परिचय

रिमोट सेंसिंग (आरएस) और भौगोलिक सूचना प्रणाली (जीआईएस) जैसी तकनीकें आपदा संबंधी अध्ययनों में कुछ विशेष आपदाओं के अध्ययनों के लिए स्थान के बेहतर उपयोग में आधुनिक वैज्ञानिक और उन्नत तकनीकी का उपयोग करती हैं। आरएस यानी सुदूर संवेदन और जीआईएस यानी भौगोलिक सूचना प्रणाली को शुरुआती दौर में पृथ्वी संसाधनों के उपयुक्त उपयोग की योजना,निगरानी और प्रबंधन के लिए माध्यमिक और सहायक उपकरण के रूप में मान्यता दी गई। हाल के वर्षो में सुदूर संवेदन और भौगोलिक सूचना प्रणाली अपने बहु–विषयक अनुप्रयोगों और कई अन्य वैज्ञानिक और तकनीकी क्षेत्रों के साथ एकीकरण के कारण अध्ययन का एक विशिष्ट क्षेत्र बन गए हैं। सुदूर संवेदन और भौगोलिक सूचना प्रणाली (आरएस और जीआईएस) एक व्यापक अनुशासन के दो घटक हैं जिन्हें अब जियोइन्फार्मेटिक्स या जियोमैटिक्स (Geoinformatics or Geomatics) के रूप में जाना जाता है।

रिमोट सेंसिंग आंकड़ा प्राथमिक आंकड़ा का एक उदाहरण है जो आपदा और पर्यावरण संबंधी अध्ययनों के लिए उपयोगी है। रिमोट सेंसिंग इलेक्ट्रोमैग्नेटिक रेडिएशन (ईएमआर) के आधार पर काम करती है। ईएमआर वायुमंडल और पृथ्वी की सतह की विशेषताओं के साथ परस्पर क्रिया करता है। अंतःक्रिया पृथ्वी की सतह की विशेषताओं की वर्णक्रमीय विशेषताओं को निर्धारित करती है और उसके आधार पर इन विशेषताओं की पहचान की जाती है। विभिन्न प्रकार की रिमोट सेंसिंग प्रणालियाँ हैं जिनका उपयोग विशिष्ट अनुप्रयोग क्षेत्रों के लिए किया जाता है। इस इकाई में आप रिमोट सेंसिंग की बुनियादी अवधारणाओं, वायुमंडल और पृथ्वी की सतह की विशेषताओं के साथ ईएमआर की अंतःक्रिया और सामान्य सतह की विशेषताओं की वर्णक्रमीय विशेषताओं वनस्पति, मिट्टी और पानी के बारे में जानेंगे। साथ ही आप विभिन्न प्रकार के रिमोट सेंसिंग और सेंसर के बारे में भी सीखेंगे।

जियोइन्फार्मेटिक्स क्या है ?

इस अनुभाग में, हम भू–सूचना विज्ञान प्रौद्योगिकी से परिचित होंगे, जिसमें अध्ययन से विभिन्न प्रकार की अपार संभावनाएं हैं। भू–सूचना विज्ञान आज विभिन्न विषयों, उद्योगों और संगठनों में निर्णय लेने वालों के लिए एक महत्वपूर्ण तकनीक बन गया है क्योंकि यह उन्हें स्थानिक

जानकारी प्राप्त करने, संसाधित करने, विश्लेषण करने, कल्पना करने और आउटपुट उत्पन्न करने में सक्षम बनाता है। आइए सबसे पहले जियोइन्फार्मेटिक्स शब्द का अर्थ समझें।

परिभाषा

माना जाता है कि जियोइन्फार्मेटिक्स तीन विषयों फोटोग्रामेट्री तथा रिमोट सेंसिंग और भौगोलिक सूचना प्रणालियों के एकीकरण के कारण कुछ दशक पहले ही अस्तित्व में आया । जियोइन्फार्मेटिक्स शब्द में दो शब्द शामिल हैं– जियो (अर्थ पृथ्वी) और इंफार्मेटिक्स (कंप्यूटर और सूचना विज्ञान से संबंधित एक व्यापक क्षेत्र)। इसलिए भू–सूचना विज्ञान को पृथ्वी विज्ञान और सूचना विज्ञान के मिलन के रूप में समझा जा सकता है। हालाँकि, यह किसी भी डेटा के लिए उपयोगी है जिसे उसकी स्थानीय जानकारी से पहचाना जा सकता है।हम कह सकते हैं कि जियोइन्फार्मेटिक्स मोटे तौर पर पृथ्वी के बारे में जानकारी के संग्रह विश्लेषण भंडारण पुनर्प्राप्ति प्रतिनिधित्व और प्रसार के लिए कंप्यूटर और सूचना प्रौद्योगिकी के उपयोग से संबंधित है।

जैचिम्स्की (2001) के अनुसार, जियोइन्फार्मेटिक्स "--- सूचना के एकत्रीकरण, प्रसंस्करण और प्रसार का विज्ञान है जिसे पृथ्वी की प्रणाली के भीतर स्थानिक रूप से परिभाषित किया गया है।"

भू–सूचना विज्ञान प्रौद्योगिकियों में रिमोट सेंसिंग (आरएस), फोटोग्रामेट्री, कार्टोग्राफी, भौगोलिक सूचना प्रणाली (जीआईएस), जियोडेसी और ग्लोबल नेविगेशन सैटेलाइट सिस्टम (जीएनएसएस) शामिल हैं। पिछले कुछ दशकों में भू–सूचना विज्ञान प्रौद्योगिकियों में महत्वपूर्ण विकास हुआ है, जिसके कारण जनसंख्या अध्ययन सहित विभिन्न क्षेत्रों और विषयों में प्रौद्योगिकियों का व्यापक उपयोग हुआ है।

आइए पहले हम भू–सूचना विज्ञान के विभिन्न घटकों को समझें।

घटक

भू–सूचना विज्ञान को एक एकीकृत स्थानिक अनुसंधान उपकरण के रूप में माना जा सकता है, जिसमें सर्वेक्षण और मानचित्रण, रिमोट सेंसिंग, भौगोलिक सूचना प्रणाली (जीआईएस), ग्लोबल नेविगेशन सैटेलाइट सिस्टम (जीएनएसएस), जियोडेसी और कंप्यूटर विज्ञान सहित विषयों की एक विस्तृत श्रृंखला शामिल है।

भू–सूचना विज्ञान के विभिन्न घटक निम्नलिखित हैं:

- **रिमोट सेंसिंग (आरएस)** – दूर से पृथ्वी के डेटा के अधिग्रहण से संबंधित है।
- **भौगोलिक सूचना प्रणाली (जीआईएस)** – यह हार्डवेयर, साफ्टवेयर, लोगों और डेटा को एकीकृत करती है और हमें भौगोलिक रूप से संदर्भित डेटा को देखने, समझने, सवाल करने, व्याख्या करने और कल्पना करने की अनुमति देती है।
- **ग्लोबल नेविगेशन सैटेलाइट सिस्टम (जीएनएसएस)** – यह पृथ्वी की परिक्रमा करने वाले उपग्रहों का एक समूह है जिसे वास्तविक समय में वैश्विक कवरेज के साथ स्वायत्त भू–स्थानिक स्थिति प्रदान करने के लिए डिजाइन किया गया है।
- **भूगणित** – पृथ्वी के आकार और आयामों से संबंधित है और 2–आयाम में 3–आयामी पृथ्वी का प्रतिनिधित्व करने में मदद करता है।
- **कार्टोग्राफी** – मानचित्रों को डिजाइन करने, निर्माण करने और बनाने का विज्ञान और कला है।
- **फोटोग्रामेट्री** – इसका संबंध हवाई तस्वीरों की मदद से वस्तुओं की स्थिति और आकार का माप करने से है।

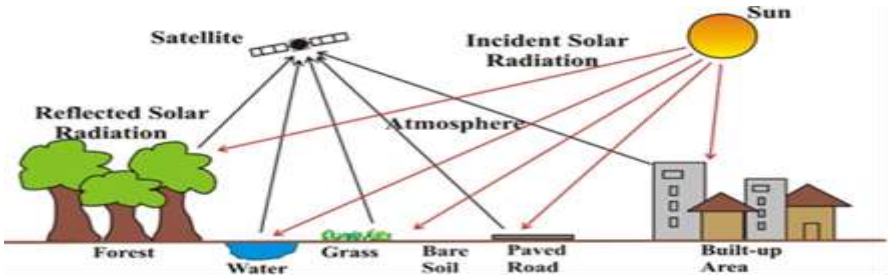
.• **कंप्यूटर विज्ञान** – हार्डवेयर और साफ्टवेयर के विकास के माध्यम से लागू जानकारी का प्रतिनिधित्व और प्रसंस्करण करने के लिए कंप्यूटर विज्ञान का ज्ञान एक शर्त है।
हम तीन अलग–अलग इकाइयों में तीन घटकों यानी रिमोट सेंसिंग, जीआईएस और जीएनएसएस पर जोर देते हुए इन घटकों पर चर्चा करेंगे। इस इकाई में, हम रिमोट सेंसिंग घटक पर ध्यान केंद्रित करेंगे। आपको क्रमशः इकाई 3 और 5 में जीएनएसएस और जीआईएस घटकों से परिचित कराया जाएगा।

रिमोट सेंसिंग

इस खंड में हम रिमोट सेंसिंग की अवधारणा और परिभाषा सीखेंगे, रिमोट सेंसिंग प्रक्रिया और इसके फायदे और सीमाओं पर चर्चा करेंगे।

संकल्पना

रिमोट सेंसिंग की अवधारणा को चित्र 1.1 में आरेखीय रूप से दिखाया गया है जिसमें आप देख सकते हैं कि सूर्य ऊर्जा का प्रमुख स्रोत है। जब ऊर्जा (विद्युत चुम्बकीय विकिरण के रूप में) पृथ्वी के वायुमंडल में पहुँचती है तब यह परावर्तन,अवशोषण और संचरण की प्रक्रिया से गुजरती है। पृथ्वी की सतह में विभिन्न प्राकृतिक और मानव निर्मित विशेषताएं शामिल हैं जो अपने भौतिक और रासायनिक गुणों के आधार पर विभिन्न प्रतिशत में विभिन्न तरंगदैर्ध्य पर पृथ्वी के विकिरण को प्रतिबिंबित अवशोषित संग्रहित और उत्सर्जित करती हैं।



