

ساختارهای حلقوی و کانه‌زایی مس در کمربند مس پورفیری کرمان، جنوب شرق ایران

غلامرضا میرزابابائی*، جمشید شهاب پور

بخش زمین‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱/۲۵، پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۱۲

چکیده

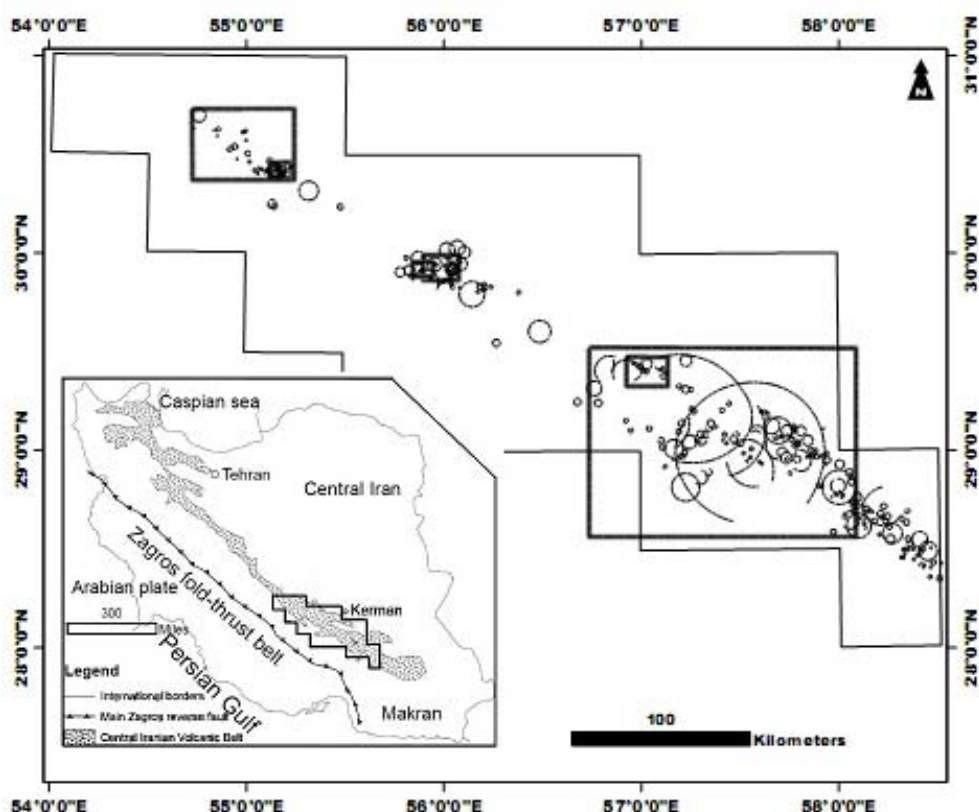
در این پژوهش نقش تعدادی از ساختارهای حلقوی در گسترش (توزیع) کانسارهای مس پورفیری در کمربند مس پورفیری کرمان مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. ساختارهای حلقوی در منطقه مطالعاتی دارای اشکال حلقوی یا بیضوی بوده که تا حدودی از روی تصاویر ماهواره‌ای قابل شناسایی‌اند. در این مطالعه، تصاویر چند طیفی لندست جهت تشخیص ساختارهای حلقوی مورد استفاده قرار گرفته است. مراحل اصلی تشخیص حلقه‌ها عمدتاً بر اساس خصوصیات حلقوی آنها بر روی تصاویر ماهواره‌ای است. ساختارهای حلقوی دارای ارتباط مکانی با واحدهای تکتونیکی منطقه می‌باشند و به دو نوع اصلی دیده می‌شوند: ساختارهای حلقوی با ابعاد بزرگ و حلقه‌های کوچک. کانه‌زایی همراه با این ساختارها در منطقه مطالعاتی عمدتاً شامل کانسارهای مس پورفیری و کانسارهای رگه‌ای فلزات پایه می‌باشند. ارتباط محسوسی بین حلقه‌های بزرگ و کانه‌زایی مشاهده می‌شود. این حلقه‌های بزرگ تقریباً تمام کانسارها و نشانه‌های معدنی مس پورفیری در بخش جنوبی کمربند مس کرمان را در بر گرفته‌اند. به نظر می‌رسد که حلقه‌های کوچک اثرات بیرونی توده‌های نفوذی (و احتمالاً پورفیری) باشند که در سطح زمین به صورت حلقوی پدیدار گشته‌اند. به نظر می‌رسد که تشکیل حلقه‌های بزرگ وابسته به عوامل پوسته‌ای در زمین نباشد؛ اگرچه سازوکار تشکیل آنها به خوبی شناخته شده نیست. اما آرایش حلقه‌های بزرگ در اطراف لبه یک ناهنجاری برجای مثبت، مبین نقش احتمالی این ناهنجاری در تشکیل آنهاست. این موضوع همچنین بر روی نقشه ضخامت پوسته‌ای منطقه، قابل تشخیص است و می‌تواند مربوط به بالا آمدن یک زبانه جبه‌ای در زیر آن منطقه باشد. این تحقیق می‌تواند به عنوان عاملی در ارتقا و اصلاح دانش ما در زمینه ارتباط عوامل ساختاری و کانه‌زایی مس در منطقه مطالعاتی بسیار کارآمد باشد.

واژگان کلیدی: کمربند مس پورفیری کرمان، ساختارهای حلقوی، کانه‌زایی، ناهنجاری برجای.

مقدمه

گرفته است، به عنوان یکی از ایالات فلزی مس‌دار جهان به شمار می‌رود (شکل ۱). تاکنون بیش از ۲۰۰ کانسار و نشانه معدنی مس در این منطقه کشف شده است که بیشتر آنها مخصوصاً با استوک‌های پورفیری با ترکیب کوارتز دیوریت و متعلق به سنگهای معروف به تیپ کوه‌پنج قرار دارند که در داخل سنگهای آتشفشانی ائوسن و در یک موقعیت قوس آتشفشانی نفوذ کرده‌اند. بررسی تصاویر ماهواره‌ای این منطقه، نشان‌دهنده حضور تعداد زیادی از ساختارهای حلقوی با ابعاد مختلف می‌باشد که به نظر می‌رسد نقش مهمی در زایش و قرارگیری منطقه‌ای کانسارهای مس داشته‌اند.

موضوع ساختارهای حلقوی و کانه‌زایی مس پورفیری همراه آنها، یکی از موضوعات جالب توجه برای زمین‌شناسان اقتصادی است. با وجود این نوشته‌های معدودی در این رابطه وجود دارد که در آنها به این ارتباط اشاره شده است [۱]، [۲] و [۳]. این پژوهش، اطلاعات پایه و مفیدی را در رابطه با موجودیت، گسترش و تشخیص ساختارهای حلقوی و ارتباط آنها با کانسارهای مس در کمربند آتشفشانی ایران مرکزی، ارائه می‌دهد. این کمربند در برگیرنده سنگهای نفوذی و آتشفشانی از ائوسن تا کواترنر است، و بیشتر این مجموعه‌های سنگی، عمدتاً به سن ائوسن می‌باشند و این موضوع توسط بسیاری از محققان مورد تأیید قرار گرفته است [۴] و [۵]. منطقه مطالعاتی که در کمربند آتشفشانی ایران مرکزی قرار



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی. قسمتهای مشخص شده، موقعیت تصاویر مورد بحث در این پژوهش را نشان می‌دهند. نقشه کوچک مبنا از شهاب پور و کرامر [۶].

روش مطالعه

نتایج به دست آمده در این تحقیق، از طریق بررسی تصاویر ماهواره‌ای و نیز تفسیر زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی صورت گرفته است که در آن ارتباط مکانی کانسارها و نشانه های معدنی مس (با خصوصیات عمدتاً پورفیری)، با حاشیه و قسمتهای محاط توسط ساختارهای مورد شناسایی و مطالعه (ساختارهای حلقوی)، بررسی شده‌اند که این خود می‌تواند به عنوان یک ابزار کاربردی و مفید در شناسایی کانسارهای جدید مس در منطقه مطالعاتی به شمار آید. منطقه مطالعاتی توسط چهار تصویر ماهواره‌ای لندست با شمارگان تصویری ۴۰-۱۵۹، ۴۰-۱۶۰، ۳۹-۱۶۰ و ۳۹-۱۶۱ پوشش داده می‌شود. جهت پیشبرد مطالعه با دقت بالا و پرهیز از هرگونه خطای مکانی در مراحل مختلف مطالعه، از نقشه‌های زمین مرجع شده توسط نرم افزار GIS v. 9.3 استفاده شده است. گفتنی است که به دلیل تغییر شکلهای تکتونیکی و فرآیندهای فرسایشی، شناسایی ساختارهای حلقوی بر روی تصاویر ماهواره‌ای به سادگی امکان‌پذیر نیست. تفسیر زمین‌شناسی در این مطالعه

عمدتاً بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی، فلزایی، ساختاری و ژئوفیزیکی منطقه می‌باشد.

