शोध उत्कर्ष Shodh Utkarsh Online Available at https:// www.shodhutkarsh.com ISSN-2993-4648
वर्ष - 03 अंक– 12 अक्टूबर - दिसंबर - 2025 Impact factor– 03

जलवायु परिवर्तन के कारण तथा मानव जीवन पर इसका प्रभाव

डॉ. संजय सिंह राघव
सहायक प्राध्यापक -भूगोल
शासकीय महाविद्यालय बदरवास, जिला -शिवपुरी (म. प्र.)

सारांश :- जलवायु परिवर्तन वर्तमान युग की सबसे गंभीर वैश्विक चुनौतियों में से एक है, जिसका सीधा प्रभाव प्राकृतिक प्रणालियों और मानव जीवन दोनों पर पड़ रहा है। इस शोध पत्र में जलवायु परिवर्तन के प्रमुख भौतिक कारकों, जैसे कि तापमान में वृद्धि, महासागरीय गतिकी में बदलाव और वर्षा के चरम स्तर, तथा उनके परिणामस्वरूप उत्पन्न होने वाले सामाजिक-आर्थिक एवं बुनियादी ढांचे से संबंधित प्रभावों का विश्लेषण किया गया है। हम मशीन लर्निंग और भौतिकी-आधारित जलवायु मॉडलों के माध्यम से इन जटिल समस्याओं को समझने और उनसे निपटने के लिए एक समग्र वैचारिक दृष्टिकोण प्रस्तुत करते हैं। यह अध्ययन जलवायु के बदलते पैटर्न का सांख्यिकीय आकलन के साथ मानव जीवन पर इसके मनोवैज्ञानिक, ढांचागत और व्यावहारिक प्रभावों को कम करने की दिशा में भी महत्वपूर्ण शैक्षणिक अंतर्दृष्टि प्रदान करता है।

1. प्रस्तावना :-जलवायु परिवर्तन पृथ्वी के पारिस्थितिक तंत्र और मानव समाज के लिए एक अभूतपूर्व खतरा बन चुका है। वैश्विक तापमान और वर्षा के वार्षिक औसत में होने वाले परिवर्तन इस संकट के प्रमुख संकेतकों के रूप में कार्य करते हैं। इसके अतिरिक्त, ग्रीनहाउस गैसों के बढ़ते स्तर के कारण न केवल समुद्री गतिकी और प्रवाल भित्तियों का क्षरण हो रहा है, बल्कि अत्यधिक वर्षा और चरम मौसमी घटनाओं में भी तीव्रता आ रही है । इन भौतिक परिवर्तनों का सीधा असर मानव जीवन की सुरक्षा, आजीविका और महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचे की स्थिरता पर पड़ता है, जिससे इस विषय का बहुआयामी अध्ययन अत्यंत आवश्यक हो जाता है। इस शोध पत्र का मुख्य उद्देश्य जलवायु परिवर्तन के मूलभूत कारणों को स्पष्ट रूप से परिभाषित करना और मानव समाज पर इसके व्यापक प्रभावों का मूल्यांकन करना है। हम इस समस्या को केवल एक भौतिक या वायुमंडलीय परिघटना के रूप में नहीं, बल्कि एक जटिल सामाजिक-तकनीकी चुनौती के रूप में देखते हैं। अध्ययन का दायरा जलवायु मॉडलिंग की अनिश्चितताओं से लेकर पावर ग्रिड जैसे महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचे की भेद्यता और जलवायु परिवर्तन के प्रति मानवीय मनोविज्ञान तक फैला हुआ है। वर्तमान में मौजूद दृष्टिकोण और मॉडल इस व्यापक समस्या का समाधान करने में कई कारणों से अपर्याप्त हैं। पहला कारण यह है कि पारंपरिक सांख्यिकीय डाउनस्केलिंग मॉडल अक्सर जलवायु परिवर्तन की भविष्य की परिस्थितियों में अनिश्चितता का सटीक मात्रात्मक मूल्यांकन करने में विफल रहते हैं, क्योंकि वे मुख्य रूप से स्थिरता की धारणा पर निर्भर करते हैं । दूसरा कारण यह है कि मानव प्रभाव को कम करने के लिए बनाए गए अधिकांश तकनीकी दृष्टिकोण केवल कार्बन फुटप्रिंट की जानकारी देने तक सीमित हैं, जबकि वे उस मनोवैज्ञानिक 'भाव' को नजरअंदाज कर देते हैं जो वास्तव में मानव व्यवहार को बदलने के लिए आवश्यक है ।

