علوم زمین خوارزمی (نشریه علوم دانشگاه خوارزمی)

ارتباط پهنههای دگرسانی با سامانه گسلی کلمرد در گستره ازبککوه، ایران مرکزی

محمد مؤمنی طارمسری، مریم دهبزرگی؛ دانشگاه خوارزمی، دانشکدهٔ علومزمین علی قربانی؛ دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان رضا نوزعیم؛ دانشگاه تهران، پردیس علوم، دانشکدهٔ زمینشناسی دریافت ۹۶/۰۱/۱۹ پذیرش ۹۶/۰۶/۱۹

چکیدہ

سنجش از دور ابزاری سودمند در شناسایی پدیدههای زمینی است، در نواحی که سنگها رخنمون خوبی داشته و پوشش گیاهی اندک باشد، سنجش از دور در شناسایی کانیها و سنگها و دیگر عوارض زمین شناسی کاربرد فراوانی دارد. مناطق دگرسانی به طور معمول با کانیهای مشخصی همراه هستند، در این پژوهش دگرسانی کانیهای رسی از جمله ایلیت، کاؤولینیت و دگرسانی کانیهای گروه اکسید آهن مانند گویتیت، هماتیت و جاروسیت در منطقه ازبک کوه بررسی شده است. کوههای ازبک کوه با راستای شمال شرق- جنوب غرب در ورقه ایران مرکزی در پهنه گسلی کلمرد قرار دارند. در این پژوهش از تصویر ASTER برای شناسایی کانیهای گروه اکسید آهن و هیدروکسید آهن در کوههای ازبک کوه با راستای شمال شرق- جنوب غرب در ورقه ایران مرکزی در پهنه گسلی کلمرد قرار دارند. در استه نوه ش از تصویر ASTER برای شناسایی کانیهای گروه اکسید آهن و هیدروکسید آهن در کوههای ازبک کوه با راستای شمال شرق- جنوب غرب در ورقه ایران مرکزی در پهنه گسلی کلمرد قرار دارند. در استفاده شد. بدین منظور از روش لگاریتم باقیمانده برای پیش پردازش و از روش پالایش تطبیق یافته (MF) برای شناسایی دگرسانی ها بهره گرفته شد. سپس نقشهٔ دگرسانی مربوط به هریک از این کانیها برای منطقه مطالعاتی تهیه شد، استاسایی دگرسانیها بهره گرفته شد. سپس نقشهٔ دگرسانی مربوط به هریک از این کانیها برای منطقه مطالعاتی تهیه شد. درگرسانیها با گسلهای اصلی منطقه ازبک کوه تجزیه و تحلیل شد. نتایج حاصل نشاندهندهٔ ارتباط آشکار درگرسانیهای استخراج شده با سه گسل اصلی منطقه ازبک کوه تجزیه و تحلیل شد. نتایج حاصل نشاندهندهٔ ارتباط آشکار گرستایهای استخراج شده با سه گسل اصلی منطقه ازبک کوه (F1, F2, F3) هستند، که در بازدیدهای صحرایی صورت و گرمانیهای ازبک کوه، شمال شرق- جنوب غرب است و شواهد جنبشی مربوط به این گسلها امتداد لغز راست بر با اندکی مؤلفهٔ گروه ی زبی گسلها امندازه گیری و برداشت شدند. روند گسلهای اندازه گیری شده مانند روند اصلی کوه رونه کوه، زمین گسلها امتداد لغز راست بر با ندکی مؤلفهٔ گرمایی مان شرل شرق- جنوب غرب است و شواهد جنبشی مربوط به این گسلها امتداد لغز راست بر بازهای مخلوی می می و نهان گر تأیش به مان گر تأثیر این په مون می مانه روند اصلی گسل بر فازهای مخلی موانی درمنو از مای گسل ما ماده مده به این حرکت مشابه روند اصلی گسل کلم در ایرانمرکزی است و نشان گر تأثیر این پ

واژههای کلیدی: سنجش از دور، پهنههای دگرسانی، زونهای دگرسانی، گسل کلمرد، ازبککوه، ایران مرکزی

