



# سنجش از دور & GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال دهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۷  
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.10, No.3, Autumn 2018

۷۷-۱۰۴

## پایش تغییرات زمانی - مکانی پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS (مطالعه موردی: استان کردستان)

کریم سلیمانی<sup>۱</sup>، شادمان درویشی<sup>۲</sup>، فاطمه شکران<sup>۳\*</sup>، مصطفی رشیدپور<sup>۴</sup>

۱. استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. دانشجوی کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم محیطی، موسسه آموزش عالی هراز، آمل
۳. استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴. دانشجوی دکتری و مربی گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم محیطی، موسسه آموزش عالی هراز، آمل

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۸/۵

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۲/۲۶

### چکیده

برف، یک منبع عمده جریان آب در هر منطقه است. از این رو، آگاهی از توزیع زمانی و مکانی برف برای مدیریت مناسب منابع آب محدود در منطقه 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 داده‌های سنجش از دور به منظور پایش تغییرات سطح برف بسیار موثر است. هدف مطالعه حاضر نیز بررسی تغییرات زمانی - مکانی پوشش برف استان کردستان با استفاده از محصولات سنجنده‌ی MODIS (MOD10A1، MOD10A2) در بازه‌ی زمانی ۱۷ ساله (۱۳۷۹-۱۳۹۶) است. همچنین به منظور ارزیابی دقت تصاویر و تحلیل رابطه بین تغییرات برف با داده‌های بارش و دما از داده‌های ایستگاه سینوپتیک منطقه مورد مطالعه استفاده شد. نتایج ارزیابی تصاویر با داده‌های ایستگاه هواشناسی نشان می‌دهد که این تصاویر از دقت مناسبی در استخراج سطوح برفی برخوردار است. همچنین نتایج بررسی تغییرات پوشش برف استان کردستان حاکی از آن است که بیشترین مساحت پوشیده از برف در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۳، ۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴ و کمترین آن در سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۸۸، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اتفاق افتاده است. بیشترین مساحت پوشیده از برف در دی ماه ۱۳۸۶ با  $28914/2$  کیلومتر مربع بوده است. بررسی تغییرات ریزش برف در سطح استان نشان می‌دهد بیشترین ریزش برف در سطح استان از آبان تا اسفند در شهرستان دیواندره (آبان ۱۳۸۳، ۵۹/۵۷ درصد)، شهرستان بیجار (بهمن ۱۳۷۹، ۲۵/۹۳ درصد) و شهرستان قروه (دی ماه ۱۳۹۶، ۲۵/۳۸ درصد) اتفاق افتاده است. همچنین تحلیل ارتباط بین ذوب برف با داده‌های اقلیمی نشان می‌دهد که در ماه‌های فروردین و اردیبهشت افزایش بارندگی و در خرداد ماه با کاهش بارندگی، روند افزایشی دما موجب آب شدن سطوح برفی در سطح استان شده است.

**کلیدواژه‌ها:** استان کردستان، پوشش برف، MOD10

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

## ۱- مقدمه

از نظر اقلیم‌شناسان و هواشناسانی که تغییرات اقلیمی و جوی را مطالعه می‌کنند در یک دید جهانی، پایش برف یک ضرورت است. زیرا خصوصیات فیزیکی درون برف بر تغییرات روزانه و حتی بلند مدت اقلیمی تأثیر می‌گذارد (Bashir et al, 2010). آب معادل پوشش برفی، حدود یک سوم آب موردنیاز بخش کشاورزی، رطوبت خاک، ذخیره آب زیرزمینی و منابع آب دریاچه‌ها و رودخانه‌ها را در سراسر جهان تامین می‌کند (Goodinson et al, 2000; Gray et al, 1998). در اغلب کشورهای نیم‌کره شمالی، برف منبع اصلی آب برای فعالیت اقتصادی، اجتماعی و رشد و توسعه جوامع محسوب می‌شود، به همین دلیل برآورد دقیق سطوح پوشیده از برف، به عنوان یک عملیات محوری و اساسی در زمینه مدیریت منابع آب، به‌ویژه در مناطقی که بارش برف سهم زیادی در نزولات جوی دارد، اهمیت زیادی دارد. ایران به عنوان یکی از کشورهای نیم‌کره شمالی سالانه مقادیر زیادی از نواحی شمال، شمال غرب و غرب آن زیر پوشش برف قرار می‌گیرد که یکی از این نواحی استان کردستان است (Gerland et al, 1999: عادل، ۱۳۸۴). به دلیل وجود فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی در این استان، پایش تغییرات پوشش برف به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تامین آب رودخانه‌ها و سدها از اهمیت زیادی برخوردار است. امروزه یکی از فناوری‌هایی که در زمینه پایش تغییرات پوشش برف مورد استفاده قرار می‌گیرد، تصاویر ماهواره‌ای بخصوص تصاویر سنجنده MODIS است. این سنجنده با توجه به قابلیت‌های فنی و اپتیکی خود تصاویر متنوعی را در باندهای مختلف الکترومغناطیس عرضه می‌کند (نجف‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳). کلین و همکاران

(۲۰۰۱) نقشه‌های برف حاصل از سنجنده MODIS را با نقشه‌های تهیه شده توسط مرکز سنجش از دور هیدرولوژیکی ملی آمریکا با نام اختصاری NOHRSC<sup>۱</sup> در بالادست آب‌گیر ریوگراندا<sup>۲</sup> مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه دست رسیدند که هر دو این نقشه‌ها از شرایط ابری متأثر شده و خطای اصلی در هر دو آنها وجود ابر است. آن‌ها همچنین اشاره داشتند که نقشه‌های تهیه شده از MODIS دقت بهتری نسبت به نقشه‌های NOHRSC دارند. امرتکلی و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در حوزه آبخیز کراسوآدر ترکیه، نقشه سطح پوشیده شده از برف را با نقشه‌های حاصل از برداشت زمینی مقایسه نموده و عنوان کردند که علت اصلی اختلافات، ابری بودن منطقه در طول دوره برفی است. استنسالی و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعات خود، با استفاده از تصاویر MODIS به ارزیابی و پایش منابع آب حاصل از پوشش برف در حوضه کارپاتیان پرداخته و بدین وسیله آب حاصل از ذوب برف را برآورد کرده‌اند. لویز و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای پس از پردازش تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ سنجنده MODIS بر اساس شاخص NDSI، میزان پوشش برف و تغییرات آن را در پاتاگونمای شمالی بررسی نمودند. نتایج نشان داد 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. مارکان و همکاران (۲۰۱۵) نیز به ارزیابی روزانه محصولات پوشش برف MODIS برای نظارت بر دینامیک پوشش برف در کوه‌های اطلس مراکش پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که محصول MODIS روزانه با اطمینان منطقی برای پوشش برف در

1 - National Operational Hydrologic Remote Sensing Center

2 - RioGrande

3 - karasu

ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. به نظر می‌رسد در ارتفاعات بالاتر، با در نظر گرفتن عوامل دیگری مانند تأثیر باد، اجتناب ناپذیر باشد. میرموسوی و همکاران (۱۳۹۳)، به پایش تغییرات پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS در شمال غرب ایران پرداختند. نتایج نشان داد در سال‌هایی که میانگین دمای فصل سرد پایین‌تر بوده، سطح پوشش برف در بهار همان سال بیشتر از سال‌های دیگر است به طوری که در سال ۲۰۰۷ کمترین میانگین دما را در طول ده سال داشته (۶/۲ درجه سانتیگراد)، در حالی که بیشترین سطح پوشش برفی در طول ده سال نیز مربوط به همین سال است. عزیزی و همکاران (۱۳۹۶) تغییرات زمانی- مکانی پوشش برف دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی را مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که از نظر ارتفاعی پوشش برف در حال پسروی است. زیرا روند آن در همه طبقات ارتفاعی به‌ویژه ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ متر رو به کاهش است. همچنین مقایسه وضعیت پوشش برف با شرایط دما و بارش نشان داد در بیشتر مواقع، ناهنجاری‌های منفی پوشش برف با ناهنجاری‌های مثبت دما و منفی بارش تطابق دارد. همچنین مطالعات فتاحی و همکاران (۱۳۹۰)، ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۱)، طاهری و همکاران (۱۳۹۲)، داداشی و همکاران (۱۳۹۳) از دیگر پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه است. استان کردستان سرزمینی کوهستانی و ناهموار است و این شرایط بر آب و هوای این ناحیه تأثیر گذاشته است که این تأثیرات به صورت بارش برف در زمستان و بارش باران در بهار خود را نمایان می‌کند. سالانه مقادیر قابل توجهی از مساحت استان زیر پوشش برف قرار می‌گیرد و اغلب این بارش‌ها در سه ماه زمستان و اوایل بهار اتفاق می‌افتد و با توجه به اینکه تاکنون هیچ مطالعه‌ای در خصوص تغییرات زمانی- مکانی پوشش برف این ناحیه به طور تخصصی گزارش نشده است، این امر ضرورت

منطقه مدیریت‌های جنوبی با وجود شرایط تشخیص دشوار، استفاده می‌شود. جینسه و همکاران (۲۰۱۶) به پایش رطوبت برف در حوزه‌ی کوه آلپ با استفاده از ترکیب باند C داده‌های SAR و تصاویر MODIS پرداختند. ویلیامسون و همکاران (۲۰۱۷) داده‌های درجه حرارت سنجنده‌ی MODIS را با داده‌های دمای هوا به منظور پوشش تغییرات برف در کوه‌های اطلس مقایسه کردند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که ادغام MODIS LST با داده‌های درجه حرارت هوا یا دمای هوای محلی، نیازمند ترکیب پوشش برف است. کوتر و همکاران (۲۰۱۸) به بازیابی کسری پوشش برف حاصل از داده‌های MODIS با استفاده از رگرسیون چند متغیره تطبیقی پرداختند. نتایج حاصل از آزمایش‌های مستقل نشان می‌دهد که مدل‌های شبکه‌ای توسعه یافته با توابع انتقال مماسی خطی در لایه خروجی و مدل MARS با داده‌های مرجع FSC با مقادیر متوسط مشابه  $R = 0.93$  =مطابقت دارد. در مقابل، محصول استاندارد MODIS برف، یعنی MOD10 FSC، عملکرد ضعیفتری با میانگین  $R = 0.88$  نشان می‌دهد. شهرآئینی و همکاران (۱۳۸۰)، در مطالعه‌ی خود، نتایج آماری به‌دست آمده از ارتباط بین مساحت سطح پوشش برف در حوزه‌ی آبریز رودخانه هیرمند در اواخر فصل بارش برف و مساحت سطح آب هامون در سیستان در اواسط بهار را ارائه داده و با اندازه‌گیری مساحت پوشش برف در این حوزه ارتفاع احتمالی سطح آب هامون را نیز تخمین زدند. شریفی و همکاران (۱۳۸۵)، در مطالعه‌ای به تحلیل رابطه‌ی عمق برف با ارتفاع در حوضه‌ی صمصامی که یکی از سرشاخه‌های کوچک کارون است، پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که عامل ارتفاع روی عمق برف به طبقات ارتفاعی بستگی دارد، بطوریکه تا ارتفاع ۲۷۸۰ متر، رابطه خطی معنی‌داری وجود دارد؛ حال آنکه در ارتفاعات بالاتر،

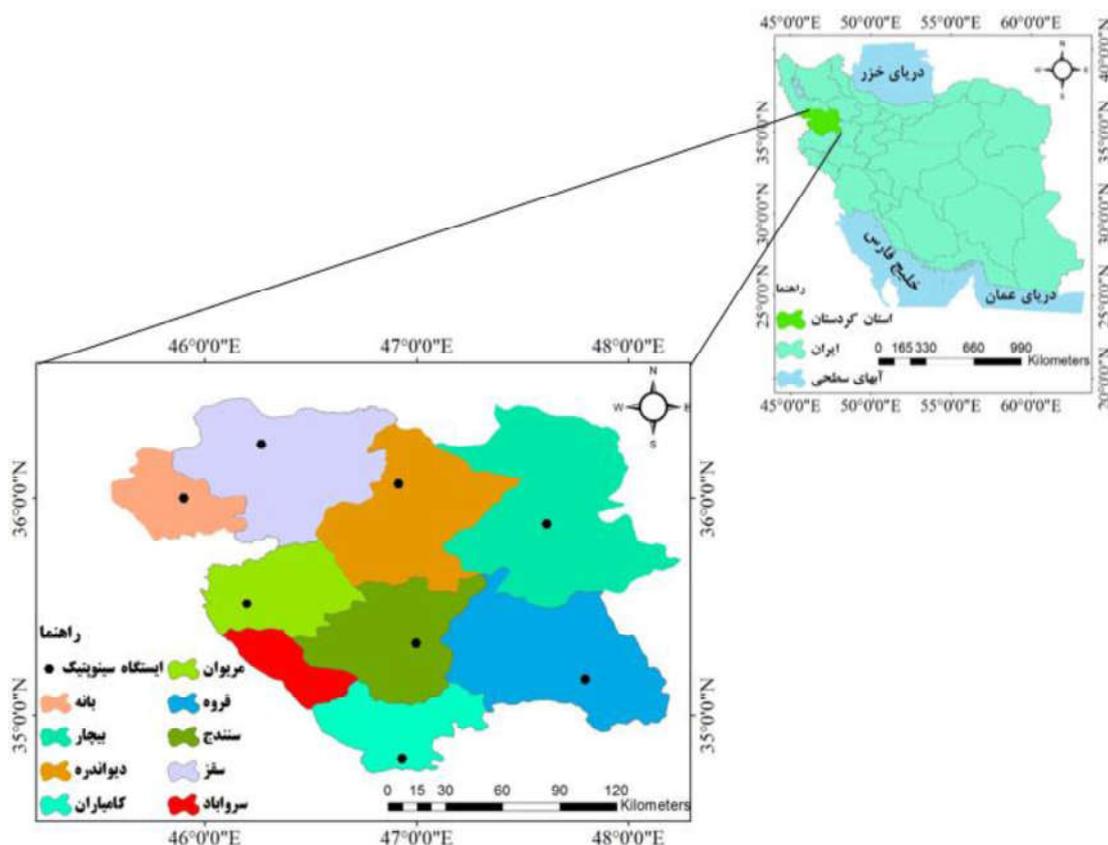
مساحت استان کردستان، ۲۸۲۰۳ کیلومتر است که این مساحت ۱/۷ درصد از مساحت کل کشور را شامل می‌شود. همچنین جمعیت این استان در سال ۱۳۹۵، حدود ۱،۶۰۳،۰۱۱ نفر بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). اقلیم کردستان متأثر از توده‌های هوای گرم و مرطوب مدیترانه‌ای است که این توده‌ها موجب بارندگی‌هایی در بهار و ریزش برف در زمستان‌ها شده است. این توده‌های هوایی، از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه با برخورد به ارتفاعات زاگرس، بخش قابل توجهی از رطوبت را به صورت بارش‌های پراکنده برف و باران در این منطقه نشان می‌دهند. تعداد روزهای یخبندان ۱۰۹ روز و میزان بارندگی سالانه در شرایط عادی اقلیمی، معادل ۵۰۰ میلی‌متر است.

مطالعه و برنامه‌ریزی مناسب را دو چندان می‌کند. در راستای همین امر، هدف مطالعه حاضر پایش تغییرات زمانی- مکانی پوشش برف استان کردستان با استفاده از محصولات برف سنجنده MODIS در بازه‌ی زمانی ۱۷ ساله (۱۳۷۹-۱۳۹۶) است. همچنین به منظور تعیین رابطه بین تغییرات پوشش برف با داده‌های بارش و دما، از داده‌های ایستگاه سینوپتیک منطقه مورد مطالعه استفاده شده است.

