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

# «زمین‌شناسی اقتصادی مس و عناصر همراه در محدوده جنوب راین با نگرشی بر گدار سیاه»

محمدآریا امینی[۱]، شهره سالخورده[۲]

[۱] دانشگاه شهید بهشتی، تهران mo.aria.am@gmail.com

[۲] دانشگاه شهید بهشتی، تهران shohrehsalkhordeh@gmail.com

**چکیده**

کانسار جنوب راین ازجمله کانسارهایی می‌باشد که در طی فعالیت اکتشافات کارشناسان یوگوسلاو در کمربند کرمان شناسایی گردید و تاکنون فعالیت اکتشـافی محدودی بر روی آن صـورت گرفته اسـت. به‌منظور اکتشاف بخش‌های دارای پتانسیل معدنی باکانی سازی احتمالی مس در منطقه موردمطالعه جنوب راین، نمونه‌ها، داده‌ها و آزمایش‌های بسیاری انجام شده است.

**کلمات کلیدی**

جنوب راین، گدار سیاه، کانسار مس، منابع معدنی، مس کرمان

### ۱. مقدمه

به‌منظور اکتشاف بخش‌های دارای پتانسیل معدنی با کانی‌سازی احتمالی مس در منطقه موردمطالعه جنوب راین در دو فاز مطالعاتی با استفاده از مطالعات ژئوفیزیک به روش پلاریزاسیون القائی و مقاومت ویژه الکتریکی و بر اساس بررسی پارامترهای فیزیکی شامل شارژ پذیری و مقاومت ویژه الکتریکی انجام شـد. ازاین‌رو با استفاده از آرایش دایپل دایپل بر روی ۹ پروفیل با طول‌های متفاوت (۴۰۰ تا ۶۰۰ متر) و فاصله الکترودی مسـاوی ۲۰ متر موردبررسی قرار گرفت مطالعات با استفاده از مدل‌های نهایی حاصل از معکوس سازی داده‌های پلاریزاسیون القائی و مقاومت ویژه الکتریکی به کمک نرم‌افزارهای تخصصی Res2Dinv و Res3Diny موردبررسی قرار گرفت.

### ۲,۱. تکتونیک منطقه مطالعاتی

در بخش جنوبی ورقه طاقدیس بزرگ کوه بحر آسـمان قرار دارد که در هسـته آن سنگ‌های گرانودیوریتی جای دارند و به‌وسیله ولکانیک‌های ائوسـن و گاه رسوبات ائوسن احاطه می‌شوند پلانج این تاقدیس به سوی شمال غرب است. ادامه شمال غرب این تاقدیس به حوضه سازند قرمز بالای باز میشود که بخشی از حوضه بزرگی است که در ورقه های بافت و بلوارد قرار میگیرد.

در بخش شـمالی منطقه یک چین متوکلین قرار دارد که به‌وسـیله گسـل‌های معکوس و امتدادلغز به بلوک‌هایی تقسـیم‌شـده اسـت. توده گرانیتوئیدی کوه هنزا در طول یک زون امتدادی قرار دارد و طی چین‌خوردگی پس از ائوسن به‌صورت یک توده سخت عمل کرده است.

سـنگ‌های رسـوبی در جنوب غرب منطقه به‌شـدت فشار قرارگرفته و چین‌هایی با جهت شرقی ایجاد کرده‌اند. در فازهای جوان‌تر فشاری حتی سازند قرمز نیز چندین بار چین‌خورده است.

### ۲,۲. ماگماتیسم منطقه مطالعاتی

با توجه به اهمیت ماگماتیسـم در منطقه موردمطالعه و نقش آن در کانی سـازی بخصوص کانی سازی مس در اینجا به ویژگی‌های پترولوژیکی توده‌های نفوذی و کانه سـازی مس در منطقه پرداخته می‌شـود. لازم به ذکر اسـت که ارتباط سـری‌های ماگمایی با کانسارهای مس پورفیری بسـیار مهم می‌باشـد زیرا که کانسـارهای مس پورفیری در پیوند با ماگماهای سـری کالکوآلکالن شناسایی‌شده‌اند و در ارتباط با ماگمای سری تولهایتی یافت نشـده‌اند. [3] از سـوی دیگر رابطه تنگاتنگی بین کانسـارهای مس پورفیری و محیط تکتونوماگمایی وجود دارد که با توجه به ویژگی‌های پترولوژیکی و ژئوشیمیایی سنگ می‌توان به محیط تکتونوماگمایی آن‌ها پی برد.

با توجه به بررسـی‌ها و مشـاهدات صـحرایی نتیجه گرفته می‌شـود که در کمربند مس دار کرمان یک با تولیت بزرگ وجود دارد که درون آن توده‌های اسـیدی کوچک‌تر تزریق‌شـده‌اند. اگر در همین بحث با تولیت اصـلی و تزریق‌های پیاپی آن را فاز ماگمایی در نظر بگیریم در این با تولیت سـه فاز ماگمایی رخداده اسـت که این سه فاز وابستگی به یکدیگر دارند. بدین معنی که اولین فاز ماگمایی همان با تولیت بزرگ بوده و فازهای ماگمایی بعدی درنتیجه تفریق ماگمایی مشـترک به وجود آمده‌اند. برای تعیین تفریق ماگمایی در با تولیت اصـلی منطقه می‌توان از

سرشت ماگمایی این دسته از سنگ‌ها استفاده نمود. اگر چنانچه یک ماگمای مادر باعث تشکیل سنگ‌های منطقه شده باشد، تمام این سنگ‌ها دارای سـرشت ماگمایی مشترک خواهند بود. با توجه به بررسی‌های به‌عمل‌آمده مشخص شد که سرشت ماگمایی کلیه سنگ‌های منطقه ساب آلکالن و کالک آلکالن می‌باشـد. این مطلب مشـترک بودن ماگمای مادر در تمام این سـنگ‌ها را نشـان می‌دهد. به‌طوری‌که ماگمای اولیه یک ماگمای بازیک با ترکیب دیوریتی بوده که باعث تشکیل سنگ‌های فاز اول ماگمایی منطقه جبال بارز و توده‌های بحر اسمان و هزار شده است. در مرحله دوم ماگمایی با توجه به تفریق ماگمایی در آشیانه ماگمایی ترکیب ماگما نسبت به قبل اسیدی‌تر شده و سنگ‌های فاز دوم ماگمایی را با ترکیب گرانودیوریت تشـکیل داده اسـت. در مرحله فاز سـوم بازهم تفریق ماگمایی صـورت پذیرفته اسـت و سـنگ‌های گرانیتی و آلکالی گرانیتی به وجود آمده‌اند.

