فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال پنجم، شماره ۱۷، زمستان ۱۳۹۰

بررسی میزان تغییرات یخچال طبیعی یخار دماوند با استفاده از RS وGIS

سعیده فخاری[۱]، فتح الله نادری[۲]، پرویز ضیائیان فیروزآبادی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی تهران
Fakhari25@yahoo.com
۲- دانش آموخته کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی تهران
۳- استادیار دانشگاه شهید بهشتی، گروه سنجش از دور

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۸/۱۶ تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۷/۲۷

چکیده

امروزه یخچال های طبیعی به عنوان یکی از منابع اصلی تأمین کننده آب های سطحی محسوب می شوند. فناوری سنجش از دور به عنوان یکی از ابزارهای قوی و مهم می تواند ما را در زمینه شناسایی و برآورد وسعت میدان های پوشیده شده از یخ و برف به ویژه در نقاط صعب العبور کوهستانی یاری رساند. به همین دلیل در این تحقیق سعی شد تا میزان تغییرات مورفودینامیکی یخچال یخار دماوند با استفاده از این فناوری مشخص گردد. داده های مورد استفاده در این تحقیق شامل نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی و تصاویر ماهواره ای Landsat با هشت باند، ETM، TM، IRS و LissII می باشند. سپس به منظور آماده سازی این تصاویر ابتدا به صورت رادیومتری و سپس به صورت هندسی مورد تصحیح قرار گرفتند. در مرحله بعد تغییرات مورفودینامیکی یخچال مورد بررسی قرار گرفت که برای بازیابی و کشف این تغییرات از الگوریتم محاسبه شدت تغییرات با استفاده از تفریق باندهای متناظر بر روی تصاویر به منظور تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) استفاده گردید و در نهایت برای ارزیابی شدت تغییرات از منطق فازی استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که مساحت یخچال یخار نسبت به گذشته در حال کاهش است و مقدار آن ۱/۸ کیلومتر مربع اندازه گیری شد که دلایل اصلی آن کاهش تغذیه یخچال و حرارت ناشی از خروج دود از دهانه آتشفشان دماوند می باشد.

واژگان کلیدی: تغییرات مورفودینامیکی، سنجش از دور، منطق فازی، یخار

مقدمه

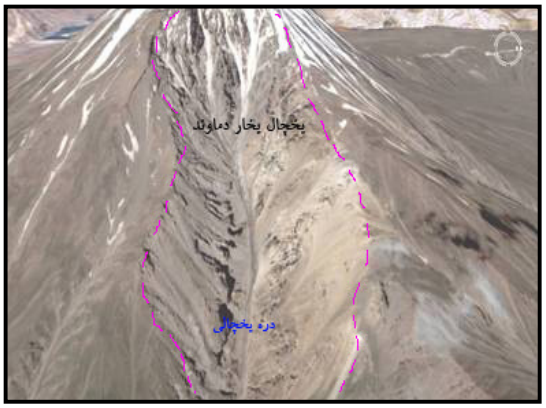
آب به عنوان یکی از مهم ترین عوامل تعیین کننده پارامتر های برنامه ریزی های اجتماعی و حتی سیاسی مطرح است تا جایی که بسیاری از اندیشمندان نزاع های آینده کشورها را پیرامون حقوق آبی در کشورها پیش بینی می کند. تمامی این موارد لزوم استفاده صحیح و بهینه از آب را ضروری می نماید که این استفاده بهینه مستلزم اطلاع از میزان آب موجود در منطقه، تغییرات زمانی و مکانی آن و برنامه ریزی دقیق نگهداری و بهره برداری از آن می باشد. در این میان یخچال های طبیعی به عنوان یکی از منابع اصلی

