

بر آورد سطح پوشش برف از طریق تکنیک‌های شیء‌گرا

با استفاده از تصاویر سنجنده‌های OLI و TIRS

مطالعه موردی: کوهستان سهند

هوشنگ سیفی^۱

اسماعیل قربانی^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۰۳/۱۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۱۰/۲۰

چکیده

مطالعه و اندازه‌گیری تغییرات سطوح برف به عنوان یکی از منابع مهم تأمین آب، بسیار حائز اهمیت است. با توجه به شرایط سخت فیزیکی محیط‌های کوهستانی، امکان اندازه‌گیری دائم زمینی جهت تخمین منابع برفایی و تشکیل پایگاه داده‌ها وجود ندارد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجنش ازدور با توجه به هزینه کم، به روز بودن و پوشش وسیع در این زمینه راهگشا بوده و می‌تواند در شناسایی مناطق برف‌گیر و ارزیابی تغییرات آن روش مناسبی جهت نیل به این هدف باشد. هدف اصلی این پژوهش تخمین سطح پوشش برف کوهستان سهند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های OLI و TIRS و به وسیله 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 کلی پردازش پیکسل پایه و شیء‌پایه انجام می‌گیرد. روش پیکسل پایه 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 به کار می‌گیرد. لذا در تحقیق حاضر بنا به دقت بالای طبقه‌بندی شیء‌گرا نسبت به طبقه‌بندی پیکسل پایه از تکنیک‌های شیء‌پایه برای طبقه‌بندی و تخمین سطح پوشش برفی استفاده شد. در تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS به علت قدرت تفکیک مکانی پایین، آن دسته از پوشش‌های برفی که در داخل دره‌های کوهستانی هستند قابل استخراج نمی‌باشند. همچنین تفکیک پوشش برف از پوشش ابر در این نوع از تصاویر با دقت بسیار پایینی انجام می‌شود. در این پژوهش به دلیل استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 و روش نوین طبقه‌بندی تصاویر، علاوه بر استخراج سطح برف در دامنه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه، پوشش برف داخل دره‌ها نیز به وسیله الگوریتم‌های NDSI, NDVI, LST, Brightness با دقت بسیار مناسبی به میزان ۱۸۸۲/۸۹ کیلومتر مربع برای محدوده کوهستانی سهند استخراج گردید که از نتایج آن می‌توان به عنوان جایگزین ایستگاه‌های برف‌سنجی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: سطح پوشش برف، روش پردازش شیء‌گرا، کوهستان سهند، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های OLI و TIRS.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجنش ازدور و GIS، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول) seifhooshang@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجنش ازدور و GIS، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز Gorbani 71@yahoo.com

۱- مقدمه

آب بیش از پیش احساس می‌شود (B.Dariane et al, 2017). 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 واسطه بهره‌برداری بهینه از منابع آب ضروری است (حجام و شرعی‌پور، ۱۳۸۲). کوهستان سهند بعد از سبلان یکی از 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. در این تنگه‌های کوهستانی رودخانه‌های پرآبی به سوی دو آبگیر عمده آذربایجان یعنی دریاچه ارومیه و دره قزل اوزن جریان دارند. بنابراین ارتفاعات برف گیر سهند یکی از بزرگترین منشأهای 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، مهندسی آب و برق ضروری به نظر می‌رسد و سنسور از دور و تصاویر حاصل از آن به عنوان 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 به عنوان جایگزین پایش‌ها و عملیات زمینی در تهیه نقشه سطح برف مطرح شده‌اند (میریعقوب‌زاده و قنبرپور، ۱۳۸۹). تحلیل دقیق مسائل برفی به مجموعه‌ای از مشاهدات در زمینه برف‌سنجی نیاز دارد که سنسورهای OLI^۱ و TIRS^۲ با داشتن مزیت‌های فراوان و با داشتن تعداد باندهای مناسب، میزان تفکیک مکانی قابل استناد و سری‌های زمانی متوالی ابزار مناسبی برای این منظور محسوب می‌شوند.

طبقه‌بندی تصاویر رقوم ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای استخراج اطلاعات کاربردی محسوب می‌شود

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 به عنوان یکی از تعیین کننده‌ترین 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 منطقه مورد نظر، تغییرات زمانی و مکانی آن و برنامه‌ریزی دقیق نگهداری و بهره‌برداری از آن وجود دارد. منابع آب مصرفی کره زمین از ریزش‌های جوئی تأمین می‌شود که این ریزش‌ها به صورت‌های 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 (Vikhmar & Rune, 2002; Wang et al, 2008). پوشش برفی و آب حاصل از ذوب آن در مناطق واقع بین ۳۰ تا ۶۰ درجه شمالی و جنوبی، یکی از اساسی‌ترین منابع آب محسوب می‌گردد (ادمی، ۱۳۸۴) و حدود یک سوم از آب مورد نیاز برای فعالیت‌های کشاورزی و آبیاری را در کره زمین تأمین می‌کند (رایگانی و همکاران، ۱۳۸۹). ایران به عنوان 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 یک سوم بارندگی جهان بوده و توزیع آن با نیازهای کشاورزی و صنعتی، که مصرف کننده‌ی اصلی آب هستند، مطابقت ندارد، لزوم کنترل و استفاده بهینه از منابع

1 - Operational Land Imager
2- Thermal Infrared Sensor

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۷۹)

برآورد سطح پوشش برف از طریق تکنیک‌های شیء‌گرا ... / ۷۹

در بازتابش باندهای مختلف در تصاویر پردازش‌شده، آنها با به کار بردن شاخص پوشش برفی (NDSI) در تصاویر ماهواره‌ای و طبقه‌بندی در نرم‌افزارهای ArcMap و Erdas 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 نقشه پوشش برفی دارد.

(Georgievsky, 2009)، از مدل SRM و تصاویر ۸ روزه پوشش برف MODIS 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^۳ در روسیه مورد استفاده قرار داد. (Jimenez-Munoz et al, 2014) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنش از دوری Landsat 8 سطح پوشش برف را تخمین زدند. به این صورت که با استفاده از باندهای مرئی، مادون قرمز و حرارتی پیکسل‌های برفی را از تصویر منطقه مورد مطالعه استخراج کرده و سطح پوشش برف را بدست آوردند.

(Ahmad Tahir et al, 2015)، با مطالعه تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS مربوط به زیرحوضه‌های رودخانه آستور^۴، واقع در کشور پاکستان، سطح پوشش برف و یخ را بدست آورده و به وسیله داده‌های اقلیمی و نتایج حاصل از تصاویر ماهواره‌ای، آب حاصل از ذوب برف و یخچال را محاسبه کردند. نتایج این تحقیق رفتار هیدرولوژیکی رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه را مشخص کرد که می‌تواند در پیش‌بینی سیل و مدیریت منابع آب کاربرد داشته باشد.

(Antonio et al, 2016)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS سطح پوشش برف کوه سیرا نوادا^۵ واقع در جنوب اسپانیا را استخراج کرده و با استفاده از ۲۳ نقطه برداشت شده زمینی رواناب ناشی از ذوب برف را به وسیله مدل SRM برای منطقه مورد مطالعه بدست آوردند.

