

सुदूर संवेदन तकनीक का हिम जलविज्ञान में उपयोग

डी.एस.राठौर
वैज्ञा० “ई१”
एन.के.भटनागर
वरिष्ठ शोध सहायक

मनोहर अरोड़ा
वैज्ञा० “ब”
अंकुर घीमान

आर.डी.सिंह
वैज्ञा० “एफ”
गौरव गुप्ता

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की

सारांश

हिमालय में स्थित हिम व हिमनद प्राकृतिक जलाशय का कार्य करते हैं। हिम व हिमनद गलन द्वारा उत्तर भारत की प्रमुख नदियों में ग्रीष्म काल में जल उपलब्ध होता है। हिम गलन से हिम आवरण में मार्च से अक्टूबर तक प्रतिवर्ष परिवर्तन होता है। हिम आवरण में परिवर्तन की जानकारी जलविज्ञानीय अनुकरण व निदर्श में सहायक है। जल अपवाह के आधार पर जल संसाधन व जल विद्युत परियोजनाओं की योजना, प्रबंधन व परिचालन होता है। जल आवरण की जानकारी 1960 के दशक से उपग्रह द्वारा उपलब्ध कराई जा रही है। वर्तमान में नई संवेदन प्रणालियों द्वारा जल आवरण की अधिक शुद्ध जानकारी प्राप्त हो रही है। इस प्रपत्र में सुदूर संवेदन तकनीक की हिम जल विज्ञान में उपयोग की समीक्षा की गई है। आंकिक प्रक्रमण का उपयोग कर गंगा के उप-बेसिन में हिम आवरण ज्ञात किया गया है।

दृश्य व अवरक्त तकनीक का अधिक उपयोग हुआ है। दृश्य व अवरक्त प्रकाश का हिम द्वारा अधिक परावर्तन होता है। अतः मेघ के अतिरिक्त अन्य पदार्थों में हिम से स्पष्ट अंतर होता है। नवीन संवेदकों में लघु तरंग अवरक्त बैंड प्रयुक्त होता है इस बैंड में हिम द्वारा मेघ की अपेक्षा कम परावर्तन होने से मेघ व हिम में स्पष्ट अंतर परिलक्षित होता है। यह बैंड लिस-III, टीएम, मोडिस आदि संवेदकों में उपलब्ध है। निष्क्रिय माइक्रोवेव की विभिन्न तरंग लंबाई की तरंगों के ब्राइटनेस तापमान के अंतर द्वारा हिम तुल्य जल ज्ञात किया जाता है। यह माप बड़े क्षेत्र में ही संभव है।

दृश्य व अवरक्त आँकड़ों के आंकिक प्रक्रमण या दृश्य विश्लेषण द्वारा हिमआवरण मानचित्र बनाये जाते हैं। आंकिक प्रक्रमण में एनडीएसआई व वर्गीकरण आदि का प्रयोग होता है। एनडीएसआई द्वारा छाया में स्थित हिम का मानचित्रण संभव हो सका है। इस प्रकार सुदूर संवेदन द्वारा दुर्गम क्षेत्र की जानकारी वर्ष में कई बार प्राप्त की जा सकती है।

1.0 प्रस्तावना

हिम का पृथ्वी के जलीय चक्र में विशेष स्थान है। वर्षण पश्चात हिम पृथ्वी पर संग्रह होकर एक प्राकृतिक हिम जलाशय निर्मित करता है। इस जलाशय से, ग्रीष्म काल में जब जल की उपलब्धता कम होती है। हिमगलन द्वारा प्राकृतिक रूप से नदियाँ में सतत जल प्राप्त होता है। पृथ्वी पर लगभग 23% सकल व 50% भूमि स्थायी या अस्थायी हिम/बर्फ से आच्छादित है। लगभग 80 प्रतिशत मीठा पानी हिम, हिमनद, भूमि कीलों, नदियों आदि में बर्फ के रूप में विद्यमान है। पृथ्वी की जलवायु हिम के भंडार द्वारा प्रभावित होती है। भारत वर्ष में हिमालय, जैसा कि नाम से विदित है हिम, बर्फ व हिमनदों का एक असीम भंडार है। उत्तर व उत्तर पूर्वी भारत की लगभग सभी नदियों में भारत व समीपवर्ती देशों में स्थित हिम/बर्फ के भंडारों से हिम/बर्फ गलन द्वारा बड़ी मात्रा में प्रवाह प्राप्त होता है। हिम/बर्फ गलन के अध्ययन द्वारा नदियों में प्रवाह का अनुमान लगाया जा सकता है। इससे नदी परियोजनाओं के प्रचालन में सहायत मिलती है। इसके अतिरिक्त जलवायु परिवर्तन अध्ययन में भी हिम/बर्फ का विशेष स्थान है।

सुदूर संवेदन के दृश्य, अवरक्त व लघु तरंगों अवरक्त स्पैक्ट्रस द्वारा हिमाच्छादन की विस्तृत जानकारी प्राप्त होती है। यह जानकारी पृथ्वी के बड़े भू-भाग के लिए वर्ष में अनेक दिन उपलब्ध हैं। एवं पूर्व के आँकड़ों के साथ-साथ सतत रूप से आँकड़ें प्राप्त किये जा रहे हैं। इन आँकड़ों के प्रक्रमण (आंकिक) द्वारा हिमाच्छादित क्षेत्र ज्ञात होता है। वर्ष में कई दिनों के लिए ज्ञात हिमाच्छादित क्षेत्र से हिमक्षरण वक्र बनाया जाता है। जो कि हिम गलन अपवाह निर्देश के लिए आवश्यक है।

उपरोक्त वर्णित स्पैक्ट्रम के अतिरिक्त निष्क्रिय सूक्ष्म तरंग भी हिम अध्ययन में सहायक है। इन तरंगों से हिम आच्छादन, हिम जलतुल्य, हिम गहराई आदि ज्ञात किया जा सकता है।

यह तकनीक अभी अनुसंधान अवस्था में है। इसमें संवेदक का पद चिन्ह अधिक विस्तृत होने से इसका उपयोग क्षेत्रीय/महाद्वीपोत्र/वैश्विक स्तर पर ही किया जा सकता है। इस प्रपत्र में हिम जलविज्ञान में सुदूर संवेदन अनुप्रयोगों की समीक्षा की गई है। भगीरथी (लोहारी नाग पाला तक) बेसिन के लिए नवम्बर माह के लैंडसेट टीएम आँकड़ों का विश्लेषण कर हिमाच्छादन ज्ञात किया गया है।