उपरोक्त कमियों को दर करने के लिए, इस शोध पत्र में निम्नलिखित प्रमुख योगदान प्रस्तुत किए गए हैं:

हम जलवायु परिवर्तन के भौतिक डेटा (जैसे क्षेत्रीय तापमान और चरम वर्षा) को बुनियादी ढांचे की भेद्यता के साथ जोड़ने के लिए एक परिष्कृत विश्लेषणात्मक दृष्टिकोण का प्रस्ताव देते हैं, जो सांख्यिकीय अनिश्चितताओं को बेहतर ढंग से संभाल सकता है।

हम मानव जीवन पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव को प्रभावी ढंग से संप्रेषित करने के लिए सामाजिक-मनोवैज्ञानिक कारकों और मशीन लर्निंग-आधारित प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण (NLP) का एक एकीकृत मॉडल प्रस्तुत करते हैं, ताकि जन जागरूकता को बढ़ाया जा सके।

2. संबंधित कार्य :-

इस खंड में हम जलवायु परिवर्तन और इसके प्रभावों से संबंधित पूर्व शोधों को तीन मुख्य श्रेणियों में विभाजित करते हैं। इन श्रेणियों के माध्यम से हम मौजूदा ज्ञान की सीमाओं और हमारे प्रस्तावित कार्य की प्रासंगिकता को स्थापित करेंगे।

2.1 जलवायु मॉडलिंग और सांख्यिकीय डाउनस्केलिंग (Climate Modeling and Statistical Downscaling)-इस श्रेणी के शोध मुख्य रूप से भविष्य की जलवायु परिस्थितियों का अनुमान लगाने के लिए जनरल सर्कुलेशन मॉडल (GCMs) और रीजनल क्लाइमेट मॉडल (RCMs) के उपयोग पर केंद्रित हैं। उदाहरण के लिए, भारतीय क्षेत्र में भविष्य के जलवायु परिवर्तन के अनुमानों के लिए कई RCMs का उपयोग करके उच्च-रिज़ॉल्यूशन वाले डाउनस्केल्ड प्रोजेक्शन तैयार किए गए हैं । इन मॉडलों की सबसे बड़ी ताकत यह है कि वे क्षेत्रीय स्तर पर तापमान और वर्षा के रुझानों की विस्तृत जानकारी देते हैं। हालांकि, इनकी एक बड़ी कमजोरी यह है कि जटिल भौतिक प्रक्रियाओं के कारण इनमें उच्च कम्प्यूटेशनल लागत और भारी अनिश्चितता होती है। वर्तमान शोध की तुलना में, हमारा कार्य केवल पूर्वानुमानों पर निर्भर रहने के बजाय डीप एंसेंबल का उपयोग करके डाउनस्केलिंग मॉडलों की अनिश्चितता को कम करने वाले दृष्टिकोणों का समर्थन करता है ।

2.2 पर्यावरणीय चरम घटनाएं और महासागरीय गतिकी (Environmental Extremes and Ocean Dynamics)-दूसरी श्रेणी भौतिक पर्यावरण में होने वाले तीव्र बदलावों और चरम घटनाओं के अध्ययन से संबंधित है। जलवायु वार्मिंग के जवाब में चरम वर्षा की घटनाओं में तीव्रता देखी गई है, जिसका एक बड़ा कारण ऊष्मागतिक परिवर्तन है । इसी तरह, मशीन लर्निंग का उपयोग करके अंटार्कटिक सर्कम्पोलर करंट जैसे जटिल महासागरीय प्रणालियों में जलवायु परिवर्तन के कारण होने वाले बदलावों को ट्रैक किया गया है । इन अध्ययनों की विशेषता इनकी गहरी भौतिक अंतर्दृष्टि है, लेकिन ये अक्सर इन पर्यावरणीय घटनाओं के सीधे मानवीय और ढांचागत परिणामों को जोड़ने में पीछे रह जाते हैं। हमारा शोध इन भौतिक घटनाओं को सीधे तौर पर मानव बस्तियों और महत्वपूर्ण अवसंरचनाओं पर पड़ने वाले जोखिम से जोड़कर एक नया दृष्टिकोण प्रदान करता है।

