

# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



## معرفی کانی زایی مس-مولیبدن پورفیری منطقه چاه زاغو-پنهانی، جنوب بیرجند



### چکیده:

محدوده کانی زایی چاه زاغو-پنهانی در حدود ۱۰۰ کیلومتری جنوب بیرجند قرار دارد. رخنمون های سنگی منطقه شامل توالی افیولیتی و نهشته های رسوبی-آتشفشانی مربوط به کرتاسه-پالئوسن هستند که توسط توده های نفوذی ترشیاری قطع شده اند. جایگزینی استوک های نفوذی پورفیری گرانودیوریتی و گرانیتی، موجب توسعه کانی زایی مس (مولیبدن) پورفیری در این منطقه شده است. همراه با کانی زایی نوع پورفیری، کانی زایی های اسکارن و رگه ای دما پایین نیز توسعه یافته است. توسعه سیستم پورفیری با آلتراسیون های شاخص این سیستم شامل پتاسیک و فلیک و پروپیلیتی همراه شده است. مطالعات لیتوژئوشیمیایی نشان از انطباق آنومالی های مس و مولیبدن بر رخنمون توده های پورفیری دارد. اکتشاف کانی زایی پورفیری مس (مولیبدن) در منطقه چاه زاغو مؤید پتانسیل مناسب کمر بند کانی زایی شرق ایران برای اکتشاف کانسارهای مشابه دارد.

**کلید واژه ها:** کانی زایی، مس (مولیبدن) پورفیری، دگرسانی، لیتوژئوشیمی، چاه زاغو-پنهانی، بیرجند

## Introducing porphyry copper (molybdenum) mineralization in the Chah Zaghau-Panhani area, south of Birjand

### Abstract:

Chah Zaghau-Panhani mineralization area is located in the south of Birjand. In the area, ophiolitic sequences and volcano-sedimentary Cretaceous to Paleocene units cut by Tertiary intrusions. Porphyry Cu (Mo) mineralization is related to emplacement of porphyry granodioritic and granitic stocks. Emplacement of porphyry granodioritic and granitic stocks caused porphyry type Cu (Mo) mineralization in the area. Skarn and low temperature vein types mineralizations also are developed associated with porphyry type mineralization. Generation of porphyry type mineralization are associated with potassic, phyllic and propylitic alterations in the stocks and contrary rocks. Lithochemical studies showed that Cu and Mo anomalies are match with porphyry intrusive rocks outcrops. Porphyry mineralization in the Chah Zaghau area implies that east Iranian mineralization belt has suitable potential to exploration of new similar deposits.

**Keywords:** Mineralization, Porphyry copper (molybdenum), Alteration, Lithochemistry, Chah Zaghau-Panhani, Birjand



### مقدمه:

تکامل اقیانوس نئوتتیس و شاخه های منشعب از آن در ایران با کانی زایی های فلزی متعددی همراه شده است که از جمله آنها می توان به کانسارهای مس (مولیبدن) پورفیری اشاره نمود. کانسارهای مس پورفیری در ایران در چهار کمر بند اصلی متمرکز شده اند که هر یک از این کمر بند ها ویژگی های زمین شناسی، کانی زایی و دامنه سنی متمایزی دارند (Aghazadeh et al., 2015). کمر بندهای کانی زایی مس (مولیبدن) پورفیری مذکور شامل کرمان، ارسباران، بخش میانی کمر بند ماگمایی ارومیه دختر (ساوه-یزد) و شرق ایران هستند (Aghazadeh et al., 2015). همچنین کمان ماگمایی مکران که شامل برخی از کانی زایی های نوع

# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

پورفیری کمتر مطالعه شده از جمله خارستان و .. می باشد نیز می تواند به عنوان کمربند کانی زایی پورفیری بالقوه ارزیابی شود (Aghazadeh et al., 2015). در کمربند کانی زایی پورفیری شرق ایران، کانسارها و اندیس های پورفیری متعددی گزارش شده اند که هنوز مطالعات اکتشافی سیستماتیک بر روی آنها کامل نشده است. از جمله آنها می توان به محدوده های شادان (خوپیک)، ماهر آباد، شیخدر آباد، چاه شلغمی و ... اشاره کرد (Karimpour et al., 2011; Richards et al., 2012; Aghazadeh et al., 2015). مطالعات زمین شناسی و اکتشافی اخیر در محدوده چاه زاغو-پنهانی حضور توده های پورفیری با کانی زایی نوع مس (مولیدن) پورفیری را به اثبات رسانده است (آقازاده و براتی ۱۳۹۲، آقازاده و همکاران ۱۳۹۳). محدوده چاه زاغو در استان خراسان جنوبی و در حدود ۱۰۰ کیلومتری فاصله هوایی جنوب بیرجند قرار دارد. این محدوده در شمال شرق معدن قلعه زری و جنوب شرق کانسار شادان و ۱۰ کیلومتری شمال شرق محدوده طلای هیرد قرار دارد. محدوده چاه زاغو در جنوبی ترین بخش نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ مختاران قرار دارد و دسترسی به این محدوده از طرق جاده خوسف-قلعه زری امکان پذیر است. در این پژوهش بر اساس مطالعات زمین شناسی، آزمایشگاهی و لیتوژئوشیمیایی به ارزیابی کانی زایی مس (مولیدن) پورفیری چاه زاغو-پنهانی پرداخته شده است.



## بحث و روش تحقیق:

بر اساس مطالعات زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ برای اولین بار حضور کانی زایی مس (مولیدن) پورفیری، رگه ای مس-طلا و اسکارنی در محدوده چاه زاغو-پنهانی اثبات شد. لذا مطالعات اکتشافی سیستماتیک شامل مطالعات زمین شناسی ۱:۱۰۰۰، لیتوژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی و حفاری اکتشافی به صورت ترانشه و مغزه گیری در این محدوده پی ریزی شد. برای ارزیابی زمین شناسی محدوده مورد مطالعه و استوک های پورفیری از نتایج مطالعات بیش از ۵۰ عدد مقطع نازک و ارزیابی کانی زایی های مختلف از نتایج بالغ بر ۳۰ عدد مقطع صیقلی استفاده شده است. همچنین برای ارزیابی هاله های لیتوژئوشیمیایی تعداد ۳۵۵ نمونه با شبکه ۵۰×۵۰ متر برداشت شده است.

## زمین شناسی و پتروگرافی

بر اساس مطالعات زمین شناسی در محدوده چاه زاغو-پنهانی رخنمون های سنگی متعددی رخنمون دارند که می توان آنها را به سه نوع متمایز تفکیک کرد. این نهشته ها شامل رخنمون های سنگی الترابازیک و بازیک مربوط به سکانس افیولیتی با سن کرتاسه-پالئوسن و همچنین رخنمون های رسوبی وابسته به این سکانس می باشند. رخنمون های مربوط به سنگ های الترابازیک شامل توده های پریدوتیتی و گابرویی سکانس افیولیتی می باشند که همراه با سنگ های بازالتی و دیابازی در منطقه دیده می شوند. رخنمون های متعددی از نهشته های رسوبی، آتشفشانی و آذرآواری با سن پالئوسن در منطقه چاه زاغو-پنهانی رخنمون دارند که سنگ میزبان توده های نفوذی ترشیاری هستند. این نهشته ها دچار دگرگونی ناحیه ای خفیف و در همبری توده های نفوذی دچار دگرگونی مجاورتی شده اند. در داخل نهشته های فوق توده های نفوذی متعددی با ترکیب کوارتز دیوریتی، گرانودیوریتی و گرانیتی نفوذ نموده اند که سن ترشیاری دارند و می توانند به ائوسن پایانی-الیگوسن نسبت داده شوند. توده های نفوذی ترشیاری به

# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



انواع مختلفی قابل تقسیم هستند که شامل توده گرانودیوریتی گرانولار دیشک، توده های پورفیری گرانودیوریتی و گرانیتی حاوی کانی زایی مس پورفیری و استوک ها و دایک های تاخیری کوارتز دیوریتی تا گرانودیوریتی هستند.

