

## क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण में एल-मोमेन्ट्स का उपयोग

राकेश कुमार

चन्द्रनाथ चटर्जी

संजय कुमार

राजदेव सिंह

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

### सारांश

प्राचीन काल से ही बाढ़ की मात्रा तथा इसके प्रत्यागमन काल का अनुमान लगाने हेतु विश्वभर के अभियन्तागण एवं वैज्ञानिक प्रयास करते रहे हैं। इसकी आवश्यकता अनेको प्रकार की जल सरचनाओं जैसे बाँध, सेतुओं आदि के अभिकल्पन के लिए पड़ती है। जिन स्थानों पर प्रयाप्त मात्रा में वार्षिक शीर्ष बाढ़ के आंकड़े उपलब्ध हैं, विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ के आंकलन के लिए बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि का प्रयोग किया जाता है। जिन स्थलों के लिए वार्षिक शीर्ष बाढ़ के आंकड़े उपलब्ध नहीं होते हैं। या प्रयाप्त मात्रा में उपलब्ध नहीं होते हैं, उन स्थलों के लिए विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ के अनुमान के लिए क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि का प्रयोग किया जाता है।

गत वर्षों में क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण में एल-मोमेन्ट्स के उपयोग ने अत्यधिक ध्यान आकृषित किया है। एल-मोमेन्ट्स प्रायिकता भारित मोमेन्ट्स के संशोधन से स्वरूप में आये हैं। एल-मोमेन्ट्स का उपयोग विश्वभर में अनेकों विभागों द्वारा किया जा रहा है क्योंकि वे अपने क्षेत्र की अभी तक विकसित सभी विधियों में श्रेष्ठतम हैं। क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण में एल-मोमेन्ट्स बाढ़ के आकड़ों की उपयोगिता की जाँच, क्षेत्रीय समरूपता की जाँच तथा उपयुक्त बारम्बारता वितरण प्रणाली का चुनाव करने हेतु उपयोग में लाये जाते हैं। इस प्रपत्र में एल-मोमेन्ट्स का उपयोग क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि में दर्शाया गया है। प्रमापित एवं अप्रमापित जलगृहण क्षेत्रों के लिए बाढ़ आंकलन के सूत्रों के विकास हेतु एल-मोमेन्ट्स के उपयोग के उदाहरण भी दिये गये हैं।

### 1. प्रस्तावना :

बाढ़ आंकलन की विधियों को मुख्यतः पाँच श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है जैसे कि (i) बाढ़ सूत्र एवं एनवल्प वक्र, (ii) रैशनल सूत्र, (iii) बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण, (iv) इकाई जलालेख सिद्धान्त तथा (v) जलगृहण क्षेत्र मॉडल्स। पिलग्रिम तथा कॉरडे (1992) का मत है कि लघु तथा मध्यम आकार के जलगृहण क्षेत्रों के लिए शीर्ष बाढ़ का अनुमान लगाना शायद सबसे अधिक प्रचलित एवं सबसे अधिक आर्थिक महत्व की पद्धति रही है। इन लेखकों का यह भी मत है कि बाढ़ आंकलन की जो भी अनेकों विधिया उपयोग में लायी गई हैं उनमें तीन विधियाँ मुख्य हैं। ये हैं (i) रैशनल सूत्र (ii) एस.सी.एस. मृदा संरक्षण विधि (iii) क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि।

एल-मोमेन्टस का विकास होस्कंग (1990) द्वारा किया गया। होस्कंग (1990) ने एल-मोमेन्टस को प्रायिकता भारित आघूर्ण के रेखिक समन्वय के रूप में परिभाषित किया। जल विज्ञान के क्षेत्र में आकड़ों की प्रकृति तथा बारम्बारता वितरण वक्रों के पैरामीटरों के उचित अनुमान लगाने में एल-मोमेन्टस बहुत अधिक उपयोग किया गया है (स्टेडिन्जर, 1992)। बारम्बारता वक्रों के पैरामीटरों का अनुमान लगाने वाली विभिन्न विधियां निम्नलिखित हैं :

- (1) आघूर्णों का सिद्धान्त
- (2) न्यूनतम वर्गों का सिद्धान्त
- (3) अधिकतम सम्भावना का सिद्धान्त
- (4) प्रायिकता भारित आघूर्णों का सिद्धान्त
- (5) एल-मोमेन्टस का सिद्धान्त

