

# आधुनिक भौगोलिक अध्ययन में स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी और कृत्रिम बुद्धिमत्ता का अनुप्रयोग व महत्व

डा. वेद प्रकाश वेदी

असिस्टेंट प्रोफेसर, भूगोल विभाग, का.सु.साकेत स्नातकोत्तर महाविद्यालय अयोध्या

## शोध सार (Abstract)

आधुनिक युग में विज्ञान और प्रौद्योगिकी ने मानव जीवन के प्रत्येक क्षेत्र में व्यापक परिवर्तन उत्पन्न किया है। भूगोल और भौगोलिक अध्ययन भी इस परिवर्तन से गहराई से प्रभावित हुए हैं। पारंपरिक भूगोल जहाँ मुख्यतः वर्णनात्मक और क्षेत्रीय अध्ययन तक सीमित था, वहीं वर्तमान समय में यह अत्यधिक तकनीकी और विश्लेषणात्मक विषय बन चुका है। इस परिवर्तन के केंद्र में स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी (SIT) तथा कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) की महत्वपूर्ण भूमिका रही है।

स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी के अंतर्गत दूर संवेदन, भौगोलिक सूचना प्रणाली (GIS), ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम (GPS), अंकीय मानचित्र कला और स्थानिक आंकड़ा विश्लेषण जैसी तकनीकों का समन्वय है। इन तकनीकों के माध्यम से पृथ्वी की सतह से संबंधित विशाल मात्रा में स्थानिक आंकड़ों का संग्रहण, भंडारण, विश्लेषण और प्रस्तुतीकरण संभव हो पाया है। दूसरी ओर, कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने इन तकनीकों की कार्यक्षमता, गति और सटीकता को कई गुना बढ़ा दिया है। 'कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित मॉडल' उपग्रह चित्रों का विश्लेषण, भूमि उपयोग वर्गीकरण, जलवायु परिवर्तन अध्ययन, आपदा पूर्व चेतावनी, स्मार्ट सिटी योजना और संसाधन प्रबंधन जैसे क्षेत्रों में अत्यंत प्रभावी सिद्ध हो रहे हैं।

प्रस्तुत शोध-पत्र में स्थानिक सूचना क्या है, स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी क्या है, इसके घटक क्या हैं, इसके प्रत्येक घटक में कृत्रिम बुद्धिमत्ता का अनुप्रयोग कैसे हो रहा है, आदि को विवेचित किया गया है, साथ ही इसकी चुनौतियों और भारत के संदर्भ में प्रगति और संभावनाओं को अन्वेषित किया गया है।

**मूल शब्द (Keywords):** स्थानिक सूचना, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी, भौगोलिक सूचना प्रणाली, ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम, दूर संवेदन, स्थानिक आंकड़ा विश्लेषण, अंकीय मानचित्र कला, मशीन लर्निंग।

## प्रस्तावना:

भूगोल उस विश्व का ज्ञान प्राप्त करने का प्रयास करता है जिसमें हम रहते हैं, ऐसा ज्ञान जिसमें तथ्य और उनके पारस्परिक संबंध दोनों सम्मिलित हों और जो यथासंभव वस्तुनिष्ठ तथा सटीक हों। भूगोल को दीर्घ अवधि तक स्थान का वर्णन करने वाला विषय माना जाता रहा। रिचर्ड हार्टशोर्न के अनुसार "भूगोल, पृथ्वी की सतह के क्षेत्रीय विभेदन के विवरण और व्याख्या से संबंधित है।" भूगोल जो परंपरागत रूप से पृथ्वी की सतह और मानव पर्यावरण संबंधों का अध्ययन माना जाता रहा, 21 वीं सदी की इस सूचना और प्रौद्योगिकी युग में आधुनिक तकनीक के माध्यम से अधिक वैज्ञानिक और विश्लेषणात्मक बन चुका है। भूगोल के इस नए कलेवर को स्वरूप प्रदान करने में स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी (SIT) और कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) ने महत्वपूर्ण योगदान दिया है।

स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी ऐसी तकनीकों का समूह है जिसके अंतर्गत दूर संवेदन, जिससे पृथ्वी की सतह का निरंतर अवलोकन, भौगोलिक सूचना तंत्र (GIS), जिससे डेटा का विश्लेषण और मॉडलिंग, ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम (GPS), जिससे सटीक स्थिति निर्धारण और अंकीय मानचित्र कला (Digital Cartography) जिससे परिणामों का बेहतर प्रस्तुतीकरण संभव हुआ है।

