भारत में बाढ़ प्रबन्धन के लिए बाढ़ पूर्व चेतावनी तंत्र

डॉ. अनिल कुमार लोहनी
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

सार

बाढ़ एक ऐसी दीर्घकालिक आपदा है जो कि दुनिया के विभिन्न हिस्सों में लगभग हर साल विनाशकारी लीला दिखाती रहती है। दक्षिण एशिया दुनिया में सबसे अधिक आपदा प्रवण क्षेत्रों में से एक है। इस क्षेत्र में सतत विकास प्राप्त करने के लिए प्राकृतिक आपदाओं से मुक़ाबला करना एक बड़ी चुनौती है। भारत दुनिया के सबसे ज्यादा बाढ़ प्रभावित देशों में से एक है तथा हमारे देश को हर साल बाढ़ से भारी नुकसान का सामना करना पड़ता है। विभिन्न प्राकृतिक आपदाओं का आंकलन करें तो भारत में बाढ़ उन सब में से एक अति हानिकारक आपदा है जिसका आर्थिक रूप से कमजोर आबादी पर लगातार विनाशकारी प्रभाव पड़ता है, विशेष रूप से उन गरीबों पर जो नदी के किनारे रहते हैं और अपनी आजीविका के लिए कृषि पर निर्भर हैं।

बाढ़ की भविष्यवाणी और पूर्व चेतावनी, बाढ़ के नकारात्मक प्रभावों को कम करने के लिए सबसे प्रभावी बाढ़ जोखिम प्रबंधन रणनीतियों में से एक है। आपदा जोखिम में कमी के लिए पूर्व चेतावनी एक महत्वपूर्ण उपाय है। यह जीवन के नुकसान को रोक सकता है और आपदा के मामले में आर्थिक और भौतिक क्षति को भी कम कर सकता है। बाढ़ की भविष्यवाणी के लीड टाइम बढ़ाने से जानमाल के नुकसान के स्तर को कम करने की संभावना बढ़ जाती है। इस लेख में भारत में बाढ़ प्रभावित नदी तंत्र, बाढ़ के प्रकार, कारण तथा फ्लड अर्ली वार्निंग सिस्टम के विषय में चर्चा की गयी है।

1.0. परिचय

भारत में बाढ़ बार–बार होने वाली एक प्राकृतिक आपदा है और इससे जीवन, संपत्ति, आजीविका प्रणाली, बुनियादी ढांचे और सार्वजनिक उपयोगिताओं को भारी नुकसान होता है। भारत के कुल भौगोलिक क्षेत्र में से लगभग 40 मिलियन हेक्टेयर से अधिक क्षेत्र बाढ़ प्रवृत्त है। जलवायु परिवर्तन और संबंधित परिवर्तनशीलता के कारण, हाल के वर्षों में उन क्षेत्रों ने भी बाढ़ का दंश झेला है, जिन्हें पहले बाढ़ प्रवृत्त नहीं माना जाता था। यह चिंता का विषय है कि बाढ़ से होने वाले नुकसान में वृद्धि की प्रवृत्ति वर्ष प्रति वर्ष दिखाई दे रही है। हाल के कुछ वर्षों में केरल (2018), चेन्नई (2015), जम्मू और कश्मीर (2014), केदारनाथ (2013), लेह (2010), और मुंबई (2005) में अत्यधिक उच्च बाढ़ की घटनाएं देखी गई हैं।

बाढ़ के प्रभाव को कम करने के लिए विभिन्न प्रकार के गैर–संरचनात्मक उपायों की पहचान की जा सकती है और उन्हें लागू किया जा सकता है। इस तरह के गैर–संरचनात्मक उपायों में बाढ़ की भविष्यवाणी और चेतावनी, उचित भूमि उपयोग योजना को अपनाना, बाढ़ संभावित नदी तंत्र का बाढ़ क्षेत्रीकरण (फ्लड प्लेन ज़ोनिंग) और प्रबंधन शामिल हैं। क्षेत्रीय बाढ़ जोखिम पूर्वानुमान में सुधार के लिए बाढ़ संबंधी व्यापक जानकारी की आवश्यकता होती है।

बाढ़ आर्थिक रूप से एक महंगी प्राकृतिक आपदा है। परंपरागत रूप से, बाढ़ के मैदानों और बाढ़ संभावित क्षेत्रों से संबंधित हाइड्रोलॉजिकल डेटा एकत्र करना और विश्लेषण करना, एक समय लेने वाला प्रयास रहा है, जिसमें व्यापक क्षेत्र अवलोकन और गणना की आवश्यकता होती है। हाल के वर्षों में, बाढ़ आपदाओं की तैयारी, क्षति नियंत्रण और राहत प्रबंधन के लिए उपग्रह प्रौद्योगिकी अत्यंत महत्वपूर्ण हो गई है क्योंकि यह लागत प्रभावी, विश्वसनीय और महत्वपूर्ण तंत्र प्रदान करने में सक्षम है। सुदूर संवेदन और कंप्यूटर विश्लेषण तकनीकों, बाढ़ पूर्वानुमान मॉडल के

विकास के साथ, पारंपरिक तकनीकों को अब मात्रात्मक और गुणात्मक बाढ़ खतरे की जानकारी प्राप्त करने के इन नए तरीकों के साथ पूरक किया जा सकता है।

विश्वसनीय चेतावनी देने के लिए संबंधित मापदंडों की निरंतर निगरानी बहुत आवश्यक है जिससे संबंधित एजेंसियों को अपनी उपयुक्त आपदा प्रबंधन योजनाओं को लागू करने के लिए पर्याप्त समय मिल सके। बाढ़ की भविष्यवाणी और पूर्व चेतावनी बाढ़ के नकारात्मक प्रभावों को कम करने के लिए सबसे प्रभावी बाढ़ जोखिम प्रबंधन रणनीतियों में से एक है। अंतरिक्ष सूचना और गणना प्रौद्योगिकियों में हालिया प्रगति का उपयोग करते हुए, केंद्रीय जल आयोग ने अपने अधिकांश बाढ़ पूर्वानुमान स्थलों पर 3 दिनों तक के लंबे समय के साथ बाढ़ पूर्वानुमान चेतावनी जारी करने की क्षमता हासिल कर ली है। ये जानकारी नदी के किनारे रहने वाले समुदायों को बाढ़ के खतरों से आगाह करने में सहायक होगी। संभावित आपदा से लड़ने के लिए शीघ्र तैयारी सुनिश्चित करने के लिए आम नागरिकों में जागरूकता पैदा करना भी एक महत्वपूर्ण कदम है। यह भी महत्वपूर्ण है कि देश में बाढ़ प्रभावित नदी घाटियों में आपदा के प्रभाव को कम करने में शामिल सभी एजेंसियों की परिचालन क्षमताओं को बढ़ाया जाए ताकि जीवन और आजीविका को बचाने के लिए नए उपकरणों और तकनीकों का प्रभावी ढंग से उपयोग किया जा सके।

