نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۶۳، زمستان ۱۴۰۰

برآورد سطح پوشش برف از طریق تکنیک‌های شیءگرا با استفاده از تصاویر سنجنده‌های OLI و TIRS (مطالعه موردی: کوهستان سبلان)

دریافت مقاله: ۹۷/۵/۹ **پذیرش نهایی:** ۹۸/۲/۲۷
صفحات: ۳۷-۱۹

هوشنگ سیفی: کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و GIS، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.[۱]
Email:sifihooshang@gmail.com

چکیده

مطالعه و اندازه‌گیری سطوح برف به‌عنوان یکی از منابع مهم تأمین آب، بسیار حائز اهمیت است. با توجه به شرایط سخت فیزیکی محیط‌های کوهستانی، امکان اندازه‌گیری برف وجود ندارد. استفاده از سنجش‌ازدور با توجه به هزینه کم، به‌روز بودن و پوشش وسیع می‌تواند در شناسایی مناطق برف‌گیر روش مناسبی باشد. هدف اصلی این پژوهش تخمین سطح پوشش برف کوهستان سبلان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های OLI و TIRS و به‌وسیله روش طبقه‌بندی شیءگرا می‌باشد. طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای استخراج اطلاعات کاربردی محسوب می‌شود که در حال حاضر با دو روش پردازش پیکسل‌پایه و شیءگرا انجام می‌گیرد. روش پیکسل‌پایه که مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی تصاویر است، و روش جدید شیءگرا که علاوه بر ارزش‌های عددی، اطلاعات مربوط به محتوا، بافت و زمینه را نیز در فرآیند طبقه‌بندی تصاویر به‌کار می‌گیرد. لذا در تحقیق حاضر بنا به دقت بالای طبقه‌بندی شیءگرا، برای استخراج سطح پوشش برفی از روش‌های شیءگرا استفاده شد. در این پژوهش، به‌دلیل استفاده از داده‌های با قدرت تفکیک مکانی بالا (۳۰ متر) و روش نوین طبقه‌بندی تصاویر، سطح برف به‌وسیله شاخص نرمال‌شده تفاوت برفی(NDSI)، شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی(NDVI)، دمای سطح زمین(LST) و ضریب روشنایی(Brightness) با دقت کلی ۹۱ درصد، به‌میزان ۲۱۴۲/۶۲ کیلومترمربع برای محدوده کوهستانی سبلان استخراج گردید که از نتایج آن می‌توان به‌عنوان جایگزین ایستگاه‌های برف-سنجی استفاده کرد.

کلید واژگان: سنجش‌ازدور، سطح برف، شیءگرا، سنجنده‌های OLI و TIRS، سبلان

---

۱. نویسنده مسئول: اردبیل، خیابان جام جم، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان اردبیل، گروه مهندسی و مطالعات، ۰۹۱۴۵۹۸۴۱۸۷

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]

[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

مقدمه

در حال حاضر رشد جمعیت، توسعه مناطق شهری، اهمیت کشاورزی در توسعه اقتصادی و لزوم تأمین آب مورد نیاز این بخش و بالا رفتن سطح بهداشت عمومی جامعه مصرف آب را نسبت به شرایط زندگی سنتی چندین برابر نموده است. این منبع طبیعی به‌عنوان یکی از تعیین‌کننده‌ترین پارامترهای برنامه‌ریزی اجتماعی، اقتصادی و حتی سیاسی مطرح است. جهت استفاده صحیح و بهینه از منابع آب نیاز به اطلاع از میزان آب موجود در منطقه‌ی مورد نظر، تغییرات زمانی و مکانی آن و برنامه‌ریزی دقیق نگهداری و بهره‌برداری از آن می‌باشد. منابع آب مصرفی کره‌ی زمین از ریزش‌های جوی تأمین می‌شود که این ریزش‌ها به‌صورت‌های مختلف نظیر برف، باران و تگرگ می‌باشد (فتاحی و همکاران، ۱۳۸۸). هرچند برف تنها ۵ درصد از کل بارش سالانه را دربرمی‌گیرد ولی به دلیل وسعت مناطق دربرگیرنده برف(حدود ۳۴ درصد سطح زمین دارای پوشش برف فصلی می‌باشد) و فاصله زمانی بین نزول آن تا زمان پیوستن به ذخایر آب‌های سطحی یا زیرزمینی از جایگاه خاصی در مطالعات هیدرولوژی حوضه‌های آبریز برخوردار است (ویخمار و ریون، ۲۰۰۳). پوشش برفی و آب حاصل از ذوب آن در مناطق واقع بین ۳۰ تا ۶۰ درجه‌ی شمالی و جنوبی، یکی از اساسی‌ترین منابع آب محسوب می‌گردد(ادهمی، ۱۳۸۴) و حدود یک‌سوم از آب مورد نیاز برای فعالیت‌های کشاورزی و آبیاری را در کره‌ی زمین تأمین می‌کند(رایگانی و همکاران، ۱۳۸۸). ایران به‌عنوان کشوری با اقلیم نیمه‌خشک و خشک شناخته می‌شود که مشکل کم‌آبی همواره یکی از مسائل زیست‌محیطی آن بوده است. لذا بارش برف و پوشش آن، بهترین عامل در میزان تأمین آب در فصول گرم سال محسوب می‌شود (روستایی و همکاران، ۱۳۹۵). نظر به اینکه میانگین بارندگی در ایران کمتر از یک‌سوم بارندگی جهان بوده و توزیع آن با نیازهای کشاورزی و صنعتی، که مصرف‌کننده‌ی اصلی آب هستند، مطابقت ندارد، لزوم کنترل و استفاده‌ی بهینه از منابع آب بیش از پیش احساس می‌شود(داریان و همکاران، ۲۰۱۷). در مناطق کوهستانی کشور، بخش قابل توجهی از بارش به صورت برف می‌باشد که منبع مهم جریان رودخانه‌ای محسوب می‌گردد. شناخت دقیق کمیت این منابع به لحاظ ارزش روز افزون آب شیرین و هم به واسطه‌ی بهره‌برداری بهینه از منابع آب ضروری است (حجام و شرعی‌پور، ۱۳۸۲). کوهستان سبلان بزرگ‌ترین و مهم‌ترین برجستگی‌های آذربایجان و از معروف‌ترین کوه‌های ایران می‌باشد که دارای تنگه‌های با شیب تند بوده و در فصل بارش حجم زیادی از برف را در خود جای می‌دهد. بنابراین ارتفاعات برف‌گیر سبلان یکی از بزرگ‌ترین منشأ رودخانه‌های متعددی است که حیات شهری، روستایی و عشایری را تداوم بخشیده است. لذا تعیین سطح پوشش برف در این منطقه جهت استفاده در پژوهش‌های کارشناسان علوم طبیعی، جغرافیدانان، مهندسین آب و برق ضروری به‌نظر می‌رسد و سنجش‌ازدور و تصاویر حاصل از آن به‌عنوان ابزاری کارآمد در این امر محسوب می‌شوند. از آنجا که سطح پوشش برف یکی از پارامترهای مهم و دخیل در میزان جریان رواناب حاصل از ذوب برف می‌باشد، با توجه به مشکل بودن پایش و اندازه‌گیری میزان سطح پوشش برف در حوضه‌های آبریز کوهستانی، تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان جایگزین پایش‌ها و عملیات‌های زمینی در تهیه‌ی نقشه‌ی سطح برف مطرح شده‌اند(میریعقوب‌زاده و قنبرپور، ۱۳۸۹). تحلیل دقیق مسائل برفی به مجموعه‌ای از مشاهدات در زمینه برف‌سنجی نیاز دارد که سنجنده‌های OLI[1] و

1. Operational Land Imager

TIRS[1] با داشتن مزیت‌های فراوان و با داشتن تعداد باندهای مناسب، میزان تفکیک مکانی قابل استناد و سری های زمانی متوالی ابزار مناسبی برای این منظور محسوب می‌شوند.

طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای استخراج اطلاعات کاربردی محسوب می‌شود (بلسشکه، ۲۰۱۰). درحال‌حاضر طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای با دو روش کلی پردازش پیکسل‌پایه و شیءپایه انجام می‌شود(اکبری و همکاران، ۱۳۸۹). روش پیکسل‌پایه که مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی تصاویر است، و روش جدید شیءگرا که علاوه بر ارزش‌های عددی اطلاعات مربوط به محتوا، بافت و زمینه را نیزدر فرآیند طبقه‌بندی تصاویر به‌کار می‌گیرد(فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیق حاضر با توجه به دقت بالای طبقه‌بندی شیءگرا نسبت به طبقه‌بندی پیکسل‌پایه برای استخراج سطح پوشش برف طبقه‌بندی شیءگرا به‌کار گرفته شده است. گرگیوسکی (۲۰۰۹)، از مدل SRM[2] و تصاویر ۸ روزه پوشش برف MODIS[3] برای شبیه‌سازی جریان ذوب برف در روسیه استفاده کرد و نتیجه گرفت که این مدل را می‌توان برای پیش‌بینی کوتاه‌مدت رواناب در دامنه کوه‌ها و مناطقی از حوضه آبریز کرانسودار[4] در روسیه مورد استفاده قرار داد. احمد طاهر و همکاران (۲۰۱۱)، با مطالعه تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS مربوط به زیرحوضه‌های رودخانه آستور[5]، واقع در کشور پاکستان، سطح پوشش برف و یخ را به‌دست آورده و به‌وسیله داده‌های اقلیمی و نتایج حاصل از تصاویر ماهواره‌ای، آب حاصل از ذوب برف و یخچال را محاسبه کردند. نتایج این تحقیق رفتار هیدرولوژیکی رودخانه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه را مشخص کرد که می‌تواند در پیش‌بینی سیل و مدیریت منابع آب کاربرد داشته باشد. جیمنز مونوز و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجش ازدوری Landsat 8 سطح پوشش برف را تخمین زدند. به این صورت که با استفاده از باندهای مرئی، مادون‌قرمز و حرارتی پیکسل‌های برفی را از تصویر منطقه‌ی مورد مطالعه استخراج کرده و سطح پوشش برف را به‌دست آوردند. آنتونیو و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS سطح پوشش برف کوه سیرا نوادا[6]، واقع در جنوب اسپانیا را استخراج کرده و با استفاده از ۲۳ نقطه برداشت شده‌ی زمینی رواناب ناشی از ذوب برف را به‌وسیله‌ی مدل SRM برای منطقه‌ی مورد مطالعه به‌دست آوردند. داریان و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی که برای منطقه‌ی کوهستانی البرز مرکزی در شمال ایران انجام دادند، به مقایسه‌ی تغییرات سطوح برف طی سال‌های ۲۰۰۲ الی ۲۰۱۵ پرداختند و با توسعه‌ی شاخص حذف متوالی ابر، سطح برف را با دقت بیش‌تری از طریق تصاویر ماهواره‌ای MODIS برآورد کردند. نتایج تحقیق نشان داد که میزان سطح برف منطقه‌ی کوهستانی البرز مرکزی در یک دوره‌ی کوتاه‌مدت (۱۳ سال)، کاهش شدیدی را داشته است. میرموسوی و صبور (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به پایش تغییرات پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS در منطقه‌ی شمال‌غرب ایران پرداختند. روش مورد استفاده در این مطالعه شاخص نرمال‌شده برف

2. Thermal Infrared Sensor
3. Snowmelt Runoff Model
4. Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer
1. Kransodar
2. Astor
3. Sierra Nevada

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

(NDSI[۱])، طبقه‌بندی‌های نظارت‌نشده و نظارت‌شده بود که پس از مقایسه بین روش‌ها، طبقه‌بندی نظارت‌شده به‌عنوان روش مناسب انتخاب گردید. بررسی نقشه‌های مربوط به تغییرات پوشش برفی در ماه آوریل نشان داد که در طول دوره‌ی مورد مطالعه، کمترین مقدار پوشش برف مربوط به سال ۲۰۰۸ با ۱۰۴۰/۰۱ کیلومترمربع و بیشترین مساحت مربوط به سال ۲۰۰۷ با ۱۰۴۷۱/۷۸ کیلومترمربع می‌باشد. جویباری مقدم و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیق خود به تخمین سطح پوشیده از برف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 پرداخته‌اند. به این منظور ابتدا با بررسی رفتار طیفی برف، شاخص و حد آستانه‌ی مطلوب بر روی باندهای محدوده‌ی مرئی، مادون‌قرمز میانی و حرارتی طیف الکترومغناطیس، طراحی شده و پیکسل‌های برفی شناسایی شدند؛ سپس براساس قدرت تفکیک مکانی و تعداد پیکسل‌های شناسایی‌شده در مرحله‌ی قبل سطح پوشیده شده از برف تخمین زده شد. محمدپور و محمدپور (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS به بررسی میزان اختلاف در بازتابش باندهای مختلف در تصاویر پرداختند. آن‌ها با به‌کار بردن شاخص NDSI در تصاویر ماهواره‌ای و طبقه‌بندی در نرم‌افزارهای Erdas و ArcMap سطح پوشش برف را استخراج کردند. نتایج نشان داد که شاخص پوشش برفی همراه با آستانه‌گذاری طیفی بر روی باند ۲ و ۴ رابطه‌ای پایدار در استخراج نقشه‌ی پوشش برفی دارد.

جمع‌بندی پیشینه‌ی تحقیق نشان می‌دهد که در طبقه‌بندی سطح پوشش برف بیش‌تر از روش‌های پیکسل‌پایه استفاده شده است. در روش‌های معمول پیکسل‌پایه، طبقه‌بندی براساس ارزش عددی هر یک از پیکسل‌ها انجام می‌شود که نتیجه بازتاب عارضه‌ها متناظر آن در سطح زمین است. توانایی روش‌های پیکسل‌پایه در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای هنگامی که اشیاء متفاوت اطلاعات طیفی مشابهی دارند، محدود می‌باشد. این امر موجب کاهش صحت روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه می‌گردد(فیضی‌زاده و هلالی، ۱۳۸۸). اما در روش طبقه‌بندی شیءگرا اطلاعات طیفی با اطلاعات مکانی ادغام گردیده و پیکسل‌ها براساس شکل، بافت و تن خاکستری در سطح تصویر با مقیاس مشخص سگمنت‌سازی شده و طبقه‌بندی تصویر براساس این سگمنت‌ها انجام می‌شود (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). بر همین مبنا در تحقیق حاضر سطح پوشش برف منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از روش پردازش شیءگرا به‌دلیل دقت بسیار بالا در طبقه‌بندی، قابلیت استفاده از انواع شاخص‌ها و توابع مختلف جهت استخراج اطلاعات مورد نظر از تصاویر رقومی و همچنین استفاده از اطلاعات مکانی و طیفی به‌صورت همزمان در طبقه‌بندی، محاسبه شده است.

روش تحقیق

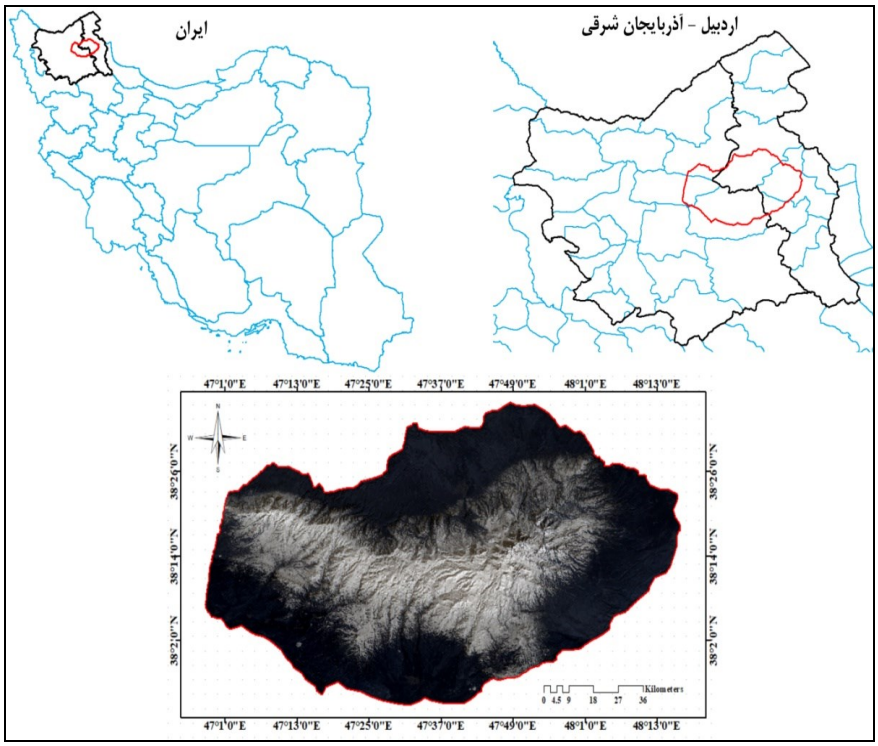
معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