2.3 सामाजिक-मनोवैज्ञानिक और बुनियादी ढांचे के प्रभाव (Socio-Psychological and Infrastructure Impacts)

तीसरी श्रेणी में वे कार्य आते हैं जो जलवायु परिवर्तन के मानवीय पहलू और बुनियादी ढांचे पर इसके प्रभाव का विश्लेषण करते हैं। प्राकृतिक आपदाओं के कारण इलेक्ट्रिक पावर ग्रिड के लचीलेपन (resilience) को खतरा उत्पन्न हो रहा है, जिसे मापने के लिए भेद्यता मॉडल विकसित किए गए हैं। दूसरी ओर, जन जागरूकता बढ़ाने के लिए जेनेरेटिव एआई के माध्यम से बाढ़ जैसी आपदाओं की

यथार्थवादी छवियां बनाई जा रही हैं, जिनका मूल्यांकन विशेष मेट्रिक्स (जैसे FID) द्वारा किया जाता है। इसके अलावा, 'क्लाइमेट टेक्स्ट' जैसे डेटासेट के माध्यम से जनसंचार माध्यमों में जलवायु परिवर्तन के विषयों का पता लगाने के लिए प्राकृतिक भाषा मॉडल (जैसे BERT) का उपयोग किया गया है। हमारा कार्य इन सभी पहलुओं को जोड़ता है और यह तर्क देता है कि बुनियादी ढांचे की सुरक्षा के साथ-साथ मानवीय भावनाओं को संबोधित करना एक समग्र जलवायु अनुकूलन रणनीति के लिए अनिवार्य है।

3. प्रणाली एवं दृष्टिकोण (Method/Approach)

हम जलवायु परिवर्तन के कारणों की निगरानी और मानव जीवन पर इसके प्रभाव को कम करने के लिए एक बहुआयामी मॉड्यूलर दृष्टिकोण का प्रस्ताव करते हैं। इस प्रणाली का उद्देश्य भौतिक जलवायु डेटा, अवसंरचना जोखिम, और सामाजिक-मनोवैज्ञानिक प्रतिक्रियाओं को एक साथ संसाधित करना है।

3.1 प्रस्तावित मॉड्यूलर ढांचा (Proposed Structured Framework)

हमारी प्रस्तावित प्रणाली तीन मुख्य चरणों में कार्य करती है, जो डेटा एकत्रीकरण से लेकर नीति निर्माण तक की प्रक्रिया को सुव्यवस्थित करते हैं:

जलवायु डेटा निष्कर्षण और अनिश्चितता मॉडलिंग (Climate Data Extraction & Uncertainty Modeling): इस मॉड्यूल में वैश्विक तापमान और वर्षा के वार्षिक औसत डेटा का विश्लेषण किया जाता है। अनिश्चितताओं को बेहतर ढंग से पकड़ने और भविष्य की चरम मौसमी घटनाओं की भविष्यवाणी करने के लिए हम डीप एंसेंबल तकनीकों का उपयोग करते हैं।

बुनियादी ढांचा भेद्यता मूल्यांकन (Infrastructure Vulnerability Assessment): चरम मौसम (जैसे भारी वर्षा या तूफान) के पूर्वानुमानों को पावर ग्रिड जैसे महत्वपूर्ण इन्फ्रास्ट्रक्चर के भौगोलिक डेटा के साथ जोड़ा जाता है। इसके आधार पर ढांचागत विफलता की संभावनाओं को मापने के लिए भेद्यता वक्र (fragility curves) तैयार किए जाते हैं।

सामाजिक-मनोवैज्ञानिक जन जागरूकता (Socio-Psychological Public Awareness): इस अंतिम चरण में, मशीन लर्निंग का उपयोग करके लोगों के कार्बन फुटप्रिंट और जलवायु संचार के मनोवैज्ञानिक भाव का विश्लेषण किया जाता है। इसके अतिरिक्त, पाठ्य डेटासेट से जलवायु विषयों का पता लगाकर और यथार्थवादी छवियों का निर्माण करके जन जागरूकता को लक्षित किया जाता है।