2.0 बाढ़ के कारण

भारत में, नदी बेसिन में बाढ़ आमतौर पर कई बुनियादी कारणों से होती है, जिनमें से सबसे अधिक जलवायु संबंधी होते हैं। सामान्य तौर पर बाढ़ शब्द में मुख्य रूप से नीचे दी गई स्थितियों को शामिल किया जाता है:

i) बहुत भारी स्थानीय वर्षा/ बादल फटना;
ii) भारी वर्षा जो नदी के रिसाव के साथ तालमेल बिठाती है;
iii) चक्रवात;
iv) नदी में गाद का संचय से वहन क्षमता कम होने के कारण नदी से पानी का फैलाव
v) सहायक नदियों में बैक वाटर प्रभाव जब मुख्य नदी में क्षमता से अधिक निर्वहन होता है
vi) भू–स्खलन अथवा बर्फ के कारण धारा का मार्ग अवरुद्ध हो जाना
vii) उच्च ज्वार के कारण तटीय क्षेत्र में बाढ़; तथा
viii) सतही जल को वांछित गति आदि के साथ ले जाने के लिए अपर्याप्त जल निकासी तंत्र
ix) बाढ़ नियंत्रण संरचनाओं की विफलता के कारण बाढ़।

3.0 बाढ़ के प्रकार

भारत में अनुभव की जाने वाली विभिन्न प्रकार की बाढ़ों का संक्षेप में यहाँ वर्णन किया गया है:

फ्लैश फ्लड की शुरुआत बेहद अचानक होती है। ज्यादातर फ्लैश फ्लड स्थानीय घटनाएं हैं जो अपेक्षाकृत एक दूसरे से स्वतंत्र हैं और समय और स्थान से इसका कोई सीधा संबंध नहीं है। वे एक छोटे से क्षेत्र में बहुत कम समय में बहुत तीव्र वर्षा से उत्पन्न होते हैं। हालांकि फ्लैश फ्लड आमतौर पर अपेक्षाकृत छोटे क्षेत्र में होते हैं और केवल कुछ घंटों (कभी–कभी मिनट) तक ही रहते हैं, लेकिन उनमें विनाश की अविश्वसनीय क्षमता होती है।

एकल घटना बाढ़ को उन बाढ़ों के रूप में माना जा सकता है जिनमें एक ही मुख्य शिखर होता है। यह सबसे आम प्रकार की बाढ़ है जिसमें कई घंटों या दिनों की व्यापक बारिश एक बहुत बड़ी जल निकासी बेसिन में आती है और इसके परिणामस्वरूप गंभीर बाढ़ आती है।

एकाधिक घटना बाढ़ अक्सर अधिक गंभीर होती है क्योंकि इसका वितरण कई हफ्तों और महीनों की अवधि में होता है। इस प्रकार की बाढ़ में सबसे अधिक परेशानी वाली बाढ़ तब आती है जब अधिक जटिल मौसम की स्थिति के जवाब में लगातार बाढ़ के कई शिखर एक दूसरे का अनुसरण करते हैं।

मौसमी बाढ़ वह बाढ़ होती है जो अलग–अलग मौसम में होती है। भारत में मानसून के मौसम में बड़ी संख्या में बाढ़ का अनुभव होता है। सर्दियों के मौसम में बाढ़ ज्यादातर प्रायद्वीपीय क्षेत्र के दक्षिणी हिस्से में होती है।

बांध तोड़ बाढ़ वे बाढ़ हैं जो बांधों के अचानक टूटने के कारण आती हैं। यह बहुत विनाशकारी बाढ़ होती है। जब एक बांध टूटता है तो बांध का पानी नीचे की ओर घाटी में तेजी से फैलता है। बांध तोड़ बाढ़ के कारण, प्रवाह का परिमाण पिछली सभी बाढ़ों से बहुत अधिक है और चेतावनी के लिए उपलब्ध प्रतिक्रिया समय वर्षा–अपवाह बाढ़ की तुलना में बहुत कम है। राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान ने देश के कई चुनिंदा बांधों के लिए कई अध्ययन किए हैं ताकि बांध तोड़ बाढ़ की स्थिति का अनुकरण किया जा सके।

जल निकासी तंत्र में अवरुद्धता के कारण बाढ़ का परिणाम सड़क, रेलवे लाइन, तटबंध आदि के निर्माण के दौरान जल निकासी के अपर्याप्त प्रावधान के कारण होता है। इस प्रकार की बाढ़ अक्सर बिहार, पश्चिम बंगाल के कुछ हिस्सों और देश के अन्य हिस्सों में अनुभव की जाती है। बिहार में मानसून के दौरान गंगा नदी की विभिन्न सहायक नदियों में बाढ़ आ जाती है। साथ ही, मुख्य नदी गंगा भी बाढ़ की स्थिति में बहती है, इस प्रकार सहायक नदियों और गंगा नदी के संगम पर बैक वाटर प्रभाव के कारण बाढ़ की समस्या बढ़ जाती है। इसके अलावा, सड़कों और रेलवे पुलों में जलमार्गों की अपर्याप्त क्षमता के कारण जल निकासी में अवरुद्धता बेसिन में बाढ़ की समस्या को बढ़ा देती है। अन्य समस्याएं जो विशेष रूप से बिहार के जलोढ़ में अनुभव की जाती हैं, वे हैं नदी के किनारों का क्षरण, नदियों का बहना और बाढ़ के मैदान पर तलछट का अनियमित जमाव। कभी–कभी नदी के बाहर रेत और गाद का जमाव जल निकासी अवरुद्धता की स्थिति पैदा करता है। राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान ने इस प्रकार की बाढ़ के लिए कई अध्ययन किए हैं जिनमें मोकामा समूह ताल, एनटीपीसी काहलगांव पावर प्लांट क्षेत्र में बाढ़ की समस्या, गंडक कमांड क्षेत्र में बाढ़ और जलभराव का अध्ययन आदि शामिल है।

4.0 भारत में बाढ़ की समस्या

भारत के कुल भौगोलिक क्षेत्रफल लगभग 328 मिलियन हेक्टेयर में से लगभग 41 मिलियन हेक्टेयर या लगभग आठवां हिस्सा बाढ़ प्रवण माना जाता है। अधिकांश बाढ़ दक्षिण–पश्चिम मानसून के मौसम के दौरान होती है, जो कुल वार्षिक वर्षा का लगभग 75 प्रतिशत है। ऐसी घटनाएं भी होती हैं जब देश का एक हिस्सा बाढ़ का सामना कर रहा है जबकि दूसरा भीषण सूखे की चपेट में है। प्रमुख बाढ़ प्रभावित क्षेत्र गंगा ब्रह्मपुत्र बराक बेसिन में स्थित हैं। हमारे देश में बाढ़ की समस्या की प्रकृति एक नदी प्रणाली से दूसरी नदी प्रणाली में भिन्न होती है। हिमालय से निकलने वाली नदियाँ बड़ी मात्रा में तलछट ले जाती हैं, जिससे ऊपरी भाग में किनारों का क्षरण होता है और निचले खंडों में तलछट का जमाव होता है।

