भूआकृतिक मानचित्रण में हवाई छायाचित्रों एवं रिमोट सेंसिंग तकनीक की भूमिका

डॉ0 वीरेन्द्र सिंह,
एसोसिएट प्रोफेसर
भूगोल विभाग
देवेन्द्र पी0 जी0 कॉलेज बिल्थरा रोड
बलिया, उत्तर प्रदेश, भारत

सारांश

भूआकृति विज्ञान में स्थलाकृतिक मानचित्र निर्माण का एक प्रमुख उद्देश्य इसको आर्थिक नियोजन हेतु उपयोगी बनाना है। परंतु सर्वेक्षण एवं उसके आधार पर मानचित्र निर्माण एक कष्ट साध्य एवं अधिक समय लेने वाली प्रक्रिया है। अतः जब तक मानचित्र छपकर तैयार होते हैं, प्राकृतिक एवं सांस्कृतिक भू दृश्यों में काफी परिवर्तन हो जाता है। भूकंप, बाढ़, भूस्खलन आदि प्राकृतिक आपदाओं का शीघ्र सर्वेक्षण एवं मानचित्रण तो सर्वथा एक कठिन कार्य होता है। हवाई सर्वेक्षण एवं रिमोट सेंसिंग तकनीक से मानचित्रण द्वारा उक्त समस्या का समाधान किया जा सकता है। इससे नियोजन आदि आर्थिक कार्यों के उपयोग हेतु नवीनतम आंकड़े प्राप्त किए जा सकते हैं अथवा शीघ्राति-शीघ्र मानचित्र बनाए जा सकते हैं ।आज संयुक्त राज्य अमेरिका, ब्रिटेन, फ्रांस, जर्मनी, रूस जैसे अनेक विकसित देशों में हवाई छायाचित्रों एवं रिमोट सेंसिंग तकनीक के अनुप्रयोग से ग्रामीण एवं नगर

समूहों के भूमि उपयोग मानचित्र बनाए जा रहे हैं। भारत जैसे विकासशील देश में भी इसकी उपयोगिता लगातार बढ़ रही है।

भूआकृतिक मानचित्रण की ऐतिहासिक पृष्ठभूमि

19 वीं शताब्दी के दौरान और **20** वीं शताब्दी के शुरुआती वर्षों में, भू-आकृतियों के अध्ययन में एक स्थिर वर्णनात्मक फिजियोलॉजी का प्रभुत्व था। यूरोप और संयुक्त राज्य में कुछ शोध कर्ताओं ने दृश्यभूमि पर गतिशील बलों के प्रभाव को मान्यता दी। स्विट्जरलैंड में, अगासिज़ ने आल्प्स में बर्फ के कमजोर होती स्थिति को देखी। जॉन वेस्ले पॉवेल ने ग्रैंड कैनियन की नक्काशी में पानी के बल को पहचाना । फर्डिनेंड हेडन ने ज्वालामुखी की उपस्थिति और गीज़र के ज्वालामुखी क्षेत्र और उबलते मिट्टी के नीचे एंडोजेनिक बल की परिदृश्य-आकार देने की शक्ति का उल्लेख किया। जी**0**के**0** गिल्बर्ट ने यूटा के हेनरी पर्वत में अपने अध्ययन में गतिशीलता संतुलन में एक परिदृश्य पर विचार पेश किया। **1899** में, द जियोग्राफिकल साइकल के प्रकाशन के साथ, विलियम मॉरिस डेविस ने अपने समय के भूआकृति विज्ञान में परिचय दिया । हालांकि, व्यवहार में, अधिकांश भू-आकृति विज्ञान अनुसंधान एक स्थिर वर्णनात्मक फिजियोग्राफी द्वारा जारी रखा गया था, जिसमें परिदृश्य को लिखित रूप में वर्णित किया गया था। इसको चित्रित करने के लिए कलात्मक ब्लॉक आरेख तैयार किए गए । हालांकि ये आरेख अक्सर भू-आकृति विज्ञान के प्रक्रियाओं का उत्कृष्ट चित्रण था। **1920** के दशक तक, फोटोग्राफी ने उच्च स्तर के परिष्कार का विकास कर लिया था,जो भू-वैज्ञानिकों के लिए काफी उपयोगी था। यह आमतौर पर ब्लॉक आरेखों का शुरूआती दौर था। फ़ोटोग्राफ़र और बैलूनिस्ट, नादर और ट्रिब्यूटलेट ने हवाई फोटोग्राफी के साथ इसका प्रयोग

