



# भारत के झारखंड राज्य में जलवायु : चरम स्थितियों और इसकी दीर्घकालिक स्थानिक परिवर्तनशीलता का आकलन

लेखिका: अंजना केरकेट्टा

सहायक प्राध्यापक, भूगोल विभाग,

मॉडल डिग्री कॉलेज, बानो, सिमडेगा

रांची विश्वविद्यालय, रांची

## सारणी

यह अध्ययन 1984 से 2014 के दौरान झारखंड राज्य में स्थानिक जलवायु परिवर्तनशीलता और जलवायु चरम सीमाओं की जांच करता है। झारखंड में 71 स्थानों के लिए जलवायु चरम सीमाओं और जलवायु मापदंडों जैसे अधिकतम तापमान, न्यूनतम तापमान, वर्षा और सौर विकिरण के दीर्घकालिक उतार-चढ़ाव का मूल्यांकन कम से कम वर्ग सांख्यिकीय पद्धति का उपयोग करके किया गया और भौगोलिक सूचना प्रणाली में स्थानिक रूप से प्रक्षेपित किया गया। प्रवृत्ति मानचित्रों और जलवायु सूचकांक मानचित्रों के स्थानिक विश्लेषण से पता चलता है कि गर्मी के दिनों की संख्या में वृद्धि, अधिकतम तापमान और सौर विकिरण की प्रवृत्ति में वृद्धि, वर्षा में कमी और इस प्रकार मानसून के मौसम के दौरान लगातार शुष्क दिनों की अवधि में वृद्धि हुई है। जलवायु चरम सीमाओं का नकारात्मक प्रभाव रोपाई/वनस्पति चरण में देरी और फसल उत्पादन में कमी के रूप में देखा गया, जबकि 2004 के दौरान 29, 2005 के दौरान 41 और 2010 के दौरान 100 मामलों के साथ गर्मी की लहरों की आवृत्ति में वृद्धि देखी गई। इस अध्ययन के निष्कर्षों से पता चला है कि 1984 से 2014 के दौरान औसत अधिकतम तापमान 1-1.5 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि के साथ 0.82-0.14 डिग्री सेल्सियस की कमी के साथ उतार-चढ़ाव करता रहा है, जबकि औसत न्यूनतम तापमान 0.79-0.39 डिग्री सेल्सियस की कमी के साथ 0.59-0.41 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि के साथ उतार-चढ़ाव करता रहा है। वर्षा 26-270 मिमी की कमी के साथ 19-440 मिमी की वृद्धि के साथ उतार-चढ़ाव करती है। गर्मियों के दिनों की सबसे अधिक औसत संख्या सिमडेगा में 340-348 दिनों के साथ देखी जाती है, जबकि पूरे झारखंड में लगातार औसत शुष्क दिनों की प्रवृत्ति बढ़ रही है, खासकर पलामू, गढ़वा और लातेहार जिलों में, जहाँ मानसून के दौरान 3.8-4.2 दिन सूखा रहता है।

## 1. परिचय

जलवायु परिवर्तनशीलता दुनिया भर में होने वाली प्रमुख घटनाओं में से एक है, जिसने वर्षा, वायु तापमान, सापेक्ष आर्द्रता और सौर विकिरण (हैस्केट एट अल., 2000; बेट्स एट अल., 2008; यू एट अल., 2013) जैसे जलवायु चरम में बड़े बदलाव किए हैं। इन परिवर्तनों के कारण, लगातार गर्मी की प्रवृत्ति बनी हुई है, जो सूखे, बाढ़ और गर्मी की लहरों जैसी चरम जलवायु घटनाओं की बढ़ती घटनाओं से स्पष्ट रूप से परिलक्षित होती है (मीहल एट अल., 2007)। दुनिया भर में प्राकृतिक आपदाएँ औसत जलवायु में बदलाव के बजाय चरम घटनाओं का परिणाम हैं (प्लमर एट अल., 1999)। जलवायु परिवर्तन पर अंतर-सरकारी पैनल (आईपीसीसी, 2013) की पांचवीं रिपोर्ट के अनुसार, 1950 के बाद से दुनिया भर में भूमि पर औसत अधिकतम और न्यूनतम तापमान में प्रति दशक 0.1 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि हुई है, जिसमें भारत भी शामिल है, जिससे कृषि, पानी की मांग और ग्लेशियरों का तेजी से पिघलना प्रभावित हुआ है। रिपोर्ट में यह भी कहा गया है कि पिछले कुछ वर्षों में भारत और दक्षिण-पूर्वी एशिया में मानसून की विफलता और सूखे की अवधि में वृद्धि हुई है, जिसके कारण लंबे समय तक और तीव्र सूखा पड़ा है, जो होलोसीन पेलियोक्लाइमेट की एक आवर्ती विशेषता है, साथ ही, भारी वर्षा की घटनाओं की आवृत्ति बढ़ रही है जबकि हल्की बारिश की घटनाएं घट रही हैं। जलवायु परिवर्तनशीलता के कारण वाष्पीकरण दर में वृद्धि हुई है, मिट्टी की नमी में कमी आई है, और लंबे समय तक सूखे की

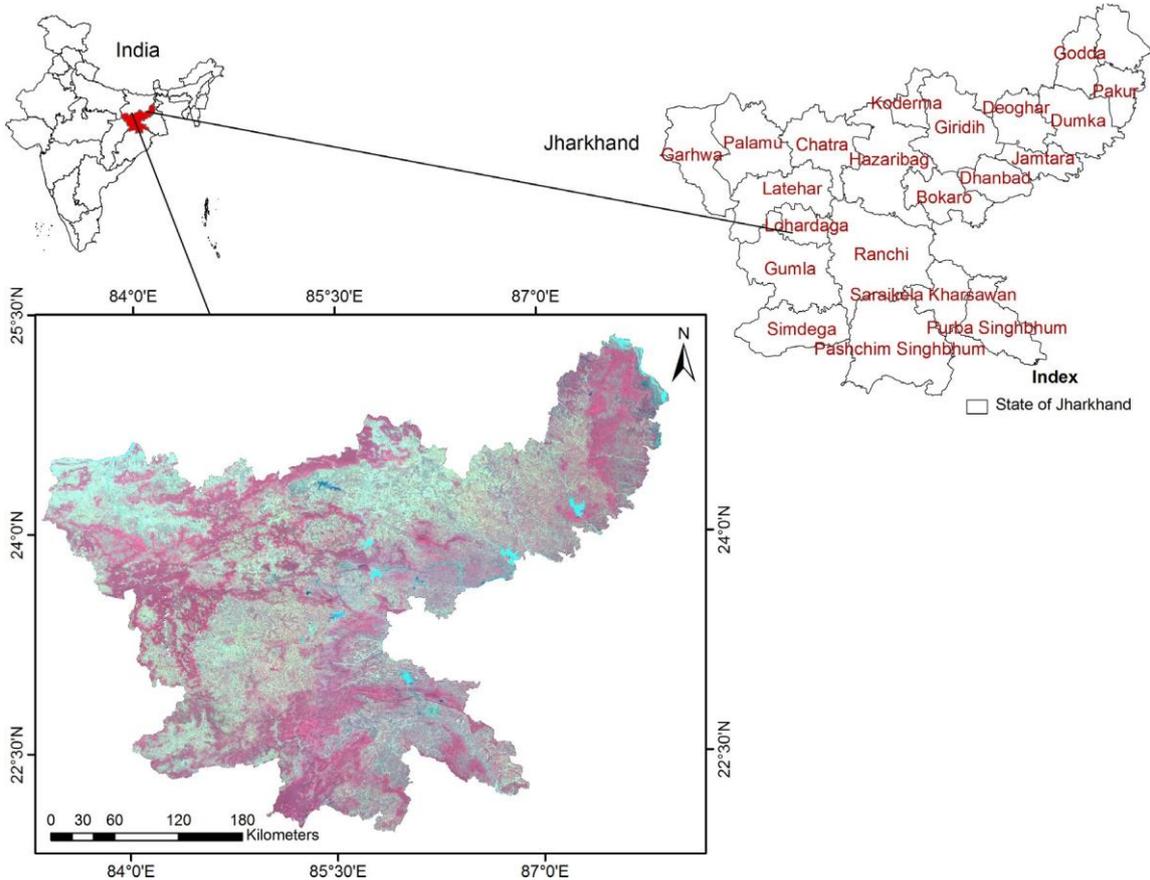
अवधि के साथ सामाजिक-आर्थिक परिणाम और चरम घटनाओं की संख्या में वृद्धि हुई है (इज़राइल एट अल., 1997; क्रूज़ एट अल., 2007; रामोस एट अल., 2012)। अधिक या कम वर्षा या इसके स्थानिक और मौसमी वितरण में परिवर्तन अपवाह, मिट्टी की नमी और भूजल भंडार के स्थानिक और लौकिक वितरण को प्रभावित करता है, और इस प्रकार सूखे और बाढ़ की आवृत्ति को प्रभावित करता है (कुमार एट अल., 2010; झाझरिया और सिंह, 2011)। इस संदर्भ में, वार्षिक और मौसमी वर्षा की प्रवृत्तियों और इसकी तीव्रता (पार्थसारथी एट अल., 1993; नायडू एट अल., 1999; पात्रा एट अल., 2005; गोस्वामी एट अल., 2006; रमेश और गोस्वामी, 2007; कोथावले एट अल., 2010), भारत के विभिन्न क्षेत्रों में बारिश के दिनों की संख्या और तापमान की प्रवृत्ति (फ़ेदास एट अल., 2004; अरोड़ा एट अल., 2005; सेन राँय और बैलिंग, 2005; एंड्रिगेटी एट अल., 2009; पाल और अल-तब्बा, 2010) पर जलवायु परिवर्तनशीलता के प्रभाव को निर्धारित करने के लिए कई अध्ययन किए गए हैं। पंत और कुमार (1974) ने 1881 से 1997 तक के मौसमी और वार्षिक वायु तापमान का विश्लेषण किया और औसत वार्षिक तापमान में प्रति 100 वर्ष 0.57 डिग्री सेल्सियस की दर से वृद्धि का रुझान देखा। रूपकुमार एट अल. (1994) ने बताया कि भारत का देशव्यापी औसत अधिकतम तापमान 0.6 डिग्री सेल्सियस बढ़ा है, और औसत न्यूनतम तापमान में 0.1 डिग्री सेल्सियस की कमी आई है। रूपकुमार एट अल. (1992) ने देखा कि उत्तर-पूर्वी प्रायद्वीप, उत्तर-पूर्व भारत और उत्तर-पश्चिम प्रायद्वीप के क्षेत्रों में ग्रीष्मकालीन मानसून वर्षा में कमी का रुझान देखा गया, जबकि कोठियारी और सिंह (1996) ने पाया कि भारत के गंगा बेसिन में वर्षा में कमी का रुझान है और तापमान में वृद्धि का रुझान है।

जलवायु चरम सीमाओं में होने वाले बदलावों ने दुनिया भर के शोधकर्ताओं का ध्यान आकर्षित किया है क्योंकि इनका मानव समाज, आर्थिक विकास, प्राकृतिक पारिस्थितिकी तंत्र और पर्यावरण पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है (विसेंट और मेकिस, 2006; टोरमा एट अल., 2011; जी-यून एट अल., 2012)। जलवायु परिवर्तनशीलता और चरम सीमाओं के लिए सूचकांकों का उपयोग लंबे समय से किया जा रहा है, तापमान या वर्षा के अवलोकन के साथ दिनों का आकलन करके, जो स्थानीय परिस्थितियों के बारे में जानकारी प्रदान करते हैं, जो सापेक्ष सीमाओं पर आधारित होते हैं जो अध्ययन क्षेत्र में अच्छी तरह से वितरित मौसम विज्ञान स्टेशनों के माध्यम से मौसम संबंधी मापदंडों के वितरण की जांच करके विशेषताओं का वर्णन करते हैं (मोबर्ग और जोन्स, 2005; झांग एट अल., 2011; दत्ता एट अल., 2015)। जलवायु परिवर्तन के सभी संकेतकों में से, तापमान और वर्षा या उनकी व्युत्पन्न मात्राओं के संकेतकों का व्यापक रूप से चरम मौसम संबंधी और जल विज्ञान संबंधी जलवायु घटनाओं (बाढ़ और सूखा) की निगरानी और मात्रा निर्धारित करने में उपयोग किया जाता है (वांग एट अल., 2011)। फ्रिच एट अल. (2002) जैसे शोधकर्ताओं ने पाया कि गर्मियों की रातें गर्म हो रही हैं, पाले वाले दिनों की संख्या में कमी आ रही है और वार्षिक चरम तापमान में कमी आ रही है, जबकि चरम वर्षा ने वैश्विक स्तर पर बदलाव के अधिक मिश्रित पैटर्न दिखाए और गीले मौसम और भारी वर्षा की घटनाओं की संख्या से प्राप्त मात्रा में महत्वपूर्ण वृद्धि देखी गई। रुझानों का विश्लेषण करने के लिए जलवायु विज्ञान में सांख्यिकी के अनुप्रयोगों में, पैरामीट्रिक और गैर-पैरामीट्रिक दोनों तरीकों का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है (रेघुनाथ एट अल., 2005; सरकार और अली, 2009; शमसुदुहा एट अल., 2009)। पैरामीट्रिक प्रवृत्ति परीक्षण गैर-पैरामीट्रिक परीक्षणों की तुलना में अधिक शक्तिशाली माने जाते हैं (मोबर्ग और जोन्स, 2005; हामेद और राव, 1998)। न्यूनतम वर्ग योग (SLS) विधि सरल रेखीय प्रतिगमन विधि पर आधारित है और इसका उपयोग लगभग हर क्षेत्र में प्रवृत्ति की गणना करने के लिए किया जाता है (गुप्ता और गुप्ता, 2008), जैसे कि व्यापार पूर्वानुमान, अर्थशास्त्र, इंजीनियरिंग, भौतिकी, भूजल स्तर में उतार-चढ़ाव, जलवायु संबंधी अनुप्रयोग आदि (कोर्कमाज़, 1988; पाल और अल-तब्बा, 2011; तिर्की एट अल., 2012)। SLS विधि एक रेखीय प्रवृत्ति की जांच करती है और समय श्रृंखला विश्लेषण के लिए उपयुक्त है और इसलिए इसे वर्तमान अध्ययन में झारखंड, भारत की जलवायु परिवर्तनशीलता (अर्थात् अधिकतम तापमान, न्यूनतम तापमान, वर्षा और सौर विकिरण) का विश्लेषण करने और यह निर्धारित करने के लिए लागू किया गया है कि झारखंड में जलवायु में समय के साथ सामान्य वृद्धि या कमी की प्रवृत्ति है या नहीं। वर्तमान अध्ययन में झारखंड राज्य में जलवायु परिवर्तनशीलता का विश्लेषण किया गया है क्योंकि यह वैश्विक तापमान वृद्धि परिदृश्य के समान बहाव का अनुसरण करता है जैसा कि दुनिया भर में परिलक्षित होता है। झारखंड के उत्तर-पश्चिमी क्षेत्र जैसे पलामू और गढ़वा विशेष रूप से लंबे समय से सूखे की स्थिति से पीड़ित हैं, जिसके कारण इस क्षेत्र में कई गंभीर प्रभाव पड़े हैं। इस प्रकार, समाज, कृषि और पर्यावरण पर वर्षा और तापमान के प्रभाव का विश्लेषण करने के लिए झारखंड में जलवायु प्रवृत्तियों की विस्तृत निगरानी और आकलन का मूल्यांकन करने की आवश्यकता है। वर्षा और तापमान समय श्रृंखला का विश्लेषण दीर्घकालिक प्रवृत्तियों, अस्थायी उतार-चढ़ाव और स्थानिक वितरण और वर्षा और तापमान प्रवृत्तियों के परिमाण को पहचानने में मदद करेगा और इस प्रकार आर्थिक नियोजन और निर्णय लेने के लिए एक अंतर्दृष्टि प्रदान करेगा। इसलिए, वर्तमान अध्ययन का मुख्य उद्देश्य भारत के झारखंड राज्य में स्थानिक और लौकिक

