

भारत के रेगिस्तानी प्रदेश के एक भाग पर वर्षा के ट्रेंड विश्लेषण एवं इसके जल संसाधन प्रबंधन पर होने वाले प्रभाव

¹अर्चना सरकार, ²कुलदीप तिवारी, ¹नीरज भटनागर, ²रोहित गोयल

1 राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

2 एम. एन आई. टी. जयपुर

Email : archana.nihr@gov.in

सारांश

हाल ही के पिछले दशकों में चूँकि जलवायु परिवर्तन का मुद्दा बहुत महत्वपूर्ण हुआ है इसलिए पुराने जलवायु रुझानों पर शोध कार्यों में बेहद वृद्धि हुई है, विशेषतया वर्षा पर, वर्षा के कारण पीने के पानी की उपलब्धता, खाद्यान्न उत्पादन और जल सम्बन्धी आपदाओं पर सीधे सीधे प्रभाव पड़ते हैं। कृषि के दृष्टिकोण से वर्षा के सीजन व मासिक परिवर्तनों को समझना बेहद आवश्यक है जिससे कि फसल की पानी की आवश्यकता का आकलन ठीक ठीक किया जा सके इसके साथ ही विशेष रूप से rain-फेड क्षेत्रों में फसलों के बोने का सही सही समय पता किया जा सके। प्रस्तुत अध्ययन क्षेत्र का नाम है खुशखेडा-भिवाडी-नीमराणा investment रीजन (KBNIR) जिसको दिल्ली-मुंबई इंडस्ट्रियल कोरिडोर (DMIC) द्वारा चिन्हित किया गया है, तथा यह रेगिस्तानी प्रदेश राजस्थान के अलवर जिले में स्थित है। KBNIR की जलवायु अर्द्ध शुष्क से लेकर गर्म-कृषि जलवायु क्षेत्र में पड़ती है जिसकी वार्षिक औसत वर्षा 610 मिमी है। (94% दक्षिणी-पश्चिमी मानसून)। ऐसा अनुमान है कि DMIC के अधीन KBNIR काफी तीव्र गति से प्रगति के रास्ते पर अग्रसर होने वाला है अतः यह बहुत आवश्यक है कि भविष्य की जल उपलब्धता को प्रभावित करने वाले वर्षा रुझानों के परिवर्तनों को समझा जाये प्रस्तुत अध्ययन का उद्देश्य है की GIS आधारित स्थानिक वितरण (Spatial डिस्ट्रीब्यूशन) और सांख्यिकीय तकनीकों के प्रयोग से दीर्घकालिक वर्षा के रुझानों का विश्लेषण करना, इसमें 8 रेनगेज स्टेशन (बहरोड़, बाँसुर, किशनगढ़, कोत्काशिम, मुन्दवर, नीमराणा, तापुकारा, तिजारा) के 52 वर्षों (1962-2014) के दैनिक आंकड़ों का उपयोग किया गया। वर्षा के आंकड़ों को क्षेत्रीय पैमाने पर विश्लेषण जिसमें वार्षिक, मासिक एवं सीजनल (मानसून-JJAS, पोस्ट मानसून-ON, प्री-मानसून-MAM और विंटर-DJF) श्रेणी। रुझानों में परिवर्तन यह प्रदर्शित करते हैं कि: जुलाई में जून की अपेक्षा कम वर्षा होती है: प्री-मानसून एवं विंटर में रुझान बढ़ी हुई वर्षा दिखाता है; मानसून और वार्षिक वर्षा में कमी पायी गयी सिवाय कोत्काशिम के। प्रेक्षित (observed) रुझानों का स्थानीय फसलों के उत्पादन पर बहुत महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। स्थानीय फसल कैलेंडर में फसलों के बोने के समय में परिवर्तन की आवश्यकता है। बेहतर अनुकूलन उपायों को स्थानीय स्तर पर चिन्हित करना चाहिए ताकि KBNIR का जल संसाधनों का उच्च स्तरीय नियोजन व प्रबंधन हो सके।

Abstract

In recent decades, because the issue of climate change became more prominent, the research on past climate trends has progressed enormously, especially for precipitation, since it affects the availability of freshwater, food production and occurrence of water related disasters. From an agriculture perspective, it is very important to understand the seasonal and monthly variations of rainfall for correct estimation of crop water requirements as well as correct crop sowing time especially in the in rain-fed area. The study area namely, Khushkheda-Bhiwadi-Neemrana Investment Region (KBNIR) identified by Delhi-Mumbai Industrial Corridor (DMIC), located in the Alwar district lies in Rajasthan, the desert State of India. The climate of the KBNIR falls in semi-arid and hot agro-climatic zone with annual average rainfall of 610 mm (94% from South-west monsoon). KBNIR is likely to undergo rapid development under the DMIC and therefore it is important to understand variations in rainfall trend which could influence the future availability of water. The present study aims to analyse the long-term rainfall trend using GIS-based spatial distribution and statistical techniques with daily rainfall data at eight raingauge stations (Bahrod, Bansur, Kishangarh, Kotkashim, Mundawar, Neemrana, Tapukara, Tijara) over 52 years (1962-2014). Rainfall data were analyzed on a regional scale in annual, monthly and seasonal (Monsoon - JJAS, post-monsoon -ON, pre-monsoon - MAM & winter -DJF) series. Change in trend indicates that: July experiences lower rainfall as compared to June month; pre monsoon and winter rainfall show increasing trend; Monsoon and annual rainfall have decreasing trend except for Kotkashim. The observed trend is likely to have significant impacts on local crop productivity. There is a need to change sowing time of crops in local crop calendar. Better adaptation measures should be identified and adopted at the local level for improved planning and management of water resources of the KBNIR.

