# आकस्मिक बाढ़ का आंकलन एवं पूर्वानुमान

तिलक राज सपरा एवं डॉ. राकेश कुमार
रा.ज.सं., रूड़की

जून 2013 में उत्तराखंड में आयी प्राकृतिक आपदा ने पूरे देश को झकझोर कर रख दिया है। 15–16 जून को आयी वर्षा के पश्चात् उत्तराखंड की नदियों में आयी बाढ़ के परिणाम स्वरूप पहाड़ में स्थित गांव के गांव तबाह हो गए। सरकारी आंकड़ों के अनुसार लगभग 850 लोगों की मृत्यु हुई तथा लगभग 4650 लोगों के लापता होने की रिपोर्ट दर्ज की गयी। हालांकि गैर–सरकारी संस्थाओं तथा अन्य सूत्रों के अनुसार मृत्यु का आंकड़ा अधिक है। इसका मुख्य कारण बाढ़ का पूर्वानुमान न कर पाना है।

बांधों, स्पिलवे, नदी चैनल में सुधारों, पुलों, नालों इत्यादि के अभिकल्प में प्रयासरत अभियंताओं तथा नियोजकों को बाढ़ के परिमाण तथा उसकी संभावित आवृत्ति की आवश्यकता होती है। विभिन्न स्थितियों जैसे कि जल संसाधन परियोजनाओं के नियोजन, अभिकल्प तथा प्रचालन में एवं बाढ़ प्रबंधन में भविष्य में संभावित बाढ़ स्थितियों के आंकलन की आवश्यकता होती है। बाढ़ पूर्वानुमान के लिए बाढ़ के समय तथा परिमाण से संबंधित सूचनाओं की तुरंत आवश्यकता होती है। बहुत तीव्र वर्षा, बांधों की असफलता, भू–स्खलन अथवा पुलों के टूटने के कारण नदी प्रवाह रूकावट एवं निकासी के कारण आकस्मिक बाढ़ आती है। सामान्यतया आकस्मिक बाढ़ माध्यम से लघु आकार के आवाह क्षेत्र में आती है। बाढ़ सुरक्षा कार्यों, पुलों एवं नालों इत्यादि के अभिकल्प एवं नियोजन के लिए आकस्मिक बाढ़ के आंकलन की आवश्यकता पड़ती है। क्योंकि आकस्मिक बाढ़ अचानक आती है इसका पूर्वानुमान काफी मुश्किल होता है। क्योंकि आकस्मिक बाढ़ आने तथा इसके कारण की घटनाओं के बीच समयान्तराल काफी कम होता है। भारत जैसे विकासशील देश में आकस्मिक बाढ़ के यथार्थ आंकलन के लिए पर्याप्त आंकड़े उपलब्ध नहीं होते। प्रस्तुत लेख में आकस्मिक बाढ़ के संभावित कारणों, उसका आंकलन तथा हमारे देश में पिछले कुछ समय में अनुभव की गयी आकस्मिक बाढ़ का वर्णन किया गया है। आकस्मिक बाढ़ आंकलन के लिए आंकड़ा एकत्रीकरण की उपलब्ध तकनीकों तथा इसके पूर्वानुमान पर भी विचार–विमर्श किया गया है। आकस्मिक बाढ़ के आंकलन तथा पूर्वानुमान के लिए उपयोग की गयी कुछ कार्यविधियों का भी विवरण दिया गया है।

## परिचय

मध्यम आकार के आवाह क्षेत्र में बहुत अधिक तीव्रता की वर्षा के परिणाम स्वरूप क्षेत्र में आकस्मिक बाढ़ आती है। आकस्मिक बाढ़ आने तथा उसके कारणों की घटनाओं में समय अन्तर भी काफी कम होता है। आकस्मिक बाढ़ को आई.ए.एच.एस.–यूनेस्को–डब्ल्यू.एम.ओ.–1974 में इस प्रकार परिभाषित किया गया है, ''वह बाढ़ जो अचानक आती है, जिसका पूर्वानुमान लगाना मुश्किल है। जिसको शीर्ष पर पहुंचने में काफी कम समय लगता है तथा जिसमें विशिष्ट निस्सरण काफी महत्वपूर्ण होता है।'' हाल (1981) ने आकस्मिक बाढ़ को निम्न रूप से वर्गीकृत किया है, (अ) किसी ऐसे प्राकृतिक आवाह क्षेत्र में, जिसको मानव द्वारा अधिक विकसित न किया गया हो, अधिक वर्षा के परिणाम स्वरूप आकस्मिक बाढ़, (ब) ऐसे आवाह क्षेत्र में, जिसे मानव द्वारा उपचारित किया गया हो, अधिक वर्षा के परिणाम स्वरूप आकस्मिक बाढ़ तथा (स) मानव द्वारा निर्मित अवरोधकों अथवा बांध की असफलता अथवा अन्य प्राकृतिक अवरोधकों द्वारा संचित जल की अचानक निकासी के कारण आकस्मिक बाढ़। सामान्यतया बांध–भंग बाढ़ भारी वर्षा के साथ आती है।

