



ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการเกิดฝนตกหนักใน อ.ปง และ อ.เชียงคำ จ.พะเยา
EFFECTS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE ON EXTREME RAIN IN PONG DISTRICT AND
CHIANG KHAM DISTRICT, PHAYAO PROVINCE

ปิยะพงษ์ จันทร์ภาวิ¹, ธนากิต เทพอุโมงค์^{2*}, ธนกร ชมภูรัตน์³, ปรีดา ไชยมหาวัน⁴ และ สมบูรณ์ เชียงฉิน⁵

¹นิสิตปริญญาโท, ²อาจารย์, ^{3,4}รองศาสตราจารย์, ⁵ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

*Corresponding author, E-Mail: thanakit.th@up.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมนุษย์ต้องเผชิญปัญหาเกี่ยวกับภาวะโลกร้อน อันเนื่องมาจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ซึ่งส่งผลให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นและส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศโลก หนึ่งในผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกนั้น คือ เหตุการณ์เกิดฝนตกหนักในหลายพื้นที่ทั่วโลก สำหรับทางตอนเหนือของประเทศไทยก็ประสบกับเหตุการณ์ฝนตกหนักเช่นเดียวกัน ยกตัวอย่าง เช่น ในปี 2010 อ.ปง และ อ.เชียงคำ จ.พะเยา เกิดฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันจนทำให้เกิดภัยพิบัติดินถล่ม สร้างความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเกิดฝนตกหนักใน อ.ปง และ อ.เชียงคำ จ.พะเยา การศึกษานี้ใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตในรูปแบบฝนรายวัน ได้แล้วทำการย่อยส่วนแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกโดยวิธีการย่อยส่วนทางสถิติ จากนั้นนำผลที่ได้มาคาดการณ์การเกิดฝนตกหนัก โดยเทียบกับข้อมูลการตรวจวัดจริงในอดีตจากสถานีวัดน้ำฝน ผลจากการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า อ.ปง ผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้มีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นจากอดีตประมาณ 8.0% - 30% ในช่วงปี 2012 - 2098 และ อ.เชียงคำ เพิ่มขึ้นจากอดีตประมาณ 9.0% - 35.0% ในช่วงปี 2011 - 2099 สุดท้ายแล้วผลลัพธ์ของปริมาณน้ำฝนในอนาคตที่ได้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกสามารถนำไปใช้ในการเฝ้าระวังการเกิดอุทกภัยและดินถล่มในพื้นที่ที่ศึกษาต่อไปได้

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก; การย่อยส่วนทางสถิติ; แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก; ปริมาณน้ำฝน; เหตุการณ์ฝนตกหนัก

ABSTRACT

Nowadays, the global warming is becoming more intense issue for human. Due to daily human activities, greenhouse gases are increased and they affects the global climate change. One of the effects of the global climate change is heavy rainfall events in many regions around the world. As aforesaid, the north of Thailand also confronts this issue, heavy rainfall, for example in 2010,

Piyapong chankawee¹, Thanakit thepumong^{2*}, Thanakorn chompoorat³, Preeda chaimahawan⁴ and Somboon Shaingchin⁵

¹Master's degree student, ²Lecturer, ^{3,4}Associate Professor, ⁵Assistant Professor

Dept. of Civil Engineering, School of Engineering University of Phayao, Thailand.

heavy rainfall caused landslide damaging many people lives and property in Pong and Chiang Kham districts of Phayao province. Consequently, this paper aims to study the effect of the climate change causing the heavy rainfall event in Pong and Chiang Kham districts of Phayao province. The general circulation models (GCMs) using statistical minification are utilized for explanation of the future climate exchange in term of daily rainfall. The results were then predicted the rainfall and heavy rainfall occurrence in the future by comparing with the real observation data from meteorological station in the past. From this study, the result concluded that the rainfall in Pong district has increased approximately 8.0% - 30.0% during 2012-2098. Also, Chiang Kham district has increased 9.0%-35.0% during 2011-2099. Finally, the results of rainfall from GCMs in the future can be used for being on guard of future flood and landslide in the study area.

KEYWORDS: Global climate change; Statistical minification; The general circulation models (GCMs, rainfall, heavy rainfall

1. บทนำ

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าภาวะโลกร้อนที่ทุกประเทศทั่วโลกต้องเผชิญเกิดจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก ทำให้อุณหภูมิทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น การเกิดฝนตกหนักในหลายพื้นที่ทั่วโลกรวมทั้งในประเทศไทย ยกตัวอย่างในปี 2010 ช่วงเดือนกันยายน มีพายุโซนร้อน พัดเข้าสู่ประเทศไทยและทำให้บริเวณตอนบนและตอนกลางของประเทศมีฝนตกต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพื้นที่ภาคเหนือที่ได้รับความเสียหาย ได้แก่ จังหวัดเชียงราย พะเยา และ น่าน จากการเกิดฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันทำให้เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม (Landslide) เช่น เหตุการณ์ดินถล่มเมื่อเดือนกันยายนปี 2010 ที่บ้านปางผักหม ต.จิม อ.ปง จ.พะเยา และเหตุการณ์เมื่อเดือนสิงหาคมปี 2009 ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ จ.พะเยา เกิดจากฝนตกอย่างต่อเนื่องหลายวันจนดินอุ้มน้ำไม่ไหว และกลายสภาพเป็นโคลนถล่มลงมา [1-3]

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Global climate change) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั่วโลกที่มีสาเหตุหลักเกิดจากการเผาไหม้ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้น ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น และทำให้ฝนตกในหลายพื้นที่ทั่วโลก จากการศึกษาของ อัสมน [4] ได้ศึกษาการจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตและข้อมูลคาดการณ์สภาพภูมิอากาศความละเอียดสูงสำหรับประเทศไทย จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกผ่านการย่อส่วน (Downscale) เพิ่มรายละเอียดการแสดงผลในแบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาคและท้องถิ่น (Regional climate model) ภายใต้อาณาเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต ผลที่ได้มีความไม่แน่นอนเมื่อก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้น ต่อมา จิรสรณ์และเจียมใจ [5] ได้ศึกษาการจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยด้วยแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาคและท้องถิ่น (MM5 RCM) เพื่อจำลองสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ลม (Wind) ปริมาณฝน (Rain) ผลที่ได้ประเทศไทยบริเวณเทือกเขา และภาคใต้ อุณหภูมิสูงขึ้นและปริมาณฝนในอนาคตลดลงเพิ่มขึ้น ต่อมา ไขนูน [6] ได้ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเกิดดินถล่มใน ต.เทพราช อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช โดยการศึกษาแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วนหลักๆ คือ วิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยใช้แบบจำลอง PRECIS/ECHAM4 และส่วนที่สองคือ การวิเคราะห์พื้นที่ทำให้เกิดดินถล่มโดยใช้แบบจำลองการไหลซึมของน้ำใต้ดิน และแบบจำลองเสถียรภาพลาดดิน ผลจากการศึกษาพบว่า ผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยใช้แบบจำลอง PRECIS/ECHAM4 ทำให้ปริมาณน้ำฝนในอนาคตเพิ่มสูงขึ้น และผลจากแบบจำลองการไหลซึมของน้ำใต้ดิน และ

แบบจำลองเสถียรภาพลาดดิน ทำให้ปริมาณน้ำฝนเมื่อเทียบกับเวลาที่ได้ออกคล้อยกับข้อมูลการเกิดแผ่นดินถล่มจริง แต่ผลจากการย่อส่วนแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก จะทำให้โอกาสการเกิดเหตุการณ์ลาดดินถล่มเพิ่มขึ้น [4-7]

จากปัญหาภาวะโลกร้อน ที่ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และเกิดภัยพิบัติต่าง ๆ ตามมา ตลอดจนถึงการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน เช่น รูปแบบ เวลา และปริมาณ รวมถึงเหตุการณ์ในอดีตที่เคยเกิดฝนตกหนักใน จ.พะเยา ทางภาคเหนือของประเทศไทยมาแล้ว ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ดินถล่มในอนาคตได้มากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ในพื้นที่ อ.ปง และ อ.เชียงคำ จ.พะเยา

2. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ อ.ปง และ อ.เชียงคำ จ.พะเยา โดย อ.ปง และ อ.เชียงคำ จัดอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มของ จ.พะเยา ซึ่งเป็นพื้นที่สีแดง หรือเป็นพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มอันดับ 1 เมื่อมีปริมาณฝนมากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน [3]

