प्रपत्र 1.10

एल–मोमेन्टस एवं पारम्परिक तकनीकों द्वारा विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए आंकलित बाढ़ की तुलना

राकेश कुमार[1] तिलक राज सपरा[1] पंकजमणि[1] जगदीश पात्रा[1] मनोहर अरोरा[1]
वैज्ञा. एफ शोध सहायक वैज्ञा. ई. 1 वैज्ञा. बी वैज्ञा. सी

[1]राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की

साराश

विभिन्न प्रकार को जल संसाधन परियोजनाओं/जलविज्ञानीय संरचनाओं जैसे कि बाँध, स्पिलवे, सड़क एवं रेलवे पुल, पुलिया, शहरी निकासी तन्त्र तथा विभिन्न संरचनात्मक उपायों जैसे कि बाढ़ क्षेत्र का निर्धारण, बाढ़ सुरक्षा परियोजनाओं का आर्थिक मूल्याकंन इत्यादि के लिए बाढ़ परिमाण एवं उनकी आवृत्ति सम्बन्धित सूचना की आवश्यकता होती है। सत्तहवीं शताब्दी में वैज्ञानिक जलविज्ञान की शुरूआत के समय से ही वैज्ञानिकों एवं अभियन्ताओं के लिए एक गम्भीर समस्या रही है कि आंकड़ों की उपलब्धता न होने की स्थिति में बेसिन में प्रवाह का पूर्वानुमान कैसे किया जाये। जब कभी किसी महत्व के स्थान के नजदीक के वर्षा अथवा नदी प्रवाह के आंकडें उपलब्ध नहीं होते वैज्ञानिकों एवं अभियन्ताओं के लिए विश्वसनीय अभिकल्प बाढ़ आंकलन करना मुश्किल कार्य होता है। ऐसी स्थिति में क्षेत्र के लिए विकसित क्षेत्रीय बाढ़ आवृत्ति सह–सम्बन्ध, अभिकल्प बाढ़ के पूर्वानुमान, विशेष कर लघु एवं मध्यम आवाह क्षेत्र के लिए, एक वैकल्पिक विधि हो सकती है।

आवाह क्षेत्रों में पूर्वानुमान के महत्व को देखते हुए जलविज्ञानी विज्ञान की अन्तर्राष्ट्रीय संस्था (आई. ए.एच.एस) ने एक विशेष कार्यक्रम "अमापित बेसिनों का पूर्वानुमान (पब्स)" की शुरूआत की तथा वर्तमान दशक को पब्स का दशक घोषित किया। भारतीय मानक ब्यूरो (बी.आइ.एस.) के अनुसार जलविज्ञानीय अभिकल्प मापदण्ड आवृत्ति आधारित बाढ़ का लगभग सभी जल विज्ञानीय संरचनाओं जैसे कि लघु आकार बाँध, बैराज, सड़क एवं रेलवे पुल, निकासी संरचनाएं, बाढ़ नियन्त्रण संरचनाएं इत्यादि के लिए अभिकल्प बाढ़ के आंकलन में अनुप्रयोग होता है। विशाल एवं मध्यम आकार के बाँधों के अभिकल्प के लिए क्रमशः संभावित अधिकतम बाढ़ तथा मानक परियोजना बाढ़ का अनुप्रयोग होता है। अधिकतर लघु आवाह क्षेत्र अमापित अथवा निम्न मापित होते हैं। इस अध्ययन में हिम एवं वर्षा पोषित क्षेत्र के आंकड़ों का उपयोग करते हुए एल–मोमेन्टस एवं पारम्परिक न्यूनतम वर्ग आधारित EVI वितरण विधि तथा पी.टी.–III विधि द्वारा विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ का आंकलन किया गया तथा प्राप्त परिणामों की तुलना की गई है।

