

# फज्जी लॉजिक तकनीक का प्रयोग कर संभावित वाष्पोत्सर्जन का आंकलन

रमा मेहता<sup>1</sup> विपिन कुमार<sup>2</sup> अंजू चौधरी<sup>1</sup>

<sup>1</sup>राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

<sup>2</sup>कालेज ऑफ इंजिनियरिंग, रुड़की

## सारांश

जलविज्ञानीय चक्र का एक प्रमुख घटक वाष्पोत्सर्जन होता है। अतः जल की आवश्यकता एवं उसकी उपलब्धता को आंकलित करने हेतु इसका विशुद्ध आंकलन बहुत महत्वपूर्ण है। इस अध्ययन में वाष्पोत्सर्जन प्रक्रिया के लिए साफ्ट कम्प्यूटिंग तकनीक [1] का प्रयोग कर एक मॉडल विकसित किया गया। इस तकनीक की मुख्य विशेषता है कि इसमें मॉडल की अवसंरचना एवं इसके गुणक दोनों ही साथ-साथ इष्टतम बन जाते हैं।

इस अध्ययन का उद्देश्य साँफ्ट कम्प्यूटिंग तकनीक का प्रयोग कर बदलते वातावरण में सम्भावित वाष्पोत्सर्जन का विश्लेषण करना है। इसके लिए पूर्वी उत्तर प्रदेश के वाराणसी क्षेत्र के लिए सम्भावित वाष्पोत्सर्जन के पूर्वानुमान हेतु आकड़ों पर आधारित मॉडल का विकास किया गया।

सम्भावित वाष्पोत्सर्जन को ज्ञात करने हेतु इनपुट के रूप में, वाष्पदाब, अवक्षेपण, मेघ आच्छादन, आद्र-दिवस बारम्बारता एवं औसत तापक्रम के आंकड़े प्रयोग किये गये। इनपुट एवं आउटपुट के बीच सम्बन्ध स्थापित करने हेतु साँफ्ट कम्प्यूटिंग टूल की एक फज्जी तकनीक का प्रयोग किया जाता है। मॉडलिंग के क्षेत्र में फज्जी तकनीक, आने वाली नई तकनीकों में से एक है। मॉडल के विकास हेतु अडैप्टिव न्यूरो-फज्जी इन्फरेंस सिस्टम (ANFIS) में ग्रिड पार्टीशनिंग एवं सबट्रैक्टिव क्लस्टरिंग विधि का प्रयोग किया गया [2, 3, 4 & 5]। अध्ययन आंकड़े <http://www.indiawaterportal.org> से लिए गये। मॉडल के विकास के बाद बढ़ते तापक्रम का सम्भावित वाष्पोत्सर्जन पर प्रभाव का अध्ययन भी किया गया जो इस क्षेत्र में जलवायु परिवर्तन को बताता है। अतः जलवायु परिवर्तन के लिए तापक्रम में वृद्धि के प्रभाव का भी अध्ययन किया गया।

**विशिष्ट शब्द—** वाष्पोत्सर्जन, फज्जी तकनीक, सबट्रैक्टिव, क्लस्टरिंग एवं ग्रिड, पार्टीशनिंग।

## Abstract

Evapotranspiration constitutes one of the major components of the hydrological cycle and hence its accurate estimation is of vital importance to assess water availability and requirements. This study explores the utility of soft computing techniques to develop the model for evapotranspiration process. An important characteristic of these techniques are that both the model structure and coefficients are simultaneously optimized.

The goal of this study is to analyze the potential evapotranspiration with changing environment using soft computing techniques. A data driven model has been developed to predict the Potential evapotranspiration of Varanasi (a part of Eastern Uttar Pradesh). The Eastern part of Uttar Pradesh includes sixteen districts namely Allahabad, Azamgarh, Ballia, Chandauli, Deoria, Ghazipur, Gorakhpur, Jaunpur, Kushinagar, Maharajganj, Mau, Mirzapur, Sant Kabir Nagar, Sant Ravidas Nagar, Sonbhadra and Varanasi. During this modeling, only data for Varanasi area is considered.

Vapour-pressure, precipitation, cloud-cover, wet day frequency and average temperature of the region are used as the input data while potential evapotranspiration is used as output of the model. A relationship between inputs and output has been developed through the Fuzzy based soft computing modeling. This model has been developed on the basis of Fuzzy Technique which is one of the emerging techniques in the field of modeling. Grid Partitioning and Subtractive Clustering Methods in Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) have been

used to develop the models. During the study, data have been taken from the website <http://www.indiawaterportal.org/>. After developing the models, the effects of temperature increments have been studied over potential evapotranspiration which gives the climate change in this region. Thus the effect of temperature increment (Global Warming) has been studied for the climate change.