زمین‌شناسی منطقه

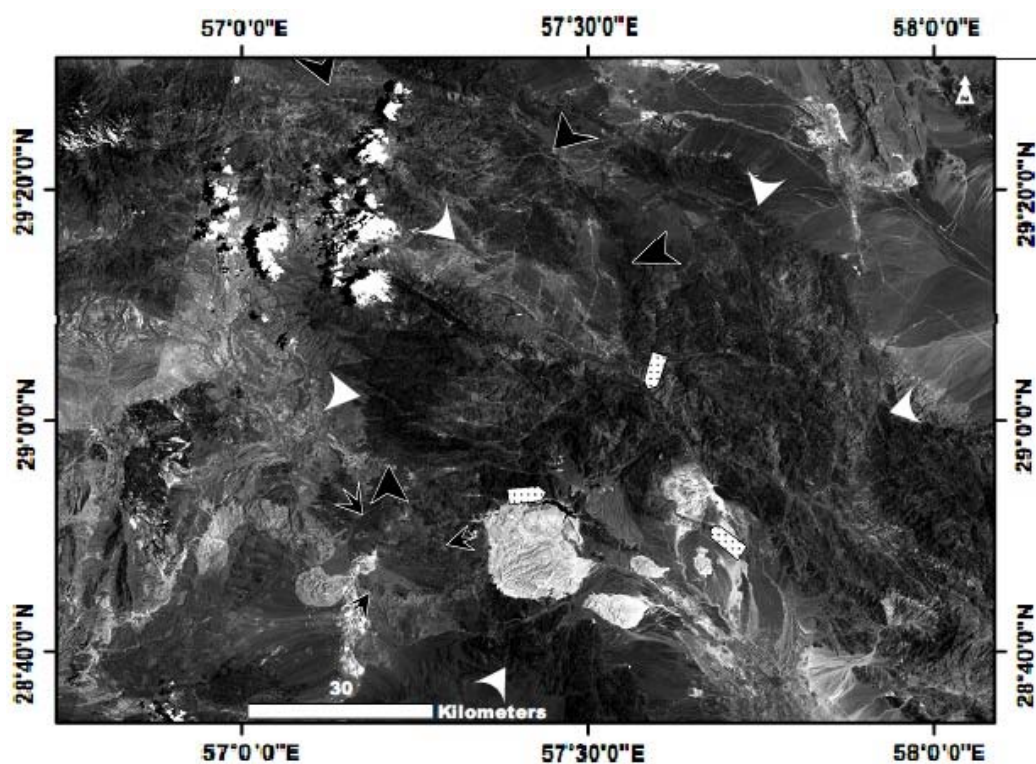
بر اساس دیمیترویچ [۷]، بربریان و یاسینی [۸]، بربریان [۹]، حسن زاده [۱۰]، امینی [۱۱]، شهاب پور [۱۲] و...، زمین‌شناسی منطقه‌ای کمر بند مورد مطالعه، به صورت زیر خلاصه می‌شود: فوران پیروکلاستیک‌های اسیدی مجموعه بحرآسمان طی ائوسن، مهمترین فعالیت آتشفشانی در منطقه است. این فوران توسط مجموعه آتشفشانی رازک که از سه بخش زیرین (با ترکیب عمده بازی)، میانی (با ترکیب عمده اسیدی) و بالایی (با ترکیب عمده بازی) تشکیل شده است، دنبال می‌شود که نواحی وسیعی از منطقه را می‌پوشاند. فعالیت‌های آتشفشانی بعدی در الیگوسن اتفاق می‌افتد و تشکیل مجموعه آتشفشانی هزار و سنگهای نفوذی همراه با آنها و نیز سنگهای شوشونیتی و سنگهای کالک‌آلکالن با مقادیر پتاسیم بالا، حاصل این فعالیت‌هاست. بعد از این رویداد، فعالیت‌های آتشفشانی و نفوذی در منطقه متوقف می‌شود و این منطقه توسط دریای

انطباق مثبتی بین تراکم این حلقه‌ها با کانه‌زایی مس پورفیری دیده می‌شود. این حلقه‌ها در بیشتر نواحی از منطقه مطالعاتی دیده می‌شوند. ۳- کراترهای فروریزی: این گروه دارای تعداد کمتری بوده و به راحتی بر روی تصاویر لندست قابل شناسایی‌اند. بررسی این گروه از ساختارها، خارج از بحث این نوشتار است لذا از بررسی آنها در این نوشتار صرف‌نظر می‌کنیم. تحلیل ساختاری تصویر موزائیک شده لندست منطقه نشان‌دهنده وجود تعدادی ساختار حلقوی و بیضوی با ابعاد بزرگ است شکل (۲- الف) که تا حدودی از روندهای تکتونیکی منطقه تبعیت می‌کنند و به نظر می‌رسد که نقش ساختاری (یا حتی زایشی) محسوس در کانه‌زایی دارند. این موضوع زمانی محسوس‌تر می‌نماید که تصاویر ماهواره‌ای بر روی نقشه فلززایی منطقه منطبق شوند (شکل ۲- ب). کانه‌زایی شناخته شده در این منطقه شامل ۳۳ کانسار یا نشانه معدنی مس، سرب، روی، مولیبدن و به ندرت نقره می‌باشند. این مجموعه کانساری از نوع پورفیری، رگه‌ای، افشان و تزریقی می‌باشند. در این بین، تعداد ۳۱ کانسار و نشانه معدنی توسط بزرگترین ساختارهای حلقوی در بر گرفته شده‌اند و ۶ مورد از این کانسارها بر روی حاشیه ساختارهای حلقوی قرار گرفته‌اند. همان‌گونه که در شکل (۲- ب) مشاهده می‌شود، تقریباً تمام کانسارها و نشانه‌های معدنی مس (۳۱/۳۳) در جنوب کمر بند مس کرمان توسط ساختارهای حلقوی در بر گرفته شده‌اند و چنان کانه‌زایی‌ای در جنوب، شرق و غرب این ناحیه، مشاهده نمی‌شود. بنابراین می‌توان گفت که حلقه‌های بزرگ، نقش ساختاری مهمی در تشکیل کانسارها و نشانه‌های معدنی مس در منطقه داشته‌اند. بر اساس نقشه ساختاری منطقه مطالعاتی شکل (۳)، حاشیه یکی از بیضی‌های بزرگ، توسط قوس تشکیل شده در یکی از گسل‌های مهم منطقه مشخص می‌شود هر چند که ظاهراً شاهد مشخصی وجود ندارد که این ارتباط را توجیه کند. به نظر می‌رسد که تشکیل این ساختارهای حلقوی وابسته به عوامل درونی باشد. تراکم زیاد گسلها در نواحی با اشکال حلقوی می‌تواند در ارتباط با فرآیندهای دخیل در تشکیل حلقه‌های بزرگ باشد. این بخش از منطقه مطالعاتی تعداد زیادی از ساختارهای حلقوی با ابعاد مختلف را در بر می‌گیرد که با روندهای تکتونیکی منطقه، همخوانی دارند.

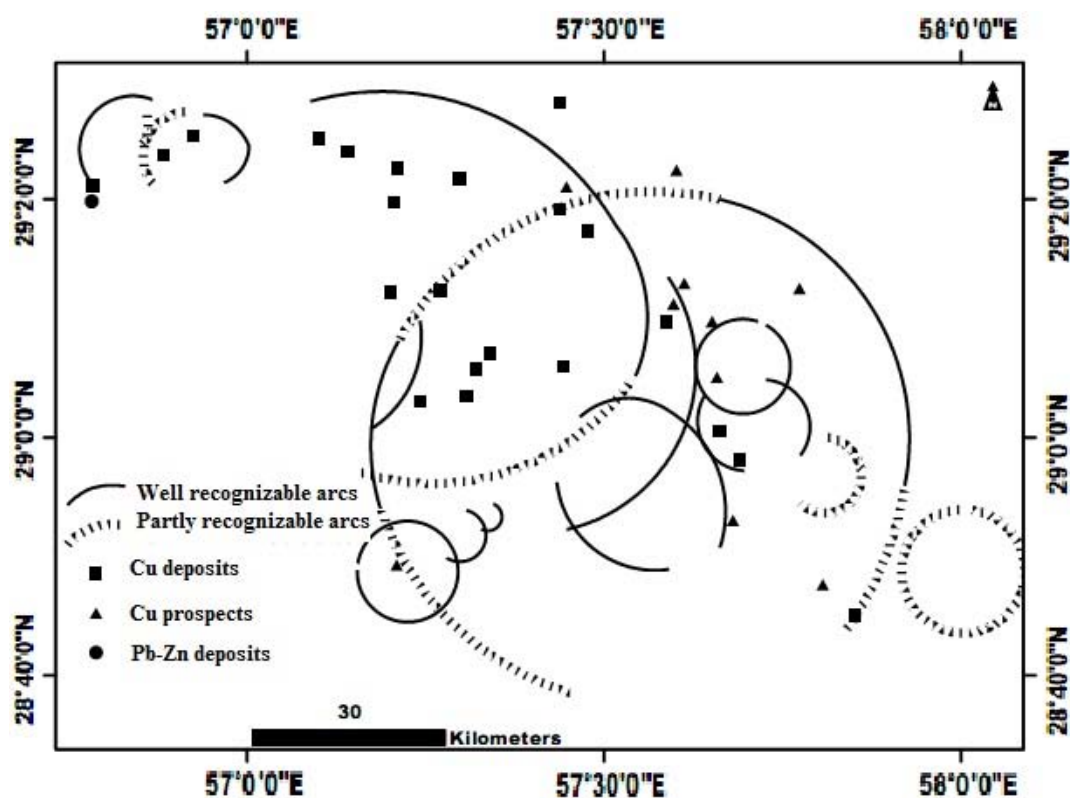
الیگومیوسن به زیر آب می‌رود و ته نشست سازندهای رسوبی سرخ زیرین، آهکهای قم و سرخ بالایی اتفاق می‌افتد. سازند آهکی قم در یک حوضه کششی پشت قوسی و تشکیلات سرخ زیرین و سرخ بالایی نیز در یک حوضه فشاری پشت قوسی نهشته می‌شوند. به نظر می‌رسد که تشکیل این واحدهای رسوبی در ارتباط با تغییر زاویه شیب فرورانش پوسته اقیانوس تیس جدید در زیر خرده قاره ایران مرکزی بوده است. مهمترین فعالیت نفوذی منطقه، در میوسن اتفاق می‌افتد و طی آن نفوذ گرانیتوئیدهای تیپ جبال بارز و هم ارزهای کم عمق آن و به ویژه توده‌های نیمه‌عمیق پورفیری و متعلق به تیپ کوه‌پنج صورت می‌گیرد. مراحل پایانی فعالیت‌های آتشفشانی و نفوذی در منطقه با مقادیری از آکالی بازالت‌ها و فوئیدیت‌ها همراه می‌باشد که مبین جوانترین فعالیت‌های نفوذی و آتشفشانی در منطقه می‌باشند.

