دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال پانزدهم، شماره‌ی ۵۰
تابستان ۱۳۹۴، صفحات ۱۴۰-۱۲۵

علیرضا ایلدرمی[۱]
محمود حبیب نژاد روشن[۲]
مهتاب صفری شاد[۳]
علی دلال اوغلی[٤]

استفاده از تصاویر ماهواره ای MODIS و شاخص NDSI به منظور تهیه نقشه پوشش برف (مطالعه موردی حوضه آبخیز بهار)

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۳/۲۸

چکیده

تعیین سطح پوشش برف در حوضه های آبخیز به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم برف‌سنجی، نقش مهمی در مطالعات هیدرولوژی و اقلیمی دارد. در این تحقیق، از طریق شاخص NDSI با اعمال آستانه‌هایی به شناسایی و تفکیک سطوح پوشیده از برف به‌واسطه تصاویر سنجنده MODIS پرداختیم. با وجود شاخص NDSI، به منظور جلوگیری از قرار گرفتن آب در گروه برف می بایست باند ۲ (۸۷٦-۸٤۱ نانومتر) بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۱۱ باشد. بدین منظور با اعمال آستانه $b_2 >$ ۰/۱۱ سطوح برفی از سطوح آبی متمایز گردید و جهت جلوگیری از قرارگیری اشیاء تیره به عنوان برف می بایست باند ٤ (٥٦٥-٥٤٥ نانومتر) بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد. در نتیجه با اعمال آستانه $b_4 \geq$ ۰/۱۱

۱- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ایران. E-mail: ildoromi@gmail.com
۲- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
۳- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
٤- استادیار گروه جغرفیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

سطوح برفی از اشیاء تیره متمایز گردید. نقشه‌های سطح پوشیده از برف در این تحقیق با احتساب خطای شاخص NDSI به طور متوسط کم‌تر از ۲۰ درصد خطا دارند.

کلید واژه‌ها: الگوریتم نقشه برداری پوشش برف، MODIS، NDSI، حوضه آبخیز بهار.

مقدمه

پوشش برف و تغییرات زمانی آن، پارامترهای اساسی در مطالعات هیدرولوژیکی و اقلیم شناسی در مناطق با عرض جغرافیایی بالا و متوسط می‌باشد (ژانگ و همکاران[5]،۲۰۱۰: ۷۷۷). برف یکی از اشکال مهم بارش در چرخه هیدرولوژی مناطق کوهستانی بوده که در تامین منابع آب آشامیدنی و کشاورزی به صورت جریان‌های تأخیری در فصول پرآبی و جریان‌های کمینه در فصول کم آبی و تولید انرژی نقش ارزنده ایفا می‌کند (قنبرپور و همکاران، ۱۳۸٤: ٥۰۰٤). ذخایر برفی در بالادست کوه‌ها الگوی رواناب فصلی پایین دست را تحت تاثیر قرار می‌دهد، به خصوص در مناطق با فصل تابستان خشک، که درآن رواناب حاصله از ذوب برف/یخچال یک منبع اساسی برای تأمین آب می باشد (یانگ[6] و همکاران، ۲۰۰۵ : ۳). آب حاصله از ذوب برف برف فصلی و یخچال های طبیعی منبع تامین آب بیش از یک ششم از جمعیت جهان می باشد، که ممکن است به علت بروز پدیده گرمایش کره زمین در معرض خطر بی‌آبی باشند و بنابراین پایش سطح پوشش برف به منظور درک سیکل‌های هیدرولوژیکی منطقه‌ای مهم می‌باشد (لی[7] و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۱۱). مزایای مختلف داده‌های سنجش از دور، همچون امکان تهیه اطلاعات در مقیاس‌های مختلف جهانی، ملی و ناحیه‌ای، پوشش وسیع، مقرون به صرفه بودن، تولید اطلاعات چند زمانه و مواردی از این دست، کاربردهای گوناگونی را برای داده‌های سنجش از دور امکان‌پذیر ساخته است (حدادی و همکاران، ۱۳۸۸: ۳٤). از جمله این کاربردها تهیه نقشه‌های پوششی از جمله نقشه پوشش برف با استفاده از داده‌های سنجش از دور است. برای نخستین بار برف‌سنجی در سال ۱۹٦۰ در شرق کانادا توسط ماهواره TIROS- 1 انجام شد. پیشرفت‌های اخیر در فناوری و تعدد ماهواره‌ها، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در بررسی پوشش برف را امری حیاتی ساخته است (سیرگی[8] و همکاران ، ۲۰۰۹: ۱٦۰). سطوح برفی دارای تغییرات زیادی نسبت به زمان می‌باشد، در نتیجه پایش آن نیازمند استفاده از تصاویری با قدرت تفکیک زمانی بالا است. به‌کارگیری نسبت بازتابندگی باند

5- Zhang
6- Yang
7- Li
8- Sirguey

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مرئی به فروسرخ نزدیک، برای شناسایی سطوح برفی در سال ۱۹۰۶ توسط کایل و همکاران مورد استفاده قرار گرفت. این نسبت توسط سازمان فضایی ایالات متحده برای داده‌های سنجنده MODIS و به نام شاخص پوشش برف[9] معرفی گردید. به‌طور کلی این تکنیک اساس شناسایی برف و همچنین یخ در تصاویر ماهواره‌ای می باشد. در مطالعات متعدد توانایی سنجنده MODIS در استخراج سطوح پوشیده از برف به اثبات رسیده است به عنوان مثال بلاش[10] و پاراژک[11] به بررسی ارزش داده های سنجنده MODIS درکالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل‌های هیدرولوژیکی نیمه توزیعی بر مبنای مقایسه غیر مستقیم آب معادل برف شبیه‌سازی شده به وسیله مدل و داده‌های پوشش برفی سنجنده MODIS پرداختند؛ این آنالیز برای ۱٤۸ حوضه در استرالیا با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS ماهواره ترا[12] و آکوآ[13] صورت یافت که نتایج نشان داد که داده‌های تصاویر سنجنده MODIS کارایی مدل‌های ذوب برف را بهبود می‌بخشد (بلاش و پاراژک، ۲٤۰:۲۰۰۸). مائور و همکاران[14] مساحت پوشش برفی تولید شده از تصاویر سنجنده MODIS را با مساحت پوشش برفی تولید شده از تصاویر سنجنده NOHRSC را در شرایط بدون ابر مقایسه نموند و دریافتند دقت سنجنده MODIS بالاتر از سنجنده NOHRSC می‌باشد (مائور و همکاران، ۲۰۰۳ :۵۹). سالومونسون و اپل[15] در مقاله خود به برآورد نقشه‌های سطح پوشش برف در حد زیر پیکسل از تصاویر سنجنده MODIS به کمک شاخص NDSI پرداختند. این پژوهشگران کار خود را در سه منطقه مختلف شامل آلاسکا، سیبری و کانادا انجام دادند. آن‌ها ابتدا تصاویر با رزولیشن ۵۰۰ متر این سنجنده را مبنا قرار دادند و به کمک شاخص NDSI نقشه‌های سطوح پوشیده شده از برف را استخراج کردند. سپس به کمک تصاویر سنجنده +ETM لندست با رزولیشن ۳۰ متر که به عنوان نقشه واقعیت زمینی در نظر گرفته شده بود. درصد پوشش برف در

