



بررسی آلتراسیون و انطباق آن با ساختارهای خطی و حلقوی در منطقه ی آلوت با استفاده از تصاویر ماهواره ای TM

خسرو معروفی نقدهی^{۱*}، محمد جعفر محمدزاده^۲، رضا فلاحی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن، دانشگاه صنعتی سهند تبریز

۲- استادیار دانشکده ی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی سهند تبریز

۳- مربی دانشکده ی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی سهند تبریز

E-Mail: mahrofi@yahoo.com

چکیده

مهمترین قدم در اکتشاف، مشخص کردن واحد زمین شناسی بارور است که براساس عوارض سطحی ایجاد شده توسط عوامل دخیل در تشکیل کانسار شناخته می شود. آلتراسیون ها یکی از این عوارض می باشند که در اثر واکنش بین سنگ دیواره با محلول های کانسارساز ایجاد می گردند. همچنین تکتونیزم عمیق پوسته ای که بصورت ساختارهای خطی و حلقوی ظاهر می شود، از طریق فرایندها و واکنش های گوناگون حاصل از آن، در تشکیل کانسارها دخالت دارد. لذا شناسایی چنین پدیده هایی با اهمیت می باشد. منطقه آلوت متشکل از واحدهای سنگی دگرگونه ی پرکامبرین و سازندهای پالئوزوئیک زیرین می باشد. از پالئوزوئیک فوقانی فقط آهک های پرمین مشاهده می شود. مزوزوئیک تنها دربرگیرنده ی سنگهای دگرگونی کرتاسه است و توده های نفوذی اکثراً در اثر عملکرد فاز کوهزایی لارامید بوجود آمده اند. اطلاعات مورد استفاده در این مطالعه، تصویر ماهواره ای TM و نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی بود که بعد از انجام تصحیحات هندسی بر روی آن، افزایش کنتراست مناسب و فیلترگذاری مورد نیاز اعمال گردید. ساختارهای خطی و حلقوی موجود در منطقه مورد شناسایی قرار گرفت و به نقشه درآمد. از روش آنالیز مؤلفه های اصلی براساس تکنیک کروستا محل هایی که دارای آلتراسیون رسی و اکسیدآهنی بود، مشخص گردید. ساختارهای عمیق مشخص شده در این مطالعه، ارتباط و هماهنگی خوبی با آلتراسیون های بدست آمده داشت که نشانگر مراحل تکوین سیستم کانی سازی و ارتباط آن با پدیده های همراه می باشد و می تواند به عنوان مدلی در جهت شناسایی مناطق بارور در این ناحیه مورد استفاده قرار گیرد. مدل بدست آمده نشانگر انطباق کنترل کننده های ساختمانی با روند حاکم بر شمال غرب زون سهند-سیرجان می باشد.

