

## بارزسازی واحدهای سنگ‌شناختی گنبد نمکی جهانی (فیروزآباد)، با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی

هوشنگ پورکاسب، کاظم دمیری\*، کاظم رنگزن، سعیده سعیدی

گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱/۶، پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۱۸

### چکیده

این پژوهش سعی دارد با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، ویژگی‌های سنگ‌شناختی گنبد نمکی جهانی فیروزآباد را تحت بررسی قرار دهد. نمودارهای طیفی سنگهای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که سنگهای تبخیری دارای بیشترین میزان انعکاس در طول موج مشخص می‌باشند که از بین تبخیریها، به ترتیب ژئوپس و نمک سفید دارای بیشترین میزان درصد انعکاس و سنگهای آذرین منطقه دارای کمترین میزان انعکاس می‌باشند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد PC1 ابتدایی، میزان اطلاعات کمتری دارند و بدیهی است که PC1 در جهت بیشترین واریانس اطلاعات زیادی را دربرداشته و PC2 اطلاعات کمتری را داراست. کنترل‌های میدانی و نقشه زمین‌شناسی منطقه، سازگاری پهنه‌های بارز شده را با رخنمونهای صحرائی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: گنبد نمکی جهانی، مؤلفه اصلی، بارزسازی واحدهای سنگی، فیروزآباد.

### مقدمه

واحدهای سنگی، از داده‌های استر استفاده شد [۷]. همچنین برای تهیه نقشه زمین‌شناسی نامیبیا، داده‌های استر و روش مؤلفه‌های اصلی به کار رفته‌اند [۸]. حسن شاهی در سال ۱۳۸۹ بارزسازی، تفکیک و پتانسیل‌یابی سنگهای معدنی منطقه همدان را مورد توجه قرار داده است. علاوه بر این در کانسار چادرملوی یزد، داده‌های استر برای شناسایی زون‌های دگرسانی با روشهای ترکیب رنگی کاذب و کمترین میزان اختلاف مورد استفاده قرار گرفت [۹]. با توجه به مطالعات انجام شده بر روی سنجنده استر و توانایی این سنجنده در بارزسازی واحدهای سنگی و عدم دسترسی آسان به منطقه، به خاطر مورفولوژی ناهموار و صعب‌العبور بودن آن، در مطالعه گنبد نمکی جهانی داده‌های سنجنده استر و طیف‌سنجی نمونه‌های سنگی با استفاده از تکنیک‌های آماری مانند نسبتهای باندی، ترکیب باندی، ترکیبات باندی از نسبتهای باندی و همچنین روش سام برای بارزسازی، شناسایی و تفکیک سنگهای منطقه براساس طیف‌های حاصل از طیف‌سنجی نمونه‌های سنگ در آزمایشگاه و شبیه‌سازی طیفها براساس عملکرد سنجنده استر در آنالیز و پردازش

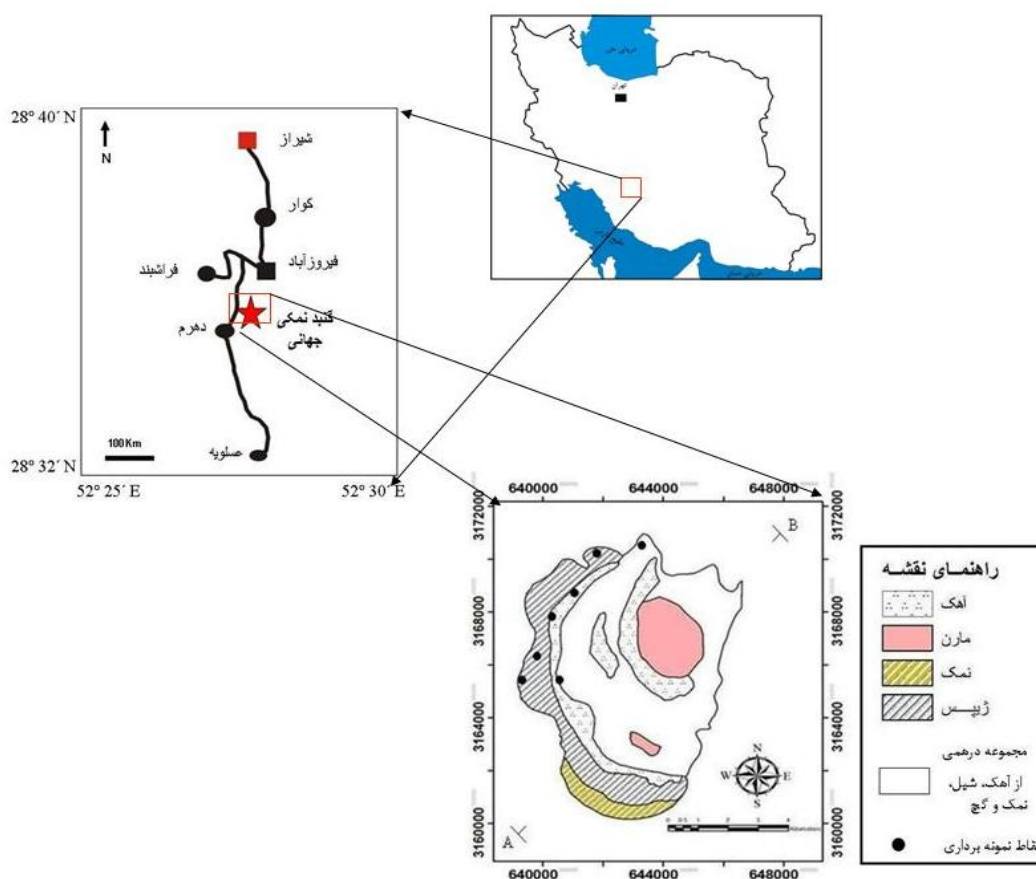
تکنیک‌های طیف‌سنجی انعکاسی و تلفیق آن با داده‌های سنجنش از دور، ما را در امکان شناسایی و تفکیک عوارض سطح زمین یاری می‌کند [۱]. به کارگیری این تکنیک‌ها در شناسایی واحدهای لیتولوژی به‌طور مستقل و بدون آگاهی از رفتار طیفی سنگها در طول موجهای الکترومغناطیسی نمی‌تواند چندان نتیجه‌بخش باشد [۲]. پژوهشگران زیادی به بررسی طیف‌سنجی انعکاسی در محیط آزمایشگاه و محیط طبیعی پرداخته‌اند و با ثبت طیف پدیده‌های مختلف روی زمین در محدوده مرئی - مادون قرمز، به‌خصوص سنگها و کانیها، و آنالیز دقیق این طیفها که نماینده منحصر به فرد اشیاء و پدیده‌های مختلف می‌باشند زمینه‌ای علمی را برای تفسیر داده‌های طیفی در سنجنش از دور ایجاد کرده‌اند، که می‌توان به کاربرد سنجنش از راه دور برای اکتشاف کانیها [۲] و شناسایی مناطق با پتانسیل کانه‌زای، با استفاده از داده‌های سنجنده استر اشاره کرد [۳]. علاوه بر این از داده‌های این سنجنده، برای شناسایی زون‌های دگرسانی نیز استفاده شده است [۴، ۵، ۶]. در ایالت کالیفرنیا، آمریکا، برای بارزسازی