## ۲- مواد و روش‌شناسی

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان کردستان با موقعیت جغرافیایی  $35^{\circ} 57' 19.29''$  N و  $47^{\circ} 8' 10.37''$  E در غرب ایران واقع شده است.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی استان کردستان و ایستگاه‌های سینوپتیک

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نام ایستگاه
۱۶۰۰	۳۶/۰	۴۵/۵۴	بانه
۱۳۷۳/۴	۳۵/۲۰	۴۷/۰	سنندج
۱۸۸۳/۴	۳۵/۵۳	۴۷/۳۷	بیجار
۱۹۰۶	۳۵/۱۰	۴۷/۴۸	قروه
۱۲۸۶/۸	۳۵/۳۱	۴۶/۱۲	مریوان
۱۵۲۲/۸	۳۶/۱۵	۴۶/۱۶	سقز
۲۱۴۲/۶	۳۶/۴	۴۶/۵۵	زربینه آباتو

## ۲-۲- داده‌های مورد استفاده و روش تحقیق

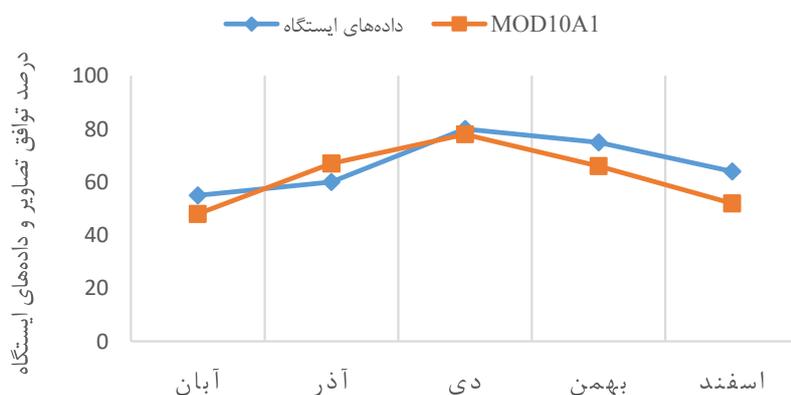
در این مطالعه، از داده‌های ایستگاه همدید واقع در منطقه مورد مطالعه و تصاویر سنجنده MODIS استفاده شد. بدین منظور، ابتدا محصولات MOD10A1 و MOD10A2 سنجنده MODIS با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰×۵۰۰ متر با فرمت HDF از پایگاه ملی داده‌های برف و یخ ناسا (NSIDC) استخراج شد. همچنین از داده‌های ایستگاه هواشناسی منطقه به منظور ارزیابی تصاویر و تحلیل ارتباط تغییرات پوشش برف با عناصر اقلیمی استفاده شده است. با توجه به اینکه قسمت اعظم بارش برف استان کردستان در اوایل آبان تا اوایل فروردین اتفاق می‌افتد و همچنین به دلیل ماندگاری پوشش برف این ناحیه تا اوایل خرداد ماه، تصاویر دریافتی مربوط به این بازه‌ی زمانی در طی دوره ۱۷ ساله (۱۳۷۹-۱۳۹۶) است. به منظور پردازش تصاویر، ابتدا عملیات پیش‌پردازش شامل تصحیحات هندسی، رادیومتریک و اتمسفری بر روی آنها در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3 اعمال شد. این عملیات شامل کالیبره کردن تصاویر، تبدیل مختصات تصاویر به مختصات واقعی زمین (WGS84 UTM 38N) و حذف ابر از تصاویر بود. همچنین به منظور تحلیل رابطه بین تغییرات ذوب برف با داده‌های اقلیمی بارش و دما از داده‌های ایستگاه هواشناسی استان کردستان استفاده

شد. پیرو مطالعات هال و همکاران (۲۰۰۲)، شفیخ‌زاده مقدم و همکاران (۱۳۸۹)، نجفی و همکاران (۱۳۸۶)، داریان و همکاران (۲۰۱۷)، محمدپور و همکاران (۱۳۹۵) به منظور پایش تغییرات برف از شاخص NDSI استفاده شد. هال و همکاران (۲۰۰۲)، اهمیت این شاخص را کاملاً تشریح کرده‌اند. برای استخراج پوشش برف استان کردستان ابتدا کد عددی برف، ابر و نواحی بدون برف مشخص و سپس کد عددی پوشش برف (کد ۲۰۰) در محیط نرم‌افزار GIS از سایر کدهای ابر (کد ۵۰) و کد زمین بدون برف (کد ۲۵) جدا شد (عزتی و همکاران، ۱۳۹۵). در این تصاویر با مشخص کردن کد مخصوص برف از سایر کدها میزان خطاهای استخراج پوشش برف به حداقل می‌رسد، سپس مساحت نواحی پوشیده از برف در طی دوره‌های مورد مطالعه استخراج شد. سپس برای ارزیابی تصاویر از محصول MOD10A1 سنجنده MODIS استفاده شد. در این راستا، ابتدا این تصاویر برای ماه‌های آبان تا اسفند سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸ دریافت و سپس دقت این تصاویر با داده‌های ایستگاه هواشناسی مورد ارزیابی قرار گرفت. درجه توافق بین این تصاویر و ایستگاه می‌تواند در ارزیابی دقت این تصاویر در استخراج نواحی برفی مورد استفاده قرار گیرد (Parajka et al, 2006: عزیزی و همکاران، ۱۳۹۵).

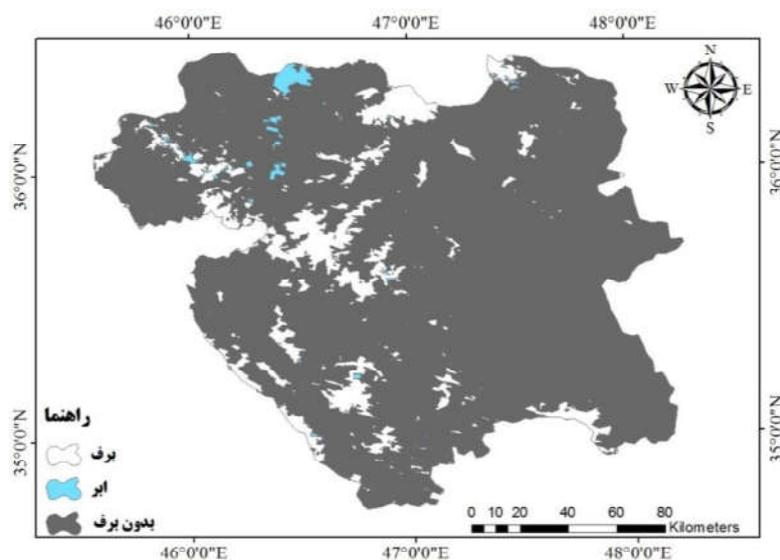
### ۳- نتایج و بحث

تصاویر ماهواره‌ای که امروزه به منظور شناخت تغییرات طبیعی و اقلیمی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند به دلیل محدودیت در اندازه‌گیری غیرمستقیم، نیازمند ارزیابی دقت بر اساس اطلاعات مستقیم زمینی هستند. لذا در این مطالعه، به منظور ارزیابی تصاویر از داده‌های ایستگاه هواشناسی استفاده و درصد تطابق بین تصاویر و داده‌های ایستگاه در ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند محاسبه شد. براساس نتایج حاصله، بیشترین درصد تطابق تصاویر با

داده‌های ایستگاه در دی ماه بوده است. به‌طور کلی، بین تصاویر و داده‌های ایستگاه، ۲۷ درصد اختلاف وجود داشت که بیشترین و کمترین اختلاف به ترتیب مربوط به ماه‌های اسفند و دی است (شکل ۲). سپس به منظور به‌حداقل رساندن خطای استخراج پوشش برف و تحلیل نتایج، ابتدا نواحی ابری و نواحی بدون برف از نواحی برفی جدا و هر یک از این نواحی به صورت مجزا مشخص شدند (شکل ۳). سپس مساحت نواحی برفی در طی دوره‌های مورد مطالعه استخراج و میزان تغییرات هر دوره در کل استان مشخص شد.



شکل ۲- درصد تطابق تصاویر و داده‌های ایستگاه در استان کردستان



شکل ۳- نقشه پوشش برف و ابر در استان کردستان

شد. در همین راستا، از مجموع بارش میانگین و دمای ماهانه استان استفاده شد (جدول ۳). با توجه به داده‌های هواشناسی استان می‌توان اظهار داشت که بارندگی در این منطقه، تقریباً از اوایل اسفندماه شروع و تا اواخر اردیبهشت ماه ادامه دارد و همچنین دما، روند افزایشی را در طی فصل بهار نشان می‌دهد که با بررسی تصاویر پوشش برفی در این بازه‌ی زمانی تغییرات پوشش برف به وضوح دیده می‌شود. به طور کلی بارش برف در استان کردستان از اواخر پاییز تا اواخر زمستان روند افزایشی و از اوایل فروردین تا اواخر خرداد روند کاهشی را نشان می‌دهد.

مطابق بررسی انجام گرفته ماه‌های دی و بهمن سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۴، ۱۳۸۶، ۱۳۷۸، ۱۳۸۸، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۸۵، ۱۳۸۲، ۱۳۸۱، ۱۳۸۵، ۱۳۸۹، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ پر برف‌ترین ماه‌های سال بوده‌اند (جدول ۴).

جدول (۲) مساحت نواحی پوشیده از برف را در طی دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد. ریزش برف در این منطقه، تقریباً از آبان ماه شروع شده و با کاهش دمای هوا تجمع برف افزایش می‌یابد که در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۳، ۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴ در ماه‌های دی، بهمن و اسفند به بالاترین میزان خود رسیده است. همچنین کمترین ریزش طی سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۸۸، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اتفاق افتاده است که بیشترین مساحت پوشیده از برف در دی ماه ۱۳۸۶ با  $28914/2$  کیلومتر مربع بوده است. فرایند ریزش برف تقریباً تا اواخر اسفند ماه ادامه یافته و پس از آن با افزایش بارندگی و دما، روند کاهش ریزش برف شروع و تا اواخر خرداد ماه به صفر می‌رسد. بنابراین آب حاصل از ذوب برف، نقش بسزایی در تامین آب منطقه ایفا می‌کند. به منظور تحلیل دلایل ذوب برف در این ناحیه از آمار ایستگاه‌های هواشناسی استفاده

جدول ۲- مساحت نواحی پوشیده از برف استان کردستان (کیلومترمربع)

سال/ماه	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
۱۳۷۹	۵۴۶/۷۸	۷۸۳۶/۸۶	۲۳۱۳۱	۲۱۲۵۲/۶	۸۷۸۱/۹۶	۶۰۲/۵۷	۱۵۶/۰۲	۲/۸۴
۱۳۸۰	۱۴۹/۲۴	۲۴۵۳۰/۳	۲۸۳۵۵/۵	۲۴۳۱۸/۳	۵۱۴۵/۲۲	۹۰۴/۰۴	۲۸۸/۱۲	۴/۶۶
۱۳۸۱	۱۱۸۰/۱/۸	۸۰۰۹/۸۱	۱۶۶۸۷/۷	۱۱۳۸۳/۷	۱۸۱۷۲/۹	۱۶۶۹/۹۱	۱۳۵/۶۴	۲۶/۷
۱۳۸۲	۴۴۹/۷۷	۲۰۲۶۳/۷	۱۹۱۶۷/۸	۲۲۰۹۶/۲	۳۳۲۳/۳۱	۷۵۰/۱۴	۳۰۳/۹۷	۴/۵۱
۱۳۸۴	۱۳۲۰/۹۲	۴۹۲۲/۷۸	۲۸۱۰۸/۵	۲۸۸۰۷/۶	۱۱۲۶۸/۸	۱۳۳۱/۵۳	۹۵/۶۵	۶/۴۳
۱۳۸۵	۱۹۰۴/۰۶	۱۴۴۲۹/۴	۱۳۶۹۳/۶	۱۲۰۳۰/۱	۵۰۷۹/۹۲	۱۲۱۹/۳۲	۶۱/۶۲	۹/۸۱
۱۳۸۶	۴۹۹/۵۶	۵۳۲۹/۱۲	۲۸۹۱۴/۲	۲۴۳۹۲	۱۲۷۵۴	۱۲۰۳/۴	۹۶/۴۱	۱۴/۸۷
۱۳۸۷	۵۱۶/۸۸	۴۷۵/۵۵	۲۸۰۵۷/۷	۲۷۱۷۴/۳	۹۴۹۵/۱۲	۱۵۰/۰۳	۴۷/۳۰	۵/۴۸
۱۳۸۸	۲۵۰/۲۸	۸۵۵۷/۹۵	۲۸۰۹۶/۱	۱۶۳۲۰/۲	۵۹۲۸/۰۸	۵۸۲۳/۴۵	۲۸۳/۰۸	۱۰۳/۰۹
۱۳۸۹	۱۰/۱۳	۲۵۹۷۶/۶	۳۱۲۴/۴۸	۸۸۴۲/۱۶	۵۰۰۲	۴۵۹/۲۰	۷۲/۴۹	۲۳/۵۴
۱۳۹۰	۹۶۲۰/۰۹	۴۷۴۹	۲۲۲۰۹/۵	۲۵۳۵۰	۵۱۹۰/۵۳	۸۳۱/۱۲	۱۰۱/۶۴	۳۱/۳۷
۱۳۹۱	۱۶۳۳/۲۴	۱۲۶۰۵/۸	۱۸۸۸۲/۴	۲۳۲۶۳/۴	۲۲۷۹۴/۹	۳۴۱۷/۵۴	۱۳۳/۱۹	۳۱/۵۸
۱۳۹۲	۱۵۸۳/۹۷	۲۵۴۵۳/۲	۲۴۹۹۶/۵	۶۷۳۶/۰۴	۹۱۶۷/۳۱	۴۴۰/۹	۲۲۲/۵۶	۱۵/۸۷
۱۳۹۳	۱۵۵۶/۲۳	۴۶۰۱/۴۲	۲۳۲۵۳/۴	۲۲۶۵۴/۷	۲۲۶۸/۴۲	۸۸۵/۵۴	۲۶۶/۴۷	۸۵/۲۸
۱۳۹۴	۵۲۵۷/۱۷	۱۲۷۹۶/۷	۱۳۴۹۸	۱۲۹۳۲/۱	۴۵۴۲/۲۷	۹۱۸/۲۵	۳۰۶/۴۶	۴/۹۵
۱۳۹۵	۳۴/۳۰	۱۴۸۹۴/۹	۲۴۰۰۶/۴	۲۴۵۱۲/۵	۲۳۲۸/۱۹	۱۴۱۶/۷۸	۱۹۶/۷۹	۶۴/۴۵
۱۳۹۶	۴۹۱/۴۷	۱۳۲۹۷/۳	۱۵۰۰۲/۴	۱۶۴۶۶/۳	۱۵۲۹۰	۲۰۳۴/۸۲	۳۴/۵۴	۱۲/۶۷

پایش تغییرات زمانی - مکانی پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS

جدول ۳- مجموع بارش و میانگین دمای ایستگاه‌های هواشناسی استان کردستان

سال	بارندگی			دما		
	فروردین	اردیبهشت	خرداد	فروردین	اردیبهشت	خرداد
۱۳۷۹	۲۱۳/۴	۱۳۸/۳	۸/۲	۱۲/۹۲	۱۶/۶۵	۲۲/۸۷
۱۳۸۰	۷۱۵/۷	۱۱۶/۱	۰/۶	۹/۶۴	۱۵/۵۲	۲۱/۴۱
۱۳۸۱	۵۰۷/۴	۱۵۰/۵	۵۴/۲	۱۱/۳۲	۱۵/۶۱	۲۱/۰۸
۱۳۸۲	۵۴۴/۷	۵۴۵/۴	۲۱/۹	۹/۵۸	۱۳/۹۲	۲۱/۲
۱۳۸۴	۳۰۷/۲	۲۶۰/۱	۲/۸	۱۲/۰۷	۱۵/۱۷	۲۱/۴۲
۱۳۸۵	۴۸۴/۸	۳۶۹/۴	۱۰/۷	۱۱/۴۸	۱۶/۰۴	۲۳/۵۴
۱۳۸۶	۹۸۲/۲	۲۹۵/۹	۶۶/۱	۹/۲۸	۱۷/۰۱	۲۲/۳۴
۱۳۸۷	۵۲/۳	۵۳	۶/۹	۱۳/۷۷	۱۶/۳۴	۲۲/۵۱
۱۳۸۸	۶۲۱/۳	۵۳/۲	۹۶/۵	۸/۵۱	۱۵/۶	۲۰/۲۸
۱۳۸۹	۷۲۱/۸	۳۸۶/۹	۲۸/۴	۱۱/۰۱	۱۵/۴۵	۲۲/۷۸
۱۳۹۰	۸۸۳/۷	۳۱۰/۸	۳۶/۵	۹	۱۵/۳۷	۲۲/۱۴
۱۳۹۱	۲۲۰/۲	۱۹۱/۵	۱۳/۷	۱۱/۷۱	۱۶/۷۴	۲۱/۹
۱۳۹۲	۲۷۶/۸	۳۴۷/۴	۰/۵	۱۰/۹۴	۱۴/۶۵	۲۱/۷۴
۱۳۹۳	۲۴۰/۲	۱۳۰/۳	۸/۳	۱۱/۹۱	۱۶/۹۲	۲۲/۷
۱۳۹۴	۱۶۱/۶	۹۵/۵	۴/۱	۱۱/۷۴	۱۷/۸	۲۳/۳۸
۱۳۹۵	۳۵۰	۱۲۴/۷	۳۸/۵	۱۱/۱۴	۱۶/۴۵	۲۱/۸
۱۳۹۶	۴۹۸/۲	۱۸۲/۹	۳	۱۱/۸	۱۷/۳	۲۲/۹

