



فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای

سال ۹، شماره پیاپی ۳۶، زمستان ۱۳۹۸

شاپای چاپی: ۶۷۳۵-۲۲۵۱ - شاپای الکترونیکی: ۷۰۵۱-۲۴۲۳

<http://jzpm.miau.ac.ir>

مقاله پژوهشی

تحلیل تغییرات ذخیره‌گاه‌های برفی به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت کم آبی (مطالعه موردی: منطقه سراب هلیل رود-استان کرمان)

مهلا شجاعی اناری؛ دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

مصطفی خبازی: استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

صادق کریمی: استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۳۰

صص ۱۸۴-۱۶۷

دریافت: ۱۳۹۸/۲/۱۰

چکیده

امروزه در پی بحران جهانی آب، تمام کشورها در پی شناسایی منابع آب شیرین، کنترل و استفاده بهینه از آنها می‌باشند. با توجه به اینکه کشور ایران در کمربند بیابانی کره زمین قرار دارد و کاهش بارش‌های جوئی باعث کمبود آب در ایران و استان کرمان شده، بنابراین شناسایی منابع آبی و بررسی تغییرات پوشش برف لازم و ضروری است. با توجه به شرایط سخت فیزیکی محیط‌های کوهستانی امکان اندازه‌گیری دائم زمینی جهت تخمین منابع برفی و تشکیل پایگاه داده‌ها وجود ندارد. به همین جهت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی مناطق برفگیر و ارزیابی تغییرات آن بسیار مهم می‌باشد. در این پژوهش سعی شده تغییرات پوشش ذخیره‌گاه‌های برفی مناطق مرتفع حوضه آبخیز هلیل رود با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MOD10A2 مورد مطالعه قرار گیرد. برای این منظور از شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش برف استفاده شد. این شاخص دارای ارزش بزرگ‌تر از ۰/۴ بوده یعنی پیکسلی که دارای NDSI بزرگ‌تر از ۰/۴ باشد به‌عنوان برف و یخ معرفی می‌شود. پوشش برف مشخص شده تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار ENVI5.1 وارد محیط GIS شده و به ۵ طبقه از ۰ تا ۵۰۰۰ طبقه‌بندی شده و مساحت هر کدام از طبقات محاسبه گردید. سپس وارد محیط SPSS شده و تحلیل و بررسی روی آنها صورت گرفت. با انجام رگرسیون چند متغیره به روش استپ وایس آاین نتیجه حاصل شد که در بازه زمانی ۸ روزه ماه فوریه (از ۱۸ تا ۲۵ فوریه) بیشترین تغییرات مساحت برف که با روند مساحت برف در این چند سال ارتباط قوی و معناداری داشته و در حقیقت توجیه کننده تغییرات برف در این بازه زمانی است، به ترتیب مربوط به ارتفاعات ۳ (۲۰۰۱-۳۰۰۰) و سپس ۴ (۳۰۰۱-۴۰۰۰) بوده است. طبقه ارتفاعی ۳۰۰۰-۲۰۰۱ به تنهایی توجیه کننده ۹۸٫۹ درصد روند تغییرات برف در کل منطقه مورد مطالعه است. در وهله دوم اگر ارتفاع ۴۰۰۰-۳۰۰۱ هم اضافه شود، این دو طبقه ارتفاعی با هم توجیه کننده ۹۹٫۲ درصد تغییرات روند برف در این بازه در طول ۱۹ سال گذشته است.

واژه‌های کلیدی: حوضه آبخیز، محصول MOD10A2، NDSI، پوشش برف، ایران.

نویسنده مسئول: Mahlashojaee71@uk.ac.ir، ۰۹۱۳۶۱۱۰۸۷۲

² Normalized Difference Snow Index

³ Stepwise

مقدمه:

بر اساس مطالعات انجام گرفته حدود ۶۰ درصد آب‌های سطحی و ۵۷ درصد آب‌های زیر زمینی کشور در مناطق برفگیر قرار گرفته و از آب حاصل از ذوب برف تغذیه می‌کنند (Najafi et al, 1383:2). بخش اعظم بارندگی‌ها در مناطق کوهستانی بصورت برف نازل می‌شود که در قسمت‌های کوهستانی و غیرقابل دسترس قرار دارند بنابراین مطالعه آن‌ها با روش‌های زمینی بسیار هزینه‌بر، طاقت‌فرسا و بسیاری موارد ناممکن است، بنابراین استفاده از فناوری سنجش از دور ماهواره‌ای در این مطالعات بسیار مفید خواهد بود. منابع آبی موجود در مناطق کوهستانی، متأثر از میزان بارش برف بوده و غالباً از طریق آب‌های حاصل از ذوب برف تغذیه می‌شوند. وضعیت بیلان آبی و رژیم آبدی منابع آب موجود در این قبیل مناطق به میزان و سرعت ذوب برف و یا ماندگاری آن بر روی زمین و سطوح آبگیر تغذیه آنها بستگی دارد. امروزه در پی بحران جهانی آب تمام کشورها، در پی شناسایی منابع آب شیرین و کنترل و استفاده بهینه از آنها می‌باشند. ایران، به عنوان یکی از مهم‌ترین کشورهای اسلامی در منطقه خاورمیانه، برای رشد و توسعه همه جانبه به منابع آب نیاز فراوان و روز افزونی دارد. با توجه به اینکه این کشور در کمربند بیابانی کره زمین قرار دارد، شناسایی این منابع بسیار مهم و آب معادل آن حدود یک سوم از آب مورد نیاز برای فعالیت‌های کشاورزی و آبیاری در سراسر کره زمین را تأمین می‌کند (Najafzade et al, 1383: 3). در کشور ما نیز این ذخایر در ارتفاعات می‌تواند به عنوان یک منبع غنی آب شیرین مورد توجه قرار گیرد. از این‌رو، امروزه در روند مدیریت کارآمد منابع آبی، به‌کارگیری داده‌های سنجش از دور با هدف کسب اطلاعات دقیق از پوشش برف به‌صورت عملیاتی اجرا می‌گردد. با نظر به اینکه خشکسالی‌های اخیر و کمبود بارش‌های جوی باعث کمبود شدید آب در استان کرمان شده، تغییرات پوشش برف و شرایط آب و هوایی حاکم به این تغییرات لازم و ضروری است تا به مردم و مسئولین در رابطه با کاهش منابع آبی هشدار داده‌شود و راه‌هایی برای جلوگیری از این بحران مطرح شود. کوه‌های مرتفع و برف‌گیر هزار، لاله‌زار و بحرآسمان (در مناطق مرکزی استان کرمان) به واسطه موقعیت و ارتفاع‌شان در مواجهه با سامانه‌های مختلف آب و هوایی، برای تشخیص تغییرات پوشش برف مناسب هستند. لذا در این پژوهش، تغییرات پوشش برف در طول زمستان سال‌های مورد مطالعه در سه قله مذکور مورد بررسی قرار می‌گیرد. لذا سوال و فرضیه ذیل مطرح می‌گردد:

فرضیه: به نظر می‌رسد درصد پوشش برف در طول زمستان‌های ۲۰ سال گذشته کاهش یافته است.

سوال: آیا درصد پوشش برف در ارتفاعات مختلف در طول زمان تغییر کرده است؟

پیشینه و مبانی نظری تحقیق:

بارش شامل کلیه ریزش‌های جوی است که به سطح زمین می‌رسند. بارش‌ها را می‌توان به چندین روش طبقه‌بندی کرد. یکی از رایج‌ترین روش‌های طبقه‌بندی بر اساس حالت بارش است (Kaviani & Alijani, 1382:12) - الف - بارش‌های مایع: شامل باران، ریز باران و رگبار - ب - بارش‌های جامد: شامل برف دانه، یخ سنجاق‌های یخی، برفدانه ریز، تگرگ نرم، تگرگ ریز، تگرگ.

برف یکی از انواع مختلف بارش است که از چگالش توده‌های هوایی مرطوب در طی صعود و در شرایطی که درجه حرارت هوا کمتر از نقطه انجماد باشد ایجاد می‌گردد. اگر چه بخش کوچکی از سطح کره زمین را مناطق کوهستانی در بر می‌گیرد، لکن همین مقدار اندک در چشم‌انداز هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز تأثیر شگرفی داشته و در بسیاری از مناطق، پوشش برف واقع در کوهستان‌ها منبع اصلی تأمین آب‌های سطحی و زیرزمینی محسوب می‌گردد (Bils and Klein, 2003:20). تقریباً پنج درصد بارش جهانی که به سطح زمین می‌رسد به شکل برف و یخ می‌باشد (Hondakes, 1967:30). البته در نواحی قطبی این مقدار به ۵۰ تا ۹۰ درصد می‌رسد (Winder and Hall, 1999:12). یخ یک متغیر ژئوفیزیکی مهم برای هیدرولوژی (Rosh and walesh, 1986:14) و برای اقلیم، به ویژه از طریق نقش آن در کنترل کردن آلودگی زمین است (Nolin and Stero, 1997:32) در بیشتر مقیاس‌های محلی، پوشش یخچالی بخاطر پتانسیل آن در ذخیره آب برای آشامیدن، کشاورزی که از مهمترین بخش‌های اقتصادی ایرا بوده و سهم عمده‌ای از صادرات غیر نفتی ایران را به خود اختصاص داده (Kiyani et al, 1397: 3)، تولید نیروی برق آبی و نقش آن در سیلاب با اهمیت است (Rango & Shalaby, 1998:16) (Rango, 1993:12). عایق ایجاد شده به‌وسیله یخ، گیاهان را از درجه حرارت پایین زمستان محافظت می‌کند؛ بنابراین نیاز به نشان دادن وسعت فضایی پوشش یخ، عمق یخچال و آب استخراج شده از آن وجود دارد (Rice, 1959:17). پوشش یخ بسیار متأثر از شرایط محیطی است. آب، زمین و پوشش زمین، دیگر مواد مختلف و الگوهای ذوب، فاکتورهای مهمی در ایجاد یک مدل دقیق سطح پوشش یخچالی می‌باشند (Samanta, 2004:20). فاکتورهای آب‌وهوایی مانند حرارت، بارندگی، الگوی چرخه‌های اتمسفری، فعالیت جبهه‌ای، لاپس ریتها، پایداری توده‌های هوایی و بادها همه تأثیر بزرگی بر روی توزیع و خصوصیات یخ در حوضه آبخیز دارند (Markz et al, 2001:40). میزان ذوب برف و یخ تابعی از فاکتورهای زمینی است. الگوهای از قبیل شیب، جهت، ارتفاع، پوشش گیاهی و کاربری اراضی (Bourkard et al,

