

## ارائه الگوریتمی جهت بهبود دقت نقشه‌ی پوشش برف با استفاده از تصاویر مودیس

سجاد باصری نام<sup>۱\*</sup>، علی اسماعیلی<sup>۲</sup>، مریم دهقانی<sup>۳</sup>

- ۱- کارشناس ارشد سنجش از دور، دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
- ۲- استادیار گروه مهندسی سنجش از دور، دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
- ۳- استادیار بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست، دانشگاه شیراز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۳/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۰۸/۱۸

### چکیده

شناخت و مطالعه‌ی ذخایر برفی به عنوان تأمین کننده‌ی جریان پایه‌ی رودخانه‌ها و سرآغاز اصلی منابع آب شیرین در حوضه‌های برفگیر و مرتفع، نقش مهمی در برنامه‌ریزی و مدیریت مصرف منابع آب ایفا می‌کند. با توجه به اینکه یکی از مهمترین مشکلات موجود در شناسایی پدیده برف با استفاده از تصاویر ماهواره‌های اپتیکی، تفکیک ابر و برف می‌باشد به همین منظور ما در این تحقیق با استفاده از ویژگی متغیر بودن ابرها نسبت به برف با استفاده از فیلتر زمانی به کمک داده‌های سنجنده‌ی مودیس دو ماهواره آکوا و تراه به حذف پیکسل‌های ابر می‌پردازیم. برای انجام این کار، با استفاده از ویژگی رفتاری ابر در طول موج‌های مختلف، با تعریف شاخص تفاضلی نرمال شده‌ی ابر در داده‌های مودیس، به شناسایی سطوح ابری در این تصاویر اقدام کردیم. سپس نقشه‌ی برف منطقه‌ی شمالی استان فارس را با استفاده از تصاویر بازتابش روزانه‌ی مودیس در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ به روش پیکسل مینا استخراج کردیم. و به منظور ارزیابی خروجی نهایی نقشه‌ی برفی تولید شده، از دو روش استفاده گردید. در ابتدا با استفاده از داده‌های ۱۴ ایستگاه زمینی، نقشه‌ی خروجی را مورد ارزیابی قرار دادیم و سپس از تصویر سنجنده‌ی OLI ماهواره‌ی لندست ۸ بعنوان واقعیت زمینی استفاده گردید و نتایج مورد ارزیابی قرار گرفتند. در روش اول دقت ۱۰۰٪ و در روش دوم و با انجام تناظریابی پیکسل به پیکسل بین نقشه‌های برفی دو تصویر، دقت ۹۸.۵۸٪ حاصل شد. در نهایت با توجه به نتایج و ارزیابی‌های صورت گرفته، می‌توان گفت در صورتی که نقشه‌های پوشش برف از طریق پیاده‌سازی الگوریتم حدآستانه مبنای ارائه شده در این تحقیق تهیه شوند، دارای دقت بالایی بوده و می‌توان از نتایج آن در شبیه‌سازی سیل و جریان آب حاصل از ذوب برف، بعنوان ورودی مدل رواناب ذوب برف و همچنین در مدیریت منابع و ذخایر آبی استفاده کرد.

**کلیدواژه‌ها:** برفسنجی، ابر، فیلتر زمانی، مودیس، لندست ۸.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: کرمان - انتهای اتوبان هفت باغ علوی - دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته

تلفن: ۰۹۱۷۸۸۷۰۹۲۰

## ۱- مقدمه

فن‌آوری سنجش از دور، قادر به انجام مشاهدات در چندین ناحیه از طیف الکترومغناطیسی است. هر پدیده طبیعی در طول موج‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی رفتار و برهم‌کنش متفاوتی از قبیل جذب، بازتاب، تابش و عبور را خواهد داشت. بنابراین سنجش از دور به عنوان یک ابزار کارآمد در تشخیص پدیده‌های گوناگون و بررسی وضعیت و روند تغییرات آنها در طول زمان بکار گرفته می‌شود.

ریزش برف در مناطق کوهستانی سبب تشکیل توده‌های برف و ذوب آن موجب ایجاد جریان‌های سطحی و زیرسطحی شده و بدین ترتیب سفره‌های آب زیرزمینی، مخازن سدها و دریاچه‌ها تغذیه می‌گردد. با توجه به اهمیت سدها به‌عنوان منابع تامین آب شهری و آب جهت مصارف کشاورزی و صنعتی، نیازمند داشتن اطلاعاتی از زمان و نحوه گسترش پوشش برف و ذوب آن بوده تا اطلاعات مورد نیاز از میزان تغییرات در مخازن سدها تعیین گردد [۱].

منطقه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق یعنی حوضه آبریز دریاچه‌های طشک\_ بختگان و مهارلو یکی از حوضه‌های آبریز درجه ۲ استان فارس است که به جهت توسعه کشاورزی و قرارگیری دو سد درودزن و ملاصدرا در آن حایز اهمیت می باشد. رودخانه کر زهکش اصلی این حوضه بوده و حجم زیادی از رواناب این رودخانه به وسیله آب ناشی از ذوب برف تأمین می‌شود. با توجه به این مطلب اندازه‌گیری میزان برف و آب حاصل از ذوب آن در طول سال آبی، جهت برنامه‌ریزی بهینه در مصرف آب سدهای فوق‌الذکر ضروری می‌باشد.

از آنجایی که سطوح برفی دارای تغییرات زیادی نسبت به زمان می‌باشد، پایش آن‌ها نیازمند استفاده از تصاویری با قدرت تفکیک زمانی مناسب است. بدین معنی که در برخی از فصول، کسب اطلاعات روزانه و یا حداقل دو روزانه از پهنه‌ی برف مورد نیاز است.

تاکنون محققان زیادی از تکنیک سنجش از دور برای تعیین سطح پوشش برف استفاده کرده‌اند و هر کدام به نوبه‌ی خود در تخمین دقیق سطح پوشش برف و برطرف کردن مشکلات موجود در این امر گام برداشته‌اند. در این تحقیق سعی شده است به یکی از اساسی‌ترین مشکل تخمین سطح پوشش برف بوسیله‌ی تصاویر اپتیک در روزهای ابری، یعنی وجود ابر در تصاویر و اختلاط آن با پوشش برف پرداخته‌شود و با ارائه‌ی یک روش مناسب این مشکل مهم را برطرف‌کند طوری که بتوان بوسیله‌ی تصاویر مودیس نقشه‌های برفی روزانه‌ی عاری از ابر تولید کرد. تاکنون اکثر محققین برای انجام تحقیقات خود به ناچار مجبور به تعیین روزهای آفتابی و اخذ تصویر در آن تاریخ خاص بوده‌اند تا از مشکل ابر در تصویر جلوگیری بعمل آورند. و اکثر پژوهش‌ها در زمینه‌ی برف‌سنجی در جهت بهبود روش طبقه بندی و تفکیک هر چه بهتر برف از سایر پدیده‌ها بوده‌اند. در حالی که در این تحقیق سعی خواهد شد با ارائه‌ی الگوریتمی کاربردی و با تلفیق تصاویر سنجنده‌ی مودیس ماهواره‌های آکوا و ترا و اعمال انواع پردازش‌ها و فیلترها بر روی این تصاویر، نقشه‌های برفی روزانه تولید کرده و نوع پوشش‌های زیر سطح ابر را مشخص کنیم.

از نوآوری‌های این تحقیق می‌شود به موارد زیر اشاره کرد:

۱. تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش برف از تصویر لندست ۸ و استفاده از این نقشه به‌عنوان واقعیت زمینی
۲. استفاده از باند ۹ تصویر لندست ۸ برای شناسایی پوشش ابر در این تصویر
۳. استفاده از شاخص تفاضلی پوشش ابر (NDCI) بجای محصول ماسک ابر مودیس؛ برای شناسایی پوشش ابر

به‌منظور جبران این اختلافات از یک مدل نیمه توزیعی استفاده شد [۴].

