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

यमुना नदी में महानगरों द्वारा हो रहे जल प्रदूषण का ए0एन0एन0 तकनीकी द्वारा आकलन

अर्चना सरकार **राजेश नेमा**
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की

सारांश

यमुना नदी में जल प्रदूषण एक गंभीर समस्या है। विभिन्न महानगरों जैसे दिल्ली एवं मथुरा से अत्यधिक मात्रा में प्रदूषित जल, बिना किसी विश्लेषण के यमुना नदी में विभिन्न नालों द्वारा मिलाया जाता है। शहरों में बढ़ती हुई आबादी एवं दैनिक भौतिक सुख साधनों की वस्तुओं को बनाने हेतु स्थापित फैक्ट्रियां इसके मुख्य कारण हैं। पिछले एक दशक के आँकड़े यह दर्शाते है कि यमुना नदी के प्रदूषण में लगातार वृद्धि हुई है।

जल प्रदूषण का प्रतिदिन मापन बहुत मुश्किल एवं खर्चीला कार्य है। इसके साथ ही विभिन्न स्थानों में सभी जल गुणता पैरामीटर मापन में समय भी बहुत लगता है। इन बातों को ध्यान में रखकर वैज्ञानिकों ने कई गणितीय विधियों एवं आनुभविक समीकरणो का पिछले वर्षो में जल गुण मापन हेतु उपयोग किया है। इस अध्ययन में, ए.एन.एन.तकनीकी का प्रयोग यमुना नदी के किनारे स्थित कुछ प्रमुख शहरों में जल गुण मापन हेतु किया गया है। इसमें मुख्य रूप से घुलित ऑक्सीजन (dissolved oxygen) जो कि नदी के प्रदूषण स्तर जानने का मुख्य सूचक है, का आकलन ए.एन.एन. द्वारा किया गया है। इस विधि में बहुरैखिक समीकरण एवं स्थानांतरण कार्यप्रणाली का उपयोग करके नेटवर्क तैयार किया जाता है। इस नेटवर्क का उपयोग दिल्ली, एवं मथुरा शहरों के द्वारा उत्सर्जित किये गये जल प्रदूषण के आंकलन में किया गया है। ए.एन.एन. के नेटवर्क तैयार करने हेतु एवं शहरों के निचले हिस्से में यमुना नदी में घुलित आक्सीजन मापन हेतु निम्नलिखित पैरामीटर का उपयोग किया गया- पी एच (pH) , विद्युतीय चालकता (EC) , घुलित आक्सीजन (DO), जैवरासायनिक ऑक्सीजन मांग (BOD), जल चलन समय (travel time), जल बहाव (flow) एवं नाइट्रेट। प्राप्त परिणाम द्वारा यह ज्ञात होता है कि ए.एन.एन. तकनीकी का उपयोग जल गुणता मापन में कुशलता पूर्वक किया जा सकता है।

1. प्रस्तावना :

क्रत्रिम न्यूरल नेटवर्क (ए.एन.एन.) जीव विज्ञानीय जन्तुशास्त्र के मस्तिष्क और नाड़ी तंत्र की कार्यप्रणाली पर आधारित एक गणनात्मक विधी है। हमारी सोचने समझने की क्षमता जैसे कठीन

तंत्र को उच्च आदर्श प्राप्त गणतीय निदर्श के रूप में ए एन एन द्वारा प्रदर्शित करते है मनुष्य के मस्तिष्क की तरह सीखने की क्षमता ही न्यूरल नेटवर्क का गुण है, न्यूरल नेटवर्क सामान्य संगणक प्रोग्राम की तरह कार्य नही करता अपितु यह तर्कीक उदाहरणों, परिक्षणों ओर आधारभूत मान्यताओं या किसी प्रकार के आंकड़ो द्वारा तंत्र को समझता है अपनी इसी समझने की कार्यप्रणाली के दौरान सूचनाओं या आंकड़ो का वर्गीकरण करते हुये अपने आप भविष्य के सेट का विकास करता है। इसकी बहुसामानान्तर संरचनात्मक कार्यप्रणाली के कारण ही ए एन एन कठिनतम गणनाओं को करने की क्षमता रखता है, इसी करण वर्तमान समय में अधिक से अधिक ऑकड़ा को उच्चगति कार्यप्रणाली से बनाने के लिये ए.एन.एन. एक बहुत अच्छी तकनीक है। इसी तरह वे अनेक फायदें मंद गुणो के कारण ही कठिनतम समस्यों का हल ए एन एन द्वारा किया जाता है जैसे: (1) न्यूरल नेटवर्क अनुप्रयोग में किसी विशेषज्ञ कार्यविधी को पहले से समझने की आवश्यकता नही होती। (2) विभिन्न पहलुओं के अन्वेषण के दौरान पहले से उपलब्ध सभी कठिनतम संबंधो को एक बार में नहीं समझ सकता। (3) एक मानक अशांकन विधी या संख्यकीय निदर्श चलन पूरा होने पर ही परिणाम देते है किन्तु न्यूरल नेटवर्क हमेशा परिणाम की दशाओं पर परिवर्तित होता है। (4) ए.एन.एन. के विकास में न तो ज्यादा ज्ञान की ओर न ही उपलब्ध परिणाम स्तम्भ की आवश्यकता होती है दूसरे शब्दो में इससे बल पूर्वक (इच्छानुसार) परिणाम नही ले सकते। इन्ही गुणो के कारण ए.एन.एन. विभिन्न जलविज्ञानीय समस्याओं के निर्देशन के लिये उपयोगी यंत्र हो सकता है। अत: ए.एन.एन. की उपयोगिता दिनों दिन निरन्तर बढ़ती जा रही है और वर्तमान वर्षो में इसका उपयोग आर्थिक क्षेत्र के अनुमानो मे, जल संसाधन में, जल गुणवत्ता में ओर जलविज्ञानिक समय श्रेणी में सफलता पूर्वक किया जा रहा है। जलगुणवत्ता प्रबंधन की समस्या में जल प्रदूषण नियंत्रण ओर नदी बेसीन योजना की मुख्य भूमिका होती है।