واژه های کلیدی: آلوت، تصویر TM، آلتراسیون، کروستا، ساختارهای خطی و حلقوی

* تبریز - شهر جدید سهند - دانشگاه صنعتی سهند - دانشکده ی مهندسی معدن



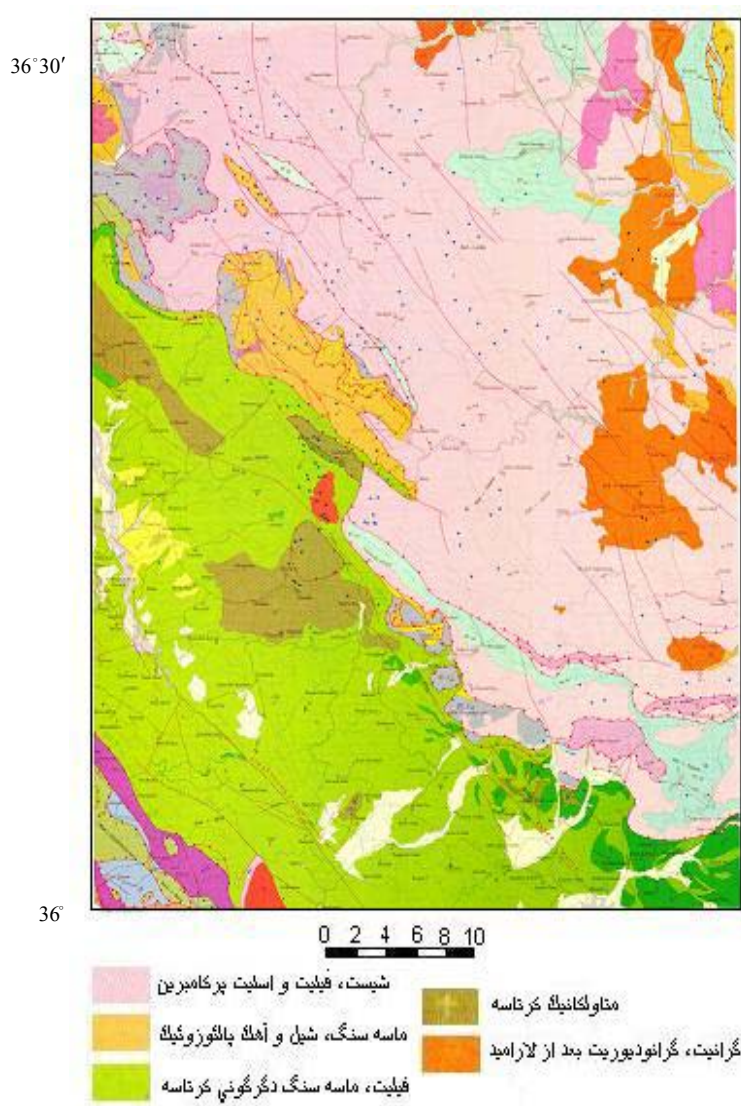
مقدمه

کانسارها، طی عملکرد مجموعه ای از عوامل و پدیده ها شکل می گیرند که بعضی شرط لازم و بعضی دیگر شرط کافی را ایفا می کنند. عملکرد عواملی که ضرورت آنها در تشکیل کانسار الزامی است، عوارضی را در سطح زمین ایجاد می کند و شناسایی این عوارض به مشخص شدن واحد زمین شناسی بارور منجر می گردد. [۱] وقوع پدیده های تکتونیکی عمیق پوسته ای، از عواملی هستند که در تشکیل بسیاری از تیپ های کانساری نقش مهمی دارند [۲] و این پدیده ها بصورت ساختارهای خطی و حلقوی خود را نشان می دهند. از طرفی وجود محلول های کانسارساز به عنوان منبع حاوی مواد معدنی، جزو شرایط لازم برای تشکیل کانسار می باشند و آلتراسیون ها یکی از عوارض بوجود آمده از واکنش این محلول ها با سنگ های مجاور است. لذا در مکان هایی که آلتراسیون های مرتبط با ساختارهای عمیق پوسته ای دیده می شود، احتمال کانی سازی بیشتر می باشد. در این مقاله با استفاده از دورسنجی، ساختارهای خطی و حلقوی و نیز آلتراسیون های مرتبط با آنها در برگه ی ۱:۱۰۰۰۰۰ آلوت مورد مطالعه قرار گرفته است.

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه

چهارگوش آلوت در برگیرنده ی منطقه ای بین طول جغرافیایی $30^{\circ} 45'$ تا 46° و عرض جغرافیایی 36° تا $30^{\circ} 36'$ می باشد که در شمال استان کردستان و جنوب آذر بایجان غربی قرار گرفته است. منطقه ی آلوت از دیدگاه زمین ساختی در امتداد زون سنندج-سیرجان قرار گرفته است. وجود سنگ های پرکامبرین و ضخامت زیاد این واحدها که همگی دگرگون شده اند و نیز عدم پیوستگی چینه نگاری تا پالئوزوئیک زیرین از ویژگی های این منطقه می باشد. مجموعه ی دگرگونی پرکامبرین در برگیرنده ی گنایس، شیست، اسلیت و متاریولیت است. حرکات خشکی زایی اوردوویسین بالا باعث فقدان رسوب گذاری در حد فاصل سازند میلا تا پالئوزوئیک فوقانی گردیده و پرمین آلوت تنها شامل آهک های خاکستری و کرم رنگی است که همبری آن با واحدهای پرکامبرین و پالئوزوئیک زیرین، بصورت گسلی می باشد. مزوزوئیک در منطقه، با کرتاسه آغاز می شود. واحدهای آن یک مجموعه ی رسوبی-دگرگونی-آواری-آتشفشانی است که ضخامت زیادی دارند. روند این منطقه شمال غرب- جنوب شرق است و موازی با روند ساختاری حاکم بر منطقه است. این روند ناشی از نیروهای فشاری می باشد که باعث راندگی سنگهای پرکامبرین - پالئوزوئیک بر روی واحدهای کرتاسه گردیده است چنانچه مرز زیرین واحدهای کرتاسه نامشخص است. سنوزوئیک با رسوبگذاری یک واحد کنگلومرایی آغاز می شود. ولکانیسم ائوسن نیز جوان ترین فعالیت آتشفشانی در منطقه می باشد. همچنین مجموعه ی آمیزه ی رنگین در جنوب غرب ناحیه در یک ریفت درون قاره ای پدیدار شده که سن اجزای رسوبی آن به پالئوسن می رسد. ماگماتیسم منطقه شامل گرانیات