2.0 उपग्रह प्रणालियाँ

अनेक उपग्रह प्रणालियाँ सुदूर संवेदकों के साथ पृथ्वी की कक्षा में स्थापित की गई हैं। प्रत्येक प्रणाली से महत्वपूर्ण आँकड़ें अनेक वर्षों तक तय अंतराल से उपलब्ध कराये जाते हैं। सुदूर संवेदक प्रकाशीय व विकिरण, सक्रिय निष्क्रिय अवस्था में कार्य करते हैं। प्रकाशीय स्पैक्ट्रम में आई0आर0एस0, एवं स्पॉट लैंडसेट (एम.एस.एस.) प्रणालियाँ कार्य करती हैं। लैंडसेट (टी.एम.) मोडिस (ए.वी.एच.आर.आर.) प्रकाशीय एवं उष्मीय विकिरण स्पैक्ट्रम में कार्य करती है। आई आर एस लिस III, IV, A-WIFS, लैंड सेंट टी एम, मोडिस, ए वी एच आर आर में हिम मानचित्रण के लिए उपयोगी सूक्ष्म तरंग अवरक्त बैंड उपलब्ध है। अन्य प्रकाशीय संवेदक भी हिम मानचित्र में सहायक है।

निष्क्रिय सूक्ष्म तरंग (माइक्रोवेव) संवेदकों ईएसएमआर, एसएमएमआर व एसएसएम-आई आदि 6, 10, 19, 22, 37, व 85 गीगा हर्टज आवृत्ति पर कार्य करते हैं। यह संवेदक निबंस - 5 व- 6, निबंस-7 व डी

एम एम पी उपग्रहों से संचालित किये गये। एस एस एम आई संवेदक में हिम अध्ययन के लिए उपयोगी बैंड 85 गीगा हर्टज सम्मिलित किया गया।

3.0 स्पेक्ट्रमी हस्ताक्षर

3.1 दृश्य क्षेत्र

हिम का स्पेक्ट्रमी हस्ताक्षर प्रकाशीय क्षेत्र में कण आकार, आकृति, उपस्थित अशुद्धि, सतह के समीप तरल जल की मात्रा व सतही खुरदुरापन आदि पर निर्भर करता है। ताजी गिरी हुई हिम का उच्च परावर्तन होता है। और इसका हिम की आयु के रूप में ह्रास होता है। परावर्तन भी प्रत्यक्ष से अवरक्त क्षेत्र की ओर कम होता है। परावर्तन में हिम की आयु के साथ-साथ कई प्रकार के कारणों से होती है। जैसे-कण के आकार में बदलाव, सतह पर गलित जल इत्यादि। हिम कण का आकार हिम पिघलने के साथ बढ़ता है। ताजी हिम का परावर्तन प्रत्यक्ष व अवरक्त क्षेत्र में क्रमशः 1 और 0.5 के आसपास होता है। हिमनद बर्फ के लिए परावर्तन मान क्रमशः 0.65 और 0.1 होता है। हिमनद बर्फ के लिए सामान्यतः पत्थर, ड्रेविज, वनस्पति, बड़े-छिद्र इत्यादि सतह पर उपस्थित होते हैं और इसिलए वे हिमनद बर्फ पर उपस्थित बड़े रूप में बदलते हैं।

3.2 सूक्ष्म तरंग क्षेत्र (अक्रिय)

अक्रिय सूक्ष्म तरंग क्षेत्र उत्सर्जित विकिरण को ज्ञात करता है। अधिकतम विकिरण हिम के नीचे और अन्दर से उत्पन्न होता है। यह उपर निष्कासित सूक्ष्म सिग्नल के छेन के कारण होता है। उपर पर निष्कासित सूक्ष्म सिग्नल हिमकणों द्वारा छाना जाता है।

4.0 समीक्षा

4.1 आच्छादित क्षेत्र मानचित्रण

4.1.1 सामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक

प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक प्रदीप्ती परिस्थिति की एक फैली सीमा के लिए हीनग्राही, वातावरण प्रभाव के लिए आंशिक नियमबद्ध होता है। और एकल बैंड में परावर्तन पर आश्रित नहीं होता है। प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक प्रसामान्यीकृत अंतर वनस्पति सूचकांक के लिए समरूप होता है। प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक के लिए जनक सूत्र निम्न प्रकार है -

$$\text{प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक} = \frac{(\text{हरित} - \text{लघु तरंग अवरक्त})}{(\text{हरित} + \text{लघु तरंग अवरक्त})}$$

प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक की गणना डिजिटल संख्या/विकिरण/परावर्तन के द्वारा की जाती है। संवेदकों टी.एम., थैप ए-विल्स में हरित बैंड का सम्बंध बैंड 1,2 व 4 से क्रमवार है तथा संबंधित अवरक्त बैंड 5,4 व 6 है।

कुलकर्णी आदि (2002) द्वारा हिमाचल प्रदेश में मनाली और सोलंग पर बहुबैंड भू सत्यापन रेडियोमीटर, अवरक्त के समीप जी टी आर और अनुपातिक रेडियोमीटर के उपयोग द्वारा भू विकिरण आधारित मापन से प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक का निरूपण किया गया। छाया में विभिन्न लक्ष्य और प्रदीपन परिस्थितियों को फरवरी 2000, 2001 में मानीटर किया। प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक परावर्तन आंकलन के द्वारा निरूपित किया और हिम के लिए पदीपन और छाया दोनों परिस्थितियों में 0.9 से अधिक आया और जल के मान के लिए 0.67 से अधिक था। अन्य उद्देश्यों के लिए मान 0.3 से कम था यह हिम निर्देशन के लिए पदीपन और छाया दोनों परिस्थिति में तकनीकी के विभव को दर्शाता है।

4.1.2 नियम आधारित वर्गीकरण

जोजर (1989) द्वारा नीले, अवरक्त बैंडों और प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक में परावर्तन के उपयोग से हिमाच्छादित क्षेत्र मानचित्रण के लिए नियमाधारित वर्गीकरण किया गया। प्रभावसीमा क्रमानुसार 0.15 - 0.2, 0.2-0.25 और 0.4 के रूप में निर्धारित है। जोजर द्वारा चयनित विशिष्ट प्रभावसीमा नीले व लघु तरंग अवरक्त बैंड के लिए 0.16 और 0.20 थी। बादल को लघु तरंग अवरक्त बैंड द्वारा चुना जाता है। चमकती मिट्टी और पत्थर प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक द्वारा चुनते हैं। सतलुज बेसिन को एक्सोएटमोसफैरिक उपबेसिन के लिए आई.आर.एस. 1-सी आंकड़ों के उपयोग से प्रभावसीमा 0.427, 0.2218 और 0.444 ली गयी (गोयल तथा नीमा 1997) केलिब्रेशन गुणांक व सौर परावर्तन ठीक उसी तरह लिए गये जैसे कि लैंडसेट थीमैटिक मानचित्र बैंडों में लिए जाते हैं।