एल-मोमेन्टस विधि उपरोक्त सभी विधियों से श्रेष्ठ है तथा विश्वभर के अनेकों विभागों में उपयोग में लाई जा रही है।

## 2. क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि :

क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि में एल-मोमेन्टस का उपयोग करते हुए प्रमापित तथा अप्रमापित जलगृहण क्षेत्रों के लिए क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्रों के विकास की विधि निम्न प्रकार है (कुमार इत्यादि, 2003) :

- (1) आकड़ों की उपयुक्तता की एल-मोमेन्टस पर आधारित डिस्काडेन्सी मापदण्ड द्वारा जाँच।
- (2) एल-मोमेन्टस पर आधारित समरूपता जाँच मापदण्ड द्वारा वार्षिक शीर्षतम बाढ़ के आकड़ों का उपयोग करते हुए क्षेत्रीय समरूपता की जाँच।
- (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 जलगृहण क्षेत्रों के लिए, विभिन्न प्रत्यागमन काल के बाढ़ का अनुमान लगाने के लिए चुने गये क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्र को विकसित करना।
- (5) अप्रमापित जल गृहण क्षेत्रों के लिए क्षेत्रीय औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ का मान निकालने के लिए प्रमापित जल गृहण क्षेत्रों की औसत वार्षिक बाढ़ एवं उनके क्षेत्रफल में सम्बन्ध स्थापित करना।
- (6) उसी समरूप क्षेत्र के अप्रमापित जलगृहण 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 जलगृहण क्षेत्रों के क्षेत्रफल के सम्बन्ध का समन्वय करना।

## 3. क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्रों का विकास :

उपरोक्त क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि का उपयोग करते हुए विकसित किये गये क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्रों का पूर्ण विवरण रा.ज.स. (2002) में दिया गया है।

इस पत्र के अगले भाग में मध्य गंगा मैदानी क्षेत्र (उपक्षेत्र-1एफ) के प्रमाणित एवं अप्रमाणित जलगृहण क्षेत्रों के लिए एल-मोमेन्टस विधि का उपयोग करते हुए विकसित किये गये क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्रों का विवरण दिया गया है।

#### 4. अध्ययन क्षेत्र का विवरण तथा आकड़ों की उपलब्धता :

मध्य गंगा मैदानी क्षेत्र (उपक्षेत्र-1एफ) देशान्तर 80° से 89° पूर्व में तथा अक्षांश 24° से 29° उत्तर में स्थित है। इसका क्षेत्रफल 1,71,350, वर्ग किलोमीटर है। इस क्षेत्र में उत्तर प्रदेश, बिहार, झारखण्ड तथा पश्चिम बंगाल के हिस्से सम्मिलित हैं। इस क्षेत्र में बहने वाली नदियों में गंगा, यमुना गोमती, गंडक, आगरा, घाराप्ती, कोसी, कमला तथा महानन्दा मुख्य हैं। इस क्षेत्र के लिए वार्षिक शीर्ष बाढ़ के 11 जलगृहण क्षेत्रों के आंकड़े उपलब्ध हैं।

#### 5. क्षेत्रीय समरूपता की जाँच :

क्षेत्रीय समरूपता की जाँच के लिए एच 1 -सांख्यिकी जिसे की असमरूपता मापदण्ड (होस्किंग 1993) की संज्ञा दी जाती है, का उपयोग किया गया है। इस क्षेत्र के लिए 11 जलगृहण क्षेत्रों में से 8 जलगृहणों के आंकड़े समरूपता जाँच में उपयुक्त पाये गये। इनके लिए एच 1 -सांख्यिकी का मान 0.71 है जो कि 1.0 से कम है। इस क्षेत्र के लिए इन 8 जलगृहण क्षेत्रों के क्षेत्रफल एवं वार्षिक शीर्ष बाढ़ के आकड़ों की सांख्यिकी तथा उपलब्धता संख्या तालिका-1 में दी गई है।

#### 6. उपयुक्त क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्रों का चुनाव :

उपयुक्त क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्र का चुनाव एल-मोमेन्टस अनुपात आरेख (चित्र-1) व जेड-सांख्यिकी (तालिका-2) के आधार पर किया गया। इन दोनों मापदण्डों के आधार पर जनरल एकट्रीम वेल्यू (जी.ई.वी.) वितरण वक्र इस क्षेत्र के लिए सबसे उपयुक्त पाया गया।

