

सुदूर संवेन विधि द्वारा राम गंगा जलाशय का तलछट आकलन

अन्जु चौधरी संजय जैन
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

सारांश

जलाशयों में समय के साथ अवसाद या तलछट का होना एक मुख्य घटक है जो कि जलाशयों की अवधि को हानि पहुँचाता है। तलछट से जलाशयों की जलधारण करने की क्षमता भी कम हो जाती है। जलाशयों की उपयोगी अवधि और तलछट जमा होने की दर को ज्ञात करने के लिए ये आवश्यक है कि उनका एक निश्चित अन्तराल पर आंकलन किया जाये। इस आकलन हेतु पारम्परिक विधियाँ जैसे कि हाइड्रोग्राफिक सर्वे एवं इनफ्लो-आउटफ्लो उपयोग में लायी जाती है जो कि महंगी होने के साथ-साथ काफी समय लेती है। विगत कई वर्षों में सुदूर संवेदन विधि का इस क्षेत्र में सफलतापूर्वक उपयोग किया गया है। इस विधि द्वारा जलाशय में जल फैलाव क्षेत्र की जानकारी सरलता से कम समय में प्राप्त की जा सकती है।

जलाशयों में तलछट में जमा होने के कारण जल का फैलाव क्षेत्र कम होता जा रहा है। समय के साथ-साथ इस क्षेत्र की तुलना करके अप्रत्यक्ष रूप से तलछट वितरण एवं उसके जमा होने के स्वरूप को ज्ञात किया जा सकता है। इस सूचना के आधार पर तलछट जमा होने की दर को निकाला जा सकता है।

यह विधि रामगंगा जलाशय जो रामगंगा नदी पर है के तलछट जमा होने की दर की जानकारी प्राप्त करने के लिए प्रयोग में लायी गयी है। यह जलाशय बिजनौर जिले के कालागढ़ करबे में स्थित है। इसके लिए सुदूर संवेदन उपग्रह आई०आर०एस० 1C के संवेदक लिस -3 के आँकड़ों का प्रयोग किया गया है। इसके लिए वर्ष 2000 से लेकर 2001 के मानसून के बाद की अवधि के आँकड़े उपयोग किये गये। जलाशय के जलस्तर क्षेत्र क्षमता वक्रता तथा जलाशय के विभिन्न समतल सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रुड़की द्वारा प्राप्त किये गये। परिणाम यह दर्शाते हैं कि वर्ष 1998 से 2000-2001 (12 वर्षों) के अन्तराल में अवसाद की धारिता (निम्नतल 339.85 मी० से उच्चतम तल 364.4 मी०) 50.80 मेगा घन मीटर है। यदि तलछट की दर नियमित मानी जाये तो, जैसा कि वर्ष 2000-2001 के आकलन से ज्ञात होता है। इस क्षेत्र में तलछट जमा होने की दर 4.233 मेगा घनमीटर प्रतिवर्ष पाई गयी।

1. प्रस्तावना :

जलाशयों में तलछट एक ऐसा घटक है, जो जलाशयों के जल भण्डारण की क्षमता को बहुत प्रभावित करता है। यदि हमें इसके जमा होने की दर ज्ञात हो जाये तो इसे कम करने