पर्वतीय क्षेत्रों में भारी वर्षा के दौरान भूस्खलन के कारण नदियों पर बने प्राकृतिक बांध अथवा मानव निर्मित बांध के टूटने के कारण आकस्मिक बाढ़ की समस्या आती है। पर्वतीय क्षेत्र आकस्मिक बाढ़ संभाव्य क्षेत्र होते हैं पर्वतीय क्षेत्रों के अलावा चैनल प्रवणता तथा सीमित घाटी संचयन द्वारा भी आकस्मिक बाढ़ में वृद्धि होती है तथा भारी भूस्खलन भी होता है।

आकस्मिक बाढ़ के कारणों की घटनाओं तथा अपवाह उत्पन्न होने के बीच समयान्तराल काफी कम होता है इसलिए पारम्परिक बाढ़ पूर्वानुमान विधियों द्वारा आकस्मिक बाढ़ पूर्वानुमान कठिन होता है। बाढ़ पूर्वानुमान जारी करने के लिए आंकड़ों को एकत्र, प्रक्रमण तथा विश्लेषण करने में देरी होने के कारण पूर्वानुमान प्रभावी नहीं होता। यद्यपि मौसम विज्ञानीय तथा जल विज्ञानीय आंकड़ा एकत्रीकरण तंत्र को स्वचालित करने पर आकस्मिक बाढ़ के संदर्भ में काफी उपयोगी हो सकता है।

जून 2013 में उत्तराखंड में आयी आकस्मिक बाढ़ का दृश्य

लेह में आयी आकस्मिक बाढ़ के उपरांत तबाही का दृश्य

## आकस्मिक बाढ़ के कारण

आकस्मिक बाढ़ आने के मुख्य कारणों का संक्षिप्त विवरण निम्न प्रकार से है :–

### मौसमविज्ञानीय कारक

जब किसी आवाह क्षेत्र में बहुत अधिक मात्रा में उच्च तीव्रता की वर्षा होती है जिसके परिणाम स्वरूप सतह पर काफी अपवाह उत्पन्न होता है तथा क्षेत्र में आकस्मिक बाढ़ आ जाती है। यह भारी वर्षा गंभीर चक्रवात, तूफानी वर्षा अथवा मानसून के दौरान निम्न दाब तंत्र की गति के कारण हो सकती है।

### जलविज्ञानीय कारक

किसी आवाह क्षेत्र में उसकी प्रवणता तथा अन्तःस्यन्दन क्षमता मुख्य जलविज्ञानीय कारक होते हैं जो आकस्मिक बाढ़ के लिए जिम्मेदार होते हैं। क्योंकि उच्च प्रवणता वाले क्षेत्रों में संचयन

क्षमता तथा अन्तःस्यन्दन क्षमता काफी निम्न होती है। इसलिए पर्वतीय तथा पर्वतों के एकदम नीचे वाले क्षेत्रों में आकस्मिक बाढ़ की काफी संभावना रहती है। जून 2013 में उत्तराखंड की केदारनाथ घाटी में आयी बाढ़ का एक कारण क्षेत्र की उच्च प्रवणता तथा संचयन क्षमता में कमी था। वनों के कटाव के कारण संचयन तथा अन्तःस्यन्दन क्षमता में और कमी आ जाती है जिसके फलस्वरूप आकस्मिक बाढ़ की संभावना बढ़ जाती है। शहरीकरण के कारण निकासियों का जाल, बाढ़ रोकथाम संरचनाओं जैसे तटबंधों का निर्माण तथा नदी नियंत्रण कार्यों के कारण भी आकास्मिक बाढ़ आने की संभावनाओं में वृद्धि होती है।

