

کشور

زمینی

شناسی

شناسی

سازمان زمین



سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

شناسایی آهن در بلوک کاشمر-کرمان

مجموعه مطالعات زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، سنجش از دور،

ژئوفیزیک‌هوایی، زمین‌شناسی اقتصادی و تلفیق و مدل‌سازی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

مجری پروژه:

محمد صادقی

مدیر فنی پروژه:

امیر تقوی

"گزارش حاضر طبق کد ۱۴۰۲/۱۸ گ ۳۲۵۴-۶۱۰۰-۱۴۰۰ از شورای ارزیابی انتشارات سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور مجوز انتشار گرفته است."

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

تهیه کنندگان:

زمین شناسی، تلفیق و مدل سازی

امیر تقوی

متالورژی و زمین شناسی اقتصادی

اکرم شاه حسینی

مطالعات ژئوشیمیایی

سعید جباری

مطالعات دورسنجی

علی حاجی مرادی

مطالعات ژئوفیزیک هوایی

نسرین امیرمطلبی

ویراستاری و صفحه آرایی

پرستو جلالی مدد

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

تشکر و قدردانی

بی تردید این گزارش به لطف خدا و همت، تلاش و مساعدت بسیاری از همکاران و عزیزان تحقق یافته است که بدینوسیله از تک تک آنها قدردانی می‌گردد.

از مساعدت و همکاری جناب آقای دکتر شهیدی معاون وزیر و رئیس سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور قدردانی می‌گردد.

از مساعدت و مشاوره جناب آقای شیرخانی معاون محترم دفتر ژئومتیکس قدردانی می‌گردد.

در پایان از کلیه همکاران و کارشناسان محترم سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور که ذکر اسامی تمامی آنها میسر نبوده و هر کدام بنوعی در به ثمر رسیدن این پروژه و گزارش نقش داشته و تسهیل‌کننده امور بوده‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

فهرست مطالب

فصل اول : کلیات

۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه و راههای دسترسی	۱
۳-۱- جغرافیای طبیعی	۳
۴-۱- جغرافیای انسانی	۳
۵-۱- فرصت ها و پتانسیل های موجود در محدوده مورد مطالعه	۴
۶-۱- ژئومورفولوژی	۵

فصل دوم : زمین شناسی

۱-۲- مقدمه	۷
۲-۲- پهنه های رسوبی-ساختاری	۷
۱-۲-۲- ایران مرکزی	۷
۲-۲-۲- بلوک یزد	۸
۳-۲-۲- بلوک بافق-پشت بادام	۸
۴-۲-۲- بلوک طبس	۹
۵-۲-۲- زیر بلوک کلمرد	۹
۶-۲-۲- بلوک لوت	۱۰
۳-۲- چینه شناسی	۱۳
۱-۳-۲- نئوپروتروزوئیک	۱۳
۲-۳-۲- پالئوزوئیک	۱۶
۳-۳-۲- مزوزوئیک	۱۹
۱-۳-۳-۲- تریاس	۱۹
۲-۳-۳-۲- ژوراسیک	۲۰
۳-۳-۳-۲- کرتاسه	۲۲
۴-۳-۲- سنوزوئیک	۲۴
۱-۴-۳-۲- پالئوسن	۲۴
۲-۴-۳-۲- ائوسن	۲۵
۳-۴-۳-۲- الیگو-میوسن	۲۵
۴-۴-۳-۲- پلیوسن-هولوسن	۲۵
۴-۲- زمین ساخت	۲۷
۱-۴-۲- گسل درونه (گسل کویر بزرگ)	۲۷
۲-۴-۲- گسل کلمرد	۲۸
۳-۴-۲- گسل تکنار	۲۸
۴-۴-۲- گسل کال شور	۲۹
۵-۴-۲- گسله چشمه زاغ	۲۹

۲۹	۶-۴-۲- گسل خارتوران
۳۱	۵-۲- ماگماتیسم
۳۱	۱-۵-۲- نئوپروتوزوئیک
۳۱	۲-۵-۲- پالئوزوئیک
۳۲	۳-۵-۲- مزوزوئیک
۳۲	۴-۵-۲- سنوزوئیک

