

پیشگفتار

تکمیل لایه اطلاعاتی اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ از جمله برنامه‌های مهم عملیات اکتشافی زیر بنایی کشور محسوب می‌گردد. امروزه با توجه به اثبات تواناییهای اکتشافات ژئوشیمیایی و با عنایت به دانش گسترده پیشروان این علم و سرعت روز افزون تکنولوژیهای آزمایشگاهی و کارآمد شدن تکنیک‌های پردازش اطلاعات، توجه به این امر در زمره نیازهای اولیه محسوب می‌شود.

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور با توجه به آگاهی از این مهم، تهیه لایه‌های اطلاعاتی ژئوشیمیایی در سطح کشور را در دستور کار قرار داده و گام مهمی را در زمینه تکمیل اطلاعات اکتشافی برداشته است. این پروژه با تکیه بر نتایج آنالیز نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای (جزء ۸۰ - مش)، مطالعات نمونه‌های کانی سنگین، نمونه‌های دگرسان شده و نمونه‌های مینرالیزه و سایر اطلاعات، شکل یافته و مشاوران امیدوارند در این راستا توانسته باشند گام هر چند کوچکی را در راه تهیه اطلاعات پایه ای کشور برداشته باشند. گروه فنی مشاوران از انتقادات و پیشنهادهای کارساز تمامی علاقه مندان، به گرمی استقبال کرده و در راه رفع اشکالات احتمالی و بکارگیری پیشنهادهای سودمند از هیچ تلاشی فروگذار نخواهد کرد.

۱-۱- موقعیت جغرافیایی، راههای دسترسی و ژئومورفولوژی

نقشه یکصد هزارم جاجرم در شمال خاوری شهرستان میامی، در بین طولهای جغرافیایی 56° تا $30' 30^{\circ}$ و عرضهای جغرافیایی $30' 36^{\circ}$ تا 37° شمالی قرار دارد.

به طور کلی آب و هوای ناحیه گرم و خشک بوده و میانگین بارش سالانه آن کم (۱۵۰-۲۰۰) میلیمتر در سال) است. آب آشامیدنی و کشاورزی از کاریزها، بندهای محلی، چاههای عمیق و نیمه عمیق تأمین می شود.

پراکندگی جمعیت ساکن از محدودیت ویژه برخوردار است و تنها در بخش شمالی ناحیه یعنی شهرستانهای جاجرم، گرمه و به طور پراکنده در کوهپایهها متمرکز است. پوشش گیاهی طبیعی ناحیه تنها به بوتهها و درختچههای کوتاه محدود می شود. کشاورزی در بخشهای محدودی از شمال، غرب و وسط محدوده به طور محدود انجام می شود.

راههای ارتباطی اصلی محدوده ورقه یکصد هزارم جاجرم یکی جاده آسفالتی میامی - جاجرم و دیگری جاده جاجرم - امیرآباد می باشد. علاوه بر این دو مسیر، راه آهن تهران - مشهد از بخش میانی این محدوده می گذرد. شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به ورقه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم را نشان می دهد.

توپوگرافی محدوده ورقه یکصد هزارم جاجرم به گونه ای فراگیر، توسط عوامل ساختمانی، نوع و رخساره واحدهای سنگی و فعالیت های آذرین کنترل می شود. بطوریکه بلندترین نقطه در ناحیه با فرازای ۱۷۳۴ متر از سطح دریا در رشته کوه گدارگز و پست ترین نقطه در گستره ورقه با فرازای ۸۷۲ متر از سطح دریا، در حاشیه باختری کال شور جاجرم در میانه کفه رسی واقع است. بلندترین ارتفاعات به شکل فراگیر در امتداد رشته کوههای گدارگز در شمال باختر گستره ورقه قرار دارند. از شمال به جنوب سه رشته کوه اصلی را در این محدوده می توان از یکدیگر متمایز نمود که به وسیله نواحی فروافتاده و دشت از یکدیگر جدا می شوند. این رشته کوهها عبارتند از:

الف- رشته کوههای گدارگز در شمال باختر ورقه

ب- رشته کوه جغتای در جنوب خاوری ورقه

ج- رشته کوههای شمال میامی در جنوب باختری ورقه

۲-۱- اهداف اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ناحیه‌ای

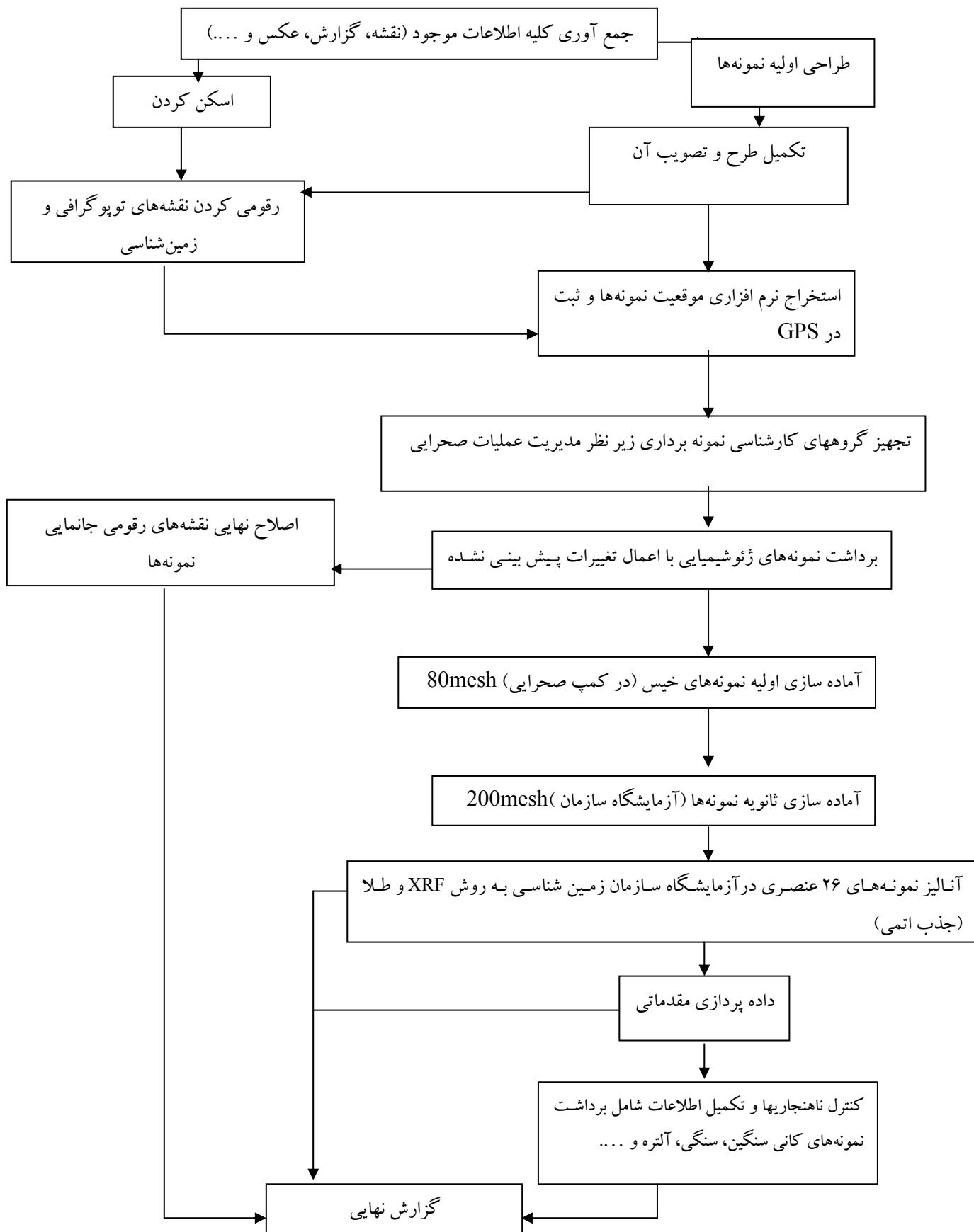
به طور تجربی ثابت شده است که مطالعات رسوبات آبراهه‌ای می‌تواند در اکتشافات ناحیه‌ای (۱:۱۰۰,۰۰۰ تا ۱:۲۵۰,۰۰۰) مفید واقع شود به این علت که این رسوبات حاصل فرسایش و حمل مواد از بالادست می‌باشند و بنابراین نماینده خوبی از محیط‌های واقع در مسیر حرکت آب می‌باشند. از مزایای دیگر این محیط شرایط اکسیدان در اغلب آنهاست که موجب تحرک عناصر کانساری و در نتیجه افزایش وسعت‌هاله‌های آنهاست.

مزایای عمده دیگر این محیط (محیط رسوب آبراهه‌ای) بزرگی میدان اثر نمونه‌ها، سهولت نمونه برداری و آماده سازی است. هرچند که پتانسیل آلودگی مضاعف (Cross Contamination) در بعضی موارد بالا خواهد بود. البته تأثیر عواملی همچون طراحی اصولی، نمونه برداری بهینه، آنالیزهای با دقت بالا و پردازش اطلاعات نیز نبایستی از نظر دور نماند.

اینکه چه جزئی از رسوبات آبراهه‌ای می‌تواند معرف بهترین بخش از کانی سازی باشد در حیطه شناخت اولیه محیط از طریق برداشت نمونه‌های توجیهی (Orientation Survey) است. البته تعیین اهمیت این بخش از مطالعات نه تنها در راستای تعیین بهترین دانه بندی بلکه در تعیین سیستم بهینه طراحی نمونه، سیمای ژئوشیمیایی منطقه، مناسبترین عناصر آنالیزی و... خواهد بود. در اینجا براساس بندهای شرح خدمات از جزء ۸۰- مش نمونه برداری شده است.

۳-۱- روش اجرای پروژه

روش اجرای پروژه ابتدا با جمع آوری اطلاعات شروع شد، در پی آن طراحی عملیات نمونه برداری شکل گرفته تا کارشناسان نمونه بردار با تجهیزات ویژه که عمده آنها شامل نقشه‌های توپوگرافی حاوی جانمایی نمونه‌ها، دستگاههای GPS الک ۸۰ مش و کارتهای استاندارد نمونه برداری بوده، عازم منطقه شوند. نمونه‌ها دو مرحله آماده سازی را تا ارسال به آزمایشگاه سازمان زمین شناسی پشت سر گذراندند (آماده سازی در کمپ در مورد نمونه‌های خیس و آماده سازی در آزمایشگاه پودر شدن تا #200). پس از دریافت نتایج، عملیات فایل بندی داده‌ها و داده پردازش شروع گردید تا مناطق ناهنجار شناسایی شوند. مرحله کنترل مناطق ناهنجاری همراه با برداشت نمونه‌های کانی‌های سنگین، نمونه‌های آلترو و مینرالیزه ادامه داشت تا اطلاعات تکمیل شود و زمینه برای تنظیم و تدوین گزارش آماده گردد. در شکل ۱-۲ روند این مراحل به گونه شماتیک ارائه شده است.



شکل ۱-۲: فلوچارت روش اجرای پروژه

۱-۴- جمع آوری اطلاعات

دراین مرحله اطلاعات مربوطه به شرح زیر تهیه و مورد استفاده قرار گرفت:

۱. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ منطقه مورد مطالعه شامل برگه‌های: جاجرم، محمدآباد پل ابریشم، ایستگاه جهان آباد و درق.

۲. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم

۳. نقشه ژئوفیزیک هوایی (مغناطیس هوایی) با مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ منطقه میامی

۴. نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰,۰۰۰ میامی

با توجه به اطلاعات حاصل از منابع فوق الذکر، پس از طراحی نمونه‌ها برنامه عملیات صحرائی جهت

نمونه برداری پی ریزی گردید.

۱-۲- زمین شناسی

این قسمت با توجه به شرح نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰,۰۰۰ جاجرم تکمیل شده است و کلیه مستندات آن مربوط به این برگه می باشد.

در گستره این ورقه زمین شناسی دو پهنه بینالود (البرز شرقی) و ایران مرکزی هر دو وجود دارند. بخش شمالی این ورقه پهنه زمین شناسی - ساختمانی بینالود و بخش جنوبی آن در محدوده پهنه زمین شناسی - ساختمانی ایران مرکزی جای می گیرد.

۱-۱-۲- زون بینالود (البرز شرقی)

در این پهنه واحدهای سنگی از پرکامبرین تا عهد حاضر رخمون دارند و بیشتر از سنگ های رسوبی تشکیل یافته اند. این واحدهای سنگی از قدیم به جدید عبارتند از:

۱-۱-۱-۲- پرکامبرین - پالئوزوئیک

الف- سازند سلطانیه $P \epsilon - \epsilon^d_s$

در محدوده شمال غربی منطقه، دولومیت های خاکستری تا قهوه ای تیره وجود دارند که در بردارنده نوارهای فراوانی از چرت های تیره رنگ به ضخامت ۱ تا ۵ سانتیمترند. این دولومیت ها توده ای تا ضخیم لایه اند (۱۰۰ تا ۵۰ سانتی متر) و همراه با شیل های عموماً رسی و میکا دار هستند. همبری بالایی و پایینی این سازند گسلی است و ارتباط آن با واحدهای جوانتر و قدیمتر از خود مشخص نیست.

ب- سازند لالون ϵ_1

رخنمون این واحد در منطقه شامل ماسه سنگ های آرکوزی تا ساب آرکوزی (پتی جان و همکاران ۱۹۸۷)، متوسط تا نازک لایه (۳۰ تا ۵ سانتی متر) و میان لایه های شیلی است. این سازند به سن کامبرین زیرین در شمال غربی منطقه در تاقدیس کوه جهان آباد رخنمون دارد و همبری زیرین و بالایی آن سازند گسلی است. رنگ همگانی آن سرخ تا قهوه ای است و چینه بندی مورب (کراس بدینگ) در آن دیده می شود.

ج- سازند میلا E_m

این سازند در شمال غربی منطقه (تاقدیس کوه جهان آباد) و مرکز منطقه برونزد دارد و شامل سنگ آهک تیره رنگ نازک و متوسط لایه (۵ تا ۳۰ سانتی متر)، موج دار (flagy) بوده و در بر دارنده تریلوویت، براکیوپودا و همچنین دولومیت‌های زرد رنگ چرت دار و شیل است. همبری زیرین این سازند با سازند لالون گسلی و همبری بالایی آن با سازند پادها بگونه ناپیوسته و هم شیب (disconformable) است.

د- سازند پادها

این سازند شامل دو واحد D_p^s و D_p^{gp} به سن دونین زیرین بوده و در تاقدیس کوه جهان آباد رخنمون دارد. واحد D_p^s شامل تناوب‌هایی از ماسه سنگ سرخ کوارتز آرنیتی و ماسه سنگ قهوه‌ای همراه با گچ است. ضخامت لایه‌های ماسه سنگی حدود ۱۰ تا ۳۰ سانتی متر است. این سازند در همبری زیرین خود بواسطه یک ناپیوستگی هم شیب بر روی سازند میلا جای دارد و در همبری بالایی خود توسط واحد سنگی هم ارز خوش بیلاق بگونه پیوسته و هم شیب (Conformable) پوشیده می‌شود. واحد D_p^{gp} در تاقدیس کوه جهان آباد رخنمون یافته و برنگ خاکستری تا سفید و ضخامتی حدود ۴۰ متر قابل تشخیص است این بخش از سازند پادها بعنوان معدن گچ در حال بهره برداری است.

ه- واحد سنگی هم ارز سازند خوش بیلاق $D_{kh}^{s,sh}$

این سازند، به سن دونین بالایی، در تاقدیس کوه جهان آباد برونزد دارد و شامل حدود ۴۰۰ متر تناوب ماسه سنگ، سنگ آهک ماسه‌ای، ماسه سنگ آهکی و کمی سنگ آهک است. این سازند بگونه پیوسته و هم شیب بر روی سازند پادها جای دارد. از روی سنگواره‌های بررسی شده از توالی یاد شده (م- لسانی ۱۳۸۱) سن این سازند سر آغاز دونین پسین تعیین شد.

و- سازند مبارک

این سازند شامل دو واحد سنگی می‌شود. واحد C_m^s که در بخش شرقی تاقدیس کوه جهان آباد جای دارد و از ماسه سنگ‌های آرنیتی سفید رنگ قاعده سازند مبارک به سن کربونیفر تشکیل یافته است. ضخامت این واحد نزدیک به ۴۰ متر است و بطور ناپیوسته و هم شیب بر روی واحد هم ارز سازند خوش بیلاق جای می‌گیرد.

واحد بالایی C_m^I با ضخامتی نزدیک به ۲۰۰ متر در تاقدیس کوه جهان آباد رخنمون دارد و شامل سنگ آهک خاکستری رنگ در پایین و سنگ آهک دولومیتی زرد رنگ فسیل دار توده‌ای تا ضخیم لایه و چرت دار است. همبری زیرین این واحد با ماسه سنگ قاعده‌ای و همبری بالایی آن گسلی است. سن این سازند کربونیفر پیشین (زیرین) تعیین شده است.

ز- سازند دورود P_d^s

ردیف رسوبی هم ارز سازند دورود در این ناحیه به سن پرمین زیرین در تاقدیس کوه جهان آباد دیده می‌شود. این ردیف رسوبی شامل تناوبی از ماسه سنگ‌های ضخیم تا نازک لایه سفید (۳۰ تا ۱۵۰ سانتی متر) و خاکستری رنگ، شیل و سنگ آهک فسیل دار است. ضخامت این واحد نزدیک به ۲۰۰ متر است. همبری زیرین آن با سازند مبارک گسلی و همبری بالایی با سازند روته - نسن هم شیب و ناگهانی (sharp) است.

ح- واحد سنگی هم ارز سازند روته و نسن $P_{r.n}^I$

رخنمون ردیف رسوبی هم ارز سازند روته و نسن در تاقدیس کوه جهان آباد بخوبی قابل رویت است. این ردیف رسوبی شامل سنگ آهک‌های نازک تا ضخیم لایه کرم رنگ سنگواره دار و سنگ آهک‌های دولومیتی است. ضخامت این لایه نزدیک به ۲۰۰ متر و همبری زیرین آن با سازند دورود بصورت هم شیب و ناگهانی و همبری بالایی آن با سازند الیکا نا پیوسته و از نوع فرسایشی است.

۲-۱-۱-۲- مزوزوئیک

الف- سازند الیکا R_{el}

سازند الیکا در تاقدیس کوه جهان آباد در موقعیت چینه نگاشتی ویژه خود به پیکر ردیف رسوبی منظم و در جنوب غربی شهر جاجرم به سان ورقه‌های رانده شده دیده می‌شود و بر روی هم دارای ۱۶۰۰ متر ضخامت است. این سازند برحسب تنوع سنگ شناختی به واحدهای سنگی زیر تقسیم شده و دارای سن تریاس زیرین تا میانی است.

واحد $R^{s.sh}$ در تاقدیس کوه جهان آباد در جنوب شرق جاجرم قابل رویت است و از یک افق لاتریتی - بوکسیتی سرخ رنگ (Paleosol) در قاعده و تناوبی از ماسه سنگ و شیل‌های آهکی سرخ تا بنفش رنگ تشکیل یافته است. این رخنمون نزدیک به ۱۵۰ متر ضخامت دارد و می‌تواند با سازند سرخ شیل درایران

مرکزی (طبس) هم ارزی داشته باشد. همبری زیرین آن با سازند روتِه و نسن ($P_{r.n}^I$) ناپیوسته و فرسایشی و همبری بالایی آن هم شیب و ناگهانی است.

واحد R^{II} که تنها در تاقدیس کوه جهان آباد رخنمون دارد، شامل سنگ آهک‌های نازک لایه زرد تا کرم رنگ، سنگواره دار و شیل آهکی است. ضخامت این لایه نزدیک به ۲۵۰ متر است.

واحد R^{di} نیز در جنوب شهر جاجرم و تاقدیس کوه جهان آباد رخنمون دارد و بطور عمده از دولومیت‌های ضخیم لایه (۵/ تا ۶/۵ متر) خاکستری و تیره رنگ تشکیل یافته است. ضخامت این واحد حدود ۷۰۰ متر برآورد می‌شود.

واحد R^{I2} در جنوب شهر جاجرم و تاقدیس کوه جهان آباد قابل رویت است و از سنگ آهک‌های دولومیتی خاکستری رنگ متوسط لایه (۳۰ تا ۵۰ سانتی متر) تشکیل یافته که بر روی آن ضخامت قابل ملاحظه‌ای از افق بوکسیتی به ضخامت نزدیک به ۶ متر به رنگ متمایل به سرخ جای دارد که در حال بهره‌برداری است. ضخامت این واحد حدود ۵۰۰ متر است و با یک ناپیوستگی فرسایشی به سازند شمشک در بالا تبدیل می‌شود.

ب- سازند شمشک

این سازند در شمال غربی ورقه و در دامنه جنوبی ارتفاعات گدار گز رخنمون دارد. این سازند با سن تریاس بالایی تا ژوراسیک میانی در همبری زیرین خود با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند الیکا جای می‌گیرد و در همبری بالایی با یک ناپیوستگی فرسایشی موازی توسط سازند دلیچای پوشیده می‌شود. ضخامت این سازند در ناحیه یاد شده نزدیک به ۲۲۰۰ متر است که در این نقشه به سه واحد تقسیم شده است.

واحد Ia از لاتریت و بوکسیت سرخ رنگ متوسط لایه (۵ تا ۳۰ سانتی متر) تشکیل یافته است که با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند الیکا جا می‌گیرد. این واحد (Paleosol) معرف حرکات خشکی زایی سرانجام‌های تریاس میانی و پیش از تریاس پایانی (اشکوب‌های Norian-Rhetian) است که بدنال آن حوضه رسوبی دریایی تریاس بالایی - ژوراسیک در منطقه حاکم می‌شود.

واحد $R J_s$ شامل تناوبی از ماسه سنگ خاکستری متمایل به سبز، ماسه سنگ کوارتز آرنیتی، شیل سبز و سیاه رنگ با عدسی‌هایی از ذغال و میان لایه‌هایی از سنگ آهک شیلی خاکستری متوسط لایه و کنگلومرا است. ضخامت این لایه نزدیک به ۷۰۰ متر است و در ردیف رسوبی آن ساخت‌هایی مانند تیغه‌بندی (Lamination)، چینه‌بندی متقاطع، کنکرسین‌هایی از اکسید آهن و گرهک‌هایی از چرت دیده می‌شود. تناوب‌های یاد شده، ردیف رسوبی بسوی بالا ریز شونده را نشان می‌دهند.

واحد Js از تناوب ماسه سنگ ضخیم لایه خاکستری، شیل نازک لایه تیره رنگ و میان لایه‌هایی از سنگ آهک‌های چرتی تشکیل شده است. ضخامت این واحد حدود ۱۷۰۰ متر، مرز زیرین آن با واحد RJs هم شیب و عادی و مرز بالایی آن با سازند دلیچای بگونه ناپیوسته و از نوع فرسایشی (disconformable) است.

ج- سازند دلیچای J_d

سازند دلیچای در شمال غرب ورقه جاجرم، در دامنه جنوبی ارتفاعات گذار گز، رخنمون دارد. این سازند با ضخامتی نزدیک به ۲۵۰ متر، از مارن‌های زرد و سبز رنگ بگونه تناوبی با سنگ آهک رسی متوسط لایه (۳۰ تا ۶۰ سانتی متر) زرد تا خاکستری رنگ، دربردارنده، سنگواره‌های فراوان آمونیت، پدید آمده است. سن این واحد براساس آمونیت‌های شناخته شده (کالوین-آکسفوردین) است (م-مجیدی فر ۱۳۸۲). این سازند با ناپیوستگی فرسایشی (disconformable) بر روی سازند شمشک Js جای می‌گیرد. همبری بالای آن نیز بگونه هم شیب و تدریجی توسط سنگ آهک‌های متوسط تا توده‌ای سازند لار پوشیده می‌شود.

د- سازند لار

این سازند در نیمه شمالی ورقه رخنمون دارد و ضخامت آن به ۲۳۰ متر می‌رسد. سازند لار در گستره نقشه از تناوب سنگ آهک خاکستری متوسط لایه تا توده‌ای و سنگ آهک دولومیتی تشکیل شده است. در بخش پایینی این سازند آثار اندکی از آمونیت دیده می‌شود.

با نگرش به تغییرات تن رنگی بخشهای مختلف ردیف رسوبی سازند لار در تصاویر ماهواره‌ای که نشانه‌ای از تغییرات رخساره سنگ شناختی این ردیف رسوبی می‌تواند باشد، سازند لار را می‌توان به پنج واحد سنگی و یک بخش غیر قابل تفکیک بشرح زیر تقسیم کرد:

واحد J_I¹ شامل سنگ آهک چرتی نازک تا متوسط لایه (۲۰ تا ۶۰ سانتی متر) خاکستری رنگ است که ضخامتی نزدیک به ۱۵۰ متر دارد. همبری این بخش از سازند لار با سازند دلیچای بگونه هم شیب و تدریجی است. در ۳۰ متر آغازین این واحد، اثر آمونیت قابل مشاهده است.

واحد J_I² از سنگ آهک و سنگ آهک دولومیتی توده‌ای و ضخیم لایه به رنگ قهوه‌ای تا خاکستری تشکیل شده و عضو میانی و ستیغ ساز سازند لار را تشکیل می‌دهد. ضخامت آن حدود ۱۱۰ متر است.

واحد J_I³ شامل سنگ آهک‌های اوولیتی نازک لایه خاکستری رنگ است که ضخامتی نزدیک به ۵۰۰ متر و گسترشی بسیار زیاد در گوشه شمال غربی ورقه یک صد هزارم جاجرم دارند. این ردیف سنگ

آهک، لایه بندی بسیار سامان یافته دارد و بگونه هم شیب و پیوسته به ردیفی از تناوب سنگ‌های آهکی با مارن که همسانی بسیار چشمگیر به عضو پایین سازند شورپیجه دارد، تبدیل می‌شود.

واحد J_I در شمال غربی گستره نقشه، عضو پایانی سازند لار با ضخامت تقریبی ۲۵۰ متر رخنمون دارد و از تناوب سنگ آهک فسیل دار متوسط و ضخیم لایه خاکستری، نگ آهک فسیل دار صورتی و زرد رنگ و مارن زرد تا سبز رنگ به همراه چرت فراهم آمده است. همبری زیرین این واحد با عضو J_{I3} بگونه پیوسته و هم شیب و همبری بالایی آن با سنگ نهشته‌های کرتاسه بالا، که هم ارز سازند کلات می‌تواند باشد، بگونه ناپیوسته و هم شیب است.

واحد J_I شامل سنگ آهک کرم تا خاکستری رنگ متوسط و ضخیم لایه است که در یال جنوبی تاقدیس کوه جهان آباد رخنمون دارد. این بخش از سازند لار بعلت درهم ریختگی ناشی از چین خوردگی و حذف برخی از واحدهای سنگی یال جنوبی تاقدیس وضعیتی نامشخص نسبت به دیگر عضوهای این سازند دارد ولی با توجه به وضعیت ظاهری سنگ آهک می‌توان آنرا در ردیف عضوهای ۲ و ۳ سازند لار در نظر گرفت.

واحد J_I^d یک بخش دکه بصورت پراکنده در اثر عوامل ثانوی در عضوهای ۱ و ۲ و ۳ سازند لار ایجاد شده با رنگ قهوه‌ای و زرد در مجموعه یاد شده دیده می‌شود.

ه- کرتاسه بالا K_U^I

این واحد در ناودیس کمراپور رخنمون دارد و شامل تناوبی از سنگ آهک ماسه‌ای نازک تا ضخیم لایه خاکستری و زرد و مارن سرخ رنگ است که مجموعاً نزدیک به ۲۵۰ متر ضخامت دارند. سن این سازند کرتاسه بالایی، اشکوب کامپانین است. مرز زیرین و بالایی این واحد سنگی با سازندهای زیرین و بالایی ناپیوسته و هم شیب است.

۲-۱-۱-۳- سنگ نهشته‌های دوران سوم

الف- پالتوسن

واحد کنگلومرای فجن P_e^f تناوبی از ماسه سنگ و کنگلومرای قهوه‌ای رنگ نازک تا ضخیم لایه است که نزدیک به ۱۸۰ متر ضخامت دارد. اکثر قطعات تشکیل دهنده بخش کنگلومرای از سنگ آهک‌های ژوراسیک است و دارای گردشگی خوب، جورشدگی متوسط و سخت شدگی زیاد است. همبری این ردیف رسوبی با واحدهای پیرامون خود گسلی است. رخنمون این واحد را می‌توان در شمال مزرعه بیدک، در شمال

غربی ورقه جاجرم مشاهده کرد. این واحد کنگلومرای هم ارز کنگلومرای فجن در البرز و کنگلومرای پستلیق در کپه داغ است.

۲-۱-۲- زون ایران مرکزی

۲-۱-۲-۱- مزوزوئیک

الف- واحد J^{mt}

این واحد، رخنمون یافته در جنوب غربی ورقه زمین شناسی یک صد هزارم جاجرم، از شیل های فیلیتی با دگرگونی ناچیز، پدید آمده است. درون این شیل های فیلیتی شده درون لایه هایی از سنگ آهک کمی دگرگونه یافت می شود که دارای سنگواره بلمنیت هستند و از همین روی شاید بتوان این واحد سنگ شیلی بادرون لایه های سنگ آهک دگرگونه را به ژوراسیک، بویژه ژوراسیک میانی، نسبت داد.

ب- واحد سنگ آهک K_1^I

این واحد سنگ آهکی که بگونه رانده شده و نابرجا رخنمون دارد در بخش جنوب و جنوب غربی ورقه جاجرم جای دارد. سن آن کرتاسه پایینی می باشد.

ج- مجموعه افیولیتی

این مجموعه در گوشه جنوب شرقی ورقه جاجرم گسترش دارد و بخش های گوناگون آن بخوبی توسط تصاویر ماهواره ای از یکدیگر قابل تشخیص و تفکیک هستند.

واحد هارزبورژیتی hz سازنده پیکره اصلی سنگ های اولترامافیک مجموعه افیولیتی بخش جنوب شرقی ورقه جاجرم است. رنگ این واحد سبز متمایل به سیاه است و در مناطق شدت سرپانتینی شده برنگ سبز خاکستری تیره تا روشن دیده می شوند. در همسایگی و مجاورت با شکستگی های اصلی یک برگ وارگی (فولیاسیون) موازی با شکستگی در آنها شکل گرفته است گاهی این سنگ ها آثاری از دگرگونی هم از خود نشان می دهند. وجود دایک هایی با ترکیب گابرویی - دیابازی با پهنای متوسط تا زیاد در واحدهارزبورژیتی در برخی بخش ها دیده شده است که بطور معمول از روند شکستگی ها پیروی می کنند. وابستگی و در هم آمیختگی همبودی تنگاتنگی میان هارزبورژیت ها و دونیت ها وجود دارد. آنچنان که گاهی آنها را در میان یکدیگر می توان دید. فزون براین، گاهی واحدهای هارزبورژیتی بنظر می رسد بگونه تدریجی به سنگ لرزولیت

تبدیل می شود. اما اندازه گسترش رخنمون آنها چندان بالا نیست. واحدهای هارزبورژیتی، بطور معمول، دارای وابستگی گسلی با دیگر سنگ های مجموعه افیولیتی هستند.

از دیدگاه سنگ شناختی این واحد در بیشتر موارد، دارای بافت غربالی است و از بلورهای اولیوین و پیروکسن (اورتوپیروکسن) ساخته شده است. اسپینل قهوه ای بعنوان کانی فرعی همراه با کانی های تیره بمقدار کم در زمینه سنگ دیده می شود (ص ذوالفقاری ۱۳۸۰).

واحد سرپانتینیت SF در نتیجه دگرسانی گسترده بخش های اولترامافیک، همچون هارزبورژیت حاصل می شود. این دگرسانی در کوه علی آباد در شرق ورقه جاجرم بگونه ای عام در یک روند شرقی - غربی هم آهنگ با روند شکستگی های اصلی منطقه تمرکز یافته و چنین می نماید که این گونه از دگرسانی در بخش های بالا آمده و یا رورانده شده صفحات افیولیتی رخ داده باشد. بهر حال این واحد به عنوان بخش اصلی مجموعه آمیزه تکتونیک و افیولیتی به شمار می آید و گاهی اوقات بعلت هوازدگی شدید و اکسیده شدن به رنگ های سبز تیره، سبز قهوه ای و گاهی قرمز تیره در نمونه های دستی به چشم می خورد. در این سنگ ها گاهی ساخت های برگواری (Schistosity) نیز دیده می شود. در بُرش های میکروسکوپی این سنگ ها دارای ساخت غربالی (Mesh) ناشی از دگرسانی اولیوین هستند. ترکیب اصلی سنگ از لرزولیت و کریزوتیل تشکیل شده است. مطالعه سنگ شناختی حضور بقایای کانی های پیروکسن را نشان می دهد و کانی آنتی گوریت در این سنگ ها معمول است که در رگچه ها دیده می شوند. پیدایش آمفیبول ترمولیتی همراه با کلریت نیز در انواع حاصل از پریدوتیت های دگرگونه عمومیت دارد.

گسترش سرپانتینیت در گوشه جنوب شرقی ورقه جاجرم بدنبال کمر بند افیولیتی سبزوار است و به تقریب در طول همه گسل های راندگی موجود در کمر بند افیولیتی عدسی هایی از سنگ های سرپانتینیت دیده می شوند.

واحد هارزبورژیت سرپانتینیت شده sr.hz در هارزبورژیت های شمال روستای مسیح آباد با دگرسانی ناچیز و بطور کامل سرپانتینیت دیده می شود. توسط گسل های راندگی محدود شده و بگونه ای فراگیر دارای خرد شدگی و گسلش های فراوان در درون خود هستند. این واحد توسط دایک های رودنگیتی به رنگ سفید قطع می شوند.

واحد گابروی gb در گوشه جنوب شرقی ورقه یکصد هزارم جاجرم، واقع در کوه کمر زرد، کوه علی آباد و شمال روستای مسیح آباد، بیرون زدگی دارند. این بیرون زدگی گابروی در امتداد گسل های راندگی است. روند همگانی گسترش گابروها شرقی - غربی است. این سنگ ها در شمار واحدهای ماگمایی نفوذی متعلق به ردیف افیولیتی اند که بطور معمول به رنگ روشن تر از واحدهای اولترامافیک نمایان می شوند.

گابروهای موجود در ورقه جاجرم، دنباله گابروهایی هستند که در ورقه فرومد نیز از گسترش خوبی برخوردارند. بافت این سنگ‌ها از میکروگرانولار تا گرانولار متغیر است. در برخی نواحی، بطور محلی، گابروهای درشت بلور با بافت پگماتیستی نیز دیده شده‌اند، چنین می‌نماید که واحد گابرویی در اثر فاز دگرگونی دچار تغییراتی در ترکیب کانی شناختی خود شده باشد (س - پوران یوسف ۱۳۸۱). آنچنان که کانی‌هایی نظیر ترمولیت، آکتینولیت، زوئزیت، کلینوزوئزیت و گرونا در آنها پدیدار شده است. بررسی سنگ شناختی نمونه‌ها آشکار می‌سازد که بطور کلی این واحد گابرویی دگرگون شده و دارای بافت گرانولار است و کانی‌های پلاژیوکلاز با بافت اینترسرتال و ترکیب متوسط (الیگوکلاز - آندزین) بصورت شکل دار تا بی‌شکل در آن گسترش یافته است. حضور گسترده بلورهای ترمولیت آکتینولیت نیز بازگوکننده دگرگونی سنگ است.

واحد اسپیلیتی sp در شمال روستای مسیح آباد رخنمون دارد. رنگ هوازده آن بنفش تیره است و بعلت وجود پلاژیوکلازآلبیت به آن آلبیتوفیت نیز می‌گویند. این گدازه دریایی دارای ساخت بالشی و از دیگر واحدهای تشکیل دهنده ردیف سنگ‌های افیولیتی بطور کامل متمایز است. از دیدگاه سنگ شناختی، این واحد دارای ترکیب یکنواخت نیست و از هیالوآندزی بازالت، اسپیلیت کراتوفیرتایک بخش پیروکلاستیک یا توفی تغییر می‌کند. بخش‌های آندزی‌بازالتی دارای بافت جریان‌ی شیشه‌ای و متشکل از بلورهای پیروکسن است. وجود رگه‌های پر شده بوسیله کربنات که در سطح سنگ دیده می‌شود به همراه رگه‌های سیلیسی و پرهنیستی حاصل دگرسانی در این واحد، از ویژگیهای چشمگیر آن است.

واحد $K_{II}^{sh,l}$ در گوشه جنوب غربی ورقه جاجرم رخنمون دارد، شامل شیل‌های آهکی فیلیتی شده سفید تا سبز روشن و لایه‌های نازک شیست است که مجموعه دگرگونی جنوب غربی قرار دارد.

واحد K_{II}^v در درون سنگ‌های دگرگونی گوشه جنوب غربی ورقه رخنمون دارد و شامل گدازه‌هایی زیردریایی در حد آندزیت - بازالت برونزد دارند که حفره دار (Vesicular) هستند و این حفره‌ها از کلسیت و کلریت پر شده‌اند. بافت این گدازه‌ها پورفیریتیک بوده و بشدت اپیدوتیزه شده‌اند.

واحد K_{II}^t متشکل از توف‌های سبز و توف برشی اپیدوتیزه شده است که در گوشه جنوب غربی ورقه رخنمون دارد. این واحد توفی بصورت عضوی در مجموعه فیلیت‌های آهکی سبز - زرد و ارغوانی است.

واحد سنگ آهک پلاژیک K_{II}^{pl} در جنوب غربی ورقه رخنمون دارد و دارای رخساره سنگ آهک‌های پلاژیک است. سنگ آهک نازک لایه (۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر) و ضخامت آن اندک و بصورت برش و فلس‌های رانده شده در مرز میان گسل‌های تراستی در این بخش قرار می‌گیرد. این سنگ‌ها را متعلق به کرتاسه بالایی اشکوب‌های (سانتوین - کامپانین) می‌دانند.

مجموعه افیولیتی تفکیک نشده om گسترشی بسیار ناچیز در محدوده جنوبی ورقه جاجرم قرار دارد و بعلت درهم آمیختگی تشکیل دهنده‌های آن قابل تفکیک نیست. این واحد که بیشتر در حاشیه گسل‌ها، از جمله گسل میامی رخنمون دارد از تشکیل دهنده‌های مجموعه افیولیتی سنگ‌های ولکانیک، سنگ‌های نفوذی و سنگ‌های رسوبی به سن کرتاسه و جوانتر تشکیل شده است که در اثر عملکرد حرکت‌های کوهزایی بصورت آمیزه درهمی بنام آمیزه رنگین در آمده است.

۲-۲-۱-۲- سنوزوئیک

الف- کنگلومرای پالتوسن p^c

این واحد که هم ارز کنگلومرای فجن در پهنه زمین شناسی - ساختمانی بینالود است، بگونه متناوب از ماسه سنگ و کنگلومرای بنفش و قهوه‌ای رنگ نازک تا ضخیم لایه است که نزدیک به ۷۰۰ متر ضخامت دارد و خمیره (Matrix) آن به نسبت سخت است. گرد شدگی و سخت شدگی این کنگلومرا خوب ولی جورشدگی آن خوب نیست. لایه بندی تدریجی در این کنگلومرا بخوبی دیده می‌شود. همبری این واحد با واحدهای پیرامون خود بصورت گسلی است. رخنمون این واحد را می‌توان در جنوب رشته کوه رختشوران گواه بود.

