

डल झील, श्रीनगर में निलंबित तलछट का सुदूर संवेदन तकनीकी द्वारा प्रमात्रीकरण

एस.एल. श्रीवास्तव

संजय मित्तल

एन.के. लखेरा

वी.के. चौबे

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

सारांश

भारत के श्रीनगर में स्थित डल झील, अंतस्थलीय जल निकाय के सतही जल में निलंबित तलछट की सांद्रता के प्रमात्रीकरण की सुसंगता का निर्धारण करने हेतु भारतीय सुदूर संवेदी उपग्रह (IRS-1B), रैखिक प्रतिबिम्बक एवं स्वयं क्रमवीक्षक (LISS-II) के स्पेक्ट्रमी अंकीय आँकड़ों का विश्लेषण किया गया। निलंबित तलछट की सांद्रता का निर्धारण करने हेतु आई.आर.एस.-1B (IRS-1B) के अनुसरण के साथ-साथ संगामी जगहों से एकत्रित जल नमूनों का विश्लेषण किया गया। परिणाम दर्शाते हैं कि दृश्य तरंग दैर्ध्य बैंड 1 तथा एवं अवरक्त बैंड 4 और निलंबित तलछट की सांद्रता के बीच में एक वास्तविक फलनिक सम्बन्ध विद्यमान है। यह देखा गया है कि जैसे ही निलंबित तलछट की सांद्रता बढ़ती है, स्पेक्ट्रमी अनुक्रिया भी बढ़ती है। यह निष्कर्ष निकाला गया कि डल झील के सतही जल में निलंबित तलछट की सांद्रता को प्रमात्रित करने के लिये आई.आर.एस. (IRS), एल.आई.एस.एस.-II (LISS-II) उपग्रहीय आँकड़े प्रभावी रूप से उपयोग किये जा सकते हैं।

1. प्रस्तावना :

डल झील का भराव मुख्यतः तेलबल नदी से होता है जो कि 80,000 टन तलछटभार वार्षिक (जुल्य 1987), एवं इसके अतिरिक्त जलग्रहण क्षेत्र से बहुत से प्रदूषकों को ले जाती है। निलंबित पदार्थ के द्वारा क्षमता को घटाने के परिणाम स्वरूप झील का जल फैलाव क्षेत्र लगातार सिकुड़ रहा है। झील के अच्छे प्रबन्धन के लिये विभिन्न मौसम के दौरान तलछट भार के फैलाव प्रतिरूप के विषय में ज्ञान आवश्यक है और झील की उम्र ज्ञात करने के लिये निर्णायक है।

निलंबित भार एवं प्रदूषकों का प्रयोगशाला तथा स्वस्थानों में आँकलन की रीतिगत विधियाँ मँहगी हैं। उपग्रह में स्थित संवेदक बहुत बड़े क्षेत्र का सस्ते, बहुस्पेक्ट्रमी, पुनरावृत्तीय चित्र उपलब्ध कराने की क्षमता रखते हैं। निलंबित तलछट के अभिनिर्धारण एवं प्रमात्रीकरण की सुदूर संवेदन तकनीक की भविष्य की सम्भावनायें उज्ज्वल हैं (चौबे एवं सुब्रामणीयन 1990)। असंख्य अन्वेषकों ने झील, जलाशयों और सागर संगमों के जलगुणता नियंत्रण के लिये सुदूर संवेदित आँकड़ों

का प्रयोग किया (कारपेंटर एवं कारपेंटर 1983; खुर्रम एवं चेशायर 1985; लिन्डेल आदि 1985; रिचि एवं कूपर 1988; मानू एवं राबर्टसन 1990; रामसे एवं जैनसन 1990, चौबे 1994)। वर्तमान अध्ययन में डल झील के आई.आर.एस.-1बी (IRS-1B) के बहु-स्पेक्ट्रमी आँकड़ों का विश्लेषण सतही जल के निलंबित तलछट भार के प्रमात्रीकरण के लिए किया गया।