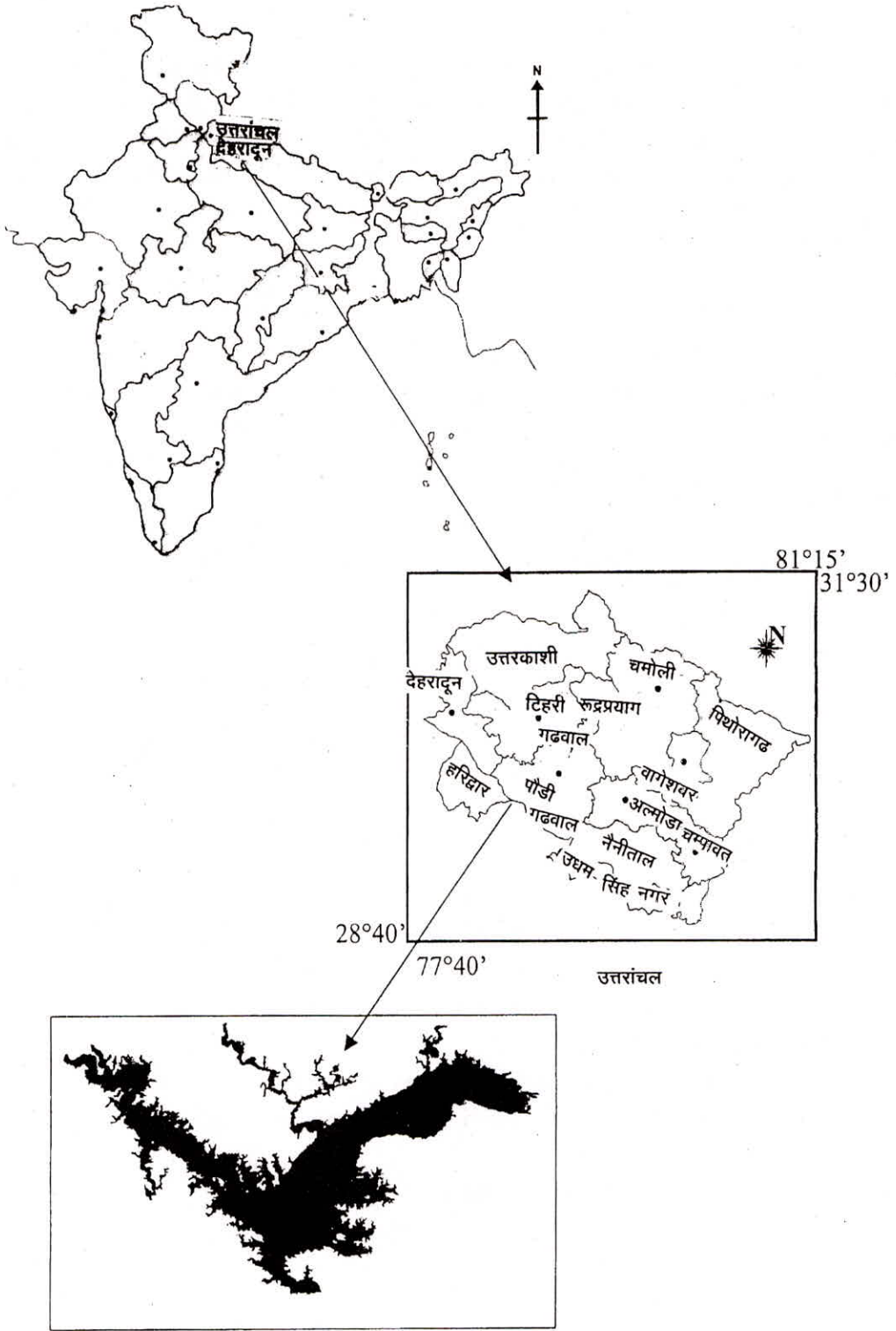
के उपाय को भी कार्यान्वित किया जा सकता है। तलछट जमा होने की दर को ज्ञात करने के लिए यह अति आवश्यक है कि समय-समय पर जलाशयों का निरीक्षण कर उनकी भण्डारण क्षमता में आये ह्रास को ज्ञात किया जाये। इसके लिए दो मुख्य तकनीक; हाइड्रोग्राफिक निरीक्षण एवं इन फ्लो-आऊट फ्लो विधियां प्रयोग में लाई जाती है। ये दोनों विधियाँ महंगी होने के साथ साथ समय भी अधिक लेती हैं।

आज सुदूर संवेदन विधि का प्रयोग जल विज्ञान के अधिकांश क्षेत्रों में सफलता पूर्वक हो रहा है। जलाशयों में तलछट के अध्ययन हेतु इस विधि का प्रयोग कर जलाशयों में जल के फैलाव का क्षेत्र ज्ञात किया जाता है। जब जलाशय में तलछट जमा होने लगता है तो जल का प्रसार क्षेत्र कम होने लगता है। इस प्रसार क्षेत्र में आयी कमी का अध्ययन कर तलछट के जमा होने की दर को ज्ञात किया जा सकता है।