इस प्रपत्र में, यमुना नदी के अनुप्रवाह पर स्थित दिल्ली एवं मथुरा में घुलित आक्सीजन मानो का अनुकरण करने के लिये ए.एन.एन. तकनीक का प्रयोग किया गया है। इन मानों को अधिकतर शहरी क्षेत्र के लिए नगरपालिका क्षेत्र एवं औद्योगिक अपशिष्ट से लिये गये तथा बिन्दु रहित प्रदूषण स्रोतो के लिये निकट वर्ती क्षेत्रो से प्राप्त किये गये है। इस कार्य लिये ए.एन.एन. संरचना निम्न तरह उपयोग की गई है :

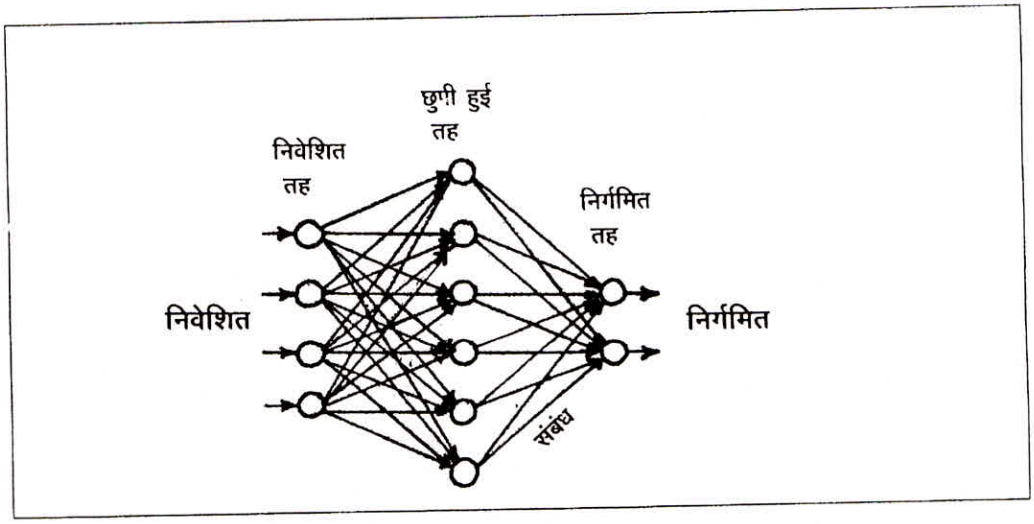
2.1 ए.एन.एन. का संरचना नियम :

ए.एन.एन. संगणनात्मक तंत्र में साधारण सूचना कार्यप्रणालियो के समूहो को उच्चकोटी के अर्न्तसंबंधो से बनाया गया है, इकाईयो को न्यूरल का प्रतिरूप कहते है। न्यूरल, निवेशो को एकक एवं बहुआयामो से एकत्रित करता है तथा पहले से निश्चित आरेखीय फलन के आधार पर निर्गमित करता है। अनेक नाड़ी तंत्रो में ज्ञात मानदण्डो के सहयुग्मनो द्वारा ए.एन.एन. निदर्श बनाया जाता है। सूचनाओं को विस्तार पूर्वक दर्शाना, स्थानीय कार्यवाही और अरेखीय कार्यप्रणाली न्यूरल नेटवर्क के प्रारंभिक तात्विक गुण हैं।

ज्ञात निवेशो और निर्गमणों द्वारा नाड़ी तत्रं के मध्य सहयुग्मन एवं उनकी समीक्षा करते हुये विवेचना करना और इन्हे ए.एन.एन. द्वारा आज्ञात्मक ढ़ंग से प्रस्तुत करना ही ए.एन.एन. को समझने

