

## شناسایی منابع آورد رسوب در حوضه آبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و بکارگیری اطلاعات هیدروژئولوژیکی

(مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد دز)

سپیده بادرستانی<sup>۱</sup>

علی اسماعیلی\*<sup>۲</sup>

### چکیده

رسوب‌گذاری در مخازن پیش‌نیاز مدیریت پایدار آب می‌باشد و سد دز به دلیل تنظیم فرکانس برق کشور از اهمیت خاصی برخوردار است. از اهداف کلی این مطالعه، شناسایی منابع آورد رسوب در حوضه آبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با به‌کارگیری اطلاعات هیدروژئولوژیکی می‌باشد. به همین منظور با دریافت نتایج آزمایشگاهی کانی‌شناسی رسوبات سد مشخص شد که ۷۵ درصد رسوبات را کانی‌های کلسیت، دولومیت و کوارتز تشکیل می‌دهند. با انجام پردازش تصاویر سنجنده ASTER به روش‌های نسبت باندی، SAM و PCA منابع آورد رسوبات مشخص شدند و با تطبیق با سازندهای زمین‌شناسی منطقه و با توجه به لیتولوژی سازندها صحت نتایج بررسی شد؛ اما کانی کوارتز به دلیل اینکه در محدوده مرئی و مادون قرمز باند جذب و بازتاب شاخصی ندارد با روش‌های مذکور بارز نشد و به همین دلیل روش ترکیب باندی (۱۳،۱۲،۱۰) (RGB) به‌کاربرده شد که براساس ضریب فاکتور بهینه بهترین نتیجه را دربر دارد و مناطق دارای کوارتز با درجه بالا به رنگ قرمز و مناطق با درجه متوسط به رنگ صورتی بارز شد. برپایه نتایج تحقیق حاضر می‌توان گفت که تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند ابزار مناسبی برای شناسایی منابع آورد رسوبات در حوضه آبریز سدها باشند.

### واژه‌های کلیدی

منابع آورد رسوب، GIS، ASTER، نسبت باندی، SAM، PCA

<sup>۱</sup>. کارشناس ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان

<sup>۲</sup>\*. استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان aliesmaeil@kgut.ac.ir

## مقدمه

مواد رسوبی ذراتی از سازندهای سنگی می‌باشند که توسط آب یا هوا، معلق، حمل و نهشته می‌شوند. اندازه مواد رسوبی از سنگ‌های بزرگ تا ذرات کلوئیدی را شامل می‌شوند و شکل آن‌ها از گرد تا تیز گوشه متغیر است. ترکیب کانی‌های تشکیل‌دهنده و وزن مخصوص آن‌ها نیز متفاوت است. مواد رسوبی در اثر فرآیندهای فرسایشی روی سازندهای سنگی ایجاد شده و توسط جاذبه زمین، باد، آب یا ترکیبی از این‌ها حمل می‌گردند. زمانی که عامل حمل مواد رسوبی آب باشد، آن را رسوبات رودخانه‌ای می‌نامند. بنا به تعریف سازمان زمین‌شناسی آمریکا<sup>۱</sup> (USGS) رسوبات رودخانه‌ای قطعه‌سنگ‌های ریزودرشتی می‌باشند که در اثر هوازدگی سنگ‌ها و خردشدگی آن‌ها به وجود می‌آیند و توسط آب حمل می‌گردند. به این مواد در آب، عناصر زیستی و شیمیایی و مواد آلی نظیر هوموس<sup>۲</sup> نیز اضافه می‌شود. (معاونت امور فنی؛ وزارت نیرو، ۱۳۸۵)

رسوب‌گذاری در مخازن، فرآیندی از ته‌نشینی رسوبات است که بعد از احداث سد اتفاق می‌افتد. احداث سد باعث کاهش سرعت جریان و در نتیجه آشفته‌گی می‌گردد که منجر به فرآیندهای ته‌نشینی رسوبات حمل شده توسط جریان می‌شود. این مکانیسم نهایتاً باعث رسوب‌گذاری در مخازن می‌گردد که خود یک مسئله بزرگ برای طراحان و کاربران است. نتایج رسوب‌گذاری می‌تواند اثرات جدی را بر موقعیت اقتصادی محلی و منطقه‌ای مرتبط با تأمین آب آشامیدنی، تولید انرژی و تأمین آب برای آبیاری داشته باشد. کاهش دسترسی به آب یکی از اثرات مهم ته‌نشینی در مخازن در نواحی نیمه‌خشک می‌باشد. علاوه بر این رسوب‌گذاری منجر به مسدود شدن آبگیرها، ته‌نشینی رسوبات در نواحی دلتایی و افزایش کف آبراهه‌ها می‌شود. با توجه به اهمیت منابع آبی در کشور ایران، نیاز است تا از سازه‌های نگه‌دارنده آب شیرین همچون سدها محافظت بیشتری گردد.

یکی از اجزا مهم که در مطالعات طرح‌های مرتبط با مخازن سدها باید در اولویت قرار گیرد، برآورد میزان فرسایش تولیدی حوضه آبریز و انتقال آن توسط رودخانه است. با شسته شدن اراضی موجبات تقلیل ضخامت لایه سطحی مستعد کشاورزی فراهم می‌گردد و از سوی دیگر با انتقال مواد فرسایش یافته توسط جریان آب، مواد رسوبی به تدریج در پایین‌دست و درون مخزن سد نهشته شده و سبب کاهش عمر مفید مخزن می‌شود. شایان‌ذکر است که میزان رسوب ورودی به مخزن را می‌توان با روش‌های مختلفی همچون استفاده از روابط تجربی و براساس رابطه بین رسوب تولیدی و سایر مشخصات حوضه، استفاده از روش ترسیمی منحنی تداوم جریان و منحنی سنج رسوب به‌منظور برآورد بار رسوب (معاونت نظارت راهبردی؛ وزارت نیرو، ۱۳۹۱)، استفاده از عنصر رادیواکتیو سزیوم<sup>۳</sup> برای برآورد میزان فرسایش خاک حوضه‌های آبریز در ایران که برای اولین بار توسط کلافی<sup>۴</sup> مورد استفاده قرار گرفت (کلافی، ۱۳۷۳)، روش EPM<sup>۵</sup> که پس از ۴۰ سال تجربه و پژوهش در کشور یوگسلاوی ارائه شد (معاونت نظارت راهبردی؛ وزارت نیرو، ۱۳۹۱)، نسخه جدید USLE تحت عنوان معادله جهانی فرسایش خاک اصلاح‌شده (RUSLE)<sup>۶</sup> (رنارد و همکاران ۱۹۹۱)<sup>۶</sup>، روش PSIAC<sup>۷</sup> به‌منظور محاسبه شدت فرسایش خاک و تولید رسوب مناطق خشک و نیمه‌خشک غرب ایالات متحده آمریکا که در حال حاضر به‌منظور بررسی فرسایش خاک و تولید رسوب در طرح‌های جامع آب و خاک کشور نیز استفاده می‌شود (معاونت نظارت راهبردی؛ وزارت نیرو، ۱۳۹۱) و در نهایت محاسبه بار رسوب ورودی به مخزن سد با استفاده از مدل HEC-RAS<sup>۸</sup> محاسبه کرد. از میان این روش‌ها، روش‌های تجربی برآورد شدت فرسایش خاک و تولید رسوب EPM و PSIAC با بهره‌گیری از GIS و تلفیق لایه

۳. Caesium-137

۴. Erosion Potential Method

۵. Revised Universal Soil Loss Equation

۶. Renard et al.

۷. Pacific Southwest Inter-Agency Committee

۸. Hydrologic Engineering Center-River Analysis System

۱. United States of Geological Survey

۲. Humus

راه اصلی شناسایی جنس انواع زمین در مکان‌های مختلف، استفاده از خصوصیات طیفی این گونه‌ها می‌باشد. بعضی از زمین‌شناسان قادرند با دیدن تصویر ماهواره‌ای یا عکس هوایی بعضی گونه‌های سنگی را شناسایی نمایند؛ بنابراین شناسایی انواع مختلف دیگر، وابسته به خصوصیات طیفی شان است و انواع و سن صخره‌های مختلف با تغییر در طول‌موج‌های مشخص تغییر می‌نمایند (معاونت نظارت راهبردی؛ وزارت نیرو، ۱۳۹۲).