فصل سوم : زمین شناسی اقتصادی و متالوژنی

۳۵	۱-۳- مقدمه
۳۵	۲-۳- متالوژنی و پهنه‌بندی ساختاری محدوده مطالعاتی
۳۶	۳-۳- معادن محدوده مطالعاتی
۳۶	۱-۳-۳- مواد معدنی فلزی
۳۸	۱-۱-۳-۳- کانسارهای آهن
۳۸	۱-۱-۳-۳- پراکندگی آهن در زون ایران مرکزی
۵۴	۲-۱-۳-۳- کانسارهای مس
۵۴	۱-۲-۱-۳-۳- پراکندگی مس در زون ایران مرکزی
۸۷	۳-۱-۳-۳- کانسارهای طلا
۸۷	۱-۳-۱-۳-۳- پراکندگی طلا در زون ایران مرکزی
۹۴	۴-۱-۳-۳- کانسارهای منگنز

فصل چهارم : مطالعات دورسنجی

۱۰۱	۱-۴- مقدمه
۱۰۲	۲-۴- داده‌های ماهواره‌ای
۱۰۲	۱-۲-۴- تصاویر سنجنده استر
۱۰۴	۲-۲-۴- تصاویر ماهواره سنتینل 2A
۱۰۶	۳-۲-۴- تصاویر سنجنده آل آی
۱۰۸	۳-۴- روش و مراحل مطالعه دورسنجی
۱۰۸	۱-۳-۴- نرم‌افزارها
۱۰۹	۲-۳-۴- پیش پردازش اطلاعات
۱۰۹	۱-۲-۳-۴- خواندن اطلاعات
۱۰۹	۲-۲-۳-۴- تصحیحات
۱۱۲	۳-۲-۳-۴- موزائیک تصاویر
۱۱۶	۴-۲-۳-۴- بارزسازی با استفاده از فیلترینگ
۱۱۸	۳-۳-۴- پردازش اطلاعات
۱۱۹	۱-۳-۳-۴- مقایسه ترکیبات رنگی RGB:4 5 6 و RGB:4 6 8
۱۲۰	۲-۳-۳-۴- استفاده از نسبت‌های بانندی (Band Ratio)
۱۲۲	۳-۳-۳-۴- استفاده از آنالیز مولفه های اصلی

۱۲۳	۴-۳-۳-۴- آنالیز طیفی.....
۱۲۶	۴-۳-۳-۴- پالایش تطبیقی.....
۱۲۶	۴-۴- شرح نتایج مطالعات و پردازش‌ها.....
۱۲۷	۴-۴-۱- ترکیبات رنگی برای باندهای R G B.....
۱۲۷	۴-۴-۱-۱- ترکیب رنگی RGB:4 6 8 از تصویر سنجنده استر.....
۱۲۷	۴-۴-۲- ترکیب رنگی RGB:4 5 6 از تصویر سنجنده استر.....
۱۲۹	۴-۴-۳-۱- ترکیب رنگی RGB:7 5 2 از تصویر سنجنده آل آی.....
۱۳۰	۴-۴-۴- ترکیب رنگی RGB:11 4 2 از تصویر سنجنده سنتینل 2A.....
۱۳۱	۴-۴-۲- نسبت‌های باندی.....
۱۳۳	۴-۴-۳- پالایش تطبیقی (MF).....
۱۳۷	۴-۴-۴- مولفه‌های اصلی (PC).....
۱۳۷	۴-۴-۱- استخراج دگرسانی آرژیلی و سرسیتی.....
۱۴۰	۴-۴-۲- استخراج دگرسانی پروپیلیتی.....
۱۴۳	۴-۴-۳- استخراج اکسیداسیون سطحی آهن.....
۱۴۶	۴-۴-۵- استخراج ساختارهای خطی.....
۱۴۸	۴-۵- جمع بندی نتایج مطالعات دورسنجی.....