किया और इसे परिदृश्य के स्वरूप के रूप में मान्यता प्रदान की। पश्चिमी जर्मनी में विस्तृत भू-आकृति संबंधी मानचित्रण के एक कार्यक्रम में बार्श और लिडटके (1980) ने इसके विभिन्न लाभों का उल्लेख किया, जिसमें आवश्यक कार्य क्षेत्र से बहुत अधिक डेटा आधार, भू-वैज्ञानिक शब्दावली का सुधार और स्पष्टीकरण शामिल है, डेटा का इज़ाफ़ा, प्रसंस्करण क्षमता, गहन अध्ययन, गहन विकास के क्षेत्रों में भू-आकृति विज्ञान संबंधी प्रलेखन का प्रावधान और भू-वैज्ञानिकों और अन्य भूविज्ञानी के बीच अधिक सहयोग की आवश्यकता पर बल दिया है। विस्तृत भू-आकृति विज्ञान में मानचित्रों की जटिल प्रकृति, तकनीकी भू-आकृति विज्ञान के क्षेत्र से परे उनकी उपयोगिता को सीमित करती है। जैसा कि बार्श और लिडटके (1980) बताते हैं, ये मानचित्र तकनीकी रूप से दक्ष विशेषज्ञों द्वारा बनाए गए है। ये सभी भू-आकृति विज्ञान के बाहर के लोगों के लिए अपनी जानकारी को साझा करने के लिए प्रस्तुत करते हैं। इसके अलावा, वे विभिन्न अवधारणाओं और विषय के दृष्टिकोण के साथ श्रमिकों के बीच भू-आकृति अनुसंधान को समन्वित करने की सेवा भी कर सकते हैं। एक विस्तृत स्थानिक संदर्भ में, सभी शोधकर्ता एक सहमत अंतरराष्ट्रीय ढांचे के भीतर काम करने के अनुशासन के अधीन हैं। शिक्षा में, भूआकृतिक मानचित्रों का उपयोग अन्य भौतिक मानचित्रों के साथ , प्राकृतिक वातावरण के जटिल एकीकरण को दिखाने के लिए भी किया जा सकता है। अंत में, रिमोट सेंसिंग डेटा के संबंध में, एंबेल्टन बताते हैं कि एक अनुभवी भू-वैज्ञानिक, परिदृश्य की मैपिंग कर सकते हैं, इस तरह की पृष्ठभूमि के बिना विश्लेषक की तुलना में रिमोट सेंसिंग छवियों पर चित्रित इलाकों के विभिन्न प्रकारों को अधिक आसानी से और मज़बूती से प्रस्तुत कर सकते हैं। 1899 में, अल्बर्ट हेम ने आल्प्स के

ऊपर एक गुब्बारे की उड़ान के दौरान अपनी तस्वीरों और टिप्पणियों को प्रकाशित किया; वह संभवतः भू-वैज्ञानिक अनुसंधान में हवाई फोटोग्राफी का उपयोग करने वाले पहले व्यक्ति हैं। पहले विश्व युद्ध के दौरान, इलाके और मानचित्र के युद्धक्षेत्र की स्थिति की जांच करने के लिए हवाई तस्वीरों का इस्तेमाल किया। चित्र संख्या-1 उटाह के भूआकृतिक मानचित्र का एक भाग जिसको एम0 रिड ने तैयार किया गया है।

चित्र 1- उटाह (USA) के एक हिस्से का भू-भाग; मेरिल रिड द्वारा तैयार किया गया नक्शा

सबसे शुरुआती विस्तृत भू-आकृति विज्ञान मानचित्रों को 1914 में अपने मॉर्फोलॉजिकल एटलस में सीगफ्रीड पासर्ज द्वारा प्रकाशित किया गया था। उस समय से द्वितीय विश्व युद्ध के अंत तक, कुछ यूरोपीय भू-आकृति वैज्ञानिकों द्वारा स्थानीय क्षेत्रों के कुछ विस्तृत नक्शे प्रकाशित किए गए थे और विस्तृत भू-वैज्ञानिक सर्वेक्षण कभी-कभी किए गए थे, लेकिन इसकी

मान्यता तब तक थी जब तक कि रियो में अंतर्राष्ट्रीय भौगोलिक संघ (IGU) की 18 वीं कांग्रेस नहीं बन गई। 1956 में डे जनेरियो की विस्तृत भू-आकृति विज्ञान मानचित्रों के महत्व को अंतर्राष्ट्रीय स्वीकार्यता प्राप्त हुई। दो साल बाद, स्टॉकहोम में आई0जी0यू0 कांग्रेस ने भू-आकृति विज्ञान मानचित्रण पर तीन कार्य सौंपे ।

