जलविज्ञान एवं जल संसाधन
पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
15-16 दिसम्बर, 1995, रूड़की

मारकोडारट प्रमेय पर आधारित 'नैश-माडल' द्वारा एकक जलालेख का निर्धारण

आदित्य त्यागी[1] राजदेव सिंह[2] राजेश नेमा[3]

सारांश

जल संसाधनों की विभिन्न योजनाएं बनाने, उनका अभिकल्प और उचित उपयोग के लिये बाढ़ का ठीक–2 ज्ञात होना बहुत आवश्यक है, इसके लिये एकक जलालेख सिद्धान्त एक बहुत प्रचलित तकनीक है। इस तकनीक में बाढ़ जलालेख की गणना की जाती है। प्रमापी आवाह क्षेत्र के लिये एकक जलालेख की गणना करने की अनेक विधियाँ है, जिन्हें दो भागों में विभाजित किया जाता है।

(अ) पैरामेट्रिक एपरोच (ब) नॉन पैरामेट्रिक एपरोच

नैश–माडल द्वारा एकक जलालेख की गणना विस्तृत रूप से की जाती है जो कि पैरामेट्रिक एपरोच पर आधारित है।

इस प्रतिवेदन में गोदावरी नदी के उपखण्ड 3फ के एक लघु–आवाह क्षेत्र–807/1 पर आठ विभिन्न वृष्टि की प्रत्येक वर्षा के विश्लेषण के लिये एकक जलालेख की गणना नैश–माडल द्वारा की गई है। इस माडल के चर 'न' और 'क' की गणना मारकोडारट प्रमेय की सहायता से प्रत्येक आठों अवस्थाओं के लिये की गई है। इस विश्लेषण में अरैखिक, निम्न वर्गीय तकनीक का उपयोग सुक्ष्मतह गणनाओं पर आधारित है। जिसमें प्रत्यक्ष धरातलीय अपवाह संबंधित वृष्टि की अवस्था को कम करता है।

संक्षेप में यह देखा गया है कि समस्त आठों अवस्थाओं का परिणाम काफी उत्साहवर्धक प्राप्त हुये है तथा संख्यीकी आधार पर अनुमान लगाने में आठों अवस्थाओं द्वारा प्राप्त गणनाएं 82 प्रतिशत से 97 प्रतिशत तक उपयुक्त प्राप्त हुई है। अतः इस आधार पर नैश–माडल का भारतीय दशाओं में लघु–आवाह क्षेत्र के लिये व्यवहारिक उपयोगिता प्रतिपादित होती है।

प्रस्तावना

जल स्त्रोतों के बढ़ते हुये विस्तार को ध्यान में रखते हुये जल संसाधन के निर्माण एवं संरक्षण की दृष्टि से मृदा एवं जल संरक्षण का जल वैज्ञानिकी अन्वेषण बहुत आवश्यक है। जल वैज्ञानिकीय अध्ययन की प्रमुख समस्या ''वर्षा द्वारा जल गृहण (आवाह क्षेत्र) के लिये अपवाह ज्ञात करना है। एकक जलालेख के सिद्धान्त के द्वारा एक निश्चित समय में होने वाली वर्षा के परिणाम स्वरूप आने वाली बाढ़ की गणना करना अत्यधिक सरल है।

1 वैज्ञानिक स, राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रूड़की
2 वैज्ञानिक इ, राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रूड़की।
3 वरिष्ठ शोध सहायक, राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रूड़की

एकक जलालेख के अध्ययन की आवश्यकता

एकक जलालेख सिद्धान्त सन् 1932 में शरमन् द्वारा प्रतिपादित किया गया था, इस पद्धति में एकक जलालेख सिद्धान्त का विभिन्न कल्पनाओं एवं सीमाओं को निर्देशित किया गया है। इस आधार पर एकक जलालेख को निम्न प्रकार से परिभाषित किया गया है "यदि किसी जल क्षेत्र पर इकाई से0मी0/इकाई मिलीमीटर प्रभावी वर्षा एक निश्चित समय मे एक रूपता से करायी जाये तो उसके द्वारा प्रत्यक्ष रूप से प्राप्त अपवाह को एकक जलालेख कहते हैं।" इस सिद्धान्त में आवाह क्षेत्र के सभी बिन्दुओं पर एक समान वर्षा मानकर चलना होता है। अतः एकक जलालेख सिद्धान्त का उपयोग लघु आवाह क्षेत्र में करना चाहिये, विस्तृत परिक्षेत्र में इस सिद्धान्त के परिणाम स्वरूप काफी कठिनाईयां उत्पन्न होती है – जैसे तूफानी वर्षा को ईकाई रूप में पूरे परिक्षेत्र में रखना ठीक नहीं होता क्योंकि सैद्धान्तिक रूप से यह असंभव है। एकक जलालेख सिद्धान्त में गुणांकों का सीमित उपयोग व्यवहारिक रूप से इसकी उपयोगिता सिद्ध करता है। वर्तमान वैज्ञानिकी युग में विशिष्ट प्रकार के एवं शीघ्रता से कार्य करने वाले संगणकों के प्रयोग से प्रतयक्ष अपवाह–प्रभावी वर्षा में संबंध प्रतिपादित करना काफी सरल हो गया है। इस तरह के माडल में तात्क्षणिक एकक जलालेख (आई0यू0एच0) को विस्तृत रूप से नैश माडल द्वारा ज्ञात किया जाता है। इस माडल में आवाह क्षेत्र को श्रेणीबद्ध तरीकों से एक जलाशय मानकर अभिकल्पित किया जाता है।

लघु आवाह क्षेत्र और विस्तृत आवाह क्षेत्र में जल वैज्ञानिकी अन्तर अत्यधिक मात्रा में पाया जाता है, अतः काफी बड़े आवाह क्षेत्र को विभिन्न लघु आवाह क्षेत्रों में विभाजित करके जल प्रवाह की गति एवं अपवाह को ठीक तरह से ज्ञात करने में काफी सुगमता होती है। यदि किसी जलाशय, सेतु या पुलिया का निर्माण करना है तो अधिकतम बाढ़ निस्सरण को ज्ञात करना आवश्यक है जबकि प्रमापी द्वारा निस्सरण बड़े आवाह क्षेत्र में विभिन्न स्थानों पर मापना अत्याधिक कठिन है, क्योंकि इस प्रमापी निस्सरण विधि में काफी व्यय है तथा विश्लेषण विधि का मुख्यतह आभाव पाया जाता है। जिससे निस्सरण आवाह क्षेत्र में एक समान नहीं होता तब ऑकड़ों की विश्वसनियता में आशंका व्यक्त की जाती है।

परम्परागत एकक जलालेख सिद्धान्त में कलार्क माडल को पुनः प्रयोग हेतु उपयोग किया जाता है। कलर्क माडल द्वारा भी उतने ही सटिक तरीकों से एकक जलालेख की विभिन्न अवस्थाएँ ज्ञात की जा सकती हैं। इस अध्ययन में केवल नैश माडल को भारतीय दशाओं के अनुरूप प्रयोग करने की उपयोगिता का अध्ययन किया गया है।