بندرعباس گسترش یافته‌اند [۱۰]. در این گنبد‌ها سنگ‌های مختلفی بدون نظم چین‌شناسی دیده می‌شوند که مربوط به سری (سازند) هرمز هستند. مجموعه درهمی از آهک، مارن، شیل، گچ و نمک عمدتاً پوشش سطح گنبد نمکی جهانی را تشکیل می‌دهند که با رنگ سفید در نقشه زمین‌شناسی مشخص شده است (شکل ۱). همچنین در این شکل، واحدهای سنگ‌شناختی مشخصی از مارن، گچ (ژپس و انیدریت)، تشکیلات آهکی و شیل وجود دارد [۱۱]. کوه جهانی یکی از بزرگترین برون‌رانی‌های فعال نمک، در کوه‌های زاگرس در بین ۵ رخنمون نمک بر روی گسل کره‌بس واقع می‌باشد.

تصویر به کار گرفته شد. لازم به ذکر است، در این مطالعه هم سطوح تازه و هم سطوح برون‌زد مورد توجه قرار گرفته‌اند.

### موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در پهنه زاگرس چین‌خورده و در یک صد کیلومتری جنوب غرب فیروزآباد فارس، با مختصات طول جغرافیایی  $52^{\circ} 31'$  تا  $52^{\circ} 25'$  و عرض جغرافیایی  $28^{\circ} 34'$  تا  $28^{\circ} 40'$  واقع شده است. در شکل (۱) موقعیت جغرافیای راه‌های دسترسی و نقشه زمین‌شناسی نشان داده شده است. در منطقه فارس گنبد‌های نمکی به سن اینفراکامبرین به تعداد بیش از ۱۰۰ عدد رخنمون دارند که تا



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی و نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

است که بر روی گسل کره‌بس با مساحت ۷۷ کیلومتر، در امتداد شیب یک دره پخش می‌شود [۱۲]. از نظر ساختاری این گنبد نمکی به مانند یک بیضی که قطر بزرگ آن در جهت شمالی- جنوبی می‌باشد و در انتهای غرب

نمک از حدود ۴ کیلومتری زیر سطح دریا تا تقریباً ۱/۵ کیلومتری بالای سطح دریا افزایش می‌یابد. این توده نمکی از برون‌رانی‌های نسل سوم نمک هرمز در زاگرس کنونی است. کوه جهانی، نمایی از یک منبع چسبناک یا خمیری شکل

است که داده‌ها تبدیل به انعکاس شده باشند. به عبارت دیگر این نرم‌افزار با طیفها مثل بردارهایی در فضای چندبعدی ( $n$ -D) (n شماره باندهاست) برخورد کرده و با محاسبه زاویه طیفی بین دو طیف، شباهت بین آن دو طیف را معین می‌کند [۱۷]. ابزار دیگری که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت سنجنده استر است که ناحیه طیفی وسیعی را با ۱۴ باند پوشش می‌دهد و از ناحیه مرئی - فرورسرخ نزدیک شروع و تا ناحیه فرو سرخ گرمایی ادامه می‌یابد [۱۶]. همچنین این سنجنده در ناحیه مرئی - فرورسرخ نزدیک شامل سه باند با توان تفکیک مکانی ۱۵ متر، در فرورسرخ موج کوتاه شامل شش باند با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر و در فرورسرخ گرمایی شامل ۵ باند با توان تفکیک مکانی ۹۰ متر است [۱۸].

باندهای سنجنده استر در مقایسه با سنجنده لندست دارای پهنای باند کمتری است و این توانایی تفکیک و شناسایی بهتر استر را نسبت به لندست نشان می‌دهد [۱۸]. در شکل ۲ الف و ب رابطه میان عرض باندهای سنجنده استر و تشخیص رفتار طیفی اشیاء نشان داده شده است. لازم به ذکر است، در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار TSG کانیهای اصلی سنگهای تشکیل‌دهنده گنبد نمکی جهانی مورد شناسایی قرار گرفت. این نرم‌افزار با استفاده از پردازش و تفسیر داده‌های طیفی در اکتشاف کانیها و معدن کاری کاربرد زیادی دارد [۱۹].

#### بحث

درک صحیح و سیستماتیک رفتار پدیده‌ها در طول موجهای مختلف بوسیله طیف‌سنجی انعکاسی، در شناسایی و تفکیک پدیده‌ها توسط سنجش از دور کاربرد فراوانی دارد [۱]. در این راستا، دسترسی به اطلاعات طیفی یک کتابخانه طیفی الزامی است. این کتابخانه‌های طیفی شامل طیفهای مرجعی هستند که از جمع‌آوری آزمایشگاهی یا میدانی داده‌های انعکاسی، تشعشع اندازه‌گیری شده یا شبیه‌سازی شده به‌دست می‌آیند [۲۰]. با توجه به این‌که، بخش مهمی از این مطالعه به طیف‌سنجی نمونه‌های سنگی منطقه مورد مطالعه می‌پردازد، در ابتدای بحث، این موضوع مورد توجه قرار می‌گیرد. افت و خیزهای ناگهانی منحنیهای طیفی به‌طور بالقوه بهترین محلها برای تعیین باندهای یک سنجنده می‌باشند، چرا که بیشترین تمایزها نیز در این بخش از طیف الکترومغناطیس قرار دارند [۲۱]. پس از طیف‌سنجی نمونه‌های سنگی منطقه توسط

