چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علـوم زمیـــن
The 42nd National
Geosciences Congress
www.geoconf.ir

تخمین مدل استخراجی مولیبدن در استوک پورفیری معدن مس سرچشمه با استفاده از روش کریجینگ معمولی

اکبر اسفندیارپور[۱*]، محمد حسنی کبوتر خانی[۲]، عباس بنی اسدی شهربابکی[۳] و هادی شهریاری[۴و۵]

۱- کارشناس ارشد ژئومتالورژی، اداره زمین شناسی و زهکشی، مجتمع مس سرچشمه، esfandiarpour88@gmail.com
۲- کارشناس زمین شناسی، اداره زمین شناسی و زهکشی، مجتمع مس سرچشمه، hasani_moha@nicico.com
۳- رئیس زمین شناسی، اداره زمین شناسی و زهکشی، مجتمع مس سرچشمه، baniasadiabbas55@gmail.com
۴- عضو هیأت علمی، گروه مهندسی معدن، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، shahriarihi@gmail.com
۵- مشاورتحقیقات معدن، امور تحقیق و توسعه، مجتمع مس سرچشمه، shahriarihi@gmail.com

چکیده

معدن مس سرچشمه یکی از مهمترین معادن مس- مولیبدن پورفیری در سطح جهان می باشد. از مهمترین توده‌های نفوذی نیمه عمیق در معدن مس سرچشمه می‌توان به استوک سرچشمه پورفیری اشاره کرد. استوک سرچشمه پورفیری بزرگترین فاز نفوذی در معدن مس سرچشمه می باشد. با توجه به اینکه این استوک منشأ اصلی کانی سازی مس و مولیبدن در معدن مس سرچشمه است لذا این استوک بر اساس اطلاعات چال‌های استخراجی مورد بررسی قرار گرفت. در معدن مس سرچشمه علاوه بر فلز مس، کنسانتره مولیبدن به عنوان یکی از محصولات جانبی تولید می شود. بنابراین پایش وضعیت عنصر مولیبدن در خاک ارسالی روزانه به کارخانه تغلیظ مهم می باشد. بلوک استخراجی مولیبدن به منظور کنترل عیار مولیبدن کانسنگ ارسالی به کارخانه لازم است. با توجه به اینکه عموماً نمونه های ارسالی به آزمایشگاه در قسمت هایی از استوک واقعند که دارای عیار مس بالاتر از ۰/۲۵ درصد می باشند، بنابراین بلوک مولیبدن در همان منطقه اقتصادی مس بدست می آید. به منظور تخمین بهتر مدل استخراجی مولیبدن سعی شد از روش های پیشرفته تخمین زمین آماری مانند کریجینگ استفاده شود. تعداد نمونه های مورد تخمین در استوک سرچشمه پورفیری ۲۶۱۱ در نظر گرفته شد. میانگین عیار مولیبدن در گمانه های استخراجی استوک سرچشمه پورفیری ۰/۰۳۳۴ درصد و در بلوک تخمینی برابر ۰/۰۳۴۱ درصد برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی

مس پورفیری، معدن مس سرچشمه، مدل استخراجی، مولیبدن.