9- NDSI
10- Blosch
11- Parajka
12-Terra
13- Aqua
14- Maurer
15- Salomonoson & Apple

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

شبکه‌های ۵۰۰ متری تعیین گردید. سپس یک رابطه رگرسیونی بین مشاهدات شاخص NDSI سنجنده MODI و درصد پوشش برف برقرار گردید. نتایج نشان داد میانگین خطای مطلق این روش کم‌تر از ۰/۱ می باشد. در انتها چنین نتیجه گرفتند که رابطه مذکور قابلیت بسط و توسعه در مقیاس جهانی را دارد سالومونسونو اپل، ۲۰۰٤: ۳۵۷). ریگز[16] و همکاران ثابت نمودند که توانایی نمایش برف توسط سنجنده MODIS در باندهای منحصر به فرد و قدرت تفکیک ۵۰۰ متری برتری معنی‌داری را نسبت به دیگر سنجندها نظیر AVHRR و SAR دارد. چرا که نقشه برفی حاصله از انعکاس‌های دامنه طیفی نسبتا وسیع مبتنی بر آشکارسازی دقیق در مقیاس‌های محلی و ناحیه‌ای دارای مزیت‌های مشخصی است (ریگز و همکاران، ۲۰۰۳: ٤). در مطالعه‌ای که توسط گومز و همکاران صورت گرفت دو روش برای تهیه نقشه‌های برفی شامل روش ترکیب خطی باندهای مادون قرمز و نور مرئی طیف الکترومغناطیس بر پایه الگوریتم NDSI و NDVI مورد مقایسه قرار گرفت (گومز[17]و همکاران، ۲۰۰۱: ٦۱). محققان فوق نشان دادند که در مناطق با پوشش متراکم الگوریتم MODIS از دقت بیش‌تری نسبت به روش ترکیب خطی برخوردار می باشد. در تحقیق حاضر با توجه به برف‌گیر بودن حوضه آبخیز مورد مطالعه با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS به استخراج سطوح پوشیده از برف برای روزهایی معین می پردازیم.

منطقه مورد مطالعه

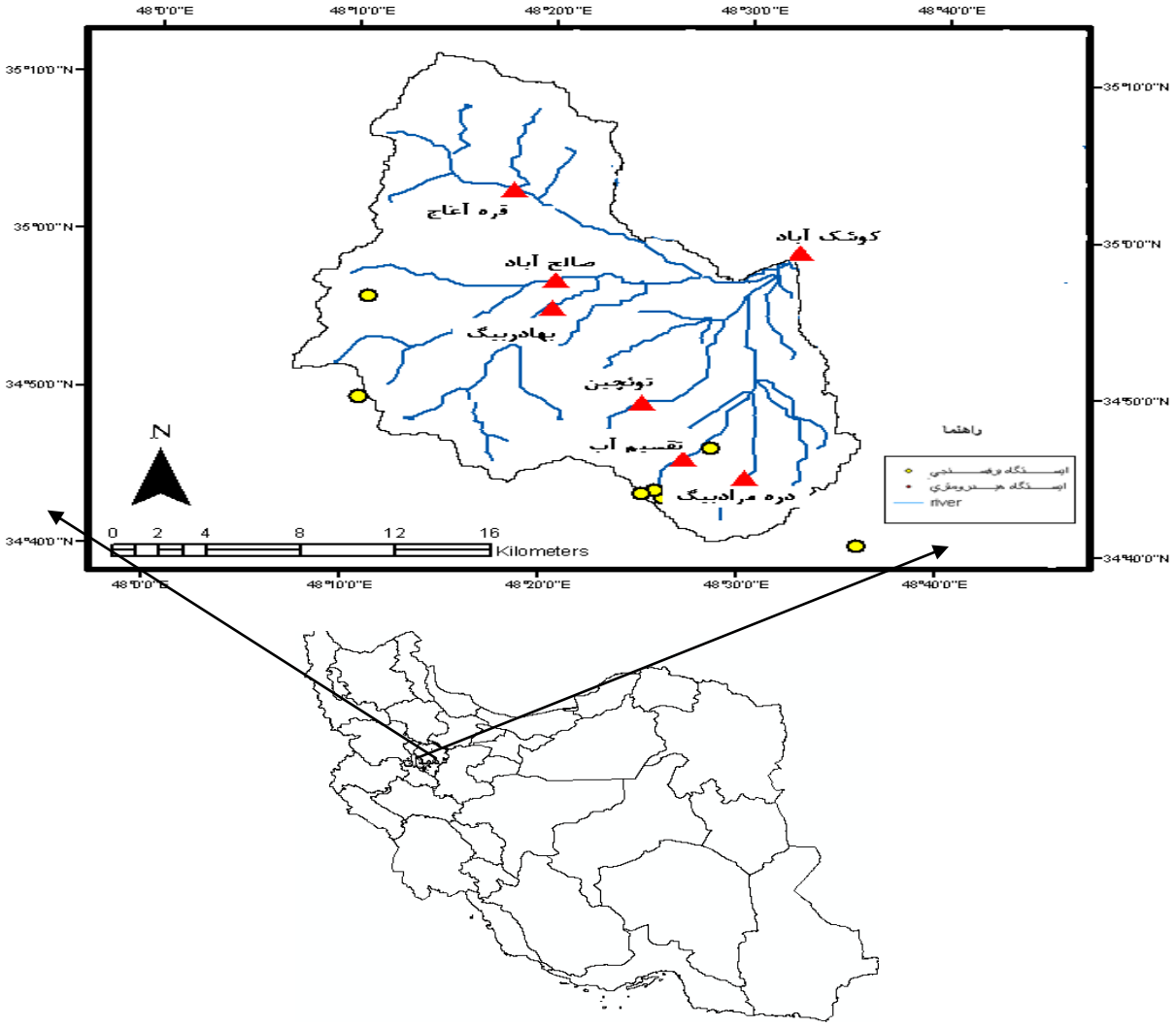
در این پژوهش زیر حوضه‌ای از حوضه آبخیز قره چای (حوضه آبخیز بهار) با توجه به شرایط مناسب برف گیری آن با مساحت تقریبی ۱٤۰۰ کیلومتر مربع به عنوان مطالعه موردی انتخاب شد. این زیر حوضه در دامنه‌های شمالی الوند بین عرض جغرافیایی ۳٤ درجه و ٤۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و ٤۸ درجه و ۷ دقیقه تا ٤۸ درجه و ۷ دقیقه شرقی واقع گردیده شده است (شکل۱). حداکثر و حداقل ارتفاع حوضه به ترتیب ۳۳۷۲ متر در ارتفاعات الوند و ۱۷۱۰ متر در محل خروجی حوضه می‌باشد.