परिचय

पारिस्थितिकी तंत्र (ecosystem) को प्रभावित करने वाले महत्वपूर्ण जलवायु चर वर्षा, विकिरण, तापमान और प्रवाह हैं। वैज्ञानिक समुदाय के लिए जलवायु परिवर्तन में शामिल जटिल प्रक्रियाओं को समझना और समस्या से निपटने के लिए समाज को सचेत करना एक चुनौती है। वर्षा का बदलता पैटर्न तत्काल ध्यान देने योग्य है क्योंकि यह खाद्य आपूर्ति (Dore, 2005) की उपलब्धता और चरम घटनाओं से उत्पन्न जल संबंधी आपदाओं की घटना को प्रभावित करेगा। वर्षा hydrologic सिस्टम के भूमि चरण की प्रमुख प्रेरणा शक्ति है, और इसके पैटर्न में परिवर्तन का जल संसाधनों पर सीधा प्रभाव पड़ सकता है। अधिक या कम वर्षा या इसके वितरण में परिवर्तन अपवाह, मिट्टी की नमी, और भूजल भंडार के स्थानिक और अस्थायी वितरण को प्रभावित करेगा और सूखे और बाढ़ की आवृत्ति को बदल देगा। जल संसाधन प्रणाली (Haigh, 2004) पर जलवायु परिवर्तन के प्रभावों की पहचान करने के लिए वर्षा की प्रवृत्ति विश्लेषण एक महत्वपूर्ण प्रक्रिया है। वर्तमान चुनौतियों में से एक वर्षा श्रेणी में महत्वपूर्ण रुझानों में से उनको identify और quantify करना है और साथ ही जलवायु परिवर्तन के कारण किसी भी स्थान की वर्षा श्रृंखला में मौजूद किसी भी महत्वपूर्ण प्रवृत्ति की पहचान करना है (टैक्सक एट अल, 2014)। वर्तमान पेपर में न केवल ऐसे रुझानों की पहचान की जाती है और उन्हें परिमाणित किया जाता है, बल्कि एक निवेश क्षेत्र के लिए महत्वपूर्ण योजना और विकास रणनीतियों को प्राप्त करने के लिए उनके स्थानिक वितरण का विश्लेषण भी किया जाता है। विभिन्न शोधकर्ताओं ने वर्षा, तापमान, आर्द्रता, सतह अपवाह और वाष्पीकरण (बाबर और रमेश, 2014; जैन और कुमार, 2012; टैक्सि एट अल, 2014) जैसे जलवायु चर समय श्रृंखला में रुझानों का आकलन करने के लिए गैर-पैरामीट्रिक सांख्यिकीय परीक्षणों का उपयोग किया है। (मोंडल एट अल, 2015; शर्मा एट अल, 2016; शुक्ला एट अल, 2017; टेकमहासरनोट एट अल, 2017)।

वर्षा के पैटर्न और कृषि, लैंडयूज/लैंडकवर, सतही जल के साथ-साथ भूजल संसाधनों पर और उनके प्रभाव में बदलाव वर्तमान समय में समाज के सामने आने वाली एक प्रमुख समस्या है (ओगुनब्रेनो और एनियोयू, 2014)। वैज्ञानिक साहित्य में यह भी बताया गया है कि मानसून के मौसम में भारतीय वर्षा और वायुमंडलीय घटक जैसे कि चक्रवाती गतिविधियों (पट्टानिक और राजीवन, 2007), ग्लोबल वार्मिंग परिदृश्य (राजीवन एट अल, 2008), अल-नीनो दक्षिणी दोलन सूचकांक (मंडल और मजूमदार 2015) सतह और ऊपरी स्तर की हवाएं (पुराणिक एट अल, 2013) और सतह के तापमान में बदलाव (शुक्ला एट अल, 2017) से बेहद प्रभावित होती है।

कई अध्ययनों में मान केंडल (एमके) परीक्षण और सेन ढलान अनुमानक (झांग एट अल, 2005; पुजोल एट अल, 2007; नारायणन एट अल, 2016, केगेनहॉफ एट अल, 2014; पिंगले एट अल, 2014; टैक्सक एट अल, 2014) जैसे गैर-पैरामीट्रिक परीक्षणों का उपयोग करके वैश्विक स्तर पर वर्षा के रुझान का प्रज्ञा लगाने का प्रयास किया गया है। मध्य भारत के लिए 104 साल (1901-2004) के हाई resolution दैनिक ग्रिडिड वर्षा डेटा के रुझान विश्लेषण ने सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण अंतर-वार्षिक और अंतर-दशकीय वर्षा भिन्नता को 6: प्रति दशक की लंबी अवधि के रुझान (राजीवन एट अल, 2008) का संकेत दिया। जगदीश और अनुपमा (2014) ने मान-केंडल विश्लेषण और चार वर्षा गेज स्टेशनों पर सेन के ढलान अनुमानक के समान रुझान को, 33 वर्षों के लिए मासिक वर्षा के आंकड़ों के आधार पर केरल के भरतपुझा जलग्रहण पर किया। प्राप्त परिणाम दक्षिण और पश्चिम में स्टेशनों पर घटते रुझान और उत्तर और पूर्व में स्टेशनों पर बढ़ते रुझान को दर्शाता है। दुहन और पांडे (2013) ने भारत के मध्य प्रदेश (एमपी) में मौसमी और वार्षिक आधार पर एमके परीक्षण और सेन ढलान अनुमानक का उपयोग करके वर्षा के लिए स्थानिक और अस्थायी परिवर्तनशीलता की जांच की। वांग और झोंग-वेई (2009) ने बताया है कि दक्षिणी चीन के यांग्त्ज़ी नदी के मिडलोवर reach के कई स्टेशनों पर अत्यधिक वर्षा में रुझान बढ़ गया है।

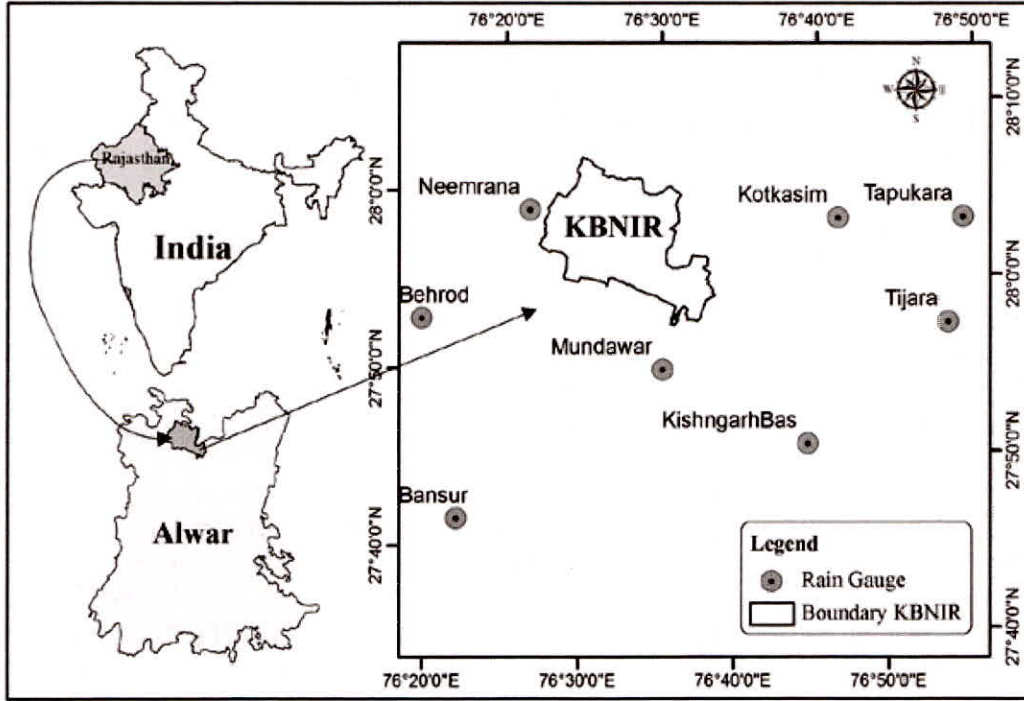
कुमार व अन्य (2010) द्वारा मानसून और वार्षिक वर्षा में कमी की प्रवृत्ति देखी गयी, जबकि pre और पोस्ट मानसून के साथ साथ सर्दियों के सीजन में 1871-2005 तक भारत के 30 उप खण्डों में वर्षा में वृद्धि हुई है। पाल और अल-तबबा (2011) ने भारत में विभिन्न कृषि-जलवायु क्षेत्रों में मासिक वर्षा की भिन्नता और दीर्घकालिक रुझानों और मौसमी उतार-चढ़ाव पर उनके प्रभावों की सूचना दी। गोसिक और ट्रैजकोविक (2013) ने बारह मौसम स्टेशनों के लिए 1980 से 2010 के दौरान सर्बिया में सात मौसम संबंधी मानकों के मौसमी और वार्षिक रुझानों का विश्लेषण किया।