1.0 प्रस्तावना

बाढ़ आंकलन की विधियों को मुख्यतः पाँच श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है जैसे कि (अ) बाढ सूत्र एवं एनवलप वक्र (ब) रेशनल सूत्र (स) बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण (द) इकाई जलालेख सिद्धान्त तथा (ज) जल ग्रहण क्षेत्र मॉडल्स। पिग्रिम तथा कॉरेड्रे (1992) का मत है कि लघु तथा मध्यम आकार के जलग्रहण क्षेत्रों के लिए शीर्ष बाढ़ का अनुमान लगाना शायद सबसे अधिक प्रचलित एवं सबसे अधिक आर्थिक महत्व की पद्धति है। इन लेखकों का यह भी मत है कि बाढ़ आंकलन की जो भी अनेकों विधियां उपयोग में लाई गई हैं उनमें तीन विधियां मुख्य हैं, 1. रेशनल सूत्र 2. एस.सी.एस. मृदा संरक्षण विधि 3. क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि।

एल–मोमेन्ट्स का विकास होस्किंग (1990) द्वारा किया गया। हास्किंग (1990) ने एल–मोमेन्टस को प्रायिकता भारित आघूर्ण के रेखिक समन्वय के रूप मे परिभाषित किया। जलविज्ञान के क्षेत्र में आंकडों की प्रकृति तथा बारम्बारता वितरण वक्रों के पैरामीटरों के उचित अनुमान लगाने में एल–मोमेन्ट्स बहुत अधिक उपयोग किया गया है। (स्टेडिन्जर, 1992) बारम्बारता वक्रों के पैरामीटरों का अनुमान लगाने वाली विधियां निम्नानुसार है :–

1. आघूर्णों का सिद्धान्त
2. न्यूनतम वक्रों का सिद्धान्त

3. अधिकतम सम्भावना का सिद्धान्त
4. प्रायिकता भारित आघूर्णों का सिद्धान्त
5. एल–मोमेन्ट्स का सिद्धान्त

एल मोमेन्ट्स विधि उपरोक्त सभी विधियों से श्रेष्ठ है तथा विश्व भर के अनेकों विभागों में उपयोग में लाई जा रही है।

2.0 बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि

क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि में एल–मोमेन्टस का उपयोग करते हुए प्रमापित तथा अप्रमापित जलग्रहण क्षेत्रों के लिए बाढ़ बारम्बारता सूत्रों के लिए विकास की विधि निम्न प्रकार है। (कुमार इत्यादि 2003)

1. आंकड़ों की उपयुक्तता की एल–मोमेन्टस पर आधारित डिस्कोडेन्सी मापदण्ड द्वारा जाँच।
2. एल–मोमेन्टस पर आधारित समरूपता जाँच मापदण्ड द्वारा वार्षिक शीर्षतम बाढ़ के आंकड़ों का उपयोग करते हुए क्षेत्रीय समरूपता की जांच।
3. क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि द्वारा तुलनात्मक अध्ययन तथा एल–मोमेन्टस अनुपात आरेख एवं जेड सांख्यिकी मापदण्ड द्वारा उपयुक्त बाढ़ बारम्बारता वक्र की पहचान करना।
4. प्रमापित जलग्रहण क्षत्रों के लिए विभिन्न प्रत्यागमन काल के बाढ़ का अनुमान लगाने के लिए चुने गये क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्र को विकसित करना।
5. अप्रमापित जल ग्रहण क्षेत्रों के लिए क्षेत्रीय औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ का मान निकालने के लिए प्रमापित जलग्रहण क्षेत्रों की औसत वार्षिक बाढ़ एवं उनके क्षेत्रफल में सम्बंध स्थापित करना।
6. उसी समरूप क्षेत्र के अप्रमापित क्षेत्रों के लिए विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ का अनुमान लगाने के लिए चुने गये क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्र एवं क्षेत्रीय औसत वार्षिक बाढ़ तथा जल ग्रहण क्षेत्रों के क्षेत्रफल के सम्बंध का समन्वय करना।

3.0 विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ का आंकलन

इस प्रपत्र में विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ का आंकलन निम्नलिखित तीन विधियों से किया गया है:–

i. EVI (एक्सट्रीम वैल्यू 1)
ii. PT3 (पियरसन टाइप 3)
iii. एल–मोमेन्टस अनुपात

एक्सट्रीम वैल्यू टाइप 1 वितरण (EVI)

