

जीआईएस एवं रिमोट सेंसिंग आधारित मास्टर प्लान: एक समकालीन अध्ययन

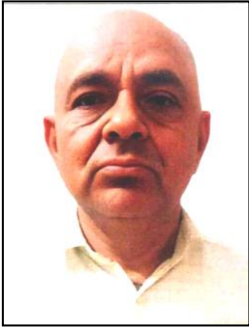
Shodh Siddhi

A Multidisciplinary & Multilingual Double Blind Peer Reviewed International Research Journal
Volume: 02 | Issue: 01 [January to March : 2026], pp. 64-76



Kabbu Meena

Research Scholar (Geography)
R.R. Morarka Govt. College
Jhunjhunu (Rajasthan)



Prof. Maan Singh

Department of Geography
R.R. Morarka Govt. College
Jhunjhunu (Rajasthan)

Abstract

वर्तमान समय में तीव्र शहरीकरण की प्रवृत्तियों ने पारंपरिक 'स्थिर' समग्र विकास योजनाओं की सीमाओं को स्पष्ट कर दिया है, जो वास्तविक समय के परिवर्तनों और जटिल स्थानिक डेटा को आत्मसात करने में असमर्थ सिद्ध होती हैं। प्रस्तुत शोध पत्र शहरी नियोजन के एक नवीन प्रतिमान-गतिशील भू-स्थानिक नियोजन-का विश्लेषण करता है। यह अध्ययन विशेष रूप से 'भौगोलिक सूचना प्रणाली' (जीआईएस) और 'सुदूर संवेदन' तकनीकों के एकीकरण पर केंद्रित है, जो अंतरिक्ष-आधारित और वायुमंडलीय डेटा अधिग्रहण के माध्यम से नियोजन प्रक्रिया को अधिक सटीक और वैज्ञानिक आधार प्रदान करता है। शोध के अंतर्गत उन्नत स्थानिक विश्लेषण विधियों, जैसे 'वस्तु-आधारित प्रतिबिंब विश्लेषण' और 'पूर्वानुमानित प्रतिरूपण' के माध्यम से भूमि उपयोग और भूमि आवरण के विन्यास का गहन मूल्यांकन किया गया है। इसके अतिरिक्त, यह पत्र अवसंरचनात्मक तंत्र के अनुकूलन, 'शहरी ऊष्मीय द्वीप' के प्रभाव को न्यून करने हेतु सूक्ष्म-जलवायु प्रबंधन, और आपदा जोखिम न्यूनीकरण की रणनीतियों पर प्रकाश डालता है। अध्ययन का निष्कर्ष यह प्रतिपादित करता है कि एकीकृत 'स्थानिक निर्णय समर्थन प्रणाली' न केवल डेटा-संचालित शासन को सुदृढ़ करती है, बल्कि भविष्य के नगरों को अधिक लचीला, सुरक्षित और संधारणीय बनाने के लिए एक अनिवार्य तकनीकी अधिष्ठान भी प्रदान करती है।

Keywords: भौगोलिक सूचना प्रणाली, सुदूर संवेदन, गतिशील समग्र विकास योजना, शहरी विस्तार मापन, भूमि उपयोग विन्यास, पूर्वानुमानित प्रतिरूपण, स्थानिक निर्णय समर्थन प्रणाली, शहरी पारिस्थितिकी।

1. परिचय

शहरी नियोजन के ऐतिहासिक परिप्रेक्ष्य में पारंपरिक 'स्थिर' समग्र विकास योजनाओं का निर्माण एक निश्चित समय सीमा के आधार पर किया जाता था, किंतु वे गतिशील शहरी परिवर्तनों और जटिल स्थानिक डेटा के

साथ सामंजस्य स्थापित करने में विफल रही थीं। पारंपरिक विधियों में डेटा संग्रहण और विश्लेषण की गति अत्यंत मंद होने के कारण योजना के क्रियान्वयन तक धरातलीय स्थितियां पूर्णतः बदल जाती थीं, जिसने अंततः 'गतिशील भू-स्थानिक नियोजन' के मार्ग को प्रशस्त किया था। भू-स्थानिक प्रौद्योगिकियों ने न केवल डेटा की सटीकता को सुनिश्चित किया था, बल्कि नियोजन को एक जीवंत और पारदर्शी प्रक्रिया में परिवर्तित कर दिया था (संयुक्त राष्ट्र-निवास, 2022)। विशेष रूप से उत्तर भारत के तेजी से विकसित होते शहरी क्षेत्रों में भूमि उपयोग के तीव्र परिवर्तनों की वास्तविक समय में निगरानी हेतु उपग्रह इमेजरी और स्थानीय डेटा का एकीकरण एक अनिवार्य आवश्यकता बन गया था, जिसने नीति निर्माताओं को साक्ष्य-आधारित निर्णय लेने में सक्षम बनाया था (सिंह और यादव, 2021)।

शोध के उद्देश्य

- जीआईएस और सुदूर संवेदन तकनीकों के माध्यम से शहरी भूमि उपयोग और भूमि आवरण के परिवर्तनों का सूक्ष्म विश्लेषण करना।
- बहु-स्तरीय डेटा अधिग्रहण विधियों द्वारा शहरी विस्तार की दिशा और तीव्रता का वैज्ञानिक मापन करना।
- भविष्योन्मुखी सांख्यिकीय मॉडलों के आधार पर आगामी दो दशकों के शहरी विकास का सटीक पूर्वानुमान लगाना।
- एकीकृत स्थानिक निर्णय समर्थन प्रणाली के माध्यम से आपदा प्रतिरोधी और सतत शहरी बुनियादी ढांचे का खाका तैयार करना।

2. भू-स्थानिक आँकड़ा-सारणी एवं संवेदनात्मक विश्लेषण

वैज्ञानिक, यथार्थपरक और दूरदर्शी समग्र विकास योजना के निर्माण में भू-स्थानिक आँकड़ों की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण होती है। किसी भी क्षेत्र के समग्र विकास की योजना तभी प्रभावी मानी जाती है, जब उसका आधार बहु-स्रोत और बहु-स्तरीय आँकड़ों पर टिका हो। केवल एक स्रोत से प्राप्त जानकारी प्रायः अधूरी होती है, जबकि विभिन्न स्तरों से संकलित आँकड़े क्षेत्र की भौतिक बनावट, प्राकृतिक दशाओं, संसाधनों, अवसंरचनात्मक स्थिति तथा संभावित चुनौतियों का अधिक स्पष्ट और विश्वसनीय चित्र प्रस्तुत करते हैं। इस दृष्टि से भू-स्थानिक आँकड़ा-सारणी एवं संवेदनात्मक विश्लेषण समग्र विकास योजना निर्माण की एक अनिवार्य प्रक्रिया बन जाती है।

बहु-स्तरीय आँकड़ा अधिग्रहण के अंतर्गत सर्वप्रथम अंतरिक्ष-आधारित साधनों से विस्तृत क्षेत्रीय जानकारी प्राप्त की जाती है। इन साधनों के माध्यम से भूमि उपयोग, भूमि आवरण, वनस्पति घनत्व, जल निकायों की स्थिति, तथा समय के साथ होने वाले भू-परिवर्तनों का अध्ययन किया जाता है। इस प्रकार की जानकारी विशेष रूप से बड़े भौगोलिक क्षेत्रों के विश्लेषण में सहायक होती है, क्योंकि इससे योजनाकारों को यह समझने में सुविधा मिलती है कि किसी क्षेत्र में शहरी विस्तार, हरित क्षेत्र में कमी, कृषि भूमि का परिवर्तन अथवा पर्यावरणीय दबाव किस दिशा में बढ़ रहे हैं। इस प्रकार अंतरिक्ष-आधारित आँकड़े दीर्घकालिक और व्यापक नियोजन के लिए आधार प्रदान करते हैं (वांग और झोउ, 2019)।

