''जल संसाधन के क्षेत्र में भावी चुनौतियाँ''
विषय पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
16-17 दिसम्बर, 2003, रुड़की (उत्तरांचल)

दूर संवेदन एंव भौगोलिक सूचना तंत्र के समग्र प्रयोग द्वारा भूजल स्रोतों का चित्रण

दिनेश चन्द्र शर्मा ओमप्रकाश दुबे
सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रूडकी।

सारांश

मनुष्य की कुल जल आवश्यक्ता की लगभग 80% पूर्ति भूजल से होती है। समग्र कृषि और जल का विकास, सर्वांगीण विकास की आवश्यक कड़ी है। जल संसाधन विकास के लिए आवश्यक है कि भूजल स्रोतों को चिन्हित किया जाये और उनका विश्वसनीय एंव 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 आवश्यक्ता के अनुरूप नहीं होती है। दूर संवेदन तकनीकी का प्रयोग करके वांछित आंकडे प्राप्त किये जा सकते हैं। एकत्र किये गये आंकडों को भौगोलिक सूचना तंत्र (जी0आई0एस0) में संग्रहण करके संसाधन का आंकलन किया जा सकता है। इस अध्ययन में भूजल स्रोतों को चित्रित करने के लिये दूर संवेदन और भौगोलिक सूचना तंत्र का समग्र प्रयोग करते हुये एक गणितीय प्रारूप का सृजन किया गया है। सृजित प्रारूप को हरिद्वार और आसपास के आंकडों के आधार पर योग्य बनाया है। इस क्षेत्र में यह प्रारूप करीब 80% सक्षम है। आशा की जाती है कि किसी अन्य क्षेत्र के आंकडों के आधार पर प्रतिरूप का सुदृढीकरण करके प्रयोग में लाया जा सकता है।

1. पृष्ठभूमि :

सतही और भूगर्भित विधियों के द्वारा भूजल स्रोतों का चित्रण और उनकी मात्रा का आकलन किया जा सकता है। भूगर्भीय सर्वेक्षण, भूभौतिकी सर्वेक्षण, भूरासायनिक सर्वेक्षण और परीक्षण छिद्रण सर्वेक्षण, सामान्यतः प्रचलित सर्वेक्षण विधियां 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 आवश्यक्ता होती है। अतः इन विधियों का प्रयोग कुछ खास चुने हुये स्थलों पर ही किया जाता है। ऐसी परिस्थिति में भूजल स्रोत क्षमता, जो कि स्थल और समय, चारों विभाओं में विचर भौतिक तत्व हैं, 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, कृशकों के बीच भूजल एक आश्रययुक्त जल का स्रोत माना जाता है। भूजल स्रोत क्षमता का आकलन करते समय बहुत से, सतह के ऊपर, सतह के और सतह के नीचे के आंकड़ों के समूह का उपयोग किया जाता है।

ये आंकडे 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 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 आवश्यक्ता के अनुरूप नहीं होते हैं (ई0एस0सी0ए0पी0, 1996)। ऐसी परिस्थिति में निर्णय लेना एक कठिन कार्य होता है और प्रश्नवाचक आंकड़ों पर आधारित होता है।

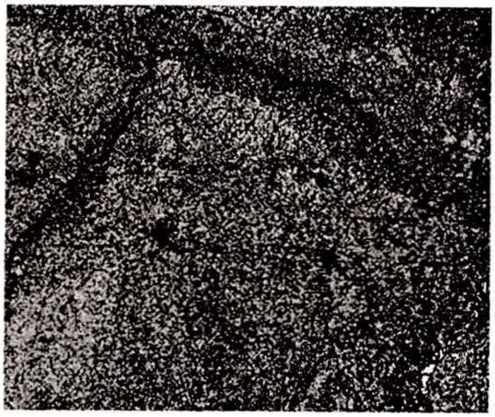
दूर संवेदन तकनीक के अध्ययन से भूसतह के ऊपर के, भूसतह के और भूसतह के नीचे के बहुत से आंकड़े प्राप्त किये जा सकते हैं (होवे, 1960, वाल्टन, 1970, दुबे 1984, 1985, 1986, 1987,चंपतिराय, 1983, शर्मा एवं दुबे 2002)। दूर संवेदन तकनीक से आंकड़े कई वेव लेंथ में, कई स्तरों पर तथा कई आवृतियों में एकत्र किये जा सकते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

भौगोलिक सूचना तंत्र आंकड़ों 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 भौगोलिक 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 आंकड़ों के आधार पर एक गणितीय प्रारूप का सृजन किया गया है। प्रारूप को फजी पर्यावरण में सृजित किया गया है।

2 अध्ययन क्षेत्र :

हरिद्वार के आसपास के क्षेत्र (चित्र–1) 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 माप 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 मे रहता है। भूभाग की ऊंचाई 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।