آب های سطحی شیرین از اهمیت به سزایی برخوردار می باشند و فناوری سنجش از دور ماهواره ای به عنوان یکی از ابزارهای قوی و مهم می تواند ما را در زمینه شناسایی و برآورد وسعت میدان های پوشیده شده از یخ و برف به ویژه در نقاط صعب العبورکوهستانی یاری رساند. مطالعات مربوط به برف، یخ و یخچال ها در ایران به صورت محدود توسط محققین خارجی چون بوبک، ماکس دریو، هاگه دورن و دیگران انجام شده که این مطالعات تفصیلی نمی باشد. اولین اندازه گیری های برف در ارتباط با منابع آب ایران به سال ۱۳۳٦ بر می گردد. عملیات برف سنجی درسال ذکر شده توسط شخصی به نام کیانی صورت گرفته و محل های اندازه گیری منطقه گاجره و دره نساء واقع در شمال تهران بوده است. پدرامی از سازمان زمین شناسی کشور نیز گزارشی تحت عنوان یخچال تخت سلیمان انجام داده است. وزیری اولین کسی است که درباره یخچال های ایران مطالعات جامعی را انجام داده اند. ایشان درکتاب خود تحت عنوان شناسایی یخچال ها به بررسی کامل یخچال های کوهستانی پرداخته اند [١٤]. از مهم ترین تحقیقات دیگر راجع به مطالعه یخچال ها می توان به موارد زیر اشاره نمود. بررسی ژئومورفولوژی یخچال علم چال [١٠]. بررسی سیمای یخچال طبیعی علم چال با استفاده از فناوری سنجش از دور ماهواره ای و GPS و استفاده از تصاویر ماهواره ای TM و LISSIII، ETM و PAN از ماهواره IRS هندوستان برای بررسی یخچال علم چال و تعیین موقعیت دقیق مورن های منطقه با استفاده از دستگاه GPS و تعیین مسیر حرکت زبانه های یخچالی با استفاده از فن آوری RS و GIS [٣]. مطالعه آثار یخساری و یخچالی در سلفچگان قم [٥]. بررسی مورفولوژی و نحوه فعالیت یخچال های سنگی دامنه شمالی کوه سبلان [٤]. بررسی یخچال زردکوه با استفاده از فناوری سنجش از دور ماهواره ای [٨]. مطالعه شواهد ژئومورفولوژی که فرسایش یخچالی پلیستوسن در ارتفاعات تالش [٢]. بررسی ژئومورفولوژی یخچال های زردکوه و اشکال ژئومورفولوژی و حدود گسترش آن ها [١١]. شواهد ژئومورفولوژیکی مرزهای یخچالی در دامنه های کرکس [١٣]. بررسی یخچال طبیعی علم چال با استفاده از تصاویر ماهواره ای [١٥]. بررسی لندفرم دره های یخچالی کوهستان سهند [٧]. یخ در آتش: آثار یخچالی در منطقه بم [٦]. اندازه گیری حرکت سالیانه یخچال های علم کوه [١٢]. شواهد ریخت شناسی (ژئومورفولوژی) یخچالی کواترنری در البرز غربی: دامنه شمالی کوه سیالان [١]. بررسی یخچال طبیعی خرسان زردکوه بختیاری به وسیله تصاویر ماهواره ای [٩]. پهنه بندی یخچال با استفاده از تصویر ماهواره ای لندست TM [١٧]. پهنه بندی تغییرات یخچالی را با استفاده از ابزارهای ASTER و GIS [١٨]. بررسی عقب نشینی یخچال هیمالیا را با استفاده از داده های ماهواره ای سنجش از دور هندوستان [١٦]. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از این تحقیقات هدف اصلی این تحقیق ارائه الگوریتم های مناسب جهت تهیه نقشه یخچال یخار دماوند و بررسی میزان تغییرات آن با استفاده از تجزیه و تحلیل داده های سنجش از دور ماهواره ای می باشد.

مشخصات یخچال

در اطراف قله دماوند برف چال های نسبتاً بزرگ و یخچال های کوهستانی کوچک و چهار یخچال (درجبهه شمالی) با شیب تند که از نوع یخچال های معلق به شمار می روند، وجود دارد. یخچال دره یخار

(درجبهه شمال شرقی) یکی از این یخچال ها می باشد. این یخچال در جبهه شمال شرقی دماوند واقع شده است و دارای شیب نسبتاً تند از ٤٠٪ تا ٨٠٪ می باشد. بخش عظیمی از این یخچال دیواره ای می باشد. این یخچال از نوع یخچال های معلق به شمار می رود و دارای قندیل های یخی آویزان است که طول بعضی از آن ها به بیش از ٥٠ متر می رسد و با مساحت تقریبی ٢ کیلومتر مربع حدوداً از ارتفاع ٤٥٠٠ متر از سطح دریا شروع و تا ارتفاع ٥٦٠٠ متر ختم می شود (قسمت بالای آن به بام برفی یا بام یخی مشهور است). شکل (١) تصویر سه بعدی از دره یخچال یخار در قله دماوند را نشان می دهد.