(1991:50). یکی از عوامل مؤثر در فرآیند تغییر اقلیم نیز تغییرات عمده در مقدار بارش باران، برف و یخ و نیز زمان ذوب برف‌ها بوده که بهره‌برداری از منابع آب را تحت‌الشعاع خود قرار داده است. تحقیقات نشان می‌دهد آب شرب موردنیاز بیش از یک میلیارد نفر از ساکنان دنیا از رواناب ناشی از ذوب برف و یخ‌ها تأمین می‌شود. تخمین رواناب حاصل از آب استخراجی ذوب یخچال‌ها در مناطق با پوشش یخچالی، نیاز به یک الگوریتم ذوب یخچالی به‌عنوان جزئی از سیستم مدل سازی دارد (Bils & Klein, 2003:20). در ایجاد پدیده رواناب پارامترهایی نظیر خصوصیات هندسی حوضه، وضعیت خاک، سازندهای زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و شاخص‌های آب‌وهوا و اقلیم منطقه تأثیرگذار است (Amiri, 1385: 16). سنجنده مودیس یکی از دقیق‌ترین پروژه‌های سیستم مشاهدات زمینی سازمان فضایی آمریکا (ناسا) به شمار می‌آید. مدل پیش از پرتاب سنجنده مودیس در ۱۸ دسامبر سال ۱۹۹۹ بر روی ماهواره TERRA از سیستم‌های مشاهدات زمینی سازمان فضایی آمریکا (ناسا) مستقر و در مدار زمین قرار گرفته است و اطلاعات بسیار مفیدی از سطح زمین جهت مطالعات زمین و اتمسفر در اختیار محققین علوم زمینی قرار داده است. سنجنده مودیس دارای ۳۶ باند در محدوده طیفی ۰/۴۱ تا ۱۴/۵ میکرومتر بوده و قدرت تفکیک آن در زاویه عمود به سطح زمین ۲۵۰ متر در ۲ باند طیفی ۵۰۰ متر در ۵ باند و ۱۰۰۰ متر در ۲۹ باند طیفی می‌باشد. ۲۰ باند آن در ناحیه باند مرئی محدوده ۰/۴۱ الی ۲/۱ میکرومتر بوده و ۱۶ باند طیفی باقیمانده این سنجنده در ناحیه حرارتی بالاتر از ۳/۷ میکرومتر می‌باشد (NASA - MODIS Brochures).

تاکنون محققین داخلی و خارجی زیادی مطالعاتی در خصوص اندازه‌گیری تغییرات پوشش برف انجام داده و ارقام مختلفی را در این خصوص ارائه کرده‌اند: یانگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ به شبیه‌سازی ذوب برف رودخانه در حوضه سانگ هوا جانگ با استفاده از سنجنده مودیس پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که اوج رواناب ذوب برف در وسط آوریل و در پایان ماه مه است. آگاروال و همکاران در سال ۲۰۱۴ به ارائه رویکرد یکپارچه برای برآورد رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از مدل شاخص دما، سنجش از دور و GIS پرداختند. دقت کلی SRM برای رودخانه‌ی آلاخاندای از لحاظ ضریب همبستگی (R2) ۰,۸۴ و ۰,۹ برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ و برای رودخانه بهاگیراتی ۰,۷۴- ۰,۸۴ در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ می‌باشد. پوگیو و همکاران در سال ۲۰۱۴ به مدل‌سازی رواناب ذوب برف، پوشش برف با استفاده از سنجنده مودیس پرداخت. نتایج نشان‌دهنده این است استفاده از توالی برای تجزیه و تحلیل الگوهای مختلف فضا-زمانی در زمین مناطق اسکاتلندی برف ثابت و مفید است. آبودو و همکاران در سال ۲۰۱۲ با استفاده از مدل ذوب برف (SRM) در حوضه کوهستانی پرداختند. برنامه‌های کاربردی مقدماتی از (SRM) در شمال غربی چین نشان داده است که دقت مدل نسبتاً قابل قبول است. این تحقیق می‌تواند در آینده امکان رواناب ذوب برف داده با داده‌های پراکنده از حوضه کوهستانی در شمال غربی چین با استفاده از پوشش برف و یخچال‌های طبیعی، داده‌های سنجش از دور ماهواره مودیس، سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزار (GIS) اندازه‌گیری درست و کشف راه‌های خلاقانه برای پارامتر مدل باشد. در تحقیقات لویز مورنو و همکاران (۲۰۱۲) باهدف اندازه‌گیری تنوع مکانی عمق و چگالی برف در ماه‌های فوریه و آوریل ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ در سه منطقه ۱-۲ کیلومترمربعی با شرایطی متفاوت در درون یک دره مرکزی در پیرینه اسپانیا مشغول به کار شدند. و ارزیابی نمودند که نحوه محاسبه خطا در چگالی محاسبه‌شده ممکن است که بر آب معادل برف تأثیر بگذارد. تنوع در عمق برف بسیار بیش‌تر از تنوع در چگالی برف معرفی شد. متوسط چگالی برف در ماه آوریل بسیار بیشتر از ماه فوریه بوده است. ارتباط بین عمق برف و چگالی برف آماری معنی‌دار است اما به‌طورمعمول خیلی بالا نیست. بلاش و پاراژک (۲۰۱۰) به بررسی ارزش داده‌های سنجنده MODIS در کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل‌های هیدرولوژیکی نیمه توزیعی بر مبنای مقایسه غیرمستقیم آب معادل برف شبیه‌سازی شده به وسیله مدل و داده‌های پوشش برفی سنجنده MODIS پرداختند. نتایج نشان داد که داده‌های تصاویر سنجنده MODIS کارایی مدل‌های ذوب برف را بهبود می‌بخشد. همچنین لویز و همکاران (۲۰۰۸) پس از پایش تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ سنجنده مودیس بر اساس شاخص NDSI میزان پوشش برف و تغییرات آن را در پاتاگونیا شمالی بررسی کردند. بر اساس نتایج این مطالعه، حداقل پوشش برف در ماه مارس ۲۰۰۷ با مساحت ۳۶۰۰ کیلومتر مربع و حداکثر پوشش برف متعلق به ماه اوت سال ۲۰۰۱ با مساحت ۱۱۳۲۳ کیلومتر مربع بوده است. چانگ چان و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر دما، بارش و سطح پوشش برف و روند تغییرات آن‌ها در حوضه رودخانه تاریم چین پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش جهشی در دما و بارش در میانه‌های دهه ۱۹۸۰ با استفاده از روش‌های تعیین روند ناپارامتریک مشاهده می‌شود، ولی تغییر سطح پوشش برف قابل توجه نیست. مطالعات انجام شده در ایران: رضایی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای به نقش پوشش برفی در چرخه هیدرولوژیکی و خصوصیات پوشش برف با تفکیک مکانی و زمانی بالا پرداختند. آنها از نرم افزارهای Arc GIS و ERDAS IMAGINE استفاده کردند. نتایج تحقیق آنها نشان از تطابق بالای این خط در تصاویر ماهواره‌ای پوشش برف در ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند با ارتفاع دمای صفر درجه در همین ماه‌ها بوده است.

در تحقیق دیگری طبری و همکاران (۲۰۱۰) با روش‌های مختلف رگرسیون خطی چندمتغیره، تحلیل تابع تشخیص، کریجینگ معمولی، کریجینگ معمولی- رگرسیون خطی چندمتغیره، کریجینگ معمولی- تحلیل تابع تشخیص، شبکه عصبی مصنوعی و شبکه عصبی- الگوریتم ژنتیک عمق برف و آب معادل برف را تخمین زده و روش‌ها را مورد مقایسه قرار دادند. پژوهش در حوضه آبخیز صمصامی واقع در شهرکرد، انجام شد. نتایج نشان داد که روش‌های شبکه عصبی-الگوریتم ژنتیک، شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندمتغیره قادر به پیش‌بینی آب معادل برف هستند. کمترین مقدار آب معادل برف در شرق منطقه مطالعاتی و بالاترین میزان آن در غرب منطقه جایی که عرض جغرافیایی بالایی داشت، به‌دست آمد. معروفی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از رگرسیون غیرخطی چندمتغیره و روش هوش محاسباتی به پیش‌بینی توزیع مکانی آب معادل برف پرداختند. در این تحقیق، عمق برف و آب معادل برف برای کمی کردن منابع آب ذخیره شده در برف بررسی شد. روش رگرسیون خطی چندمتغیره و چهار نوع از شبکه عصبی مصنوعی و مدل الگوریتم ژنتیک تلفیق‌یافته با شبکه عصبی در ابتدا برای پیش‌بینی آب معادل برف در حوضه آبخیز صمصامی ارزیابی شد. قرایی‌منش و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی با عنوان برآورد توزیع مکانی عمق برف با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و درخت تصمیم در حوضه آبخیز سخوید اقدام به مدل‌سازی عمق برف نمودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روش الگوریتم $M5$ مدل درختی با ضریب نش سات کلیف $0/8$ و مجذور میانگین مربعات خطای با میزان $8/5$ سانتی‌متر، مناسب‌ترین روش مورد استفاده می‌باشد. همچنین نتایج آنالیز حساسیت نشان داد که از بین پارامترهای مورفومتری به کار رفته در الگوریتم $M5$ مدل درختی، سطح اساس شبکه زهکشی (به میزان ۱۰۰ درصد)، قدرت آبراهه (به میزان ۷۵ درصد)، شاخص رطوبتی (۶۸ درصد)، ارتفاع از سطح دریا، سایه‌اندازی، ارتفاع بالای شبکه زهکشی، شکل دامنه، اثر باد، شیب، انحناء به ترتیب جزء موثرترین عوامل می‌باشند. در پژوهش صورت گرفته توسط فتح‌زاده و زارع بیدکی (۱۳۹۱) به برآورد توزیع آب معادل برف در زمان اوج انباشت برف با استفاده از مدل درجه-روز پرداختند نتایج نشان داد که مدل درجه-روز و تصاویر مودیس توانسته است با دقت قابل قبولی توزیع مکانی آب معادل برف را در مناطقی که امکان نمونه‌برداری در آن‌ها وجود ندارد برآورد نموده و این روش می‌تواند کمک شایانی به پایش رژیم هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز کوهستانی نماید. کتانی نجف‌آبادی (۱۳۹۱) طی دوره آماری ۲۰۱۱ - ۲۰۰۰ با استفاده از تصاویر $MODIS$ و با استفاده از شاخص $NDSI$ به بررسی تغییرات سطح پوشش برف و رواناب در حوضه آبی کوه‌رنگ پرداخت. بررسی سطح پوشش برف نشان داد که ماه دسامبر در مقایسه با ماه‌های دیگر دارای بیشترین سطح پوشش برف و ماه‌های مارس و مه نیز به ترتیب در رتبه دوم و سوم قرار دارند. نتایج پژوهش وی نشان داد سطح پوشش برف و ارتفاع برف مرز طی دوره آماری مورد بررسی دارای نوسان بوده و روند معنادار کاهشی و یا افزایشی را نشان نداد. عزیزی و همکاران در سال ۱۳۹۶ در پژوهشی با عنوان تغییرات زمانی- مکانی پوشش برف دامنه‌های البرز جنوبی به محاسبه پوشش برف پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که روند ماهانه پوشش برف در اوایل پاییز و اواخر زمستان رو به افزایش و در ژانویه و به ویژه فصل بهار به میزان فزاینده‌ای در حال کاهش است. خسروی و همکاران در سال ۱۳۹۶ در پژوهشی با عنوان بررسی تغییرات سطوح پوشش برف در ارتفاعات زرد کوه بختیاری با استفاده از سنجش از دور تغییرات پوشش برف را در ارتفاعات زرد کوه بررسی کرده. نتایج نشان می‌دهد که سطوح برف در ارتفاعات زرد کوه بختیاری طی دوره آماری ۲۰۱۱ نسبت به ۱۹۹۱ روندی کاهشی داشته‌است.

