

آشکارسازی تغییرات آلودگی برف و ابر در تصاویر ماهواره ای MODIS به منظور تفکیک ابر و برف

میر حسن میر یعقوب زاده^۱ محمد رضا قنبرپور^۲
محمود حبیب نژاد روشن^۳ ابوالفضل رنجبر^۴

چکیده

با توجه به اینکه مونیترینگ برف و اندازه گیری میدانی تغییرات مکانی و زمانی آن دارای مشکلاتی است تکنیک سنجش از دور می تواند به عنوان ابزاری قدرتمند در سنجش و پایش برف مطرح گردد. خواص و ویژگی های ژئوفیزیکی برف شامل سطح تحت پوشش برف، آب معادل برف و اندازه دانه های برف بسیار مهم بوده و مدلسازی برف و رژیم های بازتابش آن به ما در توسعه الگوریتم های پیشرفته برآورد ویژگی های آنها کمک شایانی خواهد نمود. عمده مطالعات در زمینه آلودگی و سنجش پارامتر های اپتیکی برف مربوط به مطالعات آزمایشگاهی و بررسی بر روی تصاویر ماهواره لندست می باشد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره ای MODIS جهت بررسی تغییرات آلودگی برف، برف و آب در پهنه کشور ایران استفاده شده است. نتایج نشان از کاهش آلودگی برف در ناحیه مادون قرمز میانی نسبت به ابر دارند.

واژگان کلیدی: برف، ابر، سنجش از دور، آلودگی، تصاویر ماهواره ای مادیس، مادون قرمز میانی، ایران

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری - دانشگاه مازندران، پست الکترونیک: m.miryaghoobzadeh@gmail.com

^۲ استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه مازندران

^۳ دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه مازندران

^۴ مربی دانشکده فنی دانشگاه تبریز

های ذکر می‌باشد. به دلیل نزدیک بودن آلودگی برف و ابر در محدوده‌های طیفی و اهمیتی که سنجش برف در مدیریت منابع آب بویژه در کشور ایران که در معرض خطر کم آبی قرار دارد هدف از تحقیق حاضر بررسی تغییرات آلودگی برف و ابر در محدوده‌های طیفی و همچنین بررسی توان قدرت تفکیک برف و ابر در تصاویر سنجنده MODIS در مباحث مدیریت منابع آب بخصوص آگاهی از میزان سطح پوشش برف و مدلسازی آن می‌باشد.

سابقه تحقیق

برف برای نخستین بار در سال ۱۹۶۰ در شرق کانادا توسط ماهواره TIROS-1 سنجش شد از آن پس این سنجش به وسیله ماهواره‌هایی با قدرت زمانی بالاتر چون GEOS^۱ و سری‌های لندست انجام پذیرفت (انگمن و همکاران، ۱۹۹۲) بوان و دانکل (۱۹۵۶) اولین مدلسازی خواص اپتیک پوشش برفی را بعنوان دنباله‌های ابرهای استراتوس انجام دادند در این مدل‌ها انتقال طیف دارای دو فلو می‌باشد که دو پارامتر مربوط به جذب نور و اندازه دانه‌ها برای آنها لازم می‌باشد. موگنا و ویسکمپ (۱۹۸۰) خواص اپتیک برف را در مقیاس آزمایشگاهی ارائه نمودند. دوزیر و مارکز (۱۹۸۷) با استفاده از داده‌های سنجنده TM مناطق تحت پوشش برفی را با طبقات برف تازه، کهنه و برف درشت دانه طبقه‌بندی نموده‌اند اما در فرآیند طبقه‌بندی از نقشه‌صحت زمینی استفاده نشده است. دوزیر (۱۹۸۹) معادلات مربوط به بازتابش الکترومغناطیس برف در تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM بررسی کرده است. وی در این تحقیق خصوصیات اپتیک برف را فرمولبندی نموده و رابطه بین آلودگی برف را

برف یک جسم مشخص و دقیق نبوده بلکه ترکیب و مجموعه‌ای از چندین جسم می‌باشد که خصوصیات آنها بطور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند. خواص و ویژگی‌های ژئوفیزیکی برف شامل سطح تحت پوشش برف، آب معادل برف و اندازه دانه‌های بسیار مهم بوده و مدلسازی برف و رژیم‌های بازتابش آن به ما در توسعه الگوریتم‌های پیشرفته برآورد ویژگی‌های آنها کمک شایانی خواهد نمود بویژه در کشورهای سردسیر که عمده منابع آبی را برف تشکیل می‌دهد. با توجه به اینکه مونیوتورینگ برف و اندازه‌گیری میدانی تغییرات مکانی و زمانی آن دارای مشکلاتی است تکنیک سنجش از دور می‌تواند به عنوان ابزاری قدرتمند در سنجش و پایش برف مطرح گردد. سنجش از دور برف به دلیل آلودگی بسیار بالای آن و همپوشانی طیفی ابر با برف سنجش آن دارای پیچیدگی‌های فراوان بوده و با ملاحظات خاص صورت می‌پذیرد خاصه اینکه سنجنده‌های مختلف دارای بازه طیفی مشخص و محدود می‌باشند. عمده مطالعات در زمینه آلودگی و سنجش پارامترهای اپتیک برف مربوط به مطالعات آزمایشگاهی و بررسی بر روی تصاویر ماهواره لندست صورت پذیرفته است. در حال حاضر بیشترین داده‌های موجود سنجش میزان آلودگی سطح بویژه برای برف مربوط به تصاویر سنجنده AVHRR^۱ می‌باشد (ماسلانیک و همکاران، ۱۹۹۸). در مقایسه با سنجنده AVHRR که دارای تنها ۲ باند طیفی در محدوده طیفی مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌باشد که این عامل خود یک محدودیت در سنجش و تفکیک برف و ابر بوجود می‌آورد سنجنده MODIS^۲ دارای ۱۹ باند طیفی در محدوده‌های

^۱ Advance Very High Resolution Radiometer

^۲ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

^۱-GEOS:Geostationary operational Envisat

ارائه نموده است که بر اساس استخراج آستانه از هیستوگرام های داده های ورودی، تحلیل چند طیفی چند مرحله ای عمل می کند و مستقل از ضرایب منطقه ای ارائه شده توسط سیمپسون و همکاران در تصاویر ماهواره ای نوآ می باشد. وی نتیجه گرفته است که الگوریتم می تواند با استفاده از باندهای ۲ و ۳ و ۴ اعمال گردد. تحلیل حساسیت تعداد پیکسل های شناسایی شده در این روش نسبت به حد آستانه ای آلبدوی باند ۲ نشان داده است که تعداد پیکسل های برف از حساسیت بیشتری برخوردار است.