در رابطه با کارایی استفاده از سنجش از دور در مطالعات زمین‌شناسی که محدوده‌های بزرگی را تحت پوشش قرار می‌دهند، مطالعات متعددی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به جداسازی واحدهای سنگی حساس به فرسایش مارن، شیل<sup>۵</sup> و نهشته‌های کواترنری از واحدهای مقاوم ماسه‌سنگ و سنگ آهک با استفاده از داده‌های سنجنده استر توسط مختاری و همکاران (۱۳۸۵) و همچنین جداسازی ۱۰ نوع سنگ آهکی و ماسه‌سنگ آبرفتی با استفاده از داده‌های استر توسط گومز و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۵) اشاره کرد. در همین راستا نینومیا و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۰۵)، نیز به ارائه سه شاخص سنگ‌شناسی کوارتز، مافیک<sup>۸</sup> و کربنات جهت شناسایی و تفکیک سنگ‌های کوارتزی، کربناته و سیلیس‌دار با استفاده از پردازش تصاویر سنجنده استر پرداختند. همچنین مقایسه روش‌های داده پایه و طیف مینا جهت نقشه‌برداری از مناطق دارای کائولینیت روش‌های پردازش تصویر SAM و PCA به ترتیب به‌عنوان روش‌های طیف مینا و آمار پایه بر روی تصویر سنجنده هایپریون<sup>۹</sup> در زون آرژیلیکی<sup>۱۰</sup> در منطقه آتشفشان مساحیم توسط بهرام بیگی و همکاران (۱۳۹۱) انجام گرفت. یکی از روش‌هایی که می‌توان به منشأ رسوبات مخازن سدها پی برد، مقایسه ترکیبات کانی شناسی آن‌ها با سنگ‌های موجود در حوضه آبریز می‌باشند (پاکدامن و فروزانی بهبهان، ۱۳۸۲).

های اطلاعاتی مختلف، شناسایی و طبقه‌بندی مناطق فرسایشی را میسر می‌کنند؛ اما این روش‌ها به دلیل توجه محدود و کلی به عامل زمین‌شناسی و سنگ شناسی و غالب بودن عوامل محیطی در وزن‌دهی پارامترها، با برآورد واقعی تفاوت دارند و در نتیجه نقشه‌های خطر فرسایش دقت کافی را ندارند.

مطالعات جدیدتر بیشتر بر مبنای ترکیب سنجش از راه دور و GIS هستند، به این دلیل که تصاویر ماهواره‌ای نقش مهم و مؤثری در تهیه اطلاعات، مانند نقشه کاربری زمین، مطالعه نوع فرسایش ناحیه، زمین‌های پوشیده شده و خالی دارند که در محاسبه رسوب از هر روشی می‌توان از اطلاعات آن بهره گرفت.

از جمله روش‌های جدید می‌توان به مطالعه بر روی دو رودخانه مدیترانه‌ای Axios و Aliakmonas در یونان اشاره کرد که از سنجش از دور و تحلیل GIS به‌منظور نقشه‌برداری تغییرات زمانی-مکانی رسوب و فرسایش دلتاهای رودخانه‌های مذکور استفاده کرده‌اند. تفسیر مستقیم از تصاویر لندست<sup>۱</sup> در طول دوره و یک طبقه‌بندی نیمه‌خودکار عکس براساس SVMs<sup>۲</sup> برای ساده‌سازی روند نقشه‌برداری اندازه‌گیری مقادیر رسوب و فرسایش در مقیاس‌های زمانی متفاوت در طول دوره‌ی مطالعه با استفاده از هر دو روش براساس تغییرات سطح خط ساحلی و تحلیل‌های صورت گرفته با هر دو روش در یک محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۳</sup> (GIS) مدیریت شد (جورج<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).

در دو دهه‌ی اخیر کاربرد سنجش از دور در زمینه‌های مختلف زمین‌شناسی کاربرد روزافزونی داشته است که به‌صورت پراکنده توسط پژوهشگران مورد پژوهش واقع گردیده است و می‌توان از آن در زمینه مطالعات آبی و حل مشکلات مربوط به آن بهره جست.

۵. Shale

۶. Gomez et al.

۷. Ninomiya et al.

۸. Mafic

۹. Hyperion

۱۰. Argillic Zone

۱. Landsat

۲. Support Vector Machines

۳. Geographical Information System

۴. George et al.



شکل (۱): موقعیت سد دز در Google Map

### معرفی داده‌ها

داده‌های این مطالعه به سه دسته داده‌های هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و دورسنجی تقسیم می‌شود.

### داده‌های هیدرولوژیکی مورد مطالعه

با توجه به اطلاعات دفتر پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان (دفتر تحقیقات طرح و توسعه سد و نیروگاه) این نتیجه حاصل شد که به‌طور میانگین حدود ۷۵٪ رسوب حوضه آبریز را سه کانی کلسیت، کوارتز و دولومیت تشکیل می‌دهند. با توجه به این فرضیه سعی بر شناسایی منابع آورد این سه کانی در حوضه آبریز است. در جدول (۱) این اطلاعات که شامل نتایج آزمایش‌های شیمیایی بر روی رسوبات سد دز است، آورده شده و همچنین موقعیت ایستگاه‌هایی که این رسوبات مورد آزمایش قرار گرفته‌اند نیز در شکل (۲) نشان داده شده است.

کسب اطلاعات از منابع رسوب، تعیین سهم و اهمیت نسبی آن‌ها در تولید رسوب به‌منظور اجرای طرح‌های حفاظت خاک و کنترل رسوب ضروری است. به دلیل وجود مشکلات نمونه‌گیری چه از بعد مکانی و چه از بعد زمانی و نیز تنگناهای اجرایی و داشتن نیاز به زمان و هزینه زیاد در کاربرد روش‌های سنتی تشخیص منابع آورد رسوبات و تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها معمولاً به‌ندرت اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و فناوری GIS می‌توان بسیار سریع‌تر و راحت‌تر و با هزینه کمتر و دقت و سرعت بیشتر از روش‌های سنتی منابع آورد رسوب را شناسایی و پهنه‌بندی کرد و درنهایت برای مدیریت و تصمیم‌گیری در حوضه آبریز اقدامات لازم را پیشنهاد داد.

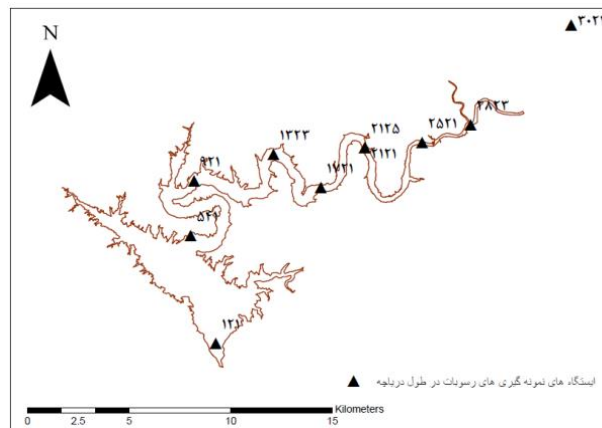
### موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سد دز

حوضه آبریز سد دز در موقعیت جغرافیایی طول شرقی ۵۰°۲۱ تا ۴۸°۱۰ و عرض شمالی ۳۴°۰۷ تا ۳۲°۳۶ قرار دارد. ایستگاه هیدرومتری و رسوب‌سنجی ورودی سد دز<sup>۱</sup> تله زنگ نامیده می‌شود. این ایستگاه تا محل سد ۲۰ کیلومتر فاصله دارد. سطح حوضه آبریز در محل ایستگاه ۱۶۷۸۹ کیلومترمربع است. اندازه‌گیری‌های دبی جریان در این ایستگاه از سال ۱۳۴۴ و نمونه‌برداری بار معلق در آن از اواخر سال ۱۳۴۹ آغاز شده است. ایستگاه هیدرومتری و رسوب‌سنجی خروجی سد دز، دزفول نام دارد. فاصله این ایستگاه نیز تا محل سد در حدود ۲۵ کیلومتر است، از آمار و داده‌های این ایستگاه می‌توان به‌عنوان داده‌های پایین‌دست سد دز استفاده نمود. سطح حوضه آبریز در محل ایستگاه تا سد در حدود ۲۵۰ کیلومترمربع می‌باشد. اندازه‌گیری‌های دبی جریان در این ایستگاه از سال ۱۳۳۵ و نمونه‌برداری بار معلق رودخانه از سال ۱۳۵۱ آغاز شده است (حیدرث‌آباد<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴). در شکل (۱) موقعیت سد دز در Google Map آورده شده است.