توده‌ی کوهستانی سبلان قسمتی از استان‌های اردبیل و آذربایجان شرقی در شمال غربی ایران، در بین ۴۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۶۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است شکل(۱). این توده‌ی کوهستانی از شمال توسط قره‌سو و دره‌ی اهرچای از رشته قره داغ (ارسباران) و جلگه‌ی مغان جدا می‌شود. در دامنه‌ی جنوبی دره‌ی رود آجی‌چای مرز آن با توده‌ی بزغوش را

4. Normalized-Difference Snow Index

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

تشکیل می‌دهد و دامنه‌ی شرقی نیز توسط دشت جوان رسوبی اردبیل که رود بالخلی در آن جاری است از رشته کوه تالش جدا می‌شود و از غرب، این توده توسط راه ارتباطی اهر-هریس از کوه آیتاخلی که از رشته‌ی قره داغ محسوب می‌شود، جدا می‌گردد. طول این توده‌ی کوهستانی ۱۲۲/۵ کیلومتر و عرض آن ۱۰ کیلومتر در جهت جنوب غربی، و تا ۵۶ کیلومتر در جهت شمالی-جنوبی قله متغیر است و در جهت شرقی-غربی کشیده شده است، که در همین جهت دارای سه قله معروف می‌باشد: ۱) سلطان سبلان (بلندترین نقطه ارتفاعی سبلان با ارتفاع ۴۸۱۱ متر) ۲) هرم داغ یا سبلان کوچک و ۳) کسری یا آقام داغ (خالدی و روسانی، ۲۰۰۶). قله‌های سبلان در اکثر سال پوشیده از یخ و برف‌های دائمی هستند.



شکل(۱). موقعیت منطقه مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

داده و روش کار

ماهواره Landsat 8 از دو سنجنده اصلی تشکیل شده است:

۱) سنجنده OLI که دارای ۹ باند طیفی در محدوده مرئی، مادون‌قرمز نزدیک و مادون‌قرمز با طول‌موج کوتاه طیف الکترومغناطیس می‌باشد.

۲) سنجنده TIRS که دارای ۲ باند طیفی در محدوده مادون‌قرمز حرارتی است (پیرنظر و زند کریمی، ۱۳۹۴).

این ماهواره در هر گذر نواری به عرض ۱۸۵ کیلومتر را پوشش می‌دهد و تهیه پوشش کامل زمین ۱۶ روز طول می‌کشد. مشخصات فنی ماهواره Landsat 8 در جدول(۱) نشان داده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

جدول (۱). خصوصیات بندهای چندطیفی سنجنده OLI و باندهای حرارتی سنجنده TIRS ماهواره Landsat 8

نام سنجنده	باند طیفی	طول موج (میکرومتر)	ابعاد پیکسل (متر)	عرض تصویربرداری (کیلومتر)
OLI	باند ۱- باند Coastal/Aerosol	۰/۰-۴۳۳/۴۵۳	۳۰	۱۸۵
	باند ۲- آبی	۰/۰-۴۵۰/۵۱۵	۳۰	۱۸۵
	باند ۳- سبز	۰/۰-۵۲۵/۶۰۰	۳۰	۱۸۵
	باند ۴- قرمز	۰/۰-۶۳۰/۶۸۰	۳۰	۱۸۵
	باند ۵- مادون‌قرمز نزدیک	۰/۰-۸۴۵/۸۸۵	۳۰	۱۸۵
	باند ۶- مادون‌قرمز طول‌موج کوتاه	۱/۱-۵۶۰/۶۶۰	۳۰	۱۸۵
	باند ۷- مادون‌قرمز طول‌موج کوتاه	۲/۲-۱۰۰/۳۰۰	۳۰	۱۸۵
	باند ۸ - Panchromatic	۰/۰-۵۰۰/۶۸۰	۱۵	۱۸۵
	باند ۹–Cirrus	۱/۱-۳۶۰/۳۹۰	۳۰	۱۸۵
TIRS	باند ۱۰- مادون‌قرمز حرارتی	۱۰/۱۱-۳۰/۳۰	۱۰۰	۱۸۵
	باند ۱۱- مادون‌قرمز حرارتی	۱۱/۱۲-۵۰/۵۰	۱۰۰	۱۸۵

(منبع: پیرنظر و کریمی، ۱۳۹۴)

برای تهیه‌ی سطح پوشش برف منطقه مورد مطالعه از تصاویر سنجنده‌های OLI و TIRS، ماهواره Landsat 8، مربوط به تاریخ ۱۳۹۴/۱۰/۲۷ (به شماره گذر و ردیف ۳۴-۱۶۸ و ۳۳-۱۶۸) و همچنین داده‌های مدل رقومی ارتفاع[1] سنجنده Aster[2]، ماهواره Terra با قدرت تفکیک ۲۸/۵ متر استفاده شده است. داده‌های ماهواره‌ای به فرمت Geo TIFF از سایت USGS[3] تهیه شدند، با این توضیح که ابتدا تصاویر مورد نیاز از سازمان زمین شناسی آمریکا درخواست و از سایت مربوط دریافت شد جدول(۲). همچنین، جهت برآورد میزان دقت کلی نقشه به‌دست‌آمده از نقاط نمونه برداشت شده ازروی تصویر ماهواره Landsat 8 استفاده شد. در این تحقیق برای پردازش و آماده‌سازی تصاویر، طبقه‌بندی و خروجی گرفتن نقشه‌های نهایی به‌ترتیب از نرم افزارهای Envi 5.3, eCognition, ArcMap 10.6.1 استفاده گردید. شکل(۲) روند کلی تحقیق را نمایش می‌دهد.

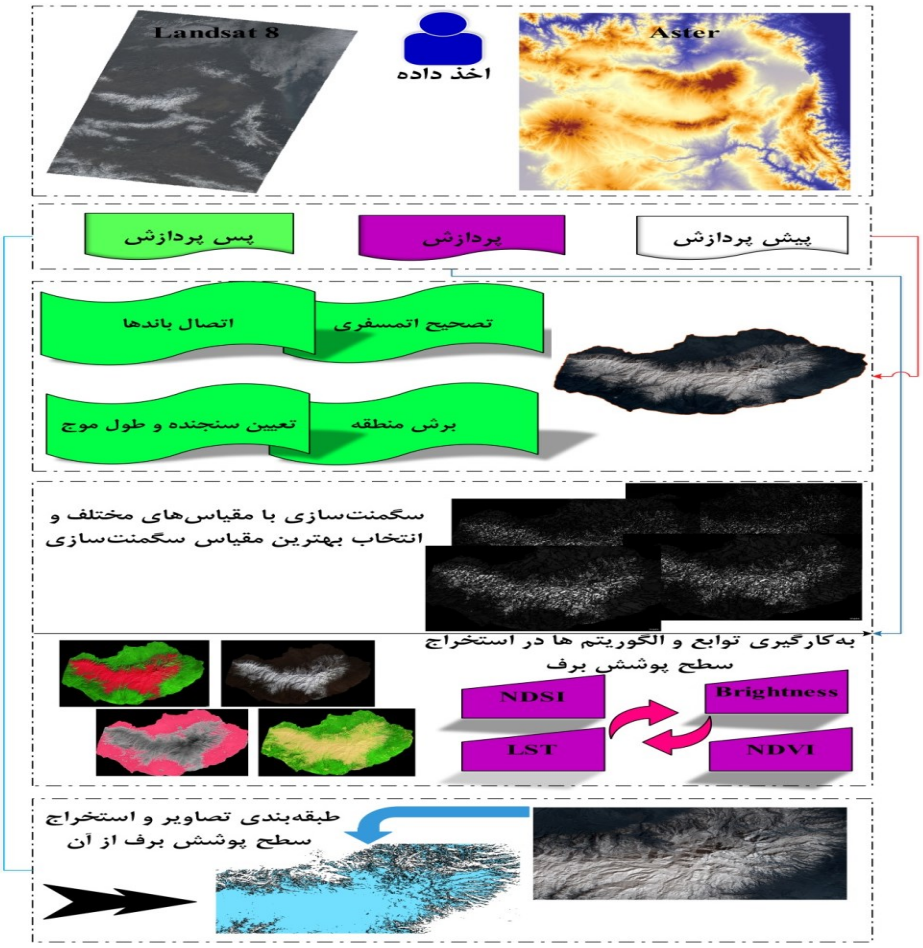
جدول (۲). مشخصات تصاویر مورد استفاده در تحقیق