مواد و روش تحقیق:

شاخص $NDSI$ به عنوان یک الگوریتم استخراج اتوماتیک برف به همراه مجموعه‌های از آستانه‌ها به کار می‌رود و به صورت پیکسل به پیکسل محاسبه می‌گردد. آن شاخص بر مبنای این حقیقت که برف دارای بازتابندگی بالا در ناحیه مرئی و بازتابندگی پایین در فرورسرخ میانی می‌باشد (Nolin et al, 2000:310). جهت تشخیص برف از ابر و مناطق فاقد برف استفاده می‌شود. $NDSI$ شاخصی به‌هنگار است که از نسبت اختلاف بازتابندگی باند مرئی $b4$ باند چهار سنجنده $MODIS$ و فرورسرخ میانی $b6$ باند شش سنجنده $MODIS$ تقسیم بر مجموع بازتابندگی در این دو باند به‌دست می‌آید. البته شاخص مذکور به گستره شرایط نوردهی غیرحساس بوده و نسبت به تاثیرات اتمسفری قابل تنظیم می‌باشد. به بیان دیگر این شاخص فقط به مقادیر بازتابش در یک باند بستگی ندارد، بلکه به میزان ارزش رقمی بازتابش پیکسل‌ها نیز وابسته می‌باشد. نقشه‌های سطح پوشیده از برف در این تحقیق با احتساب خطای شاخص $NDSI$ به طور متوسط کمتر از ۲۰ درصد خطا دارند (Rasouli & Adhami, 1386: 25).

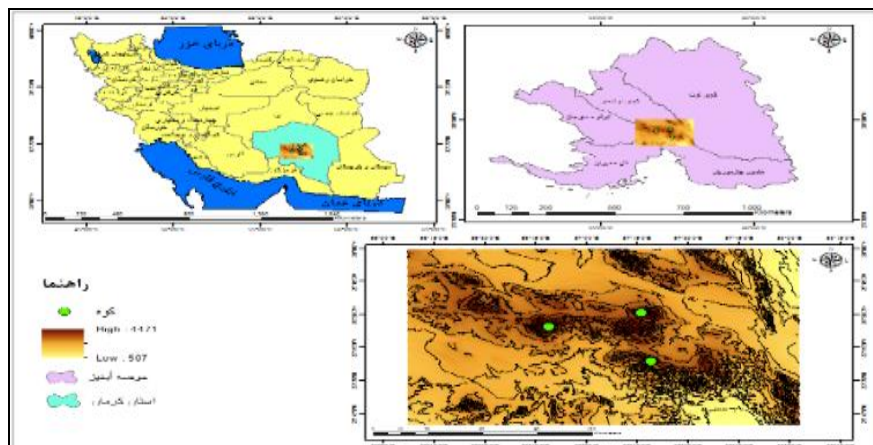
شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش برف که دارای ارزش بزرگ‌تر از $0/4$ بوده یعنی پیکسلی که دارای $NDSI$ بزرگ‌تر از $0/4$ باشد به‌عنوان برف و یخ معرفی می‌شود و با استفاده از رابطه $2-5$ به دست می‌آید (Hall et al, ۱۹۹۵:۱۲۰).

$$NDSI = \frac{MODIS4 - MODIS6}{MODIS4 + MODIS6} \quad (1)$$

عموماً برف و یخ با داشتن مقادیر $NDSI$ بزرگ‌تر از سطوح دیگر تعیین می‌شود. یک پیکسل در یک ناحیه با تراکم جنگلی کم، زمانی برف یا یخ خوانده می‌شود که $NDSI \geq 0.4$ باشد. درحالی‌که پوشش برف و یخ در مناطق جنگلی ممکن است مقادیر $NDSI$ کمتر از ۰/۴ داشته باشد، ترکیب $NDSI$ و $NDVI$ (شاخص پوشش گیاهی نرمال شده) می‌تواند به تفکیک پوشش برف و یخ از غیر برف و یخ در مناطق جنگلی کمک کند (Zhang:2003:52). دقت روش $NDSI$ حدود ۹۵-۹۱٪ برآورد شده است که در نواحی جنگلی دقت کمتر و در نواحی توندرا بیشتر است (Hall et al, 1998:31).

محدوده مورد مطالعه:

منطقه پژوهش در حوضه آبخیز هلیل رود واقع شده که شامل کوه‌های هزار، لاله‌زار و بحرآسمان می‌شود. هزار، کوهی است که در بخش راین قرار دارد و بلندترین قله استان کرمان می‌باشد. از سوی غرب به کوه‌های لاله‌زار و از جنوب به کوه بحرآسمان اتصال یافته است. ارتفاع آن ۴۴۷۱ متر برآورد شده است. در طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی واقع شده است. منطقه بحرآسمان: مجموعه‌ای کوهستانی است که به همراه جبال بارز طولانی‌ترین و مرتفع‌ترین رشته کوه جنوب‌شرقی کشور را ایجاد کرده است. موقعیت جغرافیایی این منطقه در ۲۹ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. این کوه ۴۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان جیرفت واقع شده است. بلندترین قله بحرآسمان به ارتفاع ۳۸۵۴ متر است (Rangeland) (Plan, Kerman Department of Natural Resources, 1391). کوه لاله‌زار: در بخش لاله‌زار واقع گردیده، این قله را، به عنوان دومین قله مرتفع (۴۳۲۵) استان کرمان می‌شناسند. این قله در طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۴۸ دقیقه و عرض ۲۹ درجه و ۲۴ دقیقه واقع شده است (Bardsir Natural Resources and Watershed office, 1391).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه (Source: Research data, 1398)

بحث و ارائه یافته‌ها:

استفاده از سنجنش از دور و تصاویر ماهواره‌ای برای محاسبه سطح پوشش برف روزانه بسیار بااهمیت بوده. سنجنده $MODIS$ اصلی‌ترین سنجنده یک سری از ماهواره‌هاست که تحت برنامه‌های EOS به فضا پرتاب شدند (Strabala, 2003:15). جهت تعیین برف و یخ مقدار انعکاس در باند ۲ سنجنده مودیس (۸۷۶-۸۴۱ نانومتر) است که باید بزرگ‌تر از ۰/۱۱ باشد تا به‌عنوان برف شناخته شود. این معیار در تمیز دادن آب و برف کمک می‌کند زیرا آب فقط تابش باندهای مرئی را منعکس می‌کند و قابلیت زیادی در جذب باندهای IR دارد که ممکن است $NDSI$ بالای داشته باشد. وقتی انعکاس در باند ۲ بیشتر از ۰/۱۱ است می‌توان آن را برف و یخ نامید زیرا آب در این باند بازتابی بیشتر از ۰/۱۱ ندارد (Zhang et al, 2003:25).

بازتاب در باند مودیس ۴ (۵۴۵-۵۶۵ نانومتر) است که اگر بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد می‌توانیم آن پیکسل را برف یا یخ بدانیم. اگر کمتر از ۱۰ درصد باشد برف و یخ نیست چون انعکاس برف و یخ در این باند بالا است. این آستانه‌ها در تحقیقات متعدد در مناطق مختلف جهان بررسی و برای مناطق مختلف مورد تأیید قرار گرفته‌اند (Samantha, 2004:220. Appel & Salomonson:2003:355). در نهایت یک پیکسل تصویر مودیس را زمانی می‌توان برف و یخ نامید که:

۱- $NDSI$ آن بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۴ باشد

۲- بازتاب باند ۲ آن بزرگ‌تر از ۰/۱۱ باشد

۳- بازتاب باند ۴ آن بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد.

در بین ماهواره‌های سنجنش از دوری که قابلیت پایش سطوح برفی را دارند، سنجنده‌ی مودیس به دلیل داشتن قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب، گزینه‌ی بسیار خوبی برای محاسبه‌ی سطوح پوشیده از برف و یخ می‌باشد. به همین منظور، تعدادی از تصاویر روزانه سنجنده مودیس تهیه و مناطق پوشیده از برف، با استفاده از شاخص *NDSI* در محیط نرم‌افزار *ENVI* محاسبه شد. محصول *MOD10A2* شامل مجموعه‌ی ۸ روزه‌ای از داده‌ی برف و یخ است. این محصول نیز در سیستم تصویر سینوسی زمین مرجع شده است. با استفاده از مجموعه داده حداکثر برف و یخ در فاصله زمانی مورد مطالعه تعداد پیکسل‌های ابری به حداقل می‌رسد و امکان طبقه‌بندی برف با دقت بالاتر میسر می‌شود.

