مجله زمین‌شناسی اقتصادی
جلد ۷، شماره ۲ (سال ۱۳۹۴)
صفحات ۳۸۵ تا ۴۰۲

Journal of Economic Geology
Vol. 7, No. 2 (2015-2016)
ISSN 2008-7306

بررسی ارتباط ساختاری ـ زایشی کانی‌سازی مس در مناطق خضرآباد و شهربابک: با استفاده از آنالیزهای Fry و Fractal

علیرضا زراسوندی[1]، بابک سامانی[1]، هوشنگ پورکاسب[1]، زهرا خورسندی[*1] و یعقوب جلیلی[2]

۱) گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز ، اهواز، ایران
۲) گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۸، پذیرش: ۱۳۹۴/۳/۳۰

چکیده

مناطق کانه‌دار خضرآباد و شهربابک به ترتیب واقع در استانهای یزد و کرمان، در کمربند آتشفشانی ـ نفوذی ایران می‌باشند که دارای پتانسیل کانه‌زایی مس با عیار مطلوب هستند. توده‌های گرانیتوئیدی با نفوذ در واحدهای رسوبی کرتاسه و سکانس آتشفشانی ـ رسوبی بعد از آن (ائوسن ـ میوسن)، کانه‌زایی مس پورفیری و اسکارن سازی را در منطقه باعث شده‌اند. هدف از انجام این تحقیق بررسی نقش کنترل کننده‌های ساختاری به‌خصوص گسلهای امتدادلغز بزرگ و گسلهای ثانویه مرتبط با آنها در جای‌گیری کانسارهای مس پورفیری است. آنالیز Fry و Fractal به‌عنوان روشهای مکمل جهت ایجاد این ارتباط در فهم چگونگی توزیع مکانی و ارزیابی ذخایر معدنی به کار رفته است. به‌طور کلی روند عمومی تجمع کانیایی در مناطق خضرآباد و شهربابک به‌صورت NW/SE ، NE/SW می‌باشد و هم‌خوانی نسبتاً خوبی را با روند شکستگیهای غالب منطقه با ماهیت کششی نشان می‌دهد، نتایج آنالیز Fry و Fractal نشان‌دهنده همبستگی خوبی بین چگونگی توزیع مکانی اندیس‌های مس و روند عمومی شکستگیها و گسلها می‌باشد. به‌طور کلی نتایج حاصله نشان می‌دهد که جای‌گیری این توده‌ها به همراه کانه‌زایی مس با زایش عمدتاً پورفیری، در یک شکستگی و یا فضای کششی[1] صورت گرفته که این زون‌های کششی مابین گسلهای راستالغز فرعی ناشی از یک مؤلفه دگرشکلی اصلی تشکیل شده است. لذا شناسایی این زون‌های کششی و توده‌های گرانیتوئیدی جای‌گیر شده در آنها می‌تواند به‌عنوان یک الگوی اکتشافی جهت کانسارسازی مس در مناطق خضرآباد و شهربابک مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: *کانه‌زایی مس، مس پورفیری، کنترل کننده‌های ساختاری، آنالیز Fry، Fractal*

مقدمه

به‌طور کلی مدل زایشی کانسارهای گرمابی را می‌توان به دو صورت بررسی نمود: یکی مدل زایشی مرتبط با فرآیندهای زمین‌شناسی و زمین‌شیمیایی و دیگری مدل زایشی در ارتباط با فرآیندهای دگرشکلی پوسته‌ای و محیط ژئودینامیکی، (Kesler, 1997). مطالعات اخیر، پادیلا و همکاران (Padilla et al., 2001) نشان می‌دهد که تشکیل و جای‌گیری کانسارهای مس پورفیری نه تنها تحت تأثیر فرآیندهای ماگمایی و گرمابی می‌باشد بلکه تکتونیک ناحیه‌ای، محلی و رژیم‌های تکتونیکی در زمان تشکیل این کانسارها نیز اهمیت بسیار زیادی دارد. توسدال و ریچارد (Tosdal and Richards, 2001) معتقدند که کانسارهای مس پورفیری در مقایسه با سایر کانسارهای گرمابی به طرز جالب توجهی هم‌زاد با توده های نفوذی پورفیری‌اند که در امتداد سیستم‌های گسلی امتدادلغز کمانهای قاره‌ای و جزیره‌ای می‌باشند. بنابراین به‌منظور بررسی جایگاه مناسب جای‌گیری نفوذیهای پورفیری و کانسارهای مس همراه آنها، شناسایی محلهای تمرکز سیالات ماگمایی درون پوسته بسیار با اهمیت است (Carranza and Hale, 2002). اکثر ذخایر مس ایران به خصوص پورفیری‌ها در زون آتشفشانی ـ نفوذی ارومیه ـ دختر

*مسؤول مکاتبات: khorsandiz@yahoo.com

1. Tentional Gash

Archive of SID
www.SID.ir

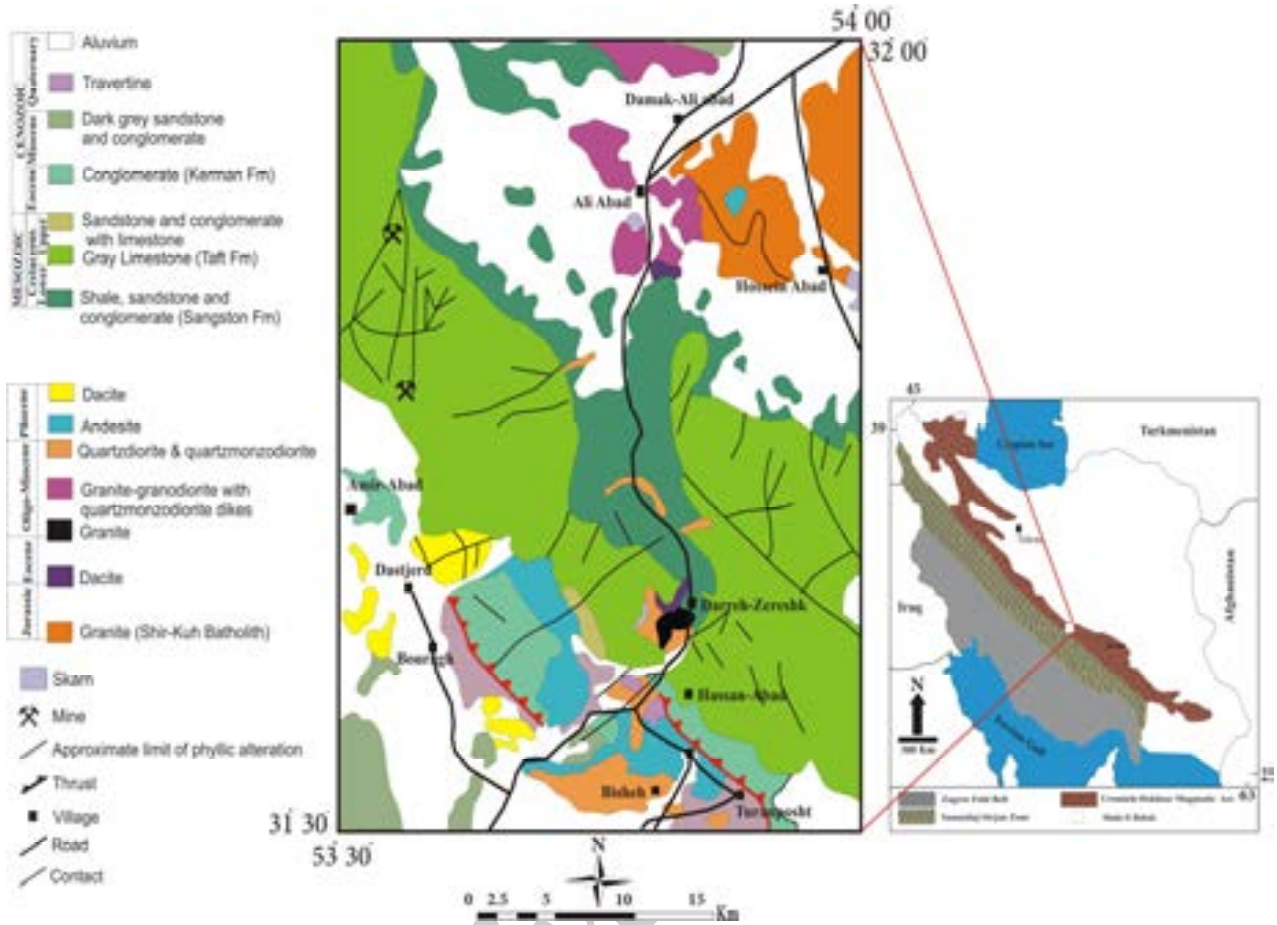
واقع می‌باشند که ارتباط زمانی و مکانی بسیار زیادی با گسلهای امتدادلغز و توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی میوسن در این زون دارند (Mehrabi et al., 2005)، از جمله دو منطقه خضرآباد و شهربابک که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند. اکنون مطالعات و بررسیهای مختلفی بر روی کانسارها و ذخایر مس ایران صورت پذیرفته و از دیدگاههای مختلف نظیر ویژگیهای لیتولوژی، زون‌های ساختاری و یا حتی جغرافیایی زون‌بندی و ایالت‌بندی شده‌اند، (Khoie et al., 1999; Bazin and Hubner, 1969). همان‌گونه که گفته شد ممکن است عوامل و فاکتورهای مختلف زمین‌شناسی در توزیع مکانی کانسارها واندیس‌های مس نقش داشته باشند. در این تحقیق نقش کنترل‌کننده‌های ساختاری در این توزیع مکانی مورد بررسی قرار گرفته است. در حال حاضر از روشهای رایانه‌ای و مدل‌سازی برای آنالیز داده‌های گوناگون استفاده می‌شود. نوع پراکندگی فضایی نهشته‌های کانیایی اهمیت زیادی در اکتشاف ناحیه‌ای و پایه‌ای ذخایر ناشناخته دارد(Vearncombe and Vearncombe, 1999). روشهای گوناگونی جهت آنالیز الگوهای پراکندگی خاص از نهشته‌های کانیایی وجود دارد، از جمله روش Fry و Fractal آنالیز Fry هنگامی‌که با مجموعه‌ای از نقاط مانند رخدادهای نهشته‌های کانیایی سر و کار داریم می‌توانند به‌عنوان یک روش مکمل همراه با آنالیز Fractal به کار رود (Najafi et al., 2010). در این پژوهش اطلاعات نقطه‌ای مربوط به اندیس‌ها و کانسارهای مس و همچنین گسلهای موجود در دو منطقه انتخابی (شهربابک و خضرآباد) واقع در زون ارومیه ـ دختر، با استفاده از آنالیز Fry و Fractal مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