سطح تصحیحات	مبنا	تاریخ	گذر	ردیف	سنجنده	ماهواره
LIT	WGS84	۱۳۹۴/۱۰/۲۷	۱۶۸	۳۳	OLI	Landsat 8
LIT	WGS84	۱۳۹۴/۱۰/۲۷	۱۶۸	۳۴	OLI	Landsat 8
LIT	WGS84	۱۳۹۴/۱۰/۲۷	۱۶۸	۳۳	TIRS	Landsat 8
LIT	WGS84	۱۳۹۴/۱۰/۲۷	۱۶۸	۳۴	TIRS	Landsat 8
LIT	WGS84	-	_	_	Aster	Terra

(منبع: نگارندگان)

1. Digital Elevation Model (DEM)
2. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
3. United States Geological Survey

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]



شکل(۲). روند کلی تحقیق (منبع: نگارندگان)

بررسی کیفیت تصاویر

در تحقیق حاضر، جهت پردازش بهتر تصاویر، داده‌های ماهواره‌ای بدون ابر از منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. کیفیت تصاویر قبل از هرگونه تجزیه‌وتحلیل و پردازش داده‌ها از نظر وجود خطای هندسی و رادیومتری بررسی شدند. به‌منظور اطمینان از عدم خطا، با نمایش تک تک باندها و همچنین ترکیب‌های رنگی مختلف بر روی صفحه نمایش رایانه و با بزرگنمایی قسمت‌های مختلف تصاویر، از لحاظ خطاهای رادیومتری مانند راه‌راه شدگی مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای بررسی وضعیت هندسی تصاویر و اطمینان از مناسب بودن هندسه تصاویر، لایه‌های برداری جاده‌ها و آبراهه‌ها روی تصاویر ماهواره‌ای قرار داده شد، که با انجام این روش از صحت هندسی تصاویر مورداستفاده اطمینان حاصل گردید.

آماده‌سازی تصاویر

پس از دانلود تصاویر مربوط به منطقه مورد مطالعه و اطمینان از عدم وجود خطاهای رایج، جهت تعیین طول-موج، نوع سنجنده و موزاییک تصویرهای مورد نیاز از نرم‌افزار Envi 5.3 استفاده گردید. پس از این مرحله،

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

تصاویر موزاییک‌شده در محیط نرم‌فزار ArcMap10.6.1 براساس محدوده‌ی مورد مطالعه برش داده شد و در مرحله آخر در فرمت IMAGINE Image ذخیره گردید، تا برای ورود به نرم‌افزار eCognition جهت طبقه-بندی و استخراج سطح پوشش برف آماده گردد.

سگمنت‌سازی

سگمنت به‌معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت(نظیر ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین معیار مشترک آن‌ها است(فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷). شیءهای تصویری حاصل از فرآیند سگمنت‌سازی، مبنای طبقه‌بندی شیءگرا هستند و آن‌ها دارای حجم زیادی از مشخصات و خصیصه‌های پدیده‌های زمینی متناظرشان در سطح تصویر می‌باشند و هرچقدر این فرآیند با دقت بیش‌تری انجام گیرد، مستقیماً در کیفیت طبقه‌بندی شیءگرا تأثیر خواهد گذاشت. در فرآیند سگمنت‌سازی، شیءهای تصویری در سطح تصویر براساس تفکیک مکانی و تفکیک طیفی تصویر به‌وسیله گروهی از پیکسل‌ها، مطابق با ویژگی‌های طیفی و هندسی که مفسر برای کلاس‌ها تعیین می‌کند، انجام می‌شود (فیضی‌زاده و سلمانی، ۱۳۹۵). در فرآیند سگمنت‌سازی مفسر می‌تواند با در نظر گرفتن پارامترهای شکل، بافت[1]، ضریب فشردگی[2] و معیار نرمی شکل[3]، فرآیند سگمنت‌سازی تصویر را انجام داده و براساس نسبت اهمیت هر یک از این عوامل در خصوصیات کلاس‌های مورد نظر برای استخراج از تصاویر ماهواره‌ای، نسبت اهمیت آن‌ها را در فرآیند سگمنت‌سازی اعمال نماید (فیضی‌زاده و هلالی، ۱۳۸۸). مقیاس مناسب برای سگمنت‌سازی نیز یکی دیگر از عوامل مهم در سگمنت‌سازی تصویر است. تعریف عددی بزرگ برای پارامتر مقیاس در فرآیند سگمنت‌سازی اجازه ایجاد شیءهای تصویری کوچک را خواهد داد. بنابراین تعریف مقیاس مناسب برای سگمنت‌سازی تصویر از اهمیت بالایی برخوردار است (گو و همکاران، ۲۰۱۶). علاوه بر پارامتر مقیاس، ترکیب باندی مناسب برای طبقه‌بندی یکی‌دیگر از پارامترهای مؤثر در کیفیت سگمنت‌سازی است. در تحلیل شیءگرای تصاویر علاوه بر امکان استفاده از بهترین ترکیب باندی برای سگمنت‌سازی، امکان اعمال وزن برای هر کدام از باندها نیز وجود دارد (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶). در تحقیق حاضر سگمنت‌سازی Multi resolution segmentation به‌کار گرفته‌شد و از ترکیب باندی RGB به‌صورت ۲-۶-۷ برای تصویر منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. برای این منظور با تجزیه‌وتحلیل نتایج سگمنت‌سازی تصویر با پارامتر مقیاس متفاوت و تفکیک مکانی تصویر، پارامتر مقیاس ۳۰ برای سگمنت‌سازی انتخاب شد. به دلیل اهمیت باندهای ۲-۴-۵-۶ ، مدل رقومی ارتفاع و دمای سطح زمین (LST[4]) برای سگمنت‌سازی وزن‌های نمایش داده شده در جدول(۳) اعمال گردید. همچنین معیار نرمی شکل، ۰/۴ و ضریب فشردگی، ۰/۶ در نظر گرفته شد. شکل(۳) سگمنت‌سازی با انواع مقیاس را برای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

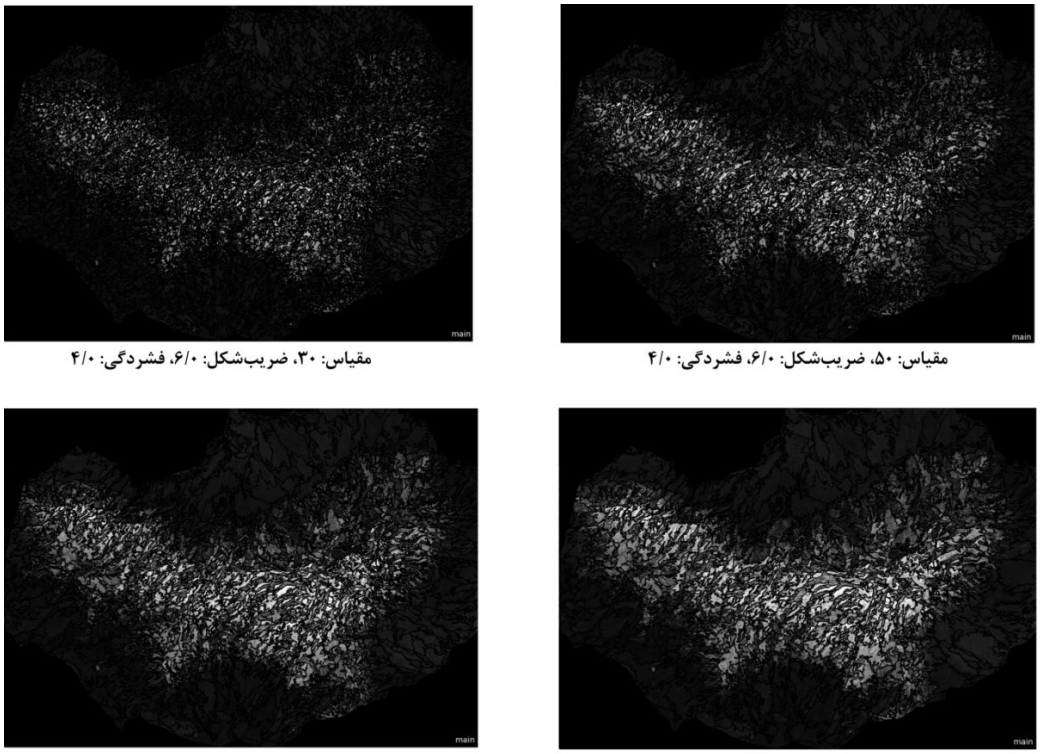
1. Texture
2. Compactness
3. Shape
1. Land Surface Temperature (LST)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

