

# پژوهش و بررسی زمین شناسی و رفتارهای ژئوشیمیایی مس و عناصر همراه در کانسار مس لار (شمال زاهدان)

نوشته: دکتر اکبر کریمی \*

## Geochemical behaviors and geological studies of copper and paragenesis elements in Lar Prospect (North Zahedan)

By: Dr.A.Karimi \*

### چکیده

در این بررسی ها پس از مشخص نمودن محدوده اصلی کانی زایی مس در ناحیه لار مجموعه مطالعات زمین شناسی سطحی، سنگ شناسی، دگرسانی و مطالعات دقیق ژئوشیمیایی بر روی نمونه های برگرفته از سطح زمین انجام یافته است. از دیدگاه زمین شناسی عمومی، محدوده مورد بررسی در زون خاشر - نهبندان و در خاور ایران واقع گردیده است. ویژگی های بارز تشکیلات زمین شناسی در این زون وجود نوارهای افیولیتی کرتاسه و واحدهای سبیر فلیش کرتاسه، پالتوسن و اتوسن می باشد. فعالیت های ماگمایی بصورت ولکانیسم و به طور عمده بصورت توده های نفوذی نیمه عمیق در زمان الیگو-میوسن از جمله نمودهای بارز زمین شناسی ناحیه می باشد. با مطالعه سنگ شناسی مشخص گردید که توده نفوذی اصلی کانسار، ترکیبی سینیومونزونیتی داشته و در گروه توده های آلکالن با پتاسیم بالا قرار می گیرد. عملکرد سامانه های گسلی (Fault systems) گسلی موازی با سامانه گسلی زاهدان در محدوده لار وسیع بوده و محلولهای گرمایی دارای کانه های فلزی مس، مولیبدن، طلا و نقره در امتداد سامانه گسلی اصلی کانسار و در متن توده نفوذی تزریق گشته اند. مجموعه بررسیهای ژئوشیمیایی و بررسی های آماری داده های ژئوشیمیایی وجود زون اصلی کانی سازی مس و دیگر عناصر همراه را در امتداد سامانه گسلی محدوده کانسار ثابت نمود. از دیدگاه اقتصادی نیز این مطالعات وجود طلا و مولیبدن را بعنوان دو عنصر مهم و با عیار مناسب در کانسار آشکار نمود. بر پایه بررسیهای انجام یافته در این تحقیق و مقایسه داده های بدست آمده با اطلاعات مربوط به مدل های گوناگون کانساری، کانسار مس لار بعنوان کانسار مس پورفیری-رگه ای نوع آلکالن معرفی می گردد. از دیدگاه جایگاه تکتونوماگمایی، توده ولکانوپلوتونیسیم لار در نتیجه کشش هایی که بدنبال فرورانش ورق لوت و سیستان در ناحیه ایجاد گردیده، در امتداد سامانه کششی تزریق گشته است و گسل زاهدان معرف امتداد اصلی این سامانه می باشد.

### Abstract

واژه های کلیدی: ناحیه لار- زون خاشر - نهبندان، سینیومونزونیت، ولکانوپلوتونیسیم، سامانه گسلی - گسل زاهدان

The Lar area is located in east Iran, which is situated 20 Km north of Zahedan city. In this study, the surface geology has been done and on the selected samples that has been taken from different parts of deposit also petrography and petrology studies and so many details geochemical investigation in the main part of prospect has been done. The main geological characteristics of the area is the existance of Cretaceous Ophiolitic belt and invast formation of flysh type sediments, in the other hand magmatism activities in form of volcanism and plutonism in Oligo-Miocen period is happened. On the basis of our new data, it is realized that mineralogical composite of the main intrusive rocks of the prospect is Sycno-Monzonite and petrologically all the main intrusive and extrusive rocks are alkaline with high potasium. In the part of the Lar prospect we have some Nw- SE faults in parallel to Zahedan major fault. Hydrothermal liquids are injected into spaces of these faults and also in the small fractures in different parts of mass intrusive in form of porphyry. The concentration of copper mineralization occur in the main NW-SE fault- zone. In view of economy our geochemical studies prove that we have good potential of gold and

molibdenum in Lar deposit. According to our study and comparison between the achieved data of Lar with different deposits, we can put this deposit in prophyry - veinlet alkaline type deposits model. In view of tectonomagmatism setting, it seems that Lar volcanoplutonism complex is intruded along of and extensional faults that are as a result of subduction between Lut and Sistan plates.

**Keywords:** Lar region, Khash-Nehbandan Zone, Syeno-Monzonite, Volcanoplutonism, Fault system, Zahedan fault.

## مقدمه

در امتداد اقیولیت ها در خاور و دیگری در باختر گسترش یافته اند. نوار رسوبهای فلیشی پالئوسن سنگهای دگرگونه (اسلیت و فلیت) که به طور عمده حاصل اثرات حرارتی توده های نفوذی زاهدان می باشند، فلیش های اتوسن و وجود تکه هایی از اقیولیت ها در آنها، توده های نفوذی عظیم گرانیت زاهدان که در فلیش های اتوسن نفوذ کرده اند و توده های کوچکتر و ولکانوپلوتونیک لار، ملک سیاه کوه، آساگی و بالاخره رسوبهای الیگو-میوسن و جوانتر، مجموعه زمین شناسی بخشی از جنوب خاوری ایران را تشکیل می دهند.

بطور کلی گستره خاوری ایران در بین گسلهای بزرگ محاط گشته و با بزرگ کردن زاویه دید می توان گفت که این ناحیه در سه جهت تحت تاثیر حرکات فشاری قرار داشته است. اثرات ورقه هند از خاور، ورقه عربستان از جنوب خاوری و ورقه توران از شمال از جمله عوامل عمده در تکوین و ایجاد چین خوردگیهای شدید تشکیلات زمین شناسی این نواحی بوده است. (کریمی ۱۳۶۹ و نقشه زمین شناسی خاور میانه GIS).

## زمین شناسی ناحیه لار

### مجموعه رسوبهای کرتاسه:

این نهشته ها در ناحیه لار با روند شمال باختری - جنوب خاوری گسترده می باشند و شامل واحدهایی از لای سنگ (mudstone)، گراوک، توف، شیلهای سبزو فروش سنگ بوده که به طور کلی فلیش های ناحیه را تشکیل می دهند که در این منطقه به شدت چین خورده اند. فلیش ها در بخش باختری توده لار گسترش داشته و با همسافت (complex) لار همبری گسل دارند. راستای این گسل در امتداد گسل بزرگ زاهدان می باشد. هر چه به همبری توده لار نزدیک شویم آثار دگرسانی به طور لیمونیتی بر روی فلیش ها ظاهر می گردد. بهر حال آنچه آشکار است، اثرات حرارتی روشنی است که توده لار بر روی شیل ها داشته است. این اثرات همراه با تبدلات یونی و حرکت عناصری، که به طور عمده آهن دار بوده اند انجام یافته است.

