जल के क्षेत्र में नवीनतम तकनीकों का प्रयोग

राजदेव सिंह
निदेशक

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

सारांश

पृथ्वी पर जीवन की मुख्य आवश्यकताओं में जल का स्थान प्रमुख है। विभिन्न प्रतिस्पर्धात्मक क्षेत्रों जैसे–शहरीकरण, औद्योगिकीकरण, जनसंख्या वृद्धि, एवं मानव के रहन–सहन स्तर में परिवर्तन के कारण जल की मांग में निरन्तर होने वाली वृद्धि से स्वच्छ जल स्त्रोतों की गुणवत्ता एवं जल उपलब्धता में निरन्तर कमी हो रही है। इसके अतिरिक्त सामयिक एवं कालिक आधार पर देश में वर्षा की अत्यधिक परिवर्तनीयता के कारण विभिन्न उद्देश्यों हेतु उपलब्ध जल के इष्टतम संरक्षण एवं प्रबन्धन की आवश्यकता का अनुभव किया जा रहा है।

विगत कुछ दशकों में जलविज्ञान ने विभिन्न क्षेत्रों में सराहनीय प्रगति की है। जलविज्ञानीय मापयंत्रण, आंकड़ा एकत्रीकरण, आँकड़ा प्रकमण एवं संचयन आदि का संगणकीकरण किया जा चुका है। सुदूर संवेदी उपग्रह से प्राप्त स्थानीय आँकड़ा बेस एवं भागोलिक सूचना तंत्र के द्वारा प्राप्त स्थानिक विश्लेषण के अनुप्रयोग, अनेकों निदर्शन अध्ययनों में किये जा रहे हैं। किसी सरिता में विभिन्न स्त्रोंतों से पुनःपूरण क्षेत्रों के चयनीकरण, भूजल निस्सरण एवं इसकी गति तथा प्रवाह घटकों के चयनीकरण से सम्बद्ध अनेकों जलविज्ञानीय अनुप्रयोगों में नाभिकीय तकनीकों का प्रयोग किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त नदी बेसिन के पैमाने पर निर्णय सहायक तंत्र को विकसित किया जा रहा है। जो निदर्शन जटिलताओं की गहराई में प्रवेश किये बिना विवेकपूर्ण सतही एवं भूजल विकास एवं प्रबन्धन के लिए विभिन्न स्थितियों के विश्लेषण हेतु नीति निर्धारकों को सहायता प्रदान कर सकता है। प्रस्तुत प्रपत्र में जलविज्ञान एवं जल संसाधनों के विभिन्न पहलुओं में कुछ नवीनतम विकास से सम्बद्ध विषयों का वर्णन किया गया है।

प्रस्तावना

पृथ्वी पर उपलब्ध पुनः प्राप्त किये जाने योग्य संसाधनों में जल का प्रमुख स्थान है। जल जीवन की समस्त अवस्थाओं के संयोजन, खाद्यान्न उत्पादन, आर्थिक विकास एवं समाज के कल्याण के लिए अत्यन्त आवश्यक है। यह प्रकृति द्वारा मानव को प्रदत्त एक विशिष्ट उपहार है। जल एक ऐसा प्राकृतिक संसाधन है, जिसमें मार्ग परिवर्तन, परिवहन, संचयन एवं पुनःचक्रण की क्षमता उपलब्ध है। जल की उपरोक्त समस्त विशिष्टितायें मानव जीवन के उपयोग के लिए जल की महान उपयोगिताओं को प्रदान करती है।

हमारे देश के सतही एवं भूजल संसाधन, जल शक्ति उत्पादन, पशुधन उत्पादन, औद्योगिक गतिविधियों, वनविज्ञान, मतस्य जीवन, नौकायन एवं मनोरंजन से सम्बद्ध गतिविधियों इत्यादि उपयोगों में एक महत्वपूर्ण भूमिका प्रदान करते हैं। जल संसाधनों के योजनीकरण एवं प्रचालन के सम्बन्ध में हमारी राष्ट्रीय जल नीति के अन्तर्गत मुख्य रुप से निर्धारित की गई प्राथमिकताएं (1) पेयजल (2) सिंचाई (3) जल शक्ति (4) परिस्थितिकी (5) कृषि उद्योग एवं कृषि रहित उद्योग एवं (6) नौकायन हैं। भारतवर्ष में हिमपात सहित लगभग 4000 घन किमी वार्षिक अवक्षेपण प्राप्त होता है, जिसमें से 3000 घन किमी वर्षा ऋतु के दौरान प्राप्त होता है। भारतवर्ष को प्रकृति की अनमोल देन नदी तंत्र है, जिसमें अनेकों सहायक नदियों सहित 20 से अधिक प्रमुख नदियाँ सम्मिलित हैं। इन नदियों में से अधिकांश नदियाँ बारहमासी हैं। गंगा, ब्रह्मपुत्र एवं सिन्धु जैसी प्रमुख नदियाँ हिमालय से उद्गमित होती हैं तथा इन नदियों में जल प्रवाह पूरे वर्ष उपलब्ध रहता है। भारतवर्ष के जल संसाधनों का 50: से अधिक भाग इन नदी तंत्रों की विभिन्न सहायक नदियों में उपलब्ध रहता है (लाल, 2001)। देश की विभिन्न नदियों में उपलब्ध जल के अतिरिक्त, भूजल भी पेयजल, सिंचाई, औद्योगिक क्षेत्रों, इत्यादि के लिए जल मांगों को पूर्ण करने का एक महत्वपूर्ण स्त्रोत है। भूजल देश में लगभग 80: घरेलू जल आवश्यकताओं को तथा 45: से अधिक सिंचाई आवश्यकताओं की पूर्ति करता है।

जलविज्ञान, वायुमण्डल, पृथ्वी की सतह एवं पृथ्वी की सतह के नीचे जल की उपलब्धता, वितरण एवं गति का विज्ञान है। समय के साथ जलविज्ञान के क्षेत्र में अनेकों नवीनतम तकनीकों का अन्वेषण हुआ है। जलविज्ञानीय एवं जल मौसमविज्ञानीय क्षेत्रों में स्वचालित मापयंत्र, जल संसाधन के क्षेत्र में विविध समस्याओं के समाधान हेतु, उपलब्ध आधुनिक निदर्शन तकनीकों में अनुप्रयोग के लिए, आवश्यक समय अन्तराल पर,

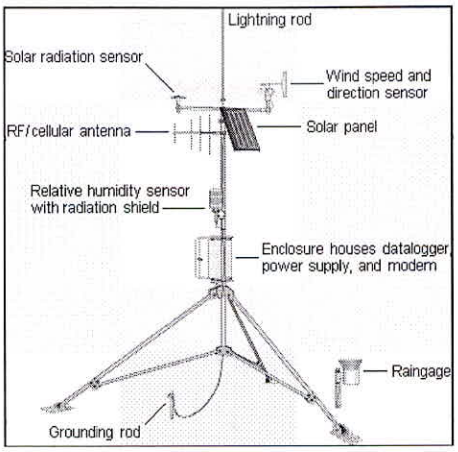
उपयुक्त एवं शुद्ध आंकड़े प्रदान करते हैं। अंकीय जलविज्ञानीय आंकड़ा संचयन एवं प्रकमण के लिए उपयोगकर्ता प्रभावी साफ्टवेयर विकसित किये जा रहे हैं। तथा उनका उपयोग प्रभावी आंकड़ा बेस प्रबन्धन के लिए किया जा रहा है। स्थानिक आंकड़ा बेस प्रबन्धन एवं विश्लेषण के लिए सुदूर संवेदी उपग्रह एवं स्थानिक विश्लेषण द्वारा, स्थानिक निर्णय सहायक तंत्र के विकास के लिए, सुदूर संवेदी एवं भौगोलिक सूचना तंत्र द्वारा प्रदत्त स्थानिक आंकड़ा बेस महत्वपूर्ण यंत्र हैं। ये यंत्र निदर्शन अध्ययनों के लिए महत्वपूर्ण निवेश प्रदान करते हैं। इन अध्ययनों से प्राप्त परिणामों का प्रयोग अनेकों जल संसाधन प्रबन्धन विषयों में किया जा रहा है। जलविज्ञान एवं जल संसाधनों के क्षेत्र में साफ्ट गणक तकनीकों जैसे कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क एवं फज्जी लाजिक का विशिष्ट विकास एवं अनुप्रयोग हुआ है। नाभिकीय तकनीकों का अनुप्रयोग अनेकों जल विज्ञानीय क्षेत्रों में किया गया है। जिनमें एक नदी के विभिन्न स्त्रोतों से पुनःपूरण का चयनीकरण, भूजल निःस्यंदन एवं इसकी गति तथा प्रवाह घटकों का चयनीकरण सम्मिलित है।

इसके अतिरिक्त नदी बेसिन पैमानों पर निर्णय सहायक तंत्र को विकसित किया जा रहा है, जो निदर्शन जटिलताओं की गहराई में प्रवेश किये बिना विवेकपूर्ण सतही एवं भूजल विकास एवं प्रबन्धन के लिए विभिन्न स्थितियों के विश्लेषण में नीति निर्धारकों को सहायता प्रदान कर सकता है। प्रस्तुत प्रपत्र में जल विज्ञानीय निदर्शन एवं विश्लेषण में नवीनतम विकास की संक्षिप्त जानकारी प्रदान की गई है।

