

# تعیین موقعیت کانسارهای مس پورفیری به کمک محاسبه ضریب خطوارگی تصویر در بخش شمالی دهج - ساردوییه

حسن علیزاده<sup>۱</sup>، مهران آرین<sup>۲</sup>، محمد لطفی<sup>۳</sup>، منوچهر قرشی<sup>۳</sup> و منصور قربانی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران  
<sup>۳</sup> دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران - شمال، تهران، ایران  
<sup>۴</sup> دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران  
 تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۹/۲۵

## چکیده

منطقه مورد مطالعه در کمربند دهج - ساردوییه که جزیی از کمان ماگمایی ارومیه - دختر بوده و کانسارهای پورفیری زیادی را در خود جای داده، واقع شده است. این منطقه بر روی پهنه برشی راست‌گردی که توسط گسل‌های رفسنجان در شمال و گسل شهر بابک در جنوب محصور شده، قرار دارد. در این نوشتار ارتباط مکانی ۱۶ کانسار مس پورفیری منطقه با شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه مورد بررسی قرار گرفت و ارتباط نزدیکی بین ضریب خطوارگی و موقعیت کانسارهای مس پورفیری در منطقه دیده شد. در این پژوهش مشخص شد که ضریب جهت خطواره‌ها (d/D) همبستگی بیشتری با کانسارهای مس پورفیری دارد. از این مطالعه برای اکتشاف مقدماتی کانسارهای مس پورفیری با استفاده از بررسی هندسه و سازوکار گسل‌ها و شکستگی‌ها می‌توان استفاده کرد.

**کلیدواژه‌ها:** مس پورفیری، ضریب خطوارگی تصویر، دهج - ساردوییه.

\***نویسنده مسئول:** حسن علیزاده

E-mail: h\_alizadehs@pnu.ac.ir

## ۱ - پیش‌گفتار

کانسارهای مس پورفیری را می‌توان محصول سرد شدن سیستم‌های گرمایی همراه با نفوذی‌های کم ژرفای پورفیری جایگیری شده در کمان‌های ماگمایی مرتبط با فروروانش دانست (Titley & Beane, 1981). تشکیل و جایگیری کانسارهای مس پورفیری نه تنها تحت تأثیر فرایندهای ماگمایی و گرمایی است بلکه زمین‌ساخت ناحیه‌ای، محلی و رژیم‌های زمین‌ساختی در زمان تشکیل این کانسارها نیز اهمیت بسیار زیادی دارد (Richard et al., 2000; Padilla et al., 2001).

در یک محدوده کانی‌زایی مس از نوع پورفیری تعداد شکستگی‌ها و خطواره‌ها می‌تواند راهنمای مناسبی برای اکتشاف باشد، زیرا این شکستگی‌ها می‌تواند مجرای برای عبور سیال‌های کانی‌زا باشد. شکستگی‌های محلی نیز در تصاویر لندست و با استفاده از روش‌های مختلف پردازش تصویر مانند استفاده از فیلترهایی که عوارض خطی را آشکار می‌سازند، قابل تشخیص هستند (هنرمند و رنجبر، ۱۳۸۴).

شناسایی محل‌های تمرکز سیالات ماگمایی درون پوسته در بررسی جایگاه مناسب جایگیری نفوذی‌های پورفیری دارای اهمیت فراوان هستند. به طور کلی مهاجرت سیالات ماگمایی توسط مکانیک و ترمودینامیک آنها کنترل می‌شود. سیالات به طور معمول از زون‌های پر فشار به مناطق کم فشار با درجه حرارت پایین‌تر مهاجرت می‌کنند، در چنین شرایطی سیالات ماگمایی بیش از آنکه متمرکز شوند، پراکنده می‌شوند (Caranza & Hale, 2002). گسل‌ها، شکستگی‌ها، زون‌های برشی و تنش‌های متفاوت مکانی، باعث متمرکز شدن ماگما و یا حرکت آن در نواحی کم‌ژرفای پوسته می‌شوند (Ryan & Dewey, 1990). بنابراین بررسی هندسه و سازوکار گسل‌های مرتبط با کانسارهای مس پورفیری، برای مطالعه مکان‌های مناسب برای جایگیری توده‌های پورفیری می‌تواند بسیار با اهمیت تلقی شود (Zarasvandi et al., 2005).

بیشتر ذخایر مس ایران به‌ویژه پورفیری‌ها در کمان ماگمایی ارومیه - دختر قرار دارند که ارتباط زمانی بسیار جالبی با گسل‌ها و توده‌های نفوذی گرانیتویدی میوسن در این زون دارند. کمربند دهج - ساردوییه جزیی از کمان ماگمایی ارومیه - دختر بوده که در منطقه کرمان قرار گرفته و کانسارهای پورفیری زیادی را در خود جای

داده است که برای محاسبه ضریب خطوارگی انتخاب شد تا ارتباط آن با کانسارهای منطقه مورد بررسی قرار گیرد.

مطالعات انجام گرفته از تصاویر ماهواره‌ای لندست +ETM نشان می‌دهد که ارتباط مکانی خاصی بین عیار و ذخیره کانسارهای پورفیری با ضریب خطوارگی تصویر در این منطقه وجود دارد. در این راستا با توجه به وسعت منطقه از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های دورسنجی به همراه ترکیب و مدل نمودن داده‌های حاصل در محیط GIS، ENVI و Surfer استفاده شده است.

