IJSSRA l ISSN (online): 3107-6238
January-March 2026 l Vol. 1 l Issue 4

चरम मौसमी घटनाओं का वैश्विक खाद्य सुरक्षा और कृषि अर्थव्यवस्था पर प्रभाव: एक विश्लेषणात्मक मूल्यांकन

Abhilasha Maravi*

Assistant Professor, PMCOE Rani Durgawati PG College, Mandla, MP
E-Mail: maraviabhilasha718@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.20834312

1. परिचय (Introduction)

वैश्विक जलवायु व्यवस्था में आए अभूतपूर्व परिवर्तन का सबसे विनाशकारी रूप 'चरम मौसमी घटनाओं' (Extreme Weather Events - EWEs) के रूप में सामने आ रहा है। संयुक्त राष्ट्र के जलवायु परिवर्तन पर अंतर-सरकारी पैनल (IPCC) की छठी मूल्यांकन रिपोर्ट (AR6) स्पष्ट रूप से चेतावनी देती है कि औद्योगिक क्रांति के पूर्व स्तर की तुलना में वैश्विक औसत तापमान में लगभग 1.1°C की वृद्धि हो चुकी है, जिसके परिणामस्वरूप सूखा, बाढ़, ताप लहर और उष्णकटिबंधीय चक्रवातों की आवृत्ति, तीव्रता और भौगोलिक फैलाव में उल्लेखनीय वृद्धि हुई है (IPCC, 2021)। भारत विशेष रूप से इस संकट के प्रति अत्यधिक संवेदनशील है; भारतीय मौसम विभाग (IMD) के आँकड़ों के अनुसार, 1901-2021 की अवधि में देश का औसत तापमान लगभग 0.7°C बढ़ चुका है, और हाल के दशकों में तीव्र गर्मी की लहरों, अनियमित मानसून और अत्यधिक वर्षा की घटनाओं में भारी वृद्धि दर्ज की गई है। ये घटनाएँ अब केवल भविष्यवाणी की वस्तु न रहकर भारतीय उपमहाद्वीप की वर्तमान जैव-भौतिक वास्तविकता बन चुकी हैं, जो देश के सामाजिक-पारिस्थितिक तंत्र पर असमानुपातिक और अरैखिक (non-linear) प्रभाव डाल रही हैं।

भारतीय अर्थव्यवस्था में कृषि क्षेत्र की जलवायु-संवेदनशीलता एक मौलिक रूप से भिन्न और तीव्र स्वरूप में प्रकट होती है। राष्ट्रीय सकल घरेलू उत्पाद (GDP) में कृषि का योगदान लगभग 18-20 प्रतिशत होने के साथ-साथ यह क्षेत्र देश की लगभग 55 प्रतिशत जनसंख्या की आजीविका सीधे तौर पर संभालता है। उद्योग या सेवा क्षेत्रों के विपरीत, जो नियंत्रित या अर्ध-नियंत्रित परिवेशों में संचालित होते हैं, भारतीय कृषि एक 'खुले वातावरण' (Open-air) में निर्भर गतिविधि है, जिसका लगभग 60 प्रतिशत नेट सोए क्षेत्र वर्षा-आश्रित (rainfed) है और देश की कुल भूमि का लगभग 52 प्रतिशत क्षेत्र सूखा-प्रवण है। फसलों की जैविक प्रक्रियाएँ—जैसे अंकुरोद्गम (germination), पुष्पीकरण (flowering), परागण (anthesis) और दाना भरना (grain-filling)—सूक्ष्म जलवायुीय 'खिड़कियों' (micro-climatic windows) और ऊष्मीय सीमाओं (thermal thresholds) द्वारा नियंत्रित होती हैं। इन विकासीय अवस्थाओं की एक महत्वपूर्ण संवेदनशीलता यह है कि ये अक्सर अपरिवर्तनीय (irreversible) और अप्रतिस्थाप्य (non-substitutable) होती हैं; उदाहरणार्थ, उत्तर-पश्चिमी भारत

में रबी गेहूँ की फसल के दाना भरने की अवधि (grain-filling stage) के दौरान मार्च-अप्रैल में आने वाली मात्र दो-तीन दिनों की तीव्र ताप लहर ($\geq$35°C) पूर्ण पराग-बंध्यता (pollen sterility) उत्पन्न कर सकती है और 20-40 प्रतिशत तक उपज हानि का कारण बन सकती है, जिसे तकनीकी ढांचे से तुरंत नहीं संभाला जा सकता। इसी प्रकार, मानसून-आश्रित धान की फसल के पुष्पीकरण काल में अत्यधिक वर्षा या नमी परक गुणकीय रोगों (fungal diseases) का प्रकोप भी विनाशकारी हो सकता है। यह जैविक दृढ़ता (biological rigidity) भारतीय कृषि तंत्र को चरम मौसमी घटनाओं की यादृच्छिकता (stochasticity) के प्रति अद्वितीय रूप से संवेदनशील बनाती है।

इस संकट का अध्ययन केवल आर्थिक संकेतकों तक सीमित नहीं रहना चाहिए। भारत में खाद्य सुरक्षा, जिसे FAO ने अपने चार स्तंभों—उपलब्धता (availability), पहुँच (access), उपयोग (utilization) और स्थिरता (stability)—के माध्यम से अवधारित किया है, सीधे तौर पर मानव अस्तित्व, सार्वजनिक स्वास्थ्य, सामाजिक स्थिरता और राष्ट्रीय संप्रभुता से जुड़ी है। भारत सरकार की राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा अधिनियम (NFSA, 2013) और सार्वजनिक वितरण प्रणाली (PDS) इसी सुरक्षा-जाल का मुख्य आधार हैं, किंतु हाल के दशकों के अनुभवगत प्रमाण (empirical evidence) यह दर्शाते हैं कि चरम मौसमी घटनाओं के कारण उत्पन्न खाद्यान्न की कमी अकाल, कुपोषण, सामाजिक अशांति और आंतरिक जलवायु प्रवास (internal climate migration) को जन्म देने वाली एक पतंग-प्रभाव (cascading effect) का कारण बनती है। 2019-2020 में भारत में आई बाढ़ों, 2022 की उत्तर-पश्चिमी ताप लहर और 2023 के चक्रवातों द्वारा कृषि क्षेत्र को पहुँचाई गई क्षति इस वास्तविकता की पुष्टि करती है। अतः, चरम मौसमी घटनाओं द्वारा भारतीय कृषि अर्थव्यवस्था का अस्थिरीकरण केवल एक कृषि-वैज्ञानिक चिंता नहीं, बल्कि मानव सुरक्षा और राष्ट्रीय खाद्य प्रभावशीलता (food sovereignty) के लिए एक अस्तित्वगत संकट है।

भारतीय संदर्भ में, जलवायु परिवर्तन के प्रभावों पर साहित्य का विस्तार हो रहा है, तथापि चरम मौसमी घटनाओं से विशिष्ट कृषि-संबंधी संवेदनशीलताओं के संदर्भ में महत्वपूर्ण शोध अंतराल मौजूद हैं, विशेष रूप से क्षेत्रीय विषमता (regional heterogeneity)—जैसे कि पूर्वी हिमालयी क्षेत्र, मध्य भारत की सूखा प्रदेश, दक्षिणी तटीय क्षेत्र और उत्तर-पश्चिमी मैदानी क्षेत्रों में भिन्नताएँ—क्षेत्रीय अनुकूलन सीमाओं (adaptation thresholds) और समेकित नीतिगत ढांचों (integrated policy frameworks) के संबंध में। विद्यमान अध्ययन अक्सर जलवायु जोखिमों को स्थूल कालिक या स्थानिक पैमानों पर एकत्रित करते हैं, जिससे वे सूक्ष्म जलवायुीय संवेदनशीलताएँ छिप जाती हैं जो फसल-स्तरीय परिणामों को निर्धारित करती हैं। इसके अतिरिक्त, जैविक फसल क्षति को राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा, FCI बफर स्टॉक प्रबंधन और राज्य-स्तरीय नीति प्रतिक्रियाओं के व्यापक आर्किटेक्चर से व्यवस्थित रूप से जोड़ने में भी एक अंतर विद्यमान है।

उपर्युक्त तथ्यों के मद्देनजर, यह शोध-पत्र **भारत में** चरम मौसमी घटनाओं के कृषि अर्थव्यवस्थाओं और खाद्य सुरक्षा तंत्र पर बहुआयामी प्रभावों की व्यापक जाँच करता है। इस पत्र की संरचना निम्नलिखित है: **खंड 2** में संबंधित साहित्य का समीक्षात्मक अवलोकन और उन विशिष्ट शोध अंतरालों की पहचान की गई है जिन्हें यह अध्ययन संबोधित करता है। **खंड 3** में चरम मौसमी घटनाओं के भारतीय कृषि अर्थव्यवस्था और खाद्य सुरक्षा पर प्रभावों का विश्लेषण किया गया है, जिसे FAO के चार-स्तंभीय ढांचे के माध्यम से परिचालित (operationalized) किया गया है। **खंड 4** में भारत के विभिन्न क्षेत्रों विशेष रूप से हिमालयी, मैदानी, तटीय और सूखा प्रदेशों की केस स्टडीज़ का अध्ययन किया गया है ताकि संदर्भगत संवेदनशीलताओं और प्रतिक्रिया भिन्नताओं को दर्शाया जा सके। **खंड 5** में भारतीय परिदृश्य में जलवायु-सहाय कृषि (climate-resilient agriculture) के लिए अनुकूलन रणनीतियों और संस्थागत नीतिगत ढांचों—जैसे राष्ट्रीय अनुकूलन कोष (National Adaptation Fund for Climate Change), प्रधानमंत्री फसल बीमा योजना (PMFBY) और राष्ट्रीय कृषि विकास योजना (NADP)—की चर्चा की गई है। अंत में, **खंड 6** में प्रमुख निष्कर्षों का संश्लेषण और भारतीय शोधकर्ताओं, नीति-निर्माताओं तथा कृषि हितधारकों के लिए कार्ययोग्य सुझाव प्रस्तुत किए गए हैं।

2. साहित्य समीक्षा (Review of Literature)

वर्तमान शोध-पत्र की साहित्य समीक्षा को निम्नलिखित चार प्रमुख धाराओं में व्यवस्थित किया गया है, जिनमें प्रत्येक का कालानुक्रमिक अवलोकन किया गया है:

2.1 जलवायु-उपज अर्थमितीय अध्ययन (Climate-Yield Econometric Studies)

जलवायु परिवर्तन के कृषि पर मात्रात्मक प्रभावों को मापने में अर्थमितीय (econometric) विधियों का प्रयोग एक महत्वपूर्ण प्रवृत्ति रही है। Deschênes और Greenstone (2007) ने American Economic Review में प्रकाशित अपने पथप्रदर्शी अध्ययन में, यादृच्छिक (random) तापमान और वर्षा के झटकों का अमेरिकी कृषि उत्पादन पर प्रभाव मापा और पाया कि जलवायु परिवर्तन का प्रभाव अपेक्षाकृत सीमित रह सकता है, किंतु उनकी विधि (hedonic approach) नियंत्रक चरों (control variables) के प्रति अत्यधिक संवेदनशील है। इसके विपरीत, Lobell, Schlenker और Costa-Roberts (2011) ने Science में प्रकाशित अपने वैश्विक स्तरीय अध्ययन में 1980-2008 की अवधि का विश्लेषण करते हुए दिखाया कि तापमान वृद्धि के कारण वैश्विक मक्का उत्पादन 3.8% और गेहूँ उत्पादन 5.5% तक कम हुआ है, जो तकनीकी प्रगति द्वारा उत्पन्न उपज वृद्धि के एक महत्वपूर्ण भाग को नष्ट कर देता है।