شیب عمومی منطقه جنوب‌غربی-شمال‌شرقی می‌باشد و بیش از ۲٤ مسیل عمده که شامل آبراهه‌هایی با جریان فصلی و دائمی می‌باشد، در این زیر حوضه جریان دارد این آبراهه‌ها در قسمت مرکزی به هم پیوند خورده ورودخانه اصلی زیر حوضه را تحت عنوان سیمینه‌رود، تشکیل می‌دهد و این رودخانه از ناحیه شمال‌شرقی زیر حوضه خارج شده و به رودخانه قره‌چای می‌ریزد. در پایین دست این زیر حوضه دشت همدان-بهار واقع گردیده شده است، به دلیل نقش این زیر حوضه در تامین آب آشامیدنی شهرستان‌های همدان و بهار، آب کشاورزی بهار، و

16- Rigges
17- Gomes

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

آب صنعتی کارخانجات، الگویی مناسب برای پژوهش حاضر گردید و نتایج آن در مدیریت منابع آب حایز اهمیت می‌باشد.[۱۸]



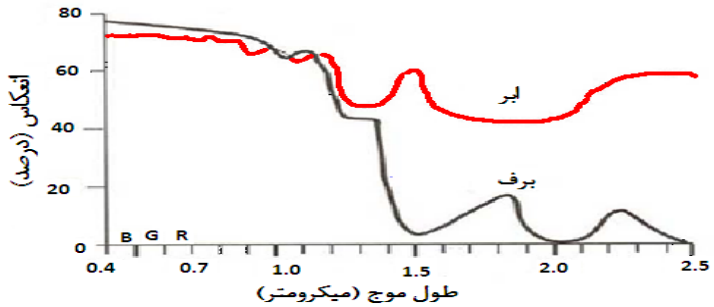
شکل ۱: موقعیت حوضه آبخیز مورد مطالعه

تصویر ماهواره‌ای مودیس

سنجنده MODIS یکی از پنج سنجنده مستقر بر روی ماهواره ترا می‌باشد که در سال ۱۸ دسامبر ۱۹۹۹ به فضا پرتاب گردید. این سنجنده هر ۱ الی ۲ روز یک پوشش کامل تصویری از زمین در ۳۶ باند طیفی (باندهای ۱ تا ۷ که جز باندهای انعکاسی هستند و همچنین باندهای ۲۰ تا ۲۳ که جز باندهای تابشی هستند) با قدرت تفکیک مکانی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ متر به طور ردیفی و با دیدی به عرض ۲۳۳۰ کیلومتر را پوشش می‌دهد. سنجنده MODIS دارای قدرت تفکیک زمانی بالا (۱ الی ۲ روز) و قدرت تفکیک مکانی متوسط (۲۵۰ تا ۱۰۰۰) می‌باشد که این خصوصیات برای مطالعات برف سنجی مورد نیاز می باشد. به همین دلیل، سازمان فضایی ایالات متحده به تعریف شاخصی برای تعیین سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS پرداخته است و در این بین به منحنی طیفی برف توجه نموده است. منحنی طیفی برف نشانگر انعکاس بالای برف در محدوده مرئی و انعکاس پایین آن در محدوده مادون قرمز نزدیک می‌باشد (شکل ۲) که در واقع نسبت نرمال شده باندهای مرئی و مادون قرمز، اساس تعریف شاخص جهانی پوشش برف توسط ناسا می‌باشد. در این تحقیق از باند ۱تا ۷ سنجنده MODIS استفاده گردید که مشخصات آن در جدول (۱) ارائه شده است.



شکل ۲: منحنی انعکاس طیفی برف و ابر (جانسون، ۲۰۰۰: ۲)

جدول ۱- مشخصات ۷ باند اول سنجنده MODIS (ناسا، ۲۰۱۳)

