जलविज्ञान और जल प्रबंधन में मानव रहित हवाई वाहन (यूएवी)

सुदेश सिंह चौधरी,
राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान
उत्तर पश्चिमी क्षेत्रीय केंद्र, जोधपुर

परिचय

जलविज्ञान और जल संसाधन प्रबंधन लंबे समय से अनुसंधान और नियामक उद्देश्यों के लिए स्वस्थानी माप और सुदूर संवेदी आंकड़ों के संयोजन पर निर्भर रहा हैं। स्वस्थानी माप, उनके स्थानिक मापन में उपयोग होने वाले उपकरण तथा उनकी लागत, दोनों के द्वारा बाधित होते हैं। उपग्रह और मानवयुक्त विमान–आधारित सुदूर संवेदन स्थानिक रूप से व्यापक आंकड़े प्रदान करता है, लेकिन अक्सर ये एक बड़ी जगह के सापेक्ष होता हे। इसके अलावा, इन सभी आंकड़ों की संग्रह विधियां अक्सर विशिष्ट अल्पकालिक घटनाओं पर प्रतिक्रिया देने की उनकी क्षमता में सीमित होती हैं। स्थानिक और लौकिक डेटा रिजॉल्यूशन के अंतरालों को भरने के लिए शोधकर्ता तेजी से मानव रहित हवाई वाहनों (यूएवी) का उपयोग कर रहे हैं। यूएवी अक्सर पारंपरिक संदुर संवेदी या स्वस्थानी माप आंकड़ा संग्रह पद्धतियों की तुलना में अधिक लागत प्रभावी होते हैं और यूएवी डिजाइन, बिजली आपूर्ति, पेलोड क्षमता और सेंसर में नई प्रगति की उपलब्धता जलविज्ञान विज्ञान में उनके उपयोग में तेजी से नवाचार ला रही है। इन यूएवी प्रौद्योगिकियों के द्वारा गहन समीक्षा करके मिट्टी के प्रकार, जल संसाधनों की आवश्यकता, लागत, फसल प्रभावी लक्षण, फसल वर्णन, निगरानी, मूल्यांकन और मॉडलिंग जैसे बहुत से महत्वपूर्ण कार्यो को नियोजित किया जा रहा है। यह लेख, मानव रहित हवाई वाहन (यूएवी) का सतही जलविज्ञान और जल प्रबंधन में उपयोग हेतु अवसर और चुनौतियों दोनों को संबोधित कर रहा है।

यूएवी प्लेटफार्म

यूएवी को उनके वजन, सहनशक्ति, ऊंचाई और परिचालन त्रिज्या के आधार पर वर्गीकृत किया गया है। यूएवी सर्वेक्षणों के लिए तीन प्रमुख घटकों की आवश्यकता होती हैः आंकड़ा संग्रह प्रणाली (अर्थात, हवाई मंच और सेंसर), आंकड़ा प्रसंस्करण प्रणाली (उदाहरण के लिए, सतही मॉडल और ऑर्थोमोजिक्स उत्पन्न करने के लिए), और आंकड़ा विश्लेषण अर्थात, विजुअलाइजेशन, निष्कर्षण और व्याख्या के लिए)। यूएवी प्लेटफार्मों को मुख्य रूप से उनके वायुगतिकीय विन्यास, परिचालन विशेषताओं और क्षमताओं के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है।