एक्सट्रीम वैल्यू टाइप 1 वितरण (EVI) दो प्राचलीय वितरण है। इसको गम्बल वितरण के नाम से भी जाना जाता है। वितरण के कारक को निम्नलिखित रूप से व्यक्त किया जाता है।

$X_T = u + dY_T$

जहां

$u = x - 0\text{-}5772\ d$

$d = (v6/\pi)\ S_x$

Y_T = घटते वैरियेट

इस प्रपत्र में ई.वी–1 के निम्नलिखित दो प्राचलों के आधार पर विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ का आंकलन किया गया।

(1) मोमेन्टस विधि
(2) अधिकतम लाइकलीहुड विधि

पियरसन टाइप 3 वितरण (PT-3)

पियरसन टाइप 3 वितरण (PT-3), गामा वितरण (जिसकी धनात्मक स्कियूनैस होती है), रिफलैक्टेड गामा वितरण (जिसकी ऋणात्मक स्कियूनैस होती है) तथा सामान्य वितरण (जिसकी शून्य स्क्यूनैस होती है) से मिलकर बना है।

जनरलाइस्ड लॉजिस्टिक डिस्ट्रीब्यूसन (GLO) इसको निम्न रूप से व्यक्त किया जाता है।

$x(F) = u + \alpha [1-\{(1-F) / F\}^{K}] / K; \qquad K \neq 0$

$x(F) = u - \alpha \ in\{(1-F) /F \}; \qquad K = 0$

जहाँ u, α तथा K कमशः स्थान, पैमाना तथा आकार प्राचल है। लॉजिस्टिक वितरण, जनरेलाइस्ड लॉजिस्टिक वितरण की विशेष स्थिति है। जहाँ $K = 0$

एल–मोमेन्ट्स

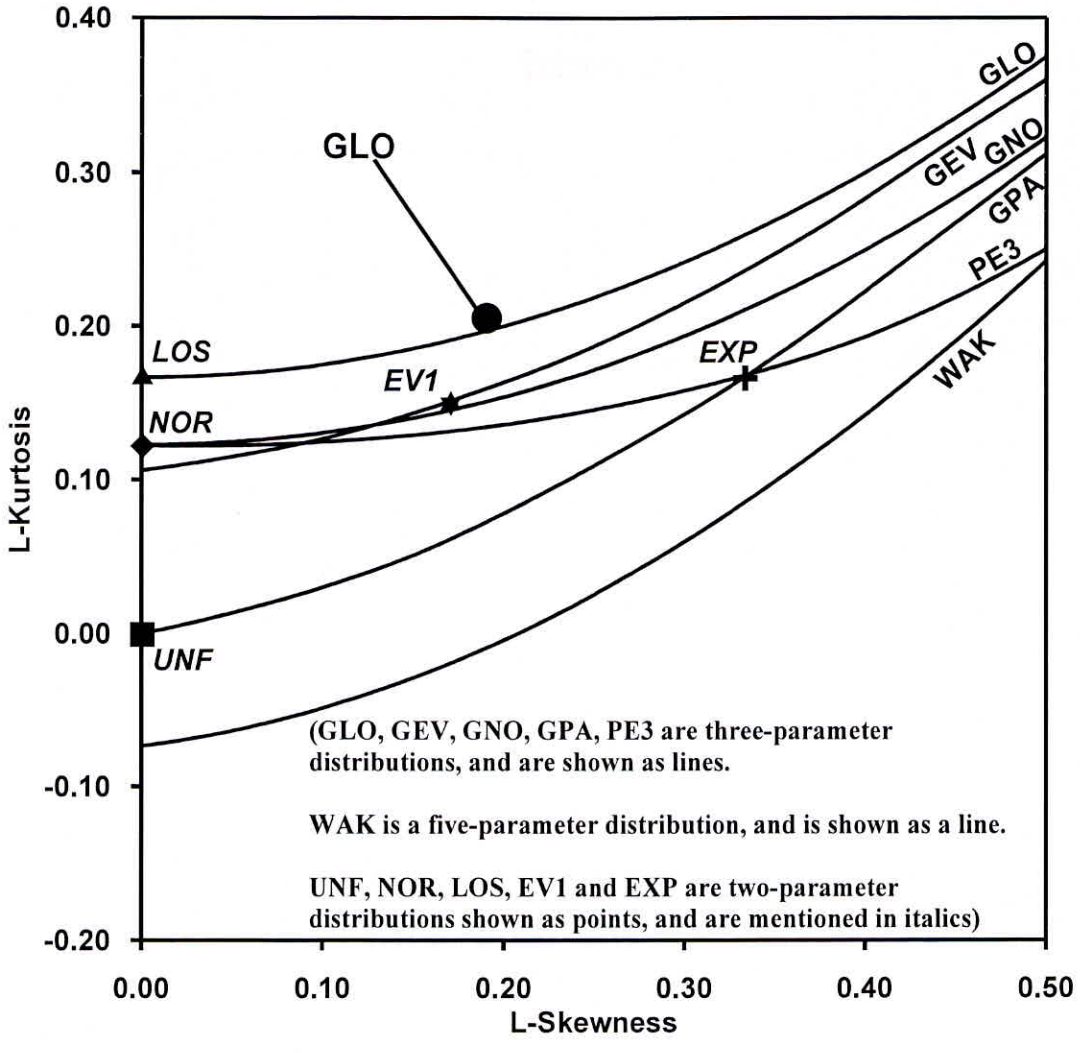
जोफिराकोव–कोलोरिस इत्यादि (1998) ने प्रतिवेदित किया कि सामान्य उत्पाद मोमेन्ट्स की तरह एल–मोमेन्ट्स प्रेक्षित नमूनों एवं सिद्धान्तीय संभावित वितरण के आकार अथवा अभिलक्षणों को निर्देशित करता है। दोनों प्रकार के मोमेन्ट्स वितरण स्थल (माध्यम), स्केल (वैरियन्स), स्कियूनैस (आकार) तथा कुरटोसिस (पीकडनैस) के उपाय बताते हैं। निम्नलिखित के कारण एल–मोमेन्ट्स पर्यावरण आंकड़ों के लिए सामान्य उत्पाद मोमेन्ट्स से अधिक लाभकारी है।

