

ऊपरी गंगा बेसिन में हिम मानचित्रण और वेब अनुप्रयोग

एल.एन. ठकुराल, आशीष भंडारी, अतुल भारद्वाज, वी एस जयकांथन, डी.एस. राठौर,
दीपा चालीसगांवकर

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

सारांश

हिमालय एशिया की महत्वपूर्ण पर्वत श्रृंखला में से एक है। हिमालय की सीमा पश्चिम में पामीर से पूर्व में मिशमी पहाड़ियों तक फैली हुई है और सिंधु, गंगा और ब्रह्मपुत्र सहित इस महाद्वीप में बड़ी नदियों के पानी का स्रोत है। गंगा नदी का उद्गम उत्तराखंड राज्य में हुआ है। नदी की दो महत्वपूर्ण सहायक नदियाँ हैं, जिनका नाम भागीरथी और अलकनंदा है। बेसिन में स्थित दूसरे सबसे बड़े ग्लेशियरों के साथ गंगा के स्रोत के रूप में इस क्षेत्र का महत्व है। हिम और हिम सहित जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन के विश्वव्यापी प्रभाव के कारण, बेसिन में हिम विस्तार की जांच महत्वपूर्ण है। ऊपरी गंगा बेसिन के लिए लंबी अवधि के हिम के रिकॉर्ड को निर्धारित करने के लिए NSIDC MODIS 8-दिवसीय हिम मानचित्रों का उपयोग यहां किया गया है। हिमविस्तार के नक्शे पोस्ट-प्रोसेस किए गए हैं और अधिकतम और औसत बादल विस्तार 7% व 0.3% तक प्राप्त हुआ है। मासिक और वार्षिक अधिकतम और न्यूनतम स्नो विस्तार मानचित्रों के लिए एक वेब एप्लिकेशन भी बनाया गया था। तैयार किए गए हिम विस्तार के रिकॉर्ड बेसिन में आगे के हाइड्रोलॉजिकल अध्ययन में उपयोगी होंगे। बेसिन में हिम के विस्तार के ऐतिहासिक टेम्पोरल परिवर्तन के बारे में जानकारी प्राप्त करने के लिए वेब एप्लिकेशन शोधकर्ताओं और सामान्यजन के लिए उपयोगी होगा।

Abstract

Himalaya is one of the important mountain range in Asia. Himalayan range extends from Pamirs in west to Mishmi Hills in east and is source of water to large rivers in this continent including Indus, Ganga and Brahmaputra. Ganga river originates in Uttarakhand state. The river has its two important tributaries, namely Bhagirathi and Alaknanda. The region has importance as source of Ganga with second largest glaciers located in the basin. Due to world wide impact of climate change on water resources, including snow and ice, investigation of snow extent in the basin is important. NSIDC MODIS 8-day snow maps are used here to determine long term snow extent records for the Upper Ganga basin. The snow extent maps are post-processed and maximum and average cloud cover was reduced to 7% and 0.3% of maximum snow area respectively. A web application was also created for visualization of monthly and yearly maximum and minimum snow cover maps. The snow extent records so prepared will be useful in further hydrological studies in the basin. The web application will be useful to researchers and public to obtain information regarding historic temporal variation of snow cover in the basin.

परिचय

वायुमंडलीय गैसों की संरचना में परिवर्तन, विशेष रूप से, वातावरण में ग्रीन-हाउस गैसों में वृद्धि पृथ्वी पर जलवायु परिवर्तन का कारण रही है। ये पृथ्वी के ऊर्जा संतुलन को प्रभावित कर रहे हैं और इसके परिणामस्वरूप ग्लोबल वार्मिंग हो रही है, जिससे पृथ्वी पर जल चक्र प्रभावित हो रहा है। जलवायु परिवर्तन से वर्षा के पैटर्न में बदलाव और चरम घटनाओं में वृद्धि हो रही है। जलवायु परिवर्तन से हिम के आवरण के स्थानिक वितरण में परिवर्तन हो रहा है। इन परिवर्तनों के परिणामस्वरूप पृथ्वी के अल्बेडो में कमी आई है और साथ ही पानी की उपलब्धता में अनिश्चितता बढ़ रही है। इसके अलावा, तापमान में वृद्धि के कारण, स्थायी हिम और ग्लेशियर के क्षेत्रों का पिघलना बढ़ रहा है, जो पानी की उपलब्धता पर लंबे समय तक प्रभाव डाल सकता है।

हिमविस्तार परिवर्तन के अध्ययन के लिए दीर्घकालिक जलवायु डेटा रिकॉर्ड की आवश्यकता होती है। ग्लोबल स्नो विस्तार मानचित्र=MODIS टेरा और एक्वा डेटासेट से कई स्थानिक और टेम्पोरल रिजॉल्यूशन पर प्राप्त होते हैं। उत्पाद हिम के विस्तार, NDSI, हिम अंश और कण आकार आदि हैं। ये डेटा ओपन डेटा हैं। डेटा वैश्विक मानचित्रण के लिए उपयुक्त विस्तृत एल्गोरिथ्म के माध्यम से प्राप्त किया जाता है। एल्गोरिथ्म में हिम वर्गीकरण में कुछ त्रुटि भी होती है। डेटा की गुणवत्ता में सुधार और मॉडलों में उपयोग की उपयुक्तता बढ़ाने और डेटा से उपयोगी निष्कर्ष निकालने के लिए, पोस्ट प्रोसेसिंग प्रक्रियाओं को विकसित किया गया है। प्रक्रियाएं उस स्थान की पहचान करने पर निर्भर करती हैं जहां हिम या तो असंभव है या निश्चित है। यह स्थलाकृति और बहु तिथि डेटासेट सहायक है।

स्नो विस्तार की जानकारी का प्रसार भी महत्वपूर्ण है। जानकारी का उपयोग शोधकर्ता, पर्यावरणविदों और सामान्यजन के लिए किया जा सकता है। वेब सूचना प्रसार का आदर्श साधन है। स्नो विस्तार सूचना के वेब अनुप्रयोग के विकास के लिए विभिन्न सॉफ्टवेयर का उपयोग किया जाता है। ये वेब और वेब जीआईएस सर्वर सॉफ्टवेयर, जावास्क्रिप्ट लाइब्रेरी आदि हैं। इनमें से कई सॉफ्टवेयर खुले स्रोत हैं। विश्वमें व्यक्तियों और संगठनों के एक समूह द्वारा समुदाय संचालित परियोजना के रूप में जियोसर्वर को विकसित, परीक्षण और समर्थन किया गया है। सॉफ्टवेयर विषयगत मानचित्रों को वेब जीआईएस सेवाओं के रूप में प्रकाशित करने में उपयोगी है, जैसे डब्ल्यूएमएस, डब्ल्यूएफएस, डब्ल्यूसीएस आदि। जावास्क्रिप्ट जैसे लीफलेट, ओपन लेयर्स आदि गतिशील वेब जीआईएस एप्लिकेशन तैयार करने में उपयोगी हैं।