محدوده کوه لار در فاصله ۲۰ کیلومتری شمال زاهدان واقع شده است. بخش شمالی این کوهستان در کنار مرز ایران و پاکستان قرار می گیرد. این محدوده در طولهای شرقی  $54^{\circ}$ ،  $60^{\circ}$  -  $51^{\circ}$ ،  $60^{\circ}$  و عرضهای  $29^{\circ}$ ،  $29.45^{\circ}$  -  $14^{\circ}$ ،  $29^{\circ}$  محصور گشته است. شرایط اقلیمی جنوب خاوری ایران به طور عمده شبیه نواحی استوایی بوده و آب و هوایی خشک و بیابانی در این ناحیه حاکم است. سختی سنگهای ولکانیکی و وجود محیط خشک و بارش کم و در نتیجه نبود شرایط عادی فرسایش، باعث شده که توده های ولکانیکی کوهستان لار شکل صخره گونه را حفظ نموده به گونه ای که دیواره های سبتر کوهستان از فاصله دور قابل رویت می باشد. عمده ترین مطالعات انجام یافته در این نواحی طی سالهای ۵۶-۱۳۵۴ در قالب پروژه شرق ایران توسط سازمان زمین شناسی بوده است. در این مطالعات به وجود کانی زایی مس در چند نقطه از کوهستان لار اشاره شده است. محل اجرایی این پژوهش شامل شناسایی اولیه ناحیه، تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ و سپس پیاده نمودن شبکه نمونه برداری ژئوشیمی در محدوده اصلی کانسار و در روبه ۱/۵ کیلومتر مربع بوده است. مطالعات سنگ شناسی و کانه نگاری بر روی تعداد ۳۵ نمونه انجام و در بررسی های ژئوشیمیایی نیز از تعداد ۲۶۶ سلول شبکه ای تعداد ۲۱۷ نمونه برداشت و مورد تجزیه قرار گرفتند. جهت بررسی های دگرسانی نیز تعداد ۵۰ نمونه انتخاب و مورد تجزیه اکسیدهای اصلی قرار گرفته و مطالعات سنگ شناسی نیز بر روی ۲۵ نمونه انجام گرفته است.

## زمین شناسی عمومی:

زمین شناسی خاور ایران به ویژه بخش مربوط به خاور گسل نهندان و یا به عبارت دیگر خاور کویر لوت، تا حدود زیادی با دیگر نقاط ایران متفاوت می باشد. ویژگیهای عمده زمین شناسی این ناحیه را می توان به شرح زیر خلاصه نمود:

دو گسل عمده نهندان در باختر و زاهدان در خاور نقش عمده ای در تکوین زمین شناسی ناحیه عهده دار بوده اند. گسترش اقیولیت ها در امتداد گسل نهندان، رسوبهای فلیش گونه کرتاسه که بصورت دو نوار، یکی

## رسوبات پالئوسن :

این نهشته ها نیز در ناحیه لار نیز با روند شمال باختری - جنوب خاوری پهنا وسیعی را در بر می گیرند. مجموعه این رسوبات کم و بیش توده لار را در بر گرفته و از نظر ترکیب شامل دو سری کربناته و کمتر کربناته (به طور شیلی) می باشند. این رسوبات در بخش خاوری کوه لار تحت اثر حرارتی توده لار بیشتر ترکیب هورنفلسی به خود گرفته اند.

## ولکانوپلوتونیسیم الیگومیوسن :

مجموعه توده نفوذی کوه لار بصورت شاخص و با توپوگرافی خشن در واحدهای پالئوسن و همچنین قلیش های کرتاسه تزیق گشته است. بخش های مرکزی این توده عظیم بطور عمده ولکانیکی و برش ولکانیکی بوده که بیشتر ترکیبی آندزیتی و لایتیتی دارند. با دقت بیشتر در مجموعه ولکانیکی این فاز، می توان چندین فاز دیگر را تشخیص داد. آپوفیزهای این توده ولکانیکی بصورت دایک هایی با ترکیب بازیک در توده نفوذی اصلی کانسار تزیق گشته که تنوع و کثرت آنها چندان زیاد نبوده و بر روی زمین رخنمون کمی دارند (عکس 1- A).

## پلوتونیسیم :

توده های نفوذی همتافت لار بطور عمده در اطراف و تا حدودی در داخل توده رخنمون دارند. در این بخش توده های مذکور را در محدوده کانسار بررسی می نمایم:

## توده نفوذی کانسار لار

این توده که در حقیقت دربرگیرنده کانسار لار می باشد با مرز گسلی از توده ولکانیکی اصلی کوه لار جدا می شود. امتداد این گسل شمال باختری - جنوب خاوری بوده و امتداد توده مذکور و کانی سازی مس نیز از این روند تبعیت می نماید. این توده در محدوده کانسار در طول حدود ۲ کیلومتر و پهنای متوسط ۳۰۰ متر رخنمون دارد. سنگهای توده مذکور در قسمتهایی به شدت دگرسان بوده و بافت و ترکیب اولیه خود را از دست داده اند. در بخش های کمتر نکتونیزه، می توان سنگهای به نسبت غیر دگرسان و سالم این توده را مشاهده نمود. بطور کلی سنگهای این توده در محدوده سپینتی و مونزونیتی قرار می گیرند. به نظر میرسد که اولین فازهای تزیق ماگما در کانسار مربوط به این توده باشد و ولکانیک های همجوار در مرحله بعد خارج شده اند. با کمی دقت در همبندی گسله توده نفوذی با مجموعه ولکانیکی بر روی زمین، این مسئله را می توان تایید نمود.

## نفوذیهای جوانتر :

این نفوذیها شامل توده هایی با ترکیب گرانودیوریتی بوده که در مجموعه ولکانیکی تزیق گشته اند. سنگهای این نفوذیها لوکوکرات و بیشتر بافتی گرانولر دارند.

## تراورتن ها و رسوبات جوانتر (کوآرتزری) :

تراورتن ها در بخش جنوب باختری محدوده کانسار گسترش دارند. میانگین سترای لایه اصلی تراورتن حدود ۴-۳ متر بوده و بصورت دگرشیب بر روی شیلهای کرتاسه - پالئوسن نهشته شده اند. محلولهای تراورتن را در فضاهای موجود در شیل ها نیز وارد شده و رگه های باریک کلسیتی و تراورتن تشکیل داده اند. آخرین رسوبات در محدوده کانسار مربوط به کنگلومراهایی است که جوش خوردگی ضعیفی داشته و بر روی تراورتن ها قرار گرفته اند.

## مطالعات پتروگرافی و پترولوژی :

با انجام بررسی های سنگ شناسی که به دو روش شیمیایی (استفاده از اکسیدهای اصلی سنگ) و میکروسکوپی (زرعیان ۱۳۶۶) مشخص شد که نوع سنگ توده نفوذی محدوده کانسار لار از نوع آلکالن بوده و در محدوده سپینت تا سینومونزویت قرار می گیرد و در قسمت های نکتونیزه حالت برشی دارد (برش نفوذی، شکل 2- A). بخش اعظم سنگهای ولکانیکی لار نیز از نوع تراکیت تا تراکی آندزیت و همچنین توف و برشهای آندزیتی می باشند (Middlemost 1987). بنابر این ملاحظه می شود که ولکانیک های کوه لار در حقیقت خروجیهای ماگمای سازنده توده نفوذی می باشند. (شکل F1). سنگهای رسوبی در جنوب کانسار از ماسه سنگ گری واکمی و شیل تشکیل یافته اند.