## ۲- زمین‌شناسی منطقه

کمان ماگمایی ارومیه - دختر متشکل از توده‌های آتشفشانی و نفوذی به سن ائوسن - کواترنری و دارای پهنای ۵۰ کیلومتر و ستبرای ۴ کیلومتر است (Berberian & Berberian, 1981). فعالیت آتشفشانی در این کمربند از کرتاسه شروع شده و در دوره ائوسن به نهایت شدت خود می‌رسد. فوران‌گذارهای ائوسن از نوع کالک آلکانال و زیردریایی در نواحی جنوب باختر یزد از نوع اسپلیت آندزیتی شروع شده و در پی آن انواع سنگ‌های آتشفشانی مانند آندزیت، لایت، ریولیت و توف تزریق شده‌اند (Zarasvandi, 2004).

منطقه مطالعاتی در جنوب خاوری کمان ماگمایی ارومیه - دختر قرار گرفته است. این منطقه در جنوب شهرستان انار از ناحیه دهج شروع و به ناحیه کوه‌پنج ختم می‌شود. این منطقه در طول جغرافیایی ۴۹° ۵۴' تا ۹' ۵۶° خاوری و عرض جغرافیایی ۲۹° ۴۲' تا ۳۰° ۴۵' شمالی در بخش شمالی کمربند دهج - ساردوییه قرار دارد (شکل ۱).

سنگ‌های این منطقه به سه گروه سنگ‌های آتشفشانی - آذرآواری ائوسن، توده‌های نفوذی، آتشفشان‌ها - گنبدی‌های آتشفشانی پس از میوسن و محصولات گدازه‌ای و آذرآواری قابل تقسیم هستند. در این ناحیه چندین مرحله از فعالیت‌های آتشفشانی در طول دوره‌های ترشیری، الیگوسن - میوسن، پلیوسن به وقوع پیوسته که فعالیت‌های دوره الیگوسن - میوسن به علت گسترش زیاد و دارا بودن نقش اساسی

درزه‌های موجود از کهن‌ترین ساختارهای منطقه از ائوسن تا عهد حاضر بوده که از عوامل مهم در شکل‌گیری گسل‌های منطقه هستند. درزه‌ها نقش مهمی را در ایجاد فضای لازم برای نفوذ دایک‌ها داشته‌اند. عواملی مانند برش، فشار محلول‌های گرمابی، فرایندهای نفوذی و جایگیری توده‌ها در ایجاد و تمرکز درزه‌ها در توده‌های نفوذی منطقه مؤثر هستند (اشرفی، ۱۳۸۵).

از آنجایی که گسل‌های منطقه متأثر از یک پهنه برشی راست‌گرد هستند، انواع آنها بر پایه مدل ارائه شده (Stori et al. (2006) و Swanson (1988) شامل گسل‌های با روند تقریبی شمال-جنوب از نوع T<sub>1</sub>، روند E<sub>25</sub>-۳۵N از نوع R'، گسل‌های با روند E<sub>45</sub>-۶۰N از نوع T<sub>2</sub>، گسل‌های با روند E<sub>70</sub>-۸۰N از نوع X، گسل‌های با روند E<sub>105</sub>N از نوع P، گسل‌های با روند E<sub>135</sub>N از نوع T<sub>3</sub>، گسل‌های با روند E<sub>150</sub>N از نوع R و گسل‌های با روند E<sub>165</sub>N از نوع P هستند (شکل ۲) (علیزاده، ۱۳۸۹).

با توجه به روند غالب گسل‌ها و انواع برش در شکل‌گیری گسل‌های منطقه از نوع گسل موازی انقباض (Fault - parallel contraction) و گسل موازی برش ساده (Fault - parallel simple shear) بوده که با توجه به اینکه گسل‌های خاوری - باختری منطقه قدیمی‌ترین گسل‌های منطقه هستند، در نتیجه عملکرد برش در ابتدا به صورت گسل موازی انقباض بوده که در مرحله بعد با تغییر روند تنش در منطقه به صورت گسل موازی برش ساده عمل کرده است (تقی‌زاده، ۱۳۷۵).

در منطقه مورد مطالعه تعداد زیادی دایک دیده می‌شوند که از نگاه ترکیب اغلب دیوریت - دیاباز و گرانودیوریتی هستند. سن دایک‌های مزبور همزمان یا کمی پس از جایگزینی نفوذی‌های الیگومیوسن هستند، زیرا تعدادی از دایک‌های دیاباز - دیوریتی و همچنین گرانودیوریتی، توده‌های نفوذی نیمه‌ژرف را قطع کرده‌اند. طی بررسی‌های به‌عمل آمده روند غالب دایک‌های منطقه N80E هستند و عملکرد غالب برش در ایجاد فضای لازم برای نفوذ دایک‌ها ترکیبی از دو برش FPS و FPC است (اشرفی، ۱۳۸۵).

#### ۴- روش مطالعه

برای انجام این پژوهش افزون بر انجام کارهای صحرایی و برداشت‌های زمین‌شناسی که در بخش‌های پیش اشاره شد از داده‌های ماهواره‌ای نیز استفاده شد که به شرح زیر است.