पैमाने पर तापमान (न्यूनतम और अधिकतम तापमान), वर्षा और सौर विकिरण (जून-अक्टूबर के खरीफ फसल उगाने के मौसम और दिसंबर-मार्च के दौरान रबी मौसम के दौरान) के संबंध में जलवायु में उतार-चढ़ाव और शुद्ध परिवर्तन का विश्लेषण करना है। दूसरा, इसका उद्देश्य झारखंड में तापमान और वर्षा से संबंधित दैनिक डेटा का उपयोग करके जलवायु सूचकांकों के आधार पर जलवायु चरम सीमाओं की जांच करना है।

## 2. अध्ययन क्षेत्र

यह अध्ययन पूरे झारखंड राज्य के लिए किया गया था जो 25°30' N से 22°N अक्षांश और 83°E से 88°E देशांतर के बीच स्थित है और 79,714 वर्ग किमी के क्षेत्र को कवर करता है, जहाँ राज्य का अधिकांश भाग छोटा नागपुर पठार के अंतर्गत आता है। जलवायु की दृष्टि से, राज्य का मौसम काफी हद तक भिन्न है, राज्य के उत्तर-पश्चिम और पश्चिम मध्य भाग कम वर्षा वाले गर्म होते हैं और दक्षिण-पश्चिम में अधिक वर्षा होती है। झारखंड में तीन सबसे प्रमुख मौसम गर्मी, सर्दी और बरसात के मौसम की विशेषता रखते हैं, जिसमें गर्मी का मौसम मार्च से जून तक के महीनों में होता है, जिसमें मई सबसे गर्म महीना होता है और सर्दी का मौसम नवंबर से फरवरी के महीनों में होता है और यह साल का सबसे सुखद समय होता है। मध्य जून से अक्टूबर तक दक्षिण-पश्चिम मानसून की वर्षा मुख्य रूप से राज्य की वार्षिक वर्षा के लिए जिम्मेदार है, जहाँ अधिकांश वर्षा जुलाई और अगस्त में होती है। वार्षिक वर्षा राज्य के पश्चिमी-मध्य भाग में लगभग 1000 मिमी से लेकर दक्षिण-पश्चिम में 1500 मिमी से अधिक तक होती है ([www.jharkhand.gov.in](http://www.jharkhand.gov.in))। झारखंड के कुल भौगोलिक क्षेत्र में कृषि भूमि और वन क्रमशः 49% और 30% हैं। अध्ययन क्षेत्र का स्थान मानचित्र चित्र 1 में दिखाया गया है।



चित्र 1. अध्ययन क्षेत्र का स्थान मानचित्र तथा वर्ष 2008 से संबंधित मानक मिथ्या रंगीन समग्र (FCC) में उन्नत वाइड फील्ड सेंसर (AWiFs) उपग्रह छवि।

## 3. सामग्री और विधियाँ

वर्षा, सौर विकिरण, अधिकतम तापमान और न्यूनतम तापमान के दैनिक समय श्रृंखला डेटा, 1984 से 2014 (30 वर्ष) तक राष्ट्रीय पर्यावरण पूर्वानुमान केंद्र (एनसीईपी) जलवायु पूर्वानुमान प्रणाली पुनर्विश्लेषण (सीएफएसआर) डेटासेट ([globalweather.tamu.edu](http://globalweather.tamu.edu))

से अल्पविराम से अलग किए गए मानों (.csv) फ़ाइल प्रारूप में डाउनलोड किए गए थे जो प्रमाणित डेटा स्रोत हैं (शर्मा एट अल., 2015)।

विश्व मौसम विज्ञान संगठन (डब्ल्यूएमओ) ने 1961 से 1990 की अवधि को 'आधार रेखा' के रूप में संदर्भित किया है और 1979 से 2003 की अवधि के दौरान उष्णकटिबंधीय वर्षा में एक महत्वपूर्ण बदलाव पाया जाता है (लाउ और वू, 2007)। इसलिए, कई नियोजन निर्णयों में केवल 20वीं सदी के उत्तरार्ध पर विचार किया जाता है। इसे ध्यान में रखते हुए, वर्तमान अध्ययन में 1984 से 2014 की 30 वर्ष की अवधि पर विचार किया गया है। सीएफएसआर मौसम डेटा पूरे झारखंड राज्य को कवर करते हुए अक्षांश 25°30' एन से 22° एन और देशांतर 83° ई से 88° ई के बाउंडिंग बॉक्स के लिए प्राप्त किया गया था। सीएफएसआर मौसम डेटा में झारखंड राज्य के भीतर और आसपास के 193 एनसीईपी सीएफएसआर डेटा स्थानों के लिए 30 साल की अवधि के लिए अक्षांश/देशांतर, ऊंचाई और अधिकतम तापमान, न्यूनतम तापमान, वर्षा और सौर विकिरण के दैनिक समय श्रृंखला डेटा जैसी जानकारी शामिल थी। .csv प्रारूप में स्थान डेटा को फिर आर्कजीआईएस में वास्तविक दुनिया निर्देशांक (शेपफाइल के रूप में) के रूप में पेश किया गया और एक समन्वय प्रणाली सौंपी गई। फिर शेपफाइल को झारखंड के सीमा मानचित्र द्वारा क्लिप किया गया, और 193 स्थानों में से केवल 71 एनसीईपी सीएफएसआर डेटा स्थान पूरी तरह से राज्य की सीमा के भीतर आते थे, जिन्हें फिर आगे के विश्लेषण के लिए संसाधित किया गया। चित्र 2 इस अध्ययन में विश्लेषित एनसीईपी सीएफएसआर डेटा स्थानों के स्थानिक वितरण को दर्शाता है।

### 3.1. प्रवृत्ति विश्लेषण

सभी 71 एनसीईपी सीएफएसआर डेटा स्थानों के दैनिक अधिकतम तापमान, दैनिक न्यूनतम तापमान और दैनिक सौर विकिरण डेटा को 30 वर्षों की अवलोकन अवधि के लिए माइक्रोसॉफ्ट ऑफिस एक्सेल में महीनेवार औसत किया गया, ताकि औसत मासिक अधिकतम तापमान, औसत मासिक न्यूनतम तापमान और औसत मासिक सौर विकिरण डेटा प्राप्त किया जा सके। इसी तरह, 1984 से 2014 के दौरान सभी 71 स्थानों के लिए संचयी मासिक वर्षा डेटा प्राप्त करने के लिए, 71 एनसीईपी सीएफएसआर डेटा स्थानों में से प्रत्येक के लिए दैनिक वर्षा डेटा को प्रत्येक स्थान के लिए कुल मासिक वर्षा के रूप में सारांशित किया गया था।

30 वर्ष की अवधि (1984 से 2014) के दौरान अधिकतम तापमान, न्यूनतम तापमान, वर्षा और सौर विकिरण की दीर्घकालिक प्रवृत्ति का मूल्यांकन प्रत्येक वर्ष के लिए मौसम के आधार पर किया गया, जिसमें मार्च-जून (गर्मी के मौसम के लिए) के मासिक अधिकतम तापमान और नवंबर-फरवरी (सर्दियों के मौसम के लिए) के मासिक न्यूनतम तापमान का औसत निकाला गया। चूंकि, अकेले मानसून के मौसम में 70% से अधिक बारिश होती है, इसलिए, इस अध्ययन में, प्रत्येक वर्ष के लिए मानसून के महीनों (जून-अक्टूबर) के दौरान संचयी वर्षा को जोड़ा गया, जबकि खरीफ (जुलाई-अक्टूबर) के दौरान फसल उगाने के मौसम और रबी (दिसंबर-मार्च) के दौरान फसल उगाने के मौसम के दौरान सौर विकिरण के लिए मासिक सौर विकिरण का औसत अलग-अलग निकाला गया। सभी पांच जलवायु मापदंडों (अर्थात्, खरीफ और रबी दोनों मौसमों के दौरान अधिकतम तापमान, न्यूनतम तापमान, वर्षा और सौर विकिरण) के लिए उतार-चढ़ाव की प्रवृत्ति और परिमाण (यानी वृद्धि या कमी के कारण शुद्ध परिवर्तन) का आकलन करने के लिए समय श्रृंखला प्रतिगमन विश्लेषण 1984 से 2014 तक मौसमवार पैरामीट्रिक सरल रैखिक प्रतिगमन परीक्षण का उपयोग करके किया गया था, जिसमें न्यूनतम वर्गों के सांख्यिकीय पद्धति का उपयोग किया गया था, जैसा कि सु एट अल। (2006), सुभाष एट अल। (2011), तिकी एट अल। (2012), और मॉडल एट अल। (2014) द्वारा प्रवृत्ति दिखाने, ढलान की गणना करने और जलवायु उतार-चढ़ाव की परिमाण या दर का विश्लेषण करने के लिए किया गया था। गुप्ता और गुप्ता (2008) के अनुसार न्यूनतम वर्गों की विधि लागू की जाती है और नीचे दी गई है:

$$\sum Y - Y_c = 0$$

अर्थात्  $Y$  के वास्तविक मानों और  $Y_c$  के संगणित मानों के विचलनों का योग शून्य है।

$$\sum (Y - Y_c)^2 \text{ न्यूनतम है;}$$

अर्थात् वास्तविक और संगणित मानों के विचलनों के वर्गों का योग इस रेखा से न्यूनतम है। न्यूनतम वर्ग विधि का उपयोग या तो सीधी रेखा प्रवृत्ति या परवलयिक प्रवृत्ति को फिट करने के लिए किया जा सकता है। सीधी रेखा को समीकरण

$$Y_c = a + bx$$

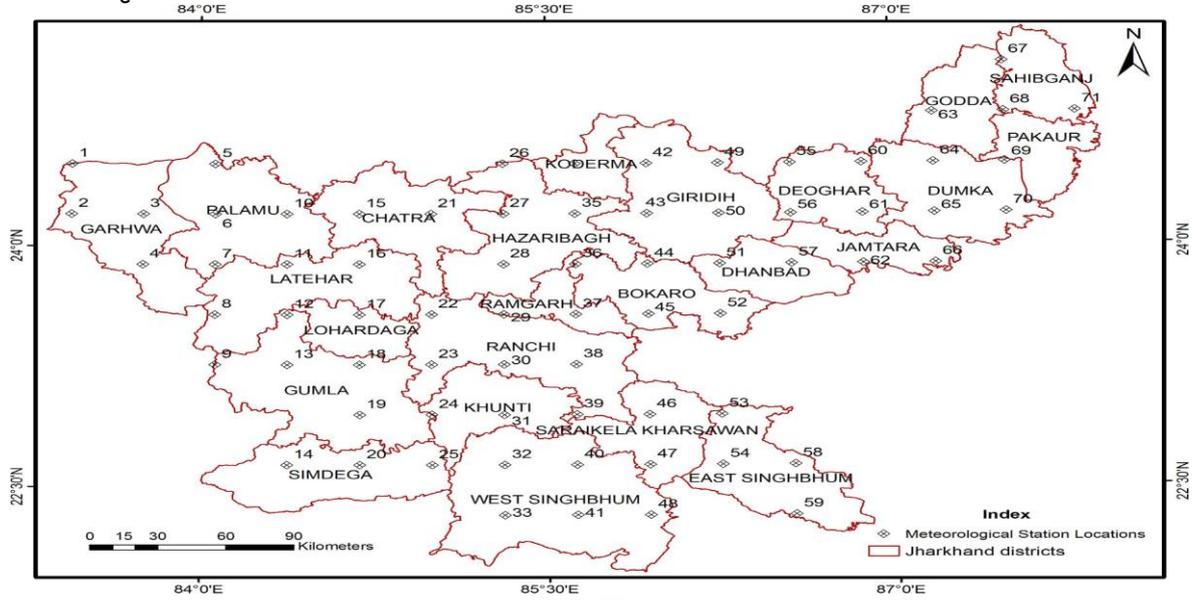
द्वारा दर्शाया जाता है, जहाँ

$$Y_c = \text{प्रवृत्ति मान,}$$

$a = Y$  अवरोधन या  $Y$  चर का मान जब  $X = 0$ ,

$b =$  रेखा का ढलान या  $Y$  चर में परिवर्तन की मात्रा जो  $X$  चर में एक इकाई के परिवर्तन से जुड़ी है।