جهت بررسی تغییرات عناصر اصلی در حین تحولات ماگمایی از دیآگرام اکسید-اکسید (Harker 1909) استفاده شد و تغییرات اکسیدهای مختلف در مقابل  $SiO_2$  بررسی گردیده است. در دیآگرام مذکور روند تبلور کانیها و تفریق در ماگمای اولیه و تشکیل کانیها از واژه های بازیک به واژه های اسیدی، یعنی تبلور تدریجی پیروکسن، آپاتیت، مگنتیت، پلازیوکلاز، بیوتیت، فلدسپات پتاسیم، کوآرتز و اسفنن باید گردید.

به منظور تعیین نوع ماگمای تشکیل دهنده سنگهای نفوذی نیز از چند دیآگرام استفاده شده است که همگی بر آلکالن بودن ماگمای توده آذرین ناحیه صحه گذارده اند (اشکال 1- E, G). از دیدگاه شیمیایی نیز با در نظر داشتن مقادیر بالای پتاسیم در سنگها و نسبت بالای  $K_2O / Na_2O$

→ اکسیدهای آهنی → آزوریت → ملاکیت → کالکوسیت ثانویه  
→ کولین → استیپ نیت

### دگرسانی (Altration)

به منظور تعیین دگرسانی، ضمن انجام مطالعات میکروسکوپی و X-Ray بر روی نمونه های انتخابی، با استفاده از مقادیر اکسیدهای اصلی نمونه ها نیز اقدام به تهیه نقشه های هم رتبه (Isograd) اکسیدی گردید که در آن مناطق مربوط به هر دگرسانی در محدوده کانسار مشخص گردید.

#### ۱- دگرسانی پتاسیک

با مطالعه مقاطع میکروسکوپی سنگها، مشخص شد که بخش عمده ای از کانیهای فلدسپات پتاسیم بصورت اولیه تشکیل یافته اند و بنابراین نمی توان این کانیها را در چهارچوب دگرسانی پتاسیک دسته بندی نمود. هرچند بدلیل الکالیینه زیاد توده نفوذی گسترش فلدسپات پتاسیم در سنگ بسیار بالاست، بهرحال آثار تبدیل شدگی پلاژیوکلازها به فلدسپات پتاسیک در سطح چندان وسیع نمی باشد، ولی به گمان در ژرفا احتمال گسترش این دگرسانی وجود دارد (عکس 2 - B).

#### ۲- دگرسانی بیوتیتی

پس از تبدیل کانیهای فرومنیزین سنگ به بیوتیت، عمده آهن این کانیها باعث تشکیل مگنتیت نیز شده اند و بنابراین دگرسانی بیوتیتی در سنگهای ناحیه با گسترش بیوتیت ثانویه و مگنتیت شناخته می شود.

#### ۳- دگرسانی سربسیستی

سربسیست بعنوان یک کانی ثانویه همواره با کانیهای گروه کاتولین دیده می شود و با توجه به کمی مقدار کوارتز، نمی توان این دگرسانی را بصورت مجزا و گسترده در ناحیه عنوان نمود و این دگرسانی در ناحیه بیشتر بصورت انتخابی عمل نموده است.

#### ۴- دگرسانی پروپلیتی

این دگرسانی که در ناحیه به طور عمده بصورت انتخابی و رگه - رگچه ای عمل نموده است، کانی سازی مس در آن بصورت ضعیف وجود دارد (Bean 1981).

#### ۵- دگرسانی آرزلیک

این دگرسانی بیشتر در بخش مرکزی منطقه و در محدوده سامانه گسلی اصلی کانسار گسترش دارد. با توجه به ترکیب، کانیهای آن از نوع

می توان این ماگما را به ماگمای شوشونیتی نزدیک دانست ولی از نظر کانی شناسی تشابه چندان بین مجموعه کانیهای سنگهای نفوذی ناحیه و سنگهای شوشونیتی دیده نمی شود (Flower 1986).

### تکتونیک

سامانه های گسلی در محدوده کانسار را می توان در دو فاز اصلی قرار داد:  
۱- سامانه گسلی شمال باختری - جنوب خاوری که عمده ترین سامانه گسلی محدوده کانسار بوده و به موازات گسل بزرگ زاهدان روی داده و در اصل بخشی از این گسل می باشد. این سامانه گسلی که مجموعه ای از گسلهای موازی می باشند از نوع شاقولی بوده و در طولی حدود ۲ کیلومتر و پهنای ۱۰۰ متر در تمامی توده نفوذی دربرگیرنده کانسار، امتداد می یابد. شب گسلهای یاد شده به سمت جنوب باختری بوده و تمرکز اصلی کانی سازی مس در درز و شکافهای ایجاد شده در راستای این سیستم گسلی به وقوع پیوسته است (عکس B-1).

۲- سامانه های گسلی شمال خاوری - جنوب باختری و شمالی - جنوبی کم و بیش عمود بر سامانه گسلی قبلی عمل نموده و در نقاطی سبب جانبایی زونهای کانه دار گردیده است. عملکرد این سامانه بصورت پیچگرد بوده و به طور وسیعی در توده ولکانیکی لار نیز عمل نموده است.

### کانی سازی مس

کانیهای مس را در سه محیط متفاوت میتوان دید:

۱- در متن سنگهای توده نفوذی به همراه کانیهای آهن بصورت پراکنده و تقریباً غیراقتصادی (عکس C-2)

۲- در مجموعه سامانه گسلی شمال باختری - جنوب خاوری که تمرکز اصلی مس در این سیستم واقع شده است (عکس های D, E, F-2).

۳- محیط سوم کانی سازی که در ارتباط تنگاتنگ با محیط دوم می باشد مس در رگه های سیلیسی کم ضخامت (اکثراً ۱۵-۱۰ سانتی متر) که بطور عمده در محدوده سامانه گسلی تریق گشته اند وجود دارد (عکس های G1, H, G2). لازم به یادآوری است که هر سه محیط کانی سازی یاد شده معلول حرکت محلولهای گرمایی در توده نفوذی می باشند. آثار و نشانه های حضور این محلولها در همه جای محدوده کانسار قابل رویت و بررسی است.

مطالعات مقاطع صیقلی نیز توالی تشکیل کانی های فلزی را به شرح ذیل مشخص نمود:

→ کالکوسیت اولیه → بورنیت → کالکوپیریت → مولیبدنیت  
→ پیریت → مگنتیت اولیه

جمعیه ای (Box plot) شد. با توجه به اینکه مقسدر چولگی (Skewness) همه عناصر بیشتر از ۱ بوده است، به منظور نرمال نمودن جوامع و نزدیک نمودن چولگی در خصوص عناصر سرب، روی و نیکل با کنار گذاردن مقادیر خارج از رده، جوامع آنها نرمال و به صفر نزدیک شد و لسی در خصوص مس و مولیبدن مقادیر چولگی به ترتیب ۲/۲ و ۱/۰۳ باقی ماند و به همین جهت با استفاده از لگاریتم داده ها، عادی سازی این عنصر انجام پذیرفت (شکل 3- A).

