

گزارش فنی خدمات اکتشافی مرحله پی جویی در محدوده پروانه اکتشافی واقع در استان کرمان شهرستان منوجان

گزارش جمع آوری اطلاعات، عملیات پی جویی و تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰

دارنده پروانه اکتشاف: شرکت توسعه عمران و اکتشافات نوین کویر کرمان (سهامی خاص)

الملك الشاهنشاہ

چکیده

پروانه اکتشافی کرومیت به شماره ۱۴۰۳/۱۲/۰۳۷۰ مورخ ۱۴۰۳/۱۰/۲۶ با مساحت ۱/۱۵۹۹ کیلومتر مربع در جنوب غرب استان کرمان در حدود ۱۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان منوجان واقع شده است. از لحاظ زون های ساختاری در بخش جنوبی زون سنندج- سیرجان و در برکه های زمین شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ میناب و ۱:۱۰۰,۰۰۰ میناب و نودز قرار گرفته است.

رخداده ویژه کانسارهای ماسیوسولفید و کرومیت همانند کانسار مس منوجان ۱ و ۲، مس- طلا دستگرد، شمال کوه موالی و کرومیت فاریاب، هور، منوجان، دستگرد، نودره، توجه اکتشافگران را به بررسی هرچه بیشتر منطقه مذکور معطوف می نماید.

در راستای تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ پس از برنامه ریزی و جمع آوری مدارک و ارزیابی اطلاعات پایه، انجام مطالعات صحرایی در دستور کار قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از مطالعات زمین شناسی، دورسنجی و اطلاعات ژئوفیزیک هوایی منطقه در محدوده اکتشافی و پس از تلفیق کلیه لایه های اطلاعاتی، پروفیل های به منظور پیمایش صحرایی تعیین گردید. در طی عملیات پی جویی اکتشافی تعداد ۴۱ نمونه از رگه های کانی سازی و رخنمون های مشکوک به کانی سازی برداشت و جهت آنالیز ICP-OES, Fireassay, XRF و مطالعات سنگ شناسی و مینرالوگرافی برداشت و به آزمایشگاه ارسال گردید.

تنها کانی زایی فلزی مشاهده شده در محدوده شامل یک رگه سیلیسی مس دار آغشته به مالاکیت می باشد که گسترش قابل توجهی ندارد. دگرسانی سیلیسی- کربناتی در نقاط متعددی از منطقه مشاهده گردید. ابعاد زون های دگرسانی سیلیسی- کربناتی در شمال شرق محدوده تا بیش از ۱۰۰ متر و ضخامت آنها از ۱ تا ۵ متر می رسد. براساس مشاهدات صحرایی، میکروسکپی و داده های ژئوشیمیایی محدوده برای سیلیس و کانه زایی طلای کوهزایی پتانسیل دارد و میزان طلا قابل بررسی می باشد.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات.....	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- اطلاعات کلی منطقه	۲
۲-۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی	۲
۲-۲-۱- شرایط آب و هوایی و اجتماعی منطقه.....	۳
۳-۲-۱- مورفولوژی و توپوگرافی منطقه	۴
۳-۱- پیشینه مطالعاتی	۵
۴-۱- گردآوری دادهها	۶
۱-۴-۱- دادههای زمین‌شناسی در مقیاس‌های ۱:۲۵۰.۰۰۰ و ۱:۱۰۰.۰۰۰.....	۶
۱-۴-۲- دادههای تصاویر ماهواره‌ای	۷
۱-۴-۳- دادههای ژئوفیزیک هوایی	۷
۱-۴-۴- دادههای ژئوشیمیایی	۷
۱-۴-۵- دادههای معدنی	۸
۵-۱- اهداف پروژه	۸
۶-۱- روش انجام پروژه	۸
فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی و متالورژی	۱۰
۱-۲- مقدمه	۱۱
۲-۲- پهنه‌سنندج - سیرجان	۱۲
۱-۲-۲- واحدهای زمین‌ساخت - چین‌نگاری بخش جنوبی زون سنندج - سیرجان.....	۱۴
۲-۲-۲- ژئودینامیک بخش جنوبی زون سنندج- سیرجان	۱۹
۳-۲-۲- توان معدنی زون سنندج- سیرجان	۲۱
۳-۲- زمین‌شناسی عمومی محدوده اکتشافی.....	۲۲
فصل سوم: مطالعات دورسنجی	۲۴
۱-۳- مقدمه	۲۵
۲-۳- دادههای مورد استفاده	۲۵
۱-۲-۳- دادههای استر	۲۶
۲-۲-۳- دادههای ماهواره لندست (OLI)	۲۸

۳۰.....	۳-۲-۳- داده‌های ماهواره سنتینل ۲
۳۲.....	۳-۳- پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای
۳۲.....	۳-۳-۱- روش کار
۳۳.....	الف- تصحیح هندسی (Geometric Correction)
۳۳.....	ب- تصحیح رادیومتریکی (Radiometric Correction)
۳۴.....	۳-۴- پردازش تصاویر ماهواره‌ای
۳۴.....	۳-۴-۱- تفسیر چشمی عوارض ساختاری
۳۵.....	۳-۴-۲- پردازش طیفی
۳۶.....	- شناسایی نواحی دگرسانی
۴۱.....	فصل چهارم: مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰
۴۲.....	۴-۱- مقدمه
۴۳.....	۴-۲- آماده سازی و تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی
۴۳.....	۴-۳- پردازش داده‌های سنسورد
۴۴.....	۴-۴- محاسبه پارامترهای آماری و رسم نمودارهای مربوط به توزیع داده‌ها
۴۴.....	۴-۴-۱- جدایش مقادیر خارج از ردیف
۴۴.....	۴-۴-۲- نرمال‌سازی داده‌های خام
۴۵.....	۴-۴-۳- بررسی‌های آماری تک متغیره
۴۵.....	۴-۵- مطالعات و پردازش ژئوشیمیایی برگه‌های یکصد هزارم منطقه اکتشافی مورد مطالعه
۴۷.....	۴-۵-۱- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ میناب
۵۰.....	۴-۵-۲- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ نودژ
۵۳.....	۴-۵-۳- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کهنوج
۵۹.....	۴-۶- جدایش بی‌هنجاری‌ها
۵۹.....	۴-۷- ترسیم نقشه‌های آنومالی ژئوشیمیایی
۶۰.....	۴-۸- ترسیم نقشه‌های آنومالی ژئوشیمیایی
۶۶.....	فصل پنجم: مطالعات ژئوفیزیک هوابرد
۶۷.....	۵-۱- مقدمه
۶۷.....	۵-۲- مراحل تفسیر داده‌های مغناطیس‌سنجی
۶۸.....	۵-۲-۱- شدت کل میدان مغناطیسی
۷۰.....	۵-۲-۲- نقشه برگردان به قطب

۷۱.....	۳-۵- تفسیر کیفی و بررسی بی‌هنجاری‌های مغناطیسی
۷۱.....	۳-۵-۱- بررسی خطواره‌های مغناطیسی منطقه
۷۳.....	فصل ششم: بازدید، پیمایش و تهیه نقشه ۱:۵۰۰۰ محدوده منوجان-نودژ
۷۴.....	۶-۱- مقدمه
۷۴.....	۶-۲- معرفی پروفیل‌های پیشنهادی جهت بازدید
۷۵.....	۶-۳- عملیات صحرایی و اکتشافات چکشی
۷۶.....	۶-۴- سنگ شناسی و تهیه نقشه ۱:۵۰۰۰
۸۰.....	۶-۴-۱- سنگ اولترامافیک- مافیک دگرسان شده سرپانتینی (ba-gb)
۸۱.....	۶-۴-۲- کلریت شیست (chl)
۸۳.....	۶-۴-۳- کلریت اپیدوت شیست (epi)
۸۴.....	۶-۴-۴- میکاشیست (sch)
۸۵.....	۶-۴-۵- سنگ آهک دگرگون شده (lim)
۸۶.....	۶-۴-۶- کالک شیست (msc)
۸۷.....	۶-۴-۷- متابازالت (ba)
۹۰.....	۶-۴-۸- گابرو-دیاباز دگرگون شده (gb-di)
۹۲.....	۶-۴-۹- رسوبات آبرفتی (Q^{al} , Q^t)
۹۴.....	۶-۵- کانه‌زایی و دگرسانی
۹۹.....	۶-۵-۱- کانه‌زایی مس
۱۰۰.....	۶-۵-۲- کانی‌زایی سیلیس و دگرسانی سیلیسی
۱۱۳.....	۶-۵-۳- دگرسانی سیلیسی- کربناتی
۱۱۷.....	۶-۵-۴- مدل زایشی مورد انتظار در منطقه مطالعاتی
۱۲۳.....	۶-۶- فعالیت‌های اکتشافی پیشین
۱۲۳.....	۶-۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۲۴.....	منابع

- شکل ۱-۱- موقعیت کادر محدوده اکتشافی بر روی تصویر ماهواره‌ای ۲
- شکل ۱-۱- (الف) موقعیت محدوده اکتشافی در نقشه ایران، (ب) موقعیت نسبت به مرکز استان و (ج) راه دسترسی به آن ۳
- شکل ۱-۱- نمایی از مورفولوژی محدوده اکتشافی بر روی تصویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث ۵
- شکل ۲-۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه بر روی پهنه ساختاری- رسوبی ایران ۱۱
- شکل ۲-۲- موقعیت پهنه سنج- سیرجان در ایران و مرزهای این پهنه و نقشه زمینساختی بخش جنوبی زون سنج- سیرجان ۱۴
- شکل ۲-۳- واحدهای زمینساخت- چین‌نگاری اصلی پهنه سنج- سیرجان جنوبی که بر پایه مشاهدات صحرایی و داده‌های موجود ترسیم شده (محمدرضا شیخ الاسلامی، ۱۳۹۳) ۱۵
- شکل ۲-۴- توالی توربیدیتی تریاس بالایی (Ttr) شامل ماسه‌سنگ، شیل‌های زیتونی، بازالت و قطعات اولیستولیتی کربناتی پرمین که به‌صورت دگرشیب سنگ آهک‌ها و دولومیت‌های بازبورین شده پرمین (Pr) را م پوشانند و خود توسط سنگ‌آهک‌های دولومیتی تریاس‌بالایی (Trc) پوشیده می‌شوند ۱۶
- شکل ۲-۵- پراکندگی سری آتشفشانی- ماگمایی در بخش جنوبی پهنه سنج- سیرجان ۱۸
- شکل ۲-۶- الگوی ساده ژئودینامیکی بخش جنوب‌خاوری سنج- سیرجان در ارتباط با بازشدگی، گسترش، بسته شدن اقیانوس نئوتتیس (شیخ الاسلامی ۱۳۹۳) ۲۱
- شکل ۲-۷- موقعیت محدوده مطالعاتی بر روی نقشه زمین‌شناسی‌های ۱:۱۰۰,۰۰۰ ۲۲
- شکل ۲-۸- جایگاه مجموعه دگرگون باجگان در بخش جنوب خاوری پهنه سنج- سیرجان ۲۳
- شکل ۳-۱- پوشش تصاویر سنجنده ASTER محدوده مطالعاتی ۲۷
- شکل ۳-۲- تصویر رنگی کاذب حاصل از سه باند RGB:۴۶۸ سنجنده Aster ۲۸
- شکل ۳-۳- تصویر رنگی مجازی OLI از محدوده اکتشافی، به‌دست آمده از طریق فیوژن کردن (ترکیب باندی RGB:۶۴۲) ۳۰
- شکل ۳-۴- تصویر رنگی مجازی OLI از محدوده اکتشافی، به‌دست آمده از طریق فیوژن کردن (ترکیب باندی RGB:۷۵۳) ۳۰
- شکل ۳-۵- مقایسه باندهای طیفی ماهواره‌های لندست ۷، لندست ۸ و سنتینل ۲ ۳۱
- شکل ۳-۶- تصویر رنگی مجازی سنتینل ۲ با استفاده از ترکیب باندهای RGB:۴۳۲ ۳۲
- شکل ۳-۷- نمایی کلی از مراحل پردازش داده‌های دورسنجی ۳۳
- شکل ۳-۸- ساختارهای خطی (خطواره‌ها و ساختار حلقوی) بر روی تصویر استخراجی از سنجنده Sentinel۲ با استفاده از فیلتر جهت‌دار ۳۵
- شکل ۳-۹- الگوی پراکندگی دگرسانی آرژیلیک از داده‌های Swir استر در منطقه مطالعاتی ۳۷
- شکل ۳-۱۰- الگوی پراکندگی دگرسانی کائولینیت از داده‌های Swir استر در منطقه مطالعاتی ۳۷
- شکل ۳-۱۱- الگوی پراکندگی کانی مسکویت از داده‌های Swir استر در منطقه مطالعاتی ۳۸
- شکل ۳-۱۲- الگوی پراکندگی دگرسانی فلیک از داده‌های Swir استر در منطقه مطالعاتی ۳۸
- شکل ۳-۱۳- الگوی پراکندگی دگرسانی پروپلیتیک از داده‌های Swir استر در منطقه مطالعاتی ۳۹
- شکل ۳-۱۴- الگوی پراکندگی دگرسانی سیلیس از داده‌های TIR استر در منطقه مطالعاتی ۳۹
- شکل ۳-۱۵- الگوی پراکندگی دگرسانی اکسید آهن از داده‌های لندست ۸ در منطقه مطالعاتی ۴۰
- شکل ۳-۱۶- الگوی پراکندگی دگرسانی آهن سه ظرفیتی (مگنتیت) از داده‌های سنتینل ۲ در منطقه مطالعاتی ۴۰
- شکل ۴-۱- نقشه موقعیت نمونه‌های رسوبات آبراه‌ای در محدوده مطالعاتی مورد بررسی ۴۶

- شکل ۴-۲- نمودار هیستوگرام داده‌های خام عناصر Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn ۴۸
- شکل ۴-۳- نمودار هیستوگرام داده‌های نرمال عناصر Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn ۴۹
- شکل ۴-۴- نمودار هیستوگرام داده‌های خام عناصر Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn ۵۱
- شکل ۴-۵- نمودار هیستوگرام داده‌های نرمال عناصر Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn ۵۲
- شکل ۴-۶- نمودار هیستوگرام داده‌های خام عناصر Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn ۵۴
- شکل ۴-۷- نمودار هیستوگرام داده‌های نرمال عناصر Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn ۵۵
- شکل ۴-۸- نمودار هیستوگرام داده‌های خام عناصر Co, Cr, Cu, Ni, V, Zn ۵۷
- شکل ۴-۹- نمودار هیستوگرام داده‌های نرمال عناصر Co, Cr, Cu, Ni, V, Zn ۵۸
- شکل ۴-۱۰- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر کروم در منطقه مورد مطالعه ۶۲
- شکل ۴-۱۱- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر مس در منطقه مورد مطالعه ۶۲
- شکل ۴-۱۲- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر منگنز در منطقه مورد مطالعه ۶۳
- شکل ۴-۱۳- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر کبالت در منطقه مورد مطالعه ۶۳
- شکل ۴-۱۴- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر وانادیوم در منطقه مورد مطالعه ۶۴
- شکل ۴-۱۵- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر نیکل در منطقه مورد مطالعه ۶۴
- شکل ۴-۱۶- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر سرب در منطقه مورد مطالعه ۶۵
- شکل ۴-۱۷- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر روی در منطقه مورد مطالعه ۶۵
- شکل ۵-۱- نقشه شدت کل میدان مغناطیسی ۶۹
- شکل ۵-۲- نقشه برگردان به قطب شدت کل میدان مغناطیسی ۷۰
- شکل ۵-۳- نقشه خطواره‌ها و توده‌های مغناطیسی کم عمق استخراج شده از نقشه برگردان به قطب (RTP) ۷۲
- شکل ۶-۱- نقشه مسیر پیمایش پیشنهادی به همراه مناطق امیدبخش داورسنگی برای عملیات پی‌جویی در محدود اکتشافی ۷۵
- شکل ۶-۲- مسیرهای پیمایشی و موقعیت محل نمونه‌برداری برداشت شده از محدوده اکتشافی ۷۶
- شکل ۶-۳- تصویر ماهواره‌ای محدوده منوجان- نودژ و موقعیت محور تاقدیس ۷۷
- شکل ۶-۴- نمایی از چین‌خوردگی اصلی تاقدیسی در محدوده ۷۷
- شکل ۶-۵- نمایی از گسل قطع‌کننده سیل دیابازی و چین‌خوردگی در واحد کربناته ۷۸
- شکل ۶-۶- نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ ترسیم شده از محدوده منوجان- نودژ ۷۹
- شکل ۶-۷- نمایی از دگرسانی سرپانتینی داخل واحد اولترامافیک-مافیک (تصویر سمت راست) و نمایی میکروسکوپی از آن در نور XPL (تصویر سمت چپ) ۸۰
- شکل ۶-۸- نمایی از واحد گابرویی حاوی قالب‌های پیریت هوازده ۸۰
- شکل ۶-۹- نمایی از گسترش واحد کلریت شیستی (نوع دوم) ۸۱
- شکل ۶-۱۰- نمایی از میان لایه کلریت شیستی داخل میکاشیست (نوع اول) ۸۲
- شکل ۶-۱۱- نمایی از چین‌خوردگی لایه کلریت شیستی (نوع اول) ۸۲
- شکل ۶-۱۲- نمایی از رگه کلسیتی داخل کلریت اپیدوت شیست ۸۳
- شکل ۶-۱۳- نمایی از واحد مگنتیت کلریت شیست ۸۴

- شکل ۶- ۱۴- نمایی از میان لایه میکاشیست داخل واحد کلریت شیستی ۸۴
- شکل ۶- ۱۵- نمایی از رگه سیلیسی- کربناته داخل واحد میکاشیستی ۸۵
- شکل ۶- ۱۶- نمایی از عدسی سنگ آهکی دگرگون شده داخل میکاشیست ۸۶
- شکل ۶- ۱۷- نمایی از لامینه‌های سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن داخل واحد سنگ آهکی دگرگون شده ۸۶
- شکل ۶- ۱۸- نمایی از واحد کالک شیستی همراه با تناوب مرمر با میکاشیست ۸۷
- شکل ۶- ۱۹- نمایی از دگرشکلی در واحد کالک شیستی همراه با تناوب مرمر با میکاشیست ۸۷
- شکل ۶- ۲۰- نمایی از واحدهای بازالتی و کلریت شیستی نوع سوم همراه آهن ۸۸
- شکل ۶- ۲۱- نمایی از کلریت شیست (نوع سوم) اطراف بازالت ۸۹
- شکل ۶- ۲۲- نمایی از رگه‌های سیلیسی- کربناتی داخل واحد بازالتی ۸۹
- شکل ۶- ۲۳- نمایی از رگه‌های سیلیسی- کربناتی همراه دگرسانی اپیدوتی- کلریتی ۹۰
- شکل ۶- ۲۴- نمایی از سیل گابرو- دیابازی مجاور کلریت شیست ۹۱
- شکل ۶- ۲۵- نمایی از سیل دیابازی- گابروی حاوی رگه‌های سیلیسی- اپیدوتی ۹۱
- شکل ۶- ۲۶- نمایی دیگر از سیل دیابازی- گابروی حاوی رگه‌های سیلیسی- اپیدوتی ۹۲
- شکل ۶- ۲۷- نمایی از واحد تراس آبرفتی جوان روی کلریت شیست ۹۳
- شکل ۶- ۲۸- نمایی نزدیک از نمایی از واحد تراس آبرفتی جوان ۹۳
- شکل ۶- ۲۹- نمایی از نمایی از واحد تراس آبرفتی جوان که حالت کنگلومرایی سست دارد. ۹۴
- شکل ۶- ۳۰- نمایی از قطعات آغشته به لیمونیت در واحد آبرفتی (محل برداشت نمونه ۱۲- MNJ) ۹۴
- شکل ۶- ۳۱- نمایی از پهنه دگرسانی سیلیسی در داخل میکاشیست ۹۹
- شکل ۶- ۳۲- نمایی از رگه سیلیسی آغشته به مالاکیت ۱۰۰
- شکل ۶- ۳۳- نمایی از ترانشه حفر شده در پهنه دگرسانی سیلیسی ۱۰۱
- شکل ۶- ۳۴- نمایی از رگه سیلیسی داخل میکاشیست ۱۰۲
- شکل ۶- ۳۵- نمایی از رگه سیلیسی همراه کلریت شیست ۱۰۲
- شکل ۶- ۳۶- نمایی از پیت استخراجی معدن متروکه سیلیس ۱۰۳
- شکل ۶- ۳۷- نمایی از رگه سیلیسی داخل پیت استخراجی ۱۰۳
- شکل ۶- ۳۸- نمایی از رگه نسبتاً ضخیم سیلیسی داخل معدن متروکه ۱۰۴
- شکل ۶- ۳۹- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی که گاهی کمی آغشته به اکسید آهن است. ۱۰۴
- شکل ۶- ۴۰- نمایی از محل دپوی سیلیسی در محدوده ۱۰۵
- شکل ۶- ۴۱- نمایی از رگه سیلیسی دگرشکل شده ۱۰۵
- شکل ۶- ۴۲- نمایی از رگه سیلیسی ۱۰۶
- شکل ۶- ۴۳- نمایی از زون سیلیسی در شمال محدوده ۱۰۶
- شکل ۶- ۴۴- نمایی از عدسی سیلیسی ۱۰۷
- شکل ۶- ۴۵- نمایی از قطعات سیلیسی آغشته به اکسید- هیدروکسیدهای آهن ۱۰۷
- شکل ۶- ۴۶- نمایی از عدسی سیلیسی داخل میکاشیست ۱۰۸
- شکل ۶- ۴۷- نمایی از رگه‌های سیلیسی کربناتی داخل میکاشیست ۱۰۸

- شکل ۶- ۴۸- نمایی از رگه سیلیسی چین خورده داخل میکاشیست ۱۰۹
- شکل ۶- ۴۹- نمایی از رگه سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن ۱۰۹
- شکل ۶- ۵۰- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن ۱۱۰
- شکل ۶- ۵۱- نمایی از رگه سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن در کلریت شیست (نمونه ۸-MNJ) ۱۱۰
- شکل ۶- ۵۲- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن ۱۱۱
- شکل ۶- ۵۳- نمایی از رگه دیگر سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن (نمونه ۲۶-MNJ) ۱۱۱
- شکل ۶- ۵۴- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن (نمونه ۲۶-MNJ) ۱۱۲
- شکل ۶- ۵۵- نمایی از گوسان و زون آغشته به لیمونیت در واحد بازالتی (نمونه ۱۴-MNJ) ۱۱۲
- شکل ۶- ۵۶- نمایی نزدیک از گوسان و زون آغشته به لیمونیت در واحد بازالتی ۱۱۳
- شکل ۶- ۵۷- نمایی از موقعیت یک رگه سیلیسی- کربناتی در واحد کلریت شیستی ۱۱۴
- شکل ۶- ۵۸- نمایی از رگه سیلیسی- کربناتی در واحد میکاشیستی (نمونه‌های ۹-MNJ و ۱۰-MNJ) ۱۱۴
- شکل ۶- ۵۹- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی- کربناتی ۱۱۵
- شکل ۶- ۶۰- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی- کربناتی آغشته به لیمونیت (نمونه ۴۱-MNJ) ۱۱۵
- شکل ۶- ۶۱- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی- کربناتی حاوی قالب‌های پیریت اکسید شده (تصویر سمت راست) و نمایی از مقطع میکرسکوپی کالکوپیریت در نمونه شماره ۳۲-MNJ (تصویر سمت چپ) ۱۱۶
- شکل ۶- ۶۲- نمایی از رگه دیگر سیلیسی- کربناتی داخل کلریت شیست (نمونه ۱۹-MNJ) ۱۱۶
- شکل ۶- ۶۳- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی- کربناتی آغشته به لیمونیت (نمونه ۱۹-MNJ) ۱۱۷
- شکل ۶- ۶۴- موقعیت تکتونیکی و جایگاه قرارگیری کانسارهای طلای کوهزائی در محیط‌های تکتونیکی برخوردی و ارتباط آنها با موقعیت تکتونیکی دیگر کانسارهای طلا (Groves et al., ۱۹۹۸, ۲۰۰۳) ۱۱۸
- شکل ۶- ۶۵- نمایی شماتیک از محیط‌های پوسته‌ای کانسارهای طلای کوهزائی با توجه به عمق تشکیل و موقعیت تکتونیکی (Groves et al., ۱۹۹۸, ۲۰۰۳) ۱۱۸

جدول ۱-۱	لیست نقشه‌ها و داده‌های موجود در محدوده اکتشافی در مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰	۶
جدول ۱-۲	لیست نقشه‌ها و داده‌های موجود در محدوده اکتشافی و اطراف ا در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰	۷
جدول ۱-۳	لیست تصاویر ماهواره‌ای پوشاننده منطقه مطالعاتی	۷
جدول ۱-۴	داده‌های ژئوفیزیک هوایی پوشاننده منطقه مطالعاتی	۷
جدول ۱-۵	مشخصات داده‌های ژئوشیمی (رسوبات آبراهه‌ای) پوشاننده منطقه مطالعاتی	۷
جدول ۱-۶	مشخصات داده‌های معدنی پوشاننده محدوده مطالعاتی	۸
جدول ۳-۱	مشخصات طول موج‌ها و کانی‌های قابل تشخیص در طول موج‌های مختلف	۲۶
جدول ۳-۲	مشخصات طول موج‌ها و کانی‌های قابل تشخیص در طول موج‌های مختلف	۲۸
جدول ۳-۳	محدوده طیفی باندهای سنجنده OLI	۲۹
جدول ۳-۴	مشخصات رادیومتری و توان تفکیک مکانی ماهواره سنتینل ۲	۳۱
جدول ۴-۱	مشخصات برگه‌های دارای داده‌های ژئوشیمیایی (رسوبات آبراهه‌ای) در محدوده مطالعاتی	۴۶
جدول ۴-۲	پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر مختلف در برگه یکصد هزار میناب	۴۷
جدول ۴-۳	پارامترهای آماری داده‌های نرمال شده عناصر مختلف در برگه یکصد هزار میناب	۴۸
جدول ۴-۴	محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های نرمال به روش پیرسون در برگه میناب	۴۹
جدول ۴-۵	محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های خام به روش اسپیرمن در برگه میناب	۴۹
جدول ۴-۶	پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر مختلف در برگه یکصد هزار نودژ	۵۰
جدول ۴-۷	پارامترهای آماری داده‌های نرمال شده عناصر مختلف در برگه یکصد هزار نودژ	۵۱
جدول ۴-۸	محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های نرمال به روش پیرسون در برگه نودژ	۵۲
جدول ۴-۹	محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های خام به روش اسپیرمن در برگه نودژ	۵۲
جدول ۴-۱۰	پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر مختلف در برگه یکصد هزار کهنوج	۵۳
جدول ۴-۱۱	پارامترهای آماری داده‌های نرمال شده عناصر مختلف در برگه یکصد هزار کهنوج	۵۴
جدول ۴-۱۲	محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های نرمال به روش پیرسون در برگه کهنوج	۵۵
جدول ۴-۱۳	محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های خام به روش اسپیرمن در برگه کهنوج	۵۵
جدول ۴-۱۴	پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر مختلف در برگه یکصد هزار قلعه‌منوجان	۵۶
جدول ۴-۱۵	پارامترهای آماری داده‌های نرمال شده عناصر مختلف در برگه یکصد هزار قلعه‌منوجان	۵۷
جدول ۴-۱۶	محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های نرمال به روش پیرسون در برگه قلعه‌منوجان	۵۸
جدول ۴-۱۷	محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های خام به روش اسپیرمن در برگه قلعه‌منوجان	۵۸
جدول ۶-۱	لیست نمونه‌های برداشت شده از محدوده مس منوجان	۹۵
جدول ۶-۲	جدول استاندارد مدل زایشی طلای کوهزایی	۱۲۲

فصل اول: کلیات

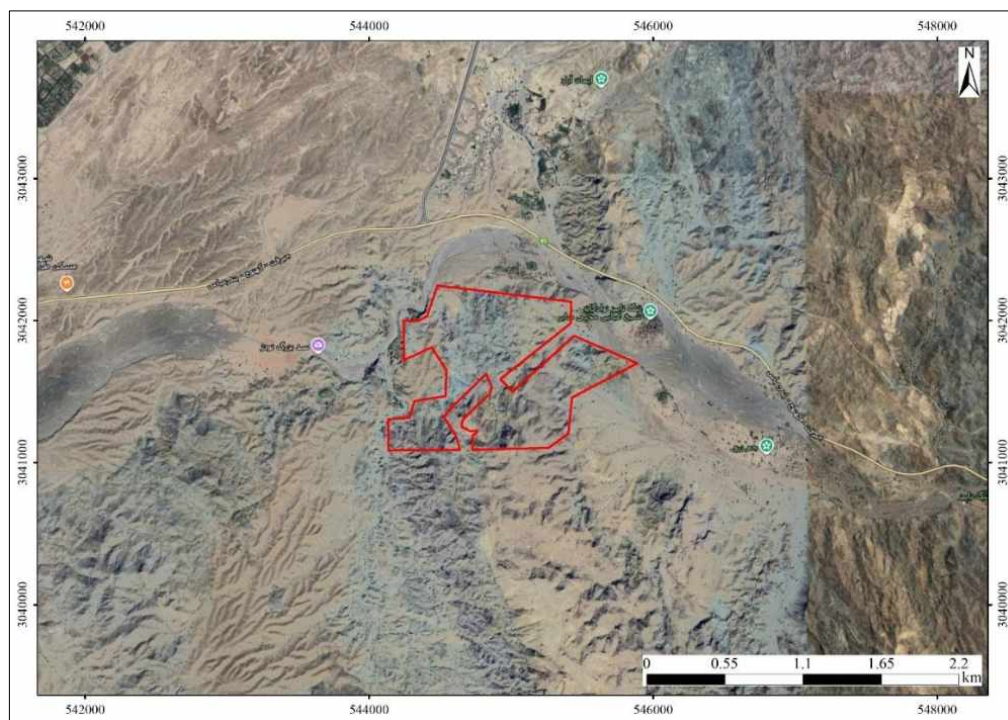
۱-۱- مقدمه

محدوده اکتشافی کانسنگ کرومیت دارای پروانه اکتشاف به کدکاداستر ۱۲۰۲۱۶۴ با مساحت ۱/۱۵۹۹ کیلومترمربع در استان کرمان میباشد.

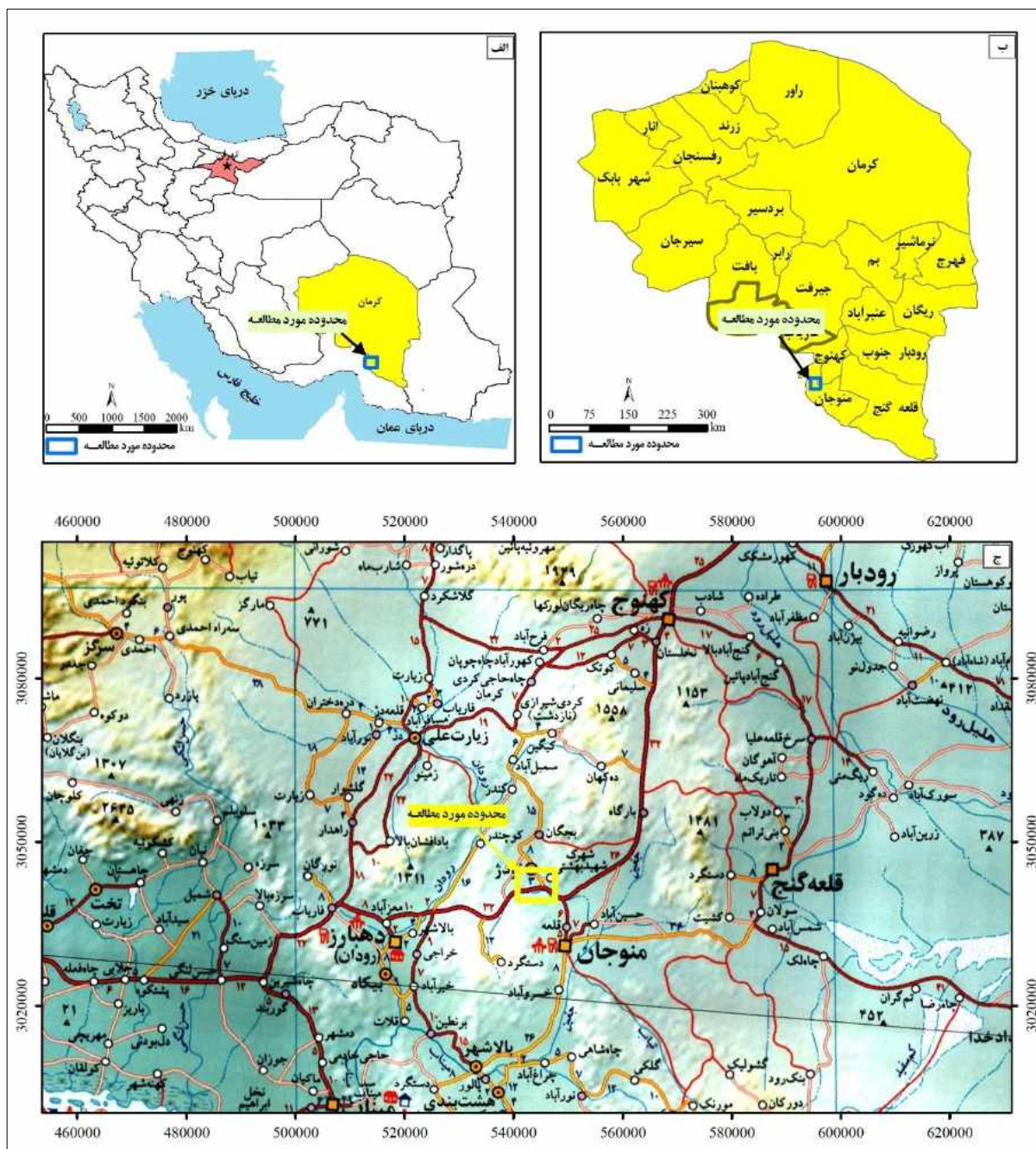
۱-۲-۱- اطلاعات کلی منطقه

۱-۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی

محدوده اکتشافی از نظر تقسیمات کشوری در جنوب غرب استان کرمان در حدود ۱۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان منوجان واقع شده است. راه دسترسی به محدوده از طریق جاده اصلی کهنوج- رودان و جاده فرعی نودز امکان پذیر است (شکل ۲). در ادامه موقعیت آن بر روی تصویر ماهواره‌ای نشان داده شده است (شکل ۱).



شکل ۱-۱- موقعیت کادر محدوده اکتشافی بر روی تصویر ماهواره‌ای



شکل ۱-۲- الف) موقعیت محدوده اکتشافی در نقشه ایران، ب) موقعیت نسبت به مرکز استان و ج) راه دسترسی به آن

۱-۲-۲- شرایط آب و هوایی و اجتماعی منطقه

از نظر آب و هوایی این ناحیه جزء مناطق نسبتاً کویری با آب و هوای نیمه خشک مدیترانه‌ای (نیمه بیابانی) تقسیم‌بندی می‌شود. آب و هوای این منطقه نیمه بیابانی با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌هایی نسبتاً سرد است. نودز دارای آب و هوایی کاملاً متغییر و متفاوت است گاهی هوا خشک و گاهی هم شرجی است و به دلیل نزدیک بودن به دریا هم از سمت میناب و هم بندرعباس است. دما گرمترین روزهای تابستان به حدود ۵۵-۵۰

۵۳ درجه سانتیگراد می‌رسد و اغلب مواقع بالای ۴۰ سانتیگراد است و در سردترین روزهای زمستان به حدود ۸ تا ۹ درجه سانتیگراد می‌رسد، ولی اغلب روزهای زمستان بین ۱۶ تا ۲۴ درجه سانتیگراد است که در نوع خود کم‌نظیر است و زمستان و اوایل بهار بهترین فصل برای مسافرت است. محصولات باغبانی نودژ شامل لیمو، پرتقال، نارنگی، خرما و حبوباتی همچون ماش، گندم، جو و ... است. نودژی‌ها به لهجه نودژی حرف می‌زنند و با لهجه منوجانی، کهنوجی و بندری اندکی فرق دارد.

۱-۲-۳- مورفولوژی و توپوگرافی منطقه

از دیدگاه زمین‌ریخت‌شناسی (ژئومورفولوژی) محدوده مطالعاتی در دشت منوجان واقع شده است. دشت منوجان با وسعت حدود ۵۰۰ کیلومترمربع در جنوب شرق ایران و جنوب استان کرمان واقع شده است. ارتفاع متوسط آن ۴۰۴ متر از سطح دریاهاى آزاد است و شیب آرامی به سمت جنوب دارد، به‌طوری که حداقل ارتفاع منطقه در نقطه خروجی واقع در جنوب شرقی دشت قرار دارد که ارتفاع آن ۳۲۵ متر است. به لحاظ زمین‌شناختی، منطقه منوجان جایگاه خاصی دارد. این دشت و مناطق اطراف آن از یک طرف در نزدیکی حاشیه جنوب غربی جازموریان قرار دارد. از طرف دیگر در انتهای شمال غربی کوه‌های مکران واقع شده است. در عین حال به لحاظ زمین‌شناسی شباهت‌هایی با زون سسندج- سیرجان دارد، به‌طوری که بعضی از کارشناسان ادامه این زون را تا منوجان هم در نظر می‌گیرند. این منطقه به انتهای شرقی واحد زاگرس نیز بسیار نزدیک است.



شکل ۱-۳- نمایی از مورفولوژی محدوده اکتشافی بر روی تصویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث

۱-۳- پیشینه مطالعاتی

برای اولین بار ج. اشتوکلین در سال ۱۹۶۸ زمین‌شناسی ایران را به چند زون ساختاری که دارای وضعیت تکتونیکی، تاریخچه ساختاری و رسوبی متفاوت می‌باشند، تقسیم نموده است. طبق تقسیم‌بندی اشتوکلین محدوده مورد مطالعه در زون سنندج- سیرجان قرار گرفته است.

ناحیه مورد مطالعه در چهارچوب نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰,۰۰۰ میناب و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰,۰۰۰ میناب و نودژ توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد بررسی قرار گرفته است. هوشمندزاده (۱۹۷۸) به افیولیت‌های ایران نگرشی داشته و اشاره مختصری به افیولیت‌های این منطقه کرده است، هم‌چنین مطالعاتی توسط شرمین و ملاک‌پور و ادوارد (۱۹۷۱) صورت گرفته است.

اشتوکلین (۱۹۷۷) مروری بر تاریخچه شکل‌گیری تکتونیک صفحه‌ای این بخش از آسیا داشته است.

دیفنباخ (۱۹۸۸) به صورت کلی کرومیت‌های ایران را مورد بررسی قرار داده است.

رجب‌زاده (۱۹۸۸) در قسمتی از پایان‌نامه دکترای خود، به بررسی کانی‌های گروه پلاتین در کرومیت‌های معادن فاریاب پرداخته است.

نجف‌زاده (۱۳۸۶) در قالب پایان‌نامه دکترا، پترولوژی و ژئوشیمی و زمین‌شناسی مجموعه اولترامافیک

سرخ‌بند را مورد بررسی قرار داده است.

پلنگ سوار (۱۳۸۸) در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به بررسی پتروگرافی و ژئوشیمی کانسار کرومیت فاریاب و سنگ‌های مرتبط با آن پرداخته است.

صفایی (۱۳۷۴) در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد، کانسار کرومیت فاریاب را از لحاظ زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی بررسی کرده است.

عابدین‌زاده (۱۳۷۶) نیز در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به بررسی اذخال‌های جامد موجود در کرومیت‌های منطقه فاریاب پرداخته است.

گلستانی (۱۳۹۲)، در مقاله‌ای تحت‌عنوان منشا پلاژیوگرانیت‌ها و گابروهای افیولیت‌ملانژ بافت؛ واقع در جنوب غرب کرمان، به بررسی منشا پلاژیوگرانیت‌ها و گابروهای افیولیت‌ملانژ در منطقه بافت پرداختند. کشفی و همکاران (۱۴۰۲) در مقاله‌ای تحت‌عنوان زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی آتشفشانی و توده نفوذی پلاژیوگرانیتی در ناحیه زاغ‌دره، کمپلکس افیولیتی اسفندقه- فاریاب، جنوب‌خاور ایران، به مطالعه این کمپلکس افیولیتی پرداختند.

ناصری و همکاران (۱۴۰۲)، در مقاله‌ای تحت‌عنوان پترولوژی و شیمی کانی پریدوتیت‌های کمپلکس افیولیتی فاریاب، منطقه گلاشکرد- جنوب‌شرق زون ساندج- سیرجان، به بررسی پترولوژی و شیمی کانی پریدوتیت‌های کمپلکس افیولیتی فاریاب پرداختند.

۱-۴- گردآوری داده‌ها

بر اساس شرح خدمات، جمع‌آوری داده‌ها بر پایه مقیاس و به تفکیک نوع داده، مطابق جداول زیر انجام گرفته است (جدول‌های ۱-۱ تا ۱-۶).

۱-۴-۱- داده‌های زمین‌شناسی در مقیاس‌های ۱:۲۵۰،۰۰۰ و ۱:۱۰۰،۰۰۰

جدول ۱-۱- لیست نقشه‌ها و داده‌های موجود در محدوده اکتشافی در مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰.

ردیف	نام برگه	شماره برگه	هارد زمین‌شناسی	فایل رقومی زمین‌شناسی
۱	میناب	NG ۴۰-۳	دارد	دارد

جدول ۱-۲- لیست نقشه‌ها و داده‌های موجود در محدوده اکتشافی و اطراف ۱ در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰.

ردیف	نام برگه	شماره برگه	هارد زمین‌شناسی	فایل رقومی زمین‌شناسی	داده‌های ژئوشیمی
۱	میناب	۷۴۴۴	دارد	دارد	دارد
۲	نودژ	۷۴۴۵	دارد	دارد	دارد
۳	کهنوج	۷۵۴۵	دارد	دارد	دارد
۴	قلعه منوجان	۷۵۴۴	دارد	دارد	دارد

۲-۴-۱- داده‌های تصاویر ماهواره‌ای

جدول ۱-۳- لیست تصاویر ماهواره‌ای پوشاننده منطقه مطالعاتی.

ردیف	نام تصویر	سنجنده	تعداد سنین	شماره سنین
۱	Aster	Aster	۲	AST_L1T_۰۰۳۰۶۲۴۲۰۰۴۰۶۵۶۴۶_۲۰۱۵۰۵۰۴۲۳۲۶۴۳_۷۵۶۹۱ AST_L1T_۰۰۳۰۷۲۱۲۰۰۲۰۶۵۸۳۸_۲۰۱۵۰۴۲۳۰۹۳۶۴۸_۹۱۰۴۲
۲	OLI	Landsat ۸	۱	LC۰۸_L1TP_۱۵۹۰۴۱_۲۰۲۴۰۶۲۳_۲۰۲۴۰۷۰۸_۰۲_T۱
۳	Sentinel ۲	MSI	۱	S2A_MSIL2A_۲۰۲۴۰۶۱۶T۰۶۴۶۳۱_N۰۵۱۰_R۰۲۰_T۴۰RER_۲۰۲۴۰۶۱۶_T۱۱۱۶۵۰

۳-۴-۱- داده‌های ژئوفیزیک هوایی

جدول ۱-۴- داده‌های ژئوفیزیک هوایی پوشاننده منطقه مطالعاتی.

ردیف	نوع داده	ساختار داده	فاصله خطوط پرواز	ارتفاع پرواز	وسیله برداشت	تولید کننده داده
۱	مغناطیس‌سنجی	وکتور-رستر	۷/۵ کیلومتری	ثابت	هواپیما	ایروسرویس

۴-۴-۱- داده‌های ژئوشیمیایی

جدول ۱-۵- مشخصات داده‌های ژئوشیمی (رسوبات آبراهه‌ای) پوشاننده منطقه مطالعاتی.

ردیف	نام و شماره برگه	تعداد نمونه	تعداد عناصر	نوع نمونه	روش آنالیز
۱	میناب-۷۴۴۴	۹۰	۷	سیلت	ICP-OES
۲	نودژ-۷۴۴۵	۶۹	۸	سیلت	ICP-OES
۳	کهنوج-۷۵۴۵	۲۱	۱۱	سیلت	ICP-OES
۴	قلعه منوجان-۷۵۴۴	۴	۱۱	سیلت	ICP-OES

۵-۴-۱- داده‌های معدنی

جدول ۱-۶- مشخصات داده‌های معدنی پوشاننده محدوده مطالعاتی.

ردیف	نام	نوع کانه زایی	X	Y
۱	Dastgerd	Cu-Au	۵۷,۲۷,۰۰	۲۷,۲۴,۳۰
۲	Manujan ^۱	Cu	۵۷,۲۶,۰۰	۲۷,۲۷,۰۰
۳	Manujan ^۲	Cu	۵۷,۲۷,۰۰	۲۷,۲۵,۰۰
۴	Amir(Sorkh Band)	Cr	۵۷,۲۴,۰۰	۲۷,۲۴,۰۰
۵	Dastgerd ^۱	Cr	۵۷,۲۳,۰۰	۲۷,۲۳,۳۰
۶	Dastgerd ^۲	Cr	۵۷,۲۶,۳۰	۲۷,۲۳,۳۰
۷	Hur	Cr	۵۷,۲۳,۰۰	۲۷,۲۸,۰۰
۸	Manujan	Cr	۵۷,۳۰,۰۰	۲۷,۲۶,۳۰
۹	Nodarreh ^۱	Cr	۵۷,۲۲,۳۰	۲۷,۳۲,۰۰
۱۰	Nodarreh ^۲	Cr	۵۷,۲۲,۳۰	۲۷,۳۰,۰۰
۱۱	North of Kuh-e-Movali	Cu	۵۷,۴۶۶۳۹	۲۷,۴۴۵۵۶
۱۲	Faryab	Cr	۵۷,۳۶۵۸۵	۲۷,۳۹۸۵۵

۵-۱- اهداف پروژه

بررسی اکتشافی و معرفی مناطق بالقوه کنایایی در محدوده اکتشافی مطالعاتی می‌باشد. در طی این گزارش، زمین‌شناسی محدوده به‌منظور تعیین خصوصیات زمین‌شناسی واحدهای سنگی، تیپ‌های احتمالی کانه‌زایی و مدل‌سازی کانساری، مطالعات ژئوشیمی، مطالعات ژئوفیزیک و سنجش از دور مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۶-۱- روش انجام پروژه

در طول انجام پروژه در راستای اجرای بندهای شرح خدمات، موارد زیر انجام شده است.

۱) مطالعات دفتری

- گردآوری اطلاعات و منابع کتابخانه‌ای پیشین شامل بررسی کلیه نقشه‌های زمین‌شناسی موجود (نقشه‌های ۱:۲۵۰.۰۰۰ میناب و ۱:۱۰۰.۰۰۰ میناب، نودژ، کهنوج و قلعه‌منوجان)، نقشه‌های توپوگرافی، گزارش‌ها، مقالات، اطلاعات و عکس‌های هوایی مربوط به منطقه.
- پردازش‌های دورسنجی برای تفکیک واحدهای سنگی، ساختارهای خطی و حلقوی، استخراج انواع دگرسانی‌ها با استفاده از تصاویر ASTER، Sentinel_۲ و OLI.