نیکو مولگ و همکارانش در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۰ بر روی نواحی کوهستانی ایتالیا انجام دادند به بررسی و کنترل پوشش برف چند زمانی مودیس در مناطق با ارتفاع زیاد پرداختند. در این مطالعه مجموعه تصاویر سری زمانی پوشش برف بدست آمده از تصویر مودیس طی سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۸ مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفتند و در نهایت نقشه‌های خروجی از ترکیب نقشه‌های پوشش برف آکوا و ترا بدست آمدند و بدین وسیله پیکسل‌های ابری و بدون مقدار را کاهش دادند. همچنین در این مطالعه از نقشه‌های پوشش برف بدست آمده از تصاویر سنجنده‌ی ETM+ ماهواره‌ی لندست به منظور اعتبار سنجی نتایج استفاده شد. که نتایج، بهبود طبقه‌بندی بوسیله‌ی ترکیب تصاویر آکوا و ترا را تایید کرد [۵].

لوپز و همکارانش در سال ۲۰۱۳، سعی کردند با ترکیبی از روش‌های زمانی-مکانی اثر ابر را در تولیدات پوشش برف مودیس کاهش بدهند. که برای این کار یک روش چند مرحله‌ای و قاعده مندی را ارائه دادند که شامل ترکیب تصاویر چند ماهواره، درونیابی زمانی، درونیابی مکانی و تخمین احتمال وجود پوشش برف بر اساس اطلاعات توپوگرافی منطقه بود. که با این روش اثر ابر را تا ۹۳.۸٪ در تصاویر کاهش دادند [۶].

در ایران تا بحال تحقیقی مشابه تحقیق حاضر؛ به‌منظور از بین بردن پوشش ابر بر روی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش برف بدون ابر در روزهای ابری انجام نشده ولی در زمینه‌ی تفکیک برف از ابر و همچنین تهیه‌ی نقشه‌ی برف در روزهای آفتابی مطالعات و پژوهش‌های زیادی صورت گرفته که یکی از نزدیکترین کارها که در این رابطه انجام شده تحقیق خانم شمس و همکاران در سال ۱۳۹۱ می‌باشد که طی آن به بررسی روش‌ها و الگوریتم‌های گوناگون جهت تشخیص و شناسایی پیکسل‌های برفی در تصاویر

۴. حذف پوشش ابر بوسیله‌ی اعمال فیلتر زمانی بر روی تصویر مودیس و تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش برف روزانه

از کارهای مهمی که در این رابطه توسط پژوهشگران داخلی و خارجی انجام شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

پاراجکا و همکاران در سال ۲۰۰۸، طی مطالعه‌ای که در استرالیا انجام دادند. از ترکیب مکانی-زمانی تصاویر مودیس به منظور بررسی پتانسیل تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش برف استفاده کردند. نتایج نقشه‌های برف تولید شده در این مطالعه، مطابقت خوبی را با مشاهدات زمینی برف نشان دادند. به طوری که ۶۳٪ پوشش ابری تصاویر آکوا، به ۵۲٪ برای ترکیب تصاویر ترا-آکوا، ۴۶٪ برای فیلتر مکانی، ۳۴٪ برای فیلتر زمانی یک روزه و ۴٪ برای فیلتر زمانی ۷ روزه کاهش پیدا کرد و دقت‌های کلی مطابق با آنها به ترتیب ۹۵.۵٪، ۹۴.۹٪، ۹۴.۲٪، ۹۴.۴٪ و ۹۲.۱٪ بدست آمدند [۲].

ژانگ و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از داده‌های مودیس Level-1B، محصولات برف روزانه و محصولات ۸ روزه مودیس به بررسی پوشش برف پرداختند. بررسی‌های انجام شده در این تحقیق نشان داد که حد‌آستانه بهینه شاخص NDSI برای انواع پوشش اراضی، بخصوص برای مناطق جنگلی به‌صورت فصلی تغییر می‌کند. همچنین مقایسه نتایج بدست آمده با داده‌های زمینی، عملکرد بهتر داده‌های Level-1B نسبت به محصولات برف را نشان داد [۳].

ناگلر و همکارانش در سال ۲۰۰۸، در تحقیقی، از تصاویر ماهواره ای مودیس و تصاویر رادار Envisat ASAR به منظور حذف خطاهای ایجاد شده در دوره‌های ابری طولانی استفاده کردند و بدین وسیله نقشه‌ی پوشش برف را برای تخمین رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه‌ی اوتزال در استرالیا تهیه کردند. مقایسه‌ی نقشه‌های برف حاصل از SAR و تصاویر اپتیکال تفاوت‌های سیستماتیکی را آشکار کرد. که

در این تحقیق که بر روی منطقه‌ی کوهستانی البرز غربی انجام شد، با استفاده از تصویر سنجنده‌ی MODIS نصب شده بر روی ماهواره‌ی Terra، شاخص‌های مختلف استخراج پیکسل برفی مورد محاسبه قرار گرفت، که هر کدام دارای مشکلاتی در استخراج سطوح برفی بودند. در این میان روش‌های مکمل که از شاخص NDSI به‌مراه قرار دادن حد آستانه‌هایی بر روی باندهای مختلف به‌طور همزمان استفاده می‌کردند، نتایج بهتر و دقیقتری را نشان می‌دادند [۱۰].

در این تحقیق قصد داریم یکی از بهترین روش‌های طبقه‌بندی مورد استفاده در برف‌سنجی در سطح پیکسل را پیاده‌سازی کنیم و با حذف پوشش ابر در تصاویر، نقشه‌ی پوشش برف بدون ابر تولید کنیم. که در این راه برای شناسایی پوشش ابر در تصاویر مودیس از شاخص NDCI استفاده می‌کنیم [۱۱]. و برای ارزیابی نتیجه‌ی کار نیز از داده‌های زمینی ۱۴ ایستگاه برف‌سنجی موجود در منطقه و همچنین تصویر همزمان لندست ۸ به‌عنوان واقعیت زمینی استفاده خواهیم کرد.

بخش ۳ منطقه مورد مطالعه را بیان می‌کند. بخش ۴ به تشریح داده‌های مورد استفاده اختصاص داده شده است. در بخش ۵ روش تحقیق بیان می‌شود. در بخش ۶ به ارائه‌ی نتایج و تجزیه و تحلیل آن پرداخته شده است. و در نهایت بخش ۷ مقاله به بیان نتیجه‌گیری اختصاص داده شده است.

## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

نظر به اینکه ریزش برف عمدتاً در مناطق شمال و شمال‌غربی استان فارس می‌باشد لذا تعیین موقعیت ۱۴ ایستگاه برف‌سنجی موجود، در این مناطق و با تأکید بر حوضه آبریز سد درودزن انجام شده است و سایر مناطق استان که احتمال ریزش برف در آنها کمتر است فاقد ایستگاه برف‌سنجی می‌باشد. لذا ما در این تحقیق محدوده  $52^{\circ}55'15''$  و  $18^{\circ}51'12''$

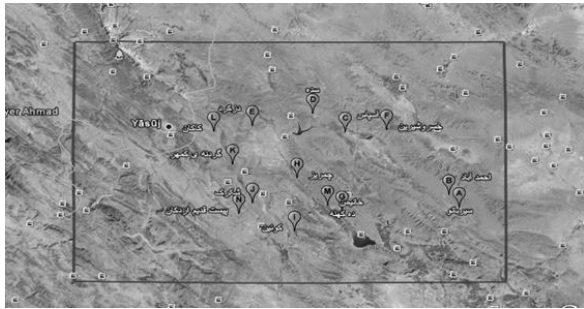
سنجنده‌ی مودیس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که علاوه بر مشکلات اثرات سایه، شیب و توپوگرافی محل، وجود ابر به دلیل شباهت طیفی آن با برف، باعث ایجاد عدم قطعیت‌هایی در تشخیص برف می‌شود [۷].

رایگانی و همکاران، در سال ۱۳۸۶، با استفاده از تصویر سنجنده MODIS و شاخص NDSI، پوشش برف را بدست آوردند. و سعی کردند مشکل ابری بودن سطح منطقه را حل کرده و تغییرات سطوح برف‌دار در تاریخ‌هایی که تصاویر MODIS موجود نبودند یا به‌عبارت دیگر، تصاویر ابری بودن را بدست بیاورند. لذا برای اینکار به کمک مدل رقومی ارتفاعی منطقه (DEM) و ایجاد روابط رگرسیونی میان درجه حرارت، ارتفاع و تصویر جهت شیب سعی در تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش برف کردند. در نهایت نقشه پوشش برفی تولید گردید و به نتایج قابل قبولی نیز رسیدند اما اذعان کردند که تغییرات پوشش برفی تحت تاثیر عوامل بسیاری بوده که دسترسی به آنها بسیار سخت و مشکل می‌باشد [۸].