वर्षा कृषि उत्पादन में बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है, विशेष रूप से राजस्थान के अर्ध-शुष्क राज्य में। अध्ययन क्षेत्र, अर्थात् खुशकेरा-भिवाड़ी नीमराना इन्वेस्टमेंट रीजन (KBNIR), वर्तमान में लगभग 75% क्षेत्र प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से कृषि पर निर्भर है। इसके बावजूद, स्थानीय स्तर पर इस क्षेत्र में वर्षा परिवर्तनशीलता का निर्धारण करने के लिए साहित्य में कोई व्यापक शोध नहीं पाया गया है। इस क्षेत्र में दिल्ली-मुंबई फ्रेट (freight) कॉरिडोर के हिस्से के रूप में व्यापक विकास होने की संभावना है, और इसलिए जल संसाधन के इष्टतम उपयोग के लिए स्थानीय स्तर पर वर्षा रुझानों के विश्लेषण को समझना महत्वपूर्ण है।

अध्ययन क्षेत्र और डेटा

वर्तमान अध्ययन के लिए चुना गया क्षेत्र कुशखेड़ा-भिवाड़ी-नीमराना निवेश क्षेत्र (KBNIR) है जो दिल्ली-मुंबई औद्योगिक गलियारे (DMIC) द्वारा पहचाना जाता है यह भारत के राजस्थान राज्य के अलवर जिले में स्थित है, जैसा कि

चित्र 1 में दिखाया गया है। केबीएनआईआर राजस्थान के उत्तर-पूर्व में longitude 76°24'6" "E से 76°35'40" E तक और latitude 27°54'33" "N से 28°03'20" N है, जो लगभग 162 Km² के भौगोलिक क्षेत्र को कवर करता है। KBNIR की जलवायु सेमी एरिड है और यह गर्म कृषि-जलवायु क्षेत्र भी है। इसकी जलवायु गर्मी के मौसम में बहुत गर्म और सर्दियों के मौसम में बहुत ठंडी रहती है। ठंड का मौसम दिसंबर से लेकर फरवरी के अंत तक जारी रहता है। गर्मियों का मौसम सर्दियों के मौसम के बाद आता है। जून के अंत तक फैलता है। दक्षिण-पश्चिम मानसून जुलाई से मध्य सितंबर तक जारी रहता है। मध्य सितंबर से नवंबर तक की अवधि को मानसून के बाद के मौसम के रूप में जाना जाता है। इस क्षेत्र में लगभग 610 मिमी की वार्षिक औसत वर्षा होती है। दक्षिण-पश्चिम मानसून वार्षिक वर्षा का लगभग 94% है और शेष 6% वार्षिक वर्षा गैर-मानसून अवधि में होती है।



चित्र सं. 1. वर्षा गेज स्टेशनों के साथ अध्ययन क्षेत्र

राजस्थान जल संसाधन विभाग से आठ वर्षा स्टेशनों यानी बहरोड़, बानसूर, किशनगढ़, कोटकासिम, मुंडावर, नीमराना, तपुकरा और तिजारा के लिए 1962 से 2014 (52 वर्ष) तक के दैनिक वर्षा के आंकड़े प्राप्त किए गए। दैनिक वर्षा डेटा को मासिक वर्षा डेटा श्रृंखला में और फिर चार मौसमी श्रृंखलाओं में परिवर्तित किया गया; मॉनसून सीज़न (जून, जुलाई, अगस्त और सितंबर-JJAS), मानसून सीज़न (अक्टूबर और नवंबर-ओएन), प्री मानसून सीज़न (मार्च, अप्रैल और मई- MAM) और सर्दियों का मौसम (दिसंबर, जनवरी और फरवरी-डीजेएफ) मौसमी विश्लेषण। एक वार्षिक समय श्रृंखला भी तैयार की गई थी।

कार्य विधि

विभिन्न वर्षा श्रृंखला पर रुझान विश्लेषण हेतु एमके टेस्ट का उपयोग किया गया था। 5% के significance स्तर पर पर आवश्यक डेटासेट में ऑटोकॉर्रिलेशन को हटा दिया गया था। Theil और Sen के मीडियन स्लोप इस्तिमेटर (यू एट अल, 2003) का उपयोग करके प्रवृत्ति की मात्रा का अनुमान लगाया गया है। रुझानों के स्थानिक वितरण का पता लगाने के लिए, जीआईएस उपकरणों का उपयोग करके प्रक्षेपित मानचित्र विकसित किए गए थे। नीचे चरणवार कार्यप्रणाली की चर्चा की गई है।

ऑटो-सहसंबंध (निर्भरता परीक्षण)

हाइड्रोलॉजिकल समय श्रृंखला अध्ययनों में, यदि श्रृंखला में डेटा एक दूसरे पर निर्भर हैं, तो इसे धारावाहिक सहसंबंध (Techamahasaranont et al., 2017) के रूप में जाना जाता है। रुझानों के परीक्षण और व्याख्या करने में मुख्य

