कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क (ए.एन.एन.) मॉडल का तावी नदी बेसिन पर अनुप्रयोग

डा. अविनाश अग्रवाल,
वैज्ञानिक -ई1

मुकेश शर्मा
जूनियर इंजीनियर (वरिष्ठ ग्रेड)

मनोज गोयल
वरिष्ठ शोध सहायक

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की

साराशं

वर्षा अपवाह का सम्बन्ध एक अत्यधिक जटिल प्रक्रिया है । क्योंकि वर्षा समय तथा स्थान के साथ-साथ बदलती रहती है तथा बेसिन की भू-संरचना भी एक दूसरे से अलग-अलग होती है । जल प्रबन्धन के लिए जल वैज्ञानिकों को अपवाह की मात्रा जानने के लिए बेसिन स्तर पर वर्षा-अपवाह निदर्श तैयार करने के लिए आकर्षित करती रहती है । जल प्रबन्धन का , नदी जल प्रवाह की मात्रा , जल आपूर्ति , सिंचाई परियोजना , जल निकासी , बाढ़ नियन्त्रण , जल गुणता , विद्युत उत्पादन , मनोरंजन एवं जंगली जीव संरक्षण में विशेष महत्व है ।

निदर्शों की श्रेणी में कृत्रिम न्यूरल नैटवर्क निदर्श एकदम नवीन निदर्श है जो जलविज्ञानीय प्रक्रम में रेखीय व अरेखीय प्रक्रिया को ध्यान में रखकर बनाया गया है । यह निदर्श कम आंकड़ों की उपलब्धता पर भी भली-भाँति कार्य करता है । इस अध्ययन में ब. पी.ए.एन.एन. निदर्श को फोरट्रान भाषा में निदर्शित किया गया है । विकसित निदर्श का अतिरिक्त ध्रुवीकरण एवं निदर्श के सामान्यकरण के साथ उद्देश्यों की प्राप्ति अनुसार संशोधन किया जायेगा, तथा इस निदर्श को तावी नदी के ऊपर जम्मू में तावी पुल तक के बेसिन के ऊपर वर्षा - अपवाह ज्ञात करने के लिए प्रयोग किया गया है ।

वर्ष 1992 से 2002 के माहवार आंकड़ें पहले से ही विश्लेषित करके वार्षिक व्यवहार ज्ञात किया गया है । यह देखने में आया है कि वर्ष 1992 से 1997 तक के छः वर्ष के आंकड़ों में अपवाह एवं वर्षा का अनुपात 0.4 से 0.6 तक बदलता है । तथा 1998 से 2002 के आंकड़ों के अनुसार यह 0.18 से 0.27 के बीच आता है । प्रथम दृष्टि में यह लगता है कि यह अपवाह क्षेत्र के व्यवहार में सुधार है , जो अपवाह क्षति में कमी के कारण है । निदर्श के अन्दर माहवार वर्षा एवं अपवाह के आंकड़ें विभिन्न समयान्तर के साथ एक दूसरे में सबंधित करके प्रभावी गुणाँक एवं समयान्तर निकाल कर उचित भौतिक प्रक्रिया निकाली गयी है । निदर्श को पूरे आंकड़ों के साथ निदर्शित किया गया है । तथा तीन चार स्तरों पर विभिन्न तकनीकी प्रक्रियाओं द्वारा सामान्यकरण किया गया है । निदर्श की सांख्यकी टेस्टों द्वारा जाँच की गयी है ।

1.0 प्रस्तावना

वर्षा तथा अपवाह एक अरेखीय प्रक्रम है क्योंकि वर्षा समय तथा स्थान के अनुसार बदलती रहती है तथा यह अपवाह क्षेत्र के गुणों पर भी निर्भर करती है । रिगरैशन मॉडल रेखीय और अरेखीय प्रक्रमों की इनपुट व आउटपुट के संबंधों को आपस में जोड़ते हैं । स्टोकास्टिक मॉडल सामान्यतः समय सारिणी से सांख्यिकीय गुणों को ग्रहण करके इन्हीं गुणों को भविष्यवाणी करने के लिए आगे बढ़ाता है । इस तरह के मॉडल के लिए एक लम्बे समय के डाटा की आवश्यकता होती है । और इन डाटा को कृत्रिम रूप से पैदा करने पर इनकी गुणवत्ता अच्छी नहीं होती । कन्सैप्चुअल मॉडल में भौतिक प्रक्रमों को लगभग करके लिया जाता है । इस मॉडल में भौतिक प्रकमों को आसान करके लिया जाता है । यह भौतिक प्रक्रम रेखीय व अरेखीय समय के साथ बदलने वाले और न बदलने वाले, औसत और बिना औसत, स्थायी व अस्थायी प्रक्रमों को अपने अन्दर सम्माहित करते हैं । इस कारण से इनकी गणना करने में बड़ा अन्तर आने की सम्भावना रहती है तथा इनके अधिक पैरामीटरों को रखने में भी असुविधा होती है । सिस्टम मॉडल प्रक्रम की गणितीय गुणों के आधार पर इनपुट और आउटपुट में संबंध स्थापित किया जाता है । एक सिस्टम के अन्दर कई छोटे सिस्टम हो सकते हैं । इन छोटे सिस्टमों को भी ध्यान में रखकर मॉडल बनाया जाता हे । सबसे प्रचलित सिस्टम मॉडल यूनिट हाइड्रोग्राफ है ।