जल विज्ञानीय माप यंत्रण में नवीनतम तकनीकों का प्रयोग

जल संसाधन परियोजनाओं का योजनीकरण, विकास एवं प्रचालन जल विज्ञानीय आंकड़ों पर पूर्णतः आश्रित है। जल संसाधनों के आर्थिक एवं इष्टतम उपयोग, योजनीकरण, अभिकल्पन एवं विकास के लिए सतही एवं भूजल की आवश्यकता होती है। जलविज्ञानीय मापयंत्रण का विकास इस क्षेत्र की एक प्राथमिक आवश्यकता है, जिसके लिए जलविज्ञानीय चक्र एवं उससे सम्बन्ध घटकों के विश्वसनीय एवं पर्याप्त प्रेक्षण आँकड़ों की आवश्यकता होती है। जल घनत्वमापी, जलीय चक के तत्वों के मापन एवं प्रेक्षण से सम्बद्ध है। सामान्यतः अध्ययन के लिए उपयोग किये जाने वाले मुख्य मौसमविज्ञानीय अवयवों में अधिकतम एवं न्यूनतम तापमान, वायु वेग एवं दिशा, सूर्य का चमकना, वाष्पन, मृदा आद्रता इत्यादि सम्मिलित हैं। अध्ययन के लिए आवश्यक मुख्य जलविज्ञानीय अवयवों में नदी जल स्तर एवं उसके सापेक्ष निःस्सरण सम्मिलित है। इन अवयवों का मापन सामान्यतः रुढिवादी मापयंत्रों जैसे थर्मामीटर, वर्षामापी, वायुवेगमापी, सनशाइनमापी, पाइरेनोमापी एवं पैन वाष्पनमापी इत्यादि के द्वारा किया जाता है। WMO (1998) ने विभिन्न मापयन्त्रों एवं उनकी सहायता से की जाने वाली प्रेक्षण पद्धतियों को सूचीबद्ध किया है।

निकट पूर्वकाल में जल मौसमविज्ञानीय अवयवों के आवश्यक अवधि पर निरन्तर प्रेक्षण, एवं प्रेक्षित मानों का उपयोग किये जाने हेतु एक डाटा लागर में संचयन के लिए स्वचालित मौसम स्टेशन का अन्वेषण किया गया। ये माप यंत्र (चित्र–1) विभिन्न जलविज्ञानीय एवं जल मौसमविज्ञानीय प्राचलों जैसे वायु वेग, वायु दिशा, आद्रता, तापमान, सूर्य के चमकने की अवधि, वायुदाब, सौर विकिरण, वर्षामापी, मृदा आद्रता एवं मृदा तापमान इत्यादि को रिकार्ड करते हैं। ये स्वचालित मौसम स्टेशन, सुदूर एवं अगम्य एवं वीरान क्षेत्रों में मौसम एवं चक्रवात के पूर्वानुमान से सम्बद्ध आँकड़ों के लिए सर्वोच्च महत्वत्ता प्रदान करते हैं। स्वचालित मौसम स्टेशन बेस स्थलों तक मौसमविज्ञानीय आँकड़ों एवं क्षेत्रीय स्थलों के लिए आवश्यक प्रकाशित आँकड़ों तथा पूर्व चेतावनी स्थलों को उपग्रह की सहायता से संप्रेषित करते हैं। ये मापयंत्र सौर ऊर्जा पर आधारित होते हैं, तथा इनका प्रचालन एक बैटरी की सहायता से किया जाता है। जिसे लघु सौर पैनल से सौर ऊर्जा के द्वारा आवेशित किया जात है। भारतवर्ष में, भारत मौसमविज्ञान संस्थान ने वृहत्त संख्या में नवीनतम स्वचालित मौसम स्टेशनों को सम्पूर्ण देश में स्थापित किया है। तथा इस सम्बन्ध में अधिक स्टेशनों की स्थापना हेतु निरन्तर प्रयत्न किये जा रहे हैं। मौसम विज्ञानीय सेवाओं में सुधार हेतु भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान संस्थान (इसरो) एवं हिम एवं हिमस्खलन अध्ययन संस्थान (सासे) द्वारा विस्तार कार्यक्रम के अन्तर्गत लगभग 1000 स्वचालित मौसमविज्ञानीय स्टेशन स्थापित किये जाने की भी योजना है।



चित्र 1 स्वचालित मौसम स्टेशन चित्रण।

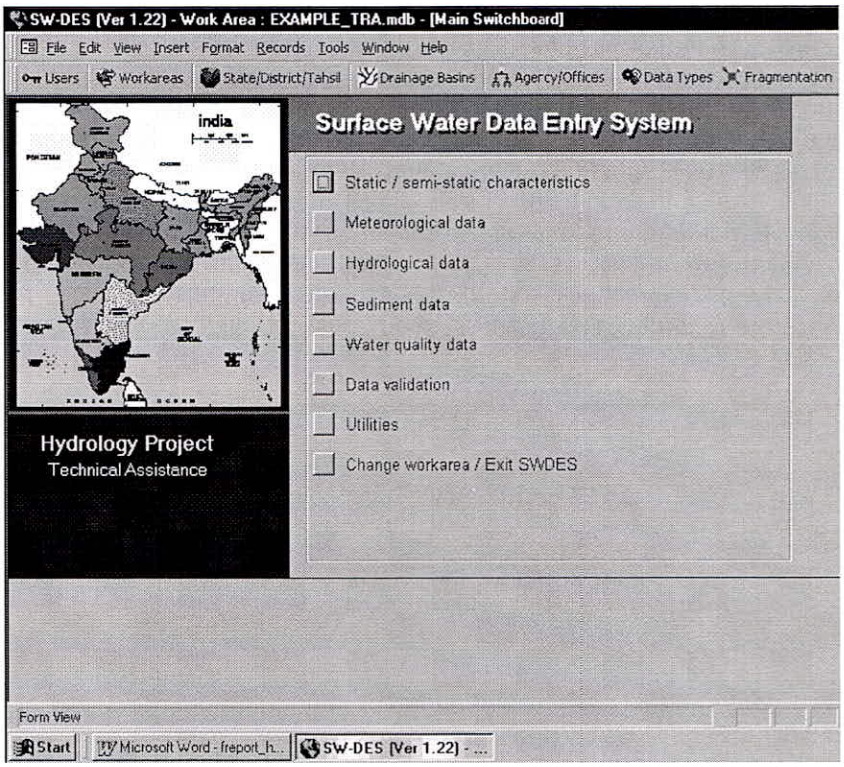
किसी अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल से प्रति सेकेण्ड गुजरने वाले जल के आयतन को सरिता निःस्सरण के रुप में जाना जाता है तथा इसे सामान्यतः घन मी0/सेकेण्ड (क्यूमेक) के रुप में व्यक्त करते हैं। किसी अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल से समय के सापेक्ष गुजरने वाले जल के वेग को निस्सरण के रुप में जाना जाता है। अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल का निर्धारण करने के लिए अनुप्रस्थ काट स्थिति पर नदी की चौड़ाई को मापा जाता है, तथा नदी की गहराई को अंशाकित छड़ से मापा जाता है। विशाल नदियों में अनुप्रस्थ काट को गतिशील नाव की सहायता से ज्ञात करते हैं, तथा जल की गहराई को ईको–गहराई मापी द्वारा मापा जाता है। नदी की गहराई (स्टेज) के मापन के लिए स्वचालित एवं अंकीय जल स्तर रिकार्डर को विशिष्ट महत्व दिया जा रहा है। जल के प्रत्यक्ष सम्पर्क में आये बिना राडार पल्स के प्रयोग द्वारा राडार जल स्तर मापक मापयंत्र, जल स्तर का मापन करता है (चित्र–2)। इस उपकरण को पुल, पियर या जल सतह के ऊपर किसी संरचना पर स्थापित किया जा सकता है। यह उपकरण लागिंग संवेदक से सम्बद्ध किये जाने पर उपयोगकर्ता की आवश्यकतानुसार विशिष्ट समयान्तराल पर आंकड़ों को रिकार्ड कर सकता है। जल के प्रवाह के वेग को सामान्यतः किसी फ्लोट या धारा मापी की सहायता से मापा जाता है। अन्वेषण हेतु विविध प्रकार के फ्लोट या धारामापी उपलब्ध हैं। नदियों एवं सरिताओं में औसत प्रवाह वेग मापन के लिए अंकीय वेग मापी भी विकसित किये गये हैं।

