



## ارتباط شکستگی‌ها و کانه‌زایی در محدوده معدن مس پورفیری میدوک

علی مهرابی<sup>۱</sup>، رضا درخشانی<sup>۱</sup> و جعفر رهنما‌راد<sup>۲</sup>

(۱) گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه شهید باهنر کرمان  
(۲) گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

### چکیده

برای شناسایی ذخایر جدید مس پورفیری در مقیاس منطقه‌ای، ارتباط مکانی بین ذخایر مس پورفیری منطقه و شکستگی‌ها در بخش جنوبی کمربند آتشفشانی ایران مرکزی (منطقه میدوک) مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین ارتباط مکانی بین اندیس‌های معدنی، به خصوص پورفیری‌های مس با شکستگی‌ها، به طور کمی از روش وزن‌های نشانگر استفاده و اندازه‌گیری شد. مناطق بین گسل‌های محلی امتدادلغز، برای جای‌گیری پلوتون‌های پورفیری و کانه‌زایی مس، زون‌های مناسبی می‌باشند. این بررسی نشان داد که بین اندیس‌های معدنی و پورفیری‌های مس با شکستگی‌ها، تا فاصله یک کیلومتری، بیشترین ارتباط برقرار است.

**واژه‌های کلیدی:** اکتشاف کانسار، اندیس معدنی، سنجش ازدور، گسل، میدوک، وزن‌های نشانگر

## Spatial Association of Mineralization and Fractures in Meiduk Porphyry Copper Mine

A. Mehrabi<sup>1</sup>, R. Derakhshani<sup>1</sup> & J. Rahnema-Rad<sup>2</sup>

- 1) Department of Geology, Faculty of Basic Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman - Iran
- 2) Department of Geology, Faculty of Basic Science, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan - Iran

### Abstract

To provide guides for exploration of porphyry copper mineralization at a district scale, we examine the spatial association between known copper deposits and strike-slip faults/fractures in south central Iranian volcanic belt. The spatial associations between the porphyry copper deposits and strike-slip faults/fractures are quantified using weights of evidence modeling. The porphyry copper occurrences are associated spatially with strike slip faults/fractures within distances of 1 km. In addition, based on these observations local strike slip faults/fractures related to regional strike slip faults systems are the most important foci for emplacement of copper-bearing porphyritic intrusions in the study area.

**Key words:** Meiduk, mining index, mineral exploration, remote sensing, faults, weights of evidence

## ۱- مقدمه

خصوص پورفیری‌های مس با شکستگی‌ها در این منطقه وجود دارد. با توجه به وسعت منطقه و پراکندگی این ذخایر استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های دورسنجی به همراه ترکیب و مدل نمودن داده‌های حاصل در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS, Geographical Information System) می‌تواند کمک بسیار شایانی به تعیین این ارتباط به لحاظ کیفی و کمی نماید. خاطر نشان می‌سازد هدف این مقاله صرفاً بررسی ارتباط مکانی گسلها و توده‌های مس پورفیری از طریق سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی بوده است و ارتباط مکانی و تکنونیک گسلها و آتشفشانها و توده‌های نفوذی مد نظر نبوده و مورد مطالعه قرار نگرفته است.