रिमोट सेंसिंग की अवधारणा का आरेखीय प्रतिनिधित्व

रिमोट सेंसर पृथ्वी की सतह की विभिन्न विशेषताओं से परावर्तित या उत्सर्जित विकिरण की विभिन्न मात्रा को रिकार्ड करते हैं और इसे एक छवि के रूप में पुन: पेश करते हैं। रिमोट सेंसिंग विद्युत चुम्बकीय विकिरण के साथ पृथ्वी की सतह की विशेषताओं की बातचीत को रिकार्ड करके पृथ्वी की सतह का एक संक्षिप्त दृश्य प्रदान करता है। ये इंटरैक्शन कुछ संख्यात्मक जानकारी के रूप में रिमोट सेंसिंग छवियों में दर्ज किए जाते हैं।

हवाई तस्वीरें और उपग्रह रिमोट सेंसिंग छवियां हमें पृथ्वी की सतह का शीर्ष दृश्य (विहंगम दृश्य) प्रदान करती हैं। आप भारत के गुजरात के एक हिस्से की पृथ्वी की सतह की विशेषताओं की कल्पना कर सकते हैं जैसा कि चित्र 1.2 में रिमोट सेंसिंग छवियों में दिखाया गया है ।

अलग–अलग बैंड संयोजनों में गुजरात के एक हिस्से की छवियां (ए) हमारी आंखों को दिखाई देने वाले प्राकृतिक रंगों में पृथ्वी की सतह की विभिन्न वस्तुओं को दिखाती हैं, जो लाल, हरे और नीले तरंग दैर्ध्य में प्राप्त छवियों के संयोजन का उपयोग करके बनाई गई हैं, और (बी) झूठे रंग बनाए गए हैं में प्राप्त छवियों के संयोजन का उपयोग करनानिकट अवरक्त, लाल और हरी तरंग दैर्ध्ययय (सी) पहले, और (डी) उपग्रह रिमोट सेंसिंग छवियों के बाद दिसंबर 2004 में अंडमान और निकोबार द्वीप समूह के कुछ द्वीपों पर सुनामी के प्रभाव को दिखाते हुए (स्रोतरू ए– हियरमैप्स. काम बी–लैंडसैट ईटीएम +छवि)

परिभाषा

जब हम किसी वस्तु को अपनी आंखों से देखते हैं तो हम वास्तव में रिमोट सेंसिंग में लगे होते हैं और हमारी आंखें रिमोट सेंसर के रूप में कार्य करती हैं। रिमोट सेंसिंग दूर से (यानी दूर से) जानकारी प्राप्त करने (यानी सेंसिंग) की प्रक्रिया है। दूरस्थ का अर्थ है सुविधाओं के साथ भौतिक संपर्क में आए बिना। और सेंसिंग का अर्थ है हवाई या उपग्रह प्लेटफार्मों पर रखे गए कुछ उपकरणों के माध्यम से पृथ्वी की सतह की विशेषताओं के बारे में जानकारी प्राप्त करना।

रिमोट सेंसिंग की कई औपचारिक परिभाषाएँ हैं। अमेरिकन सोसाइटी फार फोटोग्रामेट्री एंड रिमोट सेंसिंग (एएसपीआरएस) के अनुसार, रिमोट सेंसिंग किसी वस्तु या घटना की कुछ संपत्ति की जानकारी का माप या अधिग्रहण है, एक रिकार्डिंग डिवाइस द्वारा जो वस्तु या घटना के साथ भौतिक या अंतरंग संपर्क में नहीं है अध्ययनाधीन(कोलवेल, 1983)।

कैंपबेल (2002) ने रिमोट सेंसिंग को पृथ्वी की भूमि और पानी की सतहों के बारे में जानकारी प्राप्त करने के अभ्यास के रूप में परिभाषित किया है, जो विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के एक या अधिक क्षेत्रों में विद्युत चुम्बकीय विकिरण का उपयोग करके, एक

ओवरहेड परिप्रेक्ष्य से प्राप्त छवियों का उपयोग करके पृथ्वी की सतह से प्रतिबिंबित या उत्सर्जित होता है।

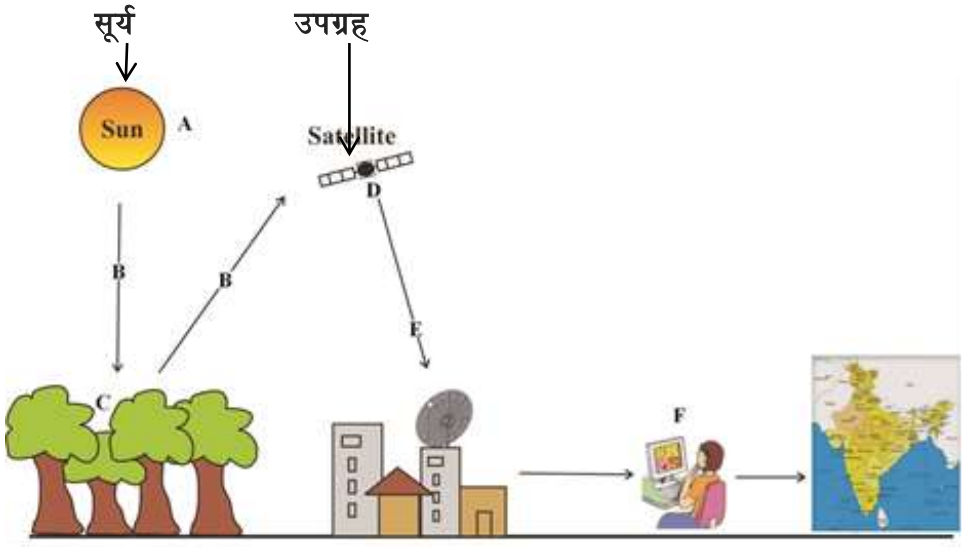
लिलेसैंड और किफर (1979) के अनुसार, रिमोट सेंसिंग "किसी उपकरण द्वारा प्राप्त डेटा के विश्लेषण के माध्यम से किसी वस्तु, क्षेत्र या घटना के बारे में उपयोगी जानकारी प्राप्त करने का विज्ञान और कला है जो वस्तु, क्षेत्र या घटना के संपर्क में नहीं है।"

यह परिभाषा रिमोट सेंसिंग को कला और विज्ञान दोनों के रूप में संदर्भित करती है।रिमोट सेंसिंग एक विज्ञान है जब जानकारी कुछ वैज्ञानिक तथ्यों का उपयोग करके रिमोट सेंसिंग डेटा से निकाली जाती है, जबकि यह एक कला है जब जानकारी पृष्ठभूमि या अनुभव के माध्यम से प्राप्त पूर्व ज्ञान के माध्यम से प्राप्त की जाती है। रिमोट सेंसिंग विश्लेषक वैज्ञानिक तथ्यों और अपने अनुभव दोनों का उपयोग करके रिमोट सेंसिंग डेटा से जानकारी प्राप्त करते हैं।

रिमोट सेंसिंग क्या है यह जानने के बाद अब हम रिमोट सेंसिंग प्रक्रिया के बारे में चर्चा करते हैं।

रिमोट सेंसिंग प्रक्रिया

रिमोट सेंसिंग की प्रक्रिया में कई चरण शामिल हैं। अब हम जानते हैं कि हमारी आंखें रिमोट सेंसर का एक उदाहरण हैं। हम वस्तुओं का निरीक्षण करते हैं क्योंकि विकिरण का एक स्रोत होता है जो वस्तुओं के साथ संपर्क करता है और विकिरणित प्रकाश को हमारी आंखें (यानी सेंसर) पकड़ लेती हैं। आंखें हमारे मस्तिष्क (यानी प्रोसेसर) को सिग्नल (डेटा) भेजती हैं जो डेटा को प्रोसेस करता है और उसे सूचना में परिवर्तित करता है। इन रिमोट सेंसिंग प्रक्रियाओं को चित्र 1.3 में दिखाया गया है और यहां चर्चा की गई है।



ए – ऊर्जा का स्रोत: रिमोट सेंसिंग के लिए पहली और बहुत महत्वपूर्ण आवश्यकता एक ऊर्जा स्रोत है जो पृथ्वी को विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा प्रदान करता है। यह या तो प्राकृतिक

(जैसे सौर विकिरण) या कृत्रिम (जैसे रडार) स्रोतों से हो सकता है। रिमोट सेंसिंग के लिए, सूर्य के विकिरणों का उपयोग आमतौर पर ऊर्जा के स्रोत के रूप में किया जाता है।

बी – वायुमंडल के साथ ऊर्जा की अंतःक्रिया: जब ऊर्जा अपने स्रोत से पृथ्वी की सतह तक यात्रा करती है, तो यह पृथ्वी के वायुमंडल के संपर्क में आती है जहां यह वायुमंडलीय घटकों के साथ अंतःक्रिया करती है। पृथ्वी की सतह से परावर्तित ऊर्जा दूरस्थ सेंसर द्वारा प्राप्त की जाती है। इस प्रक्रिया में, ऊर्जा एक बार फिर वायुमंडल के साथ संपर्क करती है।

सी – पृथ्वी की सतह की विशेषताओं के साथ ऊर्जा की अंतःक्रिया: वायुमंडल के माध्यम से पृथ्वी की सतह तक पहुंचने वाली ऊर्जा पृथ्वी की सतह की विशेषताओं के साथ अंतःक्रिया करती है। अंतःक्रिया और उसका परिणाम विशेषताओं और ऊर्जा की विशेषताओं पर निर्भर करता है।

डी – सेंसर द्वारा ऊर्जा की रिकार्डिंग : पृथ्वी की सतह की विशेषताओं के साथ बातचीत करने के बाद, परावर्तित और उत्सर्जित ऊर्जा सेंसर तक जाती है। और, सेंसर परावर्तित और उत्सर्जित ऊर्जा को रिकार्ड करता है।

ई – रिकार्ड किए गए सिग्नलों का ट्रांसमिशन, रिसेप्शन और प्रसंस्करण: सेंसर द्वारा रिकार्ड की गई ऊर्जा सिग्नल के रूप में पृथ्वी स्टेशनों तक प्रेषित होती है जो सिग्नल प्राप्त करते हैं और संसाधित करते हैं। इलेक्ट्रानिक संकेतों को संसाधित किया जाता है और एक छवि में परिवर्तित किया जाता है।

एफ – डेटा की व्याख्या और विश्लेषण: रुचि की वस्तु के बारे में जानकारी निकालने के लिए संसाधित छवि की व्याख्या और विश्लेषण किया जाता है।