रोटरी–विंग और फिक्स्ड–विंग यूएवी जलविज्ञान और जल प्रबंधन अध्ययन में दो सबसे अधिक उपयोग किए जाने वाले यूएवी प्लेटफॉर्म हैं। प्लेटफॉर्म का चुनाव आवश्यक पेलोड, उड़ान सीमा, गतिशीलता आवश्यकताओं और इसी तरह के विचारों के संबंध में अध्ययन के उद्देश्यों और दायरों को मद्देनजर रखते हुए किया जाता है फिक्स्ड–विंग यूएवी, लिफ्ट उत्पन्न करने और उड़ान को नियंत्रित करने के लिए पंखों का उपयोग करते हैं। उनके पास लंबी सहनशक्ति, अधिक भार क्षमता और उच्च उड़ान गति है। इसके विपरीत, रोटरी–विंग यूएवी, लिफ्ट उत्पन्न करने और उड़ान को नियंत्रित करने के लिए कई रोटर ब्लेड का उपयोग करते हैं। अपनी प्रकृति से, रोटरी–विंग यूएवी ऊर्ध्वाधर टेक–ऑफ और लैंडिंग क्षमता के साथ अत्यधिक गतिशीलता वाले होते हैं। हालाँकि, रोटर्स के माध्यम से लिफ्ट बनाए रखने की उच्च–ऊर्जा आवश्यकताओं के कारण उनकी उड़ान गति, उड़ान की ऊंचाई तथा उड़ान की अवधि सीमित होती है।

सेंसर और उपकरण

सारणी 1 में जलविज्ञान और जल संसाधन प्रबंधन में उपयोग किए जाने वाले विभिन्न यूएवी सेंसरों को उनके लाभ और हानि के साथ सूचीबद्ध किया गया है।

सारणी 1: जलविज्ञान और जल संसाधन में प्रयोग किए जाने वाले विभिन्न यूएवी सेंसर

सेंसर	जलवैज्ञानिक अनुप्रयोग	लाभ	हानि
आरजीबी	एरियल फोटोग्रामेट्री, डीईएम, बाथिमेट्री, बाढ़ निगरानी, सतही प्रवाह वेग, जल की गुणवत्ता, और बर्फ की गहराई	पोर्टेबल, सामान्य, अपेक्षाकृत सस्ता, ऑर्थोइमेजरी और डीएसएम के लिए उच्च गुणवत्ता वाली आरजीबी छवियां प्रदान करने में सक्षम, आसानी से विभिन्न प्लेटफार्मों के साथ लगाया जा सकता है।	व्यापक बैंडविड्थ और कम वर्णक्रमीय रिजॉल्यूशन, ज्यामितीय और रेडियोमेट्रिक अंशांकन का अभाव
हाइपरस्पेक्ट्रल	बाथमीट्री, बाढ़ निगरानी, सतह और भूजल संपर्क का अध्ययन, जल गुणवत्ता	एकाधिक तरंग दैर्ध्य, ज्यामितीय के पुनर्निर्माण और रेडियोमेट्रिक अंशांकन में सक्ष्म।	अपेक्षाकृत महंगा, छवि प्रसंस्करण आरजीबी की, अपेक्षाकृत जटिल, रेडियोमेट्रिक और वायुमंडलीय सुधार की आवश्यकता, यूएवी के लिए सीमित अनुकूलता
हाइपरस्पेक्ट्रल	बाथमीट्री, बाढ़ निगरानी, सतह और भूजल संपर्क, जल भू–रसायन, नदियों और आर्द्रभूमियाँ का मानचित्रण	उच्च वर्णक्रमीय तरंग दैर्ध्य रिजॉल्यूशन डेटा	मल्टीस्पेक्ट्रल की तुलना में अधिक लागत, कम सिग्नल–टू–शोर अनुपात, मानक यूएवी और उड़ान नियंत्रण सॉफ्टवेयर के साथ सीमित अनुकूलता, रेडियोमेट्रिक और वायुमंडलीय सुधार की आवश्यकता
माइक्रोवेव	बाढ़ की निगरानी, नदी का स्तर और निर्वहन, मिट्टी की नमी, ऊंचाई माप, बर्फ की गहराई	कम दृश्यता वाले मौसम में उपयोगी (जैसे, बादल आवरण)	सतह की खुरदरापन के प्रति संवेदनशील
थर्मल	तापमान मानचित्रण, जल निकासी, वाष्पीकरण–उत्सर्जन, मिट्टी की नमी, गंदलापन, भूजल निर्वहन, आर्द्रभूमि मानचित्रण	तापमान की एक विस्तृत श्रृंखला के लिए उपयोगी, अपेक्षाकृत सस्ता	तापमान संवेदनशील, विग्नेटिंग प्रभाव, कम स्थानिक संकल्प, रेडियोमेट्रिक सुधार की आवश्यकता, सतह खुरदरापन में परिवर्तन के प्रति संवेदनशील

