

مطالعات دورسنجی پهنه‌های دگرسانی محدوده اکتشافی دهن قلعه، شمال باختری بردسکن

پیام روحبخش^۱، خسرو ابراهیمی^{۱*}، سید مسعود همام^۱ و حسین عباس‌نیا^۲

^۱ گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

^۲ سازمان صنایع و معادن استان خراسان رضوی، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۵/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۱۱

چکیده

محدوده اکتشافی دهن‌قلعه در فاصله حدود ۳۰۰ کیلومتری جنوب باختری مشهد و ۵۰ کیلومتری شمال باختری بردسکن قرار دارد. همچنین این محدوده بخشی از منطقه کانی‌سازی سولفید توده‌ای تکنار و زمین‌شناسی اصلی آن شامل کلریت‌سریست‌شیت، بیوتیت‌سریست‌شیت و سریست‌شیت همراه با توده‌های آذرین بازی و حدواسط دگرگون‌شده در حد متاگابرو-دیوریت و متادیوریت همگی متعلق به سازند تکنار است که این سازند توسط توده‌های آذرین نیمه‌زرف کمی دگرگون‌شده با بافت پورفیری شامل متاهورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری، متاهورنبلند کوارتز مونزودیوریت پورفیری، متاهورنبلند کوارتز مونزودیوریت پورفیری، متاکوارتز مونزونیت پورفیری و متاهورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری مورد نفوذ قرار گرفته است. کلیه واحدها تحت تأثیر دگرسانی متوسط تا شدید قرار گرفته‌اند و کانی‌های سولفیدی آنها از جمله پیریت در اثر اکسایش به اکسیدهای آهن ثانویه تبدیل شده‌اند. پیش از عملیات صحرایی، پردازش داده‌های سنجنده ETM⁺ و ASTER با روش‌های نسبت‌های باندی، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی استاندارد و انتخابی و در پایان نقشه‌برداری زاویه طیفی، به عنوان یک روش موفق برای تفکیک دقیق تر کانی‌های دگرسان انجام شد که منجر به بازسازی پهنه‌های دگرسانی هماتی، کلریتی، اپیدوتی، سریستی و سیلیسی در محدوده مطالعاتی شد و صحت پردازش صورت گرفته با مطالعات بعدی صحرایی، سنگ‌نگاری و کانه‌نگاری به اثبات رسید.

کلیدواژه‌ها: محدوده اکتشافی دهن‌قلعه، لندست، استر، دگرسانی، بردسکن.

* نویسنده مسئول: خسرو ابراهیمی

E-mail: khebrahimi@ferdowsi.um.ac.ir

۱- مقدمه

قرار دارد (شکل ۲). بر اساس نقشه زمین‌شناسی تهیه‌شده از محدوده اکتشافی دهن‌قلعه (شکل ۳) سازند تکنار به سن اردوئین کهن‌ترین واحد سنگی محدوده مطالعاتی است. این سازند شامل مجموعه سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای (رخساره اوایل شیت‌های سبز) از جمله کلریت‌سریست‌شیت، بیوتیت‌سریست‌شیت و سریست‌شیت همراه با توده‌های آذرین بازی و حدواسط دگرگون‌شده در حد متاگابرویدیوریت و متادیوریت است. سازند تکنار همچنین در محدوده مطالعاتی توسط توده‌های گرانیتوئیدی نیمه‌زرف کمی دگرگون‌شده با بافت پورفیری شامل متاهورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری، متاهورنبلند کوارتز مونزودیوریت پورفیری، متاهورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری و متاکوارتز مونزونیت پورفیری و متاهورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری به سن پالئوزویک میانی و بالایی مورد نفوذ قرار گرفته است. کلیه واحدهای یادشده تحت تأثیر دگرسانی متوسط تا شدید قرار گرفته‌اند. در بخش‌های جنوب باختری محدوده در اثر حرکات گسل دهن‌قلعه که شاخه‌ای فرعی از گسل تکنار به شمار می‌آید، سنگ‌های افیولیتی زون سبزوار به سن کرتاسه بالایی در مجاورت رخساره‌های سازند تکنار واقع شده‌اند (شکل ۳).

۲- روش مطالعه

در این مطالعه از داده‌های رقومی سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست (۷ باند) با شماره گذر ۱۶۰، ردیف ۳۵، دریافت‌شده در ۶ اکتبر سال ۲۰۰۲ و ماهواره استر (۱۴ باند) دریافت‌شده در ۱ اگوست سال ۲۰۰۱ استفاده و به کمک بسته نرم‌افزاری ENVI 4.2 بررسی شد. گفتمنی است که این داده‌ها پیش از پردازش، با هدف اصلاح هندسی تصاویر، تصحیح هندسی شدند. داده‌های ماهواره‌ای در مرحله تصحیح هندسی با توجه به نقشه توپوگرافی ۱:۲۵,۰۰۰ موجود، تصحیح شدند و در قالب شبکه مختصات (UTM) قرار گرفتند (Zone 40 North, datum WGS-84). این تصحیحات بر اساس انتخاب تعدادی نقطه کنترل زمینی (GCP) بر روی

داده‌های دورسنجی به دلیل پوشش دادن یک منطقه گسترده و پوشش‌های چندطیفی و چندزمانی، می‌تواند در شناسایی ایالت‌ها، کمربندها و مکان‌های کانه‌زایی استفاده شوند (Gupta, 2003). در واقع دورسنجی ابزار مفیدی برای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی اعم از زمین‌شناسی ساختمانی و زمین‌ساختی، سنگ‌شناسی و دگرسانی در مراحل اولیه اکتشاف و به‌ویژه در مرحله پی‌جویی و پتانسیل‌یابی ماده معدنی مورد نظر است. سنجنده ETM⁺ با ۷ باند به خاطر داشتن پهناهای زیاد در طیف الکترومغناطیسی، توان تشخیص کانی‌های جداگانه را ندارد اما به خوبی می‌تواند آن گروه از کانی‌هایی را که در مناطق دگرسانی گرمایی شاخص هستند و ویژگی طیفی آنها بیشتر در محدوده فروسرخ نزدیک و میانه است، شناسایی کند (هنرمند و رنجبر، ۱۳۸۴). در حالی که سنجنده ASTER ۱۴ باند و سه زیر سامانه دارد (TIR, SWIR, VNIR) و هر کدام از آنها برای یک بخش متفاوت طیفی در نظر گرفته شده‌اند به گونه‌ای که زیرسامانه VNIR (Visible Near Infra red) در سه باند ۱، ۲ و ۳ عمل و قدرت تفکیکی ۱۵ متری حاصل می‌کند. زیرسامانه SWIR (Short wave Infra red) در شش باند ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ عمل و قدرت تفکیکی ۳۰ متری حاصل می‌کند. این زیرسامانه داده‌هایی از سنگ‌ها، کانی‌ها و گیاهان ارائه می‌دهد. زیرسامانه TIR (Thermal Infra red) در پنج باند ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ عمل و قدرت تفکیکی ۹۰ متری حاصل می‌کند. بدین ترتیب یکی از ویژگی‌های آشکار تصاویر استر، قدرت تفکیک طیفی بالای آنها در مقایسه با تصاویر لندست است و بنابراین می‌توان در تفکیک کانی‌های دگرسانی از آن بهره برد (شکل ۱).