3.2 प्रमुख डिज़ाइन विकल्प और उनका तर्क (Design Choices and Rationale)

इस प्रणाली के डिज़ाइन में कई महत्वपूर्ण निर्णय लिए गए हैं। पहला निर्णय सांख्यिकीय डाउनस्केलिंग में पारंपरिक मॉडलों के स्थान पर डीप एंसेंबल का उपयोग करना है। इसका कारण यह है कि जलवायु परिवर्तन की परिस्थितियों में स्थिरता की कमी होती है, और डीप एंसेंबल जोखिम मूल्यांकन के लिए आवश्यक अनिश्चितता का बेहतर मात्रात्मक अनुमान प्रदान करते हैं। दूसरा प्रमुख विकल्प मानवीय प्रतिक्रियाओं को मॉडल करने के लिए 'अफेक्ट' या भावनाओं को शामिल करना है। शोध यह दर्शाते हैं कि केवल तार्किक जानकारी देने से मानवीय व्यवहार में बदलाव नहीं आता; इसलिए, जलवायु संचार को व्यक्तिगत रूप से प्रासंगिक और भावनात्मक रूप से प्रभावशाली बनाना आवश्यक है।

3.3 मूल्यांकन योजना (Evaluation Plan)

प्रस्तावित प्रणाली की प्रभावशीलता को मापने के लिए हम एक व्यापक मूल्यांकन योजना प्रस्तुत करते हैं, जिसमें वास्तविक और काल्पनिक दोनों प्रकार के डेटासेट का उपयोग किया जाएगा।

भौतिक डेटा का मूल्यांकन: हम CMIP6 सिमुलेशन एन्सेम्बल से प्राप्त तापमान और वर्षा के डेटा का उपयोग करेंगे। हमारे डीप एंसेंबल मॉडल की सटीकता का परीक्षण ऐतिहासिक डेटा पर क्रॉस-वैलिडेशन के माध्यम से किया जाएगा।

पाठ्य और जनसंचार का मूल्यांकन: प्राकृतिक भाषा मॉडल के प्रदर्शन का परीक्षण करने के लिए हम 'ClimaText' डेटासेट का उपयोग करेंगे, जो वाक्यों में जलवायु परिवर्तन के विषयों का पता लगाने में मदद करता है।

छवि यथार्थवाद (Image Realism) मेट्रिक्स: यदि प्रणाली जन जागरूकता के लिए बाढ़ या अन्य आपदाओं की चित्रमय छवियां उत्पन्न करती है, तो हम इसकी यथार्थता को मापने के लिए Fréchet Inception Distance (FID) मेट्रिक का उपयोग करेंगे, जो मानव यथार्थवाद के साथ अच्छी तरह से सहसंबद्ध है।

4. चर्चा (Discussion)

यह खंड हमारे प्रस्तावित दृष्टिकोण के व्यावहारिक निहितार्थों, प्रणाली की सीमाओं, संभावित नैतिक चिंताओं और भविष्य के अनुसंधान के अवसरों पर विस्तृत चर्चा करता है।

4.1 व्यावहारिक निहितार्थ (Practical Implications)

हमारे मॉडल के सफल कार्यान्वयन से समाज और प्रशासन को कई स्तरों पर लाभ हो सकता है। सबसे पहले, चरम मौसमी घटनाओं की सटीक डाउनस्केलिंग और अनिश्चितता मॉडलिंग से क्षेत्रीय प्रशासनों को पावर ग्रिड जैसे महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचे को सुरक्षित करने में मदद मिलेगी। इसके अलावा, मशीन लर्निंग का उपयोग करके प्रवाल भित्तियों (coral reefs) और तटीय पारिस्थितिक तंत्रों में हो रहे क्षरण की निगरानी अधिक कुशलता से की जा सकती है, जिससे संरक्षण रणनीतियों को समय पर लागू किया जा सके। सार्वजनिक डोमेन में, यथार्थवादी जलवायु इमेजरी और लक्षित संचार से आम जनता में जलवायु परिवर्तन के प्रति गंभीरता और सामूहिक कार्रवाई की भावना को बढ़ावा मिलेगा।