लाभ और सीमाएँ

रिमोट सेंसिंग की अवधारणा को समझने के बाद, आइए अब इसके फायदे और सीमाओं पर नजर डालें। हम क्षैतिज परिप्रेक्ष्य से पृथ्वी की सतह की विशेषताओं का निरीक्षण करते हैं जबकि रिमोट सेंसिंग हमें पृथ्वी की सतह का विहंगम दृश्य प्रदान करता है। यह ऊपरी परिप्रेक्ष्य हमें पृथ्वी की सतह की विशेषताओं का एक बहुत ही अलग दृष्टिकोण देता है। रिमोट सेंसिंग के निम्नलिखित फायदे हैं:

• यह एक संक्षिप्त दृश्य प्रदान करता है (जो अन्यथा यथास्थान अवलोकन में संभव नहीं है) ।

• यह दुर्गम क्षेत्रों का डेटा प्राप्त कर सकता है (जो किसी आपदा के दौरान विशेष रुचि का होता है ।

• यह डेटा संग्रह का एक लागत प्रभावी साधन है ।

• यह मानव आंख की दृश्य सीमा से परे तरंग दैर्ध्य में डेटा प्रदान कर सकता है ।

• यह डेटा संग्रह का एक विनीत साधन है जो देखी जा रही वस्तु या घटना की विशेषताओं को नहीं बदलता है

• यह ऐतिहासिक डेटासेट प्रदान करता है जो अतीत में किसी दिए गए समय में किसी वस्तु की विशेषताओं को समझने के लिए उपयोगी होते हैं।

इन फायदों के अलावा, यहां सूचीबद्ध रिमोट सेंसिंग की सीमाएं भी हैंरू

• कभी–कभी यह पाया जाता है कि उपयुक्त डेटा आसानी से उपलब्ध नहीं होता है, विशेष रूप से उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में जहां क्लाउड कवर रिमोट सेंसिंग डेटा के अधिग्रहण में बाधा डालता है क्योंकि सभी सेंसर क्लाउड के माध्यम से श्देखश नहीं सकते हैं।

• रडार और लेजर जैसे ऊर्जा के अपने स्रोत वाले रिमोट सेंसिंग सिस्टम घुसपैठ कर सकते हैं और जांच के तहत घटना को प्रभावित कर सकते हैं

• रिमोट सेंसिंग सिस्टम समय के साथ अनकैलिब्रेटेड हो सकते हैं जिसके परिणामस्वरूप एकत्र किए गए डेटा में त्रुटियां हो सकती हैं।

विद्युत चुम्बकीय विकिरण

अँधेरे में हमें कुछ भी दिखाई नहीं देता. हम किसी चीज को केवल प्रकाश की उपस्थिति में ही देख सकते हैं अर्थात जब वस्तु किसी ऊर्जा स्रोत से प्रकाशित होती है। आंखों से जुड़ी इंद्रिय को दृष्टि या दृष्टि के रूप में जाना जाता है और यह प्रकाश द्वारा उत्तेजित होती है। आंखें आने वाली रोशनी को विद्युत संकेतों में परिवर्तित करती हैं और उन्हें मस्तिष्क तक पहुंचाती हैं, जो प्रसंस्करण के बाद हमारे दिमाग में चित्रध्छवि बनाती है। इसी प्रकार, जैसा कि आपने चित्र में देखा है कि रिमोट सेंसिंग उपकरण उस ऊर्जा को रिक०र्ड करता है जिसने पृथ्वी की सतह की विशेषताओं के साथ संपर्क किया है। यह ऊर्जा उपकरण और वस्तुओं के बीच मुख्य संचार लिंक के रूप में कार्य करती है। अतरू रिमोट सेंसिंग के लिए पहली आवश्यकता ऊर्जा के स्रोत की है और ऊर्जा का प्राकृतिक स्रोत सूर्य से निकलने वाली विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा है। जैसा कि आपने स्कूल में अपने भौतिकी पाठ्यक्रम में पढ़ा है कि ऊर्जा का स्थानांतरण तीन तरीकों से होता है अर्थात चालन, संवहन और विकिरण। संचालन और संवहन के विपरीत, विकिरण को ऊर्जा स्थानांतरित करने के लिए किसी माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है। दीप्तिमान ऊर्जा को विद्युत चुम्बकीय विकिरण द्वारा वहन की जाने वाली ऊर्जा के रूप में परिभाषित किया गया है। आप जानते हैं कि जिस भी चीज का तापमान परम शून्य से ऊपर होता है वह ऊर्जा उत्सर्जित करती है। रिमोट सेंसिंग के संदर्भ में, हमारी रुचि विकिरण द्वारा ऊर्जा के हस्तांतरण में है क्योंकि यह निर्वात में और सूर्य और पृथ्वी के बीच के क्षेत्र में वायुमंडल में हो सकता है।

विद्युत चुम्बकीय विकिरण के मॉडल

इलेक्ट्रोमैग्नेटिक रेडिएशन (ईएमआर) की कल्पना मैक्सवेल ने 1862 में विद्युत और चुंबकीय क्षेत्रों से युक्त विद्युत चुम्बकीय तरंग के रूप में की थी और यह प्रकाश की गति से अंतरिक्ष में यात्रा करती है। दोनों क्षेत्र एक–दूसरे के समकोण पर हैं और प्रसार की दिशा के लंबवत हैं। दोनों क्षेत्रों के आयाम समान हैं जो एक ही समय में अपनी अधिकतम–न्यूनतम तक पहुँचते हैं। ईएमआर की दो महत्वपूर्ण विशेषताएं तरंगदैर्ध्य और आवृत्ति हैं, जो रिमोट सेंसिंग को समझने के लिए महत्वपूर्ण हैं। ईएमआर की प्रकृति, अंतरिक्ष के माध्यम से इसके प्रसार और पदार्थ तरंग और कण माडल के साथ इसकी बातचीत को समझाने के लिए दिया गया है।

आपने अपने विद्यालय में विद्युत चुम्बकीय विकिरण के तरंग और कण माडल के बारे में पढ़ा है। तरंग माडल विद्युत चुम्बकीय तरंगों के प्रसार, फैलाव, प्रतिबिंब, अपवर्तन और हस्तक्षेप जैसी घटनाओं की व्याख्या करने में सक्षम है। तरंग माडल तरंगदैर्ध्य और आवृत्ति के संदर्भ में ऊर्जा के प्रसार का वर्णन करता है। हालाँकि, इस ऊर्जा का पता केवल पदार्थ के साथ इसकी अंतःक्रिया के संदर्भ में लगाया जा सकता है।

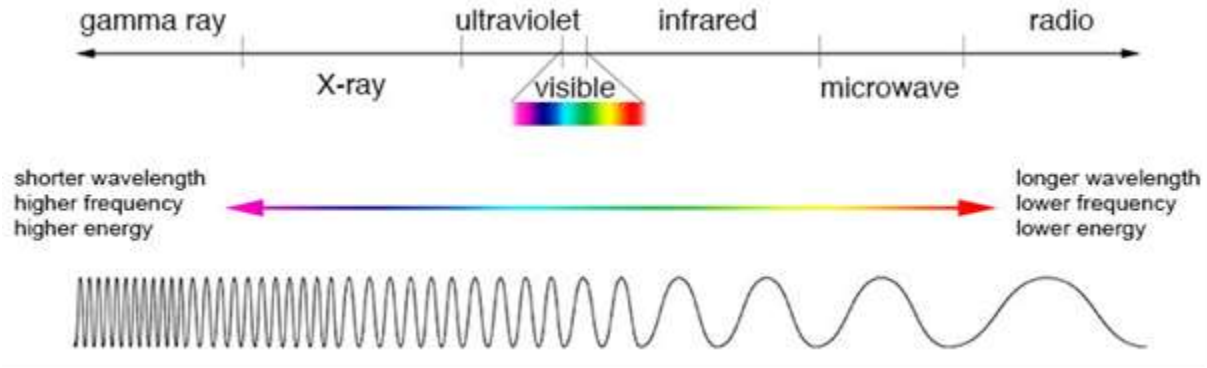
कण माडल 1704 में सर आइजैक न्यूटन द्वारा दिया गया था। कण माडल बताता है कि यह ऐसा व्यवहार करता है जैसे इसमें कई अलग–अलग पिंड होते हैं जिन्हें **फोटोन या क्वांटा** कहा जाता है। इसके अनुसार प्रकाश, कणों की एक धारा के रूप में व्यवहार करता

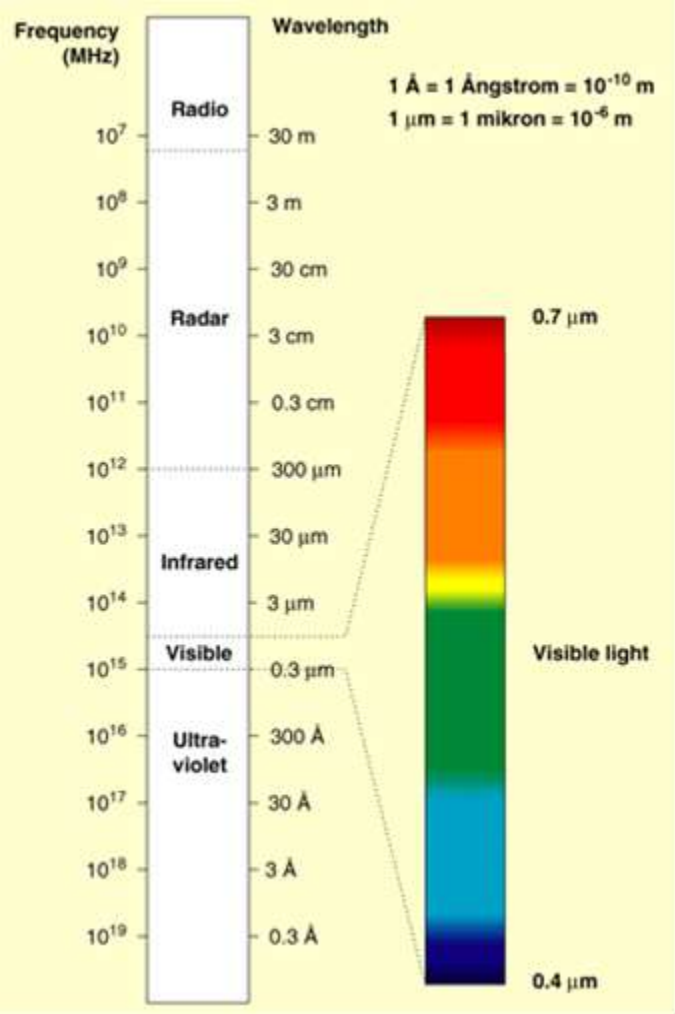
है और सीधी रेखा में यात्रा करता है। दोनों पहलू (यानी तरंग और कण) एक ही समय में प्रकाश बनाते हैं। यह हमें प्रकाश का वर्णन करने के वर्तमान तरीके की ओर ले जाता है, जिसे तरंग कण द्वंद्व के रूप में जाना जाता है। तरंग कण द्वैत माडल यह मानता है कि सभी पदार्थ तरंग और कण दोनों गुणों को प्रदर्शित करते हैं। विभिन्न फोटोनों में निश्चित मात्रा में ऊर्जा हो सकती है। विशिष्ट ऊर्जा स्तर वाले फोटोन विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम में विशिष्ट स्थान रखते हैं।

विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम

विद्युत चुम्बकीय विकिरण तरंग दैर्ध्य की एक विस्तृत श्रृंखला में फैलता है। दीप्तिमान ऊर्जाओं की पूरी श्रृंखला को **विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम** (ईएमएस) कहा जाता है। ईएमआर बहुत उच्च ऊर्जा विकिरण जैसे गामा किरणों और एक्स किरणों से लेकर पराबैंगनी प्रकाश, दृश्य प्रकाश, अवरक्त विकिरण और माइक्रोवेव से लेकर रेडियो तरंगों तक होता है जैसा कि चित्र 1.4 में दिखाया गया है। इन विभाजनों को उनकी आवृत्ति, तरंग दैर्ध्य या तरंग संख्या के अनुसार क्रमबद्ध किया जाता है। हमारी आंखें ईएमएस के केवल एक छोटे से हिस्से के प्रति संवेदनशील होती हैं जिसे दृश्यमान सीमा कहा जाता है।

दृश्य क्षेत्र से परे विकिरण हमारी आंखों के लिए अदृश्य हैं लेकिन थर्मल सेंसर जैसे कुछ रिमोट सेंसिंग उपकरणों द्वारा पता लगाया जा सकता है जो थर्मल इन्फ्रारेड क्षेत्र में विकिरण को महसूस कर सकते हैं। दूसरा उदाहरण ट।क।ट का है जो विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के माइक्रोवेव क्षेत्र में डेटा एकत्र कर सकता है। आप ध्यान दें कि विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम का विभाजन व्यावहारिक उद्देश्य के लिए है। गामा किरणें और एक्स किरणें संभावित रूप से खतरनाक हैं और पराबैंगनी प्रकाश भी इतना शक्तिशाली है कि सनबर्न का कारण बन सकता है। आप अवरक्त विकिरण को गर्मी के रूप में महसूस कर सकते हैं। आप जानते हैं कि हम माइक्रोवेव ओवन में माइक्रोवेव का उपयोग करते हैं और संचार के लिए रेडियो तरंगों का उपयोग किया जाता है। सभी प्रकार के ईएमआर तरंग रूप हैं जो प्रकाश की गति से यात्रा करते हैं। विकिरण को उनकी तरंग दैर्ध्य या आवृत्ति के संदर्भ में परिभाषित किया जा सकता है। छोटी तरंग दैर्ध्य विकिरण (इन्फ्रारेड या छोटी) को आमतौर पर इसकी तरंग दैर्ध्य के संदर्भ में वर्णित किया जाता है, जबकि लंबी तरंग दैर्ध्य विकिरण (माइक्रोवेव, आदि) को आम तौर पर इसकी आवृत्ति के संदर्भ में वर्णित किया जाता है।





1.4: विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रमरू ए) प्रमुख प्रभागय बी) उनकी तरंग दैर्ध्य और आवृत्तियों के साथ विभाजन।

व्यावहारिक उद्देश्य के लिए विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम को तरंग दैर्ध्य के आधार पर विभिन्न क्षेत्रों में विभाजित किया गया है। हालाँकि, विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम गामा किरणों से लेकर रेडियो तरंगों तक होता है, रिमोट सेंसिंग आम तौर पर पराबैंगनी से लेकर माइक्रोवेव क्षेत्रों तक सीमित होती है जैसा कि तालिका 1.1 में दिखाया गया है।

तालिका 1.1:
रिमोट सेंसिंग में प्रयुक्त विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के विभाजन

प्रभाग	उपखंड	तरंगदैर्घ्य
पराबैंगनी (0.01 - 0.38 μm)		0.01 - 0.38 μm (10–380 nm)
दृश्यमान (0.4 - 0.7 μm)	नीला	0.4 - 0.5 μm
	हरा	0.5 - 0.6 μm
	लाल	0.6 - 0.7 μm
इन्फ्रारेड (0.7 μm – 1 mm)	इंफ्रारेड के निकट	0.7 – 1.3 μm
	मध्यम इंफ्रारेड	1.3 - 3 μm
	दूर या तापीय इंफ्रारेड	3 – 30 μm
माइक्रोवेव (0.1 - 100 cm)	Ku-K-Ka	0.75-2.5 से.मी.
	X	2.5-4 से.मी.
	C	4-8 से.मी.
	S	8-15 से.मी.
	L	15-30 से.मी.

विकिरण कानून

हमने पढ़ा है कि रिमोट सेंसिंग विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा और उसके गुणों पर आधारित है। जब ईएमआर पदार्थ के साथ संपर्क करता है तो यह कुछ नियमों का पालन करता है, जिन्हें विकिरण नियम कहा जाता है। ये कानून विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा के गुणों के मात्रात्मक पहलुओं को परिभाषित करते हैं। ये नियम तब लागू होते हैं जब विकिरण करने वाला पिंड एक ब्लैकबाडी रेडिएटर होता है। परम शून्य (0°K या −273°C) तापमान से ऊपर की सभी सामग्रियाँ विकिरण उत्सर्जित करती हैं। ब्लैकबoडी की आदर्श सतहों पर लागू होने वाले निम्नलिखित विकिरण नियम रिमोट सेंसिंग का आधार बनते हैं:

• किरचाफ का नियम: यह ब्लैकबाडी विकिरण के व्यवहार को परिभाषित करता है।

• प्लैंक का नियम: यह किसी सतह द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा के व्यवहार को तरंग दैर्ध्य और तापमान के आधार पर परिभाषित करता है।

प्लैंक के नियम से निम्नलिखित दो नियम प्राप्त होते हैं जो रिमोट सेंसिंग में बहुत महत्वपूर्ण हैं:

• स्टीफन–बोल्ट्जमैन का नियमरू यह उत्सर्जित विकिरण और पूरे ईएमएस पर तापमान में वृद्धि के बीच संबंध बताता है।

• वीन का विस्थापन नियम: यह उत्सर्जित विकिरण की तरंग दैर्ध्य और तापमान के बीच संबंध को परिभाषित करता है।

ईएमआर का वायुमंडल और पृथ्वी की सतह के साथ अंतःक्रिया

हम जानते हैं कि ईएमआर रिमोट सेंसिंग का आधार है और अधिकांश रिमोट सेंसिंग सेंसर पृथ्वी की सतह पर वस्तुओं के बारे में जानकारी एकत्र करने के लिए सूर्य की ऊर्जा का उपयोग करते हैं। सेंसर वायुमंडल और पृथ्वी की सतह के साथ संपर्क के बाद सूर्य से आने वाले विकिरण को रिक०र्ड करते हैं। वायुमंडल में कण और गैसें आने वाली रोशनी या विकिरण को प्रभावित कर सकते हैं। वायुमंडल और पृथ्वी की सतह पर होने वाली प्रक्रियाओं के कारण रिमोट सेंसर तक पहुंचने वाला विकिरण महत्वपूर्ण रूप से संशोधित होता है। इस खंड में, अब हम इस बारे में चर्चा करेंगे कि ये विकिरण वायुमंडल और पृथ्वी की सतह पर कैसे परस्पर क्रिया करते हैं।

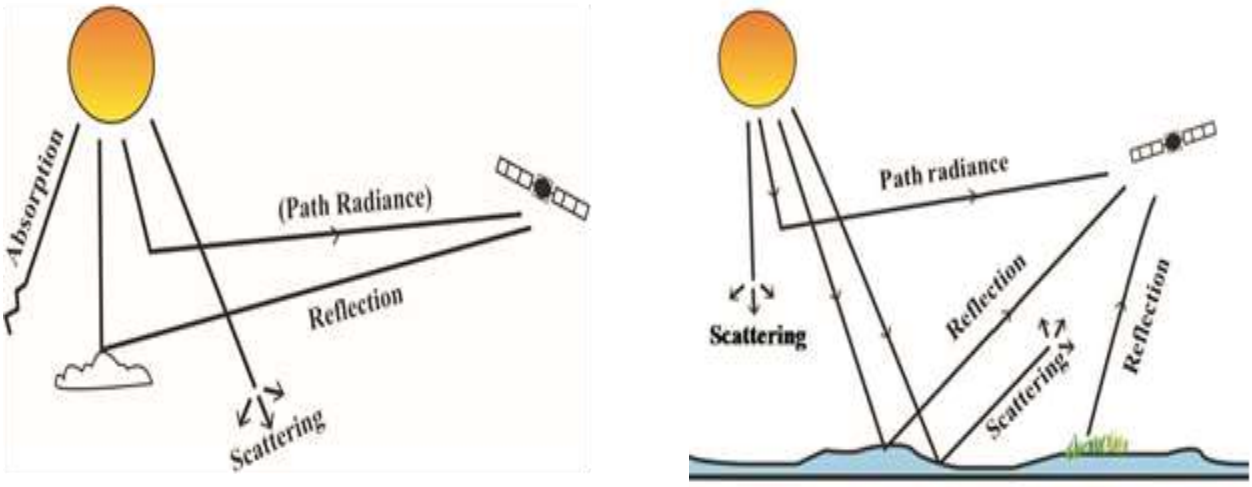
ईएमआर – वातावरणीय अंतःक्रिया

पीढ़ी दर पीढ़ी ईएमआर निर्वात और फिर पृथ्वी के वायुमंडल से होकर गुजरता है। वायुमंडलीय घटक (गैसें और कण) ईएमआर के साथ परस्पर क्रिया करते हैं और अवशोषण, प्रकीर्णन, अपवर्तन और परावर्तन तंत्र के कारण इसकी तरंगदैर्ध्य, तीव्रता और वर्णक्रमीय वितरण को प्रभावित करते हैं (चित्र 1.5)। वायुमंडल के साथ ईएमआर की अंतःक्रिया दो मुख्य कारणों से सुदूर संवेदन के लिए महत्वपूर्ण हैरू

