बाढ़ पूर्वानुमान एवं जल प्रबन्धन में निर्णय समर्थक तंत्र की भूमिका

अनिल कुमार लोहनी
वैज्ञानिक ई1

राज देव सिंह
वैज्ञानिक फ

राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान , रूडकी

1.0 प्रस्तावना

हमारे देश में जल वृष्टि एवं हिमपात के रूप में जल उपलब्ध होता है, किन्तु यह समय और स्थान की भिन्नता के कारण एक ओर बाढ़ एवं दूसरी और सूखा की स्थिति उत्पन्न कर देता है। इससे बचने के लिये विभिन्न उपाय किये गये हैं किन्तु इस समस्या का सम्पुर्ण उन्मूलन नहीं हुआ है। वहीं दूसरी ओर विकास की प्रक्रिया में साधारणतः संसाधनों की मात्रा एवं गुणवत्ता दिन पर दिन क्षीण होती जाती है, जब तक कि प्राकृतिक अथवा कृत्रिम प्रक्रिया से उसका भरण पोषण न किया जाये।

जल विज्ञान के क्षेत्र में हो रहे विकास का उपयोग कर कृत्रिम बुद्धिमत्ता युक्त निर्णय समर्थक तंत्र विभिन्न जलविज्ञानीय समस्याओं के निदान में एक सहसयक के रूप मे आज के संदर्भ में अपेक्षित है। जल संसाधन प्रबधन निर्णय तंत्र (DSS) संगणक आधारित उच्च वैज्ञानिक साफ्टवेयर होता है जो कि जल संसाधन प्रबन्धन मे आवश्यक निर्णय लेने में सहायता प्रदान करता है। क्योकि जलविज्ञान के क्षेत्र में कोई निर्णय लेना बहुत ही जटिल एवं कठिन समस्या है अतः निर्णय समर्थक तंत्र एक अति उपयोगी वैज्ञानिक यंत्र के रूप में आवश्यक है। जलविज्ञान के जटिल निर्णय समस्या का मुख्य कारण जल उपलब्धता, जल आवश्यकता तथा सामाजिक एवं वाणिज्यिक तंत्र के बीच जटिल सम्बन्ध तथा साथ ही विभिन्न जल समूहों का जल प्रयोग/उपयोग के प्रति विशेष उद्देश्य सम्मलित हैं।

जल सेसाधन विकास परियोजनाओं के कार्यान्वयन में यह अभियांत्रिक तकनीक महत्वपूर्ण साबित हो सकती है। घरेलू, औद्योगिक, मानव स्वास्थ्य, सिंचाई एवं निकासी आदि सभी के लिये जल की अवश्यकता है अतः निर्णय समर्थक तंत्र का उचित उपयोग कर विभिन्न आवश्यकताओं को प्राथमिकता के आधार पर वर्तमान एवं भविष्य मे जल का आवंटन सूनिश्चित किया जा सकता है। इस प्रपत्र में निर्णय समर्थक तंत्र के विभिन्न घटको का विस्तार में वर्णन कर बाढ़ पुर्वानुमान एवं जल प्रबन्धन क्षेत्र में इसकी भूमिका का विस्तार पूर्वक वर्णन किया गया है।

2.0 भारत में जल संसाधन एवं समस्याएं

हमारी पृथ्वी पर स्थित समस्त प्राकृतिक संपदाओं तथा जीवन के अस्तित्व के लिये जल अत्यन्त आवश्यक है। प्रत्येक जीव की सभी शारीरिक क्रियाए जल आधारित होने के कारण जल को जीवन की संज्ञा दी जाती है। संयुक्त राष्ट्र के आंकलन के अनुसार पृथ्वी पर जल की मात्रा 140 करोड धन किलोमीटर है। संयोगवश पृथ्वी के जल का 98 प्रतिशत महासागरों व सागरों में है जा पृथ्वी के तीन चौथाई भाग में फैला है। पृथ्वी पर उपलब्ध जल का 2.7 प्रतिशत भाग स्वच्छ है। इसका 75.2 प्रतिशत हिस्सा ध्रुवीय क्षेत्रों में तथा 22.6 प्रतिशत भूजल के रूप में पाया जाता है जिसका एक भाग पृथ्वी की सतह से इतना नीचे होता है कि उसे उपयोग में नहीं लाया जा सकता । सौभाग्यवश जल एक नवीकरणीय संपदा है और अधिकाशतः इसका प्रबन्धन ही इसके स्थिर विकास का मुख्य घटक है।

एक आंकलन के अनुसार भारत का कुल जल संसाधन 1953 घन कि.मी. है । भारत के कुल जल संसाधन का 1521 घन कि.मी. भाग सतही और 432 घन कि.मी. भाग भूजल के रूप में उपस्थित है। इसमें से केवल 690 घन कि.मी. सतही तथा 396 घन कि.मी. भूजल का उपयोग किया जा सकता है । इसमें कुछ का उद्‌गम हमारी सीमा के ऊपर है और कुछ सीमा पार कर दूसरे देशों में चला जाता है।