دوران(۴)، ریولیت های مهاباد و نیز توده های نفوذی ناشی از فاز کوهزایی لارامید در شمال شرق منطقه می باشد.[۳] در شکل ۱ روند ساختاری حاکم بر منطقه و نیز وضعیت زمین شناسی آن دیده می شود.



شکل ۱- وضعیت زمین شناسی و روند ساختاری آلوت.[۳]



تصحیحات و پردازش های اولیه بر روی تصویر ماهواره ای

تصویر ماهواره ای مورد استفاده در این مطالعه، تصویری از ماهواره ی لندست ۵ می باشد که توسط سنجنده ی TM (Mapper Thematic) ، در هفت باند تصویر برداری گردیده است و شامل سه باند مرئی (آبی، سبز، قرمز)، یک باند مادون قرمز نزدیک و دو باند مادون قرمز میانی، همگی با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و نیز یک باند مادون قرمز حرارتی با قدرت تفکیک مکانی ۱۲۰ متر می باشد.[۴] برای پردازش و تفسیر تصاویر ماهواره ای از نرم افزارهای ENVI و Arcview استفاده گردیده است.

تصحیحات هندسی و تبدیل مختصات عکس ماهواره ای با استفاده از چهار نقشه ی توپوگرافی درمقیاس ۱ : ۵۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان جغرافیایی ارتش، انجام گرفت. برای تصحیح خطای هندسی تصویر ماهواره ای، ۱۲۷ نقطه ی کنترل زمینی با پراکندگی مناسب از نقشه های توپوگرافی انتخاب گردید. این نقاط دارای سیستم مختصات طول و عرض جغرافیایی بودند که به سیستم متریک (UTM) تبدیل شدند. در این مطالعه ۲۳ نقطه با خطای بیش از یک پیکسل حذف شدند و در نهایت ۱۰۴ نقطه با خطای کمتر از یک پیکسل مورد استفاده قرار گرفت.

برای بارسازی تصویر (Image Enhancement) از تصاویر رنگی کاذب حاصل از سه رنگ اصلی آبی، سبز، قرمز (RGB) استفاده شد.[۵] باند های مناسب جهت ترکیب باندی و ایجاد تصاویر گویا، با توجه به ماتریس همبستگی باندها تعیین گردید.[۴] این ماتریس در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- ماتریس همبستگی باندهای تصویر TM منطقه ی آلود

باند ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱	۱	۰/۹۴۳۱	۰/۸۸۳۵	۰/۳۵۶۸	۰/۶۱۳۳	۰/۴۹۲۲	۰/۶۹۲۱
۲	۰/۹۴۳۱	۱	۰/۹۶۹۷	۰/۵۲۴۴	۰/۷۶۶۹	۰/۴۹۶۷	۰/۸۲۴۸
۳	۰/۸۸۳۵	۰/۹۶۹۷	۱	۰/۵۵۹۹	۰/۸۳۱۳	۰/۵۴۰۷	۰/۵۴۰۷
۴	۰/۳۵۶۸	۰/۵۲۴۴	۰/۵۵۹۹	۱	۰/۷۶۶۶	۰/۱۷۰۱	۰/۶۲۰۵
۵	۰/۶۱۳۳	۰/۷۶۶۹	۰/۸۳۱۳	۰/۷۶۶۶	۱	۰/۳۸۶۹	۰/۹۵۹۰
۶	۰/۴۹۲۲	۰/۴۹۶۷	۰/۵۴۰۷	۰/۱۷۰۱	۰/۳۸۶۹	۱	۰/۴۵۴۹
۷	۰/۶۹۲۱	۰/۸۲۴۸	۰/۵۴۰۷	۰/۶۲۰۵	۰/۹۵۹۰	۰/۴۵۴۹	۱