ساختارهای حلقوی و کانسارهای مس پورفیری و کانه زایی رگه‌ای فلزات پایه در کمر بند فلززایی کرمان

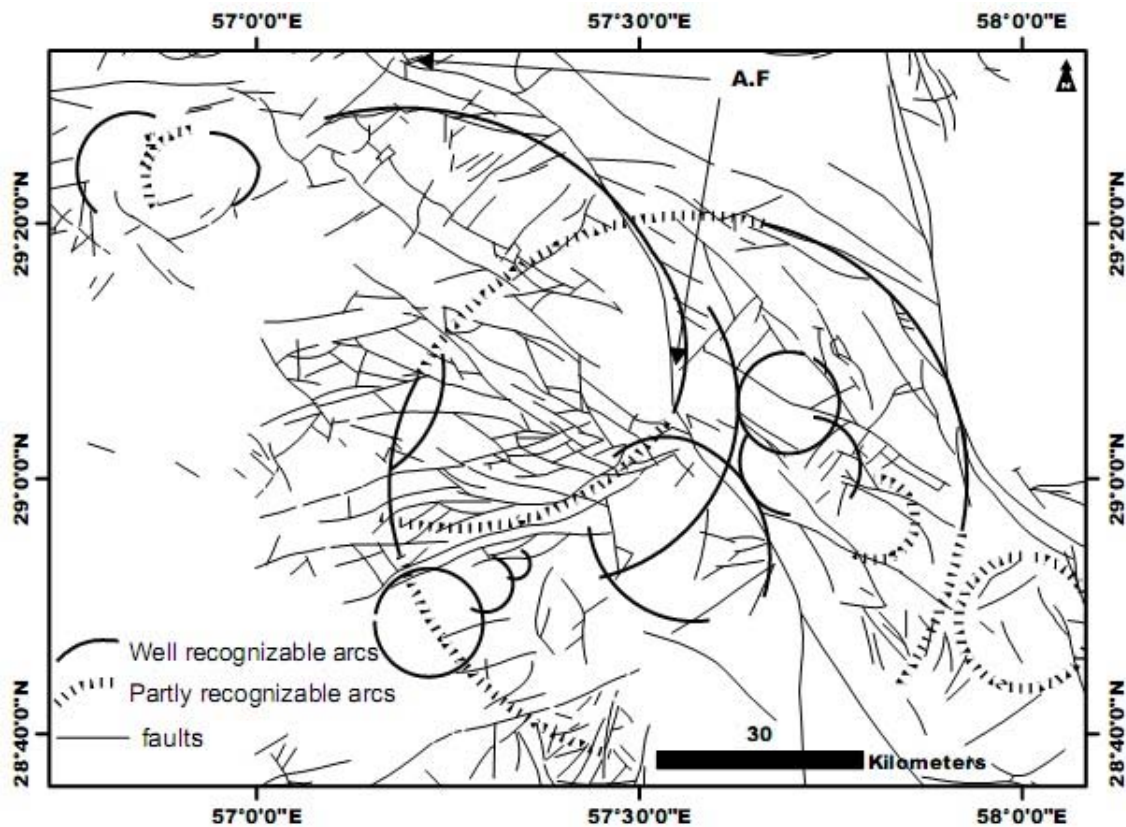
بررسی تصاویر لندست منطقه فلززایی کرمان، تعداد زیادی از ساختارهای حلقوی را آشکار نموده است که تاکنون مورد توجه قرار نگرفته‌اند. بر اساس اندازه، تعداد و اشکال ویژه‌ای که این ساختارها بر روی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهند، می‌توان آنها را به سه نوع تقسیم کرد: ۱- حلقه‌ها (یا بیضی‌ها) با ابعاد بزرگ: این گروه شامل ساختارهایی می‌شود که با قطر بیشتر از ۱۰ کیلومتر مشاهده می‌شوند و تا حدودی از روندهای تکتونیکی منطقه، تبعیت می‌کنند. از خصوصیات دیگر این نوع ساختارها نسبت به ساختارهای حلقوی کوچکتر می‌توان به تعداد معدود، تنوع در اشکال (حلقه یا بیضی) و قابلیت شناسایی بهتر (نسبت به انواع کوچکتر) بر روی تصاویر لندست اشاره کرد. ابعاد بعضی از این ساختارها به ۷۵ کیلومتر نیز می‌رسد. تمام این حلقه‌های بزرگ در نواحی جنوبی کمر بند فلززایی کرمان دیده می‌شوند. ۲- حلقه‌های کوچک: این گروه، حلقه‌های با قطر کوچکتر (قطر کمتر از ۱۰ کیلومتر)، تعداد بیشتر و قابلیت شناسایی کمتر (نسبت به انواع بزرگتر) بر روی تصاویر لندست را در بر می‌گیرد. به نظر می‌رسد که این نوع از حلقه‌ها، اثرات سطحی توده‌ها (استوک‌ها) نفوذی می‌باشند. ارتباط نزدیکی بین مکان تشکیل این حلقه‌ها و محل تقاطع اثرات خطی دیده می‌شود. همچنین



شکل ۲. الف- اثرات تعدادی از ساختارهای حلقوی با ابعاد بزرگ در بخش جنوبی کمربند مس کرمان بر روی تصویر لندست. حاشیه هر حلقه بزرگ در این تصویر (تصویر ۴۰-۱۵۹ لندست) با علایم خاصی مشخص شده است.



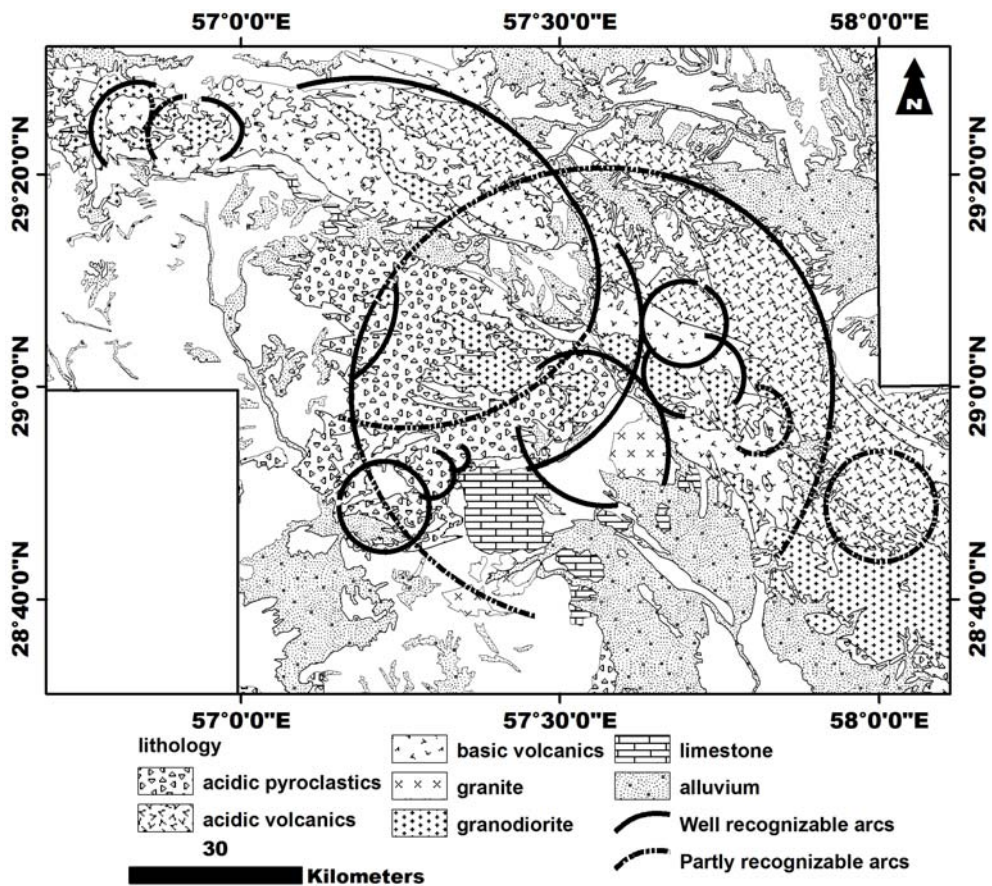
شکل ۲. ب- حلقه‌های استخراج شده از شکل الف. این ساختارها، نقش ساختاری یا زایشی بر کنسارهای مس دارند. همچنین، بیشتر رخدادهای کانه‌زایی مس در درون این حلقه‌ها صورت گرفته‌اند.



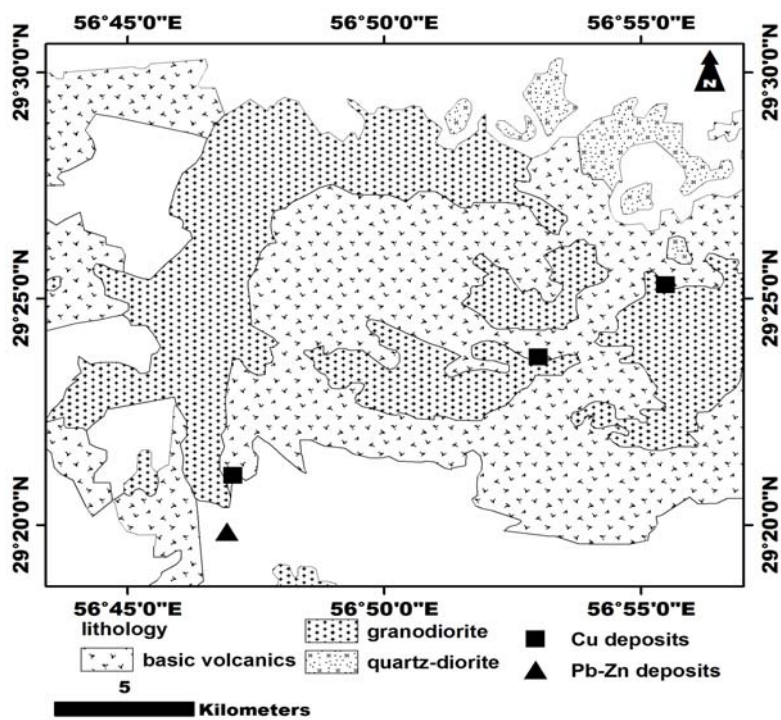
شکل ۳. نقشه ساختاری (ساختمانی) ناحیه مورد مطالعه در شکل ۲. الف. اختصارات: AF: گسل قوسی شکل.