हमारे देश में जल वृष्टि एवं हिमपात के रूप में जल उपलब्ध होता है, किन्तु यह समय और स्थान की भिन्नता के कारण एक ओर बाढ़ एवं दूसरी और सूखे की स्थिति उत्पन्न कर देता है। इससे बचने के लिये विभिन्न उपाय किये गये हैं किन्तु इस समस्या का सम्पुर्ण उन्मूलन नहीं हुआ है। वहीं दूसरी ओर विकास की प्रक्रिया में साधारणतः संसाधनों की गुणवत्ता एवं मात्रा दिन पर दिन क्षीण होती जाती है। जब तक कि प्राकृतिक अथवा कृत्रिम प्रक्रिया से उसका भरण पोषण न किया जाये। जल विज्ञान के क्षेत्र में हो रहे विकास का उपयोग कर कृत्रिम बुद्धिमत्ता युक्त निर्णय समर्थक तंत्र विभिन्न जलविज्ञानीय समस्याओं के निदान में एक सहसयक के रूप मे आज के संदर्भ में अपेक्षित है।

तालिका 1 : राष्ट्रीय जल संसाधन

क्रम संख्या	मदें		मात्रा (घन किलोमीटर)
1.	वार्षिक वर्षा (हिमपात सहित)		4000
2.	औसत वार्षिक उपलब्धता		1869
3.	प्रति व्यक्ति जल उपलब्धता (2001) घनमीटर में		1820
4.	अनुमानित उपभोज्य जल संसाधन		1122
	(i) सतही जल संसाधन	690 घन किलोमीटर	
	(ii) भू-जल संसाधन	432 घन किलोमीटर	

3.0 राष्ट्रीय जल नीति

भारत में जल संबधी समस्याओं के समाधान एवं दीर्घकालीन योजना के लिये वर्ष 1987 में एक राष्ट्रीय जल नीति बनाई गई थी। पुनः वर्ष 2002 में राष्ट्रीय जल नीति जारी की गई। जल प्रबन्धन तथा संचयन को इन नीति में अति महत्वपूर्ण बताया गया हैं तथा विभिन्न दिशा निर्देश वर्णित किये गये हैं। भारत में भूमिजल के बढते उपयोग को देखते हुए राष्ट्रीय जल नीति में भूजल प्रबन्धन एंव विकास के लिये भी दिशा निर्देश जारी किये गये हैं। राष्ट्रीय जल नीति 2002 के अनुसार जल अबंटन के लिये निम्न प्रथमिकतायें निर्धारित की गई है।

(1) पीने का पानी
(2) सिंचाई
(3) जल विधुत
(4) कृषि औधोगिक एवं अकृति औधोगिक
(5) नौवहन एवं अन्य उपयोग

4.0 जल संसाधन प्रबन्धन निर्णय समर्थक तंत्र

निर्णय समर्थक तंत्र (DSS) संगणक आधारित एक उच्च वैज्ञानिक साफ्टवेयर होता है जो कि जल संसाधन प्रबन्धन में आवश्यक निर्णय लेने में सहायता प्रदान करता है। जैसा कि हम जानते हैं कि जलविज्ञान के क्षेत्र में कोई निर्णय लेना बहुत ही जटिल एवं कठिन समस्या है, अतः निर्णय समर्थक तंत्र एक अति उपयोगी वैज्ञानिक यंत्र के रूप में आवश्यक है । जलविज्ञान के जटिल निर्णय समस्या का मुख्य कारण जल उपलब्धता, जल आवश्यकता तथा सामाजिक एवं विणिज्यिक तंत्र के बीच जटिल सम्बन्ध तथा साथ ही विभिन्न जल समूहों का जल प्रयोग/उपयोग के प्रति विशेष उद्देश्य सम्मलित हैं । अतः इस समस्या के निदान के लिये संगणक आधारित उच्च तकनीक से युक्त ऐसे माडलों की आवश्यकता महसूस की जाती रही है जो कि कृत्रिम बुद्धिमत्ता का प्रयोग कर जल संसाधनों के प्रबन्धन में महत्वपूर्ण योगदान प्रदान कर सकें । निर्णय समर्थक तंत्र (DSS) का विकास इस दिशा में एक आदर्श वैज्ञानिक कदम है ।

चित्र 1 में एक आदर्श जल प्रबन्धन निर्णय समर्थक तंत्र (DSS) दर्शाया गया है। इस आदर्श निर्णय समर्थक तंत्र में क्षेत्र विशेष की आवश्यकतानुसार विभिन्न माडलों का समावेश किया जाता है तथा इसमें विभिन्न जल क्षेत्रों की स्थलाकृति एवं जलवायु के अनुसार व्यवहारिक फेरबदल कर आवश्यक निर्णय समर्थक तंत्र तैयार किया जाता है।

जल प्रबन्धन एवं बाढ़ पूर्वानुमान निर्णय समर्थक तंत्र विभिन्न साफ्टवेयर प्रोग्रामों का एक विशिष्ट समाकलन है जिसके विभिन्न घटक निम्न हैः

(1) जल विज्ञानीय आंकड़ा संग्रहण एवं प्रबन्धन तंत्र
(2) आंकड़ा परिशोधन एवं परीक्षण
(3) सुदूर संवेदी आंकड़ा संग्रहण एवं प्रबन्धन तंत्र
(4) भूगोलिय सूचना तंत्र
(5) जल वैज्ञानिक माडल

(i) जल आवश्यकता पूर्वानुमान एवं प्रबन्धन माडल
(ii) जलाशय माडल
(iii) जल क्षेत्र प्रबन्धन माडल
(iv) भूजल तंत्र माडल
(v) बाढ़ पूर्वानुमान माडल
(vi) बाढ़ क्षति प्रबन्धन एवं आंकलन माडल
(vii) बाढ़ जलप्लावन क्षेत्र आंकलन माडल
(viii) सूखा पूर्वानुमान एवं बारम्बारता माडल
(ix) जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन अध्ययन संबंधी माडल
(x) जल आवश्यकता पूर्वानुमान माडल