۱. Dez Dam  
۲. Heydarnezhad

جدول (۱): نتایج آزمایش‌های شیمیایی بر روی رسوبات سد دز

station	Coordinates		کاتی شناسی							
	X	Y	Calcite%	Quartz%	Dolomite%	Plagioclase%	Montmorillonite%	Muscovite%	Chlorite%	Iron Oxide Hydrate%
۱۲۱	۲۶۱۷۲۵	۳۶۱۱۶۱۷	۳۰	۲۸	۱۵	۴	۸	۲	۶	۴
۵۴۱	۲۶۰۴۹۵	۳۶۱۶۹۹۵	۲۸	۳۸	۱۳	۵	۷	۱	۵	۵
۹۲۱	۲۶۰۶۵۴	۳۶۱۹۶۹۰	۳۳	۲۳	۱۴	۷	۸	۲	۵	۵
۱۲۳۳	۲۶۴۵۷۴	۳۶۲۱۰۲۱	۳۳	۱۶	۱۰	۱۶	۸	۳	۶	۵
۱۷۳۱	۲۶۶۸۹۳	۳۶۱۹۴۶۷	۳۳	۲۲	۱۰	۱۲	۷	۳	۶	۴
۲۱۲۱	۲۶۹۰۷۵	۳۶۲۱۴۶۳	۲۸	۲۵	۱۶	۷	۹	۲	۵	۵
۲۱۲۵	۲۶۹۰۷۵	۳۶۲۱۴۶۳	۲۷	۲۸	۱۵	۸	۹	۱	۴	۵
۲۵۲۱	۲۷۱۸۸۶	۳۶۲۱۶۱۱	۲۷	۲۷	۱۶	۶	۱۰	۱	۴	۶
۲۸۲۳	۲۷۴۲۷۳	۳۶۲۲۵۰۶	۲۹	۴۲	۱۳	۴	۶	۱	۳	۵
۳۰۲۱	۲۷۹۲۳۱	۳۶۲۷۴۵۰	۳۱	۲۹	۱۴	۵	۸	۱	۳	۵

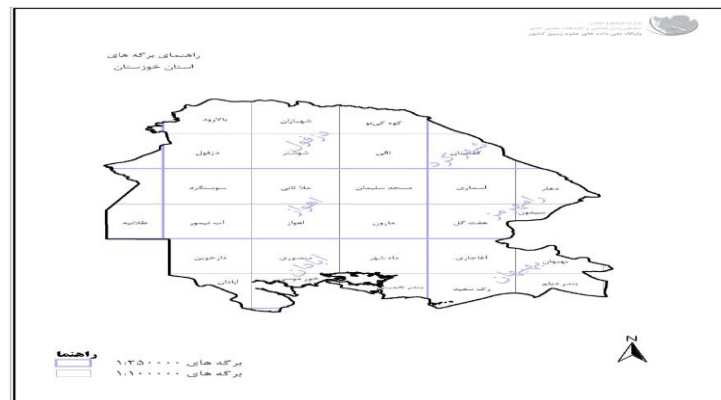


شکل (۲): موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌گیری‌های رسوبات سد دز جهت انجام آزمایش‌های شیمیایی

تهیه می‌شوند. به طوری که در سازمان زمین‌شناسی نقشه‌های با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰ تهیه شده است. راهنمای نقشه‌های زمین‌شناسی استان خوزستان که به کمک آن منطقه مورد مطالعه شناسایی و نقشه زمین‌شناسی آن تهیه شد، در شکل (۳) نشان داده شده است.

#### داده‌های زمین‌شناسی مورد مطالعه

از آنجاکه مشاهده‌ی تشکیلات زمین با وسعت زیاد در حالت معمولی با چشم، غیرممکن است و بدون مشاهده کلیه عوامل و برقراری ارتباط بین آن‌ها هم نمی‌توان تصور صحیحی از وضعیت زمین به دست آورد، لذا، نقشه‌های زمین‌شناسی بدین منظور اساسی‌ترین وسیله پژوهش‌های زمین‌شناسی می‌باشند. این نقشه‌ها در مقیاس‌های مختلف



شکل (۳): راهنمای نقشه‌های زمین‌شناسی استان خوزستان

دگرسانی‌ها را فراهم کرده است. افزون بر آن، این سنجنده با داشتن پنج باند طیفی در محدوده فروسرخ حرارت تنها سنجنده چند طیفی حرارتی بشمار می‌آید که تفکیک واحدهای سنگی و استخراج پهنه‌های دگرسانی را امکان پذیر می‌کند. مشخصات سنجنده و باندهای طیفی آن در جدول‌های (۲) و (۳) نشان داده شده است. (رفاهی و همکاران، ۲۰۱۴)

جدول(۲): مشخصات سنجنده استر

عنوان مشخصات	مشخصات سنجنده استر
تاریخ پرتاب	۱۸ دسامبر ۱۹۹۹ کالیفرنیا
زمان عبور از خط استوا	۱۰:۳۰ صبح از شمال به جنوب
ارتفاع مدار	۷۰۵ کیلومتر خورشید آهنگ
زاویه میل	۹۸/۳ درجه از خط استوا
زمان گردش به دور زمین	۹۸/۸۸ دقیقه
تهیه پوشش کامل زمین	۱۶ روز
قدرت تفکیک پذیری	۱۵-۹۰ متر

### روش تحقیق

مراحل انجام کار به صورت فلوجارت در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل(۴): فلوجارت مراحل انجام کار

یکی از روش‌هایی که می‌توان به منشأ رسوبات مخازن سدها پی برد، مقایسه ترکیبات کانی‌شناسی آن‌ها با سنگ های موجود در حوضه آبریز می‌باشند. همان‌طور که با توجه به اطلاعات زمینی مشخص شد، به‌طور میانگین حدود ۷۵٪ رسوب حوضه آبریز را سه کانی کلسیت، کوارتز و دولومیت تشکیل می‌دهند. با توجه به این فرضیه طبیعی است که تلاش بر شناسایی منابع آورد این سه کانی در حوضه آبریز صورت گیرد.

با توجه به راهنمای نقشه‌های زمین‌شناسی در نقشه‌های ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه بین دو نقشه به نام‌های منطقه بالارود و شه‌بازان نام‌گذاری شده است.

### داده‌های دورسنجی مورد مطالعه

در این مطالعه برای شناسایی و تفکیک واحدهای موجود در منطقه و مشخص کردن منبع رسوبات، با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در دو تصویر قرار گرفت، از دو تصویر سنجنده استر که در تاریخ‌های ۲۰۰۴/۰۲/۲۷ و ۲۰۰۱/۰۸/۲۹ اخذ شده است، استفاده شده است. تاریخ‌های اخذ تصاویر نزدیک‌ترین تاریخ به زمان اخذ داده‌های زمینی است. علت متفاوت بودن تاریخ‌های دو تصویر، عدم وجود تصاویر مورد نیاز در یک تاریخ بود. از این‌رو، نزدیک‌ترین تاریخ‌ها به یکدیگر انتخاب شدند.

### سنجنده ASTER<sup>۱</sup>

استر یکی از پنج سنجنده ماهواره ترا است که در دسامبر ۱۹۹۹ توسط ژاپن ساخته شد. ASTER با داشتن ۱۴ باند طیفی مختلف به دانشمندان و پژوهشگران امکان بررسی پدیده‌های زمینی را در طول موج‌هایی نظیر مادون قرمز نزدیک، کوتاه و حرارتی که توسط چشم انسان قابل‌رؤیت نیست می‌دهد. تصاویر این سنجنده توسط SIC<sup>۲</sup> دریافت می‌شود. (وزارت جهاد کشاورزی، بدون تاریخ) این سنجنده چند طیفی که در سه محدوده طیفی VNIR، SWIR و TIR تصویر اخذ می‌کند، بخش VNIR آن برای شناسایی پوشش گیاهی و اکسید آهن و سطح خاک قابل‌استفاده است. یکی از دلایل استفاده از تصاویر این سنجنده، داشتن باندهای مناسب در محدوده فروسرخ با طول‌موج کوتاه است که دارای بیشترین پتانسیل برای بررسی ترکیب شیمیایی مواد زمینی است. (رفاهی و همکاران، ۲۰۱۴)<sup>۳</sup> سنجنده استر با داشتن قدرت تفکیک طیفی به نسبت مناسب، در محدوده فروسرخ بازتابی که بیشتر کانی‌ها در آن دارای نمودار جذب طیفی هستند، امکان تفکیک انواع

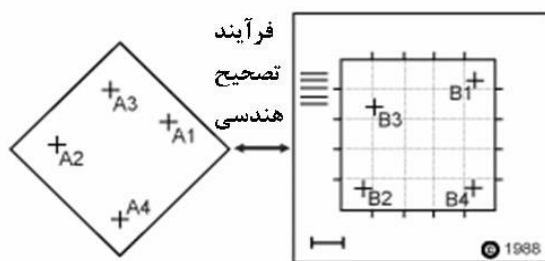
۱. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER Sensors)  
 ۲. Satellite Imaging Corporation  
 ۳. Refahi et al.

جدول (۳): مشخصات باندهای طیفی سنجنده استر

طیف سنج	باند	محدوده باند	توان تفکیک رادیومتری (بیت)	توان تفکیک مکانی (متر)
VNIR	۱	۰/۵۲۰-۰/۶۰۰	۸	۱۵
	۲	۰/۶۳۰-۰/۶۹۰	۸	۱۵
	۳B	۰/۷۸۰-۰/۸۶۰	۸	۱۵
	۳N	۰/۷۸۰-۰/۸۶۰	۸	۱۵
SWIR	۴	۱/۶۰۰-۱/۷۰۰	۸	۳۰
	۵	۲/۱۴۵-۲/۱۸۵	۸	۳۰
	۶	۲/۱۸۵-۲/۲۲۵	۸	۳۰
	۷	۲/۳۲۵-۲/۳۸۵	۸	۳۰
	۸	۲/۳۹۵-۲/۳۶۵	۸	۳۰
	۹	۲/۳۶۰-۲/۴۳۰	۸	۳۰
TIR	۱۰	۸/۱۲۵-۸/۴۷۵	۱۲	۹۰
	۱۱	۸/۴۷۵-۸/۸۲۵	۱۲	۹۰
	۱۲	۸/۹۲۵-۹/۳۷۵	۱۲	۹۰
	۱۳	۱۰/۳۵-۱۰/۹۵	۱۲	۹۰
	۱۴	۱۰/۹۵-۱۱/۶۵	۱۲	۹۰

#### تصحیحات هندسی<sup>۴</sup>

پس از تصحیح هندسی، هر پیکسل در تصویر ابعاد واقعی زمینی اش را با توجه به مقیاس تصویربرداری ارائه می دهد. علاوه بر حذف اعوجاج از روی تصویر، لازم است که پیکسل ها در موقعیت مسطحاتی (دوبعدی) دقیق خود قرار گیرند؛ تا در نهایت بتوان کلیه اطلاعات هندسی از قبیل اندازه گیری های طول، مساحت و... را استخراج نموده و بتوان از تصویر به عنوان یک لایه اطلاعاتی در سیستم های اطلاعات مکانی استفاده نمود (رسولی، ۱۳۸۷). در شکل (۵) فرآیند تصحیح هندسی به صورت ساده نشان داده شده است.