برای تهیه ترکیب مناسب باندی از داده‌های ماهواره لندست ETM<sup>+</sup>8 که شامل یک باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر و ۷ باند در محدوده امواج مرئی تا فروسرخ حرارتی با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ تا ۶۰ کیلومتر مربع می‌باشد، استفاده شده است. ابتدا در نرم‌افزار (ENVI) شکستگی‌های منطقه با استفاده از روش‌های دورسنجی مانند اعمال فیلترهای جهت‌دار بر روی تصویر ماهواره‌ای سبب وضوح خطواره‌ها شده (Wester, 1992) و به این ترتیب خطواره‌ها با استفاده از این تصاویر بر روی کل منطقه رسم شدند (شکل ۳). همچنین برای رسم خطواره‌ها از نشانه‌هایی مانند مسیر آبراهه‌ها و انحراف در مسیر آنها، ردیف‌شدگی پوشش گیاهی و تغییرات تن به صورت خطی و با کمک تصویر رنگی 4-7-2 فیلتر شده و تصویر باند ETM<sup>+</sup>8 که فیلتر بالاگذر بر آن اعمال شده استفاده شده است.

برای تحلیل خطواره‌ها و تعیین ارتباط آنها با کانی‌سازی در منطقه مورد مطالعه از ضریب خطاوری تصویری (Photolineament Factor) یا PF استفاده شده است. این روش غالباً برای اکتشاف آب‌های زیرزمینی در سنگ‌های خرد شده به کار می‌رفت. محاسبه ضریب خطاوری و مطالعه توزیع مکانی خطواره‌ها می‌تواند در اکتشاف کانسارها و تعیین مناطق با پتانسیل کانی‌سازی نیز استفاده شود (Hardcastle, 1995). استفاده از پارامترهایی مانند تعداد، طول، تعداد تقاطع و تعداد دسته‌جهت‌های خطواره‌ها یکی از روش‌های تحلیل و مطالعه آنهاست.

برای تحلیل خطواره‌ها یک شبکه سلولی مناسب با ابعاد ۲×۲ کیلومتر برای منطقه

در کانی‌سازی مس اهمیت ویژه‌ای دارند. در طول زمان الیگوسن تا میوسن توده‌های بزرگ گرانودیوریتی در کمربند دهج - ساردوییه تشکیل شده‌اند. ماگماتیسم منطقه که بیشتر به صورت فازهای ژرف و نیمه‌ژرف (نوع جبال بارز و کوه‌پنج) شامل گرانودیوریت، دیوریت کوارتز دیوریت، مونزونیت و تونالیت است، در کمپلکس آتشفشانی - رسوبی ائوسن نفوذ کرده و باعث دگرسانی گرمابی گسترده همراه با گسلش و کانی‌سازی شده است. دگرسانی گرمابی هم در توده‌های نفوذی و هم در سنگ‌های آتشفشانی دیده می‌شود (Dimitrijevic, 1973).

از سیماهای بارز این منطقه وجود حجم عظیمی از سنگ‌های آتشفشانی ائوسن (بیشتر آندزیت)، به عنوان میزبان اصلی بیشتر کانه‌زایی‌ها و دگرسانی‌های است. در الیگوسن میانی تا میوسن تزریق توده‌های دیوریتی تا گرانودیوریتی موجب تشکیل ذخایر مس پورفیری منطقه شده و در بسیاری از نواحی نیز هاله‌های دگرسانی وسیعی در اطراف این توده‌های نفوذی که بیشتر به صورت باتولیت‌های کوچک و استوک هستند، تشکیل شده و در ادامه، در میوسن بالایی تکمیل‌کننده چرخه پلوتونیسم در منطقه بوده‌اند (اصفهان‌نژاد و رحیمی، ۱۳۷۹).

این منطقه یکی از مناطق عمده با پتانسیل مس پورفیری در کمربند متالورژی کرمان است. رخداد و کانسارهای بسیار مس با زایش‌های متفاوت گزارش شده‌اند که بیشتر در ارتباط با جایگیری توده‌های گرانیتیویدی در میوسن هستند.

#### ۳- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه

برای بررسی شکستگی‌های منطقه، گسل‌ها (شامل گسل‌های ممتد و منقطع) و همچنین سیستم‌های درزه‌ای مورد تحلیل قرار گرفت. گسل‌های منطقه عمدتاً حرکت راست‌الغز داشته (در مواردی همراه با مؤلفه‌های کوچکی از راندگی یا پائین‌افتادگی) و در روندهای مختلف دیده می‌شوند. با بررسی انجام شده، مشخص شده که گسل‌های منطقه بر اثر عملکرد برش که بر کمربند ارومیه - دختر اعمال می‌شده، تشکیل شده‌اند. سپس با ادامه برش و تغییر شکل پیشرونده، در گسل‌ها و روابط هندسی بین آنها تغییراتی به‌وجود آمده است. سیستم‌های درزه‌ای منطقه‌ای نیز عمدتاً بر اثر عملکرد برشی و همچنین فرایند چین‌خوردگی توسعه یافته‌اند. به‌علت تغییر شکل پیشرونده در منطقه برشی، سیستم‌های درزه‌ای نیز تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. تعداد زیادی از لایه‌های توفی که دربرگیرنده سیستم‌های درزه‌ای هستند، چرخیده‌اند و همچنین دیگر توده‌های نفوذی نیز بر اثر عملکرد برش تغییراتی را متحمل شده‌اند. از دیگر عوامل تغییر شکل منطقه، می‌توان به مناطق برشی کوچکی که بین گسل‌های منطقه تشکیل می‌شوند، اشاره کرد. این مناطق برشی باعث پیچیده‌تر شدن سیستم‌های درزه‌ای، به‌هم‌ریختگی لایه‌بندی‌ها شده‌اند.