गंगा–ब्रह्मपुत्र–मेघना बेसिन दुनिया में सबसे बड़े बेसिनों में से एक है। बेसिन को मोटे तौर पर चार क्षेत्रों में विभाजित किया जा सकता है; (1) हिमालयी क्षेत्र, (2) मैदानी इलाके, (3)

पूर्वोत्तर के पहाड़ी इलाके, और (4) भारत में सीमांत राज्यों के साथ–साथ दक्षिण–पश्चिम पहाड़ी इलाके।

ब्रह्मपुत्र की 34 प्रमुख सहायक नदियाँ हैं, जिनकी विशेषता भारी मानसून वर्षा, खड़ी ढलान, आसानी से नष्ट होने वाली जलग्रहण मिट्टी और उच्च भूकंपीय अस्थिरता है। ब्रह्मपुत्र घाटी में बाढ़ एक सामान्य घटना है। गंगा और इसकी कई प्रमुख सहायक नदियाँ हैं जिनमें यमुना, सोन, घाघरा, गंडक, कोसी और महानंदा शामिल हैं। सामान्य तौर पर इस क्षेत्र में पश्चिम से पूर्व और दक्षिण से उत्तर की ओर बाढ़ की समस्या बढ़ जाती है। क्षेत्र के चरम पश्चिमी और उत्तर–पश्चिमी भागों में जल निकासी की समस्या है, पश्चिम बंगाल के दक्षिणी भागों में भी जल निकासी की समस्या मौजूद है। बिहार, उत्तर प्रदेश और पश्चिम बंगाल राज्यों में बाढ़ और कटाव की समस्या गंभीर है। तलछट जमा होने के कारण बाढ़ के शिखर को पार करने के लिए उपलब्ध नदी का जलमार्ग काफी कम हो जाता है जिससे बाद के वर्ष में नदी के किनारे ओवरफ्लो हो जाते हैं और बाढ़ आ जाती है। बिहार में, बाढ़ मुख्य रूप से उत्तरी बिहार की नदियों तक ही सीमित है और कमोबेश एक वार्षिक विशेषता है। गंडक, बूढ़ी गंडक, बागमती और कमला जैसी नदियाँ और अधवारा समूह की अन्य छोटी नदियाँ, निचली पहुँच में कोसी और पूर्वी छोर पर महानंदा अपने किनारों पर फैल जाती हैं, जिससे काफी नुकसान होता है। कोसी नदी, भारतीय नदियों के बीच सबसे अधिक तलछट भार वहन करती है। उत्तर पश्चिम क्षेत्र की मुख्य नदियाँ सिंधु नदी की सहायक नदियाँ हैं, अर्थात् सतलुज, ब्यास, रावी, चिनाब और झेलम, सभी हिमालय से बहती हैं। इन नदियों में मानसून के मौसम के दौरान काफी मात्रा में निर्वहन होता है और बड़ी मात्रा में तलछट भी होती है। नतीजतन, नदी के तल उत्तरोत्तर बढ़ते जा रहे हैं जिससे बड़े क्षेत्र जलमग्न हो रहे हैं। गंगा और ब्रह्मपुत्र नदी क्षेत्रों की तुलना में इस क्षेत्र में बाढ़ की समस्या अपेक्षाकृत कम है। प्रमुख समस्या अपर्याप्त भूमि जल निकासी की है जो विशाल क्षेत्रों में बाढ़ का कारण बनती है। प्रायद्वीपीय नदी घाटियों में भी बाढ़ आती है जिसमें नर्मदा, तापी, महानदी, गोदावरी, कृष्णा और कावेरी सहित मध्य भारत और दक्कन नदी क्षेत्र की महत्वपूर्ण नदियाँ शामिल हैं। ये नदियाँ विशेष रूप से पश्चिम की ओर बहने वाली हैं।

5.0 बाढ़ प्रबंधन और नियंत्रण

बाढ़ प्रबंधन और नियंत्रण न केवल इसलिए आवश्यक है क्योंकि बाढ़ समाज पर एक अभिशाप है, बल्कि भारत जैसे विविध आबादी वाली कृषि प्रधान अर्थव्यवस्था में समृद्धि लाने के लिए भूमि का इष्टतम दोहन और जल संसाधनों का उचित प्रबंधन और नियंत्रण महत्वपूर्ण है, और यह बाढ़ की समस्याओं के प्रभावी समाधान के बिना तकनीकी रूप से संभव नहीं हो सकता। बाढ़ प्रबंधन के संरचनात्मक उपायों में बाढ़ नियंत्रण परियोजनाओं जैसे बांध, तटबंध, स्पर का निर्माण और चैनल संशोधन इत्यादि शामिल हैं। गैर–संरचनात्मक उपायों में वास्तविक समय बाढ़ पूर्वानुमान, बाढ़ मैदान क्षेत्रीकरण, बांध तोड़ बाढ़ अनुकरण, बाढ़ खतरा और बाढ़ जोखिम मानचित्रण, बाढ़ के मैदान में भूमि उपयोग का विनियमन, बाढ़ बीमा, बाढ़ चेतावनी प्रणाली, सार्वजनिक सूचना और शिक्षा कार्यक्रम इत्यादि शामिल हैं। इनमें अल्पकालिक और दीर्घकालिक उपाय दोनों शामिल हैं। इस तरह के उपाय बाढ़ के मैदान पर विकास गतिविधियों को विनियमित करने और तैयार करने के लिए बाढ़ प्रबंधन कार्यक्रम की योजना, बनाने के लिए सूचना और इनपुट प्रदान करते हैं। बाढ़ की आपातकालीन अवधि के दौरान निकासी योजना। इन उपायों का उपयोग बाढ़ के मैदान में मानवीय हस्तक्षेप को कम करने के लिए कानून तैयार करने के लिए भी किया जाता है।