مقدمه

امروزه سنجش از دور بهطور گسترده در اکتشاف کانیها استفاده می شود و این امکان را به ما می دهد تا کانیهای دگرسانی را با هزینه و زمان کمتری تشخیص دهیم [۱]، [۲]، [۳]. مناطق دگرسانی به طور معمول با کانیهای مشخصی همراه هستند، در این پژوهش به بررسی، شناسایی و بارزسازی دگرسانی کانیهای رسی (ایلیت، کائولینیت) هم چنین کانیهای گروه اکسید آهن (گوتیت، هماتیت و ژاروسیت) در منطقه ازبک کوه پرداخته شد و نقشهٔ دگرسانی مربوط به هریک از این کانیها برای گسترهٔ مطالعاتی تهیه شد، و ارتباط و تأثیر گسلهای منطقه ازبک کوه بر تشکیل

m_dehbozorgi@khu.ac.ir *نویسنده مسئول

زونهای دگرسان بررسی شد. کانیهای گروه اکسید آهن در گسترهٔ طیفی مرئی- مادون قرمز نزدیک و کانیهای رسی در گسترهٔ طیفی مادون قرمز موج کوتاه دارای عارضههای جذب و بازتاب مشخص هستند که از این خصوصیت میتوان برای شناسایی آنها استفاده کرد. به طورکلی کانیهای دگرسانی در محدودهٔ SWIR (مادون قرمز موج کوتاه) طیف الکترو مغناطیسی، بیشتر خاصیت جذب نشان می دهند که میتواند به صورت بالقوه در شناسایی کانیها در ماهواره ای استر (ASTER) بیشتر خاصیت جذب نشان می دهند که میتواند به صورت بالقوه در شناسایی کانیها در ماهواره ای استر (ASTER) استفاده کرد. به منظور تشخیص زونهای دگرسانی در محدودهٔ کوههای ازبک کوه از تصاویر کانیها می شود. در محدودهٔ طول موج ۲ تا ۲/۲ میکرون سنجنده استر دارای ۵ باند است، از این رو، وضوح باندی بالای این سنجنده برای شناسایی کانیها دلیل انتخاب این تصاویر به منظور بارزسازی زونهای دگرسان در منطقه بررسی شده است. قسمتهای زیادی از منطقهٔ بررسی شده دارای کانی سازی رسی و همچنین کانیهای آهندار مانند هماتیت و گوتیت است که به منظور تشخیص این کانیها پس از انجام پیش پرداز شرهای لازه، از دادهای سنجنده استر برای اکتشاف این نوع زونهای دگرسان استفاده شد. در این پژوهش با استفاده از تصاویر سنجنده استر برای رو گوتیت است که به منظور تشخیص این کانیها پس از انجام پیش پرداز شهای لازه، از دادهای سنجنده استر برای اکتشاف این نوع زونهای دگرسان استفاده شد. در این پژوهش با استفاده از تصاویر سنجنده استر، سنگهای دگرسان و گوتیت است که به منظور تشخیص این کانیها پس از انجام پیش پرداز شهای لازم، از داده های سنجنده استر برای

زمينشناسي عمومي

منطقه ایران مرکزی شامل محدودهای گسترده از فلات ایران است که در زون برخوردی بین ورقههای عربستان و اوراسیا محصور شده است [۴] و مهمترین ویژگی آن وجود گسلهای بزرگ و مهمی نظیر کلمرد است. دگرریختی در فلات ایران مربوط به برخورد قارهای بین صفحات عربستان و اوراسیا است [۵] که باعث کوتاهشدگی در ایران مرکزی در جهت شمالی-جنوبی و با نرخ تقریباً ۲ میلی متر بر سال شده است [۶]. کوههای ازبک کوه نیز با روند شمال- شمال شرق، جنوب-جنوب غرب در شمال بلوک طبس، در ورقه ایران مرکزی قرار دارند (شکل ۱). رشته کوههای ازبک کوه در یک زون به شدت چین خورده و گسلیده قرار دارند که این امر تا حدی به دلیل تغییر روند ساختارها است که تقریباً ۹ درجه از جهت شمال-شمال غرب در کوههای شتری شرق طبس، تا شرق-شمال شرق در رشته کوههای جنوب شرق درونه تغییر می کند [۷]. در مناطق پیرامونی نهشتههای ازبک کوه روند عمومی ساختارها، شمال شرق-جنوب غرب است. تودههای سنگی عدسی شکل، شامل سازندهای مختلف پالئوزوئیک در یک آمیزه تکتونیکی به وسیله گسلها شریب به سوی شمال غرب و جنوب شرق هستند [۷]. واحدهای سنگی دگرسان شده گرمابی با شکستگیهای فراوان و شرکیب شدهاند. گسلهایی که این تودههای سنگی را احاطه کردهاند عمودی و به شدت کچ شده (minoline) با شیب به سوی شمال غرب و جنوب شرق هستند [۷]. واحدهای سنگی دگرسان شده گرمابی با شکستگیهای فراوان و (رنگ مایل به زرد و قرمز) در امتداد گسلهای اصلی ازبک کوه در واحدهای رسوبی می به می به ماه شده است. (رنگ مایل به زرد و قرمز) در امتداد گسلهای اصلی ازبک کوه در واحدهای رسوبی می تاثر از این گسلها شده است. طیف وسیعی از واحدهای دگرسان شده نهشتههای ازبک کوه در واحدهای رسوبی متاثر از این گسلها شده است.