तालिका 1 : मध्य गंगा मैदानी क्षेत्र (उपक्षेत्र 1-एफ) के विभिन्न जलगृहण क्षेत्रों के क्षेत्रफल तथा वार्षिक शीर्ष बाढ़ के आकड़ों की सांख्यिकी।

क्र. संख्या	सेतु संख्या	जल ग्रहण क्षेत्रफल (कि.मी.)	औसत शीर्ष बाढ़ (क्यूमेक)	उपलब्धता संख्या (वर्ष)
1.	59	54.39	97.48	33
2.	30	447.76	490.5	30
3.	160	150.4	70.31	32
4.	3	32.89	24.29	31
5.	60	130.00	140.56	27
6.	24	69.75	59.31	26
7.	141	59.83	79.39	23
8.	104	234.19	555.21	29

7. प्रमापित क्षेत्रों के लिए बाढ़ सूत्र : तालिका 2 : विभिन्न वितरणों के लिए जेड-सांख्यिकी

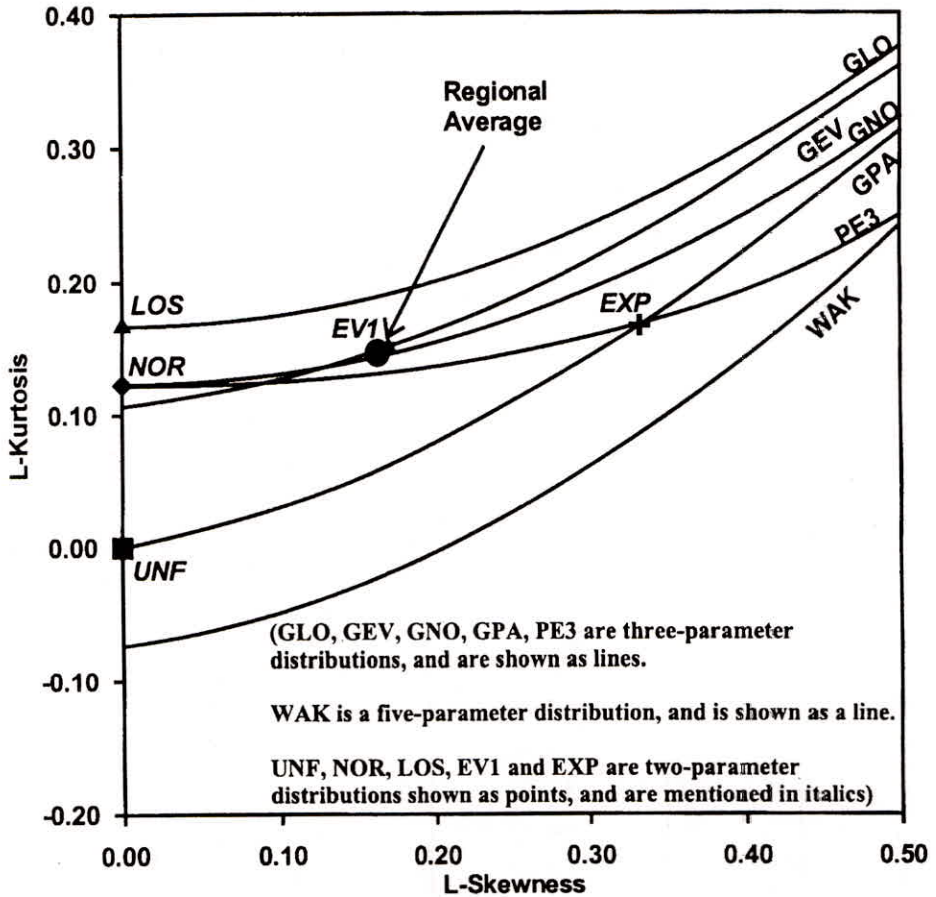
जी.ई.वी. वितरण के लिये पैरामीटरों के क्षेत्रीय मान निम्नलिखित हैं

के = 0.010, यू. = 0.734, एल्फा = 0.468

उपरोक्त मान सख्याओं का उपयोग करते हुए प्रमापित क्षेत्रों के लिये विकसित बाढ़ सूत्र निम्नलिखित हैं

क्र.सं.	वितरण	जेड-सांख्यिकी
1.	जी.ई.वी.	0.01
2.	जी.एन.ओ.	-0.14
3.	पी.टी.-III	-0.62
4.	जी.एल.ओ.	1.58
5.	जी.पी.ए.	3.40

$$Q_T = \left[ 47.534 - 46.8 \left( -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right)^{0.01} \right] * \bar{Q}$$