### تعیین آنومالیها

روشهای آماری مختلفی برای تعیین مقادیر حد آستانه ای و آنومالی وجود دارد (حسنی پاک ۱۳۷۰). در این پروژه از روش متداول  $x + 1.5s$  استفاده و مقادیر  $x + 3s$  الی  $x + 2s$  آنومالی احتمالی و مقادیر بالاتر از  $x + 3s$  بعنوان آنومالی قطعی در نظر گرفته شد و براساس تقسیم بندی مذکور نقشه های هم مرتبه هر عنصر به تفکیک ترسیم گردید. بعنوان مثال حد آستانه ای داده ها ( $x + 2s$  تا  $x + s$ ) برای عنصر مس از ۳۰۲۰ تا ۴۱۳۰ گرم بر تن، آنومالی احتمالی از ۴۱۳۰ الی ۵۳۱۰ گرم بر تن و آنومالی قطعی (outlier الی  $x + 3s$ ) از ۵۳۱۰ تا ۲۱۶۵۰ گرم بر تن محاسبه شده است (شکل های 4-B, A).

### نتیجه گیری:

- ۱- روند کلی آنومالیهای عناصر مس و مولیبدن در امتداد سامانه گسلی اصلی ناحیه بوده و شمال باختری - جنوب خاوری می باشد.
- ۲- آنومالیهای روی و تا حدود زیادی نیکل بصورت هاله ای آنومالی مس را دربر گرفته اند.
- ۳- عملکرد گسلهای شمال خاوری - جنوب باختری در خاور منطقه علت اصلی جدایش آنومالیها در این بخش می باشند.

### بررسی همبستگیها و تعیین ضرائب زونالیتی:

با استفاده از داده های نرمال شده، ضرائب همبستگی به روش پیرسن (Pierson) و همچنین ماتریس همبستگی ها (شکل 3-C) (Scatter Plot) محاسبه شد. به منظور دستیابی به نتیجه گیری بهتر در تشخیص ارتباط عناصر با یکدیگر، از روش های چند متغیره مانند روش تجزیه خوشه ای (cluster analysis) و تجزیه به عاملها (factor analysis) نیز استفاده گردید و پس از تجزیه و تحلیل نمودارهای درختی (dendrogram) و آنالیز مولفه ها (component analysis)، از نظر میزان همبستگی و ویژگی خصلت گروهی، عناصر مس و سرب در یک گروه و نیکل و روی

آرژلیک حد واسط می باشد و کانی سازی مس بیشتر در این آلتراسیون دیده می شود.

گسترش اکسیدهای مختلف در ارتباط با انواع آلتراسیون را می توان به شرح زیر بیان نمود:

الف- افزایش مقادیر  $Al_2O_3$  و  $Na_2O$  در ارتباط با گسترش زونهای آرژیلی میباشد.

ب- تغییرات مقادیر  $Fe_2O_3$  بیشتر مربوط به زونهای اکسیدی آهن و زونهای پیریتی می باشد و در زون اصلی مس دار یک نوع تهی شدگی  $Fe_2O_3$  دیده می شود که به طور عمده بدلیل خروج آهن و منگنز کانیهای حاوی این عناصر در نوده نفوذی بر اثر واکنش های گرمایی می باشد.

ج- افزایش مقادیر  $CaO$  و  $MgO$  نشانگر گسترش آلتراسیون پروپلیتی در اطراف زون آرژیلی می باشد البته این افزایش در بخش جنوب باختری بیشتر در ارتباط با سنگهای کربناته است (عکس 3- B).

د- در بخش اصلی محدوده غنی شده از مس، یک نوع تهی شدگی ضعیف در مقدار  $P_2O_5$  و  $TiO_2$  وجود دارد.

### مطالعات ژئوشیمیایی

از مهمترین اهداف این پژوهش، بررسی رفتارهای ژئوشیمیایی عناصر در ارتباط با محیط جایگزینی و همچنین ارتباط آنها با یکدیگر و رهیافت چگونگی تمرکز عناصر در محدوده مورد مطالعه به منظور معرفی نقاط پتانسیل و یا به عبارت دیگر، آنومالی می باشد. شبکه نمونه برداری با امتداد خط مبنا  $N30W$  و در طول ۱۸۰۰ متر که دربرگیرنده ۲۶۶ سلول مربع شکل به ابعاد  $50 \times 50$  متر (در مناطقی که شواهد سطحی کانی سازی بیشتر وجود داشته است) و  $100 \times 100$  متر در سطحی معادل ۱/۵ کیلومتر مربع بر روی زمین پیاده شد و نمونه برداری از سطح هر شبکه به روش اتفاقی از سنگ بستر برداشت گردید و بر روی آنها مقادیر عناصر مس، سرب، روی، نقره، نیکل، مولیبدن و در مرحله بعد طلا به روش جذب اتمی مورد آزمایش قرار گرفت.

محاسبات مربوط به پارامترهای آماری داده های خام برای عناصر و همچنین هیستوگرام فراوانی، منحنی تجمعی P-P و نمودار نرمال بدون روند هر عنصر با استفاده از نرم افزار S pss انجام یافت که نتایج حاصله موید توزیع عادی عناصر سرب و روی و توزیع لاگ نرمال عناصر مس، مولیبدن، نیکل و نقره می باشند. بر این اساس و به منظور کم کردن از تنوع داده ها، اقدام به خارج نمودن مقادیر غیر عادی داده ها (Outlier) و همچنین مقادیر فوق العاده خارج از رده (Extreme)، با استفاده از نمودارهای

## استفاده از هندسه فراکتال در تعیین آنومالی

ژئوشیمیایی (Chen 1994)

برای محاسبه پدیده هایی که دارای ابعاد و اشکال نامنظم و بی قاعده می باشند از این روش جدید به کار گرفته می شود که در آن با محاسبات بعد فراکتال (Fractal Dimension) و ویژگی های فضایی توزیع عناصر شناخته می شود. جهت محاسبه ابعاد فراکتال پراکندگی ژئوشیمیایی چند روش وجود دارد که در این پروژه از روش عیار- مساحت استفاده شد و پس از مشخص نمودن سطوح هم عیار، نمودار لگاریتمی عیار- مساحت برای عناصر مس و روی ترسیم گردید. شکست خط در نمودار مس، حد آستانه ای را مشخص می سازد و ادامه خط پس از این حد، محدوده آنومالی را نشان می دهد که در اینجا بالاتر از عیار 8000 ppm می باشد. در مورد نمودار روی، با توجه به مولتی فراکتال بودن این عنصر مرزی برای جامعه آنومالی و زمینه، مشخص نمی باشد و بنابراین در ناحیه، آنومالی واقعی روی وجود ندارد. نتیجه اینکه با روش هندسه فراکتال می توان آنومالی های کاذب را حذف نمود و درجه اعتبار آنومالی در این روش بسیار بالا می باشد (شکل 3-D).