جدول ۴- درصد پوشش برف در هر ماه، در دوره‌ی مورد مطالعه

سال/ماه	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
۱۳۷۹	۰/۸۷	۱۲/۵۷	۳۷/۱۲	۳۴/۱۰	۱۴/۰۹	۰/۹۶	۰/۲۵	۰/۰۰۴
۱۳۸۰	۰/۱۷	۲۹/۳۰	۳۳/۸۷	۳۹/۰۵	۶/۱۴	۱/۰۸	۰/۳۴	۰/۰۰۵
۱۳۸۱	۱۷/۳۸	۱۱/۷۹	۲۴/۵۸	۱۶/۷۶	۲۶/۷۶	۲/۴۵	۰/۱۹	۰/۰۰۳
۱۳۸۲	۰/۶۷	۳۰/۵۳	۲۸/۸۸	۳۳/۲۹	۵	۱/۱۳	۰/۴۵	۰/۰۰۶
۱۳۸۴	۱/۷۴	۶/۴۸	۳۷/۰۵	۳۷/۹۷	۱۴/۸۵	۱/۷۵	۰/۱۲	۰/۰۰۸
۱۳۸۵	۳/۹۳	۲۹/۷۹	۲۸/۲۷	۲۴/۸۴	۱۰/۴۸	۲/۵۱	۰/۱۲	۰/۰۰۲
۱۳۸۶	۰/۶۸	۷/۲۷	۳۹/۴۹	۳۳/۳۲	۱۷/۴۲	۱/۶۴	۰/۱۳	۰/۰۰۲
۱۳۸۷	۰/۷۸	۰/۷۲	۴۲/۵۶	۴۱/۲۲	۱۴/۴۰	۰/۲۲	۰/۰۷	۰/۰۰۸
۱۳۸۸	۰/۳۸	۱۳/۰۹	۴۲/۹۸	۲۴/۹۶	۹/۰۶	۸/۹۰	۰/۴۳	۰/۱۵
۱۳۸۹	۰/۰۲	۵۹/۷۰	۷/۱۸	۲۰/۳۲	۱۱/۴۹	۱/۰۵	۰/۱۶	۰/۰۰۵
۱۳۹۰	۱۴/۱۲	۶/۹۷	۳۲/۶۲	۳۷/۲۳	۷/۶۲	۱/۲۲	۰/۱۴	۰/۰۰۴
۱۳۹۱	۱/۹۷	۱۵/۲۳	۲۲/۸۱	۲۸/۱۰	۲۷/۵۴	۴/۱۲	۰/۱۶	۰/۰۰۳
۱۳۹۲	۲/۳۰	۳۷/۰۹	۳۶/۴۲	۹/۸۱	۱۳/۳۶	۰/۶۴	۰/۳۲	۰/۰۰۲
۱۳۹۳	۲/۸۰	۸/۲۸	۴۱/۸۴	۴۰/۷۶	۴/۰۸	۱/۵۹	۰/۴۷	۰/۱۵
۱۳۹۴	۱۰/۶۴	۲۵/۴۶	۲۶/۸۵	۲۵/۷۳	۹/۰۳	۱/۸۲	۰/۶۹	۰/۰۰۹
۱۳۹۵	۰/۰۵	۲۲/۰۸	۳۵/۵۸	۳۶/۳۳	۳/۴۵	۲/۱۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹
۱۳۹۶	۰/۷۸	۲۱/۲۳	۲۳/۹۵	۲۶/۲۹	۲۴/۴۱	۳/۲۴	۰/۰۵	۰/۰۰۲

### ۳-۱- تغییرات پوشش برف استان کردستان

با توجه به اینکه ریزش برف در این استان از ماه آبان تا اسفند ادامه می‌یابد لذا در این بازه‌ی زمانی، درصد پوشش برف هر شهرستان مشخص شد. با توجه به جدول (۵) از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ شهرستان‌های دیواندره و سقز، بیجار، قروه، سنندج، مریوان، کامیاران، بانه و سروآباد به ترتیب بیشترین پوشش برف را داشتند. طی سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۳ شهرستان دیواندره بیشترین و شهرستان سروآباد، کمترین مساحت پوشیده از برف را به خود اختصاص داده‌اند و همچنین شهرستان‌های بیجار و سقز از لحاظ پوشش برف، بعد از شهرستان دیواندره قرار دارند. در سال ۱۳۸۲ شهرستان‌های قروه و مریوان بیشترین و شهرستان بانه، کمترین سطوح برف را به خود اختصاص داده‌اند. بیشترین ریزش برف شهرستان دیواندره در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۳ در ماه‌های آبان، آذر و اسفند بوده و همچنین در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ همانند شهرستان بیجار در ماه‌های دی و بهمن بوده

است. دیگر شهرستان‌ها، ریزش برف متناوب و یکنواختی را در ماه‌های آبان تا اواخر اسفند داشته‌اند. از آنجایی که تغییرات بارندگی و دما نقش بسزایی در آب شدن پوشش برف یک ناحیه دارد، بنابراین داده ایستگاه هواشناسی شهرستان سقز که پوشش برفی آن تا اواخر اردیبهشت بیشتر از دیگر شهرستان‌ها بوده، بررسی و نتایج نشان دهنده‌ی دمای خنک تر نسبت به دیگر نواحی بوده‌است. به طوری که میانگین دمای هوای اردیبهشت این شهرستان در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ به ترتیب ۱۵، ۱۴/۴، ۱۴/۴، ۱۳/۲ و ۱۴/۱ درجه سانتی‌گراد و بارندگی این ناحیه در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ به ترتیب ۲۱، ۸۹، ۶۵، ۵۴ و ۵۱ میلی‌متر بوده است (هواشناسی کشور، ۱۳۹۷). فراوانی ریزش برف در شهرستان‌های پر برف استان کردستان علاوه بر اینکه منابع آب بخش کشاورزی را تامین می‌کند، موجبات تامین آب آشامیدنی را از طریق چشمه‌ها و چاه‌های آب شیرین فراهم می‌کند.

جدول ۵- درصد پوشش مکانی برف استان کردستان

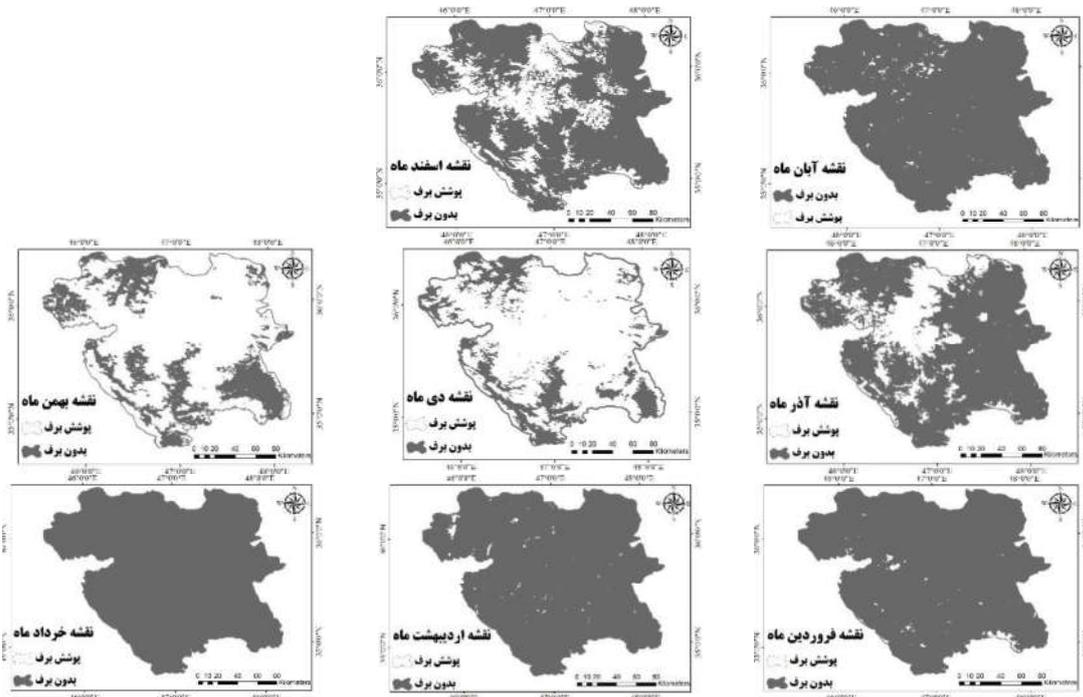
سال	شهرستان / ماه	بانه	بیجار	دیواندره	کامیاران	مریوان	قروه	سنندج	سروآباد	سقز
۱۳۷۹	آبان	۵/۰۴	۵/۵۱	۳۴/۰۵	۱/۵۰	۴/۸۱	۱۲/۵۴	۵/۰۵	۴/۴۴	۲۶/۷۲
	آذر	۵/۸۷	۸/۹۰	۳۳/۴۶	۲/۵۱	۱۰/۴۴	۴/۳۷	۱۰/۷۱	۴/۵۹	۱۸/۹۸
	دی	۴/۷۹	۲۴/۱۱	۱۶/۹۵	۴/۳۵	۸/۲۲	۱۶/۳۴	۹/۶۵	۲/۶۸	۱۲/۷۱
	بهمن	۳/۶۷	۲۵/۹۳	۱۸/۱۶	۵/۳۶	۷/۷۵	۱۲/۶۷	۹/۵۵	۳/۶۶	۱۳/۱۰
	اسفند	۶/۲۲	۱۵/۶۹	۳۰/۷۷	۵/۴۷	۸/۱۷	۷/۱۷	۹/۰۵	۴/۵۱	۱۲/۴۶
	فروردین	۴/۳۶	۱/۸۰	۷/۶۵	۴/۵۴	۱۲/۸۶	۴۳/۸۶	۶/۵۵	۹/۱۶	۶/۱۲
	اردیبهشت	۲۲/۵۳	۵/۷۸	۱۰/۹۸	-/۲۳	۷/۸۲	۶/۶۰	۹/۵۸	۲/۹۲	۳۲/۷۴
خرداد	.	.	.	.	.	.	.	.	۰/۰۰۳	
۱۳۸۰	آبان	۴/۷۹	۰/۲۸	۷/۶۳	۱۰/۳۱	۵	۲/۶۱	۱۳/۶۸	۲/۱۵۰	۱۴/۶۳
	آذر	۵/۶۷	۲۱/۱۱	۱۵/۲۴	۷/۱۴	۷/۰۹	۱۷/۳۸	۷/۳۹	۱/۸۷	۱۶/۷۳
	دی	۵/۰۱	۲۰	۱۳/۸۹	۷/۱۳	۸/۰۲	۱۶/۵۱	۱۰/۳۷	۳/۲۶	۱۵/۶۵
	بهمن	۴/۳۹	۲۰/۷۱	۱۵/۳۵	۷/۳۳	۷/۶۳	۱۹/۳۰	۱۱	۲/۶۸	۱۱/۳۹
	اسفند	۸/۲۴	۳/۳۳	۲۴/۶۲	۷/۷۸	۱۳/۳۶	۵/۲۸	۱۰/۹۹	۷/۳۳	۱۸/۲۵
	فروردین	۶/۳۲	۱۱/۹۹	۱۲/۱۲	۴/۴۰	۲/۲۸	۱۳/۴۸	۶/۶۸	۱۲/۷۹	۱۰/۷۲
	اردیبهشت	۳/۴۱	۳/۶	۲۰/۸۰	۹/۸۵	۱۰/۲۴	۸/۱۷	۱۲/۸۲	۶/۱۴	۱۳/۸۲
خرداد	.	.	.	.	.	.	.	.	۰/۰۰۵	

پایش تغییرات زمانی - مکانی پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS

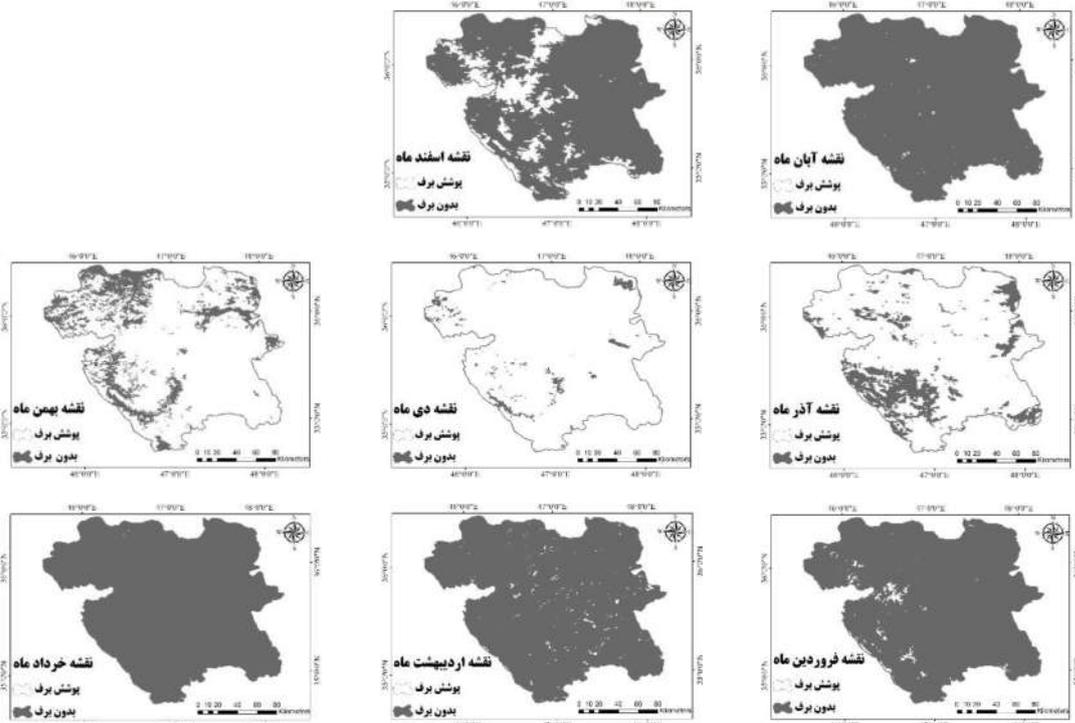
ادامه جدول ۵- درصد پوشش مکانی برف استان کردستان