مواد و روشها

در این تحقیق تغییرات آلبدوی برف دو فصل بارش و ذوب در پهنه ایران در سال های ۲۰۰۱-۲۰۰۲ و ۲۰۰۲-۲۰۰۳ به تعداد ۱۰ تصویر از تصاویر ماهواره ای MODIS مورد استفاده قرار گرفته است. جدول (۱) تاریخ تصاویر مورد استفاده را نشان می دهد. سنجنده MODIS در ۱۸ دسامبر سال ۱۹۹۹ از سکوی Terra EOS AM-1 برای بررسی تغییرات زمین به فضا پرتاب شد و بهره برداری از آن در ۲۴ فوریه ۲۰۰۰ شروع و تا به امروز ادامه دارد. پهنه روبش آن ۲۳۳۰ کیلومتر و در ۳۶ باند طیفی تصویر برداری می نماید. محدوده عملکرد طیفی آن از ۰/۴-۱۴ میکرون و قدرت تفکیک پرتوسنجی آن ۱۲ بیت می باشد. مشخصات طول موج دریافتی در باندهای مورد استفاده سنجنده MODIS در جدول شماره (۲) آمده است.

با برخی از خصوصیات برف چون اندازه دانه های برف، شعاع دانه های برفی، درجه خلوص و درصد ناخالصی های برف بیان نموده است. بوردلز و فیلی (۱۹۹۳)، فیلی و همکاران (۱۹۹۷) نیز تلاش نموده اند از داده های سنجنده TM برای طبقه بندی دانه های برفی استفاده نمایند. پینتر (۱۹۹۸) تکنیک های بهینه سازی تجزیه و تحلیل اختلاط طیفی سطح پوشش برفی را در مناطق کوهستانی آلپ توسعه داده است. میشنکو و همکاران (۱۹۹۹) روش ماتریس T را برای ذرات متقارن غیر کروی برف با اندازه کمتر از $1\mu\text{m}$ جهت محاسبه پارامترهای اپتیکی برف ابداع نموده اند. متکان (۱۹۹۹) با استفاده از داده های غیر تصویری سنجنده SSM/I که سنجنده برف و باران بوده و بر ماهواره اف-۱۱ از سری ماهواره های هواشناسی ارتش آمریکا مستقر می باشد صورت گرفت؛ پوشش برف و باران برای کل گستره جغرافیایی ایران و عمق برف برای مناطقی از ایران در محدوده طول موج میکرو موج غیر فعال برآورد کرده است.

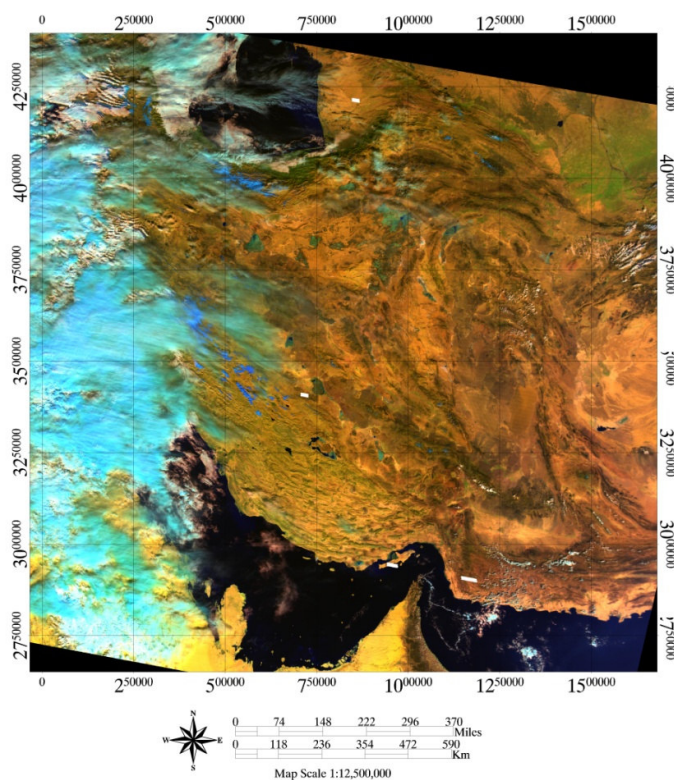
جولیان و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از داده های MODIS تغییرات آلبدو در یخچالهای گرینلند را با داده های اندازه گیری شده مورد بررسی قرار دادند. هدف از تحقیق حاضر بررسی میزان تفکیک پذیری آلبدوی برف و ابر در محدوده طیف الکترومغناطیس جهت آنالیز تصاویر حاصل از سنجنده MODIS و استخراج نقشه های پوشش برفی است. پر همت ج. (۱۳۸۱) در مطالعه ای تحت عنوان مدل تفکیک برف، ابر و زمین در تصاویر ماهواره ای NOAA، الگوریتمی