گسل‌های خاوری - باختری منطقه قدیمی‌ترین گسل‌های منطقه هستند. عمده این گسل‌ها نسبت به گسل‌های دیگر منطقه طویل‌تر بوده و در راستای محور طویل توده‌های نفوذی دیده می‌شوند. به دلیل عملکرد فرسایش و مشاهده نشدن سطوح گسلی و شواهدی که بیانگر فعالیت دوباره این گسل‌ها باشد، به نظر می‌رسد این گسل‌ها از نوع گسل‌های اولیه در منطقه بوده که به دلیل اینکه این گسل‌ها مجموعه آتشفشانی ائوسن را نیز متأثر ساخته‌اند، پس از ائوسن شکل گرفته‌اند. اگر میزان گوژ یا برش گسلی در امتداد گسل ناچیز باشد یا مشاهده نشود گسل از نوع درزه‌های گسلش یافته است (Englender et al., 1975). این ویژگی در اغلب گسل‌های منطقه به روشنی دیده می‌شود.

روند غالب درزه‌های منطقه همخوانی خوبی با روند گسل‌های اصلی منطقه دارند. نکته آخر اینکه در سطح بیشتر گسل‌های محلی پرشدگی‌هایی از جنس کلریت و کلسیت دیده می‌شود که در اثر گسلش متأثر گشته‌اند، جنس این پرشدگی‌ها با پرشدگی درزه‌های مجاور گسل‌ها یکسان بوده که بیانگر این مطلب است که گسل‌های یادشده همان درزه‌های گسلش یافته هستند.

مختلف در منطقه دیده شوند، منطقه دارای خردشدگی بیشتر و در نتیجه مکان برای تشکیل کانسار مهاتر خواهد بود.

با استفاده از مقادیر به دست آمده از رابطه PF نقشه کنتروری ضریب خطوارگی منطقه با استفاده از نرم افزار Surfer تهیه شد (شکل ۹). با مطالعه این نقشه مشخص شد نواحی که در آنها کانسار سازی شده ارتباط زیادی با مقادیر بالای ضریب خطوارگی دارند. در ضمن انطباق مناسبی بین نواحی با ضریب خطوارگی بالا با نواحی دارای دگرسانی سطحی قابل مشاهده است.

با توجه به اینکه سیستم های کانه زایی در کمرندهای ولکانو - پلوتونیک دنیا ارتباط بسیار تنگاتنگی با گسل های امتداد لغز تشکیل شده در این کمان ها دارند (Richards et al., 2000; Caranza & Hale, 2002)، به نظر می رسد که محل تقاطع گسل ها و تعدد جهات گسلی می تواند محیط های مناسب برای نفوذ توده های ماگمایی پورفیری را ایجاد نماید به گونه ای که این توده ها نیز در کمان های ماگمایی به طور عمده همراه با کانه زایی های مس به ویژه سیستم های پورفیری هستند. بدین ترتیب می توان نتیجه گرفت که عوامل مختلفی در تشکیل کانسارهای مس پورفیری مؤثرند که دو عامل مهم آن شامل زمین ساخت منطقه و دیگری وجود درزه و شکستگی است.

#### ۵- بحث و نتیجه گیری

این مطالعات نشان می دهد که منطقه مورد مطالعه متأثر از یک پهنه برشی راست گرد است و سیستم های کانه زایی در این کمرندهای ولکانو - پلوتونیک ارتباط بسیار نزدیکی با گسل های امتداد لغز دارد. عامل اصلی انتقال دهنده سیال های گرمایی کانسار ساز، سنگ های خرد شده و شکستگی های محلی هستند که وجود این شکستگی ها می تواند در ایجاد دگرسانی سطحی نیز مؤثر باشد. این در حالی است که در برخی مناطق فاقد دگرسانی سطحی با ضریب خطوارگی تصویر بالا مناطق حاوی مس پورفیری قابل مشاهده است. رسم نقشه خطوارگی با استفاده از روش های دورسنجی مانند اعمال فیلترهای جهت دار بر روی داده های ماهواره لندست ۸\* ETM و رسم نقشه ضریب خطوارگی تصویر راهی برای اکتشاف کانسارهای مس پورفیری معرفی می شود. هر چند که عوامل مختلفی در تشکیل کانسارهای مس پورفیری مؤثرند ولی بررسی ها نشان می دهد انطباق بسیار خوبی بین ضریب دسته جهت خطواره ها، تقاطع خطواره ها با موقعیت کانسارهای پورفیری وجود دارد که با رسم این نقشه ها و انطباق آن با توده های نفوذی کم ژرفا می تواند روش مناسبی برای شناسایی کانسارهای مس پورفیری باشد.

مطالعاتی در نظر گرفته شده و روی نقشه خطواره های منطقه پیاده شد (شکل ۴). سپس پارامترهای تعداد، طول، تعداد تقاطع و تعداد دسته جهت در ۱۰۴۲ سلول به طور مجزا محاسبه و به کمک رابطه زیر ضریب خطوارگی در هر سلول محاسبه شد.

$$PF = (a/A) + (b/B) + (c/C) + (d/D)$$

در این رابطه:

a = تعداد خطواره ها در هر سلول، A = میانگین آنها در کل نقشه، b = طول خطواره ها در هر سلول، B = میانگین آنها در کل نقشه، c = تعداد تقاطع خطواره ها در هر سلول، C = میانگین آنها در کل نقشه، d = تعداد دسته جهت ها در هر سلول، D = میانگین دسته جهت ها در کل نقشه.

ابتدا تعداد خطواره ها در هر سلول محاسبه و پس از تقسیم تعداد خطواره ها در هر سلول به میانگین تعداد خطواره ها در کل نقشه عددی به دست آمد که پس از انتقال آنها به نرم افزار Surfer نقشه کنتروری آن رسم شد (شکل ۵).