شفیعی‌زاده مقدم (۱۳۸۷)، روشی جهت بهبود دقت شاخص NDSI در تصاویر MODIS ارائه داده است. در این تحقیق با استفاده از تصاویر ASTER با قدرت تفکیک مکانی بهتر و در مناطق با شیب کمتر از ۱۰ درصد، شاخص NDSI محاسبه شد و بوسیله‌ی آن نتایج حاصل از MODIS ارزیابی و مدلی جهت ارتقاء شاخص NDSI ایجاد شد. در این تحقیق سعی کردند با ایجاد همبستگی و ارتباط بین تصویر ASTER با قدرت تفکیک مکانی بالا و MODIS با قدرت تفکیک مکانی متوسط، به برآورد دقیقتری از مساحت سطح پوشش برف با استفاده از سنجنده‌ی MODIS دست پیدا کنند. که در این موضوع به همبستگی بیش از ۸۲٪ دست پیدا کردند [۹].

احمدی و همکاران در سال ۱۳۹۲، در تحقیقی به بررسی شاخص‌هایی برای استخراج پیکسل‌های برفی از تصاویر MODIS و بر اساس روش NDSI پرداختند.

برای ارزیابی نتایج حاصل از بکارگیری الگوریتم مورد استفاده در این تحقیق، از داده‌های زمینی بدست آمده از ایستگاه‌های برف‌سنجی منطقه و همچنین مقایسه‌ی نتایج برف‌سنجی با نقشه‌ی برف حاصل از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده گردید.



شکل ۲: محدوده‌ی مشترک بین تصاویر لندست ۸ و مودیس و ایستگاه‌های برف‌سنجی زمینی مورد استفاده

### ۳-۱- داده‌های ماهواره‌ای

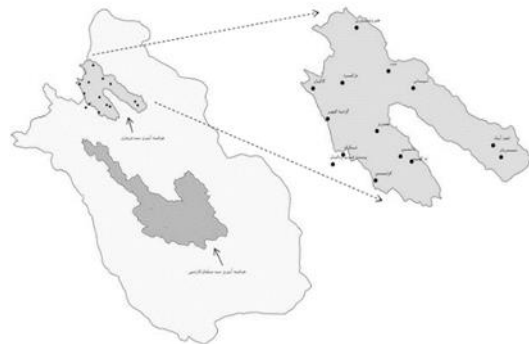
در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، ترا و آکوا استفاده گردید. در جدول ۱ مشخصات تصاویر بکار برده شده به صورت اجمالی آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات تصاویر مورد استفاده

ماهواره	سنجنده	تعداد تصویر	شماره مسیر	شماره ردیف	تاریخ اخذ تصویر	ساعت اخذ تصویر (UTC)
لندست ۸	OLI	۱	۱۶۳	۳۹	۹۲/۱۰/۲۵	۰۷:۰۴:۴۰
ترا	مودیس	۲	۲۲	۰۵	۹۲/۱۰/۲۵ ۹۲/۱۰/۲۶	۰۶:۳۰:۱۵ ۰۷:۱۰:۲۵
آکوا	مودیس	۲	۲۲	۰۵	۹۲/۱۰/۲۵ ۹۲/۱۰/۲۶	۰۹:۴۰:۱۰ ۱۰:۲۵:۵۵

ایستگاه‌های برف‌سنجی حوضه آبریز استفاده شده است. این داده‌ها، توسط دفتر مطالعات پایه منابع آب استان فارس برداشت شده‌اند (جدول ۲).

شمالی و  $30^{\circ}03'50''$  و  $31^{\circ}00'11''$  شرقی را مورد مطالعه قرار دادیم که تمام حوضه‌ی آبریز سد درودزن و قسمت اعظمی از مناطق شمالی و شمال غربی استان را پوشش می‌دهد و تمام ایستگاه‌های برف‌سنجی موجود در منطقه را در بر می‌گیرد و به طور متوسط  $2345$  متر از سطح دریا ارتفاع دارد.



شکل ۱: نقشه موقعیت ایستگاه‌های برف‌سنجی و حوضه‌ی آبریز سد درودزن (منطقه‌ی مورد مطالعه) در استان فارس

### ۳-۲- داده‌ها

در این تحقیق از داده‌های ماهواره‌ای مودیس به‌منظور تخمین نقشه‌ی برف استفاده شد. همچنین

### ۳-۲- داده‌های زمینی

برای ارزیابی نتایج و نقشه‌ی برف بدست آمده از طریق الگوریتم ارائه شده، از داده‌های اندازه‌گیری شده در

جدول ۲: مشخصات ایستگاه‌های برف‌سنجی حوضه آبریز مهارلو - بختگان و خلاصه آمار اندازه‌گیری برف در این ایستگاه‌ها [۱۲]

ردیف	نام ایستگاه	تاریخ اندازه‌گیری	متوسط ارتفاع برف (سانتیمتر)	متوسط ارتفاع آب معادل برف (سانتیمتر)	مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌ها		
					طول	عرض	ارتفاع
۱	سیربانو	۹۲/۱۰/۲۲	۸.۳۶	۳.۷	۵۲-۴۴-۵۶	۳۰-۲۰-۵۹	۲۲۴۲
۲	احمد آباد	۹۲/۱۰/۲۲	۵.۳۲	۱.۵	۵۲-۴۲-۳۰	۳۰-۲۴-۰۱	۲۲۵۹
۳	آسپاس	۹۲/۱۰/۲۳	۳.۳۰	۱.۷	۵۲-۱۷-۳۷	۳۰-۳۸-۵۱	۲۱۳۹
۴	سده	۹۲/۱۰/۲۳	۱.۳۷	۶.۷	۵۲-۰۵-۵۱	۳۰-۴۳-۱۵	۲۱۷۸
۵	دزگرد	۹۲/۱۰/۲۳	۲.۵۴	۷.۱۰	۵۲-۵۵-۲۰	۳۰-۴۰-۲۵	۲۴۱۳
۶	خسرو شیرین	۹۲/۱۰/۲۲	۸.۵۸	۱.۷	۵۲-۲۷-۳۶	۳۰-۳۹-۲۶	۲۳۴۵
۷	ده کهنه	۹۲/۱۰/۲۴	۴.۲۶	۷	۵۲-۱۶-۵۳	۳۰-۲۰-۱۳	۱۷۲۶
۸	چمریز	۹۲/۱۰/۲۴	۳۷	۴.۸	۵۲-۰۶-۰۵	۳۰-۲۸-۰۳	۱۷۸۹
۹	کوئین	۹۲/۱۰/۲۳	۹.۶۹	۶.۱۰	۵۲-۰۵-۲۸	۳۰-۱۵-۳۰	۲۱۱۹
۱۰	شکرک	۹۲/۱۰/۲۴	۷.۸۶	۸.۱۶	۵۲-۵۵-۲۵	۳۰-۲۲-۰۸	۲۸۲۲
۱۱	گردنه کمهر	۹۲/۱۰/۲۴	۸.۶۶	۶.۱۵	۵۲-۵۰-۳۷	۳۰-۳۱-۱۵	۲۵۱۳
۱۲	کاکان	۹۲/۱۰/۲۳	۶.۶۴	۷.۱۲	۵۱-۴۶-۰۳	۳۰-۳۹-۰۱	۲۴۹۱
۱۳	خانیمن	۹۲/۱۰/۲۴	۷.۳۹	۳.۹	۵۲-۱۳-۲۵	۳۰-۲۱-۳۳	۱۷۳۶
۱۴	پیست قدیم اردکان	۹۲/۱۰/۲۳	۷.۷۸	۶.۱۳	۵۱-۵۲-۰۹	۳۰-۱۹-۳۶	۲۵۵۰

#### ۴- روش تحقیق

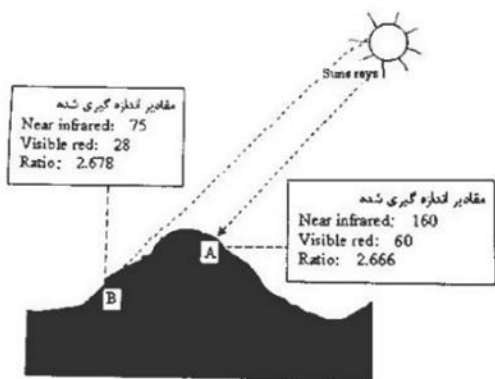
در نخستین مرحله، همگی تصاویر ماهواره‌ای مودیس و لندست ۸، پیش پردازش و ژئورفرنس شدند و به سیستم تصویر مشابه برده شدند و سپس بوسیله‌ی فایل مرزی منطقه‌ی مورد مطالعه کلیپ شدند.

