

Investigation of Changes in Snow Cover and Determination of Snowmelt Line in Mountainous Areas Using MODIS Images and NDSI Index (Case Study of Zagros Glaciers)

Mohammadebrahim Afifi, Assistant Professor, Department of Geography, Larestan Branch, Islamic Azad University, Larestan, Iran (Corresponding Author)
afifi.ebrahim6353@gmail.com

Abstract:

In this study, using the cloud variability of the snow and using the behavior of the cloud at different wavelengths, we determined the removal of cloud levels from these images by defining a normalized standardized cloud index in MODIS data. . Using its results, we estimated the snow melting zone during this period, and finally, for the better display of snow melt dynamics, a combination of snowmelt zoning map with SRTM was proposed. This is due to the fact that the resolution of SRTM image is 100 meters. It was decided that the image resolution of the MODIS image would be converted to 100 m using the Resampling method, and then, by synchronizing the images, we combined the information layers and gained an image in the GIS environment by performing a classification of elevation on the layers of information. In addition to displaying the dynamics of the melting line, it also displays the altitude distribution of the snow melting zone. According to the results of the proposed algorithm in this thesis, it can be said that if the snow cover maps are implemented by implementing the baseband algorithm in smooth and cloudless conditions or by removing the cloud cover by the proposed algorithm in this study .

Keywords: classification algorithm snow, Index NDSI, index NDCI, MODIS

 DOR: 20.1001.1.20087845.1400.10.2.2.4

بررسی تغییرات سطح پوشش برف و تعیین خط ذوب برف در مناطق کوهستانی با استفاده از تصاویر مودیس و شاخص NDSI (مطالعه موردی یخچال‌های زاگرس)

محمد ابراهیم عفیفی*، استادیار گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳

چکیده

با توجه به اینکه یکی از مهمترین مشکلات موجود در شناسایی پدیده برف با استفاده از تصاویر ماهواره‌های اپتیکی، تفکیک ابر و برف می باشد به همین منظور ما در این تحقیق با استفاده از ویژگی متغیر بودن ابرها نسبت به برف و با استفاده از ویژگی رفتاری ابر در طول موج‌های مختلف، با تعریف شاخص تفاضلی نرمال شده‌ی ابر در داده‌های MODIS، به شناسایی و حذف سطوح ابری از این تصاویر اقدام کردیم. سپس نقشه‌های برف یخچال‌های زاگرس، منطقه‌ی استان کهگیلویه و بویر احمد را با استفاده از تصاویر بازتابش روزانه MODIS در سال آبی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ برای یک دوره‌ی زمانی پنج روزه بدست آوردیم و با استفاده از نتایج آن به تخمین پهنه‌ی ذوب برف در این دوره‌ی زمانی پرداختیم و در انتها برای نمایش بهتر پهنه‌ی دینامیک ذوب برف، اقدام به تلفیق نقشه‌ی پهنه‌ی بندی ذوب برف با مدل ارتفاع رقومی منطقه (SRTM) گردید. برای این کار با توجه به اینکه قدرت تفکیک تصویر SRTM، 100 متر می‌باشد. تصمیم گرفته شد قدرت تفکیک تصویر MODIS بوسیله‌ی روش Resampling به ۱۰۰ متر تبدیل گردد و سپس با انجام همگام‌سازی بین تصاویر، لایه‌های اطلاعاتی را با هم تلفیق کرده و در محیط GIS با انجام طبقه‌بندی ارتفاعی بر روی لایه‌های اطلاعاتی به تصویری رسیدیم که همزمان علاوه بر نمایش دینامیک خط ذوب برف، توزیع ارتفاعی پهنه‌ی ذوب برف را نیز نمایش می‌دهد.

کلمات کلیدی: الگوریتم پهنه بندی برف، شاخص NDSI، شاخص NDCI، MODIS

مقدمه

اهمیت و ضرورت مساله: از نظر اقلیم‌شناسان و هواشناسانی که تغییرات اقلیمی و اتمسفری را مطالعه می‌کنند در یک دید جهانی پایش برف یک ضرورت است. زیرا خصوصیات فیزیکی درون برف بر تغییرات روزانه و اقلیمی و حتی تغییرات بلندمدت اقلیمی تأثیر می‌گذارد (Brown, 2002: 2). برآورد دقیق سطح پوشش، به عنوان یکی از عملیات محوری و اساسی در زمینه مدیریت منابع آب، بویژه در مناطقی که بارش برف سهم زیادی در نزولات جوی دارد، محسوب می‌شود عادل، (1384:12).

ابعاد مساله: برخی از محققان معتقدند که داده‌های سنجش از دور می‌تواند ارزیابی‌های بهتری از محدوده‌های پوشش برف نسبت به روش‌های مساحی سنتی ارائه دهد (Metcalf & Buttle, 1999: 66). از این رو، امروزه در روند مدیریت کارآمد منابع آبی، به کارگیری داده‌های سنجش از دور با هدف کسب اطلاعات دقیق از پوشش برف به صورت عملیاتی اجرا می‌گردد (Johansson et al, 2001: 596). با عنایت به پیشرفت‌های موجود در چند دهه‌ی گذشته، توسط کشورهای مختلف سنجنده‌ها ماهواره‌های متعدد و متنوعی طراحی و به فضا ارسال شده که یکی از مهمترین آن‌ها ماهواره‌ی TERRA است. سنجنده MODIS ماهواره مذکور، با توجه به قابلیت‌های فنی و اپتیکی خود تصاویر متنوعی را در باندهای مختلف الکترومغناطیس عرضه می‌دارد. (نجف زاده و همکاران، ۱۳۸۳) در سطح جهان مطالعات زیادی در خصوص سنجش برف و برآورد سطح حاصل از آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام گرفته است از جمله این مطالعات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

پیشینه تحقیق: استانلی و همکاران، ۲۰۰۶ در مطالعات خود با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای 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 نموده‌اند. جوها و خالسا² (2007) به ارزیابی پوشش برف فصلی برای ۸ حوضه در آسیای مرکزی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که بیشترین کاهش پوشش برف متعلق به منطقه شان تاین است و دلیل تنوع پوشش برف را ناشی از الگوهای چرخشی متغیر در طول زمستان می‌دانند. لوپز³ و همکاران (2008) در مطالعه‌ای پس از پایش تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ سنجنده مودیس بر اساس شاخص NDSI میزان پوشش برف و تغییرات آن را در پاتاگونیای شمالی بررسی کرده‌اند. 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. از مطالعات دیگر در این مورد می‌توان به مطالعات آرچر و همکاران (1994)، کلین و همکاران (1998)، سامانتا (2004) و ریگس و همکاران (2003) اشاره نمود.