$X =$  समय (समय श्रृंखला विश्लेषण में)



चित्र 2. झारखंड में एनसीडीपी सीएफएसआर डेटा स्थानों का स्थानिक वितरण।

स्थिरांक  $a$  और  $b$  का मान निर्धारित करने के लिए, निम्नलिखित दो समीकरणों को हल करना होगा:

$$\sum Y = Na + b \sum X \quad (2)$$

$$\sum XY = a \sum X + b \sum X^2 \quad (3)$$

जहाँ  $N =$  वर्षों की संख्या (महीने या कोई भी समय अवधि)

समय चर को उसके माध्य से विचलन के रूप में मापा जाता है।

चूँकि,  $\sum X = 0$ , समीकरण (2) और समीकरण (3) बन जाते हैं;

$$\sum Y = Na \quad (4)$$

$$\sum XY = b \sum X^2 \quad (5)$$

$a$  और  $b$  के मान इस प्रकार निर्धारित किए जा सकते हैं;

$$\sum Y = Na$$

$$A = \sum Y / N = \bar{Y} \quad (6)$$

चूँकि  $\sum XY = b \sum X^2$ ,

$$b = \frac{\sum XY}{\sum X^2} \quad (7)$$

$a = Y$  का अंकगणितीय माध्य,

$b =$  परिवर्तन की दर

यह ध्यान दिया जाना चाहिए कि विषम संख्या वाले वर्षों के मामले में जब विचलन मध्य वर्ष से लिया जाता है, तो  $\sum X$  हमेशा शून्य होना चाहिए, बशर्ते दिए गए डेटा में कोई अंतर न हो। हालाँकि, सम संख्या वाले वर्षों को लेते समय, यदि  $X$  मूल को दो मध्य वर्षों के बीच में रखा जाता है, तो  $\sum X$  हमेशा शून्य होना चाहिए। इस प्रकार, माइक्रोसॉफ्ट ऑफिस एक्सेल में मौसमी रूप से सभी पाँच जलवायु मापदंडों के 30 साल के रूझान का विश्लेषण करने के बाद, ArcGIS 9.3 में इसके संबंधित स्थान के संबंध में जलवायु मापदंडों के लिए विशेषताओं के रूप में उतार-चढ़ाव के मूल्यों को जोड़ा गया। उतार-चढ़ाव के आंकड़ों को तब ArcMap में स्थानिक विश्लेषक उपकरण की व्युत्क्रम दूरी भारित (IDW) तकनीक का उपयोग करके स्थानिक रूप से प्रक्षेपित किया गया था। झारखंड में 30 वर्षों के दौरान जलवायु परिवर्तनशीलता का अध्ययन करने के लिए वर्षा, अधिकतम तापमान, न्यूनतम तापमान और सौर विकिरण के स्थानिक रूप से प्रक्षेपित प्रवृत्ति मानचित्रों का विश्लेषण किया गया।

विश्व मौसम विज्ञान संगठन (WMO) CCL/CLIVAR जलवायु परिवर्तन पहचान, निगरानी और सूचकांकों पर विशेषज्ञ दल (ETCCDMI) ने बड़े पैमाने पर क्षेत्रीय अध्ययनों के लिए परिभाषाओं, प्रक्रियाओं और मार्गदर्शन के साथ सूचकांकों की एक व्यापक

सूची की सिफारिश की है (कार्ल एट अल., 1999; पीटरसन एट अल., 2001; झांग एट अल., 2011)। उन्होंने उन क्षेत्रों के लिए जलवायु परिवर्तन सूचकांकों की तैयारी के लिए अंतर्राष्ट्रीय कार्यशालाओं की एक श्रृंखला का समन्वय भी किया है, जिनके पास अंतरराष्ट्रीय स्तर पर उपलब्ध डेटा की कमी है: इन सूचकांकों का उपयोग अगले IPCC मूल्यांकन रिपोर्ट के लिए तैयार किए जा रहे वैश्विक विश्लेषण के लिए किया जाता है। इस प्रकार, वर्तमान अध्ययन में तापमान और वर्षा की जलवायु चरम सीमाओं का विश्लेषण करने के लिए जलवायु सूचकांकों का उपयोग किया गया है और नीचे दिए गए सूत्रों का उपयोग करके उनका मूल्यांकन किया गया है:

### 3.2. जलवायु सूचकांक विश्लेषण

#### 3.2.1. गर्मी के दिनों की संख्या

गर्मी के दिनों का सूचकांक अधिकतम तापमान 25 डिग्री सेल्सियस से अधिक वाले गर्म दिनों का अनुमान लगाता है। इस प्रकार, यह उन दिनों की वार्षिक गणना है जब TX (दैनिक अधिकतम तापमान) >25 डिग्री सेल्सियस होता है। उन दिनों की संख्या की गणना करें जहाँ:

$$TX_{ij} > 25 \text{ डिग्री सेल्सियस}$$

जहाँ TX<sub>ij</sub> वर्ष j में दिन i पर दैनिक अधिकतम तापमान ¼ है।

यह सूचकांक 1984 से 2014 तक दैनिक आधार पर सभी 71 एनसीईपी सीएफएसआर डेटा स्थानों के लिए गणना की जाती है। 25 डिग्री सेल्सियस से अधिक अधिकतम तापमान वाले दिनों की संख्या को वर्षवार और स्थानवार गिना गया और उसके बाद औसत निकाला गया ताकि 1984 से 2014 तक औसत वार्षिक एसयू सूचकांक प्राप्त किया जा सके। प्रत्येक स्थान के लिए औसत वार्षिक एसयू सूचकांक को आर्कजीआईएस 9.3 में संबंधित स्थान के शेपफाइल की विशेषता तालिका में जोड़ा गया था, जिसे तब आर्कजीआईएस के स्थानिक विश्लेषक उपकरण की आईडीडब्ल्यू तकनीक का उपयोग करके इंटरपोलेशन किया गया था। स्थानिक रूप से इंटरपोलेशन किए गए मानचित्र का उपयोग स्थानिक रूप से, गर्मियों के दिनों की बढ़ती/घटती संख्या वाले क्षेत्रों तक पहुँचने के लिए किया गया था। 1984 से 2014 तक सभी एनसीईपी सीएफएसआर डेटा स्थानों के एसयू सूचकांक को एक साथ औसत करके और फिर समय (वर्ष) के विरुद्ध प्लॉट करके झारखंड में एसयू की समग्र प्रवृत्ति का विश्लेषण करने के लिए एक ग्राफ तैयार किया गया था। 3.2.2. गीले दिनों में वार्षिक कुल वर्षा (पीआरसीपीटीओटी) यह सूचकांक जमीन की सतह को गीला करने में सक्षम वर्षा की औसत मात्रा को मापता है और केवल उन वर्षा घटनाओं पर विचार करता है जब वर्षा 1 मिमी से अधिक होती है। इस सूचकांक का अनुमान इस प्रकार लगाया जाता है:

$$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^j RR_{ij}$$

जहाँ RR<sub>ij</sub> अवधि j में किसी विशेष दिन i पर दैनिक वर्षा की मात्रा

(मानसून का मौसम यानी जून-अक्टूबर)

i = वर्षा >1 मिमी

l = अवधि j में दिनों की संख्या यानी मानसून के मौसम की कुल अवधि (153 दिन)

वर्तमान अध्ययन में, यह सूचकांक केवल उन स्थानों के लिए अनुमानित किया गया है जहाँ वर्षा की घटती प्रवृत्ति है। यह सूचकांक चयनित स्थानों पर 30 वर्ष की अवधि में मानसून के महीनों के दौरान गीले दिनों में औसत वार्षिक कुल वर्षा की मात्रा निर्धारित करेगा।

#### 3.2.3. लगातार शुष्क दिन (CDD)

CDD शुष्क अवधि की लंबाई को मापता है और यह सूखे का संकेतक है। शुष्क दिन में थोड़ी मात्रा में वर्षा की अनुमति है, लेकिन आम तौर पर इतनी कम होती है कि जमीन लंबे समय तक सूखे रहने के बाद ठीक न हो सके (मोबर्ग और जोन्स, 2005)। इसकी गणना इस प्रकार की जाती है: शुष्क अवधि की अधिकतम अवधि, लगातार दिनों की अधिकतम संख्या, जिसमें RR < 1 मिमी हो: लगातार दिनों की सबसे बड़ी संख्या तब गिनी जाती है जब: RR<sub>ij</sub> < 1 मिमी हो जहाँ RR<sub>ij</sub> = दिन i पर दैनिक वर्षा की मात्रा, अवधि j में (वर्षा <1 मिमी)

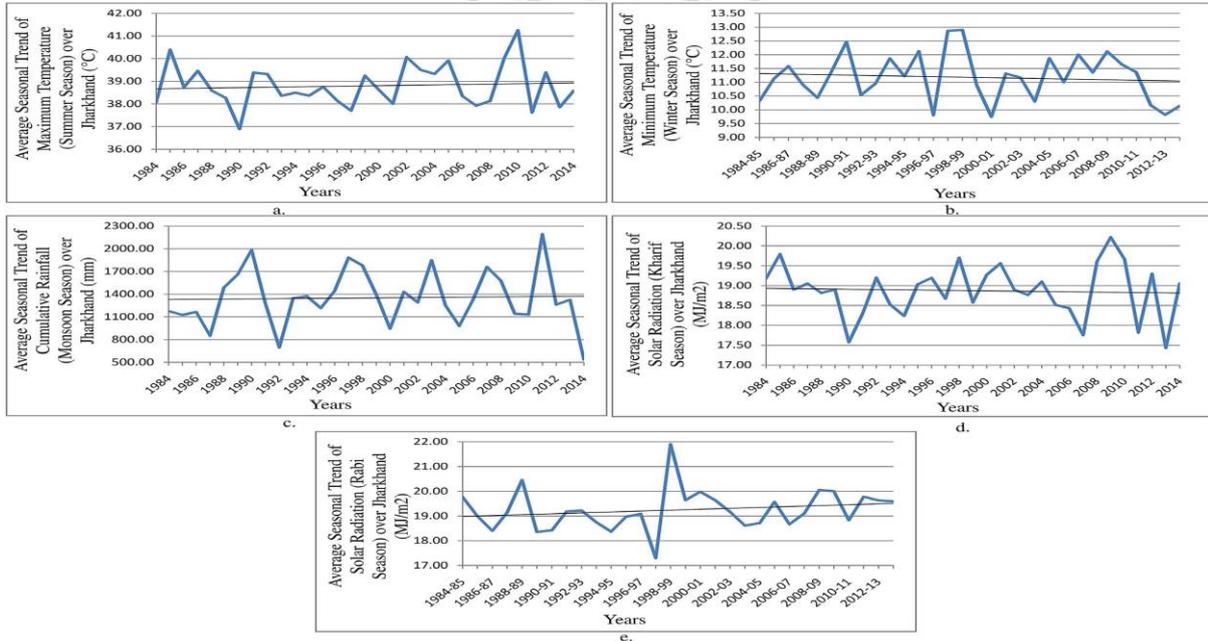
j = मानसून का मौसम (जून-अक्टूबर)

वर्तमान अध्ययन में, शुष्क दिवस सूचकांक की गणना केवल मानसून के महीनों (जून-अक्टूबर) के लिए की गई थी क्योंकि इस मौसम में अधिकतम वर्षा होती है, और इस मौसम की शुष्कता सूखे की स्थिति को उजागर करने के लिए एक अच्छा संकेतक होगी।

CDD की गणना 1984 से 2014 तक प्रत्येक वर्ष के मानसून के मौसम के लिए की गई थी। प्रत्येक स्थान के लिए लगातार सूखे दिनों की सबसे लंबी संख्या की गणना सालाना की गई और फिर औसत निकाला गया ताकि प्रत्येक स्थान पर औसत वार्षिक CDD प्राप्त किया जा सके। औसत वार्षिक CDD मानों को ArcGIS 9.3 में संबंधित स्थान की शेपफाइल में विशेषताओं के रूप में जोड़ा गया था, जिसे फिर व्युत्क्रम दूरी भारित (IDW) तकनीक का उपयोग करके ArcGIS के स्थानिक विश्लेषक उपकरण का उपयोग करके स्थानिक रूप से प्रक्षेपित किया गया था। इस प्रक्षेपित मानचित्र का उपयोग तब शुष्क क्षेत्रों और सूखे की स्थिति वाले क्षेत्रों तक पहुँचने के लिए किया गया था। झारखंड में शुष्क दिनों की समग्र प्रवृत्ति का विश्लेषण करने के लिए 1984-2014 के दौरान सभी 71 एनसीईपी सीएफएसआर डेटा स्थानों के सबसे लंबे शुष्क दिनों का औसत निकालकर और फिर समय (वर्ष) के विरुद्ध प्लॉट करके एक ग्राफ तैयार किया गया। जलवायु मापदंडों के स्थानिक वितरण और प्रवृत्तियों का अध्ययन करने के बाद, जलवायु चरम सीमाओं पर ध्यान केंद्रित करने वाले जलवायु सूचकांकों के परिणामों पर एक साथ विचार किया गया ताकि पिछले 30 वर्षों में झारखंड में जलवायु परिवर्तनशीलता के बारे में एक आम निष्कर्ष पर पहुंचा जा सके। वर्तमान अध्ययन में अपनाई गई विस्तृत कार्यप्रणाली को दर्शाने वाला फ्लोचार्ट दर्शाया गया है। 4. परिणाम और चर्चा 4.1. प्रवृत्ति विश्लेषण झारखंड राज्य में 1984 से 2014 तक सभी पांच जलवायु मापदंडों की वृद्धि या कमी की प्रवृत्ति, उतार-चढ़ाव की मात्रा और स्थानिक भिन्नता पर निष्कर्ष संबंधित आंकड़ों के रूप में प्रस्तुत किए गए हैं। जलवायु सूचकांक विश्लेषण के परिणाम भी आंकड़ों में दिखाए गए हैं। 4.1.1. अधिकतम तापमान का मौसमी रुझान

