بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه بیرجند

دانشکده مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی معدن – گرایش اکتشاف

تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای در محدوده افین جهت شناسایی نواحی امیدبخش معدنی

استاد راهنما:

دکتر محمد شیوا دکتر احمد آریافر

استاد مشاور:

مهندس محمد هادی اشراقی

نگارش:

حمید معینی

تابستان ۱۳۹۳

تاییدیه هیات داوران

تقدیم به

همسرم

که اگر حمایت‌های بی‌دریغ معنوی او نبود،

این تحقیق به سرانجام نمی‌رسید.

تشکر و قدردانی

شکر و سپاس خدای را به عدد آنچه علمش دربرمی‌گیرد از ازل تا ابد که اگر لطف الهی نبود این بنده ناسپاس کمترین، به درک گوشه‌ای از علمش نایل نمی‌شدم.

و سپاس و تقدیر و ارادت خدمت پدر و مادرم که مرا در مسیر پر فراز و نشیب علم‌آموزی، راهنما و مشوق بوده و همیشه با حمایت خویش، مرا به ادامه مسیر دلگرم ساخته‌اند.

و سپاس و ارادت فراوان به محضر اساتید بزرگوارم آقایان دکتر محمد شیوا و دکتر احمد آریافر که به حق، نقشی شایسته در هدایت علمی اینجانب در این مسیر دشوار بر عهده داشته‌اند و با سعه صدر، اشتباهات اینجانب را گام به گام تصحیح کرده و کودک نوپای محقق را، راه رفتن آموخته‌اند. برای این دو بزرگوار و تمام اساتیدی که حقی بر گردنم داشته‌اند آرزوی طول عمر با برکت و موفقیت‌های روزافزون در تمام لحظات زندگی کرده و سلامتی‌شان را از درگاه پروردگار مسئلت دارم.

و سپاس و تشکر فراوان از جناب آقای مهندس محمد هادی اشراقی و همکاران محترمشان در سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان جنوبی که با در اختیار گذاشتن داده‌ها و اطلاعات مربوطه و راهنمایی‌های لازم در این باره، کمک شایانی به تهیه و پردازش اولیه این تحقیق نموده‌اند.

چکیده

روش ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای به دلیل ارزان بودن و سریعتر بودن نسبت به سایر روشهای ژئوشیمیایی کاربرد وسیعی در مطالعات اکتشافی بویژه در نواحی گرم و خشک دارد. از آنجا که از سال ۱۳۸۵ تاکنون مطالعه جدیدی روی داده‌های ژئوشیمیایی منطقه افین زیرکوه قاین انجام نگرفته است لذا هدف اصلی این تحقیق، شناسایی مجدد نواحی پتانسیل دار معدنی در منطقه افین در ۱۷۰ کیلومتری شمال شرق بیرجند بوده است. برای این منظور از روشهای تحلیل آماری و داده‌کاوی تک‌متغیره و چندمتغیره جدیدی که در دنیا مطرح شده‌اند استفاده شده است. تعداد ۲۸۰ نمونه از رسوبات حوزه‌های آبریز محدوده به مساحت ۱۱۰ کیلومترمربع توسط سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان جنوبی اخذ شده است که پس از پردازش مقدماتی، مورد تحلیل به روشهای PCA کلاسیک، PN، TSA، ICA، IPCA و PCA داده‌های بسته قرار گرفته است که سه روش آخر، برای نخستین بار در ایران انجام شده‌اند. در تحلیل‌های چندمتغیره، از روشهای مقاوم نیز در کنار روشهای استاندارد استفاده شده است. مقایسه نتایج حاصل شده توسط تمام روشها نشان می‌دهد که استفاده از تحلیل مقاوم داده‌های بسته، قابل اطمینان‌تر بوده و نشان می دهد که فاکتور اول مربوط به طبیعت غالب الترامافیک و کانی زائی منیزیت در منطقه بوده و عناصر پاراژنز را بهتر از روشهای دیگر منعکس می کند. فاکتور دوم مربوط به عناصر لیتوفیل است و حضور منگنز و آهن در دو فاکتور اول و دوم نشان‌دهنده حضور این دو عنصر در دو جامعه متفاوت است که در روشهای قبلی دیده نشد. نتیجه روش ICA نیز نشان می‌دهد که با حذف نویزهای زمینه منطقه، عناصری که بیشترین تاثیر را در ساختار زمین‌شناسی و کانی‌زائی دارند مشخص می‌شوند. در نهایت، نقاط آنومالی عناصر فلزی در منطقه بصورت نقشه‌های تک‌عنصری رسم شد و پیشنهاد شد که از نتایج بدست آمده بصورت تلفیق با دیگر روشهای اکتشاف استفاده شود تا نقاط امیدبخش مشخص شده و برای مراحل اکتشاف تفصیلی آماده شود.