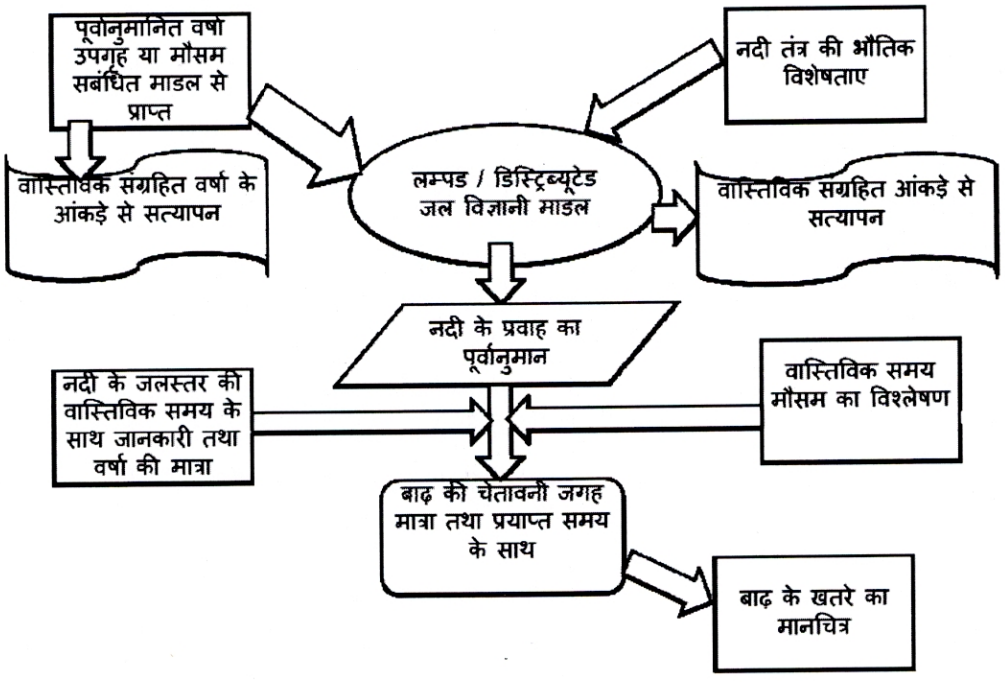
6.0 बाढ़ पूर्वानुमानः

पर्याप्त समय के साथ विश्वसनीय बाढ़ पूर्वानुमान और आसानी से समझ में आने वाली चेतावनी सूचना बहुत महत्वपूर्ण हैं। बाढ़ पूर्वानुमान तीन पहलुओं पर आधारित है; डेटा अधिग्रहण और प्रसंस्करण, चेतावनी प्रसार, और प्रदान की गई चेतावनी के लिए सार्वजनिक प्रतिक्रिया। डेटा अधिग्रहण के संबंध में भारत में बाढ़ पूर्वानुमान सेवाओं के विभिन्न चरणों में काफी सुधार हुआ है।

चेतावनी समय और पूर्वानुमान की सटीकता में सुधार के लिए जल विज्ञान और जलविज्ञान संबंधी डेटा के वास्तविक समय संग्रह और प्रसारण के लिए नवीनतम तकनीक को अपनाना आवश्यक है। एक सटीक बाढ़ पूर्वानुमान प्रदान करने के लिए टेलीफोन/मोबाइल के माध्यम से संचार के लिए स्व–रिकॉर्डिंग उपकरणों और सुविधाओं से लैस नदी गेज और रेनगेज नेटवर्क में सुधार करने की आवश्यकता है। डेटा प्रोसेसिंग और विश्लेषण के लिए कंप्यूटर आधारित तकनीकों की सिफारिश की जाती है। यह वर्षा और धारा प्रवाह की उपलब्ध जानकारी के आधार पर बाढ़ पूर्वानुमान तैयार करने में भी सहायक है। इस तरह के पूर्वानुमान आपदा रोकथाम और राहत गतिविधियों की योजना बनाने में मदद करते हैं।

चेतावनी के प्रसार के लिए बाढ़ चेतावनी संदेश जारी करने के लिए राज्य सरकार की एजेंसियों के साथ समन्वित प्रयासों की आवश्यकता है। स्थानीय भाषा में आधिकारिक चेतावनी संदेशों के प्रसार और व्याख्या पर अधिक जोर देने की आवश्यकता है, और इसी तरह सार्वजनिक शिक्षा उपायों को जोखिमों और तैयारियों के उपायों के बारे में सामुदायिक जागरूकता में सुधार के लिए डिज़ाइन किया गया है।

किसी भी नदी बेसिन के लिए वहाँ की जटिल स्थलाकृतिक विविधताओं के साथ, बाढ़ की भविष्यवाणी की जरूरतें अपने आप में भिन्न हैं (उदाहरण के लिए, बेसिन आउटलेट पर स्ट्रीमफ्लो भविष्यवाणी में रुचि हो सकती है या पूरे नदी नेटवर्क के लिए जल स्तर के वितरित सिमुलेशन में रुचि हो सकती है)। किसी भी नदी बेसिन के लिए अपनाए गए इन तरीकों को अन्य राज्यों में अन्य नदी घाटियों पर भी लागू किया जा सकता है। फ़्लड अर्लिवार्निंग सिस्टम का कार्यप्रवाह चित्र–1 में दिखाया गया है।



चित्र 1: फ़्लड अर्लिवार्निंग सिस्टम में शामिल कार्यप्रणाली

6.1. कार्य सिद्धांत और कार्यप्रवाह

एक उचित कार्य सिद्धांत और कार्यप्रवाह को प्रभावी नदी बाढ़ जोखिम मॉडलिंग के लिए डिज़ाइन किया जाता है। इसके प्रमुख घटकों की रूपरेखा नीचे सूचीबद्ध है।

मौसम संबंधी घटकः संख्यात्मक मौसम की भविष्यवाणी/पूर्वानुमान और निगरानी

इस घटक में निम्नलिखित शामिल हैं: :

- दैनिक मौसम पूर्वानुमान यानी न्यूमेरिकल प्रेडिक्शन का सृजन।
- वास्तविक समय के उपग्रह चित्रों और उत्पादों की निगरानी
- IMD, MOSDAC, डॉपलर मौसम रडार आदि का उपयोग करते हुए समसामयिक मौसम की स्थिति का विश्लेषण और एडवाइजरी तैयार करना

हाइड्रोलॉजिकल घटकः हाइड्रोलॉजिकल मॉडलिंग (बाढ़ निर्वहन अनुमान/पूर्वानुमान)

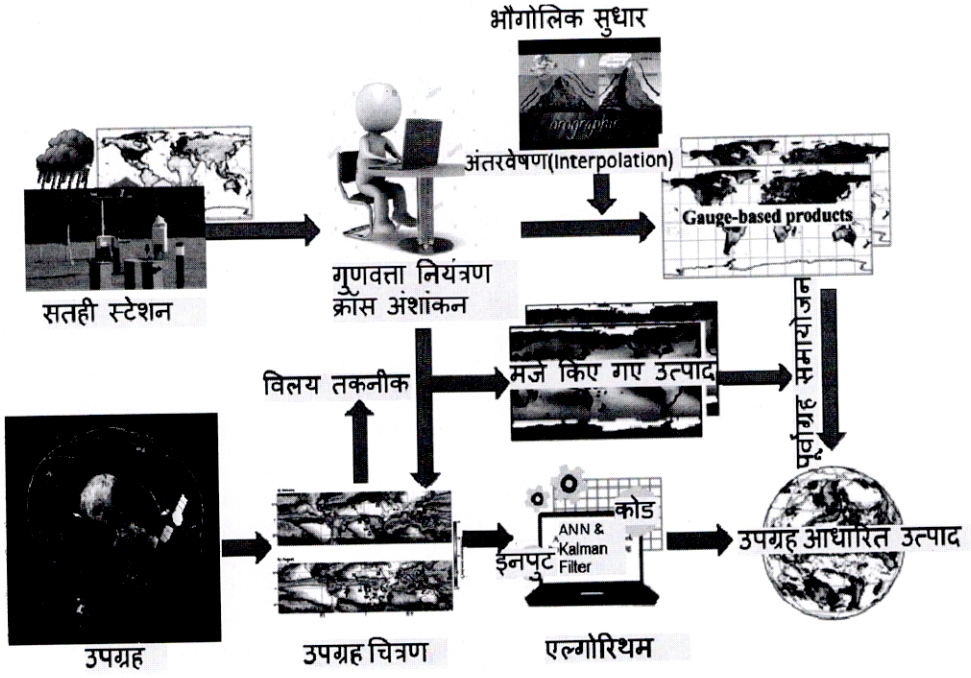
- मॉडलिंग के लिए वितरित/अर्ध–वितरित/लंप्ड विधियों का उपयोग करना और पीक डिस्चार्ज की गणना के लिए पूर्वानुमानित डब्ल्यूआरएफ डेटा का उपयोग करना
- नदी के जल स्तर, खतरे की स्थिति, आदि के साथ पूर्वानुमानित बाढ़ निर्वहन का विश्लेषण
- राजकीय जल संसाधन विभागों तथा केन्द्रीय जल आयोग आदि की जीडी साइटों के साथ वर्तमान बाढ़ स्तर/चरण का जमीनी समाधान।