شکل۱. موقعیت منطقهٔ ازبککوه در ایران مرکزی روی تصویر Google earth

مواد و روشها

پردازش و تجزیه و تحلیل دادههای ماهوارهای

بهمنظور شناسایی واحدهای دگرسانی در منطقهٔ ازبک کوه از تصویر ماهوارهای سنجنده استر (ASTER) LEVEL 1T استفاده شد. در مرحلهٔ پیش پردازش تصویر، روی دادههای LEVEL 1T تصحیحات هندسی انجام گرفته است که با دقت بسیارخوبی زمین مرجع شدند و نیازی به تصحیح هندسی ندارند. تصویر ASTER استفاده شده در این پژوهش مربوط به ماه اوت سال ۲۰۰۴ است. برای نتیجه گیری با دقت بیشتر، تصحیحات هندسی و اتمسفری مربوط به باندهای SWIR روی آن انجام شد. در تصحیح اتمسفری از روش باقیماندههای لگاریتمی (Log Residuals) [۸] برای پیش پردازش و از روش پالایش تطبیق یافته برای شناسایی دگرسانیها استفاده شد. باقیماندههای لگاریتمی یک روش کالیبراسیون برای حذف اثر تابندگی خورشید، پراکنش جوی، خطای ابزاری و اثر توپوگرافی است. این تبدیل یک تصویر شبه بازتاب تولید می کند که برای تجزیه و تحلیل شاخصههای جذبی مربوط به کانیها و مواد معدنی مفید است. این روش مشابه روش میانگین بازتاب داخلی نسبی است که بر اساس پارامترهای آماری تصویر ورودی انجام می گیرد. لگاریتم باقیمانده مجموعه دادهای از حاصل تقسیم ورودی با میانگین هندسی طیفی، سپس تقسیم بر میانگین هندسی مکانی بهدست میآید. روش انجام جداسازی بخشی از طیف بهمنظور تخمین فراوانی اعضای انتهایی تعریف شده را کاربر، از مجموعهای طیف مرجع، پاسخ اعضای انتهایی شناخته شده را بیشینه کرده و پاسخ ترکیب ناشناخته زمینه را از بین میبرد، سپس امضای طیفی شناخته شده را تطبیق میدهد. طیف کانیهای تشخیص داده شده از تصاویر ASTER شامل ایلیت، کائولینیت، جاروسیت، گوتیت و هماتیت هستند که برای شناسایی مناطق دگرسانی با استفاده از طیفهای این کانیها و به کارگیری الگوریتم MF استفاده شدهاند (شکل۲). تصویر MF یک تخمین نسبی از مقدار مطابقت و هماهنگی دگرسانی استخراج شده نسبت به طیف مرجع و فراوانی زیرپیکسل تقریبی با مقادیر ۰ تا ۱ فراهم می کند [۹]، [۱۰].

پالایش تطبیق یافته (MF)

در این روش بخشی از طیف به منظور تخمین فراوانی اجزای انتهایی تعریف شده توسط کاربر از یک مجموعه طیف مرجع جداسازی شده سپس پاسخ اعضای انتهایی شناخته شده را بیشینه کرده و پاسخ ترکیب ناشناخته زمینه را از بین میبرد و در انتها سپس امضای طیفی شناخته شده را تطبیق میدهد[۱۱]، [۱۲].



شکل۲. نقشهٔ دگرسانیهای استخراج شده از منطقه ازبککوه. الف) دگرسانی گوتیت، ب) دگرسانی ایلیت، پ) دگرسانی کائولینیت، ت) دگرسانی جاروسیت، ث) دگرسانی هماتیت

دادههای ساختاری و شواهد صحرایی

گسل F1

گسل F1 با گسترش کم در منطقهٔ بررسی شده با طول حدود ۲ کیلومتر در بخشهای شرقی و جنوب شرقی ازبککوه در مجاورت روستای گزو رخنمون دارد (شکل۳).