فصل پنجم : مطالعات ژئوشیمیایی

۱۵۱	۵-۱- مقدمه.....
۱۵۱	۵-۲- آماده سازی، پردازش و تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی.....
۱۵۴	۵-۳- پردازش داده‌های ژئوشیمیایی.....
۱۵۴	۵-۳-۱- پردازش داده‌های سنسورد.....
۱۵۵	۵-۳-۲- بررسی آماری تک متغیره.....
۱۵۵	۵-۳-۳- محاسبه پارامترهای آماری و رسم نمودارهای مربوط به توزیع داده‌ها.....
۱۵۶	۵-۳-۳-۱- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ مری (۷۳۶۰).....
۱۶۰	۵-۳-۳-۲- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ درونه (۷۴۶۰).....
۱۶۳	۵-۳-۳-۳- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ برداسکن (۷۵۶۰).....
۱۶۶	۵-۳-۳-۴- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ ازبک کوه (۷۴۵۹).....
۱۶۹	۵-۳-۳-۵- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشمر (۷۷۶۰).....
۱۷۲	۵-۳-۳-۶- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ قاسم آباد (۷۵۵۹).....
۱۷۶	۵-۴- جدایش ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی براساس میانه و انحراف معیار $X + nS$
۱۷۷	۵-۵- ترسیم نقشه‌های آنومالی ژئوشیمیایی.....
۱۹۹	۵-۶- معرفی مناطق پرپتانسیل ژئوشیمیایی.....
۱۹۹	۵-۶-۱- محدوده پرپتانسیل شماره ۱.....
۱۹۹	۵-۶-۲- محدوده پرپتانسیل شماره ۲.....
۱۹۹	۵-۶-۳- محدوده پرپتانسیل شماره ۳.....
۱۹۹	۵-۶-۴- محدوده پرپتانسیل شماره ۴.....

فصل ششم: ژئوفیزیک هوایی

۲۰۱	۱-۶-مقدمه
۲۰۲	۲-۶-روش مغناطیس سنجی
۲۰۳	۱-۲-۶-شدت کل میدان مغناطیسی
۲۰۳	۲-۲-۶-روش برگردان به قطب
۲۰۴	۳-۲-۶-روش مشتق قائم
۲۰۴	۴-۲-۶-روش ادامه فراسو
۲۰۵	۵-۲-۶-فیلتر سیگنال تحلیلی
۲۰۵	۶-۲-۶-روش تیلت-عمق
۲۰۶	۳-۶-روش رادیومتری
۲۰۸	۱-۳-۶-کاربردهای نقشه‌های رادیومتری
۲۰۹	۴-۶-تفسیر داده‌های مغناطیس سنجی با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر
۲۱۶	۱-۴-۶-بررسی نقشه زاویه تیلت
۲۱۶	۲-۴-۶-بررسی خطواره های مغناطیسی و نتیجه گیری
۲۲۲	۵-۶-تفسیر داده های مغناطیس سنجی با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر
۲۲۷	۶-۶-تفسیر داده های اسپکترومتری اشعه گاما با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر
۲۳۱	۱-۶-۶-تعیین مناطق دگرسان غنیشده از پتاسیم
۲۳۳	۷-۶-نتیجه گیری

فصل هفتم: تلفیق و مدلسازی

۲۳۵	۱-۷-مقدمه
۲۳۵	۲-۷-مدل سازی اکتشافی
۲۳۷	۳-۷-تعیین مدل‌های زایشی
۲۳۸	۱-۳-۷-آهن (و منگنز) آتشفشان-رسوبی
۲۳۸	۲-۳-۷-اسکارن آهن
۲۳۹	۴-۷-تلفیق لایه های نشانگر و معرفی مناطق امیدبخش