2. अध्ययन क्षेत्र :

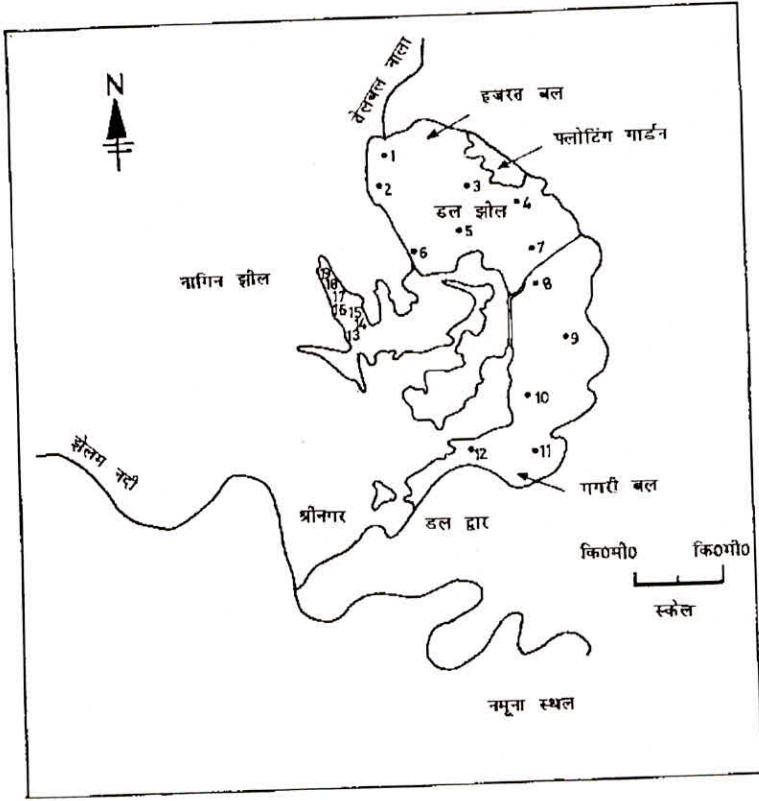
डल झील श्रीनगर घाटी के मध्य में स्थित है। झील का जलग्रहण क्षेत्र कृषि योग्य भूमि एवं पर्वतमालाओं को मिलाकर करीब 340 वर्ग कि.मी० है। जल ग्रहण क्षेत्र की मुख्य भूगर्भीय संरचना में पंजल ट्रेप, संपिडित, स्लेट एवं मृत्रिका मृदा पायी जाती है। जबकि जल ग्रहण क्षेत्र के कुछ क्षेत्र में कछारी मृदा का ताजा जमाव उपस्थित है (जुत्सी 1987)। समीप के पर्वत मालाओं में हरियाली थोड़ी कम है, परन्तु कुछ समय पूर्व में इन पर्वत मालाओं में पूर्ण हरियाली थी, (जुत्सी एवं व्यास 1982) जबकि अक्षांश $34^{\circ}4'$ एवं $34^{\circ}15'$ और रेखांश $74^{\circ}49'$ एवं $75^{\circ}15'$ के बीच स्थित जलग्रहण क्षेत्र का वनस्पति विहीन होने का कारण प्राकृतिक एवं मानव प्रकोप है।

झील और जलग्रहण क्षेत्र की ऊँचाई क्रमानुसार 1700 मी. और 4000 मी. (मध्य समुद्र तल के ऊपर) है। मृदा संरक्षण विभाग, जम्मू एवं काश्मीर के पास उपलब्ध सूचना एवं उपग्रहीय आँकड़ों के फाल्स कलर कम्पोजिट (FCC) का प्रयोग करते हुये जलग्रहण क्षेत्र भूमि का उपयोग विश्लेषित किया गया। जलग्रहण क्षेत्र में भूमि का उपयोग अधिकतर निम्न क्षेत्रों में किया जाता है :

- (1) कृषि योग्य भूमि
- (2) वन
- (3) अनुपयोगी भूमि
- (4) आवासीय क्षेत्र
- (5) जल निकाय