جدول (۳). وزن‌های انتخابی برای ترکیب باندی منتخب در فرآیند سگمنت‌سازی تصویر

باندها	وزن اعمال شده
باند ۲	۲۰
باند ۴	۲۰
باند ۵	۱۰
باند ۶	۲۰
DEM	۱۰
LST	۲۰
جمع	۱۰۰

(منبع: نگارندگان)



مقیاس: ۵۰، ضریب‌شکل: ۰/۶، فشردگی: ۰/۴

مقیاس: ۳۰، ضریب‌شکل: ۰/۶، فشردگی: ۰/۴

مقیاس: ۹۰، ضریب‌شکل: ۰/۶، فشردگی: ۰/۴

مقیاس: ۷۰، ضریب‌شکل: ۰/۶، فشردگی: ۰/۴

شکل(۳). نمایش سگمنت‌سازی تصویر در مقیاس مختلف (منبع: نگارندگان)

طبقه‌بندی شیءگرای تصاویر

طبقه‌بندی شیءگرا فرآیندی است که کلاس‌های پوشش اراضی را به اشیاء تصویری ارتباط می‌دهد(رضایی-بنفشه و همکاران، ۱۳۸۷). پس از فرآیند طبقه‌بندی، هر یک از اشیاء تصویری به یکی(یا هیچکدام) از کلاس‌ها اختصاص می‌یابند. این نوع از طبقه‌بندی براساس منطق فازی استوار است و ارزش عوارض را به ارزش فازی (بین صفر و یک) با درجه عضویت معین برای هر کلاس تبدیل می‌کند. در این فرآیند پیکسل‌ها با درجه عضویت متفاوت در بیش از یک کلاس طبقه‌بندی می‌شوند و براساس درجه عضویت نسبت به هر کلاس،

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

طبقه‌بندی براساس شاخص نزدیک‌ترین همسایه انجام می‌شوند (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). طبقه‌بندی فازی در محیط نرم‌افزار eCognition متناسب با شرایطی است که مفسر برای هر کلاس تعیین می‌کند. این شرایط به‌وسیله توابعی که برای کلاس‌ها بیان می‌گردد، تعریف می‌شود که می‌تواند به‌صورت تابع عضویت، شبیه‌سازی کلاس‌ها یا نزدیک‌ترین همسایه باشد (صبا و همکاران، ۲۰۱۶). در نرم‌افزار eCognition تعریف شرایط مناسب برای هر کلاس مبنای طبقه‌بندی فازی را تشکیل می‌دهد. با تعیین ویژگی‌های مربوط به اطلاعات طیفی و ویژگی‌های هندسی کلاس‌ها در طی فرآیند پردازش تصویر، می‌توان از عملگرهای منطق فازی شامل Max, Or عملگری با حداکثر ارزش بازگشتی از ارزش فازی، میانگین حسابی ارزش فازی، میانگین هندسی ارزش فازی و عملگر And، عملگری بازگشتی به عنوان حاصل‌ضربی از ارزش فازی استفاده نموده و شرایط مناسب برای طبقه‌بندی را تعریف نمود (کاستا و همکاران، ۲۰۱۷). در تعریف شرایط طبقه-بندی، مفسر می‌تواند از پارامترهای طیفی و بصری (شامل بافت، شکل، تن رنگ و...) استفاده نموده و با تعریف یکی یا مجموعه‌ای از این عوامل و همچنین تعیین نسبت اهمیت هر یک از این عوامل در فرآیند طبقه‌بندی، شرایط مناسب برای طبقه‌بندی کلاس‌ها را تعریف نماید (فیضی‌زاده و هلالی، ۱۳۸۸). در تحقیق حاضر علاوه بر شاخص فازی And از شاخص نرمال‌شده برف (NDSI)، شاخص نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI[1])، دمای سطح زمین (LST)، و ضریب روشنایی[2] برای طبقه‌بندی و استخراج سطح پوشش برف استفاده شده است شکل(۴).

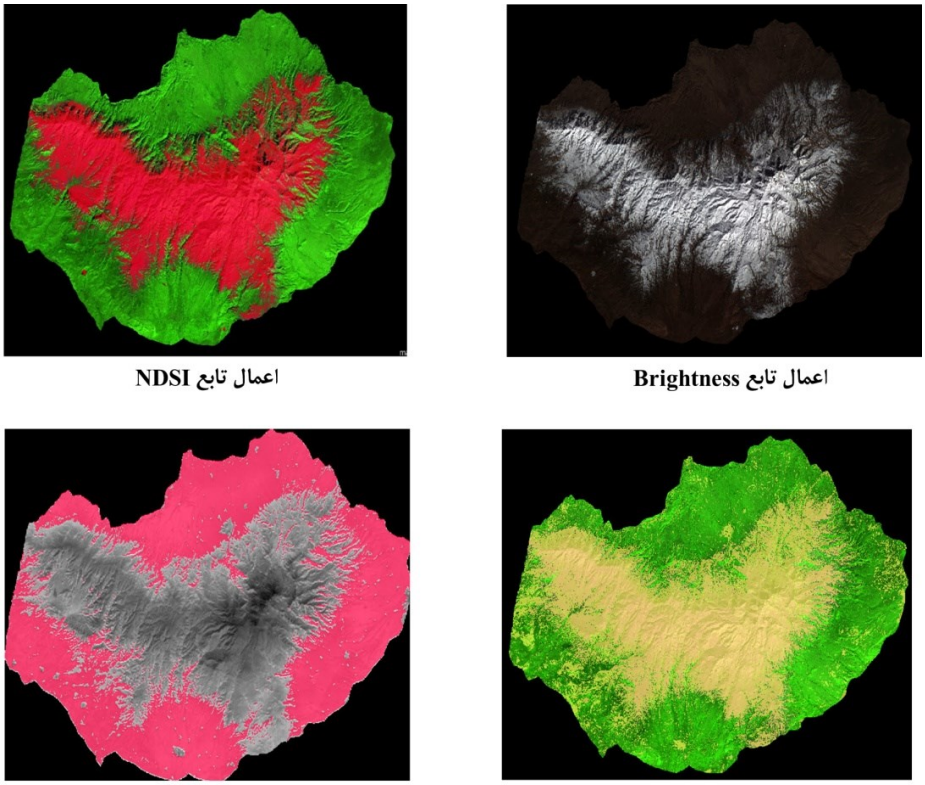
1. Normalized Difference Vegetation Index

2. Brightness

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]

[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]



شکل(۴). توابع به‌کار گرفته‌شده در پردازش شیءگرای تصاویر (منبع: نگارندگان)

شاخص نرمال‌شده برف (NDSI)

شاخص برف نرمال شده به‌عنوان یک شاخص استخراج اتوماتیک برف به همراه مجموعه‌ای از آستانه‌ها به‌کار می‌رود. این شاخص بر مبنای این حقیقت که برف دارای بازتابندگی بالا در ناحیه مرئی و بازتابندگی پایین در مادون‌قرمز میانی می‌باشد جهت تشخیص برف از ابر و مناطق فاقد برف استفاده می‌شود (نولین و لیانگ، ۲۰۰۰). این شاخص در تصاویر Landsat 8 از نسبت اختلاف بازتابندگی باند آبی و مادون قرمز میانی، تقسیم بر مجموع بازتابندگی در این دو باند به‌دست می‌آید رابطه(۱).

$$NDSI=\frac{b6-b2}{b6+b2}$$ رابطـــه(۱)

در رابطه(۱)، b2 و b6 به‌ترتیب باند آبی(با طول موج بین ۰/۵۱۵-۰/۴۵۰) و مادون‌قرمز میانی(بین ۱/۶۶۰-۱/۵۶۰) سنجنده OLI می‌باشد.

