

بررسی تغییرات پوشش برف منطقه کوه‌رنگ استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره لندست

احمد رضا قاسمی^{۱*}

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۷/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

DOI: 10.22103/nrswe.2023.20344.1015

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تغییرات پوشش برف شمال غرب استان چهارمحال و بختیاری (منطقه کوه‌رنگ) در دهه دوم قرن ۲۱ (سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰) و مقایسه آن با متوسط پوشش برف در دهه پایانی قرن بیستم انجام گرفت. برای این منظور تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸ در گذر ماه فوریه سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ و چهار گذر در سال‌های ۱۹۹۱، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۰ (جهت محاسبه میانگین پوشش برف دهه پایانی قرن ۲۰)، مورد بررسی قرار گرفتند. در این راستا میزان پوشش برف منطقه در سال‌های مورد بررسی با استفاده از شاخص اصلاح شده تفاضلی نرمال شده پوشش برف (NDSI) محاسبه و مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از این شاخص نشان داد که کمترین میزان سطح پوشش برفی مربوط به سال ۲۰۱۸ و به میزان $1363/8$ کیلومتر مربع و بیشترین میزان معادل $4263/7$ کیلومتر مربع و مربوط به سال ۲۰۱۴ می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که میزان پوشش برف در سال‌های مورد بررسی در دهه دوم قرن ۲۱ به میزان ۱۴ درصد (در سال ۲۰۱۴) تا $72/5$ درصد (در سال ۲۰۱۸) نسبت به میانگین پوشش برف دهه پایانی قرن بیستم کاهش یافته است. نتایج بررسی روند تغییرات ارتفاع برف بوسیله روش من‌کنندال در ایستگاه همدیدی کوه‌رنگ نیز نشان‌دهنده کاهش چشمگیر و معنی‌دار ارتفاع برف به میزان ۷۸ میلی‌متر در سال در ماه ژانویه و ۱۵۱ میلی‌متر در سال در ماه فوریه است.

واژگان کلیدی: پوشش برف، چهارمحال و بختیاری، شاخص اصلاح شده NDVI، لندست.

^{۱*} - نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. ایمیل: ghasemiar@yahoo.com

مقدمه

در مطالعه‌ای (Dini et al, 2008)، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای MODIS و AVHRR به بررسی پوشش‌های برفی در البرز مرکزی پرداختند و دمای ۲/۹ درجه سانتی‌گراد را به عنوان آستانه ریزش برف و ارتفاع صفر را به عنوان خط ماندگاری برف محاسبه کردند.

در پژوهشی (Husler et al, 2012) الگوریتمی برای استخراج برف از داده‌های سنجنده AVHRR ارائه نمودند. آنها از آن الگوریتم برای استخراج مناطق برفی منطقه آلپ استفاده نمودند و بیان کردند که الگوریتم طراحی شده از دقت بالایی برخوردار است. در مطالعه‌ای (Poggio and Gimona, 2015) تغییرات زمانی- مکانی سطوح برفی را در کشور اسکاتلند برای دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ و با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس بررسی کرده و از شاخص NDSI برای آشکارسازی سطوح برفی استفاده نمودند.

در تحقیقی تغییرات سطح برف حوضه سد شاه چراغی در شمال استان سمنان به کمک تصاویر NOAA-AVHRR مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که سطح پوشش برف محاسبه شده از تصویر سنجنده AVHRR-3 در حدود ۴ درصد بیشتر از سطح برف محاسبه شده از تصویر سنجنده AVHRR-2 است. همچنین نتیجه بررسی روند تغییرات سطح برف از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۷ میلادی نشان داد که سری زمانی سطح برف روندی ندارد (Mohammad Ibrahim et al, 2013).

در مطالعه‌ای که توسط (Fassnacht et al, 2016) در نواحی شمالی ایالات متحده انجام شد، بیان گردید که در این منطقه به دلیل وجود ذخایر برف فصلیافزایش دما می‌تواند سبب کاهش ریزش برف و تغییر در زمان ذوب برف گردد. در تحقیقی (Haqizadeh and Arshiya, 2017) از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در محدوده‌ی زمانی بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ و ماه‌های مارس، دسامبر، ژانویه، آوریل و فوریه برای بررسی پوشش برفی استان چهارمحال بختیاری استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که به طور کلی کمترین مساحت برف در سال‌های مورد مطالعه مربوط به ماه آوریل و بیشترین مساحت برف مربوط به ماه فوریه می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان دهنده کاهش سطح برف در طی دوره مورد بررسی بود. آنها همچنین عنوان کردند که می‌توان این کاهش را ناشی از تغییرات اقلیمی جهانی و گرم شدن کره زمین دانست.

گستره‌های یخ و برف موجود در قطب‌ها و مناطق کوهستانی کره زمین بخش مهم و کلیدی از سیستم آب و هوایی زیست‌کره را تشکیل می‌دهند. گسترش یا کاهش این سطوح بعلاوه بالا بودن میزان آلبیدوی آنها، بصورت معنی‌داری بر بیلان انرژی کره زمین تاثیر گذار است. بنابراین مطالعه تغییرات این پوشش‌ها می‌تواند جهت برنامه‌ریزی منابع آب کارساز باشد. کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در عرض‌های میانی کره زمین (۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی) به جز در بخش‌هایی از رشته کوه‌های البرز و زاگرس و برخی مناطق کوهستانی پراکنده بارش برف قابل توجهی ندارد. این مناطق نقش کلیدی در تامین آب رودخانه‌های بزرگ و حیاتی کشور دارند، به همین دلیل بخش قابل ملاحظه‌ای از رودخانه‌های کشور از این مناطق سرچشمه می‌گیرند (Zarabi et al, 2006; Azizi et al, 2016). با توجه به تغییرات اقلیمی ایجاد شده و افزایش دمای هوا، نگرانی‌ها در ارتباط با کاهش ذخایر یخ و برف در کشور افزایش یافته است. مطالعات متعدد در جهان نشان داده است که در بیشتر نقاط دنیا تغییرات اقلیمی باعث افزایش دما و کاهش بارش شده است (Ghasemi 2015; Bhuyan et al, 2018; Alemu and Dioha, 2020). همچنین در اثر تغییر اقلیم مقدار بارش برف کاهش یافته و طول دوره ریزش برف نیز زودتر به پایان می‌رسد (Ghorbanzadeh et al, 2018).