۲- زمین‌شناسی منطقه

محدوده اکتشافی دهن‌قلعه (Dahaneh Qaleh) در فاصله حدود ۳۰۰ کیلومتری جنوب باختری مشهد و ۵۰ کیلومتری شمال باختری شهرستان بردسکن بین مختصات "۵۶'۴۰" ۵۷° تا "۴۵'۵۷" ۵۷° طول خاوری و "۲۵'۲۰" ۳۵° تا "۳۷'۲۱" ۳۵° عرض شمالی

بارسازی مناطق دارای کانی‌های اکسید آهن و باندهای ۱، ۴، ۵ و ۷ برای بارسازی نواحی دارای کانی‌های گروه هیدروکسیل انجام شد که نتیجه قابل قبول و مناسبی در بر نداشت.

۵- پردازش داده‌های ماهواره استر

۵-۱. نسبت‌های بانندی

با ترکیب رنگی جدید $R(2/1)$ ، $G(6+V+Y+A)$ و $B(V/5)$ په‌نه دگرسانی اپیدوت \pm کلریت در جنوب باختری منطقه (رنگ سبز زیتونی) از په‌نه گسترده کلریت \pm اپیدوت (سبز تیره) به راحتی تفکیک شده است (شکل ۵-ه).

۵-۲. تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی استاندارد

تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی استاندارد بر روی باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ سنجنده استر صورت گرفت که در بارسازی نواحی دگرسان ضعیف عمل کرد و نتیجه‌ای در بر نداشت.

۵-۳. تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی انتخابی

در این روش معمولاً از باندهایی استفاده می‌شود که مستقیماً در ارتباط با جذب و بازتاب کانی‌های هیدروکسیل‌دار و اکسیدهای آهن هستند. بدین منظور، تحلیل انتخابی با باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۷، ۸ و ۹ ماهواره استر صورت گرفت که نتایج آن در جدول ۲ گزارش شده است. با توجه به جدول ۲، PC2 با داشتن بالاترین بردار ویژه باند ۲ با علامت منفی (-۰/۹۷) و علامت مثبت باند ۱ در همین مؤلفه (۰/۱۳) اکسیدهای آهن را به صورت پیکسل‌های تیره آشکار می‌سازد که با انجام عمل منفی‌سازی (Negation) بر روی آن، نواحی دگرسان با پیکسل‌های روشن نمایان می‌شود (شکل ۵-و). PC5 با داشتن بالاترین بردار ویژه باند ۷ با علامت منفی (-۰/۸۸) و علامت منفی باند ۴ در همین مؤلفه (-۰/۳۲) کانی‌های هیدروکسیل‌دار را به صورت پیکسل‌های تیره پدیدار می‌کند. مشابه بالا با عمل منفی‌سازی بر روی آن، نواحی دگرسان با پیکسل‌های روشن نمایان می‌شود (شکل ۵-ز). از معایب این PC5 این است که با توجه به تصویر حاصل، سنگ‌های رسوبی را نیز آشکار می‌کند. ترکیب رنگی جدید مؤلفه‌های اصلی $R(PC4)$ ، $G(PC5)$ و $B(PC2)$ منجر به آشکارسازی و نمایش تنوع نواحی دگرسانی به رنگ‌های زرد، سفید و آبی فیروزه‌ای در محدوده مطالعاتی شد (شکل ۵-ح).

۵-۴. نقشه‌برداری زاویه طیفی (Spectral Angle Mapping) با استفاده از

داده‌های ماهواره استر

نقشه‌برداری زاویه طیفی (SAM) روشی کارا برای مقایسه طیف تصاویر نسبت به طیفی مشخص یا طیفی استاندارد (کتابخانه‌ای) است. یک تصویر چندطیفی، مجموعه‌ای از تصاویر بانندی است که هر پیکسل تصویر در بردارنده طیفی از مقادیر بازتاب برای تمامی طول موج‌های تصویر است به طوری که اگر یک ماده (همچون سنگ، گیاه و ...) تمام یک پیکسل را اشغال کند، طیف آن پیکسل به عنوان طیف عضو انتهایی (مثلاً کانی مرجع) از آن ماده در نظر گرفته می‌شود. به ازای هر عضو انتهایی انتخاب شده، یک زاویه طیفی برای هر پیکسل در تصویر در نظر گرفته شده و این مقدار زاویه در نقشه زاویه طیفی به عنوان نماینده آن پیکسل به‌شمار می‌آید (Yang et al., 2008). به عبارت دیگر در این روش با تبدیل طیف‌ها به بردار فضایی به ابعاد تعداد باندها، زاویه طیفی میان دو بردار محاسبه می‌شود (Mather, 1999). مقادیر زاویه کمتر نشان‌دهنده تشابه بیشتر میان پیکسل و عضو انتهایی است. به این ترتیب تعداد تصاویر خروجی برابر با تعداد عضو انتهایی به کار گرفته شده در تهیه نقشه است (Yang et al., 2008). گفتنی است که برای محاسبه زاویه میان دو بردار، جهت بردارها اهمیت دارد نه طولشان (Mather, 1999). در این پژوهش از نمودارهای طیفی کانی‌های کلریت، اپیدوت، مسکویت، اسمکتیت، مونت‌موریونیت، آلونیت،

نقشه توپوگرافی و مشابه‌یابی آن بر روی داده‌های ماهواره‌ای مورد نظر انجام می‌شود. از آنجا که محدوده مطالعاتی بخشی از په‌نه کانی‌سازی سولفید توده‌ای تک‌نار است و همراه با ذخایر سولفید توده‌ای و مجموعه‌ای از په‌نه‌های دگرسانی غنی از سریسیت، غنی از کلریت و غنی از کوارتز دیده می‌شوند (شکل ۴) (Lydon, 1984؛ Sangster, 1980؛ Iijima, 1974)، پیش از عملیات صحرایی، پردازش داده‌های ماهواره لندست و به‌ویژه استر با روش‌های ترکیب رنگی نسبت‌های بانندی، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی استاندارد و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی انتخابی به همراه روش نقشه‌برداری زاویه طیفی (با استفاده از داده‌های استر) برای شناسایی، بارسازی و تفکیک په‌نه‌های دگرسانی انجام و در پایان نتایج حاصل از این پردازش‌ها با عملیات صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی (سنگ‌نگاری و کانه‌نگاری) بررسی و صحت آن تأیید شد.