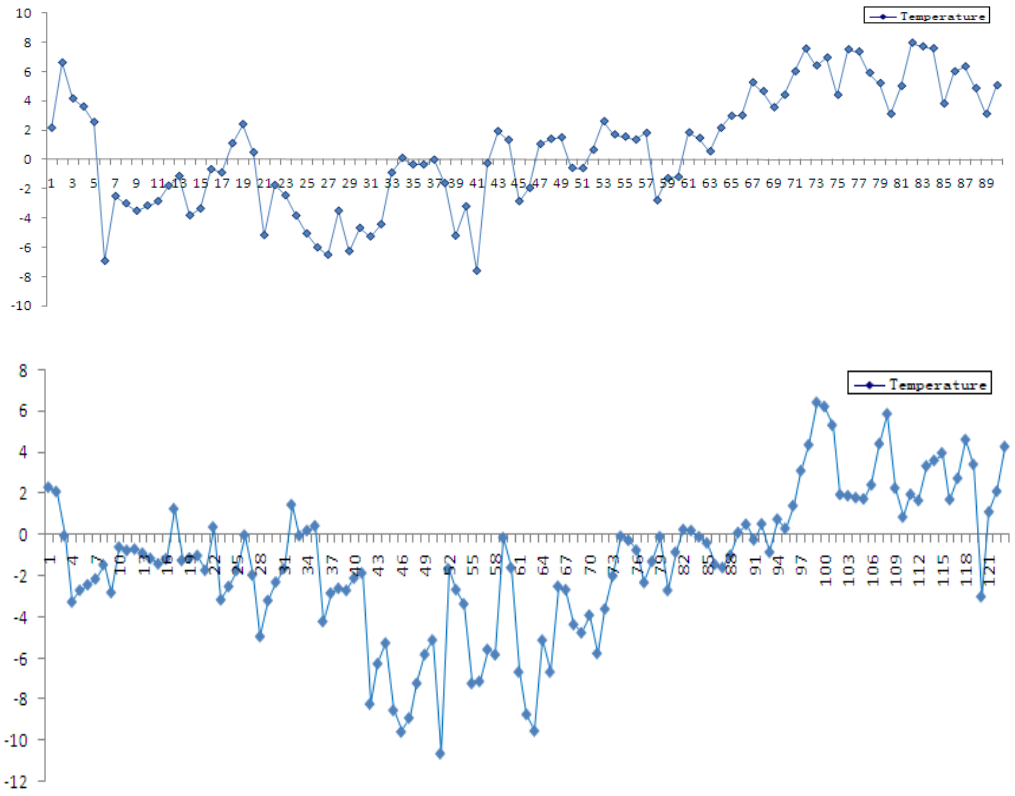
شماره باند	طول موج (نانومتر)	قدرت تفکیک مکانی
۱	۶۲۰-۶۷۰	۲۵۰
۲	۸۴۱-۸۷۶	۲۵۰
۳	۴۵۹-۴۷۹	۵۰۰
۴	۵۴۵-۵۶۵	۵۰۰
۵	۱۲۳۰-۱۲۵۰	۵۰۰
۶	۱۶۲۸-۱۶۵۲	۵۰۰
۷	۲۱۰۵-۲۱۵۵	۵۰۰

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

یافته‌ها و بحث

روند پوشش برف

در استان همدان معمولا اولین ریزش برف هر ساله در اوایل آذر ماه رخ می‌دهد، و از سوی دیگر در اوایل فروردین سال متعاقب آن ذوب برف اتفاق می‌افتد. با توجه به این‌که، انباشت برف فقط زمانی شروع می‌شود که درجه حرارت زمین در سه روز متوالی کم‌تر از صفر درجه سانتی‌گراد باشد (ژانگ[19] و همکاران، ۲۰۱۰: ۷۰۹). مطابق درجه حرارت ثبت شده (از ٤ ایستگاه هواشناسی) برای منطقه مورد مطالعه در فصل زمستان طی دوره زمانی ۲۰۰۷ – ۲۰۰۵، نقشه‌برداری پوشش برف برای سال آبی ۲۰۰٦–۲۰۰۵، از اوایل دی ماه تا اوایل فروردین ماه سال بعد از آن (شکل ۳، بالا) و برای سال آبی ۲۰۰۷ – ۲۰۰٦، از اوایل آذر ماه تا اوایل فروردین ماه سال بعد از آن انجام شد (شکل ۳، پایین). در نهایت با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS و مدل رقومی ارتفاعی حوضه آبخیز بهار، سطح پوشش هر زون ارتفاعی با موفقیت استخراج شد.



شکل۳: درجه حرارت‌های ثبت شده برای زمستان سال آبی ۲۰۰٦– ۲۰۰۵ (بالا) و سال آبی ۲۰۰۷–۲۰۰٦ (پایین)

19 -Zhang

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS

این داده‌ها از تاریخ ۱ آذر ماه یعنی شروع بارش برف تا ۱۷ اردیبهشت ماه بررسی شدند که در این فاصله زمانی در برخی از تاریخ‌ها سنجنده دچار اشکال شده و برداشت‌های آن دارای اختلال بودند و به دلیل غیر راداری بودن تصاویر این سنجنده و عدم عبور از ابر (امری[۲۰] و همکاران، ۲۰۰۵: ۲۱۷) در مجموع ۱۲ گذر در این فاصله زمانی که فاقد ابر بودند، تهیه شد (جدول۲). برای آنالیزهای RS و GIS اولین گام یکسان‌سازی مرجع جغرافیایی داده‌ها می‌باشد، تا بتوان آن‌ها را با هم مقایسه نمود. با توجه به آسان بودن و ساده‌تر بودن روش پیدا نمودن موقعیت در سیستم تصویربرداری UTM این سیستم برای تصاویر سنجنده MODIS مورد استفاده قرار گرفت (رایگانی، ۱۳۸۵: ۳۷۰) . این داده‌ها پس از ورود به نرم افزار ERDAS با انتخاب ۲۵ نقطه کنترل زمینی و با توجه به این موضوع که در کلیه روش‌های انطباق، ارزش داده‌ها به هنگام ژئورفرنس تغییر می‌کند و تنها روش نزدیک‌ترین همسایه می‌باشد که ارزش داده‌های ورودی به طور یکسان و هم‌گون تغییر می‌کند. لذا جهت آنالیز و پردازش تصاویر ماهواره‌ای به خصوص جهت تفکیک ابر و برف بهتر است از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده گردد (میریعقوب زاده، ۱۳۸٤: ۷۷). بنابراین تصاویر در دسترس با روش نزدیک‌ترین همسایه تصحیح هندسی شدند و به سیستم تصویربرداری UTM قاچ ۳۹ شمالی تبدیل شدند. خطای جذر میانگین مربعات تصحیح هندسی این تصاویر در جدول (۳) نمایش داده شده است.

جدول ۲- تاریخ داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده از سنجنده MODIS

تاریخ تصویربرداری	تاریخ تصویربرداری	تاریخ تصویربرداری
۱۷ اردیبهشت ۸٦	۱۱ بهمن ۸٤	۲۲ فروردین ۸۵
۲۷ آذر ۸٤	۱۱ اسفند ۸٤	۱ آذر ۸۵
۲۵ دی ۸٤	۵ دی ۸۵	۱۳ آذر ۸۵
۲ بهمن ۸٤	۲۰ فروردین ۸۵	۱۳ اسفند ۸۵

20 -Emre

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۳- خطای کل حاصل از تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS

تاریخ	خطای کل
۱۸ دسامبر ۲۰۰۵	۰/۵۱۹۹
٤ مارس ۲۰۰٦	۰/٤۲۹۲
۹ آوریل ۲۰۰٦	۰/۳٦٦۰
۲٦ دسامبر ۲۰۰٦	۰/۲۳۳
٤ دسامبر ۲۰۰٦	۰/۱۳۰۷
۱۱ آوریل ۲۰۰٦	۰/۰۹۰۵
۳۱ ژانویه ۲۰۰٦	۰/۰۹٦۸
٤ مارس ۲۰۰۷	۰/۰۷٤۱
۷ می ۲۰۰۷	۰/۵٦
۱۵ ژانویه ۲۰۰۷	۰/۳٤۳۸