سال	شهرستان / ماه	بانه	بیجار	دیواندره	کامیاران	مریوان	قروه	سنندج	سروآباد	سقز
۱۳۸۱	آبان	۳/۲۸	۱۸/۴۳	۱۶/۶۶	۰/۶۷	۸/۴۶	۱۲/۶۴	۹/۰۹	۳/۳۱	۲۷/۳۰
	آذر	۶/۳۷	۲۵/۵۴	۲۶/۳۴	۵/۲۴	۴/۶۳	۱۱/۵۸	۹/۶۵	۳/۷۰	۹/۴۰
	دی	۶/۶۷	۱۲/۲۸	۲۰/۳۱	۵/۳۶	۱۱/۹۹	۱۰/۸۷	۱۰/۹۱	۴/۲۴	۱۷/۰۷
	بهمن	۴/۸۳	۱۹/۴۶	۱۵/۲۳	۵/۰۹	۹/۷۱	۲۱/۱۱	۱۱/۰۴	۴/۳۳	۸/۹۵
	اسفند	۷/۴۳	۹/۱۴	۱۷/۳۶	۳/۹۶	۹/۸۹	۶/۳۰	۸/۳۷	۳/۴۱	۸/۳۷
	فروردین	۱۳/۰۷	۱/۶۶	۱۵/۳۳	۲/۶۱	۲۵	۲/۵۳	۶/۲۵	۱۱/۱۴	۲۰/۹۲
	اردیبهشت	۱۹/۷۶	۶/۹۵	۲۳/۵۸	۰/۳۰	۱۵/۷۰	۰/۹۱	۰/۹۵	۱۱/۰۸	۲۰/۹۳
	خرداد	۰	۰	۰/۰۱۰	۰	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۲۱
۱۳۸۲	آبان	۳/۳۲	۱۳/۹۷	۴/۵۰	۳۰/۱۶	۷/۳۶	۳۲/۲۱	۲/۲۱	۲/۳۲	۲/۹۵
	آذر	۷/۲۳	۲۰/۱۸	۱۶/۲۲	۵/۴۹	۸/۴۷	۱۵/۸۵	۹	۳/۱۵	۱۴/۷۲
	دی	۴/۵۴	۲۴/۱۴	۱۹/۸۹	۱/۴۳	۹/۶۴	۱۰/۱۸	۸/۵۰	۲/۶۷	۱۸/۷۹
	بهمن	۵/۲۳	۱۸/۷۳	۱۷/۲۶	۵/۳۷	۷/۲۲	۱۹/۳۵	۸/۸۵	۲/۷۷	۱۴/۶۳
	اسفند	۱۵/۰۱	۲/۶۹	۱۹/۳۳	۴/۲۵	۲۰/۲۰	۲/۹۹	۷/۱۲	۷/۵۰	۱۹/۴۶
	فروردین	۲۰/۳۳	۱/۸۴	۱۴/۰۴	۲/۴۹	۱۷/۱۷	۳/۸۵	۴/۸۰	۱۲/۰۲	۲۴/۶۱
	اردیبهشت	۴/۱۵	۲۳/۷۹	۱۶/۷۷	۰/۲۲	۴/۴۱	۷/۳۰	۱۱/۷۱	۴/۷۱	۲۰/۳۴
	خرداد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۵
۱۳۸۳	آبان	۴/۰۱	۴/۷۰	۳۵/۸۰	۰/۱۸	۱۷/۶۵	۱/۳۱	۴/۶۷	۱/۴۶	۲۹/۹۵
	آذر	۳/۷۶	۱۲/۹۷	۳۷/۲۸	۳/۲۲	۸/۸۵	۹/۹۸	۱۰/۳۲	۲/۸۰	۱۰/۷۹
	دی	۰/۴۶	۲۰/۸۸	۱۴/۰۲	۷/۱۳	۷/۳۴	۱۶/۷۳	۱۰/۷۴	۳/۱۶	۱۵/۸۳
	بهمن	۵/۳۹	۲۰/۴۴	۱۳/۶۷	۶/۹۲	۸/۰۲	۱۶/۳۲	۱۰/۳۶	۳/۵۰	۱۵/۲۰
	اسفند	۵/۶۷	۱۸/۶۷	۲۳/۶۳	۵/۳۰	۱۰/۱۳	۱۰/۶۱	۱۱/۱۸	۳/۹۵	۱۰/۶۵
	فروردین	۱۱/۲۶	۸/۶۷	۱۰/۹۲	۷/۶۳	۱۸/۸۱	۷/۶۲	۹/۰۹	۱۳/۳۹	۱۲/۵۲
	اردیبهشت	۰/۴۶	۱۷/۴۹	۶/۹۸	۳۵/۴۳	۱۱/۷۱	۵/۰۹	۲/۴۳	۱۴/۱۶	۶/۳۲
	خرداد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۶

کریم سلیمانی و همکاران

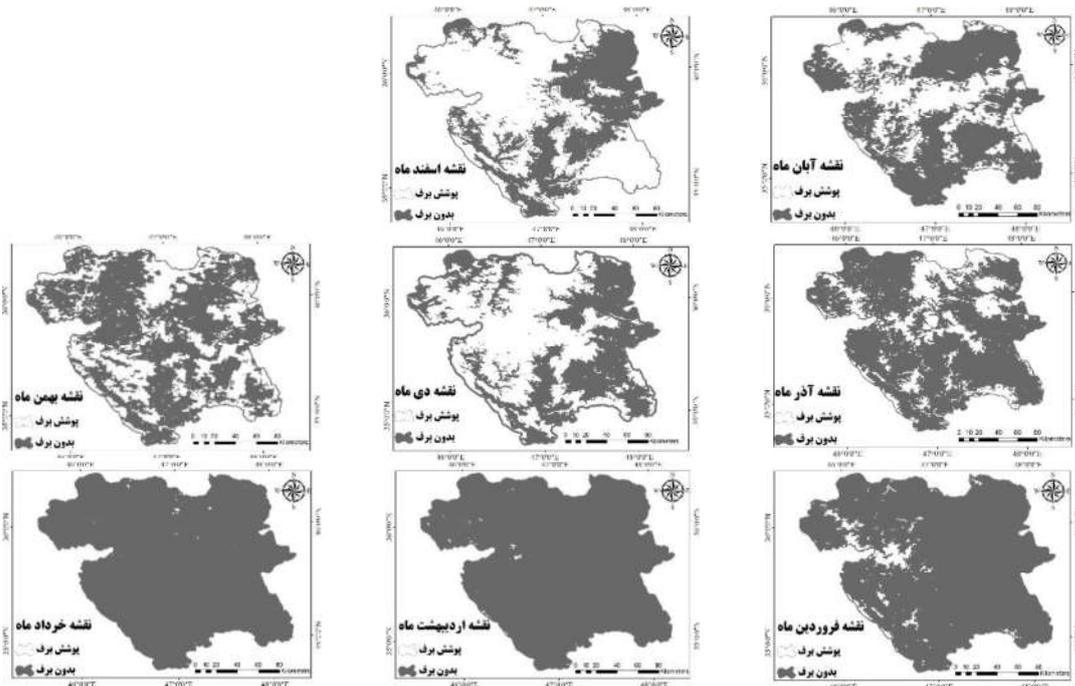


شکل ۴- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۷۹

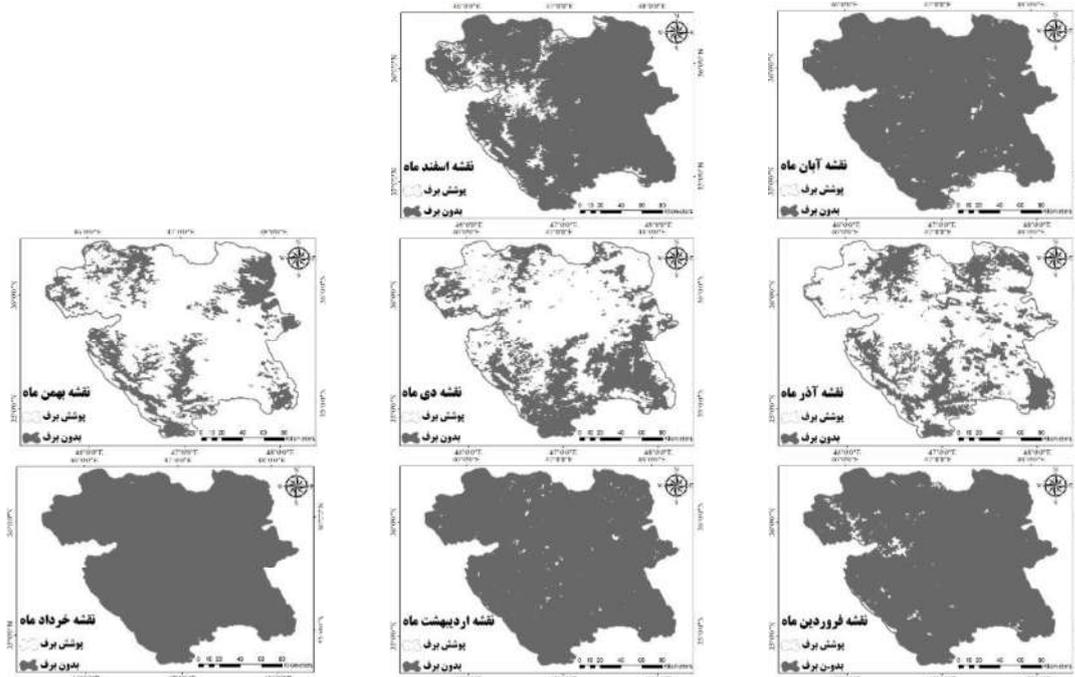


شکل ۵- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۸۰

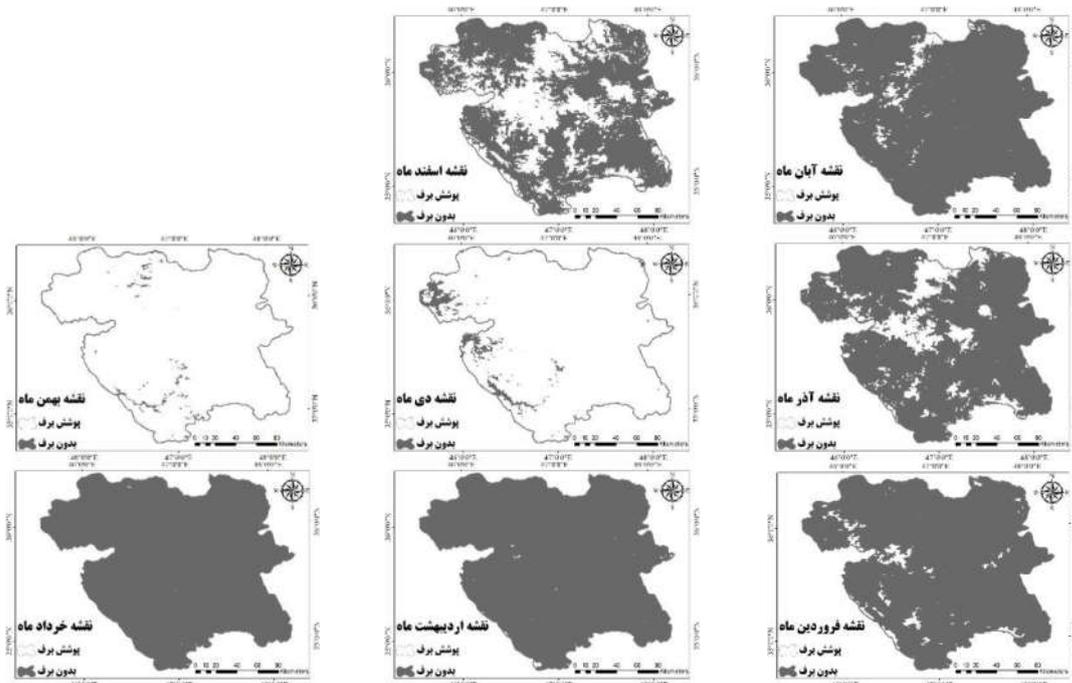
پایش تغییرات زمانی - مکانی پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS



شکل ۶- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۸۱



شکل ۷- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۸۲



شکل ۸- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۸۳

سقز تعلق دارد (جدول ۵). همان طور که در بالا ذکر شد دلیل آن دمای خنکتر و بارندگی کمتر نسبت به دیگر نواحی است. به طوری که میانگین دمای هوا اردیبهشت ماه این شهرستان، در این سالها به طور میانگین ۱۵ درجه سانتیگراد و میانگین مجموع بارش نیز ۲۹/۰۲ میلیمتر بوده است (هواشناسی کشور، ۱۳۹۷).

شهرستان‌های دیواندره، بیجار و قروه و شهرستان‌های کامیاران، سنندج و سروآباد به ترتیب بیشترین و کمترین پوشش برفی را در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ داشته‌اند. شهرستان‌های دیواندره در ماه‌های آبان و آذر و شهرستان بیجار و قروه نیز در ماه‌های دی و بهمن بیشترین ریزش برفی را داشته‌اند بیشترین سطوح برفی استان در اردیبهشت ماه نیز به شهرستان

جدول ۶- درصد پوشش مکانی برف استان کردستان

سال	شهرستان / ماه	بانه	بیجار	دیواندره	کامیاران	مریوان	قروه	سنندج	سروآباد	سقز
۱۳۸۴	آبان	۱۱/۱۵	۵/۲۵	۲۷/۱۴	۰/۴۶	۲۴/۴۹	۱/۳۳	۹/۸۷	۰/۷۵	۱۹/۳۰
	آذر	۵/۱۷	۲۰/۶۳	۲۲/۴۷	۴/۵۱	۵/۸۹	۹/۳۸	۸/۳۳	۲/۴۰	۲۰/۵۴
	دی	۷/۹۷	۸/۷۸	۱۶/۵۳	۱۰/۲۶	۱۰/۷۷	۱۷/۹۴	۱۳/۰۲	۴/۴۴	۱۰/۱۰
	بهمن	۱۰/۵۸	۱۳/۸۲	۲۱/۲۹	۲/۸۵	۷/۱۹	۱۸/۸۹	۷/۷۱	۲/۳۷	۱۵/۱۸
	اسفند	۸/۸۵	۴/۲۷	۲۳/۰۴	۵/۰۲	۱۲/۰۲	۹/۰۳	۱۱/۳۷	۵/۴۹	۱۹/۹۷
	فروردین	۸/۰۴	۹/۱۶	۱۰/۹۶	۷/۲۰	۱۹/۱۴	۱۳/۴۳	۱۱/۱۷	۱۰/۰۹	۱۱/۲۶
	اردیبهشت	۱/۶۵	۰/۸۱	۷/۹۶	۱۶/۸۲	۱۹/۴۷	۰/۶۱	۲/۴۹	۱۰/۷۷	۳۷/۴۲
	خرداد	.	.	.	۰/۰۱۱	.	.	.	.	۰/۰۰۷

پایش تغییرات زمانی - مکانی پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS

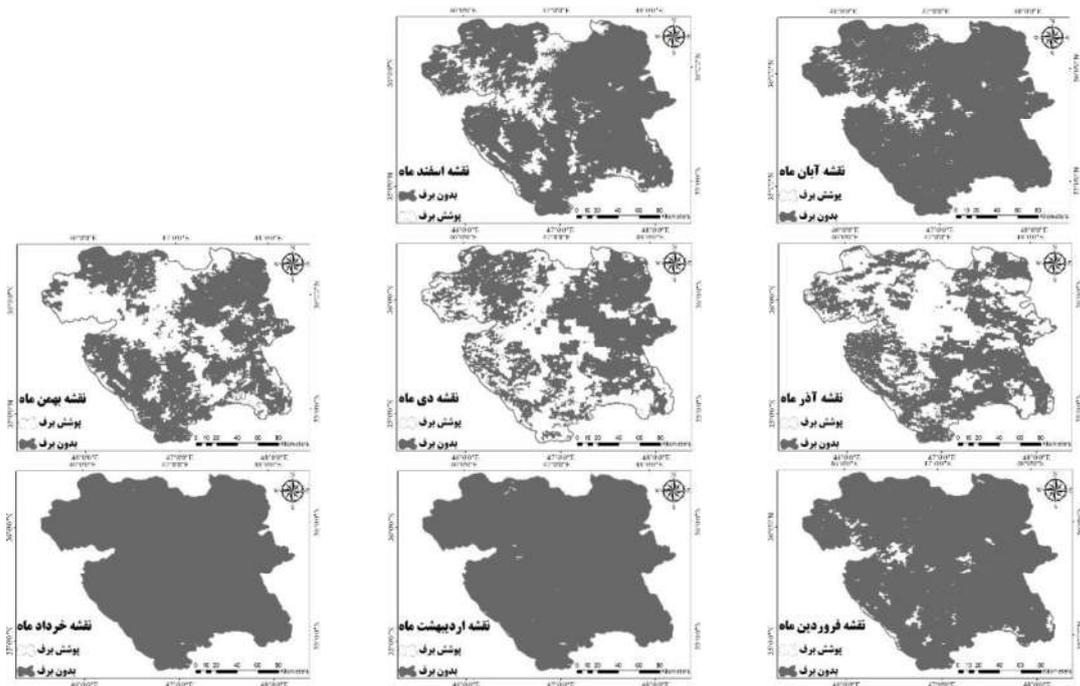
ادامه جدول ۶- درصد پوشش مکانی برف استان کردستان