۴- پردازش داده‌های ماهواره لندست

۴-۱. نسبت‌های بانندی

در روش نسبت‌های بانندی باید بسته به منطقه و نوع کاربرد، باندهای مختلف را بر هم تقسیم کرد تا بهترین نتیجه حاصل شود. برتری اصلی این روش آن است که ویژگی‌های رنگی یا طیفی پدیده‌های تصویر را بدون توجه به تغییرات شرایط نوردهی منظره که بر اثر تغییرات توپوگرافی ایجاد می‌شود، منتقل و بر محتوای رنگ داده تأکید می‌کند (Sabins, 1999). ترکیب رنگی $R(5/7)$ ، $G(3/2)$ و $B(4/5)$ پیشنهادی توسط شهبازی و منظمی میرعلیپور (۱۳۷۹) با تغییر در کانال سبز (نسبت ۳/۱ به جای ۳/۲ به منظور وضوح بیشتر تصویر) برای آشکارسازی زون‌های گسلی در محدوده دهن‌قلعه به کار گرفته شد که رنگ‌های سبز و زرد به‌خوبی با تعدادی از گسل‌های منطقه تطابق می‌یابند (شکل ۵-الف).

۴-۲. تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی استاندارد

هدف از انجام این روش فشرده‌کردن مجموعه داده‌های چند طیفی در یک دستگاه مختصات جدید به منظور خارج کردن یا کاهش دادن اطلاعات زایدی است که در اثر تشابه و ارتباط میان باندها به وجود می‌آید. برای این منظور، ابتدا باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ ادغام و سپس با انجام عملیات آماری، میانگین، انحراف معیار، ماتریس همبستگی، ماتریس کوواریانس، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه محاسبه شد. بدین ترتیب، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی مطابق جدول ۱ انجام شد. با توجه به جدول ۱، اولین مؤلفه اصلی (PC1) ۹۶/۸۹ درصد از کل واریانس داده‌های خام سنجنده ETM⁺ در محدوده دهن‌قلعه را به خود اختصاص داده و شامل داده‌های توپوگرافی و درخشندگی منطقه است. باند ۳ که باند جذب کلروفیل است در PC3 بالاترین مقدار بردار ویژه (-۰/۷۰) را دارد و بنابراین در مؤلفه اصلی سوم پوشش گیاهی چیره است که به علت بارگذاری منفی به صورت پیکسل‌های سیاه نمایان می‌شود (شکل ۵-ب). سهم PC3 از واریانس کلی تصویر ۰/۴۲ درصد است که دلالت بر خشک‌بودن منطقه دارد. این روش برای برآورد پوشش گیاهی مناسب نیست زیرا بالاترین بردار ویژه باند ۳ نیز در PC3 است (-۰/۷۰) و اکسیدهای آهن را با پیکسل‌های تیره آشکارسازی می‌کند (شکل ۵-ب) چرا که علامت بردار ویژه باند ۳، منفی و باند ۱ در همان مؤلفه مثبت (۰/۳۵) است. همچنین PC2 با داشتن بالاترین بردار ویژه باند ۵ با علامت مثبت (۰/۵۴) و علامت منفی باند ۷ در همین مؤلفه (-۰/۰۲) کانی‌های هیدروکسیل‌دار را به صورت پیکسل‌های روشن آشکار می‌سازد (شکل ۵-ج). ترکیب رنگی جدید $R(PC2)$ ، $G(PC3)$ و $B(1)$ منجر به آشکارسازی و نمایش تنوع نواحی دگرسانی در محدوده مطالعاتی شد (شکل ۵-د).

۴-۳. تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی انتخابی (روش کروسنا)

در این روش، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی چهار باند ۱، ۳، ۴ و ۵ برای

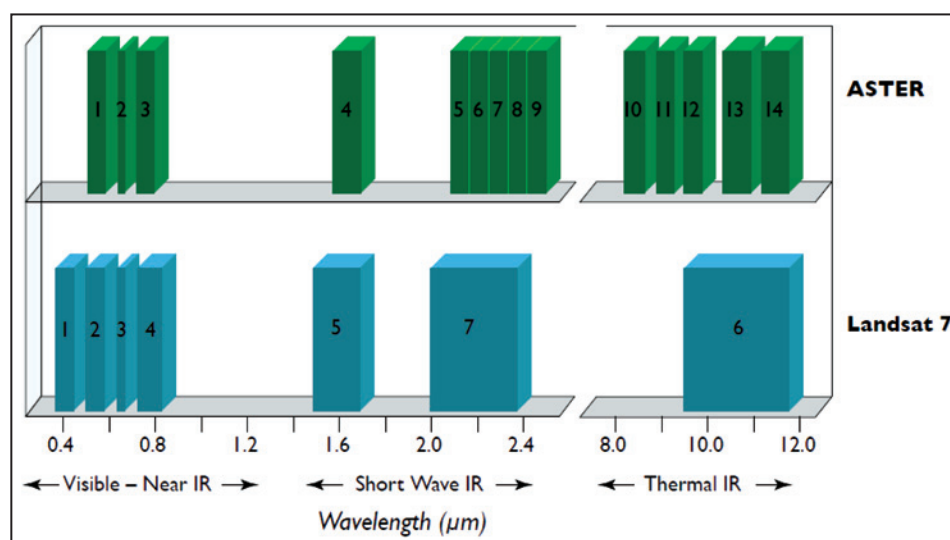
(شکل ۹). نمونه T21 از پهنه سرسیتی موجود در بخش جنوب خاوری محدوده مطالعاتی برداشت شده است و همان‌گونه که به روشنی در شکل ۸- و مشاهده می‌شود، فلدسپارها تحت تأثیر این دگرسانی، از مرکز و حاشیه به سرسیت تبدیل شده‌اند. پهنه‌های دگرسانی دیگر در شکل ۹، در واقع زیرپهنه‌هایی از پهنه‌های اصلی بیان شده‌اند.