اعمال شاخص NDSI بر روی تصویر

NDSI به عنوان یک الگوریتم استخراج اتوماتیک برف به همراه مجموعه‌ای از آستانه‌ها به‌کار می‌رود و به صورت پیکسل به پیکسل محاسبه می‌گردد. این شاخص بر مبنای این حقیقت که برف دارای بازتابندگی بالا در ناحیه مرئی و بازتابندگی پایین در فروسرخ میانی می‌باشد (نولین و همکاران[21]، ۲۰۰۰: ۳۱۰). جهت تشخیص برف از ابر و مناطق فاقد برف استفاده می‌شود. NDSI شاخصی به هنجار است که از نسبت اختلاف بازتابندگی باند مرئی b_4 (باند چهار سنجنده MODIS) و فروسرخ میانی b_6 (باند شش سنجنده MODIS) تقسیم بر مجموع بازتابندگی در این دو باند به‌دست می‌آید (شکل٤، ب). البته شاخص مذکور به گستره شرایط نوردهی غیرحساس بوده و نسبت به تاثیرات اتمسفری قابل تنظیم می‌باشد. به بیان دیگر این شاخص فقط به مقادیر بازتابش در یک باند بستگی ندارد، بلکه به

21- Nollin

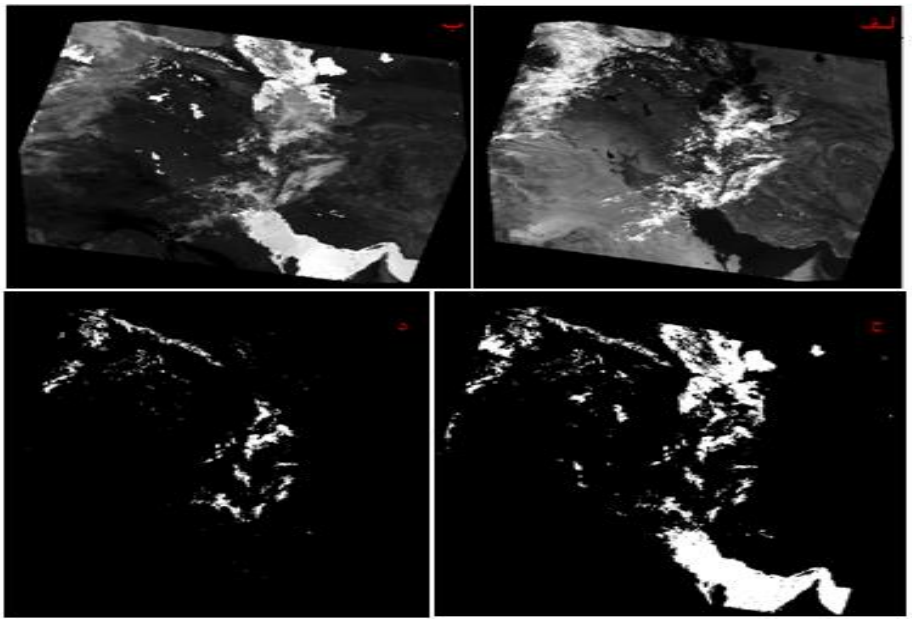
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

میزان ارزش رقومی بازتابش پیکسل‌ها نیز وابسته می‌باشد (رسولی و ادهمی، ۱۳۸٦: ۲۵). این شاخص در داده‌های سنجنده MODIS نیز توسط رابطه ۱ محاسبه می‌گردد:

رابطه (۱)

NDSI= (MODIS BAND 4 - MODIS BAND 6) / (MODIS BAND 4 + MODIS BAND 6)

با وجود شاخص NDSI به منظور جلوگیری از قرار گرفتن آب در گروه برف می بایست باند ۲ بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۱۱ باشد بدین منظور با اعمال آستانه $b_2 > 0/11$ سطوح برفی از سطوح آبی متمایز گردید و نیز جهت جلوگیری از قرارگیری اشیاء تیره به عنوان برف باید باند٤ (٥٦٥-٥٤٥ نانومتر) بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد (شکل٤، د).



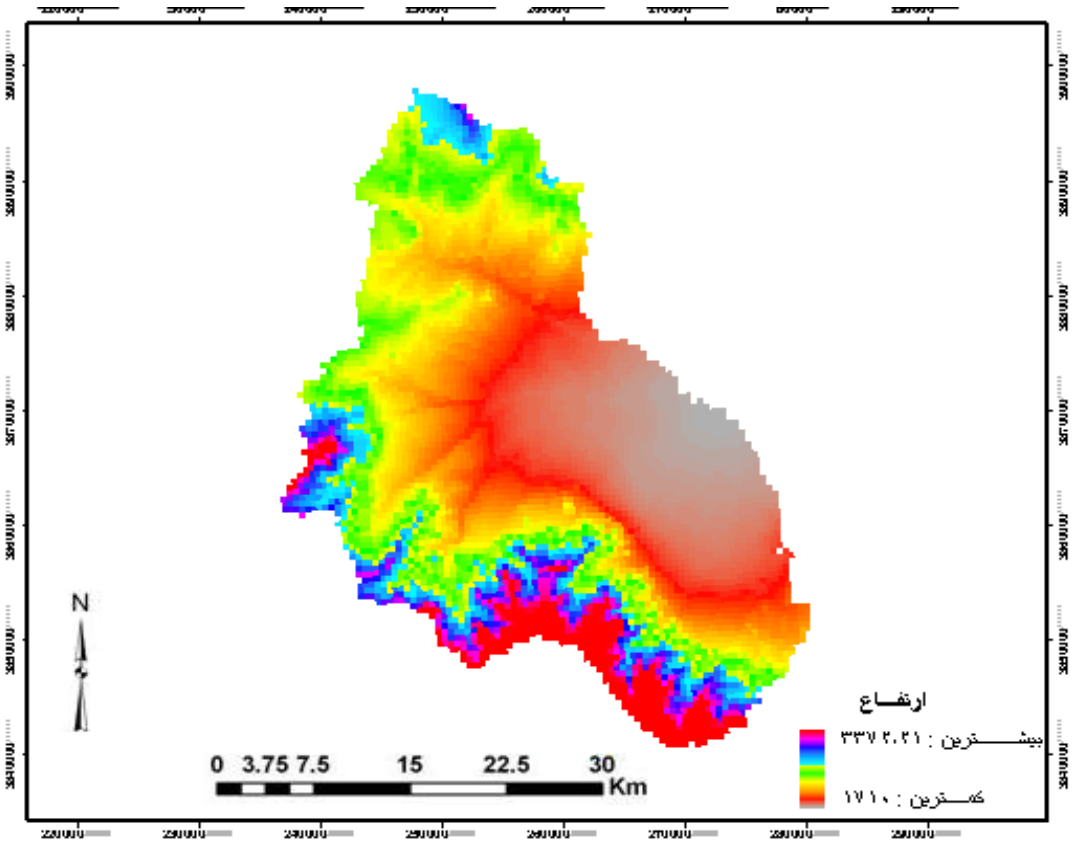
شکل٤: آشکارسازی سوح پوشیده شده از برف براساس شاخص NDSI و آستانه‌های تعریف شده در کل ایران