वर्तमान समय में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) ने इन तकनीकों को नई दिशा प्रदान की है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता कंप्यूटर और मशीनों के बेहतर उपयोग, निर्णय लेने तथा समस्याओं का समाधान करने की क्षमता प्रदान करती है। जब कृत्रिम बुद्धिमत्ता को भू-स्थानिक तकनीकों के साथ जोड़ा गया, तब भौगोलिक अध्ययन अधिक तीव्र, सटीक और पूर्वानुमान आधारित बन गया। इसीलिए आज GeoAI यानी भौगोलिक कृत्रिम बुद्धिमत्ता को भूगोल का भविष्य कहा जा रहा है।

इस शोध पत्र में पहले - स्थानिक सूचना क्या है, स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी क्या है, इसकी संरचना व घटक क्या हैं और प्रत्येक घटक में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोग को उल्लिखित किया गया है; इसके बाद - चुनौतियों और भारत के संदर्भ में प्रगति और संभावनाओं पर चर्चा की गई है।

### शोध उद्देश्य (Research Objectives) :

प्रस्तुत शोध-पत्र के मुख्य उद्देश्य निम्नलिखित हैं:

#### 1. स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी (SIT) की संरचना का विश्लेषण :

स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी (SIT) के विभिन्न घटकों; दूर संवेदन, GIS, GPS, अंकीय मानचित्र कला और DBMS की कार्यप्रणाली एवं उनके पारस्परिक संबंधों को स्पष्ट करना।

#### 2. कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) के एकीकरण का अध्ययन :

SIT के प्रत्येक घटक में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोगों (जैसे स्वचालन, सटीक विश्लेषण, और निर्णय-समर्थन क्षमता) का व्यापक विवेचन करना।

#### 3. चुनौतियों की पहचान :

आधुनिक भू-स्थानिक तकनीक को लागू करने में आने वाली बाधाओं, जैसे कि डेटा की गुणवत्ता, कम्प्यूटेशनल लागत, कौशल की कमी और नैतिक मुद्दों का अन्वेषण करना।

#### 4. भारतीय संदर्भ में संभावनाओं का मूल्यांकन :

भारत की 'नेशनल जियोस्पेशियल पॉलिसी 2022' और विभिन्न सरकारी पोर्टल (जैसे—Bhuvan, Bhoonidhi) के माध्यम से देश में GeoAI की प्रगति और भविष्य की संभावनाओं का मूल्यांकन करना।

### शोध पद्धति (Research Methodology) :

यह शोध-पत्र निम्नलिखित पद्धति का अनुसरण करता है:

#### • शोध का प्रकार :

यह एक वर्णनात्मक एवं विश्लेषणात्मक शोध (Descriptive and Analytical Research) है, जिसका उद्देश्य आधुनिक तकनीकी परिवर्तनों का भूगोल के क्षेत्र में अध्ययन करना है।

#### • डेटा संग्रह (Data Collection) :

शोध के लिए द्वितीयक स्रोतों (Secondary Sources) का उपयोग किया गया है। इसमें निम्नलिखित शामिल हैं:

#### (i) साहित्य समीक्षा :

भूगोल, GIS, और GeoAI से संबंधित मानक पुस्तकें और अंतर्राष्ट्रीय शोध पत्रिकाएं।

#### (ii) सरकारी रिपोर्ट एवं पोर्टल :

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (ISRO), राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र (NRSC), और अन्य आधिकारिक वेब पोर्टलों (जैसे Bhuvan, Bhashini) से प्राप्त आंकड़े एवं वार्षिक रिपोर्टें।

#### • विश्लेषण प्रक्रिया (Analysis Technique) :

- शोध में गुणवत्तात्मक विश्लेषण (Qualitative Analysis) का उपयोग किया गया है, जिसके माध्यम से पारंपरिक भूगोल और आधुनिक तकनीकी-आधारित (GeoAI) भूगोल के बीच के अंतर को स्पष्ट किया गया है।
- विभिन्न तकनीकी घटकों (जैसे- CNN, RNN, मशीन लर्निंग मॉडल) का उपयोग कैसे भू-स्थानिक डेटा की सटीकता और गति को बढ़ाता है, इसका तार्किक एवं तकनीकी मूल्यांकन किया गया है।