- بازبینی و پردازش داده‌های ژئوشیمی در مقیاس ۱:۱۰۰.۰۰۰ شامل بررسی آماری تک‌متغیره، تعیین ضریب همبستگی و غیره.

- بازنگری داده‌های ژئوفیزیک هوابرد و معرفی ناهنجاری‌ها.

- بررسی متالورژی داخل و پیرامون محدوده اکتشافی.

- تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده و تشکیل یک بانک اطلاعاتی. در این مرحله، اطلاعات اکتشافی

منطقه شامل اطلاعات زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک، معادن متروکه، معادن فعال، اندیس‌ها،

کانسارها و دگرسانی‌های موجود در منطقه مورد مطالعه که در مرحله اول گردآوری شده‌اند، در

نرم‌افزار ArcGIS منطبق شده و سپس عملیات تلفیق و مدل‌سازی بر روی آن‌ها انجام گرفته است.

- ارائه پروفیل پیشنهادی جهت بازدید و پی‌جویی در محدوده اکتشافی

(۲) عملیات صحرایی و نمونه‌برداری

پس از داده‌پردازی‌ها و تلفیق اولیه اطلاعات کتابخانه‌ای و استخراج مدل‌های مختلف، مناطق آنومالی

مشخص و اولویت‌بندی شده‌اند. سپس کارشناسان جهت بررسی نواحی امیدبخش، از منطقه بازدید کرده‌اند و

نمونه‌برداری از بخش‌های کانی‌سازی جهت مطالعات تکمیلی انجام شده است. سپس داده‌های حاصل بر روی

نقشه‌های پایه پیاده می‌شوند.

(۳) آنالیز و آزمایشگاه

(۴) معرفی مناطق امیدبخش

در نهایت با بررسی نتایج آنالیز با جمع‌بندی و تلفیق نهایی اطلاعات، محدوده یا محدوده‌های امیدبخش

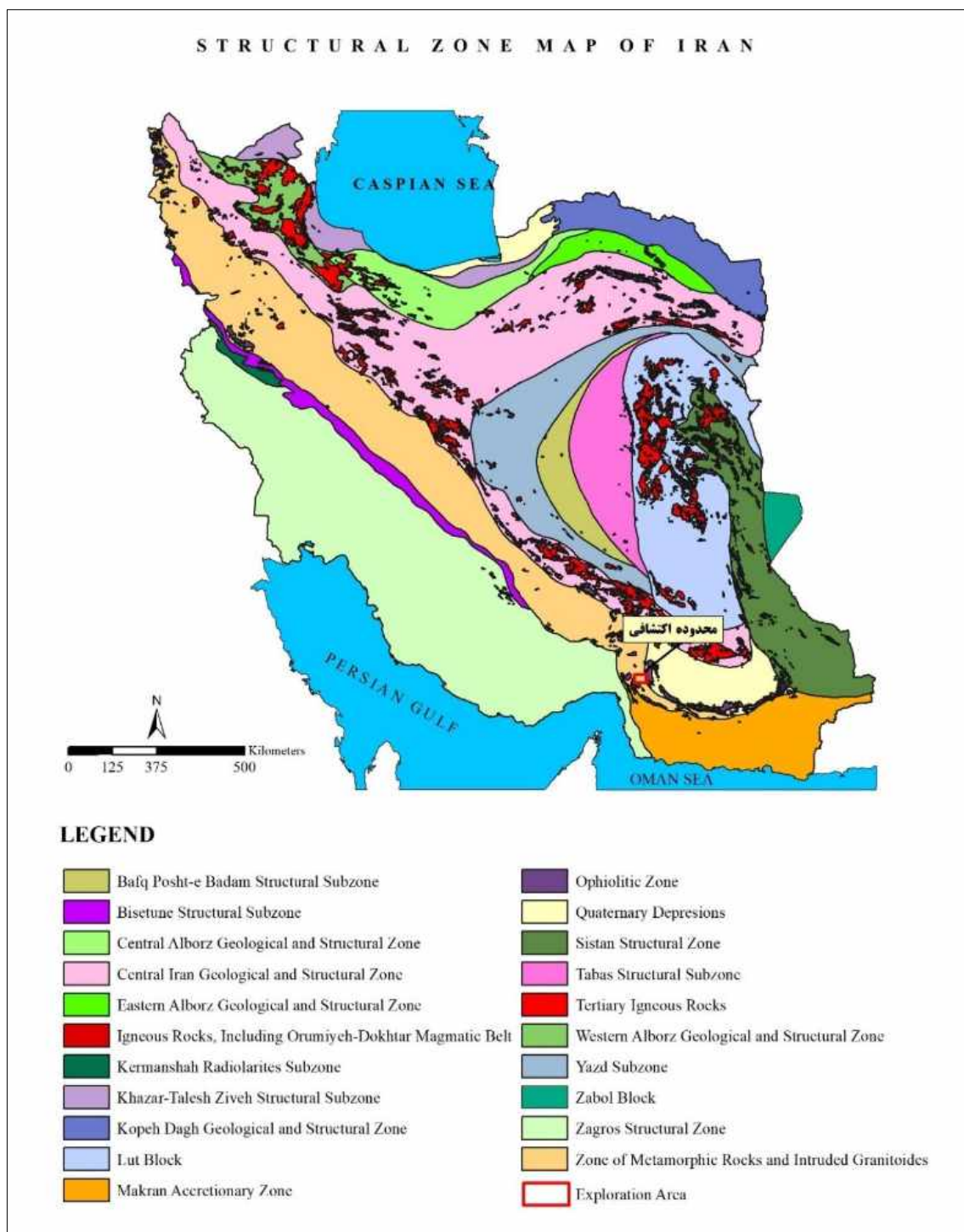
معرفی شده و پیشنهادهای اکتشافی جهت مطالعات بعدی ارائه می‌گردد.

(۵) ارائه گزارش نهایی فازشناسایی و پی‌جویی

فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی و متالوژنی

۲-۱- مقدمه

منطقه‌ای که محدوده اکتشافی در آن واقع شده است نیمه‌کوهستانی بوده و بر اساس تقسیم‌بندی سه‌پندی و همکاران (۲۰۰۲)، در جنوب زون سنندج-سیرجان (شکل ۲-۱) و در برکه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ میناب و ۱:۱۰۰,۰۰۰ میناب و نودژ قرار گرفته است (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه بر روی پهنه ساختاری- رسوبی ایران (تقسیم‌بندی سه‌پندی و همکاران، ۲۰۰۲)

۲-۲- پهنه سنندج - سیرجان

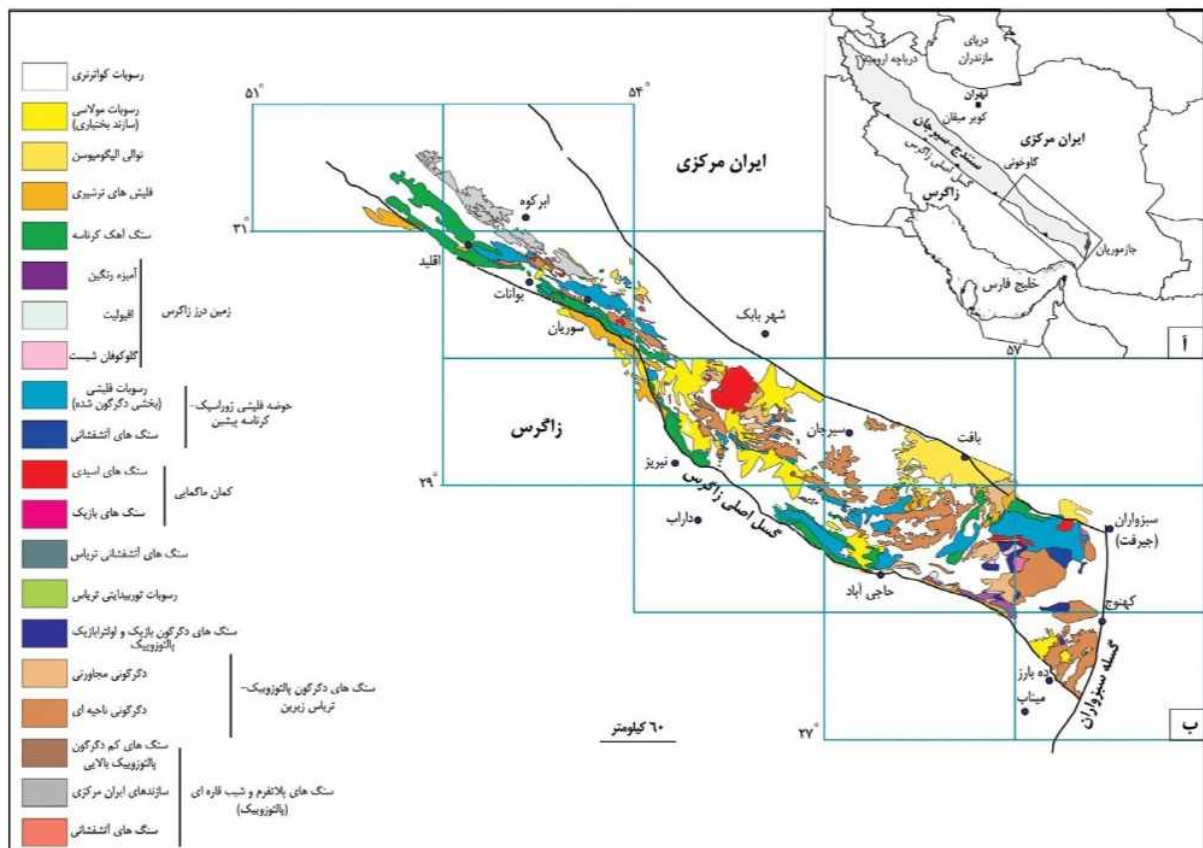
سنندج - سیرجان باریکه‌ای از جنوب‌باختری ایران میانی است که در بلافصل شمال‌خاوری راندگی اصلی زاگرس قرار دارد. ویژگی‌های سنگی و ساختاری سنندج- سیرجان معرف یک گودی ژرف (Trough) و یا کافت میانه‌ی بلوک در سپر پرکامبرین ایران و عربستان است. از یک جهت ویژگی‌های زمین‌شناختی آن با پهنه‌های مجاور تفاوت‌های آشکار دارد. تفاوت‌های ویژه‌ی این پهنه سبب شده است تا از گذشته‌های دور مورد توجه و مطالعه‌ی زمین‌شناسان باشد.

سری هیتات (پیلگریم، ۱۹۰۸)، پهنه‌ی همدان (گرگوری، ۱۹۲۹)، پهنه‌ی ساختاری پیچیده همراه با سنگ‌های دگرگونی (فالکن، ۱۹۶۱)، سنندج - سیرجان (اشتوکلین، ۱۹۷۱)، مریوان- منوجان (هوشمندزاده، ۱۹۷۶)، اسفندقه- مریوان (نوگل، ۱۹۷۷)، آلاکوزئوسینکلینال پروتروزوئیک- تریاس (سبزه‌ئی، منتشر نشده) نام‌های ناهمسانی است که برای این پهنه گزیده شده است که از میان آن‌ها، «سنندج- سیرجان» شناخته شده‌تر است و کاربرد بیشتر دارد.

درازای پهنه سنندج- سیرجان حدود ۱۵۰۰ و پهنای آن ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر است که از باختر دریاچه‌ی ارومیه آغاز می‌شود و در یک راستای شمال‌باختری- جنوب‌باختری تا گسل میناب، در شمال بندرعباس، ادامه می‌یابد. نیاز به یادآوری است که در پهنه‌ی مکران باریکه‌ای از پوسته‌ی قاره‌ای به نام کمپلکس دورکان وجود دارد که مک‌کال (۱۹۸۵) آن را ادامه خاوری پهنه سنندج- سیرجان می‌داند. در جهت شمال‌باختر، گودی درون قاره‌ای سنندج- سیرجان تا جنوب‌خاوری ترکیه ادامه دارد که پس از تغییری در روند آن تا ماسیف بیتلیس ادامه می‌یابد (اشتوکلین، ۱۹۶۸). برخلاف مرز جنوب‌باختری، که با راندگی اصلی زاگرس مشخص می‌شود، ارتباط شمال‌خاوری سنندج- سیرجان با مناطق دیگر ایران میانی، به دلیل پوشش گسترده‌ی سنگ‌های ترشیری و کواترنر، تغییرات جانبی رخساره‌ها و نیز دگرشکلی‌های پیچیده، به خوبی مشخص نیست. فروافتادگی‌های دریاچه‌ی ارومیه، توزلوگل، گاوخونی و جازموریان فصل مشترک تقریبی سنندج- سیرجان با ایران میانی است (اشتوکلین، ۱۹۶۸؛ شکل ۲-۲). راستای مستقیم سنندج- سیرجان در فاصله میان دریاچه‌ی ارومیه و اسفندقه، به‌طور محلی نمایانگر سامانه‌ای راستالغز است. در راستای جنوبی این ناحیه، گسل‌های

مستقیمی مانند آباءه، ده شیر، شهر بابک و بافت مشخص‌اند که بعضی از آن‌ها نشانگر جابجایی امتداد لغز راست‌گرد در رسوبات کواترنری می‌باشند (شیخ‌الاسلامی، ۱۳۸۱).

همخوانی روند ساختاری، یکسانی الگوی ساختاری، چیرگی راندگی‌ها به‌ویژه پذیرش الگوی استاندارد مناطق کوهزادی در پهنه‌های برخوردی، سبب شده است تا زمین‌شناسانی مانند فالکن (۱۹۶۱)، برو و ریکو (۱۹۷۱)، هینز و مک‌کویلن (۱۹۷۴)، فرهودی (۱۹۷۸) و علوی (۱۹۹۴)، سنندج-سیرجان را از زیرپهنه‌ای از کوهزاد زاگرس بدانند، ولی، ترتیب رسوبات، چارچوب زمین‌ساختی و به‌ویژه رویدادهای زمین‌ساختی و فعالیت‌های ماگمایی-دگرگونی سبب شده تا گروهی بزرگ از زمین‌شناسان، ویژگی‌های سنندج-سیرجان را با مناطق پرتحرک مرکز و شمال ایران قیاس کرده و آن را زیرپهنه‌ای از ایران میانی بدانند. با این حال، تفاوت‌هایی مانند پیروی از روند ساختمانی زاگرس، نبود نسبی سنگ‌های آتشفشانی دوره‌ی ترشیری، محدودیت گسترش سنگ‌های ترشیری، فراوانی نفوذی‌های گرانیتی-دیوریتی مزوزوئیک و سنوزوئیک، فراوانی نسبی سنگ‌های آذرین بیرونی پالئوزوئیک (سیلورین-دونین-پرمین)، عملکرد احتمالی رویدادهای زمین‌ساختی پیش از پرمین، و سرانجام دگرگونی به نسبت پیشرفته جنبش‌های سیمرین پیشین از ویژگی‌های بارز سنندج-سیرجان است که وابستگی آن را با پهنه‌های مجاور پرسش‌آمیز و مستقل دانستن آن را پیشنهاد می‌کند. ویژگی‌های بارز سنندج-سیرجان به‌ویژه فرآیندهای دگرگونی آن در همه‌جا یکسان نیستند. در نیمه‌ی جنوب‌خاوری این پهنه پدیده‌های دگرگونی به‌طور عمده حاصل عملکرد کوهزایی سیمرین پیشین است در حالی که در نیمه شمالی آن رویدادهای سیمرین میانی به‌ویژه کوهزایی لارامید از عوامل پلوتونیسم و دگرگونی هستند. به‌همین دلیل افتخارنژاد (۱۳۵۹)، پهنه کرمان-سیرجان را به دو بخش سنندج-همدان و همدان-سیرجان تقسیم می‌کند.



شکل ۲-۲- موقعیت پهنه سنندج- سیرجان در ایران و مرزهای این پهنه و نقشه زمین‌ساختی بخش جنوبی زون سنندج -

سیرجان

۲-۲-۱- واحدهای زمین‌ساخت - چینه‌نگاری بخش جنوبی زون سنندج - سیرجان

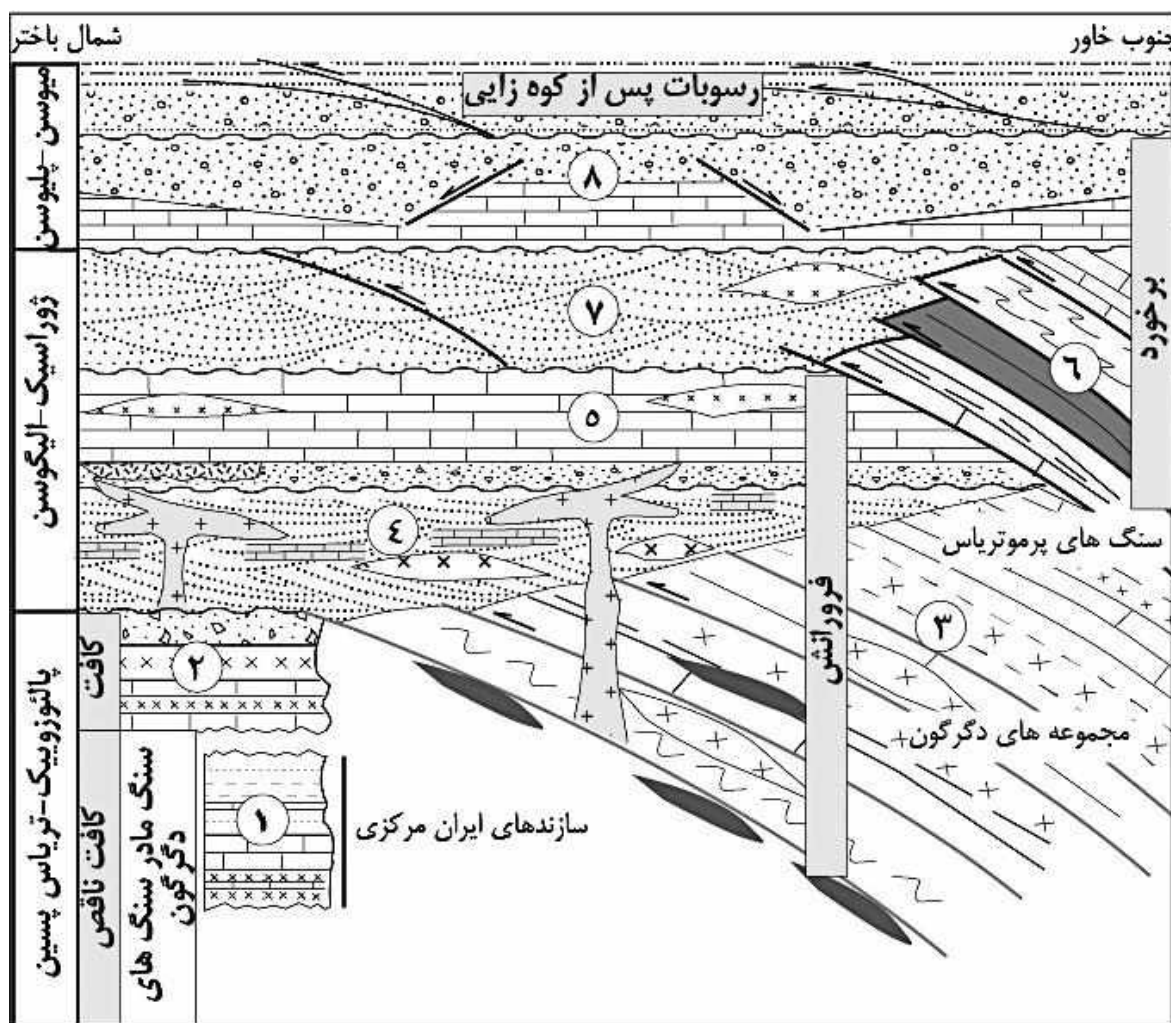
همان‌طور که در بخش‌های قبلی گفته شد منطقه مورد مطالعه از لحاظ زون‌های رسوبی- ساختاری جزئی

از پهنه سنندج - سیرجان محسوب می‌گردد. با بررسی صحرایی واحدهای سنگی مختلف در بخش

جنوب‌خاوری سنندج - سیرجان، ۹ واحد مختلف زمین‌ساخت- چینه‌نگاری (شیخ الاسلامی، ۱۳۹۲) به‌شرح

زیر شناسایی شده‌اند (شکل ۲-۳). هر کدام از این واحدها نشان‌دهنده مرحله مشخصی از فرآیند بازشدگی و

بسته شدن اقیانوس نوتتیس در ارتباط با کوهزاد زاگرس هستند.



شکل ۲-۳ واحدهای زمین ساخت- چینه نگاری اصلی پهنه سنج- سیرجان جنوبی که بر پایه مشاهدات صحرایی و داده های موجود ترسیم شده (محمدرضا شیخ الاسلامی، ۱۳۹۳)

توالی مربوط به حوضه سکویی پالئوزوئیک: متشکل از واحدهای دگرگون تا غیردگرگونه سازندهای ایران مرکزی به همراه سنگ های آتشفشانی است که به طور معمول با همبری زمین ساختی در کنار دیگر واحدهای سنگی پهنه سنج- سیرجان قرار می گیرند (شکل ۲-۳ واحد ۱) این سنگ ها بیشتر در بخش شمال باختری ناحیه مورد مطالعه در شمال اقلید و بوانات دیده می شوند و در بخش هایی تا حد رخساره شیست سبز دگرگون شده اند.

تورید ایت های به سن کربنیفر پسین- پرمین پیشین: این بخش مربوط به باز شدگی نفوتتیس بوده

(Sabzehei, ۱۹۷۴; Berberain & King, ۱۹۸۱ Rashid Nejad-Omran et al., ۲۰۰۲;)

(Sheikholeslami, ۲۰۰۲). ویژگی های حوضه رسوبی کششی و فعالیت های آتشفشانی در بخش هایی از سنج

- سیرجان جنوبی در ناحیه کوه مهار در شمال نیریز (Sheikholeslami, ۲۰۰۲) و شمال باختر سیرجان به وجود آورده است (شکل ۲-۳ واحد ۲).

سنگ های آتشفشانی و رسوبات توریدایتی تریاس: فاز کششی که از زمان پرمین در ناحیه مورد مطالعه شروع شده تا تریاس میانی ادامه پیدا کرده و حاصل آن فوران های بازالتی در محیط قاره ای و زیر دریایی بوده است (اشراقی و همکاران، ۱۳۷۸؛ روشنروان و همکاران، ۱۳۷۶) این واحد زمین ساخت-چینه نگاری در چند نقطه در ناحیه مورد بررسی برونزد دارند. بازالت های این واحد در ناحیه شمال قطرویه (شمال خاوری نیریز) به طور دگرشیب روی مجموعه های دگرگون پالئوزویک قرار گرفته و توسط رسوبات توریدایتی به سن تریاس پسین پوشیده شده اند (شکل ۲-۴).



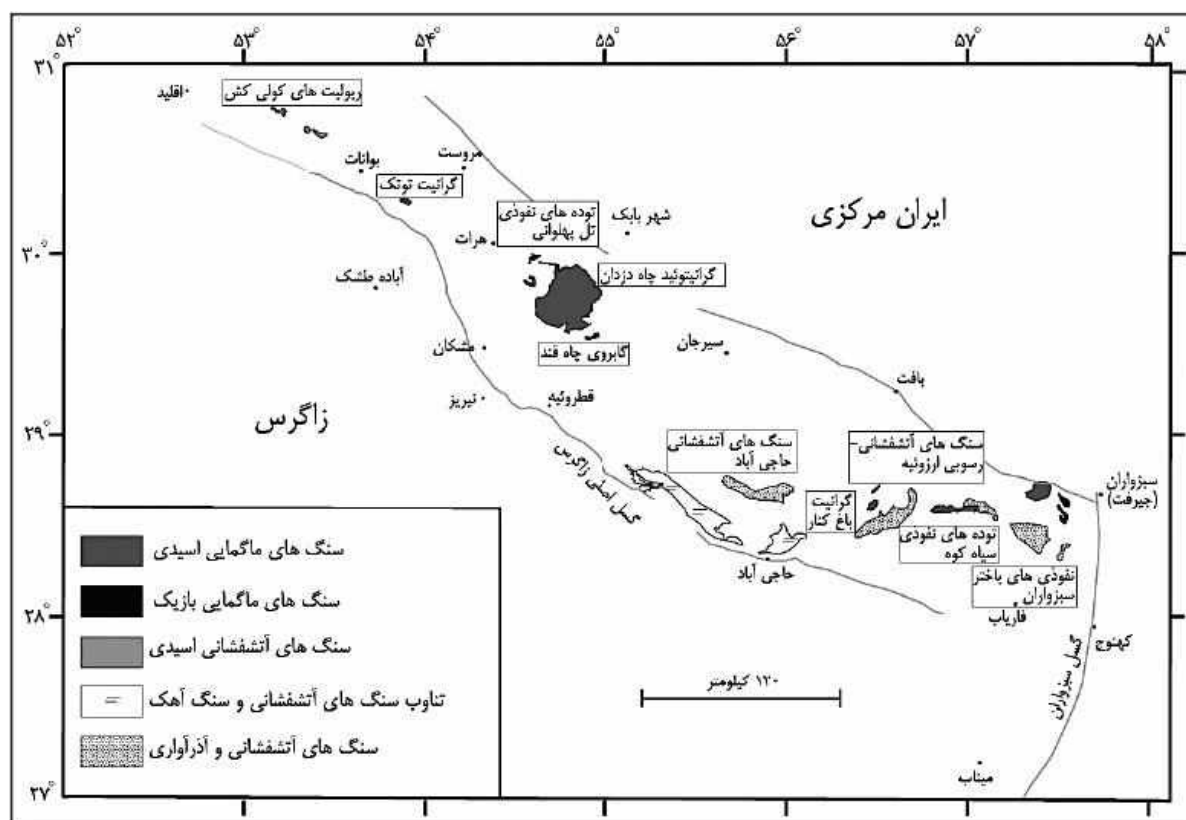
شکل ۲-۴ - توالی توریدایتی تریاس بالایی (Trt) شامل ماسه سنگ، شیل های زیتونی، بازالت و قطعات اولیستولیتی کربناتی پرمین که به صورت دگرشیب سنگ آهک ها و دولومیت های بازبورین شده پرمین (Pr) را م پوشانند و خود توسط سنگ آهک های دولومیتی تریاس بالایی (Trc) پوشیده می شوند.

مجموعه های دگرگونی به سن پالئوزویک تا تریاس میانی: مربوط به فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر حاشیه جنوب ایران مرکزی، دگرگونی و دگرشکلی گسترده ای را در این ناحیه به دنبال داشته و هسته های دگرگونی پهنه سنندج- سیرجان را به وجود آورده است. در اثر این رویداد رسوبات پالئوزویک پیشین تا تریاس میانی در حاشیه جنوبی سکوی ایران مرکزی به صورت گسترده دگرگون شده اند. (Sheikholeslami ۲۰۰۲). ویژگی های سنگ شناسی، دگرگونی و تعیین سن این سنگ های دگرگونی منجر به شناسایی چهار مجموعه دگرگونی در ناحیه سنندج- سیرجان جنوبی شده است (سبزه یی، ۱۳۷۲؛ Sheikholeslami et al. ۲۰۰۸) (شکل ۲-۳ واحد ۳).

کمان ماگمایی: این واحد بخشی از کمان ماگمایی گسترده‌ای است که به‌طور ناپیوسته از بخش جنوبی خاوری سنندج - سیرجان تا پایانه شمال‌باختری آن به‌طور ناپیوسته و به طول ۸۰۰ کیلومتر ادامه دارد (شکل ۲-۵) این کمان ماگمایی در بخش جنوبی سنندج- سیرجان برای اولین بار در ناحیه نیریز معرفی شد (Sheikholeslami, ۲۰۰۲) با توجه به این که بیشتر آن‌ها در بازه زمانی تریاس تا ژوراسیک شکل گرفته‌اند می‌توان این مجموعه‌ها را حاصل فعالیت‌های شدید ماگمایی دانست که همزمان و یا بعد از فرورانش اقیانوس نئوتتیس به زیر ایران مرکزی در اواخر تریاس و اوایل ژوراسیک رخ داده است و شامل:

- **توده‌های نفوذی باختر و جنوب‌باختر سبزواران:** جنوبی‌ترین بخش کمان ماگمایی در باختر سبزواران به‌صورت توده‌های گرانودیوریت و گابرویی رخنمون دارند که در مجموعه سنگ‌های به سن ژوراسیک و به مقدار کمتری در سنگ‌های دگرگون ناحیه‌ای تزریق شده‌اند.
- **توده‌های نفوذی سیاه‌کوه:** این مجموعه به‌صورت دو گروه توده‌های باتولیتی گرانودیوریت، گرانیتی و نیز لوکوگرانیتی گابرو دیوریتی- دیوریتی رخنمون دارند .
- **توالی آتشفشانی - رسوبی ارزویی:** این توالی شامل سنگ‌آهک، آهک مارنی، سنگ‌آهک ماسه‌ای و سنگ‌های آتشفشانی است.
- **توده نفوذی باغ‌کنار (خبر):** این توده نفوذی به شکل یک باتولیت در زیر بخش جنوبی این ورقه در کوه درنیا و قدمگاه و روتشون تشکیل شده است.
- **چاه دزدان:** یکی از بزرگ‌ترین توده‌های نفوذی در سنندج- سیرجان به قطر ۴۰ کیلومتر است که در شمال‌باختر سیرجان برونزد دارد.
- **چاه‌بازرگانی:** توده‌های چاه‌بازرگانی بخش دیگری از کمان ماگمایی در بخش جنوبی سنندج - سیرجان هستند. این توده در اساس از گابرو به همراه بخش‌های عدسی شکل آنورتوزیت، تروکولیت، کلینوپیروکسنیت و ورلیت تشکیل شده است.
- **چاه‌قند:** بخش دیگری از فعالیت ماگمایی بازیک مربوط به کمان ماگمایی بخش جنوبی سنندج- سیرجان در ناحیه چاه قند رخنمون دارد.

- **گرانیت بندنو (توتک):** کمپلکس تاقدیس کوه سفید توتک در بخش جنوبی پهنه سنندج- سیرجان از مناطقی است که واحدهای دگرگونی با سن پالئوزویک را می‌توان در آن دید.



شکل ۲-۵- پراکندگی سری آتشفشانی- ماگمایی در بخش جنوبی پهنه سنندج- سیرجان

رسوبات فلیشی کم دگرگون حوضه پیش کمانی: این بخش نیز مربوط به بخش فرورانش بوده و شرایط ناپایدار در زمان ژوراسیک با تشکیل حوضه‌های رسوبی آواری گسترده که در آن مواد حاصل از تخریب و فرسایش سنگ‌های کهن تر رسوب می‌کرده و نیز فوران‌های گسترده بازیک روی میداده، ادامه یافته است (شکل ۲-۳ واحد ۴).

سکوی کربناتی کرتاسه زیرین: کربنات‌های سکوی قاره‌ای به سن کرتاسه پیشین در بخش جنوبی ناحیه گسترش دارند. این رسوبات بخشی از سکوی قاره‌ای هستند که به موازات حاشیه شمال خاوری صفحه آفریقا - عربی در بخش شمالی گندوانا تشکیل شده‌اند (Kazmin et al., ۱۹۸۶). پیشروی دریای کرتاسه زیرین روی حوضه‌های ژوراسیک مربوط به این سکو با تشکیل ماسه سنگ‌های سرخ رنگ و کنگلومرای قاعده‌ای شروع و با تشکیل سنگ آهک‌های اربیتولین دار ادامه می‌یابد (شکل ۲-۳ واحد ۵).

زمین درز زاگرس: این واحد زمین ساخت- چینه نگاری مربوط به برخورد و پس از آن می باشد و شامل بقایای ناحیه زمین درز زاگرس در جنوب سنندج- سیرجان و در شمال گسل اصلی زاگرس است (شکل ۳-۲ واحد ۶) این واحد زمین ساخت- چینه نگاری در ناحیه میان حاجی آباد تا اسفندقه حضور دارد و شامل برش های زمین ساختی فلسی از افیولیت، رادیولاریت و گلوکوفان شیبست است که با سنگ آهک های کرتاسه، سنگ های آتشفشانی و فلیش های ائوسن در هم آمیخته اند (Agard et al., ۲۰۰۵) افیولیت های این منطقه بخشی از کمر بند افیولیتی بیرون زاگرس مربوط به بقایای افیولیت های کرتاسه بالایی پهنه فرافروانش در راستای خط درز بیتلیس- زاگرس در جنوب زاگرس هستند (Shafaii Moghadam & Stern, ۲۰۱۱).

حوضه های فلیشی ترشیری (پیش بوم زاگرس): این واحد زمین ساخت - چینه نگاری (شکل ۳-۲ واحد ۷) روی بخش حاشیه ای زاگرس مرتفع در مجاورت سنندج- سیرجان جنوبی شکل گرفته و به نظر می رسد در بخش های میانی و شمال باختری سنندج - سیرجان نیز ادامه داشته باشد (محجل، ۱۳۹۲).

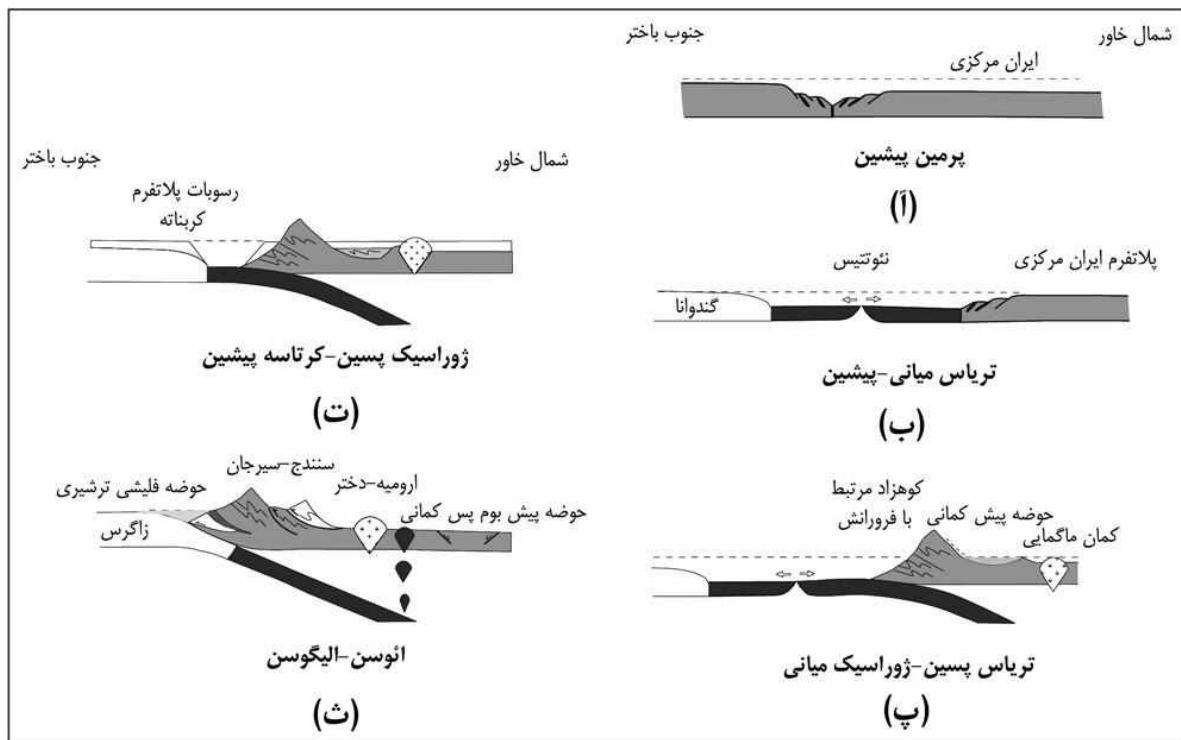
رسوبات حوضه پیش بوم پس کمانی (Retroarc foreland basin): این واحد زمین ساخت- چینه نگاری نمایانگر رسوباتی هستند که با پیشروی دریا در الیگوسن پسین پس از تشکیل حوضه های فلیشی ترشیری شکل گرفته اند (شکل ۳-۲ واحد ۸) این مجموعه رسوبی با ناپیوستگی زاویه دار مشخص روی بسیاری از واحدهای قدیمی در بخش شمالی ناحیه مورد مطالعه و حاشیه جنوبی ایران مرکزی قرار می گیرد.

رسوبات پس از کوهزایی: ناحیه مورد مطالعه همانند دیگر نقاط ایران در پایان میوسن تحت تأثیر حرکات کوهزایی مهمی قرار گرفته که به باور (Berberian & King ۱۹۸۱) با شروع دومین مرحله بازشدگی دریای سرخ و عدن همزمان است.

۲-۲-۲ ژئودینامیک بخش جنوبی زون سنندج- سیرجان

بررسی واحدهای زمین ساخت- چینه نگاری مختلف در بخش جنوبی پهنه سنندج- سیرجان نشان دهنده رابطه مستقیم میان شکل گیری آن ها و زمین ساخت ناحیه است. ویژگی های زمین ساختی این ناحیه متأثر از فرآیند کافت اقیانوسی، گسترش اقیانوس نئوتتیس، فروانش و سرانجام بسته شدن این حوضه اقیانوسی است (شکل ۶-۲).

بررسی‌های صحرایی انجام شده در این ناحیه (شیخ الاسلامی، ۱۳۹۳) و نتایج بررسی‌های ژئوشیمیایی و سن‌سنجی نشان می‌دهد که در زمان پالئوزویک رسوبات توریدایتی در یک محیط ناآرام همراه با فعالیت‌های ماگمایی و آتشفشانی شکل می‌گرفته‌اند. شرایط رسوبی این حوضه‌ها را می‌توان همانند حوضه‌های کششی درون قاره‌ای و یا کافت‌های ناقص در نظر گرفت که سبب شکاف در پوسته و شکل‌گیری سنگ‌های اولترابازیک شده‌اند. در زمان پرمین‌پیشین این کشش منجر به بازشدگی اقیانوس نئوتتیس شده که تا پایان تریاس میانی ادامه یافته است (شکل ۲-۶ الف و ب) در زمان تریاس‌پسین- ژوراسیک‌پیشین پوسته اقیانوسی نئوتتیس با فرورانش به زیر حاشیه جنوبی ایران مرکزی شروع به مصرف شدن می‌کند. حاصل این فرورانش، دگرگونی سنگ‌های پالئوزویک حاشیه جنوب ایران مرکزی، شکل‌گیری کمان ماگمایی مرتبط با فرورانش و تشکیل رسوبات فلیشی دگرگون شده با سن عمومی ژوراسیک- کرتاسه‌زیرین مربوط به حوضه‌های پیش‌کمانی است (شکل ۲-۶ ج) این مجموعه‌ها در زمان کرتاسه‌پیشین به دنبال پیشروی دریا توسط رسوبات کربناتی سکویی پوشیده می‌شوند (شکل ۲-۶ ت) فرآیند فرورانش تا پیش از ائوسن ادامه می‌یابد و از آن زمان به بعد برخورد قاره‌ای منجر به فرارانش افیولیت‌ها، رادیولاریت‌ها و پدیدارشدگی گلوکوفان شیست می‌شود (شکل ۲-۶ ث) به دنبال این برخورد رسوبات حوضه فلیشی ترشیری دارای قطعات اولیستولیتی از سنگ آهک‌های کرتاسه، افیولیت‌ها و برخی از سازندهای پهنه زاگرس روی حاشیه زاگرس مرتفع شکل می‌گیرند. مرحله‌های پایانی کوهزاد زاگرس با تشکیل رسوبات ناحیه پیش بوم پس‌کمانی که به صورت دگرشیب سنگ‌های دگرشکل بخش شمالی پهنه سنندج- سیرجان جنوبی را می‌پوشانند و نیز مولاس‌های پس از کوهزایی که در اثر فرسایش بالا آمدگی‌های ناشی از کوهزاد زاگرس در بخش‌های درونی و حاشیه‌های سنندج - سیرجان جنوبی شکل گرفته‌اند، مشخص می‌شوند (شکل ۲-۶ ث).



شکل ۲-۶- الگوی ساده ژئودینامیکی بخش جنوب‌خاوری سهندج- سیرجان در ارتباط با بازشدگی، گسترش، بسته شدن اقیانوس نئوتتیس (شیخ الاسلامی ۱۳۹۳)

۲-۲-۳- توان معدنی زون سهندج- سیرجان

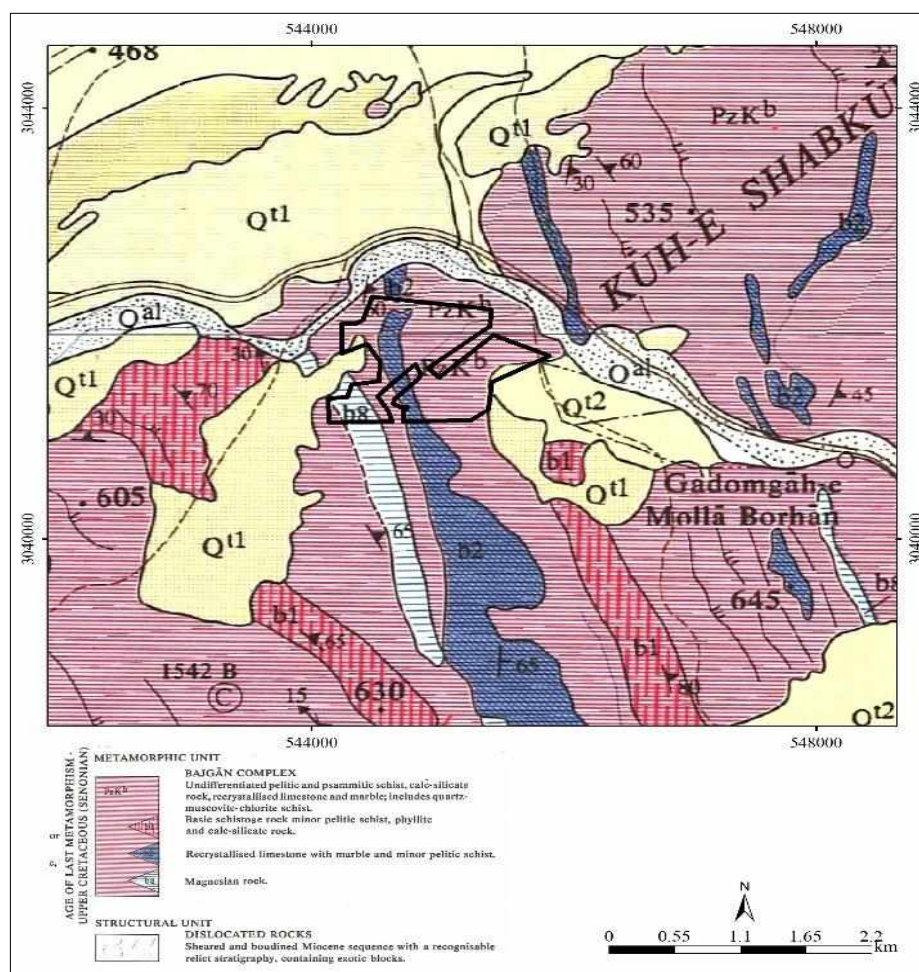
همانگونه که گفته شد پهنه سهندج- سیرجان نوعی کافت درون قاره‌ای است که تکاپوهای ماگمازایی و پدیده‌های دگرگونی، عوامل مؤثر در ایجاد نهشته‌های معدنی هستند. به همین رو توان معدنی درخور توجه دارد و جدا از ذخایر و نشانه‌های شناخته شده، امید دستیابی به نهشته‌های معدنی جدید در آن دور از انتظار نیست. قربانی (۱۳۸۱) از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی و پراکندگی کانسارها پهنه سهندج- سیرجان را به سه بخش زیر تقسیم می‌کند.

«بخش جنوبی» در یک راستای شمال باختری- جنوب‌خاوری تا گسل میناب، در شمال بندرعباس، ادامه می‌یابد. که به داشتن «کروم» در اولترامافیک‌های اسفندقه فاریاب، «آهن»، «آهن و منگنز» در گلگهر، هتاشک، بافت، «سرب، روی و مس»، در چاه‌گز، قنات مروان با سن پرکامبرین-پسین تا کرتاسه‌ی پیشین شاخص است. همچنین این بخش از زون، میزبان بیشترین تعداد کانسار طلا و به‌ویژه طلای تیپ کوهزایی مانند کانسارهای طلای کرویان، قلفله، خراپه و... در شمال‌باختر زون و کانسار طلای زرتشت در جنوب خاور پهنه است.

در بخش میانی، کانی‌سازی اصلی سرب و روی است که در مناطق شمس‌آباد- نظام‌آباد (باکانی‌سازی سرب، روی، نقره، آهن و منگنز)، آهنگران (باکانی‌سازی سرب، روی، نقره، آهن و منگنز) و موته در بیشترین مقدار است. افزون بر آن، در این بخش کنسارهای تالک، گرافیت، بابریت و سنگ‌های ساختمانی، اهمیت ویژه دارند. در «بخش شمالی»، کانی‌سازی آهن، (معدن آهن همه‌کسی شمال همدان و شمال سنقر، شمال‌باختری دیواندره)، طلا، طلا- آنتیموان، (معدن داشکسن)، و کانه‌های آلومینوسیلیکاتی را می‌توان نام برد. گفتنی است آنچه که پیش از همه می‌تواند در پهنه سنج- سیرجان از نظر اقتصادی بااهمیت باشد، وجود انواع مختلف سنگ‌های تزئینی و نما با ذخایر زیاد است.

۲-۳- زمین‌شناسی عمومی محدوده اکتشافی

با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ میناب و نودژ (شکل ۲-۲) محدوده مورد مطالعه دارای واحدهای دگرگون شده کمپلکس باجگان می‌باشد.



شکل ۲-۷- موقعیت محدوده مطالعاتی بر روی نقشه زمین‌شناسی‌های ۱:۱۰۰,۰۰۰

مجموعه دگرگونه باجگان در جنوب خاوری ایران در باختر مجموعه افیولیتی بندزیارت، در بخش شمالی چهارگوش میناب قرار گرفته است. این مجموعه در بخش جنوب توسط گسله اصلی رودان و گسله های عرضی دیگر از مجموعه اولترامافیک های سرخ بند و آمیزه های رنگین جدا می شود.



شکل ۲-۸- جایگاه مجموعه دگرگون باجگان در بخش جنوب خاوری پهنه سنندج- سیرجان

سنگ های دگرگون این مجموعه خاستگاه آذرین و رسوبی دارند و با همبری گسله در کنار مجموعه های افیولیتی و آمیزه های رنگین قرار گرفته اند. ویژگی های سنگ شناسی این مجموعه به گونه ای است که می توان آن ها را در قالب چهار واحد اصلی طبقه بندی کرد. این واحدها توسط رسوبات پلیوسن و کواترنری پوشیده شده اند. بررسی ساختاری در این مجموعه نشان دهنده سه مرحله دگرریختی همزمان با دگرگونی در شرایط شکل پذیر است. ساختارهای اصلی در این ناحیه چین خوردگی ها، برگوارگی ها و خطوارگی های متعددی هستند که هر کدام طی مرحله مشخصی از دگرریختی به وجود آمده و بر روی یکدیگر فرانهاد شده اند. عناصر ساختاری شناخته شده در این مجموعه به ترتیب در زمان فروانش، فرارانش افیولیت ها و پدیدارشدگی به وجود آمده اند.

