

# गूगल अर्थ इंजन का जल एवं आपदा प्रबंधन के लिए अनुप्रयोग

डॉ. अनिल कुमार लोहनी

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

सार

“जल ही जीवन है”। जल के बिना सुनहरे कल की कल्पना नहीं की जा सकती, जीवन के सभी कार्यों का निष्पादन करने के लिये जल की आवश्यकता होती है। जल संसाधनों का सर्वेक्षण तथा मानचित्र प्रभावी जल प्रबंधन के लिए आवश्यक कार्य है। सुदूर संवेदन एवं भौगोलिक सूचना तंत्र प्रणाली का उपयोग पिछले कुछ वर्षों में एक आधुनिक पद्धति के रूप में किया जा रहा है। वर्तमान में सुदूर संवेदन चित्रों के विश्लेषण के लिए गूगल अर्थ इंजन का प्रयोग भी बढ़ा है। गूगल अर्थ इंजन बड़े पैमाने पर पर्यावरण निगरानी और विश्लेषण के लिए क्लाउड-आधारित भू-स्थानिक प्रसंस्करण प्लेटफॉर्म है। फ्री-टू-यूज गूगल अर्थ इंजन प्लेटफॉर्म एक एक्सप्लोरर वेब ऐप के साथ सार्वजनिक रूप से उपलब्ध अनगिनत रिमोट सेंसिंग इमेजरी और अन्य रेडी-टू-यूज उत्पादों की (1) पेटाबाइट्स तक पहुंच प्रदान करता है; (2) गूगल की कम्प्यूटेशनल अवसंरचना का उपयोग करते हुए उच्च गति के समानांतर प्रसंस्करण और मशीन लर्निंग एल्गोरिदम; और (3) एप्लिकेशन प्रोग्रामिंग इंटरफेस (एपीआई) की एक लाइब्रेरी जिसमें विकास वातावरण है जो लोकप्रिय कोडिंग भाषाओं, जैसे कि जावास्क्रिप्ट और पायथन का समर्थन करता है। साथ में इसकी मुख्य विशेषताएं यह हैं कि इससे उपयोगकर्ताओं को सुपर कंप्यूटर या विशेष कोडिंग ज्ञान के बिना भी शक्तिशाली तरीकों से भू-स्थानिक विशाल डेटा की खोज, विश्लेषण और मॉडलिंग करने की क्षमता मिलती है। गूगल अर्थ इंजन के विकास ने सुदूर संवेदन और भू-स्थानिक डेटा विज्ञान क्षेत्रों में बहुत उत्साह और जुड़ाव पैदा किया है। गूगल अर्थ इंजन ने विशाल भू आंकड़ों की प्रक्रिया से जुड़ी वैश्विक चुनौतियों पर पर्याप्त प्रगति की है और करना जारी रखा है। अंतरिक्ष से खींची गई हमारे ग्रह की छवियों में जानकारी का खजाना होता है, जिसे कई सामाजिक चुनौतियों पर लागू करने के लिए तैयार किया जाता है। गूगल अर्थ इंजन बड़े पैमाने पर उपलब्ध इन छवियों को वैज्ञानिक विश्लेषण से उपयोगी जानकारी में बदल सकता है—जैसे कि वैश्विक वनों के स्थान और सीमा, यह पता लगाना कि समय के साथ हमारे वन कैसे बदल रहे हैं, आपदा प्रतिक्रिया या जल संसाधन मानचित्रण के लिए संसाधनों को निर्देशित करना, स्थान विशेष पर वर्षा जल आंकलन करना इत्यादि। इस लेख में गूगल अर्थ इंजन का वर्णन तथा राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान द्वारा गूगल अर्थ इंजन के जल प्रबंधन से सम्बंधित विभिन्न अनुप्रयोगों का वर्णन किया गया है।

परिचय

सुदूर संवेदन विधि द्वारा एक बड़े क्षेत्र का मापन अत्यधिक कम समय में किया जा सकता है। पिछले कई वर्षों में विभिन्न क्षमताओं के सुदूर संवेदन उपग्रह अंतरिक्ष में स्थापित किए गए हैं, जिससे निरंतर सुदूर संवेदन आंकड़े प्राप्त किए जा रहे हैं। सुदूर संवेदन उपग्रह से प्राप्त विशाल भू-आंकड़ों का वैश्विक स्तर पर विश्लेषण एक बहुत बड़ी चुनौती रही है। गूगल अर्थ इंजन ने विशाल भू आंकड़ों की प्रक्रिया से जुड़ी वैश्विक चुनौतियों पर पर्याप्त प्रगति की है। शब्द “बिग डेटा” या विशाल डेटा सबसे पहले वैज्ञानिक समुदायों में 1990 के दशक के मध्य में उभरा और 2006 में वर्ल्ड वाइड वेब की दूसरी पीढ़ी के निर्माण के एक साल बाद में इसने लोकप्रियता हासिल की। सामान्य तौर पर, विशाल डेटा एक अति वृहत और जटिल डेटासेट को संदर्भित करता है जिसे पारंपरिक प्रोसेसिंग टूल का उपयोग करके स्टोर करना, प्रबंधित करना और संसोधित करना मुश्किल होता है। महत्वपूर्ण रूप से, विशाल आंकड़ों की तीन आयामों की विशेषता होती है जिन्हें 3V के रूप में जाना जाता है। पहला आयतन (वॉल्यूम) है जो विशाल आंकड़ों की एक अंतर्निहित विशेषता है जिसमें विभिन्न स्रोतों से डेटा की एक विशाल मात्रा शामिल होती है जो भंडारण और विश्लेषण के लिए चुनौतियों का सामना करती है। दूसरी विविधता (वैरायटी) है, क्योंकि विशाल आंकड़े आमतौर पर विभिन्न प्रकारों और प्रारूपों में आता है। तीसरा वेग (वेलोसिटी) है, जो विभिन्न स्रोतों से निकलने



