تشکر و قدردانی

مهندسین مشاور پی سنگ وظیفه خویش می داند که از کلیه افراد و سازمانهایی که در راستای اجرای پروژه اکتشافات ژئوشیمیایی دلیجان ۴ یاور ما بوده‌اند، تشکر و قدردانی نماید.

- از ریاست محترم سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور جناب آقای مهندس کره ای صمیمانه تشکر و قدردانی می گردد.

- از جناب آقای مهندس ناصر عابدیان، مجری طرح اکتشافات ژئوشیمیایی که در کلیه مراحل راهنمای ما بوده اند، تشکر و قدردانی می شود.

- ازجناب آقای مهندس مستعان به خاطر رهنمودهای مفیدشان تشکر می‌گردد .

- از زحمات جناب آقای مهندس مشکانی به خاطر همکاری و رهنمون های مفیدشان در طول پروژه تشکر می گردد.

- از جناب آقای مهندس حمید رضا ایزدی ناظر محترم پروژه به خاطر نظارت دقیق در طول اجرای پروژه (مراحل نمونه برداری، داده پردازی، کنترل آنومالی و تدوین گزارش) قدردانی می شود.

- از سایر مسئولین، کارشناسان و کارمندان سازمان زمین شناسی تشکر می گردد .

- ازجناب آقای مهندس اصفهانی که همواره از دانش و تجربه ایشان در اجرای این پروژه استفاده گردیده ،تشکر می گردد .

- گزارش حاضر بر پایه نتایجی استوار گردیده که ماحصل زحمات آزمایشگاه سازمان زمین شناسی می باشد. جا دارد بدین وسیله از جناب آقای مهندس معمار، سرکار خانم گل باباپور، خانم مینو کریمی و سایرکارشناسان و تکنسینهای محترم آزمایشگاه تقدیر به عمل آید.

چکیده :

از لحاظ موقعیت جغرافیایی، منطقه مورد مطالعه (دلیجان ۴) در غرب شهرستان دلیجان واقع گردیده است . این منطقه ما بین طولهای جغرافیایی ´۳۰ °۵۰ تا ″۴۵ ´۳۳ °۵۰ شرقی و عرضهای جغرافیایی″۰۹ ´۵۶ °۳۳ تا ´´۰۰ °۳۴ شمالی قرار گرفته است و وستعتی بالغ بر ۴۲ کیلومتر مربع را شامل می شود..

قدیمیترین سنگهای منطقه شامل دگرگونی های پرکامبرین، سازند کهر کمی دگرگون شده، سازندهای سلطانیه، زایگون، لالون و میلا با سن کامبرین ، سنگ آهک ها ودولومیت ها وماسه سنگ های مزوزوئیک و رادیولاریت ها ، کنگلومرای ماسه سنگی ائوسن، سازند قم و کنگلومرای بختیاری و نهشته های جوان می باشد.

همچنین در این منطقه نفوذیهایی از جنس دیوریت-گابرودیوریت، گرانیت وگرانودیوریت عمده ترین فعالیت های نفوذی منطقه را تشکیل داده اند.

اکتشافات ژئوشیمیایی در این محدوده ابتداء با نمونه برداری توجیهی آغاز گردید. در این مرحله برای تعیین سایز بهینه و همچنین تعیین چگالی نمونه برداری اصلی، تعداد هشت نمونه برداشت گردید و در پنج سایز مختلف جداسازی و آنالیز گردید. مرحله بعد با برداشت ۲۳۱ نمونه از رسوبات آبراهه ای۴۰-و۶۰+ مش ادامه یافت. این نمونه ها در آزمایشگاه سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور برای ۳۰ عنصر آنالیز گردیدند. در این مرحله تعداد ۸۴ نمونه کانی سنگین نیز برداشت گردید. برای بررسی‌های کنترل آنومالی نیز تعداد ۲۳ نمونه کانی سنگین و تعدادی نمونه از رخنمونها و مناطق آلتره و مینرالیزه برداشت گردید.کنترل دقت دستگاهی، حاکی ازخطای قابل قبول در نمونه های تکراری می باشد.

مراحل داده پردازی مقدماتی شامل داده پردازی تک متغیره، داده پردازی دو متغیره (همبستگی ها) و داده پردازی های چند متغیره می باشد. در مرحله تخمین مقدار زمینه و بررسی شاخص غنی

شدگی ابتدا تمامی جوامع یک تا چهار سنگی شناخته شده و بر اساس میانه های آنها ضرایب غنی شدگی تعیین گردید. هدف از این مرحله به حداقل رساندن اثرات سن ژنتیکی غلظت نمونه ها در رسوبات بوده است.

ترسیم نقشه ها و تعیین مناطق ناهنجار، بر اساس مقادیر لگاریتم ضرایب غنی شدگی و داده های خام صورت گرفت و نقشه های تک عنصری و نقشه های فاکتوری ترسیم گردید. جمع بندی و تلفیق داده های مختلف منجر به ارائه مناطق ناهنجار و امید بخش گردید که به صورت اولویت های مختلف درجه بندی و معرفی گردیدند. مطالعات، حاکی از حضور کانی سازی های طلا و مس می باشد. رگچه های پراکنده ای از کانی سازیهای باریت نیز در منطقه مشاهده گردیده است. در نهایت مدل سازی ناهنجاری‌ها بر اساس میزان سازگاری آنها با تیپ معینی از کانسارها صورت گرفت .

اطلاعات بدست آمده از گزارشات قبلی خصوصاً گزارش ۱:۱۰۰۰۰۰ ژئوشیمیایی برگه دلیجان نشان

می دهد که کل منطقه و همچنین مناطق اطراف با توجه به وجود معادن قدیمی طلا پتانسیل بالایی از وجود ماده معدنی طلا را دارا می باشد. در ضمن این محدوده (دلیجان ۴) نیز در بخش معرفی مناطق امید بخش برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان به عنوان یکی از مناطق مستعد کانی سازی طلا معرفی شده است.

تعبیر و تفسیر منتج به ارائه سه منطقه آنومال گردیده است که همگی دلالت بر وجود پراکندگی هایی از عنصر طلا در منطقه را دارد و با توجه به نزدیکی اندیس های مهم طلای موته و همچنین طلای اخترچی و کوه کلنگ به این منطقه و اینکه جنس سنگ های این مناطق تقریباً هم جنس می باشد، بنابراین این مناطق می تواند نوید مناطق با اهمیتی از این عنصر را داشته باشد. اما از طرفی با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعات مرحله چک آنومالی که چندان امید بخش نبود و نمی توان به مناطق معرفی شده به دیده مناطق پر چگال و امید بخش نگریست ولی با توجه به نتایج بدست آمده

از مطالعات مراحل اولیه جهت دست یابی به یقیین و رفع هر گونه شک پیشنهاداتی ارائه گردیده است تا بتوان به یک نتیجه مطمئن رسید.

لازم به ذکر است که تاخیر بسیار زیاد در اخذ جواب آنالیز نمونه ها (حدود شش ماه) و روش آنالیز از مشکلات این پروژه بوده است.

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

با توجه به اهمیت روز افزون معادن به عنوان یکی از زیربناهای توسعه بخشهای اقتصادی و اجتماعی کشور در سالهای اخیر، عملیات اکتشافی که هدف آن شناخت مناطق با پتانسیل معدنی می باشد، از رشد چشمگیری برخوردار شده است. بدین منظور، با توجه به اتمام بیش از ۹۵٪ از لایه های ۱:۱۰۰۰۰۰ و نیاز مبرم به شناخت و شناسایی دقیق تر مناطق امید بخش معرفی شده در این لایه ها، توجه به نیاز کشور برای تکمیل لایه اطلاعات اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، اثبات تواناییهای اکتشافات ژئوشیمیایی، افزایش تکنولوژی آزمایشگاهی و کارآمد شدن تکنیک های پردازش اطلاعات، توجه به این امر را دو چندان می کند . کشور پهناور ایران با وسعتی حدود ۱۶۴۸۰۰۰ کیلو متر مربع به تحقیق، یکی از پهناور ترین سرزمینهای جهان به شمار می‌آید. بدلیل همین گستردگی، وقایع و رخدادهای گوناگون زمین شناسی در این گستره پهناور روی داده است که به تبع آن مناطق مستعدی را به لحاظ دارا بودن ذخایرمعدنی بوجود آورده که تا به حال بخش کوچکی از آن شناسایی و مورد بهره برداری قرار گرفته است .

بدلیل همین ویژگیهای شاخص ، سرمایه گذاری در زمینه شناخت استعدادهای معدنی میتواند کمک شایان توجهی در امور زیر بنایی ، در راستای توسعه پایدار داشته باشد .

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور در راستای این مهم، تهیه ورقه های ژئوشیمیایی ۱:۲۵۰۰۰ را در دستور کار خود قرار داده و گام مهمی در زمینه تکمیل اطلاعات اکتشافی بر میدارد. در این راستا تهیه برگه ژئوشیمیایی ۱:۲۵۰۰۰ دلیجان ۴ به این مشاور واگذار گردید.

اکتشافات ژئوشیمیایی با نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای شروع و پس از تجزیه و تحلیل داده ها و رسم نقشه ناهنجاری های ژئوشیمیایی با کنترل ناهنجاریهای ژئوشیمیایی پایان یافت .

مشاور پی سنگ امیدوار است در این راستا گامی هر چند کوچک بر داشته باشد. این مشاور از انتقادات و پیشنهادهای کارساز تمامی کارشناسان استقبال کرده و در رفع آنها از هیچ تلاشی فروگذار نخواهد کرد.

۱-۲- اهداف و روش اجرای مطالعات اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰

۱-۲-۱ - کاربرد اکتشافی

هدف از تهیه نقشه های ژئوشیمیایی، ارزیابی درجه اعتبار نا هنجاریهای ژئوشیمیایی، کانی سنگین، دورسنجی، ژئوفیزیک هوایی و .... می باشد. در نهایت مناطق امید بخش برای ادامه عملیات زمین شناسی و اکتشافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰ پیشنهاد می گردد. روشهای ژئوشیمیایی در شناسایی و اکتشاف کانسارهای عناصر مهم سرب، روی، مولیبدنیم، طلا، آرسنیک، آنتیموان، نقره، تنگستن و غیره که هاله های ژئوشیمیایی وسیعی تشکیل می دهند، بسیار مفید هستند.

۱-۲-۲- کاربرد زیست محیطی و کشاورزی

بررسی های ژئوشیمیایی در تعیین میزان آلودگی آب چشمه ها، رودخانه ها، دریاها و دریاچه ها و شناسایی منابع آلاینده ها(معدنی، صنعتی، کشاورزی، شهری و غیره) از جایگاه ویژه ای برخوردار می باشند. اجرای چنین بررسی هایی در قالب طرحهای زمین شناسی پزشکی در محدوده اماکن مسکونی(بویژه شهرهای بزرگ) برای جلوگیری از ایجاد و شیوع برخی از بیماریها و تامین سلامت افراد حائز اهمیت است.

در ضمن با بررسی ژئوشیمیایی افق های خاک، می توان قابلیت خاک هر منطقه را برای کشت محصولات مناسب تعریف نمود؛ وبرای بهبود کیفیت خاک و افزایش بهره وری آن از کودهای شیمیایی مناسب استفاده کرد.

۱-۳- موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی، آب و هوا و راه های دسترسی

محدوده مورد مطالعه بین طولهای جغرافیایی ´۳۰ °۵۰ تا ″۴۵ ´۳۳ °۵۰ شرقی و عرضهای جغرافیایی ″۰۹ ´۵۶ °۳۳ تا ´´۰۰ °۳۴ شمالی قرار گرفته است. وسعت این محدوده بالغ بر ۴۲ کیلومتر مربع بوده و در بخش شمال غربی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان واقع شده است.

از نظر شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه معتدل بوده و به دلیل برخورداری از پوشش گیاهی بوته ای و چمنزار و از طرفی توپوگرافی مناسب، محیط زیست مناسبی جهت زندگی حیوانات وحشی فراهم آمده است.

شکل ۱-۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را در برگه های ۱:۵۰۰۰۰ نشان می دهد.

۱-۳-۱- راههای دسترسی

بطورکلی راههای دسترسی به منطقه شامل :

۱ – مسیر آسفالته از شهرستان دلیجان (که در شرق منطقه واقع شده است) که با گذشت از شهر نیم ور می توان از قسمت جنوب وارد منطقه شد .(فاصله شهرستان دلیجان تا ابتدای منطقه ۳۹ کیلومتر می باشد) .

۲ – مسیر آسفالته از شهرستان محلات (که در قسمت غرب و جنوب غرب منطقه قراردارد) که این مسیر نیز از قسمت جنوب وارد منطقه می شود .(فاصله شهرستان محلات تا ابتدای منطقه ۲۷ کیلومتر می باشد) .

۳ – سومین مسیر که از قسمت شمال وارد منطقه می شود راه آسفالته ای است که از طریق قم، پس از گذر از روستاهای دودهک، نینه و آبگرم به محدوده مورد نظر می رسد .(فاصله روستای دودهک تا ابتدای منطقه ۳۳ کیلومتر می باشد) .

شکل ۱-۲ نقشه راههای دسترسی به منطقه رانشان می دهد.

۱-۴- اهداف پروژه و روش اجرای مطالعات اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰

هدف از اکتشافات ناحیه ای (۱:۲۵۰۰۰تا ۱:۲۵۰۰۰۰) معرفی مناطق ناهنجار پر پتانسیل معدنی می باشد . از آنجا که رسوبات آبراهه ای، حاصل شستشو و حمل مواد بالا دست خود میباشند، نماینده خوبی از محیطهای واقع در مسیر حرکت آب میباشند. نکته دیگر هاله های وسیع رسوبات آبراهه ای است. به خاطر شرایط اکسیدان، تحرک عناصر کانی ساز افزایش یافته و هاله های وسیعی به جا می گذارد .

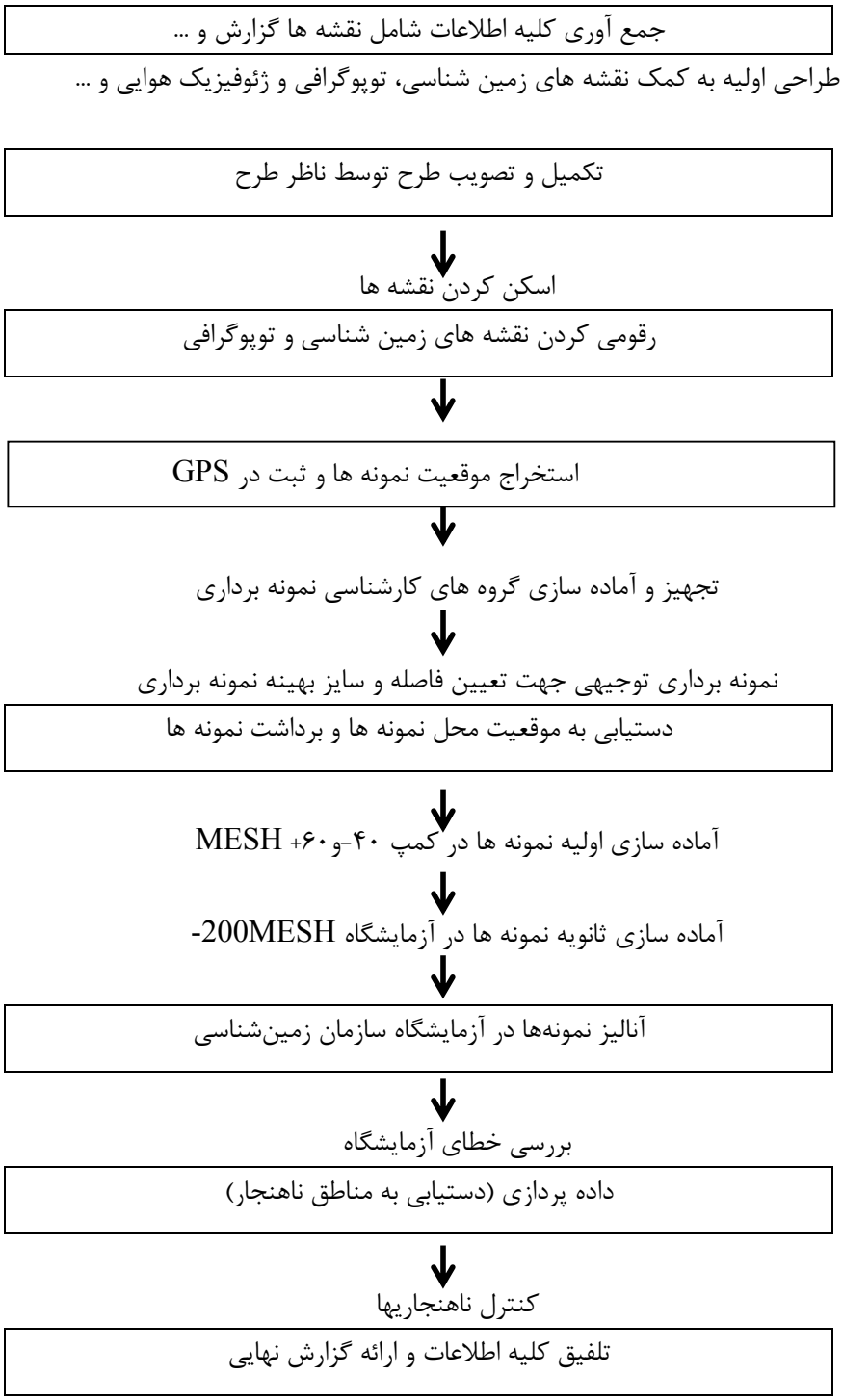
از نکات دیگر سهولت نمونه برداری و آماده سازی و بزرگی میدان اثر نمونه ها می‌باشد. در اینگونه مطالعات طراحی اپتیمم، نوع و تعداد مناسب نمونه ها، تعیین دانه بندی مناسب (نمونه های توجیهی)، آنالیز عناصر مناسب و موارد دیگر در بهبود کیفیت کار اثر مستقیم می گذارد.

مطالعات اکتشافی ژئوشیمیایی انجام شده در طی این پروژه، مشتمل بر دو مرحله صحرایی و مطالعات دفتری آزمایشگاهی بوده است. پروژه با جمع آوری اطلاعات شروع گردیده و پس از طراحی نقاط نمونه برداری، کارهای صحرایی آغاز گردید .

این مرحله شامل برداشت نمونه های رسوبات آبراهه ای Stream Sediment Sampling و نمونه های کانی سنگین در منطقه ای به وسعت تقریباً۴۲ کیلو متر مربع بوده است. اکیپ مجهز به نقشه های توپوگرافی حاوی جانمایی نمونه ها، دستگاه GPS و سایر وسایل مورد نیاز طی چندین مرحله عازم منطقه گردیدند. از محدوده جمعاً ۲۳۱ نمونه آبراهه ای و ۸۴ نمونه کانی‌سنگین برداشت گردید که محل برداشت نمونه ها بر روی سطح زمین با رنگ مشخص گردید .

نمونه های برداشت شده در دو مرحله آماده گریدند، مرحله اول آماده سازی در کمپ و مرحله دوم آماده سازی درآزمایشگاه. پس از ارسال نمونه ها به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات

معدنی کشور و تحقیق در مورد دقت آزمایشگاه، عملیات آماده سازی داده ها و داده پردازی آغاز گردید و بدین گونه مناطق ناهنجار مشخص گردید. در مرحله بعد مناطق ناهنجاری با نمونه های کنترلی (نمونه های کانی سنگین(۲۳ نمونه)، نمونه های آلتره، مینرالیزه، نمونه هایی برای مقاطع صیقلی نازک و XRF)مورد تحقیق بررسی مجدد قرار گرفت. در ادامه با تلفیق تمام اطلاعات، گزارش در پیش رو تهیه گردیده است . روند اجرای این پروژه را می توان به صورت شماتیک (شکل۱-۳) ارائه کرد .



شکل ۱-۳ روند اجرای پروژه اکتشافات ژئوشیمیایی در برگه دلیجان ۴ بصورت شماتیک

۱-۵- تاریخچه مطالعات قبلی

۱-۵-۱- مقدمه:

پروژه اکتشافات ژئوشیمیایی – کانی سنگین در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان توسط کارشناسان سازمان زمین شناسی در اسفند ماه ۱۳۸۳ انجام گرفت.

ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان واقع در بخش مرکزی کشور یکی از ورقه هایی است که در پی اجرای پروژه ها و طرحهای مصوب، تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی قرار گرفته است. در این ورقه تعداد ۶۴۴ نمونه ژئوشیمی و۱۹۴ نمونه کانی سنگین برداشت شده است که نمونه های ژئوشیمیایی برای ۴۴ عنصر در آزمایشگاه امدل استرالیا آنالیز گردیده شد .

تهیه نقشه های تک عنصری به صورت نشانه ای و آنالیز فاکتوری برای ۲۱ عنصر به شرح زیر صورت پذیرفته است:

Ag,As,Au,Ba,Bi,Co,Cr,Cu,Fe,Hg,Mn,Mo,Ni,Pb,Sb,Sc,Sn,Sr,Ti,W,Zn

۱-۵-۲- تشریح مناطق ناهنجار معرفی شده در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان(واقع در محدوده آنومالی دلیجان ۴)

در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان یک ناهنجاری وجود دارد به نام ناهنجاری شمال غرب برگه دلیجان که درست در محدوده دلیجان ۴ واقع شده است و آنومالی هایی از عناصر Ag,As,Au,Cr درآن مشاهده می گردد . محدوده آنومالی دلیجان ۴ با نام محدوده شمال غرب برگه دلیجان ناهنجاری نشان داده است.

جدول ۱-۱ موقعیت جغرافیایی، سنگ های بالادست، شماره و عیار نمونه و درجه ناهنجاری آنومالی شمال غرب برگه دلیجان را نشان می دهد. با نگاهی به جدول درمی یابیم که محدوده آنومال دلیجان ۴ می تواند حاوی ناهنجاری هایی از عناصر طلا، نقره و آرسنیک باشد .

جدول ۱-۱- مشخصات ناهنجاری شمال غرب برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان

ردیف	درجه ناهنجاری	شماره عیار نمونه(ppm)	موقعیت جغرافیایی	سنگ بالادست	عنصر
۱	۱	531(0.56),529(0.31)	شمال غرب برگه دلیجان	Es,Js,Pd,PEk	Ag
۲	۱	538(180),540(311),542(310) 529(404),539(58.2)	شمال غرب برگه دلیجان	Es,Js,Pd,PEk	As
۳	۲	537(28),525(10),531(20) 524(9) (Au in ppb)	شمال غرب برگه دلیجان	Es,Js,Pd,PEk	Au
۴	۱	530(185)	شمال غرب برگه دلیجان	Es,Js,Pd,PEk	Cr

همچنین شکلهای ۱-۴ و ۱-۵ نقشه ناهنجاری های بدست آمده از نمونه های آبراهه ای در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان رانشان می دهد.

در اکتشافات سیستماتیک ژئوشیمیایی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان تعداد ۶ فاکتور برای داده ها با پوشش ۶۹،۹٪ داده ها مورد بررسی قرار گرفته که تنها فاکتور ششم که مبین حضور عناصر

As,Sr,Zn با همبستگی مثبت می باشد، درمحدوده شمال غرب برگه دلیجان ناهنجاری واقع شده است .

جدول ۱-۲ : مشخصات منطقه ناهنجار فاکتور ششم

ردیف	درجه ناهنجاری	شماره نمونه	موقعیت جغرافیایی
۱	۱	۵۴۰و۵۴۲و۵۲۹	شمال غرب برگه دلیجان

۱-۵-۳- بررسی های کانی سنگین

همانطور که ذکر شد در محدوده اکتشافی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان ۱۹۴ نمونه کانی سنگین برداشت گردید که در نمونه H-159 سه ذره طلا مشاهده شده است. وجود کانه های جیوه (سینابر و متاسینابر) در داخل نمونه H-159 مقادیر بالای باریت دراین نمونه اهمیت نمونه فوق واحتمال حضور کانی سازی اپی ترمال طلا درمنطقه را نشان می دهد .

نمونه کانی سنگین H-163 نیز حاوی کانیهای گروه مس وپیریت و پیریت اکسید بوده است. نمونه H-162 که محل برداشت نمونه در جوار محدوده ناهنجار دلیجان ۴ بوده نیز حاوی خانواده گروه سرب بوده است.

شکل ۱-۶ نقشه ناهنجاری های نمونه های کانی سنگین در محدوده مورد نظر را نشان می دهد.

۱-۶- زمین شناسی

۱-۶-۱- سنگ شناسی

لیتولوژی منطقه فوق شامل دگرگونی های پرکامبرین، سازند کهر کمی دگرگون شده، سازندهای سلطانیه، زایگون، لالون و میلا با سن کامبرین ، سنگ آهک ها ودولومیت ها وماسه سنگ های

مزوزوئیک و رادیولاریت ها ، کنگلومرای ماسه سنگی ائوسن، سازندقم و کنگلومرای بختیاری و نهشته های جوان می باشد.

همچنین در این برگه نفوذیهایی از جنس دیوریت-گابرودیوریت، گرانیت وگرانودیوریت مشاهده می شود .

اشکال ۱-۷ و ۱-۸ نقشه زمین شناسی و راهنمای آن را نشان می دهند.

۱-۷- سیمای ساختمانی منطقه:

محدوده مورد مطالعه از لحاظ زمین ساختی فعال نبوده است اما عمده ترین فعالیت مربوط به گسل موته با امتداد شرقی – غربی می باشد که برگه های گلچشمه و موته را قطع می کند، درست در امتداد همین گسل توده های نفوذی و اندیسهای طلادار که مورد حفاری های شدادی قرار گرفته اند رخنمون دارند. این گسل در بخش جنوبی ناحیه دلیجان ۴ قرار گرفته است. گسل های کوچکی در منطقه با روند شمال شرق- جنوب غرب مشاهده می گردد .