3. क्षेत्रीय आँकड़े :

झील के अधिकतर क्षेत्रों को समायोजित करते हुये उन्नीस प्रतिदर्श स्थलों का चयन किया गया (चित्र-1) जिसमें प्रथम प्रतिदर्श स्थल डल झील के मुख्य स्रोत तेलबल नदी की निवेशिका के बहुत करीब है तथा बाकी प्रतिदर्श स्थल हजरतबल, नागिन और गगरीबल के परिवेश में तलछट प्रवाह को ध्यान में रखते हुए वितरित है। चूंकि डल झील के द्वार पर वीयर एण्ड लाक प्रणाली तक जल का प्रवाह आसान एवम् सरल है, इसलिए प्रतिदर्श स्थल संख्या 11 एवम् 12 का चयन गगरीबल बेसिन में किया गया है, आगे हजरतबल एवम् गगरीबल बेसिन में जल हल्का धुँधला है लेकिन नागिन बेसिन में अधिक गहराई होते हुए झील का तल देखा जा सकता है (न्यूनतम 2 मीटर और अधिकतम 6 मीटर)। अधिकतर प्रतिदर्श स्थल का चयन धारा प्रवाह के साथ साथ किया गया है, तथा जल नमूनों को 26 मई 1992 को सतह से 0.5 मीटर गहराई तक एकत्रित किया गया है (झील का तल अदृश्य था)। जल नमूनों को मिलीपोर 0.05 माइक्रोमीटर छन्नी द्वारा निलंबित तलछट सांद्रता (मिग्रा./लीटर) के आँकलन के लिए छाना गया।



चित्र-1 : नमूनों का स्थल क्षेत्र

4. उपग्रहीय आँकड़े :

आई.आर.एस.-1बी. (IRS-1B) प्रतिबिम्ब प्रणाली में दृश्य तथा अवरक्त सीमा के चार स्पैक्ट्रम बैंड होते हैं (एन.आर.एस.ए. 1986) मानक एल.आई.एस.एस.-II (LISS -II) आँकड़ा (Path-row, 32.43 वित डल 26ए 1992 - June 17, 1994) जो 36.25 मीटर आकाशीय विश्लेषण रखते हुए सम्पूर्ण डल झील क्षेत्र का समायोजन राष्ट्रीय सुदूर संवेदन एजेंसी, हैदराबाद, द्वारा फलोपी माध्यम में निलम्बित तलछट ज्ञात करने के लिये किया गया। फलस्वरूप चारों बैंडों में 10 कि.मी. x 10 कि.मी. क्षेत्र (512 x 512 पिक्सल) क्षेत्र का समायोजन किया गया है। उपग्रह आई.आर.एस. गुजरने के दिन जो कि मई 26 और 17 जून, 1992 था, 19 नमूना स्थलों से जल नमूने एकत्रित किये गये। उपग्रह गुजरने के समय आसमान साफ था और झील सतह पर कोई भी हलचल (तरंग क्रिया) महसूस नहीं की गयी। इलविस (ILWIS- पूर्ण संख्यक भूमि एवं जल सूचना प्रणाली) साटवेयर का प्रयोग कर नमूना स्थलों के निर्देशांक एल.आई.एस.एस. प्रतिबिम्ब पर स्थानान्तरित किया गया। प्रत्येक स्पेक्ट्री बैंड के लिये अंकीय आँकड़े लिए गये और निर्देशांक के चारों तरफ केन्द्रित नौ पिक्सल (3x3 समूह) का औसत किया गया। जो कि प्रत्येक 19 नमूना स्थलों को समायोजित करते हुए 108.75 मी. x 108.75 मी. क्षेत्र के समतुल्य है। मई 26, 1992 (अंकीय गणना) को 19 नमूना स्थलों के माध्य पिक्सल मान का प्रयोग आधार स्वरूप क्षेत्र मापित निलम्बित तलछट के विभिन्न मानों के साथ सहसम्बन्ध स्थापित किया गया (तालिका-1)