(Blaschke, 2010)، در حال حاضر طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای با دو روش کلی پردازش پیکسل پایه و شیء‌پایه انجام می‌شود (اکبری و همکاران، ۱۳۸۹). روش پیکسل پایه 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 به کار می‌گیرد (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیق حاضر با توجه به دقت بالای طبقه‌بندی شیء‌گرا نسبت به طبقه‌بندی پیکسل پایه برای استخراج سطح پوشش برف طبقه‌بندی شیء‌گرا به کار گرفته شده است.

میرموسوی و صبور (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به پیش تغییرات پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS^۱ در منطقه شمال غرب ایران پرداختند. روش مورد استفاده در این مطالعه شاخص NDSI^۲، طبقه‌بندی‌های نظارت نشده و نظارت شده می‌باشد که پس از مقایسه بین روش‌ها، طبقه‌بندی نظارت شده به عنوان 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 ۱۰۴/۰۱ کیلومتر مربع و بیشترین مساحت مربوط به سال ۲۰۰۷ با ۱۰۴۷۱/۷۸ کیلومتر مربع 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 آستانه مطلوب بر روی باندهای محدوده مرئی، مادون قرمز میانی و حرارتی طیف الکترومغناطیس، طراحی شده و پیکسل‌های برفی شناسایی شدند؛ سپس براساس قدرت تفکیک مکانی و تعداد پیکسل‌های شناسایی شده در مرحله 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

3- Kransodar

4- Astor

5- Sierra Nevada

1- Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer

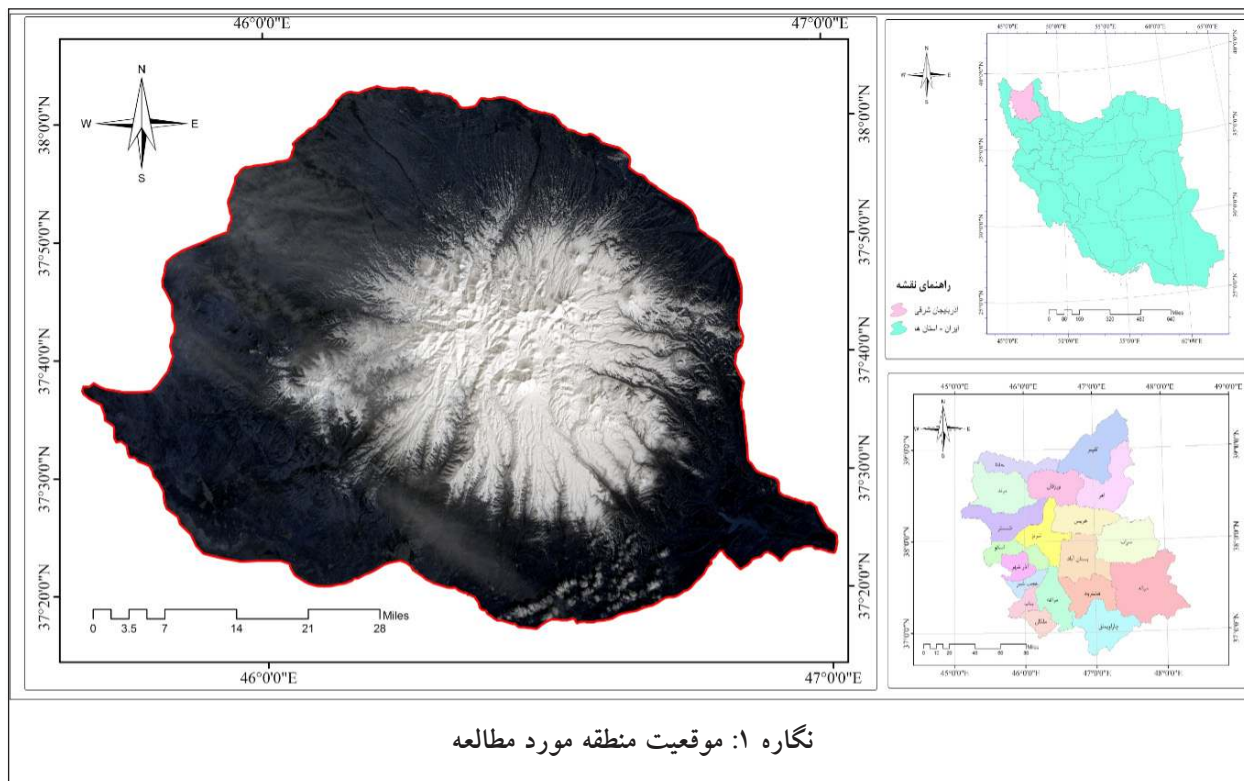
2- Normalized-Difference Snow Index

پیکسل پایه می‌گردد. 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. در تحقیق حاضر سطح پوشش برف منطقه مورد مطالعه با استفاده از تکنیک‌های پردازش شیء‌گرا به دلیل دقت بسیار بالا در طبقه‌بندی، قابلیت استفاده از انواع الگوریتم‌ها و توابع مختلف جهت استخراج اطلاعات مورد نظر از تصاویر رقومی و همچنین استفاده از اطلاعات مکانی و طیفی به صورت همزمان در طبقه‌بندی، محاسبه شده است.

نوآوری دیگری که می‌توان در این تحقیق بیان کرد اجرای این نوع از روش طبقه‌بندی جدید بر روی تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 می‌باشد؛ چرا که تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های با قدرت تفکیک ۳۰ متری OLI و ۹۰ متری TIRS نسبت به تصاویر سنجنده MODIS (با قدرت تفکیک ۵۰۰ متر) قابلیت مناسبی را در برآورد استخراج برف خواهد داشت.

(Dariane et al, 2017) در تحقیقی که برای منطقه کوهستانی البرز مرکزی در شمال ایران انجام دادند، به مقایسه تغییرات سطوح برف طی سال‌های ۲۰۰۲ الی ۲۰۱۵ پرداختند و با توسعه الگوریتم حذف متوالی ابر، سطح برف را با دقت بیشتری از طریق تصاویر ماهواره‌ای MODIS 2 برآورد کردند. نتایج تحقیق نشان داد که میزان سطح برف منطقه کوهستانی البرز مرکزی در یک دوره کوتاه مدت (۱۳ سال)، کاهش شدیدی را داشته است.

جمع‌بندی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که در طبقه‌بندی سطح پوشش برف بیشتر از تصاویر ماهواره‌ای MODIS، و از روش‌های پیکسل پایه استفاده شده است. در روش‌های معمول پیکسل پایه، طبقه‌بندی براساس ارزش عددی هر یک از پیکسل‌ها انجام می‌شود که نتیجه بازتاب عارضه‌ها متناظر آن در سطح زمین است. توانایی روش‌های کلاسیک در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای هنگامی که اشیاء متفاوت اطلاعات طیفی مشابهی دارند محدود می‌باشد. این امر موجب کاهش صحت روش‌های طبقه‌بندی



فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (پژوه)

برآورد سطح پوشش برف از طریق تکنیک‌های شیء‌گرا ... / ۸۱

جدول ۱: خصوصیات باندهای چندطیفی سنجنده OLI و باندهای حرارتی سنجنده TIRS ماهواره Landsat 8

(مأخذ: پیرنظر و کریمی، ۱۳۹۴)

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

۲- منطقه مورد مطالعه

۱) سنجنده OLI که دارای ۹ باند طیفی در محدوده مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز با طول موج کوتاه طیف الکترومغناطیس می‌باشد.
 ۲) سنجنده TIRS که دارای ۲ باند طیفی در محدوده مادون قرمز 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 شماره ۱ نشان داده شده است.