อ.ปง ดังรูป 1a ตั้งอยู่ประมาณละติจูด $19^{\circ}8'54''$ องศาเหนือ และลองจิจูด $100^{\circ}16'30''$ องศาตะวันออก มีพื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 1,780 ตารางกิโลเมตร ห่างจากตัวเมืองพะเยา ประมาณ 80 กิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาและป่าไม้ล้อมรอบอย่างหนาแน่น มีพื้นที่ราบลุ่มลักษณะคล้ายกันกระเพาะเป็นแห่ง ๆ ดังรูป 1b อาณาเขตรอบ ๆ ติดกับจังหวัดน่าน และมีสถานที่สำคัญ ได้แก่ อุทยานภูลังกา วัดพระธาตุดอยหยวก และวัดห้วยสิงห์ เป็นต้น [8]

อ.เชียงคำ ดังรูป 2a ตั้งอยู่ประมาณละติจูด $19^{\circ}31'24''$ องศาเหนือ และลองจิจูด $100^{\circ}18'6''$ องศาตะวันออก มีพื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 785 ตารางกิโลเมตร ห่างจากตัวเมืองพะเยาประมาณ 75 กิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำลาว มีลักษณะเป็นแอ่งกระเพาะ ดังรูป 2b เป็นชุมชนเมืองที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น อาณาเขตรอบ ๆ ติดกับ จ.เชียงราย และ จ.น่าน และมีสถานที่สำคัญ ได้แก่ อุทยานแห่งชาติภูซาง วัดพระเจ้านั่งดิน และศูนย์วัฒนธรรมไทลื้อ เป็นต้น [9]



(a)



(b)

รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา อ.ปง



(a)

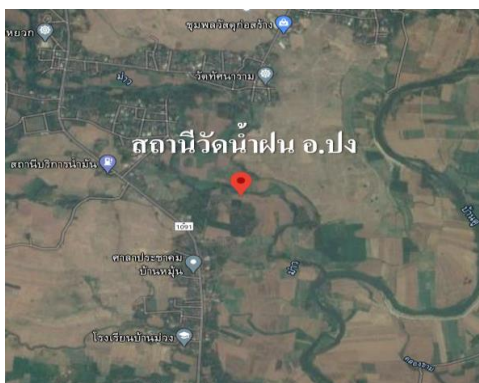


(b)

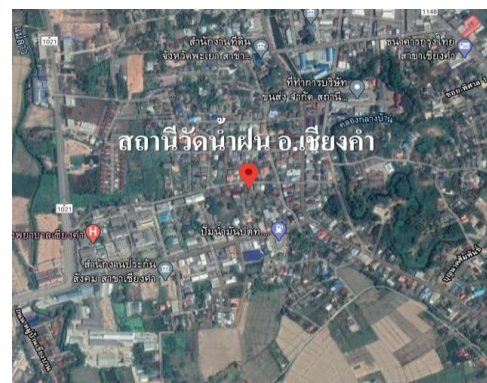
รูปที่ 2 พื้นที่ศึกษา อ.เชียงคำ

3. สถานีวัดน้ำฝน

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้รับการอนุเคราะห์จาก กรมอุตุนิยมวิทยา โดยเป็นข้อมูลฝนย้อนหลังของสถานีตรวจวัดน้ำฝนจำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานีวัดน้ำฝนปง (รหัสสถานี 310002) ตั้งอยู่ที่พิกัด ละติจูด $19^{\circ}7'48''$ องศาเหนือและลองจิจูด $100^{\circ}16'12''$ องศาตะวันออก โดยมีข้อมูลฝนย้อนหลังทั้งหมด 29 ปี ตั้งแต่ปี 1983-2011 และสถานีตรวจวัดน้ำฝนเชียงคำ ดังรูปที่ 3(b) (รหัสสถานี 310003) ตั้งอยู่ที่พิกัด ละติจูด $19^{\circ}31'12''$ องศาเหนือและลองจิจูด $100^{\circ}18'00''$ องศาตะวันออก โดยมีข้อมูลฝนย้อนหลังทั้งหมด 30 ปี ตั้งแต่ปี 1981-2010 และ ในงานวิจัยนี้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนย้อนหลังที่กล่าวไปของทั้ง 2 สถานี จะถูกเรียกว่า ปฐม (Base line) [10]



(a) อ.ปง

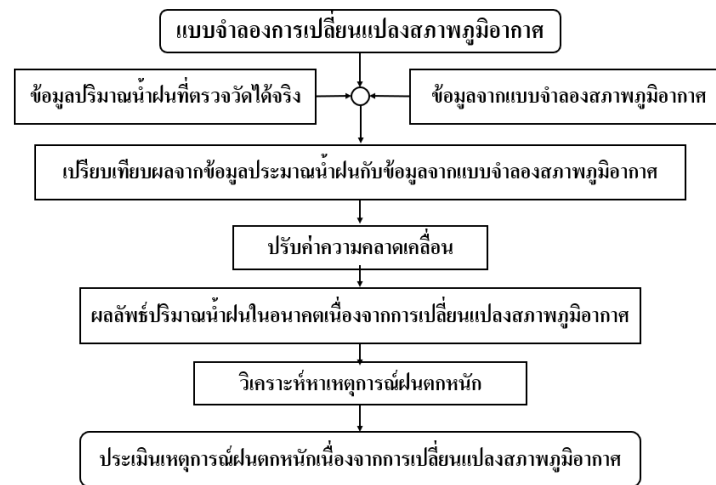


(b) อ.เชียงคำ

รูปที่ 3 สถานีวัดน้ำฝน (ที่มา: ภาพถ่ายจากดาวเทียม)

4. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเกิดฝนตกหนักในพื้นที่ อ.ปง และ อ.เชียงคำ จ.พะเยา ซึ่งแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และส่วนที่สอง คือ วิเคราะห์และประเมินเหตุการณ์การเกิดฝนตกหนัก ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขั้นตอนการวิเคราะห์และดำเนินการวิจัย

4.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

4.1.1 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ

งานวิจัยนี้ได้รวบรวมแบบจำลองสภาพภูมิอากาศมาทั้งหมด 9 แบบจำลอง ดังตารางที่ 1 ส่วนใหญ่พัฒนาขึ้นโดยองค์กรวิจัยในยุโรป มีเพียง 2 แบบจำลองที่ถูกพัฒนาโดยประเทศในเอเชีย ได้แก่ BCC_ESM จากประเทศจีน และ MIROC5 จากประเทศญี่ปุ่น โดยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศทั้งหมดได้ถูกนำมาใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนแล้วทำการเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนจริงจากการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำฝนของแบบจำลองกับฝนจริงแสดงให้เห็นถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยประเทศในทวีปยุโรปมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากเกินไป จึงมีความน่าเชื่อถือน้อยกว่าแบบจำลองในประเทศทวีปเอเชีย และเมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่าง BCC_ESM และ MIROC5 พบว่า แบบจำลอง MIROC5 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าปรับแก้้น้อยกว่า BCC_ESM ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้แบบจำลอง MIROC5 และทำการเลือกเส้นตัวแทนความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Representative concentration pathways, RCP) ที่แสดงสถานการณ์จำลองโดยใช้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเป็นค่าตั้งต้นมีค่าตั้งแต่ 2.6 4.5 6.0 และ 8.5 โดยตัวเลขที่กล่าวมา คือ ค่าพลังงานในชั้นบรรยากาศในหน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร จากยุคอุตสาหกรรม หากค่ามาก หมายถึงมีพลังงานสะสมในชั้นบรรยากาศมากและส่งผลให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น [11] ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้ RCP8.5 ที่ส่งผลต่ออุณหภูมิโลกมากที่สุด เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ตารางที่ 1 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ

ลำดับ	แบบจำลอง	ประเทศ	ข้อมูลระดับความรุนแรง				ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าปรับแก้	
			PRC2.6	PRC4.5	PRC6.0	PRC8.5	อ.ปง	อ.เชิงค่า
1	EC_EARTH	Europe	✗	✓	✗	✓	0.3326	0.3875
2	MPI_ESM_MR	Germany	✗	✓	✗	✓	0.1096	0.1213
3	BCC_ESM	China	✓	✓	✓	✓	0.1343	0.1660
4	CanESM	Canada	✓	✓	✗	✓	0.7384	0.0888
5	CNRM	France	✓	✓	✗	✓	0.1496	0.1540
6	CSIRO	Australia	✓	✓	✓	✓	0.2579	0.1684
7	GFDL	USA	✓	✓	✓	✓	0.2579	0.1684
8	MIROC5	Japan	✓	✓	✓	✓	0.0567	0.0500
9	NorESM	Norway	✓	✓	✓	✓	0.1355	0.1554