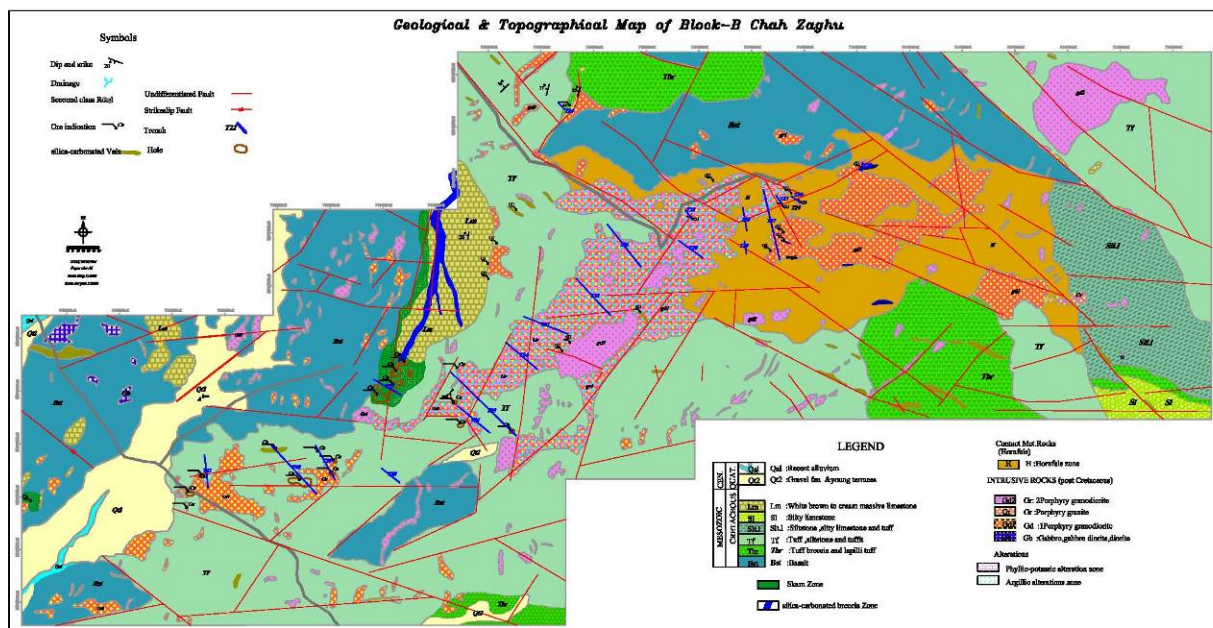
بر اساس نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰ تهیه شده از محدوده دارای کانی زایی مس پورفیری (شکل ۱)، استوک های نفوذی گرانودیوریتی و گرانیتی عامل کانی زایی مس پورفیری در منطقه هستند. در این محدوده قدیمیترین استوک نفوذی شامل توده گرانودیوریتی پورفیری می باشد. رخنمون های توده گرانودیوریت پورفیری طولی بالغ بر ۱۳۰۰ متر و عرض ۳۰۰ متر را نشان می دهند و این توده در داخل نهشته های بازالتی، توفی و کربناته کرتاسه نفوذ نموده است (شکل ۲A). توده گرانودیوریت پورفیری توسط توده گرانیتی پورفیری قطع شده است (شکل ۲B). دایک ها و آپوفیزهای با ترکیب کوارتز دیوریت و گرانودیوریت بعد از جایگزینی توده های پورفیری جایگزین شده اند (شکل ۱). در داخل این توده آپوفیزها و دایک هایی از توده گرانیتی پورفیری با ابعاد کمتر از ۵۰ متر دیده می شوند که به واسطه رنگ روشن تر و فنوکریست های کوارتز چشمی از توده های دیگر متمایز هستند. توده گرانودیوریتی پورفیری حاوی فنوکریست های پلاژیوکلاز و آمفیبول، بیوتیت و گاهی کوارتز در یک زمینه میکروگرانولار از کانی های فوق و فلدسپار آلکالن و کانی های ثانویه می باشد (شکل ۲C). این مجموعه در اثر دگرسانی پتاسیک و فلیک با کانی ثانویه شاخص این نوع دگرسانی ها جایگزین شده اند. از جمله کانی های کمیاب می توان به کانی های اپاک، زیرکن، اسفن و آپاتیت اشاره نمود. توده گرانیت پورفیری دارای فنوکریست های فلدسپار و کوارتز به همراه پسدومورف های کانی های مافیک بیوتیت و گاهی آمفیبول در یک زمینه میکروگرانولار کوارتز و فلدسپار می باشد (شکل ۲D). این توده دگرسانی پتاسیک ضعیف و فلیک متوسط تا شدید را دارد. در اثر این آلتراسیون ها کانی های ثانویه مختلف در این توده ظاهر شده اند. در این توده کانی های کمیاب شامل آپاتیت، زیرکن و تیتانیت و کانی های اپاک می باشند. توده های تاخیری دارای بافت پورفیری و زمینه میکروگرانولار هستند. کانی شاخص در این سنگ ها پلاژیوکلاز و آمفیبول می باشند که براساس میزان دامنه کوارتز می توانند به انواع کوارتز دیوریتی و گرانودیوریتی تقسیم بندی شوند. این دایک ها بعد از کانی زایی بوده و آلتراسیون غالب در آنها پروپیلیتی است.

