चतुर्थ राष्ट्रीय जल संगोष्ठी

2011

जल संसाधनों के प्रबंधन में नवीनतम तकनीकों का प्रयोग

16–17 दिसम्बर, 2011

आपो हि ष्ठा मयोभुवः

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान
जलविज्ञान भवन
रूडकी–247667 (उत्तराखंड)

सॉफ्ट कम्प्यूटिंग तकनीकों द्वारा भू–जल स्तर का आंकलन

रमा मेहता[1]	विपिन कुमार[2]	कुमार गर्वित[3]	नरेश सैनी[1]
वज्ञा. सी	प्रोफेसर	शोध छात्र	प्रधान शोध सहायक

[1]राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की
[2]कॉलेज ऑफ इंजीनियरिंग रूड़की
[3]एन.आई.टी. दुर्गापुर

सारांश

देश के विभिन्न भागों में बढ़ती माँग की पूर्ति करने के लिए भू–जल का दोहन किया जा रहा है, जिसके परिणामस्वरूप भौमजल स्तर में गिरावट आ रही है इस कारण भविष्य में जल उपलब्धता का गम्भीर संकट पैदा हो सकता है। भू–जल संसाधनों की प्रक्रिया को समझने एवं भविष्य की सम्भावित परिस्थितियों में क्या हो सकता है यह जानने के लिए भू–जल प्रतिदर्शो का बड़े पैमाने पर प्रयोग हो रहा है। भू–जल प्रवाह की जटिल समस्याओं पर काबू पाने के लिए ऐसी तकनीकें विकसित करने की आवश्यकता है जो इन समस्याओं का अर्थपूर्ण समाधान प्रदान कर सके। आसान संगणन तकनीकें (soft computing techniques) जलवैज्ञानिक एवं जल संसाधन तंत्र के प्रयोग में केवल जलविज्ञानीय चर राशियों के क्रम रहित होने के कारण ही महत्वपूर्ण नहीं हैं बल्कि निर्णय लेने में अशुद्धता, वस्तुपरखता एवं अस्पष्टता तथा पर्याप्त आंकड़ों की कमी के कारण भी है।

फज्ज़ी लॉज़िक तकनीक में इस प्रकार की अनिश्चितता का अच्छे तरीके से ध्यान रखा गया है। इसीलिए उत्तर प्रदेश के बदायूँ जिले हेतु प्रतिदर्श विकसित करने के लिए नयी बढ़ती हुई तकनीकों जैसे कि न्यूरो–फज्ज़ी तकनीक एवं ए.एन.एन.का प्रयोग किया गया है। जलविज्ञानीय भविष्य वाणियों में न्यूरो फज्ज़ी तकनीकों का बहुत अधिक प्रयोग किया जा रहा हैं । जादेह द्वारा विकसित फज्ज़ी सेट की परिकल्पना समतुल्य संबंधों को भाषा की दृष्टि से निम्न, मध्यम एवं उच्च रूप में प्रयोग करने का अवसर प्रदान करती है।

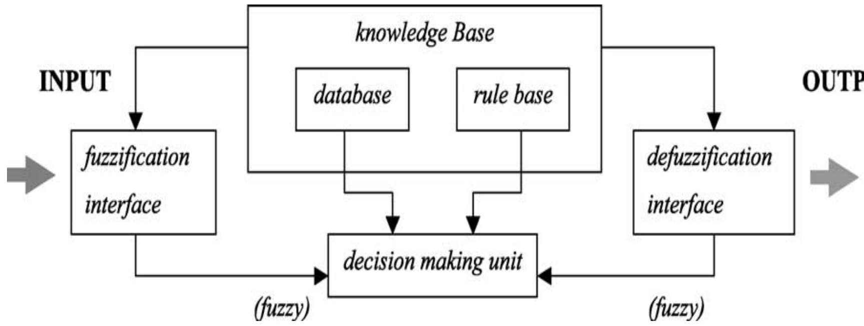
प्रस्तावना

फज्ज़ी लॉजिक वर्तमान में प्रयोग में लायी जा रही कार्य प्रणाली को समझने एवं व्याख्या करने का आसान तरीका प्रदान करती है। जलाशय प्रचालन हेतु फज्ज़ी तकनीकों द्वारा सदस्यता कार्य एवं नियम निरूपण का मेहता [3] द्वारा वर्णन किया गया हैं। औद्योगिक कूड़े के पर्यावरणीय प्रभाव का फज्जी अपवाह द्वारा अध्ययन कुमार [4] द्वारा किया गया है। फज्ज़ी नियमों पर आधारित आधुनिक जलविज्ञानीय प्रतिरूपण का विकास बहुत से अनुसंधान कर्ताओं द्वारा किया गया है [5,6,7]।

वर्तमान अध्ययन में आंकड़े मानसून (M) (जून से अक्टूबर) एवं नान–मानसून [NM] (नवम्बर से मई) के लिए ANFIS-SCM तकनीकों का प्रयोग कर संसाधित किये गये। मानसून एवं गैर मानसून काल के लिए ANFIS-SCM तकनीकों का प्रयोग कर दो प्रतिदर्शो की कार्य क्षमता का मूल्यांकन, परीक्षण आंकडो द्वारा किया गया।