स्नो मैपिंग

उपग्रह डेटा से हिम के विस्तार को वर्गीकृत करने के लिए विभिन्न तकनीकों का उपयोग किया जाता है। ये तकनीक ज्यादातर स्नो पिक्सल की पहचान के लिए नियम आधारित या श्रेणीबद्ध वर्गीकरण का उपयोग करती है और सेंसर के अनेक बैंड डेटा का उपयोग करती है। तकनीक सरल से जटिल नियमों का उपयोग करती है। सरल नियम आधारित तकनीकें सामान्यीकृत अंतर स्नो इंडेक्स (NDSI) का उपयोग करती हैं, जैसे पहाड़/बादल छाया, वनस्पति आच्छादित क्षेत्र, हिम के साथ या बिना हिम के पानी और पानी वाले बादल, हिम के मानचित्रण में समस्या उत्पन्न करते हैं। सुब्रमण्यम एट अल (2011) ने हिमालय के लिए पदानुक्रमित वर्गीकरण का उपयोग किया और AWiFS, लैंडसैट ईटीएम और आईआरएस LISS-II डेटा का उपयोग किया। पहाड़ की छाया, पानी वाले बादल और ग्लेशियर के सही ढंग से वर्गीकरण के लिए यह उपयोगी था। एनडीएसआई तकनीक का उपयोग कर हिम वर्गीकरण किया जाता है। पानी क्षेत्र मास्क का उपयोग करके पानी के पिक्सल को सही किया जाता है। तकनीक TOA (वायुमंडल के शीर्ष) प्रतिबिंब का उपयोग करती है। कुमार और कुमार (2016) ने अक्टूबर 1990 और 2010 के लिए लैंडसैट टीएम डेटा का उपयोग करते हुए भिलंगना वाटरशेड में हिम से ढके क्षेत्र (एससीए) का अध्ययन किया। 1990-2010 तक एससीए में लगभग 2% की कमी देखी गई। 1990 में 4611 मीटर से 2010 में 4698 मीटर तक हिमबारी हुई। NDSI थ्रेसहोल्ड 0.4 का उपयोग किया गया। बर्मन और भट्टाचार्य (2015) ने 2002-2012 के MODIS आंकड़ों का उपयोग करते हुए ब्रह्मपुत्र बेसिन के तापमान में परिवर्तन के संबंध में SCA में परिवर्तनों का अध्ययन किया। तापमान डेटा के लिए, स्थानिक रिजोल्यूशन $2.5^\circ \times 3.75^\circ$ (देशांतर द्वारा अक्षांश) के HadCM3 डेटा का उपयोग किया गया है। हिम वर्गीकरण के लिए, NDSI, MODIS बैंड 2 और 4 और NDVI का उपयोग किया गया। थ्रेसहोल्ड का उपयोग क्रमशः 0.4, 11%, 10% और रेंज 0-0.2 था। 15 अप्रैल 2010 को MODIS और लैंडसैट के SCA की तुलना की गई और यह लगभग बराबर पाया गया। एससीए में बढ़ती प्रवृत्ति जनवरी के लिए देखी गई और अन्य तीन महीनों के लिए घटती प्रवृत्ति देखी गई। तापमान में वृद्धि का रुझान सभी चार महीनों तक देखा गया।

प्रोसेसिंग के बाद

हिम के नक्शे के बाद का प्रसंस्करण हिम के नक्शे में हिम त्रुटियों को कम करने की प्रक्रिया है। प्रक्रियाएं विभिन्न फिल्टर और मास्क का उपयोग करती हैं। उपयोग किए गए फिल्टर टेम्पोरल और स्थानिक फिल्टर दोनों हैं। टेम्पोरल फिल्टर का आधार है कि बादल लगातार घूम रहे हैं और इससे पहले या बाद के दिनों में क्लाउड मुक्त पिक्सेल होने की संभावना है। स्थानिक फिल्टर का आधार है कि भूमि उपयोग और आवरण स्थानिक प्रक्रिया हैं। स्थानिक फिल्टरिंग के लिए, निर्णय या तो हिम की बहुतायत या खिड़की में हिम पिक्सेल की ऊंचाई पर आधारित होता है। मार्सिकग में अक्सर कम और ऊपरी ऊंचाई वाले थ्रेसहोल्ड का उपयोग किया जाता है। एक निचली सीमा के नीचे हिम होने की संभावना नहीं होती है और ऊपरी दहलीज के ऊपर निश्चित होती है। प्रसंस्करण को अधिक क्लाउड वाले मानचित्रों पर नहीं किया जाता है। हिम वर्गीकरण त्रुटि को हटाने के लिए हिम के विस्तार की टाइम सीरीज भी संसाधित की जाती है। स्नो ग्रेन साइज उत्पादों पर आधारित मार्सिकग द्वारा पोस्ट-प्रोसेसिंग भी किया जाता है। मोडिस में हिम प्रसंस्करण और विश्लेषण (MODSPAT) एक स्वचालित प्रक्रिया है (गुरुंग एट अल। 2011)। दुशाबे और Bardossy (2009) द्वारा टेम्पोरल खिड़की में 1 दिन आगे और दो दिन के पिछड़े की, 2 दिन आगे और 1 दिन पिछड़े और 1 दिन आगे और 1 दिन पिछड़े के हिम विस्तार का इस्तेमाल किया एल्गोरिथ्म में आगे और पीछे दोनों पिक्सेल में हिम की आवश्यकता होती है। निचले और ऊपरी दोनों ऊंचाई वाले थ्रेसहोल्ड का उपयोग किया गया था। तीसरे चरण में हिम थ्रेसहोल्ड ऊंचाई शामिल है। यह मानता है कि न्यूनतम ऊंचाई के नीचे कोई स्नो पिक्सेल मौजूद नहीं है और अधिकतम ऊंचाई से ऊपर सभी पिक्सेल स्नो पिक्सेल हैं। यदि कम से कम 70 प्रतिशत क्षेत्र क्लाउड मुक्त है तो चरण लागू किया जाता है। ऊंचाई की सीमा वर्ष के दिन पर निर्भर करती है। स्थानिक फिल्टर के लिए, 4 और आठ समीपस्थ पिक्सेल क्रमशः बहुमत और ऊंचाई आधारित स्थानिक फिल्टर के लिए उपयोग किए जाते थे। समय श्रृंखला प्रसंस्करण भी किया गया था। गुरुंग एट अल। (2011) ने MODIS 8-दिवसीय स्नो विस्तार मानचित्रों के प्रसंस्करण के लिए फिल्टर, ऊंचाई-आधारित मार्सिकग और सेंसर मर्ज प्रक्रिया लागू की है। टेम्पोरल फिल्टर में, तीन लगातार 8-दिवसीय उत्पाद, Spatial filter के लिए 7x7 विंडो का इस्तेमाल किया गया था। ऊंचाई-आधारित मार्सिकग के लिए एक