इसके अतिरिक्त, वायुमंडलीय स्तर पर प्राप्त आँकड़े सूक्ष्म और स्थानीय नियोजन के लिए अत्यंत उपयोगी होते हैं। इस स्तर पर मानवरहित यान तथा प्रकाश आधारित दूरी-मापन तकनीकों का प्रयोग किया जाता है, जिनके माध्यम से अत्यंत सूक्ष्म स्तर की जानकारी प्राप्त की जा सकती है। यह पद्धति सेंटीमीटर स्तर तक की सटीकता प्रदान करती है, जिसके कारण भवनों की ऊँचाई, सड़क तंत्र, बसावट का घनत्व, खुली भूमि, तथा शहरी संरचनाओं की वास्तविक स्थिति का त्रि-आयामी अध्ययन संभव हो पाता है। विशेष रूप से तीव्र गति से विकसित हो रहे नगरीय क्षेत्रों में इस प्रकार की तकनीकें योजनाकारों

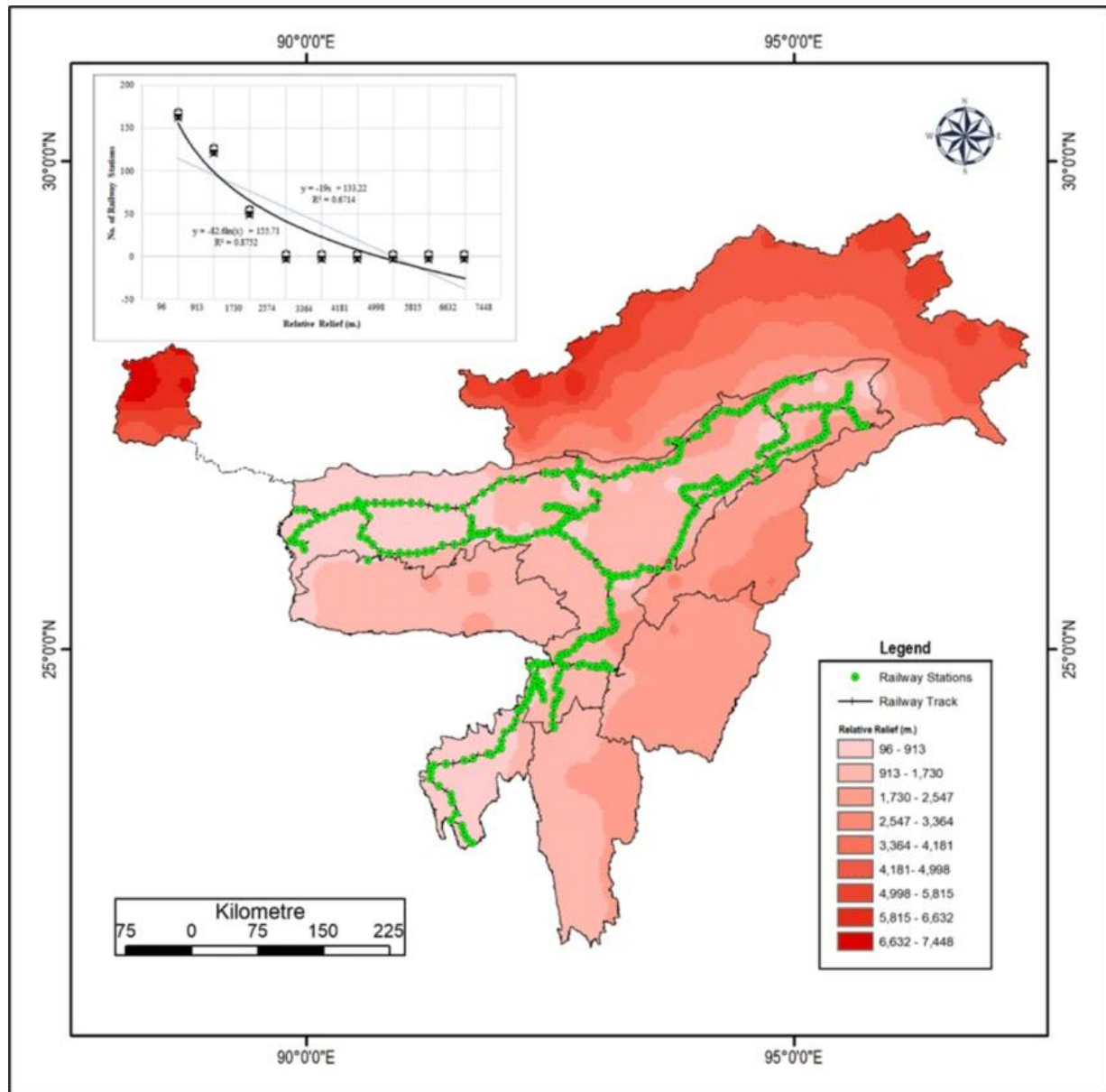
को अधिक यथार्थ और स्थल-विशिष्ट आधार उपलब्ध कराती हैं, जिससे समग्र विकास योजना अधिक व्यवहारिक बनती है (भाटिया और शर्मा, 2024)।

तालिका 1. शहरी पारिस्थितिकी एवं सूक्ष्म-जलवायु

उत्तर भारत के शहरों में 'अर्बन हीट आइलैंड' एक बड़ी समस्या है। यहाँ तापमान में अंतर का एक तुलनात्मक डेटा है:

शहर का क्षेत्र (Zone)	औसत तापमान (°C)	वनस्पति सूचकांक (NDVI)	संवेदनात्मक विश्लेषण
कोर सिटी (लखनऊ/दिल्ली)	42°C - 45°C	निम्न (0.1 - 0.2)	अत्यधिक संवेदनशील (Heat Stress)
उपनगरीय क्षेत्र (Suburbs)	38°C - 40°C	मध्यम (0.3 - 0.5)	मध्यम संवेदनशील
ग्रामीण सीमा (Peri-urban)	35°C - 37°C	उच्च (0.6+)	सुरक्षित/स्थिर

धरातलीय स्वरूप के वैज्ञानिक अध्ययन में डिजिटल ऊँचाई प्रतिरूप का विशेष महत्व है। इसके माध्यम से किसी क्षेत्र की ऊँचाई, ढाल, उतार-चढ़ाव, जल प्रवाह की दिशा, जल निकासी मार्ग तथा बाढ़ संभावित क्षेत्रों का सटीक मानचित्रण किया जा सकता है। यह विश्लेषण उन क्षेत्रों में विशेष रूप से आवश्यक हो जाता है जहाँ जलभराव, अवरुद्ध निकासी, मौसमी बाढ़ या असंतुलित स्थलरूप जैसी समस्याएँ गंभीर रूप से विद्यमान हों। डिजिटल ऊँचाई प्रतिरूप न केवल भौतिक संरचना को समझने में सहायक होता है, बल्कि यह भूमि की उपयुक्तता, निर्माण की दिशा, आधारभूत सुविधाओं के विस्तार, तथा आपदा-संवेदनशील क्षेत्रों की पहचान में भी अत्यंत उपयोगी सिद्ध होता है। इस प्रकार यह समग्र विकास योजना को अधिक सुरक्षित, संतुलित और पर्यावरण-संवेदनशील स्वरूप प्रदान करता है (गुप्ता और सिंह, 2022)।



चित्र 1 : पूर्वोत्तर भारत के सापेक्ष भू-आकृति वितरण का रेलवे मानचित्र सहित विवरण।

स्रोत: लेखकों द्वारा ArcGIS V-10.7.1 का उपयोग करके तैयार किया गया डेटा SRTM DEM से लिया गया है।

https://www.researchgate.net/figure/Distribution-of-relative-relief-of-Northeast-India-with-a-railway-map-Source-Prepared-by_fig5_363738789