جدول ۱- معرفی محصولات سنجنده مودیس در ماهواره‌های ترا و آکوا

Earth Science Data Type (ESDT)	Product Level	Nominal data Array Dimensions	Spatial Resolution	Temporal Resolution	Map Projection	Approximate size (Mb)
<i>M*DI0_L2</i>	L2	1354x2030 km	500 m	5 min swath	None, lat and lon referenced	12
<i>M*DI0GA</i>	L2G	1200x1200 km	500 m	daily	Sinusoidal	6
<i>M*DI0A1</i>	L3	1200x1200 km	500 m	daily	Sinusoidal	2
<i>MOD10A1S</i>	L3	1200x1200 km	500 m	daily	Sinusoidal	TBD
<i>M*DI0A1F</i>	L3	1200x1200 km	500 m	daily	Sinusoidal	TBD
<i>M*DI0C1</i>	L3	360°x180°, global	0.05° x 0.05°	daily	Geographic	4
<i>M*DI0C1F</i>	L3	360°x180°, global	0.05° x 0.05°	daily	Geographic	TBD
<i>M*DI0A2</i>		1200x1200 km	500 m	8-daily	Sinusoidal	1
<i>M*DI0C2</i>	L3	360°x180°, global	0.05° x 0.05°	8-days	Sinusoidal	4
<i>M*DI0CM</i>	L3	360°x180°, global	0.05° x 0.05°	monthly	Geographic	2

(Riggs&Hall, 2015)

روی تصاویر ماهواره‌ای مودیس یک سری از تصحیحات از جمله تصحیح رادیومتری صورت گرفته است؛ بنابراین پس از ژئورفرنس کردن و تغییر سیستم مختصات تصاویر به *UTM* زون ۴۰ شمالی، تصحیح اتمسفری بر روی آن‌ها صورت گرفت. هر تصویر مودیس منطقه بسیار بزرگی را شامل می‌شود؛ بنابراین باید منطقه مورد مطالعه را از آن جدا نمود. برای این کار از نرم‌افزار *ENVI* استفاده شد. پس از آماده‌سازی تصاویر جهت برآورد پوشش برف و یخ حوضه اقدام شد. سنجنده مودیس با دارا بودن باندهای طیفی با توان تفکیک مکانی ۵۰۰ متر، توانایی تعیین سطح پوشش برف و یخ را دارد. الگوریتم‌های متفاوتی برای تفکیک برف و یخ از دیگر عارضه‌ها پیشنهاد شده است، از جمله می‌توان به الگوریتم *Snow Map* اشاره نمود (Hall et al, 2002:45). این الگوریتم به صورت باینری و بارش‌های آستانه‌ای عمل کرده و نتیجه نهایی را به شکل وجود یا عدم وجود برف و یخ تعیین می‌کند. الگوریتم *Snow Map* با توجه به تحقیقات انجام شده بر روی ماهواره *Landsat TM* و با در نظر گرفتن طول موج‌های متناظر در سنجنده مودیس ارائه شده است. از مزایای این الگوریتم می‌توان به حجم محاسباتی بسیار کم، اجرای خودکار و تهیه نقشه‌های استاندارد جهانی اشاره نمود. جدول راهنمای زیر برای مشخص کردن پوشش برف در تصاویر *MOD10A2* ماهواره مودیس مورد استفاده قرار می‌گیرد. همانطور که در جدول مشاهده می‌کنید عدد ۲۰۰ نشانگر برف در منطقه می‌باشد و به همین ترتیب بقیه اعداد نمایگر یک عارضه می‌باشند.

جدول ۲- ویژگی‌های محلی برای "Maximum_Snow_Extent" SDS ماهواره مودیس

SDS name	Maximum_Snow_Extent	
Data type	DFNT_UINT8	
Number of dimensions	2	
Dimensions—HDF order-	2400	2400
Local Attributes		
Attribute name	DATA_TYPE	Data
long_name	DFNT_CHAR8	Maximum snow extent over the 8-day period
units	DFNT_CHAR8	none
Valid_Range	DFNT_UINT8	0 254
FillValue	DFNT_UINT8	255
Cell_area (km^2)	DFNT_FLOAT32	0.2146587
Max_snow_area (km^2)	DFNT_FLOAT32	443282.0
key:	DFNT_CHAR8	0=missing data. 1=no decision. 11=night, 25=no snow. 37=lake. 39=ocean. 50=cloud. 100=lake ice. 200=snow. 254=detector saturated. 255=fill

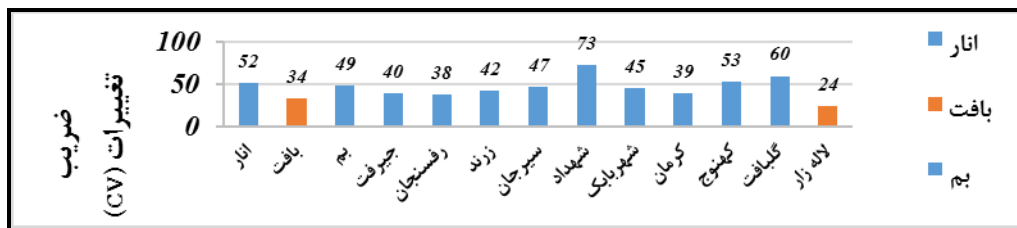
(Riggs&Hall, 2015)

برای تهیه تصاویر مودیس میانگین بارش و دمای منطقه مورد مطالعه را از سایت هواشناسی استان گرفته و ماه سرد سال، فوریه بر اساس جدول دما و بارش انتخاب شد. بدلیل اینکه این ماه از بیشترین میزان بارش و حداقل دما برخوردار است این بازه زمانی مناسب‌ترین برای دانلود تصاویر مودیس می‌باشد. برای بدست آوردن میانگین بارش و دما، ایستگاه‌های لاله زار و بافت انتخاب شد به ۴ دلیل:

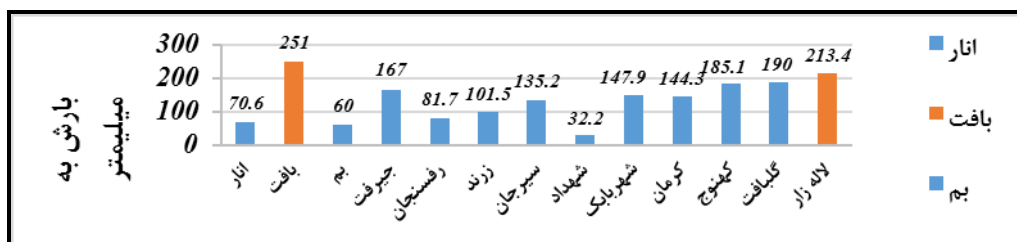
۱- هر دو در محدوده منطقه مورد مطالعه هستند. ۲- بالاترین ارتفاع را در میان ایستگاه‌ها دارند. ۳- بالاترین میزان بارش سالانه را دارند (بافت: ۲۵۱ میلی‌متر، لاله زار: ۲۱۳٫۵ میلی‌متر) - ۴- پایین‌ترین ضریب تغییرات (CV) سالانه بارش در استان را دارا هستند (بافت: ۳۴٪، لاله زار: ۲۴٪).

جدول ۳- جدول ضریب تغییرات و میانگین بارش بلند مدت استان کرمان

نام ایستگاه	سال‌های مورد مطالعه	تعداد سال	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (CV)	درصد	خطای استاندارد (SEM)
			بلندمدت بارش ()	بارش (SD)		تغییرات (CV%)	
انار	۱۹۸۶-۲۰۱۷	۳۲	۷۰/۶	۳۶/۶	۰/۵۲	۵۲	۶/۵
بافت	۱۹۸۹-۲۰۱۷	۲۹	۲۵۱	۸۵/۶	۰/۳۴	۳۴	۱۵/۶
بیم	۱۹۵۷-۲۰۱۷	۶۱	۶۰	۲۹/۶	۰/۴۹	۴۹	۳/۸
جیرفت	۲۰۰۸-۲۰۱۷	۱۰	۱۶۷	۶۶/۴	۰/۴	۴۰	۲۱
رفسنجان	۲۰۱۲-۲۰۱۷	۶	۸۱/۷	۳۱/۱	۰/۳۸	۳۸	۱۲/۷
زرند	۲۰۰۳-۲۰۱۷	۱۵	۱۰۱/۵	۴۲	۰/۴۲	۴۲	۱۰/۹
سیرجان	۱۹۸۵-۲۰۱۷	۳۳	۱۳۵/۲	۶۴/۳	۰/۴۷	۴۷	۱۱/۲
شهداد	۲۰۰۳-۲۰۱۷	۱۵	۳۲/۲	۲۳/۴	۰/۷۳	۷۳	۶
شهرابک	۱۹۸۷-۲۰۱۷	۳۱	۱۴۷/۹	۶۷/۱	۰/۴۵	۴۵	۱۲/۱
کرمان	۱۹۵۱-۲۰۱۷	۶۷	۱۴۴/۳	۵۶/۹	۰/۳۹	۳۹	۷
کهنوج	۱۹۹۰-۲۰۱۷	۲۸	۱۸۵/۱	۹۷/۵	۰/۵۳	۵۳	۱۸/۴
گلبافت	۱۹۹۰-۲۰۱۷	۴	۱۹۰	۱۱۳/۹	۰/۶	۶۰	۵۶/۹
لاله زار	۲۰۰۳-۲۰۱۷	۱۵	۲۱۳/۴	۵۰/۵	۰/۲۴	۲۴	۱۳



نمودار ۱- ضریب تغییرات سالانه بارش در منطقه مورد مطالعه (Source: Authors' Studies.1398)



نمودار ۲- میانگین سالانه بارش در منطقه مورد مطالعه (Source: Authors' Studies.1398)

رابطه بین مساحت کل برف و مساحت برف طبقات در بازه ۸ روزه ماه فوریه دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۲۰:

منطقه مورد مطالعه را به ۵ کلاس طبقه‌بندی میکنم: طبقه یک: ارتفاع ۱۰۰۰-، طبقه دو: ارتفاع ۲۰۰۰-۱۰۰۱، طبقه سوم: ارتفاع ۳۰۰۰-۲۰۰۱، طبقه چهارم: ارتفاع ۴۰۰۰-۳۰۰۱، طبقه پنجم: ارتفاع ۴۰۰۱-۵۰۰۰. طبقه سوم (۲۰۰۱-۳۰۰۰ متری) بالاترین میانگین مساحت برف (۳۲۹۳،۴ کیلومتر مربع) را در طول دوره مورد مطالعه داشته است. سپس طبقه چهارم (۳۰۰۱-۴۰۰۰ متری) در رده بعدی، بالاترین میانگین مساحت برف (۱۷۵۱،۶ کیلومتر مربع) را در طول دوره مورد مطالعه داشته است.