का तरीका या प्रशिक्षण कहलाता है। इन सहयुग्मनो को परिवर्तित त्रुटि तकनीक के माध्यम से तरीका वद्ध किया गया जिससे ज्ञात निवेश ढ़ाचा द्वारा प्रत्यक्ष निर्गम प्राप्त होते है। अनेक ए.एन.एन. संरचनाओं का साहित्यों में उल्लेख है जैसे रोसेनबलेट के अनुभव (रोसेनबलेट, 1961) एडालाइन (विड्रोम और सेफ, 1960) पिछली त्रुटियों का विस्तार (रूमेल्हर अति अन्य, 1986) होपफील्ड तंत्र (होपफील्ड और टेन्क, 1985), स्वानिर्मित तंत्र (कोहोनेन, 1888), कला (ग्रोसर व रंग, 1982) और कुछ अन्य ए एन एन की इसी प्रकार की संरचनाए।

वर्तमान अध्ययन में पिछली त्रुटियो को जोड़ने वाली प्रमेय के उपयोग द्वारा (रूमलहाट 1986) ए.एन.एन. प्रशिक्षण का विस्तार किया गया है। ए.एन.एन. प्रयोग के अनेक साहित्यो में पिछली त्रुटियो को जोड़ने वाली प्रमेय के व्यापक उपयोग का पता चलता है इसलिये यह प्रसिद्ध प्रमेय है। इस अध्ययन में ए.एन.एन. के प्रयोग को चित्र-1 में दर्शाया गया है। यहां तीन आधारभूत तहो या आंकड़ा समतलीकरण कार्यप्रणाली की इकाईयो जैसे निवेशिततह, छुपी हुई तह एवं निर्गमित तह है। इनमें से प्रत्येक तहों के कार्यप्रणली समूह बनाये गये है जिसे ए.एन.एन. नोडस कहते है। विभिन्न तहों की नोड्स के मध्य सहयुग्मन को ''भार'' (Weight) कहते हैं। इन भारो का आधुनिकरण सामान्य त्रिकोणीय नियम या चरणबद्ध ढ़लान सिद्धान्त (ए.एस.सी. ई टास्क कमेटी, 2000) के उपयोग से उत्पन्न किया गया है। ए.एन.एन. समस्याओं के प्रकार को समझते हुये भारो के सहयुग्मनों को एकत्रित करता है। ए.एन.एन. भारों को समझने की कार्यप्रणाली को प्रशिक्षण कहते है। निवेश के प्रशिक्षण सेट को ज्ञात आंकड़ा निर्गम के साथ लेते हुये ए.एन.एन. को प्रशिक्षित किया जाता है। प्रशिक्षण के शुरूआत में, प्रारंभिक भारो के मान अनियमता से या अनुभव के आधार पर दिये जाते है। प्राप्त निवेश के लिये इस तरह की समझने वाली प्रमेय द्वारा भारो को तरीके वद्ध करना चाहिये कि ए.एन.एन. द्वारा प्राप्त निर्गम और वास्तविक निर्गम के बीच अन्तर कम से कम रहे। अनेक समझने वाले उदाहरणो को बार बार तंत्र में दिये जाते हैं और जब तक विशेष मानों में कम अन्तर प्राप्त न हो तब तक यही कार्यप्रणाली दोहराते रहना चाहिये। इस जगह



चित्र 1 : न्यूरल नेटवर्क की संरचना

यह समझ लेते है कि ए.एन.एन. का प्रशिक्षण पूरा हो गया। अधिक से अधिक निवेशित आकड़ा के उपयोग से ए एन एन को और अच्छी तरह प्रशिक्षित किया जा सकता है।

प्रशिक्षण पूरा होने के बाद ही ए.एन.एन. की योग्यता मान्य है, परिणाम के आधार पर, यह सुनिश्चित होता है कि ए.एन.एन. फिर से प्रशिक्षण करना है या इसको लागू करना है। अनेक पुस्तको में ए.एन.एन. के सिद्धान्तों को विस्तार से बताया गया है जैसे वेमुरि 1992 और यज्ञनारायण (1999)।

2. निदर्शन योग्यता आंकलन :

किसी दिये गये निदर्श की योग्यता की तुलना करने के अनेक संख्यकीय सुझाव उपलब्ध है। वर्तमान ए एन एन प्रशिक्षण का संख्यकीय योग्यता आंकलन करने के लिये वर्गीय मध्यवर्ग त्रुटि (आर एम एस ई), सह संबंध गुणांक (आर) एवं संमान्य गुणांक (डी सी) का उपयोग किया गया हैं। इन घटकों को निम्न समीकरणों के उपयोग द्वारा ज्ञात किया जाता है -

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(Q_i - q_i)}{n}}$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_i - \bar{Q})(q_i - \bar{q})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (Q_i - \bar{Q})^2 (q_i - \bar{q})^2}}$$

$$DC = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_i - \bar{Q})^2 - \sum_{i=1}^{n} (Q_i - \bar{q})^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (Q_i - \bar{Q})^2}}$$