अब तक कई वैज्ञानिकों ने सुदूर संवेदन विधि का प्रयोग विभिन्न जलाशयों में तलछट के जमा होने की दर को ज्ञात करने के लिए किया है। राव व अन्य (1995) में श्री राम सागर जलाशय की धारिता मापन में इस विधि का प्रयोग किया था। उन्होंने इसके लिए लैंड-सैट एम०एस०एस० उपग्रह के आंकड़ों का प्रयोग किया था। सुदूर संवेदन विधि द्वारा प्राप्त परिणामों का तुलनात्मक अध्ययन हाइड्रोग्राफिक निरीक्षण विधि से करने पर परिणाम संतोषजनक पाये गये थे। मोहन्ती (1986) ने भी हीराकुण्ड जलाशय का क्षेत्रफल धारिता ग्राफ खींचा था जो पुरानी विधि का प्रयोग कर खिचें ग्राफ से समरूपता रखता था। सन 1988 में इस तकनीक का प्रयोग अल्बोल रत्ना जलाशय जो थाइलैण्ड में है पर किया गया। इसमें विबुलश्रेष्ठ ने जल के प्रसार क्षेत्रफल का पता लगाया था। गोयल व जैन (1998) ने लिस-3 संवेदक के आंकड़े प्रयोग कर उकाई डैम में तलछट के जमा होने का अध्ययन किया था। जैन, सिंह एवं गोयल (1999) ने लिस-3 उपग्रह के द्वारा प्राप्त आंकड़ों का प्रयोग कर भाखड़ा जलाशय की तलछट के जमाव का आकलन किया था। इस विधि द्वारा प्राप्त परिणामों को 1997 के हाइड्रोग्राफी निरीक्षण विधि द्वारा प्राप्त परिणामों से तुलना की गयी तथा परिणाम संतोषजनक पाये गये।

2. स्थल :

इस अध्ययन के लिए राम गंगा जलाशय को चुना गया है। यह जलाशय उत्तर प्रदेश के बिजनौर जिले के कालागढ़ नामक कस्बे से होकर बहने वाली राम गंगा नदी पर बना हुआ है (चित्र-1)। यह जलाशय सन 1974-75 में बनकर पूर्ण हुआ था और सन 1975 में वर्षा ऋतु के समय प्रथम बार भरा गया था। इस जलाशय की कुल लम्बाई 595 मीटर एवं ऊँचाई 125 मीटर (सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रुड़की द्वारा) है। इसकी धारिता का मापन सन 1974 में रामगंगा परियोजना प्राधिकरण द्वारा प्रथम बार किया गया था। इस जलाशय में तलछट की दर का मापन 1978 में उत्तर प्रदेश के जो अब उत्तरांचल प्रदेश में स्थित है, के सिंचाई अनुसंधान संस्थान रुड़की ने हाइड्रोग्राफिक विधि द्वारा किया था। बाद में सन 1981, 1987, 1988 एवं 1997 में यही विधि धारिता मापन के लिए सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रुड़की द्वारा रामगंगा जलाशय की धारिता मापन में प्रयोग में लाई गयी।



चित्र 1 : रामगंगा जलाशय की स्थिति

3. प्रायोगिक आंकड़े :

इस अध्ययन हेतु भारतीय सुदूर संवेदक 1-सी उपग्रह के लिस 3 के द्वारा भेजे आंकड़े प्रयोग में लाये गये। यह उपग्रह 28 दिसम्बर, 1999 को प्रेषित किया गया था। इसमें संवेदकों का रजोल्यूशन 23.5 तथा 70.5 मीटर है। इस उपग्रह से प्राप्त चित्रों में सूचना चार भागों में होती है। अध्ययन का क्षेत्र पाथ -97 एवं लाइन संख्या -50 के अन्तर्गत आता है। इस अध्ययन के लिए क्रमशः दिनांक 28-09-2000, 15-11-2000, 9-12-2000, 19-2-2001, 8-4-2001 एवं 2-5-2001 तक 6 महीनों के आंकड़े प्रयोग में लाये गये।

4. विधि :