**Keyword:** *Evapotranspiration, ANFIS, Fuzzy technique, Subtractive clustering, Grid Partitioning.*

## प्रस्तावना

अवक्षेपण एवं वाष्पोत्सर्जन दोनों ही जल उपलब्धता एवं कृषि उत्पादन के प्रमुख वाहक हैं और यह तापक्रम में परिवर्तन से प्रभावित होते हैं। वाष्पोत्सर्जन से होने वाला जलवायु परिवर्तन, केवल वैज्ञानिक समुदाय के लिए ही नहीं अपितु नीति बनाने वालों के लिए भी सोच का विषय है। कृषि संभावना को ज्ञात करने के लिए समुचित जल आपूर्ति को ज्ञात करना अत्यन्त आवश्यक है। जल की उपलब्धता, अवक्षेपण की मात्रा एवं समय से प्रभावित होती है। सतह पर वाष्पोत्सर्जन से सम्बन्धित जलवायु परिवर्तन के संभावित प्रभाव को जाँचने हेतु एक ताकागी सुगैनो ग्रिड पार्टिशनिंग एवं सबट्रैक्टिव क्लस्टरिंग तकनीक को वाराणसी के डाटा के लिए प्रयोग किया गया।

## वैश्विक तापक्रम वृद्धि का जलवायु परिवर्तन पर प्रभाव

वैश्विक तापक्रम वृद्धि का जलवायु परिवर्तन पर पड़ने वाले प्रभाव से मानव जीवन एवं वातावरण दोनों ही प्रभावित होते हैं। उत्तरी गोलार्ध में तापमान के आंकड़े समुद्र का बढ़ता जल स्तर, घटते हिमाच्छादन इत्यादि जलवायु परिवर्तन के प्रतीक हैं। IPCC की चौथी रिपोर्ट के अनुसार—20वीं सदी के मध्य से वैश्विक तापक्रम के औसत तापमान में वृद्धि का कारण ग्रीन हाउस गैस के स्तर में वृद्धि होना है।

ऐसा अनुमान लगाया जा रहा है कि भविष्य में जलवायु परिवर्तन के कारण वैश्विक माध्यमिक तापमान में वृद्धि के साथ-साथ समुद्र में जल स्तर में वृद्धि होने की संभावना है एवं चरम मौसम की घटनाओं की आवृत्ति में वृद्धि होगी क्योंकि पारिस्थितिकी तन्त्र जलवायु परिवर्तन के लिए अति संवेदनशील होता है। इस सबको देखते हुए बहुत सारे देशों ने ग्रीन हाउस गैसों के उत्सर्जन को कम करने हेतु अनेक नीतियां लागू की हैं। पिछले 100 सालों में पाया गया है कि वैश्विक तापमान धीरे-धीरे बढ़ रहा है। यदि वैश्विक पैमाने से क्षेत्रीय पैमाने पर जलवायु परिवर्तन का आंकलन करे तो इसमें काफी अनिश्चितता है।

## फज्जी लॉजिक सिद्धान्त

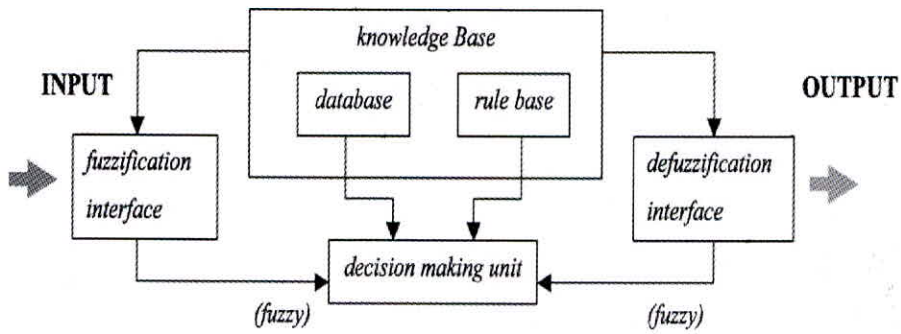
फज्जी लॉजिक “डिग्री आफ मैम्बरशिप” के समावेशन के साथ क्लासिक लॉजिक का उच्च समुच्चय है। डिग्री आफ मैम्बरशिप इनपुट को क्रिस्प समुच्चय के बीच प्रक्षेपण की अनुमति देता है। दोनों ही लॉजिक में संचालको में समानता है केवल उनकी व्याख्या अलग है। फज्जी लॉजिक कृत्रिम प्रज्ञा के क्षेत्र में एक दूसरा क्षेत्र है जिसे विभिन्न विनियोगों में सफलतापूर्वक प्रयोग किया जा चुका है। फज्जी लॉजिक सिद्धान्त के पीछे मुख्य विचार है कि यह किसी भी घटना को पूर्ण रूप से ‘यह’ या पूर्ण रूप से ‘वह’ होने के स्थान पर उसके आंशिक रूप से ‘यह’ आंशिक रूप से ‘वह’ होने की अनुमति देता है। किसी समुच्चय या श्रेणी के अपनेपन (सम्बन्धों) की डिग्री को मैम्बरशिप क्रम 0 एवं 1 के बीच के मान द्वारा निरूपित कर सकते हैं [2, 4]।

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{iff } x \in A \\ 0 & \text{iff } x \notin A \end{cases}$$