در نرم‌افزار eCognition، از طریق رابطه ۱ شاخص NDSI ایجاد شده و آستانه در نظر گرفته‌شده برای این شاخص جهت استخراج سطح پوشش برف ۰/۳۱ به بالا لحاظ گردید ($NDSI > 0.31$).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

با دقت در تصاویر ماهواره‌ای، مشاهده شد که سطح برف به‌طور کامل استخراج نگردیده است و آن دسته از برفی که در داخل دره‌ها وجود دارند از طریق این شاخص قابل برآورد نیست. بنابراین برای اینکه سطوح برف به‌صورت کاملاً دقیق استخراج شود، از شاخص‌های LST، NDVI، Brightness نیز استفاده شد.

شاخص نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI)

این شاخص معیار مناسبی برای جداسازی برف، از خاک و پوشش گیاهی می‌باشد. بر همین مبنا، آن دسته از پوشش برفی که در هنگام طبقه‌بندی با سایر کاربری‌های مورد نظر آمیخته شده بودند، از طریق این شاخص جدا شدند. همچنین در هنگام اجرای شاخص LST آن دسته از زمین‌هایی که (مخصوصاً زمین‌های در ارتفاعات بالا) قرار داشته و دارای پوشش برف نبوده ولی دمایی معادل برف داشته‌اند از طرق این شاخص جدا شده و زمین‌های بدون برف تفکیک گردید. در واقع این شاخص به عنوان فیلتر بر روی شاخص LST استفاده گردید تا مشکل آمیختگی برف با سایر کاربری‌ها برطرف شود.

این شاخص از طریق رابطه(۲) بر روی تصاویر سنجنده OLI اجرا گردید.

$$NDVI=\frac{b5-b4}{b5+b4}$$ رابطه(۲)

در رابطه(۲)، b4 و b5 به‌ترتیب باند قرمز (با طول موج ۰/۶۸۰-۰/۶۳۰) و مادون‌قرمز نزدیک (باطول موج ۸۴۵/۸۸۵-۰/۰) سنجنده OLI می‌باشد.

آستانه در نظر گرفته شده برای این شاخص در تحقیق حاضر، NDVI بالاتر از ۰/۰۷ می‌باشد (NDVI > 0.07).

دمای سطح زمین (LST)

محاسبه دمای سطح زمین یکی از کاربردی‌ترین لایه‌ها برای استخراج سطح پوشش برف محسوب می‌شود. برای محاسبه دمای سطح زمین در تصاویر Landsat 8 ابتدا باید تبدیل DN به تابندگی[1] برای باند ۱۰ سنجنده TIRS انجام شود. علت استفاده از باند ۱۰ برای محاسبه سطح پوشش برف دقت بالا و مناسب بودن این باند نسبت به باند ۱۱ می‌باشد (المدرسی و همکاران، ۱۳۹۳).

DN، اعداد صحیح بدون واحدی هستند که ماهواره‌ها از آن‌ها برای ثبت مقدار نسبی تابندگی استفاده می‌کنند و در تصاویر Landsat 8 بین(۲۵۵-۰) قراردارند. تابندگی نیز، مقدار انرژی ثبت‌شده توسط ماهواره می‌باشد. هر پیکسل دارای یک DN در هر طول‌موج است و باید در نظر داشت که DN ها فقط شاخصی از تابندگی بوده و فاقد واحدهای فیزیکی تابندگی هستند. پس برای مطالعه ویژگی مربوط به تابندگی پدیده‌های سطح زمین باید عمل تبدیل انجام شود. در زمان تبدیل DN ها به تابندگی، به‌دلیل اینکه در زمان ثبت تابندگی توسط سنجنده‌ها، یک رابطه خطی بین تابندگی و DN به‌وجود نمی‌آید (یعنی همزمان با افزایش تابندگی مقدار DN افزایش پیدا نمی‌کند)؛ اقدام به اعمال یک سری ضرایب بر روی تصویر می‌شود تا اینکه یک رابطه

1. Radiance

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

خطی بین آن‌ها به‌وجود آید. برای اعمال ضرایب مورد نظر بر روی باند ۱۰ سنجنده TIRS از رابطه(۳) استفاده شد(بندیب و همکاران، ۲۰۱۷).

رابطه(۳)

$$L_{\lambda=ML\times Q_{CAL}+AL}$$

l_λ= تابش طیفی

Multi Bands Radiance = ML

Q_{CAL}= تصویر خام

Add Band Radiance = AL

اعداد پارامترهای ML و AL از فایل پشتیبان تصویر به‌دست آمد که در تصاویر مختلف دارای اعداد مختلفی می‌باشد.

پس از تبدیل DN به تابندگی، از طریق رابطه(۴) دمای درخشندگی، به‌دست آمد.

رابطه(۴)

$$T=\frac{K_1}{In\left(\frac{K_2}{L_\lambda}\right)+1}$$

T= دمای درخشندگی

مقادیر K_1 و K_2 نیز در فایل پشتیبان تصاویر موجود می‌باشند:

K_2= 1321.0789 ، K_1= 774.8853

L_λ = رادیانس باند ۱۰

نهایتاً از طریق رابطه(۵) دمای سطح زمین برای منطقه مورد مطالعه به‌دست آمد:

رابطه(۵)

$$T_S=\frac{T}{\varepsilon_0^{0.25}}$$

آستانه لحاظ شده در این مرحله برای دمای سطح زمین، بالاتر از ۲- در نظر گرفته شد. در مرحله بعد از طریق شاخص پوشش گیاهی (NDVI) عمل فیلتر بر روی شاخص LST انجام گرفت که پایین‌تر از صفر لحاظ گردید (LST > -2 and NDVI < 0). در واقع می‌توان چنین بیان کرد که این شاخص‌ها به‌عنوان مکمل شاخص NDSI جهت برآورد سطح برف عمل کرده و خروجی بهتر و بادقت بالایی را ارائه می‌دهد.

ضریب روشنایی (Brightness)

با استفاده از سه شاخص بیان شده سطح پوشش برف استخراج گشته و مشکل آمیختگی برف با کاربری‌های دیگر برطرف گردید؛ اما آن دسته از سطوح برفی که ضعیف بوده و دارای انعکاس پایینی هستند از طریق شاخص ضریب روشنایی استخراج گردید تا بدین طریق بتوان سطوح برف را با دقت بسیار مناسب و بدون آمیختگی با سایر کاربری‌ها برآورد کرد. به عبارتی دیگر می‌توان گفت که ضریب شفافیت برف با دیگر کاربری‌ها متفاوت بوده و از ضریب شفافیت بالایی برخوردارند، لذا از این شاخص برای استخراج آن دسته از سطح پوشش برفی که در دره‌ها وجود دارند و استخراج آن‌ها با شاخص‌های دیگر ممکن نیست، استفاده شده است. فرمول شاخص مورد نظر در رابطه(۶) آورده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

$$B=\frac{1}{n_{vis}}\sum_{i=1}^{n_{vis}}\bar{c}_{i(vis)}$$ رابطه (۶)

در این رابطه، B مقدار میانگین روشنایی از یک شیء، $\bar{c}_{i(vis)}$ مجموع همه میانگین روشنایی در باندهای مرئی و n_{vis} تعداد باندها است. در ادامه، برای محاسبه MaxDiff رابطه(۷) به‌کار گرفته شد که در آن مقادیر Min و Max به‌ترتیب، میانگین کمترین و بیشترین شیءها است.

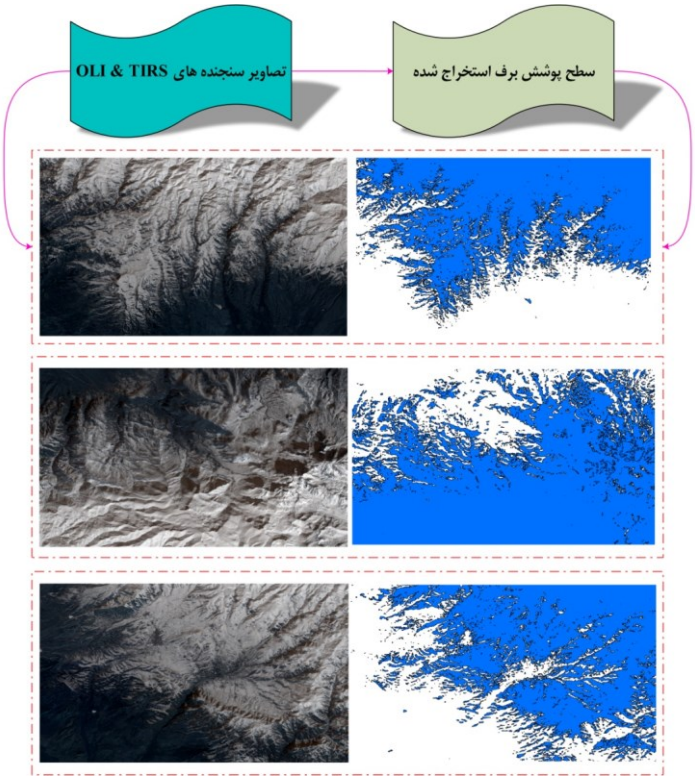
$$maxdiff=\frac{|\min(\bar{c}_{i(vis)})-\max(\bar{c}_{i(vis)})|}{B}$$ رابطـه(۷)

آستانه مورد نظر برای این شاخص، ضریب روشنایی بالاتر از ۱۰۰۰ در نظر گرفته شد (Brightness > 1000). نهایتاً با اجرای این شاخص بر روی نتایج سه شاخص بیان‌شده سطوح برف برای کوهستان سبلان برآورد گردید.