मॉडलों (निदर्शो) की श्रेणी में कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क निदर्श एकदम नवीन निदर्श है जो जलविज्ञानीय प्रक्रम में रेखीय व अरेखीय प्रक्रमों को ध्यान में रखकर बनाया गया है । अन्य निदर्शो की तुलना में इस निदर्श के निम्नलिखित लाभ हैः-

1. कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क (ए..एन.एन.) निदर्श प्रक्रमों को आसानी से निदर्शित करता है ।
2. कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क को प्रयोग करने के लिए प्रक्रम की ज्यादा जानकारी की आवश्यकता नहीं है । तथा ऐसी समस्याएं जो ठीक प्रकार से परिभाषित नहीं उन पर भी इसका प्रयोग किया जा सकता है ।
3. ए..एन.एन. मॉडल को अपर्याप्त डाटा पर भी प्रयोग किया जा सकता है ।
4. इस मॉडल का परिणाम डाटा का सामूहिक व्यवहार का परिणाम मिलता है । इसलिए यह त्रुटियों को कम करके दक्षता बढ़ाता है । ए..एन.एन. मॉडल को ब्लैक बॉक्स मॉडल के द्वारा अच्छी तरह से वर्णित किया जा सकता है । पहला सफल ए..एन.एन. मॉडल 1940 में बनाया गया।

2.0 लक्ष्य

1. ए..एन.एन. मॉडल के लिए ब.पी.ए.एम.एन. तथा त्रिज्य आधार कार्यप्रणाली अपनाकर कम्प्यूटर प्रोग्राम तैयार करना ।
2. ए.एन.एन. मॉडल को जम्मू कश्मीर की तावी नदी के अपवाह क्षेत्र पर मासिक वर्षा - अपवाह - के लिए प्रयोग करना विभिन्न सामान्यकरण विधियों को प्रयोग करके ए..एन.एन. मॉडल की गुणवत्ता की जांच करना ।

3.0 विधि

ए..एन.एन. मॉडल की यह विशेषता है कि इसे बिना भौतिक जटिलताओं के जाने इनपुट तथा आउटपुट में सम्बन्ध स्थापित किया जा सकता है । अन्य मॉडलों पर इसकी अनेक अच्छाइयों के बावजूद इसकी एक कमी है कि बैक प्रोपोगेशन कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क सही समाधान निकालने में कम्प्यूटर का अधिक समय लेता है । आप्टामाईजेशन करना ए..एन.एन. मॉडल का एक हिस्सा है । गलत तरीके से किया गया आप्टीमाइजेशन इस पर कुप्रभाव डालता है । इसलिए यह सुझाव दिया जाता है कि द्रुत गति से और अच्छी प्रकार किया गया आप्टीमाइजेशन के द्वारा ए..एन.एन. मॉडल अच्छे परिणाम देता है ।

4.0 ए..एन.एन. मॉडल की कार्यप्रणाली का आंकलन

किसी भी मॉडल की कार्यप्रणाली का आंकलन उसकी अनेक विशेषताओं पर किया जाता है । किसी अच्छे मॉडल की विशुद्धता , नियमितता एवं कार्यक्षमता यह तीन विशेषताएं हैं। इस अध्ययन में कार्यप्रणाली के आंकलन के लिए कुछ निम्नलिखित विधियाँ अपनायी गई हैं ।

$$RMSE = \sqrt{\frac{\text{residual variance}}{n}} = \left(\sum_{j=1}^{n} (Y_j - \hat{Y}_j)^2 / n \right)^{1/2} \quad (1)$$

जहाँ Y और $\hat{Y}$' लिया गया प्रेक्षण तथा गणना किया गया प्रेक्षण मान है तथा n प्रेक्षणों की संख्या है ।

2. कोरिलेशन कोफिशिएन्ट; इसको इस प्रकार दर्शाया जाता है ।

$$CC = \frac{\sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(Y_j - \overline{Y}\right)\left(\hat{Y}_j - \overline{\hat{Y}}\right) \right\}}{\left\{ \sum_{j=1}^{n} \left(Y_j - \overline{Y}\right)^2 \sum_{j=1}^{n} \left(\hat{Y}_j - \overline{\hat{Y}}\right)^2 \right\}^{1/2}} \times 100 \quad (2)$$

जहाँ Y और $\hat{Y}$' लिए गये प्रेक्षण तथा गणना किये गये प्रेक्षणों क औसत माप है।

3. दक्षता गुणांक (Correlation coefricient) :- इसको निम्न प्रकार दर्शाया जाता है ।

$$CE = \{ 1 - \frac{\text{residual variance}}{\text{initial variance}} \} \times 100$$

$$= \{ 1 - \frac{\sum_{j=1}^{n} (Y_j - \hat{Y}_j)^2}{\sum_{j=1}^{n} (Y_j - \overline{Y})^2} \} \times 100 \quad (3)$$