यद्यपि उपग्रह से प्राप्त चित्रों में जल के संकेत अन्य वस्तुओं जैसे वनस्पति-जोवन, मृदा व भवन के संकेतों से काफी अलग होते हैं। परन्तु उन्हें मृदा के संकेतों से अलग करना काफी कठिन कार्य होता है। उन्हें पृथक करना विश्लेषक की क्षमता पर निर्भर करता है। गहरी जलीय इकाइयों के लिए जल के संकेत काफी स्पष्ट होते हैं। परन्तु जैसे जैसे जल का स्तर कम होता है ये मृदा के संकेतों से समरूपता रखने के कारण पहचाने नहीं जा पाते। इनको केवल रंग द्वारा अलग नहीं किया जा सकता। अतः देखकर परिभाषित करने के अलावा अन्य विधियाँ भी प्रयोग में लाई जाती हैं। इनमें कुछ मुख्य हैं-नार्मलाइड डिफरेंस वैजिटेशन इन्डैक्स (NDVI) विधि एवं नार्मलाइड डिफरेंस वाटर इन्डैक्स (NDWI) विधियाँ हैं। परन्तु इस अध्ययन हेतु एक दूसरी विधि टेसल्डकेप ट्रान्सफारमेशन (TCT) विधि के नाम से जानी जाती है, प्रयोग में लायी गयी।

ये सभी विधियाँ प्रकाश के अवशोषण एवं परावर्तन पर आधारित हैं। विद्युत चुम्बकीय तरंगदैर्घ्य के दृश्य क्षेत्र जिसकी सीमा 0.40 से .7 माइक्रोमीटर है में जल पर पड़ने वाले प्रकाश का प्रेषण काफी होता है जबकि अवशोषण एवं परावर्तन कम होता है। परन्तु इन्फ्रारैड भाग के समीप प्रकाश का अवशोषण बढ़ जाता है और परावर्तन एवं प्रेषण कम होता है। इस विधि में जलीय इकाइयों की तली द्वारा परावर्तित विकिरण की मात्रा सुदूर संवेदकों द्वारा ज्ञात कर ली जाती है। अतः इन्फ्रारैड भाग के पास वाली तरंगदैर्घ्य में जल एक काली वस्तु की तरह कार्य करता है। इस विधि द्वारा गहरे जल के संकेत तो स्पष्ट हो जाते हैं परन्तु किनारे के भाग को सुगमता से ज्ञात नहीं किया जा पता। इसे ज्ञात करने के जैसे-जैसे तरंगदैर्घ्य बढ़ती है जल का परावर्तन ग्राफ नीचे की ओर होता जाता है। मृदा का ऊपर की ओर होता जाता है और यही तकनीक मृदा के संकेतों को जल के संकेतों से अलग करने के लिए प्रयोग में लायी जाती है। इस अध्ययन में जल के प्रसार क्षेत्र को ज्ञात करने के लिए टी० सी० टी० विधि प्रयोग में लायी गई। इस विधि से प्राप्त परिणाम को मूल चित्र से तुलना करने पर परिणाम संतोष जनक पाये गये।

5. टेसल्ड केप ट्रान्सफारमेशन (TCT) विधि :

इस विधि में गीलेपन भाग के घातांक का आंकलन करने के लिए उपग्रह से प्राप्त चित्रों के विभिन्न भागों की सांख्याकिक सूचना को प्रयोग किया गया है। इस विधि द्वारा प्राप्त परिणाम में त्रुटि का प्रतिशत विश्लेषक की ज्ञान क्षमता पर निर्भर करता है। क्योंकि सीमा का चुनाव विश्लेषक पर निर्भर करता है।

इस विधि द्वारा जल के संकेत स्वतः ही अलग नहीं होते इसलिए यह विधि सार्वजनिक रूप से प्रत्येक जलीय इकायों के लिए प्रयोग नहीं की जा सकती।

विद्युत चुम्बकीय भाग (0.7 माइक्रोमीटर से 2.5 माइक्रोमीटर) के अलग-अलग भाग के विश्लेषण से ज्ञात होता है कि इन्फ्रारेड भाग के पास व मध्य का क्षेत्र मृदा एवं जल के संकेतों को पृथक करने के लिए उत्तम है। इस क्षेत्र में जलीय इकाइयां अपने ऊपर पड़ने वाले सूर्य के प्रकाश का शोषण कर लेती हैं परन्तु भूमि, वनस्पति एवं मृदा इसकी कुछ मात्रा का परावर्तन कर देती हैं।

उपग्रह से प्राप्त चित्र में तीन भाग मुख्य होते हैं -

भाग-1 : चमकीलापन (यह मृदा के संकेतों को पहचानने के लिए प्रयोग होता है)

भाग-2 : हरियाली के लिए (यह वनस्पति के संकेतों को अलग करने के लिए प्रयोग होता है)