ضرایب همبستگی دلالت بر همبستگی کم باندهای ۴ با ۳ ، ۴ با ۱ ، ۴ با ۲ ، ۴ با ۷ و ۵ با ۱ دارند، لذا ترکیبات حاصل از این باندها می تواند اطلاعات بیشتری را در اختیار بگذارد. البته باند ۶ که باند حرارتی می باشد در این مطالعه منظور نگردیده است. ترکیب های باندی مورد استفاده جهت تشخیص ساختارهای



خطی و حلقوی شامل ۷-۴-۱ در رنگ های آبی ، سبز ، قرمز (RGB) ، ۵-۳-۱ ، ۵-۷-۱ و ۷-۴-۳ می باشد. که ترکیب آخر جهت تشخیص پوشش گیاهی در منطقه بسیار مناسب است .

آلتراسیون

حضور و یا نزدیکی به زون های آلتراسیون از جمله معیارهای شناسایی کانسارها می باشد. برای تعیین آلتراسیون، مناطقی که دارای کانی های رسی و کانی های حاوی اکسید آهن هستند، به نقشه درمی آیند. [۶] در این مطالعه برای نقشه برداری زون های آلتراسیونی، روش آنالیز مولفه های اصلی بکار گرفته شده و از تکنیک کروستا استفاده گردیده است.

در تکنیک کروستا با توجه به ضرایب بردارهای ویژه می توان مولفه های اصلی ای را تعیین کرد که تصاویر حاصل از آنها، اطلاعات مورد نظر را در خود متمرکز کرده اند. [۷] در این روش، ابتدا برای جدا کردن پوشش گیاهی از مناطق اکسید آهن دار (لیمونیتی) ، باند های ۱ ، ۳ ، ۴ و ۵ را جدا نموده و از آنها PC گرفته می شود که نتیجه ی آن در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- آنالیز مولفه های اصلی برای آلتراسیون لیمونیتی با استفاده از روش کروستا

بردارهای ویژه				مولفه های اصلی
TM5	TM4	TM3	TM1	
۰/۸۳۶۵	۰/۳۴۵۵	۰/۳۶۷۸	۰/۲۱۳۸	PC1
۰/۱۲۹۱	-۰/۶۰۵۳	۰/۵۲۰۳	۰/۵۸۸۳	PC2
۰/۵۱۰۷	-۰/۷۱۷۱	-۰/۲۵۵۸	-۰/۳۹۹۵	PC3
۰/۱۵۱۰	-۰/۰۰۶۲	-۰/۷۲۷	۰/۶۶۹۸	PC4

چون آلتراسیون لیمونیتی در باند ۳، سیمای انعکاسی قوی و در باند ۱، سیمای جذبی دارد، [۷] باید مؤلفه ای را انتخاب کرد که بیشترین اختلاف را در این دو باند داشته باشد . باتوجه به جدول ۲، PC4 مشخص کننده ی این نوع آلتراسیون است . علامت منفی PC4 در باند ۳، بیان می کند مناطقی که حاوی آلتراسیون لیمونیتی هستند توسط پیکسل های تیره مشخص می شوند. تصویر حاصل از PC4 را معکوس کرده تا مناطق مورد نظر بایکسل های روشن به نمایش در آیند.

برای متمایز کردن پوشش گیاهی از مناطق حاوی کانی های رسی، باندهای ۱، ۴، ۵ و ۷ را جدا کرده از آنها PC گرفته می شود. نتایج حاصل در جدول ۳ آورده شده است .