در این تحقیق از الگوریتم حد آستانه و اعمال فیلتر زمانی برای برف‌سنجی استفاده می‌کنیم که در آن از مجموعه‌ای از شاخصها از قبیل، شاخص نرمال شده برف<sup>۱</sup> (NDSI) و قراردادن حد آستانه در باندهای مختلف جهت شناسایی و طبقه بندی در حد پیکسل استفاده می‌کند(که در ادامه بصورت مفصل توضیح داده

خواهد شد). کاربرد شاخص NDSI در مورد تشخیص ابر و برف بر اساس این حقیقت است که برف به شدت تابشهای مرئی طیف الکترومغناطیسی را باز می‌تاباند و به نسبت، این بازتاب در طول موج مادون قرمز میانی کمتر می‌باشد. در حالی که ابر در محدوده مرئی و مادون قرمز میانی بازتاب بیشتری از خودشان نشان می‌دهد(شکل ۳).

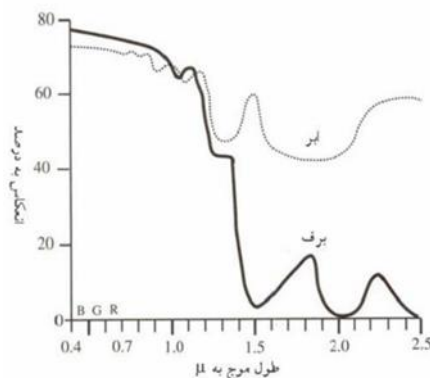
<sup>۱</sup> Normalized Difference Snow Index

نامطلوب ناشی از تغییرات نوردهی، به عنوان مثال اثر توپوگرافی و اثر سایه، می‌باشد. به دلیل همین مزیت‌ها، ما در این تحقیق از این روش استفاده می‌کنیم. در شکل ۴ نحوه‌ی کاهش اثر توپوگرافی بوسیله‌ی نسبت‌گیری باندی نشان داده شده است.



شکل ۴: کاهش اثر توپوگرافی در اثر نسبت‌گیری [۱۴]

از طرفی 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 مترکم 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 مشخص‌کننده‌ی 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 <sup>1</sup>MVC می‌گویند. که ما در این تحقیق در مورد پیکسل‌های ابری از همین روش استفاده کرده‌ایم.



شکل ۳: منحنی انعکاس طیفی ابر و برف [۱۳]

#### ۴-۱- شاخص NDSI

کارایی شاخص NDSI براساس این حقیقت علمی است که انعکاس برف و یخ در محدوده طول موج مرئی بسیار بیشتر از محدوده مادون قرمز نزدیک است و برعکس انعکاس ابرها در محدوده مادون قرمز نزدیک زیاد است. برای محاسبه و جداسازی برف از سایر عارضه‌ها از قبیل ابر، زمین و آب از دو خصوصیت مذکور می‌توان بهره جست. با ترکیب این دو شرط در یک شاخص نرمال شده، امکان عملیات متمایز کردن سطح برف از سایر عوارض موجود بصورت کاملاً خودکار فراهم می‌شود. این شاخص به طور کلی از طریق معادله (۱) قابل محاسبه می‌باشد.

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

$\rho_{\text{green}}$ : میزان بازتابندگی در باند سبز

$\rho_{\text{SWIR}}$ : میزان بازتابندگی در باند مادون قرمز موج کوتاه

تقسیم تصاویر که گاه نسبت‌گیری 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 نسبت‌گیری در بازسازی خواص طیفی عوارض مختلف و میزان تفاوت آنها با یکدیگر می‌باشد. دومین مزیت استفاده از تقسیم تصاویر، حذف یا کاهش اثرات

1 Maximum Value Composite

معیارهای مختلف برای هر تصویر، پیکسل‌های برفی تعیین و سپس نقشه‌ی برف برای منطقه بدست آمد.

#### ۴-۳- اعمال شاخص NDSI برای سنجنده‌ی OLI ماهواره‌ی لندست ۸

همانطور که گفته شد، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین روش برای طبقه بندی برف استفاده از اعمال حد آستانه بر روی مقادیر بازتابش باندها و شاخص NDSI می‌باشد. با استفاده از این روش کلاس برف از ابر و دیگر پدیده‌ها متمایز می‌شوند. برای تفکیک برف به روش حد آستانه در هر تصویر اپتیکی، ابتدا باید تصحیح رادیومتریکی بر روی تصویر اعمال شود. لذا ابتدا با اعمال تصحیح رادیومتریکی بر روی تصویر لندست ۸، مقادیر درجه خاکستری ( $DN^1$ ) تمامی باندها به مقادیر انعکاس بر روی سطح زمین تبدیل شد و سپس شاخص NDSI برای تصویر لندست ۸ طبق معادله ۳ تعریف شد.

رابطه (۳)

$$NDSI = \frac{(\rho_3(0.560\mu\text{m}) - \rho_6(1.610\mu\text{m}))}{(\rho_3(0.560\mu\text{m}) + \rho_6(1.610\mu\text{m}))}$$

$\rho_3$ : میزان بازتابندگی باند ۳ سنجنده‌ی OLI لندست ۸

$\rho_6$ : میزان بازتابندگی باند ۶ سنجنده‌ی OLI لندست ۸

#### ۴-۴- اعمال شاخص NDSI برای سنجنده‌ی مودیس ماهواره‌های ترا و آکوا

شاخص NDSI در تصاویر مودیس از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۴)

$$NDSI = \frac{(\rho_4(0.555\mu\text{m}) - \rho_6(1.640\mu\text{m}))}{(\rho_4(0.555\mu\text{m}) + \rho_6(1.640\mu\text{m}))}$$

#### ۴-۲- الگوریتم پردازش تصویر مورد استفاده در این تحقیق جهت تعیین سطح پوشش برف

ماهواره‌ی ترا هر روز ساعت ۱۰:۳۰ به وقت محلی و بصورت نزولی از مدار استوا می‌گذرد. در حالی که ماهواره‌ی آکوا هر روز ساعت ۱۳:۳۰ به وقت محلی و بصورت صعودی از مدار استوا می‌گذرد. این دو گذر ماهواره از بالای سطح زمین، که به فاصله‌ی زمانی ۳ ساعت صورت می‌گیرد، امکان این را ایجاد می‌کند که مشاهدات برف روزانه داشته باشیم. همچنین امکان دیدهای با وضوح بیشتر از سطح زمین بوسیله‌ی تصاویر بدست آمده از این دو گذر میسر می‌شود. چون ابرها به دلیل متحرک بودن طی این ۳ ساعت از لحاظ موقعیت مکانی و همچنین اندازه در تصویر تغییراتی خواهد داشت که باعث می‌شود با استفاده از این ویژگی بتوان با تلفیق تصاویر سنجنده‌ی مودیس ماهواره‌های ترا و آکوا به تصویر مناسب تری دست پیدا کرد و در صورت وجود پیکسل‌های ابری در تصویر، آنها را از بین برده و یا اینکه کاهش داد.

برای از بین بردن اثرات پوشش ابر بر روی پوشش برف طبقه بندی شده، یک شاخصی تحت عنوان شاخص NDCI توسط آقای بو هیو و همکارانش در سال ۲۰۱۳ ارائه شد که جدای از محصول ماسک ابر MOD35 مودیس، به منظور تشخیص پیکسل‌های ابری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص بر اساس منحنی طیفی ابر طراحی شده است و برای سنجنده‌ی مودیس ماهواره‌ی ترا به صورت زیر تعریف می‌شود [۱۱].