جدول (۱) مشخصات تصاویر مورد استفاده

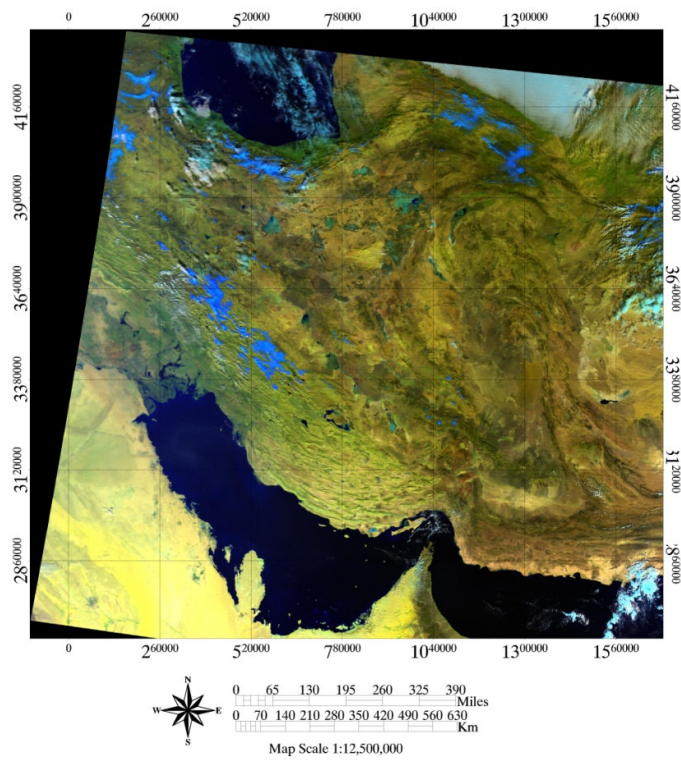
ردیف	سال	ماه	روز
۱	۲۰۰۱	دسامبر	۲۵
۲	۲۰۰۲	ژانویه	۶
۳	۲۰۰۲	فوریه	۲
۴	۲۰۰۲	مارس	۲
۵	۲۰۰۲	آوریل	۳۰
۶	۲۰۰۲	دسامبر	۵
۷	۲۰۰۳	ژانویه	۳۰
۸	۲۰۰۳	فوریه	۱۰
۹	۲۰۰۳	مارس	۱۹
۱۰	۲۰۰۳	آوریل	۲۴

جدول (۲) مشخصات باندهای مورد استفاده

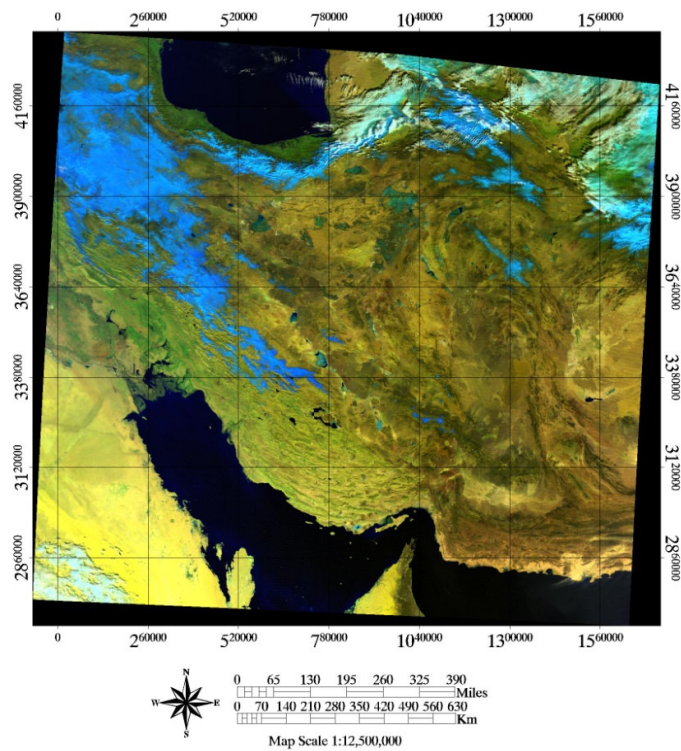
شماره باند	پهنای باند (نانومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱	۴۵۹-۴۷۹	۵۰۰
۲	۵۴۵-۵۶۵	۵۰۰
۳	۱۲۳۰-۱۲۵۰	۵۰۰
۴	۱۶۲۸-۱۶۵۲	۵۰۰



شکل (۱) تصویر رنگ کاذب سنجنده مادیس از پهنه ایران در تاریخ ۲۰۰۲/۱/۶



شکل (۲) تصویرنگ کاذب سنجنده مادیس از پهنه ایران در تاریخ ۲۰۰۱/۱۲/۲۵



شکل (۳) تصویرنگ کاذب سنجنده مادیس از پهنه ایران در تاریخ ۲۰۰۲/۲/۲

$$R_i = ref_scale_i * (SI - ref_offset_i)$$

که در آن:

R_i : میزان بازتابش در باند i

ref_scale : شیب زاویه گسیل تابش در باند i

ref_offset : عرض از مبدا

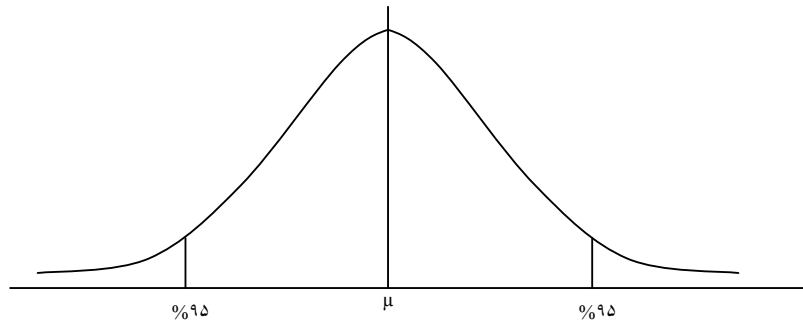
SI : ارزش داده های ورودی

با توجه به این که هر پیکسل از تصویر بازتابش خاصی از محدوده طیف الکترومغناطیس را به خود اختصاص می دهد که این خود تابعی از میزان قدرت تفکیک رادیومتریک سنجنده می باشد بنابراین در یک تصویر ارزش داده های ورودی به عنوان یک جامعه آماری نامحدود جلوه کرده و برای ارتباط منطقی با میزان بازتابش هر یک از پدیده های زمینی مانند برف و ابر و تعیین محدوده بازتابش آنها ناگزیر به نمونه گیری هستیم. مهمترین مساله در نمونه گیری این است که نمونه انتخاب شده معرف خصوصیات جامعه باشد. در جامعه آماری حاضر میزان بازتابش هر یک از پیکسل ها به عنوان متغیر تصادفی فرض می شود و می تواند عددی بین گام های خاکستری سنجنده را بخود اختصاص دهد. جهت بررسی میزان آلبدوی برف و ابر در محدوده های طیفی نور مرئی و مادون قرمز نزدیک، میانی و دور با توجه به میانگین و انحراف معیار داده های ورودی طبق معادله زیر و با توجه به سطح اعتماد ۹۵٪ بدست آمد.