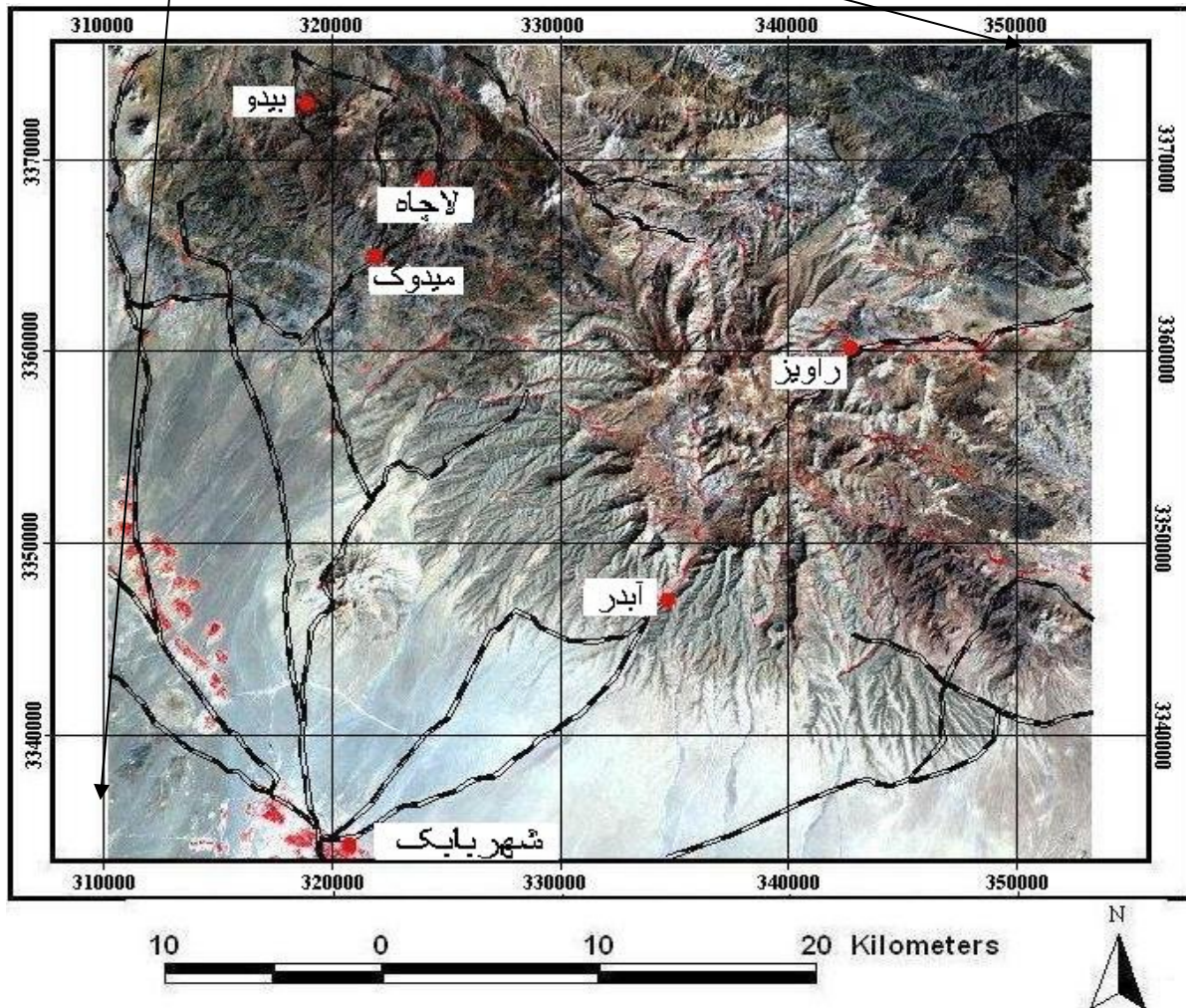
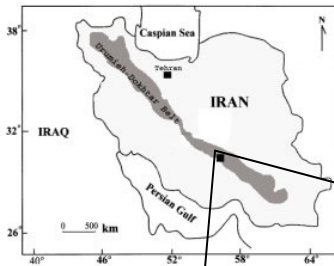
## ۲- زمین شناسی منطقه

کمر بند آتشفشانی - نفوذی ایران مرکزی به نام کمر بند آتشفشانی ارومیه - دختر به صورت یک کمر بند با راستای شمال غرب - جنوب شرق از آذربایجان (سهند و سبلان) تا بزمان - تفتان در بلوچستان امتداد دارد. این کمر بند ۱۷۰۰ کیلومتر طول و با عرض ۱۰۰ کیلومتر به موازات منطقه رورانه زاگرس گسترش دارد. فعالیت آتشفشانی در این کمر بند از کرتاسه شروع شده و در دوره ائوسن به نهایت شدت خود می‌رسد. فوران‌های گدازه‌های ائوسن از نوع کالکوالکال و زیر دریایی در نواحی جنوب غرب یزد از نوع اسپلیت آندزیتی شروع شده و در پی آن انواع سنگ‌های آتشفشانی نظیر آندزیت، لاتیت، ریولیت و توف تزریق شده اند (Zarasvandi 2004).

منطقه مورد مطالعه در بخش جنوبی کمر بند آتشفشانی ایران مرکزی، مابین عرض جغرافیای  $30^{\circ} 30'$  تا  $30^{\circ} 57'$  شمالی و طول جغرافیایی  $55^{\circ}$  تا  $55^{\circ} 30'$  شرقی در شرق شهرستان شهربابک در استان کرمان واقع شده است (تصویر ۱).

قسمت اعظم گستره مورد مطالعه را واحدهای آندزیتی ائوسن به همراه واحد های آتشفشانی - رسوبی ائوسن پوشانده است. البته در نواحی مرکزی، شرق و شمال غرب منطقه توده‌های کوچک از متاولکانیک‌های متناسب به کرتاسه نیز به چشم می‌خورد (Zarasvandi et al. 2005). از سیماهای بارز این منطقه وجود حجم عظیمی از سنگ‌های ولکانیکی ائوسن (عمدتاً آندزیت)، به‌عنوان میزبان اصلی اکثر کانه‌زائی‌ها و دگرسانی‌های منطقه همواره مد نظر بوده‌اند. در الیگوسن میانی تا میوسن تزریق توده‌های دیوریتی تا گرانودیوریتی موجب تشکیل ذخایر مس پورفیری منطقه و اکثر رخداد های مس مرتبط شده‌اند. در بسیاری از نواحی نیز هاله‌های دگرسانی وسیعی در اطراف این توده‌های نفوذی، اغلب به‌صورت باتولیت‌های کوچک و استوک، تشکیل شده و در ادامه، در میوسن بالایی تکمیل کننده چرخه