(6) कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्र

4.1 आकड़ा संग्रहण एवं प्रबन्धन क्षेत्र

जल नियतन तथा जल संसाधनों के नियंत्रण के लिये, जल संबन्धी विभिन्न आंकड़ो का विस्तृत आधार तैयार करने की आवश्यकता है। विभिन्न उपकरणों द्वारा, भिन्न भिन्न समय पर एकत्रित किये जाने वाले आकड़ो को उपयोग में लाने हेतु बनाने के लिये जल विज्ञानीय आंकड़ो का प्रक्रमण अति अवश्यक है। आंकड़ो के द्वारा त्रुटियों को दूर करना, तथा अनउपलब्ध आंकड़ो के स्थान पर आकंलन कर नये आंकड़े भरना इत्यादि शामिल है। समयबद्ध जल विज्ञानिय आंकड़ों तथा स्थालकृत मानचित्र का उपयोग कर परिषकृत आंकड़ो का संचयन कर आवश्यकतानुसार उपयोग किया जा सकता है। विभिन्न जल विज्ञानीय आंकड़ों जैसे, वर्षा, जल अपवाह, जलतल, अपसादन, वाष्पन, जल गुणवत्ता का जल प्रबन्धन एवं जल विज्ञानीय समस्याओं के समाधान में महत्वपूर्ण योगदान है। जल विज्ञानीय आंकडों का संग्रहण कई माध्यमों से किया जाता है जैसेः

(क) संवेदक द्वारा आंकड़ा संग्रहण इ समें (1) दृष्टि द्वारा (2) यंत्र द्वारा और (3) विधुत द्वारा आंकड़ा संग्रहण सम्मलित है।

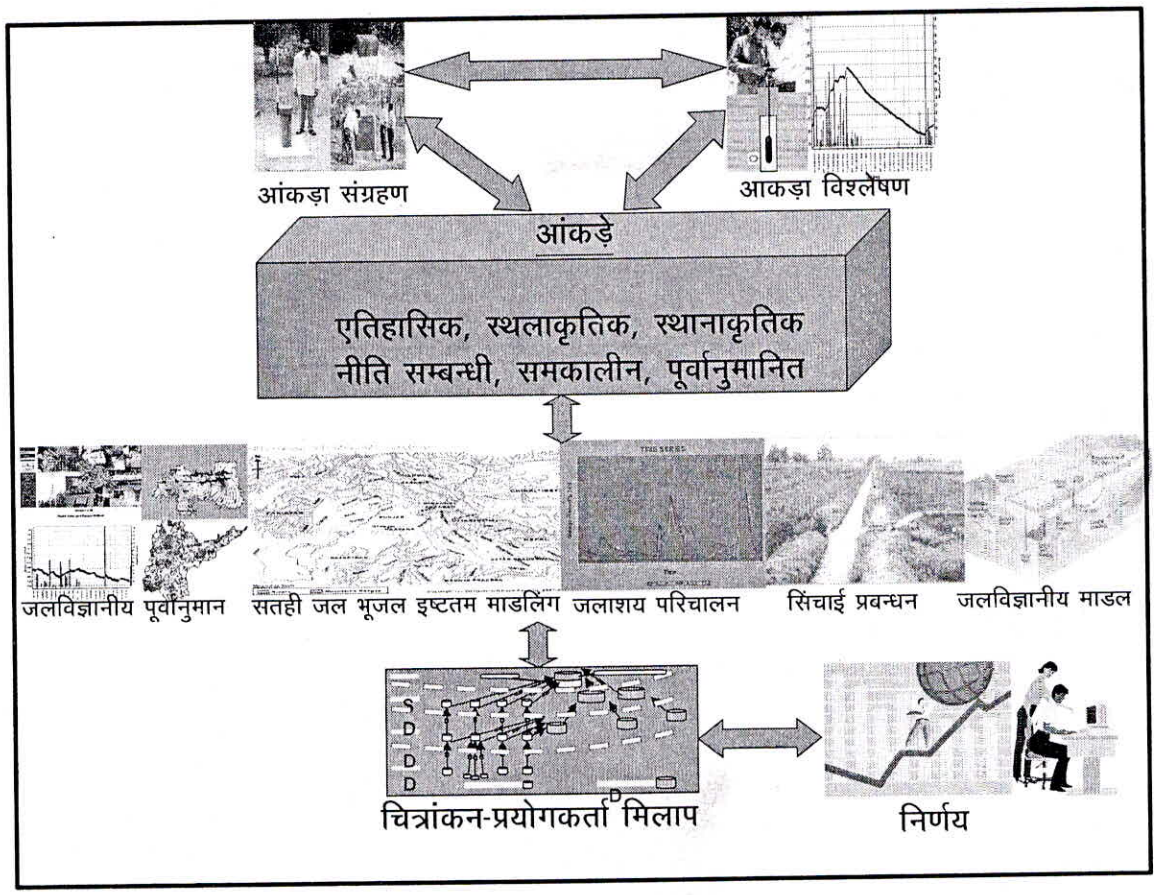
(ख) अभिलेखक द्वारा आकड़ा संग्रहण इसमें (1) टिप्पणी किताब (2) आंकड़ा शीट और (3) आंकड़ा चार्ट द्वारा आंकड़ा संग्रहण सम्मलित है।

(ग) प्रेक्षण द्वारा आकड़ा संग्रहण इसमें (1) कर्मचारियों द्वारा और (2) स्वचलित यंत्रों द्वारा आंकड़ा संग्रहण सम्मलित है।