ساختارهای حلقوی بزرگ و انطباق آنها با کانه‌زایی مس در جدول (۱)، آمده است. فهرستی از ساختارهای حلقوی با ابعاد بزرگ در شکل (۶) و روابط و انطباق آنها با شاخصه‌های ریخت‌شناسی، سنگ‌شناختی، ساختاری و کانه‌زایی در جنوب کمربند فلززایی کرمان در جدول (۱) ارائه شده است. تحلیل و بررسی تصاویر ماهواره‌ای نواحی مرکزی و شمالی کمربند فلززایی کرمان تعداد زیادی از ساختارهای حلقوی با ابعاد کوچک را آشکار کرده است. قطر این ساختارها کمتر از ۱۰ کیلومتر است و به نظر می‌رسد که ارتباط نزدیکی با کانه‌زایی مس داشته باشند. در این نواحی، حلقه‌های کوچک در اطراف کانسارهای مهم مس پورفیری (به عنوان مثال در مناطق پاریز و دهج) شکل (۷) دیده می‌شوند. در منطقه دهج شکل (۸) وجود شباهتی بین ابعاد حلقه‌ها و ابعاد کانسارهای مس به خوبی مشهود است. ریخت‌شناسی حلقوی بعضی از کانسارهای مس پورفیری (نظیر کانسار میدوک در منطقه دهج) شکل (۹) نشان می‌دهد که بعضی از خود این کانسارها واقعاً ممکن است ساختارهای حلقوی کوچک باشند.

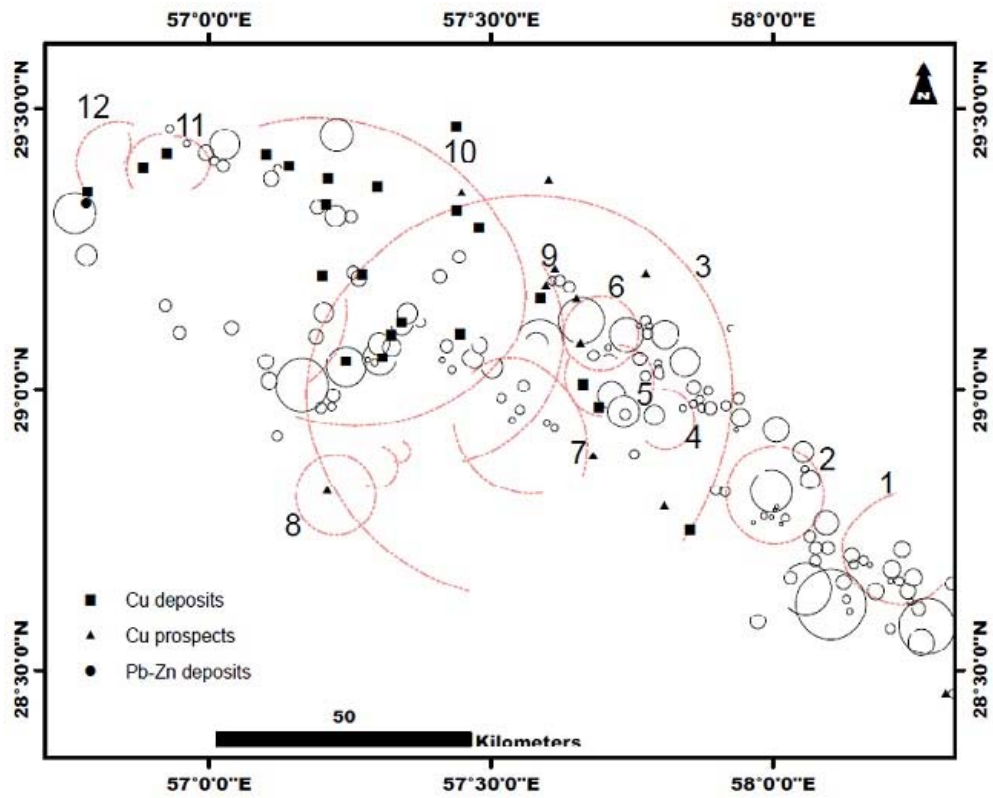
نقشه زمین‌شناسی منطقه مطالعاتی شکل (۴) نشان می‌دهد که این ساختارها عمدتاً در سنگهای آتشفشانی و نفوذی گرانودیوریتی با ترکیب اسیدی و بازی تا حدودی قابل شناسایی‌اند. با وجود این، به استثنای موارد معدودی شکل (۵) حلقه‌های بزرگ را نمی‌توان فقط از روی نقشه زمین‌شناسی منطقه شناسایی کرد. همچنین واحدهای رسوبی در تمام منطقه و به ویژه در نواحی مجاور محور آتشفشانی منطقه، دیده می‌شوند. در یک دیدگاه کلی، آرایش حلقوی واحدهای سنگی منطقه برای واحدهای آتشفشانی اسیدی و بازی تا حدودی قابل مشاهده است؛ اگرچه این نوع آرایش ممکن است در ارتباط با جابه‌جایی‌های وابسته به حرکت گسلها باشد. در حقیقت فقط بزرگترین ساختارها و آن هم به صورت بخشی، بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه دیده می‌شوند. خاطر نشان می‌شود که استفاده از آرایش حلقوی واحدهای سنگی در این تحقیق تنها به عنوان یک ابزار مکمل در کنار شواهد دیگر مطرح بوده است و خود به تنهایی و بدون کمک گرفتن از شواهد دیگر نمی‌تواند در شناسایی و بررسی خصوصیات ساختارهای حلقوی کارآمد باشد. ویژگیهای



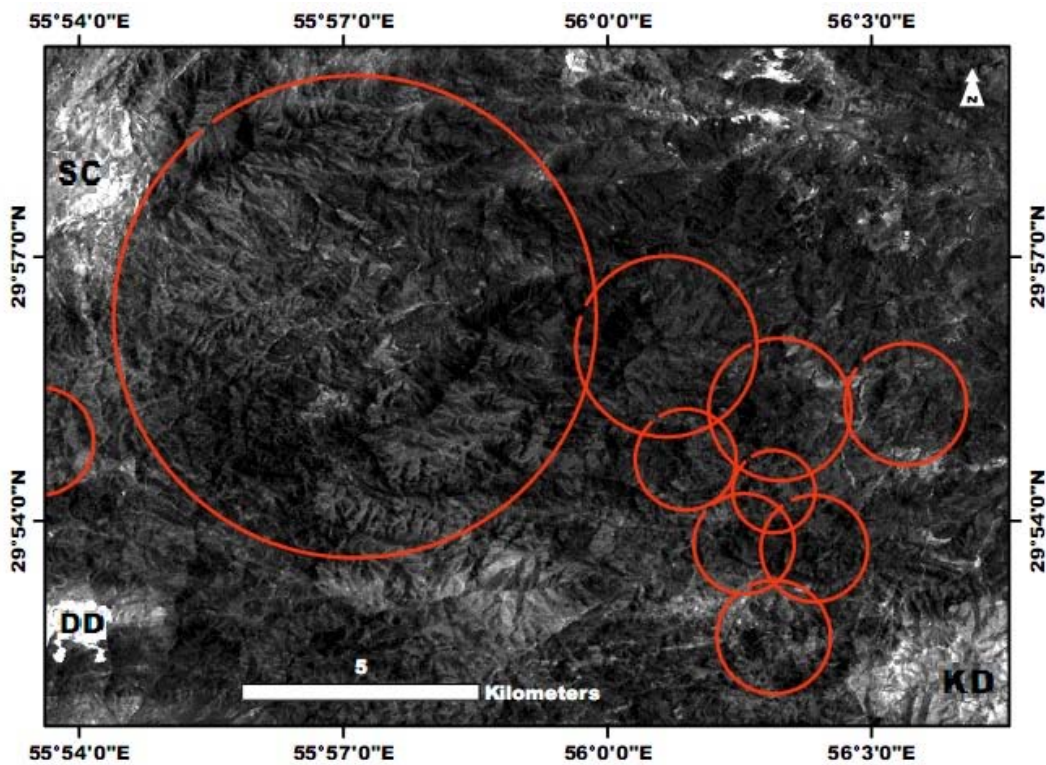
شکل ۴. نقشه زمین‌شناسی ساده شده ناحیه مورد مطالعه در شکل ۲- الف. در این شکل، آرایش حلقوی برای سنگهای آتشفشانی اسیدی و نیز گرانیتوئیدها، تا حدودی قابل تشخیص است.



شکل ۵. تعداد کمی از ساختارهای حلقوی از طریق مشاهده آرایش واحدهای سنگی قابل شناسایی می‌باشند.



شکل ۶. ساختارهای حلقوی با ابعاد بزرگ شناسایی شده در جنوب کمربند مس پورفیری کرمان. هر کدام از این حلقه‌ها، با شماره خاصی مشخص شده است.