भाग-3 : गीलापन (यह जलीय इकाइयों के लिए प्रयोग होता है)

भारतीय सुदूर संवेदक 1 सी में लिस-3 जिसके पिक्सल का आकार 23.5 X 23.5 वर्ग मीटर होता है, के लिए टी०सी०टी० निम्न रूप में प्रयोग होती है।

$$\text{चमकीलापन} = 0.3037 (\text{भाग 1}) + 0.2793 (\text{भाग 2}) + 0.4743 (\text{भाग 3}) \quad 1$$

$$\text{हरियाली} = 0.2848 (\text{भाग 1}) - 0.2435 (\text{भाग 2}) - 0.5436 (\text{भाग 3}) \quad 2$$

$$\text{गीलापन} = 0.1509 (\text{भाग 1}) + 0.1973 (\text{भाग 2}) + 0.3279 (\text{भाग 3}) \quad 3$$

इस अध्ययन के केवल समीकरण 1 एवं समीकरण 3 का प्रयोग कर जल के प्रसार क्षेत्र को ज्ञात किया गया है। इन समीकरणों को प्रयोग करने के लिए ERDAS/Emagin साफ्टवेयर में एक मॉडल बनाया गया। इस मॉडल को पहले से पंजीकृत चित्रों पर लगाया गया। इससे प्राप्त परिणामों में सीमा रेखा लगाने के लिए एक अन्य मॉडल बनाया गया। इस तरह प्राप्त परिणामों की उपग्रह से प्राप्त मूल चित्र से तुलना की गयी एवं परिणाम प्रत्येक माह के चित्रों के लिए संतोषजनक पाये गये। प्रसार के क्षेत्रफल निकालने के लिए जल के पिक्सलों की संख्या को एक पिक्सल के क्षेत्रफल (23.5 X 23.5 वर्ग मी) से गुणा किया गया।

जलाशय की धारिता में आयी कमी की गणना करने के लिए निम्न सूत्र प्रयोग में लाया गया-

$$\text{धारिता} = \text{ऊंचाई} \{ ((\text{क्षेत्रफल} - 1 + \text{क्षेत्रफल} - 2) + \text{वर्ग मूल} (\text{क्षेत्रफल} - 1 \times \text{क्षेत्रफल} - 2)) / 3 \}$$

यहां धारिता = लगातार दो स्तरों के बीच की धारिता है

ऊंचाई = स्तर - 1 एवं स्तर - 2 के बीच का अन्तर है

क्षेत्रफल - 1 = कन्टूर क्षेत्रफल ऊंचाई 1 पर

क्षेत्रफल - 2 = कन्टूर क्षेत्रफल ऊंचाई 2 पर

धारिता में आये कुल क्षय की गणना करने के लिए अलग-अलग स्तर पर धारिता में आये क्षय का मापन कर उसका कुल योग करना पड़ता है। यहां पर यह बताना भी आवश्यक है कि एक स्तर के नीचे तलछट के जमाव की गणना सुदूर संवेदन विधि से करना संभव नहीं अतः एक न्यूनतम स्तर से नीचे जलाशय की धारिता वही रखी जाती है जो तलछट जमा होने से पहले थी। इस कारण इस विधि द्वारा जलाशयों में तलछट की वास्तविक दर की गणना नहीं कर सकते। इसके लिए हाइड्रोग्राफिक निरीक्षण विधि से प्राप्त विधि से प्राप्त आंकड़े भी प्रयोग में लाये जाते हैं। अतः जलाशय के उचित प्रबंधन के लिए तलछट के जमा होने की गणना केवल एक निम्न स्तर से ऊपर ही करते हैं, क्योंकि अधिकांशतः जलाशय एक निम्न स्तर से नीचे बहुत कम ही जाते हैं। अतः यह विधि केवल जलाशयों की जीवित भण्डारण क्षमता में आयी कमी एवं तलछट के जमा होने की दर के आकलन के प्रयोग में लायी जाती है।

6. परिणाम एवं विवेचन :

