सांभर झील के आसपास पर्यावरणीय एवं आपदा संवेदनशीलता का आकलन तथा जलवायु-लचीली योजना रणनीतियों का विकास: राजस्थान में GIS-आधारित सतत नियोजन का एक अध्ययन

डॉ.ओम प्रकाश

सहायक आचार्य
भूगोल विभाग
राजकीय महाविद्यालय, डेगाना नागौर

सारांश

सांभर झील राजस्थान की एक विशिष्ट उथली, अंतर्देशीय, लवणीय आर्द्रभूमि है तथा इसका पारिस्थितिक, आर्थिक और जैव-विविधतागत महत्व अत्यधिक है। राजस्थान के राष्ट्रीय वेटलैंड एटलस के अनुसार सांभर झील लगभग 24,294 हेक्टेयर क्षेत्र में विस्तृत है और इसका औसत वार्षिक वर्षण लगभग 500 मिमी है। मानसून के दौरान झील की गहराई बढ़ती है, जबकि प्री-मानसून अवधि में यह अत्यधिक उथली हो जाती है। सांभर का महत्व केवल एक प्राकृतिक जल निकाय के रूप में नहीं है, बल्कि यह स्थानीय आजीविका, नमक उत्पादन, प्रवासी पक्षियों और क्षेत्रीय पारिस्थितिकी तंत्र से भी जुड़ा हुआ है। साथ ही, गाद जमाव, भूमि-उपयोग परिवर्तन, जल-निकासी, नमक उत्पादन से संबंधित गतिविधियाँ, प्रदूषण तथा जलवायु परिवर्तन जैसे कारक इसकी पर्यावरणीय संवेदनशीलता को बढ़ाते हैं। आधिकारिक प्रबंधन दस्तावेजों में भी झील के जल क्षेत्र में परिवर्तन, अवैध जल निष्कर्षण, प्रदूषण तथा कैचमेंट क्षेत्र में कृषि गतिविधियों को महत्वपूर्ण प्रबंधन चुनौतियों के रूप में रेखांकित किया गया है।इस शोध का उद्देश्य Geographic Information System (GIS) तथा Remote Sensing तकनीकों की सहायता से सांभर झील और उसके आसपास के क्षेत्र की पर्यावरणीय एवं आपदा संवेदनशीलता का स्थानिक आकलन करना तथा जलवायु-लचीली एवं सतत नियोजन रणनीतियों का विकास करना है। प्रस्तावित अध्ययन में भूमि उपयोग/भूमि आवरण, जल क्षेत्र में परिवर्तन, ढाल, जल निकासी, वर्षा, तापमान, वनस्पति, बस्तियों, कृषि, नमक उत्पादन क्षेत्रों, जल-संसाधनों और सामाजिक-आर्थिक संवेदनशीलता जैसे संकेतकों को एकीकृत किया जाएगा। इन संकेतकों के आधार पर एक Composite Environmental and Disaster Vulnerability Index विकसित किया जा सकता है। अध्ययन का निष्कर्ष यह प्रस्तावित करता है कि सांभर झील के लिए पारंपरिक आपदा-प्रतिक्रिया मॉडल के बजाय ecosystem-based disaster risk reduction, climate adaptation, spatial regulation और community participation पर आधारित एकीकृत नियोजन दृष्टिकोण अधिक प्रभावी होगा।

मुख्य शब्द: सांभर झील, आपदा जोखिम न्यूनीकरण, जलवायु परिवर्तन, GIS, Remote Sensing, पर्यावरणीय संवेदनशीलता, जलवायु-लचीला नियोजन, आर्द्रभूमि, सतत विकास।

---

1. प्रस्तावना

जलवायु परिवर्तन, अनियमित वर्षा, जल-संसाधनों पर बढ़ता दबाव, भूमि-उपयोग परिवर्तन तथा मानवीय गतिविधियों का विस्तार आज आर्द्रभूमि पारिस्थितिकी तंत्रों के लिए गंभीर चुनौती बन चुका है। विशेष रूप से राजस्थान जैसे अर्ध-शुष्क प्रदेश में आर्द्रभूमियाँ जल-संतुलन,

जैव-विविधता, स्थानीय आजीविका तथा जलवायु अनुकूलन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। सांभर झील इस संदर्भ में विशेष महत्व रखती है क्योंकि यह राजस्थान की सबसे महत्वपूर्ण अंतर्देशीय लवणीय आर्द्रभूमियों में से एक है।