तालिका 1 : मई 26, 1992 के लिये प्रत्येक नमूना स्थल पर चारो बैडों में निलंबित तलछट सांद्रता के प्रेक्षित मान और एल.आई.एस.एस.-II माध्य पिक्सल मान

प्रतिदर्श सं०	प्रेक्षित निलंबित तलछट सांद्रता (मि.ग्रा./ली.)	माध्य पिक्सल मान			
		बैड-1	बैड-2	बैड-3	बैड-4
हजरतबल बेसिन					
1.	288.00	69.11	48.22	48.55	40.89
2.	258.00	67.33	30.88	39.44	38.44
3.	174.00	60.77	31.44	34.44	31.11
4.	162.00	60.00	34.66	34.43	31.55
5.	180.00	60.77	30.00	32.44	31.88
6.	155.00	59.22	38.00	33.44	30.77
7.	165.00	59.88	30.55	32.00	29.22
गगरीबल बेसिन					
8.	170.00	58.77	25.22	31.66	30.66
9.	145.00	57.44	28.88	31.22	30.44
10.	108.00	59.00	25.88	32.44	29.11
11.	180.00	60.77	27.22	36.44	30.00
12.	160.00	59.66	28.00	32.00	32.11
नागिनबल झील					
13.	60.00	59.22	29.33	32.33	29.55
14.	80.00	58.66	28.44	30.55	30.00
15.	130.00	59.66	29.66	33.11	29.22
16.	110.00	58.00	29.22	30.00	30.78
17.	90.00	58.77	34.00	32.19	30.66
18.	95.00	59.22	30.66	32.00	30.00
19.	148.00	59.55	41.44	33.78	30.88

5. परिणाम और विचार विमर्श :

डल झील में मुख्यतः तीन द्रवगतिकीय जलगुणता क्षेत्र हैं जो क्रमशः हजरतबल बेसिन (बोड डल झील सहित), गगरीबल बेसिन, तथा साथ में लगी हुई नागिनबल बेसिन हैं। हजरतबल बेसिन में तलछट भार की विशिष्टता उच्च है। और गगरीबल बेसिन से नागिन बेसिन के जल प्रवाह में निलंबित तलछट की सांद्रता घटती हुई पायी गई। हजरतबल बेसिन की उच्च तलछट सांद्रता यह दर्शाता है कि इस बेसिन के जल ग्रहण क्षेत्र के प्रवाह में निलंबित तलछट की मात्रा ज्यादा आती है, चूंकि तेल बल नदी इस बेसिन का मुख्य भराव स्रोत है। जो कुल तलछट भार का 80%

तालिका 2 : प्रत्येक चारो स्पेक्ट्रमी बैंडो के आई.आर.एस.-1 बी-एल.आई.एस.एस.-II उपग्रहीय आंकड़ों के लिये डल झील में निलंबित तलछट के अनुमान हेतु रेखीय समाश्रयण सम्बन्ध

	स्वतंत्रता की कोटि	निर्धारण का गुणांक	आर.एम.एस.ई. (RMSE)
$Y_{ss} = - 820.098 + 16.093 B1$	18	$r^2 = 0.75$	2.200
$Y_{ss} = 5.129 + 4.588 B2$	18	$r^2 = 0.19$	1.706
$Y_{ss} = - 222.066 + 11.004 B3$	18	$r^2 = 0.73$	1.746
$Y_{ss} = - 330.53 + 15.322 B4$	18	$r^2 = 0.76$	2.139