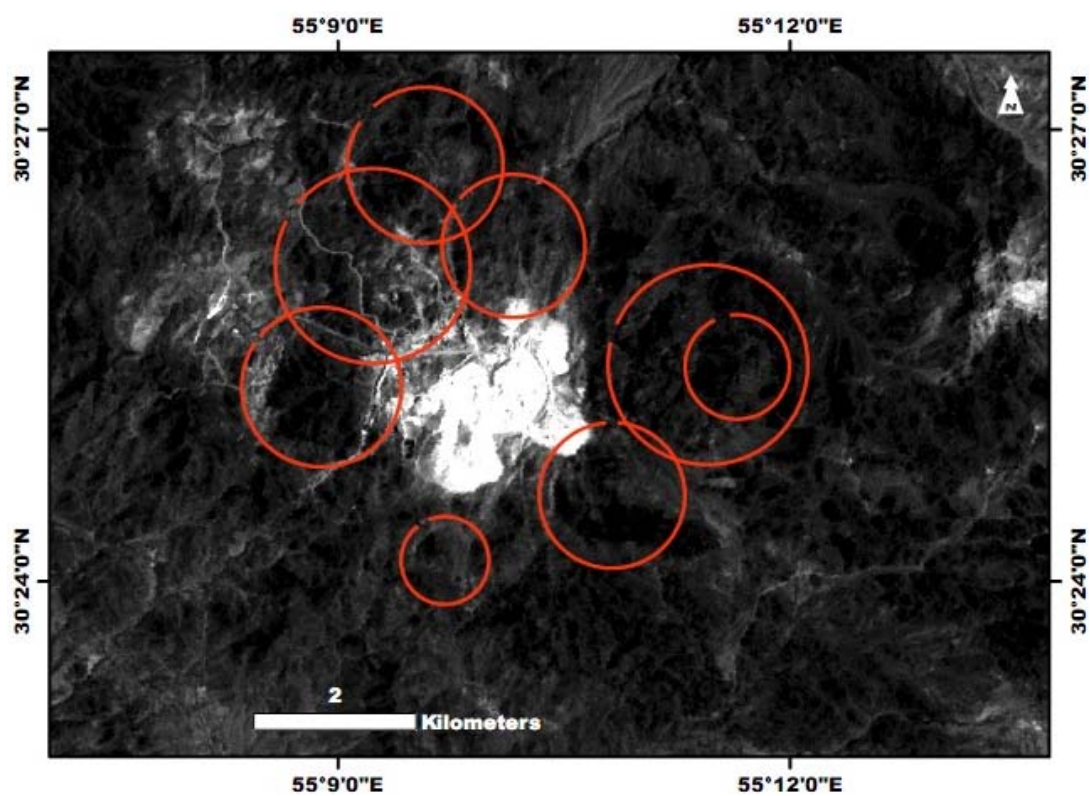
شکل ۷. حلقه‌های کوچک یافت شده در اطراف بعضی از کانسارهای مس پورفیری مهم (تصویر ۳۹-۱۶۰ لندست). SD: کانسار سرچشمه؛ DD: کانسار دره‌زار؛ KD: کانسار کوه‌پنج.

جدول ۱. فهرست ساختارهای حلقوی و روابط این ساختارها با عوامل زمین‌شناختی و کانه‌زایی مس در نیمه جنوبی کمربند مس پورفیری کرمان. در این جدول، درصد محیط قابل تشخیص (برای مورفولوژی) و قابل انطباق (برای لیتولوژی و گسلها) هرکدام از حلقه‌های بزرگ به طور کمی در ستون مربوط درج شده است. در این فرآیند بخشی از محیط حلقه‌های تشخیص داده شده را که به خوبی می‌توان بر روی تصاویر ماهواره‌ای دید، به صورت درصدی از کل (۱۰۰٪) محیط دایره رسم شده (با استفاده از تناسب)، درج شده است (ستون ۵). تعداد کانسارهای بر روی حاشیه و کانسارهای محاط در حلقه‌های بزرگ در ستونهای ۸ و ۹ به ترتیب درج شده اند. I مربوط به ساختارهای نوع حلقوی و II مربوط به ساختارهای نوع بیضوی است. این جدول بر اساس شکل‌های ۲(الف و ب)، ۳، ۴، ۵ و ۶ در این پژوهش تدوین گردیده است.

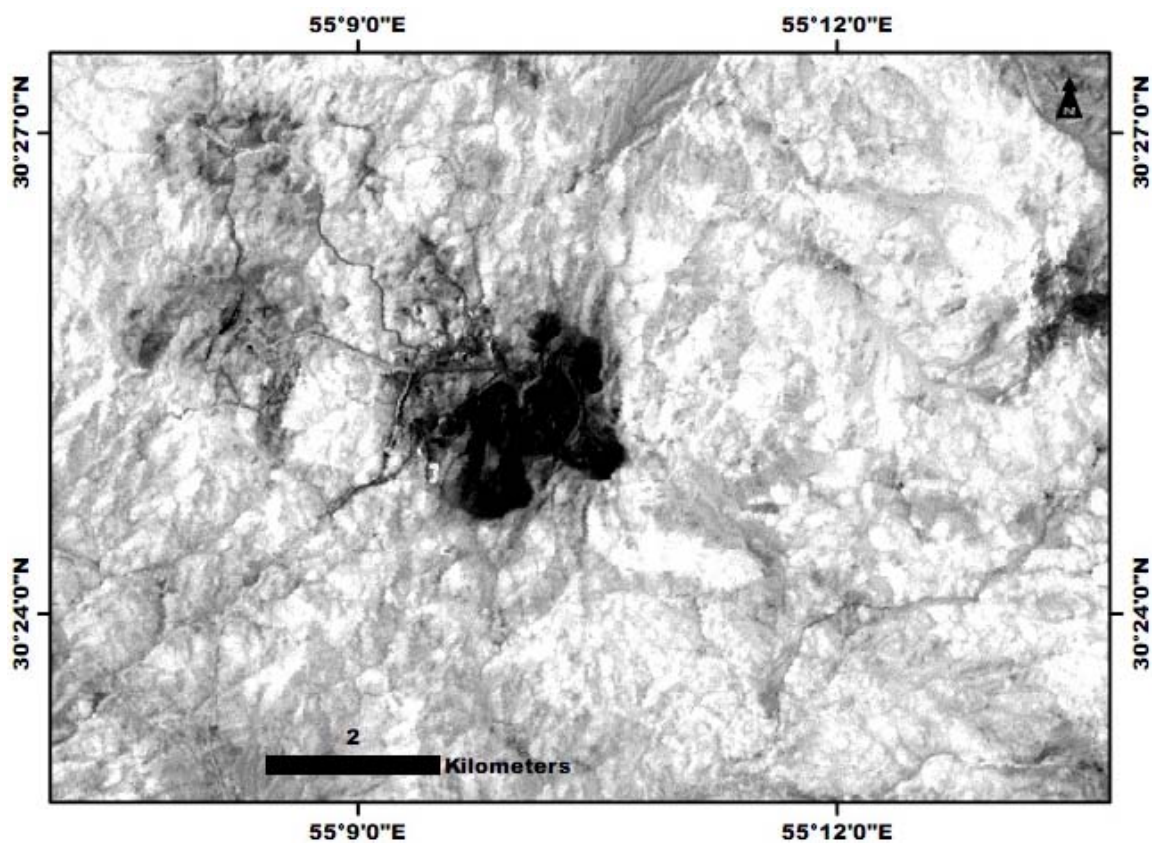
نوع ساختار	کانسارهای مس محاط در حلقه	کانسارهای مس روی حاشیه حلقه	انطباق ساختاری	انطباق لیتولوژیکی	شواهد ریخت شناسی	قطر (کیلومتر)	عرض جغرافیایی مرکز حلقه	طول جغرافیایی مرکز حلقه	حلقه ها در شکل ۶
II	-	-	-	-	+(۶۰٪)	۲۱×۱۹	۲۸°۴۲'	۵۸° ۱۳'	۱
I	-	-	-	+(۳۰٪)	+(۵۰٪)	۱۹	۲۸° ۴۸'	۵۷° ۰۰'	۲
II	+(۱۹/۳۳)	+(۳/۳۳)	-	+(۳۰٪)	+(۸۰٪)	۸۰,۳×۷۰,۷	۲۸° ۵۹'	۵۷° ۳۵'	۳
I	-	-	-	-	+(۵۰٪)	۱۲	۲۸° ۵۶'	۵۷° ۴۸'	۴
I	+(۲/۳۳)	-	-	-	+(۶۰٪)	۱۴	۲۹° ۰۱'	۵۷° ۴۲'	۵
I	+(۱/۳۳)	-	-	-	+(۱۰۰٪)	۱۴,۵	۲۹° ۰۶'	۵۷° ۴۱'	۶
II	-	+(۱/۳۳)	-	-	+(۷۵٪)	۲۳×۲۸	۲۸° ۵۶'	۵۷° ۳۳'	۷
I	+(۱/۳۳)	-	-	-	+(۹۰٪)	۱۵,۵	۲۸° ۴۸'	۵۷° ۱۳'	۸
I	+(۳/۳۳)	+(۱/۳۳)	-	-	+(۳۰٪)	۵۱	۲۹° ۰۵'	۵۷° ۲۴'	۹
II	+(۱۵/۳۳)	-	+(۳۰٪)	+(۳۰٪)	+(۵۰٪)	۵۹×۶۷	۲۹° ۱۳'	۵۷° ۱۴'	۱۰
II	+(۲/۳۳)	-	-	-	+(۴۰٪)	۱۳×۱۴	۲۹° ۲۴'	۵۶° ۵۵'	۱۱
I	-	+(۲/۳۳)	-	+(۵۰٪)	+(۵۰٪)	۱۵	۲۹° ۲۴'	۵۶° ۵۰'	۱۲

از ساختارهای حلقوی کوچک، اثرات بیرونی توده‌های پورفیری کانه‌دار هستند. ظاهراً ارتباط روشنی بین حلقه‌های کوچک و گسلها در منطقه مطالعاتی وجود ندارد. در یک مقیاس منطقه‌ای، شاخصه‌های چینه‌شناسی، سنگ‌شناسی، توپوگرافی، ژئوفیزیکی و ساختاری (به استثنای ساختارهای خطی) در تشخیص حلقه‌های کوچک، مفید نیستند.