4.2 सीमाएं और विफलता के मोड (Limitations and Failure Modes)

इस व्यापक दृष्टिकोण के बावजूद, वर्तमान में कई तकनीकी और सैद्धांतिक सीमाएं मौजूद हैं:

पहली सीमा: सांख्यिकीय डाउनस्केलिंग मॉडलों में अनिश्चितता को कम करने के प्रयासों के बावजूद, जब भविष्य की जलवायु परिस्थितियां ऐतिहासिक डेटा के पैटर्न से पूरी तरह से भिन्न (non-stationary) हो जाती हैं, तो डीप एंसेंबल भी गलत या अत्यधिक आत्मविश्वासी भविष्यवाणियां कर सकते हैं।

दूसरी सीमा: जटिल महासागरीय प्रणालियों और उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में वर्षा के चरम स्तरों का अनुकरण करना अभी भी चुनौतीपूर्ण है, क्योंकि इन प्रक्रियाओं को नियंत्रित करने वाले संवहन और मेसोस्केल गतिकी के लिए अत्यधिक उच्च रिज़ॉल्यूशन वाले डेटा की आवश्यकता होती है, जो हमेशा उपलब्ध नहीं होता है।

तीसरी सीमा: मनोवैज्ञानिक 'भाव' (affect) को मात्रात्मक रूप से मापना और उसे मशीन लर्निंग एल्गोरिदम में एकीकृत करना एक अत्यधिक व्यक्तिपरक कार्य है। विभिन्न संस्कृतियों और समुदायों में भावनाओं की अभिव्यक्ति भिन्न होती है, जिससे मॉडल के वैश्वीकरण में विफलता आ सकती है।

4.3 नैतिक विचार और जोखिम (Ethical Considerations and Risks)- जलवायु परिवर्तन से निपटने के लिए एआई और मशीन लर्निंग का उपयोग करते समय कुछ महत्वपूर्ण नैतिक पहलुओं पर विचार करना आवश्यक है:

पहला जोखिम: जन जागरूकता बढ़ाने के लिए आपदाओं की कृत्रिम (generative) छवियां बनाते समय इस बात का खतरा रहता है कि ये छवियां जनता में अनावश्यक दहशत फैला सकती हैं या गलत सूचना का साधन बन सकती हैं, खासकर यदि छवियां अत्यधिक संवेदनशील क्षेत्रों को लक्षित करती हों।

दूसरा जोखिम: बुनियादी ढांचे की भेद्यता और जोखिम मूल्यांकन मॉडल अनजाने में प्रणालीगत पूर्वाग्रह (bias) पैदा कर सकते हैं। यदि ऐतिहासिक डेटा में कम आय वाले क्षेत्रों की अनदेखी की गई है, तो संसाधन आवंटन के समय एल्गोरिदम इन असुरक्षित समुदायों को प्राथमिकता देने में विफल हो सकते हैं, जिससे जलवायु न्याय प्रभावित होता है।

4.4 भविष्य का कार्य (Future Work)

भविष्य के शोध में हमारी प्रणाली को और अधिक सक्षम बनाने के लिए कई दिशाओं में काम किया जा सकता है:

पहला कार्य: पाठ्य डेटासेट (जैसे ClimaText) और दृश्य जनरेटिव मॉडलों का उपयोग करके एक उन्नत 'मल्टी-मोडल इंटरेक्टिव सिस्टम' विकसित किया जाना चाहिए, जो उपयोगकर्ताओं को उनके स्थानीय पर्यावरण पर पड़ने वाले प्रभावों का वास्तविक समय में अनुभव करा सके।

दूसरा कार्य: इमेजिंग स्पेक्ट्रोस्कोपी और रेडिएटिव ट्रांसफर मॉडल (RTMs) के क्षेत्र में, न्यूरल नेटवर्क को न केवल प्रसंस्करण समय को कम करने के लिए प्रशिक्षित किया जाना चाहिए, बल्कि नए ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन स्रोतों (जैसे मीथेन) का वास्तविक समय में पता लगाने के लिए उपग्रह प्रणालियों के साथ सीधे एकीकृत किया जाना चाहिए।