बाढ़ अलर्ट का प्रसार (जब खतरे की स्थिति पार हो जाती है)

- प्रसार तीन मोड अर्थात एसएमएस, ई–मेल और वेब प्रसार का उपयोग करके किया जाता है

6.1.1 मौसम संबंधी घटक

अपवाह मॉडल का मुख्य घटक वर्षा का इनपुट है। रीयल–टाइम सिस्टम के लिए, इन आंकड़ों के दो अनिवार्य गुण बहुत महत्वपूर्ण हैं: (1) एक तो समय पर आंकड़ो की उपलब्धता और (2) वर्षा के आंकड़े जल विभाजक क्षेत्र की वर्षा का सही प्रतिनिधित्व करने वाले हों। बाढ़–पूर्वानुमान प्रणाली द्वारा समाज को बचाव कार्यों के लिए पर्याप्त समय देना चाहिए। बाढ़–पूर्वानुमान के लीड टाइम बढ़ाने से नुकसान और जानमाल के नुकसान के स्तर को कम करने की संभावना बढ़ जाती है। इसलिए बाढ़–पूर्वानुमान के लीड टाइम बढ़ाने के लिए वर्षा की सही भविष्यवाणी आवश्यक है। न्यूमेरिकल वेदर प्रेडिक्शन (NWP) आने वाले मौसम की भविष्यवाणी करने वाला एक कंप्यूटर मॉडल है। विशेष रूप से, न्यूमेरिकल वेदर प्रेडिक्शन केंद्र, माइक्रोवेव–आधारित उपग्रह वर्षा की जानकारी जैसे कि वैश्विक वर्षा मापन (जीपीएम) के माइक्रोवेव इमेजर (जीएमआई) से प्राप्त डेटा का उपयोग कर लघु–से–दीर्घकालिक मौसम पूर्वानुमानों में सुधार और उष्णकटिबंधीय चक्रवातों के लिए सही ट्रैक पूर्वानुमान करते हैं। इसके अलावा, न्यूमेरिकल वेदर प्रेडिक्शन केंद्र मौसम पूर्वानुमानकर्ताओं, जलविज्ञानी, संख्यात्मक मॉडलर, सैन्य और जलवायु समुदाय, किसानों सहित व्यापक उपयोगकर्ता समुदाय की जरूरतों को पूरा करने के लिए तत्काल 1–5 घंटों (जैसे जीपीएम से वास्तविक समय के वर्षा डेटा का उपयोग करके) में "नाउकास्टिंग" मौसम के लिए वर्षा उत्पाद बनाते हैं। NOAA का क्लाइमेट प्रेडिक्शन सेंटर (CPC) भविष्य के 6–10 दिनों के लिए वर्षा के विस्तारित रेंज आउटलुक मैप्स जारी करता है। यह उत्पाद राष्ट्रीय मौसम सेवा के अन्य घटकों द्वारा जारी किए गए लघु–श्रेणी के मौसम पूर्वानुमानों का पूरक है। उपग्रह वर्षण उत्पाद तैयार करने की कार्यप्रणाली चित्र–2 में दर्शायी गई है। वर्षा डेटा को एकीकृत करने के तरीके लगातार विकसित हो रहे हैं और आगे बढ़ रहे हैं, और जीपीएम के उन्नत उपकरणों के साथ, वैज्ञानिक अपने वैज्ञानिक अनुसंधान को प्रभावित और बढ़ा सकते हैं और सामाजिक आर्थिक गतिविधियों को लाभ पहुंचा सकते हैं।



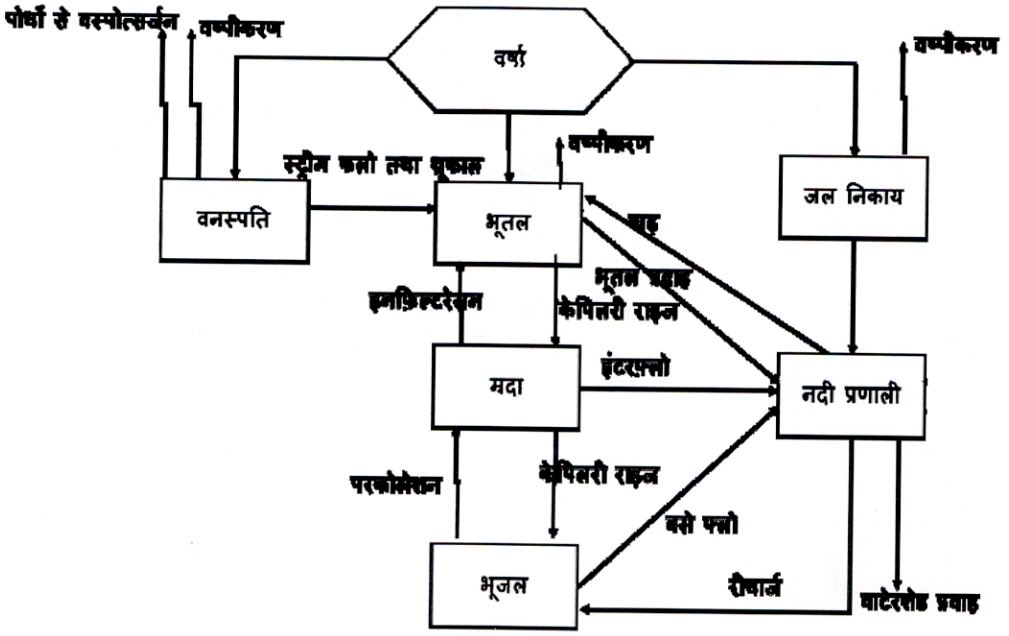
चित्र– 2: उपग्रह वर्षण उत्पाद तैयार करने की कार्यप्रणाली