۱-۸- شرح نقشه ژئومغناطیس هوایی

محدوده مورد مطالعه در شمال شرق نقشه ژئومغناطیس هوایی ۱:۲۵۰۰۰۰ گلپایگان واقع شده است. این نقشه پوششی بین عرض های جغرافیایی 33° تا 34° شمالی و طول های جغرافیایی 30° 49 تا 51° دارد. شکل شماره ۱-۹ نقشه ژئومغناطیس محدوده ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود در محدوده مورد نظر گسل خاص یا توده های نفوذی پنهان مشاهده نمی گردد .

۱-۹- اطلاعات ماهواره ای

ابتداء عکس ماهواره ای منطقه (Land Sat) تهیه گردید و مناطق آنومالی کانی سنگین بر روی آن مشخص گردید. با توجه به کلیه اطلاعات موجود طراحی شبکه نمونه برداری آغاز گردید.

شکل ۱-۱۰ عکس ماهواره ای برگه ۱:۲۵۰۰۰ دلیجان ۴ را نشان می دهد .

فصل دوم

اکتشافات ژئوشیمیایی

۲-۱- مقدمه

اکتشافات ژئوشیمیایی امروزه به عنوان یکی از لایه های مهم اطلاعاتی در اکتشاف مواد معدنی در جهان شناخته شده است . گستره میدان آنالیزهای شیمیایی ،حد تشخیص و حساسیت مناسب دستگاههای آنالیز کننده و دقت آنها، امکان آنالیز متغیرهای گوناگون ژئوشیمیایی، روشهای متنوع در پردازش داده ها با هدف اخذ نتایج بهینه ،نرم افزارهای مناسب و کارا، به عنوان دست افزارهایی است که ژئوشیمیست های نوین در نیل به اهداف اکتشافی به آنها تکیه کرده و بهره می برند .

حجم عظیم اطلاعاتی که در چرخه داده پردازیهای ژئوشیمی اکتشافی وارد شده، کارشناسان را بر آن میدارد که پس از رقومی کردن آنها به راه حلهایی متوسل شوند که نتیجه آن دستیابی به مناطق پر پتانسیل و امید بخش است.

کارایی سیستم کلاسیک اکتشافی و تکیه بر یافته های عینی در صحرا امروزه در اکتشافات جایگاه چندان مقبولی ندارد. هنر اکتشافات با در نظر گرفتن قوانین آمار و احتمالات و با در نظر گرفتن احتمال تمرکز ماده معدنی ، احتمال کشف و نوسانات قیمتها است که در یک روند تسلسل، دسترسی به اهداف اکتشاف را آسانتر می نماید .

همانطور که عنوان شد روش نمونه برداری در پروژه های اکتشافی ۱:۲۵۰۰۰ استفاده از رسوبات آبراهه ای می باشد. نکات زیر موید این مسئله می باشند .

- به دلیل تنوع واحدهای زمین شناسی و فرایندهای مختلف کانی سازی، با توجه به مقیاس کار و بودجه و زمان در اختیار، بهترین راه، کسب اطلاعات مستقیم می باشد.
- در پروژه های کوچک مقیاس اطلاعات کلاسیک و تدوین شده قبلی وجود ندارد.
- با توجه به وجود آنومالی های ثبت شده در مرحله های قبلی، نمونه برداری با چگالی بالاتر می تواند صحت یا عدم صحت این آنومالی ها را کنترل کند .

- حد تشخیص و حساسیت مناسب در دستگاههای آنالیز، همچنین دقت و گستردگی میدان آنالیزهای شیمیایی، در پیشرفت اندیشه کسب اطلاعات دقیق در این روش کمک بسزایی می کند .

بنابراین در صورتیکه طراحی صحیح، نمونه برداری دقیق، آنالیز و پردازش صحیح روی رسوبات آبرفتی انجام بگیرد، دستیابی به الگوی واحدهای بالا دست نمونه ها و به الطبع تائید و مشخص نمودن مناطق ناهنجار دور از دسترس نخواهد بود . بدیهی است در این روش گستردگی سیستم آبراهه ای، سیستم عملکرد فرسایش های فیزیکی و شیمیایی، آب و هوا ، میزان بارندگی، شیب عمومی و دانسیته آن و ... میتواند بسیار موثر باشد .

۲-۲- نمونه‌برداری توجیهی و تجزیه و تحلیل سایز و فاصله نمونه برداری (Orientation Survey)

۲-۲-۱- مقدمه

هدف از مطالعات توجیهی، ارائه راهکارهایی جهت ماکزیمم ساختن تمایزات ناهنجاری‌ها می‌باشد. این مطالعات در حقیقت یک تحقیق اولیه طراحی شده برای کسب اطلاعات جهت برنامه‌ریزی بهینه برای یک پروژه می‌باشد. انجام این مطالعات در نواحی فاقد اطلاعات ژئوشیمیایی از اهمیت حیاتی برخوردار است. در این نواحی، نمونه‌های توجیهی بایستی از مجاورت کانسارهای شناخته شده، رگه‌ها، شواهد معدنی و همچنین از مناطق غیر کانی‌سازی برداشت شوند تا پوشش کامل شرایط طبیعی محیط را منعکس سازند. این نمونه‌برداری امکان کسب اطلاعات دال بر:

۱: بهترین اندازه ذرات (Size Fraction) که در آن اندازه بیشترین مقدار مواد معدنی تجمع یافته

۲: بهترین و مناسب‌ترین دانسیته نمونه‌برداری

۳: تعیین مشخصه‌های ژئوشیمیایی(Geochemical Signature) را فراهم آورد.

۲-۲-۲- برداشت نمونه‌های توجیهی

پس از تهیه نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی منطقه و گزارش‌های قبلی منطقه اقدام به انتخاب محل مناسب، در درجه اول از جمله محدوده‌های معدنی، مناطق کانی‌سازی شده و در درجه دوم آلتراسیون‌ها و مناطق گسله گردید. بدین‌ترتیب در حاشیه محدوده مورد مطالعه، محدوده کانی‌سازی شده مشخصی، انتخاب گردید که درگزارش‌های قبلی، به عنوان محدوده آنومالی طلا و سایر عناصر معرفی شده بود. موقعیت نمونه‌های توجیهی در نقشه شماره ۴ پیوست آورده شده است. از محدوده کانی‌سازی شده در آبراهه اصلی ابتدا به فاصله صد متری، ۵ نمونه (P1 تاP5) و سپس به فاصله ۵۰۰ متری، سه نمونه (P6 تاP8) و در مجموع ۸ نمونه برداشت گردید. نمونه‌ها در محل‌های تعیین شده در پنج سایز بصورت زیر برداشت گردید.

جدول ۲-۱ نتایج آنالیز این نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

P40= -40،+60 P60= -60،+80 P80= -80،+100 P100= -100،+120

P120= -120

جهت تعیین سایز بهینه، راهکارهای متنوعی در نظر گرفته می‌شود که از آنجمله می‌توان به ترسیم نمودارهای خطی (Line Chart)، ترسیم نمودارهای جعبه‌ای (Box Plot) و بررسی نتایج داده ها و انتخاب سایز بهینه با نظر کارشناسی، اشاره کرد که این مشاور در این پروژه از روش‌های اول و سوم استفاده کرد. اشکال۲-۱ تا ۲-۷ نمودارهای خطی تمامی عناصر را نشان می‌دهد. در بررسی این شکل‌ها می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

- تغییرات فاحش و ملموسی بین سایزهای مختلف در عناصر V,Y,Yb,S,Sc,Sr,La,Be,Co,Li,Mo,Nd, Cd,Eu وNi دیده نمی‌شود.

- عناصر Cr,Ba,Cu,Ga,Pb و Zn در یک یا دو سایز مختلف غنی‌شدگی در الک خاص مشاهده می‌شود.

- عناصری همچون Sn,P و Ge در بین نمونه‌های مختلف، در سایزهای متفاوت، غنی‌شدگی نشان داده‌اند.

- غنی‌شدگی نسبی در سایز 60+,40- در عناصر Nb و As و در سایز 120+,100- برای عنصر Pb دیده می‌شود.

برای کسب اطمینان بیشتر جدول۲-۲ تنظیم گردید. بر اساس اطلاعات این جدول سایزهایی انتخاب گردیده‌اند که اختلاف معنی‌داری را از لحاظ تمرکز عنصر مورد نظر نشان دهند و مقادیری که بسیار نزدیک یکدیگر بوده اصلاً انتخاب نگردیده‌اند. به عبارتی در مرحله اول تمامی عناصری که اختلاف قابل توجهی از نظر عیار داشته‌اند، انتخاب گردیده و با رنگ نارنجی مشخص شده اند. به عنوان مثال در مورد عناصر روی، سرب، فسفر، نیکل، منگنز، مس، کروم، لانتانیم و گالیوم تنها یک نمونه ودر بسیاری از عناصر هیچکدام از سایزها به عنوان سایز بهینه انتخاب نشده‌اند. زیرا تمرکز در هیچکدام از آنها بطور شاخص انجام نشده است.

در مرحله دوم امتیاز عناصردر سایزهای مختلف جمع گردید. امتیاز سایزهای مختلف به ترتیب زیر بوده است.

-40،+60=7 -60،+80=3 -80،+100=1 -100،+120=2 -120=6

با توجه به اینکه سایز 60+,40- هفت مورد امتیاز داشته و شامل عناصر مهمی از جمله آرسنیک، باریم، مس و منگنز بوده این سایز به عنوان سایز بهینه برای نمونه‌برداری انتخاب گردید.

برای تعیین فواصل نمونه‌برداری نیز شکل ۲-۸ که مربوط به شش عنصر مهم و سایز 60+,40- می‌باشد، ترسیم گردید. نکات زیر می‌بایست مدنظر قرار گیرد:

- عدم آنالیز عناصر مهمی همچونAg,Ti,Fe,Hg,Bi,Sb اختلال در تصمیم گیری بوجود می‌آورد.

- از آنجا که محدوده بطور عمده برای طلا معرفی گردیده بود، عدم حضور طلا نیز مشکلاتی بوجود آورده است.

- وجود مقادیر حدی بالا(Upper Detection Limit) در عناصری همچون باریم، منگنز، فسفر نیز بر این مشکلات افزوده است.

- غنی‌شدگی نسبی As از نمونه P1 تاP5 (یعنی تا فاصله ۵۰۰ متری)، و در مورد عنصر باریم در نمونه P6 یعنی در فاصله ۱۰۰۰ متری مشاهده می‌شود.

- مقادیر عناصری همچون Cu,Pb,Zn در تمامی سایزها از حد زمینه کمتر دیده می شود.

- بر اساس نتایج فعلی حوزه مورد بررسی فقط از نظر As حوزه آنومالی معنی دار می باشد.

- انتخاب سایز بهینه عمدتاً بر اساس As(چهار امتیاز از هر هفت امتیاز) صورت گرفته است.

- انتخاب فاصله فقط بر اساس As و تا حدودی Mn صورت گرفته است(As از B1 تا B5 در حد کمابیش یکسانی نشان داده اند ولی بطور ناگهانی در B6 تا حدود ۱/۵ کم شده است)

- در مورد عنصر Mn اگر مقادیر حدی بالایی در نظر گرفته می شد ممکن بود کاهش نسبی عیار در ایستگاه های P2 تا P5 مشخص شود اما افت حاضر در ایستگاه P6 در حد۰،۱ میانگین P2 تا P5 به چشم می خورد.هر چند انتخاب فاصله همراه با شک و تردید است اما بر اساس اطلاعات موجود به نظر می رسد حداکثر فاصله بین نمونه ها در آبراهه های اصلی باید حدود **۵۰۰** متر باشد.

۲-۳- طراحی شبکه نمونه برداری

نمونه برداری یک پدیده احتمال پذیر است که همواره با ضریبی از خطا و سطحی از اعتبار معرفی میشود تلاش کارشناسان در طراحی نمونه برداری، پرهیز از بروز خطاهایی است که چنانچه در مجموعه خطای کل قرار گیرند، اعتبار داده پردازی را مورد شک و تردید قرار میدهند .

یکی از مراحل مهم و اساسی هر فاز اکتشافی، طراحی نقاط نمونه برداری است که به عنوان اساس و پایه کار بایستی بدون خطا و یا با کمترین خطا صورت گیرد . طراحی مذکور بایستی مبتنی بر شناخت حوضه های آبریز، شبکه آبراهه ها و اشراف به اصل Sample Junction صورت گیرد . مبنا و اساس طراحی در پروژه های اکتشافی ۱:۲۵۰۰۰ ، نقشه های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ می باشد .

در این پروژه از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ نیم ور (برگ شماره 6157 IV NW) در بلوک ۵۷(گلپایگان) استفاده گردید. مبنای تهیه این نقشه عکسهای هوایی ۱:۴۰۰۰۰ (سال ۱۳۷۴ – ۱۳۷۸)، سیستم تصویر UTM، بیضوی WGS 84 ، شبکه قائم الزاویه مربوط به قاچ 39S ، مبنای ارتفاعات سطح متوسط دریا در خلیج فارس و فاصله ارتفاعی منحنی های میزان ۲۰ متر می باشد.

۲-۳-۱- روش طراحی مرکز ثقل آبراهه ای

پس از تکمیل سیستم آبراهه ای بر روی نقشه رقومی ۱:۲۵۰۰۰ ،اقدام به طراحی سیستم نمونه برداری گردید. نکات مهمی در طراحی محل نمونه ها در نظر گرفته شد که عبارت بودند از :

- از عوامل مهم در طراحی مرکز ثقل آبراهه ای، درجه مرکز ثقل آنهاست. البته عواملی مثل چینه شناسی، سنگ شناسی و تکتونیک منطقه نیز باید مورد توجه قرار گیرد.
- ظرفیت حداکثر تعداد نمونه ها در برگه های ۱:۲۵۰۰۰که از پیش در شرح خدمات تعریف شده بود که این امر خود تا حدود زیادی مورد بحث کارشناسان است و این سقف در بسیاری از کشورها فراتر از این حد رفته است.
- بدیهی است نواحی اطراف گسلهای بزرگ، محل تقاطع گسلها ،آلتراسیونهای موجود در نقشه های زمین شناسی، عکس های ماهواره ای، واحدهای زمین شناسی مستعد کانی سازی ،اطراف معادن قدیمی ،توده های نفوذی و خروجی و نواحی هم جوار آنها و توده های نیمه عمیق پنهان(Shallow Depth Bodies معرفی شده در نقشه های ژئوفیزیک هوایی) توجه بیشتری را می‌طلبد و تراکم

نمونه ها در این مناطق بیشتر در نظر گرفته شده است . در ضمن باید در نظر داشت عدم دستیابی به نتایج قابل توجه در نمونه های مراکز ثقلی، نمی تواند بیانگر عدم وجود مناطق ناهنجار در مسافتهای طولانی بالا دست آنها باشد .

از آنجاکه نقشه زمین شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه نگردیده بود با استفاده ازنقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان ودر نظر گرفتن مناطق مهم ازلحاظ لیتولوژی وگسل و با استفاده از عکس های ماهواره ای، طراحی شبکه نمونه‌برداری صورت گرفت که دراین طراحی معیارهای زیر موردتوجه قرار گرفته است :

- آنومالی های بدست آمده از مرحله مطالعات ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰۰۰۰.
- توزیع همگن و حتی الامکان یکنواخت نمونه های متناسب با سطح حوضه آبریز و تعداد انشعابات آن.
- آنومالی های بدست آمده از مرحله مطالعات کانی سنگین در بررسی های نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰.
- دستیابی به بیشترین توزیع یکنواخت نمونه ها در کل منطقه (به جز مناطق مورد نظر و حاوی پتانسیل).
- توجه به نتایج مرحله نمونه برداری توجیهی (Orientation Survey)
- رعایت چگالی نمونه برداری ژئوشیمیایی بر اساس ویژگی های منطقه از جمله مناطق گسلی، مناطق با لیتولوژی پر اهمیت، مناطق گسلی وتلاقی آنها و .....
- اولویت به رسوبات آبراهه ای که سنگ بستر خود را قطع می کنند.
- در نظر داشتن اصل مهم Sample Junction.
- پرهیز از مناطق کشاورزی به ویژه در جاهایی که این زمینها در بالا دست محل نمونه ها قرار می گیرد (وجود آلودگی ناشی از کودهای شیمیایی در طراحی نمونه ها تاثیر منفی می گذارد).

- توجه به واحدهای سنگی مختلف و انتشار زونهای آلتراسیون و کانی ساز.

۲-۴- طراحی شبکه نمونه برداری و نحوه نمونه برداری و کد گذاری نمونه ها

کارشناسان پس از پیدا کردن محل نمونه ها با استفاده از نقشه های توپوگرافی ودستگاه GPS ،از جدیدترین رسوبات آبراهه ای نمونه برداری کردند که در طی عملیات نمونه برداری معیارهای زیر در نظر گرفته شد .

۱- پس از کنار زدن مواد سطحی بستر آبراهه ای محل هر نمونه ، نمونه برداری توسط بیلچه صورت گرفت .

۲- در آبراهه هایی با عرض حدود 2 متر، گودالی به عمق حداکثر 20Cm حفر گردید و سپس از این عمق به اندازه حدود ۴ کیلوگرم از رسوبات برداشت گردیده و از الک ۶۰+و۴۰- مش عبور داده شده و در نهایت ۲۰۰ الی ۳۰۰ گرم نمونه زیر الک برداشت گردید.

۳- از برداشت مواد آلی اجتناب شد چرا که اغلب بدلیل ارتباط با پدیده جذب ،غلظت فلزات در آنها بالاست .تجربه نشان داده است که در مواردی ناهنجاری در این مواد از نوع بی اهمیت بوده و ارتباطی با کانی سازی ندارد .

۴- در جاهایی که عرض آبراهه کم بوده، سعی گردید حتی الامکان ، نمونه ها از وسط آبراهه ها برداشت شود کوشش زیادی هم برای اجتناب از برداشت واریزه های کنار آبراهه شد زیرا این اجزاء معرف ترکیب میانگین رسوبات حوضه آبریز نیستند .

۵- بر مبنای نظر کارشناسان و با توجه به اهداف اکتشاف ،در صورت لزوم اقدام به تغییر وضعیت شبکه نمونه برداری گردید که بدلایلی نظیر مشخص شدن آبراهه جدید، نداشتن رسوب در نقاط از پیش تعیین شده و ..... بوده است .

۶- در آبراهه هایی با عرض بیش از ۵ متر نمونه گیری از چند نقطه مختلف کف آبراهه انجام گرفت . نمونه ها در کیسه های ضخیم پلاستیکی که قبلاً شماره بر آن درج شده بسته بندی و به کمپ منتقل گردید .

۷- مشخصات هر نمونه شامل شماره صحرایی، محیط نمونه برداری نظیر رودخانه آبرفت و ... لیتولوژی بالا دست آبراهه و ... ثبت گردید. شماره نمونه ها بصورت D-S-21 کدگذاری شد (D مخفف برگه دلیجان ۴ و S مخفف Silt یا بخش زیر ۴۰ مش و ۲۰ شماره محل نمونه) نمونه ها پس از آماده‌سازی اولیه در کمپ، با رعایت اصول عدم آلودگی متقابل سرند و بسته بندی شده و آماده حمل به آزمایشگاه گردید.

۲-۵- نحوه آماده سازی نمونه های ژئوشیمیایی

همانطور که عنوان شد نمونه ها طی دو مرحله برای آنالیز و ارسال به آزمایشگاه ،آماده گشتند. در مرحله اول در کمپ، نمونه های زیر الک۴۰ مش و بالای الک ۶۰ مش مرتب و آماده گردیده ودر مرحله دوم حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم از نمونه فوق با توجه به اصول کنترل کیفیت و پرهیز از هر گونه آلودگی (Qc)در آسیابهای میله ای به اندازه ۲۰۰ مش آسیاب گشته و بقیه نمونه بایگانی گردید . مجموعاً ۲۳۱ نمونه به همراه ۳۰ نمونه تکراری آسیاب گردید. نمونه های آسیاب شده پس از وزن کردن (حدود ۵۰ گرم)، آماده آنالیز گردیدند.

۲-۶- آنالیز نمونه های ژئوشیمیایی و بررسی دقت و صحت داده ها

در این پروژه نمونه ها برای ۳۰ عنصر یعنی Au-Cr-Mn- U-P -As-Ti-Co-Cu-Ce-Ni-Pb-Sb- Sr-Zn-Ba-Y-Zr-Cs-Nd-Sm-Ga-Eu- Tb-Yb- Hf- V- S -Nb- Tl- مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. عدم آنالیز عناصر مهمی همچون Mo,Ag,Al,W از جمله نقطه ضعف‌های آزمایشگاه بوده است.

۲-۶-۱- روش آنالیز

برای اندازه‌گیری همزمان طلا، ابتدا ده گرم از نمونه در تیزاب حل شده و سپس از فیلتر کربن اکتیو عبور داده شده است. عناصر طلا، تنگستن و مولیبدن جذب فیلتر می‌شوند. فیلتر در کوره سوزانده شده و خاکستر آن، آنالیز اسپکتروگرافی می‌شود. طیف حاصله بررسی شده و اندازه‌گیری می‌شوند.

بقیه عناصر به روش XRF اندازه گیری شده اند. نوع دستگاه سازمان Magic Pro ساخت کارخانه فیلیپس هلند می باشد. بدین منظور ابتداء نمونه ها توسط دستگاه Press به شکل قرص در می آیند. برای این منظور ۰،۴ گرم از ماده ای به نام Wax با نمونه ها مخلوط می شود تا چسبندگی لازم ایجاد شود و در زیر قرص مورد نظر از اسید بوریک به منظور حامل نمونه استفاده می شود. نمونه ها در دستگاه XRF قرار داده شده و در فایل رسوبات آبراهه که قبلاً با استفاده از استانداردهای مربوطه کالیبره شده است، مورد آنالیز قرار می گیرد. در روش XRF تشعشعات حاصل از تیوب مولد اشعه ایکس در دستگاه XRF به اتمهای تشکیل دهنده نمونه برخورد نموده و باعث تولید امواج فلورسانس می گردد. در این فرآیند تشعشعات اولیه در اثر برخورد با اتمها باعث خروج الکترون از ترازهای مختلف شده و اتم در حالت برانگیخته و ناپایدار قرار می گیرد. برای جبران الکترون خارج شده از اتم، الکترونی از ترازهای بالاتر به سمت ترازهای پائین تر (انرژی کمتر) عظیمت می نماید. در این انتقالات

اتمی مازاد انرژی الکترونها(از تراز پر انرژی به تراز کم انرژی تر) به صورت امواج اشعهX صاتع می گردد. این تشعشعات X که طول موجهای مشخصی دارند همان امواج فلورسانس می باشند. با اندازه گیری هر طول موج نام عنصر مربوطه مشخص شده و با اندازه گیری شدت آن به فراوانی آن عنصر در نمونه می توان پی برد.

۲-۶-۲- حد حساسیت Detection Limit :

مهمترین پارامتر در انتخاب روش آنالیز، حد حساسیت آن میباشد. حد تشخیص آزمایشگاهی عناصر مختلف در فایل رسوبات آبراهه طبق آخرین کالیبراسیون آزمایشگاه سازمان زمین شناسی در تاریخ ۸۵/۰۵/۱۰ بر اساس جدول شماره ۲-۳ بوده است .

۲-۶-۳- پردازش داده های سنسورد و فایل بندی داده های خام

نتایج آنالیز آزمایشگاه به صورت فایل Excel در اختیار کارشناسان این مشاور قرار گرفت. پس از دریافت نتایج آنالیزهای شیمیایی از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نتایج وارد یک صفحه گسترده Excel گردید و دو ستون x و y مربوط به مختصات UTM نمونه ها با توجه به ردیف نمونه ها اضافه گردید. همانطوری که می دانیم در بررسی آماری گاهی نتایج به صورت کمتر یا بیشتر (< >) گزارش می شوند . علت وجود این داده ها که به آنها داده های سنسورد نیز می گویند این است که دستگاه تشخیص دهنده با توجه به حد حساسیت عنصر مربوطه، توانایی سنجش مقادیر کمتر از حد حساسیت دستگاه را نداشته و بنابراین با نماد (>) نشان داده است. این مسئله در مورد مقادیر عیاری بیشتر از یک حد مورد نظر برای دستگاه نیز صادق است و دستگاه آنالیز آنرا با نماد (<) یا بیشتر نشان داده است. ازآنجا که داده های سنسورد نماد کمیتی نیستند در پردازش داده ها ایجاد اخلال می کنند بنابراین می بایست مقادیر عددی مطلوب را جایگزین داده های سنسورد کرد.

چون به کارگیری روشهای آماری نیازمند داده های غیر سنسورد می باشد، در مورد تخمین داده های سنسورد روشهای گوناگونی به کار گرفته میشود از جمله این روشها عبارتند از:

۱- روش جایگزینی ساده :جایگزینی ۳/۴ حد قابل ثبت برای مقادیر کوچکتر از (<) و جانشینی ۴/۳ حد قابل تشخیص بالایی برای مقادیر بزرگتر از (<)

۲- روش بیشترین درست نمایی کوهن (Cohen Maximum Likelihood): که به صورت معادلاتی و با استفاده از تعداد داده های سنسورد، تعداد کل نمونه ها، میانگین بخش غیر سنسورد، انحراف معیار داده های لگاریتمی و حد قابل ثبت به تخمین مقدار جایگزینی می پردازد.

۳- روش جایگزینی نصف حد قابل تشخیص به جای مقادیر سنسورد حد پایین و ۱/۵ برابر مقدار سنسورد برای داده های با نماد <

در این پروژه بدلیل اینکه عناصر به روش XRF آزمایش شده اند و برای حدهای بالا از نماد * استفاده شده بود، این مشاور نیز پس از مشورت، برای حدهای بالا همان مقدار خوانده شده توسط دستگاه XRF سازمان را قرار داده است و برای حدهای پائین ۳/۴ حد قابل ثبت برای مقادیر کوچکتر از (<) را قرارداده است.