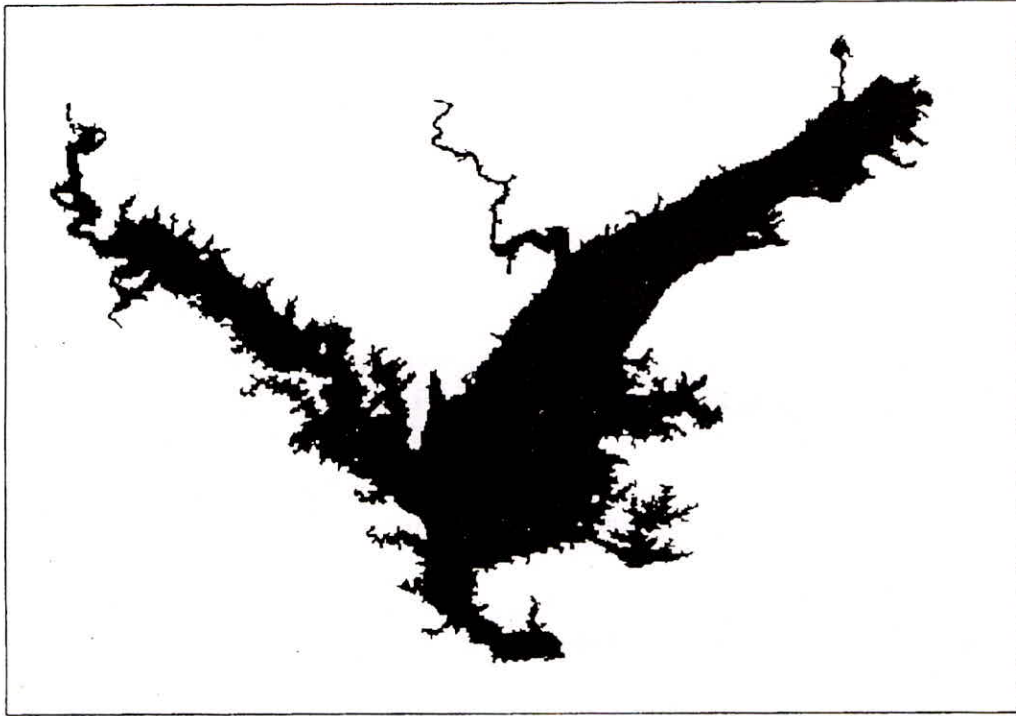
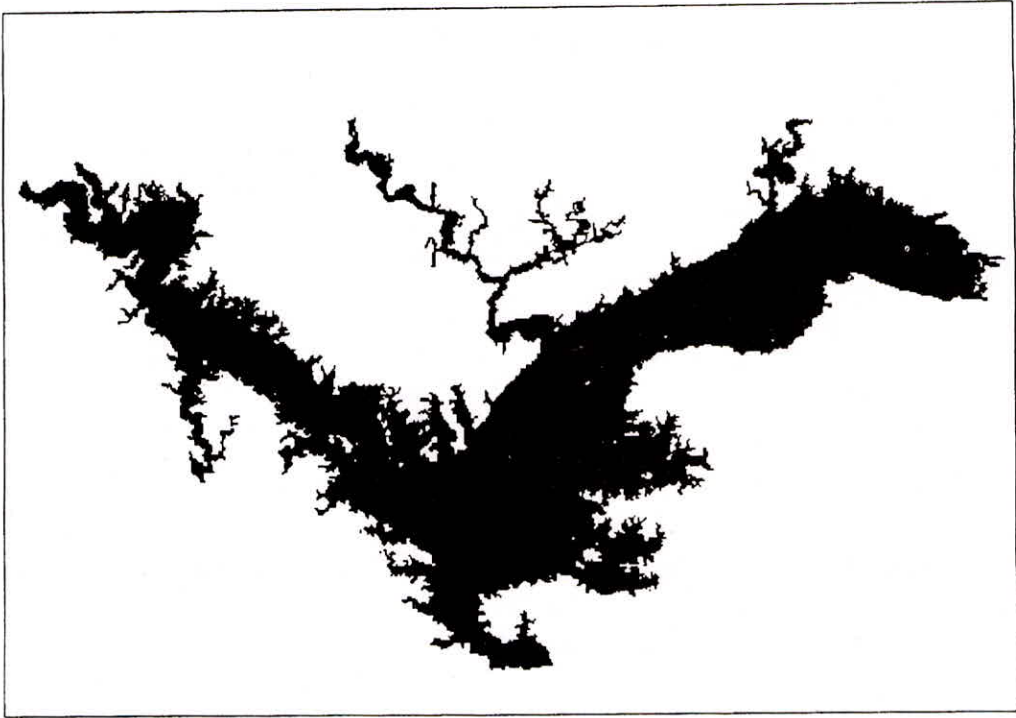
सुदूर संवेदन विधि द्वारा अनुमानित क्षेत्रफलों का प्रयोग अनुमानित धारिता निकालने के लिए किया गया। सभी दिनांक के जल फैलाव क्षेत्र का आकलन किया गया तथा सितम्बर 2000 एवं मई, 2001 के जल फैलाव क्षेत्र को चित्र-2 में दर्शाया गया है। एक निम्न तल से ऊपर लगातार स्तरों पर निकाली गयी संचित धारिता को जोड़कर उच्चतम स्तर पर मूल व अनुमानित धारिताएं निकाली गयीं। मूल संचित धारिता एवं अनुमानित संचित धारिता का अन्तर जलाशय की तलछट के जमा होने के कारण कम हुई धारिता को बताता है। तलछट के जमाव की गणना सारिणी - 1 में दी गयी है।