राष्ट्रीय वेटलैंड एटलस के अनुसार सांभर झील का भौगोलिक विस्तार लगभग 26°52'31" से 27°01'57" उत्तरी अक्षांश तथा 74°53'47" से 75°13'41" पूर्वी देशांतर के बीच है। यह एक उथली लवणीय आर्द्रभूमि है, जिसकी जल-गहराई मानसून के बाद बढ़ती है और गर्मी के दौरान झील का बड़ा हिस्सा सूख जाता है। ऐतिहासिक रूप से भी सांभर की जल-रसायनिकी वर्षा, वाष्पीकरण और जल उपलब्धता में परिवर्तन से प्रभावित रही है। वैज्ञानिक अध्ययनों में इसके लवणीय जल तंत्र तथा जलवायु-संबंधी परिवर्तनशीलता के बीच संबंध को भी रेखांकित किया गया है।

सांभर झील का पारिस्थितिक महत्व इसके प्रवासी पक्षियों के आवास के रूप में भी अत्यधिक है। वर्ष 2019 में हजारों प्रवासी पक्षियों की मृत्यु की घटना ने झील की पारिस्थितिक संवेदनशीलता को राष्ट्रीय स्तर पर चर्चा का विषय बनाया। राजस्थान के मसौदा प्रबंधन दस्तावेज के अनुसार उस घटना में एवियन बोटुलिज़्म को प्रमुख कारण के रूप में पहचाना गया था; साथ ही जल-निकासी, प्रदूषण और कैचमेंट क्षेत्र में अत्यधिक कृषि गतिविधियों जैसे कारकों को जोखिम की संभावित पृष्ठभूमि से जोड़ा गया।

अतः सांभर की समस्या को केवल "झील संरक्षण" तक सीमित नहीं किया जा सकता। यह वास्तव में जलवायु परिवर्तन, पर्यावरणीय क्षरण, आपदा जोखिम, आजीविका, भूमि-उपयोग और क्षेत्रीय नियोजन का परस्पर जुड़ा हुआ प्रश्न है। इसी कारण GIS-आधारित स्थानिक विश्लेषण सांभर क्षेत्र के लिए एक प्रभावी शोध एवं नियोजन उपकरण बन सकता है।

2. अध्ययन की समस्या

सांभर झील की पर्यावरणीय स्थिति पर प्राकृतिक तथा मानवजनित दोनों प्रकार के दबाव कार्य करते हैं। आधिकारिक Ramsar दस्तावेजों में ऐतिहासिक रूप से गाद जमाव, मृदा लवणीकरण और अपशिष्ट जल जैसे मुद्दों को झील की पारिस्थितिक स्थिति के लिए चुनौती बताया गया है। राजस्थान सरकार के वर्तमान वेटलैंड प्रबंधन ढाँचे में भी सांभर झील और उसके zone of influence को विनियमित करने की आवश्यकता पर बल दिया गया है।

दूसरी ओर, 2025 के एक geospatial अध्ययन ने जलवायु परिस्थितियों और मानवजनित दबावों के संदर्भ में सांभर झील में फ्लेमिंगो के उपयुक्त आवास में संभावित भविष्यगत कमी की ओर संकेत किया है। अध्ययन में NDWI, LSWI और Surface Algal Bloom Index जैसे रिमोट-सेंसिंग संकेतकों तथा MaxEnt मॉडल का उपयोग किया गया और 2070 तक अत्यधिक आवास-संकुचन की संभावना बताई गई।

इन परिस्थितियों में मुख्य समस्या यह है कि सांभर झील के आसपास पर्यावरणीय संवेदनशीलता और आपदा जोखिम को एक संयुक्त स्थानिक ढाँचे में कैसे मापा जाए, तथा इस जानकारी को वास्तविक क्षेत्रीय नियोजन और जलवायु-अनुकूलन नीतियों में कैसे परिवर्तित किया जाए।

3. अध्ययन के उद्देश्य

इस शोध के प्रमुख उद्देश्य निम्नलिखित हैं:

1. सांभर झील एवं उसके आसपास के क्षेत्र की वर्तमान पर्यावरणीय संवेदनशीलता का GIS-आधारित मूल्यांकन करना।
2. भूमि उपयोग/भूमि आवरण में होने वाले स्थानिक एवं कालिक परिवर्तनों का अध्ययन करना।
3. जल क्षेत्र, जल निकासी, कृषि, नमक उत्पादन तथा बस्तियों के विस्तार का पर्यावरणीय जोखिम के संदर्भ में विश्लेषण करना।
4. जलवायु-संबंधी जोखिमों, विशेषकर अनियमित वर्षा, सूखे और अत्यधिक तापमान के संभावित प्रभावों का आकलन करना।
5. विभिन्न सामाजिक, आर्थिक और भौतिक संकेतकों के आधार पर Disaster Vulnerability Map तैयार करना।
6. सांभर झील के लिए जलवायु-लचीली एवं पारिस्थितिकी-आधारित सतत नियोजन रणनीतियाँ प्रस्तावित करना।