واژه‌های کلیدی: رسوبات آبراهه‌ای، افین، داده‌کاوی، تحلیل آماری تک‌متغیره، تحلیل آماری چندمتغیره، روشهای تحلیل مقاوم .

فهرست مطالب

فهرست جدولها ..... ه

فهرست شکلها ..... و

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی محدوده افین ۲

۱-۳- وضعیت زمین‌شناسی و جغرافیایی ۳

۱-۳-۱- زمین‌شناسی عمومی محدوده مورد مطالعه ۳

۱-۳-۲- زمین‌شناسی ساختمانی محدوده ۳

۱-۳-۳- کانی سازی محدوده ۴

۱-۳-۴- زمین ریخت‌شناسی ۵

۱-۳- خلاصه‌ای از پیشینه مطالعاتی در منطقه ۶

۱-۵- ضرورت تحقیق حاضر ۸

۱-۶- هدف تحقیق حاضر ۹

۱-۷- ساختار تحقیق ۹

فصل دوم: پردازش مقدماتی داده‌های ژئوشیمی محدوده افین ۱۱

۲-۱- مقدمه ۱۱

۲-۲- روش آنالیز و حد حساسیت ۱۱

۲-۳- جایگزینی داده‌های سنسورد ۱۳

۲-۴- جایگزینی داده‌های خارج از ردیف ۱۴
۲-۵- اصلاح داده‌های مفقود ۱۷
۲-۶- بررسی کیفیت نتایج آزمایشگاه ۱۷
۲-۷- بررسی فرض نرمال بودن داده‌ها و تبدیلهای نرمال ۱۷
۲-۸- استانداردکردن داده‌ها ۱۸
فصل سوم: تحلیل داده‌های ژئوشیمی محدوده افین با استفاده از روشهای آماری تک متغیره ۲۱
۳-۱- مقدمه ۲۱
۳-۲- روشهای تک‌متغیره جداسازی آنومالی ۲۱
۳-۲-۱- روش تعیین حد آستانه‌ای با کمک پارامترهای مرکزی توزیع ۲۲
۳-۲-۱-الف- آمار استاندارد یا کلاسیک ۲۲
۳-۲-۱-ب- آمار مقاوم ۲۳
۳-۳- روش احتمال رخداد (P.N) ۲۵
۳-۴- روش تحلیل سطح روند ۲۷
۳-۴-۱- محاسبه ضرایب و آزمون اعتبار آنها ۲۸
۳-۴-۲- بازماندهای سطح روند ۳۶
فصل چهارم: تحلیل داده‌های ژئوشیمی محدوده افین با استفاده از روشهای آماری چندمتغیره ۳۹
۴-۱- مقدمه ۳۹
۴-۲- تحلیل فاکتوری و تحلیل مولفه‌های اصلی ۳۹
۴-۲-۱- محاسبه مقدار KMO ۴۲