4.1.3 हिम मानचित्रण एलगोरिथम

यह एलगोरिथम मोडिस आंकड़ों के लिए विकसित किया था, यह प्रभावसीमा आधारित परीक्षणों बैंडों के मध्य प्रसामान्यीकृत अंतर और निर्णायक नियमों का प्रयोग करता है। प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक, दृश्य एवं लघु तरंग अवरक्त चैनलों का प्रयोग एलगोरिथम में किया गया है। बादल आवरणों जो कि मोडिस से प्राप्त होता है। वो बादलों को अवरित करने में तथा जल-भूमि आवरण जल क्षेत्रों को अवरित करने में प्रयोग किये गये हैं। वे पिक्सल जो कि लगभग 50 प्रतिशत या ज्यादा हिम से अवरित हैं। उनका प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक की माप में पिक्सल का मान 0.4 से ज्यादा के दृश्य में सीरिया निवादा के थिमैटिक मैपर पर पाया गया है। केवल एक प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक के द्वारा जल व हिम के मध्य विविक्तिकरण करना संभव नहीं था, इसलिए एक बैंड प्रभावसीमा का प्रयोग भी किया गया। पिक्सल जिनका की प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक 0.4 से ज्यादा और बैंड-2 में परावर्तन 11 प्रतिशत से कम था, व जल की तरह चिन्हित किये गये एवम प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक आधारित हिमक्षेत्र से अलग निकाल लिये गये, जिन पिक्सल का बैंड 4 में परावर्तन 10 प्रतिशत से अधिक था, उनको हिम माना गया। इस विधि द्वारा जो पिक्सल दृश्य परावर्तन में न्यून थे, उनको रोक लिया गया, उदाहरणतः काला स्पूस जो कि हिम की तरह चिन्हित होने से रोका गया।

मोडिस हिम चित्रों की शुद्धता भूमि आवरण क्षेत्र के साथ बदलती है विशेष रूप से बादलों के लिए उत्तरी गोलार्द्ध में हिम मान चित्रण की अधिकतम एकत्रित त्रुटि अनुमानतः 7.5 के लगभग होगी, यह त्रुटि अपने अधिकतम (9-10%) नवम्बर व अप्रैल के माह के बीच होती है। जब हिम उत्तरी वायु संबन्धी वनों को अवरित करता है।

4.1.4 हिम मानचित्रण एलगोरिथम में उन्नति

हिम मानचित्रण एल्गोरिथम वन क्षेत्रों में हिम का मापन वहीं करता है। इसलिए एक संयुक्त प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक, प्रसामान्यीकृत अंतर वनस्पति सूचकांक पर आधारित एलगोरिथम के प्रयोग द्वारा वनक्षेत्रों में हिम मानचित्रण किया गया। वन क्षेत्रों में बहुत से पिक्सल 0.4 से कम प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक वाले होते हैं। इन वन क्षेत्रों को ठीक-ठीक वर्गीकरण करने के लिए एक न्यून प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक प्रभाव सीमा का प्रयोग किया जाता है। संयुक्त रूप से प्रसामान्यीकृत अंतर वनस्पति सूचकांक एक प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक के प्रयोग द्वारा हम मुक्त व हिमाच्छिन्न वन क्षेत्रों के मध्य विविक्तिकरण किया जाता है। वन क्षेत्र के पिक्सल बिना वन क्षेत्र के पिक्सल की अपेक्षा अधिक प्रसामान्यीकृत अंतर वनस्पति सूचकांक मान वाले होते हैं। इस प्रकार प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक व प्रसामान्यीकृत अंतर वनस्पति सूचकांक दोनों के संयुक्त प्रयोग द्वारा वन क्षेत्र के प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक प्रभाव सीमा को कम करना संभव हुआ। और इसमें दूसरे भू अवरणों पर भी एल्गोरिथम की योग्यता से भी कोई समझौता नहीं किया गया। ग्लोबोस्थिम ने गहरे होने उष्णकटबन्धीय वनों को हिमाच्छिन्न क्षेत्रों का मानचित्रण किया जहाँ कि हिम होता ही नहीं, इस समस्या को मोडिस बैड 31 द्वारा तापीय अवरक्त आंकड़ों के प्रयोग से ठीक किया गया, 277 K प्रभावसीमा का चुनाव करके अधिकतर कमीशन्ड हिम पिक्सल ठीक किये गये।

4.1.5 पर्यवेक्षित वर्गीकरण

पर्यवेक्षित वर्गीकरण एक पद्धति द्वारा पहचाने की तकनीक है। जिसके द्वारा चित्र में चिन्हों/वर्गों का निर्धारण किया जाता है। यह तकनीक कम्प्यूटर को उपलब्ध कराये गये, परीक्षण नमूनों पर आधारित है। नमूनों से प्राप्त किए हुए सांख्यिकीय राशि को विविक्तिकरण कलन द्वारा चित्र का वर्गीकरण किया जाता है। इस प्रकार स्पैक्ट्रम सूचना द्वारा कम प्रतिशत के चित्र पिक्सल की सहायता से सम्पूर्ण चित्र को वर्गीकृत किया जाता है। प्रयोग की गयी विभिन्न वर्गीकरण तकनीक इस प्रकार है। अधिकतम संभावित, समानता षष्टफलक, औसत से न्यूनतम दूरी इत्यादि। अधिकतम संभावित विधि में बहुवर्ण सामान्यतः वितरण को नमूने में काल्पनिक मान लिया जाता है। नमूने का चुनाव क्षेत्र सूचनाओं व वस्तु के स्पैक्ट्रम हस्ताक्षर आदि के आधार पर किया जाता है।

बोमगार्टनर व अन्य (1986) ने पर्यवेक्षित वर्गीकरण को हिममुक्त, परिवर्तन क्षेत्र व हिम क्षेत्र पर प्रयुक्त किया। विभिन्न वर्गा जैसे कि जल, वन फसल, चारगाह नमी वाले घास के क्षेत्र, परिवर्तन क्षेत्र गहरे रंग का हित व छायाचित्र का हिम व सूर्य प्रकाश का हिम आदि के नमूने लिए गये। हिम क्षेत्र के टुकड़े जो कि लगभग 50 प्रतिशत हिम आवरण से युक्त है। परिवर्तन क्षेत्र के वर्ग में आते हैं। ग्रीष्म काल के चित्रों को वर्गीकृत करने में बहुत कठिनाईयां आती हैं।

4.1.6 हिमआवरण वर्हिवेशन

उपग्रह से प्रकाशीय सुदूर संवेदन द्वारा देखने पर बादलों द्वारा घिरे क्षेत्रफल अस्पष्ट दिखाई देता है। इन क्षेत्रों में बादल आवरण से संबंधित सूचनाएं जी.आई.एस. द्वारा प्राप्त की जाती है। इस उद्देश्य के लिए विभिन्न तकनीक उपलब्ध है।

5.0 डी0ई0एम0 विश्लेषण

बोमगार्ठनर व अन्य (1986) द्वारा डी.ई.एम.के प्रयोग से बादल आवरण से हिमआवरण की प्रतिशतता का आंकलन किया है। डी.ई.एम.से ढाल, आकृति मानचित्र बनाये जाते हैं। एक समान ढाल की इकाईया व समान ऊंचाई के चिन्ह प्राप्त किये तो हैं। इन इकाईयों पर पहले से प्राप्त हिमआवरण के प्रतिशत के अन्तरास्थित द्वारा दूसरे क्षेत्र में हिमआवरण का प्रतिशत निकाला गया है। प्राप्त मानों द्वारा बेसिन के सम्पूर्ण हिमाच्छित क्षेत्र की गणना की गई।