سال	شهرستان/ ماه	بانه	بیجار	دیواندره	کامیاران	مریوان	قروه	سنندج	سروآباد	سقز
۱۳۸۵	آبان	۳/۳۹	۰/۳۱	۵۹/۵۷	۰/۹۴	۷/۶۶	۰/۰۹	۱/۶۹	۱/۹۵	۲۴/۳۸
	آذر	۱۰/۶۰	۸/۷۸	۲۱/۵۵	۱/۶۴	۹/۹۲	۱۳/۳۲	۷/۷۲	۳/۵۸	۲۳/۴۳
	دی	۵/۳۷	۲۰/۳۲	۱۳/۶۰	۷	۷/۹۹	۱۶/۱۱	۱۰/۵۴	۳/۴۷	۱۵/۴۳
	بهمن	۶/۰۷	۲۰/۷۹	۱۶/۰۷	۵/۱۲	۸/۶۹	۱۶/۳۵	۹/۰۳	۲/۷۹	۱۴/۹۴
	اسفند	۴/۹۶	۱۶/۹۸	۲۴/۹۷	۴/۷۳	۷/۳۲	۱۴/۳۲	۹/۳۱	۳/۲۸	۱۳/۹۳
	فروردین	۸/۰۱	۲/۱۴	۱۸/۰۴	۶/۶۸	۱۷/۳۷	۱۱/۸۵	۶/۴۶	۱۲/۳۸	۱۱/۲۹
	اردیبهشت	۹/۷۹	۶/۹۴	۱۶/۶۰	۱۴/۷۱	۱۱/۴۶	۵/۴۵	۱۲/۶۰	۸/۹۲	۱۲/۸۹
	خرداد	۰	۰	۰	۰/۰۰۵	۰	۰	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۱۱
۱۳۸۶	آبان	۹/۴۱	۶/۷۸	۳۰/۸۷	۶/۴۷	۱۶/۴۷	۶/۷۴	۹/۶۵	۶/۲۶	۵/۶۸
	آذر	۳/۲۸	۱۳/۰۶	۱۸/۷۹	۶/۴۵	۱۰/۳۰	۱۶/۳۴	۱۲/۵۹	۹/۷۰	۹/۰۱
	دی	۵/۰۵	۲۰/۹۱	۱۳/۹۶	۶/۵۴	۸/۱۲	۱۶/۶۰	۱۰/۲۲	۳/۲۵	۱۵/۱۸
	بهمن	۴/۲۶	۲۱/۵۸	۱۴/۴۷	۶/۶۴	۸/۴۵	۱۷/۱۴	۸/۴۲	۳/۰۹	۱۵/۶۳
	اسفند	۶/۷۲	۱۰/۷۴	۲۸/۰۱	۴/۰۸	۸/۷۳	۶/۸۲	۱۰/۲۸	۴/۱۸	۱۹/۴۳
	فروردین	۳/۴۲	۱۷/۳۰	۱۰/۱۷	۴/۱۹	۱۵/۷۱	۸/۹۱	۱۳/۷۷	۷/۳۴	۱۸/۸۵
	اردیبهشت	۳/۱۲	۲۵/۱۱	۷/۷۱	۱۴/۱۰	۲/۳۴	۱/۲۲	۱۷/۹۲	۰/۸۲	۲۷/۵۰
	خرداد	۰	۰	۰	۰/۰۰۲	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۴
۱۳۸۷	آبان	۱۶/۴۸	۲/۴۶	۱۷	۱/۸۳	۱۸/۰۳	۲/۳۰	۳/۷۱	۰/۵۷	۳۷/۱۰
	آذر	۴/۱۱	۹/۱۱	۲۷/۸۲	۵/۵۵	۷/۴۶	۱۲/۴۲	۱۲/۷۲	۱/۸۹	۱۵/۷۱
	دی	۵/۱۲	۱۹/۹۹	۱۳/۹۸	۷/۲۷	۸/۱۹	۱۶/۷۲	۱۰/۷۹	۳/۷۳	۱۴/۰۶
	بهمن	۴/۷۵	۱۴/۴۶	۲۰/۷۱	۵/۵۴	۹/۷۹	۱۵/۱۷	۱۰/۴۵	۳/۶۹	۱۵/۲۸
	اسفند	۱۰/۶۴	۳/۴۵	۲۰/۵۶	۶/۲۹	۱۵/۴۷	۵/۸۷	۱۲/۳۵	۷/۳۹	۱۷/۸۶
	فروردین	۶/۶۱	۱۱/۰۷	۲۴/۵۸	۱/۷۰	۶/۸۳	۳/۶۴	۴/۰۸	۲/۱۴	۳۸/۹۵
	اردیبهشت	۳۵/۶۶	۴/۸۸	۱۰/۸۴	۸/۶۴	۷/۱۲	۰/۰۷	۱۱/۴۳	۲/۳۴	۱۸/۸۹
	خرداد	۰/۰۴۶	۰/۰۱۵	۰/۰۲۱	۰/۰۲۲	۰/۰۱	۰	۰/۰۱۷	۰/۰۰۵	۰/۰۱۸
۱۳۸۹	آبان	۰	۱/۳۸	۱۰/۱۶	۹/۸۷	۲۴/۳۸	۰	۰	۰	۵۲/۸۱
	آذر	۲/۷۲	۲۲/۰۱	۱۵/۱۷	۷/۱۷	۸/۶۸	۱۸/۰۹	۱۱/۱۴	۳/۱۹	۱۲/۸۵
	دی	۷/۲۵	۶/۸۹	۲۵/۹۱	۰/۶۱	۱۳/۵۳	۶/۵۱	۱۰/۷۶	۸/۱۶	۱۳/۳۸
	بهمن	۵/۰۲	۸/۸۳	۱۸/۴۸	۱۱/۱۸	۸/۴۶	۱۷/۹۴	۱۲/۷۸	۵/۴۵	۱۱/۶۱
	اسفند	۱۲/۳۳	۱/۴۳	۱۹/۴۲	۹/۷۲	۱۲/۱۸	۷/۴۸	۱۲/۰۱	۵/۵۹	۱۹/۵۷
	فروردین	۱/۸۰	۱۴/۹۲	۳۳/۷۳	۳/۳۱	۸/۴۳	۱۴/۲۱	۲/۰۱	۲/۴۷	۱۹/۷۳
	اردیبهشت	۸/۴۲	۸/۴۵	۷/۸۹	۱۲/۴۵	۲/۹۱	۱۴/۹۱	۶/۴۹	۱/۴۶	۳۶/۰۱
	خرداد	۰	۰/۰۱۲	۰/۰۱۰	۰/۰۰۴	۰	۰	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۱۸

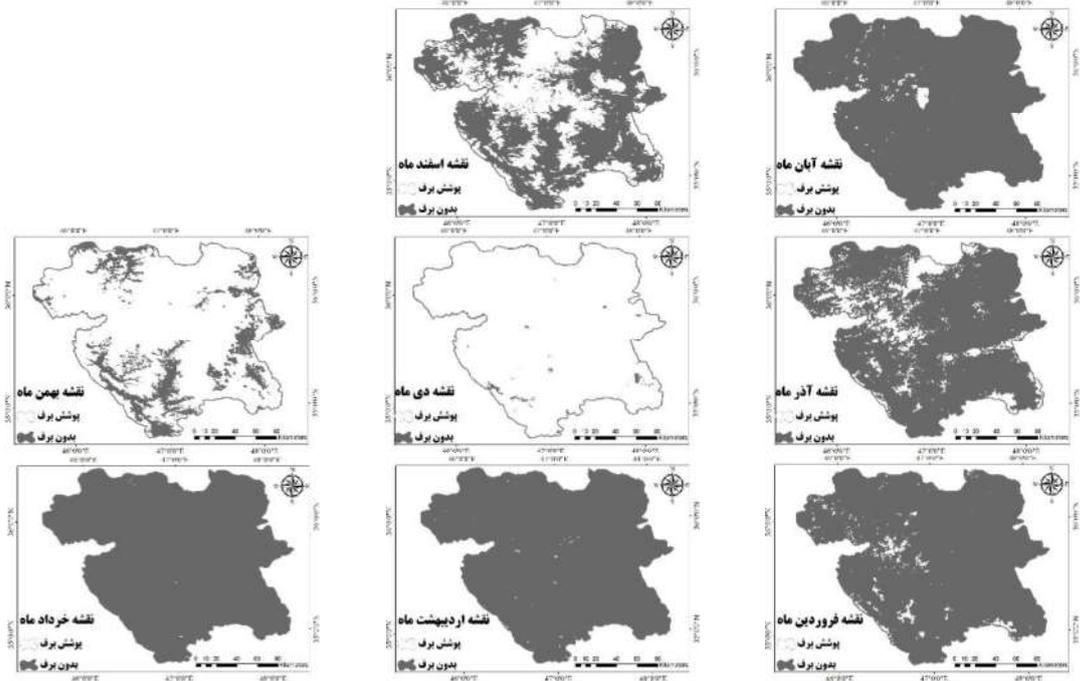
مقیاس زمانی نیز پوشش برف این نواحی همانند دو دوره‌ی قبل بوده است، همچنین همانند دو دوره‌ی قبل شهرستان سقز بیشترین ماندگاری پوشش برف را در سطح استان داشته‌است.

در این دوره نیز (۱۳۹۰-۱۳۹۴)، همانند دو دوره‌ی قبل (۱۳۷۹-۱۳۸۳) و (۱۳۸۹-۱۳۸۴)، شهرستان‌های دیواندره و بیجار بیشترین و شهرستان‌های کامیاران، سنندج و سروآباد، کمترین پوشش برفی را داشته‌اند. در

کریم سلیمانی و همکاران



شکل ۹- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۸۴

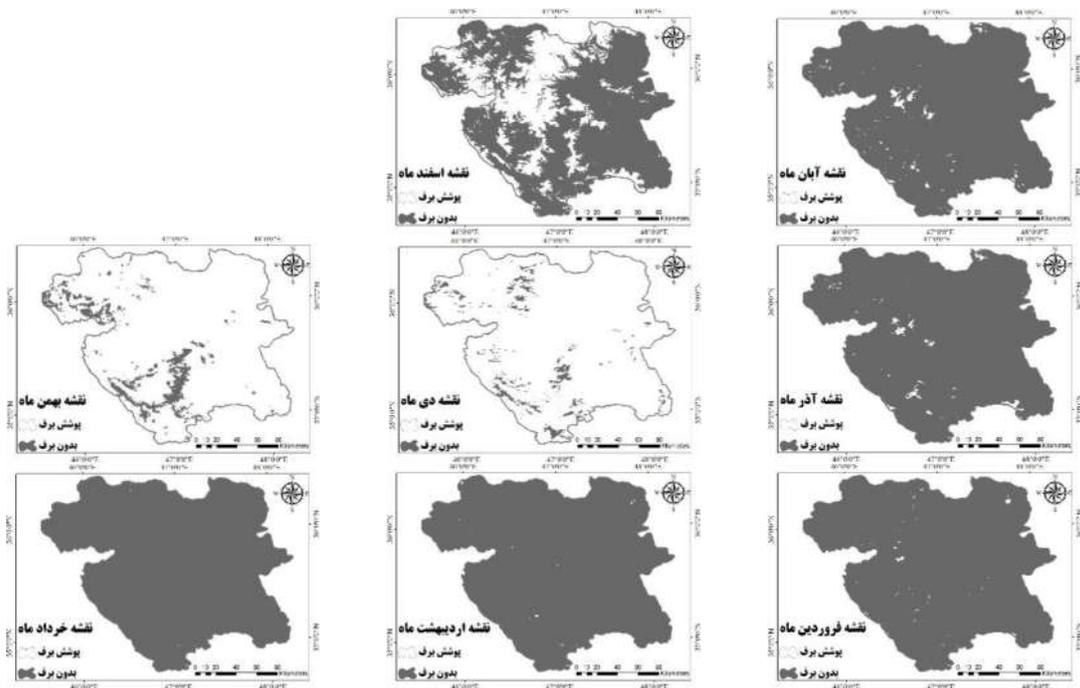


شکل ۱۰- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۸۵

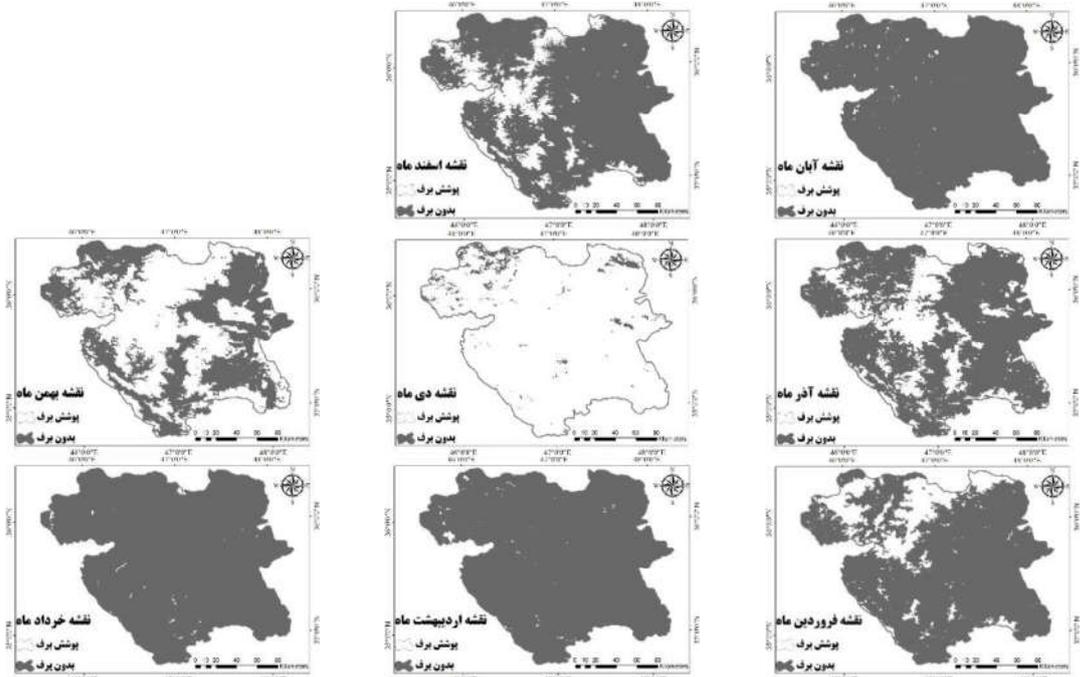
سنجش از دور و GIS ایران

سال دهم ■ شماره سوم ■ پاییز ۱۳۹۷

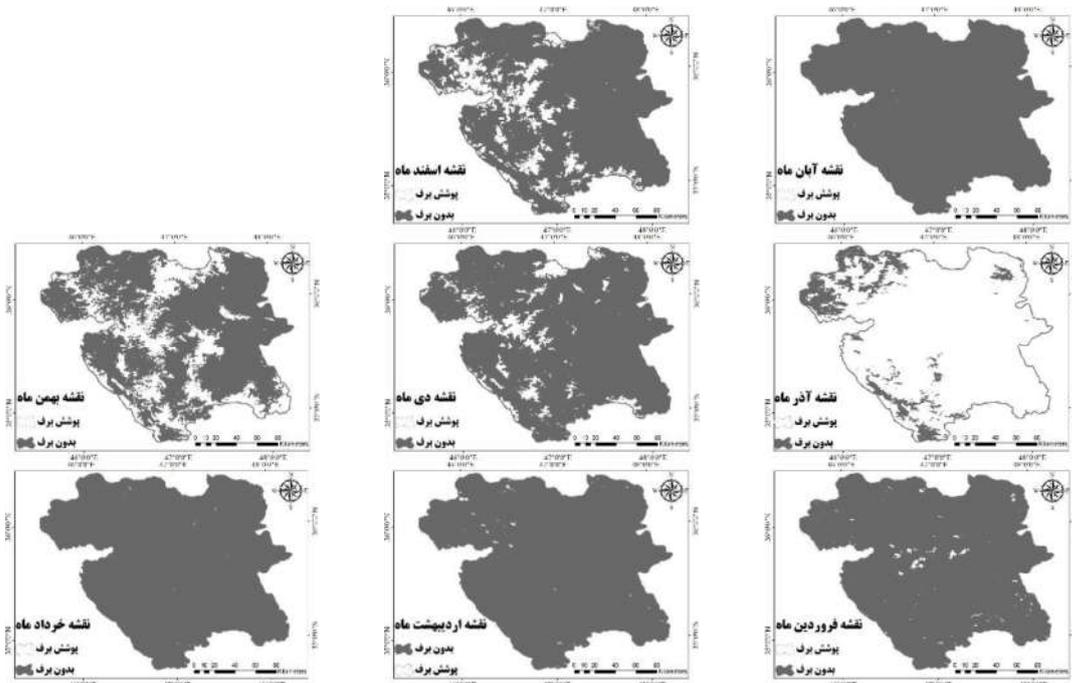
پایش تغییرات زمانی - مکانی پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS



شکل ۱۱- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۸۶



شکل ۱۲- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۸۷



شکل ۱۳- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۸۹

قراردادن جذب انرژی و گرم شدن یک ناحیه، نقش مستقیمی در گردش جوی در مقیاس ریز اقلیم و بزرگ اقلیم دارد. پوشش برف و رطوبت خاک، مهمترین متغیرها در فرآیند تبادل گرما و رطوبت بین زمین و جو هستند. وجود برف در یک ناحیه، تاثیر زیادی بر رطوبت موجود در سطح و در نتیجه جاری شدن رواناب دارد (Malcher et al, 2003). بررسی انجام گرفته نشان می- دهد، به طور کلی شهرستان‌های دیواندره، بیجار و قروه بیشترین پوشش برف را در طی دوره ۱۷ سال داشته اند. همچنین شهرستان‌های کامیاران، سنندج، مریوان و سروآباد، از کمترین ریزش برف در مقایسه با دیگر مناطق برخوردار بوده اند. همچنین در این مطالعه مشخص شد که پوشش برف شهرستان سقز به دلیل برخورداری از دمای خنک‌تر، دیرتر از دیگر نواحی ذوب شده و تا اواخر اردیبهشت و حتی در برخی از سال‌ها تا اواخر خرداد ماه ماندگار است.