سنجنده مادیس یکی از دقیقترین پروژه های سیستم مشاهدات زمینی سازمان فضایی آمریکا (ناسا) به شمار می آید. مدل پیش از پرتاب سنجنده مادیس^۲ در ۱۸ دسامبر سال ۱۹۹۹ بر روی ماهواره TERRA از سیستم های مشاهدات زمینی سازمان فضایی آمریکا (ناسا) مستقر و در مدار قرار گرفته است و اطلاعات بسیار مفیدی از سطح زمین جهت مطالعات زمین و اتمسفر در اختیار محققین علوم زمینی قرار داده است. این پوشش با پرتاب ماهواره Aqua از سری ماهواره های مشاهدات زمینی در ۴ می ۲۰۰۲ افزایش چشمگیری یافته است. سنجنده مادیس دارای ۳۶ باند محدوده طیفی ۰/۴۱ تا ۱۴/۵ میکرومتر بوده و قدرت تفکیک آن در زاویه عمود به سطح زمین ۲۵۰ متر در ۲ باند طیفی، ۵۰۰ متر در ۵ باند و ۱۰۰۰ متر در ۲۹ باند طیفی میباشد. ۲۰ باند آن در ناحیه باند مرئی محدوده ۰/۴۱ الی ۲/۱ میکرومتر بوده و ۱۶ باند باقیمانده این سنجنده در ناحیه حرارتی بالاتر از ۳/۷ میکرومتر میباشد. باندهای انعکاسی سنجنده مادیس توسط جسم متحرک تابشی و یا صفحه ثابت تابشی و باندهای حرارتی آن نیز توسط جسم سیاه که در داخل سکو تعبیه شده اند واسنجی می گردند.

میزان بازتابش در تصاویر ماهواره ای مادیس نیز از رابطه زیر محاسبه گردید (ژیانگ و همکاران، ۲۰۰۲).

¹ Moderate Resolution Imaging Spectro Radiometer
² MODIS ProtoFlight Model



شکل (۴): حدود اطمینان و منحنی توزیع نرمال داده های دورسنجی

ویژگی‌های مهم اپتیک برف عبارتند از: (۱) اختلاف طیفی در بخش زاویه بازتابش (n_r) کوچک می باشد و اختلاف بین یخ و آب قابل ملاحظه نیست. (۲) ضریب جذب در بخش زاویه تابش (n_i) یخ و آب خیلی کوچکتر و برای ناحیه انتخابی بین $1/35$ و $1/75$ میکرومتر می باشد که یخ خاصیت جذب کنندگی بسیار بالایی در این محدوده دارد. (۳) در محدوده باند مرئی طیف الکترو مغناطیس n_i خیلی کوچک بوده و یخ مانند جسم شفاف عمل می کند. (۴) در محدوده طیف مادون قرمز نزدیک یخ دارای خاصیت جذب متوسط بوده و این جذب با افزایش طول موج افزایش پیدا می کند (دوزیر، ۱۹۸۹). شکل ذیل که توسط ویسکمب و وارن در سال ۱۹۸۰ ارائه شده است ویژگی های طیفی بازتابش از سطح برف را نشان می دهد. شکل نشان می دهد که آلبدوی مستقیم برف خالص در طول موج های باند مرئی و مادون قرمز نزدیک می باشد. زاویه تابش خورشیدی در این رابطه $\theta_0 = 60^\circ$ می باشد.

$$\bar{x} - \delta_x \leq \mu \leq \bar{x} + \delta_x$$

که در آن:

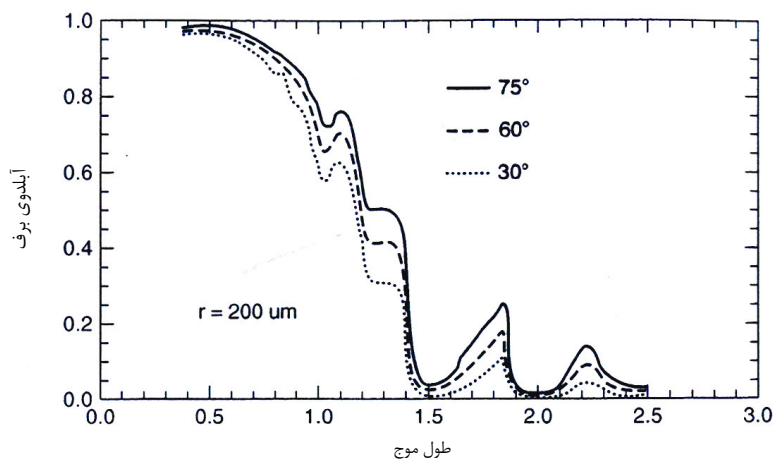
\bar{x} : میانگین کل جامعه آماری

δ_x : انحراف از میانگین در جامعه آماری

μ : میانگین نمونه

خواص اپتیکی برف

برف به عنوان ترکیبی از یخ و هوا در مدلسازی منظور می گردد. وجود آب مایع نیز می تواند برای توضیح خواص اپتیکی برف مورد استفاده قرار گیرد. (دوزیر، ۱۹۸۹) عنوان میکنند که آب مایع موجود در برف پشته بندرت از ۶٪ تجاوز می کند. وارن و کوتال (۱۹۹۴) با بکارگیری شاخص های بازتابش یخ و شعاع معادل کره یخ عنوان کردند که میتوان تئوری می یا را برای محاسبه خواص جذب و پخش طیف الکترومغناطیس توسط ذرات برف بکار برد.



شکل شماره (۵): رابطه آلبدوی برف با طول موج (دوزیر ۱۹۸۹)

نتایج

میانگین و انحراف از میانگین با توجه به سطح اعتماد ۹۵٪ در جدول شماره ۳ گزارش شده است. آنالیز طیف بازتابش و آلبدوی برف در باندهای مرئی، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز میانی و مادون قرمز دور نشان از قابلیت تفکیک ابر و برف در محدوده مادون قرمز میانی دارد. نتایج حاصل همچنین نشان میدهد که تداخل طیفی آب با برف و ابر در هیچکدام از بخش‌های طیف الکترومغناطیس وجود ندارد. شکل‌های

شماره ۵ الی ۱۴ نتایج آنالیز طیف برای ۳ پدیده آب، برف و ابر را نشان می‌دهد. همچنین آنالیز بازتابش ابر، برف و آب در محدوده‌های طیفی سنجنده MODIS نشان از یک تغییر تدریجی و هماهنگ در طی دو سال آماری را نشان می‌دهد. شکل شماره ۱۵ الی ۲۰ تغییرات بازتابش برف، ابر و آب را در هر یک از باندهای مورد بررسی را نشان میدهد. همچنین شکل شماره ۲۱ و ۲۲ تغییرات آلبدو در طی فصل ذوب را نشان میدهد.