Dell, Jones और Olken (2012) ने American Economic Journal: Macroeconomics में पांच दशकों के पैनल डेटा का विश्लेषण करते हुए तापमान के झटकों और आर्थिक वृद्धि के बीच एक ठोस नकारात्मक संबंध स्थापित किया।

Deschênes और Greenstone (2012) ने अपने पूर्व अध्ययन पर आलोचनात्मक प्रतिक्रियाओं का उत्तर देते हुए अपने निष्कर्षों की सांख्यिकीय दृढ़ता (robustness) की पुष्टि की। Burke, Hsiang और Miguel (2015) ने Nature में प्रकाशित अपने अध्ययन में तापमान और आर्थिक उत्पादन के बीच वैश्विक स्तर पर एक अरैखिक (non-linear) संबंध प्रतिपादित किया, जिसमें उन्होंने दिखाया कि एक निश्चित तापमान सीमा (threshold) के पार जाने पर आर्थिक क्षति तीव्र गति से बढ़ती है।

भारतीय संदर्भ में, Burgess, Deschênes, Donaldson और Greenstone (2017) के कार्यशील पत्र (working paper) में भारत में मौसम और जलवायु परिवर्तन के मृत्यु दर पर असमान प्रभावों का विश्लेषण किया गया है। Birthal et al. (2021) ने Land Use Policy में 1980-81 से 2015-16 की अवधि के लिए भारत के 311 जिलों के पैनल डेटा का उपयोग करते हुए दिखाया कि अतिरिक्त तापमान (excess temperature) विभिन्न फसलों की उपज को 1.8% से 6.6% (मध्यम अवधि) और 7.2% से 23.6% (दीर्घ अवधि) तक कम कर सकता है, तथापि भूमि-उपयोग (land-use) में अनुकूलन की संभावनाएँ सीमित हैं।

2.2 संस्थागत रिपोर्ट्स (FAO/IPCC Institutional Reports)

वैश्विक खाद्य सुरक्षा और कृषि-पारिस्थितिक तंत्रों पर जलवायु जोखिमों के मैक्रो-स्तरीय आकलन के लिए अंतर-सरकारी पैनल (IPCC) और FAO की रिपोर्टें अनिवार्य सन्दर्भ सामग्री हैं। IPCC का विशेष रिपोर्ट: क्लाइमेट चेंज एंड लैंड (SRCCL, 2019) अध्याय 5 में खाद्य सुरक्षा और भूमि-उपयोग के बीच प्रतिस्पर्धा का विश्लेषण करता है, जिसमें यह चेतावनी दी गई है कि 1.5°C लक्ष्य की प्राप्ति के लिए बायोएनर्जी विस्तार की अभूतपूर्व दर से खाद्य उत्पादन और जलवायु निवारण के बीच भूमि के लिए गंभीर प्रतिस्पर्धा उत्पन्न होगी।

FAO की The State of Food Security and Nutrition in the World (SOFI) रिपोर्ट (2021, 2022, 2023, 2024) लगातार यह दर्शा रही है कि वैश्विक स्तर पर कुपोषण और खाद्य असुरक्षा में जलवायु-प्रेरित आपदाएँ एक प्रमुख चालक हैं। IPCC की छठी मूल्यांकन रिपोर्ट, कार्य समूह II (AR6 WGII, 2022) के अध्याय 5 (Food, Fibre, and Other Ecosystem Products) और अध्याय 10 (Asia) में भारत सहित दक्षिण एशियाई कृषि तंत्रों की विशिष्ट संवेदनशीलताओं, अनुकूलन समाधानों और उनकी सीमाओं का व्यापक आकलन किया गया है, जिसमें यह निष्कर्ष निकाला गया है कि अत्यधिक तापमान और अनियमित मानसून भारतीय खाद्य-प्रणाली (food systems) के लिए एक अस्तित्वगत जोखिम बन चुके हैं।

2.3 क्षेत्रीय/देशवाद केस स्टडीज (Regional/Country-specific Case Studies)

विशिष्ट भौगोलिक क्षेत्रों पर केंद्रित अध्ययन स्थानीय संदर्भों, सामाजिक-आर्थिक संवेदनशीलताओं और अनुकूलन क्षमताओं को उजागर करते हैं। Katalakute, Wagh, Panaskar और Mukate (2016) ने महाराष्ट्र में 2011-2016 की अवधि के सूखे के पर्यावरणीय, कृषि और सामाजिक-आर्थिक प्रभावों का आकलन किया और पाया कि 2014-15 में कृषि उपज लगभग 50% तक घट गई, जिससे किसान आत्महत्याओं में भारी वृद्धि हुई। ActionAid India (2016) की बहुराज्यीय रिपोर्ट में 2015-16 के सूखे को "दो दशकों की सबसे बड़ी कृषि आपदा" बताया गया है, जिसमें मराठवाड़ा, बुंदेलखंड, राजस्थान और तेलंगाना में लगातार फसल विफलताओं और आंतरिक प्रवास (distress migration) का दस्तावेजीकरण किया गया है।

Santhi और Veerakumaran (2019) ने Shanlax International Journal of Economics में केरल की विनाशकारी 2018 बाढ़ के कृषि प्रभावों का माइक्रो-स्तरीय अध्ययन प्रस्तुत किया। उनके शोध से पता चलता है कि एडतुआ पंचायत में बाढ़ ने धान, केले, सब्जियों और मछली पालन को पूर्णतः नष्ट कर दिया, जिससे किसानों की आय शून्य हो गई और कृषि ऋण की चुकौती असंभव हो गई। Potdar et al. (2020) ने Remote Sensing में मराठवाड़ा क्षेत्र (2001-2018) के लिए एक संयुक्त सूखा सूचकांक (CDI) विकसित किया और स्पष्ट किया कि 2002, 2009 और 2015-16 की अत्यधिक सूखी अवधियों में ज्वार और कपास की उपज में 20-40% की कमी दर्ज की गई, जो कृषि-जलवायुीय संकट की स्थानिक विषमता को प्रमाणित करती है।

2.4 अनुकूलन-केंद्रित साहित्य (Adaptation-centric Literature)

अनुकूलन रणनीतियों पर केंद्रित साहित्य में तकनीकी और संस्थागत समाधानों पर विशेष जोर दिया गया है। IPCC AR6 WGII (2022) ने आपूर्ति-पक्ष (supply-side) और मांग-पक्ष (dem-side) दोनों अनुकूलन विकल्पों का मूल्यांकन किया है, जिसमें सुधारित फसल प्रबंधन, बेहतर मृदा और जल प्रबंधन, तथा आहार संबंधी परिवर्तन शामिल हैं। भारतीय गेहूँ अनुसंधान संस्थान (IIWBR, 2024) के शोध बुलेटिन में विभिन्न कृषि-पारिस्थितिक क्षेत्रों के लिए जलवायु-सहाय गेहूँ किस्मों (जैसे HD3090-पुषा अमूल्य, HI1633-पुषा वाणी, DBW296-करन ऐश्वर्या) का वर्णन किया गया है, जो उच्च तापमान (heat stress tolerance) और सूखा-सहनशीलता (drought stress tolerance) की विशेषताओं से युक्त हैं। Chakrabarti, Bhatia, Deo et al. (2025) ने Frontiers in Agronomy में दक्षिण एशियाई गेहूँ के लिए एक व्यवस्थित साहित्य समीक्षा (systematic review) प्रस्तुत की है, जिसमें 57 शोध-पत्रों के मेटा-विश्लेषण से पता चलता है कि उच्च तापमान-सहनशील किस्मों के अपनाने से उपज में 13.2% की वृद्धि, संरक्षण कृषि (conservation agriculture) से 8.6% की वृद्धि, और सिंचाई प्रबंधन से जल-तनाव (water stress) की स्थिति में 13.7% की वृद्धि दर्ज

की गई। उनका अध्ययन यह भी दर्शाता है कि अनुकूलन रणनीतियों की प्रभावशीलता क्षेत्र-विशिष्ट (agroecological zone-specific) होती है, जिसमें मध्य क्षेत्र (CWZ) और उत्तर-पूर्वी मैदानी क्षेत्र (NEPZ) में उच्चतम लाभ देखे गए।

2.5 शोध अंतराल (Research Gap)

उपर्युक्त साहित्य समीक्षा से निम्नलिखित निष्कर्ष निकलता है:

पहला, Climate-Yield Econometric Studies में अधिकांश वैश्विक अध्ययन (जैसे Lobell et al., 2011; Deschênes & Greenstone, 2007) अमेरिकी या समग्र वैश्विक डेटा पर आधारित हैं, जबकि भारत-विशिष्ट पैनल अध्ययन (जैसे Birthal et al., 2021) भूमि-उपयोग और तापमान के संबंध पर केंद्रित हैं, किंतु चरम मौसमी घटनाओं (EWEs) की यादृच्छिकता (stochasticity) और फसलों की जैविक दृढ़ता (biological rigidity) के बीच के संबंध को अपर्याप्त रूप से संबोधित किया गया है। दूसरा, FAO/IPCC रिपोर्ट्स मैक्रो-स्तरीय चेतावनियाँ प्रदान करती हैं, किंतु ये रिपोर्ट्स अक्सर जिला-स्तरीय या ग्राम-स्तरीय सूक्ष्म जलवायुीय संवेदनशीलताओं को स्थूल पैमाने पर एकत्रित कर देती हैं, जिससे किसान-स्तरीय नुकसान का सूक्ष्म विश्लेषण लुप्त हो जाता है। तीसरा, क्षेत्रीय केस स्टडीज (जैसे Kerala 2018, Maharashtra 2015-16) विशिष्ट आपदाओं के प्रभाव को दर्शाती हैं, किंतु इन अध्ययनों में EWEs को राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा के FAO-चार-स्तंभीय ढांचे (availability, access, utilization, stability) से जोड़ने वाला एक समेकित विश्लेषणात्मक ढांचा विरल है। चौथा, अनुकूलन-केंद्रित साहित्य मुख्य रूप से तकनीकी समाधानों (बीज प्रौद्योगिकी, संरक्षण कृषि) पर केंद्रित है, किंतु संस्थागत नीतिगत ढांचों (जैसे PMFBY, NADP, NAFC) और तकनीकी अनुकूलन के बीच समन्वय को पर्याप्त रूप से सिद्धांतित नहीं किया गया है। अतः, उपर्युक्त शोध अंतरालों को पूरा करते हुए, यह शोध-पत्र भारत में चरम मौसमी घटनाओं के कृषि अर्थव्यवस्था और खाद्य सुरक्षा के चारों स्तंभों पर बहुआयामी प्रभावों का एक समेकित अध्ययन प्रस्तुत करता है।

3. शोध के उद्देश्य (Objectives of the Research)

उपर्युक्त परिचय और साहित्य समीक्षा में प्रतिपादित शोध अंतरालों को संबोधित करते हुए, इस शोध-पत्र के निम्नलिखित विशिष्ट उद्देश्य निर्धारित किए गए हैं:

उद्देश्य 1: चरम मौसमी घटनाओं (EWEs) के प्रमुख प्रकारों—विशेष रूप से ताप लहरें (heatwaves), सूखा (droughts), अतिवृष्टि/बाढ़ (excessive rainfall/floods), चक्रवात (cyclones) और ओलावृष्टि (hailstorms)—का वैज्ञानिक वर्गीकरण और वैश्विक रुझानों का विश्लेषण करना, तथा भारतीय उपमहाद्वीप में इन घटनाओं की आवृत्ति,

तीव्रता और भौगोलिक प्रसार में हुए परिवर्तनों को IPCC AR6 और IMD के कालानुक्रमिक आँकड़ों के आधार पर प्रमाणित करना।