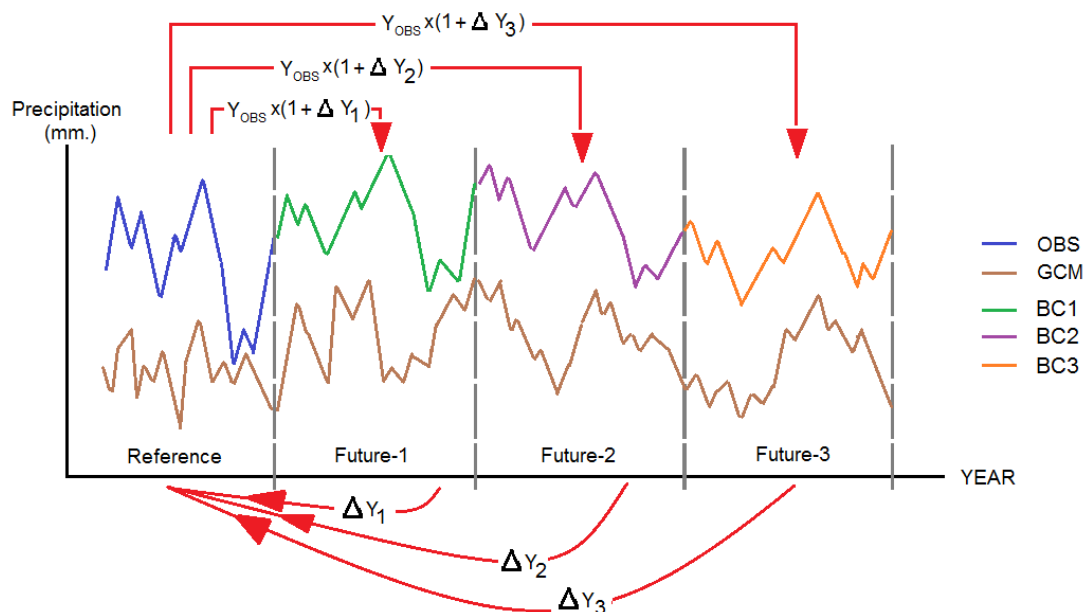
4.1.2 การย่อส่วนทางสถิติ

การย่อส่วนทางสถิติในที่นี้ คือ วิธีการปรับผลการจำลองปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศให้สอดคล้องกับข้อมูลน้ำฝนที่ตรวจวัดได้ในอดีตจากสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่ที่ศึกษา ซึ่งการปรับค่าความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีเคลด้าแฟกเตอร์ โดยอยู่บนสมมติฐานของ Prudhomme et al. [12] ที่ว่าความสัมพันธ์ระหว่างผลการคำนวณปริมาณน้ำฝนในอนาคตและข้อมูลน้ำฝนที่ตรวจวัดได้ในอดีตจะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน

เคลด้าแฟกเตอร์เป็นวิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางสถิติ Wilby et al. [13] ได้อธิบายไว้ว่าวิธีเคลด้าแฟกเตอร์ คือ การหาค่าแฟกเตอร์ของความแตกต่างระหว่างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกในส่วนของอนาคต (ช่วงปีในอนาคต) กับส่วนที่ควบคุม (ช่วงปีฐานหรือ Baseline) หาได้ดังแสดงในสมการที่ 1

$$\Delta Y = \frac{\bar{Y}_{GCM,Future} - \bar{Y}_{GCM,Baseline}}{\bar{Y}_{GCM,Baseline}} \times 100\% \quad (1)$$

โดย ΔY คือ อัตราส่วนผลต่างระหว่างปริมาณฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตเทียบกับปีฐาน $\bar{Y}_{GCM,Future}$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคต อาจจะเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนหรือรายปีขึ้นอยู่กับการศึกษา และ $\bar{Y}_{GCM,Baseline}$ คือ ค่าเฉลี่ยฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในปีฐาน สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การชดเชยทางสถิติด้วยวิธีเดลต้าแฟกเตอร์ (ที่มา Prudhomme et al. [12])

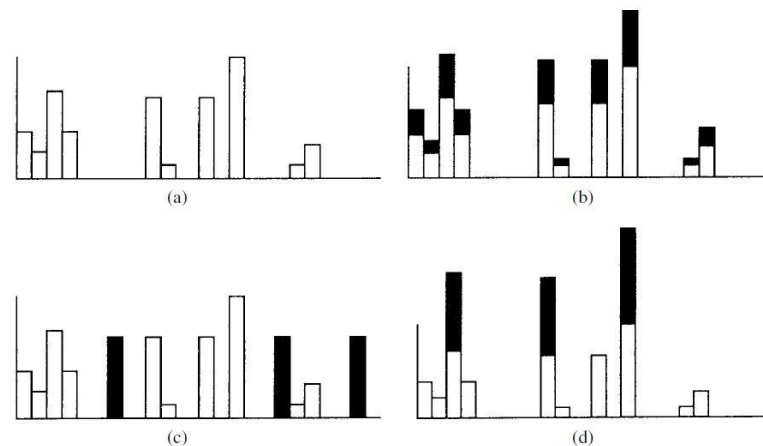
เส้นสีน้ำเงิน (Observed, OBS) คือ ฝนจากการตรวจวัดจริงในช่วงเวลาในอดีต ที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝน โดยกำหนดให้เป็นปีฐาน และเส้นสีน้ำตาล (Global climate change model, GCM) คือ ฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีทั้งช่วงเวลาในอดีต และช่วงเวลาในอนาคต จำนวนปีของข้อมูลฝนที่ตรวจวัดได้ในอดีตจากสถานีวัดน้ำฝนจะเป็นตัวกำหนดจำนวนปีของปีฐาน BC1 BC2 และ BC3 คือ ฝนจากผลการปรับค่าความคลาดเคลื่อน (Bias correction, BC) ชุดที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ เส้นสีเขียว (BC1) คือ ฝนจากผลการทำ BC ชุดที่ 1 หรือ อนาคตอันใกล้ (Near future) เส้นสีม่วง (BC2) คือ ฝนจากผลการทำ BC ชุดที่ 2 หรืออนาคต ช่วงกลาง (Intermediate future) เส้นสีเหลือง (BC3) คือ ฝนจากผลการทำ BC ชุดที่ 3 หรืออนาคตอันไกล (Far Future)

4.1.3 การกระจายปริมาณฝนส่วนต่าง

การกระจายปริมาณฝนส่วนต่าง หาได้จากการนำค่าเดลต้าแฟกเตอร์ (ΔY) เข้าไปคูณในชุดข้อมูลฝนที่ได้จากการตรวจวัดในอดีต (ปีฐาน) ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ปริมาณฝนส่วนต่าง ซึ่งปริมาณฝนส่วนต่าง จะถูกกระจายเข้าไปในชุดข้อมูลฝนที่ได้จากการตรวจวัดในอดีต (ปีฐาน) อีกครั้งด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังรูปที่ 6

วิธีที่หนึ่ง คือ การกระจายแบบสัดส่วน (Proportion) ในรูปที่ 6(b) เป็นการนำ (ΔY) ไปคูณกับฝนรายวันที่ได้จากการตรวจวัดในอดีตแล้วได้ ปริมาณฝนส่วนต่าง จากนั้นนำฝนส่วนต่างนี้ไปบวกเพิ่มกับฝนรายวันที่ได้จากการตรวจวัดในอดีตหรือปีฐาน ก็จะได้ ฝนรายวันใหม่ ซึ่งเป็นรายวันในอนาคต วิธีที่สอง เป็นการนำฝนส่วนต่าง แบ่งเป็น 3 ส่วนเท่ากัน ไปกระจายในวันใดก็ได้ ในเดือนนั้น เพื่อทำให้ในเดือนนั้นมีจำนวนวันที่ฝนตกเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำฝนมากขึ้น ดูรูปที่ 6(c) ในกรณีที่ค่าฝนส่วนต่างเป็นลบ ทำการตัดวันที่ฝนตกออก 3 วัน เพื่อลดวันที่ฝนตกและลดปริมาณน้ำฝนลง วิธีนี้เรียกว่า แบบเพิ่มวันที่ฝนตกเดือนละ 3 วัน (Add 3 rain day) และ วิธีที่สาม เป็นการนำปริมาณฝนส่วนต่าง แบ่งเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน นำไปบวกเพิ่มในวันที่ฝนตกมากที่สุด อันดับ 1 2 และ 3 ของเดือนนั้น เพื่อทำให้ในเดือนนั้นมีปริมาณน้ำฝนมากขึ้น ดูรูปที่ 6(d) กรณีที่ปริมาณฝนส่วนต่างเป็นลบ