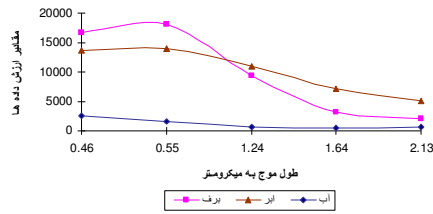
جدول شماره ۳: میانگین ارزش های طیفی و انحراف از معیار داده های ورودی

تاریخ	محدوده طیفی (میکرومتر)	میانگین ارزش های طیفی	انحراف از معیار ارزش های طیفی
۲۰۰۱/۱۲/۲۵	۰/۴۵-۰/۴۸	۳۶۲۲/۳۰۵	۲۶۲۸/۸۸۱
	۰/۵۵-۰/۵۶	۳۳۲۷/۷۶۵	۲۵۹۱/۳۱۳
	۱/۲۳-۱/۲۵	۲۶۷۳/۴۳۶	۳۰۷۹/۳۰۷
	۱/۶۲-۱/۶۵	۳۸۴۳/۹۴۹	۳۳۴۱/۹۸۰
	۲/۱۰-۲/۱۵	۳۸۶۵/۶۷۲	۳۴۵۹/۷۳۹
۲۰۰۲/۱/۶	۰/۴۵-۰/۴۸	۴۷۴۱/۹۴۸	۴۵۶۲/۱۰۹
	۰/۵۵-۰/۵۶	۴۴۷۱/۳۹۸	۴۴۱۵/۸۸۲
	۱/۲۳-۱/۲۵	۴۴۱۱/۳۰۵	۴۰۷۶/۲۳۳
	۱/۶۲-۱/۶۵	۳۶۴۸/۷۵۹	۳۲۵۷/۶۳۵
	۲/۱۰-۲/۱۵	۳۲۶۷/۵۴۵	۳۰۷۷/۴۴۴
۲۰۰۲/۲/۲	۰/۴۵-۰/۴۸	۴۷۹۶/۲۷۰	۳۲۷۵/۴۷۱
	۰/۵۵-۰/۵۶	۴۵۶۷/۷۹۴	۳۲۶۹/۷۵۵
	۱/۲۳-۱/۲۵	۴۸۶۷/۹۴۸	۳۳۴۶/۴۴۷
	۱/۶۲-۱/۶۵	۴۷۹۹/۸۴۷	۳۶۱۷/۵۹۱
	۲/۱۰-۲/۱۵	۴۹۶۲/۲۳۲	۳۹۴۳/۶۱۹
۲۰۰۲/۳/۲	۰/۴۵-۰/۴۸	۴۷۶۷/۰۸۷	۴۸۱۷/۸۶۱
	۰/۵۵-۰/۵۶	۴۴۷۲/۰۷۳	۴۶۱۱/۴۰۴
	۱/۲۳-۱/۲۵	۴۵۸۵/۱۶۴	۴۰۷۲/۸۹۲
	۱/۶۲-۱/۶۵	۴۱۷۵/۸۴۲	۳۷۰۲/۴۹۱
	۲/۱۰-۲/۱۵	۳۸۶۳/۰۱۷	۳۵۳۸/۳۶۳
۲۰۰۲/۴/۳۰	۰/۴۵-۰/۴۸	۶۰۷۰/۳۳۴	۵۵۰۸/۱۰۶
	۰/۵۵-۰/۵۶	۵۹۸۹/۹۱۴	۵۴۷۱/۰۶۱
	۱/۲۳-۱/۲۵	۶۷۰۶/۲۵۷	۵۶۴۴/۹۵۷
	۱/۶۲-۱/۶۵	۶۲۹۸/۱۶۵	۵۲۸۱/۰۳۱
	۲/۱۰-۲/۱۵	۶۰۹۶/۸۴۱	۵۳۸۰/۳۸۷
۲۰۰۲/۱۲/۵	۰/۴۵-۰/۴۸	۴۱۴۷/۹۱۲	۳۱۰۷/۳۵۱
	۰/۵۵-۰/۵۶	۳۸۰۸/۶۱۳	۲۹۵۰/۶۶۰
	۱/۲۳-۱/۲۵	۴۰۴۵/۵۰۳	۳۰۸۰/۲۸۹
	۱/۶۲-۱/۶۵	۴۰۴۹/۲۵۵	۳۲۵۴/۲۸۵
	۲/۱۰-۲/۱۵	۴۱۳۸/۶۹۲	۳۴۴۷/۸۱۸
۲۰۰۳/۱/۳۰	۰/۴۵-۰/۴۸	۴۹۴۶/۹۱۷	۵۱۲۷/۹۴۹
	۰/۵۵-۰/۵۶	۴۶۲۶/۵۲۹	۴۸۸۲/۲۶۱
	۱/۲۳-۱/۲۵	۴۷۶۳/۵۹۵	۴۴۴۸/۹۳۴
	۱/۶۲-۱/۶۵	۴۳۳۲/۲۴۴	۴۱۲۸/۷۱۶
	۲/۱۰-۲/۱۵	۴۰۹۵/۴۸۳	۴۰۸۰/۵۶۸
۲۰۰۳/۲/۱۰	۰/۴۵-۰/۴۸	۷۵۲۹/۴۱۹	۴۱۸۹/۹۱۲
	۰/۵۵-۰/۵۶	۷۱۶۵/۳۵۸	۴۰۷۰/۱۲۶
	۱/۲۳-۱/۲۵	۶۸۰۳/۶۳۷	۳۴۸۰/۱۲۳
	۱/۶۲-۱/۶۵	۵۹۳۰/۷۳۴	۲۹۴۶/۸۶۰
	۲/۱۰-۲/۱۵	۵۲۹۷/۲۲۴	۲۶۴۱/۶۰۴
۲۰۰۳/۳/۱۹	۰/۴۵-۰/۴۸	۱۰۹۹۷/۹۰۱	۷۰۱۲/۸۷۳
	۰/۵۵-۰/۵۶	۱۰۶۲۱/۴۹۸	۶۸۹۲/۴۰۰
	۱/۲۳-۱/۲۵	۹۱۰۲/۲۳۶	۵۰۷۹/۶۸۷
	۱/۶۲-۱/۶۵	۵۷۱۶/۸۴۴	۳۰۴۲/۶۳۹
	۲/۱۰-۲/۱۵	۴۵۰۹/۳۲۸	۲۶۷۵/۶۹۸
۲۰۰۳/۴/۲۴	۰/۴۵-۰/۴۸	۴۷۸۴/۲۱۳	۲۷۶۸/۷۳۷
	۰/۵۵-۰/۵۶	۴۶۳۴/۱۲۲	۲۹۵۱/۸۴۹
	۱/۲۳-۱/۲۵	۵۶۸۵/۵۲۱	۳۷۳۲/۳۹۴