उद्देश्य 2: खाद्य सुरक्षा के चार स्तंभों—(i) उपलब्धता (availability), (ii) पहुँच (access), (iii) उपयोग (utilization), और (iv) स्थिरता (stability)—पर चरम मौसमी घटनाओं के बहुआयामी प्रभावों का विश्लेषण करना। इसमें FAO के चार-स्तंभीय ढांचे (FAO Four-Pillar Framework) को परिचालित (operationalized) करते हुए, EWEs द्वारा प्रत्येक स्तंभ पर होने वाले प्रत्यक्ष (direct) और अप्रत्यक्ष (indirect) प्रभावों की पहचान और मूल्यांकन शामिल है, जिससे खाद्य सुरक्षा की संकल्पना को केवल उत्पादन-केंद्रित (production-centric) सीमा से परे रखा जा सके।

उद्देश्य 3: चरम मौसमी घटनाओं के कृषि अर्थव्यवस्था पर प्रभावों का व्यापक मूल्यांकन करना, जिसमें निम्नलिखित आयाम सम्मिलित हैं:

- (i) **फसल उत्पादकता** (crop productivity): मुख्य खाद्यान्न (धान, गेहूँ, मक्का) और नकदी फसलों (कपास, गन्ना, सोयाबीन) की उपज में EWEs-प्रेरित कमी का मात्रात्मक आकलन;
- (ii) **किसान आय** (farm income): फसल विफलता, बाजार मूल्य में उतार-चढ़ाव और कृषि ऋण चक्र पर पड़ने वाले प्रभाव का विश्लेषण;
- (iii) **सकल घरेलू उत्पाद (GDP) योगदान**: कृषि क्षेत्र के GDP में हिस्सेदारी और EWEs के कारण होने वाले अंतर-क्षेत्रीय (inter-sectoral) संचरण प्रभावों (spillover effects) की जाँच;
- (iv) **कृषि व्यापार** (agricultural trade): निर्यात-आयात संतुलन, FCI बफर स्टॉक प्रबंधन और खाद्यान्न की कीमतों में अस्थिरता (price volatility) का मूल्यांकन।

उद्देश्य 4: भारत के विभिन्न कृषि-पारिस्थितिक क्षेत्रों (agro-ecological zones)—जैसे उत्तर-पश्चिमी मैदान (NWZ), मध्य क्षेत्र (CWZ), उत्तर-पूर्वी मैदान (NEPZ), पूर्वी तटीय क्षेत्र, पश्चिमी घाट और मध्य भारत के सूखा प्रदेश—में EWEs के प्रभावों की तुलनात्मक समीक्षा करना। इस उद्देश्य में क्षेत्रीय असमानताओं (regional disparities) के कारकों—जलवायुीय भिन्नता, सिंचाई सुविधाओं की उपलब्धता, बाजार संरचना, सामाजिक-आर्थिक संवेदनशीलता और संस्थागत अनुकूलन क्षमता—का मूल्यांकन करना सम्मिलित है, ताकि क्षेत्र-विशिष्ट नीति सिफारिशें (place-based policy recommendations) का आधार तैयार किया जा सके।

4. शोध प्रणाली (Methodology)

4.1 शोध की प्रकृति (Nature of the Study)

यह एक **व्यवस्थित साहित्य समीक्षा (Systematic Literature Review)** आधारित शोध-पत्र है। इसमें प्राथमिक क्षेत्र-स्तरीय आँकड़ों (primary field data) के संग्रहण के बजाय मौजूदा वैश्विक तथा राष्ट्रीय साहित्य, संस्थागत रिपोर्ट्स, आर्थिक-सांख्यिकी डेटासेट और सहकर्मी-समीक्षित (peer-reviewed) अध्ययनों का साक्ष्य-आधारित संश्लेषण (evidence-based synthesis) किया गया है। चूँकि यह पत्र चरम मौसमी घटनाओं (EWEs) और कृषि-खाद्य सुरक्षा संबंधी व्यापक प्रवृत्तियों का मूल्यांकन करता है, अतः व्यवस्थित समीक्षा विधि इसे बहु-स्रोती साक्ष्यों (multi-source evidence) के आधार पर एक समेकित निष्कर्ष की ओर ले जाती है।

4.2 डेटा/साहित्य स्रोत (Data and Literature Sources)

इस शोध में निम्नलिखित प्राथमिक और द्वितीयक स्रोतों का उपयोग किया गया है:

(क) संस्थागत रिपोर्ट्स और डेटाबेस:

- **FAO (Food and Agriculture Organization):** *The State of Food Security and Nutrition in the World (SOFI)* — 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 और 2024 की रिपोर्टें; तथा FAOStat डेटाबेस (फसल उत्पादन, उत्पादकता और खाद्य आपूर्ति श्रृंखला संबंधी आँकड़े)।
- **IPCC:** *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* — AR6 Working Group II (WG-II) की रिपोर्ट, विशेष रूप से अध्याय 5 (Food, Fibre, and Other Ecosystem Products) और अध्याय 10 (Asia); साथ ही *Special Report on Climate Change and Land (SRCCL, 2019)*।
- **World Bank:** *World Development Indicators (WDI)*, *Climate Change Knowledge Portal*, और भारत-विशिष्ट कृषि-आर्थिक आँकड़े।
- **IFPRI (International Food Policy Research Institute):** *Global Food Policy Report* और भारतीय खाद्य सुरक्षा पर केंद्रित कार्यशील पत्र (discussion papers)।
- **EM-DAT (International Disaster Database):** 2000-2025 की अवधि के लिए भारत में EWEs (सूखा, बाढ़, ताप लहर, चक्रवात, ओलावृष्टि) की आवृत्ति, प्रभावित जनसंख्या और आर्थिक क्षति संबंधी आँकड़े।

(ख) सहकर्मी-समीक्षित शोध पत्र (Peer-Reviewed Journals): अर्थशास्त्र, कृषि विज्ञान, जलवायु विज्ञान और खाद्य नीति से संबंधित पत्रों के लिए निम्नलिखित डेटाबेस का प्रयोग किया गया:

- **PubMed** (जलवायु-स्वास्थ्य और कुपोषण संबंधी अध्ययन हेतु)

- **Scopus** और **Web of Science** (अंतः-विषयक अध्ययन हेतु)
- **AgEcon Search** (कृषि अर्थशास्त्र और climate-yield econometric अध्ययन हेतु)
- **Google Scholar** (अतिरिक्त सन्दर्भ-अनुरोधन और forward citation tracking हेतु)

(ग) राष्ट्रीय स्रोत:

- **भारतीय मौसम विभाग (IMD):** *Annual Climate Summary*, *Statement on Climate of India* और Monsoon Reports (2000-2024)।
- **भारत सरकार, कृषि और किसान कल्याण मंत्रालय:** *Agricultural Statistics at a Glance*, *Land Use Statistics*, और *State-wise Crop Production Data*।
- **राष्ट्रीय अपराध रिकॉर्ड्स ब्यूरो (NCRB):** कृषि-संकट से संबंधित आँकड़े (जहाँ लागू)।

4.3 वैचारिक रूपरेखा (Conceptual Framework)

इस शोध की विश्लेषणात्मक रूपरेखा **FAO द्वारा प्रतिपादित खाद्य सुरक्षा के चार स्तंभों (Four Pillars of Food Security)** पर आधारित है:

1. **उपलब्धता (Availability):** खाद्यान्न की भौतिक उपस्थिति—उत्पादन, भंडारण, आयात और वितरण। EWEs इसे फसल विफलता और आपूर्ति श्रृंखला (supply chain) के विघटन से प्रभावित करते हैं।
2. **पहुँच (Access):** आर्थिक और भौतिक पहुँच—कीमतें, आय, बाजार संरचना और सार्वजनिक वितरण प्रणाली (PDS)। EWEs किसान आय में कमी और खाद्य मुद्रास्फीति (food inflation) के माध्यम से इसे प्रभावित करते हैं।
3. **उपयोग (Utilization):** खाद्य पदार्थों का जैव-सामाजिक उपयोग—पोषण, स्वच्छता और स्वास्थ्य। EWEs जल-संकट और कुपोषण (malnutrition) के माध्यम से इस स्तंभ को कमजोर करते हैं।
4. **स्थिरता (Stability):** उपर्युक्त तीनों स्तंभों की समय-संबद्ध निरंतरता। EWEs की यादृच्छिकता इस स्थिरता को भंग करती है और खाद्य असुरक्षा की अस्थायीता (transitory food insecurity) को दीर्घकालिक (chronic) में परिवर्तित कर देती है।

5.1 उद्देश्य 1: चरम मौसमी घटनाओं (EWEs) का वैज्ञानिक वर्गीकरण, वैश्विक रुझान और भारतीय उपमहाद्वीप में कालानुक्रमिक परिवर्तन

5.1.1 वैज्ञानिक वर्गीकरण और अवधारणात्मक सीमाएँ

चरम मौसमी घटनाओं (Extreme Weather Events — EWEs) को **IPCC AR6 (Working Group I, Chapter 11)** में "ऐतिहासिक तुलना में असाधारण रूप से दुर्लभ या गंभीर मौसमी घटना" के रूप में परिभाषित किया गया है, जो एक निश्चित सीमा (threshold) के पार जाने पर जैव-भौतिक और सामाजिक-आर्थिक तंत्रों पर गंभीर व्युत्क्रम (perturbation) उत्पन्न करती है। इस शोध में निम्नलिखित पाँच प्रमुख EWEs को केंद्र में रखा गया है:

(क) ताप लहरें (Heatwaves): IMD की परिभाषा के अनुसार, जब किसी क्षेत्र में अधिकतम तापमान सामान्य से 4.5°C–6.4°C अधिक हो, तो "ताप लहर" की स्थिति मानी जाती है; 6.4°C से अधिक विचलन पर यह "तीव्र ताप लहर" (severe heatwave) हो जाती है। IPCC AR6 में इसे "वार्म स्पेल" (warm spells) के रूप में वर्गीकृत किया गया है।

(ख) सूखा (Droughts): कृषि-पारिस्थितिक सूखा (agricultural and ecological drought) को मृदा नमी की निरंतर कमी और वर्षा की असामान्य अनुपस्थिति के आधार पर परिभाषित किया जाता है। IPCC AR6 में इसे "मध्यम विश्वास" (medium confidence) के साथ कुछ क्षेत्रों में बढ़ती प्रवृत्ति के रूप में दर्ज किया गया है।

(ग) अतिवृष्टि/बाढ़ (Excessive Rainfall/Floods): IMD के अनुसार, 24 घंटे में 64.5 mm–115.5 mm वर्षा "भारी वर्षा" (heavy rainfall), 115.6 mm–204.4 mm "अत्यधिक भारी वर्षा" (very heavy rainfall), और 204.5 mm या अधिक "अत्यंत भारी वर्षा" (extremely heavy rainfall) मानी जाती है। क्लाउडबर्स्ट (100 mm/घंटा) इसी श्रेणी की अत्यंत सूक्ष्म-स्तरीय अतिवृष्टि घटना है।

(घ) चक्रवात (Cyclones): उत्तरी गोलार्ध में प्रतिक-clockwise घूमने वाले तीव्र वायुचक्र, जिनमें अत्यधिक वेग ($\geq$63 km/h से $\geq$221 km/h) की हवाएँ, तूफानी उठाव (storm surge) और अतिवृष्टि शामिल होती हैं। IPCC AR6 में श्रेणी 3–5 के प्रमुख उष्णकटिबंधीय चक्रवातों (major TCs) की संभावना में वृद्धि को "संभाव्य" (likely) माना गया है।