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه و راههای دسترسی ۲
- شکل ۱-۲- پهنه‌های ساختاری-رسوبی پهنه مورد مطالعه ۱۲
- شکل ۲-۲- توزیع واحدهای نئوپروتروزوئیک در پهنه مورد مطالعه ۱۵
- شکل ۳-۲- توزیع واحدهای پالتوزوئیک در پهنه مورد مطالعه ۱۸
- شکل ۴-۲- توزیع واحدهای پالتوزوئیک در پهنه مورد مطالعه ۲۳
- شکل ۵-۲- توزیع واحدهای سنوزوئیک در پهنه مورد مطالعه ۲۶
- شکل ۶-۲- گسل‌های اصلی و فرعی پهنه مورد مطالعه ۳۰
- شکل ۷-۲- توزیع واحدهای آذرین در پهنه مورد مطالعه ۳۴
- شکل ۱-۳- پراکندگی کانسارهای فلزی در محدوده بلوک کاشمر ۳۷
- شکل ۲-۳- پراکندگی کانسارهای آهن در محدوده بلوک کاشمر ۳۹
- شکل ۳-۳- نقشه زمینشناسی- کانیسازی کانسار دهمان به همراه ایستگاههای برداشت مغناطیسنجی زمینی (حاجی میرزاجان و همکاران، ۱۳۹۶) ۴۱
- شکل ۴-۳- نقشه زمینشناسی- کانیسازی کانسار دلکن (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۴) ۴۳
- شکل ۵-۳- نقشه زمینشناسی کانسار کریز (علمدار و همکاران، ۱۳۹۱) ۴۶
- شکل ۶-۳- الف) دولومیت حاوی باندهای منقطع چرت در مجاورت سازند تکنار با مرز گسلی (دید به سمت جنوب غرب).
ب) تناوب ماسه سنگ، دولومیت و شیل متعلق به واحد دوم سازند پادها ج) ماسه سنگهای ورنی شده متعلق به واحد سوم سازند پادها د) هماتیت، باریت، لیمونیت به صورت لایه‌های و لامینه در سنگ آهک دولومیتی (عابدینی مقانکی و همکاران، ۱۳۹۴) ۴۸
- شکل ۷-۳- نقشه زمین شناسی و کانیسازی منطقه اکتشافی زبرکوه (نارویی و همکاران، ۱۳۹۴) منطقه اکتشافی زبرکوه ۴۹
- شکل ۸-۳- پراکندگی کانسارهای مس در محدوده بلوک کاشمر ۵۵
- شکل ۹-۳- نقشه زمینشناسی محدوده دهن قلعه (روحبخش و همکاران، ۱۳۸۹) ۵۹
- شکل ۱۰-۳- نقشه ساده شده زمین شناسی منطقه گرماب پایین، برگرفته از نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اسبکشان، دارین و درونه، که موقعیت کانسارها و نشانه معدنیهای معدنی منطقه در آن مشخص شده است ۶۴
- شکل ۱۱-۳- نقشه زمین شناسی محدوده اکتشافی چشمه‌زاغ (ملکزاده سفارودی و همکاران، ۱۳۹۸) ۶۷
- شکل ۱۲-۳- نقشه زمینشناسی محدوده معدن مس زنگالو (قلیچخانی و همکاران، ۱۳۹۷) ۷۰
- شکل ۱۳-۳- نقشه زمین شناسی- کانیسازی همراه با ژئوشیمی عنصر مس در کانسار چشمه‌گز (نسیم) (مهوشی و همکاران، ۱۳۹۴) ۷۴
- شکل ۱۴-۳- پراکندگی کانسارهای طلا در محدوده بلوک کاشمر ۸۸
- شکل ۱۵-۳- نقشه زمین شناسی معدن طلای دامنقر (عباسنیا و همکاران، ۱۳۹۸) ۹۰
- شکل ۱۶-۳- نقشه زمین شناسی منطقه کلاته‌تیمور (اعلمینیا و همکاران، ۱۳۸۹) ۹۲
- شکل ۱۷-۳- پراکندگی کانسارهای منگنز در محدوده بلوک کاشمر ۹۶
- شکل ۴-۱- موقعیت سین‌های سنجنده استر مرتبط با بلوک کاشمر-کرمان ۱۰۳