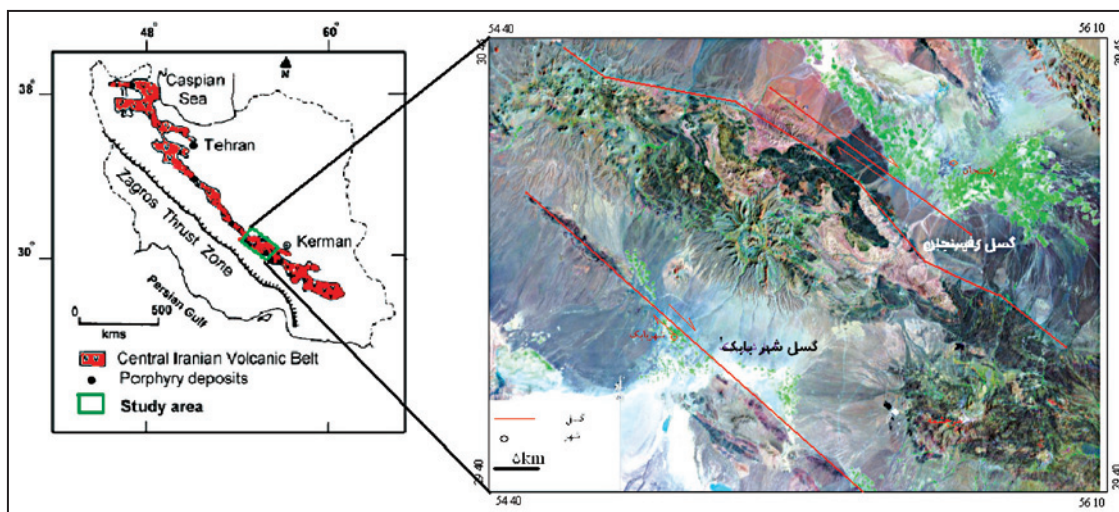
سپس طول خطواره ها در هر سلول محاسبه و پس از تقسیم طول خطواره ها در هر سلول به میانگین، طول خطواره ها در کل نقشه عددی به دست آمد که پس از انتقال آنها به نرم افزار Surfer نقشه کنتروری آن رسم شد (شکل ۶).

همان طور که در نقشه دیده می شود طول خطواره ها نقشی اساسی در باروری کانسارهای مس در منطقه ندارد. در مرحله بعد تعداد تقاطع خطواره ها در هر سلول محاسبه و پس از تقسیم تعداد تقاطع خطواره ها در هر سلول به میانگین، تعداد تقاطع خطواره ها در کل نقشه عددی به دست آمد که پس از انتقال آنها به نرم افزار Surfer نقشه کنتروری آن رسم شد (شکل ۷).

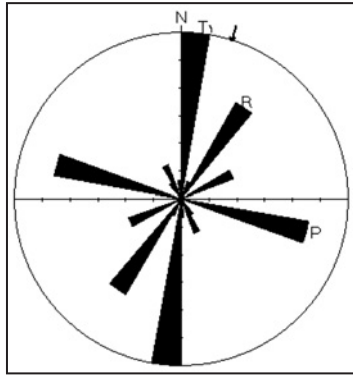
همان طور که در نقشه دیده می شود تعداد تقاطع خطواره ها نقش مهمی در باروری و تشکیل کانسارهای مس پورفیری در منطقه ندارند. به نحوی که انطباق نسبتاً خوبی بین کانسارهای پورفیری منطقه با بیشترین تمرکز تقاطع در منطقه دیده نمی شود.

سپس تعداد دسته برای خطواره ها در هر سلول محاسبه و پس از تقسیم تعداد دسته جهت خطواره ها در هر سلول به میانگین تعداد دسته جهت خطواره ها در کل نقشه عددی به دست آمد که پس از انتقال آنها به نرم افزار Surfer نقشه کنتروری آن رسم شد (شکل ۸).

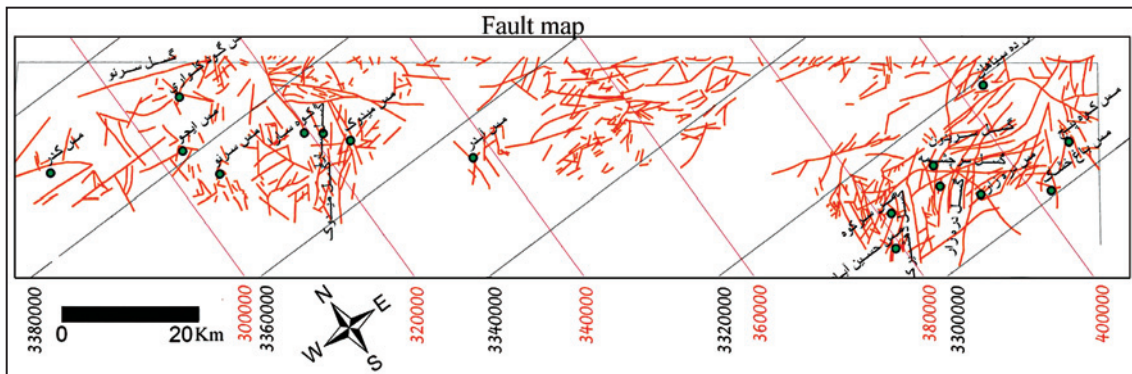
همان گونه که در نقشه دیده می شود تعداد دسته جهت خطواره ها نقش مهمی در باروری و تشکیل کانسارهای مس پورفیری در منطقه ایفا کرده اند. به گونه ای که انطباق نسبتاً خوبی بین کانسارهای پورفیری منطقه با بیشترین تمرکز دسته جهت خطواره ها در منطقه دیده می شود. این بدین معناست که هر قدر خطواره ها در جهات