جدول شماره (۲-۴) عناصر،تعداد سنسورد، در صد آنها، حد تشخیص و مقادیر جایگزینی اعداد سنسورد را نشان می دهد. همانطور که در جدول فوق مشخص می‌باشد، عناصر Nd با 82.7 وTb با 85.7 ، Tl با Au،71.9 با 52.8 در صد بیشترین مقادیر سنسورد را دارا می‌باشد. بنابراین عناصر Nd ،TlوTb از سیستم داده پردازی حذف گردیدند و عنصر طلا بدلیل اهمیت زیاد در سری داده‌پردازی باقی ماند.

۲-۶-۴- بررسی نمونه های تکراری و محاسبه دقت عملیات تجزیه

برای کنترل دقت آنالیز (Precision of Analysis) از نمونه های تکراری استفاده گردید. برای اینکه میزان خطای نمونه برداری و آماده سازی، کاهش یابد، نمونه ها پس از مرحله آماده سازی اولیه (-40,+60 Mesh) در حضور ناظر به دو بخش تقسیم شده و پس از کد گذاری رمزی همراه با نمونه های اصلی به آزمایشگاه ارسال گردید. جداول شماره (۲-۵و ۲-۶) جداول نمونه های تکراری در برگه دلیجان ۴ را نشان میدهد . نگاهی گذرا به نتایج، حاکی از دقت قابل قبول آنالیز می باشد. در ضمن باید در نظر داشت که وجود خطای بالا در عناصری که حدتشخیص(Detection Limit) پایینی دارند و یا اینکه تعداد داده سنسورد زیادی دارند، طبیعی می باشد بطور مثال اختلافهایی بین نمونه‌های تکراری واصلی عنصر طلا به چشم می‌خورد که ناشی از وجود تعداد زیاد داده‌های سنسورد وحد تشخیص پایین آنها می‌باشد. بهترین راه برای تشخیص خطای اینگونه عناصر انتخاب نمونه هایی در بین نمونه های تکراری است که میزان آنها ده یا پانزده برابر حد تشخیص باشد.

در ضمن برای تشخیص صحت آنالیز (Accuracy of Analysis) هم می بایست با نمونه های استانداردی مقایسه کرد که از حوضه این پروژه خارج است.

خطای آزمایشگاهی امری اجتناب ناپذیر است . این خطا می تواند متاثر از خطای سیستماتیک یا خطای تصادفی باشد. منشا خطای سیستماتیک عامل ثابتی است که موجب انحراف مقادیر به سمت مقادیر بالاتر یا مقادیر پایین تر شده که بایستی منشا آن که به احتمال زیاد از دستگاه آنالیز است، شناسایی و تمام آنالیزها مجدداً تکرار شود.

خطای تصادفی به مجموع خطاهایی اطلاق می شود که گریز از انها ممکن است اما حذف آنها تقریبا غیر ممکن است. روشهای آنالیز نیز با گونه های متفاوتی از خطای آنالیز همراه خواهند بود به طور مثال روشهایی که عناصر را به صورت جداگانه می سنجد ، می توانند دقت بیشتری در بر داشته باشند ، اما در اینجا حد تشخیص این روشها بالاتر خواهد رفت ، در مقابل روشهای نوینی که به صورت

Package عناصر را در یک سلول می سنجند، احتمالاً دقت کمتری را نشان می دهند زیرا حد تشخیص آنها به مراتب پایین تر خواهد بود. در این پروژه برای بررسی دقت از دو روش محاسباتی و ترسیمی استفاده گردید.

۲-۶-۴-۱- روش ترسیمی

در این روش در یک سیستم مختصات تمام لگاریتمی، بر روی محور افقی میانگین نمونه تکراری و نمونه اصلی مرتبط به آن و بر روی محور قائم قدر مطلق اختلاف بین دو اندازه گیری آورده شده است. دیاگرام فوق به عنوان نمودار کنترلی خوانده می شود . در این نمودار خطوط مایلی دیده می شوند که معرف سطح دقت مورد نظر می باشند و در اینجا معادل 10 درصد در نظر گرفته شده است معادلات این خطوط را می توان بر حسب روابط ریاضی زیر تعریف نمود . اگر میزان تغییرات انحراف معیار متغییر مورد اندازه گیری را (Sc) بنامیم می توان آنرا تابعی از غلظت C و انحراف معیار در غلظت صفر با S_0 دانست بطوریکه :

$$Sc = S_0 + Kc$$

و اگر دقت مورد نظر را به صورت $Pc=2Sc/c$ تعریف نماییم خواهیم داشت :

$$Pc = 2S_0/C + 2KC$$

بنابراین با در نظر گرفتن دقت مورد نظر معادله خطوط مایل نمودار کنترلی به صورت زیر خواهند بود:

$$D_{90} = 2.326(S0 + Kc)$$
$$D_{99} = 3.643(S0 + Kc)$$

در نمودار کنترلی مورد استفاده که برای خطای ۱۰٪ طراحی شده است، برای رسم خطوط مایل فرض شده است که Sc=0.05C باشد . با محاسبه کمیتهای میانگین و اختلاف بین هر جفت نمونه تکراری می توان آنها را به صورت نقطه ای در نمودار کنترلی نشان داد .

جداول (۲-۷ تا ۲-۱۴) میانگین و اختلاف هر جفت نمونه نشان داده شده است. حال اگر مجموعه نقاط طوری در نمودار کنترلی توزیع شوند که 90٪ آنها زیر خط پایین (D_{90}) و 99٪ زیر خط بالایی (D_{99}) قرار گیرند در اینصورت خطای آنالیز مورد قبول می باشد . این روش توسط تامپسونTampson و هوارت Houvart (۱۹۷۸) ارائه گردید و نمودارهای ترسیمی آن دراشکال(۲-۹)تا (۲-۱۲) آورده شده است.

همانطورکه در نمودارهای ترسیمی تامپسون و هوارت مشاهده می شود عنصر Au(۴نمونه)،Cr,Ni,Nd,S,Hf,Yb(۱نمونه)، Sm(۲نمونه)،Sb(۴نمونه)وEu(۳نمونه) بالای مقادیر D90 دارند. با توجه به توضیحات فوق، خطا در مورد عناصرCr,Ni,Nd,S,Hf,Yb و Eu می‌تواند قابل اغماض باشد ولی، به نتایج عنصر Sb می‌بایست با تردید و احتیاط نگریست. تعداد سنسورد بالا و حد ثبت بسیار پایین نیز عامل خطا برای عنصر طلا بوده است. بنابر این روش ترسیمی حاکی از دقت به‌النسبه قابل قبول می‌تواند باشد.

۲-۶-۴-۲- روش محاسباتی

اگر N را تعداد نمونه تکراری و x_1, x_2 را به ترتیب مقادیر نمونه های اصلی و تکراری قلمداد کنیم با استفاده از فرمول خطای نسبی دستگاهی یا R.A.E می توان خطای آنالیز را بدست آورد.

$$\text{R.A.E}=\frac{2}{n}\ \sum\ \frac{|X1-X2|}{X1+X2}\times 100$$

همانطور که در نمودارهای شکل ۲-۱۳ نیز مشاهده می‌شود، نتایجی تقریبا مشابه روش ترسیمی بدست آمده است. نتایج عددی آن نیز در جدول شماره ۲-۱۵ آورده شده است.

۲-۷- بررسیهای آماری اولیه

۲-۷-۱- مقدمه

اکتشافات، بویژه اکتشافات ژئوشیمیایی از بدو امر تا کنون همیشه با انبوهی از داده ها و با طیف وسیعی از متغیرها سرو کار داشته و بدیهی است که تلاش روز افزون متخصصان این علوم در چگونگی ارائه بهینه و انتقال اطلاعات و نتایج، توقف ناپذیر است . اولین گام در این راه ، بررسی و نگاهی آماری به متغیرها است . این نگاه، متغیرها را با این فرض که آنها مستقلاً عمل کرده و وابستگی به هم ندارند بررسی نموده و به پردازش آنها اقدام می کند . نحوه و میزان استقلال و یا وابستگی آنها در مباحث همبستگی و بررسیهای چند متغیره کنکاش خواهد شد.

۲-۷-۲- جدول پارامترهای آماری داده های خام

بررسی چگونگی پراکندگی داده ها و دستیابی به پارامترهای آماری، اولین گزینه ای است که به عنوان مهمترین اطلاعات آماری جهت داده پردازی نتایج، مورد استفاده قرار می گیرد .

این مرحله به عنوان مقدمه ای بر داده پردازی دو متغیره و چند متغیره محسوب می شود بنا به همین نیاز بود که گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی دلیجان ۴ و زیر مجموعه داده پردازی را با این مبحث آغاز می کنیم.

جدول پارامترهای آماری حاوی اطلاعاتی است که نحوه تمایل به میانگین، پراکندگی داده ها درحول میانگین، میزان چولگی و کشیدگی جامعه و تشابه یا تمایز آن با یک توزیع نرمال را به صورت فشرده نشان می دهد. همچنین حداقل و حداکثر عیار عناصر، آنالیز شده و در جدول مذکور آورده شده است . پارامترهایی همچون میانگین، میانه و ... به عنوان گروه اول آماره هایی هستند که معرف میزان و چگونگی تمایل به مرکز داده ها را نشان می دهد و گروه دوم آماره هایی هستند که

نحوه پراکندگی و پراکنش داده ها از میانگین را نشان می دهد و شامل انحراف معیار و واریانس می باشند . نکته حائز اهمیت اینکه تمام اطلاعات عنوان شده ، بعد از جایگزینی داده های سنسورد نمایش داده شده است . جدول شماره (۲-۱۶) پارامترهای آماری داده های خام پس از جایگزینی اعداد سنسورد را نشان میدهد.

پارامتر دیگری که در این جدول به کار رفته شده، ضریب تغییرات Coefficint of Variance می باشد . برای مقایسه تغییرات در هر عنصر و میزان آن می توان به پارامترهای معرف پراکندگی داده ها رجوع کرد . بدیهی است در جوامع لاگ نرمال مقادیر بالا، با فراوانی اندک می تواند معرف پتانسیلهای اقتصادی باشد که خود در یک جامعه با چولگی زیاد در انحراف معیار بالا معرفی می شوند. میزان انحراف معیار داده ها قابل مقایسه نیست و برای دستیابی به پارامتری که بتوان با تکیه بر آن میزان تغییرات را در تمامی داده ها مقایسه کرد، ضریب تغییرات (CV) می باشد که این ضریب با استفاده از رابطه زیر حاصل شده است .

$$CV\% = \frac{s}{x} \times 100$$

با نگاهی به جدول پارامترهای آماری (جدول ۲-۱۶) در میابیم که :

- چولگی (Skewness) تمامی عناصر بین ۰،۸۴- تا ۶،۹۱ درنوسان می‌باشد. بیشترین چولگی مربوط به عنصر طلا وسپس مس می‌باشد.

- کشیدگی یا Kurtosis که حالت خاصی از تیزی منحنی توزیع را نشان می‌دهند، رنجی بین ۱/۳۷- (مربوط عنصر اورانیوم) ۵۶/۶۶ (مربوط به عنصر مس) دارا می‌باشد. عنصر طلا نیز کشیدگی بالایی نشان داده است.

با توجه به دو پارامتر فوق می‌توان تا حدودی به نرمال بودن یا لاگ نرمال بودن جوامع عنصری پی برد. بدیهی است که چنانچه چولگی وکشیدگی به ترتیب برابر و یا نزدیک به اعداد صفر و سه باشند ، نشان از نرمال بودن توزیع آن جامعه می باشد .

- کمترین انحراف معیار عناصر مربوط به Ybو Eu و بیشترین آن مربوط به تیتان و گوگرد می-باشد. همانطورکه می دانیم انحراف معیار، ملاک خوبی برای مقایسه میزان تغییرات عناصر نمی باشد .

- ضریب تغییرات هم رنجی بین ۱۲ تا۴۲۷ درصد داشته که کمترین ضریب تغییرات مربوط به Y و Cs می باشند و حداکثر ضریب تغییرات هم مربوط بهAu،S وBa می باشد. بنظر می‌رسد می‌توان انتظار آنومالیهای از عنصر طلا را درمنطقه داشت.

با توجه به اینکه امروزه مشخص شده است که آمایش و ماساژ بیش از اندازه داده های خام در راستای نرمال سازی، چاره ساز نخواهد بود و پروژه های اکتشافی بزرگی توسط شرکتهای بسیار معتبر در سطح دنیا در

تمامی مقیاسها بدون توجه به داده پردازی آماری در حد بالا در حال اجرا ست و پاسخگوی تمامی نیازها هم می باشد، لذا تنها به لگاریتم طبیعی داده ها به عنوان تبدیل داده ها بسنده گردید . جدول پارامترهای آماری جوامع لگاریتمی نیز در جدول شماره (۲-۱۷) آورده شده است.

همانطوریکه در جدول مشاهده می شود جوامع لگاریتمی غالباً به ترتیب به یک جامعه نرمال نزدیکتر شده اند و بنابراین صلاحیت بیشتری برای ورود به پردازشهای چند متغیره را دارند.

۲-۷-۳- رسم هیستوگرامها و شرح آنها

داده های تک متغیره با نمایش تعدادی از نمودارهای یک بعدی در راستای یک خط مقیاس بندی شده ارائه می شوند. با هدف نمایش داده ها، اخذ نتایج و ارائه یک روش تفسیر مناسبتر، آماره های توصیفی به طور خلاصه در یک محیط نرم افزاری محاسبه گردیده و در یک محیط گرافیکی مطلوب

به تصویر در می آیند. سه ویژگی موقعیت (Location) ،پراکندگی (Dispersion)، شکل (Shape) توسط هیستوگرامها قابل بررسی و تفسیر هستند. این ویژگی ها به یک یا چند مقدار ثابت (Constant) وابسته هستند که این مقادیر ثابت به نام پارامترهای جامعه و یا پارامترهای توزیع فراوانی نامیده میشوند .

با این مقدمه و تکیه بر این هدف ،نمودارهای داده های خام در دو بخش هیستوگرام و نمودارهای خط نرمال pp در سطح صفر ترسیم شده اند. (این محاسبات در نرم افزار SPSS انجام شده است.) میزان گروههای انتخابی در هیستوگرام بر مبنای توزیع و توسط خود نرم افزار اعمال شده است و فراوانی هر گروه در روی محور Y مشخص شده است. مقایسه فراوانی گروهها و کل هیستوگرام با هیستوگرام تابع نرمال، میتواند به صورت نمایی، اطلاعات را در زمینه نحوه توزیع جامعه بدست دهد .

اشکال (۲-۱۴) هیستوگرامهای نرمال ولگاریتمی و همچنین نمودارهای خط نرمال p-p (نمودار احتمال)عناصرCu ، AuوSb و شکل (۲-۱۵) نمودارهای عناصر Pb-Zn-As را نشان میدهد. اشکال ۲-۱۶تا ۲-۲۲ هیستوگرامهای بقیه عناصر را در بخش ضمیمه نشان میدهد . با نگاهی گذرا به توزیع عناصر درمی‌یابیم که عناصر Eu,Sm,Ga,Ni,Co,V,Yb,Hf,U و Mn توزیع نسبتا نرمالتری نسبت به داده‌های لگاریتمی نشان می‌دهد و توزیع لگاریتمی سایر عناصر به توزیع نرمال نزدیکتر می‌باشد.

به طور کلی می شود نتایج زیر را از نمودارهای فراوانی و فراوانی تجمعی عناصر کسب کرد:

- بجز عنصر La,Nd,Yb تمامی عناصر از یک چولگی مثبتی برخوردار می‌باشند. همچنین کشیدگی تمام عناصر بجز عناصر Eu,Ga,Nd,Sn وYb نیز مثبت می‌باشد.

-خصلت چند گروهی به طور بارزی در عناصر Au,Cu,Sb,V,Cr,Co,Ni,Ga,Sr,Mn,S,Ce,Cs,Ba,Eu,U,P,Ti, قابل مشاهده است .

- بنظر می‌رسد که می‌توان انتظار مناطق امیدبخش از طلا و مس در منطقه داشته باشیم.

۲-۷-۴- مقادیر خارج از رده :

به‌طورکلی مقادیر خارج از رده مقادیری هستند که بنا به دلایلی بنحو چشمگیری، خارج از جامعه سایر داده ها و در منتهی الیه مقادیر کم یا مقادیر زیاد آنالیز عناصری جا گرفته اند . میزان جدایش این نمونه ها و نحوه شناخت آنها و تاثیر وجودی آنها بر پردازش داده ها در مقالات و مراجع گوناگونی به بحث و بررسی گزارده شده است . نمونه های خارج از رده به بیانی می تواند در برگیرنده مقادیر ناهنجاری ها باشند .

به طور کلی مقادیر خارج از رده نمونه های ناهنجاری مقادیر بالا (Positive Outlier)و یا نمونه های در حد پایین(Negative Outlier) را در بر دارد .به طور کلی اطمینان از صحت شماره گذاری و کد گذاری نمونه ها در صحرا ، عدم آلودگی نمونه ها در کمپ صحرایی ، عدم آلودگی در هنگام خردایش و پودر کردن نمونه ها در آزمایشگاه و در کل، خطای نمونه برداری و آماده سازی ،باعث میشود که بدانیم که با نمونه های خارج از رده چگونه میتوان برخورد کرد .

بحث اینکه منشا مقادیر خارج از رده و فوق العاده از کجاست دیر زمانی است در بین نظریه پردازان و کارشناسان رواج داشته و احتمالات زیر در مورد آنها صادق است :

- مقادیر خارج از رده (Outlier) می تواند ناشی از خطای آزمایشگاهی باشد .
- مقادیر خارج از رده می تواند ناشی از آلودگی در محیط نمونه برداری یا آماده سازی و شماره گذاری و غیره باشد . اگر مشخص شود که مقادیر خارج از رده در اثر خطا های نمونه برداری و آنالیز باشد باید نمونه های خارج از رده از سیستم داده پردازی حذف یا مقادیر آنها تصحیح گردند .
- گاهی مقادیر خارج از رده مشاهداتی هستند که به صورت یک پدیده بیش از اندازه نمود می یابند . در این صورت ، داده پرداز بایستی دقت کند که مقادیر خارج از رده بر خاسته از یک مشاهده معتبر است یا مشاهده یاد شده یک داده غیر معتبر می باشد.اگر مشاهده معتبر است باید در پردازش داده ها باقی بماند و گرنه بایستی از جریان داده پردازی حذف شود. بررسیهای کنترل آنومالی

(Anomaly Checking) نمونه برداری مجدد (کنترلی) و نمونه برداری کانی سنگین و انطباق ناهنجاری های پاراژنزی و بررسی های آماری چند متغیره می تواند راهی باشد برای جداسازی ناهنجاریهای کاذب و واقعی برای تعیین و تمایز مقادیر خارج از رده از روشهای گوناگون استفاده میشود یکی از این روشها بررسی توزیع داده ها بر اساس پلاتهای Box and Whisker یا Box Plot نامیده میشود. باکس پلاتها (نمودارهای جعبه ای) یکی از روشهای نمایش توزیع محدوده های جوامع آماری محسوب می شوند. حدود مقادیر منعکس شده در این نمودارها با توجه به چارکهای آن و حد بین چارکی (Interqurtile Range) انتخاب شده است. در این نمودارها میزان حداقل ،۲۵٪ میانگین ،۷۵٪ و حداکثر به نمایش گذارده شده ، و نمونه هایی نیز بر اساس حد بین چارکی، به عنوان نمونه های خارج از رده (Outlier) یا فوق العاده (Extreme) محسوب شده اند. نمونه هایی خارج از رده محسوب می شوند که فرمول ذیل در آنها صادق باشد :

$Outlier=1/5 - 3\ (75^{th}-25^{th})$

نمونه هایی که مقادیر عنصری آنها بالاتر از این حد باشد به عنوان نمونه های فوق العاده نامیده میشوند . محاسبات مزبور با توجه به داده های خام عناصر در محیط نرم افزاری SPSS انجام شده است .

در باکس پلات، نمونه های خارج از رده با نماد O و نمونه های فوق العاده با نماد * مشخص شده اند . کشیدگی Tail یا دم باکس پلاتها، می تواند معرف نمونه هایی باشد که به نحوی از انحاء، در مقادیر غیر معمول خود را نشان داده اند . باکس پلاتهای عناصر مهم در شکل(۲-۲۳) آورده شده است . همچنین بقیه باکس پلاتها در اشکال ۲-۲۴ تا ۲-۲۶ در بخش ضمیمه آورده شده است .

در نگاه اول به نمودارهای جعبه ای، مطالب زیر برداشت می گردد :

- تنها عناصر Ni,Cu,Y,Zr,Cs وHf دارای مقادیر خارج از رده منفی می‌باشند.
- عنصر U فاقد مقادیر خارج از رده می‌باشند.

برای شناخت نمونه های خارج از رده و فوق العاده واقعی با استفاده ازنمودارهای باکس‌پلات و نظر پردازشگر جدول شماره (۲-۱۸) تنظیم شده است. در این جدول دو ستون اصلی معرف نمونه های خارج از رده و فوق العاده مثبت و منفی است که به‌النسبه اهمیت بیشتری دارند. نمونه های خارج از رده با فونت عمومی و نمونه های فوق العاده با فونت Bold مشخص شده اند .

همانطور که از جدول مشخص می شود به طور مثال، نمونه شماره D-S-186 می‌تواند یک نمونه حایز اهمیت باشد زیرا که در عناصر Au,Cu وCo یک نمونه فوق‌العاده محسوب می‌شود.

برای دستیابی به مقادیر نمونه ها جدول (۲-۱۹) ترسیم شده است.در این جدول مقادیر نمونه های فوق العاده و آخرین نمونه خارج از رده مثبت به نمایش گذاشته شده است.

جداول شماره (۲-۲۰) نمونه هایی که حاوی بیشترین مقادیر خارج از رده و فوق العاده مثبت در عناصر مختلف هستند را نشان میدهد . به عبارتی نتیجه بررسی جدایش مقادیر خارج از رده در جدول فوق آورده شده است. با نگاهی به جدول فوق در می یابیم که نمونه های مهم با مقادیر بالای عناصر مختلف در محدوده، بسیار کم می‌باشد.

در جدول فوق نمونه های ۱۶و۱۱۵و۱۱۶ نمونه های مهم و نمونه های ۹۳و۱۷۹و۱۸۳و۱۸۶و۲۱۸ نمونه های خیلی مهم می باشند.

دراین مرحله فقط نمونه‌هایی که حاوی مقادیر خارج از رده می‌باشند، شناسایی شدند و داده‌پردازان این مشاور بدون حذف مقادیر فوق داده‌پردازی را انجام دادند.

۲-۸- بررسیهای آماری چند متغیره

۲-۸-۱- مقدمه

اساس این بررسیها بر پایه روابط دو متغیر تعریف شده است این روابط به گونه ای نوع تغییرات و جهت گیری آنها نسبت به یکدیگر را، یا بر اساس روابط ریاضی و یا بر اساس دیاگرامها نشان می‌دهد. محاسبات ریاضی این تغییرات بر پایه ضرایب همبستگی(Correlation Coefficient) یا معادلات رگرسیون استوار است. در این محاسبات با روشهای مختلفی، ضرایب همبستگی محاسبه و معادلات رگرسیون با درجات مختلف و انواع گوناگون بدست می‌آید.

۲-۸-۲- محاسبه ضرایب همبستگی و بررسی اعتبار آنها

در بسیاری از محاسبات دو متغیره، ضرایب همبستگی به عنوان یکی از اصول شناخته شده به کار میرود و بسیاری از کارشناسان دامنه پاراژنتیک عناصر را بر اساس ضرایب همبستگی آنها می سنجند . ضریب همبستگی مبنای محاسبات رگرسیون و پیش بینی متغییری از روی متغیر دیگر و بدست آوردن فرمول دقیق رگرسیون و نوع آن است . اما به نظر میرسد همیشه دامنه همبستگی ها معرف واقعیات پاراژنتیکی عناصر نباشد به چنددلیل :

- عوامل سیستماتیکی در دستگاههای آنالیز وجود دارد که گاها باعث ایجاد همبستگی های بسیار کاذب شده و کارشناسان را با مشکل روبرو میکند . این عوامل بایستی در هنگام آنالیز نمونه ها کاملا شناسایی شده و نقش آنها به حداقل رسد . در بسیاری از این موارد در صورت عدم احاطه کامل به پاراژنزهای واقعی در طبیعت ممکن است کارشناسان با مواردی گمراه کننده هم، روبرو شوند .

- در مجموعه داده ها (به فرض اینکه روش آنالیز تا حد امکان معتبر باشد) وجود تنها یک نمونه خارج از رده (Outlier) میتواند به صورت مشهودی ضریب همبستگی را بالا ببرد در صورتیکه همبستگی واقعی، شاید به مراتب کمتر از مقداری باشد که نرم افزار گزارش کرده است .

- به تجربه ثابت شده که در مطالعات ناحیه ای و نیمه تفصیلی و حتی در بعضی اوقات در مطالعات تفصیلی ، همبستگی های یک جامعه معرف دو یا چند زیرخانواده باشند که در هم ادغام شده و بعضا نتایج همبستگی ضعیفی را نشان می دهند.امااگر زیر خانواده ها که متاثر از عواملی همچون زمین شناسی ، آلتراسیون،مینرالیزاسیون و ... می باشند شناسایی شده و از هم جدا شوند، ضریب همبستگی بدست آمده اعتبار بیشتری خواهد یافت .