- شکل ۴-۲- موقعیت سین‌های سنجنده ام اس آی از ماهواره سنتینل 2A در بلوک کاشمر-کرمان ۱۰۵
- شکل ۴-۳- موقعیت سین‌های سنجنده آل آی از ماهواره Landsat8 در بلوک کاشمر-کرمان ۱۰۷
- شکل ۴-۴- مقایسه محدوده طیفی و پهنای باندهای سنجنده‌های استر، آل آی و سنتینل 2 در طیف الکترومغناطیس ۱۰۸
- شکل ۴-۵- تأثیر تصحیح رادیومتریک با روش لاگ رزیجوآل بر روی نمودار طیفی قبل (در سمت چپ) و بعد از تصحیح (در سمت راست) ۱۱۰
- شکل ۴-۶- نقشه تصویر موزائیک شده بلوک کاشمر-کرمان، از سین‌های استر با ترکیب باندی R:5 G:3 B:1 ۱۱۳
- شکل ۴-۷- نقشه تصویر موزائیک شده بلوک کاشمر-کرمان، از سین‌های سنتینل 2A با ترکیب باندی R:4 G:3 B:2 ۱۱۴
- شکل ۴-۸- نقشه تصویر موزائیک شده بلوک کاشمر-کرمان از ماهواره سنجنده آل آی با ترکیب باندی R:4 G:3 B:2 ۱۱۵
- شکل ۴-۹- اعمال فیلتر زاویه خورشیدی با جهت جنوب غرب بر روی تصویر استر برای واضح‌تر نمودن ساختارهای شمال غربی- جنوب شرقی ۱۱۷
- شکل ۴-۱۰- نمودارهای طیفی کانی‌های کلسیت (زرد)، کلریت (قرمز) و کائولینیت (سبز) برگرفته از کتابخانه طیفی USGS در نرم‌افزار ENVI ۱۲۱
- شکل ۴-۱۱- نمودارهای طیفی ۱۲ کانی مرتبط با دگرسانی هیدروترمال برگرفته از کتابخانه طیفی USGS در نرم‌افزار ENVI ۱۲۴
- شکل ۴-۱۲- نمودارهای طیفی ۱۲ کانی مرتبط با دگرسانی هیدروترمال بازسازی شده بر اساس ۹ باند استر ۱۲۵
- شکل ۴-۱۳- ترکیب باندی R:4 G:6 B:8 از سنجنده استر ۱۲۷
- شکل ۴-۱۴- ترکیب باندی R:4 G:5 B:6 از سنجنده استر ۱۲۸
- شکل ۴-۱۵- ترکیب باندی RGB:456 (راست) و ترکیب باندی RGB:468 (چپ) از تصویر سنجنده استر ۱۲۹
- شکل ۴-۱۶- ترکیب باندی R:7 G:5 B:2 از سنجنده آل آی-کانی‌های تبخیری با رنگ فیروزه‌ای نمایان هستن ۱۳۰
- شکل ۴-۱۷- اکسید آهن (به رنگ زرد طلایی تا نارنجی) در ترکیب باندی RGB:11 4 2 تصویر سنجنده سنتینل 2A ۱۳۱
- شکل ۴-۱۸- نسبت باندی ۴ به ۲ از تصویر سنتینل 2A برای نمایش اکسیدهای آهن ۱۳۲
- شکل ۴-۱۹- رخنمون اکسید آهنی در سه تصویر سنتینل بترتیب سمت چپ: R:11 G:4 B:2 و وسط: نسبت باندی ۴ به ۲ و سمت راست: R:4 G:3 B:2 ۱۳۳
- شکل ۴-۲۰- نقشه نگاشت کانی‌ها در بلوک کاشمر کرمان بر اساس روش MF ۱۳۴
- شکل ۴-۲۱- نقشه نگاشت دگرسانی‌ها در بلوک کاشمر-کرمان بر اساس روش MF ۱۳۶
- شکل ۴-۲۲- نقشه تصویر PC3 از آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۴، ۵، ۶ و ۷ سنجنده استر ۱۳۸
- شکل ۴-۲۳- نقشه دگرسانی آرژیلی (به رنگ نارنجی) بر اساس آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۴، ۵، ۶ و ۷ سنجنده استر ۱۳۹
- شکل ۴-۲۴- نقشه تصویر منفی PC3 از آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۳، ۵، ۶ و ۸ سنجنده استر ۱۴۱
- شکل ۴-۲۵- نقشه دگرسانی پروپیلیتی (به رنگ سبز) بر اساس آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۳، ۵، ۶ و ۸ سنجنده استر ۱۴۲
- شکل ۴-۲۶- نقشه تصویر PC3 از آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ سنجنده سنتینل 2A ۱۴۴
- شکل ۴-۲۷- نقشه پوشش اکسید آهن (به رنگ قرمز) بر اساس آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ سنجنده سنتینل 2A ۱۴۵