प्रणाली एवं तथ्य

फज्ज़ी प्रतिरूपण हेतु न्यूरल नेटवर्क साहित्य में विकसित विभिन्न तकनीकों में प्रयोग होने वाला न्यूरो फज्ज़ी प्रतिरूपण फज्ज़ी इन्टरफेज़ सिस्टम (FIS) से सम्बन्धित है। FIS के मूलभूत स्वरूप में तीन वैचारिक घटक एक नियम आधार जिसमें फज्ज़ी नियमों के चयन, एक आंकड़ा आधार जो फज्ज़ी नियमों हेतु प्रयोग में लाये जाने वाले MF को परिभाषित करता हैं ; एवं एक तर्क–वितर्क प्रक्रिया जो आउट पुट हेतु नियमों पर इन्टरफेस प्रक्रिया पूरी करते हैं (चित्र1)। FIS, इन्टर स्पेस से आउटपुट स्पेस पर एक अरेखीय मैपिंग कार्यान्वित करता है। इस मैपिंग में बहुत से फज्ज़ी यदि–तब (if-then) नियम होते हैं जिनमें से प्रत्येक नियम मैपिंग के स्थानीय व्यवहार का वर्णन करता है। यदि–तब नियम के मानदण्ड इनपुट स्पेस के फज्ज़ी क्षेत्र को परिभाषित करते हैं एवं आउटपुट स्पेस के मानदण्ड सम्बन्धित आउटपुट को उल्लेखित करते हैं। इस प्रकार FIS की कार्यक्षमता आगणित मानदण्डों पर निर्भर करती है। फज्ज़ी इन्टरफेस सिस्टम का प्रवाह सचित्र, चित्र 1 में दिया गया है।



चित्र 1: क्रिस्प आउटपुट सहित फज्ज़ी इन्टरफेस सिस्टम

फज्ज़ी लॉज़िक थ्योरी (FLT)

फज्ज़ी लॉज़िक थ्योरी एक इनपुट को एक आउटपुट स्पेस में दर्शाने का सरल तरीका है। फज्ज़ी सिस्टम, लिनियर सिस्टम, एक्सपर्ट सिस्टम, न्यूरल नेटवर्क, डिफरेन्शियल इक्वेशन, इन्टरपोलेरेड मल्टी डाइमेन्शनल लुक उप टेबिल आदि अनेकों तरीके इष्टतमीकरण समस्याओं को हल करने हेतु हैं। इनमें से फज्जी सिस्टम समझने में आसान एवं लचकदार हैं। इस अध्ययन के दौरान भौम जल स्तर मूल्यांकन हेतु सब्ट्रेक्टिव कलस्टर तकनीक का प्रयोग किया गया।

सब्ट्रेक्टिव कलस्टरिंग मैथड (SCM)

फज्ज़ी कलस्टरिंग का उद्देश्य विशाल आंकड़ा समूह से प्राकृतिक समूहीकरण की पहचान करना एवं प्रणाली के व्यवहार का संक्षिप्त प्रतिनिधित्व प्रस्तुत करना है। साहित्य में विभिन्न प्रकार के फज्ज़ी कलस्टरिंग तरीके जैसे कि फज्ज़ी C-मीन कलस्टरिंग माउन्टेन कलस्टरिंग सब्ट्रेक्टिव कलस्टरिंग एवं गुस्टाफसोन केशल (GK) फज्ज़ी कलस्टरिंग प्रतिवेदित किये गये हैं।

फज्ज़ी SCM एक आंकडा कलस्टरिंग तकनीक है जहां पर प्रत्येक आंकड़ा इकाई एक कलस्टर से कुछ मात्रा तक सम्बन्धित होती है जो मेम्बरशिप वैल्यू द्वारा स्पष्ट रूप से बतायी जाती है। संख्यात्मक आंकड़ों का गुच्छन बहुत से वर्गीकरणो एवं तंत्र प्रतिदर्श कलन विधि (system modeling algorithms) हेतु आधार बनाता हैं। इस पद्वति में संगणन आंकडा इकाईयों की संख्या के अनुपात एवं विचारार्थ समस्या के विस्तार से स्वतंत्र होते हैं। नायक [8,9] में SCM प्रतिदर्श संरचना पहचान का वर्णन किया है, प्रत्येक कलस्टर केन्द्र को P-डाइमेन्शनल स्पेस में N आंकड़ा इकाईयों के सेट में प्रत्येक आंकड़ा इकाई को निर्दिष्ट सामर्थ्य मान P_i द्वारा पहचाना जाता है।

$$P_i = \sum_{j=1}^{N} \exp\left[-4\frac{\left\|x_i - x_j\right\|^2}{r_a^2}\right] \tag{1}$$

जहां पर r_a (≥ 0) एवं $\|x_i - x_j\|$ क्रमशः कलस्टर अर्धव्यास एवं किसी बिन्दु C से इक्यूलिडियन दूरी हैं। अधिकतम सामर्थ्य मान (P_1) वाली आंकडा इकाई को प्रथम कलस्टर केन्द्र D_1 माना जाता है। अन्य आंकड़ा इकाईयों की सामर्थ्य को प्रथम कलस्टर केन्द्र के प्रभाव को घटाकर संशोधित किया जाता है। संशोधित अधिकतम सामर्थ्य मान वाली इकाई को द्वितीय कलस्टर केन्द्र (D_2) माना जाता है एवं इस प्रक्रिया को अन्य कलस्टर केन्द्रों की गणना करने हेतु दोहराया जाता है। इस प्रकार आंकड़ा इकाईयों के संशोधित सामर्थ्य मान को J_{th} कलस्टर केन्द्र की संगणना के उपरांत इस प्रकार दर्शाया जा सकता है।

$$p_i = p_i - p_j^* \exp\left[-4\frac{\left\|x_i - D_j^*\right\|^2}{r_b^2}\right] \tag{2}$$