## کانی زایی و آلتراسیون

در محدوده مورد مطالعه انواع کانی زایی های پورفیری مس (مولیدن) و اسکارنی و رگه ای شناسایی شده اند. کانی سازی پورفیری همراه با توده های پورفیری گرانودیوریتی و گرانیتی رخ داده است. کانی زایی پورفیری در توده گرانودیوریتی نسبت به توده متاخر گرانیتی از شدت و گسترش بیشتری برخوردار است. کانی زایی عمدتاً ماهیت هایپوژن دارد و کانی زایی سوپرژن توسعه قابل توجهی ندارد. کانی زایی سوپرژن عمدتاً در بخش های سطحی تا عمق ۱۰ متری در امتداد شکستگی ها توسعه یافته است. کانی زایی هایپوژن عموماً به صورت استوک و رک های سیلیسی و افشان در متن سنگ رخ داده است. انواع رگچه های نسل اول مگنتیت، بیوتیت و پتاسیم فلدسپار گاهی همراه با مولیدنیت و کالکوپیریت توسط رگچه های نسل دوم کوارتز+مولیدنیت، کوارتز+کالکوپیریت+مولیدنیت، کوارتز+کالکوپیریت، انیدریت-سیلیس و کوارتز+پیریت و رگچه های نسل سوم کوارتز و

# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

کوارتز + پیریت قطع شده اند (اشکال E۲, F۲, G۲). کانی زایی سوپرژن با حضور کالکوسیت و کولین به همراه کربناته های مس در سطح و نزدیک سطح مشخص می شود.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰ محدوده مس (مولیدن) پورفیری چاه زاغو-پنهانی (تغییر یافته از آقازاده و همکاران ۱۳۹۳)

کانی زایی اسکارن در همبری توده گرانودیوریت پورفیری و سنگ های کربناته و همچنین در داخل زینولیت های سنگ های کربناته داخل توده پورفیری رخ داده است. ابعاد زون های اسکارنی متغیر است و از چند متر تا بیش از ۲۰۰ متر دیده می شوند. کانی زایی اسکارن عمدتاً از نوع اندواسکارن می باشد. پارائزهای کانیایی اسکارن شامل گارنت، پیروکسن، اسکاپولیت به همراه اپیدوت، ترمولیت-اکتینولیت، کلریت، کلسیت و کوارتز می باشند که شامل مراحل پیشرونده و پسرونده اسکارن زایی هستند. همچنین کانه های کالکوپیریت، بورنیت، مولیدنیت، ایژیست و پیریت همراه با تشکیل کانی های اسکارنی توسعه یافته اند. در منطقه چاه زاغو-پنهانی دوسیستم کانی زایی رگه ای توسعه یافته است. کانی زایی رگه ای مس-طلا به همراه سرب و که در حاشیه سیستم پورفیری و احتمالاً همزمان یا کمی بعد از آن توسعه یافته است. این سیستم در بخشهای غربی و شمالی سیستم پورفیری دیده می شوند. طول و عرض این رگه ها قابل توجه و تا بیش از ۵۰۰ متر طول و تا ۱۰ متر عرض نشان می دهند. بیشینه عیار طلا در نمونه های سطحی برداشت شده از این سیستم تا ۱/۵ ppm می باشد. این سیستم با توجه به شواهد بافتی و کانی شناسی ویژگی های کانی زایی اپی ترمال دما پایین را دارد. سیستم رگه ای جوان دیگری با راستای تقریبی شرقی-غربی در منطقه حضور دارد که به صورت رگه های سیلیسی - کربناتی برشی در محدوده دیده می شوند. این سیستم در امتداد گسل های با روند شرقی-غربی تشکیل شده اند. کانه زایی مذکور سیستم های پورفیری و رگه های اپی ترمال را قطع می کنند. این سیستم برای کانی زایی طلا مناسب بوده



# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



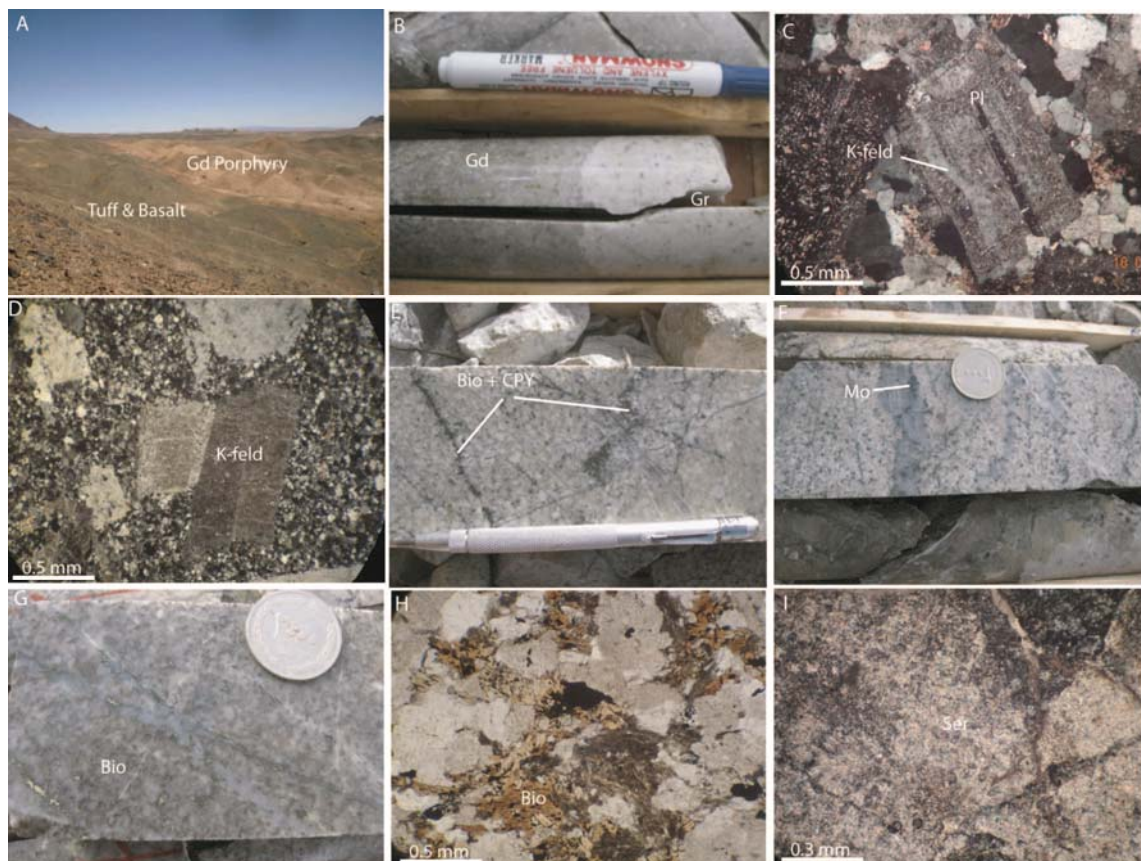
و تا ۲ ppm عیار طلا در نمونه های سطحی گزارش شده است. رگه های فوق نسبت به سیستم پورفیری تاخیری بوده و تا فواصل چندین کیلومتری کانه زایی پورفیری دیده می شوند.