نتایج

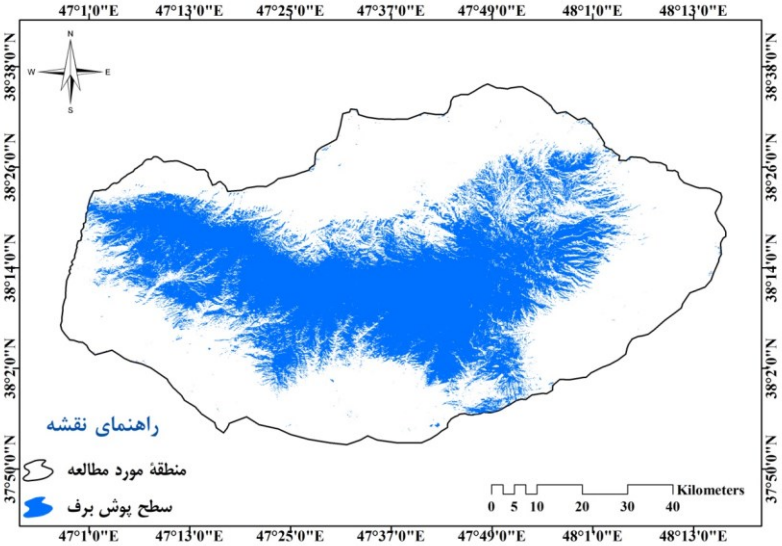
پژوهش‌های اخیر با پردازش بر روی پیکسل‌های تصویر و تنها با به‌کارگیری شاخص NDSI به برآورد سطح پوشش برف پرداخته‌اند؛ بنابراین در نتایج چنین تحقیقاتی ممکن است پیکسل‌هایی که به‌عنوان برف شناخته شده‌اند بخشی دارای پوشش برفی بوده و بخشی از آن کاربری‌های دیگر را شامل شود که این مسئله دقت استخراج برف را پایین آورده و امکان استخراج تمامی سطوح برفی را با مشکل مواجه می‌کند. ازجمله این تحقیقات، استخراج سطح برف با تصاویر سنجنده MDIS است که در این نوع از تصاویر ماهواره‌ای به‌علت قدرت تفکیک مکانی پایین (۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر)، آن دسته از پوشش برفی که در داخل دره‌های کوهستانی هستند قابل استخراج نبوده و علاوه بر این تفکیک پوشش برف از پوشش ابر با دقت بسیار پایینی انجام می‌شود. در این پژوهش به‌دلیل استفاده از داده‌های با قدرت تفکیک مکانی بالا (۳۰ متر) و روش نوین طبقه‌بندی تصاویر، علاوه بر استخراج سطح برف در دامنه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه، پوشش برف داخل دره‌ها نیز به‌وسیله شاخص‌های مورد استفاده با دقت مناسب و قابل قبول استخراج شدند تا نتیجه مطلوبی از سطح برف ارائه شود. نتایج حاصل‌شده در شکل(۵) درک بهتری را از مطالب ارائه‌شده نمایش می‌دهد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]



شکل (۵). نمایشی از نتایج به‌دست آمده از سطح پوشش برف (منبع: نگارندگان)

نتیجه نهایی نقشه سطح پوشش برف استخراج‌شده به روش شیءگرا برای منطقه مورد مطالعه در شکل(۶) آورده شده است که به‌میزان ۲۱۴۲/۶۲ کیلومترمربع محاسبه گردید.



شکل(۶). سطح پوشش برف استخراج‌شده منطقه کوهستانی سبلان (منبع: نگارندگان)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

جدول(۴). ماتریس خطای طبقه‌بندی به روش شیءگرا

کلاس	پوشش برف	سایر کاربری‌ها	جمع
پوشش برف	۹۲۱۹	۰	۹۲۱۹
سایر کاربری‌ها	۰	۳۴۸	۳۴۸
جمع	۹۲۱۹	۳۴۸	
دقت کلی: ۹۱ درصد			

جهت ارزیابی دقت طبقه‌بندی صورت‌گرفته برای سطح پوشش برف استخراج‌شده به روش شیءگرا، نتیجه نهایی سطوح برف با نقاط نمونه برداشت شده مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. نهایتا، سطح پوشش برف با دقت کلی ۹۱ درصد برآورد شد جدول(۴) که می‌توان از چنین نتایجی جهت مدیریت مناسب منابع آب مناطق کوهستانی که اکثراً بارش به‌صورت برف هست، استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با هدف استخراج سطح پوشش برف در محدوده کوهستان سبلان از تصاویر سنجنده‌های OLI و TIRS ماهواره Landst8 و همچنین شاخص‌های NDSI, Brightness, LST, NDVI و روش طبقه‌بندی شیءگرا استفاده شد. مراحل پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش در محیط نرم‌افزارهای Envi، eCognition و Arc Map (جهت تهیه نقشه‌های نهایی و موضوعی) انجام شد و در نهایت سطح پوشش برف با دقت کلی ۹۱ درصد محاسبه شد. همان‌گونه که نتیجه تحقیق نشان داد، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 و به‌کارگیری روش‌های پردازش شیءگرا در طبقه‌بندی تصاویر کارایی لازم جهت استخراج سطح پوشش برف در مناطق کوهستانی را دارا بوده و از دقت بالایی برخوردار می‌باشد. با توجه به برآورد دقیق سطح برف و همچنین کم‌هزینه بودن استفاده از این نوع تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان با اطمینان زیادی جهت بررسی سطح پوشش برف از مزیت‌های این نوع از تصاویر بهره برد؛ چراکه برداشت‌های زمینی برای مطالعه برف علاوه بر بالا بودن هزینه به‌دلیل صعب‌العبور بودن مناطق کوهستانی از دقت کافی برخوردار نیستند. برخلاف سایر پژوهش‌های انجام گرفته که بیش‌تر از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه استفاده شده، در پژوهش حاضر جهت استخراج سطح پوشش برف از روش‌های پردازش شیءگرا، شاخص‌های NDSI, NDVI, LST, Brightness و از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 استفاده شد و در نهایت سطح پوشش برف برای محدوده کوهستانی سبلان به‌میزان ۲۱۴۲/۶۲ کیلومترمربع محاسبه گردید. با توجه به اهمیت برف به‌عنوان یک منبع بسیار مهم و حیاتی برای تأمین آب و داشتن مزیت‌های فراوان این نوع از بارش نسبت به انواع بارش‌های شناخته‌شده در منطقه کوهستانی، لزوم بالا بردن دقت در استخراج برف بیش از پیش احساس می‌شود که تحقیق حاضر می‌تواند به این نیاز پاسخ دهد و روشی که در این پژوهش برای برآورد سطح برف ارائه گردیده است می‌تواند راهنمای بسیار مناسبی برای دانشجویان و اساتیدی که در این زمینه فعالیت دارند باشد. جهت بالا بردن دقت در زمینه برآورد و استخراج سطح پوشش برف از تصاویر ماهواره‌ای، موارد زیر را می‌توان پیشنهاد کرد تا به‌عنوان جایگزینی برای برداشت‌های زمینی باشد:

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

۱- از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالاتر از Landsat 8، همچون تصاویر ماهواره‌ای Aster و Sentinel 2 استفاده شود.