۶- نتیجه‌گیری

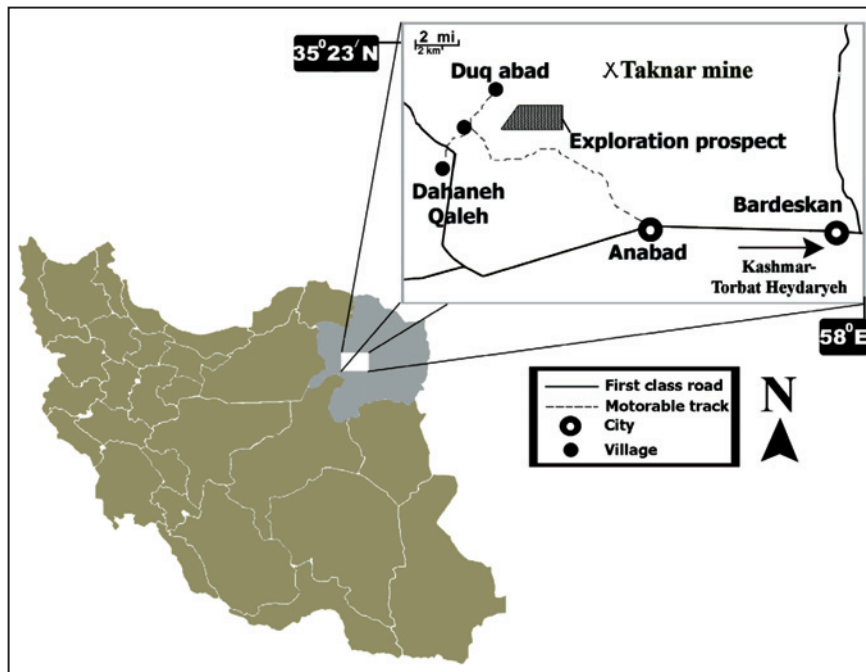
در پردازش داده‌های ETM⁺، ترکیب رنگی R (۵/۷)، G (۳/۱) و B (۴/۵) منجر به بازسازی پهنه‌های گسلی به رنگ‌های زرد و مایل به سبز شد. مؤلفه اصلی سوم حاصل از تحلیل ۶ باند ETM⁺، اکسیدهای آهن را با پیکسل‌های تیره و پوشش گیاهی را پیکسل‌های سیاه نمایان کرد در حالی که مؤلفه اصلی دوم، کانی‌های هیدروکسیل‌دار را با پیکسل‌های سفید آشکار می‌سازد. همچنین ترکیب رنگی R (PC2)، G (PC3) و B (1) منجر به آشکارسازی و نمایش تنوع نواحی دگرسانی در محدوده مطالعاتی به رنگ‌های زرد، نارنجی و سبز شد. در پردازش داده‌های ماهواره استر، ترکیب رنگی R (۲/۱)، G (۶+۷/۷+۸) و B (۷/۵) منجر به آشکارسازی نواحی دگرسانی پروپلیتیک به رنگ‌های سبز شد. عمل منفی‌سازی مؤلفه اصلی دوم با استفاده از روش مؤلفه‌های اصلی انتخابی بر روی باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۷ و ۹ سنجنده استر، اکسیدهای آهن را با پیکسل‌های سفید نمایان کرد از طرفی منفی‌سازی بر روی مؤلفه اصلی پنجم، کانی‌های هیدروکسیل‌دار را به صورت پیکسل‌های سفید پدیدار کرد. همچنین ترکیب رنگی R (PC4)، G (-PC5) و B (-PC2) برای نمایش تنوع نواحی دگرسانی به رنگ‌های زرد، سفید و آبی فیروزه‌ای به کار گرفته شد. با استفاده از روش نقشه‌برداری زاویه طیفی داده‌های ماهواره استر، پهنه‌های دگرسانی هماتی، کلریتی، اپیدوتی، سرسیتی و سیلیسی در محدوده مطالعاتی آشکار شد که انطباق بسیار خوبی با مشاهدات بعدی صحرایی و مطالعات سنگ‌نگاری و کانه‌نگاری نشان داد که این امر نشان‌دهنده کارایی پردازش داده‌های ماهواره‌ای به عنوان روشی ارزان در مراحل اولیه اکتشاف است.

ایلیت، کوارتز، هماتیت و گوتیت متعلق به مجموعه طیفی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) به عنوان داده مرجع استفاده شد. فقر پوشش گیاهی در منطقه، نقشه‌برداری کانی‌شناسی به وسیله دورسنجی را ممکن و آسان کرده است. بر اساس تصویر استر پردازش شده (شکل ۶) و ادغام آن با مطالعات صحرایی و سنگ‌نگاری، نقشه دگرسانی محدوده اکتشافی دهن‌قلعه نیز با مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ تهیه شد (شکل ۹) که نتایج به دست آمده از پردازش داده‌های ماهواره‌ای توسط نتایج کار صحرایی و مطالعات میکروسکوپی به شرح زیر به خوبی منطبق است.

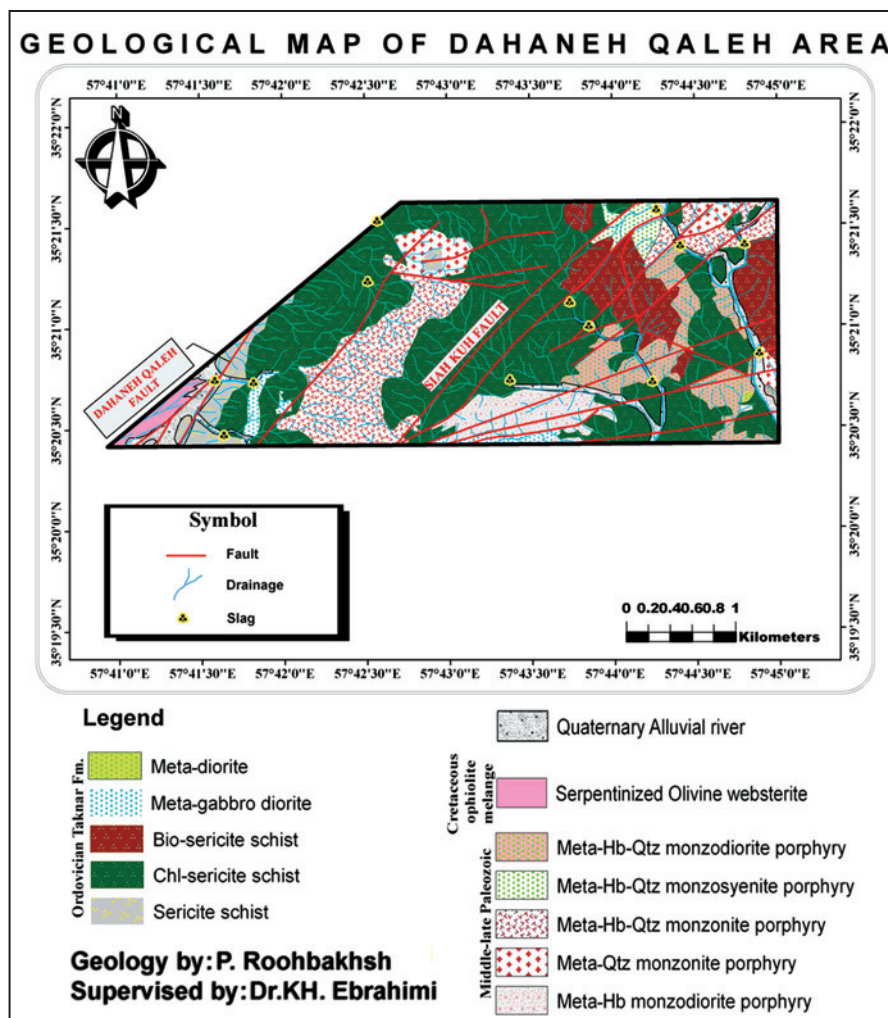
مطابق شکل ۶، همخوانی خوبی میان پهنه‌های سیلیسی و اکسیدهای آهن ثانوی (هماتیت و گوتیت) با گسل‌های محدوده دهن‌قلعه دیده می‌شود که به صورت روندهای خطی نمودار شده است. گسترش پهنه اکسیدهای آهن ثانوی در دیگر بخش‌ها، ناشی از اکسایش سولفیدها از جمله پیریت است (شکل ۷) و شدت بالای اکسایش را در محدوده اکتشافی می‌رساند. اکسیدهای آهن ثانوی در نقشه دگرسانی منطقه (شکل ۹) همراه با کانی‌های دگرسانی به صورت پهنه‌هایی مجزا تفکیک شده‌اند. نمونه‌های T38 و T8 در شکل ۶، از پهنه دگرسانی سیلیسی برداشت شده‌اند و همان‌گونه که در شکل‌های ۸- الف و ب مشاهده می‌شود، کوارتز ثانویه حاصل از دگرسانی، بخش زیادی از زمینه سنگ را به خود اختصاص داده است. این زون در نقشه دگرسانی به دست آمده از مطالعات صحرایی نیز به صورت پهنه سیلیسی شدید در توده متاهورنبلند کوارتز موزونیت پورفیری واقع در نیمه باختری محدوده مشخص شده است. نمونه‌های T18، T15، T31 و T11 مربوط به پهنه دگرسانی گسترده کلریت ± اپیدوت است که مطابق با شکل‌های ۸- ج و د در نمونه T18، هورنبلند به کلریت و پلاژیوکلاز به اپیدوت تبدیل شده است. نمونه T15 نمایانگر کلریت آهن‌دار دگرسانی با بیرفرزانس آبی غیر عادی است (شکل ۸- ه). کلریت‌های نمونه T31 محصول دگرسانی هورنبلند هستند و اپیدوت‌های خودشکل آن بر اثر دگرسانی، جایگزین پلاژیوکلاز شده‌اند (شکل ۸- ز). فلدسپارهای نمونه T11 نیز تحت تأثیر این دگرسانی قرار گرفته‌اند (شکل ۸- ح). مطالعات صحرایی و سنگ‌نگاری بعدی منجر به تفکیک این پهنه دگرسانی به چندین پهنه دیگر شد



