภาค ระดับลุ่มน้ำ เป็นต้น การศึกษานี้เป็นการประเมินความเสี่ยงของสภาพอากาศในอนาคตของลุ่มน้ำแควน้อย ซึ่งใช้ข้อมูลจากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก GFDL-R30 ของ Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) ภายใต้นational Oceanic and Atmospheric Administration (NOOAA) ให้มีความละเอียดมากขึ้น โดยมีหน่วยแยกต่าง (grid resolution) ขนาด  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  และพื้นที่ประเทศไทยมีหน่วยแยกต่างทั้งสิ้นจำนวน 257 หน่วย โดยพิจารณาศึกษาเฉพาะหน่วยแยกต่างซึ่งครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อย ในช่วงปี ค.ศ. 2010-2029 และช่วงปี ค.ศ. 2040-2059 การศึกษานี้วิเคราะห์ความเสี่ยงของเหตุการณ์จำลองภูมิอากาศในอนาคตด้วยแบบจำลองกำเนิดข้อมูลอากาศ (Weather Generator) และนำเสนอในรูปแบบของโอกาสการเกิด (Probability of occurrence) ซึ่งสะดวกแก่ผู้บริหารในการบริหารจัดการความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นอย่างยิ่ง อันส่งผลโดยตรงต่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อย และเป็นแนวทางในการบริหารในลุ่มน้ำอื่นต่อไป

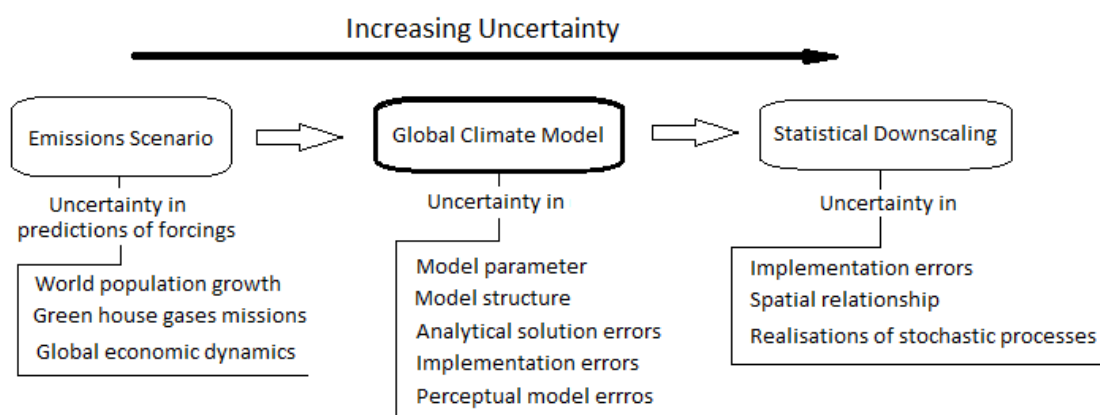
**คำสำคัญ:** การประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ , ลุ่มน้ำแควน้อย, ความไม่แน่นอน , แบบจำลองกำเนิดข้อมูลอากาศ

## 1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกซึ่งเกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นหลัก ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมาก ทำให้บรรยากาศของโลกเก็บกักความร้อนไว้มากกว่าเดิม ส่งผลให้การหมุนเวียนของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป และมีความแปรปรวนของอากาศสูงขึ้น ด้วยสภาพภูมิอากาศใหม่ ทำให้สภาพแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งของมนุษย์ที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงไป หากสภาพแวดล้อมใหม่ไม่เหมาะสมกับการดำรงชีพ อาจทำให้เกิดการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ที่ไม่อาจปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ได้ ดังนั้น มนุษย์จึงจำเป็นต้องเรียนรู้สภาพภูมิอากาศใหม่ที่จะเกิดขึ้น ตลอดจนหาทางปรับตัวให้สามารถดำรงชีพอยู่ได้

ด้วยเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน มนุษย์สามารถสร้างภาพฉายเหตุการณ์จำลองของภูมิอากาศโลกในอนาคต (Future Climate Projection) ได้ อย่างไรก็ตาม ภาพฉายที่สร้างขึ้นยังมีความไม่แน่นอน (Uncertainty) ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการดำเนินการออกมาตรการเพื่อบรรเทาผลกระทบหรือเพื่อการปรับตัวของมนุษย์ให้สามารถดำรงชีพได้อย่างมีความสุขในโลกอนาคต เนื่องจากเหตุการณ์ภาพฉายเหล่านั้นอาจจะไม่เกิดขึ้นจริงหรืออาจเกิดขึ้นแต่รุนแรงกว่าภาพฉายก็ได้ ดังนั้น การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนเหล่านี้ จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management) อย่างยิ่ง

ปัจจัยของความไม่แน่นอนในภาพฉายเหตุการณ์จำลองภูมิอากาศโลก แบ่งตามกระบวนการผลิตข้อมูลภาพฉายสภาพภูมิอากาศ (Covey et al., 2003; Reaney and Fowler, 2008) ได้ดังนี้ 1) ความไม่แน่นอนในการสร้างภาพฉายการปล่อยก๊าซในอนาคต (Emissions scenarios) ซึ่งความไม่แน่นอนในส่วนนี้เกิดจากความไม่แน่นอนในการทำนายค่าตัวแปรที่ควบคุม (Forcings) การปล่อยก๊าซในอนาคต ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของประชากรโลก การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจโลก 2) ความไม่แน่นอนของแบบจำลองภูมิอากาศโลก ซึ่งมีความไม่แน่นอนของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการวิเคราะห์แก้สมการ (Analytical solution errors) เป็นต้น และ 3) ความไม่แน่นอนในการย่อส่วนทางสถิติ (Statistical Downscaling) จากข้อมูลจากแบบจำลอง GCM เพื่อให้ผลที่ได้มีความละเอียดเพียงพอต่อการศึกษาในระดับต่างๆ เช่น ระดับภูมิภาค ระดับลุ่มน้ำ เป็นต้น เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ระดับภูมิภาคกับพื้นที่ระดับท้องถิ่น