### अवरूद्ध जल की अचानक निकासी

विभिन्न जलविज्ञानीय संरचनाओं जैसे बांधों, नदी तटबंध, क्रास निकासी कार्यों इत्यादि की असफलता के कारण इनमें संचित जल की अचानक तीव्र निकासी होती है जिसका परिणाम आकस्मिक बाढ़ होता है। पर्वतीय क्षेत्रों में भूस्खलन के कारण नदियों में बने अस्थायी बांधों के टूटने के कारण अवरूद्ध जल निकासी के फलस्वरूप भी आकस्मिक बाढ़ आती है।

### मापन समस्याएं

प्रेक्षित वर्षा अथवा नदी अधिप्रवाह मापन स्थल तथा महत्व के स्थान पर बाढ़ के बीच समय अंतराल सामान्यतया काफी कम होता है। वर्षा तथा नदी प्रवाह आंकड़ों को संकलित तथा प्रतिवेदित करने के पारम्परिक विधियों के कारण इसमें देरी होती है जिसके कारण आकस्मिक बाढ़ का पूर्वानुमान करना काफी मुश्किल है। आकस्मिक बाढ़ की अवधि के दौरान मापन संबंधी निम्नलिखित समस्याओं का सामना करना पड़ता है –

(i) उद्‌गम जल आवाह क्षेत्रों में आकस्मिक बाढ़ आने की संभावना अधिक रहती है। इन आवाह क्षेत्रों में निर्धारणता की कठिनाई के कारण पारंपरिक वर्षा मापी यंत्रों का दुर्बल तंत्र होता है।

(ii) वर्षा अवधि के दौरान विषम परिस्थितयों के कारण रिकार्ड किए गए वर्षा आंकड़ों का प्रतिवेदन करना यदि असंभव नहीं तो कठिन कार्य तो होता ही है।

(iii) यद्यपि मापन स्थल उपलब्ध वैद्युत ऊर्जा स्रोतों से काफी दूर होते हैं। मापन कार्य को विश्वसनीय स्तर पर किया जाना चाहिए।

(iv) आकस्मिक बाढ़ के दौरान नदियों में प्रवाह काफी तेज वेग के साथ लघु अवधि के लिए होता है तथा इसमें काफी अवसाद भी होता है। इस कारण प्रवाह का वेग तथा गहराई मापने के लिए वेगमापी तथा नावों का उपयोग नहीं किया जा सकता।

(v) अधिक अवसाद भार के नदी तल में जमाव के कारण गहराई में शीघ्र परिवर्तन होता रहता है तथा आकस्मिक बाढ़ प्रवाह के स्टेज में परिवर्तन के कारण नदी स्टेज का यथार्थता के साथ मापन करना कठिन कार्य है।

### आकस्मिक बाढ़ आंकलन के लिए आंकड़ा एकत्रीकरण तकनीकें

आंकड़ों के मापन की समस्याओं के कारण यह आवश्यक हो जाता है कि आकस्मिक बाढ़ से संबंधित आंकड़ा एकत्रीकरण तथा बाढ़ पूर्व चेतावनी के लिए स्वचालित तंत्र का उपयोग किया जाए। स्वचालित आंकड़ा एकत्रीकरण तंत्र सामान्यतया सेंसर से अंकीय परिणामों पर आधारित होता है जिसको भू अथवा उपग्रह का उपयोग कर टेलीफोन अथवा रेडियो द्वारा प्रसारित किया जाता है। यद्यपि यह देखा गया है कि बाढ़ के दौरान टेलीफोन सेवाओं के असफल होने की संभावना रहती है।

## राडार

राडार की तात्कालिक सुदूर संवेदी क्षमताएं इसको तूफानी वर्षा प्रवृत्ति, स्थलिक अनिरन्तरता तथा कालिक उतार–चढ़ाव का यर्थाथता के साथ निर्धारण करने में सक्षम बनाते हैं। राडार अंकीय संगणक के साथ मिलकर वास्तविक समय में औसत प्रदान करता है जिससे कुल वर्षा मात्रा का स्वतः निर्धारण किया जा सके। इसके द्वारा भविष्य की कुल वर्षा का आंकलन किया जा सकता है जिससे बाढ़ उत्पन्न करने वाली सबल स्थितियों की चेतावनी दी जा सके (ग्रीन एवं क्लार्क, 1974) संयुक्त राष्ट्र अमेरिका में मोगी एट आल (1978) (हाल 1981 द्वारा संदर्भित) ने आकस्मिक बाढ़ आंकलन के लिए राडार के उपयोग की तीन विधियां बतायी।