นำปริมาณฝนส่วนต่างไปลบในวันที่ฝนตกมากที่สุดอันดับ 1 2 และ 3 ของเดือนนั้น เพื่อให้ในเดือนนั้นมีปริมาณน้ำฝนลดลง วิธีนี้เรียกว่า แบบเพิ่มโอกาสเกิดพายุ (Enhanced storm) หลังจากกระจายฝนส่วนต่างทั้งสามวิธีแล้วจะได้ฝนรายวันในอนาคตที่ได้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ จากนั้นฝนรายวันในอนาคตจะถูกทำให้เป็นฝนรายเดือน และฝนรายปี เพื่อนำมาวิเคราะห์และประเมินปริมาณฝนในอนาคต เนื่องจากฝนรายเดือน และ ฝนรายปีจะแสดงแนวโน้มของฝนในอนาคตได้ชัดเจนกว่าฝนรายวัน



รูปที่ 6 การกระจายเซลล์ค่าแฟกเตอร์แบบต่าง ๆ ที่มา: (Prudhomme et al., [12])

4.2 การวิเคราะห์เหตุการณ์การเกิดฝนตกหนักในอนาคต

ฝนรายวันในอนาคตที่ปรับค่าความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ และ ฝนรายวันในอดีตที่ได้จากการตรวจวัด (เรียงจากวันแรกไปจนถึงวันสุดท้ายของแต่ละปี) จะถูกนำมาวิเคราะห์หาเหตุการณ์ฝนตกหนัก [4-7, 11] โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1.) จัดเรียงฝนรายวันในอดีตที่ได้จากการตรวจวัด โดยเรียงจากวันแรกไปจนถึงวันสุดท้ายของแต่ละปี
- 2.) จัดกลุ่มช่วงเวลาฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน เพื่อทำการหาปริมาณฝนสะสมมากที่สุดอันดับที่ 1 2 และ 3 ของแต่ละปี พร้อมทั้งจำนวนวันที่ฝนตกติดต่อกัน

- 3.) นำข้อมูลในข้อ 2 ไปเขียนกราฟแท่ง เพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบเหตุการณ์ฝนตกหนักต่อไป
- 4.) นำฝนในอนาคตที่ได้จากแบบจำลองมาทำแบบเดียวกับฝนในอดีตโดยเริ่มจากข้อ 1-3
- 5.) เปรียบเทียบแนวโน้มการเกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักในอนาคตเทียบกับในอดีต เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

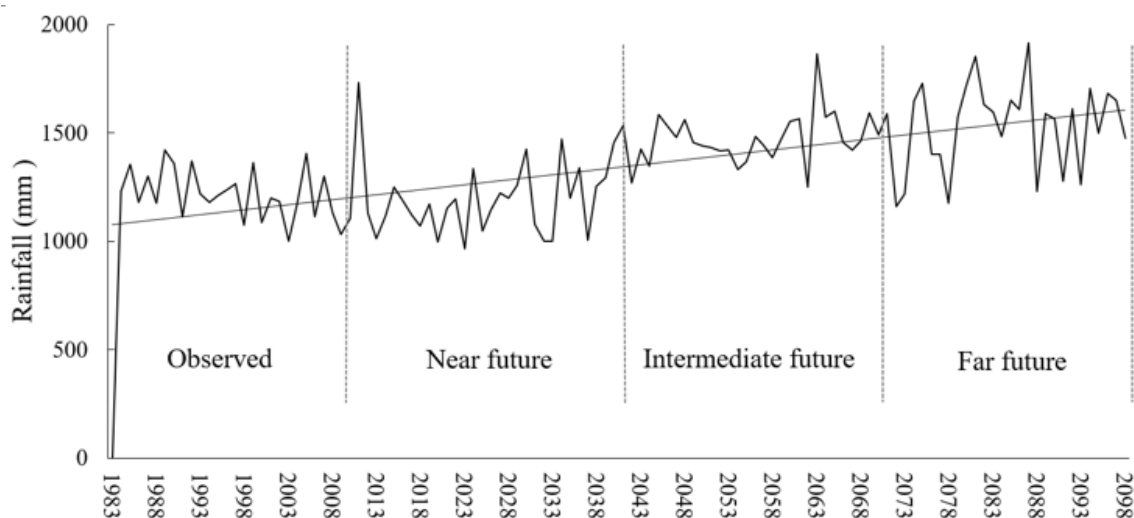
5. ผลการศึกษา

ผลจากการศึกษาในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย ผลของข้อมูลฝนตรวจวัดย้อนหลังจากสถานีวัดน้ำฝน ผลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ MIROC5 กับผลการตรวจวัดจริงในอดีต ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ และผลการวิเคราะห์เหตุการณ์ฝนตกหนัก ดังต่อไปนี้

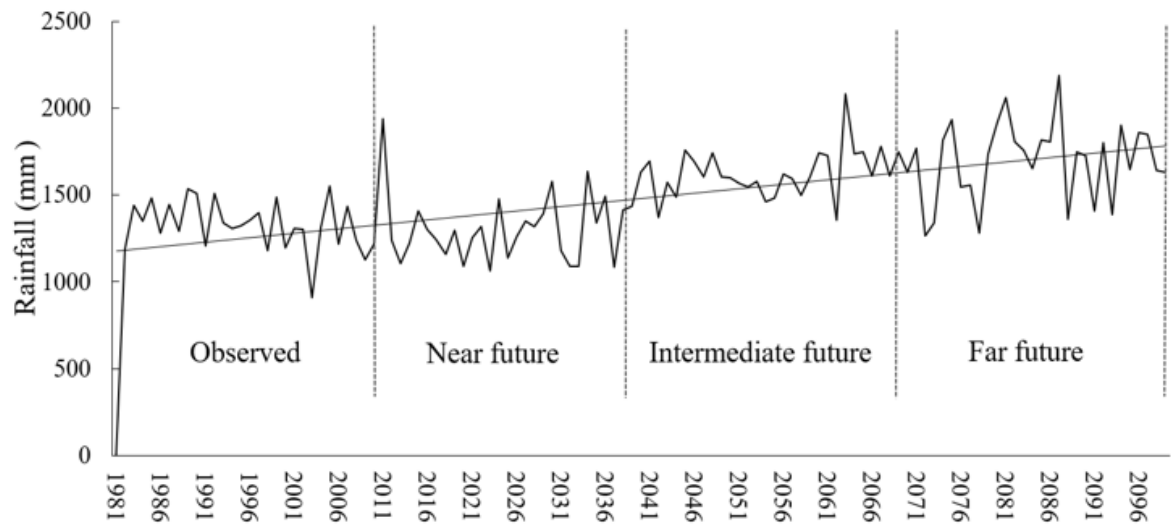
5.1 ข้อมูลฝนตรวจวัดย้อนหลังจากสถานีวัดน้ำฝนและผลลัพธ์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลฝนย้อนหลังที่ได้จากการตรวจวัดฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 2 สถานี โดยสถานีวัดน้ำฝนปง ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 1983-2011 รวมทั้งหมด 29 ปี และสถานีวัดน้ำเชียงคำ ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 1981-2010 รวมทั้งหมด 30 ปี จากการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำฝนช่วงปีฐานของ อ.ปง มีค่าเฉลี่ยรายปีได้เท่ากับ 1,124 มม./ปี และ อ.เชียงคำ มีค่าเฉลี่ยรายปีได้เท่ากับ 1,306 มม./ปี