समस्या और अध्ययन का तरीका

इस अध्ययन की मुख्य समस्या नैश माडल के द्वारा गोदावरी नदी के एक क्षेत्र 807/1 के लिए प्रति घन्टे वर्षा के ऑकड़ों के द्वारा एकक जलालेख प्राप्त करना है। औसत जलालेख प्राप्त करने के लिए परिवर्तित तथा असमान वर्षा के प्रभाव को भी देखा गया है। एकक जलालेख के परिवर्तन को जानने का प्रयत्न भी इस अध्ययन में किया गया है तथा विभिन्न अवस्थाओं में वर्षा से होने वाले परिवर्तन को भी इस अध्ययन में सम्मिलित किया गया है।

एकक जलालेख के विभिन्न तकनिकी शोध प्रपत्रों का अध्ययन

आजकल जल वैज्ञानिकी विश्लेषण की विभिन्न पद्धतियाँ विकसित हो गई है, ये सभी तकनीक जल वैज्ञानिकी मॉडलों पर आधारित है, जल वैज्ञानिकी प्रणाली एक उलझी हुई समस्या है और इसको औसत के आधार पर मॉडल द्वारा निरूपित करने के पहले मॉडल का संक्षिप्त विवरण, उसको प्राप्त करने की विधि तथा वर्षा एवं अपवाह की विभिन्न विधियों पर विचार इस अध्याय में किया गया है। कुछ जाने–पहचाने मॉडलों को वर्षा तथा अपवाह में संबंध निरूपित करने के लिये प्राकृतिक जल क्षेत्रों का प्रयोग किया गया है।

कुछ मूल अवधारणायें एवं परिभाषायें जो एकक जलालेख प्रदान करती है – इस प्रकार है।

प्रभावी वर्षा की दर नियत समय के लिये निश्चित होती है

इस मान्यता के अनुसार एक निश्चित वर्षा, सुक्ष्म समय की ली जाती है जिससे वह लगभग एक समान प्रभावी वर्षा प्रदान करें और केवल एकक शिखर वाला एकक जलालेख सुक्ष्म आधार वाला प्राप्त होता है।

प्रभावी वर्षा को आवाह क्षेत्र पर एक समान विरूपित करना

इस विधि में यदि जल क्षेत्र बहुत बड़ा होने पर भी वर्षा को लगभग एक समान विरूपित किया जाता है, जोकि एकक जलालेख के सिद्धान्त के अनुरूप नहीं है। अतः बड़े आवाह क्षेत्र को विभिन्न उपखण्ड़ों में विभाजित करते हैं और प्रत्येक उपखण्ड पर एक समान वर्षा मानकर अलग–अलग उपखण्ड़ का अलग–अलग जलालेख प्राप्त करते हैं।

प्रभावी वर्षा के इकाई अन्तरॉल के कारण जलालेख का प्रत्यक्ष अपवाह का समय आधार अन्तरॉल अथवा नियतॉक रहता है

जलालेख के आधार लम्बाई और आधार प्रवाह अलग करने की विधि संविदित है, जलालेख का प्रतिसरण वक्र समय के अनुकूल घटता है तथा इसका असीमित समय आधार होना चाहिये। जैसा डूडो ने सुझाया की निश्चित आधार लम्बाई की मान्यता आवश्यक नहीं है, लेकिन प्रयोगात्मक सरलता के लिये इसका उपयोग किया गया है तथा यह उन प्रकारणों के लिये भौतिकीय रूप से आवश्यक है जहाँ जलाक्षेत्रों में जल का भराव समान रूप से वितरित होता है।

किसी समय पर प्रत्यक्ष सतही अपवाह जलालेख, प्रत्येक जलालेख द्वारा प्रतिनिधित्व परिमान, प्रत्यक्ष अपवाह की कुल मात्रा के समानुपाती होता है

यह मान्यता सीधा समानुपातिक के सिद्धान्त को निरूपित करती है, मूल रूप से एकक जलालेख का सिद्धान्त इसी मान्यता पर आधारित है तथा यह सरल एकक जलालेख के सिद्धान्त के रूप में जाना जाता है। इसके अनुसार यदि हम एकक जलालेख की विभिन्न अवस्थाओं पर परिमाण जो इकाई अन्तरॉल 'Δट' तथा समय 'ट' पर यू(Δट–ट) होता है– जहाँ 'ट' प्रभावी वर्षा प्रारम्भ होने के बाद का समय है और किसी भी वर्षा के लिये प्रभावी वर्षा 'म' खण्ड़ों में विभिन्न तीव्रता 'ईइ' और अन्तरॉल Δट पर मानी गई है।

अतः सीधे समानुपाती के सिद्धान्त के अनुसार प्रत्यक्ष अपवाह इस प्रकार निरूपित किया जायेगा–

$$\text{क्यू (ट)} = \sum_{\text{इ}=1}^{\text{म}} \text{अ } (\Delta\text{ट, ट}-(\text{इ}-1)\Delta\text{ट}) \times \text{ईइ } \Delta\text{ट} \qquad (1)$$

किसी दिये जलक्षेत्र का जलालेख एकक समय अन्तरॉल में प्रभावी वर्षा दी गई प्राकृति के कारण जलालेख की सम्पूर्ण भौतिक गुणों की सूचना प्रदान करता है

यह अवधारणा समय विभिन्नता की धारणा के निरूपण करती है, जबकि वास्तव में किसी जलालेख के भौतिक गुण मानवीय गतिविधियों की मात्रा के द्वारा परिवर्तित होते हैं तथा भूमि उपयोग प्रभाव मौसमीय परिवर्तनों का कारण है। इसलिये यह सिद्धान्त केवल तभी लागू हो सकता है जब जलक्षेत्र से संबंधित परिस्थितियां एवं समय दिया गया हो।

उपरोक्त मान्यताओं को ध्यान में रखते हुये यह देखा गया है कि एकक जलालेख के निर्धारण के लिये अनिश्चित तीव्रता और कम अन्तरॉल की वर्षा का लगभग एक समान फैलाव निश्चित जगह व समय पर हो तभी इसकी अच्छी उपयोगिता

हो सकती है। लेकिन इस तरह की वर्षा बहुत कम देखने को मिलती है। अतः (अ) एकक जलालेख प्राप्त करने के लिये संयुक्त वर्षा प्रयोग की जाती है और (ब) एकक जलालेख के परिमाण जैसे – सर्वोच्चय निस्सरण का समय और सर्वोच्चतम निस्सरण दोनों प्रभावी वर्षा के प्रारूप पर तथा जलक्षेत्र की भौतिक दशाओं पर निर्भर करता है।

नैश मॉडल

कलार्क के विचार के सन्दर्भ में जल की गति तथा उसकी मात्रा, रैखिक जलाशयों (चित्र 1) के द्वारा नैश ने सुझाया की तात्क्षणिक एकक जलालेख का परिमाण विभिन्न रेखिक जलाशयों के अभिगमन के द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। (सभी रेखिक जलाशयों का संचयन स्थिरांक समान मानते हुये) प्रथम रेखिक जलाशय का जल वहिर्प्रवाह दूसरे रैखिय जलाशय का अर्न्तप्रवाह होगा।

नैश (1957) द्वारा तात्क्षणिक एकक जलालेख के लिये गणतीय समीकरण इस प्रकार दिया गया–

$$\text{अ}(\text{ट}) = \frac{1}{\text{क}(\text{न}-1)!} \left(\frac{\text{ट}}{\text{क}}\right)^{\text{न}-1} e^{-\text{ट}/\text{क}} \qquad (2)$$