4.2 आंकड़ा परिशोधन एवं परीक्षण

जल विज्ञानीय आंकड़ों की प्रकृमण क्रिया निम्न चरणों में की जाती है।

- प्रथमिक प्रकृमण
- अप्राप्य आंकड़े प्राप्त करना
- आंकड़ा समंजस्य
- आंकड़ा सुधार
- द्वितीयक प्रक्रमण



चित्र 1: जल प्रबन्धन एवं बाढ़ पूर्वानुमान निर्णय समर्थक तंत्र

जल विज्ञानीय आंकड़ों मे संभावित त्रुटियों को दूर करने के लिये चरणबद्ध तरीके से आंकड़ा जाँच, स्थान वैधता, उचित आकड़ा निवेश एंव आंकड़ा गुण का अध्ययन किया जाता है। यदि किसी कारणवश किसी स्थान के जल विज्ञानीय आंकड़े कुछ अन्तराल के लिये अप्राप्य पाये जाते हैं तो उन्हे प्राप्त करने के लिये गणितीय एवं सांख्यिकी विधियों का उपयोग किया जाता है। आंकड़ा सामंजस्य साधारणतया दो प्रकार से किया जाता है

(क) आन्तरिक
ख) बाह्य सामंजस्य

आन्तरिक सामंजस्य प्रक्रिया में जल विज्ञानीय आँकड़ो को आपसी सामंजस्य के द्वारा जाँच करते है जबकि बाह्य सामंजस्य में एक स्थान के एक तरह के आंकड़े की तुलना दूसरे तरह के आंकड़ो से करके एक सम्बन्ध स्थापित किया जाता है उसके उपरान्त दूसरे स्थान के आंकड़ो से इसकी तुलना कर बाह्य सामंजस्य की जाँच की जाती है। इन सभी प्रक्रियाओं से आंकड़ो में प्राप्त त्रुटियों का पता लगा कर उनमें सुधार किया जाता है। इसके उपरान्त द्वितीयक प्रक्रमण में जल विज्ञानीय आंकड़ो का आवश्यक विश्लेषण किया जाता है।

4.3 सुदूर संवेदी आंकड़ा संग्रहण एवं प्रबन्धन तंत्र

4.3.1 सुदूर संवेदी आंकड़े

उपग्रह संवेदन पृथ्वी के सतह पर स्थित विभिन्न संसाधनों के चित्रण एवं निरीक्षण के लिये बहुत ही आसान विधि है। आज पृथ्वी का लगभग प्रत्येक भाग विभिन्न सुदूर संवेदन उपग्रहों द्वारा निरन्तर चित्रित किया जा रहा है। बड़े क्षेत्रों से गहन अध्ययन के विषय को चुनने में सुदूर संवेदन अत्यधिक लाभदायक है। यह प्रचलित अवलोकन तकनीक को तुलना में बहुत ही उपयोगी है इसकी मुख्य विशेषता है कि यह बहुत बड़े भू-भाग के आंकड़े प्रदान करने की क्षमता रखता है तथा इस प्रकार प्राप्त आंकड़े स्वभाव मे विभिन्न स्थलों से प्रचलित विधियों द्वारा एकत्रित किये गये आंकड़ो की तुलना में अधिक समरूप होते है। उपग्रह सुदूर संवेदी आंकड़ो की दूसरी विशेषता इनकी स्थानिक निरन्तरता है। उपग्रह से प्राप्त आंकड़ो को आसान प्रक्रमण तथा आंकलन के लिए निरूपित कर माडल अध्ययन के लिए प्रयोग किया जा सकता है।

4.3.2 आंकडों का प्रकार एवं विश्लेषण

सुदूर संवेदन मंच के प्रकार निर्धारित करने के लिए अन्वेषण पैमाने की अवश्यकता होती है। सुदूर संवेदी उपग्रह 1 मी. से 80 मी. के बीच पृथककरण क्षमता बाले चित्र प्रदान करता है जबकि, कठिन कार्य पद्धति होने के बावजूद विस्तृत निरूपण के लिए अवरक्त आकाशीय फोटोग्राफी विर्स्तीण है और वास्तव में अत्याधिक अनुप्रयोग प्रदान करता है। कुछ परिस्थितियों में सार्ववर्णी अवस्था में 1 मी. विभेदन के बावजूद बहुस्पैक्ट्रमी अवस्था में 20 मी. विभेदन के आंकड़े एक विकल्प प्रदान करते है।

उपग्रह आंकड़ो का विश्लेषण या तो दृश्य निर्वचन से या संगणक को उपयोग करके अंकीय विधि द्वारा हो सकता है। अंकीय विश्लेषण में संगणक प्रत्येक दृश्य बिन्दु को उनके व्यक्तिगत परावर्तकता मानों की अवरक्त प्रदेश के जलाशयों की निम्न परावर्तकता से तुलना करके जलीय या अजलीय, अवस्थाओं में वर्गीकृत करता है। प्रतिबिम्ब विश्लेषण को विभिन्न कलाओं जैसे कि थ्रेसोल्डिग, ऐज डिटेक्षन टेक्सचर विश्लेषण, टेम्पलेट मैचिंग और ट्रेकिंग का उपयोग कर प्रतिबिम्बों को खण्डित किया जाता है। प्रतिबिम्बों को खण्डित करने के उपरांत अगला तर्क संगत कदम प्रतिबिम्ब वर्गीकरण या नमूना पहचान है। प्रतिबिम्ब वर्गीकरण का उद्देश्य दृश्य में लक्षण की पहचान के स्वचालन के लिए प्रतिबिम्ब आंकड़ों के चाक्षुण विश्लेषण की मात्रात्मक तकनीकों से बदलना है।