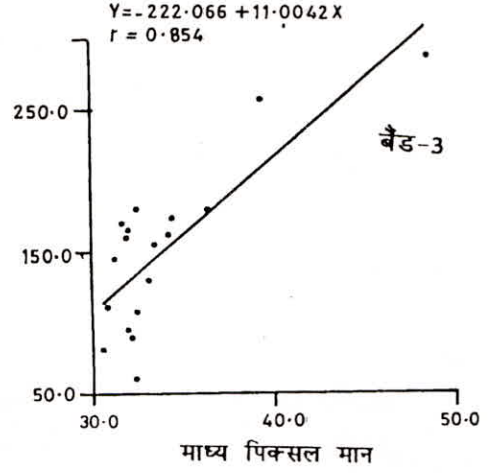
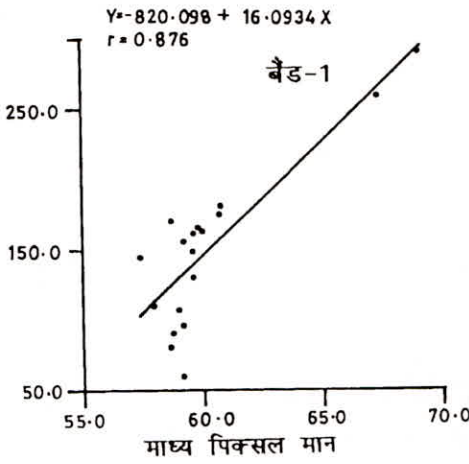
जहां, Y_{ss} = निलंबित तलछट सांद्रता (मिग्रा0 प्रति लीटर) में
 $B1, B2, B3$ और $B4$ = स्पैक्ट्रल बैंडों की अनुक्रिया
 RMSE = वर्ग-माध्यम मूल त्रुटि

ले आकर हजरत बल बेसिन की तलछट सांद्रता को बढ़ाती है, लेकिन विभिन्न केन्द्रों पर तलछट सांद्रता के मान यह दर्शाते हैं कि हजरतबल तथा तेलबल क्षेत्र में कुछ तलछट भार का योगदान, सतही प्रवाह के अलावा मानव आबादी का परिणाम है।

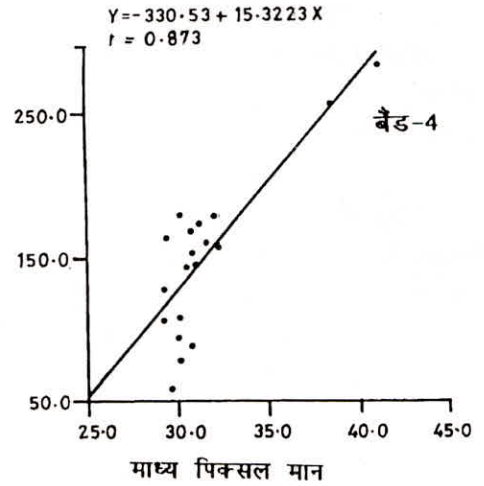
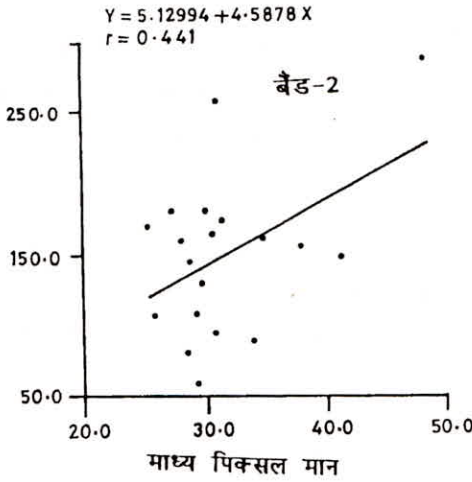
एल.आई.एस.एस.-II के प्रत्येक बैंड के औसत पिक्सल मान को मापे गये निलंबित तलछट सांद्रता के साथ सहसम्बन्ध स्थापित किया गया (तालिका-2)। प्रत्येक आई.आर.एस., एल.आई.एस. एस.-II बैंड के निलंबित तलछट के अनुमान का रेखीय समाश्रयण सम्बन्ध तालिका-2 में दिया गया है। निलंबित तलछट, निम्न मानक त्रुटि और निर्धारण के उच्च गुणांक के आधार पर (चौबे एवं सुब्रामनियन 1991) अन्वेषित सभी समीकरणों में बैंड 4 के सम्बन्ध सबसे आदर्श समीकरण प्रतीत होते हैं।