वाली डेटा धाराओं की अभूतपूर्व गति से संबंधित है। पिछले कुछ वर्षों में, विशाल आंकड़ा विश्लेषण ने व्यवसाय, स्वास्थ्य विज्ञान, आपदा प्रबंधन, भूविज्ञान और जलविज्ञान जैसे विभिन्न विषयों में ध्यान आकर्षित किया है (चित्र-1)।



चित्र-1: गूगल अर्थ इंजन का विभिन्न विषयों में अनुप्रयोग

मौजूदा भू-स्थानिक आंकड़ों की भारी मात्रा को देखते हुए, इसकी उत्पत्ति और स्वरूपों की विविधता इसे विशाल आंकड़ों के रूप में परिभाषित करती है। भू-सर्वेक्षण, रिमोट सेंसिंग, भू-स्थित संसार और मोबाइल मैपिंग जैसे विभिन्न स्रोतों से विशाल भू आंकड़ों को एकत्र किया जाता है। जब रिमोट सेंसिंग बड़े डेटा की बात आती है, तो विशेष आंतरिक और बाहरी विशेषताओं को निर्धारित किया जा सकता है। गतिशील अवस्था, बहु-स्केल और गैर रेखीय विशेषताएँ रिमोट सेंसिंग विशाल डेटा की आंतरिक विशेषताएँ हैं। विशेष रूप से, रिमोट सेंसिंग विशाल आंकड़ा एक गतिशील स्थिति को दर्शाता है, क्योंकि पृथ्वी की सतह लगातार बदलती रहती है। रिमोट सेंसिंग विशाल आंकड़ा गैर-रेखीय (नॉनलाइनियर) है, क्योंकि टाइम सीरीज डेटा आमतौर पर गैर-रेखीय होता है। दूसरी ओर, बहु-स्रोत, उच्च-आयामी और समावयवी विशेषताएँ रिमोट-सेंसिंग बड़े डेटा की बाह्य विशेषताएँ हैं। समावयवी विशेषता उपलब्ध रिमोट सेंसिंग डेटा, जैसे रास्टर या वेक्टर की संरचना में भिन्नता को दर्शाती है। ये विशेषताएँ विशाल आंकड़ों के अधिग्रहण, भंडारण, खोज, साझाकरण, स्थानांतरण, विश्लेषण और विजुअलाइजेशन सहित कई चुनौतियाँ खड़ी करती हैं। इन कठिनाइयों को दूर करने के लिए नवीन विधियों की आवश्यकता अनिवार्य है। विशाल भू आंकड़ा विश्लेषण में मौजूदा चुनौतियों का समाधान करने के लिए, विभिन्न सिस्टम आर्किटेक्चर वाले दो प्लेटफार्मों का आमतौर पर उपयोग किया जाता है: प्रतिरूप क्लस्टर-आधारित उच्च प्रदर्शन कंप्यूटिंग (एचपीसी) सिस्टम और क्लाउड प्लेटफॉर्म। क्लस्टर-आधारित प्रणालियों में, एकल-सिस्टम छवि प्रस्तुत करने वाले कई कंप्यूटरों के सहयोग से बड़ी कम्प्यूटेशनल समस्याएँ पूरी होती हैं। हालांकि इन क्लस्टर-आधारित प्रणालियों में एक विशाल कम्प्यूटेशनल क्षमता है, लेकिन वे भारी मात्रा में आंकड़ों की लोडिंग और प्रोसेसिंग से प्रभावित होते हैं। क्लाउड प्लेटफॉर्म वास्तविक भौतिक कंप्यूटरों की तरह सुपरकंप्यूटिंग इन्फ्रास्ट्रक्चर का वर्चुअलाइजेशन करते हैं। हालांकि, उच्च प्रदर्शन कंप्यूटिंग (एचपीसी) सिस्टम की तुलना में, क्लाउड प्लेटफॉर्म लचीले प्रोसेसर, मेमोरी और डिस्क आकार के साथ अधिक पहुंच और सामर्थ्य प्रदान करते हैं। विशेष रूप से, क्लाउड कंप्यूटिंग विशाल आंकड़ों को संग्रहीत करने के लिए क्लाउड स्टोरेज प्रस्तुत करता है। इस लेख का उद्देश्य गूगल अर्थ इंजन का एक व्यापक सर्वेक्षण प्रदान करना है ताकि यह पता लगाया जा सके कि बड़े पैमाने पर जल एवं पर्यावरण निगरानी के लिए गूगल अर्थ इंजन का वर्तमान समय में कितना अधिक महत्व है। साथ ही इस लेख में राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान द्वारा गूगल अर्थ इंजन के अनुप्रयोग का वर्णन किया गया है।