جدول ۳- آنالیز مولفه های اصلی برای آلتراسیون رسی با استفاده از روش کروسا

بردارهای ویژه				مولفه های اصلی
TM7	TM5	TM4	TM1	
۰/۴۸۷۲	۰/۷۹۰۹	۰/۳۱۷۰	۰/۱۹۱۵	PC1
-۰/۳۷۱۴	۰/۰۲۰۲	۰/۸۰۱۸	-۰/۴۶۷۷	PC2
۰/۱۷۴۰	۰/۲۶۷۲	-۰/۴۲۱۴	-۰/۸۴۸۹	PC3
-۰/۷۷۱۰	۰/۵۵۰۱	-۰/۲۸۱۱	۰/۱۵۴۷	PC4

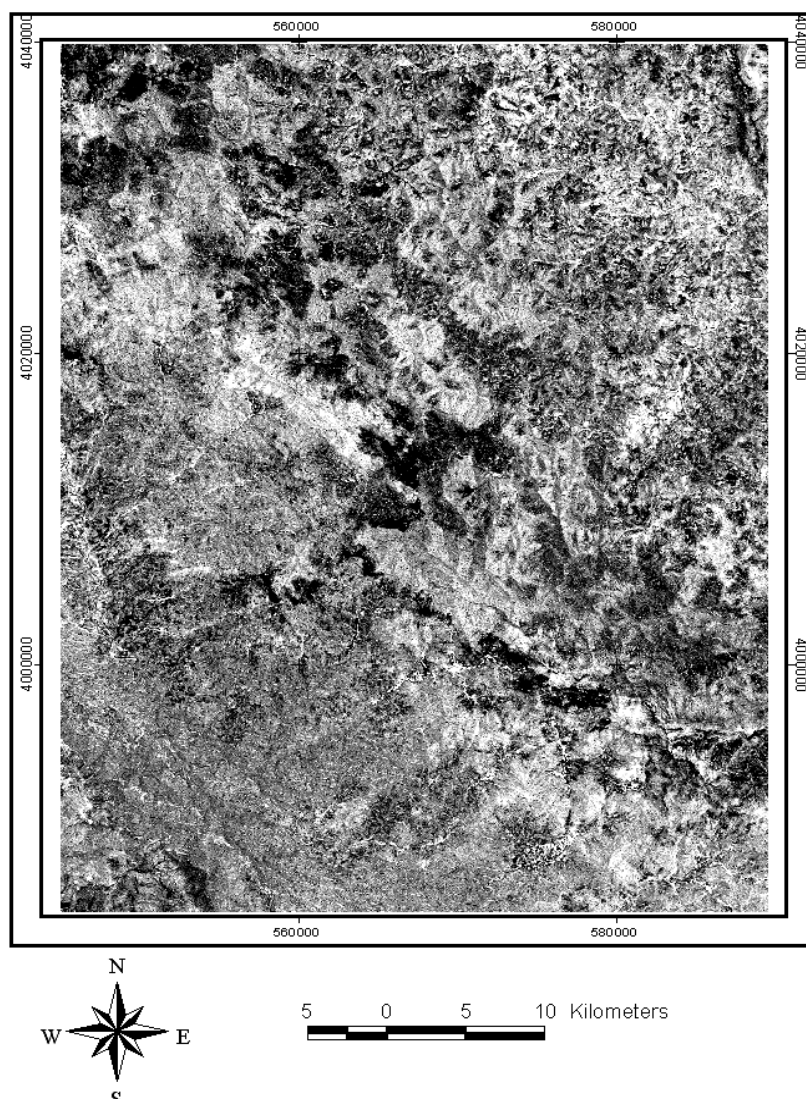
نتیجه ی آنالیز مولفه های اصلی باندهای ۱، ۴، ۵ و ۷ نشانگر این است که PC4 بیشترین اختلاف را در میان آنالیز مولفه های اصلی مربوط به باندهای ۵ و ۷ دارد و چون کانی های رسی در باند ۵ سیمای انعکاسی و در باند ۷ سیمای جذبی دارند، لذا PC4 مشخص کننده ی آلتراسیون رسی می باشد. همچنین علامت PC4 مربوط به باند ۵ مثبت است پس زون های حاوی آلتراسیون رسی بصورت پیکسل های روشن نمایش داده می شود و نیازی به معکوس کردن تصویر نیست .

برای تعیین مناطقی که هم آلتراسیون لیمونیتی و هم آلتراسیون رسی دارند از تصاویر حاصل، دوباره PC گرفته شد که در جدول ۴ نتایج آن آورده شده است. در این قسمت ملاک، همراهی این آلتراسیون ها با هم می باشد.