รูปที่ 1 แหล่งกำเนิดของความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในขบวนการผลิตภาพฉายเหตุการณ์จำลองภูมิอากาศในอนาคต ความไม่แน่นอนทั้งหมดในขบวนการผลิตข้อมูลภาพฉายนั้น มีแหล่งกำเนิดใหญ่ที่สุดคือ แบบจำลองภูมิอากาศโลก (Wilby and Harris; 2006) ทั้งนี้ Lenart (2008) ได้ให้รายละเอียดของความไม่แน่นอนที่อยู่ในแบบจำลองโลก ดังนี้ 1) มาตรการส่วนและความละเอียดของแบบจำลอง (Scale and Resolution) เนื่องจากขบวนการ

ทางธรรมชาติของตัวแปรบรรยากาศมีความแตกต่างกัน ทั้งในส่วนของเวลาและระยะทาง เช่น GCM มีแนวโน้มที่จะจำลองเหตุการณ์ในสเกลใหญ่ (เช่น การผันผวนของอุณหภูมิ) ได้ดีกว่า เหตุการณ์ในสเกลที่เล็กกว่า (เช่น เหตุการณ์ฝนตกหนัก) 2) เมฆ เป็นตัวแปรหลักที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนของแบบจำลองภูมิอากาศโลกในการจำลองภาพฉายอุณหภูมิที่สูงขึ้นในอนาคต 3) ฝุ่นละอองในอากาศ ( Aerosols) ซึ่งมีผลไม่เพียงต่ออุณหภูมิเท่านั้น แต่ยังมีผลต่อฝน ส่งผลให้การจำลองเหตุการณ์ยากขึ้น และมีความไม่แน่นอนสูงขึ้น 4) การแปรปรวนของธรรมชาติ โดยแบบจำลองภูมิอากาศโลก สามารถจำลองเหตุการณ์เฉลี่ยได้ดีกว่า เหตุการณ์ที่มีความแปรปรวนสูง

การปรับตัวของมนุษย์ในการรับมือกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อให้สามารถดำรงชีพได้ในโลกอนาคตนั้น ต้องการการบริหารความเสี่ยงที่ดี เนื่องจากข้อมูลเหตุการณ์จำลองของสภาพอากาศในอนาคตมีความไม่แน่นอนสูง จึงจำเป็นต้องมีการประเมินความเสี่ยงของสภาพอากาศ (Climate Risk Assessment) เพื่อประโยชน์ต่อการบริหารจัดการความเสี่ยง ในการเลือกออกมาตรการการปรับตัวของมนุษย์ เพื่อการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อไป

ในการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ต่อการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน ในลุ่มน้ำแควน้อย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อการบริหารความเสี่ยงจำเป็นต้องประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณฝน จำนวนวันที่ฝนไม่ตกติดต่อกัน เป็นต้น จากนั้นจึงนำไปประเมินความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ โดยผ่านแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก โดยกำหนดพื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อย จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งผลการศึกษานำไปใช้ประโยชน์ต่อผู้บริหารในการตัดสินใจเลือกใช้มาตรการปรับตัว เพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่จะเป็นขึ้นในอนาคต อันจะช่วยให้มนุษย์สามารถดำรงชีพในอนาคตที่มีสภาพแวดล้อมใหม่ได้ ในการศึกษาใช้ข้อมูลสภาพอากาศในช่วงปี พ.ศ. 2553-2572 (ค.ศ. 2010-2029) และ พ.ศ. 2583-2612 (ค.ศ. 2040-2059) โดยพิจารณา ความเสี่ยง (หรือความน่าจะเป็น) ของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอากาศหลัก ที่มีผลการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ คือ ปริมาณฝนรายปี

## 3. วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยเพื่อประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของพื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อย จังหวัดพิษณุโลก แบ่งการดำเนินการหลักได้เป็นสองขั้นตอนดังนี้

### 3.1 รวบรวมข้อมูลสภาพฉายเหตุการณ์จำลองสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษานี้ ใช้ข้อมูลย่อยส่วน/ลดขนาดสถิติเพื่อลดขนาด GCM ของแบบจำลองภูมิอากาศโลก GFDL-R30 ของ Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) ภายใต้ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ของสหรัฐอเมริกา ให้มีความละเอียดมากขึ้น เพียงพอต่อการศึกษาผลกระทบต่อระดับท้องถิ่น ซึ่งข้อมูลย่อยส่วนที่ได้นี้ เป็นผลจากการศึกษาของ กัมพรชัย บุญประกอบ จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์ และ คณะ (2553) ซึ่งได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ([กัมพรชัย บุญประกอบ จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์ และคณะ 2553](#)) วิธีการย่อยส่วนที่ประยุกต์ใช้ คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย ซึ่งเป็นการวิเคราะห์