(ङ) ओलावृष्टि (Hailstorms): तीव्र वज्रपात (thunderstorms) का एक उप-उत्पाद, जिसमें बर्फ के गोले (hailstones) वर्षा के साथ गिरते हैं। IMD इसे "वायु-अशांति" (storm) की श्रेणी में वर्गीकृत करता है, किंतु कृषि-संदर्भ में इसकी विनाशकारी क्षमता अत्यधिक होती है।

5.1.2 वैश्विक रुझान: IPCC AR6 के प्रमाण

IPCC AR6 Working Group I (2021) के वैश्विक संश्लेषण के अनुसार, 1950 के बाद से +0.5°C या अधिक वैश्विक तापन की अवधि में निम्नलिखित रुझान **वर्चुअली निश्चित** (virtually certain) या **अत्यंत संभाव्य** (extremely likely) रूप से प्रमाणित हुए हैं:

- **ताप लहरें:** वैश्विक स्तर पर ताप लहरों की आवृत्ति और तीव्रता में वृद्धि **वर्चुअली निश्चित** है; एशिया महाद्वीप में यह **अत्यंत संभाव्य** (very likely) मानी गई है। मानवीय गतिविधियों (anthropogenic activities) को इसका **अत्यंत संभाव्य** (extremely likely) मुख्य योगदानकर्ता माना गया है।
- **अतिवृष्टि:** भूमि क्षेत्रों में भारी वर्षा की आवृत्ति, तीव्रता और मात्रा में वृद्धि **संभाव्य** (likely) है; एशिया में यह **संभाव्य** (likely) मानी गई है।
- **चक्रवात:** उष्णकटिबंधीय चक्रवातों से संबद्ध वर्षा में वृद्धि **मध्यम विश्वास** (medium confidence) से प्रमाणित है, किंतु श्रेणी 3–5 के प्रमुख चक्रवातों की संभावना में वृद्धि **संभाव्य** (likely) है।
- **सूखा:** कृषि और पारिस्थितिक सूखे की घटनाओं में कुछ क्षेत्रों में वृद्धि **मध्यम विश्वास** (medium confidence) के साथ दर्ज की गई है।

5.1.3 भारतीय उपमहाद्वीप में कालानुक्रमिक परिवर्तन: IMD और राष्ट्रीय आँकड़ों के आधार पर

भारतीय उपमहाद्वीप में EWEs की प्रकृति में 2000 के बाद एक स्पष्ट और चिंताजनक परिवर्तन दर्ज हुआ है, जो वैश्विक तापन की प्रवृत्ति से संगत है।

(क) ताप लहरों का क्षेत्रीय विस्तार और तीव्रीकरण:

उत्तर-पश्चिमी और मध्य भारत को IMD द्वारा पारंपरिक "ताप लहर क्षेत्र" (heatwave zone) माना जाता रहा है, किंतु हाल के वर्षों में यह घटना पूर्वी तटीय क्षेत्रों (आंध्र प्रदेश, ओडिशा) तक फैल गई है। **मार्च 2022** भारत के इतिहास में 1901 के बाद सबसे गर्म माह के रूप में दर्ज हुआ, जिसमें कई क्षेत्रों में तापमान सामान्य से 3°C–8°C अधिक रहा। **2024** में भारत ने अपने इतिहास की एक सबसे लंबी ताप लहरों का अनुभव किया, जिसमें 23 राज्यों में एक अरब से अधिक जनसंख्या प्रभावित हुई; IMD के मौसमी उप-विभाजनों में कुल **536 ताप लहर दिवस** दर्ज किए गए। **अप्रैल 2024** में IMD ने लगभग 20 ताप लहर दिवसों का पूर्वानुमान जारी किया, जो सामान्य 4–8 दिवसों से कहीं अधिक था।

IMD के अनुसार, 2024 में "गर्म रात्रियाँ" (warm nights) की एक नई प्रवृत्ति भी सामने आई, जिसमें 17 राज्यों/केंद्रशासित प्रदेशों में रात्रिकालीन तापमान सामान्य से 4.5°C–6.4°C अधिक रहा। यह घटना मानव स्वास्थ्य और फसलों की रात्रिकालीन श्वसन प्रक्रियाओं (night-time respiration) के लिए एक अतिरिक्त जोखिम है।

(ख) अतिवृष्टि और बाढ़ की बढ़ती आवृत्ति: 2024 के पहले नौ महीनों (जनवरी-सितंबर) में भारत में **167 दिन** अतिवृष्टि/बाढ़/भूस्खलन की घटनाएँ दर्ज हुईं, जिनमें 1,910 जनहानि हुई। असम में 122 दिन भारी वर्षा, बाढ़ और भूस्खलन

की स्थिति बनी रही। जुलाई 2024 में दक्षिण प्रायद्वीप में 36.5% अधिशेष वर्षा हुई, जो मानसून की अस्थिरता को दर्शाता है।

(ग) चक्रवातों की तीव्रता में वृद्धि:

उत्तरी हिंद महासागर (बंगाल की खाड़ी और अरब सागर) में पिछले दशकों में उष्णकटिबंधीय चक्रवातों (TCs) और मानसून अवसादों (MDs) की कुल संख्या में कुछ अध्ययनों में गिरावट दर्ज हुई है, किंतु **नवंबर और मई में तीव्र चक्रवातों की आवृत्ति में प्रति शताब्दी 20% की वृद्धि** का स्पष्ट रुझान मिला है। 1999 का ओडिशा सुपर चक्रवात (250 km/h वेग) और हाल के वर्षों में चक्रवात यास (Yaas) जैसी घटनाएँ "संयुक्त चरम घटनाओं" (compound extremes) — उच्च वेग की हवाएँ, समुद्र स्तर में वृद्धि और अतिवृष्टि के संयोजन — की विनाशकारी क्षमता को प्रमाणित करती हैं।

(घ) ओलावृष्टि और अमौसमी वर्षा:

2014 और 2015 में अमौसमी वर्षा और ओलावृष्टि ने देशभर में महत्वपूर्ण फसल क्षति पहुँचाई। ओलावृष्टि, यद्यपि IMD की श्रेणी में कम आवृत्ति की घटना है, किंतु इसकी अचानक आगमन (sudden onset) और विनाशकारी क्षमता (कुछ ही मिनटों में पूरी फसल का नष्ट होना) इसे कृषि-दृष्टि से एक अत्यंत गंभीर EWE बनाती है।

(ङ) सूखा: पुनरावृत्ति और तीव्रीकरण:

भारत में 2002, 2009 और 2015-16 के सूखे वर्षों को कृषि-आर्थिक दृष्टि से अत्यंत विनाशकारी माना जाता है। **2015-16** के सूखे को "दो दशकों की सबसे बड़ी कृषि आपदा" बताया गया है, जिसमें मराठवाड़ा, बुंदेलखंड, राजस्थान और तेलंगाना में लगातार फसल विफलताएँ हुईं। 2014-15 में महाराष्ट्र में कृषि उपज लगभग 50% तक घट गई।

5.1.4 भारत में EWEs की समग्र आवृत्ति: 2022–2024 की तुलनात्मक स्थिति

CSE/DTE के *India's Atlas on Weather Disasters* के आँकड़े एक चिंताजनक कालानुक्रमिक प्रवृत्ति प्रस्तुत करते हैं:

- **2022:** जनवरी-सितंबर में 241 दिन चरम मौसमी घटनाएँ, 2,755 मृत्युएँ, 1.84 मिलियन हेक्टेयर फसल क्षति।
- **2023:** जनवरी-सितंबर में 235 दिन चरम मौसमी घटनाएँ, 2,923 मृत्युएँ, 1.84 मिलियन हेक्टेयर फसल क्षति।
- **2024:** जनवरी-सितंबर में **255 दिन** (274 में से) चरम मौसमी घटनाएँ — अर्थात् 93% दिन; **3,238 मृत्युएँ**; **3.2 मिलियन हेक्टेयर** फसल क्षति (2022 की तुलना में 74% वृद्धि)। महाराष्ट्र में अकेले 1.8 मिलियन हेक्टेयर फसल क्षेत्र प्रभावित हुआ।

क्षेत्रीय स्तर पर, मध्य भारत 2024 में 218 दिनों के साथ सबसे अधिक प्रभावित क्षेत्र रहा, जिसके बाद उत्तर-पश्चिम (213 दिन) रहा। मध्य क्षेत्र में 1,001 मृत्युएँ सबसे अधिक दर्ज हुईं। यह आँकड़ा भारत में EWEs के भौगोलिक प्रसार (geographic spread) में वृद्धि को प्रमाणित करता है, जो पहले केवल कुछ पारंपरिक क्षेत्रों तक सीमित थीं।

5.1.5 निष्कर्ष: वर्गीकरण और रुझानों का संश्लेषण

उपर्युक्त विश्लेषण से निम्नलिखित निष्कर्ष निकलते हैं:

1. **वर्गीकरण की स्पष्टता:** IPCC AR6 और IMD की परिभाषाएँ EWEs को मात्रात्मक सीमाओं (quantitative thresholds) में बाँधती हैं, जो शोध और नीति-निर्माण दोनों के लिए एक मानक आधार प्रदान करती हैं।
2. **वैश्विक-स्थानिक संगति:** भारत में EWEs की वृद्धि वैश्विक IPCC प्रक्षेपणों (heatwaves: virtually certain; heavy rainfall: likely; cyclone intensity: likely) के साथ पूर्णतः संगत है, जो यह दर्शाता है कि भारतीय उपमहाद्वीप वैश्विक जलवायु परिवर्तन के प्रभावों का एक "हॉटस्पॉट" (hotspot) बन चुका है।
3. **कालानुक्रमिक तीव्रीकरण:** 2022 से 2024 के आँकड़े एक स्पष्ट कालानुक्रमिक (chronological) वृद्धि-प्रवृत्ति दर्शाते हैं — EWEs न केवल अधिक आवृत्ति (frequency) में हो रही हैं, बल्कि उनका भौगोलिक प्रसार (geographic spread) और तीव्रता (intensity) भी बढ़ रही है।
4. **कृषि-विशिष्ट संवेदनशीलता:** भारत में EWEs की यह वृद्धि एक ऐसे राष्ट्र में हो रही है जहाँ लगभग 60% नेट सोए क्षेत्र वर्षा-आश्रित है और 52% भूमि सूखा-प्रवण है। अतः, EWEs का वैज्ञानिक वर्गीकरण और कालानुक्रमिक विश्लेषण केवल एक मौसमी अभिलेखन नहीं, बल्कि राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा की भविष्यवाणी (predictive framework) का एक अनिवार्य अंग है।

5.2 उद्देश्य 2: खाद्य सुरक्षा के चार स्तंभों पर चरम मौसमी घटनाओं का बहुआयामी प्रभाव-विश्लेषण

5.2.1 वैचारिक ढांचा: FAO के चार स्तंभों का परिचालन

खाद्य सुरक्षा की अवधारणा को FAO ने चार स्तंभों में विस्तृत किया है: (i) उपलब्धता (availability), (ii) पहुँच (access), (iii) उपयोग (utilization), और (iv) स्थिरता (stability)। इस शोध में इन चारों स्तंभों को एक परस्पर-संबद्ध (interlinked) विश्लेषणात्मक ढांचे के रूप में प्रयोग किया गया है, जिसमें चरम मौसमी घटनाओं (EWEs) को एक **प्रवेश-बिंदु** (entry point) मानकर, प्रत्येक स्तंभ पर उनके **प्रत्यक्ष** (direct) और **अप्रत्यक्ष/पतंग-प्रभावों** (cascading effects) का मूल्यांकन किया गया है। IPCC की *Special Report on Climate Change and Land* (SRCCL,

2019) स्पष्ट करती है कि जलवायु-जोखिम खाद्य सुरक्षा के सभी स्तंभों को प्रभावित करते हैं, विशेष रूप से स्थिरता को, क्योंकि चरम घटनाएँ खाद्य पहुँच में तीव्र उतार-चढ़ाव (strong variation) उत्पन्न करती हैं।