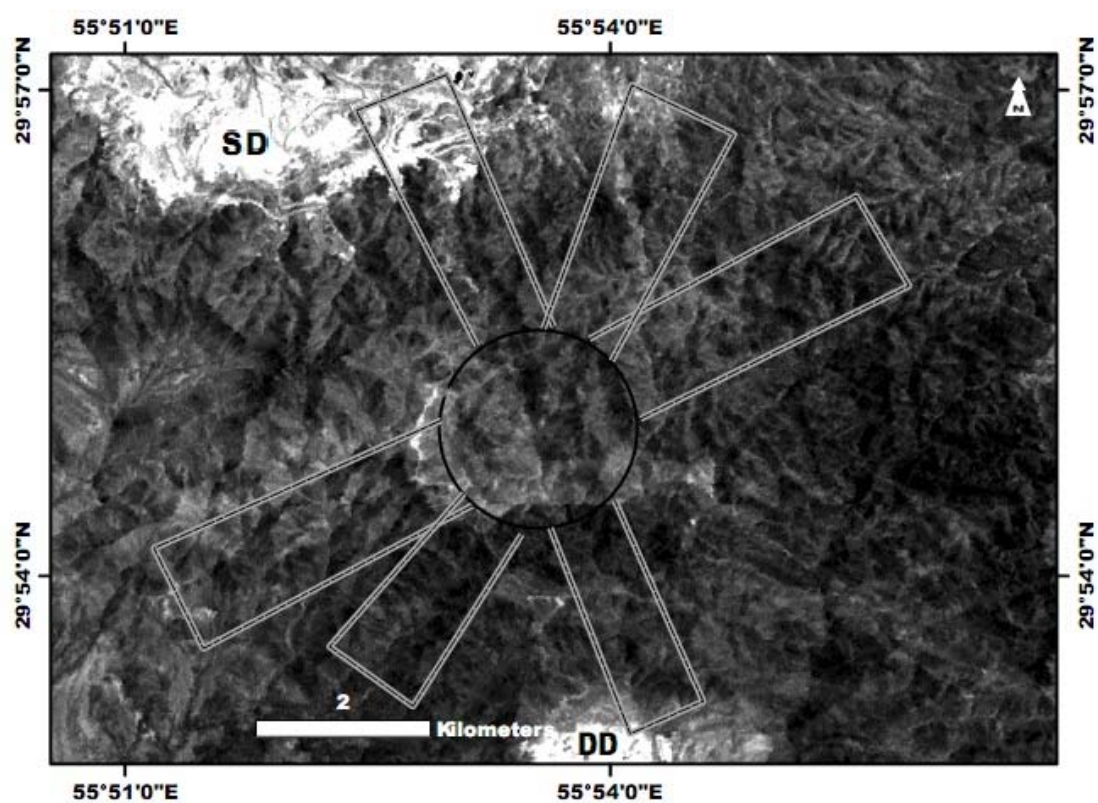
در بعضی از نواحی شکل‌های (۱۰ و ۱۱)، حلقه‌های کوچک در محل تقاطع ساختارهای خطی تشکیل شده‌اند (یا دیده می‌شوند). علاوه بر این، بیشتر حلقه‌های کوچک در نواحی با تراکم بالای ساختارهای خطی پوسته‌ای تشکیل شده‌اند شکل (۱۲). تمام موارد یاد شده، شواهد انکارناپذیری هستند در تأیید این مطلب که بعضی از حلقه‌های کوچک در مجموعه‌ای



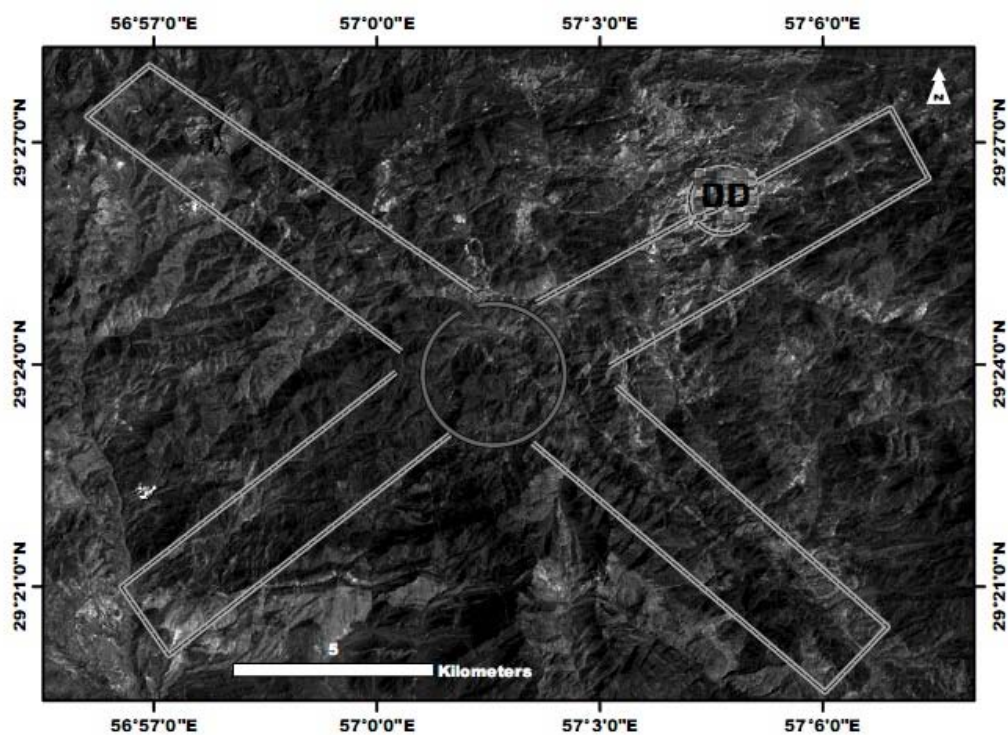
شکل ۸. بعضی از حلقه‌های کوچک ابعاد مشابهی با کانسارهای مس دارند (تصویر ۳۹-۱۶۱ لندست).



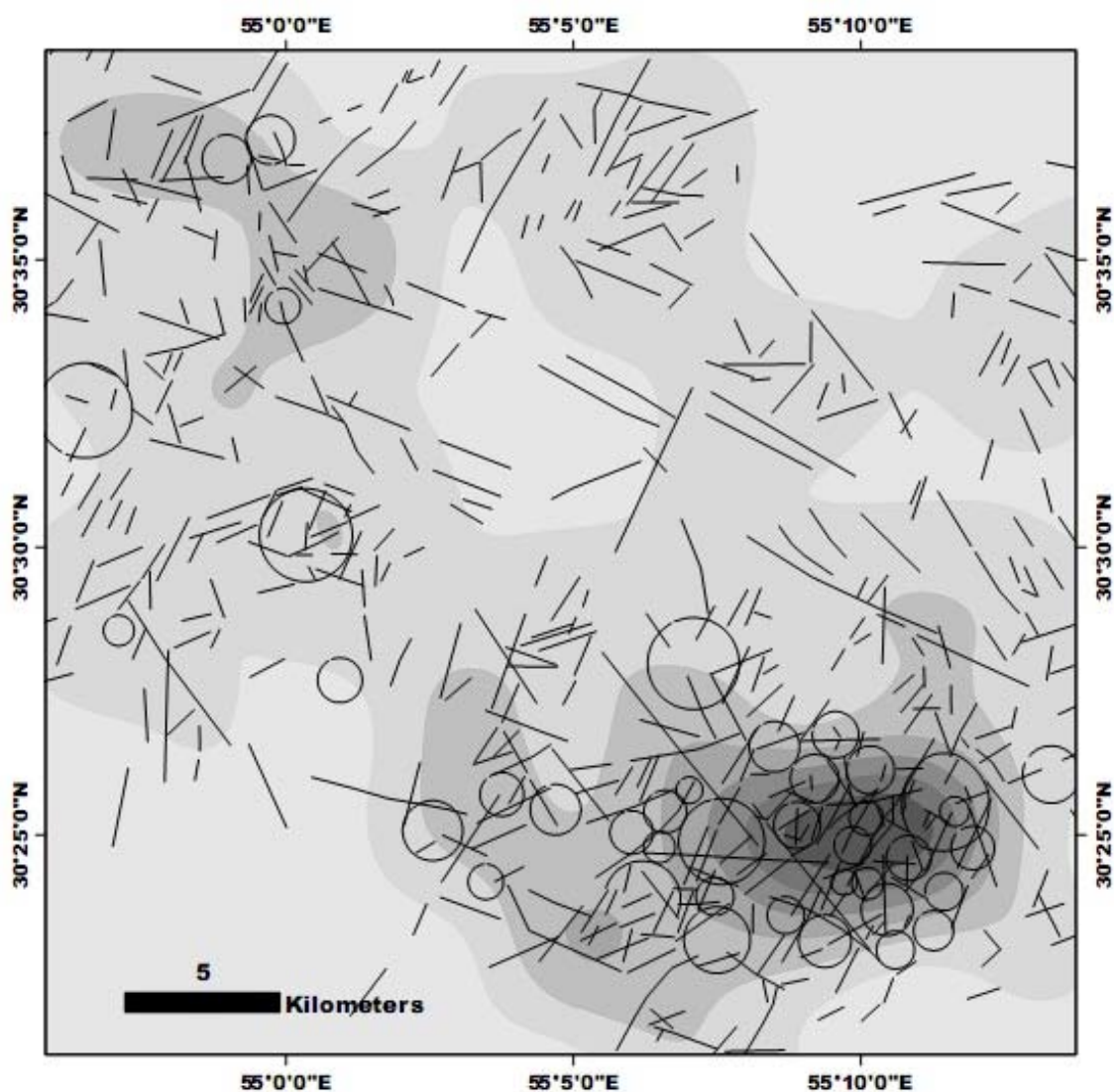
شکل ۹. بعضی از کانسارهای مس (محدوده داخلی تیره)، ریخت‌شناسی حلقوی دارند (تصویر ۳۹-۱۶۱ لندست).



شکل ۱۰. بعضی از حلقه‌های کوچک در منطقه پاریز، در محل تقاطع ساختارهای خطی تشکیل شده‌اند (تصویر ۳۹-۱۶۰ لندست): SD: کانسار سرچشمه؛ DD: کانسار دره‌زار.