जहां $\bar{Q} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Q_i, \bar{q} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} q, Q_i =$ प्रेषित निस्सरण और q_i गणनात्मक निस्सरण

4. अध्ययन क्षेत्र ओर आंकड़ा संग्रह :

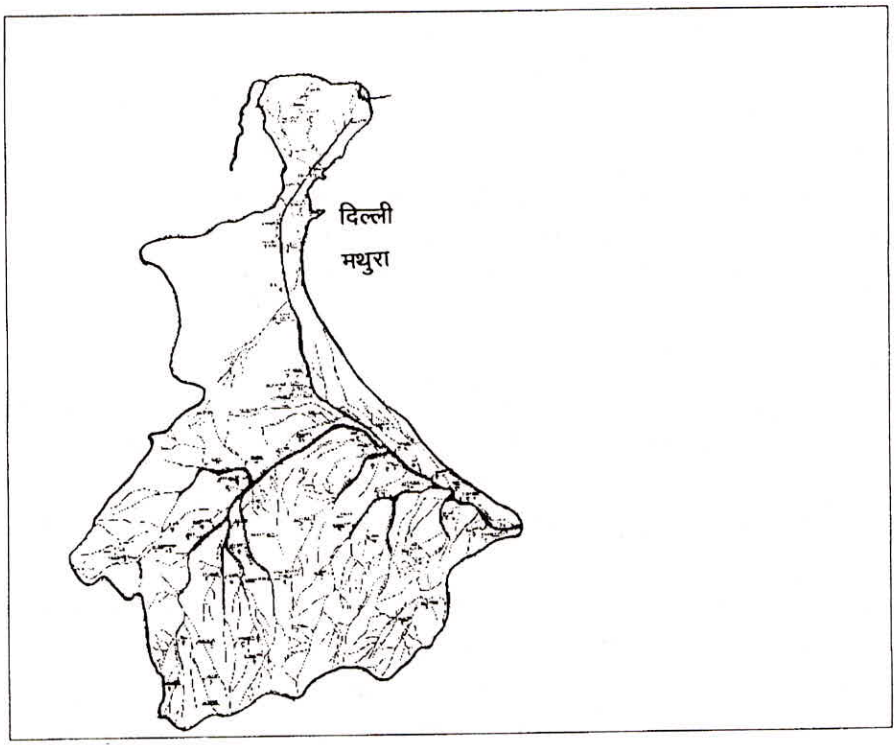
यमुना नदी, गगां नदी की सबसे बड़ी सहायक नदी है और यह भारत वर्ष में गंगा नदी के सम्पूर्ण आवाह क्षेत्र का लगभग 42% आवाह क्षेत्र घेरती हैं। यमुना का आवाह क्षेत्र 3,66,233 वर्ग किलोमीटर है। इसका निकासी क्षेत्र हिमाचल प्रदेश, उत्तरांचल, हरियाणा, राजस्थान, मध्यप्रदेश

और केन्द्र शासित प्रदेश दिल्ली तक फैला है। इसके सम्पूर्ण आवाह क्षेत्र का लगभग 3% भाग पहाड़ी क्षेत्र है और शेष भाग समतल एवं (ptateau) क्षेत्र में लगभग एक समान विभक्त है। यमुना का उदगम स्थल उत्तरांचल के टेहरी गढ़वाल जिले के बान्डारपुन्च के निकट यमुनोत्री हिमनद से हुआ है जो कि समुद्रतल से 6320 मीटर की ऊचाई पर स्थित है। इसकी धारा दिल्ली तक 130 किमी. तक बहती है। चित्र-2 में यमुना नदी को दर्शाया गया हैं।

जल गुणवत्ता के 1990 से 1996 के आंकड़ा सेट का उपयोग इस अध्ययन में किया गया है जिन्हें केन्द्रीय जल आयोग नई दिल्ली से प्राप्त किये गया है। निस्सरण प्रवाह, चलन समय, तापमान, पी एच., विद्युत चालकता, बायो रासायनिक आक्सीजन मांग (DO) और घुलित आक्सीजन (BOD) को माहवार यमुना नदी के पानीपत, दिल्ली (प्रति प्रवाह), दिल्ली (केन्द्रीय) दिल्ली (अनुप्रवाह), मथुरा (प्रति प्रवाह), मथुरा (अनुप्रवाह) और मथुरा (केन्द्रीय) पर आकड़ो को एकत्रित किया गया है। सफेद जल या कम प्रवाह गहराई जैसी कोई घटना आंकड़ा सेट में दिखाई नहीं दी गई इसलिये प्रदर्शित होता है कि नदी कठिन typical प्रवाह दशा में बहती है।

4. परिणामों का विश्लेषण :

ए.एन.एन. के प्रयोग के पहले निवेशित ऑकड़ों का मानकता पूर्वक इकट्ठा करना एक मुख्य चरण हैं। वर्तमान अध्ययन में चर 'x' के लिये निवेशित आंकड़ो को मानकता पूर्वक रखा गया