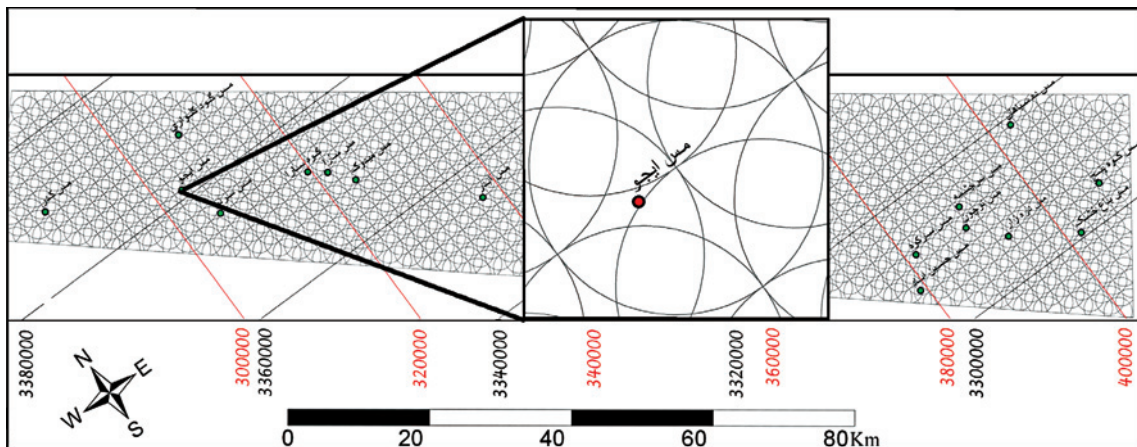
شکل ۱- نقشه موقعیت کمر بند آتشفشانی - رسوبی ایران مرکزی و تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه (Shahabpour, 1994).



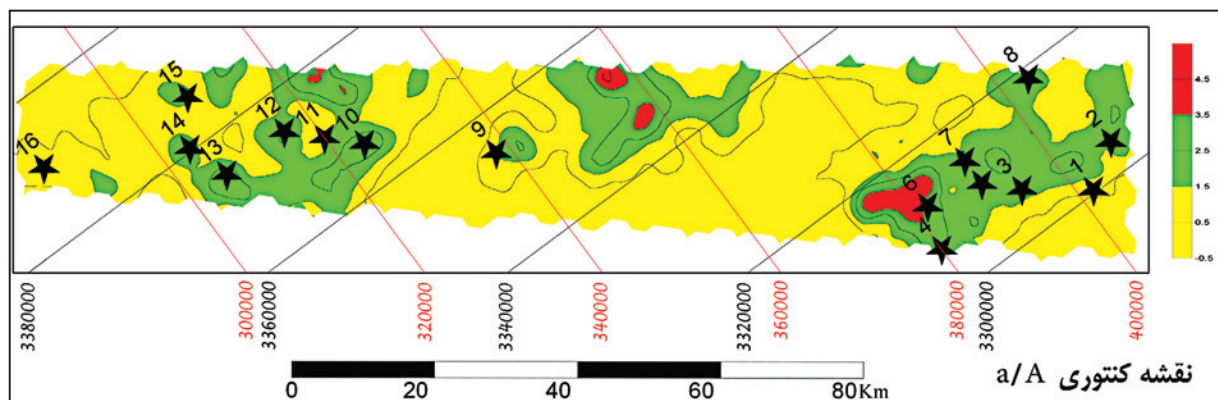
شکل ۲- نمودار گل سرخی که روند چیره درزه‌های منطقه را نشان می‌دهد.



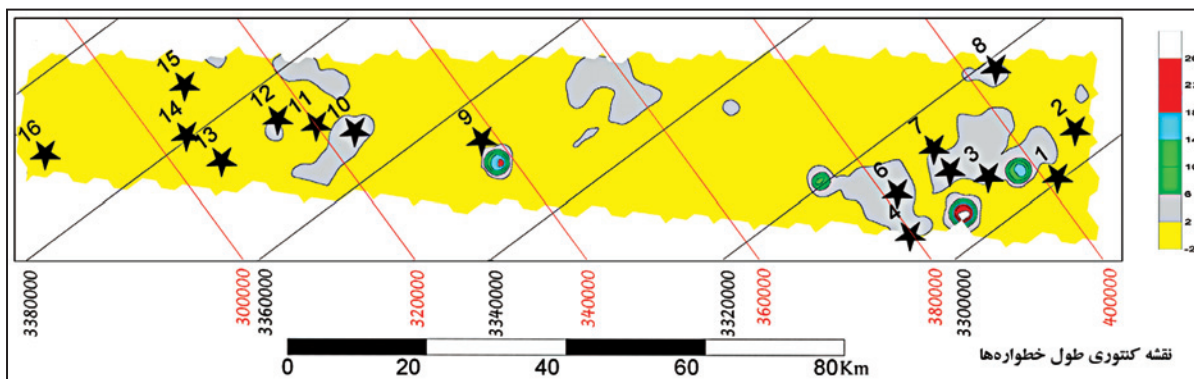
شکل ۳- نقشه گسل‌های منطقه مورد مطالعه مستخرج شده از تصاویر ماهواره‌ای.