- ضریب همبستگی متاثر از تعداد نمونه ای است که محاسبات بر مبنای آن واقع شده است و در تعداد اندک نمونه، بعضا ضرایب همبستگی معتبری بدست نخواهد آمد .

با توجه به مطالب مطرح شده و برای درک بیشتر این مسئله محاسبه ضریب همبستگی در سری داده ها امری اجتناب ناپذیر میباشد . محاسبه ضریب همبستگی از راههای گوناگون امکانپذیر است که حساسیت بعضی از آنها به نرمال بودن تابع توزیع، مانع کارایی آنها در سایر توابع توزیع می شود . انتخاب بهینه روش محاسباتی ضریب همبستگی آن است که به نوع تابع توزیع وابستگی چندانی نداشته باشد . با توجه به مراتب بالا در محاسبه ضرایب همبستگی از توابع ضریب همبستگی رتبه ای اسپیرمن استفاده گردید.

ضریب همبستگی در حد بین 0 تا 1 در نوسان است . عدد صفر نمایانگر عدم همبستگی بین دو متغیر و عدد یک بیانگر همبستگی کامل آن دو است . این محاسبات بر مبنای ضریب همبستگی Spearman در نرم افزار SPSS محاسبه گردید . ماتریس ۲۷×۲۷ همبستگی درجدول (۲-۲۱) آورده شده است . نکاتی که از ماتریس همبستگی برداشت می گردد عبارتند از :

- Au,Zn,Sb,Cs,Yb و Hf با هیچکدام از عناصر همبستگی بالایی نشان نمی‌دهد.

- سرب با آرسنیک در یک سطح اعتماد بالا همبستگی خوبی (حدود0.993) نشان می‌دهد.
- مس در یک سطح اعتماد بالا با عنصر نیکل همبستگی بالا (حدود 0/618) نشان می‌دهد.
- باریم با عناصر Ti و Ce همبستگی مثبت نشان می‌دهد و با اورانیوم همبستگی منفی دارد.

بنظر می‌رسد که دو گروه پاراژنتیکی اصلی در بین این عناصر وجود داشته باشد:

- گروه اول شامل عناصر V,Cr,Co,Ga,Y,Zr,Nb,Ba,P,Ti,Mn,Ce که همبستگی بسیار بالایی نشان می‌دهند.
- گروه دوم شامل عناصر Cu,Ni,Sb,Cs,Yb,Hf با یک همبستگی متوسط و پایین.

۲-۸-۳- جدایش جوامع سنگی و اهمیت آن

یکی از اساسی ترین شرایط لازم جهت هر گونه تخمین صحیح متغیرها در جوامع ژئوشیمیایی، همگن بودن آنها است و هر گونه انحراف در صحت چنین شرایطی می تواند کم و بیش منجر به اخذ نتایج نادرست گردد. نظر به اینکه مقادیر زمینه عناصر مورد بررسی، به نوع سنگ بستر، محیطهای مختلف نمونه برداری و تغییرات فاحش در مسافتهای کم بستگی دارد ، فاکتور لیتولوژی میتواند یکی از مهمترین عوامل ایجاد ناهمگنی در جوامع مختلف ژئوشیمیایی باشد. پس فرض همگن بودن جوامع آماری آنها بدون توجه به بعضی از پیش فرضها از بین رفته و تجزیه و تحلیل آنها تابع روند ویژه ای خواهد بود تا بتوان حتی الامکان به تعیین مناطق پر پتانسیل اقدام نمود.

بنابراین یکی از اهداف تجزیه و تحلیل داده ها شدت بخشی به میزان ناهنجاریهای وابسته به کانی سازی است. آشنایی به مکانیزمهای تمرکز و پراکندگی عناصر در محیطهای مختلف سطحی و علم به طبیعت ناهنجاریهای مرتبط با کانی سازی از پیش شرطهای اولیه این امر می باشد . از جمله مهمترین عوامل تغییر دهنده محیطهای سطحی نوع سنگ بستر رخنمون دار می باشد که آبراهه آن را قطع می کند. این سنگها به عنوان منشا رسوبات حاصل ازفرسایش آنها هستند که در تعیین کمی،

نقش این متغیر در تعیین مقدار زمینه و حد آستانه ای محلی و ناحیه ای ضروری هستند . بالا بودن اثر سرشکن شدگی Avearage Effect در رسوبات آبراهه ای در رسوبات رود خانه ای به طور چشمگیری این محیط را از سایر محیطهای نمونه برداری متمایز می کند . در واقع همین اثر کمک می کند که رسوبات بر داشت شده ترکیب متوسط حوضه آبریز واقع در بالا دست خود را معرفی نماید . به عبارتی همین خاصیت رسوبات آبراهه ای است که بر اساس آن کارشناسان قادر خواهند بود تا سریهایی از داده های ژئوشیمیایی سیستماتیک را در مقیاس ناحیه ای تنظیم نموده وبر اساس آن نقشه های توزیع عناصر کمیاب در اختیار قرار گیرد .

بنابراین یکی از مهمترین عوامل ایجاد ناهمگنی در جامعه نمونه های ژئوشیمیایی ، فاکتور تغییرات لیتولوژی در سنگهای ناحیه منشا می باشد این ناهمگنی خود موجب انحرافاتی در تحلیل داده ها خواهد شد . پس بایستی در مرحله اول سنگهای بالا دست نمونه مشخص و تنوع این سنگها در تاثیر بر نمونه ها مطالعه گردد. وجود نقشه های زمین شناسی هم مقیاس کمک شایان توجهی در کار اکتشاف ژئوشیمایی ناحیه ای به خصوص در قسمت جدایش جوامع سنگی به ما می کند.اما بدلیل نبودن نقشه زمین شناسی۱:۲۵۰۰۰ منطقه بدلیل تهیه نشدن آن در این گزارش از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان استفاده گردید. بنابراین، مطالعات بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ صورت گرفت و پس از بررسی واحدهای مختلف زمین شناسی تصمیم به جدایش تنوع های سنگی گردید. جداول (۲-۲۲) خلاصه ای ازواحدهای لیتولوژیکی دلیجان ۴ را نشان میدهد .

همانطورکه مشاهده میشود وجه مشترکی در بین واحد های دولومیت وجود دارد. بنابراین واحدهای مشترک از لحاظ لیتولوژی را در یک واحد مستقل خلاصه کردیم که واحدهای خلاصه شده و علائم اختصاری آنها در جدول (۲-۲۳) آورده شده است. پس با هدف کاهش تنوع و شناخت لیتولوژی واحدها تقسیم بندی جدید صورت گرفت . نقشه شماره(۱) پیوست، نقشه خلاصه شده واحدهای مختلف لیتولوژی را نشان میدهد .

بعد از مشخص شدن این مطلب که هر نمونه از چه تیپ سنگهایی در بالا دست خود اثر می گیرد، نمودار فراوانی گروههای مختلف ترسیم گردید (نمودار شماره ۲-۲۷) ترسیم گردید .

بنابراین رده بندی نمونه ها بر حسب تعداد سنگ بالا دست به شرح زیر است .

الف - زیر جامعه تک سنگی : شامل ۱۰۶ نمونه (در ۴ تیپ سنگ مختلف)

ب - زیر جامعه دو سنگی : شامل ۹۴ نمونه (در ۶ تیپ سنگ مختلف)

ج - زیر جامعه سه سنگی : شامل ۲۱ نمونه (در ۳ تیپ سنگ مختلف)

د - زیر جامعه چهار سنگی : شامل ۱۰ نمونه (در ۲ تیپ سنگ مختلف)

زیر جامعه تک سنگی در بر دارنده نمونه هایی است که در بالا دست خود در حوضه آبریز فقط یک نوع سنگ بستر رخنمون دار داشته باشند . به همین ترتیب زیر جامعه دو، سه و چهار سنگی به ترتیب معرف دو، سه و چهار نوع سنگ بستر رخنمون دار در فرا دست محل برداشت نمونه هاست .

نتیجه این تقسیم بندی در محاسبه مقادیر زمینه و حد آستانه ای هر محیطی (هر جامعه ای) به طور جداگانه نمود خواهد داشت. بعد از این تقسیم بندی درجه همگنی جوامع افزایش یافته و امکان بررسی تمامی داده ها فراهم می گردد.

۲-۸-۳-۱- رده بندی نمونه ها بر اساس نوع سنگهای بالا دست :

برای اینکه در جوامع مختلف ، خانواده ها مشخص شوند و با این هدف و برای تعیین فراوانی و شناخت اولیه به نوع و تعداد خانواده های هر زیر جامعه هیستوگرمهایی در قالب شکل (۲-۲۸) آورده شده است .

بنابراین با توجه به این اشکال مشخص می شود که :

۲-۸-۳-۲- پردازش داده های جوامع تک سنگی :

از تعداد ۲۳۱ نمونه‌ای که در برگه دلیجان ۴ مورد آنالیز قرار گرفته ۱۰۶ نمونه آن نمونه هایی هستند که در بالا دست آنها فقط یک نوع سنگ بستر رخنمون دارند و در ۴ تیپ مختلف قرار

گرفته‌اند. در بین این تیپ سنگها بیشترین تعداد نمونه، متعلق به گروه کنگلومرا و ماسه سنگ SC و بعد از آن مربوط به گروه دولومیت(Do) و شیل وماسه سنگ(SS) می‌باشد. گروهK یا زیر گروه سازند کهر(شیل میکادار-ماسه سنگ-دولومیت) نیز حداقل تعداد نمونه را شامل می شود .

۲-۸-۳-۳- پردازش داده های جوامع دو سنگی

در جامعه نمونه هایی که از دو تیپ سنگ بالا دست سرچشمه می گیرند، ۹۴ نمونه قرار می گیرد . تعداد۶ تیپ مختلف دو سنگی در این جامعه دیده می شود . گروهSS-SC(۲۴نمونه) و گروه SC-Q با ۲۱ نمونه، بیشترین فراوانی را بخود اختصاص داده‌اند.

۲-۸-۳-۴- پردازش داده های جوامع سه سنگی

در مجموع نمونه هایی که از سه سنگ بالا دست سرچشمه گرفته اند (۲۱ نمونه) بیشترین فراوانی متعلق به گروه‌های SC-K-Do می‌باشد و دو گروه دیگر این جامعه از فراوانی کمی برخوردار می‌باشد.

۲-۸-۳-۵- پردازش داده های جوامع چهار سنگی

در جوامع چهار سنگی که ۱۰ نمونه متعلق به این گروه می‌باشد تنها دو گروه را شامل می شود که گروه SC-K-Do-Q شامل ۸ نمونه و گروه SS-SC-K-Do نیز شامل ۲ نمونه می باشند.

بعد از مشخص شدن جوامع و تیپهای مختلف ، گروههایی که فراوانی آنها بیش از نه عدد بود مورد پردازش قرار گرفتند به طوریکه مقادیر هر عنصر در جوامع مختلف بر میانه همان جامعه تقسیم گردید . حاصل این تقسیم ضریب غنی شدگی Enrichment Index عنصر مربوطه خواهد بود . در مواردی که تعداد نمونه ها در جامعه آماری فراوانی کمتری داشت. آن جامعه در بررسیهای آماری قرار نگرفته بلکه مجموع چنین جوامعی با همدیگر جمع شده تا به صورت یک جامعه مرکب در آیند.

۲-۸-۴- روش کلاستر به منظور رده بندی نمونه ها

تجمع ژنتیکی بعضی از عناصر ممکن است به عنوان راهنمای مستقیمی در تفسیر نوع نهشته ای که احتمالا در ناحیه وجود دارد به کار رود و بر عکس، تجمع بعضی از عناصر هم ممکن است دلالت بر وجود ناهنجاریهایی داشته باشند که بی اهمیت بوده و گمراه کننده اند .

به طور کلی آنالیز خوشه ای یا Cluster، یکی از متدهای چند متغیره است که هدف آن تفسیر ساختار ماتریس واریانس - کوواریانس مجموعه ای از داده های چند متغیره می باشد .

آنالیز کلاستر با برقراری ارتباط بین مجموعه ای از متغیر های به ظاهر بی ارتباط در شناخت یک مدل فرضی فیمابین آنها اقدام کرده و به کاهش ابعاد متغیرها می پردازد. دو نوع تجزیه و تحلیل در این رابطه وجود دارد:

الف- تجزیه و تحلیل نوع R-Mode:

در این مقایسه روابط و تعیین بستگی های بین پارامتری متغیرها (غلظت عناصر) مد نظر است . بنابراین با استفاده از این روش عناصر اصلی موجود در یک مجموعه ژئوشیمیایی شناخته میشوند .

ب- تجزیه و تحلیل نوع Q-Mode :

هدف از این بررسی تعیین و ارزیابی همبستگی های موجود بین نمونه های مختلف بر حسب تغییر متغیرهایی نظیر آنالیز و ترکیب شیمیایی سنگها است. در این روش نمونه های مشابه در گروههای مختلف قرار می‌گیرند . در این پروژه بعلت تعدد گروهها مجموعه تمامی نمونه هایی که تعداد آنها، در جوامع مختلف سنگ بالا دست کمتر از۹ عدد بوده‌اند، در این نوع تجزیه و تحلیل وارد شده و در نهایت دو گروه مشابه از تعداد ۳۶ نمونه بدست آمد .

۲-۸-۴-۱- پردازش جوامع کمتر از ۹ نمونه با استفاده از روش آنالیز کلاستر:

همانطور که اشاره شد گروههایی که تعداد آنها کمتر از نه عدد بود همگی در یک فایل جداگانه قرار گرفتند.بعد از این مسئله می بایست گروههای مشابه را از لحاظ نوع نمونه (Case) پیدا کنیم . بدین ترتیب فایل اشاره شده وارد محیط spss گردیده و گروههای مشابه با استفاده از متد فاصله اقلیدوسی جدا گردید .

به عبارتی از طریق آنالیز کلاستر Cluster Analysis ،۳۶ نمونه به تعداد ۲ مجموعه تقریبا همگن تقسیم گردید. نمودار درختی داده ها در شکل(۲-۲۹) ترسیم شده است. در ساختار درختی داده ها دو گروه اصلی قابل مشاهده می‌باشد که گروه اول نیز خود به دو زیر گروه تقسیم شده که زیر گروه اول به دو گروه مجزا تقسیم گردیده و زیرگروه دوم به همراه سه نمونه ۱۵،۲۱ و ۱۴ در گروه دیگری قرار گرفته است. در مجموع دوگروه مجزا یا Cluster بدست آمد. در گروه کلاستر اول ۱۸ نمونه، و در گروه دوم نیز نیز ۱۸ نمونه قرار گرفت .

محاسبات آماری و تعیین ضریب غنی شدگی این جامعه نیز همانند جوامع (تک سنگی و دو سنگی و ....) بر روی این دو گروه (کلاستری) انجام گرفت و در نهایت تمامی ضرایب غنی شدگی جوامع مختلف (اعم از تک سنگی ، دو سنگی ، سه سنگی و...و گروههای کلاستری) مجددا در یک فایل قرار گرفت. در این فایل اثر سنگ به نحو مطلوب خنثی شده و آماده ترسیم نقشه ها گردید . جداول۲-۲۴ تا۲-۲۶ سنگهای بالا دست نمونه های مختلف را نشان میدهد.

۲-۸-۵- تغییر پذیری سنگ بستر و نقش آن در ارزیابی مقدار زمینه

به طور کلی مقدار غلظت اندازه گیری شده هر عنصر در سنگ و یا رسوبات آبراهه ای را می توان وابسته به زایش سنگ و یا وابسته به کانی سازی احتمالی نسبت دادند . مقادیر وابسته به زایش سنگ یاسن‌ژنتیک هر عنصر در سنگهای مختلف، متفاوت می باشد . در صورتیکه این مسئله مهم لحاظ نگردد ، تغییرات این مقادیر ممکن است به عنوان ناهنجاری قلمداد شود در صورتیکه این ناهنجاری

کاذب است. به طور مثال میزان زمینه عناصر As وB در شیلها به ترتیب ۵۰ و۵۲ برابر میزان متوسط آن در سنگهای آذرین نفوذی و گرانیت ها می باشد.

این افزایش مقدار عناصر ارتباط با کانی سازی ندارد و باعث افزایش مقدار زمینه و در نتیجه کم رنگ شدن و یا محو شدن ناهنجاریهای واقعی می گردد. بنابراین ویژگی زایشی سنگها (که رسوبات آبراهه ای از انها منشا می گیرد) بایستی دقیقا مورد بررسی قرار گرفته و میزان تمرکز و یا تهی شدگی عناصر در آنها شناخته شود.

۲-۸-۵-۱- اهمیت بررسی مقادیر کلارک در منطقه :

با توجه به مطالبی که در مورد اهمیت نقش تغییرات لیتولوژیکی در ناهمگنی جوامع ژئوشیمیایی ذکر گردید ، بررسی مقدار کلارک عناصر در سنگهای مختلف منطقه میتواند معرف حساسیت یا تغییرات غلظت یک عنصر در سنگهای مختلف باشد به تبع آن تغییرات مقدار زمینه نیز می تواند نسبت به تغییرات جنس سنگ بستر به شدت حساس باشد. پس نوع محیط سنگی در راستای تعیین مقدار زمینه امری الزامی می باشد. در جهت هر چه ملموس تر شدن تاثیر این فاکتور اقدام به ارائه مقادیر کلارک عناصر مورد بررسی در واحدهای لیتولوژیکی گردید. جدول ۲-۲۷ مقایسه‌ای بین میزان متوسط فراوانی برخی از عناصر با مقدار کلارک عناصر در سنگ‌های رسوبی، آذرین و خاک را نشان می‌دهد.

۲-۸-۶- تحلیل ناهمگنی‌ها:

در مسیر دستیابی به یک جامعه همگن آماری، بایستی عوامل ناهمگن ساز را از منشا شناسایی و در راه حذف یا تعدیل آنها گامهای موثری برداشت. در نمونه های رسوبات آبراهه‌ای، تنوع لیتولوژی در سنگهای بالا دست از مهمترین عوامل ناهمگن ساز، محسوب میشود .

برای دستیابی به جوامع یکدست و همگون که از طریق آنها میتوان به مقدار زمینه واقعی تری دست یافت، اقدام به جداسازی نمونه ها بر اساس سنگ بستر رخنمون دار در محدوده حوضه آبریز بالا

دست هر نمونه شده است . این سنگها می توانند مقادیر زمینه متفاوتی از عناصر مورد بررسی را در بر داشته باشد . بعد از جداسازی تنوعات گوناگونی که در این حوضه ها می توانست وجود داشته باشد , (جوامع تک سنگی ، دو سنگی و .....) یکدست گردیده و با روشهای آماری نتایج آنها نرمالایز گردیده و سپس نتایج حاصله با یکدیگر مقایسه شده و تشابهات و تضادهای بدست آمده، مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت. این نتایج ماحصل پردازش سه تیپ تک سنگی،چهار تیپ دوسنگی ، یک تیپ سه‌سنگی و دو گروه کلاستری (متشکل از جوامع کمتر از نه نمونه) می باشد .

برای اینکه ببینیم این ناهمگنی ها چه تاثیری میگذارند جدول (۲-۲۸) که مقایسه ای بین میانگین تمام گروههای سنگی و میانگین کل داده‌ها است، ترسیم گردید . همانطور که در این جدول مشخص است :

۱. مقدار تیتان در گروه کلاستر اول به میزان دو برابر گروه‌های دیگر افزایش نسبی پیدا کرده است.
۲. مقدار وانادیم ، استرانسیوم، تیتان، فسفر و کبالت در گروه کلاستر اول افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده است.

در مرحله بعد میانه تمامی گروههای سنگی با میانه کل مقایسه گردید . جدول (۲-۲۹) این مقایسه را نشان می‌دهد.

با نگاه گذرا به این جداول می‌توان گروه‌های مهم برای تمرکز عناصر مختلف را شناسایی کرد.

۱. طلا در گروه کلاستر دوم افزایش قابل ملاحظه ای نشان می‌دهد. بطوریکه تقریبا مقدار این عنصر دو برابر سایر گروه‌ها گردیده است.
۲. وانادیم، کبالت و تیتان نیز مشابه مقایسه میانگین ها در گروه کلاستر اول تمرکز نسبی پیدا کرده است.

بنظر می‌رسد گروههای کلاستر دوم برای طلا و کلاستر اول برای عنصر تیتان حائز اهمیت بوده است.

۲-۸-۷- سیمای ژئوشیمیایی جوامع مختلف بر اساس سنگ بستر بالا دست

برای تعیین سیمای ژئوشیمیایی جوامع مختلف ، نمونه های برداشت شده از حوضه های آبریز مختلف بر اساس سنگ بالا دست به صورت زیر عمل شد :

- مقدار میانگین در کل جامعه و در تیپهای مختلف گروههای تک سنگی مختلف محاسبه گردید.
- در یک سری کاهنده Descending میانگین عناصر بر حسب کاهش مقدار فراوانی آنها ردیف گردیدند .
- مقایسه مکان قرارگیری هر عنصر در تیپهای مختلف نسبت به مکان قرار گیری همان عنصر در سری کلی بررسی گردید.

جدول شماره (۲-۳۰) نتایج این بررسی ها را نشان میدهد . این مقایسه بین گروههایSS,SC,Do و جامعه کل صورت گرفته است.

- در گروه تک‌سنگی SS افزایش نسبی سرب و طلا قابل توجه می‌باشد.

در روش دیگر برای مقایسه مقدار زمینه عناصر در جوامع سنگی مختلف از نمودارهای ستونی Column Chart استفاده شده است. در این روش ابتدا میانه های جوامع سنگی با میانه کل مقایسه گردید. اشکال (۲-۳۰) تا (۲-۳۲) این نمودارها را نشان می دهد.

درمقایسه ای دیگر، میانگین گروههای مختلف باهم مقایسه شده است این نمودارها دراشکال (۲-۳۳تا ۲-۳۵) آورده شده است .

۲-۸-۹- تعیین شاخص غنی شدگی Enrichment Index

یکی از مسائل پیچیده در بررسیهای ژئو شیمیایی، بررسی همزمان تغییرات چند متغیر مورد نظردر یک نقطه و در نهایت انعکاس نحوه تغییرات آن می باشد. در واقع مسئله اصلی بیان بستگی بین مقادیر غلظت تعدادی از عناصر به منظور نمایش الگوی تغییرات همزمان آنها در یک مکان است. از آنجا که مقایسه جداگانه نقشه های مربوط به هر متغیر مشکلاتی را ایجاد می نماید، بنابراین عاقلانه تر آن است که از روشهایی استفاده نماییم که منعکس کننده تغییرات کلی در محل نمونه ها باشند. ساده ترین راه، استفاده از نسبت عناصر مورد نظر است. برای این منظور می توان از شاخص غنی شدگی استفاده نمود. شاخص غنی شدگی بنا به تعریف عبارت است از نسبت فراوانی عنصر موردنظر در هر نمونه به میانه یا میانگین همان عنصر در جامعه ای که نمونه به آن متعلق است .

بنابراین نه تنها غلظت یک عنصر در شاخص غنی شدگی موثر است بلکه فراوانی آن عنصر در کل جامعه هم در شاخص غنی شدگی موثر است. لذا اگرفراوانی محلی ومنطقه ای یک عنصرهر دو با شیب ثابتی افزایش یا کاهش یابد شاخص غنی شدگی ثابت خواهد ماند چرا که صورت و مخرج این کسربه یک نسبت افزایش یا کاهش می یابد. بنابراین شاخص غنی شدگی تاحد زیادی مستقل از تغییرات سنگ شناسی است لذا می توان با محاسبه شاخص غنی شدگی برای هر جامعه سنگی آن جامعه را مستقل از اثر سنگ شناسی کرد .

برای محاسبه شاخص غنی شدگی از فرمول Ei=Ci/(Cmed)i استفاده شده است. در این رابطه Ei برابر با شاخص غنی شدگی،Ci مقدار فراوانی عنصر i در یک نمونه معین و (Cmed)I مقدار زمینه همان عنصر (مقدار میانه یامیانگین) در جامعه مربوطه است. بخاطر اینکه میانه مستقل از تابع توزیع است و مستقل از مقادیر حدی است، در بسیاری از موارد از این مقداراستفاده می شود.

علاوه بر خاصیت از بین بردن اثر لیتولوژیکی، شاخص غنی شدگی خواص دیگری هم دارد که از آن جمله عبارتند از :

۱- شاخص غنی شدگی باعث خنثی سازی خطاهای نسبی می شود زیرا که برای محاسبه شاخص غنی شدگی هر متغیر فراوانی آن عنصر به میانه و میانگین جامعه تقسیم گردیده است.

۲- کاربرد شاخص غنی شدگی تا حدودی باعث شدت بخشی به ناهنجاریها شده لذا ناهنجاریها بارزتر می‌شوند.

۲-۸-۹-۱- محاسبه پارامترهای آماری و ترسیم هیستوگرامهای شاخص غنی شدگی

اطلاع از پارامترهای آماری جامعه شاخص غنی شدگی و همچنین نوع توزیع جامعه، اولین شرط برای ادامه روند داده پردازی می باشد. بدین منظور ابتدا فایل شاخصهای غنی شدگی توسط نرم افزار spss مورد پردازش قرار گرفت و جداول پارامترهای آماری داده های Ei و بعد از آن پارامترهای آماری داده های لگاریتمی LnEi تنظیم و تهیه گردید جداول (۲-۳۱) و (۲-۳۲). همانطور که در جداول پیداست اکثر عناصر بعد از لگاریتم گرفتن توزیع نسبتاً نرمالی پیدا کرده‌اند و برای ترسیم نقشه‌ها آماده می‌باشند. بعبارتی تابع اولیه جامعه شاخص غنی شدگی، یک تابع لاگ نرمال بوده که پس از لگاریتم گرفتن به یک جامعه باالنسبه نرمال نزدیک شده‌اند .