۴-۲-۲- محاسبه بهترین تعداد مولفه‌ها ۴۳
۴-۲-۳- کاهش متغیرها در تحلیل ۴۵
۴-۲-۴- ترسیم نقشه‌های ژئوشیمیایی (امتیاز فاکتوری) ۵۰
۴-۳- روشهای مقاوم در تحلیل مولفه‌های اصلی ۵۲
فصل پنجم: تحلیل داده‌های ژئوشیمی محدوده افین با رویکرد داده‌های ترکیبی ۵۸
۵-۱- مقدمه ۵۸
۵-۲- اصول تبدیلهای داده‌های ترکیبی ۶۰
۵-۳- نمودارهای دو مولفه‌ای ۶۴
۵-۴- تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی منطقه افین ۶۶
فصل ششم: تحلیل داده‌های ژئوشیمی محدوده افین با استفاده از تحلیل مولفه‌های مستقل و مولفه‌های اصلی مستقل ۷۸
۶-۱- مقدمه ۷۸
۶-۲- تعریف مسئله مهمانی شبانه ۷۹
۶-۳- تعریف استقلال مولفه و الگوریتم یافتن مولفه مستقل ۸۲
۶-۴- کاربردهای ICA ۸۴
۶-۵- تحلیل داده‌های ژئوشیمی محدوده افین با ICA ۸۵
۶-۶- روش تحلیل مولفه‌های اصلی مستقل ۸۹
۶-۷- تحلیل داده‌های ژئوشیمی محدوده افین با روش IPCA ۹۰
فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۵
۷-۱- مقدمه ۹۵

۷-۲- نتایج حاصل‌شده توسط روشهای آماری تک‌متغیره ۹۶
۷-۳- نتایج حاصل‌شده توسط روش تحلیل فاکتوری مرحله‌ای و مقاوم ۹۶
۷-۴- نتایج حاصل‌شده توسط روش PCA داده‌های ترکیبی ۹۶
۷-۵- نتایج حاصل‌شده توسط روشهای ICA و IPCA ۹۷
۷-۶- پیشنهادات ۹۷
منابع و مراجع ۹۹

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱- حد حساسیت و روش آنالیز عناصر..... ۱۲

جدول ۲-۲- عناصر حاوی داده‌های سنسورد و مقادیر جایگزینی آنها در منطقه افین..... ۱۳

جدول ۳-۲- مقادیر MAD برای تعدای از عناصر..... ۲۴

جدول ۳-۳- جملات سطوح روند تا درجه۴..... ۲۸

جدول ۳-۴- ضرایب چند جمله‌ای و اعداد F سطوح روند Mg ۳۴

جدول ۴-۱- مقادیر KMO در ۴ مرحله فاکتورگیری..... ۴۷

جدول ۴-۲- مقادیر اشتراک پذیری در ۴ مرحله فاکتورگیری..... ۴۸

جدول ۴-۳- ماتریس بارهای حاصل از مرحله اول و آخر فاکتورگیری..... ۴۹

جدول ۴-۴- خلاصه تغییرات فاکتورگیری در هر مرحله ۴۹

جدول ۴-۵- بارهای فاکتوری تحلیل به روش مقاوم (داده‌های خام) ۵۴

جدول ۴-۶- بارهای فاکتوری تحلیل به روش مقاوم (داده‌های نرمال شده) ۵۶

جدول ۵-۱- بارهای مولفه‌های اصلی PCA مقاوم داده‌های ترکیبی..... ۷۰

جدول ۶-۱- ماتریس سفید ۶ مولفه‌ای ۸۵

جدول ۶-۲- کشیدگی بارها در IPCA های مختلف ۹۰

جدول ۶-۳- بارهای مولفه‌های مستقل اصلی ۹۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به محدوده افین ۲

شکل ۱-۲- موقعیت نمونه‌های برداشت شده رسوبات آبراهه‌ای افین ۸

شکل ۲-۱- نمودار جعبه‌ای و هیستوگرام کروم ۱۵

شکل ۲-۲- هیستوگرام کروم پس از اصلاح مقادیر خارج از رده ۱۶

شکل ۲-۳-نمودار Q-Q برای عنصر منیزیم، قبل از تبدیل نرمال و پس از تبدیل نرمال ۱۸

شکل ۳-۱- نقشه آنومالی عنصر Mg بدون تبدیل نرمال ۲۲

شکل ۳-۲- نقشه آنومالی عنصر Mg با تبدیل نرمال ۲۳

شکل ۳-۳- نقشه آنومالی های عنصر Mg به روش مقاوم ۲۵

شکل ۳-۴- نقشه مقادیر آنومالی برای عنصر Mg به روش P.N ۲۷

شکل ۳-۵- نمودار فاصله کوک و نمودار احتمال نرمال مقادیر خطا برای سطح روند درجه یک عنصر Mg ۳۲