از نگاه اقلیم شناسان که تغییرات اقلیمی و عناصر آب و هوایی را بررسی می‌کنند، پایش میزان پوشش برفی یک امر ضروری جهت بررسی تغییرات اقلیمی است. زیرا خصوصیات فیزیکی برف مانند ماندگاری و آلبیدو بالا بر تغییرات روزانه و حتی بلندمدت اقلیمی تاثیرگذار است. مطالعه و اندازه‌گیری تغییرات سطوح برف به عنوان یکی از منابع مهم تامین آب شیرین در کره زمین، بسیار مهم است. با توجه به شرایط محیط‌های کوهستانی امکان اندازه‌گیری دائم زمینی جهت تخمین منابع برفایی و تشکیل پایگاه داده‌ها وجود ندارد، لذا استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی مناطق برف‌گیر و ارزیابی تغییرات آن بسیار مهم می‌باشد (Haqizadeh and Arshiya, 2017).

در ارتباط با بررسی تغییرات میزان پوشش برف پژوهش‌های فراوانی انجام شده است که در ادامه به برخی از موارد جدیدتر اشاره می‌شود.

از تصاویر سنجنده ETM⁺ و OLI استفاده شده است. پژوهشگران در این پژوهش شاخص NDSINW را برای شناسایی برف و یخ پیشنهاد دادند که با ضریب کلی ۹۷ درصد، توانایی این شاخص را تایید کردند. در پژوهشی (Mazidi et al, 2021) سطوح پوشش برف ارتفاعات دنا و تاثیر دما بر آن را به کمک داده‌های ماهواره لندست (سنجنده‌های TM و ETM⁺) در سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۰، ۲۰۰۳، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ و با استفاده از شاخص NDSI بررسی کردند. نتایج حاصل نشان دهنده تغییرات گسترده دوره‌ای و پسروری سطوح پوشش برف بوده بطوری که این تغییرات روند کاهشی داشته است. بدین گونه که از آوریل سال ۱۹۹۲ تا آوریل ۲۰۱۳ میلادی ۶۲۴/۵۱ کیلومتر مربع از مساحت سطوح پوشیده از برف کاسته شده است. از سپتامبر ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۳ نیز ۲۱۸ کیلومتر مربع از مساحت برف کاسته شده است. همچنین نتایج نشان داد که، بین دما و مساحت پوشش برف و با تاخیر یک ماه رابطه معنی‌دار و معکوس در سطح اطمینان ۹۹٪ وجود دارد.

در مطالعه دیگری (Asghari and Modirzade, 2021) با استفاده از داده‌های ماهواره سنتینل و با روش تداخل‌سنجی راداری به برآورد سطح و عمق برف شهرستان اردبیل و سرعین پرداختند. آنها در مطالعه خود با استفاده از تصاویر اپتیکال Sentinel2 و شاخص NDSI توانستند سطوح برف را استخراج کنند.

با توجه به اهمیت منطقه کوه‌رنگ به عنوان یکی از مناطق مهم تامین کننده آب استان‌های چهارمحال و بختیاری، خوزستان و اصفهان و همچنین موضوع انتقال آب بین حوضه‌ای در این منطقه، مطالعه و پایش پیوسته پوشش برف در این محدوده حائز اهمیت است. بنابراین هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی تغییرات پوشش برف در منطقه کوه‌رنگ استان چهارمحال و بختیاری در دهه دوم قرن حاضر (سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰) و مقایسه نتایج آن با میانگین پوشش برف دهه پایانی قرن بیستم است.

مواد و روش‌ها

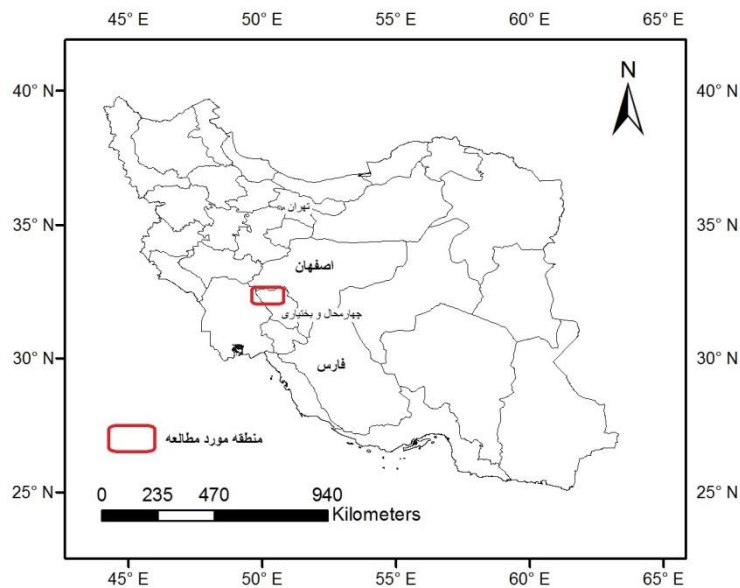
پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات پوشش برف در منطقه کوه‌رنگ واقع در شمال غرب استان چهارمحال و بختیاری انجام گرفت (شکل ۱). این منطقه جزو مناطق با

در مطالعه (Solaimani et al. 2018) تغییرات زمانی- مکانی پوشش برف استان کردستان را با استفاده از محصولات سنجنده‌ی مودیس در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۶ بررسی شد. نتایج آنها نشان داد که بیشترین ریزش برف در سطح استان کردستان مربوط به ماه‌های آبان تا اسفند است. آنها همچنین عنوان نمودند که بیشترین پوشش برفی در شهرستان دیواندره به مقدار ۵۹/۵۷ درصد در ماه آبان سال ۱۳۸۳، در شهرستان بیجار به مقدار ۲۵/۹۳ درصد در بهمن ۱۳۷۹ و در شهرستان قروه به میزان ۲۵/۳۸ درصد در دی ماه سال ۱۳۹۶ اتفاق افتاده است. همچنین تحلیل ارتباط بین ذوب برف با داده‌های اقلیمی نشان داد که در ماه‌های فروردین و اردیبهشت افزایش بارندگی و در خرداد ماه افزایش دمای هوا موجب افزایش آب شدن سطوح برفی در سطح استان شده است.