4.3.3 दृश्य निर्वचन के लिए आंकडा निवेश तथा क्रिया पद्धति

दृश्य निर्वचन हेतु विभिन्न उपग्रहों से प्राप्त संगठनीय कापी उत्पाद जैसे की श्वेत एवं श्याम या एफ सी सी आवश्यक निवेश है। निर्वचन तकनीक विभिन्न मान्यता प्राप्त तत्वों के न्याय संगत मिलान के पूर्ण निर्धारण से सम्बधिंत है। दृश्य निर्वचन मे अंतिम परिणाम की गुणता निर्वचनकर्ता की सामर्थ्य एवं दक्षता पर निर्भर करती है।

4.4 भूगोलीय सूचना तंत्र

भूगोलीय सूचना तंत्र तक ऐसा सूचना तंत्र है जो आकाशीय या भूगोलीय निर्देशाकों द्वारा निर्देशित आंकड़ो के साथ काम करने के लिए अभिकल्पित किया गया है। दूसरे शब्दों में भूगोलीय सूचना तंत्र आकाशीय निर्देशित आंकड़ों को विशिष्ठ क्षमता वाला आंकड़ा आधार तंत्र एवं आंकडों के साथ काम करने के लिए संक्रियाओं के समुच्चय के संघ को कहते है। भूगोलिय सूचना तंत्र हस्तचलित या संगणकीय हो जाता है। हस्तचलित भूगोलीय सूचना तंत्र में साधारणतया विभिन्न आंकड़ा तत्व, जैसे-मानचित्र, अधिचित्रों की तरह प्रयोग की जाने वाली ट्रान्संपेरेंसियों, आकाशीय और भू-फोटोग्राफ, सांख्यिकीय प्रतिवेदनों एवं क्षेत्र निरीक्षण प्रतिवेदनों का उपयोग किया जाता है। आंकड़ों कें से समुच्चय स्टीरियो बीवर, विभिन्न प्रकार के ट्रास्फर स्कोप, और यांत्रिक एवं इलेक्ट्रानिक क्षेत्रफलमापी जैसे यंत्रों के साथ संकलित एवं विश्लेषित किये जाते है। हस्ताचलित भूगोलिय सूचना तंत्र संसाधन प्रबंधन एवं आयोजन के कार्यकलापों मे अति महत्वपूर्ण कार्य करता है।

संगणकीय भगोलीय सूचना तंत्र संगणक आधारित सफ्टवेयर एवं हार्डवेयर आधारित एक ऐसा तंत्र है जिसको सहायता से बहुत अधिक मात्रा मे अंकीय आंकड़ों एवं उनसे संबंधित गुणों को दक्षतापूर्वक एकत्र, पुनःप्राप्ती, मैनुप्लेट, विलेथित एवं प्रदर्शित किया जा सकता है। भूगोलीय सूचना तंत्र मे सुदूर संवेदन आंकड़े भू-भाग के अंकीय मॉडलों मानचित्रों, तालिकाओ और प्रतिवेदनों से प्राप्त बिन्दु या आकाशीय आंकड़ा निवेश के रूप में प्रयुक्त किये जाते हैं।

4-5 जल विज्ञानीय मॉडलिंए

जलविज्ञानीय मॉडलों को निवेश के रूप विभिन्न जलविज्ञानीय एवं मौसम विज्ञानी ऑकड़ों की आवश्यकता होती है। ऐसे मॉडलों के लिए ऑकड़ो को निवेश करने से पहले इन आंकड़ों का प्रक्रमण आवश्यक होता है। जल विज्ञानीय मॉडलिंग और ऑकड़ा प्रक्रमण परस्पर संबंधित है। मॉडल सदैव जटिल समस्याओं के समाधान के लिए आवश्यक होते हैं, लेकिन मॉडलों को सफल होने के लिए जटिल नही होना चाहिए। मॉडल संरचना में साधारण तर्कसंगत वर्णनों से, परिपथ आरेखो, विस्तृत गणितिय समीकरणों के समुच्चयों तक परिवर्तित हो सकते है। आधुनिक इलेक्ट्रनिक संगणक तंत्र की उपलब्धता से जल विज्ञान एवं जल संसाधन प्रबंधन मे मॉडलों को विकास एव उपयोगिता बहुत तेजी से बढ़ी है।

मॉडल, विकास में निर्धारणात्मक या संख्यिकीय हो सकते है। निर्धारणात्मक मॉडल, चरों में यादृच्छिकीकरण की क्षति पूर्ति के बिना चरों के बीच के संबंधों को प्रायिकता वितरण के रूप मे उदाहरण के साथ समझाता है। दोनों प्रकार के मॉडल लाभदायक है और जल संसाधन के प्रबंधन में वैकल्पिक कार्य पथ के परिणामों के अध्ययन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते है। किसी भी तंत्र के व्यवहार को ऐसा मॉडल जो

अपने असली समय को प्रदर्शित करता है, के रूप में प्रतिउत्पादित करने के लिए अनुकार प्रविधियों को उपयोग में लाया जाता है। अनुकार द्वारा प्रबंधन समस्याओं के वैकल्पिक समाधान निकालने के लिए उचित मॉडलों को प्रयोग में लाया जाता है। अनुकार प्रविधियां आवश्यक रूप से इष्टतम समाधान नही देती है, बल्कि एक प्रयोगकर्ता को निवेश जो विनिर्दिष्ट उद्देश्स के लिए उत्तम हो के आधार पर निर्णय करने की अनुमति देकर वो वैकल्पिक कार्य का प्रभाव पहले से बता देते है।