चित्र–2–राडार जल स्तर रिकार्डर का चित्रण

जलविज्ञानीय आंकड़ा प्रविष्टि एवं प्रकमण

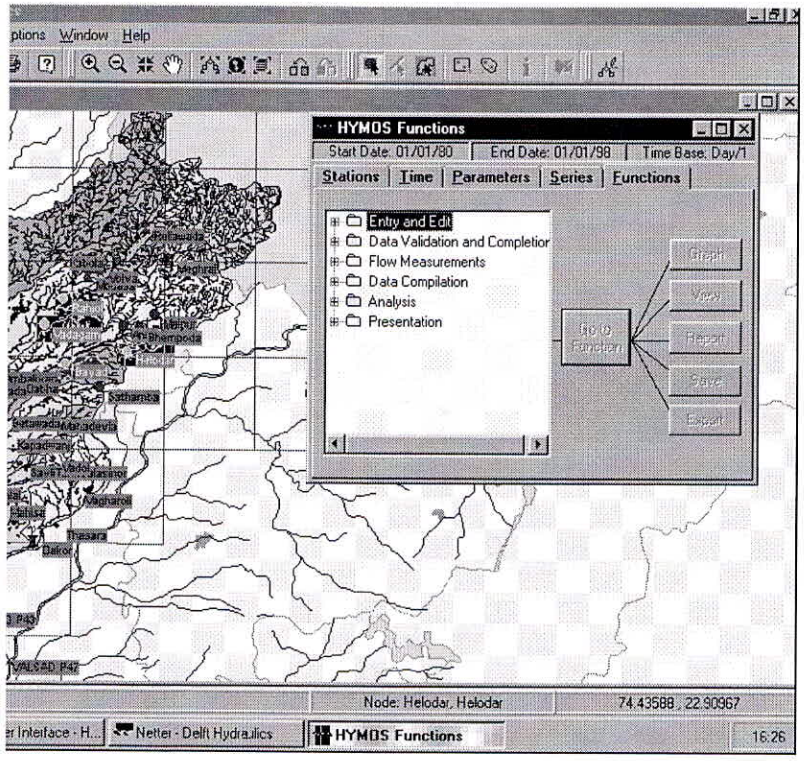
जलविज्ञान में नवीनतम अन्वेषण जलविज्ञानीय अवयवों क श्रेष्ठ, विश्वसनीय एवं निरन्तर मापन पर आधारित है। विभिन्न स्त्रोतों/मापयंत्रों से एकत्र किये गये जल मौसमविज्ञानीय आंकड़े सामान्यतः अपरिष्कृत होते हैं, तथा उन्हें अधिकांश जलविज्ञानीय विश्लेषणों हेतु यथा स्थिति में प्रयोग नही किया जा सकता। इन आंकड़ों का सर्वप्रथम संगणकीकरण किया जाता है, तथा उसके पश्चात आंकड़ों की गुणवत्ता सुनिश्चित करने हेतु उन्हें अनेकों प्रकार के परीक्षणों से गुजारा जाता है। आंकड़ा प्रकमण में प्रेक्षित अपरिष्कृत आंकड़ों को प्राप्त करने एवं उन्हें अध्ययन योग्य बनाने की समस्त गतिविधियाँ सम्मिलित हैं। अपरिष्कृत आंकड़े विविध स्वरुपों जैसे : हस्तलिखित रिकार्ड, चार्ट एवं अंकीय रिकार्ड के रुप में उपलब्ध होते हैं। प्रेक्षण के पश्चात प्राप्त अपरिष्कृत आंकड़ों में अनेकों रिक्त स्थान एवं असंगतियाँ पाई जाती है। इन अपरिष्कृत आंकड़ों को उपयोगी बनाने के लिए अनेकों विशिष्ट प्रकियाओं, जैसे : आंकड़ा प्रविष्टि, आवश्यक मान्यकरण परीक्षण, आंकड़ा श्रेणियों में रिक्त स्थानों को पूर्ण करना, आवश्यक अवयवों के आंकलन के लिए अपरिष्कृत आंकड़ों का प्रकमण, विभिन्न अवस्थाओं में आंकड़ों का संकलन एवं सामान्यतः आवश्यक सांख्यिकीय के लिए आंकड़ों

का विश्लेषण इत्यादि से गुजारा जाता है। संगणक प्रौद्योगिकी हार्डवेयर, स्पीड के प्रचालन एवं आंकड़ों की संचयन क्षमता के साथ–साथ जलविज्ञानीय साफ्टवेयर की क्षमताओं ने जलविज्ञानीय आंकड़ों की विशाल मात्राओं के प्रबन्धन का अत्यधिक सरलीकृत किया है। संगणक आधारित जलविज्ञानीय सूचना तंत्र के अनेकों लाभ हैं, जैसेः प्रकमण, मान्यकरण, एवं प्रतिवेदन प्रद्धतियों के मानकीकरण को प्रोन्नत करने की अनुमति प्रदान करना, आंकड़ों की विशाल मात्रा का प्रबन्धन करना एवं उपयोगकर्ता द्वारा आवश्यक सारणी या ग्राफीय प्रारुप में आंकड़ों को प्रदान करना। सतही जल आंकड़ा प्रविष्टि तंत्र (SWDES) का विकास जलविज्ञानीय परियोजना के प्रथम चरण में 1999 में हुआ। इस आंकड़ा प्रविष्टि साफ्टवेयर का प्राथमिक उद्देश्य समस्त प्रकार के मौसमविज्ञानीय एवं जलविज्ञानीय आंकड़ों की प्रविष्टि के लिए पर्याप्त सुविधा प्रदान करना है। साफ्टवेयर, सतही जल एजेन्सियों द्वारा प्रेक्षित वर्षा, जल स्तर, स्टेज–निस्सरण, जल गुणवत्ता, अवसाद एवं जलवायु आंकड़ों की प्रविष्टि के लिए उपयुक्त सुविधाऐं प्रदान करता है। इस साफ्टवेयर के प्रयोग द्वारा एकत्र आंकड़ों को आवश्यक आकड़ा प्रविष्टि परीक्षण से गुजारा जाता है, जिससे अशुद्धियों की सम्भावनाओं को न्यूनतम किया जा सके। आंकड़ों का ग्राफीय प्रस्तुतिकरण, प्रविष्ट आंकड़ों के मान्यकरण के लिए अतिरिक्त लाभ प्रदान करता है। साफ्टवेयर का प्रयोग विभिन्न एजेन्सियों के पास विशाल मात्रा में उपलब्ध ऐतिहासिक एवं वर्तमान आंकड़ों को प्रविष्ट करने में किया जाता है। यह साफ्टवेयर सभी प्रकार के मौसमविज्ञानीय एवं सतही जल गुणवत्ता आंकड़ों की प्रविष्टि एवं प्राथमिक मान्यकरण के लिए आंकड़ा प्रविष्ट करने वाले व्यक्ति के लिए फ्रन्ट–एण्ड प्रदान करता है। सतही जल आकड़ा प्रविष्टि तंत्र साफ्टवेयर के मुख्य स्क्रीन को चित्र–3 में प्रस्तुत किया गया है।



चित्र–3–सतही जल आंकड़ा प्रविष्टि तंत्र के मुख्य स्विच बोर्ड का चित्रण

हाईमौस जलविज्ञानीय एवं पर्यावरणीय आंकड़ों के संचयन, प्रकमण एवं विश्लेषण के लिए एक उपयोगी सूचना तंत्र है। यह तंत्र आंकड़ा प्रविष्टि, मान्यकरण, सुधार, विश्लेषण एवं प्रस्तुतिकरण के लिए शक्तिशाली यंत्रों सहित प्रभावी आंकड़ा बेस संरचना प्रदान करता है। आंकड़ा प्रकमण एवं विश्लेषण गुणों की वृहत्त विविधता जल सम्बन्धी अध्ययनों में जटिल परियोजना अनुप्रयोगों को हाईमास अत्यधिक उपयुक्त बनाता है। हाईमौस को नम्य एवं बहु कार्यकारी जलविज्ञानीय सूचना तंत्र के रुप में विकसित किया गया है। हाईमौस साफ्टवेयर का जटिल चित्रण चित्र–4 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र–4–हाईमौस आंकड़ा प्रकमण का चित्रण

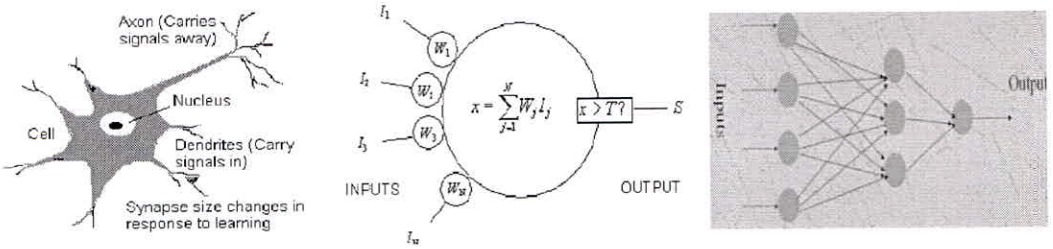
हाईमौस, अन्य उपलब्ध आंकड़ा बेसों: जैसे सतही जल आंकड़ा प्रविष्टि तंत्र (SWDES) एवं निदर्शन तंत्रों सहित आंकड़ा स्थानान्तरण को सुनिश्चित करने के लिए आंकड़ा संरचना का उपयोग करता है। DELFT TOOLS का एक भाग होने के कारण हाईमौस WL/DELFT हाईड्रोलिक्स के अन्य साफ्टवेयर पैकेजों जैसे SOBEK, DEWAQ एवं RIBASIM के साथ पूर्णतः समाकलित है। हाईमौस आंकड़ा बेस स्थानिक विश्लेषण के लिए सामान्य सुविधाओं सहित समय श्रेणी के अनुकूल है। विस्तृत भौगोलिक आंकड़ा विश्लेषण के लिए भौगोलिक सूचना तंत्र सहित हाईमौस जल प्रबन्धन तंत्र के योजनीकरण, अभिकल्पन एवं प्रचालन के लिए समस्त आंकड़ा संचयन एवं प्रकमण आवश्यकताओं को पूर्ण करता है। हाईमौस एवं अत्यधिक सामान्य जी0आई0एस0 तंत्र के मध्य आंकड़ों का पारस्परिक हस्तातंरण सरल एवं उपयोगकर्ताओं के लिए मित्रवत है।