تصویر خام

تصویر تصحیح هندسی شده

شکل (۵): فرآیند تصحیح هندسی

پردازش تصاویر رقومی به دو مرحله مشخص تقسیم می شود. مرحله اول انجام پیش پردازش است که در تمامی مواردی که به تصاویر رقومی نیاز است ضروری است. مرحله دوم عملیات آشکارسازی تصویر و استخراج اطلاعات مورد نظر است. (لگ، ۱۹۹۵)<sup>۱</sup>

#### پیش پردازش<sup>۲</sup> داده های ماهواره ای

تصاویر ماهواره ای که توسط سنجنده های نصب شده بر روی سکوه های فضایی و هوایی اخذ می گردند، می توانند شامل خطاهایی در هندسه و میزان درجات خاکستری پیکسل ها باشند؛ بنابراین هنگام استفاده از تصاویر لازم است که تصحیح های مربوط به هندسه و روشنایی تصویر روی آن ها اعمال گردد که نوع این تصحیح ها بسته به هدف متفاوت است (ریچاردز، ۲۰۰۶)<sup>۳</sup>. به طور کلی برای آماده سازی تصاویر اولیه برای تحلیل آشکارسازی تغییرات، مراحل زیر باید انجام گیرد.

۱. Legg  
۲. Preprocessing  
۳. Richards

۴. Geometric Corrections

### تصحیحات رادیومتریک<sup>۱</sup>

در حالت کلی خطای رادیومتریکی تصویر خطایی است که بر روی تک تک پیکسل‌ها وجود دارد و این خطاها می‌توانند هم ناشی از خود سنجنده و هم ناشی از اتمسفر در لحظه تصویربرداری باشد. با اعمال تصحیح‌های مربوطه، اولاً قابلیت تفسیر بصری تصاویر بهبود می‌یابد، ثانیاً مقادیر ارزش‌های یکسان در پیکسل‌های مجاور، امکان شناسایی عوارض را دقیق‌تر می‌کند (رسولی، ۱۳۸۷).

### تصحیحات اتمسفری

اتم‌سفر از دو طریق دو عامل جذب و پخش، بر روی امواج الکترومغناطیس اثر می‌گذارد. از سوی دیگر می‌توان گفت ارزش عددی هر پیکسل در تصاویر ماهواره‌ای، ثبت واقعی

تابندگی در سطح زمین نیست چراکه بر اثر جذب و یا پراکنش امواج در طول مسیر توسط اتمسفر تغییر می‌کند. پراکنش باعث انحراف موج از مسیر اصلی آن می‌شود، ولی جذب انرژی باعث تغییر انرژی درونی مولکول‌های اتمسفر خواهد شد. اتمسفر بر روی طول‌موج‌های کوتاه‌تر از ۰/۵ میکرومتر، بیشترین و طول‌موج‌های بلندتر، کمترین تأثیر پراکنشی را دارد. (علوی پناه، ۱۳۸۲)

تصحیح اتمسفری گامی بسیار مهم در آنالیز تصاویر ماهواره‌ای به شمار می‌رود. برای این منظور در این تحقیق از تصحیحات اتمسفری FLAASH برای تصویر ماهواره‌ای استر با استفاده از نرم‌افزار ENVI استفاده شده است. مدل فلش یکی از اولین ابزارهای تصحیح اتمسفری است که طول‌موج‌هایی را از گستره مرئی (۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) تا ۱ میکرومتر پوشش می‌دهد.

### سایر عملیات پیش پردازش

از سایر عملیات قبل از پردازش اصلی ترکیب باندها<sup>۲</sup> است که در آن تمام یا تعدادی از باندهای تصویر سنجنده در یک‌لایه<sup>۳</sup> جدید، جهت سهولت پردازش‌های بعد، قرار داده می‌شوند. همچنین با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در دو تصویر ماهواره‌ای قرار داشت، پس از انجام تصحیحات

هندسی، دو تصویر یادشده در کنار هم موزاییک شده و محدوده کاری موردنظر از تصویر حاصله برش داده شد. برای موزاییک کردن دو تصویر انتخاب‌شده و به دست آوردن تصویر واحد از منطقه، چند نقطه مشترک در مناطق همپوشانی دو تصویر انتخاب و انطباق داده شد. برای اینکه از تأثیر پوشش گیاهی، دریاچه و آبراهه‌ها در پردازش جلوگیری شود از ماسک‌های مربوطه استفاده شد. سپس از ماسک‌های تولیدشده شیپ فایل‌های<sup>۴</sup> موردنیاز در پروژه تولید می‌شود.

### پردازش داده‌های ماهواره‌ای

هدف از پردازش اطلاعات ماهواره‌ای، استخراج اطلاعات و شناسایی اهداف مختلف در تصویر است.

به‌طور کلی پردازش تصاویر ماهواره‌ای به دو روش عمده پردازش بصری و پردازش رقمی انجام می‌گیرد. در پردازش بصری تصویر، کاربر با توجه به دانش خود و ویژگی‌های تصویر جهت شناسایی و یافتن الگوی موردنیاز عمل می‌کند. درحالی‌که در پردازش رقمی، الگوی موردنیاز به‌عنوان نمونه به نرم‌افزار داده می‌شود و به‌طور خودکار این الگو در تمام طول تصویر استخراج می‌شود.

در این تحقیق روش‌های پردازشی نسبت بانندی<sup>۵</sup>، نقشه برداری زاویه طیفی<sup>۶</sup> و آنالیز مؤلفه اصلی<sup>۷</sup> روی تصاویر ماهواره‌ای ASTER اجرا شده است.

### نسبت بانندی

نتیجه تقسیم مقادیر درجه روشنایی پیکسل‌ها در یک باند طیفی به باند طیفی قابل انطباق دیگر را، تصاویر نسبت گیری طیفی گویند و بدین طریق تصویر رقمی جدیدی ایجاد می‌شود.

مزیت اصلی تصاویر به‌دست‌آمده از طریق نسبت بانندی آن است که خصوصیات رنگی یا طیفی پدیده‌های تصویر را بدون توجه به شرایط نوردهی منظره، منتقل می‌کنند و بر محتوای رنگ داده تأکید می‌کنند. درواقع این روش، اثرات توپوگرافی و سایه‌ها را از بین می‌برد. اختلاف بین درجات

۴. Layer Stacking

۵. Band Ratio

۶. SAM

۷. PCA

۱. Radiometric Corrections

۲. Layer stacking

۳. Layer



روشنایی را آشکار کرده و مرزها را مشخص تر می‌سازد؛ بنابراین برای جدا کردن مرز واحدهای سنگی و تشخیص سنگ‌ها به کار می‌رود. لذا از داده‌های سنجش از دور و با استفاده از تصاویر نسبت بانندی، به‌طور گسترده در آشکارسازی نواحی دارای مواد معدنی و پوشش گیاهی استفاده می‌شود. (بنت و همکاران، ۱۹۹۳)<sup>۱</sup> از نسبت‌های بانندی جدول (۴) مربوط به سنجنده ASTER به ترتیب جهت بارزسازی کانی‌های کلسیت (نینومییا، ۲۰۰۳)<sup>۲</sup> و دولومیت (لرنس و جان، ۲۰۰۳)<sup>۳</sup> و کوارتز (کری و همکاران، ۲۰۱۰)<sup>۴</sup> استفاده شده است.