در پژوهشی (Fatahi and Moghimi, 2018) از تصاویر سنجنده MODIS برای پایش سطح پوشش برف در شمال غرب ایران استفاده کردند. آنها نشان دادند که بیشترین مساحت تحت پوشش برف در ماه‌های دسامبر، ژانویه، فوریه تا مارس اتفاق افتاده است و بیشترین مقدار سطح پوشیده شده از برف نیز در ماه ژانویه رخ داده است. در مطالعه‌ای (Yarahmadi et al, 2019) تغییرات زمانی و مکانی سطوح برفی را در رشته کوه البرز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای NOAA-AVHRR و در بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۶ بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که در دوره مورد مطالعه بیشترین مساحت برف در ماه آوریل سال ۲۰۱۵ با مقدار ۱۲۰۵۹ کیلومترمربع و کمترین مساحت برف، در ماه ژوئن سال ۲۰۰۸ با مقدار ۳۳ کیلومترمربع اتفاق افتاده است. پژوهشی دیگری با هدف بررسی تغییرات زمانی و مکانی زمانبندی فصل انباشت پوشش برف در ایران به کمک اطلاعات سنجنده مودیس انجام شد. بررسی‌ها نشان داد که در ارتفاعات غربی و شمال شرقی کشور، آغاز فصل انباشت پوشش برف در حال پیشروی به سوی فصل زمستان است. در حالی که در ارتفاعات شمالی و شمال غرب کشور، شروع فصل انباشت پوشش برف در حال رفتن به عقب یعنی پسروی به سوی فصل پاییز است (Masoudian and Keikhosravi, 2019).

در مطالعه‌ای (Yan et al, 2020) از شاخص‌های اصلاح‌شده آب و برف برای استخراج پوشش دریاچه، برف/یخ در سه ناحیه متفاوت از فلات تبت استفاده کردند. در این مطالعه

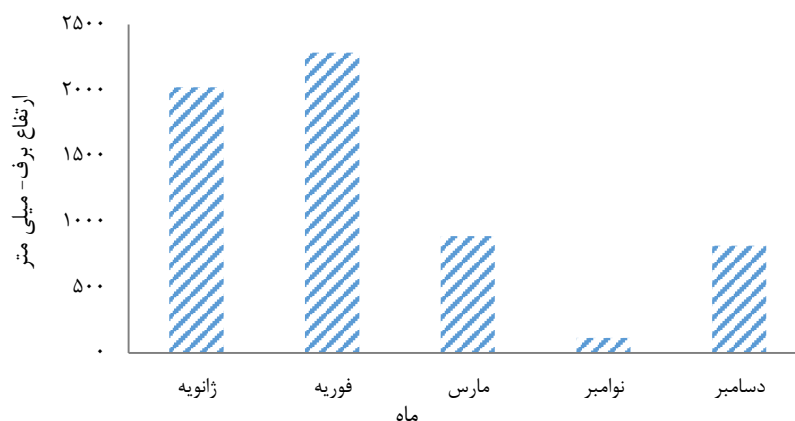
بارش برف بالا در کشور می‌باشد که مهمترین بخش تامین کننده رواناب دو حوضه آبخیز کارون و زاینده رود است (Ghasemi, 1401).



شکل (۱): محدود منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه ایران

ایستگاه مینا در منطقه مورد مطالعه در ماه فوریه اتفاق می‌افتد، این ماه به عنوان ماه مینا برای این پژوهش انتخاب شد. شکل ۲ متوسط ارتفاع برف در ماه‌های سرد سال در ایستگاه همدید کوه‌رنگ را نشان می‌دهد. در دو سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ به دلیل بالا بودن پوشش ابری در گذرهای ماه فوریه، از دو تصویر در ماه ژانویه استفاده شد.

برای بررسی هدف پژوهش از داده‌های ماهواره لندست ۵ و ۸ استفاده گردید. میزان پوشش برف در دهه دوم قرن ۲۱ برای سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ با میزان متوسط آن در دهه پایانی قرن بیستم مورد مقایسه قرار گرفت. تصاویر ماهواره لندست برای ۷ گذر در این سال‌ها تهیه شدند. با توجه به اینکه بیشترین بارش برف در ایستگاه کوه‌رنگ به عنوان



شکل (۲): متوسط ارتفاع برف در ماه‌های سرد سال در ایستگاه همدید کوه‌رنگ

تصاویر مورد استفاده در این پژوهش از سایت سازمان زمین شناسی آمریکا (The United States Geological Survey, USGS) تهیه گردید. تصاویر بعد از انجام اصلاحات

همچنین برای تعیین متوسط پوشش برف در دهه پایانی قرن ۲۰ تصاویر ماهواره لندست برای چهار گذر در سال‌های ۱۹۹۱، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۰ انتخاب شدند. تمامی

در تمام سال‌های مورد بررسی داری پوشش برف است. بر اساس نقشه رقومی ارتفاع این مناطق دارای بیشترین ارتفاع در منطقه مورد مطالعه هستند (شکل ۵). در سال ۲۰۱۵ و به ویژه ۲۰۱۸ نیز تنها ارتفاعات منطقه پوشیده از برف هستند. بخش جنوب غربی و شمال غربی منطقه در هیچ یک از زمان‌های مورد بررسی پوشش برفی ندارد (شکل‌های ۳ و ۴)، این مناطق کم ارتفاع‌ترین بخش‌ها در محدوده مورد بررسی می‌باشند (شکل ۵).

کمترین مقدار سطح پوشش برفی مربوط به ماه فوریه سال ۲۰۱۸ و به میزان ۱۳۶۳/۸ کیلومتر مربع می‌باشد (شکل ۶). این سطح پوشش برفی ۱۹/۴ درصد از کل مساحت منطقه مورد بررسی (۷۰۲۶ کیلومتر مربع) را شامل می‌شود. بیشترین سطح پوشش برف نیز به میزان ۶۰/۷ درصد در فوریه سال ۲۰۱۴ مشاهده گردید. این سطح پوشش برف معادل ۴۲۶۳/۷ کیلومتر مربع است. این مقدار پوشش برف در منطقه کوه‌رنگ، علی‌رغم اینکه بیشترین میزان پوشش برف در دوره مورد مطالعه است از متوسط مقدار پوشش برف در دهه پایانی قرن بیستم (۱۹۹۱-۲۰۰۰) که معادل ۴۹۵۷/۲ کیلومتر مربع است، کمتر است.