परिणाम बताते हैं कि तलछट के घन फल का अन्तर 1988 से 2000-2001 तक 12 वर्षों के दौरान निम्न एवं उच्च तलों पर (339.85 और 364.4 मीटर) पर (2391.63-2442.43=50.80) 50.80 मेगा घन मीटर है। यदि तलछट के जमा होने की दर प्रतिवर्ष एक समान मानी जाये तो 2000-2001 की विवेचना द्वारा प्राप्त दर (339.85 मीटर से 364.4 मीटर) 4.233 मेगा घन मीटर प्रति वर्ष होगी।

सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रुड़की ने सन 1997 में हाइड्रोग्राफिक विधि से तलछट जमा होने की दर को रामगंगा जलाशय के लिये अनुमानित किया था। जिसे सारिणी नं० 2 में दिखाया गया है।

सारिणी 1 : तलछट के जमाव की गणना

दिनांक उपग्रह द्वारा खींचे गये चित्र का समय	जलाशय की ऊंचाई मीटर में	अनुमानित क्षेत्रफल सुदूर संवेदन विधि द्वारा (मेगा वर्ग मीटर)	अनुमानित घनफल सुदूर संवेदन विधि द्वारा (मेगा घन मीटर)	मूल संचित घनफल (मेगा घन मीटर) हाइड्रोग्राफी विधि द्वारा	अनुमानित संचित (मेगा घन मीटर) सुदूर संवेदन विधि द्वारा
28-09-2000	364.4	78.13	48.05	2442.43	2391.63
15-11-2000	363.78	76.89	107.72	2398.0	2343.629
9-12-2000	362.35	73.78	676.18	2292.06	2235.91
19-02-2001	352.14	58.95	496.51	1660.90	1559.72
8-04-2001	342.51	44.50	115.49	1075.52	1063.2
2-5-2001	339.85	42.35		947.7	947.7



चित्र 2 : रामगंगा जलाशय में जल का फैलाव क्षेत्र (सितम्बर 2000 और मई 2001 में)

सारणी 2 : विभिन्न वर्षों में रामगंगा जलाशय की धारिता (हाइड्रोग्राफिक विधि द्वारा)

पूर्ण जलाशय स्तर पर (365.3 मी०) जलाशय की धारिता मेगा घन मीटर में	1974	1988	1997	औसत दर 1974-1997	औसत दर 1988-1997
		2590.72	2508.01	2480.25	23 वर्षों में 4.80

इस अध्ययन द्वारा तलछट के जमा होने की दर (1974-1997) 23 वर्षों में 4.80 मेगा घनमीटर प्रति वर्ष है और यदि सन 1988 से 1997 तक कुल 9 वर्षों की गणना करें तो यही दर 3.08 मेगा घन मीटर पायी गयी थी।

5. निष्कर्ष :