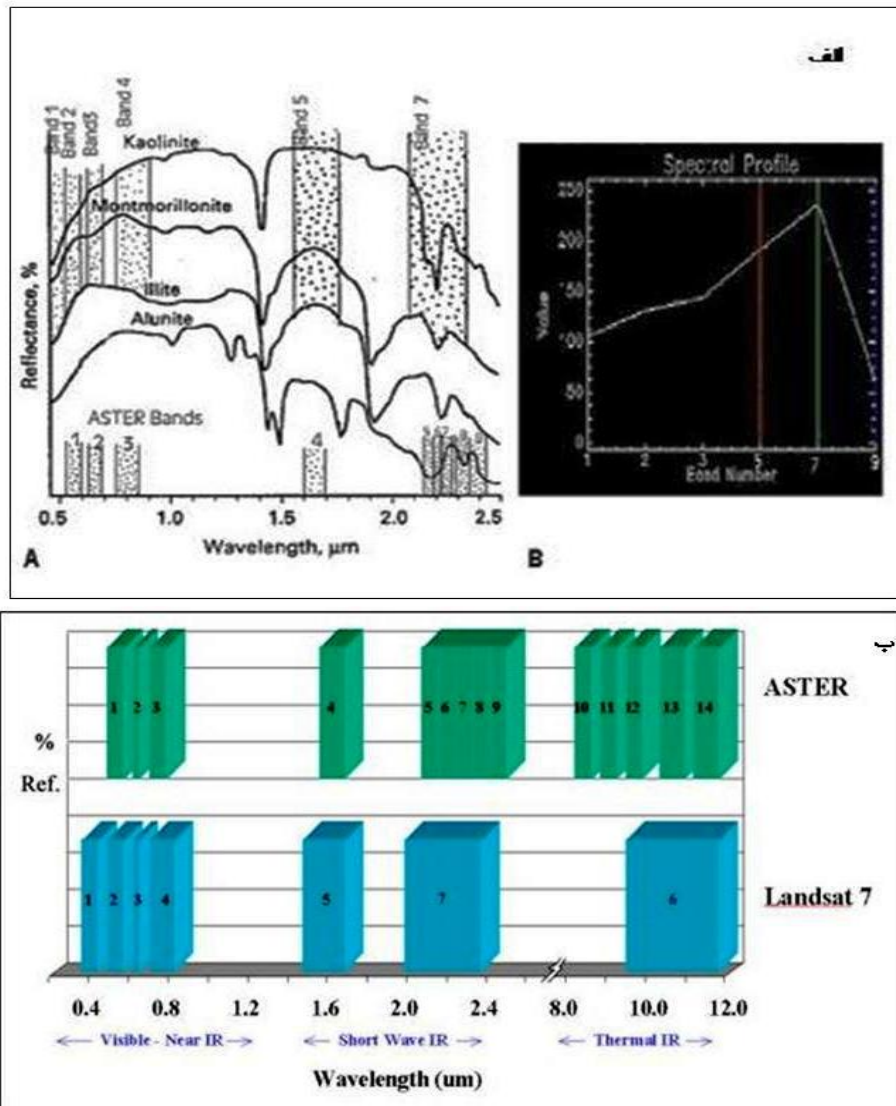
تاق‌دیس کوه سورمه به سطح زمین رسیده است [۱۳] و سازندهای زمین‌شناسی دوران پالئوزوئیک و دولومیت‌های پرمین و تریاس، و سازندهایی مانند دالان، نیریز، بنگستان، گوری، پابده، سورمه، آسماری، آغاچاری و دشتک را قطع کرده است. نهشته‌های کواترنری به شکل مخروط افکنه، پادگانه و رسوبات بستر امروزی رودخانه‌ها در برخی قسمتهای حوضه و در تمامی دشت گسترش دارند [۱۴]. این گنبد در حواشی، با دیواره‌های بلند و صخره‌های نمکی و سنگی همراه است که توده‌های نمکی به‌صورت ستونهای سنگ نمک و نمکسار دیده می‌شوند. لازم به ذکر است چاله‌های انحلالی با پوشش مارنی و دهان باز در این منطقه به وفور دیده می‌شوند [۱۵].

#### روش کار

برای دستیابی به هدف مطالعه، ۱۸ نمونه سنگ از گنبد نمکی جهانی جمع‌آوری و حتی‌المقدور سعی شد، نمونه‌های سنگی مورد آزمایش در ابعاد فیزیکی مناسب و به همان صورت که در برون‌زدها یافت می‌شوند انتخاب گردند تا اثرات خطای حاصل از تفاوت ابعاد فیزیکی سنگها روی طیف نهایی به حداقل رسانده شود. پس از انجام مطالعات صحرائی در منطقه مورد مطالعه و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه طیف‌سنجی دانشگاه شهید چمران اهواز، انعکاس نمونه‌های سنگی در محدوده طیفی مرئی - مادون قرمز کوتاه (طول موجهای ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر و فواصل طول موجی ۱ نانومتر و در ۲۱۵۱ کانال طیفی) با استفاده از دستگاه طیف‌سنج فیلدسپیک ۳ ساخت شرکت ASD (طیف‌سنجی چند منظوره است که در بسیاری از زمینه‌های کاربردی که نیاز به اندازه‌گیری انعکاس، عبور، تابش و بازتابش باشد مفید واقع می‌شود. لازم به ذکر است دامنه طیفی این دستگاه ۳۵۰-۲۵۰۰ نانومتر و همچنین زمان جمع‌آوری داده ۰/۱ ثانیه برای هر طیف می‌باشد) و نرم‌افزار RS<sup>3</sup> در محیط آزمایشگاهی اندازه‌گیری و ثبت شد. ناپیوستگی در طیفها به خاطر نوسان حاصل از گذار از آشکارگرهای بخش مرئی به بخش مادون قرمز کوتاه ۱ و ۲ در طول موجهای ۱۰۰۰ و ۱۸۰۰ نانومتر اتفاق افتاد که به‌وسیله نرم‌افزار SAMS نسخه ۳/۲ اصلاح شد. این نرم‌افزار به‌طور خودکار طیف تصویر را با یک طیف خاص یا بانک طیفی مقایسه می‌کند [۱۶]. در به‌کارگیری این روش فرض بر این

به کمک ابزار اصلاح پرش در نرم‌افزار سام اصلاح شد (نمودار اصلاح شده برای نمایش بهتر با ۲۰ درصد جابه‌جایی و کاهش نسبت به نمودار اصلی و اولیه نمایش داده شده است).