شکل ١- تصویر سه بعدی از دره یخچال یخار دماوند

وضعیت زمین شناسی محدوده یخچال

از نظر زمین شناسی یخچال یخار در شرق البرز مرکزی قرار دارد و شامل رخنمون هایی از سنگ های پرکامبرین پسین تا عهد حاضر است. رخنمون های متنوعی از سنگ های آتشفشانی کواترنری دیده می شود که در مجموع کوه آتشفشانی دماوند را به وجود آورده اند. پی سنگ آن ها شامل نهشته های کواترنری است و جریان های گدازه و سنگ های آذرآواری بر روی سطح فرسایشی قدیمی تر جای گرفته است. کهن ترین فاز فعالیت آتشفشانی کواترنری که شامل سنگ های آتشفشانی بازیک رخنمون یافته در پلور است. در فازهای جدیدتر سنگ های تراکی و آندزیتی- تراکیتی تشکیل یافته است. سنگ های آندزیتی- تراکیتی در کوه ها به علت ویژگی های متفاوت با سنگ های آتشفشانی دماوند به قبل از دماوند و احتمالاً قبل از کواترنری تعلق دارند. سنگ های تراکی آندزیتی در غرب ساختمان آتشفشانی دماوند رخنمون دارد، از نوع گدازه های بلوکی می باشند و به سمت ولارود گسترش یافته اند. دو گروه از سنگ های آتشفشانی رخساره میانه - اسیدی در شمال کوه ها رخنمون دارند که از نوع تراکی داسیت، بیوتیت، اوژیت، هورنبلند دار و تراکی آندزیت می باشند. به علت خصوصیات متفاوت نسبت به دیگر سنگ های سازند کوه دماوند کهن تر از آن ها و احتمالاً قبل از کواترنری در نظر گرفته شده اند (شکل ٢).

وضعیت اقلیم شناسی محدوده یخچال

از نظر آب و هواشناسی میانگین بارش سالانه منطقه ٥٥٠/٤ میلیمتر و دمای سالانه آن نیز ٥/٨ درجه سانتیگراد می باشد، بر اساس طبقه بندی دومارتن آب و هوای منطقه در گروه بزرگتر از ٣٥ درجه سانتی گراد می باشد. لذا بر اساس طبقه دومارتن در گروه بسیار مرطوب قرار می گیرد. اقلیم منطقه در ضریب آمبرژه هم مورد بررسی قرار گرفت که بر اساس آن در این تقسیم بندی در اقلیم نیمه مرطوب سرد قرار گرفت در نتیجه با توجه به پژوهش های میدانی و نیز مطالعات اقلیمی، این نوع اقلیم بیشتر با وضعیت منطقه مطابقت دارد.

همچنین این نوع اقلیم سبب شده که منطقه مورد مطالعه از نظر مورفودینامیک وضعیتی بسیار فعال داشته باشد. حدود ٥٤ درصد از ریزش های جوی منطقه به صورت برف می باشد.

روش تحقیق

داده های مورد استفاده در این تحقیق

وجود داده های معتبر و در دسترس در انجام هر پروژه سنجش از دور یکی از ارکان و ضروریات می باشد. در انجام این تحقیق از داده های زیر استفاده شده است. نقشه های توپوگرافی رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰، تصویر ماهواره ای Landsat مرداد ماه سال ۲۰۰۰ با هشت باند، تصویر ماهواره ای ETM مرداد ماه ۱۹۸۸ با هفت باند، تصویر ماهواره ای TM با قدرت تفکیک ۳۰ متر و تصویر ماهواره ای IRS مرداد سال ۲۰۰٦ تصویر pan با قدرت تفکیک ۵/۸ متر و LissII با قدرت تفکیک ۲۳/۵ متر.

تجزیه و تحلیل داده ها

تفسیر و تجزیه و تحلیل داده ها تهیه شده در سنجش از دور عبارت است از بررسی و ارزیابی پدیده های مختلفی که بر روی سطح زمین واقع می باشند که طی آن اطلاعات مورد نیاز برای برنامه ریزی منابع زمینی تصمیم گیری مدیران و کارشناسان در تعیین بهترین انتخاب و یا سایر کاربردهای مورد نیاز استخراج می گردد. بدیهی است که با توجه به گستردگی کاربرد این روش تجزیه و تحلیل داده ها برای هر یک از کاربردهای مورد نظر متفاوت باشد.در آنالیز و پردازش بر روی تصاویر ماهواره ای این مراحل انجام گرفت:

الف: آماده سازی اطلاعات و تبدیل فرمت تصاویر به فرمت مورد نیاز نرم افزار

ب: بازدید زمینی که در اکثر پروژه های سنجش از دور برای جمع آوری نقاط کنترل یا داده های آزمایشگاهی یا تست نتایج بازدید زمینی انجام می شود.

پ: شناخت و انتخاب نقاط کنترل مناسب بر روی تصاویر (انتخاب نقاط کنترل مناسب بر روی تصاویر به طوری که بتواند اولاً تمامی تصاویر را پوشش دهد ثانیاً مقدار خطا را به حداقل برساند).

ت: انجام تصحیحات مختلف بر روی تصاویر (تصحیح هندسی و رادیومتریکی).

ث: تلفیق تصاویر

ج: طبقه بندی تصاویر

چ: تفسیر بصری در صورت نیاز

ح: گویا کردن تصاویر

خ: تهیه انواع عکس از نقشه ها و DEM

د: مقایسه نتایج بدست آمده و نتیجه گیری نهایی

پیش پردازش تصاویر ماهواره ای

پس از اخذ داده های مورد نیاز این تصاویر آماده برای پردازش و استخراج اطلاعات مورد نیاز شوند. اولین قسمت از آماده سازی داده ها، تصحیح رادیومتریکی تصاویر می باشد.