क्षेत्रीय स्तर की निचली सीमा का उपयोग किया गया था। Dozier एट अल 2008 ने पोस्ट-प्रोसेसिंग में स्नो ग्रेन का उपयोग किया।

अपर गंगा बेसिन

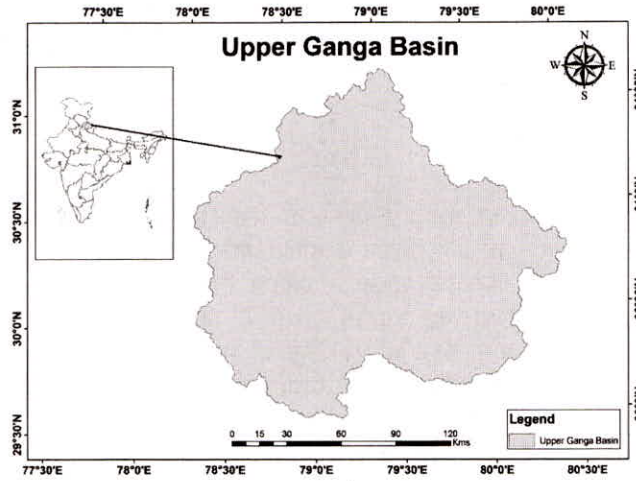


Fig.1 ऊपरी गंगा बेसिन की सीमा

एशियाई उच्च पर्वतों में ध्रुवीय क्षेत्र के बाहर सबसे बड़ा ग्लेशियर विस्तार है। हिमालय एशिया की महत्वपूर्ण पर्वत श्रृंखला में से एक है। एशिया में अन्य पर्वत श्रृंखलाएं पामीर, काराकोरम, टीएनशान और कुन लुन हैं। हिमालय की सीमा पश्चिम में पामीर से पूर्व में मिशमी पहाड़ियों तक फैली हुई है और एक आकर्षक रूप बनाती है। हिमालय की लंबाई और चौड़ाई क्रमशः 2500 किमी और 150–400 किमी है। तिब्बत और इंडो के बीच हिमालय-गंगा के मैदानों को चार श्रेणियों में विभाजित किया गया है, जिनका नाम ट्रांस हिमालय, ग्रेट हिमालय, लेसर हिमालय और आउटर हिमालय है। ट्रांस हिमालय में मुख्य श्रेणियां काराकोरम, लद्दाख और जांस्कर हैं। ऊंचाई 3000–6000 मीटर के बीच होती है। ग्रेटर हिमालय या हिमाद्रि ऊंचाई 6000–8000 मीटर के बीच होती है। लेसर हिमालय में मुख्य श्रेणियाँ पीर पंजाल और धौलाधार हैं। शिवालिक में 100–800 मीटर की ऊंचाई सीमा के साथ बाहरी हिमालय का निर्माण होता है। नेपाल हिमालय मध्य भाग में स्थित है। पूर्वी या अरुणाचल हिमालय और मिशमी हिल्स पूर्वी भाग में स्थित हैं। सबसे बड़ा ग्लेशियर है सियाचिन सिंधु बेसिन है। ग्लेशियर की लंबाई, क्षेत्रफल और मात्रा क्रमशः 73 किमी, 542 वर्ग किमी और 108 घन किमी है। दूसरा सबसे बड़ा ग्लेशियर गंगोत्री है। ग्लेशियर की लंबाई, क्षेत्रफल और मात्रा क्रमशः 30 किमी, 144 वर्ग किमी और 29 घन किमी है।

ट्रांस हिमालयन क्षेत्र और तिब्बत में बहुत कम वर्षा होती है। उच्च वर्षा हिमालय के दक्षिणी ढलानों द्वारा प्राप्त की जाती है। दक्षिण पश्चिम मानसून, पश्चिमी विक्षोभ और उत्तर पूर्व मानसून के कारण हिमालय की वर्षा होती है। जून से अक्टूबर के महीनों के दौरान, दक्षिण पश्चिम मानसून हिमालय के दक्षिणी ढलानों में भौगोलिक प्रभाव के कारण वर्षा का कारण बनता है। पश्चिमी और उत्तरी दिशा में मॉनसून वर्षा कम हो रही है। पूर्वी हिमालय अपनी अधिकांश वर्षा मानसून के महीनों में और कुछ वर्षा उत्तर पूर्व मानसून के कारण प्राप्त करता है। यहां एक हिमालयी बेसिन का अध्ययन किया गया है।

भागीरथी और अलकनंदा इस बेसिन में गंगा की प्रमुख सहायक नदिया हैं। भागीरथी गौमुख से निकलती है और गंगा नदी की स्रोत धारा है। गढ़वाल हिमालय में गंगोत्री और खटलिंग ग्लेशियरों के क्षेत्र प्रमुख हैं। देवप्रयाग शहर में अलकनंदा नदी से मिलने से पहले नदी लगभग 205 किलोमीटर तक बहती है। अलकनंदा का स्रोत बद्रीनाथ के ऊपर की सीमाओं में स्थित है। नदी नर और नारायण की दो चोटियों के बीच से निकलती है। गंगा की अन्य प्रमुख सहायक नदियाँ धौली गंगा, ऋषि गंगा, बाल गंगा, भिलंगना, मंदाकिनी, पिंडर और नंदकिनी हैं।

MODIS सेंसर और हिम सीमा

MODIS (मॉडरेट रेजोल्यूशन इमेजिन स्पेक्ट्रोरेडियोमीटर), एक रिमोट सेंसिंग सेंसर को नासा टेरा और एक्वा अर्थ ऑब्जर्वेशन सैटेलाइट में उड़ाया गया था। उपग्रह 36 वर्णक्रमीय बैंडों में हर 1 से 2 दिनों में पृथ्वी का अवलोकन प्राप्त करता है। वर्णक्रमीय बैंड के तीन रेजोलुशन होते हैं, अर्थात् 250 मीटर, 500 मीटर और 1000 मीटर। बैंड 1 से 7 का जमीन, बादल और एरोसोल के क्षेत्र में अनुप्रयोग है। बैंड 8 से 16 का समुद्रीय अनुप्रयोग है। बैंड्स 17 से 36 में मौसम के तापमान, बादलों और वायुमंडलीय जल वाष्प, ओजोन आदि के अवलोकन का अनुप्रयोग है। बैंड 1 और 2, 3 से 7 और 8 से 38 में 250 मीटर, 500 मीटर और 1000 मीटर की स्थानिक रेजोलुशन है।