در مرحله بعد هیستوگرامهای شاخص غنی شدگی و لگاریتم آنها ترسیم گردید .شکل(۲-۳۶) شاخص غنی شدگی عناصر Au,As,Zn,Cu را نشان می دهد و بقیه هیستوگرامها در بخش ضمیمه آورده شده است. (اشکال ۲-۳۷ تا ۲-۴۲).

همانطور که در مقایسه هیستوگرامها مشخص است اکثریت عناصر بجز عناصر Eu,Hf,Ni پس از لگاریتم گرفتن به جامعه نرمال نزدیک شده اند و برای ترسیم نقشه داده پردازیهای بعد باید از جامعه لگاریتمی استفاده کرد.

۲-۸-۱۰- تجزیه عاملی داده ها

۲-۸-۱۰-۱- مقدمه

هر تجزیه و تحلیل چند مجهوله که برروی بیش از دو متغیر انجام پذیرد، می‌تواند در قالب آنالیز چند متغیره بیان شود. با این تعریف، غالب تکنیکهای چند متغیره در اصل بسط و توسعه آنالیزهای تک متغیره وآنالیزهای دو متغیره می باشند.

شناخت بستگی های ژنتیکی که در بین عناصر وجود دارد، اطلاعات لازم رادر جهت تفسیر هرچه صحیح تر داده های ژئوشیمیایی در اختیار می گذارد. لذا آمار چندمتغیره می تواند جوابگوی مسائل فوق باشد.

بسیاری از تکنیکها ی آماری چند متغیره ، تجزیه و تحلیل چند گانه را با بکارگیری تکنیکهای تک متغیره میسر می سازند. در مقابل روشهای چند متغیره دیگری وجود دارند که با موضوعات چند متغیره سروکار دارند،نظیر تجزیه عاملیFactor Analysis که از میان یک سری از متغیرها، متغیرهای کنترل کننده اصلی را شناسایی می کند. شناخت روابط میان چند متغیر، نخستین گام اساسی درفهم واقعی ماهیت تجزیه و تحلیل چند متغیره است .در این بخش برای بیان ارتباط ژنتیکی میان عناصر از تجزیه و تحلیل عاملی استفاده شده است. از روش تجزیه عاملی، همچنین برای رسم نقشه های چند متغیره و نتایج کلی چند متغیره استفاده شده است .

۲-۸-۱۰-۲- آنالیز فاکتوری Factor Analysis

آنالیز فاکتوری یکی از روشهای چند متغیره است که هدف اولیه آن تفسیر ساختار ماتریس واریانس-کوواریانس مجموعه ای از داده های چند متغیره است. تجزیه عاملی بین مجموعه ای فراوان از متغیرهایی که به ظاهر بی ارتباط هستند، رابطه خاصی را تحت یک مدل فرضی برقرار می کند. تفاوت بین این تکنیک و رگرسیون چندگانه در این است که اولاً متغیرها بطور مستقیم در ساختار

مدل ارتباطی ظاهر نمی‌شوند، ثانیاً تعداد عاملها (ترکیبی خطی از متغیرهای اصلی که ویژگی خاصی از ارتباط بین متغیرها را بیان می نمایند) به مراتب کمتر از تعداد متغیرهای اصلی هستند این روش رابطه ای را در میان متغیرهای به ظاهر بی‌ارتباط با یکدیگر برقرار کرده و در پی تحقق اهداف زیر خواهد بود :

۱- تعیین و شناخت متغیرهای کنترل کننده اصلی درمیان یک سری از داده های ژئوشیمیایی و یا به عبارت دیگر یافتن کمترین تعداد از متغیرهایی که بیشترین تغییرات مشاهده شده را در میان سری داده‌ها نشان بدهند.

۲- تعیین سهم نسبی هر یک از متغیرها در به وجود آمدن تغییرات توزیع عناصر.

بدین منظور برای دستیابی به این اهداف بااستفاده از توانایی های نرم افزار spss، تجزیه و تجلیل نوع R-mode مورد استفاده قرارمی گیرد. این نوع از تجزیه و تحلیل مقایسه ای بدست می دهد تا با تکیه بر آن روابط همبستگی های میان پارامتر های متغیرها (در اینجا غلظت اندازه‌گیری شده توسط آزمایشگاه) در نمونه های آنالیز شده مشخص شود.

از این رو این روش قادر خواهد بود که عناصراصلی موجود در یک مجموعه ژئو شیمیایی را شناسایی و اولویت آنها در تعیین میزان واریانس کلی جامعه در قالب جداول ونمودارها نشان دهد.

در مرحله بعد آنچه لازمه ورود داده ها به محیط چند متغیره است مبنای نرمال بودن آنهاست. در بسیاری از موارد تاکید شده که داده ها قبل از ورود به محیط پردازش چند متغیره دقیقاً مورد بررسی قرارگرفته وداده های خارج از رده Outlier وفوق العاده (Extreme) آنها شناسایی شده، چگونگی حذف و یا کاهش اثر آنها در یک تابع توزیع بررسی شده و در نهایت داده هایی به محیط چند متغیره ای وارد شوند که حتی المقدور نرمال باشند. بنابراین در بررسیهای آماری تک متغیره (جداول پارامترهای آماری، هیستوگرامها و باکس‌پلاتها) و بررسیهای دو متغیره (ضرایب همبستگی) این

شناسایی ها صورت گرفته و پس ازحذف و یاکاهش اثرات لیتولوژیکی داده ها آماده پردازش چند متغیره گردیده‌اند.

در این مرحله از داده پردازی، بعد از نرمال سازی داده ها، فایل داده ها را به نرم افزارهای spss منتقل وتکنیک تجزیه عاملی برروی داده هااجرا گردیده است که نتایج آن در زیرآورده شده است.

- برای مشخص نمودن صحت و تایید تجزیه عاملی، ضریبKMO همراه باآزمون مربع کای (خی) محاسبه گردیده است. مقادیر بزرگ KMO دلالت بر تایید عاملی و مقادیر کوچک آن دلالت بر عدم تایید تجزیه عامل دارد.

تجزیه عاملی بر حسب مقدار KMO به درجات بسیار مناسب ،مناسب ومتعادل تقسیم می‌گردد.

بدین ترتیب که مقادیر حدود ۰،۹ این کیفیت تجزیه عامل را بسیار مناسب، مقادیرحدود ۰،۸، مناسب و مقادیر حدود۰،۷ متعادل قلمداد می گردد. مقادیر زیر۰،۶ هم معتبر به حساب نمی آیند. مقدار KMO چنین تفسیر می گردد:

- مقدار KMO برابر با ۰،۷۶بوده، با توجه به اعتبار آزمون مربع کای که سطح اعتماد آن کاملاً معتبر و درجه آزادی آن برابربا ۳۰۰ است (مقدار۳۰۰ برابر با مجموع داده های ماتریس همبستگی جزیی است) تجزیه عاملی فوق را تقریباً در رده مناسب قرار می دهد (جدول شماره۲-۳۳)

- درصد مشارکت یا Communalitiesکه تجزیه و تحلیل مؤلفه ها ی اصلی(PCA) بیان می‌کند. این درصد برای هر عنصر بصورت جداگانه ترسیم گردیده است(جدول ۲-۳۴). باتوجه به جدول فوق بیشترین درصد مشارکت باضریب۰،۹ متعلق به عناصر V,Co,Sr,Pb,Asو با ضریب ۰،۸ مربوط به عناصرGa,U,Y,Zr,Nb,Cs,Ba,Ti,Sو Ce می باشد. پایین‌ترین درصد مشارکت نیز متعلق به عنصر طلا می‌باشند. ذکراین نکته ضروری است که هرچه درصد مشارکت یک عنصر بالاتر باشد دلیل بر مشارکت بالای این عنصر در تحلیل واریانس عمومی داده ها است. مقادیر ویژه درصد واریانس و درصد تجمعی واریانس هر مؤلفه بطور جداگانه محاسبه شده است .

- مقادیر ویژه: حاصل جمع ستون بارها (Loadings) برای هر عامل می باشد که بیانگرمقدار واریانس محاسبه شده برای هرکدام از عاملها است .

- درصد واریانس: این پارامتر بیانگر مقدار تغییر پذیری محاسبه شده برای هر مؤلفه می باشد.

- درصد تجمعی واریانس: پارامتر مذکور بیانگر جمع واریانس هر مؤلفه با واریانس مؤلفه های قبلی می باشد.

به عبارتی از۲۵ عنصر (که بعنوان ۲۵ متغیر در نظر گرفته شده) مجموعاً۷۹،۶ درصد تغییرات درنظر گرفته شده است (جدول ۲-۳۳).

باتوجه به جدول (۲-۳۴) و نمودار صخره ای Scree plot ، هفت مؤلفه انتخاب گردیده که برای انتخاب این مؤلفه ها بایدبه مسائل ذیل در نظر گرفته شده است:

۱- درصد تجمعی واریانس بالای ۶۰ درصد از یک جامعه ژئو شیمیایی، می تواند معرف تقریبی جامعه باشد. درصد تجمعی هفت مؤلفه به تقریب بیش از ۶۹،۷ درصد جامعه را پوشش داده که برای تجزیه و تحلیل مؤلفه ها مناسب می باشد.

۲- در بررسیهای آماری ژئوشیمیایی از نمودار صخره‌ای که مقادیر ویژه بر حسب اهمیت آنها از بزرگ تا کوچک ترسیم می گردد، استفاده می شود. با توجه به نمودار صخره ای، مقادیر ویژه بالای دو و یا دومین شکست معتبر بالای دو ، برای انتخاب مؤلفه ها مورد استفاده قرار گرفت.

باتوجه به جدول (۲-۳۳) مقدار ویژه خام مؤلفه اول ۷/۱۲، مؤلفه دوم ۳/۵۷ ، مؤلفه سوم ۳ ، مولفه چهارم ۲/۲ ، مولفه پنجم ۱/۷، مولفه ششم ۱/۱و مولفه هفتم ۱ و مولفه چرخش یافته اول تا هفتم به ترتیب۲/۵،۶/۲،۲/۳،۵۵/۳،۵/۲،۴/۲،۱/۲و۱/۲ودرصد واریانس مولفه اول تا هفتم به ترتیب برابر ۴۸/۲۸،۲۸/۱۳،۱۳/۱۴،۱۶/۱۲،۹/۷،۴/۴و۴ درصد می‌باشد. پس از این هفت مؤلفه، مقادیر ویژه واریانس بشدت نزول پیدا می کند پس می توان هفت مولفه اول را برای تجزیه و تحلیل عاملی استفاده کرد.

بعد ازاینکه مؤلفه‌ها انتخاب گردیدند، باید در نظر داشت که مؤلفه‌های خام (غیرچرخشی) نمی توانند تمامی تغییرپذیری واقعی جامعه رانشان دهند. چون در بسیاری از موارد تعدادی از متغیرها به یک عامل ویژه یاحتی به تعدادی از عاملها بستگی دارند و این مسئله تعبیر عوامل را با مشکل روبرو می سازد از این رو روشهایی موجود می باشد که بدون تغییر میزان اشتراک، باعث تعبیر ساده عوامل می‌شوند ، این روشها همان دوران عاملها هستند. بنابراین مؤلفه‌های خام بایستی تحت تابع مشخصی چرخش داده شوند تا معتبرترین واریانس برای جامعه عمومی بدست آید.

در بررسیهای ژئوشیمیایی بیشتر از توابع وریمکس Varimax استفاده می شود. با انتخاب تابع وریمکس، دورانی متعامد برروی ضرایب عامل صورت می گیرد. با این دوران، تغییرات مربعات عناصر ستونی برآورد ضرایب عاملها را به حداکثر می رساند. این روش مقادیری به نسبت بزرگ (از نظرقدر مطلق) یا صفر به ستونهای ماتریس ضرایب عاملها اختصاص می دهد در نتیجه عواملی ایجاد می‌گردد که یا شدیداً به متغیرها بستگی دارند و یا مستقل‌از آنها هستند .

این امر سبب ساده تر شدن تغییر عاملها خواهد شد .مؤلفه های چرخش یافته جدیدی که بدین ترتیب بدست می آید، مؤلفه های اصلی برای محاسبه امتیازات می باشند. مؤلفه های چرخش یافته و همچنین نمودار صخره ای در جدول (۲-۳۴) آورده شده است .

با استفاده از جدول عاملی مقادیر چرخش یافته، مقدار ضریب 0/5- + اساس انتخاب هر متغیر در هر عامل می باشد. لازم به ذکر است که اعداد مثبت رابطه ای معکوسی با اعداد منفی خواهند داشت. با توجه به مطالب مذکور هفت عامل فوق شامل عناصر زیر می باشند.

1- Y,Ga,Zr,Cr,V,Ti
2- Ce,Cs,Ba,Co,(V0,(Ti)
3- Sr,S,U,Nb
4- Ni,Cu,Sb
5- Pb,As,Zn
6- Eu,Au,Mn

7- Sm,P

- عامل چهارم : عناصر نیکل، مس و آنتیموان همبستگی بالایی نشان داده‌بودند. حضور عنصر Au در عامل ششم نیز با اهمیت به نظر می‌رسد.

- عامل پنجم: عناصر موجود در این عامل در مبحث همبستگی نیز ارتباط ژنتیکی خوبی نشان داده‌اند. وجود عناصری مثل روی ، سرب و آرسنیک اهمیت خاصی به این فاکتور داده است.

۲-۸-۱۰-۳- معرفی ناهنجاریهای عاملی :

پس از مشخص شدن امتیاز هر عامل، مقادیرعاملی هر نمونه محسوب شده، همانند سایر عناصر نقشه ها و ناهنجاریهای فاکتورهای۵,۴و۶ بدلیل اهمیت آنها در محدوده ترسیم گردید. نقشه سایر فاکتورها داخل cd پیوست آمده است.

۲-۹- روش و تهیه نقشه های ژئوشیمیایی

نقشه ها به عنوان آخرین مرحله از به تصویر در آوردن داده ها محسوب می گردند و راهکارهای اجرائی و پیگیری هدف های اکتشافی ، در راستای نقشه تجزیه و تحلیل آن به سهولت قابل دسترسی است. تمامی مراحل داده پردازی در نهایت منتهی به معرفی مناطقی می شوند که حاوی بالاترین پتانسیل اکتشافی می باشند. اما این پتانسیل نبایستی به مفهوم تمرکز مواد معدنی بویژه در نقشه های تک متغیره در مناطق ناهنجار باشد بلکه قصد نهایی معرفی مناطقی است که در آنها گروهی از نمونه ها بطور مشترک در دسته ای از عناصر ناهنجاری نشان داده اند.

۲-۹-۱- تخمین شبکه ای داده‌ها

۲-۹-۱-۱- مقدمه

تخمین شبکه‌ای یکی از روشهایی است که با استفاده از داده های مربوط به نقاط نمونه برداری تخمین‌هایی در مورد نقاطی که از آنها نمونه‌برداری صورت نگرفته انجام می دهد. با توجه به گستردگی مناطق تحت پوشش اکتشاف به روش رسوبات آبراهه‌ای و نیز چگالی پایین نمونه برداری بخصوص در ایران روش تخمین شبکه ای کارایی بهتری دارد.تخمین شبکه به ژئوشیمیست ها امکان می‌دهد تا نتایج حاصل از تخمین اطلاعاتی که مستقیماً از سلولها بدست می آید را به سایر سلولها نسبت دهند. این اطلاعات عموماً شامل فراوانی عناصر و شاخص های غنی شدگی مربوط به آنها می شوند.

در چنین حالتی افزایش تعداد سلولهایی که در مورد آنها داده ای بدست می آید، موجب می گردد تا ارتباط منطقی بین فراوانی یک عنصر در سلولها ظاهر گشته و امکان ارزیابی منطقه بندی موجود در نقشه توزیع یک عنصر فراهم گردد برای مثال اگر آنومالی توسط مقادیر زمینه محصور گردد. در این صورت این مدل تغییرات تدریجی از حد زمینه به حد آستانه و از حد آستانه به آنومال موجب افزایش اعتبار خواهد گردید. تبدیل یک شبکه نامنظم نمونه برداری به یک شبکه منظم از امتیازات دیگر تخمین شبکه است. مهمترین ویژگی رسوبات آبراهه ای به منظور ارزیابی پتانسیل کانی‌سازی می تواند ناشی از این واقعیت باشد که مقدار هر متغیر در رسوبات رودخانه ای دارای خاصیت برداری است و جهت این بردار به طریقی است که همواره فقط برای ناحیه بالادست خود صادق است به عبارت دیگر ارقام حاصل از بررسی رسوبات آبراهه‌ای بر خلاف سایر روشهای ژئوشیمیایی خاصیت جهت یافتگی دارند و همواره انعکاس دهنده تغییرات در بالادست خود می باشند.

روش تخمین شبکه ای به نحوی طراحی گردیده که این اثر مهم را به حساب آورد. این تکنیک بر اساس برداری بودن داده های رسوبات آبراهه ای بنا گردیده است، بدین صورت که داده های حاصل از

برداشت رسوبات آبراهه ای فقط شامل اطلاعات حوضه آبریز بالادست خود بوده و نمی‌تواند در تخمین نقطه‌ای که در پایین دست آنها قرار دارد، شرکت کند. لذا برای درون یابی چنین داده های جهت دار، ابتدا باید مرز حوضه آبریز مربوط به نمونه ها مشخص شده، سپس جهت داده‌ها که می تواند در تخمین شرکت نماید مشخص شود. بدین صورت امکان معرفی ساخته تغییر پذیری داده ها فراهم می‌گردد. بدیهی است بیشترین انطباق بین یک شکل هندسی با حوضه آبریز را در یک چند ضلعی نیمه منتظم یافت. این چند ضلعیها یا به اصطلاح پلی گونها با استفاده از نقشه های توپوگرافی برای حوضه هر نمونه ترسیم گردند.

برای رسیدن به اهداف فوق یک Extention تحت بسته نرم افزاری Arcview طراحی گردیده که به صورت نیمه اتوماتیک بوده و با بهره گیری از نقشه های توپوگرافی در حداقل زمان و به بهترین نحو حوضه ها را ترسیم نموده و تا حد امکان حوضه های آبریز را اصلاح می نماید.

۲-۱۰- تعبیر و تفسیر نقشه های ژئوشیمیایی

در روش تخمین شبکه ای ابتدا نقشه مورد نظر بوسیله شبکه ای از سلولهای هم بعد پوشانده می شود که ابعاد شبکه به مقیاس برداشتها و دقت مورد نیاز بستگی دارد. در این پروژه از شبکه های ۳۰×۳۰ استفاده گردید. در نهایت سه نوع وزن شامل فاصله، مساحت و نسبت مساحت اشغال شده از سلول مورد تخمین به مجموع مساحتهای اشغال شده برای هر سلول محاسبه گردیده و با توجه به این اوزان مقدار یک متغیر در هر یک از سلولهای شبکه تخمین زده می شود. نقش هر یک از وزنهای سه گانه به شرح زیر می باشد.

۱- وزنی که می تواند منعکس کننده فاصله بین موقعیت نمونه و مرکز سلول شبکه مورد تخمین باشد. در این مورد عکس مجذور فاصله به عنوان وزن مورد نظر به کار برده می شود.

۲- وزنی که می تواند منعکس کننده نسبت این قسمت از مساحت یک پلی‌گون که درون سلول خاصی واقع شده است به کل مساحت پلی‌گون باشد.

۳- وزنی که می تواند منعکس کننده نسبت سهم مساحت یک پلی‌گون خاص به جمع مساحت پلی‌گونهای مختلفی که با مساحتهای گوناگون سلول شبکه خاصی را اشغال می کند، باشد.

برای این منظور همین Extention دارای گزینه ای است که می تواند موارد آورده شده در بالا را محاسبه و انجام دهد، لذا در این پروژه توسط این Extention یک بار داده های خام و یک بار داده های شاخص غنی شدگی مورد تخمین قرار گرفته‌اند.

اشکال (۲-۴۳) تا (۲-۵۴) نقشه های داده های خام و غنی شدگی عناصر مهم در محدوده را نشان می دهند. نقشه عناصر مهم در بخش ضمیمه در قطع بزرگتر آورده شده است. (سایر عناصر در CD پیوست می باشد). همچنین اشکال (۲-۵۵) تا (۲-۵۷) نقشه های حاصل از آنالیز فاکتوری داده ها را نشان می دهد.

۲-۱۱- معرفی مناطق امید بخش ژئوشیمیایی

مهمترین و کارآمدترین بخش یک پروژه ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ معرفی نواحی ناهنجار عناصر مختلف می باشد که نقش عمده‌ای در تعیین مناطق امیدبخش ایفا می کند. برای تعیین مناطق امیدبخش ، پارامترهای مهمی همچون طراحی صحیح و منطقی ، نمونه برداری دقیق، آماده سازی و روش آنالیز مفید و کارساز با حد خطای مجاز و سرانجام داده پردازی های مناسب انجام شده بر روی نتایج آنالیزها نقش اساسی و پایه‌ای به عهده دارند. در راستای تحقق این مسائل، این مشاور از بهترین نیروهای متخصص برای عملیات نمونه برداری و داده پردازی استفاده کرده است. جداول ۲-۳۵ تا ۲-۴۰ مهمترین مناطق ناهنجار عناصر مهم و جداول

۲-۴۱ تا ۲-۴۳ مهمترین مناطق ناهنجار عوامل فاکتوری مهم در محدوده را نشان می‌دهد. در این جداول موقعیت جغرافیایی تمامی مناطق ناهنجار هر عنصر به علاوه نمونه های موجود در مناطق و مقادیر خام و غنی شده آنها، هم پوشانی این مناطق با عناصر و عوامل فاکتوری دیگر و سنگ های بالادست این مناطق آورده شده است. کنترل ناهنجاری های ارائه شده با مطالعات کانی سنگین و آنالیز نمونه های میزالیزه و آلتره در مرحله بعدی صورت گرفته است. همچنین شکل شماره ۲-۵۸ نقشه پراکندگی عناصر مهم بر اساس M+3S را نشان می دهد.

فصل سوم:

اکتشافات کانیهای سنگین

۳-۱- مقدمه

نقشه‌های تک عنصری و فاکتوری ترسیم شده در فصل دوم منتج به ارائه نواحی شد که ممکن است از پدیده‌های کانی سازی احتمالی و یا مؤلفه‌های سن ژنتیک هاله‌های اولیه تاثیر بگیرد. همزمان با انجام نمونه برداری ژئوشیمیایی، عملیات برداشت نمونه‌های کانی‌سنگین و بعد از معرفی مناطق ناهنجار، عملیات کنترل ناهنجاری‌ها دراین مناطق با هدف تمیز ناهنجاری‌های واقعی از ناهنجاری‌های کاذب و ظاهری باتوجه به بررسی‌های دقیق و نمونه‌برداری برونزدهای احتمالی میزالیزه و آلتره میسر گردید.

از طرفی روش‌های آنالیز شیمیایی نمی‌توانند فاز پیدایش کانی‌سازی را مشخص کنند. معمولاً بسته به نوع حلال و روش آنالیز تمام و یا بخشی از عناصر را مورد سنجش قرار می‌دهند. از این روست که اطلاعات تکمیلی به ویژه در مورد نمونه‌های کانی سنگین ضرورت پیدا می‌کند. ظهور یک عنصر در فازهای مختلف می‌تواند از روش مطالعاتی و اقتصادی گوناگونی داشته باشد که بررسی و اطلاع از آن در حیطه توانمندی‌های کانی‌های سنگین می‌باشد.

۳-۲-روش نمونه برداری و اهداف آن

۳-۲-۱- طراحی شبکه نمونه برداری و نحوه نمونه‌برداری و کد گذاری نمونه های کانی سنگین

مواردی از جمله اجتناب از حواشی آبراهه‌ها، رژیم بارندگی، شیب توپوگرافی، پهنای آبراهه، حوضه آبریز، انتخاب مئاندر، دانه‌بندی رسوبات می‌توانند پارامترهای مهمی در نمونه‌برداری کانی سنگین باشند. در آبراهه‌های با عرض بیش از سه متر نمونه‌های کانی سنگین در چندین نقطه از عرض آبراهه‌ها برداشت می‌گردد.

عمق برداشت نمونه بین ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر بوده است. اصولاً باید در شرایط محیط خشک حجم ۱۰-۵ لیتر از زیر الک ۲۰ مش و یا ۲۰-۱۵ لیتر الک نشده برداشت گردد. بدیهی است که عواملی چون همگن نبودن ذرات، محل پیچش آبراهه‌ها، آبشارکها Rapids، محل اتصال آبراهه‌ها، مرکز ثقل آبریزها و ... محل‌های مناسب برای برداشت کانی سنگین بوده‌اند. نکته دیگر توجه به رنگ رسوبات بوده است. تجربه ثابت کرده رسوباتی با رنگ سیاه، قهوه‌ای و قرمز نتایج بهتری بدست می‌دهد. مکان‌هایی که جهت آب، عمود بر سنگ‌ها می‌باشد، پشت و جلوی سنگ‌های بزرگ و موانع طبیعی هم برای این کار مناسب تشخیص داده شده است. برای کد گذاری نمونه های کانی سنگین مشخصات هر نمونه شامل شماره صحرایی، محیط نمونه برداری نظیر رودخانه آبرفت و ... لیتولوژی بالا دست آبراهه و ... ثبت گردید. شماره نمونه ها بصورت D-H-21 کدگذاری شد (D مخفف برگه دلیجان ۴ و H مخفف Heavy یا سنگین که بخش زیر ۲۰ مش و 21 شماره محل نمونه) نمونه ها پس از آماده‌سازی اولیه، آماده مطالعه در زیر میکروسکوپ گردید.