प्रत्येक एल.आई.एस.एस.-II बैंड के लिये माध्य पिक्सल मानों के लिए निलंबित तलछट सांद्रता का ग्राफ खींचा गया। ग्राफ यह प्रदर्शित करता है कि जैसे-जैसे निलंबित तलछट की सांद्रता बढ़ती है वैसे-वैसे माध्य पिक्सल मान भी बढ़ता है (चित्र-2)। इससे यह स्पष्ट होता है कि सतही जल में तलछट सांद्रता की वृद्धि होने पर परावर्तित सौर विकरण में भी वृद्धि होती है। निलंबित तलछट सांद्रता 60 मि.ग्राम/लीटर एवं 288 मि.ग्राम/लीटर के बीच तथा बैंड-1, बैंड-3 और बैंड-4 के माध्य पिक्सल मानों में एक वास्तविक सम्बन्ध देखा जा सकता है (चित्र-2)। बैंड-4 के अनुक्रिया मान का सहसम्बन्ध निलंबित तलछट सांद्रता के साथ सकारात्मक है ($r = 0.876$)। जबकि बैंड-2 के अनुक्रिया मान का सहसम्बन्ध असामान्य है ($r = 0.44$)। बैंड के अनुमानित पिक्सल मानों के सापेक्ष, जल के प्रवाह के साथ निलंबित तलछट सांद्रता में कमी आँकी गयी है। यह ऐसा भारी कणों के स्थरण का परिणाम है। चारो बैंडो के निलंबित तलछट के क्षेत्र मापित तथा अनुमानित मानों के सम्बन्ध का रेखीय समाश्रयण सम्बन्ध चित्र-3 में दर्शाया गया है।

निलंबित तलछट सांद्रता (मिली ग्रा. प्रति लीटर)



निलंबित तलछट सांद्रता (मिली ग्रा. प्रति लीटर)

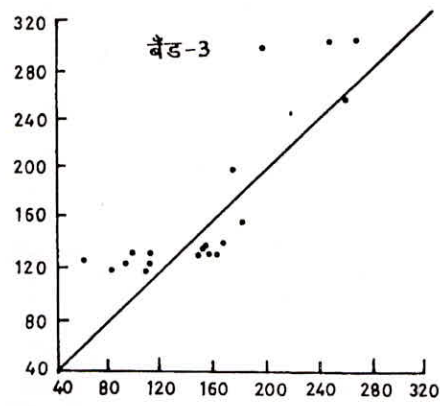
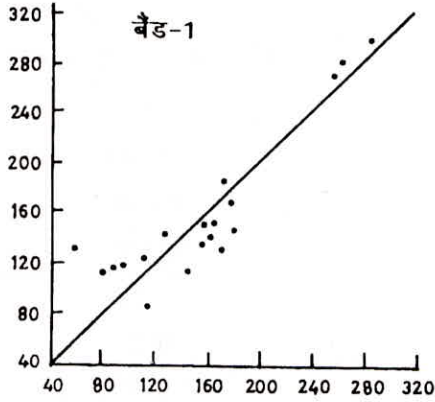


चित्र 2 : चारों बैंडों में निलंबित तलछट सांद्रता और एल.आई.एस.एस.. II माध्य पिकसल मान (मई 26, 1992) के बीच सम्बंध

समाश्रयण समीकरण का प्रमाणिकरण बैंड-4, तालिका 2, जून 17 1992, एल.आई.एस.एस. -II के सन्दर्भ में 12 नमूना स्थलों के बैंड-4 के माध्य पिकसल आकड़ों का प्रयोग निलंबित तलछट सांद्रता का अनुमान लगाने के लिए किया गया है (तालिका-3)।