जहाँ अ(ट) = तात्क्षणिक एकक जलालेख का, समय ट, पर Y-निर्देशांक है। क एवं न नेश मॉड्ल के चर हैं।

नैश ने तात्क्षणिक एकक जलालेख की गणना करने के लिये मापी गई वर्षा में अपवाह ज्ञात करने की विधि भी सुझाई है।

नैश ने एकक जलालेख के लिये गणतीय समीकरण इस प्रकार किया

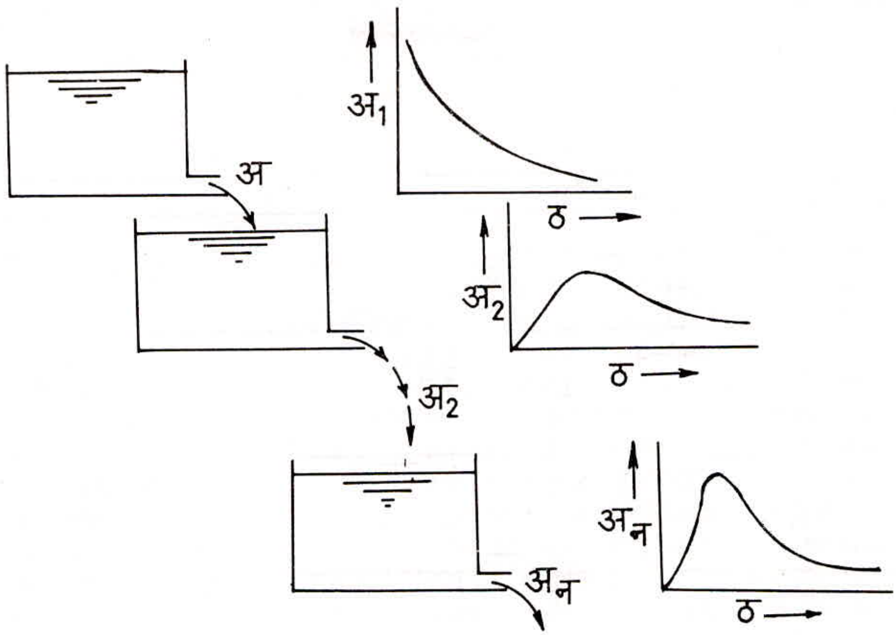
$$\text{यू}_{(\text{ट},\text{ठ})} = \frac{1}{\text{ट}} \left[\text{आई}\ (\text{न},\ \text{ठ}/\text{क}) - \text{आई}\ \left(\text{न}\ \left(\frac{\text{ठ}-\text{क}}{\text{क}}\right)\right) \right] \qquad ...(3)$$

अध्ययन का क्षेत्र एवं आंकड़ों का विवरण

इस अध्ययन में गोदावरी के एक जलक्षेत्र उपखण्ड 3फ में पुल नं.807/1 को लिया गया है, उपखण्ड 3फ गोदावरी नदी और इसकी सहायक नदियां मिलकर 56 प्रतिशत क्षेत्र मुख्य गोदावरी का घेरती हैं। वर्षा एवं अपवाह के आंकड़े उपलब्ध हुये हैं जो तालिका–2 में दिये गये हैं। इस जलक्षेत्र 807/1 के लिये नैश मॉडल में एक–एक घण्टे के अन्तरॉल पर वर्षा तथा अपवाह के आंकड़े केन्द्रीय जल आयोग के, लघु जल क्षेत्र निदेशालय, नई दिल्ली से प्राप्त किये हैं।

क्षेत्राकृति

निचली गोदावरी का 3फ उपखण्ड मुख्य रूप से अन्शतह आद्र क्षेत्र है जिसकी औसत वर्षा 1000 मिमी0 से 1600 मिमी0 के बीच घटती–बढ़ती रहती है। उपखण्ड 3फ महाराष्ट्र, मध्यप्रदेश, आन्द्र प्रदेश और उड़ीसा प्रदेशों के क्षेत्र को घेरता है। उपखण्ड 3फ आक्षांश 76° से 83° पूर्व तथा देशान्तर 17° से 23° उत्तर तक फैला है और लगभग 'L' आकृति का है। निचली गोदावरी का उपखण्ड 3फ संयुक्त रूप से लाल बलूई, लाल दोपट और लाल पीली मिट्टी पायी जाती है। काली मिट्टी–गहरी काली मिट्टी, मध्यम काली मिट्टी और उथली काली मिट्टी के रूप में वर्गीकृत की गई है। काली मिट्टी चिकनी मिट्टी के रूप में ट्रेप पत्थर से प्राप्त होती है। जबकि लाल मिट्टी की आन्तरिक संरचना अलग–अलग जगह पर बदलती रहती है तथा लाल मिट्टी में बलूई संरचना मुख्य रूप से पायी जाती है। लघु जल क्षेत्र के लिये मिट्टी का प्रकार उपरोक्तानुसार बहुत बदलता रहता है।



चित्र 1 नेश माडल द्वारा रेखिक जलाशयों की गणना कर एकक जलालेख का रेखाचित्र

तालिका–2 आठ अवस्थाओं के लिए वर्षा एंव प्रवाह के ऑकंडें।

	प्रथम अवस्था		द्वितिय अवस्था		तृतीय अवस्था		चतुर्थ अवस्था		पंचम अवस्था		षष्टमी अवस्था		सप्तमी अवस्था		अष्टमी अवस्था	
समय प्रति घंटा	वर्षा	अप–	वर्षा	अप–	वर्षा	अप–	वर्षा	अप–	वर्षा	अप–	वर्षा	अप–	वर्षा	अप–	वर्षा	अप–
1	0.09	60.0	0.54	0.55	0.34	1.0	0.96	5.0	0.0	35.0	1.25	35.0	0.03	70.0	3.32	5.0
2.	1.56	60.0	1.99	55.0	3.13	1.0	0.12	5.0	1.84	40.0	2.66	35.0	2.15	70.0	8.73	10.0
3.	1.75	60.0	11.34	60.0	4.24	1.0	0.16	5.0	3.78	40.0	9.56	35.0	2.04	70.0	14.13	10.0
4.	4.03	60.0	13.29	65.0	2.16	1.0	1.27	5.0	2.36	50.0	10.05	35.0	0.55	70.0	17.63	40.0
5.	2.99	70.0	4.49	142.0	4.58	1.0	1.78	5.0	0.38	140.0	8.51	85.0	1.64	70.0	15.33	205.0
6.	6.24	70.0	6.43	285.0	3.86	1.0	3.43	5.0	0.31	270.0	1.84	150.0	2.05	85.0	14.33	765.0
7.	2.83	300.0	2.77	355.0	0.59	1.0	4.32	8.0		310.0	1.69	410.0	2.19	95.0	13.08	1432.0
8.	2.56	410.0		370.0	4.54	65.0	5.75	10.0		370.0	3.72	455.0	4.80	180.0	8.48	1300.0
9.	0.85	600.0		430.0	0.0	130.0	4.24	80.0		270.0	0.55	380.0	0.79	260.0	7.82	1000.0
10.	2.27	480.0		440.0	2.76	230.0	3.30	105.0		170.0		260.0		315.0	4.72	825.0
11.	1.72	380.0		285.0	0.0	255.0	1.73	490.0		110.0		260.0		295.0	5.97	800.0
12.	0.0	330.0		260.0	0.44	190.0	0.29	480.0		80.0		200.0		290.0	4.71	760.0
13.	0.34	220.0		210.0		120.0	1.64	455.0		50.0		175.0		280.0	5.35	590.0
14.		160.0		170.0		80.0	0.37	355.0		42.0		165.0		255.0	0.79	480.0
15.		110.0		150.0		55.0	10.5	342.0		40.0		135.0		220.0	3.71	425.0
16.		85.0		132.0		55.0	1.05	342.0		40.0		105.0		170.0	3.71	425.0
17.		60.0		120.0		35.0	0.0	160.0		40.0		85.0		165.0	3.20	425.0
18.		55.0		115.0		35.0	0.06	105.0		40.0		75.0		125.0	4.56	425.0
19.		50.0		105.0		35.0	0.95	105.0		40.0		70.0		102.0	13.6	400.0
20.		50.0		100.0		35.0	0.47	40.0		40.0		70.0		85.0	0.25	375.0
21.		40.0				27.0	0.83	32.0		40.0		70.0		70.0		350.0
22.		35.0				22.0	0.0	30.0				60.0		65.0		205.0
23.		30.0				15.0	0.03	25.0				60.0		60.0		140.0
24.		25.0				15.0	0.26	25.0				60.0		60.0		
25.						15.0		24.0								
26.						10.0		24.0								
27.								24.0								
28.								23.0								
29.								23.0								
30.								23.0								
31.								20.0								