تصحیح رادیو متریک

به طور ایده آل جریان تابش ثبت شده بوسیله سیستم سنجش از دور در باند های متفاوت نماینده دقیق جریان تابشی است که از پدیده موردنظر در سطح زمین (خاک، گیاه، آب یا نواحی شهری) ساطع شده است. خطای رادیومتریک در داده های سنجش از دور

ممکن است توسط خود سیستم سنجنده موقعی که آشکارسازهای مشخصی خوب عمل نکرده یا خوب کالیبره نشده باشد، ایجاد گردد. یا ممکن است جو موجود بین سطح زمین و سیستم سنجنده ایجاد خطاهای زیادی باشند (به عبارت دیگر اغتشاشات جوی). به طوری که انرژی ثبت شده توسط سنجنده نشانگر انرژی بازتاب شده و یا ساطع شده توسط زمین نیست. بازنگری این موضوع که چه مقدار خطا ممکن است قبل از تجزیه و تحلیل بعدی داده ها از آن برطرف گردد، لازم و ضروری می باشد.

تصحیح هندسی

تصحیح هندسی یعنی حذف خطاهای به وجود آمده بر روی تصاویر ماهواره ای ناشی از خطاهای کرویت زمین، انکسار و دیگر خطاهای به وجود آمده بر روی تصویر. برای حذف این خطاها، بایستی تصاویر ماهواره ای را تبدیل به سیستم زمینی نمود که نیازمند نقاط کنترل زمینی می باشیم. این نقاط کنترل را می توان از نقشه های توپوگرافی یا با استفاده از GPS استخراج نمود.

به طور کلی روش انجام این تحقیق طی سه فاز مطالعاتی انجام گرفت:

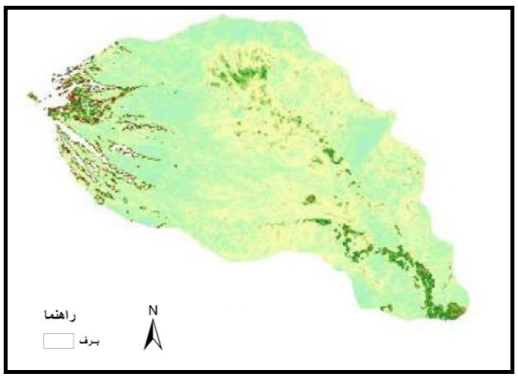
فاز اول- روش مطالعه یخچال

به منظور مطالعه یخچال یخار دماوند از روش ترکیبی استفاده شد. روش ترکیبی روشی است که به همراه استفاده از روش های مستقیم (مشاهده مستقیم و عملیات میدانی) در مطالعات یخچال از فناوری سنجش از دور استفاده می شود. از مزایای این روش این است که با استفاده از آن می توان برآورد صحیحی از منطقه تحت پوشش را به دست آورد و تغییرات را در فاصله های زمانی با دقت مناسب بررسی کرد. همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره ای مختلف و انجام آنالیز ها و اعمال الگوریتم های مختلف می توان شاخص های متفاوتی از یخچال را بررسی نمود. پس این روش یکی از قوی ترین و مهمترین فناوری هایی است که جهت شناسایی و برآورد وسعت میدان پوشیده شده از برف و یخ به ویژه در نقاط صعب العبور و غیر قابل دسترسی کابرد دارد.

فاز دوم- روش استخراج یخچال از تصاویر ماهواره ای

به منظور استخراج یخچال از تصاویر ماهواره ای از دو روش نسبت بین باندی تصاویر و استفاده از تکنیک های طبقه بندی استفاده گردید.

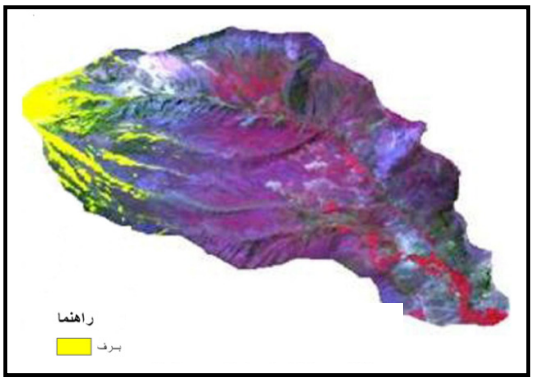
۱- روش نسبت بین باندی: در این روش اولاً ترکیبات مختلفی از باندها بکار برده شده اند. ثانیاً نسبت انعکاس باندهای ۳ به ۵ و ٤ به ۵ با در نظر گرفتن یک سری آستانه ها برای بازسازی مرز حوضه یخچالی مورد استفاده قرار گرفته است که در نقشه تهیه شده برف به رنگ سفید دیده می شود (شکل ۳).