دستگاه فیلدسپیک ۳، نتایج آن در نرم‌افزار سام مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۳). همان‌طور که در شکل ۳ الف قابل مشاهده است، نمودار طیفی ثبت‌شده به وسیله دستگاه (نمودار اولیه)، دو پرش در ۱۰۰۰ و ۱۸۰۰ نانومتر نشان می‌دهد که



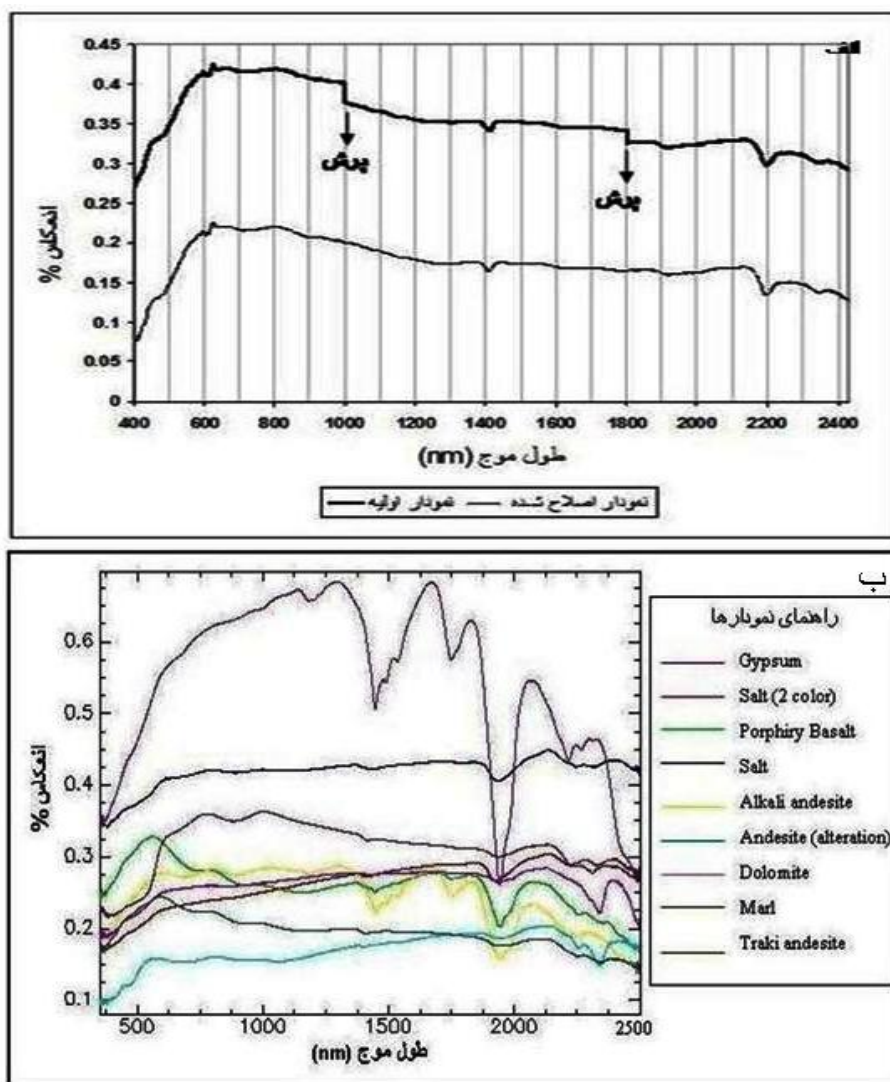
شکل ۲. الف) رابطه میان عرض باندهای سنجنده استر و تشخیص رفتار طیفی اشیاء. ب) مقایسه باندهای طیفی استر و Landsat-7 TM [۱۸].

نمودارهای طیفی حاصل از سنگهای منطقه مورد مطالعه در شکل ۳ ب نشان می‌دهد که، سنگهای تبخیری بیشترین میزان انعکاس را در طول موج مشخص دارند که از بین تبخیریها، به ترتیب ژپیس و نمک سفید دارای بیشترین میزان درصد انعکاس و سنگهای آذرین منطقه دارای کمترین میزان انعکاس می‌باشند. همچنین با توجه به شکل (۳ ب) می‌توان مشاهده کرد که تقریباً باند جذبی ۱۹۰۰ میکرومتر برای همه

با ترسیم منحنی رفتار طیفی چند شیء، به طور همزمان می‌توان وجه تمایز طیفی این اشیاء را به دست آورد، که در نتیجه تفسیر بصری صحیح‌تری حاصل می‌شود که این موضوع در آنالیزهای رقومی نیز کاربرد دارد. به طوری که یکی از مهمترین مسائل آنالیزهای رقومی، انتخاب باند بهینه برای آنالیز است که با توجه به رفتار شیء و خصوصیات سنجنده، می‌توان ترکیبی بهینه از باندها را برای آنالیز معین نمود [۲۲].

طیفی در آنها وجود ندارد، بنابراین در محدوده طیف مرئی از یکدیگر قابل تفکیکند. طیف نمک سفید و نمک دو رنگ هیچ تداخلی ندارند در نتیجه به راحتی از یکدیگر قابل تفکیکند. اما نمک دو رنگ و مارن و دولومیت به دلیل نزدیک بودن و شباهت طیفی از یکدیگر قابل تفکیک نمی‌باشند. شبیه سازی طیف نمونه‌های سنگی منطقه با طیف تصویر استر در شکل (۴ الف) نشان داده شده است.