समग्र विकास योजना की प्रभावशीलता केवल आँकड़ों के संकलन तक सीमित नहीं होती, बल्कि यह इस बात पर भी निर्भर करती है कि विविध प्रकार के आँकड़ों का समेकन किस सीमा तक सुव्यवस्थित ढंग से किया गया है। इसी संदर्भ में आँकड़ा-संलयन तकनीक का विशेष महत्व सामने आता है। सामान्यतः भू-स्थानिक विश्लेषण में प्रतिबिंब-आधारित आँकड़े और बिंदु-रेखा-बहुभुज आधारित आँकड़े दोनों का उपयोग किया जाता है। जब इन दोनों प्रकार की सूचनाओं को एक ही मंच पर समेकित किया जाता है, तब क्षेत्र की भौतिक, संरचनात्मक और कार्यात्मक विशेषताओं का अधिक व्यापक विश्लेषण

संभव हो पाता है। यह समेकित प्रक्रिया विभिन्न स्रोतों से प्राप्त सूचनाओं को परस्पर जोड़कर निर्णय-निर्माण को अधिक वैज्ञानिक, तार्किक और सुसंगत बनाती है। परिणामस्वरूप, समग्र विकास योजना केवल मानचित्रण का दस्तावेज न रहकर एक सुदृढ़ विश्लेषणात्मक साधन का रूप ले लेती है (वर्मा और अन्य, 2020)।

इस प्रकार स्पष्ट है कि भू-स्थानिक आँकड़ा-सारणी एवं संवेदनात्मक विश्लेषण समग्र विकास योजना निर्माण का आधारभूत स्तंभ है। बहु-स्तरीय आँकड़ा अधिग्रहण, सतही स्वरूप का सूक्ष्म अध्ययन, तथा विविध स्रोतों से प्राप्त सूचनाओं का समेकित विश्लेषण योजनाकारों को किसी क्षेत्र की वास्तविक आवश्यकताओं, चुनौतियों और विकास संभावनाओं को गहराई से समझने में सहायता देता है। फलस्वरूप, ऐसी समग्र विकास योजनाएँ तैयार की जा सकती हैं जो केवल वर्तमान आवश्यकताओं की पूर्ति न करें, बल्कि भविष्य की जोखिम-स्थितियों, पर्यावरणीय संतुलन और सतत विकास की आवश्यकताओं को भी समुचित रूप से संबोधित करें।

3. उन्नत स्थानिक विश्लेषण एवं भूमि उपयोग-भूमि आवरण विन्यास

आधुनिक समग्र विकास योजना निर्माण में उन्नत स्थानिक विश्लेषण की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण हो गई है। केवल वर्तमान भू-स्थिति का मानचित्रण पर्याप्त नहीं माना जाता, बल्कि यह भी आवश्यक है कि भूमि उपयोग, भूमि आवरण, शहरी विस्तार तथा भविष्य के विकास प्रतिरूपों का वैज्ञानिक विश्लेषण किया जाए। इस संदर्भ में उन्नत विश्लेषणात्मक पद्धतियाँ योजनाकारों को क्षेत्र की वर्तमान संरचना, परिवर्तन की दिशा और संभावित भविष्यगत दबावों को समझने में सहायता प्रदान करती हैं। भूमि उपयोग-भूमि आवरण विन्यास का अध्ययन विशेष रूप से इसलिए आवश्यक है क्योंकि इसी के आधार पर यह निर्धारित किया जाता है कि किसी क्षेत्र में कृषि, आवास, वाणिज्य, उद्योग, परिवहन और हरित क्षेत्र किस प्रकार बदल रहे हैं।

3.1 वस्तु-आधारित प्रतिबिंब विश्लेषण

भूमि उपयोग और भूमि आवरण के सटीक वर्गीकरण के लिए वस्तु-आधारित प्रतिबिंब विश्लेषण एक अत्यंत प्रभावी पद्धति के रूप में उभरकर सामने आया है। पारंपरिक पिक्सेल-आधारित विधियों में प्रत्येक सूक्ष्म बिंदु को अलग-अलग इकाई के रूप में देखा जाता था, जिसके कारण कई बार वास्तविक धरातलीय विशेषताओं की सही पहचान संभव नहीं हो पाती थी। इसके विपरीत, वस्तु-आधारित प्रतिबिंब विश्लेषण किसी क्षेत्र को केवल सूक्ष्म बिंदुओं के समूह के रूप में नहीं, बल्कि आकार, विन्यास, पड़ोसी संबंध तथा संदर्भ सहित एक समेकित इकाई के रूप में समझता है। इसी कारण यह पद्धति शहरी क्षेत्रों के वर्गीकरण में अधिक विश्वसनीय सिद्ध होती है।

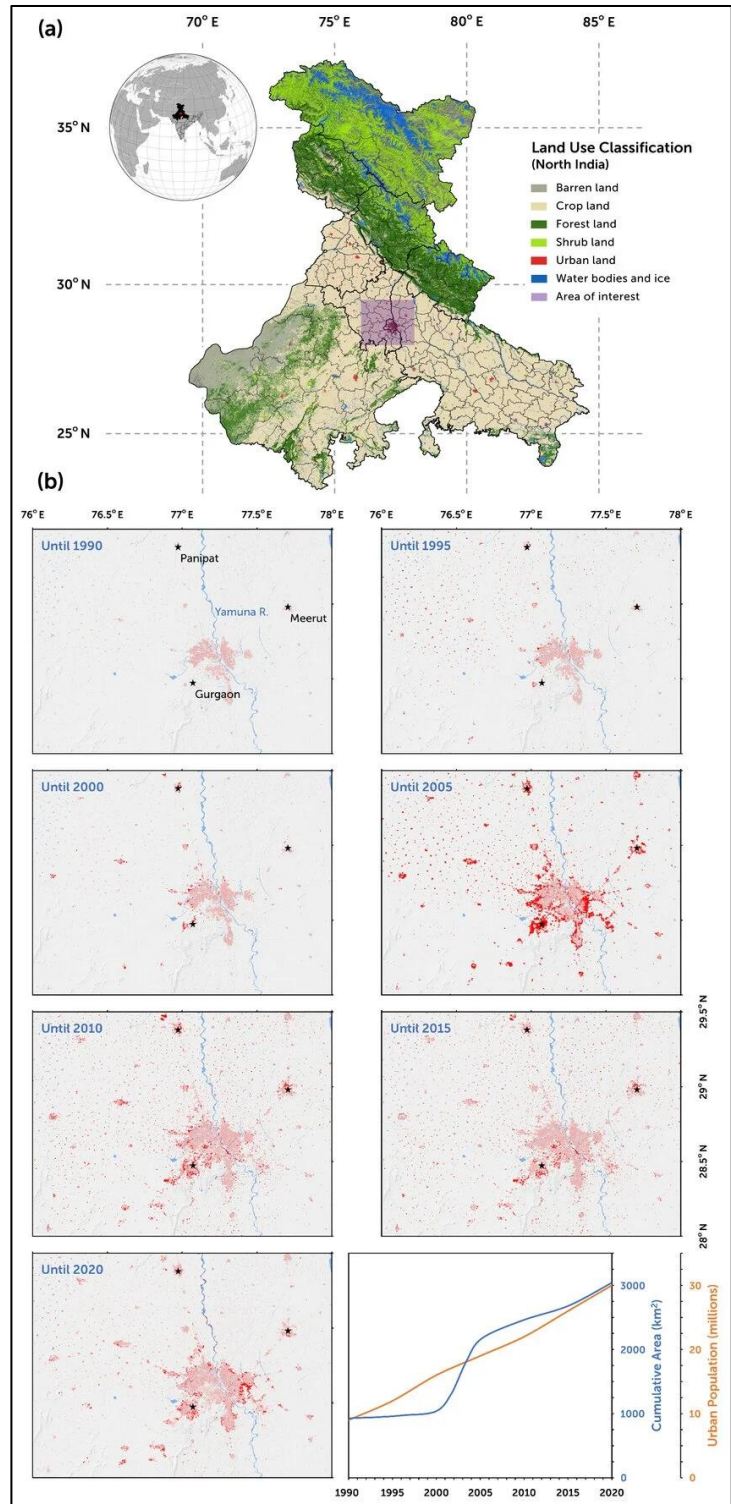
इस पद्धति के माध्यम से निर्मित क्षेत्र, सड़कें, खुली भूमि, जल निकाय और वनस्पति जैसे भिन्न-भिन्न भू-तत्वों की पहचान अधिक सटीकता से की जा सकती है। विशेष रूप से कंक्रीट की छतों, डामर की सड़कों तथा प्राकृतिक वनस्पति के बीच सूक्ष्म अंतर को स्पष्ट रूप से पृथक करने में यह तकनीक अत्यंत उपयोगी पाई गई है। इससे योजनाकारों को यह समझने में सुविधा मिलती है कि शहरी संरचना किस दिशा में विकसित हो रही है और किस प्रकार भूमि का स्वरूप तेजी से परिवर्तित हो रहा है। अतः यह पद्धति समग्र विकास योजना निर्माण में आधारभूत विश्लेषण को अधिक वैज्ञानिक और यथार्थपरक बनाती है (चेन और ली, 2023)।