شکل ۳- استخراج یخچال با استفاده از روش نسبت بین باندی

روش تکنیک های طبقه بندی

با استفاده از روش های طبقه بندی نظارت شده و نظارت نشده برای باندهای مناسب می توان مرز حوضه یخچالی را مشخص نمود. اگر چه استفاده از روش های طبقه بندی دقت بالایی را در بازسازی مرزهای حوضه یخچالی بدست می دهند، اما بهترین نتیجه با افزودن اطلاعات و داده های اضافی و تفسیر چشمی بدست می آید. استفاده از روش طبقه بندی ISODATA برای باندهای ۵ و ۱ و ٤ سنجنده ETM یخچال ها را با دقت نسبتاً مطلوبی به دست می دهد که طبقه بندی نظارت نشده با ١٦ کلاس و ١٦ بار تکرار انجام شد. بنا بر این با طبقه بندی و رقومی نمودن مرز آن (Vectorize) و همپوشانی این دو لایه می توان بهترین نتیجه را با استفاده از روش طبقه بندی و با استفاده از داده های کمّی GIS بدست آورد که در نقشه تهیه شده برف به رنگ زرد دیده می شود (شکل ٤).



شکل ٤- استخراج یخچال با استفاده از روش طبقه بندی ISODATA

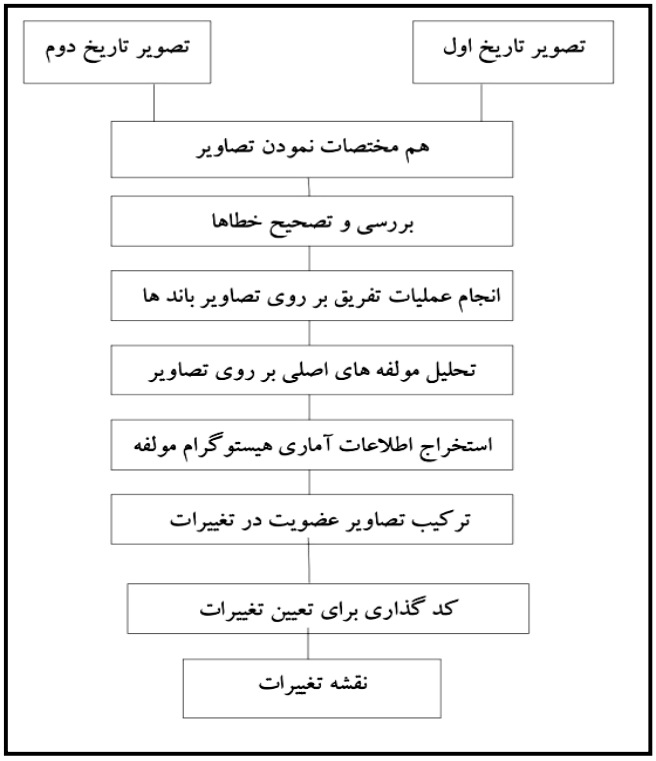
نتایج و بحث

تغییرات مورفودینامیکی یخچال

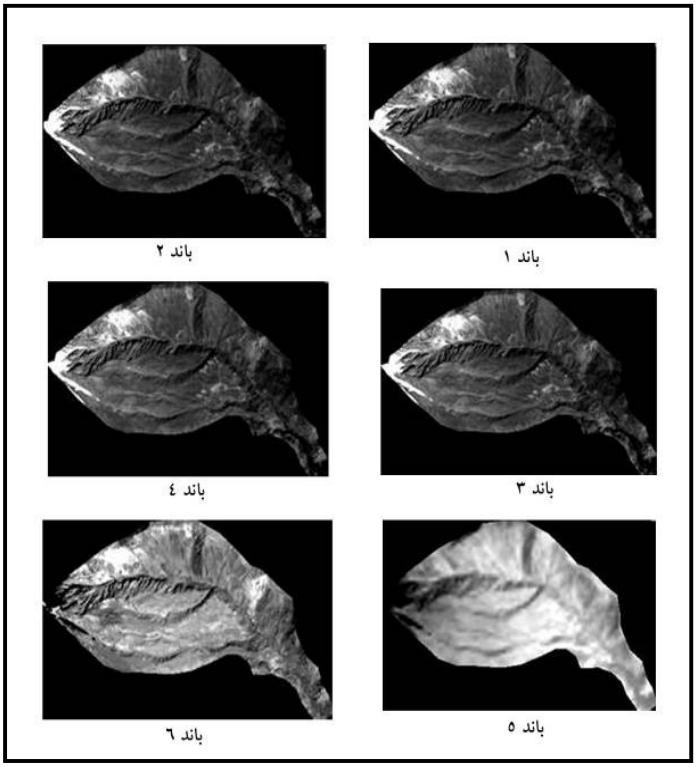
آشکارسازی تغییرات مورفودینامیکی با استفاده از فناوری سنجش از دور یکی از نیازهای اساسی در مدیریت و ارزیابی منابع طبیعی می باشد که یکی از روش های آن تهیه نقشه تغییرات بر اساس تصاویر چند زمانه سنجش از دور می باشد. آشکارسازی تغییرات شامل کاربرد مجموعه داده های چند زمانه به منظور مشخص کردن مناطقی است که کاربری و پوشش زمینی آنها در تاریخ های مختلف تصویر برداری تغییراتی داشته اند. انتخاب روش و الگوریتم کار بازیابی و کشف این تغییرات، اقدامی مهم و اساسی است [١٧]. زیرا روش انتخاب شده جهت بازیابی و کشف تغییرات در تصاویر ماهواره ای در نتایج حاصله و تفسیر و تحلیل آن ها تأثیر قابل ملاحظه ای دارد (شکل ٥). جهت آشکار سازی تغییرات از روش محاسبه شدت تغییرات استفاده شده است. برای نشان دادن شدت تغییرات، عملیات تفریق باندهای متناظر بر روی تصاویر منطقه اعمال گردید. سپس تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) به منظور جمع آوری و متراکم ساختن اطلاعات موجود در باندهای مختلف و حذف اطلاعات زائد در داده های ماهواره ای بر باندهای حاصل از تفریق تصاویر انجام شد (شکل ٦). با توجه به تصویر به دست آمده از مؤلفه های اصلی با استفاده از هیستوگرام های نرمال میزان ماکزیمم و مینیمم و میانگین داده های هر مؤلفه برداشت و برای تعیین عضویت در منطق فازی استفاده شد. در جدول (١) اطلاعات آماری مربوط به مؤلفه های اصلی آورده شده است.