این گسل جدا کنندهٔ واحدهای کنگلومرای نئوژن و سنگ آهکهای سازند نیور است. در حالی که مرز زیرین کنگلومرای نئوژن پایانی، کنگلومرای سازند قرمز فوقانی و تبخیریهای نئوژن است اما عملکرد این گسل سبب شده تا کنگلومرای مذکور که سن آن اواخر ترشیاری است در کنار سنگ آهکهای مرجاندار و شیل سازند نیور (متعلق به گروه گوشکمر) قرار گیرد. موقعیت این گسل روی تصویر ماهوارهای به وضوح قابل تشخیص است (شکل۳ الف و ب) که کنگلومرای قرمز رنگ نئوژن را در کنار سازند نیور قرار داده است. به دلیل فرسایش زیاد، این واحد چینه ای رخنمون زیادی در منطقه ندارد و عمدتاً به صورت تپه ماهورهایی دیده می شود (شکل۳ پ). گسل برداشت شده در مرز این



شکل۳. مشخصات و ویژگیهای گسل F1. الف) تصویر ماهوارهای (Sas planet (Bing map satellite از موقعیت گسل F1 ، ب)نمایی از گسل F1 در بازدید صحرایی بههمراه تصویر استریوگرافیک این گسل، پ) شکستگی ریدل و خش خط گسل

علوم زمین خوارزمی (نشریه علوم دانشگاه خوارزمی)

واحد دارای مشخصات SE ۱۲٫۸۵ با زاویهٔ ریک ۲۵ درجه (از سمت جنوبغرب) است (شکل۳ ب و ت). حرکت غالب این گسل با توجه به خش لغزهای روی صفحه آن امتدادلغز راستبر تشخیص داده شد (شکل۳ ب).

گسل F2

این گسل به طول تقریبی ۹/۵ کیلومتر در دو بخش شمالی و جنوبی (شمال شرق و جنوب غرب روستای معدن قلعه) باعث قرار گرفتن سازند سردر و دولومیتهای پالئوزوئیک در کنار یک دیگر شده است (شکل ۴ الف). مشخصات این گسل ۲۲۵/۸۲ NW ۲۲۵/۸۲ با ریک حدود ۱۵ درجه از سمت جنوبغرب است (شکل ۴ ب). سازوکار این گسل نیز با توجه به ساختارهای C-S که در قسمتهای مختلف آن مشاهده و اندازه گیری شده به صورت حرکت امتداد لغز راستبر معرفی میشود (شکل ۴ پ) که این حرکت هماهنگ با جهت برش گسل F1 است. ویژگیهای عمومی این گسل در (شکل ۴) به نمایش در آمده است.



شکل۴. مشخصات و ویژگیهای گسل F2، الف) نمایی از گسل در بازدید صحرایی بههمراه تصویر استریوگرافیک و موقعیت خش لغز روی آن، ب) خشلغز گسل F2، پ) صفحات C-S نشاندهندهٔ سازوکار گسل

گسل F3

این گسل با طولی بیش از ۹ کیلومتر مرز بین پالئوزوئیک و مزوزوئیک در منطقه ازبک کوه است و در دو بخش شمالی و جنوبی در شمال شرق و جنوب غرب روستای معدن قلعه رخنمون دارد. این گسل سنگ آهک های پالئوزوئیک و ماسه سنگ کامبرین سازند لالون را با مارن های خاکستری رنگ اواخر کرتاسه در کنار هم قرار می دهد. با توجه به فرسایش پذیر بودن مارن ها و صخره ساز بودن آهک ها در منطقهٔ بررسی شده، این گسل به آسانی روی تصویر ماهواره ای قابل تشخیص است (شکل ۵ الف). چندین برداشت در امتداد این گسل در قسمت های مختلف آن صورت گرفته که به طور متوسط امتداد ۲۳۵ درجه و شیب ۸۰ درجه به سمت شمال غرب را برای این گسل نشان می دهند (شکل ۵ ب). خش لغزهای برداشت شده روی صفحه این گسل (شکل ۵ پ) به طور متوسط زاویهٔ ۲۰ درجه از سمت جنوب غرب دارند. در امتداد این گسل صفحات C-8 در مقیاس بزرگ و کوچک مشاهده شده اند که برای تعیین جهت حرکت آن اندازه گیری شده اند که در مجموع سازو کار امتداد لغز راست بر را نشان می دهند (شکل ۵ ب). مؤلفهٔ جزئی معکوس نشان می دهد، مؤلفه مورب لغز این گسل سبب شده تا سنگ آهک های پالئوزوئیک روی مارن های مؤلفهٔ جزئی معکوس نشان می دهد، مؤلفه مورب لغز این گسل سبب شده تا سنگ آهک های پالئوزوئیک روی مارن های موافهٔ جزئی معکوس نشان می دهم مؤلفه مورب لغز این گسل سبب شده تا سنگ آهک های پالئوزوئیک روی مارن های موافهٔ مزئی معکوس نشان می دهر، مؤلفه مورب لغز این گسل به صورت امتداد لغز راست بر با مؤلفه جزئی معکوس مورفی میشود (شکل ۵ ب). ویژگی های عمومی این گسل در (شکل ۵) نمایش داده شده است.