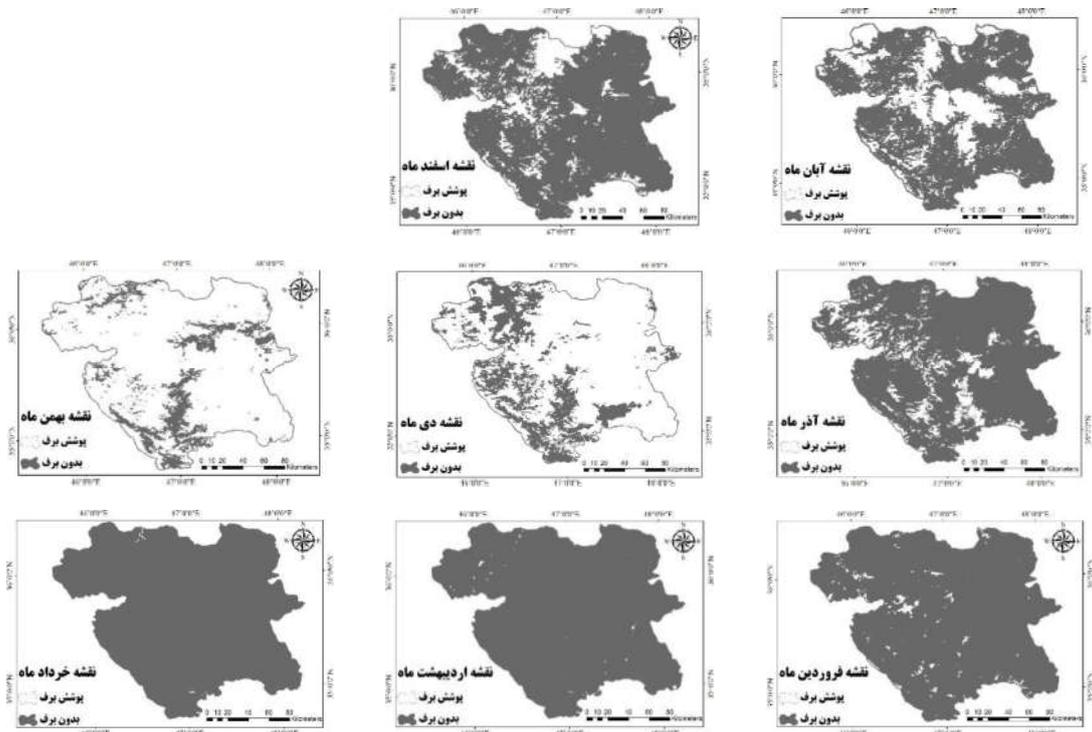
بررسی و تحلیل ریزش برف در استان کردستان در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ نشان می‌دهد که  $55/83$  و  $23/01$  درصد از ریزش برف در ماه‌های آبان و آذر در شهرستان دیواندره و همچنین  $22/38$  و  $25/06$  درصد از ریزش برف، بهمن ماه در شهرستان بیجار ریزش داشته است. شهرستان‌های سقز و قروه بیشترین شهرستان‌های کامیاران، سنندج و سروآباد کمترین پوشش برف استان را در این دوره به خود اختصاص داده‌اند. رواناب حاصل از ذوب برف بر سیستم هیدرولوژیکی یک ناحیه تاثیر مستقیم می‌گذارد و سیستم هیدرولوژیکی نیز تاثیر مستقیمی بر رشد محصولات کشاورزی و در نتیجه امنیت غذایی یک ناحیه دارد (رایگانی و همکاران، ۱۳۸۷: فتاحی و همکاران، ۱۳۹۰). از آنجایی که سطوح برفی، سبب محافظت سطح خاک در برابر جو و کاهش فرآیند گرم شدن در فصل بهار می‌شود، بنابراین برف با تحت تاثیر

پایش تغییرات زمانی - مکانی پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS

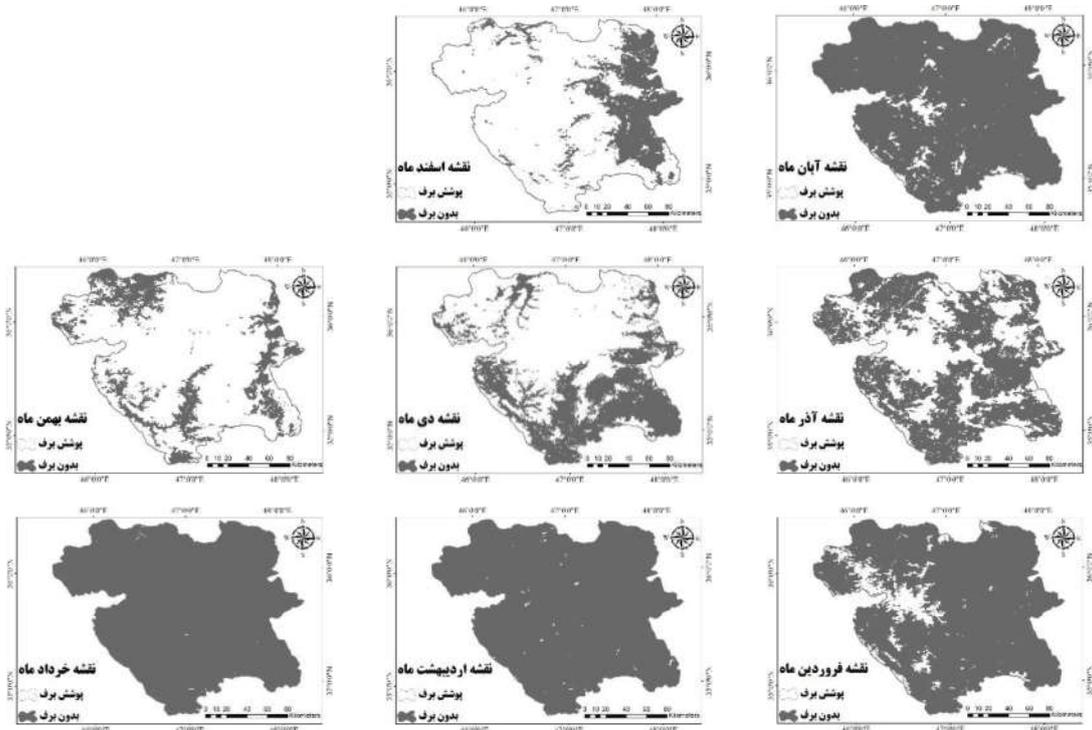
جدول ۷- درصد پوشش مکانی برف استان کردستان

سال	شهرستان/ ماه	بانه	بیجار	دیواندره	کامیاران	مریوان	قروه	سنندج	سروآباد	سقز
۱۳۹۰	آبان	۴/۱۳	۲۰/۳۹	۲/۴۰	۳/۶۱	۵/۵۸	۱۰/۲۹	۱۰/۲۳	۴/۷۶	۱۹/۴۲
	آذر	۱۳/۹۲	۷/۱۵	۱۰/۹۰	۶/۷۴	۵/۶۱	۱۶/۸۵	۱۶/۲۱	۴/۲۷	۱۸/۱۶
	دی	۵/۸۵	۲۵/۶۰	۱۷/۹۹	۴/۳۲	۶/۲۴	۱۸/۸۳	۸/۸۹	۲/۹۳	۱۰/۵۳
	بهمن	۵/۹۰	۲۰/۴۶	۱۴/۲۸	۴/۷۶	۸/۲۲	۱۸/۴۴	۸/۶۹	۳/۳۹	۱۵/۷۱
	اسفند	۵/۵۱	۱۰/۹۹	۲۹/۹۰	۳/۵۹	۹/۱۲	۵/۶۹	۸/۸۷	۴/۲۵	۲۱/۸۵
	فروردین	۹/۷۲	۴/۹۱	۱۸/۳۸	۵/۶۷	۱۴/۹۴	۱۲/۲۴	۹/۰۸	۶/۷۰	۱۷/۵۵
	اردیبهشت	۱۵/۸۵	۸/۵۸	۱/۱۰	۱۰/۸۲	۱۰/۳۵	۲۲/۵۱	۲/۴۹	۰/۴۸	۳۶/۳۵
خرداد	۰	۰	۰	۰/۰۱۱	۰	۰	۰	۰	۰/۰۳۲	
۱۳۹۱	آبان	۰/۶۷	۵/۳۲	۲۵/۲۶	۹/۸۵	۱۴/۱۳	۸/۸۵	۲۲/۰۳	۱۱/۰۶	۲/۶۵
	آذر	۴/۳۷	۲۰/۹۴	۲۰/۳۶	۳/۱۸	۹/۸۸	۱۳/۲۰	۹/۷۲	۳/۶۷	۱۴/۷۱
	دی	۶/۵۶	۲۳/۲۶	۲۰/۶۰	۲/۱۸	۷/۹۸	۶/۳۷	۹/۴۵	۳/۰۷	۲۰/۳۴
	بهمن	۵/۳۱	۲۱/۳۵	۱۶/۸۲	۶/۶۰	۸/۷۳	۱۶/۷۷	۹/۷۶	۳/۱۵	۱۱/۳۴
	اسفند	۶/۷۸	۱۰/۶۴	۱۶/۴۰	۸/۷۲	۱۰/۱۲	۱۲/۴۰	۱۲/۴۶	۴/۴۱	۱۷/۹۵
	فروردین	۱۲/۳۱	۳/۴۵	۱۹/۳۸	۴/۱۱	۱۸/۸۴	۲/۵۵	۷/۸۰	۸/۶۸	۲۲/۶۵
	اردیبهشت	۲/۴۴	۱/۷۳	۱۶/۹۳	۱۰/۶۴	۷/۵۰	۱۹/۴۳	۱۶/۳۰	۴/۹۷	۱۹/۵۸
خرداد	۰	۰	۰	۰/۰۰۹	۰	۰	۰/۰۰۸	۰	۰/۰۲۱	
۱۳۹۲	آبان	۰/۰۶	۸/۵۲	۲۴/۵۲	۳/۴۴	۹	۱۹/۷۱	۸/۸۱	۲/۲۰	۱۷/۹۹
	آذر	۶/۰۵	۲۰/۳۴	۱۵/۴۷	۴/۰۲	۸/۹۵	۱۵/۴۶	۹/۰۲	۳/۰۸	۱۷/۴۵
	دی	۶/۲۰	۱۲/۹۹	۱۴/۵۴	۷/۶۰	۹/۲۵	۱۶/۲۸	۱۱/۱۸	۴	۱۷/۸۳
	بهمن	۳۰۹	۶/۸۱	۱۸/۳۲	۹/۱۵	۱۴/۵۴	۷/۱۱	۱۱/۷۹	۶/۹۴	۱۸/۷۴
	اسفند	۴/۵۷	۲۰/۶۵	۱۲/۴۳	۴/۰۳	۴/۰۳	۱۸/۹۸	۸/۷۴	۳/۱۵	۲۰/۲۸
	فروردین	۸/۶۰	۴/۶۴	۱۳/۹۱	۴/۹۴	۱۸/۲۸	۴/۵۴	۱۵/۴۰	۱۳/۱۷	۱۶/۴۸
	اردیبهشت	۱۱/۸۹	۳/۸۳	۱۷/۷۵	۷/۵۹	۸/۵۸	۷/۱۵	۱۱/۰۱	۲/۵۹	۳۷/۱۳
خرداد	۰	۰	۰	۰/۰۰۶	۰	۰	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۱۲	
۱۳۹۳	آبان	۵/۶۸	۷/۷۲	۳/۱۷	۱/۷۹	۱۱/۴۱	۲/۰۷	۴/۸۷	۶/۸۰	۲۷/۹۴
	آذر	۸/۰۳	۱۱/۵۵	۲۷/۹۷	۴/۱۱	۱۷/۴۰	۴/۸۴	۹/۵۸	۶/۰۳	۱۰/۲۰
	دی	۴/۳۹	۲۲/۲۲	۱۶/۸۱	۴/۴۳	۴/۷۰	۱۸/۳۲	۸/۳۵	۲/۱۲	۱۸/۵۰
	بهمن	۳/۵۵	۲۴/۱۵	۱۶/۷۱	۵/۶۵	۵/۶۰	۱۸/۶۸	۷/۹۴	۲/۵۷	۱۵/۰۳
	اسفند	۷/۸۰	۶/۹۳	۱۹/۲۹	۶/۸۴	۱۴/۷۰	۸/۶۶	۱۲/۸۳	۸/۶۹	۱۳/۹۰
	فروردین	۱۶/۴۲	۵/۳۷	۱۶/۰۶	۲/۰۹	۱۲/۴۵	۶/۷۱	۲/۷۲	۷/۷۰	۳۰/۱۱
	اردیبهشت	۳۸/۰۵	۶/۵۹	۱۱/۵۳	۵/۳۰	۱/۷۰	۱۷/۳۵	۴/۳۸	۵/۳۹	۱۳/۶۷
خرداد	۰/۰۴۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۶۷	
۱۳۹۴	آبان	۵/۰۸	۴/۲۰	۲۶/۰۳	۴/۷۹	۱۳/۲۹	۳/۸۹	۱۶/۹۸	۶/۳۸	۱۸/۶۹
	آذر	۹/۶۶	۳/۷۱	۱۴/۹۲	۷/۱۶	۱۲/۴۶	۹/۹۶	۷/۰۶	۴/۷۸	۳۰/۱۰
	دی	۱۱/۴۵	۳/۸۰	۱۴/۵۰	۶/۲۳	۱۶/۶۷	۸/۷۵	۸/۵۰	۵/۹۸	۲۳/۹۸
	بهمن	۳/۵۵	۷/۷۲	۲۲/۷۸	۶/۲۶	۷/۵۶	۱۸/۸۶	۹/۶۳	۳/۴۹	۱۹/۹۶
	اسفند	۱۰/۱۴	۴/۱۲	۲۳/۷۷	۴/۰۴	۱۶/۳۹	۲/۹۲	۸/۸۹	۸/۰۸	۲۱/۳۷
	فروردین	۹/۷۱	۱۶/۴۶	۱۳/۵۱	۸/۸۱	۱۱/۳۹	۱۲/۵۸	۴/۶۹	۷/۷۰	۱۴/۸۲
	اردیبهشت	۵/۵۶	۲/۵۶	۱۳/۷۸	۱۰/۲۹	۳۰/۸۷	۰/۳۴	۷/۶۱	۴/۴۹	۲۴/۳۱
خرداد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۶	