برای تهیه سطح پوشش برف منطقه مورد مطالعه از تصاویر سنجنده‌های OLI و TIRS، ماهواره Landsat 8، مربوط به تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۰ (به شماره گذر و ردیف ۳۴-۱۶۸) و همچنین داده‌های مدل رقومی ارتفاع^۱ سنجنده Aster^۲، ماهواره Terra با قدرت تفکیک ۲۸/۵ متر استفاده شده است.

داده‌های ماهواره‌ای به فرمت Geo TIFF از سایت USGS^۳ تهیه شدند، با این توضیح که ابتدا تصاویر مورد نیاز از سازمان زمین شناسی آمریکا درخواست و از سایت

کوهستان سهند در شمال غرب ایران، ۶۰ کیلومتری شرق دریاچه ارومیه و ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر تبریز، در محدوده بین طول‌های جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی قرار دارد (نگاره شماره ۱). ارتفاع کوه سهند از سطح دریا ۳۶۹۵ متر می‌باشد و مخروطی بسیار پهن و گسترده دارد که از توف‌ها و خاکسترهای فوران تشکیل گردیده و بر اثر آب‌های جاری دره‌های تنگی در آنها ایجاد شده است. ناحیه کوهستانی سهند دارای آب و هوای سردسیری بوده و مقدار بارندگی در این منطقه بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر در سال می‌باشد. از نظر تقسیم‌بندی آب و هوایی، منطقه سهند در ردیف مناطقی است که ارتفاع آنها بیش از ۲۰۰۰ متر است. وجود تابستان‌های ملایم و زمستان‌های سرد و طولانی از خصوصیات این مناطق می‌باشد.

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- داده‌های مورد استفاده

ماهواره Landsat 8 از دو سنجنده اصلی تشکیل شده است:

1- DEM (Digital Elevation Model)

2- Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

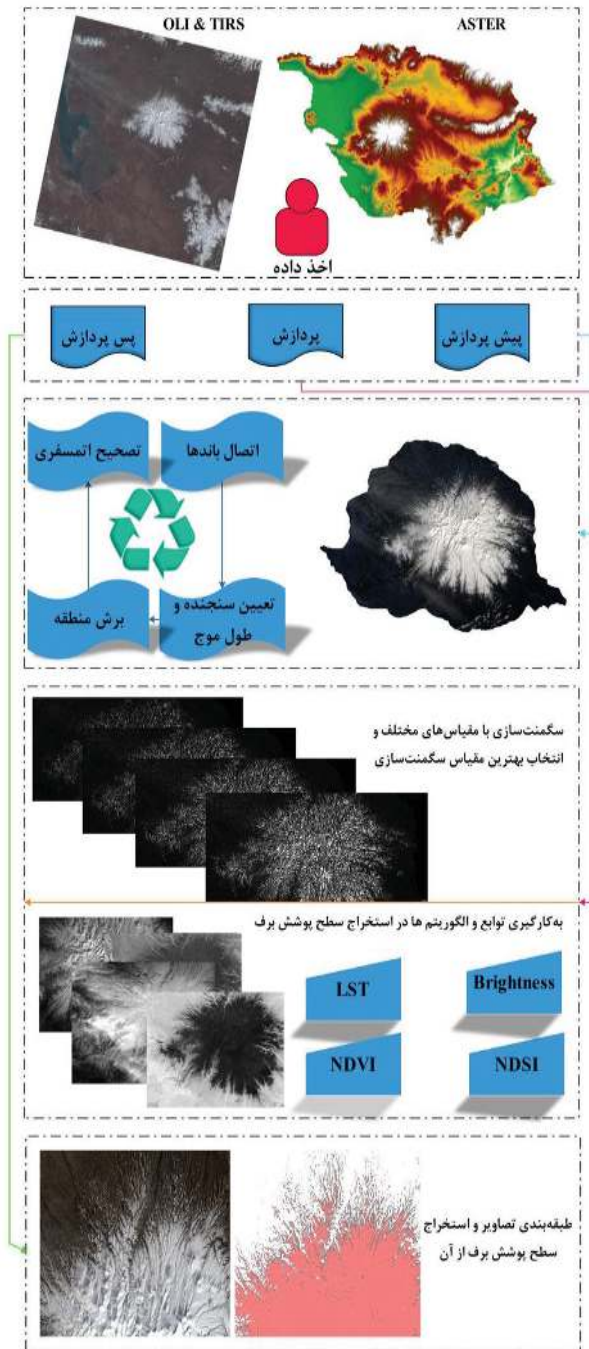
3- United States Geological Survey

مورد مطالعه برش داده شد و در مرحله آخر در فرمت
 IMAGINE Image ذخیره گردید، تا برای ورود به نرم افزار
 eCognition جهت طبقه بندی و استخراج سطح پوشش برف
 آماده گردد.

مربوط دریافت شد (جدول شماره ۲).
 در این تحقیق برای پردازش و آماده سازی تصاویر،
 طبقه بندی و خروجی گرفتن نقشه های نهایی به ترتیب از
 نرم افزارهای 5.3, eCognition 9.1, ArcMap 10.4.1
 استفاده گردید. نگاره شماره ۲ روند کلی تحقیق را نمایش
 می دهد.

جدول ۲: مشخصات تصویر استفاده شده در تحقیق

ماهواره	سنجنده	ردیف	گذر	تاریخ	مینا	سطح تصحیحات
Landsat 8	OLI	۳۴	۱۶۸	۱۳۹۵/۱۱/۲۰	WGS84	LIT
Landsat 8	TIRS	۳۴	۱۶۸	۱۳۹۵/۱۱/۲۰	WGS84	LIT
Terra	Aster	-	-	-	WGS84	LIT



نگاره ۲: روند کلی تحقیق

۲-۳- بررسی کیفیت تصاویر

در تحقیق حاضر، کیفیت تصاویر قبل از هرگونه تجزیه
 و تحلیل و پردازش داده ها از نظر وجود خطای هندسی و
 رادیومتری بررسی شدند. به منظور اطمینان از عدم خطا، با
 نمایش تک تک باندها و همچنین ترکیب های رنگی مختلف بر
 روی صفحه نمایش رایانه و با بزرگ نمایی قسمت های مختلف
 تصاویر، از لحاظ خطاهای رادیومتری مانند راه راه شدگی مورد
 ارزیابی قرار گرفتند.

برای بررسی وضعیت هندسی تصاویر و اطمینان از
 مناسب بودن هندسه تصاویر، لایه های برداری جاده ها و
 آبراهه ها روی تصاویر ماهواره ای قرار داده شد، که با اجرای
 این روش از صحت هندسی تصاویر مورد استفاده اطمینان
 حاصل گردید.