वर्षा –मि0 मी0
अपवाह–मी0³/ सैकेन्ड

भूमि उपयोग (Landuse)

निचली गोदावरी के उपवखण्ड 3फ में 50 प्रतिशत क्षेत्र वन है तथा केवल 25 प्रतिशत क्षेत्र कृषि की पैदावार हेतू उपयोगी है बाकी 25 प्रतिशत बंजर क्षेत्र है।

अध्ययन के लिये आंकड़ों की उपलब्धता

इस अध्ययन हेतू आंकड़ों की उपलब्धता निम्न रूप से प्राप्त की गई–

(अ) जलक्षेत्र के नक्शे तथा जल क्षेत्र के गुणों का विवरण
(ब) वर्षामापी यंत्र से प्रति घण्टे वर्षा के आंकड़े, जो जल क्षेत्र में स्थित है।
(स) प्रति घण्टे अपवाह की मात्रा
(द) प्रत्येक वर्षा मापी स्टेशन के लिये यिसेन भार

जल क्षेत्र के गुण

क्षेत्रीय अध्ययन के लिये जल क्षेत्र के गुणों में निम्न मुख्य रूप से लिये गये हैं।

(अ) मुख्य चेनल की लम्बाई
(ब) वर्हिगमन बिन्दे से गुरूत्वा केन्द्र तक चेनल की लम्बाई और
(स) औसत ढाल

वर्षा तथा अपवाह के आंकड़े एवं विश्लेषण

वर्षा तथा अपवाह के प्रति घण्टे के आंकड़े केन्द्रीय जल आयोग, नई दिल्ली से 807/1 क्षेत्र के लिये प्राप्त किये हैं। तालिका–1 में इस जलक्षेत्र में ली गई वर्षा का विश्लेषण है।

प्रति घण्टा अपवाह की मात्रा को जल निस्सरण वक्र के द्वारा नाप कर उपयोग की गई है। चित्र–3 से चित्र–10 तक प्रत्येक अवस्था के लिये अपवाह और समय को दर्शाया गया है तथा नैश मॉडल द्वारा प्राप्त अतिरिक्त वर्षा को भी प्रत्येक अवस्थानुसार व्यक्त, ग्राफ द्वारा किया गया है। नैश मॉडल द्वारा गणना कर गणनात्मक अपवाह तथा प्रति घण्टा समय को भी ग्राफ द्वारा दर्शाया या है। (चित्र 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 एवं 10 संलग्न उपरोक्तानुसार है)। एक शिखर वाला जलालेख जो एक समान वर्षा के द्वारा प्राप्त हुआ है को विश्लेषित किया गया है। तथा नैश मॉडल द्वारा छांटी गई बाढ़ों का विश्लेषण किया गया है।

कार्यविधि

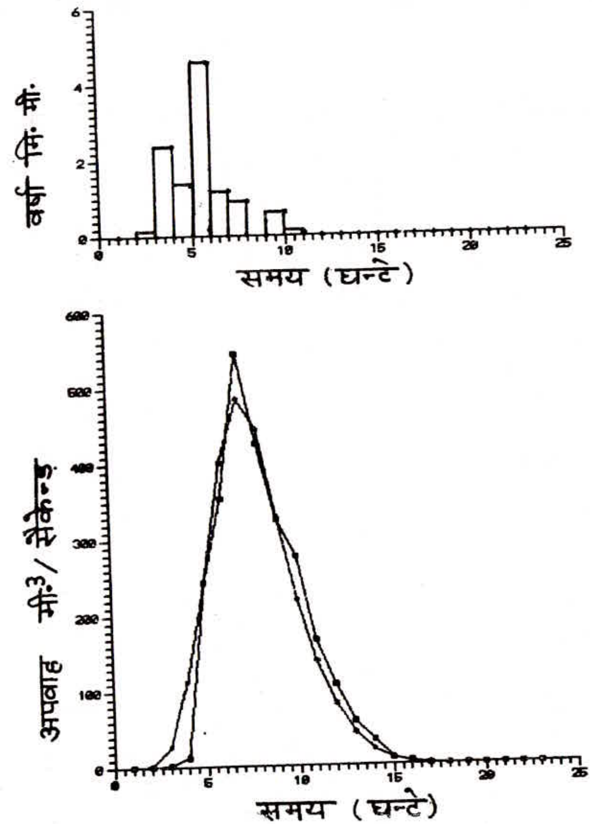
इस विश्लेषण में निम्न कार्यविधि अपनायी गयी है–