5.2.2 स्तंभ I: उपलब्धता (Availability) — उत्पादन और आपूर्ति श्रृंखला पर प्रभाव

उपलब्धता का तात्पर्य खाद्यान्न की भौतिक उपस्थिति से है, जिसमें घरेलू उत्पादन, भंडारण, आयात और सार्वजनिक वितरण प्रणाली (PDS) शामिल हैं। भारत में EWEs इस स्तंभ को बहुआयामी रूप से प्रभावित करती हैं।

फसल उत्पादकता में कमी: भारतीय कृषि का लगभग 65 प्रतिशत क्षेत्र वर्षा-आश्रित है, जिससे मानसून की अस्थिरता के प्रति अत्यधिक संवेदनशीलता उत्पन्न होती है। Lobell et al. (2012) के अनुसार, उत्तर भारत में गेहूँ की वृद्धि 34°C से अधिक तापमान के प्रति अत्यंत संवेदनशील है। IPCC की चौथी मूल्यांकन रिपोर्ट (AR4, 2007) में यह आकलन किया गया था कि शीत ऋतु में 0.5°C तापमान वृद्धि भारत में गेहूँ उपज को प्रति हेक्टेयर 0.45 टन तक कम कर सकती है। World Bank (2013) के अनुमान के अनुसार, 4°C वैश्विक तापन की स्थिति में मानसून की वार्षिक तीव्रता में 10 प्रतिशत और वर्ष-दर-वर्ष अस्थिरता में 15 प्रतिशत की वृद्धि होगी, जो खाद्यान्न उत्पादन के लिए एक अस्तित्वगत जोखिम है।

भंडारण और बफर स्टॉक पर दबाव: FCI (Food Corporation of India) द्वारा संचालित केंद्रीय पूल का बफर स्टॉक EWEs-प्रेरित आपूर्ति संकटों को संतुलित करने का प्रमुख साधन है। 2022-23 में, FCI ने बाजार आपूर्ति बढ़ाने और मुद्रास्फीति को नियंत्रित करने के लिए 34.82 लाख टन गेहूँ की खुली बाजार बिक्री (open market sale) की। तथापि, 2024 के पहले नौ महीनों में EWEs के कारण लगभग 3.2 मिलियन हेक्टेयर फसल क्षति हुई, जिसमें महाराष्ट्र में अकेले 1.8 मिलियन हेक्टेयर शामिल था। इससे बफर स्टॉक निर्वहन (depletion) और भविष्य की आपूर्ति अस्थिरता का जोखिम बढ़ गया।

जल-संकट और भूजल दोहन: उत्तर-पश्चिमी भारत (पंजाब, हरियाणा) में भूजल स्तर में तीव्र गिरावट—जहाँ अध्ययन किए गए 550 कुओं में से 58 प्रतिशत में स्तर गिर रहा है—EWEs के साथ मिलकर धान और गेहूँ जैसी मुख्य खाद्य फसलों के लिए एक संयुक्त संकट (compound crisis) उत्पन्न कर रहा है।

5.2.3 स्तंभ II: पहुँच (Access) — आय, मूल्य और आर्थिक पहुँच पर प्रभाव

पहुँच से तात्पर्य आर्थिक और भौतिक पहुँच से है, जिसमें खाद्य कीमतें, किसान आय, बाजार संरचना और PDS जैसे सार्वजनिक वितरण तंत्र शामिल हैं। EWEs इस स्तंभ को अप्रत्यक्ष रूप से, उत्पादन ह्रास के माध्यम से, अत्यंत गंभीर रूप से प्रभावित करती हैं।

खाद्य मूल्य मुद्रास्फीति: FAO की *State of Food Security and Nutrition in the World* (SOFI) रिपोर्ट्स में एक अर्थमितीय मॉडल के माध्यम से यह प्रमाणित किया गया है कि खाद्य मूल्य सूचकांक (Food CPI) में 10 प्रतिशत की वृद्धि खाद्य असुरक्षा (food insecurity) के साथ एक सकारात्मक, किंतु ह्रासमान (diminishing) संबंध स्थापित करती है। यह संबंध ग्रामीण जनसंख्या, महिलाओं और निम्न-आय वर्गों में अधिक तीव्र होता है। भारत में, 2022-23 में अनाज की मुद्रास्फीति को नियंत्रित करने के लिए FCI के बफर स्टॉक से हस्तक्षेप करना पड़ा, जो EWEs-प्रेरित आपूर्ति संकटों की गंभीरता को दर्शाता है।

किसान आय और आजीविका संकट: ORF के विश्लेषण के अनुसार, भारत के ग्रामीण क्षेत्रों में छोटे और सीमांत किसान, जो वर्षा-आश्रित एकल-फसली (monocropping) कृषि पर निर्भर हैं, EWEs के प्रति सर्वाधिक संवेदनशील हैं। Ramachandran (2014) के अनुसार, एक सामान्य वर्ष में भी किसानों के भंडार अगली मानसून/बुआई ऋतु तक 3-4 महीने पहले ही समाप्त हो जाते हैं; EWEs इस आजीविका-चक्र (livelihood cycle) को और संकुचित कर देती हैं। भूमिहीन कृषि मजदूर, जो पूर्णतः कृषि मजदूरी पर निर्भर हैं, खाद्य पहुँच खोने की सर्वोच्च जोखिम में हैं।

5.2.4 स्तंभ III: उपयोग (Utilization) — पोषण, स्वच्छता और स्वास्थ्य पर प्रभाव

उपयोग का तात्पर्य खाद्य पदार्थों के जैव-सामाजिक उपयोग से है, जिसमें पोषण अवशोषण, स्वच्छता (WASH), और स्वास्थ्य स्थितियाँ शामिल हैं। EWEs इस स्तंभ पर अप्रत्यक्ष, किंतु गंभीर प्रभाव डालती हैं।

बाढ़ और कुपोषण: पूर्वी भारत में एक समुदाय-आधारित सर्वेक्षण (BMJ Open, 2011) में यह पाया गया कि बाढ़-ग्रस्त गाँवों में बच्चों में कुपोषण की दर बाढ़-रहित गाँवों की अपेक्षा काफी अधिक थी। बाढ़-ग्रस्त क्षेत्रों में **स्टंटिंग** (stunting) की दर 38.7 प्रतिशत थी, जबकि बाढ़-रहित क्षेत्रों में यह 23.0 प्रतिशत थी। इसी प्रकार, **अंडरवेट** (underweight) की दर बाढ़-ग्रस्त क्षेत्रों में 20.9 प्रतिशत और बाढ़-रहित क्षेत्रों में 13.1 प्रतिशत थी। यह अंतर बाढ़ के बाद स्वच्छ पेयजल की पहुँच में कमी (32.3 प्रतिशत लोगों द्वारा सतही जल का सेवन) और संक्रामक रोगों के प्रकोप से सीधे जुड़ा हुआ था।

सूखा और कुपोषण: एक व्यवस्थित समीक्षा और मेटा-विश्लेषण (PMC, 2021) में Islam et al. (2014) के अध्ययन का उल्लेख है, जिसमें असम के बाढ़-प्रभावित क्षेत्रों में अंडरवेट की दर 21.6 प्रतिशत पाई गई, जबकि बाढ़-रहित क्षेत्रों में यह 13.7 प्रतिशत थी। यह स्पष्ट करता है कि EWEs न केवल खाद्य की उपलब्धता कम करती हैं, बल्कि शरीर की पोषक तत्वों के अवशोषण की क्षमता (absorption capacity) को भी बाधित करती हैं।

समग्र पोषण-सुरक्षा पर प्रभाव: Das (2025) की *Systematic Review* — जिसमें 231 लेखों का विश्लेषण किया गया — यह निष्कर्ष निकालती है कि भारत में जलवायु परिवर्तन और EWEs उत्पादन (उपलब्धता) को बाधित करते हैं,

जिससे खाद्य कमी, आय ह्रास और उच्च कीमतें (पहुँच) उत्पन्न होती हैं। इसका अंतिम परिणाम कुपोषण (उपयोग) में वृद्धि के रूप में सामने आता है, विशेष रूप से महिलाओं और बच्चों में। तथापि, पारंपरिक फसलों, पोषण मूल्य, कृषि जैव-विविधता और स्वदेशी खाद्य प्रणालियों पर EWEs के प्रभावों पर अभी भी अपर्याप्त शोध है।

5.2.5 स्तंभ IV: स्थिरता (Stability) — समय-संबद्ध निरंतरता और पतंग-प्रभाव

स्थिरता का तात्पर्य यह है कि एक व्यक्ति या परिवार भविष्य में किसी भी समय खाद्य पहुँच न खोए। EWEs की यादृच्छिकता (stochasticity) और पुनरावृत्ति (recurrence) इस स्तंभ को सबसे अधिक कमजोर करती हैं।

अंतर-वार्षिक अस्थिरता: IPCC SRCCL (2019) में FAO et al. (2018) के आँकड़ों का विश्लेषण किया गया है, जिसमें यह पाया गया कि 2017 में जलवायु चरमों के संपर्क में रहे सभी देशों में कुपोषण की औसत दर (PoU) 15.4 प्रतिशत थी। कृषि उत्पादन/उपज में उच्च संवेदनशीलता वाले देशों में यह 20 प्रतिशत और गंभीर सूखे के प्रति उच्च संवेदनशीलता वाले देशों में 22.4 प्रतिशत हो गई। जब दोनों संवेदनशीलताएँ एक साथ मौजूद थीं, तो PoU 25.2 प्रतिशत तक पहुँच गई — अर्थात् 9.8 प्रतिशत अंकों की अतिरिक्त वृद्धि। यह स्पष्ट करता है कि EWEs खाद्य सुरक्षा की स्थिरता को धीरे-धीरे नहीं, बल्कि एक अरैखिक (non-linear) गति से भंग करती हैं।

व्यापार और मूल्य अस्थिरता: Tigchelaar et al. (2018) ने यह दर्शाया कि जलवायु परिवर्तन के कारण अनाज व्यापार और अंतर्राष्ट्रीय कीमतों में बढ़ती अस्थिरता लगभग 800 मिलियन अत्यंत गरीब लोगों को खाद्य मूल्य-झटकों (price spikes) के प्रति संवेदनशील बना रही है। भारत के लिए, ICRISAT और WFP (2023) के संयुक्त कार्य-पत्र में यह बताया गया है कि जलवायु परिवर्तन और अस्थिरता उत्पादन अस्थिरता का कारण बनती है, जो न केवल अल्प आपूर्ति के कारण, बल्कि बदलती बाजार धारणा (market perception) के कारण भी उच्च मूल्य अस्थिरता (price volatility) उत्पन्न करती है।

पुनरावृत्ति और संयुक्त चरम घटनाएँ: भारत में 2002, 2009 और 2015-16 के सूखे; 2018 की केरल बाढ़; 2022 की अभूतपूर्व ताप लहर; और 2024 की बाढ़-ताप लहर संयुक्त घटनाएँ एक **पुनरावृत्ति चक्र** (recurrence cycle) का निर्माण करती हैं, जिसमें एक आपदा से उबरने से पहले ही दूसरी आपदा आ जाती है। इससे किसानों की आजीविका पूँजी (livelihood capital) का निरंतर ह्रास होता है और खाद्य सुरक्षा की अस्थायी असुरक्षा (transitory food insecurity) दीर्घकालिक (chronic) में परिवर्तित हो जाती है।

5.2.6 संश्लेषण: चार स्तंभों का परस्पर-निर्भर विश्लेषण

उपर्युक्त चारों स्तंभों का विश्लेषण एक **पतंग-प्रभाव श्रृंखला** (cascading impact chain) प्रस्तुत करता है:

EWEs ⟶ उत्पादन ह्रास (उपलब्धता) ⟶ बाजार कमी और मूल्य वृद्धि (पहुँच) ⟶ आय ह्रास और असमानता (स्थिरता) ⟶ कुपोषण और स्वास्थ्य बिगाड़ (उपयोग)

Das (2025) की व्यवस्थित समीक्षा इस श्रृंखला को पुष्ट करती है, जिसमें यह दर्शाया गया है कि तापमान विचलन, अनियमित वर्षा और चरम मौसमी घटनाएँ फसलों, पशुधन, पोल्ट्री और जलीय कृषि उत्पादन को बाधित करती हैं (उपलब्धति)। इससे खाद्य कमी, आय ह्रास और उच्च खाद्य कीमतें उत्पन्न होती हैं (पहुँच), जो निम्न-आय वर्गों को विशेष रूप से प्रभावित करती हैं। अप्रत्यक्ष रूप से, यह असमानताओं को बढ़ाता है और वंचित समुदायों के विस्थापन (displacement) का कारण बनता है (स्थिरता), जिसका अंतिम परिणाम खाद्य असुरक्षा और कुपोषण (उपयोग) के रूप में सामने आता है। इस प्रकार, FAO के चार-स्तंभीय ढांचे का परिचालन यह स्पष्ट करता है कि EWEs खाद्य सुरक्षा को एक एकल स्तंभ पर नहीं, बल्कि एक **समेकित तंत्र** (integrated system) के रूप में भंग करती हैं। भारत के लिए, जहाँ कृषि में लगी जनसंख्या का अनुपात अधिक है और सामाजिक सुरक्षा-जाल (social safety nets) की सीमाएँ हैं, यह पतंग-प्रभाव राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा के लिए एक अस्तित्वगत चुनौती है।

5.3 उद्देश्य 3: चरम मौसमी घटनाओं के कृषि अर्थव्यवस्था पर प्रभाव — उत्पादकता, आय, GDP और व्यापार का विश्लेषण

5.3.1 वैचारिक परिदृश्य: EWEs से कृषि अर्थव्यवस्था का संबंध

कृषि अर्थव्यवस्था और चरम मौसमी घटनाओं (EWEs) के बीच का संबंध एक **अरैखिक (non-linear) और बहु-दिशीय (multi-directional)** संबंध है। भारतीय अर्थव्यवस्था में कृषि क्षेत्र का सकल घरेलू उत्पाद (GDP) में योगदान लगभग 18-20 प्रतिशत है, किंतु यह क्षेत्र लगभग 55 प्रतिशत जनसंख्या की आजीविका सीधे तौर पर संभालता है। अतः, EWEs का प्रभाव केवल सांख्यिकीय आँकड़ों तक सीमित नहीं रहता, बल्कि यह एक **अंतः-क्षेत्रीय संचरण प्रभाव** (inter-sectoral spillover effect) उत्पन्न करता है, जो औद्योगिक और सेवा क्षेत्रों तक फैल जाता है।

5.3.2 आयाम I: फसल उत्पादकता (Crop Productivity)

मात्रात्मक आकलन: EWEs की फसल उत्पादकता पर प्रभाव की गंभीरता को मापने के लिए अर्थमितीय (econometric) अध्ययनों का सहारा लिया गया है।

- **Birthal et al. (2021)** ने *Land Use Policy* में 1980-81 से 2015-16 की अवधि के लिए भारत के 311 जिलों के पैनल डेटा का विश्लेषण किया। उनके निष्कर्ष के अनुसार, अतिरिक्त तापमान (excess temperature) विभिन्न फसलों की उपज को **1.8% से 6.6%** (मध्यम अवधि) और **7.2% से 23.6%** (दीर्घ अवधि) तक कम

कर सकता है। यह तकनीकी प्रगति (technical progress) द्वारा उत्पन्न उपज वृद्धि के एक महत्वपूर्ण भाग को नष्ट कर देता है।

- **Lobell et al. (2011)** के वैश्विक अध्ययन में यह दिखाया गया कि 1980-2008 की अवधि में तापमान वृद्धि के कारण वैश्विक मक्का उत्पादन **3.8%** और गेहूँ उत्पादन **5.5%** कम हुआ। भारत के संदर्भ में, यह वृद्धि उत्तर-पश्चिमी मैदानी क्षेत्र (NWZ) में गेहूँ और पूर्वी तटीय क्षेत्र में धान के लिए विशेष रूप से गंभीर है।
- **Burke, Hsiang और Miguel (2015)** ने *Nature* में प्रतिपादित किया कि तापमान और आर्थिक उत्पादन के बीच एक **अरैखिक संबंध** है; एक निश्चित सीमा (threshold) के पार जाने पर क्षति तीव्र गति से बढ़ती है। भारतीय कृषि के लिए, यह सीमा लगभग **34°C** (गेहूँ के लिए) और **35°C** (धान के पुष्पीकरण काल के लिए) मानी जाती है।

विशिष्ट फसल-स्तरीय प्रभाव:

- **गेहूँ:** उत्तर-पश्चिमी भारत में रबी गेहूँ के दाना भरने की अवधि (grain-filling stage) के दौरान मार्च-अप्रैल में तीव्र ताप लहर ($\geq$35°C) **20-40%** उपज हानि का कारण बन सकती है।
- **धान:** मानसून-आश्रित धान की फसल के पुष्पीकरण काल में अत्यधिक वर्षा या नमी परक गुणकीय रोगों (fungal diseases) का प्रकोप भी विनाशकारी हो सकता है।
- **कपास और ज्वार:** Potdar et al. (2020) के *Remote Sensing* अध्ययन में मराठवाड़ा क्षेत्र में 2002, 2009 और 2015-16 की सूखी अवधियों में ज्वार और कपास की उपज में **20-40%** की कमी दर्ज की गई।

5.3.3 आयाम II: किसान आय (Farm Income)

आजीविका चक्र और ऋण बंधन: EWEs किसान आय को दोहरे मार्ग से प्रभावित करती हैं: (i) फसल विफलता के कारण उत्पादन-आय में सीधी कमी, और (ii) बाजार मूल्य में उतार-चढ़ाव के कारण आय की अस्थिरता।

- **Ramachandran (2014)** के अनुसार, एक सामान्य वर्ष में भी किसानों के भंडार अगली मानसून/बुआई ऋतु तक 3-4 महीने पहले ही समाप्त हो जाते हैं। EWEs इस आजीविका-चक्र (livelihood cycle) को और संकुचित कर देती हैं।
- **ActionAid India (2016)** की *Drought 2015-16: A Citizen's Report* में यह दर्शाया गया है कि मराठवाड़ा, बुंदेलखंड, राजस्थान और तेलंगाना में सूखे के कारण लगातार फसल विफलताएँ हुईं, जिससे किसानों की आय शून्य हो गई और कृषि ऋण की चुकौती असंभव हो गई।

- **Santhi और Veerakumaran (2019)** के केरल बाढ़ (2018) अध्ययन में यह पाया गया कि एडतुआ पंचायत में बाढ़ ने धान, केले, सब्जियों और मछली पालन को पूर्णतः नष्ट कर दिया, जिससे किसानों की आय शून्य हो गई और कृषि ऋण की चुकौती असंभव हो गई।

ऋण चक्र और आत्महत्याएँ: Katalakute et al. (2016) के अनुसार, 2014-15 में महाराष्ट्र में कृषि उपज लगभग **50%** तक घट गई, जिससे किसान आत्महत्याओं में भारी वृद्धि हुई। यह EWEs के मनो-सामाजिक और आर्थिक पतंग-प्रभाव (cascading effects) को प्रमाणित करता है।

5.3.4 आयाम III: सकल घरेलू उत्पाद (GDP) में कृषि का योगदान

अंतः-क्षेत्रीय संचरण प्रभाव (Inter-sectoral Spillover Effects): EWEs का प्रभाव केवल कृषि क्षेत्र तक सीमित नहीं रहता, बल्कि यह औद्योगिक और सेवा क्षेत्रों तक भी फैलता है।

- **Dell, Jones और Olken (2012)** ने पाँच दशकों के पैनल डेटा का विश्लेषण करते हुए तापमान के झटकों और आर्थिक वृद्धि के बीच एक **ठोस नकारात्मक संबंध** स्थापित किया। उनके निष्कर्ष के अनुसार, तापमान में वृद्धि कृषि-आधारित अर्थव्यवस्थाओं में GDP वृद्धि दर को कम कर देती है।
- **Deschênes और Greenstone (2007, 2012)** के अमेरिकी अध्ययन, यद्यपि भौगोलिक रूप से भिन्न, किंतु सांख्यिकीय विधियों में एक मॉडल प्रदान करते हैं जो भारतीय संदर्भ में अनुकूलित किया जा सकता है। उनका hedonic approach तापमान और उत्पादन के बीच संबंध को मापने में उपयोगी है।
- **Burke, Hsiang और Miguel (2015)** ने यह दर्शाया कि वैश्विक स्तर पर, तापमान में 1°C की वृद्धि विकासशील अर्थव्यवस्थाओं में GDP को **1.3%** तक कम कर सकती है। भारत के लिए, जहाँ कृषि GDP में 18-20% योगदान करती है, यह प्रभाव अनुपातिक रूप से अधिक गंभीर है।

भारत-विशिष्ट GDP प्रभाव: World Bank (2013) के अनुमान के अनुसार, 4°C वैश्विक तापन की स्थिति में भारत में कृषि उत्पादन में गिरावट से GDP वृद्धि दर में **1.5-2.0%** की अतिरिक्त कमी हो सकती है। यह अनुमान औद्योगिक और सेवा क्षेत्रों में कृषि-आधारित कच्चे माल (raw materials) की कमी और ग्रामीण खपत (rural consumption) में ह्रास को ध्यान में रखता है।

5.3.5 आयाम IV: कृषि व्यापार (Agricultural Trade) निर्यात-आयात संतुलन: EWEs भारत के कृषि व्यापार संतुलन को दोहरे मार्ग से प्रभावित करती हैं: (i) घरेलू उत्पादन में कमी के कारण निर्यात योग्य अधिशेष (exportable surplus) का ह्रास, और (ii) घरेलू आपूर्ति संकट के कारण आयात पर निर्भरता में वृद्धि।

- **FCI Buffer Stock Management:** 2022-23 में, FCI ने बाजार आपूर्ति बढ़ाने और मुद्रास्फीति को नियंत्रित करने के लिए **34.82 लाख टन** गेहूँ की खुली बाजार बिक्री (open market sale) की। यह EWEs-प्रेरित आपूर्ति संकटों के प्रति सरकारी प्रतिक्रिया को दर्शाता है।
- **Tigchelaar et al. (2018)** ने *PNAS* में यह दर्शाया कि जलवायु परिवर्तन के कारण अनाज व्यापार और अंतर्राष्ट्रीय कीमतों में बढ़ती अस्थिरता लगभग **800 मिलियन** अत्यंत गरीब लोगों को खाद्य मूल्य-झटकों (price spikes) के प्रति संवेदनशील बना रही है। भारत, जो कुछ वर्षों में गेहूँ और चावल का निर्यातक रहा है, EWEs के कारण आयातक की स्थिति में भी आ सकता है।
- **ICRISAT और WFP (2023)** के संयुक्त कार्य-पत्र में यह बताया गया है कि जलवायु परिवर्तन और अस्थिरता उत्पादन अस्थिरता का कारण बनती है, जो न केवल अल्प आपूर्ति के कारण, बल्कि बदलती बाजार धारणा (market perception) के कारण भी उच्च मूल्य अस्थिरता (price volatility) उत्पन्न करती है।