1. भू-आकृति विज्ञान मानचित्रण की पद्धति का परिचय और विकास का कार्य।
2. संगतता सुनिश्चित करने के लिए भू-आकृति विज्ञान मानचित्रण के लिए एक समान प्रणाली को अपनाना।
3. पृथ्वी की सतह के तर्कसंगत उपयोग को सुविधाजनक बनाने के लिए, स्थानीय और क्षेत्रीय आर्थिक नियोजन में भू-वैज्ञानिक मानचित्रण के अनुप्रयोगों का प्रदर्शन करना।

हवाई छायाचित्रों की सामान्य विशेषताएं

हवाई छायाचित्र मंद गति से उड़ने वाले वायुयान के निचले भाग में लगे हुए कैमरे के द्वारा प्राप्त किए जाते हैं ।भारत में इसमें मुख्यतः डकोटा वायुयानों का उपयोग किया जाता है, ये छायाचित्र भू दृश्य का त्रिआयामी चित्र प्रस्तुत करते हैं। इन्हें दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है-

लम्बवत हवाई छायाचित्र

ये छायाचित्र ऐसे कैमरा द्वारा प्राप्त किए जाते हैं जिसकी अक्ष लम्बवत अथवा करीब-करीब लम्बवत होती है। इनका उपयोग विशुद्ध क्षेत्र मापी एवं स्थलाकृतिक मानचित्रों के निर्माण ,भूमि उपयोग सर्वेक्षणों, मानचित्र एवं छायाचित्र- निर्वचन आदि कार्यों में किया जाता है। ये स्थल का सबसे अच्छा दृश्य प्रस्तुत करते हैं एवं पर्वतीय क्षेत्रों के लिए विशेष रूप से उपयोगी

होते हैं ।शुद्धता के साथ-साथ इनसे बड़ी आसानी एवं शीघ्रता पूर्वक सूचनाओं को मानचित्र पर स्थानांतरित किया जा सकता है अथवा समोच्च रेखाएं बनाई जा सकती हैं। परंतु इसके निर्माण का व्यय सामान्यतया कुछ अधिक होता है।

तिर्यक हवाई छायाचित्र

ये छायाचित्र ऐसे कैमरा द्वारा प्राप्त किए जाते हैं जिनकी प्रकाशीय अक्ष लंबवत से कुछ झुकी हुई होती है। ये अपेक्षातया अधिक विस्तृत क्षेत्र को समाहित करते हैं। परंतु किनारे के भागों में विवरण की शुद्धता बिगड़ने लगती है। तिर्यक छायाचित्र दो प्रकार के होते हैं- निम्न तिर्यक वे छायाचित्र जिनकी प्रकाशीय अक्ष समकोण से 8 अंश से अधिक का कोण बनाती है,निम्न तिर्यक छायाचित्र कहलाते हैं। इनमें क्षिजिज नहीं दिखाई देता है इनका उपयोग दुर्गम क्षेत्रों के चित्रों के टोह मानचित्रों के निर्माण हेतु किया जाता है। उच्च तिर्यक इन छायाचित्रों में क्षितिज स्पष्ट रूप से दिखाई पड़ता है, इन्हें केवल सीमित कार्यों जैसे क्षेत्रमापी एवं ऊंचाई नियंत्रकों के विस्तारक हेतु प्रयोग में लाया जाता है।

सामान्यतया दृष्टांतों एवं प्रचार कार्यों हेतु हम जिन छायाचित्रों का उपयोग करते हैं वे निम्न तिर्यक छायाचित्र होते हैं परंतु उपयोगिता एवं प्रयोग की दृष्टि से लम्बवत छायाचित्र ही अधिक लोकप्रिय देखे जाते हैं। एक तो यह सामान्यतया अधिक क्षेत्र को समाहित करते हैं दूसरी इनकी व्याख्या में कम कठिनाइयां सामने आती हैं। परंतु मापन की दृष्टिकोण से उपयुक्त नहीं होते हैं क्योंकि इनमें विस्तृत अनुपयोगी क्षेत्र के अतिरिक्त मापन संबंधी विभिन्नता पाई जाती है। यही कारण है कि आज हवाई छायाचित्रों में बहुगुणीय कैमरों का प्रयोग कर मिलेजुले छायाचित्र प्राप्त किए जाते हैं, जिनमें सदैव लागत को