رابطه (۲)

$$NDCI = \frac{(\rho_1(0.645\mu\text{m}) - \rho_6(1.640\mu\text{m}))}{(\rho_1(0.645\mu\text{m}) + \rho_6(1.640\mu\text{m}))}$$

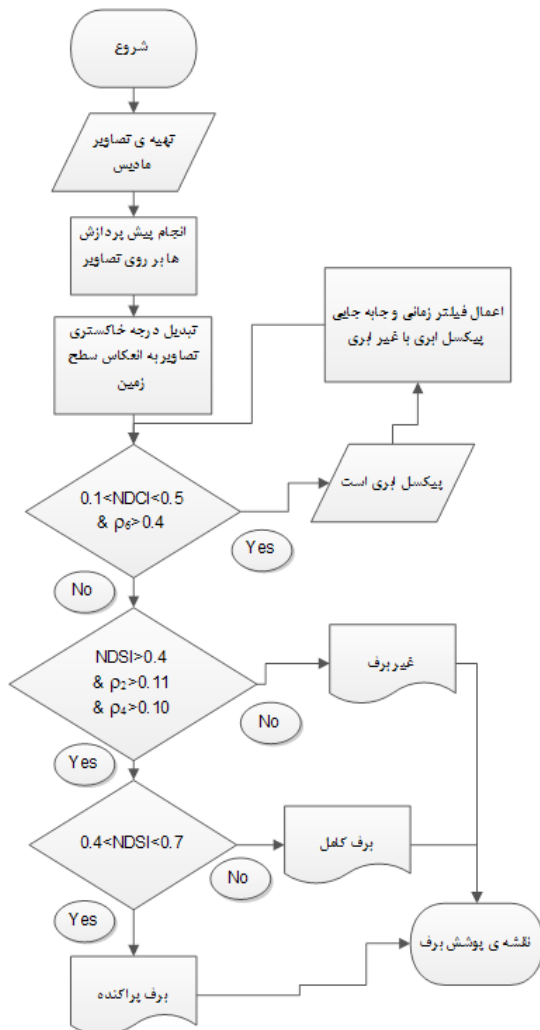
$\rho_1$ : میزان بازتابندگی باند ۱ سنجنده‌ی مودیس

$\rho_6$ : میزان بازتابندگی باند ۶ سنجنده‌ی مودیس

مقادیر NDSI و NDCI برای هر پیکسل تصویر محاسبه شدند. و با استفاده از فیلتر زمانی پیکسل‌های ابری از تصویر حذف شدند. سپس با اعمال

1 Digital Number





شکل ۵: نحوه‌ی پیاده‌سازی الگوریتم حد آستانه و تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش برف

## ۵- نتایج و تحلیل

### ۵-۱- نقشه‌ی پوشش برف برای تصویر سنجنده‌ی

#### مودیس ماهواره‌های ترا و آکوا

پس از محاسبه‌ی شاخص NDSI، طبیعی است که پیکسل‌های با مقادیر NDSI کمتر، دارای درصد کمتری از پوشش برف می‌باشند. لذا به منظور درک بهتر کاربر از نوع پوشش منطقه، با پیاده‌سازی الگوریتم حدآستانه بر روی تصویر، پیکسل‌های برفی تصویر را به ۲ کلاس برف کامل و برف پراکنده تقسیم‌بندی کردیم. پس از پیاده‌سازی شاخص‌ها و

$\rho_4$ : میزان بازتابندگی باند ۴ سنجنده‌ی مودیس ماهواره‌ی ترا

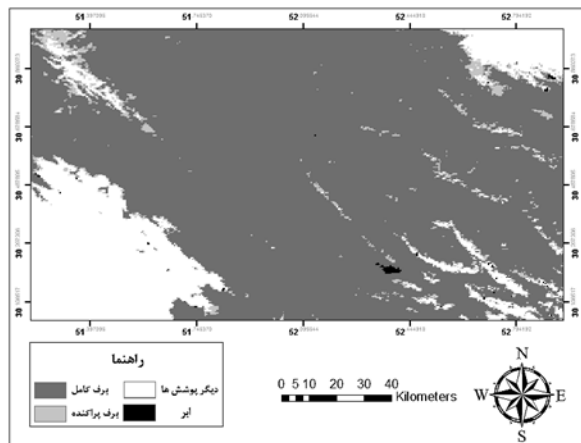
$\rho_6$ : میزان بازتابندگی باند ۶ سنجنده‌ی مودیس ماهواره‌ی ترا

بعد از محاسبه‌ی شاخص‌های NDCI و NDSI از طریق روابط فوق، همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است در ابتدا با اعمال حد آستانه بر روی شاخص NDCI و با توجه به این موضوع که ابر در طول موج مادون قرمز موج کوتاه انعکاس خوبی از خود نشان می‌دهد به شناسایی پیکسل‌های ابری می‌پردازیم سپس با اعمال فیلتر زمانی بین تصاویر ماهواره‌های ترا و آکوا این پیکسل‌ها را از روی تصویر حذف میکنیم (شکل ۵). توجه شود که اعمال فیلتر زمانی تا جایی ادامه می‌یابد که تمام پیکسل‌های ابری از بین بروند. بازه‌ی زمانی فیلتر زمانی از ۳ ساعت شروع می‌شود و نتایج آن در صورت اطمینان از عدم بارش برف و باران در طول بازه‌ی زمانی تا ۵ روز بعد از تصویر مرجع قابل قبول می‌باشد. در این تحقیق تصویر مرجع، تصویر ماهواره‌ی ترا اخذ شده در ساعت ۱۰:۰۰ به وقت محلی مربوط به تاریخ ۲۵ دی ماه سال ۱۳۹۲ می‌باشد.

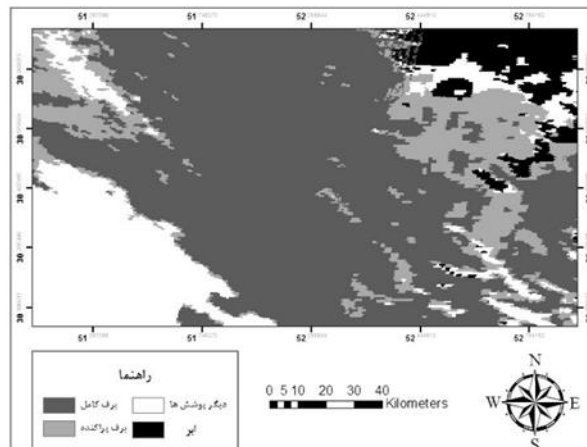
بعد از حذف پیکسل‌های ابری، با استفاده از شاخص NDSI و با توجه به ویژگی‌های برف به اعمال حد آستانه بر روی این شاخص و باندهای دیگر سنجنده مودیس پرداخته و نقشه‌ی پوشش برف را در ۳ کلاس برف کامل، برف پراکنده و دیگر پوشش‌ها تهیه می‌کنیم. در کلاس برف کامل بالای ۹۰٪ از سطح پیکسل را برف تشکیل می‌دهد.

همانطور که مشاهده می‌کنید حدود ۱۰٪ از پیکسل‌های تصویر ماهواره‌ی ترا را ابر تشکیل می‌دهد که باید از طریق اعمال فیلتر زمانی از بین برود.