فصل سوم: مطالعات دورسنگی

۳-۱- مقدمه

دورسنجی علم کسب اطلاعات درباره یک شی، محدوده و یا پدیده بدون تماس فیزیکی با آن است. در دورسنجی به کمی سازی رفتار مواد با انرژی الکترومغناطیسی پرداخته می شود و همین اندازه گیری مبنای شناسایی و تفکیک مواد مختلف در سطح زمین می گردد. دورسنجی بیشتر شامل سامانه های مشاهده زمین از بالا می شود. علم و فناوری دورسنجی از مؤثرترین روش های تولید انبوه داده های زمین به ویژه در کشوری مانند ایران با خاک نسبتاً وسیع، منابع سرشار زمین، پوسته فعال، پوشش گیاهی کم و ... است. محدوده اکتشافی مورد مطالعه به دلیل قرارگیری در بخش جنوب شرقی کشور و آب و هوای نسبتاً گرم و خشک دارای پوشش گیاهی کم بوده و بنابراین در بررسی های دورسنجی به ویژه ماهواره ای، داده های با ارزش را ارائه می نماید. همچنین برای درک بهتر مدل کانی سازی- اکتشافی و با توجه به پراکندگی معادن و اندیس های معدنی فلزی که در اطراف محدوده اکتشافی مشاهده شده است از جمله (کانسار مس منوجان ۱ و ۲، مس- طلا دستگرد، شمال کوه موالی و کرومیت فاریاب، هور، منوجان، دستگرد، نودره) وسعت پردازش داده ها از طریفین محدوده مطالعاتی در حدود ۲۰ کیلومتر افزایش داده شده تا پردازش و تلفیق داده ها به وضوح مشخص گردد.

۳-۲- داده های مورد استفاده

با توجه به توانایی بسیار بالای تصاویر ماهواره ای چندطیفی (Multispectral) مانند Aster و داده های با توان تفکیک مکانی بالا برگرفته از سنجنده لندست ۸ (OLI) و سنتینل ۲، کاربرد آن ها در ارزیابی محدوده های اکتشافی بر اساس نوع کانی های سازنده، این تصاویر مبنای ارزیابی پتانسیل معدنی منطقه و محدوده اکتشافی مورد مطالعه قرار گرفتند. انتخاب تصاویر نیز بر مبنای کیفیت بالای باندهای هر تصویر و عدم وجود ابر (Cloud free)، در تصویر می باشد. به همین منظور با انتخاب فصل مناسب که بازتاب بهتری وجود دارد، نسبت به فیلتر کردن تصاویر مناسب جهت مطالعات سنجش از دور اقدام و پس از بررسی تک تک سین های موجود برای منطقه مطالعاتی، تصویری با کیفیت بالا انتخاب و دانلود گردید.

۳-۲-۱- داده‌های استر

سنجده استر (Aster) که بر روی سکوی TERRA نصب شده است، در سال ۱۹۹۹ با همکاری ژاپن و آمریکا با هدف جمع‌آوری اطلاعات زمین‌شناسی و اکتشافی طراحی و به فضا پرتاب شد. این سنجده دارای ۱۴ باند طیفی مختلف است که با توجه به طول موج در سه دسته SWIR، VNIR و TIR تقسیم‌بندی می‌شوند (جدول ۳-۲).

از تصاویر ASTER می‌توان به‌عنوان ابزاری کارآمد در اکتشاف ذخایر معدنی در مراحل مقدماتی به‌منظور کانی‌شناسی اولیه و تهیه نقشه‌های دگرسانی، با هزینه کم و دقت بالا استفاده کرد (Di Tommaso & Rubinstein, ۲۰۰۶). استر نخستین سنجده‌ای است که دارای باندهای حرارتی با قدرت تفکیک طیفی (Ninomiya, ۲۰۰۵) می‌باشد. اما این سنجده ابزاری را در اختیار دارد که با انحراف زاویه‌ای ($\pm 24^\circ$) قابلیت گسترش عرض تصویر تا ۲۳۲ کیلومتر را دارد (Fujisada, ۱۹۹۵).

جدول ۳-۱- مشخصات طول موج‌ها و کانی‌های قابل تشخیص در طول موج‌های مختلف

باند	طول موج (میکرون)	محدوده طیفی	حد تشخیص
۱	۰,۵۲-۰,۶۰	Green	۱۵m
۲	۰,۶۳-۰,۶۹	Red	۱۵m
۳	۰,۷۶-۰,۸۶	Near IR	۱۵m
۴	۱,۶۰-۱,۷۰	SWIR	۳۰m
۵	۲,۱۴۵-۲,۱۸۵	SWIR	۳۰m
۶	۲,۱۸۵-۲,۲۲۵	SWIR	۳۰m
۷	۲,۲۳۵-۲,۲۸۵	SWIR	۳۰m
۸	۲,۲۹۵-۲,۳۶۵	SWIR	۳۰m
۹	۲,۳۶-۲,۴۳	SWIR	۳۰m
۱۰	۸,۱۲۵-۸,۴۷۵	TIR	۹۰m
۱۱	۸,۴۷۵-۸,۸۲۵	TIR	۹۰m
۱۲	۸,۹۲۵-۹,۲۷۵	TIR	۹۰m
۱۳	۱۰,۲۵-۱۰,۹۵	TIR	۹۰m
۱۴	۱۰,۹۵-۱۱,۶۵	TIR	۹۰m

محدوده VNIR (محدوده امواج مرئی) که شامل ۳ باند ۱، ۲ و ۳، در محدوده طول موج ۰/۵۲ تا ۰/۸۶ میکرومتر قرار دارند. قدرت تفکیک این باندها ۱۵ متر می‌باشد.

محدوده SWIR (محدوده امواج مادون قرمز با طول موج کوتاه) که شامل ۶ باند ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹، در محدوده طول موج ۱/۶۵ تا ۲/۴۰ میکرومتر قرار دارند. قدرت تفکیک این باندها ۳۰ متر می‌باشد.

محدوده TIR (محدوده امواج حرارتی) شامل باندهای ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ می‌باشد. قدرت تفکیک این باندها ۹۰ متر است. این باندها در محدوده طول موج ۸/۶۵ تا ۱۱/۳۰ میکرومتر قرار دارند.

صحنه‌های اطلاعاتی داده‌های استر، مساحتی در حدود ۶۰ * ۶۰ کیلومتر را در برداشته است (Hewson et al., ۲۰۰۵). محدوده اکتشافی مطالعاتی دو صحنه (Scene) از داده‌های سنجنده Aster پوشش می‌دهد (شکل ۳-۱).

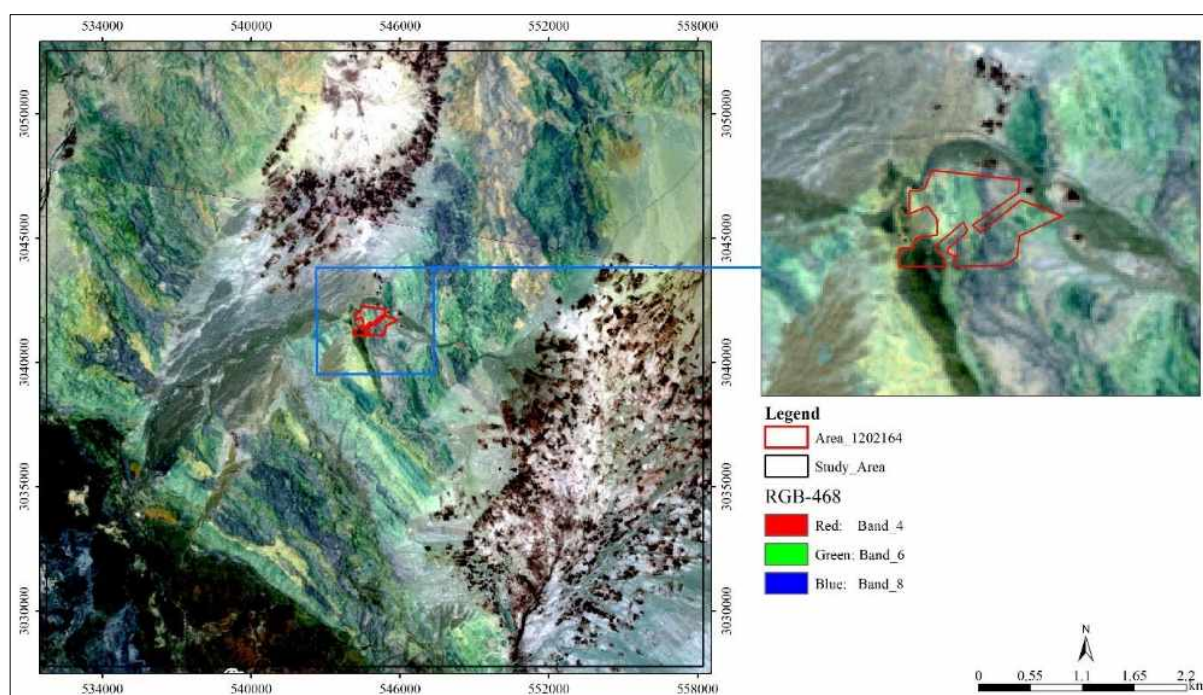


شکل ۳-۱- پوشش تصاویر سنجنده ASTER محدوده مطالعاتی

داده‌های سنجنده Aster مورد استفاده در این گزارش در سطح L1T با فرمت hdf تهیه شده است (AST_L1T_۰۰۳۰۶۲۴۲۰۰۴۰۶۵۶۴۶_۲۰۱۵۰۵۰۴۲۳۲۶۴۳_۷۵۶۹۱, AST_L1T_۰۰۳۰۷۲۱۲۰۰۲۰۶۵)

۸۳۸×۲۰۱۵۰۴۲۳۰۹۳۶۴۸×۹۱۰۴۲ در (شکل ۳-۲)، تصاویر رنگی مجازی سنجنده Aster حاصل از باندهای ۴۶۸:RGB نمایش داده شده است که در آن مناطق دگرسان، آرژلیک بیش‌رفته (کائولینیت و آلونیت)، فلیک

(اسمکتیت و سیریسیت) به رنگ قرمز تا صورتی، دگرسانی پروپلیتیک (کلریت و اپی دوت) به رنگ سبز و واحدهای آهکی به رنگ زرد دیده می‌شوند.



شکل ۳-۲- تصویر رنگی کاذب حاصل از سه باند ۴۶۸: RGB سنجنده Aster

جدول ۳-۲- مشخصات طول موج‌ها و کانی‌های قابل تشخیص در طول موج‌های مختلف

Associated Molecular Feature	Mineralogy	Wavelength Range(nm)	Wavelength Region
Crystal Field absorption, Charge transfer absorption	Fe & Mn Oxides Rare Earth	۴۰۰-۱۱۰۰	VNIR
$Al(OH)_2$, $Fe(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, NH_4 , SO_4 CO_3 absorption,	Hydroxyle, Carbonate Sulfates, Micas, Amphibolite	۱۱۰۰-۲۵۰۰	SWIR
Si-O bond distortion	Carbonate , Sillicate	۸۰۰۰-۱۴۰۰۰	TIR

۳-۲-۲- داده‌های ماهواره لندست (OLI)

این ماهواره اخذ مستمر داده را با استفاده از دو حسگر، یکی سنسور عملیاتی تصویرساز سرزمین (TIRS: Thermal InfraRed Sensor) و سنسور حرارتی مادون قرمز (OLI: Operational Land Imager) انجام می‌دهد. این دو سنسور به ترتیب، اطلاعات تصویر را با استفاده از ۹ باند موج کوتاه و دو باند طول موج حرارتی جمع‌آوری می‌کنند. داده‌های لندست ۸ با داده‌های سری لندست‌های پیشین از لحاظ هندسه اخذ

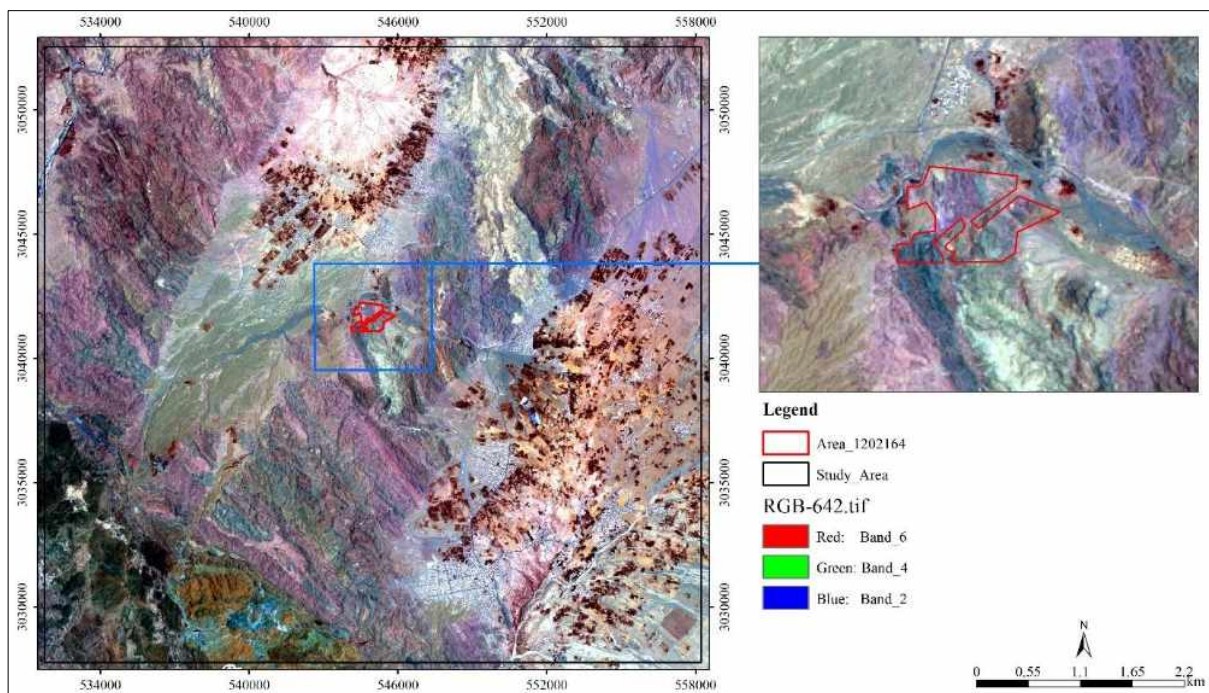
داده، کالیبراسیون، ویژگی‌های پوشش، ویژگی‌های طیفی، کیفیت محصول خروجی و در دسترس بودن داده‌ها سازگار هستند تا بدین وسیله امکان مطالعات پوشش گیاهی و مطالعات تغییر کاربری اراضی در طول زمان وجود داشته باشد. OLI داده‌ها را از ۹ باند طیفی جمع‌آوری می‌کند. در (جدول ۳-۳) محدوده طیفی باندهای سنجنده OLI و در (شکل‌های ۳-۳ و ۴-۳) تصاویر رنگی مجازی OLI بخشی از محدوده مورد مطالعه، حاصل از باندهای مختلف نمایش داده شده است.

داده‌های سنجنده OLI مورد استفاده در این گزارش در سطح L1TP تهیه شده است (T1_۰۲_۲۰۲۴۰۷۰۸_۲۰۲۴۰۶۲۳_۱۵۹۰۴۱_L1TP_۰۸_LC). لازم به ذکر است که از باندهای شماره ۴ و ۲ این ماهواره برای استخراج کانی‌های اکسید آهن استفاده شده است.

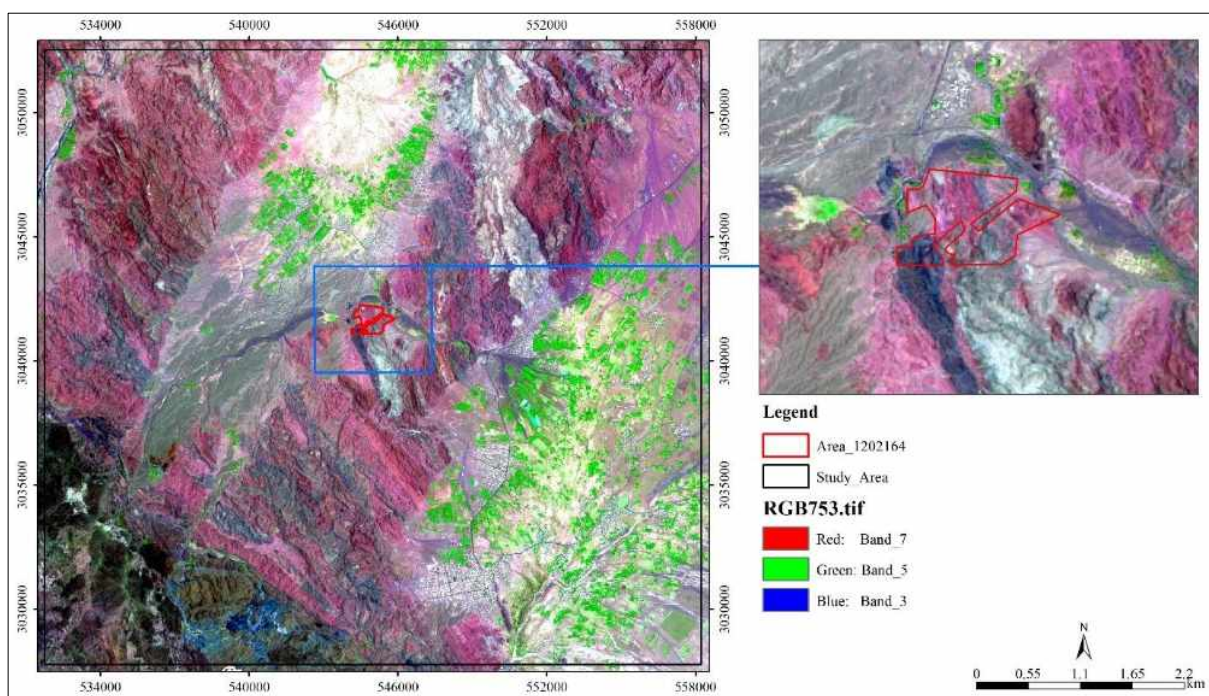
جدول ۳-۳- محدوده طیفی باندهای سنجنده OLI

باند طیفی	طول موج	قدرت تفکیک
باند ۱- باند Coastal / Aerosol	$\mu\text{m } 0.453 - 0.433$	30 متر
باند ۲- آبی	$\mu\text{m } 0.450 - 0.515$	30 متر
باند ۳- سبز	$\mu\text{m } 0.525 - 0.600$	30 متر
باند ۴- قرمز	$\mu\text{m } 0.620 - 0.680$	30 متر
باند ۵- مادون قرمز نزدیک	$\mu\text{m } 0.845 - 0.885$	30 متر
باند ۶- مادون قرمز طول موج کوتاه	$\mu\text{m } 1.560 - 1.660$	30 متر
باند ۷- مادون قرمز طول موج کوتاه	$\mu\text{m } 2.100 - 2.200$	30 متر
باند ۸- Panchromatic	$\mu\text{m } 0.500 - 0.680$	15 متر
باند ۹- Cirrus	$\mu\text{m } 1.360 - 1.390$	30 متر

در (شکل‌های ۳-۵ و ۳-۶) تصاویر رنگی مجازی OLI حاصل از باندهای RGB:۶۴۲ و RGB:۷۵۳ نمایش داده شده است. در ترکیب باندی GB:۶۴۲ مناطق دگرسان شده به‌ویژه اکسیدهای آهن به رنگ نارنجی تا زرد و در ترکیب باندی RGB:۷۵۳ اکسیدهای آهن و منگنز به رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای و کانی‌های رسی به رنگ روشن تفکیک می‌شوند.



شکل ۳-۳- تصویر رنگی مجازی OLI از محدوده اکتشافی، به دست آمده از طریق فیوژن کردن (ترکیب باندی ۶۴۲: RGB)



شکل ۳-۴- تصویر رنگی مجازی OLI از محدوده اکتشافی، به دست آمده از طریق فیوژن کردن (ترکیب باندی ۷۵۳: RGB)

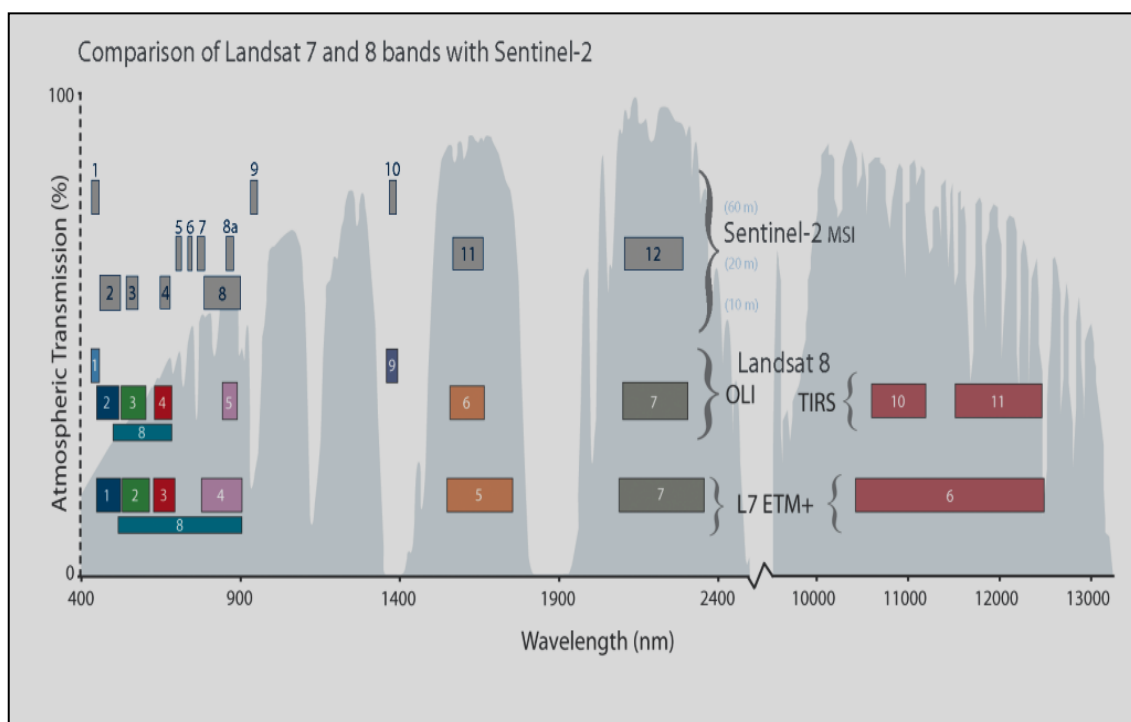
۳-۲-۳- داده‌های ماهواره سنتینل ۲

این ماهواره توسط آژانس فضایی اروپا برای پایش سطح زمین و دریا، نقشه‌برداری بلایای طبیعی، رصد یخ در دریا و... در سال ۲۰۱۷ به فضا ارسال شده و داده‌هایی را در محدوده‌های طیفی مختلف با توان تفکیک مکانی متغیر کسب می‌نماید (جدول ۳-۴). در (شکل ۳-۵) مقایسه باندهای طیفی ماهواره‌های لندست ۷،

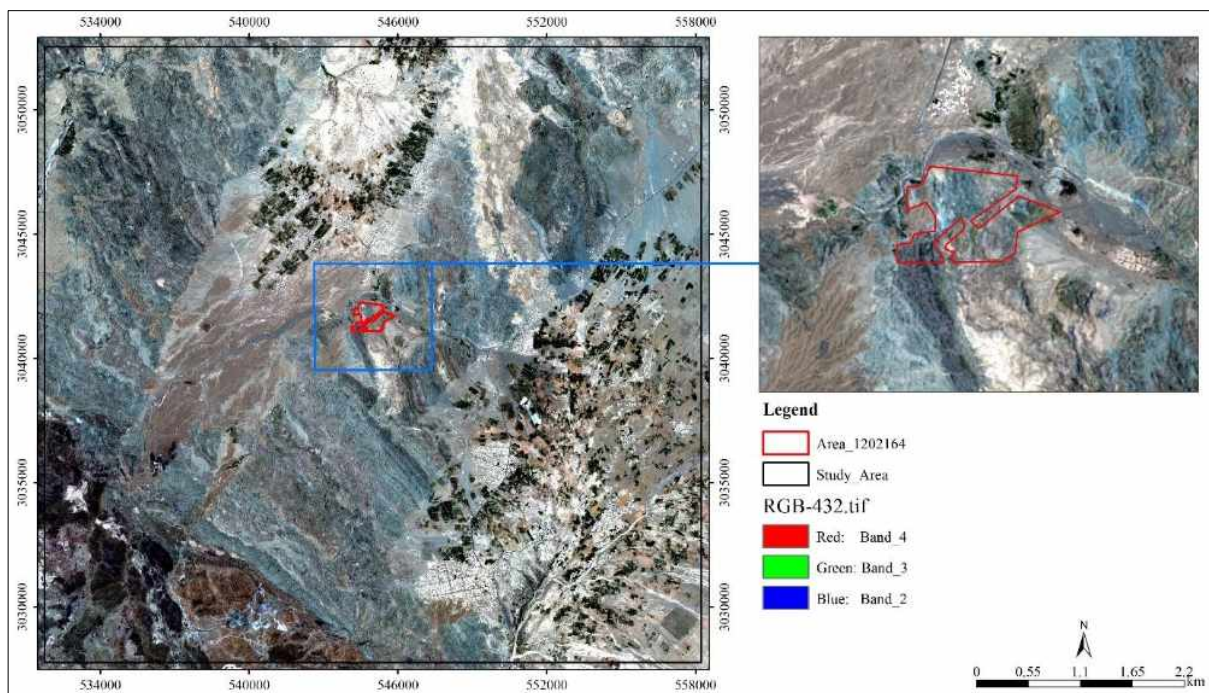
لندست ۸ و سنتینل ۲ به نمایش درآمده است. در (شکل ۳-۶) تصویر رنگی مجازی سنتینل ۲ محدوده اکتشافی نشان داده شده است. داده‌های مورد استفاده در این گزارش در سطح ماموریت MSIL^۲A تهیه شده است و از یک سین (S^۲A_MSIL^۲A_۲۰۲۴۰۶۱۶T۰۶۴۶۳۱_N۰۵۱۰_R۰۲۰_T۴۰RER_۲۰۲۴۰۶۱۶T۱۱۱۶۵۰)، برای پردازش محدوده مطالعاتی استفاده شده است. از داده‌های این ماهواره برای بارزسازی و آشکارسازی آهن سه ظرفیتی، اکسیدآهن، ساختارها استفاده شده است.

جدول ۳-۴- مشخصات رادیومتری و توان تفکیک مکانی ماهواره سنتینل ۲

Sentinel-۲ Radiometric and Spectial Resolution			
Band number	Central wavelength (nm)	Band width (nm)	Spectral Resolution (m)
۱	۴۴۳	۲۰	۶۰
۲	۴۹۰	۶۵	۱۰
۳	۵۶۰	۳۵	۱۰
۴	۶۶۵	۳۰	۱۰
۵	۷۰۵	۱۵	۲۰
۶	۷۴۰	۱۵	۲۰
۷	۷۸۳	۲۰	۲۰
۸	۸۴۲	۱۱۵	۱۰
۸a	۸۶۵	۲۰	۲۰
۹	۹۴۵	۲۰	۶۰
۱۰	۱۳۷۵	۳۰	۶۰
۱۱	۱۶۱۰	۹۰	۲۰
۱۲	۲۱۹۰	۱۸۰	۲۰
TCL	RGB	Composite	۱۰



شکل ۳-۵- مقایسه باندهای طیفی ماهواره‌های لندست ۷، لندست ۸ و سنتینل ۲



شکل ۳-۶- تصویر رنگی مجازی سنتینل ۲ با استفاده از ترکیب باندهای ۴۳۲: RGB

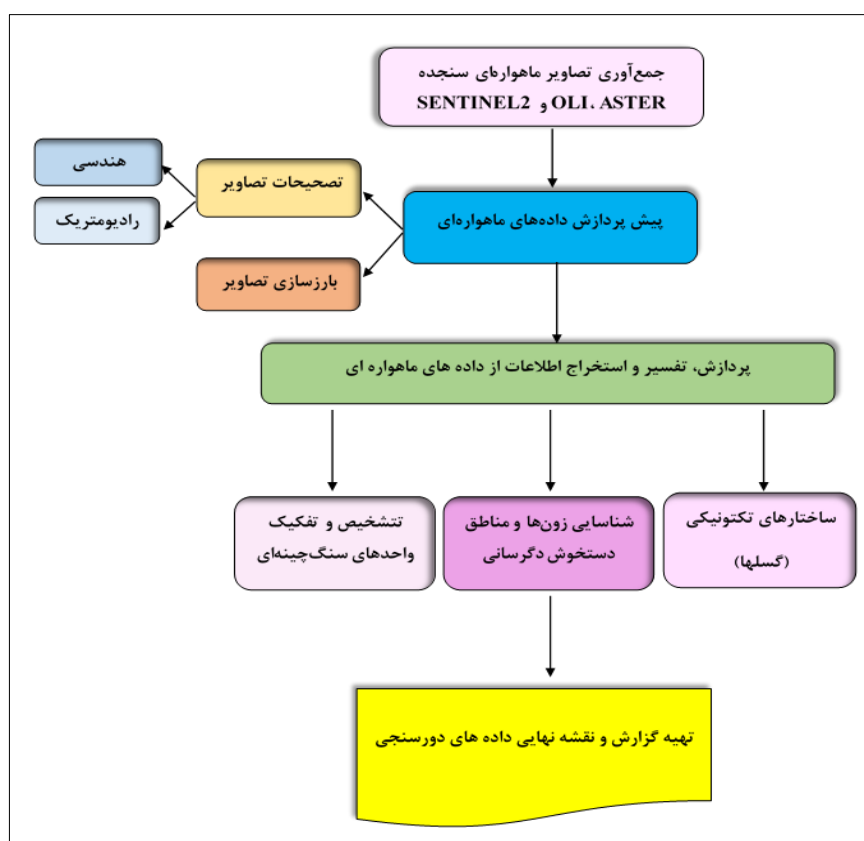
۳-۳- پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای

به منظور دریافت اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای لازم است پیش از استفاده از آن‌ها، پیش پردازش‌های رادیومتری و هندسی بر روی تصاویر خام صورت گیرد. جهت انجام مطالعات برای نواحی اکتشافی، در مجموع از ۵ عدد سین از تصاویر Aster، OLI و SENTINEL ۲ با کیفیت مناسب بهره گرفته شده است و بر اساس استانداردهای پیش پردازش، داده‌های ماهواره‌ای تصحیح گردیده است تا به توان به استخراج اطلاعات مناسب در بررسی‌های اکتشافی و زمین‌شناسی این منطقه دست یافت. جهت تصحیحات داده‌های ماهواره‌ای از نرم افزار ENVI و تمامی تصحیحات مربوط به پیش پردازش بر روی تصاویر به طور جداگانه انجام پذیرفته است.

۳-۳-۱- روش کار

در (شکل ۳-۷) روش کار و مراحل انجام مطالعات دورسنجی در نواحی مورد مطالعه به طور شماتیک آورده شده است. خواندن داده‌های ماهواره‌ای از حالت خام و اولیه و انجام مراحل ممزوج کردن (Layer Stack) باندها و تغییر فرمت داده‌ها تماماً در نرم افزار ENVI انجام شده است. از آنجایی که اندازه پیکسلی باندهای سنجنده Aster متفاوت بوده، خواندن داده‌های Aster در سه مرحله انجام شد. باندهای VNIR با اندازه پیکسلی ۱۵ متر، باندهای SWIR با اندازه پیکسلی ۳۰ متر و باندهای TIR با اندازه پیکسلی ۹۰ متر خوانده

شدند و به صورت سه فایل جداگانه با فرمت pix ذخیره شدند. به طور کلی هدف مطالعات سنجش از دور در منطقه مورد مطالعه، شناسایی دگرسانی‌ها و کانی‌های شاخص می‌باشد. نرم‌افزارهای مورد استفاده، نرم‌افزارهای پردازش تصویر شامل ENVI.۵.۶، PCI Geomatica ۲۰۱۵ و نرم‌افزار ArcGIS ۱۰.۸ برای تهیه نقشه‌ها می‌باشد.



شکل ۳-۷- نمایش کلی از مراحل پردازش داده‌های دورسنجی

الف- تصحیح هندسی (Geometric Correction)

باتوجه به اینکه تصویر صحنه اطلاعاتی سنجنده Aster، OLI و SENTINEL۲ قبلاً تصحیح شده بود (که بر اساس اطلاعات مربوط به المان‌های مداری ماهواره و با دقت بسیار بالا تصحیح سه‌بعدی شده بودند) و از دقت مناسب هندسی برخوردار بوده و نیازی به تصحیحات هندسی نبود و فقط برش منطقه مطالعاتی بر روی آن‌ها انجام شده است.

ب- تصحیح رادایومتریک (Radiometric Correction)

تصحیحات مورد استفاده در این مطالعه شامل تصحیحات جوی (Quick Atmospheric Correctio) برای داده‌های Vinr و Swir تصویر ASTER و سنتینل ۲، داده‌های TIR سنجنده استر از Thermal ATM

Correction و برای تصاویر OLI از الگوریتم FLASSH استفاده شده است لازم به ذکر است منطقه مورد مطالعه، برابر با کادر، از تصویر اصلی جدا شده است.

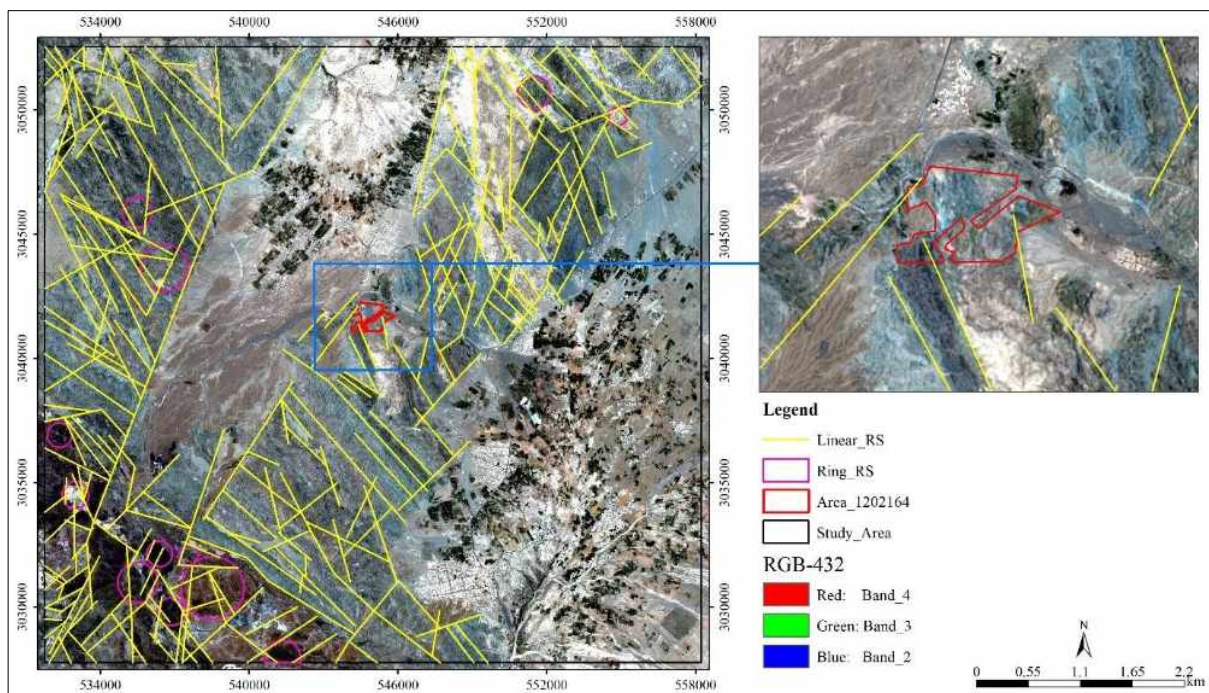
۳-۴- پردازش تصاویر ماهواره‌ای

پردازش داده‌های ماهواره‌ای به عملیاتی اطلاق می‌شود که طی آن از داده‌های خام، اطلاعاتی متناسب با هدف مطالعه کسب می‌شود. استخراج اطلاعات می‌تواند از یک ترکیب رنگی ساده و توسط چشم مفسر و یا با چند صد باند طیفی توسط الگوریتم‌های پیچیده با رایانه انجام شود. همچنین پردازش داده‌های ماهواره‌ای شامل استخراج اطلاعات از داده‌های تصویری در رابطه کانی‌سازی با هدایت مدل اکتشافی یا کانی‌سازی است. اطلاعات استخراجی در این مطالعه شامل انواع الگوهای کانی‌شناسی (دگرسانی) با روش‌های تحلیل طیفی و نیز الگوهای ساختمانی با روش‌های تفسیر چشمی است که از آن‌ها برای تعیین موقعیت و کمیت کانی‌سازی احتمالی استفاده شده است.

۳-۴-۱- تفسیر چشمی عوارض ساختاری

وضعیت تکتونیکی منطقه مورد مطالعه یکی از مهمترین و شاید اولین معیار برای پی‌جویی یک ماده معدنی و انتخاب مناطق مناسب جهت اکتشاف در مقیاس ناحیه‌ای باشد. بسیاری از نهشته‌های معدنی و کانه‌زایی‌های انجام شده و تمرکز این کانه‌زایی‌ها در ارتباط با تکتونیک منطقه می‌باشد. ساختارهای منطقه (خطواره‌ها، گسل‌ها و ساختارهای حلقوی ...)، بسیار نقش مؤثری در بالا آمدن ماگماهای کانه‌زا دارند و به عبارتی روند کانی‌سازی را تعیین و کنترل می‌کنند. در واقع گسل‌ها، محل مناسبی برای جایگیری مواد معدنی به‌شمار می‌روند. شناخت و ترسیم ساختارهای تکتونیکی در تصویر ماهواره‌ای کمک قابل‌توجهی به شناسایی پتانسیل‌های معدنی خواهد کرد.

ساختارهای خطی اصلی و حلقوی (شکل ۳-۸) منطقه اکتشافی مورد مطالعه که در کنترل کانه‌زایی دارای اهمیت هستند با استفاده از داده‌های Sentinel ۲ با قدرت تفکیک ۱۰ متری استخراج شده است. با توجه به روند ساختاری منطقه، از فیلترهای جهت‌دار ۴۵ درجه استفاده شد.



شکل ۳-۸- ساختارهای خطی (خطواره‌ها و ساختار حلقوی) بر روی تصویر استخراجی از سنجنده Sentinel-۲ با استفاده از فیلتر جهت‌دار

۳-۴-۲- پردازش طیفی

پردازش طیفی را فرآیند استخراج اطلاعات از محتوای طیفی پیکسل‌های تصویری می‌گویند. اطلاعات استخراج شده می‌توانند نوع، موقعیت، فراوانی، درجه تبلور و تغییرات ترکیب یک کانی و همراهی آن با کانی‌های دیگر باشد. آنالیز طیفی تصاویر Aster می‌تواند ابزار بسیار مفیدی در شناسایی انواع مختلف دگرسانی نظیر آرژیلیک، آرژیلیک پیشرفته، سربستیک، پروپلیتیک، سیلیسی شدن و اکسیدهای آهن باشد. انواع دگرسانی‌های مورد انتظار عبارتند از:

- **دگرسانی پروپلیتیک:** این نوع دگرسانی به وسیله کلریت و یا اپیدوت تشخیص داده می‌شود. بازتاب طیفی این کانی‌ها بسیار شبیه به مرمر و سنگ آهک بوده و در مناطق آهکی، متمایز کردن سنگ‌های کربناته از دگرسانی پروپلیتیک بسیار مشکل می‌باشد، به‌ویژه اگر دگرسانی پروپلیتیک در سنگ‌های آهکی رخ دهد.
- **دگرسانی آرژیلیک پیشرفته:** این نوع دگرسانی، بیشتر با طبقات ولکانیکی همراه است و اگر درون سنگ‌های رسوبی رخ دهد شناسایی آن بسیار راحت می‌باشد.

- **دگرسانی آرژیلیکی و سربیسیتی:** شناسایی کانی‌های همراه با این نوع دگرسانی‌ها (کائولینیت، مونت‌موریلونیت و سربیسیت) در سنگ‌های ولکانیکی بسیار راحت است، اما در مناطق رسوبی بسیار گیج‌کننده می‌باشد. سنگ‌های رسوبی ممکن است به صورت اولیه یا دگرگون، حاوی کانی ایلیت باشند. هم‌چنین کانی‌های کائولینیت و مونت‌موریلونیت ممکن است در اثر فرآیند هوازدگی سنگ‌های رسوبی تشکیل شوند.

- **دگرسانی سیلیسی:** سیلیس یک تشکیل‌دهنده متعارف سنگ‌های آذرین اسیدی است. شناسایی دگرسانی سیلیسی و واحدهای غنی از سیلیس با استفاده از باندهای حرارتی ASTER ممکن است.

- **اکسید آهن:** یکی از محصولات بسیار معمول هوازدگی، سنگ‌های آهن‌دار هستند.

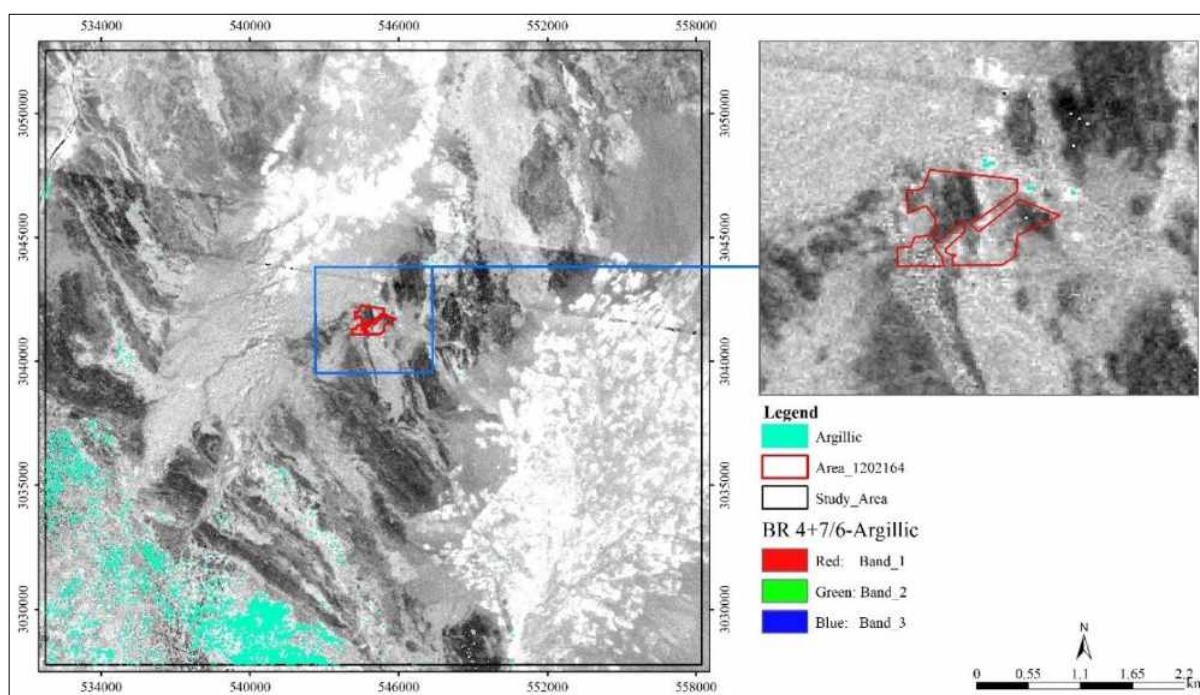
در این مطالعه برای دگرسانی‌های فیلک، کائولینیت، مسکویت، سیلیس، کلریت، پروپلیتیک، آرژیلیک و سرپانتینیت از داده‌های SWIR و TIR سنجنده استر، دگرسانی اکسید آهن از داده‌های لندست ۸ و سنتینل ۲ استفاده شد (شکل‌های ۳-۹ تا ۳-۱۶).

- **شناسایی نواحی دگرسانی**

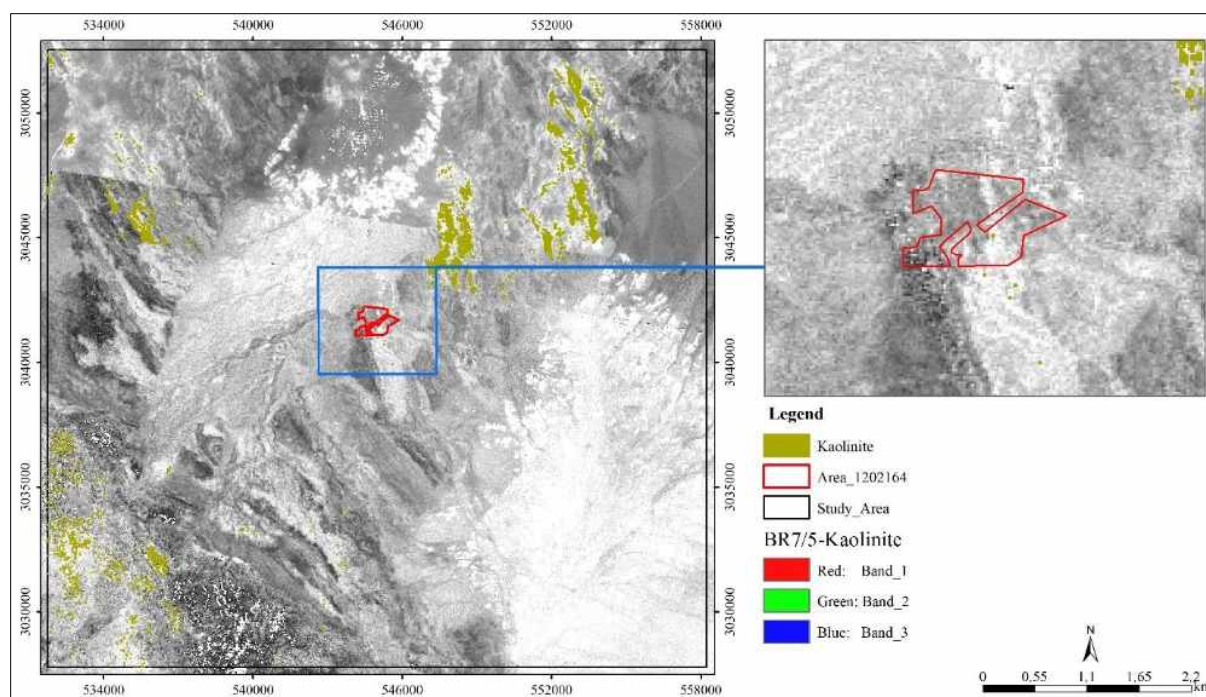
لازم به ذکر است برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای در منطقه مورد مطالعه از روش‌های طیف پایه (LSfit) و تصویر پایه (ترکیب رنگی کاذب، نسبت بانندی) استفاده شده است. در این نواحی اغلب واحدهای سنگی منطقه مربوط به دوران سوم و شامل واحدهای آتشفشانی، توده‌های نفوذی اسیدی تا حدواسط، سنگ‌های رسوبی به همراه سنگ‌های دگرگونی می‌باشند. بخش‌های از کادر منطقه مطالعاتی توسط رسوبات کواترنری پوشیده شده است که طبیعتاً جنس رسوبات از ارتفاعات بالا دست تبعیت می‌کند لذا مناطق بارز شده برای هر کانی یا سنگ در مناطق آبرفتی فاقد اهمیت می‌باشد.