MODIS के आंकड़ों को नेशनल स्नो एंड आइस डेटा सेंटर (NSIDC), कोऑपरेटिव इंस्टीट्यूट फॉर रिसर्च इन एनवायर्नमेंटल साइंसेज (CIRES), कोलोराडो यूनिवर्सिटी ऑफ बोल्डर में ग्लोबल स्नो विस्तार मैप तैयार करने के लिए प्रोसेस किया जाता है। डेटा को संस्करण 1 से 6 में संसाधित किया गया था और टेरा उत्पादों के संस्करण 5 और 6 का प्रसंस्करण 2008 और 2016 (हॉल एट अल 2001, रिग्स एट अल 2006, 2016^प, 2016^{बी}) में पूरा किया गया था। संस्करण 5 उत्पादों में, बादल मास्क का उपयोग विशेष रूप से किया गया था और उत्पादों को MOD10_L2 (स्वैथ उत्पाद) और MOD10A1 (दैनिक ग्रिड वाले उत्पाद) में जोड़ा गया था। आंशिक हिम विस्तार को NDSI मानों के साथ संस्करण 6 में बदल दिया गया था। नए और बेहतर डेटा स्क्रीन का उपयोग किया गया था। ग्लोबल स्नो विस्तार नक्शे कई स्थानिक और टेम्पोरल रेजोलुशन में MODIS टेरा और एक्वा डेटासेट से प्राप्त होते हैं। दैनिक स्वैथ और ग्रिड और 8-दिवसीय उत्पाद 500 मीटर स्थानिक रेजोलुशन पर उपलब्ध हैं। प्रतिदिन 0.05 डिग्री रेजोलुशन, 8-दिन और मासिक उत्पाद उपलब्ध हैं। अध्ययन में 8-दिन और 500 मीटर संस्करण-6 उत्पाद का उपयोग किया गया है। 90 मीटर रिजॉल्यूशन का SRTM DEM भी उपयोग किया जाता है (जार्जिस एट अल 2008)।

जियोसर्वर

जियोसर्वर एक ओपन सोर्स वेब जीआईएस सॉफ्टवेयर है। इसका उपयोग स्थानिक डेटा को पब्लिश करने के लिए किया जाता है और यह कई ओपन जियोस्पेशियल कंसोर्टियम (OGC) वेब GIS सेवाओं उपलब्ध करता है। यह ओजीसी डब्ल्यूएफएस और डब्ल्यूसीएस मानकों का संदर्भ कार्यान्वयन है। यह Jetty (वेब सर्वर) को एम्बेडेड सर्वर के रूप में पैकेज करता है। यह अन्य सामान्य सर्वलेट कंटेनर का भी समर्थन करता है। Geo Web Cache, एक जावा-आधारित कैशिंग घटक, जो टाइलकेच के समान है, को जियोसर्वर के साथ बांधा गया है। इसी तरह, जियोसर्वर एक लाइब्रेरी के रूप में जियोटूल को पैकेज करते हैं। सॉफ्टवेयर जावा में लिखा गया है। Geo Tools शैप फाइलों, Oracle डेटाबेस, ArcSDE आदि के लिए समर्थन प्रदान करता है। यह प्रमुख भू-स्थानिक डेटा प्रारूपों जैसे शैप, PostGIS, Arc Grid, Geo TIFF आदि का समर्थन करता है। अन्य वेब GIS सेवाओं का उपयोग डेटा स्रोतों के रूप में किया जा सकता है। सॉफ्टवेयर वेब इंटरफेस प्रदान करता है। बाहरी डेटा को स्टोर के रूप में उजागर किया जाता है। डेटा कॉन्फिगरेशन और प्रकाशन जानकारी को परतों के रूप में संग्रहीत किया जाता है। मेटाडेटा, भौगोलिक समन्वय प्रणाली, बाउंडिंग बॉक्स आदि को इसे कॉन्फिगर करने के लिए परतों में परिभाषित किया गया है।

लीफलेट

मोबाइल के अनुकूल इंटरैक्टिव मानचित्र बनाने के लिए एक खुला स्रोत जावास्क्रिप्ट लाइब्रेरी है। स्क्रिप्ट सभी प्रमुख डेस्कटॉप और मोबाइल प्लेटफॉर्मों के लिए काम करती है। लाइब्रेरी की क्षमताओं को प्लगइन्स के माध्यम से बढ़ाया जा सकता है। WMS और TMS सेवाओं को एकीकृत किया जा सकता है। बेस मैप्स जैसे ओपन स्ट्रीट मैप भी जोड़े जा सकते हैं।

क्रियाविधि

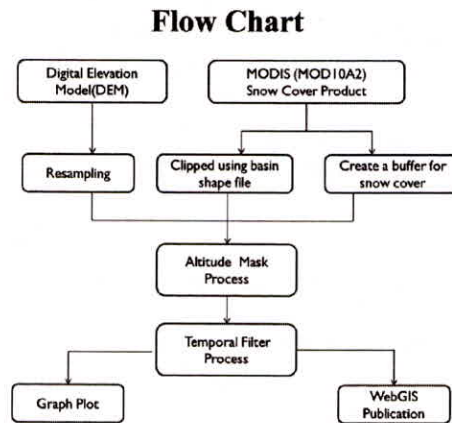


Fig.2 ऊपरी गंगा बेसिन के लिए कार्य प्रणाली

MODIS हिम सीमा के उत्पाद R-सॉफ्टवेयर का उपयोग करके पोस्ट-प्रोसेस किए जाते हैं। डेटा के बाद के प्रसंस्करण में, ऊंचाई-आधारित मारकिंग और टेम्पोरल फिल्टर का उपयोग किया जाता है। ऊंचाई पर आधारित मारकिंग में

निम्न थ्रेशोल्ड का उपयोग किया जाता है, अर्थात् नीचे की ऊँचाई जिसमें हिम मौजूद नहीं है। टेम्पोरल फ़िल्टर निकटतम उपलब्ध पूर्व और बाद दिनांक के हिम विस्तार के मानचित्रों का उपयोग करता है और बादल पिक्सेल को हिम में परिवर्तित करता है, यदि दोनों में से कोई भी में हिम मौजूद हो। ऊँचाई थ्रेशोल्ड अर्ध-स्वचालित रूप से डीईएम से प्राप्त होता है, जो हिम के नक्शे, डेम और हिमके विस्तार के नक्शे पर कम हिम वर्गीकरण त्रुटि वाले क्षेत्र के लिए शेप फ़ाइल का उपयोग करता है। वर्ष के दिन के लिए औसतन हिम के विस्तार का उपयोग कर मिसिंग डेटा भरे गए।