اعمال حد آستانه‌ها همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است، نقشه‌های برف اولیه برای تصاویر سنجنده‌ی مودیس ماهواره‌های ترا و آکوا تهیه شدند که نتایج دقیق آن در جدول ۳ آورده شده است که



(ب)



(الف)

شکل ۶: نقشه‌ی برف حاصل از الگوریتم حد آستانه بر روی سنجنده‌ی مودیس برای تاریخ ۱۵ ژانویه؛ (الف) تصویر ماهواره ترا (ب) تصویر ماهواره آکوا

جدول ۳: نتایج نقشه‌ی برف بدست آمده از تصاویر سنجنده‌ی مودیس برای تاریخ ۱۵ ژانویه

نوع پوشش	ماهواره ترا		ماهواره آکوا	
	درصد تشکیل تصویر	مساحت ( $km^2$ )	درصد تشکیل تصویر	مساحت ( $km^2$ )
برف کامل	۵۹/۲۲	۱۰۵۹۸/۱۶	۷۸/۳۳	۱۴۰۱۷/۶۵
برف پراکنده	۱۵/۴۰	۲۷۵۶/۴۷	۳/۴۹	۶۲۳/۹۲۵
ابر	۹/۹۱	۱۷۷۳/۴۹۵	۰/۰۵	۹/۳۰۵
دیگر	۱۵/۴۷	۲۷۹۸/۳۶	۱۸/۱۳	۳۲۴۴/۱۵
کل	۱۰۰	۱۷۸۹۵/۰۲۵	۱۰۰	۱۷۸۹۵/۰۳

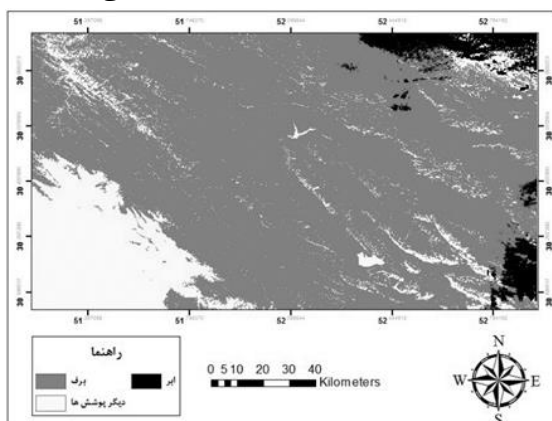
در زمان دیگر؛ جایگزین می‌شود (تصویر روز ۱۵ ژانویه‌ی ماهواره‌ی ترا به‌عنوان تصویر مرجع در نظر گرفته شده است). این روند جانشینی پیکسل‌های متناظر غیر ابری بجای پیکسل‌های ابری تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که همه‌ی پیکسل‌های ابری تصویر مرجع مودیس از بین برود.

پس از اعمال فیلتر زمانی، همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده است تمام پیکسل‌های ابری از تصویر حذف شده‌اند. لذا چرخه‌ی فیلتر زمانی پایان می‌یابد و

## ۵-۲- نقشه‌ی پوشش برف برای تلفیق تصاویر مودیس ماهواره‌های ترا و آکوا پس از اعمال فیلتر زمانی

روش اعمال فیلتر زمانی بدین صورت می‌باشد که برای تعیین سطح زیر پوشش ابر تصویر، بعد از شناسایی کامل پیکسل‌های ابری در تصویر مرجع مودیس، هر پیکسل ابر تصویر مودیس با پیکسل‌های متناظر بدون ابر مربوط به تصویر دیگر مودیس؛ اخذ شده

حد آستانه بر روی آن استفاده گردید. همچنین برای تقسیم‌بندی تصویر به دو کلاس برف و غیر برف نیز از شاخص NDSI و قرار دادن حد آستانه بر روی آن و باندهای دیگر تصویر کمک گرفته شد. در شکل ۸ نتیجه‌ی حاصل از این طبقه‌بندی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۸: نقشه‌ی برف بدست آمده از تصویر لندست ۸ برای تاریخ ۱۵ ژانویه

با این روش میزان مساحت پوشش برف منطقه حدود ۱۳۳۵۴/۳۵ کیلومتر مربع بدست آمد که چیزی حدود ۷۵ درصد از مساحت منطقه را تشکیل می‌دهد. نتایج دقیق این طبقه بندی در جدول (۵) آورده شده است.

جدول ۵: نتایج نقشه‌ی برف بدست آمده از تصویر

لندست ۸ برای تاریخ ۱۵ ژانویه

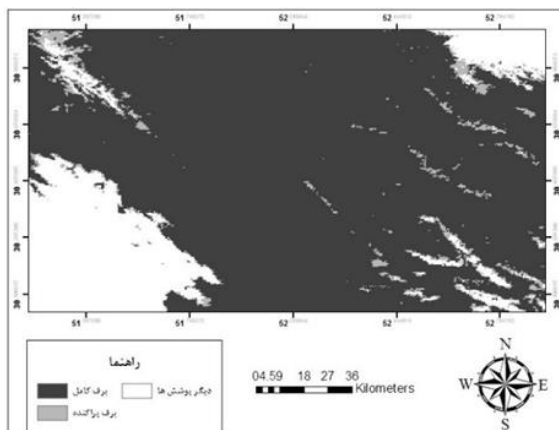
نوع پوشش	درصد تشکیل تصویر	مساحت ( $km^2$ )
برف	۷۴/۶۶	۱۳۳۵۴/۳۵
ابر	۵/۰۱	۸۹۵/۴۱۲
دیگر	۲۰/۳۳	۳۶۳۶/۱۶۴
کل	۱۰۰	۱۷۸۸۵/۹۲

۴-۵- ارزیابی نقشه‌ی برف بدست آمده از تلفیق

تصاویر مودیس ماهواره‌های ترا و آکوا

۴-۵-۱- از طریق داده‌های زمینی

در ابتدا لازم به ذکر است که، برای تصویر مودیس با قدرت تفکیک ۵۰۰ متر، پیکسلی که ایستگاه در آن



شکل ۷: نقشه‌ی برف حاصل از الگوریتم NDSI؛

نقشه‌ی برف بدون پوشش برف تولید می‌شود. نتایج دقیق حاصل از تلفیق تصاویر ترا و آکوا و اعمال فیلتر زمانی بین این دو تصویر در جدول ۴ آورده شده است. که همانطور که مشاهده می‌کنید بیش از ۸۰٪ از سطح تصویر را برف کامل تشکیل می‌دهد. با توجه به حذف کامل پوشش ابر، درصد این پوشش در جدول (۴) آورده نشده است.

جدول ۴: نتایج نقشه‌ی برف بدست آمده پس از اعمال فیلتر

زمانی برای تاریخ ۱۵ ژانویه

نوع پوشش	درصد تشکیل تصویر	مساحت ( $km^2$ )
برف کامل	۸۰/۲۸	۱۴۳۶۹/۱۱
برف پراکنده	۲/۳۹	۴۲۷/۸۸
دیگر	۱۷/۳۳	۳۱۰۱/۸۵
کل	۱۰۰	۱۷۸۹۸/۷۳۸

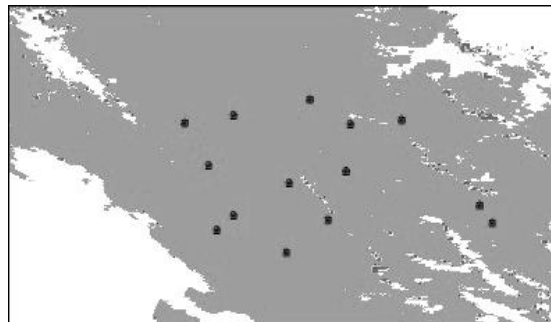
همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌کنید باز بین رفتن پوشش ابر در تصویر، چرخه‌ی فیلتر زمانی قطع شده و خروجی نهایی حاصل می‌شود.

۵-۳- نقشه‌ی پوشش برف برای تصویر لندست ۸

برای تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش برف از تصویر لندست ۸، منطقه‌ی مورد مطالعه را به ۳ کلاس برف، ابر و مناطق غیربرفی تقسیم می‌کنیم. برای تعیین مناطق ابری از باند ۹ سنجنده‌ی OLI این ماهواره و قرار دادن

پوشش برف بدست آمده از تصویر مودیس بعد از حذف پوشش ابر، حدود ۶٪ بیشتر از پوشش برف بدست آمده از تصویر لندست ۸ (به عنوان واقعیت زمینی) بدست آمده است. با توجه به اینکه در تصویر لندست ۸ که بعنوان واقعیت زمینی در نظر گرفته شده است ۵٪ از تصویر را پوشش ابر تشکیل می‌دهد و ما اطلاعی از نوع پوشش سطح زیر ابر در این تصویر نداریم؛ در حالی که پوشش ابر موجود در تصویر مودیس، بوسیله الگوریتم پیشنهادی در این تحقیق شناسایی شده و نوع پوشش سطح زیر آن تعیین گردیده است. می‌توان گفت که نقشه‌ی برف نهایی بدست آمده از تصویر مودیس، با دقت بالایی توانسته مقدار پوشش برف منطقه را تخمین بزند. لذا با توجه به اینکه استفاده از تصویر لندست ۸ با توجه به سطح پوشش آن برای مطالعات محلی و منطقه‌ای مناسب می‌باشد. و اینکه در این تصویر مشکل وجود ابر همچنان وجود دارد و با توجه به دوره‌ی بازگشت ماهواره‌ی لندست، این مشکل قابل برطرف شدن نمی‌باشد؛ توصیه می‌شود در مطالعات در سطح کلان و برای برنامه ریزی مدیران منابع آب، که نیاز به اطلاعات با دقت بالا از سطح وسیعی از منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد؛ از الگوریتم ارائه شده در این تحقیق که برای سنجنده‌ی مودیس می‌باشد، بهره گرفته شود.