लीडार	3डी पुनर्निर्माण, बाथमीट्री, पानी के सतह की ऊंचाई, बाढ़ की निगरानी, बर्फ की गहराई, कटाव, आर्द्रभूमि मानचित्रण	उच्च गुणवत्ता वाले घने बादल बिंदु उत्पन्न करता है, प्रत्यक्ष ज्यामितीय मापन	उच्च लागत, यूएवी के साथ सीमित अनुकूलता, ग्राउंड फिल्टरिंग सुधार की आवश्यकता

भूतल जल विज्ञान

यूएवी का उपयोग भूतल जल विज्ञान के निम्नलिखित क्षेत्रों में किया जा रहा हैः

जल सतह ऊंचाई मापन

जल स्तर को आम तौर पर जियोइड (माध्य समुद्र स्तर) के ऊपर जल स्तर के रूप में जाना जाता है। आमतौर पर, यूएवी से उत्पन्न जल स्तर मापन के लिए एक सटीक जीएनएसएस प्रणाली से अवलोकन की आवश्यकता होती है, जो दीर्घवृत्त के ऊपर यूएवी–ऊंचाई को मापता है और यूएवी और जल की सतह के बीच की सीमा को मापने वाला एक रेंजिंग सेंसर होता है। ज्ञात जियोइड तरंग के आधार पर दीर्घवृत्ताकार से अधिक ऊंचाई को जियोइड के ऊपर की ऊंचाई में परिवर्तित किया जा सकता है। फिर जल स्तर की गणना जियोइड के ऊपर यूएवी–जनित ऊंचाई के बीच के अंतर के रूप में ज्ञात की जा सकती है। जल सतह ऊंचाई की जानकारी बाढ़ की भविष्यवाणी, शमन और पूर्वानुमान के लिए एक महत्वपूर्ण घटक है।

बैथिमेट्री

जल निकायों की उपसतह आकृति विज्ञान के बारे में जानकारी ज्ञात करना (यानी, बाथिमेट्रिक का संचालन करना) तूफानी लहरों की तटीय मॉडलिंग, समुद्र–स्तर में परिवर्तन और धंसाव, और तलछट परिवहन और अंतर्प्रवाह आवासों की निगरानी के लिए महत्वपूर्ण है। बाथमीट्रिक माप आम तौर पर मानवयुक्त जहाजों या मानवरहित सतह वाहनों पर लगाए गए अल्ट्रासोनिक सेंसर के द्वारा प्राप्त किए जाते हैं। यूएवी का उपयोग करते हुए बाथिमेट्रिक अवलोकन आम तौर पर (ए) पानी के चित्रों से एसएफएम तकनीकों के माध्यम से डीईएम पीढ़ी पर आधारित होते हैं, जो आमतौर पर पानी के अपवर्तक सूचकांक के लिए सही होते हैं। (बी) मल्टीस्पेक्ट्रल या हाइपरस्पेक्ट्रल कैमरे से प्राप्त इमेजरी के आधार पर वर्णक्रमीय हस्ताक्षर–गहराई सहसंबंध स्थापित करके बाथिमेट्रिक अवलोकन करते हैं।

सतही जल का वेग और निर्वहन

धारा प्रवाह निगरानी जलविज्ञान का एक अनिवार्य हिस्सा है, जो जल संसाधन नीति और प्रबंधन, जलीय निर्माण अभिकल्पन और मॉडलों के विकास और सुधार में योगदान देता है। नदियों में छवि–आधारित वेलोसिमेट्री सतही प्रवाह वेग मापने के लिए एक सक्षम तकनीक प्रदान करती है। कुछ नियामक प्राधिकरणों द्वारा इस तकनीक को मानक परिचालन अभ्यास के रूप में स्वीकार किया जाने लगा है। डॉपलर प्रभाव का उपयोग करने वाले रडार सिस्टम को पानी की सतह के वेग को मापने के लिए उपयोग में लिया जाता है। ऑप्टिकल मॉनिटरिंग के विश्लेषण के माध्यम से भी सतह प्रवाह वेग के स्थानिक वितरण का अनुमान लगाया जा सकता है। बड़े पैमाने पर पार्टिकल इमेज वेलोसिमेट्री (LSPIV) नदियों में सतही प्रवाह वेगों का अनुमान लगाने हेतु छवि अनुक्रमों को संसाधित करने के लिए ऑप्टिकल दृष्टिकोण के बीच विशेष रूप से लोकप्रिय है।