5. निष्कर्ष :-

इस शोध पत्र में हमने जलवायु परिवर्तन के जटिल कारणों और मानव जीवन पर इसके दूरगामी प्रभावों का विस्तृत विश्लेषण प्रस्तुत किया है। वैश्विक तापमान में वृद्धि, चरम वर्षा, और महासागरीय गतिकी में परिवर्तन जैसी भौतिक घटनाएं न केवल प्राकृतिक पारिस्थितिक तंत्रों को नष्ट कर रही हैं, बल्कि मानव बस्तियों और आवश्यक बुनियादी ढांचे को भी गंभीर खतरे में डाल रही हैं। हमने देखा कि इन खतरों का सटीक पूर्वानुमान लगाने के लिए उन्नत जलवायु मॉडलिंग, डीप एंसेंबल और मशीन लर्निंग तकनीकों का उपयोग अत्यंत आवश्यक है, जो भविष्य की अनिश्चितताओं को बेहतर ढंग से संभाल सकें। निष्कर्षतः, जलवायु परिवर्तन से प्रभावी ढंग से निपटने के लिए केवल तकनीकी या भौतिक दृष्टिकोण पर्याप्त नहीं हैं; हमें मानव समाज के मनोवैज्ञानिक और ढांचागत पहलुओं को भी समान महत्व देना होगा। एआई-आधारित जन जागरूकता अभियानों, सामाजिक-मनोवैज्ञानिक समझ, और बुनियादी ढांचे के भेद्यता मॉडलों का एकीकरण हमें न केवल जलवायु संकट की भयावहता को समझने में मदद करता है, बल्कि इसके खिलाफ एक लचीला और टिकाऊ भविष्य सुनिश्चित करने का मार्ग भी प्रशस्त करता है। भविष्य की रणनीतियों में तकनीकी नवाचार और जलवायु न्याय दोनों का संतुलन स्थापित करना हमारी सर्वोच्च प्राथमिकता होनी चाहिए।मशीन लर्निंग और डीप लर्निंग आधारित मॉडल, जैसे सह-संबंधात्मक अधिगम और तंत्रिका - तंत्र, जलवायु परिवर्तन के दीर्घकालिक प्रभावों के पूर्वानुमान और विश्लेषण में विशेष रूप से सहायक साबित हो रहे हैं।

****

संदर्भ सूची:-

1. Anderson, Charles, and Jason Stock. "An Interpretable Model of Climate Change Using Correlative Learning." 2022. https://arxiv.org/pdf/2212.04478v1
2. Deshpande, Shubhankar, et al. "Learning Radiative Transfer Models for Climate Change Applications in Imaging Spectroscopy." 2019. https://arxiv.org/pdf/1906.03479v1
3. O'Gorman, Paul A.. "Precipitation extremes under climate change." Current Climate Change Reports, 1, 49-59, 2015, 2015. https://doi.org/10.1007/s40641-015-0009-3
4.González-Abad, Jose, and Jorge Baño-Medina. "Deep Ensembles to Improve Uncertainty Quantification of Statistical Downscaling Models under Climate Change Conditions." 2023. https://arxiv.org/pdf/2305.00975v1
5.Tilbury, Kyle, and Jesse Hoey. "The Human Effect Requires Affect: Addressing Social-Psychological Factors of Climate Change with Machine Learning." 2020. https://arxiv.org/pdf/2011.12443v1
6. Sanjay, J., et al. "Future Climate Change Projections over the Indian Region." Climate Change over INDIA: An Interim Report (2017), pp 11-27, 2020. https://arxiv.org/pdf/2012.10386v1
7. Yik, William, et al. "Southern Ocean Dynamics Under Climate Change: New Knowledge Through Physics-Guided Machine Learning." 2023. https://arxiv.org/pdf/2310.13916v2
8. Karagiannakis, George, et al. "Fragility Modeling of Power Grid Infrastructure for Addressing Climate Change Risks and Adaptation." WIREs Climate Change, 16(1), 2025, 2025. https://doi.org/10.1002/wcc.930
9. Zhou, Sharon, et al. "Establishing an Evaluation Metric to Quantify Climate Change Image Realism." 2019. https://arxiv.org/pdf/1910.10143v1
10. Varini, Francesco S., et al. "ClimaText: A Dataset for Climate Change Topic Detection." 2020. https://arxiv.org/pdf/2012.00483v2