5.0 अध्ययन क्षेत्र

तावी नदी चेनाब नदी की बाँयी तरफ से निकलने वाली मुख्य शाखा है । यह नदी काली कुन्डी हिमनद से लगभग 4000 मीटर की ऊँचाई से निकलती है । प्रारम्भ में यह लगभग 16 किलोमीटर पश्चिम की तरफ बहने के बाद यह उत्तर पश्चिम में मुड़ जाती है । और लगभग 27 कि.मी. चलने के बाद फिर 5 कि.मी. पश्चिम की तरफ चिनानी तक बहती है । फिर ऊधमपुर तक दक्षिण - पश्चिम दिशा में बहती है । फिर 24 कि.मी. दक्षिण की तरफ बहती है । नीचे आने पर इसमें अनेक छोटी धाराएं व नाले में आकर मिलते हैं । उसके बाद जम्मू होते हुए पाकिस्तान में चली जाती है । इसमें नौ धारा आकर मिलती हैं जिसमें अधिकतर मानसून का जल आता है । इस नदी की कुल लम्बाई लगभग 141 कि.मी. है । जम्मू पुल के पास इस नदी की चौड़ाई लगभग 300 मीटर है ।

6.0 भौतिक संरचना

तावी नदी का जलग्रहण क्षेत्र 32°35′ से 33°5′ उत्तर अक्षांश तथा 74°35′ से 75°-45′ पूर्व रेखांश के मध्य में पड़ता है । भारतीय सीमा में इस नदी का जलग्रहण क्षेत्र जम्मू तक 2168 वर्ग कि.मी. है । और यह जम्मू ऊधमपुर जिलों में व डोडा के कुछ हिस्सों में पड़ता है । जलग्रहण क्षेत्र का ऊपरी हिस्सा रग्ड माऊन्टेनियस टोपोग्राफी के अन्तर्गत आता है तथा निचला हिस्सा निचली पहाड़ी एवं समतल क्षेत्र के अन्तर्गत आता है । जलग्रहण क्षेत्र की ऊँचाई 400 मी. से 4000 मीटर के बीच है ।

7.0 प्रयोग में लाये गये आंकड़े

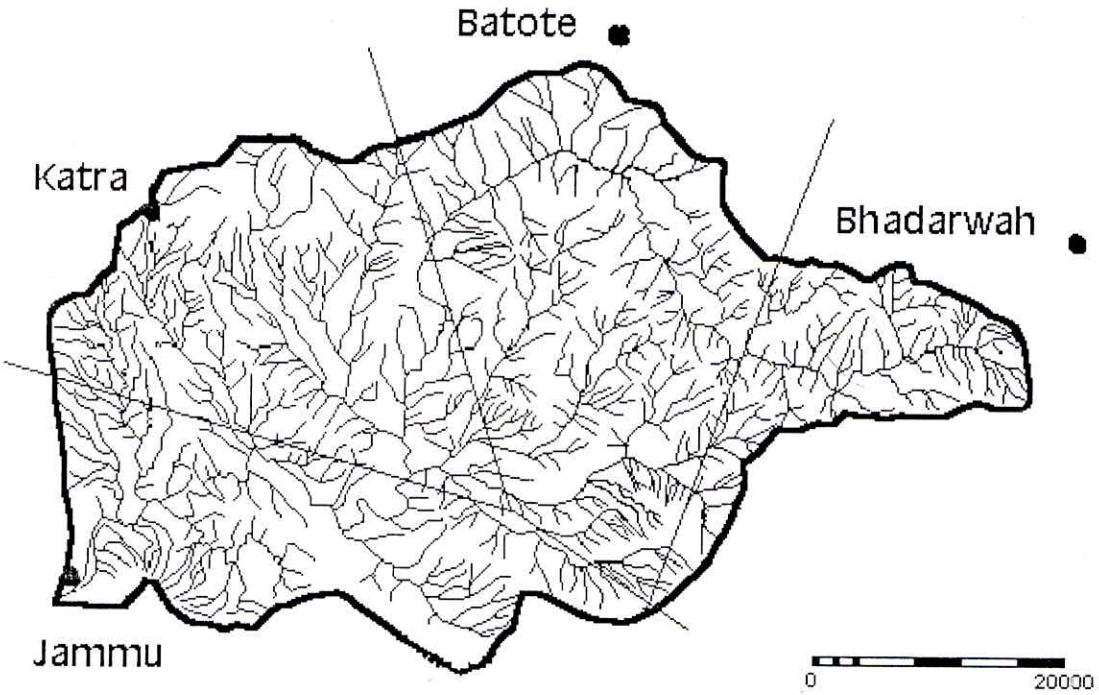
इस अध्ययन में जम्मू, कटरा , भद्रवा, बटौट का मासिक वर्षा तथा जम्मू सेतु का अपवाह वर्ष जनवरी 1992 से दिसम्बर 2002 तक का प्रयोग किया गया है । आंकड़ों का विवरण नीचे दी गई सारिणी में किया गया है।

8.0 निदर्श का विकास

वर्षा अपवाह कृत्रिम न्यूरल नैटवर्क निदर्श को निम्नलिखित चरणों में बनाया गया है ।

1. प्रभावी इनपुट वैरियेबल को ज्ञात करना ।
2. निदर्श की ट्रेनिंग , टैस्टिंग तथा वैलिडेशन के लिए आंकड़ों के तीन सैट बनाना।
3. निदर्श का विकास निम्नलिखित चरणों में किया

(अ) निदर्श की संरचना का चुनाव करना ।
(ब) आंकड़ों का सामान्यीकरण करना ।
(स) कृ.न्यू.नै. निदर्श विविध
(द) निदर्श की ट्रेनिंग , टैस्टिंग व वैलिडेशन करना ।