۳-۳- آماده سازی تصاویر

پس از دانلود تصاویر مربوط به منطقه مورد مطالعه و
 اطمینان از عدم وجود خطاهای رایج، جهت تعیین طول
 موج، نوع سنجنده و ادغام تصویرهای مورد نیاز از نرم افزار
 Envi 5.3 استفاده گردید. پس از این مرحله، تصویر ادغام
 شده در محیط نرم افزار ArcMap 10.4.1 براساس محدوده

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۸۳)

بر آورد سطح پوشش برف از طریق تکنیک‌های شیء‌گرا ... / ۸۳

آنها را در فرایند 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 فرایند سگمنت‌سازی اجازه ایجاد شیء‌های تصویری کوچک را خواهد داد. بنابراین تعریف مقیاس مناسب برای سگمنت‌سازی تصویر از اهمیت بالایی برخوردار است. (Dong et al, 2016)

علاوه بر پارامتر مقیاس، ترکیب نواری مناسب برای طبقه‌بندی یکی دیگر از پارامترهای مؤثر در کیفیت سگمنت‌سازی است. در تحلیل شیء‌گرای تصاویر علاوه بر امکان استفاده از بهترین ترکیب نواری برای سگمنت‌سازی، امکان اعمال وزن برای هر کدام از نوارها نیز وجود دارد. (Hanibal et al, 2017)

در تحقیق حاضر سگمنت‌سازی Multi resolution segmentation به کار گرفته شد و از ترکیب نواری RGB به صورت ۲-۶-۷ برای تصویر منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. برای این منظور با تجزیه و تحلیل نتایج سگمنت‌سازی تصویر با پارامتر مقیاس متفاوت و تفکیک مکانی تصویر، پارامتر مقیاس ۳۰ برای سگمنت‌سازی انتخاب شد. به دلیل اهمیت باندهای ۲-۳-۶-۷، مدل رقومی ارتفاع و دمای سطح زمین^۴ برای سگمنت‌سازی وزن‌های نمایش داده شده در جدول شماره ۳ اعمال گردید. همچنین معیار نرمی شکل، ۰/۴ و ضریب فشردگی، ۰/۶ در نظر گرفته شد.

جدول ۳: وزن‌های انتخابی برای ترکیب نواری منتخب در فرایند سگمنت‌سازی تصویر

وزن اعمال شده	نوار تصویر
۲۰	باندهای ۲
۱۰	باندهای ۳
۲۰	باندهای ۶
۲۰	باندهای ۷
۱۰	DEM
۲۰	LST
۱۰۰	جمع

4- Land Surface Temperature (LST)

۳-۴- طبقه‌بندی تصویر بر مبنای تکنیک‌های شیء‌گرا
طبقه‌بندی شیء‌گرا فرایندی است که کلاس‌های پوشش اراضی را به اشیاء تصویری ارتباط می‌دهد (رضایی بنفشه و همکاران، ۱۳۸۶). پس از فرایند 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 فرایند پیکسل‌ها با درجه عضویت متفاوت در بیش از یک کلاس طبقه‌بندی می‌شوند و براساس درجه عضویت نسبت به هر کلاس، طبقه‌بندی براساس الگوریتم نزدیکترین همسایه انجام می‌شوند (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵).

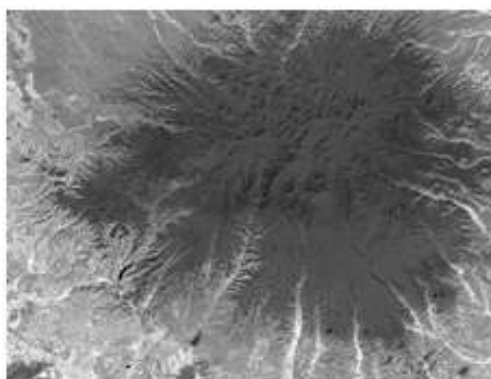
۳-۵- سگمنت‌سازی

سگمنت به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) مهمترین معیار مشترک آنهاست (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷). شیء‌های تصویری حاصل از فرایند سگمنت‌سازی، مبنای طبقه‌بندی شیء‌گرا هستند و آنها دارای حجم زیادی از مشخصات و خصیصه‌های پدیده‌های زمینی متناظرشان در سطح تصویر می‌باشند. هرچقدر این فرایند با دقت بیشتری انجام گیرد، مستقیماً در کیفیت طبقه‌بندی شیء‌گرا تأثیر خواهد گذاشت. در فرایند سگمنت‌سازی، شیء‌های تصویری در سطح تصویر براساس تفکیک مکانی و تفکیک طیفی تصویر به وسیله گروهی از پیکسل‌ها، مطابق با ویژگی‌های طیفی و هندسی که مفسر برای کلاس‌ها تعیین می‌کند، انجام می‌شود (فیضی‌زاده و سلمانی، ۱۳۹۵). در فرایند سگمنت‌سازی مفسر می‌تواند با در نظر گرفتن پارامترهای شکل، بافت، ضریب فشردگی^۱ و معیار نرمی شکل^۲، فرایند 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

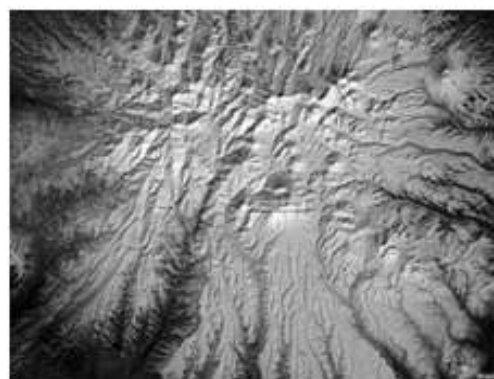
1- Texture

2- Compactness

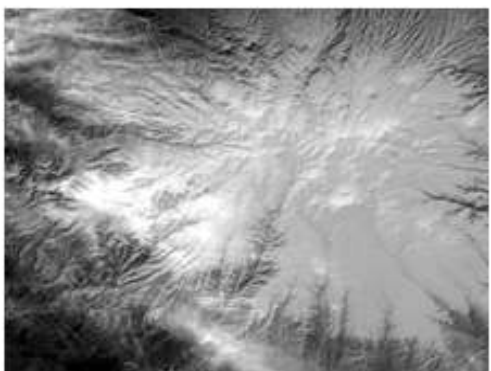
3- Shape



اعمال تابع NDVI



اعمال تابع Brightness



اعمال تابع LST



اعمال تابع NDSI

نگاره ۳: توابع به کار گرفته شده در پردازش شیء‌گرایی تصاویر

عملگری بازگشتی به عنوان حاصل ضربی از ارزش فازی استفاده و شرایط مناسب برای طبقه‌بندی را تعریف نمود (Costa et al, 2017). در تعریف شرایط طبقه‌بندی، مفسر می‌تواند از پارامترهای طیفی و بصری (شامل بافت، شکل، تن رنگ و...) استفاده نموده و با تعریف یک یا مجموعه‌ای از این عوامل و همچنین تعیین نسبت اهمیت هر یک از این عوامل در فرایند طبقه‌بندی، شرایط مناسب برای طبقه‌بندی کلاس‌ها را تعریف نماید (فیضی‌زاده و هلالی، ۱۳۸۸). در تحقیق حاضر علاوه بر الگوریتم فازی AND (عملگر بازگشتی به‌عنوان حاصل ضربی از ارزش فازی) از الگوریتم‌های NDSI, NDVI, LST, Brightness برای طبقه‌بندی و استخراج سطح پوشش برف استفاده شده است (نگاره شماره ۳).