जहां $r_b (r_b > r_a \geq 0)$ पास की आंकड़ा इकाईयों के कारण घटे हुए अर्धव्यास हैं एवं उनमें बहुत अधिक पास वाले कलस्टर केन्द्र सम्मिलित नहीं हैं। इस प्रक्रिया को तब तक दोहराया जाता है जब तक कि काफी मात्रा में कलस्टर केन्द्र प्राप्त नहीं हो जाते एवं जब निम्नलिखित शर्त पूरी हो जाती है तो प्रकिया को रोक दिया जाता है [8] ।

$$P_k^* < \varepsilon P_i^* \qquad (3)$$

जहां पर € रद्द अनुपात है। ये कलस्टर केन्द्र (D_i^* , i = 1, K) फज्ज़ी नियम परिसर के इनपुट डाटा वेक्टर X के केन्द्र के रूप में प्रयोग किये जा सकते हैं। और जिस अवस्था तक नियम i की सन्तुष्टि होती हैं उसे गौसियन मेम्बरशिप फंक्शन द्वारा परिभाषित किया जाता है।

$$\mu(x) = \exp\left[-4\frac{\left\|x - D_i^*\right\|^2}{r_a^2}\right] \qquad (4)$$

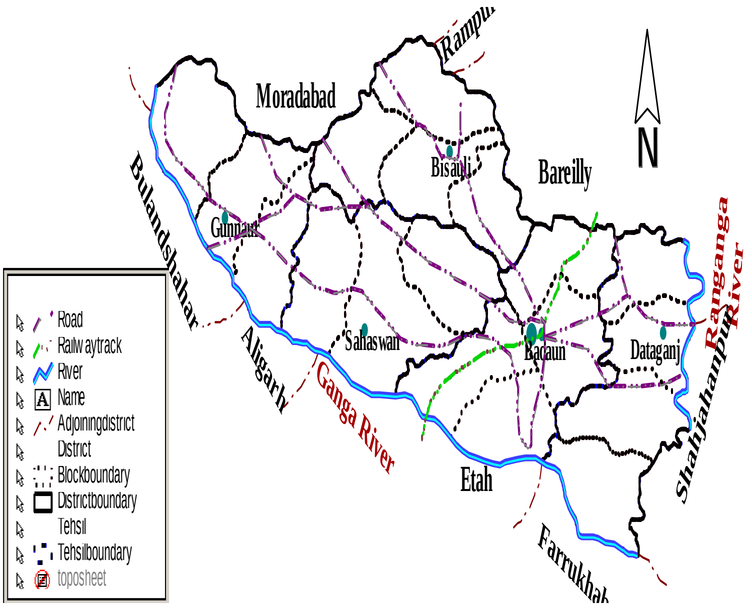
कलस्टर विश्लेषणों द्वारा नियमों का एक ढाँचा एवं पूर्ववर्ती सदस्यता फलन निर्धारित किया जाता है जो आंकड़ों के व्यवहार को प्रतिरूप देते हैं। गलोबल लीस्ट स्कायर ऐस्टीमेशन का प्रयोग कर प्रत्येक नियम के लिए तर्कसंगत समीकरण निर्धारित की जाती है। इस पद्वति का यह फायदा है कि यह गौसियन मेम्बरशिप फंक्शन को फज्जी सेट के रूप में उत्पन्न करती है। जो प्रत्येक इनपुट वेक्टर के लिए अनन्त आधार रखती है।

प्रत्येक फज्ज़ी सेट के लिए सदस्यता मूल्य की गणना की जाती है एवं इस वजह से नियम आधार का प्रत्येक नियम कार्य करता है। इनपुट एवं आउटपुट चैनलों के सम्बंधों को ठीक– ठीक व्याख्या करने वाले केवल एकक जोड़ा नियमों के पैदा करने की सम्भावना रहती है।

1.अध्ययन क्षेत्र

बदायुँ जिला उत्तर प्रदेश के रूहेलखण्ड क्षेत्र का एक विशिष्ट जिला है, जो लगभग 5163 वर्ग कि0मी0 के क्षेत्र में फैला हुआ है। यह मुरादाबाद, बरेली, रामपुर, शाहजहाँपुर, इटावा, अलीगढ़ एवं बुलन्दशहर जिलों से घिरा हुआ है। यह क्षेत्र 18 विकास खण्ड चतुर्थ से वर्तमान काल के सिन्धु गंगा जलोढ़ उत्तर–पश्चिम से दक्षिण–पूर्व की ओर है।

बदायुँ जिला, 79^0 1′ 20′′ उत्तर देशान्तर एवं 28^0 2′ 30′′ पू0 अक्षांश के मध्य पड़ता है। बदायुँ जिले के दक्षिण–पश्चिम सीमा गंगा एवं पूर्वी सीमा राम गंगा नदी द्वारा निर्धारित की गयी है। यहां पर जिले में पाँच तहसील (बदायुँ, दातागंज, सहसवान, गुनौर एंव बिसौली) एवं 18 विकास खण्ड हैं जिन्हें चित्र 2 में दर्शाया गया है।