चित्र 1 : एल-मामेन्टस अनुपात आरेख

### तालिका 3 : ग्रोथ फैक्टर्स के मान

वितरण	प्रत्यागमन काल (वर्ष)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
	ग्रोथ फैक्टर्स								
जी.ई.वी.	0.906	1.431	1.776	2.209	2.527	2.840	3.151	3.557	3.862

यहां पर,  $Q_T$  टी (T) प्रत्यागमन काल के लिये बाढ़ का मान है। टी प्रत्यागमन काल है तथा  $\bar{Q}$  प्रमापित जलग्रहण क्षेत्र के लिये औसत शीर्ष वार्षिक बाढ़ का मान है।

उपक्षेत्र 1-एफ के किसी भी प्रमापित जलग्रहण क्षेत्र के लिये किसी भी प्रत्यागमन काल की बाढ़ का अनुमान उपरोक्त सूत्र से लगाया जा सकता है। इसके अतिरिक्त कुछ अधिकतर उपयोग में आने वाले प्रत्यागमन कालों के लिये बाढ़ का अनुमान तालिका 3 में दिये गये ग्रोथ फैक्टर्स से भी लगाया जा सकता है। इस के लिये, जिस प्रत्यागमन काल की बाढ़ का अनुमान लगाना हो उसी प्रत्यागमन काल के मान को प्रमापित जलग्रहण क्षेत्र की औसत शीर्ष बाढ़ से गुणा करने से उस प्रत्यागमन काल की बाढ़ का मान प्राप्त हो जायेगा।

#### 8. अप्रमापित बाढ़ क्षेत्रों के लिये बाढ़ सूत्र :

उप क्षेत्र -1 एफ के अप्रमापित क्षेत्रों के लिये विकसित बाढ़ सूत्र निम्नलिखित है :

$$Q_T = \left[ 34.842 - 34.304 \left( -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right)^{0.01} \right] A^{1.084}$$

यहां ए (A) अप्रमापित जलग्रहण क्षेत्र का क्षेत्रफल है।  $Q_T$ , T (टी) वर्ष के प्रत्यागमन काल की बाढ़ है। इस सूत्र में उपयोग किये गये प्रमापित जलग्रहण क्षेत्रों तथा औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ के सम्बंध में कोरिलेशन गुणांक (r) का मान 0.88 है।

उपरोक्त सूत्र के आधार पर उपक्षेत्र 1-एफ के विभिन्न अप्रमापित जलग्रहण क्षेत्रों के लिये विभिन्न प्रत्यागमन कालों के लिये बाढ़ के अनुमान तालिका 4 में दिये गये हैं।

#### 9. निष्कर्ष :

- (1) एल-मोमेन्टस विधि क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण में अत्यन्त उपयोगी है। तथा इसके आधार पर विभिन्न प्रत्यागमन काल की उचित बाढ़ का अनुमान लगाना सरल है।
- (2) भारतीय जलविज्ञानीय आंकलन मापदण्ड के अनुसार विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ का उपयोग अनेकों संरचनाओं के आंकलन के लिए किया जाता है। इस प्रपत्र में दर्शाये गये बाढ़ बारम्बारता सूत्र उपक्षेत्र 1-एफ के लिए अनेक प्रकार की जल संरचनाओं के लिए बाढ़ के अनुमान लगाने में उपयोगी होंगे।

तालिका 4 : उपक्षेत्र 1-एफ के विभिन्न अप्रमापित जलग्रहण क्षेत्रों के लिए बाढ़ अनुमान

