दूर संवेदन के समग्र प्रयोग द्वारा भूजल स्त्रोतों का चित्रण ।

ओम प्रकाश दुबे, मदनपालसिंह
सहायक अधिशासी अभियन्ता
सिचाई अनुसंधान संस्थान, रूड़की

सारांश

मनुष्य की कुल जल आवश्यकता लगभग 80% पूर्ति भूजल से प्राप्त होती है । समग्र कृषि और जल का विकास, सर्वांगीण विकास की आवश्यक कड़ी है । जल संसाधन विकास के लिए आवश्यक है कि भूजल स्त्रोतों को चिन्हित किया जाये और उनका विश्वसनीय एवं आशावादी विकास किया जाय । सामान्यतः यह पाया गया है कि संसाधनों के आंकलन हेतु आवश्यक सूचना प्रथमतः तो उपलब्ध ही नहीं होती है या फिर आवश्यकता के अनरूप नहीं होती है । दूर संवेदन तकनीकी का प्रयोग करके वांछित आंकड़े प्राप्त किये जा सकते है । एकत्र किये गये आंकड़ों को भूगौलिक सूचना तंत्र (जी0आई0एस0) में संग्रहण करके संसाधन का आंकलन किया जा सकता है । इस अध्ययन में भूजल स्त्रोतों को चित्रित करने के लिए दूर संवेदन और भूगौलिक सूचना तंत्र का समग्र प्रयोग करते हुए एक गणितीय प्रारूप का सृजन किया गया है । सृजित प्रारूप को हरिद्वार और आसपास के आंकड़ों के आधार पर योग्य बनाया है । इस क्षेत्र में यह प्रारूप करीब 80% सक्षम है । आशा की जाती है कि किसी अन्य क्षेत्र के आंकड़ों के आधार पर प्रतिरूप को सुदृढीकरण करके प्रयोग में लाया जा सकता है ।

1.0 पृष्ठभूमि

सतही और भगर्भित विधियों के द्वारा भूजल स्त्रोतों को चित्रण और उनकी मात्रा का आकलन किया जा सकता है । भूगर्भीय सर्वेक्षण, भूभौतिकी सर्वेक्षण, भूरसायनिक सर्वेक्षण और परीक्षण छिद्रण सर्वेक्षण, सामान्यतः प्रचलित सर्वेक्षण विधियाँ हैं । प्रचलित विधियों को प्रयोग करते समय पाया गया है कि इन विधियों के लिये अधिक कुशल, अर्ध कुशल और अकुशल कामगारों की आवश्यकता होती है, साथ ही साथ अधिक समय और धन की भी आवश्यकता होती है । अतः इन विधियों का प्रयोग कुछ खास चुने हुए स्थलों पर ही किया जाता है । ऐसी परिस्थिति में भूजल स्त्रोत क्षमता, जो कि स्थल और समय, चारों विभाओं में विचर भौतिक तत्व है का चित्रण और आकलन एक अच्छे अन्दाज के समान है । दूसरी ओर पाया गया है कि कुल आवश्यक जल का करीब 80% भाग भूजल द्वारा पूर्तित किया जाता है । साथ ही साथ जन समुदाय में, कृषकों के बीच भूजल एक आश्रययुक्त जल का स्त्रोत माना जाता है ।

भूजल स्रोत क्षमता का आकलन करते समय सतह के ऊपर , सतह के और सतह के नीचे के आंकड़ो के समूह का उपयोग किया जाता है । यें आंकड़ें स्थल और समय की विभाओं के साथ ही साथ आपस में भी एक दूसरे से बहुत मजबूती से जुड़े होते हैं । अतः स्रोत क्षमता के आंकलन के समय इनका दूसरे से बहुत मजबूती से जुड़े होते हैं । अतः स्रोत क्षमता के आंकलन के समय इनका विश्लेषण कठिन और दुरूह होता है । ऊपर से यह एक सामान्य अनुभव है कि अधिकतर परिस्थितियों में आवश्यक आंकड़े उपलब्ध ही नहीं होते हैं । यदि वे उपलब्ध भी होते हैं तो भी आवश्यकता के अनुरूप नहीं होते(ई0एस0सी0ए0पी0, 1996) । ऐसी परिस्थिति में निर्णय लेना एक कठिन कार्य होता है और प्रश्नवाचक आंकड़ों पर आधारित होता है ।