जल विज्ञानीय निदर्शन के लिए साफ्ट गणक तकनीकें

जीवविज्ञानीय तंत्र में साफ्ट गणक तकनीकें सूचना प्रकमण पर आधारित है। मानव सूचना प्रकमण के अन्तर्गत तर्कसगंत एवं अन्तर्देशी दोनों प्रकार का सूचना प्रकमण सम्मिलित है। रुढिवादी संगणक तंत्र, तर्क संगत सूचना प्रकमण के लिए उपयुक्त है, परन्तु अन्तर्देशी सूचना प्रकमण के लिए क्षमताओं के विकास में यह अभी काफी अविकसित है। मानव हेतु गणक तंत्र के लिए सूचना प्रकमण सुविधाओं के समान यह तीन विशिष्टताओं: उदारता, कड़ापन, एवं वास्तविक समय प्रकमण को सहायता प्रदान करने हेतु पर्याप्त रुप में तन्य होना चाहिए। इन तीनों विशिष्टताओं के साथ सूचना प्रकमण तंत्रों के रुप में जाना जाता है (चौधरी एवं चट्टोपाध्य 2005 अ)। अतः साफ्ट गणक तकनीकों को वास्तविक तंत्र के प्रमुख संघटक के रुप में प्रदर्शित किया जा सकता है। अनेकों लेखकों (झांग एवं स्कोफील्ड 1994, झांग एवं नौल 2001, एवं चौधरी एवं चट्टोपाध्याय 2005 अ,ब) ने वास्तविक विश्व समस्याओं के समाधान हेतु साफ्ट गणक तकनीकों की सम्भावना पर विचार विमर्श किया है।

साफ्ट गणनाओं के तीन मूल घटक : कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क, फज्जी लौजिक एवं जनित प्रमेय है। वर्तमान समय में इनमें दो अन्य पद्धतियॉं (1) अपरिष्कृत सैट थ्योरो एवं (2) विस्तारक रीजनिंग भी सम्मिलित हुई है। कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क उन परिस्थितियों में उपयोगी है जहॉं अधःस्थ प्रकम/सम्बन्ध अव्यवस्थित गुणधर्मों को प्रदर्शित करते है। ए0एन0एन0 के लिए विचारणीय तंत्र की पूर्व जानकारी होना आवश्यक नहीं है। तथा यह वास्तविक समय आधार पर गतिकीय तंत्रों के निदर्शों हेतु सर्वथा उपयुक्त है (मकसूद एवं अन्य

2002)। फज्जी लौजिक एक अन्य साफ्ट गणक तकनीक है, जो जटिल तंत्रों के विश्लेषण के लिए आवश्यक है। साफ्ट गणक तकनीकों का अन्य घटक जनित प्रमेय है। यह प्रमेय विकास के सिद्धान्त पर आधारित ह। वास्तविक जीवन समस्याओं के समाधान हेतु कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क में न्यूरौन के प्रस्तुतिकरण को चित्र–5 में दर्शाया गया है।



चित्र–5 कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क के रुम में न्यूरौन का प्रस्तुतिकरण

वैज्ञानिक एवं अभियन्ता समुदाय ने पिछले कुछ दशकों से साफ्ट गणक तकनीकों के प्रयोग एवं विकास में बहुत अधिक अनुभव प्राप्त किया है। ये पद्धतियाँ रुढिवादी पद्धतियों की तुलना में अत्यधिक लाभकारी हैं। न्यूरल नेटवर्क प्रौद्योगिकी, जलविज्ञान एवं जल संसाधन अनुकरण के क्षेत्र में अनेकों श्रेष्ठ परिणाम प्रदान करती है। फज्जी लौजिक तकनीक एक अन्य साफ्ट गणक तकनीक है। जिसने वर्तमान में जलविज्ञान के क्षेत्र में ध्यानाकर्षण किया है। वैकल्पिक अभिकल्प प्रौद्योगिकी का यह एक ऐसा उदाहरण है, जिसका अनुप्रयोग रेखीय एवं अरेखीय तंत्रों को विकसित करने में किया जा सकता है। फज्जी लौजिक, फज्जी तंत्र एवं फज्जी निदर्शन की विधाएं उपमार्ग नियंत्रक सहित वास्तविक विश्व स्वचालित नियत्रंण अनुप्रयोग, आटोनोमस रोबोट नौकायन, स्वचालित फ्लैक्स कैमरा, प्रतिबिम्ब विश्लेषण एवं निदान तंत्र में इसकी महानतम सफलता के प्रमाण हैं।

पूर्व स्थापित हार्ड कम्प्यूटिंग तकनीक को साफ्ट गणक तकनीकों के वैकल्पिक उदाहरण के रुप में मान्यता प्रदान की गई है। पारम्परिक कठोर गणक पद्धतियॉं, वर्तमान में आने वाली समस्याओं का अधिकांशतः समाधान नही कर पाती हैं। उनके समाधान हेतु विशिष्ट विश्लेषणात्मक निदर्श की सदैव आवश्यकता होती है, तथा अक्सर गणना में अत्यधिक समय की आवश्यकता होती है। साफ्ट गणक तकनीकें जो अनावश्यक परिशुद्धता के लिए तंत्र के व्यवहार में परिवर्तन पर बल देती हैं, को अनेकों समकालीन समस्याओं के प्रयोगात्मक समाधान के लिए महत्वपूर्ण प्रयोगात्मक यंत्र के रुप में स्वीकार किया गया है। ए0एन0एन0 एवं एफ0एल0एम0, घटकों का प्रयोग रेखीय, अज्ञात या आंशिक ज्ञात जटिल तंत्रों या प्रकमों के लिए किया जाता है। वर्तमान वर्षों में जनित प्रमेय एवं कण इष्टतमीकरण तकनीकों का उद्गमन सम्भाव्य एवं रोबस्ट इष्टतमीकरण यंत्रों के रुप में हुआ है।

मानव आवश्यकताओं के विभिन्न क्षेत्रों में स्वच्छ जल की आपूर्ति के लिए सदैव बढती मांगों के कारण विश्व के सभी भागों, विशेष रुप से भारत जैसे विकासशील देश में, जहॉं जल संसाधन का वितरण स्थान एवं समय दोनों ही स्वरुपों में असमान है, जल संसाधन के इष्टतम प्रबन्धन की समस्याओं में वृद्धि हुई है। जल संसाधनों के प्रभावी प्रबन्धन के लिए, विभिन्न जलविज्ञानीय घटकों : जैसे वर्षा अपवाह का सहसम्बन्ध, जलाशय में अन्तर्वाह का पूर्वानुमान, वर्षा का पूर्वानुमान, वाष्पन का पूर्वानुमान, अधिकतम बाढ़ का पूर्वानुमान एवं इष्टतम जलाशय प्रचालन नीति इत्यादि की भविष्यवाणी आवश्यक है। जल संसाधन अभियात्रिकी में जटिल तंत्र के पूर्वानुमान के लिए साफ्ट गणक तकनीकें अत्यधिक प्रभावी है। जलविज्ञानीय साहित्य में कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क पर आधारित अनेकों अध्ययन प्रतिवेदित किये गये हैं। फज्जी लौजिक के प्रयोग द्वारा जलविज्ञान एवं जल संसाधन में निदर्शन, अनुसंधान का एक नवीन क्षेत्र है। यद्यपि पिछले दशक में इस विषय पर कुछ अध्ययनों, मुख्यतः जलाशय प्रचालन एवं जल संसाधन प्रबन्धन द्वारा इसकी उपयोगिता प्रमाणित की जा चुकी है। कुछ अन्य महत्वपूर्ण क्षेत्रों जैसे स्टेज–निस्सरण अवसादन सम्बन्ध, वर्षा–अपवाह निदर्शन, एवं जलविज्ञानीय पूर्वानुमान इत्यादि में फज्जी लौजिक अनुप्रयोगों ने अपनी उपयोगिता सिद्ध की है ख्लोहानी एवं अन्य (2005–2007अ),।

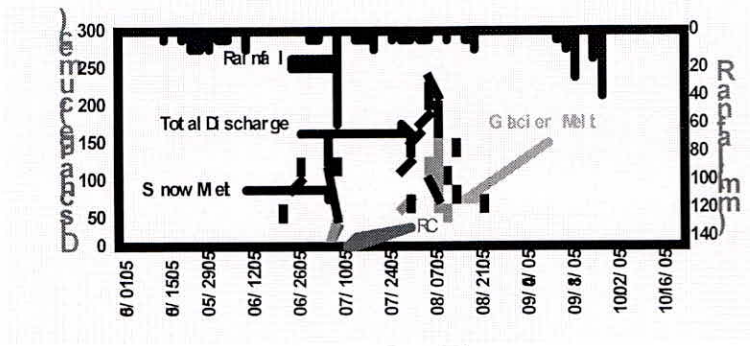
जल विज्ञान में समस्थानिक प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग

1960 के दशक में आवाह जल विज्ञानीय अनुसंधान में, रुढिवादी जलविज्ञानीय पद्धतियों की अनुपूरक पद्धतियों के रुप में समस्थानिक पद्धतियों का प्रवेश, इन प्रश्नों का समाधान जानने के लिए किया गया कि, जब वर्षा होती है तो उसका जल कहॉं जाता है, सरिता में यह क्या मार्ग अपनाता है एवं कितनी दीर्घावधि तक जल आवाह क्षेत्र में उपलब्ध रहता है। (मैकडोनेल 2003)। इस क्षेत्र में अनुसंधान अनुप्रयोगों की काफी मन्द प्रगति के पश्चात पिछले दशक में समस्थानिक आधारित आवाह क्षेत्र अध्ययनों में तीव्र गति से प्रगति मुख्यतः उपयुक्त मापयंत्रों से परिपूर्ण 0.01 से 100 वर्ग किमी0 के लघु आवाह क्षेत्रों में किये गये

अध्ययनों में पाई गई। (बटल 1998)। तुलनात्मक दृष्टि से अनुप्रयोग के क्षेत्र में काफी कम कार्य किया गया, एवं इनसे प्राप्त सिद्धान्तों एवं प्रौद्योगिकियों को वृहत्त (100 से 1000 वर्ग किमी0) एवं सूक्ष्म मापयंत्रण वाले नदी बेसिनों में स्थानान्तरित किया गया। वर्षा अपवाह निदर्शों के अंशाकन एवं परीक्षण तथा अविरत जल संसाधन प्रबन्धन में समस्थानिक सूचना के उपयोग के सम्बन्ध में कार्य की बहुत अधिक सम्भाव्यता निहित है। समस्थानिक जल विज्ञान, जल संसाधन विकास एवं प्रबन्धन के क्षेत्र में अन्वेषक के रुप में समस्थानिकों के अनुप्रयोग से सम्बन्धित है। विगत कुछ वर्षों से जल के क्षेत्र में बढती समस्याओं विशिष्टतः भूजल गुणवत्ता में कमी, जल गुणवत्ता में अपक्षय, एवं जल विज्ञानीय चक को प्रभावित करने वाली अनेकों अन्य प्राकृतिक घटनाओं (जिनकी पूर्व में भविष्यवाणी सम्भव नही है) के कारण जलविज्ञान एवं जल संसाधनों में समस्थानिकों के प्रयोग में वृद्धि हुई है। पर्यावरणीय समस्थानिक हमारे पर्यावरण में बहुतायत में पाये जाने वाले तत्वों जैसे H, C, N, O, एवं S के प्राकृतिक समस्थानिक हैं। ये समस्थानिक जल विज्ञानीय, भू गर्भीय एवं जीवविज्ञानीय तंत्रों के प्रमुख तत्व है। इन तत्वों के स्थिर समस्थानिक जल, कार्बन, न्यूट्रियेन्ट एवं विलेय चक के अन्वेषक के रुप में कार्य करते हैं। रेडियोंएक्टिव पर्यावरणीय समस्थानिकों जैसे C-14 एवं H-3 का प्रयोग भूजल की आयु/प्रचार के आंकलन के लिए किया जा सकता है।

एक विशाल विविधता के पर्यावरणीय स्थिर एवं रेडियो एक्टिव समस्थानिकों (जैसे ^{2}H, ^{3}H, ^{3}He, ^{4}He, ^{6}Li, ^{11}B, ^{14}C, ^{15}N, ^{18}O, ^{34}S, ^{37}cl, ^{81}Br, ^{81}Kr, ^{87}Sr, ^{129}I ^{137}Cs, ^{210}Pb इत्यादि) को जल विज्ञानीय अध्ययनों के लिए नियोजित किया गया। यद्यपि स्थिर समस्थानिक कृत्रिम अन्वेषकों (^{3}H, ^{46}SC, ^{60}Co, ^{82}Br, ^{13}I, ^{198}Au इत्यादि) की तुलना में अधिक लाभकारी है क्योंकि वे किसो तंत्र में उनके प्राकृतिक वितरण द्वारा अधिक बड़े सामयिक एवं कालिक पैमाने पर विविध जलविज्ञानीय प्रकमों के अध्ययन की सुविधा रखते हैं। अतः पर्यावरणीय समस्थानिक प्रौद्योगिकियॉ, समय एवं स्थल समाकलित विशिष्टताओं को प्राप्त करने के लिए जल संसाधनों के क्षेत्रीय अध्ययनों मे विशिष्ट स्थान रखती है। जबकि कृत्रिम अन्वेषक सामान्यतः स्थानीय अनुप्रयोगों के लिए स्थल विशेष के लिए ही प्रभावी होते हैं। पूर्व काल में कृत्रिम रुप से उत्पादित रेडियो एक्टिव समस्थानिकों को केवल अन्वेषकों के रुप में अत्यधिक सीमित कार्य क्षेत्र में प्रयोग किया जा रहा है। परन्तु वर्तमान में दोनों पर्यावरणीय समस्थानिकों (रेडियोएक्टिव एवं स्थिर समस्थानिकों) का वृहत्त उपयोग बिना किसी स्वास्थ्य आपदा के डर के विविध अनुप्रयोगों में किया जा रहा है। पर्यावरणीय समस्थानिक वायुमण्डल में स्वतंत्र रुप से उपलब्ध हैं तथा उनका प्रयोग जलविज्ञानीय चक में स्वचल रुप में किया जा रहा है। अतः उपयोगकर्ताओं को समस्थानिकों को कय करने या उन्हे जलविज्ञानीय तंत्र में प्रविष्ट कराने की आवश्यकता नही है। अत्यधिक सूक्ष्म एवं परिशुद्ध समस्थानिक मापन के लिए परिष्कृत एवं स्वचालित माप यंत्रों के विकास के साथ नई पद्धतियों का विकास हुआ है तथा समस्थानिक यंत्रों में नवीन यंत्र सम्मिलित किये गये हैं। वर्तमान में समस्थानिक तकनीकों का प्रयोग विभिन्न जलविज्ञानीय अध्ययनों के लिए प्रभावी रुप से किया जा सकता है। विशिष्ट रुप से, समस्थानिकों का उपयोग भूजल स्त्रोतों के अन्वषण गति एवं प्रदूषण के लिए किया जा सकता है। समस्थानिकों का प्रयोग विभिन्न समस्याओं के चयन तथा उनके बारे में अध्ययन हेतु किया जा सकता है जिससे समस्याओं की जानकारी प्राप्त की जा सके। जलविज्ञान में समस्थानिकों के मुख्य अनुप्रयोग निम्न हैं:

1. जल एवं अवसादन का काल–निर्धारण।
2. जल विभाजकों/आवाह क्षेत्रों में मृदा कटान का आंकलन।
3. भूजल प्रवाह वेग एवं दिशा का आंकलन।
4. पर्वतीय नदियों का निस्सरण मापन।
5. जल पिंडों से निःस्सरण/रिसाव।
6. जल लेख अलगाव (चित्र–6)।
7. लवणता के स्त्रोत एवं समुद्र जल अनधिकृत प्रवेश।
8. उथले एवं गहरे जलदायकों के लिए पुनःपूरण स्त्रोतों एवं पुनःपूरण जोनों का चयन।
9. भूजल/सतही जल पारस्परिक सम्बन्ध।
10. हिम एवं हिमनद अध्ययन एवं
11. जल वायु परिवर्तन अध्ययन।



Out of Total Discharge (May to Oct 05)

Snow Meltwater	= 56 %
Glacier Meltwater	= 41 %
Rainfall Contribution	= 3%

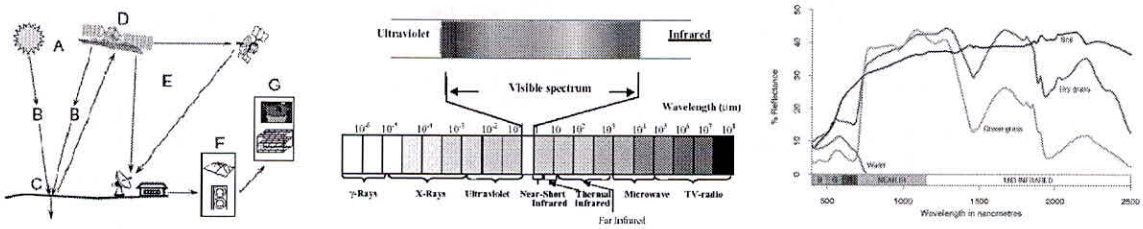
चित्र–6–नाभिकीय तकनीकों के प्रयोग द्वारा गौमुख में निस्सरण अलगाव