جدول ۴- آنالیز مولفه های اصلی برای آلتراسیون لیمونیتی - رسی با استفاده از روش کروسا

بردارهای ویژه		مولفه های اصلی
آلتراسیون رسی	آلتراسیون لیمونیتی	
۰/۹۹۹۸	-۰/۰۱۵	PC1
۰/۰۱۵	۰/۹۹۹۸	PC2

نتیجه حاصل بیانگر این مطلب است که مناطق آلتراسیون لیمونیتی - رسی توسط PC2 مشخص می گردد و با توجه به علامت مثبت آن، این مناطق با پیکسل های روشن نمایش داده می شود. در شکل ۲ زون های آلتراسیون لیمونیتی - رسی با پیکسل های روشن دیده می شوند. هاله های آلتراسیونی در دو منطقه تراکم بیشتری دارند یکی در شمال شرق و دیگری بصورت نواری که از شمال غرب به جنوب شرق کشیده شده است. همچنین در شرق نقشه نیز آلتراسیون های مرتبط با توده ی نفوذی مشاهده می گردد.

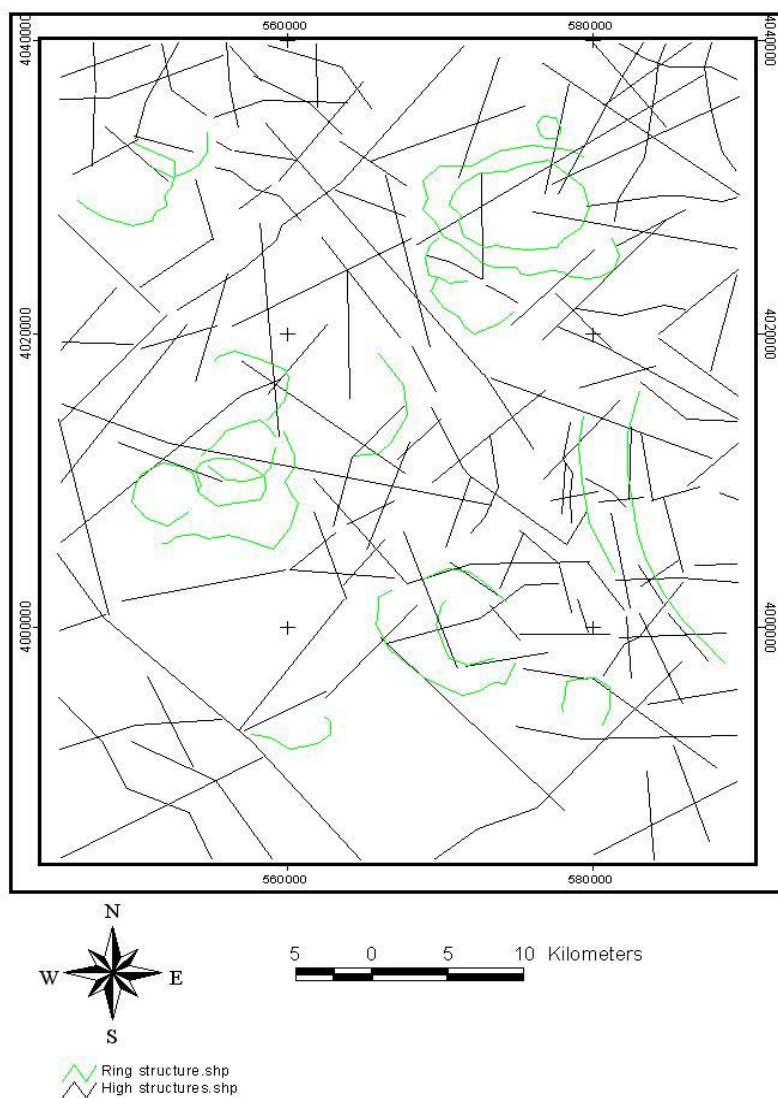


شکل ۲- نقشه ی آلتراسیونی حاصل از روش کروسا. مناطق دگرسا شده به رنگ روشن دیده می شوند

آلتراسیون ها در واحدهای پرکامبرین - پالئوزوئیک شدت بیشتری در مقایسه با واحدهای جوانتر دارد که گویای عملکرد سیستم های دگرسا کننده ی متعدد در مراحل بعد از تکوین واحدهای قدیمی تر می باشد

ساختارهای خطی و حلقوی

پس از بارزسازی تصویر توسط ترکیبات بانندی ۵-۳-۱ (RGB) و ۱-۷-۵ و ۳-۴-۷، فیلترهای آشکارسازی لبه بر روی آنها اعمال گردید. همچنین استفاده از فیلتر روبرتس (Roberts) ساختارهای خطی بزرگ منطقه را نمایان می سازد. نقشه برداری از ساختارهای خطی و ساختارهای حلقوی در شکل ۳ آمده است.