#### • सीमाएं (Limitations) :

शोध मुख्य रूप से भारत के संदर्भ में GeoAI की प्रगति, चुनौतियों और भविष्य की संभावनाओं पर केंद्रित है।

### स्थानिक सूचना :

स्थानिक सूचना हमारे पर्यावरण को समझने, व्याख्या करने और उसे प्रबंध करने के लिए एक आवश्यक हिस्सा है। स्थानिक शब्द की उत्पत्ति स्पेस या अंतरिक्ष स्थान शब्द से हुई है, जिसका अर्थ है वह जानकारी जो पृथ्वी पर किसी निश्चित स्थान से संबंधित है।

स्थानिक आंकड़ा स्पेशल डाटा वह जानकारी है जो यह बताती है कि पृथ्वी की सतह पर कोई वस्तु कहां है। इसमें स्थान की अवधारणा होती है, जैसे निर्देशक, कोऑर्डिनेट्स, सीमाएं या ज्यामिति आदि। जैसे भूमि की ऊंचाई, शहर की सड़कों का लेआउट या जंगल के एक हिस्से का स्थान। गैर स्थानिक आंकड़ा नॉन स्पेशल डाटा वह आंकड़ा है जिसका स्थान से कोई लेना-देना नहीं होता है, जैसे किसी गांव के लोगों की संख्या, नदी का नाम या किसी क्षेत्र की मिट्टी का प्रकार। लेकिन जब हम स्थानिक और गैर स्थानिक आंकड़ों को एक साथ रखते हैं, तो हमें पूरी तस्वीर प्राप्त होती है। अर्थात् स्थानिक आंकड़ा यह बताता है कि चीजें कहां हैं और गैर-स्थानिक आंकड़ा यह बताता है कि वह क्या है।

### स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी (SIT) :

स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी (SIT) उन आधुनिक तकनीकों के लिए एक सामान्य शब्द है जो स्थानिक रूप से संदर्भित आंकड़ों का संग्रहण, विश्लेषण और उनका प्रदर्शन करते हैं। सरल शब्दों में, यह वह तकनीक है जो हमें बताती है कि "क्या चीज़ कहां स्थित है" और उसकी विशेषताएं क्या हैं।

### स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी (SIT) की संरचना :

इस प्रौद्योगिकी के अंतर्गत मुख्यतः निम्नलिखित घटक सम्मिलित हैं-

#### 1. दूर संवेदन (Remote Sensing) :

उपग्रहों, विमानों और ड्रोन पर लगे सेंसर का उपयोग करके दूर से पृथ्वी की सतह के बारे में जानकारी प्राप्त करना दूर संवेदन कहलाता है। सरल शब्दों में, यह बिना प्रत्यक्ष संपर्क के ऊर्जा को रिकॉर्ड और विश्लेषण करके पृथ्वी की सतह की जानकारी प्राप्त करने का तरीका है। इसे अक्सर 'आसमान में आँख' (Eye in the sky) कहा जाता है। अर्थात् उपर्युक्त विविध प्लेटफॉर्म विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के विभिन्न बैंड में डेटा एकत्र करते हैं। इससे भूमि उपयोग, वन आवरण, जल संसाधन, वायुमंडलीय स्थिति आदि का अध्ययन होता है।

#### 2. भौगोलिक सूचना प्रणाली (Geographic Information System) G I S :

यह स्थानिक आंकड़ों के संग्रहण, विश्लेषण और व्यवस्थित करने के लिए एक कंप्यूटर आधारित प्रणाली है। जी आई एस मुख्यतः स्थानिक आंकड़ा अर्थात् 'कहाँ' ? जैसे अंक, रेखाएं, बहुभुज एवं रास्टर और गुणात्मक आंकड़े (Attribute Data) या चीज 'क्या' है? अर्थात् विशेषताओं की जानकारी के साथ कार्य करता है। इसके अंतर्गत आंकड़ों का एकत्रण, स्थानिक विश्लेषण जैसे पैटर्न की पहचान, परिवर्तनों की भविष्यवाणी और निर्णय लेने में सहयोग और विजुअलाइजेशन जिसमें 3D मॉडल, चार्ट और विषयगत मानचित्र (TM) बनाने का कार्य होता है।