در ایران نیز مطالعات متعددی در زمینه‌ی پایش پوشش برف به وسیله‌ی تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات قائمی و مرید (۱۳۷۳) اشاره نمود که در مطالعه خود، برف حوضه‌ی دماوند را با استفاده از عوامل هواشناسی از قبیل بارندگی و درجه حرارت و بدون آمار مستقیم برف سنجی، مقدار ریزش برف سالانه، ذوب برف و نهایتاً خط پیش روی و پس روی را در سالهای مختلف ارزیابی نموده‌اند شهرآئینی و همکاران (۱۳۸۰)، نیز در مطالعه‌ی خود، نتایج آماری به دست آمده از ارتباط بین مساحت سطح پوشش برف در حوضه‌ی آبریز رودخانه هیرمند در اواخر فصل بارش برف و مساحت سطح آب در هامون‌ها 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 زده‌اند. پرهمت و ثقفیان (۱۳۸۳)، در مطالعه‌ی خود تأثیر قدرت تفکیک پذیری اطلاعات ماهواره‌ای در تعیین سطح تحت پوشش برف را مورد بررسی قرار داده‌اند. بدین منظور سنجنده AVHRR ماهواره NOAA با قدرت تفکیک‌پذیری اسمی معادل ۱۱۰۰ متر و سنجنده TM ماهواره LANDSAT با قدرت تفکیک‌پذیری اسمی معادل ۵/۲۸ متر انتخاب و مقایسه کرده‌اند. شریفی و همکارانش (۱۳۸۵) در مطالعات خود به تحلیل رابطه‌ی عمق برف با ارتفاع در حوضه‌ی صمصامی که یکی از سرشاخه‌های کوچک کارون است، پرداخته‌اند. در این مطالعه بررسی تغییرات عمق برف در ارتفاعات

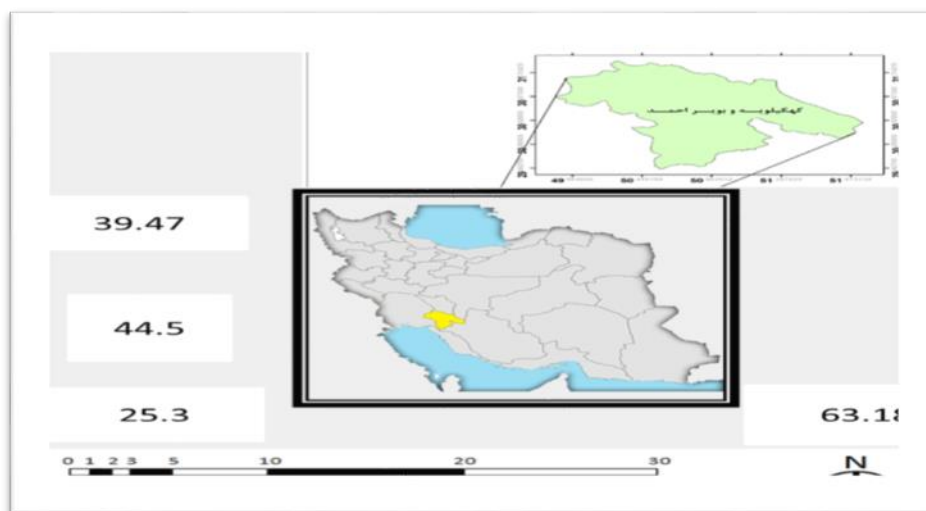
مختلف، از طریق اندازه‌گیری عمق در ۲۵۸ نقطه واقع در محدوده، به مساحت ۵/۲ کیلومتر مربع و در اوایل اسفند ۱۳۸۴ انجام گرفته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تأثیر ارتفاع روی عمق برف به طبقات ارتفاعی بستگی دارد بطوریکه تا ارتفاع ۲۷۸۰ متر، رابطه خطی معنی‌داری وجود دارد؛ حال آنکه در ارتفاعات بالاتر، ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. به نظر می‌رسد در ارتفاعات بالاتر، در نظر گرفتن عوامل دیگری مانند تأثیر باد، اجتناب‌ناپذیر باشد. از جمله مطالعات دیگر از این قبیل می‌توان به مطالعات دینی و همکاران (۱۳۸۵)، رایگانی و همکاران (۱۳۸۵) حسینی و پرهمت (۱۳۸۶)، رسولی و ادهمی (۱۳۸۶)، رایگانی و همکاران (۱۳۸۷)، متکان و همکاران (۱۳۸۷)، قربانی زاده خرازی و همکاران (۱۳۸۸) اشاره نمود. لذا به طور خلاصه هدف این تحقیق را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

• تعیین تغییرات خط برف در منطقه‌ی کوهستانی زاگرس

منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه ما یخچال‌های واقع در رشته کوه‌های زاگرس می‌باشد که در این منطقه استان کهگیلویه و بویر احمد با دارا بودن بلندترین و بزرگترین چین خوردگی رشته کوه زاگرس را به عنوان منطقه اخذ تصاویر ماهواره‌ای و مورد مطالعه انتخاب کردیم.

استان کهگیلویه و بویر احمد که در جنوب غربی ایران قرار گرفته است یکی از استانهای زیبای کشور می‌باشد که به سرزمین چهار فصل شهرت یافته است. این استان بین مدارهای ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و ۳۱ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی در نصف النهارهای ۴۹ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی و ۵۱ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی قرار دارد. کهگیلویه و بویر احمد از شمال با چهار محال بختیاری، از شمال شرق با استان اصفهان، از شرق با استان فارس، از غرب با استان خوزستان و از جنوب با استان بوشهر هم جوار است. مرکز این استان، شهر یاسوج است و با مساحتی حدود ۱۶ هزار و ۲۴۹ کیلومتر مربع، سرزمینی نسبتاً مرتفع و کوهستانی است.