جدول ١- اطلاعات حاصل از تحلیل مؤلفه های اصلی تفریق

مؤلفه اصلی	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل
مؤلفه اول	١٣٠	٣٦/٨	١٧٥	٧٠
مؤلفه دوم	١٢٦	٢٣/١٥	١٩٠	٦٥
مؤلفه سوم	١٢٧	١٢/٢	١٥٥	٩٥
مؤلفه چهارم	١٢٧	٦	١٤٥	١١٠
مؤلفه پنجم	١٢٦	٤	١٤٠	١١٥
مؤلفه ششم	١٢٦	٤	١٣٥	١١٥



شکل ۵- مراحل بازیابی جهت تهیه نقشه تغییرات یخچال



شکل ٦- تصاویرحاصل از تفریق باند برروی تصاویر TM و ETM

تعیین تابع عضویت فازی

مؤلفه های اول، دوم، سوم و تصاویر حاصل از تغییرات تفریق باندهای متناظر طی سال های مورد مطالعه بیش از ۹۰٪ کل اطلاعات را به خود اختصاص داده اند و عمدتاً حاوی اطلاعات تغییرات هستند که می توان به عنوان تصاویر تغییرات از آنها استفاده نمود و چون اطلاعات متفاوتی از تغییرات را در خود دارند بنابراین باید روشی اتخاذ گردد که از طریق آن بتوان اطلاعات موجود در این مؤلفه ها را در یک تصویر نشان داد. به منظور ترکیب اطلاعات موجود در مؤلفه های اول، دوم، سوم و تصاویر تفریق از قوانین تئوری مجموعه های فازی استفاده شده که در آن تعریف تابع عضویت ضروری می باشد [18].

نقشه شدت تغییرات

به منظور نمایش بهتر تغییرات طیفی نقشه حاصله را در چهار کلاس شامل ۰ تا ۲۵، ۲۵ تا ۵۰ ،۵۰ تا ۷۵، ۷۵ تا۱۰۰ که هر کدام با رنگ خاصی نشان داده شده است، آورده شدند (شکل ۸). این رنگ ها به ترتیب مناطق با شدت تغییر طیفی کم تا زیاد را شامل می شود. مناطق با تغییر طیفی شدید شامل اراضی اطراف بستر رودخانه، یخچال، معدن و پای دامنه ها می باشد و مناطق با شدت تغییر طیفی کم عمدتاً شامل دامنه های پوشیده از گدازه می باشد. بر اساس جدول (۲) تمام مساحت منطقه مورد مطالعه تغییراتی بین ۰ تا ۱۰۰ درصد دارد که ۵۲ درصد از آن دارای تغییرات زیاد است. ولی آنچه که در رابطه با آشکار سازی تغییرات مهم می باشد، مساحتی از منطقه است که در محدوده۱۰۰-۷۵ درصد واقع شده و حداکثر تغییرات را به ما نشان می دهد. بر اساس شکل (۸) حداکثر تغییرات در یخچال ها و اطراف آن صورت گرفته است. مساحت تغییرات درسال های ۱۹۸۸-۲۰۰۰ با استفاده از تصاویر TM و ETM به دست آمده است (جدول ۲). با تعریف تابع عضویت در تغییرات به شرح فوق تصاویری تهیه شد که نشان دهنده مقدار عضویت در تغییرات بین صفر و یک برای هر پیکسل می باشد. با در دست داشتن تصاویر عضویت در تغییرات با استفاده از قانون OR در منطق فازی به دلیل اینکه اکثر تغییرات در مؤلفه های اول تا چهارم ظاهر می شود، به صورت رابطه (۱) اقدام به ترکیب آن ها شد.