चित्र 2 : भारत में यमुना नदी का चित्रण

है। जलविज्ञानीय निदर्श में घटकों के अनुमान लगाने के लिये उपलब्ध आंकड़ो को दो भागों में रखा गया है। प्रथम भाग क्रो निदर्श अशांकन में उपयोग किया गया तथा दूसरे भाग में इसका मान्यकरण किया गया। इस कार्यप्रणाली को split sample test के रूप में जाना जाता है। आशंकित आंकड़ो की लम्बाई, घटको की संख्या के अनुमान लगाने पर निर्भर करती है। आधे से दो तिहाई आंकड़ो का अशांकन और शेष ऑकड़ो का मान्यकरण के लिये उपयोग करना एक सामान्य कार्यप्रणाली होती हैं।

यमुना नदी के आंकड़ो को 72 पद्धतियों में रखा गया है जिनकी पानीपत, दिल्ली (प्रतिप्रवाह), दिल्ली (केन्द्रीय) दिल्ली (अनुप्रवाह) मथुरा (प्रतिप्रवाह), मथुरा (केन्द्रीय) एवं मथुरा (अनुप्रवाह) पर निस्सरण प्रवाह, चलन समय, तापमान, पी एच, विद्युत चालकता, बायोरासायनिक आक्सीजन मांग (BDO) और घुलित आक्सीजन (DO) की मापें ली गयी। इनमें से 52 पद्धतियों का चिन्हाकन साधारणत: प्रशिक्षण के लिये किया गया है एवं 20 पद्धतियो को परीक्षण के लिये चुना गया है।

घुलित आक्सीजन के अनुमान लगाने के लिये पिछली त्रुटियों को फिर से रखते हुये प्रमेय के उपयोग पर आधारित ए एन एन को तैयार किया गया है।

5.1 दिल्ली में यमुना :

निवेशित चरों के मध्य संबन्धो की संख्या एवं निवेशित स्थलों का दिल्ली में यमुना के लिए एन.एन. में प्रयास निम्न तरह किया गया है :-

केस अ. सभी ऑकड़ां सेटो के लिये स्थल पानीपत, दिल्ली (प्रतिप्रवाह) एवं दिल्ली (केन्द्रीय) तथा दिल्ली (अनुप्रवाह) पर बायोरासायनिक आक्सीजन मांग एवं घुलित आक्सीजन मानो को छोड़कर बाकी सभी आंकड़ा सेट लिये गये।

केस ब. सभी आंकड़ा सेटों के लिये स्थल पानीपत, दिल्ली (प्रतिप्रवाह) और दिल्ली (केन्द्रीय)

केस स. सभी आंकड़ा सेटों के लिये स्थल पानीपत और दिल्ली (प्रतिप्रवाह)

विश्लेषण के लिये, ए एन एन की 26 निवेशित पर्वसंधियां (नोड्स) 21 निवेशित पर्वसंधियां तथा 14 निवेशित पर्वसंधियां क्रमश: अ, ब एवं स दशाओं के लिये रही। वाह्यगमित तह पर घुलित आक्सीजन के सापेक्ष एक पर्वसंधी दिल्ली (अनुप्रवाह) पर रही। यह पाया गया कि 'अ' को संयुक्त करने पर प्रशिक्षण एवं परीक्षण दोनो में परिणाम अच्छे प्राप्त हुये। जब विश्लेषण में से कुछ निवेशित चर को हटाने पर प्रशिक्षण एवं परीक्षण के परिणाम में कोई सुधार नही हुआ अत: बाद के विश्लेषण में सभी आंकड़ां सेटों का उपयोग अ, ब एवं स तीनो दशाओं में किया गया। यहां यह ध्यान देने का विषय है कि वर्तमान कार्य में प्रवाहित निस्सरण ओर चलन समय को भी निवेशित चर में सम्मलित किया गया, जो कि आपंस में जुड़े हुये है। निवेशो मे दोनों चरो को सम्मलित करने के अलावा अन्य कोई सूचना यथार्थ में नही दी गयी। इनको शामिल करने पर ही नेटवर्क अधिक लचीला हुआ है। तीन तह पोषित कृत्रिम न्यूरल तंत्रो का उपयोग कार्यात्मक संबंधो पर आधारित यथार्थ निदर्श ही कर सकते हैं जो कि अज्ञात हो

सकते हैं या कम परिभाषित हो सकते हैं या कठिन हो सकते हैं इसलिये केवल तीन तह तंत्रो का प्रयत्न इस अध्ययन में किया गया है। प्रशिक्षण के दौरान, तह में छुपी हुई अनेक पर्वसंधियां निवेशित तहे +1 के बराबर या इससे इस कम हो सकती है का ध्यान पूर्वक विचार किया (स्वीन्गलेर 1996), जो कि यथार्थ के अच्छे परिणाम देता है। प्रशिक्षण के परिणामों की तरह यह भी जोड़ सकते है कि ए.एन.एन. से प्राप्त ज्ञान, भारो के एक सेट से प्रदर्शित होता है और इस कार्य में कोई स्पष्ट समीकरण प्राप्त नही कर सकते।