फोटो 6 अ तावी नदी का मानचित्र

सारणी - 1 : जम्मू कश्मीर के तावी नदी बेसिन के वार्षिक आंकड़ों का सार

Year	Discharge data.		Rainfall data					Ratio
	Discharge	Discharge	Jammu	Katra	Bhadarwa	Batote	Weighted	
	Cumecs	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1992	18038	718.8	1355.4	2414.0	1359.1	1927.5	1796.3	0.40
1993	24825	989.3	1773.1	2776.2	1739.6	2277.8	2162.7	0.46
1994	23005	916.8	2073.8	2865.4	1441.9	1700.9	2018.8	0.45
1995	19478	776.3	1413.9	2247.7	1540.7	1638.9	1693.3	0.46
1996	29777	1186.7	1970.5	2734.8	1140.6	1830.3	1963.6	0.60
1997	21527	857.9	1739.8	2611.0	1285.6	1822.0	1893.2	0.45
1998	9478	377.7	1214.5	1711.3	1389.6	1715.7	1513.1	0.25
1999	5867	233.8	1127.7	1749.3	835.1	1033.5	1191.3	0.20
2000	6213	247.6	1291.8	2106.9	956.5	1080.4	1355.5	0.18
2001	8256	329.0	1289.4	1714.9	870.3	980.7	1208.1	0.27
2002	7797	310.7	1067.5	1526.0	981.0	1039.4	1141.4	0.27

9.0 प्रभावी इनपुट वैरियेबल को ज्ञात करना

अपवाह का भौतिक कार्य विधि समझने के लिए वर्षा एक मात्र वेरियेबल है । पूरे आंकड़ों का अध्ययन करने के बाद वर्षा तथा अपवाह में एक सम्बन्ध स्थापित करने का सुझाव दिया गया है जिसमें वर्षा तथा अपवाह के विभिन्न समयान्तरों के आंकड़ें तालिका के अनुसार प्रयोग किए गए हैं ।

सारिणी - 2: वर्षा अपवाह का परस्पर संबंध स्थापित करने का विश्लेषण

वर्षा (t- 1)	0.34	1.00			
वर्षा t	0.07	0.34	1.00		
अपवाह t	0.14	0.43	0.80	1.00	
अपवाह t+1	0.06	0.15	0.43	0.48	1.00

अपवाह (t) = f { वर्षा (t) , वर्षा (t-1)}

10.0 निदर्श की ट्रेनिंग , टैस्टिंग तथा वैलिडेशन के लिए आंकड़ों के सैट बनाना

निदर्श की ट्रेनिंग , टैस्टिंग और वैलिडेशन के लिए जम्मू, कटरा , भद्रवा, बटोट की मासिक वर्षा तथा जम्मू पुल का अपवाह के जनवरी 1992 से दिसम्बर , 2002 तक के आंकड़ों का चुनाव किया गया है । आंकड़ों का वार्षिक सार देखने पर उसमें दो ग्रुप दिखाई पड़ते हैं ।

1. उच्च अपवाह वर्षा अनुपात सीमा 0.40 से 0.60
2. कम अपवाह वर्षा अनुपात सीमा 0.18 से 0.27

अतः निदर्श में प्रयोग किए गये आंकड़ों को तीन भागों में बाँटा गया है । पहले भाग में 1992 से 1995 (4 वर्ष) , दूसरे भाग में 1996 से 1997 और तीसरे भाग में 1998 से 2002 .

सारिणी - 3 कृत्रिम न्यूरल नैटवर्क निदर्श के लिए दो केसों के लिए विचारणीय आंकड़ें

निदर्श के केस	निदर्श की विधि	प्रयोग किए गए आंकड़ें	वर्ष
केस-1	ट्रेनिंग	1992 से 1995	4
	टैस्टिंग	1996 से 1997	2
	वैलिडेशन	1998 से 2002	5
केस-2	ट्रेनिंग	1998 से 2002	5
	टैस्टिंग	1996 से 1997	2
	वैलिडेशन	1992 से 1995	4
केस-3	ट्रेनिंग	1992 से 2002	11
	वैलिडेशन	1992 से 1995	4
	वैलिडेशन	1998 से 2002	5
केस-4	ट्रेनिंग	1998 से 2000	3
	वैलिडेशन	2001 से 2002	2

11.0 निदर्श का विकास

तीन चार स्तरीय ब.पी.ए.एन.एन. निदर्श का विकास , अरेखीय ज्या फलन प्रत्येक स्तर पर समान रूप से प्रयोग करके वर्षा-अपवाह विधि का विकास किया गया है । ए.एन.एन. निदर्श की संरचना निर्धारित करने के लिए इनपुट लेयर के बिन्दुओं की संख्या इनपुट चरों के बराबर रखी गयी है । छिपी हुई लेयर में बिन्दुओं की संख्या इनपुट बिन्दुओं की दुगनी रखी गयी हे । और आउटपुट लेयर के बिन्दु की संख्या एक है जैसा कि मॉडल केवल एक ही आऊटपुट देता है । ए.एन.एन. निदर्श को समझने के लिए पहले सभी आंकड़ों का तीन विधियों से सामान्यकरण जो कि अधिकतम मान से सामान्यीकरण , न्यूनतम व अधिकतम मान से सामान्यकरण अतिरिक्त विस्तार की छूट के साथ । सभी संबंधित बिन्दुओं को रेंडम मान 0.5 से - 0.5 के बीच दिया जाता है । तथा जो मान 0.5 से कम आता है उसे दोनों लर्निग रेट (α) व आघूर्ण (β) के लिए प्रयोग किया जाता है । इस प्रकार लगभग 1000 चक्रों द्वारा लर्निग चक्र पूर्ण किये जाते हैं तथा मानो को प्रत्येक चक्र में ठीक करते रहते हैं ।