۳-۲-۲- هدف از نمونه‌برداری کانی سنگین

از مهمترین مزایای برداشت و مطالعات کانی سنگین به نکات زیر می‌توان اشاره کرد:

- بررسی مستقیم و عینی کانی‌ها و مشاهده گروه عمده کانی‌های اقتصادی
- قرار گرفتن قریب به اتفاق کانی‌های ارزشمند اقتصادی در گروه کانی‌های سنگین
- شناخت فاز شکل‌گیری کانی‌ها و بکارگیری این اطلاعات در زمینه مطالعات فنی و اقتصادی و برآورد چگونگی استحصال ماده معدنی
- شناخت انحصاری بعضی از کانی‌ها که تنها توسط روش بررسی کانی‌های سنگین مقدور می‌شود. از آنجمله می‌توان به پی‌جویی یک نوع ویژه از مونازیت به نام بدوفان را اشاره کرد.

- کسب اطلاعات ارزشمند از شکل، اندازه و نحوه فرم هر کانی سنگین که معرف دوری و نزدیکی از منشا کانی‌سازی، میزان فرسایش و ... است.
- پاراژنزهای شناخته شده کانی‌های سنگین حتی در صورت فقدان کانی‌های ارزشمند تا حدود زیادی معرف پتانسیل اقتصادی در منطقه فرادست نمونه‌ها است.
- کوتاه کردن سیکل یک پروژه اکتشافی و در پی آن صرفه‌جویی در هزینه و زمان
- یافتن الگوی پراکندگی رسوبات و تعیین وضعیت لیتولوژی عمومی منطقه و خاستگاه بالقوه کانیهای ارزشمند

۳-۲-۳- مطالعه نمونه‌های کانی سنگین

سه فراکسیون به دست آمده از آماده‌سازی نمونه‌ها با میکروسکوپ دو چشمی مطالعه می‌شوند. مبنای مطالعات، نظرات و تجربیات یک مینرالوژیست مجرب است که در این زمینه تبحر داشته و به روش‌های کمکی (میکروشیمی، سختی‌سنجی، رنگ‌آمیزی و ...) آشنایی کامل داشته باشد.

مطالعه تمامی فراکسیون‌های نمونه و مشخص کردن ذرات مشاهده شده و تکمیل جدول مربوطه بر اساس میزان کانی‌های مطالعه شده در هر بخش منجر به تکمیل مطالعات کیفی در زمینه کانی‌های سنگین می‌گردد. در نهایت جداول مربوط (که در پیوست آورده شده‌است)، ارائه گردید. این جداول بایستی مراحل کمی شدن داده‌ها را جهت ورود به مرحله داده‌پردازی و ترسیم نقشه‌های نمادین پشت سر گذارند.

۳-۳- نحوه آماده سازی نمونه های کانی سنگین

اولین مرحله آماده‌سازی نمونه‌ها تغلیظ نمونه‌های آبرفتی برداشت شده می‌باشد. نمونه‌های کانی سنگین برداشت شده، ابتدا گل‌شویی شدند. هدف از این مرحله جداسازی رس، سیلت و ذرات معلق

می‌باشد. پس از پایان این مرحله نمونه‌ها در لاوک‌های ویژه‌ای قرار گرفته و بر پایه خاصیت اختلاف وزن کانی‌ها و غوطه‌ور نمودن نمونه‌ها و انجام حرکات دورانی ذرات سبک جداسازی می‌گردند. این عمل تا آنجا ادامه می‌یابد که نمونه به حجم دلخواه برسد. در مرحله بعد نمونه‌ها با محلول مایع سنگین (بروموفرم) مورد جدایش قرار گرفته و سپس توسط آهن‌رباهای دستی با بارهای مغناطیسی متفاوت به سه فراکسیون تقسیم گردیدند: بخش کانی‌های دارای خاصیت مغناطیسی شدید AA، کانی‌های دارای خاصیت مغناطیسی متوسط AV و کانی‌های فاقد خاصیت مغناطیسی NM تقسیم‌بندی می‌شوند.

۳-۴- کمی کردن (Quantitative) داده‌های کانی‌های سنگین و تعیین نمونه های مهم و خیلی مهم

هدف از کمی کردن نتایج به دست آمده از مطالعات کانی‌های سنگین تجزیه و تحلیل‌های آماری مرسوم در مطالعات ژئوشیمیایی است. داده‌های کیفی در مورد کانی‌هایی چون طلا و نقره و پلاتین و ... و به طور کلی کانی‌های کانسارساز اقتصادی مفید واقع می‌شود. ولی در مورد توزیع کانی‌های سنگ‌ساز و کانی‌هایی که از درصد اقتصادی فراوانی برخوردار نیستند، روش کیفی کارساز نیست و بهتر است که نتایج به صورت کمی ارائه شوند.

از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار در کیفی‌کردن نتایج داده‌ها، حجم یا وزن کل نمونه برداشت‌شده، حجم یا وزن پس از شستشو، حجم یا وزن مقدار انتخابی برای جدایش با محلول سنگین، حجم یا وزن نمونه پس از جدایش با محلول سنگین می‌باشد.

برای تبدیل داده‌های کیفی به کمی و در نتیجه امکان محاسبات آماری و پردازش‌ها از فرمول ذیل استفاده گردید.

در این فرمول پارامترهای مختلف عبارتند از:

$$ppm = \frac{A.B.C.1000.D}{X.Y.D'}$$

A: درصد کانی محاسبه شده در هر بخش از سه بخش مورد مطالعه

B: حجم نمونه پس از جدایش با محلول سنگین

C: حجم نمونه پس از شستشو و تغلیظ

X: حجم نمونه اولیه برداشت شده

Y: حجم انتخابی برای جدایش با محلول سنگین

D: وزن مخصوص کانی مطالعه شده

D': میانگین وزن مخصوص رسوبات

جدول شماره ۳-۱ نتایج کمی کردن داده‌های خام کانی‌سنگین را نشان می‌دهد.

همچنین در این جدول نمونه های مهم و خیلی مهم کانی های سنگین نیز با رنگ کردن سلولشان مشخص شده اند. با توجه به این جدول نمونه هایی که سلول آنها به رنگ نارنجی می باشد نمونه های خیلی مهم مانند نمونه D-H-6 و نمونه هایی که سلول آنها به رنگ آبی می باشد نمونه های مهم می باشند، مانند نمونه D-H-1 .

۳-۵- بررسی خطای نمونه‌برداری کانی‌های سنگین

از آنجا که مطالعات کانی سنگین مطالعه کیفی می‌باشد و کمی کردن داده‌های آن فقط از طریق فرمولی انجام می‌پذیرد که اعتماد کامل به آن منطقی به‌نظر نمی‌رسد، گرفتن نمونه‌های تکراری کانی سنگین منطقی به‌نظر نمی‌رسد.

۳-۶- پردازش داده‌های کانی‌سنگین

۳-۶-۱- جدول پارامترهای آماری

همانطور که مشخص است برداشت نمونه‌های سنگین بر اساس خصلت و ویژگی‌های این نوع نمونه‌برداری بر پایه شناخت کانی‌های اقتصادی انتشار یافته استوار بوده است. در این محدوده تعداد ۸۴ نمونه کانی سنگین از گستره برگه ۱:۲۵۰۰۰ دلیجان ۴ برداشت گردید. بطورکلی در نمونه‌های کانی‌سنگین دلیجان ۴ تعداد نمونه‌های شاخص کانی‌ساز بسیار کم می‌باشد. از مهمترین کانی‌های اقتصادی به مالاکیت ، سینابر، باریت و طلا می‌توان اشاره نمود. از دیگر کانی‌های اقتصادی نیز می‌توان به ایلمنیت، هماتیت، مگنتیت و غیره می‌شود اشاره کرد.

اصلی‌ترین پارامترهای آماری شامل تعداد نمونه (Valid & Missing)، میانگین، میانه، انحراف معیار، واریانس، چولگی و کشیدگی، میزان حداقل و حداکثر و درصدهای کانی‌های سنگین در جداول شماره ۳-۲ و ۳-۳ آورده شده است. در این جدول پارامترهای آماری تمامی کانی‌های سنگین مطالعه شده و حتی آنهایی که فقط در یک نمونه مشاهده شده‌اند نیز آورده شده است. البته با توجه به تعداد اندک مشاهده، بسیاری از پارامترهای آماری مفهوم خود را از دست می‌دهند ولی با توجه به نمایش و ارائه تمامی پارامترها و اینکه چه کانی‌هایی با چه مقدار و در چه نمونه‌هایی دیده شده‌اند، لزوم ارائه این جدول را بیش از پیش هویدا می‌کند. از جدول فوق چنین برمی‌آید که کانی‌هایی همچون باریت، هماتیت، مگنتیت، لیمونیت، پیریت اکسید و زیرکن در بیش از ۸۰ نمونه مشاهده شده است. اپیدوت، رتیل، آپاتیت، لوکوکسن و گوتیت و پیروکسن در بین ۶۰ تا ۷۵ نمونه مشاهده می‌شود. کانی‌های آراگونیت، آرسنوپیریت، آندالوزیت، کلریت، فلوریت، پیرولوزیت، پیرومورفیت و اسفن تنها در یک نمونه مشاهده شده‌اند. همچنین کانی سنگین مهم طلا تنها در سه نمونه مشاهده شده است.

۳-۶-۲- هیستوگرام‌های کانی‌های سنگین

از آنجا که جوامع عددی داده‌های کانی‌های سنگین فاقد سری داده‌های کامل می‌باشند و ممکن است بعضی از کانی‌ها تنها در موارد انگشت‌شماری از نمونه‌ها مشاهده شوند، پردازش آماری آنها چندان مطلوب به نظر نمی‌رسد و تنها به جداول و نمودارهایی بسنده می‌شود که خصلت بیان اطلاعات را دربر داشته باشند، هیستوگرام‌ها نیز از این دسته هستند. هیستوگرام‌های کانی‌های سنگین برگه دلیجان ۴ مختص به نمایش ۳۸ کانی سنگین می‌باشد، در حالیکه در جدول پارامترهای آماری ۴۶ کانی سنگین مورد بررسی قرار گرفته است. اختلاف این دو مورد، در کانی‌های سنگینی است که تعداد مشاهدات آنها بسیار اندک بوده است.

اشکال شماره ۳-۱ و ۳-۲ برخی از هیستوگرام‌های کانی‌های سنگین در برگه دلیجان ۴ را نشان می‌دهد. سایر هیستوگرام‌ها (۳-۳ تا ۳-۵) در پیوست آورده شده است.

۳-۶-۳- محاسبه شاخص غنی‌شدگی کانی‌های سنگین

۳-۶-۳-۱- مقدمه:

کاربرد شاخص غنی‌شدگی، تعریف آن و نحوه استفاده از آن در جهت کاهش تاثیر اثرات لیتولوژی و ناهمگنی‌ها در مباحث قبلی توصیف شد. گوناگونی لیتولوژی‌های بالادست نمونه‌ها از عوامل ناهمگن‌ساز محسوب می‌شود که با توجه به شناخت لیتولوژی‌های مختلف و بررسی تمرکز یا پراکندگی بعضی از عناصر در آنها می‌توان به توجیه این امر (خنثی کردن اثر لیتولوژی در نمونه‌های ژئوشیمیایی) پرداخت. اما در اینجا مسائلی باقیست که آیا می‌توان به صحت نسبی نقشه‌ها اطمینان داشت. با توجه به اینکه شناسایی واحدهای لیتولوژی بر مبنای نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بود آیا به صحت نسبی نقشه‌ها می‌توان اطمینان کرد؟

مسئله دیگر اینکه نقشه‌های زمین‌شناسی گویای عوارض سطحی می‌باشد، آیا امکان حضور توده‌های نفوذی با عمق کم در زیر آنها و تاثیر آپوفیزهایی در لایه‌های رویی وجود ندارد؟ گرچه نقشه‌های ژئوفیزیک هوایی امکان شناسایی نسبی این توده‌ها را تا حدودی می‌دهد.

اصل داده‌های کانی‌های سنگین بر پایه داده‌های کیفی استوار است، تغییر ماهیت این داده‌ها به داده‌های کمی خالی از ایراد نخواهد بود، حال بعد از کمی کردن اطلاعات چگونه مثلاً یک یا دو مورد مشاهده از کانی طلا را با شاخص غنی‌شدگی مرتبط کنیم نتایج واقعی‌تر می‌شود؟

فرآیندهای کانی‌سازی و تاثیرات آنها در منطقه در بسیاری از موارد به دلیل عدم همخوانی با مقیاس نقشه‌ها و یا قرار گرفتن در درجات بعدی اهمیت، حین تهیه نقشه انعکاس واضحی را ندارند، آیا این فرآیندها را می‌توان در قالب لیتولوژی سنگ‌های میزبان به تصویر کشید؟

از طرفی نمونه‌گیری کانی‌های سنگین دارای محاسن می‌باشد از جمله عینی بودن آنها و امکان کنترل و آنالیزهای میکروشیمیایی در شناخت واقعیت فاز تشکیل آنها و نحوه واکنش آنها در محیط‌های مختلف.

با توجه به مطالب ذکر شده و مطالب ناگفته دیگر به نظر می‌رسد که شاخص غنی‌شدگی کانی های سنگین کارایی بالایی نداشته باشد.

گروه‌هایی از نمونه‌های کانی سنگین که در واحدهای لیتولوژی مختلف قرار دارد تعیین و مجزا شدند (شکل ۳-۶ مجموعه سنگ‌های بالادست و تعداد آنها را در نمونه‌های سنگین دلیجان ۴ نشان می‌دهد). همانطور که مشاهده می‌شود گروه‌های تک سنگی ۲۴ نمونه، گروه‌های دوسنگی ۳۸ نمونه، گروه‌های سه‌سنگی ۱۳ و گروه‌های چهارسنگی شامل ۹ نمونه می‌شوند. بیشترین مقدار مربوط به گروه تک‌سنگی SC می‌باشد که شامل ۲۱ نمونه می‌شود.

به علت کم بودن تعداد نمونه هر گروه انتقال داده‌ها به محیط spss و آنالیز کلاسه و تجزیه و تحلیل نوع (Q-mode) صورت نگرفت. دلیل واضح این امر عدم فراوانی مناسب برای محاسبات آماری در داده‌های کانی‌های مهم می‌باشد.

۳-۷- روش تهیه و توصیف نقشه‌های کانی‌سنگین

برای ترسیم نقشه‌های توزیع کانی‌سنگین در منطقه بدلیل تعداد نمونه کم، مقادیر بالای نود در صد فراوانی هر کانی سنگین در نظر گرفته و پس از تعیین حوضه‌ای که هر نمونه از آن تغذیه می‌گردد، محدوده هر کانی با سیمبل و هاشور خاص به نمایش گذاشته شد. در موارد کانی‌سنگین‌های مهم که تعداد داده‌ها کم بوده‌اند، مانند مالاکیت، سرب طبیعی و ... تمامی نمونه‌ها به نمایش گذاشته شده اند. نقشه‌های مذکور (نقشه شماره۲) در بخش پیوست آورده شده است.

همانطور که مشاهده می‌گردد از خانواده گروه سرب که شامل سرب طبیعی، گالن و سروسیت می‌شوند مجموعاً در چهار نمونه مشاهده شده‌اند که دو نمونه سرب طبیعی و دو نمونه گالن می باشد. خانواده گروه مس نیز شامل تعداد ۱۳ نمونه بوده است که مربوط به کانه‌های مالاکیت بوده‌است. طلا تنها در سه نمونه که هریک از نمونه ها فقط یک ذره دارا بودند، مشاهده شده است. سایر مشخصات این سه ذره در جدول شماره ۳-۴ آورده شده است. سینابر نیز در تعداد ۱۶ نمونه مشاهده شده است. سلستین نیز در ۱۱ نمونه مشاهده شد که بیشترین آن مربوط به نمونه D-H-48 با مقدار ۱۶ می باشد.

از طرف دیگر کانی‌های سنگین برداشت شده بر اساس ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی، برونزدهای کانی‌سازی و .... دگرسانی انتخاب گردیده است و طبیعی خواهد بود اگر تطابق کاملی بین نتایج مطالعات کانی‌های سنگین و نتایج آنالیزهای ژئوشیمیایی و پردازش آنها برقرار نباشد.

۳-۸- نمونه‌های کانی سنگین مهم

برای تعیین نمونه های کانی سنگین مهم در منطقه دلیجان ۴ بصورت نسبی نمونه هایی که شامل کانی های اقتصادی و با ارزش بودند را انتخاب کردیم. در این منطقه نمونه های D-H-1 بدلیل داشتن سینابر و مالاکیت، نمونه ۶ بدلیل وجود طلا، نمونه خیلی مهم ۱۶ بدلیل داشتن بالاترین مقدار طلا(۰،۸۶ ppb) و همچنین دارا بودن مالاکیت- مارکازیت- لیمونیت و اسفن، نمونه ۳۱ داشتن سرب طبیعی، نمونه ۴۳ بدلیل دارا بودن بالاترین مقدار سرب طبیعی، نمونه ۵۶ بخاطر وجود بالاترین مقدار آناتاز- هماتیت و زیرکن، نمونه ۶۱ بدلیل دارا بودن بالاترین مقدار گالن، نمونه ۶۳ بدلیل وجود مالاکیت، نمونه ۶۶ بدلیل وجود گالن، نمونه ۶۹ بدلیل وجود مالاکیت و بالاترین مقدار مگنتیت، نمونه مهم ۷۰ بدلیل دارا بودن طلا و مالاکیت و نمونه کانی سنگین ۷۵ بدلیل دارا بودن سینابر- روتیل و زیرکن ، در بین نمونه‌های کانی سنگین اخذ شده از اهمیت بالاتری برخوردار بوده‌اند.

۳-۹- معرفی مناطق امید بخش کانی سنگین

با توجه به کانی های سنگین مهم در برگه ۱:۲۵۰۰۰ دلیجان ۴ تعداد سه منطقه امید بخش برای کانی های سنگین معرفی می شود، که اطلاعات هر منطقه در جداول زیر آمده است. لازم به ذکر است که معرفی این مناطق به مفهوم ارزش اکتشافی آنها نمی باشد و تنها بدلیل وجود کانی های سنگین مهم، بخصوص طلا به عنوان مناطق آنومال کانی های سنگین معرفی می شوند.

منطقه آنومال A که برای باریت و مس حائز اهمیت است:

منطقه آنومالی A				
سینابر(۳،۲)	باریت(۲۷۰)	مالاکیت(۰،۰۸)		D-H-1
مالاکیت(۰،۰۵)				D-H-2

منطقه آنومال B که برای طلا و مس حائز اهمیت است:

منطقه آنومالی B	
مالاکیت (۰،۰۲)	D-H-4
طلا (۰،۰۸)	D-H-6

منطقه آنومال C که با اهمیت ترین منطقه آنومال کانی سنگین بوده و برای عناصر مس و طلا با ارزش می باشد:

منطقه آنومالی C				
مگنتیت(۲۱۹،۵)	لیمونیت(۹۹۶،۴)	مالاکیت(۵،۳۳)	طلا(۰،۸۶)	D-H-16
پیریت(۰،۲۲)	هماتیت(۴۸۲،۸)	مگنتیت(۴۳۹،۱۱)	مالاکیت(۰،۱۸)	D-H-69
هماتیت(۴۵۶،۳)		مالاکیت(۰،۹)	طلا(۰،۴۳)	D-H-70

۳-۱۰- نتیجه‌گیری از مطالعات کانی سنگین

با عنایت به مجموعه کانی‌های سنگین مشاهده شده و مطالعه دقیق کانی‌های سنگین جمع‌بندی زیر ارائه گردیده‌است. در این مرحله بدون توجه به نقشه زمین‌شناسی و با توجه به پاراژنز کانی‌های سنگین برآوردی در زمینه سنگ‌شناسی منطقه صورت گرفته است. در نهایت در یک جدول نمونه‌های مهم واحتمال کانسارسازی ارائه گردیده‌است.

۳-۱۰-۱- برآوردی در زمینه سنگ‌شناسی از دیدگاه کانی‌های سنگین

نگاهی کلی به نمونه‌های کانی‌سنگین برداشت شده از دلیجان ۴ نشان می‌دهد که احتمال کانی‌سازی مهم در منطقه بسیار پایین می‌باشد و تنها احتمال حضور رگه‌ها و رگچه‌های کوچک در منطقه می‌باشد.

- عدم حضور کانی‌های دگرگونی از قبیل آندالوزیت، دییستن و گارنت حاکی از عدم حضور سنگ های دگرگونی در منطقه می باشد.

- وجود کانی‌های پیروکسن و به مقدار کمتر کانی‌های آمفیبول و بیوتیت نشان از حضور سنگ‌های ولکانیکی متوسط در منطقه می‌باشد

- با توجه به عیارکانی‌های آپاتیت، زیرکن، روتیل، اسفن،آناتاز و لوکوکسن به نظر می‌رسد که گسترش کمی از سنگ‌های نفوذی اسیدی و نیمه اسیدی در منطقه داشته باشیم.

۳-۱۰-۲- نوع احتمال کانی‌سازی نمونه‌های مهم در مطالعات کانی‌های سنگین

در جدول۳-۵ مشخصات نمونه‌ها و احتمال کانی‌سازی را در حوضه‌های بالا دست آنها آورده شده‌است. اینکه تا چه اندازه به نتایج این جداول می‌شود تکیه کرد. در مرحله اکتشافات نیمه تفصیلی باز می‌گردد. چراکه بسیاری از این نتایج ممکن است در مراحل بعدی حذف و تعدیل گردند.

فصل: چهارم

تعبیر و تفسیر داده ها

۴-۱- مقدمه

در مبحث کانی سنگین اشاره گردید که همزمان با نمونه‌برداری نمونه‌های ژئوشیمیایی، نمونه‌برداری کانی‌های سنگین نیز صورت گرفت (۸۴ نمونه). این مطالعات منتج به معرفی مناطق ناهنجار گردید. برای پی‌جویی و کنکاش بیشتر در این مکان‌ها، از مناطق آلتره، مینرالیزه، درزها، شکستگی‌ها نمونه های مینرالیزه و از آبراهه های مناطق ناهنجار اقدام به اخذ نمونه های کانی سنگین مجدد (۲۳ نمونه) گردید. در مکانهایی که جنس سنگ مورد تردید و سوال بود نیز اقدام به گرفتن نمونه برای مطالعات میکروسکوپی گردید.

در نهایت تعداد نوزده نمونه برای مطالعات XRD، هشت نمونه برای آنالیز توسط XRF ، یک نمونه برای مطالعات مقاطع صیقلی، سه نمونه برای مطالعات مقاطع نازک، هشتاد و هفت نمونه برای ICP و تعداد بیست و سه نمونه جهت مطالعات کانی سنگین تهیه گردید که جدول ۴-۱ لیست نمونه‌ها و مختصات آنها را نشان می‌دهد. همچنین نقشه پیوست شماره ۳ موقعیت این نمونه‌ها را در برگه دلیجان ۴ نشان می‌دهد. در ادامه شرح نمونه‌های مطالعه شده آمده است.

۴-۲- مطالعه مقاطع نازک

برای دستیابی به ترکیب، نوع کانی، آلتراسیون‌های احتمالی و نام نمونه‌های سنگی برداشت‌شده، از میکروسکوپ پلاریزان استفاده گردید که شرح سه نمونه ۵۳، ۵۰و۶۲ دراشکال ۴-۱ تا ۴-۳ آورده شده است.

۴-۳- مطالعه مقاطع صیقلی

بدلیل تعدد کم نمونه‌های مینرالیزه در محدوده مورد مطالعه، تنها یک نمونه برای مطالعات مقاطع صیقلی استفاده گردید. شرح مقطع صیقلی در شکل ۴-۴ آورده شده است.

۴-۴- مطالعات XRD

تعداد نوزده نمونه در منطقه مورد آنالیز XRD قرار گرفت که نتایج آن بصورت جدول ۴-۲ آورده شده است. همچنین دربخش پیوست گرافهای ارسالی از آزمایشگاه به همراه نوع کانی‌های اصلی و فرعی آورده شده است.

۴-۵- آنالیز XRF

تعداد هشت نمونه برای مطالعات XRF برداشت گردید که نتایج آن در جدول ۴-۳ آورده شده است. همانطور که مشخص است نمونه های C-D-26 دارای مقادیر بالای Fe2O3 به میزان ۶۹/۴۱ درصد، نمونهC-D-24 حاوی مقدار بالای مس به مقدار ۹۰۸۰ گرم در تن و نمونه C-D-27 حاوی روی با مقدار ۵۳۱ و سرب با مقدار ۹۱۹ گرم در تن می باشند.

۴-۶- آنالیز ICP

تعداد هشتاد و هفت نمونه جهت مطالعات عناصر اصلی بویژه طلا به روش ICP برداشت گردید. جدول ۴-۴ نتایج حاصل از این آزمایشات را نشان می دهد. مقادیر داده ها در عناصر Au,Ag,Ba,Be,Bi,Fe,Mn,Mo و Sb بالاتر از حد آنومالی در نمونه های مینرالیزه می باشد. جدول ۴-۵ نمونه های مهم مینرالیزه را به همراه نتایج آنالیز آنها نشان می دهد.

۴-۷- مطالعات کانی سنگین

بر پایه نتایج بدست آمده از بررسی و مطالعه ۲۳ نمونه آبرفتی برداشت شده در محدوده اکتشافی دلیجان ۴ در مرحله کنترل آنومالی، لیتولوژی حاکم بر محدوده را سنگ آهک و دولومیت تشکیل می دهد. محل نمونه های کانی سنگین برداشت شده در نقشه پیوست شماره ۴ آورده شده است. اشکال ۴-۵ تا ۴-۸ هیستوگرام فراوانی کانی های سنگین در مرحله کنترل آنومالی را نشان می دهد.

انتشار بسیار کم و جزئی از کانی هایی همچون آپاتیت، زیرکن، اسفن، آناتاز، روتیل، پیروکسن، آمفیبول، بیوتیت و غیره نشان دهنده گسترش کم رخنمون هایی از سنگ های ولکانیکی و توده های نفوذی در منطقه است. حضور کانی هایی همچون هماتیت، گوتیت و پیریت اکسید نشان دهنده گسترش پدیده هایی همچون هماتیتی، گوتیتی و پیریتی شدن در حوضه های آبریز منطقه می باشد .