वर्गीय मध्य वर्ग त्रुटि से प्राप्त परिणामों, घुलित आक्सीजन के लिये सहसंबंध गुणांक ओर संभाण्य गुणांक को सारणी 1 में दिखाया गया है। सरणी 1 में यह पता चलता है कि सामान्य तह, मध्यवर्गी त्रुटि (आर.एन.एन.ई.) कम से कम हो सकती है (दिल्ली के लिये सबसे कम) और ए.एन.एन. के अनुमान, प्रेक्षित मानो के काफी निकट है। सहसंबंध गुणांक (आर) अच्छी योग्यता का दूसरा सूचक है और सरणी 1 से यह भी प्रतीत होता है कि प्रशिक्षण उत्सर्जित और परीक्षण सेटों की सभी दशाओं में और बहुत अधिक है। प्रशिक्षण, उत्सर्जित और आंकड़ा परीक्षण की सभी दशाओं के लिये संमाण्य गुणांक (DC) भी एकता से निकट हुआ हैं अत: ए.एन.एन. द्वारा प्राप्त अनुमानों की लब्धि सभी तीनों दिखाई गई दशाओं में जलगुणवत्ता अनुकरण स्वीकार्य योग्य शुद्धता से हुआ है। दिल्ली अ के लिये प्राप्त परिणाम चित्र 3 में दिखाये गये है।

5.2 मथुरा में यमुना :

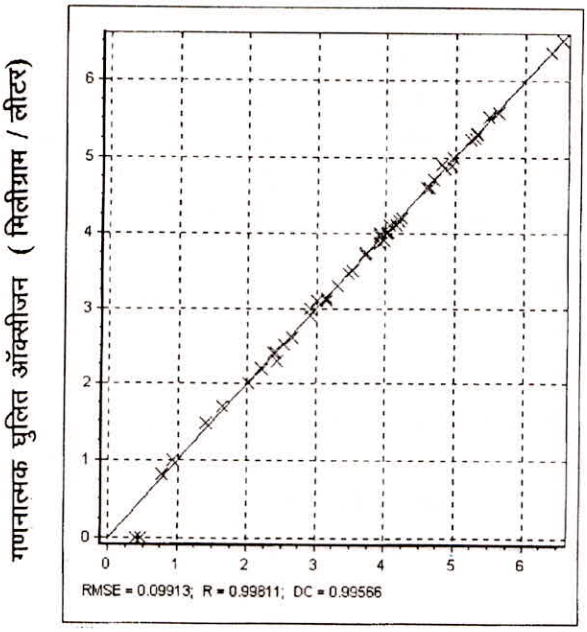
मथुरा (अनुप्रवाह) में घुलित आक्सीजन के आंकलन के लिये निवेशित आकड़ों को क्रास सहसंबध विश्लेषण द्वारा व्यक्त किया गया हैं इस प्रकार 14 धरको का चयन निवेश में किया गया। मथुरा में निवेशित चरो के मध्य संबंधो की संख्या, छुपी हुई तहो की संख्या और इनमें नोडस् की संख्याओं को निम्न तरह के विभिन्न सेट बनाकर प्रशिक्षित किया गया।

केस अ. 14 निवेशित नोडस् और एक छुपी हुई तह में 15 नोडस् ली गई।
केस ब. इसमें दो छुपी हुई तहो में क्रमश: 14 एवं 8 नोडस् ली गई।
केस स. इसमें 14 निवेशित नोडस् और एक छुपी हुई तह में 29 नोडस् ली गई।
केस द. इसमें दो छुपी हुई तहो में क्रमश: 29 एवं 14 नोडस् ली गयी।