3.2 शहरी विस्तार का मापन

शहरीकरण की प्रक्रिया अनेक बार अनियोजित और असंतुलित रूप ग्रहण कर लेती है, जिसके परिणामस्वरूप शहरों का फैलाव नियंत्रित सीमा से बाहर जाने लगता है। इस प्रकार के अनियंत्रित विस्तार की दिशा, तीव्रता और स्वरूप को मापने के लिए उन्नत सांख्यिकीय स्थानिक पद्धतियों का प्रयोग किया जाता है। शहरी विस्तार के विश्लेषण में स्थानिक सहसंबंध और शैनन एंट्रॉपी जैसे मापक विशेष रूप से उपयोगी सिद्ध हुए हैं। इनकी सहायता से यह जाना जा सकता है कि शहरी विकास सघन, बिखरा हुआ, रेखीय अथवा बहुकेंद्रीय रूप में विकसित हो रहा है।

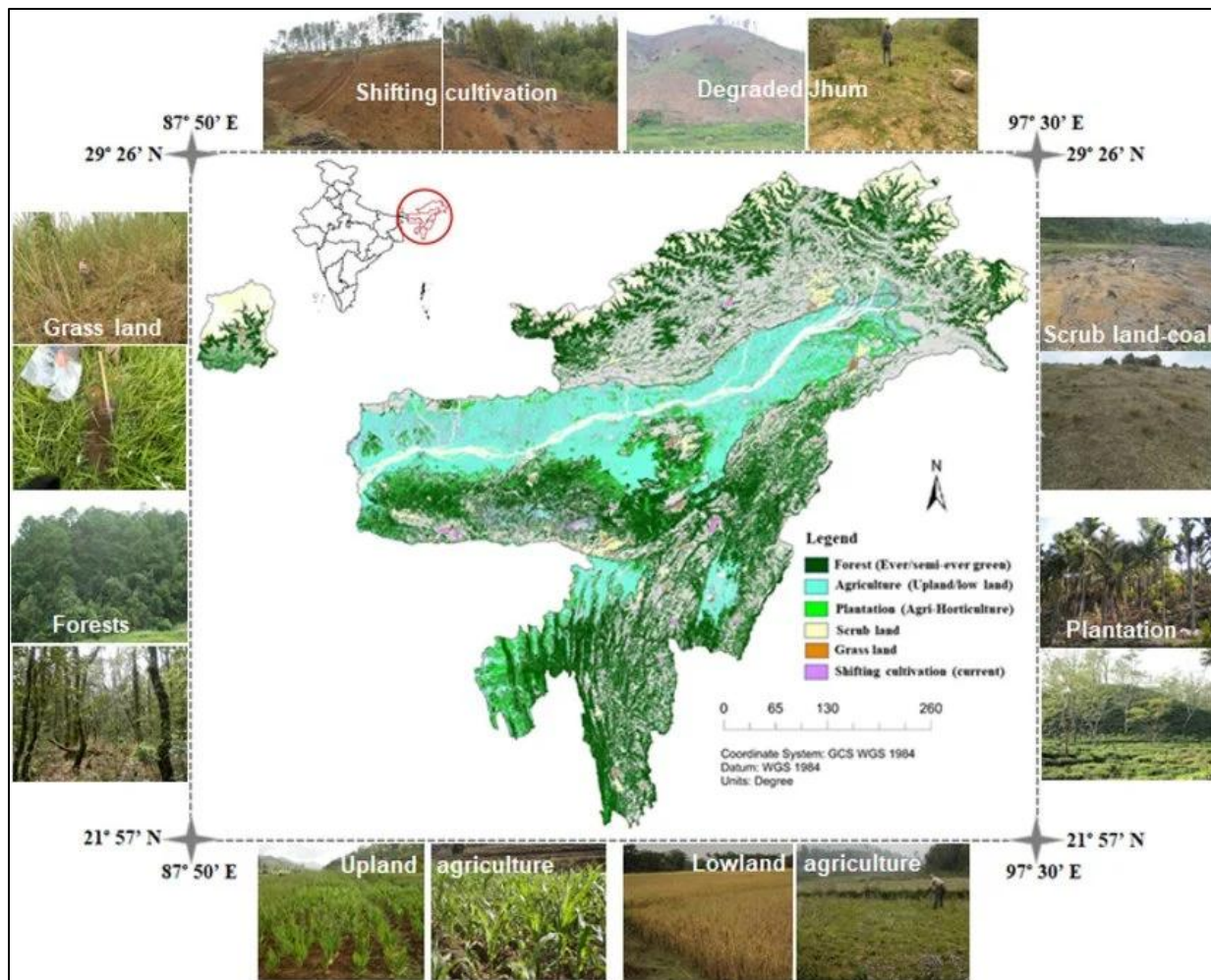
ऐसे विश्लेषणों से यह स्पष्ट हुआ कि कुछ प्रमुख नगरों में शहरी फैलाव एक रेखीय प्रतिरूप का अनुसरण कर रहा था, अर्थात् विकास मुख्यतः प्रमुख मार्गों, परिवहन गलियारों तथा संपर्क धुरों के साथ-साथ आगे बढ़ रहा था। इस प्रकार का

रेखीय विस्तार प्रारम्भिक दृष्टि से सुविधाजनक प्रतीत हो सकता है, किन्तु दीर्घकाल में यह यातायात दबाव, आधारभूत सेवाओं की असमान उपलब्धता, कृषि भूमि में कमी तथा पर्यावरणीय असंतुलन जैसी समस्याओं को जन्म दे सकता है। हरियाणा और उत्तर प्रदेश के प्रमुख शहरों में इसी प्रवृत्ति की पहचान की गई थी, जिसने यह संकेत दिया कि यदि विस्तार को नियोजित न किया जाए, तो भविष्य में क्षेत्रीय असंतुलन और अधिक गहरा सकता है (सिंह और यादव, 2021)।



चित्र 2 : भूमि उपयोग मानचित्र- उत्तर भारत

<https://www.researchgate.net/publication/372862609/figure/fig/9/AS:11431281178786934@1691064460649/Land-use-map-of-the-northern-India-region-for-the-year-2020-a-Land-use-classification.png>



चित्र 3 : भूमि उपयोग मानचित्र, 2015-16 के मल्ली-डेट रिसोर्ससैट-2 ऑर्थो-रेक्टिफाइड एलआईएसएस-3 उपग्रह डेटा से आर्क-जीआईएस 10.2 में व्युत्पन्न किया गया है। राष्ट्रीय रिमोट सेंसिंग सेंटर, आईएसआरओ, 2019 से अनुकूलित, सर्वाधिकार सुरक्षित।