زمین‌شناسی

فعالیتهای آتشفشانی در ایران مرکزی به نام کمربند آتشفشانی ارومیه ـ دختر یا آتشفشان‌های سهند ـ بزمان به‌صورت رشته کوههایی از آذربایجان (سهند و سبلان) تا بزمان ــ تفتان در بلوچستان ادامه دارد، این کمربند (ارومیه ــ دختر) با ۱۷۰۰ کیلومتر طول و با ۱۰۰ کیلومتر عرض به موازات منطقه روراندگی زاگرس گسترش دارد. اکثر ذخایر مس ایران به خصوص پورفیری‌ها در زون ولکانو پلوتونیک ارومیه ـ دختر واقعند که ارتباط زمانی و مکانی بسیار جالبی با گسلهای امتدادلغز و توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی میوسن در این زون دارند (Mehrabi et al., 2005). فعالیت آتشفشانی در کمربند آتشفشانی ـ نفوذی ارومیه ـ دختر از کرتاسه شروع شده و در دوره ائوسن به نهایت فعالیت خود رسیده است. منطقه خضرآباد به لحاظ ساختاری در مرز زون ایران مرکزی وکمربند ارومیه ــ دختر قرار دارد. دوره ائوسن با تشکیل کنگلومرای کرمان شروع می‌شود و با جای‌گیری نهشته‌های رسوبی-آتشفشانی تکمیل می‌گردد. این واحد و واحدهای زیرین آن توسط طیف وسیعی از سنگهای آتشفشانی شامل آندزیت، بازالت، داسیت و مواد پیروکلاستیک و آذرآوری پوشیده شده است. گستردگی این واحدهای رسوبی‌ــ آتشفشانی در نواحی جنوبی منطقه بسیار بیشتر است (Dehghani, 2000). این سنگهای رسوبی‌ــ آتشفشانی در منطقه توسط سنگهای نفوذی گرانیتوئیدی(الیگومیوسن) قطع شده‌اند (Zarasvandi, 2004) و توده‌های نفوذی منطقه دارای ترکیبی از گرانیت تا دیوریت با بافت پورفیری می‌باشند. به نظر می‌رسد که در ابتدای فاز ماگماتیسم توده‌های گرانیت آلکالن به خصوص در نواحی شمالی منطقه نفوذ کرده‌اند و فاز نهایی سنگهای گرانیتوئیدی منطقه متشکل از دیوریت می‌باشند. این سنگهای گرانیتوئیدی با بافت پورفیری اسکارن-سازی و کانه‌زایی مس از نوع پورفیری را در منطقه باعث شده‌اند (شکل ۱). قسمت اعظم منطقه گستره مورد مطالعه شهربابک را واحدهای آندزیتی ائوسن به همراه واحدهای آتشفشانی‌ــ رسوبی ائوسن پوشانده است. البته در نواحی مرکزی، شرق و شمال غرب منطقه، توده‌های کوچکی از متاولکانیک‌های منتسب به کرتاسه نیز به چشم می‌خورد. از سیماهای بارز این منطقه وجود حجم عظیمی از سنگهای آتشفشانی ائوسن (عمدتاً آندزیت) است که به‌عنوان میزبان اصلی اکثر کانه‌زایی و دگرسانی در منطقه ایفای نقش می‌کند. در الیگوسن میانی تا میوسن تزریق توده‌های دیوریتی تا گرانودیوریتی موجب تشکیل ذخایر مس پورفیری منطقه و اکثر رخدادهای مس شده‌اند(Zarasvandi et al., 2005). در بسیاری از نواحی نیز هاله‌های دگرسانی وسیعی در اطراف این توده‌های نفوذی که اغلب به‌صورت باتولیت‌های کوچک و استوک دیده می‌شوند تشکیل شده است. در ادامه دایک‌ها و استوک‌های دیوریتی-کوارتزدیوریتی در میوسن بالایی تکمیل کننده چرخه پلوتونیسم در منطقه بوده‌اند (شکل ۲).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. نقشه ساده شده زمین‌شناسی منطقه خضرآباد

Fig. 1. Simplified regional geologic map of The Khezr Abad

روش کار

آنالیز Fry

آنالیز Fry ابتدا در سال ۱۹۷۹ جهت تحلیل کرنش در سنگها به کار گرفته شد اما پس از آن توسط ویرنکومب و ویرنکومب (Vearncombe and Vearncombe, 1999) برای تحلیل توزیع مکانی کانسارهای مختلف مورد استفاده قرار گرفت. این آنالیز یک روش هندسی خود انطباقی برای داده‌های نقطه‌ای می‌باشد. با کاربرد این روش می توان برای n نقطه، که هر نقطه می‌تواند موقعیت مکانی یک کانسار و کان‌توده باشد، $(n(n-1))$ رابطه مکانی برای کانسارها و اندیس‌های معدنی حاصل نماید. انتقالهای این نقاط بر اساس یک نقطه مرکزی و خطوط مرجع[1] صورت می‌گیرد که به‌عنوان الگو یا طرح Fry معروف است. همچنین در ایران نیز از این روش تحلیلی برای بررسی توزیعهای مکانی کانسارهای کرومیت، توسط یعقوب‌پور و حسن‌نژاد (Yaghoubpour and Hassan Nezhad., 2006)، سرب و روی، حسن‌نژاد و همکاران (Hassan Nezhad et al., 2001)، آهن، نجفی و همکاران (Najafi et Al., 2010) و مس، تنهایی و همکاران (Tanhaei et al., 2010) استفاده شده است. آنالیز Fry به دو صورت دستی و رایانه‌ای انجام می‌شود که در مطالعه حاضر این آنالیز توسط نرم‌افزار Dot Proc صورت پذیرفته است. پس از جمع‌آوری اندیس‌ها و کانسارهای مس موجود در دو منطقه خضرآباد و شهربابک، مختصات x و y اندیس‌های موجود هر کدام از مناطق مورد مطالعه به‌طور جداگانه به نرم‌افزار معرفی و بعد از وارد نمودن مختصات اندیس‌ها و کانسارها، الگوی Fry دو منطقه یادشده به‌دست آمد. همان‌طور که ذکر شد آنالیز Fry و Fractal مکمل یکدیگرند. مبنای روش مطالعه در فرکتال محاسبه ابعاد فرکتالی برای

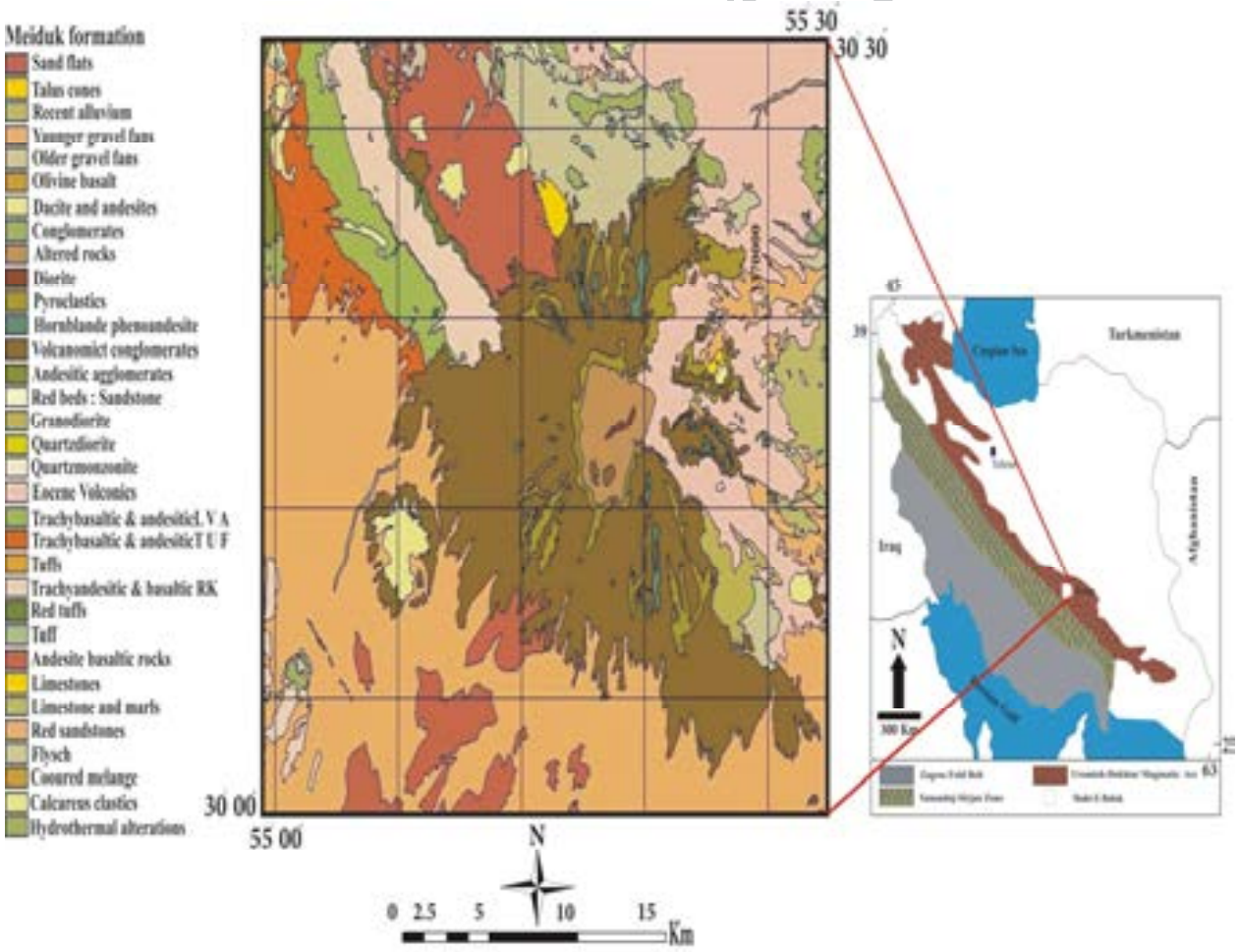
1. Reference Lines

Archive
www.SID.ir

عناصر هندسی و اقلیدسی است. بر اساس مفاهیم هندسی اقلیدسی ابعاد عناصر هندسی اعداد صحیح ۳و۲،۱،۰ برای نقطه، خط، صفحه و حجم هستند که هر کدام از اینها بیانگر عناصر هندسی نامحدود می‌باشند. در طبیعت مادی همه عناصر محدود بوده و عملاً پاره خط، پاره صفحه یا پاره حجم هستند. بنابراین ابعاد هندسی اقلیدسی به‌خوبی نمی‌توانند بیانگر ویژگی پدیده‌ها با هم و یا مقایسه آنها با یکدیگر باشند، ولی ابعاد فرکتالی می‌توانند اعداد اعشاری بوده، بدین‌ترتیب محدودیتی در اندازه‌گیری هیچ‌کدام از فرآیندهای طبیعی با این روش وجود ندارد. یکی از روشهای بررسی توزیع ناحیه‌ای گسلها، تحلیل فرکتالی آنهاست. الگوهای زمین‌ساختی برای توزیع فرکتالی گسلها توسط، تورکت (Turcotte, 1992) ارائه شده است. در این الگو با استفاده از روش مربع شمار[1] ابعاد فرکتالی را در جهت توجیه توزیع صفحات شکستگی در مناطق گسلیده محاسبه می‌کنند. اصول این روش ترسیم نمودارهای لگاریتمی ـ لگاریتمی است که در آن تعداد مربعهای حاوی گسل N_r بر حسب طول شبکه اندازه‌گیری r یا عکس آن $1/r$ رسم شده است. در این پژوهش هرکدام از مناطق ابتدا به مربعهایی تقسیم‌بندی شده و سپس هر مربع به‌طور جداگانه شبکه‌بندی (شکلهای ۷ و ۹)، نمودار لگاریتمی آن ترسیم و بعد فرکتالی هر کدام از مربعها به‌دست آمد. برای به‌دست آوردن بعد فرکتالی رابطه زیر تعریف شده است:

$$\text{Log}(N_r) = a + K \log (1/r)$$

که ضریب خط K در نمودار ها همان بعد فرکتالی است.