i. स्थान पैमाना तथा आकार के आंकलन के एल–मोमेन्ट्स अनुपात संभावित वितरण, जिससे प्रेक्षण किये गये हैं, से प्रभावित नहीं होते। (होसकिंग 1990)
ii. उच्चतर स्कियूड नमूनों के लिए एल–मोमेन्ट्स अनुपात आंकलन जैसे कि L-C, L – स्कियूनैस एवं एल–कुरटोसिस, पारम्परिक सामान्य उत्पाद मोमेन्टस की अपेक्षा निम्न संवेदनशील होते हैं।
iii. एल–सी एवं एल–स्कियूनैस के एल–मोमेन्ट्स अनुपात आंकलक, CV एवं स्क्यिूनैस के सामान्य उत्पाद मोमेन्ट्स अनुपात आंकलक की तरह नमूना आकार की सीमा पर निर्भर नहीं करते।
iv. एल–मोमेन्ट्स आंकलन प्रेक्षणों के रेखीय संयुग्म होते हैं तथा उत्पाद मोमेन्ट्स आंकलन जो प्रेक्षणों के वर्ग अथवा घन होते हैं, की अपक्षा सबसे बड़े प्रेक्षण से निम्न संवेदनशीन होते हैं।
v. उच्चतर स्कियूड आंकड़ों के वितरण गुणों के अभिनिर्धारण में एल–मोमेन्ट्स अनुपात आलेख अधिक प्रयोगी होते हैं जबकि इस तरह के कार्य के लिए सामान्य उत्पाद मोमेन्ट्स आलेख लगभग अनुप्रयोगी होते हैं।