## مطالعات ژئوشیمیایی بر روی طلا

از میان نمونه های برداشت شده قبلی پس از بررسی نتایج حاصله، تعداد 39 نمونه که سطح محدوده را پوشش داده اند، جهت مشخص نمودن طلا انتخاب و به روش جذب اتمی مورد تجزیه قرار گرفتند. مقادیر طلا در این نمونه ها از حداقل 2 تا حداکثر 424 میلی گرم در تن (ppb) و با میانگین 87/7 بوده است که نشانگر غنی شدگی محدوده از این عنصر می باشد. در این مرحله کلیه محاسبات آماری که در مباحث قبل بر روی نمونه ها انجام یافته بود، بر روی 39 نمونه انتخابی نیز انجام گرفت که نتایج حاصله حاکی از همبستگی بالای طلا با مس و مولیبدن می باشد. نقشه هم مرتبگی (isograde) داده های خام طلا نیز نشان دهنده تمرکز این عنصر در راستای سامانه گسلی اصلی کانسار بوده و از روند تمرکز مس و مولیبدن تبعیت می نماید. با توجه به همبستگی طلا با مس و مولیبدن و جهت پیش بینی عیار طلا در کل نمونه های محدوده، اقدام به محاسبات مربوط به قهقرایی (Regression) گردید و پس از بدست آوردن معادلات مربوطه، مقادیر طلا برای تمامی نمونه ها محاسبه و نقشه هم عیاری مقادیر تخمینی طلا نیز ترسیم گردید که نتایج حاصله موید تمرکز غنی شدگی طلا در روند سامانه گسلی محدوده کانسار می باشد.

در گروه دیگر جای گرفته اندو عنصر مولیبدن نیز ویژگی جداگانه ای از خود نشان می دهد. بر این پایه نسبت های زیر جهت تهیه نقشه های ضرائب زونالیتی (zonal index maps) مورد استفاده قرار گرفتند

$$\frac{Cuxpb}{ZnxNi} \quad \frac{ZnxNi}{CuxPb}$$

ضمناً پس از محاسبه ضرائب فاکتوری برای هر نمونه نقشه های مربوطه نیز ترسیم گردید که این نقشه ها تمرکز مقادیر فاکتور اول (مس و سرب) در امتداد سامانه گسلی اصلی ناحیه و تمرکز مقادیر فاکتور دوم (روی و نیکل) در اطراف مقادیر فاکتور اول را تایید نمود.

## اثر تغییرات محیط سنگی :

با توجه به اینکه غلظت هر عنصر در هر محیط سنگی خاص بسته به ویژگی های لیتولوژیکی آن محیط متفاوت می باشد در تعیین آنومالیهای ژئوشیمیایی حتی الامکان بایستی اثر محیط سنگی را خنثی نمود.

بدین منظور پس از دسته بندی محیط های سنگی نمونه ها، مقادیر کلارک و میانه هر عنصر در هر محیط سنگی بصورت نمودار ترسیم گردید که نتایج بدست آمده تمرکز زیاد مس در گروه سنگی سینیومونزویت و تهی شدگی روی در این گروه را بیان می نماید. یکی از روش های خنثی نمودن اثر واحدهای سنگی، عادی کردن واحدهاست که در این روش پس از محاسبه میانه هر واحد سنگی تمامی داده های عنصری هر واحد به میانه همان واحد تقسیم میگردند. بر این پایه نقشه های هم مرتبه هر عنصر با توجه به مقادیر عادی شده ترسیم گردید. در مورد مس پس از خنثی نمودن اثر محیط سنگ آنومالیهای جدیدی در نواحی شیلی و تراورتنی بدست آمده که هر چند کم اهمیت هستند، ولی موید حضور غیر عادی مس در این سنگها می باشد.

## نقشه های ضرائب زونالیتی :

با توجه به گروه بندی عناصر و تعیین نسبت های مربوطه در بخش همبستگی، ضرائب نسبت های مذکور برای هر نمونه محاسبه و سپس بصورت نقشه های ضرائب زونالیتی ترسیم گردید (شکل 4-C). نتایج این نقشه ها نیز نشانگر تمرکز عناصر مس و سرب در امتداد سامانه گسلی اصلی کانسار و تمرکز عناصر روی و نیکل در اطراف این سامانه میباشد.

با توجه به نقشه های ضرائب زونالیتی اقدام به ترسیم شکل شماتیک سه بعدی از توده معدنی کانسار لار شد. این شکل شیب زون را به سمت جنوب باختری نشان می دهد که از شیب عمومی سامانه گسلی کانسار تبعیت می نماید (شکل 4-E).

## مقایسه ویژگیهای زمین‌شناسی کانسار لار با

### معادن مشابه

به منظور شناخت بیشتر کانسار و قرار دادن آن در قالب مدل‌های شناخته شده در جهان، بررسیهای اولیه ای بعمل آمد و در نهایت شباهت‌های بسیاری بین کانسار لار و معادن مس پورفیری، رگه ای آلکالن ناحیه بریتیش کلمبیای کانادا (British Columbia) (معادن حوزه MASK Lang 1993, IRON) دیده شد. لذا کانسار لار بعنوان اولین کانسار پورفیری - رگه ای آلکالن در ایران معرفی می‌شود.

### مهمترین این ویژگیها به قرار ذیل می‌باشد

- ۱- لیتولوژی توده نفوذی در برگیرنده کانسار (سینیت، موزونیت)
- ۲- سنگ شناسی توده نفوذی (از نوع آلکالن)
- ۳- ارتباط کانه زایی و دگرسانی با توده نفوذی آلکالیک
- ۴- وجود دگرسانی پروپلینی و دگرسانی پتاسیک
- ۵- نبود دگرسانی فلیک
- ۶- وجود رگه های سیلیسی تاخیری
- ۷- تشابه داده های ژئوفیزیکی و مقادیر اکسیدهای اصلی توده نفوذی لار با مدل‌های فوق
- ۸- وجود مجموعه مس - طلا با نقره و مولیدن کم (در معدن لار مقدار MO بالا می‌باشد)
- ۹- ارتباط قوی بین مقادیر مس و طلا، مقدار کم پیریت و فراوانی کالکوپیریت و بورنیت
- ۱۰- تمرکز بیشتر مس اقتصادی در سیستم های شکستگی و پاپرشهای نفوذی
- ۱۱- پراکندگی ضعیف مس در متن توده نفوذی

## جایگاه تکنونوماگمایی توده نفوذی لار

ماگمای تشکیل دهنده توده های آذرین ناحیه لار، دارای ویژگی های آلکالن بوده و یا توجه به شباهت های سنگ شناختی سنگهای پلوتونیک و ولکانیک کوه لار می‌توان عنوان نمود که همتافت (Complex) کوه لار از ماگمای واحدی سرچشمه گرفته است. با توجه به ویژگی های توده های نوع I (Didier 1982) توده های آذرین ناحیه را می‌توان در زمره این توده ها قرار داد. به منظور مشخص نمودن محیط نکتونیک لار، از نمودارهایی مانند نمودار Manyar & Piccoli (1989) و Middle most (1987) و Nikovic & Heis (1972) بهره گرفته شده،