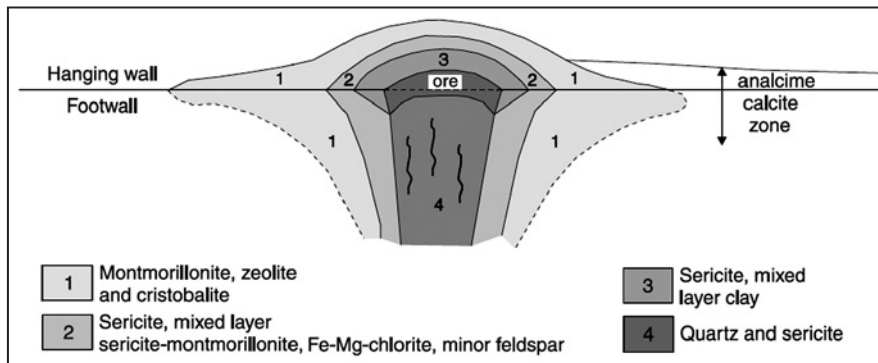
شکل ۱- مقایسه قدرت تفکیک طیفی باندهای ماهواره استر با ماهواره لندست ۷ (Abrams & Hook, 2005).



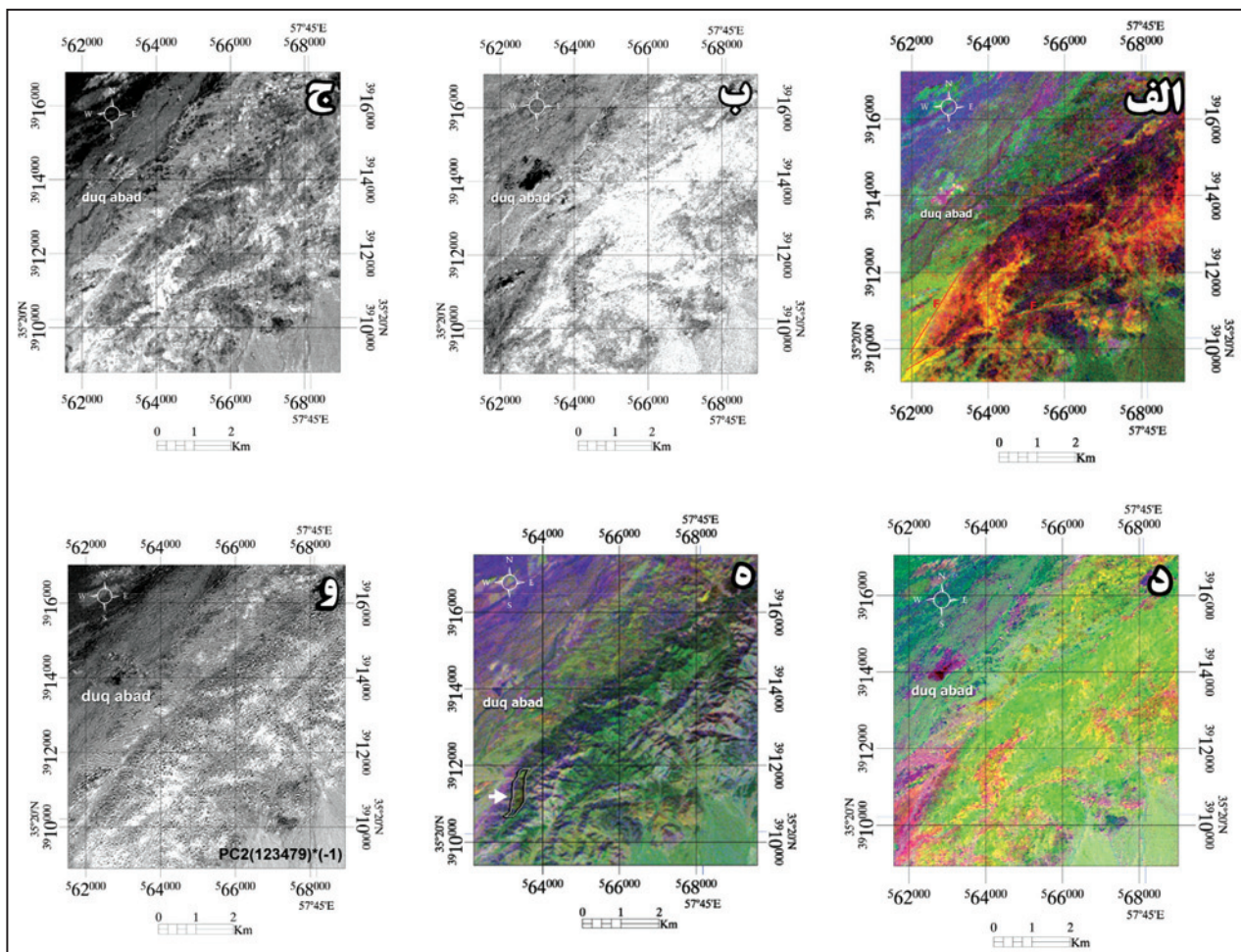
شکل ۲- موقعیت محدوده اکتشافی دهن قلعه.