चित्र 1

3. भूजल चित्रित करने के लिए गणितीय प्रतिरुप :

रेखीय मिश्रण का गणितीय प्रारुप सांख्यिकी की एक विशेष शाखा है (वैंग 1990, ब्रयान्त 1996)। इस विधा का प्रयोग आंकडो के विश्लेषण, उनके बीच आपसी संबंधों 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 $\text{य}_\text{प}$ 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 मैट्रिक्स समीकरण द्वारा निरुपित किया जा सकता है (शर्मा एवं दुबे 2003)।

$$(\text{य} - \text{अ}) = \text{भ फ} + \text{त} \tag{1}$$

उपरोक्त समीकरण में, य, प्रेक्षण वैक्टर है, अ 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 विशिष्ट है। अतः सामान्यतः इसकी गणना के लिये कुछ प्रतिबन्ध मान लिये जाते हैं। जैसे, मूल प्रेषण, 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 आंकड़ों के अधिक से अधिक विस्थापन को समायोजित कर सके। प्रारूप के उत्कर्ष सोल्यूशन के लिये निम्न निर्देश दिये जाते हैं।

कम से कम

$$\{(,\text{य} - \text{अ}) - \text{झ फ}\}\{\text{य} - \text{अ}\} - \text{झ फ}\}^{1}\}$$

प्रतिबन्ध, $\text{झ} = 0;\ \text{भ भ}^{1} = 1$

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

4. प्रतिरूप का उपयोग :

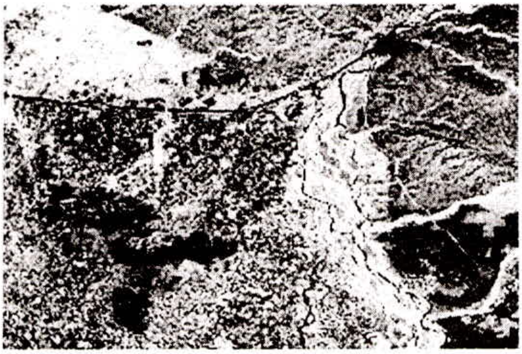
भूजल तंत्र प्रणाली काफी जटिल और दुरूह तंत्र प्रणाली है। अतः इस तंत्र प्रणाली को कई छोटे–छोटे भागों में बांटा गया है (तालिका–1)। इस प्रकार भूजल तंत्र को एक सीढ़ी नुमा छोटे

तालिका 1 : भूजल चित्रण तंत्र के मुख्य अवयव और उनका योगदान

उद्देश्य	स्तर						
		स्तर I		स्तर II		स्तर III	
		Feature	योगदान	Feature	योगदान	Feature	योगदान
भूजल स्रोतों का चित्रण	भूसतही आंकड़े		0.65	स्थानीय भूआवरण	(0.44)	कृषि	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
						छुमट	0.13
						चिकनी मृदा	0.04
				मकानों वाले क्षेत्र से स्थल की दूरी	0.02	0-0.5 km से कम	0.65
						0.5-1.0 km	0.28
						1.0 km 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 का 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

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 सीढ़ी शीर्ष तक पहुंच जाता है।

अध्ययन के लिए, सृजित गणितीय प्रतिरूप के उपयोग के लिए भूसतही आंकड़ें, जैसे स्थानीय भू आवरण, भूसतह का ढाल, पेलियो चैनल से स्थल की दूरी, बाढ़ सम्भावित क्षेत्र स्थल की दूरी, मृदा का

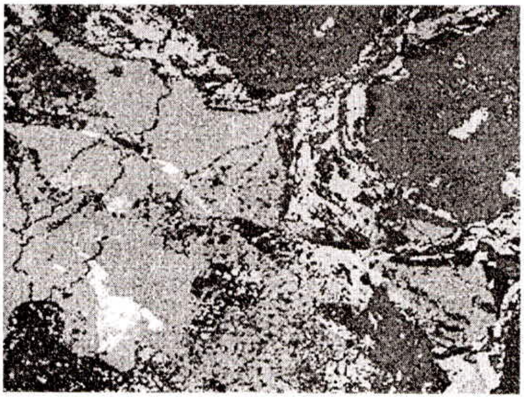


प्रकार, मकानों वाले क्षेत्र से स्थल की दूरी, और भूगर्भित आंकडें, जैसे, जल धारण माध्यम, मृदा की पारगम्यता, भूजल की गहराई, वर्षा जल का रिसाव, भूजल के रासायनिक गुण, आंकड़ों की आवश्यकता है। भूसतही आंकड़ों के लिए दूर सवेदन आंकड़ों का विश्लेषण किया गया।