एल–मामेन्टस उपागम में विभिन्न आवृत्ति वितरण जैसे कि एक्सट्रीम वैल्यू (EVI), जनरल एक्सट्रीम वैल्यू (GEV), लॉजिस्टिक (LOS), जनरलाइस्ड लॉजिस्टिक (GLO), नॉरमल (NOR), जनरलाइस्ड नॉरमल (GNO), यूनिफॉर्म (UNF), पियर्सन टाइप थ्री (PE3), एक्सपोनैनशल (EXP), जनरलाइस्ड पैरेटो (GPA), कापा (KAP), तथा पांच प्राचल वेकबाय (wak) का उपयोग करते हुए विभिन्न अवधि के लिए बाढ़ का आंकलन किया गया तथा एल–मोमेन्ट्स द्वारा सबसे अधिक फिट वितरण का चुनाव कर बाढ़ आंकलन किया जाता है। इन्ही आंकड़ों का उपयोग करते हुए पारम्परिक न्यूनतम वर्ग आधारित EVI वितरण द्वारा विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ का आंकलन किया गया तथा इसकी तुलना एल–मोमेन्ट्स द्वारा प्राप्त परिणामों से की गयी है।

बाढ़ बारम्बारता वक्रों का चुनाव

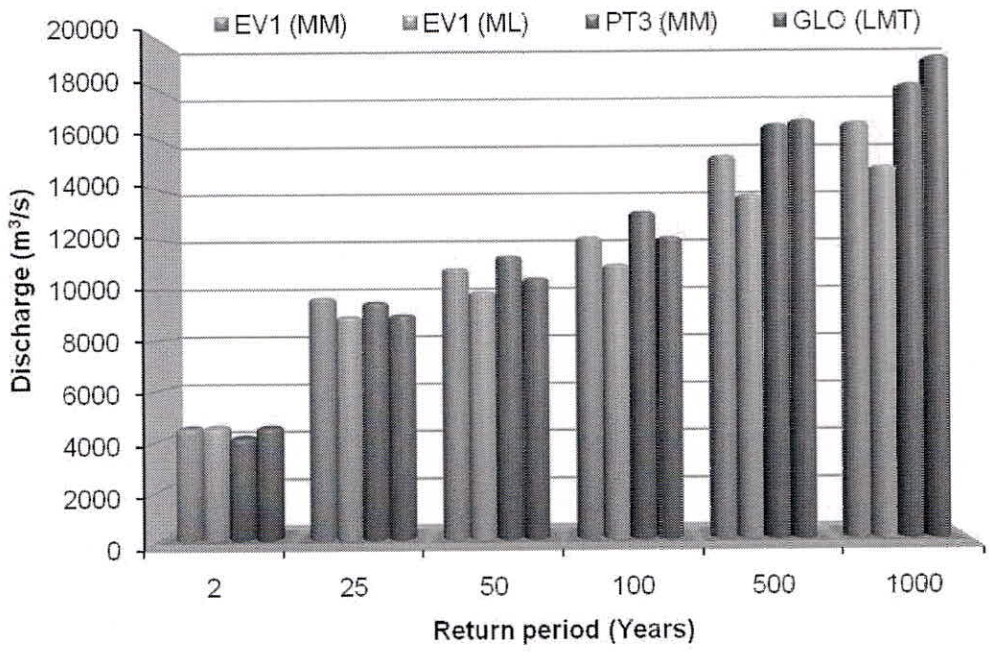
बाढ़ बारम्बारता वक्र का चुनाव एल–मोमेन्ट्स अनुपात आरेख (चित्र–1) व जेड सांख्यिकी (तालिका–1) के आधार पर किया गया है। इन दोनों मापदण्डों के आधार पर इनका विश्लेषण किया गया है। (जो एल.ओ. एल–मोमेन्ट्स वितरण वक इस क्षेत्र के लिए सबसे उपयुक्त पाया गया) जनरल एक्ट्रीम वैल्यू (जी.ई.वी.) वितरण वक्र इस क्षेत्र के लिए सबसे उपयुक्त पाया गया।



चित्र–1– अध्ययन क्षेत्र के लिए एल–मोमेन्ट्स अनुपात आलेख

तालिका–1 विभिन्न वितरणों के लिए जेड सांख्यिकी

क्रम सं.	वितरण	जेड–सांख्यिकी
1.	GLO	-.34
2.	GEV	-1.10
3.	GNO	1.24
4.	PE	-1.57
5.	GPA	-2.80