شکل (۱): منطقه‌ی مورد مطالعه (استان کهگیلویه و بویر احمد در ایران)

داده‌ها

در این تحقیق از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده‌ی MODIS به منظور تخمین نقشه‌ی برف و انجام برف سنجی و همچنین از نرم افزارهای ENVI5، ArcGIS10.1 و Matlab2013 استفاده شده است.

جدول (۱): مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده لگوریتم‌های مورد استفاده در این تحقیق جهت تعیین سطح پوشش برف

ماهواره	سنجنده	تعداد تصویر	شماره مسیر	شماره ردیف	تاریخ اخذ تصویر	ساعت اخذ تصویر (UTC)
Terra	MODIS	۵	۲۲	۰۵	۹۲/۱۱/۲۹	۰۶:۳۰:۱۵
					۹۲/۱۱/۳۰	۰۷:۱۰:۳۵
					۹۲/۱۲/۰۱	۰۶:۲۰:۱۵
					۹۲/۱۲/۰۲	۰۶:۴۰:۱۵
					۹۲/۱۲/۰۳	۰۶:۱۰:۱۰
					۹۲/۱۲/۰۸	۰۶:۵۴:۴۰
					۹۲/۱۲/۱۱	۰۶:۴۵:۳۰
					۹۲/۱۲/۱۷	۰۶:۲۰:۴۰
Aqua	MODIS	۲	۲۲	۰۵	۹۲/۱۱/۲۹	۰۹:۴۰:۱۰
					۹۲/۱۱/۳۰	۰۹:۳۰:۴۰

روش‌ها

شاخص‌های الگوریتم برف سنجی (پهنه بندی برف)

الگوریتم برف سنجی (پهنه بندی برف) از مجموعه‌ای از شاخصها از قبیل، شاخص نرمال شده برف و قرار دادن حد آستانه در باندهای مختلف جهت شناسایی و طبقه‌بندی در حد پیکسل استفاده می‌کند. ساده‌ترین راه برای تفسیر نتایج محاسبات تصویری، استفاده از حد آستانه است.

روش حد آستانه مبنا

. انتخاب مقادیر حد آستانه دلخواه است و کاملاً به شرایط منطقه، مقادیر پیکسل‌ها و نوع تصاویر به کار رفته بستگی دارد. معمولاً

مقادیر حد آستانه به صورت سعی و خطا تعیین می‌شود. (Raygani, B., C. U Huh Aldin (2017)

تقسیم تصاویر که گاه نسبت گیری نیز نامیده می‌شود یکی از پرکاربردترین انواع محاسبات تصویری است. دو علت عمده باعث استفاده از این نوع محاسبات در سطح وسیع شده است. دلیل اول، قابلیت بالای نسبت گیری در بارزسازی خواص طیفی عوارض مختلف و میزان تفاوت آنها با یکدیگر می‌باشد. دومین مزیت، حذف یا کاهش اثرات نامطلوب ناشی از تغییرات نوردهی، به عنوان مثال اثر توپوگرافی و اثر سایه، می‌باشد.

شاخص NDSI

در این روش، ابتدا، معیارهای بازتابی دو گانه (یعنی مقدار بازتابش پیکسل‌ها در باند شش بیشتر از ۱۱ % و مقدار بازتابش پیکسل‌ها در باند ۴ مساوی یا بیشتر از ۱۰ درصد) و به شرط $NDSI > 0.4$ بر اساس معادله ۱ اعمال می‌گردد. در مرحله بعد، بر اساس معادله ۱ آزمون‌های سه گانه مشروط به منظور استخراج مقادیر NDSI اجرا می‌شود.

حاصل به کارگیری شاخص NDSI این خواهد شد که پیکسلهایی با ارزش ۱- تا ۱+ ایجاد خواهد شد که ارزشهایی که از ۱- تا صفر می‌باشند نشان دهنده‌ی مناطقی است که برف در آنها وجود ندارد و از صفر تا ۱+ مناطقی را شامل می‌شود که برف با توجه به سنگینی و سبکی (بسته به عمق آن) ضرایب مثبت را به خود اختصاص می‌دهد. هر قدر عمق برف بیشتر باشد، عدد مورد نظر به ۱ نزدیکتر و هر چه کم عمیق تر باشد به صفر متمایل می‌شود. الگوریتم نقشه برفی MODIS از باندهای ۴ و ۶ این سنجنده بطور اتوماتیک جهت استخراج شاخص برفی تفاضلی نرمال شده (NDSI) اجرا و بر اساس معادله زیر محاسبه می‌گردد:

NDSI MODISBand4 Band6 SWIR MODIS green
MODISBand4 MODISBand6green SWIR

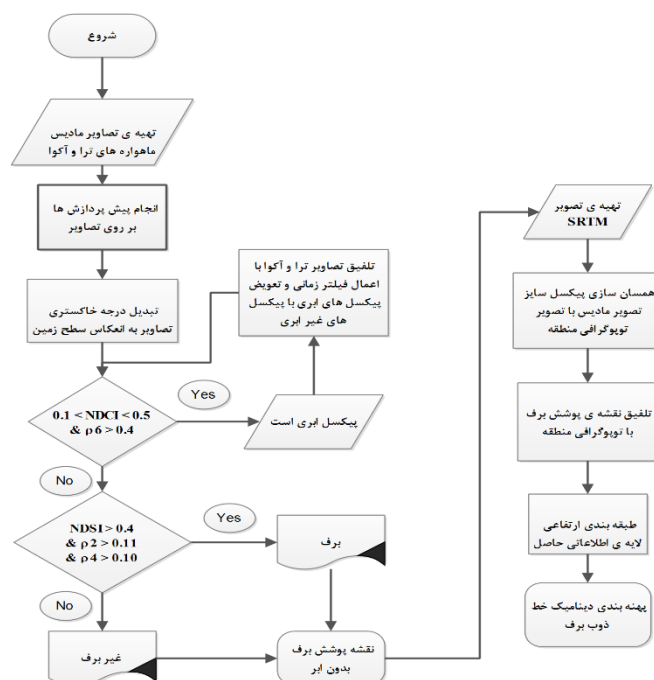
(۱)

