



Ramkhamhaeng University  
Center of Regional Climate Change  
and Renewable Energy

SEEN  
School of Energy and Environment  
University of Phayao



## บทคัดย่อ

การศึกษานี้ ได้ทำการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์สุดขีดของสภาพอากาศแบบผสมสองเหตุการณ์ในประเทศไทยในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1970-2050 บนพื้นฐานของข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพสูงของกรมอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลแบบกริดจากแบบจำลองสภาพอากาศของ Coupled Model Intercomparison Project Phase ระยะที่ 5 (CMIP5) (EC-Earth, HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR) และ CMIP ระยะที่ 6 (EC-Earth3, MPI-ESM-MR) ที่จำลองด้วยภาพฉาย Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5/8.5 และ Shared Socioeconomic Pathway (SSP) 245/585 ตามลำดับ แบบจำลองสภาพภูมิอากาศของ CMIP5 ได้ทำการย่อยส่วนด้วยวิธีพลวัต มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 25 กม.x25 กม. ในขณะที่แบบจำลองสภาพภูมิอากาศของ CMIP6 ได้ทำการย่อยส่วนด้วยวิธีทางสถิติ มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 5 กม.x5 กม. เหตุการณ์สุดขีดของสภาพอากาศแบบผสมที่ทำการวิเคราะห์ ประกอบด้วย สภาพอากาศร้อนและเหตุการณ์ฝนตกหนักหรือเหตุการณ์ฝนตกหนักที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดสภาพอากาศร้อนภายในช่วงเวลา 3 วัน (Compound Heat-Precipitation Events; CHPEs) สภาพอากาศร้อนและความแห้งแล้งหรือวันที่สภาพอากาศร้อนเกิดขึ้นพร้อมกันกับช่วงเวลาที่มีความแห้งแล้งในระดับรุนแรงขึ้นไป (Compound Heat-Drought Events; CHDEs) และสภาพอากาศหนาวและเหตุการณ์ฝนตกหนักหรือวันที่สภาพอากาศหนาวเกิดขึ้นพร้อมกันกับเหตุการณ์ฝนตกหนัก (Compound Cold-Heavy Precipitation Events; CCPEs)

ผลการวิเคราะห์ พบว่า CHPEs เกิดขึ้นทุกภูมิภาคของประเทศไทยและส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีโอกาสการเกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักหลังจากเกิดสภาพอากาศร้อนสูงในรอบปีโดยในช่วงปี ค.ศ. 1970-2022 CHPEs มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเป็นบริเวณกว้างในภาคกลาง ภาคตะวันออก ตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ เมื่อพิจารณาประเทศไทยในภาพรวมแล้ว CHPEs มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในอัตราเฉลี่ย 0.26 เหตุการณ์ต่อทศวรรษ ทั้งนี้ CHPEs ในภาพรวมของประเทศไทยในช่วง 53 ปีที่ผ่านมา มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) อย่างสูงมากกับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก สามารถอธิบายความแปรปรวนของ CHPEs ในประเทศไทยได้มากกว่า 70% นอกจากนี้ CHPEs ยังมีความสัมพันธ์กับดัชนีโหมดการไหลเวียนของบรรยากาศในมหาสมุทรแปซิฟิก ผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของการไหลเวียนบรรยากาศและมหาสมุทรที่เกี่ยวข้องเกิดจากปรากฏการณ์ ENSO ยังเป็นตัวขับเคลื่อนระยะไกลที่สำคัญที่ส่งผลต่อความแปรปรวนระหว่างปีของ CHPEs ในประเทศไทยอีกด้วย แบบจำลองสภาพภูมิอากาศของ CMIP5 และ CMIP6 จำลอง CHPEs ในช่วงอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2025-2050) ที่สอดคล้องกันกล่าวคือ CHPEs ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย จะเพิ่มขึ้นแต่ขนาดการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันระหว่าง



Ramkhamhaeng University  
Center of Regional Climate Change  
and Renewable Energy