الف) تصویر ژئورفرنس شده. ب)NDSI. ج)NDSI>0.4 د) اعمال NDSI به همراه آستانه‌های ذکر شده

ایجاد مدل رقومی ارتفاع و تهیه نقشه‌های پوشش برف

به منظور ایجاد نقشه پوشش برف، نقشه مدل رقومی ارتفاع (شکل۷) همراه با مرز حوضه آبخیز منطقه پس از یکسان سازی سیستم مختصات با تصاویر طبقه‌بندی شده منطقه، بر روی این تصاویر قرار گرفته و برش داده شد و پس از مرحله آماده‌سازی داده‌های ماهواره‌ای، سطح پوشیده از برف در هر تصویر در محدوده منطقه مورد مطالعه، به دست آمد. شکل ٦ نمونه‌ای از نقشه‌های پوشش برف را نشان می‌دهد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

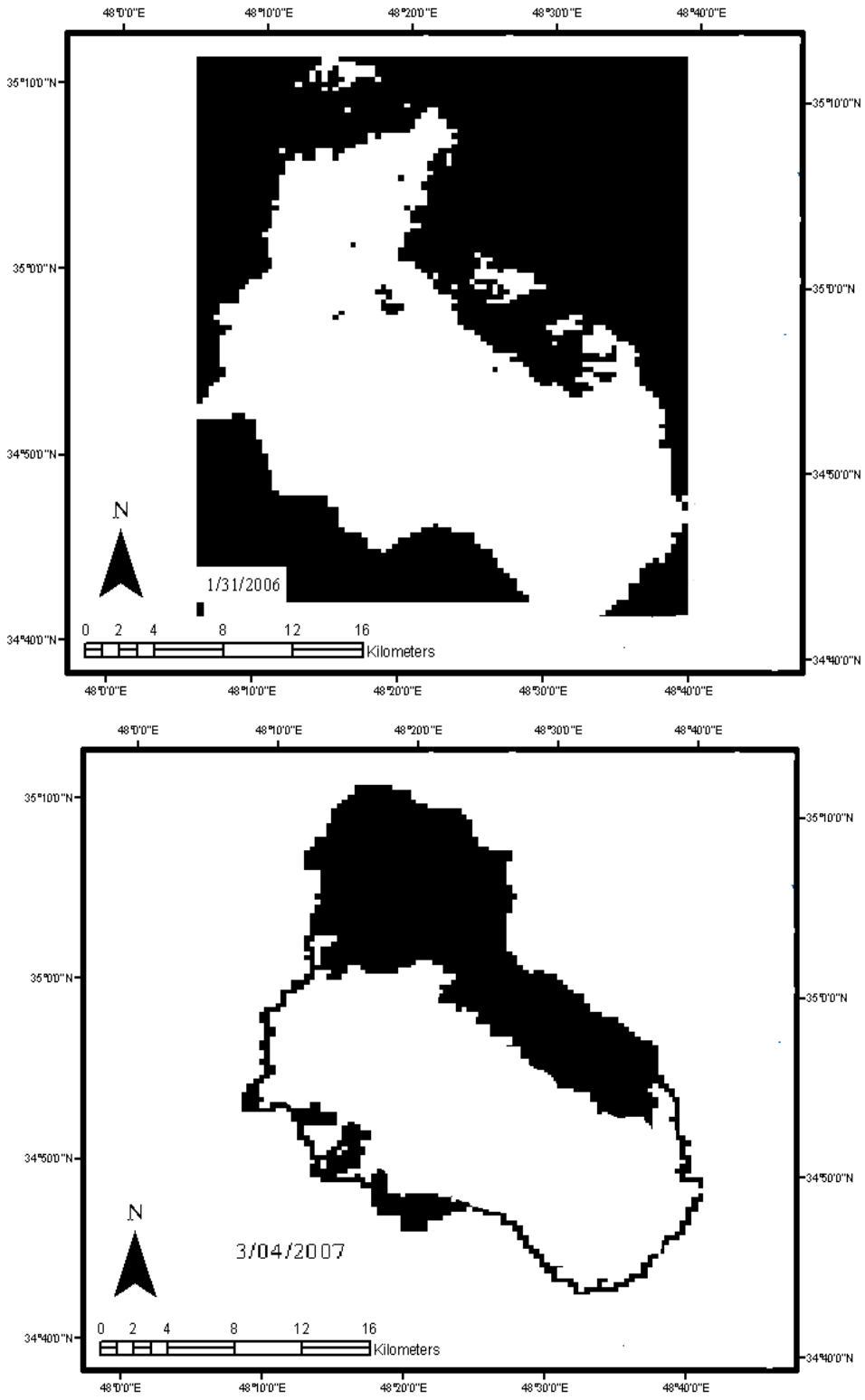


شکل۵: مدل ارتفاعی رقومی منطقه مورد مطالعه

از آن‌جایی‌که در ایران نقشه‌برداری پوشش برف صورت نمی‌گیرد. بنابراین نمی‌توان دقت تصاویر MODIS را بدین طریق سنجید، بدین وسیله ما با تکیه به منابع مختلف که گویای دقت این تصاویر در تهیه نقشه‌های پوشش برف در شرایط آسمان صاف می‌باشد، به استخراج سطوح پوشیده از برف پرداختیم، به عنوان مثال کلاین و بارنت در نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های پوشش برف داده‌های ماهواره‌ای سنجنده MODIS با داده‌های زمینی و مدل‌های توزیع برف، در حوضه‌آبخیز ریوگراند دریافتند، بیش‌ترین خطای حاصل از این نقشه‌ها مربوط به اوایل و اواخر دوره بارش برف می‌باشد؛ همچنین ذکر نمودند، دقت نقشه‌های پوشش برفی ماهواره‌ای حاصل از این سنجنده در شرایط بدون ابر ۰/۸۸ می‌باشد (کلاین و بارنت[۲۲] ،۲۰۰۳: ۳۰٤). یادآور می‌شود نقشه‌های پوشش برف حاصله به صورت صفر و یک تهیه شده‌اند، بدین معنی که هر نقشه شامل دو عرصه پوشیده از برف (یک) و فاقد برف (صفر) می‌باشد. نتایج نهایی حاصله در جدول (٤) ارائه گردیده شده است. همچنین در شکل۷ نمودار سطح پوشش استخراج شده به ازای روزهایی معین ارائه شده است.