अनुकार अभ्यास बहुधा अंकीय अभिकल्पित तंत्र पर किये जाते है, क्योंकि इन अभ्यासों में कई प्रकार की गणनाओं की अवश्यकता होती है। जवकि, अनुकार का समान्य, विचार इलेक्ट्रानिक संगणक के प्रयोग पर आधारित नही है। वास्तव मे सामान्य अभ्यास उनके बिना पूर्ण किये जा सकते है।

4.5.1 जल विज्ञानीय मॉडलिंग एवं सुदूर संवेदन

अति बड़े क्षेत्रों के जल विज्ञानीय मॉडलों के प्रयोग हेतु बहुत अधिक मात्रा में भू-भगीय ऑकडों की आवश्यकंता होती है। जिनकी उपलब्धता भारत जैसे विकासशील देशों में अधिकतर संदिग्ध होती है। सुदूर संवेदन की सहायता से सुदूर एवं दुर्गम स्थानों के आकाशीय भू-भागीय सूचनाओं का बड़ी आसानी से एकत्र किया जा सकता है। सुदूर संवेदन की सहायता से किसी भी जल विज्ञानीय क्षेत्र में वितरित जल विज्ञानीय विशेषताओं से संबंधित ऑकड़ो जैसे भू-उपयोग एवं भू-पृष्ठ घाटी एवं वाहिका जल ज्यमिति एवं जल विकास नेटवर्क इत्यादि को बहुत कम लागत में प्राप्त किया जा सकता हैं। इस प्रकार ऑकड़ों को भूगोलीय सूचना तंत्र में आंकड़ो के दक्षता पूर्ण प्रबंधन एवं मॉडल निवेश हेतु उपयोग किया जा सकता है। पूर्व मे उपग्रह से प्राप्त ऑकड़ो का उपयोग तलछट उत्पाद के निर्धारण हेतु भू-उपयोग सूचनाओं को एकत्र करने एवं बाढ़ अध्ययनों तथा बहाव पूर्वानुमान हेतु नदी के एस सी एस व्रक संख्या के निर्धारण हेतु किया गया है। सूदुर संवेदन की सहायता से विभिन्न प्राचलो जैसे भू-पृष्ठ, वनस्पतिक विशेषताओं, तापीय एवं आद्रता सूचकांक, हिमपृष्ठ एवं अपारगम्यता को बड़ी सरलतापूर्वक प्राप्त किया जा सकता है।

4.5.2 जल विज्ञानीय मॉडलिंग एवं भूगोलिय सूचना तंत्र

भूगोलिय सूचना तंत्र मे भू-लक्षणों को आकाशीय विधि से बहुभुज या क्षेत्रफल, रेखाओं और बिन्दु के रूप मे, सदिस या अदिस प्रारूप में व्यक्त किया जाता है। मृदा मानचित्रों एवं वन मानचित्रों को बहुभुजया क्षेत्रफल के रूप में, नदी एवं सड़कों को रेखाओं के रूप मे एवं वर्षापात ऑकडों एवं नदियों के प्रतिच्छेदनों को बिन्दु के रूप में प्रदर्शित किया जाता है। सदिस प्रारूप मे बिन्दुओं एवं रेखाओं की सहायता से भूगोलीय स्थितियों की प्रदर्शित किया जाता है जबकि अदिस प्रारूप में ऑकडों को ग्रिड कोष्ठिका संरचना के रूप में एकत्र करते है। भूगोलिय सूचना तंत्र के प्रत्येक भूगोलिय लक्षण को विशिष्ठ निर्देशांको के रूप मे व्यक्त किया जाता है तथा अन्य सभी सूचनाएं और आंकड़ो इन्ही निर्देशांको पर प्रदर्शित किये जाते हैं। जिसके कारण आंकड़ों का हस्तन सरल हो जाता है।

जल विज्ञान क्षेत्र में भूगोलीय सूचना तंत्र के प्रमुख कार्य निम्नलिखित हैः-

- यह विभिन्न जटिल मानचित्रों को अधिचित्रित करता है तथा आकाशीय विशलेषण के द्वारा जल विज्ञानीय प्रतिमानों में प्रयूक्त हो सकने वाले निवेश आंकड़ों का निर्धारण करता है।
- यह विभिन्न आकशीय प्रतिनिधित्व वाले प्रतिमानों के मध्य संलग्न प्रक्रिया प्रदान करता है।

- यह विभिन्न प्रक्षेपणों एवं मापों वाले अंकीय भू-आकृतियों को प्रमाणित प्रारूप मे प्रदर्शित कर सकता है।
- भूगोलीय सूचना तंत्र अनुकार से प्राप्त उत्पाद के ग्राफीय प्रदर्शन एवं जल विज्ञानीय अनुकार से प्राप्त परिणामों के आकशीय विश्लेषण में प्रयुक्त किया जा सकता है।

4.6 कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्र

कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्र के विशिष्ट प्रकार के अभिकल्प एवं संगणक आधारित होने के कारण इसकी गति एवं परिशुद्धता अत्यन्त अधिक तथा अवरोध एवं अभिकलन त्रुटि अत्यन्त निम्न होती है। इस कारण इसे जल विज्ञानीय माडलों में अत्यन्त सुगमता एवं परिशुद्धता के साथ प्रयोग में लाया जा सकता है।