Apache Tomcat वेब सर्वर, Geoserver web GIS सर्वर और लीफलेट Java Script मैपिंग लाइब्रेरी का उपयोग करके वेब एप्लिकेशन विकसित किया गया। स्नो विस्तार मानचित्रों को जियोसर्वर में प्रकाशित किया गया है। वेब पेज लीफलेट जावास्क्रिप्ट लाइब्रेरी का उपयोग करके बनाया गया था। तीन अनुप्रयोगों को वर्षों, महीनों और अधिकतम/न्यूनतम हिम विस्तार के लिए विकसित किया गया था। रेडियो बटन लीफलेट लाइब्रेरी कंस्ट्रक्शन का हिस्सा है। ड्रॉपडाउन सूची HTML में बनाई गई।

परिणाम और विचार-विमर्श

2000–2018 के लिए 8-दिवसीय हिम विस्तार को Fig.3 और Fig.4 में दर्शाया गया है। अक्टूबर–नवंबर, फरवरी–मार्च और मार्च–जून के लिए औसत हिम विस्तार Fig.5 और Fig.6 में दिए गए हैं। ऊपरी गंगा बेसिन में हिम विस्तार लगभग 3000 से 15000 वर्ग किमी के मध्य होता है। न्यूनतम और अधिकतम औसतन हिम विस्तार क्षेत्र क्रमशः 3500 और 11100 वर्ग किमी है। जनवरी के अंतिम सप्ताह से लेकर फरवरी के पहले पखवाड़े तक अधिकतम हिमपात होता है। जुलाई से सितंबर के दौरान सबसे कम वार्षिक हिम की चादर देखी जाती है। हालांकि, 2016 में अक्टूबर से दिसंबर के दौरान बहुत कम हिम का आवरण देखा गया। उच्चतम हिम विस्तार केवल 2002, 2007, 2010, 2011, 2012, 2013 और 2014 में 12000 वर्ग किमी से अधिक हो गया था। वर्ष 2010–11 में उच्चतम हिम विस्तार था। दिसंबर 2010 में पाया गया। हाल के वर्षों में हिम के आवरण में अधिक बदलाव देखा गया है। वर्ष 2016 की शरद ऋतु में, बहुत कम हिम का आवरण देखा गया। लगातार 2011–2015 में फरवरी–मार्च में उच्च हिम का आवरण देखा गया था। इसके बाद 2016–2018 में कम हिम विस्तार देखा गया। मार्च–जून की अवधि में इसी तरह की प्रवृत्ति देखी गई। वर्ष 2014 और 2015 में मार्च–जून की अवधि में उच्च हिम का आवरण देखा गया, जिसमें 2015 में बहुत अधिक हिम विस्तार था। ऊँचाई पर आधारित मॉर्स्किंग और टेम्पोरल फ़िल्टर्ड मानचित्रों के लिए प्रतिशत क्लाउड क्रमशः 29 और 7: (अधिकतम) और 1.4 और 0.3% (औसत) हैं। इस प्रोजेक्ट के लिए वेब मैप एप्लिकेशन बनाया गया है। ऊपरी गंगा बेसिन के हिम के आवरण के लिए मुख्य प्रकार का एप्लिकेशन मासिक, वार्षिक और अधिकतम या न्यूनतम बनाया गया है। Fig.7 (क) स्नो विस्तार डेटा के मासिक वेब मैप एप्लिकेशन को दिखाता है, Fig.7(ख) जो वार्षिक वेब मैप एप्लिकेशन दिखाता है और Fig.7 (ग) वेब मैप एप्लिकेशन के माध्यम से ऊपरी गंगा बेसिन की अधिकतम या न्यूनतम हिम विस्तार जानकारी दिखाता है। ये वेब मैप एप्लिकेशन स्नो विस्तार की जानकारी प्राप्त करने के लिए सरल और स्वतंत्र रूप से उपलब्ध हैं।

निष्कर्ष

NSIDC वैश्विक हिम विस्तार मानचित्र व्यापक रूप से उपयोग में हैं। इन मानचित्र के उपयोग से पहले पोस्ट-प्रोसेसिंग आवश्यक हैं। प्रसंस्करण के बाद की तकनीकें अच्छी तरह से विकसित तकनीक हैं और ये तकनीक वैश्विक मानचित्रों की गुणवत्ता में सुधार करती हैं और आवश्यक रूप से इसका उपयोग किया जाता है। वर्तमान अध्ययन में, ऊपरी गंगा बेसिन के लिए ऊँचाई-आधारित मॉर्स्किंग (निचली सीमा) और टेम्पोरल फ़िल्टरिंग की पोस्ट-प्रोसेसिंग प्रक्रियाओं का उपयोग किया गया है। तकनीक ने उत्साहजनक परिणाम दिखाए हैं। हिम और हिम सहित जल संसाधनों पर वैश्विक जलवायु परिवर्तन प्रभाव के परिप्रेक्ष्य में, उत्पादित किए गए डेटासेट बेसिन में आगे के अध्ययन में उपयोगी होंगे।

Reference

- Nolin A.W. (2010) Recent advances in remote sensing of seasonal snow, *J. Glaciology*, 56(200): 1141-1150
- Subramaniam S., A.V. Suresh Babu, E.Sivasankar, V. Venkateshwar Rao & G.Behera (2011) Snow Cover Estimation from Resourcesat-1 AWiFS – Image Processing With an Automated Approach, *International Journal of Image Processing (IJIP)*, 5 (3)
- Kumar M. and Kumar P. (2016) Snow cover dynamics and geohazards: a case study of Bhilangna watershed, Uttarakhand Himalaya, India, *Geoenvironmental Disasters*, 3:2
- Barman S, R.K. Bhattacharjya (2015) Change in snow cover area of Brahmaputra river basin and its sensitivity to temperature, *Environmental Systems Research*, 4:16
- Gafurov A. and A. B'ardossy, 2009. Cloud removal methodology from MODIS snow cover product. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 13, pp. 1361–1373