### ۲,۳. زمین‌شناسی اقتصادی منطقه

این کمربند، بخش جنوبی ایالت فلز زایی ارومیه - دختر را تشـکیل می‌دهد و غنی‌ترین کمربند مس دار ایران به شـمار می‌آید. در این کمربند بیش از ۲۰۰ کانسـار و نشـانه معدنی مس دار شـناخته‌شـده اسـت که تعدادی از آن‌ها از نوع پورفیری است. این کمربند ادامه جنوبی کمربند آتش‌فشانی ارومیه - دختر با طولی حدود ۴۵۰ کیلومتر و پهنای حدود ۸۰ کیلومتر است. این کمربند از شمال به کفه رفسنجان،کرمان، بم و از جنوب به کفه میدوک - سیرجان محدود می‌شود.

### ۳,۱. مطالعات قبلی انجام‌شده در منطقه جنوب راین

بر اساس مطالعات اورمیکروسکوپی که در مرحله مطالعات قبلی انجام‌شده می‌توان موارد زیر را در مورد کانه زایی منطقه نتیجه‌گیری نمود.

- پیریت فراوان‌ترین و رایج‌ترین کانی اکسـیدی اسـت که با تشکیل اشباع شدگی می‌دهد یا پرکننده شکاف‌ها در سنگ‌هایی است که دچار دگرسـانی هیدروترمال شـده‌اند. این کانی عموماً ریزدانه و ایدیومورف است و دارای انکلوزیون‌های کالکوپیریت و یا کالکوپیریت جایگزین شده با کالکوسیت می باشد. [2]
- کالکوپیریت رایج‌ترین کانی مس است و رگه‌ها و غنی‌شدگی‌های غیرمتعارفی را تشکیل می‌دهد. این کانی یا به همراه پیریت وجود دارد و یا توده‌های مسـتقلی را تشـکیل می‌دهد. [19] معمولاً دانه‌ریز است و غالباً به کالکوسیت و به مقدار کمتر به کوولیت تبدیل می‌شود. این کانی به‌طور محلی از پیریت فراوان‌تر است و حداکثر غلظت کالکوپیریت در بخش‌هایی وجود دارد که کمتر پیریتی شده است.
- کالکوسـیت یک کانی بسیار متداول است. این کانی به‌طور محلی در رخنمون‌ها وجود دارد. این کانی تا اعماق حدود ۱۰۰ متری فراوان‌تر اسـت، اما تا اعماق ۱۵۰ متری و بیشـتر نیز به‌طور پراکنده وجود دارد. این کانی معمولاً ریزدانه اسـت و دربرگیرنده آثار باقیمانده‌های کالکوپیریتی اسـت که توسـط فرآیندهای دگرسـانی از همان کالکوپیریت منشأ گرفته است. [17] همچنین ممکن است با هم‌رشدی این کانی با کوولیت نیز در ارتباط باشد. اما همچنین می‌تواند دانه‌های مستقلی را نیز تشکیل دهد .

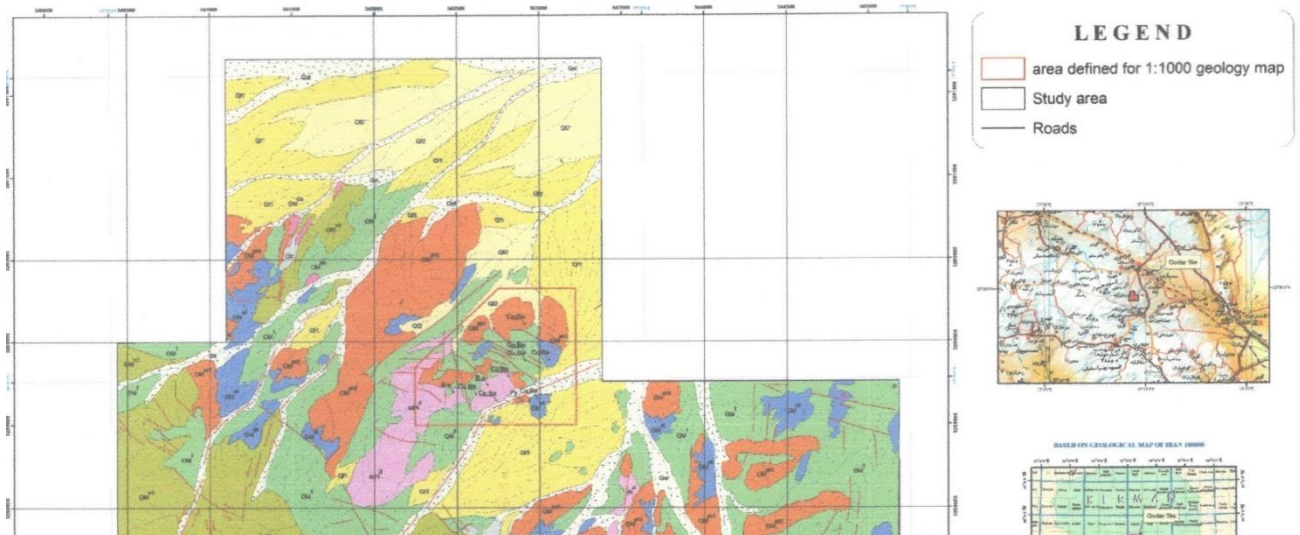
- کوولیت یک کانی غیرمتداول اسـت و در پیرامون دانه‌های کالکوپیریت تشـکیل می‌شـود که نشـان‌دهنده محصول دگرسانی کالکوپیریت است. [17] [18]
- بورنیت نادر اسـت و در داخل پیریت تشـکیل انکلوزیون‌هایی را می‌دهد و یا با کالکوپیریت هم رشـدی دارد. این کانی به‌طور بخشـی به کالکوسیت و کوولیت تبدیل می‌شود.
- مگنتیت معمولاً به هماتیت تبدیل می‌شود. هماتیت غالباً نشان‌دهنده محصول دگرسانی کانی‌های فرومنیزین است.
- مالاکیت و کوپریت نشـان‌دهنده محصولات دگرسانی کانی‌های اولیه‌اند و در رخنمون‌های سنگ‌های دگرسان شده در اعماق کم جایگزین شـده‌اند. در این میان مالاکیت رایج‌ترین کانی است که یا تشکیل پوشش‌های نازک را می‌دهد و یا پرکننده شکاف‌ها است. این کانی گاها غنی‌شـدگی‌هایی را درون سنگ‌ها نشان می‌دهد که در اصل جانشین کانی‌های سولفیدی مس شده است. این موضوع با کمک آزمایش‌ها میکروسکوپی و مایکروسکوپی از نمونه‌های سنگ‌های کانه دار مشخص گردیده است.
- کانی‌های اقتصادی آن عبارت‌اند از کالکوپیریت کالکوسیت کوولیت ، بورنیت مگنتیت مالاکیت و کوپریت [1]

### ۳،۲. نتایج مطالعات مقدماتی در کانسار منطقه جنوب راین

با بررسـی‌های صـحرایی انجام‌شـده واحدهای زمین‌شـناسی در محدوده اکتشافی موردمطالعه شامل سنگ‌های افیولیتی سنگ‌های آتش‌فشانی توده‌های نفوذی و سـنگ‌های رسـوبی می‌باشـند.کانه زایی در محدوده معدنی جنوب راین در اثر عبور سیالات گرمابی در طول سیستم گسلی سـاردوئیه به وجود آمده اسـت و فرم کانسار سازی به‌صورت رگه‌های شکل می‌باشد. در محدوده معدنی جنوب راین کانه زایی به‌صورت اولیه و ثانویه بوده و شـامل کانی‌های اولیه پیریت کالکوپیریت بورنیت و ... می‌باشد. سایر کانی‌های منطقه کانی‌های ثانویه هماتیت و گونتیت می‌باشد دگرسانی در منطقه از نوع سیلیسی پیشرفته نیز است و بر اساس نتایج مطالعات ICP نمونه‌ها تا ۳،۴ درصد مس دارند.