जल–रासायनिक आंकड़ा संग्रह

हाइपरस्पेक्ट्रल सेंसर का उपयोग नाइट्रोजन, फास्फोरस, जैविक ऑक्सीजन की मांग, रासायनिक ऑक्सीजन की मांग, कुल निलंबित ठोस, गंदलापन, क्लोरोफिल, और जल में प्लास्टिक के तैरने की निगरानी में किया जाता है। नए विकासों जैसे कि चासिस–स्प्रिंग–लिडेड चौम्बर्स विथ ट्यूब्स, माइक्रो–पंप, थीफ–स्टाइल सैम्पलर्स, हाइड्रास्लीव्स, निस्किन जल बोतलें, और मल्टी–मीटर प्रोब आदि का उपयोग करके जल नमूना संग्रह किया जा सकता हैं।

बर्फ की गहराई और वितरण

बर्फ का संचय और अपक्षय वैश्विक जल विज्ञान चक्र के महत्वपूर्ण तत्व हैं। हिममाप के स्थानिक वितरण, जो हिम जल समतुल्य का संकेतक है, सामान्यतः स्थानिक माप का उपयोग करके या मौसम स्टेशनों से प्राप्त आंकड़ों का उपयोग करके अनुमानित किया जाता है। रेड–ब्लू–ग्रीन सेंसर्स के साथ मल्टी रोटर और फिक्स्ड विंग यूएवी को हिम और बर्फ की गहराई प्राप्त करने के लिए सामान्यतः प्रयोग मे लिया जाता है।

बाढ़, सूखा और कटाव

यूएवी के उपयोग से बाढ़ के आवृत्ति और विस्तार का अनुमान लगाया जा सकता है, बाढ़ का जोखिम निदर्शन किया जा सकता है, बाढ़ के प्रभाव का मूल्यांकन किया जा सकता है, और बाढ़ की आपातकालीन स्थितियों का उत्तरदायित्व निभाया जा सकता है। उदाहरणार्थः बाढ़ मॉनिटरिंग के लिए जमीन पर जल सतहों का पता लगाने में यूएवी–आधारित जीएनएसएस आंकड़ों का प्रयोग और यूएवी सर्वेक्षण का उपयोग करके 2डी जल गतिकीय निदर्शन द्वारा फ्लैश–बाढ़ के जोखिमों का पता लगाया जा सकता है।

निष्कर्ष

संक्षेप में, यूएवी वास्तविक समय में और बहुत ही सूक्ष्म जगहों पर मिट्टी, पानी, जैवमंडल, और जलवायुशास्त्रीय प्रक्रियाओं जैसे प्राकृतिक संसाधनों की निगरानी आदि के लिए प्रभावी उपकरण हैं। यूएवी–उत्पन्न सेंसर आंकड़ों का उपयोग सैटेलाइट–आधारित उत्पादों, जल वैज्ञानिक तथा भौतिकीय निदर्शों को प्राचलीकृत और सत्यापित करने के लिए किया जा सकता है। इसके अलावा, यूएवी पर्यावरणीय परिवर्तन (जलवायु परिवर्तन) के अध्ययन के लिए भी एक महत्वपूर्ण उम्मीद है। हालांकि, प्रौद्योगिकी अभी भी विकसित हो रही है, और चुनौतियाँ हैं, जो वैश्विक सहयोग, प्रशिक्षण, समर्थन, प्रौद्योगिकी स्थानांतरण, और आंकड़े साझा करके हल की जा सकती हैं।

राष्ट्रीय व्यवहार में हिन्दी को काम में लाना देश की उन्नति के लिए आवश्यक है।