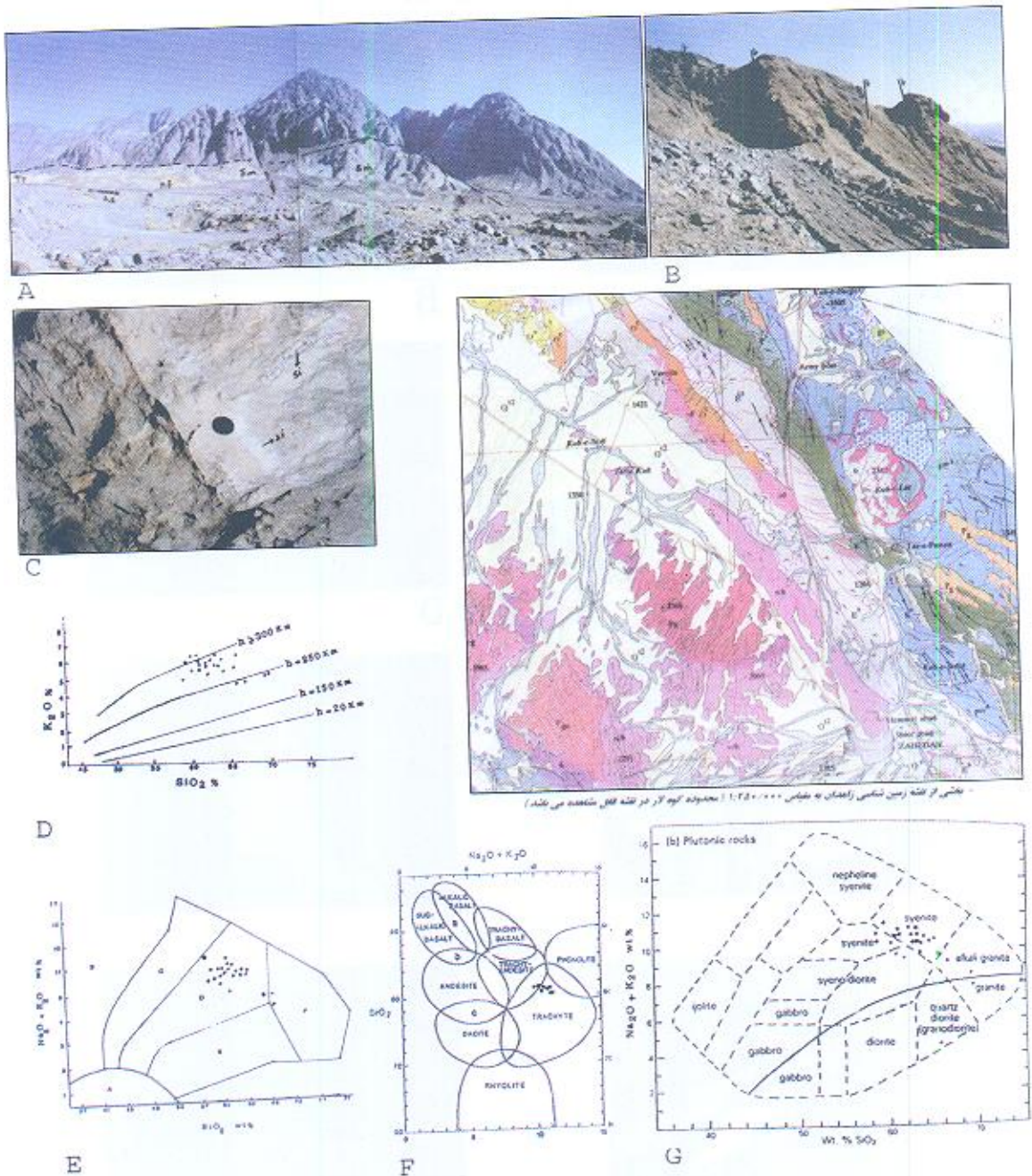
که نتایج حاصله نشانگر قرابت اختصاصات سنگ شناختی و ژئوشیمیایی توده لار با ویژگی های مربوط به نواحی فورانش و حوضه های کششی بعد از آن می‌باشد. بهر حال با توجه به مجموعه اطلاعات موجود، وقایع زمین شناسی در ناحیه خاور لوت که ناحیه لار نیز جزو کوچکی از آن است را می‌توان بصورت زیر خلاصه نمود:

۱- وجود افیولیت ها در طول گسل نهندان حکایت از برخورد ورقه ها می‌نماید (افتخار تزد ۱۳۶۸). این رویداد خود گوپای آنستکه در زمان قبل از برخورد، حوضه دریایی در حد فاصل ورقه (سیستان در خاور و لوت در باختر) حاکم بوده است. وجود رسوبهای سستیر فلیش در ناحیه مویده حوضه ای اقیانوسی بوده که شکاف اقیانوسی کف آن در حال تولید ماگمای تولیتیسی؟ و تمرکز کرومیت و عناصر همراه آن در ماگماهای خروجی بوده است (وجود کانسارهای کرومیت در افیولیت ها)

۲- با توجه به سن فلیش های ناحیه، آخرین زمان برخورد دو ورقه و جوش خوردگی آنها را می‌توان اواخر ائوسن در نظر گرفت. البته در این ناحیه کمان ولکانیکی کالک آلکالن چندان گسترش ندارد و نکه هایی از سنگهای افیولیتی در فلیش ها که در ناحیه دومک در جنوب زاهدان دیده می‌شود (نقشه زمین شناسی زاهدان GIS) نشان دهنده زمان آخرین جوش خوردگیهای ورقه ها می‌باشد.

۳- برخورد ورقه های سیستان و لوت سبب ایجاد چین خوردگیهای شدید بوده و بالا آمدگی هایی را سبب شده که در این محیط های جدید کم زرف، رسوبهای مولاس ایجاد گشته اند. از سوی دیگر فشارهای مربوط به ورقه های هند در جنوب خاوری و عربستان در جنوب باختری نیز در این ارتباط بی تاثیر نبوده است.

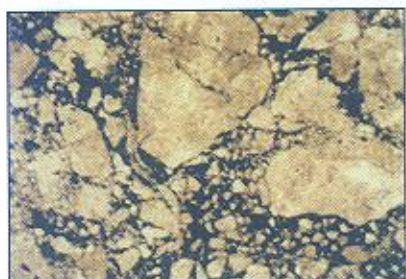
۴- فشار ایجاد شده بر اثر برخورد صفحات، گسلهای بزرگی را به موازات خط برخورد و فواصل دورتر ایجاد نموده است. عملکرد این گسلها بیشتر بصورت نکتونیک سازشونده بعد از برخورد (Post-collisional extensional tectonics) بوده (Allegre 1973, Bailey 1972) و عمده ترین ناحیه بازشوندگی نیز در امتداد گسل زاهدان رخ نموده است. شرایط جدید، سبب ایجاد رلکتیسم آلکالن در این مناطق و نفوذ ماگمای آلکالن گردیده است. از آثار این زون کششی مجموعه های ولکانوپلوتونیسیم کوه لار، کوه آساگی، کوه ملک سیاه و نفوذیهای دیگر را می‌توان نام برد.