12.0 ट्रेनिंग , टैस्टिंग एवं वेलीडेसन

(प्रशिक्षण , जाँच एवं मान ज्ञात करना) ए.एन.एन. मॉडल के विकास के दौरान सामान्यकरण द्वारा इसकी जाँच की जाती है जिससे इसकी दक्षता बढ़ाई जा सके । जैसा कि देखा जा सकता है कि तावी नदी के आंकड़ें अत्यधिक घटते बढ़ते हैं । इसलिए निदर्श बनाते समय आंकड़ों को कई प्रकार से प्रयोग किया गया है । जिससे निदर्श को किसी भी दशा में प्रयोग किया जा सके तथा इसका सुधार किया जा सके ।

केस-।

निदर्श की दक्षता चार लेयर सिस्टम की तीन लेयर सिस्टम से अच्छी आती है जैसा कि टेबिल से स्पष्ट है । सामान्यकरण द्वारा भी निदर्श की दक्षता बढ़ाई गयी है । क्रॉस वेलीडेशन द्वारा देखा गया कि सी.ई. एवं सी.वी. दक्षताएं उतनी अच्छी नहीं है । जैसा कि स्पष्ट है कि 1996 से 1997 की अपवाह वर्षा अनुपात 0.6 से 0.45 है जो निदर्श में प्रयोग किए गये आंकड़ों से ज्यादा है । पूरे 11 वर्ष के आंकड़ों पर विचार करने पर स्पष्ट हे कि सम्पूर्ण आंकड़ें एक समान नहीं हैं । इस प्रकार इन आंकड़ों द्वारा मॉडल को जाँचना अत्यधिक कठिन है ।

केस - ।।

दूसरे केस में प्रयोग किए गये आंकड़ें पहले केस से बिल्कुल भिन्न हैं । जैसा कि पहले बताया जा चुका है एवं सारणी में दिया गया है । मॉडल की दक्षताएं केस-। से अच्छी नहीं है । सी.ई.एवं सी.वी. दक्षताओं के आधार पर प्राप्त परिणाम ग्रहन करने योग्य नहीं है क्योंकि आंकड़ों में अत्यधिक बदलाव है इसलिए इन आंकड़ों से निदर्श तैयार करके जाँचना अत्यधिक दुष्कर कार्य है

केस-III

क्योंकि आंकड़ों की विविधता अत्यधिक है इसलिए यह निश्चय किया गया कि 50 प्रतिशत आंकड़ें बेतरतीबी से छाँट कर निदर्श तैयार किया जाये । तैयार निदर्श को क्रास वेलीडेंट नहीं किया जा सकता लेकिन यह निम्न व उच्च सीमा में आंकड़ों का सही परिणाम देता है । परिणाम तालिका के अनुसार केस-I व केस-II से मिलते जुलते हैं । परिणामों की जाँच में पाया कि वर्ष 1992-95 के परिणाम 1998 से 2002 से अच्छे हैं ।

केस-IV

इस केस में सभी आंकड़ें अपवाह - वर्षा अनुपात की दृष्टि से एक समान हैं । पहले तीन वर्ष के आंकड़ों से निदर्श तैयार किया गया है तथा दो वर्ष के आंकड़ों से इसकी जाँच की गयी है । इस केस में भी दक्षता के अनुसार परिणाम अच्छे नहीं हैं । जैसा कि केस 1,2,3, में प्राप्त हुआ था । तावी नदी बेसिन के समस्त आंकडे अत्यधिक ऊपर नीचे-होते हैं । इसलिए इन आंकड़ों को प्रयोग करके कोई निदर्श तैयार करना अत्यधिक कठिन कार्य है । इसीलिए आंकड़ों का सामान्यकरण भी परिणामों पर कोई विशेष प्रभाव नहीं डालता ।

सारणी - 4 : केस-I में प्रयोग किये गये आंकड़ों द्वारा विकसित निदर्शकी क्षमता का आँकलन