कम करने पर बल दिया जाता है कुछ कैमरों में 5 या 9 लेन्सों का उपयोग किया जाता है जिनमें बीच का लेन्स तो लम्बवत होता है जबकि शेष 4 या 8 लेन्स बहिर्मुखी होते हैं। इसमें सभी 5 या 9 प्रतिबिम्बों को एक साथ मिलाकर तथा तिर्यकता को अनुलम्बता में परिणत कर छायाचित्र का मुद्रण करते हैं।

हवाई छायाचित्रों से मानचित्र निर्माण

लंबवत हवाई छायाचित्रों से मानचित्र प्राप्त करते समय शिखर विस्थापन की समस्या के समाधान हेतु अनेक विधियां काम में लाई जाती हैं, जिसमें सबसे आसान विधि विस्थापन पर बिना ध्यान दिए छायाचित्रों का एक कुट्टिम चित्र बनाना है जिसका पुनः फोटो लेकर फोटो मानचित्र बना लेते हैं। चूँकि शिखर विस्थापन की मात्रा पार्श्ववर्ती भागों में सर्वाधिक पाई जाती है एवं लंबवत हवाई छायाचित्रों के पार्श्विक, अग्र एवं पश्च भागों में अंश छादन पाया जाता है, छायाचित्रों के केवल मध्यवर्ती भागों को जोड़कर किसी क्षेत्र का सतत चित्र बनाया जा सकता है। चूँकि विस्थापन की मात्रा मुख्य बिंदु के निकट सबसे कम पाया जाता है। इस विधि में विस्थापन की मात्रा बहुत कम हो जाती है। जब छायाचित्रों के केंद्रीय भागों को काटकर एवं उन्हें सावधानी पूर्वक जोड़कर आधार पट्ट पर रखा जाता है तो इस प्रकार से निर्मित मानचित्र को अनियंत्रित कुट्टिम चित्र(uncontrolled mosaic) कहा जाता है, इस प्रकार के कुट्टिम चित्र में शुद्धता की मात्रा बहुत अधिक नहीं होती है। इसे भूतल नियंत्रकों के माध्यम से और भी सुधारा जा सकता है। इन नियंत्रकों की सही स्थिति छायाचित्र पर धरातलीय सर्वेक्षण अथवा छिद्रण रूपद संयोजन विधि (slotted template assembly method) द्वारा ज्ञात कर इन्हें आधार पट्ट पर अवस्थित कर देते हैं एवं छायाचित्रों को उसके ऊपर इस प्रकार रखते हैं ताकि इनके प्रतिबिंब नियंत्रक बिंदुओं के ठीक ऊपर आ जाएूं। इस

प्रकार के मानचित्र को नियंत्रित कुट्टिम चित्र (controlled mosaic) कहा जाता है जिसमें त्रुटि की मात्रा बहुत कम हो जाती है।

हवाई छायाचित्रों पर मापक

हवाई छायाचित्रों पर मापक उतना ठीक-ठाक नहीं पाया जाता है जितना कि वह मानचित्र पर प्राप्त होता है। वस्तुतः कोई भी वस्तु जिससे हम देखते हैं का मापक इस बात पर निर्भर करता है कि वह हमसे कितना दूर स्थित है। यही कारण है कि 50 मीटर की दूरी पर स्थित एक व्यक्ति 10 मीटर की दूरी पर स्थित व्यक्ति से छोटा दिखलाई देता है। हवाई छायाचित्र में भी, क्योंकि एक पहाड़ी शिखर घाटी नितल की अपेक्षा कैमरे के अधिक समीप होता है उसका मापक कुछ बड़ा होता है।

हवाई छायाचित्रों में विशिष्ट आकृतियों का प्रदर्शन

उच्चावचन

उच्चावचन को हवाई छाया चित्रों में भली-भांति दिखाना बहुत कठिन होता है अतः इसकी पहचान अनुषंगी आकृतियों जैसे मार्ग सेतुओं, कटानों, तटबंधों, चिमटा मोड़ों, मेषपथों आदि की सहायता से आसानी से पहचाना जा सकता है। त्रिविमदर्शी एवं बृहद मापक(1:10,000) वाले वृहद छायाचित्रों में नदी वेदिकाओं जैसी लघु भ्वाकृतियों को भी आसानी से ढूंढा जा सकता है।

शिलाएँ एवं मिट्टियां

खुली या कम वनस्पति वाली चट्टानों के छायाचित्रों की व्याख्या से उसके बीच संधियों, संस्तर तलों, संरचना, भ्रंशों एवं खनिज शिलाओं आदि का पता लगाया जा सकता है जिससे फोटो भौमिकी जैसे एक नए विषय पर विकास हुआ है। इसी प्रकार खुली मिट्टी वाले क्षेत्रों के छायाचित्रों के अध्ययन