## फज्जी इन्फरैन्स तन्त्र (FIS)

यह दिए हुए इनपुट से आउटपुट प्रतिचित्रण को तैयार करने की प्रक्रिया है। इसमें फज्जी लॉजिक प्रयोग किया जाता है। यह प्रतिचित्रण एक आधार तैयार करता है। जिस पर कोई भी निर्णय निर्धारित किया जा सकता है। इस प्रक्रिया में मैम्बरशिप फंक्शनस, लाजिकल आपरेशन एवं if-then नियम आदि शामिल होते हैं। यह तन्त्र विभिन्न क्षेत्रों जैसे स्वचालित नियन्त्रण, आकड़ा वर्गीकरण, निर्णय विश्लेषण, रिजरवायर औपरेशनस, एक्सपर्ट सिस्टम एवं कम्प्यूटर विज्ञान [3 5] आदि में सफलता पूर्वक प्रयोग हो चुका है। अपने बहुविषयक स्वभाव के कारण यह प्रक्रिया विभिन्न नामों से संबन्धित है जैसे फज्जी-नियमों पर आधारित तन्त्र, फज्जी एक्सपर्ट तन्त्र, फज्जी एसोसिएटिव मेमोरी, फज्जी लॉजिक कन्ट्रोलर एवं सरल फज्जी तन्त्र, इत्यादि।

if-then नियम के मानदण्ड इनपुट स्पेस के फज्जी क्षेत्र को परिभाषित करते हैं एवं आउटपुट स्पेस के मानदण्ड सम्बन्धित आउटपुट को उल्लिखित करते हैं। इस प्रकार FIS की कार्यक्षमता आगणित मानदण्डों पर निर्भर करती है। फज्जी इन्टरफेस सिस्टम का प्रवाह सचित्र, चित्र 1 में दिया गया है।



चित्र 1: क्रिस्प आउटपुट सहित फज्जी इन्टरफेस सिस्टम

ऐसे दो प्रकार के फज्जी इन्फरैन्स तन्त्र हैं जो लागू किये जा सकते हैं मामदानी एवं सुगैनो; दोनों में केवल आउटपुट को ज्ञात करने के लिहाज से ही भिन्नता है।

## ताकागी-सुगैनो (TS) फज्जी इन्फरैन्स तन्त्र [2]

यह तन्त्र बहुत से मायनों में मामदानी विधि [4] के समरूप है। इसमें पहले दो भाग की प्रक्रिया इनपुट को फज्जीफाई करना एवं फज्जी संचालकों को प्रयोग करना आदि, मामदानी की तरह हैं। बस इसमें केवल आउटपुट मैम्बरशिप फलन लीनियर या स्थिर हैं (जिम्मेरमन 1991 [1])।

एक फलन  $Y = f(x)$  को लेते हैं जो TS मॉडल द्वारा प्रतिचित्रित हो रहा है इसमें  $Y$  निर्भर चर है  $x$  - विमिय वाला अर्निभर चर है एवं  $y$  के साथ सम्बन्ध रखता है। प्रचालन के अनुमान के लिए  $x$  एवं  $y$  के जोड़े के  $n$  नमूने लेते हैं।  $m$  नियमों को ध्यान में रखते हुए TS मॉडल का गणितीय फलन निम्न है-

नियम 1: if  $X_1$  is  $A_{i,1}$  AND  $X_2$  is  $A_{i,2}$  AND .....  $X_k$  is  $A_{i,k}$  तब

$$y_i = a_i^T x + b_i$$

\* यहां  $x \in R^k$  तथा पूर्ववर्ती इनपुट चर है एवं  $Y_i \in R, R$ , नियमों में  $i^{\text{th}}$  नियम का अनुवर्ती/अनुगामी आऊटपुट है। नियम के क्रमांक  $m$  द्वारा निर्दिष्ट किए गए है एवं 'A'  $i^{\text{th}}$  नियम का पूर्ववर्ती फज्जी समुच्चय है।

अतः

$$A_i(x) = R^k \rightarrow [0,1]$$

एकल विचार की स्थिति में  $MF_s \mu_{ij}(x_j)$ , फज्जी पूर्ववर्ती को TS मॉडल में गुणन संचलकों के माध्यम से "AND - युग्मन" (Product operator) द्वारा परिभाषित करते है।

$$A_i(x) = \prod_{j=1}^k \mu_{ij}(x)$$

$x_i$  ( $i^{\text{th}}$  इनपुट) के लिए  $Y(i)$  आऊटपुट को परिकलित करने के लिए व्यक्तिगत नियमों के योगदान को पूर्णयोग करते है

$$Y(i) = \sum \mu_{ij} \cdot Y_i(i)$$

जहां ' $\mu_{ij}$ ',  $R_i$  नियम की पूर्ववर्ती खण्ड की नॉर्मलाइज्ड डिग्री आफ फुलफिलमैन्ट है।

$$\mu_{ij} = \frac{A_i(x_j)}{\sum_{i=1}^m A_i(x_j)}$$

ANFIS मॉडल को गुणों के अनुसार समस्या को दो भागों में विभाजित किया जाता है:

- (1) अनुगामी भाग का ग्रिड पर आधारित प्राचल चिन्हन करना।
- (2) सभी इनपुट डाटा के स्पेस की यथोचित कलस्टरिंग करना।