ب- واحد کنگلومرای ائوسن E^c_m

این واحد که در بخش جنوب شرقی و جنوب ورقه رخنمون دارد متشکل از کنگلومرای سبز تا خاکستری و متوسط تا ضخیم لایه است. خاستگاه و قطعه‌های تشکیل دهنده آن بطور عمده ولکانوژنیک هستند که اجزاء رسوبی نیز در آن دیده می‌شود جور شدگی متوسط ولی گرد شدگی آن کم است. قطعات کنگلومرا با خمیره ماسه‌ای سست بهم متصل شده و ریختاری ملایم در منطقه ایجاد نموده است. همبری زیرین این واحد با واحده p^c گسلی و همبری بالایی آن با واحد E^{vs} بگونه ناپیوسته و هم شیب است.

ج- واحد آذر آواری E^{vs}

در شرق ورقه جاجرم مجموعه‌ای از توف، ماسه سنگ و کنگلومرا گسترش دارد که توسط واحد E^{ml}_m بگونه پیوسته و هم شیب پوشیده می‌شود. بخش‌های توفی متشکل از بلورهای توف، لیتیک توف و توف‌های سبز است و بخش‌های کنگلومرای و ماسه سنگی آن نیز سبز رنگ هستند. همبری بالایی این واحد با واحد E^{ml}_m بگونه ناپیوسته و هم شیب است.

د- واحد E^m

این واحد که در شرق و جنوب شرقی ورقه رخنمون دارد از مارن گچ دار و مارن کرم تا زیتونی رنگ و ماسه سنگ با درون لایه‌هایی از سنگ آهک ماسه‌ای کرم رنگ نومولیت دار و کنگلومرا با گردش‌گی خیلی خوب و جور شدگی متوسط که عمده قطعات آن از جنس سنگ آهک است فراهم آمده است. گسترش این واحد با روند شرقی- غربی است و ریختاری پست و رنگ هوازده روشن دارد. همبری زیرین آن با واحدهای زیرین ناپیوسته و هم شیب و همبری بالایی آن با واحد آندزیت - بازالت ائوسن نیز ناپیوسته و هم شیب است. بخش آهکی این واحد که در جنوب ورقه جاجرم پیرامون چشمه لوشی رخنمون دارد در حقیقت بگونه یک لوماشل است که سنگواره‌های نومولیت، خارپوست و دوکفه‌ای اجزاء مهم تشکیل دهنده آن هستند. این واحد متعلق به زمان ائوسن میانی (لوتسین) است. رنگ این واحد سفید مایل به کرم روشن و نازک تا متوسط لایه (۳۰-۱۰ سانتی متر) است.

ه- واحد آندزیت - بازالت E^{ab}

این واحد با رنگ هوازگی خاکستری تیره، در جنوب ورقه زمین شناسی یکصد هزارم جاجرم به گستردگی رخنمون دارد. بافت این سنگ‌ها پورفیری با زمینه اینترگرانولار است بررسی سنگ شناختی این سنگ‌ها (ص - ذوالفقاری ۱۳۸۱) نشان می‌دهد که بلورهای پیروکسن شکل دار هستند و آثار شکستگی و خرد شدگی، ساختمان منطقه‌ای و بافت تجمعی در آنها دیده می‌شود. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده عبارتند از بلورهای پلاژیوکلاز، با ترکیب در حد لابرادوریت - آندزین که بصورت متقاطع قرار گرفته و در فضای میان آنها ریز بلورهای پیروکسن به فراوانی وجود دارد در این سنگ‌ها کانی‌های مافیک بطور کامل به کلریت و سرپانتین تجزیه شده است. کانی فرعی نیز سوزن‌های آپاتیت است. این واحد بر روی واحدهای E^m و E^c و E^{vs} نشسته است و توسط واحد E^{ts} پوشانده می‌شود.

و- واحد E^{ts}

این مجموعه که در جنوب ورقه جاجرم در رشته کوه چاه کومه با سبزی حدود ۵۵۰ متر رخنمون دارد شامل گدازه بازیگ در تناوب با ماسه سنگ و توف سبز است که در مجموع برنگ سبز زیتونی و با رخساره فرسایش یافته دیده می‌شود. در لابلای ردیف رسوبی - آتشفشانی یادشده افق‌هایی از آندزیت پورفیریتیگ وجود دارد. همبری زیرین این واحد گسلی و همبری بالایی آن با واحد $S^{s,sh}$ بگونه پیوسته و هم شیب است.

ز- واحد $E^{s,sh}$

این واحد با ضخامتی در حدود ۶۵۰ متر از ماسه سنگ با رنگ هوازگی سبز زیتونی، شیل و سنگ آهک نومولیت دار تشکیل شده و در جنوب رشته کوه چاه کومه رخنمون دارد. سن این واحد ائوسن میانی است. درون این مجموعه افق‌هایی از سنگ‌های آتشفشانی بازیک نیز وجود دارد که برخی از قسمت‌ها در اثر دگرسانی شدن مقادیر زیادی اکسیدهای آهن برنگ زرد و نارنجی در سنگ‌ها نمایان شده است. همبندی بالایی این واحد EO^m بگونه پیوسته و هم شیب است.

ح- واحد مارنی EO^m

در شرق و جنوب غرب ورقه جاجرم توالی به نسبت گسترده با شیبی ملایم بسوی شمال وجود دارد این ردیف رسوبی بطور عمده تناوبی از مارن، ماسه سنگ برنگ سرخ تا خاکستری روشن است که گاهی نیز طبقات سبز روشن رنگ در میان آنها دیده می‌شود در بخش مارنی آثار ژپس نیز به فراوانی دیده شده است. این واحد که بگونه پیشرونده و ناپیوسته توسط واحد کنگلومرایی O^c پوشیده می‌شود. در بخش‌های پایین بطور پیوسته و هم شیب واحد $E^{s,sh}$ را می‌پوشاند.

ط- واحد کنگلومرایی O^c

این واحد کنگلومرایی با رنگ خاکستری و جور شدگی خوب و با داشتن زمینه‌ای (Matrix) ماسه‌ای در شرق ورقه زمین شناسی یکصد هزارم جاجرم رخنمون دارد. در اینجا این واحد با ضخامتی حدود ۹۰ متر بگونه‌ای ناپیوسته و پیشرونده بر روی واحد سنگی EO^m جای می‌گیرد و خود توسط واحد سنگی آهک سفید رنگ اولیگوسن - میوسن (OM^1) پوشیده می‌شود.

ی- واحد OM^1

در شرق ورقه یکصد هزارم جاجرم، درون ردیف رسوبی اولیگوسن - میوسن، واحد سنگ آهک کرم تا سفید رنگی وجود دارد که در نقشه با نماد OM^1 نشان داده شده است. ضخامت این واحد حدود ۶۰ متر و بگونه‌ای ناپیوسته و هم شیب توسط واحد تخریبی M^{cs}_1 پوشیده می‌شود.

ک- واحد M^{cs}_1

بر روی واحد سنگی OM^1 ، ردیفی تخریبی کنگلومرایی برنگ سرخ تا قهوه‌ای توده‌ای با زمینه‌ای به نسبت سست و جور شدگی کم جای می‌گیرد. قطعات تشکیل دهنده کنگلومرا از نظر ترکیب ناهمسانند و دارای بین لایه‌هایی از ماسه سنگ نازک تا متوسط لایه هستند. رخنمون این واحد در شرق ورقه جاجرم با ضخامت تقریبی ۳۰۰ متر گسترش دارد و لایه‌های آن شیب به نسبت ملایمی بسوی شمال دارد. همبری بالایی این واحد با مارن‌های M^m_2 پیوسته و هم شیب است.

ل- واحد M^m_2

این واحد که از مارن‌های سرخ رنگ تشکیل شده است در شرق ورقه رخنمون دارد. مارن‌ها برنگ سبز تا زردند و دربردارنده لایه‌هایی از ژپس هستند ضخامت این واحد نزدیک به ۷۰۰ متر است که با شیبی ملایم، نزدیک به ۲۵ درجه بسوی شمال گسترش می‌یابد. همبری بالایی این واحد با واحد M^c_4 بگونه پیوسته و هم شیب است.

م- واحد M^{gm}_3

این واحد که از مارن گچ‌دار و گچ تشکیل شده است و با ستبرای شایان توجه در شرق ورقه جاجرم رخنمون دارد. مارن‌ها برنگ سبز تا زردند و در بر دارنده لایه‌هایی از ژپس هستند ضخامت این واحد نزدیک به ۷۰۰ متر است که با شیبی ملایم، نزدیک به ۲۵ درجه بسوی شمال، گسترش می‌یابد. همبری بالایی این واحد با واحد M^c_4 بگونه پیوسته و هم شیب است.

ن- واحد M^c_4

این واحد کنگلومرایی قهوه‌ای رنگ توده‌ای با جورشدگی خوب و سیمان است که در شرق ورقه جاجرم رخنمون دارد و با شیبی به نسبت ملایم گسترش یافته است. قطعات تشکیل دهنده این کنگلومرا از نظر سنگ شناسی ناهمسان، (چندزادی - Poly genetic) است و ضخامت کلی آن حدود ۲۵۰ متر است. همبری بالایی این واحد با واحد M^{gm}_5 پیوسته و هم شیب است.

س - واحد M^{gm}_5

این ردیف شامل میان لایه‌های مارن گچ دار و گچ برنگ سرخ کم رنگ تا زرد است که در شرق ورقه رخنمون دارد. ضخامت آن ۳۰۰ متر است که باشیبی به نسبت ناچیز و بسوی شمال بگونه‌ای پیوسته و هم شیب روی واحد M^c_4 جای می‌گیرد. همین واحد بگونه پیوسته و هم شیب توسط واحد M^m پوشیده می‌شود.

ع - واحد M^m

این سری نهشته‌ها از گسترش شایان توجه برخوردارند و شامل مارن، ماسه سنگ و کنگلومرا است. افق‌های ماسه سنگ و کنگلومرا سست است و گسترشی به نسبت اندک دارد. بخش بیشترین واحد را مارن زرد تا سبز رنگ تشکیل می‌دهد و به تقریب در همه ورقه قابل پیگیری است.

ف - واحد M^c

این واحد کنگلومرایی که برنگ خاکستری تا قهوه‌ای است، در دامنه جنوبی کوه فقه رخنمون یافته، ضخامتی حدود ۱۵۰ متر دارد. بیشتر قطعات تشکیل دهنده این کنگلومرا خاستگاه آتشفشانی دارند و یا بگفته دیگر ولکانوژنیک است. زمینه آن سست و جور شدگی خوب دارد و همبری بالایی این کنگلومرا با واحد M^s پیوسته و هم شیب و همبری زیرین آن با واحد EO^m ناپیوسته و زاویه‌دار است.

ص - واحد M^s

ردیفی رسوبی است که گسترش بسیار زیاد در جنوب ورقه یک صد هزارم جاجرم، بویژه در رشته کوه فقه، دارد. متشکل از ماسه سنگ قهوه‌ای و بین لایه‌های کنگلومرایی است و در این واحد رسوبی تخریبی که ضخامتی شایان توجه دارد، خاستگاه بیشتر قطعات تشکیل دهنده ماسه سنگ و کنگلومرا آذرآواری است یا بگفته دیگر ولکانوژنیک است. همبری بالایی این واحد با M^{sc} پیوسته و هم شیب است.

ق - واحد M^{sc}

این واحد در جنوب و جنوب غربی ورقه جاجرم رخنمون دارد و در بر گیرنده تناوب کنگلومرای متوسط تا ضخیم لایه و ماسه سنگ است. کنگلومرا به نسبت سخت و گردش‌دگی و جورشدگی قله‌های تشکیل دهنده آن خوب است. رنگ هوازده این واحد تخریبی، قهوه‌ای تا قهوه‌ای تیره است و بگونه هم شیب

بر روی واحد M^S جای گرفته و واحد سنگی PI^C بگونه ناپیوسته و زاویه دار آنرا می پوشاند. این واحد بشدت چین خورده است.

ر- واحدهای PI^d (داسیت) و PI^{da} (داسیت-آندزیت)

سنگ های آندزین که با ترکیب متوسط و اسید وابسته به زمان پلیوسن هستند بگونه ای فراگیر در کمر بند افیولیتی دیده می شوند این سنگ ها بطور معمول بصورت توده های کوچک نفوذی و نیمه عمیق، مانند رگه و گنبد در ردیف سنگ های افیولیتی و سایر واحدهای موجود در ورقه دیده می شوند. از نظر ترکیب سنگ شناختی در رده کوارتز تراکی آندزیت و داسیت آندزیتی جای می گیرند. گسترش فراوان توده های قطع کننده و نیمه عمیق داسیتی در بخش های گوناگون کمر بند افیولیتی در جنوب شرق و جنوب ورقه جاجرم بسیار آشکار و چشمگیر است. این توده های داسیتی از نظر ابعاد و شکل دارای تنوع فراوان هستند.

ش- واحد PI^c

رخنمون این واحد کنگلومرای در جنوب ورقه جاجرم و به تقریب در امتداد گسل راندگی میامی است. قطعات تشکیل دهنده این کنگلومرا از نظر جنس و سن بسیار متنوع و شامل دولومیت های سلطانیه، ماسه سنگ های سازند شمشک و سنگ آهک های وابسته به زمان کرتاسه اند. رنگ عمومی این واحد سرخ تا قهوه ای روشن است. قطعات آن دارای جورشدگی متوسط تا خوب است. زمینه آن ماسه ای است و به نسبت سخت است. رخنمون این واحد بطور کلی، بگونه پوششی در مناطق مرتفع، در امتداد گسل های راندگی است. این واحد بگونه پیشرونده و دگرشیب واحدهای سنگی کهن را می پوشاند.

۲-۱-۲-۳- پلیوسن - کواترنر

الف- واحد PIQ^c

این واحد از کنگلومرای چند زادی (Polygenetic) برنگ خاکستری روشن با سیمانی سست تشکیل شده است. در بیشتر گستره نقشه رخنمون دارد و با ناپیوستگی زاویه دار بر روی لایه های کهن تر از خود جای می گیرد. این واحد از نظر قطعات و قلوه های تشکیل دهنده از سنگ های کهن تر مانند سنگ آهک های سازند دلیچای، سازند لار، سازند الیکا و دیگر سازندها تشکیل یافته و دارای جورشدگی ضعیف و گردشدگی متوسط است.

۲-۱-۲-۴- کوآترنر

الف- مخروط افکنه‌ها (Qf_1 و Qf_2)

این انباشته‌ها که بدنبال جاری شدن آب از مناطق مرتفع تر بسوی مناطق پست تر و کاهش شیب توپوگرافی درون دشت‌ها تشکیل می‌شود را می‌توان بر پایه ژرفای دره‌ها و ارتفاع محل استقرارشان از نظر سنی تقسیم بندی نمود بدین سان مخروط افکنه‌های کهن تر (Qf_1) در فرازای بلندتری نسبت به مخروط افکنه‌های جوان تر (Qf_2) جای می‌گیرد.

ب- پادگانه‌های آبرفتی (Qt_1 و Qt_2)

این واحدها، در برگیرنده رسوبات ناپیوسته آبرفتی، در اثر تغییرات سطوح ژئومورفیک به سان پلکان در کناره آبراهه‌ها و رودخانه‌ها پدیدار می‌شوند که بر پایه فرازای محل قرار گیری به پادگانه‌های کهن Qt_1 و پادگانه‌های جوان Qt_2 تقسیم می‌شوند. این انباشته‌ها شامل مجموعه‌هایی از کنگلومرا همراه با افق‌هایی از سنگریزه و همچنین نهشته‌های رسی و ماسه‌ای هستند که باجورشدگی ضعیف و گردشدگی خوب و سیمان ضعیف دیده می‌شوند و حتی می‌توانند ضخامت‌های زیادی داشته باشند.

ج- انباشته‌های رودخانه‌ای Q^{al}

این انباشته‌ها بطور عمده در مسیر رودها و آبراهه‌های اصلی گسترده شده‌اند و بیشتر بیانگر رودها و آبراهه‌هایی هستند که بعدها در اثر تغییر مسیر بر جای مانده‌اند.

د- کفه‌های رسی Q^{cf} :

این کفه نمکی در بخش میانی ورقه و در بخش به نسبت پست و گود افتاده محدوده ورقه جای گرفته و از نهشته‌های رسی و سیلتی کم و بیش گچ دار تشکیل شده است.

ه- کفه‌های گلی Q^{mf} :

این واحد که زیر مجموعه واحد Q^{cf} بعلت نزدیکی به رودخانه‌ها و انشعابات آنها، از رطوبت بالایی برخوردار است. در تصویر ماهواره‌ای جاجرم بعنوان کفه‌های گلی تفکیک شده است.

و- کفه‌های نمکی Qsf:

این واحد نیز زیر مجموعه واحد Q^{cf} است ولی در آن انباشت رسوبات تبخیری نظیر نمک و گچ ایجاد شده است. در گستره نقشه از این مناطق بعنوان معدن نمک برای استحصال نمک خوراکی استفاده می‌شود.

ز- تپه‌های ماسه‌ای Q^{sd}

در مرکز و شمال غربی ورقه جاجرم انباشته‌های ماسه بادی وجود دارند. با توجه بشکل تپه‌ها یا بگفته دیگر برخان‌ها می‌توان جهت جریان باد را در آنها تشخیص داد. در این ناحیه جهت جریان باد از غرب بسمت شرق است و بر همین پایه گسترش و جابجایی این تپه‌ها نیز از این سو پیروی می‌کنند.

۲-۱-۳- واحدهای سنگی دگرگون شده

۲-۱-۳-۱- واحد mt

سنگ‌های دگرگونه در گوشه جنوب غربی ورقه یکصد هزارم جاجرم، در غرب کوه جوربان رخنمون دارند. این مجموعه دگرگونی شامل فیلیت‌های آهکی، شیل‌های سبز و ارغوانی است که درون آنها توف‌های سبز رنگ و گدازه، در حد آندزیت - بازالتی وزیکولار و اپیدوتیزه، جای می‌گیرد. همچنین در این مجموعه می‌توان بخش‌های سنگ آهکی را نیز مشاهده کرد. ضخامت این مجموعه تقریباً ۸۰۰-۱۳۰۰ متر است.

۲-۱-۳-۲- واحد m

این واحد در جنوب ورقه یکصد هزارم جاجرم واقع در کوه خانه خدا رخنمون دارد. ضخامت آن نزدیک به ۳۵۰ متر است. از دیدگاه سنگ شناختی دارای بافت گرانوبلاستیک - کاتاکلاستیک-لپیدوبلاستیک است و از بلورهای بی شکل و شفاف آلبیت، کوارتز و بلورهای شکلدار تا نیمه شکل دار آمفیبول اولیه و ترمولیت-اکتینولیت، اپیدوت، مسکویت و کلسیت تشکیل یافته است. مجموعه کلریت، مسکویت، گاه اپیدوت و بلورهای ترمولیت-اکتینولیت جهت یافتگی خوبی را در امتداد شیستوزیته سنگ نشان می‌دهند. بر اساس بررسی میکروسکوپی انجام شده بر روی مقاطع نازک این سنگ (م-پشتکوهی، ۱۳۸۱) یک سنگ دگرگونی در رخساره شیست سبز - پرازنیت در بردارنده کانی‌های اپیدوت، کلریت و آلبیت است. سنگ اولیه به احتمال زیاد یک سنگ آذرین نفوذی اسیدی (تیپ گرانیتوئیدی) بوده است

سپس در اثر حرکات تکتونیکی ناحیه، به شدت خرد شده، تبلور مجدد و برشی شدن رخ داده است. بعلت وجود توده سنگ آهک در مجاورت این واحد، پدیده متاسوماتیسم را بوجود آورده است.

۲-۲- زمین شناسی ساختمانی

ورقه جاجرم در حاشیه شمال شرقی ایالت ساختاری ایران مرکزی و حاشیه شرقی ایالت ساختار البرز شرقی (بینالود) جای گرفته است. بر همین پایه، ویژگیهای زمین ساختی دوایالت نام برده شده را در این ناحیه می توان گواه بود. وجود نهشته های چین خورده در ناحیه نشان از وجود تکاپوهای کوهزایی وابسته به زمان های گوناگون زمین شناختی است. سیستم اصلی گسل های گستره نقشه راندگی (Thrust Fault) است که بیشترشان با امتداد شمال شرقی - جنوب غربی حرکت از سمت شمال غربی بسوی جنوب شرق را نشان می دهند و موجب رانده شدن طبقات مستعد بر روی یکدیگر شده اند. از مهمترین این گسل ها می توان به گسل میامی، واقع در جنوب ورقه جاجرم، اشاره نمود که ضمن داشتن مولفه راست بُر، سبب راندگی مجموعه افیولیتی بر روی دیگر واحدها شده است.

دیگر گسل های منطقه را گسل های عادی، معکوس و امتداد لغز تشکیل داده اند. افزون بر این خطواره هایی در دشت وجود دارند که با استفاده از تصویر ماهواره ای شناسایی و ترسیم شده اند. در گستره نقشه، تنها انباشته های کواترنر بگونه ای دست نخورده بر جای مانده اند. وجود نهشته های چین خورده نشان از وجود تنش های شدید مربوط به زمان های پس از کرتاسه دارد که همراه با دیگر تنش های سنوزوئیک، بر حسب ظاهر، بیشترین تاثیر را بر ریخت شناسی کنونی منطقه داشته است. کمربند افیولیتی واقع در جنوب ورقه را به احتمال می توان بعنوان بخشی از منطقه تصادمی (Suture Zone) در نظر گرفت که دنباله کمربند افیولیتی سبزوار است. گستره از نظر ساختمانی بسیار پیچیده و متشکل از گسل های فراوان با مولفه اصلی جابجایی که در بیشتر آنها راندگی، و گاهی مولفه های امتداد لغز نیز همراه است. پی سنگ این بخش از ورقه جوان است و ترکیب آن بطور کامل متفاوت از پی سنگ قاره ای است. این مجموعه دارای روند شرقی - غربی است و از دیدگاه ساختاری پدید آمده از چندین ورقه روراندگی اصلی است. که در امتداد این مجموعه، سنگ های افیولیتی برنزد یافته اند و بر روی واحدهای جوانتر بگونه گسلی جای می گیرند. شواهد صحرایی فراوانی گسلش در نهشته های جوان (مانند آبرفتهای مربوط به دشت و رودخانه ها) و رانده شدن واحدهای سنگی بر روی واحدهای جوانتر (مانند سنگ نهشته های مربوط به PIQ^c)، نشان می دهد که از دیدگاه تکتونیکی این کمربند پویا بوده و حرکت آن از شمال به جنوب است. بدین سان کمربند افیولیتی به احتمال یک

سیستم راندگی است و بر پایه شواهد صحرایی این سیستم از نوع ساختمان‌های فلسی (Imbricated structure) است و پدید آمده از صفحات راندگی فلسی است. این حالت در تصاویر ماهواره‌ای این منطقه نیز، آشکارا قابل دیدن است. پهنای متوسط این کمربند فیولیتی در حدود ۱۰ کیلومتر است.

۱-۲-۲- خطواره‌ها:

افزون بر گسل‌های راندگی اصلی ناحیه، که بیشترشان فشاری هستند، در بخش‌های گوناگون بخصوص مرکز ورقه شکستگی‌های مهمی وجود دارند که توسط تصاویر ماهواره‌ای قابل شناسایی هستند. یکی از ویژگی‌های مهم شکستگی‌های یاد شده عمود بودن نسبت به روند گسل‌های راندگی موجود است. در امتداد این شکستگی‌ها می‌توان جابجایی بزرگ و کوچک را مشاهده کرد. گاهی اوقات شکستگی‌ها بصورت جفت‌های متقاطع نمایان می‌شوند که دارای روندی متفاوت هستند. در مرکز ورقه که رسوبات آبرفتی ته‌نشست شده‌اند عملکرد گسل‌های امتداد لغز عهد حاضر سبب جابجایی مسیر آبراهه‌ها شده که بخوبی در تصویر ماهواره‌ای منطقه قابل شناسایی است.

۲-۳- زمین شناسی اقتصادی

ورقه جاجرم از دیدگاه ذخایر مواد معدنی چندان توانمند نیست و تنها ماده معدنی با اهمیت در آن بوکسیت موجود در قاعده سازند شمشک است که توسط کارخانه آلومینا به منظور استحصال، آلومینا بهره برداری می شود. این افق به رنگ آجری، خاکستری و سبز روی سازند الیکا و در زیر سازند شمشک در تاقدیس کوه جهان آباد جای گرفته است.

۱-۳-۲- بررسی کانی سازی و آثار معدنکاری در محدوده ورقه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم

همانطور که ذکر شد تنها ماده معدنی با اهمیت این ورقه بوکسیت موجود در قاعده شمشک است که به رنگ آجری، خاکستری و سبز در زیر سازند شمشک و روی سازند الیکا در تاقدیس جهان آباد واقع است و از چهار قسمت به شرح زیر تشکیل شده است:

۱- بوکسیت زیرین: ضخامت آن ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر و رنگ آن خاکستری است که بتدریج به طرف بالا صورتی و قرمز می شود. گلوله های رسی به فراوانی در آن دیده می شوند.

۲- بوکسیت رسی: ضخامت این قسمت در حدود ۵ سانتی متر و رنگ آن قرمز تا قهوه ای است این قسمت به آسانی خرد می شود و در قاعده دارای قطعات کائولینیتی است.

۳- بوکسیت سخت: ضخامت این بخش بطور متوسط ۲ تا ۳ متر بوده و مرغوبترین قست کانسار است. رنگ بوکسیت قرمز آجری است، ولی بوکسیت خاکستری رنگ نیز در این قسمت دیده می شود. لایه بوکسیت سخت مرغوبترین بوکسیت منطقه را تشکیل می دهد که میزان Al_2O_3 آن به ۴۵٪ هم می رسد. نتایج تجزیه شیمیایی که بر روی نمونه های پرعیار این قسمت از بوکسیت سخت صورت گرفته نشان می دهد که ماده معدنی علاوه بر داشتن ۴۵٪ Al_2O_3 ، دارای ۱۵/۱۹٪ SiO_2 ، ۱۶/۷۷٪ Fe_2O_3 و ۵/۲۳٪ TiO_2 است.

۴- کائولینیت بالایی: بطور متوسط ۱۰ سانتی متر ضخامت دارد و رنگ آن روشن است. این قسمت کائولینیتی دارای گرهکهای هماتی است. از نظر ترکیب کانی شناسی، کانی های اصلی تشکیل دهنده کانسنگ افق بوکسیت، دیاسپور است. کانی های کائولینیت، هماتیت و کانی تیتان دار آاناتاز از دیگر کانی های تشکیل دهنده کانسنگ می باشند.

رخنمون مجموعه افیولیتی در بخش جنوبی ورقه و حضور گسترده سنگهای هارزبورژیته و دونیتی در این بخش، وجود کانسارهای کرومیت و منیزیت را توجیه می کند. بعلت فعالیت معدن کاری و استخراج مداوم، اثر مهمی از کانسارهای قدیمی دیده نمی شود و تنها اثر باقیمانده وجود معادن متروکه است. استحصال نمک خوراکی در بخش مرکزی ورقه حوالی رودخانه کال شور جاجرم انجام می گیرد. خاستگاه این نمک در واحدهای مارنی میوسن است که توسط آب حل شده و به داخل دشت حمل می شود. در بخش جنوب خاوری و باختری این ورقه آثار معدن کاری باستانی دیده می شود که به صورت انباشته ای از سرباره های ذوب مس است.

۲-۳-۱-۱- معادن

الف- معدن بوکسیت (لاتریت) جهان آباد

این معدن در مختصات 4075195 و 421211 قرار دارد. لایه لاتریت آهن دار در زیر آهک های لار دیده می شود. امتداد لایه تقریباً شمالی - جنوبی با شیب به سمت شرق است. این لایه در حدود ۱۵ متر ضخامت دارد و طول آن در حد کیلومتر است. سنگ معدن به کارخانه سیمان قائن انتقال داده می شود. از این محل دو نمونه به شماره های ZJkb-3 و ZJkb-4 جهت آنالیز XRD و نمونه ZJkb-3 علاوه بر XRD به منظور XRF نیز برداشت شده است. تصاویر ۲-۱ و ۲-۲ نمائی از این معدن را نشان می دهد. جدول ۲-۱ نتیجه آنالیز نمونه ZJkb-3 به روش XRF را نشان میدهد.

جدول ۲-۱ نتیجه آنالیز نمونه ZJkb-3 به روش XRF

شماره نمونه	L.O.I	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	Ti ₂ O	MnO	Fe ₂ O ₃
ZJkb-3	12.22	<0.1	0.28	29.07	35.08	0.22	0.2	0.75	0.83	3.34	0.02	17.42

در ارتباط با آنالیز XRD نیز می توان به وجود کانیهای کائولینیت، هماتیت، آاناتاز، ایلیت و کوارتز در نمونه ZJkb-3 و وجود کانیهای کائولینیت، هماتیت، آاناتاز و کلسیت در نمونه ZJkb-4 اشاره کرد.



تصویر ۱-۲: نمائی از رخنمون واحد بوکسیتی در محدوده معدن. دید به سمت شمالشرق



تصویر ۲-۲: نمائی از رخنمون واحد بوکسیتی. دید به سمت شرق

ب- محدوده سیلیس کبابا (مزرعه)

این منطقه در جنوب غرب جاجرم در مسیر جاده جهان آباد و معدن بوکسیت در مختصات 4076510 و 424929 واقع شده است. لایه ماسه سنگ سیلیسی در قاعده سازند جمال رخنمون دارد. بافت دانه‌ای و

کروی در نمونه‌های دستی دیده می‌شود. ضخامت لایه سیلیسی در محل حدود ۵ تا ۱۵ متر در گستره‌ای حدود یک کیلومتر با روند شمالی - جنوبی شناسایی شده است. در یک قسمت در کنتاكت قاعده‌ای آن اثر یک ترانشه قدیمی دیده می‌شود. شیب لایه ماسه سنگی حدود ۱۵ درجه به سمت غرب می‌باشد. واحد بالایی این لایه آهک و در زیر آن شیل و ماسه سنگ سبز تا خاکستری مشاهده شده است. از این منطقه دو نمونه به شماره‌های ZJkb-1 و ZJkb-2 جهت XRF و بررسی خصوصیات فیزیکی برداشت شده است. تصویر ۲-۳ نمائی از این لایه ماسه سنگ سیلیسی را نشان می‌دهد. جدول ۲-۲ نتایج آنالیز دو نمونه ZJkb-1 و ZJkb-2 به روش XRF را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۲ نتایج آنالیز دو نمونه ZJkb-1 و ZJkb-2 به روش XRF

Fe2O3	MnO	Ti2O	CaO	K2O	SO3	P2O5	Si2O	Al2O3	MgO	Na2O	L.O.I	شماره نمونه
0.48	<0.01	1.4	0.7	0.24	0.11	0.1	88.33	6.71	<0.1	<0.1	1.42	ZJkb-1
0.49	<0.01	0.75	0.66	0.23	0.13	0.09	88.91	6.68	<0.1	<0.1	1.67	ZJkb-2

این واحد ماسه سنگی بعلت ضخامت کم و وسعت اندکی که دارد اقتصادی نمی‌باشد.



تصویر ۲-۳: نمائی از محدوده سیلیس (رخمون لایه ماسه سنگی). دید به سمت جنوب

۳-۱-۱- مقدمه

همراه با پیشرفت علوم و تکنولوژی، مسیر اکتشافات مواد معدنی نیز دستخوش تحول شده است، اما جایگاه ویژه اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه ای هنوز به قوت خود باقی است. اولین اطلاعات ژئوشیمیایی از پهنه برگه های ۱:۱۰۰,۰۰۰ از رسوبات آبراهه ای گرفته می شود، این رسوبات میتوانند به چند دلیل از اهمیت ویژه ای در این راه برخوردار باشند.

- در پروژه های ناحیه ای اطلاعات قبلی مدون و کلاسیکی وجود ندارد.
 - برحسب تنوع واحدهای لیتولوژیکی و فرآیندهای گوناگون کانی سازی، کسب اطلاعات مستقیم از این مجموعه در این مقیاس و با توجه به بودجه و زمان در نظر گرفته شده، عملاً غیر ممکن است.
 - برای کشف هاله های ثانوی بسیاری از عناصر، به دانسیته نمونه برداری چندان متراکمی نیاز نیست، این هاله ها بسته به شرایط فیزیکوشیمیایی متفاوت، شعاع تأثیر گوناگونی را در بر دارند. هرچه هاله ثانوی وسیعتر و به هاله اولیه نزدیکتر باشد و الگوی توزیع آن، همبستگی ژنتیکی بیشتری نسبت به هاله اولیه نشان دهد، از ارزش اکتشافی بالاتری برخوردار خواهد شد.
 - روشهای آنالیز مناسب با حدود تشخیص در خور توجه و گستره عناصر کانساری که در این روشها سنجیده می شود، خود در پیشرفت اندیشه کسب اطلاعات دقیق از پهنه زمین نقش مؤثری ایفاء کرده است.
- با توجه به این موارد است که کارشناسان پیشرو در مسائل اکتشافات ژئوشیمیایی یکی از بهترین محیط های مورد مطالعه در مقیاس ناحیه ای را، پهنه های آبرفتی دانسته اند. این امر روشن است که رسوبات آبراهه ای در صورت طراحی صحیح و نمونه برداری اصولی می توانند معرف واحدهای بالا دست خود باشند. از جمله پارامترهای مؤثر در این زمینه گسترش سیستم آبراهه ای، فرسایش های فیزیکی و شیمیایی، میزان بارندگی، شیب عمومی و دانسیته آن و ... می باشد. الگوی توسعه حوضه های آبریز خود ناشی از عواملی همچون نوع سنگ بستر، شرایط ساختمانی موجود در منطقه (چین خوردگیها، گسلها و شیب عمومی طبقات) می باشد.

۳-۱-۲- طراحی محل نمونه ها

۳-۱-۲-۱- روش طراحی مرکز ثقل آبراهه ها

اولین مسئله در طراحی محل نمونه ها، توجه به این امر است که ظرفیت طراحی نمونه ها برای برگه های ۱:۱۰۰,۰۰۰ بر اساس میزان برونزدها و آبرفتها از پیش تعریف شده است که این امر خود قابل تأمل است. در بسیاری از کشورهای پیشرفته دنیا و با توجه به هزینه های نه چندان بالای آنالیز نمونه ها، طراحی

تعداد نمونه‌ها منطبق با سطح برونزد و تنوع و پتانسیل لیتولوژیکی به مراتب فراتر از این حد رفته است. در هر صورت با در نظر گرفتن این پارامتر که به احتمال زیاد عوامل مالی در ورای آن قرار دارد و نه عوامل علمی، طراحان مشاور بر آن شدند که به بهترین نحو ممکن خود را با این شرایط از پیش تعیین شده وفق دهند.

از جمله سایر عوامل طراحی روش مراکز ثقل، تعیین درجه هر کدام از آنهاست. درجه مرکز ثقل در گرو عواملی همچون چینه شناسی، سنگ شناسی و تکتونیک منطقه است، زیرا این عوامل در توسعه آبراهه‌ها نقش مهمی دارند. نواحی اطراف گسلها (fault buffering)، محل تقاطع گسلها و به ویژه گسلهای بزرگ، واحدهای لیتولوژیکی معرف کانی سازی در ستون چینه شناسی، بیشتر مورد توجه قرار گرفته و نمونه‌های بیشتری از آبراهه‌های آنها برداشت شده است. در ضمن بایستی به این امر نیز توجه داشت که پدیده رقیق شدگی و اثر سرشکن شدگی در حوضه‌های آبریز وسیع (با بیش از ۳۰ سرشاخه) و کاهش شدید مقدار عناصر حاوی آنومالی احتمالی که در بالا دست آنها واقع شده است، باعث می‌گردد که این حوضه‌ها به حوضه‌های کوچکتری تقسیم گردند. از جمله موارد دیگری که بایستی به آن اشاره کرد این نکته است که عدم دستیابی به نتایج جالب توجه، در نمونه‌های مراکز ثقل نمی‌تواند بیانگر عدم وجود مناطق ناهنجار در مسافتهای طولانی بالا دست آنها باشد. علاوه بر آن بایستی یادآور شد که امکان نمونه برداری، آماده سازی و آنالیز در دفعات متعدد که از اصول اولیه مرکز ثقل است، در اکتشافات ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰,۰۰۰ وجود ندارد. لذا با توجه به تمام موارد، نقاط مثبت و کارآمد این روش در طراحی محل نمونه‌ها، مدنظر کارشناسان بوده است.

۳-۱-۲-۲ - نقشه‌های توپوگرافی

اساس طراحی و جانمایی نمونه‌ها در پروژه‌های اکتشافی ۱:۱۰۰,۰۰۰ نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ است. هرچند دیر زمانی است که نقایص فراوان این نقشه‌ها از جمله عدم اطلاعات به روز (Update) آنها به ویژه در مورد راههای جدید الاحداث و جاده‌های روستایی، فقدان مختصات جهانی UTM، و مهمتر از همه، اطلاعات آنالوگ آنها و سایر اشکالات آنها بر کارشناسان امور، هویدا شده است، اما لاجرم استفاده از آنها در طراحی نمونه برداری هنوز در دستور کار قرار دارد.

۳-۱-۲-۳ - عوامل موثر در طراحی محل نمونه‌ها

در طراحی محل نمونه‌ها، نگاه ویژه‌ای به نقشه ۱:۱۰۰,۰۰۰ زمین شناسی جاجرم شده است، این منطقه در حاشیه شمال شرقی ایالت ساختاری ایران مرکزی و حاشیه شرقی ایالت البرز شرقی (بینالود) جای گرفته است. بنابراین ویژگیهای ساختاری دو ایالت نام برده شده را در این ناحیه می‌توان شاهد بود. سیستم اصلی گسلهای منطقه راندگی است که بیشترشان با امتداد شمال شرقی - جنوب غربی حرکت از سمت شمال

غربی به سوی جنوب شرق را نشان می دهند و موجب رانده شدن طبقات مستعد بر روی یکدیگر شده اند. گسل راندگی میامی در جنوب ورقه جاجرم با داشتن مؤلفه راست بر سبب راندگی مجموعه افیولیتی بر روی دیگر واحدها شده است. ورقه جاجرم از نظر مواد معدنی چندان توانمند نیست و تنها ماده معدنی با اهمیت آن بوکسیت موجود در قاعده سازند شمشک است. استحصال نمک خوراکی در بخش مرکزی ورقه حوالی رودخانه کال شور جاجرم انجام می شود. خاستگاه نمک، واحدهای مارنی میوسن است که توسط آب حل و به داخل دشت حمل شده اند. در بخشهای جنوب شرقی و غربی این ورقه آثار معدنکاری باستانی به صورت انباشته هایی از سرباره ذوب مس دیده می شود. عملکرد گسلهای اصلی (گسلهای راندگی مانند میامی) و گسلهای دیگر منطقه (عادی، معکوس و امتدادلغز) در این منطقه از رخدادهای مهم در زمین شناسی منطقه بشمار می آید (نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم و گزارش مربوطه)، نقش گسلها در طراحی نمونه ها نیز نقشی مهم و قابل توجه بوده است. علاوه بر موارد ذکر شده که در طراحی مد نظر بوده است، عوامل دیگری نیز نقش داشته اند، اهم این عوامل به شرح زیر است:

- دستیابی به توزیع نسبتاً یکنواخت نمونه ها در کل نقشه (به استثناء مناطق مورد نظر و حاوی پتانسیل)
 - رعایت نسبی چگالی نمونه برداری ژئوشیمیایی بر اساس استانداردهای ملی
 - توزیع همگون و حتی الامکان متناسب نمونه ها با سطح حوضه آبریز و تعداد انشعابات آن
 - اولویت طراحی نمونه از آبراهه هایی که سنگ بستر خود را قطع کرده اند .
 - در نظر داشتن اصل مهم Sample junction
 - بررسی امکانات جاده ای و مواصلاتی
 - پرهیز از مناطق کشاورزی جهت نمونه برداری
- با در نظر گرفتن عوامل فوق و با بررسی نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ (چهار برگه جاجرم، محمدآباد پل ابریشم، ایستگاه جهان آباد و درق) حوضه های آبریز شناسایی و سیستم آبراهه ها تکمیل گردید. سپس با استفاده از نقشه زمین شناسی منطقه و نقشه ۱:۲۵۰,۰۰۰ ژئوفیزیک هوایی طراحی محل ۵۲۰ نمونه انجام شده است. شکل ۳-۱ موقعیت این نمونه ها را نشان می دهد.
- در طراحی محل نمونه ها، واحدهای سنگی حاوی پتانسیل بالقوه کانی سازی، توده های نفوذی، همبندی های مهم، سیستمهای گسلی و اطلاعات مهم نقشه های ژئوفیزیک هوایی مدنظر بوده است.
- پس از تکمیل سیستم آبراهه ها و طراحی محل نمونه ها بر روی نقشه های توپوگرافی، این نقشه ها اسکن شده و با استفاده از امکانات نرم افزاری، محل نمونه ها، آبراهه ها، جاده ها، روستاها و سایر مشخصه های مهم نقشه های توپوگرافی رقومی گردید. موقعیت نمونه ها در سیستم مختصات (UTM)

نیز مشخص گردید. این مختصات در GPS کارشناسان ذخیره و در اختیار گروههای نمونه برداری قرار گرفت.