باند ۴ $m\mu$ ۶۶۵ تا ۰,۵۴۵) دارای بازتابش برابر یا بیشتر از ۰,۱۰٪ باشد
(باند شش $m\mu$ ۸۷۶ تا ۰,۸۴۱) دارای بازتابش بیش از ۰,۱۱٪ باشد

یکی از عمده‌ترین خطاهایی که روی مقادیر NDSI بدست آمده برای یک منطقه اثر می‌گذارد، اثر ابرها و آلودگی‌های جوی از قبیل دود، مه و غبار می‌باشد. اگر روی پیکسلی که محتوی پوشش برف متراکم است لکه‌ی ابری قرار داشته باشد، افت زیادی در مقدار NDSI آن بوجود خواهد آمد و اطلاعات مربوط به آن پیکسل از دست خواهد رفت. بنابراین استفاده از یک تصویر NDSI در یک زمان نمی‌تواند به طور کامل مشخص کننده‌ی پوشش برفی باشد. برای رفع این نقیصه معمولاً مقادیر NDSI برای یک دوره‌ی زمانی مشخص برای منطقه محاسبه می‌گردد و در نهایت برای هر پیکسل، بیشترین مقدار موجود در مقادیر NDSI این دوره‌ی زمانی انتخاب می‌شود. به این روش، ترکیب بیشینه مقدار یا به اختصار MVC می‌گویند. Shafizadeh, H., M. Mbashari (2015)

پهنه بندی خط ذوب برف

برای تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش برف منطقه به روش حد آستانه، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای اخذ شده مورد پردازش‌های لازم قرار گرفتند. سپس با تعریف شاخص NDCI (شاخص تفاضلی نرمال شده‌ی ابر) و تعیین حد آستانه‌های مناسب، به شناسایی پیکسل‌های ابری پرداخته و با انجام فیلتر زمانی با تصاویر MODIS ماهواره‌ی Aqua و همچنین در صورت نیاز تصاویر MODIS روزهای بعد، تمام پیکسل‌های ابری را از بین برده و سپس اقدام به اعمال شاخص NDSI کردیم و نقشه‌ی پوشش برف بدون ابر را تهیه کردیم.



بحث و یافته‌ها

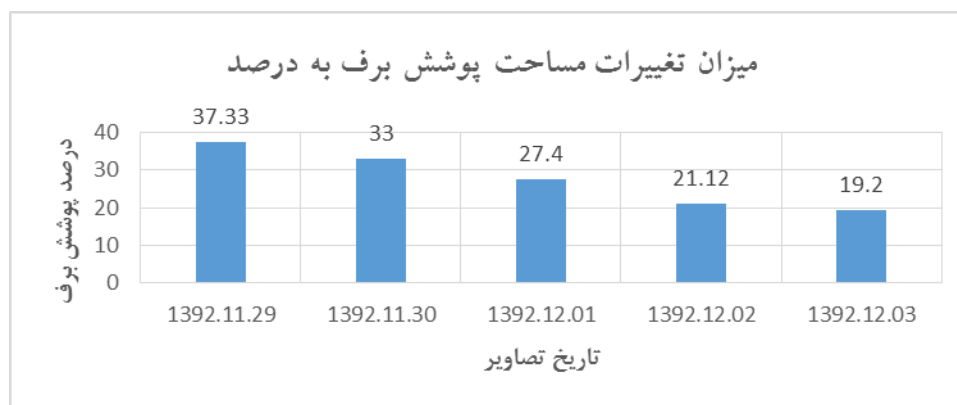
تهیه نقشه پوشش برف و ابر

در ابتدا با توجه به بخش اول الگوریتم، نقشه‌ی اولیه‌ی پوشش برف و ابر از منطقه‌ی مورد مطالعه تهیه گردید. برای این منظور از حد آستانه‌های تعریف شده در الگوریتم استفاده گردید. در این طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه به سه کلاس پوشش برف (رنگ قرمز)، پوشش ابر (رنگ آبی) و پوشش غیر برف (رنگ سفید) تقسیم‌بندی گردید.

جدول (۳): نتایج آماری نقشه‌ی برف بعد از حذف پوشش ابر

تاریخ تصویر	مساحت برف (کیلومتر مربع)	مساحت غیر برف (کیلومتر مربع)	درصد مساحت برف	درصد مساحت غیر برف	مجموع (کیلومتر مربع)
1392.11.29	11871.741	19929.608	37.331	62.669	31801.349
1392.11.30	10494.096	21307.253	32.999	67.001	31801.349
1392.12.01	8715.299	23086.050	27.405	72.595	31801.349
1392.12.02	6717.737	25083.612	21.124	78.876	31801.349
1392.12.03	6106.358	25694.991	19.202	80.798	31801.349

برای مشاهده‌ی بهتر روند تغییرات پوشش برف طی این بازه‌ی زمانی، آماره‌های جدول فوق در یک نمودار ستونی ترسیم گردیده است. که در شکل زیر مشاهده می‌گردد.