$$FCCI=Max\ (\mu1,\mu2,\mu3,\mu4) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

$\mu1$= مقدار عددی تابع عضویت پیکسل در مؤلفه اول

$\mu2$= مقدار عددی تابع عضویت پیکسل در مؤلفه دوم

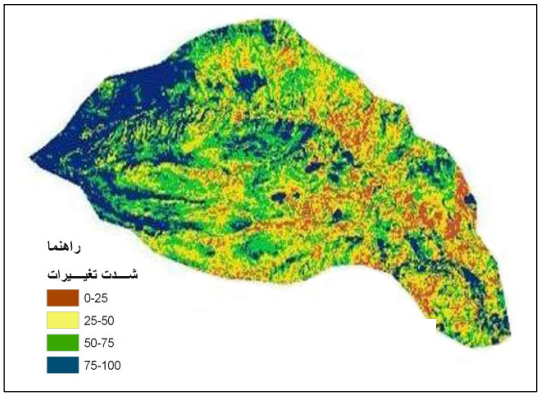
$\mu3$= مقدار عددی تابع عضویت پیکسل در مؤلفه سوم

$\mu4$= مقدار عددی تابع عضویت پیکسل در مؤلفه چهارم

با این روش کلیه اطلاعات مربوط به تغییرات در چهار مؤلفه اول در یک تصویر که نشان دهنده مقدار ترکیب شده عضویت در تغییرات می باشند، ظاهر شدند.

جدول ۲- مساحت تغییرات در یخچال یخار در فاصله سال های۱۹۸۸-۲۰۰۰

طبقه بندی شدت تغییرات به درصد	مساحت تغییرات انجام گرفته به کیلومتر مربع	درصد مساحت تغییرات انجام گرفته
۰-۲۵	۵/۳۵	۱۱/۵
۲۵-۵۰	۸/٦٤	۱۹
۵۰-۷۵	۷/۹۲	۱۷/۵
۷۵-۱۰۰	۲/۲۳	۵۲
مجموع	٤۵/۰۹	۱۰۰



شکل ۸- ارزیابی شدت تغییرات یخچال با استفاده از منطق فازی

بحث و نتیجه گیری

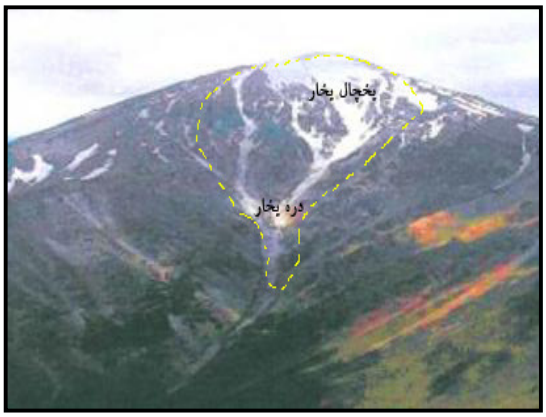
آنچه که از شواهد بر می آید این است که یخچال یخار و به طور کل یخچال های قله دماوند در حال پسروی هستند که یکی از علل آن تغذیه کم و کاهش نزولات جوی در سال های اخیر می باشد. همچنین وجود یخرفت ها (شکل ۹) تعیین کننده حد گسترش یخچال ها در گذشته می باشند. احتمالاً این یخرفت ها مربوط به آخرین دوره یخچالی پلیستوسن فوقانی (دوره یخچالی و ورم) است. اشکال موجود حالی از پسروی یخچال ها در این منطقه می باشند. در دامنه رو به جنوب در یخچال یخار به علت ذوب شدن یخ در دامنه به صورت پله پله درآمده اند تا اینکه در انتها کاملاً یخچال ذوب شده و از بین رفته است. در این پژوهش که با استفاده از فناوری سنجش از دور انجام شده است این نتیجه به دست آمد که مساحت یخچال یخار نسبت به آنچه که قبلاً توسط محققین دیگر صورت گرفته بود، در حال کاهش است [۱٤]. مساحت یخچال یخار را ۲ کیلومتر مربع اندازه گیری کرده بود، ولی ما با استفاده از ترکیب باندی تصویر ETM و IRS و نرم افزار GIS مساحت یخچال را ۱/۸ کیلومتر مربع اندازه گیری کردیم که این رقم نشان دهنده کاهش محدوده یخچال است که دلایل این کاهش:

الف: کاهش نزولات جوی و کاهش تغذیه یخچال

ب: گرم شدن میزان درجه حرارت زمین که باعث ذوب یخچال ها در سطح زمین و همچنین در این منطقه می شود (۱۰).