۳-۶- طبقه‌بندی شیء‌گرایی تصاویر

طبقه‌بندی فازی در محیط نرم‌افزار eCognition متناسب با شرایطی است که مفسر برای هر کلاس تعیین می‌کند. این شرایط به وسیله توابعی که برای کلاس‌ها بیان می‌گردد، تعریف می‌شود که می‌تواند به صورت تابع عضویت، شبیه‌سازی کلاس‌ها یا نزدیکترین همسایه باشد (Valadan Zoj & Mokhtarzade, 2016). 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 فرایند 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

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (پژ)

برآورد سطح پوشش برف از طریق تکنیک‌های شیء‌گرا ... / ۸۵

داشته) دارای پوشش برف نبوده ولی دمایی معادل برف داشته‌اند از طرق این الگوریتم جدا شده و زمین‌های بدون برف تفکیک گردید. در واقع این الگوریتم به عنوان فیلتر بر روی الگوریتم LST استفاده گردید تا مشکل آمیختگی برف با سایر کاربری‌ها برطرف شود.

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

$$NDVI = \frac{b5 - b4}{b5 + b4}$$

(رابطه ۲)

در این رابطه b4 و b5 به ترتیب باند قرمز و مادون قرمز نزدیک سنجنده OLI می‌باشد.

آستانه در نظر گرفته شده برای این الگوریتم در تحقیق حاضر، NDVI بالاتر از ۰/۵ می‌باشد (NDVI > 0.5).

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 Radiance 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 مقدارنسبی Radiance استفاده می‌کنند و در تصاویر ۸ بیتی بین (۰-۲۵۵) قراردارند. Radiance نیز، مقدار فیزیکی نوری ثبت شده توسط ماهواره می‌باشد. هر پیکسل دارای یک DN در هر طول موج است و باید در نظر داشته باشیم که DN‌ها فقط شاخصی از Radiance بوده و فاقد واحدهای فیزیکی از Radiance هستند. پس برای مطالعه ویژگی مربوط به Radiance پدیده‌های سطح زمین باید عمل تبدیل انجام شود. در زمان تبدیل DN‌ها به Radiance، به دلیل اینکه در زمان ثبت Radiance توسط سنجنده‌ها، یک رابطه خطی بین Radiance و DN به وجود

NDSI

NDSI به عنوان یک الگوریتم استخراج اتوماتیک برف به همراه مجموعه‌ای از آستانه‌ها به کار می‌رود. این شاخص بر مبنای این حقیقت که برف دارای بازتابندگی بالا در ناحیه مرئی و بازتابندگی پایین در مادون قرمز میانی می‌باشد جهت تشخیص برف از ابر و مناطق فاقد برف استفاده می‌شود (Nolin & Liang, 2000). این الگوریتم در تصاویر Landsat 8 از نسبت اختلاف بازتابندگی باند مرئی (b2 سنجنده OLI) و باند مادون قرمز میانی (b6 سنجنده OLI) تقسیم بر مجموع بازتابندگی در این دو باند بدست می‌آید (رابطه ۱).

$$NDSI = \frac{b6 - b2}{b6 + b2}$$

رابطه (۱)

در نرم‌افزار eCognition، از طریق رابطه (۱) الگوریتم NDSI ایجاد شده و آستانه در نظر گرفته شده برای این شاخص جهت استخراج سطح پوشش برف ۰/۳۵ به بالا لحاظ گردید (NDSI > 0/35).

میزان سطوح برف براساس این الگوریتم ۱۵۶۶/۵۱ کیلومتر مربع برآورد شد. اما با دقت در تصاویر ماهواره‌ای، مشاهده شد که سطح برف به طور کامل استخراج نگردیده است و آن دسته از برفی که در داخل دره‌ها وجود دارند از طریق این الگوریتم قابل برآورد نیست. همچنین با اجرای این الگوریتم مشخص شد که بخشی از سطوح ابری با سطوح برفی تداخل دارد. بنابراین برای اینکه سطوح برف به صورت کاملاً دقیق استخراج شود، از الگوریتم‌های LST، NDVI، Brightness نیز استفاده شد.

NDVI

این شاخص معیار مناسبی برای جداسازی برف، از خاک و پوشش گیاهی می‌باشد. بر همین مبنای آن دسته از پوشش برفی که در هنگام طبقه‌بندی با سایر کاربری‌های مورد نظر آمیخته شده بودند، از طریق این الگوریتم جدا شدند. همچنین در هنگام اجرای شاخص LST آن دسته از زمین‌هایی که (مخصوصاً زمین‌های در ارتفاعات بالا قرار

سطح پوشش برف استخراج شده از طریق الگوریتم‌های LST و NDVI ۱۶۱۲/۱۲ کیلومتر مربع برآورد گردید. در واقع می‌توان چنین بیان کرد که این الگوریتم‌ها به عنوان مکمل شاخص NDSI جهت برآورد سطح برف عمل کرده و خروجی بهتر و بادقت بالایی را ارائه می‌دهد

Brightness

با استفاده از سه الگوریتم بیان شده سطح پوشش برف استخراج گشته و مشکل آمیختگی برف با سطوح ابر و سایر کاربری‌ها برطرف گردید اما آن دسته از سطوح برفی که ضعیف بوده و دارای انعکاس پایینی هستند از طریق الگوریتم 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 سطوح پوشش برفی که در دره‌ها وجود دارند و استخراج آنها با الگوریتم‌های دیگر ممکن نیست، استفاده شده است. فرمول شاخص مورد نظر در رابطه (۵) ارائه شده است.

$$B = \frac{1}{n_{vis}} \sum_{i=1}^{n_{vis}} \bar{c}_i(vis) \quad (\text{رابطه ۵})$$

در این رابطه، B مقدار میانگین روشنایی از یک شیء است و $\bar{c}_i(vis)$ مجموع همه میانگین روشنایی در باندهای مرئی و n_{vis} تعداد باندها است. در ادامه، برای محاسبه MaxDiff رابطه (۶) به کار گرفته می‌شود که در آن مقادیر Min و Max به ترتیب، میانگین کمترین و بیشترین شیء‌ها است.

$$\text{maxdiff} = \frac{|\min(\bar{c}_i(vis)) - \max(\bar{c}_i(vis))|}{B} \quad (\text{رابطه ۶})$$

آستانه مورد نظر برای این الگوریتم، درجه روشنایی بالاتر از ۱۲۰۰ در نظر گرفته شد ($\text{Brightness} > 1200$). نهایتاً با اجرای این الگوریتم بر روی نتایج سه الگوریتم بیان شده سطوح برف برای کوهستان سهند به میزان ۱۸۸۲/۸۹ کیلومتر مربع برآورد گردید.

نمی‌آید (یعنی همزمان با افزایش Radiance مقدار DN افزایش پیدا نمی‌کند)؛ بنابراین اقدام به اعمال یک سری ضرایب بر روی تصویر می‌شود تا اینکه یک رابطه خطی بین آنها بوجود آید. برای اعمال ضرایب مورد نظر بر روی باند ۱۰ سنجنده TIRS از رابطه (۳) استفاده شد (Sehnam & Erhan, 2016).