توسعه کانی زایی مس (مولیبدن) پورفیری در توده های گرانودیوریتی و گرانیتی پورفیری توسط سیالات ماگمایی - جوی، سبب ایجاد هاله های آلتراسیون نوع پورفیری (مدل Lowell & Gilbert, 1970) در توده های پورفیری و سنگ های میزبان شده است. دگرسانی های مشاهده شده از نوع پتاسیک، کوارتز-سریسیت-پیریت (فلیک) و پروپیلیتی و آرژیلی ثانویه هستند. دگرسانی پتاسیک و فرآیند بیوتیتی شدن، در توده های گرانودیوریتی پورفیری و با شدت کمتر در توده گرانیتی پورفیری و سنگ های میزبان این توده ها رخ داده است. در اثر این دگرسانی کانی های مافیک به طور بخشی و یا کاملا با بیوتیت های ثانویه و کانی های اپاک جایگزین شده اند. همچنین در زمینه بیوتیت ثانویه فراوان به همراه پتاسیم فلدسپار رشد کرده است (شکل H۲). بلورهای فلدسپار اولیه به طور بخشی با پتاسیم فلدسپار ثانویه جایگزین شده اند. این امر در حاشیه بلورها با شدت بیشتری رخ داده است. در سنگ های آذرآواری میزبان، توسعه آلتراسیون پتاسیک عمدتا به صورت بیوتیتی شدن رخ داده است. دگرسانی فلیک در توده های گرانودیوریتی و گرانیتی پورفیری بر روی دگرسانی پتاسیک اولیه همپوشانی یافته است. این دگرسانی در توده گرانودیوریتی ضعیف و در توده گرانیتی توسعه خوبی دارد. به طوری که در توده گرانیتی اثرات دگرسانی پتاسیک و بافت و کانی شناسی اولیه سنگ گاهی محو شده است. در اثر این دگرسانی فلدسپارها با سریسیت و سیلیس و کانی های مافیک با کانی های اپاک (پیریت) و سریسیت جایگزین شده اند (شکل I۲). دگرسانی پروپیلیتیک نیز در حاشیه سیستم پورفیری و در سنگ های میزبان و توده های تاخیری توسعه یافته است. این دگرسانی با ظهور کانی های کلریت، اپیدوت، کلسیت و آلپیت مشخص می شود و عموما پلاژیوکلازها و کانی های مافیک را متاثر ساخته است. در منطقه دگرسانی رسی گسترده ای بر روی سیستم های دگرسانی قبلی توسعه یافته است. این دگرسانی از نوع ثانویه بوده و محدود به رخنمون های سطحی و سیستم های شکستگی می باشد. توسعه کانی های رسی بر روی فلدسپارها در اثر این دگرسانی شایع می باشد.

## لیتوژئوشیمی

برای انجام مطالعات لیتوژئوشیمیایی تعداد ۳۵۵ سلول با شبکه ۵۰×۵۰ متر بر روی رخنمون های توده های نفوذی پورفیری و سنگ های میزبان طراحی و نمونه های مربوطه برداشت و برای ۳۵ عنصر اصلی و کانساری به روش ICP-OES آنالیز شدند. بر اساس نتایج داده های لیتوژئوشیمیایی دامنه تغییرات مس در نمونه ها از ۶ تا ۲۱۳۷۶ ppm و میزان مولیبدن بین ۰٫۶ تا ۳۰۶٫۹ ppm در تغییر می باشد. میانه داده ها برای مس ۷۰۱ ppm و برای مولیبدن ۵۷٫۱۸ ppm بدست آمده است. بر اساس پردازش های دو متغیره و چند متغیره داده ها، مس و مولیبدن همبستگی معنی داری باهمدیگر نشان می دهند. نتایج حاصل از پردازش داده ها و بر اساس داده های نرمال برای ۱۶ متغیر، ۲ فاکتور معدنی، ۶ پارامتر شاخص دگرسانی و ۲ نقشه نسبت عناصر (جهت بررسی سطح فرسایش) با استفاده از نرم افزار Surfer ترسیم شدند.

# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



شکل ۲- تصاویر صحرایی و میکروسکوپی از توده های پورفیری با کانی زایی مس (مولیبدن) پورفیری، A: نمایی از گسترش توده گرانودیوریت پورفیری؛ B: نمایی از نفوذ توده لوکوگرانیته پورفیری در داخل توده گرانودیوریت پورفیری؛ C: نمایی از بافت پورفیری با زمینه میکروگرانولار و فنوکریست پلاژیوکلاز متأثر از آلتراسیون پتاسیک در توده گرانودیوریت پورفیری (نور XPL)؛ D: نمایی از بافت پورفیری در گرانیته های پورفیری (نور XPL)؛ E: نمایی از انواع رگچه های بیوتیت، کالکوپیریت و انیدریت در توده گرانودیوریتی پورفیری؛ F: نمایی از رگچه های سیلیس + مولیبدن در توده گرانودیوریت پورفیری؛ G: توسعه بیوتیت ثانویه در توده گرانودیوریت پورفیری در اثر آلتراسیون پتاسیک به همراه کانی زایی سولفیدی به صورت افشان و رگچه ای؛ H: نمایی از توسعه بیوتیت ثانویه در اثر آلتراسیون پتاسیک در توده گرانودیوریت پورفیری (نور PPL)؛ I: نمایی از آلتراسیون فلیک و توسعه سربست بر روی فلدسپارها در توده گرانیته پورفیری (نور XPL)