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวทำนาย คือ ข้อมูลภูมิอากาศในอดีตจาก GCM และตัวถูกทำนาย คือ สถิติข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากการตรวจวัด ณ สถานีตรวจอากาศในช่วงเวลาที่สัมพันธ์กัน ซึ่งอาจมีความถี่ของข้อมูลเป็นรายวันหรือเฉลี่ยรายเดือน และใช้ข้อความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้ในการประมาณค่าอนาคตของข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ณ สถานีตรวจวัด โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศอนาคตจาก GCM เป็นข้อมูลนำเข้า ค่าที่ได้จากการประมาณจะใช้สำหรับการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อไป โดยวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทยให้มีขนาดของหน่วยแยกต่าง ( grid resolution)  $0.5^{\circ}$  ละติจูด  $\times$   $0.5^{\circ}$  ลองจิจูด หรือมีพื้นที่ประมาณ  $50 \times 50$  กิโลเมตร<sup>2</sup> กำหนดปีฐานในช่วง ค.ศ. 1965 – 1990 และปีอนาคตในช่วง ค.ศ. 2010 – 2029 และ ค.ศ. 2040 – 2059 การสร้างภาพจำลองโดยการลดขนาดจึงประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ส่วน ดังนี้

- 1) การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภูมิอากาศในอดีตจาก GCM และสถิติข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากการตรวจวัด ณ สถานีตรวจอากาศของประเทศไทย
- 2) ประยุกต์ความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ในการประมาณค่าข้อมูลอุตุนิยมวิทยาอนาคตโดยใช้ข้อมูลจาก GCM) เป็นตัวแปรนำเข้าเพื่อประมาณค่าตัวแปรภูมิอากาศท้องถิ่นในอนาคต ณ สถานีตรวจวัดอากาศของประเทศไทยให้ครบทุกสถานี
- 3) ประยุกต์ใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง-นอกช่วง (interpolation and extrapolation) เพื่อประมาณค่าตัวแปรภูมิอากาศ ณ บริเวณศูนย์กลางของหน่วยแยกต่าง

ตารางที่ 1 รายละเอียดแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ใช้เป็นตัวทำนาย

ขอบเขต	รายละเอียด
แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	GFDL-R30
ปีฐาน	ค.ศ. 1965 – 1990 <sup>*</sup>
ปีอนาคต	ค.ศ. 2010 – 2029 และ ค.ศ. 2040 – 2059
ขนาดหน่วยแยกต่าง	$2.20^{\circ}$ ละติจูด $\times$ $3.75^{\circ}$ ลองจิจูด
ความละเอียดเชิงเวลา	รายวัน
SRES Scenario	<b>A2</b> เหตุการณ์จำลองแบบ A2 บรรยายอนาคตของโลกที่มีความแตกต่างกันมาก ใจความหลัก คือ การพึ่งพาตนเองและการดำรงเอกลักษณ์ของท้องถิ่น รูปแบบภาวะเจริญพันธ์ระหว่างภูมิภาคคู่แข่งเข้าหากันอย่างช้ามาก ส่งผลให้จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจเป็นการเกี่ยวกันภายในภูมิภาค อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจต่อหัว และการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี มีลักษณะกระจัดกระจายและช้ากว่าเหตุการณ์จำลองอื่น ๆ
ตัวทำนายที่ประยุกต์ใช้	อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ปริมาณหยาดน้ำฟ้า รังสีอาทิตย์ และการระเหย

หมายเหตุ GFDL-R30 แนะนำให้ใช้ Scenario นับจากปี ค.ศ. 1990 และประเทศไทยเริ่มตรวจวัดข้อมูลในปี ค .ศ. 1965 การศึกษานี้จึงกำหนดปีฐานในช่วง ค.ศ. 1965 – 1990

ตารางที่ 2 รายละเอียดผลลัพธ์จากแบบจำลองการย่อส่วน/ลดขนาดด้วยสถิติ

ขอบเขต	รายละเอียด
แบบจำลองการลดขนาด	การย่อส่วนด้วยสถิติ
ปีฐาน	ค.ศ. 1965 – 1990
ปีอนาคต	ค.ศ. 2010 – 2029 และ ค.ศ. 2040 – 2059*
ขนาดหน่วยแยกต่าง	0.5° ละติจูด × 0.5° ลองจิจูด
ความละเอียดเชิงเวลา	รายวัน
ขอบเขตพื้นที่	ละติจูด 5 – 22° เหนือ ลองจิจูด 95 – 105° ตะวันออก
ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ	อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุด ต่ำสุด ปริมาณหยาดน้ำฟ้า ความชื้นสัมพัทธ์ ความยาวนานแสงแดด ความดันบรรยากาศ ความเร็วลม