22- Klien & Barnet

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

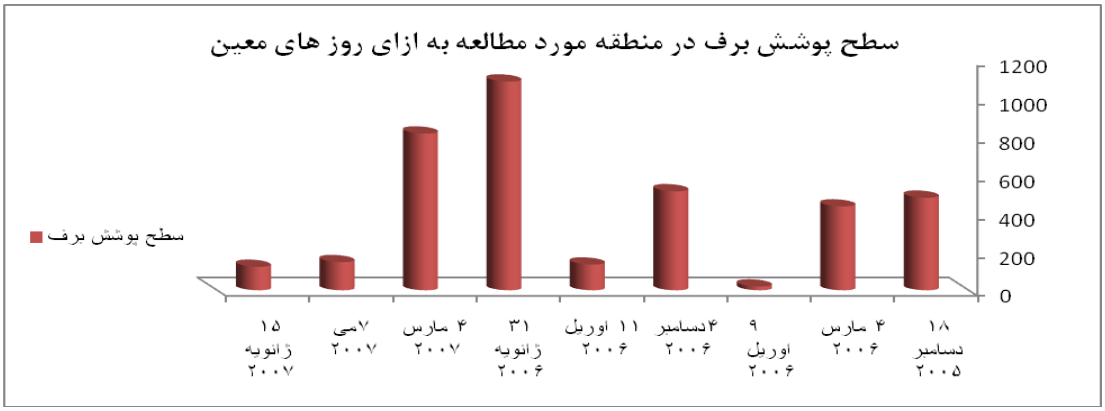


شکل ٦: نمونه‌هایی از نقشه پوشش برف (باینری: عرصه پوشیده از برف (سفید) و فاقد برف (سیاه)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ٤- مساحت پوشش برف استخراج شده از تصاویر سنجنده MODIS

مساحت پوشش برف (km^2)	تاریخ تصویربرداری	مساحت پوشش برف (km^2)	تاریخ تصویربرداری	مساحت پوشش برف (km^2)	تاریخ تصویربرداری
٤٨٢/٥	١٨ دسامبر ٢٠٠٥	١٠٨٨/١٢	٣١ ژانویه ٢٠٠٦	٨١٦/٩٧	٤ مارس ٢٠٠٧
٤٣٦/٩	٤مارس ٢٠٠٦	٥١٦/٠٤	٤ دسامبر ٢٠٠٦	١٤٦/٧٠	٧ می ٢٠٠٧
١٩/٤٦	٩ آوریل ٢٠٠٦	١٣٤/١	١١ آوریل ٢٠٠٦	١٢١٢/٢٣	١٥ ژانویه ٢٠٠٧



شکل ۷: نمودار سطح پوشش استخراج شده از تصاویر سنجنده مودیس

نتیجه‌گیری

سنجنده MODIS با دارا بودن باند مادون قرمز میانی و با ترکیب با باندهای مرئی می‌تواند برف را از انواع پدیده‌های ابر و زمین تفکیک نماید. با توجه به قدرت تفکیک مکانی نسبتا پایین تصاویر این سنجنده نسبت به تصاویر با قدرت تفکیک بالا مانند لندست فرآیند زمین مرجع بایستی با دقت بالایی صورت پذیرد. در روزهایی که تصویر در دسترس بود، برای تهیه تصویر برف‌دار می‌بایست پیکسل‌های برف‌دار جدا می‌شدند. در این تحقیق از الگوریتم برف‌سنجی ارائه شده توسط سازمان فضایی ایالات متحده استفاده گردیده شد. شاخص پوشش برفی به دلیل در نظر گرفتن اختلاف طیفی ما بین پدیده‌های با بازتابش نزدیک به برف مانند ابر الگوریتم قابل قبولی را ارائه می‌دهد. از جمله عواملی که موجب تغییرپذیری شاخص NDSI می‌شود، تغییر در برآورد سطح تحت پوشش برفی حاصل از شاخص در اندازه دانه‌های برف است. همچنین تغییر در زاویه دید سنجنده و درجات روشنایی برف ناشی از ناهمسانی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