दूर संवेदन के अध्ययन से भूसतह के ऊपर के , भूसतह के और भूसतह के नीचे के बहुत से आंकड़े प्राप्त किये जा सकते है (होवे, 1960, वाल्टन, 1970, दुबे 1984, 1985, 1986, 1987, चैपतिराय 1983, शर्मा एवं दुबे 2002) । दूर संवेदन तकनीक से आंकड़े कई वेव लेंग्थ में, कई स्तरों पर तथा कई आवृत्तियों में एकत्र किये जा सकते हैं । दूर संवेदन आंकड़ों का प्रयोग भूजल स्रोतों की क्षमता आकलन में आसानी से किया जा सकता है ।

भूगौलिक सूचना तंत्र (जी0 आई0 एस0) आंकड़ो के संग्रहण, विश्लेषण, सूचना एकत्र करने आंकड़ों के संपीडन, आंकड़ों के समायोजन और आंकड़ों के आदान प्रदान करने के लिए बहुत ही प्रभावी प्रणाली है । अतः दूर संवेदन तकनीक और भूगौलिक सूचना तंत्र के समग्र प्रयोग द्वारा भूजल स्रोतों को चित्रण किया जा सकता है और साथ ही साथ स्रोतों की क्षमता आंकने के लिए एक सुदृढ़ तकनीक विकसित की जा सकती है ।

उपरोक्त तथ्यों को ध्यान में रखते हुये इस अध्ययन में दूर संवेदन और सहयोगी आंकडों के आधार पर एक गणितीय प्रारूप का सृजन किया गया है । प्रारूप को फजी पर्यावरण में सृजित किया गया है ।

2.0 अध्ययन क्षेत्र

हरिद्वार के आसपास के क्षेत्र को इस अध्ययन के लिये चुना गया है । अध्ययन क्षेत्र, 29° 55′ उत्तरी अक्षांस से 30° 40′ उत्तरी अक्षांस, और 77° 55′ से 78° 05′ पूर्वी देशान्तर के बीच (लगभग 500 वर्ग कि0मी0) फैला हुआ है । भारतीय सर्वेक्षण विभाग के 1,50,000 पैमाने पर मानचित्र, भारतीय दूर संवेदन उपग्रह द्वारा एकत्र किये गये आंकड़े के समग्र प्रयोग के साथ साथ कुछ स्थल सर्वेक्षण भी किये गये । इस क्षेत्र में गर्मियों में तापक्रम 13° से 45° और सर्दियों में (-) 2° से 24° से0 में रहता है । भूभाग की ऊँचाई 280 मीटर से 400 मीटर के बीच है और भूभाग का ढाल 0.3 मी0/ कि0मी0 से 25 मी0/ कि0मी0 के बीच है । जंगल, खेती बाग बगीचे यहां का मुख्य भू आवरण है । इस क्षेत्र में करीब 1000 मिमी0 की वार्षिक वर्षा होती है ।

3.0 भूजल चित्रित करने के लिए गणितीय प्रतिरूप

रेखीय मिश्रण का गणितीय प्रारूप सांख्यिकी की एक विशेष शाखा है (वैंग 1990, ब्रयान्त 1996) । इस विधा का प्रयोग आंकड़ों के विश्लेषण, उनके बीच आपसी संबंधो के अध्ययन के साथ साथ आंकड़ो के विस्तार को कुछ कम ही अवयवों द्वारा निरूपित करने के लिये किया जाता है ।