جدول ۴- آمار توصیفی

آمار توصیفی			
	Mean (Km ²)	Std. Deviation	تعداد
طبقه ۱۰۰۰-۰ H	۲/۹۹	۹/۲	۲۰
طبقه ۲۰۰۰-۱۰۰۱ H	۱۷۰/۸	۳۰۴	۲۰
طبقه ۳۰۰۰-۲۰۰۱ H	۳۲۹۳/۴	۲۴۷۵/۷	۲۰
طبقه ۴۰۰۰-۳۰۰۱ H	۱۷۵۱/۶	۳۳۸/۷	۲۰
طبقه ۵۰۰۰-۴۰۰۱ H	۲۳/۶	۰/۶۷۵	۲۰
جمع کل برف در ماه فوریه	۵۲۴۲/۳	۲۸۸۴/۹	۲۰

(Source: Authors' Studies.1398)

با انجام رگرسیون چند متغیره به روش استپ وایس^۱ این نتیجه حاصل شد که در بازه زمانی ۸ روزه ماه فوریه (از ۱۸ تا ۲۵ فوریه) بیشترین تغییرات مساحت برف که با روند مساحت برف در این چند سال ارتباط قوی و معناداری داشته و در حقیقت توجیه کننده تغییرات برف در این بازه زمانی است، به ترتیب مربوط به طبقه ارتفاعی (۳۰۰۰-۲۰۰۱) ۳ و سپس (۴۰۰۰-۳۰۰۱) ۴ بوده است. همانطور که جدول (Model Summary) نشان می‌دهد، طبقه ارتفاعی ۲۰۰۱-۳۰۰۰ به تنهایی توجیه کننده ۹۸،۹ درصد روند تغییرات برف در کل منطقه مورد مطالعه است. در وهله دوم اگر ارتفاع ۳۰۰۱-۴۰۰۰ هم اضافه شود، این دو طبقه ارتفاعی با هم توجیه کننده ۹۹،۲ درصد تغییرات روند برف در این بازه در طول ۲۰ سال گذشته است. این بدان معناست که در این بازه زمانی، بارش برف در سایر طبقات ارتفاعی تأثیر چندانی بر روند تغییرات برف نداشته است. انبار و ذخیره برف در این دو طبقه ارتفاعی قرار دارد و با توجه به شرایط شیب (شیب ملایم، دامنه های شمالی و حالت برف انباری این طبقه ارتفاعی)، باعث شده ماندگاری برف در این طبقات تا زمان زیادی بعد از بارش برف پایدار باشد.

¹ Stepwise

جدول ۵- Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
۱	.۹۹۵ [□]	.۹۹۰	.۹۸۹	۳۰۳.۵۷۶۹۵	.۹۹۰	۱۶۰۸.۵۶۴	۱	۱۷	.۰۰۰
۲	.۹۹۷ [□]	.۹۹۳	.۹۹۲	۲۵۰.۳۷۱۰۹	.۰۰۴	۸.۹۹۳	۱	۱۶	.۰۰۹
۳	۱.۰۰۰ [□]	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۹.۷۷۴۵۴	.۰۰۷	۱۰.۴۸ [□] ۴	۱	۱۵	.۰۰۰
۴	۱.۰۰۰ [□]	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	.۴۵۲۱۳	.۰۰۰	۶۹۹۶.۵۰۱	۱	۱۴	.۰۰۰
۵	۱.۰۰۰ [□]	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	.۰۰۰۷۸	.۰۰۰	۴.۷۰۹ [□] ۶	۱	۱۳	.۰۰۰
a. Predictors: (Constant), Class 2001-3000 H									
b. Predictors: (Constant), Class 2001-3000 H, Class 3001-4000 H									
c. Predictors: (Constant), Class 2001-3000 H, Class 3001-4000 H, Class 1001-2000 H									
d. Predictors: (Constant), Class 2001-3000 H, Class 3001-4000 H, Class 1001-2000 H, Class 0-1000 H									
e. Predictors: (Constant), Class 2001-3000 H, Class 3001-4000 H, Class 1001-2000 H, Class 0-1000 H, Class 4001-5000 H									

(Source: Authors' Studies.1398)

جدول همبستگی ضرایب همبستگی بین تغییرات مساحت کل برف در منطقه مورد مطالعه با تغییرات برف در هر طبقه نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، بیشترین رابطه همبستگی به ترتیب بین تغییرات مساحت کل برف با طبقات ۳، ۴ و سپس طبقه ۲ در سطح اطمینان ۹۹ درصد برقرار است.

جدول ۶- همبستگی

		SnowTotalFEB	CLASS 0-۱۰۰۰	CLASS ۱۰۰۱-۲۰۰۰	CLASS ۲۰۰۱-۳۰۰۰ □	CLASS ۳۰۰۱-۴۰۰۰	CLASS ۴۰۰۱-۵۰۰۰
SnowTotalFEB	Pearson Correlation	۱	-.۲۳۵	.۶۲۱**	.۹۹۵**	.۶۹۵**	.۳۳۵
	Sig. (2-tailed)		.۳۳۴	.۰۰۵	.۰۰۰	.۰۰۱	.۱۶۱
	N	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
Class 0-1۰۰۰ □	Pearson Correlation	-.۲۳۵	۱	-.۰۶۰	-.۲۴۹	-.۱۵۱	-.۰۴۳
	Sig. (2-tailed)	.۳۳۴		.۸۰۸	.۳۰۴	.۵۲۶	.۸۶۱
	N	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
Class 1001-2۰۰۰ H	Pearson Correlation	.۶۲۱**	-.۰۶۰	۱	.۵۷۷**	.۱۷۵	-.۰۷۶
	Sig. (2-tailed)	.۰۰۵	.۸۰۸		.۰۱۰	.۴۷۴	.۷۵۶
	N	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
Class 2001-3۰۰۰ H	Pearson Correlation	.۹۹۵**	-.۲۴۹	.۵۷۷**	۱	.۶۵۱**	.۲۷۹
	Sig. (2-tailed)	.۰۰۰	.۳۰۴	.۰۱۰		.۰۰۳	.۲۴۷
	N	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
Class 3001-4۰۰۰ H	Pearson Correlation	.۶۹۵**	-.۱۵۱	.۱۷۵	.۶۵۱**	۱	.۷۴۱**
	Sig. (2-tailed)	.۰۰۱	.۵۳۶	.۴۷۴	.۰۰۳		.۰۰۰
	N	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
Class 4001-5۰۰۰ H	Pearson Correlation	.۳۳۵	.۰۴۳	-.۰۷۶	.۲۷۹	.۷۴۱**	۱
	Sig. (2-tailed)	.۱۶۱	.۸۶۱	.۷۵۶	.۲۴۷	.۰۰۰	
	N	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰

** Correlation is significant at the 0.01 level (2 tailed)(source: Authors studies,1398)

با توجه به محاسبات انجام شده در نرم‌افزار GIS و بدست آوردن مساحت تمام طبقات برفی، بالاترین مساحت برف در ماه فوریه مربوط به سال ۲۰۱۵ (۱۲۶۸۷,۸۹) می‌باشد. و طبقه ارتفاعی ۲۰۰۱-۳۰۰۰ به تنهایی توجیه کننده ۹۸,۹ درصد روند تغییرات برف در کل منطقه

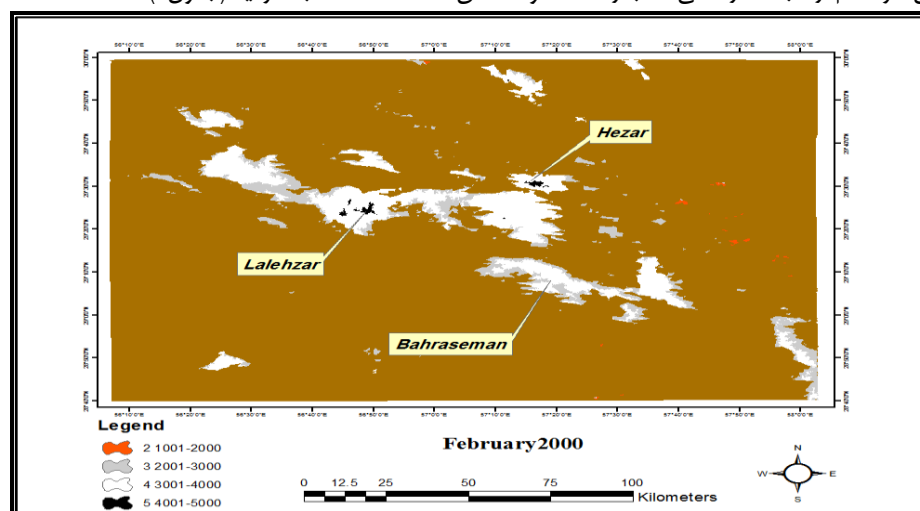
مورد مطالعه است. در وهله دوم اگر ارتفاع ۴۰۰۰-۳۰۰۱ هم اضافه شود، این دو طبقه ارتفاعی با هم توجیه کننده ۹۹٫۲ درصد تغییرات روند برف در این بازه در طول ۲۰ سال گذشته است.

جدول ۷- مساحت طبقات برفی در ذخیره‌گاه‌های برفی مناطق مرتفع حوضه آبخیز هلیل رود، ماه فوریه، سال ۲۰۱۹-۲۰۰۰