پوشش برف و تغییر شرایط جوی می‌تواند در تجزیه طیف توسط شاخص پوشش برفی خطا ایجاد نماید. نتایج پژوهشگران نشان داد که تغییرات سطح پوشش برف و شاخص پوشش برفی به صورت معنی‌داری به یکدیگر وابسته‌اند، به‌ویژه زمانی‌که به صورت منطقه‌ای و در سطح وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد (مطالعه کلاین و همکاران، ۳۰۷،۲۰۰۳). از مزایای شاخص NDSI این است که این شاخص خطاهای سیستماتیک موجود در داده‌های باندها را از بین می‌برد، در حالی‌که سنجنده همچون AVHRR به علت فقدان باند مادون قرمز میانی فاقد این توانایی می‌باشد. با توجه به شرایط اقلیمی حوضه مورد مطالعه بیش‌ترین مساحت تحت پوشش برف در ماه‌های دی تا اسفند می-باشد، به طوری‌که در فاصله زمانی مذکور بیش از ۳۰ درصد حوضه پوشیده از برف می‌باشد و این بیانگر صحت و کیفیت نقشه های حاصله از تصاویر سنجنده MODIS و الگوریتم نقشه برفی می‌باشد. با توجه به هزینه‌های بالا در ساخت و تجهیز ایستگاهای برف‌سنجی در ارتفاعات و مناطق صعب‌العبور، می‌توان از این داده‌ها در کنار داده‌های ایستگاه‌های زمینی در پروژه‌های مرتبط با منابع آب استفاده نمود. البته به منظور شناسایی پوشش برف از سایر عوارض و مدل‌سازی آن در سطح حوضه‌های آبخیز، داده‌های ماهواره‌ای کافی و دقیق باید در اختیار متخصصان قرار گیرد. در زیر حوضه مذکور سنجش سطح پوشش برف با شاخص NDSI و آستانه‌گذاری‌های لازم امکان پذیر گردید و در مطالعات متعدد اذعان گردیده است که استفاده از شاخص NDSI تفکیک پوشش برف را از سایر پدیده-ها امکان پذیر می‌سازد. در کل می‌توان اذعان نمود امروزه پایش دقیق منطقی سطح پوشش برف در حوضه‌های - آبخیز به صورت به هنگام امکان پذیر گشته و از این طریق امکان کنترل و استفاده بهینه از منابع آب میسر می‌باشد از نقشه سطح پوشیده از برف تهیه شده توسط سنجنده MODIS می‌توان در کاربردهای مختلفی، استفاده کرد به عنوان مثال با بررسی چندین نقشه در طی دوره‌های بلند مدت، بررسی تغییرات اقلیمی و انرژی بودجه تابشی زمین قابل انجام است (جمیل بات[۲۳]، ۲۰۰٤: ۳۷۳٦). همچنین برای انتخاب مکان مناسب به منظور احداث مکان‌های تفریحی مانند پیست‌های اسکی می‌توان از این نقشه‌ها به همراه نقشه توپوگرافی منطقه استفاده نمود و زمان شروع و خاتمه برف در این‌گونه مکان‌ها را تعیین نمود.

23- Jamill But

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

- حدادی، ع؛ صاحبی، م؛ مختارزاده، م؛ فتاحی، ه (۱۳۸۸) ، «ارائه روشی ترکیبی از شبکه‌های عصبی نظارت شده و نظارت نشده در طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور»، ***نشریه سنجش از دور و GIS ایران***، شماره ۳، صص ۵۰ -۳۳.

- رسولی، ع؛ ادهمی، سلام (۱۳۸٦)، «محاسبه آب معادل از پوشش برفی با پردازش تصاویر سنجنده MODIS»، ***جغرافیا و توسعه***، شماره ۱۰، صص ۳٦-۲۳.

- رایگانی، ب (۱۳۸۵)، «تهیه نقشه‌های سطح پوشیده از برف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس در زیرحوضه قلعه شاهرخ»، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون وزاینده رود، صص ۳۷۷ -۳٦۸ .

- قنبرپور، م؛ محسنی ساروی، م؛ ثقفیان، ب؛ احمدی، ح؛ کریم، ع (۱۳۸٤)، «تعیین مناطق موثر در انباشت و ماندگاری سطح پوشش برف و سهم ذوب در رواناب»، ***مجله منابع طبیعی ایران***، شماره ۳، صص ۵۱۳-۵۰۳

- میریعقوب‌زاد، م.ح (۱۳۸٦)، «شبیه‌سازی جریان رودخانه براساس مدل هیدرولوژیکی رواناب حاصل از ذوب برف (SRM) در حوضه‌آبخیز سد کرج»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه مازندران، ۱۵٦ص.

- Barnett, TP., Adam, JC., Lettenmaier, DP., (2005), "Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions", ***Research Support***, U.S. Gov't, Non-P.H.S, 438: 303-309.

-Blosch, G., Parajka, J., (2008), "The value of MODIS snow covers data in validating and calibrating conceptual hydrologic models", ***Journal of Hydrology***, 240– 258.

-Emre, A., Akyu, Z., Ormanc, AS., Ensoyc, AS., Orman, AU., (2005), "Using MODIS snow cover maps in modeling snowmelt runoff process in the eastern part of Turkey", ***Remote Sensing of Environment***, 97: 216 – 230.

-Gomes, E., Rango, A., Hall, DK., (2001)," Improved snows cover Remote Sensing for snowmelt Runoff forecasting", Proceeding Symposium of Remote Sensing and Hydrology, Sanata, Fe, NewMexico.USA.IAHS Public, 26761-65.

-Jamil B.M., Bilal, M., (2011), "Application of snowmelt turnoff model for water resource management",***Hydrological Processes***, 25 (24): 3735-3747.

-Jenson, J.R., (2000), "Remote Sensing of Environment And Earth Resource Perspective", Prentice Hall Series in Geographic Information Science.

- Li, X., (2008), "Cryospheric change in China", ***Global and Planetary Change***, 62, 210–218.

- Malcher, P., Heidinger, M., Nagler, T., Rott, H., (2004), "Processing and data assimilation, scheme for satellite snow cover products in the hydrological model", EnviSnowProject, University of Innsbruck,40p. www.itek.norut.no/EnviSnow.

-Maurer, E., Rhoads, J., Dubayah, R., Lattenmeier, D., (2003), "Evaluationof the snow covered area data product from MODIS", ***Hydrol. Processes***., 17: 59–71.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

-Nolin, A., liang, S., (2000),"Progress in bidirectional reflectance modeling and application for surface particulate media: snow and soil", ***Remote Sensing Review*** ,14: 307-342.
-Riggs, GA., Hall, DK., Salomonson, VV., (2003), «MODIS Snow Products User Guide for collection 4 Data Products",The MODIS Snow/ice Global Mapping Project Website, Last visited December 15.pp 2-23.
-Richard, C., Gratton, D. J., (2001), "The importance of the air temperature variable for the snowmelt runoff modeling using the SRM", ***Hydrological processes***, 25 (24): 3357–3370.
-Salomonson, V., Apple, V., (2004), "Estimating Fractional Snow Cover from MODIS using the Normalized Difference Snow Index", ***Remote Sensing of Environment***, 89: 351-360.
-Sirguey, P., Mathieu, R., Arnaud, Y., (2009), "Subpixel monitoring of the seasonal snow cover with MODIS at 250~m spatial resolution in the Southern Alps of New Zealand: methodology and accuracy assessment", ***Remote Sensing of Environment***, 113(1): 160-181.
-Yang, D.B., (2005), "The Urumqi River source Glacier No. 1, Tianshan, China: changes over the past 45 years", ***Geophysical Research Letters,*** 32: L21504. Doi: 10.1029/2005GL024178.
- http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data
-Zhang, Y., Yann, S., Lu, Y., (2010), "snow cover Monitoring using MODIS Data in Liaoning Province, Northeastern China", ***Remote Sensing***, 2:777-793.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]