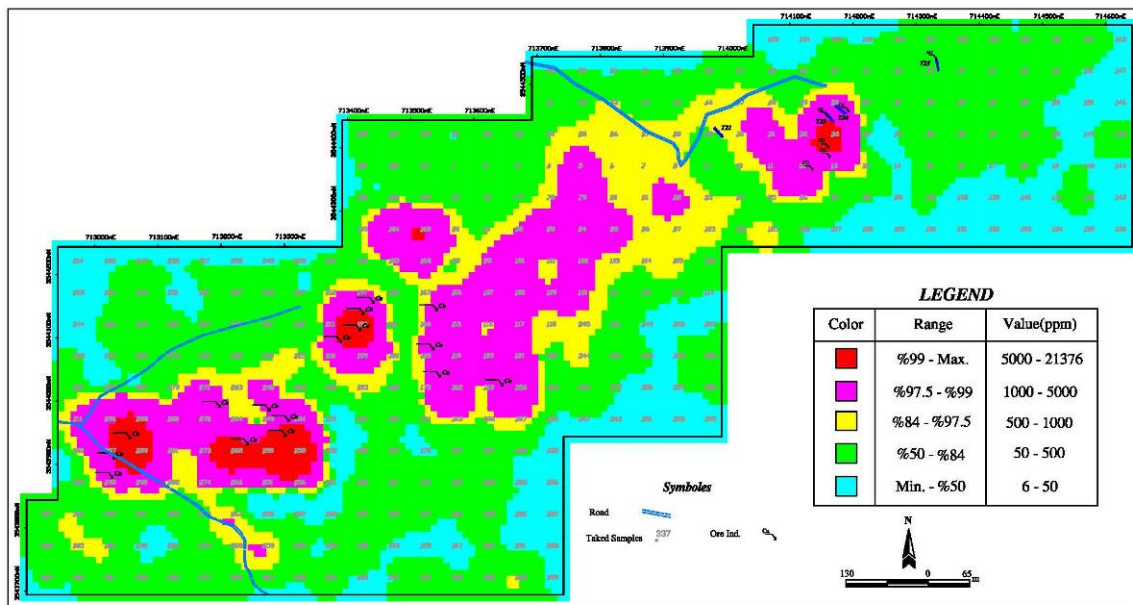
ارزیابی نقشه توزیع مس نشان دهنده انطباق آنومالی ها بر توده های پورفیری گرانودیوریتی و گرانیته و سنگ های همبر و زون های اسکارنی می باشد. در نقشه توزیع آنومالی مس، مقادیر ppm ۵۰۰ تا ۲,۱٪ و ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ ppm به ترتیب بعنوان آنومالی های درجه اول و دوم تعیین شده است که غنی شدگی بسیار بالا و در حد کانساری می باشد (شکل ۳). ارزیابی نقشه مولیبدن نشاندهنده تطابق آنومالی های این عنصر بر رخنمون توده های پورفیری و سنگ های میزبان و اسکارن ها می باشد. در نقشه توزیع آنومالی مولیبدن، مقادیر ۱۰۰ تا ۳۰۷ و ۵۰ تا ۱۰۰ ppm به ترتیب بعنوان آنومالی درجه اول و دوم تعیین شده است که غنی شدگی



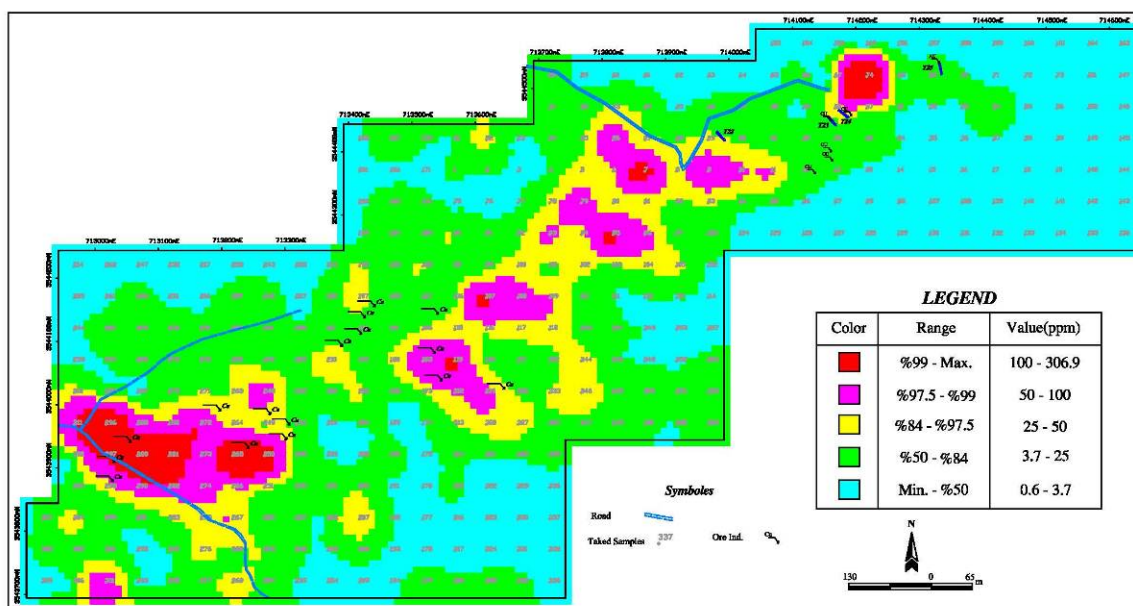
# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