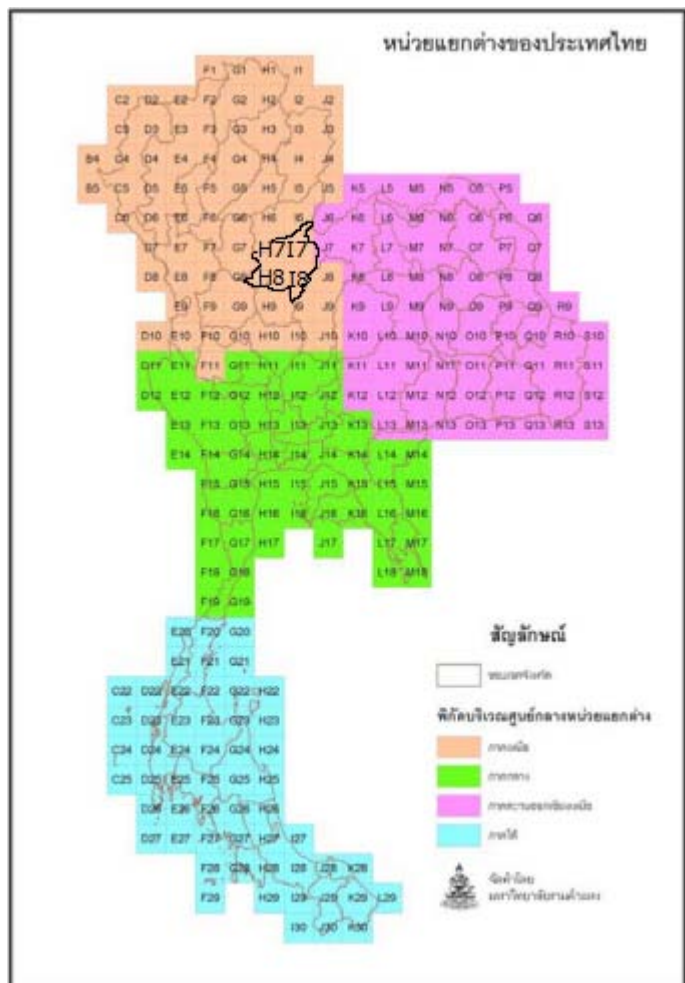
หมายเหตุ ข้อมูลรายวันของแบบจำลอง GFDL-R30 มีให้ดาวน์โหลดเป็นช่วง ช่วงละ 20 ปี และเว้น 10 ปี ข้อมูลปีอนาคตจึงมีในช่วง ค.ศ. 2010 – 2029 เว้นช่วง ค.ศ. 2030 – 2039 และ ค.ศ. 2040 – 2059 เว้นช่วง ค.ศ. 2060 – 2069 และเป็นเช่นนี้จนถึงสิ้นสุดปี ค.ศ. 2100 การย่อส่วน GFDL-R30 ในการศึกษานี้จึงเว้นช่วงปีอนาคต ค.ศ. 2030 – 2039 เนื่องจากไม่มีข้อมูล ในช่วงเวลาดังกล่าว

แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือ GCM ที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษานี้ คือ ผลลัพธ์ของ GFDL-R30 ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Geophysical Fluid Dynamics Research สหรัฐอเมริกา โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1 เหตุการณ์จำลองแบบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอนาคตที่ประยุกต์ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ SRES A2 และผลการย่อส่วนมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 ทั้งนี้พื้นที่ประเทศไทยมีหน่วยแยกต่างทั้งสิ้นจำนวน 257 หน่วย โดยหน่วยแยกต่างที่ครอบคลุมจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 4 หน่วยแยกต่าง คือ H7 ครอบคลุมพื้นที่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือ H8 ครอบคลุมพื้นที่ด้านตะวันตกเฉียงใต้ I7 ครอบคลุมพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือ และ I8 ครอบคลุมพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ ดังแสดงในรูปที่ 2 ทั้งนี้พื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำแควน้อยอยู่ในหน่วยแยกต่าง I7

ทั้งนี้ในการศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้ พื้นที่ศึกษาคือ พื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อย ดังนั้น หน่วยแยกต่างที่ครอบคลุม พื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อยคือ H7 H8 I7 และ I8 และตัวแปรอากาศรายวันที่พิจารณาคือ ปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และ อุณหภูมิต่ำสุด

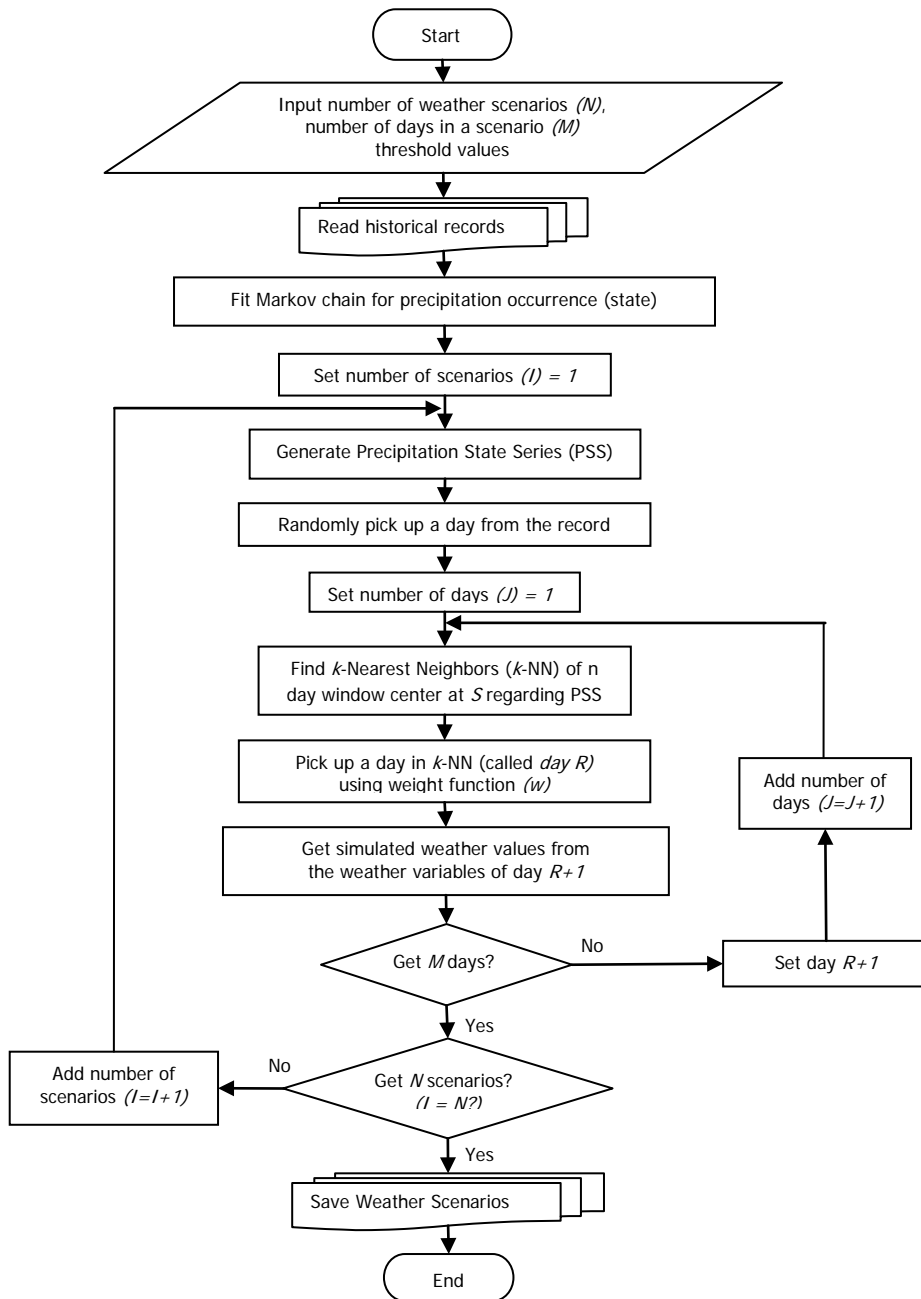
### 3.2 การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูลเหตุการณ์จำลองสภาพภูมิอากาศ