### ۴. معرفی مناطق مستعد جهت ادامه عملیات

بر اسـاس مطالعات انجام‌شـده در مرحله قبل و نقشـه زمین‌شـناسی حاصل دو محدوده و درمجموع به وسعت ۱۰۰ هکتار جهت ادامه عملیات اکتشاف پیشنهاد گردیده است. در شکل ۳-۱ نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه و محدوده‌های مستعد نشان داده‌شده است.



شکل ۱-A – نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ محدوده گدار سیاه - جنوب راین و معرفی دو محدوده تارگت مستعد

### ۵،۱. نمونه‌برداری

**برداشت نمونه‌های پتروگرافی و مینرالوگرافی**

در کل منطقه جنوب راین و در زمان برداشت‌های مستقیم سرزمینی تعداد ۹ نمونه جهت مطالعه مقطع صیقلی و تعداد ۲۱ نمونه جهت تهیه و مطالعه تیغه نازک به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی ارسال‌شده‌اند.

به‌موازات اکتشـافات منطقه از کلیه رگه‌ها و رخنمون‌های کانه دار در حال نمونه‌برداری مینرالیزه می‌باشـد. برداشـت نمونه‌های جهت مطالعات کانی‌شناسی XRD از کل منطقه تعداد ۱۲ نمونه جهت مطالعات کانی‌شناسی و کنترل التراسیون‌های منطقه برداشت‌شده است.

### ۵،۲. لیست کلیه نمونه‌های برداشت‌شده از منطقه جنوب راین

| Station No. | XRD | ThinSection | PolishSection | ICP |
|---|---|---|---|---|
| Gs-1 | | T | | |
| Gs-2 | D | T1-T2 | P | |
| Gs-3 | | T | | |
| Gs-4 | D | T | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Gs-5** | D | T | P | I |
| **Gs-6** | | | P | I |
| **Gs-7** | D | T | P | |
| **Gs-8** | | T | | |
| **Gs-9** | | T | | |
| **Gs-10** | | | | |
| **Gs-11** | | | | |
| **Gs-12** | D | | P | |
| **Gs-13** | | | P | |
| **Gs-14** | D | | P | |
| **Gs-15** | | T | | |
| **Gs-16** | D | | | |
| **Gs-17** | | T | P | |
| **Gs-18** | | T | | |
| **Gs-19** | | T | | |
| **Gs-20** | | T | | |
| **Gs-21** | | T | | |
| **Gs-22** | | T | | |
| **Gs-23** | D | T | P | |
| **Gs-24** | D | | | |
| **Gs-25** | D | | | |
| **Gs-26** | D | T | | |
| **Gs-27** | | | P | |
| **Gs-28** | | | | I |
| **Gs-29** | D | T | | |
| **Gs-30** | | T | | |
| **Gs-31** | | | | |
| **Gs-32** | | | | |

### ۶،۱. زمین‌شناسی محدوده جنوب راین

در محدوده معدنی جنوب راین سنگ‌های سنوزوئیک و کواترنر برونزد دارند بر این اساس محدوده شامل سنگ‌های ولکانیکی سنوزوئیک و واحدهای کواترنر که شامل نهشته‌های رودخانه‌ای مخروط افکنه می‌باشد. عمده‌ترین واحد رخنمون یافته در محدوده جنوب راین واحد پیروکلاستیکی قرمزرنگ با ترکیب حد واسط آندزیتی همراه با توف‌های آندزیتی شدیداً پروپلیتی شده است. این واحدها بر روی واحد پیر کلاستیک ولکانیک اسیدی با ترکیب ریولیت تا ریوداسیتی منطقه قرارگرفته است. عموم واحدهای سنگ چینه‌ای منطقه به‌ویژه واحد ولکانیک پیروکلاستیک ائوسن منطقه دگرسانی‌های آرژلیک سیلیسی گسترده‌ای را همراه با پیریت‌زایی نشان می‌دهد. این دگرسانی‌هایی که در بخش شرقی منطقه شباهت زیادی با دگرسانی زون فیلیک دارد، بارگه و رگچه‌های کانی‌ساز سولفیدی نیز همراه می‌باشد.

بر اساس مطالعات میکروسکوپی صورت گرفته بر روی نمونه‌های برداشت‌شده از محدوده جنوب راین، واحدهای توفی حد واسط منطقه درواقع کریستالین لیتیک ویتریک توف قرمزرنگ تا ایگنمبریت هستند که در آن‌ها قطعات خرده‌سنگی با ترکیب اندزیتی به همراه بلوره‌های زاویه‌دار

پلاژیوکلاز درزمینه ای از شـیشـه جریانی حاوی اکسـید آهن و قرمزرنگ پراکنده است. سایر اجرای تشکیل‌دهنده این سنگ کانی‌های اپک به همراه کانی‌های دگرسـانی همچون اپیدوت و زونزیت اسـت. این سـنگ به دلیل حرارت بالای شـیشـه زمینه در هنگام تشـکیل حالت جریانی پیداکرده است و بی‌شباهت با یک ایگنمبریت با ترکیب اندزیتی نیست.

واحدهای ولکانیکی ریولیتی منطقه نیز حاوی فنوکریسـت‌های کوارتز خلیجی به همراه ارتوز و آلکالی فلدسـپارهای پرتینی می‌باشـد. کانی پلاژیوکلاز به مقدار کم و به‌صورت بلورهای خود شکل تا ساب هدرال در متن شیشه‌ای دویتریفیته شده سنگ همراه با دیگر فنوکریست‌ها دیده می‌شـود. متن این سـنگ در اثر تبلور مجدد شـیشـه زمینه با بلورهای ریز و بی‌شکل کوارتز و فلدسپار پوشیده شده است. این سنگ همچنین مانند دیگر سنگ‌های این منطقه تا حدودی تحت تأثیر فرایندهای تکتونیکی در شرایط جامد قرارگرفته است و بافت‌های ثانویه کاتاکلاستیک و خرد شـدگی را بصـورت کلی نشـان می‌دهد. واحدهای کواترنری منطقه جنوب راین از نهشته‌های رودخانه‌ای و مخروط افکنه ها (Qal,Qft, Q2)است .