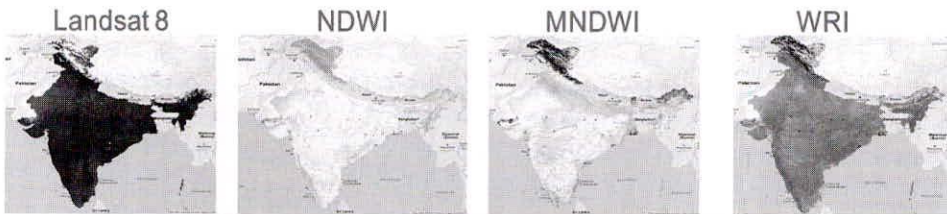
## गूगल अर्थ इंजन

गूगल अर्थ इंजन एक क्लाउड-आधारित प्लेटफॉर्म है जो गूगल के क्लाउड का उपयोग करके वैश्विक स्तर पर भू-स्थानिक आंकड़ों के समानांतर प्रसंस्करण को सक्षम बनाता है। गूगल अर्थ इंजन एक मुफ्त क्लाउड प्लेटफॉर्म है और लैंडसैट, मोडिस, नेशनल ओशनोग्राफिक एंड एटमॉस्फेरिक एडमिनिस्ट्रेशन एडवांस्ड वेरी हाई रेजोल्यूशन रेडियोमीटर (एनओए एवीएचआरआर), सेंटिनल 1, 2, 3 और 5 जैसे सुदूर संवेदन आंकड़ों (चित्र-2) के 40 से अधिक वर्षों के पेटाबाइट स्केल को संजो कर रखता है। गूगल अर्थ इंजन में जलवायु-मौसम और भूभौतिकीय आंकड़े भी शामिल हैं।



चित्र-2: गूगल अर्थ इंजन में उपलब्ध विभिन्न आंकड़े

गूगल अर्थ इंजन से सतही जल सूचकांक आसानी से ज्ञात किया जा सकता है जैसा चित्र 3 में दर्शाया गया है। अतिरिक्त रेडी-टू-यूज़ उत्पाद, जैसे कि एन्हांस्ड वेजिटेशन इंडेक्स (ईवीआई) और नॉर्मलाइज्ड डिफरेंस वेजिटेशन इंडेक्स (एनडीवीआई), भी उपलब्ध हैं। सुदूर संवेदी इमेजरी के एक बड़े भंडार की उपलब्धता के अलावा, उपयोगकर्ताओं के पास गूगल अर्थ इंजन डेटा कैटलॉग में पूर्व-संसाधित, बादल रहित और मोज़ेक छवियां तक उपलब्ध हैं। गूगल अर्थ इंजन, प्लेटफॉर्म में उपलब्ध उपग्रह और हवाई इमेजरी को सूचीबद्ध करता है। गूगल अर्थ इंजन प्लेटफॉर्म गूगल के संगणकीय बुनियादी ढांचे का लाभ उठाता है ताकि संगणकीय समय को कम करने के लिए समानांतर भू-स्थानिक डेटा प्रोसेसिंग को सक्षम किया जा सके। Git Hub पर होस्ट किए गए Java Script और Python के विभिन्न विशेषताओं वाले मॉडल API भी गूगल अर्थ इंजन सर्वर के लिए डेटा विश्लेषण की सुविधा प्रदान करते हैं (चित्र 4) और उपयोगकर्ताओं के कोड का साझाकरण और स्क्रिप्ट संस्करण में सहायता प्रदान करता है। गूगल अर्थ इंजन की एक अन्य विशेषता कोड संपादक है, जो वेब-आधारित एकीकृत विकास पर्यावरण (आईडीई) के माध्यम से उपलब्ध है और इसे जावास्क्रिप्ट एपीआई को लागू करने वाली जटिल स्क्रिप्ट लिखने, विकसित करने और चलाने के लिए डिज़ाइन किया गया है।

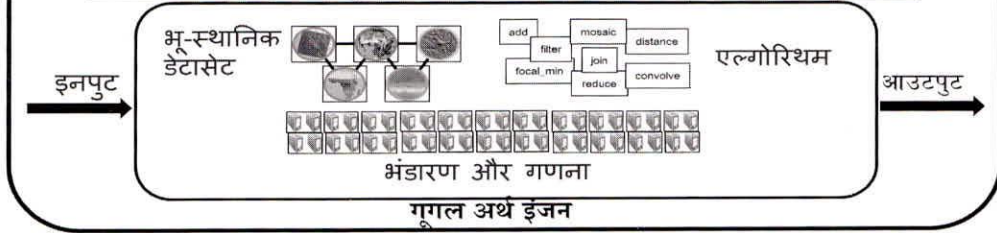


चित्र-3: सतही जल सूचकांक



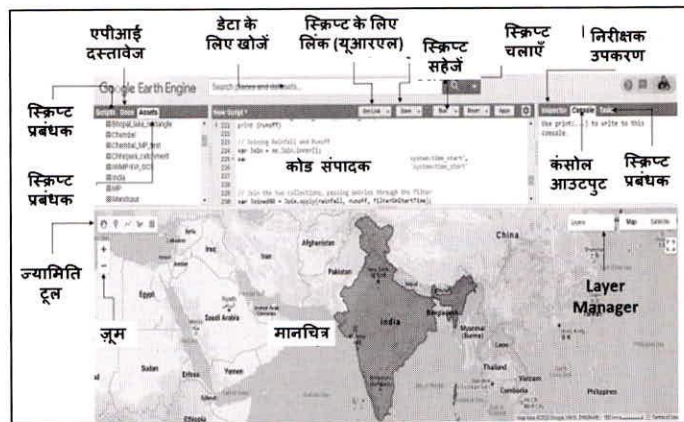
## गूगल अर्थ इंजन का उपयोग क्यों करें?