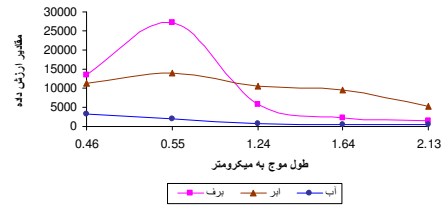
۲۸۰۰/۰۶۲
۲۸۹۵/۶۲۵

۵۵۶۰/۹۸۶
۵۲۵۸/۴۵۹

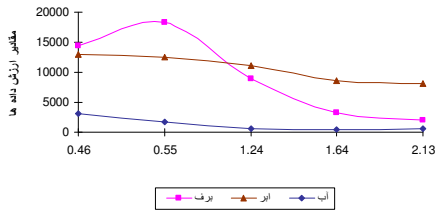
۱/۶۲-۱/۶۵
۲/۱۰-۲/۱۵



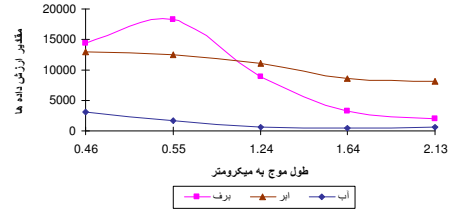
شکل ۷: تغییرات آلبدو در ژانویه ۲۰۰۲



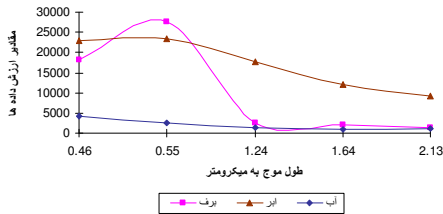
شکل ۶: تغییرات آلبدو در دسامبر ۲۰۰۱



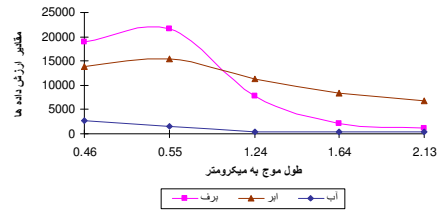
شکل ۹: تغییرات آلبدو در مارس ۲۰۰۲



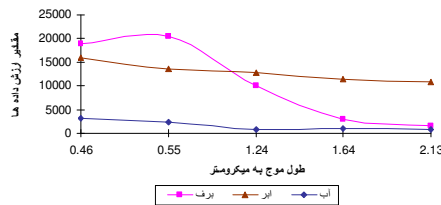
شکل ۸: تغییرات آلبدو در فوریه ۲۰۰۲



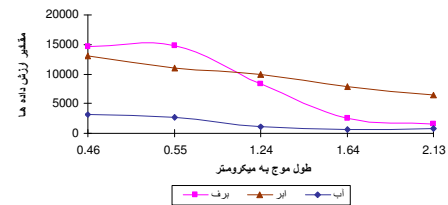
شکل ۱۱: تغییرات آلبدو در دسامبر ۲۰۰۲



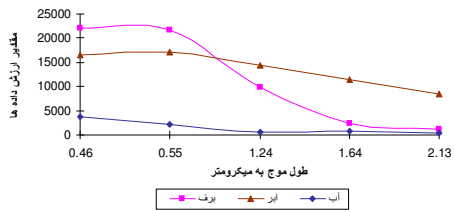
شکل ۱۰: تغییرات آلبدو در آوریل ۲۰۰۲



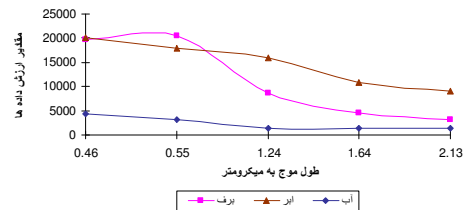
شکل ۱۳: تغییرات آلبدو در فوریه ۲۰۰۳



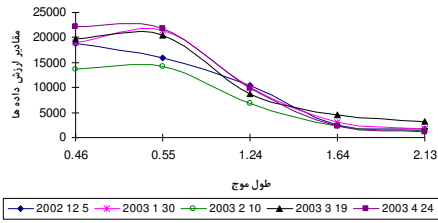
شکل ۱۲: تغییرات آلبدو در ژانویه ۲۰۰۳



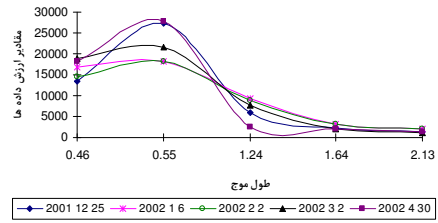
شکل ۱۵: تغییرات آلبدو در آوریل ۲۰۰۲



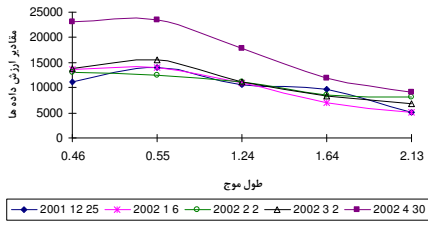
شکل ۱۴: تغییرات آلبدو در مارس ۲۰۰۳



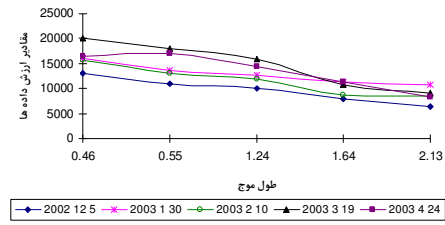
شکل ۱۷: تغییرات آلودگی برف طی فصل ذوب سال آماری دوم