شکل ۳-۶- سطوح روند درجه یک تا سه عنصر Mg ۳۳

شکل ۳-۷- اثر حاشیه‌ای سطح روند درجه دو، Sc ۳۵

شکل ۳-۸- نقشه‌های بازماند سطح روند درجه یک، دو و سه عنصر Mg ۳۸

شکل ۴-۱- نمودار scree و معیارهای مختلف انتخاب بهترین تعداد مولفه‌ها ۴۴

شکل ۴-۲- هیستوگرام فراوانی قدرمطلق بارها ۴۶

شکل ۴-۳- نقشه امتیازات فاکتوری مربوط به فاکتور اول ۵۰

شکل ۴-۴- نقشه امتیازات فاکتوری مربوط به فاکتور دوم ۵۱

شکل ۴-۵- نقشه امتیازات فاکتوری مربوط به فاکتور سوم ۵۱

شکل ۴-۶- نقشه امتیازات فاکتوری مربوط به فاکتور اول (روش مقاوم و داده‌های خام) ۵۵

شکل ۴-۷- نقشه امتیازات فاکتوری مربوط به فاکتور دوم (روش مقاوم و داده‌های خام) ۵۵

شکل ۴-۸- نقشه امتیازات فاکتوری مربوط به فاکتور اول (روش مقاوم و داده‌های نرمال) ۵۷

شکل ۴-۹- نقشه امتیازات فاکتوری مربوط به فاکتور دوم (روش مقاوم و داده‌های نرمال) ۵۷
شکل ۵-۱- اجزاء یک نمودار دوتایی ۶۴
شکل ۵-۲- پیوند j و k ۶۵
شکل ۵-۳- زاویه بین پیوندها ۶۵
شکل ۵-۴- تقاطع دو پیوند ۶۶
شکل ۵-۵- همبستگی درونی متغیرهای j، k ۶۶
شکل ۵-۶- نمودار جعبه‌ای داده‌های تبدیل شده به روش ilr ۶۷
شکل ۵-۷- مقادیر خارج از رده ترکیبها ۶۸
شکل ۵-۸- مقادیر خارج از رده ترکیبها و هسته اصلی ترکیبهای استفاده شده ۶۹
شکل ۵-۹- نمودار scree تحلیل PCA داده‌های ترکیبی ۷۰
شکل ۵-۱۰- نمودار دوتایی PCA کلاسیک داده‌های بسته ۷۲
شکل ۵-۱۱- نمودار دوتایی PCA مقاوم داده‌های بسته ۷۳
شکل ۵-۱۲- نمودار دوتایی مولفه‌های ۱ و ۲ ..... ۷۴
شکل ۵-۱۳- نمودار دوتایی مولفه‌های ۱ و ۳ ..... ۷۴
شکل ۵-۱۴- نقشه امتیازهای فاکتوری مولفه اول PCA داده‌های بسته ۷۵
شکل ۵-۱۵- نقشه امتیازهای فاکتوری مولفه دوم PCA داده‌های بسته ۷۵
شکل ۵-۱۶- نقشه امتیازهای فاکتوری مولفه سوم PCA داده‌های بسته ۷۶
شکل ۵-۱۷- نقشه امتیازهای فاکتوری مولفه چهارم PCA داده‌های بسته ۷۶
شکل ۶-۱- الگوریتم FastICA ۸۴
شکل ۶-۲- نمودار مولفه‌های حاصل از PCA با روش SVD ۸۵
شکل ۶-۳- مقادیر ماتریس سفید ۸۷
شکل ۶-۴- نقشه مولفه مستقل اول ۸۸
شکل ۶-۵- نقشه مولفه مستقل دوم ۸۸
شکل ۶-۶- نمودار کشیدگی بارهای ۴۰ مولفه ۹۰