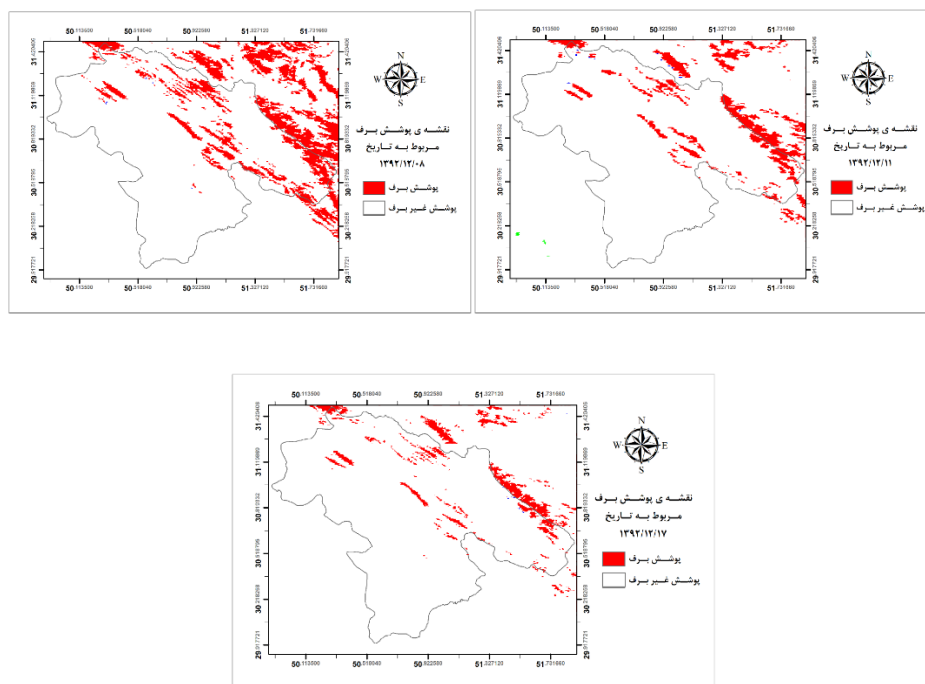


شکل (۳): مقدار پوشش برف تصاویر ماهواره‌ای

همان طور که در نمودار نیز مشاهده می‌گردد، روند تغییرات مساحت پوشش برف، در چهار روز نخست یک روند کاهش یکنواختی دارد به طوری که هر روز تقریباً ۵ درصد از مساحت پوشش برف کم شده است و در واقع این مقدار از برف ذوب گردیده است. اما در روز مابین روز چهارم و پنجم ام، مشاهده می‌گردد که روند ذوب برف به نصف مقدار روزهای قبل تقلیل پیدا کرده است. که این موضوع نیز یک می‌تواند یک امر طبیعی باشد. چون بعد از چند روز اول، پوشش‌های برف با عمق کم و سطحی ذوب گردیده و برف‌های عمیق می‌ماند لذا طبیعی است که سرعت ذوب برف کاهش پیدا کند.

در ادامه‌ی کار برای مشاهده‌ی روند تغییرات پوشش برف طی دو هفته پس از بازه‌ی زمانی مورد بررسی، تصمیم گرفته شد که نقشه‌ی پوشش برف مربوط به سه تاریخ ۸ ام، ۱۱ ام و ۱۷ ام اسفند ماه تهیه گردد و به همراه اطلاعات آماری آنها ارائه شود. بدین ترتیب امکان تفسیر بهتر روند تغییرات پوشش برف و همچنین مقایسه‌ی بهتر آن فراهم گردد.

در شکل ۸ نقشه‌های پوشش برف مربوط به این تاریخ‌ها نمایش داده شده است.



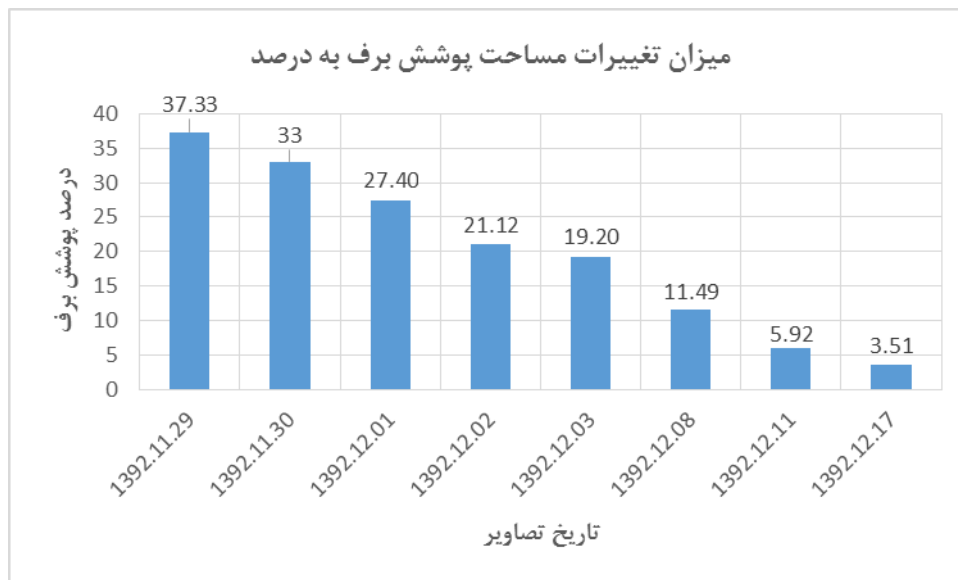
شکل (۴): نقشه نهایی پوشش برف مربوط به تاریخ‌های ۹۲/۱۲/۰۸، ۹۲/۱۲/۱۱ و ۹۲/۱۲/۱۷

جدول (۴): نتایج آماری نقشه‌ی برف ۱۳۹۲ بعد از حذف پوشش ابر

تاریخ تصویر	مساحت برف (کیلومتر مربع)	مساحت دیگر پوشش (کیلومتر مربع)	درصد مساحت برف	درصد مساحت دیگر پوشش ها	مجموع (کیلومتر مربع)
1392.12.08	3654.715	28146.634	11.492	88.508	31801.349
1392.12.11	1884.093	29917.256	5.925	94.075	31801.349
1392.12.17	1116.156	30685.193	3.510	96.490	31801.349