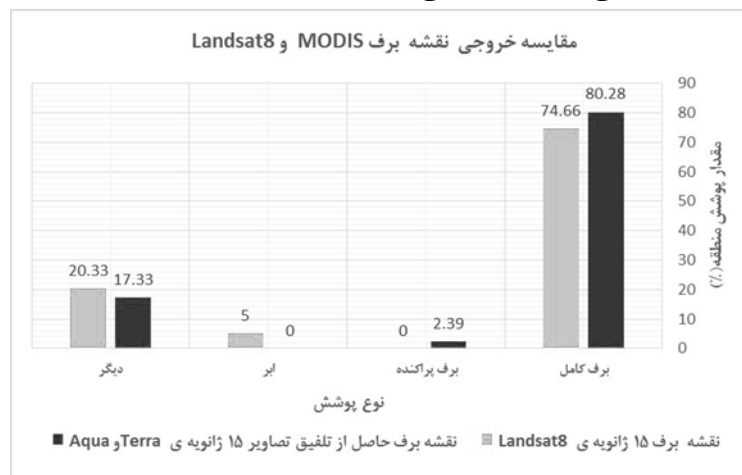
قرار گرفته را بعنوان بافر فرض کرده و سطح تحت پوشش آن را بعنوان یک سطح پیوسته از پوشش اندازه‌گیری شده در نظر می‌گیریم. و نقشه‌ی بدست آمده پس از اعمال فیلتر زمانی را براساس این مبنا ارزیابی می‌کنیم. پس از انجام ارزیابی نتایج حاصل از نقشه‌ی پوشش برف بدست آمده بعد از اعمال فیلتر زمانی، مشاهده شد همه‌ی پیکسل‌هایی که ایستگاه زمینی در آنها قرار گرفته در تصویر نقشه‌ی برف، بعنوان پوشش برف کامل طبقه‌بندی شده‌اند (شکل ۹). نتیجه می‌شود که نقشه‌ی برف بدست آمده با این روش، دارای دقت نسبی ۱۰۰٪ می‌باشد.



شکل ۹: موقعیت ایستگاه‌های زمینی در نقشه‌ی برف به دست آمده بعد از اعمال فیلتر زمانی

#### ۵-۴-۲- از طریق مقایسه مقدار پوشش برف منطقه

همانطور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌کنید، مقدار نهایی



شکل ۱۰: مقایسه‌ی نتیجه‌ی نهایی نقشه‌ی برف بدست آمده از مودیس با نقشه‌ی برف لندست ۸

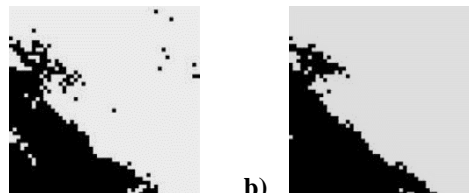
بوسیله‌ی داده‌های ۱۴ ایستگاه زمینی مورد بررسی قرار گرفت و دقت ۱۰۰٪ حاصل شد. در ادامه؛ نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم بوسیله‌ی تناظریابی پیکسل به پیکسل با تصویر لندست ۸ به‌عنوان واقعیت زمینی (با قدرت تفکیک ۳۰ متر) مورد ارزیابی قرار گرفت. با انجام ارزیابی به این روش، دقت قابل قبول و خوب ۹۸.۵۸٪ برای نقشه‌ی برف حاصل از روش حد‌آستانه‌ی مینا، بدست آمد. که البته با توجه به مخرج کسر که تعداد کل پیکسل‌های برفی در تصویر لندست می‌باشد. این دقت را می‌توان اینگونه تفسیر کرد که نقشه‌ی برف حاصل از تصویر مودیس توانسته ۹۸.۵۸٪ از پیکسل‌های برفی تصویر لندست را بعنوان برف طبقه بندی کند. که این نتیجه نشان از تطبیق خوب نتایج حاصل از این روش بر روی تصویر مودیس با نتایج تصویر لندست ۸؛ بعنوان واقعیت زمینی دارد. در واقع با انجام ارزیابی پیکسل به پیکسل نتایج حاصل از طبقه‌بندی از نظر موقعیت مکانی نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرند که با توجه به دقت ۹۸.۵۸٪ بدست آمده از این طریق؛ پی می‌بریم که الگوریتم پیشنهادی علاوه بر این که در تصویر مودیس بخوبی پدیده‌ها را طبقه بندی می‌کند، نحوه‌ی توزیع مکانی آنها را هم با دقت بالایی برای ما مشخص می‌کند.

با ارزیابی نتایج روش پیشنهادی با نتایج نقشه‌ی برف لندست ۸ بعنوان واقعیت زمینی، مشاهده شد که در روش حد‌آستانه مینا، مساحت پوشش برف مقدار ۱۴۳۶۹/۱۱ کیلومتر مربع بدست آمده که در مقایسه با مقدار ۱۳۳۵۴/۳۵ بدست آمده از تصویر لندست ۸ بعنوان واقعیت زمینی چیزی حدود ۷٪ بیش برآورد داشته است. اما با توجه به اینکه در تصویر لندست ۸ که بعنوان واقعیت زمینی در نظر گرفته شده است ۵٪ از تصویر را پوشش ابر تشکیل می‌دهد و ما اطلاعی از نوع پوشش سطح زیر ابر در این تصویر نداریم؛ در حالی که پوشش ابر موجود در تصویر مودیس، بوسیله‌ی الگوریتم پیشنهادی در این تحقیق شناسایی شده و نوع پوشش سطح زیر آن

### ۵-۴-۳- از طریق تناظریابی پیکسل به پیکسل

#### با نقشه‌ی برف لندست ۸

در این روش ابتدا تصویر حاصل از فیلتر زمانی مودیس را از طریق روش نمونه‌برداری مجدد به قدرت تفکیک ۳۰متر می‌رسانیم. سپس نقشه‌ی برفی را از آن استخراج می‌کنیم. و در ادامه با اعمال حد آستانه‌ها تصویر لندست ۸ را نیز به نقشه‌ی برفی تبدیل می‌کنیم. توجه شود که برای انجام تناظریابی پیکسل به پیکسل بین دو نقشه‌ی برف حاصل از تصویر لندست ۸ و مودیس، تناظریابی را فقط بین کلاس پیکسل‌های برف کامل مودیس و کلاس برف تصویر لندست ۸ انجام می‌دهیم.



شکل ۱۱: نحوه‌ی تناظریابی پیکسل به پیکسل. (a) نقشه‌ی برفی لندست ۸ (b) نقشه‌ی برفی مودیس بعد از اعمال فیلتر زمانی که از طریق نمونه برداری مجدد به رزولوشن ۳۰متری تبدیل شده

$$\frac{\text{تعداد پیکسل های برفی متناظر دو تصویر}}{\text{تعداد کل پیکسل ها برفی تصویر لندست}} = 98.58\%$$

#### ۶- نتیجه گیری

در این مقاله برای غلبه بر بزرگترین محدودیت استفاده از تصاویر اپتیکی یعنی وجود ابر در تصاویر، از الگوریتم جدید و کاربردی استفاده کردیم. با اعمال این الگوریتم بر روی تصاویر مودیس مناطق ابری را شناسایی کرده و پس از ترکیب تصاویر مودیس ماهواره‌های ترا و آکوا و اعمال فیلترهای زمانی متعدد، پیکسل‌های ابری را از روی تصویر حذف کردیم. سپس با به‌کارگیری روش پیکسل مینا به تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش برف پرداختیم؛ و نوع پوشش مناطق زیر ابر را مشخص کردیم. بدین طریق سعی شد دقت نقشه‌های تولید شده را بهبود بدهیم. به منظور ارزیابی نتایج، ابتدا نقشه‌ی برف حاصل از تصویر مودیس،

بهبود نتایج حاصل از پروژه‌های آبی در این زمینه پیشنهادهای زیر مطرح می‌گردد:

۱. با استفاده از الگوریتم پیشنهادی، دیگر نیاز نیست در شرایط نامساعد جوی عملیات زمینی و برداشت‌های میدانی صورت گیرد و بدین‌طریق می‌توان به میزان قابل توجهی در نیروی انسانی و هزینه عملیات میدانی برف‌سنجی صرفه جویی کرد.
۲. با استفاده از نقشه‌های برف بدست آمده از داده‌های ماهواره‌ای، آمار ایستگاههای برف‌سنجی و توابع تحلیلی GIS، برآورد حجم ذخایر برفی حوضه‌های آبریز سدها با دقت بالا و با صرف وقت کمتری ممکن خواهد بود و با انجام به موقع برآورد حجم ذخایر برفی حوضه‌های آبریز، می‌توان کمک مؤثری به مدیران منابع آب جهت برنامه ریزی و مدیریت بحران آب نمود.