شکل ۱۱. در جنوب شرق منطقه لاله‌زار، بعضی از ساختارهای حلقوی در محل تقاطع خطواره‌ها و در نزدیکی کانسارهای مهم یافت می‌شوند (تصویر ۴۰-۱۶۰ لندست): DD: کانسار درآلو.

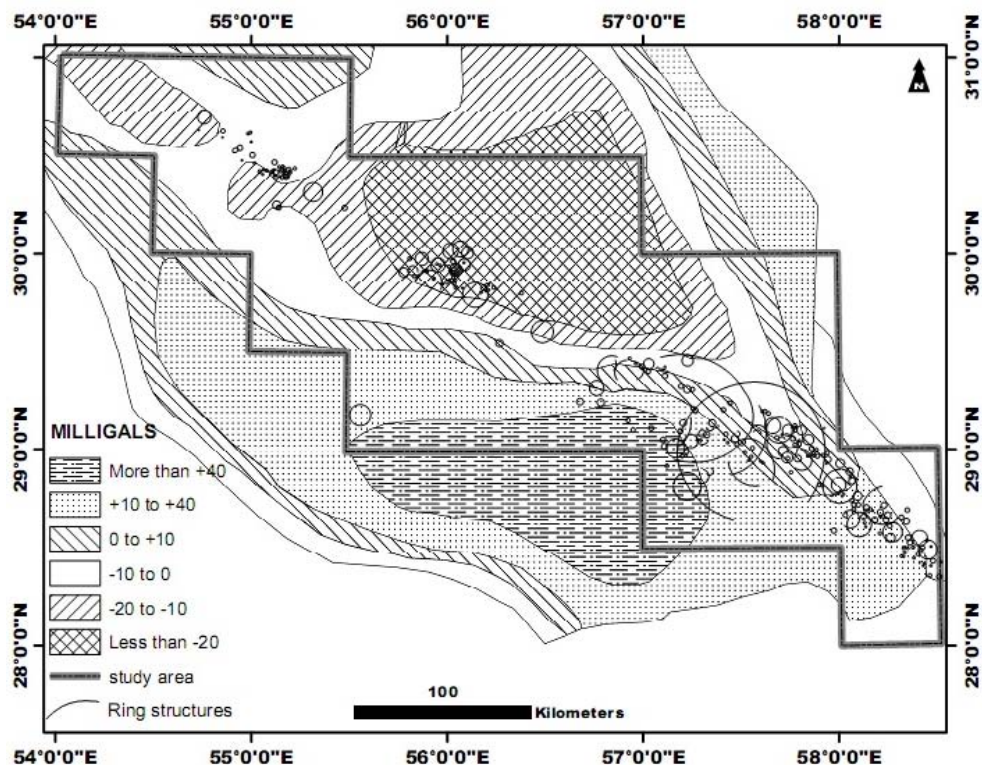


شکل ۱۲. بیشتر شکلهای حلقوی کوچک، در نواحی با تراکم بالای ساختارهای خطی تشکیل شده‌اند.

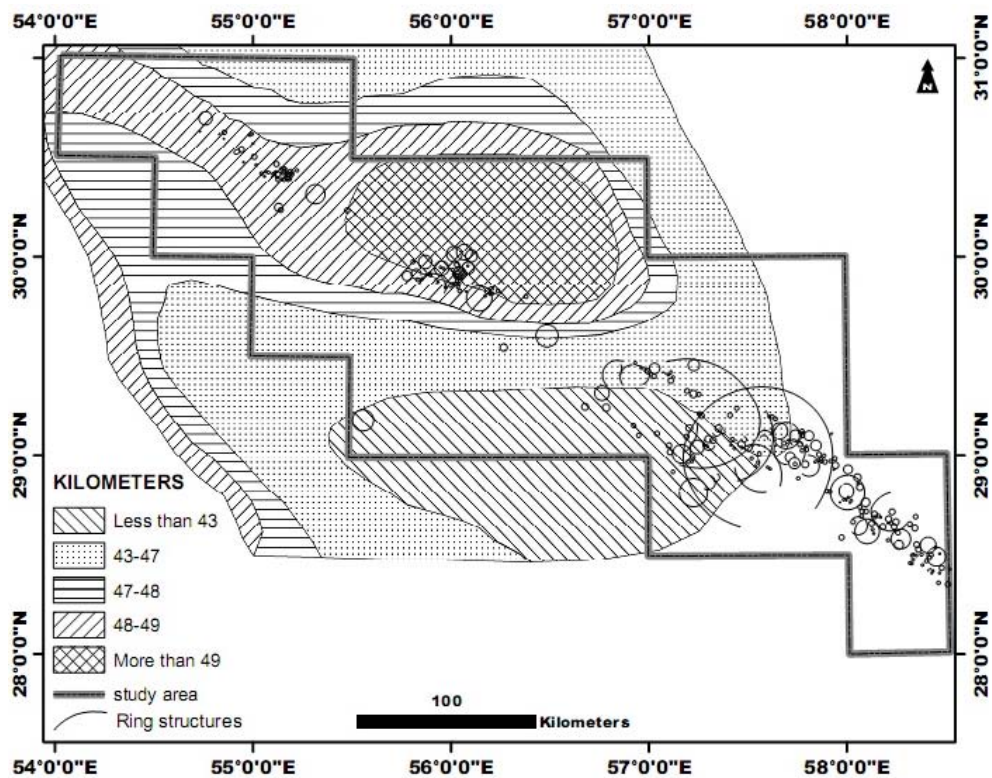
داده‌های ژئوفیزیکی

بررسی نقشه ناهنجاری برجای منطقه (شکل ۱۳) نشان می‌دهد که بیشتر ساختارهای حلقوی در کمربند مس کرمان در اطراف لبه‌های دو ناهنجاری برجا (منطقه با ناهنجاری < 20 میلی‌گال و منطقه با ناهنجاری > 40 میلی‌گال) قرار گرفته‌اند. ساختارهای حلقوی بزرگ در جنوب منطقه مطالعاتی در اطراف یک ناهنجاری مثبت بیضی شکل، انشعاب یافته‌اند. این ناهنجاری بیضی شکل، با مقادیر ضخامت پوسته‌ای اقتباس شده از نقشه ضخامت پوسته‌ای منطقه شکل (۱۴) انطباق دارد و حاکی از وجود یک بالا آمدگی جبه‌ای است [۱۳]. به نظر می‌رسد که بعضی از ساختارهای حلقوی بزرگ بر بالای یک زبانه جبه‌ای تشکیل شده‌اند. اگرچه

ساختارهای حلقوی به حالتی تقریباً هم‌روند با روندهای تکتونیکی منطقه شکل گرفته‌اند و آگاهی ما راجع به سن ناهنجاری مربوطه بسیار محدود است، اما تمرکز این حلقه‌ها و بیضی‌های بزرگ در اطراف ناهنجاریهای برجای یاد شده نشان دهنده نقش زایشی احتمالی توده مربوط به این ناهنجاری در تشکیل حلقه‌ها و بیضی‌های بزرگ است. گفتنی است که بر خلاف ارتباط نزدیکی که بین حلقه‌ها و بیضی‌های بزرگ و توده‌های بزرگ درونی متصوریم، داده‌های ژئوفیزیکی توضیحی قانع کننده برای نحوه تشکیل حلقه‌های کوچک، ارائه نمی‌کنند.



شکل ۱۳. نقشه ناهنجاری برجای منطقه (بعد از شهاب پور، ۱۹۹۹). موقعیت حلقه‌های بزرگ در این نقشه، با موقعیت محدوده ناهنجاری مثبت قیاس شده است.



شکل ۱۴. نقشه ضخامت پوسته‌ای منطقه (بعد از شهاب پور، ۱۹۹۹). موقعیت حلقه‌های بزرگ در این نقشه، با موقعیت محدوده‌های مختلف با ضخامت‌های پوسته‌ای متفاوت، قیاس شده است.

- ۱- انطباق مثبت و واضحی بین تراکم حلقه‌های کوچک و کانه‌زایی وجود دارد (نظیر آنچه که در منطقه دهج دیده می‌شود).
- ۲- بعضی از کانسارها، ریخت‌شناسی حلقوی دارند.
- ۳- بین حلقه‌های کوچک و اثرات خطی (به ویژه در محل تقاطع اثرات خطی) ارتباط روشنی وجود دارد.
- ۴- انطباق مثبتی بین تراکم اثرات خطی (خطواره‌ها) و تراکم حلقه‌های کوچک وجود دارد.
- ۵- تمام حلقه‌های کوچک در سرزمینهای واجد سنگهای نفوذی تشکیل شده‌اند.