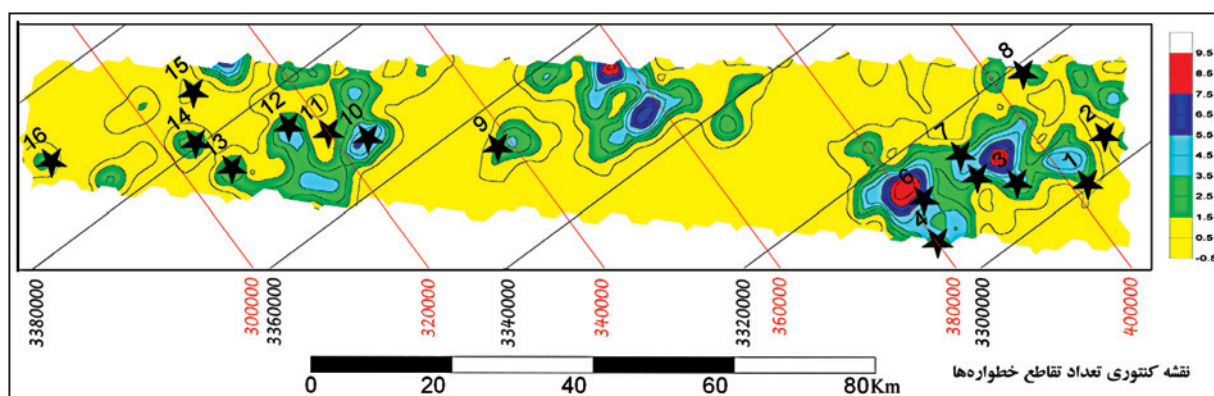
شکل ۴- شبکه سلولی با ابعاد ۲×۲ کیلومتر.



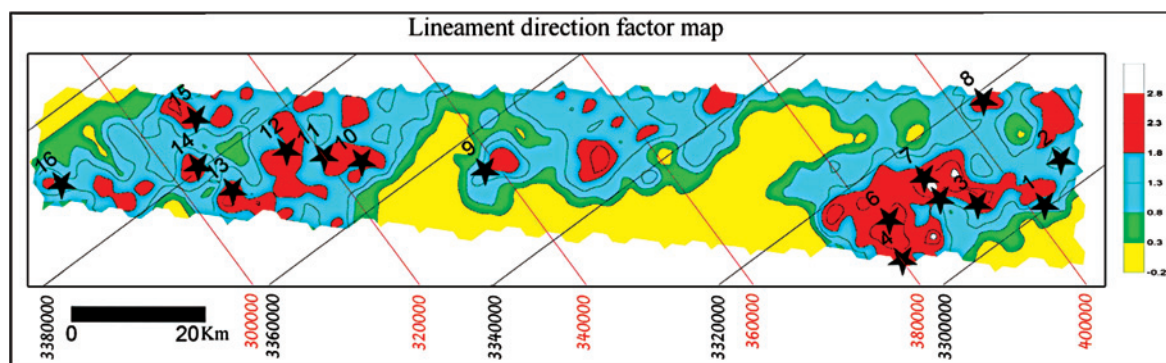
شکل ۵- نقشه کنتوری a/A در منطقه مورد مطالعه. در نقشه فوق اعداد بیانگر کانسارهای پورفیری منطقه به شرح زیر است: باغ خشک، کوه پنج، دره زار، حسین آباد، نوچون، سرکوه، سرچشمه، ده‌سیاهان، آبدر، میدوک، سارا، کوه سارا، سرنو، ایجو، گودکلواری، کدر.



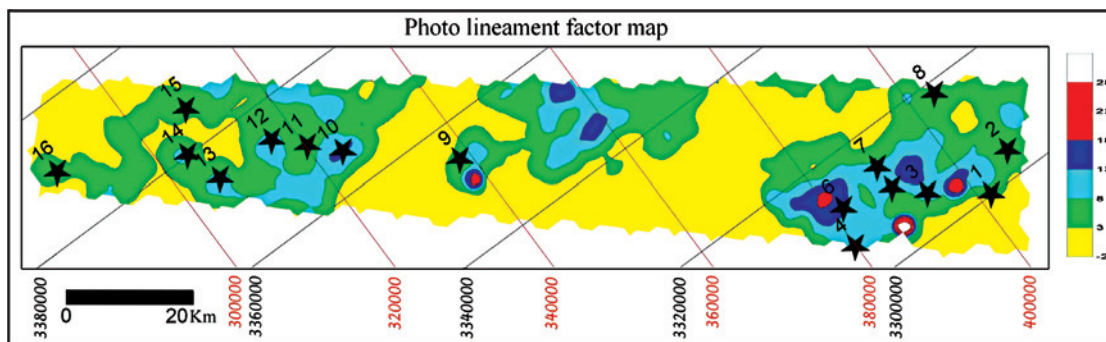
شکل ۶- نقشه کنتوری طول خطواره‌ها b/B در منطقه مورد مطالعه. در نقشه یادشده اعداد بیانگر کانسارهای پورفیری منطقه به شرح زیر است: باغ خشک، کوه پنچ، دره زار، حسین آباد، نوچون، سرکوه، سرچشمه، ده سیاهان، آبدر، میدوک، سارا، کوه سارا، سرنو، ایجو، گود کلواری، کدر.



شکل ۷- نقشه کنتوری تعداد تقاطع خطواره‌ها c/C در منطقه مورد مطالعه. در نقشه بالا اعداد بیانگر کانسارهای پورفیری منطقه به شرح زیر است: باغ خشک، کوه پنچ، دره زار، حسین آباد، نوچون، سرکوه، سرچشمه، ده سیاهان، آبدر، میدوک، سارا، کوه سارا، سرنو، ایجو، گود کلواری، کدر.