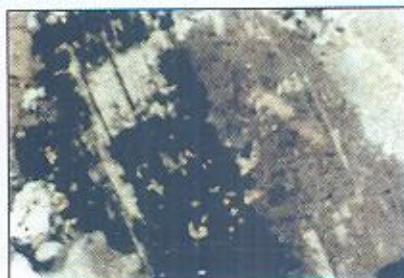
بخشی از نقشه زمین شناسی زااهدان به مقیاس 1:250,000 محدود کوه لار در نقشه 881 مشخص می شود.

- A: همتاف کوه لار و توده نفوذی (Sm)  
 B: سیستم گسلی موازی در زون اصلی مس دار  
 C: رگه های سیلیسی مینرالیزه  
 D: نمودار تعیین ژرفای ماگما  
 E: تمرکز نمونه ها در محدوده تحولی آلکان (D)  
 F: تمرکز نمونه های ولکانیکی در محدوده تراکیت  
 G: تمرکز نمونه ها در محدوده سنگهای سینی و آلکان

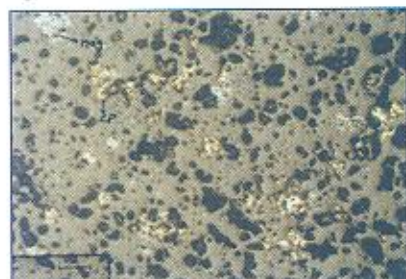
شکل های A-1 الی G-1



A



B



C



D



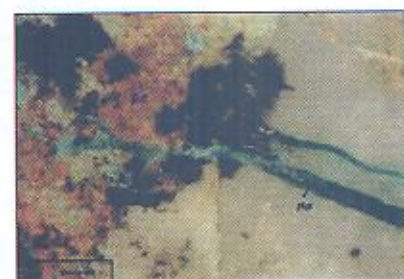
E



F



G



H

شکلهای A-2 الی H-2

- A: برش نفوذی سیستی  
 B: تبدیل شدگی پلاژیوکلاز به فلدسپات آلکان  
 C: کالکوپریت و مگنتیت در متن توده نفوذی  
 D: تبدیل شدگی بوریت به کالکوسیت  
 E: حرکت محلولهای اسیدی در بلورهای کالکوپریت در زون گسلی  
 G, H: مولیدنیت (G) و ملاکیت (H) در رگچه های سیسی

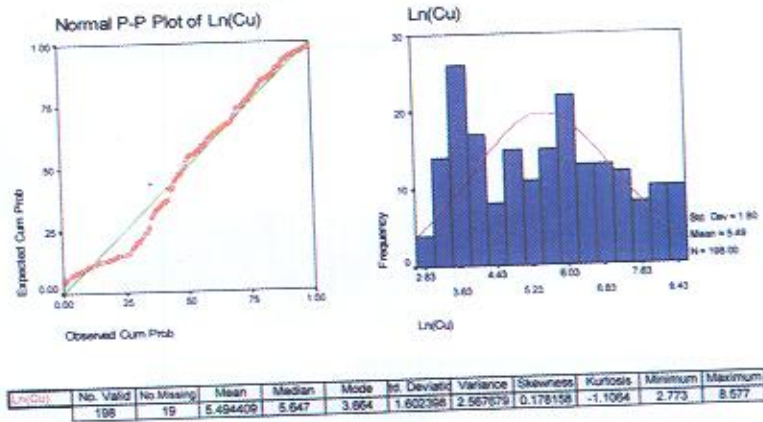


Fig.4-8 : Histogram, Normal P-P Plot and Statistical Parameters of Ln(Cu) Data Without Outliers

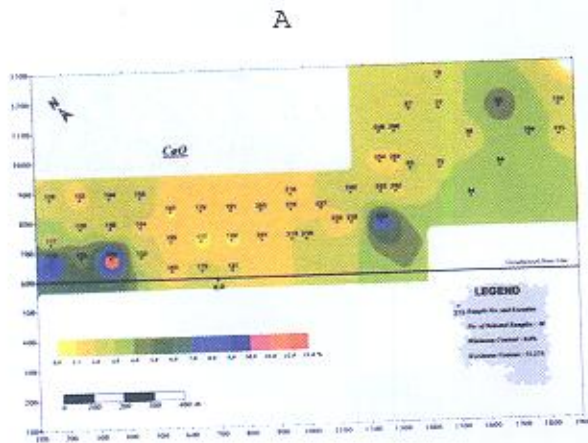
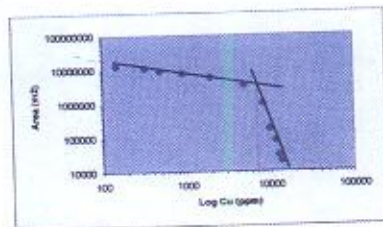


TABLE 4-7 : Pearson's Correlation Coefficient Matrix Based on Without Outliers Data Set

Ln(Cu)	Corr. Coef	1					
	Sig. Level						
	No.	198					
Zn	Corr. Coef	-0.495	1				
	Sig. Level	0.000					
	No.	195	215				
Pb	Corr. Coef	0.430	-0.286	1			
	Sig. Level	0.000	0.000				
	No.	197	214	216			
Ni	Corr. Coef	-0.102	0.453	-0.057	1		
	Sig. Level	0.190	0.000	0.412			
	No.	190	208	208	209		
Ln(Mo)	Corr. Coef	-0.152	0.119	0.052	0.110	1	
	Sig. Level	0.038	0.094	0.468	0.126		
	No.	187	200	201	194	202	
		Ln(Cu)	Zn	Pb	Ni	Ln(Mo)	

B

Cu	
Value(gpm)	Area(m2)
13423.1	20000
12550	30000
11453.5	60000
9798.2	100000
8081.8	990000
4892	3340000
1935.4	5710000
914.6	7400000
490.6	8820000
324	10890000
147	12840000
79.4	14600000
45	16340000
33.8	17100000