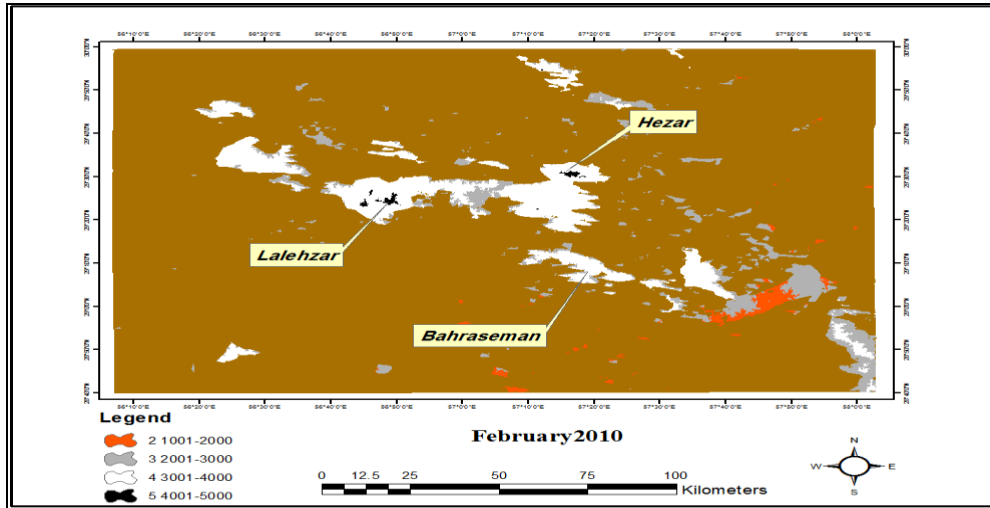
سال	مساحت طبقه فوریه ۱	مساحت طبقه فوریه ۲	مساحت طبقه فوریه ۳	مساحت طبقه فوریه ۴	مساحت طبقه فوریه ۵	مساحت کل طبقات فوریه
۲۰۰۰	۰	۱۹/۳۳	۸۶۰/۰۷	۱۶۵۴/۹۵	۲۳/۸۱	۲۵۵۸/۱۶
۲۰۰۱	۰	۲۱۸/۶۴	۱۸۱۱/۷۹	۱۸۵۱/۸۲	۲۳/۸۱	۳۹۰۶/۰۶
۲۰۰۲	۱/۱۱۷	۶۱/۶۶	۳۴۵۸/۶۱	۲۰۱۴/۶۴	۲۳/۸۱	۵۵۵۹/۸۴
۲۰۰۳	۴۰/۰۴	۸۷/۱۵	۹۰۷/۲۷	۱۵۹۹/۷۵	۲۳/۸۱	۲۶۵۸/۰۲
۲۰۰۴	۰	۰/۵۱	۳۷۸/۹۳	۱۳۷۵/۵۳	۲۳/۴۸	۱۷۷۸/۴۵
۲۰۰۵	۱/۸۹	۹۰/۷۴	۵۵۵۸/۶۲	۱۹۹۹/۰۶	۲۳/۸۱	۷۶۷۴/۱۲
۲۰۰۶	۰	۲۸/۹۹	۵۰۹۴/۸۱	۱۹۵۴/۲	۲۳/۸۱	۷۱۰۱/۸۱
۲۰۰۷	۰	۷۱/۱۲	۳۶۹۵/۹۹	۱۹۸۳/۵۱	۲۳/۷۳	۵۷۷۴/۳۵
۲۰۰۸	۰	۳۲/۶۶	۱۲۲۶/۴۱	۱۷۲۳/۰۵	۲۳/۶۹	۳۰۰۵/۸۱
۲۰۰۹	۷/۶۵	۱۹۵/۸۷	۱۳۶۴/۰۴	۱۲۹۸/۸۲	۲۳/۵۳	۲۸۸۰/۹۱
۲۰۱۰	۰	۱۸۵/۰۴	۱۰۳۰/۰۵	۱۵۷۹/۹۷	۲۳/۷۵	۲۸۱۸/۸۱
۲۰۱۱	۰	۸۵/۱۶	۷۳۳۹/۰۶	۲۰۲۵/۸	۲۳/۸۱	۹۴۷۳/۸۳
۲۰۱۲	۵/۴	۲۵۵/۷۱	۴۱۲۹/۳۱	۱۸۵۲/۷۶	۲۲/۵۱	۶۲۶۵/۶۹
۲۰۱۳	۰/۲	۱۳۸/۹۵	۳۸۷۰/۲۳	۱۹۲۵/۳۹	۲۳/۸۱	۵۹۵۸/۵۸
۲۰۱۴	۰	۶۳/۳۶	۴۸۸۳/۴	۱۹۹۱/۹۷	۲۳/۸۱	۶۹۶۲/۵۴
۲۰۱۵	۰	۱۳۹۱/۲۵	۹۳۰۰/۴۳	۱۹۷۲/۴	۲۳/۸۱	۱۲۶۷۸/۸۹
۲۰۱۶	۰	۱۱۰/۶۳	۴۶۸۷/۱۳	۱۸۳۱/۱۴	۲۳/۸۱	۶۶۵۲/۷۱
۲۰۱۷	۰/۲۹	۱۵۴/۰۹	۳۴۵۷/۲۹	۱۹۶۸/۷	۲۳/۸۱	۴۶۰۴/۱۸
۲۰۱۸	۰/۲۷	۵۴/۹۳	۵۲۱/۲۵	۶۸۵/۲۶	۲۱/۰۶	۱۲۸۲/۷۷
۲۰۱۹	۰	۵۰/۱۴	۱۶۴/۵۳	۶۱۳/۵۹	۲۳/۴۷	۸۵۱/۷۳

(Source: Authors, 1398)

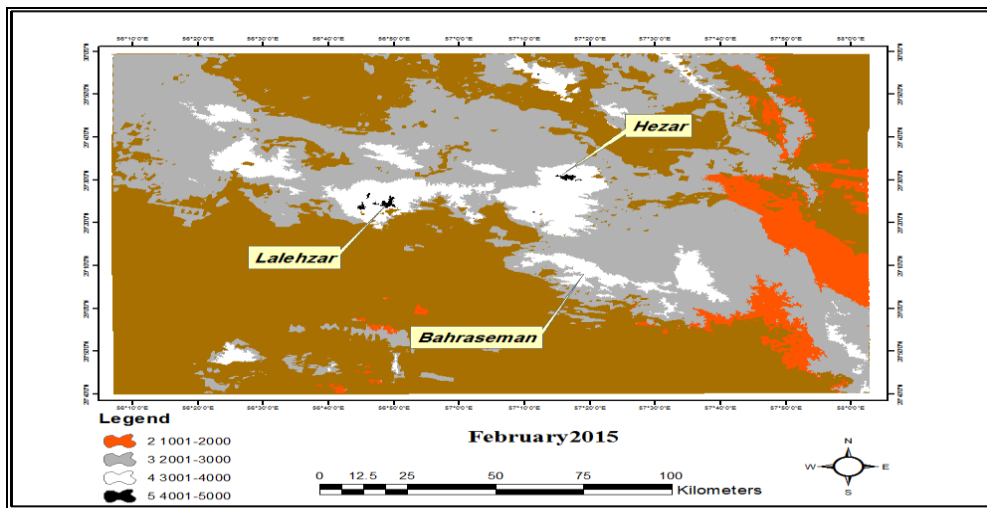
نقشه‌های پوشش برف ماه فوریه در نرم‌افزار GIS به ۵ طبقه ارتفاعی تقسیم‌بندی شد. طبقه اول ارتفاع ۰-۱۰۰۰، طبقه دوم ارتفاع ۱۰۰۱-۲۰۰۰، طبقه سوم ارتفاع ۲۰۰۱-۳۰۰۰، طبقه چهارم ارتفاع ۳۰۰۱-۴۰۰۰ و طبقه پنجم ارتفاع ۴۰۰۱-۵۰۰۰ (شکل ۳ تا ۷) سپس مساحت پوشش برفی هر کدام از طبقات ارتفاعی که با رنگ متفاوت نشان داده شده، محاسبه گردید (جدول ۷).



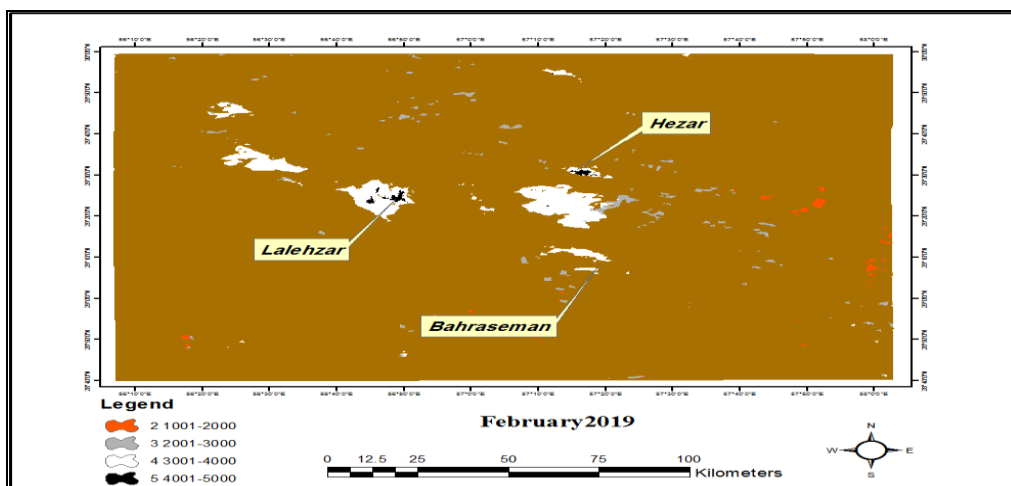
شکل ۱: طبقه‌بندی مساحت برف در ذخیره‌گاه‌های برفی مناطق مرتفع حوضه آبخیز هلیل رود، فوریه ۲۰۰۰ (Source: Authors, 1398)



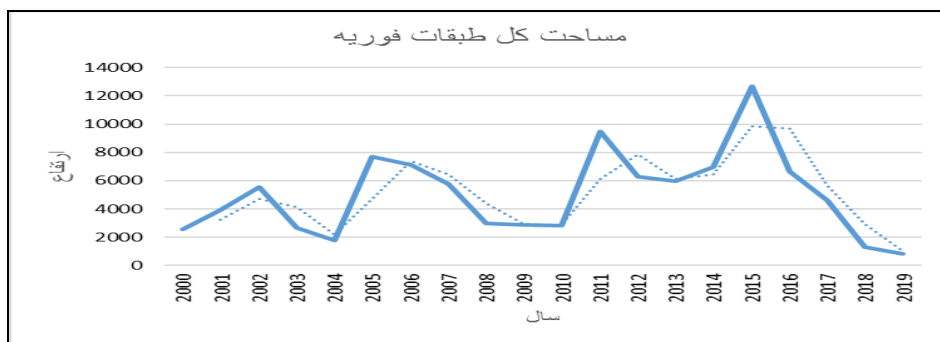
شکل ۲- طبقه‌بندی مساحت برف در ذخیره‌گاه‌های برفی مناطق مرتفع حوضه آبخیز هلیل رود، فوریه ۲۰۱۰ (Source: Authors, 1398)



شکل ۳- طبقه‌بندی مساحت برف در ذخیره‌گاه‌های برفی مناطق مرتفع حوضه آبخیز هلیل رود، فوریه ۲۰۱۵ (Source: Authors, 1398)



شکل ۴- طبقه‌بندی مساحت برف در ذخیره‌گاه‌های برفی مناطق مرتفع حوضه آبخیز هلیل رود، فوریه ۲۰۱۹ (Source: Authors, 1398)



شکل ۵- وضعیت تغییرات برف در ماه فوریه (Source: Authors, 1398).