۳-۱-۳- نمونه برداری و اهمیت آن

نمونه هایی که توسط کارشناسان از پهنه های مختلف برداشت می شود مبنای تهیه اطلاعاتی خواهد بود که اساس تمام مراحل داده پردازی و تدوین گزارش را در بر دارد و خطای نمونه برداری که عمدتاً ناشی از عدم آگاهی و توجه ناکافی به این امر مهم است باعث تسلسل خطا در بخشهای بعدی گزارش خواهد شد. این امر لاجرم تأثیر نا مطلوبی بر روند کار گذاشته و تصحیح اصولی آنها با تکرار نمونه برداری امکان پذیر خواهد بود، بنابراین آشنایی به اهمیت نمونه برداری، دانش و تجربه کافی شخص نمونه بردار و از همه مهمتر وجدان آگاه و مسئولیت پذیری ابزارهای اساسی در اجرای موفق این مرحله خواهد بود.

باید در نظر داشت که برداشت هر نمونه صحیح در صورت وجود شواهد کانساری می تواند آغازی بر فعالیتهای بعدی و لاجرم امیدواری به کشف آن باشد، در صورتیکه اگر نمونه ها بطریقه اصولی مطابق استاندارد برداشت نشوند، امر شناسایی این شواهد صورت نگرفته و شاید صدها سال دیگر نیز مورد توجه قرار نگیرد. علاوه بر این خسران که تا حدودی به وجدان و مسئولیت هر فرد بر میگردد، ضررهای فراوان مالی نیز گوشه دیگری از این عدم توجه خواهد بود.

با توجه به تجارب گذشته، مسجل شده است که بخش عمده ای از عدم دسترسی به اطلاعات مطلوب، ناشی از نمونه برداری غیر اصولی و غلط بوده و ضرورت اجتناب از آن بر مسئولین پروژه های اکتشافات ژئوشیمیایی، مدیران پروژه و کارشناسان ذیربط واجب است.

۳-۱-۳- استفاده از GPS

کارشناسان نمونه بردار با آگاهی کامل از نقاط ضعف و قوت GPS در دستور العمل اجرایی خویش

این نکات را مدنظر داشتند:

- تبدیل مختصات Lat/Lon به UTM (WGS84) در عملیات زمین مرجع (Georeference) نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی، دارای درصدی از خطا است.

- مختصات قرائت شده از متن نقشه های زمین مرجع با توجه به تواناییهای نرم افزاری خالی از خطا نبوده، این مختصات بنام مختصات دفتری نامیده شده است.

- از مختصات ذخیره شده در GPS (مختصات دفتری) تنها در یافتن آبراهه های اصلی و در مناطقی که توجیه نقشه ها مشکل بوده استفاده شده و در وهله اول نقشه های توپوگرافی به عنوان مبنای نقطه یابی در نظر گرفته شده است.

- مختصات قرائت شده از متن نقشه های توپوگرافی (مختصات دفتری) بعنوان مبنای مختصاتی در پردازش و ترسیم نقشه ها در نظر گرفته شده است. مگر در موارد جابجایی نمونه ها که مختصات صحرائی مد نظر بوده است.

- مختصات محل برداشت نمونه ها (مختصات صحرائی) با مختصات دفتری مقایسه شده و میزان جابجایی و خطای GPS و سایر خطاها بر آورد شده است.

- از مختصات صحرائی در کنترل ناهنجاریها و بازدیدهای بعدی استفاده شده است.
مختصات صحرائی که توسط GPS و با توجه به دقت دستگاهی و تواناییهای آن قرائت شده، در برگه های نمونه برداری (Sampling Card) ثبت شده است.

۳-۱-۲- عملیات صحرائی نمونه برداری

عملیات نمونه برداری در کوتاه ترین زمان ممکن و با اعزام ۵ اکیپ نمونه برداری انجام شد. مراحل عملیاتی پروژه با تمهیداتی در زمینه اسکان اکیپ ها، شناسایی اولیه جاده ها، تهیه خودروهای صحرائی و لوازم مورد نیاز نمونه برداران با نظارت مدیر عملیات صحرائی انجام گردید.

هر گروه نمونه برداری متشکل از یک کارشناس، دو کارگر، خودرو صحرائی و راننده به همراه تجهیزات نمونه برداری از جمله: GPS، نقشه ۱:۵۰,۰۰۰ توپوگرافی منطقه که محل نمونه ها قبلاً روی آن مشخص شده بود، سرند ۸۰ مش، بیلچه، کیسه های پلاستیکی ضخیم جهت حمل نمونه ها و اسپری رنگ جهت علامت گذاری و درج شماره نمونه در محل نمونه و کارتهای نمونه برداری عازم ماموریت شدند.
کارشناسان پس از پیدا کردن محل نمونه با استفاده از نقشه و تطبیق آن با مختصات ذخیره شده در GPS با در نظر گرفتن موارد دستورالعمل فوق و اطمینان از مناسب بودن محل نمونه، بصورتیکه نمونه برداشت شده حتی المقدور معرف نواحی بالادست باشد، نمونه ها را برداشت نمودند.

ذکر دو نکته در ارتباط با نمونه برداری ضروری است:

اول: انتخاب سایز فراکشن #80- بدون طراحی عملیات نمونه برداری توجیهی (Orientation Survey) در بعضی مواقع باعث از دست دادن ناهنجاریهایی می شود که تمرکز آنها بنا به عللی در سایز های درشتتر صورت گرفته است. برای بررسی این امر، مشاور ۵ نمونه را با هدف فوق برداشت نموده است (سرفصل ۳-۱-۳-۴).

دوم: در صورت مشاهده مواردی منجمله کانی سازی و آلتراسیون شدید، کارشناس نمونه بردار اختیار طراحی و برداشت نمونه از آبراهه های فرعی مورد نظر را خواهد داشت.

۱-۳-۲-۱- کارت های نمونه برداری استاندارد (Sampling Card)

یکی از وظایف اصلی کارشناس نمونه بردار، علاوه بر برداشت نمونه، تکمیل کارت نمونه برداری است که با استفاده از Global Geochemical Sampling Center طراحی و بهینه شده است، (جدول ۳-۱). یکی از اهداف طراحی این کارتها برطرف کردن نقاط ضعفی بود که در اکثر مناطق نمونه برداری به ویژه در کشورهای عقب مانده و در حال توسعه مشاهده می شد. این نقاط ضعف شامل اعمال سلیقه فردی، تنوع در روشهای ثبت اطلاعات، نارسایی اطلاعات ثبت شده، عدم توجه به بعضی موارد مهم و سرنوشت ساز از جمله آلتراسیون، مینرالیزاسیون، آلودگی و ... می باشد. بخشهای عمده این کارتها عبارتند از :

الف: اطلاعات کلی شامل شماره نمونه، نام پروژه، نام محل، سیستم مختصات مورد استفاده، مختصات نمونه و نام نمونه بردار ... (بخش اطلاعات کلی (General Data)

ب: ویژگیهای محیط نمونه برداری شامل رطوبت، رنگ و ترکیب دانه بندی رسوبات (آیتم های ۱ تا ۵)

ج: داده های مرتبط با شیب محدوده، ساختارهای مختلف و توپوگرافی (آیتم ۶)

د: لیتولوژی نمونه های نابرجا (Float) و لیتولوژی رخنمونهای برج (Outcrop) محدوده (آیتم های ۹ و ۱۰)
ه: آلودگی احتمالی در محدوده (آیتم ۱۱)

تمامی بخش ها و باکس های طراحی شده (بویژه بخش اطلاعات کلی (General Data) توسط کارشناس و در هنگام نمونه برداری تکمیل شده است.

در ضمن در صورت مشاهده آلتراسیون و کانی سازی - کارشناس نمونه بردار موظف به توضیح آن در ستون Comments خواهد بود.

۱-۳-۳- مدیریت عملیات صحرائی

با توجه به اهمیت بسیار بالای نمونه برداری و با هدف به حداقل رساندن خطاهای این مرحله، مدیریت عملیات صحرائی در اختیار یکی از کارشناسان زبده مشاور قرار داده شده که بصورت تمام وقت در عملیات صحرائی شرکت نموده است. از جمله اهم وظایف این مدیریت میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

- سازماندهی بهینه گروهها و انتخاب بهترین مسیرهای دسترسی (با توجه به بازدید مقدماتی).

- همراهی گروهها بصورت متناوب و کنترل مستقیم عملیات نمونه برداری.

- کنترل مجدد نمونه ها و تکمیل چک لیست نمونه برداری روزانه هر اکیپ و تحویل گرفتن نمونه ها.
- نظارت دقیق و مداوم بر تکمیل نقشه پیشرفت کار و کارتهای نمونه برداری در پایان هر روز کاری.
- بررسی نمونه های سنگی برداشت شده توسط گروهها و انتخاب آنها جهت مطالعات بعدی.
- کنترل مناطقی که بعنوان محدوده های بالقوه پتانسیل دار توسط گروههای نمونه برداری معرفی شده است.
- نظارت موثر بر خشک کردن نمونه های خیس و الک نمودن آنها در راستای کاهش آلودگی و به حداقل رساندن خطاهای انسانی.
- تکمیل لیست نهایی و کنترل نهایی نمونه ها، بسته بندی و ارسال آنها به دفتر شرکت.

۳-۱-۳-۴- نمونه برداری توجیهی (Orientation Survey)

مطالعات توجیهی یک تحقیق اولیه طراحی شده برای کسب اطلاعات جهت برنامه ریزی بهینه یک پروژه است. هدف از این مطالعات ارائه راهکارهایی جهت ماکزیمم ساختن تمایزات (Contrast) ناهنجاریها است. انجام این مطالعات در نواحی فاقد اطلاعات ژئوشیمیایی (همچون برگه های ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰,۰۰۰) از اهمیتی حیاتی برخوردار است. در این نواحی نمونه های توجیهی بایستی از مجاورت کانسارهای شناخته شده، رگه ها و شواهد معدنی و همچنین از مناطق غیر کانی سازی برداشت شوند تا پوشش کامل شرایط طبیعی محیط را منعکس سازند.

نمونه برداری توجیهی امکان کسب اطلاعاتی دال بر:

- ۱) بهترین اندازه ذرات (Size Fraction) - که در آن اندازه بیشترین مقدار مواد معدنی تجمع یافته
 - ۲) بهترین و مناسبترین دانسیته نمونه برداری
 - ۳) تعیین مشخصه های ژئوشیمیایی (Geochemical Signature) را فراهم می آورد.
- موارد ۱ و ۲ در زمینه برگه های اکتشافات ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰,۰۰۰ از اهمیت بیشتری برخوردار است. اما تاکنون این امر مهم در شرح خدمات اکتشافات ژئوشیمیایی برگه ها در نظر گرفته نشده است.

۳-۱-۳-۴-۱- برداشت ۵ نمونه جهت مطالعات توجیهی

با توجه به عدم پیش بینی نمونه برداری توجیهی در مطالعات اکتشافی در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰، مشاور بر آن شد که رسماً اقدام به برداشت ۵ نمونه و مطالعه آنها در ۴ سایز انتخابی (A=-40,+60, B=-60,+80, C=-80,+100, D=-100,+120 mesh) کند. موقعیت برداشت این نمونه ها در شکل ۳-۱ و نتایج آنالیز آنها به روش XRF در جدول ۳-۲ مشخص شده است.

استناد به نتایج ۵ نمونه جهت اخذ نتیجه، کاملاً غیر منطقی است، اما طرح مسئله بعنوان مقدمه ای بر لزوم اجرای این مرحله از نمونه برداری در سایر برگه های ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰,۰۰۰ قابل ارائه می باشد.

جهت تعیین ساینز بهینه راهکارهای متنوعی در نظر گرفته می شود، از آنجمله می توان به ترسیم نمودارهای خطی (Line Chart)، ترسیم نمودارهای جعبه ای (Box plot) و بررسی نتایج داده ها و انتخاب ساینز بهینه با نظر کارشناسی اشاره کرد.

نمودارهای خطی عناصر $Fe_2O_3, Al_2O_3, Ti, Ba, Ni, Co, Cr, As, Sr, Rb, Cu, Zn, Mn, Ba$

شکل (۲-۳) ترسیم گردیده و از بررسی این نمودارها نتایج زیر بدست آمده است.

- روند عمومی در تمام ساینزها در عناصر Co, Ni و Cr تقریباً یکسان بوده و این روند تقریباً مخالف روند عمومی عناصر Al_2O_3 و $As, Rb, Ba, Zn, Cu, Ti, Fe_2O_3$ می باشد، بدین معنی که در نمودارهای دسته اول روند کاهشی در ردیف نمونه ها از نمونه ZJ-42-1 بسمت نمونه ZJ-407 دیده شده و در دسته دوم این روند بالعکس است.
- زمانیکه غنی شدگی نسبی در نمونه ها مشاهده شده جدایش در ساینزها بصورت مشخصتری خود را نشان داده است بطور مثال میتوان به نمونه های ZJ-44 و ZJ-46 در عناصر Cr, Sr, Ni, Co و نمونه ZJ-389 در Fe_2O_3 و Cu و نمونه ZJ-407 در Pb و As اشاره کرد.
- عناصر (Cr, Co, Ni) غنی شدگی نسبی را در ساینز درشت دانه (ساینز A) نشان داده اند، در صورتیکه ساینز ریز دانه (ساینز D) در عناصر Rb, Sr و تا حدودی Al_2O_3 و Zn, Ba خود را بیشتر نشان داده است.
- ساینز C در یک نمونه (ZJ-407) که احتمالاً اثری از کانی سازی نسبی سرب و آرسنیک را در بر داشته بطور بارزی خود را از بقیه ساینزها جدا کرده است.
- کامل نبودن سری عناصر مورد نظر در لیست آنالیز عناصر و تعداد قليل نمونه های توجیهی امکان دستیابی به ساینز مناسب را غیر ممکن کرده است. با ترسیم باکس پلاتهای متغیرهای مورد نظر (شکل ۳-۳) میتوان به بررسی میانه در باکس پلاتها پرداخت.
- از مقایسه باکس پلاتها نتایج زیر بدست آمده است. میانه عناصر Rb, Sr, Ba, Ti, Zn و Al_2O_3 در ساینز D بیشتر از بقیه ساینزهاست اما عناصر Cr, Cu, Ni و Fe_2O_3 در ساینز A میانه بیشتری دارند. Sb و As با توجه به مقادیر اندک و یکسانی که در ساینزهای مختلف نشان داده اند عملاً کمکی در انتخاب ساینز بهینه نمی کنند.

برای کسب اطمینان بیشتر جدول (۳-۳) تنظیم شده است. بر اساس اطلاعات این جدول ساینزهایی انتخاب می شوند که اختلاف معنی داری را از لحاظ تمرکز عنصر مورد نظر نشان دهند و مقادیری که بسیار نزدیک یکدیگر بوده اصلاً انتخاب نمی شوند.

در این مرحله عناصر مهم تری شامل $Ti, Ba, Mn, Sb, Sr, Rb, As, Zn, Co, Cr, Cu, Ni, Pb$

و Fe_2O_3, Al_2O_3 در این امتیاز دهی شرکت می کنند، عیار نمونه هایی که به آنها امتیاز داده شده بصورت

Bold و با باکس رنگی در جدول ۳-۳ مشخص شده است. جدول ۳-۴ نتایج بررسی اطلاعات این مرحله را نشان می دهد.

جدول ۳-۴: نتیجه بررسی امتیاز دهی در سایزهای گوناگون

شماره نمونه	ZJ-42-1	ZJ-44	ZJ-46	ZJ-389	ZJ-407	Total
A=-40,+60	3	3	4	7	3	20
B=-60,+80	1	1	0	2	2	6
C=-80,+100	2	1	0	1	2	6
D=-100,+120	6	7	6	2	2	23

همانطور که پیش از این نیز مطرح شد کامل نبودن سری عناصر مورد نظر در لیست آنالیز عناصر و تعداد قلیل نمونه های توجیهی امکان دستیابی به سایز مناسب را عملاً غیر ممکن کرده است. اما جهت نتیجه گیری از سه مرحله بررسی داده ها به مواردی از جمله موارد زیر اشاره میگردد.

- سایز درشت دانه A(-40,+60) عمدتاً تمرکز بهتری را از عناصر Ni, Cr, Co و Fe₂O₃ در بردارد.

- سایز ریز دانه D(-100,+120) تمرکز نسبتاً مناسبتری را از عناصر Zn و Ti, Al₂O₃, Ba, Sr, Rb نشان داده

است.

- حتی در برگه ای همچون جاجرم که انتظار کانی سازی از آن نمی رود نیز مطالعات سایز فراکشن نتیجه

نسبی را در برداشته و سایز دیگری به غیر از سایز #80- معرفی میکند.

۳-۱-۴- انتخاب نمونه های تکراری، ارسال نمونه ها به آزمایشگاه و آماده سازی

آزمایشگاهی

از میان ۵۲۰ نمونه برداشت شده، پس از آماده سازی نهائی (پودر #200)، تعداد ۳۰ نمونه بصورت

تصادفی به عنوان نمونه تکراری انتخاب و کد گذاری رمزی می شود. نمونه ها به همراه لیست نهایی ۵۵۰

نمونه (مجموع نمونه های برداشت شده باضافه نمونه های تکراری) کنترل نهایی شده، بصورت دقیقی بسته

بندی شده و به آزمایشگاه سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارسال شدند.

۳-۱-۵- روش آنالیز و حد حساسیت (Detection Limit)

آماده سازی نمونه ها جهت انجام آزمایشات توسط آزمایشگاه سازمان زمین شناسی انجام گردید و

مورد تأیید ناظر محترم طرح جناب آقای دکتر علی نیا نیز قرار گرفت و سپس نمونه ها در آزمایشگاه سازمان

زمین شناسی آنالیز گردید.

روشهای آنالیز برای عناصر مختلف (۲۷ عنصر) به شرح ذیل می باشد:

روش اندازه گیری طلا، بدینصورت است که نمونه در تیزاب سلطانی حل شده و از فیلتر کربن اکتیو عبور داده شده و طلای موجود در نمونه جذب فیلتر میشود. با سوزاندن این فیلتر در کوره، خاکستری حاصل میشود که در صورت پائین بودن فراوانی طلا (کمتر از 100ppb)، این خاکستر آنالیز اسپکترو گرافی نشری می شود. چنانچه فراوانی طلا بیش از 100 ppb باشد خاکستر، مجدداً در تیزاب حل شده و آنالیز اسپکترومتری جذب اتمی میگردد. حد پائین و بالای تشخیص طلا در آنالیز اسپکترو گرافی نشری به ترتیب 1ppb و 100ppb است. در آنالیز اسپکترو متری جذب اتمی، حد پایین 100ppb می باشد. حد بالا، بدلیل امکان رقیق کردن نمونه، محدودیتی ندارد. عناصر کروم، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، استرانسیوم، روی، تیتان، لانتانیم، نیوبیوم، فسفر، مولیبدن، وانادیم، کادمیم، ایتریوم، زیرکونیم، گالیم، ژرمانیم، نقره، نیوبیوم، کبالت، باریم، مس، آنتیموان، نئودیم، یورونیوم، اورانیوم و تالیم با روش XRF به وسیله دستگاه Magix-pro آنالیز گردیده اند. حدود بالا و پایین برخی از عناصر در این روش با توجه به آخرین منحنیهای کالیبراسیون عناصر، طبق جدول ۳-۵ اعلام گردیده است. (آزمایشگاههای کانی شناسی XRF سازمان زمین شناسی کشور)

جدول ۳-۵: حدود بالا و پایین برخی از عناصر در روش XRF. (آزمایشگاههای کانی شناسی XRF سازمان زمین شناسی کشور)

Elements	Lower Limit(ppm)	Higher Limit(ppm)
Sb	0.4	15
Y	10	80
Mo	2	100
Ag	0.1	3
La	10	150
Nd	10	80
Tl	0.2	2
V	5	160

Elements	Lower Limit(ppm)	Higher Limit(ppm)
Eu	0.5	4
Cr	5	220
Co	1	30
Ni	2	120
Cu	15	1300
Zn	20	500
Ga	3	30
Ge	0.5	4

با توجه به نتایج اعلام شده از سوی آزمایشگاه بویژه در مورد Cr و Ni که حداکثر مقدار آنها به ترتیب برابر با 2848 و 2500 گرم در تن گزارش شده برای مشاوران تناقض حد تشخیص بالایی در جدول ۳-۵ با اعلام نتایج روشن نشده است، در ضمن مغایرتهای دیگری در زمینه حد تشخیص بالا در مورد عناصر Ge و Nd, V, Co و حد تشخیص پائین در مورد بعضی دیگر از عناصر با توجه به جدول مذکور و نتایج اعلام شده از سوی آزمایشگاه مشاهده شده است.

در ضمن اکسیدهای اصلی ۴۳ نمونه که از برونزدهای با احتمالی کانی سازی بوکسیت برداشت شده بود نیز با روش XRF اندازه گیری شده است.

نتایج آنالیز نمونه ها (بصورت ارسالی از آزمایشگاه) در پیوست شماره ۱ آورده شده است.

۳-۲-۱- جایگزینی داده های سنسورد

داده های سنسورد به داده‌هایی اطلاق می‌شود که به صورت مقادیر کمتر از و یا بیشتر از حد حساسیت دستگاهی (>,<) گزارش شده اند. این داده ها با توجه به مقادیر بسیار زیاد و یا بسیار کم عناصر و با عنایت به حد تشخیص دستگاه گزارش میشوند. بدیهی است که سنجش مقادیر کمتر از حد حساسیت دستگاه در توانایی دستگاه نبوده و آنرا با نماد (<) نشان می‌دهد. با توجه به اینکه این مقادیر، ویژگی کمی (Quantitative) نداشته، لذا نمی‌توانند بصورت یک داده عددی در سیستم داده پردازای وارد شوند. در ضمن حذف آنها از سیستم نیز منجر به نادیده گرفتن بخشی از اطلاعات می‌شود. جایگزینی و تخمین داده های سنسورد با روشهای مختلفی انجام میشود که از جمله این روشها میتوان به روش بیشترین درست نمایی کوهن (Cohen Maximum Likelihood)، روش ترسیمی و روش های جایگزینی ساده اشاره کرد. روشهای جایگزینی ساده شامل جایگزینی نصف و یا 3/4 حد حساسیت برای مقادیر کوچکتر از (<) و 4/3 حد حساسیت برای مقادیر بزرگتر از (>) حد حساسیت دستگاهی می‌باشد.

در این پروژه با توجه به عدم گزارش داده های سنسورد از روش جایگزینی نصف حداقل حد قابل تشخیص و گزارش شده، استفاده گردیده است. جدول ۳-۶ عناصر حاوی داده های سنسورد، تعداد، درصد و مقادیر جایگزینی آنها را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۶: عناصر حاوی داده های سنسورد و مقادیر جایگزینی آنها در برکه جاجرم

Row	Element	Total No.	Censored No.	Percentage	Lower Value	Replaced Value
1	Au (ppb)	513	291	56%	1	0.5
2	Ag (ppm)	517	457	88%	1	0.5
4	Nd (ppm)	520	192	37%	1	0.5
5	Tl (ppm)	520	273	52.5%	1	0.5
6	Cd (ppm)	520	284	55%	1	0.5

البته جایگزین کردن نصف حد تشخیص ممکن است در عناصری که در صد بالایی از آنها را داده های سنسورد تشکیل می‌دهد راهکار چندان مناسبی نباشد. از جمله این عناصر طلا، نقره، تالیم، نئودیوم و کادمیم می‌باشند.

نتایج آنالیز نمونه ها بعد از جایگزینی مقادیر سنسورد همراه با موقعیت آنها در سیستم مختصات UTM پیوست شماره دو آورده شده است.

۳-۲-۲- بررسی خطای آنالیز

یکی از روشهای کنترل دقت آنالیز (Precision of Analysis) و کنکاش درزمینه توان تکرار پذیری آزمایشگاهی، آنالیز نمونه های تکراری است. خطای آزمایشگاهی امری اجتناب ناپذیر است که می تواند متأثر از خطای سیستماتیک یا خطای تصادفی باشد. منشاء خطای سیستماتیک عامل ثابتی است که موجب انحراف نتایج به سمت مقادیر بالاتر یا مقادیر پایینتر شده که بایستی منشاء آن که به احتمال زیاد از دستگاه آنالیز است، شناسایی شده و حذف گردد، بالطبع تمام آنالیزهای بایستی مجدداً تکرار شوند. خطای تصادفی به مجموع خطاهایی اطلاق می شود که به حداقل رساندن آنها ممکن، اما حذف آنها تقریباً غیر ممکن است.

روش های آنالیز نیز با گونه های متفاوتی از خطای آنالیز همراه خواهند بود که به حد تشخیص و نوع روش آنالیزی بستگی دارد، بطور مثال روشهایی که عناصر را به صورت جداگانه می سنجند دقت بیشتری دارند، اما حد تشخیص این روشها بالاتر خواهد رفت. در مقابل روشهای نوینی که به صورت Package عناصر را در یک محلول می سنجند احتمالاً دقت کمتری را نشان میدهند زیرا حد تشخیص آنها به مراتب پایینتر خواهد بود. بررسی خطای این روشها ویژگیهای خاص خویش را دارد.

روش بررسی دقت آزمایشگاهی در مطالعات ناحیه ای به عنوان تعیین میزان اطمینان به داده هاست. ممکن است بعضی از عناصر منجمله طلا به دلیل حد تشخیص پایین و تاثیر Nugget Effect و وجود طلای فلزی در نمونه یا وجود درصد زیادی از داده های سنسورد در نمونه های تکراری، خطای بالایی نشان دهند که این امری طبیعی است.

در برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم با توجه به تعداد ۵۲۰ نمونه آبراهه ای، تعداد ۳۰ نمونه تکراری انتخاب و به آزمایشگاه فرستاده شد، نتایج نمونه های اصلی و نمونه های تکراری در (جدول ۳-۷) نشان داده شده است.

برای محاسبه خطای نمونه های تکراری از فرمول زیر استفاده شده است:

$$R.A.E. = \frac{2}{n} \sum \frac{|X_1 - X_2|}{X_1 + X_2} \times 100$$

در این فرمول R.A.E برابر با خطای نسبی دستگاهی، n تعداد نمونه تکراری و X_1 و X_2 به ترتیب مقادیر نمونه های اصلی و تکراری است.

با بکارگیری فرمول مزبور نتایج خطا به مراتب از نمودارهای کلاسیک (نمودار هوارت تامپسون) بهتر مشخص شده و کمیت میزان خطا بدست خواهد آمد. بر اساس محاسبه فرمول فوق حداقل خطا مربوط به عنصر منگنز ۱/۷۵٪ و بیشترین خطا مربوط به کادمیم ۱۰۴/۴۵٪ می باشد. جهت مشاهده تمامی خطاها و مقایسه آنها نمودار خطی (Line Chart) مقادیر خطا در قالب شکل ۳-۴ آمده است.

اگر میزان خطای ۲۵٪ را مبنای خطای مجاز در نظر بگیریم، عناصر Cd و Sb, Nd, La, U, Co, Tl خطایی بیش از حد مجاز داشته اند. خطای این عناصر به ترتیب از حداقل ۳۰.۵ (Tl) تا حداکثر ۱۰۴.۴ (Cd) در نوسان بوده است.

اما خطای عناصری همچون Cd, Nd, Tl می تواند ناشی از بالا بودن تعداد نمونه های سنسورد آنها باشد.

۳-۲-۳- پردازش آماری تک متغیره

داده پردازی تک متغیره باتکیه بر آمار کلاسیک به صورت توصیفی (جدول پارامترهای آماری) و نمودارهای گرافیکی (هیستوگرامها، باکس پلاتها و سایر نمودارها)، اولین گام در مسیر داده پردازی است که حاوی اطلاعات سودمندی برای کارشناسان است. این مرحله به عنوان مقدمه ای بر داده پردازی دو متغیره و چند متغیره محسوب شده و بر این اساس مجموعه داده پردازی با این مبحث آغاز می گردد.

۳-۲-۳-۱- جدول پارامترهای آماری

جدول پارامترهای آماری خصوصیتی از جمله ماکزیمم، مینیمم، واریانس، میانه، میانگین، خطای استاندارد میانگین، انحراف معیار، کشیدگی، چولگی و ضرایب تغییرات (CV%) را دربردارد. با توجه به اینکه انحراف معیار جوامع مختلف پارامتر مناسبی برای مقایسه درجه تغییرپذیری آنها نسبت به یکدیگر نیست به همین سبب از ضریب تغییرات یا CV%، که حاصل تقسیم انحراف معیار به میانگین می باشد، استفاده می شود. این پارامتر معیاری از تغییرپذیری نسبی بوده و امکان مقایسه تغییرات در تمامی عناصر را فراهم مینماید. از جمله سایر پارامترهای آماری چولگی و کشیدگی است که با استفاده از آنها میتوان به نرمال بودن یا لاگ نرمال بودن جوامع پی برد. هر چه این دو مقدار بترتیب به ۰ و ۳ نزدیکتر باشند آن جامعه نرمالتر خواهد بود.

مقادیر بالای CV% متعلق به عناصر نیکل، طلا، کروم، کادمیم، نئودیم، استرونیوم و سرب میباشند. این عناصر ضریب تغییراتی بیش از ۹۵٪ را نشان می دهند. بالا بودن CV% عناصر Ni, Cr ویژگی لیتولوژیکی

بخشی از واحدهای زمین شناسی منطقه و تفاوت آشکار عیار آنها با سایر واحدها است در مورد سرب با توجه به بیشترین مقدار این عنصر احتمال وجود پتانسیل اقتصادی از سرب در منطقه دور از ذهن میباشد. این در حالی است که عناصر کادمیم و نئودیم خطایی بالاتر از ۹۰٪ نشان داده اند که ناشی از حد تشخیص نامناسب و تعداد نمونه های سنسورد می باشد.

در صورتیکه اگر مینا را بر اساس انحراف معیار در نظر می گرفتیم، بیشترین انحراف معیار را به ترتیب عناصر تیتانیم، کروم، استرنسیم، نیکل، فسفر و منگنز در اختیار داشتند. در اینجا اهمیت بررسی CV% روشن خواهد شد.

علاوه بر موارد فوق درصدهای فراوانی (۲۰، ۵۰، ۷۰، ۹۰، ۹۵، ۹۸، ۹۹ درصد) در این جدول منعکس شده است. این درصدها به عنوان مکمل مقادیر Max. و Min. است. به طور مثال، با توجه به مقادیر Min. و Max. عنصر استرانسیم که به ترتیب برابر با $۱۰۳/۸۸$ و $۵۰۵۹/۱۳$ گرم در تن است تصویری از مقادیر بالای این عنصر در ذهن متبادر می شود اما چنانچه به درصدهای این عنصر مراجعه شود مشخص می شود که ۹۰٪ داده ها تا $۵۶۱/۴$ گرم در تن استرانسیم دارند و داده ای که حاوی $۵۰۵۹/۱۳$ گرم در تن استرانسیم در رسوب آبراهه ای است نمونه ای خارج از رده (Outlier) محسوب می شود. این مورد در عناصر Ni و Ba, Cr نیز بخوبی مشهود است. این مسئله تا حدودی در هیستوگرامها به گونه روشنتری خود را نمایان می سازد. وجود مقادیر بالایی از کروم و نیکل در ۲٪ از جامعه قابل توجه است، که به احتمال فراوان تاثیرات لیتولوژیکی منطقه را میرساند. در مورد عنصر باریم تنها یک درصد از داده های این عنصر (۴ نمونه) عیاری بیش از 764.35ppm را نشان داده اند.

با توجه به اینکه گالیم میتواند بعنوان محصول فرعی (By product) ذخایر بوکسیتی معرفی شود اما در این نمونه ها آثاری از غنی شدگی این عنصر مشاهده نشده است. در جداول ۳-۸ و ۳-۹ پارامترهای آماری داده های خام و لگاریتمی نشان داده شده است.

۳-۲-۲-۳- ترسیم هیستوگرامها و شرح آنها

هیستوگرامها بصورت نمودارهای دومحوری می باشند که در آنها محور x نمایانگر تعداد کلاسه (Interval) عیاری داده ها و محور y فراوانی هر کدام از این کلاسهها را نشان می دهد. سه ویژگی جامعه آماری یعنی موقعیت (Location)، پراکندگی (Dispersion) و شکل (Shape) توسط هیستوگرام مشخص میشود. محاسبه موقعیت در یک جامعه آماری با محاسبه میانگین حسابی و هندسی جامعه، مد (Mode) و میانه امکانپذیر می باشد و محاسبه پراکندگی آنرا آماره هایی همچون حد (Range)، انحراف درون

چارکی (Interquartile Devision) واریانس و انحراف معیار بیان می کند. شکل یک هیستوگرام از پارامترهایی همچون چولگی و کشیدگی تاثیر می پذیرد.

هیستوگرامها به همراه جدول پارامترهای آماری، اولین پارامترهایی هستند که امکان پردازشهای بعدی را در اختیار کارشناسان قرار می دهند. هیستوگرام برخی از داده های خام و لگاریتمی نمونه های ژئوشیمیایی جاجرم در شکل ۳-۵ نمایش داده شده است. با مشاهده هیستوگرامها می توان نوع تابع توزیع، وجود یا عدم چولگی و نوع آن را بدست آورد. چنانچه شکل هیستوگرام در توزیع داده های خام به یک شکل بالنسبه نرمال نزدیک باشد نمی توان انتظار آنومالیهای ارزشمند از آنرا داشت و این جامعه بیانگر تغییرات در یک زمینه نرمال خواهد بود. ضمناً با استفاده از هیستوگرامها می توان به نسبت داده های سنسورد به داده های غیر سنسورد پی برد.

در ارتباط با هیستوگرامهای خام و لگاریتمی موارد زیر قابل ذکر است:

- درصد نسبتاً بالایی از داده های عناصر طلا، نقره، نئودیم، تالیم و کادمیم سنسورد می باشد. عنصرنقره به میزان ۸۸٪ بصورت سنسورد گزارش شده است.
- جوامع داده های خام عناصر مس، کروم، کبالت، روی، استرانسیوم، باریم و سرب پس از تبدیل در جامعه لگاریتمی، تاحدودی به تابع نرمال نزدیکتر شده اند.
- جوامع داده های خام عناصر گالیم، ژرمانیم، مولیبدن، کادمیم و منگنز به حالت نرمال نزدیکتر می باشند.
- نزدیک شدن نسبی به جامعه نرمال پس از تبدیل لگاریتمی در عناصر V, Ti, Sb و Y بیشتر مشهود است.
- انتخاب یک جامعه نسبتاً نرمال با مشاهده هیستوگرامها همراه با در نظر داشتن پارامترهای چولگی و کشیدگی در جدول پارامترهای آماری مقدور خواهد بود.
- هیستوگرام تمامی عناصر در پیوست ۳ نشان داده شده است.

۳-۲-۳- ترسیم باکس پلاتها

باکس پلاتها یا نمودارهای جعبه ای یکی از روشهای نمایش توزیع داده های جوامع آماری می باشند که با توجه به چارکهای آن و حد بین چارکی (Interquartile ranges) ترسیم شده اند. در این نمودارها میزان حداقل، ۲۵٪، میانگین، ۷۵٪ و حداکثر به نمایش گذارده شده و نمونه هایی نیز براساس حد بین چارکی به عنوان نمونه های خارج از رده (Outlier) یا فوق العاده (Extreme) محسوب شده اند. نمونه های خارج از رده به نمونه هایی اطلاق می شود که فرمول زیر در آنها صادق باشد:

$$\text{Outlier} = 1.5 \sim 3 (75^{\text{th}} - 25^{\text{th}})$$

نمونه هایی که مقادیر عنصری آنها بالاتر از این حد باشد به عنوان نمونه های فوق العاده نامیده می شوند. کشیدگی دم (tail) باکس پلاتها می تواند معرف فراوانی نمونه هایی باشد که مقادیر غیر معمول نشان داده اند. با توجه به باکس پلاتها میتوان، میزان مناسب حد تشخیص، میزان گستردگی حد بین چارکی، وضعیت میانگین در نمودار، نحوه گسترش نمونه های خارج از رده و فوق العاده و تمایز نسبی جوامع نرمال با سایر جوامع و احتمال پیدایش مقادیر ناهنجار را مشخص کرد.

با بررسی باکس پلاتها مشخص است که عناصر نیکل، کروم، استرنسیوم و روی تا حدودی چنین وضعیتی را نشان می دهند. این وضعیت با توجه به مقادیر حداکثر این عناصر می تواند قابل توجه باشد. البته لازم است به این نکته اشاره شود که حد بالای این عناصر به استثنای چند عنصر، شاید نشانگر مقادیر ناهنجار نباشد، اما وضعیت جامعه و بررسی حدود بین چارکی، این وضعیت را القا می کند. بهر صورت بررسیهای آماری و به ویژه آمار تک متغیره، به عنوان پایه ای برای برداشتهای بعدی محسوب می شود. شکل ۳-۶ باکس پلات برخی از عناصر را در نمونه های جاجرم نشان میدهد.

۳-۲-۴- بررسی ضرایب همبستگی

مقدمه:

روابط دو عنصر (متغیر) و نحوه ارتباط آنها از طریق محاسبه ضریب همبستگی قابل بررسی می باشد. ضریب همبستگی دارای دامنه تغییراتی بین ۱- و ۱+ بوده، بطوریکه عدد ۱- نمایانگر همبستگی کامل و منفی (ناهمسو)، عدد صفر معرف عدم همبستگی بین دو عنصر (متغیر) و عدد ۱+ نشانگر همبستگی مثبت (همسو) کامل و ۱۰۰٪ بین دو متغیر می باشد. این محاسبات در نرم افزار SPSS و بر مبنای ضریب همبستگی Spearman انجام شده که تا حد ممکن وابستگی محاسبات را به نوع تابع توزیع کاهش می دهد.