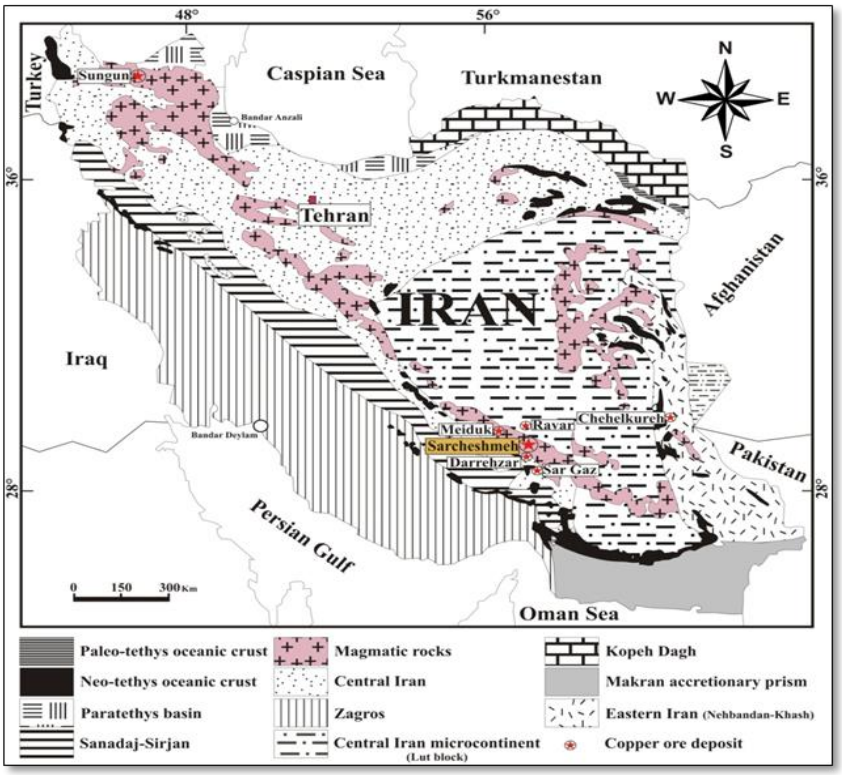
۱. متن مقاله

معدن مس سرچشمه یکی از مهمترین کانسارهای مس- مولیبدن پورفیری در سطح جهان می باشد. این معدن در ۱۵۰ کیلومتری جنوب غرب شهر کرمان، ۵۰ کیلومتری جنوب غرب شهر رفسنجان و ۳۵ کیلومتری شمال شرق شهر پاریز واقع گردیده است. معدن مس سرچشمه از لحاظ زمین شناسی ناحیه ای، در بخش مرکزی و شمالی ارتفاعات بند ممراز- پاریز قرار گرفته است. این منطقه بخش میانی کمربند ولکانو- پلوتونی دهج- ساردوئیه را تشکیل می‌دهد. در محدوده معدن، واحدهای سنگی متفاوتی از لحاظ ترکیبی و سنی رخنمون دارند که محدوده سنی پالئوژن تا عهد حاضر را شامل می‌شوند. قدیمی‌ترین واحدهای سنگی محدوده معدن، سنگ‌های آتشفشانی ائوسن عمدتاً با ترکیب آندزیتی می‌باشند که همراهی آنها با رسوبات این دوره نشان دهنده یک محیط آتشفشانی-رسوبی زیر دریایی در آن زمان می‌باشد. بعد از واحد مذکور، یک فاز نفوذی کوارتز دیوریتی به سن رادیو ایزوتوپی ۲۹ میلیون سال در ۲ کیلومتری شمال غرب محدوده معدن در سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی ائوسن نفوذ و باعث چین خوردگی و گسلیدگی این ناحیه گردیده است. فاز اصلی نفوذی و مولد کانی سازی در منطقه سرچشمه با نام محلی استوک پورفیری سرچشمه با ترکیب گرانودیوریت به سن رادیوایزوتوپی ۱۲/۵ میلیون سال می باشد که با نفوذ در مرکز منطقه و سنگ‌های آتشفشانی ائوسن، محدوده ای به وسعت حدود ۲ کیلومتر مربع را با دگرسانی و کانی سازی تحت تأثیر قرار داده است (شهاب پور۱۹۸۲). در این زمان است که کانسار مس پورفیری سرچشمه شکل می گیرد. اندکی بعد از جایگیری، تبلور و آزاد شدن محلولهای گرمابی کانه دار در سنگ‌های آتشفشانی دیواره‌ای، در مراحل میانی، نهایی و بعد از کانسارسازی به ترتیب استوک نفوذی کوچکی به نام پورفیری دانه ریز تأخیری و دایک‌هایی با روند عمومی شمال- شمال غرب و جنوب- جنوب شرق با نام‌های هورنبلند پورفیری پیشین با دگرسانی و اندکی کانی سازی و نهایتاً دایک‌های هورنبلند پورفیری پسین، فلدسپار پورفیری و بیوتیت پورفیری و غیر مینرالیزه به سن ۴-۳ میلیون سال شکل گرفته اند (سلکشن تراست، ۱۹۷۰، قرشی زاده ۱۹۷۸). دایکها در سنگ های قدیمی تر منطقه از جمله سنگ‌های آتشفشانی ائوسن و استوک پورفیری سرچشمه به سن میوسن میانی نفوذ کرده اند و در مواردی باعث جابجایی، شکستگی و قطع شدن کانی زائی در این سنگ‌ها گردیده‌اند. بعد از نفوذ آخرین دایک به نام بیوتیت پورفیری، جدیدترین واحدهای سنگی منطقه آتشفشان جوان امیرالمؤمنین با سن ۱±۰/۵ میلیون سال است (سلکشن تراست ، ۱۹۷۰). این واحدهای سنگی متشکل از توف، ایگنمبریت و برش با ترکیب داسیتی می باشند و در شمال معدن رخنمون دارند. این واحدها روی تشکیلات قبلی را پوشانده است. با داشتن مشخصات سرچالها و عیار مولیبدن هر چال، فایل چالهای استخراجی در نرم افزار دیتاماین تهیه میشود. در مرحله بعد با استفاده از فایل چالها، فضای اطراف چالها در مدلی با سلولهای با ابعاد ۱۲/۵×۳/۱۲۵×۳/۱۲۵ متری به ترتیب در جهت (x×y×z) تخمین زده شده و مدل بلوکی استخراجی تهیه میشود. از مدل بدست آمده، در گزارش های روزانه زمین شناسی، هفتگی، طرح های شش ماهه و تجدید نظر استفاده می شود. روش کار به این صورت است که ابتدا با ترسیم واریوگرام در سه بعد، پارامترهای اولیه ای جهت انتخاب پارامترهای تخمین برای استوک سرچشمه پورفیری بدست می آیند. سپس با استفاده از دستور (Estimate) عملیات تخمین را با استفاده از روش کریجینگ معمولی انجام می دهیم. سپس مدل بدست آمده را ارزیابی میکنیم و این کار را تا رسیدن به بهترین مجموعه پارامترهای ممکن به کررات انجام میدهیم. در نهایت از بهترین مجموعه پارامترهای تخمینی که با این روش بدست آمده اند در تخمین مدل استخراجی استفاده میشود. پس از انجام عملیات تخمین در مدل اصلی، تخمین صورت گرفته مجدداً توسط روشهای بصری، آماری و گرافیکی مورد بررسی قرار میگیرد. در نهایت از بین تخمینهای مختلف، تخمینی که بهترین شاخصها را داشته باشد برگزیده شده و پارامترهای آن بعنوان پارامترهای اصلی معرفی میشوند تا در ایجاد مدل بلوکی استخراجی مولیبدن مورد استفاده قرار گیرد.