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها:

نوسانات منابع آب در اثر تغییر اقلیم مسأله جدی زیست محیطی دهه‌های اخیر به ویژه در نواحی نیمه‌خشک جهان است. در این مناطق آب قابل دسترس عمدتاً از مناطق کوهستانی که دارای بارش بیشتری هستند، تأمین می‌شود و از آنجا که ریزش‌های جامد به صورت جریان‌های تأخیری در فصول پرآبی و جریان‌های کمینه در فصول کم‌آبی نقش ارزنده‌ای در تأمین آب ایفا می‌کنند، آگاهی از ذخیره پوشش برفی و شناخت تغییرات مکانی و زمانی آن بسیار مهم است. از این رو، در مطالعه حاضر به کمک روش‌های ماهواره‌ای و آماری به مطالعه وضعیت پوشش برف منطقه سراب هلیل‌رود (کوه‌های هزار، لاله‌زار و بحرآسمان) و روند تغییرات آن پرداخته شد. نتایج حاصل از ارزیابی دقت تصاویر ماهواره‌ای نشان داد محصول روزانه برف سنجنده مودیس MOD10A2 توانایی مناسبی در برآورد مساحت پوشش برفی منطقه مطالعاتی دارد. در این تحقیق سعی شده، نقشه‌های پوشش برف که در نرم‌افزار ENVI تهیه شده وارد محیط نرم‌افزار ArcGIS شد و پوشش برف، منطقه مورد مطالعه مشخص گردید. نقشه‌های پوشش برف ماه فوریه، در نرم‌افزار ArcGIS به ۵ طبقه ارتفاعی تقسیم‌بندی شدند: طبقه اول شامل ارتفاع ۰-۱۰۰۰، طبقه دوم شامل ارتفاع ۱۰۰۱-۲۰۰۰، طبقه سوم شامل ارتفاع ۲۰۰۱-۳۰۰۰، طبقه چهارم شامل ارتفاع ۳۰۰۱-۴۰۰۰ و طبقه پنجم شامل ارتفاع ۴۰۰۱-۵۰۰۰ متری هستند. سپس مساحت پوشش برفی هر کدام از طبقات ارتفاعی که با رنگ متفاوت نشان داده شده، محاسبه گردید. نتایج حاصل از بررسی در این پژوهش شامل مقادیر سطوح پوشش برف در ماه فوریه، بشرح جدول ۷ است. بر اساس نتایج همبستگی پیرسون، طبقه سوم (۲۰۰۱-۳۰۰۰ متری) بالاترین میانگین مساحت برف (۳۲۹۳,۴ کیلومتر مربع) را در طول دوره مورد مطالعه داشته است. سپس طبقه چهارم (۳۰۰۱-۴۰۰۰ متری) در رده بعدی، بالاترین میانگین مساحت برف (۱۷۵۱,۶ کیلومتر مربع) را در طول دوره مورد مطالعه داشته است. با انجام رگرسیون چند متغیره به روش استپ وایس این نتیجه حاصل شد که در بازه زمانی ۸ روزه ماه فوریه (از ۱۸ تا ۲۵ فوریه) بیشترین تغییرات مساحت برف که با روند مساحت برف در این چند سال ارتباط قوی و معناداری داشته و در حقیقت توجیه‌کننده تغییرات برف در این بازه زمانی است، به ترتیب مربوط به طبقه ارتفاعی ۳ و سپس ۴ بوده است. و همانطور که جدول آمار توصیفی مشاهده شد، طبقه ارتفاعی ۳۰۰۱-۲۰۰۱ به تنهایی توجیه‌کننده ۹۸,۹ درصد روند تغییرات برف در کل منطقه مورد مطالعه است. در وهله دوم اگر ارتفاع ۳۰۰۱-۴۰۰۰ هم اضافه شود، این دو طبقه ارتفاعی با هم توجیه‌کننده ۹۹,۲ درصد تغییرات روند برف در این بازه در طول ۲۰ سال گذشته است. این بدان معناست که در این بازه زمانی، بارش برف در سایر طبقات ارتفاعی تأثیر چندانی بر روند تغییرات برف نداشته است. و ذخیره‌گاه‌های برف در طبقه سوم و در وهله بعد طبقه چهارم می‌باشد. در پایان مشخص گردید که بیشترین مساحت برف در ماه فوریه (۱۲۶۸۷,۸۹ کیلومتر مربع) مربوط به سال ۲۰۱۵ است. شکل ۵ اگرچه وضعیت پوشش کلی برف در ماه فوریه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ روند افزایشی را نشان داد اما از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹ این روند سیر نزولی پیدا کرده است. لذا سرجمع باعث خنثی شدن روند در کل دوره شده است.

- با توجه به نتایج پژوهش، می‌توان ذخایر برفی حوضه آبخیز هلیل‌رود در ماه فوریه را با تقریب خوبی پیش‌بینی نمود و سپس برنامه‌ریزی‌های لازم را جهت کنترل و استفاده بهینه از این منابع ارزشمند آب شیرین انجام داد.
- محاسبه مساحت پوشیده از برف ارتفاعات می‌تواند در مدیریت خشک‌سالی و پیش‌بینی روناب سودمند باشد.
- عدم تشخیص به موقع حجم و میزان برف، می‌تواند منجر به وقوع فجایع طبیعی مانند بهمن و سیل شود. در نتیجه سنجنده‌های مانند مودیس به علت همزمانی برداشت با داده‌های استر و قدرت تفکیک زمانی بالا، دسترسی آسان، قابلیت تصویربرداری چندطیفی؛ همچنین قدرت تفکیک مکانی متوسط، این امکان را دارد که عدم قطعیت ناشی از شیب‌های زیاد، توپوگرافی و سایه را در تصاویر آن بهبود بخشید.

References:

1. Adeli, A., (2005), *Climatology of Snowfall in Northwest of Iran*, MSc Thesis, GIS Center and Remote Sensing, Tabriz University.
2. Alizadeh, Katayoun (2001). *The effects of tourism on the environment in the cities of Torqaba and Shandiz*, Healthy City Conference - Environment, Neyshabour Islamic Azad University.
3. Aggarwal, S.P., Thakur, P.K., Nikam, B.R., Garg, V. (2014). *Integrated approach for snowmelt run-off estimation using temperature index model, remote sensing and GIS*. *Current Science*, 106(3), 397-407.
4. Appel, I., & Salomonson, V. V. (2004). *Estimating fractional snow cover from MODIS using the normalized difference snow index*. *Remote sensing of environment*, 89(3), 351-360
5. Azizi, Ghasem ; Rahimi, Mojtaba ; Mohammadi, Hossein; Khosh-e Akhlaq, Faramarz, (2017) *Spatio-temporal variations of snow cover in the southern slope of central Alborz*, *Physical Geograph Research Quarterly*, Volume 49, Number 3, Autumn 1396, Pp. 381-393.
6. *Bardsir Watershed Management and Natural Resources Department* (2011).
7. Bloesch, G., Parajka, J., (2008), "The value of MODIS snow covers data in validating and calibrating conceptual hydrologic models", *Journal of Hydrology*, 240– 258.
8. Bales, RC and Cline, D.(2003).*Snow Hydrology and Resources (Western United Sate)*
9. Burkard, M. B., Whiteley, H. R., Schroeter, H. O., & Donald, J. R. (1991, June). *Snow depth/area relationships for various landscape units in southwestern Ontario*. In *Proceedings of the Annual Eastern Snow Conference* (pp. 5-7).
10. Changchun, X., Yaning, Ch., Weihong, L.and Hongtao, Ch. Y.Ge . 2007. *Potential impact of climate change on snow cover area in the Tarim River basin*. *Journal of Environmental Geology*, Vol. 53 , No. 7, p1465-1474.
11. Dozier, J.; Painter T.H. (2004), *Multispectral and hyperspectral remote sensing of alpine snow properties*. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 32, 465–494.
12. Fathzadeh, A. Gharai Manesh, Samaneh (2013). *Application of artificial intelligence in simulation of spatial distribution of snow density in semi-arid regions: A case study of upstream regions of Yazd-Ardakan plain*, *Journal of Geographical Research on Desert Areas*, No. 2, pp. 16-1.
13. Fathzadeh, Ali; Zare Bidaki, Rafat (2012). *Estimating the Distribution of Snow Equivalent Water at the Peak of Snow Accumulation Using the Degree-Day Model of Shemshak Basin*, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, No. 3, pp. 177-171.
14. Hall, D.K.; Riggs, G.; Salomonson, V.V.; Di Girolamo, N.E.; Bayr, K.J. (2002), *MODIS snow-cover products*. *Remote Sens. Environ.* 83, 181-194.
15. -Hall, D.K.; Riggs G.A.; Salomonson, V.V. (1995), *Development of methods for mapping global snow cover using moderate resolution imaging spectroradiometer data*. *Remote Sens. Environ.* 54, 127–140.
16. Hall, D.K.; Riggs, G.A. (2007), *Accuracy assessment of the MODIS snow-cover products*. *Hydrol. Process.* 21, 1534–1547.
17. Hall, D.K.; Foster, J.L.; Verbyla, D.L.; Klein, A.G.; Benson, C.S. (1998), *Assessment of snow-cover mapping accuracy in a variety of vegetation-cover densities in central Alaska*. *Remote Sens. Environ.* 66, 129–137.
18. Hoinkes, H. (1967). "Glaciology in the International Hydrological Decade". *IAHS Commission on Snow and Ice: Reports and Discussions.* 79:7–16.
19. Johansson, E., Majka, J., Burgers, P.M (2001). *Structure of DNA polymerase delta from Saccharomyces cerevisiae*, *Journal Article Research Support, Non-U.S. Gov't, Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.*
20. Khosravi, Mahmoud ; Tawassi, Taghi; Raispoor, Kouhzad; Omid Ghaleh Mohammadi, Mahboubeh, (2017), *Survey of Snow Cover Levels in Yellow Mountains of Bakhtiari Using Remote Sensing*, *Journal of Hydrology*, Issue 12, Fall 1396, pp. 25-44.
21. Kiani Ghaleh Sard, S. Shahraki, J. Akbari, A. Sardar Shahraki, A. (2018), *Planning and Studying the Effects of Climate Change On Iran's Agricultural Development; Application*