کانسارهای مس پورفیری را می‌توان محصول سرد شدن سیستم‌های هیدروترمالی همراه با نفوذی‌های کم عمق پورفیری جایگیر شده در کمان‌های ماگمایی مرتبط با فرورانش، دانست (Beane & Titley 2002; Carranza 1981). به‌طور کلی مدل ژنتیکی کانسارهای هیدروترمالی را می‌توان به دو صورت بررسی نمود، یکی مدل ژنتیکی مرتبط با فرآیندهای زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی و دیگری مدل ژنتیکی در ارتباط با فرآیندهای دگرشکلی پوسته‌ای و محیط‌های ژئودینامیکی. مطالعات اخیر (Richards et al. 2001; Padilla et al. 2001) نشان می‌دهد که تشکیل و جایگیری کانسارهای مس پورفیری نه تنها تحت تأثیر فرآیندهای ماگمایی و هیدروترمالی می‌باشد، بلکه تکنونیک ناحیه‌ای، محلی و رژیم‌های تکنونیک در زمان تشکیل این کانسارها نیز اهمیت بسیار زیادی دارد. بسیاری معتقدند که کانسارهای مس پورفیری در مقایسه با سایر کانسارهای هیدروترمالی به طرز جالب توجهی همزاد با توده‌های نفوذی پورفیری، در امتداد سیستم‌های گسلی امتداد لغز کمان‌های قاره‌ای و جزیره‌ای می‌باشند. بنابراین به منظور بررسی جایگاه مناسب جایگیری نفوذی‌های پورفیری و کانسارهای مس همراه آنها، شناسایی محل‌های تمرکز سیالات ماگمایی درون پوسته بسیار با اهمیت می‌باشد (Carranza & Hale 2002). به‌طور کلی مهاجرت سیالات ماگمایی توسط مکانیک و ترمودینامیک آنها کنترل می‌شود. سیالات عموماً از زون‌های پرفشار به مناطق کم فشار با درجه‌ی حرارت پایین‌تر مهاجرت می‌کنند. در چنین شرایطی سیالات ماگمایی بیش از آنکه متمرکز گردند، پراکنده می‌شوند. این الگوی گسل‌ها/شکستگی‌ها، زون‌های برشی و تنش‌های متفاوت می‌توانند مکانی برای متمرکز شدن ماگما و یا حرکت آن در نواحی کم-عمق پوسته شوند. لذا بررسی هندسه و مکانیسم گسل‌های مرتبط با کانسارهای مس پورفیری، جهت مطالعه مکان‌های مناسب برای جایگیری توده‌های پورفیری می‌تواند بسیار با اهمیت تلقی شود. در این راستا کارانزا، (Carranza 2002) زون‌های برشی، حوضه‌های جدایش کششی (pull a part) و انقطاع در امتداد گسل‌های امتداد لغز، مکان‌هایی بسیار مناسب جهت نفوذ توده‌های تفریق یافته‌ی پورفیری و تشکیل کانسارهای مس پورفیری را معرفی می‌کند. اکثر ذخایر مس ایران به خصوص پورفیری‌ها در زون ولکانو-پلوتونیک ارومیه- دختر واقع می‌باشند که ارتباط زمانی بسیار جالبی با گسل‌های امتداد لغز و توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی میوسن در این زون دارند. منطقه معدنی شهربابک (محدوده میدوک) جهت تعیین این ارتباط انتخاب گردید. نگاه کلی به این محدوده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که ارتباط مکانی خاصی بین تمامی اندیس‌های شناخته شده و به



تصویر ۱- منطقه مورد مطالعه در تصویر ماهواره ای سنجنده تی ام (TM).

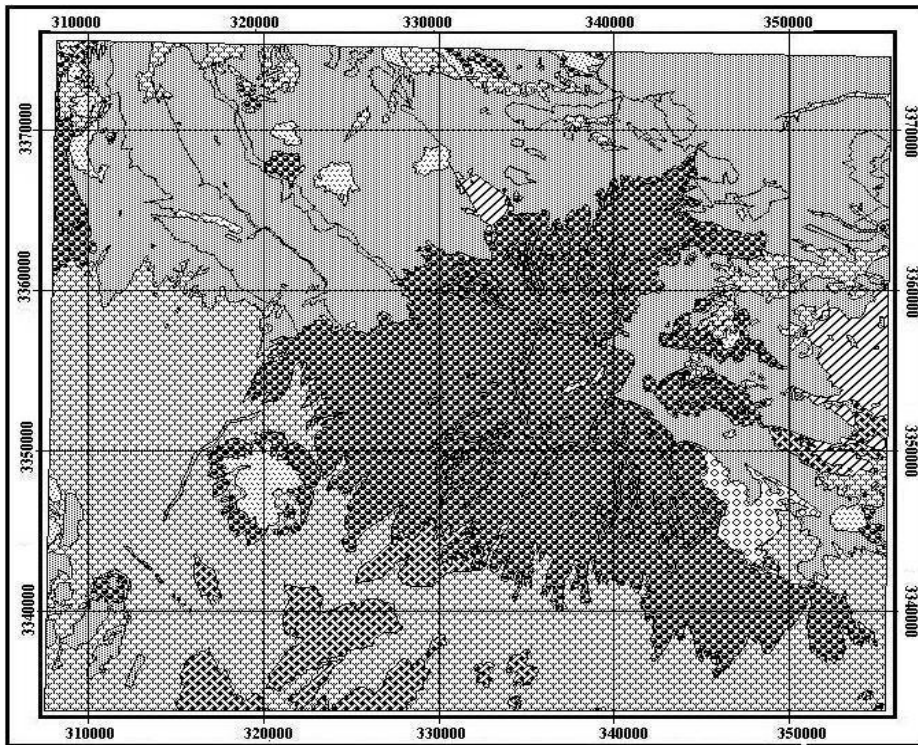
### ۳- روش تحقیق

ابتدا در نرم افزار (ENVI 4.0) شکستگی های منطقه با استفاده از تکنیک های دورسنجی مانند اعمال فیلتر های جهت دار بر روی تصویر ماهواره ای استخراج گردیده و بعد از آن لایه مربوطه از فرمت وکتور (vector) به فرمت رستر (raster) تبدیل می شود.