۲. زمین شناسی محدوده مطالعاتی

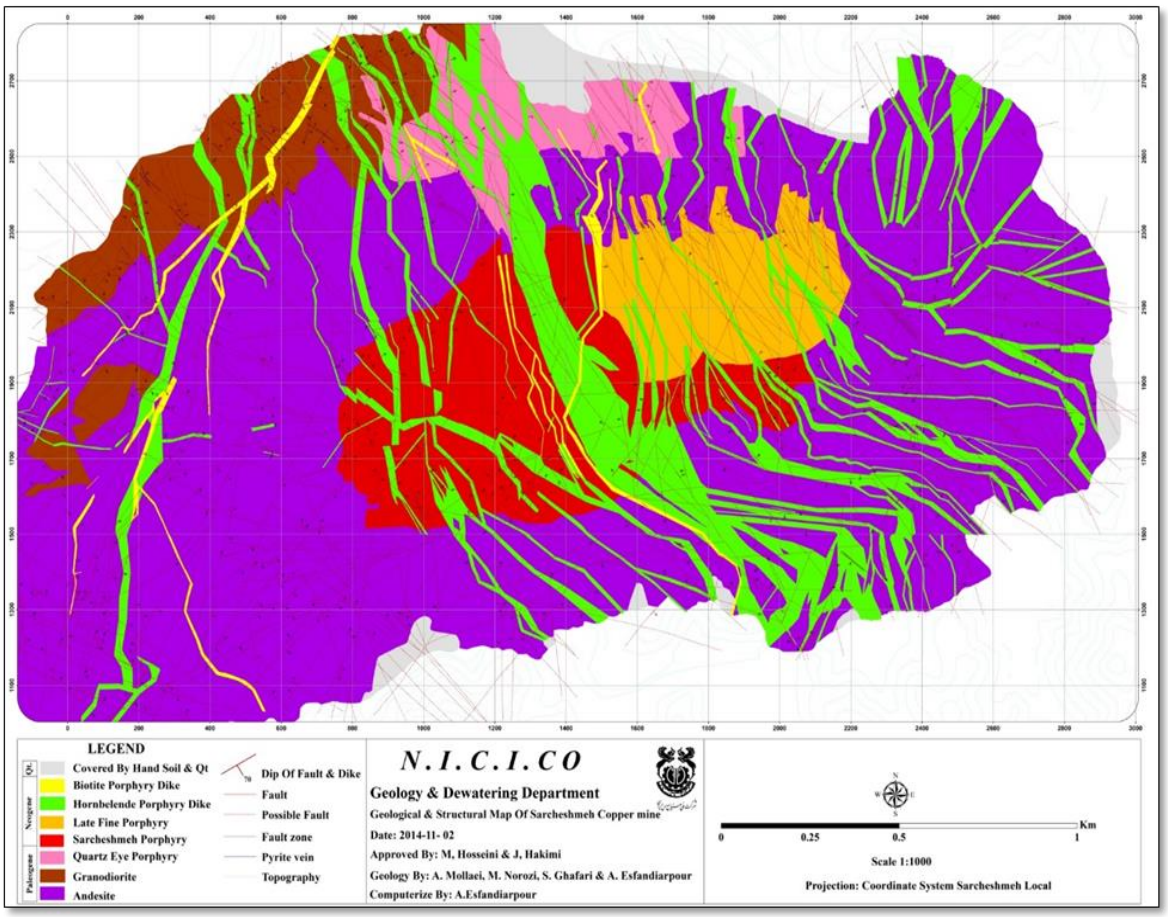
شکل گیری کمربند ارومیه-دختر در اثر تحولات ناشی از بسته شدن اقیانوس نئوتتیس یعنی هضم پوسته‌ی اقیانوسی نئوتتیس از طریق فرورانش به زیر پوسته ی قاره ای شکل گرفته است. کمربند ارومیه-دختر به مانند دیگر کمان های ماگمایی حاشیه ی قاره مانند آند و کردیلرا، میزبان کانسارهای مس-مولیبدن به همراه دیگر کانسارهای وابسته به این خاستـــــگاه های ژئودینامیکی می باشد لذا اکثر کانسارهای مس پورفیری ایران در این کمربند قرار دارند (Bazin and Hubner, 1969; Forster, 1978; Shahabpour, 1999) (شکل ۱). تمامی کانسارهای موجود در این کمربند در ارتباط با گرانیتوئیدهای ناشی از فرورانش پوسته ی اقیانوسی نئوتتیس و با سن ائوسن تا میوسن می باشند (McInnes et al., 2003). کمربند دهج - ساردوئیه بخش جنوب شرقی کمان ماگمایی ارومیه - دختر با روند شمال

غرب-جنوب شرق در استان کرمان است که بیشترین حجم ماگماتیسم در کمربند ارومیه -دختر را به خود اختصاص داده است (Dimitrijevic,1973). کمربند دهج - ساردوئیه در حقیقت یک کمربند ولکانو -پلوتونی است؛ که به عنوان بخش جنوب شرقی کمربند ارومیه - دختر، با طول ۴۵۰ کیلومتر و عرض حدود ۹۰ کیلومتر از گوشه شمال غرب و غرب استان کرمان در منـــــاطق انار و دهج تا گوشه‌ی جنوب شرق یعنی جبال بارز- جیرفت با روند عمومی شمال غرب - جنوب شرق گسترش دارد. ماگماتیسم در این کمربند اختصاص به دوران سنوزوئیک داشته و در ائوسن به صورت ولکانیسم و در الیگوسن بیش تر به صورت پلوتونیسم نمود داشته است.



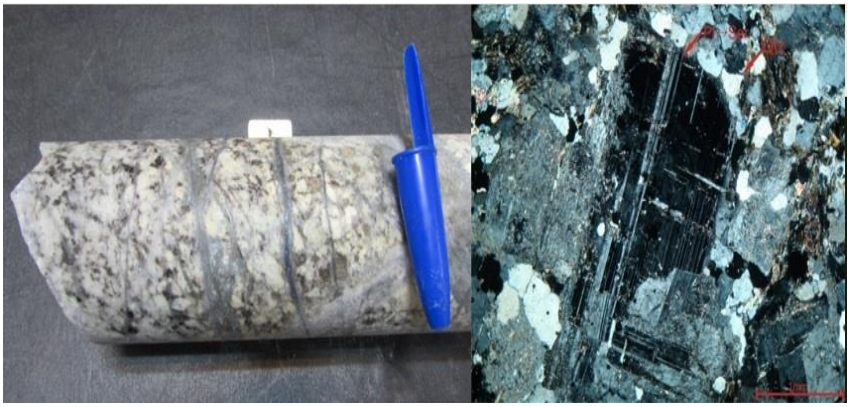
شکل ۱. نقشه زون های رسوبی- ساختاری ایران (Stöcklin, 1977; Shahabpour, 1994).