۳-۲-۴-۱- محاسبه ضریب همبستگی و بررسی اعتبار آنها

هنوز هم در بسیاری از محاسبات دو متغیره، ضرایب همبستگی به عنوان یکی از اصول شناخته شده بکار می رود و بسیاری از کارشناسان دامنه پاراژنتیک عناصر را بر اساس ضرایب همبستگی آنها می سنجند. چندی پیش از آن، برای اعتبار ضرایب همبستگی، حدی تعریف شده (± 0.5) قرار می دادند. بعقیده بعضی از صاحب نظران برای یافتن ضریب همبستگی معتبر بایستی از جوامع نرمال استفاده کرده و لذا به نرمال کردن داده ها با استفاده از نرم افزارهای گوناگون می پرداختند.

همزمان با پیشرفت نرم افزارهای آماری و امکان محاسبات اتوماتیک حد اعتبار (Significant Level)، دیگر مبنای اعتبار از (± 0.5) تغییر کرد و بر اساس تعداد نمونه ای که مبنای سنجش ضرایب همبستگی بود حد اعتبار ممکن بود بسیار پایینتر یا بالاتر قرار گیرد.

بنظر می‌رسد همیشه دامنه همبستگی‌ها معرف واقعیات پاراژنتیکی عناصر نباشند دلایل این امر به

شرح زیر می‌باشد:

۱- عوامل سیستماتیکی در دستگاههای آنالیز وجود دارد که گاهاً باعث ایجاد همبستگی‌های کاذب شده و کارشناسان رابا مشکل روبرو می‌کند. این عوامل بایستی در هنگام آنالیز نمونه‌ها کاملاً شناسایی شده و نقش آنها به حداقل رسد. در بسیاری از این موارد در صورت عدم احاطه کامل به پاراژنهای واقعی در طبیعت، ممکن است کارشناسان با مواردی گمراه کننده هم روبرو شوند.

۲- در مجموعه داده‌ها (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 تغییر دهد، در صورتیکه همبستگی واقعی شاید به مراتب کمتر و یا بیشتر از مقداری باشد که نرم افزار گزارش کرده است.

۳- به تجربه ثابت شده که در مطالعات ناحیه‌ای و نیمه تفصیلی و حتی در بعضی اوقات در مطالعات تفصیلی، همبستگی‌های یک جامعه معرف دو یا چند زیر خانواده می‌باشند که در هم ادغام شده و بعضاً نتایج همبستگی ضعیفی را نشان می‌دهند. اما اگر زیر خانواده‌ها که متأثر از عواملی همچون زمین شناسی، آلتراسیون، مینرالیزاسیون و ... می‌باشند، شناسایی شده و از هم جدا شوند، ضریب همبستگی به دست آمده اعتبار بیشتری خواهد یافت.

۴- ضریب همبستگی متأثر از تعداد نمونه‌ای است که محاسبات بر مبنای آن واقع شده، در تعداد اندک نمونه، بعضاً ضرایب همبستگی معتبری بدست نخواهد آمد.

علیرغم مطالب مذکور محاسبه ضریب همبستگی در سری داده‌ها امری اجتناب ناپذیر است. 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 می‌شود. 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 رتبه‌ای اسپیرمن استفاده شده است.

ماتریکس ضریب همبستگی تمامی متغیرها در جدول ۳-۱۰ نشان داده است. بر اساس این جدول بیشترین ضریب همبستگی را Ti-V با مقدار ۰/۹۹۶ نشان داده اند و بیشترین ضریب همبستگی منفی بین La-Sb با مقدار ۰/۷۴۱- ثبت شده است. همانگونه که از متن این جدول برمی آید با توجه به تعداد بالای نمونه‌ها، همبستگی‌هایی در حد ۰/۱ نیز از اعتبار ۹۹٪ برخوردارند.

ذیلاً به چند عنصر مهم و همبستگی آنها اشاره می‌گردد:

عنصر طلا: عنصر طلا همبستگی مثبت و معنی داری با عناصر Co, Sr, Ni, Sb نشان داده است اما

مقدار این همبستگی‌ها حداکثر به Au-Ni(0.250) می‌رسد و با توجه به حد اعتبار ۹۹٪ از قدر مطلق چندانی

برخوردار نیست. با توجه به مقادیر طلا در نمونه ها (حداکثر 23 ppb) و اینکه تنها دو نمونه (یک درصد جامعه) دارای عیار بالتر از 15 ppb می باشند، لذا این همبستگی ها ارزش چندانی را بروز نمی دهند.

عنصر مس: عنصر مس همبستگی مثبتی با عناصر Sr و Zn, Cr, Co, Eu, P, Ni, Ga, Mn, Ti, V داشته که در حد اعتبار 99٪ از حداقل Cu-Sr(0.521) تا حداکثر Cu-V(0.812) با حد اعتبار 99٪ در نوسان می باشد. مس بیشتر گرایش شکل گیری در سنگهای الترافیک را نشان داده است.

عنصر سرب: همبستگی های مثبت و نسبتاً بالایی با اکثر عناصر از جمله Zn, Ba, Nb, Y, Zr و Ga از خود بروز داده است. همبستگی این عنصر با نیوبوم Pb-Nb(0.701) با حد اعتبار 99٪ قابل توجه بوده که بالاترین ضریب همبستگی این عنصر نیز می باشد و پس از آن Zn, Ba, Zr, Y در ردیفهای بعدی هستند. بالاترین همبستگی منفی سرب با لانتانیم Pb-La(-0.310) با حد اعتبار 99٪ می باشد. همبستگی مثبت و نسبتاً بالای عناصر نادر خاکی با سرب نیز قابل توجه می باشد.

عنصر روی: بیشترین همبستگی روی با Zn-Ga(0.728) و بیشترین همبستگی منفی آن با La با مقدار 0.195- می باشد که هر دو در حد اعتبار 99٪ قابل بررسی می باشند. همبستگی طلا با روی نیز معتبر می باشد (0.147). عنصر روی همبستگی های مثبت و قابل توجهی با عناصر Cu, Mn, Y, Ni, Pb, V, Ti, Ga داشته که مقادیر آنها از حداقل Zn-Ni(0.490) تا حداکثر Zn-Ga(0.728) در نوسان می باشد.

همبستگی مجموعه عناصر سنگهای مافیک و اولترا مافیک از جمله Cr, Ni, Co, V و Ti به همراه عناصر Mn, Zn, Cu نشان از همراهی عناصر مس و روی با سنگهای اولترا مافیکی دارد. مس تنها یک نمونه با عیار بالا (476 ppm) دارد که ارتباطی با مجموعه سنگهای اولترا مافیک ندارد.

۳-۲-۵- جدایش جوامع سنگی و اهمیت آن

رسوبات آبراهه ای معرف ترکیب لیتولوژی های مختلف و فرآیندهای کانی سازی احتمالی در فرادست خود می باشند. غالباً مؤلفه های اپی ژنتیک (کانی سازی احتمالی) را ضعیف کرده و در بعضی از مواقع کاملاً محو می کند. با توجه به تفاوت مقادیر زمینه عناصر در واحدهای سنگی مختلف که ناشی از تأثیر عوامل سنژنتیک است، ارزش مقادیر مطلق یک متغیر ژئوشیمیایی بایستی با شناخت سنگهای بالادست آن تفسیر گردد. ذکر این مثال که ارزش مقدار 4.5 ppm نیکل در سنگهای گرانیتی برابر با 2000 ppm همین عنصر در سنگهای الترابازیک است و می تواند نمای مناسبی از تأثیر عوامل لیتولوژیک در مقادیر مطلق متغیرها باشد.

برای حذف یا کاهش اثر لیتولوژی بر داده ها روش غیرمستقیم (استفاده از تجزیه و تحلیل چند متغیره - آنالیز فاکتوری) و روش مستقیم (شناخت تیپ های مختلف سنگی در بالادست هر نمونه و

نرمالیزه کردن مقادیر مطلق به میانه هر جامعه) پیشنهاد شده است. در این پروژه از روش دوم استفاده شده است، این روش به شدت از میزان دقت نقشه زمین شناسی تأثیر می پذیرد. در ضمن به این نکته نیز بایستی توجه داشت که بعضی از عوامل کانی سازی (مثلاً رگه ها) عموماً در مقیاس نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ نمی گنجد و اطلاق این کانی سازی ها به سنگ دربرگیرنده رگه ها نیز خالی از اشکال نمی باشد.

سنگهای واقع در بالادست نمونه ها حاوی مقادیر زمینه متفاوتی از عناصر مورد بررسی می باشند. بنابراین بنظر می رسد یکی از مهمترین عوامل ایجاد ناهمگنی در جامعه نمونه های رسوبات آبراهه ای، فاکتور تغییرات لیتولوژی در سنگهای ناحیه منشاء باشد. این ناهمگنی واقع در بالادست نمونه ها بایستی شناخته شده و تنوع این سنگها در تأثیر بر نمونه ها نیز مطالعه گردد.

اطلاعات واحدهای سنگ شناسی از برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ زمین شناسی جاجرم گرفته شده است. این نقشه بعد از اسکن شدن، رقومی شدن، زمین مرجع شدن و انطباق بر روی آبراهه ها و نمونه های طراحی شده با استفاده از امکانات نرم افزاری آماده شده است. در این مرحله اهمیت نقشه زمین شناسی و دقت در تهیه آن اولویت خود را بروز خواهد داد.

در نقشه زمین شناسی جاجرم (سازمان زمین شناسی و اکتشافات مواد معدنی فریبز قریب- وحید فتوتی ۱۳۸۲) با توجه به دو پهنه عمده یعنی بینالود (البرز شرقی) و ایران مرکزی، واحدهای سنگی از پرکامبرین تا عهد حاضر رخنمون دارند که در مجموع ۷۲ واحد را شامل شده اند.

گستره وسیعی از این ورقه را رسوبات آبرفتی می پوشاند بطوریکه تنها در دو قسمت جنوب و شمال غرب ورقه، واحدهای رسوبی، آذرین و دگرگونی برونزد دارند. واحدهای فوق عمدتاً دارای راستای شمال شرقی - جنوب غربی می باشند. گسلهای راندگی میامی و چاه شور با همین راستا، گسلهای مهم و اصلی محدوده جنوبی و گسل گذارگز و راندگی جهان آباد با راستای شمال شرقی - جنوب غربی گسلهای اصلی قسمت شمال غربی ورقه را تشکیل می دهند. علاوه بر گسلهای فوق، گسلهای فرعی دیگری با راستای شمال غربی - جنوب شرقی در هر دو بخش جنوبی و شمال غربی وجود دارند. در قسمتهای دیگر ورقه جاجرم گسلهای فراوانی با راستاهای متفاوت به چشم می خورند که عمدتاً توسط رسوبات آبرفتی پوشیده شده اند، بعضی از این گسلها دارای حرکت امتداد لغز با مؤلفه راست بر می باشند و به طور عمده در مرکز و جنوب غربی ورقه واقع شده اند. (نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم و گزارش مربوطه)

به طور کلی واحدهای رسوبی این ورقه شامل کنگلومرا، ماسه سنگ، آهک، مارن و شیل می باشند. واحدهای آذرین عمدتاً در جنوب و جنوب شرق ورقه برونزد دارند که از بین آنها واحد آندزیت بازالیت

بیشترین رخنمون را نشان می دهد، همچنین در منتهی الیه جنوب شرقی و جنوب وره جاجرم سنگهای الترابازیک شامل دونیت، هارزبورژیت و گابرو واقع شده اند. شایان ذکر است که در سه منطقه کوچک در جنوب غرب و در امتداد گسل راندگی میامی افیولیت ملانژها رخنمون دارند. واحدهای دگرگونی شامل فیلیت در جنوب غربی وره مذکور برونزد نشان داده اند (نقشه زمین شناسی جاجرم شکل ۲-۱).

چنانچه تمامی این واحدها در بررسی واحدهای بالادست مدنظر باشند ترکیبات مختلف این واحدها باعث تنوع بیش از حد جوامع بدست آمده خواهد شد، به همین دلیل و با هدف کاهش تنوع واحدها، گروههای سنگی که شباهت بیشتری دارند باهم ادغام می شوند. این امر باعث کاهش تنوع واحدها و افزایش احتمال دستیابی به جوامعی با اعضای نسبتاً مناسب (حداقل ۷ عضو) برای پردازش آماری می شود. با مطالعه دقیق جنس سنگها و ترکیب گروههای مشابه، تنوع واحدها از ۷۲ واحد به ۱۳ واحد لیتولوژی خلاصه گردید، که در جدول ۳-۱۱ مشخص شده است.

جدول شماره ۳-۱۱: علائم اختصاری و خلاصه سازی با توجه به جنس سنگها و ترکیب گروه های مشابه

ردیف	علامت اختصاری	شرح	واحدهای لیتولوژی نقشه ۱:۱۰۰/۰۰۰ زمین شناسی
1	CGS	Coarse Grain Size Sediments, Conglomerates	PLQ ^c , PL ^c , M ^{sc} , M ^s , M ^c , M ₄ ^c , M ₁ ^{cs} O ^c , E ^{vs} , E _m ^c , P _e ^c , P _e ^f
2	Oph	Ophiolite melange in general, Harzburgite, Serpentinite	hz, sr, sr.hz, O _m
3	Gb	Gabbro	Gb
4	Lphy	Submarine lava, tuff, pelagic Limestone, Upper horizon of Ophiolite	K _u ^v , K _u ^t , K _u ^{pl} , K _u ^{sh,L} , mt, J ^{mt}
5	CHS	Chemical Sediments	J _L ¹ , J _L ² , J _L ³ , J _L ⁴ , J _L , J _L ^d , K _u ¹ , K ₁ ¹ , K _u ^v , PE- E _s ^d , E _s ^d , E _m , E _m ¹ , P _{r.n} ¹ , TR _e ^{L1} , TR _e ^{dl} , TR _e ^{l2} , OM ¹
6	Sash	Sandstone, Shale	E ₁ , D _p ^s , D _{kh} ^{s,sh} , C _m ^s , P _d ^s , TRJs, J _s , E _{s,sh}
7	La	Bauxite	La, TR _e ^{s,sh}
8	gypm	Gypsum, Marl	D _p ^{gp} , J _d , E _m ^{ml} , EO ^m , M ₂ ^m , M ₃ ^{gm} , M ₅ ^{gm} , M ^m
9	Eab	Andesite, Andesitic basalt	E ^{ab} , E ^{ts}
10	Da	Dacitic dome	PL ^d , PL ^{da}
11	Mair	Undifferentiated Sedimentary Rocks, Mainly marl, Sandstone	M ^m
12	Qal	Recent Alluvium	Qf ₁ , Qf ₂ , Qt ₁ , Qt ₂ , Qal
13	Qcf	Clay, Mud and Salt flat	Q ^{cf} , Q ^{mf} , Q ^{sf} , Q ^{sd}

در شکل ۳-۷ نتیجه خلاصه سازی واحدهای مختلف لیتولوژی، با عنوان Up Stream Rock Type(UPSRT) نشان داده شده است. در این تقسیم بندی عامل زمانی نقشی ندارد بدین معنی که لیتولوژیهای مشابه بدون توجه به زمان تشکیل آنها در یک گروه جمع شده اند.

۳-۲-۵-۱- رده بندی نمونه ها بر اساس تعداد واحدهای سنگ بالا دست

بر اساس تقسیم بندی ارائه شده در جدول شماره ۳-۱۱ رده بندی نمونه ها بر اساس تعداد واحد

(واحدهای) سنگ بالا دست به شرح زیر حاصل شده است.

الف: جامعه تک سنگی: ۱۶۷ نمونه (در ۱۰ تیپ سنگ مختلف)

ب: جامعه دو سنگی: ۱۸۶ نمونه (در ۲۲ تیپ مجموعه دو سنگی)

ج: جامعه سه سنگی: ۹۲ نمونه (در ۳۲ تیپ مجموعه سه سنگی)

د: جامعه چهار سنگی: ۴۶ نمونه (در ۱۹ تیپ مجموعه چهار سنگی)

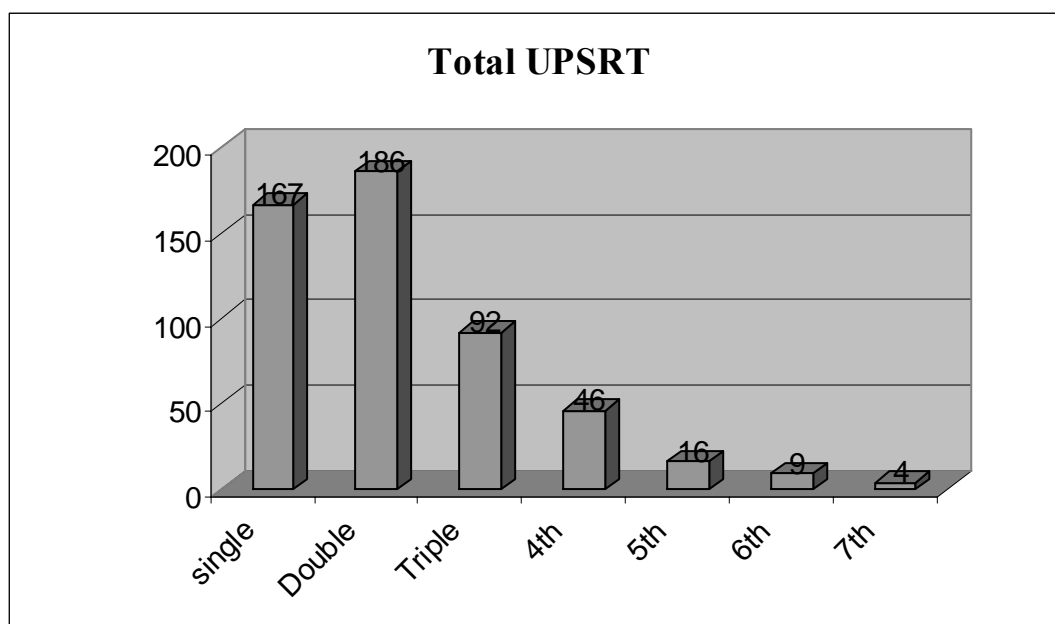
ه: جوامع پنج سنگی، شش سنگی، هفت سنگی: ۲۹ نمونه

جامعه تک سنگی در بردارنده نمونه‌هایی است که در بالا دست خود درحوزه آبریز فقط یک نوع سنگ بستر رخنمون دار داشته باشند. البته در این تقسیم بندی تعداد ۴۶ نمونه آلومینیوم و ۲۴ نمونه مختص پهنه های نمکی نیز درون مجموعه تک سنگی ها قرار دارند. به همین ترتیب زیر جامعه دو، سه و چهار سنگی معرف به ترتیب دو، سه و چهار و حتی بیشتر نوع سنگ بستر رخنمون دار در فرادست محل برداشت نمونه‌هاست.

برای نمایش توزیع فراوانی جامعه های مختلف سنگی (از یک سنگی تا ۷ سنگی) از نمودار ستونی

شکل ۳-۸ استفاده شده است. در این هیستوگرام مقایسه تعداد سنگهای بالا دست هر جامعه به آسانی مقدور

خواهد بود.



شکل ۳-۸: نمودار توزیع جوامع تک سنگی تا هفت سنگی در نقشه UPSRT

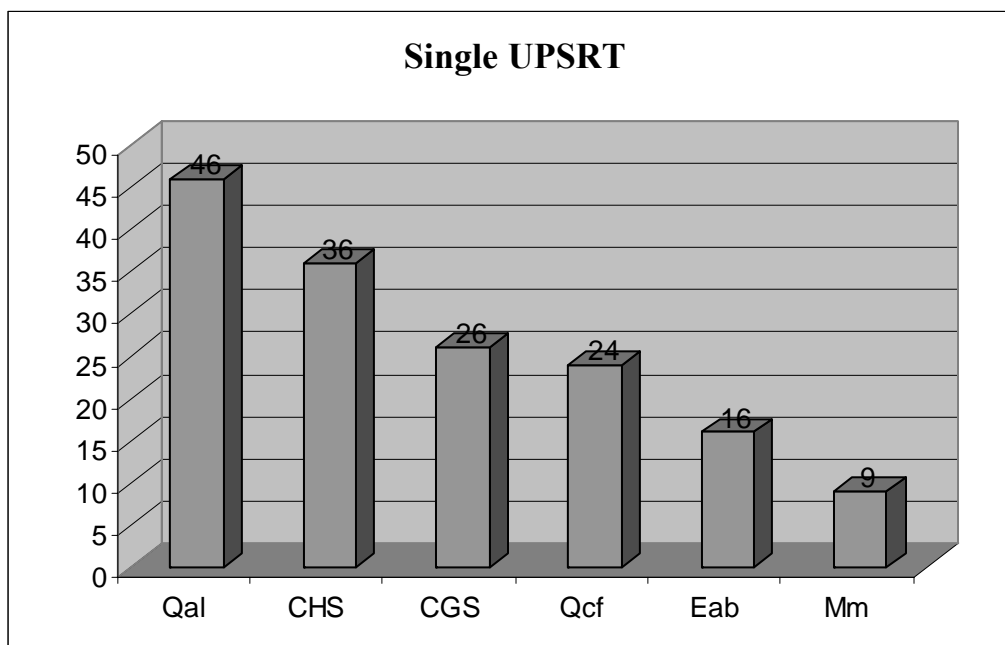
۳-۲-۵-۲- رده بندی نمونه‌ها بر اساس نوع سنگهای بالا دست:

بر اساس نوع سنگهای بالا دست نیز به نوعی رده بندی می توان دست یافت. بدین صورت که جامعه تک سنگی خود به چندین زیر جامعه از انواع مختلف سنگها تقسیم شده و به همین ترتیب جامعه دو سنگی نیز می تواند ترکیبات مختلفی از زیر جامعه های دو سنگی ها را در برداشته باشد. هدف از این رده بندی شناخت زیر جامعه هایی با حداقل ۷ عضو برای محاسبات ضریب غنی شدگی (Ei) است. پس از این محاسبات، انتظار بر آن است که اثر لیتولوژی به حداقل برسد، زیر مجموعه های کمتر از ۷ عضو برای محاسبات و شناخت گروههای نسبتاً مشابه به فایل جداگانه ای منتقل شده و بر اساس آنالیز خوشه ای (Cluster Analysis) با متد Q-mode گروه بندی در آنها انجام خواهد گرفت.

- زیر جوامع تک سنگی

در محدوده برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم، از مجموع ۵۲۰ نمونه رسوب آبراهه ای تعداد ۱۶۷ نمونه آنرا نمونه هائی تشکیل می دهد که در بالا دست آنها فقط یک نوع سنگ بستر رخنمون دارد. در بین این تیپ سنگهای بالا دست، نمونه های آلومیم (Qal) و رسوبات شیمیایی (CHS)، از نظر فراوانی به ترتیب مقام اول و دوم را دارا می باشند و بعد از آنها مجموعه های Eab, Qcf, CGS و Mm قرار دارند. البته گروههایی نیز که تعداد آنها کمتر از ۷ نمونه بوده است، (۱۰ نمونه) بطور جداگانه در بخش آنالیز کلاستر مورد بررسی قرار گرفته اند. برای بقیه جوامع، پارامترهای آماری آنها محاسبه شده تا از آن طریق بتوان مقادیر هر عنصر در آن جامعه را

به مقدار میانه همان جامعه تقسیم کرد. حاصل این تقسیم ضریب غنی شدگی Enrichment Index عنصر مربوطه خواهد بود. شکل ۳-۹ نمودار ستونی زیر جوامع تک سنگی های با بیش از ۷ نمونه را نشان میدهد.



شکل ۳-۹: نمودار انواع زیر جوامع تک سنگی

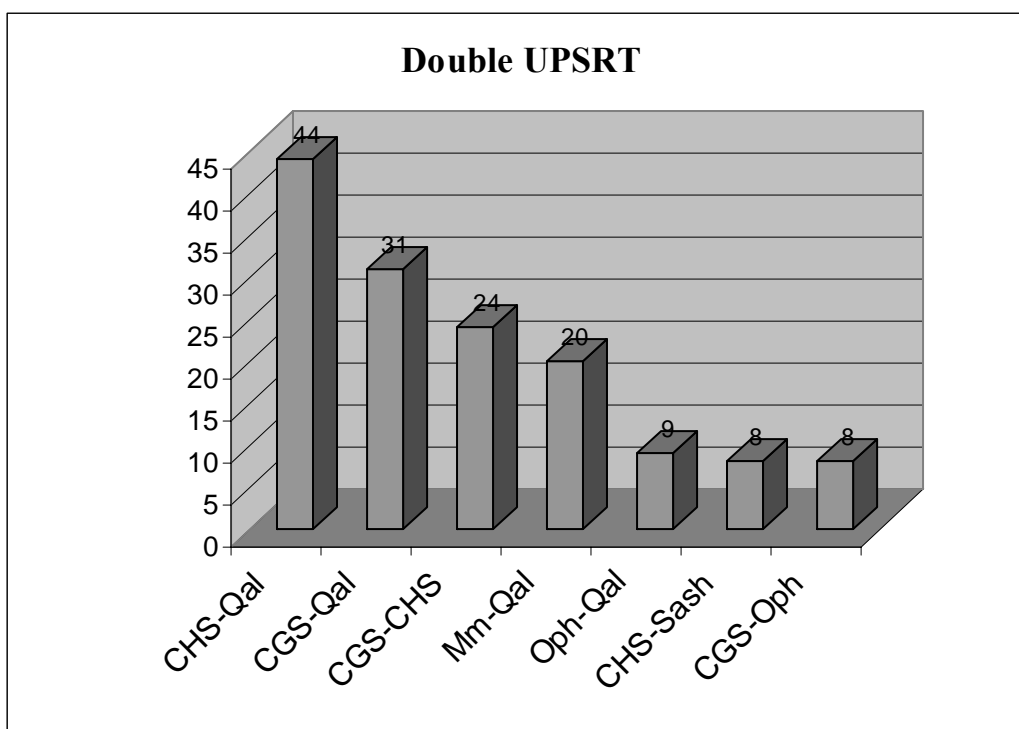
- زیر جوامع دو سنگی

در جامعه نمونه‌هایی که از دو تیپ سنگ بالا دست سرچشمه می‌گیرند، ۱۸۶ نمونه قرار دارد. تعداد ۷ تیپ از این مجموعه در بر گیرنده جوامعی است که تعداد نمونه‌های آنها ۷ یا بیشتر از آن است. قابل ذکر است تمام جوامع کمتر از ۷ عضو در مجموعه کلاستری وارد شده اند. بطور کلی گروه‌های دو سنگی به ترتیب فراوانی اعضاء عبارتند از:

CHS,Qal (44)، CGS,Qal (31)، Mm,Qal (20)، CGS,CHS (24)، Oph,Qal، (9)، CHS-Sash(8)
CGS,Oph(8)

۴۲ نمونه از زیر جوامع دو سنگی حاوی شرط ۷ عضو در یک گروه نبوده لذا به مجموعه داده های

کلاستری وارد شدند.

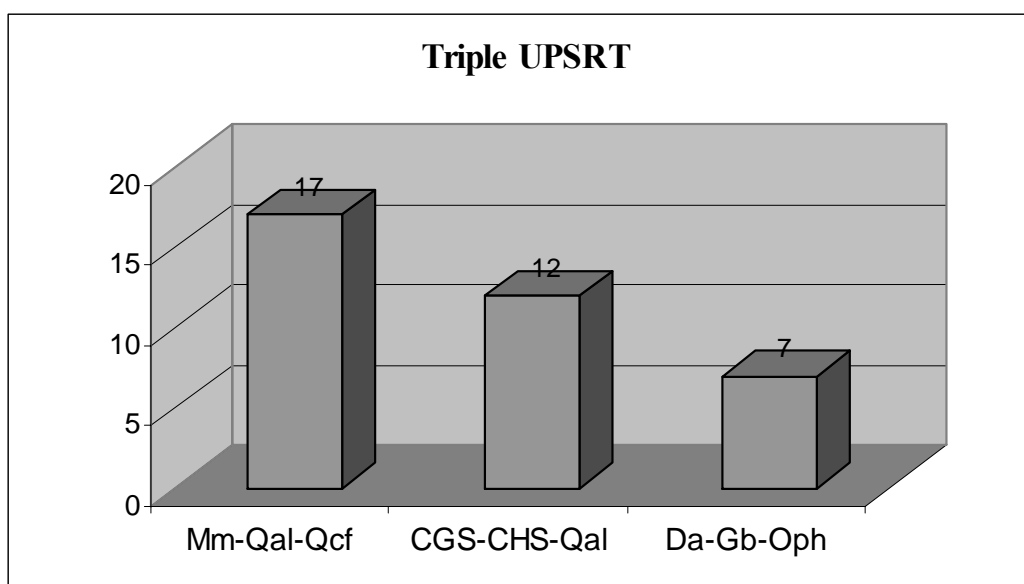


شکل ۳-۱۰: نمودار انواع زیر جوامع دو سنگی

- زیر جوامع سه سنگی

در جامعه نمونه‌هایی که از سه تیپ سنگ بالا دست سرچشمه گرفته‌اند ۹۱ نمونه وجود دارد که ۳ زیر جامعه از آنها بعنوان گروههای مستقل (با داشتن حداقل ۷ عضو) محسوب شده‌اند (شکل ۳-۱۱) و تعداد ۵۶ نمونه به مجموعه داده های کلاستری وارد شدند. زیر جوامع مستقل سه سنگی به ترتیب فراوانی اعضا، عبارتند از:

Da,Gb,Oph (7) CGS,CHS,Qal (11) Mm,Qal,Qcf (17)

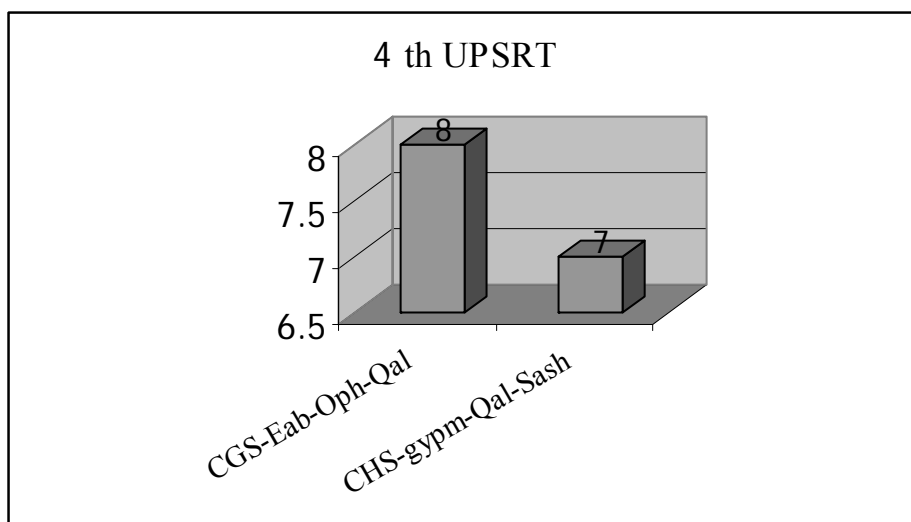


شکل ۳-۱۱: نمودار زیر جوامع سه سنگی

- زیر جوامع چهار سنگی

در جامعه نمونه‌هایی که از چهار تیپ سنگ بالا دست سرچشمه گرفته‌اند ۴۷ نمونه وجود دارد که از میان آنها تنها ۱۵ نمونه در دو جامعه که تعداد نمونه‌های آنها به ترتیب (8) CGS, Eab, Oph, Qal و (7) CHS, gypm, Qal, Sash می‌باشد، قرار گرفته است. (شکل ۳-۱۲)

۳۲ نمونه باقیمانده به جامعه نمونه‌های کلاستر ملحق شده‌اند.



شکل ۳-۱۲: نمودار انواع خانواده‌های جوامع چهار سنگی

داده های جوامع پنج سنگی، شش سنگی، هفت سنگی با توجه به اینکه زیر جوامع مختلف سنگی آنها کمتر از ۷ نمونه بوده همگی در مبحث آنالیز کلاستر مورد بررسی قرار گرفته اند.

- پردازش زیر جوامع کمتر از ۷ نمونه با استفاده از روش آنالیز کلاستر

بطور کلی آنالیز کلاستر یکی از متدهای چند متغیره است که هدف اولیه آن تفسیر ساختار ماتریس واریانس - کوواریانس مجموعه ای از داده های چند متغیره می باشد. آنالیز کلاستر با برقراری ارتباط بین مجموعه ای از متغیرهای 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) مدنظر است بنابراین با استفاده از این روش عناصر اصلی موجود در یک مجموعه ژئوشیمیایی شناخته می شوند.

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 سنگهاست، در این روش نمونه های مشابه در گروه های مختلف قرار می گیرند. مجموعه تمامی نمونه هایی که تعداد آنها در جوامع مختلف سنگ بالا دست کمتر از ۷ عدد بوده در این نوع تجزیه و تحلیل وارد شده و در نهایت ۸ گروه مشابه از مجموعه ۱۶۰ نمونه بدست آمد. در گروه اول کلاستر، ۶۰ نمونه، در گروه دوم ۲۴ نمونه، در گروه سوم ۱۵ نمونه، در گروه چهارم ۲۸ نمونه، در گروه پنجم ۱۴، در گروه ششم ۸ نمونه، در گروه هفتم ۵ نمونه و در گروه هشتم ۶ نمونه قرار گرفته اند.

محاسبات آماری و تعیین ضریب غنی شدگی این جامعه نیز همانند زیر جوامع تک سنگی، دو سنگی و سه سنگی و... بر روی این هشت گروه کلاستری نیز به انجام رسیده و در نهایت تمامی ضرایب غنی شدگی جوامع مختلف (اعم از تک سنگی، دو سنگی، سه سنگی، چهار سنگی، پنج سنگی، شش سنگی، هفت سنگی و گروه های کلاستری) مجدداً در یک فایل قرار گرفته است. این فایل بعنوان فایل نهایی محاسبات Ei در جوامعی که اثر سنگ در آنها به حداقل رسیده شناخته شده و بعنوان فایل Ei حاصل از UPSRT نامگذاری میشود.

۳-۲-۶- تعیین حساسیت مقدار زمینه نسبت به نوع سنگها (بررسی مقادیر کلارک)

بررسی مقدار کلارک عناصر در سنگها ، میزان مقایسه بین تمرکز عناصر مختلف در سنگهای گوناگون است. تعمیم این داده ها به رسوبات آبراهه ای نمیتواند مبنای منطقی داشته باشد و شاید تا حدودی رسوباتی که از یک واحد سنگی نشأت گرفته اند را بتوان به آن واحد سنگی نسبت داد و مقایسه ای بین مقادیر عناصر در رسوب آبراهه ای و مقادیر عناصر در آن سنگ بعمل آورد. در این مقایسه دقت نقشه زمین شناسی ، نوع و سن واحد لیتولوژی بالادست، تاثیر فرایندهای ثانویه در آن واحد و اطمینان از اینکه واحد مذکور تماماً از لیتولوژی یکسانی برخوردار بوده و فرایندهای آلتراسیون و کانی سازی در آن تاثیر نکرده است نیز از اهمیت بالایی برخوردار است.

برای جوامع دو سنگی و بالاتر عملاً میزان مقایسه ای در دست نیست، زیرا نمیتوان در صد شرکت هر کدام از این جوامع در رسوب آبراهه ای و عواملی که در بالا به آن اشاره شد را محاسبه کرد. توجه به میانگین عناصر در سنگهای پوسته و اختلاف فاحش بعضی از آنها در سنگهای گوناگون خود میتواند مبنایی برای توجیه خشی شدن اثر سنگ بالادست باشد که در مبحث شاخص غنی شدگی به آن پرداخته شده است.

سنگهای رخنمون دار برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم بر اساس جدول ۳-۱۱ تعریف شده است. از آن میان و با توجه به مقادیر محاسبه شده میانگین عناصر در سنگهای مختلف پوسته زمین (کلارک) سه واحد لیتولوژی آهک، شیل و گرانیت انتخاب شده است. با هدف بررسی حساسیت رخنمون این سنگها در منطقه، میزان کلارک آنها در جدول ۳-۱۲ آورده شده است، ردیف آخرین جدول نسبت مقدار حداکثر به حداقل مقادیر کلارک را نشان میدهد. از این نقطه نظر، بعضی از عناصر نسبت به سنگ بستر رخنمون دار در حوضه آبریز حساسیت نشان میدهند. از آنجمله میتوان به عناصر زیر اشاره کرد:

نیکل با مقدار متوسط 0.5 ppm در سنگهای گرانیتی و مقدار متوسط 70 ppm در شیل بیشترین حساسیت را نسبت به سنگ بالادست نشان میدهد ، این اختلاف به ۱۴۰ میرسد. در مورد باریم نیز میزان اختلاف حداکثر به حداقل به ۸۵ رسیده و عناصر نقره ، کروم و کبالت نیز اختلافی در حد ۲۰ یا بیشتر را نشان داده اند.

جدول ۳-۱۲: فراوانی عناصر در سنگهای رسوبی به همراه مقادیر حد اکثر و حداقل کلارک آنها

<i>Element</i>		<i>Ag</i>	<i>As</i>	<i>Au</i>	<i>B</i>	<i>Ba</i>	<i>Be</i>	<i>Bi</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Hg</i>
Sedimentary Rocks	Gr	0.04	1.5	4	15	600	5	0.1	1	4	10	0.08
	SH	0.05	15	4	100	7	3	0.18	20	100	50	0.5
	LM	1	2.5	5	10	100	1	-	4	10	15	0.05
Max/Min		25	10	1.25	10	85	5	1.8	20	25	5	10

<i>Element</i>		<i>Mn</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Sb</i>	<i>Se</i>	<i>Sn</i>	<i>Sr</i>	<i>Ti</i>	<i>W</i>	<i>Zn</i>
Sedimentary Rocks	Gr	500	2	0.5	20	0.2	0.05	3	285	2300	2	40
	SH	850	3	70	20	1	0.6	4	300	4600	2	100
	LM	1100	1	12	8	-	0.08	4	500	400	0.5	25
Max/Min		2.2	3	140	2.5	5	12	1.3	1.7	11.5	4	4

All Value in ppm, Au in ppb

From: Levinson, A.A 1974 Introduction to Exploration Geochemistry

Gr=Granite

SH=Shale

LM=Limestone

این تغییرات ناشی از لیتولوژی منطقه بوده و ارتباطی با پدیده کانی سازی ندارد، اثرات این تغییرات نیز بایستی به گونه ای خنثی شوند که در مبحث مربوط به شاخص غنی شدگی به آن پرداخته شده است.