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

(رابطه ۳)

L_{λ} = تابش طیفی

Multi Bands Radiance = ML

Q_{CAL} = تصویر خام

Add Band Radians = AL

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

پس از تبدیل DN به Radiance از طریق رابطه (۴) نقشه‌دمای سطح زمین، بدست آمد (نگاره شماره ۴).

$$T = \frac{K_1}{\ln\left(\frac{K_2}{L_3}\right) + 1}$$

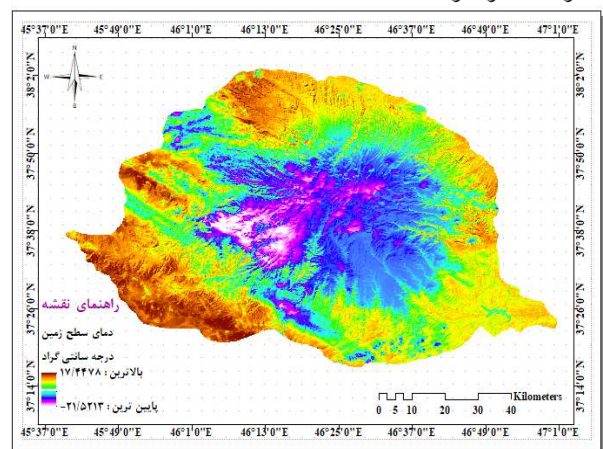
(رابطه ۴)

T = دمای سطح زمین بر حسب درجه کلون

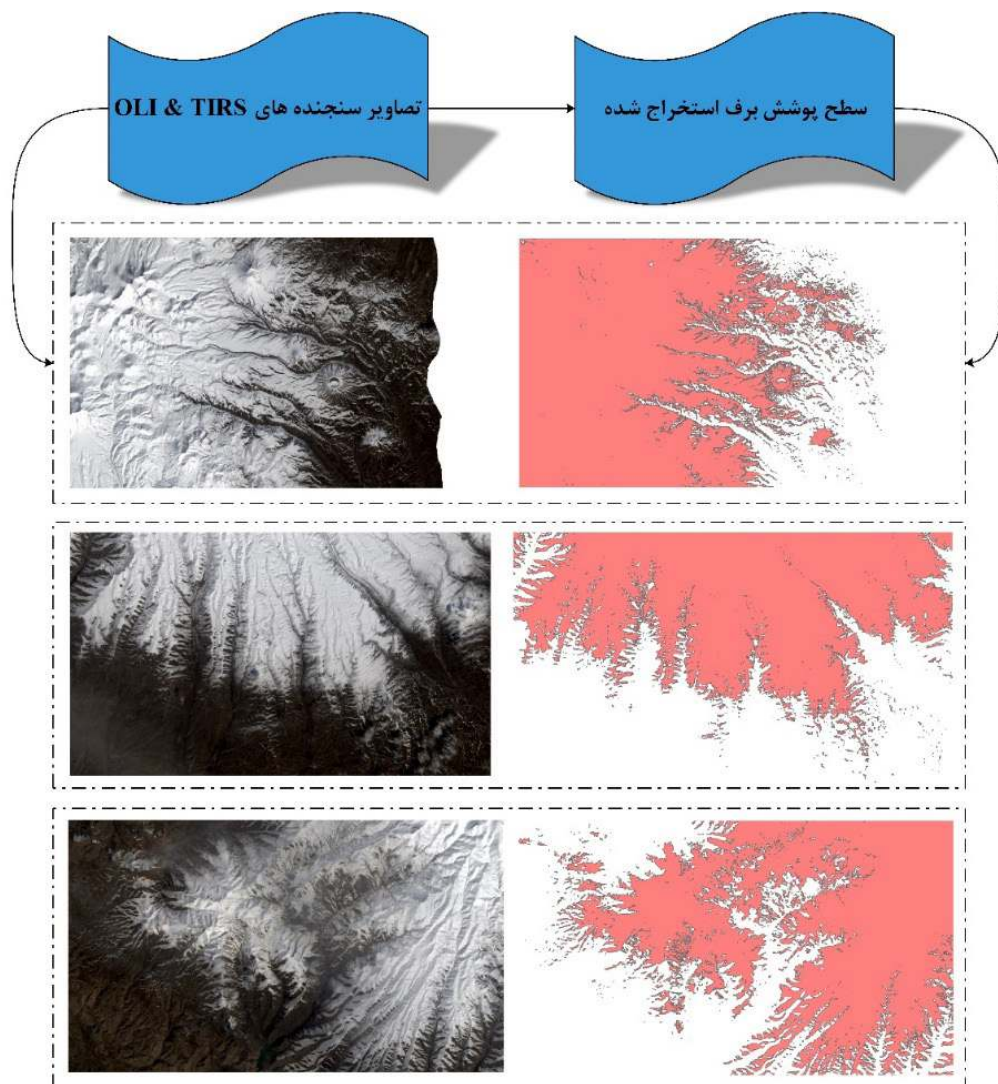
مقادیر K_1 و K_2 در متادیتای تصویر موجود می‌باشند

L_3 = رادیانس باند ۱۰

آستانه‌ی لحاظ شده در این مرحله برای دمای سطح زمین، بالاتر از -۱ و شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، پایین‌تر از صفر در نظر گرفته شد ($LST > -1$ and $NDVI < 0$).



نگاره ۴: نقشه دمای سطح زمین



نگاره ۵: نمایشی از نتایج بدست آمده از سطح پوشش برف

۴- ارزیابی نتایج

به علت قدرت تفکیک مکانی پایین، 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. پژوهش حاضر با روش پردازش شیء‌گرا به برآورد سطح پوشش برف پرداخته است.

در این روش پیکسل‌ها براساس شکل، بافت و تن خاکستری در سطح تصویر تقسیم‌بندی شده و از این طریق پیکسل‌ها به شیء‌های تصویر تبدیل می‌شوند که مشکل آمیختگی پیکسل‌ها را برطرف می‌کند. بنابراین با تخصیص هر شیء به کاربری خاص دقت طبقه‌بندی افزایش می‌یابد

پژوهش‌های اخیر با پردازش بر روی پیکسل‌های تصویر و تنها با به کارگیری الگوریتم NDSI به برآورد سطح پوشش برف پرداخته‌اند؛ بنابراین در نتایج چنین تحقیقاتی ممکن است پیکسل‌هایی که به عنوان 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. از جمله این تحقیقات، استخراج سطح برف با تصاویر سنجنده MODIS است که در این نوع از تصاویر ماهواره‌ای