از کانی های کانسار ساز می توان به وجود طلا، مالاکیت، باریت و فسفریت اشاره کرد.

با توجه به نتایج بدست آمده، تفسیر هر یک از مطالعات کانی های مهم به قرار زیر می باشد :

طلا :

از تعداد ۲۳ نمونه کانی سنگین در این مرحله، تعداد ۲ نمونه حاوی اثراتی پراکنده و جزئی از انتشار این کانه می باشد.

نمونه های شماره C-H-9 با دو ذره و نمونه C-H-11 با یک ذره و به اشکال لامپی و صفحه ای، گرد شدگی کم تا متوسط و با قطرهای متوسطی برابر با ۷۰-۶۰ میکرون، حاوی طلا بوده اند.

همراهی کانی های مهمی همچون مالاکیت، باریت و پیریت در یک بستر دولومیتی و آهکی نشان دهنده زایش طلا به همراه زایش پیریت ، مس و باریت می باشد .

مالاکیت :

در محدوده اکتشافی مورد مطالعه پنج نمونه حاوی اثراتی از انتشار کانی مالاکیت با مقادیر گرم در تن بدست آمده است. بیشترین مقادیر مشاهده شده در نمونه های C-H-9,11,12 و به ترتیب با مقادیر 20.57ppm ، 38.85ppm و 8.23ppm می باشد .حضور طلا به همراه باریت، پیریت، پیریت اکسید و گوتیت به اهمیت آن می افزاید .کنترل محدوده های مالاکیت دار می تواند منجر به شناسایی اثرات برجایی از زایش مس در حوضه آبریز محدوده های فوق باشد .

باریت :

کانی باریت از کانی های ردیاب در مطالعات کانی های سنگین بوده و در مواردی اجتماعات این کانی می تواند منجر به دستیابی به کانسار های باارزش شود .بیشترین انباشتگی این کانی در نمونه های C-H-5(966.86ppm)، C-H-10(1180ppm) ،C-H-11(720ppm)،C-H-16(707ppm) و C-H-17(684ppm) می باشد . باریت می تواند بصورت رگه و رگچه هایی در متن سنگ های کربناته و دولومیتی تظاهر داشته باشد .

پیریت :

پیریت از کانی هایی است که در مطالعات کانی سنگین بعنوان کانی ردیاب می تواند نقش تعیین کننده ای را ایفا نماید. نمونه های مهم از لحاظ دارا بودن پیریت شامل نمونه های C-H-5(205.71ppm)، C-H-9(71.93ppm) و C-H-11(85.71ppm) می باشد .

فسفریت :

کانی رسوبی فسفر در مطالعات کانی سنگین فسفریت بوده که در نمونه C-H-21 و به مقدار 4.57ppm گزارش شده است .

۴-۸-مدل سازی ناهنجاری های ژئوشیمیایی

۴-۸-۱-مقدمه

توصیف زمین‌شناسی و عوامل موثر آن در هر کانسار و بررسی مجموعه‌های کانسارها در یک ناحیه فراگیر می‌تواند منجر به تعریف مدل توصیفی کانسار مزبور گردد. در این مدل‌ها مشخصه‌های عمومی و کلی کانسار بدون نظر به ارتباط علت و معلول آن مورد کنکاش قرار می‌گیرد و به اصطلاح به نحوه زایش و پارامترهای مورد نظر آن نمی پردازد.

نوعی دیگر مدل‌سازی که به ارتباط زایشی و برآورد و متحمل‌ترین فرآیندهای موثر در آن پرداخته می‌شود به نام مدل‌سازی ژنتیکی مرسوم است.

ژئوشیمیست های روسی و به ویژه پروفسور گریگوریان نوع دیگری از مدل‌سازی را مبنای فعالیت‌های اکتشافی خود قرار داده‌اند. در این نوع مدل سازی با توجه به گستره زون‌های عمودی و افقی عناصر و محاسبه نسبت‌های عناصر فوق کانساری و پلات کردن نتایج پردازش شده آنها روی مدل‌های شناخته‌شده، در نهایت به بررسی سطح فرسایش و تقسیم‌بندی‌هایی خاص هر نوع کانسار خواهند پرداخت.

مدل‌سازی عددی که ارتباط بین داده‌های محیط کانسار، محیط زمین‌شناختی را برقرار کرده و در نهایت با استناد به داده‌های مدل توصیفی به مدل‌هایی دست خواهند یافتد که بیشترین احتمال وقوع آنها در منطقه وجود دارد. اما با توجه به این مسئله ضروری است که بخش مهمی از این داده‌ها متاثر از اطلاعاتی است که در قالب نهشته‌های کوچک مقیاس ارائه شده و ارائه و تشخیص پاره‌ای از آنها به

آگاهی کامل به محیط تکتونیکی و عوارض زمین‌شناختی بستگی دارد و صحت دقت این داده‌ها قبل از ورود به هر نوع سیستم و تصمیم‌گیری نهایی بایستی کنترل شود.

۴-۸-۲-مدل های احتمالی کانی سازی و بحث ژنتیکی زون های کانی ساز در محدوده دلیجان ۴

محدوده مورد مطالعه مساحتی در حدود ۴۲ کیلومتر مربع داشته و از لحاظ زمین شناسی از دگرگونی های پرکامبرین، سازند کهر کمی دگرگون شده، سازندهای سلطانیه، زایگون، لالون و میلا با سن کامبرین ، سنگ آهک ها ودولومیت ها و ماسه سنگ های مزوزوئیک و رادیولاریت ها ، کنگلومرای ماسه سنگی ائوسن، سازندقم و کنگلومرای بختیاری و نهشته های جوان تشکیل شده است.

- آنچه مسلم است میانگین غلظت اکثر عناصر در منطقه پایین بوده و این حاکی از حضور کانی سازی ضعیف در سطح و یا دور دست بودن کانی سازی در منطقه می باشد. بطور مثال ماکزیمم عنصر طلا در منطقه 70 ppb ، آرسنیک 39.3ppm ، مس 324.1ppm ، سرب 105.3ppm و روی 150.6ppm می باشد. بنابراین مناطق امیدبخش معرفی شده، بصورت نسبی انتخاب گردیده اند.
- از طرفی هم پوشانی های عناصر هم پاراژنز با هم و با عوامل فاکتوری، هم چنین وجود نمونه های مینرالیزه و کانی سنگین های مهم هر چند به مقدار کم در این محدوده ها حاکی از حضور مناطقی دارد که بررسی و تامل بیشتری را می طلبد. این محدوده ها به عنوان مناطق امیدبخش معرفی گردیده است.
- به طور کلی آنچه مسلم است در منطقه دلیجان ۴ حضور کانی سازی های مس و طلا را نمی توان انکار کرد. هم پوشانی های خوب این عناصر و تائید کانی سازی ها در آزمایش های نمونه های مینرالیزه و کانی سنگین در دو مرحله مؤید این مسئله می باشد.

- از طرفی وجود چشمه های تراورتن ساز و آب های گرم معدنی احتمال کانی سازی های درجه حرارت پائین در منطقه را دو چندان می کند.

به طور کلی در محدوده اکتشافی دلیجان ۴، سه منطقه امیدبخش معرفی گردیده است. محدوده اول که به نام محدوده A نامگذاری گردیده است، به عنوان آنومالی درجه اول و مهم تلقی گردیده و به عنوان اولین هدف برای اکتشافات تفصیلی معرفی گردیده است. حضور آنومالی های ژئوشیمیایی طلا، مس و آهن در این منطقه و حضور کانی های سنگین طلا، مالاکیت و سینابر در مرحله اکتشافی اول و مرحله کنترل آنومالی موید اهمیت این منطقه می باشد.

محدوده دوم نیز اگرچه بخاطر حضور کانی های سنگین مهم معرفی گردیده است ولی حضور یک معدن خاک زرد قدیمی و آنومالی های ژئوشیمیایی آنتیموان حاکی از اهمیت این محدوده می باشد. این محدوده به عنوان آنومالی درجه دوم معرفی گردیده است.

محدوده سوم نیز تنها بخاطر حضور آنومالی های ژئوشیمیایی مهم و همپوشانی آنها به عنوان آنومالی درجه دوم معرفی گردیده است که می توان به عنوان سومین هدف در منطقه به آن نگریست.

۴-۹-تلفیق کلیه داده ها، معرفی مناطق ناهنجار، رابطه آنومالی ها با نهشته های معدنی

۴-۹-۱-مقدمه

تنوع فرآیندهای زمین‌شناسی، رفتار پیچیده عناصر، چگونگی مهاجرت آنها و تمام پدیده‌های مرتبط با آن، راهی بسیار طولانی را برای تعیین و تشخیص مناطق ناهنجاری واقعی می‌طلبد. بدیهی است که نمونه‌برداری تنها منعکس‌کننده اطلاعات همان ناحیه نمونه‌برداری شده می‌باشد و تعمیم نتایج به تمام منطقه باید با احتیاط صورت بگیرد.

کنترل دقت آزمایشگاهی حاکی از دقت قابل قبول مراحل آنالیز نمونه‌ها می‌باشد. هم‌خوانی نتایج آنالیزهای عناصر ژئوشیمیایی با نمونه‌های کانی‌سنگین جالب بنظر می‌رسد.

۴-۹-۲-معرفی مناطق امید بخش و ارزیابی اکتشافی و اقتصادی هر منطقه

حضور چشمه های آب گرم در منطقه محلات و در مجاورت محدوده اکتشافی دلیجان۴، وجود چشمه های تراورتن ساز به صورت انبوه در منطقه، نزدیکی منطقه به معادن طلای مهم از جمله طلای محلات و موته و معادن سرب و روی قدیمی، حضور کانه های طلا، مالاکیت، سینابر، مگنتیت و باریت در آبراهه های منطقه و حضور هاله های ژئوشیمیایی عناصر مهم همگی موید کانی سازی، بخصوص کانی سازی طلا در منطقه می باشد.

در این مرحله کلیه داده ها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند و مهم ترین مناطق ناهنجار به شرح زیر معرفی گردیدند. اشکال۴-۹ و ۴-۱۰ موقعیت جغرافیایی این مناطق ناهنجار را بر روی نقشه زمین شناسی و ماهواره ای منطقه دلیجان ۴ نشان می دهند.

۴-۹-۲-۱-منطقه ناهنجار A یا منطقه ناهنجار شمال لاسوخشکه

این محدوده در مرکز منطقه دلیجان ۴ و در شمال مزرعه لاسوخشکه واقع شده است. وسعت این محدوده ناهنجار در حدود۳/۶ کیلومتر مربع می باشد. از لحاظ لیتولوژی، این محدوده از ماسه سنگ و کنگلومرای ائوسن، دولومیت های سازند سلطانیه و هم چنین دولومیت، شیل و ماسه سنگ های مربوط به سازند کهر تشکیل شده است. تعداد ۲۹ نمونه ژئوشیمیایی و تعداد ۹ نمونه کانی سنگین در مرحله اول از این محدوده برداشت گردیده است. هم چنین تعداد ۱۲ نمونه برای مطالعات کانی سنگین و ۱۰ نمونه برای XRD ، ۴۱ نمونه برای مطالعات ICP، ۶ نمونه برای XRF و یک نمونه برای مطالعه مقاطع نازک در مرحله کنترل آنومالی از این محدوده برداشت گردیده است.

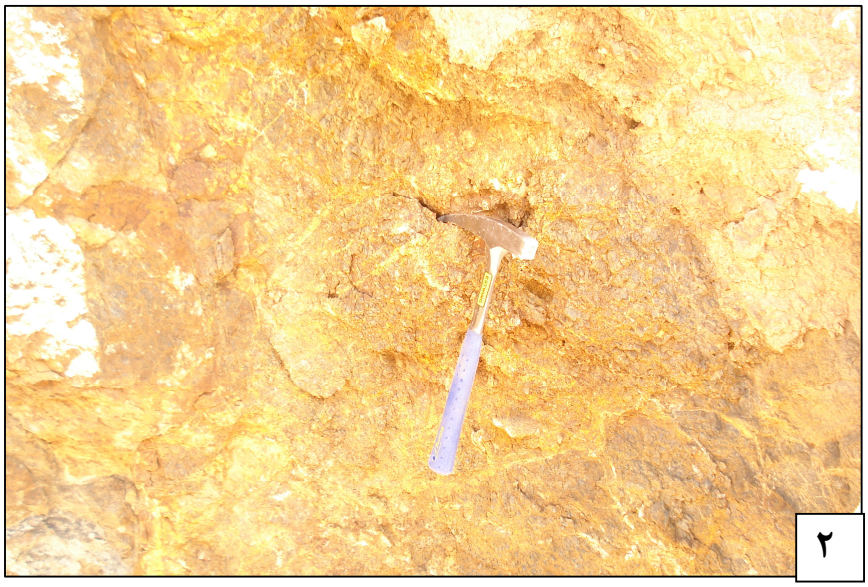
آنومالی های ژئوشیمیایی عناصر مهم آرسنیک، طلا، مس و سرب در این محدوده با هم هم پوشانی داشته و فاکتورهای عاملی چهارم(Ni-Cu-Sb)، پنجم(Pb-As-Zn) و ششم(Eu-Au-Mn) نیز در این منطقه بصورت ناهنجار معرفی گردیده است. مشاهده می شوند. کانی های سنگین برداشت شده از این منطقه حاکی از حضور طلا(نمونه های ۱۶-۷۰)، مالاکیت(تعداد ۵ نمونه)، سینابر، مگنتیت، پیریت و هماتیت می باشد. کانی های سنگین مرحله کنترل آنومالی نیز شامل کانه های طلا، مالاکیت و باریت بوده اند. نمونه های شماره C-D-26 با بالاترین مقدار Fe2O3 به میزان ۶۹،۴۱ درصد، نمونه شماره C-D-24 حاوی مس با مقدار ۹۰۸۰گرم در تن، نمونه C-D-27 حاوی روی با مقدار ۵۳۱ گرم درتن و سرب با مقدار ۹۱۹ گرم در تن در مطالعات XRF ،حاکی از حضور کانی سازی هیدروترمالی در منطقه می باشد.

جدول۴-۶ میانگین عناصر در منطقه دلیجان ۴ و میانگین نمونه های قرارگرفته در این محدوده را با حد آنومالی در رسوبات آبراهه ای مقایسه می کند. تصاویر شماره ۱و۲ نمایی از سنگ های به شدت لیمونیتی شده در این محدوده را نشان می دهد.

با توجه به جدول فوق در می یابیم که عناصر طلا، مس و باریت در این محدوده از اهمیت بالاتری برخوردار می باشند.

۴-۹-۲-۲-منطقه ناهنجار B یا منطقه ناهنجار شمال غرب تجرگان

این محدوده در شمال غرب منطقه دلیجان ۴ و در شمال و شمال غرب مزرعه تجرگان واقع شده است. وسعت این محدوده ناهنجار در حدود۲/۷ کیلومتر مربع می باشد. از لحاظ لیتولوژی، این محدوده از شیل و ماسه سنگ، دولومیت های مربوط به دوره پرمین و دولومیت های سازند سلطانیه تشکیل شده است. تعداد ۲۳ نمونه ژئوشیمیایی و تعداد ۸ نمونه کانی سنگین در مرحله اول از این محدوده برداشت گردیده است. هم چنین تعداد ۵ نمونه برای مطالعات کانی سنگین و ۶ نمونه برای



تصویر ۱و۲: نمایی از سنگ های لیمونیتی شده در محدوده که سبب ناهنجاری های طلا در منطقه می باشد.

XRD ،۲۹ نمونه برای مطالعات ICP یک نمونه برای XRF و یک نمونه برای مطالعه مقاطع نازک در مرحله کنترل آنومالی از این محدوده برداشت گردید.

آنومالی های ژئوشیمیایی عناصر مهم دراین منطقه کم بوده وتنها عنصر آنتیموان در این محدوده از خود ناهنجاری نشان داده است. اما این محدوده از نظر کانی سنگین حاوی کانه های مهم و با ارزش از قبیل طلا، مالاکیت، سینابر و باریت می باشد. در مرحله کنترل آنومالی نیز کانی های سنگین پیریت و باریت در این محدوده مشاهده شدند. هم چنین یک معدن قدیمی خاک زرد نیز در این منطقه وجود دارد(تصاویر شماره ۳و۴). این محدوده به عنوان منطقه آنومالی از نظر کانی های سنگین در نظر گرفته شده است.

جدول۴-۷ میانگین عناصر در منطقه دلیجان ۴ و میانگین نمونه های قرارگرفته در این محدوده را با حد آنومالی در رسوبات آبراهه ای مقایسه می کند.

با توجه به جدول فوق در می یابیم که احتمال کانی سازی هیدروترمالی و کانی سازی درجه حرارت پائین طلا و مس در منطقه می باشد. غلظت میانگین عناصر در منطقه پائین می باشد ولی وجود کانی های سنگین مهم، احتمال کانی سازی در منطقه را زیاد می کند.

۴-۹-۲-۳-منطقه ناهنجار C یا منطقه ناهنجار آبگرم پایین

این محدوده در شمال شرق منطقه دلیجان ۴ و در محل روستای آبگرم پایین واقع شده است. وسعت این محدوده ناهنجار در حدود۰/۳ کیلومتر مربع می باشد. از لحاظ لیتولوژی، این محدوده بر روی ماسه سنگ ها و کنگلومراهای ائوسن قرار گرفته است. تعداد ۳ نمونه ژئوشیمیایی و تعداد یک نمونه کانی سنگین در مرحله اول از این محدوده برداشت گردیده است. هم چنین تعداد ۳ نمونه برای مطالعات کانی سنگین و ۲ نمونه برای XRD ،۴ نمونه برای مطالعات ICP ،یک نمونه برای XRF و یک نمونه برای مطالعه مقاطع صیقلی در مرحله کنترل آنومالی از این محدوده برداشت گردیده است.

تصاویر ۳و۴ : نمایی از معدن خاک زرد در محدوده

آنومالی های ژئوشیمیایی عناصر مهم آرسنیک و طلا در این محدوده با هم هم پوشانی داشته و فاکتورهای عاملی پنجم(Pb-As-Zn) و ششم(Eu-Au-Mn) نیز در این منطقه مشاهده می شوند. در مرحله اول و هم چنین در مرحله کنترل آنومالی نیز کانی سنگین مهم و با ارزشی در این محدوده مشاهده نگردید. این محدوده به عنوان منطقه آنومالی از نظر رسوبات آبراهه ای در نظر گرفته شده است. برداشت نمونه های کانی سنگین با چگالی بسیار بالا در این منطقه و در بالادست این منطقه ضروری بنظر می رسد.

جدول۴-۸ میانگین عناصر در منطقه دلیجان ۴ و میانگین نمونه های قرارگرفته در این محدوده را با حد آنومالی در رسوبات آبراهه ای مقایسه می کند.تصاویر ۵و۶ از تراورتن های موجود در محدوده که نشان دهنده منشاء گرمابی سنگ های منطقه می باشد.

با توجه به جدول فوق در می یابیم که عنصر طلا دراین منطقه از ارزش بیشتری نسبت به بقیه عناصر برخوردار است.

تصاویر ۵و۶ : تراورتن های موجود در محدوده

فصل پنجم:

نتایج و پیشنهادها

نتیجه گیری

مطالعات انجام گرفته در محدوده دلیجان ۴ منجر به دستاوردهایی گردید که اهم آن عبارتند از :

۱- محدوده مورد مطالعه در برگه دلیجان و در یکی از مناطق مهم امیدبخش معرفی شده از بررسی های ۱:۱۰۰۰۰۰ بوده است. مطالعات برروی این محدوده طی چندین مرحله صحرایی صورت گرفت. نتایج آنالیز نمونه های ژئوشیمیایی و کانی سنگین(در دو مرحله) و نمونه های کنترلی حاکی از حضور کانی سازی ضعیف طلا در منطقه می باشد.

۲- نمونه های ژئوشیمیایی در آزمایشگاهXRF سازمان زمین شناسی آنالیز گردید که نتایج حاکی از دقت قابل قبول در این منطقه می باشد.هر چند روش آنالیز شک برانگیز می باشد.

۳- نتایج مراحل مختلف مؤید حضور و تجمع عناصر هم پاراژنز در محدوده های خاص و همپوشانی این عناصر با ناهنجاری های بدست آمده از مطالعات نمونه های کانی سنگین و ناهنجاری های فاکتوری می باشد.

۴- مرحله کنترل آنومالی نیز تا حدودی محدوده های ناهنجار معرفی شده قبلی را تا حدودی تائید و ماحصل مطالعات منتج به معرفی سه محدوده امیدبخش (یک محدوده درجه یکم و دو محدوده درجه دوم) گردید. بطور خلاصه نتایج این مطالعات در جدول ۵-۱ آورده شده است.

۵- حضور فعالیت آب های گرم در منطقه و فعالیت چشمه های تراورتن ساز نیز دلیل دیگر بر اهمیت سه محدوده معرفی شده می باشد که طبعاً مطالعات دقیق تری را می طلبد.

پیشنهادات

۱- انجام مطالعات تکمیلی برروی سه محدوده، شامل نمونه برداری کانی سنگین با چگالی بالا، نمونه برداری سیستماتیک از رخنمون های سنگی در منطقه و بررسی های چکشی بسیار ضروری می باشد.

۲- تهیه نقشه های زمین شناسی و توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ بر روی این سه محدوده که دید اقتصادی بر این نقشه ها باید حاکم باشد.

۳- مطالعات تکتونیکی برروی درزه ها و شکستگی ها و تعیین ارتباط کانی سازی با تکتونیک.

۴- بررسی گسترده برروی آلتراسیون های موجود در منطقه.

۵- لازم به ذکر است که با توجه به اینکه روش آنالیز در این پروژه روش XRF می باشد و این روش در مقایسه با روش ICP برای نمونه های آبراهه ای از دقت کمتری برخوردار است و هم پوشانی کم نمونه های آبراهه ای و نمونه های کانی سنگین برداشت شده با هم باعث شده است که با دیده شک به این نتایج بنگریم. ولی از طرفی نزدیکی این منطقه به معادن مهم طلای موته و همچنین اندیس طلای اخترچی و کوه کلنگ و پتانسیل بالای این منطقه و همچنین وجود آلتراسیون های زیاد در منطقه بخصوص لیمونیتی شدن اکثر سنگ ها در مناطق معرفی شده، کارشناسان این شرکت پیشنهاد می کنند که برای جلوگیری از هزینه های بالای اکتشافی، مهم ترین و اصولی ترین اقدامی که می تواند ادامه عملیات اکتشافی را پشتیبانی و تائید کند تهیه نقشه زمین شناسی و آلتراسیون مناطق ذکر شده در مقیاس ۱:۵۰۰۰ می باشد.

۶- نتایج حاصله از مرحله تهیه نقشه ۱:۵۰۰۰ صحت این محدوده ها را برای مطالعات تفصیلی آینده معرفی خواهد کرد که در صورت تائید، حفر چندین ترانشه و چاهک و نمونه برداری چکشی و کانی سنگین با چگالی بالادر این مناطق ضروری می باشد.

۷- بنابراین با توجه به تمامی مطالب ذکر شده در این بخش هر گونه ادامه عملیات اکتشافی بدون تهیه کردن نقشه زمین شناسی و آلتراسیون با مقیاس ۱:۵۰۰۰ مناطق آنومال ذکر شده از طرف این مهندسین مشاور پیشنهاد نمی گردد.

درانتها گروه کارشناسان شرکت مهندسین مشاور پی‌سنگ برخود می‌داند که از زحمات کلیه اساتید کارشناسان و دوستان که بنحوی در نگارش این پروژه همراه مابوده‌اند کمال تشکر را بنماید. در ضمن این مشاورمعتقد است که گزارش ارائه شده خالی از اشکال نبوده و همواره از راهنمایی‌های تمامی کارشناسان در راستای رفع نقایص این پروژه به گرمی استقبال می‌نماید.

منابع و مآخذ:

۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰دلیجان ۴

۲- نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان و نقشه ۱:۲۵۰۰۰ رقومی نیم ور

۳- نقشه ژئومغناطیس هوایی گلپایگان

۴- پرند سیمین (۱۳۷۵)- روش‌های اکتشافات ژئوشیمیایی ذخایر معدنی،

۵- دکتر علی اصغر حسن‌پاک- اصول اکتشافات ژئوشیمیایی- انتشارات دانشگاه تهران

۶- راهنمای کاربران SPSS (۱۳۷۷)- شرکت آمارپردازان- مرکز فرهنگی انتشارات حامی

۷- دکتر علی‌اصغر حسن‌پاک- نمونه‌برداری معدنی

۸- دکتر علی‌اصغر حسن‌پاک- مدل‌سازی کانسارهای فلزی- غیرفلزی و کاربرد اکتشافی آن

1- McCammun R.B. - 1992-USGS-Numerical Mineral Deposit Models, in Development in Mineral Deposit Modelling.
2- Handbook of Exploration Geochemistry Volume 6
3- Beus A.A (1983) – Studies of Mineral Deposits.
4- Joseph F., Hari Jt., Rolph E., Anderson (1995) – Multivariate Data Analysis
5- R.Mccab, M.Sandilands and A.R.H.S Wan (1975)- Introduction to Geological Data Analysis.