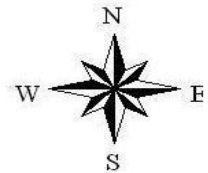
سپس نمودار گلرخی مربوط به شکستگی های منطقه نیز ترسیم گردید (تصویر ۳).

ارتباط مکانی بین نهشته های معدنی با شکستگی ها

پلوتونیزم در منطقه بوده اند (اصفهانی نژاد و رحیمی ۱۳۷۹). این منطقه یکی از مناطق عمده با پتانسیل مس پورفیری در کمربند متالوژنی مس کرمان می باشد. رخداد و کانسارهای بسیار مس با زایش های متفاوت گزارش شده اند که عمدتاً در ارتباط با جایگیری توده های گرانیتوئیدی در میوسن می باشند. مطالعات ساختاری متفاوت نشان می دهد که اکثر ذخایر و به خصوص پورفیری ها ارتباط ژنتیکی بسیار نزدیکی با سیستم های گسلی امتداد لغز این بخش از کمربند ارومیه-دختر دارند (Zarasvandi et al. 2005 ، Forster 1978).

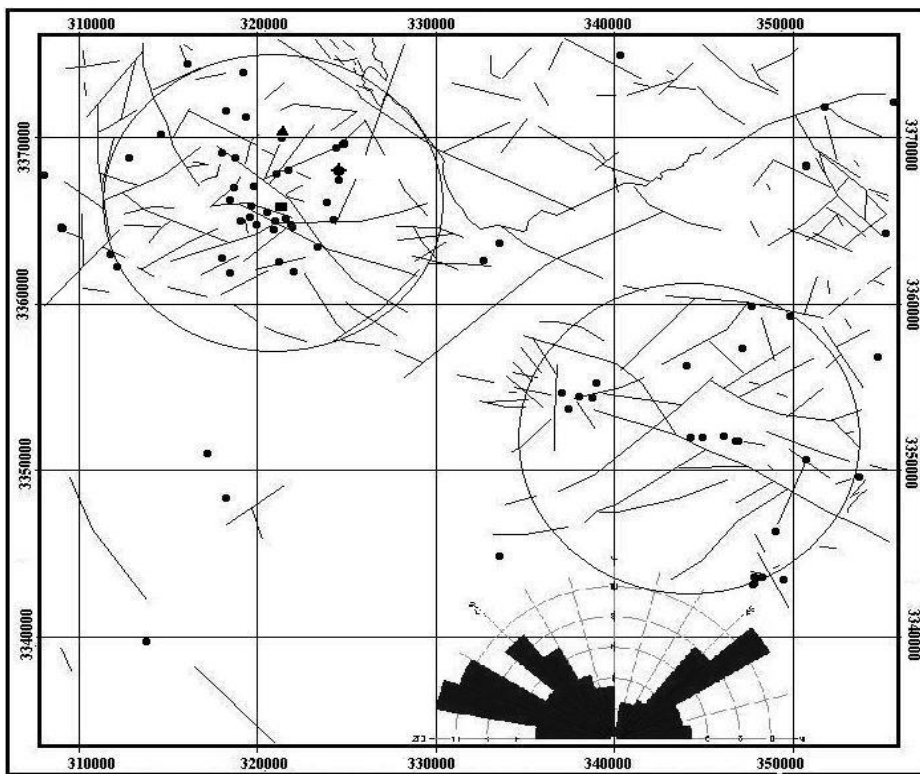


- آبرفت
- ماسه سنگ
- آذرآاری های میوسن - پلیوسن
- پورفیریهای میوسن
- نفوذی های الیگومیوسن
- آذرآاری های ائوسن - میوسن
- متاولکانیک های قبل از ائوسن
- سنگ آهک های کرتاسه