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ MIROC5 ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1.1 จากนั้นทำการเลือกข้อมูลปริมาณฝนของแบบจำลองตั้งแต่ปี 1983-2098 ระยะเวลา 115 ปี ของ อ.ปง และ ปี 1981-2099 ระยะเวลา 118 ปี ของ อ.เชียงคำ เมื่อพิจารณาค่าฝนของแบบจำลองเป็นฝนรายปี พบว่า อ.ปง มีค่าฝนเฉลี่ยรายปี 1,356 มม./ปี และ อ.เชียงคำ มีค่าฝนเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ 1,498 มม./ปี จากข้อมูลปีฐานที่กล่าวในหัวข้อที่ 3 แล้วนั้น ปีฐาน อ.ปง จำนวน 29 ปี สามารถแบ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแบบจำลองสภาพภูมิอากาศเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงปีอนาคตอันใกล้ ปี 2012-2040 ช่วงปีอนาคตช่วงกลาง ปี 2041-2069 และ ช่วงปีอนาคตอันไกล ปี 2070-2098 และ ปีฐาน อ.เชียงคำ จำนวน 30 ปี สามารถแบ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแบบจำลองสภาพภูมิอากาศได้เป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงปีอนาคตอันใกล้ ปี 2011-2040 ช่วงปีอนาคตช่วงกลาง ปี 2041-2070 และ ช่วงปีอนาคตอันไกล 2071-2099 เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ค่าฝนเฉลี่ยรายปีของแต่ละช่วงเวลา ทำให้ทราบถึงแนวโน้มของฝนในช่วงอนาคตข้างหน้าของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ โดย อ.ปง จะมีค่าฝนเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้นจากปีฐาน เท่ากับ -3% 19% และ 24% ในแต่ละช่วงเวลาของอนาคต และ อ.เชียงคำ จะมีค่าฝนเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้นจากปีฐาน เท่ากับ -2% 20% และ 26% ในแต่ละช่วงเวลาของอนาคต ดังรูป 7 และ 8



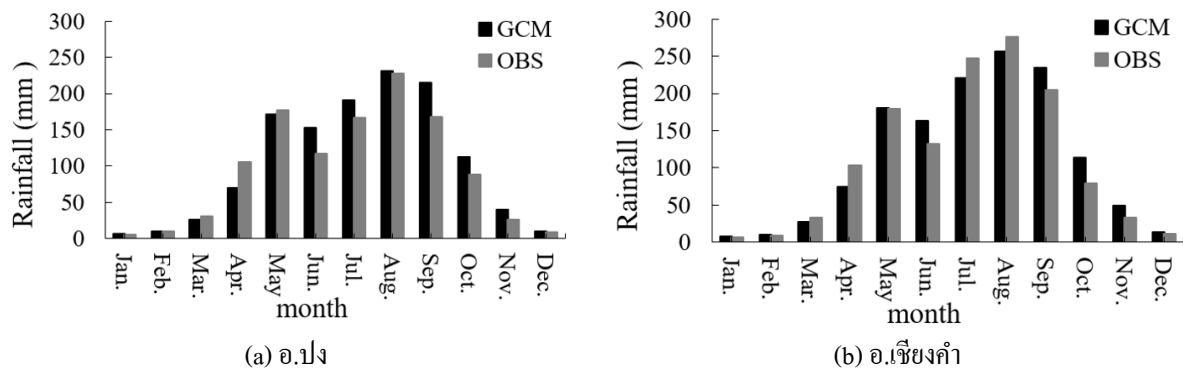
รูปที่ 7 ปริมาณน้ำฝนรายปีจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ MIROC5 อ.ปง



รูปที่ 8 ปริมาณน้ำฝนรายปีจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ MIROC5 อ.เชียงคำ

5.2 ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ MIROC5 กับผลการตรวจวัดจริงในอดีต

ข้อมูลฝนรายเดือนเฉลี่ยที่ตรวจวัดจริงที่ได้จากสถานีตรวจวัดน้ำฝน (OBS) นำมาเปรียบเทียบกับฝนรายเดือนเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ MIROC5 (GCM) ช่วงปีฐาน ดังรูป 9(a) และ 9(b) พบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้น จึงต้องทำการปรับแก้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ MIROC5 เพื่อให้ข้อมูลทั้งสองชุดมีความสอดคล้องกัน ดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.1.3



รูปที่ 9 เปรียบเทียบปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยช่วงปีฐานระหว่าง OBS กับ GCM

5.3 ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ

จากหัวข้อที่ 4.1.2 และ 4.1.3 ได้อธิบายวิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศไว้แล้ว โดยมีขั้นตอนคือ หาค่าคลาดค่าแฟกเตอร์ และการกระจายค่าปริมาณฝนส่วนต่าง โดยค่าคลาดค่าแฟกเตอร์ ที่คำนวณได้แสดงในตาราง 2

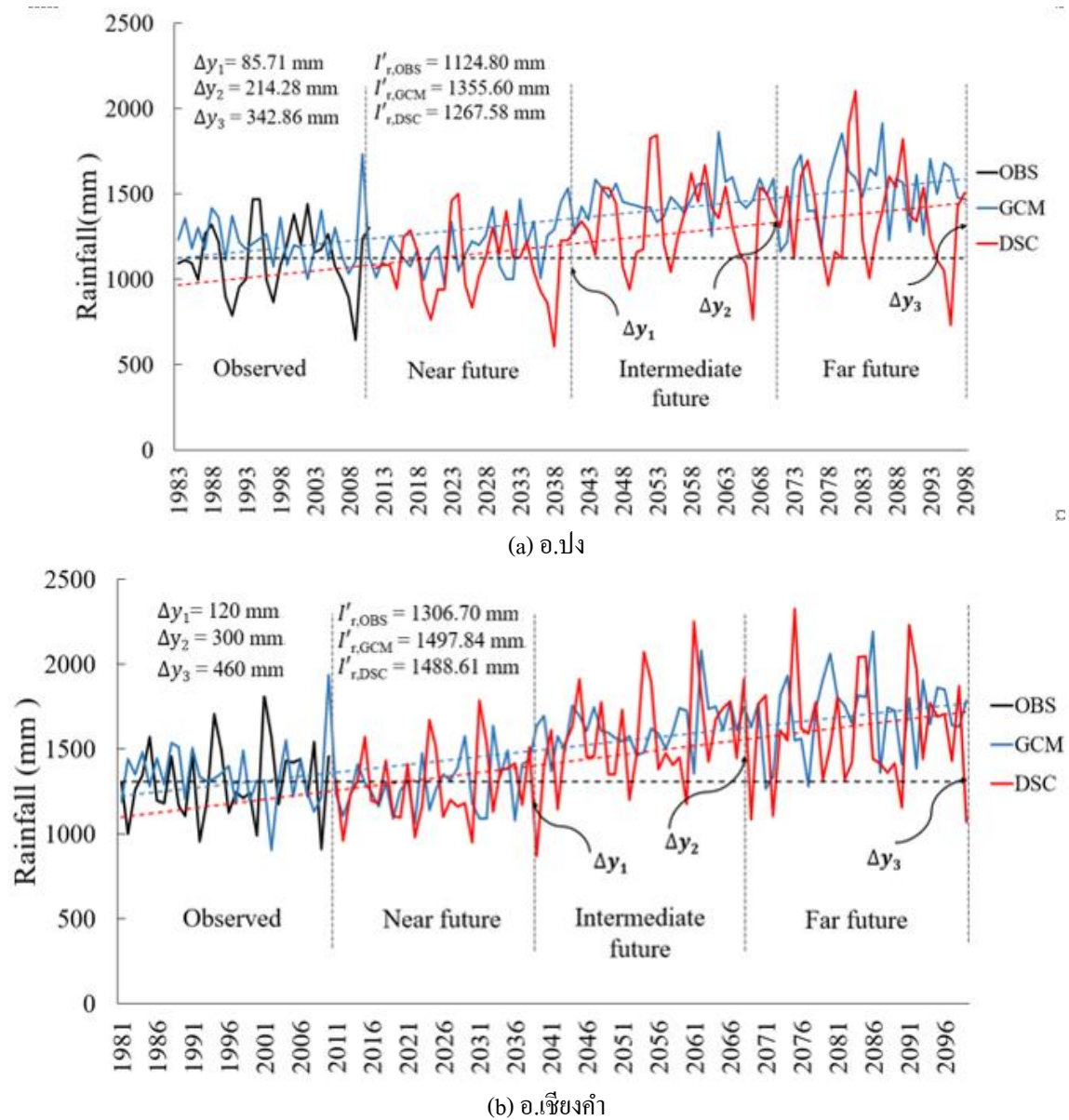
ภายหลังจากได้ค่าคลาดค่าแฟกเตอร์แล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การกระจายฝนส่วนต่าง โดยวิธีการกระจายมีทั้งหมด 3 วิธี คือ แบบสัดส่วน แบบเพิ่มวันที่ฝนตกเดือนละ 3 วัน และแบบเพิ่มโอกาสการเกิดพายุ พบว่า ฝนรายวันแต่ละวิธีจะให้ผลลัพธ์ที่ไม่เท่ากัน