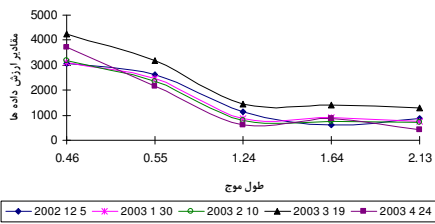
شکل ۱۶: تغییرات آلودگی برف طی فصل ذوب سال آماری اول



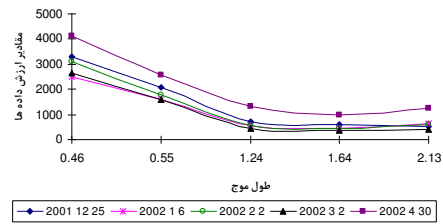
شکل ۱۹: تغییرات آلودگی برف طی فصل ذوب سال آماری دوم



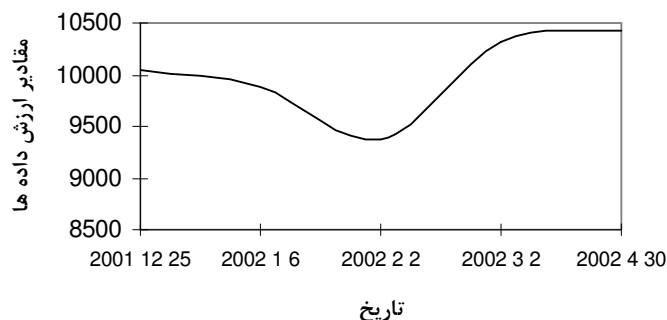
شکل ۱۸: تغییرات آلودگی برف طی فصل ذوب سال آماری اول



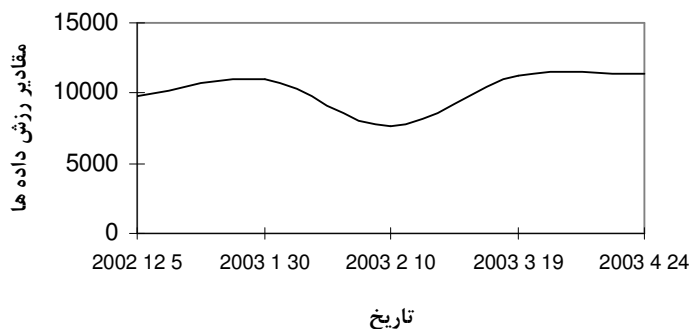
شکل ۲۱: تغییرات آلودگی آب طی فصل ذوب سال آماری دوم



شکل ۲۰: تغییرات آلودگی آب طی فصل ذوب سال آماری اول



شکل ۲۲: تغییرات آلبدوی برف در طی فصل ذوب سال آماری اول



شکل ۲۳: تغییرات آلبدو در طی فصل ذوب در سال آماری دوم

بحث و نتیجه گیری

نفکیک و جداسازی نماید. به نظر می رسد که اندازه دانه های برفی به طول موج وابسته باشد. این وابستگی به طول موج از ۲ چیز ناشی می شود: الف) اندازه دانه های برفی معمولاً با افزایش عمق برف افزایش می یابند. ب) عمق نفوذ فوتون با افزایش طول موج کاهش می یابد. بررسی شکل های ۱۶ و ۱۷ نشان می دهد در محدوده باند مرئی جذب طیف الکترو مغناطیس خیلی کوچک بوده و برف مانند جسم شفاف عمل می کند. در محدوده طیف مادون قرمز نزدیک برف دارای خاصیت جذب متوسط بوده و این جذب با افزایش طول موج افزایش پیدا می کند. بررسی شکل های ۲۲ و ۲۳ نشان می دهد که در ماه فوریه کاهش قابل توجهی در آلبدوی برف در طی دو سال آماری با ویژگی های کاملاً متفاوت وجود دارد که این امر میتواند از افزایش عمق برف، افزایش

با بررسی شکل های ۶ تا ۱۵ مشاهده می شود که در محدوده طیفی ۰/۵۵ میکرومتر یا باند ۴ سنجنده MODIS برف نسبت به ابر دارای بازتابش بسیار بالایی است. همچنین بازتابش برف از محدوده طیفی مرئی به سمت مادون قرمز دور بتدریج کم می شود به طوریکه در محدوده طیفی مادون قرمز میانی بازتابش ابر بیشتر از برف می گردد. بررسی شکل های ۶ تا ۱۵ نشان می دهد که آب دارای بازتابش بسیار پایینی نسبت به برف و ابر میباشد و این امر نتیجه جذب فوتون های رسیده به سطح آب بوده که مانع پخش فوتون های رسیده می شود و در نتیجه آلبدوی بسیار پایین در مورد آب می باشد.

نتایج نشان می دهند که ترکیب باند مرئی و مادون قرمز میانی می تواند برف را از انواع ابر

است. با توجه به این نکته که ماهواره حامل سنجنده MODIS توان گردش یک روز را داراست لذا تصاویر حاصل از آن در مطالعه پدیده های متغیر زمانی و مکانی مانند برف که اهمیت فوق العاده ای در مدیریت منابع آب دارد ارزشمند بوده و با توجه به این که توان تفکیک برف و ابر در محدوده مادون قرمز میانی بهتر از سایر محدوده های طیف الکترومغناطیس می باشد تصاویر این سنجنده در رقابت با سنجنده های مشابه دارای ارجحیت است.

با توجه به گراف های خروجی، میزان آلودگی برف و ابر در محدوده طیفی، بسیار به یکدیگر نزدیک بوده و این امر مبین این نکته می باشد که میزان قدرت تفکیک رادیومتریک سنجنده می تواند راهگشای سنجش دقیقتر گردد. میزان قدرت تفکیک رادیومتریک سنجنده MODIS ۱۲ بیت بوده و توانایی سنجش امواج بازتابشی کره زمین در محدوده مادون قرمز میانی را دارد این توانایی باعث حل مشکل اشباع سنجنده که در مواقع پائین بودن قدرت تفکیک رادیومتریک سنجنده بروز میکند، میگردد. این مساله خود تاکید بر توانایی بسیار بالای سنجنده MODIS می باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از سازمان فضایی ایران جهت در اختیار گذاشتن تصاویر ماهواره ای مادیس تشکر و قدردانی می گردد.