राष्ट्रोय जल विज्ञान संस्थान, रुड़की में स्थिर एवं रेडियो समस्थानिकों के मापन के लिए पूर्णतः सुसज्जित नाभिकीय जलविज्ञान प्रयोगशाला उपलब्ध है। संस्थान ने निकट पूर्व में समस्थानिक तकनीकों के प्रयोग द्वारा विभिन्न अध्ययनों जैसे : तीस्ता नदी का निःस्सरण मापन, देवप्रयाग मं भागीरथी नदी पर जलालेख अलगाव, टिहरी बाँध से रिसाव का चयन, नैनीताल झील के जल संतुलन का आंकलन, उत्तरी भारत की प्रमुख झीलों में अवसादन दर का आंकलन, दिल्ली में यमुना नदी के तटीय क्षेत्र में नदी भूजल पारस्परिक सम्बन्ध का आंकलन, गौमुख में भागीरथी नदी द्वारा वर्षा ऋतु में जल योगदान का आंकलन (राय एवं अन्य 2009), पर्वतीय क्षेत्रों में झरनों एवं मैदानी क्षेत्रों में भूजल के पुनःपूरण जोनों एवं स्त्रोतों का चयन एवं भारतीय अवक्षेपण का विशिष्टीकरण (कुमार एवं अन्य 2010) इत्यादि को पूर्ण किया है।

जल विज्ञान में सुदूर संवेदी एवं जी0आई0एस0 के अनुप्रयोग

नीति निर्माण में उचित समय पर उपयुक्त व्यक्ति द्वारा इष्टतम मूल्य पर सही सूचना की उपलब्धता एक कठिन कार्य किसी जल संसाधन विकास परियोजना के लिए वर्तमान भूमि उपयोग/आच्छादन, कृषि पद्धति, मृदा विशिष्टताऐं एवं उनका स्थानिक वितरण मूल आवश्यकताऐं है। इनके लिए आवश्यक आंकड़ों एवं सूचनाओं के सावधानीपूर्वक, प्रभावी विश्लेषण, संचयन एवं पुनः प्राप्ति की आवश्यकता होती है। रुढिवादी पद्धतियों द्वारा उपलब्ध रिकार्ड का संचयन, प्रबन्धन एवं आधुनिकीकरण अत्यधिक मन्द एवं अव्यवस्थित है, तथा बहुत अधिक स्थान का अधिग्रहण करता है। इसके अतिरिक्त इसके उपयोग हेतु बहुत अधिक मानव शक्ति की आवश्यकता होती है। जिससे इन रिकार्डस का आधुनिकीकरण अत्यधिक कठिन है। सुदूर संवेदी एवं जी0आई0एस0 साफ्टवेयर के अन्वेषण से विभिन्न स्तरों पर गति संसाधन मानचित्रों को तैयार करना सम्भव हो गया है। सुदूर संवेदी तकनीकें विश्वसनीय तरीके से महत्वपूर्ण क्षेत्र के लिए बहु स्पैक्ट्रमी एवं बहुकालिक संक्षिप्त आच्छादन प्रदान करती हैं। जबकि जी0आई0एस0 विविधतापूर्ण आंकड़ों के समाकलन एवं विश्लेषण हेतु सुविधाएं प्रदान करता है। सामाजिक रुप स स्वीकार्य प्राकृतिक संसाधन प्रबन्धन के लिए निर्णय निर्माण एक सार्वजनिक एवं भागेदारी प्रकम हैं। मानचित्रों एवं चित्रों के रुप में सूचनाओं को प्रदर्शित करने की जी0आई0एस0 की क्षमता सामान्यतः जनमानस को अधिक जानकारी उपलब्ध कराती है, तथा उन्हे निर्णय निर्माण गतिविधियों में सम्मिलित कर सकती है।

सुदूर संवेदन तकनीक एक निश्चित दूरी से ही संवेदनशीलता को समाविष्ट कर देती है। प्रत्येक उपग्रह प्रतिबिम्ब, पृथ्वी की सतह से विद्युत चुम्बकीय स्पैक्ट्रम की एक या अनेक तंरग लम्बाई सीमाओं में आने वाली ऊर्जा के स्थानिक वितरण को प्रदशित करता है। बहु–स्पैक्ट्रमी उपग्रह आँकड़ों के उपयुक्ततापूर्वक उपयोग द्वारा विभिन्न भू–विशिष्टताओं को अलग–अलग किया जा सकता है, एवं थीमेटिक मानचित्र तैयार किये जा सकते हैं। सुदूर संवेदन के मूल सिद्धान्तों को चित्र–7 में दर्शाया गया है। उपग्रह सुदूर संवेदी मानचित्र का प्रयोग विशाल क्षेत्रों के लिए भूमि सतह की कृषि एवं जल विज्ञानीय स्थितियों पर नियमित सूचना प्रदान करने के लिए किया गया है। इसके अतिरिक्त जल प्रबन्धन योजनाओं के विकास एवं प्रबोधन में उपग्रह सुदूर संवेदन मापयंत्र सक्रिय भूमिका प्रदान करते हैं। अध्ययन क्षेत्रों की शीघ्र सूची को निर्मित करने के लिए ऑकड़ा एकत्रीकरण एवं ऋतु परिवर्तनों में नदी बेसिनों के महत्व, समय एवं मानव शक्ति बाध्यता की आवश्यकता होती है। विभिन्न जल विज्ञानीय अध्ययनों में सूदूर संवेदी तकनीकों की उपयोगिता को विभिन्न अध्ययनों में दर्शाया गया है। (गोवर्धन 1993, बासर्ट आनस्सेन 1998, 2000), एवं मेनेन्टि 2000)। सुदूर संवेदी प्रौद्योगिकी में नवीनता से आंकड़ा एकत्रीकरण एवं अन्तर्वेश में समय एवं धन की बचत होती है। उपग्रह आकड़ों के प्रतिबिम्ब प्रकमण के लिए विभिन्न विविधताओं के पैकेज (i). निम्न मूल्य वाले एवं सरल (eSibUQks, IDRISI, ER-eSij, PCI), (ii). पूर्ण एवं सरल (इलविस,ग्रास) एवं (iii). व्यवसायिक एवं महंगे (एरडास–इमेजिन, IDL ENVI) उपलब्ध हैं।



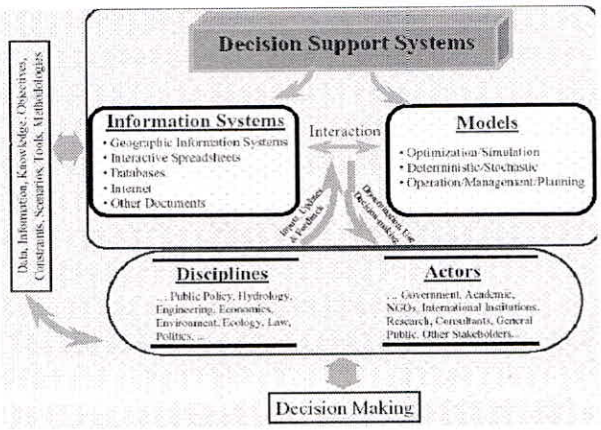
चित्र–7–सुदूर संवेदी के सिद्धान्तों का चित्रण

विगत कुछ वर्षों में भूमि उपयोग, मृदा प्रकार, हिम आच्छादन क्षेत्रों सिंचित क्षेत्रों एवं फसल पद्धति, फसल जल तनाव एवं फसल लब्धि, फसल वाष्पन–वाष्पोत्सर्जन, मृदा आद्रता एवं लवणता के चयनीकरण के लिए सस्ती एवं तीव्र प्रौद्योगिकी के प्रस्तुतीकरण हेतु सुदूर संवेदी प्रौद्योगिकी के उपयोग में वृद्धि हुई है। वर्षा–अपवाह निदर्शन, जलाशय अवसादन निर्धारण, जल विभाजक प्रायिकता, बाढ़ पूर्वानुमान, बाढ़ जोखिम जोनिंग एवं बाढ़ प्रबन्धन इत्यादि क्षेत्रों में सुदूर संवेदी आँकड़ों के उपयोग में वृद्धि हुई है। जी0आई0एस0 वातावरण के अन्तर्गत सुदूर संवेदी आँकड़ों के स्त्रोंतों एवं अन्य प्रकारों सहित समाकलन द्वारा विशिष्ट वृद्धि हो सकती है। जलविज्ञानीय अध्ययनों में जी0आई0एस0 के सम्भावय अनुप्रयोगों में स्थलाकृति विश्लेषण (DEM का सृजन, प्रवणता पहलू, जल निकासी नेटवर्क एवं बेसिन मानचित्र), वर्षा एवं भूजल गहराई के स्थानिय वितरण मानचित्रों को जनित करने के लिए बिन्दु सूचना का अन्तर्वेशन (वर्षा या भूजल स्तर), जल ग्रसन निर्धारण के लिए विभिन्न परिवर्ती एवं विभिन्न स्त्रोतों के मानचित्रों का समाकलन, मृदा/भूमि उपयोगिता वर्गीकरण, जल संसाधन प्रबन्धन इत्यादि सम्मिलित है।