• पृथ्वी की सतह से परावर्तितध्उत्सर्जित ईएमआर द्वारा ली गई जानकारी वायुमंडल से गुजरते समय संशोधित हो जाती है, और

• वायुमंडल के साथ ईएमआर की अंतःक्रिया का उपयोग वायुमंडल के बारे में उपयोगी जानकारी प्राप्त करने के लिए किया जा सकता है।

हम यहां इन तंत्रों पर संक्षेप में चर्चा करेंगे।



(ए) (बी)

चित्र1.5: वायुमंडल में ईएमआर की अंतःक्रिया और विभिन्न तंत्रों अर्थात अवशोषण, प्रकीर्णन, परावर्तन,संचरण आदि को दर्शाने वाला योजनाबद्ध

अवशोषण

अवशोषण की प्रक्रिया में, दीप्तिमान ऊर्जा को ऊर्जा के अन्य रूपों में परिवर्तित किया जाता है और विभिन्न तरंग दैर्ध्य पर उत्सर्जित किया जाता है। शुद्ध गैसें (नाइट्रोजन, आक्सीजन, आर्गन, CO_2, जल वाष्प और ओजोन) और कण (धूल, धुएं आदि से उत्पन्न होने वाले विभिन्न आकार के कण) विभिन्न तरंग दैर्ध्य और विभिन्न ऊंचाई पर ऊर्जा को अवशोषित करते हैं। 0.3μm से कम तरंगदैर्ध्य पर विकिरण का लगभग पूर्ण अवशोषण पृथ्वी को पराबैंगनी विकिरण से बचाने का कारण ओजोन ही है।सौर विकिरण की सबसे बड़ी मात्रा लगभग 6 μm माइक्रोन जलवाष्प द्वारा अवशोषित होती है। ईएमएस का वह भाग जिसके लिए वातावरण पारदर्शी है (अर्थात् अवशोषण न्यूनतम है) वायुमंडलीय खिड़कियों के रूप में जाना जाता है। रिमोट सेंसर को इस तरह से डिजाइन किया गया है कि वे इन वायुमंडलीय खिड़कियों में काम करते हैं क्योंकि वायुमंडलीय खिड़कियों के बाहर की ऊर्जा वायुमंडल द्वारा गंभीर रूप से क्षीण हो जाती है और इसलिए रिमोट सेंसिंग के लिए प्रभावी नहीं हो सकती है। आमतौर पर उपयोग की जाने वाली वायुमंडलीय खिड़कियां दृश्यमान विंडो (0.4 – 0.7 μm), 3.7 μm विंडो, 8.5 –12.5 μm विंडो और माइक्रोवेव विंडो (2.4मिमी और >6 मिमी) हैं। हालाँकि, मौसम संबंधी उपग्रह सीधे अवशोषण घटना को मापते हैं।

प्रकीर्णन

पृथ्वी को रोशन करने वाले विकिरण में प्रत्यक्ष सूर्य का प्रकाश और फैला हुआ रोशनदान दोनों होते हैं। वायुमंडल में प्रकीर्णन वायुमंडलीय कणों द्वारा विकिरण का प्रसार है जो ईएमआर को उसके पथ से पुनर्निर्देशित करता है। प्रकीर्णन विकिरण की तरंग दैर्ध्य, कणों के आकार, वायुमंडल के माध्यम से विकिरण की यात्रा दूरी पर निर्भर करता है और इसलिए

इसे चयनात्मक और गैर–चयनात्मक प्रकीर्णन के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। चयनात्मक प्रकीर्णन तरंगदैर्घ्य पर निर्भर है जबकि गैर–चयनात्मक प्रकीर्णन तरंगदैर्घ्य पर निर्भर है।

चयनात्मक प्रकीर्णन दो प्रकार का होता है: रेले और माई प्रकीर्णन जो रिमोट सेंसिंग के लिए अधिक प्रासंगिक हैं। रेले का प्रकीर्णन गैस अणुओं (जैसे आक्सीजन और नाइट्रोजन) के कारण होता है जिनका प्रभावी व्यास आपतित विकिरण की तरंग दैर्ध्य से बहुत छोटा होता है। इस प्रकार का प्रकीर्णन विकिरण की तरंगदैर्ध्य की चौथी शक्ति के व्युत्क्रमानुपाती होता है। यह प्रकीर्णन आकाश के नीले दिखाई देने के लिए उत्तरदायी है।

वायुमंडल के निचले 4.5 किमी में अनिवार्य रूप से गोलाकार कण होते हैं जिनका व्यास आपतित विकिरण की तरंग दैर्ध्य के लगभग बराबर होता है जो मी प्रकीर्णन का कारण बनता है। दृश्यमान स्पेक्ट्रम के लिए मुख्य प्रकीर्णन एजेंट जल वाष्प, धूल आदि हैं जिनका व्यास माइक्रोमीटर के कुछ दसवें हिस्से से लेकर कई मिलीमीटर तक होता है।

वायुमंडल के सबसे निचले भाग में ऐसे कण होते हैं जिनका व्यास आपतित विकिरण की तरंगदैर्घ्य से कहीं अधिक (>10 गुना) होता है। यह प्रकीर्णन विकिरण की तरंगदैर्ध्य पर निर्भर नहीं है इसलिए इसे गैर–चयनात्मक प्रकीर्णन कहा जाता है। इसके कारण भारी धुंध की स्थिति के दौरान नीले, हरे और लाल प्रकाश के लगभग समान प्रकीर्णन के कारण आकाश सफेद दिखाई देता है।

बिखरने से जमीन के सूर्य के प्रकाश और छाया वाले क्षेत्रों के बीच चमक के अंतर में कमी के कारण छवियों में विरोधाभास कम हो जाता है। कंट्रास्ट में कमी से छवि में वस्तुओं के बीच अंतर कम हो जाता है।

वह विकिरण जो पृथ्वी के वायुमंडल में बिखर गया है और पृथ्वी की सतह से संपर्क किए बिना सेंसर तक पहुंच गया है, पथ चमक के रूप में जाना जाता है। किसी भी छवि विश्लेषण से पहले रिमोट सेंसिंग छवियों से पथ चमक को हटाना आवश्यक है, खासकर बहु–अस्थायी छवियों का विश्लेषण करते समय।

अपवर्तन

जब प्रकाश एक माध्यम से भिन्न घनत्व वाले दूसरे माध्यम में प्रवेश करता है, तो अपवर्तन (अर्थात विद्युत चुम्बकीय तरंग का झुकना/विचलन) होता है। वायुमंडलीय अपवर्तन वायु घनत्व में भिन्नता के कारण होता है, जो ऊंचाई के साथ बदलता रहता है। इसके कारण आकाश में खगोलीय वस्तुएँ वास्तविकता से अधिक ऊँचे दिखाई देती हैं। यह अलग–अलग डिग्री में ईएमआर के संपूर्ण स्पेक्ट्रम को प्रभावित करता है। उदाहरण के लिए, दृश्य प्रकाश में नीला रंग लाल की तुलना में अधिक प्रभावित होता है। वायुमंडलीय अपवर्तन की मात्रा तापमान, दबाव और आर्द्रता पर निर्भर करती है। यह सूर्यास्त और सूर्योदय के समय तारों के टिमटिमाने और सूर्य के आकार के विकृत होने का कारण है। वायुमंडलीय अपवर्तन आंचल में न्यूनतम और क्षितिज पर अधिकतम होता है। इससे छवियों में कुछ त्रुटियाँ हो सकती हैं. हालाँकि, इन त्रुटियों की भविष्यवाणी स्नेल के नियम द्वारा की जा सकती है और इसलिए इन्हें हटाया जा सकता है ।

प्रतिबिंब

यह सुदूर संवेदन में महत्वपूर्ण मूलभूत विशेषताएँ हैं। इस प्रक्रिया में, विकिरण किसी वस्तु जैसे बादल के शीर्ष और वायुमंडल में अन्य सामग्रियों से 'उछाल' जाता है। धुंधली छवि और रिमोट सेंसिंग छवियों में बादल की उपस्थिति वायुमंडल में प्रतिबिंब से जुड़ी मुख्य समस्याएं हैं। पृथ्वी की सतह की ओर और उपग्रह सेंसर पर वापस आने पर आपतित विकिरण में परिवर्तन कई वायुमंडलीय प्रभावों द्वारा नियंत्रित होता है जैसा कि चित्र 1.5 में दिखाया गया है।

पृथ्वी की सतह के साथ ईमआर की अंतःक्रिया

हमने पिछले उपभाग़ में कई घटनाओं के बारे में पढ़ा है। वह विकिरण जो वायुमंडल में न तो अवशोषित होता है और न ही परावर्तित होता है, पृथ्वी की सतह तक पहुंचता है। जब विकिरण पृथ्वी की सतह पर आपतित होता है, तो अवशोषण विकिरण संचरण और परावर्तन हो सकता है। हालाँकि, इन प्रक्रियाओं की डिग्री ऊर्जा की तरंगदैर्ध्य और वस्तुओं के प्रकार और स्थिति पर निर्भर करेगी।

पृथ्वी की सतह पर आपतित विद्युत चुम्बकीय विकिरण या तो सतह पर प्रसारित होता है या सतह द्वारा बिखरा हुआ, परावर्तित, अवशोषित और उत्सर्जित होता है। रिमोट सेंसिंग उपकरण इन परिवर्तनों का पता लगाते हैं इसलिय, छवियों का विश्लेषण रुचि की वस्तुओं के बारे में जानकारी प्रदान करता है।

पृथ्वी की सतह की विशेषताओं से ईएमआर का प्रतिबिंब होता है। प्रतिबिंब को समझना महत्वपूर्ण है, क्योंकि सूर्य से लगभग एक तिहाई ऊर्जा परावर्तित होती है। वर्णक्रमीय परावर्तन (अर्थात् तरंगदैर्ध्य के फलन के रूप में परावर्तित ऊर्जा और आपतित ऊर्जा का अनुपात) तरंगदैर्ध्य पर निर्भर करता है। किसी दिए भू–भाग की विशेषता के लिए, अलग–अलग तरंगदैर्ध्य पर इसके अलग–अलग मान होते हैं। पृथ्वी की सतह की विभिन्न सामग्रियों में अलग–अलग वर्णक्रमीय परावर्तन विशेषताए होती हैं। किसी वस्तु की फोटोग्राफिक छवि में रंग या टोन के लिए, वर्णक्रमीय परावर्तन जिम्मेदार होता है। पेड़ हरे दिखाई देते हैं क्योंकि वे दूसरों की तुलना में हरे. रंग की तरंगदैर्ध्य को अधिक प्रतिबिंबित करते हैं।