شکل ۲. نقشه ساده شده زمین‌شناسی منطقه شهربابک

Fig. 2. Simplified regional geologic map of The Shahr-e-Babak

1. Box-Counting

www.SID.ir

نتایج

تحلیل Fry در دو منطقه خضرآباد و شهربابک

مناطق خضرآباد و شهربابک به‌ترتیب دارای ۳۷ و ۴۱ اندیس و کانسار مس می‌باشند (جدولهای ۱ و ۲)، در مطالعه حاضر این آنالیز توسط نرم‌افزار Dot Proc صورت پذیرفته است. پس از جمع‌آوری اندیس‌ها و کانسارهای مس موجود در دو منطقه خضرآباد و شهربابک، مختصات x و y اندیس‌های موجود هر کدام از مناطق مورد مطالعه جداگانه به نرم‌افزار معرفی و بعد از وارد نمودن مختصات اندیس‌ها و کانسارها با توجه به شکل ۳- A و ۳- B الگوی Fry دو منطقه به‌دست آمد و به ازای ۳۷ و ۴۱ کانسار و اندیس معدنی در مناطق خضرآباد و شهر بابک به ترتیب ۱۳۳۲ و ۱۶۴۰ رابطه مکانی به‌صورت تجمعی از نقاط حاصل گردید. همچنین توسط این نرم‌افزار دیاگرام گل‌سرخی مربوط به جهت‌گیری اندیس‌های موجود در دو منطقه‌ی خضرآباد و شهر بابک نیز ترسیم شد که روند جهت‌گیریهای اصلی کانسارها و اندیس‌های مس را در مناطق یادشده نشان می‌دهد (شکل ۳- A و ۳- B).

جدول ۱. موقعیت اندیس‌ها و کانسارهای مس در منطقه خضرآباد

Table 1. Latitude and Longitude of Cu index in the Khezrabad area

Name	Latitude and Longitude		Name	Latitude and Longitude	
	x	y		x	Y
Aliabad	53° 50′59″	31° 38′24″	Mansurabad	53° 45′53″	31° 36′50″
Badamake Nasrabad	53° 48′6″	31° 43′28″	Mazraemirha	53° 45′9″	31° 43′18″
Badamake Nasrabad	53° 47′34″	31° 43′28″	Dareh zereshk	53° 55′00″	31° 31′59″
Bidestane Nasrabad	53° 48′3″	31° 34′22″	Sadre nasrabad	53° 52′00″	31° 44′60″
Cheshme Zardestan	53° 41′3″	31° 52′1″	Mohamad panahkuh	53° 44′35″	31° 55′56″
Maadane Kood2	53° 29′60″	31° 29′60″	Mohamad panahkuh	53° 54′7″	31° 45′47″
Dreh Adarbalandan	53° 43′44″	31° 40′23″	Nasrabad	53° 54′ 7″	31° 46′20″
Dreh Adarbalandan	53° 43′45″	31° 37′28″	Sadrabad	53° 39′32″	53° 44′6″
Dreh Zereshk	53° 50′41″	31° 33′28″	Sangdun Galuyek	53° 44′6″	31° 44 3″
Gurekhare Khezrabad	53° 56′41″	31° 52′42″	Maadan Khud	53° 42′30″	31° 52′60″
Khood	53° 42′33″	31° 52′59″	North of Bidadkuh	53° 54′34″	31° 36′25″
Kuhe maadanune Badamake nasrabad	53° 47′34″	31° 43′28″	North of gosale sartab	53° 48′6″	31° 44′1″
Halihuhe Adarbalandan	53° 43′22″	31° 41′16″	Adarbalandan	53° 43′44″	31° 44′1″
South of Nasrabad	53° 50′53″	31° 44′37″	Adarbalandan	53° 43′44″	31° 40′23″
South of panahkuh	53° 55′53″	31° 55′58″	Sartab	53° 48′6″	31° 44′1″
Khezrabad	53° 57′00″	31° 51′57″	Sadre Nasrabad	53° 51′60″	31° 44′60″
Khiyarabad	53° 53′57″	31° 53′17″	Mazrae mirha	53° 43′60″	31° 56′60″
Milsefid Mohammad Abad	53° 43′60″	31° 56′60″	Maadanoon	53° 47′34″	31° 43′28″
Nasrabad	53° 50′53″	31° 44′37″			

www.SID.ir

جدول ۲. موقعیت اندیس‌ها و کانسارهای مس در منطقه شهربابک

Table 2. Latitude and Longitude of Cu index in the Shahr-e-Babak area

Name	Latitude and Longitude		Name	Latitude and Longitude	
	x	y		x	y
Bidu	55° 7´30˝	30° 28´60˝	Sw of golab	55° 24´37˝	31° 2´24˝
Kuh-e-Mozahem	55° 11´24˝	30° 22´58˝	Hossein abad	55° 24´55˝	30° 21´38˝
Meiduk	55° 10´27˝	30° 25´32˝	Sw of golab	55° 24´34˝	30° 17´13˝
Sara	55° 8´17˝	30° 27´4˝	Darkhooni	55° 24´3˝	30° 17´23˝
E of Medvar	55° 5´60˝	30° 16´35˝	Golab	55° 26´10˝	30° 12´45˝
Kahtookara	55° 0´48˝	30° 23´51˝	Kuh-e-medvar	55° 24´3˝	30° 17´23˝
W of Shahr-e-Babak	55° 4´1˝	30° 10´27˝	NE of Hamdin	55° 29´36˝	30° 24´3˝
Kang	55° 2´29˝	30° 23´2˝	Goori	55° 29´23˝	30° 20´3˝
Dareh tangale	55° 3´60˝	30° 26´56˝	Badamestan	55° 28´46˝	30° 16´8˝
S of Meiduk silica vein	55° 10´0˝	30° 24´48˝	Abdar	55° 17´60˝	30° 18´28˝
Kuh-e-golab	55° 6´41˝	30° 15´10˝	Chahmesi	55° 9´60˝	30° 24´30˝
Hernashk	55° 6´41˝	30° 22´15˝	Abdar	55° 16´16˝	30° 13´23˝
South of meiduk	55° 7´35˝	30° 24´3˝	Lachah2	55° 9´60˝	30° 24´60˝
Darbidueh	55° 7´35˝	30° 26´12˝	Kalderaye abdar	55° 26´60˝	30° 21´60˝
Darbidueh	55° 6´27˝	30° 27´46˝	NW of meiduk	55° 8´15˝	30° 25´42˝
E of meiduk station	55° 7´23˝	30° 24´40˝	Godkalgovari	55° 3´10˝	30° 29´60˝
W of meiduk station	55° 8´54˝	30° 24´51˝	Reshkan	55° 20´11˝	30° 29´45˝
NW of Bandovan	55° 8´54˝	30° 22´33˝	Abdar silica vein	55° 18´34˝	30° 18´12˝
N of Kamquieh	55° 8´24˝	30° 22´53˝	Abdar	55° 18´56˝	30° 18´38˝
SE of meiduk	55° 8´49˝	30° 23´60˝	Latala	55° 10´18˝	30° 26´36˝
South of meiduk	55° 8´12˝	30° 23´54˝			

تحلیل فرکتالی در دو منطقه خضرآباد و شهربابک

استخراج شکستگیها

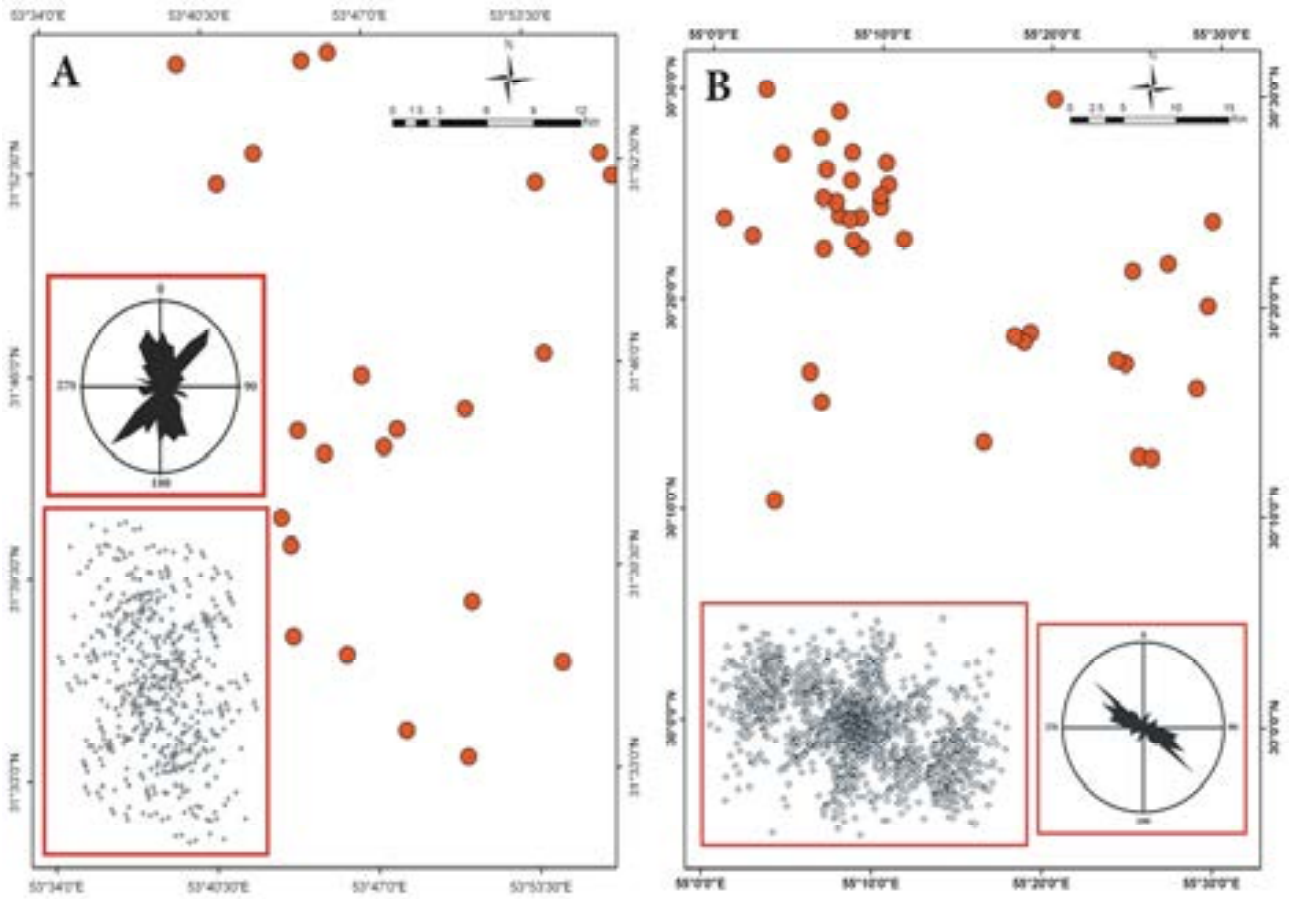
برای استخراج شکستگیها و گسلها و تعیین ارتباط آنها، از تصویر ماهواره‌ای منطقه استفاده گردید. با توجه به این‌که این ساختارها بر روی تصویر ماهواره‌ای به‌صورت خطی خود را نشان می‌دهند، با دیگر عوارض خطی نظیر خطوط آبراهه و جاده‌ها می‌توانند اشتباه گرفته شوند. بنابراین به‌منظور تشخیص گسلها و شکستگیهای تکتونیکی بر روی تصویر ماهواره‌ای از ترکیب باندی ۶:۴:۲ و همچنین تصاویر Google earthکمک گرفته شد و به‌صورت چشمی، با استفاده از علایم و نشانه‌هایی که این قبیل عوارض از خود نشان می‌دهند ترسیم گردید (شکلهای ۴ و ۵).