से मिट्टियों के संगठन, रंग एवं आर्द्रता की मात्रा आदि के बारे में जानकारी हासिल हो जाती है। खुली चट्टानें एवं मिट्टी छायाचित्र पर हल्के रंग से प्रदर्शित होती हैं जबकि हाल में जोते गए खेत की मिट्टी का छायाघना गहरा भूरा होता है जो मिट्टी के सूखने के साथ-साथ सफेद होता जाता है। क्रीड़ा क्षेत्र में गोल-मुख, एवं खेतों के प्रवेश मार्ग जिस पर सघन संचरण होता है, विशिष्ट प्रकाश वाले प्रदीप्ति चिन्हों द्वारा सुगमता से पहचाने जा सकते हैं।

जल

हवाई छायाचित्रों में एक ही जलाशय में जल की छवि भिन्न-भिन्न रंगों से दिखाई पड़ती है। उदाहरणार्थ, शान्त गहरा जल काले रंग से दिखाई पड़ता है जबकि गंदला जल का छायाघन हल्का होता है एवं उथला स्वच्छ जल अकसर अस्पष्ट रूप में दिखाई पड़ता है क्योंकि इसमें नितल की आकृतियाँ छायाचित्र पर अंकित हो जाती हैं जिससे पोताश्रय अधिकारियों के लिए इसकी उपयोगिता बढ़ जाती है।

वनस्पति- जंगल

रुक्ष एवं पर्णहरिम (Chlorophyll) से युक्त वानस्पतिक धरातल हवाई छायाचित्रों पर गहरे रंग से दिखाया जाता है शंकुल वृक्ष पर्णपाती वनों की अपेक्षा अधिक काले दिखाई पड़ते हैं। विशेषकर जाड़ों में जब छोटे पर्णपाती वृक्ष छायाचित्र पर ठीक से नहीं उभड़ पाते हैं बड़े वृक्षों के तनों की प्रतिच्छाया से इनमें धारीदार प्रतिरूप देखा जाता है। छायाचित्र में इन वृक्षों के आकार, छायाघन, ग्रंथन संबंधी विभिन्नताओं के आधार पर इनकी आयु, जातिमूल आदि के बारे में जानकारी प्राप्त की जाती सकती है जिससे अरण्य सर्वेक्षण एवं अरण्य संसाधनों के आकलन में मदद मिलती है। घास की किस्म

जितनी हीअच्छी होती है उसका छायाघन उतना ही काला होता है। यही कारण है कि एक समतल उद्यान मध्यम भूरे छायाघन द्वारा प्रदर्शित किया जाता है जबकि चारागाह का रंग हल्का होता है। कृषि फसलों के उपयोग के बारे में जानकारी पाने के लिए हवाई छायाचित्रों के समय के बारे में जानकारी प्राप्त करना आवश्यक है ,उदाहरण के लिए बुआई एवं कटाई के समय के छायाचित्रों में स्पष्ट अंतर दिखलाई पड़ता है। बुआई के समय में छायाचित्रों के सूक्ष्म विश्लेषण में भूमि उपयोग अथवा कृषि प्रौद्योगिकी संबंधी विभिन्नताओं को परखा जा सकता है। उदाहरण के तौर पर गेहूं एवं आलू की बुआई में अंतर स्पष्ट रूप से जाना जा सकता है ।इसी प्रकार अंगूर के बागानों, मुर्गी पालन क्षेत्रों, फलोद्यानों वृक्ष वाटिकाओं , काँच गृह क्षेत्रों आदि की पहचान आसानीपूर्वक की जा सकती है।

यातायात एवं संचार के साधन

सड़क एवं रेल मार्ग, हवाई छायाचित्र पर सड़कों का विवरण उनके महत्व के बजाय उनके सतह के आधार पर प्रस्तुत किया जाता है। यही कारण है कि कंकरीट सतह वाली सड़क सफेद एवं पक्की तथा कोलतार सतह वाली सड़क गहरे छायाघन द्वारा दिखाई पड़ती है। एक ही सड़क पर ऊपरी तह के गुणों के आधार पर छायाघन में भिन्नता पाई जा सकती है। छायाचित्र में सड़क के महत्व का अनुमान उसकी चौड़ाई, मोड़ों, यातायात घनत्व, पटरियों आदि के आधार पर किया जा सकता है। इसके विपरीत पगडंडियों की पहचान छायाचित्र में समीपवर्ती वनस्पति की अपेक्षा प्रकाश के अधिक परावर्तन के कारण आसानी से की जा सकती है। यद्यपि रेल लाइन हवाई छायाचित्र पर सुस्पष्ट तरीके से नहीं प्रदर्शित की जाती है परंतु उनके कटानों, सुरंगों,