लेयरों की संख्या	सामान्य करण विधि	केलीबरेशन समय 1992 से 1995				क्रास व वेलीडेसन समय 1996 से 1997				वैरीफिकेसन समय 1998 से 2002			
		AERE	CC,%	CE,%	EV,%	AERE	CC,%	CE,%	EV,%	AERE	CC,%	CE,%	EV,%
3(2,3,1)	1	0.5	82.8	65.8	-8.0	1.3	78.5	36.1	-31.1	1.3	74.3	-100.0	92.7
3(2,4,1)	1	0.5	89.3	79.6	-1.1	1.3	84.5	54.7	-25.9	1.3	74.1	-91.6	90.4
3(2,5,1)	1	0.5	89.2	79.6	-1.0	1.3	84.3	54.9	-25.6	1.3	74.9	-103.5	94.2
4(2,3,3,1)	1	0.5	89.0	79.2	2.3	1.4	84.2	55.3	-24.6	1.5	75.6	-117.4	102.4
4(2,4,4,1)	1	0.5	88.9	78.8	4.6	1.4	83.8	55.4	-22.6	1.5	74.7	-137.7	106.6
4(2,5,5,1)	1	0.5	90.0	80.9	3.4	1.4	85.1	57.8	-22.3	1.5	75.4	-102.7	100.6
3(2,3,1)	2	0.5	82.1	64.5	-8.5	1.4	77.3	35.0	-30.2	1.3	73.4	-104.1	91.2
3(2,4,1)	2	0.5	89.0	79.2	-1.1	1.3	84.1	54.2	-25.2	1.2	73.8	-101.6	89.8
3(2,5,1)	2	0.5	89.0	79.2	-0.2	1.3	83.9	54.5	-25.2	1.3	74.3	-110.5	92.6
4(2,3,3,1)	2	0.5	88.8	78.8	2.4	1.3	84.0	55.2	-23.4	1.4	74.8	-131.5	100.6
4(2,4,4,1)	2	0.5	88.7	78.5	4.6	1.4	83.4	54.8	-22.1	1.5	74.0	-141.9	105.7
4(2,5,5,1)	2	0.5	89.9	80.6	3.4	1.4	84.8	57.5	-22.0	1.4	75.0	-111.6	100.1
3(2,3,1)	3	1.1	84.0	60.8	24.0	2.5	79.7	41.1	-1.4	2.9	70.1	-384.4	184.9
3(2,4,1)	3	1.1	87.6	66.2	26.1	2.5	84.5	50.1	-0.1	3.0	71.0	-362.9	185.1
3(2,5,1)	3	1.1	87.9	66.9	26.3	2.5	84.8	51.1	0.3	2.9	71.4	-363.4	184.8
4(2,3,3,1)	3	1.2	87.2	64.5	28.3	2.6	84.2	49.6	1.3	3.1	70.8	-388.5	191.4
4(2,4,4,1)	3	1.1	82.3	57.1	23.8	2.6	77.7	37.2	-0.6	2.9	69.9	-398.1	188.9
4(2,5,5,1)	3	1.1	88.4	66.2	29.0	2.6	85.1	52.2	2.3	3.0	72.0	-391.0	191.8

सारणी - 5 : केस-II में प्रयोग किये गये आंकड़ों द्वारा विकसित निदर्शकी क्षमता का आँकलन

3(2,3,1)	1	0.4	78.5	59.9	-10.7	0.7	71.0	-7.4	-69.1	0.5	71.9	-3.5	-58.9
3(2,4,1)	1	0.4	78.5	60.0	-11.0	0.7	71.0	-7.4	-69.1	0.5	71.9	-3.5	-58.9
3(2,5,1)	1	0.4	81.9	66.9	-2.5	0.7	78.3	2.1	-66.4	0.4	72.8	12.3	-52.3
4(2,3,3,1)	1	0.4	82.1	67.4	0.9	0.7	78.1	2.3	-65.9	0.4	73.0	13.1	-51.4
4(2,4,4,1)	1	0.4	82.4	67.9	0.9	0.8	78.3	1.5	-66.7	0.4	73.2	12.2	-51.9
4(2,5,5,1)	1	0.4	82.2	67.5	0.4	0.7	78.6	2.5	-66.0	0.4	73.0	13.2	-51.5
3(2,3,1)	2	0.4	75.7	55.7	-8.7	0.7	69.7	-8.8	-67.5	0.5	70.8	-6.6	-58.6
3(2,4,1)	2	0.4	75.7	55.7	-8.6	0.7	69.7	-8.8	-67.5	0.5	70.8	-6.6	-58.6
3(2,5,1)	2	0.4	80.9	65.3	-1.5	0.7	77.3	1.5	-65.2	0.4	72.5	11.2	-52.1
4(2,3,3,1)	2	0.4	81.7	66.7	1.7	0.7	77.9	2.4	-65.0	0.4	72.8	13.0	-51.0
4(2,4,4,1)	2	0.4	82.4	67.9	1.5	0.8	78.2	1.5	-66.6	0.4	73.2	12.3	-51.0
4(2,5,5,1)	2	0.4	82.0	67.1	1.4	0.7	78.6	2.7	-65.3	0.4	72.8	13.4	-51.0
3(2,3,1)	3	0.8	79.1	52.1	27.5	1.0	75.7	2.3	-56.5	0.4	73.1	13.9	-43.8
3(2,4,1)	3	0.8	79.1	52.1	27.4	1.0	75.7	2.2	-56.5	0.4	73.2	13.8	-43.8
3(2,5,1)	3	0.8	79.3	52.2	28.0	1.0	75.9	2.8	-56.3	0.4	73.1	14.7	-43.4
4(2,3,3,1)	3	0.8	79.9	51.7	30.2	1.0	76.1	3.4	-55.9	0.4	73.5	15.8	-42.7
4(2,4,4,1)	3	0.8	81.8	54.9	29.4	1.0	77.6	4.8	-56.9	0.5	74.0	17.8	-42.6
4(2,5,5,1)	3	0.8	80.0	51.9	30.3	1.0	76.4	3.9	-55.8	0.4	73.4	16.5	-42.4

सारणी - 6 : केस-III में प्रयोग किये गये आंकड़ों द्वारा विकसित निदर्शकी क्षमता का आँकलन