समस्याओं में से एक धारावाहिक निर्भरता का प्रभाव है। सकारात्मक और नकारात्मक ऑटो सहसंबंध की उपस्थिति एक श्रृंखला में प्रवृत्ति का पता लगाने (हैमेड और राव, 1998) को प्रभावित करती है। समय श्रृंखला में एक सकारात्मक निरंकुशता (दृढ़ता) के साथ, मान-केंडल परीक्षण समय श्रृंखला में एक महत्वपूर्ण प्रवृत्ति का पता लगाएगा, जबकि कोई भी इसके विपरीत नहीं हो सकता है। इसलिए, सभी वर्षण श्रृंखला का पहली बार धारावाहिक सहसंबंध के लिए परीक्षण किया जाता है, जिसमें कि लैग-1 ऑटोकरेलेशन गुणांक (आर 1) का उपयोग करके किया जाता है जैसा कि समीकरण 1 में दिखाया गया है इसको two tailed टेस्ट के लिए 5% significant स्तर पर किया जाता है।

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{x})(x_{t+1} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2}$$

जहां, N नमूना आकार का समय अर्थ है। r_1 को null hypothesis के विरुद्ध टेस्ट किया गया जहाँ पर two-tailed टेस्ट (eq 2) के लिए लिमिट्स प्रयोग में लाई गयी।

$$r_1(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{(N-2)}}{N-1} \quad 2$$

यदि r_1 मान विश्वास अंतराल के अंतर्गत आता है, तो समीकरण 2 के अनुसार डेटा को serially रूप से स्वतंत्र माना जा सकता है अन्यथा डेटा को काफी significantly सहसंबद्ध माना जा सकता है।

मान-केंडल (एमके) टेस्ट

एमके टेस्ट एक रैंक आधारित गैर-पैरामीट्रिक सांख्यिकीय परीक्षण है, जो क्लाइमेटोलॉजिकल स्टडीज (गोसिक एट अअ।, 2013; पिंगले एट अअ।, 2014; मंडल एट अअ।, 2015; नारायणन एट अअ।, 2016) में लौकिक प्रवृत्ति के विश्लेषण के लिए विश्व स्तर पर स्वीकार्य है। और हाइड्रोलॉजिकल टाइम सीरीज (हैमेड, 2008) में इस परीक्षण का उपयोग करने का मुख्य लाभ यह है कि इसमें डेटा को सामान्य रूप से वितरित करने की आवश्यकता नहीं होती है। एमके परीक्षण के अनुसार, शून्य परिकल्पना H_0 मानता है कि कोई प्रवृत्ति नहीं है और वैकल्पिक परिकल्पना H_1 के खिलाफ परीक्षण किया जाता है, जो मानता है कि एक प्रवृत्ति है। यह विधि निर्दिष्ट किए बिना एक टाइम सीरीज में प्रवृत्ति की खोज करती है कि प्रवृत्ति रैखिक है या नहीं। यह परिभाषित परीक्षण सांख्यिकीय एस पर निम्नांकित Eq 3 के रूप में आधारित है:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad 3$$

जहां, x_1, x_2, \dots, x_n n डेटा बिंदुओं का प्रतिनिधित्व करता है और x_i और x_j क्रमशः i और j के डेटा बिंदु का प्रतिनिधित्व करता है। S का बहुत उच्च धनात्मक मान एक बढ़ती हुई प्रवृत्ति का सूचक है, और बहुत कम ऋणात्मक मान घटती प्रवृत्ति को इंगित करता है, n डेटा बिंदुओं की संख्या है। eq 4 में $\text{sgn}(x_j - x_i)$ को परिभाषित किया गया है।

$$\text{sgn}(x_i - x_j) = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_i - x_j) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_i - x_j) < 0 \end{cases} \quad 4$$

यह रिकॉर्ड किया गया है कि जब $n \geq 10$, स्टेटिस्टिक S लगभग सामान्य रूप से mean average (E) और विचरण (VAR) के साथ निम्नानुसार वितरित किया जाता है और क्रमशः Eq 5 और 6: द्वारा दिया जाता है।

$$E(S) = 0 \quad 5$$

$$\text{VAR}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t_1(t_1-1)(2t_1+5)}{18} \quad 6$$

जहां बंधे हुए समूहों की संख्या है (एक बंधा हुआ समूह समान मूल्य वाले नमूना डेटा का एक सेट है), और को ith समूह में डेटा का विवरण दिया जाता है। मानक परीक्षण ऑकड़ा Z की गणना Eq 7 द्वारा की जाती है।

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{when } S > 0 \\ 0 & \text{when } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{when } S < 0 \end{cases} \quad 7$$

null hypothesis, H0 meaning कि कोई महत्वपूर्ण प्रवृत्ति मौजूद नहीं है, स्वीकार्य है यदि टेस्ट Z सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण नहीं है, अर्थात् $-Z_{\alpha/2}$ "Z" $Z_{\alpha/2}$, जहां $Z_{\alpha/2}$ मानक सामान्य विचलन है। MK परीक्षण शून्य परिकल्पना का परीक्षण करने के लिए आवश्यक है और सीमित है कि डेटा स्वतंत्र और समान रूप से वितरित हैं।

संशोधित मान केंडल (MMK) टेस्ट

ऑटोकॉर्रलेशन की उपस्थिति में, समय-श्रृंखला (हैमेड और राव, 1998) में एक प्रवृत्ति का पता लगाने के लिए प्री-व्हाइटनिंग का उपयोग किया जाता है। प्री-व्हाइटनिंग को एमकेके परीक्षण (यूए एट अल, 2003) में असाइनमेंट प्रवृत्ति का पता लगाने की दर को कम करने के लिए किया गया है। इस प्रकार, एमएमके परीक्षण का उपयोग एक ऑटोकॉर्रलेशन श्रृंखला की प्रवृत्ति का पता लगाने के लिए किया जाता है (राव एट अल, 2003)। Pk के महत्वपूर्ण मूल्य, जिसे टिप्पणियों के रैंकों के लिए स्वतः संबंधी कार्य माना जाता है, का उपयोग केवल सुधार तथ्य $ns/Eq 8$ के विचरण की गणना के लिए किया गया है। जैसे कि एस के विचरण को सकारात्मक रूप से प्रसारित डेटा (नारायणन एट अल, 2016) के लिए कम करके आंका गया है।

$$\frac{n}{n_s^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} * \sum_{k=1}^{n-1} (n-k)(n-k-1)(n-k-2) p_k \quad 8$$