अधोगामी एवं उपरिगामी सेतुओं, निर्बाध मोड़ों, स्टेशनों आदि के कारण इसे पहचानना बहुत सरल हो जाता है।

नगर एवं इमारती क्षेत्र

हवाई छायाचित्रों में नगरीय विशेषताओं की व्याख्या में अनेक प्रकार की कठिनाइयां सामने आती हैं। यद्यपि इन छाया चित्रों में इमारतों को कालक्रम के अनुसार ही वर्गीकृत किया जा सकता है, परंतु उसके उपयोग के बारे में जानकारी प्राप्त करना मुश्किल हो जाता है। इसी भाँति औद्योगिक इमारतों को तो परखा जा सकता है, परंतु उसके मध्य अंतर करना कठिन होता है। औद्योगिक, आवासीय एवं व्यापारिक उपयोगों के अतिरिक्त अन्य नगरीय विशिष्टताओं को छायाचित्र में भली-भाँति ज्ञात किया जा सकता है। जैसे गिरजाघरों, मंदिरों, कब्रगाहों, विद्यालयों, हवाई अड्डों आदि की पहचान इनकी विशिष्ट विशेषताओं एवं समीपवर्ती लक्षणों के आधार पर ही की जा सकती है।नीचे, चित्र संख्या- 2 में देहरादून शहर का एक हवाई छायाचित्र प्रदर्शित किया गया है।

चित्र संख्या 2- देहरादून शहर का एक हवाई छायाचित्र

पुरातात्विक एवं ऐतिहासिक स्थल

पुरातत्व के क्षेत्र में हवाई छायाचित्रों का प्रमुख महत्व रहता है। कम ऊंचाई के सूर्य के समय लिए गए छायाचित्रों में विद्यमान प्रतिच्छाया के आधार पर बंधों, खाइयों, टीलों आदि के सम्यक प्रतिरूपों के बारे में जानकारी हासिल की जा सकती है। इसी प्रकार इसके माध्यम से ऐसे ऐतिहासिक स्थलों के खोजने में मदद मिलती है जिसके दृश्य संकेत लुप्त हो चुके हैं। पुरातात्विक अवशेषों की उपस्थिति से भौतिक विशेषकर मिट्टी के गुणों पर प्रभाव पड़ता है। उदाहरणार्थ, प्राचीन दीवालों से मिट्टी में कंकड़ीले पदार्थों की मात्रा बढ़ जाती है, खाइयों में रेत की परतें मिलती हैं एवं मिट्टी की पर्त की मोटाई में वृद्धि हो जाती है। इन विशेषताओं को हवाई छायाचित्रों में सीधे अथवा इन पर उगी वनस्पति के संकटपूर्ण जलवायु दशाओं (सूखा आदि) में अध्ययन के द्वारा जाना जा सकता है। पाश्चात्य देशों में सूखे के दौरान होने वाले वनस्पति

पर प्रभाव के आधार पर अनेकों रोमकालीन दुर्गों एवं इमारतों के अभिविन्यास का पता लगाया गया है।

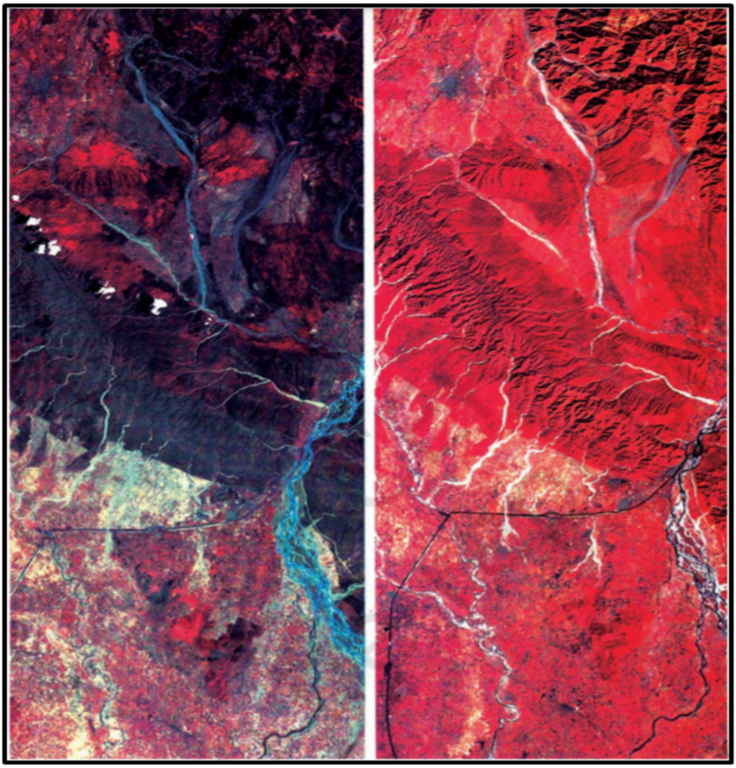
दूरस्थ संवेदी उपग्रहों द्वारा प्रेषित प्रतिबिम्बों से मानचित्रण