شکل ۳- نقشه ی ساختارهای خطی و حلقوی منطقه



ساختارهای خطی عمده ی منطقه که در ارتباط با پدیده های عمیق پوسته ای می باشند، طول بسیار زیادی دارند، که گاهی طول این ساختارها در منطقه به بیش از پنجاه کیلومتر می رسد. اغلب دارای امتداد NW-SE ، W-E و NE-SW می باشند. در این میان ساختارهایی که امتداد NW-SE دارند کاملاً "منطبق با روند ساختاری حاکم بر منطقه هستند. روراندگی پرکامبرین-پالئوزوئیک بر روی واحدهای کرتاسه توسط چنین ساختارهایی بسیار خوب ظاهر شده است. این روند با گسل هایی به امتداد W-E و NE-SW قطع شده اند که باعث گردیده تا روراندگی بصورت منقطع دیده شود. در واحدهای سنگی مزوزوئیک و سنوزوئیک تقریباً تمامی گسل ها، امتداد NW-SE و NE-SW دارند و تراکم این ساختارها نیز در مقایسه با واحدهای سنگی پرکامبرین-پالئوزوئیک کمتر است.

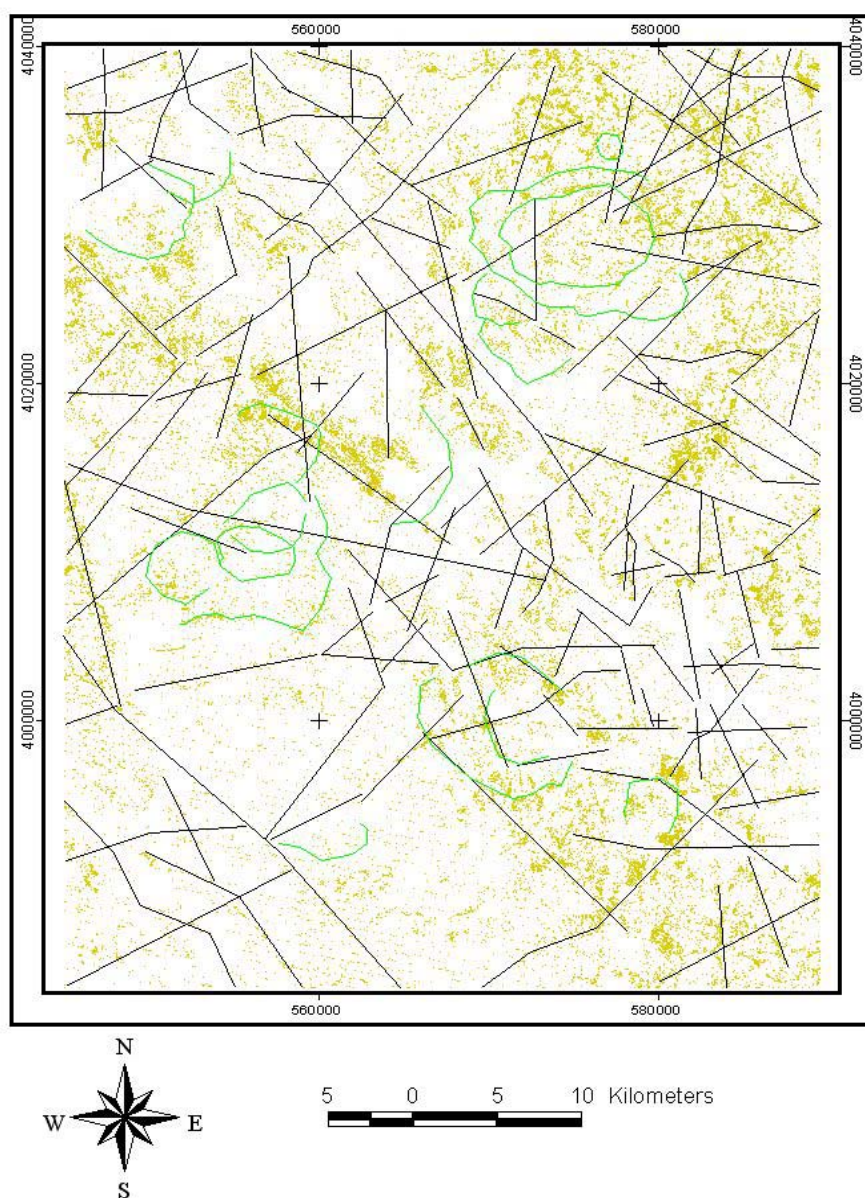
ساختارهای حلقوی بصورت منفرد و تودرتو دیده می شود. در شمال شرق منطقه، چند ساختار حلقوی تودرتوی بسیار تیپیک به شکل بیضی دیده می شود که قطر بزرگ آن حدوداً ۱۲ کیلومتر می باشد و این ساختار حلقوی توسط یکی از بزرگترین گسل های منطقه نیز قطع شده است. در غرب منطقه نیز چندین ساختار حلقوی تودرتو مشاهده می گردد که به نظر می رسد ارتباط نزدیکی با توده های ولکانیکی اطراف خود دارند. دو ساختار حلقوی به موازات هم در شرق منطقه مشاهده می گردد که احتمالاً مرتبط با توده نفوذی است و ارتباط جالبی با آلتراسیون های این ناحیه دارند. بقیه ی ساختارهای حلقوی در اطراف روراندگی اصلی منطقه قرار گرفته اند.