### सब्ट्रेक्टिव कलस्टरिंग विधि (SCM)

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

फज्जी SCM एक आंकडा कलस्टरिंग तकनीक है जहां पर प्रत्येक आंकडा इकाई एक कलस्टर से कुछ मात्रा तक सम्बन्धित होती है जो सदस्यता कोटि द्वारा स्पष्ट रूप से बताया जाता है। संख्यात्मक आंकडो का गुच्छन बहुत से वर्गीकरणो एवं तंत्र प्रतिदर्श कलन विधि (system modeling algorithms) हेतु आधार बनाता है। इस पद्धति में संगणन आंकडा इकाईयों की संख्या के अनुपात एवं विचारार्थ समस्या के विस्तार से स्वतंत्र होते हैं। [6, 7] में SCM प्रतिदर्श संरचना पहचान

का वर्णन किया है, प्रत्येक कलस्टर केन्द्र को  $P$  - डाइमेंशनल स्पेस में  $N$  आंकडा इकाईयों के सेट में प्रत्येक आंकडा इकाई को निर्दिष्ट सामर्थ्य मान  $P_j$  द्वारा पहचाना जाता है।

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

जहां पर  $r_a (\geq 0)$  एवं  $\|x_i - x_j\|$  क्रमशः कलस्टर अर्धव्यास एवं किसी बिन्दु  $c$  इक्विलिडियन दूरी हैं। अधिकतम सामर्थ्य मान ( $P_1$ ) वाली आंकडा इकाई को प्रथम कलस्टर केन्द्र  $D_1$  माना जाता है। अन्य आंकडा इकाईयों थी 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 इसे प्रक्रिया को अन्य कलस्टर केन्द्रों की गणना करने हेतु दोहराया जाता है। इस प्रकार आंकडा इकाईयों के संशोधित सामर्थ्य मान को  $J_{th}$  कलस्टर केन्द्र की संगणना के उपरांत इस प्रकार दर्शाया जा सकता है।

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

जहां  $r_b r_b > r_a \geq 0$  पास की आंकडा 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 नही हो जाते एवं जब निम्नलिखित शर्त पूरी हो जाती है तो प्रक्रिया को रोक दिया जाता है।

$$P_k^* < \epsilon P_i^* \quad (3)$$

जहां पर  $\epsilon$  रद्द अनुपात है। ये कलस्टर केन्द्र ( $D_i^*$ ,  $i = 1, K$ ) फज्जी 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 है उसे गौसियन मेम्बरशिप फन्क्शन द्वारा परिभाषित किया जाता है।

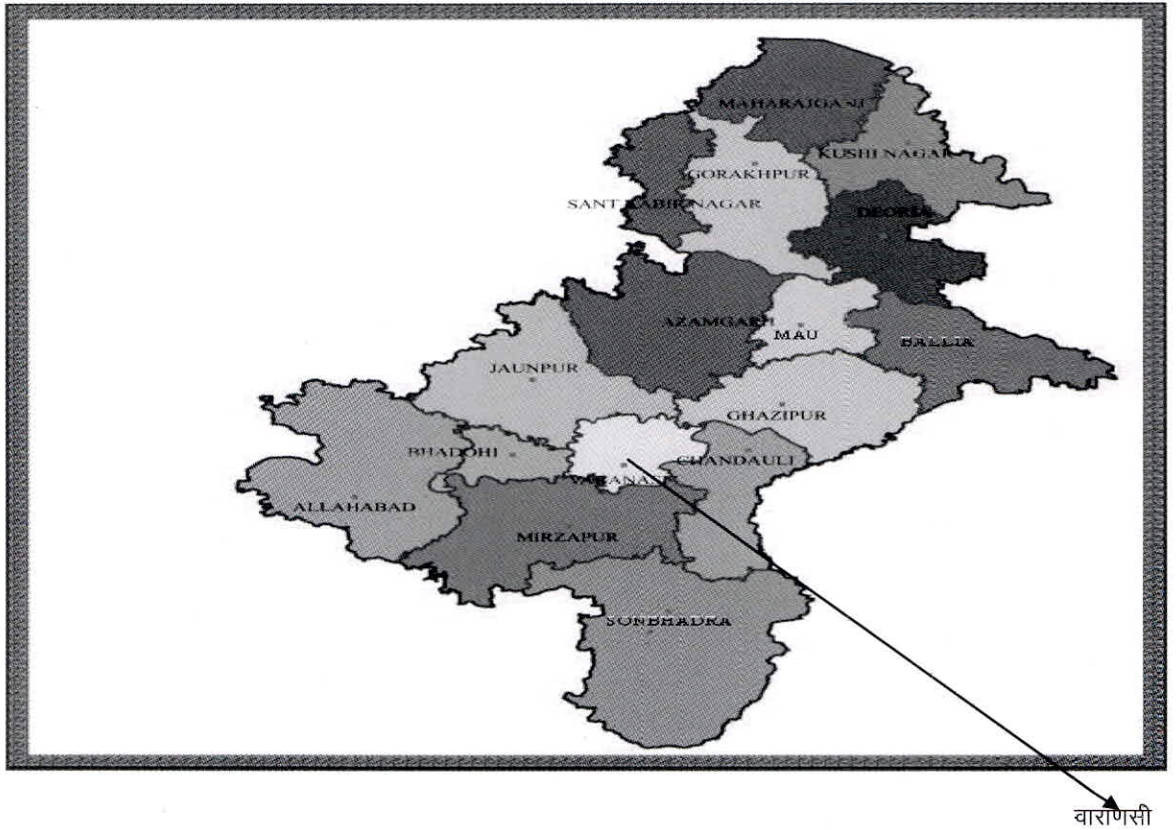
$$\mu(x) = \exp \left[ -4 \frac{\|x - D_i^*\|^2}{r_a^2} \right] \quad (4)$$