4. शोध पद्धति

यह अध्ययन मुख्यतः GIS और Remote Sensing आधारित spatial assessment framework पर आधारित है। अध्ययन क्षेत्र के लिए बहु-स्रोत डेटा को एकीकृत किया गया।

4.1 डेटा स्रोत

अध्ययन में निम्नलिखित डेटा का उपयोग किया जा सकता है:

- Landsat तथा Sentinel satellite imagery
- Digital Elevation Model (DEM)
- वर्षा एवं तापमान संबंधी दीर्घकालिक डेटा
- भूमि उपयोग/भूमि आवरण डेटा
- जल निकासी नेटवर्क
- सड़क एवं परिवहन नेटवर्क
- बस्तियों एवं जनसंख्या संबंधी Census data
- कृषि एवं नमक उत्पादन क्षेत्र
- उपलब्ध जल गुणवत्ता संबंधी डेटा
- राजस्थान State Wetland Authority तथा अन्य सरकारी अभिलेख
- क्षेत्रीय सर्वेक्षण एवं स्थानीय समुदाय से प्राप्त प्राथमिक जानकारी।

राजस्थान State Wetland Authority वर्तमान में सांभर झील के लिए Standing Committee तथा Sub-Committee जैसी संस्थागत व्यवस्थाएँ संचालित कर रही है, जिससे यह स्पष्ट होता है कि झील के संरक्षण के लिए बहु-एजेंसी प्रबंधन पहले से ही नीति-स्तर पर मौजूद है।

4.2 भूमि उपयोग/भूमि आवरण विश्लेषण

Satellite imagery के माध्यम से अध्ययन क्षेत्र को जल निकाय, नमक उत्पादन क्षेत्र, कृषि भूमि, निर्मित क्षेत्र, वनस्पति/झाड़ी क्षेत्र तथा बंजर/खुली भूमि जैसी श्रेणियों में वर्गीकृत किया जा सकता है। अलग-अलग वर्षों के LULC मानचित्र तैयार करके यह निर्धारित किया जा सकता है कि झील के आसपास मानव गतिविधियों और प्राकृतिक भूमि आवरण में किस प्रकार परिवर्तन हुआ है।

4.3 जल क्षेत्र और पर्यावरणीय परिवर्तन

NDWI तथा अन्य spectral indices का उपयोग करके झील के जल क्षेत्र में मौसमी और दीर्घकालिक परिवर्तन का अध्ययन किया जा सकता है। यह विशेष रूप से महत्वपूर्ण है क्योंकि सांभर में मानसून और गर्मी के बीच जल क्षेत्र में तीव्र परिवर्तन होता है।

4.4 आपदा संवेदनशीलता सूचकांक

आपदा संवेदनशीलता के लिए निम्न संकेतकों को GIS में standardize किया जा सकता है:

प्राकृतिक संकेतक:

वर्षा, तापमान, ढाल, जल निकासी, जल क्षेत्र, सूखे की आवृत्ति।

पर्यावरणीय संकेतक:

LULC परिवर्तन, वनस्पति स्थिति, जल क्षेत्र में कमी, लवणीकरण, प्रदूषण और habitat fragmentation।

सामाजिक संकेतक:

जनसंख्या घनत्व, आजीविका की निर्भरता, vulnerable population, बस्ती का झील से अंतर।

भौतिक संकेतक:

सड़क, बस्ती, जल-संरचना तथा अन्य infrastructure की स्थिति।

इन सभी संकेतकों को Weighted Overlay Analysis के माध्यम से एकीकृत करके क्षेत्र को बहुत कम, कम, मध्यम, उच्च और अत्यधिक संवेदनशील श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है।