#### 3. ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम (GPS) :

जीपीएस एक उपग्रह आधारित नेविगेशन प्रणाली है जो कई उपग्रह से संकेत का उपयोग करके स्थित का पता लगाने के लिए ट्रिलिटरेशन (Trilateration) तकनीक का उपयोग करती है। अर्थात् यह स्थान और नेविगेशन के बारे में सटीक जानकारी प्रदान करता है। जी.पी.एस. उपग्रहों से संकेत लेकर अक्षांश, देशांतर और ऊंचाई बताता है। इसकी सटीकता नागरिक उपयोग में 5-10 मीटर होती है। इस सिस्टम के तीन मुख्य भाग होते हैं स्पेस सेगमेंट, कंट्रोल सेगमेंट और यूजर सेगमेंट।

#### 4. अंकीय मानचित्र कला (Digital Cartography) :

डिजिटल उपकरणों का उपयोग करके मानचित्रों का निर्माण एवं उनका प्रदर्शन डिजिटल कार्टोग्राफी है। यह कच्चे डेटा को समझने योग्य, सौंदर्यपूर्ण और उपयोगी मानचित्र में बदलने की प्रक्रिया है। मानचित्र सामान्यीकरण, लेबल प्लेसमेंट और सिम्बोलॉजी इसके मुख्य कार्य हैं। मानचित्र कला एवं स्थानिक सूचना के बीच मुख्य अंतर का उदाहरण यह है कि कार्टोग्राफिक मैप- शहर का मानचित्र प्रतीकों के साथ सड़कों, नदियों और इमारत को दिखाता है। वहीं स्थानिक सूचना गहराई से विश्लेषण करता है जैसे कि प्रत्येक वार्ड में स्कूलों की संख्या, सड़कों और बाढ़ प्रबल क्षेत्रों का संबंध या स्वास्थ्य सेवाओं की पहुँच के साथ जनसंख्या वितरण का सहसंबंध।

#### 5. आंकड़ा-आधारित प्रबंधन प्रणाली (DBMS) :

स्थानिक और गुणात्मक आंकड़ों को व्यवस्थित करने और पुनः प्राप्त करने की प्रक्रिया एक सॉफ्टवेयर प्रोग्राम के माध्यम से संचालित होती है। यह प्रोग्राम उपयोगकर्ता और डेटाबेस के बीच एक इंटरफेस की तरह कार्य करता है, जिसमें डेटा को सुरक्षित और आसानी से एक्सेस किया जा सकता है। इसके मुख्य कार्यों में आंकड़ा भंडारण, अद्यतन, सुरक्षा, पुनर्प्राप्ति, और नियमितता बनाए रखना शामिल है।

स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी एक ऐसा ढांचा है जो विभिन्न भू-स्थानिक प्रौद्योगिकियों को जोड़ता है, ताकि वे संसाधन प्रबंधन, आपदा प्रबंधन, और शहरी नियोजन जैसी वास्तविक समस्याओं का समाधान कर सकें। एस.आई.टी., जी.आई.एस., और दूर संवेदन तीनों परस्पर संबंधित हैं, लेकिन उनके कार्य क्षेत्र अलग-अलग हैं। एस.आई.टी. एक विस्तृत फ्रेमवर्क है जिसमें सभी भू-स्थानिक तकनीकें शामिल हैं, जबकि जी.आई.एस. और दूर संवेदन विशिष्ट कार्यों के लिए उपयोग किए जाते हैं।

स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी के पांच मुख्य घटक हैं: हार्डवेयर, सॉफ्टवेयर, आंकड़ा, लोग, और प्रक्रियाएं। हार्डवेयर में कंप्यूटर्स, सर्वर्स, और अन्य उपकरण शामिल हैं, जबकि सॉफ्टवेयर में जी.आई.एस. सॉफ्टवेयर और वेब आधारित प्लेटफार्म शामिल हैं। आंकड़ा स्थानिक और गुणात्मक दोनों प्रकार के हो सकते हैं, और लोगों में पेशेवर जैसे जी.आई.एस. विश्लेषक और कार्टोग्राफर शामिल हैं। प्रक्रियाएं आंकड़ा संग्रहण, विश्लेषण, और प्रदर्शन तक सभी चरणों को शामिल करती हैं।