نمودار مساحت پوشش برف-زمان مربوط به تاریخ‌های مورد بررسی

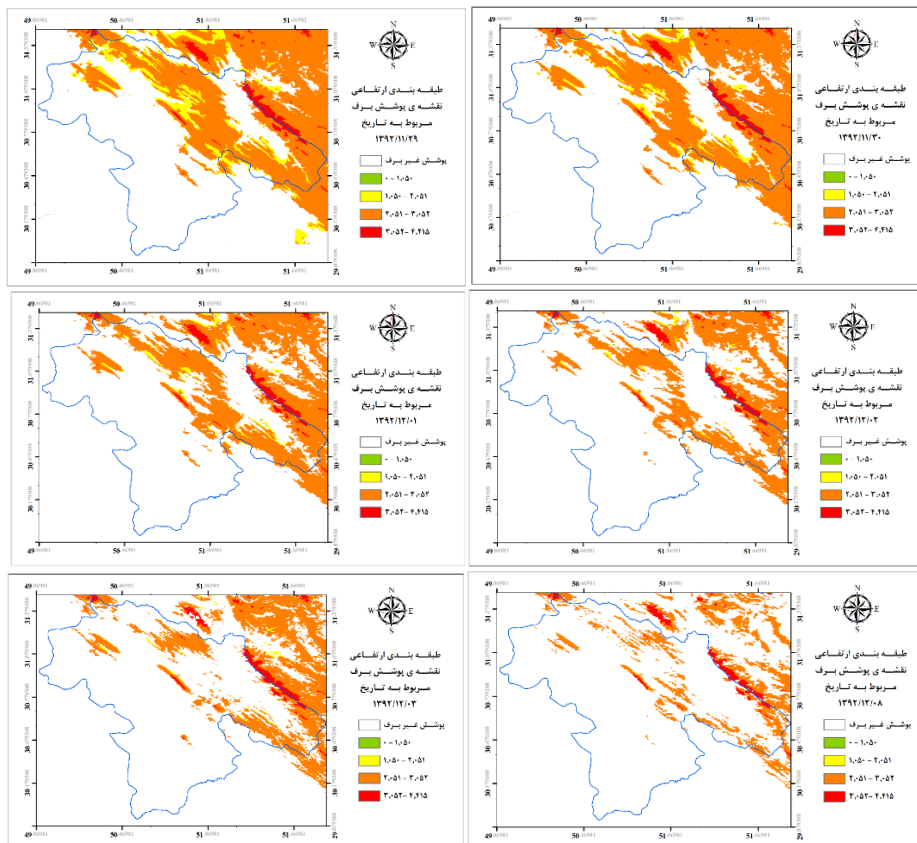
پس از تهیه نقشه‌های برف بدون ابر برای تاریخ‌های مورد نظر، مقدار پوشش برف در تاریخ‌های مورد نظر استخراج گردید. در جدول (۴) مقادیر پوشش برف در تاریخ‌های مورد بررسی آورده شده است. همچنین روند تغییرات سطح پوشش برف در بازه زمانی مورد مطالعه نشان داده شده است.

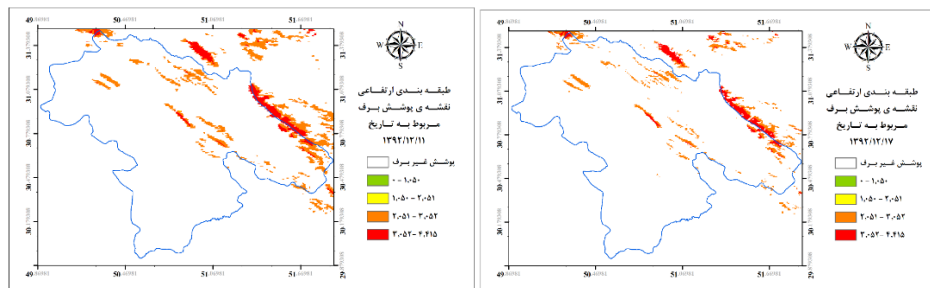


شکل (۵): مقدار پوشش برف تصاویر ماهواره‌ای در بازه‌ی زمانی مورد بررسی و در سه تاریخ ۹۲/۱۲/۱۷ و ۹۲/۱۲/۱۱، ۹۲/۱۲/۰۸

طبقه بندی ارتفاعی نقشه‌های نهایی پوشش برف

پس از تهیه‌ی نقشه‌ی برف مربوط به تاریخ‌های مورد نظر؛ برای نمایش بهتر موقعیت مکانی پوشش‌های برفی اقدام به تلفیق نقشه‌های برفی منطقه با نقشه‌ی توپوگرافی منطقه نمودیم. شکل زیر نحوه‌ی توزیع پوشش برف در ارتفاعات منطقه را به خوبی نشان می‌دهد.





شکل (۶): تلفیق نقشه برف عاری از ابر و مدل رقومی شده

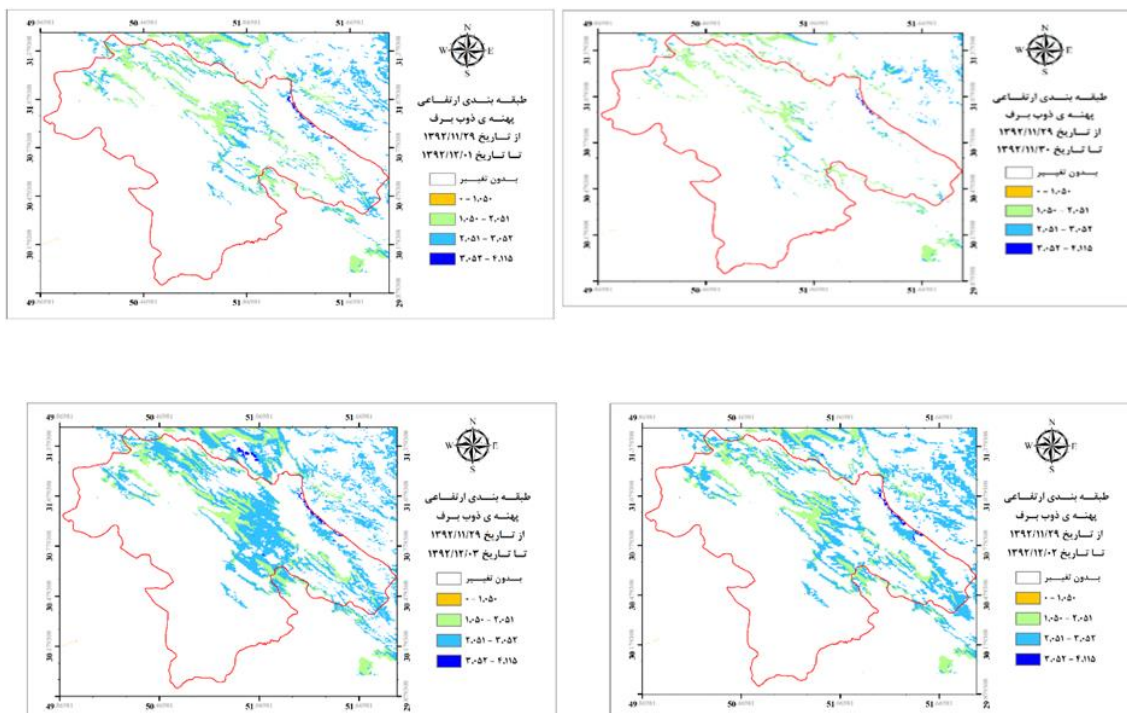
با بررسی نقشه‌های ارتفاعی فوق به خوبی ملاحظه می‌گردد که توزیع پوشش برف از ابتدای تاریخ مورد بررسی یعنی از تاریخ ۹۲/۱۱/۲۹ در قسمت‌های نسبتاً مرتفع منطقه می‌باشد و با گذشت زمان، برف در ارتفاعات پایین‌تر ذوب شده و برف‌های موجود در ارتفاعات بالاتر باقی می‌ماند.