پس از استخراج گسلها و شکستگیها با استفاده از روشهای نام‌برده و انطباق آنها با شکستگیهای موجود در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ هر دو منطقه مورد مطالعه، در نهایت نقشه و موقعیت قرارگیری شکستگی آنها تهیه و نمودار گل‌سرخی مربوط به روند شکستگیها و گسلها در محیط Arc Gis تهیه گردید (شکل ۶- A و ۶- B).

جهت تعیین بعد فرکتالی مناطق فوق الذکر ابتدا شکستگیهای موجود در منطقه خضرآباد به ۴ مربع به طول ۳۰ کیلومتر شبکه‌بندی شد و سپس هر مربع جداگانه مورد بررسی قرار

www.SID.ir

گرفت و برای هر مربع یک بعد فرکتالی محاسبه شد. به این ترتیب هرمربع به طول ۳۰ کیلومتر به ۴ مربع با طول ۱۵ کیلومتر تقسیم گردید و به‌همین صورت به ۱۶مربع با طول ضلع ۷/۵کیلومتر، ۶۴ مربع با طول ضلع ۳/۷۵ کیلومتر، ۲۵۶ مربع با طول ضلع ۱/۸۷، ۱۰۲۴ مربع با طول ضلع ۰/۹۳ کیلومتر و ۴۰۹۶ مربع با طول ضلع ۰/۴۶ کیلومتر شبکه‌بندی شد. در شکل ۷ ترتیب شبکه‌بندی منطقه خضرآباد نشان داده شده است. سپس مربعهای حاوی گسل شمارش (جدول ۳) و نمودار لگاریتمی مربوطه ترسیم گردید و بعد فرکتالی جهت نواحی نام‌برده حاصل شد (شکل ۸- A، B، C و D).



شکل ۳. نتایج آنالیز Fry و نمودار گل‌سرخی برای روندهای جهت‌گیری اندیس‌ها و کانسارهای مس. A: خضرآباد، B: شهربابک

Fig. 3. Fry analysis and Rose diagram for trends of the Cu index and deposits A: Khezrabad, B: Shahr-E-Babak

با توجه به رسم نمودار مربوطه و ابعاد فرکتالی حاصله در (شکل ۸- A، B، C و D)، مربع b واقع در قسمت جنوب شرق منطقه بیشترین بعد فرکتالی را دارا می‌باشد.

D_a =۱/۵۴۲

D_b =۱/۷۰۰۲

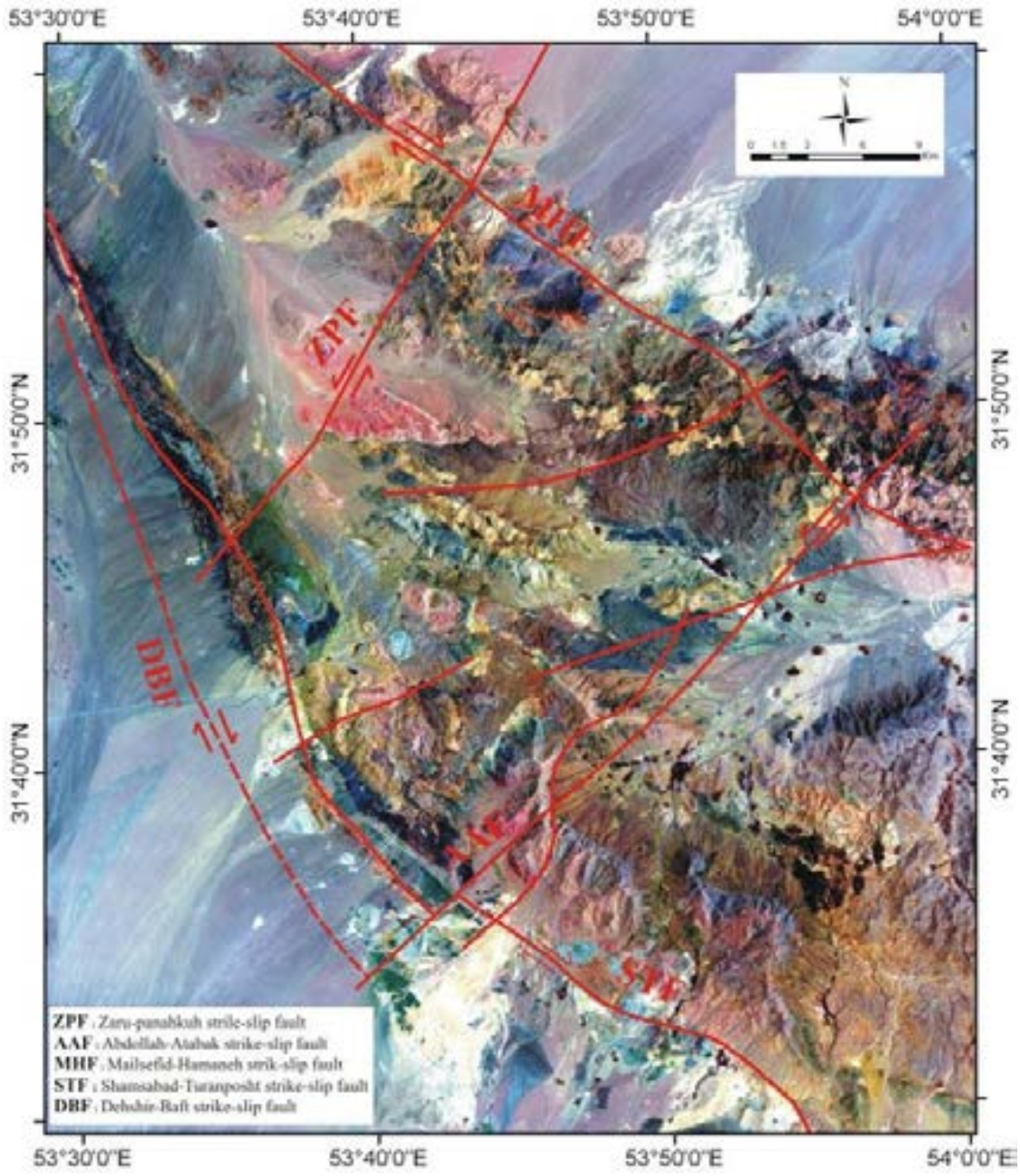
D_c =۱/۵۷۶۲

D_d =۱/۶۸۴۹

در مرحله بعد جهت محاسبه بعد فرکتالی محدوده ۱:۱۰۰۰۰۰ شهربابک، مناطق حاوی گسل به ۸ مربع با ضلع ۱۶کیلومتر تقسیم‌بندی گردید، سپس برای هر مربع جداگانه بعد فرکتالی محاسبه شد. بدین‌منظور هر مربع با طول ۱۶ کیلومتر به ۴ مربع با طول ضلع ۸ کیلومتر و به همین ترتیب به ۱۶ مربع با طول ضلع ۴ کیلومتر، ۶۴ مربع با طول ضلع ۲ کیلومتر، ۲۵۶مربع با طول ضلع ۱ کیلومتر و ۱۰۲۴ مربع با طول ضلع ۰/۵ کیلومتر شبکه‌بندی شد. در شکل ۹ ترتیب

www.SID.ir

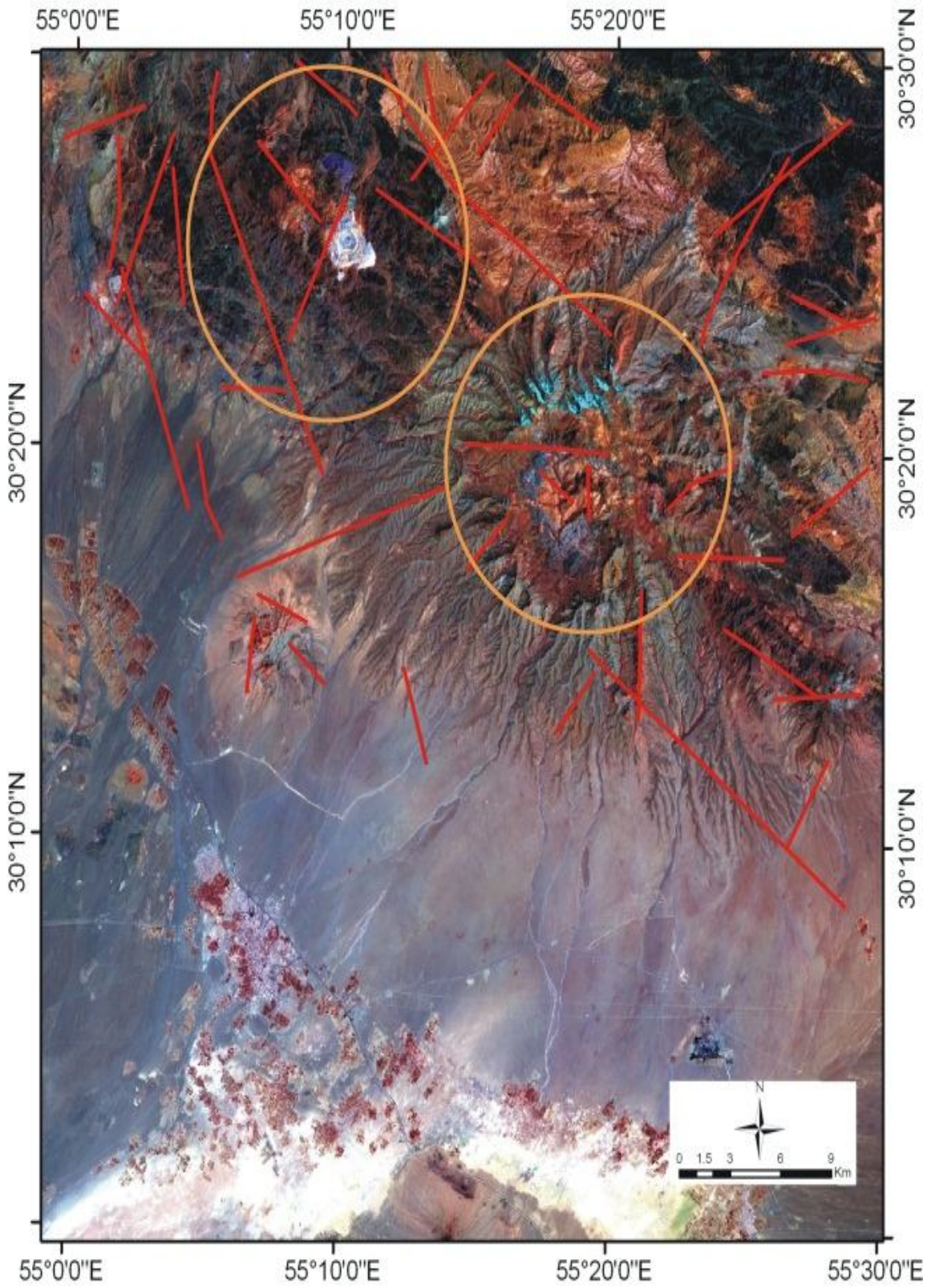
شبکه‌بندی منطقه شهربابک نشان داده شده است. پس از آن مربعهای حاوی گسل شمارش (جدول ۴)، نمودار لگاریتمی مربوطه ترسیم و بعد فرکتالی جهت نواحی یادشده به‌دست آمد (شکل ۱۰-A، B، C، D، E، F، G و H).