با توجه به اینکه هدف پژوهش مقایسه تغییرات پوشش برف با میزان متوسط آن در دهه پایانی قرن بیستم بود، پوشش برفی در سال‌های ۱۹۹۱، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۰ انتخاب و متوسط پوشش برفی آنها به عنوان میانگین پوشش برفی این دهه در نظر گرفته شد. شکل ۷ مناطق پوشیده از برف حاصل از اعمال شاخص NDSI اصلاح شده را در این سال‌ها نشان می‌دهد. بر این اساس متوسط پوشش برف در دهه پایانی قرن بیستم در منطقه مورد مطالعه معادل ۴۹۵۷ کیلومتر مربع بدست آمد.

مقدار کاهش پوشش برف در ماه فوریه سال ۲۰۱۴ که بیشترین میزان سطح پوشش برفی را در دهه دوم قرن ۲۱ به خود اختصاص داده است، نسبت به دهه پایانی قرن ۲۰ معادل ۶۹۳ کیلومتر مربع است که نشان دهنده ۱۴ درصد کاهش در میزان پوشش برف است. در پژوهشی (Haqizadeh and Arshiya, 2017) نیز در استان چهارمحال بختیاری در محدوده زمانی بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ نشان دادند که به طور کلی بیشترین مساحت برف مربوط به ماه فوریه می‌باشد که در طی دوره مورد بررسی دارای روند کاهشی است.

رادیومتریک و اتمسفری برای مراحل پردازش نهایی آماده شدند. برای محاسبه میزان پوشش برف نیز از شاخص NDSI استفاده شد (رابطه ۱). این شاخص بصورت گستره برای استخراج مناطق پوشیده از برف مورد استفاده می‌گیرد. با توجه به اینکه پوشش ابری خطای قابل ملاحظه‌ای در تشخیص برف به همراه دارد، تصاویر بدون پوشش برف و یا حداکثر با ۵ درصد پوشش ابر انتخاب شدند.

$$NDSI = \frac{\rho_{green} - \rho_{SWIR}}{\rho_{green} + \rho_{SWIR}} \quad (1)$$

که در آن ρ_{green} میزان بازتابندگی در باند سبز و ρ_{SWIR} میزان بازتابندگی در باند فروسرخ موج کوتاه است. پیکسل‌های با مقادیر NDSI بیشتر از ۰/۴ برف در نظر گرفته می‌شوند، ولی ممکن است آب و گیاه هم دارای NDSI بزرگتر از ۰/۴ باشد بنابراین دو شرط زیر برای اصلاح این شاخص در نظر گرفته می‌شود تا پیکسل‌های آب و اهداف تیره مانند خاک، سنگ و گیاه نیز از برف تفکیک شوند (Tasdigian and Rahimzadegan, 2017).

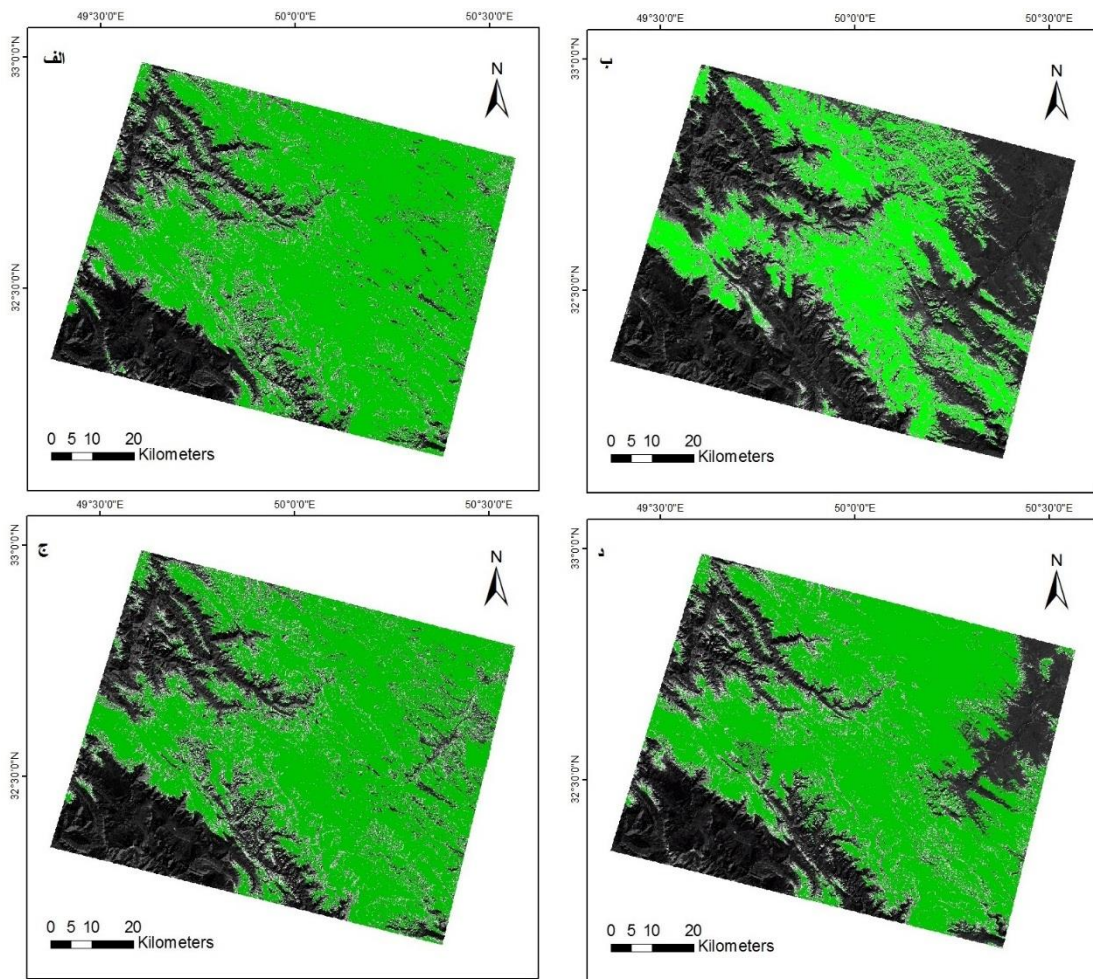
$$\begin{cases} \rho_{NIR} > 11\% \\ \rho_{green} \geq 10\% \end{cases} \quad (2)$$

که در آن ρ_{SWIR} میزان بازتابندگی در باند فروسرخ نزدیک است.