6.2.2. हाइड्रोलॉजिकल घटक

हाइड्रोलॉजिकल मॉडलिंग

वर्षा–अपवाह मॉडलिंग, अधिकतर अपवाह उत्पादन की प्रक्रियाओं को देखे बिना, अपवाह की मात्रा का आंकलन करने पर केंद्रित होती है। बेसिन के लिए स्थानिक और सामयिक पैमाने पर अपवाह आम तौर पर प्रत्यक्ष इन–सीटू डिस्चार्ज माप से या फिर अप्रत्यक्ष तकनीकों द्वारा प्राप्त किया जाता है जिसमें ''प्लम्ड'' या ''वितरित'' हाइड्रोलॉजिकल मॉडल शामिल होते हैं। चूंकि परंपरागत डिस्चार्ज माप विधि में कभी–कभी संसाधनों और समय सीमा आदि जैसी बाधाओं का सामना करना पड़ता है, इसलिए हाइड्रोलॉजिकल वर्षा–अपवाह मॉडलिंग का उपयोग, अपवाह की गणना के लिए तेजी से किया जाता है, और इस तरह इसे कई उपयोगों जैसे बाढ़ सिमुलेशन, जलग्रहण स्तर जल प्रबंधन, जल संतुलन गणना, आदि में सफलता पूर्वक इस्तेमाल किया जाता है।

चित्र–3 में, विस्तृत हाइड्रोलॉजिकल प्रक्रिया में सिस्टम के सभी घटकों के माध्यम से पानी की आवाजाही और भंडारण का लेखा–जोखा दिखाया गया है। हाइड्रोलॉजिकल प्रक्रिया में शामिल विभिन्न घटकों के विवरण का स्तर जल संसाधन अध्ययन में हमारे लक्ष्य पर निर्भर करता है, अर्थात मॉडल प्रक्रियाओं को आवश्यकता के अनुसार सरल बनाया जा सकता है। उदाहरण के लिए, एक सामान्य अनुप्रयोग में, मिट्टी के भीतर पानी की आवाजाही का विस्तृत लेखा–जोखा छोड़ा जा सकता है। इसी तरह, बाढ़ अनुप्रयोगों में, आउटपुट फ्लड हाइड्रोग्राफ में बेस फ्लो से योगदान की उपेक्षा की जा सकती है क्योंकि यह वाटरशेड से पीक डिस्चार्ज के लिए असीम रूप से छोटा जोड़ होगा।

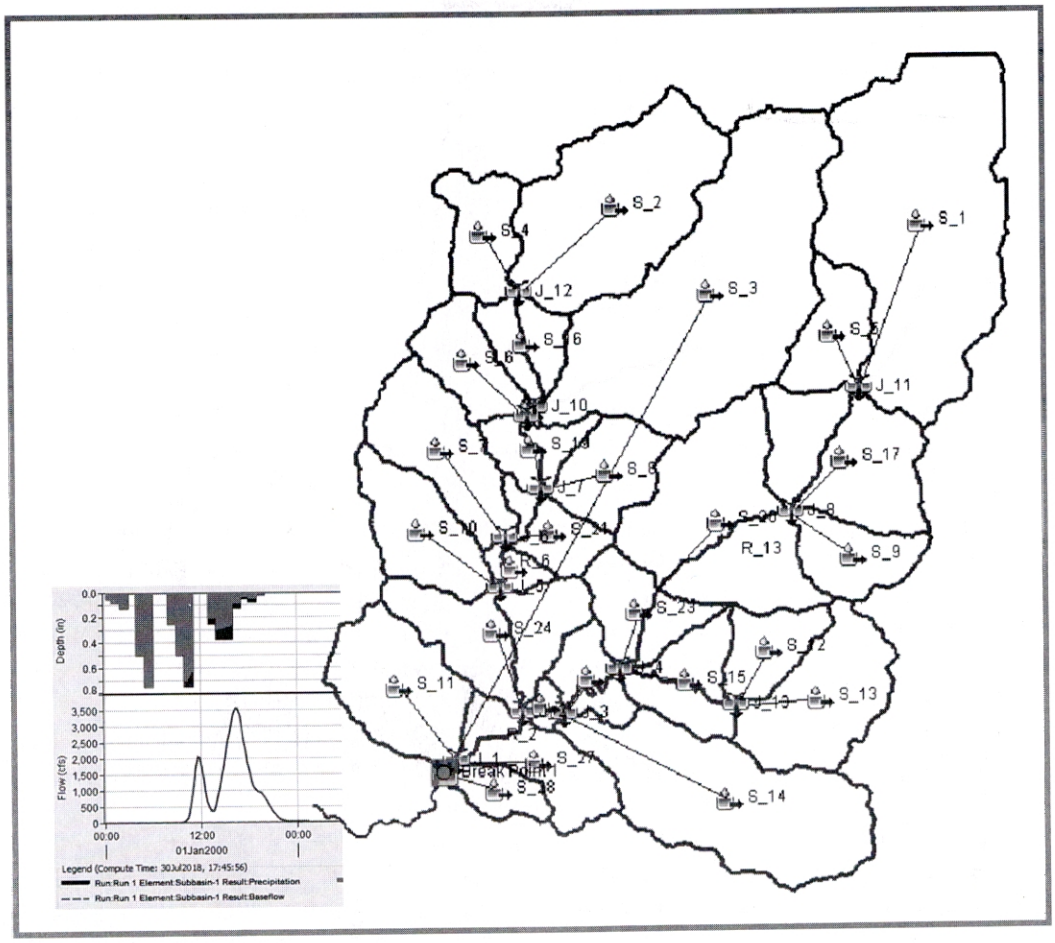


चित्र 3: स्थानीय स्तर पर अपवाह प्रक्रिया का सिस्टम आरेख

हाइड्रोलॉजिकल मॉडलिंग सबसे व्यापक रूप से इस्तेमाल किए जाने वाले अर्ध–वितरित मॉडल एचईसी–एचएमएस का उपयोग करके किया जाता है। यह यूएस आर्मी कॉर्प्स ऑफ इंजीनियर्स के अनुसंधान और विकास कार्यक्रम का एक उत्पाद है और हाइड्रोलॉजिक इंजीनियरिंग सेंटर (HEC) द्वारा निर्मित है। हालांकि मॉडल में वर्षा–अपवाह–रूटिंग सिमुलेशन के लिए कई घटक मौजूद हैं, फ्लड अर्ली वार्निंग सिस्टम में उपयोग किए जाने वाले प्राथमिक घटकों में शामिल हैं:

- लॉस मॉडल जो जलविभाजक की वर्षा और गुणों को देखते हुए अपवाह की मात्रा का अनुमान लगा सकते हैं।
- प्रत्यक्ष अपवाह मॉडल जो भूमि के प्रवाह, भंडारण और ऊर्जा के नुकसान के लिए जिम्मेदार हो सकते हैं क्योंकि पानी एक वाटरशेड से और स्ट्रीम चैनलों में चला जाता है।
- जलविज्ञान रूटिंग मॉडल जो जल प्रवाह चैनलों के माध्यम से पानी के प्रवाह के रूप में भंडारण और ऊर्जा प्रवाह का अंकलन करते हैं।
- प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले संगम और द्विभाजन के मॉडल
- डायवर्जन और भंडारण सुविधाओं का उपयोग करते हुए जल नियंत्रण उपायों के मॉडल।
- इनपुट और विश्लेषण सहित डेटाबेस प्रबंधन प्रणाली के लिए लिंक।