شکل ۴. تصویر ترکیب باند (۶:۴:۲) و موقعیت گسلهای اصلی در منطقه خضرآباد

Fig. 4. Band composite image (6:4:2) and the main fault location in the Khezrabad area

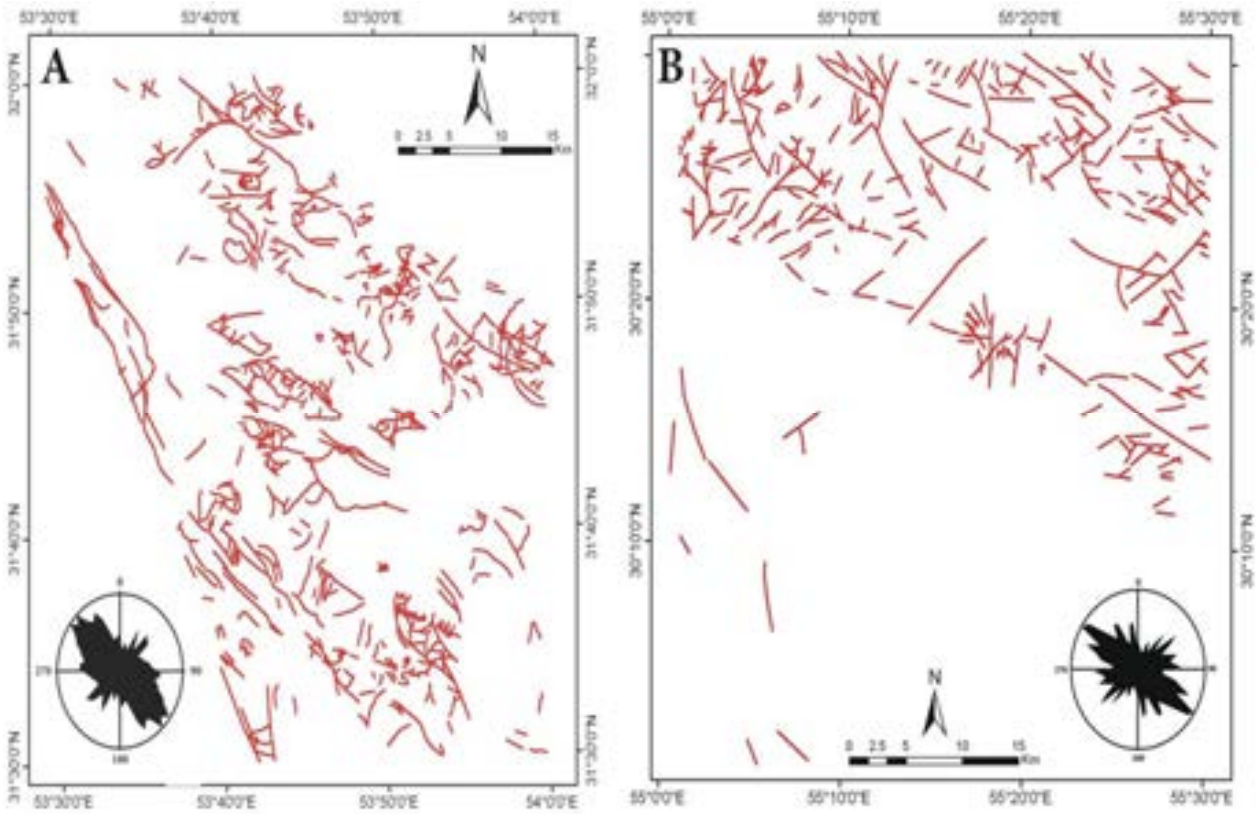
www.SID.ir



شکل ۵. تصویر ترکیب باند (۶:۴:۲) و موقعیت گسلهای اصلی در منطقه شهربابک

Fig. 5. Band composite image (6:4:2) and the main fault location in the Shahr-E-Babak area

www.SID.ir



شکل ۶. نقشه و نمودار گل‌سرخی روند شکستگی/گسل. A: خضرآباد، B: شهربابک

Fig. 6. Map and Rose diagram of trends of fault/fracture. A: Khezrabad, B: Shahr-E-Babak

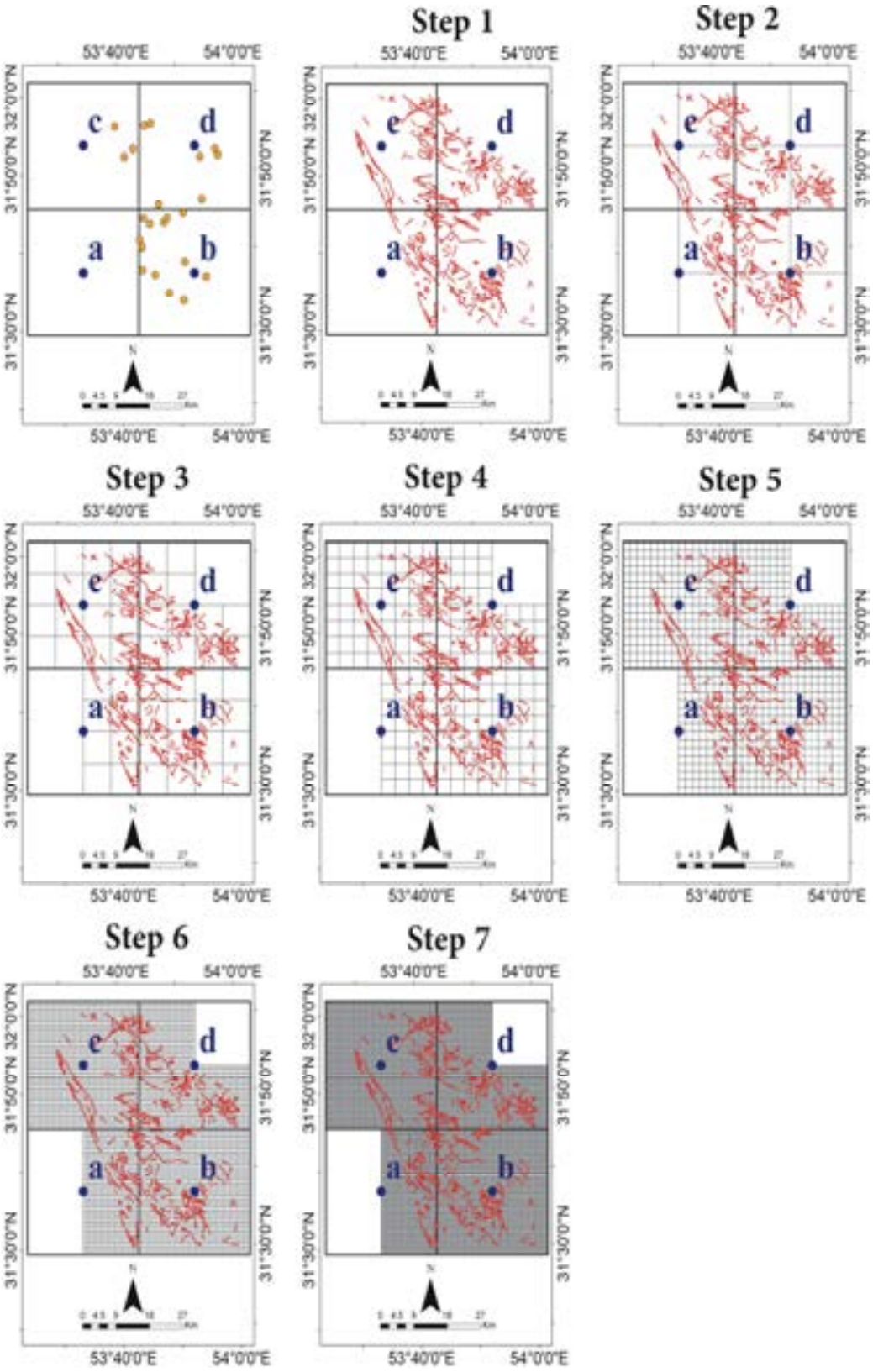
جدول ۳. ابعاد مربع(r) و تعداد مربعهایی که حاوی گسل هستند(N) برای ۴مربع a,b,c,d، منطقه خضرآباد

Table 3. Square dimension (r) and The number of square containing faults (N) for 4 square: a,b,c,d, Khezr Abad area

r(km)	Na	Nb	Nc	Nd
r_1 = 30	1	1	1	1
r_2 = 14	2	4	4	3
r_3 =7	6	15	12	11
r_4 = 3.5	21	47	50	36
r_5 = 1.75	58	132	99	110
r_6 = 0.875	161	337	152	292
r_7 = 0.467	380	866	612	693

Archive

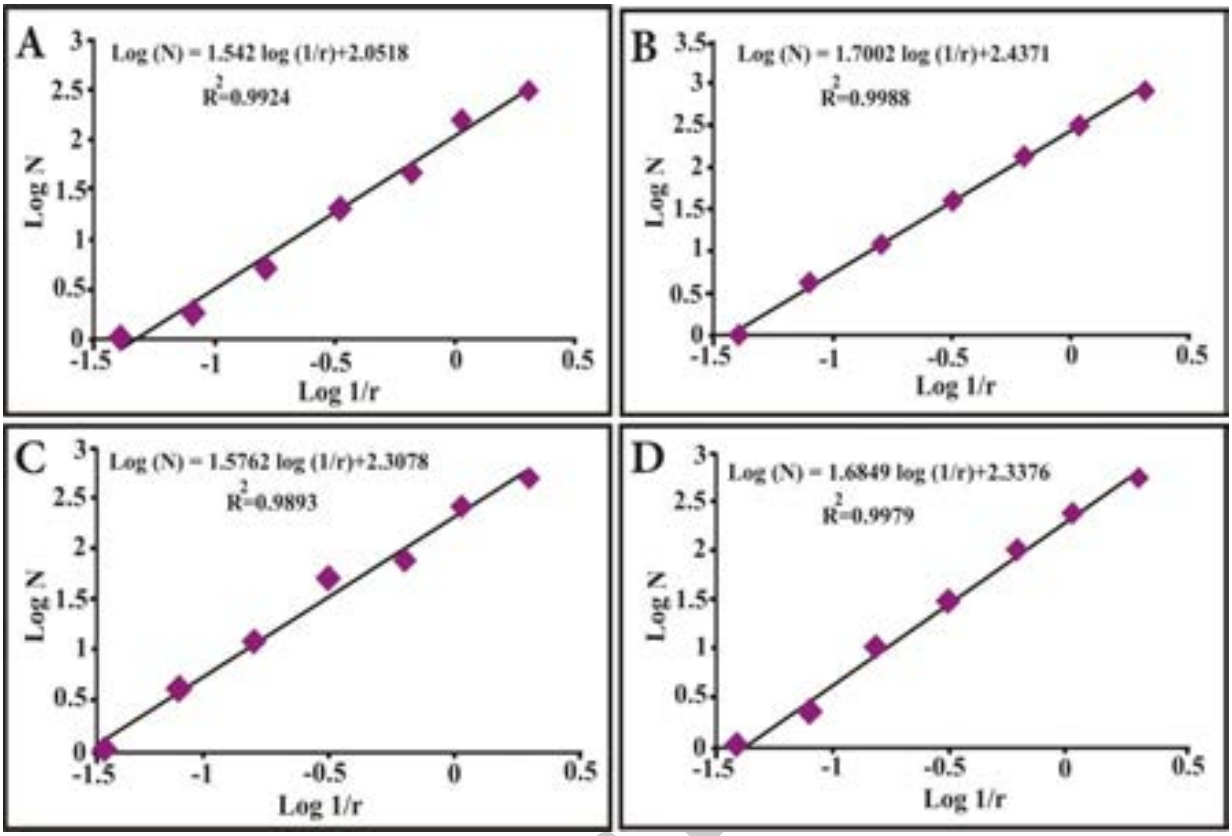
www.SID.ir



شکل ۷. اجرای روش مربع شمار بر روی گسلهای منطقه خضرآباد، به‌منظور محاسبه بعد فرکتالی