[https://www-researchgate-](https://www-researchgate-net/figure/Distribution&of&relative&relief&of&Northeast&India&with&a&railway&map&Source&Prepared&by_fig5_363738789)

[net/figure/Distribution&of&relative&relief&of&Northeast&India&with&a&railway&map&Source&Prepared&by_fig5_363738789](https://www-researchgate-net/figure/Distribution&of&relative&relief&of&Northeast&India&with&a&railway&map&Source&Prepared&by_fig5_363738789)

3.3 भविष्योन्मुखी भूमि उपयोग प्रतिरूपण

समग्र विकास योजना का उद्देश्य केवल वर्तमान परिस्थिति का विश्लेषण करना नहीं है, बल्कि भविष्य की विकासात्मक दिशा का पूर्वानुमान लगाना भी है। इसी कारण भविष्योन्मुखी भूमि उपयोग प्रतिरूपण का विशेष महत्व है। इस प्रकार के विश्लेषण में ऐतिहासिक आँकड़ों, वर्तमान रुझानों तथा परिवर्तन की दरों के आधार पर यह अनुमान लगाया जाता है कि आने वाले वर्षों में भूमि उपयोग किस प्रकार परिवर्तित हो सकता है। इसके लिए कोशिकीय स्वचालन-मार्कोव तथा अन्य पूर्वानुमानात्मक प्रतिरूपों का उपयोग किया जाता है, जो स्थानिक परिवर्तन की दिशा और तीव्रता को गणितीय आधार पर स्पष्ट करते हैं।

इन प्रतिरूपों के माध्यम से यह देखा गया कि यदि वर्तमान विकास दर और शहरी विस्तार की प्रवृत्ति यथावत बनी रही, तो आगामी वर्षों में कृषि भूमि का एक बड़ा भाग निर्मित शहरी क्षेत्र में परिवर्तित हो सकता है। यह निष्कर्ष केवल भूमि के उपयोग में परिवर्तन की सूचना नहीं देता, बल्कि खाद्य सुरक्षा, पर्यावरणीय संतुलन, जल संसाधनों पर दबाव और ग्रामीण आजीविका पर संभावित प्रभावों की ओर भी संकेत करता है। इस प्रकार का पूर्वानुमान योजनाकारों और नीति-निर्माताओं को समय रहते हस्तक्षेप करने, संवेदनशील क्षेत्रों की सुरक्षा सुनिश्चित करने तथा संतुलित विकास रणनीति अपनाने के लिए आवश्यक आधार प्रदान करता है (हसन और ऑउर्थ साउथ, 2020)।

3.4 समग्र विकास योजना निर्माण में उपयोगिता

उन्नत स्थानिक विश्लेषण एवं भूमि उपयोग-भूमि आवरण विन्यास का अध्ययन समग्र विकास योजना निर्माण को अधिक वैज्ञानिक, तथ्याधारित और भविष्य उन्मुख बनाता है। वस्तु-आधारित विश्लेषण वर्तमान भूमि स्वरूप की सूक्ष्म पहचान करने में सहायता करता है, शहरी विस्तार का मापन विकास के असंतुलित स्वरूप को उजागर करता है, और भविष्योन्मुखी प्रतिरूपण संभावित भूमि परिवर्तन के जोखिमों का पूर्व संकेत देता है। इन सभी पद्धतियों के संयुक्त प्रयोग से योजनाकार न केवल वर्तमान समस्याओं को बेहतर ढंग से समझ पाते हैं, बल्कि भविष्य की आवश्यकताओं के अनुरूप अधिक संतुलित, टिकाऊ और व्यावहारिक समग्र विकास योजना तैयार कर सकते हैं।

अतः यह स्पष्ट है कि उन्नत स्थानिक विश्लेषण और भूमि उपयोग-भूमि आवरण विन्यास, समकालीन समग्र विकास योजना निर्माण की केंद्रीय आवश्यकता बन चुके हैं। इन पद्धतियों के माध्यम से भूमि के वर्तमान उपयोग, शहरी विस्तार की दिशा तथा भविष्य के संभावित परिवर्तनों का सटीक आकलन किया जा सकता है। परिणामस्वरूप, योजनाएँ अधिक यथार्थपरक, नियंत्रित, पर्यावरण-संवेदनशील और दीर्घकालिक विकास की दृष्टि से अधिक प्रभावशाली बनती हैं।

4. अवसंरचनात्मक जाल तथा सेवा-क्षेत्र विश्लेषण

समकालीन समग्र विकास योजना निर्माण में अवसंरचनात्मक जाल का वैज्ञानिक विश्लेषण अत्यंत आवश्यक माना जाता है। किसी भी नगर या क्षेत्र का विकास केवल भूमि उपयोग के विन्यास पर निर्भर नहीं करता, बल्कि यह भी उतना ही महत्वपूर्ण है कि वहाँ परिवहन, जलापूर्ति, जलनिकासी, स्वच्छता, ऊर्जा, शिक्षा तथा स्वास्थ्य जैसी मूलभूत सेवाएँ किस प्रकार व्यवस्थित हैं। यदि अवसंरचनात्मक तंत्र असंतुलित, अव्यवस्थित अथवा अपर्याप्त हो, तो नियोजित विकास की संपूर्ण प्रक्रिया प्रभावित होती है। इसी कारण समग्र विकास योजना में अवसंरचनात्मक जाल तथा सेवा-क्षेत्र विश्लेषण को विशेष स्थान दिया जाता है, ताकि क्षेत्रीय आवश्यकताओं, कमी वाले हिस्सों और सुधार की संभावनाओं का स्पष्ट आकलन किया जा सके।

4.1 जाल इष्टतमीकरण

यातायात प्रबंधन तथा सड़क-जाल के विश्लेषण में जाल इष्टतमीकरण की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण है। इसके अंतर्गत मार्गों, संपर्क-बिंदुओं और आवागमन की दिशाओं का ऐसा विश्लेषण किया जाता है, जिससे किसी भी क्षेत्र के परिवहन तंत्र को अधिक सुव्यवस्थित और प्रभावी बनाया जा सके। इस प्रकार के विश्लेषण में बिंदुओं और रेखाओं पर आधारित गणितीय पद्धति का प्रयोग किया जाता है, जिसके माध्यम से यह समझा जाता है कि कौन-से मार्ग अधिक उपयोगी हैं, कहाँ भीड़भाड़ की संभावना अधिक है, और किन संपर्क-मार्गों में सुधार की आवश्यकता है।

इस पद्धति द्वारा सार्वजनिक परिवहन के लिए ऐसे मार्गों का निर्धारण किया गया था, जो दूरी, समय तथा संसाधन-उपयोग की दृष्टि से अधिक उपयुक्त सिद्ध हों। इससे यात्रा की अवधि को कम करने, ईंधन की खपत को नियंत्रित करने तथा समग्र यातायात व्यवस्था को अधिक सक्षम बनाने में सहायता मिली थी। विशेष रूप से तीव्र गति से विकसित हो रहे शहरी क्षेत्रों में इस प्रकार का विश्लेषण न केवल यातायात दबाव को कम करता है, बल्कि जनसुविधा और पर्यावरणीय संतुलन दोनों को भी सुदृढ़ करता है (त्यागी और गुप्ता, 2024)।