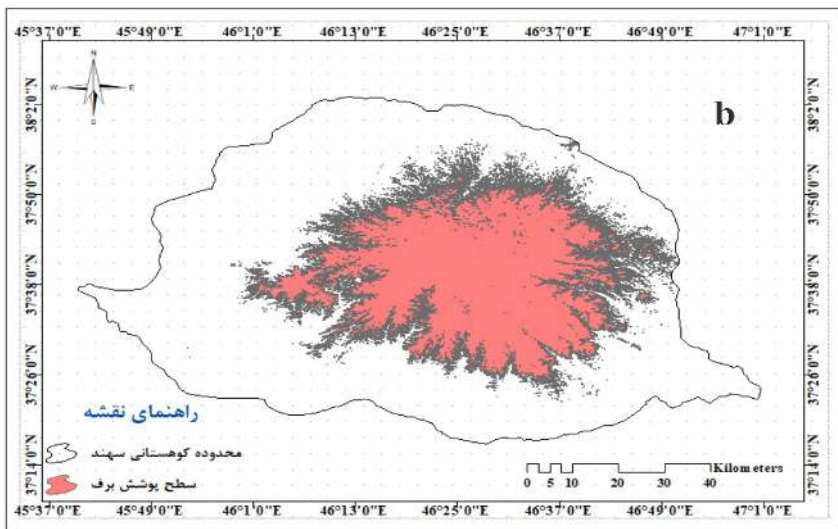
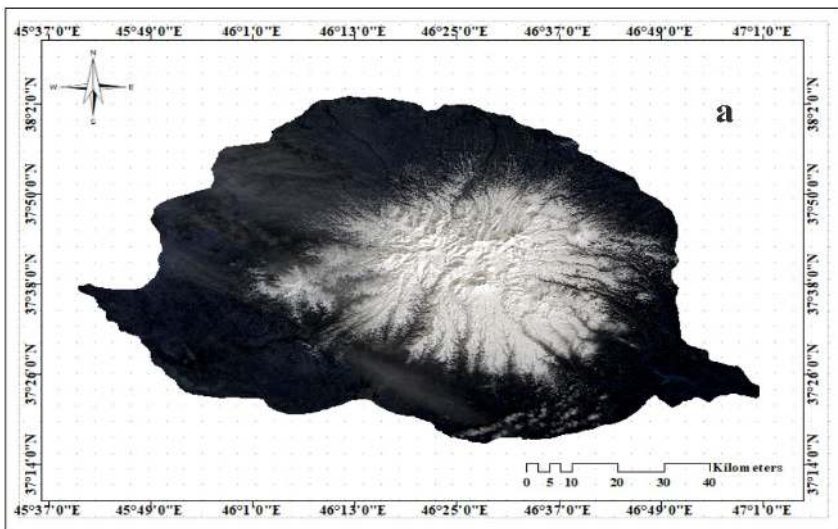
شماره ۵ درک بهتری را از مطالب ارائه شده نمایش می دهد. نگاره شماره ۶ (b) نتیجه کلی سطح پوشش برف استخراج شده از منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. همانگونه که در نتیجه تحقیق مشاهده می شود سطح پوشش برف با دقت بسیار مناسبی برآورد شده است که می توان از چنین نتایجی جهت مدیریت مناسب منابع آب مناطق کوهستانی که اکثر بارش به صورت برف هست، استفاده نمود.

۵- نتیجه گیری

همانگونه که در نتیجه تحقیق مشاهده شد استفاده از تصاویر ماهواره ای Landsat 8 و به کارگیری روش های

همچنین استفاده از الگوریتم های مکمل از جمله Brightness و NDVI در کنار الگوریتم NDSI دقت نتایج پژوهش حاضر را نسبت به تحقیقات اخیر قوت می بخشد.

بنابراین در پژوهش حاضر به دلیل استفاده از تصاویر ماهواره ای Landsat 8 و روش نوین طبقه بندی تصاویر، علاوه بر استخراج سطح برف در دامنه های مختلف منطقه مورد مطالعه، پوشش برف داخل دره ها نیز به وسیله الگوریتم های مورد استفاده با دقت مناسب و قابل قبول استخراج شدند و با به کار بردن الگوریتم LST در روش پردازش شیء گرا، تشخیص و جداسازی برف از ابر امکان پذیر شد تا نتیجه مطلوبی از سطح برف ارائه شود. نتایج حاصل شده در نگاره



نگاره ۶: (a) تصویر ماهواره ای سنجنده های OLI و TIRS از منطقه کوهستانی سهند برای تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۰ (b) سطح پوشش برف استخراج شده از منطقه مورد مطالعه به روش پردازش شیء گرا

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۸۹)

برآورد سطح پوشش برف از طریق تکنیک‌های شیء‌گرا ... / ۸۹

همچون الگوریتم پنجره مجزا نیز استفاده شود تا نتایج آن با دمای سطح زمین محاسبه شده به وسیله باند ۱۰ ماهواره Landsat 8 مقایسه شده و بهترین روش تعیین گردد.

۴- جهت استخراج سطح پوشش برف از روش پردازش شیء‌گرا استفاده شود؛ چرا که در این روش طبقه‌بندی میتوان از پارامترهای مختلف استفاده کرده و بر مبنای شیء‌های تصویر (نه بر مبنای پیکسل‌های تصویر) سطح پوشش برف را محاسبه کرد.

۶- منابع و مآخذ

- ۱- ادهمی، سلام، (۱۳۸۴)، کاربرد سنجنش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه‌بندی پوشش برف، مطالعه موردی: حوضه آجی‌چای، رسولی علی‌اکبر، دانشگاه تبریز، گروه سنجنش‌ازدور و GIS.
- ۲- اکبری، سلیمانی، حبیب‌نژاد روشن، رئیسی؛ مسلم، کریم، محمود، محسن، (۱۳۸۹)، کاربرد سنجنش‌ازدور و GIS در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، مطالعه موردی: حوضه آبخیز نورآباد لرستان، همایش ژئوماتیک، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور.
- ۳- المدرسی، رحیم‌آبادی، خضری؛ سید علی، ابوالفضل، 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 (سنجنش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد.
- ۴- پیرنظر، زند کریمی؛ مجتبی، آرش، (۱۳۹۴)، راهنمای کاربردی نرم‌افزار ENVI و پردازش تصاویر ماهواره‌ای ENVI 5.1، انتشارات ناقوس، تهران، صص ۲۴۲.
- ۵- جویباری مقدم، آخوندزاده، سراجیان؛ یاسر، مهدی، محمدرضا، (۱۳۹۳)، تخمین سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸- اولین کنفرانس بین‌المللی مهندسی محیط زیست، تهران، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

پردازش شیء‌گرا در طبقه‌بندی تصاویر کارایی لازم جهت استخراج سطح پوشش برف در مناطق کوهستانی را دارا می‌باشد. با توجه به برآورد دقیق سطح برف و همچنین کم هزینه 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 به دلیل صعب‌العبور بودن مناطق کوهستانی، از دقت کافی برخوردار نیستند. برخلاف سایر پژوهش‌های انجام گرفته که از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و روش طبقه‌بندی پیکسل پایه استفاده شده، در پژوهش حاضر جهت استخراج سطح پوشش برف از تکنیک‌های پردازش شیء‌گرا، الگوریتم‌های NDSI، NDVI، LST، Brightness و از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 استفاده شد. در نهایت سطح پوشش برف برای محدوده کوهستانی سهند به میزان ۱۸۸۲/۸۹ کیلومتر مربع محاسبه گردید. با توجه به اهمیت برف به عنوان یک منبع بسیار مهم و حیاتی برای تأمین آب و داشتن مزیت‌های فراوان این نوع از بارش نسبت به انواع بارش‌های شناخته شده در منطقه کوهستانی، لزوم 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 به عنوان جایگزینی برای برداشت‌های زمینی باشد:

- ۱- از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالاتر از Landsat 8 همچون تصاویر ماهواره‌ای Aster و Sentinel 2 استفاده شود.
- ۲- استفاده از مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک بالا به جای استفاده از DEM سنجنده Aster.
- ۳- برای محاسبه دمای سطح زمین از روش‌های دیگر