ناخالصی و در نتیجه کاهش آلودگی برف در این موقع از فصل بارش ناشی شود همچنین افزایش آلودگی در طی فصل ذوب می تواند به کاهش عمق برف، کاهش ناخالصی و در نتیجه افزایش دوباره آلودگی برف منتهی گردد بدیهی است که در حالت کاملاً ذوب خصوصیات بازتابش مانند آب عمل خواهد کرد و در نواحی کاملاً ذوب در ارتفاعات پایینتر آلودگی بسیار کاهش پیدا خواهد کرد. وجود ناخالصی در داخل برف باعث کاهش و نزول پیک منحنی بازتابش در محدوده طیفی مرئی می گردد اما همین مقدار اثرات بسیار کمی در خاصیت بازتابش برف در محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک ایجاد می کند پارامترهای دیگری چون زاویه تابش، ضخامت توده برفی و پوشش ابر نیز بر مقدار آلودگی برف تاثیر دارند پوشش ابری مقدار آلودگی را افزایش می دهد ابرها معمولاً محدوده باند مادون قرمز نزدیک را جذب کرده و محدوده باند مرئی را عبور میدهند. بررسی شکل های حاصل از آلودگی برف در تصاویر مادیس با شکل ارائه شده توسط دوزیر همخوانی دارد. بررسی شکل های ۶ تا ۱۵ بیانگر تداخل بازتابش برف و ابر در محدوده مادون قرمز نزدیک است و در این باند تفکیک ابر و برف از یکدیگر امکان پذیر نمی باشد.

همانطور که بیان گردید سنجنده MODIS یکی از موفق ترین پروژه های مشاهدات زمینی سازمان ناسا میباشد؛ این سنجنده دارای قدرت تفکیک رادیومتریک و مکانی بالا نسبت سایر سنجنده های مشابه بوده و امکان برداشت در محدوده طیفی مادون قرمز میانی را فراهم آورده

پر همت ج.، ۱۳۸۱، مدل تفکیک برف، ابر و زمین در تصاویر ماهواره ای NOAA، پژوهش و سازندگی، شماره ۵۶ و ۵۷، صفحات ۲-۱۴

- 1- Bourdelz, B. and Filly, M. (1993). Snow grain Size determination from Landsat imagery over Adelaide, Ann. Glaciology. No. 17: 86-92 pp.
- 2- Dozier, J. and Marks (1987). Snow mapping and Classification from Land sat Thematic Mapper data. Ann: Glacial. No. 9: 97-103 pp.
- 3- Dozier, J., (1989). Spectral Signature of Alpine Snow Cover from the Landsat Thematic Mapper, Remote sensing of environment journal, vol. 28, 9-22 pp.
- 4- Engman, E. T. and Gurney, R. J. (1992). Remote Sensing in hydrology, Chapman and Hall, pp. 225
- 5- Fily, M., Bourdelz, B., Dedieu, J. P., and Sergeant (1997). Comparison of in Situ and Landsat Thematic Mapper derived Snow grain characteristics the Alps, Remote Sensing Environment, No. 59, 460 pp.
- 6- Julienne C., Jason E. Box, T. Haran (2006). Evaluation of the MODIS daily snow albedo product over the Greenland ice sheet, Remote Sensing of Environment Journal, vol. 105, 155-171 pp.
- 7- Maslanik, J., C., Key, J., Scambos, T., Hutchinson, T., Emery, W. (1998). AVHRR-based polar pathfinder products for modeling applications. Annals of Glaciology, No. 25, 388-392 pp.
- 8- Matkan, A., (1999). Passive microwave monitoring of snow cover and rainfall over Iran using DMSP, F-11 SSM/I data, Bristol university
- 9- Mishchenko M., I. Dluqach, J. M. Yanovitskij, E. G. and Zakhrovac, N. T. (1998). Bidirectional reflectance of flat. Optically thick particulate layers: An efficient radioactive transfer Solution and Applications to Snow and Soil Surfaces, J. Quant. Spectrosc Radiate. Transfer. No. 63, 409-432 pp.
- 10- Mugnai, A., Wiscombe, W. J. (1980). Scattering of radiation by moderately non-spherical Particles. J. Atoms Science. no. 37: 1291-1307 pp.
- 11- Painter T., H. Roberts, D. A. Green, R. O. Dozier (1998). The effect of grain size on spectral mixture analysis of snow covered area from AVIRIS, remote sensing and environment journal, vol. 65, 320-332 pp.
- 12- Xiong X., A. Wu, J. Esposito, J. Sun, N. Che, B. Guenther, W. Barnes, (2002). Trending Results of MODIS Optics Onorbit degradation, Proceedings of SPIE Earth Observing Systems, no. 4, 814 pp.

Snow and cloud albedo change detection using MODIS imagery in order to separate snow and cloud

*Mir Hassan Mir Yaghoobzadeh¹ M. Reza Ghanbarpour²
Mahmood Habib Nejad Roshan³ Abolfazl Ranjbar⁴*

Abstract

Temporal and spatial monitoring and measurement of snow characteristics is very difficult. But remote sensing can be used for this purpose as an innovative tool. Geophysics properties of snow such as snow cover, snow water equivalent, grain size and so on is most important for snow modeling. Simulation and determination of these parameters could be useful to developing snowmelt algorithms. Most of researches in measurement of snow optic properties are based on laboratory studies. Some other researches have used TM remotely sensed imagery. In this research, MODIS imagery has been used to investigate snow, cloud and water albedo changes. Ten MODIS images in winter period over the country were selected for this study. Results have shown that snow albedo in moderate infrared band is decreased relative to cloud.

Key words: snow, cloud, remote sensing, albedo, MODIS imagery, moderate infrared, Iran

¹M.Sc of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Mazandaran
Email: m.miryaghoobzadeh@gmail.com

²Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Mazandaran

³Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Mazandaran

⁴Instructor Faculty of Technical, University of Tabriz