प्रत्यक्ष सतही अपवाह की गणना

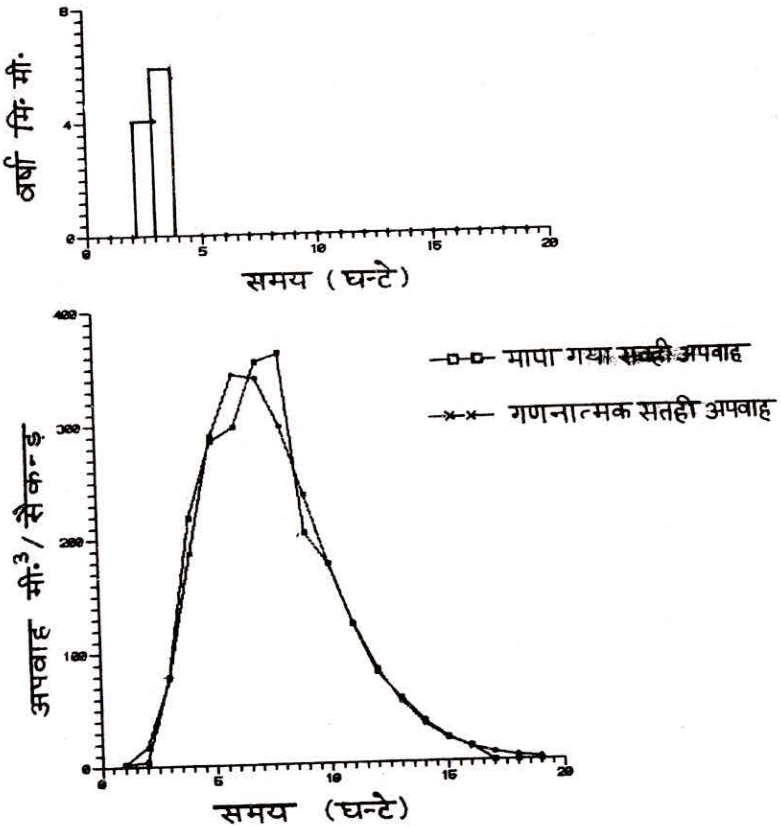
किसी वर्षा काल के लिये आधार बहाव को बाढ़ जलालेख से अलग किया जिसके लिए प्रति घण्टे के मान ज्ञात हैं, इस प्रकार प्रत्यक्ष सतही जलालेख प्राप्त किया तथा सीधी रेखा विधि द्वारा आधार बहाव को अलग किया इस विधि में बढ़ते हुये जलालेख के बिन्दु को उतरते हुये भाग के ज्ञात किये गये बिन्दु से मिलाया जो अर्द्ध लघु ग्राफ पर चित्रित किया गया है। विभिन्न अर्द्धलघु ग्राफ का रेखाचित्र उतरते हुये वक्र पर जिस बिन्दु पर मिलता है उसे उतरते भाग का बिन्दु कहते हैं। इस सीधी रेखा के नीचे के भाग को आधार बहाव कहते हैं तथा इसको बाढ़ जलालेख से अलग करके प्रत्यक्ष सतही अपवाह जलालेख प्राप्त किया।

तालिका 1—वर्षा मापी स्टेशनो का विवरण

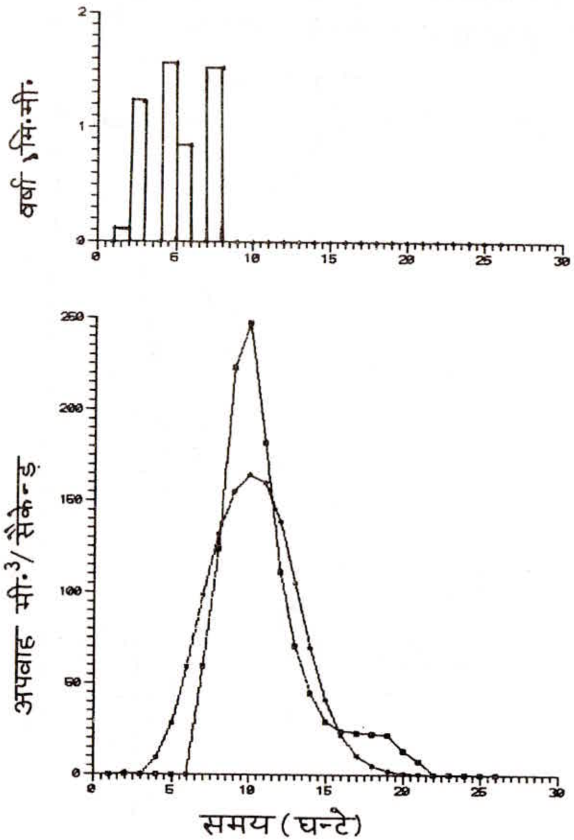
सख्या	वर्षा मापी स्टेशन का नाम	वर्षा मापी स्टेशन की सख्या	थिसेन भार	अतिरिक्त
1.	बाजार गांव	5	0.156	
2.	मोहगांव		0.181	
3.	कान्होली		0.272	
4.	खेटी		0.171	
5.	गमगांव		0.220	
1.	बाजार गांव	4	0.56	
2.	मोगांव		0.22	
3.	कान्होली		0.337	
4.	खेटी		0.287	
1.	ब्रिज साईट		0.0614	
2.	टाफाल घाट		0.0986	
3.	आमगांव	7	0.15594	
4.	कान्होली		0.16599	
5.	मोहगांव		0.13078	
6.	खेटी		0.23135	
7.	बाजार गांव		0.15594	
1.	ब्रिज साईट		0.0404	
2.	टाकाल घाट		0.0905	
3.	गुमगॉव	8	0.1308	
4.	आमगॉव		0.1056	
5.	कान्होली		0.170	
6.	मोहगॉव		0.1358	
7.	खेटी		0.1710	
8.	बाजार गॉव		0.1559	



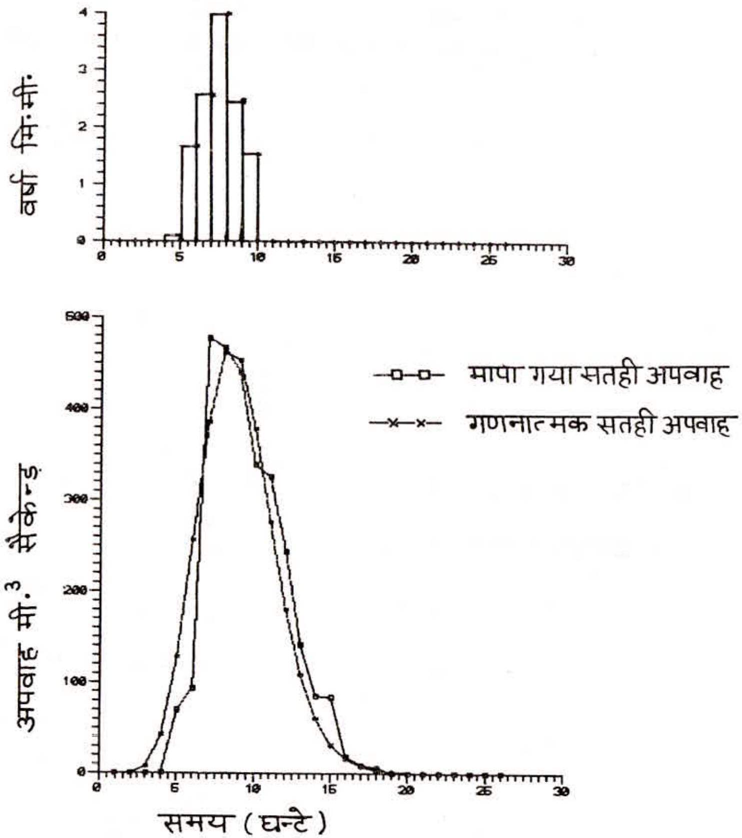
चित्र 3 - प्रथम अवस्था के लिए मापी गई एवं गणनात्मक सतही अपवाह की तुलना