माना कि भूजल तंत्र, प, विमा का है और इसको $य_1$, $य_2$ ∞ $य_4$ अविचारित वैक्टर द्वारा निरूपित किया जा सकता है । साथ ही साथ माना कि प्रदूषण तंत्र को औसत, अ द्वारा और कोवेरियेन्स, ब, के द्वारा निरूपित होता है । इस दशा में प्रारूप तंत्र को निम्न मैट्रक्स समीकरण द्वारा निरूपित किया जा सकता है (शर्मा एवं दूबे 2003) ।

(य - अ) = भ फ + त ---------- (1)

उपरोक्त समीकरण में, य, प्रक्षण वैक्टर है, ब औसत वैक्टर है, भ भार सूचांक मैट्रिक्स है फ अवयव वैक्टर है तथा त त्रुटि वैक्टर है । उपरोक्त समीकरण का सीधा हल और गणना करना काफी किलिष्ट है अतः सामान्यतः इसकी गणना के लिये कुछ प्रतिबन्ध मान लिये जाते हैं । जैसे, मूल प्रषण, रेखीय रूप में संबंधित नहीं है तथा त वैक्टर का औसत शून्य और सामान्य विस्थापन 1 है ।

इन आदर्शों को समायोजित करते हुए प्रारूप धीरे धीरे उत्कर्ष सोल्यूशन की तरफ बढ़ता है । प्रारूप को इस प्रकार से समायोजित किया जाता है कि वे आंकड़ो के अधिक से अधिक विस्थापन को समायोजित कर सके । प्रारूप के उत्कर्ष सोल्यूशन के लिये निम्न निर्देश दिये जाते है ।

कम से कम [{(य - अ) - झ फ}{(य - अ) - झ फ}-1,

प्रतिबन्ध झ झ 0 भ भ 1 = 1

भार मैट्रिक्स के उत्कर्ष हल के लिये, सह संबंध मैट्रक्स को विमायी विभाजन किया जाता सह संबंध मैट्रिक्स की आइजन मान और उनके साथ आइजन वैक्टर का मान निकाला जाता है । संबंधित आइजन वैक्टर विभिन्न वेक्टर का भार प्रदर्शित करते हैं । भार मैट्रिक्स और प्रक्षणों को एक साथ प्रयोग करके समग्र प्रदूषण संकेतक प्राप्त किया जाता है । यह प्रदूषण संकेतक प्रक्षाणों में प्रतिबन्ध समस्त सूचना को प्रदर्शित करता है तथा साथ ही साथ उपलब्ध आंकड़ो के आकार को भी संकुचित करता है ।

4.0 प्रतिरूप का उपयोग

भूजल तंत्र प्रणाली काफी जटिल और दुरूह तंत्र प्रणाली है । अतः इस तंत्र प्रणाली को कई छोटे छोटे भागों में बांटा गया है । (तालिका-1) । इस प्रकार भूजल तंत्र को एक सीढ़ीनुमा छोटे छोटे भागों में विभक्त किया गया । हर सीढ़ी स्तर पर निर्णय आसानी से लिया जा सकता है । इस प्रकार निर्णय एक सीढ़ी स्तर से दूसरी सीढ़ी स्तर को होता हुआ सीढी शीर्ष तक पहुँच जाता है ।

अध्ययन के लिए सृजित, गणितीय प्रतिरूप के उपयोग के लिए भूसतही आंकड़े, जैसे स्थानीय भू आवरण, भूसतह का ढाल, पलियो चैनल से स्थल की दूरी, बाढ़ सम्भावित क्षेत्र स्थल की दूरी, मृदा का प्रकार मकानों वाले क्षेत्र स्थल की दूरी, और भूगर्भित आंकड़े, जैसे, जल धारण माध्यम, मृदा की पारगम्यता, भूजल की गहराई, वर्षा जल का रिसाव, भूजल के रसायनिक गुण, आंकड़ों की आवश्यकता है । भूसतही आंकड़ों के लिए दूर संवेदन आंकड़े का विश्लेषण किया गया ।