## उपग्रह

वर्षा की मात्रा के आंकलन के लिए उपग्रहीय आंकड़ों का उपयोग भी किया जा सकता है। उपग्रही इमेजरी बादल की जीवन अवधि दर्शाते हैं तथा बादल की मोटाई तथा ऊंचाई से संभावित सूखे की स्थिति का पता चलता है। राडार की तरह इसमें भी यह आवश्यक हो जाता है कि अंकीय इमेजरी आंकड़ों का उपयोग करते हुए इस तकनीक को स्वचालित बनाया जाए जिससे आकस्मिक बाढ़ पूर्वानुमान के लिए आवश्यक यर्थाथता तथा वास्तविकता समय शीघ्रता से उपलब्ध करायी जा सके।

## आकस्मिक बाढ़ आंकलन की विधियां

आंकड़ा उपलब्धता, अध्ययन का महत्व तथा गणना सुविधाओं के आधार पर आकस्मिक बाढ़ आंकलन के लिए निम्न विधियां उपयोग की जा सकती हैं।

## इम्पीरिकल सूत्र एवं एनवालोप वक्र

बाढ़ आवृत्ति अथवा एकक जलालेख विश्लेषण के लिए जब जलविज्ञानीय आंकड़े अपर्याप्त होते हैं उस स्थिति में आकस्मिक बाढ़ के आंकलन के लिए पूर्व काल में इम्पीरिकल सूत्रों का उपयोग किया जाता रहा है। बाढ़ शीर्ष के आंकलन के लिए उपयोग किया गया इम्पीरिकल सूत्र, महत्वपूर्ण आवाह क्षेत्र भूमि अभिलक्षणों तथा प्रेक्षणों के सांख्यकीय सह–संबधों पर आधारित क्षेत्रीय सूत्र होता है। सामान्यतया इम्पीरिकल सूत्र बड़ी नदियों के लिए प्राप्त आंकड़ों पर आधारित होते हैं क्योंकि किसी क्षेत्र में छोटी नदियां मापित होती हैं। इम्पीरिकल समीकरण लघु आवाह क्षेत्र वाली नदियों के लिए शीर्ष निस्सरण की गणना में अनुप्रयोग होती है। डिकन, रिव्स, ग्रेग, लिली, इंगलिस, अली नवाज जंग इत्यादि उपयोग में आने वाले कुछ इम्पीरियल सूत्र हैं।

समान जलवायु, अभिलक्षणों वाले आवाह क्षेत्रों में, यदि उपलब्ध बाढ़ आंकड़े छितरे तथा अपर्याप्त होते हैं तब अधिकतम बाढ़ प्रवाह एवं आवाह क्षेत्र के बीच संबंधों का विकास करने के लिए एनवालोपिंग वक्र तकनीक का उपयोग किया जा सकता है। यह विधि इम्पीरियल सूत्र से अच्छी विधि है क्योंकि इसमें इम्परीकिल सूत्र की तरह पूर्वानुमान के आधार पर गुणांक का चयन करने की आवश्यकता नहीं होती है। इस वक्र की सीमाएं ये हैं कि यह वक्र पिछले उप्लब्ध रिकार्ड पर आधारित होता है। इम्पीरिकल सूत्रों एवं एनवलोप वक्रों के उपयोग से बाढ़ का उचित अनुमान नहीं लग पाता है। अतः इनके स्थान पर अन्य बेहतर तकनीकों का उपयोग किया जाना चाहिए।