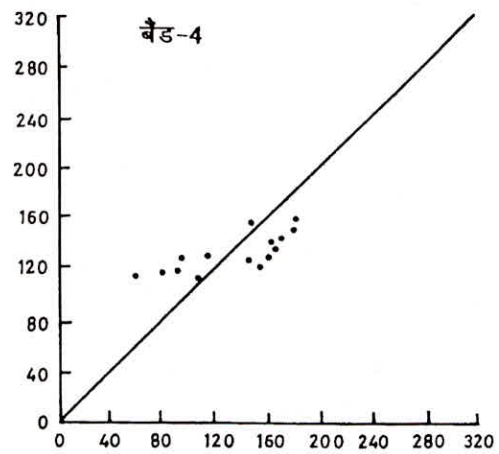
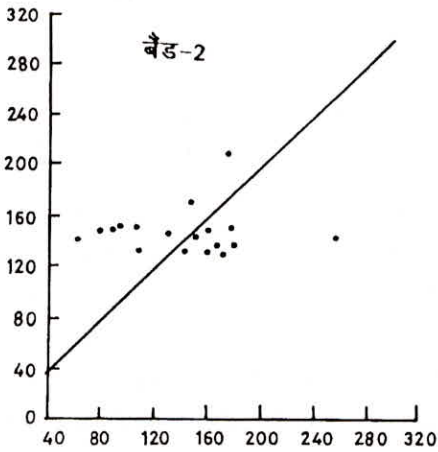
निलंबित तलछट सांद्रता के प्रेक्षित एवं पूर्व अनुमानित मानों की तुलना करने के लिए सांख्यिकीय आंकलन किया गया। जिसमें मध्यम सापेक्ष त्रुटि (MRE) का मान 0.170 बहुत कम है और संगणित सांख्यिकीय T 0.0084 जो सारणीबद्ध मान 2.201 की अपेक्षा कम पाया गया है, जो प्रेक्षित तथा अनुमानित मानों के बीच नगण्य अन्तर को दर्शाता है अर्थात इस विधि की उपयोगिता एवम् सार्थकता का स्तर 95% तक पहुँचा दिया गया है।

आंकलित निलंबित तलछट (मिली. ग्रा. प्रति ली.)



प्रेक्षित निलंबित तलछट (मिली. ग्रा. प्रति ली.)

आंकलित निलंबित तलछट (मिली. ग्रा. प्रति ली.)



चित्र 3 : मई 26 1992 एल.आई.एस.एस. II माध्य पिक्सल मानों का प्रयोग कर निलंबित तलछट सांद्रता का क्षेत्रीय मापित एवं आंकलित मानों के बीच साधारण रेखीय समाश्रयण समीकरण द्वारा दर्शाया गया सम्बन्ध।

6. निष्कर्ष :

वर्तमान अध्ययन के परिणामों के आधार पर हम यह स्पष्ट रूप से कह सकते हैं कि "दृष्टिगत तरंग-दैर्घ्य और निलंबित तलछट सांद्रता के बीच एक वास्तविक फलनक सह-सम्बन्ध विद्यमान है।"

तालिका 3 : जून 17, 1992 एल.आई.एस.एस.&II माध्य पिक्सल मानों के लिये बैंड 4 समीकरण (तालिका-2) का प्रयोग करते हुये निलंबित तलछट सांद्रता के क्षेत्र प्रेक्षित और आंकलित मान

प्रतिदर्श संख्या	प्रेक्षित निलंबित तलछट सांद्रता (मि.ग्रा./ली.)	अनुमानित निलंबित तलछट सांद्रता (मि.ग्रा./ली.)
1.	175.00	135.06
2.	170.00	158.44
3.	82.00	167.69
4.	125.00	133.78
5.	110.00	68.80
6.	90.00	86.35
9.	68.00	47.78
10.	80.00	74.01
11.	75.00	79.39
12.	76.00	79.39
17.	65.00	63.58
18.	48.00	52.99

7. संदर्भ :