प्लैनेटरी-स्केल साइंस, बिल्ट-इन फंक्शंस के साथ फ्री क्लाउड प्रोसेसिंग, बड़े पैमाने पर ऑनलाइन पब्लिक डेटा आर्काइव, स्वयं का डेटा अपलोड करने की सुविधा और एपीआई (जावास्क्रिप्ट और पायथन) के जरिए फ्लेक्सिबल करने की सुविधा



चित्र-4: गूगल अर्थ इंजन की कार्य शैली

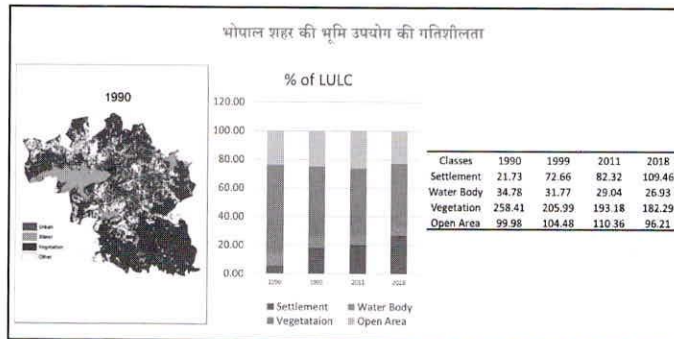
महत्वपूर्ण रूप से, गूगल अर्थ इंजन कोड संपादक में विभिन्न एल्गोरिदम होते हैं जो विशेषज्ञों और गैर-विशेषज्ञों दोनों के लिए स्क्रिप्ट लेखन को सरल बनाते हैं। इसमें कई पैकेज उपलब्ध हैं, उदाहरण के लिए मशीन लर्निंग, इमेज प्रोसेसिंग, इमेज कलेक्शन, ज्योमेट्री-फीचर, रेड्यूसर, चार्ट और विशेष एल्गोरिदम। गूगल अर्थ इंजन में एक्सप्लोरर डेटा कैंटॉग की खोज, विजुअलाइजेशन और बुनियादी विश्लेषण के लिए एक सीधा वेब ऐप है जो उपयोगकर्ताओं को सरल विश्लेषण चलाने की अनुमति देता है। इसके अतिरिक्त, टाइमलैप्स जूम क्षमताओं वाला एक वीडियो टूल है जो पिछले 35 वर्षों (1984-2018) में पृथ्वी की सतह पर परिवर्तनों को ट्रैक करने, मापने और विजुअलाइज़ करने की अनुमति देता है। उपयोगकर्ता अपना टाइमलैप्स डेटासेट भी बना सकते हैं। अर्थ इंजन ऐप उत्साही डेवलपर्स के लिए अपने स्वयं के ऐप बनाने और प्रकाशित करने के लिए क्लाइट-साइड यूजर इंटरफेस एपीआई तक पहुंच प्रदान करता है। गूगल अर्थ इंजन ऐप्स गतिशील, सुलभ उपयोगकर्ता इंटरफेस हैं और विशेषज्ञों और गैर-विशेषज्ञों द्वारा गूगल अर्थ इंजन विश्लेषण के लिए व्यापक रूप से उपलब्ध हैं। गूगल अर्थ इंजन के भीतर भू-स्थानिक आंकड़ों के अभिलेखागार के साथ-साथ इसकी कोडिंग, साझाकरण, समानांतर प्रसंस्करण और विजुअलाइजेशन क्षमताओं ने इसे अभूतपूर्व बना दिया है। गूगल अर्थ इंजन के होम पेज को चित्र 5 में दर्शाया गया है।