## परिमेय विधि

लघु आवाह क्षेत्रों सामान्यतया 50 वर्ग कि.मी. से कम आवाह क्षेत्रों में शीर्ष बाढ़ आंकलन के लिए परिमेय विधि का उपयोग किया जाता है। यह विधि इस सिद्धांत पर आधारित है कि यदि किसी आवाह क्षेत्र में समान तीव्रता की वर्षा आवाह क्षेत्र के सान्द्रण समय (Tc) के समान अथवा अधिक अवधि के लिए होती है तो आवाह क्षेत्र की भूमि उपयोग, मृदा किस्म तथा पूर्ववर्ती मृदा अवस्थाओं इत्यादि पर निर्भर अपवाह गुणांक तथा आवाह क्षेत्र को Tc घंटा अवधि के लिए वर्षा तीव्रता को गुणा कर इस विधि द्वारा शीर्ष बाढ़ की गणना की जा सकती है। सतही निकासी तंत्र का अभिकल्प करने में इस विधि का काफी उपयोग किया जाता है। इसकी सरलता तथा सीमित आंकड़ा आवश्यकता के कारण यह विधि काफी प्रसिद्ध रही है यद्यपि यर्थाथ परिणामों की प्राप्ति के लिए अपवाह गुणांक के चयन में सावधानी बरतने की आवश्यकता रही है।

## क्षेत्रीय एकक जलालेख विश्लेषण

किसी आवाह क्षेत्र के लिए वर्षा तथा प्रवाह के पर्याप्त एवं विश्वसनीय आंकड़े उप्लब्ध होते हैं तो वर्षा घटना के वर्षा अपवाह आंकड़ों से इकाई जलालेख की प्राप्ति की जा सकती है। यद्यपि अधिकांश लघु क्षेत्र मापित नहीं होते तथा इन आवाह क्षेत्रों में बहुत से जल संसाधन परियोजनाएं नियोजित की जा रही हैं। इसलिए यह आवश्यक हो जाता है कि लघु अमापित अथवा सीमित आंकड़ों के आवाह क्षेत्रों में प्रस्तावित स्थलों पर बाढ़ का आंकलन किया जाए। इन आवाह क्षेत्रों के जलवायु विज्ञानीय, आकारकीय तथा अन्य कारकों के आंकड़ों का उपयोग इकाई जलालेख की व्युत्पत्ति की जाती है। यह विधि क्षेत्रीय इकाई जलालेख विधि के नाम से विख्यात है इस विधि में क्षेत्रीय इकाई जलालेख के विकास के लिए क्षेत्र में मापित आवाह क्षेत्र के लिए भौतिक अभिलक्षणों तथा प्रतिनिधि इकाई जलालेख प्राचलों के मूल्यांकन की आवश्यकता होती है।

केन्द्रीय जल आयोग के लघु आवाह क्षेत्र निदेशालय ने भारतीय बेसिनों के लिए क्षेत्रीय इकाई जलालेख अध्ययन किए हैं। पूर्ण भारत को 26 मौसम जलविज्ञानीय संभाग उप क्षेत्रों में विभाजित कर विशिष्ट क्षेत्रों का चयन किया गया तथा क्षेत्रीय इकाई जलालेख सह–संबंधों का विकास किया गया। इसके अतिरिक्त "सिंह एवं कुमार 1991" ने भारत के कुछ क्षेत्रों के लिए बहु प्रचलित तात्कालिक इकाई जलालेख निदर्शों जैसे नैश एवं क्लार्क निदर्शों के प्राचलों का उपयोग कर विभिन्न क्षेत्रीय इकाई जलालेख सह–संबंध स्थापित किए।

## क्षेत्रीय बाढ़ आवृत्ति विश्लेषण

किसी आवाह क्षेत्र के लिए जहां वार्षिक अधिकतम शीर्ष बाढ़ के पर्याप्त आंकड़े उपलब्ध होते हैं वहां ऐच्छिक पूर्वागमन काल के लिए बाढ़ के आंकलन के लिए सर्वोत्तम फिट वितरण का उपयोग कर बाढ़ आवृत्ति विश्लेषण किए जाते हैं परंतु यदि विश्लेषित किए जाने वाले क्षेत्र में प्रेक्षण उपलब्ध न हो अथवा बहुत कम समयावधि के लिए उपलब्ध हो तो बाढ़ आवृत्ति आंकलन की गणना के लिए जलविज्ञानीय दृष्टि से संभाग क्षेत्र के विभिन्न स्थलों के वार्षिक अधिकतम शीर्ष बाढ़ आंकड़ों का उपयोग किया जाता है। "कुमार एवं चटर्जी (2005)" ने भारत के कई क्षेत्रों में इस नवीन उपागम का उपयोग कर क्षेत्रीय बाढ़ आवृत्ति अध्ययन किए।