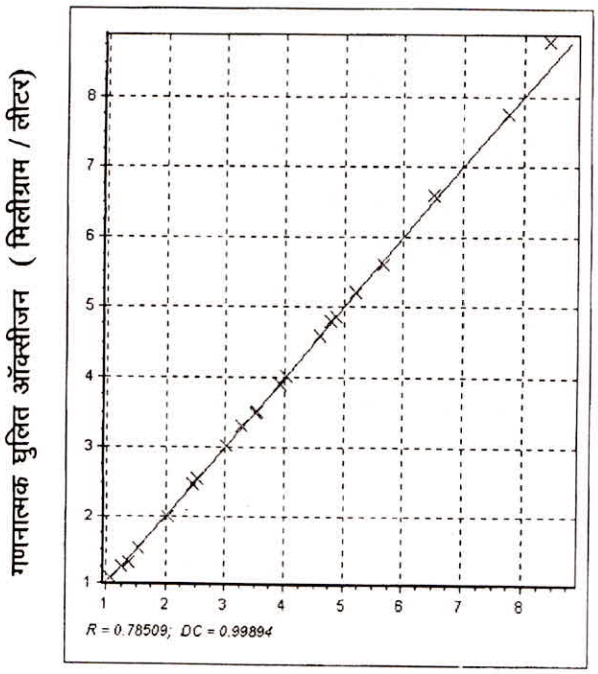
प्रशिक्षण एवं परीक्षण के परिणाम सारणी - 1 में दिखाये गये है। यमुना का मथुरा में केस 'स' में योग्यता बहुत अच्छी रही जिसमें ए.एन.एन. निदर्श में निवेशो की 14 नोडस् और एक छुपी हुई तह में 29 नोडस् लिये गये। सारणी एक को देखने पर यह भी पता चलता है कि छुपी हुई तह बढ़ाने पर सहसंबंधो के मानो में विशेष वृद्धि नही होती जबकि निवेशों की संख्या कम करने पर (क्रास सहसंबंधो द्वारा) 'R' की संख्या में वृद्धि होती है सारणी-(1) में देखा जा सकता है कि मथुरा में 'R' के मान दिल्ली की अपेक्षा ज्यादा पाये गये।

6. निष्कर्ष :

भारत में ए.एन.एस. का जलगुणवत्ता निदर्शन के उद्देश्य से बहुत सीमित प्रयास किये गये हैं। जलगुणवत्ता के विभिन्न चरों के आरेखीय व्यवहार के कारण नदी के किसी एक स्थल पर



(अ) प्रशिक्षण



(ब) परीक्षण

चित्र 3 : दिल्ली 'अ' के लिये प्रेक्षित एवं गणनात्मक घुलित ऑक्सीजन मानों का चित्रण

सारणी 1 : घुलित आक्सीजन आंकलन के लिये विभिन्न ए.एन.एस. निदर्शों की योग्यता की समीक्षा

ए एन एन निदर्श	प्रशिक्षण			परीक्षण	
	RMSE	R	DC	R	DC
दिल्ली (अ)	0.099	0.998	0.996	0.785	0.999
दिल्ली (ब)	0.378	0.970	0.937	0.501	0.551
दिल्ली (स)	0.474	0.952	0.900	0.321	0.093
मथुरा (अ)	1.924	0.939	0.881	0.843	0.656
मथुरा (ब)	2.037	0.932	0.867	0.860	0.704
मथुरा (स)	2.030	0.932	0.867	0.860	0.704
मथुरा (ड)	1.98	0.936	0.874	0.848	0.670

जलगुणवत्ता के अनुमान लगाना अपने आप में बहुत कठिन कार्य है। ए.एन.एन. का अनेक जलविज्ञानीय अध्ययनों में सफलता को ध्यान में रखते हुये वर्तमान अध्ययन में ए.एन.एन. द्वारा प्राप्त घुलित आक्सीजन के अनुमान को जांचने के लिये किया गया है। आर.एम.एस.ई.आर. और डी.सी. के उपयोग द्वारा ए.एन.एन. की योग्यता परिक्षण किया गया। यह पाया गया कि ए.एन.एन. विधि जल गुणवत्ता निदर्शन में एक बहुत अच्छी विधि हो सकती है। ए.एन.एन. में, प्रवाहित निस्सरण, चलन समय वायोरासायनिक आक्सीजन मांग (BOD) तथा घुलित आक्सीजन (DO) की कोई सीमा निश्चित नहीं होती, जैसे अनेक लाभ ए.एन.एन. से प्राप्त होते हैं। इसलिये प्रशिक्षण एवं परीक्षण के लिये बनाये गये निवेशित आंकड़ा और नियंत्रित गुणनफल एक समान रहे।

7. सन्दर्भ :

(1) ए.एस.सी.ई. टॉस्क बामेरी, 2000, आर्टिफिसियल न्यूरल नेटवर्क इन हाइड्रोलॉजी, I : प्रीलीम्नरी कन्सेटट, जनरल आफ हाइड्रोलॉजीकल इंजीनियरिंग, ए.एस.सी.ई., 5(2), 115-123

(2) चक्रवर्ती, के., मल्होत्रा, के., मोहन, सी. के. एण्ड रानका, एस. (1992) फोरकास्टिंग दी वेहवियर आफ मल्टीवेरायटी टाइम यूसिंग न्यूरल नेटवर्क, न्यूरल नेटवर्क, 5, 961-970

(3) डेनियल, टी.एम. (1991), न्यूरल नेटवर्क एप्लीकेशन इन हाइड्रोलॉजी एण्ड वाटर रिसोर्सेज इन्जिनियरिंग, पेपर प्रिजेन्टेड इन इंटरनेशनल हाइड्रोलाजी एण्ड वाटर रिसोर्सेज सिम्पोजियम, इन्टीटीयूसन आफ इन्जिनियरिंग, पर्थ आस्ट्रेलिया