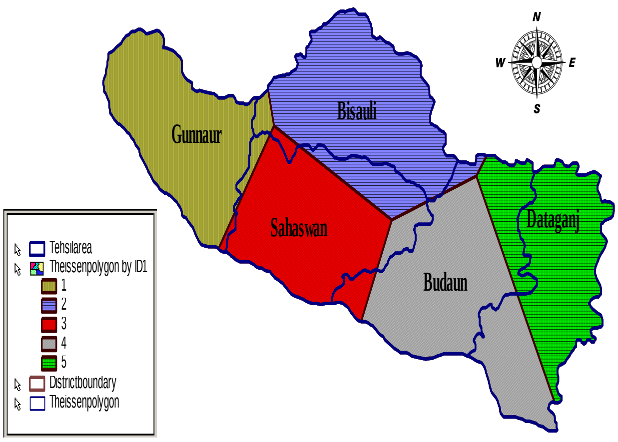
चित्र 2: बेसिन का विवरण (स्त्रोतः बदायुँ जिले का राजस्व विभाग)

यहां की जलवायु अर्ध शुष्क उष्णकटिबंधीय है। ग्रीष्म ऋतु में गर्मी एवं शीत ऋतु में सर्दी होती है। जिले की औसत वार्षिक वर्षा 907.2 मि0मी0 है।

भू–विज्ञान की दृष्टि से अध्ययन क्षेत्र में बजरी, रेत, मिट्टी, गाद, कंकर एवं रेत हैं। इस क्षेत्र की औसत ऊंचाई सूदूर पूर्व में 245 मीटर से सूदूर उत्तर में 298 मीटर के मध्य है। मृदा आवरण के निचले जलदायी क्षेत्रों में सामान्यतः कंकर युक्त या कंकर विहीन मोटा रेत पाया जाता है।

2.आंकड़ा प्रक्रमण

बदायुँ जिले के सिंचाई विभाग द्वारा तहसील मुख्यालय पर अभिलेखित 22 वर्षो (1981–2002) की अवधि के मासिक वर्षा आंकड़े एकत्र किये गये। भारत सर्वेक्षण विभाग बदायुँ जिले की 1:2,50,000 पैमाने वाली टोपोशीट एवं जी.आई.एस.साफ्टवेयर (जियोमिडिया प्रोफेशनल 5.1 वर्जन) इस अध्ययन हेतु प्रयोग में लाये गये। बदायुँ जिले की टोपोशीट को जिले एवं तहसीलों की सीमा एवं वर्षा मापन केन्द्रों की स्थिति निर्धारण हेतु जियोलाजिकल इन्फारमेशन सिस्टम (जी.आई.एस.) प्रयोग कर अंकीकृत किया गया। त्रिभुजों के तन्त्र को बनाने हेतु वर्षा मापन केन्द्रों को जोड़ा गया। वर्षा वितरण के असमान प्रभाव को वर्षा मापन केन्द्रों के क्षेत्रानुसार महत्व के अनुसार प्रतिनिधित्व देने के लिए प्रत्येक वर्षा मापन केन्द्र के थिसिन बहुभुज तैयार किये गये (चित्र 3) [11] वर्षा मापन केन्द्र के केन्द्र भार निर्धारण एवं ''एरियल पालीगान'' तैयार करने के लिए थिमेटिक मैप तैयार करने हेतु सामार्थ्यवान साधन जी.आई.एस.का प्रयोग किया।



चित्र 3:बदायुँ जिले का थिसिन पाँलीगन दर्शाते हुए थिमेटिक मैप

किसी मापन केन्द्र को i वे बहुभुज के मीन ऐरियल प्रेसिपिटेशन (MAP) को उस गेजिंग स्टेशन के प्रेसिपिटेशन प्वाइन्ट R_i के बराबर माना जाता है।
इसे निम्न प्रकार लिख सकते हैं :

$$MAP_i = R_i \qquad (5)$$

जहां 'i' पालिगन नम्बर हैं जो 1 से 5 तक परिवर्तित होता है।

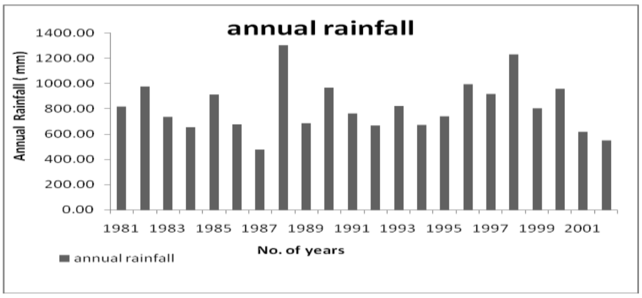
उत्तर प्रदेश के बदायुँ जिले के तहसील मुख्यालयों पर पांच वर्षा मापन केन्द्र हैं। प्रत्येक तहसीलः गुन्नौर, बिसौली, सहसवान, बदायुँ, एवं दातागंज के लिए थिसिन पालीगोन एवं जी.आई.एस.साफ्टवेयर का प्रयोग कर भार (weight) निर्धारित किये गये।

बदायुँ जिले की औसत वार्षिक वर्षा लगभग 752.03 मि0मी0 पायी गयी। सारिणी 1 में केन्द्र भार, औसत वार्षिक वर्षा एवं बहुभुज क्षेत्रफल को पांचों तहसीलों के लिए दर्शाया गया है।

सारिणी 1: बदायूँ जिले की पांचों तहसीलों के लिए केन्द्र भार, औसत वार्षिक वर्षा एवं बहुभुज क्षेत्रफल

मौसम केन्द्र	बहुभुज क्षेत्रफल (वर्ग कि0मी0)	औसत वार्षिक वर्षा (मि0मी0)	केन्द्र भार W_i
गुन्नोर	1003.95	869.36	0.1855
बिसौली	1238.55	695.18	0.2289
सहसवान	947.12	640.41	0.1750
बदायुँ	1271.11	752.03	0.2349
दातागंज	949.95	760.05	0.1755