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

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

## अध्ययन क्षेत्र

बनारस शहर उत्तर भारत के उत्तर प्रदेश के पूर्वी भाग में मध्य गंगा घाटी में गंगा के समीप बसा है। बनारस शहरी संकुलन में 7 शहरी उप इकाई है जो 112.26 वर्ग किमी के दायरे में फैली हैं। यह संकुलन  $82^{\circ} 56'$  पू० से लेकर  $83^{\circ} 03'$  पू० देशान्तर तथा  $25^{\circ} 14'$  उत्तर से लेकर  $25^{\circ} 23.5'$  उत्तर के अक्षांश के मध्य स्थित है। उत्तर भारत के भारतीय गंगा मैदानीय भाग में स्थित होने के कारण यहाँ की भूमि बहुत उपजाऊ है। क्योंकि गंगा नदी में निम्न स्तर की बाढ़ यहाँ की मिट्टी को पोषित करती रहती है। चित्र-2 में पूर्वी उत्तर प्रदेश में वाराणसी शहर को दिखाया गया है।



चित्र - 2 पूर्वी उत्तर प्रदेश में वाराणसी शहर

वाराणसी शहर गंगा एवं यमुना नदी के उच्च मैदानों में 80.71 मीटर की माध्यमिक ऊँचाई पर स्थित है। यहाँ पर सहायक नदियाँ एवं नहरों की कमी होने के कारण मुख्य भूमि सतत एवं सूखी है। प्राचीन काल में यह भूगोलिक स्थिति रहने के लिए उत्तम थी। परन्तु मूल भूगोलिक स्थिति जो कि पुराने ग्रन्थों में उल्लेखित है अब नहीं है।

कहा जाता है कि वाराणसी शहर गंगा ओर वरुणा, तथा गंगा ओर अस्सी नदियों के मुहानों के बीच स्थित था। और इन दो मुहानों की दूरी 2.5 मील अर्थात् 4.0 किमी की लगभग थी एवं हिन्दू इन दो स्थानों का वृत्ताकार चक्कर लगाते थे जिसे पंचकोसी यात्रा (8.00 km की) कहा जाता था जो साक्षी विनायक मन्दिर के समीप पूरी होती थी।

## जलवायु

वाराणसी की जलवायु आद्र उपोष्णकटिबंधीय है जिसमें गर्मियों एवं सर्दियों के तापक्रम के बहुत ज्यादा फेरबदल होता है। गर्मियाँ अप्रैल महीने से लेकर अक्टूबर तक चलती हैं। इसमें मानसून का मौसम भी शामिल रहता है तथा गर्मियाँ में दिन गर्म होते हैं। गर्मियों का तापक्रम 30°C से लेकर 46°C तक रहता है। सर्दियों में दिन गर्म एवं रातें ठण्डी होती हैं तथा इसमें बहुत अधिक दैनिक फेरबदल रहता है। सर्दियों के समय हिमालय क्षेत्र से आने वाली ठण्डी हवाएँ दिसम्बर से लेकर फरवरी तक शहर को ठण्डा रखती हैं। सर्दियों का तापक्रम कभी-कभी 5°C तक पहुँचना कोई अनोखी बात नहीं। इस क्षेत्र की औसत वर्षा 1110 मिमी (41 इंच) के लगभग है। सर्दियों में कोहरा साधारण सी बात है एवं गर्मियों में लू भी चलती है।

जल प्रदूषण, उपरी स्ट्रीम में बाँध बनने से एवं स्थानीय तापक्रम में वृद्धि के कारण गंगा का जल स्तर घट रहा है। तथा नदी की बीच में छोटे-छोटे उपद्वीप से दिखने लगे हैं।

## सारणी-1., वाराणसी के जलवायु आँकड़े

माह	जनवरी	फरवरी	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त	सितम्बर	अक्टूबर	नवम्बर	दिसम्बर	सालभर का औसत
औसत उच्चतापक्रम (डिग्री सेंटीग्रेट में)/ डिग्री फारेनहाइट में	19 (67)	24 (76)	31 (87)	37 (98)		36 (97)	32 (90)	31 (88)	31 (88)	31 (87)	27 (81)	22 (71)	29.9 (85.8)
औसत निम्न तापक्रम (डिग्री सेंटीग्रेट में)/ डिग्री फारेनहाइट में	8 (47)	12 (54)	17 (62)	22 (72)	25 (77)	27 (80)	26 (78)	26 (78)	24 (76)	21 (70)	15 (59)	11 (51)	19.4 (67.0)