### ۶,۲. کانی سازی منطقه جنوب راین

در این منطقه کانی سازی به‌صورت رگه‌های سیلیسی و همچنین سیلیسی-باریتی کانه دار شامل کانی سازی کالکوپیریت پیریت کوولیت و... به همراه کانی‌های ثانویه مالاکیت و آزوریت رخنمون دارد. این رگه‌ها به‌ویژه در بخش شرقی و جنوبی محدوده مطالعاتی بیشترین رخنمون را دارا هستند. اما بر اساس سیستم‌های دگرسانی مشخص‌شده در محدوده گدار سیاه و نزدیک شدن واحدهای پروپلیتیک از حاشیه به سمت آرژلیک و نهایتاً زون‌های گوسـان و کپ‌های سیلیسی همراه با زون‌های مشکوک به فیلیک در بخش شرقی محدوده و همچنین بر پایه حضور رگه های سـیلیسـی کانه دار و زون‌های استوک‌ورک رخنمون یافته در منطقه همگی شواهدی از حضور یک کانی سازی مناسب از نوع سیستم پورفیری مس در منطقه است.

### ۷,۱. عملیات نمونه برداری

در تمامی مراحل اکتشافات معدنی به‌ویژه در اکتشافات ژئوشیمیایی نمونه‌برداری یک امر بسیار بااهمیت و پایه و اساس کار اکتشافی را تشکیل می‌دهد یک نمونه هرچند که بخش کوچکی از ماده مورد نمونه‌برداری جهت تجزیه و مطالعات آزمایشـگاهی برداشت می‌شود. لیکن این نمونه باید یک نمونه معرف از محیط مورد نمونه‌برداری باشد. بدین ترتیب که نمونه برداشت‌شده باید نماینده کامل و صحیح از کلیه ویژگی‌های ماده مورد نمونه‌برداری در محل ایستگاه نمونه‌گیری باشد.

نمونه‌برداری در منطقه جنوب راین بر اساس شبکه نمونه‌برداری که از قبل طرح‌ریزی‌شده بود به عمل آمد. در هر ایستگاه نمونه‌برداری برداشت نمونه‌های سنگ به‌صورت chip sampling و از سنگ‌های برجا صورت گرفته است.

برای جلوگیری از خطاهای احتمالی و همچنین دستیابی به بهترین نمونه معرف در هر ایستگاه نمونه‌برداری از ۳۰ تا ۴۰ نقطه در مرکز و پیرامون این ایستگاه نمونه‌گیری انجام‌شده است. وزن هر نمونه برداشت‌شده در حدود ۴-۵ کیلوگرم می‌باشد نمونه مربوط به هر ایستگاه نمونه‌برداری توسط نمونه‌بردار جداگانه بسته‌بندی‌شده شماره آن ایستگاه داخل و روی کیسه نمونه ثبت‌شده است. تعداد کل نمونه‌های برداشت‌شده در این شبکه نمونه‌برداری ۵۴ نمونه سنگ می‌باشد. کلیه نمونه‌ها پس از بسته‌بندی جهت انجام مراحل آماده‌سازی و تجزیه به آزمایشگاه شرکت زر آزما منتقل‌شده است.

| Trenchs | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ID | point | Easting | Northing | Length |
| Tr1 | A | ۵۴۲۸۲۷,۹۷ | ۳۲۵۹۸۰۰,۹۱ | ۱۸ |
| | B | ۵۴۲۸۲۵,۰۶ | ۳۲۵۹۸۱۷,۹۴ | |
| Tr2 | A | ۵۴۲۸۴۸,۹۳ | ۳۲۵۹۸۱۸,۱۲ | ۱۲ |
| | B | ۵۴۲۸۴۲,۰۸ | ۳۲۵۹۸۲۷,۱۵ | |
| Tr3 | A | ۵۴۲۸۸۰,۸۸ | ۳۲۵۹۸۳۴,۱۷ | ۲۱ |
| | B | ۵۴۲۸۸۱,۸۸ | ۳۲۵۹۸۵۴,۹۹ | |
| Tr4 | A | ۵۴۲۸۹۲,۰۴ | ۳۲۵۹۸۱۴,۹۸ | ۲۴ |
| | B | ۵۴۲۹۰۶,۸۴ | ۳۲۵۹۸۳۳,۰۴ | |
| Tr5 | A | ۵۴۲۹۵۶,۸۸ | ۳۲۵۹۸۰۴,۰۷ | ۲۰ |
| | B | ۵۴۲۹۴۶,۸۵ | ۳۲۵۹۸۱۹,۸۷ | |
| Tr6 | A | ۵۴۲۹۳۵,۱۹ | ۳۲۵۹۷۹۶,۰۴ | ۱۴ |
| | B | ۵۴۲۹۲۱,۸۹ | ۳۲۵۹۷۹۴,۹۲ | |
| Tr7 | A | ۵۴۳۰۱۹,۰۵ | ۳۲۵۹۸۵۶,۲۷ | ۲۲ |
| | B | ۵۴۳۰۰۲,۹۶ | ۳۲۵۹۸۷۰,۷۳ | |
| Tr8 | A | ۵۴۳۰۲۱,۸۲ | ۳۲۵۹۹۰۲,۲۴ | ۱۳ |
| | B | ۵۴۳۰۱۲,۹۲ | ۳۲۵۹۸۹۴ | |
| Tr9 | A | ۵۴۲۹۷۰,۸۱ | ۳۲۶۰۰۰۲,۰۱ | ۱۰ |
| | B | ۵۴۲۹۶۳,۰۶ | ۳۲۶۰۰۰۵,۹۶ | |
| Tr10 | A | ۵۴۲۹۵۶,۰۱ | ۳۲۶۰۰۰۶,۰۴ | ۸ |
| | B | ۵۴۲۹۴۹,۸۹ | ۳۲۶۰۰۰۱,۹۳ | |
| Tr11 | A | ۵۴۲۹۵۲,۹۱ | ۳۲۶۰۰۱۲,۰۹ | ۷ |
| | B | 542947.18 | ۳۲۶۰۰۱۵,۰۳ | |
| Tr12 | A | ۵۴۲۹۹۰,۶۷ | ۳۲۶۰۰۵۱,۶۶ | ۱۳ |
| | B | ۵۴۲۹۸۰,۴۶ | ۳۲۶۰۰۵۸,۴۷ | |
| Tr13 | A | ۵۴۳۱۰۸,۹۸ | ۳۲۶۰۲۲۷,۸۴ | ۱۶ |
| | B | ۵۴۳۱۰۱,۳۲ | ۳۲۶۰۲۱۴,۲۲ | |
| Tr14 | A | ۵۴۳۰۵۷,۹۱ | ۳۲۶۰۲۶۰,۱۹ | ۲۱ |
| | B | | ۳۲۶۰۲۴۰,۶۱ | |
| SUM | | | | 219.00 |

## ۷,۲. آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها

کلیه نمونه‌های سنگی برداشت‌شده پس از خردایش و نرمایش تا ۲۰۰ مش پودر شده و سپس اندازه‌گیری‌های عناصر انجام گردید این مهم در آزمایشگاه شرکت زرآزما انجام پذیرفت. تمامی نمونه ها برای ۳۵ عنصر و به روش ICP_MS انحلال در چهار اسید آنالیز شدند.