شکل ۶-۷- مقادیر کشیدگی در تحلیل IPCA با ۹ مولفه ۹۱
شکل ۶-۸- نمودار مقادیر قدرمطلق بارهای مولفه‌های مستقل ۹۳
شکل ۶-۹- نقشه پیوسته مولفه مستقل هشتم (Mg) ۹۳
شکل ۶-۱۰- نقشه مولفه سوم (Fe) ۹۴
شکل ۶-۱۱- نقشه مولفه پنجم (Ti با علامت منفی) ۹۴

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

محدوده اکتشافی افین با مساحت ۱۱۰ کیلومتر مربع در جنوب شرق قاین قرار دارد. در این منطقه شرکت زرناب اکتشاف در قالب قراردادی با سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان جنوبی (صنایع و معادن سابق)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰.۰۰۰ محدوده را تهیه و اکتشافات ژئوشیمیایی با روش برداشت نمونه‌های رسوب آبراهه‌ای و کانی سنگین و نمونه‌های مینرالیزه را انجام داده است.

اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده افین با طراحی و برداشت ۲۸۰ نمونه ژئوشیمیائی (-۸۰ مش)، ۴۵ نمونه کانی سنگین (-۲۰ مش) و ۱۷ نمونه مینرالیزه انجام شده است. نمونه‌ها پس از آماده سازی (پودر تا ۲۰۰ مش) جهت آنالیز ۴۳ عنصری با روش انحلال در چهار اسید و آنالیز توسط ICP-MS و طلا با روش FIRE ASSAY به آزمایشگاه Amdel در استرالیا ارسال شدند [۴].

نتایج همبستگی‌ها حاکی از عدم همبستگی طلا با پاراژنزهای ذاتی خود می‌باشد که به احتمال فراوان نشان از عدم کانی‌سازی طلا در منطقه می‌باشد. نقره نیز به طور کلی همبستگی‌های بالایی را با سایر عناصر نشان نداده است. عدم همبستگی As با طلا و نقره نیز نشان می‌دهد که استفاده از آن به عنوان ردیاب کانی سازی طلا توصیه نمی‌شود [۴].

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی محدوده افین

محدوده مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی و در مجاورت روستای افین و در چهارگوشی با مختصات زیر واقع شده است:

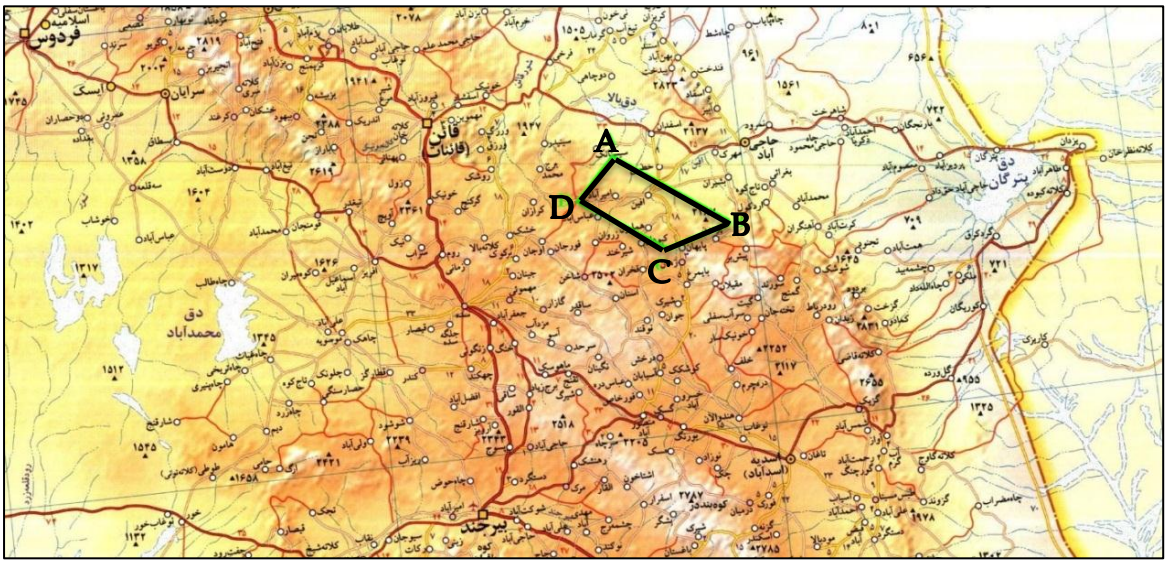
A : طول جغرافیایی "۵۱/۵ ' ۴۰ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی"۳۹ ' ۳۳ °۳۳ شمالی