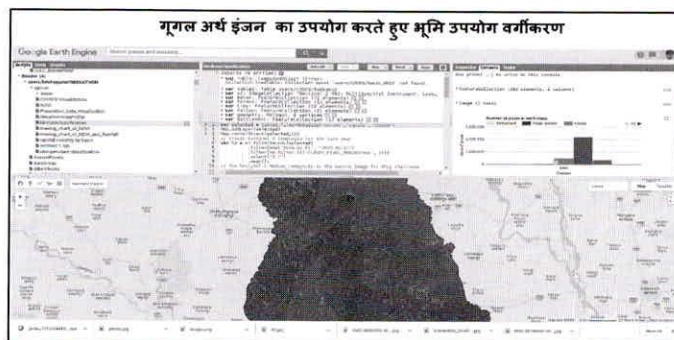
चित्र-5: गूगल अर्थ इंजन का होम पेज

### भू-आच्छादन, भूमि उपयोग वर्गीकरण एवं एनडीवीआई

वनस्पति मानचित्रण और निगरानी में गूगल अर्थ इंजन की उपयोगिता का विभिन्न वैज्ञानिकों ने अध्ययन किया है। इसमें प्रमुख जैव विविधता चर जैसे लीफ एरिया इंडेक्स (एलएआई), अवशोषित प्रकाश संश्लेषक सक्रिय विकिरण का अंश, फ्रैक्शन वनस्पति कवर, और कैनोपी जल सामग्री जैसे मोडिस ऐतिहासिक आंकड़ों का वैश्विक अनुमान शामिल है। कुछ अध्ययनों में गूगल अर्थ इंजन वेब आधारित एप्लिकेशन का उपयोग करके वनस्पति का मानचित्रण किया गया है। उपयोगकर्ता परिभाषित आधारभूत अवधि का उपयोग करके, वनस्पति के क्षरण या सुधार की निगरानी कर सकते हैं। क्लाउड कंप्यूटिंग वातावरण में दीर्घकालिक उपग्रह आंकड़ों का उपयोग करते हुए रेंजलैंड मॉनिटरिंग की जा सकती है। भू-आच्छादन, पृथ्वी की सतह पर उपलब्ध मृदा, वनस्पति, जल, शहरीकरण इत्यादि प्राकृतिक तत्वों के साथ-साथ मानव गतिविधियों पर भी निर्भर है। भू-उपयोग की विशिष्टताओं का मानचित्रण, सतही अभिलक्षण के अध्ययन में सहायक होता है। स्वस्थ हरी वनस्पति, स्पेक्ट्रम दृश्यता और निकट अवरक्त क्षेत्रों में विविध विशेषताएँ होती हैं इसी प्रकार शुष्क मिट्टी के दोनों स्पेक्ट्रमों में अपेक्षाकृत एक स्थिर परिवर्तन होता है। अतः उपयुक्त बहुस्पेक्ट्रमी आंकड़ों का उपयोग करके भूमि पर उपलब्ध विविध विशिष्टताओं को विभेदित किया जा सकता है। सुदूर संवेदन द्वारा आंकड़ों का जलविज्ञानीय निदर्श में परिवर्तन करने में उपयोग होता है। रिमोट सेंसिंग में क्लाउड कवर की समस्या नई नहीं है। टाइम सीरीज़ आंकड़ों और गूगल अर्थ इंजन प्लेटफॉर्म की उपलब्धता ने एल्गोरिदम के विकास की सुविधा प्रदान की है जो लैंड कवर मैपिंग के बादल कवर और इलाके के प्रभाव की समस्याओं को हल करता है। राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान ने गूगल अर्थ इंजन में उपलब्ध लैंडसेट आंकड़ों का विश्लेषण करके भूमि उपयोग वर्गीकरण करने का सफल प्रयास किया है जैसा कि चित्र 6 और 7 में दर्शाया गया है। इसी प्रकार गूगल अर्थ इंजन में उपलब्ध सेंटिनल आंकड़ों का विश्लेषण करके चित्र 8 में दर्शाया गया एनडीवीआई चार्ट तैयार किया जा सकता है।