जहाँ n वास्तविक प्रेक्षणों की संख्या का प्रतिनिधित्व करता है, n_s डेटा में स्वसंबंध के लिए टिप्पणियों की एक प्रभावी संख्या का प्रतिनिधित्व करता है। सही विचरण की गणना Eq 9 में दी गई है (राव एट अल, 2003)।

$$V^*(S) = \text{VAR}(S) * \frac{n}{n_s^*} \quad 9$$

जहाँ एस और वीएएस (एस) का उल्लेख क्रमशः Eq.3 और 6 में किया गया है।

जहाँ ZMK की गणना Eq 7 की जाती है, ठीक उसी तरह, जैसे ZMMK की गणना की जाती है। Z_{MMK} यहाँ एक मानक सामान्य वितरण का अनुसरण करता है। Z का एक सकारात्मक मान ऊपर की ओर बढ़ने का संकेत देता है और ऋणात्मक मान नीचे की ओर इंगित करता है। एक significance स्तर α का उपयोग या तो एक ऊपर या नीचे की ओर मोनोटोनिक प्रवृत्ति (one two-tailed टेस्ट) के लिए भी किया जाता है। यदि Z_{MMK} , $Z_{\alpha/2}$ से अधिक दिखाई देता है, जहाँ α significance स्तर को दर्शाता है, तो प्रवृत्ति को महत्वपूर्ण माना जाता है।

Theil और सेन ढलान अनुमानक

डेटा के n जोड़े के नमूने में परिमाण की प्रवृत्ति मौजूद है या नहीं, इसकी पहचान करने के लिए, Theil-Sen के एस्टीमेटर परीक्षण का उपयोग किया जाता है (Theil, 1950; Sen, 1968)। ट्रेंड परिमाण निम्नलिखित संबंध द्वारा दिया गया है (Eq 10):

$$\beta = \text{median} \left(\frac{x_j - x_i}{j - i} \right) \text{ for all } i < j \quad 10$$

जिसमें 1 'I' 'j' 'n' β प्रवृत्ति परिमाण का मजबूत अनुमान है। β का सकारात्मक मूल्य ऊपर की प्रवृत्ति को इंगित करता है β का नकारात्मक मान समय श्रृंखला में नीचे की ओर प्रवृत्ति को इंगित करता है।

परिणाम और विचार –विमर्श

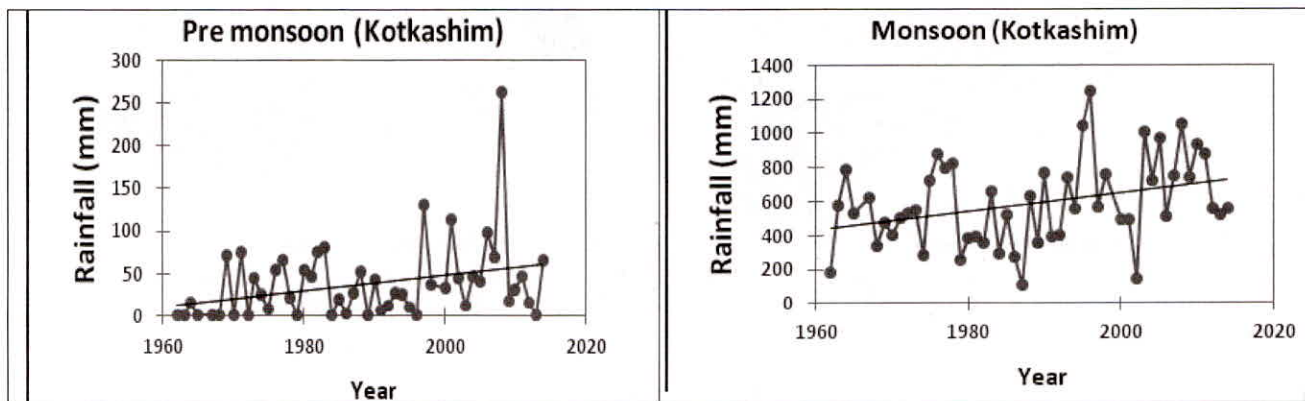
52 वर्षों (1962–2014) की अवधि के लिए वार्षिक वर्षा की बुनियादी सांख्यिकीय विशेषताओं का विश्लेषण किया गया। विभिन्न स्टेशनों के औसत वार्षिक वर्षा के आंकड़े 597 से 667 मिमी और मानक भिन्नता 220.0 से 311.1 मिमी तक भिन्न होते हैं। वार्षिक वर्षा रिकॉर्ड बताते हैं कि 2002 में नीमराणा में न्यूनतम वर्षा 108 मिमी दर्ज की गई थी, और वर्ष 1995 में मुदावर में अधिकतम वर्षा 1726 मिमी थी।

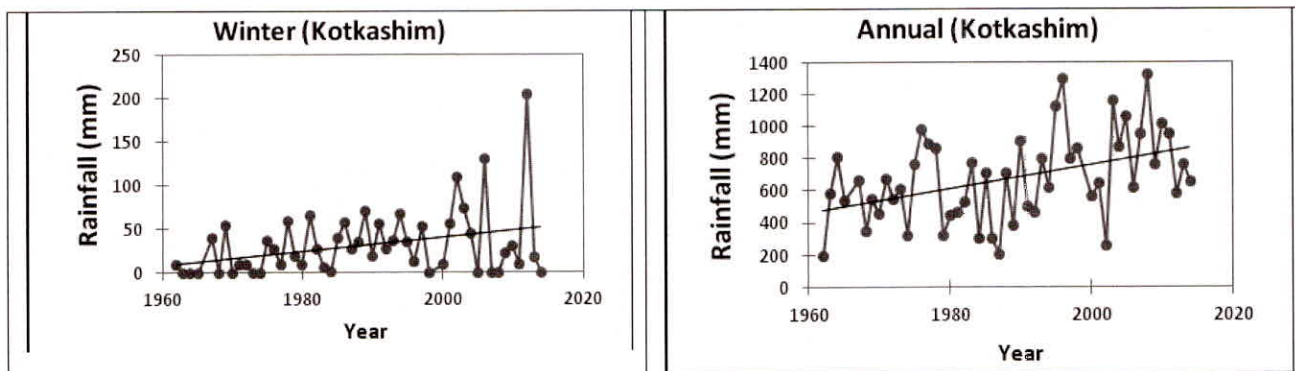
वार्षिक, मौसमी और मासिक वर्षा परिवर्तनशीलता पैटर्न का विश्लेषण