۳-۲-۷- تحلیل ناهمگنی ها

ناهمگنی میتواند عامل سنزنتیک و یا اپی ژنتیک داشته باشد، در بعضی از موارد ناهمگنی های سنزنتیک باعث پنهان ماندن اثرات ناهمگنی های اپی ژنتیک شده و عملاً ناهنجاریهایی را بروز میدهند که ارتباطی با کانی سازی ندارند. برای پرهیز از این امر نمونه ها بر اساس سنگ بستر رخنمون دار در محدوده حوضه آبریز بالادست هر نمونه جداسازی شده اند. بعد از جداسازی نمونه ها بر اساس واحدهای لیتولوژی نتایج حاصله از هر جامعه (ترجیحاً مقدار میانه) با سایر جوامع و جامعه کل مقایسه میشود. هدف از این مقایسه، بررسی اختلافات میانه در هر واحد سنگی است، این محاسبات همانگونه که در فصل ۳-۲-۶ (تعیین حساسیت مقدار زمینه نسبت به نوع سنگها) اشاره شده تنها در مورد جوامع تک سنگی بررسی میگردد. مقایسه این جوامع بر اساس نتایج نمودار ستونی شکل ۳-۱۳ نشان میدهد که اختلافات چشمگیری در مقایسه میانه ها دیده نشده است، بطور مثال Co, Cr, Ni در حوضه های در بر دارنده لیتولوژی بازیک شامل داسیت، گابرو و افیولیت ملانژ غنی شدگی نشان داده اند، Cu, Mn نیز در واحد آندزیت - آندزیت بازالت غنی شدگی نشان داده است.

۳-۲-۸- سیمای ژئوشیمیایی جوامع مختلف بر اساس سنگ بستر بالادست:

برای تعیین سیمای ژئوشیمیایی جوامع بر اساس سنگ بالادست آنها به صورت زیر عمل شده است:

الف: محاسبه مقدار میانگین هر عنصر در هر تیپ مختلف از گروههای تک سنگی.

ب: ردیف بندی عناصر در یک سری متوالی (کاهنده Descending) بر اساس کاهش مقدار فراوانی آنها (بر اساس فایل اولیه داده‌های خام قبل از گروه بندی سنگ بالا دست).

ج: مقایسه مکان قرارگیری هر عنصر در یک تیپ مختلف نسبت به مکان قرارگیری همان عنصر در سری کلی.

جدول شماره ۳-۱۳ نتایج بررسیهای فوق را برای کل جامعه نمونه‌های برداشت شده نشان می‌دهد. در این جدول برای شش تیپ تک سنگی شامل Eab, CGS, Qal, Qcf, CHS, Mm این مقایسه صورت گرفته است.

بطوریکه مشخص است در سری سنگهای Eab و Qal میزان نسبی کروم نسبت به میانگین جامعه کل افزایش یافته و مقدار نیکل کاهش یافته است. قابل ذکر است در واحدهای Qcf و Eab مقدار طلا نسبت به میانگین جامعه کل افزایش یافته است. واحد Eab نیز حداکثر میزان تیتانیوم و واحد CHS حداکثر مقدار اورانیوم را نشان داده است.

۳-۲-۹- شاخص غنی شدگی Enrichment Index

در فصول قبل اشاره شد که یکی از راههایی که میتواند اثرات سنزنتیک را به حداقل برساند نوعی نرمال سازی نسبت به داده های متعلق به یک گروه است که از سنگ (سنگ های) مشخصی تأثیر گرفته اند. این محاسبات در گروه های مختلفی انجام شد. در این مبحث اساس این نوع نرمال سازی که بنام شاخص غنی شدگی است بررسی میشود.

شاخص غنی شدگی یک عنصر از تقسیم مقدار غلظت آن عنصر به غلظت میانگین یا میانهمان عنصر در جامعه ای که نمونه مربوطه متعلق به آن است بدست می آید. با این ویژگی دو پارامتر مقدار غلظت عنصری و فراوانی همان عنصر در جامعه مورد نظر می‌تواند در میزان شاخص غنی شدگی اثر گذارند. بنابراین اگر فراوانی نقطه‌ای و منطقه‌ای یک عنصر هر دو با شیب ثابتی افزایش و یا کاهش یابند، آنچه که ثابت باقی خواهد ماند، شاخص غنی شدگی است زیرا صورت و مخرج کسر به یک نسبت افزایش و یا کاهش می‌یابند.

با توجه به این مسئله شاخص غنی شدگی تا حدود زیادی از وابستگی به فاکتورهای لیتولوژی و یا مؤلفه سن ژنتیک فراوانی یک عنصر رها شده و مستقل عمل می‌کند، بطور مثال فراوانی مقدار Ni در دو رسوب آبراهه‌ای که اولی از یک واحد هارزبورژیت منشاء گرفته و دومی متأثر از سنگهای کربناتی است مسلماً فرق خواهد کرد و در رسوب اول به مراتب بالاتر خواهد بود. اما اینکه اختلاف این دو تا چه اندازه ناشی از

فرآیندهای ثانوی است و تا چه مقدار به فاکتورهای لیتولوژی و مؤلفه سن ژنتیک بستگی دارد مسئله‌ای است که بایستی از مسیر شاخص غنی شدگی به جواب آن دست یافت. مقادیر نرمالایز شده نسبت به میانگین یا میانه جامعه مربوطه در این دو نمونه با یکدیگر مقایسه شده و آنگاه به اهمیت اختلاف در دو جامعه پرداخته می‌شود.

در حالت اول (تأثیر فاکتور لیتولوژی و مؤلفه سن ژنتیک) بعد از محاسبه شاخص غنی شدگی نتایج دو نمونه از دو واحد تقریباً یکسان و یا نزدیک به هم خواهد شد که بی اهمیت خواهد بود اما اگر بعد از عمل نرمالایز کردن اختلاف معنی داری مشاهده شد، این امر می‌تواند ناشی از تأثیر مؤلفه‌های اپی ژنتیک و فرآیندهای ثانویه باشد که معنی دار بوده و بایستی در جستجوی عامل ایجاد کننده آن بود.

برای محاسبه شاخص غنی شدگی از فرمول $EI = \frac{Ci}{(Cmed)i}$ 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 یا میانگین) در جامعه مربوطه است. در بسیاری از موارد با توجه به عدم تأثیر پذیری مقدار میانه از داده‌های حدی، از این مقدار استفاده می‌شود.

۳-۲-۹-۱- محاسبه پارامترهای آماری و رسم هیستوگرام‌های شاخص‌های غنی شدگی

برای شروع به داده پردازی شاخص‌های غنی شدگی، اطلاع اولیه از جامعه آماری آنها امری الزامی است. لذا با استفاده از نرم افزار SPSS، جداول پارامترهای آماری داده‌های Ei و داده‌های لگاریتمی آنها تنظیم شده است (جداول شماره ۳-۱۴ و ۳-۱۵). در این جداول پارامترهای مهم آماری لحاظ شده است که جهت اطاله کلام از ذکر خصوصیات آنها خودداری می‌شود.

با توجه به دو پارامتر مشخصه یک جامعه نرمال یعنی چولگی و کشیدگی، مشخص گردید که این پارامترها در جامعه Ei به شدت از یک جامعه نرمال دور بوده و نمیتوان از آنها برای پردازش‌های چند متغیره و ترسیم نقشه‌ها استفاده کرد. اما همین پارامترها در جامعه لگاریتمی Ei به ترتیب تا حدودی به اعداد 0 و 3 نزدیکتر شده‌اند. این مقایسه می‌رساند که تابع اولیه جامعه شاخص غنی شدگی یک تابع لاگ نرمال بوده که جامعه لگاریتمی آن به یک جامعه بالنسبه نرمال نزدیکتر شده است.

هیستوگرام‌های شاخص غنی شدگی برخی از عناصر در شکل ۳-۱۴ و سایر عناصر در پیوست شماره ۴ ارائه شده است. مقایسه آنها نیز تأثیر تغییر لگاریتمی رابه خوبی نشان می‌دهد. جوامعی همچون طلا، نیکل، کبالت، استرانسیوم، مس، کروم و روی تا حد زیادی به یک جامعه نرمال نزدیک شده‌اند و می‌توان تاحدودی بر مبنای $X + nS$ به ترسیم نقشه آنها پرداخت.

۳-۲-۱۰- پردازش آماری چند متغیره

روشهای آماری چند متغیره زمانی در علوم به عنوان یک راه حل مطرح شدند که جنبه تأثیر متغیره‌های گوناگون بر یکدیگر فضایی گسترده‌تر از یک فضای سه بعدی را طلب می‌کرد. در این راه ابتدا روشهای آنالیزهای تک متغیره و دو متغیره گسترش داده شد و در تکنیکهای آمار چند متغیره، تجزیه و تحلیل‌های چندگانه را با استفاده از تکنیکهای تک متغیره به سرانجام رساندند. در مقابل روشهای چند متغیره دیگری وجود دارند که با موضوعات چند متغیره سروکار دارند نظیر تجزیه عاملی (Factor Analysis) که از میان یک سری از متغیره‌ها، متغیره‌های کنترل کننده اصلی را شناسایی می‌کند.

هر گروه معینی از عناصر نسبت به یک سری از شرایط محیطی و شرایط سن ژنتیکی کم و بیش به طور مشابه واکنش نشان می‌دهد. بررسی و پی بردن به این ارتباطات و بستگی‌های ژنتیکی عملاً محاسباتی را طلب می‌کند که بتواند در یک زمان، چندین متغیره تأثیر گذار را شناسایی و مجموعه ای از آنها را به عنوان گروه‌ها و یا فاکتورهای (عاملها) تعیین کننده متمایز کرد.

بطور کلی دو مزیت عمده در بررسیهای آماری چند متغیره وجود دارد، نخست آنکه هاله‌های مرکب حاصل از روشهای چند متغیره نسبت به سیمای ساختمانی، زمین شناسی و ماهیت ژنتیکی نهشته‌های کانساری رابطه نزدیکتری را نشان می‌دهند و در نتیجه ارتباط بین عناصر بهتر مشخص می‌شود، در صورتیکه نتایج حاصله با مسائل و واقعیات زمین شناسی انطباق منطقی نشان ندهند، بایستی در تفسیر آنها با احتیاط بیشتری برخورد نمود. دوم آنکه به وسیله هاله‌های مرکب می‌توان خطاهای تصادفی، تعداد متغیره‌ها و نقشه‌ها را به حداقل رساند و به نتایج کارآمدتری دست یافت.

۳-۲-۱۰-۱- آنالیز فاکتوری (تجزیه عاملی Factor Analysis)

آنالیز فاکتوری یکی از روشهای چند متغیره است که هدف اولیه آن تفسیر ساختار ماتریس واریانس - کوواریانس مجموعه‌ای از داده‌های چند متغیره است. این روش رابطه‌ای را در میان متغیره‌های به ظاهر بی ارتباط بایکدیگر برقرار کرده و در پی تحقق اهداف زیر خواهد بود:

الف: تعیین و شناخت متغیره‌های کنترل کننده اصلی در میان یک سری از داده‌های ژئوشیمیایی و یا به عبارت دیگر، یافتن کمترین تعداد از متغیره‌هایی که بیشترین تغییرات مشاهده شده را در میان سری داده‌ها نشان بدهند.

ب: تعیین سهم نسبی هر یک از متغیره‌ها در به وجود آمدن تغییرات توزیع عناصر.

آنچه که لازمه ورود داده‌ها به محیط چند متغیره است، مبنای نرمال بودن آنهاست. در بسیاری از موارد تأکید شده که داده‌ها قبل از ورود به محیط پردازش چند متغیره دقیقاً مورد بررسی قرار گرفته، داده‌های خارج

از رده (Outlier) و فوق العاده (Extreme) آنها شناسایی شوند، چگونگی حذف و یا کاهش اثر آنها در یک تابع توزیع بررسی شده و در نهایت داده هایی به محیط چند متغیره وارد شوند که حتی المقدور نرمال باشند. بنابراین در بررسیهای آماری تک متغیره (جداول پارامترهای آماری - هیستوگرامها و باکس پلاتها) و بررسیهای دو متغیره (ضرایب همبستگی) این شناساییها صورت گرفته و پس از حذف و یا کاهش اثرات لیتولوژیکی با اعمال ضرایب غنی شدگی و لگاریتم گرفتن از آنها جامعه لگاریتمی ضرایب غنی شدگی با توجه به خصصت های مشخصه درجداول پارامترهای آماری و هیستوگرامها، مناسب تشخیص داده شد. انتخاب نهایی توابع توزیع $\ln(E_i)$ با در نظر گرفتن موارد فوق الذکر صورت گرفته است.

پس از قرار گرفتن دادهها در محیط آنالیز فاکتوری راههای کنترلی برای تأیید روش وجود دارد که بایستی مد نظر داده پرداز باشد، از آنجمله آزمون مربع کای (خی) که در قالب جدول KMO بیان شده و با استناد به آن سطح اعتماد به نحوه آنالیز فاکتوری مورد بررسی قرار می گیرد، از سایر روشهای کنترلی در نظر گرفتن مبنای انتخاب آنها در پروسه Extraction است که به گونه ای درصد مشارکت (Communalities) تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) را بیان می کند. درضمن مجموعه واریانس که در قالب آنالیز فاکتوری پوشش داده شده نیز نبایستی از نظر کارشناسان دور بماند و نسبت این واریانس ها به فاکتورهای اول و دوم و سوم و ... نیز بایستی مد نظر قرار گیرد.

تعیین تعداد فاکتورها با توجه به معیارهایی از جمله $Eigen\ value > 1$ و یا تکیه بر نمودار صخره ای Scree plot و یا نظریات کارشناسی تعیین می گردد. تجربه پردازشگر و احاطه آن به مجموعه ای از توانمندیهای نرم افزارها و ویژگیهای زمین شناسی و خصوصیات همبستگیها و یا عدم همبستگی عناصر در این زمینه ضروری است.

نحوه تفسیر فاکتورها و دلایل مستند در مورد اطلاق هر کدام از آنها به پدیده هایی از جمله پارامترهای زمین شناسی، سنگ شناسی و یا کانی سازی و رد یا قبول هر کدام از آنها نیز بایستی مد نظر باشد و در نهایت در مرحله کنترل آنومالی، تأیید یا رد آنومالیهای حاصل از کار داده پردازشی چندمتغیره مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۱۰-۲-۳- آنالیز فاکتوری داده های ژئوشیمیایی برکه جاجرم

بعد از بررسی فایل های مختلف از جمله داده های خام، لگاریتمی، ضرایب E_i و لگاریتم ضرایب E_i ، داده های لگاریتمی و خام ضرایب E_i با توجه به نحوه توزیع آماری آنها جهت مطالعات چند متغیره انتخاب شدند. در ارتباط با انتخاب جوامع بالنسبه نرمال استفاده از هیستوگرامها و پارامترهای آماری چولگی و کشیدگی

توصیه شده است. بر این اساس جوامع خام Ei عناصر Ge و Ga, Y, Mo, Eu, La انتخاب شده و در مورد سایر عناصر از جامعه لگاریتمی Ei استفاده شده است.

بر اساس پردازش اولیه و بررسی ضرایب اشتراک مجموع ۲۳ عنصر جهت مراحل بعدی انتخاب شدند. ضریب KMO این مجموعه برابر با 0.792 محاسبه شده که در حد قابل قبول است. در این مجموعه بیشترین ضریب اشتراک را وانادیوم با 0.920 و کمترین آن را Ge با 0.411 مشخص کرده است. این عناصر در قالب ۷ فاکتور مجموعاً حدود ۷۱/۶ درصد از واریانس کلی منطقه را می پوشاند که از این مقدار حدود ۴۰/۵ درصد را فاکتورهای اول و دوم می پوشاند فاکتورهای سوم تا هفتم با توجه به اندک بودن پوشش واریانسی منطقه نقش چندانی را در بروز عوامل موثر ایفا نخواهد کرد. جدول (۳-۱۶) کلیه مشخصات و مراحل آنالیز فاکتوری را نشان می دهد.

ذیلاً به بررسی برخی از فاکتورهای محاسبه شده در جدول Rotated component matrix

می پردازیم:

فاکتورهای اول و دوم به ترتیب عبارتند از :

فاکتور اول با عناصر $P, Ni, Zn, Ga, Cu, Eu, Co, Cr, Ti, V, Mn$:

این فاکتور با توجه به پوشش واریانسی بالا (۲۷ درصد از مجموعه ۷۱/۶ درصد) نقش اصلی را در منطقه بر عهده دارد، این فاکتور مسلماً نقشی در بروز و معرفی کانی سازی احتمالی ندارد و حتی تاثیرات خاصی را از نوعی از لیتولوژی نیز نشان نمیدهد (شکل ۳-۱۵).

هر چند که انتظار تطبیق نتایج فاکتور آنالیز در همه موارد انتظار منطقی نیست و در بسیاری از موارد هیچگونه نتیجه ای از عملکرد این مرحله از داده پردازی بدست نمی آید. شرح این نقشه روشنگر موارد ویژه ای نخواهد بود و تنها ارائه آن جهت ارائه اطلاعات می باشد.

فاکتور دوم با عناصر $(Ga), (Zn), (Sb), Ba, Pb, Y$:

این فاکتور حدود ۱۳/۵ درصد واریانس منطقه را بر عهده دارد که حدود نصف نقش فاکتور اول است. با توجه به نقشه ترسیمی این فاکتور و عناصر شرکت کننده در آن هیچگونه نتیجه ای دال بر بروز کانی سازی احتمالی یا تاثیرات لیتولوژی باشد، از این فاکتور بدست نیامده است. (شکل ۳-۱۶)

از فاکتور سوم تا هفتم، تنها اهمیت فاکتور هفتم با توجه به قرار داشتن Au به همراه TL میتواند

اندکی با اهمیت جلوه کند، بیشترین تاثیر این فاکتور از عنصر طلا بوده و بخش عمده ای از مناطق ناهنجار

منطبق با محدوده هایی است که در شرح عنصر طلا به آن اشاره شده است. (شکل ۳-۱۷)

۳-۳-۱- مقدمه

یکی از راههای درک ارتباط بین داده ها و اطلاعات بررسی شده در یک پروژه اکتشافی، ترسیم نقشه است. نقشه ها بصورت نمادین، حاصل مراحل داده پردازی، تحلیل و تخمین مناسب داده ها بوده و کمک بسیار موثری در درک ارتباطات بین اجزای موجود و تعبیر و تفسیر نتایج و نهایتاً طراحی بهینه فاز بعدی می کنند.

نقشه ها با توجه به در برداشتن کلیه اطلاعات اعم از موقعیت نمونه ها، نحوه توزیع عیاری، وضعیت توپوگرافی و سیستم آبراهه ها، موقعیت جاده ها، روستاها و شهرها و سایر اطلاعات بعنوان یکی از مهمترین اسناد هر گزارش محسوب میشوند. بنابراین خصیصه های ساده بودن و دقیق بودن نقشه ها کمک بسیاری در مفهوم بودن آنها میکند. نقشه ها معرف مناطق حاوی بالاترین پتانسیل اکتشافی هستند اما این پتانسیل نایستی به مفهوم تمرکز ماده (مواد) معدنی در مناطق ناهنجار باشد، بلکه هدف نهایی، معرفی مناطقی است که در آنها گروهی از نمونه ها بطور مشترک در دسته ای از عناصر ناهنجاری نشان داده اند.

۳-۳-۲- تکنیک رسم نقشه ها

امروزه ترسیم نقشه ها با استفاده از نرم افزارها و توانمندیهای آنها انجام میشود، روشهای مختلف رسم نقشه ها و الگوریتم های معمول در تخمین در این نرم افزارها پیش بینی شده است. از جنبه ریاضی، ترسیم نقشه به معنی ایجاد پیوستگی بین یک سری داده منفصل است، ایجاد چنین پیوستگی در آشکار سازی روابط بین اجزای مورد مطالعه موثر و مفید است. اساس بسیاری از نرم افزارها تعریف شبکه ای منظم در سرتاسر منطقه و تخمین هر سلول از شبکه با توجه به اطلاعات موجود می باشد.

با توجه به این امر است که نحوه طراحی نمونه در پهنه منطقه از اهمیت ویژه ای برخوردار می شود. محل نمونه ها بایستی به گونه ای تعیین گردد که علاوه بر لحاظ نمودن پارامترهای مهم در مرحله طراحی، تمام نواحی مهم منطقه تحت پوشش قرارگیرند تا اطلاعات از پهنه منطقه بصورت حتی المقدور یکنواختی کسب شود، دلیل این امر این است که هیچ نرم افزاری نمیتواند کمبود اطلاعات را جبران نماید.

با توجه به تنوع لیتولوژی، کثرت عوامل ناهمگن ساز، تعدد پارامترهای دخیل در کانی سازی، نحوه مهاجرت و جایگیری عناصر و ... نحوه توزیع نمونه ها بایستی در نقشه طراحی به گونه ای باشد که حوضه ای از منطقه فاقد اطلاعات نباشد.

نمایش داده ها در روی نقشه به گونه های متعددی امکانپذیر است، از آنجمله میتوان به روشهای زیر

اشاره کرد:

- نقشه های نمادی Symbol Map با استفاده از نمادهایی متناسب با افزایش کمیت مورد نظر، اطلاعات به نقشه منتقل می شوند.
 - نقشه های کنتوری Contour Map نمایش اطلاعات متفرق بصورت اطلاعات منسجم و پیوسته با استفاده از کنتور صورت میگیرد، برای این منظور از روش درون یابی (Interpolation) استفاده میشود.
 - نقشه های طیفی Spectral Map نوعی از نقشه های کنتوری است که فضای بین کنتورها توسط طیفی از رنگ های تعریف شده پوشیده میشوند.
 - نقشه های تخمین شبکه Grid Estimation Map در این روش با در نظر گرفتن جهت آبراهه، مساحت حوضه آبریز و وزن دهی عیار هر نمونه بر مبنای مساحت حوضه و نمونه های بالادست، الگوریتم تخمین تعریف شده است.
- در این پروژه نقشه ها با استفاده از داده های لگاریتمی ضرایب غنی شدگی (LnEi) عناصر و به صورت نقشه های کنتوری ترسیم شده اند، تخمین داده ها با استفاده از روش عکس مجذور فاصله (Inverse Distance to a Power) در نرم افزار Surfer8 انجام شده است. توان محاسباتی در این روش، توان ۲ منظور شده و شعاع جستجو در حد 2750m در نظر گرفته شده است. روش ID یک روش وزن دهی در سیستم درون یابی (Interpolation) است که وزن بر اساس فاصله نقاط حاوی داده از مرکز نقطه تخمین زده شده محاسبه می شود و بر مبنای $1/d^2$ در نظر گرفته شده است. در ضمن تعداد حداقل و حداکثر داده در هر بخش (Sector) و نحوه محاسبه نقاط خالی از تخمین (Blank) نیز با استفاده از پارامترهای نرم افزار به نحو مطلوب معرفی شده است. قابل ذکر است این روش تخمین با توجه به شناخت سایر روشها و اولویت نسبی آن در نظر گرفته شده است.
- لازم به ذکر است که تخمین بعضی از نمونه ها که در شعاع جستجوی اطراف آنها نمونه ای وجود نداشته بصورتی مبالغه آمیز نشان داده شده و در این زمینه در هنگام توصیف ناهنجاریها، حوضه فرادست آنها مدنظر بوده است نه محدوده تخمین زده شده، در ضمن نکته دیگری که بایستی به آن اشاره کرد تشکیل ناهنجاریها در دشتهای آبرفتی کواترنری و پهنه های رسی است که چندان منطقی نبوده و در شرح نقشه ها مدنظر نبوده اند.
- علت تشکیل این ناهنجاریها می تواند ناشی از خطای بیش از حد بعضی از عناصر باشد که در مبحث خطای آنالیز به آن اشاره شده است.

در ضمن روش نمایش داده ها در مورد ۴۳ نمونه ای که اکسیدهای اصلی آنها اندازه گیری شده بصورت Symbol map خواهد بود.

۳-۳-۳- شرح نقشه ها

۳-۳-۳-۱- شرح نقشه ناهنجاریهای عنصر طلا با استفاده از داده های LnEi (شکل ۳-۱۸)

عیار طلا در نمونه های رسوب آبراهه ای برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم از حداقل 0.5 تا حداکثر 23 میلی گرم در تن گزارش شده است. عیار میانگین طلا در این برگه 1.96ppb می باشد.

هر چند استناد به خطای آنالیز عنصر طلا در نمونه های ژئوشیمی مبنای مناسبی برای تأیید یا رد دقت آنالیزها نیست اما در نمونه های تکراری انتخاب شده در برگه جاجرم آنالیز طلا گزارش نشده است. در ضمن در نتایج نمونه های اصلی نیز ۷ نمونه فاقد آنالیز طلا می باشند.

عیار طلا در نمونه های ژئوشیمی برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم، از دامنه تغییرات بالایی برخوردار نبوده، بطوریکه تنها عیار ۰.۵٪ داده ها بالای 10ppb و بیشترین عیار در آن 23ppb گزارش گردیده است. حدود ۵۶٪ داده ها بصورت سنسورد گزارش شده و قریب ۸۶٪ داده ها عیاری کمتر از 5 ppb داشته اند.

قبل از شرح ناهنجاریها، ذکر این نکته ضروری است که مجموعه ۷ نمونه که بصورت ناهنجار در مسیر کال شور جاجرم در شرق برگه ۱:۵۰,۰۰۰ جاجرم شکل گرفته اندو عیاری از حداقل 8 تا حداکثر 22 ppb را در بر دارند، از لحاظ لیتولوژی چندان منطقی بنظر نمیرسد. زیرا پهنه اصلی این ناهنجاری در واحدهای رسی (Qcf) شکل گرفته و تنها در جنوب شرق آن، سرشاخه های آبراهه های فرعی از واحدهای رسوبی میوسن (مارن و ماسه سنگ و ژئوپس) سرچشمه گرفته است. جهت کنترل این ناهنجاری در تنها آبراهه ممکنه که از واحدهای رسوبی سرچشمه گرفته یک نمونه کانی سنگین به شماره ZJH-156 گرفته شده که در آن آثاری از پیریت اکسید، ایلمنیت، اولیژیست و مارتیت مشاهده شده است. ناهنجاریهای این عنصر در برگه بشرح زیر است.

- ناهنجاری جنوب کوه گولو (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمد آباد پل ابریشم)

این ناهنجاری که در جنوب کوه گولو و جنوب روستای محمد آباد پل ابریشم قرار گرفته است متاثر از ۵ نمونه ژئوشیمی:

ZJ-267(7ppb), ZJ-117(10ppb), ZJ-118(12ppb), ZJ-266(4ppb), ZJ-123(10ppb), ZJ- می باشد.

این ناهنجاری که روندی شرقی - غربی دارد در راستای آبراهه اصلی و حوضه در بردارنده آن قرار گرفته است و از نظر وسعت ۲/۵ کیلومتر مربع را پوشش داده است. چند گسل بصورت متقاطع این ناهنجاری را قطع کرده اند.

حداکثر عیار در این مجموعه متعلق به نمونه ZJ-118 (ردیف دهم) داده های خام می باشد. برونزدهای سنگی بالادست این منطقه بر اساس نقشه UPSRT (CGS, Eab, CHS, Oph) به ترتیب کنگلومرا، آندزیت- آندزیت بازالت، رسوبات شیمیایی و افیولیت ملانژ می باشد. این ناهنجاری با ناهنجاری عناصر تیتان، کروم، مس، کبالت و منگنز همپوشانی دارد. در محدوده این ناهنجاری سه نمونه کانی سنگین به شماره های ZJH-123, ZJH-118 و ZJH-117 برداشت گردیده است. در این نمونه ها آثاری از کانیهای ارزشمند مشاهده نشده است. نمونه ZJH-123 دارای پیروکسن و حداکثر مقدار کانیهای آلتره می باشد. نمونه ZJH-118 و ZJH-123 نیز دارای پیروکسن، آمفیبول، کرومیت و همچنین زیرکن می باشد که حضور کانی سنگین های فوق خود تائیدی بر لیتولوژی حدواسط منطقه می باشد.

-ناهنجاری کوه خانه خدا (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ ایستگاه جهان آباد)

این ناهنجاری که در جنوب برگه و در جنوب شرق برگه ایستگاه جهان آباد واقع شده است، متأثر از ۳ نمونه با کدهای ZJ-265 (10 ppb), ZJ-264 (5 ppb) و ZJ-270 (8 ppb) میباشد. برونزدهای سنگی این محدوده ناهنجر بر اساس نقشه UPSRT (CGS, CHS, gypsum, Qal) به ترتیب کنگلومرا، رسوبات شیمیایی، ژپس و آلویوم می باشد. این ناهنجاری در بخش شرقی با ناهنجاری عنصر Cd در فرودست خود همپوشانی دارد. در محدوده این ناهنجاری دو نمونه کانی سنگین با نامهای ZJH-265 و ZJH-270 برداشت گردیده است. در این دو نمونه آثاری از طلا و کانیهای معرف آن بدست نیامده است. این ناهنجاری که وسعتی در حدود ۲/۳ کیلومتر مربع را پوشش داده است، دارای روند شمال شرقی- جنوب غربی میباشد و چند گسل بموازات این حوضه، ناهنجاری را محصور کرده اند.

-ناهنجاری جنوب شرق روستای محمدآباد پل ابریشم (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم)

این ناهنجاری که روندی تقریباً شرقی- غربی دارد متأثر از دو نمونه با کدهای ZJ-91 (10ppb), ZJ-90 (23 ppb) میباشد. قابل ذکر است که نمونه ZJ-90 دارای حداکثر عیار طلا در نمونه های جاجرم میباشد. برونزدهای سنگی این محدوده ناهنجر بر اساس نقشه UPSRT (Eab) آندزیت و آندزیت بازالت می باشد و سطحی در حدود ۱/۵ کیلومتر مربع را پوشش داده است. این محدوده ناهنجر در بین دو گسل موازی محصور می باشد. این ناهنجاری با ناهنجاری عنصر دیگری همپوشانی ندارد.

ناهنجاری شمال کوه کمزرد (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم)

این ناهنجاری که روندی جنوب شرقی - شمال غربی دارد متأثر از دو نمونه با کدهای ZJ-69(15 ppb), ZJ-36(5 ppb) می باشد. قابل ذکر است نمونه ZJ-69 با عیار 15 گرم در تن در ردیف اول داده های Ei قرار گرفته است.

برونزدهای سنگی این محدوده ناهنجار بر اساس نقشه UPSRT (CGS,Eab) کنگلومرا، آندزیت و آندزیت بازالت می باشد و وسعتی در حدود ۱/۵ کیلومتر مربع را پوشش داده است. در بخش غربی این ناهنجاری چند گسل با روند شمالی - جنوبی وجود دارد. در انتها الیه شمال غربی این ناهنجاری و در محل نمونه ZJ-36، همپوشانی با ناهنجاری Ba مشهود می باشد.

قابل ذکر است علاوه بر ناهنجاریهای مطرح شده دو ناهنجاری دیگر شامل ناهنجاری شمال روستای چاه مسافر (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم) متأثر از دو نمونه ZJ-19,27 و ناهنجاری منتهی الیه غرب کوه کال سبز آب (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ ایستگاه جهان آباد) متأثر از دو نمونه ZJ-236,224 مشاهده میشوند. همچنین ناهنجاریهای منفرد و پراکنده دیگری نیز در سطح برگه مشاهده میشود که از شرح آنها خودداری میگردد. در جدول ۳-۱۷ مشخصات نمونه های ناهنجار عنصر طلا آورده شده است.

۳-۳-۲- شرح ناهنجاریهای عنصر سرب، با استفاده از مقادیر LnEi (شکل ۳-۱۹)

عیار سرب در نمونه های رسوب آبراهه ای برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم از حداقل 0.5 تا حداکثر 52.76 گرم در تن و میانگین 5.99ppm گزارش شده است. میانگین جهانی این عنصر در گرانیت و شیل 20ppm و در سنگهای پوسته 2.5ppm می باشد.

با توجه به عیار سرب در نمونه ها اطلاق کلمه ناهنجار در این نقشه صرفاً در مقایسه با سایر داده های موجود می باشد و بطور منطقی این محدوده عیاری نمی تواند بیانگر پتانسیلی از سرب باشد، لذا احتمال وجود کانی سازی بسیار ضعیف است. خطای آنالیز این عنصر 21.4% می باشد.

نمونه ردیف اول داده های خام (ZJ-468) با عیار حدود 53ppm بصورت نمونه منفرد در سطح برگه مشاهده شده است واحدهای دربرگیرنده این نمونه شامل رسوبات شیمیایی و آلویوم می باشد. نمونه 468 علاوه بر سرب، بیشترین مقدار مس را نیز دربردارد.

سایر ناهنجاریهای این عنصر نیز بصورت نمونه های پراکنده و منفرد مشخص شده است که با توجه به عدم پتانسیل کانی سازی در این منطقه از شرح آنها خودداری میگردد.

مشخصات نمونه های ناهنجار در جدول ۳-۱۸ نشان داده شده است.

۳-۳-۳-۳- شرح نقشه ناهنجاری روی با استفاده از داده های $LnEi$ (شکل ۳-۲۰)

عیار روی در نمونه های رسوب آبراهه ای برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ از حداقل 21.58ppm تا حداکثر 166.99 گرم در تن و میانگین 55.35 گرم در تن گزارش شده است. میانگین جهانی عنصر روی در سنگهای آهکی و در سنگهای پوسته 70ppm می باشد. خطای آنالیز این عنصر 3.85% محاسبه گردیده است. مقادیر خام عنصر روی حاوی فقط ۳ نمونه بالای 100ppm میباشد، بنابراین اطلاق نام ناهنجاری فقط بطور نسبی است و معنای غنی شدگی کانساری و یا حتی غنی شدگی نسبی را در بر ندارد.

قبل از شرح ناهنجاریها که قاعدتاً بر اساس پارامترهای گسترش ناهنجاری، منطقه بندی و میزان عیار انتخاب می گردد ذکر این نکته لازم است که نمونه ردیف اول روی (نمونه ZJ-6 با عیار 167ppm) بصورت یک نمونه منفرد در جنوب چاه فرش واقع شده و لیتولوژی بالادست آن (CGS, Qal) کنگلومرا و آلوویوم می باشد. این نمونه ناهنجار با عنصر دیگری همپوشانی ندارد. نمونه ردیف بعدی (نمونه ZJ-371 با عیار 154ppm) نیز یک نمونه منفرد محسوب شده و لیتولوژی محدوده آن (CGS-CHS-gypm) کنگلومرا، رسوبات شیمیایی وژیپس و مارن می باشد. ناهنجاری متاثر از نمونه ZJ-371 در نقشه سرب نیز مشاهده میشود.

حال با توجه به منطقه بندی (Zonality) و گسترش ناهنجاریها، در زیر به شرح چند ناهنجاری عمده پرداخته می شود. هر چند عمده ناهنجاریهای مشروحه نیز از یک نمونه تشکیل شده اند. اما مقادیر Med+S بصورت زونالیتی نسبی آنها را در بر گرفته است.

- ناهنجاری جنوب کوه گدار گز (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ درق-Zn-1)

این ناهنجاری که در جنوب کوه گدارگز و فرودست آبراهه های منشعب از همین کوه قرار گرفته است و بطور عمده متاثر از نمونه ژئوشیمی (ZJ-394(95 ppm) می باشد. این ناهنجاری با توجه به منطقه بندی بازه Med+S در اطراف نمونه 394 چند نمونه دیگر را نیز دربر گرفته است.

این ناهنجاری که روندی شمال شرقی- جنوب غربی دارد وسعتی در حدود 2.5 کیلومتر مربع را پوشش داده است. برونزدهای سنگی این محدوده ناهنجار با توجه به نقشه خلاصه شده زمین شناسی UPSRT شامل CGS, CHS (کنگلومرا و رسوبات شیمیایی) می باشد.

قابل ذکر است در فرادست این ناهنجاری دو گسل امتداد لغز با روند شرقی- غربی واقع شده است.

در محل نمونه ZJ-394 نیز یک نمونه کانی سنگین با نام ZJH-394 برداشت گردیده است. در این نمونه باریت، زیرکن، روتیل، کربنات کلسیم و کانیهای آلترو مشاهده شده است، اما نشانی از کانیهای سرب و روی در آنها دیده نشده است.
این ناهنجاری با ناهنجاری سرب در این محدوده همپوشانی نشان داده است.

- ناهنجاری جنوب کوه کمربوار (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ درق-Zn-2)

این ناهنجاری در جنوب کوه کمربوار و فرودست آبراهه های منشعب از دامنه جنوبی آن قرار گرفته است. این ناهنجاری که در جنوب غرب ناهنجاری کوه گذارگز قرار گرفته است روندی در راستای گسترش آبراهه ها و تقریباً شمالی-جنوبی داشته و متاثر از نمونه ZJ-403 با عیار 95 گرم در تن (ردیف ۷ داده های خام) می باشد.

چند نمونه ژئوشیمی دیگر نیز در این ناهنجاری نیز عیارهای بالنسبه بالایی را دارند (در ۱۰ درصد بالای جامعه قرار گرفته اند) که در نتیجه باعث کامل شدن زونالیتی در اطراف نمونه اصلی شده است. وسعت این محدوده ناهنجان ۱/۶ کیلومتر مربع می باشد.

برونزدهای سنگی این منطقه بر اساس نقشه UPSRT (La, Sach, CGS, CHS) به ترتیب شامل رسوبات شیمیایی، کنگلومرا، شیل ماسه سنگی و بوکسیت می باشد.
در فرودست این محدوده ناهنجان یک نمونه کانی سنگین با کد ZJH-405 برداشت گردیده است. این نمونه حداکثر مقدار کربنات کلسیم به میزان 300.36 گرم در تن را نشان داده است، زیرکن و باریت نیز در این نمونه دیده شده است ولی از نظر کانیهای فلزی چندان قابل توجه نمی باشد. این ناهنجاری با عنصر دیگری همپوشانی ندارد.

- ناهنجاری کوه شورجوبین (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم)

این ناهنجاری که در شرق برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ و شمال کوه شور جوبین واقع شده است در بردارنده نمونه ZJ-27 و نمونه ZJ-26 میباشد بطوریکه به ترتیب دارای عیارهای 88, 96 گرم در تن می باشد.

برونزدهای این ناهنجاری بر اساس نقشه UPSRT (Qcf) رس و تپه های نمکی می باشد.
وسعت این ناهنجاری که حوضه های فرادست دو نمونه را در پهنه نسبتاً وسیعی در بر می گیرد 3.5 کیلومتر مربع و روندی شمالشرقی- جنوبغربی دارد. با توجه به لیتولوژی این منطقه، ناهنجاری مذکور منطقی به نظر نمی رسد. این ناهنجاری با ناهنجاری منگنز همپوشانی دارد.

علاوه بر موارد مطرح شده در پهنه برگه چند ناهنجاری منفرد دیگر نیز مشخص شده است که مشخصات تمامی آنها در جدول ۳-۱۹ ارائه شده است.

۳-۳-۳-۴- شرح نقشه ناهنجاریهای عنصر مس با استفاده از داده های $LnEi$ (شکل ۳-۲۱)

عیار مس در نمونه های رسوب آبراهه ای برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم از حداقل 7.52 تا حداکثر 476.66 با میانگین 29.55 گرم در تن گزارش شده است.

عیار میانگین جهانی این عنصر در پوسته زمین، سنگهای آهکی و شیل به ترتیب برابر با 15, 50, 55 گرم در تن و در خاک در حدود 100-2 گرم در تن می باشد. خطای آنالیز عنصر مس 11.2% می باشد که در حد قابل قبول می باشد.