همچنین با دقت به نقشه‌های برفی مربوط به روزهای ۹۲/۱۱/۲۹ تا ۹۲/۱۲/۱۷ ملاحظه می‌گردد که بعد از گذشت تقریباً ۱۹ روز، چیزی حدود ۹۰ درصد از پوشش برف ذوب شده است و قسمت عمده‌ی پوشش برف باقی مانده در تاریخ ۹۲/۱۲/۱۷ مربوط به مناطق مرتفع با ارتفاع بالای ۳۰۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد.

تلفیق پهنه‌ی ذوب برف و توپوگرافی منطقه

پس از تهیه‌ی نقشه‌ی برف بدون ابر در بازه‌ی زمانی مورد نظر، برای پهنه‌بندی خط ذوب برف، تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۲۹ بعنوان مبداء زمانی پهنه‌بندی ذوب برف در نظر گرفته شد. و میزان ذوب برف روزهای بعد نسبت به این تاریخ تهیه گردید.

در انتها برای نمایش بهتر پهنه‌ی دینامیک ذوب برف، اقدام به تلفیق نقشه‌ی پهنه‌ی بندی ذوب برف با مدل ارتفاع رقومی منطقه (SRTM) گردید.



شکل (۷): تلفیق نقشه خط ذوب برف و مدل رقومی شده

جدول (۵): نتایج آماری ذوب برف بدست آمده از نقشه‌های برفی

تاریخ تصویر	مساحت برف (کیلومتر مربع)	مساحت دیگر پوشش‌ها (کیلومتر مربع)	درصد مساحت برف	درصد مساحت دیگر پوشش‌ها	میزان ذوب برف (کیلومتر مربع)
1392.11.29	11871.741	19929.608	37.331	62.669	-
1392.11.30	10494.096	21307.253	32.999	67.001	1377.645
1392.12.01	8715.299	23086.050	27.405	72.595	1778.797
1392.12.02	6717.737	25083.612	21.124	78.876	1997.562
1392.12.03	6106.358	25694.991	19.202	80.798	611.379

تحلیل یافته‌ها: همانطور که از شکل برآورد می‌گردد و نیز قابل انتظار است، ذوب برف ابتدا از ارتفاعات کم شروع می‌شود و سپس برف در ارتفاعات بالا ذوب می‌گردد. در مناطق سفید رنگ مناطق بدون تغییر می‌باشد. پایش سطح برف در استان کهگیلویه و بویر احمد در این تحقیق در یک زمان ۵ روزه متوالی از تاریخ ۹۲/۱۱/۲۹ تا ۹۲/۱۲/۰۳ انجام شده است. حال آنکه می‌توان این پایش را برای هر بازه زمانی دیگری انجام داد. در این تحقیق صرفاً هدف امکان‌سنجی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارائه راهکاری جهت حذف ابر از تصاویر بوده است. ابر از جمله پدیده‌هایی است که در تهیه نقشه‌های پوشش مخصوصاً در مناطق ارتفاعی و کوهستانها می‌تواند مزاحمت ایجاد کند. استفاده از استراتژی فیلتر زمانی تصاویر نوری در این تحقیق مورد آزمایش قرار گرفت. استفاده از فیلتر زمانی بخوبی اثر ابر را حذف کرده و منجر به تهیه نقشه درستی از برف منطقه شد. از این استراتژی برای پهنه بندی ارتفاعی خط ذوب برف استفاده شد. با توجه به نتایج اخذ شده از برف سنجی تصاویر MODIS به دلیل قدرت تفکیک زمانی بالای این تصاویر ملاحظه می‌شود که می‌توان پوشش برف را به صورت پویا پایش کرد. همانطور که مشاهده می‌شود از یک روز تا روز بعد تغییرات قابل توجهی در سطح برف رخ می‌دهد. بنابراین شاید استفاده از دیگر تصاویر نوری مانند LANDSAT علی‌رغم بالا بودن قدرت تفکیک مکانی به دلیل پایین بودن قدرت تفکیک زمانی در این زمینه راهگشا نباشد. این اطلاعات یعنی سطح پوشش برف (Snow Cover Area) می‌تواند در مدلسازی رواناب ذوب برف وارد شود و با برآورد حجم ذخایر برفی حوضه‌های آبریز، می‌توان کمک مؤثری به مدیران منابع آب جهت برنامه ریزی و مدیریت بحران آب نمود.