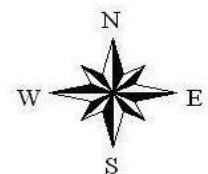


20 0 20 Kilometers

تصویر ۲- نقشه زمین شناسی منطقه

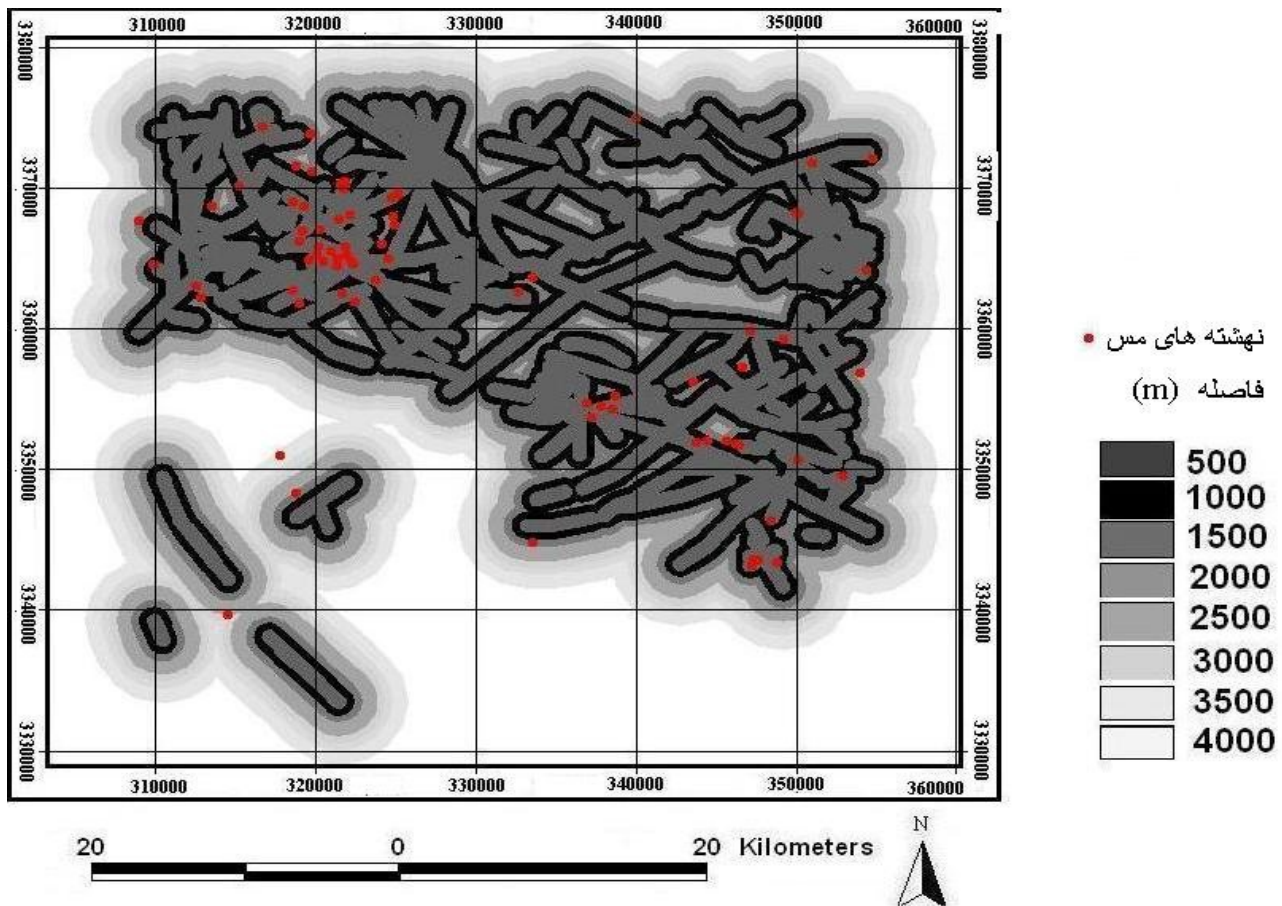


- نهشته های مس
- گسلها
- ◆ میدوک
- چاه مسی
- ▲ لاجچاه



20 0 20 Kilometers

تصویر ۳- لایه شکستگی‌های منطقه، و نمودار گلسرخ، همراه با موقعیت اندیس‌های مس.



تصویر ۴- بافرهای ۵۰۰ متری اطراف امتداد شکستگی‌ها.

(درصد کل مساحت / درصد رخدادهای قرارگرفته در درون محدوده)  $< 1$  (درون محدوده)

بدون ارتباط مکانی اگر:

(درصد کل مساحت / درصد رخدادهای قرارگرفته در درون محدوده)  $= 1$  (درون محدوده)

اما به دلیل اینکه مساحت رخنمون‌ها بسیار کوچکتر از محدوده‌هایست که درون آن قرار دارند، برای نمایش تغییرات روابط بالا به صورت لگاریتمی ارائه می‌شود.

(درصد کل / لگاریتم (درصد کانسارهای درون محدوده)  $W^+$  مساحت درون محدوده)

(درصد کل / لگاریتم (درصد کانسارهای بیرون محدوده)  $W^-$  مساحت بیرون محدوده)

پس از وزن دهی، واریانس وزنها از طریق روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$s^2(w^+) = \frac{1}{mD_p} + \frac{1}{bD_p} \quad (1)$$

$$s^2(w^-) = \frac{1}{mD_A} + \frac{1}{bD_A} \quad (2)$$

با استفاده از روش وزن‌های نشانگر (weights of evidence) (Bonham-Carter et al. 1989) مورد آزمایش قرار می‌گیرد. البته پایه ریاضی این تکنیک پیچیده بوده و در این تحقیق از نوع ساده شده این روش، ارائه شده توسط تورنر (Turner 1997)، استفاده شد. مبنای این روش بر حضور یا عدم حضور یک پدیده نقطه‌ای (مانند اندیس‌ها و نهبشته‌های مس پورفیری) در یک محدوده (domain) می‌باشد، که این محدوده می‌تواند فواصل مشخص از شکستگی‌ها و یا پلوتون‌های منطقه باشد و بر اساس وزندهی بین این نقاط و محدوده‌ها عمل می‌کند. این وزنها به صورت  $W^+$  (وزندهی به پدیده‌های درون محدوده) و  $W^-$  (وزندهی به پدیده‌های بیرون از محدوده  $D_A$ ) می‌باشند. باید توجه کرد  $T = D_p + D_A$  و  $T$  کل محدوده ایست که مطالعه شده است. ارتباط مکانی بین مجموعه‌ی نقاط و محدوده‌های دو تایی را با توجه به رابطه‌ی زیر می‌توان مشخص نمود:

ارتباط مکانی مثبت اگر:

(درصد کل مساحت / درصد رخدادهای قرارگرفته در درون محدوده)

$> 1$  (درون محدوده)

ارتباط مکانی منفی اگر:

جدول ۱ - مختصات جغرافیایی اندیس‌های مس موجود در منطقه

(اصفهان‌نژاد و رحیمی ۱۳۷۹)

نام	مختصات (UTM)	
	X	Y
میدوک	۳۲۴۶۳۱/۲۱۸۷	۳۳۶۷۳۶۰/۰۰۰۰
چاه مسی	۳۲۱۶۰۷/۱۲۵۰	۳۳۶۵۱۱۵/۷۵۰۰
سارا	۳۲۱۲۲۱/۳۷۵۰	۳۳۷۰۲۴۵/۷۵۰۰
شرق مدوار	۳۱۷۲۳۶/۳۴۳۷	۳۳۵۰۹۳۸/۵۰۰۰
کهنوکارها	۳۰۹۱۳۲/۸۴۳۷	۳۳۶۴۵۱۶/۷۵۰۰
غرب شهربابک	۳۱۳۸۵۹/۳۷۵۰	۳۳۲۹۶۵۸/۰۰۰۰
کنگی	۳۱۱۸۱۱/۰۶۲۵	۳۳۶۲۹۶۰/۲۵۰۰
دره تنگله	۳۱۴۶۰۸/۵۹۳۷	۳۳۷۰۱۱۸/۲۵۰۰
جنوب رگه سیلیکاتی میدوک	۳۲۳۹۰۶/۳۱۲۵	۳۳۶۶۰۲۵/۰۰۰۰
کوه گلاب	۳۱۸۲۹۹/۴۳۷۵	۳۳۴۸۲۹۸/۷۵۰۰
هرناشک	۳۱۸۵۰۸/۵۳۱۲	۳۳۶۱۷۹۹/۵۰۰۰
جنوب میدوک	۳۲۰۰۰۳/۰۶۲۵	۳۳۶۴۷۰۷/۵۰۰۰
رگه سیلیکاتی دریدویه	۳۱۸۷۸۴/۴۶۸۷	۳۳۶۸۷۰۳/۷۵۰۰
دریدویه	۳۱۸۳۰۸/۸۱۲۵	۳۳۷۱۵۷۹/۷۵۰۰
شرق ایستگاه میدوک	۳۱۹۷۱۲/۳۷۵۰	۳۳۶۵۸۳۱/۲۵۰۰
غرب ایستگاه میدوک	۳۱۸۴۹۴/۵۶۲۵	۳۳۶۱۹۵۰/۵۰۰۰
شمال غرب بندوان	۳۲۲۰۸۵/۰۰۰۰	۳۳۶۱۸۷۷/۰۰۰۰
شمال کمکونیه	۳۲۱۲۹۵/۰۶۲۵	۳۳۶۲۵۰۸/۷۵۰۰
جنوب شرق چاه مسی	۳۲۱۹۸۶/۸۴۳۷	۳۳۶۴۵۶۵/۵۰۰۰
جنوب میدوک	۳۲۰۹۸۶/۰۳۱۲	۳۳۶۴۳۹۷/۰۰۰۰
شمال غرب میدوک	۳۲۱۱۱۵/۳۱۲۵	۳۳۶۷۳۳۷/۰۰۰۰
لانلا	۳۲۴۴۴۰/۷۵۶۲	۳۳۶۹۳۳۳/۷۵۰۰
آبدار ۱	۳۳۸۰۲۸/۳۷۵۰	۳۳۵۴۴۱۱/۰۰۰۰
آبدار ۲	۳۳۳۶۲۹/۵۹۳۷	۳۳۴۴۷۷۷/۵۰۰۰
رگه سیلیکاتی آبدار	۳۳۷۴۳۲/۳۱۲۵	۳۳۵۳۶۲۲/۰۰۰۰
رشکن	۳۴۰۳۵۳/۸۱۸۷	۳۳۷۹۰۸۵/۰۰۰۰
جنوب غرب گلاب	۳۴۸۲۹۱/۱۲۵۰	۳۳۴۳۵۱۳/۰۰۰۰
حسین آباد	۳۴۷۷۱۶/۵۶۲۵	۳۳۵۹۷۹۶/۷۵۰۰
جنوب غرب پیشوستا	۳۴۷۰۱۷/۰۳۱۲	۳۳۵۱۶۶۱/۷۵۰۰
درخونی	۳۴۶۲۰۰/۲۱۸۷	۳۳۵۱۹۶۸/۰۰۰۰
گلاب	۳۴۹۴۸۰/۰۹۳۷	۳۳۴۳۳۶۷/۰۰۰۰
کوه مدوار	۳۴۹۱۰۱/۰۶۲۵	۳۳۴۶۲۹۲/۵۰۰۰
جنوب شرق همدین	۳۵۵۲۶۴/۱۵۶۲	۳۳۶۱۱۷۲/۰۰۰۰
پادامستان	۳۵۳۷۳۹/۶۲۵۰	۳۳۴۹۵۴۷/۲۵۰۰
گوری	۳۵۴۸۱۱/۱۸۷۵	۳۳۵۶۷۷۷/۲۵۰۰