نکته قابل توجه در شرح ناهنجاری عنصر مس پائین بودن مقادیر خام عنصر مس در تمامی نمونه ها می باشد. بطوریکه تنها یک نمونه به شماره ZJ-468 در بردارنده حداکثر مقدار به میزان 476.66 گرم در تن می باشد و بقیه نمونه ها دارای حداکثر عیاری به میزان 86.22 گرم در تن می باشد. قبل از شرح ناهنجاریها که قاعدتاً بر اساس پارامترهای گسترش ناهنجاری، منطقه بندی و میزان عیار انتخاب می گردد ذکر این نکته لازم است که نمونه های ردیف اول مس (نمونه ZJ-468 با عیار 476.66ppm) بصورت یک نمونه منفرد در شمالغرب کوه جعفری واقع شده و لیتولوژی بالادست آن رسوبات شیمیایی و آلوویوم می باشد. این ناهنجاری با ناهنجاری عنصر روی همپوشانی دارد. نمونه ردیف بعدی (نمونه ZJ-512 با عیار 86.22) نیز یک نمونه منفرد محسوب شده و لیتولوژی محدوده آن آلوویوم، رسوبات شیمیایی می باشد. این ناهنجاری در شرق کوه سرخ واقع شده و تا حدودی با ناهنجاری کادمیم همپوشانی دارد.

تمرکز ناهنجاریهای عنصر مس بطور عمده در بخش جنوبی برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ مشهود است. ناهنجاری این عنصر به قرار زیر شرح داده می شود.

ناهنجاری جنوب کوه گولو (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمد آباد پل ابریشم-Cu-1)

این ناهنجاری که در جنوب کوه گولو و جنوب روستای محمد آباد پل ابریشم قرار گرفته است متاثر از ۵ نمونه ژئوشیمی:

ZJ-102(46.87ppm), ZJ-118(60.5ppm), 122(63.44ppm), ZJ-123(64.86ppm),
ZJ-124(36.08ppm) می باشد.

این ناهنجاری که روندی شرقی - غربی دارد در راستای آبراهه اصلی و حوضه در بردارنده آن قرار گرفته است و از نظر وسعت ۳ کیلومتر مربع را پوشش داده است.

حداکثر عیار در این مجموعه متعلق به نمونه ZJ-123 (ردیف نهم) داده های خام می باشد. پرونده های سنگی بالادست این منطقه بر اساس نقشه UPSRT (CGS, Eab, CHS) به ترتیب کنگلومرا، آندزیت - آندزیت بازالت و رسوبات شیمیایی می باشد. این ناهنجاری با ناهنجاری عناصر تیتان، کروم، کبالت و منگنز همپوشانی دارد.

در فرادست این ناهنجاری و در مسیر این آبراهه دو نمونه کانی سنگین به شماره های ZJH-123, ZJH-118 برداشت گردیده است. در این نمونه ها آثاری از کانیهای مس و سایر کانیهای فلزی مشاهده نشده است.

نمونه ZJH-123 دارای پیروکسن و حداکثر مقدار کانیهای آلتره می باشد. نمونه ZJH-118 نیز دارای پیروکسن و همچنین زیرکن می باشد.

- ناهنجاری شرق کوه چاه کومه (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم - Cu-2)

این ناهنجاری در بخش جنوبی ناهنجاری کوه گولو واقع شده است و متاثر از ۴ نمونه ژئوشیمی به شماره های ZJ-110(53.85ppm), ZJ-111(48.83ppm), ZJ-115(61.91ppm), ZJ-112(43.71ppm) می باشد و به موازات ناهنجاری کوه گولو با همان روند شرقی - غربی دیده می شود. وسعت این ناهنجاری 1.2 کیلومتر مربع می باشد و این ناهنجاری در امتداد آبراهه منشعب از کوه چاه کومه قرار گرفته است.

لیتولوژی این محدوده ناهنجار بر اساس نقشه UPSRT (Eab, Da) آندزیت - آندزیت بازالت و داسیت می باشد. این ناهنجاری با ناهنجاری عناصر تیتان، کروم، کبالت و منگنز همپوشانی دارد.

در مرکز این ناهنجاری یک نمونه کانی سنگین ZJH-115 و در فرودست آن نمونه ZJH-110 برداشت گردیده است، که در آن نشانی از کانی های مهم مشاهده نشده است. نمونه ZJH-115 دارای حداکثر پیروکسن و مقدار زیادی کانیهای آلتره می باشد و نمونه ZJH-110 نیز دارای پیروکسن می باشد.

- ناهنجاری شمالغرب کوه رخسوران و آورس (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ ایستگاه جهان آباد - Cu-3)

این ناهنجاری که در منتهی الیه جنوب غرب برگه جاجرم قرار گرفته است روندی شمالی - جنوبی داشته و وسعتی در حدود 2.5 کیلومتر مربع را پوشش داده است و متاثر از ۴ نمونه ژئوشیمیایی ZJ-

ZJ-222(32.59ppm), ZJ-226(34.88ppm), ZJ-228(42.29ppm), 225(45.67ppm) می باشد. برونزدهای سنگی این محدوده ناهنجار بر اساس نقشه UPSRT (CHS, CGS) رسوبات شیمیایی و کنگلومرا می باشد. این ناهنجاری با ناهنجاری عناصر روی، تیتان، کروم، کبالت و منگنز همپوشانی دارد. از آبراهه غربی این ناهنجاری یک نمونه کانی سنگین به شماره ZJH-228 برداشت گردیده است. در این نمونه مقادیری کرومیت، ایلمنیت و آمفیبول مشاهده شده است. نکته قابل توجه در ارتباط با این ناهنجاری وجود لیتولوژی افیولیتی در قله های فرادست آبراهه های دربردارنده این ناهنجاری می باشد و منشأ کرومیت ها ناشی از برونزدهای افیولیتی می باشد.

- ناهنجاری دامنه شمالی رشته کوه کمربوار یا دامنه جنوبی کوه خمی (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ درق)

این محدوده ناهنجار متأثر از سه نمونه ژئوشیمی:

ZJ-381(35.64ppm), ZJ-382(25.18ppm), ZJ-383(74.56ppm) می باشد.

این ناهنجاری وسعتی در حدود 0.5 کیلومتر مربع را پوشش داده است و لیتولوژی آن بر اساس نقشه UPSRT (CHS, gypm, Qal) آلویوم و ژیپس و رسوبات شیمیایی می باشد. در این منطقه ناهنجاری عناصر دیگر مشاهده نشده است. ویژگی ها و مشخصات نمونه ها و مناطق ناهنجار در جدول ۳-۲۰ مشخص شده است.

۳-۳-۵- شرح نقشه ناهنجاریهای مولیبدن با استفاده از داده های LnEi (شکل ۳-۲۲)

عیار مولیبدن در نمونه های رسوب آبراهه ای برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم از حداقل 0.5ppm تا حداکثر 8.28ppm گزارش شده است. عیار میانگین مولیبدن در این برگه 2.6ppm می باشد. قابل ذکر است که میانگین جهانی مولیبدن در سنگهای پوسته زمین 1.5ppm و در شیل و آهک به ترتیب 1 و 3 گرم در تن گزارش شده است.

خطای آنالیز مولیبدن در نمونه های تکراری 14.11 محاسبه شده است که با توجه به حد خطای مجاز، قابل قبول می باشد.

ناهنجاریهای عنصر مولیبدن به شرح زیر است:

- ناهنجاریهای دامنه جنوبی کوه کمربوار (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ درق-Mo-1)

این ناهنجاری که در بخش مرکزی برگه درق و در دامنه جنوبی کوه کمربوار دیده می شود متأثر از عیار ۷ نمونه با کدهای ZJ-399, ZJ-398, ZJ-397, ZJ-396, ZJ-353, ZJ-415, ZJ-414 می باشد و به

ترتیب داری عیارهای 4.7, 7.5, 7, 4.8, 7.6, 8.3, 4 گرم در تن می باشد. قابل ذکر است نمونه ZJ-398 با حداکثر مقدار مولیبدن در این محدوده در این محدوده واقع شده است. این ناهنجاری که روندی شمال غربی - جنوب شرقی دارد وسعتی در حدود ۴ کیلومتر مربع را پوشش داده است. این ناهنجاری با عنصر دیگری همپوشانی ندارد.

برونزدهای سنگی این محدوده ناهنجر بر اساس نقشه UPSRT عبارتست از gypm, Qal, La, Sash, CHS (رسوبات شیمیایی، شیل ماسه سنگی، بوکسیت، آلویوم و ژیپس - مارن) می باشد. در بخش شمالی این ناهنجاری در محل نمونه ZJ-396 یک نمونه کانی سنگین با کد ZJH-396 برداشت گردیده است. در این نمونه مقدار بالایی هماتیت، لیمونیت، مقادیر پیروکسن و باریت مشهود می باشد.

علاوه بر آن از این محدوده ناهنجر دو نمونه با کد ZJKb-1,2 جهت آنالیز XRF برداشت گردیده است.

- ناهنجاری شمال شرق کوه خانه خدا (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ ایستگاه جهان آباد-Mo-2)

این ناهنجاری که روندی تقریباً شمال - جنوبی دارد متأثر از چهار نمونه با کدهای ZJ-270, ZJ-120, ZJ-273, ZJ-277 می باشد که به ترتیب دارای عیارهای 5, 3.2, 3.6, 3.6 گرم در تن می باشند.

این ناهنجاری وسعتی در حدود 1.5 کیلومتر مربع را پوشش می دهد. دو نمونه کانی سنگین با کدهای ZJH-270 و ZJH-273 از محدوده این ناهنجاری برداشت گردیده است. این نمونه ها دارای پیروکسن، زیرکن، آپاتیت، باریت، کرومیت می باشد و با توجه به اینکه برونزدهای سنگی این محدوده بر اساس نقشه UPSRT (Eab, Oph, CGS, CHS, gypm) ژیپس - مارن، رسوبات شیمیایی، کنگلومرا، افیولیت ملانژ و آندزیت - آندزیت - بازالت می باشد، وجود کانیهای ذکر شده تأییدی بر این لیتولوژی می باشد. این ناهنجاری با ناهنجاری عنصر دیگری همپوشانی ندارد.

در جدول ۳-۲۱ مشخصات نمونه ها و مناطق ناهنجر مذکور ارائه شده است. علاوه بر ناهنجاری ذکر شده نمونه های پراکنده دیگری نیز ناهنجاری نشان داده اند که از ذکر خصوصیات آنها خودداری میشود.

۳-۳-۶- شرح نقشه ناهنجاری نیکل با استفاده از داده های LnEi (شکل ۳-۲۳-A)

عیار نیکل در نمونه های رسوب آبراهه ای برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم از حداقل 7.93 تا حداکثر 2500.46ppm گزارش شده است. عیار میانگین نیکل در این برگه 154.89ppm می باشد. قابل ذکر است که میانگین جهانی نیکل در سنگهای پوسته 75ppm و در سنگهای الترامافیک 2000 و بازالت 150 گرم در تن گزارش شده است. خطای آنالیز نیکل 4.52% محاسبه گردیده است. بخش عمده ای از ناهنجاریهای نیکل در بخش جنوبی برگه در برونزدهای افیولیتی و سرپانتینیتی تمرکز یافته است.

جهت تشریح ناهنجاریهای این عنصر و مقایسه نمود ناهنجاریهای نیکل، نقشه خام این عنصر نیز تهیه گردید تا بتوان نتیجه اثر خنثی سازی سنگ بالادست را در نمایش و شکل گیری ناهنجاریها بهتر مشاهده نمود.

مسئله قابل توجه در مقایسه این دو نقشه، حذف بخشی از ناهنجاریهای پراکنده در سطح برگه در بخش جنوب شرقی برگه در نقشه خام در مقایسه با نقشه LnEi می باشد. همانطور که در نقشه خام این عنصر دیده می شود تمرکز ناهنجاری در بخش جنوب شرقی برگه تماماً در برگه توپوگرافی محمدآباد پل ابریشم می باشد که متاثر از واحدهای گابرو، افیولیتی و سرپانتینیتی در آن منطقه بوده است. در زیر به شرح ناهنجاریهای نیکل بر اساس LnEi می پردازیم:

- ناهنجاری شمال شرق روستای محمدآباد (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم-Ni-1)

این ناهنجاری در شرق برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ و در حدفاصل روستای محمدآباد و چاه فرش قرار گرفته است. این ناهنجاری متاثر از ۷ نمونه با کدهای ZJ-3, ZJ-5, ZJ-6, ZJ-4, ZJ-31, ZJ-76, ZJ-75 می باشد که به ترتیب دارای عیارهای 329,291,364,365,446,322,2500 می باشند که نمونه ZJ-75 با عیار 2500 گرم در تن، حداکثر عیار نیکل را در این برگه در بر دارد.

بر اساس نقشه UPSRT برونزدهای سنگی این محدوده از (CGS, Mm, Qal) آلویوم، ماسه سنگ و کنگلومرا تشکیل شده اند. این ناهنجاری که روندی شمال غربی - جنوب شرقی دارد وسعتی در حدود ۵/۵ کیلومتر مربع را پوشش داده است. چندین گسل موازی نیز در امتداد این ناهنجاری دیده می شود.

بخشی از این محدوده ناهنجار با ناهنجاری عناصر کروم در بخش مرکزی و وروی در در گوشه شمال شرقی همپوشانی داده است.

در بخش جنوبی این ناهنجاری دو نمونه کانی سنگین با کدهای ZJH-75,76 برداشت شده که دارای کرومیت، آمفیبول و پیروکسن در هر دو نمونه و باریت در نمونه ZJH-76 میباشند.

- ناهنجاری جنوب شرق روستای چاه فرش (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم-Ni-2)

این ناهنجاری در منتهی الیه شرق-جنوب شرق برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ و در بخش شرقی ناهنجاری مطرح شده قبلی قرار گرفته است. این ناهنجاری متاثر از ۸ نمونه با کدهای ZJ-28, ZJ-29, ZJ-30, ZJ-33, ZJ-72, ZJ-71, ZJ-66, ZJ-67 عیارهای 706,618,709,543,1079,515,1515,1483 می باشند که نمونه ZJ-66 با عیار 1515 گرم در تن، حداکثر عیار نیکل را در این نمونه ها در بر دارد.

بر اساس نقشه UPSRT لیتولوژی این محدوده را (Oph, CGS, Qal) آلویوم، کنگلومرا و فیولیت ملائز در بر گرفته است. این ناهنجاری که روندی شمالی- جنوبی دارد وسعتی در حدود ۸ کیلومتر مربع را پوشش داده است. چند گسل موازی این ناهنجاری را قطع کرده اند. بخشی از این محدوده ناهنجر با ناهنجاری عناصر کروم در بخش شمالی همپوشانی داده است.

در جنوب محدوده ناهنجر سه نمونه کانی سنگین شامل با کدهای ZJH-66,67,72 برداشت شده است که در بر دارنده گارنت، الیوین و کرومیت در نمونه ZJH-66 و الیوین و کرومیت در نمونه ZJH-67,72 میباشند.

جهت مقایسه نمود ناهنجاریهای این عنصر نقشه داده های خام با بازه های انتخابی (نقشه شماره ۲۳-۳) ترسیم شده است. تمرکز ناهنجاریها در گوشه جنوب شرقی برگه از ویژگیهای نقشه داده های خام می باشد. نقش برونزدهای افیولیتی (Oph) که متشکل از واحدهای Om, Sr-hz, Sr, hz می باشد در تشکیل این ناهنجاریها بخوبی مشخص است. این امر در بازه انتهایی یعنی مقادیر $Ni > 1200ppm$ کاملاً به چشم می خورد. در نقشه LnEi و با خنثی شدن اثر سنگ در این منطقه نشانی از ناهنجاری مشاهده نشده است (به استثنای نمونه ZJ-39) و ناهنجاریها به سمت شمال گرایش پیدا کرده و عمدتاً در CGS, Qal نمودار شده اند، البته بخشی از ناهنجاریها در منطقه ناهنجاری جنوب شرق روستای چاه فرش (سه نمونه 63, 67, 66) از واحدهای افیولیتی سرچشمه گرفته اند. در هر صورت نقش تعیین کننده نمونه های کانی سنگین می تواند ما را در صحت یا عدم صحت و تأثیر خنثی سازی اثر سنگ بالادست راهنمایی کند.

لازم به ذکر است که نمونه های پراکنده و ناهنجر در شرح ناهنجاریها در نظر گرفته نشده

است. جدول ۲۲-۳ مشخصات نمونه های ناهنجر این عنصر را نشان میدهد

۳-۳-۷- شرح نقشه ناهنجاریهای عنصر کروم با استفاده از داده های LnEi (شکل ۳-۲۴)

عیار کروم در نمونه های رسوب آبراهه ای برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم از حداقل 30.63 تا حداکثر 2847.73 گرم در تن گزارش شده است. عیار میانگین کروم در این برگه 345.3ppm می باشد. قابل ذکر است که میانگین جهانی کروم در سنگهای پوسته 100ppm در الترامافیک 2000 و در بازالت 200 گرم در تن می باشد. خطای آنالیز این عنصر %18.22 محاسبه شده است.

- ناهنجاری شمال غرب مسیح آباد (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم-Cr-1)

این ناهنجاری که روندی شمال شرقی - جنوب غربی دارد متأثر از دو نمونه با کدهای ZJ-37, ZJ-38 با عیارهای 2848, 2602 گرم در تن می باشد. قابل ذکر است نمونه ZJ-37 عیار حداکثر را دربردارد و نمونه ZJ-38 در ردیف سوم مقادیر خام قرار گرفته است. برونزدهای سنگی این محدوده ناهنجر بر اساس نقشه UPSRT (Oph, Qal) افیولیت ملانژ و آلویوم می باشد و وسعتی در حدود 3 کیلومتر مربع را پوشش داده است. این ناهنجاری با ناهنجاری عنصر دیگری همپوشانی ندارد.

- ناهنجاری جنوب کوه گولو (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم-Cr-2)

این ناهنجاری که به صورت دو محدوده ناهنجر بموازات یکدیگر کشیده شده است، روندی تقریباً شرقی - غربی داشته و در شرح نقشه ناهنجاریهای عناصر مس، تیتان و کبالت مطرح گردید. در این دو محدوده ناهنجر که به فاصله عمودی ۸۰۰ متر نسبت به یکدیگر قرار گرفته اند. نمونه های ZJ-102, ZJ-118, ZJ-122, ZJ-123, ZJ-124 در بخش شمالی با عیارهای 224, 373, 301 برداشت شده است. 328, 253, 219, 246, 308 و نمونه های ZJ-110, ZJ-111, ZJ-115 با عیارهای 224, 373, 301 برداشت شده است.

برونزدهای سنگی این محدوده بر اساس نقشه UPSRT (Da, CHS, CGS, Eab) می باشد که به ترتیب عبارتست از آندزیت - آندزیت بازالت، کنگلومرا، رسوبات شیمیایی و داسیت. این ناهنجاری با ناهنجاری عناصر مس، تیتان، منگنز و کبالت همپوشانی دارد.

در مرکز و غرب ناهنجاری شمالی دو نمونه کانی سنگین با کدهای ZJH-118, ZJH-123 برداشت گردیده است. در ناهنجاری جنوبی نیز دو نمونه کانی سنگین با کدهای ZJH-115, ZJH-110 برداشت گردیده است.

- ناهنجاری جنوب شرق روستای چاه فرش (برگه محمدآباد پل ابریشم-Cr-3)

این ناهنجاری که در شرق برگه جاجرم و جنوب کوه شورجوبین در نزدیکی روستای چاه فرش قرار گرفته است متأثر از سه نمونه با کدهای ZJ-28, ZJ-29, ZJ-30 می باشد که به ترتیب از نظر عیاری عبارتند از 2116, 1424, 2493 در بین این نمونه ها حداکثر عیاری متعلق به نمونه ZJ-28 با عیار 2493 بطوریکه در ردیف چهارم داده های خام واقع شده است.

این ناهنجاری که روند شمالغربی- جنوب شرقی (در راستای آبراهه ها) دارد وسعتی در حدود ۵ کیلومتر مربع را پوشش داده است. برونزدهای سنگی این ناهنجاری بر اساس نقشه CGS, UPSRT (Qal) کنگلومرا و رسوبات آلوویوم می باشد. چند گسل بصورت مورب و موازی این ناهنجاری را دربرگرفته اند.

این محدوده ناهنجان با ناهنجاری عنصر نیکل در نقشه لگاریتمی همپوشانی دارد.

- ناهنجاری حد فاصل جنوب روستای چاه فرش و شمال شرق روستای محمد آباد پل ابریشم (Cr-4)

این ناهنجاری که متأثر از دو نمونه با کدهای ZJ-4, ZJ-31 با عیارهای 1743, 1944 گرم درتن است به ترتیب در ردیف 12, 7 قرار گرفته است. این ناهنجاری که روندی شمالغربی- جنوب شرقی دارد وسعتی در حدود ۳ کیلومتر مربع را پوشش داده است. برونزدهای سنگی این محدوده بر اساس نقشه UPSRT (Mm, CGS, Qal) ماسه سنگ، کنگلومرا و آلوویوم می باشد.

چندین گسل متقاطع این ناهنجاری را قطع کرده اند. این ناهنجاری با ناهنجاری عنصر نیکل همپوشانی دارد.

- ناهنجاری شمالغرب کوه آورس (برگه توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ ایستگاه جهان آباد-Cr-5)

این ناهنجاری که روندی تقریباً شمالی- جنوبی دارد در جنوب غرب برگه جاجرم و متأثر از چهار

نمونه با کدهای ZJ-302, ZJ-226, ZJ-225, ZJ-228 می باشد که از نظر عیار کروم عبارتست از 1399, 295, 316, 376. این نمونه ها از نظر عیاری چندان بالا نیستند ولی در سری LnEi تقریباً بالا قرار گرفته اند و بعنوان ناهنجاری نمود یافته است.

برونزدهای سنگی این ناهنجاری بر اساس نقشه UPSRT عبارتست از CGS, CHS, Lphy, Qal (کنگلومرا، گدازه- افق بالایی افیولیت، رسوبات شیمیایی و آلوویوم). وسعتی که این ناهنجاری پوشش داده است در حدود ۵ کیلومتر مربع می باشد. در جنوب این ناهنجاری یک نمونه کانی سنگین با کد ZJH-228 برداشت گردیده است که دارای کرومیت می باشد.

این ناهنجاری با عناصر تیتان، کبالت، منگنز، مس همپوشانی دارد.

جهت مقایسه نمود ناهنجاریهای این عنصر نقشه داده های خام با بازه های انتخابی (نقشه ۳-۲۴ B) ترسیم شده است. در نقشه داده های خام تمرکز ناهنجاریها در گوشه جنوب شرقی برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ است. نقش برونزدهای افیولیتی (Oph) که متشکل از واحدهای Om, Sr-hz, Sr, hz می باشد. در تشکیل این ناهنجاریها بخوبی مشخص شده است. این امر در بازه انتهایی یعنی مقادیر $Cr > 2000ppm$ کاملاً به چشم می خورد. این ناهنجاریها در نقشه LnEi نیز مشاهده شده اند اما اثری از ناهنجاری نمونه های ZJ-55, ZJ-57 در نقشه LnEi به چشم نمیخورد.

جدول ۳-۲۳ مشخصات نمونه های ناهنجار این عنصر را نشان میدهد.

۳-۳-۳-۸- شرح نقشه ناهنجاریهای عنصر تیتانیم با استفاده از داده های LnEi (شکل ۳-۲۵)

عیار تیتانیم در نمونه های رسوب آبراهه ای برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم از حداقل 556.77ppm تا حداکثر 8727.52ppm گزارش شده است. عیار میانگین تیتانیم در این برگه 2928.97ppm می باشد. قابل ذکر است که میانگین جهانی تیتانیم در سنگهای پوسته زمین 5700، در بازالت 9000 و در شیل و آهک 4600 و 400 گرم در تن گزارش شده است. خطای آنالیز تیتانیم 4.02% محاسبه شده است. در ارتباط با نقشه ناهنجاریهای تیتان این مسئله قابل ذکر است که اکثر ناهنجاریهای Ti در این برگه در لیتولوژی آلوویوم (کواترنری) و بصورت ناهنجاریهای منفرد تشکیل شده است. بعنوان نمونه، بیشترین عیار تیتانیم و همچنین TiO_2 در ۴۳ نمونه آنالیز اکسیدهای اصلی در نمونه ZJ-353 با عیار 8728ppm دیده شده است که در فرودست آبراهه های منشعب از کوه کمربور قرار گرفته است. در این نمونه بیشترین مقدار Fe_2O_3 در ۴۳ نمونه آنالیز اکسیدهای اصلی به میزان ۱۳/۰۱٪ نیز آنالیز شده است. در فرادست این نمونه که از لیتولوژی La, Qal, Sash, CGS, CHS, gypm (کنگسومرا، رسوبات شیمیایی، ژیس، بوکسیت، شیل ماسه سنگی و آلوویوم). نشأت گرفته، تا حدودی اثری از ناهنجاری مولیبدن دیده شده است. در ضمن نمونه ردیف دوم یعنی نمونه ZJ-302 نیز با عیار 7339ppm در پهنه های آلوویوم قرار گرفته است. با توجه به این مسئله به شرح ناهنجاریهایی می پردازیم که در آنها حداقل دو نمونه یا بیشتر وجود داشته و از لیتولوژی نسبتاً متناسب تر و همپوشانی معنی دار تری برخوردار باشند. هر چند که بیشترین عیارها به نمونه های منفرد تعلق دارد.

- ناهنجاری شمال غرب کوه آورس (برکه ۱:۵۰,۰۰۰ ایستگاه جهان آباد-Ti-1)

این ناهنجاری که در منتهی الیه جنوب غرب برکه جاجرم قرار گرفته روندی شمالی- جنوبی داشته و وسعتی در حدود 1.7 کیلومتر مربع را پوشش داده و متأثر از سه نمونه به کدهای ZJ-228, ZJ-225, ZJ-226 می باشد که به ترتیب دارای عیارهای 3599, 3362, 3120 می باشد. برونزدهای سنگی محدوده بر اساس نقشه UPSRT (CGS, CHS, Lphy, Qal) آلویوم، گدازه- افق بالایی افیولیت، رسوبات شیمیایی و کنگلومرا می باشد. این ناهنجاری با ناهنجاری عنصر مس همپوشانی دارد. از محل نمونه ZJ-228 یک نمونه کانی سنگین با کد ZJH-228 برداشت گردیده است. در این نمونه ایلمنیت، آمفیبول، کرومیت و پیرومورفیت مشاهده شده است که حضور ایلمنیت و کانیهای دیگر ذکر شده تأییدی بر ناهنجاری تیتان و لیتولوژی مافیک محدوده ناهنجان می باشد.

- زون ناهنجاری جنوب کوه گولو (برکه ۱:۵۰,۰۰۰ محمد آباد پل ابریشم-Ti-2)

این ناهنجاری که بصورت دو منطقه جدا از یکدیگر بموازات هم تشکیل شده و در جنوب کوه گولو و جنوب روستای محمد آباد پل ابریشم واقع شده است در شرح نقشه ناهنجاریهای عنصر مس بصورت دو ناهنجاری تفکیک شده که به موازات یکدیگر کشیده شده اند مطرح گردید. در این دو محدوده ناهنجان که به فاصله عمودی ۸۰۰ متر نسبت به یکدیگر قرار گرفته اند. در بخش شمالی نمونه های ZJ-102, ZJ-118, ZJ-122, ZJ-123, ZJ-124 به ترتیب با عیارهای 2113, 3516, 3613, 3572, 3542 و در بخش جنوبی نمونه های ZJ-110, ZJ-111, ZJ-115 با عیارهای 3502, 3837, 3801 واقع شده اند. لیتولوژی این محدوده ناهنجان بر اساس نقشه UPSRT (CGS, Da, Eab) آندزیت- آندزیت بازالت، تپه داسیتی و کنگلومرا که در مجموع وسعتی در حدود 3 کیلومتر مربع را در بخش شمالی و 1.5 کیلومتر مربع در بخش جنوبی دارد. در مرحله کنترل آنومالی در ناهنجاری شمالی دو نمونه کانی سنگین با کدهای ZJH-118, ZJH-123 و در ناهنجاری جنوبی نیز دو نمونه با کدهای ZJH-115, ZJH-110 برداشت گردیده است. در دو نمونه از چهار نمونه کانی سنگین این دو ناهنجاری مقدار کمی روتیل، آپاتیت و کرومیت مشاهده شده است این محدوده ناهنجان با ناهنجاری عناصر مس، کروم و کبالت همپوشانی نشان داده است. علاوه بر ناهنجاریهای ذکر شده در پهنه برکه، ناهنجاریهای منفرد دیگری نیز مشخص شده که مشخصات دو نمونه که حداکثر عیاری را دارند شرح داده شد و از ذکر موارد دیگر بعثت قرارگیری در لیتولوژی کواترنری صرفنظر شده است.

در جدول ۳-۲۴ مشخصات نمونه های ناهنجان و مناطق مرتبط به آن آمده است.

۳-۳-۳-۹- شرح نقشه ناهنجاریهای عنصر باریم با استفاده از داده های LnEi (شکل ۳-۲۶)

عیار باریم در نمونه های رسوب آبراهه ای برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم از حداقل 128 تا حداکثر 1242.27 گزارش شده است. عیار میانگین باریم در این برگه 394.86 گرم در تن می باشد. قابل ذکر است مقدار جهانی باریم در سنگهای پوسته 425ppm در شیل 700ppm و در گرانیت 600ppm می باشد. خطای آنالیز این عنصر 11.16% محاسبه گردیده است.

قبل از شرح ناهنجاریها که قاعدتاً بر اساس پارامترهای گسترش ناهنجاری، منطقه بندی و میزان عیار انتخاب می گردد ذکر این نکته لازم است که نمونه های ردیف اول باریم (نمونه ZJ-231 با عیار 1242 گرم در تن) بصورت یک نمونه منفرد در منتهی الیه جنوب غرب برگه ایستگاه جهان آباد واقع شده و لیتولوژی محدوده آن CGS, gypm (ژپس- مارن و کنگلومرا) می باشد.

نمونه ردیف بعدی نمونه ZJ-216 با عیار 1010 گرم در تن نیز یک نمونه منفرد محسوب شده و لیتولوژی محدوده آن CGS, CHS, Oph, Qal (آلوویوم، افیولیت ملانژ، رسوبات شیمیایی و کنگلومرا) می باشد. این ناهنجاری منفرد با ناهنجاری منفرد سرب در محل همین نمونه همپوشانی دارد. در زیر به شرح سایر ناهنجاری های عنصر باریم پرداخته می شود.

- ناهنجاری دامنه جنوبی کوه کمربوار (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ درق-Ba-1)

این محدوده ناهنجار متأثر از سه نمونه با کدهای ZJ-393, ZJ-396, ZJ-395 و عیارهای 688, 699, 643 گرم در تن می باشد.

این ناهنجاری که تقریباً روندی شمال غرب- جنوب شرق دارد وسعتی در حدود 0.9 کیلومتر مربع را پوشش داده است.

گسلی با امتداد شرقی- غربی نیز این ناهنجاری را قطع کرده است. برونزدهای سنگی این محدوده بر اساس نقشه UPSRT (CGS, CHS, gypm, La, Qal, Sash) شیل ماسه سنگی، آلوویوم، بوکسیت، ژپس- مارن، رسوبات شیمیایی و کنگلومرا می باشد.

در مرکز این ناهنجاری و در محل نمونه ZJ-396 یک نمونه کانی سنگین با کد ZJH-396 و یک نمونه XRF با کد ZJH-393 برداشت گردیده است. در نمونه کانی سنگین، باریت مشاهده شده است که از نظر فراوانی در 10% بالای جامعه قرار گرفته است لذا وجود باریت تأییدی بر ناهنجاری باریم در این منطقه است. این ناهنجاری با بخشی از ناهنجاری عنصر مولیبدن در همین محدوده همپوشانی نشان داده است.

- ناهنجاری جنوب ایور (بخش شرقی دامنه جنوبی کمربوار، حدفاصل برگه جاجرم و درق -Ba-2)

این ناهنجاری که در بخش مرکزی حد فاصل دو برگه جاجرم و درق واقع شده است دربردارنده دو نمونه ZJ-372, ZJ-177 با عیارهای 619, 635 در ردیف های 14 و 15 داده های خام می باشد. این محدوده ناهنجار که روندی شمال غرب- جنوب شرقی دارد وسعتی در حدود 1.15 کیلومتر مربع را پوشش داده است. بر اساس نقشه UPSRT این محدوده دارای برونزدهای سنگی (CGS, CHS, gypm, Sash) شیل ماسه سنگی، ژئیس- مارن، رسوبات شیمیایی و کنگلومرا می باشد. این ناهنجاری با ناهنجاری عنصر دیگری همپوشانی ندارد.

- ناهنجاری شرق روستای محمدآباد پل ابریشم (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم -Ba-3)

این ناهنجاری که در جنوب شرقی برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ و غرب روستای محمدآباد قرار گرفته است دربردارنده و متأثر از سه نمونه ZJ-34, ZJ-35, ZJ-80 با عیارهای 886, 444, 555 گرم در تن می باشد. قابل ذکر است که نمونه ZJ-34 در سری داده ها در ردیف سوم داده های خام قرار گرفته است. این ناهنجاری که روندی شمالغرب- جنوب شرقی دارد وسعتی در حدود 2 کیلومتر مربع را پوشش داده است. برونزدهای سنگی این منطقه بر اساس نقشه UPSRT (CGS, gypm, Eab, Qal) آلویوم، آندزیت- آندزیت بازال، ژئیس- مارن و کنگلومرا می باشد. این ناهنجاری با ناهنجاری عنصر دیگری همپوشانی ندارد.

قابل ذکر است از فرودست این ناهنجاری در گوشه شمالغربی ناهنجاری در محل نمونه ZJ-80 یک نمونه کانی سنگین ZJH-80 برداشت گردیده است. در این نمونه مقادیری از کرومیت، باریت، روتیل و اسفن مشاهده شده است.

- ناهنجاری جنوب کوه خرده سرخانا (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ جاجرم -Ba-4)

این ناهنجاری که در شرق برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ و جنوب شرقی برگه جاجرم در جنوب کوه خرده سرخانا واقع شده است متأثر از چهار نمونه با کدهای ZJ-142, ZJ-143, ZJ-163 و ZJ-159 با عیارهای 645, 764, 845 و 744 گرم در تن می باشد.

این ناهنجاری که روندی شمالی جنوبی غربی دارد وسعتی در حدود 2.2 کیلومتر مربع را پوشش داده و بر اساس نقشه UPSRT دارای لیتولوژی با نام (CGS, Mm, gypm, Qal) آلویوم، ژئیس- مارن، ماسه سنگ و کنگلومرا می باشد. چند گسل کوچک این ناهنجاری را قطع کرده اند. این ناهنجاری با عنصر

دیگری همپوشانی نشان نداده است. نمونه کانی سنگین ZJ-160 از بخش شمالی این ناهنجاری برداشت شده است که در آن مقادیر نسبتاً قابل توجهی از پیریت اکسید مشاهده شده است. باریت و پیرولوزیت نیز در این نمونه مشاهده شده است.

در جدول ۳-۲۵ مشخصات نمونه ها و مناطق ناهنجار آورده شده است.

۳-۳-۱۰- شرح نقشه ناهنجاریهای عنصر منگنز با استفاده از داده های LnEi (شکل ۳-۲۷)

بیشترین مقدار منگنز در رسوبات منطقه 1626 گرم در تن و کمترین آن 117.83 گرم در تن است. میانگین منگنز در رسوبات این منطقه 629.49 گرم در تن محاسبه گردیده است. میزان متوسط منگنز در سنگهای پوسته زمین 450ppm و در شیل و آهک به ترتیب 850 و 1100 گرم در تن می باشد. خطای برآورد شده برای منگنز کمترین خطا به میزان 1.75% می باشد .

قبل از شرح ناهنجاریها ذکر این نکته لازم است که نمونه ردیف دوم منگنز (نمونه ZJ-393 با عیار 1212 ppm بصورت یک نمونه منفرد مشخص شده است. این نمونه در دامنه جنوبی کوه کمربوار واقع شده و لیتولوژی بالادست آن (CGS, CHS, Qal, Sash) شیل ماسه سنگی، آلویوم، رسوبات شیمیایی و کنگلومرا می باشد. از محل این نمونه یک نمونه سنگی جهت آنالیز XRF نیز برداشت گردیده است. این نمونه منفرد با ناهنجاری عنصر باریم همپوشانی دارد. این نمونه بیشترین مقدار MnO را به میزان 0.19% در نمونه های انتخابی برای آنالیز اکسیدهای اصلی (۴۳ نمونه) نیز نشان داده است.

- ناهنجاری جنوب کوه گولو (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمد آباد-Mn-1)

این ناهنجاری که در جنوب برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ و جنوب غربی برگه محمد آباد واقع شده است. در شرح ناهنجاری عناصر مس و تیتانیم بطور کامل مطرح گردید. این ناهنجاری روندی شرقی- غربی و وسعتی در حدود ۴ کیلومتر مربع را پوشش داده است.

بطور کلی این ناهنجاری متأثر از عیار ۱۰ نمونه می باشد که حداکثر عیار متعلق به نمونه ZJ-115 با عیار 1033 گرم در تن می باشد.

غیر از نمونه های کانی سنگین ذکر شده در شرح ناهنجاریهای عناصر مس و تیتانیم در این محدوده، از این حوضه یک نمونه دیگر با کد ZJH-109 برداشت گردیده است که دارای ایلمنیت، آمفیبول، کرومیت، زیرکن، آپاتیت و روتیل می باشد. این ناهنجاری با عناصر مس، تیتانیم، کبالت و کروم همپوشانی دارد.

- ناهنجاری شمالغرب کوه رخسوران و آورس (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ ایستگاه جهان آباد-Mn-2)

این ناهنجاری در شرح ناهنجاری عناصر مس، تیتانیم، کبالت و کروم نیز مطرح شد. این محدوده ناهنجار در منتهی الیه جنوب غرب برگه جاجرم قرار گرفته و روندی شمالی- جنوبی داشته و وسعتی در حدود 1.7 کیلومتر مربع را پوشش داده است.

نمونه های واقع در این ناهنجاری عبارتند از ZJ-225, ZJ-228, ZJ-226 که دارای عیارهای 668, 643, 701 گرم در تن می باشند.

کانی سنگین برداشت شده از این ناهنجاری که در محل نمونه ZJ-228 با کد ZJ-228 برداشت شده است دارای کرومیت، باریت، ایلمنیت و زیرکن می باشد.

- ناهنجاری کوه شور جوین (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم-Mn-3)

این ناهنجاری که در شرق برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ و شمال کوه شور جوین واقع شده است، متأثر از عیار دو نمونه ZJ-26, ZJ-27 می باشد، قابل ذکر است که نمونه ZJ-26 حداکثر مقدار را به میزان 1626ppm در سری داده های منگنز دارد و نمونه ZJ-27 نیز در ردیف ۳۰ دارای عیار 910 گرم در تن می باشد. برونزدهای این ناهنجاری بر اساس نقشه UPSRT (Qef) رس و تپه های نمکی می باشد.

وسعت این ناهنجاری که حوضه های فرادست دو نمونه را در پهنه نسبتاً وسیعی دربر می گیرد 3.5 کیلومتر مربع و روندی شمالشرقی- جنوبغربی دارد. با توجه به لیتولوژی، توجیه ناهنجاری مذکور منطقی بنظر نمی رسد. این ناهنجاری با ناهنجاری عناصر روی و استرنسیوم همپوشانی دارد. در جدول ۳-۲۶ مشخصات مناطق و نمونه های ناهنجار عنصر منگنز آورده شده است.

۳-۳-۱۱- شرح نقشه ناهنجاری استرنسیوم با استفاده از داده های LnEi

(شکل ۳-۲۸)

عیار استرنسیوم در نمونه های رسوب آبراهه ای برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم از حداقل 103.88 تا حداکثر 5059.13 گرم در تن گزارش شده است. عیار میانگین استرنسیم در این برگه 391.51 گرم در تن می باشد. قابل ذکر است که میانگین جهانی استرنسیم در سنگهای پوسته زمین 375ppm و در شیل و آهک به ترتیب 300 و 500 گرم در تن و در بازالت 465 گرم در تن گزارش شده است. خطای آنالیز 3.15% محاسبه شده است.