- (1) कारपेन्टर, डी. जे. एण्ड कारपेन्टर, एस,एम. (1983), मॉडलिंग इनलैंड वाटर क्वालिटी यूजिंग लैंडसेट डाटा। रिमोट सैन्सिंग ऑफ एनवायरन्मेंट, 13:345-352
- (2) चौबे, वी.के. एण्ड सुब्रामनियन वी. (1990), नेचर ऑफ सस्पेंडिड सोलिड एण्ड आई.आर. एस. 1ए. एल.आई.एस.एस.-I डाटा ऐ केश स्टडी ऑफ तवा रिजर्वॉयर (नर्मदा बेसिन)। रिमोट सैन्सिंग आफ इनवायरन्मेंट, 34:207-215
- (3) चौबे, वी.के. एण्ड सुब्रामनियन (1991), स्पेक्ट्रल रेस्पॉन्स आफ सस्पेंडेड सेडिमेन्ट्स इन वाटर अन्डर कन्ट्रोल कन्डीशन्स, ज. हाइड्रोलॉजी, 122 : 301-308
- (4) चौबे, वी.के. (1994), मानीटरिंग वाटर क्वालिटी इन रिजरवायर विद आई.आर.एस.-1ए. एल. आई.एस.एस.-I डाटा वाटर रिसोर्सेज मैनेजमेंट, 8:121-136
- (5) एन.आर.एस.ए. (1986) डाटा यूजर हैन्डबुक, डाकुमेंट न0 IRS/NRSA/NDC/HB-01/86 नेशनल रिमोट सैन्सिंग एजेन्सी, एन.आर.एस.ए., हैदराबाद

- (6) खोरम एस. एण्ड चेसायर एच.एम. (1985), रिमोट सेन्सिंग आफ वाटर क्वालिटी इन दी न्यूज रीवर इस्चयूरी नार्थ केरोलीना फोटो ग्राम इन्जीनियरिंग और रिमोट सेन्सिंग 51:329-341
- (7) मनु, एल. एण्ड रोवर्टसन सी. (1990), इस्टीमेटिंग सस्पेन्डेड सेडीमेन्ट कन्सन्ट्रेशन फ्राम स्पेक्ट्रल रिफ्लेक्टेन्स डाटा इन्ट ज. रिमोट सेन्सिंग, 11 (5): 913-920
- (8) रामसे, इ. डब्लू एण्ड जेन्सन, जे. आर (1990), द डेरीवेशन आफ वाटर वॉल्युम रिफ्लेक्टेन्स फ्राम एअर वार्न एम.एस.एस. डाटा यूजिंग इनसिटु वाटर वॉल्युम रिफ्लेक्टेन्स एण्ड ए कम्बाइन्ड आप्टीमाइजेशन टैक्निक एण्ड रेडियेटिव ट्रान्सफर माडल इन्ट.ज. रिमोट सेन्सिंग 9: 379-397
- (9) रिचि, जे.सी. एण्ड कूपर, सी.एम. (1988), सस्पेन्डेड सेडीमेन्ट कन्सन्ट्रेशन इस्टीमेटेड फ्राम लैंडसेट एम.एस.एस. डाटा इन्ट.ज. रिमोट सेन्सिंग 9:379-387
- (10) जुत्सा, डी.पी. (1987) इम्पेक्ट आफ ह्यूमेन एक्टिविटीज आन दी इवाल्युसन आफ डल लेक इन्वायरमेन्ट वेस्टर्न हिमालय, ज्ञानोदय प्रकाशन, 565-577
- (11) जुत्सा, डी.पी.एण्ड वास के.के. (1982) लिमनोलोजिकल स्टडीज आन डल लेक श्रीनगर प्रो. इण्डियन नेशनल साइन्स एकेडमी, 48:234-241
- (12) लिन्डल, एल.टी., स्टीनवाल, जानसल, ओ,एम, एण्ड कलेसन, टी.एच. (1985), मैपिंग ऑफ कास्टल वाटर टर्बिडिटी यूजिंग लैंडसेट इमेजरी, इन्ट.ज. रिमोट सेन्सिंग, 6(5): 629-642