ความไม่แน่นอนของข้อมูลเหตุการณ์จำลองสภาพภูมิอากาศ ที่ได้ภายหลังจากการย่อส่วนแบบสถิติ ประกอบด้วย ความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตข้อมูลดังนี้ 1) แบบจำลอง GCM-GFDL-R30 2) SRES A2 Scenario และ 3) การย่อส่วนข้อมูลลงไปในระดับสถานีตรวจวัดข้อมูลของประเทศไทย นั้น ส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนว่า เหตุการณ์ที่สนใจเช่น ปริมาณฝนที่ตกมากกว่าเดิมหรือจำนวนวันอากาศร้อนเพิ่มขึ้น เป็นต้น จะเกิดขึ้นจริงหรือไม่ หรือมีโอกาสเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด (Probability of occurrence) เพื่อให้ได้มาซึ่งโอกาสการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเหล่านี้ จำเป็นต้องดำเนินการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูลเหตุการณ์จำลองสภาพภูมิอากาศ เพื่อประโยชน์ต่อการวางแผน หรือ ออกมาตรการ เพื่อบรรเทาปัญหา ตลอดจน การปรับตัวเพื่อให้เข้าได้กับสภาพแวดล้อมใหม่ที่จะเกิดขึ้น



รูปที่ 2 หน่วยแยกต่างของประเทศไทย จำนวน 257 หน่วยแยกต่าง และหน่วยแยกต่างที่ศึกษา H7, H8, I7, I8 ซึ่งครอบคลุมจังหวัดพิษณุโลก (กัมขริย์ บุญประกอบ และคณะ, 2553)

ในการศึกษานี้ ใช้แบบจำลองกำเนิดข้อมูลอากาศ (Weather Generator) เพื่อการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูลย่อยส่วนแบบจำลอง GFDL-R30 ของกัมขริย์ และคณะ (2550) โดยแบบจำลองกำเนิดข้อมูลอากาศที่ใช้คือแบบจำลองกำเนิดข้อมูลอากาศแบบกึ่งพารามตริก SWG (Semiparametric Weather Generator, SWG) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Apipattanavis et al. (2007) โดยรวมข้อดีของแบบจำลองประเภทพารามตริก ( Parametric model) และแบบจำลองประเภท นอนพารามตริก ( Nonparametric model) ทั้งนี้ใช้ Monte Carlo Markov Chain (parametric approach) ร่วมกับ k-Nearest Neighbor, k-NN (nonparametric approach) ซึ่งสามารถผลิตข้อมูลอากาศได้หลายตัวแปรและหลายสถานีได้พร้อมกัน (Multisite and Multivariate) และมีการนำไปใช้เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อผลผลิตการเกษตร ( Apipattanavis et al., 2010a) และการดำน้ำของการก่อสร้างเนื่องจากสภาพอากาศที่เลวร้าย (Apipattanavis et al., 2010b) ทั้งนี้แบบจำลอง SWG มีผลการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2 และรายละเอียดของแบบจำลองนี้ สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก Apipattanavis et al. (2007)



รูปที่ 3 ฟังก์ชันการทำงานของแบบจำลองกำเนิดข้อมูลอากาศ SWG (Apipattanavis et al, 2007)

ในการศึกษานี้ วิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูลเหตุการณ์จำลองภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อย เป็นการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวและหลายสถานีพร้อมกัน ( Multisite and Multivariate) โดยตัวแปรที่ใช้พิจารณา 4 ตัวแปร คือ ปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และ อุณหภูมิต่ำสุด และ 4 สถานีหรือหน่วยแยก คือ H7 H8 17 และ 18 ทั้งนี้ การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูลพร้อมกันหลายตัวแปรและหลายสถานี ช่วยให้สามารถรักษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอากาศ (เช่น ปริมาณฝน และอุณหภูมิสูงสุด) ไว้ได้ทั้งในสถานีเดียว และระหว่างสถานี กล่าวคือ หากใช้แบบจำลองกำเนิดข้อมูลอากาศที่วิเคราะห์ตัวแปรได้ที่ละตัว อาจจะได้ข้อมูลอากาศที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงได้ เช่น วันที่ฝนตกหนัก แต่มีอุณหภูมิสูงมาก ในทำนองเดียวกัน หากใช้แบบจำลองข้อมูลอากาศที่วิเคราะห์ตัวแปรอากาศได้ที่ละสถานี อาจจะได้ตัวแปรที่ไม่สอดคล้องกัน เช่น สถานีหนึ่งมีอุณหภูมิสูงมาก ในขณะที่