برای بارزسازی کانی‌ها و دگرسانی‌های فیلک، کائولینیت، مسکویت، سیلیس، کلریت، پروپلیتیک، آرژیلیک و سرپانتینیت از داده‌های SWIR و TIR سنجنده استر، دگرسانی اکسید آهن از داده‌های لندست ۸ و داده‌های سنتینل ۲ استفاده شد. نتیجه نهایی در ارتباط با گسترش کانی‌های استخراج شده در (شکل‌های ۳-۹ تا ۳-۱۶) نمایش داده شده است. با توجه به بررسی‌های دورسنجی انجام شده در منطقه مطالعاتی، برای بارزسازی دگرسانی‌های آرژیلیک از نسبت بانندی $(4+7/6)$ ، پروپلیتیک از نسبت بانندی $(7+9/8)$ ، فیلک از نسبت بانندی

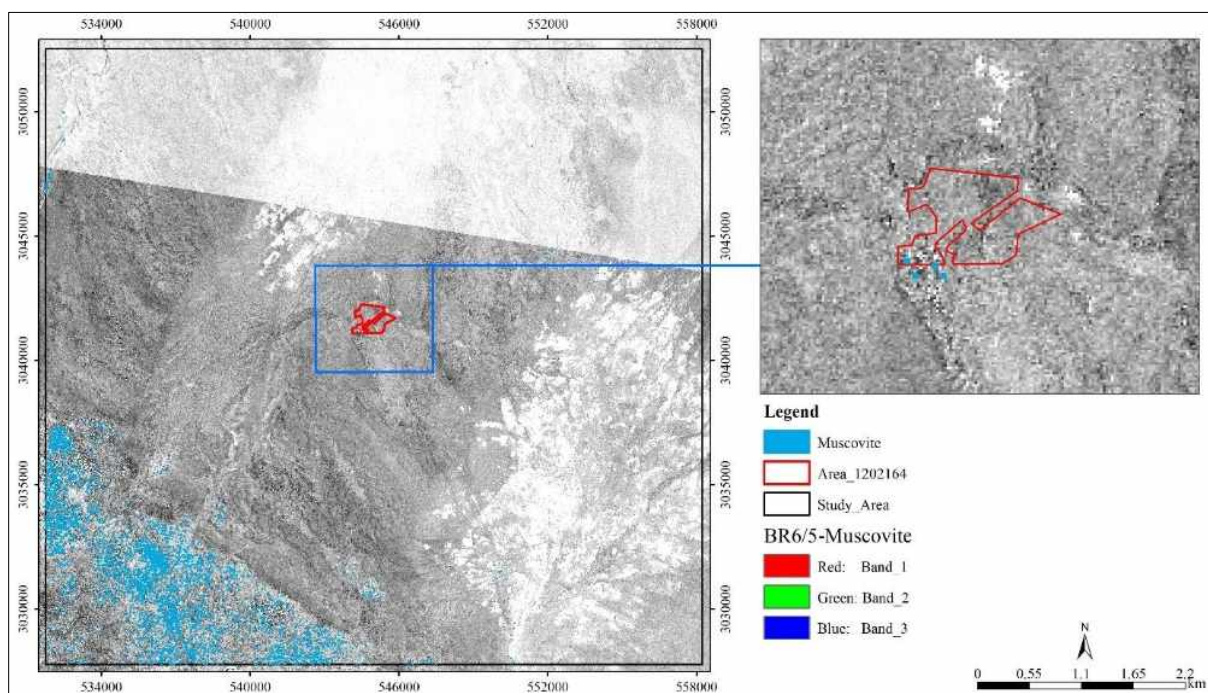
(۵+۷/۶)، کائولینیت از نسبت باندی (۷/۵)، مسکویت از نسبت باندی (۶/۵)، کلریت از نسبت باندی (۴/۸)، سیلیس از نسبت باندی (۱۴/۱۲) و آشکار سازی کانی سرپانتینیت ها از نسبت باندی (۶/۸) سنجنده استر استفاده شده است. همچنین برای آشکار سازی اکسید آهن از نسبت باندی (۴/۲) سنجنده OLI و نسبت باندی (۳/۴)+(۱۲/۸) سنتینل ۲ استفاده گردید.



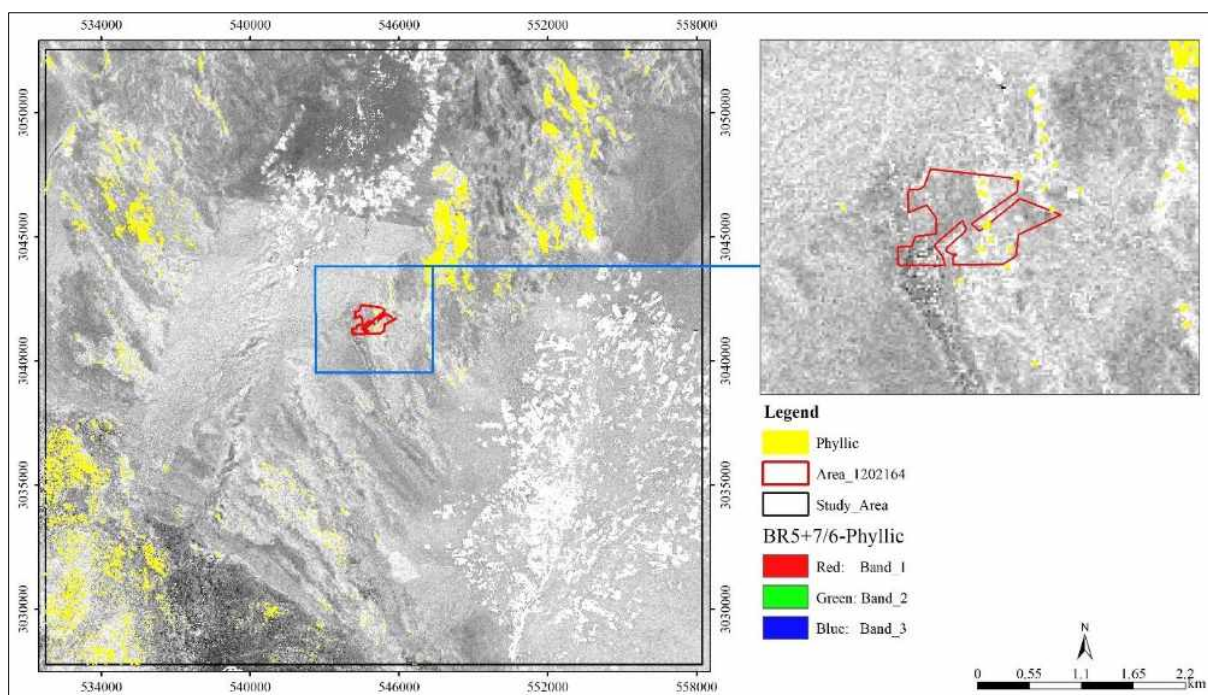
شکل ۳-۹- الگوی پراکندگی دگرسانی آرژیلیک از داده‌های Swir استر در منطقه مطالعاتی



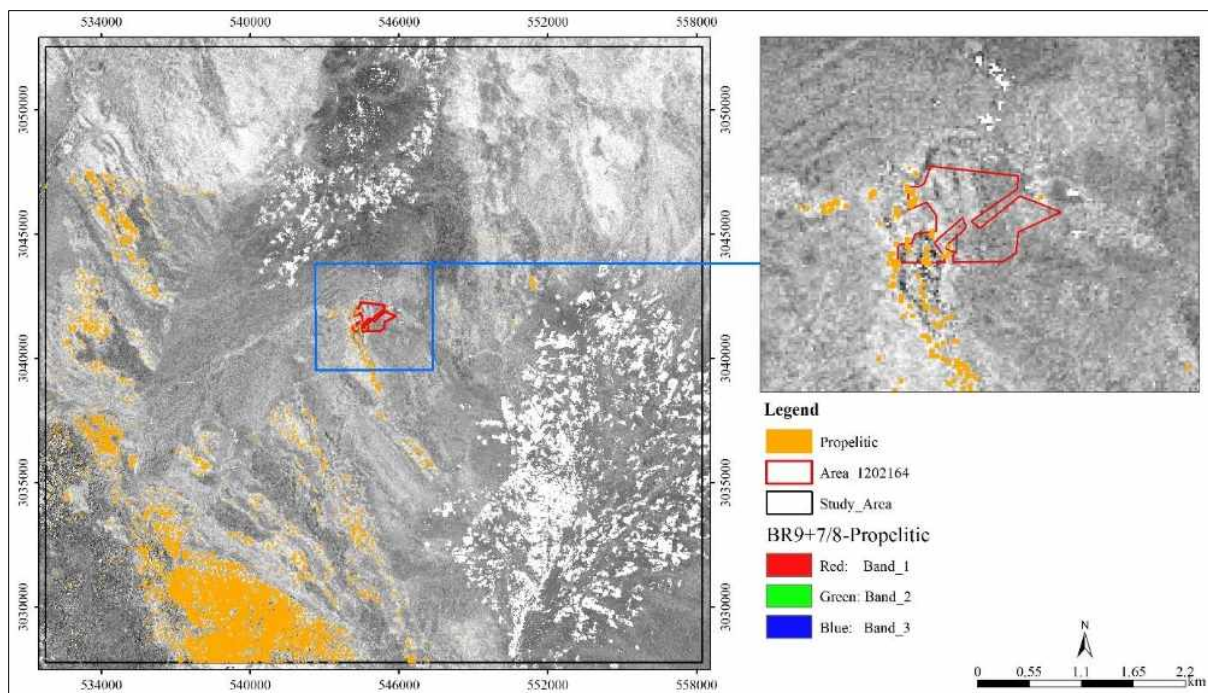
شکل ۳-۱۰- الگوی پراکندگی دگرسانی کائولینیت از داده‌های Swir استر در منطقه مطالعاتی



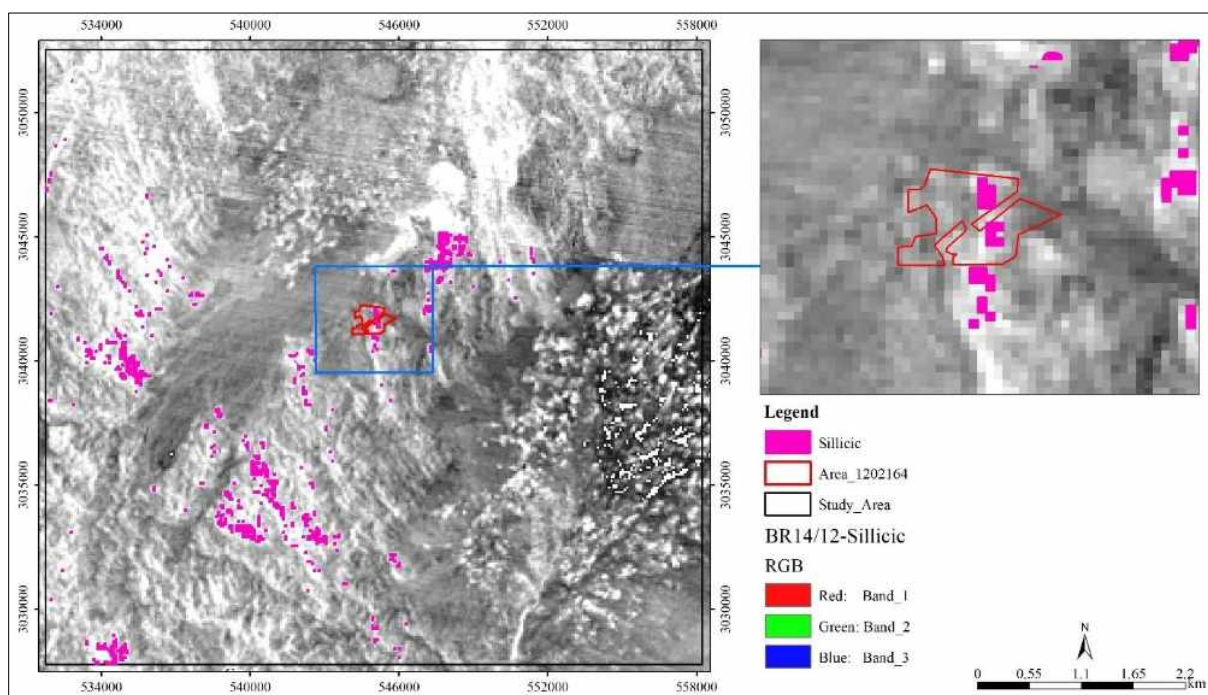
شکل ۳-۱۱- الگوی پراکندگی کانی مسکویت از داده‌های Swir استر در منطقه مطالعاتی



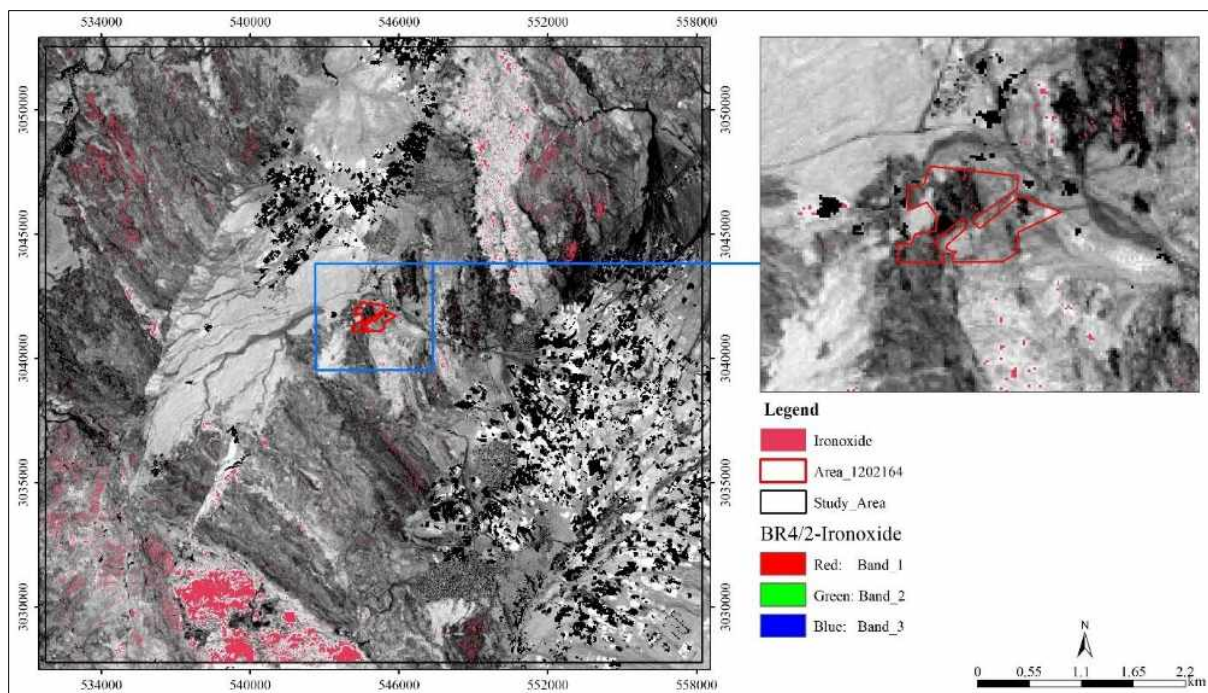
شکل ۳-۱۲- الگوی پراکندگی دگرسانی فیلک از داده‌های Swir استر در منطقه مطالعاتی



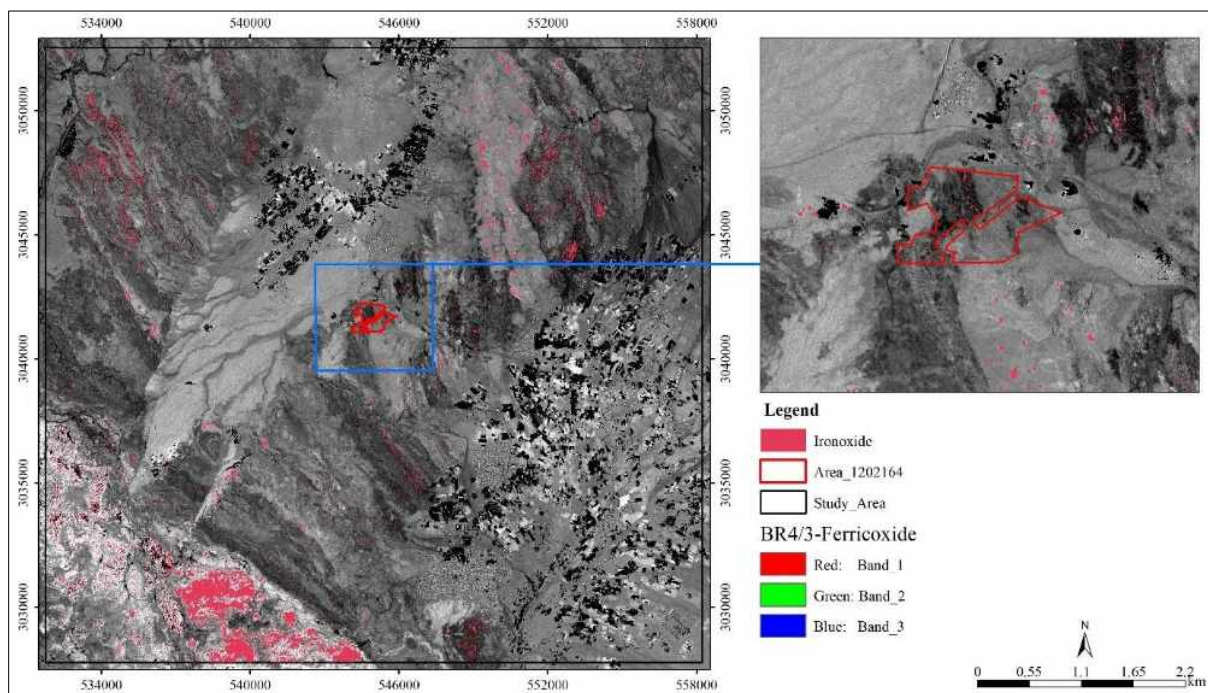
شکل ۳-۱۳- الگوی پراکندگی دگرسانی پروپلیتیک از داده‌های Swir استر در منطقه مطالعاتی



شکل ۳-۱۴- الگوی پراکندگی دگرسانی سیلیس از داده‌های TIR استر در منطقه مطالعاتی



شکل ۳- ۱۵- الگوی پراکندگی دگرسانی اکسید آهن از داده‌های لندست ۸ در منطقه مطالعاتی



شکل ۳- ۱۶- الگوی پراکندگی دگرسانی آهن سه ظرفیتی (مگنتیت) از داده‌های سنتینل ۲ در منطقه مطالعاتی

فصل چهارم: مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای برگه

۱:۱۰۰،۰۰۰

روش اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای متداول‌ترین شیوه اکتشافات ژئوشیمیایی مقدماتی است که برای اکتشافات مقیاس کوچک تا متوسط کاربرد دارد. این روش به طور وسیعی برای پی‌جویی‌های ناحیه‌ای و شناسایی مقدماتی نواحی امید بخش کانی‌سازی در مناطقی که دارای آبراهه هستند و وسعت حوضه آبریز زیاد باشد به کار می‌رود. از طرفی مشکلات جدا کردن کانی‌ها (روش کانی‌های سنگین) و یا آب (روش هیدروژئوشیمیایی) را ندارد و قابل کاربرد در وضعیت‌های آب و هوایی متفاوت است.

روش اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای برای اکتشاف کانسارهای چند فلزی مانند کانسارهای حاوی عناصر Ni, Zn, Co, Sb, Cu, Pb بسیار خوب است، ولی با اندازه‌گیری عناصر دیگر مانند Ag, Bi, Mo, Hg می‌توان از آن به عنوان نشانه کانی‌زایی کانسارهای دیگر استفاده کرد. همچنین این روش برای مطالعات محیط زیستی به کار می‌رود که در این صورت معمولاً نمونه سطحی برداشت می‌شود.

رسوبات آبراهه‌ای در واقع یک نمونه ترکیبی از مواد فرسایش یافته از سنگ‌های بالادست حوضه آبریز است. بنابراین وجود ناهنجاری در این رسوبات از وجود یک منبع پرعیار در بالادست آن حکایت می‌کند. این عناصر به منظور نشانه و راهنما برای پیدا کردن محل کانسارها به کار می‌رود. اگر چه پیدا کردن ناهنجاری در محل آبراهه‌ها خود نشان دهنده کانسار در محل نیست، بلکه با توجه به تحرک عناصر می‌توان منشأ اولیه این عناصر (توده کانساری) را با توجه به اطلاعات به دست آمده شناسایی کرد. همچنین می‌توان ویژگی‌های زمین‌شناختی یا ژئوشیمیایی اولیه تشکیل دهنده رسوبات آبراهه‌ای را تعیین کرد. مثلاً اگر مقدار SO_2 به تنهایی در رسوبات زیاد باشد، نشان دهنده منشأ گرانیته سنگ‌های اولیه است. روشن است که مناطق در بردارنده پتانسیل احتمالی (هاله‌های ثانویه کانساری) در شرایطی بوجود می‌آیند که کانی‌سازی (هاله‌های اولیه)، در محیطی که رسوبات از آن منشأ گرفته‌اند، رخ داده باشد. بنابراین در اکتشاف ژئوشیمیایی در مقیاس ناحیه‌ای با نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای و کشف هاله‌های ثانویه می‌توان پدیده‌های کانی‌سازی را شناسایی نمود.

۴-۲- آماده سازی و تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی

همه مطالعاتی که با استفاده از روش‌های مختلف نمونه‌گیری صورت می‌گیرند نیاز به آمار و پردازش داده‌ها دارند که با توجه به نتایج مورد نظر، کارشناس می‌تواند از روش‌های ساده یا پیچیده آماری استفاده نماید. لذا اکتشافات ژئوشیمیایی که بر پایه نمونه‌برداری از جوامع سنگی، رسوبات آبراهه‌ای، خاک و آب می‌باشند نیازمند انجام پردازش‌های آماری هستند. با توجه به اینکه هیچ‌کدام از روش‌های اکتشافی کامل نبوده و با کاستی‌هایی همراه هستند، معمولاً از روش‌های اکتشافی مکمل نظیر مطالعات کانی‌سنگین، ژئوفیزیک و دورسنجی استفاده می‌شود تا معتبرترین مناطق جهت اکتشافات بعدی انتخاب گردند. نحوه پردازش داده‌ها به این صورت می‌باشد که نتایج آنالیز ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای به همراه مختصات محل برداشت نمونه‌ها در یک بانک اطلاعاتی ذخیره می‌گردد. بعد از این مرحله برای بخشی از داده‌ها که به صورت سنسورد گزارش شده بودند جایگزینی داده‌های سنسورد انجام می‌گیرد. سپس از این داده‌ها جهت محاسبه پارامترهای آماری، پردازش‌های آماری تک‌متغیره، تعیین مشاهدات خارج از ردیف، تعیین آنومالی‌ها، پردازش‌های آماری چند متغیره (ضرایب همبستگی، آنالیز خوشه‌ای، آنالیز فاکتوری) استفاده می‌شود (حسنی پاک، ۱۳۸۷).

۴-۳- پردازش داده‌های سنسورد

داده‌های سنسورد به داده‌هایی اطلاق می‌شود که به صورت مقادیر کمتر از و یا بیشتر از ($<$, $>$) حد حساسیت دستگاهی گزارش شده‌اند. این داده‌ها 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 کمیته^۱ نداشته، لذا نمی‌توانند به صورت یک داده عددی در سیستم داده‌پردازی وارد شوند. در ضمن حذف آن‌ها از سیستم نیز منجر به نادیده گرفتن بخشی از اطلاعات می‌شود. جایگزینی و تخمین داده‌های سنسورد با روش‌های مختلفی انجام می‌شود که از جمله این روش‌ها می‌توان به روش بیشترین درست‌نمایی کوهن^۲، روش ترسیمی و روش‌های جایگزینی ساده اشاره کرد. روش‌های جایگزینی ساده، شامل جایگزینی نصف و یا $\frac{2}{3}$ حد حساسیت

Quantitative^۱
Cohen Maximum Likelihood^۲

برای مقادیر کوچکتر از ($<$) و $\frac{4}{3}$ حد حساسیت برای مقادیر بزرگتر از ($>$) حد حساسیت دستگاهی می‌باشد (حسنی پاک، ۱۳۸۷).

۴-۴- محاسبه پارامترهای آماری و رسم نمودارهای مربوط به توزیع داده‌ها

در بررسی‌های ژئوشیمیایی به هر عنصر یا اکسید یا هر ترکیبی که آنالیز نمونه برای آن انجام می‌شود، متغیر گفته می‌شود. در مطالعات آماری تک متغیره پردازش روی مقادیر یک متغیر بدون در نظر گرفتن بقیه متغیرها صورت می‌گیرد. این مطالعات شامل محاسبه پارامترهای آماری، نرمال‌سازی، رسم نمودارها و پلات‌ها، تهیه جداول مقادیر ($X+nS$) برای داده‌ها و جدایش مقادیر خارج از رده می‌باشد.

۴-۴-۱- جدایش مقادیر خارج از ردیف

اکثر جوامع آماری که در پروژه‌های اکتشافی با آن‌ها سر و کار داریم، غیرنرمال بوده و دارای چولگی مثبت می‌باشند. اینگونه جوامع دارای مقادیر پرعیاری در کرانه سمت راست توزیع هستند که به جامعه زمینه یا جامعه‌ای با عیار میانگین اضافه شده‌اند. این مقادیر غیرعادی بالا در واقع آنومالی‌ها (در مقیاس ناحیه‌ای) و یا پیکره‌های کانسنگ پرعیار (در مقیاس محلی) را شامل می‌شوند.

مقادیر پرعیار در صورتی که غیرقابل قبول تشخیص داده شوند، به عنوان مقادیر خارج از ردیف یا باید از بین داده‌ها حذف و یا تصحیح گردند. اکثر روش‌های به کار گرفته شده بدین منظور زمینه تئوری ندارند و فقط به عنوان روش‌های تجربی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جدایش مقادیر خارج از ردیف به منظور نزدیک‌تر نمودن توزیع داده‌ها به نرمال و نرمال‌سازی راحت‌تر آن‌ها به وسیله نرم‌افزارهای مختلف خاص این کار است. این مقادیر پس از نرمال‌سازی داده‌ها به حالت اولیه برگردانده شده و جامعه اصلی را تشکیل می‌دهند (حسنی پاک، ۱۳۸۷).

۴-۴-۲- نرمال‌سازی داده‌های خام

استفاده از برخی روش‌های آماری منوط به نرمال بودن تابع توزیع متغیرهای مورد مطالعه است در حالیکه توابع توزیع از نوع لاگ نرمال است، به همین علت قبل از استفاده از این روش‌ها داده‌های خام باید نرمال شوند. در این بخش از نوعی تبدیلات جهت نرمال کردن تابع توزیع داده‌های خام استفاده شده است. روش

لاگ نرمال به صورت یک روش توصیفی برای نرمال کردن تابع توزیع جوامعی که دارای چولگی در نمودار خود هستند به کار می‌رود.

۴-۳- بررسی‌های آماری تک متغیره

دستیابی به پارامترهای آماری اولین گزینه‌ای است که به عنوان مهم‌ترین و جامع‌ترین اطلاعات آماری، در اختیار داده‌پردازان قرار می‌گیرد. جدول پارامترهای آماری خصوصیتی از جمله ماکزیمم، مینیمم، میانه، میانگین، انحراف معیار، کشیدگی و چولگی را در بردارد. از جمله پارامترهای آماری، چولگی و کشیدگی که با استفاده از آن‌ها می‌توان به نرمال بودن یا لاگ نرمال بودن جوامع پی‌برد. هر چه این دو مقدار به ترتیب به ۰ و ۳ نزدیک‌تر باشند، آن جامعه نرمال‌تر خواهد بود. این درصدها به عنوان مکمل مقادیر^۳ است. کلیه داده‌های خام و نرمال پس از فایل‌بندی مناسب توسط نرم‌افزار^۴ مورد بررسی آماری قرار گرفته است.

۴-۵- مطالعات و پردازش ژئوشیمیایی برگه‌های یکصد هزارم منطقه اکتشافی مورد مطالعه

مطالعات ژئوشیمیایی یکی از روش‌های موثر برای شناسایی ذخایر معدنی به ویژه در مراحل اولیه اکتشاف است. در مواردی که بر روی یک کانی‌سازی مشخص پی‌جویی صورت می‌گیرد، از عناصر ردیاب و معرف کانی‌سازی مورد جستجو، استفاده می‌شود.

در این بررسی، ناحیه مطالعاتی بخشی از ۴ برگه ۱:۱۰۰.۰۰۰ میناب، نودژ، کهنوج و قلعه‌منوجان می‌باشد. همه این برگه‌ها دارای داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای. از مجموع ۳۱۱۶ نمونه رسوبات آبراهه‌ای موجود، تعداد ۱۸۴ درون ناحیه مطالعاتی جهت پردازش قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است درون محدوده درخواست اکتشاف مورد مطالعه فقط یک نمونه موثری از نمونه رسوبات آبراهه‌ای قرار می‌گیرد (شکل ۴-۱).

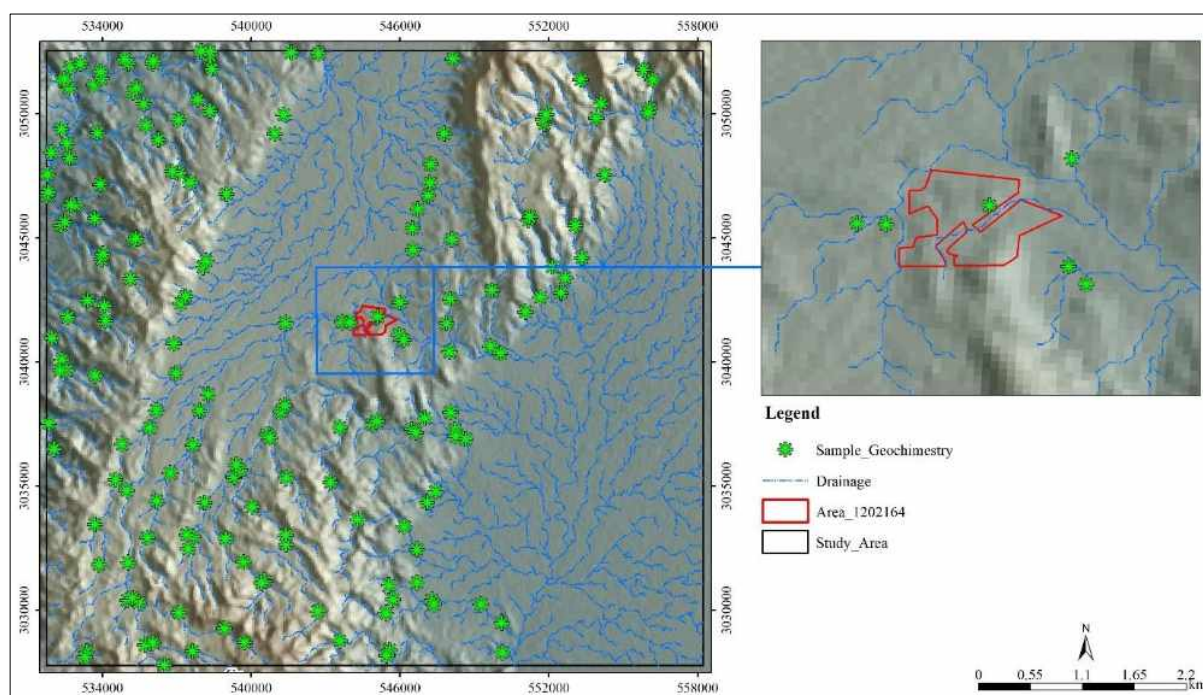
در ادامه (جدول ۴-۱) مشخصات نمونه‌های برداشت شده به تفکیک هر برگه آورده شده است و (شکل ۴-۱) موقعیت مکانی نمونه‌های ژئوشیمیایی موجود در ناحیه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است در پردازش و بررسی‌ها بر روی نتایج آنالیز برگه‌های یکصد هزار سازمان زمین‌شناسی انجام شده (میناب، کهنوج، نودژ و قلعه‌منوجان)، بیش از ۲/۳ نتایج داده سنسورد می‌باشد لذا این گونه آنالیزها که داده‌های سنسورد بالایی دارند و بیش از ۱۰ درصد نمونه را شامل می‌شوند، نمی‌توانند نتایج قابل قبولی ارائه دهند و باعث اختلال در تلفیق و مدل‌سازی خواهند شد.

در نهایت با توجه به همپوشانی عناصر مختلف، لیتولوژی حوضه آبریز و با در نظر داشتن اینکه فقط یک نمونه رسوبات آبراهه‌ای درون محدوده اکتشافی قرار می‌گیرند و نمونه‌های برداشت شده در اطراف محدوده، آنومالی شاخصی را نشان نداده و اکثر آنومالی‌ها در حد زمینه را می‌باشند، لذا با توجه به موارد ذکر شده این داده‌ها برای تلفیق اطلاعات مناسب نبوده‌اند اما به در نظر داشتن این مطلب تا حدودی به عنوان ردیاب کانی‌سازی ماسیوسولفید و خصوصا شناسایی کرومیت استفاده شده است.

جدول ۴-۱- مشخصات برگه‌های دارای داده‌های ژئوشیمیایی (رسوبات آبراهه‌ای) در محدوده مطالعاتی

رسوبات آبراهه‌ای				
ردیف	شماره برگه	نام برگه	تعداد نمونه	تعداد نمونه‌ها در ناحیه مطالعاتی
۱	میناب	۷۴۴۴	۶۹۶	۹۰
۲	نودژ	۷۴۴۵	۸۰۰	۶۹
۳	کهنوج	۷۵۴۵	۶۹۶	۲۱
۴	قلعه‌منوجان	۷۵۴۴	۹۷۰	۴



شکل ۴-۱- نقشه موقعیت نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای در محدوده مطالعاتی مورد بررسی

۴-۵-۱- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ میناب

این برگه شامل ۶۹۶ نمونه رسوبات آبراهه‌ای است که تعداد ۹۰ نمونه آن در داخل ناحیه مطالعاتی قرار دارد. از تعداد ۶۳ عنصر آنالیز شده آن ۷ عنصر زیر پردازش شده است و مابقی عناصر زیر حد تشخیص دستگاه بوده‌اند. Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, V, Zn

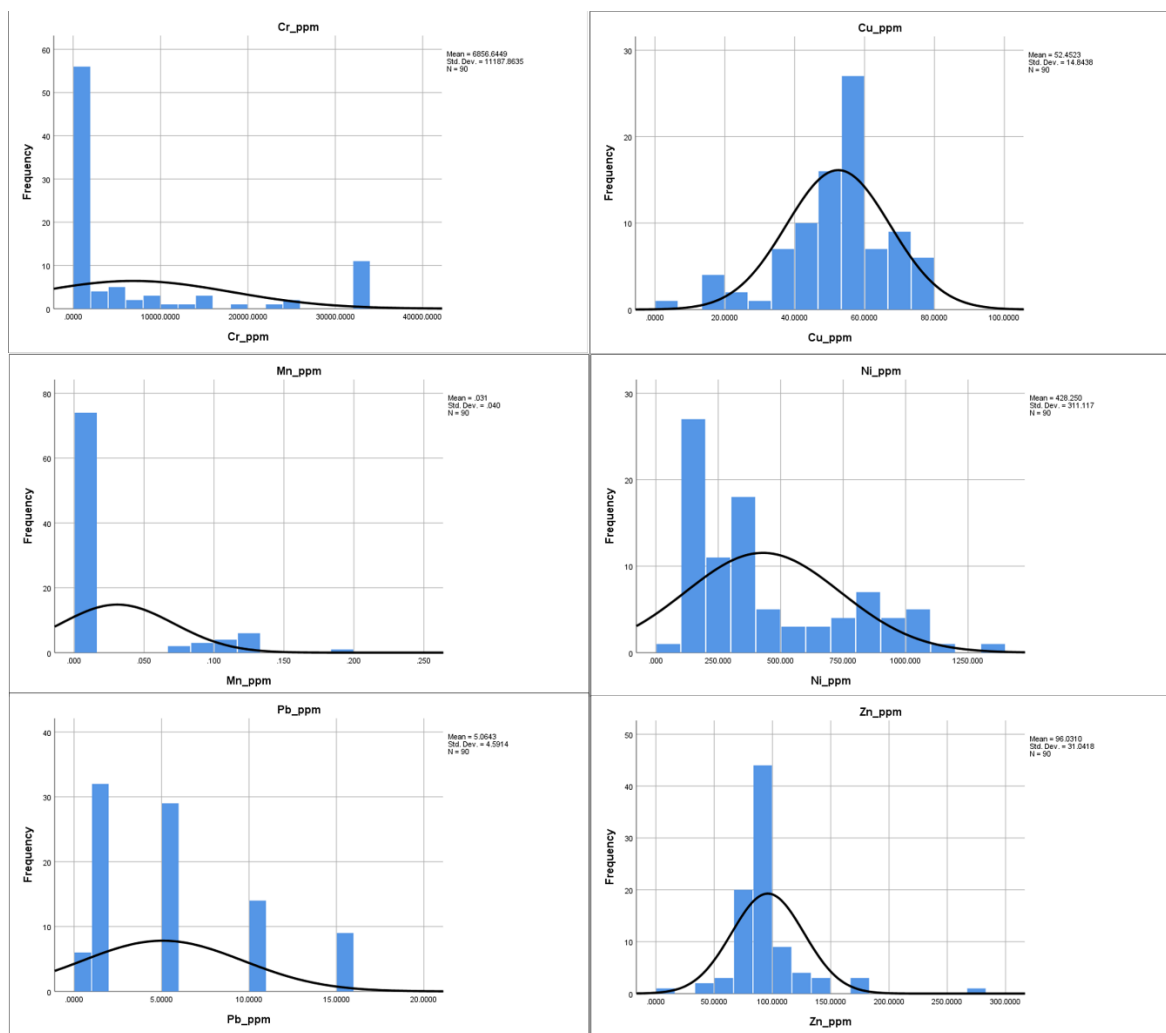
مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی این برگه توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام شده است. (جدول‌های ۲-۴ و ۳-۴) پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه میناب را نشان می‌دهد. در این جدول‌ها پارامترهای آماری شامل میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها آورده شده است. بررسی شکل تابع توزیع، مقدار حداکثر هر عنصر و میزان چولگی توزیع آن می‌توان دریافت که عنصر مورد نظر از پتانسیل اکتشافی مطلوبی برخوردار است یا خیر. در (شکل‌های ۲-۴ و ۳-۴) نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر اصلی آورده شده است. همچنین در (جدول‌های ۴-۴ و ۵-۴) ضرایب همبستگی پیرسون و اسپیرمن محاسبه شده است. در این جدول‌ها زوج عنصر $Ni-Cr = 0,771$, $Ni-Cu = 0,528$, $Mn-V = 0,586$ دارای بیشترین ضرایب همبستگی است که حضور سنگ‌های بازیک، الترابازیک و افیولیت‌ها همچنین کانی‌سازی مس در ارتباط با این سنگ‌ها را توجیه نماید.