قبل از شرح ناهنجاریها که قاعدتاً بر اساس پارامترهای گسترش ناهنجاری، منطقه بندی و میزان عیار انتخاب می گردد، ذکر این نکته لازم است که نمونه های ردیف اول استرنسیم (نمونه ZJ-206 با عیار

5059 گرم در تن) بصورت یک نمونه منفرد در آبراهه منشعب از کوه کمرزین واقع شده و لیتولوژی بالادست آن Qal (آلوویوم) می باشد. این نمونه منفرد با ناهنجاری باریم در مجاورت همین نمونه همپوشانی دارد.

نمونه ردیف بعدی (نمونه ZJ-292 با عیار 4103 گرم در تن) نیز یک نمونه منفرد محسوب شده و لیتولوژی محدوده آن Mm, Qcf, Qal (آلوویوم، رس - تپه های نمکی و ماسه سنگ) می باشد. این نمونه ناهنجر با عنصر دیگری همپوشانی ندارد. در ضمن این نمونه حاوی بیشترین مقدار زیرکن آنالیز شده در نمونه ها به میزان 598 ppm نیز می باشد.

- ناهنجاری جنوب کوه کمربوار (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ درق-Sr-1)

این ناهنجاری در جنوب کوه کمربوار و فرودست آبراهه های منشعب از دامنه جنوبی آن قرار گرفته است. لازم به ذکر است که در این سه نمونه کانی سنگین شواهدی از سلسیتین گزارش نشده است. این ناهنجاری که روندی شمال غربی - جنوب شرقی داشته متأثر از نمونه های ZJ-399, ZJ-400, ZJ-401, ZJ-402 می باشد که به ترتیب دارای عیارهای 1738, 1353, 645, 238 می باشند.

وسعت این ناهنجاری که در حدود 1.2 کیلومتر مربع می باشد. برونزدهای سنگی این منطقه بر اساس نقشه UPSRT (CHS, gypm, Sash, La) بوکسیت، شیل ماسه سنگی، ژپس - مارن و رسوبت شیمیایی می باشد. در محل سه نمونه ZJ-394, ZJ-402, ZJ-401 نمونه های کانی سنگین نیز با کدهای ZJH-399, ZJH-401, ZJH-402 برداشت شده است.

در این سه نمونه زیرکن، باریت، الیثیست، اپیدوت و روتیل مشاهده شده است. این محدوده دقیقاً با ناهنجاری عنصر دیگری همپوشانی ندارد ولی به طور کلی دامنه جنوبی کوه کمربوار از نظر بروز ناهنجاریهای عنصری حائز اهمیت می باشد. در محدوده این ناهنجاری یک نمونه با کد ZJH-401 جهت آنالیز XRD برداشت شده است، که در آن کانیهای کوارتز، سریسیت، فلدسپات، ژپس و کلریت تشخیص داده شده است.

- ناهنجاری جنوب غرب روستای محمد آباد پل ابریشم (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم-Sr-2)

این ناهنجاری متأثر از دو نمونه به شماره ZJ-8, ZJ-104 که به ترتیب دارای عیارهای 743, 744 گرم در تن می باشد. این ناهنجاری که روند شرقی - غربی دارد وسعتی در حدود 1.5 کیلومتر مربع را پوشش داده است.

برونزدهای این محدوده بر اساس نقشه UPSRT (Eab, Qal, gypm, Oph و CGS) افیولیت، ژپس- مارن، آلویوم، آندزیت- آندزیت بازالت و کنگلومرا می باشد. این ناهنجاری با ناهنجاری عنصر دیگری همپوشانی ندارد. از محل نمونه ZJ-104 در مرحله کنترل آنومالیها یک نمونه کانی سنگین برداشت گردید. این نمونه مقادیر جالب توجهی از منیتیت، ایلمنتیت، گارنت، کرومیت، زیرکن و آپاتیت را حد ۱۰٪ بالای این کانیها نشان داده است و شواهدی از سرب طبیعی، مس طبیعی و لیتارژ را در حد pts نشان داده است.

- ناهنجاری غرب کوه شورجوین (شمال روستای چاه فرش) (برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد پل ابریشم-Sr-3)

این ناهنجاری که در شرق برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ و در غرب کوه شورجوین واقع شده است در بردارنده چهار نمونه با کدهای ZJ-19, ZJ-23, ZJ-26, ZJ-24 می باشد که به ترتیب دارای عیارهای 1504, 841, 485, 2252 می باشند که در بین این نمونه ها حداکثر عیار متعلق به نمونه ZJ-19 ردیف پنجم داده های خام می باشد.

این ناهنجاری که روندی شمال شرقی- جنوب غربی دارد وسعتی در حدود 5 کیلومتر مربع را پوشش داده است. چند گسل متقاطع این ناهنجاری را قطع کرده اند.

برونزدهای سنگی این ناهنجاری بر اساس نقشه UPSRT (Mm, Qal, Qcf) رس- تپه نمکی، آلویوم و ماسه سنگ می باشد. در بخش شمالی این ناهنجاری و در نزدیکی نمونه ZJ-24 یک نمونه سنگی جهت آنالیز XRD با کد ZJHO-1 برداشت گردیده است، که در آن آثار ژپس، کوارتز و باسانیت ($\text{CaSO}_4, 1/2 \text{H}_2\text{O}$) تعیین شده است. در گوشه شمال شرقی این ناهنجاری، عناصر منگنز و روی نیز ناهنجاری نشان داده اند، این همپوشانی بطور شاخص در محل نمونه ZJ-26 نمود یافته است.

۳-۳-۱۲- شرح نقشه نمادین Al_2O_3 در ۴۳ نمونه انتخابی جهت آنالیز XRF در

پهنه های مستعد بوکسیت (شکل ۳-۲۹)

در این بررسی به دلیل آنکه بتوان نسبت به پهنه های مستعد بوکسیت اطلاعات جامع تری بدست آورد ۴۳ نمونه از نمونه های آبراهه ای جهت آنالیز اکسیدهای اصلی از همین پهنه ها انتخاب و به این منظور به آزمایشگاه معرفی گردید. در ضمن دو نمونه هم از نمونه های توجیهی که در این مناطق بودند به این مجموعه اضافه شدند (سایز B) با توجه به اینکه مقدار Al_2O_3 در سنگ معدن بوکسیت

جهان آباد به روش XRF (نمونه ZJKb-3) برابر با 29.07% برآورد شده، مقدار حداکثر Al_2O_3 در رسوبات آبراهه ای به میزان 19.94% در نمونه ZJ-389 مقدار نسبتاً قابل توجهی است، این میزان با توجه به همراهی سایر عناصر در رسوبات آبراهه ای و کاهش عیار Al_2O_3 به نسبت عیار قابل توجهی در نظر گرفته میشود.

در بررسی نقشه های نمادین این اکسید ملاحظه میگردد که به استثنا نمونه های ردیف اول و دوم، نمونه های پر عیار حاوی اکسید آلومینیم بیشتر در یال جنوبی کوه خامی قرار گرفته اند و نمونه های فرودست پهنه های معدن اغلب در ردیفهای دهم به بعد قرار گرفته اند.

با توجه به این امر میتوان احتمال وجود پهنه های جدیدی از بوکسیت را در یال جنوبی کوه خامی نبایستی از نظر دور داشت. در شکل ۳-۲۹ علاوه بر نقشه نمادین، نمودار هیستوگرام این اکسید و جدول پارامترهای آماری آن نیز به نمایش در آمده است. توزیع نمودار Al_2O_3 نسبتاً یک توزیع نرمال را نشان میدهد اما این مسئله نبایستی از نظر دور بماند که انتخاب نمونه ها بصورت تصادفی نبوده است و تعداد نمونه ها نیز آنقدر کافی نیست که بتوان به استناد به آنها به تخمین جامعه کلی پرداخت.

۳-۳-۱۳- شرح نقشه نمادین Fe_2O_3 در ۴۳ نمونه انتخابی جهت آنالیز XRF در

پهنه های مستعد بوکسیت (شکل ۳-۳۰)

اکسید آهن نیز بصورت نقشه نمادین در قالب شکل ۳-۳۰ مشخص شده است. میزان حداقل و حداکثر آن به ترتیب 2.99 و 15.32 درصد گزارش شده است و میانگین آن برابر با 6.31% برآورد شده است. رفتار اکسید آهن تا حدودی بر خلاف Al_2O_3 است، بدین نحو که عمده نمونه های غنی از اکسید آهن در بخش شرقی و جنوبی کوه کمربوار متمرکز شده اند و تنها سه نمونه در ردیفهای ۶، ۹ و ۱۰ در یال جنوبی کوه خامی قرار گرفته اند. بیشترین مقدار اکسید آهن در نمونه ZJ-389 (با میزان 15.32%) یافت شده، دومین عیار بالای Fe_2O_3 را نمونه ZJ-353 در بر دارد، این نمونه بیشترین مقدار وانادیوم (164ppm) و تیتانیوم (8728 ppm) را نشان داده است. میزان زیرکن و مولیبدن نیز در نمونه های حاوی Fe_2O_3 بالا، در حد ۱۵٪ بالای جامعه است.

هیستوگرام Fe_2O_3 یک چولگی مثبت و مشخص را نشان میدهد و مراجعه به جدول پارامترهای آماری نیز این امر را بخوبی نشان میدهد.

۳-۳-۱۴- نتیجه گیری از شرح نقشه ها

تاکید بر این نکته ضروری است که هر مجموعه داده ای بر اساس پردازش های معمول آماری حاوی تعدادی داده ناهنجار (آنومالی) خواهد بود. این داده هادر صورت تجمع در یک منطقه، محدوده ای را بعنوان

محدوده ناهنجار معرفی می کند که از چند نمونه تشکیل یافته است و در غیر اینصورت نمونه های ناهنجار بصورت نمونه های منفرد در سطح برگه مشخص خواهد شد. اما این امر حائز اهمیت است که :

- ارزش و اعتبار هر ناهنجاری چگونه سنجیده میشود؟
 - وضعیت لیتولوژی و ساختار تکتونیکی برگه مستعد کدام یک از کانی سازیهای احتمالی است؟
 - اندیسهای معدنی (فعال- متروکه- شدادی) و پتانسیلهای احتمالی برگه از کدام نوع هستند؟
 - حد عیاری آنالیز چه دورنمایی را برای ما مجسم کرده است؟
 - گسترش، همپوشانی و زونالیت ناهنجاریها چگونه است؟
- در پاسخ به این سوالات میتوان به داوری همه جانبه ای در مورد ناهنجاریها پرداخت . در اینجا بطور اجمال به بررسی موارد فوق خواهیم پرداخت:

برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم از نظر استعداد مواد معدنی (به استثنا بوکسیت موجود در قاعده سازند شمشک و نمک استحصالی از رودخانه کال شور جاجرم) چندان توانمند نیست، علاوه بر بوکسیت، در افقهای مجموعه فیولیتی در بخش جنوبی برگه وجود چند اثر معدنی کرومیت و منگنز متروکه نیز گواهی شده است، در ضمن به شواهدی از سرباره های معدنی باستانی مس در بخشهای جنوب شرقی و غربی اشاره شده است. (شرح برگه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم)

نتایج آنالیز نمونه ها میزان حداکثر عناصری چون Cr, Ni و تا حدودی Mn, Au و Cu را امید بخش تلقی کرده اما موقعیت نمونه های حاوی حداکثر و فراوانی مجموعه نمونه های پر عیار بویژه در مورد مس این امید را به یاس مبدل کرده است. تنها یک نمونه حاوی 468 ppm مس یافت شد که آن هم در واحدهای آلویوم بوده و سایر نمونه ها عیاری بیش از 86 ppm را نشان نداده اند.

در مورد گسترش و زونالیت و همپوشانی ناهنجاریها که پارامتر بسیار مهمی در تشخیص ارزشمندی یک ناهنجاری است اقدام به تهیه نقشه مجموعه ناهنجاریها در قالب نقشه (Complex Anomaly map) شکل ۳-۳۱ نموده ایم که نمای مناسبی را از مجموعه ناهنجاریها در اختیار میگذارد. بر اساس اطلاعات این نقشه میتوان بطور نسبی بعضی از نواحی را از سایر مناطق مجزا کرد و آنها را نسبت به سایر مناطق ارزشمندتر دانست اما بایستی به این نکته اشاره کرد که قطعاً این ارزشمندی به معنای پتانسیل قطعی برای تجمع احتمالی کانساری نخواهد بود.

الف- منطقه جنوب کوه گولو (A):

در این محدوده مجموعه ناهنجاریهای عناصر مس، کروم، کبالت، منگنز بطور کامل و طلا بصورت بخشی از این منطقه ثبت شده است. این منطقه را واحدهای آندزیت، آندزیت بازالت متعلق به ائوسن و داسیت همراه با کنگلومرای پلیوسن پوشانده است.

ب- منطقه جنوب کوه کمربوار و جنوب کوه خامی (B):

در این منطقه معادن فعال بوکسیت وجود داشته و مجموعه ای از ناهنجاریهای Al_2O_3 سرب، روی، مولیبدن، مس، Fe_2O_3 ، باریم و استرانسیوم مشخص شده است، همپوشانی چندان قابل توجهی در ناهنجاریهای این منطقه دیده نشده است و بیشترین گسترش را ناهنجاریهای مولیبدن در جنوب کوه کمربوار و Al_2O_3 در جنوب کوه خامی تشکیل داده است همچنین ناهنجاریهای Fe_2O_3 عمدتاً در جنوب شرق کوه کمربوار شکل گرفته اند. از دیدگاه همپوشانی بخشی از ناهنجاریهای Fe_2O_3 با مولیبدن، بخشی از ناهنجاری باریم، سرب و روی در شرق منطقه و Al_2O_3 و Fe_2O_3 در شمالغرب منطقه با یکدیگر همپوشانی دارند. از دیدگاه لیتولوژی این منطقه را واحدهای کنگلومرایی، شیل ماسه سنگی، ژئپس، بوکسیت و رسوبات آلویوم پوشانده است.

ج- منطقه شمال شرق روستای محمدآباد (C):

در این منطقه ناهنجاریهای عناصر نیکل، روی و باریم در سطح نسبتاً گسترده ای ثبت شده است. دربخش کوچکی از جنوب شرق این منطقه نیز ناهنجاری کوچکی از طلا وجود دارد. این منطقه را واحدهای لیتولوژی کنگلومرایی، ماسه سنگ، آندزیت، آندزیت بازالت، ژئپس و رسوبات آلویوم پوشانده است.

د- منطقه جنوبشرق روستای چاه فرش (D):

در این منطقه نیز عمدتاً ناهنجاریهای عناصر نیکل و کروم در عمده بخش مرکزی و شمالی و ناهنجاریهای همپوشان سرب و روی در بخش جنوبی مشاهده شده است. از لحاظ لیتولوژی این منطقه را واحدهای کنگلومرایی، فیولیت ملانژ و رسوبات آلویوم پوشانده است.

به استثناء چهار منطقه مذکور ناهنجاریهای دیگری که بطور کمابیش گسترده و همپوشانی جالب توجهی داشته باشند، مشاهده نشده است. اما پس از مرحله کنترل ناهنجاریها و بررسی شواهد بدست آمده از مطالعات کانیهای سنگین احتمال تجدید نظری در اولویت و اهمیت این مناطق وجود دارد.

۳-۴-۱- مقدمه

روند داده پردازی و در پی آن ترسیم نقشه ها با روش عکس مجذور فاصله منجر به شناخت محدوده های ناهنجاری گردید که کنترل، پالایش و اولویت بندی در آنها از ضروریات یک گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی است. طبیعی است که تمامی ناهنجاریها نمی توانند معرف کانی سازی واقعی باشند و برخی از ناهنجاریها کاذب و بی ارزش بوده که بایستی در مرحله کنترل ناهنجاریها شناسایی و حذف شوند. ذکر این نکته ضروری است که اکثر ناهنجاریها و معرفی آنها تنها جنبه نسبی داشته و به معنی پتانسیلهای امید بخش تلقی نمیشود. عواملی که میتوانند باعث بروز این ناهنجاریها شوند عبارتند از:

- آلودگیهای مختلف در منطقه مورد مطالعه (صنعتی، کشاورزی، زیست محیطی، انسانی و....)

خطای آزمایشگاهی

- آلودگی نمونه ها در حین مراحل نمونه برداری، آماده سازی و آنالیز

- اثر سنگ بالادست (در صورتیکه این اثر خنثی نشده باشد)

شناخت آنومالیهای واقعی در مرحله کنترل ناهنجاریها و تا حدودی قبل از آن امکانپذیر است، عواملی همچون انطباق با محیط های حاوی پتانسیل، زونالیتیه معنی دار در ناهنجاریها و گسترش نسبی آن و از همه مهمتر همپوشانی ناهنجاریها در عناصر مختلف در تمیز آنومالیهای واقعی موثر هستند.

برای تأیید یا رد ناهنجاریها، فاز کنترل ناهنجاریها انجام میشود. این مرحله شامل برداشت نمونه از مناطق دگرسان شده، زونهای مینرالیزه احتمالی و بالاخره برداشت، آماده سازی و مطالعه نمونه های کانی سنگین می باشد. با توجه به ضعف اطلاعات حاصله از آنالیزهای ژئوشیمیایی در راستای شناخت فاز پیدایش کانی سازی، اطلاعات تکمیلی نمونه های کانی سنگین میتوانند راهگشای شناخت واقعی از نوع کانی سازی منطقه باشد.

در راستای فاز کنترل ناهنجاریها مجموعاً تعداد ۱۱۵ نمونه کانی سنگین، ۴ نمونه XRD و ۴ نمونه XRF برداشت گردید، این نمونه ها پس از طی مراحل آماده سازی و آنالیز مورد مطالعه قرار میگیرند. در نمونه های کانی سنگین برداشت شده در مناطق اطراف برونزدهای بوکسیتی، اثری از کانیهای آلومین دار که ممکن است در کانیهای سنگین نمودار شوند، ثبت نشده است.

۳-۴-۲- تعریف کانیهای سنگین

کانیهای سنگین Heavy minerals به بخشی از رسوبات تخریبی از حوضه های رسوبی (Sedimentary catchment) اطلاق می شود که وزن مخصوص آنها بیش از ۲/۹ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد. این کانیها از لحاظ ویژگیهای فیزیکی دامنه گسترده ای را در میادین هوازدگی فیزیکی، مقاومت فرسایشی در اثر

حمل و نقل، وزن مخصوص، خواص مغناطیسی، رنگ و ... نشان می دهند. آنها از دیدگاه ترکیب شیمیایی و نحوه واکنش در محیطهای گوناگون نیز تنوع و تکثر نشان می دهند. فاز تشکیل آنها (فازهای سیلیکاته، سولفیدی، اکسیده)، نحوه واکنش آنها در محیطهای مختلف (محیط های اسیدی، خنثی، قلیایی)، میزان حلالیت آنها در آب، از جمله پارامترهایی است که در تجمع (ته نشست) و یا پراکندگی آنها نقش به سزایی را ایفا می نمایند. کانیهای سنگین با توجه به تعریف بالا، دامنه گسترده ای را نشان می دهند و با توجه به نیازها می توان آنها را در دسته بندی های ویژه ای قرار داد.

۳-۴-۳- تقسیم بندی کانیهای سنگین

تقسیم بندی های گوناگونی از کانیهای سنگین توسط محققین و مولفین انجام شده و با توجه به کاربرد کانیهای سنگین در محیط های مختلف میتوان آنها را درشاخه های گوناگون قرار داد، به طور مثال بررسی رسوبات ساحلی، تجمعات پلاسره های رودخانه ای، بررسیهای اقتصادی در حوضه های محیطهای مختلف زمین شناسی با استفاده از رسوبات آبراهه ای و ردیابی و شناسایی کانیهای ویژه که انحصاراً توسط این روش قابل پیگیری هستند در این محدوده قرار می گیرند. بطور کلی میتوان تقسیم بندی زیر را برای کانیهای سنگین در نظر گرفت:

- ۱- کانیهای سنگینی که عموماً در نمونه ها دیده شده و فراوانی آنها به نسبت سایر کانیها بیشتر است از این گروه می توان به کانیهای زیرکن، روتیل، ایلمنیت، مگنتیت، هماتیت و لیمونیت اشاره کرد.
- ۲- کانیهای سنگینی که کمتر مشاهده شده اما ارزش اقتصادی بیشتری دارند. این کانیها شامل الماس، کانیهای گروه پلاتین، طلا، کروندم، کولومبیت، ولفرامیت و ... می باشند.
- ۳- کانیهای سنگینی که در فرآیند پی جویی کمتر مورد توجه قرار دارند و شامل کانیهای تورمالین، گارنت، اشتارولیت، کیانیت، اسپینل، آندالوزیت، اپیدوت، دیوپسید، بیوتیت، هورنبلند و ... می باشند. وزن مخصوص این کانیها نسبت به سایر کانیهای سنگین کمتر است.
- ۴- سایر کانیهای سنگین که مقاومت یکسانی داشته اما کمتر دیده می شوند. از این گروه می توان به کانیهای اگزنیت، اکتینولیت، بریل، کریستوبریل، انستاتیت و غیره اشاره کرد.

۳-۴-۴- ویژگیهای انحصاری کانیهای سنگین

مزایای عمده برداشت، آماده سازی و مطالعه نمونه های کانی سنگین بطور خلاصه عبارتند از:

- 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 شکل گیری کانیها و بکارگیری این اطلاعات در زمینه مطالعات فنی و اقتصادی و برآورد چگونگی استحصال ماده معدنی.
- به طور مثال می توان با مطالعه کانیهای سنگین به شناخت فازهای سولفیدی کانیها (گالن، پیریت، اسفالریت و ...) فازهای اکسیدی (هماتیت، مگنتیت، کرومیت و ...) و فازهای عنصری (طلا، مس طبیعی، سرب طبیعی و ...) دست یافت، در صورتیکه در آنالیز عنصری در بسیاری از مواقع (به استثناء تجزیه جزئی Partial analysis) بسته به نوع حلال بکار گرفته شده تمامی عنصرحتی عناصر موجود در فاز سیلیکاته که ممکن است در صنعت متالورژی قابل استحصال و بهره برداری نباشند نیز محاسبه میشود و این امر گاهاً ملاکهای تفسیر دادههای ژئوشیمیایی را مورد تردید قرار می دهد.
- شناخت انحصاری بعضی از کانیها که تنها توسط روش بررسی کانیهای سنگین مقدور می شود از آنجمله می توان به پی جویی یک نوع ویژه از موناژیت بنام رابدوفان اشاره کرد که توسط این روش مورد بررسی قرار گرفته است.
- کسب اطلاعات ارزشمند از شکل، اندازه و نحوه فرم هرکانی سنگین که معرف دوری و نزدیکی از منشاء کانی سازی، میزان فرسایش و ... است.
- پاراژنهای شناخته شده کانیهای سنگین حتی در صورت فقدان کانیهای ارزشمند تا حدود زیادی معرف پتانسیل اقتصادی منطقه فرادست نمونه هاست.
- کوتاه کردن سیکل یک پروژه اکتشافی و در پی آن صرفه جویی در هزینه و زمان.
- یافتن الگوی پراکندگی رسوبات و تعیین وضعیت لیتولوژی عمومی منطقه و خاستگاه بالقوه کانیهای ارزشمند.

۳-۴-۵- نمونه برداری و مطالعه کانیهای سنگین

۳-۴-۵-۱- نحوه نمونه برداری

بخش عمده ای از نمونه های کانی سنگین در محدوده بعضی از ناهنجاریهای ژئوشیمیایی با رعایت دستورالعملهای خاص و در نظر گرفتن پارامترهای ویژه ای در روش نمونه برداری کانیهای سنگین برداشت شدند. این پارامترها شامل گسترش حوضه آبریز، پهنای آبراهه، شیب توپوگرافی، رژیم بارندگی، اجتناب از حواشی آبراهه ها و انتخاب مائدرها و رسوبات با دانه بندی مختلف و ناهمگن می باشد. در آبراهه های با عرض بیش از ۳ متر نمونه های کانی سنگین در یک خط شکسته و در چندین نقطه از عرض آبراهه ها برداشت می شود. عمق برداشت نمونه بین ۵۰-۳۰ سانتیمتر است. نمونه ها در آبراهه های خشک به حجم ۵-۳ لیتر از

زیر الک ۲۰ مش و در آبراهه‌های خیس بطور مخلوط و الک نشده به حجم ۱۰ لیتر برداشت می شود. این نمونه ها بدون الک کردن بعدی به مرحله آماده سازی می روند.

۳-۴-۵-۲- آماده سازی نمونه ها

آماده سازی نمونه های کانی سنگین در دو مرحله در کمپ صحرایی و آزمایشگاه صورت می گیرد.
الف: آماده سازی در کمپ صحرایی شامل گل شویی در آب و لاوک شویی نمونه ها با هدف تغلیظ کانیهای سنگین انجام می شود.
ب: آماده سازی در آزمایشگاه شامل عملیات حجم سنجی، تقسیم کردن نمونه در صورت لزوم، جدایش ثقلی با بروموفورم، حجم سنجی بخش کنسانتره کانیهای سنگین حاصله از جدایش ثقلی، جدایش مغناطیسی در دو مرحله و نهایتاً جدایش سه فراکسیون مختلف AA (کانیهای دارای خاصیت مغناطیسی شدید)، AV (کانیهای دارای خاصیت مغناطیسی متوسط) و NM (کانیهای فاقد خاصیت مغناطیسی) خواهد بود.

۳-۴-۵-۳- مطالعه نمونه های کانی سنگین

بخشهای سه گانه مذکور با میکروسکوپ دو چشمی (بینوکولر) مطالعه می شوند. مبنای مطالعات، نظرات و تجربیات یک مینرالوژیست مجرب است که در این زمینه تبصر داشته و به روشهای کمکی (میکروشیمی، سختی سنجی، رنگ آمیزی و ...) آشنایی کامل داشته باشد. مطالعه تمامی فراکسیونهای نمونه و مشخص کردن ذرات مشاهده شده و تکمیل جدول مربوطه بر اساس میزان کانی های مطالعه شده در هر بخش منجر به تکمیل مطالعات کیفی در زمینه کانیهای سنگین می گردد. در نهایت جداول مربوطه که به صورت پیوست شماره ۵ ارائه شده شکل می گیرند. این جداول بایستی مراحل کمی شدن داده‌ها را جهت ورود به مرحله داده‌پردازی و ترسیم نقشه‌های نمادین پشت سرگذارند.

۳-۴-۵-۴- کمی کردن (Quantitative) داده های کانیهای سنگین

برای تبدیل داده های کیفی به کمی و در نتیجه امکان محاسبات آماری و پردازشها از فرمولی استفاده شده که توسط کارشناسان سابق بخش اکتشافات ژئوشیمیایی سازمان زمین شناسی (۱. تدین اسلامی - ف. آزر) برای اولین بار ارائه شد.

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

X = درصد کانی محاسبه شده در هر بخش از سه بخش مورد مطالعه

Y = حجم نمونه پس از جدایش با محلول سنگین (بروموفورم)

B = حجم نمونه پس از شستشو و تغلیظ

A = حجم نمونه برداشت شده (نمونه اولیه)

C = حجم انتخابی برای جدایش با محلول سنگین

D = وزن مخصوص کانی مطالعه شده

D' = میانگین وزن مخصوص رسوبات

بایستی به این نکته توجه داشت که وجود کانیهای با ارزش همچون طلا، نقره، پلاتین، سینابر و ... حتی در تعداد بسیار اندک می تواند موردعنايت قرار گیرد. هر چند نتایج کمی کردن این کانیها شاید با بزرگ نمایی همراه باشد، اما در مورد کانیهای سنگ ساز و کانیهای اقتصادی که از فراوانی نسبی بیشتری برخوردارند، محاسبه این فرمول نتایج منطقی و قابل قیاسی را در برخواهد داشت. جدول ۳-۲۸ نتیجه این تبدیل کیفی به کمی را نشان می دهد.

۳-۴-۶- اطلاعات آماری کانیهای سنگین

کمی شدن داده های کانیهای سنگین باعث شد که داده های نیمه کمی کانیهای سنگین در قالب گرم در تن (ppm) در آیند. پس از طی این مرحله حال میتوان با توجه به خصلت عددی بودن آنها پردازش های معمول آماری را بر روی آنها اعمال کرد.

با توجه به اینکه جوامع عددی داده های کانیهای سنگین فاقد سری داده های کامل می باشند و ممکن

است بعضی از کانیها تنها در موارد انگشت شماری از نمونه ها مشاهده شدند، لذا پردازشهای آماری معمول چندان مطلوب نبوده و تنها به جداول و نمودارهایی بسنده میشود که خصلت بیان اطلاعات را در بر داشته باشند.

بنابراین جدول پارامترهای آماری داده های کانی سنگین در برگیرنده اطلاعات آماری کلی در این مورد

است که در قالب جدول ۳-۲۹ ارائه شده است.

با توجه به جدول ارائه شده و حضور کانی سنگین های مشهود در نمونه ها، میتوان به وجود

مگنتیت،هماتیت،پيروكسن،باريت در تمام نمونه ها،اپیدوت ،الیوین،لیمونیت،آناز،لوکوکسن،پیریت،کرومیت و وانادینیت در بیش از نیمی از نمونه ها و همچنین وانادینیت ،مس طبیعی ،میمتیت،شئلیت در کمتر از ۱۰٪ نمونه ها اشاره نمود.

۳-۴-۷- شرح نقشه های نمادین کانی سنگین

بهترین راه نمایش داده های حاصله از مطالعات کانیهای سنگین با توجه به نیمه کمی بودن خصلت آنها و چگالی برداشت نمونه های مربوطه استفاده از نماد (Symbol) است. در این روش و با توجه به امکانات نرم افزاری، قطر نمادهای هر کانی با توجه به میزان عیار آن ترسیم شده به نحوی که بطور نسبی، تمایز مقادیر آنها امکانپذیر باشد. در مجموع ۳۱ کانی سنگین در قالب ۸ نقشه نمادین ترسیم شده و شرح داده می شود. با توجه به شباهتهای ژنتیکی در زایش کانیهای سنگین مشابه، مجموعه ای از آنها در قالب یک نقشه درآمده که امکان مقایسه عیار آنها و همراهی یا عدم همراهی آنها بدست خواهد آمد و در نهایت یک نقشه بصورت نقشه کمپلکس کانی سنگین که مجموعه ای از مهمترین کانیهای سنگین را دربردارد ترسیم شده است. با توجه به فقر نسبی برکه جاجرم از کانی سازی هایی که بتوان آنها را با شواهد کانی سنگین بررسی و رهیابی نمود، ترسیم و نمایش نقشه ها عموماً جنبه ارائه اطلاعات داشته و مفهوم کشف محدوده کانی سازی را دربر ندارد.

علاوه بر آن در این مرحله تنها به شواهد ثبت شده از مطالعات نمونه های کانی سنگین پرداخته می شود، بدیهی است که شرح ناهنجاریهای ژئوشیمیایی به کانی سنگین های یافت شده در محدوده های ناهنجار اشاره شده و در مرحله تلفیق داده ها و نتیجه گیری نهائی نیز از اطلاعات کانیهای سنگین استفاده شایسته خواهد گردید.

۳-۴-۷-۱- شرح نقشه مجموعه کانی سنگین تیتانیم (ایلمنیت، روتیل، لوکوسن، اسفن،

اناتاز، بروکیت) (شکل ۳-۳۲)

کانیهای اصلی تیتانیم شامل روتیل و ایلمنیت می باشد و بقیه این کانیها نیز جز کانیهای فرعی تیتان دار می باشند. این کانیها در صورت تمرکز قابل توجه می توانند در پی جویی قرار گیرند. کانی روتیل در ۱۱۴ نمونه از ۱۱۵ نمونه برداشت شده وجود داشته است که بیشترین مقدار آن به میزان 52.71 گرم در تن در نمونه ZJH-399 مشاهده شده است. این نمونه از دامنه جنوبی کوه کمربوار در برکه درق برداشت شده است. در این نمونه علاوه بر روتیل مقادیر جزئی از ایلمنیت و شواهدی از پیریت، پیریت اکسید، باریت و الیژیست نیز مشاهده شده است.

در نمونه های ZJH-87, ZJH-270, ZJH-95, ZJH-271 نیز مقدار روتیل در حد 20.73 تا 27.6 گرم در تن است.

ایلمنیت در ۸۷ نمونه از ۱۱۵ نمونه برداشت شده وجود داشته است که بیشترین مقدار آن در نمونه ZJH-104 به میزان 937.65 گرم در تن مشاهده شده است. در این نمونه روتیل نیز به میزان 9.5 گرم در تن و

کرومیت و زیرکن نیز گزارش شده است. مقدار زیرکن در این نمونه از نظر مقدار و فراوانی در ردیف دوم است.

کانی لوکوکسن در ۳۱ نمونه دیده شده است که بیشترین مقدار آن 0.97 گرم در تن می باشد و در نمونه ZJH-185 مشاهده شده است. قابل ذکر است که 93% از مقادیر لوکوکسن در حد Pts است. در این نمونه اسفن در حد Pts و روتیل نیز به میزان 2.33 گرم در تن گزارش شده است.

کانی اسفن نیز در ۹۸ نمونه وجود داشته است. بطوریکه 78% این نمونه ها دارای مقادیری در حد Pts بوده اند و بیشترین مقدار اسفن برای نمونه ZJH-87 به میزان 16.1 گرم در تن گزارش گردیده است. در این نمونه روتیل و ایلمنیت نیز مشاهده شده است.

کانی آناتاز نیز در ۴۸ نمونه از ۱۱۵ نمونه برداشت شده وجود داشته است. بطوریکه از بین این نمونه ها تنها 9% داده ها دارای مقادیر بالاتر از 0.04 گرم در تن می باشند و بقیه Pts گزارش شده اند. حداکثر مقدار آناتاز متعلق به نمونه ZJH-186 با مقدار 0.21 گرم در تن می باشد. در این نمونه لوکوکسن - اسفن و روتیل نیز گزارش شده است.

بروکیت نیز از اکسید های تیتانیم می باشد که در ۶ نمونه در حد Pts مشاهده شده است.

۳-۴-۷-۲- شرح نقشه مجموعه کانی سنگین (باریت، کلسیت، سلسیت، کربنات کلسیم)

(شکل ۳-۳۳)

باریت از کانیهای ردیاب در دستیابی به نواحی کانساری است و با توجه به وزن مخصوص بالا و انباشتگی جالب توجه در نهشته های آبرفتی به ویژه در مطالعات کانی سنگین از ارزش و اعتبار افزونی برخوردار می باشد.

- باریت در تمامی نمونه های کانی سنگین به استثناء یک نمونه و کربنات کلسیم در تمامی نمونه ها وجود داشته است. همچنین در ۸ نمونه کلسیت و تنها در یک نمونه سلسیت گزارش شده است. بیشترین مقدار باریت در نمونه ZJH-265 با میزان 94.5 گرم در تن گزارش شده است. در این نمونه علاوه بر باریت، کربنات کلسیم نیز وجود داشته است.

بیشترین مقدار کلسیت، کربنات کلسیم و دولومیت در نمونه ZJH-405 مشاهده شده است.

تنها نمونه حاوی سلسیت نیز نمونه ZJH-406 که در حد Pts می باشد.

در این نمونه که در دامنه جنوبی کوه کمربوار واقع شده است و در آن علاوه بر سلسیت، باریت، پیرومورفیت، مگنتیت، سروزیت، ولفرامیت، گوتیت و هماتیت نیز دیده شده و باعث اهمیت محدود برداشتی آن شده است.

انتشار باریت همبستگی قابل توجهی را با کانی هماتیت و گوتیت نشان می دهد. بنظر می رسد زایش باریت در ارتباط مستقیم با زایش کانی های عنصر آهن همچون هماتیت و گوتیت می باشد.

۳-۴-۷-۳- شرح مجموعه کانی های سنگین سرب (سروزیت، وولفینیت، وانادینیت، گالن، پیرومورفیت و میمیت) (شکل ۳-۳۴)

از کانیهای سرب سروزیت (کربنات سرب) تنها در یک نمونه در حد Pts با کد ZJH-406 که در دامنه جنوب کوه کمربوار واقع شده است دیده شده است.

در این نمونه میمیت، پیرومورفیت، وولفینیت، سلسین و باریت نیز گزارش شده است که این امر خود تأییدی بر اهمیت محدوده جنوب و دامنه کوه کمربوار می باشد.

وولفینیت $PbMnO_4$ تنها در دو نمونه ZJH-406, ZJH-402 و با مقادیر بسیار اندک مشاهده شده است.

این دو نمونه در فرودست دامنه جنوب کوه کمربوار برداشت گردیده و اهمیت حوضه های فرادست آنها را بیان می کند اما این اهمیت نشانگر کانی سازی سرب و روی نیست.

وانادینیت $Pb_5(VO_4)_3Cl$ و گالن PbS نیز هر کدام تنها در یک نمونه به ترتیب در نمونه های ZJH-402, ZJH-391 گزارش شده اند. مقدار وانادینیت 0.15 و گالن 0.01 گرم در تن گزارش شده است.

نمونه ZJH-402 در دامنه جنوبی کمربوار و نمونه ZJH-391 نیز تقریباً در همین محدوده ولی از آبراهه منشعب از دامنه شمالی برداشت گردیده است.

پیرومورفیت $Pb_5(PO_4)_3Cl$ و میمیت $Pb_5(AsO_4)_3Cl$ هر کدام در یازده نمونه از ۱۱۵ نمونه برداشت شده گزارش شده اند، بطوریکه حداکثر مقدار میمیت متعلق به نمونه ZJH-402 با مقدار 4.67 گرم در تن می باشد. همانطور که مطرح گردید این نمونه در دامنه جنوبی کمربوار برداشت گردیده و دارای پیرومورفیت، وانادینیت، وولفینیت و پیریت اکسید می باشد.

حداکثر مقدار پیرومورفیت نیز در نمونه ZJ-227 به مقدار 0.07 گرم در تن گزارش شده است.

این نمونه از فرودست آبراهه منتهی به کوه آورس برداشت گردیده است. در این نمونه از کانی های سرب دار، میمیت و علاوه بر آنها هماتیت، ایلمنیت، باریت نیز مشاهده شده است.

۳-۷-۴- شرح نقشه مجموعه کانی سنگین پیریت (پیریت، پیریت اکسید، پیریت لیمونیت) (شکل ۳-۳۵)

پیریت در ۴۰ نمونه مشاهده شده است، بطوریکه حداکثر مقدار پیریت را تنها نمونه ZJ-399 به میزان 98.82 گرم در تن نشان داده است و بقیه مقادیر پیریت تماماً در حد Pts می باشد. در این نمونه که در دامنه جنوبی کوه کمربوار واقع شده است، همراهی پیریت با پیریت اکسید، الیزیت، اپیدوت، زیرکن، روتیل، گارنت، باریت و کربنات کلسیم مشهود می باشد. پیریت اکسید در ۱۰۱ نمونه گزارش شده است بطوریکه حداکثر مقدار آن متعلق به نمونه ZJH-399 به میزان 207.06 گرم در تن می باشد.