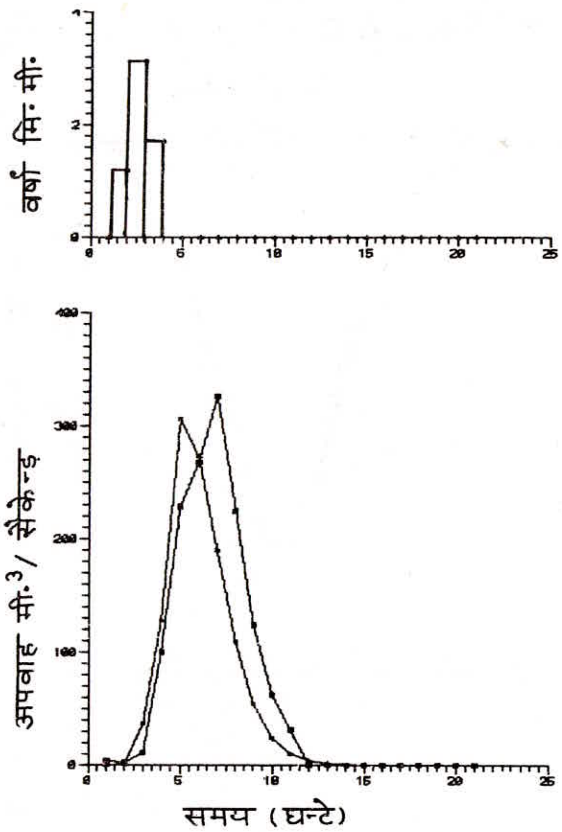
चित्र 4 - द्वितीय अवस्था के लिए मापी गई एवं गणनात्मक सतही अपवाह की तुलना



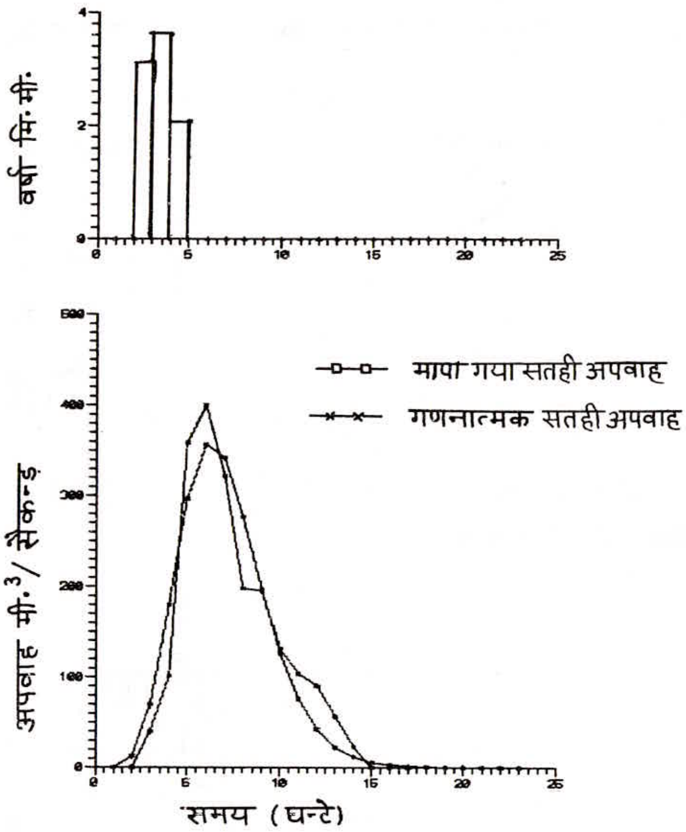
चित्र 5 - तृतीय अवस्था के लिए मापी गई एवं गणनात्मक सतही अपवाह की तुलना



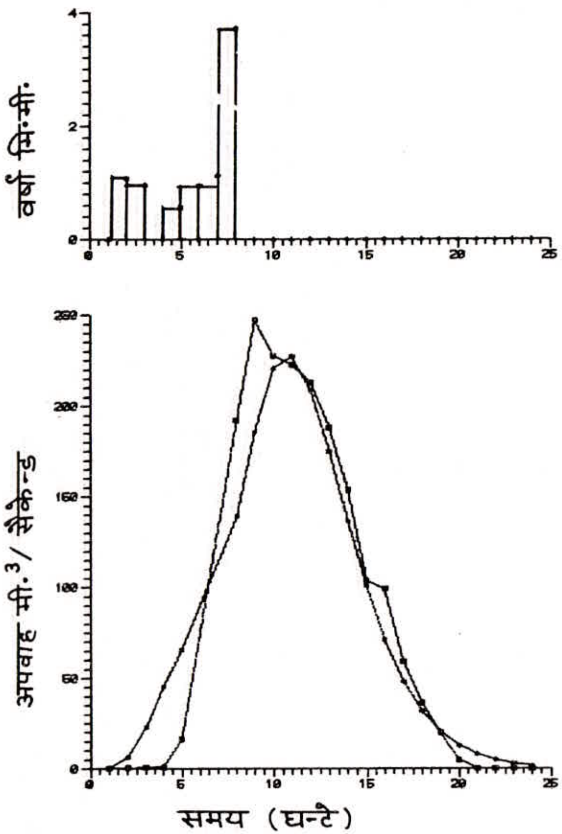
चित्र 6 - चतुर्थ अवस्था के लिए मापी गई एवं गणनात्मक सतही अपवाह की तुलना



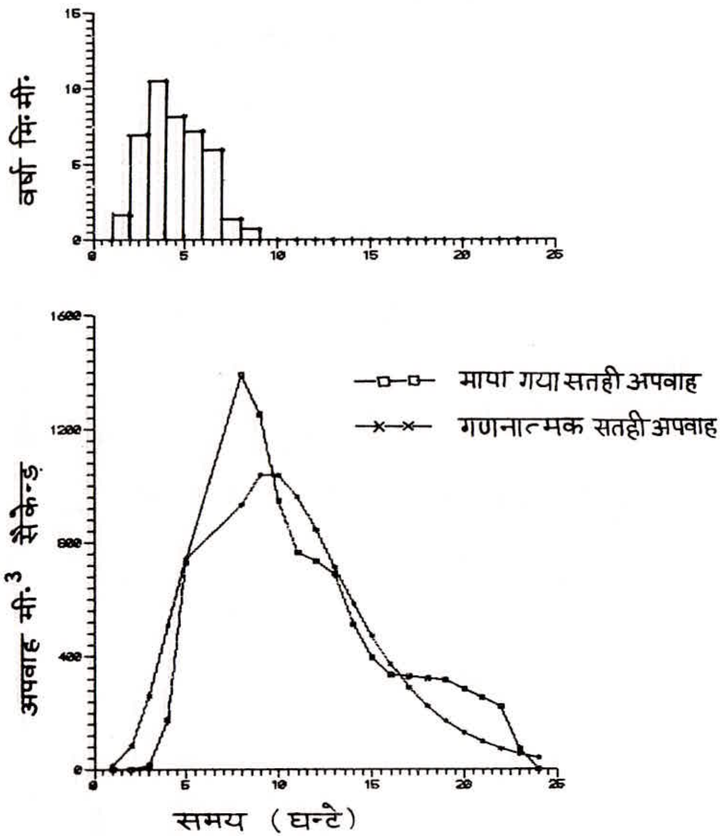
चित्र 7 - पंचम अवस्था के लिए मापी गई एवं गणनात्मक सतही अपवाह की तुलना