5.0 जल प्रबन्धन एवं बाढ़ पूर्वानुमान में निर्णय समर्थक तंत्र

5.1 जल प्रबन्धन

दिन प्रति दिन विकास के साथ बढ़ती जल मांग तथा उपलब्ध जल की मात्रा का सही आंकलन एवं प्रबन्धन आज के समय की एक बहुत बड़ी आवश्यकता है । इस कार्य के लिये नदी जल क्षेत्र कुल सतही तथा भूजल की समय तथा स्थल के अनुसार उपलब्धता ज्ञात कर विकास के विभिन्न चरणों एवं दरों के साथ विश्लेषित कर विभिन्न जल प्रबन्धन नीतियाँ निर्धारित की जा सकती है किन्तु इसमें उपयुक्त विभिन्न आंकड़ो एवं सहायक निर्णयों के लिये कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग एक निर्णय समर्थक तंत्र द्वारा किया जा सकता है तथा इसके द्वारा निम्न निर्णय सहायक सूचनाएं प्राप्त किया जा सकती है :

1. जल उपलब्धता
2. जल मांग का पूर्वानुमान
3. जल संरक्षण उपाय
4. इष्टतम फसल चुनाव
5. इष्टतम जल प्रबन्धन उपाय
6. सतही एवं भूजल का संयुक्त रूप से इष्टतम उपयोग
7. भविष्य का जल नीति निर्धारण

जल उपलब्धता की लम्बे अन्तराल तक कमी सूखे का मुख्य कारण है । देश तथा काल की परिस्थितियों के अनुसार सूखे की परिभाषाएं भिन्न-भिन्न हैं । भारत में सामान्यतया वर्षा काल में लम्बे अन्तराल तक वर्षा न होने से सूखे की स्थिति उत्पन्न हो जाती है । भारत में सूखे को मुख्यतया तीन तरह से परिभाषित किया गया हैः (1) मौसम विज्ञानीय सूखा (2) जलविज्ञानीय सूखा तथा (3) कृर्षाय सूखा। राष्ट्रीय जल नीति के अनुसार "सूखा प्रवण क्षेत्र में मृदा-नमी संरक्षण उपायों, जल संचयन पद्धतियों, वाष्पीकरण दानियों को कम करके, पुनर्भरण सहित भूजल क्षमता के विकास तथा जहाँ व्यवहारिक और उपयुक्त हो वहाँ अधिशोष जल वाले क्षेत्रों के सतही जल का अंतकरण करके सूखे से संबंधित समस्याओं को कम किया जाना चाहिये । "

आज हम विज्ञान एवं तकनीक के इस स्तर पर पहुँच गये हैं जहाँ पर विपरीत परिस्थितियों में भी हम समुचित उपायों के द्वारा समस्याओं का समाधान कर सकते हैं । जहाँ तक सूखे के तकनीकी प्रबन्धन का प्रश्न है तो समुचित समाधानों की जानकारी एक विशिष्ट सूखा निर्णय समर्थक तंत्र के द्वारा प्राप्त की जा सकती है । निर्णय समर्थक तंत्र द्वारा विभिन्न विश्लेषण कर व्यवहारिक और उपयुक्त तकनीकी सुझाव प्राप्त किये जा सकते है। इस प्रकार प्राप्त निर्णय सहायक सूचनाएं और तकनीकी सुझाव साधारणतया इस प्रकार से हैः (i) वर्षा आंकड़ो का विश्लेषण (ii) नदी प्रवाह का विश्लेषण (iii) सूखे की बारम्बारता का विश्लेषण (iv) सूखे के प्रारम्भ तथा अन्त का पूर्वानुमान (v) जल ग्रहण क्षेत्रों में भूमि परिवर्तन को एसे उपाय पर सुझाव देना जिससे कि भूमि में जाने वाले जल में वृद्धि हो (vii) जल ग्रहण क्षेत्र में अधिक से अधिक भूमि में वनस्पति का होना (viii) भूमिगत जल वृद्धि हेतु उपयुक्त तालाबों का निर्माण एवं (ix) सतही तथा भूजल का समुचित प्रबन्धन।

यह तथ्य सर्वविदित है कि न तो पूरी तरह सूखे पर नियंत्रण हो सकता है और न ही बाढ़ पर पूरी तरह काबू पाया जा सकता है, किन्तु विभिन्न उपायों से इनके कुप्रभावों को कम करके जान माल की रक्षा की जा सकती है। बाढ़ पूर्वानुमान एवं जल प्रबन्धन समस्याओं के समाधान हेतु आवश्यक उपाय, विभिन्न प्रकार के आंकड़ो जैसे कि जल आंकड़े, स्थलाकृतिक मानचित्र, वर्तमान विकास की स्थिति, विकास दर, पुर्वानुमानित वर्षा, जलवायु परिवर्तन इत्यादि का गहन विश्लेषण कर, सुझाये जा सकते हैं। निर्णय समर्थक तंत्र की सहायता से बाढ़, सूखे तथा जल प्रबन्धन के लिए आवश्यक नीति निर्धारण किया जा सकता है। इस कार्य के लिये विशेष तौर पर बनाये गये जल प्रबन्धन एवं बाढ़ पूर्वानुमान निर्णय समर्थक तंत्र (DSS) की एक सहायक के रूप में आवश्यक भूमिका है ।