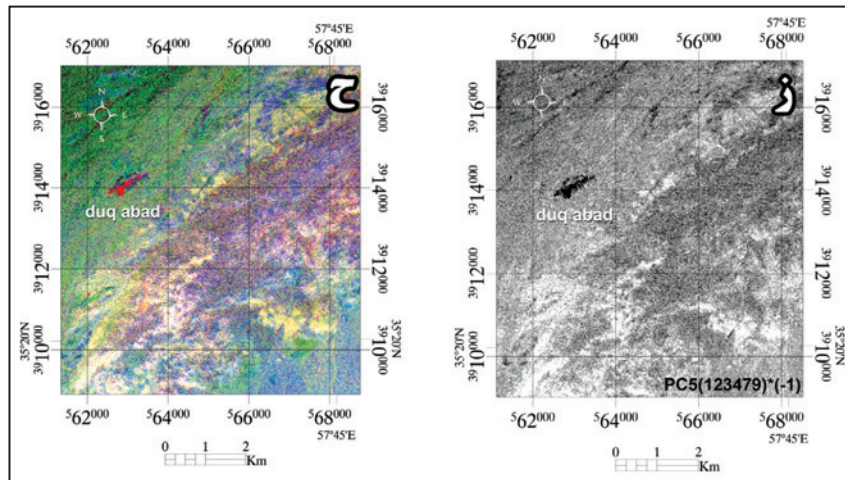
شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی محدوده اکتشافی دهن قلعه.



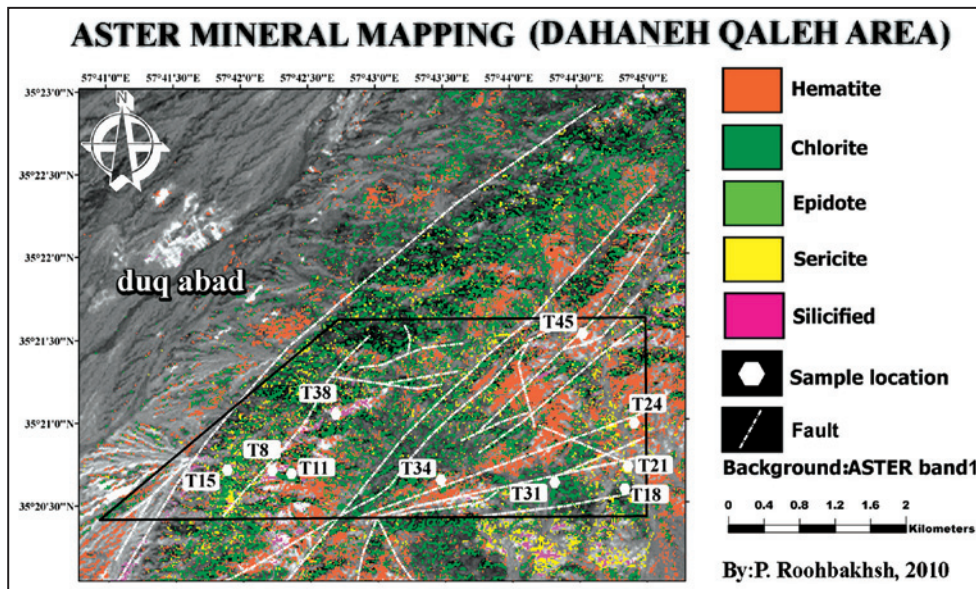
شکل ۴- نمایش پهنه‌های دگرسانی در کانسارهای سولفید توده‌ای (Iijima, 1974) با تغییرات.



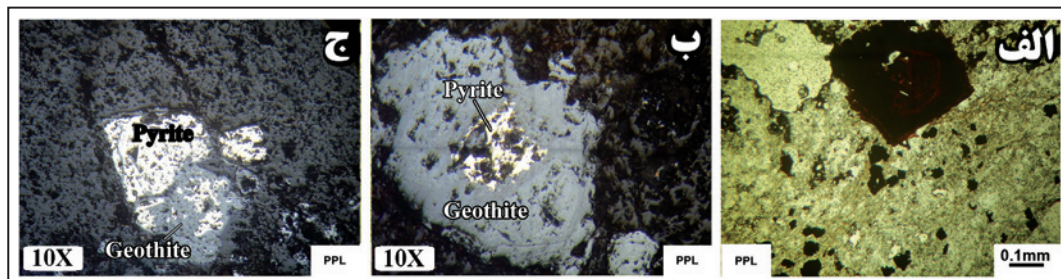
شکل ۵- الف) ترکیب رنگی (R (۵/۷), G (۳/۱) و B (۴/۵) (شهبازی و منظمی میرعلیپور، ۱۳۷۹) (با تغییر در کانال سبز) با استفاده از تصویر ETM⁺ برای بارسازی مناطق دارای اکسید آهن (رنگ‌های زرد) و مناطق غنی از آهن (رنگ‌های مایل به سبز) مرتبط با پهنه گسلی، ب) مؤلفه اصلی سوم با استفاده از تجزیه ۶ باند ETM⁺ برای آشکارسازی اکسیدهای آهن (پیکسل‌های تیره) و پوشش گیاهی (پیکسل‌های سیاه)، ج) مؤلفه اصلی دوم با استفاده از تجزیه ۶ باند ETM⁺ برای آشکارسازی کانی‌های هیدروکسیل دار (پیکسل‌های سفید)، د) ترکیب رنگی (R (PC2), G (PC3), B (1)) با استفاده از تصویر ETM⁺ برای آشکارسازی و نمایش تنوع نواحی دگرسانی (رنگ‌های زرد، نارنجی و سبز)، ه) ترکیب رنگی جدید (R (۲/۱), G (۶+۷/۷+۸) و B (۷/۵)) با استفاده از تصویر استر برای بارسازی نواحی دگرسانی پروپلیتیک (رنگ‌های سبز)، و) عمل منفی سازی مؤلفه اصلی دوم با استفاده از روش مؤلفه‌های اصلی انتخابی بر روی باندهای (۱، ۲، ۳، ۴، ۷ و ۹) سنجنده استر برای آشکارسازی اکسیدهای آهن (پیکسل‌های سفید).