## ۷,۳. تجزیه و تحلیل داده‌های لیتوژئوشیمیایی

معمولاً در نتایج آنالیز ارائه‌شده به دلیل محدودیت‌های اندازه‌گیری و پایین بودن مقدار غلظت عنصر نسبت به حد حساسیت اندازه‌گیری برای برخی عناصر مقادیر صفر برای نتایج آنالیز ارائه‌شده است. داده‌های سنسورد در کار آنالیزهای آماری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها اختلال ایجاد می‌نماید، چراکه اغلب تکنیک‌های آماری مهم نیازمند یک مجموعه کامل از داده‌های غیر سنسورد می‌باشند. لذا در ابتدا مقدار مناسب برای مقادیر سنسورد هر عنصر جایگزین گردید به کمک روش‌های آماری الگوی توزیع عناصر مشخص و آنومالی‌های موجود شناسایی شد. لازم به ذکر است که کلیه پردازش‌های آماری این پروژه در محیط نرم‌افزار SPSS انجام‌گرفته است.

## ۷,۴. پردازش داده‌های سنسورد

گاهی مواقع به علت وجود عیارهای بسـیار کم کمتر از حد تشـخیص پایینی دسـتگاه یا روش تجزیه و یا عیارهای بسـیار بالا بیشـتر از حد تشـخیص بالایی دسـتگاه یا روش تجزیه داده‌های دقیقی به دسـت نیامده و این مقادیر عیاری به‌صورت صفر (۰) یا مقادیر کمتر از حد پایینی دستگاه و یا مقادیر بیشتر از حد بالایی دستگاه گزارش می‌شوند. به این مقادیر داده‌های سنسورد گفته می‌شود

## ۸. عملیات حفاری

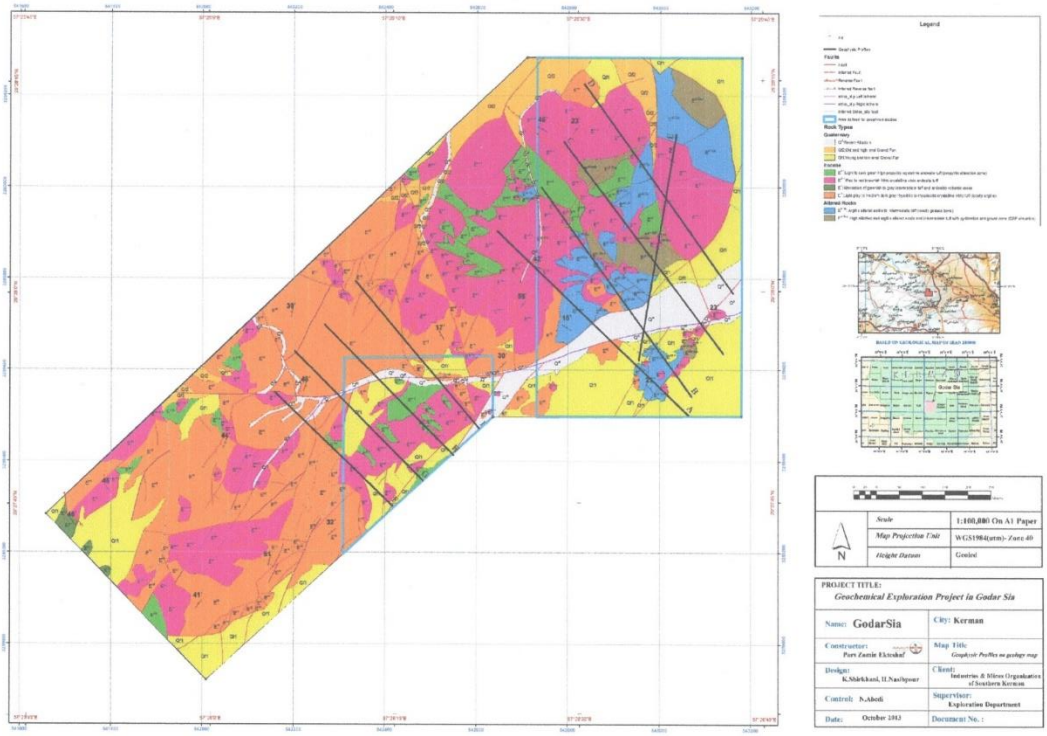
### ۸,۱. حفاری ترانشه ها

پس از بررسـی‌های اولیه و انتخاب محدوده‌های نمونه‌برداری‌های لیتوژئوشـیمیایی نقاط مسـتعد جهت حفاری ترانشـه ها طراحی و مشـخص گردیدند. درمجموع چهارده رشته ترانشه و به طول حدودی ۲۲۰ متر در محدوده جنوب راین حفاری گردیدند. جدول کناری، لیست ترانشه‌های حفاری‌شده منطقه جنوب راین است.

### ۸,۲. عملیات ژئوفیزیک IP & RS

پس از بررسـی‌های اولیه و پی‌جویی‌های اکتشافی، حفاری ترانشه ها و نتایج مقدماتی نمونه‌های دستی و آنالیز و همچنین نتایج مطالعات تیغه نازک و مقطع صـیقلی و XRD و سـایر مطالعات زمینی و مشـاهدات زون‌های کانی سـازی در منطقه و همچنین عملیات حفاری گمانه‌های قدیمی در منطقه چهارگوش مطالعاتی جهت برداشت داده‌های ژئوفیزیکی IP-RS مشخص گردید. در محدوده جنوب راین دو محدوده که این محدوده‌ها پوشش مناسبی بر محدوده‌های نمونه‌برداری‌های لیتوژئوشیمیایی دارند جهت برداشت عملیات ژئوفیزیک انتخاب گردیدند.