लेयरों की संख्या	सामान्य करण विधि	केलीबरेशन समय 1992 से 1995				क्रास व वेलीडेसन समय 1996 से 1997				वैरीफिकेसन समय 1998 से 2002			
		AERE	CC,%	CE,%	EV,%	AERE	CC,%	CE,%	EV,%	AERE	CC,%	CE,%	EV,%
3(2,3,1)	1	0.6	79.4	60.3	-12.4	0.4	82.4	61.0	-23.8	0.7	79.2	-6.7	41.1
3(2,4,1)	1	0.6	79.4	60.3	-12.1	0.4	82.5	61.0	-23.6	0.7	79.2	-6.0	41.9
3(2,5,1)	1	0.6	86.6	74.8	-5.7	0.4	86.1	69.3	-8.8	0.6	78.0	-18.2	45.1
4(2,3,3,1)	1	0.6	87.1	75.7	-3.5	0.4	86.0	69.7	-6.5	0.7	77.7	-9.1	51.7
4(2,4,4,1)	1	0.6	86.9	75.3	-4.3	0.4	86.0	69.7	-7.3	0.7	76.9	-6.4	49.5
4(2,5,5,1)	1	0.6	87.4	76.1	-3.4	0.4	86.2	69.6	-5.9	0.7	77.5	-1.5	50.6
3(2,3,1)	2	0.7	78.5	59.2	-12.4	0.5	82.2	60.3	-24.1	0.7	78.7	-9.8	40.3
3(2,4,1)	2	0.6	86.1	73.8	-7.1	0.4	86.4	70.7	-10.9	0.6	78.5	-28.3	42.4
3(2,5,1)	2	0.6	86.3	74.2	-6.7	0.4	86.2	69.7	-9.9	0.6	77.9	-20.6	42.4
4(2,3,3,1)	2	0.6	87.1	75.7	-4.2	0.4	86.2	70.0	-7.2	0.7	77.8	-8.3	49.7
4(2,4,4,1)	2	0.6	86.9	75.2	-5.4	0.4	86.2	70.1	-8.3	0.7	76.9	-5.3	47.0
4(2,5,5,1)	2	0.6	87.4	76.1	-4.2	0.4	86.4	69.9	-6.6	0.7	77.6	-0.6	48.6
3(2,3,1)	3	1.8	75.4	41.7	37.1	0.9	81.6	57.4	8.1	2.3	74.8	-208.0	148.4
3(2,4,1)	3	107	83.8	57.3	38.3	0.8	86.2	71.0	15.6	2.2	76.3	-200.5	142.2
3(2,5,1)	3	1.6	84.0	58.0	37.7	0.8	86.3	71.3	15.4	2.2	76.3	-195.2	140.8
4(2,3,3,1)	3	1.6	84.6	59.5	34.5	0.8	86.6	72.2	12.8	2.1	76.2	-173.1	136.2
4(2,4,4,1)	3	1.6	84.8	59.6	34.4	0.8	86.7	72.3	12.7	2.2	76.3	172.0	136.3
4(2,5,5,1)	3	1.7	86.1	61.6	35.9	0.8	86.	72.3	15.5	2.2	76.8	-173.5	138.3

सारणी - : केस-IV में प्रयोग किये गये आंकड़ों द्वारा विकसित निदर्शकी क्षमता का आँकललन

लेयरों की संख्या	सामान्य करण विधि	केलीबरेशन समय 1992 से 1995				वैरीफिकेसन समय 1998 से 2002			
		AERE	CC,%	CE,%	EV,%	AERE	CC,%	CE,%	EV,%
3(2,5,1)	1	0.3	72.8	53.0	-1.9	0.5	91.3	58.2	-23.1
4(2,3,3,1)	1	0.3	72.8	52.9	-2.6	0.5	91.7	57.2	-23.7
4(2,4,4,1)	1	0.3	72.3	52.0	-3.0	0.5	90.5	53.6	-24.6
4(2,5,5,1)	1	0.3	73.1	53.3	-2.7	0.5	91.6	57.8	-23.8
3(2,3,1)	2	0.3	70.6	49.7	-2.8	0.6	86.3	49.7	-24.7
3(2,4,1)	2	0.3	70.6	49.6	-2.8	0.6	86.3	49.7	-24.7
3(2,5,1)	2	0.3	72.1	51.9	-1.8	0.5	89.6	55.9	-23.2
4(2,3,3,1)	2	0.3	72.0	51.7	-2.7	0.5	87.8	55.2	-24.1
4(2,4,4,1)	2	0.3	71.9	51.5	-2.3	0.5	89.5	52.7	-23.8
4(2,5,5,1)	2	0.3	72.3	52.2	-2.9	0.5	89.7	55.4	-24.1
3(2,3,1)	3	0.6	69.5	36.0	24.2	1.0	85.0	46.3	2.5
3(2,4,1)	3	0.6	69.3	35.7	24.0	1.0	84.5	45.3	2.4
3(2,5,1)	3	0.5	71.1	38.9	24.2	0.9	89.0	52.5	3.3
4(2,3,3,1)	3	0.5	70.8	38.7	23.5	0.9	87.7	50.6	2.3
4(2,4,4,1)	3	0.6	70.9	38.6	23.7	0.9	88.0	50.0	2.4
4(2,5,5,1)	3	0.5	71.1	39.6	23.1	0.9	88.4	51.6	2.1

13.0 मुख्य परिणाम

1. देखा गया है कि अपवाह वर्षा अनुपात पहले छः वर्षो के लिए 0.40 से 0.60 है तथा जबकि अगले पांच वर्ष के लिए इसका मान 0.18 से 0.27 है ।

2. प्रथम दृष्टि में अनुपात देखने पर ऐसा लगता है कि बेसिन में 1998 से सुधार हो रहा है । लेकिन कम वर्षा वाले आँकड़े देखने पर किसी निश्चित परिणाम पर नहीं पहुँचा जा सकता ।