## आँकड़ों की उपलब्धता

इस स्टडी के लिए जलवायु प्राचलो में से 6 प्राचल (तापक्रम, मेघ-आच्छादन, संभावित वाष्पोत्सर्जन, अवक्षेपण, वाष्पदाब, नम दिवस आवृत्ति) को आंकलन के लिये किया गया है। इन सब प्राचलों में पांच प्राचल तापक्रम, मेघ आच्छादन, अवक्षेपण, वाष्पदाब नम दिवस बारम्बारता आदि इनपुट प्राचल हैं तथा संभावित वाष्पोत्सर्जन आउटपुट प्राचल है। इसके लिए

आंकड़े भारत की एक वेब साइट <http://www.indiawaterportal.org> से प्रत्येक माह के लिए 50 वर्षों के लिए वर्ष 1951 से लेकर 2000 तक के आंकड़े लिए गए तथा उपलब्ध आंकड़ों को दो भागों में बांटा गया। इसमें 75 प्रतिशत को मॉडल के अंशांकन के लिए प्रयोग किया गया तथा 25 प्रतिशत को मॉडल के सत्यापन के लिए प्रयोग किया। पांच इनपुट एवं एक आउटपुट के लिए 12 महीनों के हिसाब से डाटाबेस बनाया गया।

## मॉडल विकास

ग्रिड पार्टिशनिंग एवं सबट्रैक्टिव क्लस्टरिंग विधि हेतु दो मॉडल का विकास किया गया। मॉडल को ANFIS एडिटर का प्रयोग कर विकसित किया गया है। इसके लिए MATLAB [8] साफ्टवेयर के फज्जी लॉजिक बाक्स का प्रयोग किया गया।

सबट्रैक्टिव क्लस्टरिंग विधि द्वारा FIS फाइल के उत्पादन के लिए मानदंड सारणी 2 में दिखाए गए हैं।

### सारणी-2, सबट्रैक्टिव क्लस्टरिंग विधि द्वारा FIS फाइल के उत्पादन के लिए मानदंड

त्रुटि सहनशीलता	0.001
इपोक्स की संख्या	30
स्कवैश फैक्टर	1.25
रिजैक्ट रेशो	0.15
एक्सेप्ट रेशो	0.5
रेंज आफ इन्फ्लूएन्स	0.5

ANFIS के में आप्टमाइज़्ड सबट्रैक्टिव कलस्टर मॉडल द्वारा FIS फाइल के उत्पादन के लिए मानदंड की सभी सूचनाएं सारणी 3 में दी गई हैं।

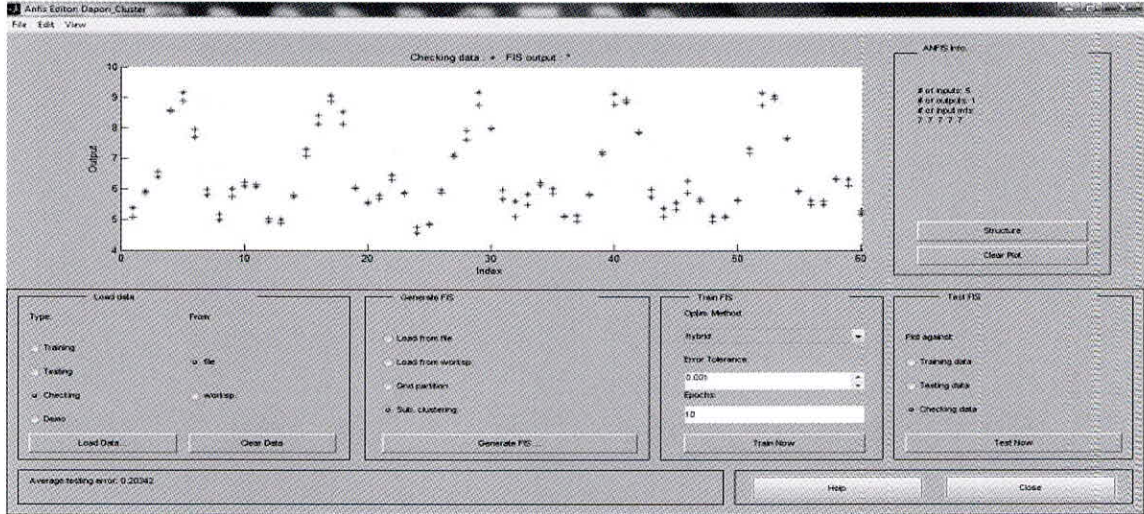
अन्तिम दो पंक्तियों में मॉडल के अंशांकन एवं सत्यापन की त्रुटि को दिखाया गया है।

### सारणी-3, आप्टमाइज़्ड सबट्रैक्टिव कलस्टर मॉडल द्वारा FIS फाइल के उत्पादन के लिए मानदंड

नोड की संख्या	92
रेखीय प्राचलों की संख्या	42
कुल प्राचलों की संख्या	112
ट्रेनिंग के डाटा जोड़ों की संख्या	540
जाँच के डाटा जोड़ों की संख्या	60