5.1 सामीप्य विश्लेषण

हिम पिक्सलों के चारों ओर 12 पिक्सल से युक्त एक उभय प्रतिरोधी क्षेत्र का निर्माण किया गया। इस एलगोरिथम के 24 पिक्सल वाले चौड़ी छाया/बादल क्षेत्र को परिकल्पित किया गया। वो क्षेत्र जो कि अधिक चौड़ाई के अंतर्गत आते हैं वो आंशिक रूप से हिम वर्गीकृत किये गये। छाया रूप उत्तर पूर्व से पश्चिम की तरफ माना गया (गोयल व नीमा 1997) सतलुज बेसिन के स्पीती सब बेसिन के एक भाग में छाया के हिम क्षेत्र/बादल में लगभग 63 प्रतिशत की वृद्धि देखी गयी। इसमें प्रयुक्त सिद्धान्त निम्न प्रकार है-

5.2 हिम बादल विविक्तिकरण

हिम बादल विविक्तिकरण तकनीक बादलों व हिम से प्राप्त परावर्तन व उत्सर्जकता गुण धर्मों के अंतर पर आधारित है। बादलों को सामान्य रूप से दृश्य व समीप अवरक्त विद्युत चुम्बकीय स्पैक्ट्रम के द्वारा पहचाना जा सकता है, जबकि हिम का परावर्तन स्पैक्ट्रम के लघुतरंग अवरक्त में काफी कम हो जाता है। इसलिए प्रसामान्यीकृत अंतर हिम सूचकांक जो कि दृश्य व लघु तरंग अवरक्त दोनों का प्रयोग करता है, बादलों को हिमाच्छित क्षेत्र से विविक्तिकरण करने में सहायक है।

6.0 निष्क्रिय सूक्ष्म तरंग आंकड़े

निष्क्रिय सूक्ष्म तरंग आंकड़े उदाहरणतः एस.एम.एम. आर., एस.एस.एम./आई. हिम गहराई, जल तुल्यांक एवं हिमक्षेत्र को प्राप्त करने में किया जाता है। निष्क्रिय सूक्ष्म तरंग सिग्नल कमजोर होते हैं। इसलिए आँकड़े बहुत बड़े स्तर पर उदाहरणतः दस की घातांक किमी. में लिए जाते हैं। इस प्रकार ये आँकड़े केवल बड़े क्षेत्र के लिए प्रयोग किया जाते हैं (मिश्रा व अन्य 2005) .

6.1 हिमाच्छित क्षेत्र

द्वि आवर्ती विधि हिम आवरण को पहचानने में प्रयोग होती है। तापीय चमकीलेपन का अंतर समभवतः 22-85 GHZ या 19-37 GHZ प्रयोग किया जाता है। आर्मस्ट्रोंग व ब्रोडाजिंग (2001) ने उत्तरी गोलार्द्ध हिम आवरण के लिए 19 और 37GHZ आवृत्तियों का अक्रिय माइक्रोवेव आंकड़े प्रयोग किये। हिम आवरण लगभग 400 करोड़ किमी² का था। परिणामों की तुलना ए.वी.एच.आर.आर. से निकले गये हिम आवरण विस्तार से की गयी। माध्य अंतर 35 करोड़ किमी² था सर्दी के मौसम से पहले के दौरान अक्रिय सूक्ष्म तरंग तकनीक हिमाच्छित क्षेत्र को कम मापती है। कम गहराई वाला (गहराई 2.5सेमी.) व गलित हिम अक्रिय सूक्ष्म तरंग आँकड़ों द्वारा नहीं पहचाना जाता।

7.0 एस0आई0 (विकिरण सूचकांक) विधि

हिम, वर्षण, रेगिस्तान व बर्फ से जमे हुए भूमि क्षेत्र लघु तरंग विकिरण के लिए विकिरण लक्ष्य का निर्माण करते हैं। विकिरण लक्ष्यों की पहचान विकिरण सूचकों द्वारा दी जा सकती हैं। इसमें उच्च आकृति वाले चित्रों में निम्न आवृत्ति वाले चित्रों से निकाला जाता है। हिमक्षेत्र को पहचानने के लिए विकिरण सूचक चित्रों में एक प्रभाव सीमा का प्रयोग किया जाता है। दूसरे अन्य विकिरण हिम को विविक्तिकर्त करना संभव है।

केली (2000) ने यू0के0के लिए हिम मापन के लिए एस.एस.एम./आई आँकड़ों का प्रयोग किया और निष्कर्षों को ए.बी.एच.आर.आर. आँकड़ों से सत्यापित भी किया, विकिरण सूचक चित्र 22-85 मेगा हर्ट्ज व 19-37 मेगा हर्ट्ज का प्रयोग किया गया, चित्रों को सन्दर्भित किया गया और ए.वी.एच.आर.आर.चित्रों पर उनके फूट प्रिन्ट चिन्ह किये गये। ए.वी.एच.आर.आर.चित्रों में फुट प्रिन्ट के औसत एवं समाक्षण विकिरण सूचक मानों के साथ किये गये। 22-85 गीगा हर्ट्ज विकिरण सूचक चित्रों में कोई प्रभावशाली सम्बंध प्राप्त नहीं हुआ। अध्ययन से पता चलता है कि बढ़ते हुए हिम-जल तुल्यांक से संबंधित नहीं है। बल्कि यह वृद्धि किए हुए ऐरियल कवरेज से संबंधित है। ए.वी.एच.आर.आर.चित्रों में 100प्रतिशत हिम आवरण वाले फूट प्रिन्ट्स एस.आई.16 व 8 में औसत तथा मानक विचलन क्रमवार दर्शाते हैं। यह अनुमोदित किया जाता है कि 22-85 मेगा हर्ट्ज एस.आई. चित्रों में हिम आवरण पिक्सल को आंशिक या पूर्ण रूप से पहचानने के लिए OK प्रयोग किया जाना चाहिए।

7.1 निर्णय वृक्ष विधि

यह विधि तापीयन्वयक और एस.एस.एम. (ssm)/ आइ (I) के संवेदक चैनलों 19,22,37 और 85 गीगा हर्टज चैनल ताप पर आधारित विकिरण सूचकांक में प्रयोग की जाती है। एक विकिरण सूचकांक की गणना निम्न प्रकार है --

$$SI = \text{Max} (T_{B22v} -- T_{B85v}, T_{B19v} -- T_{B37v})$$

क्षेत्र जिसके लिए विकिरण सूचकांक 3 से 10 होता है, उसे हिम आवरण क्षेत्र में रखा जाता है। प्रभावसीमा 10 हिमालयन क्षेत्र के लिए मानी गयी। ऐसे क्षेत्र जिनका प्रतिदिनि तापमान 19,37 व 85

गीगा हर्टज में हो तथा 240 से 260 K ऊर्ध्वाधर ध्रुवीकरण के साथ हो उनको हिम रहत क्षेत्र के रूप में पहचाना जाता है। इसके अतिरिक्त प्रतिदिप्ति व SI के आधार पर हिम को गीले, नम व शुष्क हिम में वर्गीकृत किया जाता है। प्रभाव सीमा गीले से शुष्क हिम तक बढ़ती है। गीले व शुष्क हिम का प्रतिदिप्ति तापमान नम हिम से कम होता है।