3. परिस्थितिवश यह कहा जा सकता है कि समय के अनुसार बदलते हुए आंकड़ें इस अध्ययन के लिए छाँटे गये हैं ।

4. मासिक वर्षा अपवाह आंकड़ों का सम्बन्ध निम्न प्रकार निकाला गया है ।
निदर्श का दूसरा रूप इस प्रकार दर्शाया गया है ।
विश्लेषणों से यह निश्चित हो गया है आंकड़ों में अत्यधिक उतार-चढ़ाव है ।

5. निदर्श तैयार करते समय यह पाया गया कि 4 लेयर सिस्टम 3 लेयर की अपेक्षा अधिक उचित है।

6. उच्च तथा निम्न मानों के आधार पर किया गया सामान्यीकरण से निदर्श की दक्षता में कुछ सुधार होता है । जैसा केवल उच्च मान लेकर सामान्यकरण करने पर नहीं होता ।

7. प्रयोग किए गये ग्याह साल के आंकड़ें अत्यधिक ऊपर नीचे होते हैं इसलिए आंकड़ों को प्रयोग करके कोई निदर्श तैयार करना अत्याधिक कठिन कार्य है ।

सदंर्भ

ए0एस0सी0ई0 (2000 अ) कृतिम न्यूरल नेटवर्क जलविज्ञान में - I प्रारम्भिक अवधारणों ए.एस.सी.ई 5 (2) 115-123

ए0एस0सी0ई0 (2000 ब) *कृतिम न्यूरल नेटवर्क जलविज्ञान में*-II जलविज्ञानीय प्रयोग *ए.एस.सी.ई* 5(2) 124-137

बुरेन, एसव0जे0, डयूरेन, एरन.आर., निक्स, एस.जे. एव पिट आर.ई. (2001) कृतिम न्यूरल नेटवर्क पर ट्रेनिंग, हाइड्रोलोजिक इन्हीनियरिग जनरल एस.ए.स. सी.ई. 6 (1)]43-50.

बेवन के.जी., लैम्ब आर., कुनेन पी.एफ.रोमानोविज आर.एण्ड फ्रीर जे. (1995) टाप माँडल वी0पी0 सिंह (ईडी.) वाटर रोडहाइड्रोलोजी के कम्प्यूटर माँडल " जलविज्ञान प्रकाशन 627-668.

केन्द्रीय जल आयोग, 1988 चेनाव बेसिन में सिचाई विस्तार की योजना " नई दिल्ली ।

केन्द्रीय जल आयोग (1990) चिन्तब बेसिन का निस्सरण (1989) चेनाब बेसिन उत्तरी वृत सी0डब्लयू0सी0 जम्मू ।

चाव वी.टी., मेडमेन्ट, डी.आर. एवं मेय एल.डब्ल्यू (1988) एप्लाइड हाइड्रोलोजी।

डेनिइल टी.एम. 1991 जलविज्ञान में न्यूरल नेटवर्कस के अनुप्रयोग आस्ट्रेलिया, 797-802

डासन, सी.बडब्ल्यू. एवं विल्बी आर. (1998) वर्षा -अपवाह के क्षेत्र में कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क माँडल का अनुप्रयोग " हाइड्रोलोजिक साइन्स जरनल 43 (1) 47-66

गोयल वी.सी. 2000-2001 तावी नदी के न्यूनतम अपवाह का विश्लेषण एन.आई.एच.

हसु के.एल., गुप्ता एच.वी. एवं सोरूशिएन एस. (1995) वर्षा -अपवाह प्रक्रम की कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क माँडलिंग " वाटर रिसोर्स रिसर्च " 31(10) 2517-2530

जैन. एस.के. 1991-92 , सेटेलाइट डाटा प्रयोग करके तावी नदी बेसिन के भू प्रयोग की मैपिंग करना। एन.आई.एच. सी एस 72 (अप्रकाशित)

नैश जे.ई. एवं सुत क्लिफ जे.वी. (1970) नदी जल प्रवाह की भविष्यवाणी कन्सेस्चुअल माँडल प्रयोग करके करना। हाइड्रोलाँजी जरनल 10,282-290

पटवारी बी.सी. एवं कमल कुमार 1991-92 तावी नदी के जल उपलब्धता का अध्ययन। सी.एस.-86

रामाशास्त्री के.एस. 1992-93 " हाइड्रोलोजिक नेटवर्क ताबी नदी का " जम्मू कश्मीर, एन.आई.एच. टी.आर.-161

टोकर ए.एस. और जोटनसन ए. (1999) वर्षा-अपवाह की माँडलिंग कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क प्रयोग करके " जनरल आँफ हाइड्रोलोजिक इन्हीनियरिंग ए एस सी ई 4 (3), 232.239.

टोकर ए.एस. एवं मार्क्स एम. (2000), कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क एवं कनसेप्यूअल माँडल का प्रयोगकरके वर्षा - अपवाह की माडलिंग। ए एस सी ई 5(2),156-161

जूहू एम.एल एवं फूजीता एम. (1994) फजी रिजनिंग एवं न्यरल नेटवर्क विधि द्वारा की गयी भविष्यवाणी के अपवाह का तुलनात्मक अध्ययन । जनरल आँफ हाइड्रोसाइन्स एन्ड हाइड्रोलिक इन्जीनयरिंग 12 (2), 131-141