สถานีใกล้เคียงมีอุณหภูมิต่ำมาก เป็นต้น ดังนั้น การวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรและหลายสถานีพร้อมกัน จะช่วยให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากกว่า

การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูลย่อยส่วนภูมิอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามช่วงข้อมูลที่มีคือ ช่วง ค.ศ. 2010-2029 และ ช่วง ค.ศ. 2040-2059 โดยช่วงที่หนึ่ง ใช้ข้อมูลรายวันของตัวแปร ปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด ของหน่วยแยก H7 H8 I7 และ I8 แล้วใช้ แบบจำลองกำเนิดข้อมูลอากาศ SWG สร้างข้อมูลอากาศขึ้นใหม่ จำนวน 100 ชุด โดยแต่ละชุดประกอบด้วย ข้อมูลรายวันของตัวแปร ปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด ของหน่วยแยก H7 H8 I7 และ I8 ซึ่งข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่นี้มีคุณสมบัติทางสถิติ เช่นเดียวกับข้อมูลสภาพภายในช่วงปี ค.ศ. 2010-2029 ในทำนองเดียวกัน มีการสร้างข้อมูลอากาศจำนวน 100 ชุด สำหรับช่วง ค.ศ. 2040-2059 เพื่อการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในช่วงหลัง เมื่อเทียบกับช่วงแรก และในปัจจุบันต่อไป

#### 4. ผลการศึกษาวิจัย

จากผลการสร้างข้อมูลย่อยส่วนสำหรับลุ่มน้ำแควน้อย ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลรายวันของตัวแปรอากาศ ของหน่วยแยกต่างจำนวน 4 หน่วยแยกต่าง ได้แก่ I7 I8 H7 และ H8 จำนวน 100 ชุดข้อมูล สำหรับช่วงเวลา 2 ช่วง คือ ค.ศ.2010-2029 และ ค.ศ.2040-2059 เมื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความไม่แน่นอนหรือหาความเสี่ยง ซึ่งก็คือ โอกาส การเกิดเหตุการณ์ต่างๆ นั้น และเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดที่ สถานีตรวจวัด 39013 ของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พบว่า

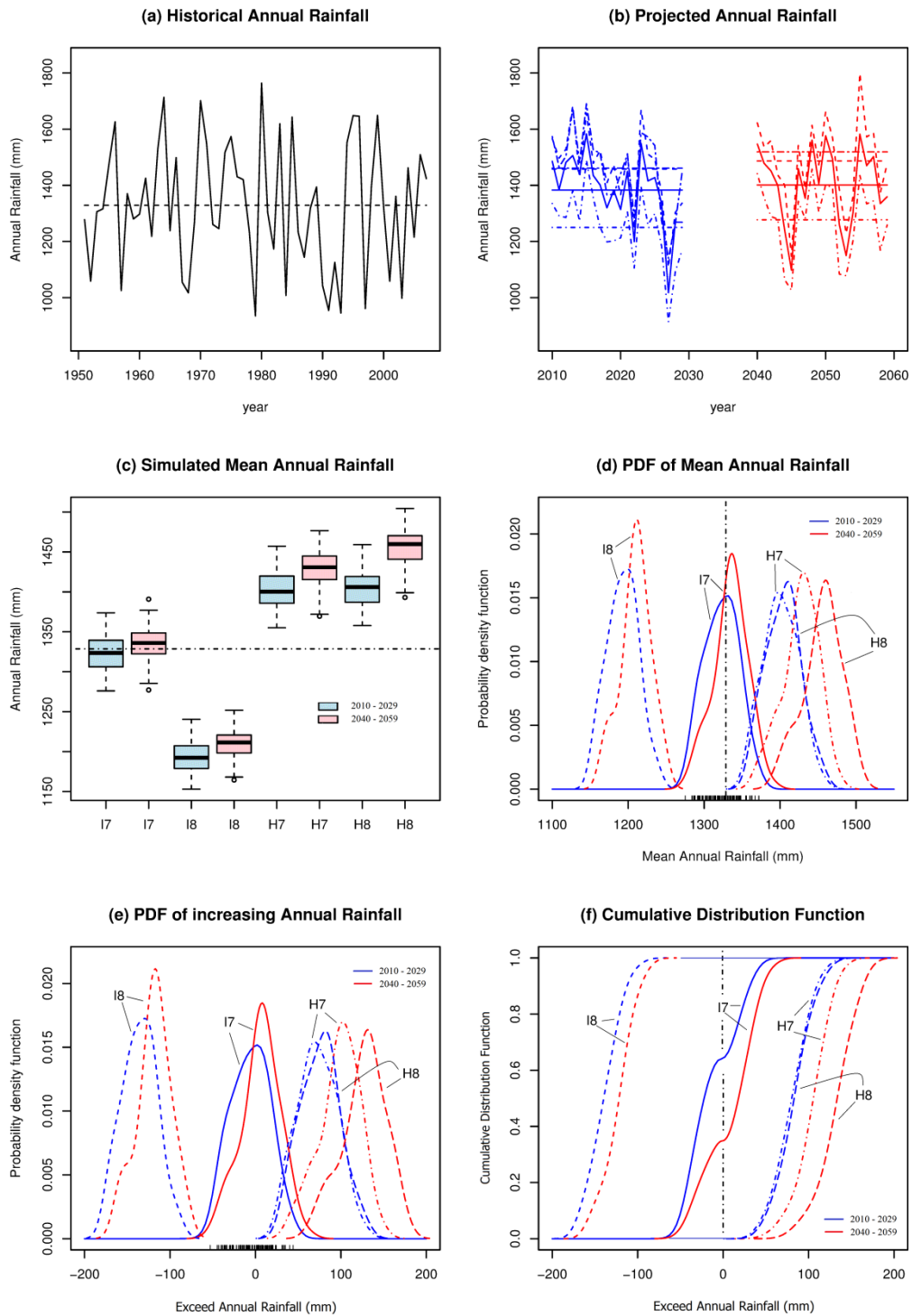
จากข้อมูลบันทึกปริมาณฝนรายปีของสถานี 39013 จังหวัดพิษณุโลก มีค่าเฉลี่ยปริมาณฝนรายปีเท่ากับ 1,328.6 มิลลิเมตร/ปี (ดังแสดงในรูปที่ 4 (a)) และจากข้อมูลย่อยส่วน ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของแต่ละหน่วยแยกต่าง ในแต่ละช่วงเวลา (แสดงในรูปที่ 4(b)) ในส่วนของค่าเฉลี่ยปริมาณฝนรายปีของแต่ละหน่วยแยก แสดงในตารางที่ 3 ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนรายปีที่สถานีและหน่วยแยกต่าง ในช่วงเวลาต่างๆ