7.2 हिम गहराई

अक्रिय सूक्ष्म तरंग आँकड़े के उपयोग से हिम गहराई गणना के लिए कई सूत्र निकाले गये हैं। हिमालय से पेटसिओ (Patsio) के लिए सहसम्बंध गुणांक 0.8 था। कुछ सूत्र नीचे दिये गये हैं। कुंजी आदि (1985): एस.एम.एम.आर.के प्रयोग द्वारा

$$GT = \frac{T_{B37H} - T_{B19H}}{37 - 19}$$

$$d = \frac{GT - 0.085}{0.036}$$

चैनां आदि (1990): 1 m तक की गहराई वाले एक समान हिम क्षेत्र के लिए

$$d = 1.59 (T_{B19H} - T_{B37H})$$

मिश्रा आदि (2005): हिमालय में पेटसिओ (Patsio) क्षेत्र के लिए

$$d = 3.10 (T_{B19H} - T_{B37H})$$

7.3 हिम जल तुल्यांक

आमस्ट्रोंग और ब्रोडजिक (2001) ने 19 और 19 गीगा हर्टज आँकड़े द्वारा हिम जल तुल्यांक की गणना के लिए अक्रिय सूक्ष्म तरंग आँकड़ों का प्रयोग किया। हिम जल तुल्यांक लगातार फिल्ड मापन की अपेक्षा सदैव कम प्राप्त हुआ है।

सहसम्बंध गुणांक 0.8 था। समीकरण और गुणांक का सामान्य रूप नीचे दिया गया है —

$$\text{हिम जल तुल्यांक} = A_1 + \frac{A_2 (T_{B19V} - T_{B37V})}{19 - 37}$$

धुन्दी :	A1 =	914.26 mm,	A2 =	- 674.46 mm K ⁻¹ GH2 ⁻¹
पेट सिओ :	A1 =	582.15 mm,	A2 =	- 451.14 mm K ⁻¹ GH2 ⁻¹

8.0 जलविज्ञानीय निदर्श में प्रयोग

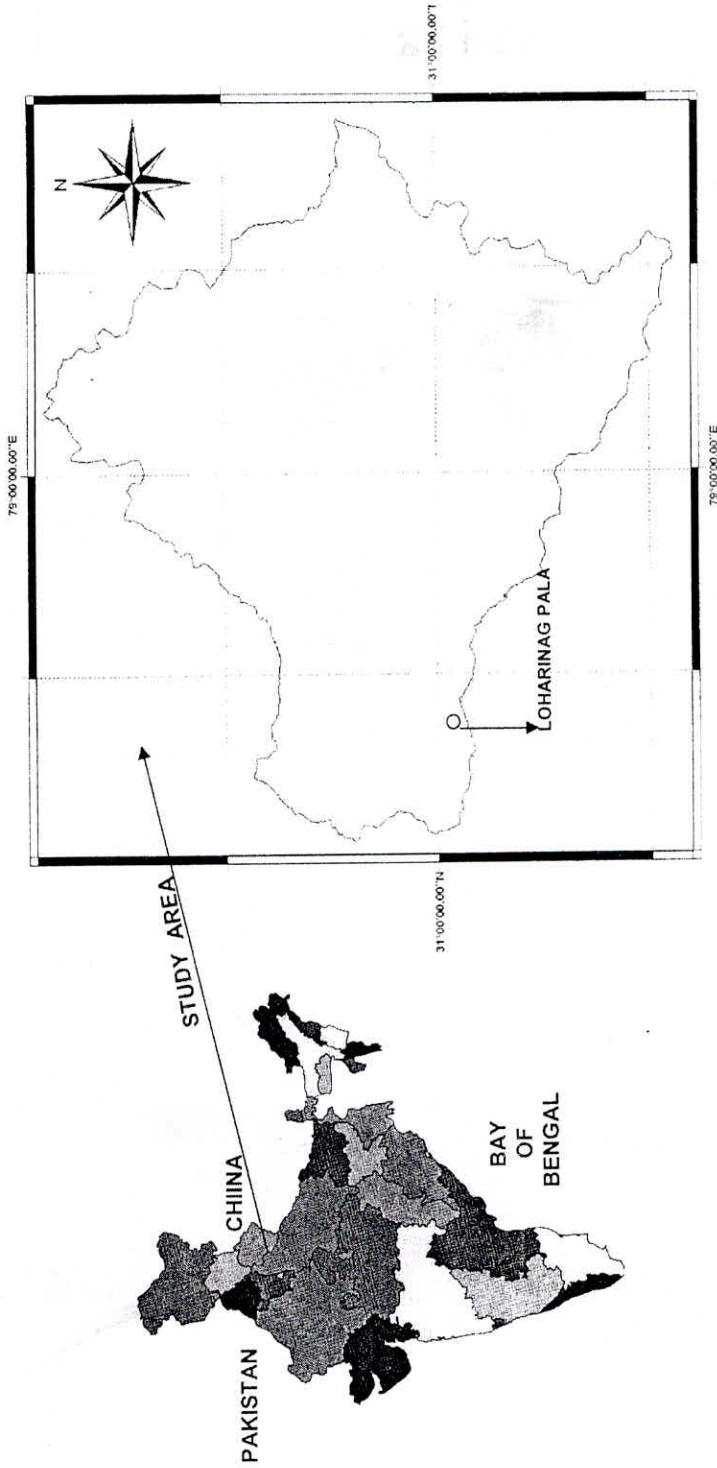
ग्रीष्म काल में हिम/बर्फ गलकन द्वारा जल, हिमाच्छादित बेसिन से निकलने वाली नदियों में प्राप्त होता है। अतः हिम/बर्फ की जानकारी के आधार पर इन नदियों में अपवाह का आंकलन व पूर्वानुमान संभव हो सका है। मुख्य रूप से हिमाच्छादन क्षेत्रफल अपवाह निदर्श में उपयोग में लाया जाता है।