जिले में पाँच तहसीलें एवं 18 विकास खण्ड हैं। पांचों केन्द्रों की औसत वार्षिक वर्षा को सभी 22 वर्षो के लिए चित्र 4 में दर्शाया गया है।

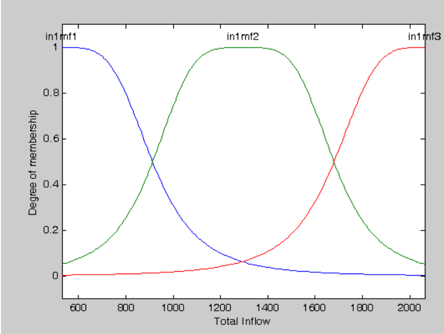
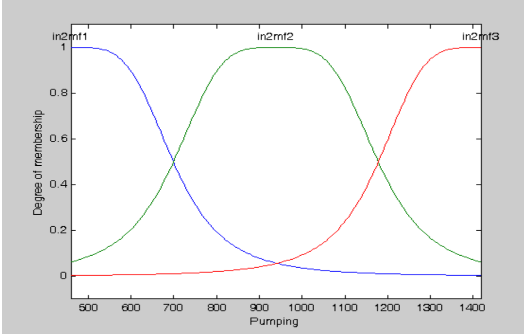


चित्र 4: सभी पांचों केन्द्रों की औसत वार्षिक वर्षा

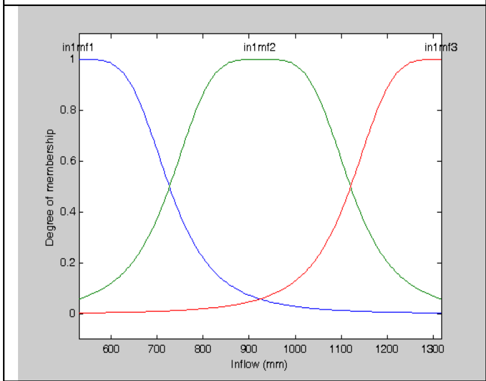
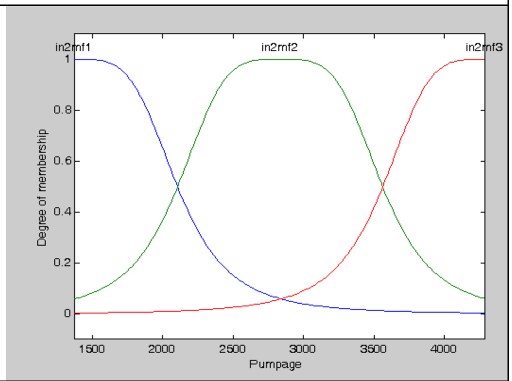
बदायुँ जिले में मानसून एवं नान–मानसून ऋतुओं के लिए जलस्तर आंकड़े, सिंचाई विभाग से एकत्र किये गये। पूरे अंतर्वाह आंकड़ों को मानसून अवधि M (जून से अक्टूबर) NM (नवम्बर से मई) के भागों में बांटा गया है। दोनों ऋतुओं के आंकड़ों के कुल अन्तर्वाह (वर्षा+वापस अपवाह) एवं पम्पों द्वारा भूमि से बाहर निकाला गया पानी को विश्लेषण हेतु इनटपुट डाटा के रूप में प्रयोग में लाया गया।

आंकड़ों का फ्यूजीफिकेशन

सब्ट्रेक्टिव कलस्टरिंग मैथड (SCM) में दोनों इनपुट आंकड़ों को “G-bell” मेम्बरशिप फंक्शन (MF) एवं थ्री मेम्बरशिप कैटेगोरिज (in 1mf1,in 2mf2 एवं in 3mf3) के द्वारा फ्यूजीफाइड किया गया ताकि मानसून काल में माडल से सर्वोत्तम परिणाम प्राप्त किये जा सकें। इनपुट फ्लो की निम्न एवं उच्च सीमा (600 से 2000) एवं पम्पिग (500 से 1400) के लिए मेम्बरशिप फंक्शन चित्र 5(a,b) में मानसून काल के लिए एवं चित्र 5(c,d) में नान–मानसून काल के लिए इनपुट फ्लो (600 से 1300) एवं पम्पिंग (1500 से 2000) हेतु दर्शाये गये हैं।

5(a) मानसून काल हेतु इनपुट फ्लो के लिए मेम्बरशिप फंक्शन	5(b) मानसून काल हेतु पम्पिग के लिए मेम्बरशिप फंक्शन
	

इसी प्रकार “G-bell” MF एवं थ्री केटेगोरिज द्वारा नान–मानसून काल के लिए फ्यूजिफाइड आंकड़े निम्न प्रकार हैं :–

5(c) नान–मानसून काल हेतु इन्पुट फ्लो के लिए मेम्बरशिप फंक्शन	5(d) नान–मानसून काल हेतु पम्पिग के लिए मेम्बरशिप फंक्शन
	

चित्र:5 मेम्बर शिप फंक्शन (a) मानसून काल हेतु इनफ्लो (b) मानसून काल हेतु पम्पिंग (c) नान–मानसून काल हेतु इनफ्लो (d) नान–मानसून काल हेतु पम्पिंग

इन चित्रों में मानसून काल में इनफ्लो (2000mm), काल (1300mm) की अपेक्षा अधिक है जबकि पम्पों द्वारा मानसून काल (1400mm) से नान मानसून (4000mm) में पम्पों द्वारा पानी का दोहन अधिक किया गया है।