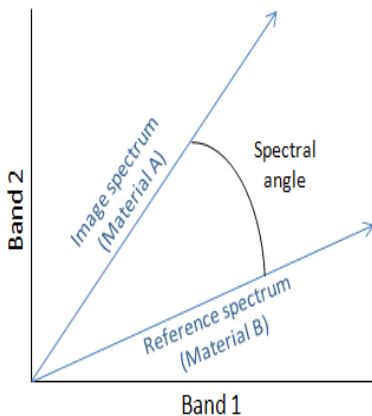
شناسایی دقیق‌تر خواهد بود. در صورتی که مقدار زاویه ۱ باشد کل تصویر به‌عنوان پدیده موردنظر شناسایی می‌شود. برای مقایسه یک پیکسل، طیف پیکسل موردنظر از منطقه بررسی شده با طیف همان پیکسل در آزمایشگاه (کتابخانه) بر روی دو باند در یک محور مختصات رسم می‌شود. سپس نقاط به‌دست‌آمده به مبدأ وصل می‌شود و زاویه بین دو خط به‌دست‌آمده به‌عنوان زاویه شناسایی پیکسل شناخته می‌شود. در صورتی که از تعداد n باند برای شناسایی پدیده موردنظر استفاده شود از رابطه (۱) برای به دست آوردن زاویه استفاده می‌شود،

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{\left( \sum_{i=1}^{nb} t_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} \left( \sum_{i=1}^{nb} r_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \right) \quad (1)$$

که در آن nb تعداد باندها است (کراس و همکاران، ۱۹۹۳) در شکل (۶) اندازه‌گیری زاویه طیف پیکسل با طیف مرجع نشان داده شده است.

جدول (۴): نسبت‌های بانندی مورد استفاده در پروژه

کانی	نام شیمیایی	نسبت بانندی
کلسیت	CaCO <sub>3</sub>	$\left( \frac{\text{باند ۶}}{\text{باند ۸}} \right) \times \left( \frac{\text{باند ۹}}{\text{باند ۸}} \right)$
دولومیت	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	$\left( \frac{\text{باند ۶} + \text{باند ۸}}{\text{باند ۷}} \right)$
کوارتز	SiO <sub>2</sub>	$\left( \frac{\text{باند ۱۱} \times \text{باند ۱۱}}{\text{باند ۱۰} \times \text{باند ۱۲}} \right)$



شکل (۶): محاسبه اندازه‌گیری زاویه طیف پیکسل با طیف

### مرجع

مهم‌ترین مزیت این الگوریتم سادگی ساختار آن و استفاده سریع برای نمایش شباهت طیفی بین طیف تصویر و طیف مرجع است. این روش نسبت به اثرات سپیدایی و روشنایی متفاوت خواهد بود و تحت تأثیر فاکتورهای روشنایی خورشید نیست، زیرا زاویه بین دو بردار مستقل از طول آن‌ها است. انتخاب حد آستانه مناسب برای طبقه‌بندی به روش SAM یک تصمیم اساسی است که معمولاً با استفاده از داده‌های معلوم از منطقه مورد استفاده تعیین می‌گردد.

### روش نقشه‌برداری زاویه طیفی (SAM)<sup>۵</sup>

نقشه‌برداری زاویه طیفی (SAM) یک روش طبقه‌بندی نظارت‌شده تصویر با محاسبه تشابه بین طیف تصویر و یک طیف مرجع (مانند کتابخانه‌های طیفی) است که اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط کراس و همکاران<sup>۶</sup> به‌کاربرده شد. از روش طبقه‌بندی SAM بر روی تصاویر فرا طیفی و چند طیفی به‌طور گسترده‌ای برای شناسایی کانی‌های دگرسانی استفاده شده است. الگوریتم این روش، مشابهت بین دو طیف را به‌وسیله زاویه طیفی بین آن دو محاسبه می‌کند. در واقع با تبدیل طیف‌ها به بردار در فضایی به ابعاد تعداد باندها، زاویه بین دو بردار محاسبه می‌شود. در این روش برای محاسبه زاویه جهت بردارها اهمیت دارد و نه طول آن‌ها، بنابراین در این روش عام‌های دیگر در نظر گرفته نمی‌شوند. در واقع هرچه مقدار زاویه (بین ۰ تا ۱) کمتر باشد

۱. Bennet et al.

۲. Ninomiya

۳. Lawrence & John

۴. Corrie et al.

۵. Spectral Angel Mapping (SAM)

۶. Kruse et al.

در سنجنده ASTER از ۹ باند PCA گرفته شده است. در مؤلفه چهارم، باند ۷ و ۸ دارای بردار ویژه مثبت و باند ۶ دارای بردار ویژه منفی است. با توجه به اینکه کانی کلسیت در باند ۶ جذب و در باند ۸ بازتاب دارد در PC4 به رنگ روشن بارز می‌شود و در کانی دولومیت در باند ۷ جذب و در باند ۶ بازتاب دارد و در PC4 به رنگ تیره بارز می‌شوند.

### اعتبارسنجی

ارزیابی نتایج پردازش یکی از مراحل مهم پس از پردازش است. ارائه نتایج پردازش بدون هیچ‌گونه ارزیابی که کیفیت یا صحت این نتایج را بیان کند، از ارزش آن‌ها می‌کاهد و در بعضی مواقع آن‌ها را بدون استفاده می‌کنند؛ بنابراین به منظور اعتبارسنجی نتایج حاصل شده با نقشه های زمین‌شناسی و سازندهای موجود در منطقه و آبراهه‌ها مقایسه شده و در نهایت نقشه نوع رسوبات حاصل می‌شود.

### سازندهای موجود در منطقه

رسوبات موجود در منطقه زاگرس مرکزی شامل ماسه‌سنگ، مارن، آهک و رسوبات تبخیری است که به‌طور هم‌شیب روی آهک‌های آسماری از جمله کوه آسماری در مسجده سلیمان قرار گرفته‌اند. سنگ‌های آهکی تقریباً از کلسیت همراه با دولمیت تشکیل شده‌اند. ماسه‌سنگ‌ها همراه با دولومیت تشکیل شده‌اند. ماسه‌سنگ‌ها همراه با کانی‌های دیگری چون میکا به مقدار زیادی دارای کوارتز می‌باشند. (آقاباتنی، ۱۳۸۳)

سازند گچساران: سنگ نمک، انیدریت، مارن‌های رنگارنگ، سنگ آهک و مقداری شیل<sup>۷</sup> دارای بیتومین<sup>۸</sup> و بدون نظم چینه‌ای، واحدهای اصلی سازند گچساران هستند. سازند میشان: شامل مارن‌های خاکستری و آهک‌های صدف‌دار با میکروفسیل‌های فراوان است. سازند میشان بیشتر ماسه‌ای است ولی در فارس داخلی و بندرعباس بیشتر رخساره سیلتی دارد. گاهی در این سازند لایه‌های سرخ رنگی وجود دارد که حاصل نهشت دوباره عضو مجموعه هرمز دانسته شده است. در نقاطی که این آواری‌ها ضخامت زیاد دارند، به آن ماسه‌سنگی میشان گفته می‌شود.

استفاده از این روش در سنجنده‌هایی با توان تفکیک طیفی بالا نتایج بهتری را ارائه می‌دهد زیرا هرچه فواصل بین طول موج های دو باند مجاور کمتر شود تفاوت‌هایی که در شکل طیفی کانی با کانی دیگر وجود دارد بارزتر شده و مقایسه بین طیف ورودی به‌عنوان طیف مرجع و طیف پیکسل‌های تصویر با دقت بالاتری انجام می‌گیرد.

### روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)

آنالیز مؤلفه اصلی (PCA)<sup>۱</sup> تبدیلی در فضای برداری است که در سال ۱۹۰۱ توسط کارل پیروسون<sup>۲</sup> ارائه شد. این روش، روشی بسیار توانا جهت تجزیه و تحلیل داده‌های چندبعدي همبسته محسوب می‌شود و در تفسیر داده‌های رقومی سنجنش از دور از اهمیت زیادی برخوردار است و روشی برای خارج کردن یا کاهش دادن چنین اطلاعات زائدی است که با فشرده کردن مجموعه داده‌های چند طیفی در یک دستگاه مختصات جدید صورت می‌گیرد. (علوی پناه، ۱۳۸۲) این تحلیل شامل تجزیه مقدارهای ویژه ماتریس کوواریانس<sup>۳</sup> و یا ماتریس ضرایب همبستگی است. هرچه واریانس طیفی در یک تصویر بیشتر باشد، تصویر دامنه اطلاعات وسیع‌تری خواهد داشت که خود گویای پدیده‌های بیشتر در تصویر است و چنین تصویری برای مطالعه مناسب است (جنسن، ۲۰۰۵)<sup>۴</sup>. برای داده‌های چند طیفی (مانند ASTER)، اولین مؤلفه اصلی (PC<sub>1</sub>) شامل بیشترین درصد واریانس کلی تصویر است و مؤلفه‌های بعدی (PC<sub>2</sub>, PC<sub>3</sub>, ..., PC<sub>n</sub>) هر یک دربرگیرنده درصد کمتری از واریانس تصویر است. تحلیل مؤلفه‌های اصلی می‌تواند برای کاهش ابعاد داده مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب مؤلفه‌هایی از مجموعه داده که بیشترین تأثیر را در واریانس دارند، نگه داشته می‌شوند. کاربرد این روش در دورسنجی توسط نویسندگان متعددی تشریح شده است که از آن جمله می‌توان به سابینز<sup>۵</sup> (۱۹۹۷)، ریچاردز<sup>۶</sup> (۱۹۹۹)، رنجیر (۲۰۰۴) و کریمپور (۲۰۰۸) اشاره کرد.