کانیها وجود دارد ولی تمایز باند برای برخی از آنها مانند ژیبس، پورفیری بازالت و آلکالی آندزیت میزان و عمق جذب بالاتری نسبت به کانیهای دیگر نشان می‌دهد. ولی در طول موج ۱۴۰۰ میکرومتر این جذب صرفاً برای ژیبس بارز و متمایز است که می‌تواند به دلیل آبدار بودن باشد که به آن باند آبی می‌گویند. از سوی دیگر سنگهای آندزیت و پورفیری بازالت در طول موج ۵۰۰ نانومتر انعکاس بالایی دارند و هیچ‌گونه تداخل



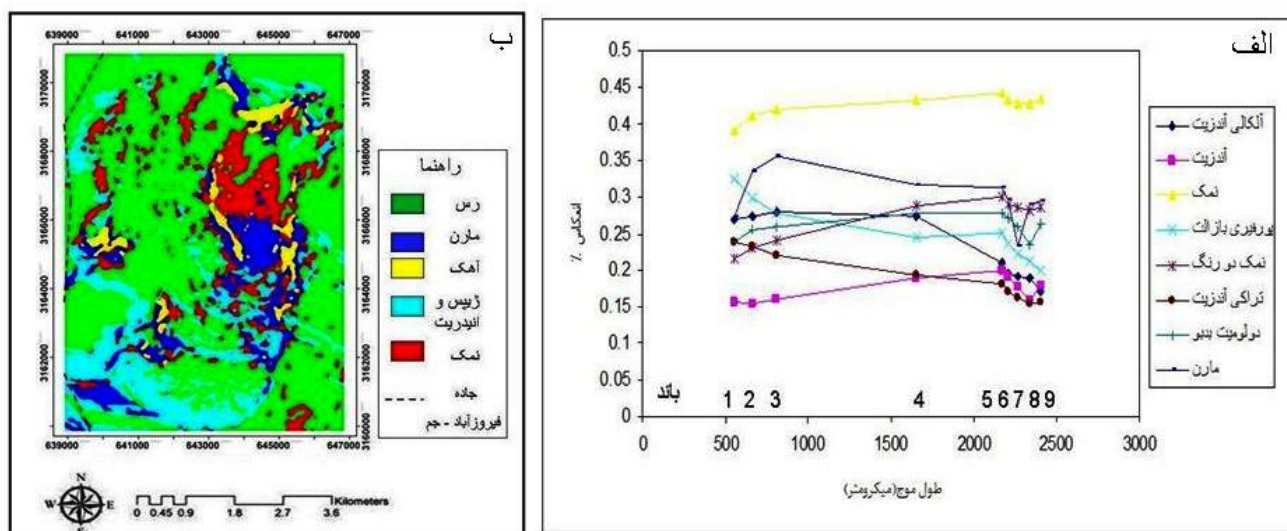
شکل ۳. الف) اصلاح پرش در نرم‌افزار سام، ب) نمودارهای طیفی اندازه‌گیری شده چند سنگ با دستگاه طیف‌سنج فیلدسپک ۳ جهت مقایسه کلی طیف‌ها.

تصحیحات مورد نیاز از جمله IARR و FLAASH بر روی تصویر صورت پذیرفت) به منظور مطالعه میزان و نوع اطلاعات بارگذاری شده در مؤلفه‌ها، داده‌های نه باندی سنجنده استر در

در این تحقیق، با استفاده از داده‌های نرمال شده تصاویر استر که از نوع LIB بود (این تصاویر در تاریخ ۴ می ۲۰۱۰، به وقت محلی ۱۲:۴۴:۴۶ تهیه شده‌اند لازم به ذکر است تمام

می‌کنند تا هر ترکیب خطی استخراج شده متوالی یا مؤلفه اصلی، دارای واریانس کوچکتری باشد. این فرآیند را می‌توان بر روی هر تعداد باند اجرا کرد [۲۳]. براساس رابطه PCها با باندها، می‌توان به تفسیر پدیده‌های مهم زمین پرداخت [۲۴]. مؤلفه‌های نه باندی و سهم هر کدام از PCها از کل تغییرات درصد واریانس (یا مقدار ویژه) مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۲). نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد PCهای ابتدایی میزان اطلاعات کمتری دارند و بدیهی است که PC1 در جهت بیشترین واریانس اطلاعات زیادی را دربرداشته و PC2 اطلاعات کمتری را داراست.

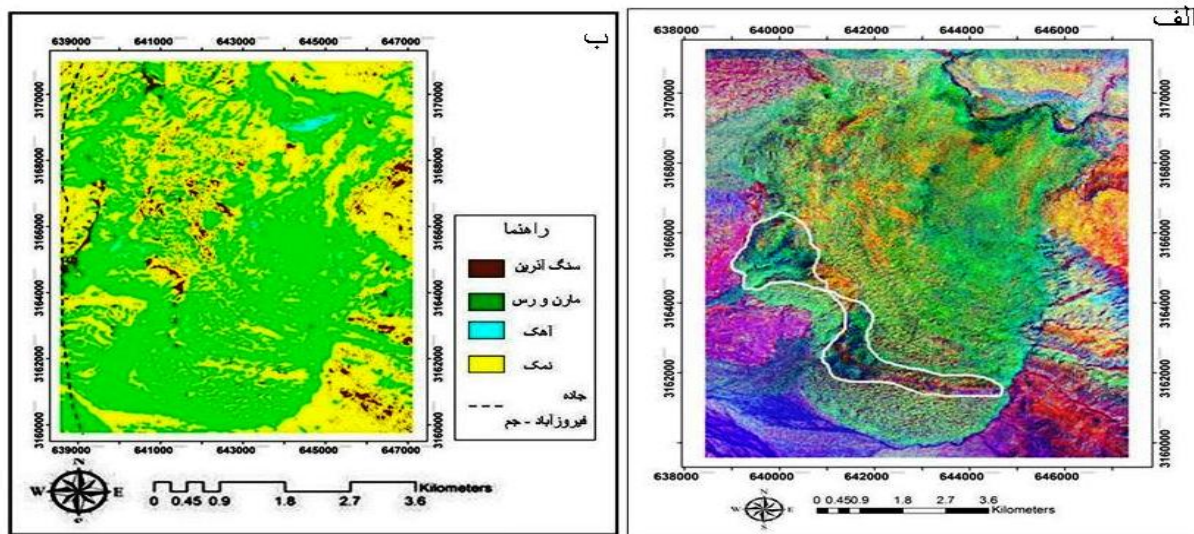
محدوده فروسرخ موج کوتاه تا مرئی - فروسرخ نزدیک مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۱). تصویر استر منطقه در نرم‌افزار ENVI با استفاده از نواحی انتخابی به چهار طبقه (کلاس) دسته‌بندی شد، علاوه بر این برای بارزسازی واحدهای سنگی، ENDMEMBER بر روی تصویر اعمال گردید و طیفهای حاصل به چند طبقه دسته‌بندی شدند که در شکل (۴ ب و ۵ الف و ۵ ب) واحدهای سنگی گنبد نمکی جهانی با استفاده از این دو روش نشان داده شده است. تحلیل مؤلفه‌های اصلی یکی از راههای کاهش مجموعه داده‌های چند باندی به تعداد کمتری مؤلفه است [۹]. این تبدیل ترکیبهای خطی ناهمبسته متغیرها را به‌گونه‌ای انتخاب