### स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी में कृत्रिम बुद्धिमत्ता :

कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी में दक्षता, सटीकता, और स्वचालन लाया है। **दूर संवेदन में** कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग भूमि आवरण और उपयोग वर्गीकरण, परिवर्तन की पहचान, कृषि निगरानी, और वायुमंडलीय निगरानी में किया जाता है। **जी.आई.एस. में** कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग स्वचालित फीचर एक्सट्रैक्शन, स्थानिक भविष्यवाणी, और बहु-मानक निर्णय विश्लेषण में किया जाता है। **जी.पी.एस. में** कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग सटीकता संवर्धन, वास्तविक समय मार्ग अनुकूलता, और मोबिलिटी पैटर्न विश्लेषण में किया जाता है। **अंकीय मानचित्र कला में** कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग फीचर विशेषीकरण मानचित्र, स्वचालित लेबल प्लेसमेंट, और स्टाइल और सिम्बोलॉजी जनरेशन में किया जाता है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता के उपयोग से आंकड़ा प्रबंधन में एक बड़ा बदलाव आया है। पहले की प्रणालियाँ केवल आंकड़ों को स्टोर और व्यवस्थित करती थीं, लेकिन अब कृत्रिम बुद्धिमत्ता के साथ ये प्रणालियाँ स्व-प्रबंधित और बुद्धिमान बन गई हैं। यहाँ कुछ तरीके हैं जिनसे **कृत्रिम बुद्धिमत्ता DBMS** को बेहतर बना रही हैं –

- \* स्वायत्त आंकड़ा आधार प्रबंधन: कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने स्वचालित आंकड़ा आधार की अवधारणा को जन्म दिया है। इसमें डेटाबेस स्वयं को अपडेट, सुरक्षित और रिपेयर कर सकता है।
- \* केरी अनुकूलन: कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित DBMS में मशीन लर्निंग मॉडल केरी को तेजी से निष्पादित करने में मदद करते हैं।
- \* भविष्यवाणी युक्त विश्लेषण: कृत्रिम बुद्धिमत्ता की मदद से DBMS अब केवल भूतकाल के आंकड़े नहीं दिखाता, बल्कि भविष्य के रुझानों का अनुमान भी लगाता है।
- \* विसंगति का पता लगाना: कृत्रिम बुद्धिमत्ता डेटाबेस की गतिविधियों पर 24/7 नज़र रखता है और असामान्य बदलाव या अनधिकृत पहुंच को तुरंत पहचान कर ब्लॉक कर देती है।
- \* प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण: अब उपयोगकर्ताओं को डेटा निकालने के लिए जटिल SQL सीखने की आवश्यकता नहीं है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने आंकड़ा प्रबंधन में एक क्रांतिकारी बदलाव लाया है। पारंपरिक DBMS जहाँ केवल आंकड़े को स्टोर करने और व्यवस्थित करने का काम करते थे, वहीं कृत्रिम बुद्धिमत्ता के समावेश से ये प्रणालियाँ अब स्व-प्रबंधित और बुद्धिमान बन गई हैं। इस प्रकार कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने DBMS को एक निष्क्रिय स्टोरेज बॉक्स से बदलकर एक सक्रिय निर्णय लेने वाले तंत्र के रूप में विकसित कर दिया है। यह न केवल समय और लागत बचाता है, बल्कि डेटा की सटीकता और सुरक्षा को भी कई गुना बढ़ा देता है।

### चुनौतियाँ :

1. आंकड़ा गुणवत्ता और उपलब्धता: भारत में ग्रामीण क्षेत्रों का 1 मीटर से बेहतर रिज़ॉल्यूशन आंकड़ा सीमित है। डेटा प्राइवैसी भी एक मुद्दा है।
2. कम्प्यूटेशनल लागत: उच्च-रिज़ॉल्यूशन डेटा पर डीप लर्निंग महंगा है। लेकिन क्लाउड GPU और एज कंप्यूटिंग इसका समाधान हैं।
3. कौशल की कमी: भूगोल के छात्रों को कृत्रिम बुद्धिमत्ता, पाइथन और क्लाउड कंप्यूटिंग सीखनी होगी, विश्वविद्यालयों और शैक्षणिक संस्थाओं को GeoAI के सर्टिफिकेट कोर्स आदि शुरू करना चाहिए।
4. नैतिक मुद्दे: एल्गोरिथमिक पक्षपात और डेटा दुरुपयोग का खतरा है।