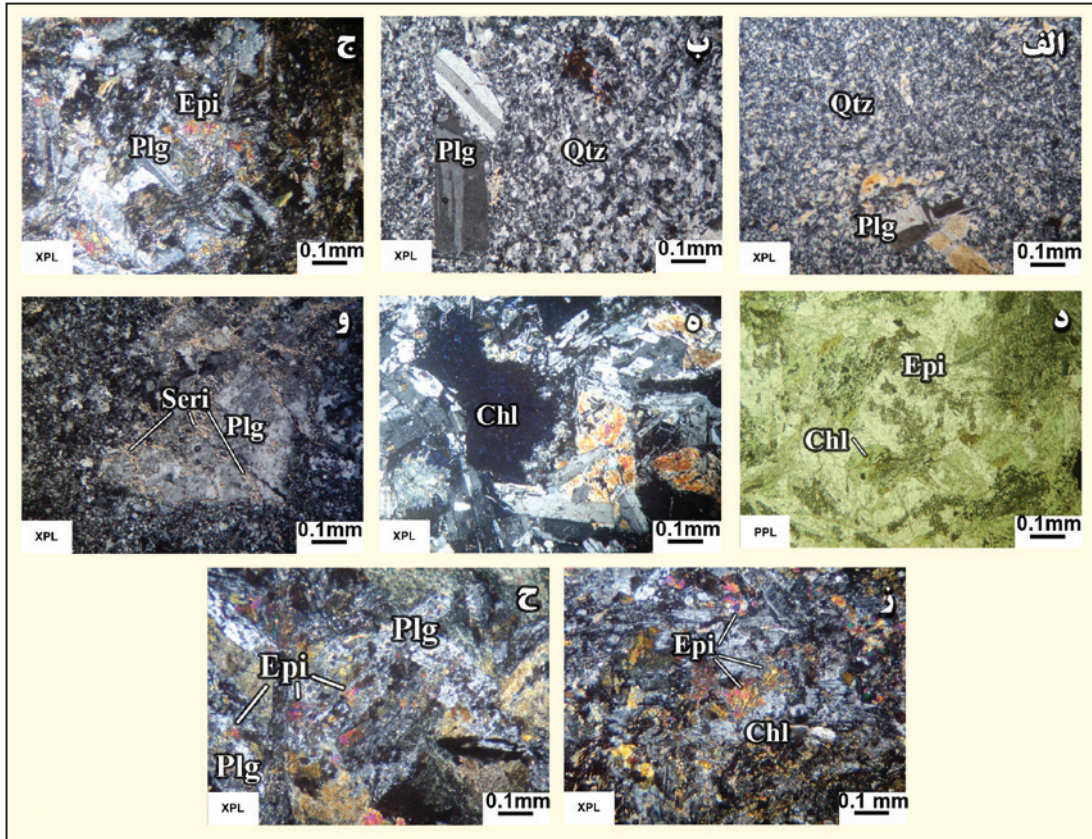
شکل ۵- (ز) عمل منفی‌سازی مؤلفه اصلی پنجم با استفاده از روش مؤلفه‌های اصلی انتخابی بر روی باندهای (۱، ۲، ۳، ۴، ۷ و ۹) سنجنده استر برای آشکارسازی کانی‌های هیدروکسیل‌دار (پیکسل‌های سفید) و (ح) ترکیب رنگی (PC4) (R)، (G) و (B) با استفاده از روش مؤلفه‌های اصلی انتخابی بر روی باندهای (۱، ۲، ۳، ۴، ۷ و ۹) سنجنده استر برای نمایش تنوع نواحی دگرسانی (رنگ‌های زرد، سفید و آبی فیروزه‌ای).



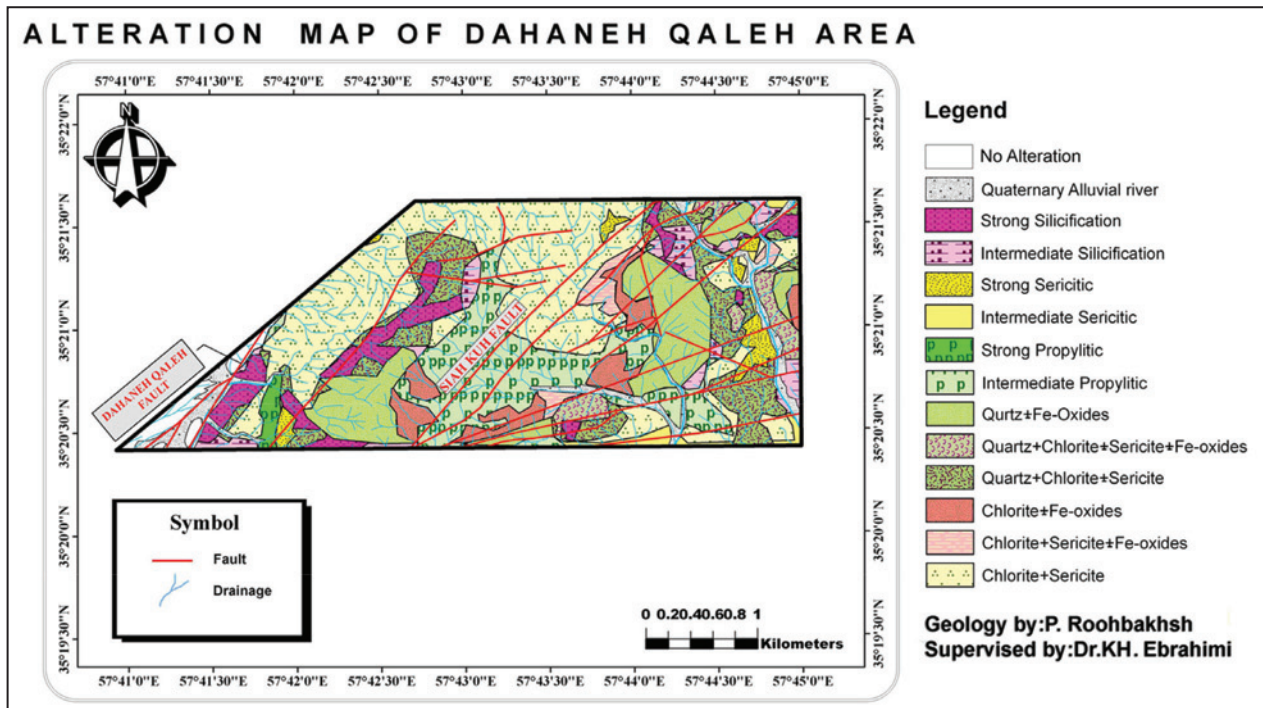
شکل ۶- نمایش پهنه‌های دگرسانی، جایگاه گسل‌ها و موقعیت نقاط نمونه‌برداری در محدوده اکتشافی دهن‌قلعه.