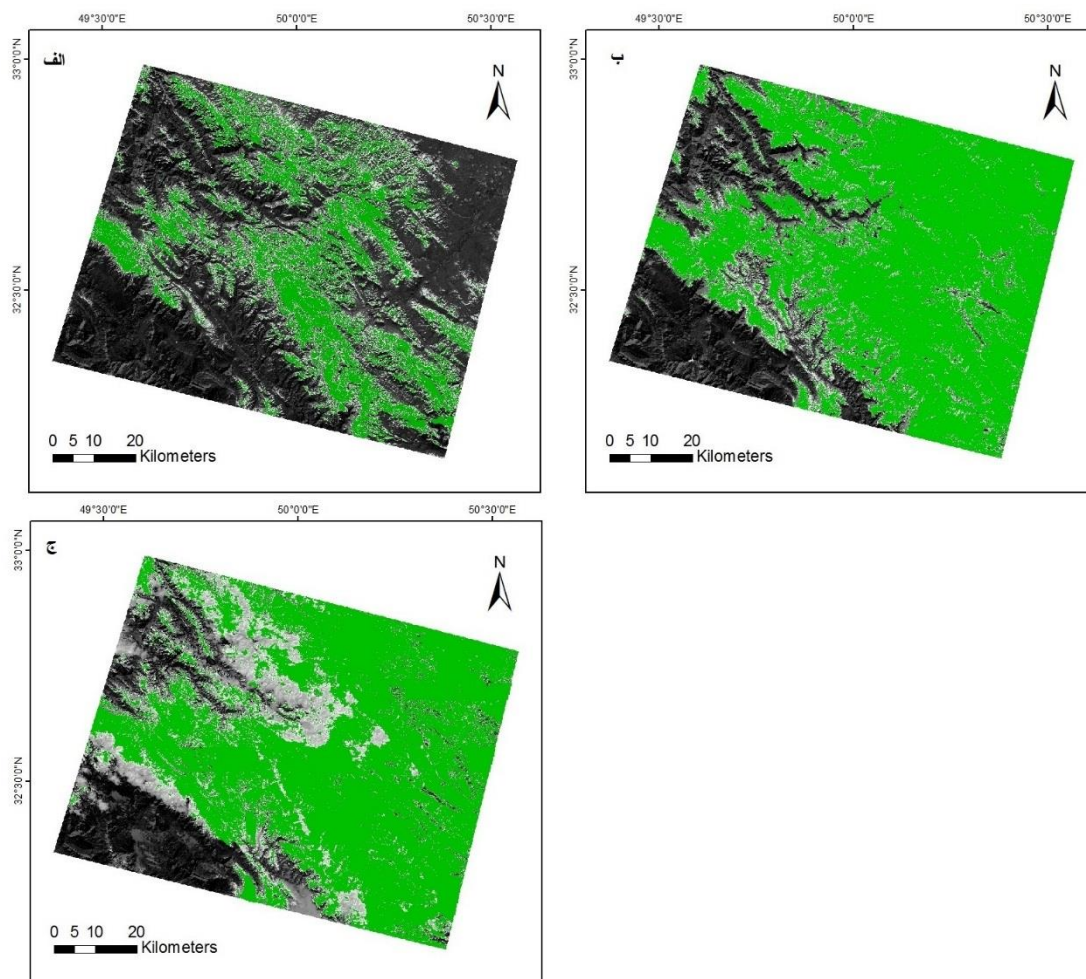
در نهایت جهت بررسی دقیقتر تغییرات میزان برف در منطقه، روند تغییرات ارتفاع برف ثبت شده در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ در ایستگاه همدید کوه‌رنگ نیز با استفاده از آزمون ناپارامتریکی من کندال (Serrano et al, 1999) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

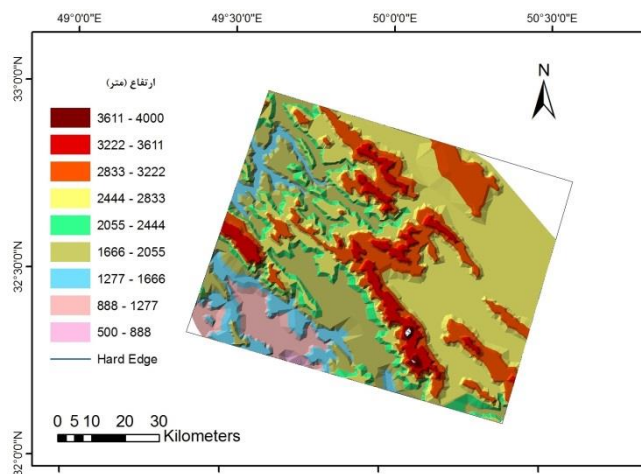
میزان پوشش برف مستخرج از شاخص اصلاح شده NDSI در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ در منطقه مورد مطالعه در شکل‌های (۳ و ۴) نشان داده شده است. نتایج حاصل حاکی از آن است که در تمامی سال‌های مورد بررسی به جز دو سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸، نیمه شرقی منطقه دارای پوشش برفی مناسب است. همچنین نواحی مرکزی منطقه مورد بررسی



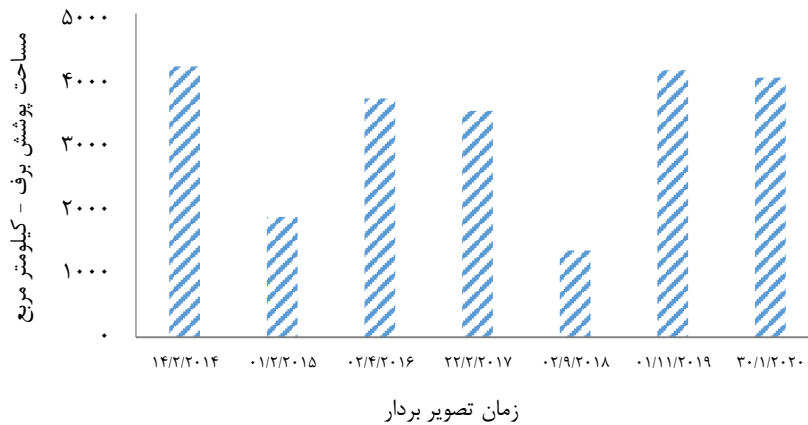
شکل (۳): میزان پوشش برفی (مناطق رنگی) حاصل از اعمال شاخص اصلاح شده NDSI به ترتیب در سال‌های الف: ۲۰۱۴، ب: ۲۰۱۵، ج: ۲۰۱۶ و د: ۲۰۱۷ در منطقه مورد مطالعه