بر اساس تحقیقات انجام شده در معدن مس سرچشمه ۸ تیپ سنگی شناسایی شده است. واحدهای سنگی معدن مس سرچشمه از قدیم به جدید شامل آندزیت، گرانودیوریت، کوارتز چشمی، سرچشمه پورفیری، لیت فاین پورفیری، هورنبلند دایک، فلدسپات دایک و بیوتیت دایک می باشد (شکل ۲). سنگ آندزیت به عنوان سنگ میزبان معدن مس سرچشمه شناخته می شود و به لحاظ سنی قدیمی ترین واحد سنگی معدن است. سنگ گرانودیوریت، کوارتز چشمی، سرچشمه پورفیری و لیت فاین پورفیری به عنوان استوک های نیمه عمیق معدن به شمار می آیند و هورنبلند دایک، فلدسپات دایک و بیوتیت دایک به عنوان دایک های معدن شناخته می شوند.



شکل ۲. نقشه زمین شناسی سطحی معدن مس سرچشمه

توده‌ی نفوذی یا استوک اصلی کانسار مس پورفیری سرچشمه، که تحت عنوان سرچشمه پورفیـــری خوانده می شود، طبق تحقیقات دکتر شهاب پور (۱۹۸۲)، سنی حدود ۱۲/۵ میلیون سال دارد و منشأ اصلی کانی سازی مس و مولیبدن به شمار می رود. استوک مذکور به واسطه رنگ خاکستری و متمایل به سفید، رگه-رگچه های سیلیسی فراوان، بافت پورفیری و وجود کانی های سولفیدی در زمینه به راحتـــی قابل شناسایی است (شکل ۳). بـــر اساس مطالعات کانی شناسی و پتروگرافی توده ی نفوذی مذکور به لحاظ جنس سنگی در گروه های سنگی عمدتاً گرانودیـوریتی و بعضاً تـــونالیتی و یا حتی کوارتزدیوریتی و کوارتز مونزودیوریتـــی قرار می گیرد. مجموعه کانی های اصلی تشکیل دهنده این گروه های سنگی عبارتند از: پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار، کوارتز، هورنبلند، بیوتیت و کانی های اپک. با توجه به اینکه در گزارش های روزانه خاک ارسالی به تغلیظ یکی از پارامترهای کمی میزان مولیبدن است و از طرفی مدل اکتشافی به دلیل فاصله زیاد نقاط از یکدیگر دارای خطا می باشد، بایستی از مدل استخراجی که دقت بالاتری دارد استفاده کرد که در این تحقیق به چگونگی تهیه این مدل در آن می پردازیم.



شکل ۳. مقطع میکروسکوپی و نمونه مغزه گرفته شده از استوک سرچشمه پورفیری

۳. روشهای تخمین ذخیره

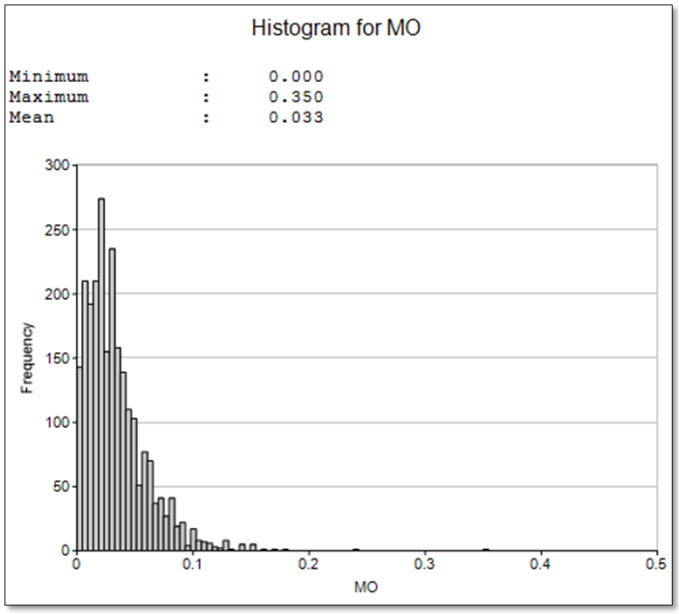
روش های مختلفی برای تخمین وجود دارد که در یک تقسیم بندی کلی می توان آنها را به روش های زمین آماری و کلاسیک تقسیم کرد. روش های کلاسیک روش هایی هستند که از آمار کلاسیک برای تخمین استفاده می کنند. در صورتیکه روش های زمین آماری تخمین بر اساس ساختار فضایی موجود در محیط مورد نظر صورت می گیرد. در معدن مس سرچشمه ابتدا از روش نزدیکترین همسایگی و عکس مجذور فاصله استفاده می شد ولی در این تحقیق از روش زمین آماری کریجینگ استفاده شد. این تخمینگر زمین آماری به افتخار دی. جی. کریگ که مهندس معدن آفریقای جنوبی بود به نام کریجینگ نامگذاری شده است. کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن دار استوار است و در مورد آن می توان گفت که بهترین تخمینگر خطی ناااریب با کمترین واریانس تخمین است. کریجینگ همراه هر تخمین مقدار خطای آن را نیز می دهد به این ترتیب نه فقط می توان مقدار متوسط خطاها را محاسبه کرد بلکه می توان توزیع خطاها (واریانس تخمین) را در کل محدوده مورد بررسی بدست آورد. خطای کریجینگ تابع مشخصات واریوگرام و هندسه بلوک های مورد تخمین و بلوک هایی که برای تخمین از آنها استفاده می شود می باشد ولی تابع مقدار واقعی داده ها نمی باشد. بر این اساس می توان از آن برای طراحی نقاط نمونه بداری استفاده کرد. ویژگی دیگر کریجینگ آن است که موجب نرم شدن تغییرات (کاهش نوسانات) می شود. یعنی توزیع عیار بلوک های تخمین زده شده نسبت به عیار واقعی بلوک ها تغییرات کمتری دارد. از ویژگیهای دیگر خاصیت جمع پذیری آن است یعنی اگر در مورد مجموعه ای از بلوک های کوچک کریجینگ صورت گیرد، میانگین مقادیر تخمینی این بلوک ها و مقدار تخمینی بلوک بزرگتری که حاوی تمام بلو کهای کوچکتر باشد برابر است (البته در هر دو حالت تخمین بلوک های کوچکتر و بزرگتر باید از یک سری نقاط یکسان استفاده شده باشد).