#### ۷- تشکر

در انتها برخود لازم میدانم از سازمان ناسا برای در اختیار قرار دادن داده‌های مودیس و لندست ۸ و همچنین از سازمان آب منطقه‌ای فارس برای تهیه داده‌های زمینی و در اختیار قراردادن آنها، نهایت تشکر را داشته باشم

تعیین گردیده است. می‌توان گفت که نقشه‌ی برف نهایی بدست آمده از تصویر مودیس، با دقت بالایی توانسته مقدار پوشش برف منطقه را تخمین بزند. لذا با توجه این که استفاده از تصویر لندست ۸ با توجه به سطح پوشش آن، برای مطالعات محلی و منطقه‌ای مناسب می‌باشد و برای مطالعات در سطح کلان استفاده از این تصویر مشکلات زیادی را در بر خواهد داشت و همچنان در این تصویر مشکل وجود ابر وجود دارد توصیه می‌شود در مطالعات در سطح کلان و برای برنامه ریزی مدیران منابع آب، که نیاز به اطلاعات با دقت بالا از سطح وسیعی از منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد؛ از تصاویر ماهواره‌ای مودیس و الگوریتم ارائه شده در این تحقیق بهره گرفته شود.

در نهایت با توجه به نتایج و ارزیابی‌های صورت گرفته، می‌توان گفت در صورتی که نقشه‌های پوشش برف مودیس از طریق پیاده‌سازی الگوریتم ارائه شده در این تحقیق تهیه شوند، دارای دقت بالایی بوده و می‌توان از نتایج آن در شبیه‌سازی سیل و جریان آب حاصل از ذوب برف، بعنوان ورودی مدل رواناب ذوب برف و همچنین در مدیریت منابع و ذخایر آبی استفاده کرد.

با توجه به مطالعات و تحقیقاتی که در این تحقیق بر روی برف‌سنجی صورت گرفته است، به منظور

#### مراجع

- Remote Sensing, vol. 2, pp. 777-793, 2010.
- [1] . Wang, J. and Li, W. , Comparison of methods of snow cover mapping by analysing the solar spectrum of satellite remote sensing data in China, International Journal of Remote Sensing, vol. 24, pp. 4129-4136, 2003.
  - [2] . Parajka, J. and Blöschl, G. , The value of modis snow cover data in validating and calibrating conceptual hydrologic models, Journal of Hydrology, vol. 358, pp. 240-258, 2008.
  - [3] . Zhang, Y. , Yan, S. , and Lu, Y. , Snow cover monitoring using modis data in Liaoning Province, Northeastern China, Remote Sensing, vol. 2, pp. 777-793, 2010.
  - [4] . Nagler, T. , Rott, H. , Malcher, P. , and Müller, F. , Assimilation of meteorological and remote sensing data for snowmelt runoff forecasting, Remote Sensing of Environment, vol. 112, pp. 1408-1420, 2008.
  - [5] . Mölg, N. , Rastner, P. , Irsara, L. , Notarnicola, C. , Steurer, C. , and Zebisch, M. , Multi-temporal modis snow cover monitoring over the alpine regions for civil protection applications, in 30th EARSeL symposium, 31st May–3rd June.
  - [6] . López-Burgos, V. , Gupta, H. , and Clark,

- M. , Reducing cloud obscuration of modis snow cover area products by combining spatio-temporal techniques with a probability of snow approach, Hydrology and Earth System Sciences, vol. 17, pp. 1809-1823, 2013.
- [7] شمس، م.، مباشری، م.، فاطمی، س. ب. ارتقای شاخص برف در مناطق با شیب بین ۲۰ تا ۵۰ درصد برای تصاویر مودیس. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری، ۱۳۹۰.
- [8] رایگانی، ب.، الدین، ج.، ا. خ. سلطانی، س. محاسبه‌ی تغییرات نقشه‌های پوشش برفی تهیه شده از تصاویر ماهواره ای مادیس در دوره های فاقد تصویر. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم، ۱۳۸۶.
- [9] احمدی، ا. اسماعیلزاده، ر. بررسی شاخص های استخراج پیکسل های برف مبتنی بر شاخص تفاضلی نرمال شده ی برف با استفاده از تصاویر سنجنده ی مادیس. بیستمین همایش ملی ژئوماتیک، اردیبهشت ۱۳۹۲.
- [10] شفیعزاده، ح. مباشری، م. شایان، س. امکان سنجی ارتقای توان تفکیک سنجنده ی مودیس با بکار گیری همزمان سنجنده ی استر جهت برآورد مساحت سطح برف. پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۸۷.
- [11]. Tang, B. -H. , Shrestha, B. , Li, Z. -L. , Liu, G. , Ouyang, H. , Gurung, D. R. , Giriraj, A. , and Aung, K. S. , Determination of snow cover from modis data for the Tibetan Plateau region, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol. 21, pp. 356-365, 2013.
- [12]. Report Statistics Snow polling stations in 2013,. Fars Regional Water Company. Basic Studies Department of Water Resources of Fars province,. 2013
- [13]. Jensen, J. R. , Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective 2/e, Pearson Education India, 2009.
- [14]. Fatemi, B. Rezaei, U. Fundamentals of remote sensing,. 2005.
- [15]. Klein, A. G. and Barnett, A. C. , Validation of daily modis snow cover maps of the Upper Rio Grande River Basin for the 2000–2001 snow year, Remote Sensing of Environment, vol. 86, pp. 162-176







## Propose An Algorithm To Improve The Accuracy of Snow Covered Mapping Using MODIS Images

Sajjad Baseri Nam <sup>\*1</sup>, Ali Esmaeily <sup>2</sup>, Maryam Dehghani <sup>3</sup>

1. Ms. c student of remote sensing in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Graduate University of Advanced Technology
2. Assisstant professor in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Graduate University of Advanced Technology
3. Assisstant professor in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Shiraz

### Abstract

Recognition and study of snow reservoirs as the supplier of the base flow of rivers and main outlet of freshwater resources in snowy and high basins play an important role in planning and management of water resources usage. However, one of the main problems in snow phenomenon recognition using optical satellite images is to separate clouds and snow. To supper this problem, we use the fact that the cloud does not have a stable geolocation compared to snow. A temporal filter is designed by the combination of Modis Terra and Aqua to remove the cloud pixels. Moreover, different spectral behavior of the cloud in different wavelengths makes it possible to separate it from the snow. A normalized difference cloud index is defined using Modis data to detect and remove the cloud pixels from the image. The pixel-based method is used to extract the snow coverage map of the Northen area of the Fars province using the daily Modis data spanning between 1392 and 1393. In order to evaluate the final results, the data from 14 ground stations as well as Landsat8 OLI image are used as ground truth. The accuracy of 100% was achieved using the first method while the accuracy of the second method by correspondng the pixels of snow coverage maps is estimated as 98. 58%. According to the results and accomplished evaluations, the snow maps generated using the threshold-based method without or with the cloud coverage removed by the application of the proposed method has a high precision. The results can then be easily used in the snowmelt run-off modeling in the water resource and reservoirs management.

**Key words:** snowmap, cloud, Modis, temporal filter, Landsat8