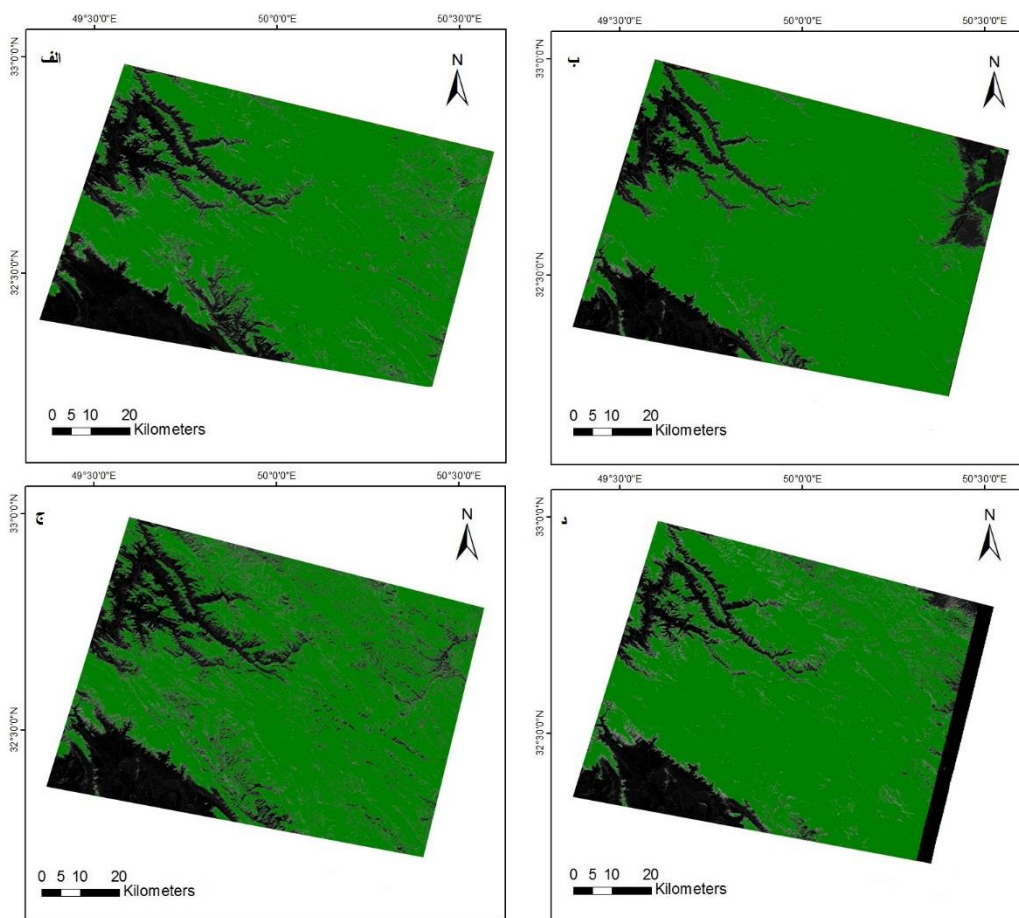
شکل (۴): میزان پوشش برفی (مناطق رنگی) حاصل از اعمال شاخص اصلاح شده NDSI به ترتیب در سال‌های الف: ۲۰۱۸، ب: ۲۰۱۹ و ج: ۲۰۲۰ در منطقه مورد مطالعه



شکل (۵): نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه



شکل (۶): میزان پوشش برف (برحسب کیلومتر مربع) در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰



شکل (۷): میزان پوشش برفی (مناطق رنگی) حاصل از اعمال شاخص اصلاح شده NDSI به ترتیب در سال‌های ۱۹۹۱، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۰ در منطقه مورد مطالعه

نسبت به دهه پایانی قرن گذشته بوده‌ایم. میزان کاهش در پوشش برف منطقه بین ۱۴ درصد در سال ۲۰۱۴ تا ۷۲/۵ درصد در سال ۲۰۱۸ متغیر می‌باشد. سال ۲۰۱۸ کمترین میزان پوشش برفی را در بین تمام سال‌های مورد بررسی به خود اختصاص داده است. در این سال تنها ۱۳۶۴

جدول (۱) درصد پوشش برف منطقه کوه‌رنگ در سال‌های مورد بررسی در دهه دوم قرن ۲۱، در کنار میزان تغییرات آن نسبت به میانگین پوشش برف در دهه پایانی قرن ۲۰ (۴۹۵۷ کیلومترمربع) را نشان می‌دهد. نتایج این جدول نشان می‌دهند که در تمامی سال‌های مورد بررسی در دهه دوم قرن ۲۱، شاهد کاهش پوشش برف

زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ استفاده شد. روند تغییرات بارش برف و معنی‌داری آن در این ایستگاه با استفاده از آزمون ناپارامتریک من کندال بررسی و نتایج آن در قالب شکل (۸) و جدول (۲) ارائه شد است. همانطور که در شکل (۸) و (۹) دیده می‌شود تغییرات ارتفاع برف در ایستگاه همدید کوه‌رنگ، در ماه‌های ژانویه و فوریه در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ دارای روند کاهشی است. علاوه بر کاهش ارتفاع برف در این منطقه، کاهش سطح پوشیده از برف نیز در این دو ماه در بخش‌های قبل نشان داده شد.

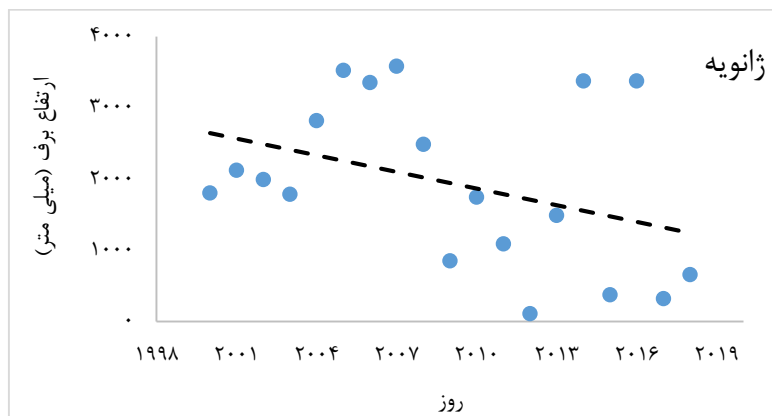
کیلومتر مربع و معادل ۱۹/۲ درصد از منطقه پوشیده از برف بوده است.