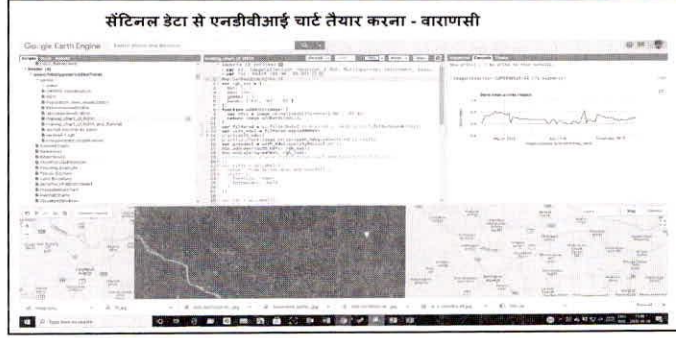


चित्र 6: गूगल अर्थ इंजन से भूमि उपयोग वर्गीकरण



चित्र 7: गूगल अर्थ इंजन से भोपाल शहर की भूमि उपयोगिता का वर्गीकरण





चित्र 8: गूगल अर्थ इंजन से एनडीवीआई चार्ट तैयार करना

### फसल उपज का पूर्वानुमान

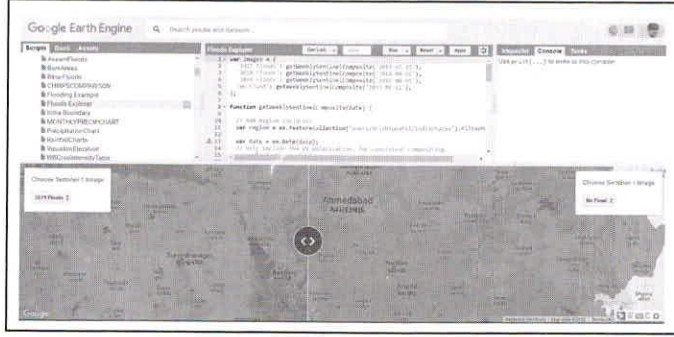
जलवायु अनिश्चितताओं वाले क्षेत्र में फसल से पहले फसल की पैदावार का पूर्वानुमान लगाना विशेष रूप से महत्वपूर्ण है। फसल की उपज जैव भौतिक (फसल, मिट्टी और मौसम की विशेषताओं) और प्रबंधन कारकों पर निर्भर करती है। ये कारक एक क्षेत्र से दूसरे क्षेत्र में और साल दर साल बदलते रहते हैं। इससे उपज का पूर्वानुमान लगाना बहुत कठिन कार्य हो जाता है। सैटेलाइट आधारित रिमोट सेंसिंग फसल की स्थिति और उपज के पूर्वानुमान के लिए एक उपयुक्त विकल्प प्रदान करता है, क्योंकि यह विभिन्न फसल मापदंडों का समय पर, सटीक और संक्षिप्त अनुमान देता है। वनस्पति सूचकांक योग करके उपज का मूल्यांकन किया जा सकता है। फसल वृद्धि, स्वास्थ्य और उपज की भविष्यवाणी की निगरानी के लिए संयंत्र विकास सिमुलेशन मॉडल का उपयोग किया जाता है। यह योजनाकार और निर्णय निर्माताओं को रणनीति तैयार करने और यह अनुमान लगाने में सक्षम बनाता है कि कमी के मामले में कितना आयात और अधिशेष के मामले में कितना निर्यात करना है।

### कृषि अनुप्रयोग

सुदूर-संवेदी कृषि अनुप्रयोग जिनमें फसल की उपज का अनुमान, फसल क्षेत्र का मानचित्रण, कीट और रोग की भेद्यता, और उपयुक्तता मूल्यांकन शामिल हैं, उत्पादकता और खाद्य सुरक्षा को बनाए रखने के लिए महत्वपूर्ण हैं। गूगल अर्थ इंजन प्लेटफॉर्म ने टेरा मोडिस डेटा और लैंडसैट को फ्यूज करने का अवसर प्रदान किया है जिससे 30 मीटर स्थानिक रिज़ॉल्यूशन वाली फसलों की सकल प्राथमिक उत्पादकता का अनुमान लगाया जा सके। अनुमानित फसल भूमि उत्पादकता पैटर्न और उनकी मौसमी विविधताओं की तुलना देश स्तर के फसल आंकड़ों के साथ अनुकूल रूप से की जा सकती है।

### आपदा प्रबंधन और पृथ्वी विज्ञान

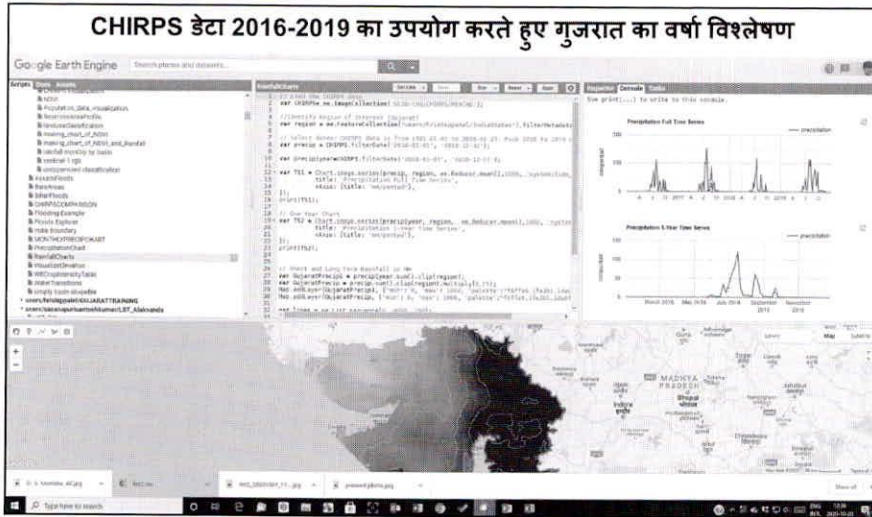
पृथ्वी विज्ञान से संबंधित अनुसंधान, साथ ही अध्ययन जो सीधे आपदा सीमा और प्रतिक्रिया को संबोधित करते हैं, दुनिया भर में किए गए हैं। क्लाउड आधारित गूगल अर्थ इंजन प्लेटफॉर्म का उपयोग करके बाढ़ (चित्र 9) की रोकथाम और प्रतिक्रिया प्रणाली विकसित की जा सकती है। संक्षेप में, इस मुद्दे ने विभिन्न पैमानों पर विशाल आंकड़ों को संभालने और परिचालन स्तर पर उपयोग किए जा सकने वाले स्वचालित कार्यक्रमों के निर्माण में गूगल अर्थ इंजन प्लेटफॉर्म की शक्ति का प्रदर्शन किया है। यह पृथ्वी को प्रभावित करने वाली पर्यावरणीय समस्याओं को हल करने की दिशा में एक बड़ा कदम है और संयुक्त राष्ट्र सहस्राब्दी विकास लक्ष्यों को प्राप्त करने में महत्वपूर्ण है। प्रदर्शित अनुप्रयोगों में खनन, कृषि, पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं और सूखे की निगरानी से लेकर अन्य शामिल हैं। उच्च स्थानिक संकल्प पर घटनाओं की दिन-प्रतिदिन, मासिक, मौसमी और दीर्घकालिक निगरानी और बड़े विस्तार को कवर करना अब ऐसे प्लेटफॉर्मों की उपलब्धता के साथ संभव है जो विशाल आंकड़ों को संभाल सकते हैं।