(4) डेसिलेटस्, एल गोल्डन, बी. वान्ग, क्यू एण्ड कुमार आर (1992) प्रीटिल्टींग सेलिनिटी इन द. चेसापीक वेय यूसिंग वेकप्रोपोगेसन, कमप्यूटर आपीरेसन रीर्सच, 19(3/4), 277-285

(5) ग्रोसवेर्ग, एस. (1982), "स्टेडिज आफ मईन्ड एण्ड ब्रेन," न्यूरान प्रीसिपलस, आफ लर्निग परसेप्सन, डबलोप्मेन्ट, कोगनिसन् एण्ड मोटोर कन्ट्रोल, रेइडेल प्रेस बोस्टन

(6) होपफिल्ड, जे. एण्ड रेन्क, डी. (1985) न्यूरल कम्प्यूटेसन आफ डीसिजनस् इन अप्टीमइजेसन प्रोबलमस", बायोलॉजीकल साइबरनेटिक्स 52, 141-152

(7) हसु के एल., गुप्ता, एच.वी. एण्ड सोरोशन एस. (1995), आर्टिफिसियल न्यूरल नेटवर्क मॉडलिंग आफ द रेनफाल रनआफ प्रोसेज, वाटर रीसोर्जेस रीसर्च, 31 (10), 2517-2530

(8) करूणानिधी, एन. ग्रेनेय, डब्लू. जे., बहिरले, डी. एण्ड बोवि, के. (1994), "न्यूरल नेटवर्क फार रिवर फ्लो प्रीडिक्सन," जनरल आफ कमप्यूटर सिव. इन्जिनियरिंग, 1(2), 201-220

(9) कोहोनेन, टी., (1988), "सेल्फ आर्गेनाइजेसन एण्ड एसोसिएटिव मेमोरी," सेकेण्ड एडीसन, स्प्रीन्गर वोर्लेग, न्यूयार्क

(10) लाचटरमाचेर, जी एण्ड फुलेर, जे.डी. (1994), "वेकप्रोपेगेसन इन हाइड्रोलॉजीकल टाइम सीरिज फोरकास्टिंग," इन स्टोकास्टिंग एण्ड स्टेटिकल मेथोडस् इन हाइड्रोलाजी एण्ड इन्वारोमेन्टल इंजिनियरिंग, वलूम-3, टाइम सीरिज एनालेसिंस इन हाइड्रोलॉजी एण्ड इन्वारोमेन्टल इंजीनियरिंग पी.पी 229-242, एडिटेड. वाई के डब्लू., हिपेल, ए. आई मेकलेयोड, यू.एस. सानू एण्ड वी.पी.सिंह, क्लूवर एण्ड, नोरवेल मास

(11) न्यूरल नेटवर्क, (2003), न्यूरल नेटवर्कस, प्रोफेस्सिनल वर्जन 2.0, सी पी सी-एक्स साफ्टवेयर, कॉपीराइट:1997-2003, ए डेमो वर्जन डाउनलोडेड फ्रोम द इन्टरनेट

(12) रूमेलहर्ट, डे.इ., हिन्टोन, जी.इ., एण्ड विलियमस, आर.जे. (1986), "लर्निग रीप्रेजेन्टेसन वाई बेक प्रोपेगेसन इरर. नेचर", 323 (9), 533-536

(13) रोसेनब्लेट एफ (1961) प्रिसिपलस आयु न्यूरोडायनेमिक : परसेपट्रोन एण्ड दी थ्योरी आफ ब्रेन मेकनेज्म, स्पारटम, न्यूयार्क

(14) स्चिजास, सी. एन. पेटिचेज, सी.एस. एण्ड मइकेलेडीज, एस.सी. (1994), "फोरकास्टीग मिनिमंम टेमप्रेचर विथ सोर्ट टाइम लेन्थ डाटा यूसिंग आर्टिफिसियल न्यूरल नेटवर्क, न्यूरल नेटवर्क वर्लड, 4 (2), 219-230"

(15) स्विंगर, के. 1996, एप्लाईन्ग न्यूरल नेटवर्क-ए प्रेक्टीकल गाइड एकेडमिक प्रेस लिमिटेड, लन्दन

(16) विन्ड्रोव, बी. एण्ड होफ, एम. (1960), एडेप्टिव स्विचिंग सर्किट, इन वेर्स्टन इलेक्ट्रोनिक शो एण्ड कनवेनसन, कन्वेनसन रिकार्डस्, आइ.ई.ई.ई., 96-104

(17) वेमुरी, वी.आर. 1992, "आर्टिफिसियल न्यूरल नेटवर्कस: कन्सेप्टस एण्ड कन्ट्रोल एप्लीकेशनस्" आइ ई. ई.ई. कमप्यूटर सोसाइटी प्रेस केलिफोर्निया

(18) यज्ञ नारायण बी. (1999) आर्टिफिसियल न्यूरल नेटवर्क प्रीन्टीस हाल आफ इंडिया प्राइवेट लिमिटेड, न्यू दिल्ली