लगभग चार दशक पूर्व दूरस्थ संवेदी उपग्रहों से प्राप्त प्रतिबिंबों से भूतल एवं उसके संसाधनों के सर्वेक्षण तथा मानचित्रण में एक नया आयाम जुड़ गया है. इस प्रकार का प्रथम ERTS (earth resources technology satellite) LANDSAT; 23 जुलाई 1972 को, दूसरा 22 जनवरी 1975 एवं तीसरा 5 मार्च 1978 को छोड़ा गया था। रिटर्न बीम विडिकोन (Return Beam Vidicon or RBV) कैमरों एवं बहुरंगीय क्रमवीक्षणों (multispectral scanners or MSS) से सुसज्जित इनमें से प्रत्येक उपग्रह 920 किलोमीटर की ऊंचाई से प्रति 103 मिनट पर पृथ्वी की एक परिक्रमा पूरी कर लेता है एवं समूची पृथ्वी के धरातल(82 अंश से ध्रुव की तरफ के क्षेत्रों को छोड़कर) का 18 दिनों के अंतर पर चित्र प्रेषित करता रहता है। चूँकि उपग्रह की कक्षा सौर -समकालिक है, अतः हर फेरे में वह एक ही स्थानीय समय पर उस स्थान विशेष के ऊपर से होकर गुजरता है। उपग्रह धरातल का प्रतिबिंब बहुरंगीय क्रमवीक्षणों में लगे चार संवेदकों द्वारा प्राप्त करता है जिसमें प्रत्येक विद्युत चुंबकीय वर्णक्रम एक- एक हरे एवं लाल पट्टी में एवं 2 लगभग अवरक्त पट्टियों मेंः एक दूसरे से पृथक होता है।

चित्र संख्या - 3

यह प्रतिबिंब इलेक्ट्रॉनीय विधि से धरातल पर स्थित NASA के Fairbanks, Alaska,Goldstone, California, एवं Greenbelt के केंद्रों को प्रेषित की जाती है, जहां इसे कंप्यूटर अनुरूप टेपों एवं 70 मिलीमीटर की आभाचित्रीय फिल्म पाजिटिव में परिणत कर दिया जाता है। इन प्रतिबिंब की प्रतियाँ ERSO के आँकड़ा केंद्र को सार्वजनिक उपयोग के लिए भेज दी जाती है। यह प्रतिबिंब श्वेत- श्याम अथवा बनावटी रंगीन अवरक्त रंगों में प्राप्त किए जा सकते हैं जिनमें से प्रत्येक 185 किलोमीटर x 185 किलोमीटर की समान्तर भुजीय क्षेत्र को घेरे हुए होता है एवं इसका मापक 1:3,500,000 होता है। इसे सुविधानुसार 1:1,000,000, 1: 500,000 एवं 1: 250,000 के मापकों पर बदला जा सकता है। भारत में यह प्रतिबिम्ब नेशनल रिमोट सेंसिंग एजेंसी हैदराबाद अथवा उसके सहायक

केंद्र देहरादून से प्राप्त किए जा सकते हैं। ज्यामितीय शुद्धता के कारण सभी लैण्डसेट प्रतिबिंब चित्रालेख मापकीय दृष्टि से शुद्ध पाए जाते हैं। यही कारण है कि इंटरनेशनल ज्योग्राफिकल यूनियन जैसी संस्थाएं इस प्रतिबिंब से बने 1: 250,000 मापक वाले मानचित्रों को मान्यता प्रदान कर चुकी है।



चित्र संख्या -4 (Images of Himalayas and Northern Indian Plain by IRS Satellite taken in May (Left) and November (Right) show differences in the types of vegetation. The red patches in May image refer to

Coniferous vegetation. In November image the additional red patches refer to Deciduous plants and the light red colour is related to the crops.)