5. सांभर झील की प्रमुख पर्यावरणीय एवं आपदा संवेदनशीलताएँ

5.1 जल-संसाधन और सूखे का जोखिम

सांभर एक अर्ध-शुष्क क्षेत्र में स्थित उथली लवणीय झील है। सीमित वर्षा तथा उच्च वाष्पीकरण के कारण झील की जल उपलब्धता अत्यधिक मौसमी है। राष्ट्रीय वेटलैंड एटलस के अनुसार गर्मी के दौरान झील का एक बड़ा भाग सूख सकता है। इसलिए जलवायु परिवर्तन के कारण वर्षा की अनिश्चितता या लंबे शुष्क काल झील की पारिस्थितिक स्थिति को प्रभावित कर सकते हैं।

5.2 भूमि-उपयोग परिवर्तन

कृषि, बस्ती विस्तार तथा नमक उत्पादन जैसी गतिविधियाँ झील और उसके catchment के बीच प्राकृतिक संबंधों को प्रभावित कर सकती हैं। पुराने Ramsar दस्तावेजों में भी सैटेलमेंट, कृषि उपयोग और salt production से संबंधित गतिविधियों को wetland stress के कारणों में शामिल किया गया है।

5.3 जैव-विविधता पर जोखिम

सांभर प्रवासी पक्षियों के लिए महत्वपूर्ण habitat है। इसलिए जल क्षेत्र, जल की रासायनिक संरचना, algal productivity तथा food availability में परिवर्तन पक्षी आवास को प्रभावित कर सकता है। हाल के MaxEnt अध्ययन ने भविष्य के जलवायु परिदृश्यों में flamingo habitat suitability में संभावित गंभीर गिरावट का संकेत दिया है।

5.4 प्रदूषण एवं जल-गुणवत्ता

झील के आसपास से आने वाले अपशिष्ट, कृषि गतिविधियाँ तथा अन्य मानवजनित स्रोत जल की गुणवत्ता को प्रभावित कर सकते हैं। अतः केवल जल क्षेत्र का satellite-based assessment पर्याप्त नहीं होगा; GIS विश्लेषण के साथ field-based water-quality monitoring को भी जोड़ा जाना चाहिए।

5.5 पारिस्थितिक आपदाएँ

2019 की पक्षी मृत्यु की घटना यह दर्शाती है कि wetland ecosystems में ecological hazards भी disaster-management का हिस्सा हो सकते हैं। राजस्थान के मसौदा प्रबंधन दस्तावेज में avian botulism की घटना तथा इसके संदर्भ में जल-निकासी, प्रदूषण और कृषि दबाव जैसे कारकों पर चर्चा की गई है।

6. जलवायु-लचीले और सतत नियोजन की रणनीतियाँ

सांभर झील के लिए केवल संरक्षण-आधारित दृष्टिकोण पर्याप्त नहीं होगा। आवश्यकता Climate-Resilient Landscape Planning की है।

पहली रणनीति के रूप में झील के चारों ओर एक स्पष्ट ecological buffer और regulated zone of influence निर्धारित किया जाना चाहिए। राजस्थान सरकार के मसौदा notification में भी wetland तथा उसके zone of influence में गतिविधियों के विनियमन की व्यवस्था प्रस्तावित है।

दूसरी रणनीति catchment-based planning होनी चाहिए। झील को एक अलग जल निकाय मानने के बजाय उसके पूरे drainage basin को planning unit के रूप में देखा जाना चाहिए। इससे runoff, sedimentation और pollution के स्रोतों की पहचान संभव होगी।

तीसरी रणनीति के अंतर्गत GIS-based early warning system विकसित किया जा सकता है। इसमें satellite imagery, rainfall, temperature, water-spread area और ecological indicators को नियमित रूप से monitor किया जाए। जल क्षेत्र में असामान्य कमी, अत्यधिक तापमान अथवा ecological stress की स्थिति में संबंधित विभागों को समय रहते चेतावनी दी जा सकती है।

चौथी रणनीति community-based disaster risk reduction है। स्थानीय समुदाय, नमक उत्पादन से जुड़े श्रमिक, किसान और पर्यटन गतिविधियों से जुड़े समूह झील की निगरानी और संरक्षण में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकते हैं। राजस्थान में People's Biodiversity Register की प्रक्रिया भी स्थानीय समुदाय के ज्ञान और सहभागिता को जैव-विविधता प्रबंधन से जोड़ती है।

पाँचवीं रणनीति nature-based solutions की हो सकती है। इसमें catchment में उपयुक्त vegetation, soil conservation, runoff management तथा degraded ecological zones का restoration शामिल किया जा सकता है।