แต่ฝนรายเดือนและฝนรายปีจะให้ผลลัพธ์ที่เท่ากัน เมื่อหาปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของทั้ง 3 วิธี อ.ปง เท่ากับ 1,257.58 มม./ปี และ อ.เขียงคำ เท่ากับ 1,488.61 มม./ปี

เมื่อนำฝนรายปีที่ได้จากการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีเดลต้าแฟกเตอร์ และกระจายฝนส่วนต่างทั้ง 3 วิธี มาเขียนกราฟเส้น แสดงในรูปที่ 9(a) และ 9(b) จะได้เป็นเส้นกราฟสีแดง เนื่องจากฝนรายปีที่ได้จากการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 วิธีมีค่าที่เท่ากันเสมอ เมื่อนำมาเขียนกราฟจะได้เส้นกราฟที่ทับกันได้สนิทพอดี (DSC) กราฟเส้นสีดำ คือ ฝนรายปีในปริมาณ (OBS) และกราฟเส้นน้ำเงิน คือ ฝนรายปีจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่ยังไม่ได้ทำการปรับแก้ (GCM)

ตารางที่ 2 ค่าเดลต้าแฟกเตอร์ อ.ปง และ อ.เขียงคำ (หน่วยเป็น %)

เดือน	ค่าเดลต้าแฟกเตอร์ของช่วงเวลาต่าง ๆ เทียบกับปีฐาน (1983-2011) อ.ปง			ค่าเดลต้าแฟกเตอร์ของช่วงเวลาต่าง ๆ เทียบกับปีฐาน (1981-2010) อ.เขียงคำ		
	อนาคตอัน ใกล้ (2012-2040)	อนาคตช่วง กลาง (2041-2069)	อนาคตอัน ไกล (2070-2098)	อนาคตอัน ใกล้ (2011-2040)	อนาคตช่วง กลาง (2041-2070)	อนาคตอันไกล (2071-2099)
มกราคม	13.40	33.03	39.22	11.20	58.55	50.66
กุมภาพันธ์	16.06	53.07	84.68	18.03	52.53	95.03
มีนาคม	-7.13	30.41	80.72	-9.36	30.98	85.30
เมษายน	-3.36	6.80	22.43	-4.10	4.71	21.93
พฤษภาคม	-10.64	-2.43	-10.30	-10.74	-2.79	-11.55
มิถุนายน	-22.74	-1.69	6.97	-23.79	-3.09	8.26
กรกฎาคม	1.79	32.35	33.84	5.11	35.93	38.49
สิงหาคม	6.38	39.29	18.28	8.70	39.82	20.34
กันยายน	-9.38	6.39	-4.95	-9.87	5.16	-6.45
ตุลาคม	-4.02	39.87	20.08	-4.10	41.96	18.29
พฤศจิกายน	51.02	48.14	52.14	37.11	51.89	53.27
ธันวาคม	12.98	0.13	31.02	9.23	1.82	33.68



รูปที่ 9 เปรียบเทียบปริมาณฝนรายปีที่ได้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศกับฝนรายปีที่ได้จากการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน

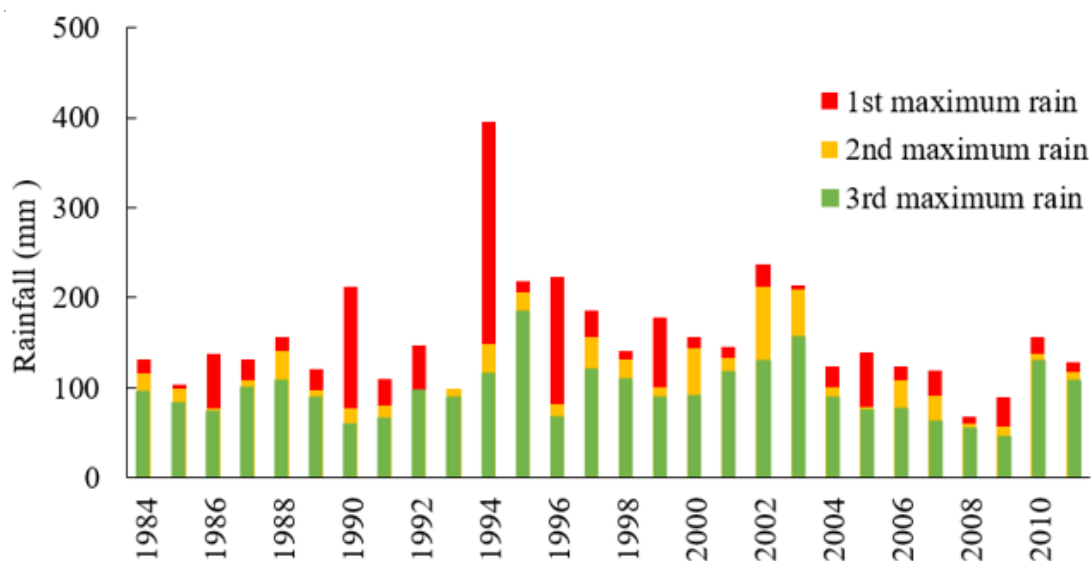
พิจารณา อ.ปง พบว่า ปริมาณน้ำฝนในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากอดีต คือ ฝนเฉลี่ยรายปีที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแล้ว $I'_{r,DSC}$ เท่ากับ 1,267.58 มม. ซึ่งสูงกว่าฝนเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการตรวจวัดจริง (ปีฐาน) $I'_{r,OBS}$ เท่ากับ 1,124.80 มม. และเมื่อพิจารณาเป็นช่วงเวลา โดยคิดจากร้อยละของความแตกต่างระหว่างเส้นแนวโน้มของฝนรายปีจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแล้วกับเส้นแนวโน้มของฝนรายปีเฉลี่ยของปีฐาน ปรากฏว่า ช่วงอนาคตอันใกล้ฝนเฉลี่ยรายปีจะลดลงกว่าปีฐาน 3% ช่วงอนาคตช่วงกลางฝนเฉลี่ยรายปีจะเพิ่มขึ้นกว่าปีฐาน 19% และ ช่วงอนาคตอันไกลฝนเฉลี่ยรายปีจะเพิ่มขึ้นกว่าปีฐาน 24%

พิจารณา อ.เชียงคำ พบว่า ปริมาณน้ำฝนในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากอดีตเช่นกัน คือ ฝนเฉลี่ยรายปีที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแล้ว $I'_{r,DSC}$ เท่ากับ 1,488.61 มม. ซึ่งสูงกว่าฝนเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการตรวจวัดจริง (ปีฐาน) $I'_{r,OBS}$ เท่ากับ 1,306.70 มม. และเมื่อพิจารณาเป็นช่วงเวลา โดยคิดจากร้อยละของความแตกต่างระหว่างเส้นแนวโน้มของฝนรายปีจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแล้วกับเส้นแนวโน้มของฝนรายปีเฉลี่ยของปีฐาน ปรากฏว่า ช่วงอนาคตอันใกล้ฝนเฉลี่ยรายปีจะลดลงกว่าปีฐาน 2% ช่วงอนาคตช่วงกลางฝนเฉลี่ยรายปีจะเพิ่มขึ้นกว่าปีฐาน 20% และ ช่วงอนาคตอันไกลฝนเฉลี่ยรายปีจะเพิ่มขึ้นกว่าปีฐาน 26%