جدول ۴-۲- پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر مختلف در برگه یکصد هزار میناب

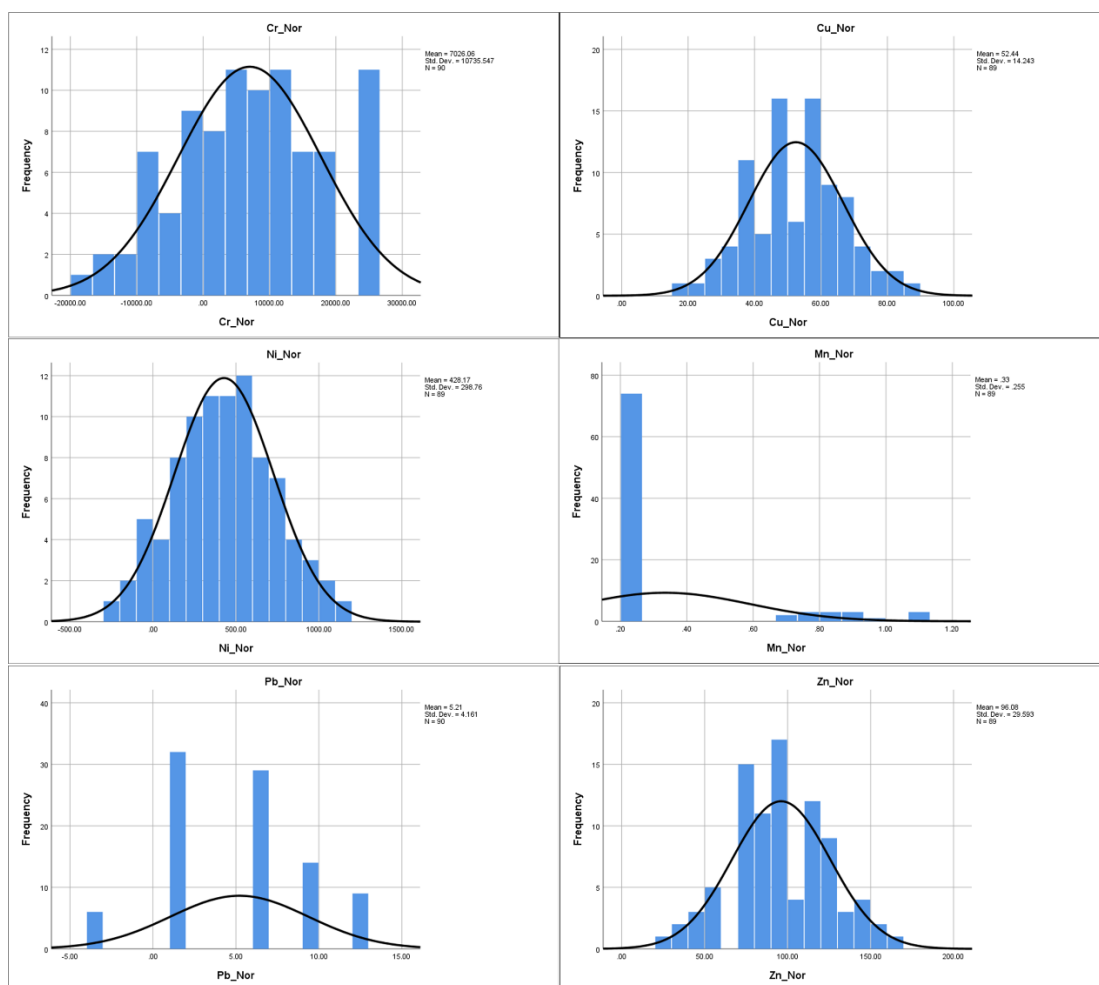
Statistics							
N/Valid	Cr_ppm	Cu_ppm	Mn_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	V_ppm	Zn_ppm
	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰
Mean	۶۸۵۶,۶۴	۵۲,۴۵	۰,۰۳	۴۲۸,۲۵	۵,۰۶	۱۲۹,۴۷	۹۶,۰۳
Median	۸۱۰,۰۰	۵۴,۰۰	۰,۰۱	۳۳۰,۰۰	۵,۰۰	۱۰۰,۰۰	۹۰,۰۰
Std. Deviation	۱۱۱۸۷,۸۶	۱۴,۸۴	۰,۰۴	۳۱۱,۱۲	۴,۵۹	۱۱۹,۸۲	۳۱,۰۴
Variance	۱۲۵۱۶۸۲۸۹,۲۵	۲۲۰,۳۴	۰,۰۰	۹۶۷۹۳,۷۲	۲۱,۰۸	۱۴۳۵۶,۲۴	۹۶۳,۵۹
Skewness	۱,۶۳	-۰,۷۹	۲,۱۳	۰,۹۱	۰,۹۳	۱,۷۱	۲,۳۲
Kurtosis	۱,۱۲	۱,۰۱	۳,۶۹	-۰,۳۳	-۰,۲۱	۵,۴۳	۱۱,۶۴
Minimum	۳,۰۴	۴,۷۱	۰,۰۱	۷,۴۶	۰,۶۳	۰,۰۹	۴,۷۹
Maximum	۳۳۰۰۰,۰۰	۸۰,۰۰	۰,۲۰	۱۳۰۰,۰۰	۱۵,۰۰	۷۰۰,۰۰	۲۷۰,۰۰

جدول ۴-۳- پارامترهای آماری داده‌های نرمال شده عناصر مختلف در برگه یکصد هزار میناب

Statistics							
	Cr_Nor	Cu_Nor	Ni_Nor	Mn_Nor	Pb_Nor	V_Nor	Zn_Nor
N/Valid	۹۰	۸۹	۸۹	۸۹	۹۰	۸۹	۸۹
Mean	۷۰۲۶,۰۶	۵۲,۴۴	۴۲۸,۱۷	۰,۳۳	۵,۲۱	۱۳۱,۸۶	۹۶,۰۸
Median	۷۰۱۲,۴۶	۵۲,۲۴	۴۳۲,۵۷	۰,۲۲	۶,۰۹	۱۱۴,۴۰	۹۶,۸۹
Variance	۱۱۵۲۵۱۹۶۱,۹۶	۲۰۲,۸۶	۸۹۲۵۷,۷۶	۰,۰۷	۱۷,۳۲	۱۰۸۳۰,۳۴	۸۷۵,۷۶
Skewness	-۰,۰۹	-۰,۰۱	۰,۰۰	۲,۰۳	۰,۱۰	۰,۳۲	۰,۰۱
Kurtosis	-۰,۵۷	-۰,۳۳	-۰,۳۴	۲,۵۷	-۰,۴۳	-۰,۵۱	-۰,۲۹
Minimum	-۱۸۷۲۴,۹۴	۱۸,۵۲	-۲۸۳,۱۳	۰,۲۲	-۳,۰۴	-۳,۶۲	۲۵,۰۶
Maximum	۲۴۶۸۱,۳۵	۸۶,۳۸	۱۱۳۹,۶۱	۱,۱۲	۱۲,۸۷	۴۰۳,۴۱	۱۶۷,۰۰



شکل ۴-۲- نمودار هیستوگرام داده‌های خام عناصر Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn



شکل ۴-۳- نمودار هیستوگرام داده‌های نرمال عناصر Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn

جدول ۴-۴- محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های نرمال به روش پیرسون در برگه میناب

Correlations							
Elements	Cr_Nor	Cu_Nor	Ni_Nor	Mn_Nor	Pb_Nor	V_Nor	Zn_Nor
Cr_Nor	۱						
Cu_Nor	-.۴۸۱**	۱					
Ni_Nor	.۷۷۱**	-.۵۲۸**	۱				
Mn_Nor	.۲۱۰*	-.۰۱۵۸	.۰۰۱۸	۱			
Pb_Nor	.۰۰۱۴	-.۰۰۰۵	.۰۰۰۰	.۴۳۵**	۱		
V_Nor	.۰۱۲۱	.۰۱۰۹	.۰۰۲۹	-.۵۸۶**	-.۰۱۳۷	۱	
Zn_Nor	.۳۱۷**	.۰۱۳۶	.۰۱۷۷	.۲۱۲*	.۰۰۵۷	.۰۱۱۵	۱

جدول ۴-۵- محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های خام به روش اسپیرمن در برگه میناب

Correlation							
Elements	Cr ppm	Cu ppm	Mn ppm	Ni ppm	Pb ppm	V ppm	Zn ppm
Cr ppm	۱,۰۰۰						
Cu ppm	-.۵۵۹**	۱,۰۰۰					
Mn ppm	.۰۱۸۹	-.۰۱۸۴	۱,۰۰۰				
Ni ppm	.۸۰۷**	-.۵۹۰**	.۰۰۵۰	۱,۰۰۰			
Pb ppm	.۰۰۰۷	-.۰۰۷۷	.۴۴۹**	.۰۰۱۰	۱,۰۰۰		
V ppm	.۰۰۶۷	.۰۱۵۹	-.۶۲۴**	.۰۰۰۱	-.۰۱۹۱	۱,۰۰۰	
Zn ppm	.۲۳۸*	.۰۱۰۴	.۰۲۰۵	.۰۱۲۷	.۰۰۹۴	.۰۱۳۹	۱,۰۰۰

۴-۵-۲- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ نودژ

این برگه شامل ۸۰۰ نمونه رسوبات آبراهه‌ای است که تعداد ۶۹ نمونه آن در داخل ناحیه مطالعاتی قرار دارد. از تعداد ۶۳ عنصر آنالیز شده آن ۷ عنصر زیر پردازش شده است و مابقی عناصر زیر حد تشخیص دستگاه بوده‌اند. Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn

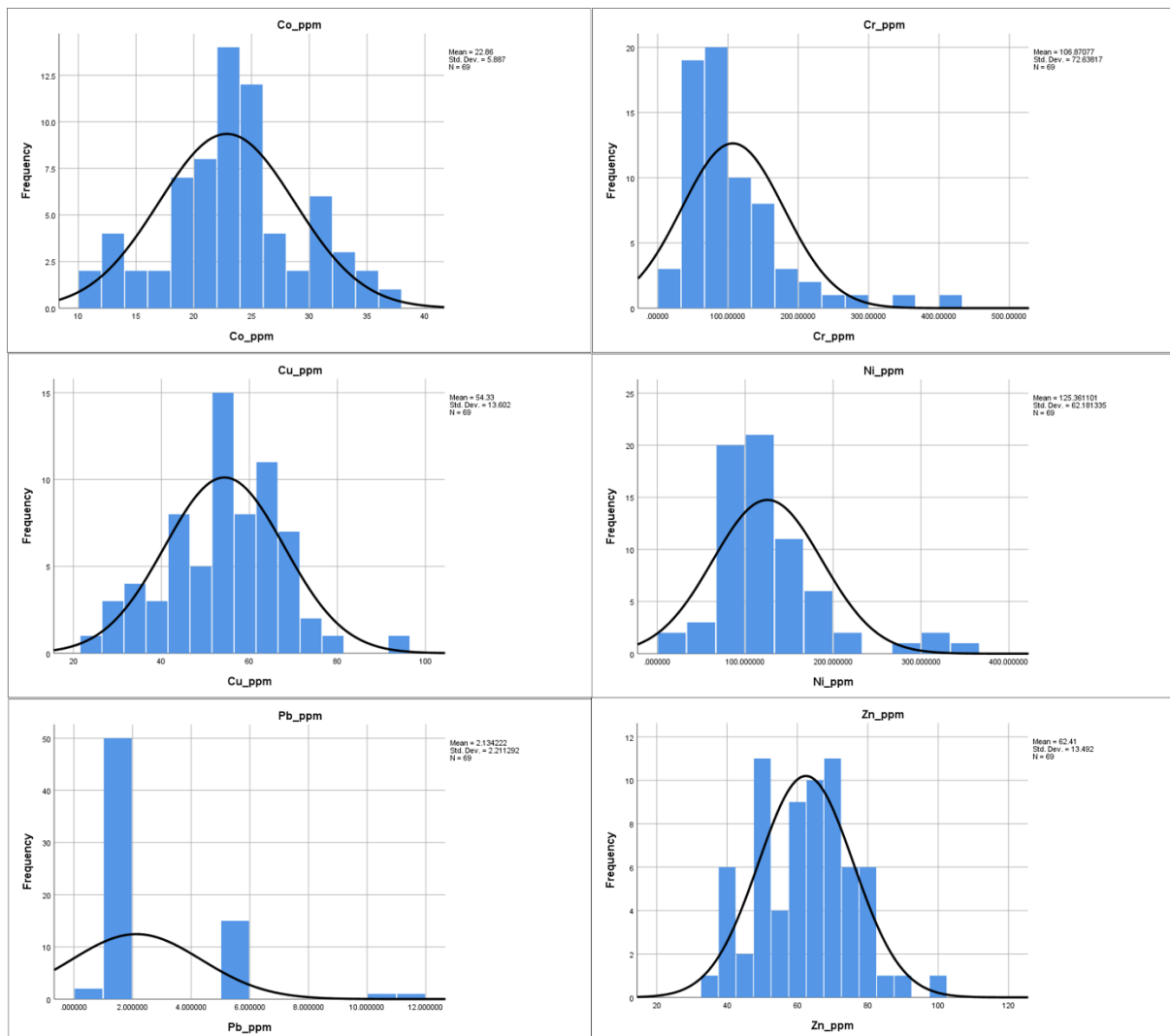
مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی این برگه توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام شده است. (جدول‌های ۴-۶ و ۴-۷) پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه نودژ را نشان می‌دهد. در این جدول‌ها پارامترهای آماری شامل میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها آورده شده است. بررسی شکل تابع توزیع، مقدار حداکثر هر عنصر و میزان چولگی توزیع آن می‌توان دریافت که عنصر مورد نظر از پتانسیل اکتشافی مطلوبی برخوردار است یا خیر. در (شکل‌های ۴-۴ و ۴-۵) نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر اصلی آورده شده است. همچنین در (جدول‌های ۴-۸ و ۴-۹) ضرایب همبستگی پیرسون و اسپیرمن محاسبه شده است. در این جدول‌ها زوج عنصر $Ni-Co = ۰,۵۲۸$, $Ni-Cr = ۰,۵۳۷$, $Zn-Cu = ۰,۶۲۳$ دارای بیشترین ضرایب همبستگی است است که حضور سنگ‌های بازیک، الترابازیک و افیولیت‌ها همچنین کانی‌سازی مس در ارتباط با این سنگ‌ها را توجیه نماید.

جدول ۴-۶- پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر مختلف در برگه یکصد هزار نودژ

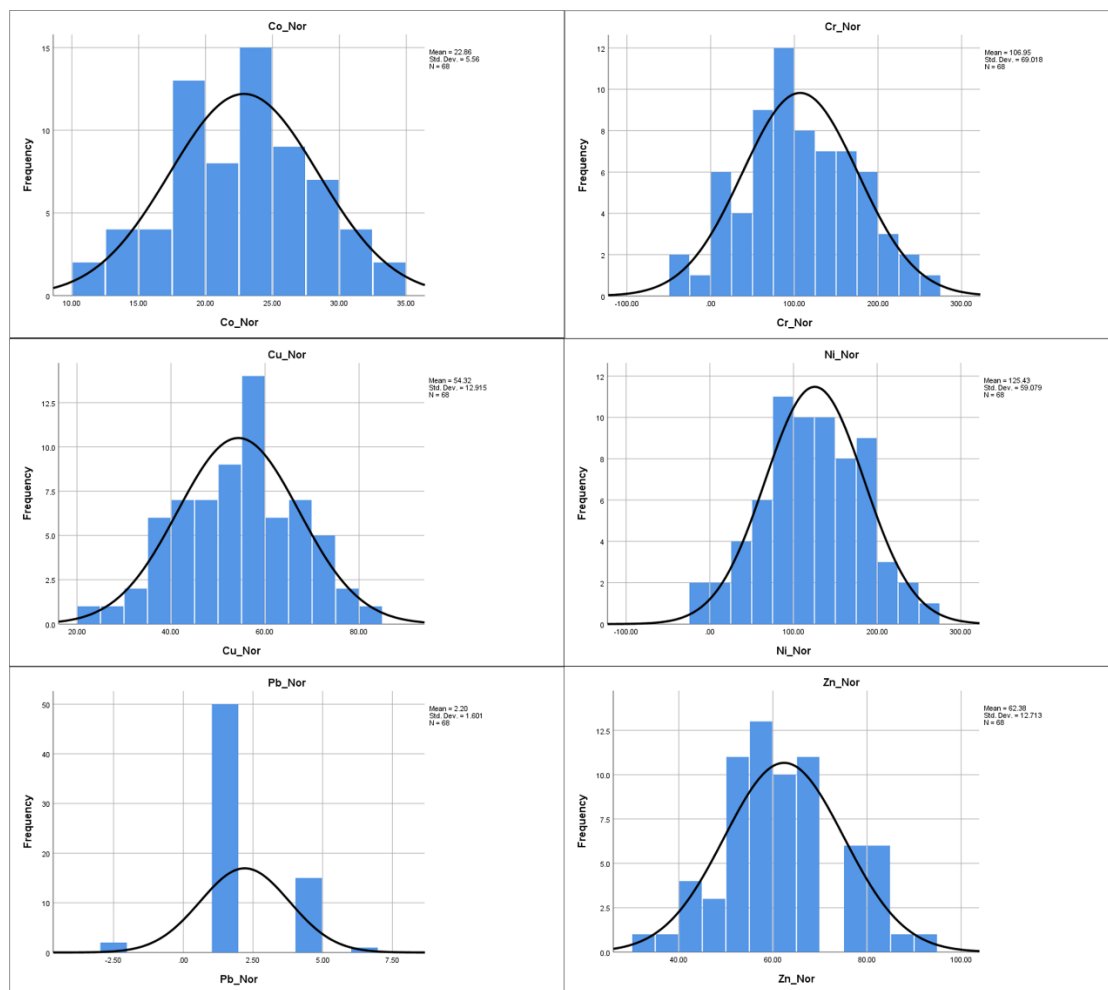
	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	V_ppm	Zn_ppm
N	۶۹	۶۹	۶۹	۶۹	۶۹	۶۹	۶۹
Mean	۲۲,۸۶	۱۰۶,۸۷	۵۴,۳۳	۱۲۵,۳۶	۲,۱۳	۱۳۱,۱۶	۶۲,۴۱
Median	۲۳,۰۰	۸۵,۰۰	۵۶,۰۰	۱۰۵,۰۰	۱,۰۰	۱۰۰,۰۰	۶۵,۰۰
Std. Deviation	۵,۸۹	۷۲,۶۴	۱۳,۶۰	۶۲,۱۸	۲,۲۱	۴۸,۳۹	۱۳,۴۹
Variance	۳۴,۶۶	۵۲۷۶,۳۰	۱۸۵,۰۲	۳۸۶۶,۵۲	۴,۸۹	۲۳۴۱,۶۸	۱۸۲,۰۴
Skewness	-۰,۰۱	۲,۰۳	۰,۰۴	۱,۶۳	۲,۰۴	۰,۴۵	۰,۱۰
Kurtosis	-۰,۲۰	۵,۵۴	۰,۴۰	۳,۸۶	۴,۳۳	-۰,۷۱	-۰,۱۹
Minimum	۱۱,۰۰	۳,۰۴	۲۴,۰۰	۷,۴۶	۰,۶۳	۰,۰۹	۳۵,۰۰
Maximum	۳۶,۰۰	۴۲۰,۰۰	۹۶,۰۰	۳۶۰,۰۰	۱۱,۰۰	۲۲۵,۰۰	۱۰۰,۰۰

جدول ۴-۷- پارامترهای آماری داده‌های نرمال شده عناصر مختلف در برگه یکصد هزار نودژ

Statistics							
	Co Nor	Cr Nor	Cu Nor	Ni Nor	Pb Nor	V Nor	Zn Nor
N	۶۸	۶۸	۶۸	۶۸	۶۸	۶۸	۶۸
Mean	۲۲,۸۶۲۵	۱۰۶,۹۴۸۳	۵۴,۳۱۵۷	۱۲۵,۴۲۷۷	۲,۲۰۴۱	۱۳۲,۵۰۰۳	۶۲,۳۸۳۶
Median	۲۳,۰۷۳۷	۱۰۴,۲۲۳۹	۵۵,۳۱۹۰	۱۲۴,۲۳۰۵	۱,۵۶۵۶	۱۱۰,۳۱۷۱	۶۴,۳۷۷۲
Std. Deviation	۵,۵۶۰۳۰	۶۹,۰۱۷۹۴	۱۲,۹۱۵۱۸	۵۹,۰۷۹۴۴	۱,۶۰۰۷۸	۳۵,۲۶۸۳۸	۱۲,۷۱۳۱۳
Variance	۳۰,۹۱۷	۴۷۶۳,۴۷۶	۱۶۶,۸۰۲	۳۴۹۰,۳۸۰	۲,۵۶۳	۱۲۴۳,۸۵۹	۱۶۱,۶۲۴
Skewness	۰,۰۰۶	۰,۰۱۶	-۰,۰۱۲	۰,۰۱۶	۰,۴۴۹	۰,۲۹۰	-۰,۰۲۰
Kurtosis	-۰,۴۳۴	-۰,۳۹۹	-۰,۳۸۴	-۰,۳۹۶	۱,۵۲۷	-۰,۲۹۸	-۰,۳۶۶
Minimum	۱۰,۹۹	-۳۹,۷۸	۲۴,۶۳	-۰,۱۹	-۲,۳۳	۲۵,۴۹	۳۲,۹۵
Maximum	۳۴,۷۳	۲۶۵,۴۷	۸۴,۰۳	۲۶۱,۱۴	۶,۹۶	۱۸۳,۹۴	۹۱,۸۷



شکل ۴-۴- نمودار هیستوگرام داده‌های خام عناصر Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn



شکل ۴-۵- نمودار هیستوگرام داده‌های نرمال عناصر Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn

جدول ۴-۸- محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های نرمال به روش پیرسون در برگه نودژ

Correlations							
Elements	Co_Nor	Cr_Nor	Cu_Nor	Ni_Nor	Pb_Nor	V_Nor	Zn_Nor
Co_Nor	۱						
Cr_Nor	.۳۴۹**	۱					
Cu_Nor	.۴۳۶**	-.۰۱۰۷	۱				
Ni_Nor	.۵۲۸**	.۵۴۷**	.۰۱۶۳	۱			
Pb_Nor	.۰۱۸۴	.۰۱۰۲	.۰۰۱۱	.۰۰۹۵	۱		
V_Nor	-.۰۰۵۷	.۰۱۸۹	.۰۰۱۳	.۰۱۳۸	-.۰۰۱۰	۱	
Zn_Nor	.۴۷۱**	.۰۰۸۰	.۶۳۲**	.۳۶۵**	.۰۱۲۸	.۰۰۸۱	۱

جدول ۴-۹- محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های خام به روش اسپیرمن در برگه نودژ

Correlation							
Elements	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	V_ppm	Zn_ppm
Co_ppm	۱,۰۰۰						
Cr_ppm	.۳۳۲**	۱,۰۰۰					
Cu_ppm	.۴۴۰**	-.۰۱۱۹	۱,۰۰۰				
Ni_ppm	.۵۲۹**	.۵۵۵**	.۰۱۰۲	۱,۰۰۰			
Pb_ppm	.۰۱۱۴	.۰۰۴۷	.۰۰۱۴	.۰۰۷۶	۱,۰۰۰		
V_ppm	-.۰۰۸۲	.۰۱۴۹	.۰۰۳۱	.۰۱۵۲	-.۰۰۵۲	۱,۰۰۰	
Zn_ppm	.۴۷۶**	.۰۰۳۹	.۶۲۸**	.۳۱۳**	.۰۱۲۰	.۰۰۳۴	۱,۰۰۰

۴-۵-۳- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کهنوج

این برگه شامل ۶۹۶ نمونه رسوبات آبراهه‌ای است که تعداد ۲۱ نمونه آن در داخل ناحیه مطالعاتی قرار دارد. از تعداد ۶۳ عنصر آنالیز شده آن ۶ عنصر زیر پردازش شده است و مابقی عناصر زیر حد تشخیص دستگاه بوده‌اند. Cr, Co, Cu, Ni, Pb, V, Zn

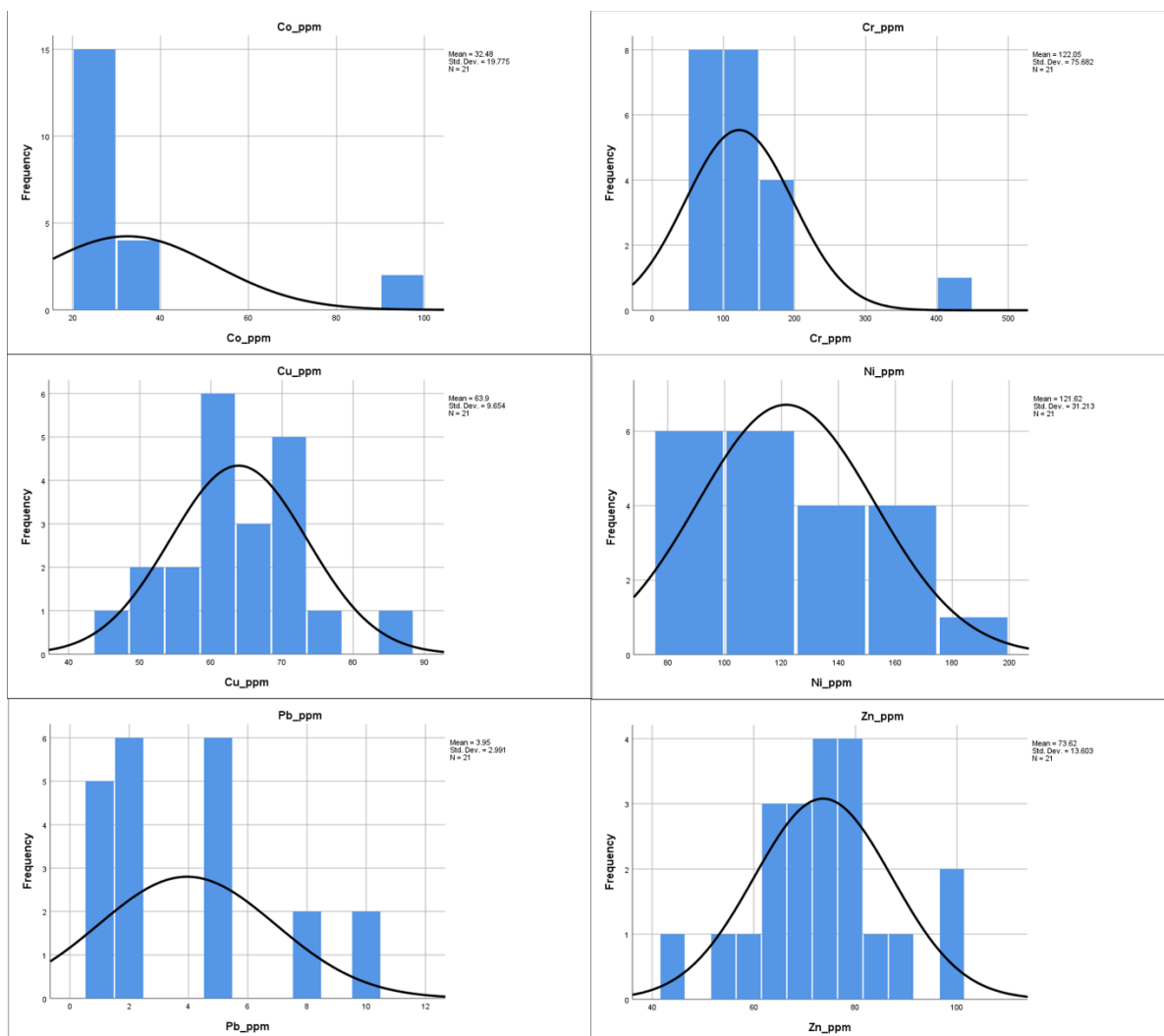
مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی این برگه توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام شده است. (جدول‌های ۴-۱۰ و ۴-۱۱) پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه میناب را نشان می‌دهد. در این جدول‌ها پارامترهای آماری شامل میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها آورده شده است. بررسی شکل تابع توزیع، مقدار حداکثر هر عنصر و میزان چولگی توزیع آن می‌توان دریافت که عنصر مورد نظر از پتانسیل اکتشافی مطلوبی برخوردار است یا خیر. در (شکل‌های ۴-۶ و ۴-۷) نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر اصلی آورده شده است. همچنین در (جدول‌های ۴-۱۲ و ۴-۱۳) ضرایب همبستگی پیرسون و اسپیرمن محاسبه شده است. در این جدول‌ها زوج عنصر $\text{Cu-Co} = 0,829$, $\text{Ni-Cr} = 0,634$ دارای بیشترین ضرایب همبستگی است که حضور سنگ‌های بازیک، الترابازیک و افیولیت‌ها همچنین کانی‌سازی مس در ارتباط با این سنگ‌ها را توجیه نماید.

جدول ۴-۱۰- پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر مختلف در برگه یکصد هزار کهنوج

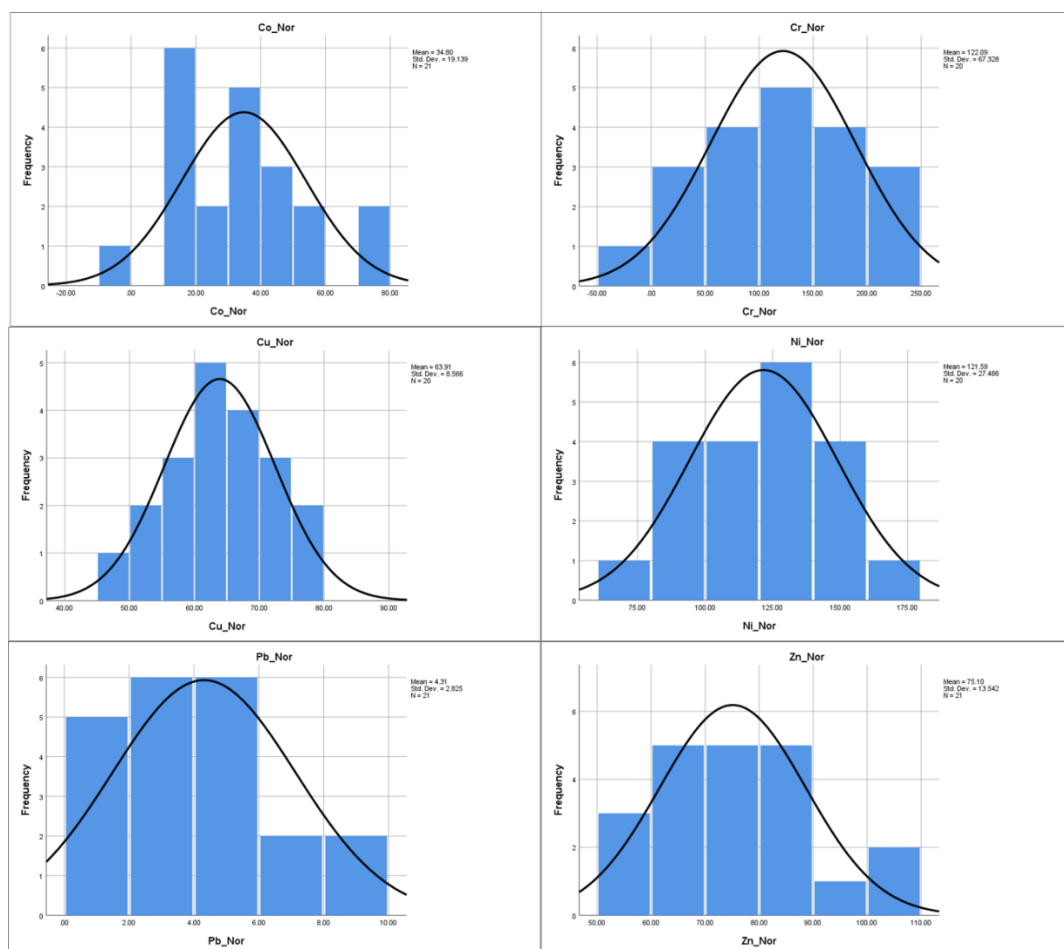
Statistics							
	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	V_ppm	Zn_ppm
N	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱
Mean	۳۲,۴۸	۱۲۲,۰۵	۶۳,۹۰	۱۲۱,۶۲	۳,۹۵	۱۵۴,۳۸	۷۳,۶۲
Median	۲۷,۰۰	۱۰۳,۰۰	۶۲,۰۰	۱۰۵,۰۰	۲,۰۰	۱۷۶,۰۰	۷۳,۰۰
Std. Deviation	۱۹,۷۷۵	۷۵,۶۸۲	۹,۶۵۴	۳۱,۲۱۳	۲,۹۹۱	۴۳,۰۲۸	۱۳,۶۰۳
Variance	۳۹۱,۰۶۲	۵۷۲۷,۷۴۸	۹۳,۱۹۰	۹۷۴,۲۴۸	۸,۹۴۸	۱۸۵۱,۴۴۸	۱۸۵,۰۴۸
Minimum	۲۱	۵۵	۴۶	۷۸	۱	۱۰۰	۴۴
Maximum	۹۱	۴۲۰	۸۷	۱۹۹	۱۰	۲۲۰	۱۰۰
Skewness	۲,۸۰۵	۳,۲۶۹	۰,۲۲۸	۰,۸۳۹	۰,۸۴۴	۰,۰۶۵	۰,۰۸۰
Kurtosis	۶,۸۸۸	۱۲,۸۴۲	۰,۴۵۹	۰,۱۱۴	-۰,۳۹۹	-۱,۳۹۸	۰,۵۶۸

جدول ۴-۱۱- پارامترهای آماری داده‌های نرمال شده عناصر مختلف در برگه یکصد هزار کهنوج

Statistics							
	Co_Nor	Cr_Nor	Cu_Nor	Ni_Nor	Pb_Nor	V_Nor	Zn_Nor
N	۲۱	۲۰	۲۰	۲۰	۲۱	۲۱	۲۱
Mean	۳۴,۸۰	۱۲۲,۰۹	۶۳,۹۱	۱۲۱,۰۹	۴,۳۱	۱۵۸,۶۲	۷۵,۱۰
Median	۳۶,۰۴	۱۱۹,۷۸	۶۳,۹۰	۱۲۱,۶۲	۳,۲۳	۱۷۲,۸۷	۷۴,۴۳
Std. Deviation	۱۹,۱۴	۶۷,۳۳	۸,۰۷	۲۷,۴۹	۲,۸۳	۴۰,۰۷	۱۳,۵۴
Variance	۳۶۶,۳۰	۴۵۳۳,۰۳	۷۳,۳۸	۷۵۵,۴۸	۷,۹۸	۱۶۰۵,۷۴	۱۸۳,۳۸
Skewness	۰,۳۵	۰,۰۱	۰,۰۱	-۰,۰۲	۰,۴۵	۰,۲۰	۰,۲۴
Kurtosis	-۰,۳۲	-۰,۵۶	-۰,۵۶	-۰,۵۸	-۰,۴۰	-۰,۶۴	-۰,۳۸
Minimum	-۰,۵۰	-۴,۲۱	۴۷,۸۰	۶۹,۵۵	۰,۷۶	۹۸,۰۲	۵۰,۹۳
Maximum	۷۱,۶۴	۲۴۸,۳۱	۸۰,۰۰	۱۷۳,۶۹	۹,۸۷	۲۲۶,۱۱	۱۰۰,۵۶



شکل ۴-۶- نمودار هیستوگرام داده‌های خام عناصر Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn



شکل ۴-۷- نمودار هیستوگرام داده‌های نرمال عناصر Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn

جدول ۴-۱۲- محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های نرمال به روش پیرسون در برگه کهنوج

Correlations							
Elements	Co_Nor	Cr_Nor	Cu_Nor	Ni_Nor	Pb_Nor	V_Nor	Zn_Nor
Co_Nor	۱						
Cr_Nor	۰,۳۷۸	۱					
Cu_Nor	۰,۸۲۹**	۰,۵۲۳*	۱				
Ni_Nor	۰,۵۲۳*	۰,۶۳۴**	۰,۳۸۷	۱			
Pb_Nor	۰,۲۱۵	-۰,۳۳۴	-۰,۰۸۸	۰,۱۰۰	۱		
V_Nor	۰,۰۱۴	۰,۲۴۵	۰,۲۷۳	-۰,۲۴۵	-۰,۳۷۳	۱	
Zn_Nor	۰,۱۲۹	-۰,۴۰۸	-۰,۲۷۲	۰,۱۴۱	۰,۴۵۳*	-۰,۴۰۲	۱

جدول ۴-۱۳- محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های خام به روش اسپیرمن در برگه کهنوج

Correlation							
Elements	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	V_ppm	Zn_ppm
Co_ppm	۱,۰۰۰						
Cr_ppm	۰,۴۷۰*	۱,۰۰۰					
Cu_ppm	۰,۷۸۱**	۰,۵۵۶**	۱,۰۰۰				
Ni_ppm	۰,۴۹۹*	۰,۶۵۵**	۰,۴۸۴*	۱,۰۰۰			
Pb_ppm	۰,۲۳۷	-۰,۳۸۱	-۰,۰۷۸	-۰,۰۲۵	۱,۰۰۰		
V_ppm	۰,۰۲۷	۰,۳۴۵	۰,۱۷۴	-۰,۲۶۰	-۰,۳۰۵	۱,۰۰۰	
Zn_ppm	۰,۱۲۸	-۰,۲۵۸	-۰,۲۹۹	-۰,۰۲۸	۰,۴۱۸	-۰,۴۰۷	۱,۰۰۰

۴-۵-۴- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ قلعهمنوجان

این برگه شامل ۹۷۰ نمونه رسوبات آبراهه‌ای است که تعداد ۴ نمونه آن در داخل ناحیه مطالعاتی قرار دارد. از تعداد ۶۳ عنصر آنالیز شده آن ۶ عنصر زیر پردازش شده است و مابقی عناصر زیر حد تشخیص دستگاه بوده‌اند. Cr, Cu, Co, Ni, V, Zn

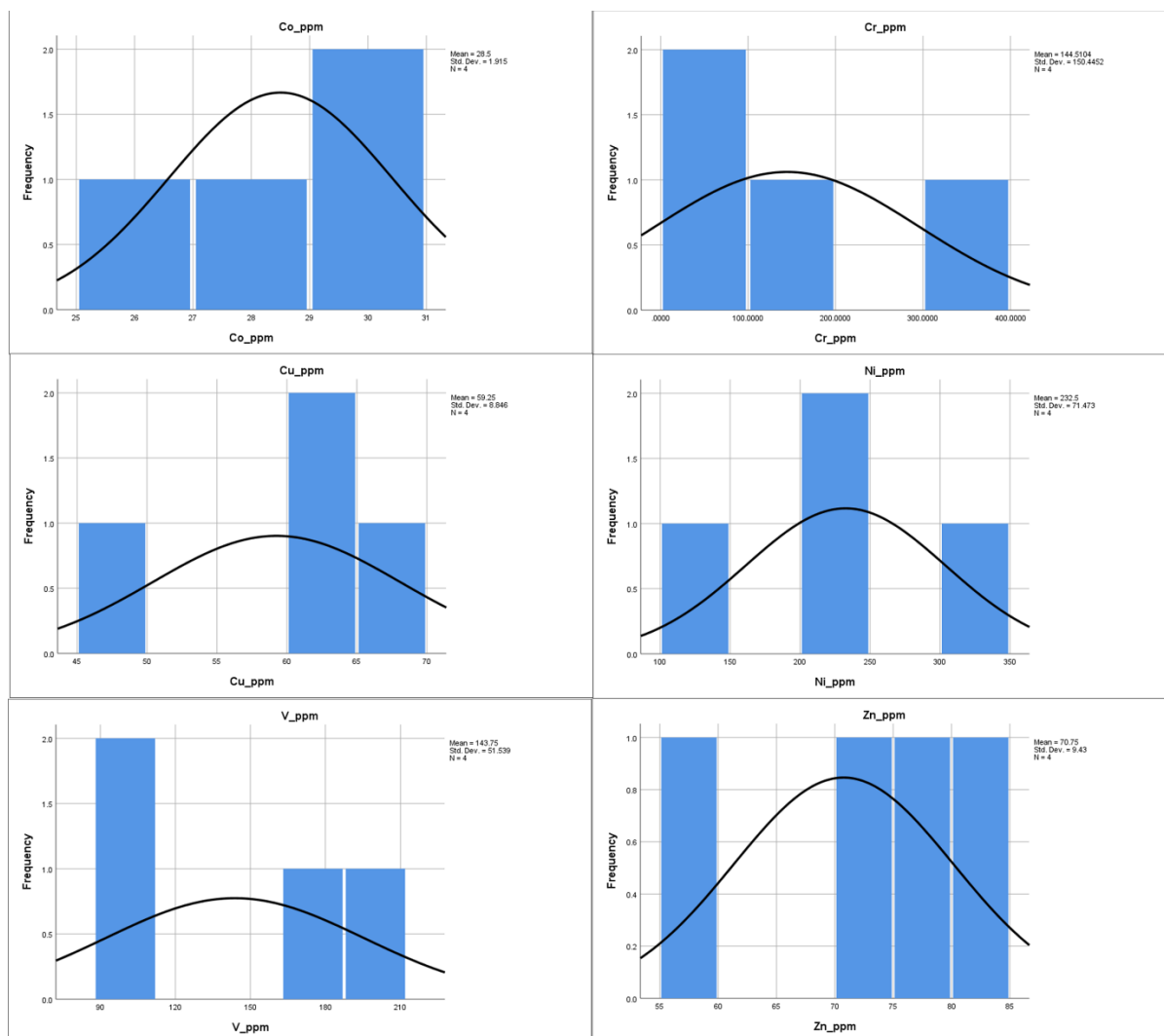
مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی این برگه توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام شده است. (جدول‌های ۴-۱۴ و ۴-۱۵) پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه میناب را نشان می‌دهد. در این جدول‌ها پارامترهای آماری شامل میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها آورده شده است. بررسی شکل تابع توزیع، مقدار حداکثر هر عنصر و میزان چولگی توزیع آن می‌توان دریافت که عنصر مورد نظر از پتانسیل اکتشافی مطلوبی برخوردار است یا خیر. در (شکل‌های ۴-۸ و ۴-۹) نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر اصلی آورده شده است. همچنین در (جدول‌های ۴-۱۶ و ۴-۱۷) ضرایب همبستگی پیرسون و اسپیرمن محاسبه شده است. باتوجه به تعداد کم نمونه‌ها، ضرایب همبستگی معتبری به دست نخواهد آمد و بهتر است از این داده‌ها در پردازش و تلقیق لایه‌های اطلاعاتی پایه استفاده نشود.

جدول ۴-۱۴- پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر مختلف در برگه یکصد هزار قلعهمنوجان

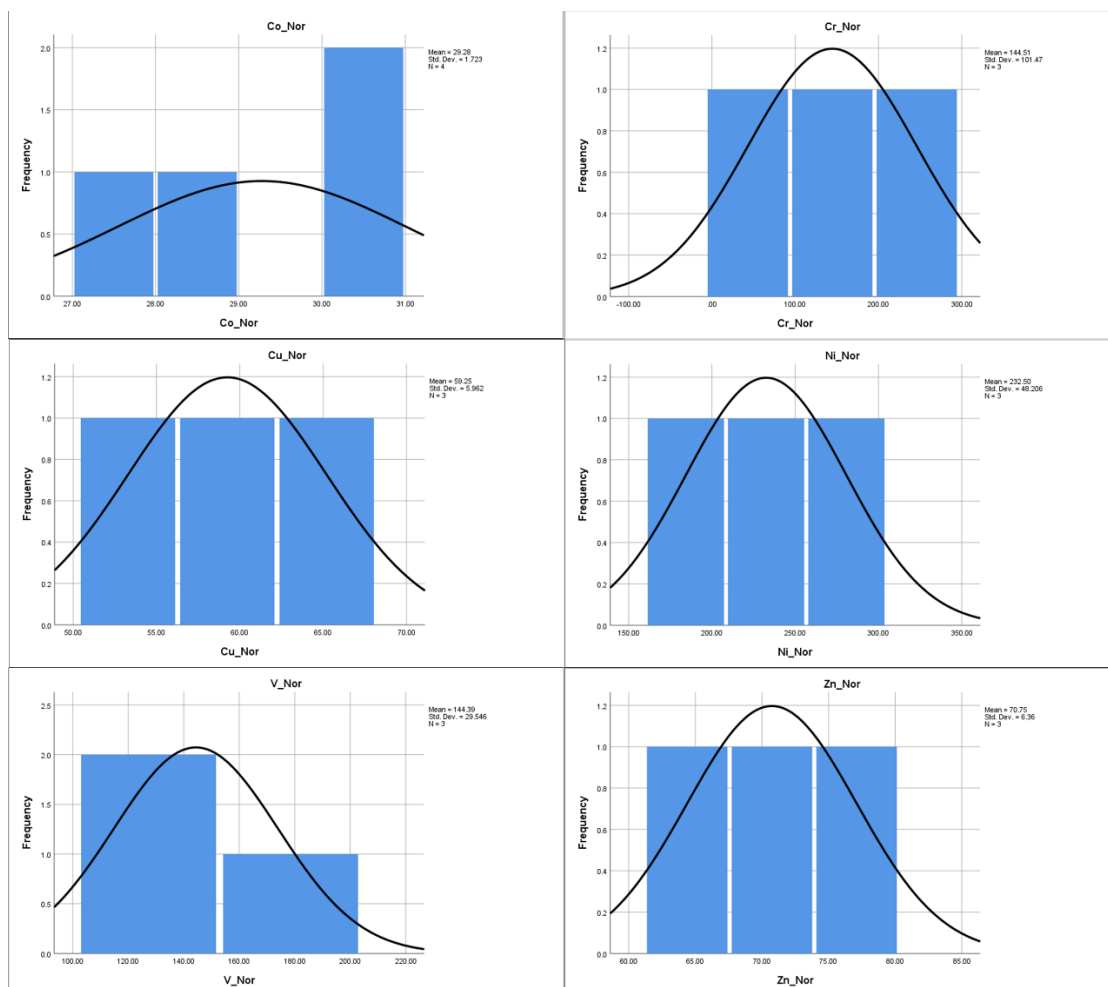
Statistics						
	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Ni_ppm	V_ppm	Zn_ppm
N	۴	۴	۴	۴	۴	۴
Mean	۲۸,۵۰	۱۴۴,۵۱	۵۹,۲۵	۲۳۲,۵۰	۱۴۳,۷۵	۷۰,۷۵
Median	۲۹,۰۰	۱۱۲,۵۰	۶۱,۰۰	۲۳۲,۵۰	۱۳۷,۵۰	۷۲,۵۰
Std. Deviation	۱,۹۱	۱۵۰,۴۵	۸,۸۵	۷۱,۴۷	۵۱,۵۴	۹,۴۳
Variance	۳,۶۷		۷۸,۲۵	۵۱۰۸,۳۳	۲۶۵۶,۲۵	۸۸,۹۲
Minimum	۲۶,۰۰	۳,۰۴	۴۷,۰۰	۱۴۵,۰۰	۱۰۰,۰۰	۵۸,۰۰
Maximum	۳۰,۰۰	۳۵۰,۰۰	۶۸,۰۰	۳۲۰,۰۰	۲۰۰,۰۰	۸۰,۰۰
Skewness	-۰,۸۵	۱,۰۶	-۱,۱۰	۰,۰۰	۰,۲۰	-۰,۹۶
Kurtosis	-۱,۲۹	۰,۹۱	۱,۹۸	۱,۴۸	-۴,۸۶	۰,۸۷

جدول ۴- ۱۵- پارامترهای آماری داده‌های نرمال شده عناصر مختلف در برگه یکصد هزار قلعهمونجان

Statistics						
	Co Nor	Cr Nor	Cu Nor	Ni Nor	V Nor	Zn Nor
N	۴	۳	۳	۳	۳	۳
Mean	۲۹,۲۸	۱۴۴,۵۱	۵۹,۲۵	۲۳۲,۵۰	۱۴۴,۳۹	۷۰,۷۵
Median	۲۹,۶۰	۱۴۴,۵۱	۵۹,۲۵	۲۳۲,۵۰	۱۲۷,۳۳	۷۰,۷۵
Std. Deviation	۱,۷۲	۱۰۱,۴۷	۵,۹۶	۴۸,۲۱	۲۹,۵۵	۶,۳۶
Variance	۲,۹۷	۱۰۲۹۶,۲۱	۳۵,۵۵	۲۳۲۳,۸۰	۸۷۲,۹۹	۴۰,۴۶
Skewness	-۰,۴۶	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۱,۷۳	۰,۰۰
Kurtosis	-۳,۴۰					
Minimum	۲۷,۲۱	۴۳,۰۴	۵۳,۲۹	۱۸۴,۲۹	۱۲۷,۳۳	۶۴,۳۹
Maximum	۳۰,۷۰	۲۴۵,۹۸	۶۵,۲۱	۲۸۰,۷۱	۱۷۸,۵۱	۷۷,۱۱



شکل ۴- ۸- نمودار هیستوگرام داده‌های خام عناصر Co, Cr, Cu, Ni, V, Zn



شکل ۴-۹- نمودار هیستوگرام داده‌های نرمال عناصر Co, Cr, Cu, Ni, V, Zn

جدول ۴-۱۶- محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های نرمال به روش پیرسون در برگه قلعه‌منوجان

Correlations						
Elements	Co_Nor	Cr_Nor	Cu_Nor	Ni_Nor	V_Nor	Zn_Nor
Co_Nor	۱					
Cr_Nor	۰,۹۸۹	۱				
Cu_Nor	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰**	۱			
Ni_Nor	-۰,۳۶۵	-۰,۵۰۰	-۱,۰۰۰**	۱		
V_Nor	۰,۹۳۱	.b	-۱,۰۰۰**	.b	۱	
Zn_Nor	-۰,۸۶۶	-۱,۰۰۰**	۰,۵۰۰	۱,۰۰۰**	-۱,۰۰۰**	۱

جدول ۴-۱۷- محاسبه ضرایب همبستگی داده‌های خام به روش اسپیرمن در برگه قلعه‌منوجان

Correlation						
Elements	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Ni_ppm	V_ppm	Zn_ppm
Co_ppm	۱,۰۰۰					
Cr_ppm	۰,۹۴۹	۱,۰۰۰				
Cu_ppm	-۰,۲۱۱	-۰,۴۰۰	۱,۰۰۰			
Ni_ppm	۰,۲۱۱	۰,۴۰۰	-۱,۰۰۰**	۱,۰۰۰		
V_ppm	۰,۸۸۹	۰,۷۳۸	-۰,۲۱۱	۰,۲۱۱	۱,۰۰۰	
Zn_ppm	-۰,۷۳۸	-۰,۸۰۰	۰,۸۰۰	-۰,۸۰۰	-۰,۷۳۸	۱,۰۰۰

۴-۶- جدایش بی‌هنجاری‌ها

یکی از روش‌های متداول جدایش مقادیر ناهنجار، استفاده از پارامترهای آماری و جدایش مقادیر آنومال برحسب پارامترهای محاسبه شده بر اساس بدنه اصلی جامعه آماری مورد بررسی است. برای تعیین این مقادیر ابتدا مقادیر میانگین (X) و انحراف معیار (S) جامعه بدون در نظر گرفتن مقادیر پرت محاسبه و سپس حدود زیر جهت تعیین مقادیر حدود آنومال و آستانه‌ای به کار برده می‌شود.

- مقدار X به عنوان حد زمینه (درجه چهار)

- مقدار $X + S$ به عنوان حد زمینه محلی (درجه سه)

- مقدار $X + 2S$ به عنوان حد آستانه‌ای (درجه دو)

- مقدار $X + 3S$ به عنوان حد آنومالی (درجه یک)

حدود فوق‌الذکر که به طور متداول در بررسی‌های ژئوشیمیایی به کار می‌رود با فرض نرمال بودن داده‌ها صادق است و مقادیر حاصله به شدت تابع نوع توزیع و فرضیات اعمال شده است و از آن‌جا که در عمل تعیین دقیق تابع توزیع و یا به دست آوردن تبدیل مناسب جهت نرمال کردن داده‌ها مشکل است می‌توان از فراوانی‌های معادل حدود فوق، یعنی مقادیر معادل 0.50% ، 0.84% ، $0.97/5\%$ و 0.99% فراوانی تابع توزیع استفاده کرد (حسنی پاک، ۱۳۸۷).

۴-۷- ترسیم نقشه‌های آنومالی ژئوشیمیایی

نتیجه اکتشافات ژئوشیمیایی در یک منطقه تهیه نقشه‌های ناهنجاری است که نقش ویژه و ارزنده‌ای را در تعیین مناطق امیدبخش ایفا می‌نماید. در تعیین دقیق مناطق امیدبخش پارامترهایی همچون طراحی مناسب و منطقی، نمونه‌برداری دقیق، آماده‌سازی، روش آنالیز مفید و کارساز با حد خطای مجاز و سرانجام داده‌پردازی‌های مناسب انجام شده بر روی نتایج آنالیزها نقش اساسی و پایه‌ای را به عهده دارند.

به‌طور کلی در تعریف یک ناحیه ناهنجار ژئوشیمیایی به پارامترهایی همچون مقدار نمونه‌های ناهنجار با انتشار ناهمگون از هر عنصر، روند گسترش ناهنجاری، سطح و وسعت ناحیه امیدبخش، محل دقیق نمونه‌های ناهنجار، همپوشانی آنومالی‌های ژئوشیمیایی بر آنومالی‌های ژئوفیزیک هوایی و نموده‌های تکتونیکی، گسترش

رخساره‌های سنگی پوشش دهنده محیط ناهنجار و در نهایت برابری مقدار انتشار عنصر مورد نظر با مقدار انتشار در حد زمینه آن عنصر در محیط‌های گوناگون اولیه و ثانویه مد نظر است.