### ۸,۳. نقشه زمین‌شناسی منطقه جنوب راین محدوده ۱ و ۲ ژئوفیزیک و پروفیل‌های ژئوفیزیکی



شکل ۲-A - جانمایی محدوده عملیات ژئوفیزیک و گمانه‌های پیشنهادی

### ۸،۳. مطالعات ژئوفیزیک IP & RS در محدوده جنوب راین ۱

مطالعات ژئوفیزیکی به روش پلاریزاسیون القائی و مقاومت ویژه الکتریکی (IPRS) با توجه به مطالعات زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی صورت گرفته در دو بخش منطقه جنوب راین انجام شد. ازاین‌رو با توجه به اهمیت اکتشافی در این دو بخش و همچنین شواهد و آثار کانی سازی مس با توجه به بازدید اولیه و مشاهدات صحرایی درمجموع ۹ پروفیل ژئوفیزیکی مورد برداشت قرار گرفت. در بخش اول ۵ پروفیل ژئوفیزیکی به نام‌هایD وC و A و E برداشت شد، که چهار پروفیل اول در راستای تقریبی شمال غربی جنوب شرقی با توجه به مطالعات زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی انجام‌گرفته و روند کانی زایی های احتمالی به‌صورت شمال شرقی جنوب غربی و پروفیل E عمود بر آن‌ها به‌عنوان پروفیل کنترلی با توجه به پراکنده بودن بی‌هنجاری‌ها برداشت گردید. در بخش دوم فاز مطالعاتی ژئوفیزیکی محدوده اکتشافی جنوب راین درمجموع ۴ پروفیل ژئوفیزیکی برداشت گردید. طول پروفیل‌ها با توجه به ناحیه پیشنهادشده بر اساس مطالعات قبلی انجام‌شده و همچنین تغییرات داده‌های ژئوفیزیکی در هنگام اندازه‌گیری داده‌ها و ادامه یافتن و یا بسته شدن آنومالی‌های ژئوفیزیکی از ۴۰۰ تا ۶۰۰ متر انتخاب شدند.

### ۸،۴. مطالعات ژئوفیزیک IP & RS در محدوده جنوب راین ۲

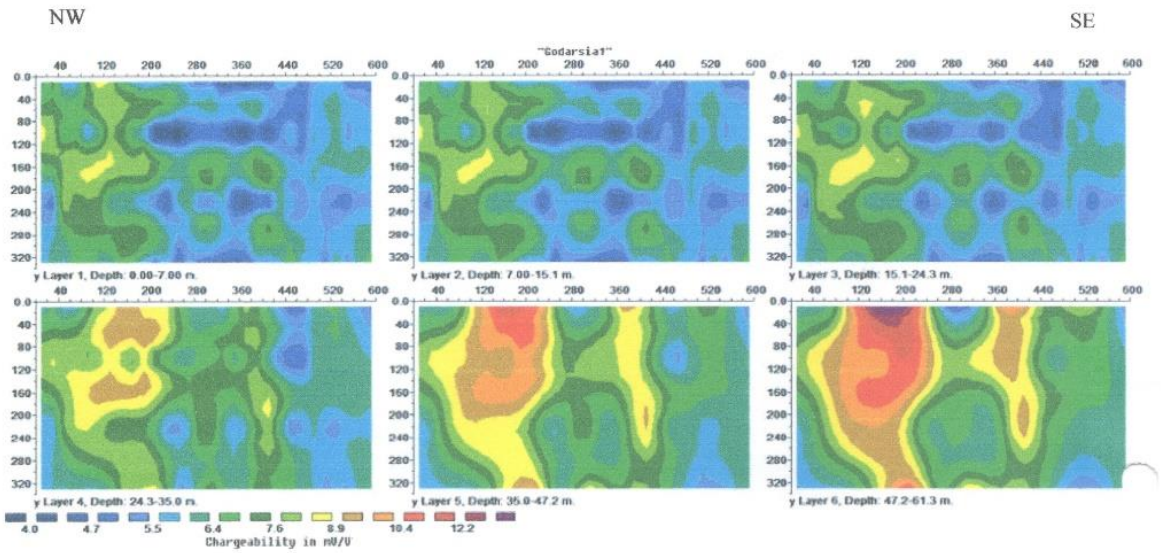
مطالعات ژئوفیزیک به روش پلاریزاسیون القائی و مقاومت ویژه الکتریکی در بخش دوم محدوده اکتشافی جنوب راین انجام شد. درمجموع ۴ پروفیل ژئوفیزیکی به نام‌های H وG وF و I در راستای تقریبی شمال غربی جنوب شرقی با توجه به مطالعات زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی انجام‌گرفته و روند کانی زایی های احتمالی به‌صورت شمال شرقی جنوب غربی مورد برداشت قرار گرفت.

### ۹،۱. مدل‌سازی سه‌بعدی محدوده یک جنوب راین

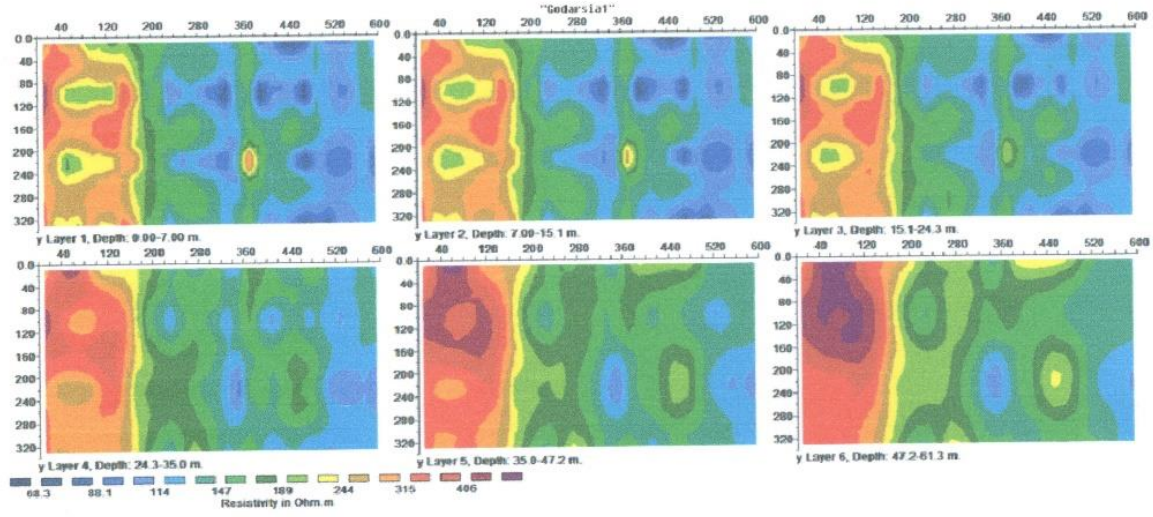
ازآنجایی‌که ساختارهای زمین‌شناسی در طبیعت سه‌بعدی هستند، یک برداشت ژئوفیزیکی سه‌بعدی و درنهایت تهیه یک مدل سه‌بعدی می‌تواند به تفسیر بهتر ساختارها کمک نماید. در این تحقیق مدل‌سازی سه‌بعدی داده‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزارRES3DINV انجام‌گرفته است. به همین منظور از پروفیل‌های برداشت‌شده در بخش اول جنوب راین جهت مدل‌سازی سه‌بعدی داده‌های پلاریزاسون القائی و مقاومت ویژه الکتریکی به‌طور جداگانه استفاده‌شده است شمال غربی‌ترین نقطه برداشت در این پروفیل‌ها منطبق

بر صـفر شـبکه برداشت در نظر گرفته‌شده است جهت X در راستای پروفیل‌های برداشت یعنی شمال غربی جنوب شرقی و جهت Y عمود بر آن شمال شرقی جنوب غربی می‌باشد. درنهایت یک شبکه ۶۰۰ در ۳۴۰ مترمربع موردبررسی قرارگرفته است.