बाढ़ पूर्वानुमान के लिये यह आवश्यक है कि इस बुनियादी मुद्दे पर विचार करते समय हम बाकी तमाम संबंधित मुद्दों की अनदेखी न करें । प्राचीन काल से ही बाढ़ की मात्रा तथा इसके प्रत्यागन काल का अनुमान लगाने हेतु विश्व भर में लगातार नये-नये प्रयास होते रहे हैं । प्रायः बाढ़ अचानक आती है तथा मनुष्यों, पशुओं, घरों आदि को बहा कर अपने साथ ले जाती है । बाढ़ के दौरान प्रभावित क्षेत्र बाहरी दुनिया से अलग-थलग पड़ जाते हैं । लेकिन यदि बाढ़ की स्थिति एवं इसके प्रत्यागन काल का पहले ही कुछ संकेत मिल जाये तो मनुष्यों तथा पशुओं को सुरक्षित स्थानों पर ले जाया जा सकता है और इस प्रकार से जान-माल की होने वाली हानि को काफी कम किया जा सकता है। अतः बाढ़ पूर्वानुमान एवं प्रबन्धन कार्य के लिए ऐसी वैज्ञानिक पद्धति की आवश्यकता महसूस की जाती रही है जो कि विभिन्न मुद्दों को एक साथ ले कर आवश्यक निर्णय देने में सहायक हो । बाढ़ पूर्वानुमान एवं प्रबन्धन निर्णय समर्थक तंत्र अपनी विशेषताओं के कारण बाढ़ प्रबन्धन में बहुत सहायक है तथा इसके द्वारा निम्न सूचनाएं प्राप्त की जा सकती हैं ।

1. बाढ़ पूर्व चेतावनी हेतु आवश्यक सूचना।
2. नदी में बाढ़ तल का पूर्वानुमान।
3. नदी तंत्र के दोनों ओर पूर्वानुमानित जलप्लावित क्षेत्र का आंकलन करना ।
4. नदियों, नालों पर समुचित स्थानों पर बाँध, झील एवं तालाबों आदि के निर्माण का सुझाव देना ।
5. एका-एक पानी के बहाव को कम करते हुए वर्षाकाल में नदियों में धीरे-धीरे पानी छोड़ने की नीति निर्धारित करना।
6. जलाशयों की समय प्रचालन नीति निर्धारित कर बाढ़ क्षति कम करना ।

6.0 उपसंहार

जल प्रबन्धन एवं बाढ़ पूर्वानुमान के लिये यह आवश्यक है कि इस बुनियादी मुद्दे पर विचार करते समय हम बाकी तमाम संबंधित मुद्दों की अनदेखी न करें। अतः इस कार्य के लिए ऐसी वैज्ञानिक पद्धति की आवश्यकता महसूस की जाती रही है जो कि विभिन्न मुद्दों को एक साथ ले कर आवश्यक निर्णय देने में सहायक हो। जलविज्ञानीय समस्याओं बाढ़ और सूखे के समाधान तथा जल संसाधन प्रबन्धन हेतु विभिन्न धारणा एवं उच्च जल विज्ञानीय माडल यह दर्शाते हैं कि निर्णय समर्थक तंत्र संभवतः जल प्रबन्धन एवं समस्याओं के समाधान हेतु एक उपयोगी माडल है । जल संसाधन विकास परियोजनाओं के कार्यान्वयन में यह अभियांत्रिक तकनीक महत्वपूर्ण साबित हो सकती है। सिंचाई, घरेल, औद्योगिक आदि सभी कार्यों के लिये जल की आवश्यकता है अतः निर्णय समर्थक तंत्र का उचित उपयोग कर विभिन्न आवश्यकताओं की प्राथमिकता के आधार पर वर्तमान एवं भविष्य में जल के आवंटन एवं उपयोग के लिये नीति एवं दिशा निर्देश वर्णित किये जा सकते हैं। भूगोलीय सूचना तंत्र एवं आकाशीय निर्देशित आंकड़ों का विशिष्ठ समावेश जल प्रबन्धन एवं बाढ़ पूर्वानुमान निर्णय समर्थक तंत्र की क्षमता बढ़ा जल संसाधन प्रबंधन के कार्यकलापों मे अति महत्वपूर्ण कार्य करता है।

संदर्भ

फ़इनले, पी एन, विल्सोन, जे एम (1997) वेलिडिटी ओफ़ डिसीजन सपोर्ट सिस्टमः टुवर्ड्स ए वेलिडेसन मेथडोलाजी, सिस्टम ओर बिहेवियरल सायंस 14(3), 169-182।

जेमिसन, डि जि ओर फ़ेदर, के (1996) द वाटर वेयर डिसीजन सपोर्ट सिस्टम फ़ार रिवर बेसिन प्लानिग-1 कान्सेप्चुयल डिजाइन, जनरल आफ़ हाइड्रोलाजी, 177, 163-175

जेमिसन, डि जि ओर फ़ेदर, के (1996) द वाटर वेयर डिसीजन सपोर्ट सिस्टम फ़ार रिवर बेसिन प्लानिग-3 एग्जाम्पिल एप्लिकेशनस, जनरल आफ़ हाइड्रोलाजी, 177, 199-211

ओस्टवास्की, एम डब्लू (1997) इम्पूविग सस्टनेबिलटी ओफ़ वाटर रिसोसेज सिसट्म यूजिग द ग्रुप डिसीजन सपोर्ट सिस्टम रिसच रिपोट एट डेम्सटड यूनिवस्ट ओफ़ टक्नोलोजी