در مواردی که نقاط و رخنمون‌ها نسبتاً کم باشند (مانند: تحقیق پیش‌رو) نسبت C/s(C) مبنای کار قرار می‌گیرد (Bonham-Carter 1994). بر این اساس هر چه مقدار نسبت بدست آمده بالا، بزرگتر باشد ارتباط مکانی مطلوب‌تر بوده، به طوری که حداکثر نسبت بدست آمده برای یک محدوده ارتباط مکانی مطلوب‌تری را برای آن محدوده می‌توان در نظر گرفت.

#### ۴- بهت

منطقه مورد مطالعه سه کانسار مهم مس پورفیری تحت عنوان میدوک، لاجاه و چاه مسی دارد. در آن چندین اندیس مس شناخته شده است (اصفهان‌نژاد و رحیمی ۱۳۷۹) (جدول ۱). تمامی ذخایر و اندیس‌های ذکر شده بر روی نقشه شکستگی‌ها و زمین‌شناسی ترسیم گردیدند. بیشترین تمرکز اندیس‌های مس در شمال غرب و جنوب شرق منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشند. مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهد که ولکانیسم و پلوتونیسم در این دو منطقه در ارتباط با ساختارهای آتشفشانی شکلی می‌باشند که به صورت وسیع در منطقه برونزد دارند. بیشترین تراکم شکستگی‌ها نیز در این دو منطقه دیده می‌شوند.

در مرحله‌ی بعد اندیس‌های مس موجود در منطقه در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به صورت یک لایه‌ی نقطه‌ای درآمده و با تلفیق مشخصات توصیفی به آن‌ها، تبدیل به رستر می‌شود. سپس در محیط در محیط مذکور بافرهای ۵۰۰ متری اطراف لایه شکستگی‌ها ایجاد می‌گردد (تصویر ۴).

در ادامه بر اساس روش وزن‌های نشانگر، تعداد نقاط (اندیس-های معدنی) در درون و بیرون محدوده‌ی دوتایی (فواصل مختلف از شکستگی‌ها)، با روی هم اندازی لایه‌های رستری آن‌ها، شمارش شده و سپس با استفاده از معادلات ذکر شده در بالا ضرایب C و Studentized) محاسبه می‌شود (جدول ۲).

مطالعات اخیر (Carranza 2002, Richards et al. 2001) نشان داد، سیستم‌های کانه‌زایی در کمرندهای ولکانو-پلوتونیک دنیا (کمان‌های ماگمایی) ارتباط بسیار تنگاتنگی با گسل‌های امتدادلغز دارند. بنظر می‌رسد، گسل‌های امتدادلغز بدلیل داشتن خاصیت انقطاع در مکان‌های مختلف توانایی ایجاد محیط‌های مناسب جهت نفوذ توده‌های ماگمایی پورفیری را داشته باشند. این توده‌ها در کمان‌های ماگمایی عمدتاً همراه با کانه‌زایی‌های مس، به خصوص سیستم‌های مس پورفیری می‌باشند. بر این اساس تعیین

در روابط ۱ و ۲،  $(mDp)$  تعداد پیکسل‌های (کوچکترین واحد سازنده تصویر) درون محدوده و شامل اندیس مس، و  $(bDp)$ ، تعداد پیکسل-های بدون اندیس مس و درون محدوده می‌باشند. سپس برای هر محدوده دو تایی ضریب تباین (C) از رابطه ۳ بدست می‌آید:

$$C = (W+) - (W-) \quad (3)$$

سپس انحراف معیار به طریق زیر (رابطه ۴) محاسبه می‌گردد:

$$s(C) = \sqrt{s^2(W+) + s^2(W-)} \quad (4)$$

جدول ۲- تغییرات وزن‌ها و کتراست‌ها برای فواصل تجمعی از امتداد شکستگی‌ها نسبت به اندیس‌های مس.