KBNIR की वार्षिक और मौसमी श्रृंखला में क्षेत्रीय स्तर पर वर्षा के आंकड़ों का विश्लेषण किया गया। अनुमानित वर्षा की प्रवृत्ति मानसून पूर्व वर्षा में बढ़ती हुई वर्षा को दर्शाती है, जैसा कि तालिका 1 में दिखाया गया है। पाँच स्टेशनों ने बहुत कम घटते रुझान दिखाए हैं, एक स्टेशन ने मजबूत सकारात्मक रुझान दिखाया है और दो स्टेशनों में मानसून की वर्षा में कोई रुझान नहीं है। सर्दियों की बारिश छह स्टेशनों पर बढ़ी और दो स्टेशनों पर कम हुई। चित्र 2 में कोटकाशिम स्टेशन के लिए ऐतिहासिक वर्षा के रुझान को दर्शाया गया है। कृषि की दृष्टि से, फसलों की पानी की आवश्यकताओं के सही आकलन के लिए वर्षा के मौसमी और मासिक रूपांतरों को समझना बहुत महत्वपूर्ण है। मानसून के महीनों (JJAS) की परिवर्तनशीलता अन्य मौसम की तुलना में अधिक देखी गई। अधिकतम सकारात्मक रुझान जून महीने में पाया गया और अधिकतम घटता रुझान जुलाई महीने में पाया गया। यह स्पष्ट संकेत दे रहा है कि मानसून का मौसम जुलाई से जून तक स्थानीय स्तर पर स्थानांतरित हो गया। इस प्रवृत्ति से खरीफ मौसम की फसलों को काफी प्रभावित होने की संभावना है। निष्कर्षों में मासिक और मौसमी बदलाव भी स्पष्ट रूप से देखे गए हैं, जिसका स्थानीय स्तर पर वर्षा पर प्रभाव पड़ेगा।

सारणी 1: मान-केंडल जेड मान, सेन डलान ट्रेंड परिमाण (मिमी/वर्ष) और परिवर्तन प्रतिशत 1962 से 2014 के दौरान

स्टेशन	pre मानसून			मानसून			विंटर			वार्षिक		
	MM K Z	β (mm /yr)	% change	MMK Z	β (mm/yr)	% change	MMK Z	β (mm /yr)	% change	MMK Z	β (mm/y r)	% change
बहरोड़	1.96	0.40	1.1	-0.67	-1.56	-0.30	-0.2	0.00	0.00	-0.23	-0.34	-0.05
बंसुर	1.61	0.40	1.03	-0.39	-1.04	-0.18	1.21	0.12	0.43	-0.15	-0.34	-0.05
किशनगढ़	0.28	0.03	0.1	0	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.43	0.81	0.13
कोटकाशिम	2.34	0.58	1.54	2.18	5.65	0.96	1.96	0.42	1.31	5.71	7.70	1.14
मुन्दावर	0.64	0.17	0.44	0	0.03	0.00	0.84	0.11	0.37	1.01	1.06	0.16
नीमराणा	1.23	0.23	0.73	-1.71	-2.32	-0.42	-0.16	0.00	0.00	-0.87	-1.63	-0.26
तापुकारा	0.16	0.00	0.00	-2.03	-3.95	-0.75	0.22	0.00	0.00	-1.4	-3.82	-0.64
तिजारा	0.51	0.07	0.20	-1.36	-3.01	-0.56	0.08	0.00	0.00	-1.41	-2.90	-0.47