प्रस्तुत अध्ययन द्वारा रामगंगा जलाशय में तलछट के जमा होने की दर एवं उसके घनफल को ज्ञात किया गया है। जल के प्रसार क्षेत्र को ज्ञात करने के लिए उपग्रह-1 सी०के लिस-3 सर्वेदक का सन 2000 के सितम्बर माह से लेकर मई 2001 तक के आंकड़े प्रयोग में लाये गये। मूल ऊंचाई क्षेत्रफल-धारिता ग्राफ और जलाशय के स्तरों के आंकड़े जो उपग्रह के चित्र लेने के समय से मेल खाते थे उन्हें सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रूड़की द्वारा प्राप्त किया गया। ट्रेपोजोडियल सिद्धान्त द्वारा उच्चतम व न्यूनतम तलों पर धारितायें ज्ञात की गयीं। सन 2000-2001 के लिए अनुमानित धारिता 2391.63 मेगा घनमीटर थी। इसे मूलधारिता 2442.43 मेगा घन मीटर से घटाने पर धारिता में क्षय 50.80 मेगा घन मीटर पाया गया। अतः धारिता में क्षय की औसतन दर (1988-2000) तक 12 वर्षों में 4.23 मेगा घन मीटर प्रतिवर्ष पायी गई।

हाइड्रोग्राफिक विधि द्वारा प्राप्त परिणाम इन परिणामों को सत्यापित करते हैं। उनके द्वारा सन 1974 से लेकर सन 1997 तक 23 वर्षों के अन्तराल में यह दर 4.80 मेगा घन मीटर थी।

6. संदर्भ :

- (1) रामगंगा जलाशय के निरीक्षण पर रिपोर्ट सन 1997, द्वारा उत्तर प्रदेश सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रूड़की टी०एम० संख्या 68- आर०,आर (एच० 4-7), रूड़की
- (2) गोयल एम०के० एवं एस०के० जैन, 1998; उपग्रह यू एम-1/97-98 का प्रयोग कर उकाई डैम जलाशय में तलछट का अध्ययन, राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की
- (3) जैन संजय कुमार, डा० प्रताप सिंह एवं मनमोहन गोयल, 1999 "उपग्रह (एस०सी०ए०आर०)-24/ 1998-99 का प्रयोग कर भाखड़ा जलाशय की धारिता का आकलन" राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की

- (4) मनावलन पी०, जी०एल० राजेगोवदा और एम०पी० श्री निवास, 1984, "सुदूर संवेदन विधि द्वारा घाटप्रभा जलाशय की धारिता का आकलन", प्रोजेक्ट रिपोर्ट संख्या बी/003/91/ आर०आर०एस०एस०सी० बेंगलोर
- (5) मोहन्ती आर०बी०, महापात्रा जी०, मिश्रा डी० एवं महापात्रा एस०एस० (1986), "हीराकुण्ड जलाशय के अध्ययन में सुदूर संवेदन विधि के प्रयोग पर एक रिपोर्ट" उड़ीसा, सुदूर संवेदन प्रयोग केन्द्र भुवनेश्वर एवं हीराकुण्ड अनुसंधान स्टेशन एवं हीराकुण्ड
- (6) मिश्र अनिल कुमार (2000), पूर्वोत्तर पर्वतीय क्षेत्र के भू एवं जल संसाधनों के प्रबंध में सुदूर संवेदन एवं भौगोलिक सूचना प्रणाली के प्रयोग की संभावनाएं, भगीरथ
- (7) राव एच०डी०, रामेश्वर राव एवं विश्वनाथन आर० (1985), "सुदूर संवेदन विधि द्वारा श्रीराम सागर जलाशय की धारिता के आकलन पर एक रिपोर्ट;" आन्ध्र प्रदेश वैज्ञानिकी अनुसंधान प्रयोगशाला, हैदराबाद
- (8) विबुलश्रेष्ठ एस० सगोथग डी० थीश्याकोरन के०, सुवनदेरकतोरन आर०, वगंप्रन एस०, रोवपरम सी०, लोलिथम एस० एवं जितेनन डब्ल्यू० (1988) "समुद्र तल से 173 और 180 मीटरों पर उबल रत्ना जलाशय की धारिता" ऐशियन पेंसिफिक रिमोट सेन्सिंग जर्नल जे० (i)I
- (9) वंग कैफे, जूह यीफेंग, "नयूरल नेटवर्क का प्रयोग करके उपग्रह से प्राप्त चित्रों से जलीय इकाईयों का मापन", काम्प्यूटर साइंस और इन्जीनियरिंग यूनिवर्सिटी ऑफ़ नेबरसका-लिनकोलन, लिनकोलन, एन०ई० 66588-0115@ सी०एस०ई०, यू०एन०एल०, ई०डी०यू०