در تحقیقی (Yaghmai et al, 2021) نشان دادند که متوسط کاهش سطح پوشش برف در استان چهارمحال و بختیاری طی دوره ۲۰۱۶-۲۰۰۳ حدود ۳۲ درصد می‌باشد. بنابراین مقدار پوشش برف بدست آمده برای سال ۲۰۱۸ در تحقیق حاضر، ۱۲/۸ درصد از متوسط پوشش برف ارائه شده توسط (Yaghmai et al, 2021) نیز کمتر است.

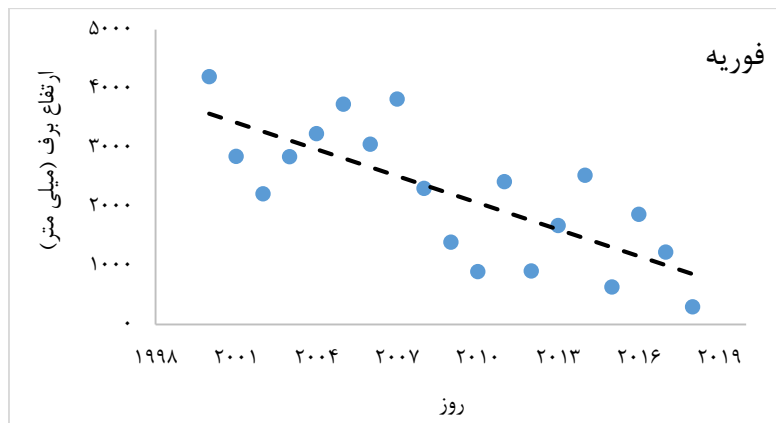
جهت بررسی دقیق‌تر تغییرات پوشش برف در منطقه، از اطلاعات ارتفاع برف ثبت شده در ایستگاه همدید کوه‌رنگ به عنوان قدیمی‌ترین ایستگاه همدید این منطقه نیز در بازه

جدول (۱): درصد پوشش برف در منطقه مورد مطالعه و درصد کاهش نسبت به متوسط دهه قبل

سال	درصد تغییرات نسبت به دهه	
	درصد پوشش برف منطقه	پایانی قرن ۲۰
۲۰۱۴	۶۰/۷	۱۴-
۲۰۱۵	۲۶/۹	۶۱/۸-
۲۰۱۶	۵۳/۵	۲۴/۲-
۲۰۱۷	۵۰/۷	۲۸/۲-
۲۰۱۸	۱۹/۴	۷۲/۵-
۲۰۱۹	۵۹/۸	۱۵/۲-
۲۰۲۰	۵۸/۲	۱۷/۶-



شکل (۸): روند تغییرات ارتفاع برف در ماه ژانویه در ایستگاه همدید کوه‌رنگ



شکل (۸): روند تغییرات ارتفاع برف در ماه فوریه در ایستگاه همدید کوه‌رنگ

و ژانویه در طول دوره ۱۹ ساله مورد بررسی به ترتیب ۱۴۸۱ و ۲۸۷۳ میلی‌متر برآورد گردید.

جدول (۲) مقادیر شیب تغییرات ارتفاع برف در ایستگاه کوه‌رنگ و معنی‌داری آن را در ماه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد. همانگونه که نتایج ارائه شده در جدول ۲ نشان می‌دهد، روند کاهشی ارتفاع برف در ماه فوریه به عنوان پربارش‌ترین ماه سال در منطقه کوه‌رنگ، در سطح اطمینان ۹۹ درصد و برای ماه ژانویه در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار است. میزان این کاهش برای ماه‌های فوریه

جدول (۲): شیب تغییرات و ضریب معنی‌داری آن در ماه‌های مورد بررسی

ماه	شیب تغییرات ارتفاع برف	Sig.
ژانویه	۷۷/۹۷-	۰/۱۰
فوریه	۱۵۱/۲۵-	۰/۰۰۰۱

نتایج نشان داد میزان پوشش برف در تمام سال‌های مورد مطالعه در دهه دوم قرن ۲۱، نسبت به میانگین پوشش برف در دهه پایانی قرن ۲۰ دچار کاهش شده است. میزان این کاهش بین ۱۴ درصد در سال ۲۰۱۴ تا ۷۲/۵ درصد در سال ۲۰۱۸ متغیر است. بنابراین ماه فوریه سال ۲۰۱۸ به عنوان سالی با کمترین پوشش برف در بین سال‌های مورد بررسی می‌باشد. نتایج بررسی روند تغییرات ارتفاع برف در ایستگاه همدید کوه‌رنگ نیز نشان داد که در پربارش‌ترین ماه سال از نظر برف در این منطقه، یعنی ماه فوریه روند بارش برف بصورت معنی‌داری و چشمگیری کاهشی است به نحوی که میزان این کاهش در طول دوره ۱۹ ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸) مورد بررسی ۲۸۷۳ میلی‌متر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به منظور بررسی تغییرات پوشش برف در دهه دوم قرن بیست و یکم (سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰) و مقایسه آن با میزان متوسط پوشش برفی در دهه پایانی قرن گذشته انجام گرفت. برای این منظور تصاویر ماهواره لندست در ۷ گذر در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ انتخاب شدند. برای برآورد میزان متوسط پوشش برف در دهه پایانی قرن بیستم نیز چهار تصویر مربوط به گذرهای ماه فوریه سال‌های ۱۹۹۱، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷ و ماه ژانویه سال ۲۰۰۰ به انتخاب شدند. متوسط پوشش برفی در این دهه بر اساس متوسط پوشش برف سال‌های ۱۹۹۱، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۰ بدست آمد که معادل ۴۹۵۷ کیلومتر مربع محاسبه گردید. این مقدار پوشش برف معیار مقایسه تغییرات پوشش برفی در دهه دوم قرن بیست و یکم قرار گرفت.

سیاس‌گزاری

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش تقدیر و تشکر می‌-

گردد.