चित्र 9: गूगल अर्थ इंजन से बनाया गया बाढ़ प्रभावित क्षेत्र मॉडल

### मौसम विज्ञान

एग्रोमेट्रोमोलोजी कृषि उत्पादन को बढ़ाने के लिए मौसम और जलवायु संबंधी जानकारी का अध्ययन है। यह जलवायु परिवर्तन के कारण होने वाले फसल के नुकसान को कम करने में मदद करता है। मौसम विज्ञान और वनस्पति की जानकारी एग्रोमेट्रोमोलोजी के दो प्रमुख महत्वपूर्ण इनपुट हैं। रिमोट सेंसिंग और जीआईएस की मदद से कई मौसम मापदंडों जैसे बारिश का गिरना, सतह का तापमान, सौर विकिरण, वाष्पीकरण आदि के सटीक माप प्राप्त किए जा सकते हैं। गूगल अर्थ इंजन द्वारा गुजरात की वर्ष 2016-19 की वर्षा का विश्लेषण (चित्र 10) करने का प्रयास किया गया।



चित्र 10: गूगल अर्थ इंजन से वर्षा विश्लेषण

### बाढ़ग्रस्त क्षेत्र का प्रबंधन

उपग्रह से प्राप्त सुदूर संवेदन आंकड़ों की उपलब्धता ने बाढ़ का अध्ययन काफी सरल कर दिया है। सुदूर संवेदन तकनीकी द्वारा उपग्रह से प्राप्त आंकड़ों की सहायता से समस्त उपलब्ध घटनाओं के बारे में विश्वसनीय सूचना प्राप्त की जा सकती है। सुदूर संवेदन तकनीक बाढ़ आप्लावन क्षेत्र के बारे में सूचना प्रदान कर सकती है, ताकि बाढ़ परिमाण का बाढ़ प्रभावित क्षेत्र के



साथ संबंध स्थापित किया जा सके। उच्च क्षमता वाले उपग्रह आंकड़े, बाढ़ ग्रस्त क्षेत्र एवं बाढ़ नियंत्रण कार्यों के बारे में उपयोगी सूचना प्रदान करते हैं। किसी विशेष पुनरावृत्ति काल के लिये बाढ़ विस्तार का आकलन किया जा सकता है। गूगल अर्थ इंजन बाढ़ से प्रभावित क्षेत्र का निर्धारण करने एवं बाढ़ के कारण जलस्तर में वृद्धि होने के कारण बाढ़ ग्रस्त क्षेत्रों की भविष्यवाणी कराने के लिये विस्तृत सीमा वाला सॉफ्टवेयर तैयार करने में सहायता प्रदान करता है। गूगल अर्थ इंजन डाटाबेस में कृषि, सामाजिक, अर्थव्यवस्था, सूचना तंत्र, जनसंख्या एवं मूलभूत संरचना के आंकड़े भी जोड़े जा सकते हैं। इन आंकड़ों की सहायता से बाढ़ग्रस्त क्षेत्रों हेतु नीति निर्धारण पुनरुद्धार योजना एवं क्षति मूल्यांकन करने में सहायता प्राप्त होती है।

### जल विभाजक क्षेत्रों का मानचित्रण एवं प्रबंधन

जल, भू-संसाधनों एवं उनकी उत्पादकता के संरक्षण के लिये जलविभाजकों का अभिलक्षण एवं विश्लेषण मूलभूत आवश्यकता है। जलविभाजक अभिलक्षणों में भूविज्ञानीय, जल भूवैज्ञानिक, भू-आकारिकीय, जल विज्ञानिकीय, मृदा, भू-आवरण, भू-उपयोग आदि प्राचलों का मापन शामिल है। प्रबंधन की आवश्यकताओं के आकलन हेतु एरियल एवं अंतरिक्ष में लगे सुदूर संवेदन संवेदकों का प्रयोग जलविभाजक क्षेत्र के अभिलक्षणों हेतु किया जा सकता है। जलविभाजक की विभिन्न फिजियोग्राफिक प्राचलों जैसे आकार संरचना, भौगोलिक स्थिति, जल निकासी ढाँचा इत्यादि की जानकारी गूगल अर्थ इंजन द्वारा सुदूर संवेदी आंकड़ों के विश्लेषण से की जा सकती है। जलनिकासी बेसिन में लिये गए मापनों द्वारा सरिता संख्या, लम्बाई एवं प्रदणता का आकलन किया जा सकता है। राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान द्वारा गूगल अर्थ इंजन पर जल विभाजक क्षेत्र मानचित्रण ऐप तैयार किया गया हैजिसे चित्र 11 में दर्शाया गया है। अपवाह एवं अवसाद के लिये परस्पर संबंध स्थापित किया जा सकता है।