B : طول جغرافیایی "۳۹/۷ ' ۵۴ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی"۳۸/۷ ' ۲۹ °۳۳ شمالی

C : طول جغرافیایی "۱۵/۴ ' ۵۲ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی"۵۵/۵ ' ۲۵ °۳۳ شمالی

D : طول جغرافیایی "۲۳/۰ ' ۴۰ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی"۲۴/۸ ' ۳۲ °۳۳ شمالی

جهت دسترسی به محدوده اکتشافی می‌توان از جاده آسفالته قاین به حاجی‌آباد استفاده کرد. قبل از حاجی‌آباد، مسیر روستای اسفدن به سمت روستای افین، جهت دسترسی به منطقه اکتشافی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. موقعیت جغرافیایی محدوده اکتشافی افین و راههای دسترسی به آن در شکل ۱-۱ نشان داده شده است [۴].



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به محدوده افین [۴]

۱-۳- وضعیت زمین‌شناسی و جغرافیایی

۱-۳-۱- زمین‌شناسی عمومی محدوده مورد مطالعه

محدوده افین از نظر ساختاری در زون فلیشی شرق ایران قرار دارد. دو سوم محدوده افین در برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ آبیز و یک سوم آن در برگه ۱:۱۰۰،۰۰۰ سرچاه واقع شده است.

واحدهای سنگی اصلی که در محدوده رخنمون دارند عبارتند از:

- کمپلکس پریدوتیتی- سرپانتینیتی کرتاسه بالایی که غالباً مرز آنها با واحدهای جوانتر تراستی بوده و بر روی آنها رانده شده‌اند. این کمپلکس متشکل از سنگهای سرپانتینی- پریدوتیتی و زونها و رگه‌های لیستونیتی می‌باشد.
- سنگهای رسوبی (رسوبات فلیشی) پالئوسن- ائوسن که متشکل از ماسه‌سنگ گریواکی دارای بلوکهای سنگ آهک، شیل و ماسه‌سنگ توربیدیتی و سنگ آهک توده‌ای می‌باشد.
- سنگهای آتشفشانی اسیدی تا مافیک الیگومیوسن که شامل گدازه‌های داسیتی- آندزیتی، توف و آگلومرا و سنگهای بازالتی، آندزی بازالت و توفی می‌باشد.
- واحدهای سنگی پلیوسن- کواترنر که از کنگلومرای سست سیمان و تراستهای آبرفتی تشکیل شده است.

در محدوده افین، دگرسانی‌های اصلی با گسترش قابل توجه و در ارتباط با سنگهای پریدوتیتی و رسوبات فیلیش هستند. این زونها غالباً در داخل یا حاشیه سنگهای الترابازیکی دیده می‌شوند. از زونهای دگرسانی در محدوده مورد مطالعه می‌توان به دگرسانی لیستونیتی، سیلیسی، آرژیلیتی و منیزیتی اشاره نمود [۱،۳،۴].