इस अध्ययन में दूर संवेदन आंकड़ों का विश्लेषण दृश्य विश्लेषण विधि द्वारा किया गया इसके लिए एक मार्ग निदेशिका तैयार की गयी (तालिका-1) । दूर संवेदन और सह आंकडों के समग्र उपयोग से, भू आवरण, पलियो चेनल, बाढ़ सम्भावित क्षेत्र और मृदा मानचित्र तैयार किये गये । इन मानचित्रों को स्थल पर ले जाकर सत्यापित किया गया । स्थल सत्यापन से पाया गया कि ये मानचित्र करीब 85% से अधिक विश्वसनीय हैं । भूगर्भित आंकड़ो के लिए स्थल से आंकड़े एकत्र किये गये और आंकड़ों का विश्लेषण करके, जल धारण माध्यम, मृदा की पारगम्यता, भूजल की गहराई, वर्षा का जल रिसाव और भूजल के रसायनिक गुण दर्शाने वाले मानचित्र बनाये गये ।

सभी मानचित्रों के समग्र अध्ययन के लिए सर्वप्रथम मानचित्रों का कम्प्यूटरीकृत किया गया । कम्प्यूटरीकृत आंकड़ों का विश्लेषण भौगोलिक सूचना तंत्र के माध्यम से विश्लेषण किया गया । भूसतही और भूगर्भित सभी आंकड़ें को समग्र रूप से विश्लेषण से 200 समग्र आंकड़े का समूह तैयार किया गया । इन आंकड़ों के समूह का विश्लेषण सृजित गणितीय प्रतिरूप से किया गया ।

सृजित प्रारूप को 200 ऐतिहासिक स्मरण शक्ति वाले आंकड़े के द्वारा योग्य एवं सक्षम बनाया गया । आंकड़ों के अध्ययनोपरान्त हर स्तर के अवयव योगदान ज्ञात किये गये । अवयवों के योगदान ज्ञात करने के लिए एक भाषायुक्त परस्पर योगदान आंकडे तैयार किये गये । अवयवों के पारस्परिक तुलनात्मक अध्ययन से सहसम्बन्ध आव्यूह की रचना की गयी । इस आव्यूह का विमीय विभाजन किया गया । अध्ययन से पाया गया कि प्रथम रेखीय समग्र आंकड़ो के कुल विस्तार का करीब 80% भाग निरूपित करता है । इस प्रकार योगदान का आकलन करके तालिका-1 में लिखा गया है । इस योगदान के आधार पर भूजल स्रोतों का चित्रण किया गया है ।

6.0 निष्कर्ष

किसी क्षेत्र के समग्र, टिकाऊ विकास के लिए आवश्यक है कि भूजल और सतही जल का समग्र विकास किया जाय । प्रायः पाया गया है कि भूजल एक विश्वसनीय जल स्रोत है । वर्तमान में करीब 80% जल की आपूर्ति भूजल स्रोतों से होती है । भूजल स्रोतों के चित्रण और क्षमता आंकने के लिए सामान्यतः आवश्यक आंकडे उपलब्ध नहीं होते हैं । यदि आंकड़े उपलब्ध भी होते हैं तो वे आवश्यकता के अनुरूप नहीं होते हैं । ऐसी परिस्थिति में दूर संवेदन तकनीकी ओर सहायक आंकडों के समग्र रूप से आवश्यक आंकडें प्राप्त किये जा सकते हैं । इस अध्ययन में आंकड़ों के संग्रहण, विश्लेषण और आवश्यक निर्णय के लिए भूगौलिक सूचना तंत्र (जी0 आई0 एस0) का प्रयोग किया गया है । आंकड़ों को समग्र करने के लिए तथा भूजल स्रोतो को चित्रित करने के लिए एक गणितीय प्रतिरूप का सृजन किया गया है । सृजित प्रारूप को हरिद्वार और आसपास के आंकड़ों के आधार पर योग्य बनाया है । इस क्षेत्र में यह प्रारूप करीब 80% सक्षम है । आशा की जाती है कि किसी अन्य क्षेत्र के आंकड़ों के आधार पर प्रतिरूप को सुदृढीकरण करके प्रयोग में लाया जा सकता है ।