जब विद्युत चुम्बकीय विकिरण वायुमंडल के माध्यम से पृथ्वी की सतह पर जाता है, तो ऊर्जा का कुछ हिस्सा सतह से बिखर जाता है और ऊर्जा का एक हिस्सा इसके माध्यम से प्रसारित हो जाता है। जब सामग्री सजातीय होती है, तो विकिरण प्रसारित होता है लेकिन अमानवीय मीडिया में संचरित विकिरण और अधिक बिखर जाता है। सेंसर द्वारा प्राप्त सिग्नल क्रमशः दोनों प्रकीर्णन प्रक्रियाओं, यानी सतह और आयतन प्रकीर्णन का एक संयोजन है।

ईमआर–अर्थ इंटरैक्शन में तीन प्रमुख क्षेत्र हैं जो रिमोट सेंसिंग में महत्वपूर्ण हैं। 0.3–3.0 μm तक दृश्यमान और NIR वर्णक्रमीय बैंड को परावर्तक क्षेत्र के रूप में जाना जाता है। इस बैंड में, सेंसर द्वारा महसूस किया या सूर्य का विकिरण पृथ्वी की सतह से परावर्तित होता है। 8 μm और 14 μm के बीच वायुमंडलीय विंडो के अनुरूप बैंड को थर्मल इंफ्रारेड बैंड के रूप में जाना जाता है। रिमोट सेंसिगं के लिए, इस बैंड में उपलब्ध ऊर्जा पृथ्वी की

सतह से थर्मल उत्सर्जन के कार.ा है। 3 μm से 5.5 μm तक के मध्यवर्ती बैंड में परावर्तन और स्व–उत्सर्जन दोनों महत्वपूर्ण हैं।

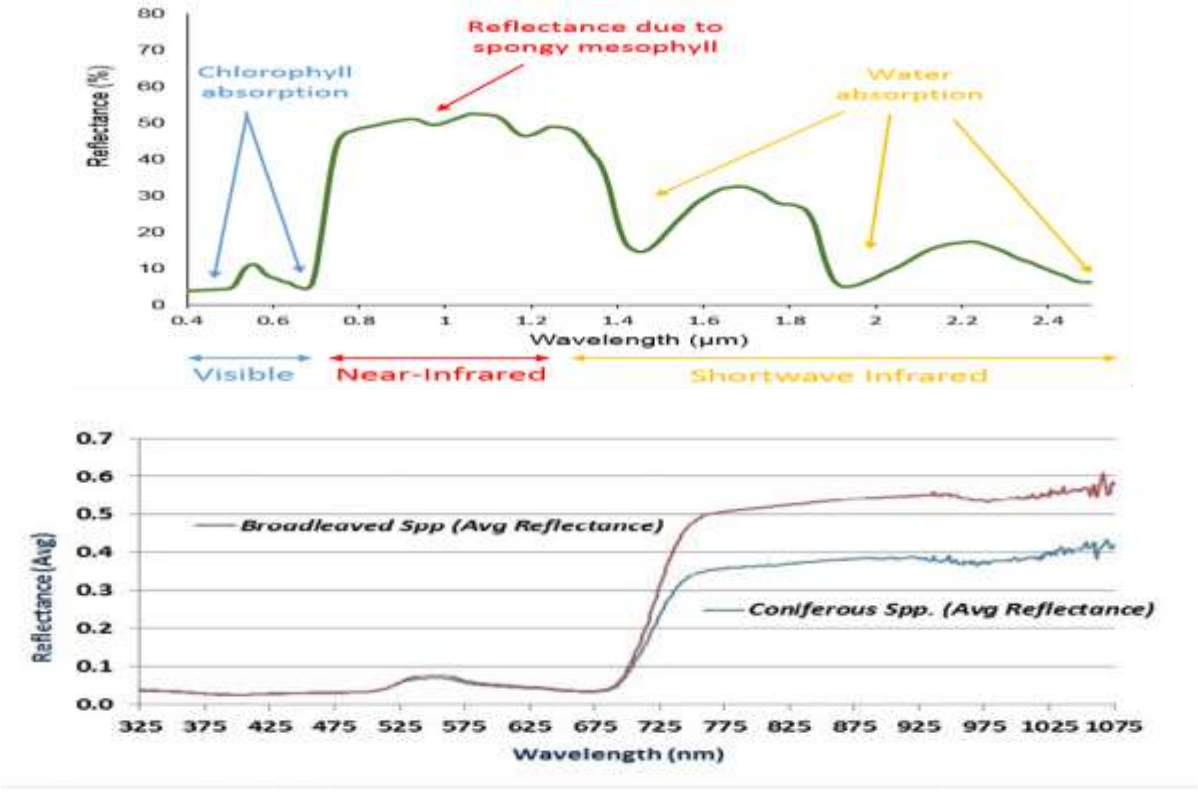
पृथ्वी की सतह की विशेषताओं के वर्णक्रमीय हस्ताक्षर

परमाणुओं और अणुओं की गति के परिणामस्वरूप, परम शून्य तापमान ($0^{o}K$ या $-273^{o}C$) से ऊपर की वस्तुएं विद्युत चुम्बकीय विकिरण उत्सर्जित करती हैं। जब वस्तुएँ प्राकृतिक स्रोत अर्थात सूर्य या कृत्रिम स्रोतों से विकिरण प्राप्त करती हैं, तो इसका एक भाग परावर्तित या अवशोषित हो जाता है। अवशोषित विकिरण किसी अन्य तरंगदैर्ध्य पर उत्सर्जित होता है। प्रत्येक वस्तु की विभिन्न तरंगदैर्ध्य क्षेत्रों में विकिरण के प्रति एक अनूठी प्रतिक्रिया होती है। विभिन्न वस्तुओं के अद्वितीय वर्णक्रमीय गुणों को वर्णक्रमीय हस्ताक्षर या वर्णक्रमीय परावर्तन वक्र कहा जाता है। जैसे कि पौधों की पत्तियाँ हरी दिखाई देती हैं क्योंकि वे नीले और लाल प्रकाश की तुलना में दृश्य स्पेक्ट्रम के भीतर हरे प्रकाश को सबसे अधिक प्रतिबिंबित करती हैं। वर्णक्रमीय हस्ताक्षर विभिन्न तरंग दैर्ध्य पर वस्तुओं द्वारा परावर्तित, अवशोषित और प्रसारित या उत्सर्जित ईएमआर का संयोजन है, जिसके आधार पर हम किसी वस्तु की विशिष्ट पहचान कर सकते हैं।

सुदूर संवेदन छवियों में विशेषताओं की पहचान करने के लिए वर्णक्रमीय हस्ताक्षर की समझ यानी ईएमआर की विभिन्न तरंगदैर्ध्य के साथ विभिन्न वस्तुओं (जैसे पानी, मिट्टी और वनस्पति) की बातचीत महत्वपूर्ण है। अब हम सामान्य पृथ्वी की सतह सामग्री यानी वनस्पति, मिट्टी और पानी के वर्णक्रमीय हस्ताक्षर के बारे में चर्चा करेंगे।

वनस्पति

पौधे की पत्ती हमारी आँखों को हरी दिखाई देती है क्योंकि यह दृश्यमान सीमा में अन्य तरंग दैर्ध्य के प्रकाश की तुलना में हरे प्रकाश को अधिक परावर्तित करती है। नीले और लाल क्षेत्रों में वनस्पति का कम परावर्तन प्रकाश संश्लेषण के लिए क्लोरोफिल द्वारा उनके अवशोषण के कारण होता है जिससे इसे निर्जीव विशेषताओं से अलग करना आसान हो जाता है। हालाँकि, दृश्य सीमा से परे, वनस्पतियों की पत्तियों की सेलुलर संरचना के कारण निकट अवरक्त (एनआईआर) क्षेत्र में बहुत अधिक परावर्तन होता है। पौधे की पत्तियों में नमी की मात्रा के अवशोषण के कारण मध्य अवरक्त (एमआईआर) क्षेत्र में परावर्तन फिर से कम हो जाता है। हरी स्वस्थ वनस्पति का विशिष्ट वर्णक्रमीय हस्ताक्षर चित्र 1.6 ए में दिखाया गया है। आप देख सकते हैं कि वनस्पति की संरचना (चित्र 1.6 बी), परिपक्वता और स्वास्थ्य के कारण समय के साथ वनस्पति का परावर्तन बदलता रहता है। क्लोरोफिल सामग्री की मात्रा वनस्पति के स्वास्थ्य को निर्धारित करती है और जब क्लोरोफिल सामग्री अधिकतम होती है तो पौधे की पत्तियां 'सबसे हरी' दिखाई देती हैं



चित्र1.6: वनस्पति का वर्णक्रमीय हस्ताक्षर दर्शाता है: क) स्वस्थ वनस्पतिय और बी) शंकुधारी और चौड़ी पत्ती वाली प्रजातियों के बीच अंतर। क्लोरोफिल की मात्रा अधिक होने के कारण शंकुधारी प्रजातियों की तुलना में चौड़ी पत्ती वाली प्रजातियाँ एनआईआर क्षेत्र में अधिक परावर्तन दिखाती हैं।

तालिका 1.2

सुदूर संवेदन छवियों में विशेषताओं की पहचान करने के लिए वर्णक्रमीय हस्ताक्षर की समझ यानी ईएमआर की विभिन्न तरंगदैर्ध्य के साथ

वर्णक्रमीय क्षेत्र	प्रमुख नियंत्रक कारक	वर्णक्रमीय विशेषताएँ
दृश्यमान क्षेत्र (400–700 एनएम)	पादप रंजकता	• क्लोरोफिल की उपस्थिति के कारण स्वस्थ वनस्पति समग्र रूप से उच्च अवशोषण दर्शाता है यानी कम परावर्तन और न्यूनतम संचरण • क्लोरोफिल दृढ़ता से चारों ओर नीली रोशनी (450 एनएम) और लाल बत्ती (670 एनएम), अवशोषित करता है और हरे प्रकाश में दृढ़ता से प्रतिबिंबित करती है , परिणामस्वरुप हरा स्वस्थ वनस्पति की उपस्थितिप • इसका अनोखा परिणाम होता है वनस्पति