۱. Principal Component Analysis (PCA)

۲. Carl Pierson

۳. Covariance

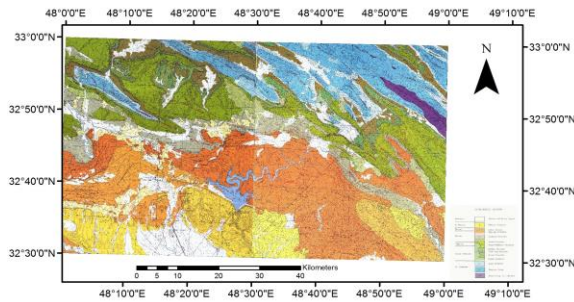
۴. Jensen

۵. Sabins

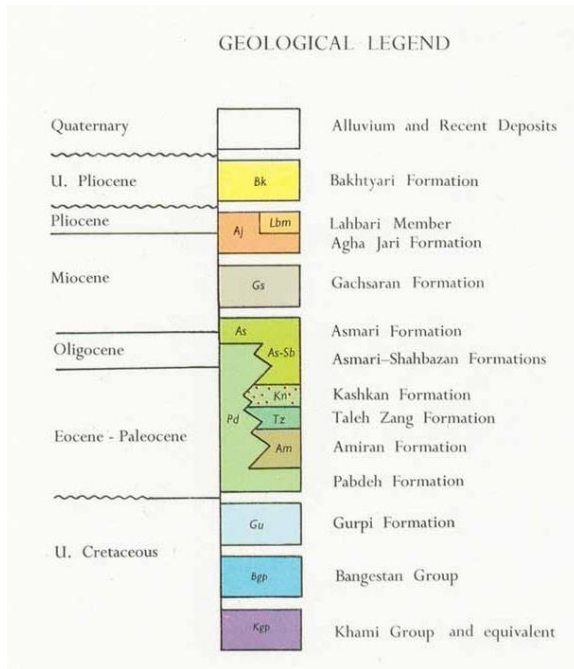
۶. Richards

۷. Shale

۸. Bitumen



سازند آغاچاری: از نظر سنگ شناسی شامل ماسه‌سنگ‌های آهک‌دار قهوه‌ای خاکستری، رگه‌های گچ، مارن‌های قرمز و سیلتستون<sup>۱</sup> است. در یک نگاه منطقه‌ای، سازند آغاچاری به دو رخساره متفاوت دیده می‌شود. در فارس داخلی، بندرعباس، شمال فروافتادگی دزفول و مرز ایران - عراق، سازند آغاچاری رخساره ماسه‌سنگی دارد. در حالی که در فارس ساحلی و بخش میانی و جنوبی فروافتادگی دزفول، رخساره این سازند مارنی است.



سازند کنگلومرای بختیاری: این واژه از نام ایل بختیاری گرفته شده است و اولین بار در مسجدسلیمان در کنار رودخانه کارون مشاهده شده است. این تشکیلات شامل قله‌سنگ‌های کروی است که توسط سیمانی از ماسه، سیلیس و آهک به هم جوش خورده است. سازند کنگلومرای بختیاری ویژگی رسوبات آبرفتی - کوهپایه‌ای حاصل از فرسایش ارتفاعات را دارد که بیشتر شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ آهکی است که گاهی به صورت هم‌شیب و گاهی دگرشیب بر روی سازندهای کهن‌تر نهشته شده است.

سازند آسماری- شهبازان: این سازند در تنگ دو در ۵ کیلومتری جنوب غربی ایستگاه راه‌آهن اندیمشک به تهران واقع شده است و ترکیبات آن شامل دولومیت‌های دانه شکری سفید و آهک‌های دولومیتی است.

شکل (۷): نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

## نتایج و تحلیل

در روش نسبت بانندی همان‌گونه که در نقشه (۸) مشخص است کانی کلسیت کاملاً سازند آغاچاری را پوشش داده و از آنجایی که این سازند از نظر لیتولوژی شامل ماسه‌سنگ‌های آهک‌دار قهوه‌ای خاکستری است و سنگ‌های آهکی تقریباً از کلسیت تشکیل شده‌اند.

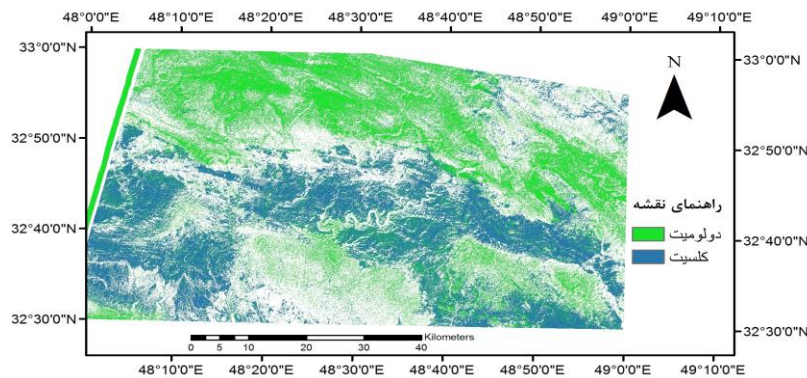
سازند تله زنگ: مقطع اصلی این سازند در تنگ دو حدود ۵ کیلومتری جنوب شرقی ایستگاه راه‌آهن اندیمشک- تهران بوده و شامل آهک تیره با لایه‌بندی متوسط است.

سازند پابده: مقطع اصلی این سازند در تنگ پابده در شمال میدان نفتی لالی در مسجد سلیمان واقع شده است. ترکیبات این سازند شامل شیل و آهک‌رسی خاکستری و برخی از قسمت‌های آن، شیل‌های سیلیسی و ماسه‌ای قرمز رنگ تا خاکستری و آهک‌رسی است.

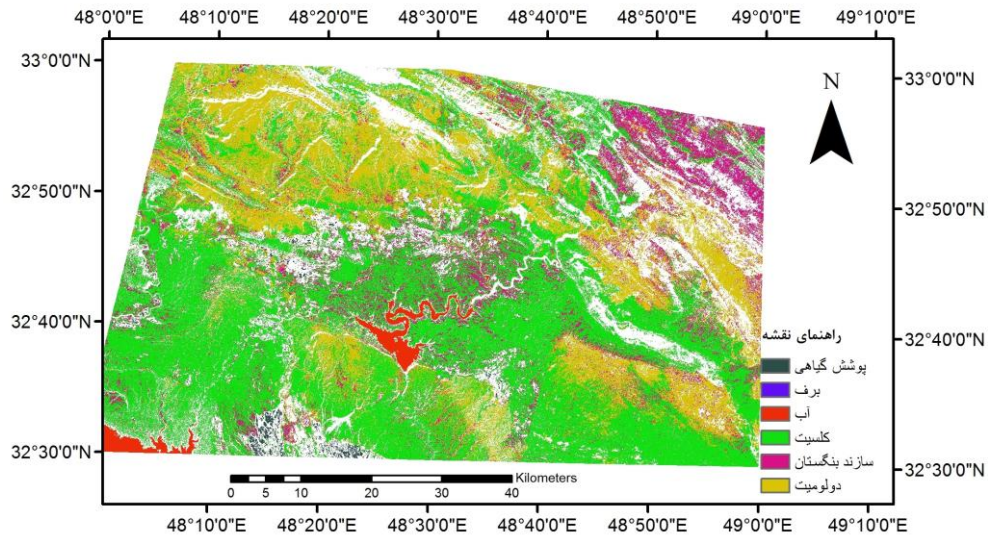
۱. Siltstone

در روش PCA نیز مشابه نتایج نسبت باندی همان گونه که در نقشه (۱۰) مشخص است کانی دولومیت بیشتر در مناطق سازند آسماری-شهبازان دیده شده و به نسبت کمتری در سازند بختیاری و کانی کلسیت در مناطق سازند آجاجاری مشاهده می شود. به طور کلی هر سه روش پردازش نتایج مشابهی داشته و با اطلاعات زمین شناسی منطقه هماهنگی کامل دارد که نشان دهنده صحت نتایج به دست آمده است. البته به نظر می رسد که روش PCA نتایج دقیق تری نسبت به روش های دیگر داشته و روش SAM نتایج ضعیف تری دارد؛ اما کانی کوارتز همان طور که در طیف های کانی ها در شکل (۱۲) مشخص است در محدوده مرئی طیف مشخصی ندارد و به همین دلیل که در محدوده مرئی باند جذب و بازتاب شاخصی ندارد و امواج پس از برخورد با کانی کوارتز بازتاب نشده و تشعشع می کند. همان گونه که در شکل (۱۱) نشان داده شده و با توجه به نقشه زمین شناسی منطقه به درستی بارز نشده است و به همین دلیل باید در محدوده حرارتی کار شود. با استفاده از تصاویر رنگی در محیط RGB حاصل ترکیب باندهای (۱۰، ۱۲، ۱۳) و تفسیر چشمی مناطق دارای کوارتز با درجه بالا به رنگ قرمز و مناطق با درجه متوسط به رنگ صورتی بارز می شود. به این ترتیب کانی کوارتز همان گونه که در شکل (۱۳) مشخص است بارز شده و منبع آن سازند آجاجاری لهری است و با توجه به ماسه سنگی بودن این سازند و این که ماسه سنگ حاوی مقدار زیادی کوارتز است، این نتایج صحیح است.