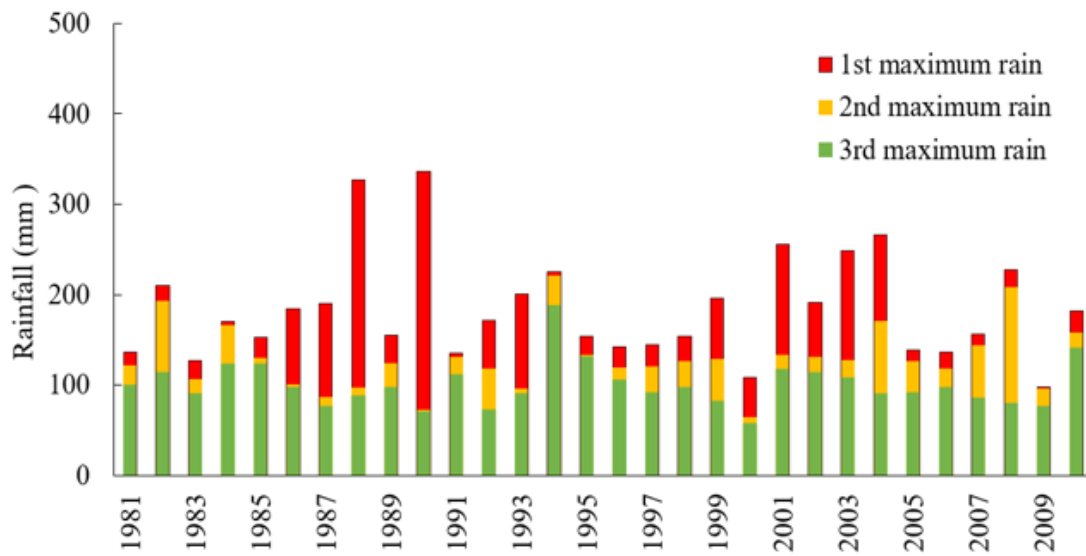
5.4 ผลการวิเคราะห์เหตุการณ์ฝนตกหนัก

ข้อมูลฝนรายวันในอดีตที่ได้จากการตรวจวัดจริงและข้อมูลฝนรายวันในอนาคตที่ได้จากปรับค่าความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ จะถูกนำไปรวบรวมเป็นข้อมูลปริมาณฝนและระยะเวลาที่ฝนตกหนักติดต่อกัน โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณฝนตกหนักติดต่อกันมากที่สุดในแต่ละปีสามลำดับแรกในหน่วยมิลลิเมตรประกอบไปด้วยเหตุการณ์ที่ฝนตกมากที่สุดอันดับ 1 (1st maximum rain) เหตุการณ์ที่ฝนตกมากที่สุดอันดับ 2 (2nd maximum rain) และเหตุการณ์ที่ฝนตกมากที่สุดอันดับ 3 (3rd maximum rain)

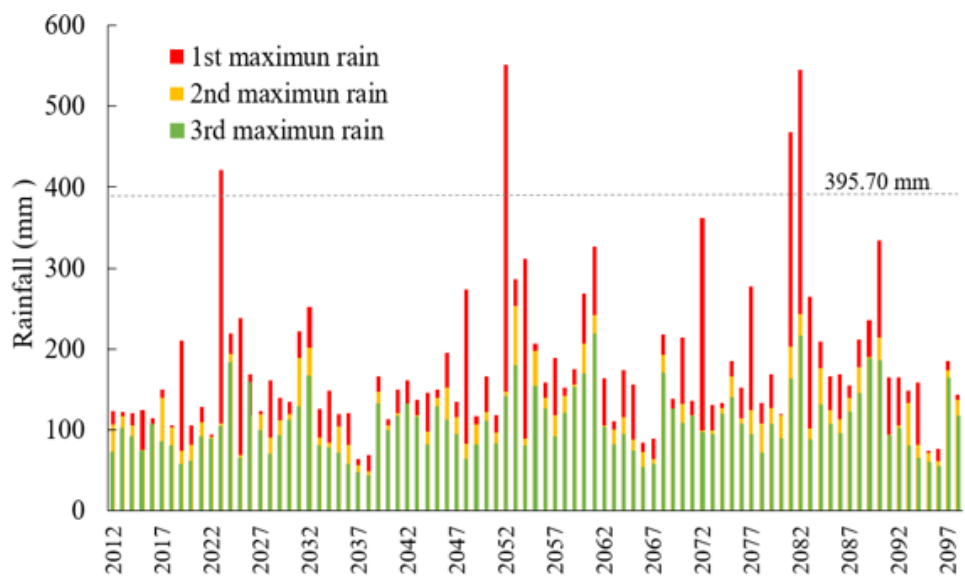
เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับค่าความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ ทั้ง 3 วิธี ทำให้ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนและปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยรายปีมีค่าเท่ากัน ดังที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 5.3 งานวิจัยนี้จึงจะยกตัวอย่างในการหาเหตุการณ์ฝนตกหนักในอนาคตด้วยวิธีการกระจายปริมาณฝนส่วนต่างแบบสัดส่วน และเพื่อให้เห็นความชัดเจนของปริมาณฝนทั้ง 3 อันดับ จึงทำการสร้างกราฟแท่งขึ้น โดยกราฟแท่งสีแดง คือ เหตุการณ์ที่ฝนตกมากที่สุดอันดับ 1 กราฟแท่งสีเหลือง คือ เหตุการณ์ที่ฝนตกมากที่สุดอันดับ 2 และกราฟแท่งสีเขียว คือ เหตุการณ์ที่ฝนตกมากที่สุดอันดับ 3



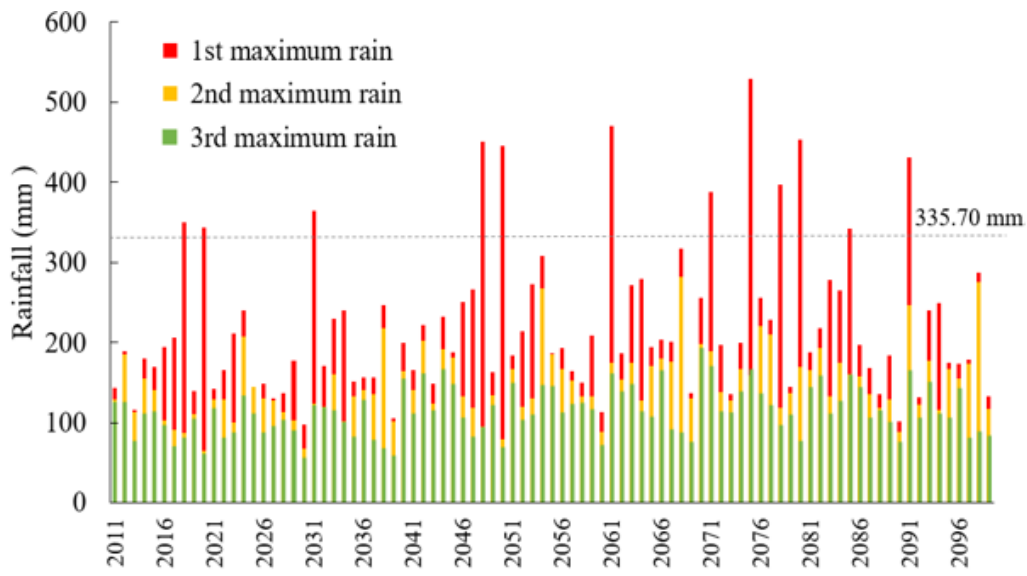
รูปที่ 10 เหตุการณ์ฝนตกหนักในอดีตที่ได้จากการตรวจวัดจริง สถานีวัดน้ำฝนปง



รูปที่ 11 เหตุการณ์ฝนตกหนักในอดีตที่ได้จากการตรวจวัดจริง สถานีวัดน้ำฝนเชียงคำ



รูปที่ 12 เหตุการณ์ฝนตกหนักในอนาคตด้วยการกระจายปริมาณฝนส่วนต่างแบบสัดส่วน อ.ปง



รูปที่ 13 เหตุการณ์ฝนตกหนักในอนาคตด้วยการกระจายปริมาณฝนส่วนต่างแบบสัดส่วน
อ.เชียงคำ