Fig. 7. Stepwise presentation of box-counting method for measuring the fault fractal dimention D, in the Khezrabad area

www.SID.ir



شکل ۸. نمودار لگاریتمی تعداد مربعهایی که حاوی شکستگی هستند در مقابل عکس طول ضلع مربعها در مربع‌های a,b,c,d. منطقه خضرآباد

Fig. 8. Logarithmic plot for number of cells filled by fault N(r) versuse inverse of square's length side in squares a,b,c,d of Khezr Abad area

جدول ۴. ابعاد مربع(r) و تعداد مربع‌هایی که حاوی گسل هستند(N) برای ۸ مربع a-h. منطقه شهربابک

Table 4. Square dimension (r) and the number of square containing faults (N) for 8 square: a-h. Shahr-e-Babak

r(km)	Na	Nb	Nc	Nd	Ne	Nf	Ng	Nh
$r_1 = 16$	1	1	1	1	1	1	1	1
$r_2 = 8$	2	2	3	3	4	4	4	4
$r_3 = 4$	6	5	6	10	13	16	16	15
$r_4 = 2$	11	9	16	23	42	55	56	53
$r_5 = 1$	21	18	29	57	110	174	141	155
$r_6 = 0.5$	37	37	62	132	264	387	276	356

با توجه به رسم نمودار مربوطه و ابعاد فرکتالی به‌دست آمده در (شکل ۱۰- A، B، C، D، E، F، G و H)، مربع f واقع در قسمت شمال غرب منطقه بیشترین بعد فرکتالی را داراست.

D_a =۱/۰۶

D_b =۱/۰۳۹

D_c =۱/۷۶۲

D_d =۱/۴۰۹۵

D_e =۱/۶۱۰۵

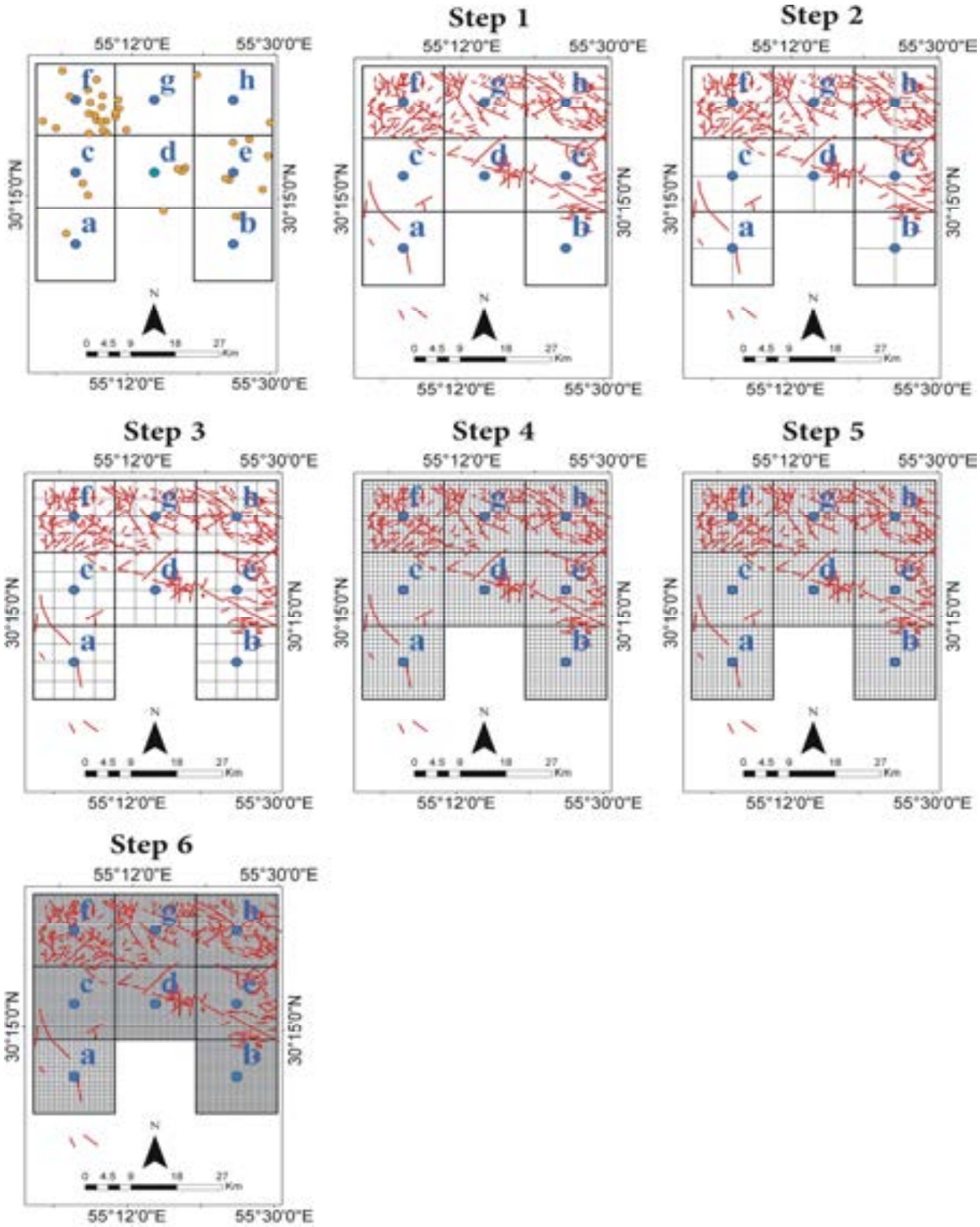
D_f =۱/۷۴۸

D_g =۱/۶۵۳۳

D_h =۱/۷۲۱

Archive of SID

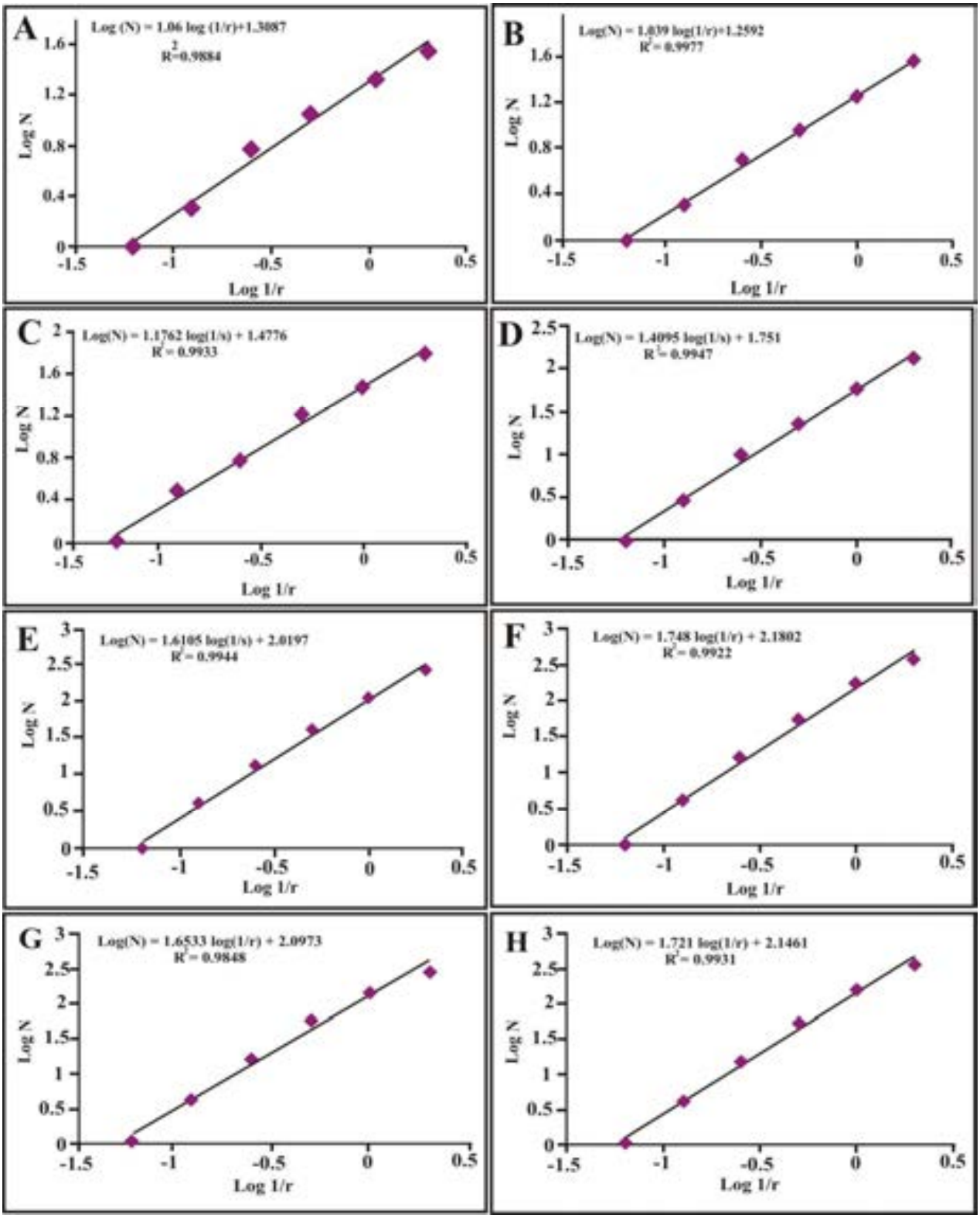
www.SID.ir



شکل ۹. اجرای روش مربع شمار بر روی گسلهای منطقه شهربابک، به‌منظور محاسبه بعد فرکتالی

Fig 9. Stepwise presentation of box-counting method for measuring the fault fractal dimention D, in the Shahr-E-Babak area

www.SID.ir



شکل۱۰: نمودار لگاریتمی تعداد مربعهایی که حاوی شکستگی هستند در مقابل عکس طول ضلع مربعها در مربعهای a تا h. منطقه شهربابک