चित्र 8 - षष्टमी अवस्था के लिए मापी गई एवं गणनात्मक सतही अपवाह की तुलना



चित्र 9 - सप्तमी अवस्था के लिए मापी गई एवं गणनात्मक सतही अपवाह की तुलना



चित्र 10 - अष्टमी अवस्था के लिए मापी गई एवं गणनात्मक सतही अपवाह की तुलना

प्रति घण्टा औसत वर्षा की गणना

प्रति वर्षा के लिये प्रति घण्टे के आंकड़े एक से अधिक स्टेशनों के लिये ज्ञात है इनका औसत निकालने के लिये थिसेन बहुभुज खींचा गया जो वर्षा मापी नेटवक्र पर आधारित होता है। किसी भी स्टेशन की वर्षामापी से मापी गई वर्षा को उस स्टेशन के थिसेन भार से गुणा किया यह क्रम सभी स्टेशनों के लिये प्रयोग किया है। इस प्रकार प्राप्त गुणनपुल को जोड़ा जो औसत वर्षा की प्रति घण्टा वार माप देगा। इसी प्रकार से प्रति घण्टा वर्षा का मान प्रत्येक के लिये ज्ञात किया।

अतिरिक्त वर्षा की गणना

प्रति घण्टा औसत. वर्षा की मात्रा प्रत्यक्ष सतही बहाव जलालेख पैदा करने के लिये योगदान नहीं देती। इस वर्षा का एक भाग विभिन्न जलचक्रीय अवरोधों के कारण नष्ट हो जाता है। अतः एकक जलालेख प्राप्त करने के लिये अतिरिक्त वर्षा आलेख के मान ज्ञात करने पड़ते हैं जिसको अवरोधों को औसत वर्षा से घटा कर प्राप्त किया जाता है। इसमें विशेष तौर पर यह सावधानी रखनी पड़ती है कि अतिरिक्त वर्षा का आयतन उतना ही हो जाये जितने की प्रत्यक्ष सतही अपवाह का है। अवरोधों को अलग करने की सबसे अच्छी विधि ϕ–सूचकांक है।

नैश मॉडल के चर की गणना

नैश मॉडल के चर 'न' और 'क' की गणना मारकेडारट एल्गोरिथम का प्रयोग करके की गई है, इस साध्य का क्रमवंध चार्ट चित्र 2 में दर्शाया गया है। मुख्य चर 'फ' जो मारकेडारट एल्गोरिथम का प्रयोग करके कम से कम किया गया है इस प्रकार है–

$$फ = \sum_{इ=1}^{न} (य_इ - \hat{य}_इ)^2 \qquad (4)$$

जहाँ – $य_इ$ – प्रत्यक्ष सतही अपवाह का मापा गया आई वाँ मान है।
$\hat{य}_इ$ – प्रत्यक्ष सतही अपवाह का गणना किया गया आई वाँ मान है।
और 'न' – प्रत्यक्ष सतही अपवाह जलालेख के मानों की संख्या है।

'ट' समय पर एकक जलालेख की गणना

'ट' समय पर एकक जलालेख यू (ट,ठ) निम्न समीकरण में नैश के 'न' और 'क' के मान रखकर प्राप्त किया गया है।

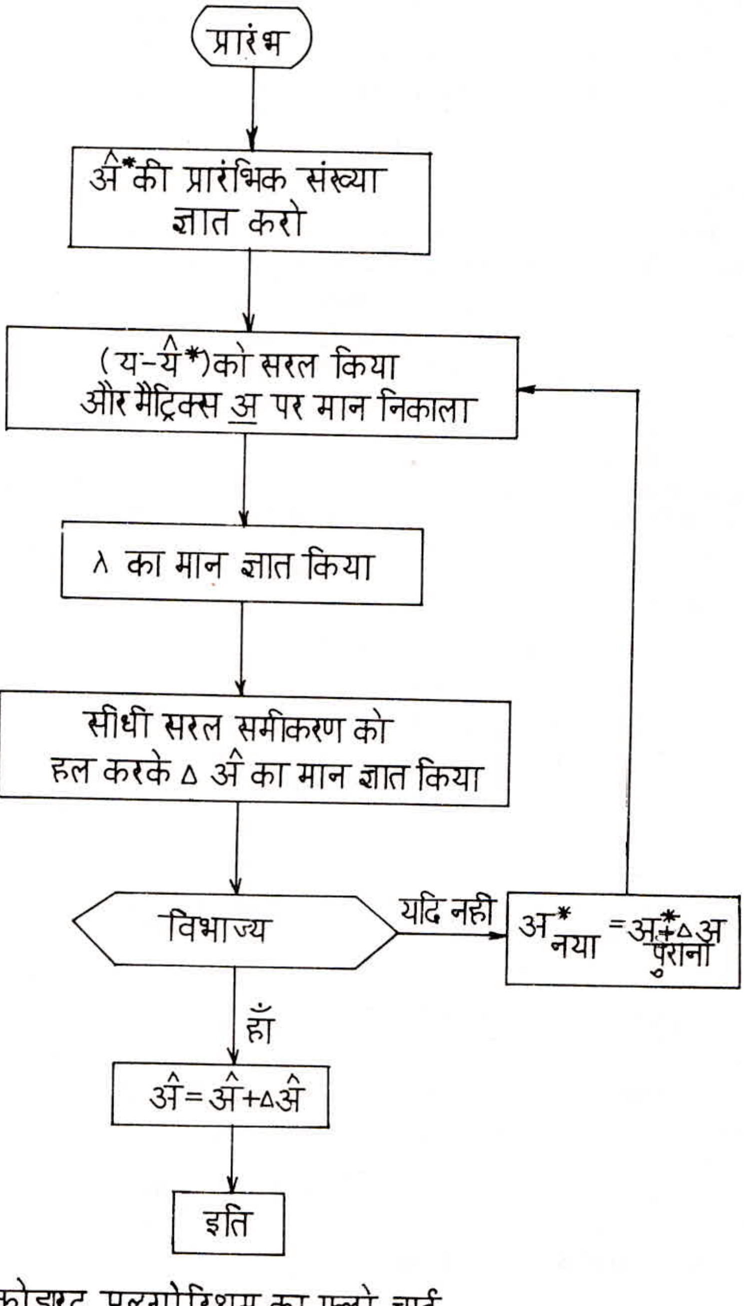
$$यू\ (ट,ठ) = \frac{1}{ट} [\ इ\ (न(ठ/क) - इ\ न(ठ-क/क))\ ] \qquad (5)$$

जहाँ 'ट' एकक जलालेख की घण्टों में अवधि है आई (न(ठ/क)), अपूर्ण गामा मान है जो $न^{वाँ}$ स्थान पर (ठ/क) के लिये है।

'ट' घण्टे के एकक जलालेख के मान यू(ट,ठ) का उचित मात्रक प्रयोग करके गणना की जा सकती है।

$$यू'(ट,ठ) = 0.2778 \times आयतन \times यू(ट,ठ) \qquad (6)$$

यहाँ आयतन, अतिरिक्त वर्षा का इकाई आयतन है जो एकक जलालेख प्राप्त करने के लिये प्रयोग किया गया है। उपरोक्त आयतन मि0मी0 में लिये गये हैं।



चित्र 2 - मारकोडारट एल्गोरिथम का फ्लो चार्ट

प्रत्यक्ष सतही अपवाह ज्ञात करना

प्रत्यक्ष सतही अपवाह जलालेख ($\text{य}_{\text{इ}}$) के मान निम्न समीकरण प्रयोग कर प्राप्त किया है–

$$\hat{\text{य}}_{\text{इ}} = \sum_{\text{ज}=1}^{\text{इ}} [\text{एक्स}_{(\text{ज})} - \text{यू}_{(\text{इ}-\text{ज}+1)}] \quad (7)$$