شکل ۸- نقشه کنتوری تعداد دسته جهت خطواره‌ها d/D در منطقه مورد مطالعه. در نقشه فوق اعداد بیانگر کانسارهای پورفیری منطقه به شرح زیر است: باغ خشک، کوه پنچ، دره زار، حسین آباد، نوچون، سرکوه، سرچشمه، ده سیاهان، آبدر، میدوک، سارا، کوه سارا، سرنو، ایجو، گود کلواری، کدر.



شکل ۹- نقشه ضریب خطوارگی PF در منطقه مورد مطالعه در نقشه فوق اعداد بیانگر کانسارهای پورفیری منطقه به شرح زیر است: باغ خشک، کوه پنچ، دره زار، حسین آباد، نوچون، سرکوه، سرچشمه، ده سیاهان، آبدر، میدوک، سارا، کوه سارا، سرنو، ایجو، گود کلواری، کدر.

## کتابنگاری

- اشرفی، س.ع، ۱۳۸۵- تحلیل ساختاری منطقه معدنی سرچشمه و بررسی تأثیر خطواره‌ها بر پایداری شیب دیواره‌های معدن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم تحقیقات و فناوری دانشگاه شهید بهشتی.
- اصفهان‌نژاد، م. و رحیمی، م. ۱۳۷۹- گزارش تهیه نقشه پتانسیل موادمعدنی در گستره برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ شهر بابک با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- تقی‌زاده‌زادقویی، ح.، ۱۳۷۵- بررسی ارتباط تکتونیک و کانی‌سازی در شمال شرق پاریز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۵۶ ص.
- علیزاده سالومحله، ح.، ۱۳۸۹- نقش عوامل تکتونیکی و ساختاری در تشکیل و باروری کانسارهای مس پورفیری در بخش میانی کمر بند مس دار کرمان، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۶۲ ص.
- هنرمند، م. و رنجبر، ح.، ۱۳۸۴- کاربرد روش‌های مختلف پردازش تصویر داده‌های ETM<sup>+</sup> به منظور اکتشاف کانسارهای مس نوع پورفیری و رگه‌ای در منطقه کوه ممزار- کوه پنج در استان کرمان، علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، سال پانزدهم، شماره ۱۱۰، ۵۷-۱۲۷.

## References

- Berberian, F. & Berberian, M., 1981- Tectono-plutonic episodes in Iran, In: Gupta, H. K., Delany, F. M. (Eds.), Zagros, Hindu Kush, Himalaya. Geodynamic Evolution, American Geophysical Union, Geodynamics Series 3, pp. 5-32.
- Caranza, E. J. M. & Hale, M., 2002- Where are porphyry copper deposits spatially localized? A case study in Benguet province, Philippines, Natural Resource Research, v. 11, No. p. 45- 59.
- Dimitrijevic, M. D., 1973- Geology of Kerman region, Geology Survey of Iran, report Yu/52, 334 pp.
- Engelder, T., Logan, J. M. & Handin, J., 1975- The sliding characteristics of sandstone on quartz fault-gouge. Pure and Applied Geophysics 113, 69-86.
- Hardcastle, K. C., 1995- Photolineament Factor: A new computer-aided method for remotely sensing the degree to which bedrock is fractured, Photogrammetric Engineering Remote Sensing, v. 61, p. 739- 747.
- Padilla Garza, R. A., Titley, S. R. & Francisco Pimentel, B., 2001- Geology of the Escondida porphyry copper deposit, Antofagasta region, Chile. Economic Geology 96, 307- 344.
- Richard, S. J. P., Boyce, A. J. & Pringle, M. S., 2000- Geologic evolution of the Escondida area, northern Chile: a model and temporal localization of porphyry Cu mineralization: Economic Geology, v. 98, p. 1515- 1513.
- Ryan, P. D. & Dewey, J. F., 1990- A geological and tectonic cross-section of the Caledonides of western Ireland. Journal of the Geological Socio, London, 148, 173-180.
- Shahabpour, J., 1994- Post-mineralization breccia dike from the Sar Cheshmeh porphyry copper deposit, Kerman, Iran, Exploration and Mining Geology, v. 3, p. 39- 43.
- Storti, F., Rossetti, F., Läufer, A. L. & Salvini, F., 2006- Consistent kinematic architecture in the damage zones of intraplate strike-slip fault systems in North Victoria Land, Antarctica and implications for fault zone evolution. In: Journal of Structural Geology, 28, S. 50-63.
- Swanson, M. T., 1988- Pseudotachylite-bearing strike-slip duplex structures in the Fort Foster Brittle Zone, S. Maine, Journal of Structural Geology, 10, 813-828.
- Titley, S. R. & Beane, R. E., 1981- Porphyry copper deposits. Part 1. Geologic setting, petrology, and tectogenesis: Part 2. Hydrothermal alteration and mineralization, Economic Geology, 75th Anniversary, Volume: 214-269.
- Wester, K., 1992- Spectral signature measurements and image processing for geological remote sensing: PhD Thesis, Department of Physical Geography, Stockholm University, Stockholm.
- Zarasvandi, A., 2004- Magmatic and structural controls on localization of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposits, Yazd Province, Central Iran, PhD thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran, 280p.
- Zarasvandi, A., Liaghat, S. & Zentilli, M., 2005- Geology of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposit, central Iran, International Geology Reviews, v. 47, no. p. 620- 646.