- شکل ۴-۲۸ - نقشه ساختارهای خطی و حلقوی بلوک کاشمر- کرمان استخراج شده بر اساس تصویر سنجنده سنتینل 2A
 ۱۴۷.....
- شکل ۴-۲۹- نواحی مستعد کانه‌سازی بر اساس مطالعات دورسنجی در بلوک مطالعاتی کاشمر-کرمان..... ۱۴۹
- نقشه ۵-۱- پراکندگی نمونه‌های ژئوشیمیایی (رسوبات آبراهه‌ای) در محدوده مطالعاتی کاشمر..... ۱۵۳
- شکل ۵-۲- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Co, Cr, Cu, Mo ۱۵۸
- شکل ۵-۳- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Ni, Pb, V, Zn ۱۵۹
- شکل ۵-۴- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Co, Cr, Cu, Mo ۱۶۱
- شکل ۵-۵- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Ni, Pb, Sb, Zn ۱۶۲
- شکل ۵-۶- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Ag, As, Co, Cu ۱۶۴
- شکل ۵-۷- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Mo, Pb, V, Zn ۱۶۵
- شکل ۵-۸- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر As, Ba, Co, Cu ۱۶۷
- شکل ۵-۹- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Mo, Pb, W, Zn ۱۶۸
- شکل ۵-۱۰- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Ag, Co, Cu, Mo ۱۷۰
- شکل ۵-۱۱- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Ni, Pb, Sb, Zn ۱۷۱
- شکل ۵-۱۲- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر As, Co, Cu, Mn ۱۷۴
- شکل ۵-۱۳- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Mo, Ni, Pb, Zn ۱۷۵
- شکل ۵-۱۴- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر نقره در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۷۹
- شکل ۵-۱۵- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر آرسنیک در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۸۰
- شکل ۵-۱۶- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر طلا در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۸۱
- شکل ۵-۱۷- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر باریم در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۸۲
- شکل ۵-۱۸- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر بیسموت در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۸۳
- شکل ۵-۱۹- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر کبالت در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۸۴
- شکل ۵-۲۰- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر کروم در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۸۵
- شکل ۵-۲۱- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر مس در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۸۶
- شکل ۵-۲۲- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر آهن در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۸۷
- شکل ۵-۲۳- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر جیوه در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۸۸
- شکل ۵-۲۴- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر منگنز در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۸۹
- شکل ۵-۲۵- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر مولیبدن در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۹۰
- شکل ۵-۲۶- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر منگنز در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۹۱
- شکل ۵-۲۷- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر سرب در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۹۲
- شکل ۵-۲۸- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر آنتیموان در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۹۳
- شکل ۵-۲۹- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر قلع در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۹۴
- شکل ۵-۳۰- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر تیتانیم در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۹۵