फज्जी नियमों की संख्या	7
ट्रेनिंग त्रुटि	0.190442
जाँच में त्रुटि	0.203531



चित्र-3, SCM विधि का प्रयोग करते हुए सत्यापन के लिये प्रयोग किये गये आंकड़ों का तुलनात्मक आउटपुट

ग्रिड पार्टिशनिंग विधि की FIS फाइल के उत्पादन के लिए मानदंड (सारणी-4) इस्तेमाल किए गए हैं।

सारणी-4, ग्रिड पार्टिशनिंग विधि की FIS फाइल के उत्पादन के लिए मानदंड

इनपुटों की संख्या	5
आउटपुट की संख्या	1
प्रत्येक इनपुट एवं आउटपुट में मैम्बरशिप फंक्शन की संख्या	7, 7, 7, 7, 7
M.F. का प्रकार	Gbell मैम्बरशिप फंक्शन
इष्टतमीकरण विधि	हाइब्रिड
त्रुटि सहनशीलता	.001

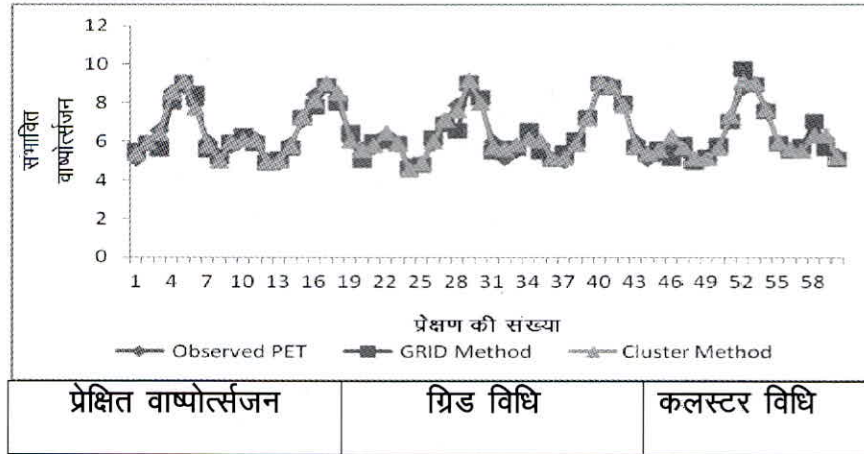
मॉडल के विकास हेतु ग्रिड पार्टिशनिंग विधि को इस्तेमाल करते हुए, सभी पैरामीटरों की आप्टमाइज़्ड वैल्यू सारणी 5 में दी गई है। इसमें अन्तिम दो पंक्तियाँ मॉडल के अंशाकन एवं सत्यापन की त्रुटियों को बताती हैं।

सारणी-5, ग्रिड पार्टिशनिंग विधि को इस्तेमाल करते हुए, सभी पेरामीटरों की आप्टमाइज़ड वैल्यू

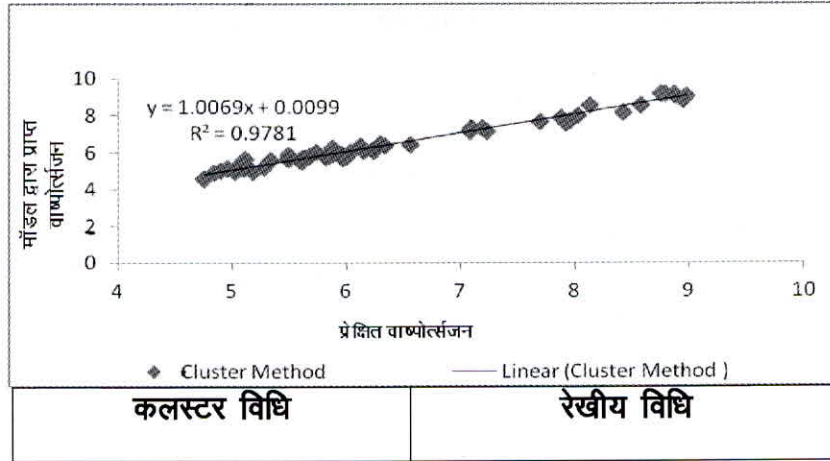
नोड की संख्या	524
रेखीय प्राचलों की संख्या	243
कुल प्राचल	288
ट्रेनिंग डाटा समुहों की संख्या	540
चेकिंग डाटा समुहों की संख्या	60
फज्जी नियमों की संख्या	243
ट्रेनिंग त्रुटि	0.198475
चेकिंग त्रुटि	0.996335