प्रतिदर्श संवर्धन

नई उभरती हुई एस.सी.एम.तकनीक का प्रयोग मानसून एवं नान–मानसून काल हेतु प्रतिदर्श विकसित करने हेतु किया गया। त्रुटियों को कम करने के लिए विभिन्न ए. एन.एफ.आई.एस (ANFIS) आर्किटेक्चरों का प्रयोग किया गया।

एस सी एम (SCM) प्रतिदर्श हेतु प्रशिक्षण

ए.एन.एफ.आई.एस. सब्ट्रेक्टिव कलस्टरिंग तकनीक द्वारा दो प्रतिदर्शो का प्रशिक्षित किया गया :

1. एस.सी.एम.एम प्रतिदर्श : मानसून काल हेतु सब्ट्रेक्टिव फ्यूजी कलस्टरिंग प्रतिदर्श
2. एस.सी.एम.एन.एम प्रतिदर्श : नान–मानसून काल हेतु सब्ट्रेक्टिव फ्यूजी कलस्टरिंग प्रतिदर्श

प्रतिदर्श की पहचान दो चरणो में की जाती है। (1) फज्ज़ी कलस्टरिंग पद्धति का प्रयोग कर फज्जी नियमों की संख्या एवं उनसे सम्बद्व मेम्बरशिप फंक्शन का निर्धारण एवं (2) हाइब्रिड एवं बैंक प्रोपेगोशन तरीकों

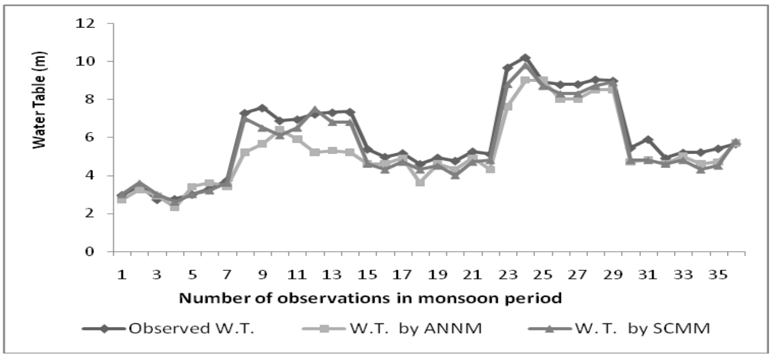
द्वारा टी.एस फज्ज़ी मॉडल का इष्टतमीकरण कलस्टरिंग। सब्ट्रेक्टिव कलस्टरिंग एप्रोच का प्रयोग नियम आधार एवं मेम्बरशिप फंक्शन की गणना करने के लिए किया जाता है। कलस्टर केन्द्रों एवं इस प्रकार प्रत्येक केस के लिए अभिनिर्धारित मेम्बरशिप फंक्शन का प्रयोग इष्टतमीकरण पद्वति द्वारा अगले प्राचलों की गणना करने में किया जाता है एवं अन्ततः एक टी.एस.फज्ज़ी सब–कलस्टरिंग मॉडल विकसित किया जाता है। प्रत्येक वेक्टर इनपुट के लिए, 'जी बेल' मेम्बरशिप फंकशन से जीरो से अधिक मेम्बरशिप डिग्री की गणना की जाती हैं। हाइब्रिड आप्टीमाइज़ेशन एप्रोच मानसून एवं नान–मानसून दोनों के लिए उपयोग की गयी। सारिणी 2, ए.एन.एफ.आई.एस मॉडल की परीक्षण संरचना को दर्शाती है। प्रशिक्षण त्रुटियाँ (एस.सी.एम.एम.–0.00145, एस.सी.एम.एन.एम.–0.0012), चेकिंग त्रुटियाँ (एस.सी.एम.एम.–0.24518, एस.सी.एम.एन.एम.–0.1321) की अपेक्षाकृत काफी कम हैं क्योंकि मॉडल को ट्रेनिंग डाटा से ट्रेड़ करके चेकिंग डाटा के लिये प्रशिक्षित किया गया है।

सरिणी–2: ANFIS .कलस्टर मॉडल के ट्रेनिंग स्ट्रकचर

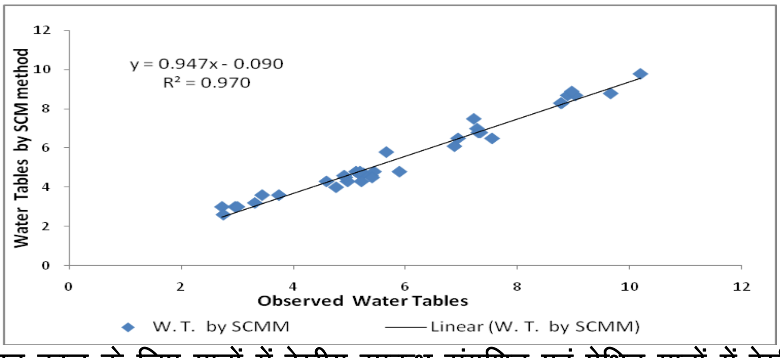
मॉडल इनपुट	के साथ ट्रेनिंग	ट्रेनिंग त्रुटि	चेकिंग त्रुटि	प्रयोग किये गये मॉडल/एप्रोच की संख्या
एस.सी.एन.एम	हाईब्रिड आप्टीमाइज़ेशन	0.00145	0.24518	28/2
एस.सी.एम.एन एम	–तदैव–	0.0012	0.1321	22/2