पिछले 30 वर्षों के दौरान झारखंड में ग्रीष्म ऋतु (मार्च-जून) के दौरान अधिकतम तापमान में कुल मिलाकर वृद्धि की प्रवृत्ति अत्यंत उल्लेखनीय है (चित्र 4ए)।

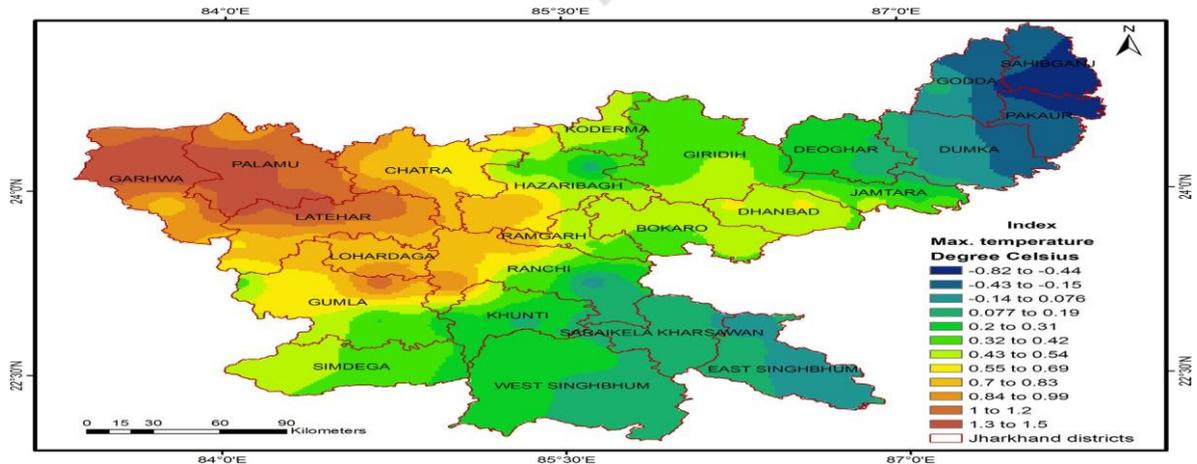
औसत अधिकतम तापमान प्रवृत्ति का स्थानिक वितरण मानचित्र, एक महत्वपूर्ण वृद्धि की प्रवृत्ति दर्शाता है और यह विशेष रूप से झारखंड के उत्तर-पश्चिमी जिलों में प्रचलित है (चित्र 5), जहां पलामू और गढ़वा जिलों में 1-1.5 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि देखी गई है और लातेहार, चतरा, लोहरदगा और हजारीबाग, रामगढ़ के कुछ हिस्सों में वृद्धि की अलग-अलग दरें (0.55-0.99 डिग्री सेल्सियस) हैं।



चित्र 4. 1984-2014 के दौरान झारखंड में समग्र औसत मौसमी रुझान (ए) ग्रीष्मकालीन मौसम के दौरान अधिकतम तापमान की औसत मौसमी प्रवृत्ति (बी) शीतकालीन मौसम के दौरान न्यूनतम तापमान की औसत मौसमी प्रवृत्ति (सी) मानसून मौसम के दौरान संचयी वर्षा की औसत मौसमी प्रवृत्ति (डी) खरीफ मौसम के दौरान सौर विकिरण की औसत मौसमी प्रवृत्ति (ई) रबी मौसम के दौरान सौर विकिरण की औसत मौसमी प्रवृत्ति।

रांची और गुमला जिले। अधिकतम तापमान में उत्तर-पश्चिमी जिलों (पलामू, गढ़वा, चतरा, लातेहार, लोहरदगा, गुमला और रांची, रामगढ़ और हजारीबाग का कुछ हिस्सा) में 0.55-1.5 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि, जबकि उत्तर-पूर्वी (साहिबगंज, पाकुड़, गोड्डा और दुमका) और दक्षिण-पूर्वी जिलों (पूर्वी सिंहभूम और सरायकेला-खरसावां) में 0.82-0.14 डिग्री सेल्सियस की कमी के साथ उतार-चढ़ाव देखा गया है। प्रवृत्ति विश्लेषण मानचित्र (चित्र 5) में नकारात्मक मूल्य कमी की भयावहता को दर्शाते हैं, जबकि सकारात्मक

मूल्य वृद्धि की भयावहता को दर्शाते हैं। विश्लेषण से यह देखा गया है कि पिछले 30 वर्षों में गर्मी का मौसम गर्म हो गया है, और राज्य के अधिकांश हिस्सों में इसकी तीव्रता कम हो गई है। उत्तरपश्चिमी भाग में 1.5 डिग्री सेल्सियस तक की उच्च वृद्धि के अलावा राज्य के उत्तरी और दक्षिण-पश्चिमी भागों में 0.2-0.54 डिग्री सेल्सियस के साथ तापमान में मध्यम वृद्धि देखी गई है, जिससे क्षेत्र में पानी की कमी हो सकती है (चित्र 5)। मध्य, दक्षिण-पश्चिमी और उत्तरी क्षेत्रों (सिमडेगा, पश्चिमी सिंहभूम, सरायकेला खरसावां, खूंटी, रांची, बोकारो, धनबाद गिरिडीह, कोडरमा, देवघर और जामताड़ा) में 0.077-0.54 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि देखी गई है। सुभाष और सिक्का (2014) और मॉडल एट अल (2014) द्वारा भारत के पूर्वी भाग में अधिकतम तापमान में वृद्धि भी देखी गई थी। जलवायु परिवर्तन पर झारखंड कार्य योजना (2014) ने झारखंड पर अधिकतम तापमान में वृद्धि के हानिकारक प्रभावों का दस्तावेजीकरण किया है। रिपोर्ट में कहा गया है कि झारखंड में 2000 से 2010 के दौरान सबसे अधिक गर्मी की लहरें आईं, जिसका मुख्य रूप से सामना करने की क्षमता की कमी के कारण गरीब लोग प्रभावित हुए। रिपोर्ट में यह भी बताया गया है कि गर्मी के मौसम (मार्च-जून) के दौरान, वर्ष 2004 में गर्मी की लहरों के 29 मामले, 2005 में 41 और 2010 में 100 मामले आए (झारखंड आपदा प्रबंधन योजना, 2011)। जलवायु परिवर्तनशीलता का सबसे उल्लेखनीय प्रभाव झारखंड में अधिकतम तापमान में वृद्धि की प्रवृत्ति है (चित्र 5), जिसने अधिकतम तापमान में प्रत्येक 1 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि के साथ चावल के उत्पादन में 10.2 क्विंटल/हेक्टेयर की कमी की है, जबकि दाना भरने के चरणों में न्यूनतम तापमान में कमी की प्रवृत्ति न्यूनतम तापमान में प्रत्येक 1 डिग्री सेल्सियस की कमी के साथ चावल की उपज में 2.7 क्विंटल/हेक्टेयर की कमी करती है (जलवायु परिवर्तन पर झारखंड कार्य योजना, 2014)। वनस्पति अवस्था के दौरान उच्च अधिकतम तापमान भूरे धब्बे रोग का कारण बनता है जबकि फूल अवस्था में अधिक वर्षा चावल के दाने को भुरभुरा बना देती है। इस प्रकार, 10-15 क्विंटल/हेक्टेयर की उपज में कमी दर्ज की गई है (जलवायु परिवर्तन पर झारखंड कार्य योजना, 2014)। गेहूं और अन्य रबी फसलों के फूल आने के चरण के दौरान बढ़ते अधिकतम तापमान ने कई बार पराग/फूल बाँझपन का कारण बना है, जिससे रबी फसलों की उपज में काफी कमी आई है। रोग/कीटों की नई किस्में सामने आई हैं- अरहर में ब्रिस्टल बीटल, खरीफ मक्का में शीथ ब्लाइट और रस्ट, मसूर में पाउडरी फफूंदी, रेपसीड-सरसों में अल्टरनेरिया ब्लाइट, चावल में स्वॉर्मिंग कैटरपिलर, चावल में रूट नॉट नेमाटोड भी जलवायु चरम सीमाओं और इसके उतार-चढ़ाव के कारण देखे गए हैं (जलवायु परिवर्तन पर झारखंड कार्य योजना, 2014)। वदूद और कुमारी (2009) उनके अध्ययन ने बताया कि सामान्य से कम वर्षा वाले वर्ष, इसके अनियमित वितरण और लंबे समय तक सूखे के दौर तापमान वृद्धि के सबसे बुरे शिकार हैं। पूर्वोत्तर जिलों (दुमका, पाकुड़, गोड्डा, साहिबगंज) और दक्षिणपूर्वी जिलों (पूर्वी सिंहभूम और सरायकेला खरसावां का कुछ हिस्सा) में महत्वपूर्ण कमी की प्रवृत्ति देखी गई है। कमी की मात्रा 0.14-0.82 डिग्री सेल्सियस के बीच पाई गई। प्रवृत्तियों में उतार-चढ़ाव अलग-अलग स्थलाकृति और अलग-अलग एनसीईपी सीएफएसआर डेटा स्थानों पर अलग-अलग थर्मोडायनामिक और ऑरोग्राफिक फोर्सिंग के कारण हो सकता है।



चित्र 5. झारखंड में 1984-2014 के दौरान मौसमी अधिकतम तापमान प्रवृत्ति का स्थानिक वितरण मानचित्र।

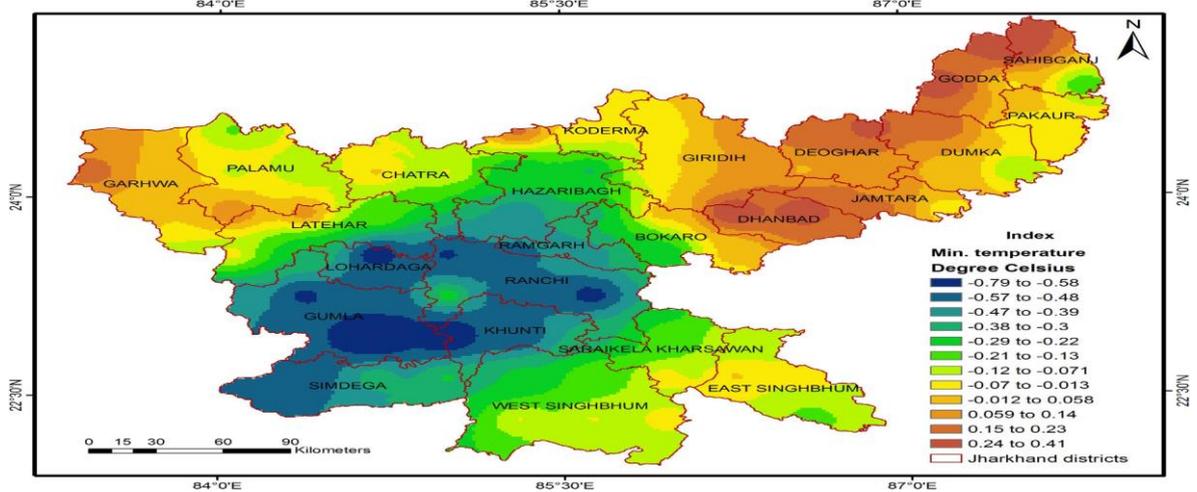
कृषि गतिविधियों में वृद्धि, वन क्षरण, वनों की कटाई और शहरी क्षेत्रों के तेजी से विस्तार के माध्यम से विविध भूमि उपयोग परिवर्तन से तापमान में पर्याप्त परिवर्तनशीलता होती है (रीबसमे एट अल., 1994; झोउ एट अल., 2004; हू एट अल., 2010; रावत और कुमार, 2015) और यह झारखंड के विभिन्न हिस्सों में वृद्धि या कमी के विभिन्न परिमाणों के पीछे कारण हो सकता है। इस अध्ययन के निष्कर्षों से अधिकतम तापमान की बढ़ती प्रवृत्ति के कारण गंभीर रूप से प्रभावित क्षेत्रों तक स्थानिक रूप से पहुंचने में मदद मिलेगी और सरकारी कर्मियों को तुरंत राहत प्रदान करने में मदद मिलेगी। आगे की बढ़ती प्रवृत्ति गर्म जलवायु के

तहत कृषि उत्पादकता को गंभीर रूप से प्रभावित कर सकती है, क्योंकि शुष्क और अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में उच्च तापमान के कारण मिट्टी की नमी में गिरावट के कारण गंभीर जल तनाव का अनुभव हो सकता है।

#### 4.1.2. न्यूनतम तापमान का मौसमी रुझान

झारखंड राज्य में सर्दियों (नवंबर-दिसंबर) के दौरान कुल औसत न्यूनतम तापमान में पिछले 30 वर्षों में कमी देखी गई है (चित्र 4बी)।