6.0 सन्दर्भ

चम्पतिराय, सिंह एल0 एम0 और राय ए0के0, 1993, अपलीकेशन आफ रिमोट सेंसिंग एण्ड जियोग्राफिक सिस्टम इन हाइड्रोलोजिक इनवेस्टोगेशन आफ इम्फाल वैली (मणिपुर) प्रोसीडिंग्स नेशनल सिम्पोजियम आन रिमोट सेंसिंग अपलीकेशन फार रिर्सोज मैनेजमैन्ट विद स्पेशल इम्फेसिस आन नार्थ इस्टर्न रीजन, गोहाटी, पृष्ठ 143 - 148

चौ0क0एच0, ती0बी0जे0 1994, एक्सटैक्टिंग ग्राउन्डवाटर पोटेन्शियल एरियाज यूजिंग रिमोटली सेन्सड डाटा एण्ड जी0आई0एस0 टेकनीक प्रोसीडिंग्स इनटोग्रेटेड अपलीकेशन्स आफ रिमोट सेंसिंग फार लैण्ड एण्ड वाटर रिर्सोस मैनेजमैन्ट, पृष्ठ 64-69

दुबे ओ0पी0, श्री निवास, अवस्थी ए0के0, 1984 एनेलेसिस आफ रिमाटली सेन्सड डाटा फार ग्राउन्ड वाटर स्टडी दन पीडमोट जोन । प्रोसीडिंग्स एशियन कान्फ्रेंस आन रिमौट सेंसिंग, काठमाण्डू ।

दुबे ओ0पी0, श्रीनिवास और परवेज अहमद 1986 डिसाअफरिंग ग्राउन्ड वाटर यूजिंग रिमोट सेंसिंग तकनीक ।

दुबे ओ0पी0, श्रीनिवास और अवस्थी ए0के0 1987, ग्राउन्ड वाटर रिचार्ज इवेलुएशन रनिंग सेटेलाईट डाटा । प्रोसीडिंग्स इन्टोगरेटेड वाटर रिसोंसेज मैनेजमैन्ट फार डिंकिंग एग्रीकल्चर एण्ड इण्डस्ट्री पृष्ठ 37-40 ।

तालिका–1 , भूजल चित्रण तंत्र के मुख्य अवयव और उनका योगदान ।

उद्देश्य	स्तर					
	स्तर I		स्तर II		स्तर III	
	विशेषतायें	योगदान	विशेषतायें	योगदान	विशेषतायें	योगदान
भूजल स्रोतो का चित्रण	भूसतही आंकड़े	0.65	स्थानीय भूआवरण	(0.44)	वृषि	0.40
					जल	0.25
					बंजर भूमि	0.18
					विरल जंगल	0.10
					स्घन जंगल	0.05
					मकान इत्यादि	0.02
			भू सतह का ढाल	(0.26)	कम	0.72
					औसत	0.21
					अधिक	0.07
			पेलियो चैनल से दूरी	(0.18)	50m से कम	0.90
					50m से अधिक	0.10
			बाढ सम्भावित क्षेत्र से स्थल दूरी	0.04	50m से कम	0.90
					50m से अधिक	0.10
			मृदा कर प्रकार	0.06	रेत	0.56
					रेतीला दुमट	0.27
					दुमट	0.13
					चिकनी मृदा	0.04
			मकानों वाले क्षेत्र से स्थल की दूरी	0.02	0-5km से कम	0.65
					0-5km-1-0m	0.28
					1-0km से अधिक	0.07
	भूगर्भित आंकड़े	0.24	जल धारण माध्यम	(0.5)	रेत बोल्डर	0.63
					रेत बोल्डर व मिट्टी	0.28
					रेत व मिट्टी	0.09
			मृदा की पारगम्यता	(0.5)	अधिक	0.90
					कम	0.04
		0.11	भूजल की गहराई	(0.60)	< 5m	0.73
					5-15m	0.19
					>15m	0.08
			वर्षाजल का रिसाव	(0.32)	अधिक	0.65
					औसत	0.28
					कम	0.07
			भूजल के गुण	(0.08)	सार का मान	0.75
					सार का मान	0.25