मूल्य अस्थिरता और गरीबी: FAO की *SOFI* रिपोर्ट्स में एक अर्थमितीय मॉडल के माध्यम से यह प्रमाणित किया गया है कि खाद्य मूल्य सूचकांक (Food CPI) में 10% की वृद्धि खाद्य असुरक्षा के साथ एक सकारात्मक, किंतु ह्रासमान (diminishing) संबंध स्थापित करती है। यह संबंध ग्रामीण जनसंख्या, महिलाओं और निम्न-आय वर्गों में अधिक तीव्र होता है।

5.4 उद्देश्य 4: भारत के विभिन्न कृषि-पारिस्थितिक क्षेत्रों में EWEs के प्रभावों की तुलनात्मक समीक्षा

5.4.1 वैचारिक आधार: क्षेत्रीय असमानताओं का विश्लेषणात्मक ढांचा

भारत का भौगोलिक विस्तार और जलवायुीय विविधता इसे एक **बहु-क्षेत्रीय कृषि-पारिस्थितिक परिदृश्य** (multi-regional agro-ecological landscape) बनाती है। देश को आम तौर पर छह प्रमुख कृषि-पारिस्थितिक क्षेत्रों (Agro-Ecological Zones — AEZs) में विभाजित किया जाता है: (i) उत्तर-पश्चिमी मैदान (North-Western Plains — NWZ), (ii) मध्य क्षेत्र (Central Zone — CZ), (iii) उत्तर-पूर्वी मैदान (North-Eastern Plains — NEPZ), (iv) पूर्वी तटीय क्षेत्र (Eastern Coastal Zone — ECZ), (v) पश्चिमी घाट और तटीय क्षेत्र (Western Ghats & Coastal Zone — WGCZ), और (vi) मध्य भारत के सूखा प्रदेश (Central Dry Zone — CDZ)। इन क्षेत्रों में EWEs के प्रभाव एक समान नहीं होते; बल्कि, प्रत्येक क्षेत्र की **जलवायुीय भिन्नता, सिंचाई सुविधाओं की उपलब्धता, बाजार संरचना, सामाजिक-आर्थिक संवेदनशीलता और संस्थागत अनुकूलन क्षमता** के कारण प्रभावों में महत्वपूर्ण विषमताएँ (heterogeneities) देखी जाती हैं।

5.4.2 क्षेत्र I: उत्तर-पश्चिमी मैदान (NWZ) — गेहूँ कटोरा और ताप-संकट

भौगोलिक और कृषि-पारिस्थितिक विशेषताएँ: NWZ में पंजाब, हरियाणा, पश्चिमी उत्तर प्रदेश और राजस्थान के उत्तरी भाग शामिल हैं। यह क्षेत्र भारत का **"गेहूँ कटोरा"** (wheat bowl) है, जहाँ रबी गेहूँ की उत्पादकता देश की कुल गेहूँ उत्पादन का लगभग 50-55% योगदान करती है। इस क्षेत्र में सिंचाई सुविधाएँ अपेक्षाकृत विकसित हैं (भूमिगत जल और नहर सिंचाई), किंतु भूजल स्तर में तीव्र गिरावट एक गंभीर चिंता है।

EWEs का प्रभाव: NWZ में मुख्य EWE **तीव्र ताप लहरें** (heatwaves) हैं, विशेष रूप से मार्च-अप्रैल में गेहूँ के दाना भरने की अवधि (grain-filling stage) के दौरान। Birthal et al. (2021) के अनुसार, इस क्षेत्र में अतिरिक्त तापमान गेहूँ उपज को **7.2% से 23.6%** (दीर्घ अवधि) तक कम कर सकता है। **2022 की मार्च-अप्रैल ताप लहर** ने इस क्षेत्र में गेहूँ उत्पादन में **10-15%** की कमी का अनुमान लगाया गया, जिससे FCI को बफर स्टॉक से बाजार में हस्तक्षेप करना पड़ा।

क्षेत्रीय विशिष्टता: NWZ की विशिष्टता यह है कि यहाँ की कृषि अपेक्षाकृत **पूँजी-गहन** (capital-intensive) है (यंत्रीकृत खेती, HYV बीज, रासायनिक उर्वरकों का अधिक प्रयोग)। अतः, EWEs के कारण उत्पादन ह्रास से किसानों की आय पर प्रभाव अधिक गंभीर है, क्योंकि उनकी निवेश लागत (input cost) अधिक होती है। तथापि, इस क्षेत्र में **MSP (न्यूनतम समर्थन मूल्य) और FCI खरीद** की मजबूत संस्थागत व्यवस्था कुछ हद तक सुरक्षा-जाल (safety net) का कार्य करती है।

5.4.3 क्षेत्र II: मध्य क्षेत्र (CZ) — सूखा और मानसून की अस्थिरता

भौगोलिक और कृषि-पारिस्थितिक विशेषताएँ: CZ में मध्य प्रदेश, छत्तीसगढ़, विदर्भ (महाराष्ट्र) और तेलंगाना के उत्तरी भाग शामिल हैं। यह क्षेत्र मुख्य रूप से **सोयाबीन, कपास, मक्का और चावल** का उत्पादन क्षेत्र है। यहाँ सिंचाई सुविधाएँ NWZ की अपेक्षा कम विकसित हैं और लगभग 70-80% क्षेत्र वर्षा-आश्रित है।

EWEs का प्रभाव: CZ में **सूखा** (droughts) और **अनियमित मानसून** प्रमुख EWEs हैं। **2015-16 के सूखे** को "दो दशकों की सबसे बड़ी कृषि आपदा" माना गया, जिसमें मराठवाड़ा और विदर्भ में कृषि उपज लगभग **50%** तक घट गई (Katalakute et al., 2016; ActionAid India, 2016)। Potdar et al. (2020) के *Remote Sensing* अध्ययन में 2001-2018 की अवधि के लिए मराठवाड़ा में एक संयुक्त सूखा सूचकांक (CDI) विकसित किया गया, जिसमें 2002, 2009 और 2015-16 की अत्यधिक सूखी अवधियों में ज्वार और कपास की उपज में **20-40%** की कमी दर्ज की गई।

क्षेत्रीय विशिष्टता: CZ की विशिष्टता इसकी **सामाजिक-आर्थिक संवेदनशीलता** है। यहाँ छोटे और सीमांत किसानों (small and marginal farmers) की अधिकता है, जिनकी आजीविका पूर्णतः वर्षा-आश्रित कृषि पर निर्भर है। EWEs के कारण आय ह्रास से यहाँ **किसान आत्महत्याओं** में भारी वृद्धि हुई। इस क्षेत्र में संस्थागत सुरक्षा-जाल (जैसे MSP, FCI खरीद) NWZ की अपेक्षा कम मजबूत है, जिससे किसानों की संकट-संवेदनशीलता (vulnerability) अधिक है।

5.4.4 क्षेत्र III: उत्तर-पूर्वी मैदान (NEPZ) — बाढ़ और नमी-संबंधी रोग

भौगोलिक और कृषि-पारिस्थितिक विशेषताएँ: NEPZ में बिहार, पूर्वी उत्तर प्रदेश, पश्चिम बंगाल और झारखंड के मैदानी क्षेत्र शामिल हैं। यह क्षेत्र **धान, गेहूँ, गन्ना और सब्जियों** का प्रमुख उत्पादन क्षेत्र है। यहाँ भूमि की उर्वरता अधिक है, किंतु नदी-प्रणाली (गंगा, कोसी, गंडक) की अस्थिरता के कारण बाढ़ का खतरा निरंतर बना रहता है।

EWEs का प्रभाव: NEPZ में **बाढ़** (floods) और **अतिवृष्टि** प्रमुख EWEs हैं। **2017 की बिहार बाढ़** और **2020 की असम बाढ़** ने इस क्षेत्र में व्यापक फसल क्षति की। BMJ Open (2011) के एक समुदाय-आधारित सर्वेक्षण में यह पाया गया कि बाढ़-ग्रस्त गाँवों में बच्चों में **स्टंटिंग** की दर **38.7%** और **अंडरवेट** की दर **20.9%** थी, जबकि बाढ़-रहित क्षेत्रों में यह क्रमशः **23.0%** और **13.1%** थी। यह EWEs के दीर्घकालिक पोषण-संबंधी प्रभावों को प्रमाणित करता है।

क्षेत्रीय विशिष्टता: NEPZ की विशिष्टता इसकी **जनसंख्या घनत्व और भूमि विखंडन** (land fragmentation) है। यहाँ प्रति हेक्टेयर कृषि जनसंख्या अधिक है और भूमि के छोटे-छोटे खंड (fragmented holdings) कृषि की लागत-प्रभावशीलता (cost-effectiveness) को कम करते हैं। बाढ़ के कारण न केवल फसल नष्ट होती है, बल्कि मिट्टी की उर्वरता (soil fertility) भी प्रभावित होती है, जिससे **दीर्घकालिक उत्पादकता ह्रास** होता है।

5.4.5 क्षेत्र IV: पूर्वी तटीय क्षेत्र (ECZ) — चक्रवात और लवणीकरण

भौगोलिक और कृषि-पारिस्थितिक विशेषताएँ: ECZ में ओडिशा, आंध्र प्रदेश, तमिलनाडु और पश्चिम बंगाल के तटीय क्षेत्र शामिल हैं। यह क्षेत्र **धान, नारियल, मसाले और मछली पालन** का प्रमुख क्षेत्र है। यहाँ मिट्टी का लवणीकरण (soil salinization) एक पूर्व-स्थिति (pre-existing) चुनौती है।

EWEs का प्रभाव: ECZ में **चक्रवात** (cyclones) और **समुद्री स्तर में वृद्धि** (sea level rise) प्रमुख EWEs हैं। **1999 का ओडिशा सुपर चक्रवात** (250 km/h वेग) और हाल के **चक्रवात फानी (2019), अम्फान (2020) और यास (2021)** ने इस क्षेत्र में व्यापक विनाश किया। IPCC AR6 के अनुसार, उत्तरी हिंद महासागर में **नवंबर और मई में तीव्र चक्रवातों की आवृत्ति में प्रति शताब्दी 20% की वृद्धि** का स्पष्ट रुझान है।

क्षेत्रीय विशिष्टता: ECZ की विशिष्टता इसकी **"संयुक्त चरम घटनाओं"** (compound extremes) की संवेदनशीलता है — उच्च वेग की हवाएँ, समुद्री स्तर में वृद्धि और अतिवृष्टि का संयोजन। चक्रवात के बाद **लवणीकरण** (salinization) मिट्टी को कई वर्षों तक अनुत्पादक (unproductive) बना देती है। इस क्षेत्र में मछली पालन (aquaculture) और नारियल की खेती पर निर्भर किसानों की आजीविका चक्रवातों से अत्यंत संवेदनशील है।

5.4.6 क्षेत्र V: पश्चिमी घाट और तटीय क्षेत्र (WGCZ) — अतिवृष्टि और भूस्खलन

भौगोलिक और कृषि-पारिस्थितिक विशेषताएँ: WGCZ में केरल, कर्नाटक के तटीय क्षेत्र और महाराष्ट्र के कोकण क्षेत्र शामिल हैं। यह क्षेत्र **मसाले, रबर, कॉफी, नारियल और धान** का प्रमुख उत्पादन क्षेत्र है। यहाँ वार्षिक वर्षा अत्यधिक (2000-4000 mm) होती है।

EWEs का प्रभाव: WGCZ में **अतिवृष्टि** (excessive rainfall), **भूस्खलन** (landslides) और **क्लाउडबर्स्ट** (cloudbursts) प्रमुख EWEs हैं। **2018 की केरल बाढ़** — जिसे "सदी की बाढ़" कहा गया — ने इस क्षेत्र में **20,000 करोड़ रुपये** से अधिक की कृषि क्षति की। Santhi और Veerakumaran (2019) के अध्ययन में एडतुआ पंचायत में यह पाया गया कि बाढ़ ने धान, केले, सब्जियों और मछली पालन को पूर्णतः नष्ट कर दिया, जिससे किसानों की आय शून्य हो गई।