شکل ۴. الف) نمودارهای طیفی انعکاسی ثبت شده از نمونه‌های سنگ به وسیله دستگاه فیلدهسپیک ۳ و شبیه‌سازی شده و تطابق براساس عملکرد باندهای استر، ب) نقشه طبقه‌بندی و پس پردازش شده واحدهای سنگی گنبد نمکی جهانی با استفاده از روش نواحی انتخابی

انیدریت و ژیبس با ترکیب رنگی کاذب (PC2:R, PC6:G) و شکل (۶ الف) بهترین بارزسازی مارن و رس را با ترکیب رنگی کاذب (PC4:B, PC5:R, PC6:G, PC4:B) را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است نمونه‌های مورد مطالعه بعد از انجام طیف‌سنجی، در نرم‌افزار TSG مورد بررسی قرار گرفت. در شکل (۷ الف) کانیهای اصلی شناسایی شده توسط این نرم‌افزار و شکل (۷ ب) درصد این کانیها را نشان می‌دهد. کانیهای شناسایی شده با این روش عبارتند از: کربنات (کلسیت، دولومیت، سیدریت و آنکریت)، سولفات (ژیبس، انیدریت)، کانیهای رسی (کلریت‌های Mg و Fe دار، پالیگورسکیت) و میکا (فنژیت).

اگر چه PCهای پایین‌تر مانند PC4، PC5، ... از نظر درصد اطلاعات اهمیت زیادی ندارند ولی ممکن است از نظر نوع و کیفیت اطلاعات حائز اهمیت باشند. در این تحقیق ترکیب رنگی کاذبی که رنگ قرمز را به PC2، رنگ سبز را به PC6 و رنگ آبی را بعد از عمل منفی‌سازی به PC4 اطلاق کند و ترکیب رنگی کاذب از (PC6:G, PC4:B, PC5:R)، همچنین ترکیب رنگی کاذب از مؤلفه‌های ۱، ۲، ۳ با بیشترین مقدار ویژه تولید شد (شکل ۵ الف، ۶ الف، ۶ ب). اگر چه شکل (۶ ب) بیشترین بارزسازی واحدهای گنبد نمکی جهانی را با ترکیب رنگی (PC1:R, PC2:G, PC3:B) نسبت به دو شکل دیگر نشان می‌دهد اما شکل (۵ الف) بهترین بارزسازی



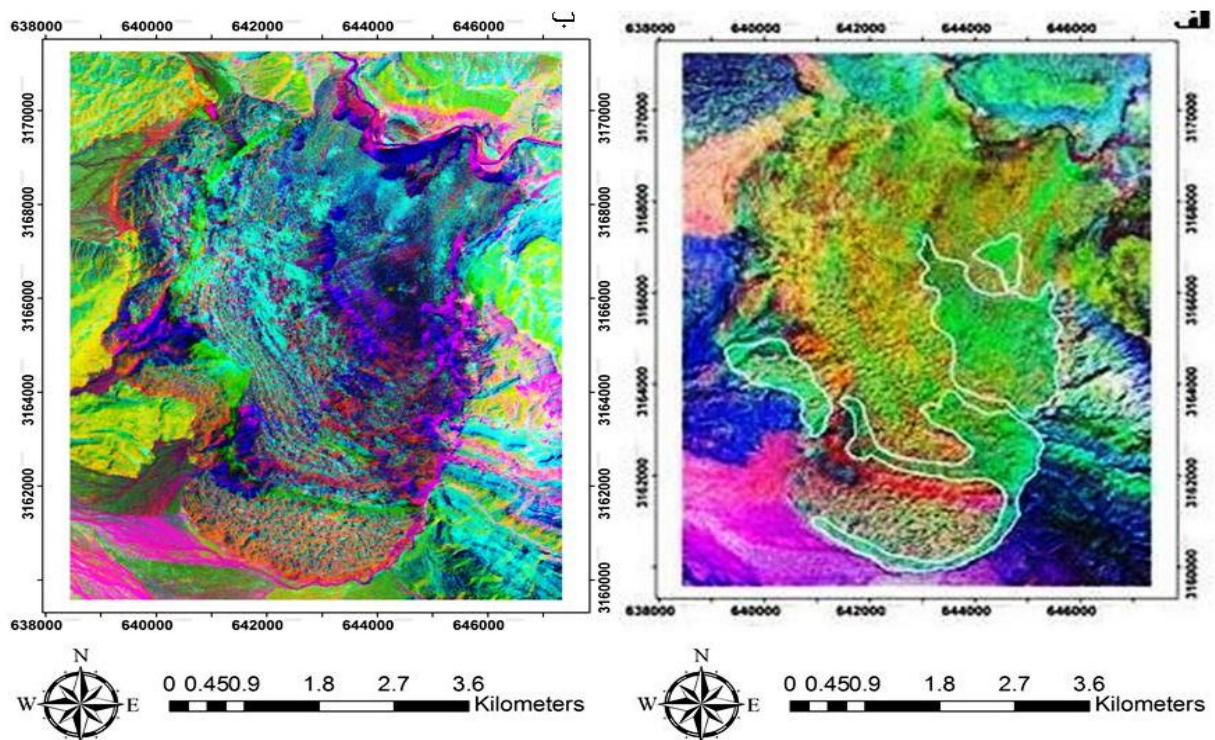
شکل ۵. الف) بارزسازی انیدریت و ژئوپس در گنبد نمکی جهانی (مناطق مشخص‌شده) ترکیب رنگی کاذب (PC2: R, PC6:G, PC4:B). ب) نقشه طبقه‌بندی و پس پردازش‌شده واحدهای سنگی گنبد نمکی جهانی با استفاده از Endmember