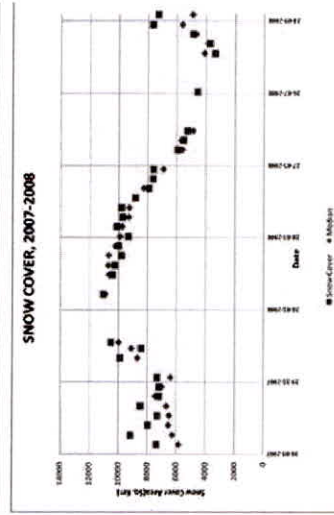
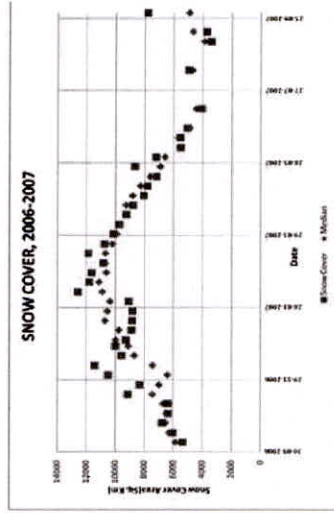
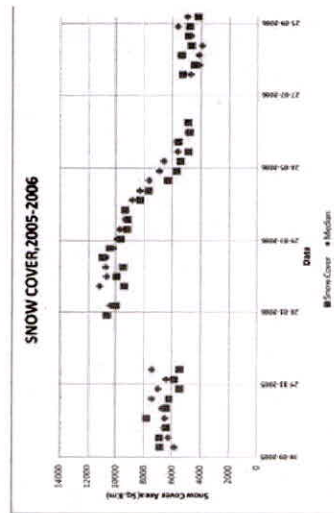
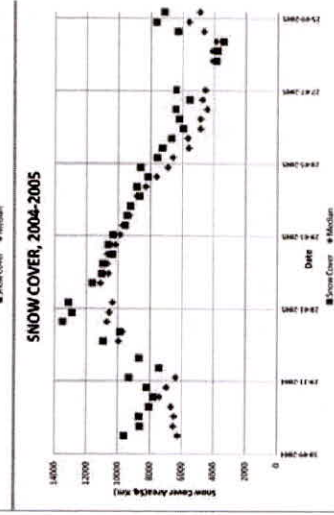
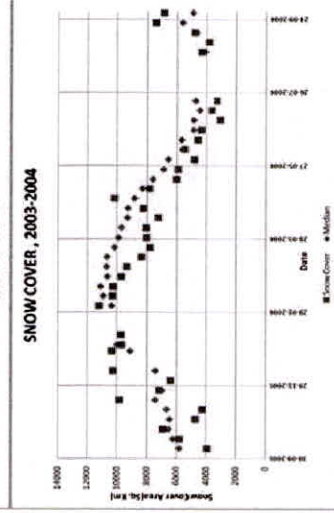
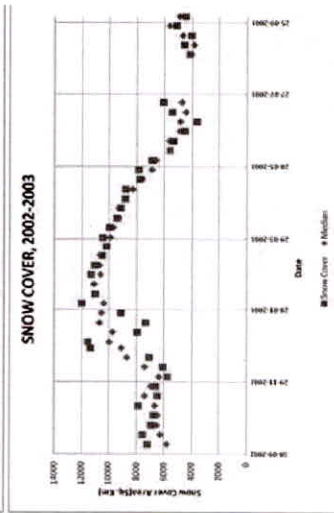
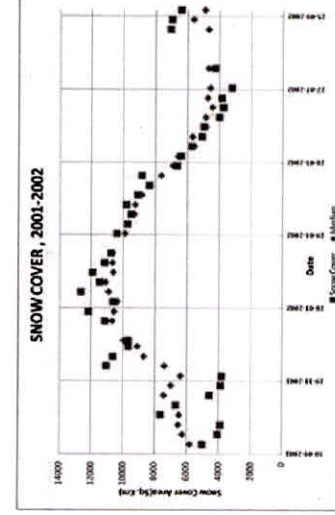
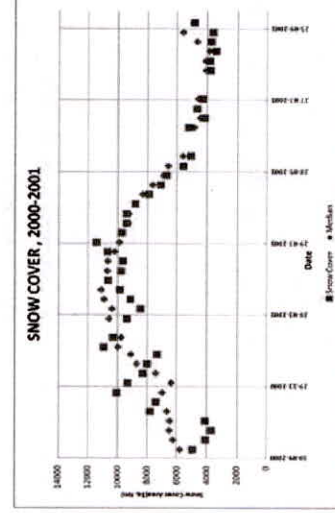
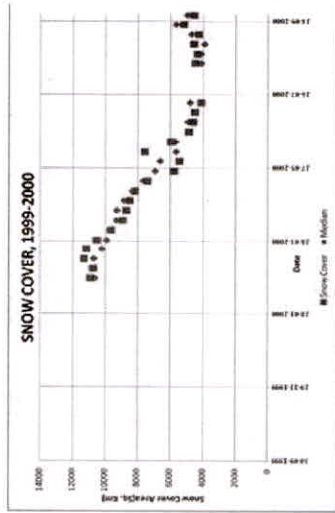


Fig.3 : साल 2000-2008 के लिए ऊपरी गंगा हिम का विस्तार

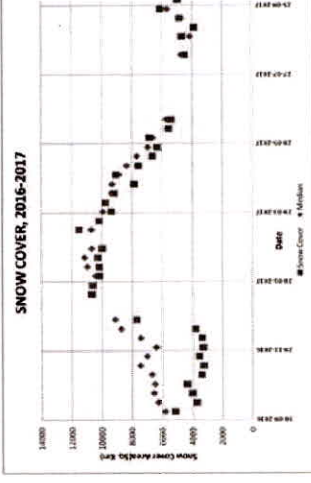
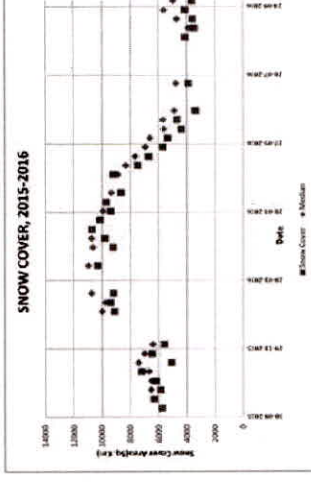
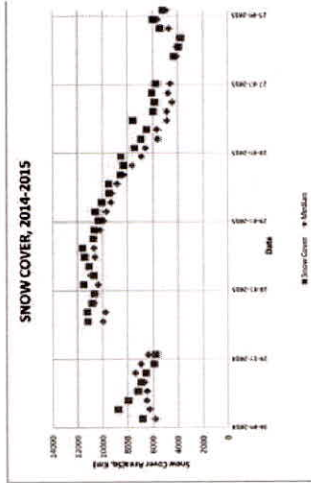
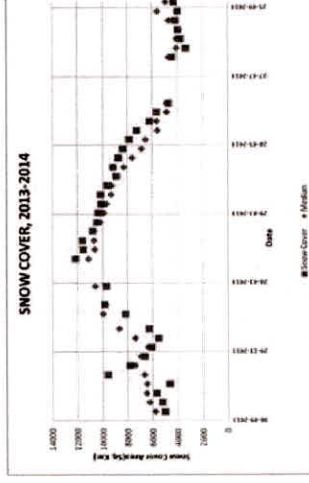
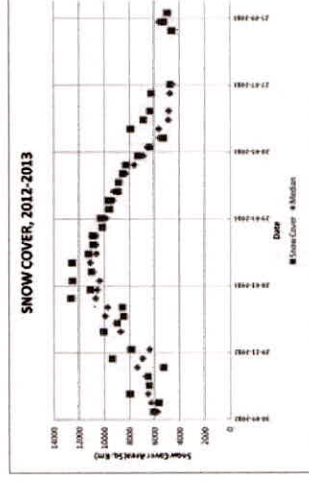
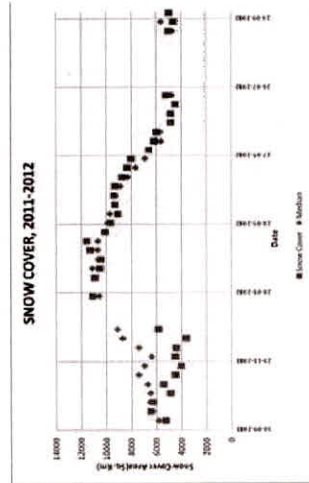
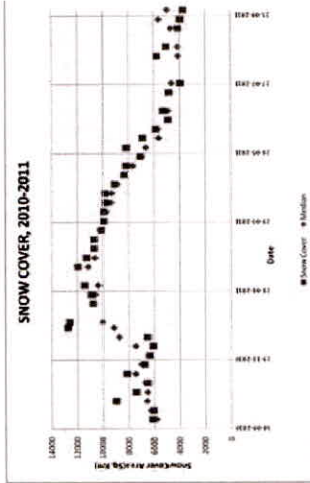
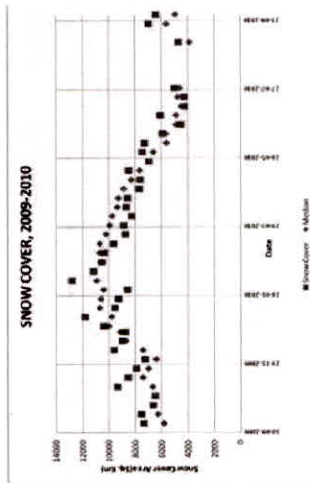
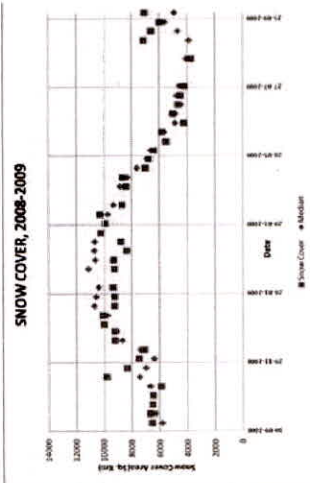