तालिका–2– भिन्न विधियों द्वारा आंकलित विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए बाढ के मान (घन.मी./से. में)

प्रत्यागमन काल	EV1 (MM)	EV1 (ML)	PT3 (MM)	GLO (LMT)
2	4487	4495	4089	4494
10	7856	7369	7462	7297
20	9143	8467	9069	8548
25	9664	8912	9489	8978
50	10809	9889	11300	10419
100	12058	10954	13060	12042
200	13526	12206	14443	13883
500	15289	13710	16544	16715
1000	16622	14848	18133	19209
10000	21052	18627	23412	30308

परिणाम एवं निष्कर्ष

इस अध्ययन में आंकड़ों का उपयोग करते हुए ई वी 1, पी.टी. 3 तथा एल–मोमेन्ट्स विधि द्वारा विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ का आंकलन किया गया। अध्ययन में किये गये विश्लेषण से प्राप्त बाढ़ के परिणाम को तालिका–1 में प्रतिवेदित किया गया है। परिणामों को बार–चार्ट द्वारा चित्र–2 में दर्शाया गया है। अध्ययन में यह देखा गया कि दो वर्ष प्रत्यागमन काल के लिए सभी विधियों, अर्थात् ई.वी। (मोमेन्ट्स विधि (एम.एम)), ई.वी। (अधिकतम लाइकली हुड (एम.एल)), पी.टी 3 (मोमेन्ट्स विधि (एम.एम)) तथा जी.एल. ओ. (एल–मोमेन्ट्स), से आंकलित बाढ़ के मान ई वी। (एम.एल) तथा जी.एल.ओ. विधि से लगभग समान मिले। पी.टी 3 (एम.एम.) द्वारा यह मान निम्नतम 4089 घन.मी./से. मिले। 10 वर्ष प्रत्यागमन काल के लिए निम्नतम मान जी.एल.ओ. से 7297 घन.मी./से. तथा अधिकतम मान ई वी। (एम.एम) से 7856 घन.मी./से. आये। 20 वर्ष प्रत्यागमन काल के लिए आंकलित बाढ़ के अधिकतम मान 9143 घन.मी./से. ई वी। (एम.एम) विधि से मिले। जी.एल.ओ. विधि से यह मान 8548 घन.मी./से. आये। 25 वर्ष प्रत्यागमन काल के लिए अधिकतम मान 9664 घन.मी./से. जबकि एल–मोमेन्ट्स विधि द्वारा यह मान 28978 आंकलित किया गया। जी.एल.ओ. विधि से यह मान 8978 घन.मी./से. आये। 50 वर्ष प्रत्यागमन काल के लिए अधिकतम मान पी.टी. 3 (एम.एम) विधि में 11300 घन.मी./से. आये जबकि जी.एल.ओ. विधि में बाढ़ के मान 10419 घन.मी./से.

आंकलित किये गये। 100 वर्ष प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ का आंकलित मान 13060 घन.मी./से. पी.टी. 3 (एम.एम.) विधि से आंकलित किये गये जबकि एल–मोमेन्ट्स विधि से बाढ़ के मान 12042 घन.मी./से. आंकलित किये गये। 200 वर्ष प्रत्यागमन काल के लिए पी.टी. 3 (एम.एम.) विधि से बाढ़ के अधिकतम मान 14443 घन.मी./से. प्राप्त हुए। ई.वी.। (एम.एम.) विधि से 500 वर्ष प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ के अधिकतम मान 16715 घन.मी./से. एल–मोमेन्ट्स विधि से आंकलित किये गये। 1000 वर्ष प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ के अधिकतम एंव निम्नतम मान कमशः एल–मोमेन्ट्स विधि तथा ई वी। (एम.एम.) से कमशः 19209 घन.मी./से. तथा 14848 घन.मी./से. आंकलित किये गये। 10000 वर्ष प्रत्यागमन काल के बाढ़ के अधिकतम एवं निम्नतम मान कमशः एल–मामेन्ट्स विधि तथा ई वी। (एम.एम.) से कमशः 30308 घन.मी./से. तथा 18627 घन.मी./से. आंकलित किये गये जो संकेत करते हैं कि अधिक प्रत्यागमन काल के लिए एल–मोमेन्ट्स विधि से बाढ़ के अधिकतम मान मिलते हैं। अध्ययन से यह निष्कर्ष निकलता है कि एल–मोमेन्ट्स विधि द्वारा विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए बांढ़ का आंकलन करना अधिक अनुपयोगी है। पारम्परिक तकनीकों द्वारा आंकलित करने के लिए सभी वितरण तकनीक पर प्रयोग किये जाते है। एल–मोमेन्ट्स में ज्यादा समरूपता पायी जाती है। अध्ययन में यह निष्कर्ष निकलता है कि इस प्रकार के तुलनात्मक अध्ययन की ओर अधिक आंकड़ों पर अनुप्रयोग करने की आवश्यकता है।