इस अध्ययन में दूर संवेदन आंकड़ों का विश्लेषण दृष्य विश्लेषण विधि द्वारा किया गया इसके लिए एक मार्ग निर्देशिका तैयार की गयी। दूर संवेदन और सह आंकड़ों के समग्र उपयोग से, भू आवरण, पेलियो चैनल, 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 आंकड़ों के लिए स्थल से आंकड़े एकत्र किये गये और आंकडों का विश्लेषण करके, जल धारण माध्यम, मृदा की पारगम्यता, भूजल की गहराई, वर्षा का जल रिसाव और भूजल के रासायनिक गुण दर्शाने वाले मानचित्र बनाये गये।

सभी मानचित्रों के समग्र अध्ययन के लिए सर्वप्रथम मानचित्रों को कम्प्यूटरीकृत किया गया। कम्प्यूटरीकृत आंकड़ों का विश्लेषण भौगोलिक सूचना तंत्र के माध्यम से किया गया। भूसतही और भूगर्भित सभी आंकड़ों के समग्र रूप से विश्लेषण से 200 समग्र आंकड़ों 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 आंकड़ों के द्वारा योग्य एंव 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 आंकड़ों 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।



5. 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 आंकड़े उपलब्ध नहीं होते हैं। यदि आंकड़े उपलब्ध भी होते हैं तो वे आवश्यक्ता के अनुरूप नही होते हैं। ऐसी परिस्थिति में दूर संवेदन तकनीकी और सहायक आंकड़ों के समग्र रूप से आवश्यक आंकड़े प्राप्त किये जा सकते हैं। इस अध्ययन में आंकड़ों के संग्रहण, विश्लेषण और आवश्यक निर्णय के लिए भौगोलिक सूचना तंत्र का प्रयोग किया गया है। आंकडों को समग्र करने के लिए तथा भूजल स्रोतों 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 का सुदृढ़ीकरण करके प्रयोग में लाया जा सकता है।

6. सन्दर्भ :

(1) चम्पतिराय, सिंह एल0एम0 और राय ए0के0, 1993, अपलीकेशन आफ रिमोट सेंसिंग एण्ड जियोग्राफिक सिस्टम इन हाइड्रोलोजिक इनवेस्टीगेशन आफ इम्फाल वैली (मणीपुर), प्रोसीडिंग्स नेशनल सिम्पोजियम आन रिमोट सेंसिंग अपलीकेशन फार रिर्सोज मैनेजमैंन्ट विद स्पेशल इम्फेसिस आन नार्थ इस्टर्न रीजन,गोहाटी, पृश्ठ 143–148

(2) ची0के0एच0, ली0बी0जे0,1994, एक्सटैक्टिंग ग्राउन्डवाटर पोटेन्शियल एरियाज यूजिंग रिमोटली सेन्सड डाटा एण्ड जी0आई0एस0 टेकनीक प्रोसीडिंग्स इनटीग्रेटेड अपलीकेशन्स आफ रिमोट सेंसिंग फार लैण्ड एण्ड वाटर रिर्सोय मैनेजमैन्ट, पृश्ठ 64–69

(3) दुबे ओ0पी0, श्री निवास, अवस्थी ए0के0, 1984 एनेलेसिस आफ रिमोटली सेन्सड डाटा फार ग्राउन्ड वाटर स्टडी इन पीडमोंट जोन। प्रोसीडिंग्स एशियन कान्फ्रेंस आन रिमोट सेंसिंग, काठमाण्डू,

(4) दुबे ओ0पी0 1985 अक्यूफर रेसपोंस मॉडलिंग। यूजिंग सेटेलाइट डाटा जनरल आफ हाइडोलोजी

(5) दुबे ओ0पी0, श्रीनिवास और परवेज अहमद 1986 डिसाइफरिंग ग्राउन्ड वाटर यूजिंग रिमोट सेंसिंग तकनीक

(6) दुबे ओ0पी0, श्रीनिवास और अवस्थी ए0के0, 1987, ग्राउन्ड वाटर रिचार्ज इवेलुएशन रनिंग सेटेलाईट डाटा। प्रोसीडिंग्स इन्टीगरेटेड वाटर रिर्सोसेज मैनेजमैन्ट फार ड्रिंकिंग एग्रीकल्चर एण्ड इण्डस्ट्री पृश्ठ 37–40

(7) हैमिल एल, और एफ जी वेल,1996, ग्राउन्ड वाटर रिर्सोस डवलपमैन्ट बटवर्थ। लन्दन

(8) होवे आर.एच. 1960, अपलीकेशन आफ एरियल फोटोग्राफिक इण्टरप्रेटेशन आफ हाइड्रोलोजिक प्राब्लम्स। फोटोग्रामेटरिक इंजीनियरिंग

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

(10) शर्मा डी0सी0 एंव दुबे ओ0पी0 2002

(11) वाल्टन डब्लू0 सी0, ग्राउन्ड वाटर रिर्सोस इवेलुएशन। मैक ग्राहिल बुक