## जलविभाजक निदर्शन

जलविज्ञानीय आंकड़ा आधार में सुधारों तथा उच्च कोटि के संगणकों की उपस्थिति के कारण जल संसाधनों के यथार्थ आंकलन के लिए जलविज्ञानीय प्रक्रियाओं का गणितीय निदर्शन एक उपयोगी युक्ति बन गयी है। यदि पर्याप्त आंकड़े उपलब्ध हो तो यह निदर्श काफी यर्थाथता के साथ

आकस्मिक बाढ़ का आंकलन कर सकते हैं। यद्यपि भारत में आंकड़ा तंत्र, उनका एकत्रीकरण तथा प्रबंधन में काफी सुधार के बावजूद भी आकस्मिक बाढ़ के आंकलन तथा पूर्वानुमान के लिए पर्याप्त आंकड़ा आधार उपलब्ध नहीं है परंतु इसकी अत्यंत आवश्यकता है।

## मात्रात्मक वर्षा पूर्वानुमान

आकस्मिक बाढ़ के संभावित दीर्घ अवधि के यथार्थ पूर्वानुमान के लिए भविष्य की वर्षा के पूर्वानुमान की आवश्यकता होती है। आकस्मिक बाढ़ पूर्वानुमान हेतु इस आवश्यकता की पूर्ति मात्रात्मक वर्षण पूर्वानुमान (क्यू.पी.एफ.) निदर्श करता है। वर्तमान में आकस्मिक बाढ़ पूर्वानुमान उद्देश्यों के लिए वर्षा पूर्वानुमान विधियों को तीन श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया है। (i) भौतिकीय/गतिकीय आधारित अंकीय मौसम विज्ञानीय निदर्श, (ii) सांख्यकीय गणना तकनीक, (iii) विधि जिसमें लघु अवधि अवस्थाओं को भविष्य में पूर्वानुमान के उपयोग के लिए प्रवृत्ति स्थापित करने के लिए पिछली नवीन अवस्थाओं का उपयोग किया जाता है।

## आकस्मिक बाढ़ पूर्वानुमान की विधियां

आकस्मिक बाढ़ पूर्वानुमान विधियों को हाल (1981) द्वारा तीन श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया :–

**विधि 1 :–** यह विधि किसी विशिष्ट क्षेत्र के लिए मौसम सेवा पूर्वानुमान कार्यालय को नदी पूर्वानुमान केन्द्र द्वारा उपलब्ध करायी गयी बाढ़ दिग्दर्शिका पैमाने के साथ मौसम विज्ञानीय आंकड़ों पर आधारित है।

**विधि 2 :–** यह विधि जलविज्ञानीय तकनीकों पर आधारित है जिसमें आकस्मिक बाढ़ आंकलन के लिए बाढ़ ऊंचाई पूर्वानुमान के लिए प्रेषित वर्षा तथा/अथवा नदी ऊंचाई का उपयोग किया जाता है।

**विधि 3 :–** यह विधि इस तकनीक पर आधारित है जिसमें मौसमविज्ञानीय एवं जलविज्ञानीय निदर्श तथा वास्तविक समय बाढ़ पूर्वानुमान फ्रेमवर्क के बीच की विधियों का उपयोग किया गया है।

यह अनुभव किया गया है कि आकस्मिक बाढ़ स्थितियों में अंतिम विधि का काफी उपयोग होता है। जिसके लिए समय पैमाना तथा पूर्वानुमान के लिए समय काफी कम होता है।

सेंसरों का उपयोग करते हुए सरल चेतावनी तंत्र अपनाते हुए नदी प्रवाह का प्रबोधन करने के अलावा क्षेत्र की वर्षा सूचनाओं पर आधारित जलविज्ञानीय निदर्श का उपयोग कर प्रभावी आकस्मिक बाढ़ चेतावनी तंत्र का अनुप्रयोग किया जा सकता है।