Distance buffer (m)	Area (Km <sup>2</sup> )	No. points	W+	s(W+)	W-	s(W-)	C	s(C)	C/s(C)
500	631.93	50	0.4964	0.1474	-0.4545	0.1743	0.9509	0.2283	4.1655
1000	1017.81	71	0.3603	0.1230	-0.9754	0.2801	1.3357	0.3059	4.3662
1500	1221.00	81	0.3064	0.1150	-2.0949	0.5792	2.4013	0.5905	4.0664
2000	1337.85	82	0.2218	0.1140	-2.2146	0.7091	2.4364	0.7182	3.3922
2500	1421.65	82	0.1572	0.1138	-1.9410	0.7098	2.0983	0.7188	2.9190
3000	1497.05	83	0.1153	0.1129	-2.3066	1.0026	2.4219	1.0089	2.4004
3500	1566.84	83	0.0671	0.1128	-1.8547	1.0041	1.9219	1.0104	1.9021
4000	1690.01	84							

### تشکر و قدردانی

بدینوسیله از راهنمایی‌های خردمندانه‌ی اساتید ارجمند دانشگاه شهید چمران اهواز، جناب آقای دکتر رنگزن و جناب آقای دکتر زراسوندی تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

### مراجع

اصفهان‌نژاد، م.، رحیمی، م.، ۱۳۷۹، "گزارش تهیه نقشه پتانسیل مواد معدنی در گستره برکه ۱/۱۰۰۰۰۰۰ شهر بابک با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)"، سازمان زمین‌شناسی کشور.

Bonham – Carter, G.F., 1994, "Geographic information systems for geoscientists. Modelling with GIS", Pergamon, Oxford, 398 P.

Bonham-Carter, G. F., Agterberg, F. P. & Wright, D. F., 1989, "Weights of evidence modelling: a new approach to mapping mineral potential", In: Agterberg, F. P., and Bonham-Carter, G. F., (eds.), *Statistical Applications in the Earth Sciences: Geol. Survey Canada Paper 89-9: 171-183*.

Carranza, E. J. M., 2002, "Geologically-Constrained Mineral Potential Mapping", *PhD Thesis, Delft University of Technology, the Netherlands, 480 pp*.

Carranza, E. J. M. & Hale, M., 2002, "Where are porphyry copper deposits spatially localized? A case study in Banquet province, Philippines", *Natural Resource Research, Vol.11 (1): 45-59*.

Forster, H., 1978, "Mesozoic-Cenozoic metallogenesis in Iran", *Journal of the Geological Society, Vol. 135: 443-455*.

Richards, J. P., Boyce, A. J. & Pringle, M. S., 2001, "Geologic evolution of the Escondido area, northern Chile: a model and temporal localization of porphyry Cu mineralization", *Economic Geology, Vol. 98: 1515-1533*.

و مشخص نمودن روابط مکانی و زمانی گوناگون بین این توده‌ها و این گسل‌ها همواره مد نظر بوده‌اند. در این مطالعه ارتباط مکانی اندیس‌های معدنی با شکستگی‌ها و گسل‌های امتداد لغز منطقه در فاصله‌ی ۱ کیلومتری بدست آمده است. این مشاهدات نشان می‌دهد، که مناطق بین گسل‌های امتداد لغز، زون‌های مناسبی برای کانه‌زایی مس پورفیری می‌باشد.

### ۵- نتیجه‌گیری

۱- استفاده از فیلترهای جهت‌دار و اعمال آن‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و دقیق‌ترین روش‌ها برای استخراج گسل‌ها و شکستگی‌ها می‌باشد.

۲- بر اساس روش وزن‌های (weights of evidence) بیشترین ارتباط بین نهشته‌های معدنی با شکستگی‌ها در فاصله ۱ کیلومتری، می‌باشد.

۳- مطالعه نقشه‌های بدست آمده نشان می‌دهد که بطور کلی دو سیستم کانه‌زایی، آتشفشانی و تراکم شکستگی در منطقه مورد مطالعه به چشم می‌خورد. آن دو سیستم عمدتاً در شمال غرب و در جنوب شرق منطقه قرار دارند و با دو سیستم آتشفشانی بزرگ، سیستم شمال غرب با مرکزیت میدوک و لاجاه و سیستم جنوب شرق با مرکزیت آبدر منطبق می‌باشند.

۴- تصاویر ماهواره‌ای، دیاگرام‌های گلسرخ‌ی و نقشه‌ی ارتباط شکستگی‌های استخراج شده با نهشته‌های مس‌دار، تماماً، کانه‌زایی مرتبط با دو سیستم آتشفشانی ذکر شده را نشان می‌دهد، که در تقاطع گسل اصلی شهر بابک با سری‌های گسلی با روند شمال شرق- جنوب غرب و شمالی- جنوبی می‌باشند.

**Titley, S. R. & Beane, R. E., 1981**, "Porphyry copper deposits. Part 1. Geologic setting, petrology, and tectogenesis: Part2. Hydrothermal alteration and mineralization", *Economic Geology*, 75<sup>th</sup> Anniversary Volume: 214-269.

**Turner, D.D., 1997**, "Predictive GIS model for sediment-hosted gold deposits, North-Central Nevada, U.S.A", In: *Gubins, A. G., (ed.), Proc. Exploration 97: Fourth Decennial Intern. Conf. on Mineral Exploration (Toronto, Canada): 115-126.*

**Padilla Garza, R.A., Titley, S.R. & Francisco Pimentel, B., 2001**. "Geology of the Escondido porphyry copper deposits, Antofagasta region, Chile", *Economic Geology*, Vol. 96: 307-344.

**Zarasvandi, A., Liaghat, S. & Zentilli, M., 2005**, "Geology of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposit, central Iran", *International Geology Reviews*, Vol. 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", *PhD thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran, 280p.*