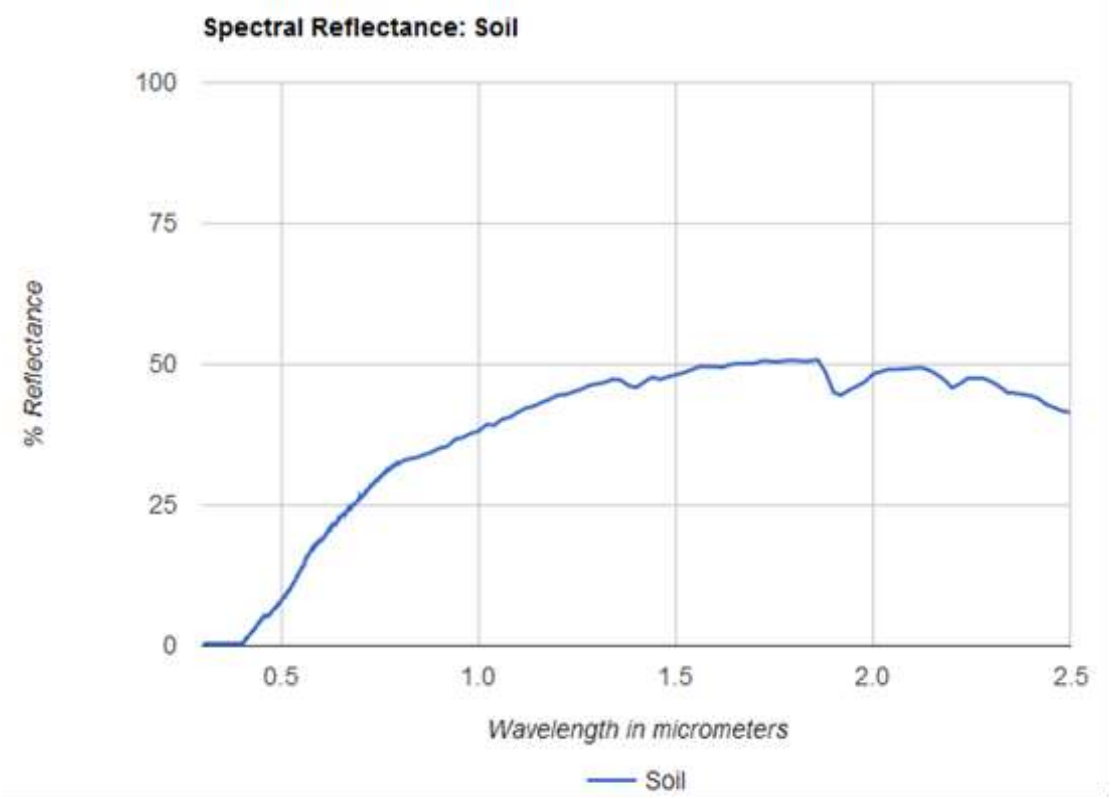
		का वर्णक्रमीय हस्ताक्षर जिससे इसे निर्जीव से अलग किया जाता हैप
अवरक्त के पास (एनआईआर) (700–1350 एनएम)	पत्ती की आंतरिक संरचना	• कोशिका संरचना के कारण, उच्च परावर्तन और संप्रेषण और बहुत कम अवशोषण देखा जाता है • चूंकि, पत्ती की आंतरिक संरचना एक पौधे की प्रजाति से भिन्न होता है दूसरा, एनआईआर तरंगदैर्ध्य पौधों की प्रजातियों के लिए उपयोग किया जा सकता है
श०र्टवेव इन्फ्रारेड (एसडब्ल्यूआईआर)ध्मध्य इन्फ्रारेड (एमआईआर) (1350–2500 एनएम)	विवो पानी में सामग्री	• जैसे–जैसे तरंगदैर्घ्य बढ़ता है दोनों परावर्तन और संप्रेषण आम तौर पर कम हो जाता है जबकि मध्यम से निम्न तक अवशोषण निम्न से उच्च बढ़ जाता है • चूंकि एक पौधे की प्रजाति से लेकर दूसरा पत्ती में पानी की मात्रा अलग–अलग होती है एमआईआर तरंग दैर्ध्य पौधों की प्रजातियों के पहचान के लिए उपयोग किया जा सकता है

सामान्यीकृत विभेदक वनस्पति सूचकांक (एनडीवीआई) आमतौर पर इस्तेमाल किया जाने वाला वनस्पति सूचकांक है जिसकी गणना सूत्र (एनआईआर – लाल) / (एनआईआर . लाल) का उपयोग करके की जाती है। यह वनस्पति स्वास्थ्य की निगरानी, किसी घटना से उबरने, सूखे, फसल की उपज का पूर्वानुमान लगाने में उपयोगी है, और आग संभावित क्षेत्रों की भविष्यवाणी करने में भी सहायता करता है

मिट्टी

मिट्टी विभिन्न खनिजों एवं पदार्थों का मिश्रण है। सामान्यतः मिट्टी भूरे या काले रंग की होती है। इसका स्वरूप मिट्टी के घटकों के कारण होता है। नीले रंग की तुलना में हरे और लाल ऊर्जा के अपेक्षाकृत अधिक प्रतिबिंब के कारण मिट्टी भूरी दिखाई देती है। एनआईआर तरंगदैर्घ्य में अधिकतम मृदा परावर्तन के साथ दृश्य और एनआईआर वर्णक्रमीय क्षेत्रों में तरंगदैर्घ्य के साथ परावर्तन धीरे–धीरे बढ़ता है (चित्र 1.5)।

मिट्टी का वर्णक्रमीय हस्ताक्षर नमी, आयरन अ०क्साइड, बनावट, कार्बनिक पदार्थ आदि पर निर्भर करता हैमिट्टी की नमी की मात्रा अलग–अलग जगहों पर अलग–अलग होती है और इसलिए उनका स्वरूप भी अलग–अलग होता है। मिट्टी की नमी की मात्रा में वृद्धि के साथ, लंबी तरंगदैर्ध्य पर विकिरण अवशोषित हो जाता है, इसलिए नमी की मात्रा में वृद्धि के साथ मिट्टी का समग्र परावर्तन कम हो जाता है। कुछ मिट्टी का लाल रंग मिट्टी में आयरन अ०क्साइड की मात्रा अधिक होने के कारण होता है। मिट्टी की बनावट उसके वर्णक्रमीय हस्ताक्षर को भी प्रभावित करती है। अन्य की तुलना में, रेतीली मिट्टी छवि में अधिक चमकीली दिखाई देती है (चित्र 1.7) क्योंकि दृश्य स्पेक्ट्रम में विकिरण लगभग समान रूप से परिलक्षित होता हैप



चित्र1.7: उच्च परावर्तन दर्शाने वाली मिट्टी का वर्णक्रमीय हस्ताक्षर

1.6.3 पानी

पानी पर आपतित विकिरण मोटे तौर पर या तो अवशोषित होता है या प्रसारित होता है। और प्रतिबिंब या तो पानी की सतह से (स्पेक्युलर परावर्तन) या नीचे से (नीचे परावर्तन) या पानी के स्तंभ से ही (आयतन परावर्तन) हो सकता है। इन तीन प्रकारों में से केवल आयतन परावर्तन में ही जल के घटकों और गुणवत्ता के बारे में जानकारी होती है।

साफ जलस्रोत गहरे रंग के दिखाई देते हैं, जबकि उथले और गंदे पानी हमारी आँखों को नीले रंग के दिखाई देते हैं। दृश्य क्षेत्र में, आपतित विकिरण बड़े पैमाने पर साफ जल निकाय में प्रसारित होता है। एनआईआर क्षेत्र में, पानी दृढ़ता से अवशोषित होता है इसलिए इस तरंग दैर्ध्य का उपयोग भूमि और जल सीमा के चित्रण के लिए किया जाता है।

पानी की गहराई और पानी के घटक पानी के वर्णक्रमीय हस्ताक्षर में योगदान देने वाले प्रमुख कारक हैं। यह निचली सामग्रियां हैं जो उथले क्षेत्रों में जल निकाय की वर्णक्रमीय संपत्ति का निर्धारण करती हैं। पानी के घटक जैसे निलंबित तलछट, क्लोरोफिलध्फाइटोप्लांकटन, घुले हुए कार्बनिक पदार्थ भी पानी के वर्णक्रमीय हस्ताक्षर को प्रभावित करते हैं। निलंबित तलछट की उपस्थिति के परिणामस्वरूप अपेक्षाकृत उच्च परावर्तन और प्रकीर्णन होता है और इसलिए एक उज्जवल स्वरूप होता है। जैसा कि हमने वनस्पति

के वर्णक्रमीय हस्ताक्षर में पढ़ा है, शैवाल में क्लोरोफिल सामग्री नीले और लाल तरंग दैर्ध्य के उच्च अवशोषण के कारण शैवाल की उपस्थिति में पानी को हरा दिखाती है। क्लोरोफिल सामग्री के अत्यधिक स्तर वाले पानी में वनस्पति के समान वर्णक्रमीय हस्ताक्षर हो सकते हैं। और, कार्बनिक पदार्थ की उपस्थिति के परिणामस्वरूप नीला रंग कम और लाल रंग का परावर्तन अधिक होता है।

1.7 रिमोट सेंसिंग के प्रकार

रिमोट सेंसिंग को विभिन्न मापदंडों के आधार पर विभिन्न प्रकारों में वर्गीकृत किया जा सकता है। तालिका 1.3 में विभिन्न प्रकार के रिमोट सेंसिंग की संक्षेप में चर्चा की गई है।

तालिका 1.3

रिमोट सेंसिंग की टाइपोल०जी और उनके वर्गीकरण का आधार (भट्टा, 2015 से संकलित)

वर्गीकरण आधार	**टाइपोलाजी**	**विवरण**
प्लेटफार्म	ग्राउंड आधारित रिमोट सेंसिंग	प्लेटफार्म जमीन की सतह पर हैं जिसमें मोबाइल वैन पर लगे सेंसर भी शामिल हैं
	वायुवाहित (उपकक्षीय) रिमोट सेंसिंग	प्लेटफार्म वायुमंडल के भीतर हैं।जैसे पतंग, गुब्बारा, कबूतर, हवाई जहाज
	अंतरिक्ष वहन(कक्षीय या उपग्रह) रिमोट सेंसिंग	रिमोट सेंसिंग प्लेटफार्म अंतरिक्ष में हैं। जैसे सैटेलाइट. कभी–कभी अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन और अंतरिक्ष शटल का उपयोग एक मंच के रूप में भी किया जाता है
ऊर्जा स्रोत	निष्क्रिय रिमोट सेंसिंग	सूर्य की ऊर्जा पृथ्वी की सतह की विशेषताओं से परावर्तित/उत्सर्जित होकर दर्ज की जाती हैं
	सक्रिय रिमोट सेंसिंग	रोशनी और विकिरण से अपना स्वयं का ऊर्जा स्रोत प्रदान करता है लक्ष्य से परावर्तित/उत्सर्जित ऊर्जा सेंसर द्वारा पता लगाया जाता है