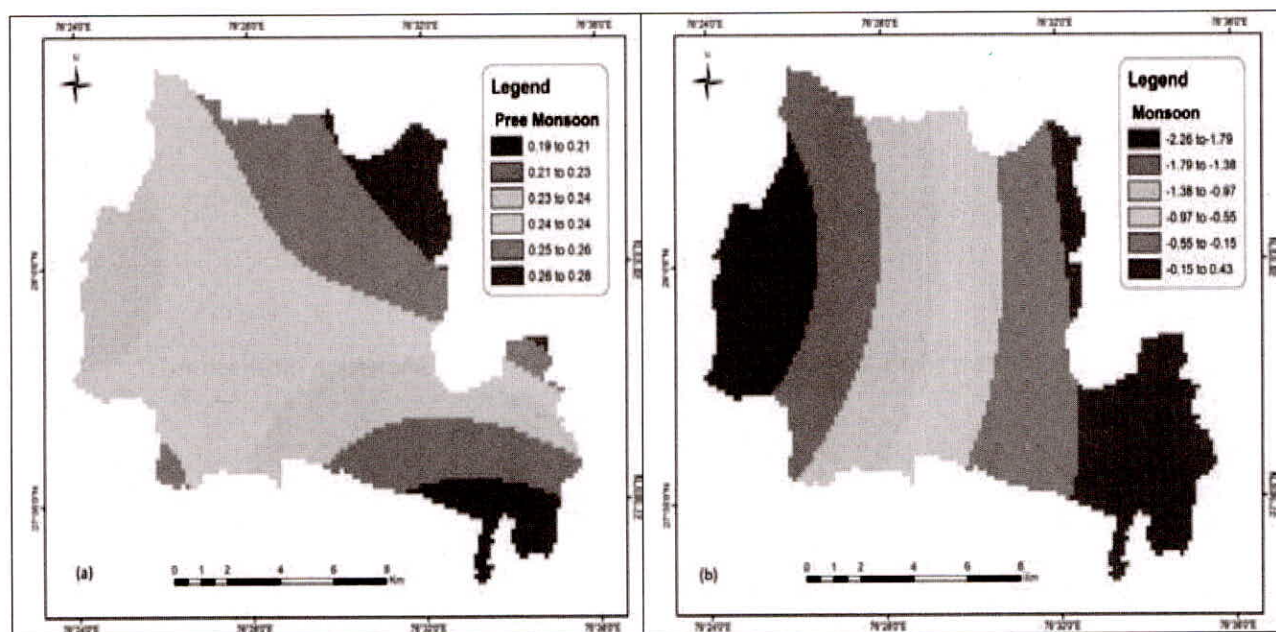


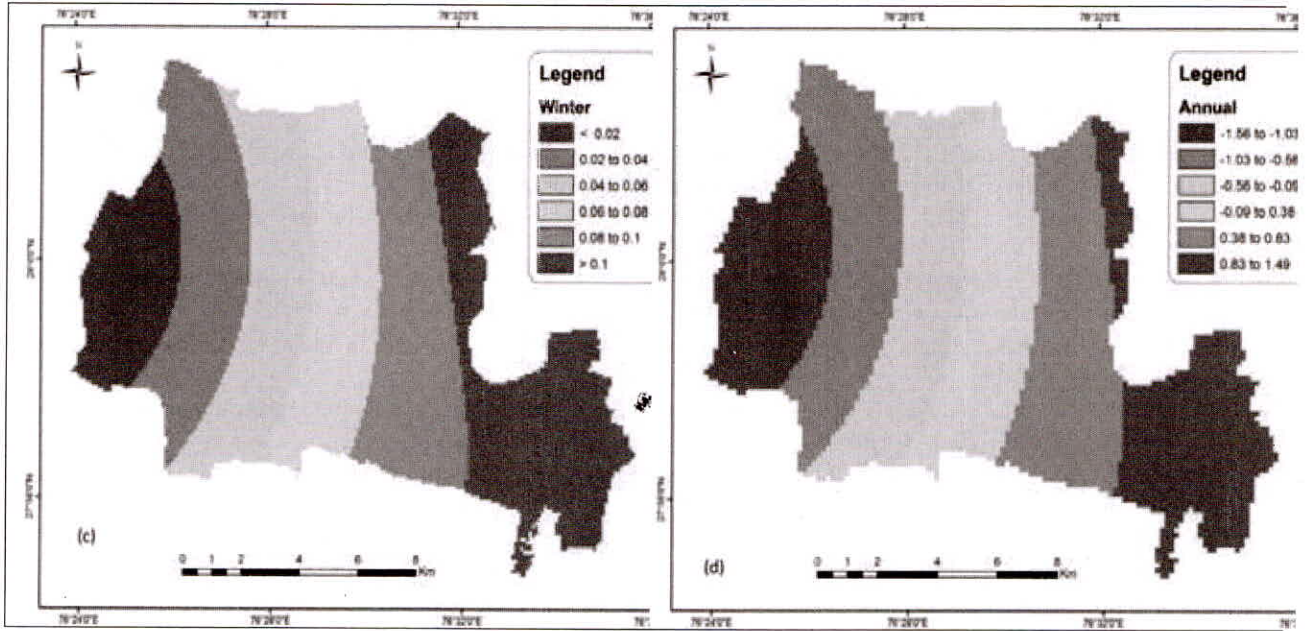


रेखा चित्र नम्बर 2 कोटकाशिम स्टेशन के लिए ऐतिहासिक बारिश का रुझान

वर्षा के रुझान का स्थानिक वितरण

52 वर्षों (1962–2014) के लिए अध्ययन क्षेत्र के लिए परिमाण (मिमी/वर्ष) के संदर्भ में औसत वर्षा (प्री मानसून, मानसून, सर्दियों और वार्षिक) के स्थानिक रुझान निर्धारित किए गए थे जो कि चित्र 3 में दिखाए गए थे। भारत की वार्षिक वर्षा में जून, जुलाई, अगस्त और सितंबर के मानसून महीनों के वर्चस्व वाले मॉनसून सीज़न की बारिश का अधिकांश योगदान है, इसलिए अध्ययन क्षेत्र के अधिकांश भाग में वार्षिक और मॉनसून सीज़न समान पैटर्न दिखाते हैं। वर्षा की प्रवृत्ति विश्लेषण के स्थानिक पैटर्न ने कई रुझानों की भविष्यवाणी की है जो भविष्य के लिए बेहतर जल संसाधन विकास योजना बनाने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है। चित्र 3 वार्षिक और मौसमीवर्षा समय श्रृंखला में दोनों प्रवृत्तियों को बढ़ाता और घटता दिखाता है। मानसून के मौसम के दौरान, प्रवृत्ति विश्लेषण समय केबीएनआईआर में घटती वर्षा की प्रवृत्ति को इंगित करता है। 1962 से 2014 तक प्री मानसून सीज़न के लिए spatially distributed slope (मिमी/वर्ष) ने, पूरे अध्ययन क्षेत्र में 1.14 मिमी के स्थानिक एवरेज के साथ बढ़ती दर के साथ एक पॉजिटिव स्लोप magnitude का संकेत दिया। लेकिन मानसून का मौसम -0.92 मिमी के स्थानिक मतलब के साथ घटती परिवर्तन दर के साथ समग्र अध्ययन क्षेत्र के लिए नकारात्मक ढलान को इंगित करता है। वार्षिक वर्षा अध्ययन क्षेत्र के पूर्वी हिस्से में अधिकतम सकारात्मक ढलान का प्रतिनिधित्व कर रही है।





चित्र सं. 3. 1962–2014 के दौरान KBNIR में प्री मानसून, मानसून, सर्दियों और वार्षिक वर्षा में सेन की ढलान प्रवृत्ति परिमाण (मिमी/वर्ष) का स्थानिक वितरण।

हालांकि, पश्चिमी भाग में नकारात्मक ढलान देखा जाता है। सर्दियों के मौसम में, बढ़ती परिवर्तन दर के साथ समग्र KBNIR के लिए अनुमानित सकारात्मक ढलान परिमाण 0.06 मिमी रहा है। इसलिए, उपरोक्त विश्लेषण के आधार पर, यह सुझाव दिया गया है कि केबीएनआईआर के पूर्वी भाग में कृषि जल की आवश्यकता पर कम से कम प्रभाव डालने के लिए पोस्ट डेवलपमेंट, कृषि प्रथाओं को बनाए रखा जाना चाहिए।

4 निष्कर्ष

केबीएनआईआर के ऊपर जीआईएस-आधारित स्थानिक वितरण और सांख्यिकीय तकनीकों जैसे मान-केंडल और सेन के ढलान अनुमानक परीक्षण का उपयोग करके दीर्घकालिक वर्षा की प्रवृत्ति का विश्लेषण करने का प्रयास किया गया है। ऐतिहासिक वर्षा के पैटर्न में बदलाव यह दर्शाता है कि जुलाई का महीना जून महीने की तुलना में कम बारिश का अनुभव करता है। वर्तमान अध्ययन से, यह पाया गया है कि 1962–2014 की अवधि के दौरान प्री मानसून और सर्दियों की बारिश का रुझान बढ़ गया था। कोटकासिम स्टेशन और इसके प्रभाव क्षेत्र को छोड़कर मॉनसून सीज़न और वार्षिक वर्षा की प्रवृत्ति में कमी आई है। ये ऐतिहासिक बारिश के रुझान जलवायु परिवर्तन के संदर्भ में KBNIR की कृषि और अर्थव्यवस्था पर नकारात्मक प्रभाव की ओर इशारा करते हैं। इस प्रवृत्ति के स्थानीय फसल उत्पादकता पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ने की संभावना है। विशेष रूप से खरीफ फसलों के लिए फसल कैलेंडर में फसलों की बुवाई के समय को बदलकर फसल के पैटर्न को संशोधित करने की आवश्यकता है। जलवायु परिवर्तन के न्यूनतम प्रभाव को सुनिश्चित करने के लिए अध्ययन के परिणाम जल संसाधन नियोजन और इस निवेश क्षेत्र के लिए उपयुक्त अनुकूलन उपायों में उपयोगी हैं।