۴. تخمین گمانه های توده سرچشمه پورفیری:

توده سرچشمه پورفیری در قسمت غرب توده لیت فاین پورفیری واقع شده است میانگین عیار مس در این توده ۰/۸۳ و میانگین عیار مولیبدن ۰/۰۳۳ است. حجم جستجوی بدست آمده دارای ابعاد ۱۲/۵*۱۲/۵* ۱۲/۵ و روش تخمین کریجینگ معمولی می باشد. تعداد نمونه ها در حجم جستجوی اول حداقل ۱ و حداکثر ۱۵ می باشد، حجم جستجوی دوم ۲ برابر، با تعداد نمونه حداقل ۲ و حداکثر ۲۰ نمونه و حجم جستجوی سوم ۳ برابر، با تعداد نمونه حداقل ۳ و حداکثر ۲۰ نمونه تخمین خورده است.

۴،۱. محاسبه پارامترهای آماری و ترسیم دیاگرامهای آماری روی داده های اولیه در استوک سرچشمه پورفیری

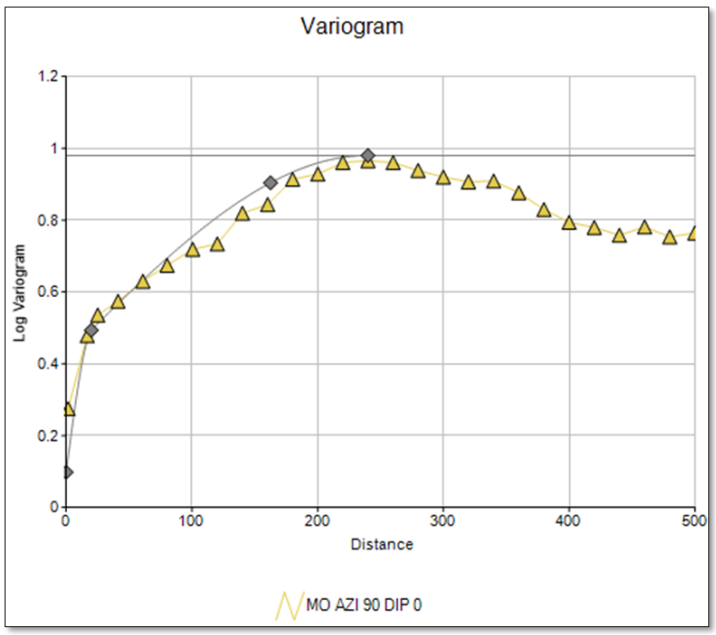
جهت بررسی و شناخت تغییرپذیری و خواص عنصر مولیبدن، اقدام به ترسیم هیستوگرام فراوانی و محاسبه پارامترهای آماری لازم گردید. شکل زیر وضعیت آماری عیار مولیبدن در توده سرچشمه پورفیری را نشان می دهد (شکل ۴). همانطور که در شکل ۴ مشخص است عنصر مولیبدن بر خلاف آهن از توزیع غیر نرمال برخوردار است و در انتخاب روش تخمین بایستی از کریجینگ معمولی و گزینه لاگ استفاده کرد.



شکل۴. هیستوگرام عنصر مولیبدن در گمانه های استخراجی توده سرچشمه پورفیری

۴،۲. ترسیم نمودارهای روند نما (واریوگرام) در داده های چالهای استخراجی مولیبدن در توده سرچشمه پورفیری

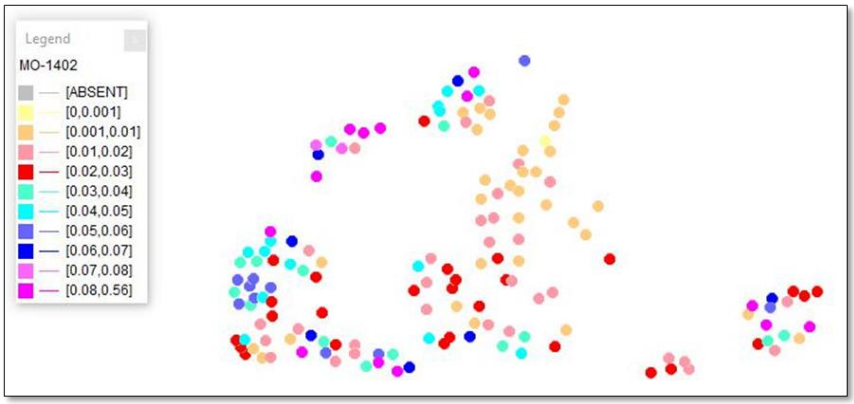
واریوگرافی (بدون چرخش اولیه) برای چالهای استخراجی توده سرچشمه پورفیری انجام شد. نتایج این واریوگرافی حکایت از پیوستگی بالای داده ها و دامنه های بلند است (شکل ۵).



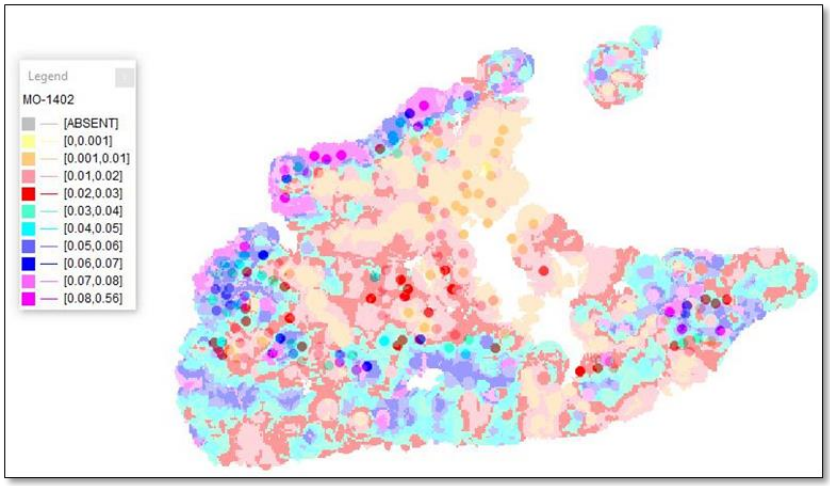
شکل۵. مدل واریوگرام عنصر مولیبدن در گمانه های سرچشمه پورفیری