8.1 विज्ञानीय निदर्श में अनुप्रयोग

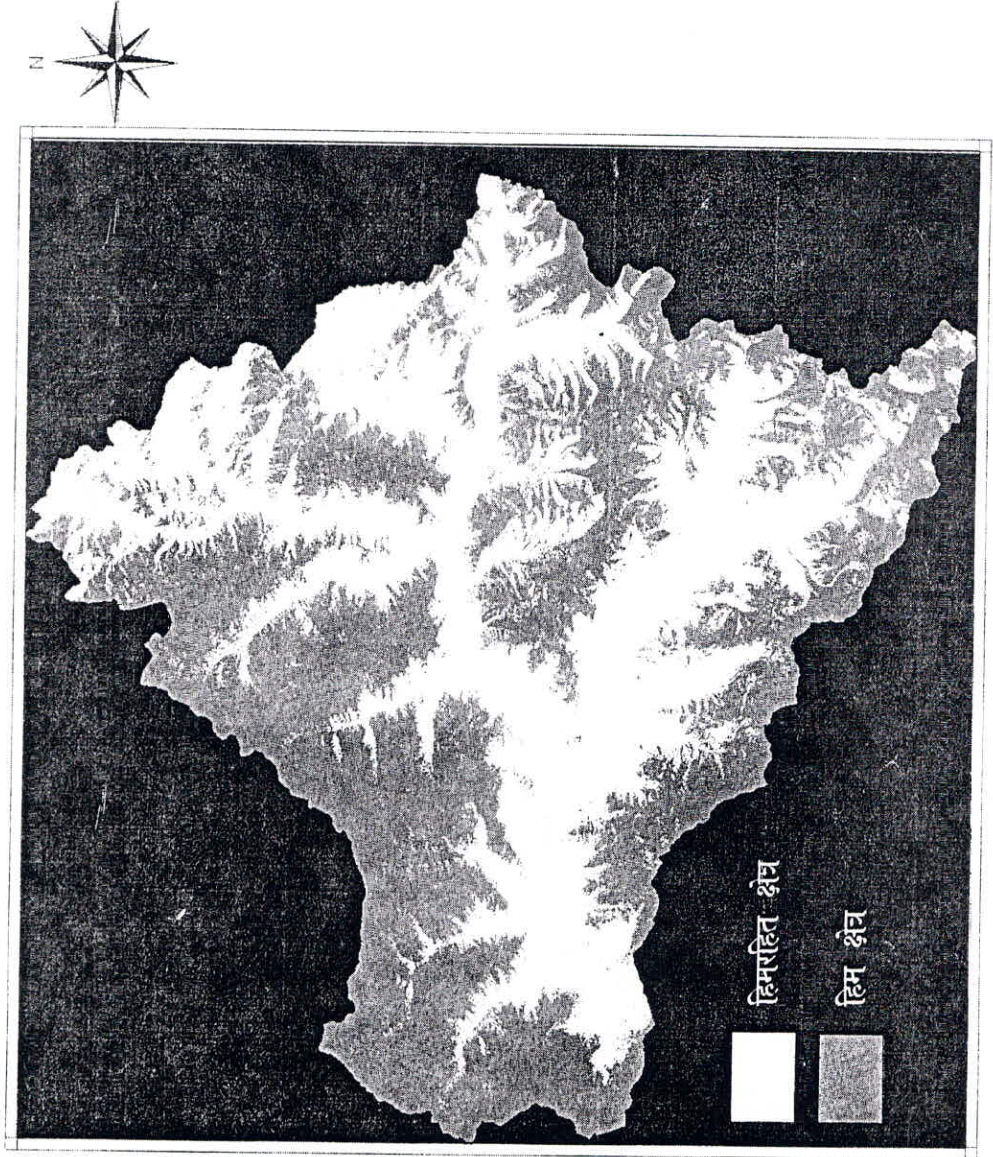
सुदूर संवेदन से निकाला गया हिमाच्छादित क्षेत्र जल विज्ञानीय अनुप्रयोग में दो प्रकार से प्रयोग किया पहले, मौसमी/लघु अवधि प्रवाह की पूर्वघोषण हिमाच्छादित क्षेत्र द्वारा की जाती है। दोनों सामान्य व बहु-समाश्रमण समीकरण ज्ञात की गयी, सतलज बेसिन के लिए यह हिमाच्छादित क्षेत्र अप्रैल में अप्रैल-जून प्रवाह की पूर्वघोषणा के लिए 10 प्रतिशत की औसत त्रुटि के साथ प्रयोग किया गया (रेंगों 1993). इसी प्रकार यर्थाथता ईदाओं (Idaho), यू0एस0ए0 (USA) में 5 दिन के पूर्वानुमान के लिए आंकी गयी, दूसरे हिमाच्छादित, क्षेत्र हिमजलीय प्रतिरूपों जैसे:- एस.आर.एम., हिमगलन प्रतिरूप अत्यादि, अनुकारित हिम/हिमनद गलन प्रवाह के लिए भी प्रयोग किया गया। एस.आर.एम. 50 से 4000 किमी². तक की बेसिन के लिए प्रयोग हो चुका है। बड़े बेसिन के लिए औसत मौसमी परिशुद्ध त्रुटि 3.1 तथा R² 0.85 था (रेंगों 1983). कालिक हिमाच्छादित प्रवाह अवक्षय वक्रों विभिन्न उनयन क्षेत्र के लिए तैयार किया जाता है। उनयन क्षेत्र को डी0ई0एम0 (DEM) से प्राप्त किया जाता है। लौकिक अवक्षय वक्रों में मापन के बीच में हिमआच्छादित क्षेत्र मानों को रेखीय रूप में भरा जाता है। परिमित अवक्षय वक्र में, मान भरने का प्रक्रम डिग्री -डेज को ज्ञात करने के लिए परिमित किया जाता है। (रेंगों 1993) यह विधि हिमाच्छादित क्षेत्र का प्रयोग करके पूर्वानुमान लगाने में भी किया जाता है। (रेंगों आदि 1993).

लेखक	वर्ष	ध्ययन क्षेत्र	आंकड़े	माह/वर्ष	क्षेत्रफल
एस.के.जैन आदि	2005	उत्तराखंड, हिमाचल, सतलज व्यास, रवि, चिनाव	नोवा-ए0वी0एच0आर0आर0 विफ, (आई0आर0एस0) 1-सी, 1-डी	अक्टूबर - नवम्बर	59.2%
जहांगीर आदि	97-98	जागरोस उच्च भूमि, दक्षिण-पश्चिम, ईरान	नोवा-ए0वी0एच0आर0 आर0	जनवरी, फरवरी, मई	---
डोनाल्ड, वीक्ला इन आदि	1998	एमरेल्ड झील	लेण्डसेट, टी0एम0	अप्रैल, मई	--
पी0के0जोशी आदि	2005	लदाख और कारकोरम के बीच में	आई0आर0एस01-डी लिस - III	अक्टूबर	2531.53 (38.29%)
ए0वी0कुलकर्णी आदि	2003	बसपा नदी, किन्नौर जिला हिमाचल	आई0आर0एस0लिस-III आई0आर0एस01.सी, विफ्स	जुलाई-सितम्बर अप्रैल-अक्टूबर	19%-23% क्षति (हिमनद)
एच0एस0नेगी आदि	2005	हिमस्खलन संभावित भू-भाग मनाली से रोहतांग (हिमाचल)	लिस-III आई0आर0एस0 1-सी., 1 डी.	नवम्बर - जनवरी मार्च-मई (2002)	(2870.6904-4247.6724) (57.51%-85.09%)
जी फिलिप आदि	1998	गंगोत्री ग्लेशियर, हिमालय (उत्तराखण्ड)	लैडसेट, एम0एस0एस0और टी0एम0	दिसम्बर	-----
पी0के0जोशी	2004	बालखिला, अलकनंदाबेसिन, गढ़वाल जिला-गोपेश्वर	आई0आर0एस0-1-डी लिस-III	फरवरी	(15.21-22.50) किमी. ²