### परिणाम एवं चर्चा

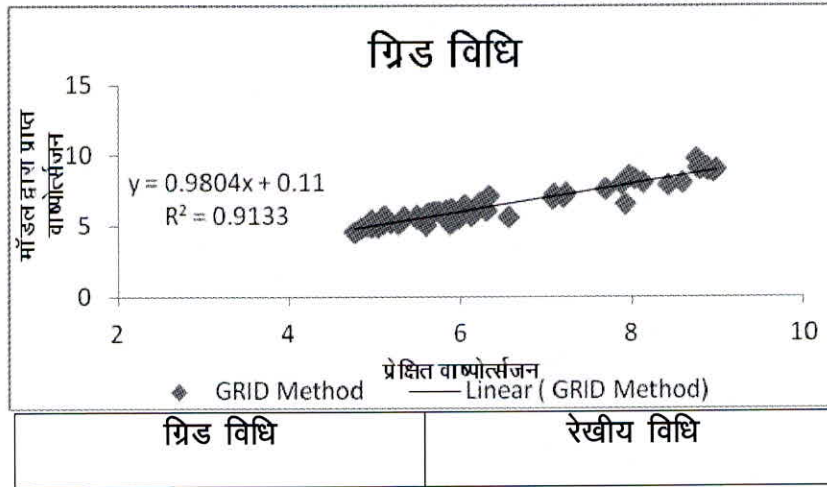
उच्चतम लाभ हेतु अंशाकन डाटा की सभी 540 वैल्यू हेतु दोनों विधियों द्वारा मॉडल का विकास किया गया तथा सभी 60 चेकिंग डाटा समुहों का इस्तेमाल कर विकसित मॉडल द्वारा वाष्पोत्सर्जन का मान ज्ञात किया गया। दोनों ही मॉडल के नतीजे संतोषजनक पाए गए। परिणाम को चित्र 4 के माध्यम से दर्शाया गया है।



चित्र - 4 प्रेषित एवं मॉडल द्वारा प्राप्त वाष्पोत्सर्जन का तुलनात्मक ग्राफ



चित्र -5, SCM के लिए संभावित वाष्पोत्सर्जन के प्रेक्षित एवं मॉडल से प्राप्त मानों के बीच रेखीय सम्बन्ध।



चित्र -6, GPM के लिए संभावित वाष्पोत्सर्जन हेतु प्रेक्षित एवं मॉडल द्वारा प्राप्त मानों के बीच रेखीय सम्बन्ध।

### निष्कर्ष

मॉडल का ग्राफिक यूजर इन्टरफेस किसी भी क्षेत्र के किसी भी प्रकार के आंकड़ों के जलवायु परिवर्तन के अध्ययन हेतु बहुत आसान है। मॉडल से प्राप्त परिणाम एवं देखे गए मानों में सतता पाई गई।  $R^2$  (.9781 SCM मॉडल के लिये एवं .9133 GCM मॉडल के लिये) का मान बताता है कि SCM मॉडल GCM मॉडल की अपेक्षा ज्यादा अच्छा है। इसके अतिरिक्त GPM मॉडल में नियम बहुत अधिक है जो मॉडल को जटिल बनाते हैं। जबकि दोनों ही मॉडल की क्षमता 95% पाई गई अतः मैं यही निष्कर्ष निकलता है कि ANFIS सबट्रेक्टिव कलस्टर विधि से परिणाम कम त्रुटि वाले एवं उत्तम प्राप्त होते हैं।

## सन्दर्भ

1. जिम्मरमैन एच जे (1991) फज्जी सैट थ्योरी एण्ड इट्स एप्लीकेशन, क्लूवर एकैडमिक द नीदरलैन्ड।
2. ताकागी, टी. एण्ड सुजेनो, एम. (1985) फज्जी आईडेन्टीफिकेशन आफ सिस्टम एण्ड एप्लीकेशन टू मॉडलिंग एण्ड कन्ट्रोल आई.ई.ई.ई. ट्रांस सिस्टम मेन साइबर, (15): 116-132
3. मेहता आर., एस.के. जैन एण्ड विपिन् कुमार.: (2005) फज्जी टेक्नीक फार रिजरवोयर आपरेशन -इफेक्ट आफ मेम्बरसिप फनशन विद डिफरेंट नम्बर आफ कैटेगिरिस; हाइड्रोलॉजी जरनल, वोल्युम. 28, नं. 3-4, सितम्बर-दिसम्बर
4. मामदनी, ई. एच.: (1974); एप्लीकेशन आफ फज्जी एलगोरिथमस फार सिम्पल ड्राइनिमिक प्लांट. परोक. आई. ई.ई. 121, 1585-1588.,
5. मेहता आर. एण्ड शरद के. जैन.: (2009) ऑपटीमल आपरेशन आफ ए मल्टी-परपज रिजवायर यूजिंग न्यूरो फज्जी टेक्नीक;; इन्टरनेशनल जरनल आफ वाटर रिसोरसिस मैनेजमेन्ट; 23:509-529.
6. जादेह एल ए, 1965, "फज्जी सैट्स इन्फोरमेशन एण्ड कण्टोल", 8, 338-353.
7. कर्लि जार्ज एवं युआन बने "फज्जी सैट्स एण्ड फज्जी लाजिक," प्रैन्टिस हाल आफ इडियां, 2008
8. मैटलैब (R2007b) फज्जी लोजिक टॉल-बाक्स, द मैथवर्क, यू एस ए।