School of Energy and Environment  
University of Phayao



CMIP5 และ CMIP6 โดยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศของ CMIP5 แสดงการเพิ่มขึ้นของ CHPEs บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือและภาคกลาง ทั้งสองภาพฉาย ในขณะที่ แบบจำลองสภาพภูมิอากาศของ CMIP6 จำลองการเพิ่มขึ้นของ CHPEs ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยครอบคลุมทุกภูมิภาค ภายใต้ทั้งสองภาพฉาย

ผลการวิเคราะห์ พบว่า CHDEs ในภาพรวมของประเทศไทย มีสัดส่วนการเกิดน้อยในช่วงปี ค.ศ. 1970-2022 โดย CHDEs เกิดขึ้นมากที่สุดในภาคกลาง ในขณะที่ จำนวนเหตุการณ์ความแห้งแล้งระดับรุนแรงขึ้นไป ( $SPI_{10d} < -1.5$ ) ในช่วงปี ค.ศ. 1970-2022 มีสัดส่วนการเกิดอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน (2.6% ถึง 3.3%) ในแต่ละภูมิภาค โดย CHDEs และเหตุการณ์ความแห้งแล้งระดับรุนแรงขึ้นไป มีสัดส่วนการเกิดในรอบปีสูงในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม และเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน ตามลำดับ ซึ่งค่อนข้างไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงถึงแม้จะเกิดฝนทิ้งช่วงเกิดขึ้นในบางปีก็ตาม ผลรวมรายปีของ CHDEs และเหตุการณ์ความแห้งแล้งระดับความรุนแรงขึ้นไปในช่วงปี ค.ศ. 1970-2022 มีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงโดยไม่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นที่ชัดเจนแต่มีความแปรปรวนระยะสั้นที่โดดเด่น ในภาพรวมของประเทศไทยแล้ว ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติผลรวมรายปีของจำนวนเหตุการณ์ความแห้งแล้งระดับรุนแรงขึ้นไปและ CHDEs ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า CHDEs ในประเทศไทย มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับดัชนีที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ ENSO ผลศึกษาี้ แสดงให้เห็นว่าปรากฏการณ์ ENSO และการเปลี่ยนแปลงของการไหลเวียนของบรรยากาศในมหาสมุทรแปซิฟิก เป็นตัวขับเคลื่อนระยะไกลที่สำคัญที่ส่งผลต่อความแปรปรวนระหว่างปีของความแห้งแล้งและสภาพอากาศร้อนจัด รวมทั้ง CHDEs ในประเทศไทยในช่วงเวลา 53 ปีที่ผ่านมา แบบจำลองสภาพภูมิอากาศของ CMIP5 และ CMIP6 จำลองการเปลี่ยนแปลงของ CHDEs ค่อนข้างแตกต่างกันระหว่างช่วงปัจจุบันและช่วงอนาคตอันใกล้ และระหว่างภาพฉาย แบบจำลอง EC-Earth ของ CMIP5 จำลองการเพิ่มขึ้นของ CHDEs ทั้งช่วงปัจจุบันและช่วงอนาคตอันใกล้ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย ส่วนแบบจำลอง MPI-ESM1-2-HR ของ CMIP6 จำลอง CHDEs เพิ่มขึ้นในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยทั้งสองภาพฉาย สำหรับ CCPEs พบเกิดขึ้นน้อยทั้งจากข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศและข้อมูลสถานีตรวจวัด และไม่พบการเปลี่ยนแปลงในช่วงปัจจุบันและในอนาคตอันใกล้อย่างมีนัยสำคัญ