بحث و نتیجه گیری

تصویر شماره ۴ نشانگر انطباق آلتراسیون های منطقه با ساختار های خطی و حلقوی می باشد. در قسمت شمال شرق منطقه فعالیت های شدید دگرسانی همراه با ساختارهای خطی و حلقوی بسیار قوی است. ارتباط مذکور خصوصاً در محل تقاطع ساختارها آشکارتر می گردد. نوار آلتراسیونی شمال غرب-جنوب شرق منطبق بر روراندگی واحدهای سنگی پرکامبرین - پالئوزوئیک بر روی سنگ های کرتاسه می باشد. عملکرد ساختارهای خطی به همراه آلتراسیون های هیدروترمال قوی، نشانگر ارزش این منطقه جهت اکتشافات بعدی است. توده ی نفوذی شرق منطقه باعث ایجاد شکستگی و دگرسان کردن مرتبط با آنها شده است که عملکرد آن به همراه آلتراسیون های حاصل، در شکل ارائه شده قابل مشاهده می باشد.

بطور کلی انطباق نقشه ها نمایانگر دو روند کلی NW-SE و NE-SW برای ساختارها و آلتراسیون های منطقه است. این رویه ارتباط خوبی با زون سندج - سیرجان دارد، طوریکه در این زون در مرحله اول ایجاد ساختارهایی با روند NW-SE موجب فراهم کردن محیط مناسب جهت کانی زائی گردیده اند در مرحله بعد عملکرد ساختارهایی با روند NE-SW باعث ایجاد کانی زائی شده است. [۸] چنین مدلی در این منطقه نیز

بخوبی مشاهده می شود بنابراین ساختارهای خطی که روواندگی اصلی را قطع می کنند به عنوان کنترل کننده های کانی سازی می تواند مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۴- نقشه ی حاصل از انطباق آلتراسیون با ساختارهای خطی و حلقوی



منابع و مراجع

- [1] Pan, G. and Harris, D.P., (2000), " Information synthesis for mineral exploration", Oxford Univ. press.
- [2] Richards, J.P., " Tectonomagmatic controls on localization of porphyry copper deposits, Chile".
- [۳] سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۲)، "گزارش زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ آلوت".
- [۴] علوی پناه، سیدکاظم، (۱۳۸۲)، "کاربرد سنجش از دور در علوم زمین"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- [5] Mather, P.M., (1999), " Computer processing of remotely-sensed images", second Ed., John Wiley & Sons.
- [6] Sabins, F.F., (1999), " Remote sensing for mineral exploration", Ore Geology Reviews 14, pp 157-183.
- [7] Rojas, A.S., (2002), " predictive mapping of massive sulphid potential in the western part of the Escambray Terrain, Cuba", MSc. Thesis, International institute for geo-information science and earth observation enschede, Netherland.
- [۸] سامانی، بهرام، (۱۳۸۱)، "گزارش متالوژنی شمال غرب کشور"، سازمان انرژی اتمی کشور.