۴،۳. اعتبارسنجی بصری

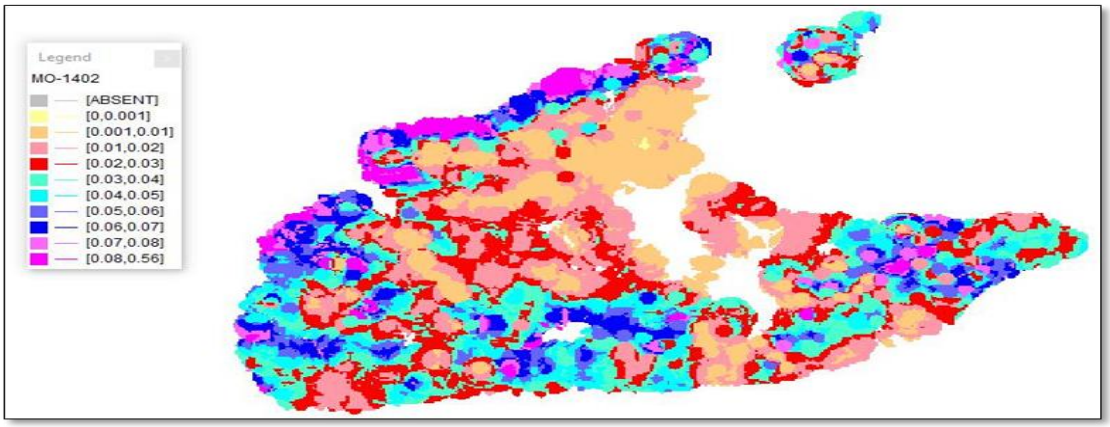
شکل ۶ وضعیت چال های مولیبدن در توده سرچشمه پورفیری، پله ۲۳۰۰ را نشان می دهد. در شکل ۷ مدل بلوکی مولیبدن درمحدوده سولفور در پله ۲۳۰۰ نشان داده شده است. در شکل های ۸ و ۹ تعداد کل چال ها در پله ۲۳۰۰ و بلوک استخراجی مولیبدن در محدوده سولفور نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۹ ملاحظه می‌شود انطباق خوبی بین چالها و مدل تخمینی می شود. همانطور که در شکل بالا مالاحضه می‌کنید انطباق خوبی بین چالها و مدل تخمین زده شده مشاهده می شود.



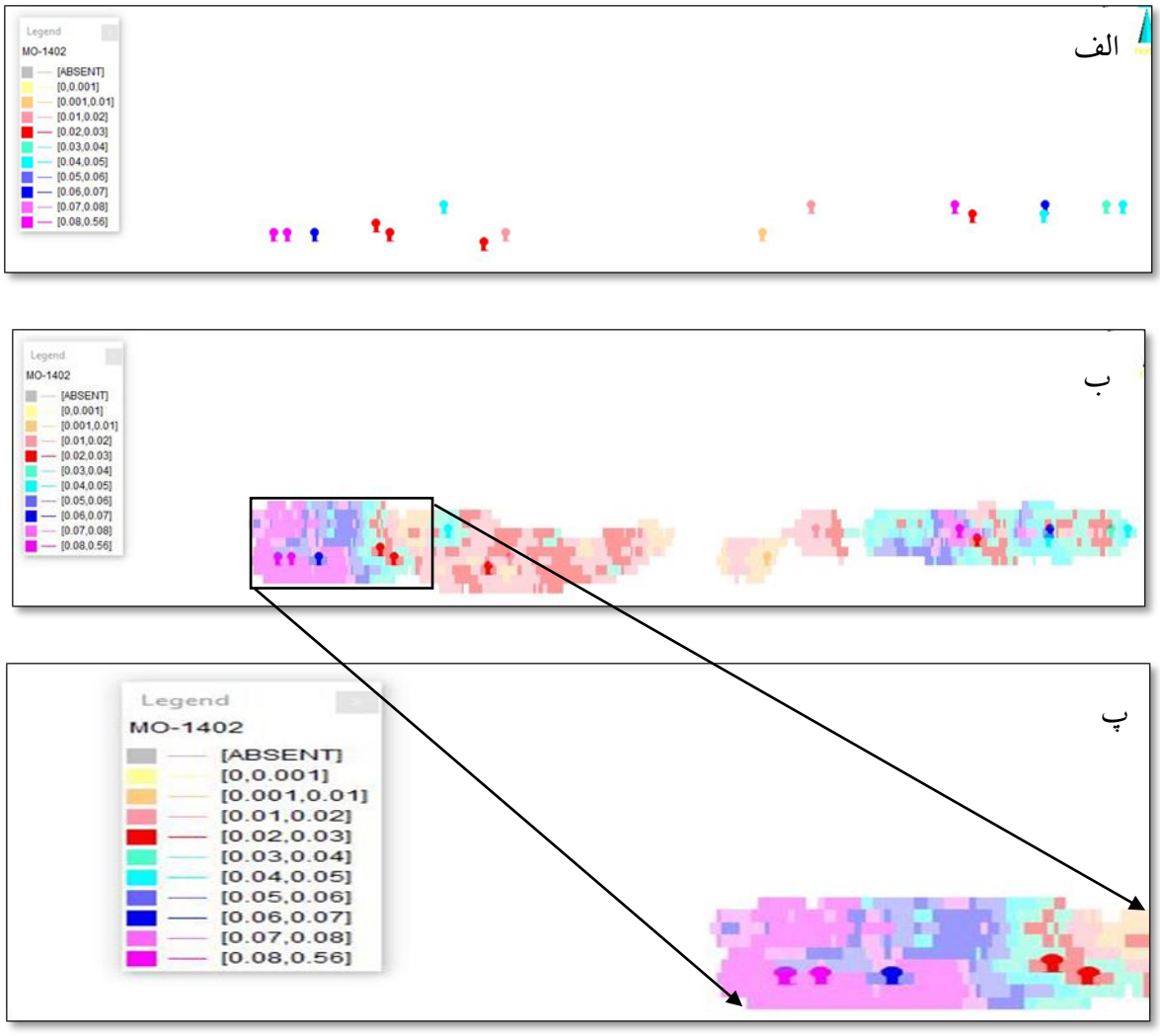
شکل ۶. وضعیت چال های مولیبدن در توده سرچشمه پورفیری (پله ۲۳۰۰)