Fig.4 : साल 2009-2017 के लिए ऊपरी गंगा हिम विस्तार

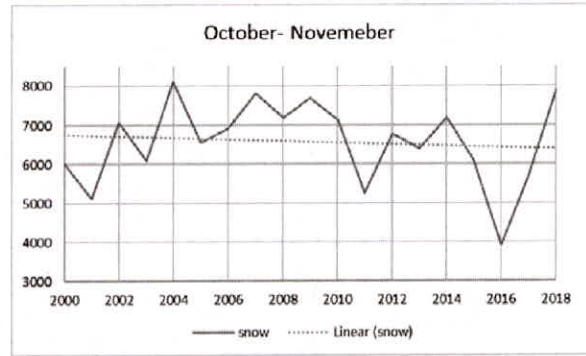
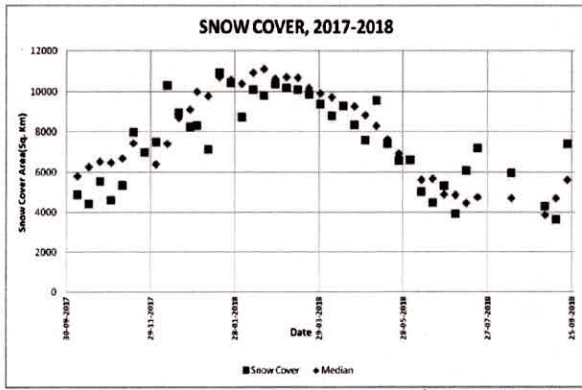


Fig.5 : (क) 2018 के लिए हिम विस्तार (ख) अक्टूबर-नवंबर के लिए हिम विस्तार

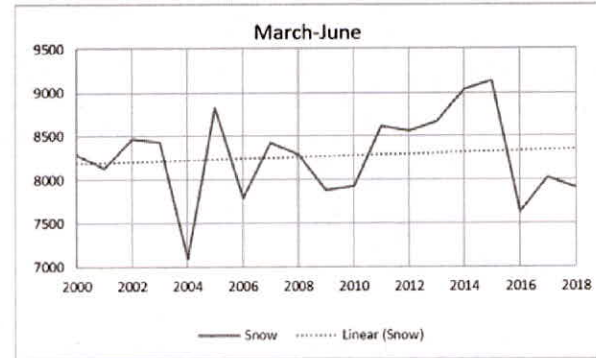
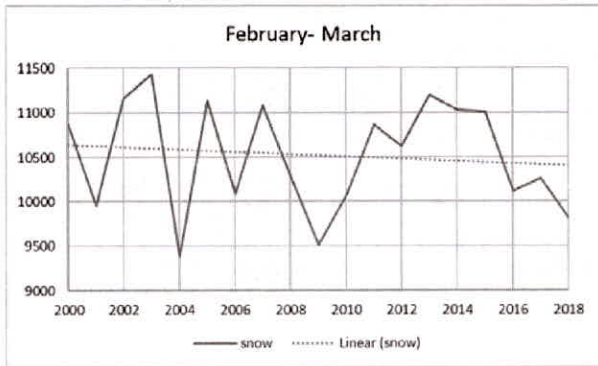