۱-۳-۲- زمین‌شناسی ساختمانی محدوده

تعداد ۱۲۸ پاره‌خط گسلی و شکستگی در این محدوده، استخراج شده که با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی مذکور و شواهد صحرایی، گسل‌های این محدوده به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:

گسل‌های نسل اول: این گسل‌ها، مهمترین دسته گسل‌های محدوده بوده و اکثرا کنترل‌کننده مرز واحدها هستند (کنتاکت واحدهای سنگی خصوصا $Cm, PE^{fl}, Q^{t2}, J^{as}$). این گسل‌ها روند شمال غربی- جنوب شرقی با امتداد N65W تا N50W داشته و طول آنها به بیش از ۱۵ کیلومتر می‌رسد که جزء دسته‌های اصلی هستند. از نظر سنی نیز احتمالا قدیمی‌ترین گسل‌های موجود در محدوده هستند. همانگونه که در نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ آبیز و سرچاه دیده می شود، اغلب زونهای آلتراسیون در ارتباط مستقیم با این نسل از گسلها می‌باشند. همچنین روند لیستونیت‌های محدوده نیز در امتداد این گسل‌ها تشکیل شده است که می‌تواند نشان‌دهنده همزمانی این حرکات با فعالیت‌های هیدروترمالی باشد. در بخش‌هایی از محدوده، این گسل‌ها فعالیت تراستی و یا معکوس داشته‌اند [۱،۳،۴].

گسل‌های نسل دوم: این دسته از گسل‌ها روند شمال‌شرق- جنوب‌غرب با امتداد N20E تا N35E می‌باشند که نسبت به دسته گسل‌های اول طول کمتری دارند. این گسل‌ها جوانتر بوده و گسل‌های نسل اول را قطع کرده‌اند. در محدوده افین، جابجایی‌های ایجاد شده در کنتاکت واحدهای سنگی (حدود ۵۰ تا ۱۰۰ متر) و زون‌های آلتراسیون عموماً توسط گسل‌های متأخر شمال شرقی- جنوب غربی ایجاد شده‌اند. بنابراین در مورد متأخر بودن آنها می‌توان اطمینان حاصل کرد [۴].

گسل‌های دیگری نیز با فراوانی کمتر در محدوده مورد مطالعه دیده می‌شوند که عمدتا روند شمالی- جنوبی دارند و احتمالا جزء گسل‌های فرعی نسل دومی‌ها هستند [۴].

۱-۳-۳- کانی‌سازی محدوده

کانی‌سازی در این محدوده در ارتباط با زونهای لیستونیتی موجود در مرکز محدوده افین می‌باشد. همچنین کانی‌سازی در زونهای لیستونیتی با سنگ میزبان الترابازیک و ماسه‌سنگ گریواکی سیلیسی شده و رگه‌های لیستونیتی مشاهده شده است [۱،۳،۴].

در بخش لیستونیتی شرق افین زون کانی‌سازی منیزیتی مشاهده می‌شود. در نمونه‌های گرفته شده از این زون، عناصری همچون As و Sb از مقادیر قابل توجهی برخوردارند. میزان طلا در نمونه‌های گرفته شده ناچیز است [۴].

به طور کلی در محدوده نقشه افین، بر اساس مشاهدات صحرائی و شواهد موجود، دو نوع کانی‌سازی وجود دارد که عبارتند از:

- کانی‌سازی کرومیت در زون‌های دگرسانی لیستونیتی
- کانی‌سازی منیزیت در داخل واحدهای الترامافیک

- کانی‌سازی کرومیت

با توجه به دگرسانی آرژیلیتی، سیلیسی و لیمونیتی موجود در سنگ های لیستونیتی محدوده احتمال کانی سازی طلا وجود دارد ولی نتایج نمونه‌های برداشت شده از دو زون لیستونیتی موجود در محدوده، آنومالی خاصی از طلا را نشان نداد. نتایج مربوط به تجزیه نمونه‌های معدنی مربوط به زون‌های آلتره لیستونیتی، نشانگر این می‌باشند که به غیر از عناصر آرسنیک و تا حدودی کروم سایر عناصر غنی‌شدگی چندانی نسبت به مقدار معمولی آنها در سایر سنگها نشان نمی‌دهند [۴].