تشکر و قدردانی..... أ

چکیده :..... ب

فصل اول

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- اهداف و روش اجرای مطالعات اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ..... ۳

۱-۲-۱ - کاربرد اکتشافی ۳

۱-۲-۲- کاربرد زیست محیطی و کشاورزی..... ۳

۱-۳- موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی، آب و هوا و راه های دسترسی ۴

۱-۳-۱- راههای دسترسی ۴

۱-۴- اهداف پروژه و روش اجرای مطالعات اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ..... ۷

۱-۵- تاریخچه مطالعات قبلی ۱۰

۱-۵-۱- مقدمه: ۱۰

۱-۵-۲- تشریح مناطق ناهنجار معرفی شده در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان(واقع در محدوده آنومالی دلیجان ۴)..... ۱۰

۱-۵-۳- بررسی های کانی سنگین ۱۴

۱-۶- زمین شناسی ۱۴

۱-۶-۱- سنگ شناسی ۱۴

۱-۷- سیمای ساختمانی منطقه: ۱۶

۱-۸- شرح نقشه ژئومغناطیس هوایی ۱۶

۱-۹- اطلاعات ماهواره ای ۲۰

فصل دوم

۲-۱- مقدمه ۲۳

۲-۲- نمونه برداری توجیهی و تجزیه و تحلیل سایز و فاصله نمونه برداری ۲۴

۲-۲-۱- مقدمه..... ۲۴

۲-۲-۲- برداشت نمونه های توجیهی ۲۵

۲-۳- طراحی شبکه نمونه برداری ۳۷

۲-۳-۱- روش طراحی مرکز ثقل آبراهه ای ۳۸

۲-۴- طراحی شبکه نمونه برداری و نحوه نمونه برداری و کد گذاری نمونه ها ۴۰

۲-۵- نحوه آماده سازی نمونه های ژئوشیمیایی ۴۱
۲-۶- آنالیز نمونه های ژئوشیمیایی و بررسی دقت و صحت داده ها ۴۲
۲-۶-۱- روش آنالیز ۴۲
۲-۶-۲- حد حساسیت DETECTION LIMIT : ۴۳
۲-۶-۳- پردازش داده های سنسورد و فایل بندی داده های خام ۴۳
۲-۶-۴- بررسی نمونه های تکراری و محاسبه دقت عملیات تجزیه ۴۷
۲-۶-۴-۱- روش ترسیمی ۵۰
۲-۶-۴-۲- روش محاسباتی ۵۱
۲-۷- بررسیهای آماری اولیه ۶۵
۲-۷-۱- مقدمه ۶۵
۲-۷-۲- جدول پارامترهای آماری داده های خام ۶۵
۲-۷-۳- رسم هیستوگرامها و شرح آنها ۶۸
۲-۷-۴- مقادیر خارج از رده : ۷۳
۲-۸- بررسیهای آماری چند متغیره ۸۰
۲-۸-۱- مقدمه ۸۰
۲-۸-۲- محاسبه ضرایب همبستگی و بررسی اعتبار آنها ۸۰
۲-۸-۳- جدایش جوامع سنگی و اهمیت آن ۸۳
۲-۸-۳-۱- رده بندی نمونه ها بر اساس نوع سنگهای بالا دست : ۸۶
۲-۸-۳-۲- پردازش داده های جوامع تک سنگی : ۸۶
۲-۸-۳-۳- پردازش داده های جوامع دو سنگی ۸۹
۲-۸-۳-۴- پردازش داده های جوامع سه سنگی ۸۹
۲-۸-۳-۵- پردازش داده های جوامع چهار سنگی ۸۹
۲-۸-۴- روش کلاستر به منظور رده بندی نمونه ها ۹۰
۲-۸-۴-۱- پردازش جوامع کمتر از ۹ نمونه با استفاده از روش آنالیز کلاستر: ۹۱
۲-۸-۵- تغییر پذیری سنگ بستر و نقش آن در ارزیابی مقدار زمینه ۹۱
۲-۸-۵-۱- اهمیت بررسی مقادیر کلارک در منطقه : ۹۶
۲-۸-۶- تحلیل ناهمگنی‌ها: ۹۶
۲-۸-۷- سیمای ژئوشیمیایی جوامع مختلف بر اساس سنگ بستر بالا دست ۱۰۱
۲-۸-۹- تعیین شاخص غنی شدگی ENRICHMENT INDEX ۱۰۹
۲-۸-۹-۱- محاسبه پارامترهای آماری و ترسیم هیستوگرامهای شاخص غنی شدگی ۱۱۰
۲-۸-۱۰- تجزیه عاملی داده ها ۱۱۴
۲-۸-۱۰-۱- مقدمه ۱۱۴
۲-۸-۱۰-۲- آنالیز فاکتوری FACTOR ANALYSIS ۱۱۴

۲-۸-۱۰-۳- معرفی ناهنجاریهای عاملی :..... ۱۲۰
۲-۹- روش و تهیه نقشه های ژئوشیمیایی ۱۲۰
۲-۹-۱- تخمین شبکه ای داده‌ها ۱۲۱
۲-۹-۱-۱- مقدمه ۱۲۱
۲-۱۰- تعبیر و تفسیر نقشه های ژئوشیمیایی ۱۲۲
۲-۱۱- معرفی مناطق امید بخش ژئوشیمیایی ۱۲۳

فصل سوم

۳-۱- مقدمه ۱۵۱
۳-۲-روش نمونه برداری و اهداف آن ۱۵۱
۳-۲-۱- طراحی شبکه نمونه برداری و نحوه نمونه‌برداری و کد گذاری نمونه های کانی سنگین ۱۵۱
۳-۲-۲- هدف از نمونه‌برداری کانی سنگین..... ۱۵۲
۳-۲-۳- مطالعه نمونه‌های کانی سنگین ۱۵۳
۳-۳- نحوه آماده سازی نمونه های کانی سنگین ۱۵۳
۳-۴- کمی کردن (QUANTITATIVE) داده‌های کانی‌های سنگین و تعیین نمونه های مهم و خیلی مهم .. ۱۵۴
۳-۵- بررسی خطای نمونه‌برداری کانی‌های سنگین..... ۱۵۵
۳-۶- پردازش داده‌های کانی‌سنگین..... ۱۶۲
۳-۶-۱- جدول پارامترهای آماری ۱۶۲
۳-۶-۲- هیستوگرام‌های کانی‌های سنگین ۱۶۵
۳-۶-۳- محاسبه شاخص غنی‌شدگی کانی‌های سنگین..... ۱۶۵
۳-۶-۳-۱- مقدمه:..... ۱۶۵
۳-۷- روش تهیه و توصیف نقشههای کانی‌سنگین..... ۱۷۰
۳-۸- نمونه‌های کانی سنگین مهم ۱۷۲
۳-۹- معرفی مناطق امید بخش کانی سنگین..... ۱۷۲
۳-۱۰- نتیجه‌گیری از مطالعات کانی سنگین ۱۷۴
۳-۱۰-۱- برآوردی در زمینه سنگ‌شناسی از دیدگاه کانی‌های سنگین ۱۷۴
۳-۱۰-۲- نوع احتمال کانی‌سازی نمونه‌های مهم در مطالعات کانی‌های سنگین..... ۱۷۴

فصل چهارم

۴-۱- مقدمه ۱۷۷

۴-۲- مطالعه مقاطع نازک ۱۷۷
۴-۳- مطالعه مقاطع صیقلی ۱۸۶
۴-۴- مطالعات XRD ۱۸۶
۴-۵- آنالیز XRF ۱۸۶
۴-۶- آنالیز ICP ۱۸۶
۴-۷- مطالعات کانی سنگین ۱۹۵
۴-۸-مدل سازی ناهنجاری های ژئوشیمیایی ۲۰۱
۴-۸-۱-مقدمه ۲۰۱
۴-۸-۲-مدل های احتمالی کانی سازی و بحث ژنتیکی زون های کانی ساز در محدوده دلیجان ۴ ..... ۲۰۲
۴-۹-تلفیق کلیه داده ها، معرفی مناطق ناهنجار، رابطه آنومالی ها با نهشته های معدنی ۲۰۳
۴-۹-۱-مقدمه ۲۰۳
۴-۹-۲-معرفی مناطق امید بخش و ارزیابی اکتشافی و اقتصادی هر منطقه ۲۰۴
۴-۹-۲-۱-منطقه ناهنجار A یا منطقه ناهنجار شمال لاسوخشکه ۲۰۴
۴-۹-۲-۲-منطقه ناهنجار B یا منطقه ناهنجار شمال غرب تجرگان ۲۰۷
۴-۹-۲-۳-منطقه ناهنجار C یا منطقه ناهنجار آبگرم پایین ۲۱۰
نتیجه گیری ۲۱۷
پیشنهادات ۲۱۸
منابع و مآخذ: ۲۲۰

فصل ششم:

پیوست ها

فصل اول : کلیات

۱-۱	مقدمه	۲
۱-۲	اهداف و روش اجرای مطالعات اکتشاف ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰	۳
۱-۲-۱	کاربرد اکتشافی	۳
۱-۲-۲	کاربرد زیست محیطی و کشاورزی	۳
۱-۳	موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی، آب و هوا و راه های دسترسی	۳
۱-۳-۱	راه های دسترسی	۴
۱-۴	اهداف پروژه و روش اجرای مطالعات اکتشاف ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰	۴
۱-۵	تاریخچه مطالعات قبلی	۹
۱-۵-۱	مقدمه	۹
۱-۵-۲	تشریح مناطق ناهنجار معرفی شده در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان	۹
۱-۵-۳	بررسی کانی سنگین	۱۳
۱-۷	سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه	۱۳
۱-۸	سیمای ساختمانی منطقه	۱۷
۱-۹	شرح نقشه ژئومغناطیس هوایی	۱۷
۱-۱۰	اطلاعات ماهواره ای	۱۷

فصل دوم : اکتشافات ژئوشیمیایی

۲-۱	مقدمه	۲۱
۲-۲	نمونه برداری توجیهی و تجزیه و تحلیل سایز و فاصله نمونه برداری	۲۲
۲-۲-۱	مقدمه	۲۲
۲-۲-۲	برداشت نمونه های توجیهی	۲۲
۲-۳	طراحی شبکه نمونه برداری	۳۵
۲-۳-۱	روش طراحی مرکز ثقل آبراهه ای	۳۵
۲-۴	طراحی شبکه نمونه برداری و نحوه نمونه برداری و کد گذاری نمونه ها	۳۷
۲-۵	نحوه آماده سازی نمونه های ژئوشیمیایی	۳۸
۲-۶	آنالیز نمونه های ژئوشیمیایی و بررسی ودقت و صحت داده ها	۳۸
۲-۶-۱	روش انالیز	۳۸
۲-۶-۲	حد حساسیتDetection Limit	۳۹
۲-۶-۳	پردازش داده های سنسورد و فایل بندی داده های خام	۳۹
۲-۶-۴	بررسی نمونه های تکراری و محاسبه دقت عملیات تجزیه	۴۳
۲-۶-۴-۱	روش ترسیمی	۴۶
۲-۶-۴-۲	روش محاسباتی	۴۷
۲-۷	بررسی های آماری اولیه	۶۱
۲-۷-۱	مقدمه	۶۱
۲-۷-۲	جدول پارامترهای آماری داده های خام	۶۱

۲-۷-۳	رسم هیستوگرام ها و شرح آن ها	۶۴
۲-۷-۴	مقادیر خارج از رده	۶۶
۲-۸	بررسی های آماری چند متغیره	۷۵
۲-۸-۱	مقدمه	۷۵
۲-۸-۲	محاسبه ضرایب همبستگی و بررسی اعتبار آن ها	۷۵
۲-۸-۳	جدایش جوامع سنگی و اهمیت آن ها	۷۸
۲-۸-۳-۱	رده بندی نمونه ها بر اساس نوع سنگ های بالا دست	۸۲
۲-۸-۳-۲	پردازش داده های جوامع تک سنگی	۸۲
۲-۸-۳-۳	پردازش داده های جوامع دو سنگی	۸۲
۲-۸-۳-۴	پردازش داده های جوامع سه سنگی	۸۴
۲-۸-۳-۵	پردازش داده های جوامع چهار سنگی	۸۴
۲-۸-۴	روش کلاستر به منظور رده بندی نمونه ها	۸۴
۲-۸-۴-۱	پردازش جوامع کمتر از ۹ نمونه با استفاده از روش آنالیز کلاستر	۸۵
۲-۸-۵	تغییر پذیری سنگ بستر و نقش آن در ارزیابی مقدار زمینه	۸۷
۲-۸-۵-۱	اهمیت بررسی مقادیر کلارک در منطقه	۸۷
۲-۸-۶	تحلیل ناهمگنی ها	۹۱
۲-۸-۷	سیمای ژئوشیمیایی جوامع مختلف بر اساس سنگ بستر بالا دست	۹۵
۲-۸-۹	تعیین شاخص غنی شدگیEnrichment Index	۱۰۳
۲-۸-۹-۱	محاسبه پارامترهای آماری و ترسیم هیستوگرام های شاخص غنی شدگی	۱۰۴
۲-۸-۱۰	تجزیه عاملی داده ها	۱۰۴
۲-۸-۱۰-۱	مقدمه	۱۰۴
۲-۸-۱۰-۲	آنالیز فاکتوری Factor Analysis	۱۰۸
۲-۸-۱۰-۳	معرفی ناهنجاری های عاملی	۱۱۴
۲-۹	روش و تهیه نقشه های ژئوشیمیایی	۱۱۴
۲-۹-۱	تخمین شبکه ای داده ها	۱۱۵
۲-۹-۱-۱	مقدمه	۱۱۵
۲-۱۰	تعبیر وتفسیر نقشه های ژئوشیمیایی	۱۱۶
۲-۱۰	معرفی مناطق امیدبخش ژئوشیمیایی	۱۱۷

فصل سوم : اکتشافات کانی های سنگین

۳-۱	مقدمه	۱۴۴
۳-۲	روش نمونه برداری و اهداف آن	۱۴۴
۳-۲-۱	طراحی شبکه نمونه برداری و نحوه نمونه برداری و کدگذاری نمونه های کانی سنگین	۱۴۴
۳-۲-۲	هدف از نمونه برداری کانی سنگین	۱۴۵
۳-۲-۳	مطالعه نمونه های کانی سنگین	۱۴۶
۳-۳	نحوه آماده سازی نمونه های کانی سنگین	۱۴۶

۳-۴ کمی کردن داده های کانی سنگین و تعیین نمونه های مهم و خیلی مهم ۱۴۷
۳-۵ بررسی خطای نمونه برداری کانی سنگین ۱۴۸
۳-۶ پردازش داده های کانی سنگین ۱۴۸
۳-۶-۱ جدول پارامترهای آماری ۱۴۸
۳-۶-۲ هیستوگرام های کانی سنگین ۱۵۷
۳-۶-۳ محاسبه شاخص غنی شدگی کانی های سنگین ۱۶۰
۳-۶-۳-۱ مقدمه ۱۶۰
۳-۷ روش تهیه و توصیف نقشه های کانی سنگین ۱۶۱
۳-۸ نمونه های کانی سنگین مهم ۱۶۴
۳-۹ معرفی مناطق امیدبخش کانی سنگین ۱۶۴
۳-۱۰ نتیجه گیری از مطالعات کانی های سنگین ۱۶۶
۳-۱۰-۱ برآوردی در زمینه سنگ شناسی از دیدگاه کانی های سنگین ۱۶۶
۳-۱۰-۲ نوع احتمال کانی سازی نمونه های مهم در مطالعات کانی های سنگین ۱۶۶

فصل چهارم : تعبیر و تفسیر داده ها

۴-۱ مقدمه ۱۶۹
۴-۲ مطالعه مقاطع نازک ۱۶۹
۴-۳ مطالعه مقاطع صیقلی ۱۶۹
۴-۴ مطالعاتXRD ۱۷۶
۴-۵ مطالعات XRF ۱۷۶
۴-۶ مطالعات کانی سنگین ۱۷۶
۴-۷ مدل سازی ناهنجاری های ژئوشیمیایی ۲۰۳
۴-۷-۱ مقدمه ۲۰۳
۴-۷-۲ مدل های احتمالی کانی سازی و بحث ژنتیکی زون های کانی ساز در محدوده دلیجان ۴ ۲۰۴
۴-۸ تلفیق کلیه داده ها، معرفی مناطق ناهنجار و رابطه آنومالی ها با نهشته های معدنی ۲۰۵
۴-۸-۱ مقدمه ۲۰۵
۴-۸-۲ معرفی مناطق امیدبخش و ارزیابی اکتشافی و اقتصادی هر منطقه ۲۰۶
۴-۸-۲-۱ منطقه ناهنجارA یا منطقه ناهنجار شمال لاسوخشکه ۲۰۶
۴-۸-۲-۲ منطقه ناهنجارB یا منطقه ناهنجار شمال غرب تجرگان ۲۰۹
۴-۸-۲-۳ منطقه ناهنجارC یا منطقه ناهنجار آبگرم پایین ۲۱۱

فصل پنجم : نتایج و پیشنهادها

فهرست اشکال

شکل شماره ۱-۱	موقعیت قرار گیری منطقه دلیجان ۴ بر روی نقشه های ۱:۵۰۰۰۰	۵
شکل شماره ۱-۲	نقشه راه های دسترسی به منطقه	۶
شکل شماره ۱-۳	روند اجرای پروژه اکتشافات ژئوشیمیایی در برگه دلیجان ۴	۸
شکل شماره ۱-۴	نقشه نمادین برخی عناصر در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان	۱۱
شکل شماره ۱-۵	نقشه نمادین برخی عناصر در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان	۱۲
شکل شماره ۱-۶	نقشه مناطق ناهنجار کانی سنگین در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان	۱۴
شکل شماره ۱-۷	نقشه زمین شناسی منطقه دلیجان ۴	۱۵
شکل شماره ۱-۸	راهنمای نقشه زمین شناسی	۱۶
شکل شماره ۱-۹	نقشه ژئومغناطیس دلیجان ۴	۱۸
شکل شماره ۱-۱۰	محل آنومالی های کانی سنگین دلیجان بر روی عکس هوایی	۱۹
اشکال شماره ۲-۱ تا ۲-۷	نمودار خطی تمامی عناصر در مرحله نمونه برداری توجیهی	۲۵-۳۱
شکل شماره ۲-۸	مطالعات نمونه برداری توجیهی برای تعیین فواصل و چگالی نمونه برداری	۳۴
اشکال شماره ۲-۹ تا ۲-۱۲	نمودار های ترسیمی تامپسون و هوارت	۵۶-۵۹
شکل شماره ۲-۱۳	نمودار خطای نسبی آنالیز	۶۰
شکل شماره ۲-۱۴	هیستوگرام نرمال و لگاریتمی عناصرAu,Cu,Sb	۶۷
شکل شماره ۲-۱۵	هیستوگرام نرمال و لگاریتمی عناصرPb,Zn,As	۶۸
شکل شماره ۲-۲۳	باکس پلات عناصر مهم	۷۱
شکل شماره ۲-۲۷	نمودار فراوانی گروه های خلاصه شده زمین شناسی	۸۱
شکل شماره ۲-۲۸	نمودار جوامع مختلف واحدهای خلاصه شده زمین شناسی	۸۳
شکل شماره ۲-۲۹	نمودار درختی داده ها	۸۶
اشکال شماره ۲-۳۰تا۲-۳۲	مقایسه میانه جوامع سنگی با میانه کل	۹۷-۹۹
اشکال شماره ۲-۳۳تا۲-۳۵	مقایسه میانگین جوامع سنگی با میانگین کل	۱۰۰-۱۰۲
شکل شماره ۲-۳۶	هیستوگرام نرمال و لگاریتمی ضرایب غنی شدگی عناصرAu,Cu,Zn,As	۱۰۷
اشکال شماره ۲-۴۳تا۲-۵۴	نقشه های داده های خام و غنی شدگی عناصر مهم	۱۱۸-۱۲۹
اشکال شماره ۲-۵۵تا۲-۵۷	نقشه های آنالیز فاکتوری	۱۳۰-۱۳۲
شکل شماره ۲-۵۸	نقشه آنومالی عناصر مهم بر اساسM+3S	۱۴۲
اشکال شماره ۳-۱تا۳-۲	هیستوگرام فراوانی کانی های سنگین	۱۵۸-۱۵۹
شکل شماره ۳-۶	مجموع سنگ های بالادست و تعداد آن ها در نمونه های کانی سنگین	۱۶۲
اشکال شماره ۴-۱تا۴-۳	اشکال مقاطع نازک	۱۷۵-۱۷۷
شکل شماره ۴-۴	شکل مقطع صیقلی	۱۷۸
اشکال شماره ۴-۵تا۴-۸	هیستوگرام فراوانی کانی های سنگین در مرحله کنترل آنومالی	۲۰۶-۲۰۹
شکل شماره ۴-۹	موقعیت جغرافیایی ناهنجاری ها بر روی نقشه زمین شناسی	۲۱۴
شکل شماره ۴-۱۰	موقعیت جغرافیایی ناهنجاری ها بر روی نقشه ماهواره ای	۲۱۵

فهرست جداول

جدول شماره ۱-۱	مشخصات ناهنجاری شمال غرب برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دلیجان	۱۰
جدول شماره ۱-۲	مشخصات منطقه ناهنجار فاکتور ششم	۱۳
جدول شماره ۲-۱	نتایج آنالیز نمونه ها در فواصل و الک های مختلف در مرحله نمونه برداری توجیهی	۲۴
جدول شماره ۲-۲	تعیین سایز الک بهینه برای نمونه برداری	۳۲
جدول شماره ۲-۳	جدول حد بالا و پایین عناصر و فایل رسوبات آبراهه ای دستگاه	۴۰
جدول شماره ۲-۴	جدول داده های سنسورد و مقادیر جایگزینی آن ها	۴۲
جداول شماره ۲-۵تا۲-۶	جدول نمونه های تکراری	۴۴-۴۵
جداول شماره ۲-۷تا۲-۱۴	میانگین و اختلاف هر جفت نمونه در نمونه های تکراری	۴۸-۵۵
جدول شماره ۲-۱۵	جدول مقادیر خطای نسبی آنالیز	۶۰
جدول شماره ۲-۱۶	جدول پارامترهای آماری داده های خام	۶۳
جدول شماره ۲-۱۷	جدول پارامترهای آماری داده های لگاریتمی	۶۵
جدول شماره ۲-۱۸	خلاصه مقادیر خارج از رده	۷۲
جدول شماره ۲-۱۹	مقدار عددی مقادیر خارج از رده و فوق العاده	۷۳
جدول شماره ۲-۲۰	نمونه های حاوی بیشترین مقادیر خارج از رده و فوق العاده مثبت در عناصر	۷۴
جدول شماره ۲-۲۱	ماتریس همبستگی اسپیرمن	۷۷
جدول شماره ۲-۲۲	واحد های زمین شناسی موجود در منطقه	۸۰
جدول شماره ۲-۲۳	علائم اختصاری و خلاصه سازی با توجه به جنس سنگ ها	۸۰
جداول شماره ۲-۲۴تا۲-۲۶	خلاصه سنگ های بالادست نمونه ها	۸۸-۹۰
جدول شماره ۲-۲۷	مقایسه میزان متوسط فراوانی برخی از عناصر با مقادیر کلارک عناصر	۹۲
جدول شماره ۲-۲۸	مقایسه بین میانگین تمام گروه های سنگی و میانگین کل	۹۳
جدول شماره ۲-۲۹	مقایسه بین میانه تمام گروه های سنگی و میانه کل	۹۴
جدول شماره ۲-۳۰	مقایسه مکان قرارگیری تیپ های تک سنگی به مکان قرار گیری همان عنصر در سری کلی	۹۶
جدول شماره ۲-۳۱	جدول پارامترهای آماری ضرایب غنی شدگی	۱۰۵
جدول شماره ۲-۳۲	جدول پارامترهای آماری لگاریتم ضرایب غنی شدگی	۱۰۶
جدول شماره ۲-۳۳	جدول آنالیز فاکتوری	۱۱۱
جدول شماره ۲-۳۴	جدول آنالیز فاکتوری و درصد مشارکت عناصر در هر فاکتور	۱۱۲
جداول شماره ۲-۳۵تا۲-۴۰	مهم ترین مناطق ناهنجار عناصر مهم	۱۳۳-۱۳۸
جداول شماره ۲-۴۱تا۲-۴۳	مهم ترین مناطق ناهنجار فاکتور های مهم	۱۳۹-۱۴۱
جدول شماره ۳-۱	نتایج کمی کردن داده های خام کانی سنگین و تعیین نمونه های مهم	۱۴۹-۱۵۴
جدول شماره ۳-۲	جدول پارامترهای آماری نمونه های کانی سنگین	۱۵۵
جدول شماره ۳-۳	جدول پارامترهای آماری نمونه های کانی سنگین	۱۵۶
جدول شماره ۳-۴	جدول ثبت قطر دانه های طلا در نمونه های کانی سنگین	۱۶۳

جدول شماره ۳-۵	تشخیص کانی سازی احتمالی بر اساس مطالعات کانی سنگین	۱۶۷
جدول شماره ۴-۱	لیست نمونه های مینرالیزه و کانی سنگین در مرحله کنترل آنومالی	۱۷۰-۱۷۴
جدول شماره ۴-۲	نتایج نمونه هایXRD	۱۸۰
جدول شماره ۴-۳	نتایج نمونه هایXRF	۲۰۰
جدول شماره ۴-۴	نتایج خام نمونه های مینرالیزه	۲۰۱-۲۰۴
جدول شماره ۴-۵	نتایج نمونه های مهم مینرالیزه	۲۰۵
جدول شماره ۴-۶	مقایسه میانگین عناصر در منطقه دلیجان ۴ با میانگین نمونه های محدوده ناهنجارA	۲۱۷
جدول شماره ۴۷۴	مقایسه میانگین عناصر در منطقه دلیجان ۴ با میانگین نمونه های محدوده ناهنجارB	۲۱۹
جدول شماره ۴-۵	مقایسه میانگین عناصر در منطقه دلیجان ۴ با میانگین نمونه های محدوده ناهنجارC	۲۲۱
جدول شماره ۵-۱	خلاصه نتایج سه محدوده ناهنجار معرفی شده	۲۲۴