					(9.48%- 14.04%)
जी०पी०रतूड़ी	2004	जिला-रुद्रप्रयाग (उत्तराखण्ड)	(आई०आर०एस०१-सी लिस-III	नवम्बर	247.79 km ² (10.64 %)
वोहरा	1981	गंगोत्री ग्लेशियर	-----	-----	20 km ² (10%)
प्रताप सिंह	2002	सतलज बेसिन, मानसरोवर व रकसतल झील	आई०आर०एस०लिस-I सेट (एम०एस०एस०)	मार्च, सितम्बर	-----
आर०पी०गुप्ता	2004	गंगोत्रीग्लेशियर (उत्तराखण्ड)	(आई०आर०एस० 1-सी/1- डी, लिस-III	मार्च, नवम्बर	229.3 - 528.4
कुलकर्णी आदि	2002	परबता, सतलुजकुल्लु(हिमाचल)	लिस- I,II, विफ्स	2001	147- 374 किमी. ²
मिश्रा आदि	2005	जम्मू व काश्मीर हिमालय	एस.एस.एम./आई	2001-2001	क्षेत्र, गहराई, हिम जलतुल्य
केली	2001	यू०के०	एस.एस.एम., ए.वी.एच.आर.आ र.	1988-1998	-----
आर्मस्ट्रॉंग व ब्रोनिक	2001	उत्तरी गोलार्ध, सबसेट	एस.एम.एम.आर.एस.एस. एम./आई	1978-1999	क्षेत्र हिमजल तुल्य
लो व कोलिन्स	2001	हुंजा, कराकोरम	ए.वी.एच.आर.आर.	1989	28%- 88% हिम 3200- 5000अस्थायी हिमरेखा
गोयल व नीमा	1997	स्पीति उपबेसिन, सतलज	लिस - III	अक्टूबर 1996	2782किमा ² (63%)
एस.के.जैन व अंजू चौधरी	2003	उत्तराखंड	आई.आर.एस.विफ्स	19 अप्रैल व 28 अक्टूबर 1998	214.1किमा ² (अप्रैल) 168.6किमा ² (अक्टूबर) सम्पूर्ण क्षेत्र = 51125 किमा ²
जैन आदि	2001	सतलुज, गंगा, व्यास, चेनाब	विफ्स	1997-- 99	सतलज 3866 - 3980किमा ² (68-7%) गंगा 2745 - 633 (52 - 12%) व्यास 9259 - 3793 (47% - 19%) चेनाब 15762 - 3330 (71 - 15%)



चित्र : अध्ययन क्षेत्र (भागीरथी बेसिन) की स्थिति



चित्र : अध्ययन क्षेत्र (भागीरथी बेसिन) का हिमाच्छादित क्षेत्र

9.0 विधि

हिमाच्छादित क्षेत्र ज्ञात करने की क्रमशः पर्यवेक्षित वर्गीकरण व एन डी एस आई आधारित निर्णय वृक्ष विधियाँ की तुलना की गई हैं। पर्यवेक्षित वर्गीकरण में बैंड समूहों 1 से 3 व 1,2,4, का प्रयोग किया गया है। इस वर्गीकरण में अधिकतम संभावित तकनीक उपयोग में लाई गई है। एफ सी सी को मोनिटर पटल पर प्रदर्शित कर दृश्य आधार पर हस्ताक्षर या प्रशिक्षण नमूने एकत्र किये गये। छायादार क्षेत्रों में परावर्तन/डी एन कम होने से एफ सी सी में हिम आच्छादित व हिम रहित दोनों क्षेत्र काले रंग में दिखाई देते हैं। अतः चित्र को संवर्धित किया गया। संवर्धन के पश्चात हिमआच्छादित व हिम रहित क्षेत्रों में अंतर स्पष्ट दिखाई देता है। अतः इन क्षेत्रों से प्रशिक्षण नमूने लिये जा सकते हैं। बैंड 1 से 3 के एफसीसी में कुछ हिमाच्छादित क्षेत्रों, जिनसे परावर्तन कम होता है को बंजर भूमि से पृथक करना कठिन है। अतः इस बैंड समूह में इन हिमाच्छादित क्षेत्रों को मानचित्रण नहीं किया जा सकता।

उपग्रह आंकड़ों को डी एनसे विकिरण में परिवर्तित किया गया। विकिरण आधारित एनडी एस आई ज्ञात किया गया। हिम रहित छाया दार क्षेत्रों में अनेक स्थानों पर एन डी एस आई का मान प्रकाशित हिमाच्छादित क्षेत्रों के समान है। अतः इन दोनों क्षेत्रों में एक एन डी एस आई प्रभाव सीमा का प्रयोग नहीं किया जा सकता है। छायादार व छाया रहित क्षेत्रों में क्रमशः 0.95 व 0.82 एनडीएसआई प्रभाव सीमा ज्ञात की गई। प्रभावसीमा से एनडीएसआई अधिक होने से क्षेत्र को हिमाच्छादित में वर्गीकृत किया गया। छायादार हिम रहित क्षेत्रों में कहीं कहीं लघु तरंग अवरक्त बैंड में परावर्तन नहीं के बराबर है। अतः इन स्थानों पर इस बैंड के डी एन के विकिरण में बदलने पर ऋणात्मक मान प्राप्त होता है। इससे एनडीएस आई का मान एक से बढ़ जाता है या हिमाच्छादित छायादार क्षेत्रों के समान होता है। अतः हरित बैंड में दो प्रभाव सीमाओं का प्रयोग किया गया।

निर्णय वृक्ष नीचे दिया जा रहा है।

हरित बैंड डी एन <14, वर्ग = अन्य

हरित बैंड डी एन ≥ 14 व < 30 व एनडीएसआई ≥ 0.95 , वर्ग = हिम

हरित बैंड डी एन ≥ 30 व एन डी एस आई ≥ 0.82

वर्ग = हिम

अन्यथा वर्ग = अन्य

10.0 परिणाम

भागीरथी बेसिन (लोहाशी नागपाला तक) के एक भाग में हिमाच्छादन नवम्बर 1990 में पर्यवेक्षित वर्गीकरण बैंड समूह 1 से 3 व 1,2,4का प्रयोग कर एवं एनडीएसआई आधारित निर्णय वृक्ष द्वारा ज्ञात किया गया। इससे विदित होता है कि हिमाच्छादन ज्ञात करने के लिए लघु तरंग अवरक्त बैंड बहुत महत्वपूर्ण है। केवल दृश्य व अवरक्त बैंड द्वारा 7.4% हिमाच्छादन क्षेत्र कम ज्ञात हुआ है। यह मुख्य रूप से इन बैंडों में हिमगलन वाले क्षेत्रों में परावर्तन की कमी के कारण होता है। अतः लघुतरंग अवरक्त बैंड की उपयुक्तता ग्रीष्मकालीन आंकड़ों में बढ़ जाती है। पर्यवेक्षित वर्गीकरण व निर्णय वृक्ष तकनीक दोनों ही अर्द्ध स्वचालित तकनीक है। पर्यवेक्षित तकनीक में प्रत्येक आंकड़े के लिए अलग से प्रशिक्षण नमूने एकत्र करने होते हैं। निर्णय वृक्ष तकनीक में भी प्रभाव सीमाएं ज्ञात की जाती है। निर्णय वृक्ष तकनीक पर्यवेक्षित तकनीक से आसान है। अतः इस तकनीक का प्रयोग दृश्य, अवरक्त व लघुतरंग अवरक्त बैंडों के साथ