तालिका 2 : अवसंरचनात्मक जाल एवं सेवा-क्षेत्र विश्लेषण

विश्लेषण के आयाम	वर्तमान स्थिति एवं रुझान (Trend)	उत्तर भारत पर प्रभाव
अर्थव्यवस्था में योगदान	सकल मूल्य वर्धित (GVA) में निरंतर और व्यापक वृद्धि	दिल्ली-एनसीआर और लखनऊ जैसे केंद्रों में आर्थिक मजबूती
व्यावसायिक गतिविधि (PMI)	पिछले कई दशकों के उच्चतम स्तर पर विस्तार	व्यापारिक केंद्रों में सेवाओं की मांग में भारी उछाल
डिजिटल अवसंरचना	ऑनलाइन भुगतान और ई-कॉमर्स प्लेटफॉर्म की ओर तीव्र झुकाव	डिजिटल सेवाओं और हार्ड-टेक इनपुट की मांग में वृद्धि
लॉजिस्टिक्स जाल	भौतिक अवसंरचना पर ध्यान केंद्रित करने से सेवाओं में सुधार	माल ढुलाई और वितरण नेटवर्क का आधुनिकीकरण
रोजगार एवं कौशल	कौशल विकास और निवेश के माध्यम से प्रतिस्पर्धी क्षमता में वृद्धि	सेवा क्षेत्र में नए तकनीकी रोजगार के अवसरों का सृजन
वैश्विक क्षमता केंद्र (GCC)	बहुराष्ट्रीय कंपनियों के लिए पसंदीदा गंतव्य के रूप में पहचान	नोएडा और गुरुग्राम जैसे शहरों में सॉफ्टवेयर निर्यात को बढ़ावा

<https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2035081®=3&lang=2#:~:text=%E0%A4%B8%E0%A5%87%E0%A4%B5%E0%A4%BE%20%E0%A4%95%E0%A5%8D%E0%A4%B7%E0%A5%87%E0%A4%A4%E0%A5%8D%E0%A4%B0%20%E0%A4%AD%E0%A4%BE%E0%A4%B0%E0%A4%A4%20%E0%A4%95%E0%A5%87%20%E0%A4%B5%E0%A4%BF%E0%A4%95%E0%A4%BE%E0%A4%B8,%E0%A4%B2%E0%A4%97%E0%A4%AD%E0%A4%97%20%2055%20%E0%A4%AA%E0%A5%8D%E0%A4%B0%E0%A4%A4%E0%A4%BF%E0%A4%B6%E0%A4%A4%20%E0%A4%B9%E0%A4%BF%E0%A4%B8%E0%A5%8D%E0%A4%B8%E0%A5%87%E0%A4%A6%E0%A4%BE%E0%A4%B0%E0%A5%80%20%E0%A4%B0%E0%A4%B9%E0%A5%80>

4.2 उपयोगिता मानचित्रण

शहरी अवसंरचना के प्रभावी प्रबंधन के लिए भूमिगत सेवाओं का सटीक अभिलेखीकरण अत्यंत आवश्यक होता है। जलापूर्ति पाइपलाइन, सीवरेज तंत्र, नाली व्यवस्था, गैस लाइन, विद्युत केबल तथा अन्य भूमिगत संरचनाएँ यदि सुव्यवस्थित रूप से चिह्नित न हों, तो रख-रखाव, मरम्मत और विस्तार कार्यों में अनेक कठिनाइयाँ उत्पन्न होती हैं। इसी संदर्भ में उपयोगिता मानचित्रण एक महत्वपूर्ण तकनीकी प्रक्रिया के रूप में सामने आता है।

इस कार्य के लिए भूमि के भीतर स्थित संरचनाओं का पता लगाने वाली विशेष तरंग-आधारित तकनीक तथा भू-स्थानिक सूचना पर आधारित डिजिटल अभिलेख-सूची तैयार की गई थी। इस प्रक्रिया ने भूमिगत अवसंरचनात्मक तंत्र की स्थिति, गहराई, दिशा और परस्पर संबंधों को अधिक स्पष्ट रूप से समझने में सहायता प्रदान की। परिणामस्वरूप, शहरी क्षेत्रों में आधारभूत ढाँचे के रख-रखाव, मरम्मत और विस्तार को अधिक सुगम, त्वरित और तथ्य-आधारित बनाया जा सका। इस प्रकार का मानचित्रण आकस्मिक क्षति की संभावना को कम करने के साथ-साथ संसाधनों के बेहतर उपयोग में भी सहायक सिद्ध हुआ था (गुप्ता और सिंह, 2022)।

4.3 सार्वजनिक सुविधाओं की पहुँच का मूल्यांकन

समग्र विकास योजना का एक महत्वपूर्ण उद्देश्य यह सुनिश्चित करना भी होता है कि नागरिकों को शिक्षा, स्वास्थ्य और अन्य सार्वजनिक सुविधाएँ समुचित दूरी और समय के भीतर उपलब्ध हों। यदि विद्यालय, स्वास्थ्य केंद्र, सामुदायिक भवन अथवा अन्य जनोपयोगी संस्थान क्षेत्रीय रूप से असमान रूप से वितरित हों, तो इससे सामाजिक असंतुलन और सेवा-

असमानता की स्थिति उत्पन्न होती है। इसीलिए सार्वजनिक सुविधाओं की स्थानिक पहुँच का मूल्यांकन समग्र विकास योजना निर्माण की एक अनिवार्य प्रक्रिया मानी जाती है।

इस प्रकार के विश्लेषण में दूरी-आधारित परिधि-पद्धति और निकटता-आधारित क्षेत्र-विभाजन पद्धति का उपयोग किया गया था। इन विधियों के माध्यम से यह ज्ञात किया गया था कि कौन-से आवासीय क्षेत्र विद्यालयों और स्वास्थ्य केंद्रों की पहुँच में हैं तथा कौन-से क्षेत्र इन सेवाओं से अपेक्षाकृत वंचित हैं। विश्लेषण से यह स्पष्ट हुआ था कि घनी आबादी वाले क्षेत्रों में सार्वजनिक सुविधाओं का वितरण संतुलित नहीं था। कुछ क्षेत्रों में सुविधाओं का अत्यधिक संकेन्द्रण पाया गया, जबकि अन्य क्षेत्रों में आवश्यक सेवाओं की उपलब्धता अपर्याप्त थी। इस असमानता को दूर करने के लिए समग्र विकास योजना के माध्यम से सुविधाओं के पुनर्विन्यास तथा नए सेवा-केंद्र स्थापित करने का प्रस्ताव दिया गया था (वर्मा और अन्य, 2020)।

4.4 समग्र विकास योजना निर्माण में उपयोगिता

अवसंरचनात्मक जाल तथा सेवा-क्षेत्र विश्लेषण समग्र विकास योजना को अधिक व्यावहारिक, समावेशी और जनकेंद्रित बनाता है। जाल इष्टतमीकरण परिवहन व्यवस्था को अधिक सक्षम बनाता है, उपयोगिता मानचित्रण भूमिगत संरचनाओं के प्रबंधन को सुव्यवस्थित करता है, और सार्वजनिक सुविधाओं की पहुँच का मूल्यांकन सेवा-वितरण की असमानताओं को उजागर करता है। इन सभी विश्लेषणों के संयुक्त उपयोग से योजनाकार यह सुनिश्चित कर सकते हैं कि विकास केवल संरचनात्मक विस्तार तक सीमित न रह जाए, बल्कि वह नागरिक सुविधाओं की समान उपलब्धता और क्षेत्रीय संतुलन को भी सुदृढ़ करे।

अतः यह कहा जा सकता है कि अवसंरचनात्मक जाल तथा सेवा-क्षेत्र विश्लेषण समग्र विकास योजना निर्माण का एक अनिवार्य और आधारभूत पक्ष है। इसके माध्यम से परिवहन, भूमिगत उपयोगिताओं और सार्वजनिक सुविधाओं के वास्तविक वितरण का वैज्ञानिक अध्ययन संभव होता है। यह अध्ययन न केवल वर्तमान कमियों की पहचान करता है, बल्कि भविष्य के लिए अधिक संतुलित, सुलभ और दक्ष अवसंरचनात्मक विकास का मार्ग भी प्रशस्त करता है। परिणामस्वरूप, समग्र विकास योजना अधिक प्रभावी, नागरिकोन्मुख और सतत विकास की आवश्यकताओं के अनुरूप बनती है।