สถานี	ปริมาณฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร/ปี)		
	ค.ศ.1951-2007	ค.ศ.2010-2029	ค.ศ.2040-2059
39013	1,328.6	-	-
I7	-	1,383.2 (+54.6)*	1,401.2 (+72.6)*
I8	-	1,249.8 (-78.8)*	1,277.1 (-51.5)*
H7	-	1,458.0 (+129.4)*	1,486.7 (+158.1)*
H8	-	1,461.0 (+132.4)*	1,518.9 (+190.3)*

\* ตัวเลขในวงเล็บคือ ปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับปริมาณฝนตรวจวัด (+ เพิ่มขึ้น และ - ลดลง)

ปริมาณฝนรายปีของจังหวัดพิษณุโลก ในช่วงปี ค.ศ.2010-2029 และ ค.ศ.2040-2059 ในพื้นที่ต่างๆของ จังหวัดเมื่อเทียบกับข้อมูลตรวจวัดใน ค.ศ.1951-2007 พบว่า มีทั้งปริมาณฝนลดลง (ในพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ I8) ปริมาณฝนเพิ่มขึ้น (ในพื้นที่ด้านตะวันตก H7 และ H8) และปริมาณฝนไม่เปลี่ยนแปลงนัก (ในพื้นที่ด้าน ตะวันออกเฉียงเหนือ I7) อย่างไรก็ตาม ในช่วงปี ค.ศ.2040-2059 มีปริมาณฝนรายปี มากกว่า ในช่วงปี ค.ศ.2010-2029





รูปที่ 4 (a) ปริมาณฝนรายปีจาก ค.ศ. 1965-2007 จากสถานีตรวจวัด (b) ปริมาณฝนรายปี จาก ค.ศ. 2010-2029 และ ค.ศ. 2040-2059 ของหน่วยแยกต่าง H7 H8 I7 และ I8 จากข้อมูลย่อยส่วน โดยเส้นประในแนวราบแสดงถึงค่าเฉลี่ย (c) ความไม่แน่นอนของปริมาณฝนรายปี ที่วิเคราะห์ได้จากแบบจำลอง SWG แสดงในรูปแบบ boxplot ของหน่วยแยกต่างทั้งสี่ และ ทั้งสองช่วงเวลา (d) ปริมาณฝนรายปี เช่นเดียวกับ (c) แต่แสดงในรูปแบบ pdf (e) ความถี่ของการเกิดฝนรายปีที่มากกว่าหรือน้อยกว่าปริมาณฝนเฉลี่ยของจังหวัดพิษณุโลก (f) โอกาสการเกิดฝนรายปีที่มากกว่าหรือน้อยกว่าปริมาณฝนในปัจจุบัน

อย่างไรก็ตาม ตัวเลขการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณฝนรายปีในอนาคต เหล่านี้มีความไม่แน่นอน ทำให้ต้องมีการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนด้วยการใช้แบบจำลอง SWG ซึ่งผลการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนที่ได้แสดงในรูปแบบ boxplot (รูปที่ 4(c)) รูปแบบความถี่การเกิดฝนรายปี (รูปที่ 4(d)) รูปแบบความถี่การเกิดฝนรายปีมากขึ้นหรือลดลง (รูปที่ 4(e)) ตลอดจน โอกาสการเกิดฝนที่มากกว่าหรือน้อยกว่าในปัจจุบัน (รูปที่ 4(f))

เพื่อความสะดวกต่อการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ รูปที่ 4( f) ซึ่งแสดง โอกาสการเกิดฝนรายปีที่มีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปจากปริมาณฝนรายปีในปัจจุบัน จึงนำเสนอในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 โอกาสการเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี ของแต่ละหน่วยแยก

โอกาส เกิด (%)	ปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลง (มิลลิเมตร/ปี)							
	หน่วยแยก I7		หน่วยแยก I8		หน่วยแยก H7		หน่วยแยก H8	
	ค.ศ. 2010-2029	ค.ศ. 2040-2059	ค.ศ. 2010-2029	ค.ศ. 2040-2059	ค.ศ. 2010-2029	ค.ศ. 2040-2059	ค.ศ. 2010-2029	ค.ศ. 2040-2059
50	-22.2	18.0	-139.7	-121.7	80.3	105.6	83.1	133.5
60	-11.4	24.7	-133.8	-116.9	86.7	111.5	88.7	139.5
70	11.1	31.2	-127.8	-111.9	93.2	117.1	94.8	146.3
80	21.2	38.0	-121.1	-105.2	100.1	123.7	102.1	154.7

