

**Rainfall extremes on the rise: Observations during 1951–2020 and bias-corrected CMIP6 projections for near- and late 21st century over Indian landmass.**

Upal Saha, and M. Sateesh

**वर्षा की चरम सीमा बढ़ रही है: 1951-2020 के दौरान अवलोकन और भारतीय भूभाग पर 21वीं सदी के निकट और अंत के लिए पूर्वाग्रह-सुधारित सीएमआईपी6 अनुमान।**

उपल साहा, और एम.सतीश

**सार:**

इस अध्ययन में, हम वार्षिक के तहत मानसून के महीनों (जून से सितंबर) के पिछले सात दशकों (1951 से 2020) के दौरान उभरे भारी, बहुत भारी और अत्यधिक भारी वर्षा के स्थानिक पैटर्न और उनके रुझानों की पहचान और मात्रा निर्धारित करने के लिए एक व्यापक विश्लेषण प्रदान करते हैं। परिदृश्य के साथ-साथ निकट-(2036-2060) और 21वीं सदी के अंत (2075-2099) के दौरान इन अत्यधिक वर्षा की गणना का अनुमान लगाना। ऐतिहासिक अवधि (1990-2014) पूर्वाग्रह-सुधारित युग्मित मॉडल इंटरकंपेरिसन प्रोजेक्ट-6 (सीएमआईपी6) मल्टी-मॉडल एसेम्बल पद्धति का उपयोग करते हुए। दैनिक अधिकतम वर्षा की घटनाओं के आधार पर, मध्य भारत, उत्तर-पूर्व भारत, पश्चिमी घाट और पूर्वी घाट भारतीय भूभाग पर अत्यधिक वर्षा वाले क्षेत्रों के लिए अतिसंवेदनशील पाए जाते हैं। 1951-2020 के दौरान प्रवृत्ति वितरण से पता चलता है कि उड़ीसा, छत्तीसगढ़ और मध्य प्रदेश के कुछ हिस्सों में भारी वर्षा की घटनाओं में 42-63 की वृद्धि हुई है और उत्तर प्रदेश, केरल और उत्तर-पूर्व भारत के पहाड़ी क्षेत्रों में गिरावट आई है। हमारा अध्ययन उपमहाद्वीप में गतिशीलता और स्थानीय स्तर के थर्मोडायनामिक्स दोनों के संदर्भ में मानसून वर्षा की चरम सीमा में वृद्धि के कारण सिद्धांत का सुझाव देता है। इसके अलावा, सीएमआईपी6 से 20 जनरल सर्कुलेशन मॉडल (जीसीएम) के आउटपुट का उपयोग करके तीन परिदृश्यों (एसएसपी1-2.6, एसएसपी2-4.5, एसएसपी5-8.5) के लिए ऐतिहासिक और अनुमानित जलवायु के लिए अनुभवजन्य क्वांटाइल मैपिंग (ईक्यूएम) का उपयोग करके पूर्वाग्रह-सुधारित डेटासेट विकसित किया गया है। इसलिए, पूर्वाग्रह-सुधारित अनुमानों से पता चलता है कि भारी वर्षा की चरम सीमा में वृद्धि के लिए अतिसंवेदनशील स्थान भारत के पश्चिमी तटों (पश्चिमी घाट) में मुंबई, पुणे, पणजी, उत्तर-पूर्व भारत में ईटानगर और शिलांग, रायपुर और भोपाल हैं। 21वीं सदी के निकट और उत्तरार्ध में मध्य भारत में सभी परिदृश्यों में जलवायु गर्म हो रही है। इस प्रकार, सीएमआईपी6-जीसीएम से पूर्वाग्रह-सुधारित अनुमानों का उपयोग बदलते वायुमंडलीय परिसंचरण गतिशीलता और ग्रीनहाउस गैसों से प्रेरित वार्षिक के तहत भारतीय क्षेत्र में हाइड्रोक्लाइमेट प्रभाव मूल्यांकन के लिए किया जा सकता है।

**Abstract:**

In this study, we provide a comprehensive analysis to identify and quantify spatial patterns of heavy, very heavy and extremely heavy rainfall and their trends that have emerged during the last seven decades (1951 to 2020) of monsoon months (June to September) under warming scenario as well as to project these extreme rainfall counts during the near- (2036–2060) and late-21st century (2075–2099) w.r.t. historical period (1990–2014) using bias-corrected Coupled Model Intercomparison Project-6 (CMIP6) multi-model ensemble method. On the basis of daily maximum rainfall occurrences, the Central India, North-East India, Western Ghats and Eastern Ghats are found to be susceptible to extreme rainfall zones over the Indian landmass. The trend distribution during 1951–2020 suggests an increase of 42–63 heavy rainfall events over Orissa, Chattisgarh and parts of Madhya Pradesh and a declination over Uttar Pradesh, Kerala and hilly regions of North-East India. Our study suggests the causal theory for the rise of monsoon rainfall extremes in terms of both dynamics and local-scale thermodynamics over the sub-continent. Moreover, the bias-corrected dataset is developed using Empirical Quantile Mapping (EQM) for historic and projected climate for the three scenarios (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5) using output from 20 General Circulation Models (GCMs) from CMIP6. Hence, the bias-corrected projections suggest that most susceptible places for increasing heavy rainfall extremes likely to be Mumbai, Pune, Panaji in the Western coasts

of India (Western Ghats), Itanagar and Shillong in the North-East India, Raipur and Bhopal in the Central India in near- and late-21st century under all scenarios in a warming climate. Thus, the bias-corrected projections from CMIP6-GCMs can be used for hydroclimate impact assessment in Indian region under the changing atmospheric circulation dynamics and warming induced by greenhouse gases.

**Keywords:** Monsoon rainfall extremes, Long-term trend, Low pressure systems, Moist static stability, Bias correction, CMIP6 projections.