जहाँ $\text{एक्स}_{(\text{ज})}$ अतिरिक्त वर्षा की $\text{न}^{\text{वाँ}}$ मान है और

$$\text{यू}_{(\text{आई})} = \text{यू}(\text{ट, आई } \Delta\text{ठ}) = \text{यू}(\text{ट,ठ}) \quad (8)$$

परिणामों की चर्चा

इस अध्ययन में मारकोडरट प्रमेय का प्रयोग कर नैश मॉडल के विभिन्न चरणों की गणना के लिये आठ विभिन्न अवस्थाओं की वृष्टि के आंकड़ों को गोदावरी नदी के उपखण्ड–3फ के लिये विश्लेषित किया है। जिससे तालिका–2 में स्पष्ट किया है। नैश–मॉडल के चर 'न' और 'क' दक्षता, ऋटियों के वर्ग का जोड़, शीर्ष निस्सरण और शीर्ष निस्सरण का समय आदि को तालिका--3 में दर्शाया गया है।

इस मॉडल को विभिन्न अवस्थाओं के लिये प्रयोग किया गया और मुख्यतः देखा गया है कि चर 'न' प्रत्येक वृष्टि के लिये अलग–अलग है। यह संख्या 2.27 से 10 तक तथा चर 'क' 0.58 से 2.67 तक परिवर्तित हो रही है जबकि चर (न) और (क) का गुणनफल (न x क) बहुत कम परिवर्तित हो रहा है (4.2 से 6.4 तक)। अवस्था तृतीय और चतुर्थ को छोड़कर, इस मॉडल की 90 प्रतिशत दक्षता यह निर्दिष्ट करती है कि नैश मॉडल द्वारा आंकलित सतही अपवाह, मापे गये सतही अपवाह से परास्परिक रूप से बहुत नजदीक से आंकलन कर रहा है। उपरोक्तानुसार इस मॉडल के चर 'न' और 'क' तथा प्रत्यक्ष सतही अपवाह के गुणों में परिवर्तन का एक मुख्य कारण यह है कि जल क्षेत्र में वर्षा, एक निश्चित समय और स्थान के लिये एक समान मानी गई है। जबकि यह व्यवहारिक रूप से सत्य नहीं है।

मापा गया प्रत्यक्ष सतही अपवाह और गणना द्वारा प्राप्त प्रत्यक्ष सतही अपवाह जलालेखों को ग्राफ द्वारा प्रथम अवस्था से अष्ठम अवस्था के लिये चित्र–3 से 10 तक दर्शाये गये हैं, इसे विश्लेषित करने पर यह टिप्पणी दी जाती है कि मापा गया प्रत्यक्ष सतही अपवाह और गणना द्वारा प्राप्त प्रत्यक्ष सतही अपवाह में विशेष अन्तर नहीं है किन्तु ग्राफ द्वारा प्रदर्शित करने पर जलालेख की जो आकृति प्राप्त होनी चाहिये वह आकृति प्राप्त नहीं हुई है, यह शायद इसलिये हुआ कि

(1) आधार बहाव अलग करने में कोई गलती हुई है
(2) ऋटियों की दर ठीक नहीं है
(3) आवाह क्षेत्र आरैखिक गुणवत्ता वाला है।

साथ ही साथ यह भी ध्यान रखना पड़ता है कि वर्षा तथा अपवाह के आंकड़ों को मापने में गलतियां अक्सर पायी जाती हैं तथा वर्षा और अपवाह के मापयंत्रों का नेटवक्र भी मानदण्ड़ों के अनुरूप नहीं है।

निष्कर्ष

1. मारकोडरट प्रमेय नैश माडल के विभिन्न चरणों की गणना कि लिए उपयुक्त तकनीक है, इस प्रमेय में चर न, और क, के प्रारंभिक मानो को ऋटियों सहित लेने पर भी इस प्रमेय द्वारा उनका सही आंकलन होता है।

तालिका–3 : आठ अवस्थाओं के लिए प्राप्त परिणामों का सक्षिप्त विवरण

आस्थाएं	दक्षता प्रतिशत	ऋटियों के जोड का वर्ग (मी³/से0)²	न	क घन्टा	नक धन्टा	(नक)² धन्टा²	एकक शीर्ष निस्सरण मी³/से0	जलालेख के गुण शीर्ष निस्सरण का समय (घन्टा)
1.	96.351	21941.04	7.402	0.580	4.296	2.493	59.42	4
2.	97.046	8803.73	5.328	1.217	6.486	7.895	35.02	6
3.	83.224	21800.16	10.00	0.629	6.296	3.963	47.13	6
4.	92.247	52709.99	6.590	0.831	5.486	4.560	45.08	5
5.	96.492	7727.41	8.5215	0.586	4.997	2.930	55.21	5
6.	93.062	23840.15	6.4569	0.873	5.642	4.292	43.18	5
7.	91.261	16479.47	4.774	1.335	6.375	8.512	33.75	6
8.	82.499	608116.60	2.273	2.670	6.069	16.204	28.32	4

2. नैश.–माडल के विभिन्न चरणों की गणनाओं का विश्लेषण करने पर प्रत्येक अवस्था के लिये प्राप्त हुये चर क. और न. के मान एक से नहीं है। अतः उपयुक्त मध्यमान विधि का प्रयोग कर नैश–माडल को आवाह क्षेत्र के लिये प्रयोग किया जा सकता है।

3. प्रत्येक अवस्था में प्राप्त परिणाम उत्साहवर्धक है इससे यह प्रतीत होता है कि लधु आवाह क्षेत्र के लिये भरतीय दशाओं में यह मॉडल काफी उपयुक्त हो सकता है।

सन्दर्भ

इस प्रतिवेदन के निम्नलिखित व्यक्तियो के सन्दर्भो को विचार कर पूरा किया–

चोव वी.टी (1965) अपवाह खण्ड 14 जलविज्ञान का प्रयोग पर संक्षिप्त किताब, एम सी ग्राव हिल बुक कम्पनी, न्यूर्याक।

नैश जे. ई. (1959): एकक जलालेख का ब्रिटिश आवाह क्षेत्र के विशेष सन्दर्भ में टिप्पणी" मेनूस्क्रीप्ट्।

जल विज्ञान के तंत्र, जल विज्ञान पर अनर्तराष्ट्रीय स्नातकोत्तर कोर्स, यूनिर्वसिटी कालेज गालवे, आयरलेण्ड।

पीरसन् के (1965): अपूर्ण गामा फन्कसन की तालीका र्चाले किफिन एण्उ कम्पनी लिमिटेड द्वारा प्रकाशित एवं वायेमेट्रिक ट्रस्टीस के लिये मुद्रित।

सिंह आर. डी. एंव एस. एम. सेठ (1984–85): एकक जलालेख विधि पर विस्तृत अध्ययन रिर्पोट नं. सी. एस.–7 राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रूडकी (उ. प्र.) इंडिया।

सिंह आर. डी. एंव एस. एम. सेठ (1984–85):– एकक जलालेख का निर्धारण रिर्पोट नं0 यूं. एम.–8, रा0ज0वि0 संस्थान, रूडकी (उ. प्र.) इंडिया।

विल्सन् ई. एम. (1969): आमियंत्रिकी जलविज्ञान मैकमिलन, लन्दन।