आकस्मिक बाढ़ पूर्वानुमान के नवीनतम विकास कार्यों में कलमान फिल्टर तकनीक का उपयोग करते हुए "ऑटो रिग्रेसित मूविंग ऐवरेज निदर्श (ARMAX)" शामिल है। इस प्रकार के निदर्शों का आकस्मिक बाढ़ का विश्वसनीय पूर्वानुमान लगाने में उपयोग किया जा सकता है। हालांकि इसके लिए स्वचालित मापन तंत्र से आंकड़ों की आवश्यकता होती है। मौसमविज्ञानीय तथा जलविज्ञानीय पूर्वानुमान दोनों तकनीकों का उपयोग कर आकस्मिक बाढ़ पूर्वानुमान को और प्रभावी बनाया जा सकता है। आकस्मिक बाढ़ के पूर्वानुमान के लिए स्वचालित आंकड़े प्राप्त करने के तंत्र के साथ वास्तविक समय निर्णय सहायक तंत्र का उपयोग अत्यंत प्रभावी प्रणाली है।

## अचानक निकासी के कारण आकस्मिक बाढ़ का पूर्वानुमान

जब तक किसी जलविज्ञानीय संरचना में वास्तविक असफलता न आए, आपदा के समय बांध भंग बाढ़ के चेतावनी समय का निर्धारण करना काफी कठिन कार्य है विभिन्न बांध भंग स्थितियों की कल्पना करते हुए बांध भंग बाढ़ के पूर्वानुमान के आधार पर पूर्व निर्धारित चेतावनी समय हेतु अध्ययन किए गए। पिछले कुछ समय में बांध भंग बाढ़ अध्ययनों में उच्च कोटि का कार्य हुआ है अधिकतम प्रायोगिक यर्थाथता स्तर की प्राप्ति के लिए गतिकीय मार्गाभिगमन निदर्श का उपयोग किया जा सकता है परंतु इसके लिए पर्याप्त मानव, समय एवं संगणक संसाधनों की आवश्यकता होती है।

## निष्कर्ष

भारत जैसे विकाशील देशों में जहां आकस्मिक बाढ़ लघु अथवा माध्यम आकार के आवाह क्षेत्रों में आती है तथा बाढ़ आंकलन के लिए पर्याप्त आंकड़े उपलब्ध नहीं होते। इसलिए क्षेत्रीय एकक जलालेख तकनीक अथवा क्षेत्रीय बाढ़ आवृत्ति विश्लेषण विधियों का उपयोग आकस्मिक बाढ़ के आंकलन के लिए किया जाता है।

आवाह क्षेत्र में तीव्र वर्षा अथवा बांध भंग के कारण तुरंत निकासी जैसे कारकों के कारण आकस्मिक बाढ़ का पूर्वानुमान एक कठिन कार्य है। आकस्मिक बाढ़ पूर्वानुमान के लिए थोड़ा अधिक समय चाहिए। इसके लिए रिकार्ड वर्षा को पूर्वानुमान स्टेशन पर प्रसारित करने, मात्रात्मक वर्षा पूर्वानुमान का उपयोग करने, जलविज्ञानीय निदर्श गणना का उपयोग करने तथा सक्षम चेतावनी तंत्र को अपनाने की आवश्यकता है। बांध भंग के कारण आकस्मिक बाढ़ के पूर्वानुमान के लिए बांध भंग अध्ययन करने की आवश्यकता है।

अंत में यह निष्कर्ष निकलता है कि आकस्मिक बाढ़ के पूर्वानुमान के लिए आंकड़ा आधार तैयार करने, आंकड़े एकत्र करने तथा उनका प्रबंधन करने की आवश्यकता है। सुदूर क्षेत्रों से आंकड़े एकत्र करने के लिए नवीन तकनीकों पर आधारित मापयंत्र जैसे कि डोप्लार राडार, उपग्रह आधारित मापयंत्र इत्यादि को स्थापित कर उसको आंकड़ा प्रबंधन तंत्र से जोड़ने की आवश्यकता है। वास्तविक समय निर्णय सहायक तंत्र (डी.एस.एस.) को भी तैयार करने की आवश्यकता है जिससे पूर्व चेतावनी तंत्र का विकास किया जा सके। उनका नवीन तकनीकों का उपयोग कर वैज्ञानिक अध्ययन कर रहे संस्थानों तक पहुंचाने की आवश्यकता है जिससे निरन्तर अध्ययन कर आकस्मिक बाढ़ का पूर्वानुमान लगाया जा सके तथा संभावित नुकसान को कम किया जा सके।