در زمینه اکتشافات ژئوشیمیایی، توزیع فضایی مقادیر غلظت عناصر به صورت نقشه توصیف می‌شود. نقشه‌های ژئوشیمیایی را می‌توان به دو گروه بخش کرد:

- نقشه‌هایی که تاکید بر الگوی توزیع عناصر در مقیاس ناحیه‌ای و محلی دارند (نقشه‌های کنترولی و طیفی). این گونه نقشه‌ها معمولاً با روش‌های مختلف تخمین زده می‌شوند و با رنگ‌های انتخابی مرز بین ناهنجاری‌ها و مقادیر عادی مشخص می‌گردند.

- نقشه‌هایی که غلظت عناصر را در محل نمونه‌هایشان نشان می‌دهند (به صورت نقطه‌ای یا ترسیم حوضه آبریز نمونه‌ها). این نقشه‌ها بسیار گویا و ساده می‌باشند و با توجه به نماد انتخابی، بسته به عیار نماد مربوطه، بزرگ و کوچک می‌گردند و به راحتی می‌توان محل ناهنجاری‌ها را مشخص نمود.

در این بررسی، در ناحیه مطالعاتی مورد بررسی فقط به پردازش ۱۸۴ نمونه از نتایج آنالیز رسوبات آبراهه‌ای پرداخته شده است. با در نظر داشتن این موضوع که فقط یک نمونه درون محدوده اکتشافی قرار می‌گیرد اما برای بررسی کانه‌زایی احتمالی در مناطق بالادست پردازش‌ها انجام شده است.

در منطقه اکتشافی مورد مطالعه پس از پردازش داده‌های ژئوشیمیایی و تعیین حدود بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی بر هر عنصر در هر برگه یکصد هزارم، کلیه داده‌ها یکپارچه شده و سپس حوضه آبریز هر نمونه ترسیم گردید. به طوری که حوضه آبریز هر نمونه تا نمونه بعدی در نظر گرفته شده است. سپس با استفاده از نرم افزار ArcGIS درجه‌بندی بی‌هنجاری‌های هر نمونه به حوضه بالا دست آن نسبت داده شده و برای هر درجه بی‌هنجاری یک رنگ خاص اختصاص یافت. (شکل‌های ۴-۱۰ تا ۴-۱۷) نقشه ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر مختلف در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند.

۴-۸- ترسیم نقشه‌های آنومالی ژئوشیمیایی

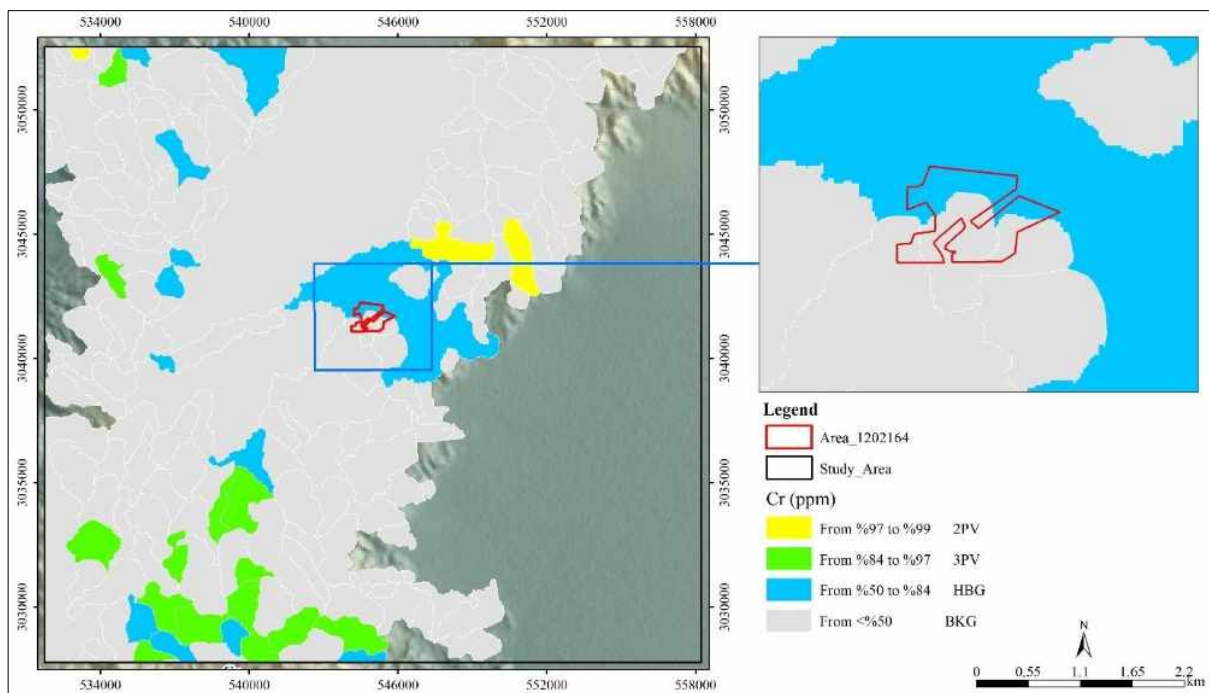
نتیجه اکتشافات ژئوشیمیایی در یک منطقه تهیه نقشه‌های ناهنجاری است که نقش ویژه و ارزنده‌ای را در تعیین مناطق امیدبخش ایفا می‌نماید. در تعیین دقیق مناطق امیدبخش پارامترهایی همچون طراحی مناسب

و منطقی، نمونه برداری دقیق، آماده سازی، روش آنالیز مفید و کارساز با حد خطای مجاز و سرانجام داده پردازی های مناسب انجام شده بر روی نتایج آنالیزها نقش اساسی و پایه ای را به عهده دارند.

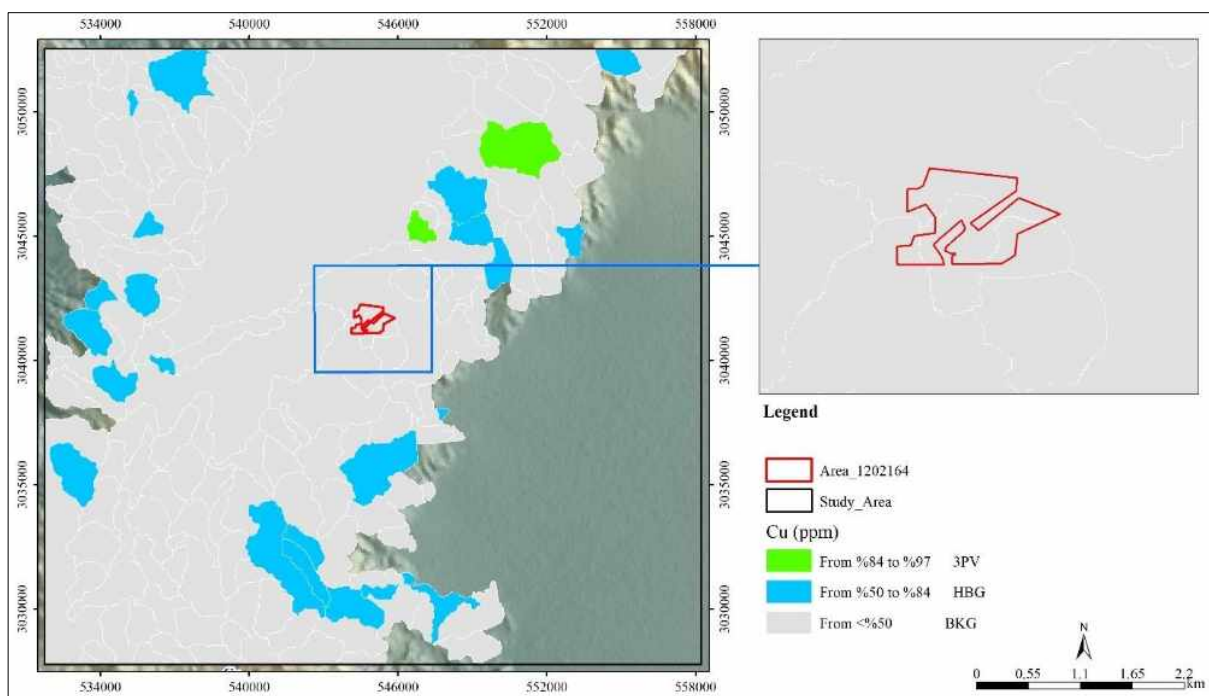
به طور کلی در تعریف یک ناحیه ناهنجار ژئوشیمیایی به پارامترهایی همچون مقدار نمونه های ناهنجار با انتشار ناهمگون از هر عنصر، روند گسترش ناهنجاری، سطح و وسعت ناحیه امیدبخش، محل دقیق نمونه های ناهنجار، همپوشانی آنومالی های ژئوشیمیایی بر آنومالی های ژئوفیزیک هوایی و نمودهای تکتونیکی، گسترش رخساره های سنگی پوشش دهنده محیط ناهنجار و در نهایت برابری مقدار انتشار عنصر مورد نظر با مقدار انتشار در حد زمینه آن عنصر در محیط های گوناگون اولیه و ثانویه مد نظر است. در زمینه اکتشافات ژئوشیمیایی، توزیع فضایی مقادیر غلظت عناصر به صورت نقشه توصیف می شود. نقشه های ژئوشیمیایی را می توان به دو گروه بخش کرد :

- نقشه هایی که تاکید بر الگوی توزیع عناصر در مقیاس ناحیه ای و محلی دارند (نقشه های کنتوری و طیفی). این گونه نقشه ها معمولاً با روش های مختلف تخمین زده می شوند و با رنگ های انتخابی مرز بین ناهنجاری ها و مقادیر عادی مشخص می گردند.

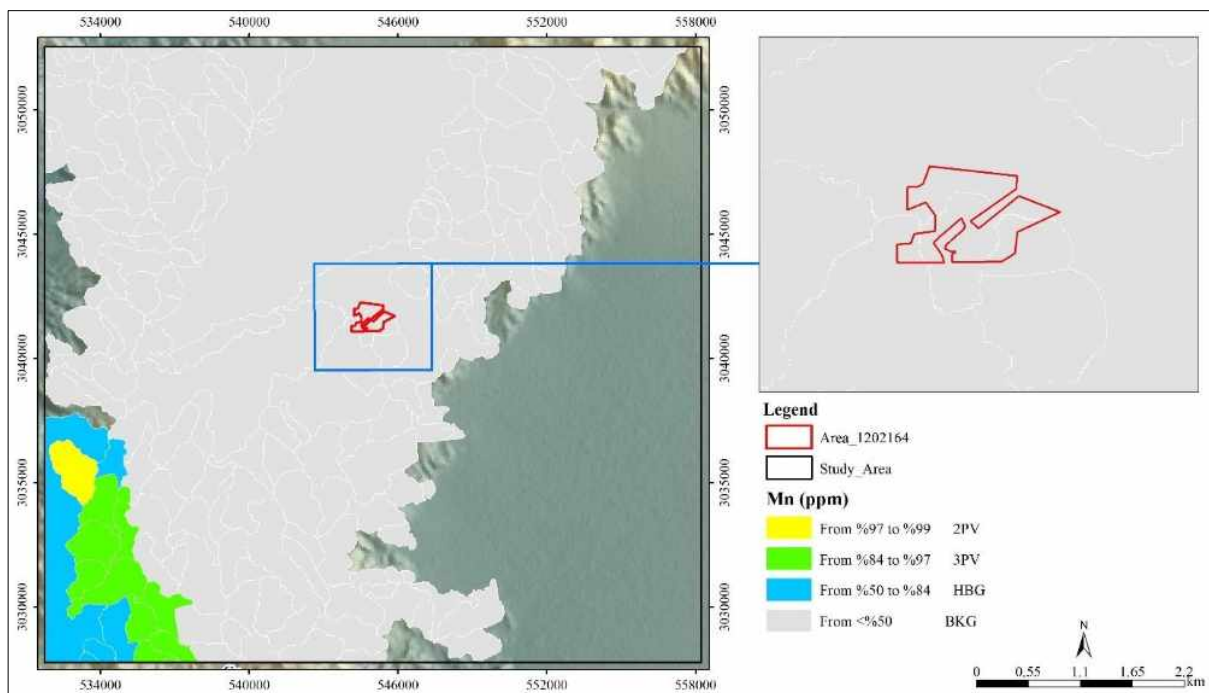
- نقشه هایی که غلظت عناصر را در محل نمونه هایشان نشان می دهند (به صورت نقطه ای یا ترسیم حوضه آبریز نمونه ها). این نقشه ها بسیار گویا و ساده می باشند و با توجه به نماد انتخابی، بسته به عیار نماد مربوطه، بزرگ و کوچک می گردند و به راحتی می توان محل ناهنجاری ها را مشخص نمود. در منطقه مطالعاتی پس از پردازش داده های ژئوشیمیایی و تعیین حدود ناهنجاری های ژئوشیمیایی بر هر عنصر در برگه یکصد هزارم، کلیه داده ها یکپارچه شده و سپس حوضه آبریز هر نمونه ترسیم گردید. به طوری که حوضه آبریز هر نمونه تا نمونه بعدی در نظر گرفته شده است. سپس با استفاده از نرم افزار ArcGIS درجه بندی ناهنجاری های هر نمونه به حوضه بالا دست آن نسبت داده شده و برای هر درجه ناهنجاری یک رنگ خاص اختصاص یافت. (شکل های ۴-۱۰ تا ۴-۱۷) ناهنجاری های ژئوشیمیایی عناصر مختلف در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهند.



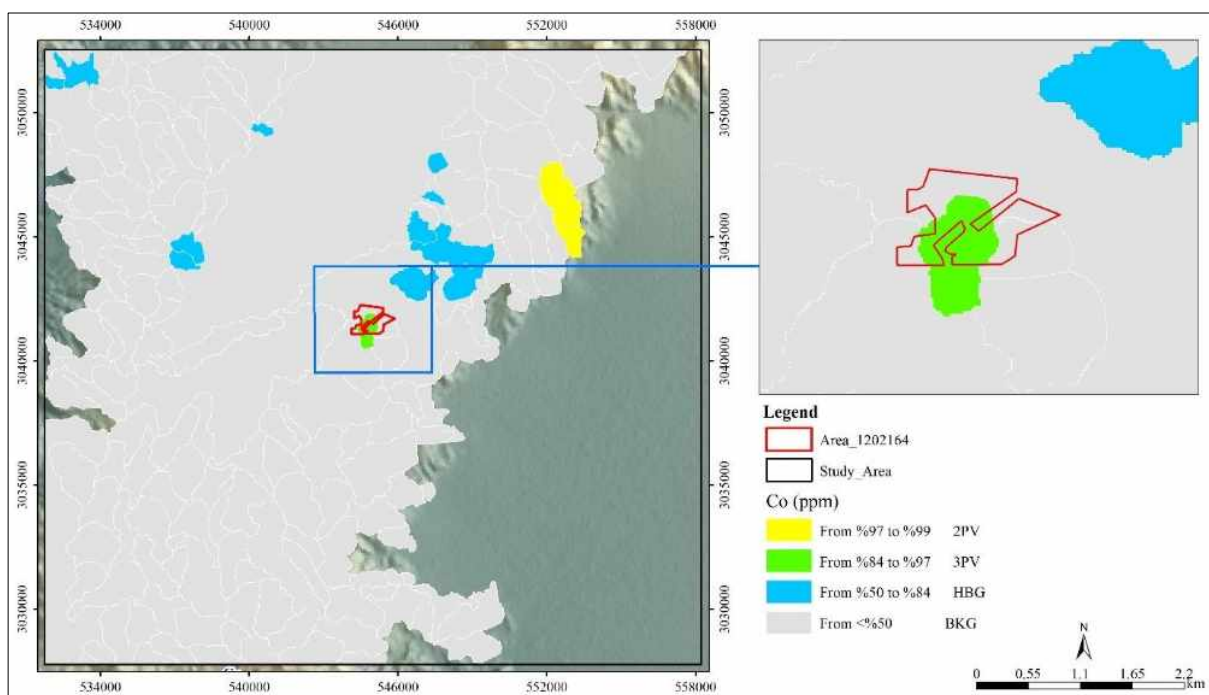
شکل ۴-۱۰- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر کروم در منطقه مورد مطالعه



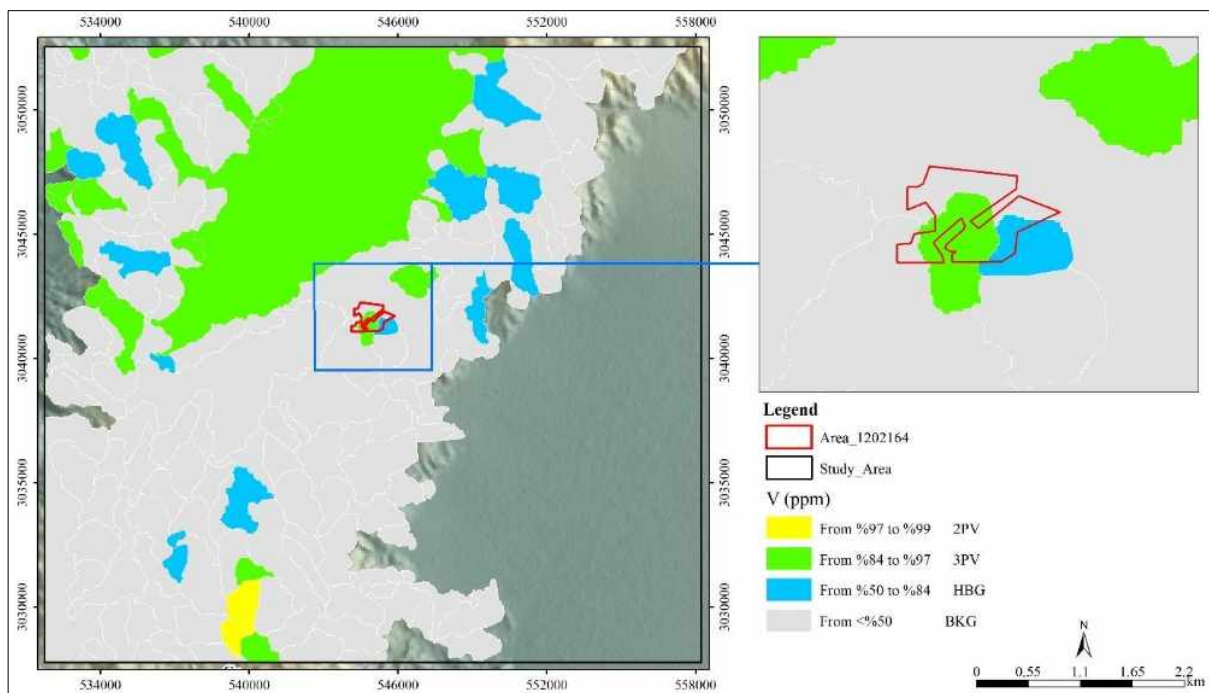
شکل ۴-۱۱- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر مس در منطقه مورد مطالعه



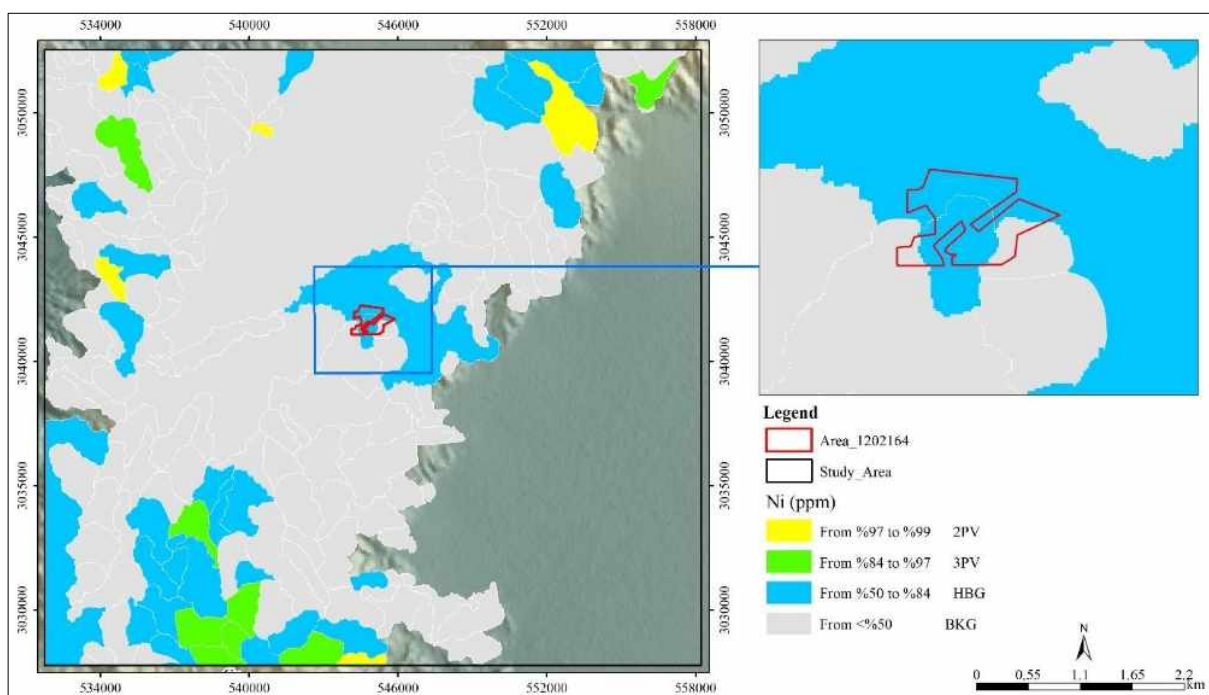
شکل ۴-۱۲- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر منگنز در منطقه مورد مطالعه



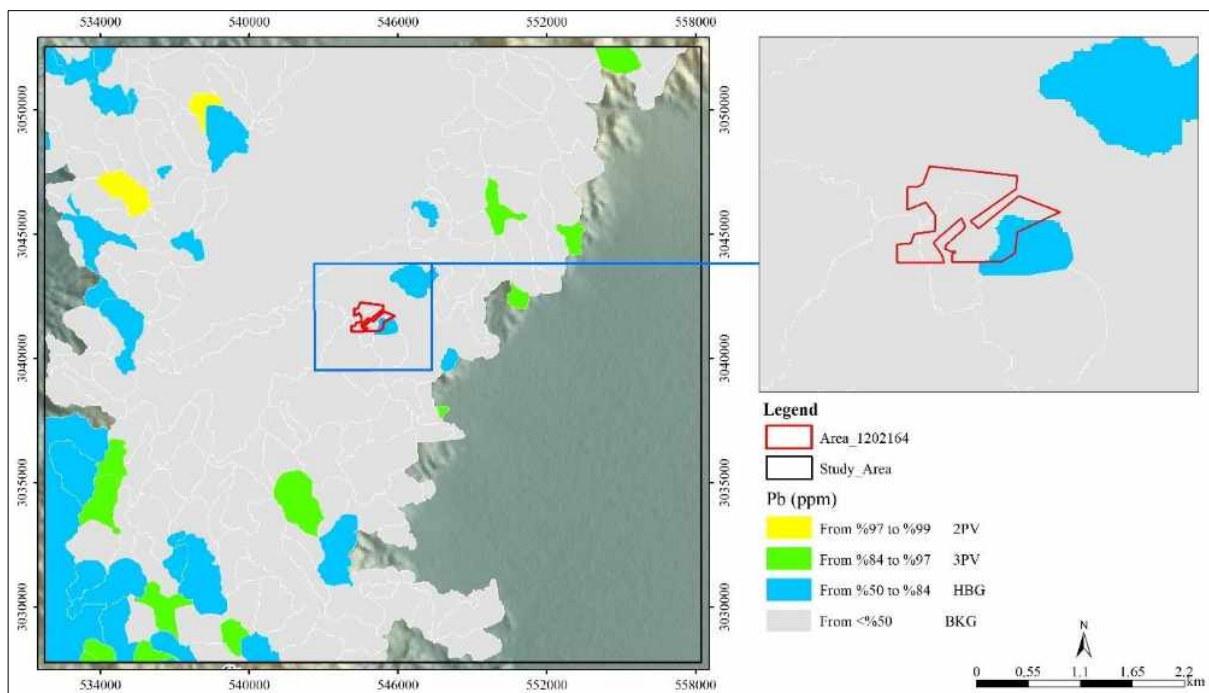
شکل ۴-۱۳- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر کبالت در منطقه مورد مطالعه



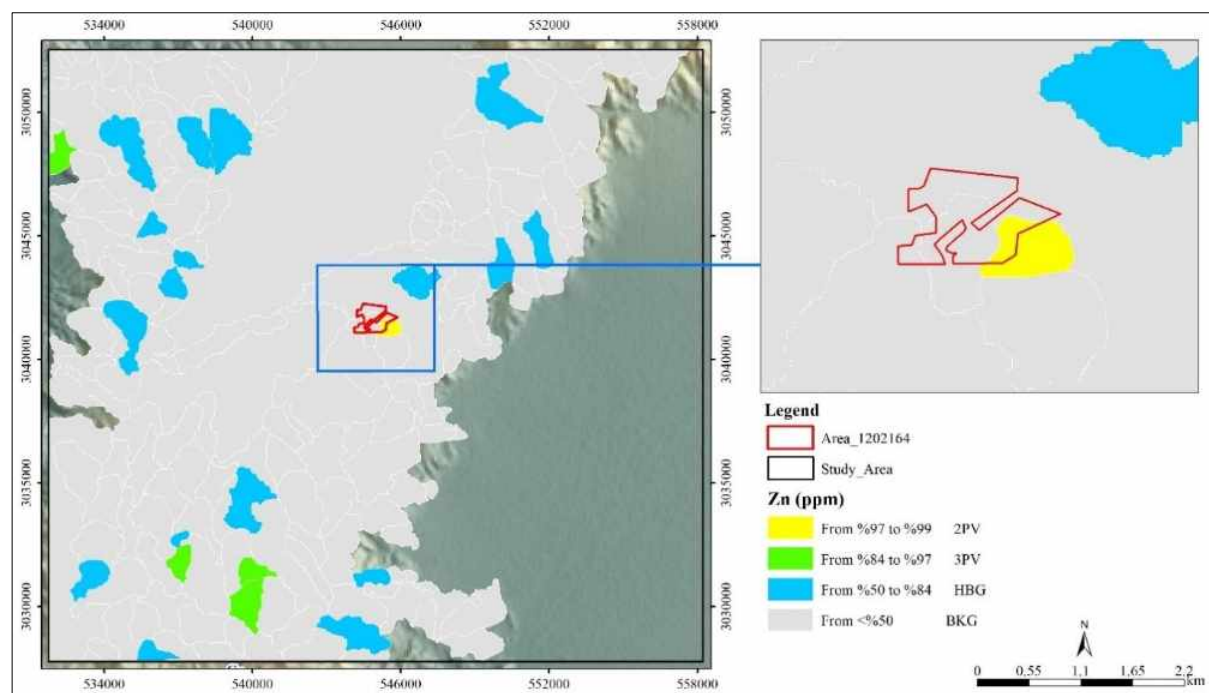
شکل ۴-۱۴- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر وانادیوم در منطقه مورد مطالعه



شکل ۴-۱۵- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر نیکل در منطقه مورد مطالعه



شکل ۴-۱۶- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر سرب در منطقه مورد مطالعه



شکل ۴-۱۷- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر روی در منطقه مورد مطالعه

فصل پنجم: مطالعات ژئوفیزیک هوابرد

۵-۱- مقدمه

به کارگیری داده‌های ژئوفیزیکی در مطالعات اکتشاف اولیه پی‌سنگ‌ها و ساختارهای زمین‌شناسی جایگاه ویژه‌ای دارد. یکی از مزایای استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی، توانایی ثبت اطلاعات عمیق زمین نسبت به دیگر روش‌ها می‌باشد که باعث کاربرد وسیع این روش‌ها شده است. برداشت داده‌های ژئوفیزیک هوایی علاوه بر کاربردهای متعدد در علوم زمین، در اکتشاف ساختارها، برآورد عمق پی‌سنگ‌ها، شناسایی مرز واحدها، مدل‌سازی توده‌ها، تشخیص گسل‌ها و زون‌های خرد شده خصوصاً گسل‌های پنهان نقش اساسی دارد. جهت تفسیر داده‌ها در این منطقه از داده‌های موجود (خطواره‌ها و توده‌های نفوذی کم عمق) با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر (تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) و داده‌ها با دقت بالا استفاده شده است.

۵-۲- مراحل تفسیر داده‌های مغناطیس‌سنجی

بررسی پاسخ‌های مغناطیسی واحدهای سنگی مختلف:

هر یک از واحدهای لیتولوژی دارای یک پاسخ مغناطیسی خاص می‌باشند که به اختصار به هر یک از آن‌ها پرداخته می‌شود. به طور کلی واحدهای آذرین متوسط تا اسیدی (فلسیک) دارای شدت میدان مغناطیسی متوسط تا کم می‌باشند که این پاسخ به دلیل وجود مقدار کم کانی‌های مغناطیسی در این نوع واحدهای زمین‌شناسی می‌باشد. به عنوان مثال، توده‌های نفوذی گرانیتی، شدت میدان کمی را از خود نشان می‌دهند (به استثناء بعضی از آن‌ها که در شرایط خاص می‌توانند شدت میدان بالا نیز از خود نشان دهند). واحدهای بازیک و اولترابازیک (مافیک و اولترامافیک) به طور کلی به دلیل وجود کانی‌های مغناطیسی در آن‌ها دارای شدت بالای مغناطیسی می‌باشند که از جمله می‌توان به بعضی از انواع واحدهای آندزیتی و بازالتی اشاره نمود.

آبرفت‌ها به علت داشتن منشاهای مختلف می‌توانند پاسخ‌های مغناطیسی متفاوتی از خود نشان دهند که بسته به نوع سنگ منشا آن‌ها، این پاسخ می‌تواند کم یا زیاد باشد و در تفسیر داده‌های مغناطیسی باید به این نکته توجه نمود. به عنوان مثال، ماسه‌سنگ‌های با منشا سنگ‌های آذرین فلسیک می‌توانند شدت میدان

مغناطیسی کمی از خود نشان دهند؛ در حالی که ماسه سنگ‌های با منشا سنگ‌های مافیک و اولترامافیک به علت وجود کانی‌های مغناطیسی در آن‌ها، شدت میدان مغناطیسی بالاتری را نسبت به نوع قبل از خود نشان می‌دهند.

سنگ‌های دگرگونه به دلیل پیچیدگی فرآیند دگرگونی می‌توانند اثرات مغناطیسی متفاوتی را از خود نشان دهند. به عنوان مثال، فرآیندهای دگرگونی می‌تواند باعث تشکیل و یا تخریب کانی مگنتیت شوند. بنابراین طبیعی است که پاسخ مغناطیسی سنگ دگرگونه نسبت به سنگ اولیه تغییر خواهد یافت. در تفسیر بی‌هنجاری‌های مغناطیسی حاصل از سنگ‌های دگرگونی باید به نوع این فرآیند توجه نمود.

فرآیند دگرسانی نیز می‌تواند مانند دگرگونی باعث ایجاد و یا تخریب کانی‌های مغناطیسی در سنگ‌های میزبان گردد. به عنوان مثال، در اثر رخداد دگرسانی آرژلیک عموماً کانی مگنتیت تخریب می‌گردد. بنابراین نواحی دارای این دگرسانی اثر مغناطیسی با شدت کم از خود نشان می‌دهند.

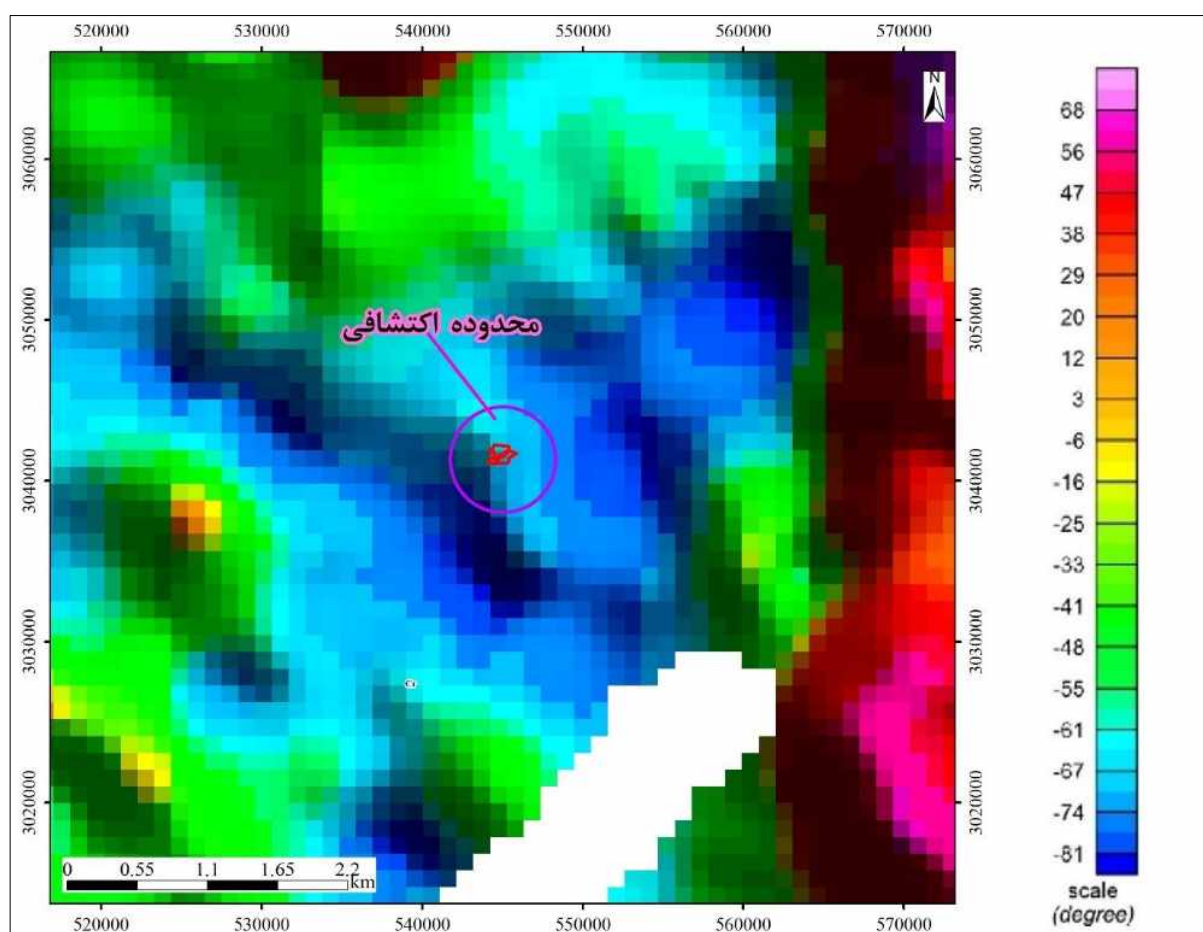
فرآیندهای ساختاری و تکتونیکی نیز می‌توانند اثراتی را بر پاسخ مغناطیسی واحدهای زمین‌شناسی بگذارند. به عنوان مثال، پهنه‌های گسله و یا مناطقی که دارای خردشدگی هستند، عموماً به دلیل عبور آب و یا سیالات و هوازگی کانی‌های مغناطیسی، پاسخ مغناطیسی با شدت کم را از خود نشان می‌دهند. شکل این بی‌هنجاری‌ها عموماً به صورت ساختارهای خطی است. بالعکس برخی از این نواحی ممکن است تحت اثر فرآیندهای کانی‌سازی توسط محلول‌های کانی‌ساز قرار گرفته و کانی‌های مغناطیسی به صورت ثانویه در آن‌ها تشکیل گردد. در این حالت این ساختارها آنومالی‌های مغناطیسی خطی با شدت بالا از خود نشان می‌دهند. دایک‌ها نیز که معمولاً آنومالی‌های خطی از خود نشان می‌دهند، بسته به سنگ تشکیل‌دهنده پاسخ‌های مغناطیسی متفاوتی دارند. از آنجایی که معمولاً ترکیب این دایک‌ها در منطقه متوسط تا بازیک است، با توجه به ابعاد می‌توان آن‌ها را در نقشه‌های مغناطیسی به صورت آنومالی‌های کشیده و خطی مشاهده نمود.

۵-۲-۱- شدت کل میدان مغناطیسی

در این مطالعه از داده‌های رستری ژئوفیزیک هوایی به روش مغناطیس‌سنجی که با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور برداشت و سبب تهیه نقشه‌های ژئوفیزیک گردیده

است، استفاده شده است. این داده‌ها در ارتفاع ثابت و با استفاده از یک فروند هواپیما با هدف شناخت ساختار زمین‌شناسی و عمق پی‌سنگ در سال ۱۹۷۷-۱۹۷۵ میلادی توسط شرکت ائروسرویس با همکاری سازمان زمین‌شناسی ایران اجرا گردیده است. پس از برداشت و پردازش نهایی داده‌ها، اطلاعات حاصل در قالب نقشه‌های شدت کل میدان مغناطیسی ارائه می‌شود. نقشه شدت کل میدان مغناطیسی متأثر از کلیه آنومالی‌هایی است که در اعماق مختلف واقع شده و از تأثیرپذیری مغناطیسی متفاوتی نیز برخوردارند. همچنین از سنگ‌های با خاصیت مغناطیسی بالای پی‌سنگ نیز متأثر شده‌اند.

جهت تفسیر داده‌های مغناطیسی ابتدا نقشه شدت کل میدان مغناطیسی تهیه گردیده و سپس برای تعیین توده‌های مغناطیسی عمیق، توده‌های کم‌عمق، تعیین محدوده آنومالی‌ها، خطواره‌های مغناطیسی و ... فیلترهای مناسب بر روی آن اعمال می‌شود (شکل ۵-۱).

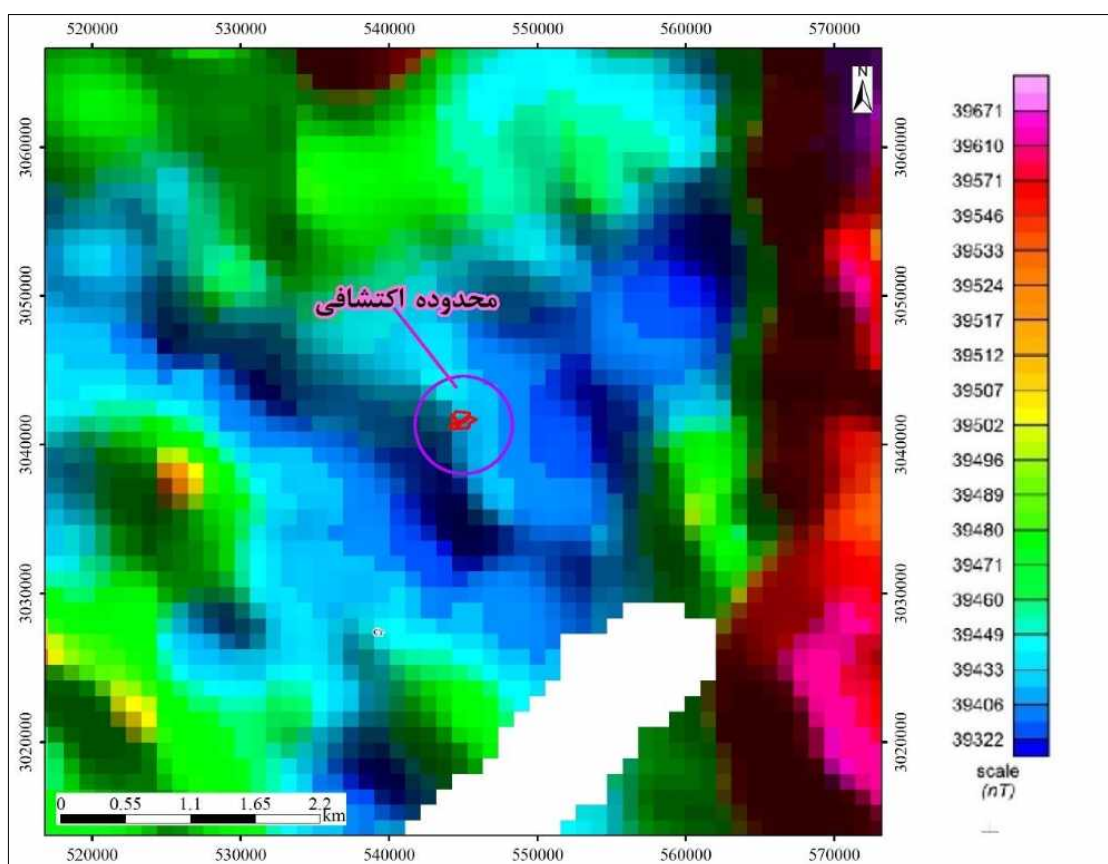


شکل ۵-۱- نقشه شدت کل میدان مغناطیسی.

۵-۲-۲- نقشه برگردان به قطب

با استفاده از فیلتر برگردان به قطب، میدان مغناطیسی از یک عرض مغناطیسی که در آن بردار میدان زمین مایل و شیب‌دار است، به قطب مغناطیسی یعنی جایی که میدان القایی قائم می‌باشد، منتقل می‌گردد. زیرا اگر میدان زمین مایل باشد، شکل بی‌هنجاری‌های مغناطیسی که به صورت القایی به وجود آمده‌اند، نسبت به منبع به وجود آورنده نامتقارن شده و آنومالی‌های مثبت و منفی در کنار هم به وجود می‌آید، به طوری که محل منبع آنومالی حدوداً در وسط قطب مثبت و منفی قرار می‌گیرد، ولی در صورتی که میدان القایی قائم باشد، آنومالی به یک قطب مثبت بزرگ منطبق بر توده منبع تبدیل شده، قطب منفی خیلی جزئی و به حاشیه رانده می‌شود (Milligan and Gunn, ۱۹۹۷).

لذا تفسیر اساسی داده‌های مغناطیس‌هوایی معمولاً بر روی تصاویر مختلف برگردان به قطب صورت می‌گیرد. اعمال این فیلتر با استفاده از زاویه میل (Inclination) و انحراف مغناطیس (Declination) صورت می‌گیرد. نقشه برگردان به قطب منطقه مطالعاتی در (شکل ۵-۲) ارائه شده است.



شکل ۵-۲- نقشه برگردان به قطب شدت کل میدان مغناطیسی.

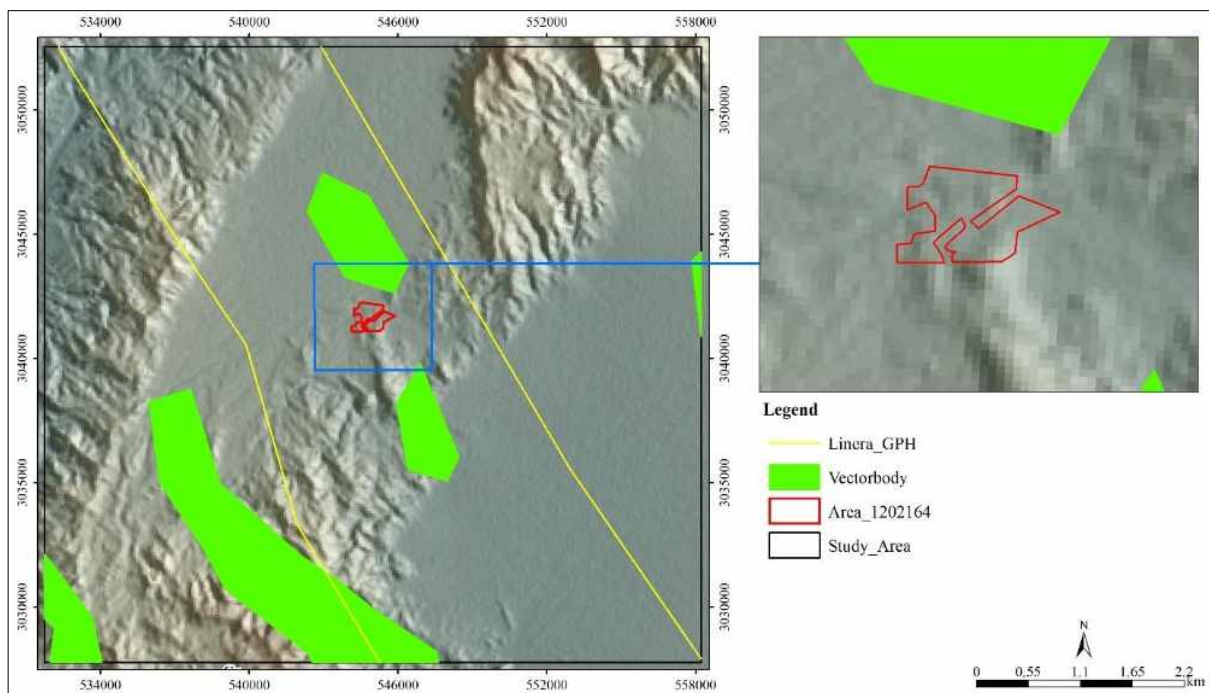
۵-۳- تفسیر کیفی و بررسی بی‌هنجاری‌های مغناطیسی

با توجه به نقشه شدت کل میدان مغناطیسی (شکل ۶-۱)، بی‌هنجاری‌های با شدت بالا در محدوده اکتشافی دیده نمی‌شود که ممکن است به دلیل وجود سنگ‌های دگرگونه است که با توجه به پیچیدگی فرآیند دگرگونی می‌توانند اثرات مغناطیسی متفاوتی را از خود نشان دهند. فرآیندهای دگرگونی می‌تواند باعث تشکیل و یا تخریب کانی مگنتیت شوند. بنابراین طبیعی است که پاسخ مغناطیسی سنگ دگرگونه نسبت به سنگ اولیه تغییر خواهد یافت.

۵-۳-۱- بررسی خطواره‌های مغناطیسی منطقه

از آنجایی که تکتونیک نقشی اساسی در کانی‌سازی ایفا می‌نماید، لذا شناسایی دقیق گسل‌های منطقه به‌ویژه گسل‌های پنهان از اهمیت زیادی برخوردار است. ساختارهای مذکور به لحاظ بالا آمدن محلول‌های کانی‌ساز و معدنی در امتداد ساختارها حائز اهمیت می‌باشند. زون‌های گسله و یا زون‌هایی که دارای خردشدگی هستند، عموماً به دلیل عبور آب و یا سیالات و هوازدگی کانی‌های مغناطیسی، پاسخ مغناطیسی با شدت کم را از خود نشان می‌دهند که شکل این ناهنجاری‌ها عموماً به صورت ساختارهای خطی قابل مشاهده است. بالعکس برخی از این نواحی نیز ممکن است تحت تاثیر فرآیندهای کانی‌سازی توسط محلول‌های کانی‌ساز قرار گرفته و کانی‌های مغناطیسی به صورت ثانویه در آن‌ها تشکیل گردد، در این حالت این ساختارها آنومالی‌های مغناطیسی خطی با شدت بالا از خود نشان می‌دهند.