### भारत के संदर्भ में प्रगति और संभावनाएं :

भारत 'नेशनल जियोस्पेशियल पॉलिसी 2022' के तहत जियोस्पेशियल डेटा को ओपन कर रहा है। इसरो का भुवन प्लेटफॉर्म, एनआरएससी का भूनिधि पोर्टल और मीटीवाई का भाषिणी प्रोजेक्ट मिलकर हिंदी जीआईएस इंटरफेस और जियोएआई मॉडल बना रहे हैं। कृषि में कृत्रिम बुद्धिमत्ता-आधारित फसल बीमा, जल प्रबंधन में भूजल निगरानी, आपदा प्रबंधन में अर्ली वार्निंग और शहरी नियोजन में स्मार्ट सिटी परियोजनाएं जियोएआई के प्रमुख अनुप्रयोग हैं। नीति आयोग का 'एआई फॉर ऑल मिशन' इन क्षेत्रों को प्राथमिकता दे रहा है।

### निष्कर्ष :

कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने आधुनिक भौगोलिक अध्ययन को डेटा-संचालित, तेज और अधिक सटीक बना दिया है। स्थानिक सूचना प्रौद्योगिकी के प्रत्येक घटक में कृत्रिम बुद्धिमत्ता का अनुप्रयोग अब अनिवार्य हो गया है। भारत जैसे विविध और डेटा-समृद्ध देश के

लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता -आधारित भू-स्थानिक तकनीक जलवायु परिवर्तन, खाद्य सुरक्षा, शहरीकरण और आपदा प्रबंधन की चुनौतियों का समाधान दे सकती है। इसके लिए पाठ्यक्रम में बदलाव, ओपन डेटा नीति और कृत्रिम बुद्धिमत्ता अवसंरचना में निवेश जरूरी है। आने वाला दशक जियोएआई का दशक होगा। भूगोल अब सिर्फ नक्शे बनाने का विषय नहीं रहा, यह भविष्य बनाने का विज्ञान बन गया है।

## संदर्भ सूची

### Books & Journals

- [1] Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of geographical information systems. Oxford University Press.
- [2] Chang, K. T. (2020). Introduction to geographic information systems (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- [3] Esri. (2023). Understanding GIS: The ArcGIS book (3rd ed.). ESRI Press.
- [4] Esri. (2024). ArcGIS Pro 3.2: AI and deep learning capabilities. Environmental Systems Research Institute.
- [5] Goodchild, M. F. (2017). Geographic information science and systems (4th ed.). Wiley.
- [6] Hartshorne, Richard (1959). Perspective on the Nature of Geography. Rand McNally (AAG). p.8.
- [7] Harvey, David (2019). Explanation in Geography. Rawat Publication. p. 3.
- [8] Heywood, I., Cornelius, S., & Carver, S. (2011). An introduction to geographical information systems (4th ed.). Pearson Education.
- [9] Indian Space Research Organisation. (2024). Annual report on AI applications in remote sensing and GIS. National Remote Sensing Centre.
- [10] Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., & Bhaduri, B. (2020). GeoAI: Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. International Journal of Geographical Information Science, 34(4), 625–636.
- [11] Lam, R., Sanchez-Gonzalez, A., Willson, M., et al. (2023). Learning skillful medium-range global weather forecasting. Science, 382(6677), 1416–1421.
- [12] Li, S., Song, W., Fang, L., Chen, Y., Ghamisi, P., & Benediktsson, J. A. (2020). Deep learning for hyperspectral image classification: An overview. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 57(9), 6690–6709.
- [13] Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2019). Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons.
- [14] Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). Geographic information systems and science (4th ed.). Wiley.
- [15] Tomlinson, R. F. (2019). Thinking about GIS: Geographic information system planning for managers. ESRI Press.

### Websites & Web Portals

- [1] Esri. (n.d.). GIS Education Portal. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/education/overview>
- [2] National Remote Sensing Centre. (n.d.). Bhuvan Portal: Indian geo-platform of ISRO. <https://bhuvan.nrsc.gov.in>
- [3] OpenStreetMap Contributors. (n.d.). OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org>
- [4] QGIS Project. (n.d.). QGIS official documentation. <https://docs.qgis.org>
- [5] U.S. Geological Survey. (n.d.). EarthExplorer. <https://earthexplorer.usgs.gov>