एचईसी–एचएमएस मॉडल का उपयोग करके मॉडल बनाए जाते हैं। प्रत्यक्ष अपवाह की गणना उपयुक्त पद्धति का उपयोग करके की जाती है और हाइड्रोलिक पैरामीटर को मस्किंगम कुंज विधि का उपयोग करके रूट किया जाता है। जलग्रहण के लिए बनाया गया एक नमूना एचईसी–एचएमएस मॉडल चित्र– 4 में दिखाया गया है।



चित्र 4: एचईसी–एचएमएस मॉडल – एक नमूना

हाइड्रोलॉजिकल मॉडल अंशांकन और सत्यापन

क्योंकि डिस्चार्ज डेटा (क्यू) और स्टेज–डिस्चार्ज कर्व्स की उपलब्धता में एक सीमा है, अतः सभी कैचमेंट के लिए वास्तविक समय या बाढ़ के बाद की अवधि में मॉडल के प्रदर्शन का पर्याप्त सत्यापन आंकडों के अभाव से संभव नहीं हो पाता है। हालांकि, राज्यों के जल संसाधन विभाग तथा केन्द्रीय जल आयोग द्वारा उपलब्ध कराए गए दैनिक जल स्तर के आंकड़ों का उपयोग कर जल स्तर में वृद्धि या गिरावट के संबंध को दर्शाता हुआ वास्तविक समय मॉडल का मूल्यांकन किया जा सकता है। बाढ़ निर्वहन की सटीकता, संख्यात्मक वर्षा पूर्वानुमान के मात्रात्मक मूल्यों पर सीधेतौर निर्भर करती है, साथ ही भू संतृप्ति, आधार प्रवाह, वर्तमान बाढ़ चरण, आदि के साथ हाइड्रोलॉजिकल मॉडल के सत्यापन पर भी निर्भर करती है।

6.2.3. हाइड्रोडायनामिक मॉडलिंग

हाइड्रोलॉजिकल मॉडल में गणना किए गए उप–जलग्रहण क्षेत्रों से अपवाह मुख्य नदी में प्रवाहित होता है। इस इनपुट अपवाह को फिर नदी के माध्यम से भेजा जाता है और जल स्तर निम्नलिखित से प्रभावित होता है:–

- नदी का खंड कितना ऊँचा है?
- नदी का खंड कितना चौड़ा और गहरा है?

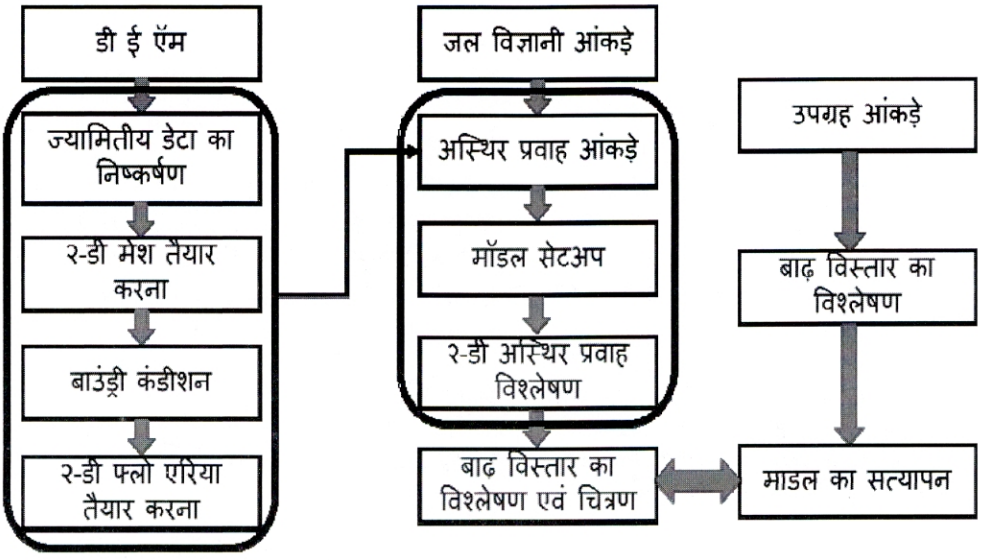
- नदी के खंड का तल कितना ऊबड़–खाबड़ है?

ये अनिवार्य रूप से एक हाइड्रोडायनामिक मॉडल के पैरामीटर हैं जिन्हें वास्तविक भौतिक प्रणाली का प्रतिनिधित्व करने के लिए लागू करने की आवश्यकता है। पीक फ्लड डिस्चार्ज और फ्लो हाइड्रोग्राफ की व्युत्पत्ति के बाद, बाढ़ के मैदान में नदी के प्रवाह और बाढ़ के पानी के प्रसार का अनुकरण करने के लिए अगला कदम हाइड्रोलिक विश्लेषण है। फ्लड हाइड्रोलिक मॉडलिंग को आमतौर पर 1–डी या 2–डी फ्लड रूटिंग एल्गोरिथम के माध्यम से किया जाता है, जो प्रवाह और वेग की गतिशीलता के सटीक स्थानिक वितरण के लिए सेंट वेनांट के हाइड्रोडायनामिक समीकरणों के विभिन्न संशोधित रूपों और समाधानों पर आधारित है। 2–डी मॉडल जो अधिक जटिल होते हैं उनमें डेटा रिज़ॉल्यूशन और कम्प्यूटेशनल मुद्दे जैसी बाधाएं शामिल होती रही हैं। इन सभी सीमाओं को पार करते हुए, भू–स्थानिक तकनीकों और कम्प्यूटेशनल एल्गोरिदम में प्रगति के साथ, आजकल बाढ़ के मैदानों और शहरी वातावरण में बाढ़ प्रक्रिया का आंकलन करने के लिए 2डी बाढ़ मॉडल का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। वर्तमान हाइड्रोलॉजिक–हाइड्रोलिक मॉडलिंग प्रक्रियाओं को तीन मुख्य कारकों द्वारा वर्णित किया जा सकता है; (i) विस्तृत स्थलाकृतिक डेटा की उपलब्धता, जैसे डीईएम/डीटीएम, आदि और हाइड्रोलॉजिकल डेटा (ii) उपयुक्त बाढ़ सिमुलेशन मॉडल और योजनाओं का विकल्प (डेटा उपलब्धता के आधार पर), और (iii) बाढ़ मानचित्रण परिणामों (डिजाइन हाइड्रोग्राफ, उपयोग किए गए हाइड्रो–मौसम संबंधी डेटा की सटीकता) पर हाइड्रोलॉजिकल फोर्सिंग फ़ंक्शंस का प्रभाव। नदी के बाढ़ के मैदानों के लिए एचईसी–आरएएस (हाइड्रोलॉजिक इंजीनियरिंग सेंटर्स रिवर एनालिसिस सिस्टम) और माइक फ्लड (डेनिश हाइड्रोलिक्स इंस्टीट्यूट पैकेज) का उपयोग किया जाता है। एचईसी–आरएएस संक्षेप में एक आयामी स्थिर प्रवाह हाइड्रोलिक मॉडल है जिसे चैनल प्रवाह विश्लेषण और बाढ़ के मैदान निर्धारण में हाइड्रोलिक इंजीनियरों की सहायता के लिए डिज़ाइन किया गया है। माइक फ्लड एक सोफ्टवेयर है जो एक–आयामी मॉडल माइक 11 और द्वि–आयामी मॉडल माइक 21 को एक एकल, गतिशील रूप से युग्मित मॉडलिंग प्रणाली में एकीकृत करता है। यह युग्मित दृष्टिकोण एक–आयामी और दो–आयामी मॉडल दोनों की सर्वोत्तम विशेषताओं का उपयोग करने में सक्षम बनाता है, जबकि एक ही समय में MIKE 11 या MIKE 21 का अलग–अलग उपयोग करते समय सामने आने वाली रिज़ॉल्यूशन और सटीकता की कई सीमाओं से बचा जाता है। बाढ़ विस्तार का विश्लेषण एवं चित्रण के लिए हाइड्रोडायनामिक मॉडलिंग प्रक्रिया का सिस्टम आरेख चित्र 5 मे दर्शाया गया है। हाइड्रो–डायनामिक फ्लड वेव सिमुलेशन के लिए, एयरबोर्न LiDAR आधारित डिजिटल एलिवेशन मॉडल से उत्पन्न उच्च रिज़ॉल्यूशन स्थलाकृतिक डेटा का उपयोग बाढ़ निर्वहन और स्तर आधारित इननडेशन परिदृश्य संग्रहण करने के लिए किया जाता है। इन संग्रहित परिदृश्य से प्राप्त अलग–अलग परिदृश्यों को भविष्य में बाढ़ के मौसम के दौरान बाढ़ पूर्वानुमान और सलाह के रूप में उपयोग किया जा सकता है। बाढ़ मॉडलिंग एक युग्मित 1D/2D हाइड्रोडायनामिक HEC–RTS अथवा MIKE FLOOD मॉडल का उपयोग करके की जा सकती है। इस से उत्पन्न उत्पाद फ्लडप्लेन ज़ोनेशन और विनियमन में भी मददगार साबित होते हैं।