شکل۵. مشخصات و ویژگیهای گسل F3، الف) تصویر ماهوارهای گسل (Google Earth ، ب)نمایی از گسل در بازدید صحرایی روستای معدن قلعه بههمراه تصویر استریوگرافیک گسل بههمراه موقعیت خش لغزها، پ) خشلغزهای مرتبط با صفحه گسلی F3 ، ت، ث) صفحات C-S بزرگ و کوچک مقیاس نشاندهندهٔ سازوکار گسل

بحث و نتيجه گيري

شاخصههای طیفی کانیهای رسی در محدودهٔ مادون قرمز موج کوتاه و شاخصههای طیفی کانیهای اکسید آهن در محدودهٔ مرئی و مادون قرمز انزدیک است. بدین منظور برای شناسایی هر دو گروه کانی ها بهویژه شناسایی دقیق تر کانیهای رسی و تفکیک آنها از یکدیگر، تصاویر ASTER قابلیت مناسبی را برای این منظور ایجاد میکنند. اساساً شناسایی و تفکیک واحدهای سنگی مرحلهٔ مهمی در تحقیقات زمینشناسی محسوب میشود. فناوری سنجش از دور در این مورد بهدلیل قابلیتهای مناسب و پوشش نواحی وسیع، کمک شایانی در پژوهشهای زمینشناسی پایه و تهیهٔ نقشههای زمینشناسی می کند. بهنحوی که می توان با دادههای در دسترس اطلاعات بسیار ارزشمندی را استخراج کرد. کانیهای رسی و کانیهای گروه اکسید آهن میتوانند بهعنوان کلید اکتشاف مواد معدنی استفاده شوند. در محدودهٔ بررسی شده نیز تعدادی معدن وجود دارد که تأییدی بر این مدعا است. با بهرهگیری و استخراج اطلاعات حاصل از دادههای سنجش از دور و مطالعات صحرایی میتوان ارزیابی بسیار خوبی از منطقهٔ بررسی شده بهدست آورد. روش پالایش تطبیقی یکی از روشهای زیر پیکسلی (Subpixel) است که قابلیت خوبی در شناسایی کانیها و پدیدهای زمین شناختی دارد. در این پژوهش از روش پالایش تطبیق یافته برای تفکیک کانیهای رسی ایلیت و کائولینیت از یکدیگر و همچنین شناسایی کانیهای گروه اکسید آهن مانند هماتیت و ژاورسیت و گوتیت استفاده شد که نتایج بهدست امده نیز مناسب و دقیق بودن این روش را برای اکتشاف دگرسانیهای ذکر شده تأیید میکند. بازتاب زیاد (۱-۰/۷۵) کائولینیت و جاروسیت در منطقهٔ ازبککوه (در مقادیر کم و متوسط) با درجات بالا وجود دارند. برداشتهای صحرایی از منطقهٔ بررسی شده دگرسانیهای ضعیف تا متوسط را نشان میدهد. مناطق شاخص دگرسانی در منطقه ازبککوه مطابقت چشمگیری با دقت زیاد با معیارهای صحرایی نشان میدهند. دگرسانی کانیهای رسی و اکسید آهن شامل جاروسیت، کائولینیت و ایلیت، گوتیت و هماتیت در بیشتر قسمتهای ازبک کوه مخصوصا قسمتهای مرکزی و غربی گسترش دارند. علاوه بر این تعداد زیادی از پیکسلها که بهعنوان جاروسیت شناسایی شدهاند با مناطق اکسیدی وسیع در ازبک کوه همخوانی نشان میدهند. بازدیدهای صحرایی گرفته نیز مؤید پژوهشهای دورسنجی بودند. در بازدیدهای صحرایی انجام شده و انطباق آنها با روشهای سنجش از دور مشخص شد که بهطورکلی انطباق قابل قبولی بین مطالعات دورسنجی و گسل،های برداشت شده در بازدیدهای میدانی برقرار است که نشاندهندهٔ ارتباط بین دگرسانیهای منطقه ازبککوه با گسلهای اصلی منطقه و در نتیجه کانیسازی در این منطقه است که در اینصورت می توان از روش های سنجش از دور برای تحقیقات مقدماتی و به دست اور دن دید کلی و تسهیل کردن عملیات میدانی بهره مناسب را برد. تحقیقات میدانی و دادههای صحرایی اخذ شده از منطقهٔ بررسی شده (شکل۶) مؤید این مهم است. دادههای صحرایی و بازدیدها و پژوهشهای صحرایی انجام شده تأییدکنندهٔ بررسیهای دورسنجی صورت گرفته در شناسایی دگرسانیها و ارتباط اَنها با گسلها است. یکی از موارد قابل توجه نیز حضور کانیها بهصورت خطی است که تحت تاثیر گسلهای منطقه قرار گرفتهاند. تمامی دگرسانی استخراج شده از تصاویر ماهوارهای بههمراه کانیهای شاخص مرتبط با انها در یک روند خطی با جهتگیری شمالشرق- جنوبغرب قرار گرفتهاند. طبق پژوهشهای ساختاری انجام گرفته در این تحقیق، این دگرسانیهای عمدتا مرتبط با گسلهای اصلی منطقه ازبککوه بوده و در راستای این گسلها غلظت و تراکم دگرسانیها نیز بهطور چشم گیری افزایش یافته است و جهت گیری آنها در یک راستا و مرتبط با گسل اصلی مسبب آن (تشدید کننده دگرسانی) در این ناحیه از ایران مرکزی است.