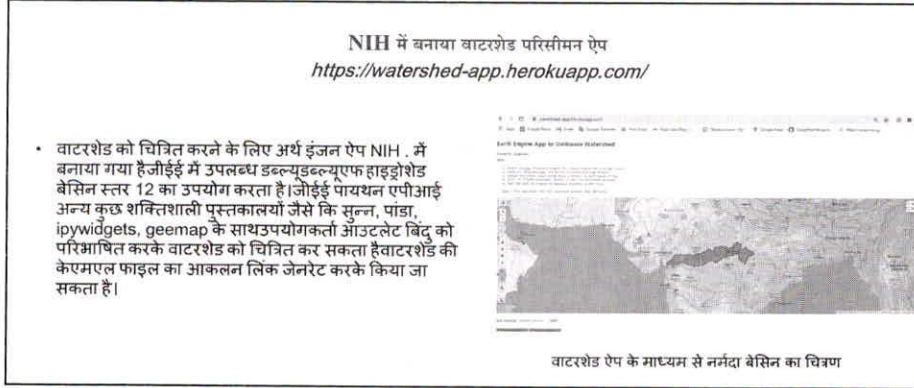
चित्र 11: राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान द्वारा गूगल अर्थ इंजन पर बनाया जल विभाजक क्षेत्र मानचित्रण ऐप

### अपवाह क्षेत्र का अध्ययन

अपवाह जल की वह मात्रा है जो पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में ढाल का अनुसरण करते हुए जलधाराओं, सरिताओं, नालों और नदियों के रूप में प्रवाहित होता है। किसी नदी बेसिन या किसी भी भौगोलिक क्षेत्र या इकाई का अपवाह उस इकाई में होने वाले वर्षण में से निरस्यन्दन, वाष्पीकरण, मृदा-जल-धारण इत्यादि द्वारा होने वाले क्षय को घटा कर निकाला जा सकता है। सरिताओं और नदियों का अपवाह उनके बेसिन के आकार, भू-आच्छादन, भूमि उपयोग इत्यादि पर भी निर्भर करता है। अपवाह का मापन और इसके प्रतिरूपों का अध्ययन किसी भौगोलिक क्षेत्र के जल तन्त्र या जल चक्र को समझने के लिये अत्यंत आवश्यक है। इसी



लिये जल संसाधनों के क्षेत्रीय अथवा वैश्विक अध्ययन में अपवाह का महत्वपूर्ण स्थान होता है। निर्धारित जलमार्गों का अनुसरण करता हुआ बहता जल इनके जाल द्वारा जो तंत्र बनाता है उसे अपवाह तंत्र कहते हैं। इस अपवाह तंत्र का ज्यामितीय विन्यास यह बताता है कि यह किस प्रकार का अपवाह तंत्र है या इसका अपवाह प्रतिरूप क्या है। किसी क्षेत्र का अपवाह तंत्र उस क्षेत्र की स्थलाकृति और जलवायु पर निर्भर होता है। राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान द्वारा गूगल अर्थ इंजन पर एक वर्षा अपवाह मॉडल तैयार किया है जिसे किसी भी जल विभाजक क्षेत्र का अपवाह ज्ञात करने में उपयोग किया जा सकता है जैसा कि चित्र 12 में दर्शाया गया है।



चित्र 12: गूगल अर्थ इंजन पर तैयार एक वर्षा अपवाह मॉडल

### निष्कर्ष

सुदूर संवेदी आंकड़े गूगल अर्थ इंजन पर, जल संसाधन के प्रबंधन में काफी सहायता कर रहे हैं। गूगल अर्थ इंजन तकनीक अपनाने का आज मुख्य कारण है कि यह स्थानीय एवं वैश्विक स्तर पर सूचना हेतु समाकलित पद्धति द्वारा सरलतापूर्वक कार्य करने की क्षमता रखता है। गूगल अर्थ इंजन पर अनगिनत सुदूर संवेदी आंकड़े मुफ्त में उपलब्ध हैं जिन्हें क्लाउड कंप्यूटिंग तकनीकों की सहायता से विश्लेषित किया जा सकता है। पेटाबाइट में उपलब्ध सुदूर संवेदी इमेजरी के साथ गूगल अर्थ इंजन क्लाउड कंप्यूटिंग प्लेटफॉर्म, बड़े पैमाने पर कम्प्यूटेशनल क्षमताएं, उच्च स्तरीय अनुप्रयोग प्रोग्रामिंग इंटरफेस (एपीआई), और उपलब्ध मशीन लर्निंग एल्गोरिदम, शोधकर्ताओं को बड़ी मात्रा में विशाल भू-आंकड़ों को विश्लेषित करने में सक्षम बनाता है। राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान ने गूगल अर्थ इंजन के महत्व को समझते हुए इसका जल के क्षेत्र में सफलता पूर्वक अनुप्रयोग किया है। आने वाले वर्षों में गूगल अर्थ इंजन अपनी क्लाउड कंप्यूटिंग विशेषता और पेटाबाइट में उपलब्ध सुदूर संवेदी इमेजरी के कारण जल प्रबंधन एवं जल आपदा प्रबंधन में एक अग्रणी भूमिका निभाएगा।

किसी राष्ट्र की राजभाषा वही हो सकती है जिसे उसके अधिकाधिक निवासी समझ सकें।

(आचार्य चतुरसेन शास्त्री)