परिणाम एवं तर्क–वितर्क

एस.सी.एम.तकनीकों द्वारा मानसून काल के आंकड़ों की चेकिंग/वेलिडेशन हेतु प्रयुक्त भौम जल स्तर आंकड़े चित्र 6 में दर्शाये गये हैं। इससे पता चलता है कि एस.सी.एम.एम.मॉडल द्वारा भौम जलस्तर परिवर्तन मापी गये मान के काफी करीब हैं। इसलिए मानसून काल के एस.सी.एम.मार्डल को भविष्य के आंकलनों हेतु सिफारिश की जाती है। चित्र 7 में प्रतिदर्शित एवं प्रेक्षित आंकड़ों के मध्य रेखित सम्बन्ध (linear relationship) को दर्शाया गया है।



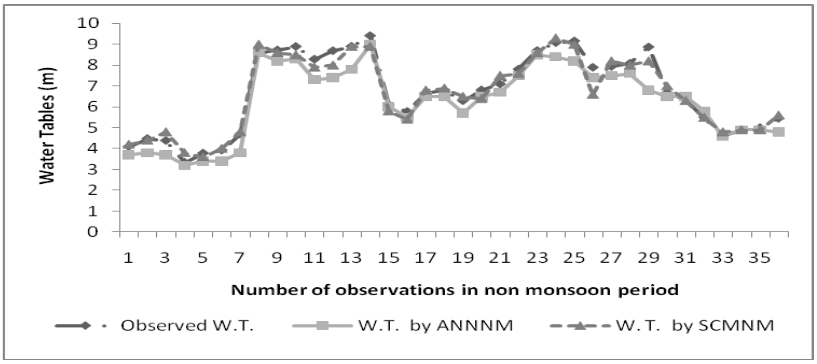
चित्र 6: मानसून काल के लिए प्रेक्षित एवं संगणित भौम जल स्तर



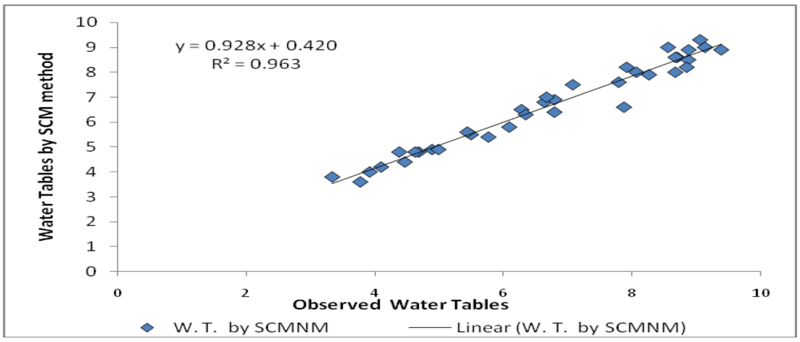
चित्र 7: मानसून काल के लिए मानों में रेखीय सम्बन्ध संगणित एवं प्रेक्षित मानों में रेखीय सम्बन्ध (linear relationship)

कुल मिलाकर 36 प्रेक्षणों के परिणामों को प्रामाणिक बनाने हेतु किया गया। एस.सी.एम.एम प्रतिदर्श बेहतर रेखीय सम्बन्ध देता है, क्योंकि इसका प्रतिगमन गुणांक (regression coefficient) 0.970 है।

चित्र 8 में नान–मानसून काल में डाटा चैकिंग/वेलिडेशन (36 प्रेक्षण) हेतु भौम जल स्तर में परिवर्तन को दिखलाया गया है। चित्र 9 में प्रतिगमन गुणांक 0.963 के साथ एस.सी.एम.एन.एम मॉडल का रेखीय सम्बन्ध दर्शाया गया है।



चित्र 8: नान–मानसून काल के लिए प्रेक्षित एंव संगणित भौम जल स्तर



चित्र 9: नान–मानसून काल के लिए संगणित एंव प्रेक्षित मानों में रेखीय सम्बन्ध

कार्य निष्पादन सूचियां

प्रतिदर्श की कार्य निष्पादन क्षमता का मूल्यांकन करने हेतु, विभिन्न मूल्यांकन तरीकों पर अपनाये गये उनसे प्राप्त जलालेखों का आंकड़ों की दृष्टि से विश्लेषण किया गया। ग्लोबल एरर स्टेटिसटिक्स, जिसमें संगणित एवं प्रेक्षित अपवाह के मध्य रूट मीन स्क्वॉयर एरर (RMSE) प्रतिगमन गुणांक (R^2) एवं वेरेक्स (वेरियन्स का प्रतिशत) के लिये नैश–साइन्सटिफिक क्राईटेरिया [9] सम्मिलित हैं, सम्पूर्ण कार्य निष्पादन पर सम्बन्धित सूचनाएं प्रदान करते हैं।

$$VAREX = \left[1 - \frac{\sum_{t=1}^{N} (O_t - P_t)^2}{\sum_{t=1}^{N} (O_t - \overline{O})^2} \right] x100 \qquad (6)$$

प्रशिक्षण त्रुटि, प्रशिक्षण आंकड़ा आउटपुट मान एवं उसी प्रशिक्षण आंकड़ा मान के लिए फ्यूजी इन्टरफेस सिस्टम से आउटपुट मान के बीच का अन्तर हैं। सभी मॉडलों के कार्य निष्पादन मान को सारिणी 3 में दर्शाया गया है।