نتیجه گیری

استنباط علمی از نتایج: با توجه به نتایج الگوریتم، مشاهده گردید که این الگوریتم برای تولید نقشه‌های پوشش سطح برف روزانه بسیار مناسب و کارا می‌باشد و بوسیله‌ی نتایج آن می‌توان با درصد اطمینان بالایی موقعیت مکانی و همچنین موقعیت ارتفاعی سطوح برفی را در منطقه مشخص نمود. لذا الگوریتم دارای دقت بالایی بوده و می‌توان از نتایج آن در شبیه سازی سیل و جریان آب حاصل از ذوب برف، بعنوان ورودی مدل رواناب ذوب برف و همچنین در مدیریت منابع و ذخایر آبی استفاده کرد. که نحوه‌ی استفاده از نتایج این الگوریتم در تخمین دقیق میزان رواناب حاصل از ذوب برف بدین صورت می‌باشد که بعد از تخمین سطح پوشش برف، با استفاده از تصاویر راداری ارتفاع برف در منطقه را تعیین نموده و سپس با بدست آوردن توزیع ارتفاعی سطوح برف، جهت شیب منطقه، دمای منطقه و یکسری دیگر از پارامترهای فیزیکی منطقه، به تخمین میزان رواناب حاصل از ذوب برف در آن منطقه می‌پردازیم. که از نتایج آن می‌توان در مدیریت صحیح آبهای سطحی حاصل از رواناب استفاده‌ی بهینه را برد.

منابع

- روزگار، رسول. سلیمان پور، محمد. جوکار، لایلا (۱۳۹۸). بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در حوضه سد درودزن بر اساس شاخص‌های آماری خشکسالی. اولین همایش بیابانی
- سلامت، ع. آل یاسین، م (۱۳۹۶) راهنمای مقابله با خشکسالی. ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
- شفیعی، حسن. حسینی، محمد (۱۳۹۶) بررسی پوشش گیاهی به کمک داده‌های ماهواره‌های در منطقه سیستان، مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، سال سوم، صفحات ۹۱-۱۰۵.
- عفیفی، محمد ابراهیم، چترآذر، هادی، (۱۳۹۶) پایش تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشکسالی در حوضه آبریز درودزن با استفاده از تصاویر MODIS، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی لارستان
- علیجانی، بهلول، رضائی ف نبی الله، (۱۳۹۶)، پایش بینی خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها در استان مازندران با استفاده از باکس-جنکینز، پژوهش‌های جغرافیای انسانی
- لشکری، حسن، متکان، علیاکبر، آزادی، حمید، محمدی، زینب (۱۳۹۶)، تحلیل همدیدی نقش پرفشار جنب حاره‌ای عربستان در رودبار جنب حاره‌ای در خشکسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران، پژوهش‌های دانش زمین - سال هشتم شماره ۳۰، ص ۱۴۱ تا ص ۱۶۳
- محمدیاری، فریبا. پورخباز، حسن. توکلی، مهدی. اقدر، حسن (۱۳۹۷) تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان)، فصلنامه علمی - پژوهشی مطالعات جغرافیایی، شماره ۹۲، زمستان ۱۳۹۷، ۲۳-۳۴.
- میرموسوی، سیدحسین، کریمی حمیده (۱۳۹۸)، مطالعه اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS مورد: استان کردستان، جغرافیا و توسعه: تابستان ۱۳۹۲، دوره ۱۱، شماره پیاپی ۳۱، از صص. ۵۷-۷۶.
- نوری، سمیرا، ثنایی نژاد، سید حسین، (۱۳۹۸)، بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکی دما-گیاه (TVDI) و دما-گیاه اصلاح شده (MTVDI) و تصاویر سنجنده مودیس، مجله آب و خاک، نوع نشریه: علمی - پژوهشی، جلد ۲۷ شماره ۴
- هادیان، فریبا. حسینی، زهرا. سیدحسینی، مرجان (۱۳۹۶) پایش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از اطلاعات بارندگی و تصاویر ماهواره‌های NOAA AVHRR در استان کرمانشاه، نشریه مرتعداری، جلد اول، ۱۳۹۳، ۴۶-۶۲.
- Kogan, F. N., Vegetation index for areal analysis of crop conditions. Proceedings of 18th Conference on Agricultural and Forest Meteorology, AMS, W. Lafayette, Indiana, on 15-18 September 2018 (Indiana, USA), 2018, 103-106.
- Singh, A (2017), Digital change detection techniques using remotely sensed data, International Journal of Remote Sensing, 10, 989- 1003
- Singh, R. P., Roy, S., Kogn, F., Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India, Int. J. Remote Sens., 20184393-4402 .
- Wylie, B. K., D. J. Meyer, L. L. Tieszen and S. Mannel. 2017. Satellite mapping of surface biophysical parameters at the biome scale over the North American grasslands: A case study. Remote Sensing of Environment 79(2-3): 266-278.
- Klein, A. G., D. K. Hall, et al. (2012). "Improving snow cover mapping in forests through the use of a canopy reflectance model." Hydrological Processes 12(10-11): 1723-1744.
- Hall, D. K., G. A. Riggs, et al. (2010). "MODIS snow-cover products." Remote sensing of Environment 83(1): 181-194.
- Tekeli, A. E., Z. Akyürek, et al. (2010). "Using MODIS snow cover maps in modeling snowmelt runoff process in the eastern part of Turkey." Remote Sensing of Environment 97(2): 216-230.
- Wang, X., H. Xie, et al. (2014). "Evaluation of MODIS snow cover and cloud mask and its application in Northern Xinjiang, China." Remote Sensing of Environment 112(4): 1497-1513.
- Raygani, B., C. U Huh Aldin (2017) "Calculation of the variations of snow cover maps prepared from satellite images of the madrass in periods lacking . [persian]
- Image "Science and Technology of Agriculture and Natural Resources of the twelfth year.
- Shafizadeh, H., M. Mbashari (2015) "Feasibility study for improving the resolution of the Modus sensor by simultaneous use of the Esther sensor to estimate the surface area of the snow." Master's Thesis. [persian]
- Shams, M., M. Mbashi (2010) "Promoting snow index in areas with a gradient between 20% and 50% for Modis images." Thesis Master of Geodetic Engineering. [persian]