Fig 10. Logarithmic plot for number of cells filled by fault N(r) versuse inverse of square's length side in squares a-h. Shahr-e-Babak area

www.SID.ir

بحث

بر اساس، دهقانی (Dehghani, 2000) الگوی گسلها / شکستگیها، زون‌های برشی و تنشها مهمترین عواملی هستند که باعث متمرکز شدن ماگما و یا حرکت آن در نواحی کم‌عمق پوسته می‌شوند. کانسارهای مس پورفیری را می‌توان محصول سرد شدن سیستم‌های هیدروترمالی همراه با نفوذیهای کم‌عمق پورفیری جای‌گیر شده در کمانهای ماگمایی دانست، لذا بررسی هندسه و سازوکار گسلهای مرتبط با کانسارهای مس پورفیری، جهت مطالعه مکانهای مناسب برای جای‌گیری توده‌های پورفیری می‌تواند بسیار با اهمیت تلقی شود (Zarasvandi, 2004). در این راستا، کارانزا و هال (Carranza and Hale, 2002) زون‌های برشی، حوضه‌های pull a part و انقطاع در امتداد گسلهای امتدادلغز را مکانهایی بسیار مناسب جهت نفوذ توده‌های تفریق یافته پورفیری و تشکیل کانسارهای مس پورفیری می‌دانند. تعیین ارتباط بین نقاط معدنی با عناصر ساختاری شناخته شده، کمک بسیار شایانی جهت تعیین نقاط امیدبخش در راستای کارهای اکتشافی خواهد نمود. شناسایی الگوی پراکندگی نهشته‌های کانیایی اهمیت زیادی در اکتشافات ناحیه‌ای و ارزیابی ذخایر معدنی ناشناخته دارد (Vearncombe and Vearncombe, 1999). بدین منظور دو منطقه خضرآباد و شهربابک مورد بررسی قرار گرفت. مناطق مورد مطالعه با توجه به قرارگیری آنها در کمربند آتشفشانی ـ نفوذی ارومیه ـ دختر به‌عنوان مناطقی با پتانسیل بالا جهت کانه‌زایی مس مدنظر بوده‌اند. از این رو اطلاعات نقطه‌ای مربوط به اندیس‌ها و کانسارهای مس و همچنین خطواره‌های موجود در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ دو منطقه مورد مطالعه (شهربابک و خضرآباد) مشخص و مورد بحث و بررسی قرار گرفت. آنالیز Fry و Fractal به‌عنوان دو روش مکمل جهت تعیین ارتباط و تفسیر شکستگیها با اندیس‌ها و کانسارهای مس به رفته است. منطقه خضرآباد از سمت غرب به‌وسیله گسل دهشیر ـ بافت و زون ارومیه ـ دختر و از سمت شرق به سنگهای پالئوزوییک ـ ژوراسیک و زون ایران مرکزی محدود می‌باشد. به‌طور کلی پنج دسته شکستگی درون زون‌های برشی ساده می‌توانند تشکیل شوند: ۱) گسلهای امتدادلغز که جهت حرکتی شبیه به گسل اصلی دارند و به R معروف می‌باشند، ۲) گسلهای مزدوج که جهت حرکت مخالف جهت گسل اصلی دارند و به R′ معروف است، ۳) گسلهای امتدادلغز ثانویه که با جهت برش زاویه یکسان و مخالف جهت R می‌سازند و به P معروفند، ۴) شکستگیهای کششی که نیمساز دو نوع شکستگی R, R′ هستند و با گسل اصلی زاویه ۴۵ درجه می‌سازند و ۵) گسلهای موازی با گسل اصلی که به آنها شکستگیهای Y گویند. مطالعات اخیر نشان داده است که تمرکز نفوذیهای پورفیری و تشکیل کانسارهای مس پورفیری همراه آنها بیشتر همزمان با گسلهای فرعی یک زون برشی می‌باشند، (Cox et al., 2001; Tosdal and Richards, 2001). نمودارهای گل‌سرخی ترسیم شده برای گسلهای اصلی منطقه و گسلهای موجود در منطقه خضرآباد نشان می‌دهند که گسل دهشیر- بافت به‌عنوان گسل اصلی (PDZ) زون برشی در این منطقه توانسته شکستگیهایی را ایجاد کند. در این منطقه چهار دسته گسل با روندهای NNW/SSE و گسلهایی با روند NW/SE که در ارتباط با گسل دهشیر- بافت است و اغلب کانه‌زاییها در منطقه با این جهت هم‌خوانی دارد و سبب کانه‌زایی شده است، گسلهای گروه سوم مربوط به گسلهایی است با روند NE/SW می‌باشند که عموماً جوانتر از گسلهای رده قبلی می‌باشند، این گسلها چپ‌گرد بوده و عموماً سنگهای منطقه را قطع می‌کنند و گروه چهارم گسلهایی با روند N/S می‌باشد. گسل دهشیر- بافت با حرکت راست‌گرد در سمت غرب و جنوب غرب منطقه واقع شده است، این گسل از نظر تکتونیکی فعال است. اولین حرکات این گسل در زمان کرتاسه رخ داده و تا زمان حال ادامه دارد (Zarasvandi et al., 2005). عموماً کانه‌زاییها در امتداد و هم‌راستا با گسل دهشیر و حوضه‌های کششی کوچک[1] ایجاد شده از آن می‌باشد. انجام آنالیز Fractal نشان‌دهنده بالاترین بعد فرکتالی در ناحیه جنوب غربی منطقه خضرآباد بوده و به عبارتی این ناحیه بیشترین مجموع طول گسلها را نسبت به سایر مناطق دارا می‌باشد (شکل ۷) (D_b = ۱/۷۰۰۲). الگوی Fry حاصل از تجمع اندیس‌ها/کانسارهای مس، گویای دو روند عمومی تجمع کانیایی در جهت NW/SE و NE/SW می‌باشد. این روندها توسط نمودار گل‌سرخی حاصل از جهت‌گیری اندیس‌ها به‌خوبی قابل مشاهده است (شکل ۳). تحلیل اطلاعات نقطه‌ای حاصل از اندیس‌های مس با استفاده از روش Fry نشان‌دهنده وجود میدان استرین غالب با روند NW/SE و NE/SW در منطقه خضرآباد است که با روند

1.- Pull a Part

www.SID.ir

غالب شکستگیها مطابقت دارد. بررسی منطقه شهربابک نشان‌دهنده وجود توده‌های نفوذی در این محدوده می‌باشد، دو توده نفوذی اصلی را در این ناحیه به خوبی می‌توان مشاهده نمود (شکل ۵). واحدهای آندزیتی اکثریت واحدهای سنگی این منطقه را تشکیل می‌دهد. واحدهای نام‌برده به سن ائوسن می‌باشند و اغلب کانه‌زاییها بر روی این واحدهای سنگی رخ داده است. بررسی شکستگیهای این ناحیه و رسم نمودار گل‌سرخی آن، نشان‌دهنده وجود گسلهای متقاطع در دو جهت NW/SE و NE/SW است. بررسی محل وجود اندیس‌های مس بیانگر این مطلب می‌باشد که اغلب کانه‌زاییهای مس در محل تقاطع گسلهایی با دو روند ذکر شده رخ داده است. بررسیهای فرکتالی در محدوده شهربابک نشان‌دهنده بالا بودن بعد فرکتالی در قسمت شمال غربی منطقه است، به عبارتی بیشترین تجمع و طول گسلها در این ناحیه می‌باشد (شکل ۹) (D_f = ۱/۷۴۸). همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیشترین تعداد اندیس‌ها/ کانسارهای مس در قسمت شمال غربی که بیشترین بعد فرکتالی را دارد، واقع شده است. به‌همین ترتیب به سمت قسمتهای جنوبی و مرکز محدوده شهربابک تعداد اندیس‌ها/کانسارهای مس و بعد فرکتالی به‌دلیل تغییر در جنس واحدهای سنگی کاهش می‌یابد. بررسی محل وجود اندیس‌های مس بیانگر این مطلب می‌باشد که اغلب کانه‌زاییهای مس در محل تقاطع گسلهایی با دو روند ذکر شده رخ داده است. روند حاصل از الگوی Fry منطقه شهربابک و نمودار گل‌سرخی جهت گیری اندیس-ها/کانسارهای مس نشان‌دهنده روند عمومی در جهت NW/SE می‌باشد که هم‌خوانی خوبی با روند شکستگیهای غالب در این منطقه دارند (شکل ۳).

نتیجه‌گیری

- طبق نمودار گل‌سرخی به‌دست آمده از شکستگیها، هر دو منطقه دارای دو سیستم گسلی عمده با روندهای تقریباً متقاطع می‌باشند. روند شکستگیها در دو منطقه خضرآباد و شهربابک در دو جهت NE/SW و NW/SE می‌باشند.

- با توجه به روند گسلها در منطقه خضرآباد که عموماً در جهت NW/SE است، مربوط به شکستگیها و گسله‌هایی می‌باشند که هم‌روند با گسل دهشیر- بافت، با حرکت راستالغز می‌باشند. روند دیگر گسلها در امتداد NE/SW است، این دسته از گسله‌ها دارای حرکت چپ لغز بوده و نسبت به گسله دهشیر جوانترند.

- نفوذ دو توده آتشفشانی در منطقه شهربابک سبب تجمع گسلهایی که اغلب به‌صورت امتدادلغز عمل می‌کنند در اطراف این توده‌ها شده است. شکستگی و گسلهای این منطقه دارای دو روند عمومی NW/SE و NE/SW می‌باشند.

- روند عمومی کانه‌زاییها در منطقه خضرآباد با توجه به نتیجه آنالیز Fry در دو جهت NW/SE و NE/SW است که در واحدهای سنگی کرتاسه به بعد ایجاد شده‌اند. کانه‌زاییها با روند NW/SE با گسلهای ثانویه که با جهت برش زاویه یکسان دارند و به گسلهای P معروفند هم‌خوانی دارند، به عبارتی اکثر کانه‌زاییها در امتداد و تقاطع گسلهای هم روند با گسل دهشیر- بافت و در حوضه‌های کششی ایجاد گشته‌اند. کانه‌زایی با روند NE/SW با توجه به موقعیت اندیس‌ها و کانسارهای مس بر روی واحدهای سنگی به سن کرتاسه، ائوسن و میوسن، می‌تواند متأثر از نیروهای کششی در منطقه و یا گسلها و شکستگیهایی که از زون ایران مرکزی پیروی می‌کنند بوده باشد.گسلهایی با روند NW/SE نسبت به گسلهایی با روند NE/SW دارای سن جوانتری می‌باشند.

- همان‌گونه که ذکر شد در منطقه شهربابک دو سیستم آتشفشانی وجود دارد. با توجه به نقشه شکستگیهای ترسیم شده، نشان می‌دهد که بیشتر کانه‌زاییها مرتبط با این دو سیستم آتشفشانی‌اند که در تقاطع گسلهای اصلی منطقه شهربابک با سریهای گسلی و با توجه به نتایج آنالیز Fry دارای روند NE/SW و NW/SE می‌باشند. همچنین محل قرارگیری اندیس‌ها و شکستگیها در منطقه می‌تواند متأثر از توده‌های نفوذی آتشفشانی باشد.

- بعد فرکتالی محاسبه شده در منطقه خضرآباد نشان‌دهنده بالا بودن بعد فرکتالی شکستگیها در ناحیه جنوب شرقی این منطقه است. بعد فرکتالی به عوامل مختلفی از جمله جنس و سن لایه‌ها بستگی دارد که در منطقه خضرآباد، جنس لایه‌ها اغلب آتشفشانی و به سن کرتاسه تا میوسن می‌باشد، همچنین تعداد اندیس‌ها و کانسارها در این ناحیه از سایر مناطق بیشتر است و در نتیجه تعداد اندیس‌ها با تجمع گسلها رابطه مستقیم دارد (D_b =۱/۷۰۰۲).

– تحلیل فرکتالی در محدوده شهربابک نشان‌دهنده بالا بودن بعد فرکتالی در قسمت شمال غرب منطقه است (D_f -۱/۷۴۸).

Archive of SID

www.SID.ir

به‌طور کلی در اطراف دو توده آتشفشانی، تراکم شکستگیها بیشتر است که سبب بالا رفتن بعد فرکتالی می‌شود و مشاهده می‌گردد که بیشترین تمرکز اندیس‌ها در این محدوده‌ها می‌باشد در نتیجه شکستگیها از نوع امتداد لغز در این منطقه و محل تقاطع این شکستگیها سبب جای‌گیری پلوتون‌های نفوذی گشته و در نتیجه سبب کانه‌زایی مس به‌خصوص از نوع پورفیری شده است.