झारखंड राज्य में सर्दियों के मौसम (नवंबर-फरवरी) के लिए किए गए न्यूनतम तापमान के रुझान विश्लेषण के परिणाम से पता चलता है कि मध्य क्षेत्रों में, विशेष रूप से, रांची, रामगढ़, खूंटी, लोहरदगा, गुमला और झारखंड के हजारीबाग और सिमडेगा जिलों के कुछ हिस्सों में 0.39-0.79 डिग्री सेल्सियस की कमी के साथ ठंड बढ़ रही है। न्यूनतम तापमान में कुल वृद्धि या कमी राज्य के मध्य और दक्षिण-पश्चिमी क्षेत्रों में 0.79-0.39 डिग्री सेल्सियस की कमी से लेकर पूर्वोत्तर जिलों (साहिबगंज, गोड्डा, दुमका, देवघर, जामताड़ा, धनबाद और गिरिडीह) में 0.59-0.41 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि के साथ उतार-चढ़ाव करती है (चित्र 6)। अध्ययन में यह भी बताया गया है कि शीत ऋतु की अवधि में कमी आई है, तथा न्यूनतम तापमान में कमी आई है। मध्य क्षेत्रों में शीत ऋतु में ठंड की तीव्रता में भी वृद्धि देखी गई है। झारखंड के उत्तरी, पूर्वी तथा दक्षिणी भागों (धनबाद, गिरिडीह, देवघर, जामताड़ा, दुमका, गोड्डा, साहिबगंज, पाकुड़ तथा गढ़वा) में तापमान में वृद्धि की प्रवृत्ति देखी गई है, जबकि पलामू जिले में तापमान में 0.01-0.07 डिग्री सेल्सियस की मामूली कमी देखी गई है। उल्लेखनीय है कि पलामू तथा गढ़वा (जहां अधिकतम तापमान में वृद्धि की प्रवृत्ति है) को छोड़कर शेष सभी जिलों में अधिकतम तापमान में कमी की प्रवृत्ति देखी गई है, जो यह दर्शाती है कि अधिकतम तापमान में कमी तथा न्यूनतम तापमान में वृद्धि के साथ इन पूर्वोत्तर जिलों में कुल औसत तापमान सामान्यीकृत है, जबकि पलामू तथा गढ़वा में न्यूनतम तथा अधिकतम तापमान में वृद्धि होती है, जो अंततः वातावरण के औसत तापन को बढ़ाती है। इसलिए यह समझा जाता है कि पलामू तथा गढ़वा में वर्ष भर तापमान का स्तर उंचा रहता है, जो निरंतर बना रहता है। शेष जिले अर्थात हजारीबाग, लातेहार, चतरा, बोकारो, पश्चिमी सिंहभूम, पूर्वी सिंहभूम और सरायकेला-खरसावां में भी न्यूनतम तापमान में कमी का रुझान दिखाई दे रहा है (चित्र 6) जिसमें तुलनात्मक रूप से कम परिमाण 0.01-0.38 °C है और इसलिए ये प्रमुख नहीं हैं। झारखंड लाख का एक महत्वपूर्ण उत्पादक होने के कारण पिछले 3-4 वर्षों के दौरान काफी नुकसान हुआ है, क्योंकि लाख के मेजबान पेड़ बेमौसम, कम और भारी बारिश से प्रभावित होते हैं, जिसके बाद अत्यधिक ठंड का मौसम और मार्च के मध्य में सप्ताह भर का कोहरा और पाला पड़ता है, जब कीट लाख का उत्पादन करने के लिए तैयार होता है (जलवायु परिवर्तन पर झारखंड कार्य योजना, 2014)। अत्यधिक ठंड के परिणामस्वरूप कीट मर जाते हैं। यह 2006 से हो रहा है,



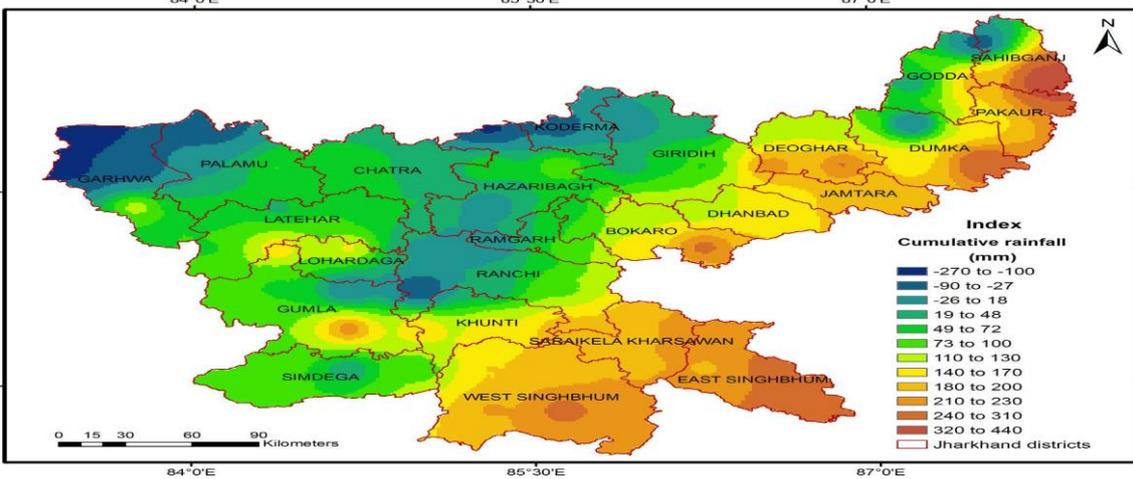
चित्र 6. झारखंड में 1984-2014 के दौरान मौसमी न्यूनतम तापमान प्रवृत्ति का स्थानिक वितरण मानचित्र।

#### 4.1.3. वर्षा की मौसमी प्रवृत्ति

पूरे झारखंड राज्य में मानसून ऋतु (जून-अक्टूबर) के दौरान कुल संचयी वर्षा 30 वर्षों में लगभग स्थिर पाई गई (चित्र 4सी)। हालांकि, मानसून ऋतु के दौरान संचयी वर्षा के प्रवृत्ति विश्लेषण से पता चलता है कि वर्षा में उतार-चढ़ाव की प्रवृत्ति है, जिसमें उत्तर-पश्चिमी जिलों में 26-270 मिमी की कमी (चित्र 7) और राज्य के बाकी हिस्सों में 19-440 मिमी की वृद्धि हुई है। संचयी वर्षा के स्थानिक वितरण से पता चलता है कि राज्य के उत्तर, उत्तर-पश्चिमी और मध्य क्षेत्र, विशेष रूप से पलामू, गढ़वा और रांची,

रामगढ़, हजारीबाग, कोडरमा, गिरिडीह और गुमला के कुछ हिस्सों में 26-270 मिमी की मात्रा के साथ संचयी वर्षा की गिरावट की प्रवृत्ति दिखाई देती है।

यह उल्लेखनीय है कि पलामू और गढ़वा जिलों को गर्मियों के दौरान गंभीर नुकसान उठाना पड़ा होगा। वर्षा में कमी, साथ ही तापमान के उच्च स्तर का अर्थ है कम भंडारण और अधिक जल तनाव, और इस प्रकार चरम जलवायु परिस्थितियों की गंभीरता को बढ़ाता है और कठोर जीवन स्थितियों को जन्म देता है। झारखंड में चावल एक महत्वपूर्ण खरीफ फसल (मई-अक्टूबर) है, वर्षा की घटती प्रवृत्ति फसल की रोपाईं/वनस्पति चरण में देरी/प्रभाव डालती है, जिसके लिए सूखे की स्थिति से निपटने के लिए सुनिश्चित सिंचाई की बहुत आवश्यकता है (जलवायु परिवर्तन पर झारखंड कार्य योजना, 2014)। चरम जलवायु घटनाओं में हाल ही में वृद्धि के कारण, चावल के फूलने के चरण में अधिक वर्षा हानिकारक पाई गई है, जिससे उपज में 7 क्विंटल/हेक्टेयर तक की कमी आई है, जबकि दाना भरने के चरण में अधिक वर्षा फायदेमंद पाई गई, जिससे उपज में 6.3 क्विंटल/हेक्टेयर तक की वृद्धि हुई (जलवायु परिवर्तन पर झारखंड कार्य योजना, 2014)। उभरने-फूलने के चरण में उच्च शाम की आरएच ने चावल की उपज में कमी (3 क्विंटल/हेक्टेयर तक) का कारण बना है। इसके अलावा अचानक बढ़ और भारी बारिश के मामले भी सामने आए हैं। उत्तर-पश्चिमी क्षेत्रों में वर्षा की घटती प्रवृत्ति और अधिकतम तापमान में वृद्धि की प्रवृत्ति से गंभीर सामाजिक-आर्थिक परिणाम हो सकते हैं, जिसमें कृषि उत्पादकता में कमी, मिट्टी का क्षरण और सूखे जैसी आपदाएं शामिल हैं। यह ध्यान रखना दिलचस्प है कि अध्ययन अवधि के दौरान दैनिक वर्षा के आंकड़े बताते हैं कि संचयी मानसून वर्षा में कमी के साथ-साथ, झारखंड के पूरे राज्य में मानसून की शुरुआत में बार-बार देरी हुई है, और जुलाई के मध्य तक शुरू होने के बजाय, मानसून का मौसम जून के पहले या दूसरे सप्ताह में शुरू हो रहा है। इसके परिणामस्वरूप वर्षा में विसंगति हुई है, जिससे झारखंड और उसके आसपास कम अवधि के लिए उच्च तीव्रता वाले तूफान की घटनाएं हुई हैं। देरी से शुरुआत ने बुवाई के मौसम को जुलाई से अगस्त में स्थानांतरित करने के लिए मजबूर किया, जिसमें उच्च तीव्रता वाले तूफान कभी-कभी फसलों को नष्ट कर देते हैं। वर्षा वितरण में यह अस्थायी परिवर्तन कई अन्य शोधकर्ताओं ने भी अपने अध्ययनों में दर्ज किया है (मॉल एट अल., 2007; लाल, 2001)। उच्च तीव्रता वाले तूफान खरीफ सीजन में फसलों और उत्पादकता को नष्ट कर देते हैं (कुमार एट अल., 2010), और भारी मात्रा में तलछट और पोषक तत्व पैदा करते हैं जो पानी की गुणवत्ता को प्रभावित करते हैं। महतो (2014) ने बताया कि हालांकि बारिश के दिनों की संख्या कम हो सकती है, लेकिन भारत के अधिकांश हिस्सों में, विशेष रूप से उत्तर पूर्व में उनकी तीव्रता बढ़ने की उम्मीद है। इसके अलावा, यह उम्मीद की जाती है कि झारखंड में जलवायु परिवर्तनशीलता के कारण हाइड्रोलॉजिकल सिस्टम, कटाव प्रक्रियाओं और तलछट, अपवाह में परिवर्तन और उनके स्थानिक वितरण की प्रतिक्रिया में महत्वपूर्ण बदलाव हो सकता है।



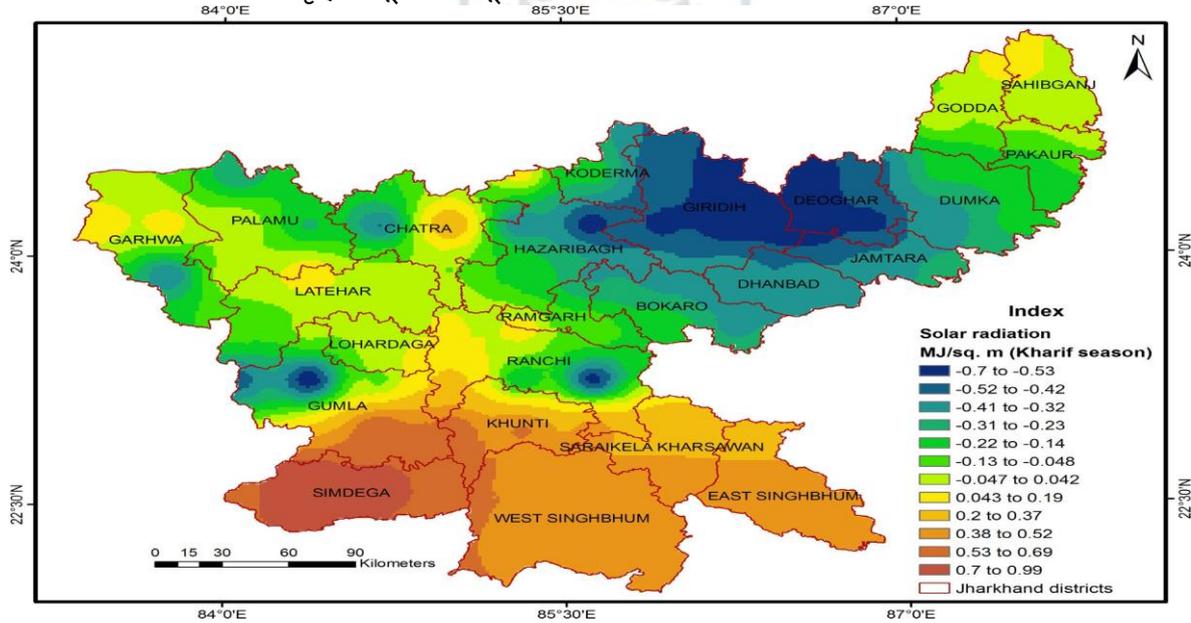
चित्र 7. झारखंड में 1984-2014 के दौरान मौसमी संचयी वर्षा प्रवृत्ति का स्थानिक वितरण मानचित्र।

वर्षा प्रवृत्ति मानचित्र (चित्र 7) झारखंड के दक्षिण-पूर्वी और उत्तर-पूर्वी जिलों, जैसे पूर्वी सिंहभूम, पश्चिमी सिंहभूम, सरायकेला खरसावां, देवघर, जामताड़ा, दुमका, पाकुड़ और धनबाद, बोकारो और खूंटी के कुछ हिस्सों में संचयी वर्षा की बढ़ती प्रवृत्ति को दर्शाता है, जहाँ संचयी वर्षा में 140-440 मिमी की वृद्धि देखी गई है। पश्चिमी क्षेत्रों (सिमडेगा, गुमला, लोहरदगा, लातेहार, पलामू और चतरा का कुछ हिस्सा), मध्य क्षेत्रों (रांची, बोकारो, हजारीबाग, गिरिडीह और धनबाद) के कुछ हिस्सों और पूर्वोत्तर क्षेत्रों (देवघर, दुमका, गोड्डा और साहिबगंज का कुछ हिस्सा) में संचयी वर्षा में मध्यम वृद्धि देखी गई है, जिसमें 19-100 मिमी की वृद्धि का अनुमान है (चित्र 7)। इस प्रवृत्ति विश्लेषण अध्ययन का परिणाम कई अन्य शोधकर्ताओं (डैश एट अल., 2007; सुभाष एट अल., 2011) के