References

- Alexandersson, H., 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. *J. Climatol.* 6, 661–675.
- Babar, S., Ramesh, H., 2014. Analysis of extreme rainfall events over Nethravathi basin, *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 20(2), 212-221.
- Buishand, T.A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of precipitation records. *J. Hydrol.* 58, 11–27.
- Dore, M.H.I., 2005. Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? *Environmental International*. 31, 1167-1181.
- Duhan, D., Pandey, A., 2013. Statistical analysis of long term spatial and temporal trends of precipitation during 1901–2002 at Madhya Pradesh, India, *Atmospheric Research* 122, 136–149.
- Gocic, M., and Trajkovic, S., 2013. Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*. 100, 172–182.
- Haigh, M.J., 2004. Sustainable management of head water resources: the Nairobi head water declaration (2002) and beyond. *Asian J. Water, Environ. Pollut.* 1(1–2), 17–28. *Wetensch. Proc.* 53, 1397–1412

- Hamed, K.H., 2008. Trend detection in hydrologic data: The Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis, *Journal of Hydrology* 349, 350–363.
- Hamed, K.H., Rao, A.R., 1998. A modified Mann–Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology* 204, 182–196.
- Jagadeesh, P., Anupama, C., 2014. Statistical and trend analyses of rainfall: a case study of Bharathapuzha river basin, Kerala, India, *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 20(2), 119–132.
- Jain, S.K., Kumar, V., 2012. Trend analysis of rainfall and temperature data for India, *Current Science*, 102(1), 37–49
- Keggenhoff, I., Elizbarashvili, M., Amiri-Farahani, A., King, L., 2014. Trends in daily temperature and precipitation extremes over Georgia, 1971–2010. *Weather and Climate Extremes*, 4, 75–85.
- Kumar, V., Jain, S.K., Singh, Y., 2010. Analysis of long-term rainfall trends in India, *Hydrological Sciences Journal*, 55(4), 484–496.
- Mondal, A., Khare, D., Kundu, S. 2015. Spatial and temporal analysis of rainfall and temperature trend of India, *Theor Appl Climatol* 122:143–158.
- Mondal, A., Mujumdar, P., 2015. Modeling non-stationarity in intensity, duration and frequency of extreme rainfall over India. *J. Hydrol.* 521, 217–231.
- Narayanan, P., Basistha, A. and Sachdeva, K. 2016. Understanding trends and shifts in, rainfall in parts of north western India based on global climatic indices, *Weather*, 71(8)
- Ogunbenro, S.B., Eniolu, T. 2014. Rainfall distribution and change detection across climatic zones in Nigeria. *Weather and Climate Extremes*, <http://doi.org/10.1016/j.wace.2014.10.002>.
- Ouarda, T.B.M.J., Charron, C., Niranjan, K. K., Marpu, P.R., Ghedira, H., Molini, A. Khayal, I. 2014. Evolution of the rainfall regime in the United Arab Emirates, *Journal of Hydrology* 514, 258–270.
- Pal, I. Al-Tabbaa, A., 2011. Assessing seasonal precipitation trends in India using parametric and non-parametric statistical techniques, *Theor Appl Climatol.* 103(1) 1–11.
- Pattanaik, D.R. Rajeevan, M., 2007. Northwest Pacific tropical cyclone activity and July rainfall over India *Meteorol Atmos Phys* 95, 63–72
- Pettitt, A.N., 1979. A non-parametric approach to the change-point detection. *Appl. Stat.* 28 (2), 126–135.
- Pujol, N., Neppel, L.U.C., Sabatier, R., 2007. Regional tests for trend detection in maximum precipitation series in the French Mediterranean region, 52(5), 956–973.
- Puranik, S.S., Sinha Ray, K.C., Sen, P.N., Kumar, P.P., 2013. An index for predicting the onset of monsoon over Kerala, *Current Science*, 105(7), 954–961.
- Rajeevan, M., Bhate, J., Jaswal, A.K., 2008. Analysis of variability and trends of extreme rainfall events over India using 104 years of gridded daily rainfall data, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L18707, doi:10.1029/2008GL035143.
- Rao, A.R., Hamed, K.H., Chen, H.L., 2003. Non stationarities in Hydrologic and Environmental Time Series. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands p. 362
- Sen, P.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. Am. Stat. Assoc.* 63, 1379–1389.
- Sharma, C.S., Panda, S.N., Pradhan, R.P., Singh, A., Kawamura, A., 2016. Precipitation and temperature changes in eastern India by multiple trend detection methods, *Atmospheric Research* 180 211–225
- Shukla, R., Khare, D., Tiwari, P., Mishra, P.K., Gupta, S., 2017. Analysis of Long Term Temperature Trend for Madhya Pradesh, India (1901–2005), *Current World Environment*, 12(1), 68–79
- Taxak, A.K., Murumkar, A.R., Arya, D.S., 2014. Long term spatial and temporal rainfall trends and homogeneity analysis in Wainganga basin, Central India. *Weather and Climate Extremes*, 4, 50–61.
- Theil, H. (1950). A rank invariant method of linear and polynomial regression analysis, Part 3. *Nederl. Akad.*
- Wang, Y., and Zhong-Wei Y., 2009. Trends in Seasonal Precipitation over China during 1961–2007, *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 2(3), 165–171.
- Yavuz, H., Erdogan, S., 2012. Spatial analysis of monthly and annual precipitation trends in Turkey. *Water Resour. Manag.* 26 (3), 609–621.
- Yue, S., and Hashino, M., 2003. Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan. *J. Am Water Resour Assoc.* 39(3), 587–596.
- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., 2003. Canadian streamflow trend detection: impacts of serial and cross-correlation. *Hydrol. Sci. J.* 48(1), 51–63.

- Zhang, Q., Jiang, T., Gemmer, M., Becker, S., Zhang, Q., Jiang, T., Gemmer, M., 2005. Precipitation, temperature and runoff analysis from 1950 to 2002 in the Yangtze basin China, Hydrological Sciences Journal, 50(1)
- Techamahasaranont, J., Shrestha, S., Babel, M.S., Shrestha, R. P., Jourdain, D., 2017. Spatial and
- Temporal Variation in the Trends of Hydrological Response of Forested Watersheds in Thailand. Environmental Earth Sciences 76 (430) doi.org/10.1007/s12665-017-6764-9