सारिणी तीन से पता चलता है कि एस.सी.एम.एम.मॉडल के लिए ट्रेनिंग आर.एम.एस.ई.का मान0 .0251 हैं, जो मानसून काल के लिए एस.सी.एम.मॉडल की बेहतर कार्य निष्पादन क्षमता को दर्शाता है। एस

.सी.एम.एम.(0.97) एवं एस.सी.एम.एन.एम.(0.963) के प्रतिगमन गुणांक में कोई विशेष बदलाव नही है। इससे पता चलता है कि एस.सी.एम तकनीक भविष्य के विश्लेषणों के लिए अधिक उपयुक्त है। एस.सी.एम.एम. में वेरियेन्स का प्रतिशत 98.495 है जो बहुत अधिक है। इन परिणामों से प्रकट होता है कि एस.सी.एम.एम. एवं एस.सी.एम.एन.एम. प्रतिदर्शो का भविष्य के विश्लेषणों हेतु प्रयोग किया जा सकता है। जल–वैज्ञानिक एवं प्रबन्धक, वर्तमान समय के अंतर्वाह (inflow) एवं पम्पिंग के भौम जल स्तर मान प्रतिदर्श का प्रयोग कर सीधे प्राप्त कर सकते हैं। ये परिणाम उन्हें उस क्षेत्र से और पानी दोहन के बारे में निर्णय लेने में सहायता प्रदान कर सकते हैं।

सारिणी 3: वैलिडेशन डाटा द्वारा मॉडल की कार्य निष्पादन सूचियां

क्रम संख्या	कार्य निष्पादन सूची	मानसून काल एस.सी.एम.एम.	नान–मानसून काल एस.सी.एम.एन.एम.
1	आर.एम.एस.ई.	0.0251	0.023
2	प्रतिगमन गुणांक	0.9496	0.9172
3	वेरक्स़	98.495	98.065

निष्कर्ष

यह निष्कर्ष निकाला जाता है कि सब्ट्रेक्टिव कलस्टर तकनीक दिये हुए इनपुट डाटा के लिए भविष्य के भौम जल स्तर का अनुमान लगाने हेतु अधिक उपयुक्त है। प्रतिदर्श एस.सी.एम.एम. एवं एस.सी.एम.एन.एम. की मानसून एवं नान–मानसून काल में बदायूँ जिले के मैदानों हेतु भौम जल स्तर का पता लगाने हेतु सिफारिश की जाती है। इन प्रतिदर्शो का प्रयोग कर जल वैज्ञानिक प्रस्तावित जल योजनाओं के लिए निर्णय ले सकेंगे।

सन्दर्भ

1. मेयर एच एवं डाण्डी जी ; न्युरल नेटवर्क द्वारा जल संसाधन चरों की भविष्यवाणीः प्रतिदर्श एवं उनके अनुप्रयोगों की एक समीक्षा ; एन्वायरमेंन्ट मॉडल साफ्टवेयर 15(1), 101–124, 2000.

2. जादेह एल.ए, ; फज्ज़ी सैट, सूचना एवं कन्ट्रोल ; 8, 338–353, 1965.

3. मेहता आर. , एस. के. जैन एवं विपिन कुमार ; रिज़रवायर आप्रेशन के लिये फज्ज़ी तकनीक–मेम्बरशिप फंक्शन एवं उनके वर्गीकरण के प्रभाव, हाइड्रोलॉजी जर्नल.

4- कुमार वी. के. एवं रमा मेहता ; फज्ज़ी डिस्चार्ज द्वारा औद्योगिक कूड़े का वातावरण पर प्रभाव ; नेशनल वर्कशाप ; जी. बी. पंत यूनिवर्सिटी ऑफ एग्रीकल्चर एवं टेक्नोलॉजी पंतनगर ; नवम्बर 28–दिसम्बर 02, 2005.

5- मेहता आर, शरद जैन ; मल्टी–परपज़ जलाशय के इष्टतम कार्यो के लिये न्यूरो फज्ज़ी तकनीक का इस्तेमाल ; इण्टरनेशनल जर्नल ऑफ वाटर रिर्सोसज् मैनेजमेंट ; 23: 509–529 ; 2009.

6. मेहता आर, शरद जैन एवं मनोहर अरोरा ; सतलुज नदी के लिये रेनफॉल–रनऑफ माडलिंग–न्यूरो फज्ज़ी एप्रोच द्वारा ; राष्ट्रीय संगोष्ठी, नई दिल्ली, 28–29 अगस्त, 2008.

7. मौसवी एस. जे. , पोनमबालम के. , एवं कैरी एफ. ; डायनमिक करते हुऐ जलाशयों की कार्यविधियाँ जर्नल ऑफ वाटर रिर्सोस़ज मैनेजमेन्ट ; 19, 655–672, 2005.

8. प्रियोनो ए. , रिदवान एम. , एवं अन्य ; सब्ट्रेक्टिव कलस्टरिंग द्वारा फज्ज़ी नियमों का निर्माण ; जर्नल ऑफ टेक्नोलॉजी, 43D , 143–153, 2005.

9. नैश जे. ई. ; सतक्लीफ जे.वी. ; कन्सप्चुअल मॉडल द्वारा रीवर फ्लो फॉरकास्टिंग ;जर्नल ऑफ हाइड्रोलॉजी, 10, 282–290, 1970.

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान

जलविज्ञान भवन

रूड़की–247 667 (उत्तराखंड)

दूरभाष : 01332–272106

फैक्स : 01332–272123

ई–मेल : nihmail@nih.ernet.in

वेब : www.nih.ernet.in