निर्णय सहायता तंत्र (DSS) का विकास

समय के साथ हम इस वास्तविकता को जान चुके हैं कि हमारी जल आपूर्ति मात्रात्मक एवं गुणवत्तात्मक दोनों ही स्वरुपों में सीमित है। जल का प्रयोग अनेकों उद्देश्यों के लिए किया जाता है तथा जल तंत्र, अन्य भौतिक एवं सामाजिक–आर्थिक तंत्र के साथ परस्पर एक दूसरे से सह–सम्बन्धित है। नदी बेसिन में जल एवं सम्बन्धित पर्यावरण के प्रभावी प्रबन्धन हेतु बेसिन के समाकलित एवं समकक्ष योजनीकरण की आवश्यकता है। इसके अतिरिक्त नदी बेसिन में जल संसाधन परियोजनाओं (जलाशय, सिंचाई नहरें इत्यादि) के परिचय से सतही एवं भूजल उपलब्धता एवं उपयोग की संशोधित स्थितियों के साथ बेसिन में नवीन जलविज्ञानीय व्यवस्था स्थापित होगी। इसके अतिरिक्त नदी बेसिन में अनेकों जल सम्बन्धित परिवर्ती सम्मिलित है। जैसे : वर्षा, वाष्पन–वाष्पोत्सर्जन, भूमि उपयोग एवं भूमि आच्छादन, मृदा प्रकार, फसल पद्धतियाँ एवं उनकी जल मांग, सिंचित क्षेत्र, भूजल सम्भाव्य/विकास एवं इसकी कालिक उपलब्धता, शहरी/ग्रामीण क्षेत्र एवं जल मांगें, औद्योगिक विकास एवं जल मांगें, जल संसाधन संरचनाऐं एवं उनकी विशिष्टताएं, जल मौसम विज्ञानीय नेटवर्क एवं स्थानिक एवं कालिक आँकड़ों की उपलब्धता इत्यादि।

निर्णय सहायक तंत्र एक संगणक आधारित सहायक तंत्र है जो नीति निर्धारकों को आँकड़ों एवं निदर्शों के उपयोग एवं असंरचनात्मक समस्याओं के समाधान में सहायता प्रदान करता है। समाकलित जल संसाधन योजना एवं प्रबन्धन के लिए निर्णय सहायक तंत्र एक अत्यधिक महत्वपूर्ण यंत्र हो सकता है जो त्वरित गणनाओं, सरल आंकड़ा प्रबन्धन एवं वैकल्पिक जन नीति के बारे में निष्कर्ष प्राप्त करने में सहायक होगा। डी0एस0एस0 के सामान्य वास्तुशिल्प को चित्र–8 में दर्शाया गया है। संगणक निदर्श जैसे : मौडसिम, रिबासिम, एक्वाटूल, टेरस, माइक बेसिन, रिवर वेयर, वाटर वेयर एवं मीना इत्यादि का पयोग समाकलित नदी बेसिन योजना एव प्रबन्धन के लिए निर्णय सहायक तंत्र के रुप में किया गया है।



चित्र–8– डी0एस0एस0 का सामान्य वास्तुशिल्प

मौडसिम, पूर्ववर्ती विनियोग जल अधिकार (फेडरिक्स एवं अन्य 1998) के अन्तर्गत जल संसाधनों के संयुग्मी प्रबन्धन के लिए एक वृहत्त उल्लिखित डी0एस0एस0 है। इनका अभिकल्पन, नदी प्रबन्धन के लिए क्षेत्रीय पद्धतियों, सूखा सम्भाव्यता योजना, भूजल विनिमय कार्यक्रम मूल्यांकन, प्रबन्धन पुनःपूरण एवं शहरी, कृषि एवं पर्यावरणीय विषयों में प्रतिकूलन के लिए निर्णय सहायक तंत्र के रुप में किया गया है। TERRA (TVA) पर्यावरण एवं नदी संसाधन सहायता) एक निर्णय सहायक तंत्र है जिसका विकास टेन्सेसी घाटी प्राधिकरण एवं विद्युत शक्ति अनुसंधान संस्थान के नदी, जलाशय एवं शक्ति संसाधनों के प्रबन्धन के लिए किया गया है। (रिटस्मा एवं अन्य 1996)। रिवरवेयर एक निर्णय सहायक तंत्र है जिसका विकास तीन आधारभूत समाधान पद्धतियों : सरल अनुकरण, नियम आधारित अनुकरण एवं इष्टतमीकरण के प्रयोग द्वारा अनुप्रयोगों की वृहत्त सीमा हेतु सामान्य नदी बेसिन निदर्शन के लिए कोलोरोडो विश्वविद्यालय द्वारा किया गया है। (जगोना 1998)। इसी प्रकार एक्वाटूल (एन्डरयू एवं अन्य 1996), वाटरवेयर (जमिसन एवं फेडरा 1996), रिबासिम (डेलफ्ट हाईड्रोलिक्स नीदरलैण्ड द्वारा विकसित), माइक बेसिन (डी0एच0आई0, डेनमार्क द्वारा विकसित), एवं स्वैट (एरनौल्ड एवं अन्य 1994, नीटसच एवं अन्य 2002) कुछ अन्य निर्णय सहायक तंत्र है जिनका प्रयोग बेसिन जलविज्ञानीय योजनाओं एवं जल संसाधनों के प्रभावी प्रबन्धन के विकास हेतु सम्पूर्ण विश्व में किया जा रहा है।

जलविज्ञानीय परियोजना के द्वितीय चरण के अन्तर्गत, समाकलित जल संसाधन योजना एवं प्रबन्धन के लिए राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान द्वारा एक निर्णय सहायक तंत्र (योजना) को विकसित किया जा रहा है। निर्णय सहायक तंत्र के पाँच मुख्य घटक हैं : सतही जल योजना, जलाशयों का समाकलित प्रचालन, सतही एवं भूजल का संयुग्मी उपयोग, सूखा प्रबोधन निर्धारण एवं प्रबन्धन, सतही जल एवं भूजल गुणवत्ता प्रबन्धन। निर्णय सहायक तंत्र अनुप्रयोगों को भारतवर्ष के नौ प्रायद्वीपों के लिए विकसित किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त वास्तविक समय बाद पूर्वानुमान एवं जलाशयों से बाढ़ के प्रबन्धन में नीति निर्धारकों के सहायतार्थ भाखड़ा व्यास प्रबन्धन बोर्ड द्वारा वास्तविक समय पर एक निर्णय सहायक तंत्र विकसित किया जा रहा है। यह निर्णय सहायक तंत्र सन्तुलन नदी बेसिन के लिए तैयार किया गया है। DHI, डेनमार्क के परामर्श से दोनों निर्णय सहायता तंत्र विकसित किये जा रहे हैं।

निष्कर्ष

समय के साथ जन मानस में जल के प्रति जागरुकता में वृद्धि हो रही है। मात्रा एवं गुणवत्ता दोनों ही रुपों में जल की उपलब्धता सीमित है। वर्तमान में जलविज्ञान एवं जल सम्बन्धी अध्ययनों को विशेष महत्व दिया जा रहा है क्योंकि समस्त विकास गतिविधियाँ जल पर आधारित हैं। तथापि प्रौद्योगिकी अन्वेषण एवं अंकीय तकनीकों के उद्गम से जलविज्ञानीय प्रेक्षण, विश्लेषण एवं प्रबन्धन में समय के साथ तीव्रता से उन्नति हो रही है। AWX एवं GPRS प्रौद्योगिकी के अन्वेषण से जलविज्ञानीय माप यंत्रण के क्षेत्र में सुधार हुआ है जबकि जलविज्ञानीय आंकड़ों के सचंयन, विश्लेषण, प्रकमण एवं विकिरण के लिए साफ्टवेयर विकसित किये गये हैं। वास्तविक तंत्र के विस्तृत प्रस्तुतिकरण के लिए सुदूर संवेदी एवं जी0आई0एस0 तकनीकों सहित अधिक जटिल जलविज्ञानीय निदेशों का प्रयोग संयुग्मी रुप से किया जा रहा है। जल तंत्रों की जलविज्ञानीय अनुकिया के अनुकरण के लिए निदर्शों सहित साफ्ट गणक तकनीकों को समाकलित किया जा रहा है। अनेकों जलविज्ञानीय अनुप्रयोगों में नाभिकीय तकनीकों का प्रयोग किया जा रहा है। निदर्शन जटिलताओं की गहराई में जाए बिना, समाकलित सतही एवं भूजल विकास एवं प्रबन्धन के लिए, विभिन्न स्थितियों के विश्लेषण में, नीति निर्धारकों की सहायता के लिए, नदी बेसिन पैमाने पर निर्णय सहायक तंत्र को विकसित किया जा रहा है। ये सभी विकास कार्य, जल संसाधन वैज्ञानिकों/अभियन्ताओं को भविष्य की जल मांग एवं आपूर्ति हेतु, दबाव को दूर करने हेतु आवश्यक नीतियों को निर्मित करने में सहायक सिद्ध होंगे।

सन्दर्भ

– एन्डरयू, जे, केपिला एवं ई, सानर्चस (1996), एक्वाटूल : "जल संसाधनों की योजना एवं प्रबन्धन के लिए एक सामान्यीकृत निर्णय सहायक तंत्र", जर्नल आफ हाइड्रोलोजी, 177 पृष्ठ 269–291।

– एरनौल्ड जे0जी0, जे0आर0 विलियम्स, आर श्रीनिवासन, के डब्लू किंग, आर0एच0 ग्रिगस (1994), "स्वैट, मृदा एवं जल निर्धारण यंत्र", यू0एस0डी0ए0, कृषि अनुसंधान सेवा, टेम्पिल, TX 76502