- Techniques Positive Mathematical Programming (PMP)*, *Journal of Regional Planning*, Year 9, No. 34, p. 3.
22. Klein, A.G.; Barnett, A. (2003), *Validation of daily MODIS snow maps of the Upper Rio Grande River Basin for the 2000–2001 snow year*. *Remote Sens. Environ.* 86,162–176.
 23. Klein, A.G.; Hall, D.K.; Riggs, G.A. (1998), *Improving snow-cover mapping in forests through the use of a canopy reflectance model*. *Hydrol. Process.* 12, 1723–1744.
 24. Lopez, P., Sirguey, P., Arnaud, Y., Pouyaud, B., Chevallier, P (2008). *Snow cover monitoring in the Northern Patagonia Icefield using MODIS satellite images (2000–2006)*, *Glibal and Planetary Change*, Vol61.
 25. Maroufi, Safar; Tabari, Hossein; Zare Abianeh, Hamid; Sharifi, Mohammad Reza; Akhundali, Ali Mohammad (2009). *Snow equivalent water zoning in one of the Karun mountainous basins using GIS (Case study: Submarine Basin)*, *Journal of Irrigation and Water Engineering*, No. 2, pp. 43-31.
 26. Metcalfea, R.A., Buttle, J.M (1999). *Semi-distributed water balance dynamics in a small boreal forest basin*, *Journal of Hydrology*, No226, pp 66–87.
 27. Najafzadeh, Reza-Abrishami, Ebrahim-Tajrishi, Masoud; Taheri Shahri Aeini, Hamid (2004), *Stream Flow with Snowmelt Runoff Modeling Using RS and GIS (Case Study : Pelasjan sub Basin)*, *Journal of Water and Wastewater Volume 15, Number 4; December and December 2004*, PP 1-84.
 28. Nolin, A., Liang, S (2000). *Progress in bidirectional reflectance modeling and application for surface particulate media: snow and soil*, *Remote Sensing Review*, No14, pp307-342.
 29. Rasouli, Ali Akbar-Adhami, Salam (2007). *Estimation of Snow Water Equivalent by Processing of MODIS Satellite Imageries*, *Geography and Development iranian journal*, Volume 5, Number 10, pp. 23-36.
 30. *Rangeland Plan*, Kerman Department of Natural Resources, (2012).
 31. Rango, A. and Shalaby, A.I. (1998). "Operational Applications of Remote Sensing in Hydrology: Success, Prospects and Problems *Hydrological Sciences Journal* "(*Journal Des Sciences Hydrologiques*)43(6):947-965.
 32. Rango, A. (1993). "Snow Hydrology Processes and Remote-Sensing". *Hydrological Processes*, 7(2):121-138.
 33. Riggs, G.A., Hall, D.K (2015). *MODIS snow products collection 6user guide*, pp 9
 34. Samantha, K.M (2004). *Hydrological modeling using MODIS data for snow covered area in the Northern Boreal Forest of Manitoba*. University of Calgary.
 35. Strabala, K (2003). *MODIS Cloud Mask User's Guide*, Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies Website. Last Viewed December 15, 96p.
 36. Tabari, Hossein Maroufi, Safar; Zare Abianeh, Hamid; Amiri Chayjan, Reza; Sharifi, Mohammad Reza; Akhondali, Ali Mohammad (2009). *Comparison of Non-Linear Regression and Computational Intelligence Methods in Estimating Spatial Distribution of Snow Water Equivalent in Karoon Upstream*, *JWSS - Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*, Volume 13, N 50, pp. 40-29.
 37. tamab. 1375. *Bulletin of the State of Water of the State*, Eighth Year, No. 12, p. 890.
 38. Thirrel, G.; Notarnicola, C.; Kalas, M.; Zebisch, M.; Schellenberger, T.; Tetzlaff, A.; Duguay, M.; Mölg, N.; Burek, P.; de Roo, (2012), *A Assessing the quality of a real-time snow cover area product for hydrological applications*. *Remote Sens. Environ.* 127, 271–287.
 39. Wang, X.; Xie, H.; Liang, T. (2008), *Evaluation of MODIS snow cover and cloud mask and its application in Northern Xinjiang, China*. *Remote Sens. Environ.* 112, 1497-1513.
 40. Zhang, Y., Yann, S., Lu, Y (2010). *Snow cover monitoring using MODIS data in Liaoning province, northeastern china*. *Remote Sensing*, No2, pp777-793.



Research Paper

Analysis of changes in snow reservoirs for planning and management of dehydration (Case Study: Sarab Halilroud Area in Kerman Province)

Mahla Shojaei Anari¹: MSc student of Environmental Hazards, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Mostafa Khabazi: Assistant Professor of Geomorphology, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Sadegh Karimi: Assistant Professor of Climatology, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: 2019/4/30 pp:181- 184 Accepted: 2019/8/21

Abstract

Today, in the wake of the global water crisis, all countries seek to identify, control, and utilize freshwater resources. Due to the fact that Iran is located in the desert belt of the earth and the reduction of precipitation has caused water scarcity in Iran and Kerman province, therefore identifying water resources and investigating changes in snow cover is necessary. Due to the harsh physical conditions of mountainous environments, it is not possible to permanently measure the terrain to estimate snow sources and to form a database. Therefore, using satellite imagery is very important for identifying snowy surveys and assessing its changes. In this study, we attempted to study the changes in snow cover reservoirs in Halilroud watershed using MOD10A2 satellite imagery. For this purpose, Normalized Difference Snow Index was used. This index has a value greater than 0.4, meaning a pixel with a NDSI greater than 0.4 is referred to as snow and ice. The snow cover specified in the satellite images in ENVI5.1 software was entered into GIS and was classified into 5 classes from 0 to 5000 and the survey of each class was calculated. Then they entered into SPSS and analyzed. Stepwise multivariate regression showed that during the 8-day interval of February (from 18 to 25 February), the most changes of snow survey had a significant and significant relationship with the snow survey trend in these years. In fact, the explanations for the snow changes in this time interval were related to height 3 (2001-3001) and then 4 (3001-4000), respectively. The 2001–3001 height alone accounts for 98.9% of the snowfall trend in the entire study area. Secondly, if the height of 4000-3001 is added, the two class,s justify 99.2 percent of the snowfall change over the past 20 years.

Key words: Watershed, MOD10A2, NDSI, Snow Cover, Iran.

Extended Abstract

Introduction:

According to studies, about 60 percent of surface water and 57 percent of groundwater in the country are located in snowy regions and feed on snow melt water (Najafi et al, 2004: 2). Most of the rainfall in the mountainous areas is snow-covered and inaccessible to the mountainous areas, so it is impossible to study them with high-cost, over-the-top terrain methods, and so on, The use of satellite remote sensing technology would be very useful in these studies. The water resources in the mountainous areas are affected by the amount of snowfall and are often fed by snowmelt waters. And the status of the water balance and the discharge regime of the water resources in such areas depend on the extent and speed of snow melting or its persistence on land and their nutritional basin levels. Today, in the wake of the global water crisis, all countries seek to identify and control freshwater

¹ - Corresponding Author's, Email: mahlashojee71@uk.ac.ir, Tel: +989136110872

resources and their optimal use. As one of the most important Islamic countries in the Middle East, Iran is in dire need of full growth and development. Given that the country lies in the desert belt of the earth, the identification of these very important water resources equals about one-third of the water required for agricultural and irrigation activities around the globe (Najafzade et al, 2004). : 3). In our country, these highlands can also be considered as a rich source of fresh water. Therefore, today in the process of efficient water resources management, the use of remote sensing data with the objective of obtaining accurate information from snow cover is operationalized. Given that recent droughts and shortages of rainfall have caused severe water shortages in Kerman province, changes in snow cover and the prevailing climate conditions are necessary and urgent for the public and authorities to reduce water resources. Be warned and find ways to prevent this crisis. Hezar, Laleh Zar and Bahr-e Asman Mountains (in the central areas of Kerman province) are suitable for detecting changes in snow cover due to their location and elevation in the face of various climate systems. Therefore, in this study, the changes of snow cover during the winter of the study years are studied in three mentioned peaks. Therefore, the following question and hypothesis is raised:

Hypothesis: The percentage of snow cover seems to have decreased over the past 20 years.

Q: Has the percentage of snow cover at different altitudes changed over time?

Methodology:

Normalized snow cover differential index greater than 0.4 means that pixels with NDSI greater than 0.4 are introduced as snow and ice and obtained using the 5-2 relationship (Hall et al, 1995: 120).

$$(1) NDSI = (MODIS4 - MODIS6) / (MODIS4 + MODIS6)$$

Snow and ice are generally determined by having NDSI values larger than other levels. A pixel in a low forest area is called snow or ice when it is $0.4 \geq NDSI$. While snow and ice cover in forested areas may have NDSI values below 0.4, the combination of NDSI and NDVI (Normalized Vegetation Index) can help to separate snow and ice cover from non-snow and ice in forest areas (Zhang : 2003: 52). The accuracy of the NDSI method is estimated to be 91-95%, which is less accurate in forest areas and in Tundra areas (Hall et al, 1998: 31).

Results and discussion:

The specified snow cover satellite images were entered into GIS environment in ENVI5.1 software and were classified into 5 classes from 0 to 5000 and the area of each class was calculated. Then they entered into SPSS environment and analyzed. Stepwise Weiss multivariate regression showed that during the 8-day interval of February (from 18 to 25 February) the most changes of snow area had a significant and significant relationship with the snow area trend in these years and in fact justified. The changes in snow during this time interval were related to altitudes of 3 (2001–1000) and then 4 (4000–3001), respectively. The 2001–2003 altitude alone accounts for 98.9% of the snowfall trend in the entire study area. Secondly, if the altitude of 3,000-4,000 is added, the two altitudes justify 99.2 percent of the variation in snowfall over the past 19 years.

Conclusion:

The results of the satellite imagery showed that the MOD10A2 Moderator daily snow product is capable of estimating the snow cover area of the study area. In this research, the snow cover maps prepared in ENVI software were entered into ArcGIS software and the snow cover was identified as the study area. The February snow cover maps were classified into five elevation classes in ArcGIS software: the first floor contains 0-1000 height, the second floor contains 2001-1000 height, the third floor contains 2001-2003 height, fourth floor Includes altitude 3,000-4,000 meters and fifth floor contains altitude 4,000-5001 meters. Then, the snow cover area of each of the elevated floors marked with different colors was calculated. The results of this study include the values of snow cover levels in February as outlined in Table 7. According to the Pearson correlation results, the third floor (2001-2003 m) had the highest average snow area (3293.4 sq km) during the study period. Then the fourth floor (4000-1001 m) in the next row had the highest average snow area (1751.6 sq km) during the study period. Stepwise Weiss multivariate regression showed that during the 8-day interval of February (from 18 to 25 February) the most changes of snow area had a significant and significant relationship with the snow area trend in these few years and in fact justified. Snow

variations in this time interval were related to altitude 3 and then 4, respectively. And as the descriptive statistics table observed, the 2001-2003 altitude alone accounted for 98.9% of the snowfall trend in the entire study area. Secondly, if the altitude of 3,000-4,000 is added, the two altitudes justify 99.2 percent of the variation in snowfall over the past 20 years. This means that during this time, snowfall in other elevations has not had much impact on the process of snow changes. In the end, it was determined that the highest snowfall in February (12687.89 sq km) was in 2015. Figure 5 Although the overall snow cover situation in February from 2000 to 2015 showed an upward trend, from 2016 to 2019 this trend declined. Therefore, the crowd has thwarted the whole process.