พิจารณา อ.ปง จากรูปที่ 10 เหตุการณ์ฝนตกหนักในอดีตที่ได้จากการตรวจวัดจริงมีปริมาณฝนสูงสุดเท่ากับ 395.70 มม. ซึ่งเกิดขึ้นในปี 1994 และเมื่อทำการเทียบกับเหตุการณ์ฝนตกหนักในอนาคตจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ ดังรูปที่ 12 จะเห็นว่าเหตุการณ์ฝนตกหนักในอนาคตที่มีปริมาณฝนสะสมมากกว่าเหตุการณ์ฝนตกหนักในอดีตที่ได้จากการตรวจวัดจริง ทั้งหมด 4 ครั้ง ช่วงอนาคตอันใกล้จำนวน 1 ครั้ง ได้แก่ ปี 2023 โดยมากกว่าจากอดีตประมาณ 6% ช่วงอนาคตช่วงกลางจำนวน 1 ครั้ง ได้แก่ ปี 2052 โดยมากกว่าจากอดีตประมาณ 38% และช่วงอนาคตอันไกลจำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ ปี 2081 ปี 2082 โดยมากกว่าจากอดีตช่วงประมาณ 14% และ 35% ตามลำดับ

พิจารณา อ.เชียงคำ จากรูปที่ 11 เหตุการณ์ฝนตกหนักในอดีตที่ได้จากการตรวจวัดจริงมีปริมาณฝนสูงสุดเท่ากับ 335.70 มม. ซึ่งเกิดขึ้นในปี 1990 และเมื่อทำการเทียบกับเหตุการณ์ฝนตกหนักในอนาคตจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ ดังรูปที่ 13 จะเห็นว่าเหตุการณ์ฝนตกหนักในอนาคตที่มีปริมาณฝนสะสมมากกว่าเหตุการณ์ฝนตกหนักในอดีตที่ได้จากการตรวจวัดจริง ทั้งหมด 12 ครั้ง ช่วงอนาคตอันใกล้จำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ ปี 2018 2020 และ ปี 2031 โดยมากกว่าจากอดีตช่วงประมาณ 3%-9% ช่วงอนาคตช่วงกลางจำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ ปี 2048 2050 และ ปี 2061 โดยมากกว่าจากอดีตช่วงประมาณ 34%-37% และช่วงอนาคตอันไกลจำนวน 6 ครั้ง ได้แก่ ปี 2071 2075 2078 2080 2085 และ ปี 2091 โดยมากกว่าจากอดีตช่วงประมาณ 3%-37%

6. สรุปผลการวิจัยและการนำไปใช้

ผลจากการศึกษาแบบจำลองสภาพภูมิอากาศเพื่อหาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการเกิดฝนตกหนักใน อ.ปง และ อ.เชียงคำ จ.พะเยา สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. แบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมในการใช้วิเคราะห์ อ.ปง และ อ.เชียงคำ คือ MIROC5 เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด

2. ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัดจริงจากสถานีตรวจวัดน้ำฝน อ.ปง ช่วงปีฐาน (1983-2011) มีค่า 1,124.80 มม. และ อ.เชียงคำ ช่วงปีฐาน (1981-2010) มีค่า 1,306.70 มม.
3. ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ อ.ปง ช่วงปีฐาน (1983-2011) มีค่า 1,267.58 มม. และ อ.เชียงคำ ช่วงปีฐาน (1981-2010) มีค่า 1,488.61 มม.
4. ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ ปรากฏว่า อ.ปง ผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้มีปริมาณน้ำฝนช่วงอนาคตอันใกล้ ช่วงอนาคตช่วงกลาง และ ช่วงอนาคตอันไกล เพิ่มขึ้นจากอดีต (ปีฐาน) 7.62% 19.05% และ 30.48% ตามลำดับ และ อ.เชียงคำ เพิ่มขึ้นจากอดีต (ปีฐาน) 9.18% 22.96% และ 35.20% ตามลำดับ
5. เหตุการณ์ฝนตกหนักในอดีตของ อ.ปง เกิดในปี 1994 มีปริมาณฝนตกหนักติดต่อกัน 395.70 มม. เมื่อเทียบกับเหตุการณ์ฝนตกหนักในอนาคตจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศมีปริมาณฝนตกหนักติดต่อกันที่มากกว่าในปี 1994 ทั้งหมด 4 ครั้ง ได้แก่ ปี 2023 2052 2081 และ ปี 2082 โดยมากกว่าประมาณ 6% 38% 14% และ 35% ในช่วงอนาคตอันใกล้ ช่วงอนาคตช่วงกลาง และ ช่วงอนาคตอันไกล ตามลำดับ อ.เชียงคำ เกิดในปี 1990 มีปริมาณน้ำฝนฝนตกหนักติดต่อกัน 335.70 มม. เมื่อเทียบกับเหตุการณ์ฝนตกหนักในอนาคตจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศมีปริมาณฝนตกหนักติดต่อกันที่มากกว่าในอดีต ทั้งหมด 12 ครั้ง ได้แก่ ปี 2018 2020 2031 2048 2050 2061 2071 2075 2078 2080 2085 และ ปี 2091 โดยมากกว่าช่วงประมาณ 3%-9% 34%-37% และ 3%-37% ในช่วงอนาคตอันใกล้ ช่วงอนาคตช่วงกลาง และ ช่วงอนาคตอันไกล ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนลำดับที่ 2 (ชนกฤต เทพอุโมงค์) ได้รับสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่สัญญา FF65-RIM087 จากกองทุนส่งเสริม ววน. และผู้เขียนลำดับที่ 3 (ชนกร ชมภูรัตน์) ได้รับสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่สัญญา FF65-RIM084 จากกองทุนส่งเสริม ววน. นอกจากนั้นผู้วิจัยขอขอบคุณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน และขอขอบคุณ สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัดพะเยา ที่ให้การสนับสนุนบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์อุทกภัยในจังหวัดพะเยา

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรุงเทพมหานคร. *ประชุมโลกร้อน ความพยายาม 27 ปีที่สูญเปล่า*, 2562. แหล่งที่มา: <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/856912> [13 มีนาคม 2563].
- [2] กรมทรัพยากรธรณี. *รายงานสถานการณ์ธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2553, 2553*. แหล่งที่มา: http://www.dmr.go.th/ewt_news. [13 มกราคม 2563].
- [3] กรมทรัพยากรธรณี. *แผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชน จังหวัดพะเยา*, 2554. แหล่งที่มา: http://www.dmr.go.th/n_more_news. [13 มกราคม 2563].
- [4] อัครมน ลิ่มสกุล. *การจำลองภูมิอากาศในอนาคตและข้อมูลคาดการณ์ภูมิอากาศความละเอียดสูงสำหรับประเทศไทย*, 2558. แหล่งที่มา: <https://www.researchgate.net> [15 พฤษภาคม 2553].
- [5] จิรสรณ์ สันติศิริสมบุรณ์ และเจียมใจ เครือสุวรรณ. *ภาพจำลองภูมิอากาศโลกและภูมิอากาศอนาคต. การสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1*, 2553. แหล่งที่มา: <https://www.tei.or.th/thaicityclimate/public/research-47>. [1 กันยายน 2553]

-
- [6] ไชยกุล ไทยเจริญ, ธนิต เกลิมยานนท์, ธนัท ชูบอุปการ. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการเกิดดินถล่มใน ด.เทพราช อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 20*. แหล่งที่มา: <http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2016/11391> [8 สิงหาคม 2558]
- [7] กันจรรย์ บุญประกอบ. การสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยโดยการย่อส่วนแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก. แหล่งที่มา: https://elibrary.trf.or.th/project_programs.asp?page=2&pgid=D7 [1 สิงหาคม 2550]
- [8] สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอโป่ง. ประวัติความเป็นมา. แหล่งที่มา: <http://district.cdd.go.th/> [12 กุมภาพันธ์ 2563].
- [9] รวมพลคนฮักเชียงคำ. ประวัติอำเภอเชียงคำ. แหล่งที่มา: <http://www.hugchiangkham.com/> [12 กุมภาพันธ์ 2563].
- [10] กรมอุตุนิยมวิทยา. ภูมิอากาศจังหวัดพะเยา, 2562. แหล่งที่มา: <http://climate.tmd.go.th/data/province>. [17 มีนาคม 2563].
- [11] รพีพัฒน์ อังคสิทธิ์. นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างไร?, 2020 แหล่งที่มา: <http://www.salforest.com/blog/climate-model-rcp-ssp>. [17 มีนาคม 2563].
- [12] Chistel Prudhomme, Nick Reynard and Sue Crooks. Downscaling of global climate models for Flood frequency analysis: from 1137 to 1150. *Hydrological Processes*, 2002,16(6). DOI: 10.1002/hyp.1054.
- [13] Wilby et al. *Scenario-neutral approach to climate change impact studies: Application to flood risk*, 2010. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2010.06.043.