इमेजिंग मीडिया	फोटोग्राफिक इमेजिंग	रासायनिक प्रतिक्रियाओं का उपयोग प्रकाश के प्रति संवेदनशील फोटोग्राफिक फिल्म की फोटोग्राफिक इमेजिंग सतह पर करता है ऊर्जा का पता और रिकार्ड करना
	डिजिटल इमेजिंग	परावर्तित/उत्सर्जित ऊर्जा इलेक्ट्रानिक रूप से इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर द्वारा (उदा.युग्मित चार्ज) उपकरणों से चित्रित है
ईएमएस का इस्तेमाल किया गया क्षेत्र	आप्टिकल रिमोट सेंसिंग	आप्टिकल क्षेत्र यानी 0.3 से 3–m के भीतर प्रदर्शन किया गया
	फोटोग्राफिक रिमोट संवेदन	फोटोग्राफिक क्षेत्र अर्थात 0.3 से 0.9–m के भीतर प्रदर्शन किया गया
	थर्मल रिमोट संवेदन	थर्मल इन्फ्रारेड क्षेत्र अर्थात 3–उ से 1 मिमी के भीतर प्रदर्शन किया गया
	माइक्रोवेव रिमोट संवेदन	माइक्रोवेव क्षेत्र यानी 1 मिमी से 1मी के भीतर प्रदर्शन किया गया
इस्तेमाल किया गया बैंड की संख्या	पैनक्रोमेटिक रिमोट संवेदक	एकल बैंड छवि संपूर्ण दृश्यमान स्पेक्ट्रम या कभी–कभी व्यापक क्षेत्र 0.3 से 0.9–m को कवर करने वाली
	मल्टीस्पेक्ट्रल रिमोट संवेदक	ईएमएस जैसे आप्टिकल, थर्मल या अपेक्षाकृत व्यापक तरंगदैर्ध्य बैंड में माइक्रोवेव क्षेत्र विभिन्न क्षेत्रों का उपयोग करने वाले एकाधिक बैंड
	हाइपरस्पेक्ट्रल रिमोट संवेदन (संकीर्ण बैंड इमेजिंग)	आम तौर पर आप्टिकल क्षेत्र में स्पेक्ट्रम के संकीर्ण अंतराल दर्जनों या सैकड़ों सन्निहित और स्पेक्ट्रम में एकत्रित किया गया मल्टीस्पेक्ट्रल रिमोट सेंसिंग का विस्तार (An extension of the multispectral remote sensing collected in dozens or hundreds of contiguous and narrow intervals of the spectrumgenerally in optical region)

रिमोट सेंसिंग के लिए सूर्य विद्युत चुम्बकीय विकिरण (ईएमआर) का स्रोत है। सूर्य को एक काला पिंड माना जा सकता है जिसकी सतह का तापमान लगभग 6000°ज्ञ है। जब सूर्य का उपयोग रिमोट सेंसिंग के लिए ऊर्जा स्रोत के रूप में किया जाता है तो इसे निष्क्रिय रिमोट सेंसिंग के रूप में जाना जाता है जैसे यूवी इमेजर्स, विजिबल–एनआईआर स्पेक्ट्रोमीटर, थर्मल सेंसर और माइक्रोवेव रेडियोमीटर लेकिन जब विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा के कृत्रिम स्रोत

का उपयोग किया जाता है तो इसे सक्रिय रिमोट सेंसिंग के रूप में जाना जाता है। सक्रिय रिमोट सेंसिंग के सामान्य उदाहरण रडार और लिडार हैं।

माइक्रोवेव रिमोट सेंसिंग का लाभ यह है कि जब वातावरण बादल, बर्फ और धुएं जैसी स्थितियों में होता है तो माइक्रोवेव वातावरण में प्रवेश करने में सक्षम होते हैं। इनमें दिन या रात में भी सूंघने की क्षमता होती है। माइक्रोवेव इमेजिंग सिस्टम को भी दो श्रेणियों में वर्गीकृत किया जा सकता है–अर्थात् ए) सक्रिय और बी) निष्क्रिय माइक्रोवेव रिमोट सेंसिंग।

निष्कर्ष

आपदा संबंधी अध्ययनों के लिए रिमोट सेंसिंग एक उपयोगी उपकरण है क्योंकि यह हमें एक सारांश प्रदान करता है और अधिकांश मामलों में प्रभावित क्षेत्र का पहला दृश्य प्रदान करता है। हमने सीखा है कि रिमोट सेंसिंग दूर से किसी वस्तु या घटना के बारे में जानकारी प्राप्त करने की प्रक्रिया है। सूर्य पृथ्वी को प्रकाशित करने वाली ऊर्जा का मुख्य स्रोत है। जब सूर्य की ऊर्जा (विद्युत चुम्बकीय विकिरण के रूप में) पृथ्वी के वायुमंडल में पहुँचती है, तो यह परावर्तन, प्रकीर्णन, अवशोषण और संचरण की प्रक्रिया से गुजरती है। वायुमंडल में अवशोषित नहीं होने वाला विकिरण पृथ्वी की सतह तक पहुंचता है, जिसमें विभिन्न प्राकृतिक और मानव निर्मित वस्तुएं शामिल होती हैं जो आने वाले पृथ्वी के विकिरण को उनके भौतिक और रासायनिक के आधार पर अलग–अलग तरंग दैर्ध्य पर अलग–अलग तरंग दैर्ध्य पर संचारित, प्रतिबिंबित, बिखराव, अवशोषित और उत्सर्जित करती हैंप

गुण

पृथ्वी की सतह की विभिन्न वस्तुओं का प्रकाश के साथ अनोखा संपर्क होता है, जिसे वर्णक्रमीय हस्ताक्षर के रूप में जाना जाता है। पौधे क्लोरोफिल सामग्री की उपस्थिति के कारण दृश्य क्षेत्र के भीतर नीली और लाल रोशनी को अवशोषित करते हैं, आंतरिक कोशिका संरचना के कारण एनआईआर क्षेत्र में बहुत अधिक प्रतिबिंबित करते हैं और एसडब्ल्यूआईआर क्षेत्र में पानी की मात्रा के प्रति संवेदनशील होते हैं। मिट्टी की वर्णक्रमीय पहचान नमी, आयरन अ०क्साइड, बनावट और कार्बनिक पदार्थ सामग्री पर निर्भर करती है। पानी की गहराई और पानी के घटक पानी के वर्णक्रमीय हस्ताक्षर में योगदान देने वाले प्रमुख कारक हैं।

रिमोट सेंसिंग को विभिन्न कारकों जैसे प्लेटफ०र्म, ऊर्जा का स्रोत, इमेजिंग मीडिया, उपयोग किए गए ईएमएस का हिस्सा और उपयोग किए गए बैंड की संख्या के आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है। सेंसर वह उपकरण है जिसे विकिरण एकत्र करने और रिक०र्ड करने के लिए डिजाइन किया गया है।

हम आशा करते हैं कि इस इकाई ने आपको रिमोट सेंसिंग और अंतर्निहित सिद्धांतों के आधार पर पर्याप्त जानकारी और ज्ञान दिया है, जिससे आपको इस पाठ्यक्रम में आने वाली इकाइयों की बेहतर समझ प्राप्त करने में सुविधा होगी।

शब्दावली

सक्रिय सेंसर - ऊर्जा के अंतर्निर्मित स्रोत वाला सेंसर। सेंसर ऊर्जा उत्सर्जित और प्राप्त दोनों करता है।

वायुमंडलीय खिड़की: ईएमएस का वह भाग जिसके लिए वातावरण पारदर्शी है (अर्थात अवशोषण न्यूनतम है)। रिमोट सेंसर इस तरह से डिजाइन किए गए हैं कि वे इन वायुमंडलीय खिड़कियों में काम करते हैं।

बैंड: यह विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम की विशिष्ट सीमा को संदर्भित करता है जिसके प्रति सेंसर संवेदनशील होता है।

विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा : विद्युत और चुंबकीय दोनों घटकों वाली ऊर्जा। परावर्तित और उत्सर्जित विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा का मापन रिमोट सेंसिंग का आधार है।

सामान्यीकृत विभेदक वनस्पति सूचकांक (एनडीवीआई): यह आमतौर पर इस्तेमाल किया जाने वाला वनस्पति सूचकांक है जिसकी गणना सूत्र (एनआईआर – लाल) ६ (एनआईआर . लाल) का उपयोग करके की जाती है। यह वनस्पति स्वास्थ्य की निगरानी, किसी घटना से उबरने, सूखे, फसल की उपज का पूर्वानुमान लगाने में उपयोगी है, और आग संभावित क्षेत्रों की भविष्यवाणी करने में भी सहायक हो सकता है।

निष्क्रिय सेंसर: सेंसर जो सूर्य और पृथ्वी जैसे बाहरी स्रोतों द्वारा उत्पादित ऊर्जा को रिक०र्ड करता है।

रडार: रडार सक्रिय सेंसर हैं जिन्हें 1–100 सेमी तक तरंग दैर्ध्य पर काम करने के लिए डिजाइन किया गया है।

प्रकीर्णन: यह विकिरण का प्रसार है जो ईएमआर को उसके पथ से पुनर्निर्देशित करता है। वायुमंडलीय कणों द्वारा. यह विकिरण की तरंगदैर्ध्य, कणों के आकार, वायुमंडल के माध्यम से विकिरण की यात्रा दूरी पर निर्भर करता है और इसलिए इसे चयनात्मक और गैर–चयनात्मक प्रकीर्णन के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। चयनात्मक प्रकीर्णन तरंगदैर्ध्य पर निर्भर है जबकि गैर–चयनात्मक प्रकीर्णन तरंगदैर्घ्य पर निर्भर है।

वर्णक्रमीय हस्ताक्षर या वर्णक्रमीय परावर्तन वक्ररू यह विभिन्न वस्तुओं के अद्वितीय वर्णक्रमीय गुण हैं। यह विभिन्न तरंग दैर्ध्य पर वस्तुओं द्वारा परावर्तित, अवशोषित और प्रसारित या उत्सर्जित ईएमआर का संयोजन है, जिसके आधार पर हम उन वस्तुओं की विशिष्ट पहचान कर सकते हैं।