بدینوسیله از سازمان هواشناسی کشور و همچنین سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) جهت در اختیار قرار دادن

منابع

1. Alemu Z., and Dioha M. 2020. Climate change and trend analysis of temperature: the case of Addis Ababa, Ethiopia. *Environmental Systems Research*. 27: <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00190-5>.
2. Asghari S., and Modirzade R. 2020. Estimation of changes in snow depth in Ardabil and Sarein city using sentinel1 satellite data with radar interferometry method. *Iran-Water Resources Research*. 16: 249-917 (In Persian).
3. Azizi Q., Rahimi M., Mohammadi H., Khoshakhlagh F. 2016. *Natural geography researches*. 49: 381-393.
4. Bhuyan M., Islam M. and Bhuiyan M. 2018. A trend analysis of temperature and rainfall to predict climate change for northwestern region of Bangladesh. *American Journal of Climate Change*. 7: 115-134.
5. Dini G., Zieaeen P., Alimohammadi A., and Dadashi S. 2008. GIS-Based Snow Mapping in Central Alborz Mountain Chain Using MODIS and AVHRR Data. *Iran-Water Resources Research*, 3: 1-8 (In Persian).
6. Fassnacht S., Cherry M., Venable N., and Saavedra F. 2016. Snow and albedo climate change impacts across the United States Northern Great Plains. *The Cryosphere*, 10: 329-339.
7. Fatahi A., and Moghimi Sh. 2018. The effect of climate change on the snow trend in northwest Iran. *Applied Research of Geographical Sciences*, 54:47-63 (In Persian).
7. Ghasemi A.R. 2015. Changes and trends in maximum, minimum and mean temperature series in Iran. *Atmospheric Science Letters*.16: 366-372.
8. Ghorbanzadeh H., Sedki H., Thaqfian B., and Parhamat J. 2018. Investigating the effect of climate change on the time of maximum runoff flow caused by snow melting. *Iran-Watershed Management Science & Engineering*. 9: 23-36. (In Persian).
9. Haqizadeh A., and Arshiya A. 2017. Investigation and monitoring of snow level changes in Chaharmahal Bakhtiari province. *Journal of Extension and Development of Watershed Management*, 21: 20-11 (In Persian).
10. Husler F., Jonas T., Wunderle S., and Albrecht S. 2012. Validation of a modified snow cover retrieval algorithm from historical 1-km AVHRR data over the European Alps. *Remote Sensing of Environment*, 121: 497-515.
11. Masoudian A., and Keikhosravi M. 2019. Analyzing the changes in the beginning of the snow cover accumulation season in Iran using remote sensing data. *Geography and environmental planning*: 1-14 (In Persian).
12. Mazidi A., Mozaffari G., and Omid Sh. 2021. Analyzing changes in the snow cover of Dana heights using remote sensing. 5th International Congress of Developing Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran, 1-7. 23 September 2021. Iran, Tabriz (In Persian).
13. Mohammad Ibrahim H., Sadat F., and Thaqfian b. 2013. Snow level monitoring of Shah Cheraghi dam basin using NOAA-AVHRR images. *Natural Geography Research*, 45: 13-29 (In Persian).
14. Poggio L., and Gimona A. 2015. Sequence-based mapping approach to spatiotemporal snow patterns from MODIS time-series applied to Scotland. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo-information*, 34:122-135.

15. Serrano A., Mateos V.L., and Garcia J.A. 1999. Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. *Physics Chemistry of Earth*, 24: 85- 90.
16. Solaimani K., Shadman D., Shokrian F., and Rashidpou M. 2018. Monitoring of temporal-spatial variations of snow cover using the MODIS image (Case Study: Kurdistan Province). *Iranian remote sensing and GIS*. 10: 77-104 (In Persian).
17. Tasdighian M., and Rahimzadegan M. 2017. Evaluation and improvement of snow cover detection from MODIS images. *Iran-Water Resources Research*. 13: 163-177.
18. Yaghmai L., Jafari R., Soltani S., and Jahanbazi H. 2021. The effect of surface changes and the durability of snow cover on vegetation in Chaharmahal and Bakhtiari province. *Pasture and Watershed*. 74: 917-938 (In Persian).
19. Yan D., Huang C., Ma N., and Zhang Y. 2020. Improved Landsat-Based Water And Snow Indices For Extracting Lake And Snow Cover/Glacier In The Tibetan Plateau. *Journal Water*. 12: 1-16.
20. Yarahmadi D., Fathnia A., and Sharaf M. 2019. Evaluation of snow line temperature and identification of areas with snow fall potential in Alborz Mountains with pictures. *NOAA-AVHRR. Applied Research in Geographical Sciences*, 56: 193-204 (In Persian).
21. Zarabi A., Halabian A., Shabankari M. 2006. Planning of inter-basin water transfer from Karun to Zayandeh Rood. *Humanities Research Journal*. 22: 67-84.

Investigation of Snow Cover Changes in Kohrang Area of Chaharmahal and Bakhtiari Province Using Landsat Satellite Image Processing

Ahmad Reza Ghasemi*¹

DOI: 10.22103/nrswe.2023.20344.1015

Abstract

This research was conducted with the aim of investigating the snow cover changes in the northwest of Chaharmahal and Bakhtiari province (Kohrang region) in the second decade of the 21st century (2014 to 2020) and comparing it with the average snow cover in the last decade of the 20th century. For this purpose, the images of Landsat 5 and 8 satellites for February from 2014 to 2020 and also four passes in the years 1991, 1995, 1997 and 2000 (to calculate the average snow cover of the last decade of the 20th century) were analyzed. The amount of snow cover was calculated using the normalized differential modified index of snow cover (NDSI) index. The results of the NDSI showed that the lowest amount of snow cover is 1363.8 square kilometers in 2018 and the highest is 4263.7 square kilometers in 2014. The results also showed that the amount of snow cover in the investigated years in the second decade of the 21st century decreased by 14% (in 2014) to 72.5% (in 2018) compared to the average snow cover in the last decade of the 20th century. The results of Mann-Kendal analysis of trend in snow height at the Kohrang station also indicate a significant decrease in snow height by 78 mm per year in January and 151 mm per year in February.

Keywords: Snow cover, Chaharmahal and Bakhtiari, Modified NDSI, Landsat.

¹ - Corresponding author, Associate Professor, Department of Water Engineering, Shahrekord University. Shahrekord. Iran.
Email: ghasemiar@yahoo.com