ผลการวิเคราะห์พื้นที่วิเคราะห์โดยการพิจารณาจากความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของ EOF โหมดที่ 1 สำหรับค่าเฉลี่ย (Ensemble) ของข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศของ CMIP5 ทั้งสามแบบจำลองในช่วงปัจจุบัน (ค.ศ.2006-2024) ภายใต้ภาพฉาย RCP4.5 และ RCP8.5 พบว่า พื้นที่ภาคกลางตอนบนและพื้นที่จังหวัดบึงกาฬ และพื้นที่ภาคกลางในกลุ่มเจ้าพระยา มีความแปรปรวนเชิงพื้นที่สูง สำหรับ CHPEs และ CHDEs ซึ่งอาจพิจารณาคัดเลือกเป็นพื้นที่นวัตกรรมนำร่องในการศึกษาความเสี่ยงจากเหตุการณ์สุดขีดแบบผสมด้วยกรอบแนวคิดของ IPCC ในระยะที่สองได้ ทั้งนี้ พื้นที่วิกฤติดังกล่าว แสดง Hotspot ในแง่ของ Compound extreme hazard ภายใต้



Ramkhamhaeng University  
Center of Regional Climate Change  
and Renewable Energy

SEEN  
School of Energy and Environment  
University of Phayao



กรอบแนวคิดความเสี่ยงของ IPCC เท่านั้น การประเมินความเสี่ยงในรายละเอียดของพื้นที่วิกฤติ จำเป็นต้องรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ที่เกี่ยวกับความเปราะบาง (Vulnerability) และการเผชิญภัย (Exposure) เพิ่มเติม

ผลการศึกษานี้ นับเป็นข้อมูลทางวิชาการครั้งแรกของประเทศไทยที่ช่วยสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่มีประโยชน์ ต่อการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์สุดขีดของสภาพภูมิอากาศแบบผสมสองเหตุการณ์ การประเมินความเสี่ยงของภัยอันตรายจากสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากหลายเหตุการณ์ ตลอดจนแนวทางการจัดการ ความเสี่ยงจากเหตุการณ์สุดขีดของสภาพอากาศแบบผสมในรูปแบบต่าง ๆ ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงชุมชน ที่มีความเปราะบางสูงต่อเหตุการณ์สุดขีดของสภาพภูมิอากาศรูปแบบต่าง ๆ ทั้งนี้ ประเทศไทยควรให้ความสำคัญ ต่อประเด็นนี้ และควรขยายผลและต่อยอดงานวิจัยและนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในภาพกว้าง ผ่านภารกิจของ กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม

**คำสำคัญ:** การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, เหตุการณ์สุดขีดของสภาพอากาศแบบผสม, การจัดการความเสี่ยง, แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง



Ramkhamhaeng University  
Center of Regional Climate Change  
and Renewable Energy

SEEN  
School of Energy and Environment  
University of Phayao



## Abstract

This study analyzed trends in compound climate extremes in Thailand during 1970-2050, based on high-quality station observed data from the Thailand Meteorological Department and the grid data from Coupled Model Intercomparison Project Phase5 (CMIP5) (EC-Earth, HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR) and CMIP6 (EC-Earth3, MPI-ESM-MR) simulated under the scenarios of Representative Concentration Pathway (RCP4.5/RCP8.5) and Shared Socioeconomic Pathway (SSP245/SSP585), respectively. The CMIP5 climate models were dynamically downscaled to a spatial resolution of 25 km x 25 km, while the CMIP6 climate models CMIP6 were statistically downscaled to a spatial resolution of 5 km x 5 km. The compound climate extreme events analyzed in this study include Compound Heat-Precipitation Events (heavy precipitation events preceded by hot weather within three days; CHPEs), Compound Heat-Drought Events (hot weather occurring simultaneously with a more severe drought event; CHDEs) and Compound Cold-Heavy Precipitation Events (cold weather occurring at the same day as heavy precipitation event; CCPEs).