## 5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของกลุ่มน้ำแควน้อยด้วยแบบจำลองกำเนิดข้อมูลอากาศ SWG ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบของโอกาสการเกิดเหตุการณ์ เช่น ฝนมากกว่าหรือฝนน้อยกว่าในปัจจุบัน ช่วยให้ผู้บริหารจัดการน้ำ สามารถบริหารความเสี่ยงโดยใช้มาตรการเพื่อการบรรเทาภัยหรือการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ โดยคำนึงถึงงบประมาณที่ใช้ด้วย จากการประเมินครั้งนี้ โอกาสการเกิดปริมาณฝนรายปีที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่า แต่ละพื้นที่ของจังหวัดพิษณุโลก มีโอกาสการเกิดที่แตกต่างกันออกไป

พื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อย ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในหน่วยแยกต่าง I7 นั้น เมื่อพิจารณาในช่วงปี ค.ศ.20 40-2059 พบว่าฝนรายปีมีปริมาณ เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ ฝนรายปีเฉลี่ยในปัจจุบัน โดยมีโอกาสร้อยละ 50 ที่ฝนรายปีจะ เพิ่มขึ้นมากกว่าหรือเท่ากับ 18.0 มิลลิเมตร โดยหากผู้บริหารเลือกพิจารณาว่าฝนรายปีจะมากขึ้น 18.0 มิลลิเมตร แล้วออกมาตราการต่างๆเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงนี้ ก็หมายความว่าผู้บริหารจะมีความเสี่ยงอีกร้อยละ 50 ที่ฝนรายปีจะเพิ่มขึ้นมากกว่า 18.0 มิลลิเมตร ซึ่งก็หมายความว่ามิโอกาสร้อยละ 50 ที่มาตรการต่างๆที่เลือกใช้ จะไม่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นได้ ในทางตรงข้าม หากผู้บริหารเลือกเสี่ยงน้อย โดยเลือกโอกาสการเกิดร้อยละ 80 คือฝนรายปีจะเพิ่มขึ้นมากกว่า 38.0 มิลลิเมตร ดังนั้นมาตรการต่างๆที่เลือกใช้ ก็จะมีเพียงร้อยละ 20 เท่านั้นที่จะล้มเหลว ดังนั้นการเลือกใช้มาตรการใดๆ ก็ขึ้นอยู่กับการบริหารความเสี่ยงของผู้บริหารน้ำจะเลือกใช้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับงบประมาณด้วย หากต้องการบริหารน้ำทำ ก็จำเป็นต้องนำผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงนี้ ไปประยุกต์ใช้กับแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า เพื่อวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าต่อไป

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่ใช้ข้อมูลจากแบบจำลองโลก GFDL-R30 ของ NOAA ในภาพฉายอากาศแบบ A2 เท่านั้น ทำให้การประเมินความเสี่ยงไม่ครอบคลุมไปถึงแบบจำลองอื่น ดังนั้น หากได้มีการประเมินความเสี่ยงจากข้อมูลของแบบจำลองอื่น เช่น ECHAM5 HadCM3 RegCM เป็นต้น และในภาพฉายอากาศแบบอื่นด้วย เช่น A1 B1 B2 และ A1B เป็นต้น จะช่วยให้การ

ประเมินความเสี่ยงครอบคลุมแบบจำลองและกรณีภาพฉายที่มากขึ้น ทำให้การวิเคราะห์เพื่อบริหารความเสี่ยงมีความครอบคลุมกรณีความไม่แน่นอนที่มากขึ้น ส่งผลดีต่อการบริหารความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนข้อมูล GCM-GFDL-R30 ที่เป็นข้อมูลหลักในการศึกษานี้ และขอขอบคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ซึ่งช่วยเพิ่มคุณภาพของรายงานการศึกษานี้

## บรรณานุกรม

- กัณฑ์ บุญประกอบ จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์ จารุทัศน์ สันติสิริสมบูรณ์ วรรณัญ วงษ์เสรี กัมพล พรหมจิระประวัติน พัทธมน แก้วแพรค สิริวรินทร์ เพชรรัตน์ ยอด สุขะมงคล มนชัย ชอบธรรม นิพัทธ์ สัมกลีบ ปวันรัตน์ อักษรสิงห์ชัย ขวัญฤทัย ศรีแสงฉาย ทรงศักดิ์ ช่วยบำรุง 2553 การสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยโดยการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
- Apipattanavis, S., Podestá, G., Rajagopalan, B., and Katz, W.R., (2007), A semiparametric multivariate and multisite weather generator, *Water Resour. Res.*, 43, W11401, doi:10.1029/2006WR005714
- Apipattanavis, S., F. Bert, G. Podesta, and B. Rajagopalan., (2010a) Linking weather generators and crop models for assessment of climate forecast outcomes, *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol 150, pp. 166-174.
- Apipattanavis, S., Molenaar, K.R., Rajagopalan, B., Xi, Y., Sabol, K., Blackard B., and Patil, S., (2010b) Integrated Framework for Quantifying and Predicting Weather-Related Highway Construction Delays. *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol 136, pp. 1160-1168.
- Covey, C., Achuta Rao, K.M., Cubasch, U., Jones, P., Lambert, S.J., Mann, M.E., Phillips, T.J., and Taylor, K.E. (2003). An overview of results from the Coupled Model Intercomparison Project. *Global Planet. Change*, 37, 103-133.
- Wilby, R.L., Harris, I., (2006). A framework for assessing uncertainties in climate change impacts: Low-flow scenarios for the River Thames, UK. *Water Resources Research* 42, W02419. doi:10.1029/2005WR004065.
- Reaney S.M., Fowler, H.J., (2008). Uncertainty estimation of climate change impacts on river flow incorporating stochastic downscaling and hydrological model parameterization error sources, 10th National Hydrology Symposium, Exeter.