جدول ۱. روابط باندهای سنجنده استر

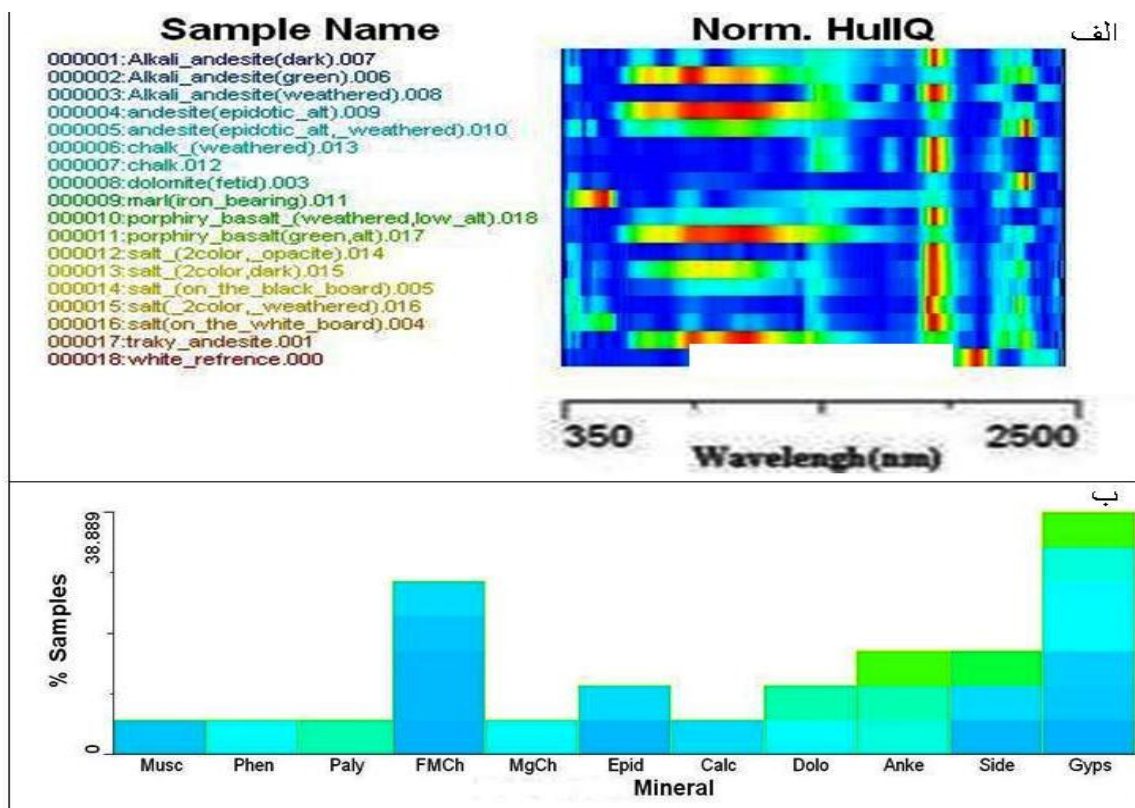
| استر   | باند ۲   | باند ۳   | باند ۴   | باند ۵   | باند ۶   | باند ۷    | باند ۸   | باند ۹   |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| باند ۲ | ۰/۹۷۰۷۴۵ | ۰/۹۷۹۷۸۲ | ۰/۹۷۸۸۹۵ | ۰/۹۷۰۸۳۷ | ۰/۹۴۹۲۲۶ | ۰/۸۰۵۹۹۸  | ۰/۷۵۸۴۱  | ۰/۷۲۶۰۷۸ |
| باند ۳ |          | ۰/۹۷۹۹۱۴ | ۰/۹۶۰۱۸  | ۰/۹۶۰۶۷۷ | ۰/۹۲۸۲۴۸ | ۰/۷۹۳۳۲۸  | ۰/۷۸۰۵۱۹ | ۰/۷۵۰۹۵۲ |
| باند ۴ |          |          | ۰/۹۸۸۱۰۴ | ۰/۹۸۷۸۷۴ | ۰/۹۶۵۵۱۶ | ۰/۸۰۶۱۱   | ۰/۷۷۲۵۳۵ | ۰/۷۴۳۶۹۹ |
| باند ۵ |          |          |          | ۰/۹۹۳۳۶۱ | ۰/۹۷۸۷۹۸ | ۰/۸۱۲۷۶۵  | ۰/۷۶۶۹۰۵ | ۰/۷۳۶۳۹۱ |
| باند ۶ |          |          |          |          | ۰/۹۷۴۰۴۱ | ۰/۸۰۵۲۴۲۳ | ۰/۷۷۰۱۳۵ | ۰/۷۴۰۵۳۲ |
| باند ۷ |          |          |          |          |          | ۰/۸۵۴۴۹۹  | ۰/۷۹۰۵۲۴ | ۰/۷۶۱۶۱۱ |
| باند ۸ |          |          |          |          |          |           | ۰/۸۸۶۱۵۴ | ۰/۸۷۰۰۳۳ |
| باند ۹ |          |          |          |          |          |           |          | ۰/۹۸۶۵۳۳ |

جدول ۲. مقدار ویژه برای هر باند

| مقدار ویژه | شماره باندها |
|------------|--------------|
| ۰/۰۰۹۴۷۸   | ۱            |
| ۰/۰۰۰۲۳۹   | ۲            |
| ۰/۰۰۰۰۵۷   | ۳            |
| ۰/۰۰۰۰۳۱   | ۴            |
| ۰/۰۰۰۰۰۱   | ۵            |
| ۰/۰۰۰۰۰۰   | ۶            |
| ۰/۰۰۰۰۰۰   | ۷            |
| ۰/۰۰۰۰۰۰   | ۸            |
| ۰/۰۰۰۰۰۰   | ۹            |



شکل ۶. الف) بهترین بارزسازی مارن و رس در گنبد نمکی جهانی (مناطق مشخص‌شده) ترکیب رنگی (PC5:R, PC6:G, PC4:B) (این تصاویر از نوع rule هستند)، ب) بیشترین بارزسازی واحدهای سنگی در گنبد نمکی جهانی (ترکیب رنگی PC1:R, PC2:G, PC3:B)



شکل ۷. الف) حضور کانیهای اصلی شناسایی‌شده با استفاده از نرم‌افزار TSG در نمونه سنگهای گنبد نمکی جهانی، ب) درصد کانیهای شناسایی‌شده با استفاده از نرم‌افزار TSG