شـکل A-3 مقاطع حاصـل از مدل‌سازی سه‌بعدی داده‌های پلاریزاسیون القائی برای عمق‌های ذکرشده را نشان می‌دهد. همان‌طور که از نتایج حاصـل از مقاطع مشـاهده می‌شـود با افزایش یافتن عمق اکتشـافی برشـدت شارژ پذیری نواحی با شارژ بیشتر در شمال غربی ناحیه برداشت افزوده‌شـده اسـت. میزان شارژ پذیری در جنوب شرقی محدوده کاهش‌یافته است که بیانگر بسته شدن محدوده آنومال در این سمت می‌باشد. مقاطع حاصـل از مدل‌سازی سه‌بعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی برای عمق‌های ذکرشده در شکل A-4 ارائه‌شده است. به‌طورکلی مقدار مقاومت ویژه در قسـمت جنوب شـرقی محدوده برداشت پایین می‌باشد اما در سمت شمال غربی مقدار مقاومت ویژه متأثر از واحدهای آذرین منطقه افزایش‌یافته است.



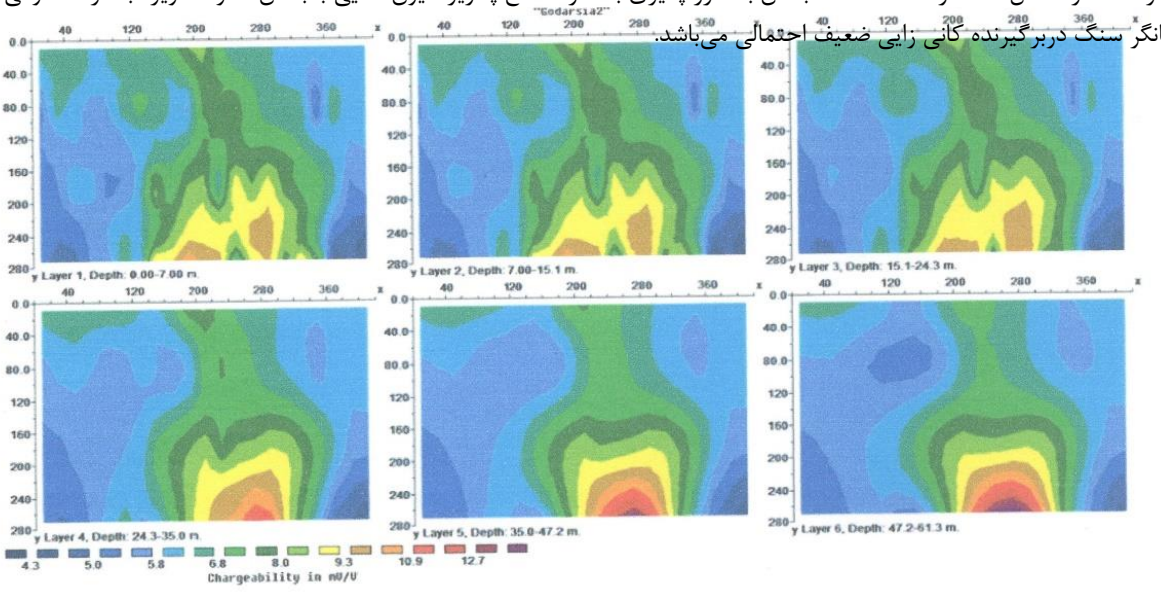

شکل۳-A ، مقاطع حاصل از مدلسازی سه بعدی داده‌های پلاریزاسیون القائی



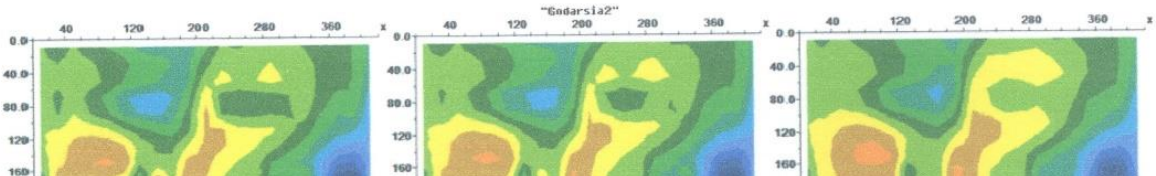
شکل A-4 ، مقاطع حاصل از مدلسازی سه بعدی داده‌های مقاومت الکتریکی

### ۹،۲. مدل‌سازی سه‌بعدی محدوده دو جنوب راین

به‌منظور مطالعه سه‌بعدی پروفیل‌های برداشت‌شده در بخش دوم جنوب راین مدل‌سازی سه‌بعدی داده‌های پلاریزاسون القائی و مقاومت ویژه الکتریکی به‌طور جداگانه استفاده‌شده است. شمال غربی‌ترین نقطه برداشت در این پروفیل‌ها منطبق بر صفر شبکه برداشت در نظر گرفته‌شده است. جهت X در راستای پروفیل‌های برداشت یعنی شمال غربی - جنوب شرقی و جهت Y عمود بر آن شمال شرقی جنوب غربی هست. درنهایت یک شبکه ۴۲۰ در ۲۸۰ مترمربع موردبررسی قرارگرفته است. مقاطع مدل‌سازی به‌دست‌آمده شامل ۶ مقطع عمقی می‌باشد که لایه اول میانگین شارژ پذیری و یا مقاومت ویژه در محدوده عمقی از سطح تا ۷ متری را نشان می‌دهد.شکل B-1 مقاطع حاصل از مدل‌سازی سه‌بعدی داده‌های پلاریزاسیون القائی برای عمق‌های ذکرشده را نشان می‌دهد. به‌طورکلی میزان شارژ پذیری از شدت بالایی برخوردار نیست. تنها در بخش‌های جنوب شرقی منطبق بر پروفیل‌های H و I میزان شارژ پذیری نسبت به سایر قسمت‌های مقاطع شدت بیشتری یافته است که در مقاطع دوبعدی نیز این موضوع مشاهده شد. مقاطع حاصل از مدل‌سازی سه‌بعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی برای عمق‌های ذکرشده در شکل B-2 ارائه‌شده است. بخش با شارژ پذیری بالا در مقاطع پلاریزاسیون القایی با بخش مقاومت ویژه بالاتر همخوانی دارد که بیانگر سنگ دربرگیرنده کانی زایی ضعیف احتمالی می‌باشد.