– बास्टिआनसेन, डब्लू0जी0एम0 (1998), "जल संसाधन प्रबन्धन में सुदूर संवेदन, नवीन अन्वेषण", अन्तर्राष्ट्रीय जल प्रबन्धन संस्थान, कोलम्बो, श्रीलंका।

– बास्टिआनससेन, डब्लू0जी0एम0, डी0जे0, मोल्डेन एवं आई, डब्लू0 माकिन (2000), "सिंचित कृषि में सुदूर संवेदन अनुसंधान एवं सम्भावित अनुप्रयोगों के उदाहरण" कृषि जल प्रबन्धन 46, पृष्ठ 137–155।

– बौस, एम0जी0, एस0ए0 डायिम, डब्लू0जी0एम0 बास्टिआनस्सेन एवं ए0 विडाल (2001), "जल प्रबन्धन के लिए सुदूर संवेदन : निकासी घटक", ICID द्वारा आयोजित विशेषज्ञ परामर्श रिर्पोट, IPTRID, ILRI, विश्व बैंक, मई 2001,

–बट्टल जे0एम0 (1998), "लघु आवाह क्षेत्र जल विज्ञान का मूल सिद्धान्त," आवाह जलविज्ञान में समस्थानिक ट्रेसर, एल्सवियर, एमस्टरडम, पृष्ठ 1–49.

–चौधरी एस0 एवं एस0 चट्टोपाध्याय (2005 अ), " वर्षा ऋतु से पूर्व की अवधि में कुछ मौसम विज्ञानीय प्राचलों की भविष्यवाणी के लिए न्यूरो गणक आधारित लघु सीमा", साफ्ट कम्प्यूटरिंग ए फ्यूजन आफ फाउण्डेशन, प्रौद्योगिकी एवं अनुप्रयोग, 9,5, पृष्ठ 349–354

–चौधरी एस0 एवं एस0 चट्टोपाध्याय (2005 ब), "तीव्र वर्षा वृष्टि की भविष्यवाणी" एडवांसेस इन काम्पलेक्स सिस्टम, 8, 1, पृष्ठ 75–86.

–डेल्फट हाईड्रोलिक्स (अगस्त 2004), "रिबासिम" बेवसाइट http://www.wldelft.nl/ soft/ ribasim /int/index.html

–डी0 एच0 आई0, (अगस्त 2004), "माइक बेसिन", http://www.dhisoftware.com / mike basin.

– फैडरिक्स, जे0 डब्लू0, जे0डब्लू0 लेवाडि एवं जे0एम0 अल्टेनहोफेन (1998), "संयुग्मी सरिता–जलदायक प्रबन्धन के लिए निर्णय सहायक तंत्र", जर्नल आफ वाटर रिसोर्सेज प्लानिंग एण्ड मैनेजमेन्ट, ASCE 124 (2), पृष्ठ 69–78

–गोवर्धन, बी0 (1993), " आवाह क्षेत्रों में सूदर संवेदन एवं जल प्रबन्धन", अन्तर्राष्ट्रीय पुस्तक वितरक कम्पनी, लखनऊ, भारत

– इण्टरनेशनल कमीशन आन इरीगेशन एवं ड्रेनेज (2004), "बेसिन आधारित साकल्यवादी समाकलित जल निर्धारण (BHIWA) निदर्श–उपयोगकर्ता मैनुअल", आई0सी0आई0डी0, नई दिल्ली।

– आई0 टी0 सी0 (2007), "इलविस ओथेन", 52, नार्थ," हवाई सर्वेक्षण एवं भूविज्ञान का अन्तर्राष्ट्रीय संस्थान," एन्सचीड, नेदरलैण्ड।

–जामिसन, डी0 जी0 एवं के0 फेदरा (1996), " वाटर वेयर, नदी बेसिन योजना के लिए निर्णय सहायक तंत्र (1) संकल्पनात्मक अभिकल्पन, " जर्नल आफ हाइड्रोलौजी, 177, पृष्ठ 163–175।

– कुमार भीष्म, एस0पी0 राय, यू0 श्रवण कुमार, एस0के0 वर्मा, एवं पंकज गर्ग (2010), "भारतीय अवक्षेपण की समस्थानिक विशिष्टताएं", WRR ,खण्ड 46 W 12548, doi: 10.1029/2009 WR 008532

– लाल, एम0 (2001), "जलवायु परिवर्तन," भारत के जल संसाधनों का तात्पर्य, जर्नल आफ इण्डियन वाटर रिसोर्सेज सोसाइटी, 2001, 21, 101–119.

– लोहनी, ए0के0, एन0के0 गोयल एवं के0के0एस0 भाटिया (2005) फज्जी लौजिक के प्रयोग द्वारा वास्तविक समय बाढ पूर्वानुमान," इन : हाइड्रोलोजिकल परस्पैक्टिव फार सस्टेनबिल डेवलपमेन्ट, खण्ड–1, एलाइड प्रकाशक प्राइवेट लिमिटेड, नई दिल्ली 168–176.

– लोहनी, ए0के0, एन0के0 गोयल एवं के0के0एस0 भाटिया (2007 अ), ''फज्जी लौजिक के प्रयोग द्वारा स्टेज–निस्सरण अवसाद सान्द्रता सम्बन्धों की व्युत्पत्ति,'' जर्नल ऑफ हाइड्रोलौजिकल साइन्सेस, 52 (4): 797–807.

– मकसूद, आई0आर0के0 मुहम्मद, एवं ए0 अब्राहिम (2002),''न्युरो गणक आधारित कनाडा के मौसम का विश्लेषण,'' कम्प्यूटेशनल इन्टैलिजेन्स एण्ड एप्लीकेशनस, डायेनेमिक पब्लिशर्स, यू0 एस0 ए0, 39–44.

–मेनेन्ती, एम0 (2000), ''सिंचाई एवं निकासी, जलविज्ञान एवं जल संसाधन में सुदूर संवेदन के अन्तर्गत अध्याय,'' जी0ए0 शल्टज एवं ई0टी0 एंगमैन द्वारा सम्पादित,'' स्प्रिंगर, न्यूयार्क.

– राय एस0पी0, भीष्म कुमार एवं प्रताप सिंह (2009), ''ऑक्सीजन 18 समस्थानिक के प्रयोग द्वारा भारत के पश्चिमी हिमालय में गोमुख के निकट भागीरथी नदी में दक्षिणी पश्चिमी मानसून वर्षा की भागेदारी का आंकलन,'' करेन्ट साइन्स, खण्ड 97, संख्या 2, 240–145।

– रिटसमा आर0एफ0, जूनियर पी0 ओस्ट्रोवसकी एवं एस0सी0 बेहरेन्ड (1994), ''भूग्राफीय वितरित निर्णय सहायता : टेन्नेस्सी घाटी प्राधिकरण टेररा तंत्र : जल नीति एवं प्रबन्धन : समस्याओं का समाधान,'' 21वीं वार्षिक सम्मेलन की प्रोसीडिंग, ' तैब्, फोन्टेन डी0जी0 एवं टुबेल, एच0एन0 सम्पादक, डेनेवर, 311–314

– विडाल, ए0 एवं ए0 बकरी (1995), ''मोरोक्को में वृहत्त सिंचाई परियोजनाओं का प्रबन्धन,'' सिंचाई एवं निकासी में सुदूर संवेदी तकनीकों का उपयोग के अन्तर्गत एक अध्याय, विडाल, ए0 एवं सगारजोरा, जे0ए0 (सम्पादक), एफ0 एव ओ0, जल प्रतिवेदन 4, रोम, इटली।

– डब्लू एम0 ओ0, (1998), ''मापयंत्रण एवं प्रेक्षम पद्धतियाँ'', प्रतिवेदन संख्या 68.

–जगोना, ई0 ए0, टी0 जे0 फल्प, एच0 एम0 गोरानफ्लो एवं आर0 एम0 शाने (1998), ''रिवर वेयर, ''सामान्य नदी एवं जलाशय निदर्शन वातावरण,'' प्रथम फेडरेल इन्टरेजेन्सी जल विज्ञानीय निदर्शन सम्मेलन की प्रोसीडिंग, लास बेगास, एन0वी0, 5, 113–120.

– झांग, जे0 एवं ए0 नौल (2001), ''समय श्रेणी का न्यूरो फज्जी निदर्शन,'' इन : जोरिवम मूल्यांकन एवं प्रबन्धन में साफ्ट गणक तकनीकों के अन्तर्गत अध्याय फिजिका वरलेरा, हीडेलबर्ग, न्यूयार्क 14–154.

–झांग एम0 एवं ए0आर0 स्कोफील्ड (1994), ''वर्षा आंकलन के लिए कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क तकनीकों एवं उपग्रह आंकड़ों से बादल विय की पहचान, ''इन्टरेनेशनल जर्नल ऑफ रिमोट सेंन्सिंग,'' 16 3241–3262

पुष्पेन्द्र कुमार अग्रवाल
अनुवादकर्त्ता
प्रधान अनुसंधान सहायक, रा. ज. सं. रुड़की–247667 (उत्तराखण्ड)