जलग्रहण क्षेत्रफल वर्ग किमी.	प्रत्यागमन काल (वर्ष)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
	विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ अनुमान								
20	17	27	33	42	48	54	59	67	73
30	27	42	52	65	74	83	92	104	113
40	36	57	71	88	101	114	126	142	154
50	46	73	90	112	129	145	160	181	197
60	56	89	110	137	157	176	195	221	240
70	66	105	130	162	185	208	231	261	283
80	77	121	150	187	214	241	267	301	327
90	87	138	171	213	243	273	303	342	372
100	98	154	192	238	273	306	340	384	417
150	152	240	297	370	423	476	528	596	647
200	207	327	406	505	578	650	721	814	884
250	264	417	518	644	736	828	918	1036	1125
300	322	508	631	784	897	1008	1119	1263	1371
350	380	601	745	927	1060	1192	1322	1493	1621
400	439	694	861	1071	1226	1377	1528	1725	1873
450	499	789	979	1217	1392	1565	1736	1960	2128
500	560	884	1097	1365	1561	1754	1946	2197	2386
550	621	980	1216	1513	1731	1945	2158	2436	2645
600	682	1077	1337	1663	1902	2138	2372	2677	2907
650	744	1175	1458	1813	2074	2331	2587	2920	3170
700	806	1273	1580	1965	2248	2526	2803	3164	3436
750	869	1372	1703	2118	2423	2723	3021	3410	3702
800	931	1471	1826	2271	2598	2920	3240	3657	3971
850	995	1571	1950	2425	2775	3118	3460	3906	4240
900	1058	1672	2075	2580	2952	3318	3681	4155	4511
950	1122	1773	2200	2736	3130	3518	3903	4406	4784
1000	1186	1874	2326	2893	3309	3719	4126	4658	5057

- (3) उपक्षेत्र 1-एफ के प्रमापित जलग्रहण क्षेत्रों के लिए तथा अप्रमापित जलग्रहण क्षेत्रों के लिये सरल बाढ़ सूत्रों का विकास प्रस्तुत किया गया है। इस अध्ययन में उपयोग किये गये जलग्रहण क्षेत्रों का क्षेत्रफल 32.9 वर्ग किमी. से 447.8 वर्ग किमी. है। अतः इस प्रपत्र में दिये गये बाढ़ सूत्र लगभग उपरोक्त क्षेत्रफल के जलग्रहण क्षेत्रों के लिए ही उचित बाढ़ का अनुमान लगाने में सक्षम माने जा सकते हैं।
- (4) प्रमापित जलग्रहण क्षेत्रों के लिए और अधिक जलग्रहण क्षेत्रों के अधिक अवधि के आकड़े उपयोग करने से प्रमापित जलग्रहण क्षेत्रों के बाढ़ के सूत्र को और अधिक बेहतर बनाया जा सकता है।
- (5) अप्रमापित जलग्रहण क्षेत्रों के लिए विकसित किया गया बाढ़ सूत्र, औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ तथा जलग्रहण क्षेत्रफल के अतिरिक्त जलग्रहण क्षेत्रों तथा जलवायु के अन्य गुणों का उपयोग करने से और अधिक उपयुक्त रूप से स्थापित किया जा सकता है।

## 10. सन्दर्भ :

1. जे.आर. एम. होस्किंग (1990), "एल-मोमेन्टस : सांख्यिकी के मिश्रण से वितरणों का विश्लेषण एवं अनुमान", रॉयल सांख्यिकी समीति का जनरल, श्रंखला बी 52,105-124
2. डी.एच. पिलग्रिम तथा आई कारड्रे (1992) "बाढ़ अपवाह" हैण्डबुक आफ हाइड्रोलोजी, (सम्पादक डी. आर. मैडमेन्ट), अध्याय 9, मैग्राहिल, न्यूयार्क
3. राकेश कुमार, चन्द्रनाथ चटर्जी तथा संजय कुमार (2003) "सोन उपक्षेत्र के लिए एल-मोमेन्टस के उपयोग से क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र" अप्लाइड इन्जीनियरिंग इन एग्रीकल्चर, अमेरिकन सोसाइटी आफ एग्रीकल्चरल इन्जीयर्स, 19(1), 47-53
4. राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, (2002) एल-मोमेन्टस के उपयोग द्वारा मध्यय गंगा मैदानी क्षेत्र (उपक्षेत्र-1 एफ) के लिए क्षेत्रीय बाढ़ सूत्रों का विकास, (प्रकाशन अधीन)
5. जे. आर. स्टेडिन्जर, आर.एम. वागेल तथा ई फाउफोला जियोजियो (1992) अधिकतम इवेन्टस की बाढ़ बारम्बारता, (सम्पादक डी. आर. मैडमेन्ट) हैण्डबुक ऑफ हाइड्रोलोजी, अध्याय 18, मैग्राहिल, न्यूयार्क
6. जे.आर.एम. होस्किंग (1993), "क्षेत्रीय बारम्बारता विश्लेषण में उपयोगी कुछ सांख्यिकी", जल संसाधन अनुसंधान 29 (2) : 271:281