شکل A-2 - مقاطع حاصل از مدلسازی سه بعدی داده‌های مقاومت الکتریکی



شکل B-2 - مقاطع حاصل از مدلسازی سه بعدی داده‌های مقاومت الکتریکی

**نتیجه‌گیری و پیشنهادات**

به‌منظور اکتشاف بخش‌های دارای پتانسیل معدنی باکانی سازی احتمالی مس در منطقه موردمطالعه جنوب راین در دو فاز مطالعاتی با استفاده از مطالعات ژئوفیزیک به روش پلاریزاسیون القائی و مقاومت ویژه الکتریکی و بر اساس بررسی پارامترهای فیزیکی شامل شارژ پذیری و مقاومت ویژه الکتریکی انجام شـد. ازاین‌رو با استفاده از آرایش دایپل دایپل بر روی ۹ پروفیل با طول‌های متفاوت (۴۰۰ تا ۶۰۰ متر) و فاصله الکترودی مسـاوی ۲۰ متر موردبررسی قرار گرفت مطالعات با استفاده از مدل‌های نهایی حاصل از معکوس سازی داده‌های پلاریزاسیون القائی و مقاومت ویژه الکتریکی به کمک نرم‌افزارهای تخصصی Res2Dinv و Res3Din موردبررسی قرار گرفت.

نتایج حاصل از مدل‌سازی دوبعدی و سه‌بعدی داده‌های پلاریزاسیون القائی و مقاومت ویژه در بخش اول جنوب راین نشان دادند که کانی سازی ضعیف احتمالی مس در این بخش به سمت شمال غربی ناحیه برداشت داده‌های ژئوفیزیکی گسترش می‌یابد. همچنین نتایج حاصل برای بخش دوم جنوب راین حاکی از کانی سازی احتمالی ضعیف به سمت جنوب شرقی ناحیه برداشت را نشان می‌دهد.

مناطق امیدبخش دارای پتانسـیل احتمالی کانی زایی مس حتی با ریسـک بالا در این دو بخش مشـخص شدند و به‌منظور بررسی آن‌ها نقاطی برای انجام حفاری‌های اکتشافی پیشنهاد می‌گردد.

جدول زیر خلاصه‌ای از گمانه‌های اکتشافی پیشنهادی بر روی ۵ پروفیل برداشت‌شده در بخش اول جنوب راین را نشان می‌دهد:

| نام پروفیل | نام حفاری | مختصات | | زاویه حفاری نسبت به قائم | طول حفاری |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Y | X | | |
| B | ۱BH | ۳۲۵۹۸۸۶ | ۵۴۲۸۱۹ | ۰ | ۸۵ متر |
| B | ۲BH | ۳۲۵۹۸۰۳ | ۵۴۲۸۷۲ | ۰ | ۸۰ متر |
| E | ۳BH | ۳۲۵۹۹۰۰ | ۵۴۲۹۹۲ | ۰ | ۸۰ متر |

جدول زیر خلاصه‌ای از گمانه‌های اکتشافی پیشنهادی بر روی ۴ پروفیل برداشت‌شده در بخش دوم جنوب راین را نشان می‌دهد:

| **نام پروفیل** | **نام حفاری** | **مختصات** | | **زاویه حفاری نسبت به قائم** | **طول حفاری** |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Y | X | | |
| H | ۴BH | ۳۲۵۹۴۱۴ | ۵۴۲۵۴۴ | ۰ | **۶۰ متر** |
| I | ۵BH | ۳۲۵۹۵۱۰ | ۵۴۲۵۸۷ | ۰ | **۸۰ متر** |

**References**

[1] Ale-taha, B, 2003, Petrography and petrology of igneous rocks and associated copper mineralization in southeast of Bam (Jebal-e-Barez), PhD thesis, Islamic Azad University, Science and Research department, 288 pages.

[2] Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J., 1979, The interpretation of igneous rocks, George Allen & Unwin., London.

[3] Harker, A., 1909, The natural history of igneous rocks, Methuen, London, 304 P.

[4] Iran Geological and Mineral Exploration Organization, 2000, Systematic geochemical exploration in Bam sheet with scale of 1:100000, the project of "Mineral exploration with aerial geophysical, geochemical methods and detecting marine inanimate sources, Iran Geological and Mineral Exploration Organization and Renovation and Development of Mines and Mining Industries Organization, 183 pages.

[4] Iran Geological and Mineral Exploration Organization, 2000, Remote sensing studies within sheets of Jebal-e-Barez area

[5] Iran Geological and Mineral Exploration Organization, 2000, Systematic geochemical exploration report within Sabzevaran sheet in scale of 1:100000

[6] Iran Geological and Mineral Exploration Organization, 2000, Mineral exploration report within Jebal-e-Barez sheet in scale of 1:100000

[7] Iran Geological and Mineral Exploration Organization, 2000, Magnetometric aerial geophysical analyses and data processing within Jebal-e-Barez sheet.

[8] Iran Geological and Mineral Exploration Organization, 1991, Mineral exploration report No. 2, Bam sheet 7648 in scale of 1:100000

[9] Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the classification of the common volcanic rocks, Can. Jour. Earth Sci. No. 8.

[10] Kan-Iran Consulting Engineers, 2000, Description of the geological-mining map of Rigan-e-Bam copper deposit, National Iranian Cooper Industries Company, Bureau of exploration and development engineering.

[11] Kan-Iran Consulting Engineers, 2000, Geochemical exploration report on Ziyarat region within the areas of Zanaghi and Goud-e-paeen in scale of 1:5000, National Iranian Cooper Industries Company, Bureau of exploration and development engineering.

[12] Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. and Zanettin, B., 1986, A chemical classification of volcanic rocks based on the Total Alkali- Silica Diagram, J. petrol., V. 27, Part 3, 745-750.

[13] Ma-adan-kav Consulting Engineers, 1999, Exploration project of Bahr-aseman and

[14] Hanza in Kerman region, Ministry of Mines and Metals, Bureau-general of mines and metals of Kerman province, 308 pages.

[15] Middlemost, E.A.K., 1985, An introduction to igneous petrology: Magma and magmatic rocks, Longmans Ed., p. 450.

[16] Ministry of Mines and Metals, 2005, Geological and alteration map report of Koroor copper deposit (Jebal-e-Barez zone) in scale of 1:5000.

[17] National Iranian Cooper Industries Company, 2000, Description of the geological- mining map of Rigan-e-Bam copper deposit.

[18] National Iranian Cooper Industries Company, 2000, Geochemical exploration report on Ziyarat region within the areas of Zanaghi and Goud-e-paeen in scale of 1:5000.

[19] National Iranian Cooper Industries Company, 2006, the final introductory report on promising locations within southern Jebal-e-Barez or town of Sabzevaran (Kerman).