हैमिल एल, और एफ जी वेल, 1996, ग्राउन्ड वाटर रिर्सोस डवलपमैन्ट बटर्वथ । लन्दन ।

दुबे ओ0पी0 1985 अक्यूफर रेसपोंस मॉडलिंग यूजिंग सेटेलाइट डाटा, जनरल आफ हाइड्रोलोजी ।

होवे आर0एच0, 1960, अपलीकेशन आफ एरियल फोटाग्राफिक इण्टरप्रेटेशन आफ हाइड्रोलाजिक प्राब्लम्स । फोटोग्रामेटरिक इंजीनियरिंग ।

रान्गो ए0, 1978, न्यू डाईमेन्शन्स इन सेटेलाइट हाइड्रोलोजी । वाटर रिर्सोसेज वाल्यूम 106 ।

वाल्टन डब्लू0 सी0, ग्राउन्ड वाटर रिर्सोस इवेलुऐशन । मैक ग्राहिल बुक ।

विषय वस्तु - आठवां

देश के विकास के लिए जल संसाधनों का आर्थिक, सांस्कृतिक एवं सामाजिक पहलू

क्रम संख्या	शीर्षक	पृष्ठ संख्या
1.	**शुष्क प्रदेशों में जल संसाधन व उनका महत्तम उपयोग - एन.एम.सदगुरू जल व विकास संस्थान दाहोद (गुजरात) का एक प्रयास** स्वाति संवत्सर	429
2.	**भारतीय धर्म महोत्सवों का जल संसाधनों पर प्रभाव -- एक अध्ययन** मुनेन्द्र जैन , भीष्म त्यागी	435
3.	**भारतवर्ष के निरंतर विकास में जल-संसाधनों की भूमिका** किरण कुमार जोहरे	443
4.	**भारतवर्ष की प्रमुख नदियों के पौराणिक नाम-एक अध्ययन** पुष्पेन्द्र कुमार अग्रवाल , शरद कुमार जैन , यतवीर सिंह	434
5.	**शक्ति-सन्तुलित जल-संसाधन व्यवस्था : भारत-समृद्धि का समीकरण** उदय क्रान्त चौधरी , श्रीमती संगीता मोहन राम , किश्टिया तपसे , एम. संगमा	470
6.	**जल प्रबंधन में कल्पित जल के सिद्वांत की भूमिका** विजय कुमार , शरद कुमार जैन , पुष्पेन्द्र कुमार अग्रवाल	475
7.	**वर्षा जल तथा भू-जल में समस्थानिकों का क्षेत्रीय संजाल** एस.के. वर्मा, पंकज गर्ग, जमील अहमद, राजीव गुप्ता , एन. . पांडे , राहुल जैसवाल , एम. वर्धराजन	486
8.	**जल प्रवाह में सिल्ट मात्रा कम करके विदुत उम्पादन में वृद्वि** प्रमोद कुमार भार्गव , आर. के. गुप्ता , के. पी. सिंह	491
9.	**भारत में जल संसाधन उपलब्धता एवं आवश्यक्ता के परिपेक्ष में नदियों की अन्तर श्रृंखला बद्वीकरण की सामयिकता** ए.के. जिन्दल , ए. सी. पांडे , श्यामलाल वर्मा	505
10.	**जल संरक्षण तो विश्व-धर्म होना चाहिए** योगेन्द्र नाथ शर्मा अरूण	514