संदर्भ

जे.आर.एम.होस्किंग (1990), "एल–मोमेन्टस : सांख्यिकी के मिश्रण से वितरणों का विश्लेषण एवं अनुमान", रॉयल सांख्यिकी समिति का जनरल, श्रृंखला बी 52, 105–124

डी.एच.पिलग्रिम तथा आई कारड्रें (1992) "बाढ़ अपवाह" हैण्डबुक ऑफ हाइड्रोलॉजी, (सम्पादक डी.आर. मैडमेन्ट), अध्याय 9, मैग्राहिल, न्यायार्क

राकेश कुमार, चन्द्रनाथ चटर्जी तथा संजय कुमार (2003) "सोन उपक्षेत्र के लिए एल–मोमेन्ट्स के उपयोग से क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र" अप्लाईड इन्जीनियरिंग इन एग्रीकल्वर, अमेरिकन सोसाइटी ऑफ एग्रीकल्वरल इन्जीनियर्स, इन एग्रीकल्वर, अमेरिकन सोसाइटी ऑफ एग्रीकल्वरल इन्जी, 19(1), 47–53

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, (2002) एल–मोमेन्ट्स के उपयोग द्वास मध्यीय गंगा मैदानी क्षेत्र (उपक्षेत्र 5 1 एफ) के लिए क्षेत्रीय बाढ़ सूत्रों का विकास, (प्रकाशन अधीन)

जे.आर. स्टेडिन्जर, आर.एम.वागेल. तथा ई फाउफोला जियोजियाँ (1992) अधिकतम इवेन्टस की बाढ़ बारम्बारता, (सम्पादक डी.आर.मैडमेन्ट) हैंडबुक ऑफ हाइड्रोलॉजी, अध्याय 18 मेग्राहिल, न्यूर्याक

जे.आर.एम.होस्किंग (1993), "क्षेत्रीय बारम्बारता विश्लेषण में उपयोगो कुद्द सांख्यिकी" जल संसाधन अनुसंधान 29 (2) : 271:281

जे.आर.एम. होस्किंग तथा जे.आर. वालिस (1997) "क्षेत्रीय आवृत्ति विश्लेषण – एल–मोमेन्टस पर आधारित एक उपागम" कैम्ब्रिज विश्वविद्यालय प्रेस, न्यूयार्क

आर.कुमार, आर.डी.सिंह तथा एस.एम.सेठ (1999), "भारत के जोन – 3 के सात उपजोनों के लिए क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र" हाइड्रोलॉजिक अभियान्त्रिकी का जर्नल, एस.सी.ई. 4(3); 240–244

स्टेडिन्जर, जे.आर., वोगल, आर.एम. और फोफोला–जारजियो, ई. (1992), "जलविज्ञान अधिकता का आवृत्ति विश्लेषण" हैण्ड़बुक ऑफ हाइड्रोलॉजी, डी.आर. मेडमैन्ट, चैपटर. 18, मैकग्रा–हिल, न्यूयार्क.

जोफिराकोव–कोलोरिस, ए., वोगल, राम.एम., क्रेग, एस.एम., और हबरमीर, जे. (1998). "सेसरड प्रेक्षणो के लिए एल–मोमेन्ट्स आलेख" वाटर रिर्सोसिज. री., 34(5), 1241–1249.