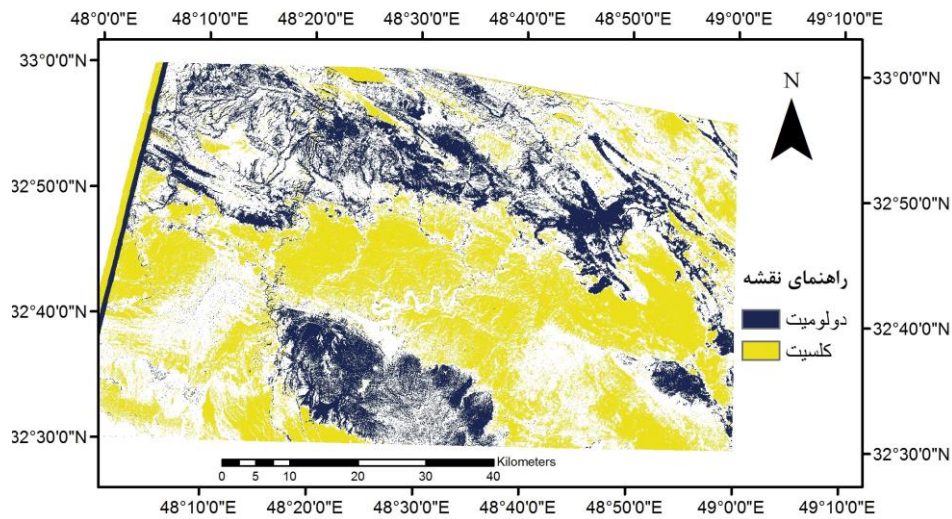
در نتیجه می توان منبع این کانی را این سازند معرفی کرد. همچنین کانی دولومیت بیشتر در مناطق سازند آسماری-شهبازان و سپس به نسبت کمتری در سازند بختیاری مشاهده می گردد. از آنجایی که ترکیبات سازند آسماری-شهبازان شامل دولومیت های دانه شکری سفید و آهک های دولومیتی است و سازند بختیاری بیشتر شامل کنگلومرا و ماسه سنگ آهکی است و به طور کلی قطعات سازنده این کنگلومراها، از جنس ماسه سنگ گرد و کروی که با سیمانی از آهک و رس به هم متصل شده اند؛ و از آنجایی که ماسه سنگ های آهک دار قهوه ای خاکستری است و سنگ های آهکی تقریباً از کلسیت تشکیل شده اند. در نتیجه می توان منبع این کانی را این سازند معرفی کرد. همچنین کانی دولومیت بیشتر در مناطق سازند آسماری-شهبازان و سپس به نسبت کمتری در سازند بختیاری مشاهده می گردد. از آنجایی که ترکیبات سازند آسماری-شهبازان شامل دولومیت های دانه شکری سفید و آهک های دولومیتی است و سازند بختیاری بیشتر شامل کنگلومرا و ماسه سنگ آهکی است و به طور کلی قطعات سازنده این کنگلومراها، از جنس ماسه سنگ گرد و کروی که با سیمانی از آهک و رس به هم متصل شده اند؛ و از آنجایی که در روش SAM همان گونه که در شکل (۹) نشان داده شده است، از آنجایی که سازند آجاجاری بیشتر از کلسیت تشکیل شده مناطق سبزرنگ نشان دهنده کلسیت و با توجه به اینکه سازند آسماری بیشتر از دولومیت تشکیل شده مناطق زرد رنگ نشان دهنده کانی دولومیت منطقه است. به کارگیری الگوریتم SAM در بارز سازی سازندها و منابع رسوب نشان داد که این الگوریتم نمی تواند تفاوت آشکاری بین سازندها ایجاد نماید.



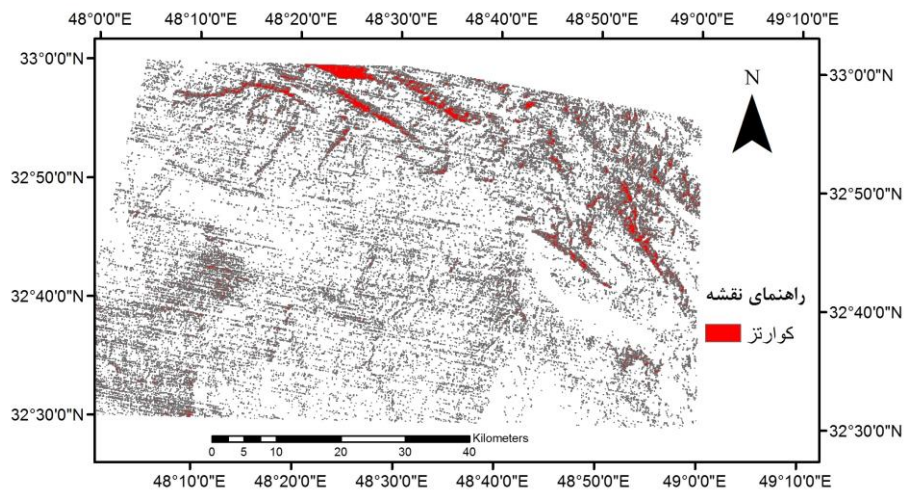
شکل (۸): نقشه منابع آورد کلسیت و دولومیت به روش نسبت بانندی



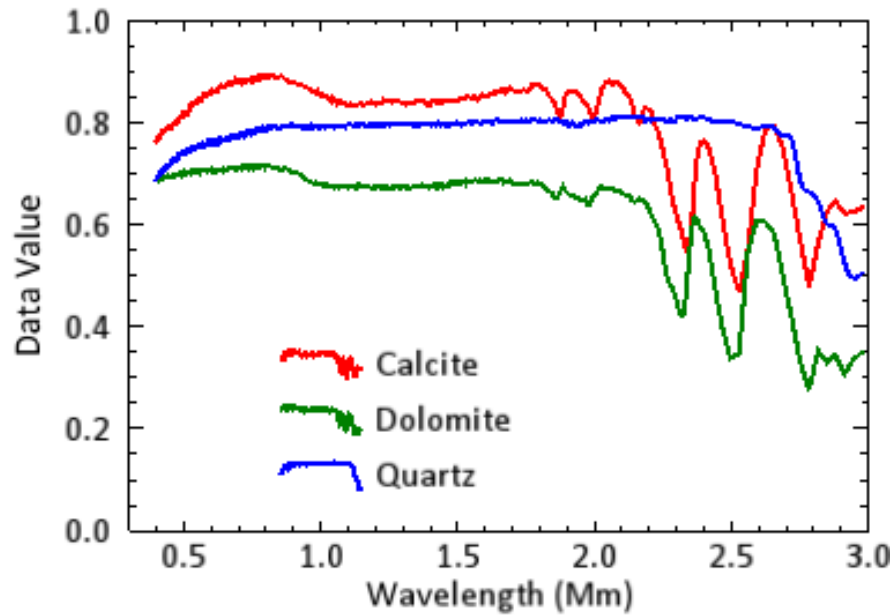
شکل (۹): نقشه منابع آورد کلسیت (سازند آغاچاری) و دولومیت (سازند آسماری) به روش SAM



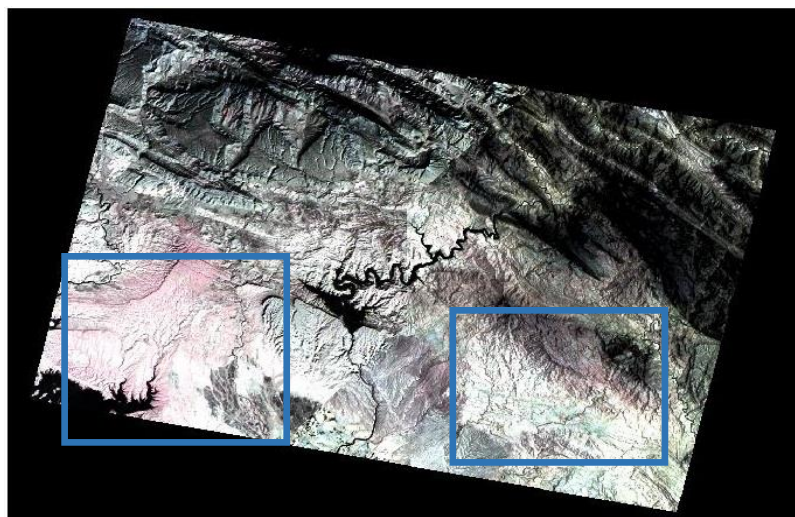
شکل (۱۰): نقشه منابع آورد کلسیت و دولومیت به روش PCA



شکل (۱۱): بارز نشدن منابع آورد کانی کوارتز در محدوده مرئی



شکل(۱۲): طیف کانی کلسیت و دولومیت و کوارتز



شکل(۱۳): نقشه منابع آورد کوارتز به روش ترکیب رنگی کاذب

### نتیجه‌گیری

هیدرولوژی برای یافتن منابع آورد رسوب می‌تواند مؤثر واقع شود و سنجنده استر با داشتن قدرت تفکیک طیفی به نسبت مناسب در محدوده فرسوخ بازتابی که بیشتر کانی‌ها در آن دارای نمودار جذب طیفی هستند، امکان تفکیک انواع دگرسانی‌ها را فراهم کرده است و در مورد کانی‌هایی مشابه کوارتز می‌توان با پردازش در محدوده حرارتی آن را بارز کرد. با توجه به اینکه روش PCA نتایج شاخص‌تری را بارز کرد می‌توان نتیجه گرفت برای مطالعات کانی‌شناسی رسوبات با داده‌های چند طیفی روش‌های آمار پایه پیشنهاد بهتری است.