D

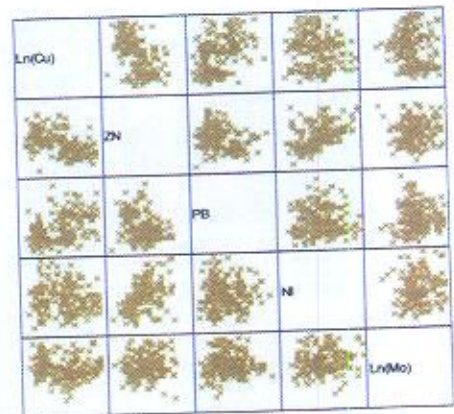
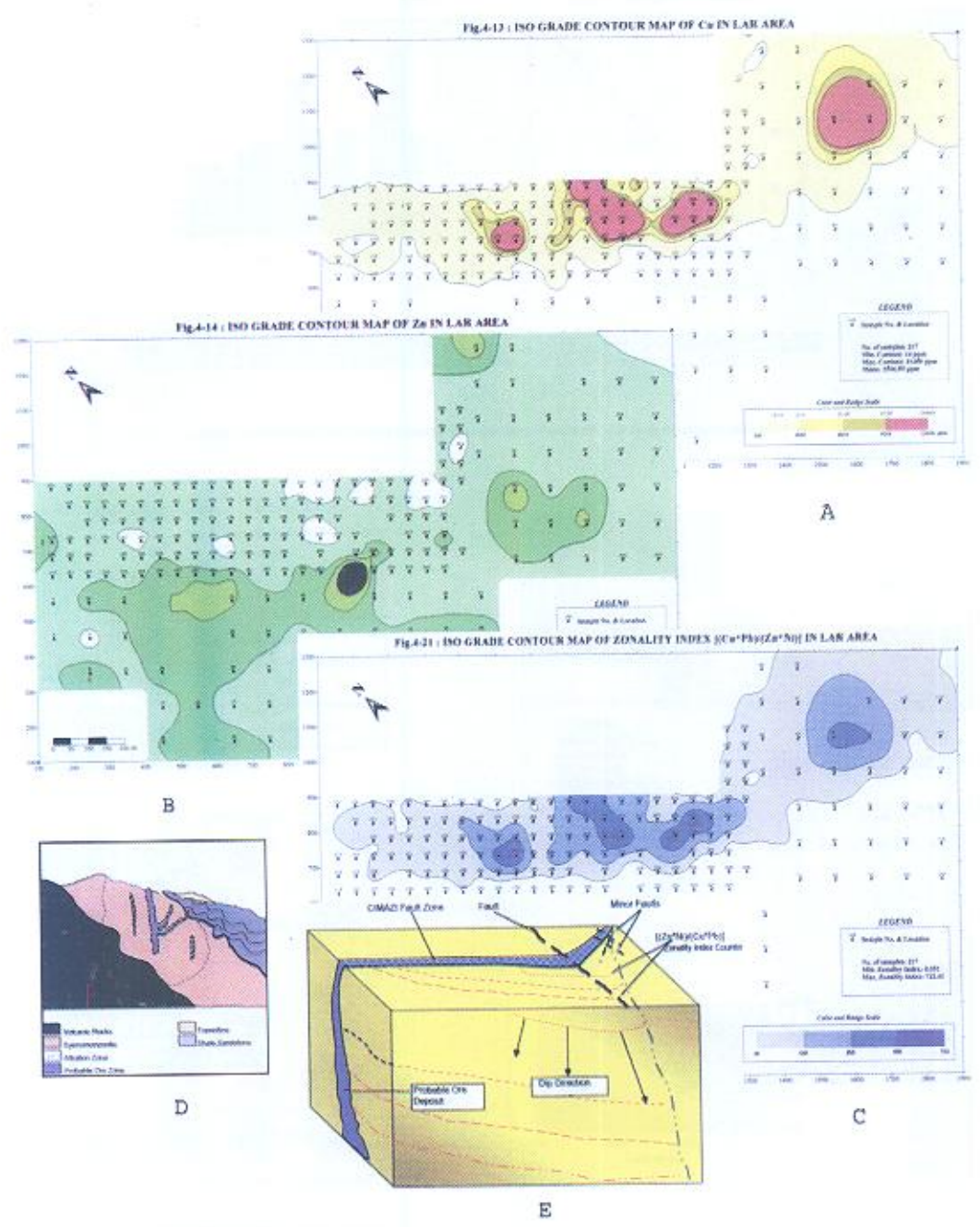


Fig.4-13 : Matrix of Elements Scatterplot Based on Without Outliers Data Set

C

شکل های A-3 الی D-3

- A: نمودارهای داده های عادی شده مس
- B: افزایش اکسید CaO (سیزرنگ) و آلتراسیون پروپلیتی
- C: همبستگی ها بین عناصر
- D: دیاگرام فراکتال داده های مس



A: نقشه هم عیار مس و روند آنومالیاها (فرمز رنگ)

B: نقشه هم عیار روی و روند آنومالی روی

C: نقشه ضرائب زونالیتی

D: مقطع شماتیک از کانسار لار

E: نمایش سه بعدی زون مس دار لار با استفاده از نقشه زونالیتی

شکل های 4 - A الی 4 - E



## سپاسگزاری :

بدینوسیله از زحمات آقای دکتر امین سبحانی، آقای دکتر بیژن اسفندیاری و شادروان مرحوم دکتر زرعیان که در انجام این پروژه همواره اینجانب را یاری نموده اند سپاسگزاری می نمایم.

## کتابنگاری

- افتخارنژاد، جمشید، ۱۳۶۸- مروری بر بررسی های زمین شناسی قرن اخیر در ایران . سازمان زمین شناسی کشور  
حسینی پاک ، علی اصغر، ۱۳۷۰- اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، دانشگاه تهران  
زرعیان، سیروس، ۱۳۶۶- رده بندی مودال سنگهای آذرین ، دانشگاه تهران  
کریمی، اکبر ، ۱۳۶۹- پژوهشی بر روند کانی زایی اقتصادی در ایران ، شرکت ملی صنایع مس

## Reference

- Allegre, C., Motigry, R., Bottinge, Y., 1973-Corteg Ohiolitique et cortège oceanique: Geochimie compare et mode de genese. Bull. Geol. Fr., Vol. 15, pp.461-477
- Bailey, D.K., 1972-Uplift, rifting and magmatism in the Continental plates. J. Earth Sci. 82.
- Bean, R.E. and Titley, S.R. 1981-Hydrothermal Alteration and mineralization in prophyry Copper deposits, 75<sup>th</sup> Ann, Vol. Econ.Geol. P.235- 262.
- Chen, Q. and Agperberg, F.P. 1994 -The Separation of Geochemical Anomalies for Background by Fractal method. Journal of Geochemical Exploration 51, 109-130
- Didier, J., Duthou, J.L. and Lameyre, J. 1982-Mantle and crustal granites: genetic classification of orogenic granites and the nature of their enclaves. Jou. Vol. Geoth. Res. 14:125-132.
- Folwler, M.B. and Thompson, R.N. 1986-Subduction-related shoshonitic and ultrapotassic magmatism: a study of Siluro-Ordovician syenites from the Scottish Caledonides. Contribution to Mineralogy and Petrology, 98:507-224.
- Govett, G.J.S. ed. 1994 - Handbook of Exploration Geochemistry, Vol.2 and Vol.6 Amsterdam, Elseveir .
- Geological Survey of Iran, 1976-Report on preliminary Mineral Reconnaissance East block.
- Harker, A. 1909- The natural history of igneous rocks. Macmillan, New York.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A. 1971- A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, 8,523.
- Lang, J.R., Stanley, C.R., 1993-Contrasting styles of alkalic prophyry Copper- gold deposits in the northern part of the Iron Mask batholith in the British Columbia. The university of British Columbia.
- Middle most, E.A.K. 1987- Magmatic rocks. Longman.
- Stanley, C. and Hibben, P.M. 1995- Geology of the Copper Mountain alkalic prophyry Cu, Au deposits, Princeton, Columbia, University of British Columbia.