6.2.4. बाढ़ की भविष्यवाणी और प्रसार

संभावित बाढ़ की सटीक भविष्यवाणी पूरी चेतावनी प्रणाली में सबसे जटिल तंत्र है क्योंकि इसमें विभिन्न मौसम विज्ञान और हाइड्रोलॉजिकल आउटपुट के विश्लेषण से बाढ़ की संभावना का पता लगाने के लिए विशेषज्ञता की आवश्यकता होती है। साथ ही, पर्याप्त समय के साथ अलर्ट जारी किया जाना भी आवश्यक है ताकि अंतिम उपयोगकर्ता बाढ़ से बचाव के उचित उपाय कर सके। निर्णय लेने के बाद अगला कदम संबंधित अधिकारियों को अलर्ट का प्रसार करना है ताकि वे संभावित आपदा के प्रभाव को रोकने के लिए समय पर उचित निर्णय ले सकें। अलर्ट का प्रसार मोबाइल, एसएमएस और ईमेल के रूप में किया जाता है। मोबाइल एसएमएस राज्य नियंत्रण कक्ष, जिला परियोजना अधिकारियों, और कार्यकारी अभियंताओं को भेजा जाता है ताकि तत्काल कार्रवाई की जा सके। साथ ही, संबंधित विभागों को ईमेल के रूप में विस्तृत अलर्ट जारी

किया जाता है। विस्तृत अलर्ट में नदी का जलग्रहण मानचित्र भी होता है जहां बाढ़ की संभावना की सूचना दी जाती है।



चित्र 5: बाढ़ विस्तार का विश्लेषण एवं चित्रण के लिए हाइड्रोडायनामिक मॉडलिंग प्रक्रिया का सिस्टम आरेख

निष्कर्ष

बाढ़ चेतावनी मॉडल से विश्वसनीय भविष्यवाणी प्राप्त करने के लिए गहन जलविज्ञान आंकड़े की आवश्यकता होती है। डिस्चार्ज से लेकर वाटर लेवल आंकड़ों तक, सही ऐतिहासिक और वर्तमान में संग्रहित किए गए आंकड़ों का अधिग्रहण एक चुनौती है। बाढ़ की सही भविष्यवाणी सटीक आंकड़ों और आकलन की उपस्थिति पर निर्भर है। इसके अलावा, मौसम की स्थिति का सही पूर्वानुमान लगाने के लिए संख्यात्मक मौसम भविष्यवाणी मॉडल एकमात्र तकनीक है। यह एक ऐसा मॉडल है जिसमें वातावरण के बारे में हमारा अधिकांश वर्तमान ज्ञान है तथा आंकड़ों का उपयोग कर भविष्य के मौसम की स्थिति का पूर्वानुमान लगाया जाता है। बहुत पहले मौसम का सही पूर्वानुमान करना आसान नहीं है। चूंकि डी संख्यात्मक मौसम भविष्यवाणी मॉडल द्वारा प्राप्त वर्षा की भविष्यवाणी जलविज्ञानी मॉडल के लिए एक महत्वपूर्ण इनपुट है इसलिए वर्षा के गलत आकलन से बाढ़ की गलत भविष्यवाणी होने की सबसे अधिक संभावना है। इसी तरह, हाइड्रोलॉजिकल मॉडल अपनी विभिन्न योजनाओं के साथ संभावित बाढ़ का अनुमानित अनुमान दे सकते हैं और पर्यावरण में हाइड्रोलॉजिकल प्रक्रियाओं को पूरी तरह से दोहरा नहीं सकते हैं। इसके अलावा, समय के साथ प्रत्येक बाढ़ के साथ उत्पन्न डेटाबेस ने अलर्ट की सटीकता को बढ़ाने में बहुत मदद की है। इस प्रकार प्रत्येक बीतते वर्षों के साथ, एक ऐसे चरण की अपेक्षा की जाती है जब बाढ़ का सटीक पूर्वानुमान संभव होगा। किन्तु फिर भी वर्तमान में विकसित सुदूर संवेदन और कंप्यूटर विश्लेषण तकनीकों, बाढ़ पूर्वानुमान मॉडल का उपयोग कर बाढ़ का पहले से ही पूर्वानुमान लगाया जा सकता है, फिर उपयुक्त चेतावनी दी जा सकती है और जानमाल के नुकसान को कम करने के लिए तैयारी की जा सकती है। अतः फ्लड अर्ली वार्निंग सिस्टम को बाढ़ खतरे की जानकारी प्राप्त करने तथा बाढ़ प्रबंधन के लिए सफलता पूर्वक इस्तेमाल किया जा सकता है।