شکل ۷. چال های استخراجی مولیبدن در پله ۲۳۰۰ و نمایش نحوه پراکنده گی عیار مولیبدن توده سرچشمه پورفیری



شکل ۸- مدل استخراجی مولیبدن در محدوده سولفوردر پله ۲۳۰۰



شکل ۹. الف) چال های مولیبدن درمقطع شرقی- غربی N۱۸۰۰ ب و پ) بلوک و چال های استخراجی در مقطع شرقی- غربی N ۱۸۰۰.

۴-۴. اعتبار سنجی آمار:

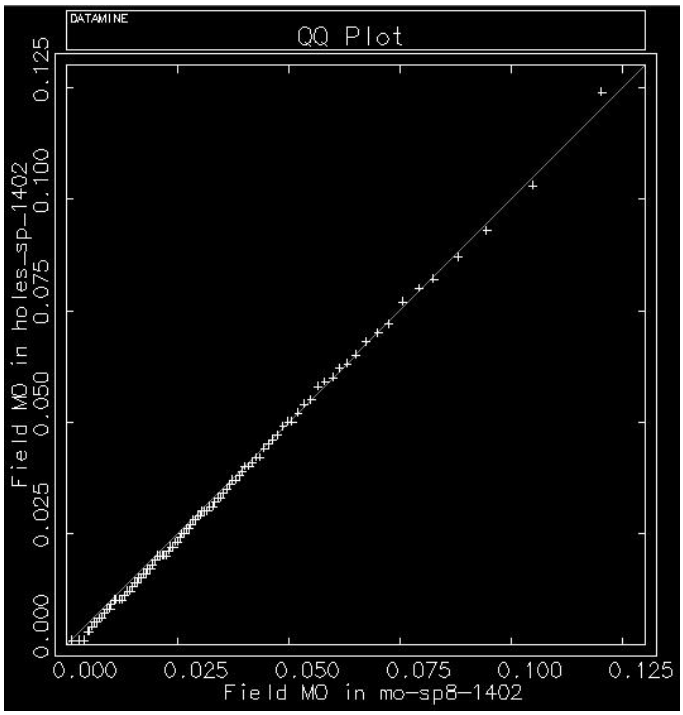
پس از انجام عملیات تخمین و بررسی بصری مدل می توان از اعتبار سنجی آماری استفاده نمود و پارامترهای آماری چالها و مدل تخمین خورده را بررسی کرد (جدول ۲).

جدول ۲. پارامتر های آماری بلوک و مقایسه آن با پارامتر های آماری چال های استخراجی مولیبدن توده سرچشمه پورفیری

Parameter	Blast Holes	Block Model
TOTAL NUMBER OF RECORDS	2385	401037
NUMBER OF SAMPLES	2385	401037
NUMBER OF MISSING VALUES	0	0
NUMBER OF VALUES > TRACE	2385	401037
NUMBER OF VALUES = ZERO	0	0
MAXIMUM	0.35	0.35
MINIMUM	0.0001	0.0001
RANGE	0.3499	0.3499
MEAN	0.0334	0.0341
VARIANCE	0.00071	0.00063
STANDARD DEVIATION	0.026	0.025
STANDARD ERROR	0.00054	0.000039
COEFFICIENT OF VARIATION	80.32	73.94
KURTOSIS	11.6	5.92
GEOMETRIC MEAN	0.0231	0.025
SUM OF LOGS	-8986.08	-1474369.90
MEAN OF LOGS	-3.76	-3.67
LOGARITHMIC VARIANCE	0.9879	0.7378
LOG ESTIMATE OF MEAN	0.0379	0.0366

۵-۴. اعتبار سنجی گرافیکی:

نمودار چارک های یک مجموعه از داده ها (نظیر سلول های مدل بلوکی) در برابر چارکهای مجموعه داده دیگر (نظیر گمانه اکتشافی هم گذاره شده) است. از یک چارک به عنوان درصدی از تعداد داده های نقطه ای کمتر از یک مقدار مشخص یاد شده است. به عنوان مثال چارک ۰,۲(۲۰٪) نقطه ای است که در آن ۲۰٪ از داده ها کمتر از آن و ۸۰٪ از داده ها بالاتر از آن قرار دارند. چنانچه دو مجموعه داده از یک جمعیت با توزیع یکسان باشند، انتظار می رود نقاط ترسیمی تقریبا در امتداد خط ۴۵ درجه قرار بگیرند. شکل ۱۰ نمودار QQ Plot مدل استخراجی مولیبدن را نشان می دهد.