7. चर्चा

सांभर झील का मामला दर्शाता है कि आपदा जोखिम को केवल अचानक घटित होने वाली प्राकृतिक घटनाओं—जैसे बाढ़ या सूखे—तक सीमित नहीं किया जाना चाहिए। Wetland degradation स्वयं एक slow-onset environmental disaster का रूप ले सकता है। जल क्षेत्र में लगातार कमी, habitat fragmentation, groundwater pressure, प्रदूषण तथा जलवायु परिवर्तन धीरे-धीरे ecosystem resilience को कमजोर कर सकते हैं।

इस संदर्भ में GIS की सबसे बड़ी उपयोगिता विभिन्न प्रकार के जोखिमों को एक ही spatial framework में एकीकृत करना है। उदाहरण के लिए, यदि किसी क्षेत्र में जल क्षेत्र तेजी से घट रहा हो, भूमि उपयोग तेजी से बदल रहा हो, बस्ती का दबाव अधिक हो और सामाजिक निर्भरता भी अधिक हो, तो उस क्षेत्र को उच्च vulnerability zone के रूप में पहचाना जा सकता है।

इस प्रकार तैयार vulnerability map प्रशासन के लिए केवल अकादमिक उत्पाद न होकर decision-support system बन सकता है। इसका उपयोग wetland zoning, infrastructure planning, conservation priority areas, emergency response तथा climate adaptation programmes में किया जा सकता है।

8. निष्कर्ष

सांभर झील राजस्थान के पर्यावरणीय और सामाजिक-आर्थिक परिदृश्य में अत्यंत महत्वपूर्ण स्थान रखती है। इसकी संवेदनशीलता जलवायु, जल उपलब्धता, भूमि उपयोग, मानव गतिविधियों, नमक उत्पादन, प्रदूषण और जैव-विविधता जैसे परस्पर संबंधित कारकों से निर्मित होती है। उपलब्ध सरकारी एवं वैज्ञानिक साहित्य यह दर्शाता है कि सांभर झील की पारिस्थितिक स्थिति को बनाए रखने के लिए केवल संरक्षणात्मक उपाय पर्याप्त नहीं हैं; इसके लिए झील, catchment और आसपास के मानव-पर्यावरण तंत्र को एकीकृत रूप से समझना आवश्यक है।

GIS और Remote Sensing इस एकीकृत विश्लेषण के लिए प्रभावी तकनीकी आधार प्रदान करते हैं। Multi-temporal satellite data द्वारा जल क्षेत्र और LULC परिवर्तन, spatial analysis द्वारा vulnerability zones तथा climate data द्वारा भविष्यगत जोखिमों का आकलन किया जा सकता है। हालिया शोध में भी सांभर में geospatial modelling को habitat और climate-risk assessment के लिए उपयोगी पाया गया है।

अतः सांभर झील के लिए प्रस्तावित GIS-आधारित Environmental and Disaster Vulnerability Assessment एक ऐसी planning framework विकसित करने में सहायता कर सकता है जो आपदा जोखिम न्यूनीकरण, जलवायु अनुकूलन, आर्द्रभूमि संरक्षण, आजीविका सुरक्षा और सतत क्षेत्रीय विकास को एक साथ संबोधित करे। दीर्घकाल में सांभर के लिए सबसे प्रभावी रणनीति एक ecosystem-based, community-supported और spatially informed climate-resilient planning model होगी।

संदर्भ

1. Government of Rajasthan. National Wetland Atlas: Rajasthan. Rajasthan State Wetland Authority.
2. Government of Rajasthan. *Sambhar Lake Wetland: Draft Notification. Department of Environment and Climate Change, Government of Rajasthan.
3. Government of Rajasthan. *Draft Management Plan of Sambhar Lake. Rajasthan State Wetland Authority.
4. Ramsar Convention. *Sambhar Lake, Rajasthan: Ramsar Information Sheet. Ramsar Sites Information Service.
5. Government of Rajasthan. *Rajasthan State Wetland Authority – Sambhar Lake.
6. Sinha, R., & Raymahashay, B. C. (2004). Evaporite mineralogy and geochemical evolution of the Sambhar Salt Lake, Rajasthan, India*. Sedimentary Geology, 166, 59–71.
7. Yadav, D. N., & Sarin, M. M. (2009). Ra–Po–Pb isotope systematics in waters of Sambhar Salt Lake, Rajasthan (India): geochemical characterization and particulate reactivity. Journal of Environmental Radioactivity, 100, 17–22.
8. Assessing the susceptibility for potential site suitability and distribution of flamingos with respect to changing climate using Maxent modelling*. Environmental and Sustainability Indicators, 27 (2025), 100858.