مقدار پیریت اکسید در 51% از نمونه ها در حد Pts ثبت شده است. پیریت لیمونیت نیز در ۱۶ مشاهده شده بطوریکه حداکثر مقدار آن متعلق به نمونه ZJH-516 به میزان 0.35 گرم در تن و بقیه مقادیر در حد Pts می باشد. در این نمونه که در آبراهه منشعب از کوه سرخ زو برداشت شده است پیریت و پیریت اکسید در حد 0.01 گرم در تن گزارش شده است.

این سه کانی که تحت عنوان مجموعه پیریت تقسیم بندی شده اند بعنوان ردیاب اکتشافی و از نظر همراهی کانیهای دیگر حائز اهمیت می باشند. اما مقادیر آنها نشانی به استثناء پیریت اکسید از کانی سازی و احتمال ردیابی کانی سازی را نشان نمی دهد.

۳-۷-۵- شرح نقشه مجموعه کانی سنگین آهن (مگنتیت، هماتیت، گوتیت، لیمونیت و الیزیت) (شکل شماره ۳-۳۶)

در تمامی نمونه ها کانیهای مگنتیت و هماتیت دیده شده اما الیزیت و لیمونیت به ترتیب در ۶۱ و ۷۲ نمونه و کانی گوتیت در ۷ نمونه گزارش شده است.

بیشترین مقدار مگنتیت مربوط به نمونه ZJH-9 به میزان 4000 گرم در تن است که در جنوب برکه و جنوب کوه چاه کومه (جنوب کوه گولو) واقع شده است.

بیشترین مقدار هماتیت مربوط به نمونه ZJH-391 به میزان 4117 گرم در تن که در آبراهه منشعب از دامنه شمالی کوه کمربوار برداشت گردیده است. در این نمونه همراهی مگنتیت با لیمونیت، آپاتیت، زیرکن، باریت، گالن، اسفالریت، کربنات کلسیم و پیرومورفیت گزارش شده است.

بیشترین مقدار الیزیت مربوط به نمونه ZJH-399 به میزان 376 گرم در تن و بعد از آن دو نمونه ZJH-402, 401 که به ترتیب 300, 208 گرم در تن گزارش شده است. این نمونه ها از دامنه جنوبی کوه کمربوار برداشت گردیده اند.

بیشترین مقدار لیمونیت نیز در نمونه ZJH-394 به میزان 146.88 گرم در تن گزارش شده است. این نمونه نیز از بخش جنوب شرقی رشته کوه کمربوار برداشت گردیده است. در این نمونه هماتیت، مگنتیت، الیثیست، پیروکسن، روتیل، باریت و کربنات کلسیم نیز گزارش شده است. بیشترین مقدار گوتیت در نمونه ZJH-396 و به میزان 438.9 گرم در تن می باشد. در این نمونه مگنتیت، هماتیت، زیرکن، آپاتیت، روتیل و باریت مشاهده می شود.

۳-۶-۷-۴- شرح نقشه مجموعه تنگستن (ولفرامیت و شلیت) (شکل شماره ۳-۳۷)

ولفرامیت و شلیت به عنوان دو کانی تنگستن دار می باشند. ولفرامیت در دو نمونه ZJH-405, ZJH-406 به مقدار Pts دیده شده است. این نمونه ها در بخش جنوبی رشته کوه کمربوار قرار گرفته اند.

شلیت کانی دیگر تنگستن دار است که در ۶ نمونه تماماً در حد Pts دیده شده است. قابل ذکر است در بین نمونه های شلیت دار تنها در نمونه ZJH-405 شلیت با ولفرامیت همراه است و در بقیه موارد به تنهایی حضور دارد.

از نظر حضور و همراهی کانیها در ارتباط با نمونه ZJH-405 می توان به هماتیت، مگنتیت، پیروکسن، دولومیت و کربنات کلسیم در این نمونه اشاره کرد.

۳-۷-۷-۴- شرح نقشه مجموعه کانی سنگین مس و روی (مس طبیعی، مالاکیت و

اسفالریت) (شکل ۳-۳۸)

مس طبیعی در حد Pts تنها در نمونه ZJH-104 در جنوب برگه در فرودست آبراهه منشعب از کوه چاه کومه برداشت شده است. در این نمونه هماتیت، مگنتیت، ایلمنیت، گارنت، آمفیبول، الیوین، کرومیت، زیرکن، آپاتیت، روتیل و باریت نیز گزارش شده است.

علاوه بر مس طبیعی مالاکیت نیز در سه نمونه با کدهای ZJH-356, ZJH-57, ZJH-406 در حد Pts دیده شده است.

از آنجایی که کانیهای مس دار در این برگه چندان مطرح نیستند، اسفالریت که یکی از کانیهای روی است نیز با این مجموعه آورده شده است. تنها نمونه دربردارنده اسفالریت نمونه ZJH-391 می باشد که مقدار آن 0.01 گرم در تن می باشد. مقادیری از مگنتیت، هماتیت، زیرکن، آپاتیت، روتیل، باریت، گالن، اسفالریت و پیرومورفیت در این نمونه گزارش شده است.

۳-۴-۷-۸- شرح نقشه کانی سنگین کرومیت (شکل ۳-۳۹)

کانی کرومیت در ۸۱ نمونه از ۱۱۵ نمونه برداشت شده مشاهده شده که بیشترین مقدار آن در نمونه ZJH-81 به مقدار 1266.35 گرم در تن ثبت شده است. در این نمونه که از آبراهه های شرقی روستای حسین آباد پل ابریشم برداشت شده، مقادیری هماتیت، مگنتیت، پیروکسن، آمفیبول، زیرکن، آپاتیت، روتیل، باریت و اسفن نیز مشاهده شده است.

سایر نمونه ها حاوی کرومیت نسبتاً بالا عبارتند از ZJH-9, ZJH-78, ZJH-248.1. قابل ذکر است تمامی نمونه هایی که در آنها مقادیر بالا از کرومیت گزارش شده، در بخش جنوبی برگه و در ارتباط با مجموعه های افیولیتی بوده اند.

۳-۴-۸- نتیجه گیری از مطالعات کانیهای سنگین

برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم با ۱۱۵ نمونه کانی سنگین مورد مطالعه قرار گرفت که بر اساس مطالعه کانی سنگین نکات ذیل قابل توجه می باشد:

۱- بر اساس مطالعه کانی سنگین احتمالاً سه تیپ سنگ در منطقه حضور دارد که عبارتند از سنگ کربناته، سنگهای پیروکسن دار، سنگ های بازیک و اولترابازیک می باشند که مقدار بالای کانیهای کربناته، پیروکسن، کروموسپینل و اولیوین موید این مطلب می باشد.

۲- کانیهای سرب دار در منطقه به صورت کانیهای پیرومورفیت، میمیت، گالن و ولفنیت می باشد. که بیشترین آن در نمونه هایی به شماره ZJH.227 (پیرومورفیت ۷ ذره، میمیتیت 0.79ppm) و ZJH.232 (پیرومورفیت ۵ ذره، میمیتیت ۳ ذره) و نمونه شماره ZJH.402 (پیرومورفیت ۶ ذره، میمیتیت 4.67 ذره) و گالن به صورت سه ذره در نمونه شماره ZJH.391 می باشد. به طور کلی کانی زایی سرب در منطقه نسبتاً ضعیف و به صورت پراکنده می باشد.

۳- از کانیهای مس در منطقه می توان به مس آزاد، مالاکیت و کالکوپیریت اشاره کرد که در حد چند ذره و به صورت پراکنده مشاهده شده است.

۴- از کانیهای تیتان دار در منطقه می توان به ایلمنیت اشاره کرد که بیشترین مقدار آن در نمونه های شماره ZJH-228 (323ppm)، ZJH-107(324ppm)، ZJH-109 (437ppm)، ZJH-104 (937ppm) و ZJH-270 (749ppm) می باشد. در سایر نمونه ها نیز مقدار ایلمنیت قابل توجه می باشد.

۵- حضور کانیهای کروموسپینل و اولیوین در منطقه احتمالاً در ارتباط با مجموعه افیولیتی در منطقه باشد. که بیشترین مقدار کرومیت در نمونه های شماره ZJH-81(1266ppm)، ZJH-78(599ppm)، ZJH-9(637ppm) و ZJH-248(588ppm) می باشد. در دیگر نمونه ها نیز مقدار آن قابل توجه می باشد.

با توجه به حضور ماده معدنی بوکسیت در منطقه، آثاری از کانیهای تشکیل دهنده بوکسیت در نمونه های کانی سنگین مشاهده نشده است. مهمترین نمونه های کانیهای سنگین و مشخصات آنها در جدول ۳-۳۰ ثبت شده است.

۳-۴-۹- انطباق ناهنجاریهای ژئوشیمیایی با نتایج نمونه های کانی سنگین

با توجه به اینکه بخش عمده و اصلی کنترل ناهنجاریها بر پایه برداشت، آماده سازی و مطالعه کانیهای سنگین گذارده شده بود. لذا جهت بررسی انطباق و یا عدم انطباق این دو مرحله (ناهنجاریهای ژئوشیمیایی و نتایج مطالعات کانیهای سنگین) ابتدا جدول ۳-۳۱ تنظیم گردیده و در این راستا نتایج زیر حاصل شده است.

- در کنترل ناهنجاریهای ژئوشیمیایی طلا و بر اساس نقشه بدست آمده از مطالعات LnEi و نتایج خام این عنصر تعداد ۱۲ نمونه کانی سنگین بطور مستقیم در محل نمونه های ناهنجار ژئوشیمیایی یا در فرودست آنها برداشت گردید که متأسفانه در هیچکدام از نمونه های کانی سنگین نشانی از طلا بدست نیامد در مورد کانیهای گروه پیریت نیز نشانی از انطباق جالب توجه مشاهده نگردید، لازم است به این نکته اشاره شود که در بسیاری از ناهنجاریهای ژئوشیمیایی طلا موقعیت و لیتولوژی محل برداشت نمونه ژئوشیمیایی هیچگونه توجیهی برای کانی سازی طلا در فرادست نمونه نداشته است. لذا در این گونه از موقعیت ها نمونه کانی سنگین هم هیچگونه توجیهی برای برداشت نداشته است، بطور مثال میتوان از ناهنجاری تشکیل شده از طلا در کال شور جاجرم و پهنه های رسی Q^{cf} یاد کرد. در مورد ناهنجاریهای ژئوشیمیایی طلا، میزان نسبتاً پایین این عنصر در نمونه های ژئوشیمیایی و احتمال خطای زیاد این عنصر در تجزیه شیمیایی را نبایستی از نظر دور داشت.

- در کنترل ناهنجاریهای کرومیت و رخنمونهای مستعد کانی سازی کرومیت دو روش مدنظر بوده است:

اول: برداشت نمونه کانی سنگین از فرودست رخنمونهای افیولیتی در بخشهای جنوبی برگه که عمدتاً در آنها کرومیت یافت شد، هر چند که در بعضی از آنها ناهنجاری ژئوشیمیایی نیز ثبت نشده بود.

دوم: برداشت نمونه کانی سنگین از ناهنجاریهای ژئوشیمیایی که در مورد ناهنجاری جنوبغرب برگه، نمونه ZJH-228 از جمله نمونه هایی است که به میزان 527 ppm کرومیت در کانی سنگین موید ناهنجاری ژئوشیمیایی در همین نمونه با میزان 1535ppm بوده است.

نمونه ZJ-270 شاهد دیگری از این انطباق است. این نمونه در ناهنجاریهای ژئوشیمیایی با میزان 880 ppm جزو ناهنجاریهای درجه دوم بوده که نمونه کانی سنگین آن با میزان 550 ppm انطباق قابل توجهی را نشان داده است.

- در کنترل ناهنجاریهای سرب و روی، اشاره به این نکته ضروری است که مقادیر سرب و روی در نمونه های ژئوشیمیایی آنقدر نبوده که احتمال دستیابی به پتانسیلهایی از این عناصر داده شود، علاوه بر آن با توجه به همبستگی بالای این دو عنصر در بررسیهای ژئوشیمیایی و انطباق نسبی ناهنجاریهای ژئوشیمیایی آنها با یکدیگر، نمونه های کانی سنگین برداشت شده از ناهنجاریهای ژئوشیمیایی در بعضی از موارد انطباق نشان داده اند، از آنجمله میتوان به نمونه ZJ-406 اشاره کرد که در ناهنجاری ژئوشیمیایی Zn-2 شرکت داشته و نمونه کانی سنگین آن نیز ذراتی از پیرو مورفیت (۳ ذره)، میمیت (۳ ذره) و ولفنیت (۱ ذره) نشان داده است. در نمونه ZJ-228 (ژئوشیمی و کانی سنگین) نیز این انطباق مشاهده شده است. اما در بعضی از ناهنجاریهای ژئوشیمیایی نیز نشانی از این کانیها در نمونه های کانی سنگین مشاهده نشده است.

- در کنترل ناهنجاریهای مس و مولیبدن بدلیل عدم پتانسیل این نوع کانی سازی در منطقه و مقادیر پایین مس در نمونه ها، تلاشی در راستای شناسایی مس از طریق برداشت نمونه کانی سنگین بعمل نیامد، در مورد مولیبدن بر روی ناهنجاریهای آن منجمله ناهنجاری Mo-1 دو نمونه کانی سنگین برداشت شد که نشانی از کانیهای مس و مولیبدن در آنها یافت نشد.

- در کنترل ناهنجاریهای ژئوشیمیایی باریم، انطباق بالنسبه مناسبتری مشاهده گردید، از آنجمله میتوان به نمونه کانی سنگین و ژئوشیمی ZJH-80 اشاره کرد که در هر دوی آنها ناهنجاری باریم تأیید شده است. در ضمن در فرادست ناهنجاری ژئوشیمیایی نمونه ZJ-225، یک نمونه کانی سنگین با شماره ZJH-227 برداشت شده که در آن نیز وجود باریت به میزان نسبتاً قابل توجهی ثبت شده است.

۳-۴-۱۰- کنترل کیفیت مطالعات کانی سنگین

در ارتباط با کنترل کیفیت مطالعات کانی سنگین پروژه جاجرم و با توجه به عدم تشخیص کانیهای آلمومین دار در مرحله اول مطالعه، تعداد ۸ نمونه انتخابی شامل نمونه های ZJH-185,186,388,389,396,405,406,399 از محدوده در بر دارنده لیتولوژی بوکسیتی برگه، واقع در برگه توپوگرافی درق، مجدداً مورد مطالعه قرار گرفت. مطالعه مرحله دوم توسط یکی دیگر از کارشناسان مجرب در امر مطالعه کانیهای سنگین صورت پذیرفت. با مقایسه نتایج این مرحله با نتایج گزارش شده این نمونه ها در مرحله اول، مواردی به شرح زیر مطرح میگردد. نتایج مقایسه بطور خلاصه در جدول ۳-۳ منعکس شده است.

جدول ۳-۳۲: نتایج مقایسه کنترل کیفیت کانیهای سنگین در دو مرحله مطالعاتی

H.M	First Step			Second Step		
	Min	Max	No. of Grain(s)	Min	Max	No. of Grain(s)
Barite	0.01	254.00	8	2.00	89.00	8
Cerussite	0.00	0.01	1	...	...	...
Chromite	...	...	...	0.00	0.81	3
Galena	0.00	0.01	1	...	...	...
Ilmenite	...	...	...	0.00	1.50	5
Hematite	29.00	982.00	8	55.00	1207.00	8
Limonite	0.00	0.01	2	0.00	105.00	7
Magnetite	6.00	147.00	8	0.20	78.00	8
Malachite	0.00	0.01	1	...	...	...
Oligiste	0.00	0.01	2	0.00	377.00	4
Pyrite	0.00	225.00	3	0.00	99.00	1
Pyrite Limonite	0.00	0.01	5	0.00	1.10	5
Pyrite Oxide	0.00	85.00	7	0.00	207.00	7
Pyrolusite	0.00	0.01	1	0.00	7.90	6
Pyromorphite	...	...	...	0.00	0.01	2
Rutile	0.01	4.50	8	0.01	53.00	8
Scheelite	0.00	68	3	0.00	0.01	1
Smithsonite	0.00	0.01	1	...	...	...

۱- انتظار انطباق کامل نتایج، انتظاری کاملاً غیر منطقی است، زیرا همانگونه که بارها اشاره شده، مطالعات نمونه های کانی سنگین یک روش نیمه کمی است و به ویژگیهای کارشناس مطالعه کننده و موارد آنالیز های میکرو شیمی و تجارب ارزشمند کارشناس بر می گردد لذا در بسیاری از موارد این اختلافات مشاهده شده است.

۲- اختلاف در تشخیص میزان الیژیست و لیمونیت در بین این دو مرحله مطالعه تا حدودی بیش از حد معمول است .

۳- از معایب یک روش نیمه کمی و تا حدودی کیفی همین است که امکان کنترل را بسیار مشکل می نماید.

۳-۴-۱۱- نمونه های برداشت شده جهت XRF و XRD

هدف از برداشت نمونه های XRD تشخیص آلتراسیون در برونزدهایی بوده که بصورت محدود در سطح برگه مشاهده شده است. در مورد نمونه های XRF تعیین میزان Fe_2O_3 و Al_2O_3 بیشتر در نظر بوده تا در مورد شناسایی پهنه های مستعد بوکسیت اقدامی صورت گرفته باشد. بدین منظور تعداد ۴۳ نمونه از نمونه های رسوب آبراهه ای با هدف شناسایی اکسیدهای اصلی با روش مذکور آنالیز و

نقشه های نمادین (Symbol Map) آنها در سر فصل شرح نقشه ها (۳-۳-۳-۱۲ و ۱۳) آورده شد. علاوه بر آن در مجموع ۸ نمونه سنگی نیز برداشت شده است. جداول ۳-۳۳ و ۳-۳۴ نتایج آنالیز این نمونه ها به روش XRD و XRF و شکل های ۳-۴۰ تا ۳-۴۳ نمودارهای خطی آنالیز نمونه ها به روش XRD را نشان میدهد، بر اساس اطلاعات این جدول دو نمونه ZJKB-3,4 نشانگر آلتراسیون کائولینیتی - هماتیتی است و نمونه ZJHO-1 یک مجموعه کربناتی را نشان میدهد. آلتراسیون کوارتز - سریسیتی در نمونه ZHA-401 از اولویت بیشتری برخوردار است.

در جدول ۳-۳۴ (نمونه های XRF) نمونه معدن بوکسیت جهان آباد (ZJKB-3) حاوی حدود ۲۹٪ Al_2O_3 و ۱۷/۴٪ Fe_2O_3 است. در نمونه ZJM-393 نیز حدود ۱۸/۷٪ Al_2O_3 و ۱۱/۷٪ Fe_2O_3 بدست آمده است.

۳-۵-۱- مطالعه تغییر پذیری دانسیته گسلها

با توجه به اینکه سیالات کانه ساز در شکل گیری بسیاری از کانسارها نقش اساسی دارند و حرکت این سیالات نیاز به درز و شکاف هایی با ابعاد مختلف دارد لذا توسعه اینچنین سیستمهایی در زونهای شکسته شده، اعم از فشارشی یا کششی محتمل تر می باشد. بسیاری از مواد معدنی فلزی، بصورت رگه هایی دیده می شوند که در حقیقت این رگه ها، شکستگی ها و گسل هایی است که از مواد معدنی پر شده اند. موارد بیشماری وجود دارد که طی آن رابطه نزدیکی بین کانسار و عوامل تکتونیکی به اثبات رسیده است. لذا مطالعه زونهای شکسته شده و مقایسه آنها با نقشه توزیع ناهنجاری و نقشه توزیع شکستگیها می تواند در ارزیابی آنومالی ها مؤثر واقع شود. نکته قابل توجه در این امر زمان شکل گیری شکستگی ها می باشد. زیرا بدیهی است که تنها شکستگی هایی که قبل از پدیده کانی سازی تشکیل شده اند می توانند در ایجاد کانالها و منافذ جهت حرکت سیالات گرمایی و تشکیل کانسارهای تیپ اپی ژنتیک هیپوژن مؤثر واقع شوند.

بنابراین شکستگی هایی که بعد از کانی سازی تشکیل شده باشند تنها ممکن است در توسعه هاله های ثانوی آنها و تشکیل زون غنی شدگی اکسیدی و یا احیایی از نوع اپی ژنتیک سوپرژن مؤثر واقع شوند. البته تشکیل شکستگی های ثانوی موجب تسهیل در فرایند اکسیداسیون عناصر کانساری و افزایش قابلیت حرکت و توسعه هاله های ثانویه آنها خواهد شد. در این راستا مجموعه گسلهای هر برگه بطور جداگانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۳-۵-۱-۱- شرح نقشه دانسیته گسلها (شکلهای ۳-۴ و ۳-۵)

نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم در حاشیه شمال خاوری ایالت ساختاری البرز خاوری (بینالود) واقع شده است. سیستم اصلی گسل های گستره نقشه، راندگی است که بیشترشان با امتداد شمال خاوری- جنوب باختری با حرکت از سمت شمال باختری به سوی جنوب خاوری می باشد و موجب رانده شدن طبقات بر روی یکدیگر شده است. از مهمترین این گسلها میتوان به گسل میامی، واقع در جنوب ورقه جاجرم اشاره نمود که ضمن داشتن مولفه راست بر، سبب راندگی مجموعه افیولیتی بر روی دیگر واحدها شده است.

دیگر گسلهای منطقه شامل گسلهای امتداد لغز و گسلهای فرعی است. گسلها و خطواره هایی که با استفاده از تصاویر ماهواره ای در دشت مشخص شده و همچنین گسلهای احتمالی برای ترسیم رز دیاگرامها مورد استفاده قرار نگرفته است.

نقشه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم شامل چهار برکه ۱:۵۰,۰۰۰ جاجرم، درق، محمد آباد پل ابریشم و ایستگاه جهان آباد است که تحلیل و بررسی گسلها در هر یک از آنها بصورت جداگانه صورت گرفته است. بدین صورت که رز دیاگرام گسلها در چهار حالت با توجه به طول و تعداد گسلهای امتداد لغز، تراستی و فرعی و همچنین تمامی گسلها ترسیم شده است.

در رز دیاگرامهای تنظیم شده با استفاده از طول گسلها و تعداد گسلها، تفاوتهایی در طول گلبرگهای رز دیاگرام در امتدادهای مختلف مشاهده می شود که نشان دهنده تفاوت دو حالت طول و تعداد گسلها است. بطور کلی گسل های تراستی مشاهده شده بر روی نقشه زمین شناسی جاجرم عمدتاً آزیموت تقریباً شرقی - غربی با تمایل به شمال شرق، جنوب غرب داشته که نشاندهنده اعمال تنش در راستای فوق الذکر (شمال غرب بطرف جنوب شرق) می باشد. بهترین رخنمون این گسل ها را در برکه های درق و جهان آباد می توان ملاحظه نمود. با توجه به رز دیاگرام کلیه گسل ها در هر برکه می توان نتیجه گرفت که گسل های تراستی مذکور، گسل های اصلی منطقه به لحاظ تعداد و همچنین طول رخنمون می باشند.

گسل های امتداد لغز در کل منطقه عمدتاً در بخش شمالی (برکه های جاجرم و درق) متمرکز بوده و دارای دو جهت عمده NE-SW, NW-SE می باشند که در این بین، گسل های امتداد لغز در برکه درق عمدتاً NE-SW و تقریباً شمالی - جنوبی بوده و گسل های امتداد لغز برکه جاجرم در هر دو راستا تقریباً بطور یکسان مشاهده می شوند. وجود این گسل های امتداد لغز تأیید کننده جهت اعمال تنش اصلی در راستای فوق الذکر می باشد.

گسل های فرعی در هر چهار برکه ۱:۵۰,۰۰۰ راستاهای متفاوتی از خود نشان داده و بیشترین پراکندگی تعداد و طول را در برکه درق دارا می باشند.

در زیر، خصوصیات گسل های مشاهده شده بر روی نقشه به تفکیک نوع ساز و کار آن در برکه های مختلف ۱:۵۰,۰۰۰ تشریح می گردد.

برکه ۱:۵۰,۰۰۰ جاجرم

در این برکه، گسل های تراستی مشاهده نشده و ساز و کار عمده گسل ها بصورت امتداد لغز و نرمال و یا با ساز و کار نامشخص می باشد. راستای عمده گسل های امتداد لغز شمال غربی - جنوب شرقی و در مرتبه دوم شمال شرقی - جنوب غربی است. سایر گسل ها عمدتاً در دو راستای شرقی - غربی و شمال شرق - جنوب غرب مشاهده می شوند. گسل های تراستی عامل راندگی سازندهای مختلف موجود در بخش شمالی بر روی آبرفت های دشت جاجرم بوده و در مراحل مختلف اعمال تنش، گسل های مختلفی در راستاهای متعدد بوجود آمده اند.

• برگه ۱:۵۰,۰۰۰ درق

در برگه درق، واضح ترین گسل ها را گسل های تراستی و امتداد لغز تشکیل داده است که دو راستای اصلی آنها تقریباً عمود بر یکدیگر می باشد. گسل های تراستی از نظر تعداد در راستای عمدتاً شرقی - غربی (آزیموت 70° تا 90°) قرار گرفته اند و گسل های امتداد لغز، دو جهت اصلی شمال غرب - جنوب شرق (N160) و تقریباً شمالی - جنوبی با اندکی انحراف بطرف شرق (NNE-SSW) یا 20° - 30° N مشاهده می شوند. در صورتیکه طول گسلها مدنظر قرار گیرد، راستای اصلی گسلهای تراستی NEE-SWW و در خصوص گسلهای امتداد لغز، آزیموت 20° تا 30° می باشد. گسل های فرعی از نظر پراکندگی تعداد، در راستای مختلفی مشاهده می شوند ولی عمدتاً جهت شمال شرق - جنوب غربی را دارا می باشند. در صورتیکه طول این گسل ها ملاحظه شود، گسلهای فرعی را در دو راستای اصلی NE-SW, NW-SE می توان مشاهده نمود.

• برگه ۱:۵۰,۰۰۰ محمدآباد - پل ابریشم

گسل های تراستی در این برگه مشابه برگه درق راستای تقریباً شرقی - غربی داشته ولی در این برگه گسل های امتداد لغز مشاهده شده است. جهات عمده گسل های فرعی از نظر تعداد و همچنین طول شمال غربی - جنوب شرقی می باشد.

• برگه ۱:۵۰,۰۰۰ ایستگاه جهان آباد

گسل های تراستی در این برگه مشابه برگه درق راستای تقریباً شرقی - غربی داشته که از جمله مهمترین آنها می توان گسل میامی را نام برد که سبب راندگی مجموعه افیولیتی بر روی سایر واحدهای سنگی گشته است. گسل های فرعی در این برگه در دو راستای اصلی مشاهده می شوند. بخش عمده این گسل ها شمال شرقی - جنوب غربی بوده و در چند مورد، راستاهای شمال غربی - جنوب شرقی نیز مشاهده می شوند.

۳-۵-۱-۲- نتیجه گیری

با توجه به رزدياگرامهای ترسیم شده و در خصوص ارتباط بین آنومالیهای مشخص شده در طی مطالعات و سیستم های شکستگی منطقه، ذکر این نکته ضروری است که مرتبط ساختن آنومالی های ژئوشیمیایی با گسل ها می بایستی در طی مطالعات دقیق تر و در مقیاس های بزرگتر و اصولاً بصورت مستقیم بر روی زمین انجام میگردد. با این حال با توجه به وجود سیستم های گسلی مشخص در برگه های مختلف و وجود روندهای واضح در برخی آنومالی ها، احتمال منشا گسلی برای آنومالیها دور از ذهن نبوده و طی مطالعات آتی این امر مورد بررسی دقیق قرار گیرد.

آنومالی A در جنوب غرب برگه محمد آباد پل ابریشم دارای روندی تقریباً شرقی- غربی بوده (NEE-SWW) که موازی با گسلهای تراستی میامی می باشد. این امر که منشا این آنومالی را مرتبط با گسل مزبور فرض نماییم می بایستی با مشاهدات صحرائی کنترل گردد، لیکن نباید دوپلکس های متوالی جنوب گسل میامی را نیز که موثر در بوجود آمدن شکل و روند آنومالی است، از نظر دور داشت. چرا که احتمال رانده شدن های متوالی توده های سنگی دارای آنومالی مذکور نیز ممکن است، در روند شرقی- غربی آن موثر بوده باشد.

آنومالی B در کوه جهان آباد روند خاصی از خود نشان نداده که این امر ممکن است بدلیل بهم ریختگی شدید منطقه تحت تاثیر گسل های امتداد لغز در راستاهای مختلف باشد

در خصوص آنومالیهای C و D با وجود اینکه در نگاه اول چنین به نظر میرسد که راستای آنها (شمال - جنوبی با تمایل بطرف غرب) هم روند با گسلهای موجود در بخش شرقی برگه محمد آباد می باشد ولی با توجه به اینکه نمونه برداری از آبرفت های آبراهه ای صورت گرفته و آبراهه های این بخش نیز دارای روندی مشابه گسلها (NNW-SSE) است، مرتبط ساختن و منشا گسلی این دو آنومالی با شکستگی موجود در منطقه بعید به نظر می رسد و روند دو آنومالی مذکور، بدلیل گسترش کانی سازی های موجود در بالادست آبراهه ها و انتقال آنها در امتداد مسیر آبراهه ها بطرف شمال و شمالشرق است.

در شکل ۳-۶ وضعیت سیستم گسلی برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ و محدوده های ناهنجار چهار گانه که در فرآیند شرح نقشه ها مشخص شده اند، ارائه شده است.

۳-۶-۱- مقدمه

مسئله اطلاعات اکتشافی بسیاری وجود دارد که از دیدگاه ژئوشیمیست‌ها در پروژه نمونه‌برداری ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم پنهان مانده است، چون در هنگام نمونه‌برداری، اطلاعات زمین‌شناسی همراه با شواهد کانی‌سازی و آلتراسیون احتمالی در محدوده کوچکی نسبت به حوضه آبرفتی برداشت می‌شود. اطلاعات منعکس شده در هر برگه نمونه‌برداری (برگه‌های استاندارد نمونه‌های آبرفتی) محدوده همان نقطه را تشریح می‌کند. اصولاً درجه اطمینان به این اطلاعات و اطلاعات دیگری منجمله اطلاعات زمین‌شناسی، داده‌های آنالیز نمونه‌ها، داده‌های مطالعات کیفی نمونه‌های کانی‌سنگین، داده‌های حاصل از آنالیز نمونه‌های سنگی بایستی سنجیده شود. سپس با علم به این موضوع به تلفیق آنها و نتیجه‌گیری در راستای تداوم عملیات اکتشافی پرداخت.

بطور کلی زمین‌شناسان نسبت به کاربرد تفاسیر در استفاده از داده‌های زمین‌شناسی در اکتشافات هم عقیده نیستند. بعضی عقیده دارند که مشاهدات تجربی برای استفاده در اکتشافات کافی بوده و این مشاهدات قابل اعتماد و اطمینان است و نیازی به جمع‌آوری اطلاعات در زمینه فرآیندهای زمین‌شناسی و نحوه زایش مواد معدنی وجود ندارد (Ridge -1983). عده‌ای دیگر مخالف این نظریه بوده و معتقدند که تکیه به مشاهدات تجربی بطور بسیار بارزی سهم اطلاعات زمین‌شناسی را در اکتشاف بالا می‌برد. این اطلاعات خود به گونه روشنی جنبه تجربی داشته و خصلت کمی ندارند.

گروه دیگری از متخصصین عقیده دارند که با توجه به تنوع فرآیندهای زمین‌شناسی و پدیده‌های مرتبط با آنها امکان سود جستن از آنها در طبقه‌بندی اکتشافی راهی طولانی و پردردسر است. در این زمینه می‌توان به عواملی استناد کرد که رفتار آنها به صورت قانونمند شناخته شده و واکنش‌های آنها در هر محیط به دقت مطالعه شده است.

این عوامل شامل رفتار عناصر در تشکیل کمپلکس‌ها، چگونگی تشکیل آنها، مهاجرت و سکون آنهاست. این گروه معتقدند که اصول اکتشافات ژئوشیمیایی به عنوان آئینه تمام‌نمای این رفتارهاست و استفاده از نسبت‌ها و ضرایب خاص می‌تواند کارایی این طرز تفکر را به چندین برابر و یا حتی چند صد برابر افزایش دهد. از پیشروان این تفکر پروفیسور سرگئی گریگوریان است.

اما بنظر میرسد هیچکدام از این روشها به تنهایی توانایی حل مشکل اکتشاف را ندارند و مجموعه متناسبی از این روشها میتواند تا حدودی کارگشا باشد. انتخاب این مجموعه و نسبت هر کدام از عوامل موثر در آن به تجربه کارشناسانی بستگی دارد که معانی و مفاهیم این روشها را درک کرده و بکار گرفته باشند.

۳-۶-۲- معرفی مناطق با اولویت نسبی

در سرفصل نتیجه گیری از شرح نقشه ها (۳-۳-۳-۱۴) به نکاتی در زمینه ارزیابی ناهنجاریها پرداخته شد. از اهم مواردی که در این زمینه میتواند ما را در شناخت ارزش نسبی یک ناهنجاری کمک کند، گسترش همپوشانی، زمین شناسی و تکتونیک مناسب، آلتراسیون، کانی سازی، حد عیاری نمونه ها و اندیسهای معدنی است.

بر اساس بعضی از این عوامل ۴ منطقه در سرفصل شرح نقشه ها انتخاب گردید. در اینجا سعی بر آن است که از سایر اطلاعات نیز در زمینه ارزیابی این مناطق استفاده گردد. محدوده این مناطق در شکل ۳-۳۱ نشان داده شده است.

۳-۶-۲-۱- منطقه جنوب کوه گولو (A)

در این محدوده که مساحتی در حدود ۳۳ کیلومتر مربع را در بر دارد، تعداد ۲۴ نمونه ژئوشیمی و ۸ نمونه کانی سنگین برداشت شده است. این منطقه در جنوب برکه واقع شده است. در نمونه های ژئوشیمیایی ناهنجاریهای عناصر مس، کروم، کبالت، منگنز، بصورت تقریباً گسترده در سطح منطقه و ناهنجاری طلا در ۵ نمونه مشاهده شده است. در مرحله کنترل ناهنجاری از ۸ نمونه کانی سنگین برداشت شده، در ۵ نمونه کرومیت، در ۶ نمونه باریت و در یک نمونه آثاری از شلیت مشاهده شده است. عدم مشاهده کانیهای مس در نمونه های کانی سنگین میتواند ناشی از دو علت باشد. اول آنکه عیار مس در این منطقه در حدی نبوده که تصور کانی سازی از آن در ذهن باشد و دوم اینکه اصلاً مشاهده مس در نمونه های کانی سنگین تا حد زیادی به نحوه آماده سازی و شستشوی نمونه ها بستگی خواهد داشت. واحدهای لیتولوژی این منطقه را آندزیت، آندزیت بازالت ائوسن و داسیت و کنگلومرای پلیوسن تشکیل داده است. این منطقه در مقایسه با کل سطح برکه جاجرم در اولویت بررسی و احیاناً مطالعات بیشتر قرار گیرد

۳-۶-۲-۲- منطقه جنوب کوه کمریوار و جنوب کوه خامی (B)

این منطقه در شمال-شمالغرب برکه و در محدوده معادن فعال بوکسیت واقع شده و مساحت تقریبی آن ۷۵/۵ کیلومتر مربع می باشد. با توجه به نتایج نمونه های ژئوشیمیایی مرحله اول (۳۹ نمونه با XRF ۲۶ عنصری)، نمونه های انتخابی در مرحله دوم

- (۲۹) نمونه رسوب آبراهه ای XRF اکسیدی)، ۱۳ نمونه کانی سنگین، ۴ نمونه XRF سنگی و ۴ نمونه XRD اطلاعاتی به شرح زیر در این منطقه بدست آمده است.
- لیتولوژی این منطقه را واحدهای کنگلومرانی، شیل ماسه سنگی، ژپس، بوکسیت و رسوبات آلوویوم در بر گرفته است.
 - ناهنجاری Al_2O_3 ، سرب، روی، مولیبدن، مس، Fe_2O_3 ، باریم و استرانسیوم در مراحل داده پردازی نمونه های ژئوشیمیایی.
 - عدم همپوشانی مناسب از این ناهنجاریها و گسترش نسبتاً مناسب ناهنجاری مولیبدن در جنوب کوه کمربوار و Al_2O_3 در جنوب کوه خامی و Fe_2O_3 در جنوب شرق کوه کمربوار.
 - از ۱۳ نمونه کانی سنگین ۸ نمونه در ردیف نمونه های کانی سنگین مهم (جدول ۳-۳۰) قرار گرفته اند در این نمونه ها حداکثر مقادیر پیریت، پیریت اکسید، اولیژیست (ZJH-399)، وولفنیست، میمیت (ZJH-402)، لیمونیت (ZJH-394)، گوتیت (ZJH-396) یافت شده و علاوه بر آن شواهدی از ولفرامیت، شئلیت (ZJH-405)، سلسنتین، باریت، پیرومورفیت، سروریت، مالاکیت (ZJH-406)، گالن و سفالریت (ZJH-391) و... در سایر نمونه ها مشاهده شده است. (جدول ۳-۳۰)
 - مقادیر Al_2O_3 نمونه های XRF سنگی بین 6.68 تا 29.07% و مقادیر Fe_2O_3 این نمونه ها در بین 0.48 تا 17.42% در نوسان بوده است.
 - بر اساس آنالیز XRD ۴ نمونه آلتزه عمدتاً آلتراسیون کائولینیتی همراه به هماتیت مشخص شده است.
 - با توجه به نتمرکز نسبی بیشتر Al_2O_3 در یال جنوبی کوه خامی احتمال یافتن نهشته هایی از بوکسیت در آن منطقه دور از انتظار نیست.

۳-۲-۶-۳- محور شمال کوه کمربوار تا جنوب چاه فرش (D,C)

این مناطق با وسعت تقریبی ۸۵/۵ کیلومتر مربع در حاشیه جنوب شرقی برکه واقع شده اند. عمده ناهنجاریهای ژئوشیمیایی این مناطق شامل Ba, Zn, Cr, Ni و بوده و با برداشت ۹ نمونه کانی سنگین کنترل این ناهنجاریها صورت گرفته است. واحدهای لیتولوژی این مناطق شامل کنگلومرا، ماسه سنگ، آندزیت، آندزیت بازالت، ژپس و رسوبات آلوویوم همچین واحدهای افیولیت ملانژ بوده است. تقریباً در تمامی نمونه های کانی سنگین آثار کرومیت و باریت مشاهده و ثبت شده است، علاوه بر این کانیها عمدتاً شواهد مگنتیت، هماتیت (به مقدار کم)، گارنت، زیرکن و آپاتیت نیز مشخص شده است. تنها در یک نمونه شواهدی از پیریت اکسید دیده شده است (ZJH-72).

منابع و ماخذ

- ۱- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ جاجرم - سازمان زمین شناسی کشور
- ۲- اصول اکتشافات ژئوشیمیایی - دکتر علی اصغر حسنی پاک
- ۳- تحلیل داده های اکتشافی - دکتر علی اصغر حسنی پاک
- ۴- نمونه برداری معدنی - دکتر علی اصغر حسنی پاک
- ۵- راهنمای جامع SPSS-10- مهندس محمود زرگر
- ۶- واکاوی کانیهای سنگین - ولگانگ بونیک ترجمه فریدون مهرابی

7- Hand Book of Exploration Geochemistry ,Drainage Geochemistry.

8- An Introduction to The Rock Forming Minerals,Deer ,Howie and Zussman.

9- Introduction to geological Data Analysis,A.R.H. Swan ,M.Sandi lands P.Mecable