شکل ۱۰. نمودار چارک-چارک متغیر مولیبدن در بلوک در برابر چال های مولیبدن

۱۰.بحث و نتیجه گیری:

با توجه به گسترش عرضی و عمقی معدن وضعیت عیاری ماده معدنی دستخوش تغییرات تدریجی میگردد، لذا لازم است هر چند ماه یکبار نسبت به بازبینی پارامترهای تخمین مدل بلوکی استخراجی مولیبدن اقدام شود. درحالت ایده آل بهتر است وضعیت زمین شناسی معدن در محدوده مورد تخمین نیز در نظر گرفته شود. در این تحقیق سعی شد تا حجم جستجوی مورد استفاده و روش تخمین با اطلاعات موجود و بدون هیچ گونه هزینه اضافی، تا حد امکان به حالت بهینه نزدیک گردد تا هم از نظر کیفی و هم از نظر کمی مدل بهتری تهیه گردد. به دلیل اینکه فاصله نمونه ها در گمانه های اکتشافی زیاد است لذا دقت مدلهای اکتشافی در حد مطلوب نیست، به همین دلیل از مدل استخراجی استفاده می شود که فاصله نمونه ها در چالهای استخراجی کمتر است. از این مدلها می توان در گزارش های زمین شناسی و طرح های شش ماهه استفاده کرد. همانطور که در گزارش بررسی گردید فراوانی مولیبدن در جنس سنگها و آلتراسیون های مختلف فرق دارد و برای تخمین بهتر سعی شد این پراکندگی در نظر گرفته شود. در جاهایی که نمونه ها فراوانی کمتری داشتند تخمین چندان خوبی انجام نشد ولی در توده سرچشمه پورفیری و آندزیت بیوتیتی تخمین خوبی انجام گرفت. اگر چه مدل و پارامترهای آن به روشهای مختلفی مورد ارزیابی و صحت سنجی قرار گرفتند، اما بهترین روش جهت سنجش صحت مدل استفاده از آن در گزارشات زمین شناسی و مقایسه با نتایج کنترل کیفی تغلیظ می باشد. در برنامه ریزی روزانه خاک ارسالی به کارخانه تغلیظ بایستی این نکته را مد نظر قرار داد که طبق مدل استخراجی بیشترین میزان مولیبدن در زون بیوتیتی قرار دارد و با توجه به توسعه معدن این مسئله بایستی مورد توجه واحد طراحی معدن قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از شرکت ملی صنایع مس ایران بابت در اختیار گذاشتن اطلاعات مورد نیاز این تحقیق، تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

[1]. Shahabpour, J., 1982, Aspects of alteration and mineralization at the Sarcheshmeh copper-molybdenum Deposit, Kerman, Iran: Unpub Ph.D thesis Leeds University , 342p .

[2]. Shahabpour, J., 1994, Post- mineralization breccia dike from the Sarcheshmeh porphyry copper-molybdenum Deposit, Kerman, Iran: Exploration and Mining Geology., v.3, p.39-43 .

[3]. Shahabpour, J., 1999, the role of deep structures in the distribution of some major ore deposits in Iran, NE of the Zagros thrust zone. J. Geodynamics, 28: 237-250.

[4]. Stocklin, J., 1977, Structural correlation of the Alpine ranges between Iran and central Asia: Memoire Hors series de la Societe Geologique de France, No.8, 333-353

[5]. Bazin, D., and Hubner, H., 1969, Copper deposits in Iran. Geol.Surv. Iran, 13, 232 p.

[6]. Ghrashi-Zadeh, M., 1978, Development of hypogene and supergene alteration and copper mineralization patterns Sarcheshmeh porphyry copper deposit, Iran:Unpub. M.Sc thesis, Broke University, Ontario, Canada, 221p.

[7]. Selection Trust Limited., 1970, Feasibility report for the Sarcheshmeh project of Kerman copper industries , 120p .

[8]. Forster, H., 1978, Mesozoic-Cenozoic metallogenies in Iran. J. Geol.Soc. Lond., 135, 443-455.

[9]. Dimitrijevic, M.D., 1973, Geology Of Kerman region: Institute for geological and mining exploration and institution of nuclear and other mineral raw materials, Beograd- Yugoslavia, Iran Geol. Survey Rept Yu/52.

چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علوم زمین
The 42nd National Geosciences Congress
www.geoconf.ir

Estimation of molybdenum extraction model in porphyry stock of Sarcheshmeh copper mine by using ordinary kriging method.

Akbar Esfandiarpour[1*], Mohammad Hasani Kabutar Khani[2], Abbas Baniasadi Shahrbabaki[3] and Hadi Shahriari[4 and 5]

1- M.Sc. in geometallurgy, Department Geology and Drainage, Sar Chesmeh Copper Complex, Rafsanjan, Iran
2- Geologist, Department Geology and Drainage, Sar Chesmeh Copper Complex, Rafsanjan, Iran
3- Head of Geology, Department of Geology and Drainage, Sar Cheshmeh Copper Complex, Rafsanjan, Iran
3- Assistant Professor, Department of Mining Engineering, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
4- Consultant of Mine Research, Department of Research and Development, Sar Cheshmeh Copper Complex, Rafsanjan, Iran

abstract

Sarcheshmeh copper mine is one of the most important copper-molybdenum porphyry mines in the world. One of the most important hypabyssal masses in Sarcheshemeh copper mine is Sarcheshemeh porphyry stock. Sarcheshmeh porphyry stock is the largest intrusive phase in Sarcheshme copper mine. Due to the fact that this stock is the main source of copper and molybdenum mineralization in Sarcheshme copper mine, this stock was investigated based on the information of mining pits. In addition to copper metal, molybdenum concentrate is produced as one of the by-products in Sarcheshme copper mine. Therefore, it is important to monitor the condition of molybdenum element in the ore sent daily to the concentration plant. The molybdenum extraction block is necessary to control the molybdenum grade of the ore sent to the plant. Considering that the samples sent to the laboratory are generally located in parts of the stock that have a copper grade higher than 0.25%, therefore molybdenum block is obtained in the same economic area as copper. In order to better estimate the molybdenum extraction model, it was tried to use advanced geostatistical estimation methods such as kriging. The estimated number of samples in Sarcheshemeh porphyry stock was considered 2611. The average grade of molybdenum in the blast drill holes of Sarcheshemeh porphyry stock was assessed as 0.0334% and in the estimated block as 0.0341%.

Keywords
Porphyry copper, Sarcheshemeh copper mine, extraction model, molybdenum.