निष्कर्षों के समानांतर चलता है, जिन्होंने पाया कि पूर्वोत्तर भारत में विशेष रूप से मानसून के मौसम में तापमान में उल्लेखनीय वृद्धि और वर्षा में कमी की प्रवृत्ति है। ब्लू नाइल जलग्रहण क्षेत्र में भी इसी तरह का निष्कर्ष देखा गया था, जिसने संकेत दिया कि वर्षा और लंबे समय तक शुष्क मौसम के कारण इसकी सहायक नदियाँ सूख रही हैं (एल बस्तवेसी एट अल., 2015)। झारखंड राज्य में महत्वपूर्ण परिवर्तनशील वर्षा पैटर्न का कारण कई कारकों को माना जा सकता है, जैसे उत्तरी अटलांटिक एसएसटी, भूमध्यरेखीय दक्षिण पूर्व हिंद महासागर एसएसटी, पूर्वी एशिया का औसत समुद्र तल दबाव, उत्तर अटलांटिक का औसत समुद्र तल दबाव सिंह और ओह (2007) तथा रॉक्सि और तानिमोटो (2007) के अनुसार, हिंद महासागर के ऊपर समुद्री सतह के तापमान (एसएसटी) के क्षेत्रीय वार्मिंग से भारतीय मानसून परिसंचरण पर प्रभाव पड़ने की संभावना है, जिससे झारखंड राज्य को कवर करने वाले पूर्वोत्तर भारत में वर्षा कम हो सकती है।

#### 4.1.4. सौर विकिरण की मौसमी प्रवृत्ति (खरीफ मौसम)

झारखंड में 30 वर्ष की अवधि के दौरान खरीफ मौसम के दौरान कुल सौर विकिरण 19 MJ/m<sup>2</sup> पर स्थिर रहा है (चित्र 4d)। खरीफ मौसम के दौरान सौर विकिरण का प्रवृत्ति विश्लेषण स्थानिक रूप से भिन्न होता है (चित्र 8) जिसमें उत्तर (गिरिडीह, देवघर, धनबाद, जामताड़ा और बोकारो, हजारीबाग, कोडरमा और दुमका का कुछ भाग) में 0.7-0.32 MJ/m<sup>2</sup> की कमी से लेकर दक्षिणी और मध्य जिलों (सिमडेगा, पश्चिमी सिंहभूम, पूर्वी सिंहभूम, सरायकेला खरसावां, खूंटी और गुमला और रांची का कुछ भाग) में 0.2-0.99 MJ/m<sup>2</sup> की वृद्धि हुई है। यह पलामू, गढ़वा, लातेहार, चतरा, रामगढ़ के मध्य और उत्तर-पश्चिमी जिलों और रांची, हजारीबाग और गुमला जिलों के कुछ हिस्सों में 0.047-0.31 MJ/m<sup>2</sup> से मामूली रूप से कम हो जाता है। यह ध्यान देने योग्य है, कि इस मौसम के दौरान उन स्थानों पर सौर विकिरण में वृद्धि हुई है जहां वर्षा की गतिविधि भी पिछले कुछ वर्षों में बढ़ी है। जैसा कि बर्ट एट अल। (2007) द्वारा देखा गया है, गैर-सीमित पानी की स्थिति में, उच्च विकिरण मूल्य उच्च प्रकाश संश्लेषण दरों को बनाए रखने में मदद करते हैं, जिसके परिणामस्वरूप अधिक से अधिक बायोमास उत्पादन और पैदावार होती है। इसलिए उच्च सौर विकिरण दर इन जिलों में बेहतर फसल उत्पादकता का एक अच्छा संकेतक है, जो वाष्पोत्सर्जन, प्रकाश संश्लेषण, कार्बोहाइड्रेट विभाजन और बायोमास वृद्धि (बूटे और लूमिस, 1991) सहित पर्याप्त आवश्यक ऊर्जा प्रदान करता है।



चित्र 8. झारखंड में 1984-2014 के दौरान सौर विकिरण प्रवृत्ति (खरीफ मौसम) का स्थानिक वितरण मानचित्र।

#### 4.1.5. सौर विकिरण की मौसमी प्रवृत्ति (रबी मौसम)

रबी मौसम के दौरान शुद्ध सौर विकिरण अवलोकन अवधि (चित्र 4e) के दौरान 19 MJ/m<sup>2</sup> पर स्थिर रहा है। सौर विकिरण प्रवृत्ति का स्थानिक वितरण मानचित्र (चित्र 9) दर्शाता है कि यह मध्य क्षेत्र (रांची, लोहरदगा, रामगढ़, लातेहार, गढ़वा, बोकारो और गुमला और हजारीबाग का हिस्सा) और उत्तर-पश्चिमी क्षेत्र (पलामू और गढ़वा) में 0.55-0.94 MJ/m<sup>2</sup> की वृद्धि के साथ-साथ दक्षिणी क्षेत्र (सिमडेगा, पश्चिमी सिंहभूम, पूर्वी सिंहभूम, सरायकेला खरसावां और खूंटी) में 0.13-0.72 MJ/m<sup>2</sup> की कमी के साथ उतार-चढ़ाव करता है। पूर्वी और उत्तरी जिलों धनबाद, जामताड़ा, दुमका, पाकुड़, साहिबगंज, गोड्डा, देवघर तथा गिरिडीह, हजारीबाग, चतरा और गुमला जिलों के कुछ हिस्सों में 0.063-0.54 MJ/m<sup>2</sup> की मध्यम वृद्धि की प्रवृत्ति देखी गई है।

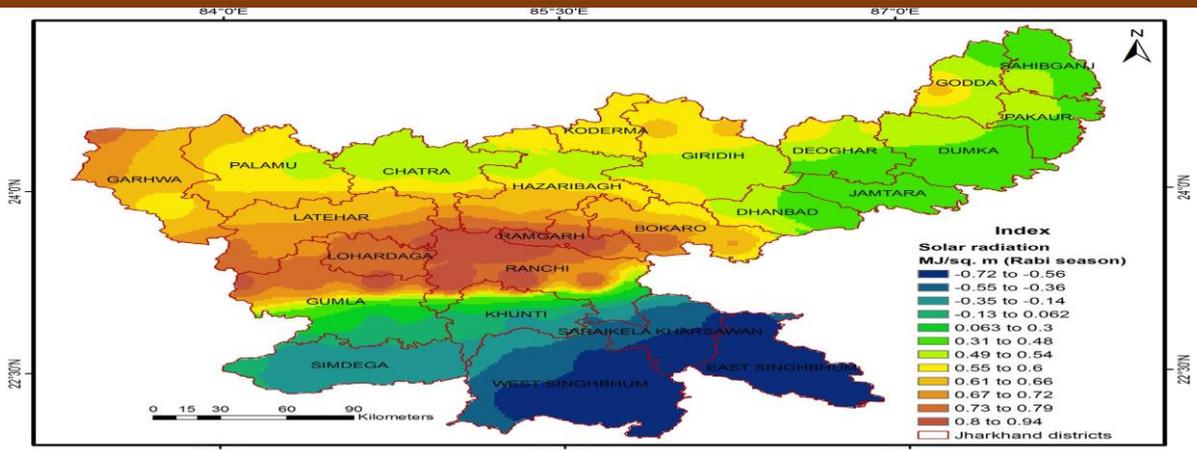
## 4.2. जलवायु सूचकांक विश्लेषण

### 4.2.1. गर्मी के दिन (एसयू)

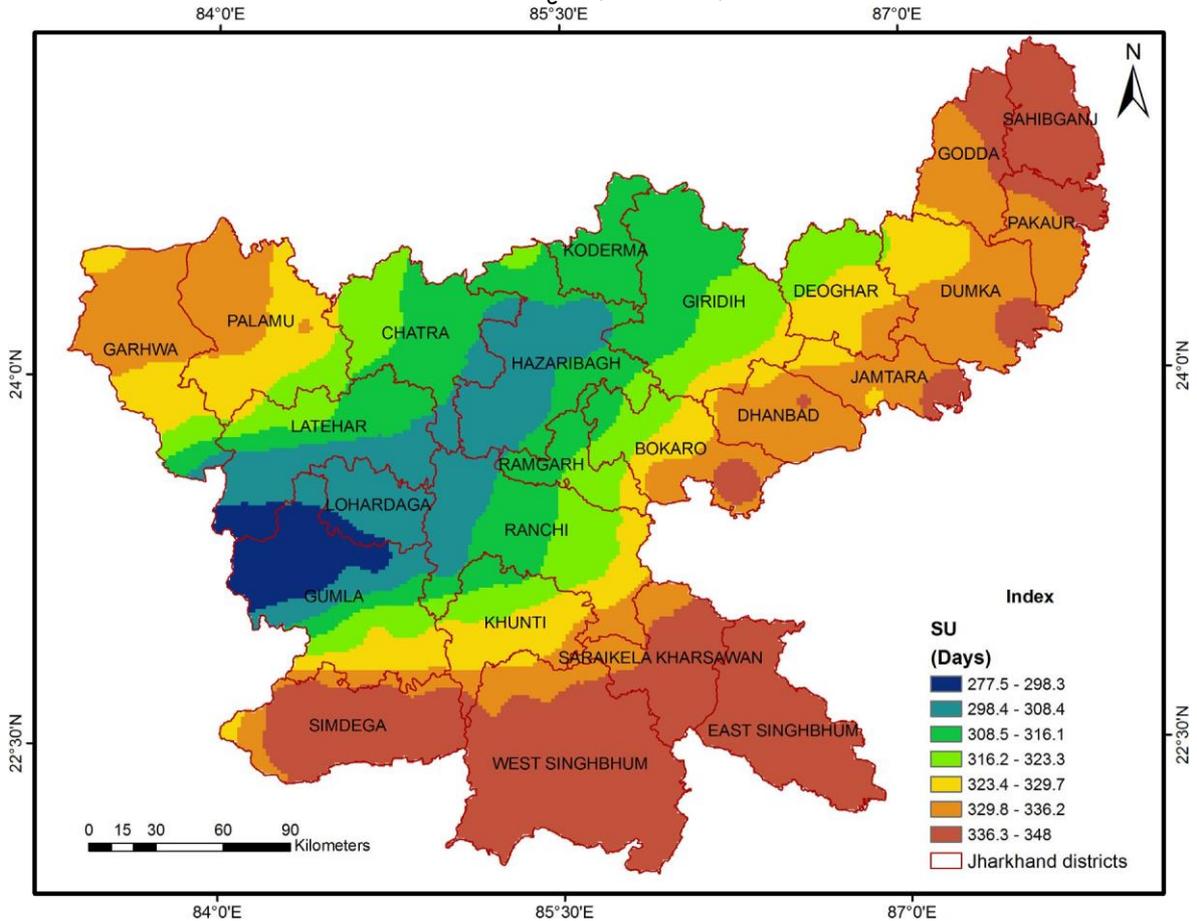
वर्तमान अध्ययन एसयू सूचकांक (चित्र 10) का एक दिलचस्प परिदृश्य दिखाता है, जहाँ गर्मी के दिनों की औसत संख्या क्रमशः पश्चिमी सिंहभूम, पूर्वी सिंहभूम, सरायकेला खरसावां और साहिबगंज के दक्षिणी और पूर्वोत्तर जिलों में सबसे अधिक (336-348 दिन) पाई गई (337-346.8 दिन) जबकि सिमडेगा में गर्मी के दिनों की औसत संख्या सबसे अधिक (340-348 दिन) दर्ज की गई। बोकारो, धनबाद, जामताड़ा, दुमका, पाकुड़ और गोड्डा के पूर्वोत्तर जिलों में औसतन 329.8-336.2 दिन गर्मी के दिन होते हैं। पलामू और गढ़वा जिलों में भी गर्मी के दिनों की औसत संख्या मध्यम रूप से अधिक (323.4-336.2 दिन) होती है, जबकि, मध्य और उत्तरी क्षेत्रों का हिस्सा तुलनात्मक रूप से कम गर्म होता है और यहाँ गर्मी के दिनों की संख्या कम होती है (277.5-316.1 दिन)। यह ध्यान देने योग्य है, कि इन क्षेत्रों में न्यूनतम तापमान में कमी की प्रवृत्ति भी देखी गई है, और इसलिए यह स्पष्ट है कि गर्मी के दिनों की संख्या में कमी ने इन क्षेत्रों में न्यूनतम तापमान को भी कम कर दिया है। यह भी ध्यान दिया जाता है कि पश्चिमी क्षेत्र में अधिकतम तापमान की तीव्रता अधिक है, जबकि एसयू सूचकांक राज्य के इस हिस्से में गर्मियों के दिनों की औसत संख्या में मामूली वृद्धि का अनुमान लगाता है। कुल मिलाकर, हालांकि झारखंड राज्य में जलवायु गर्म हो गई है (जिले में तापमान और वर्षा के विभिन्न स्थानिक बदलावों के साथ), राज्य में गर्मियों के दिनों की औसत संख्या पिछले कुछ वर्षों में घट रही है (चित्र 11 ए)। कश्मीर के वुलर झील में किए गए एक हालिया अध्ययन से इसी तरह के निष्कर्ष मिलते हैं, जहां पिछले कुछ दशकों के दौरान वार्षिक वर्षा पैटर्न और अधिकतम और न्यूनतम वार्षिक औसत तापमान में वृद्धि पाई गई (मुश्ताक और लाला, 2016)। ग्रीष्मकालीन दिवस सूचकांक ने अधिक संख्या में गर्म दिनों के साथ बढ़ती गर्मी की प्रवृत्ति का सुझाव दिया। पांचवीं आईपीसीसी रिपोर्ट बताती है कि गर्म विश्व में औसत वर्षा में परिवर्तनशीलता पर्याप्त स्थानिक भिन्नता प्रदर्शित करेगी, जहां कुछ क्षेत्रों में वृद्धि होगी, अन्य क्षेत्रों में कमी होगी, तथा फिर भी कुछ ऐसे स्थान होंगे जहां कोई भी परिवर्तन नहीं होगा।