کریم سلیمانی و همکاران

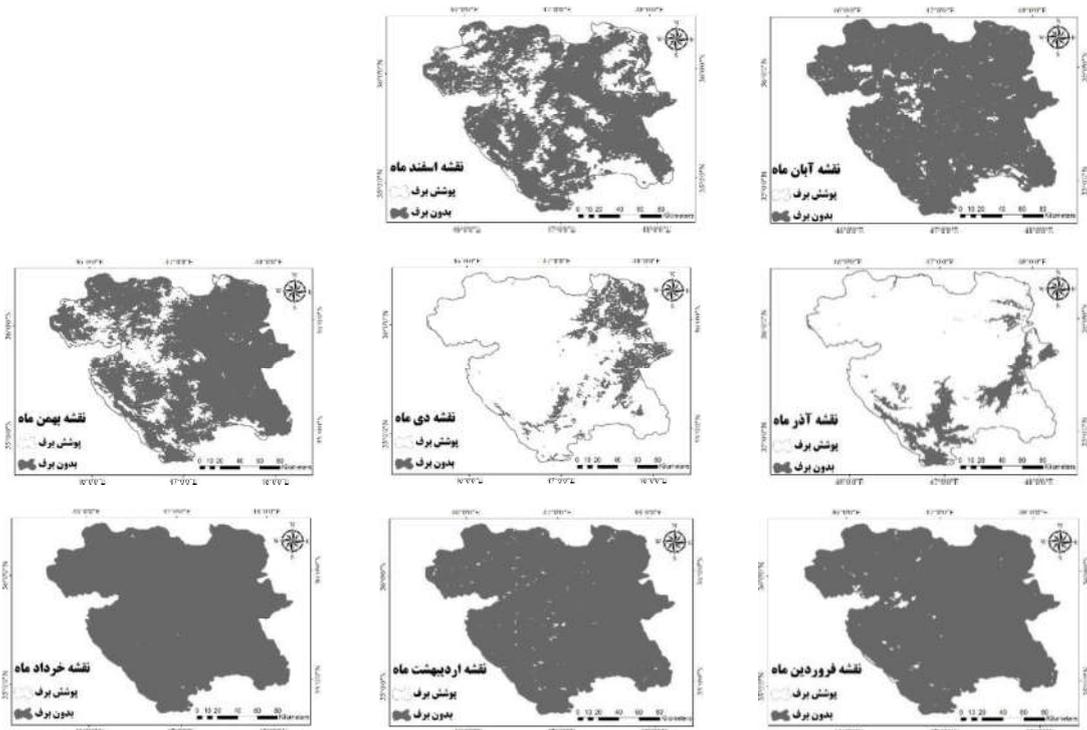


شکل ۱۴- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۹۰

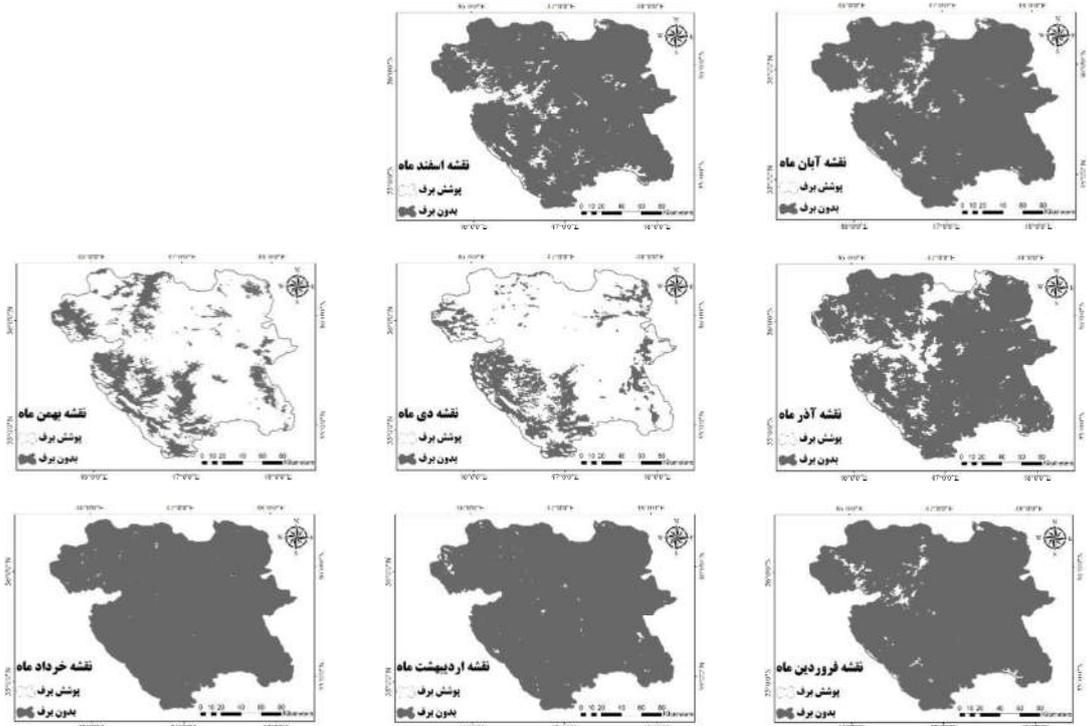


شکل ۱۵- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۹۱

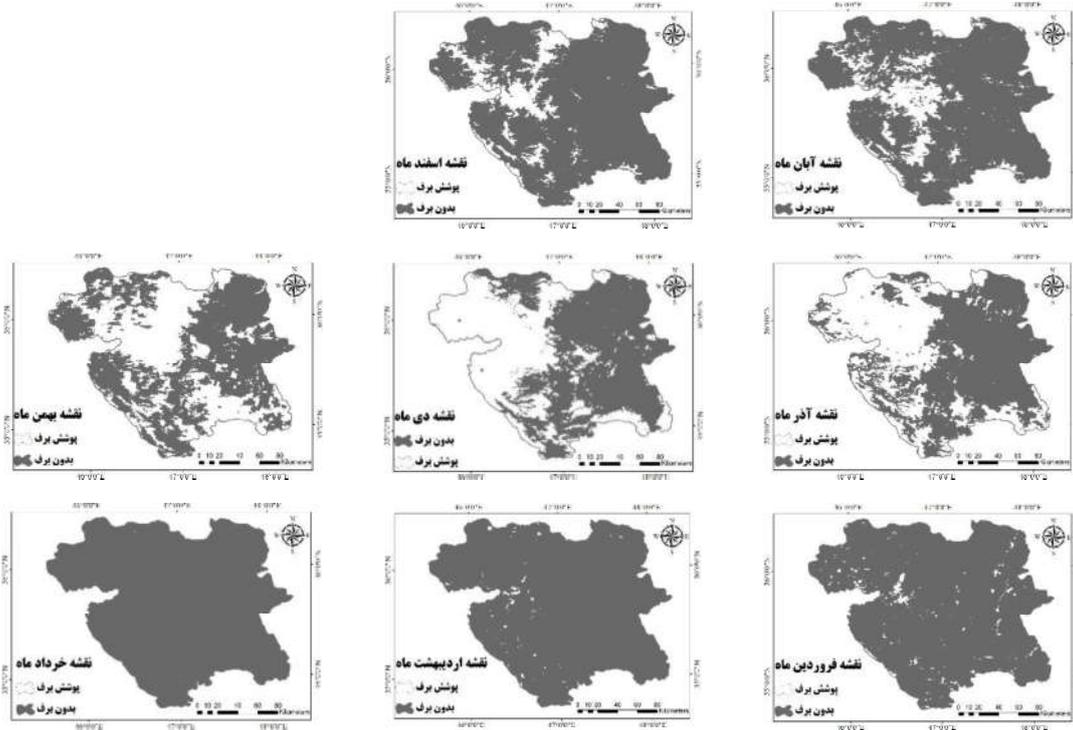
پایش تغییرات زمانی- مکانی پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS



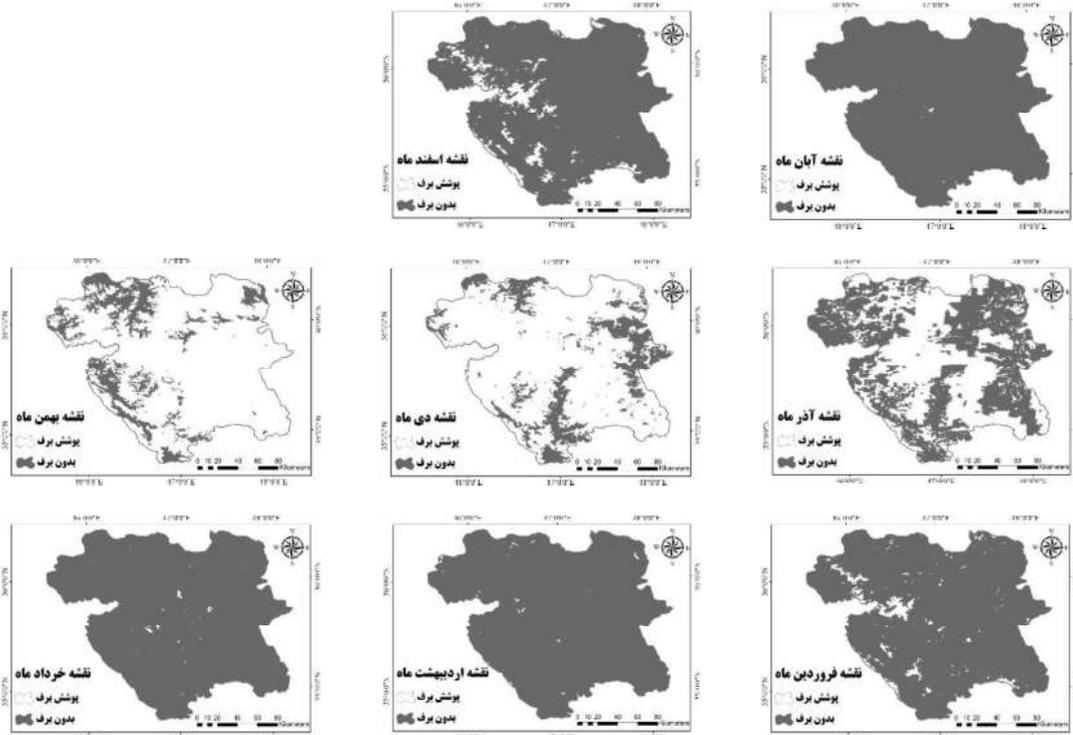
شکل ۱۶- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۹۲



شکل ۱۷- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۹۳

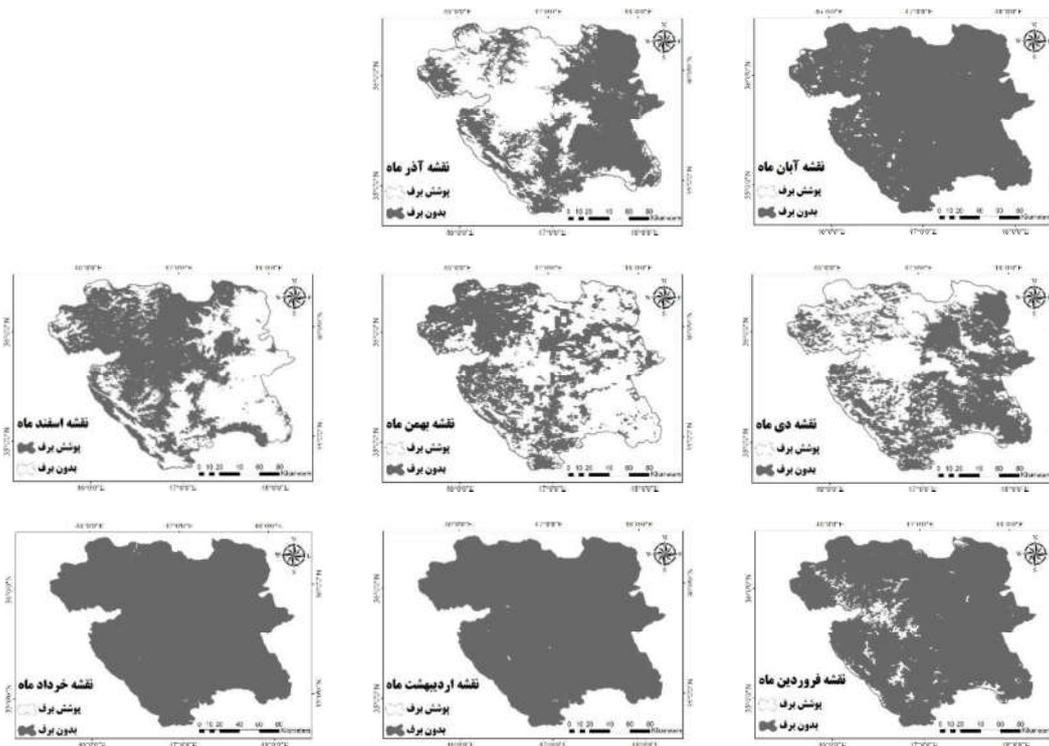


شکل ۱۸- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۹۴



شکل ۱۹- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۹۵

پایش تغییرات زمانی- مکانی پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS



شکل ۲۰- نقشه تغییرات پوشش برف استان کردستان از آبان تا خرداد ماه سال ۱۳۹۶

جدول ۸- درصد پوشش مکانی برف استان کردستان

سال	شهرستان / ماه	بانه	بیجار	دیواندره	کامیاران	مریوان	قروه	سنندج	سروآباد	سقز
۱۳۹۵	آبان	۰	۳/۳۲	۵۵/۸۳	۸/۳۶	۶/۶۴	۶/۶۷	۱۵/۵۱	۰	۳/۲۰
	آذر	۱/۵۴	۱۴/۲۴	۱۹/۴۰	۵/۴۹	۹/۶۳	۱۸/۷۱	۱۲/۱۶	۳/۳۶	۱۵/۴۹
	دی	۵/۷۳	۱۷/۵۱	۱۵/۹۷	۴/۹۴	۹/۴۴	۱۸/۲۵	۹/۳۰	۳/۷۶	۱۴/۹۸
	بهمن	۴/۸۸	۲۲/۳۸	۱۴/۹۵	۶/۵۸	۶/۷۱	۱۹/۱۳	۱۱/۳۶	۲/۷۲	۱۱/۱۴
	اسفند	۱۱/۸۱	۳/۰۶	۱۴/۵۹	۸/۹۶	۱۷/۰۷	۵/۴۳	۱۰/۲۶	۹/۴۸	۱۹/۰۳
	فروردین	۱۰/۷۴	۵/۱۷	۱۴/۳۰	۵/۳۳	۲۰/۰۹	۸/۶۹	۸/۳۷	۱۰/۱۷	۱۶/۷۸
	اردیبهشت	۱۲/۶۶	۱۱/۴۲	۲۰/۴۰	۳/۰۶	۱۳/۷۷	۰/۸۳	۱۸/۰۴	۵/۹۶	۱۳/۸۲
	خرداد	۰/۰۰۱	۰/۰۲۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰۴	۰/۰۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	۰	۰/۰۱۰
۱۳۹۶	آبان	۲۸/۴۶	۰/۹۵	۱/۰۴	۶/۹۰	۲۰/۰۱	۲/۰۳	۹/۵۹	۵/۸۰	۱۹/۹۹
	آذر	۶/۲۷	۵/۰۷	۲۳/۰۱	۴/۸۱	۱۱/۹۲	۷/۸۹	۱۱/۲۸	۴/۱۶	۲۵/۴۱
	دی	۶/۳۶	۱۳/۹۴	۱۸/۹۸	۴/۶۵	۹/۸۶	۸/۱۵	۱۰/۷۹	۳/۴۲	۲۳/۶۶
	بهمن	۳/۵۴	۲۵/۰۶	۱۶/۲۳	۶/۲۳	۵/۴۶	۲۵/۳۸	۱۰/۱۷	۳/۰۵	۴/۷۳
	اسفند	۶/۵۹	۱۲/۲۱	۲۱/۵۱	۶/۹۹	۱۰/۹۲	۷/۰۱	۹/۹۳	۳/۷۶	۲۲/۷۰
	فروردین	۷/۱۴	۴/۱۰	۱۸/۹۰	۵/۸۱	۱۷/۴۹	۸/۰۴	۱۲/۶۹	۷/۹۹	۱۷/۵۱
	اردیبهشت	۰	۰/۸۱	۶/۵۴	۲۲/۱۱	۱۷/۲۲	۰	۱۷/۴۵	۰	۳۵/۷۲
	خرداد	۰	۰	۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۵

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه به پایش زمانی - مکانی پوشش برف استان کردستان در بازه‌ی زمانی ۱۷ ساله پرداخته شد. پیرو همین مسئله از محصولات برفی سنجنده‌ی MODIS (MOD10A1, MOD10A2) با تفکیک مکانی ۵۰۰×۵۰۰ متر استفاده شد و به منظور ارزیابی دقت تصاویر در استخراج پوشش برف و همچنین تحلیل ارتباط تغییرات ذوب برف با عناصر اقلیمی، از داده‌های ایستگاه هواشناسی استان استفاده شد. نتایج بررسی دقت تصاویر نشان می‌دهد که این تصاویر، ابزار مفیدی در استخراج نواحی برفی است. نتایج این مطالعه با نتایج مالمرس و همکاران (۲۰۱۸)، داربان و همکاران (۲۰۱۷)، دونگ و همکاران (۲۰۱۶)، مارکان و همکاران (۲۰۱۵)، تانگ و همکاران (۲۰۱۳) و عزیزی و همکاران (۲۰۱۵) همسو بوده است. همچنین پیرو نتایج بدست آمده، بیشترین پوشش برف استان کردستان در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۳، ۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴ و کمترین آن در سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۸۸، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اتفاق افتاده است. بیشترین ریزش برف در ماه‌های دی، بهمن و اسفند در فصل زمستان و بیشترین و کمترین مساحت پوشیده از برف به ترتیب در دی ماه ۱۳۸۵ و دی ماه ۱۳۹۴ بوده است. مطابق داده‌های ایستگاه هواشناسی استان کردستان، در ارتباط با پارامترهای اقلیمی مانند دما و بارندگی، با تغییرات ذوب برف مشخص شده که در ماه‌های فروردین و اردیبهشت افزایش بارندگی و در خرداد ماه با کاهش بارندگی، افزایش دما موجب آب شدن پوشش برفی استان شده است. همچنین بیشترین پوشش برف استان کردستان در ماه‌های ذوب برف، به شهرستان سفر تعلق داشته که به دلیل دمای خنک‌تر و بارندگی کمتر است (جدول ۳).