بسیار بالا در حد کانساری را نشان می دهد (شکل ۴). در این دو نقشه تطابق بسیار معنی داری بین آنومالی های این عناصر مشاهده می شود. نقشه های توزیع دگرسانی ها، نشاندهنده انطباق دگرسانی های پتاسیک و سریستیک و کلریتی در سطح با آنومالی های بدست آمده برای آنها در نقشه های ترسیم شده دارد. همچنین نقشه های ارزیابی سطح فرسایش نشاندهنده تمرکز آنومالی های عناصر دما بالا در مرکز محدوده و منطبق بر توده های پورفیری گرانودیوریتی و گرانیته می باشد.



شکل ۳- نقشه توزیع آنومالی های لیتوزئوشیمیایی مس در محدوده چاه زاغو



شکل ۴- نقشه آنومالی های لیتوزئوشیمیایی مولیبدن در محدوده چاه زاغو

# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

## نتیجه گیری:

در محدوده چاه زاغو-پنهانی کانی زایی مس (مولیدن) به همراه کانی زایی های اسکارن و رگه ای دما پایین رخ داده است. کانی زایی سیستم پورفیری در داخل توده های گرانودیوریت پورفیری و گرانیتی پورفیری مربوط به ترشیاری و سنگ های میزبان مربوط به کرتاسه-پالئوسن توسعه یافته است. همراه با سیستم کانی زایی پورفیری انواع آلتراسیون های پتاسیک، کوارتز-سریسیت و پروپیلیتی و رسی ثانویه تشکیل و توسعه یافته است. بر اساس مطالعات لیتوژئوشیمیایی هاله های ناهنجاری مربوط به عناصر مس و مولیدن بر هم منطبق بوده و بر رخنمون توده های پورفیری در سطح انطباق دارند.

## منابع فارسی:

آقازاده، م.، براتی، ب.، (۱۳۹۲)، "گزارش تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه چاه زاغو (جنوب بیرجند)،" شرکت پارس آسیا پی جو، ۲۵۰ صفحه.  
آقازاده، م.، براتی، ب.، اجافی، ع.، (۱۳۹۳)، "گزارش مطالعات لیتوژئوشیمیایی و تهیه نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰ در بلوک های معدنی منطقه چاه زاغو (جنوب بیرجند)،" شرکت پارس آسیا پی جو. ۱۰۰ صفحه.

## References:

- Aghazadeh, M., Hou, Z., Badrzadeh Z., Zhou L., 2015. "Temporal-spatial distribution and tectonic setting of porphyry copper deposits in Iran: Constraints from zircon U-Pb and molybdenite Re-Os geochronology," *Ore Geology Reviews*, 70, p.385-406.
- Karimpour, M.H., Stern, C.R., Farmer, L., Saadat, S., Malekezadeh, A., 2011. "Review of age, Rb-Sr geochemistry, and petrogenesis of Jurassic to Quaternary igneous rocks in Lut Block, Eastern Iran," *Geopersia*, 1, p.19-36.
- Lowell, J.D., and Guilbert, J.M., 1970. "Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits," *Economic Geology*, 65, p.373-408.
- Richards, J.P., Spell, T., Rameh, E., Raziq, A., Fletcher, T., 2012. "High Sr/Y magmas reflect arc maturity, high magmatic water content, and porphyry Cu ± Mo ± Au potential: examples from the Tethyan arcs of central and eastern Iran and western Pakistan," *Economic Geology*, 107, p.295-332.