### 4.2.2. गीले दिनों में वार्षिक कुल वर्षा (पीआरसीपीटीओटी)

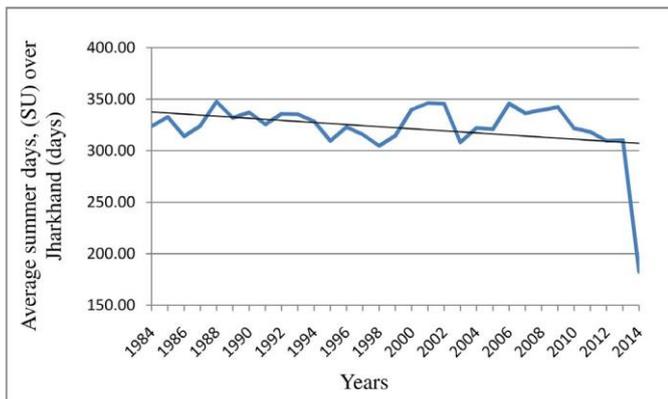
यह सूचकांक केवल उन स्थानों के लिए अनुमानित है जहाँ वर्षा की घटती प्रवृत्ति देखी जाती है जैसे गढ़वा, पलामू, चतरा, लातेहार, कोडरमा, रामगढ़, रांची, हजारीबाग, गिरिडीह, और गुमला, दुमका, गोड्डा और साहिबगंज का कुछ हिस्सा जो झारखंड राज्य के 30 एनसीईपी सीएफएसआर डेटा स्थानों से मेल खाता है। पीआरसीपीटीओटी सूचकांक के विश्लेषण के लिए पसंद किए गए एनसीईपी सीएफएसआर डेटा स्थानों के भौगोलिक स्थान (चित्र 2) और संबंधित गाँव के नाम और जिले के नाम तालिका 1 में दिखाए गए हैं। तालिका 1 में घटती वर्षा प्रवृत्ति वाले संबंधित स्थानों पर जमीन को गीला करने में सक्षम औसत वार्षिक पीआरसीपीटीओटी सूचकांक मान भी दिखाए गए हैं। सूचकांक ने मानसून के मौसम के दौरान बारिश के दिनों की औसत वार्षिक संख्या का अनुमान लगाने में मदद की जो जमीन को गीला करने में सक्षम थे (यानी वर्षा > 1 मिमी)। झारखंड के उत्तर-पश्चिमी जिलों में वार्षिक वर्षा में कमी के पीछे कारण मानसून के मौसम में कमी (देर से शुरू होना और जल्दी वापस चले जाना), सूखे दिनों में वृद्धि या वर्षा की महत्वपूर्ण घटती प्रवृत्ति (गुहाठाकुरता और राजीवन, 2008) हो सकते हैं, जैसा कि रमेश और गोस्वामी (2007) ने भी देखा था। इन स्थानों पर स्थानिक और लौकिक पैमाने पर गीले दिनों के दौरान वार्षिक औसत वर्षा के आकलन पर अध्ययन जलवायु उतार-चढ़ाव के जवाब में इन स्थानों में जल उपलब्धता के प्रबंधन के महत्व पर प्रकाश डालता है और प्रबंधन कर्मियों को अचानक बाढ़ से जुड़ी समस्याओं को हल करने और सूखे के दौरान उपयोग के लिए बाढ़ के दौरान अतिरिक्त पानी को संग्रहीत करने, कृषि, उद्योग, जल विद्युत उत्पादन, घरेलू और औद्योगिक उपयोग के लिए पानी के आवंटन में मदद करता है।



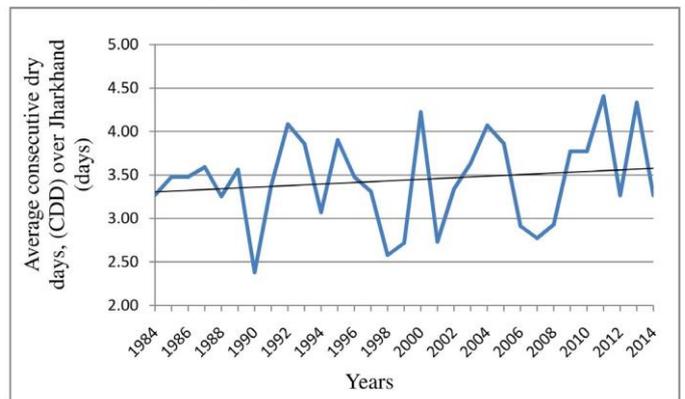
चित्र 9. झारखंड में 1984-2014 के दौरान सौर विकिरण प्रवृत्ति (रबी मौसम) का स्थानिक वितरण मानचित्र।



चित्र 10. झारखंड में 1984-2014 के दौरान गर्मी के दिनों की औसत संख्या (एसयू सूचकांक) का स्थानिक वितरण मानचित्र।



a.



b.

चित्र 11. 1984-2014 के दौरान झारखंड में जलवायु चरम सीमाओं के समग्र रुझान (ए) गर्मी के दिनों की औसत संख्या (एसयू सूचकांक) और (बी) औसत लगातार शुष्क दिन (सीडीडी सूचकांक) दर्शाते हैं।

#### 4.2.3. लगातार शुष्क दिन (सीडीडी)

पलामू और गढ़वा के उत्तर-पश्चिमी जिलों में वर्षा की घटती प्रवृत्ति और अधिकतम तापमान की बढ़ती प्रवृत्ति को देखने के बाद, इन क्षेत्रों में लगातार शुष्क दिनों की संख्या में भी वृद्धि देखी गई है (चित्र 12)। यह दर्शाता है कि राज्य के ये हिस्से बेहद शुष्क और गर्म होते जा रहे हैं, जिससे पानी की कमी हो रही है और अंततः सामाजिक-आर्थिक और जल विज्ञान संबंधी स्थिति चिंताजनक हो गई है।

चित्र 11(बी) दर्शाता है कि अध्ययन अवधि के दौरान पूरे झारखंड के लिए कुल औसत लगातार शुष्क दिनों में वृद्धि हुई है। साथ ही, औसत सीडीडी (चित्र 12) का स्थानिक वितरण मानचित्र दर्शाता है कि पलामू, गढ़वा और लातेहार जिलों के लिए परिदृश्य विशेष रूप से गंभीर है, जहां औसतन 3.8-4.2 दिन बिना किसी लगातार बारिश के दिन होते हैं। इससे गर्मी के कारण मिट्टी की नमी और सूख जाती है। चतरा, लोहरदगा, हजारीबाग, रामगढ़, रांची, बोकारो, खूंटी, पश्चिमी सिंहभूम, धनबाद और गुमला और गिरिडीह के कुछ हिस्सों में भी औसत लगातार शुष्क दिनों की संख्या में वृद्धि देखी गई है (औसतन 3.5-3.7 दिन सूखा रहा)। केवल सिमडेगा, गुमला और दुमका जिले ही अपेक्षाकृत कम औसत शुष्क दिनों के साथ बेहतर जल विज्ञान संबंधी स्थिति दिखाते हैं या इसके विपरीत अधिक गीली स्थिति के साथ जल विज्ञान संबंधी स्थिति दिखाते हैं। इस प्रकार, सीडीडी सूचकांक विश्लेषण बताता है कि पलामू और गढ़वा सूखे के लिए सबसे संवेदनशील क्षेत्र हैं और झारखंड में जलवायु परिवर्तनशीलता के कारण सबसे अधिक प्रभावित क्षेत्र भी हैं। यह सूचकांक गर्म दिनों की वृद्धि और पर्याप्त वर्षा की कमी को भी स्पष्ट रूप से सारांशित करता है, जो इन जिलों में लोगों की जीवन स्थितियों में सुधार के लिए उपयुक्त वाटरशेड प्रबंधन तकनीकों को अपनाने की ओर ध्यान आकर्षित करता है।

#### 5. निष्कर्ष

वर्तमान अध्ययन झारखंड राज्य में जलवायु परिवर्तनशीलता पर प्रकाश डालता है। झारखंड के लिए मासिक आधार पर मूल्यांकन किए गए अधिकतम तापमान, न्यूनतम तापमान, सौर विकिरण और वर्षा के मौसमी औसत के दीर्घकालिक रुझानों का स्थानिक वितरण, राज्य में जलवायु मापदंडों की वृद्धि और कमी की विभिन्न दरों को दर्शाता है।

अध्ययन से पता चलता है कि पिछले 30 वर्षों में औसत अधिकतम तापमान में उल्लेखनीय वृद्धि की प्रवृत्ति रही है और यह विशेष रूप से झारखंड के उत्तर-पश्चिमी जिलों (पलामू और गढ़वा) में प्रचलित है, जहाँ 1-1.5 डिग्री सेल्सियस से लेकर पूर्वोत्तर और दक्षिण-पूर्वी जिलों में 0.82-0.14 डिग्री सेल्सियस की कमी देखी गई है। न्यूनतम तापमान का प्रवृत्ति विश्लेषण मध्य क्षेत्रों (विशेष रूप से रांची, रामगढ़ और खूंटी) में ठंड में गिरावट का अनुमान लगाता है, जहाँ उत्तर-पूर्वी जिलों में 0.39-0.79 डिग्री सेल्सियस से लेकर 0.59-0.41 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि देखी गई है। संचयी वर्षा के रुझान विश्लेषण से पता चलता है कि वर्षा में उतार-चढ़ाव की प्रवृत्ति है, जिसमें उत्तर-पश्चिमी जिलों (विशेष रूप से पलामू और गढ़वा) में 26-270 मिमी की कमी है, जबकि राज्य के बाकी हिस्सों में 19-440 मिमी की वृद्धि है। खरीफ सीजन के दौरान सौर विकिरण उत्तरी जिलों में 0.7-0.32 MJ/m<sup>2</sup> की मात्रा के साथ घटता है, जबकि दक्षिणी और मध्य जिलों में 0.2-0.99 MJ/m<sup>2</sup> की वृद्धि होती है, जबकि रबी सीजन के दौरान सौर विकिरण मध्य और उत्तर-पश्चिमी क्षेत्र (पलामू और गढ़वा) में 0.55-0.94 MJ/m<sup>2</sup> की वृद्धि के साथ उतार-चढ़ाव करता है, जबकि दक्षिणी क्षेत्रों में 0.13-0.72 MJ/m<sup>2</sup> की कमी होती है। एसयू सूचकांक विश्लेषण से पता चला है कि गर्मियों के दिनों की औसत संख्या सबसे अधिक (336-348 दिन) दक्षिणी और उत्तर-पूर्वी जिलों विशेषकर सिमडेगा में थी, जिसमें गर्मियों के दिनों की औसत संख्या सबसे अधिक (340-348 दिन) दर्ज की गई थी। पूर्वोत्तर जिलों में गर्मियों के दिनों का औसत 329.8-336.2 दिन दर्ज किया गया। पलामू और गढ़वा जिलों में भी गर्मियों के दिनों की औसत संख्या मध्यम रूप से अधिक (323.4-336.2 दिन) दर्शाई गई। अध्ययन अवधि के दौरान समग्र औसत सीडीडी में भी वृद्धि पाई गई। परिदृश्य विशेष रूप से पलामू, गढ़वा और लातेहार जिलों के लिए गंभीर है, जहां मानसून के दौरान लगातार बिना किसी बारिश के दिनों की औसतन 3.8-4.2 दिन होती हैं। इस प्रकार, सीडीडी सूचकांक विश्लेषण बताता है कि पलामू और गढ़वा सूखे के लिए सबसे संवेदनशील क्षेत्र हैं और झारखंड में जलवायु परिवर्तनशीलता के कारण सबसे अधिक प्रभावित क्षेत्र भी हैं। जलवायु सूचकांक मानचित्रों के साथ प्रवृत्ति मानचित्रों का स्थानिक विश्लेषण, गर्मी के दिनों की बढ़ती संख्या, अधिकतम तापमान और सौर विकिरण में वृद्धि, वर्षा में कमी और इस प्रकार मानसून के मौसम में लगातार शुष्क दिनों की अवधि में वृद्धि वाले क्षेत्रों को दर्शाता है, खासकर पलामू और गढ़वा के उत्तर-पश्चिमी जिलों में। यह जल

संसाधनों के संरक्षण और मुख्य रूप से शहरीकरण और वनों की कटाई के माध्यम से भूमि उपयोग भूमि कवर परिवर्तनों को प्रबंधित करने और कुछ हद तक जलवायु उतार-चढ़ाव को सीमित करने की आवश्यकता पर ध्यान केंद्रित करता है। उच्च तापमान के साथ शुष्क मानसून का अर्थ है उच्च सूखा जोखिम और परिणामस्वरूप फसल की पैदावार में कमी, सामाजिक-आर्थिक अस्थिरता और अधिक कुपोषित लोग। जल संसाधनों पर दबाव को नियंत्रित करने की आवश्यकता है, क्योंकि जब लंबे समय तक सूखा अवधि एक के बाद एक होती है तो समाज असुरक्षित रहता है। इस अध्ययन के परिणामों ने विश्लेषण के लिए स्थानिक डोमेन के महत्व को प्रदर्शित किया क्योंकि क्षेत्रीय/स्थानीय परिदृश्य, पर्वतारोहण या मानव निर्मित भूमि परिवर्तनों के साथ विरोधाभासी परिणाम हैं। स्थानिक मानचित्र सरकारी कर्मियों को तत्काल प्रतिक्रिया के लिए गंभीर रूप से प्रभावित जिलों की पहचान करने और तदनुसार सहायता प्रदान करने में आसान पहुँच प्रदान करते हैं।