## نتیجه‌گیری

جهت بررسی روابط طیفی سنگهای گنبد نمکی جهانی، داده‌های ماهواره‌ای سنجنده استر تحت پردازش مؤلفه‌های اصلی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد بهترین بارزشدگیهای واحدهای انیدریت، ژیپس، نمک، مارن و رس در تصویر ترکیب رنگی کاذب از مؤلفه‌های ۹ باندهای قابل مشاهده است، به‌طوری‌که رنگ قرمز به PC2 و رنگ سبز به PC6 نسبت داده می‌شود. همچنین رنگ آبی بعد از عمل منفی‌سازی به PC4 اطلاق می‌شود. توان تفکیک طیفی بالای استر امکان بارزسازیهای متعددی را از واحدهای سنگی فراهم کرده که در صورت در اختیار داشتن اطلاعات طیفی از نمونه‌های سنگی بیشتر، امکان بارزسازی بهتر، با استفاده از پردازشهای طیف پایه امکان‌پذیر خواهد بود. کانیهای شناسایی شده به‌وسیله داده‌های طیفی کربنات (کلسیت، دولومیت، سیدریت و آنکریت)، سولفات (ژیپس، انیدریت)، کانیهای رسی (کلریت‌های Mg و Fe دار، پالیگورسکیت) و میکا ( فنزیت) می‌باشند.

## مراجع

- [1] Longhi I., Sgavetti M., Chiari R., Mazzaoli C., "Spectral Analysis and Classification of Metamorphic Rocks from Laboratory Reflectance Spectra in the 0.4-2.5  $\mu\text{m}$  Interval, a Tool for Hyperspectral Data Interpretation", Taylor & Francis Ltd. INT. J. REMOTE SENSING 22 (2001) 3763-3782.
- [2] Sabins F., "Remote sensing for mineral exploration", Journal of ore geology review 14 (1999) 157-183.
- [3] Safwat G., "Detecting areas of high-potential gold mineralization using ASTER", Journal of Ore geology review 38 (2010) 59-69.
- [4] Abduwaist GH., "Mineral Exploration and Alteration Zone Mapping Desert of EGYPT Using ASTER Data", Annual conference San Diego (2010) 10.
- [5] Beiranvand A., "Using Spectral Mapping Techniques on short wave infrared band of ASTER remote sensing data for alteration mineral mapping in SE Iran", Journal of the Physical Science 6 (2011) 917-929.
- [6] Assiri A., Alsaleh A., Mousa H., "Exploration of Hydrothermal Alteration Zone Using ASTER Imagery: A Case Study of Nuqrah Area, Saudi Arabia", Asian Journal of Earth Science 1 (2008) 77-82.
- [7] Lawrenceco Rowan, Simon J. Hook and Michael J. Abrams, "mapping hydrothermally rocks at cuprite, Nevada, using the advanced space borne thermal emission and reflection radiometer (ASTER), a new satellite – imaging system", Journal of economic geology 98 (2003) 1019-1027.
- [8] Gomez Cecile, Christophe Delacourt, Pascal Allemand, Patrick Ledru, Wackerle R., "Using ASTER remote sensing data set for geological mapping, in Namibia", journal of physics and chemistry of the earth 30 (2005) 97-108.
- [9] Moghtaderi, A., Moore, F., "The application of advanced space-borne thermal emission and reflection (ASTER) radiometer data in the detection of alteration in the chadormalu paleocrater, Baqg region, Central Iran", journal of Asian Earth Sciences 30 (2007) 238-252.
- [10] Warren J.K., "Evaporites through time: Tectonic, climatic and eustatic controls in marine and nonmarine", Journal of Earth science reviews 98 (2010) 217-268.
- [11] Harrison J. V., "Salt domes in Persia", Journal of institute of petroleum technology 17 (1931) 300-320.
- [12] Talbot C. J., Medvedev S., Alavi M., Shabrivar H., Heidavi E., "Salt Extrusion Rates at kuh-EJahani, Iran: June (1994) to November, (1997)", Spec. Pub – Geol. Soc. Lond 174 (2000) 93-110.
- [۱۳] ثروتی م.، "بررسی مورفولوژی گنبد نمکی جهانی در جنوب غرب فیروزآباد"، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ۷ (۱۳۸۹) ص ۲۵-۴۰.
- [۱۴] هاشمی تنگستانی م.، "بارزسازی واحدهای سنگ‌شناختی گنبدهای نمکی با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی داده‌های استر"، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، (۱۳۸۶) ص ۲۱-۲۵.
- [15] Talbot Ch., "potash in salt mushroom at Hormoz strait, Iran", Journal of ore geology review 35 (2009) 317-332.
- [16] <http://asterweb.jpl.nasa.gov/>
- [17] Arafat M., "Hyperspectral Remote sensing and zone of Degasification in part of sabatayn basin- yemen", Journal of petroleum science and technology 45 (2011) 19-32.
- [18] Abrams M. and Hook S., "ASTER User Handbook Hook", NASA/Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, 2 (1998) 6-10.

- [۲۲] حسن شاهی ح.، "بارزسازی، تفکیک و پتانسیل‌یابی سنگهای معدنی منطقه همدان با استفاده از سنجش از دور" پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز، (۱۳۸۹) ص ۹۰-۱۱۰.
- [۲۳] مرف، ف.، تنگستانی م.، "سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی"، مرکز نشر دانشگاهی تهران، (۱۳۸۲) ص ۹۱-۱۰۲.
- [۲۴] علوی‌پناه ک.، "سنجش از دور حرارتی در علوم زمین"، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۸۵) ص ۲۷-۶۴.

- [۱۹] سعیدی س.، "بارزسازی واحدهای سنگ‌شناختی گنبدنمکی جهانی با کمک طیف‌سنجی و دستگاه فیلدسپک" ۳، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز، (۱۳۹۰) ص ۲۵-۴۳.
- [20] Gabriel D., "Mapping Petrological Patterns in the Regoufe Granite by Integrating Geochemical, VNIR-SWIR and Gamma-Ray Spectrometry Data ", Remote Sensing for the Earth Sciences 3 (2007) 3- 58.
- [۲۱] فاطمی نصرآبادی م.، "آموزش نرم‌افزار ENVI"، انتشارات سازمان نقشه‌برداری کشور، (۱۳۸۵) ص ۱۷-۴۵.