– به‌طور کلی می‌توان این‌گونه بیان کرد که در زون ارومیه-دختر نفوذ توده‌های پورفیری و وجود کانه‌زایی مس به‌خصوص مس پورفیری عمدتاً در حاشیه گسلهای بزرگ امتدادلغز و زون‌های برشی و مرتبط با آنها بوده است. به‌عبارتی خطواره‌های گسلی به‌عنوان یک عامل اصلی در توزیع مکانی کانه‌زایی مس دخالت داشته‌اند، و به‌طور کلی شاید بتوان این‌گونه نتیجه گرفت که اغلب کانسارها واندیس‌های مس در این مناطق تحت تأثیر و عملکرد محلولهای گرمابی نهشته شده‌اند و گسلها در هدایت این محلولها نقش اساسی را بر عهده داشته‌اند که بر مبنای این پژوهش می‌توان از گسلها به‌عنوان یک ابزار در اکتشافات ناحیه‌ای کانسارهای ناشناخته مس ایران بهره جست.

References

Bazin, D. and Hubner, H., 1969. Copper deposits in iran. Geological survey of iran, Tehran, 232 pp.

Carranza, J.M. and Hale, M., 2002. where are porphyry copper deposits spatially localized? A case study in Benguet province, Philippines. Natural Resources Recearch, 11(13): 45-59.

Cox, S.F., Knackstedt, M.D. and Braun, J., 2001. Principal of structural control on permeability and fluid flow in Hydrothermal systems. Society of Economic Geologists Reviews, 14: 1-24.

Dehghani, B., 2000. Petrological and geochemical study in Darreh – Zereshk and Turan posht, South westwrn of yazd. M.Sc. Thesis, Tehran University, Tehran, Iran, 107 pp. (in Persian)

Hassan Nezhad, A., Moore, F. and Aliabadi, M.A., 2001. Lineament controller of spatial distribution of copper deposits of Zn-Pb deposits in Iran, Using Fry analysis. 5th Symposium of Geologycal Society of Iran, Tehran University, Tehran, Iran.

Kesler, S.E., 1997. Metallogenic evolution of convergent margins: Selected ore deposit models. ore Geology Reviews, 12(3): 153-171.

Khoie, N., Ghorbani, M. and Tajbakhsh, P., 1999. Copper Deposits of Iran, Geological Survey of Iran. Tehran, 421 pp. (in Persian)

Mehrabi, A., Rangzan, K. and Zarasvandi, A., 2005. Where is significant location for the porphyry copper Deposits? A case study in south centeral Iranian volcanic belt. 9th symposium of Geological Society of Iran, The teacher Training University, Tehran, Iran.

Najafi, A., Abdi, M., Rahimi, B. and Motevali, K., 2010. Spatial integration of fray and fractal analyses in regional exploration: A case study from Bafgh-Posht-e-Badam , Iran. Geologia Colombiana, 35: 113-130.

Padilla Garza, R.A., Titley, S.R. and Francisco Pimentel, B., 2001. Geology of the scondida porphyry copper deposit, Antofagosta region, Chile. Economic Geology, 96(2): 307-344.

Tanhaei, N., Hassan Nezhad, A. and Dabestani, N., 2010. Lineament controller of spatial distribution of copper deposits of copper deposits in Iran, Using Fry analysis. Initial symposium of Iranin Society of Economic Geology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Tosdal, R.M. and Richards, J., 2001. Magmatic and Structural controls on the Development of porphyry Cu ±Mo ±Au Deposits. Society of Economic Geologists Reviews, 14: 157-181.

Turcotte, D.L., 1992. Fractals and chaos in geology and geophysice. Cambridge University, London, 398 pp.

Vearncombe, J. and Vearncombe, S., 1999. The Spatial Distribution of Mineralization: Applications of Fry Analysis. Economic Geology, 94(4) :475-486.

Yaghoubpour, A. and Hassan Nezhad, A.A., 2006. The spatial distribution of some choromite deposits in iran,using analysis. Journal of Sciences,Islamic Reupablic of Iran, 17(2) :147-152

Archive of SID

www.SID.ir

Zarasvandi, A., Liaghat, S. and Zentilli, M., 2005. Geology of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposit, central Iran. International Geology Reviews, 47(6): 620-646.

Zarasvandi, A., 2004. Magmatic and structural controls on localization of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposits, Yazd Province, Central Iran. Ph.D. thesis, Shiraz University, Shiraz ,Iran, 280 pp.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Economic Geology
Vol. 7, No. 2 (2015-2016)
ISSN 2008-7306

مجله زمین‌شناسی اقتصادی
جلد ۷، شماره ۲ (سال ۱۳۹۴)
صفحات ۲۱ و ۲۲

Investigation of Regional Fractures and Cu Mineralization Relationships in the Khezrabad and Shahr-e-Babak Area: Using Fry and Fractal analysis

Alireza Zarasvandi[1], Babak Samani[1], Houshang Pourkaseb[1], Zahra Khorsandi*[1] and Yaghoub Jalili[2]

1) Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2) Department of Geology, Birjand University, Birjand, Iran

Submitted: Dec. 29, 2014
Accepted: June 20, 2015

Keywords: *Copper Mineralization, Copper Porphyry, Structural controls, Fry, Fractal*

Introduction

Two main principal aspects for the genesis of porphyry copper deposits have been determined. The first genetic model concerns the petrologic and geochemical processes and the other relates the genesis to crustal deformation and geodynamic conditions (Kesler, 1997). Recent studies (e.g., Padilla Garza et al., 2001) show that the generation and emplacement of porphyry copper deposits may not only be dependent on magmatic and hydrothermal processes, but also that the regional and local tectonic setting plays an important role. Therefore in determining the suitable setting for emplacement of copper and other porphyry intrusions, determination of location of partial melting of the lower crust, generation of batholiths, and their volatile-rich derivative intrusions in the crust seems to be necessary (Carranza and Hale, 2002). Almost all porphyry copper deposits in Iran are located in the Urumieh-Dokhtar magmatic belt. These deposits show distinct spatial and temporal relationship with Miocene granodiorite plutonic rocks emplaced along strike slip faults (Mehrabi et al., 2005). Accordingly, the tectonic setting of ore deposits seem to be the most important factor for regional exploration of porphyry copper systems (Vearncombe and Vearncombe, 1999). There are several methods for analysis of distribution of ore deposits. In this research the role of structural control in the spatial distribution of porphyry deposits has been studied using Fry and Fractal methods. Here, the Fry method is used as a complementary method for Fractal analysis.

Materials and methods

Fry analysis is a self-adaptive method that is used for point objects. Fry analysis offers a visual approach to quantify the spatial trends in groups of point objects. Fry analysis can also be used to search for anisotropies in the distribution of point objects. More specifically it can be used to investigate whether a distribution of point objects occurs along linear trends, and whether such linear trends occur at a characteristic spacing. There is 37 and 42 copper point's index in the Khezr-Abad and Shar-B-Babak areas. The Fry patterns of copper index for two areas were determined with application of Dot Proc software. Fractal analysis is another technique for determination of regional distribution of faults. In this research the fractal dimension of joints and faults was determined in different locations using box-counting fractal method and drawing the logarithmic graphs.

Results

- The major faults show NW/SE trends in the Khezr-Abad area. They have a similar trend with Dehshir-Baft fault. Other sets of faults show NE/SW trend. These faults are younger than the Dehshir-Baft and release sinistral sense of shear.
- Intrusion of two intrusive bodies leads to the accumulation of strike-slip faults in the vicinity of intrusive rocks. In this region faults and joints mainly show NW/SE and NE/SW trends.
- The results of Fry analysis show that the mineralization in the Khezr-Abad occurred in the Cretaceous (and younger) rocks with NE/SW and NW/SE orientations. In the other words, these areas of mineralization are mainly related to the secondary faults or (P faults) in the pull basins and cross cutting points of these faults which have similar strike with the Dehshir-Baft fault. NE/SW mineralization is probably related to the tensional

Archive of SID

www.SID.ir

*Corresponding authors Email: khorsandiz@yahoo.com

stress direction or faults having the general trends of central Iran structures.

- The calculations of fractal dimension show that the southeastern parts of the Khezr Abad have higher amounts of fractal dimension (Db= 1.7002). Also there is a relatively higher copper index in this part, indicating a logical relation between fault structures and mineralization.

-The generated maps indicate that the mineralization in the Shahr-e-Babak area occurred at the intersection of faults and volcanic system and the Fry analysis shows a NE/SW and NW/SE trend of ore concentration.

- Northwestern parts of the Share-e-Babak show higher fractal dimension (Db= 1.748) that occurs in the areas with more volcanic rocks and copper indexes.

- Results show that the porphyry copper mineralization mainly occurs near the great faults and related to the fault structures and shear zones in the Urumieh-Dokhtar structural zone. In the other word fault lineaments are the main factors in the local concentration of the ore deposits.

Discussion

The Study of geometry and mechanism of faults related to porphyry copper deposits is very important for determining the suitable location of ore concentration (Zarasvandi, 2004). For example, shear zones, pull apart basins, and step over along the strike slip faults are proper locations for concentration of porphyry ore deposits (Carranza and Hale, 2002). In this research the Khezr-Abad and Shahr-e-Babak areas have been studied. Plotted rose diagrams show the main role of the Dehshir-Baft shear zone for generating the joints and faults in the KhezrAbad area. In this area faults with NNW/SSE and NW/SE trends are the main direction of ore concentration. They are mainly related to the Dehshir-Baft fault. NE/SW faults show sinistral sense of shear and generally are younger than before mentioned sets. Finally the latest fault sets show N/S trend. The Shahre-e-Babak area is mainly dominated with Eocene igneous rocks. Volumetrically, andesite units are more abundant. Rose diagrams represent the existence of two main conjugate fault sets with NW/SE and NE/SW trends. The main copper indexes are located in the intersection of volcanic rocks with these two fault sets. Also the results of Fractal analyses reveal the higher Fractal dimension in the Northwestern part of the Shahr-e-Babak area. In the other words the most density of joint and faults occurred in this region.

References:

Carranza, J.M. and Hale, M., 2002. where are porphyry copper deposits spatially localized? A case study in Benguet province, Philippines. Natural Resources Recearch, 11(13): 45-59.

Kesler, S.E., 1997. Metallogenic evolution of convergent margins: Selected ore deposit models. ore Geology Reviews, 12(3): 153-171.

Mehrabi, A., Rangzan, K. and Zarasvandi, A., 2005. Where is significant location for the porphyry copper Deposits? A case study in south centeral Iranian volcanic belt. 9th symposium of Geological Society of Iran, The teacher Training University, Tehran, Iran.

Padilla Garza, R.A., Titley, S.R. and Francisco Pimentel, B., 2001. Geology of the scondida porphyry copper deposit, Antofagosta region, Chile. Economic Geology, 96(2): 307-344.

Vearncombe, J. and Vearncombe, S., 1999. The Spatial Distribution of Mineralization: Applications of Fry Analysis. Economic Geology, 94(4) :475-486.

Zarasvandi, A., 2004. Magmatic and structural controls on localization of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposits, Yazd Province, Central Iran. Ph.D. thesis, Shiraz University, Shiraz ,Iran, 280 pp.

Archive of SID

www.SID.ir