ج: حرارت ناشی از خروج دود از دهانه آتشفشان دماوند که بر روی یخچال ها تأثیر به سزایی دارد (شکل ۱۱).

شکل ۹- یخرفت میانی در یخچال یخار



شکل ۱۰- ذوب یخچال در اثر افزایش دما

شکل ۱۱- خروج گازهای فومرولی از دهانه شرقی قله دماوند

سپاس گزاری

از سازمان سنجش از دور ایران و سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح به خاطر در اختیار گذاشتن عکس ها و تصاویر ماهواره ای تشکر و قدردانی می شود.

منابع

۱- سرور، ج، فریدمجتهدی، ن، (۱۳۸۹)، شواهد ریخت شناسی (ژئومورفولوژی) یخچالی کواترنری در البرز غربی: دامنه شمالی کوه سیالان، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۸، ص ۹۲-۶۹.

۲- طاحونی، پ، (۱۳۸۳)، شواهد ژئومورفولوژی فرسایش یخچالی پلیستوسن در ارتفاعات تالش، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ٤٧، ص ۵۵-۳۱.

۳- طوسی، م؛ (۱۳۸۲)، بررسی سیمای یخچال طبیعی علم چال با استفاده از فناوری سنجش از دور ماهواره ای، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

٤- دلال اوغلی، ع؛ (۱۳۸۲)، بررسی مورفولوژی و نحوه فعالیت یخچال های سنگی دامنه شمالی کوه سبلان، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ٤۵، ص ۱۲-۱.

۵- رامشت، م، شوشتری، ن، (۱۳۸۳). آثار یخساری و یخچالی در سلفچگان قم، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳، ص۱۳۲-۱۱۹.

٦- رامشت، م، پوردهقان، د، (۱۳۸۷)، یخ در آتش: آثار یخچالی در منطقه بم، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۹، ص ۱٤٤-۱۲۹.

۷- رجبی، م؛ بیاتی خطیبی، م، (۱۳۸۷)، بررسی لندفرم دره های یخچالی مطالعه موردی: دره های یخچالی کوهستان سهند، پژوهش های جغرافیایی، شماره ٦٤، ص ۱۲۱-۱۰۵.

۸- رضائی، ی، (۱۳۸۳)، بررسی یخچال های کوهستانی خرسان زردکوه بختیاری با استفاده از سنجش از دور ماهواره ای، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۹۵ ص.

۹- رضایی، ی، ولدان زوج، م. ج، وزیری، ف، (۱۳۸۸)، بررسی یخچال طبیعی خرسان زردکوه بختیاری به وسیله تصاویر ماهواره ای، مجله علوم زمین، شماره ۷۱، ص ۱۷۲-۱٦۷.

۱۰- یمانی، م، (۱۳۸۱)، ژئومورفولوژی یخچال های علم کوه، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ٤۲، ص ۱۸-۱.

۱۱- یمانی، م، (۱۳۸٦)، ژئومورفولوژی یخچال های زردکوه (بررسی اشکال ژئومورفولوژی و حدود گسترش آن ها) فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۹، ص ۱۳۹-۱۲۵.

۱۲- یمانی، م، (۱۳۸۸)، اندازه گیری حرکت سالیانه یخچال های علم کوه، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ٦۷، ص ۵۲-۳۱.

۱۳- یمانی، م، جداری عیوضی، ج، گورابی، ا، (۱۳۸٦)، شواهد ژئومورفولوژیکی مرزهای یخچالی در دامنه های کرکس، مجله مدرس علوم انسانی، شماره ۵۰، ص ۲۲۸-۲۰۷.

۱٤- وزیری، ف، (۱۳۸۲)، شناسایی مقدماتی یخچال های طبیعی، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی ایران، ۱۳٦ص.

۱۵- ولدان زوج، م. ج، (۱۳۸۷)، بررسی یخچال طبیعی علم چال با استفاده از تصاویر ماهواره ای، مجله علوم زمین، شماره ۷۰، ص ۱۳-۲.

16- Anil, V. Kulkarni, S. S. Randhawa, (2007). Glacial retreat in Himalaya Using Indian Remote Sensing Satellite Data, CURRENT SCIENCE, Vol, 92, No 1, 10JANUARY.

17- Frank Paul, (2000). Evaluation of Different Methods for Glacier Mapping Using Land sat TM, University of Zurich, Switzerland, June pp.16 -17.

18- Siri, Jodha, Singh Khalsa, (2004). Space-Based Mapping of Glacier Changes Using ASTER and GIS Tools Transition on Geosciences and Remote Sensing, Vol.42.No10, October.