شکل ۶. ار تباط گسلهای اصلی منطقه ازبک کوه با دگرسانیهای استخراج شده از تصویر ASTER

منابع

- 1. Abrams M. J., Brown D., Lepley L., Sadowski R., "Remote sensing for porphyry copper deposits in southern Arizon", Econ, Geol., vol. 78, no. 4 (1983) 591-604.
- Loughlin W., "Principal component analysis for alteration mapping", Photogrammetric Eng. Remote Sens, vol. 57 (1991) 1163-1169.
- Crosta A. P., Filho C. R., "Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis", Int. J. Remote Sens, vol. 24, no. 21 (2003) 4233-4240.
- Allen M., Jackson J., Walker R., "Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long term deformation rates", Tectonics, 23, TC2008 (2004) doi:10.1029/2003TC001530.

- Allen M. B., Blanc E. J. P., Walker R., Jackson J., Talebian M., Ghassemi M. R., "contrasting styles of convergence in the Arabia-Eurasia collision, why escape tectonics does not occur in Iran", Geological Society of America Special Paper 409 (2006) 579-589.
- Vernant Ph., Nilforoushan F., Hatzfeld D., Abassi M. R., Vigny C., Masson F., Nankali H., Martinod J., Ashtiani A., Bayer R., Tavakoli F., Chery J., "Present day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and Northern Oman", Geophys. J. Int., 157 (2004) 381-398.
- GSI (Geological Survey of Iran)., "Geology and mineralization in the Ozbak-Kuh area (East Iran)" (1964) 21.
- Green A. A., Craig M. D., "Analysis of aircraft spectrometer data, with logarithmic residuals", Proceedings of the Airborne Imaging Spectrometer Data Analysis Workshop, April 8-10, G. Vane and A. Goetz editors, JPL (1985) 111-119.
- 9. Research Systems Inc., "ENVI Tutorial", ENVI Software Package. ver. 4.0, (2003).
- 10.J W. Boardman., F A. Kruse., "Analysis of imaging spectrometer data using N-dimensional geometry and a mixture-tuned matched filtering approach", IEEE Trans, Geosci. Semote Sens, vol. 49, no. 11 (2011) 4138-4152.
- 11.Harsanyi G. C., Farrand W. H., Chang C. S., "Detection of subpixel signatures in hyperspectral image sequences", Proceedings of 1994 ASPRS Annual (1994).
- 12.Boardman J. W., Kruse F. A., Green R. O., "Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data", summaries, Proceedings of the Fifth JPL (1995).