क्षेत्रीय विशिष्टता: WGCZ की विशिष्टता इसकी **पारिस्थितिक संवेदनशीलता** (ecological sensitivity) है। पश्चिमी घाट एक जैव-विविधता हॉटस्पॉट है, और अतिवृष्टि से न केवल फसलें नष्ट होती हैं, बल्कि **भूस्खलन** और **जल-निकासी तंत्र** (drainage systems) का विनाश भी होता है, जो दीर्घकालिक कृषि-पुनर्वास (rehabilitation) को कठिन बनाता है।

5.4.7 क्षेत्र VI: मध्य भारत के सूखा प्रदेश (CDZ) — पारंपरिक सूखा और जलवायु परिवर्तन

भौगोलिक और कृषि-पारिस्थितिक विशेषताएँ: CDZ में राजस्थान का अधिकांश भाग, गुजरात के उत्तरी क्षेत्र, मध्य प्रदेश का पश्चिमी भाग और कर्नाटक का उत्तरी भाग (रायलसीमा) शामिल हैं। यह क्षेत्र **अर्ध-शुष्क से शुष्क** (semi-arid to arid) जलवायु वाला है, जहाँ वार्षिक वर्षा 500-750 mm से कम होती है। यहाँ **बाजरा, ज्वार, मूँगफली और दलहन** की खेती प्रमुख है।

EWEs का प्रभाव: CDZ में **सूखा** (droughts) एक **पुनरावृत्त** (recurrent) और **संरचनात्मक** (structural) EWE है। **2002, 2009, 2014 और 2015-16** के सूखे वर्षों में इस क्षेत्र में फसल विफलताएँ व्यापक रहीं। ActionAid India

(2016) की रिपोर्ट में बुंदेलखंड और राजस्थान के सूखा-प्रभावित क्षेत्रों में **आंतरिक प्रवास** (distress migration) और **पशुधन क्षति** (livestock loss) का व्यापक दस्तावेजीकरण किया गया है।

क्षेत्रीय विशिष्टता: CDZ की विशिष्टता इसकी **अनुकूलन क्षमता की सीमाएँ** (limits of adaptation) हैं। यहाँ पारंपरिक कृषि पद्धतियाँ (जैसे खरीफ की एकल फसल) पहले से ही जलवायु की सीमाओं पर संचालित होती हैं। अतः, EWEs के कारण और कम वर्षा या अत्यधिक तापमान इस क्षेत्र में **अनुकूलन की सीमा को पार** (beyond adaptation threshold) कर जाता है, जिससे कृषि की व्यावहारिक असंभवता (unviability) उत्पन्न होती है।

5.4.8 तुलनात्मक मूल्यांकन: क्षेत्रीय असमानताओं के कारक

उपर्युक्त छह क्षेत्रों का तुलनात्मक विश्लेषण निम्नलिखित **क्षेत्रीय असमानताओं के कारकों** (drivers of regional disparity) को उजागर करता है:

कारक	NWZ	CZ	NEPZ	ECZ	WGCZ	CDZ
प्रमुख EWE	ताप लहर	सूखा	बाढ़	चक्रवात	अतिवृष्टि/भूस्खलन	सूखा
सिंचाई सुविधा	उच्च (नहर + भूजल)	मध्यम-निम्न	मध्यम	निम्न	मध्यम	निम्न
बाजार एकाग्रता	उच्च (FCI/MSP)	मध्यम	निम्न	निम्न	मध्यम	निम्न
सामाजिक-आर्थिक संवेदनशीलता	मध्यम	अत्यधिक	अत्यधिक	अत्यधिक	मध्यम	अत्यधिक
संस्थागत अनुकूलन क्षमता	उच्च	मध्यम	निम्न	मध्यम	मध्यम	निम्न
EWEs का प्रभाव अवधि	मध्यम (2-3 सप्ताह)	दीर्घ (3-6 माह)	मध्यम (2-4 सप्ताह)	मध्यम (1-2 सप्ताह)	मध्यम (2-4 सप्ताह)	दीर्घ (6-12 माह)

6. निष्कर्ष (Conclusion)

6.1 निष्कर्ष (Conclusions)

उपर्युक्त विश्लेषण के आधार पर इस शोध-पत्र के निम्नलिखित प्रमुख निष्कर्ष निकलते हैं:

निष्कर्ष 1: EWEs का कालानुक्रमिक तीव्रीकरण और भौगोलिक विस्तार

भारतीय उपमहाद्वीप में चरम मौसमी घटनाएँ (EWEs) — ताप लहरें, सूखा, बाढ़, चक्रवात और ओलावृष्टि — अब एक नियमित नियति नहीं, बल्कि एक **संरचनात्मक वास्तविकता** (structural reality) बन चुकी हैं। IPCC AR6 और IMD के कालानुक्रमिक आँकड़े यह स्पष्ट करते हैं कि 2000 के बाद इन घटनाओं की आवृत्ति, तीव्रता और भौगोलिक प्रसार में एक **अरैखिक वृद्धि** (non-linear escalation) हुई है। 2022-2024 की अवधि में EWEs ने लगभग 93% दिनों को प्रभावित किया और 3.2 मिलियन हेक्टेयर से अधिक फसल क्षति की, जो यह दर्शाता है कि भारत वैश्विक जलवायु परिवर्तन के प्रभावों का एक **"हॉटस्पॉट"** (hotspot) बन चुका है।

निष्कर्ष 2: खाद्य सुरक्षा के चारों स्तंभों का समेकित भंग

FAO के चार-स्तंभीय ढांचे (उपलब्धता, पहुँच, उपयोग, स्थिरता) का परिचालन यह सिद्ध करता है कि EWEs खाद्य सुरक्षा को एक एकल स्तंभ पर नहीं, बल्कि एक **परस्पर-निर्भर समेकित तंत्र** (interlinked integrated system) के रूप में भंग करती हैं। उपलब्धता स्तंभ पर उत्पादन ह्रास (10-40%) का प्रत्यक्ष प्रभाव पड़ता है; पहुँच स्तंभ पर बाजार मूल्य वृद्धि और आय ह्रास का अप्रत्यक्ष प्रभाव; उपयोग स्तंभ पर कुपोषण और स्वास्थ्य बिगाड़ का दीर्घकालिक प्रभाव; और स्थिरता स्तंभ पर पुनरावृत्ति चक्र के माध्यम से अस्थायी असुरक्षा का दीर्घकालिकीकरण होता है। यह **पतंग-प्रभाव श्रृंखला** (cascading impact chain) राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा के लिए एक अस्तित्वगत चुनौती है।

निष्कर्ष 3: कृषि अर्थव्यवस्था का बहुआयामिक संकट

EWEs का प्रभाव केवल फसल उत्पादकता तक सीमित नहीं रहता। यह किसान आय (50% तक ह्रास), कृषि GDP योगदान (1.5-2.0% की अतिरिक्त गिरावट की संभावना), और कृषि व्यापार संतुलन (निर्यात-आयात विघटन और मूल्य अस्थिरता) को एक साथ प्रभावित करता है। यह **अंतः-क्षेत्रीय संचरण प्रभाव** (inter-sectoral spillover) औद्योगिक और सेवा क्षेत्रों तक फैलता है, जिससे भारतीय अर्थव्यवस्था की समग्र स्थिरता को खतरा उत्पन्न होता है।

निष्कर्ष 4: क्षेत्रीय असमानताओं की गंभीरता और "एक आकार सबके लिए" नीति की अपर्याप्तता

भारत के छह प्रमुख कृषि-पारिस्थितिक क्षेत्रों (NWZ, CZ, NEPZ, ECZ, WGCZ, CDZ) में EWEs के प्रभाव एक समान नहीं हैं। NWZ में ताप लहरें, CZ में सूखा, NEPZ में बाढ़, ECZ में चक्रवात, WGCZ में अतिवृष्टि और CDZ में पुनरावृत्त सूखा प्रमुख हैं। प्रत्येक क्षेत्र की सिंचाई सुविधा, बाजार संरचना, सामाजिक-आर्थिक संवेदनशीलता और संस्थागत

अनुकूलन क्षमता भिन्न है। अतः, राष्ट्रीय स्तर पर एक **समान अनुकूलन नीति** (one-size-fits-all policy) अपर्याप्त और अप्रभावी है।

निष्कर्ष 5: अनुकूलन की सीमा और जैविक दृढ़ता की चुनौती

कृषि की "खुले वातावरण" (open-air) प्रकृति और फसलों की जैविक दृढ़ता (biological rigidity) — जिसमें पुष्पीकरण और दाना भरने की अवस्थाएँ अपरिवर्तनीय और अप्रतिस्थाप्य होती हैं — तकनीकी अनुकूलन की सीमाएँ निर्धारित करती हैं। तकनीकी समाधान (उच्च तापमान-सहनशील किस्में, संरक्षण कृषि) महत्वपूर्ण हैं, किंतु जब EWEs की तीव्रता अनुकूलन सीमा को पार कर जाती है — जैसे CDZ में सूखा या NWZ में $\geq$40°C की ताप लहर — तो केवल तकनीकी हस्तक्षेप अपर्याप्त हो जाता है।

सन्दर्भ:

1. Deschênes, O., & Greenstone, M. (2007). The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather. *American Economic Review*, 97(1), 354-385.
2. Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042), 616-620.
3. Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2012). Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3), 66-95.
4. Deschênes, O., & Greenstone, M. (2012). The economic impacts of climate change: Evidence from agricultural output and random fluctuations in weather: reply. *American Economic Review*, 102(7), 3761-3773.
5. Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, 527(7577), 235-239.
6. Burgess, R., Deschênes, O., Donaldson, D., & Greenstone, M. (2017). Weather, climate change and death in India. *Working Paper*, London School of Economics.

7. Katalakute, G., Wagh, V., Panaskar, D., & Mukate, S. (2016). Impact of Drought on Environmental, Agricultural and Socio-economic Status in Maharashtra, India. *Natural Resources and Conservation*, 4(3), 78-87.
8. ActionAid India. (2016). *Drought 2015-16: A Citizen's Report on Impact of Drought and Learnings for Future*. New Delhi: ActionAid India.
9. Santhi, S. L., & Veerakumaran, G. (2019). Impact Assessment of Kerala Flood 2018 on Agriculture of Farmers in Edathua Panchayat, Kuttanad Taluk of Alappuzha District. *Shanlax International Journal of Economics*, 7(4), 24-28.
10. IPCC. (2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems* (SRCCL), Chapter 5: Food Security.
11. Birthal, P. S., et al. (2021). Climate change and land-use in Indian agriculture. *Land Use Policy*, 109, 105698.
12. Potdar, M. B., et al. (2020). Developing a Remote Sensing-Based Combined Drought Indicator Approach for Agricultural Drought Monitoring over Marathwada, India. *Remote Sensing*, 12(13), 2091.
13. IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (AR6 WGII), Chapter 5: Food, Fibre, and Other Ecosystem Products; Chapter 10: Asia.
14. FAO. (2021, 2022, 2023, 2024). *The State of Food Security and Nutrition in the World (SOFI)*. Rome: FAO.
15. IIWBR. (2024). *Climate Resilient Wheat Varieties*. Karnal: Indian Institute of Wheat and Barley Research.
16. Chakrabarti, B., Bhatia, A., Deo, A., et al. (2025). Climatic stresses and adaptation options for South Asian wheat: A systematic literature review. *Frontiers in Agronomy*, 7, 1670235.