- کانی‌سازی منیزیت

این نوع کانی‌سازی در داخل سنگ‌های الترامافیک محدوده مورد مطالعه و به خصوص در داخل واحد سنگی هارزبورژیت است. مهمترین کانی‌زایی منیزیت در ۵ کیلو متری شرق افین می‌باشد. فعالیت اکتشافی و بهره‌برداری در این معدن در حال انجام است. این محدوده حدود ۱۵۰۰ متر طول و عرض متوسط آن ۳۰۰ متر می‌باشد. سینه‌کارهای اکتشافی در رخنمون‌های پراکنده منیزیت دیده می‌شود [۴].

۱-۳-۴- زمین ریخت‌شناسی

از لحاظ زمین‌ریخت‌شناسی[1] بیشتر منطقه به حالت کوهستانی شبیه است که دشتهای به نسبت گسترده اطراف آنها، پوشیده از رسوبات حاصل از فرسایش فیزیکی و شیمیائی واحدهای سنگی است. آرایش آبراهه‌ها در سازندهای نرم و فرسایش پذیر بیشتر حالت دندریتی داشته، در حالی که در بخشهای سخت، به گونه‌ای دقیق از شکل و موقعیت گسلها پیروی می‌کنند. اقلیم چیره بیابانی حاکم بر نواحی شرق ایران در این منطقه نیز وجود دارد. در مناطق کوهستانی در بسیاری از دره‌های مجاور کوههای بلند، چشمه‌سارهای به نسبت

[1] Geomorphology

آبدار وجود دارند که باعث سرسبزی منطقه شده‌اند و در مناطق کم ارتفاع، مخروط افکنه‌ها و آبرفتهای جوان با ذخیره‌سازی آب باعث رونق نسبی کشاورزی منطقه شده‌اند.

بلندترین نقطه با ارتفاع ۲۷۵۷ متر در میلاکوه و پست‌ترین آن با ارتفاع ۸۲۵ متر در پهنه‌های ماسه‌ای جای دارد.

از دیدگاه شرایط آب و هوایی، اگرچه این ناحیه کوهستانی است اما به دلیل جای‌گرفتن در نوار بیابانی-نیمه‌بیابانی کشور، میانگین میزان بارندگی کم بوده و از این رو جزو مناطق نیمه خشک ایران به حساب می‌آید. رودها به گونه‌ای فراگیر فصلی و اتفاقی‌اند و اختلاف بیشینه و کمینه مطلق دما به ۵۷ درجه می‌رسد [۴].

۱-۳- خلاصه‌ای از پیشینه مطالعاتی در منطقه

الف- برگه زمین شناسی ۱:۲۵۰،۰۰۰ قاین و نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ آبیز و سرچاه

این نقشه‌ها توسط سازمان زمین شناسی کشور تهیه شده‌اند.

ب- گزارش شرکت B.R.G.M[1] (۱۹۷۸)

این گزارش یکی از گزارشاتی است که توسط شرکت مذکور تحت نظارت سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه شده است.

داده‌های بدست آمده از مطالعات ژئوشیمیائی پروژه B.R.G.M در سال ۱۳۸۰ توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور در قالب طرح پی‌جویی موادمعدنی و پروژه ارزیابی داده‌های ژئوشیمیائی ۲۵ سال گذشته مورد ارزیابی مجدد قرارگرفتند. این تجزیه و تحلیل مبتنی بر مجموعه داده‌های برگه‌های ۱:۱۰۰،۰۰۰ بصورت مستقل بوده و نتیجه آن معرفی ۶۸ حوضه آنومالی در برگه ۱:۱۰۰،۰۰۰ آبیز و ۱۶ حوضه آنومالی در برگه ۱:۱۰۰،۰۰۰ سرچاه بود [۴].

از آنومالی‌های فوق‌الذکر که در محدوده افین واقع شده‌اند می‌توان به دو آنومالی Zn یکی در شمال غرب و دیگری در شمال افین اشاره کرد که بخشی از آنومالی شمالی در محدوده قرار گرفته است. از آنومالی‌های

[1] Eastern Iran Project Zone IV, Mining Reconnaissance Report No.6, QAYEN AREA, 1978