किया जा सकता है। पर्यवेक्षित वर्गीकरण बैंड 1 से 3, बैंड 1,2 व 4 एवं निर्णय वृक्ष (एनडीएसआई) द्वारा हिमाच्छादित क्षेत्र क्रमशः 1478 (45.4%), 1716 (52.8%) व 1745 वर्ग किमी0 (53.7%)

11.0 निष्कर्ष

सुदूर संवेदन तकनीक द्वारा ज्ञात हिमाच्छादन क्षेत्र का उपयोग जलविज्ञान में परिचलान स्तर पर एवं हिम जल तुल्य, हिम गहराई आदि का उपयोग अनुसंधान स्तर पर हो रहा है। कई उपग्रह प्रणालियाँ वर्ष में कार्य करती रहती है। अतः वर्ष में सतत हिम संबंधी आंकड़े प्राप्त होते रहते हैं। पूर्व के वर्षों के आंकड़े भी संग्रह से प्राप्त किये जा सकते हैं। आंकड़ों का उपयोग हिम व बर्फ में मानचित्रण व उसके भौतिक गुणों के अध्ययन में किया जा सकता है। इनका उपयोग जलवायु परिवर्तन अध्ययन जल संसाधन परियोजनाओं के प्रचालन, नौका परिवहन आदि में होता है।

ग्रीष्म काल में हिम विभिन्न गलन अवस्था में होती है। अतः हिमाच्छादन मानचित्रण कठिन होता है। अतः नवंबर माह के आंकड़े का प्रयोग हिमाच्छादन मानचित्रण में भगीरथी बेसिन के लिए किया गया है। पर्यवेक्षित वर्गीकरण व एनडीएसआई आधारित निर्णय वृक्ष तकनीक उपयुक्त पाई गई। पर्यवेक्षित वर्गीकरण में बैंड समूह 1,2, व 4 अधिक उपयुक्त है। एन डीएसआई के प्रयोग द्वारा डोजियर विधि का प्रयोग उपयुक्त नहीं माना गया। प्रस्तुत प्रपत्र में डोजियर विधि में प्रयुक्त एक प्रभावसीमा के स्थान पर स्तरण आधार पर (छायादार व छायारहित) दो प्रभाव सीमाओं (एनडीएसआई) का प्रयोग किया है। निर्णय वृक्ष का प्रयोग कर कम समय में अधिक यथार्थता से हिमाच्छादित क्षेत्र आसानी से ज्ञात किया जा सकता है। निर्णय वृक्ष (एनडीएसआई आधारित) विधि द्वारा नवम्बर 1990 में भागीरथी बेसिन (लोहारीनागपला) के 96.6% क्षेत्र में 1745 वर्ग किमी. (53.7 %) हिमाच्छादित पाया गया, लगभग 34% शेष क्षेत्र जो कि गंगोत्री हिमनद के ऊपरी भाग में स्थित है। 1860 वर्ग किमी. को हिमाच्छादित मानने पर सम्पूर्ण बेसिन में हिमाच्छादन (55.3%) होगा। यह क्षेत्र स्थायी हिमाच्छादन से अधिक है। इसका कारण यह है कि न्यूनतम हिमाच्छादन सामान्यता: अगस्त-सितंबर माह में होता है।

संदर्भ

मिश्रा वी0डी0, पी0माथुर, आर.पी.सिंह, (2005) अक्रिय सूक्ष्म तरंग सुदूर संवेदन का प्रयोग करके हिम राशियों का गुणात्मक और परिमाण सम्बंधी अध्ययन। फोटोनिर्वाचक 33 (3) PP -381-393.

कुलकर्णी ए.वी., एस.एस.रणधावा बी.पी.राठौर (2002), जल ऊर्जा विभव ज्ञात करने के लिए हिम और हिमनद गलन प्रवाह मॉडल फोटो निर्वाचक 30(1&2) PP - 221-228.

कुलकर्णी ए.वी., जे.श्री निवासुलु, एस.एस.मुंजुल, पी.माथुर (2002) हिमआवरण मानीटर्सिंग के लिए एन.डी.एस.आई.विधि के विकास के लिए क्षेत्र आधारित स्पेक्ट्रल रिफ्लैक्टेंस अध्ययन फोटो निर्वाचक 30 (1&2), PP-73-80.

केली आर. (2001), मल्टी सेन्सर उपग्रह छायाचित्र का प्रयोग करके यू.के.का सुदूर संवेदन, (सुदूर संवेदन और जलविज्ञान (2000), आई.ए.एच.एस.प्रकाशन 267, आई.ए.एच.एस.प्रेस वैलिंगफोर्ड यू.के. P.P-72-75.

आर्मस्ट्रॉंग आर.एल.एम.जे.ब्रॉडजिक (2001), अक्रिय सूक्ष्मतरंग हिम लघुगणक की वैधता, सुदूर संवेदन और जलविज्ञान (2000) आई.ए.एच.एस.प्रकाशन 267, आई.ए.एच.एस.प्रेस वैलिंगफोर्ड यू.के. P.P-87-92.

लाऊ ए.टी., डी.एन.कोलिन्स (2001) अस्थिर हिम रेखा की सुदूर संवेदन का प्रयोग करके कराकोरम हिमालय में बड़े हिमनद बेसिन का प्रवाह, सुदूर संवेदन और जलविज्ञान (2000) IAHS प्रकाशन 267, IAHS प्रेस वैलिंगफोर्ड यू.के. PP-99-104

बोमगार्डनर एम.एफ.के. शाइडल, एच.हेफनर, के.आई.ईटन, जे.मार्टिनिक (1986) अलपाइन बेसिन में लैंडसेट एम.एस.एस.आंकड़ों पर आधारित हिमआवरण मानचित्र के प्रवाह के लिए, IAHS प्रकाशन नं० 160 पेज 191-199

डोजिअर जे. (1989), लैंडसेट थीमैटिक मैपर से अलपाइन हिम का सूक्ष्म हस्ताक्षर, वातावरण का सुदूर संवेदन (28) पेज 9-22

गोयल एम.के., आर.के.नीमा (1997), आई.आर.एस.1-1-C आंकड़ों का प्रयोग करके हिम का स्वचालित मानचित्र T.R.(B.R.) 6/96-97.

जैन एस.के.डी.एस.राठौर, अंजू चौधरी (2001) सुदूर संवेदन से हिमालयन बेसिन में हिमआवरण की उपलब्धता, CS/AR-10/2000-2001, रा०ज०सं०

रेंगों (1993) II हिम जलविज्ञान प्रक्रम तथा सुदूर संवेदन, जलविज्ञान प्रक्रम, 7, पेज नं० 121-138.

रेंगों ए. (1993) हिम और बर्फ के सुदूर संवेदन में विकास का एक सर्वे IAHS प्रकाशन नं० 145, पेज - 347-359.

रेंगों ए., जे.मार्टिनिक, जे.फोर्सअर, डी.मार्क्स (1983) हिमआवरण के क्रियात्मक सुदूर संवेदन में विश्लेषण, IAHS प्रकाशन 145, पेज 371 -302