- ۶- حجام، شرعی پور؛ سهراب، زهرا، (۱۳۸۲)، ذوب برف در حوضه آبریز طالقان، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۶، صص ۴۹-۶۲.
- ۷- رضایی بنفشه، رستم‌زاده، فیضی‌زاده؛ مجید، هاشم، بختیار، (۱۳۸۶)، بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجنش از دور و GIS (مطالعه موردی جنگل‌های ارسباران ۱۹۸۷-۲۰۰۵)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، صص ۱۴۳-۱۵۹.
- ۸- رایگانی، سلطانی کوپایی، خواجه‌الدین، براتی؛ بهزاد، سعید، سید جمال‌الدین، سوسن، (۱۳۸۹)، برآورد رواناب ناشی از ذوب برف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۲، شماره ۴.
- ۹- روستایی، رحیم‌پور، نخستین روحی؛ شهرام، توحید، 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.
- ۱۰- فیضی‌زاده، جعفری، نظم‌فر؛ بختیار، فیروز، حسین، (۱۳۸۷)، کاربرد داده‌های سنجنش‌از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی شهری مطالعه موردی فضای سبز شهر تبریز، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴، صص ۱۷-۲۴.
- ۱۱- فتاحی، نوحی، دلاور؛ ابراهیم، کیوان، مجید، (۱۳۸۸)، بررسی سطح پوشش برف حوضه‌های جنوب غربی ایران، در ارتباط با سیگنال‌های اقلیمی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۵، صص ۱۰۹-۱۲۰.
- ۱۲- فیضی‌زاده، هلالی؛ بختیار، حسین، (۱۳۸۸)، مقایسه روش‌های پیکسل پایه، شیء‌گرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش / کاربری اراضی استان آذربایجان غربی، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۷۱، صص ۷۳-۸۴.
- ۱۳- فیضی‌زاده، شهابی، سیفی؛ بختیار، هژار، هوشنگ، (۱۳۹۵)، شناسایی پهنه‌های مستعد توفان‌های نمکی دریاچه ارومیه با استفاده از پردازش فازی-شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای، مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)، دوره ۳، شماره ۳، صص ۲۶۹-۲۸۴.
- ۱۴- فیضی‌زاده، سلمانی؛ بختیار، سعید، (۱۳۹۵)، مدل‌سازی تخریب اراضی کشاورزی بر اثر رشد و توسعه شهری با به کارگیری روش‌های شیء‌پایه پردازش تصاویر ماهواره‌ای در محدوده شهری ارومیه، آمایش سرزمین، دوره هشتم، شماره دوم، صص ۱۷۷-۲۰۲.
- ۱۵- میریعقوب‌زاده، قنبرپور؛ میرحسین، 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، شماره ۷۶، صص ۱۴۱-۱۴۸.
- ۱۶- میرموسوی، صبور؛ سیدحسین، لیلا، (۱۳۹۱)، پایش تغییرات پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس در منطقه شمال‌غرب ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره ۱۲، شماره ۳۵، صص ۱۸۱-۲۰۰.
- ۱۷- محمدپور، محمدپور؛ آیت، 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، محیط زیست و گردشگری، اردبیل، موسسه حامیان زیست اندیش محیط آرمانی.
- 18- Ahmad Tahir, Chevallier, Arnaud, Ashraf, Tousif Bhatti; Adnan, Pierre, Yves, Muhammad, Muhammad, (2015), Snow Cover Trend and Hydrological Characteristics of the Astore River Basin (Western Himalayas) and its Comparison to the Hunza Basin (Karakoram Region), Science of the Total Environment, 505, 748-761.
- 19- Antonio, Eulogio, David; Juan Collados-Lara, Pardo-Iguzqiza, Pulido-Velazquez, (2016), Estimation of Snowpack Matching Ground-Truth Data and MODIS Satellite-Based Observations by Using Regression Kriging, EGU General Assembly, EPSC2016-14368.
- 20- Blaschke, T., (2010), Object Based Image Analysis

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)

برآورد سطح پوشش برف از طریق تکنیک‌های شیء‌نگرا ... / ۹۱

29- Vikhamar, Rune; Dagrún, Solberg, (2002), Subpixel Mapping of Snow Cover in Forests by Optical Remote Sensing, *Remote Sensing of Environment*, 84 69-82.

30- Valadan Zoj, Mokhtarzade; Mohammad, Mehdi, (2016), Optimization of Multiresolution Segmentation for Object-Oriented Road Detection from High-Resolution Images, *Canadian Journal of Remote Sensing*, Pages 75-84.

31- Wang, Xei, Liang; Xianwei, Hongjie, Tiangang, (2008), Elevation of MODIS Snow Cover and Cloud Mask and its Application in Northern Xinjiang, China, *Remote Sensing of Environment*, 112:1497,1513.

for Remote Sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Remote Sensing of Environment*, 65(1), 2-16.

21- Costa, Foody, Boyd; Hugo, Giles M., Doreen S., (2017), Using Mixed Objects in the Training of Object-Based Image Classifications, *Remote Sensing of Environment*, Pages 188-197.

22- Dong, Cai, Fan, Gao, Lian, Yin, Dang, Guo; Guotao, Mingyong, Dong, Wenwang, Yaokang, Huijuan, Suzhen, Xinwei, (2016), Using Object Oriented Technique to Extract Jujube Based on LANDSAT 8 OLI Image in Jialuhe Basin, *Journal of Image Processing Theory and Applications*, 1: 16-20.

23- Dariane, Khoramian, Santi; Alireza, Amin, Emanuele, (2017), Investigating Spatiotemporal Snow Cover Variability Via Cloud-Free MODIS Snow Cover Product in Central Alborz Region, *Remote Sensing of Environment*, RSE-10284, Pages 14.

24- Georgievsky, M.V, (2009), Application of the Snowmelt Runoff Model in the Kuban River Basin Using MODIS Satellite Images, *Environmental Research Letters*, 4, Article ID: 045017.

25- Hanibal, Amaury, Jean, Enyew, Jan; Lemma, Frankl, Poesen, Adgo, Nyssen, (2017), Classifying Land Cover from an Object-Oriented Approach to LANDSAT 8 at the Regional Scale of the Lake Tana Basin (Ethiopia), *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 19, EGU2017-3526.

26- Jimenez-Munoz, Sobrino, Skokovic, Mattar, Cristobal; Juan C, Jose A, Drazen, Cristian, Jordi, (2014), Land Surface Temperature Retrieval Methods from LANDSAT 8 Thermal Infrared Sensor Data, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11, 1840-1843.

27- Nolin, Liang ; A., S., (2000), Progress in Bidirectional Reflectance Modeling and Applications for Surface Particulate Media: Snow and Soils, *Remote Sensing Reviews*, no. 14, 307-342 pp.

28- Sehnaz, Erhan; Sener, Sener, (2016), Estimation of Lake Water Temperature with ASTER and LANDSAT 8 OLI-TIRS Thermal Infraed Bands: A Case Study Beysehir Lake (Turkey), *Living Planet Symposium*, ESA-SP Volume 740, ISBN: 978-92-9221-305-3, p.256.