بحث و بررسی

انطباق بین موقعیت کانسارهای مس دیرزاد و ساختارهای حلقوی، مهمترین و جالب توجه‌ترین مسأله در این مطالعه بوده است. داده‌های جمع‌آوری شده درباره ساختارهای حلقوی نشان می‌دهد که نحوه تشکیل این ساختارها تاحدودی مبهم است. سائول^۴ [۱] یک منشأ برخوردی (برخورد شهاب‌سنگ) را برای تشکیل ساختارهای حلقوی در آریزونا در نظر گرفت، حال آن‌که ایگرز [۲] با تصور این نحوه تشکیل برای حلقه‌های مشاهده شده در نیوزیلند، مخالف بود. به عقیده او [۲] برای تصور یک منشأ از نوع برخورد شهاب‌سنگ، یک سپر قاره‌ای پایدار از پیش موجود باید در نظر گرفت. شواهد زمین‌شناختی برای جنوب‌شرق ایران نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه در یک موقعیت جزیره قوسی [۱۲] (به باور عده‌ای از زمین‌شناسان دیگر نیز، حاشیه قاره‌ای) و متعلق به سنوزوئیک قرار گرفته است. شواهد تکتونیکی، ژئوفیزیکی، ریخت‌شناسی، توپوگرافی و کانه‌زایی همگی مبین حضور ساختارهای حلقوی در کمر بند مس کرمان می‌باشند. بر اساس سائول [۱]، ایگرز [۲] و ویتسچارد^۵ [۳]، بعضی از انواع اصلی کانسارها (کانسارهای مس-مولیبدن پورفیری، سولفیدهای عناصر پایه، آهن و کانسارهای پلی‌متالیک) در مناطقی که مطالعه کرده‌اند، از نظر زایشی در ارتباط با ساختارهای حلقوی می‌باشند. ایشان اظهار کرده‌اند که کانسارهای موجود، بر روی یا بسیار نزدیک به خط منحنی محیط ساختارهای حلقوی قرار دارند. ساختارهای حلقوی بزرگ در جنوب کمر بند مس کرمان یافت می‌شوند. در این منطقه، ۳۳ کانسار و نشانه معدنی مس

مدلی محتمل برای تشکیل و تکمیل ساختارهای حلقوی و زایش کانسارهای مس دیرزاد^۱ در این دیدگاه

بر اساس نقشه‌های تکتونیکی، ساختاری، ناهنجاری برجا و ضخامت پوسته‌ای منطقه مطالعاتی، مراحل اولیه تشکیل حلقه‌های بزرگ، بعد از فروورانش صفحه عربی به زیر خرده قاره ایران مرکزی در ترشیاری صورت گرفته است. این مسأله خود با بالا آمدگی یک زبانه جبهه‌ای دنبال شده است. تشکیل ساختارهای حلقوی با ابعاد بزرگ در بعضی از نقاط جهان توسط برخی از پژوهشگران به این توده‌های درونی عظیم نسبت داده شده است. احتمالاً منشأ تشکیل ساختارهای حلقوی در این منطقه، شبیه به منشأ تشکیل ساختارهای حلقوی در نیوزیلند می‌باشد که توسط ایگرز^۲ [۲] مورد بحث قرار گرفته است. بالا آمدگی این توده‌های دیاپیر مانند، سبب گسترش ساختارهای حلقوی بزرگ و یا فرونشست‌های کم اهمیت‌تر در گرانیتهای موجود در سطح زمین و مجموعه‌های رسوبی دگرگون شده می‌شود. اشکال حلقوی از طریق کشش در بالای دیاپیرها ایجاد می‌شوند و ممکن است هم‌ارز نیمه زیرین ساختارهای نوع کالدرایی با ابعاد بزرگ باشند (اسمیت و بیلی^۳، [۱۴]). به عقیده ایگرز [۲]، تغییر فشار از حالت لیتواستاتیک به حالت هیدرواستاتیک در این شکستگیها، به جوش سیالات گرمایی بالارونده منجر خواهد شد که این پدیده به تهنشینی فازهای سولفیدی می‌انجامد. در مورد منطقه کرمان، نحوه تشکیل ارائه شده توسط اسمیت و بیلی [۱۴] قابل قبول است. در این دیدگاه، بالا آمدگی یک زبانه جبهه‌ای (که از طریق داده‌های ژئوفیزیکی قابل اثبات است) به گسلش، شکستگی و خردشدگی در نواحی وسیعی با هندسه حلقوی منجر شده است (شکل ۳). این شکستگیها و گسلها احتمالاً به عنوان نقاط ضعف برای حرکات و چرخش سیالات گرمایی و نهایتاً تشکیل کانسارهای مس عمل کرده‌اند. حلقه‌های کوچک از نظر تشکیل با انواع بزرگ کاملاً متفاوتند. بر اساس آنچه که در پی می‌آید، به نظر می‌رسد که حلقه‌های کوچک عمدتاً شامل اشکال برجسته سطحی توده‌های نفوذی (پورفیری) با برون‌زد بسیار محدود و یا مدفون در زمین و یا مراکز آتشفشانی محلی می‌باشند.

¹ Epigenetic

² Eggers

³ Smith & Bailly

⁴ Saul

⁵ Witschard

۳- بیشتر کانسارها و نشانه‌های معدنی مس پورفیری در جنوب کمربند مس پورفیری کرمان توسط ساختارهای حلقوی بزرگ در بر گرفته شده‌اند.

۴- ارتباط روشنی بین تراکم حلقه‌های کوچک و کانه‌زایی مس در نواحی مرکزی و شمالی منطقه مطالعاتی دیده می‌شود.

۵- تقاطع اثرات خطی پوسته‌ای به عنوان مکانهای مساعد برای تشکیل حلقه‌های کوچک و بنابراین کانه‌زایی مس، مطرح می‌باشند.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از راهنمایی‌های داوران محترم و زحمات دست اندرکاران مجله زمین‌شناسی اقتصادی، نهایت سپاس‌گزاری را داریم.

منابع

- [1] Saul J. M., "Circular structures of large scale and great age on the Earths surface", Nature 271(1978) 345-349.
- [2] Eggers A. J., "Large-scale circular features in North Westland and West Nelson, New Zealand: possible structural control for porphyry molybdenum-copper mineralization?", ECON.GEOL 74 (1979) 1490-1494.
- [3] Witschard F., "Large-magnitude ring structures on the Baltic shield-metallogenic significance" ECON.GEOL 79 (1984) 1400-1405.
- [4] Stöcklin J., "Possible ancient continental margins in Iran. In: Burk, C.A., Drake. C.L. (Eds), the Geology of Continental Margins", Springer-Verlag, Berlin (1974) 873-887.
- [5] Farhoudi G. H., "A comparison of Zagros geology to island-arcs", Journal of Geology 86 (1978) 323-334.
- [6] Shahabpour J., Kramers J. D., "Lead isotope data from the Sar Cheshmeh porphyry copper deposit, Kerman, I.R. Iran", Mineralium Deposita 22(1987) 278-281.
- [7] Dimitrijevic M. D., "Geology of Kerman region", Geol. Surv. Iran., Rep 52 (1973) 334.
- [8] Berberian M., Yasini A., "Variations, facies extent and the principal guidelines of the paleogeography in Iran (in Persian). In: M. Berberian Continental deformation in Iranian plateau", GSI, Report 52, (1983) 72-73.

با خصوصیات عمده پورفیری وجود دارند که ۳۱ مورد از آنها توسط حلقه‌های بزرگ در بر گرفته شده‌اند (احاطه شده‌اند). بنابراین داده‌های موجود نشان می‌دهند که رابطه ساختاری یا زایشی نزدیکی بین حلقه‌های بزرگ و کانسارها و نشانه‌های معدنی موجود وجود دارد. بر این اساس، مطالعه روابط بین ساختارهای حلقوی و کانسارهای مس می‌تواند به عنوان یک راهنمای اکتشافی در دست‌یابی به کانسارهای با منشأ گرمایی به کار گرفته شود. گذشته از اهمیت اقتصادی ساختارهای حلقوی، بحث این ساختارها، موضوع زمین‌شناختی جالبی است که تاکنون توضیح خوب و جامعی در باره ماهیت و موجودیت آنها، ارائه نشده است، اگرچه اهمیت اقتصادی آنها نیز در ابعاد جهانی به طور کلی پذیرفته نشده است. برخلاف آنچه که درباره ساختارهای حلقوی با ابعاد بزرگ ذکر گردید، داده‌های موجود در این مقاله (که در متن به تفصیل آمده است)، همگی مبین ماهیت حلقه‌های کوچک یعنی اثرات توده‌های نفوذی (پورفیری) و احتمالاً کانه‌دار در اعماق کم می‌باشند. شناسایی نواحی با تراکم بالای حلقه‌های کوچک و ساختارهای خطی در یک برنامه نقشه برداری منطقه‌ای به منظور اکتشاف کانسارهای مس، می‌تواند به عنوان روشی مؤثر و جدید در امر اکتشاف حائز اهمیت باشد. در منطقه مطالعاتی، بیشتر کانسارهای مس پورفیری در قسمت‌های مرکزی منطقه قرار گرفته‌اند و تعداد کانسارها به سمت شمال‌غرب و جنوب‌شرق، کاهش می‌یابد، در حالی که ساختارهای حلقوی در بیشتر نواحی این منطقه مشهود می‌باشند. بنابراین و با فرض وجود یک وابستگی زایشی بین ساختارهای حلقوی و کانسارهای مس پورفیری، می‌توان انتظار وجود کانسارهای کشف نشده‌ای از مس در منطقه را داشت.

خلاصه و نتیجه‌گیری

۱- مطالعه تصاویر ماهواره‌ای کمربند مس پورفیری کرمان تعدادی ساختار حلقوی با ابعاد مختلف آشکار ساخته است که ارتباط ساختاری (و زایشی) نزدیکی با موقعیت رخدادهای کانه‌زایی مس از نوع پورفیری دارند.

۲- حلقه‌های با ابعاد بزرگ بر روی یک منطقه منطبق با یک ناهنجاری برجای مثبت قرار گرفته‌اند و به نظر می‌رسد که در واکنش به حرکات قائم بر روی توده‌های دی‌پایر مانند تشکیل شده‌اند.

Iranian International Journal of science 3 (2002) 43-67.

[12] Shahabpour J., "Island arc affinity of the Central Iranian Volcanic Belt", J Asian Earth science 30 (2007) 652-665.

[13] Shahabpour J., "The role of deep structures in the distribution of some major ore deposits in Iran, NE of the Zagros thrust zone", Journal of Geodynamics 28 (1999) 237-250.

[14] Smith R. L., Baily R. A., "Resurgent cauldrons", Geol. Soc. America, Mem 116 (1968) 613-662.

[9] Berberian M., "Generalized tectonic map of Iran", Geological Survey of Iran, Report 52 (1983).

[10] Hassanzadeh J., "Metallogenic and tectonomagmatic events in the SE sector of the Cenozoic active continental margin of Iran (Shahr e Babak area Kerman province)", Unpublished Ph.D thesis, University of California, Los Angeles (1993) 204p.

[11] Amini A., "Sandstone petrofacies expressions of source and tectonic controls on sedimentation in a back-arc basin, Central Iran",