## References

- Andrighetti, M., Zardi, D., Franceschi, M., 2009. History and analysis of the temperature series of Verona (1769-2006). *Meteorol. Atmos. Phys.* 103, 267- 277.
- Arora, M., Goel, N.K., Singh, P., 2005. Evaluation of temperature trends over India. *Hydrol. Sci. J.* 50 (1), 81-93.
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., Palutikof, J., 2008. *Climate Change and Water*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Secretariat, Geneva.
- Bert, F.E., Laciána, C.E., Podestá, G.P., Satorre, E.H., Menéndez, A.N., 2007. Sensitivity of CERES-maize simulated yields to uncertainty in soil properties and daily solar radiation. *Agric. Syst.* 94 (141), 150.
- Boote, K.J., Loomis, R.S., 1991. The prediction of canopy photosynthesis. In: Boote, K. J., Loomis, R.S. (Eds.), *Modelling Photosynthesis-From Biochemistry to Canopy*. CSSA Special Publication Number 19. Crop Science Society of America, Inc./American Society of Agronomy Inc, Madison, Wisconsin, pp. 109-140.
- Cruz, R.V., Harasawa, H., Lal, M., Wu, S., Anokhin, Y., Punsalma, B., Honda, Y., Jafari, M., Li, C., Huu Ninh, N., 2007. Asia. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability*. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P. J., Hanson, C.E. (Eds.), *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 469-506.
- Dash, S.K., Jenamani, R.K., Kalsi, S.R., Panda, S.K., 2007. Some evidence of climate change in twentieth-century India. *Clim. Change* 85, 299-321.
- Dutta, D., Kundu, A., Patel, N.R., Saha, S.K., Siddiqui, A.R., 2015. Assessment of agricultural drought in Rajasthan (India) using remote sensing derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitation Index (SPI). *Egypt J. Rem. Sens. Space Sci.* 18, 53-63.
- El Bastawesy, M., Gabr, S., Mohamed, I., 2015. Assessment of hydrological changes in the Nile River due to the construction of Renaissance Dam in Ethiopia. *Egypt J. Rem. Sens. Space Sci.* 18, 65-75.
- Feidas, H., Makrogiannis, T., Bora-Senta, E., 2004. Trend analysis of air temperature time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955-2001. *Theor. Appl. Climatol.* 79, 185-208.
- Frich, P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A.M.G., Peterson, T., 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Clim. Res.* 19, 193-212.
- Goswami, B.N., Venugopal, V., Sengupta, D., Madhusoodanan, M.S., Xavier, P.K., 2006. Increasing trend of extreme rain events over India in a warming environment. *Science* 314, 1442-1444.
- Guhathakurta, P., Rajeevan, M., 2008. Trends in the rainfall pattern over India. *Int. J. Climatol.* 28, 1453-1469.
- Gupta, S.P., Gupta, M.P., 2008. *Business Statistics*. Sultan Chand and Sons Educational Publishers, New Delhi.
- Hamed, K.H., Rao, A.R., 1998. A modified Mann-Kendall test for autocorrelated data. *J. Hydrol.* 204, 182-196.

- Haskett, J.D., Pachepsky, Y.A., Acock, B., 2000. Effect of climate and atmospheric change on soybean water stress: a study of Iowa. *Ecol. Model.* 135 (2-3), 265- 277.
- Hu, Y., Dong, W., He, Y., 2010. Impact of land surface forcings on mean and extreme temperature in eastern China. *J. Geophys. Res.* 115, D19117. [http://dx.doi.org/ 10.1029/2009JD013368](http://dx.doi.org/10.1029/2009JD013368).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2013. *Climate Change 2013 - the physical science basis, working group I contribution to the IPCC fifth assessment report (WGI AR5) of the intergovernmental panel on climate change.* Cambridge University Press. 422-808.
- Izrael, Y., Anokin, Y., Eliseev, A.D., 1997. *Vulnerability and Adaptation Assessments. Final report of the Russian country study on climate problem, Russian Federal service for hydrometeorology and environmental monitoring.* Vol. 3, Task 3. Roshydromet, Moscow, Russia, 105.
- Jhajharia, D., Singh, V.P., 2011. Trends in temperature, diurnal temperature range and sunshine duration in Northeast India. *Int. J. Climatol.* 31, 1353-1367.
- Jharkhand Action Plan on Climate Change, 2014. Government of Jharkhand, Ranchi, Jharkhand, 31, 36.
- Jharkhand Disaster Management Plan, 2011. A draft on Jharkhand State Disaster Management Plan. Prepared by Disaster Management Department. Ranchi, Jharkhand.
- Ji-Yun, X., Ying, S., Xue-Jie, Gao., 2012. Changes in extreme events as simulated by a high-resolution regional climate model for the next 20-30 years over China. *Atmos. Oceanic Sci. Lett.* 5 (6), 483-488.
- Karl, T.R., Nicholls, N., Ghazi, A., 1999. CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: workshop summary. *Clim. Change* 42, 3-7.
- Korkmaz, N., 1988. The estimation of groundwater recharge from water level and precipitation data. *J. Islamic Acad. Sci.* 1 (2), 87-93.
- Kothawale, D.R., Revadekar, J.V., Rupakumar, K., 2010. Recent trends in pre- monsoon daily temp extremes over India. *J. Earth Syst. Sci.* 119 (1), 51-65.
- Kothyari, U.C., Singh, V.P., 1996. Rainfall and temperature trends in India. *Hydrol. Process.* 10, 357-372.
- Krishna Kumar, K., Rajagopalan, B., Hoerling, M., Bates, G., Cane, M., 2006. Unraveling the mystery of Indian monsoon failure during El Niño. *Science* 314, 1151-118.
- Kumar, V., Jain, S.K., Singh, Y., 2010. Analysis of long-term rainfall trends in India. *Hydrol. Sci. J.* 55 (4), 484-496.
- Lal, M., 2001. Climatic change - implications for India's water resources. *J. Ind. Water Resour. Soc.* 21, 101-119.
- Lau, K.M., Wu, H.T., 2007. Detecting trends in tropical rainfall characteristics, 1979- 2003. *Int. J. Climatol.* 27, 979-988.
- Mahato, A., 2014. Climate change and its impact on agriculture. *Int. J. Sci. Res. Publ.* 4 (4), 1-6.
- Mall, R.K., Bhatia, R., Pandey, S.N., 2007. Water resources in India and impact of climate change. *Indian National Committee on Hydrology, Roorkee, India. Hydrol. Rev.* 22, 157-176.
- Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver, A.J., Zhao, Z.C., 2007. Global climate projections. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, Z., Chen, M., Marquis, K.B., Averyt, M., Tignor, Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 746-845.*
- Moberg, A., Jones, P.D., 2005. Trends in indices for extremes in daily temperature and Precipitation in central and Western Europe, 1901-99. *Int. J. Climatol.* 25, 1149-1171.
- Mondal, A., Khare, D., Kundu, S., 2014. Spatial and temporal analysis of rainfall and temperature trend of India. *Theor. Appl. Climatol.* <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-014-1283-z>.
- Mushtaq, F., Lala, M.G.N., 2016. Assessment of climatic variability in the catchments of Himalayan Lake, Jammu & Kashmir. *Geocarto Int.*, 1-35 [http://dx.doi.org/ 10.1080/10106049.2016.1188169](http://dx.doi.org/10.1080/10106049.2016.1188169).

- Naidu, C.V., Rao, B.R.S., Rao, D.V.B., 1999. Climatic trends and periodicities of annual rainfall over India. Meteorol. Appl. 6, 395-404.
- Pal, I., Al-Tabbaa, A., 2011. Assessing seasonal precipitation trends in India using parametric and non-parametric statistical techniques. Theor. Appl. Climatol. 103, 1-11.
- Pal, I., Al-Tabbaa, A., 2010. Long-term changes and variability of monthly extreme temperatures in India. Theor. Appl. Climatol. 100, 45-56.
- Pant, G.B., Kumar, K.R., 1997. Climate change Asia. Wiley, West Sussex Parthasarathy B, Dhar ON (1974) Secular variations of regional rainfall over India. Q. J. R. Met. Soc. 100 (424), 245-257.
- Parthasarathy, B., Rupakumar, K., Munot, A.A., 1993. Homogenous Indian monsoon rainfall: variability and prediction. Indian Acad. Sci. Earth Planet. Sci. 102, 121- 155.
- Patra, P.K., Behera, S.K., Herman, J.R., Maksyutov, S., Akimoto, H., Yamagata, T., 2005. The Indian summer monsoon rainfall: interplay of coupled dynamics, radiation and cloud microphysics. Atmos. Chem. Phys. Discuss. 5, 2879-2895.
- Peterson, T.C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., Plummer, N., 2001. Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneve, Switzerland, 143.
- Plummer, N., Salinger, M.J., Nicholls, N., Suppiah, R., Hennessy, K.J., Leighton, R.M., Trewin, B., Page, C.M., Lough, J.M., 1999. Changes in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century. Clim. Change 42, 183-202.
- Ramesh, K.V., Goswami, P., 2007. Reduction in temporal and spatial extent of the Indian summer monsoon. Geophys. Res. Lett. 34, L23704. <http://dx.doi.org/10.1029/2007GL031613>.
- Ramos, M.C., Balasch, J.C., Martínez-Casasnovas, J.A., 2012. Seasonal temperature and precipitation variability during the last 60 years in a Mediterranean climate area of Northeastern Spain: a multivariate analysis. Theor. Appl. Climatol. 110, 35-53.
- Rawat, J.S., Kumar, M., 2015. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: a case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. Egypt J. Rem. Sens. Space Sci. 18, 77-84.
- Reghunath, R., Sreedhara Murthy, T.R., Raghavan, B.R., 2005. Time series analysis to monitor and assess water resource: a moving average approach. Environ. Monit. Assess. 109, 65-72.
- Riebsame, W.E., Meyer, W.B., Turner, B.L., 1994. Modeling land-use and cover as part of global environmental change. Clim. Change 28, 45-64.
- Roxy, M., Tanimoto, Y., 2007. Role of SST over the Indian Ocean in influencing the intraseasonal variability of the Indian summer monsoon. J. Meteorol. Soc. Jpn 85 (3), 349-358.
- Rupakumar, K., Krishna Kumar, K., Pant, G.B., 1994. Diurnal asymmetry of surface temperature trends over India. Geophys. Res. Lett. 21, 677-680.
- Rupakumar, K., Pant, G.B., Parthasarthy, B., Sonatak, N.A., 1992. Spatial and sub seasonal pattern of the long term trends of Indian summer monsoon rainfall. Int. J. Climatol. 12, 257-268.
- Sarkar, A.A., Ali, M.H., 2009. Water level dynamics of Dhaka city and its long-term trend analysis using the "MAKESENS" model. Water Int. 34 (3), 373-382.
- Sen Roy, S., Balling Jr., R.C., 2005. Analysis of trends in maximum and minimum temperature, diurnal temperature range, and cloud cover over India. Geophys. Res. Lett. 32, L12702. <http://dx.doi.org/10.1029/2004GL022201>.
- Shamsudduha, M., Chandler, R.E., Taylor, R.G., Ahmed, K.M., 2009. Recent trends in groundwater levels in a highly seasonal hydrological system: the Ganges- Brahmaputra-Meghna Delta. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. 13, 2373-2385.

- Sharma, S.K., Kansal, M.L., Tyagi, A., 2015. Resource assessment and strategic planning for improvement of water supply to Shimla city in India using geo- spatial techniques. *Egypt J. Rem. Sens. Space Sci.* 18, 85-97.
- Singh, G.P., Oh, J., 2007. Impact of Indian Ocean sea-surface temperature anomaly on Indian summer monsoon precipitation using a regional climate model. *Int. J. Climatol.* 27, 1455-1465.
- Su, B.D., Jiang, T., Jin, W.B., 2006. Recent trends in observed temperature and precipitation extremes in the Yangtze River basin, China. *Theor. Appl. Climatol.* 83, 139-151.
- Subash, N., Sikka, A.K., 2014. Trend analysis of rainfall and temperature and its relationship over India. *Theor. Appl. Climatol.* 117, 449-462.
- Subash, N., Sikka, A.K., Ram Mohan, H.S., 2011. An investigation into observational characteristics of rainfall and temperature in Central Northeast India—a historical perspective 1889-2008. *Theor. Appl. Climatol.* 103, 305-319.
- Turkey, A.S., Pandey, A.C., Nathawat, M.S., 2012. Groundwater level and rainfall variability trend analysis using GIS in parts of Jharkhand state (India) for sustainable management of water resources. *Int. Res. J. Environ. Sci.* 1 (4), 24- 31.
- Torma, C., Coppola, E., Giorgi, F., Bartholy, J., Pongrácz, R., 2011. Validation of a high- resolution version of the regional climate model RegCM3 over the Carpathian Basin. *J. Hydrometeorol.* 12 (1), 84-100.
- Vincent, L.A., Mekis, E., 2006. Changes in daily and extreme temperature and precipitation indices for Canada over the twentieth century. *Atmos. Ocean* 44 (2), 177-193.
- Wadood, A., Kumari, P., 2009. Impact of climate change on Jharkhand Agriculture: mitigation and adoption. In: *Proc. of Workshop on Impact of Climate Change on Agriculture, ISPRS XXXVIII-8/W3, Space Application Centre (ISRO)*, 207-210.
- Wang, A., Lettenmaier, D.P., Sheffield, J., 2011. Soil moisture drought in China, 1950-2006. *J. Climate* 24, 3257-3270.
- Yu, L.L., Xia, Z.Q., Li, J.K., Cai, T., 2013. Climate change characteristics of Amur River. *Water Sci. Eng.* 6 (2), 131-144.
- Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G.C., Jones, P., Tank, A.K., Peterson, T.C., Trewin, B., Zwiers, F.W., 2011. Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *WIREs Clim. Change* 2, 851-870.
- Zhou, L., Dickinson, R.E., Tian, Y., Fang, J., Li, Q., Kaufmann, R.K., Tucker, C.J., Myneni, R.B., 2004. Evidence for a significant urbanization effect on climate in China. *PNAS* 101 (26), 9540-9544.
- Web references
- Global weather data download using National Centers for Environmental Prediction (NCEP) Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) dataset. [globalweather.tamu.edu](http://globalweather.tamu.edu) (accessed 18.03.2015).
- Official website of Jharkhand. [http://www.jharkhand.gov.in/web/guest/Resources& Environment](http://www.jharkhand.gov.in/web/guest/Resources&Environment). (accessed 15.07.2015).