इन उपग्रह प्रतिबिम्बों के माध्यम से किसी क्षेत्र के ग्रामीण एवं नगरीय भूमि उपयोग, संसाधन - सर्वेक्षण , खनिज सर्वेक्षण ,मृदा सर्वेक्षण, भूमि सर्वेक्षण, प्राकृतिक आपदाओं(बाढ़, भूकंप, भूस्खलन, दुर्भिक्ष) द्वारा हुई क्षति के आकलन, प्रदूषण की खोज, एवं स्थानिक नियोजन में सहायता मिल सकती है। वे दिन दूर नहीं जब आँकड़ों की ही भांति कंप्यूटर के माध्यम से मनचाहे किस्म के मानचित्रों का निर्माण सभी को सुलभ हो सकेगा।

चित्र संख्या -5 Pre-tsunami Image acquired in June 2004

चित्र संख्या -6 Post-tsunami image acquired in December, 2004

निष्कर्ष

आधुनिक विस्तृत भूआकृतिक मानचित्र, भौतिक परिदृश्य के विभिन्न कारकों और विशेषताओं को क्रमबद्ध वैज्ञानिक तरीके से प्रदर्शित करने का एक अनूठा साधन प्रदान करता है। ऐसा मानचित्र एक विश्लेषणात्मक अनुसंधानपरक उपकरण है। जिसके द्वारा पृथ्वी की जटिल सतह और इसकी गतिशीलता का चित्रण संभव है। यह सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक भू-आकृति विज्ञान में अनुसंधान के लिए प्रत्यक्ष वैज्ञानिक मूल्य है और एक आधार के रूप में कार्य करता है। यह विभिन्न प्रकार के भू-वैज्ञानिक अनुसंधानों में सहायता करने के लिए, परिदृश्य के विशेष पहलुओं पर ध्यान केंद्रित कर सहयोगी हो सकता है।जैसे-भूकम्प आने पर राहत कार्यक्रमों की गतिशीलता और परिवर्तन की प्रक्रिया के मूल्यांकन हेतु ,बाढ़ राहत कार्यक्रमों के लिए भू-आकृतियों के अध्ययन में सहयोग हेतु ,भू-आकृति संबंधी मानचित्रों के

क्षेत्रीयकरण हेतु, किसी दो प्रदेश विशेष के तुलनात्मक अध्ययन में सहायता हेतु ,अलग-अलग और समान भूगर्भिक संरचना के क्षेत्रों में विकसित और विकासशील भू-आकृतियों के बीच सम्बन्ध स्थापित करनें हेतु एवं पृथ्वी की सतह को आकार देने में, जलवायु की भूमिका का अध्ययन करने में सहायता हेतु।इस प्रकार भू-आकृति विज्ञान के निरंतर विकास के लिए और इसमें आवश्यक विस्तृत वैज्ञानिक अनुसंधान के लिए ये मानचित्र अत्यन्त उपयोगी हैं।

संदर्भ ग्रन्थ सूची

1. *Tiwari, Ramchandra &Tiwari,Sudhakar ,Abhinav Prayogatmak Bhugol, 2013. Prayag Pustak Bhavan , pp.324-348.*
2. *Anders, N., Seijmonsbergen, A., Bouten, W., 2009. Multi-scale and object-oriented image analysis of high-red LiDAR data for geomorphological mapping in Alpine mountains. In: Purves, R., Gruber, S., Straumann, R., Hengl, T. (Eds.), Proceedings of Geomorphometry 2009. University of Zurich, Zurich, pp. 61–65.*
3. *Aniya, M., Etaya, M., Shimoda, H., 1985. Evaluation of Landsat data for landslide identification as a means for watershed management. Journal of the Japan Society of Photogrammetry and Remote Sensing 24, 17–21.*
4. *Barlow, J., Martin, Y., Franklin, S.E., 2003. Detecting translational landslide scars using segmentation of Landsat ETM þand DEM data in the northern Cascade Mountains, British Columbia. Canadian Journal of Remote Sensing 29, 510–517.*
5. *Birkett, C.M., Mertes, A.A.K., Dunne, T., Costa, M.H., Jasinski, M.J., 2002. Surface water dynamics in the Amazon Basin: application of satellite radar altimetry.*

Journal of Geophysical Research 107. http://dx.doi.org/10.1029/2001JD000609.

6. *Bishop, M.P., James, L.A., Shroder, J.F., Walsh, S.J., 2012. Geospatial technologies and digital geomorphological mapping: concepts, issues and research. Geomorphology 137, 5–26.*
7. *Bronge, L.B., Bronge, C., 1999. Ice and snow-type classification in the Vestfold Hills, East Antarctica, using Landsat-TM data and ground radiometer measurements. International Journal of Remote Sensing 20, 225–240.*