آب شدن سطوح برفی باعث تغذیه منابع آب سطحی، سفره‌های زیرزمینی و تامین رطوبت خاک می‌شود که این به نوبه‌ی خود تأثیرات مستقیم و غیرمستقیمی بر زندگی ساکنان یک ناحیه دارد. چرا که وجود آب در یک ناحیه، موجب رونق کشاورزی و افزایش صادرات محصولات کشاورزی به بازارهای داخلی و خارجی می‌شود که این امر باعث کاهش مهاجرت روستائیان به شهرها، رونق اقتصاد روستایی و کاهش نرخ بیکاری از طریق گرایش مردم به بخش کشاورزی می‌شود. نظر به اهمیت مدیریت آب در ارتباط با زندگی انسان، پایش ریزش برف یک ناحیه به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای تغذیه منابع آب از ضروریات جوامع محسوب می‌شود. مطابق بررسی انجام شده، سهم قابل‌توجهی از ریزش‌های جوی استان کردستان، به عنوان یکی از مناطق برف‌خیز کشور، به صورت برف بوده که از نظر تامین منابع آبی، به عنوان یکی از استان‌های پر آب کشور محسوب می‌شود، لذا ضرورت سرمایه‌گذاری و رونق کشاورزی در این ناحیه بیش از پیش احساس می‌شود. افزایش بارندگی و دما در ماه‌های اردیبهشت و خرداد، موجب آب شدن اکثر مناطق برفی استان شده که با بررسی میانگین دما و مجموع بارندگی استان کردستان (جدول ۳) و همچنین بررسی جداول ۵ تا ۸ و اشکال ۴ تا ۲۰ به وضوح دیده می‌شود. همچنین با بررسی پوشش برف در ماه‌های اردیبهشت و خرداد، مشخص می‌شود کدام مناطق بیشترین پوشش برفی را در این ماه‌ها دارد چرا که در این زمان از سال به دلایلی که در بالا ذکر شده قسمت اعظم پوشش برفی استان ذوب شده و به آب تبدیل می‌شود. به طور کلی، بیشترین پوشش برفی استان در این موقع از سال و در مقیاس زمانی ۱۷ ساله به ترتیب به شهرستان‌های سقز، کامیاران و سنندج تعلق دارد.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استان کردستان یکی از مناطق برف‌خیز و پر آب کشور محسوب می‌شود که این امر ضرورت توجه به بخش‌های کشاورزی و صنعتی را در این استان نشان می‌دهد چرا که این ناحیه به دلیل برخورداری از منابع آب‌سطحی مانند جریان‌های رودخانه‌ای و منابع آب زیرزمینی، زمینه بسیاری از فعالیت‌های بخش کشاورزی و صنعتی را فراهم می‌کند. ریزش برف در استان کردستان علاوه بر اینکه در بخش‌های کشاورزی و صنعتی از اهمیت زیادی برخوردار است، برای تامین آب آشامیدنی نیز ضروری است و مانع از حفر چاه‌های آب جدید، تخلیه آب زیرزمینی و فرونشست زمین می‌شود.

#### ۵- منابع

ابراهیمی، ه.، غیبی، ا. ح.، ملکوتی، ح.، ۱۳۹۱، روند تغییرات پوشش برف در مناطق برف‌خیز ایران با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS، مجله علمی و فنی نیوار، (۷۹-۷۸): ۱۲-۳.

داداشی، م.، مختاری، م.، طیبیا، ع.، ۱۳۹۳، محاسبه سطح برف با تصاویر MODIS، (مطالعه موردی: استان تهران)، اولین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته مکانی، دانشگاه آزاد یزد.

رایگانی، ب.، خواجه‌الدین، س. ج.، سلطانی‌کوپایی، س.، براتی، س.، ۱۳۸۷، محاسبه تغییرات نقشه‌های پوشش برفی تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در دوره‌های فاقد تصویر، نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۴): ۳۳۱-۳۱۵.

سایت هواشناسی کشور، <http://www.irimo.ir>

شریفی، م. ر.، آخوندعلی، ع. م.، پرهمت، ج.، ۱۳۸۵،

بررسی تغییرات آب معادل برف با ارتفاع در مقیاس حوضه‌های کوچک (مطالعه موردی: حوضه صمصامی از سرشاخه‌های کارون)، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. شفیع‌زاده مقدم، ح.، مباشری، م.، ر.، شایان، س.، ۱۳۸۹، ارتقای دقت برآورد شاخص NDSI و کسر پوشش برف سنجنده MODIS با بکارگیری همزمان سنجنده ASTER، همایش ژئوماتیک ۱۳۸۹، سازمان نقشه برداری کشور.

طاهری شهرآئینی، ح.، تجرشی، م.، جلالی، ن.، ابریشمچی، آ.، ۱۳۸۰، استخراج مدل تجربی ارتباط مساحت آب هامون‌ها با مساحت پوشش برف حوزه‌ی آبریز هیرمند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، سومین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۱۵ تا ۱۷ آبان ماه، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۴۴۴-۴۳۷.

طاهری، ح.، ارکیان، ف.، ۱۳۹۲، بررسی تغییر پذیری تعداد روزهای برفی و عمق برف در ایران، مجله علمی و فنی نیوار، ۸۲-۸۳: ۵۸-۴۷.

عادلی، آ.، ۱۳۸۴، کلیما تولوژی بارش برف در شمال- غرب ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، مرکز GIS و سنجش از دور دانشگاه تبریز.

عزیزی، ق.، رحیمی، م.، محمدی، ح.، خوش اخلاق، ف.، ۱۳۹۵، تغییرات زمانی- مکانی پوشش برف دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۳: ۳۹۳-۳۸۱.

فتاحی، ا.، وظیفه دوست، م.، ۱۳۹۰، برآورد دمای سطح برف و گستره پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS (مطالعه موردی حوضه‌های استان گلستان)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۶(۳): ۱۴۹-۱۶۸.

- http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2017.05.042.
- Dong, Ch., Menzel, L., 2016, **Producing cloud-free MODIS snow cover products with conditional probability interpolation and meteorological data**, *Remote Sensing of Environment*, 186(2016): 439-451.
- Gerland, S., Winther, J.G., Orbak, J.B., Liston, G.E., Oritsland, N.E., Blanco, A., Ivanov, B., 1999, **Physical and Optical Properties of Snow Covering Arctic Tundra on Svalbard and Its Impact on Biota**. *International Conference on Snow Hydrology*, US Army Corps of Engineers, **Cold Regions Research & Engineering Laboratory**, 13(1999): 2331-2343.
- Goodinson, B.E., Rango, A., Walker, A.E., 2000, **Snow and Ice, Remote Sensing in Hydrology and Water Management**, Springer Pub, Berlin, 539- 540
- Gray, D.M., Zhaoli, L., 1998, **Estimating Snowmelt Infiltration into Frozen Soils**, *International Conference on Snow Hydrology*, US Army Corps of Engineers, **Cold Regions Research & Engineering Laboratory**, 13(12-13):1827-1842.
- Hall, D.K., Riggs, G.A., Salomonson, V.V., DiGirolamo, N.E., and Bayr, K.J., 2002, **MODIS snow-cover products**, *Remote Sensing of Environment*, 83: 181-194.
- Hall, D.K., Klein, A.G., Riggs, G.A., 2002, **Global Snow Cover Monitoring Using محمد پور، آ.، محمدپور، ر.، ۱۳۹۵، بررسی تغییرات سطح پوشش برف استان اردبیل با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS در سال زراعی (۱۳۸۷-۱۳۸۸)، دومین کنفرانس بین المللی ایده های نوین در کشاورزی، محیط زیست و گردشگری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل. میرموسوی، س. ح.، صبور، ل.، ۱۳۹۳، پایش تغییرات پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس در منطقه شمال غرب ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۲(۳۵): ۱۸۱-۲۰۰. مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، منتشر شده در تاریخ ۲۳ اسفند ۱۳۹۵. سازمان آمار ایران. نجفی، ا.، قدوسی، ح.، ثقفیان، ب.، پرهمت، ج.، ۱۳۸۶، برآورد روا ناب ذوب برف با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه شهرچای ارومیه، فصلنامه پژوهش و زندگی، ۲۰: ۱۷۷-۱۸۵. نجفزاده، ر.، ابریشمی، ا.، تجریشی، م.، طاهری شهرآئینی، ح.، ۱۳۸۳، شبیه سازی جریان رودخانه با مدل ذوب برف، مجله آب و فاضلاب، ۱۵(۴): ۲-۱۱.**
- Bashir, F., Ghulam, R., 2010, **Estimation of Average Snow Cover over Northern Pakistan**, *Pakistan Journal of Meteorology*, 7(13): 63-69.
- Darlane, A.B., Khoramian, A., Santi, E., 2017, **Investigating spatiotemporal snow cover variability via cloud-free MODIS snow cover product in Central Alborz Region**, *Remote Sensing of Environment* (2017),

- albedo changes in the central Andes of Chile and Argentina from daily MODIS observations (2000 – 2016)**, Remote Sensing of Environment, 209(2018):240-252
- Marchane, A., Jarlan, L., Hanich, L., Boudhar, A., Gascoin, A., Tavernier, A., Filali, N., Le Page, M., Hagolle, O., Berjamy, B., 2015, **Assessment of daily MODIS snow cover products to monitor snow cover dynamics over the Moroccan Atlas mountain range**, Remote Sensing of Environment(2015)  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2015.01.002>.
- Malcher, P., Floricioiu, D. and Rott, H., 2003, **Snow mapping in Alpine areas using medium resolution spectrometric sensors**, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2835-2837.
- Parajka, J., Blöschl, G., 2006, **Validation of MODIS snow cover images over Austria**, Hydrol., Earth Syst. Sci., 10: 679-689.
- Stansalie, G., Catana, S., Flueraru, C., 2006, **Evaluation and monitoring of snow cover water resources in Carpathian basins using geographic information**, National Meteorological Administration (NMA), 8(4):125-135.
- Tang, B., Shrestha, B., Li, Z., Liu, G., Ouyang, H., Gurung, D., Giriraj, A., Aung, KH., MODIS, Remote Sensing of Environment 83 (2002):181-194.
- Klein, A.G., Lee, S., Over, T.M., 2001, **A Comparison of MODIS and NOHRSC snow cover products for simulating stream flow using the Snowmelt Runoff Model**, Journal of Hydrological processes, 19(15): 2951-2972.
- Kuter, S., Akyurek, Z., Weber, G.W., 2018, **Retrieval of fractional snow covered area from MODIS data by multivariate adaptive regression splines**, Remote Sensing of Environment 205 (2018) 236-252.
- Lope, P., Sirgue, P., Arnaud, Y., Pouyaud, B., Chevallier, P., 2008, **Snow cover monitoring in the Northern Patagonia Ice field using MODIS satellite images (2000-2006)**, Global and Planetary Change, 61 (3- 4):103-116.
- Marchane, A., Jarlan, L., Hanich, Boudhar, A., Gascoin, S., Tavernier, A., Filal, N., LePage, M., Hagolle, O., Berjamy, B., 2015, **Assessment of daily MODIS snow cover products to monitor snow cover Dynamics over the Moroccan Atlas Mountain range**, Remote Sensing of Environment,  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2015.01.002>.
- Malmros, j., k, Mernild, S., H, Wilson, R., Tagesson, T., 2018, **Snow cover and snow**

2013, **Determination of snow cover from MODIS data for the Tibetan Plateau region**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21 (2013): 356–365.

Williamson, S.N., Hik, D.S., Gamon, J.A., Jarosch, A.J., Anslow, F.S., Clarke, G., Scott Rupp, T., 2017, **Spring and summer monthly MODIS LST is inherently biased compared to air temperature in snow covered sub-Arctic mountains**, Remote Sensing of Environment 189 (2017) 14–24.



# سنجش از دور & GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال دهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۷  
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.10, No.3, Autumn 2018

77-104

## Monitoring of temporal-spatial variations of snow cover using the MODIS image (Case Study: Kurdistan Province)

Solaimani K.<sup>1</sup>, Darvishi S.<sup>2</sup>, Shokrian F.<sup>3\*</sup>, Rashidpour M.<sup>4</sup>

1. Professor Dept. of Watershed Management Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran.
2. M.Sc. Student, Faculty of Environmental Sciences, Haraz Institute of Higher Education, Amol, Iran.
3. Assistant Professor Dept. of Watershed Management Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran.
4. Ph.D. student Dept. of Watershed Management Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran.

### Abstract

Snow is a major source of water flow in each region. Therefore, knowledge of the spatial and temporal distribution of snow is essential for proper management of water resources in the region. Due to the severe physical conditions of mountainous environments, there is no permanent ground measurement for estimating snowfall resources and the establishment of a database. So, using remote sensing data to monitor snow level changes is very effective. Therefore, the aim of this study was to investigate the temporal and spatial variations of snow cover in Kurdistan province using MODIS (MOD10A1, MOD10A2) snowstorm products in the 17-year period (2000-2017). Also, to evaluate the accuracy of the images and to analyze the relationship between snow changes with rainfall and temperature data, the synoptic station data of the study area was used. The results of the evaluation of the images with the weather station data show that these images have the appropriate accuracy in extracting snow surfaces. Also, the results of snow cover variations in Kurdistan province indicate that the highest snow cover area was in 2000, 2001, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2012, 2013, and 2015, respectively, and the lowest in the years 2005, 2009, 2016 and 2017, with the largest snow cover area in December 2007 with a 2.8914 square km area. The study of snowfall variations in the province shows that the highest snowfall in the province from November to March was in the city of Diwandareh (November 2004, 59.57%) in Bijar (Feb. 2000, 25.93%) and Qorveh city (January 2017, 25.38%). Also, the analysis of the relationship between snow melting and climatic data shows that in the months of April and May rainfall increased and in June, with decreasing rainfall, the increasing trend of temperature caused the snow depths to melt in the province.

**Key words:** Kurdistan province, snow cover, MODIS