5. शहरी पारिस्थितिकी एवं सूक्ष्म-जलवायु प्रबंधन

समकालीन समग्र विकास योजना निर्माण में शहरी पारिस्थितिकी और सूक्ष्म-जलवायु का अध्ययन अत्यंत आवश्यक हो गया है। तीव्र नगरीकरण, निर्मित क्षेत्र में वृद्धि, हरित आवरण में कमी, जल निकायों के क्षरण तथा अनियोजित अवसंरचनात्मक विस्तार के कारण नगरों की पारिस्थितिक संरचना निरंतर प्रभावित हो रही है। इसका प्रत्यक्ष प्रभाव स्थानीय तापमान, आर्द्रता, वायु प्रवाह, जल धारण क्षमता तथा पर्यावरणीय संतुलन पर पड़ता है। ऐसी स्थिति में समग्र विकास योजना का उद्देश्य केवल भूमि के भौतिक उपयोग का विन्यास निर्धारित करना नहीं रह जाता, बल्कि यह भी आवश्यक हो जाता है कि शहरी पर्यावरण को संतुलित, स्वास्थ्यकर और दीर्घकालिक रूप से टिकाऊ बनाए रखने के लिए वैज्ञानिक उपायों को योजना का अभिन्न अंग बनाया जाए। इसी संदर्भ में शहरी पारिस्थितिकी एवं सूक्ष्म-जलवायु प्रबंधन का विशेष महत्व है।

तालिका 3. उत्तर भारत में भूमि उपयोग परिवर्तन विश्लेषण

यह तालिका दर्शाती है कि पिछले दो दशकों में उत्तर भारत के प्रमुख शहरों (छब्त, लखनऊ, चंडीगढ़) में भूमि का स्वरूप कैसे बदला है।

भूमि श्रेणी	2005-06 (%)	2023-24 (%)	प्रभाव
निर्मित क्षेत्र	12%	28%	तीव्र शहरीकरण
कृषि भूमि	72%	61%	खेती योग्य भूमि में कमी
वन/हरियाली	9%	7%	पारिस्थितिक असंतुलन
जल निकाय	4%	3%	अतिक्रमण और सूखते जल स्रोत

5.1 शहरी ऊष्मीय द्वीप का विश्लेषण

नगरीय क्षेत्रों में एक सामान्य प्रवृत्ति यह देखी जाती है कि घने निर्मित भागों का तापमान उनके आस-पास के ग्रामीण अथवा कम विकसित क्षेत्रों की तुलना में अधिक होता है। इस स्थिति को शहरी ऊष्मीय द्वीप प्रभाव कहा जाता है। यह प्रभाव मुख्यतः कंक्रीट संरचनाओं, डामर पथों, सीमित हरित क्षेत्र, ऊष्मा अवशोषित करने वाली सतहों तथा मानवीय गतिविधियों की अधिकता के कारण उत्पन्न होता है। इस प्रकार की स्थिति का अध्ययन तापीय दूरसंवेदी तकनीकों के माध्यम से किया गया था, जिनकी सहायता से सतही तापमान का मानचित्रण संभव हुआ।

अध्ययन में यह पाया गया था कि घने शहरी क्षेत्रों का तापमान ग्रामीण परिवेश की तुलना में लगभग पाँच से सात अंश अधिक था। यह अंतर केवल तापमान वृद्धि तक सीमित नहीं रहता, बल्कि इसका प्रभाव मानव स्वास्थ्य, ऊर्जा खपत, जल माँग तथा समग्र शहरी रहने योग्य स्थिति पर भी पड़ता है। इस समस्या के समाधान के लिए शीतल छतों, छायादार वृक्षारोपण, खुली हरित पट्टियों तथा ऊष्मा-अवशोषण को कम करने वाली निर्माण सामग्री के उपयोग की अनुशंसा की गई थी। इस प्रकार के उपायों से तापमान नियंत्रण, ऊर्जा संरक्षण तथा शहरी जीवन-गुणवत्ता में सुधार की संभावना व्यक्त की गई थी (मिश्रा और कुमार, 2021)।

5.2 पारिस्थितिक संवेदनशीलता का मानचित्रण

समग्र विकास योजना की प्रभावशीलता इस बात पर भी निर्भर करती है कि वह पर्यावरणीय दृष्टि से संवेदनशील क्षेत्रों की पहचान किस सीमा तक कर पाती है। शहरी एवं अर्ध-शहरी क्षेत्रों में हरित पट्टियाँ, आर्द्रभूमियाँ, प्राकृतिक जल निकाय, नदी तटीय क्षेत्र तथा जैव-विविधता से युक्त स्थान पारिस्थितिक संतुलन के प्रमुख आधार होते हैं। यदि इन क्षेत्रों का संरक्षण न किया जाए, तो दीर्घकाल में जल संकट, तापमान वृद्धि, जैव-विविधता ह्रास तथा पर्यावरणीय अस्थिरता जैसी समस्याएँ उत्पन्न हो सकती हैं।

इसी कारण पारिस्थितिक संवेदनशीलता के मानचित्रण में वनस्पति की सघनता और जल-उपस्थिति को मापने वाले विशिष्ट सूचकांकों का उपयोग किया गया था। इन सूचकांकों के माध्यम से हरित क्षेत्रों की स्थिति, आर्द्रभूमियों का विस्तार, जल निकायों की सक्रियता तथा पर्यावरणीय क्षरण के क्षेत्रों की पहचान की गई थी। गंगा के मैदानी क्षेत्रों में गोखुर झीलों के पुनर्जीवन और संरक्षण के संदर्भ में इन भू-स्थानिक उपकरणों को अत्यंत प्रभावी पाया गया था। इससे यह स्पष्ट हुआ कि यदि संवेदनशील क्षेत्रों की पहचान कर ली जाए, तो समग्र विकास योजना के माध्यम से उनके संरक्षण, पुनर्स्थापन और संतुलित उपयोग की बेहतर रणनीति तैयार की जा सकती है (कुमार और दास, 2023)।

5.3 आपदा जोखिम न्यूनीकरण

शहरी और क्षेत्रीय नियोजन में आपदा जोखिम न्यूनीकरण का महत्व लगातार बढ़ता जा रहा है। बाढ़, भूस्खलन, भूकंपीय जोखिम, जलभराव और ढाल अस्थिरता जैसी समस्याएँ अनेक क्षेत्रों में विकास की स्थिरता को चुनौती देती हैं। यदि समग्र विकास योजना में इन जोखिमों को समुचित स्थान न दिया जाए, तो अवसंरचना, आवास, आजीविका और मानव जीवन पर गंभीर प्रभाव पड़ सकता है। अतः आपदा-संवेदनशील क्षेत्रों की पहचान और उनके अनुसार सुरक्षित भू-विन्यास निर्धारित करना एक आवश्यक नियोजन कार्य बन जाता है।

इस उद्देश्य के लिए बाढ़ अनुकरण, ढाल विश्लेषण, भूकंपीय संवेदनशीलता तथा जोखिम-आधारित क्षेत्र-विभाजन का उपयोग किया गया था। इन उपायों के माध्यम से ऐसे क्षेत्रों का निर्धारण संभव हुआ, जहाँ निर्माण गतिविधियों को नियंत्रित या प्रतिबंधित किया जाना चाहिए, तथा ऐसे क्षेत्रों की भी पहचान की गई जहाँ अपेक्षाकृत सुरक्षित विकास संभव है। उत्तराखंड जैसे पर्वतीय क्षेत्रों में भूस्खलन और बाढ़ के खतरों को कम करने के लिए भू-स्थानिक आधारित मानचित्रण को समग्र विकास योजना का अनिवार्य हिस्सा माना गया था। इस प्रकार का विश्लेषण केवल आपदा के बाद की प्रतिक्रिया तक सीमित नहीं रहता, बल्कि यह पूर्व-सावधानी, सुरक्षित बसावट और जोखिम-संवेदनशील विकास को बढ़ावा देता है (सरकार और जैन, 2022)।