در نتایج مشخص شد که منابع کانی کلسیت سازند آغاجاری و کانی دولومیت در سازند آسماری-شهبازان دیده‌شده و به نسبت کمتری در سازند بختیاری که روش PCA نتایج بهتری را نشان داد؛ اما کانی کوارتز به دلیل اینکه در محدوده مرئی و مادون قرمز باند جذب و بازتاب شاخصی ندارد بارز نشد و نیاز به کار در محدوده حرارتی دارد به روش ترکیب رنگی کاذب بارز شد و منبع آن سازند آغاجاری لهری است. می‌توان از این نتایج این‌طور استنباط کرد که تصاویر ماهواره‌ای به کمک زمین‌شناسی و

- ۶- کلافی، ی. (۱۳۷۳). استفاده از سزیوم - ۱۳۷ در اندازه‌گیری فرسایش سطحی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۷- مختاری، ا. غیومیان، ج. فیض نیا، س؛ و شیرانی، ک. (۱۳۸۵). تفکیک واحدهای سنگی حساس به فرسایش با استفاده از تحلیل‌های همبستگی غیرخطی داده‌های ماهواره‌های سنجنده ETM<sup>+</sup>. مجله آب و آبخیز، جلد ۲، شماره ۱، (ص. ۷۸).
- ۸- معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، دفتر پژوهش‌ها و استانداردها. (۱۳۸۵). راهنمای عملیات صحرائی نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها، نشریه ۳۴۹. نشر سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۹- معاونت نظارت راهبردی، امور نظام فنی؛ وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا. (۱۳۹۱). منابع راهنمای مطالعات رسوب‌گذاری و رسوب‌زدایی مخازن سدها، نشریه ۵۸۹. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی و رئیس‌جمهور.
- ۱۰- معاونت نظارت راهبردی، امور نظام فنی؛ وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا. (۱۳۹۲). راهنمای کاربرد سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) و سنجش از دور (RS) در استخراج پارامترهای مؤثر مطالعات هیدروژئولوژیکی حوضه‌های آبریز، نشریه ۶۴۶. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور.
- ۱۱- وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات. (n.d). معرفی مهم‌ترین ماهواره های سنجش از دور در منابع زمینی در سایت: [www.irangeomorphology.ir](http://www.irangeomorphology.ir)
- 12- Bennet, S. Atkinson, W. & kruse, F. (1993). Use of Thematic Mapper Imagery to Identify Mineralization in the Santa Teresa district, Sonora, Mexico. *International Geology Review*(35), 1009-1029.
- 13- Corrie, R. Ninomiya, Y. & Aitchison, J. (2010). Applying Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Spectral Indices for Geological Mapping and Mineral Identification on the Tibetan Plateau. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII(Part 8)*.
- 14- George P.Petropulos, D. P. (2015). Remote sensing and GIS analysis for mapping spatio-temporal changes of erosion and deposition of two Mediterranean river deltas:The case of the the Axios and Aliakmonas rivers,Greece. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 35, 217-288.

در مخازن سدهای در حال بهره‌برداری به‌منظور کاهش نیاز به لایروبی‌های آینده و نیز حفظ ظرفیت مخازن نیاز به کنترل رسوب ورودی است و با دانستن منابع رسوبات می‌توان جهت کنترل رسوب ورودی از روش‌هایی مانند تراز گاهی موردنیاز کانال بالادست از طریق سازه‌های کنترل شیب، حوضچه‌های رسوب‌گیر، استفاده از ساختار لوله‌ای پله‌ای در محل شاخه‌های فرعی کوچک، ایجاد سدهای رسوب‌گیر قبل از مخزن اصلی و ... استفاده کرد.

استفاده در صنایع سیمانی تنها یکی از کاربردهای کلسیت است و در صورتی که عملیات فرآوری روی آن انجام شود موارد کار آبی آن بسیار است. بطور مثال می‌توان از آن در صنعت داروسازی، شیشه‌گری، ذوب‌آهن و حتی صنایع غذایی استفاده کرد و همچنین دولومیت در صنایع شیشه سازی و ساختمان‌سازی بعنوان سنگ ساختمانی و سنگ های تزئینی و نما مورد مصرف قرار گیرد. از کاربردهای دیگر آن به‌عنوان خنثی‌گر اسیدیته خاک و بهبود گیاهان در زمین‌های کشاورزی و ... می‌باشد. با توجه به این کاربردهای گوناگون می‌توان از رسوبات مخازن سدها به جهت مصارف مختلف استفاده کرد. (پاکدامن و فروزانی بهبهان، ۱۳۸۲).

## مراجع

- ۱- آقائاتی، ع. (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ۲- بهرام بیگی، ب. رنجبر، م. & شهاب پور، ج. (۱۳۹۱). مقایسه روش‌های داده پایه و طیف مبنا جهت نقشه‌برداری از مناطق دارای کائولینیت در آتشفشان مساحیم با استفاده از داده‌های هایپریون. *مجله زمین‌شناسی اقتصادی*، شماره ۲ (جلد ۴)، ص ۹۹-۲۱۵
- ۳- پاکدامن، ع و فروزانی بهبهان، م. (۱۳۸۲). بی‌جویی و پتانسیل‌یابی مواد معدنی شمال اندیمشک و بخش سردشت دزفول، اداره کل معادن و فلزات خوزستان، Retrieved from <http://www.ngdir.ir>
- ۴- رسولی، ع. (۱۳۸۷). مبانی سنجش از دور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای. تهران: دانشگاه تبریز.
- ۵- علوی پناه، ک. (۱۳۸۲). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران.

- 26- Renard, K. Foster, G. Weesies, G. & Porter, J. P. (1991). RUSLE: revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46(1), 30-33.
- 27- Richards John, A.X J. (2006). *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*. Springer.
- 28- Sabins, F. (1999). Remote sensing for mineral exploration. *Ore. Geology. Reviews* 14(14), 157-183.
- 15- Gomez, C. Delacourt, C. Allemand, P. Ledru, P. & Wackerle, R. (2005). Using ASTER remote sensing data set for geological mapping, in Namibia. *Journal of Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 30(1-3), 97-108.
- 16- Heydarnezhad, M. (2004). Optimum modeling of sediment estimation and sediment volume in two reservoir dams of Iran (Case study, Karaj and Dez dams). M.Sc. Thesis. Mazanderan University, (In Persian). 208p.
- 17- Jensen, J. (2005). *Introductory Digital Image Processing*. Hall, Upper Saddle River.
- 18- Karimpour, M. Malekzadeh, A. & Haidarian, M. (2008). Ore deposit exploration, geology, geochemistry, satellite and geophysics models. Ferdowsi University of Mashhad.
- 19- Kruse, F. Boardman, J. Lefkoff, A. Heidebrecht, K. Shapiro, A. Barloon, P. & Goetz, A. (1993). The spectral image processing system (SIPS)—interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. *Remote Sensing of Environment*(44), 145-163.
- 20- Lawrence, C. R. & John, C... (2003). Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data. *Remote Sensing of Environment*(84), 350-366.
- 21- Legg, C. (1995). *Remote Sensing and Geographic Information Systems: Geological Mapping, Mineral Exploration and Mining (Wiley-Praxis Series in Remote Sensing) (Vol. Vol166)*.
- 22- Ninomiya, Y. (2003). A stabilized vegetation index and several mineralogic indices defined for ASTER VNIR and SWIR data. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*.
- 23- Ninomiya, Y. Fub, B. & Thomas, J. C. (2005). Detecting Lithology with Advanced Spaceborne thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) multispectral thermal infrared “radiance-at-sensor” data. *Journal of Remote Sensing of Environment*, Vol.99(1-2), 127-139.
- 24- Ranjbar, H. Honarmand, M. & Moezifar, Z. (2004). Application of Crosta technique for porphyry copper alteration mapping, using ETM+ data: A case study of Meiduk and SAR Cheshmeh areas. *Journal of Asian Earth Sciences*(24), 237-243.
- 25- Refahi, D. Khakzad, A. Nezafati, N. & Bahar Firozi, K. (2014). Alteration Zone Studies North of Sarab by Satellite Data, Airborne Geophysical Data & Sampling Analysis. *Scientific Quarterly Journal, GEOSCIENCES*, Vol.24(NO.93).