Fig.6 : फरवरी-मार्च और मार्च-मई के लिए औसत हिम का विस्तार

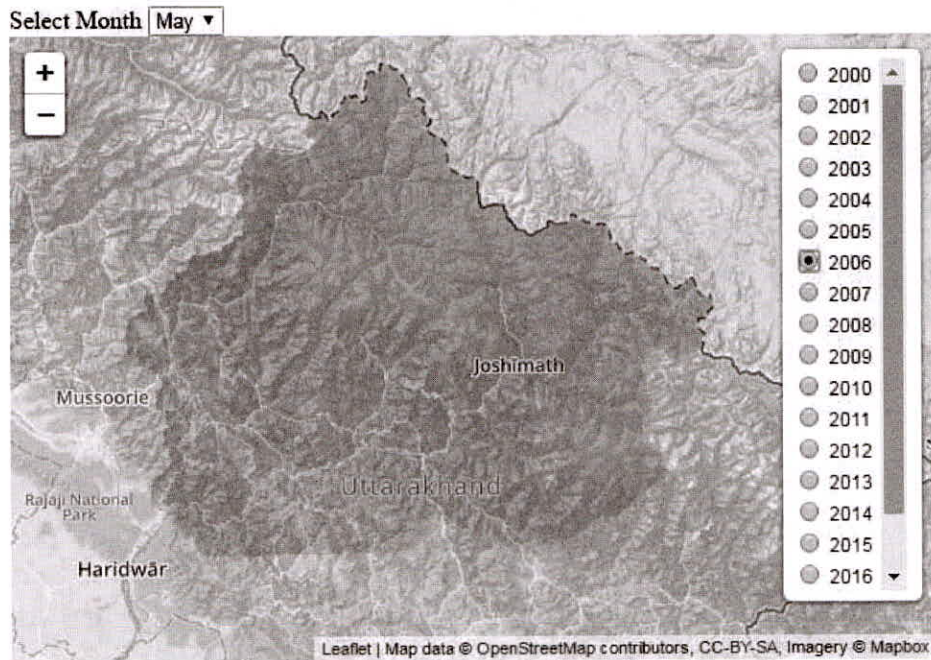


Fig.7(क) : ऊपरी गंगा बेसिन के हिम विस्तार के लिए मासिक वेब मानचित्र एप्लिकेशन

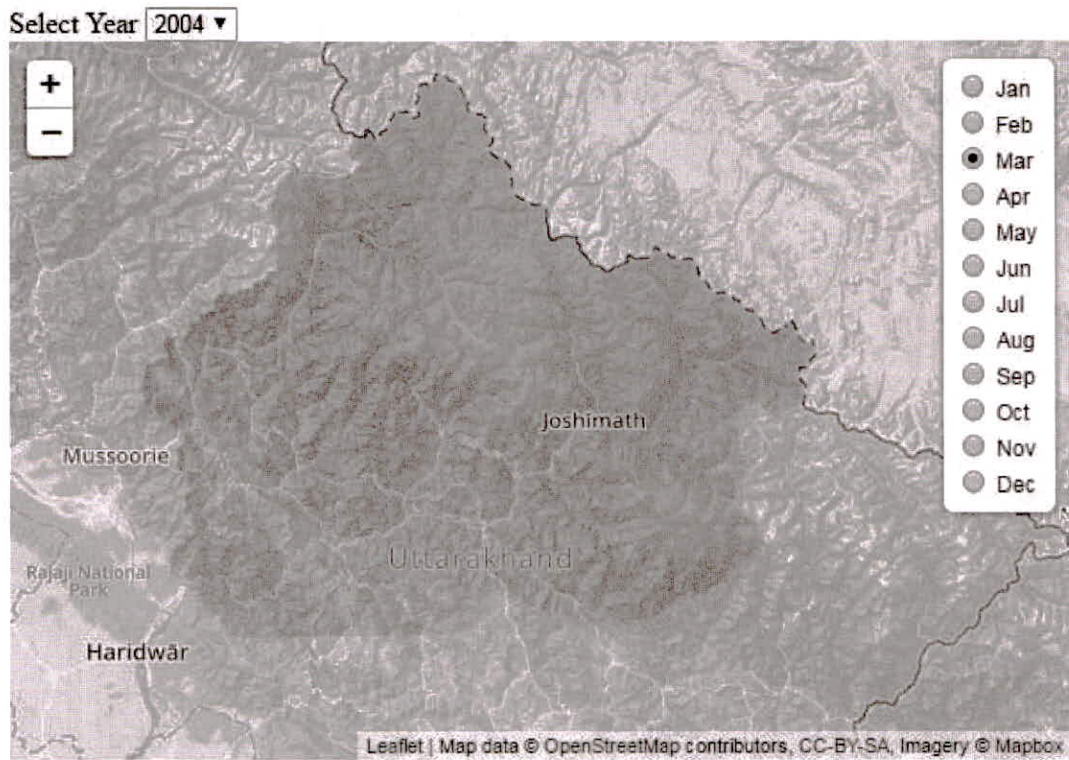


Fig.7(ख) : 2000–2018 के लिए ऊपरी गंगा बेसिन के हिम विस्तार के लिए वार्षिक वेब मानचित्र एप्लिकेशन

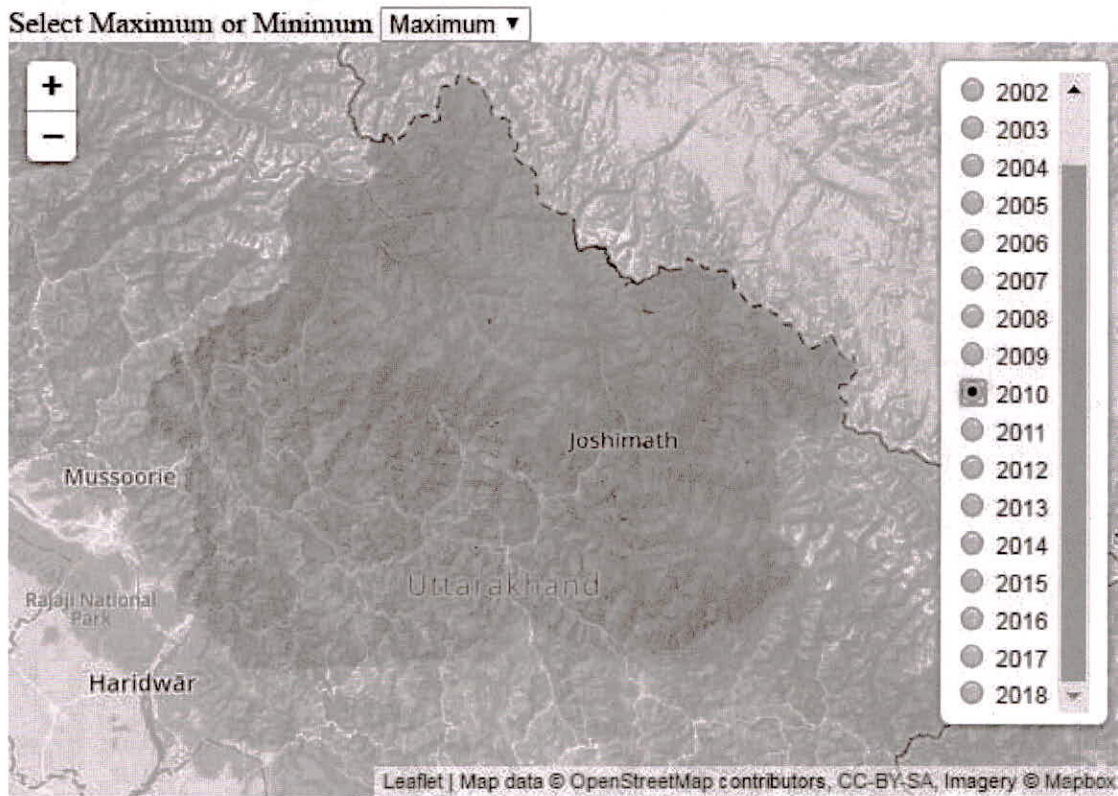


Fig.7 (ग) : अध्ययन अवधि के दौरान ऊपरी गंगा बेसिन के हिम विस्तार के लिए अधिकतम और न्यूनतम वेब मानचित्र एप्लिकेशन