5.4 समग्र विकास योजना निर्माण में उपयोगिता

शहरी पारिस्थितिकी एवं सूक्ष्म-जलवायु प्रबंधन समग्र विकास योजना को अधिक संतुलित, पर्यावरण-संवेदनशील और मानव-केंद्रित बनाता है। शहरी ऊष्मीय द्वीप का विश्लेषण स्थानीय तापीय असंतुलन को समझने में सहायता करता है, पारिस्थितिक संवेदनशीलता का मानचित्रण प्राकृतिक संसाधनों और हरित क्षेत्रों के संरक्षण का आधार प्रदान करता है, तथा आपदा जोखिम न्यूनीकरण क्षेत्रीय सुरक्षा और सतत विकास के लिए मार्गदर्शक सिद्ध होता है। इन तीनों पक्षों के संयुक्त अध्ययन से योजनाकार ऐसे निर्णय लेने में सक्षम होते हैं, जो विकास और पर्यावरण के बीच संतुलन स्थापित कर सकें।

अतः यह स्पष्ट है कि शहरी पारिस्थितिकी एवं सूक्ष्म-जलवायु प्रबंधन समग्र विकास योजना निर्माण की एक अत्यंत आवश्यक और समकालीन आवश्यकता है। नगरों के बढ़ते तापीय दबाव, हरित क्षेत्रों के क्षरण, आर्द्रभूमियों की उपेक्षा तथा आपदा जोखिमों की तीव्रता को देखते हुए यह आवश्यक हो गया है कि पारिस्थितिक और जलवायवीय विश्लेषण को नियोजन की मुख्यधारा में शामिल किया जाए। इससे न केवल शहरी पर्यावरण अधिक संतुलित और सुरक्षित बन सकता है, बल्कि भविष्य के लिए अधिक टिकाऊ, स्वस्थ और संवेदनशील विकास प्रतिरूप भी सुनिश्चित किए जा सकते हैं।

निष्कर्ष

भू-स्थानिक तकनीकों पर आधारित समग्र विकास योजना निर्माण वर्तमान शहरी नियोजन को अधिक वैज्ञानिक, सटीक और व्यवहारिक स्वरूप प्रदान करता है। बहु-स्रोत आँकड़ों, उन्नत स्थानिक विश्लेषण, अवसंरचनात्मक जाल के मूल्यांकन तथा शहरी पारिस्थितिकी के समेकित अध्ययन से किसी क्षेत्र की वास्तविक आवश्यकताओं, चुनौतियों और विकास संभावनाओं को स्पष्ट रूप से समझा जा सकता है। इस प्रकार की योजना-प्रक्रिया न केवल भूमि उपयोग, परिवहन, सार्वजनिक सुविधाओं और पर्यावरणीय संतुलन के बीच समन्वय स्थापित करती है, बल्कि आपदा जोखिमों को कम करने में भी सहायक सिद्ध होती है। साथ ही, यह भविष्य उन्मुख विकास, संसाधनों के न्यायसंगत उपयोग और नागरिक-केंद्रित सुविधाओं के विस्तार के लिए एक मजबूत आधार तैयार करती है। अतः कहा जा सकता है कि भू-स्थानिक दृष्टिकोण से निर्मित समग्र विकास योजना सतत, सुरक्षित, संतुलित और दूरदर्शी नगरीय विकास की अनिवार्य शर्त बन चुकी है।

References-

1. कुमार, पी., और दास, एस. (2023)। शहरी गोखुर झीलों का जीर्णोद्धार: गंगा के मैदानों में एक जीआईएस-आधारित दृष्टिकोण। सतत शहर और समाज, 92, 104-118।
2. मिश्रा, बी. के., और कुमार, पी. (2021)। थर्मल मेटल सेंसिंग का उपयोग करके शहरी ऊष्मीय द्वीप (यूएचआई) की आय का विवरण: प्रदेश के तेजी से शहरीकरण वाले उत्तर कोरिया का एक अध्ययन। सतत विकास, 29(3), 562-574.
3. सिंह, आर., और यादव, ए. (2021)। बहु-काली उपग्रह डेटा का उपयोग करके हरियाणा में शहरी विस्तार और कृषि भूमि पर इसके प्रभाव की निगरानी। जर्नल ऑफ द इंडियन सोसाइटी ऑफ रिमोट सेंसिंग, 49(5), 1105-1118।
4. लियू, एक्स., आदि (2025)। शहरी मास्टर कलाकृतियों में कृत्रिम कृति: डिजिटल ट्विन्स से लेकर कॉग्निजॉल्यूशन शहरी तक। जर्नल ऑफ अर्बन टेक्नोलॉजी, 32(1), 15-34।
5. हसन, एम. एम., ऑउर्थ साउथ, जे. (2020)। भविष्य के शहरी विकास की भविष्यवाणी के लिए सीए-मार्कोव और लॉजिस्टिक रिविजन का एकीकरण: एक वैश्विक सिद्धांत। लैंडस्केप इकोलॉजी, 35(4), 915-932।
6. भाटिया, एस., और शर्मा, आर. (2024)। एलआईडीएआर और 3डी जीआईएस का उपयोग करके स्मार्ट सिटी मास्टर: हरियाणा के उभरते शहरी व्यवसाय का एक केस अध्ययन। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ जियोइन्फॉर्मेटिक्स, 20(1), 45-58।
7. पांडे, आर., और चंद्रा, एस. (2023)। भू-स्थानिक प्रौद्योगिकी का उपयोग करके शहरी-निकट इलेक्ट्रॉनिक कृषि भूमि में भारी मशीनरी का मानचित्रण। पर्यावरण विज्ञान और प्रदूषण अनुसंधान, 30(12), 34120-34135।

8. संयुक्त राष्ट्र-निवास। (2022)। विश्व शहर रिपोर्ट 2022: भू-स्थानिक शिक्षा के माध्यम से शहरों के भविष्य की परिकल्पना। संयुक्त राष्ट्र मानव बस्तियाँ कार्यक्रम।
9. सरकार, एस., और जैन, एस. के. (2022)। अनस्टॉल्ड माइक्रोस्कोपिस्ट के लिए मास्टर रिसचर् उत्तराखंड में विस्फोटकों के नमूने के चित्रांकन के लिए जीआईएस का उपयोग। प्राकृतिक खतरे, 110(2), 1421-1445।
10. वर्मा, ए., और अन्य। (2020)। शहरी क्षेत्र के लिए स्थानिक निर्णय समर्थन प्रस्ताव (एसडीएसएस): उत्तरी भारत से प्रतीक। सरकारी सूचना त्रैमासिक, 37(4), 101-115.
11. वांग, जे., और झोउ, डब्ल्यू. (2019)। शहरी हरित स्थान प्लाजा में उच्च-रिजॉल्यूशन चार्टर्ड सेंसिंग की भूमिका। लैंडस्केप और शहरी नियोजन, 190, 103-116।
12. चैन, वाई., और ली, एक्स. (2023)। डीप अध्ययन और वस्तु-छवि आधारित विश्लेषण (ओबीआईए) के लिए प्राकृतिक शहरी भूमि का उपयोग। पर्यावरण की रिमोट सेंसिंग, 289, 113-129।
13. तम्बाकू, वी., और गुप्ता, एन. (2024)। आईओटी और जीआईएस का एकीकरण के लिए स्मार्ट मास्टर प्लान में वास्तविक समय उपयोगिता प्रबंधन। स्मार्ट सिटीज, 7(2), 412-430।
14. आलम, एम., आदि (2021)। गंगा के मैदानों में शहरी जल उद्योग पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव: एक भू-स्थानिक दृष्टिकोण। पर्यावरण प्रबंधन जर्नल, 285, 112-124।
15. गुप्ता, ए. के., और सिंह, वी. पी. (2022)। उत्तर भारतीय शहरों में सतत शहरी जल उत्पादकों के लिए भू-स्थानिक उत्खनन। जल संसाधन प्रबंधन, 36(8), 2741-2759।