Analysis shows that CHPEs is observed in every region of Thailand and mostly occur between March and July, which is a period when there is a chance of heavy precipitation events following the hot weather in the year. During 1970-2022, CHPEs were tendency for significant increases over a wide area in the central, eastern, northeastern, and northern regions. When considering Thailand as a whole, CHPEs had a statistically significant increasing trend at an average rate of 0.26 events per decade. Correlation analysis demonstrates that CHPEs in Thailand over the past 53 years had a highly statistically significant relationship with the global mean temperature. That is, changes in the global mean temperature can explain more than 70% of the total variance of CHPEs in Thailand. In addition, CHPEs correlated with the indices representing the atmospheric and ocean circulation modes in the Pacific. These results indicate that changes in the atmospheric and ocean circulations especially those associated with the ENSO phenomenon are also an important remote driver influencing the interannual variability of CHPEs in Thailand. The CMIP5 and CMIP6 climate models consistently simulated CHPEs in the near future



Ramkhamhaeng University  
Center of Regional Climate Change  
and Renewable Energy



School of Energy and Environment  
University of Phayao



(2025-2050) which CHPEs in most of Thailand will increase but the magnitudes of change are different between CMIP5 and CMIP6. The CMIP5 climate model shows an increase in CHPEs in the northeastern, northern and central regions both two RCP scenarios, while the CMIP6 climate model simulated an increase in CHPEs over most of Thailand covering all regions under two SSP scenarios.

As the overall picture of Thailand, the results from analysis show low proportion of CHDEs occurrence during 1970-2002, with CHDEs occurring most frequently in the central region. Meanwhile, the number of more severe drought events ( $SPI_{d10} < -1.5$ ) during 1970-2022 had a similar range (2.6% to 3.3%) in each region. CHDEs and more severe drought events exhibited the highest proportion of annual occurrences in May-August and June-September, respectively. These results are quite inconsistent with reality even though there may be dry spell occurring in some years. The annual number of CHDEs and more severe drought events during 1970–2022 showed both increases and decreases, with no clear linear trend patterns but notable short-term variability. In the overall picture of Thailand, no statistically significant linear trends were found in the annual number of more severe drought events and CHDEs. The results from the correlation analysis reveal that CHDEs in Thailand had a statistically significant relationship with the indices related to the ENSO phenomenon. This study shows that the ENSO phenomenon and changes in atmospheric and ocean circulations in the Pacific are an important factor in the change of the number of CHDEs in Thailand over the past 53 years. The CMIP5 and CMIP6 climate models simulated changes in CHDEs quite differently between the present and the near future periods and between RCP and SSP scenarios. The CMIP5's EC-Earth model simulated an increase in CHDEs in the present and in the near future over most of Thailand. The CMIP6's MPI-ESM1-2-HR model simulated an increase in CHDEs over most of Thailand both SSP scenarios. For CCPEs, both observed data and climate model data detected rare occurrence, and no significant changes were projected in the present or in the near future.

Hotspot analysis considering from spatial patterns of the leading mode of EOF for the ensemble means of the three CMIP5 climate models in the present period (2006-2024) under the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios show that the areas in the upper part of the central region and the



Ramkhamhaeng University  
Center of Regional Climate Change  
and Renewable Energy



School of Energy and Environment  
University of Phayao



areas of Bueng Kan province as well as the central region in the Chao Phraya Basin exhibited high spatial variability for CHPEs and CHDEs. These areas can be considered as sandboxes in the second phase to study risk of compound climate events using Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) framework. It should be noted that these critical areas characterize the hotspots only in terms of the compound extreme hazard element of the IPCC's risk framework. Therefore, detailed risk assessment in these hotspot areas needs to collect and analyze a number of local data representing vulnerability and exposure.

The results from this study on current and future changes in compound climate extremes under ongoing climate change including teleconnection with the atmospheric and ocean circulation modes are the first scientific information presented in Thailand and useful in generating new knowledge that is needed for assessing and better understanding the risks from multi-event climate hazards and approaches to managing from compound climate extreme events of various related agencies including communities especially those vulnerable to multi-extreme climate hazards. In this regard, Thailand should play more attention on this issue via continuing and expanding the present study and its results should be used widely through the missions of the Department of Climate Change and Environment.

**Keyword:** Climate change, Compound climate extreme, Risk management, Trends