برای تعیین خطواره‌های مغناطیسی عمده‌تاً از داده‌های برگردان به قطب شدت میدان مغناطیسی و مشتق قائم استفاده شده است. در (شکل ۵-۳) علاوه بر خطواره‌های مغناطیسی، محدوده احتمالی توده‌های نفوذی کم‌عمق با استفاده از نقشه برگردان به قطب را نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های ژئوفیزیک و مشخص کردن محدوده توده‌های نفوذی مشاهده می‌شود که رخنمون توده‌های آذرین با ساختارهای مغناطیسی تقریباً ارتباط مکانی نزدیکی را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۳- نقشه خطواره‌ها و توده‌های مغناطیسی کم عمق استخراج شده از نقشه برگردان به قطب (RTP) (برگرفته از سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

البته لازم به ذکر است با توجه به وسعت کم محدوده، داده‌های ژئوفیزیکی مورد استفاده به‌طور کلی برای تشخیص توده‌های مغناطیسی بسیار بزرگ کارآمد است و فقط می‌توان از این داده‌ها در راستای تلفیق اطلاعات در ناحیه مطالعاتی جهت درک بهتر کانی‌سازی استفاده نمود.

فصل ششم: بازدید، پیمایش و تهیه نقشه ۱:۵۰۰۰ محدوده منوجان-نودژ

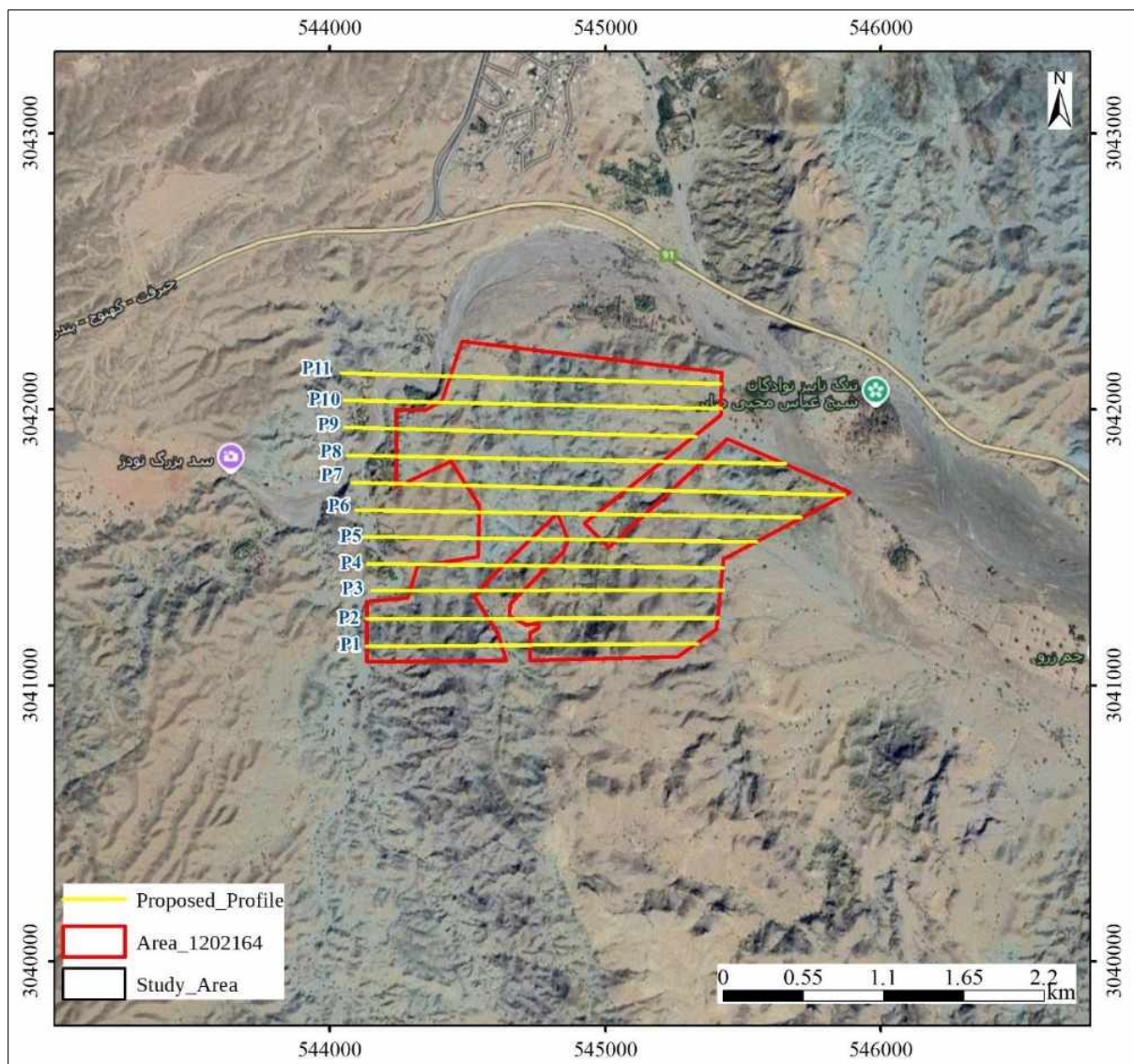
۶-۱- مقدمه

پس از بررسی مطالعات پیشین و انجام بررسی‌های دورسنجی و ژئوفیزیک، کنترل میدانی مناطق مستعد، جزء مراحل ابتدایی اکتشاف به شمار می‌رود که در صورت رضایت‌بخش بودن نتایج حاصل، آغاز عمر یک معدن خواهد بود. هدف اصلی کنترل میدانی مناطق مستعد، جستجو و تعیین محل آنومالی‌ها می‌باشد. بدین جهت، در محدوده اکتشافی مورد مطالعه، بررسی‌های غیرمستقیم محدوده مورد نظر در دستور کار قرار گرفته و پس از تکمیل و نتیجه‌گیری با استفاده از داده‌های موجود، نوبت به بررسی و تأیید این نتایج در طی عملیات میدانی می‌رسد.

۶-۲- معرفی پروفیل‌های پیشنهادی جهت بازدید

نمایش پروفیل‌های پیشنهادی به طول ۱۵/۴۷ کیلومتر با فاصله پیمایشی در حدود ۱۰۰ متر در محدوده اکتشافی نشان داده شده است (شکل ۶-۱). در طراحی پروفیل‌های پیشنهادی برای انجام مطالعه میدانی در محدوده اکتشافی موارد زیر مورد توجه بوده است:

- ۱- پروفیل‌های پیشنهادی عمود بر امتداد واحدهای سنگی رخنمون یافته باشند.
 - ۲- پروفیل‌های پیشنهادی حداقل امکان بیشترین رخنمون‌های سنگ‌شناسی و دگرسانی را قطع نماید.
 - ۳- پروفیل‌های پیشنهادی حداقل امکان هم به لحاظ مورفولوژی و هم به دلیل پی‌جویی که برای تهیه نقشه در شرح خدمات عنوان شده است به گونه‌ای طراحی گردیده که محدوده را پوشش دهند.
- لازم به ذکر است کارشناسانی که انجام مطالعه میدانی را عهده‌دار خواهند شد حداقل امکان سعی خواهند کرد که دقیقاً پروفیل‌های پیشنهادی را طی و مطالعه نمایند، اما توپوگرافی متغییر محدوده ممکن است سبب تغییراتی در طی مسیرهای پیش‌بینی شده گردد. در این موارد کارشناسان مذکور بر حسب تجربیات پیشین و نیز دانشی که از محدوده دارند مسیرهای جایگزین را انتخاب خواهند نمود.
- همچنین، در برخی بخش‌ها ممکن است کارشناسان آثاری از کانه‌زایی یا دگرسانی را مشاهده کنند که پیگیری و یافتن ادامه آن‌ها نیازمند فاصله گرفتن از پروفیل پیش‌بینی شده است. به عنوان امری بدیهی، در این شرایط کارشناسان از پروفیل پیش‌بینی شده فاصله خواهند گرفت.

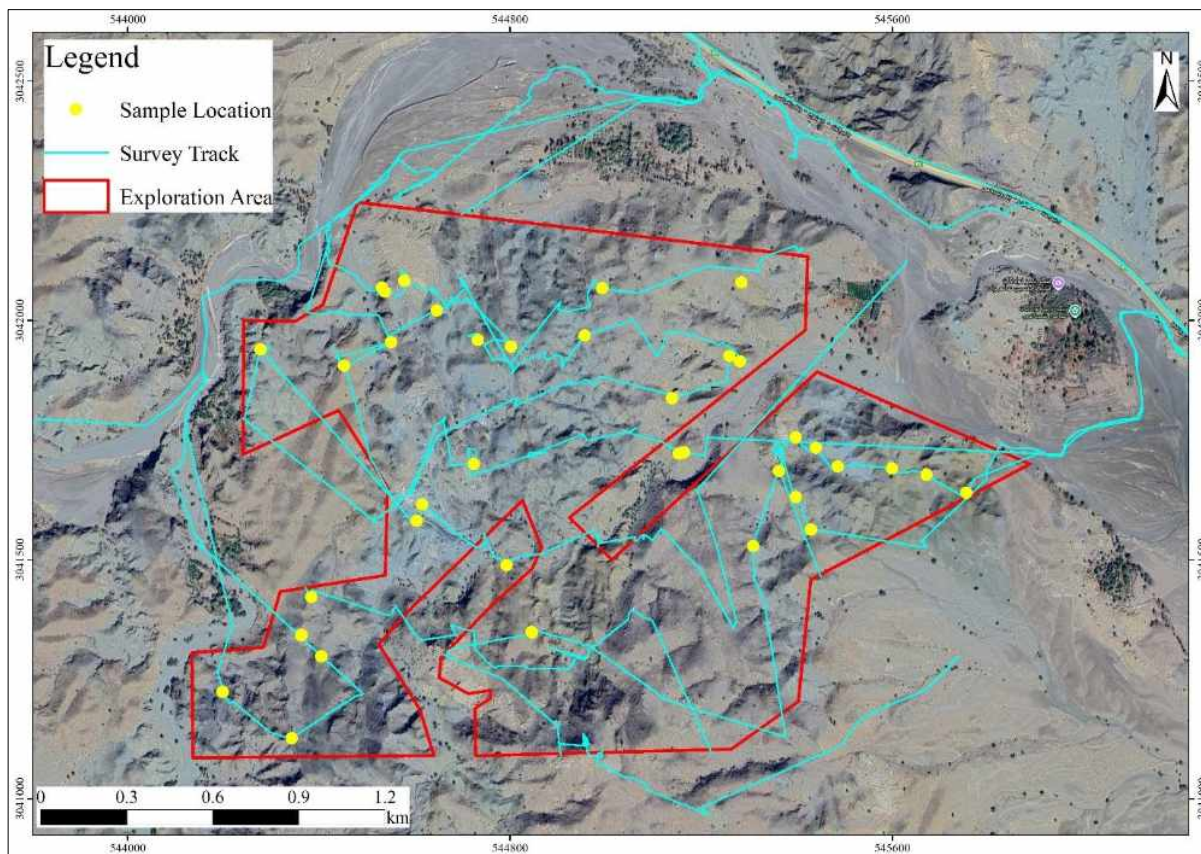


شکل ۶-۱- نقشه مسیر پیمایش پیشنهادی به همراه مناطق امیدبخش دورسنجی برای عملیات پی جویی در محدود اکتشافی

۶-۳- عملیات صحرایی و اکتشافات چکشی

عملیات میدانی با هدف پی جویی در محدوده اکتشافی منوجان در سال ۱۴۰۴ انجام شده است. جهت انجام این کار، تیم کارشناسی از تمام امکانات در دسترس استفاده نموده است. با توجه به بررسی عملیات میدانی مورد پیمایش، پارامترهای متفاوتی مورد بررسی قرار گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به جنس سنگ میزبان، کانی‌شناسی، مقاومت سنگ‌های موجود، ساختارهای موجود در آنومالی مورد بررسی، ژئومتری آنومالی، نوع دگرسانی‌ها و گسترش آن‌ها، کانه‌زایی‌ها و روند و گسترش آن، تیپ کانه‌زایی، نوع پوشش گیاهی و ... اشاره نمود.

ماحصل بررسی‌های میدانی اخذ ۴۱ نمونه جهت انجام آنالیز ICP-OES, Fireassay, XRF ، مطالعات سنگ‌شناسی و منرالوگرافی بوده است. در ادامه به توصیف واحدهای سنگی رخنمون یافته در مقیاس ۱:۵۰۰۰ به همراه پیمایش‌ها مورد بحث قرار گرفته و شرح مختصری از برداشت‌های صحرایی در محدوده آمده است.



شکل ۶-۲- مسیرهای پیمایشی و موقعیت محل نمونه‌برداری برداشت شده از محدوده اکتشافی

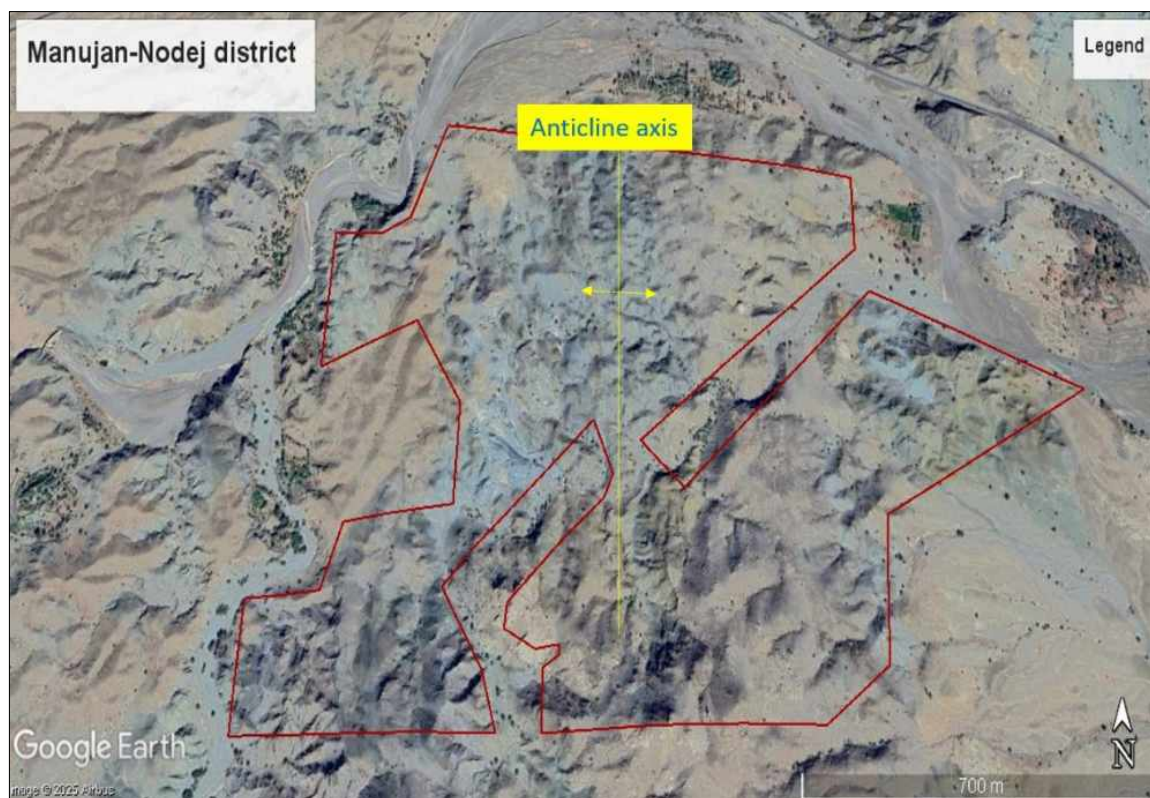
۶-۴- سنگ‌شناسی و تهیه نقشه ۱:۵۰۰۰

از جهت ساختاری گسل‌های متعددی با روندهای NE-SW و NW-SE و یک چین اصلی با روند محوری تقریبی N-S (شکل ۶-۳) و تعداد زیادی گسل و چین خوردگی‌های محلی در محدوده می‌شود (شکل‌های ۶-۴ و ۶-۵). گسل‌ها دارای رفتار نرمال و تعدادی دارای ماهیت امتدادلغز هستند. برخی گسل‌های امتدادلغز چپ‌گرد بوده که در شمال شرق محدوده دیده می‌شوند.

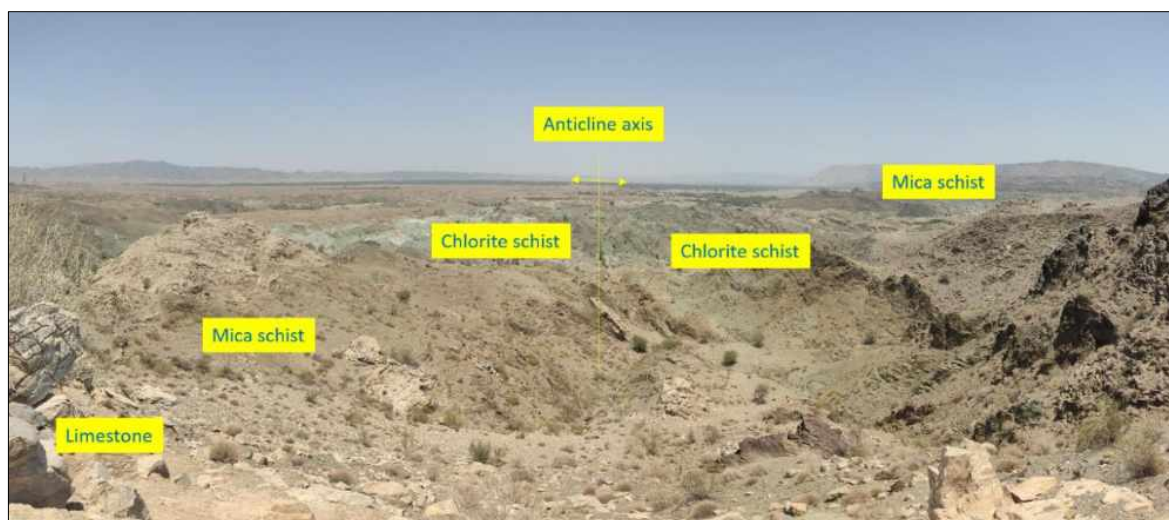
از جهت سنگ‌شناسی این محدوده به‌طور عمده شامل سنگ‌های کلریت‌شیست به رنگ سبز، میکاشیست به رنگ خاکستری و آهک دگرگون شده به رنگ کرم می‌باشد. در مجموع، به‌طور عمده شامل میکاشیست،

کلریت شیست، آهک دگرگون شده، کالک شیست، بازالت، گابرو و دیاباز و سنگ‌های سرشار از منیزیم سرپانتینی شده (آخرین رخداد دگرگونی مربوط به کرتاسه‌پسین) می‌باشد.

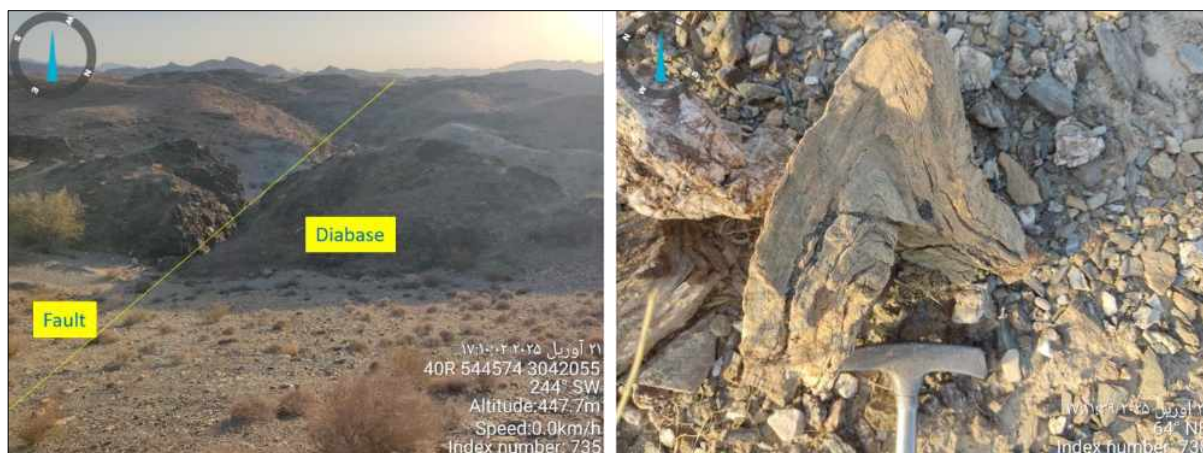
براساس مشاهدات زمین‌شناسی صحرایی و مطالعات میکروسکوپی انجام شده، نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ با مساحت ۱/۱۵ کیلومترمربع ترسیم شده است (شکل ۶-۷). در ادامه به شرح مختصر واحدهای اصلی منطقه مطابق نقشه تهیه شده با مقیاس ۱:۵۰۰۰ پرداخته می‌شود.



شکل ۶-۳- تصویر ماهواره‌ای محدوده منوجان- نودژ و موقعیت محور تاقدیس



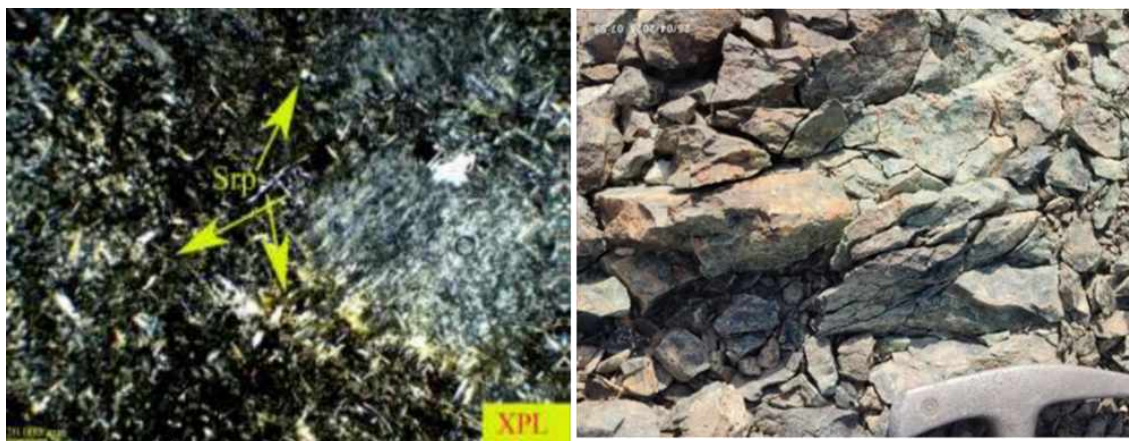
شکل ۶-۴- نمایی از چین‌خوردگی اصلی تاقدیسی در محدوده



شکل ۶-۵- نمایی از گسل قطع‌کننده سیل دیابازی و چین‌خوردگی در واحد کربناته

۶-۴-۱- سنگ اولترامافیک- مافیک دگرسان شده سرپانتینی (ba-gb)

این واحد سنگی در جنوب غرب محدوده در دره رودخانه‌ای رخنمون گسترده‌ای دارد و احتمالاً یک سنگ اولترامافیک- مافیک بوده که دچار سرپانتینی شدن شده است (شکل ۶-۷). حالت حفره‌ای و فرسایش‌های بادی از ویژگی‌های این واحد سنگی است. این سنگ دچار دگرسانی سرپانتینی تا کلریتی است. همچنین رگچه‌های منیزیت ثانویه نیز در آن‌ها دیده می‌شود که حاکی از میزان بالای منیزیم در این سنگ است. البته به سمت شرق این واحد سرپانتینی، واحدهای گابرویی حاوی قالب‌های پیریت هوازده نیز دیده می‌شوند (شکل ۶-۸). از این واحد سنگی نمونه‌های MNJ-۳۴، MNJ-۳۵، MNJ-۳۷ و MNJ-۳۸ برداشت گردید که براساس مطالعات میکروسکوپی حاوی سرپانتین (و گاه زئولیت) می‌باشند.



شکل ۶-۷- نمایی از دگرسانی سرپانتینی داخل واحد اولترامافیک-مافیک (تصویر سمت راست) و نمایی میکروسکوپی از آن در نور XPL (تصویر سمت چپ)



شکل ۶-۸- نمایی از واحد گابرویی حاوی قالب‌های پیریت هوازده

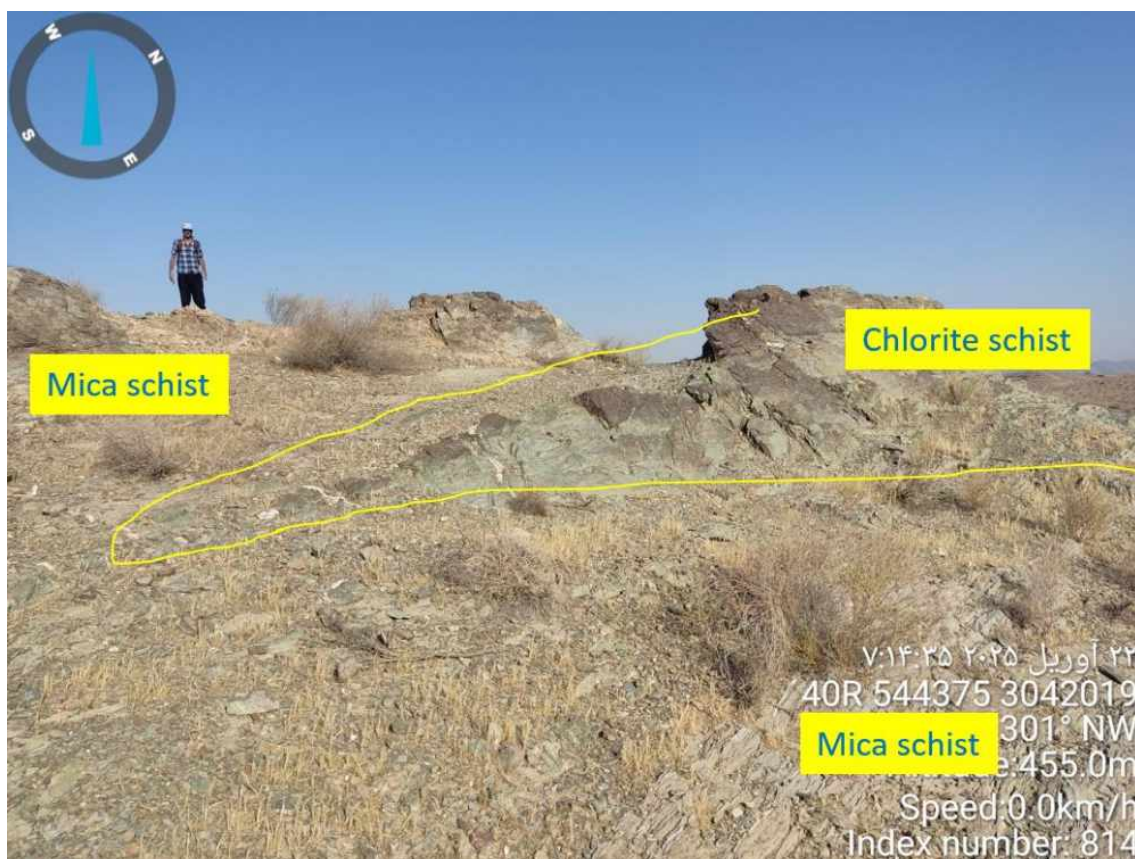
۶-۴-۲- کلریت شیست (chl) (توف دگرگون شده)

این واحد سنگی (شکل‌های ۶-۹ تا ۶-۱۱) به رنگ سبز بیشترین گسترش را در قسمت شمال غرب محدوده دارد. سه نوع کلریت شیست در محدوده وجود دارد (بر اساس نقشه ۱:۵۰۰۰): ۱) به صورت بین لایه‌ای با میکاشیست که در پایین توالی چینه‌شناسی قرار دارد، ۲) کلریت شیست سبز روشن گسترده که گاه حاوی رگه‌های سیلیسی است و بر روی واحد میکاشیستی قرار می‌گیرد و ۳) کلریت شیست همراه واحدهای بازالتی در بالای توالی چینه‌شناسی. در پایین توالی در برخی قسمت‌ها واحد کلریت شیستی حاوی میان لایه‌های میکاشیستی است. در بالای توالی این واحد کلریت شیستی بیشتر همراه با واحد بازالتی دیده می‌شود. از این واحد سنگی نمونه‌های MNJ-۱، MNJ-۵، MNJ-۱۵ و MNJ-۱۶ برداشت گردید که براساس مطالعات میکروسکوپی از نوع توف دگرگون شده می باشند.

به نظر می‌رسد سنگ مادر این واحد سنگی احتمال زیاد توف‌های بازالتی بوده است. در شمال غرب و مرکز محدوده، در این واحد سنگی رگه‌های سیلیسی نیز مشاهده می‌شود. البته یک واحد مگنتیت شیستی با ابعاد حدودی ۵ در ۱۰ متر نیز در داخل واحد کلریت شیستی در شمال غرب محدوده قابل مشاهده است.



شکل ۶-۹- نمایی از گسترش واحد کلریت شیستی (نوع دوم)



شکل ۶- ۱۰- نمایی از میان لایه کلریت شیستی داخل میکاشیست (نوع اول)



شکل ۶- ۱۱- نمایی از چین خوردگی لایه کلریت شیستی (نوع اول)

۶-۴-۳- کلریت اپیدوت شیست (epi)

این واحد سنگی (شکل ۶-۱۲) به رنگ سبز روشن در غرب محدوده در مجاورت واحد کلریت شیستی رخنمون دارد. این واحد سنگی نیز احتمالا یک متاتوف بوده است. در برخی نقاط میزان کلریت و در برخی موارد مقادیر اپیدوت افزایش می‌یابد. البته در یک نقطه واحد مگنتیت کلریت شیستی دیده می‌شود و حدود ۵ در ۱۰ متر گسترش دارد (شکل ۶-۱۳). میزان مگنتیت در حدود ۵ درصد است. از این واحد سنگی نمونه MNJ-۶ برداشت شد که براساس مطالعات میکروسکوپی از نوع لیتیک توف دگرگون شده می باشد. نمونه MNJ-۲۵ نیز از این واحد برداشت شده که حاوی رگه های سیلیسی-کربناتی است.



شکل ۶-۱۲- نمایی از رگه کلسیتی داخل کلریت اپیدوت شیست



شکل ۶-۱۳- نمایی از واحد مگنتیت کلریت شیست

۶-۴-۴- میکاشیست (sch)

این واحد سنگی (شکل های ۶-۱۴ و ۶-۱۵) به رنگ خاکستری در قسمت های میانی و شمال شرق محدوده بیشترین گسترش را دارد. البته گاهی به صورت بین لایه در واحدهای کلریت شیستی است رگه های سیلیسی بیشتر در داخل این واحد سنگی دیده می شوند. در قسمت مرکزی و غرب محدوده میزان رگه های سیلیسی در میکاشیست زیاد می باشد.



شکل ۶-۱۴- نمایی از میان لایه میکاشیست داخل واحد کلریت شیستی



شکل ۶-۱۵- نمایی از رگه سیلیسی- کربناته داخل واحد میکاشیستی

۶-۴-۵- سنگ آهک دگرگون شده (lim)

این واحد سنگی (شکل‌های ۶-۱۶ و ۶-۱۷) با رنگ کرم تا سفید در قسمت‌های مختلف محدوده و به‌ویژه در قسمت جنوبی آن بیشترین گسترش را دارد. واحد سنگ آهکی دگرگون شده دچار تبلور مجدد شده و اغلب به صورت عدسی در داخل واحد میکاشیستی و کالک شیستی قرار دارد. بندرت نوارها و رگچه‌های سیلیسی در این واحد سنگی قابل مشاهده است که گاهی آغشته به لیمونیت هستند. از این واحد سنگی نمونه های ۳-MNJ و ۱۱-MNJ برداشت شد که براساس مطالعات میکروسکوپی از نوع آهک ریز دانه دگرگون شده می باشند.



شکل ۶-۱۶- نمایی از عدسی سنگ آهکی دگرگون شده داخل میکاشیست



شکل ۶-۱۷- نمایی از لامینه‌های سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن داخل واحد سنگ آهکی دگرگون شده

۶-۴-۶- کالک شیست (msc)

این واحد سنگی (شکل‌های ۶-۱۸ و ۶-۱۹) بیشتر در بخش جنوب شرق محدوده گسترش دارد. واحد کالک شیستی دارای بین لایه‌های میکاشیستی است. وجود لایه‌های نازک آهکی همراه میکاشیست از ویژگی‌های این واحد سنگی است. دگرشکلی در این واحد سنگی شدید بوده و به صورت چین خوردگی نمود

دارد. از این واحد سنگی نمونه MNJ-۲۱ برداشت شد که براساس مطالعات میکروسکوپی گرچه از نوع کالک سیلیکات شیست تشخیص داده شده است.



شکل ۶-۱۸- نمایی از واحد کالک شیستی همراه با تناوب مرمر با میکاشیست



شکل ۶-۱۹- نمایی از دگرشکلی در واحد کالک شیستی همراه با تناوب مرمر با میکاشیست

۶-۴-۷- متابازالت (ba)

این واحد سنگی (شکل‌های ۶-۲۰ تا ۶-۲۳) اغلب در شمال شرق و به مقدار کمتر در جنوب غرب محدوده رخنمون دارد. واحد بازلتی دگرگون شده دارای دگرسانی کلریتی بوده و در کناره‌ها به کلریت شیست تبدیل

می‌شود. بنابراین واحد کلریتی شیستی (که احتمالاً متاتوف هستند) همراهی نزدیکی با متابازالت‌ها دارند. واحد متابازالتی گاه دارای رگه‌های کربناتی-سیلیسی همراه دگرسانی کلریتی-اپیدوتی است. برخی از رگه‌ها مربوط به مرحله دگرشکلی بوده و برخی که همراه دگرسانی اپیدوتی هستند احتمال دارد مربوط به فعالیت سامانه‌های گرمایی زیردریایی باشند که اکنون دگرگون شده‌اند. از این واحد سنگی نمونه ۲۴-MNJ برداشت شد.



شکل ۶-۲۰- نمایی از واحدهای بازالتی و کلریت شیستی نوع سوم همراه آهن



شکل ۶- ۲۱- نمایی از کلریت شیست (نوع سوم) اطراف بازالت



شکل ۶- ۲۲- نمایی از رگه‌های سیلیسی- کربناتی داخل واحد بازالتی



شکل ۶-۲۳- نمایی از رگه‌های سیلیسی-کربناتی همراه دگرسانی اپیدوتی-کلریتی

۶-۴-۸- گابرو-دیاباز دگرگون شده (gb-di)

این واحد سنگی (شکل‌های ۶-۲۴ تا ۶-۲۶) در بخش شمال غربی محدوده به صورت سیل و همخوان با لایه بندی میکاشیست و کلریت شیست‌ها رخنمون دارد. حالت ریخت‌شناسی برجسته از ویژگی‌های این واحد سنگی است. دگرگونی کلریتی در این سنگ‌ها نیز قابل مشاهده است. این واحد نفوذی در داخل واحد کلریت شیستی قرار دارد. از این واحد سنگی نمونه MNJ-۲ برداشت شد که براساس مطالعات میکروسکوپی گرچه از نوع اپیدوت اسکارن تشخیص داده شده اما در واقع یک گابرو با دگرسانی اپیدوتی-کلریتی می باشد. نمونه MNJ-۲۰ هم از یک واحد دیابازی در شمال شرق محدوده برداشت گردید که در مطالعات میکروسکوپی هم بعنوان یک واحد نفوذی تشخیص داده شده است. البته نمونه MNJ-۲۳ نیز در قسمتهای میانی محدوده از

یک مورد مشابه برداشت شد که یک توده نفوذی تشخیص داده شده است. در یکی از این توده ها در غرب محدوده در نمونه ۲۷-MNJ زئولیت تشخیص داده شده است.



شکل ۶- ۲۴- نمایی از سیل گابرو- دیابازی مجاور کلریت شیست



شکل ۶- ۲۵- نمایی از سیل دیابازی- گابروی حاوی رگه های سیلیسی- اپیدوتی



شکل ۶-۲۶- نمایی دیگر از سیل دیابازی-گابروی حاوی رگه‌های سیلیسی- اپیدوتی

۹-۴-۶- رسوبات آبرفتی (Q^a , Q^t)

این رسوبات (شکل‌های ۶-۲۷ تا ۶-۳۰) در بخش غربی محدوده بیشترین گسترش را دارند و البته در بخش‌های شرقی و شمالی محدوده نیز مشاهده می‌شوند. این رسوبات دارای قطعات گرد تا زاویه‌دار همراه با کانی‌های رسی هستند. قطعات متنوع بوده و چرت، سیلیسی، آهکی و توده نفوذی را شامل می‌شود. به‌نظر می‌رسد برخی قطعات از نوع اولترامافیک بوده و از کوه‌های جنوبی منطقه نشأت گرفته باشند. این قطعات شدیداً لیمونیتی بوده و در نمونه برداشت شده (MNJ-۱۲) میزان بالایی نیکل (۱۳۷۶ ppm) نشان می‌دهند.



شکل ۶- ۲۷- نمایی از واحد تراس آبرفتی جوان روی کلریت شیست



شکل ۶- ۲۸- نمایی نزدیک از نمایی از واحد تراس آبرفتی جوان



شکل ۶- ۲۹- نمایی از نمایی از واحد تراس آبرفتی جوان که حالت کنگلومرایی سست دارد.



شکل ۶- ۳۰- نمایی از قطعات آغشته به لیمونیت در واحد آبرفتی (محل برداشت نمونه MNJ-۱۲)

۵-۶- کانه‌زایی و دگرسانی

کانی‌زایی‌های فلزی مشاهده شده در محدوده شامل یک رگه سیلیسی مس‌دار آغشته به مالاکیت می‌باشد. علاوه بر این برخی رگه‌ها یا زون‌های سیلیسی دارای ابعاد قابل توجه بوده و مقداری مورد استخراج قرار گرفته‌اند. شرح این کانی‌زایی‌ها در ادامه آمده است. از رگه‌ها و زون‌های مختلف دگرسانی سیلیسی- کربناتی و سیلیسی این محدوده‌ها تعدادی نمونه به روش لبپری (chip sampling) جهت آنالیزهای ژئوشیمیایی ICP-OES و Fire Assay برای اندازه‌میزان عنصر طلا و سایر عناصر کمیاب، نمونه‌برداری و به آزمایشگاه زراژما ارسال شده است (جدول ۶-۱).

جدول ۶-۱- لیست نمونه‌های برداشت شده از محدوده مس منوجان

Sample No.	Rock type	Coordinates	ICP-OES	Fire assay	XRF	Thin section	Thin-polished	Polished
MNJ-۱	Chlorite schist	۵۴۴۵۳۲, ۳۰.۴۲۰.۶۸				√		
MNJ-۲	Diabasic-gabbro sill	۵۴۴۵۳۸, ۳۰.۴۲۰.۶۰				√		
MNJ-۳	Goethite-rich deformed limestone	۵۴۴۵۷۹, ۳۰.۴۲۰.۸۳				√		
MNJ-۴	Silicic-goethite-rich vein	۵۴۴۹۹۳, ۳۰.۴۲۰.۶۷	√	√				
MNJ-۵	Magnetite-rich chlorite schist	۵۴۴۶۴۷, ۳۰.۴۲۰.۲۰				√		
MNJ-۶	Chlorite schist	۵۴۴۸۰۲, ۳۰.۴۱۹۴۵				√		
MNJ-۷	Copper-bearing silicic vein	۵۴۴۷۳۳, ۳۰.۴۱۹۵۹	√	√				
MNJ-۸	Silicic carbonatic limonite-rich vein	۵۴۴۹۵۶, ۳۰.۴۱۹۶۸	√	√				
MNJ-۹	Silicic carbonatic limonite-rich vein	۵۴۵۲۸۱, ۳۰.۴۱۹۱۴	√	√				
MNJ-۱۰	Silicic carbonatic limonite-rich vein	۵۴۵۲۵۹, ۳۰.۴۱۹۲۵	√	√				
MNJ-۱۱	Silicic carbonatic limonite-rich vein	۵۴۵۱۳۹, ۳۰.۴۱۸۳۷				√		
MNJ-۱۲	Red-orange clasts in alluvium	۵۴۴۴۵۳, ۳۰.۴۱۹۰۵	√	√				
MNJ-۱۳	Silicic limonite-rich vein	۵۴۴۵۵۱, ۳۰.۴۱۹۵۴	√	√				
MNJ-۱۴	Basalt with limonite-rich alteration zone	۵۴۵۷۵۵, ۳۰.۴۱۶۳۹	√	√				
MNJ-۱۵	Basalt with silicic carbonatic veins	۵۴۵۶۷۱, ۳۰.۴۱۶۷۷				√		
MNJ-۱۶	Chlorite schist	۵۴۵۵۹۹, ۳۰.۴۱۶۹۰				√		
MNJ-۱۷	Silicic carbonatic limonite-rich zone within chlorite schist	۵۴۵۴۸۶, ۳۰.۴۱۶۹۴	√	√				

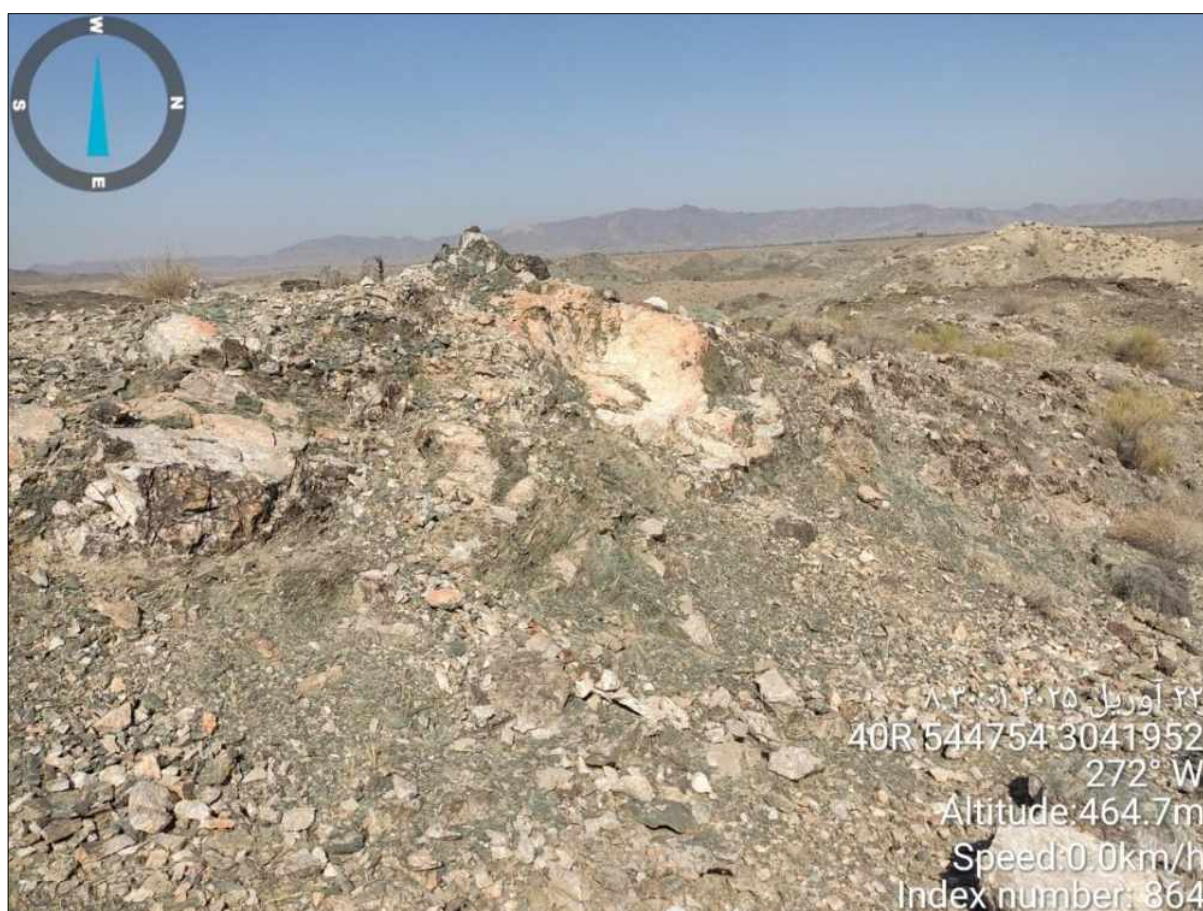
Sample No.	Rock type	Coordinates	ICP-OES	Fire assay	XRF	Thin section	Thin-polished	Polished
MNJ-18	Silicic carbonatic limonite-rich vein	040440, 30.41733	√	√				
MNJ-19	Silicic carbonatic limonite-rich vein	040398, 30.41700	√	√				
MNJ-20	Meta-gabbro	040373, 30.41780				√		
MNJ-21	Muscovite calc schist	040174, 30.41724				√		
MNJ-22	Silicic carbonatic limonite-rich vein	040103, 30.41721	√	√				
MNJ-23	Meta plutonic-granitoid	044724, 30.41799				√		
MNJ-24	Altered basalt	044724, 30.41799	√	√				
MNJ-25	Chlorite epidote schist	044728, 30.41939				√		
MNJ-26	Silicic carbonatic limonite-rich vein	044793, 30.41488	√	√				
MNJ-27	Mafic igneous rock	044384, 30.41421				√		
MNJ-28	Silicic carbonatic limonite-rich vein	040430, 30.41072	√	√				
MNJ-29	Silicic carbonatic limonite-rich vein	040398, 30.41730	√	√				
MNJ-30	Silicic carbonatic limonite-rich vein	040309, 30.41028	√	√				
MNJ-31	Silicic carbonatic limonite-rich vein	044840, 30.41348	√	√				
MNJ-32	Silicic carbonatic pyrite-rich vein	044846, 30.41347						√
MNJ-33	Silicic carbonatic limonite-rich vein	044846, 30.41347					√	
MNJ-34	Serpentinized ultramafic-mafic rock	044199, 30.41223				√		
MNJ-35	Serpentinized ultramafic-mafic rock	044343, 30.41126				√		

Sample No.	Rock type	Coordinates	ICP-OES	Fire assay	XRF	Thin section	Thin-polished	Polished
MNJ-36	Silicic ore vein	044616, 30.41610			√			
MNJ-37	Serpentinized rock	044374, 30.41342					√	
MNJ-38	Serpentinized ultramafic-mafic rock	044373, 30.41341				√		
MNJ-39	Altered limonite-rich zone in basalt	044400, 30.41297	√	√				
MNJ-40	Silicic vein	044600, 30.41081			√			
MNJ-41	Silicic carbonatic limonite-rich vein	040284, 30.42079	√	√				
MNJ-00	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040429,30.41076	√					
MNJ-01	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040431,30.41087	√					
MNJ-02	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040420,30.41078	√					
MNJ-03	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040407,30.41079	√					
MNJ-04	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040398,30.41097	√					
MNJ-05	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040390,30.41737	√					
MNJ-06	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040379,30.41748	√					
MNJ-07	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040378,30.41713	√					
MNJ-08	Silicic carbonatic very goethite-limonite-rich vein	040403,30.41713	√					
MNJ-09	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040398,30.41707	√					
MNJ-10	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040407,30.41803	√					
MNJ-11	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040379,30.41827	√					
MNJ-12	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040378,30.41804	√					
MNJ-13	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040373,30.41877	√					
MNJ-14	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	044899,30.41372	√					
MNJ-15	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	044801,30.41349	√					
MNJ-16	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	044800,30.41487	√					
MNJ-17	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	044810,30.41498	√					
MNJ-18	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	040327,30.42000	√					

Sample No.	Rock type	Coordinates	ICP-OES	Fire assay	XRF	Thin section	Thin-polished	Polished
MNJ-၆၇	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	၀၄၀၃၁၀,၃.၄၃.၀၇	✓					
MNJ-၇၀	Silicic carbonatic goethite-limonite-rich vein	၀၄၀၃၈၇,၃.၄၁၇၁၀	✓					

۶-۵-۱- کانه‌زایی مس

کانه‌زایی مس به صورت یک اندیس در رگه سیلیسی داخل میکاشیست به صورت آغشتگی مالاکیت همراه اکسید- هیدروکسیدهای آهن مشاهده می‌شود (شکل‌های ۶-۳۱ و ۶-۳۲). که نشانه خوبی برای احتمال کانه‌زایی طلا در پهنه‌های سیلیسی منطقه و به‌ویژه شاید در اعماق باشد. نمونه شماره MNJ-۷ از این رگه سیلیسی مس‌دار برداشت و به آزمایشگاه جهت آنالیز طلا و عناصر کمیاب ارسال گردید.