شکل ۷- نمایش تعدادی از نمونه‌های برداشت‌شده از پهنه اکسیدهای آهن ثانویه در محدوده اکتشافی دهن‌قلعه. (الف) تبدیل پیریت به اکسید آهن ثانویه (مقطع نازک نمونه T24) در نور عبوری و (ب و ج) جانشینی گوتیت به جای پیریت (به ترتیب بلوک‌های صیقلی نمونه T34 و T45) در نور انعکاسی.



شکل ۸- نمایش تعدادی از مقاطع نازک برداشت شده از پهنه‌های دگرسانی محدوده اکتشافی دهن قلعه در نور عبوری. الف و ب) کوارتز ثانویه محصول دگرسانی سیلیسی (به ترتیب نمونه T38 و T8)، ج و د) دگرسانی هورنبلند به کلریت و پلاژیوکلاز به اپیدوت (نمونه T18)، ه) کلریت دگرسانی با بیرفرانس آبی غیرعادی (نمونه T15)، و) دگرسانی سریسیتی در اثر تبدیل فلدسپارها به سریسیت (نمونه T21)، ز) کلریت‌های محصول دگرسانی هورنبلند و اپیدوت‌های خودشکل که در اثر دگرسانی جایگزین پلاژیوکلاز شده‌اند (نمونه T31) و ح) تبدیل پلاژیوکلاز به اپیدوت (نمونه T11). [Chl=Chlorite, Plg=Plagioclase, Qtz=Quartz, Epi=Epidote, Seri=Sericit]



شکل ۹- نقشه دگرسانی محدوده اکتشافی دهن قلعه.

جدول ۱- تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی استاندارد بر روی باندهای (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷) سنجنده ETM⁺.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
۱ باند	۰/۴۰۹۲	۰/۴۵۶۹	۰/۳۵۸۷	۰/۴۷۱۶	۰/۳۷۲۴	۰/۳۶۵۹
۲ باند	۰/۴۹۱۷	۰/۵۷۴۸	-۰/۰۹۴۸	-۰/۲۷۷۴	-۰/۳۲۷۰	-۰/۴۸۴۴
۳ باند	۰/۳۲۹۱	۰/۰۰۰۹	-۰/۷۰۰۰	-۰/۳۰۷۳	۰/۱۸۸۴	۰/۵۲۱۲
۴ باند	۰/۳۸۶۸	-۰/۴۰۵۵	-۰/۳۷۶۴	۰/۶۲۲۱	۰/۰۳۵۰	-۰/۳۹۴۸
۵ باند	-۰/۵۷۶۷	۰/۵۴۳۵	-۰/۴۷۸۹	۰/۳۴۵۳	۰/۱۰۲۰	-۰/۱۱۳۳
۷ باند	-۰/۰۰۹۸	-۰/۰۲۸۱	۰/۰۳۴۸	-۰/۳۱۵۷	۰/۸۴۰۹	-۰/۴۳۷۰
مقادیر ویژه	۴۱۰۴/۹	۱۰۰/۲	۱۷/۸	۸/۵	۳/۹	۱/۳
درصد واریانس	۹۶/۸۹	۲/۳۶	۰/۴۲	۰/۲	۰/۰۹	۰/۰۳

جدول ۲- تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی انتخابی بر روی باندهای (۱، ۲، ۳، ۴، ۷، ۹) ماهواره استر.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
۱ باند	-۰/۹۸۳۷	۰/۱۳۰۵	۰/۱۲۲۱	۰/۰۱۶۴	۰/۰۰۸۹	۰/۰۰۱
۲ باند	-۰/۱۰۳۲	-۰/۹۷۲۵	۰/۱۹۸۸	۰/۰۵	۰/۰۳۴۲	-۰/۰۱۸
۳ باند	۰/۱۲۳۲	۰/۱۴۷۹	۰/۸۸۵۵	-۰/۴۱۶۹	۰/۰۵۸۶	۰/۰۳۷۱
۴ باند	-۰/۰۷۷۱۰	-۰/۱۱۹۱	-۰/۳۵۳۱	-۰/۸۶۴۸	-۰/۳۲۴۲	-۰/۰۴۴۹
۷ باند	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۴۹	۰/۱۵۶۱	۰/۲۴۶۶	-۰/۸۸۴۰	۰/۳۶۴۵
۹ باند	-۰/۰۱۶۰	-۰/۰۳۲۶	-۰/۱۱۰۰	-۰/۱۲۰۹	۰/۳۲۹۴	۰/۹۲۹۱
مقادیر ویژه	۹۳۹/۴	۳۸	۷/۲	۴/۱	۱/۵	۱/۱
درصد واریانس	۹۴/۷۶	۳/۸۳	۰/۷۲	۰/۴۱	۰/۱۵	۰/۱۲

کتابنگاری

شهبازی، م.، منظمی، میرعلیپور، ع.، ۱۳۷۹- بررسی‌های دورسنجی به منظور ردیابی لیستونیت‌ها و مواد معدنی همراه در منطقه گزیک، فشرده مقاله‌های چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تبریز، صفحات ۲۷۵-۲۷۳.

هنرمند، م.، رنجبر، ح. ۱۳۸۴- کاربرد روش‌های مختلف پردازش تصویر روی داده‌های ETM⁺ به منظور اکتشاف کانسارهای مس نوع پورفیری و رگه‌ای در منطقه کوه ممزار - کوه پنج در استان کرمان، فصلنامه علوم زمین، شماره ۵۷، صفحات ۱۲۷-۱۱۰.

References

- Abrams, M. & Hook, S., 2005- Aster user handbook, version2, Jet Propulsion Laboratory, NASA, 125 P.
- Gupta, R. P., 2003- Remote Sensing Geology, Second edition, Springer-Verlag, Berlin, 655 P.
- Iijima, A., 1974- Clay and zeolitic alteration zones surrounding Kuroko deposits in the Hokuroko district, Northern Akita, as submarine hydrothermal diagenetic alteration products, Society of Mining Geologists of Japan Special Issue 6, 267-290.
- Lydon, J. W., 1984- Ore deposits model volcanogenic Massive Sulfide deposits part 1, A descriptive model, Geosci Canada, V.11, 195-202
- Mather, P. M., 1999- Computer Processing of Remotely-Sensed Images, An Introduction, Second edition, Wiley, Chichester, 292 P.
- Sabins, F. F., 1999- Remote sensing for mineral exploration, Ore Geology Reviews, V. 14, 157-183.
- Sangster, D. F., 1980- Distribution and Origin of Precambrian Massive sulfide deposits of North America, D.W. Strangway Geol. Ass. of Canada Special Paper 20, 273-740
- Yang, C., Everitt, J. H. & Bradford, J. M., 2008- Yield estimation from hyperspectral imagery using spectral angle mapper (SAM). American Society of Agricultural and Biological Engineers, V. 51(2), 729-737.