۲- برای محاسبه دمای سطح زمین از روش‌های دیگر همچون شاخص پنجره مجزا نیز استفاده شود تا نتایج آن با دمای سطح زمین محاسبه‌شده به‌وسیله باند ۱۰ ماهواره Landsat 8، مقایسه شده و بهترین روش تعیین گردد.

۳- جهت استخراج سطح پوشش برف، دو روش پردازش شیءگرا و پیکس‌پایه به‌کار گرفته شود تا نتایج آن‌ها باهم مقایسه شده و مزیت و معایب هر کدام از آن‌ها بررسی شود. البته پیش‌بینی می‌شود که روش پردازش شیءگرا به دلیل استفاده از پارامترهای مختلف در طبقه‌بندی و همچنین طبقه‌بندی برمبنای شیءهای تصویر (نه برمبنای پیکسل‌های تصویر) سطح پوشش برف را با دقت مناسبی نسبت به روش پیکس‌پایه محاسبه کند.

منابع

ادهمی، سلام. (۱۳۸۴). **کاربرد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه‌بندی پوشش برف، مطالعه موردی: حوضه آجی‌چای**، رسولی علی‌اکبر، دانشگاه تبریز، گروه سنجش‌ازدور و GIS.

اکبری، مسلم؛ سلیمانی، کریم؛ حبیب‌نژاد روشن، محمود؛ رئیسی، محسن. (۱۳۸۹). **کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، مطالعه موردی: حوضه آبخیز نورآباد لرستان**، همایش ژئوماتیک، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور.

پیرنظر، مجتبی؛ زند کریمی، آرش. (۱۳۹۴). **راهنمای کاربردی نرم‌افزار ENVI و پردازش تصاویر ماهواره‌ای ENVI 5.1**، انتشارات ناقوس، تهران.

جویباری مقدم، یاسر؛ آخوندزاده، مهدی؛ سراجیان، محمدرضا. (۱۳۹۳). **تخمین سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر ماهوارهای لندست -۸**، اولین کنفرانس بین‌المللی مهندسی محیط‌زیست، تهران، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

حجام، سهراب؛ شرعی‌پور، زهرا. (۱۳۸۲). **ذوب برف در حوضه آبریز طالقان**، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۵ (۳): ۴۹-۶۲.

رایگانی، بهزاد؛ سلطانی کوپایی، سعید؛ خواجه‌الدین، سید جمال‌الدین؛ براتی، سوسن. (۱۳۸۸). **برآورد رواناب ناشی از ذوب برف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS**، مهندسی و مدیریت آبخیز، ۲ (۴): ۲۳۶-۲۲۱.

رضایی‌بنفشه، مجید؛ رستم‌زاده، هاشم؛ فیضی‌زاده، بختیار. (۱۳۸۷). **بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS (مطالعه موردی جنگل‌های ارسباران ۱۹۸۷-۲۰۰۵)**، پژوهش‌های جغرافیایی، ۴۰ (۱): ۱۵۹-۱۴۳.

روستایی، شهرام؛ رحیم‌پور، توحید؛ نخستین روحی، مهسا. (۱۳۹۵). **آشکارسازی سطح پوشش برف حوضه آبریز تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای NOAA-AVHRR**، دومین کنگره بین‌المللی علوم زمین و توسعه شهری، تبریز، شرکت کیان طرح دانش، پژوهشکده جهاد دانشگاهی واحد استان آذربایجان شرقی.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

فتاحی، ابراهیم؛ نوحی، کیوان؛ دلاور، مجید. (۱۳۸۸). **بررسی سطح پوشش برف حوضه‌های جنوب غربی ایران، در ارتباط با سیگنال‌های اقلیمی**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۹۵: ۱۲۰-۱۰۹.

فیضی‌زاده، بختیار؛ جعفری، فیروز؛ نظم‌فر، حسین. (۱۳۸۷). **کاربرد داده‌های سنجش‌ازدور در آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی شهری مطالعه موردی فضای سبز شهر تبریز**، نشریه هنرهای زیبا، ۳۴: ۲۵-۱۷.

فیضی‌زاده، بختیار؛ خدمت‌زاده، علی؛ نیکجو، محمدرضا. (۱۳۹۶). **ریزطبقه‌بندی اراضی باغی و زراعی با استفاده از تکنیک‌های پردازش شیءپایه و الگوریتم‌های فازی با هدف تخمین سطح زیرکشت**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیا، ۱۸ (۴۸): ۲۱۶-۲۰۱.

فیضی‌زاده، بختیار؛ سلمانی، سعید. (۱۳۹۵). **مدل‌سازی تخریب اراضی کشاورزی بر اثر رشد و توسعه شهری با به‌کارگیری روش‌های شیءپایه پردازش تصاویر ماهواره‌ای در محدوده شهری ارومیه**، آمایش سرزمین، ۸ (۲): ۱۷۷-۲۰۲.

فیضی‌زاده، بختیار؛ شهابی، هژار؛ سیفی، هوشنگ. (۱۳۹۵). **شناسایی پهنه‌های مستعد توفان‌های نمکی دریاچه ارومیه با استفاده از پردازش فازی-شیءگرای تصاویر ماهواره‌ای**، مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)، ۳ (۳): ۲۸۴-۲۶۹.

فیضی‌زاده، بختیار؛ هلالی، حسین. (۱۳۸۸). **مقایسه روش‌های پیکسل‌پایه، شیءگرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش / کاربری اراضی استان آذربایجان غربی**، پژوهش‌های جغرافیایی، (۷۱): ۸۲-۷۳.

محمدپور، آیت؛ محمدپور، رقیه. (۱۳۹۵). **بررسی تغییرات سطح پوشش برف استان اردبیل با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS (در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷)**، دومین کنفرانس بین‌المللی ایده‌های نوین در کشاورزی، محیط‌زیست و گردشگری، اردبیل، مؤسسه حامیان زیست اندیش محیط آرمانی.

المدرسی، سید علی؛ رحیم‌آبادی، ابوالفضل؛ خضری، صادق. (۱۳۹۳). **پهنه‌بندی و مقایسه دمای سطح زمین با استفاده از دو باند حرارتی ۱۰ و ۱۱ تصویر لندست ۸، (مطالعه موردی شهرستان بهشهر)**، نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد.

میرموسوی، سید حسین؛ صبور، لیلا. (۱۳۹۱). **پایش تغییرات پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس در منطقه شمال‌غرب ایران**، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۲ (۳۵): ۲۰۰-۱۸۱.

میریعقوب‌زاده، میرحسین؛ قنبرپور، محمدرضا. (۱۳۸۹). **بررسی نقشه‌های پوشش برفی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در مدل‌سازی رواناب ذوب برف، مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد کرج**، مجله علوم زمین، ۱۹(۷۶): ۱۴۸-۱۴۱.

Ahmad Tahir, A; Chevallier, P; Arnaud, Y; Ahmad, B. (2011). **Modeling snowmelt-runoff under scenarios in the Hunza river basin, Karakoram range, northern Pakistan**, Journal of hydrology, 409(2): 104–117.

Antonio, JL; Eulogio, PI; David, PV. (2016). **Estimation of snowpack matching ground-truth data and MODIS satellite-based observations by using regression kriging**, Geophysical research abstracts, 18: 14368.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]

[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]

Bendib, A; Dridi, H; Kalla, M. I. (2017). **Contribution of Landsat 8 data for the estimation of land surface temperature in Batna city, Eastern Algeria**, Journal geocarto international, 32 (5): 503-513.

Blaschke, T. (2010). **Object based image analysis for remote sensing**, Journal of photogrammetry and remote sensing of environment, 65 (1): 2-16.

Costa, H; Foody, G. M; Boyd, D. S. (2017). **Using Mixed Objects in the Training of Object-Based Image Classifications**, Remote Sensing of Environment, 190: 188-197.

Dariane, A; Khoramian, A; Santi, E. (2017). **Investigating spatiotemporal snow cover variability via coud-free MODIS snow cover product in central Alborz region**, Remote sensing of environment, 1-14.

Georgievsky, M. V. (2009). **Application of the snowmelt runoff model in the Kuban river basin using MODIS satellite images**, Environmental research letters, 4 (4): 1-5.

Guo, X; Dong, G; Gao, W; Cai, M; Fan, D; Yin, H; Lian, Y; Dang, S; (2016). **Using object oriented technique to extract Jujube based on Landsat8 OLI image in Jialuhe basin**, Journal of image processing theory and applications, 1 (1): 16-20.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.8.0]

[DOI: 10.52547/jgs.21.63.19]