شکل ۶-۳۱- نمایی از پهنه دگرسانی سیلیسی در داخل میکاشیست



شکل ۶-۳۲- نمایی از رگه سیلیسی آغشته به مالاکیت

۶-۵-۲- کانی‌زایی سیلیس و دگرسانی سیلیسی

کانی‌زایی و دگرسانی سیلیسی (شکل‌های ۶-۳۳ تا ۶-۵۶) به صورت گسترده در برخی نقاط محدوده در میکاشیست و به مقدار کمتر کلریت شیست رخ داده است. رگه‌های سیلیس غالباً به موازات برگوارگی سنگ میزبان بوده و یا گاهی آنرا قطع نموده است. شواهد نشان می‌دهد این رگه‌ها که عمدتاً از کوارتز تشکیل شده‌اند، محصول فرآیند دگرگونی ناحیه‌ای هستند. ضخامت رگه‌ها در مواردی تا حدود ۳ متر هم می‌رسد که تبدیل به معدن سیلیس شده و مقداری استخراج شده است. در این معدن که به صورت متروکه و روباز است یک رگه سیلیسی نسبتاً خالص با روند کلی شرقی- غربی همروند با برگوارگی میکاشیت و کلریت شیست‌ها بوده و رنگ آن از سفید شیری تا به ندرت متمایل به صورتی کم رنگ بوده و ناخالصی کمی دارد. علاوه بر این معدن روباز، ترانشه‌های متعددی بر روی زون‌های سیلیسی واقع در قسمت میانی محدوده حفر شده است. البته چند دپوی سیلیسی هم در محدوده دیده می‌شود که مرتبط با پیت و ترانشه‌های استخراجی هستند. با توجه به اینکه رگه‌های سیلیسی اغلب پیوستگی زیادی ندارند ذخیره آن مشخص نیست اما با توجه به خلوص نسبتاً

بالا می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. از این رگه سیلیسی در معدن متروکه نمونه شماره MNJ-۷ برداشت و به آزمایشگاه جهت آنالیز میزان سیلیسی به روش XRF ارسال گردید. میزان سیلیس در این نمونه‌ها به بیش از ۹۶ و ۹۸ درصد می‌رسد. برخی از رگه‌های سیلیسی آغشته به اکسید-هیدروکسیدهای آهن هستند و لذا از برخی از آن‌ها در محدوده نمونه ژئوشیمیایی برداشت شد (نمونه‌های MNJ-۴، MNJ-۱۳، MNJ-۱۴، MNJ-۲۲ و MNJ-۳۹). میزان طلا قابل بررسی و عناصر کمیاب در این نمونه‌ها پایین است.



شکل ۶-۳۳- نمایی از ترانشه حفر شده در پهنه دگرسانی سیلیسی



شکل ۶-۳۴- نمایی از رگه سیلیسی داخل میکاشیست



شکل ۶-۳۵- نمایی از رگه سیلیسی همراه کلریت شیست



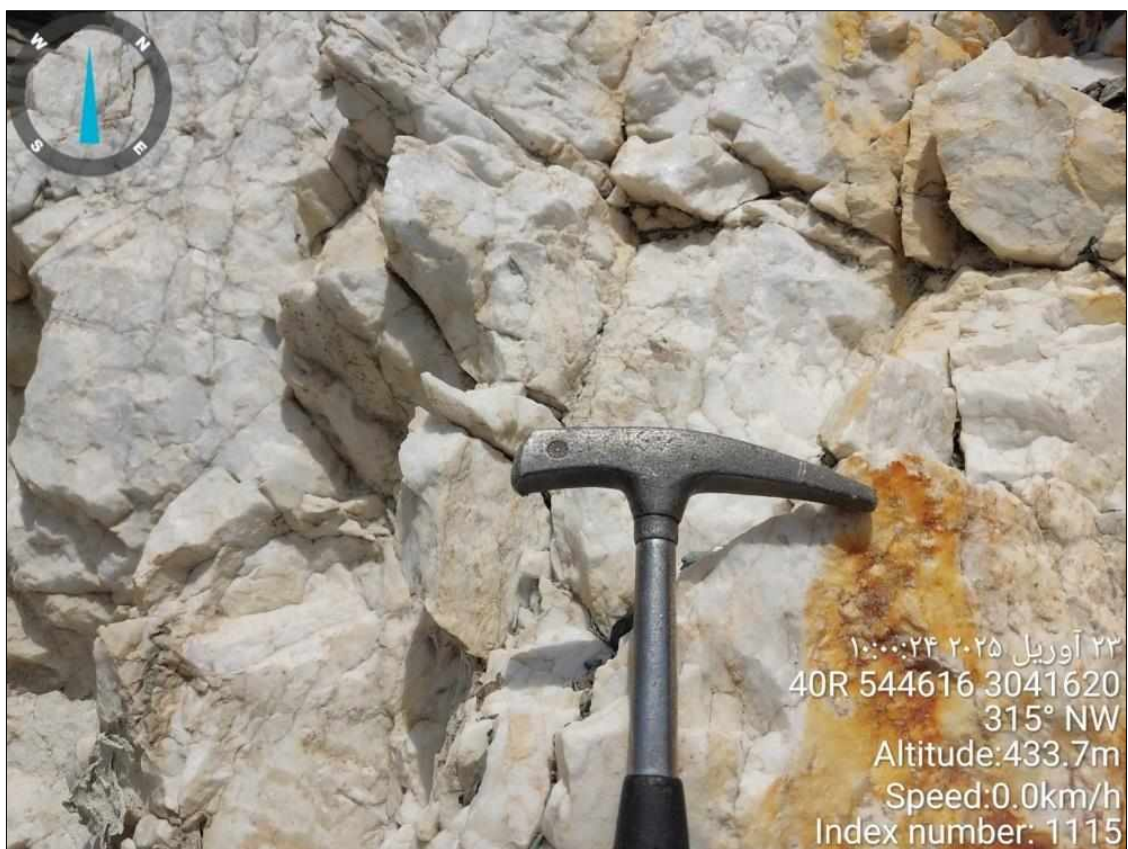
شکل ۶-۳۶- نمایی از پیت استخراجی معدن متروکه سیلیس



شکل ۶-۳۷- نمایی از رگه سیلیسی داخل پیت استخراجی



شکل ۶- ۳۸- نمایی از رگه نسبتاً ضخیم سیلیسی داخل معدن متروکه



شکل ۶- ۳۹- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی که گاهی کمی آغشته به اکسید آهن است.



شکل ۶- ۴۰- نمایی از محل دپوی سیلیسی در محدوده



شکل ۶- ۴۱- نمایی از رگه سیلیسی دگرشکل شده



شکل ۶- ۴۲- نمایی از رگه سیلیسی



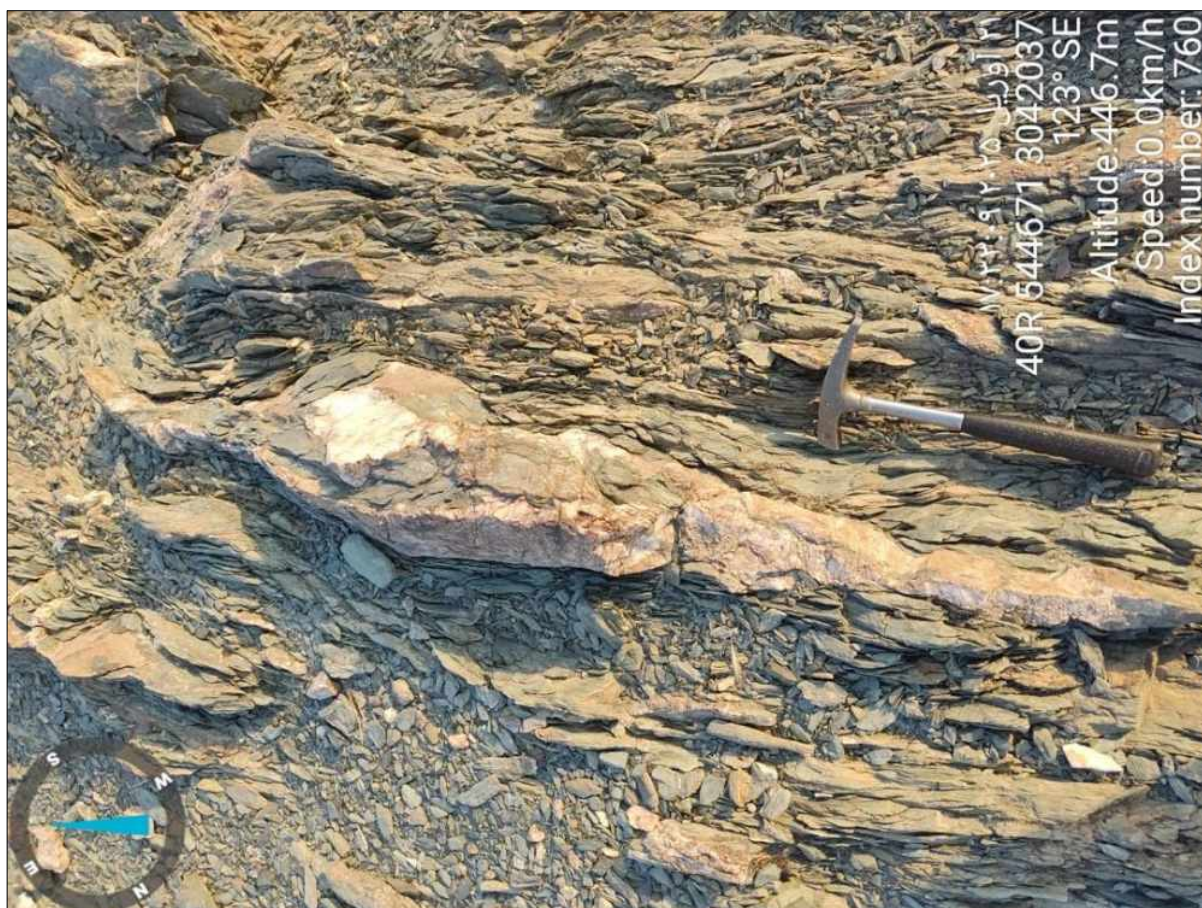
شکل ۶-۴۳- نمایی از زون سیلیسی در شمال محدوده



شکل ۶-۴۴- نمایی از عدسی سیلیسی



شکل ۶-۴۵- نمایی از قطعات سیلیسی آغشته به اکسید- هیدروکسیدهای آهن



شکل ۶-۴۶- نمایی از عدسی سیلیسی داخل میکاشیست



شکل ۶-۴۷- نمایی از رگه‌های سیلیسی کربناتی داخل میکاشیست



شکل ۶- ۴۸- نمایی از رگه سیلیسی چین خورده داخل میکاشیست



شکل ۶- ۴۹- نمایی از رگه سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن



شکل ۶-۵۰- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن



شکل ۶-۵۱- نمایی از رگه سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن در کلریت شایست (نمونه ۸-MNJ)



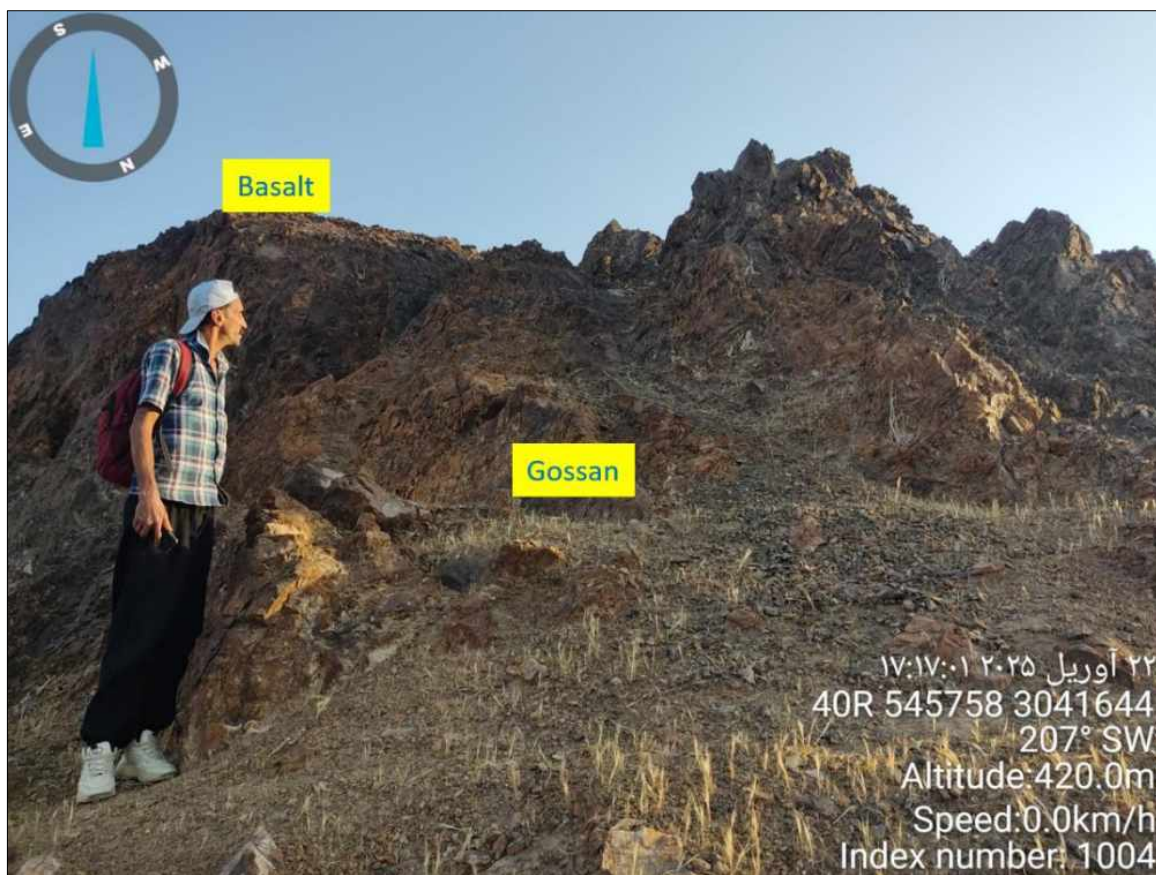
شکل ۶-۵۲- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن



شکل ۶-۵۳- نمایی از رگه دیگر سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن (نمونه ۲۶-MNJ)



شکل ۶-۵۴- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن (نمونه ۲۶-MNJ)



شکل ۶-۵۵- نمایی از گوسان و زون آغشته به لیمونیت در واحد بازالتی (نمونه ۱۴-MNJ)



شکل ۶-۵۶- نمایشی نزدیک از گوسان و زون آغشته به لیمونیت در واحد بازالتی

۶-۵-۳- دگرسانی سیلیسی- کربناتی

دگرسانی سیلیسی- کربناتی (شکل‌های ۶-۵۷ تا ۶-۶۳) در نقاط متعددی از منطقه مشاهده گردید ابعاد زون‌های دگرسانی سیلیسی- کربناتی در شمال شرق محدوده تا بیش از ۱۰۰ متر و ضخامت آن‌ها از ۱ تا ۵ متر می‌رسد. این زون‌ها دارای رگه‌های سیلیسی- کربناتی شامل عمدتاً کانی‌های احتمالاً سیدریت، کلسیت و کوارتز و مقادیری پیریت هستند. وجود آغشتگی زیاد به اکسید- هیدروکسیدهای آهن از وجود مقادیر زیادی پیریت در این سنگ‌ها حکایت دارد. البته در یک مورد در مطالعات پتروگرافی کالکوپیریت هم دیده می‌شود. این رگه‌ها محصول فرآیند دگرگونی بوده و اغلب به موازات برگوارگی سنگ‌های میکاشیستی می‌باشند. از این رگه‌ها نمونه MNJ-۳۳ برداشت شد که براساس مطالعات میکروسکوپی از نوع سیلیسی- کربناتی آغشته به لیمونیت می‌باشد. همچنین از این زون‌ها نمونه‌های متعددی ژئوشیمیایی با شماره‌های MNJ-۸، MNJ-۹، MNJ-۱۰، MNJ-۱۷، MNJ-۱۸، MNJ-۱۹، MNJ-۲۶، MNJ-۲۸، MNJ-۲۹، MNJ-۳۰، MNJ-۳۱ و MNJ-۴۱ برداشت و به آزمایشگاه جهت آنالیز طلا و عناصر کمیاب ارسال گردیده است.



شکل ۶-۵۷- نمایی از موقعیت یک رگه سیلیسی- کربناتی در واحد کلریت شیستی



شکل ۶-۵۸- نمایی از رگه سیلیسی- کربناتی در واحد میکاشیستی (نمونه‌های MNJ-۹ و MNJ-۱۰)



شکل ۶-۵۹- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی- کربناتی



شکل ۶-۶۰- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی- کربناتی آغشته به لیمونیت (نمونه ۴۱-MNJ)



شکل ۶- ۶۱- نمایی نزدیک از رگه سیلیسی- کربناتی حاوی قالب‌های پیریت اکسید شده (تصویر سمت راست) و نمایی از مقطع میکرسکوپی کالکوپیریت در نمونه شماره ۳۲- MNJ (تصویر سمت چپ)



شکل ۶- ۶۲- نمایی از رگه دیگر سیلیسی- کربناتی داخل کلریت شیست (نمونه ۱۹- MNJ)



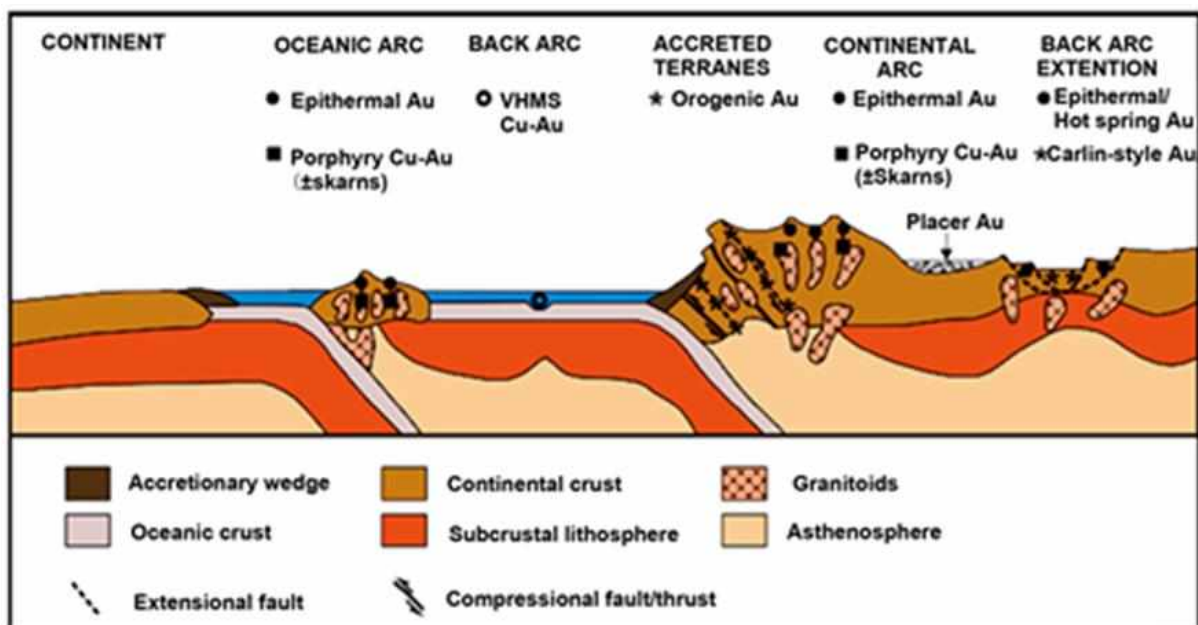
شکل ۶-۶۳- نمای نزدیک از رگه سیلیسی- کربناتی آغشته به لیمونیت (نمونه MNJ-۱۹)

۶-۵-۴- مدل زایشی مورد انتظار در منطقه مطالعاتی

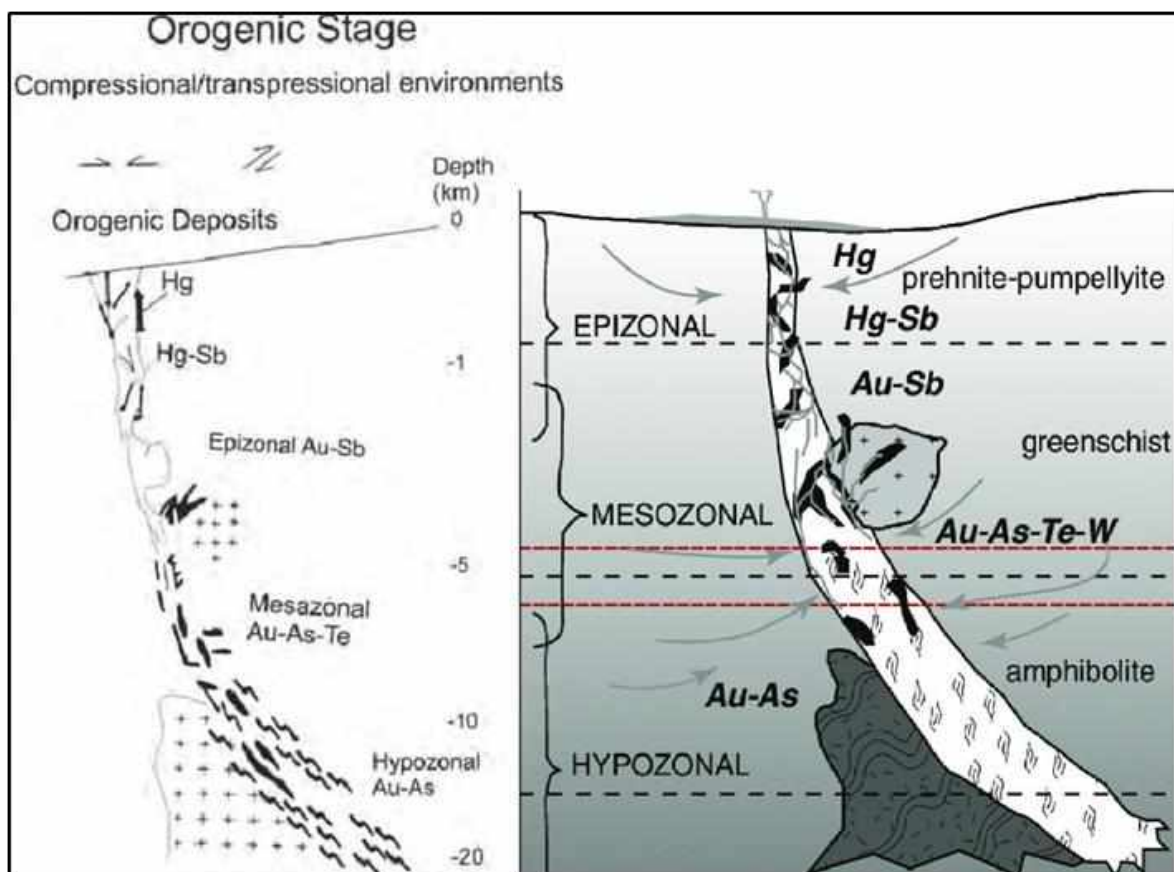
با توجه به بازدید صحرایی و بررسی‌های به عمل آمده از محدوده مطالعاتی، کانه‌زایی طلای کوهزایی دور از انتظار نیست که در ادامه به بررسی و ویژگی‌های این تیپ کانساری پرداخته شده است.

این نوع از کانسارهای طلا در رده‌بندی (Robert et al., ۱۹۹۷)، در دسته کانسارهای مرتبط با سنگ‌های دگرگونی قرار می‌گیرند. کانسارهای طلای کوهزایی را به سه زیرتیپ کانسارهای طلا با سنگ میزبان میلونیتی (Mylonite- hosted)، کانسارهای طلا با سنگ میزبان کمربندهای خردشده (Crush-belt hosted) و کانسارهای طلای کوارتز رگه‌ای تقسیم‌بندی نموده‌اند (Wang et al., ۱۹۹۹).

کمربندهای دگرگونی فانروزوئیک که در حاشیه قاره‌های فعال سراسر دنیا گسترش دارند، میزبان بسیاری از کانسارهای طلای کوهزایی می‌باشند (Kerrich et al., ۲۰۰۵) (شکل ۶-۶۴ و ۶-۶۵) معادل چنین سرزمین‌هایی در ایران پهنه دگرگون شده سنندج- سیرجان است که بسیاری از رخدادهای طلای کوهزایی را در خود جای داده است.



شکل ۶-۶۴- موقعیت تکتونیکی و جایگاه قرارگیری کانسارهای طلای کوهزائی در محیطهای تکتونیکی برخوردی و ارتباط آنها با موقعیت تکتونیکی دیگر کانسارهای طلا (Groves et al., ۱۹۹۸, ۲۰۰۳).



شکل ۶-۶۵- نمایی شماتیک از محیطهای پوسته‌ای کانسارهای طلای کوهزائی با توجه به عمق تشکیل و موقعیت تکتونیکی (Groves et al., ۱۹۹۸, ۲۰۰۳).

به منظور دستیابی به یک الگوی کلی و اکتشافی مناسب در طول پهنه، فاکتورهای مهم و بحرانی مؤثر در این کانسارها به‌طور اجمالی مورد بررسی قرار گرفته است.

سن کانه‌زایی: کانسارهای مورد نظر، سن آرکئن میانی- ترشیری (به‌طور عمده آرکئن پایانی، پروتروزوئیک آغازین، پالئوزوئیک میانی تا پایانی و مزوزوئیک- سنوزوئیک) دارند و در مراحل نهایی کوهزایی و کمی بعد از اوج دگرگونی شکل گرفته‌اند.

ماهیت سنگ میزبان: سنگ‌های دربرگیرنده به‌طور معمول، سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای درون کمربند همراه با سنگ‌های رخساره شایست‌سبز تا آمفیبولیت زیرین می‌باشند. اگرچه بعضی از کانسارها، دگرگونی تا حد رخساره گرانولیت را تحمل کرده‌اند (Groves et al., ۲۰۰۳) اما کانه‌زایی‌ها بیشتر محدود به واحدهای دگرگونی در حد متوسط و یا رخساره شایست‌سبز می‌باشند (Taylor and Schiller, ۱۹۹۶).

موقعیت تکتونیکی: ویژگی‌های زمین‌شناختی و تکتونیکی این کانسارها با ویژگی‌های کمربندهای دگرگون‌شده فانروزوئیک دیگر نقاط جهان بسیار مشابه است. پهنه اکتشافی که در شمال‌باختر پهنه دگرگونی سنندج- سیرجان قرار دارد، بخشی از کمربند کوهزایی زاگرس می‌باشد که در اثر همگرایی بین صفحات اوراسیا و آفریقایی- عربی در دوران کرتاسه تا ترشیری تشکیل شده است (Berberian and King, ۱۹۸۱; Mohajjel et al., ۲۰۰۳; Ghasemi and Talbot, ۲۰۰۶) و به لحاظ موقعیت ژئودینامیکی بر حاشیه فعال قاره‌ای (پهنه سنندج- سیرجان) منطبق است که امروزه به‌عنوان خاستگاه بسیاری از کانسارهای طلای کوهزایی محسوب می‌شود (Groves et al., ۲۰۰۳; Goldfarb et al., ۲۰۰۵).

ساختارها: کانسارهای طلای کوهزایی در کمربندهای دگرگون شده‌ای که با پیچیدگی‌های زمین‌شناسی همراهند، یافت می‌شوند (McCuaige and Kerrich, ۱۹۹۸). این کانسارها به‌طور شاخص در مجاورت گسل‌های ناحیه‌ای عمیق (یعنی ساختارهای درجه اول) که پوسته را قطع کرده‌اند، تشکیل شده‌اند. معمولی‌ترین ساختارهای درجه اول در سرزمین‌های دگرگون شده فانروزوئیک، زمین‌درزهای برخوردی هستند که عموماً به موازات حاشیه فعال قاره‌ای مشاهده می‌شوند (Goldfarb et al., ۲۰۰۵). ساختارهای درجه اول، گذرگاه‌های صعود سیالات گرمایی طلادار در مقیاس ناحیه‌ای هستند.

بر اساس (Robert and Poulsen, ۲۰۰۱) در نواحی دگرگون شده میزبان کانسارهای طلای کوهزایی، ساختارهای درجه دوم معمولاً به موازات ساختارهای ناحیه‌ای درجه اول گسترش دارند، درحالی‌که ساختارهای درجه سوم، ساختارهای کوچک‌تری را شامل می‌شود که روند آنها نسبت به ساختارهای درجه اول و دوم مایل است. همچنین بر اساس (Robert, ۱۹۸۹) و (Weinberg et al., ۲۰۰۴)، ساختارهای مناسب جهت میزبانی کانسنگ‌های طلا در نواحی کوهزایی عبارتند از: گسل‌های فرعی (به‌خصوص در محلی که در امتداد گسل تغییری رخ داده باشد)، محل تقاطع گسل‌های ناحیه‌ای، طاق‌دیس‌ها و حاشیه گرانیتوئیدها.

دگرگونی: ذخایر طلای کوهزایی، به‌طور مشخص در پایان تاریخچه دگرشکلی- دگرگونی و ماگمایی از یک حادثه کوهزایی تشکیل می‌شوند (Groves et al., ۱۹۹۸; Goldfarb et al., ۲۰۰۵). اغلب این کانسارها در نواحی دگرگون شده رخساره شیبست سبز تا آمفیبولیت و همزمان یا کمی بعد از اوج دگرگونی (۵ تا ۴۰ میلیون سال) سنگ‌های میزبان کانه‌زایی تشکیل شده‌اند (Bierlein and Crowe, ۲۰۰۰, Goldfarb et al., ۲۰۰۵).

دگرشکلی: ساختارهای حاصل از دگرشکلی، به جهت آنکه فضای مناسبی را برای حرکت سیال و نیز نهشت طلا فراهم می‌آورند، نقش اساسی و مهمی را در شکل‌گیری ذخایر طلای تیپ کوهزایی ایفا می‌کنند (Kreuzer, ۲۰۰۶). این ساختارها که انواع دگرشکلی از شکل‌پذیر در اعماق زیاد تا شکنا در سطوح فوقانی پوسته را شامل می‌شوند، اغلب در پهنه‌های برشی قطع‌کننده سنگ‌های دگرگونی تشکیل شده‌اند (Sibson, ۲۰۰۴).

ماگماتیسیم: در اغلب ایالت‌های طلای کوهزایی، همراهی زمانی و مکانی نزدیکی بین ماگماتیسیم فلسیک و کانه‌زایی وجود دارد، به‌طوری‌که بخش مهمی از کانسارهای طلا در داخل و یا در مجاورت گرانیتوئیدها تشکیل شده‌اند (Kerrich and Cassidy, ۱۹۹۴; Bierlein and Crowe, ۲۰۰۰; Goldfarb et al., ۲۰۰۵). توده‌های گرانیتوئیدی مجاور کانسار طلای کوهزایی در زمان‌های قبل، نسبتاً همزمان و یا بعد از کانه‌زایی طلا تزریق شده‌اند و استوک‌های گرانیتوئیدی کوچک قبل تا همزمان با تکتونیک، که در سراسر کمربندهای

کوهزایی جهان متداولند، میزبان های خوبی برای کانسارهای طلای کوهزایی محسوب می شوند (Groves et al., ۲۰۰۱; Goldfarb et al., ۲۰۰۰).

دگرسانی گرمایی: مشهودترین سیمای دگرسانی در کانسارهای طلای کوهزایی، تغییر رنگ واضح در هاله های دگرسانی بلافصل رگه ای کوارتزی است که پهنای آنها از چند سانتیمتر تا چند ده متر تغییر می کند (Bierlein and Crowe, ۲۰۰۰). در کانسارهای طلای واقع در محیط دگرگونی، مجموع دگرسانی سنگ دیواره بسته به کانی شناسی سنگ میزبان، متفاوت خواهد بود (McCuaige and Kerrich, ۱۹۹۸). ولی تا حدود زیادی به درجه و شدت فرآیند دگرگونی حاکم بر محیط سنگ میزبان نیز بستگی دارد.

پاراژنز کانیاپی: در اغلب کانسارهای طلای کوهزایی، نوع دگرسانی و حتی پاراژنز کانه ای توسط سنگ میزبان کنترل می شود. بر این اساس متداول ترین کانه ها در سنگ های میزبان رسوبی دگرگون شده، آرسنوپیریت و استیبینیت و در سنگ های آذرین دگرگون شده و گرانیتوئیدی، پیریت و پیروتیت می باشند (Groves et al., ۱۹۹۸). بر اساس (McCuaig and Kerrich, ۱۹۹۸) درجه دگرگونی سنگ میزبان بر پاراژنز کانه های سولفیدی در این کانسارها مؤثر است.

عناصر همراه: این کانسارها با هر درجه دگرگونی، دارای مجموعه های فلزی قابل مقایسه همراه با تمرکزهای بالایی از طلا و نقره با نسبت طلا به نقره میانگین ۵ و غنی شدگی مناسب از فلزات کمیاب و نیمه فلزات (As, Sb±Se, Te, Bi, W, Mo, B) اما غنی شدگی پایینی از فلزات پایه (Cu, Pb, Zn, Cd) و فلزات انتقالی (Cr, Ni, Co, V, PGE, Sc) نسبت به میانگین پوسته ای هستند (McCuaig and Kerrich, ۱۹۹۸).

جدول ۶-۲- جدول استاندارد مدل زایشی طلای کوهزایی.

نام ماده معدنی: طلا	ژنز ماده معدنی: کوهزایی
سنگ میزبان (Host Rock)	
توصیف سنگ شناسی واحدهای مناسب به عنوان سنگ میزبان کانهزایی: توالی آتشفشانی- رسوبی دگرگون شده در موقعیت گوه‌های برفزایشی، توالی گریوگ- اسلیت غلبه دارد. این ذخایر به دنبال ذوب پوسته فرورانده و تشکیل ماگما رخ می‌دهند. به‌طوری‌که با جانشینی ماگما در سطوح بالاتر و فرار سیالات به سمت زون‌های شکننده و خردشده (Brittle) دما و فشار سریعاً کاهش یافته و تشکیل ذخایر طلا را داده است.	
دوره‌های زمانی (سن) مناسب به عنوان سنگ میزبان کانهزایی: آرکئن میانی- ترشیری	
رخساره‌های مناسب به عنوان سنگ میزبان کانهزایی: شیست سبز تا گرانولیت و عمدتاً شیست سبز	
زون‌های ساختاری مناسب به‌عنوان سنگ میزبان کانهزایی: ساختارهای نزدیک به حاشیه‌های برخوردی و در مجاورت ساختارهای قطع‌کننده پوسته‌ای	
محیط رسوب‌گذاری و جغرافیای دیرینه مناسب به عنوان سنگ میزبان کانهزایی: کمربندهای کوهزایی به‌ویژه فانروزوئیک	
کلید اکتشافی مناسب به عنوان سنگ میزبان کانهزایی: سنگ‌های متامورف سیلسی و برشی شده	
سنگ منشا (Source Rock)	
توصیف سنگ شناسی واحدهای مناسب به‌عنوان سنگ منشا کانه زایی: گرانیت میلیونیته، متادیوریت، شیست تا اپیدوت شیست	
دوره های زمانی (سن) مناسب به‌عنوان سنگ منشا کانهزایی: آرکئن میانی- ترشیری	
سری‌های ماگمایی مناسب به عنوان سنگ منشا کانهزایی: کالک‌آلکان تا آلکان	
تیپ و اسیدیت مناسب به عنوان سنگ منشا کانه زایی: حدواسط تا فلسیک	
شکل توده مناسب به عنوان سنگ منشا کانه زایی: استوک‌های کوچک	
زون ساختاری مناسب به عنوان سنگ منشا کانه زایی: زون‌های برشی و پهنه‌های گسلی	
کلید اکتشافی مناسب به‌عنوان سنگ منشا کانهزایی: محیط‌های کوهزایی فرورانشی و فشارشی	
دگرسانی (Alteration)	
نوع دگرسانی های مرتبط با کانه زایی: برشی شدن، سیلیسی شدن، اپیدوتی شدن، کلریتی شدن	
شدت و درجه دگرسانی‌های مرتبط با کانه‌زایی: ضعیف تا شدید	
کلیدهای اکتشافی دگرسانی‌های مرتبط با کانه‌زایی: تغییر رنگ واضح در محل بلافصل رگه‌های کوارتزی	
عوامل ساختاری (Structural Factors)	
عوامل ساختاری کنترل کننده کانه‌زایی: گسل‌های معکوس تا امتدادلغز و گسل‌های نرمال	
نوع گسل‌های کنترل کننده کانه‌زایی: معمولاً گسل‌های دارای ترکیب چرخشی از پهنه برشی نسبت به انواع دارای جزء برشی شیب‌لغز غالب یا نرمال، کانه‌سازی بیشتری دارند	
امتدادهای غالب در کانه‌زایی به ترتیب اولویت: همروند با برگوارگی‌ها و ساختارهای گسلی NW-SE	
کلیدهای اکتشافی عوامل ساختاری در کانه‌زایی: پهنه‌های استرینگر، زون‌های شکستگی نسبتاً گسترده‌ای که به‌شکل یک ساختار حلقوی و گسل‌های شعاعی بخش اعظمی از منطقه را تحت تاثیر قرار داده می‌تواند معبری برای گذر سیالات هیدروترمالی و مکان مناسبی برای کانی‌سازی باشد	
ژئوشیمی (Geochemistry)	
پاراژنز عنصری کانه‌زایی: طلا، نقره، آرسنیک، بیسموت، جیوه، مس، آهن، تنگستن و باریم	
عناصر ردیاب کانه‌زایی: آرسنیک، آنتیموان، نقره و بیسموت	
کلیدهای اکتشافی به لحاظ ژئوشیمیایی: ایجاد هاله‌های ثانویه	
ژئوفیزیک (Geophysics)	
کلیدهای اکتشافی از لحاظ ژئوفیزیک هوایی: توده های نفوذی و خطواره‌های مغناطیسی	
کلیدهای اکتشافی از لحاظ ژئوفیزیک زمینی: -	

سیال کانه‌دار: نتایج مطالعات گسترده صورت گرفته برای منشأ سیالات و مدل تشکیل کانسارهای طلای کوهزایی بیانگر انطباق و هماهنگی اطلاعات ژئوشیمیایی، سیالات درگیر، سنگ‌های میزبان، دگرشکلی، شرایط دما و فشار و خصوصیات زمین‌شناسی این کانسارها با سیالات منشأ دگرگونی می‌باشد (Groves et al., ۲۰۰۳).

مدل کانساری: بر اساس مدل‌های ارائه شده برای کانسارهای طلای کوهزایی (Groves et al., ۲۰۰۳)، سیالات دگرگون‌زاد تمرکز یافته در بخش‌های عمیق پوسته‌ای، ابتدا از طریق گسل‌های بزرگ مقیاس قطع‌کننده پوسته (ساختارهای درجه اول)، به‌سوی بخش‌های کم‌عمق پوسته به حرکت درآمده و ضمن واکنش با سنگ‌های مسیر و شستشوی آنها، گوگرد و طلا را از پیریت‌های موجود در توالی‌های آتشفشانی- رسوبی آزاد و آنها را در ترکیب خود وارد می‌سازند. سیالات گرمابی دگرگون‌زاد صعودکننده که از گوگرد، طلا و فلزات غنی شده‌اند، پس از ورود به ساختارهای فرعی (درجه دوم و بالاتر)، در اثر تغییر در شرایط فیزیکوشیمیایی سیال نهشته شده و سبب تشکیل کانسنگ طلا می‌شود.

۶-۶- فعالیت‌های اکتشافی پیشین

۶-۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- در طی بازدید صحرایی، برداشت‌های تهیه نقشه ۱:۵۰۰۰ زمین‌شناسی- معدنی انجام گردید. در این بازدیدها، ضمن برداشت‌های زمین‌شناسی (شامل سنگ‌شناسی و ساختاری) در طول نیمرخ‌های ترسیم شده، کانه‌زایی‌های احتمالی و دگرسانی‌ها نیز مورد توجه قرار گرفت.
- یک چین‌خوردگی عمده تاقدیسی با روند محوری NW-SE در محدوده وجود دارد.
- گسل‌ها در محدوده دارای روند مختلف (غالباً NE و NW) بوده و در یک مورد امتداد لغز راستگرد و در بسیاری موارد حالت نرمال دارند.
- در این محدوده شواهدی از کانه‌زایی احتمالی طلا و آثاری از کانه‌زایی مس و نیز رگه‌های سیلیس که بعضاً معدنکاری شده در واحدهای میکاشیستی و کلریت شیستی وجود دارد. در واحد مافیک-اولترامافیک نیز رگچه‌هایی از منیزیت مشاهده گردید.

- براساس برداشت‌های انجام شده، در یک مورد کانه‌زایی مس مشاهده شد که به صورت یک رگه سیلیسی آغشته به مالاکیت است. میزان مس در این نمونه براساس نتایج ژئوشیمیایی، برابر ۴۳۱۴ ppm یا ۰/۴ درصد می‌باشد.
- با توجه به وجود دگرسانی‌های عمده سیلیسی و سیلیسی-کربناتی، نمونه‌برداری ژئوشیمیایی از این زون‌ها انجام گردید.
- تنها فعالیت معدنکاری در محدوده مربوط به استخراج سیلیس می‌باشد. از رگه سیلیسی نسبتاً ضخیم دراخل پیت استخراجی دو نمونه جهت آنالیز ژئوشیمیایی و درصد خلوص سیلیس برداشت شد. نتایج نشان می‌دهد که میزان درصد خلوص اکسید سیلیسیم بیش از ۹۶ و ۹۸ درصد می‌باشد.
- براساس شواهد زمین‌شناسی شامل نوع سنگ‌های میزبان و بافت و ساخت و کانی‌شناسی رگه‌های سیلیسی کربناتی و سیلیسی، به نظر می‌رسد رگه‌های مذکور از نوع همزمان با دگرگونی و دگرشکلی و از نوع کوهزایی بوده و برای طلای کوهزایی پتانسیل دارد، با اینحال نتایج ژئوشیمیایی نشانه مقادیر طلا در نمونه‌ها می‌باشد.

منابع

- آقائاتی س.ع، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ۴۵۵ ص.
- صمیمی نمین، م، ۱۳۶۲، نقشه زمین‌شناسی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ میناب. سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.
- صمیمی نمین، م، ۱۳۶۲، نقشه زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ میناب، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.
- Berberian, F., Berberian, M., (۱۹۸۱). Tectono-plutonic episodes in Iran. In Zagros-Hindu Kush-Himalaya Geodynamic Evolution, (eds H. K. Gupta & F. M. Delany), Washington, D.C., American Geophysical Union pp. v. ۳, p. ۵-۳۲.
- Berberian, M., King, G.C.P., (۱۹۸۱). Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Can. J. Earth Sci. v. ۱۸ (۲), p. ۲۱۰-۲۸۵.
- Ghasemi, A., Talbot, C.J., (۲۰۰۶). A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan Zone (Iran). Journal of Asian Earth Sciences, v. ۲۶, p. ۶۸۳-۶۹۳.

- Goldfarb, R.J., Baker, T., Dube, B., Groves, D.I., Hart, C.J.R., Gosselin, P., (۲۰۰۵). Distribution, character and genesis of gold deposits in metamorphic terranes. *Economic Geology* ۱۰۰th Anniversary Volume, ۴۰۷-۴۵۰.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Robert, F., Hart, C.Jr., (۲۰۰۳). Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research and exploration significance. *Econ. Geol.* v. ۹۸, p. ۱-۲۹.
- Kerrich, R., Goldfarb, R.J., Baker, Richards, J.P., (۲۰۰۵). Metallogenic Provinces in an Evolving Geodynamic Framework. *Economic Geology* ۱۰۰th Anniversary Volume, p ۱۰۹۷-۱۱۳۶.
- Kerrich, R., Cassidy, K.F., (۱۹۹۴). Temporal relationships of lode gold mineralization to accretion, magmatism, metamorphism and deformation: Archean to present: A review. *Ore Geology Reviews*, v. ۹, p. ۲۶۳-۳۱۰.
- Kerrich, R., Goldfarb, R.J., Groves, D.I., Garwin, (۲۰۰۰). The geodynamic of world-class gold deposits
- Mohajjel, M., Fergusson, C.L., Sahandi, M.R., (۲۰۰۳). Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan zone, western Iran. *J. Asian Earth Sci.*, v. ۲۱, p. ۳۹۷-۴۱۲.
- McCuaig, T.C., Kerrich, R., (۱۹۹۸). P-T-t-deformation-fluid characteristics of lode gold deposits: evidence from alteration systematics. *Ore Geol. Rev.*, v. ۱۲, p. ۳۸۱-۴۵۳.
- Robert, F., Poulsen, K.H., Dubé, B., (۱۹۹۷). Gold deposits and their geological classification. *Explor.*, v. ۹۷, p. ۲۰۹-۲۲۰.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G. Robert, F., (۱۹۹۸). Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geol. Rev.* v. ۱۳, p. ۷-۲۷.
- Robert, F., Poulsen, K.H., Dubé, B., (۱۹۹۷). Gold deposits and their geological classification. *Explor.*, v. ۹۷, p. ۲۰۹-۲۲۰.
- Robert, F., (۱۹۸۹). Internal structure of the Cadillac tectonic zone southeast of Val d'Or, Abitibi greenstone belt, Quebec: *Canadian Journal of Earth Sciences*. v. ۲۶, p. ۲۶۶۱-۲۶۷۵.
- Taylor, F.C., Schiller, E.A., (۱۹۹۶). Metamorphism of the Meguma group of Nova Scotia, In: Foster, R.P. (ed.), ۱۹۹۳, *Gold Metallogeny and exploration*. Blackie and Son, Glasgow.
- Wang, H.N., Chen, J., Ji, J.F., Sun, C.Y., (۱۹۹۹). Geochemistry and Metallization of mylonite hosted gold deposit in southern China. ۹th Annual V. M. Goldschmidt con.