- شکل ۵-۳۱- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر وانادیم در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۹۶
- شکل ۵-۳۲- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر تنگستن در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۹۷
- شکل ۵-۳۳- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر روی در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۹۸
- شکل ۵-۳۴- مناطق پرتانسیل ژئوشیمیایی در محدوده اکتشافی کاشمر ۲۰۰
- شکل ۶-۱- نقشه برگردان به قطب شدت میدان مغناطیسی با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر ۲۱۲
- شکل ۶-۲- نقشه مشتق اول قائم با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر ۲۱۳
- شکل ۶-۳- نقشه ادامه فراسو (۴۰۰۰ متر) با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر ۲۱۴
- شکل ۶-۴- نقشه سیگنال تحلیلی با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر ۲۱۵
- شکل ۶-۵- نقشه زاویه تیلت و مرز واحدهای مغناطیسی با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر ۲۱۸
- شکل ۶-۶- نقشه زاویه تیلت-عمق با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر ۲۱۹
- شکل ۶-۷- نقشه مناطق پیشنهادی با اولویت بالای کانیزائی آهن ۲۲۰
- شکل ۶-۸- نقشه تفسیری مغناطیسیسنجی با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر ۲۲۱
- شکل ۶-۹- نقشه شدت میدان مغناطیسی نیمه جنوبی برکه ازبککوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر ۲۲۳
- شکل ۶-۱۰- نقشه برگردان به قطب شدت میدان مغناطیسی نیمه جنوبی برکه ازبککوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر ۲۲۴
- شکل ۶-۱۱- نقشه مشتق اول قائم نیمه جنوبی برکه ازبککوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر ۲۲۵
- شکل ۶-۱۲- نقشه ادامه فراسو (۵۰۰ متر) نیمه جنوبی برکه ازبککوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر ۲۲۶
- شکل ۶-۱۳- نقشه ادامه فراسو (۱۰۰۰ متر) نیمه جنوبی برکه ازبککوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر ۲۲۷
- شکل ۶-۱۴- نقشه توزیع عنصر پتاسیم نیمه جنوبی برکه ازبککوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر ۲۲۸
- شکل ۶-۱۵- نقشه توزیع عنصر توریم نیمه جنوبی برکه ازبککوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر ۲۲۹
- شکل ۶-۱۶- نقشه توزیع عنصر اورانیوم نیمه جنوبی برکه ازبککوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر ۲۳۰
- شکل ۶-۱۷- نقشه سهگانه رادیومتری نیمه جنوبی برکه ازبککوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر ۲۳۱
- شکل ۶-۱۸- نقشه نسبت توریم به پتاسیم نیمه جنوبی برکه ازبککوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر ۲۳۲
- شکل ۶-۱۹- نقشه سهگانه پتاسیم، پتاسیم به توریم و پتاسیم به اورانیوم (K, K/Th, K/U) ۲۳۳
- شکل ۶-۲۰- نقشه تفسیری ژئوفیزیک هوابرد نیمه جنوبی برکه ازبککوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر ۲۳۴
- شکل ۷-۱- محیط تشکیل کانسارهای غالب آهن در بلوک بافق-پشت بادام (اقتباس از Nabatian et al, 2015) ۲۳۹
- شکل ۷-۲- نقشه پتانسیل اسکارن آهن در بلوک کاشمر ۲۴۲
- شکل ۷-۳- نقشه پتانسیل آهن آتش فشان رسوبی در بلوک کاشمر ۲۴۳
- شکل ۷-۴- نقشه پتانسیل منگنز آتش فشان رسوبی در بلوک کاشمر ۲۴۴
- شکل ۷-۵- محدوده‌های امیدبخش آهن و منگنز در بلوک کاشمر ۲۴۶

فهرست جداول

فصل دوم : زمین شناسی

جدول ۱-۲- پوشش زمین شناسی و استانی پهنه کاشمر ۱۳

فصل سوم : زمین شناسی اقتصادی و متالورژی

جدول ۱-۳- کانسارهای آهن در محدوده مطالعاتی (گزارش استان خراسان رضوی ، ۱۴۰۰ ؛ سایت سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان رضوی، ۱۴۰۰) ۵۴

جدول ۲-۳- کانسارهای مس در محدوده مطالعاتی (گزارش استان خراسان رضوی ، ۱۴۰۰ ؛ سایت سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان رضوی، ۱۴۰۰) ۸۶

جدول ۳-۳- کانسارهای منگنز در محدوده مطالعاتی (سایت سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان رضوی، ۱۴۰۰) ۱۰۰

فصل چهارم : مطالعات دورسنجی

جدول ۱-۴- ویژگیهای باندهای سنجنده استر ۱۰۲

جدول ۲-۴- ویژگیهای باندهای سنجنده ام اس آی از ماهواره سنتینل 2A ۱۰۴

جدول ۳-۴- ویژگیهای باندهای سنجنده آل ال آی ۱۰۶

جدول ۴-۴- ترکیبات باندی کاربردی شناخته شده در دورسنجی از کالی نوفسکی و الیور (۲۰۰۴) ۱۱۹

جدول ۵-۴- نسبتهای باندی کاربردی شناخته شده در دورسنجی از کالی نوفسکی و الیور (۲۰۰۴) ۱۲۲

جدول ۶-۴- جدول بردار ویژه آنالیز مولفه های اصلی باندهای ۴، ۵، ۶ و ۷ سنجنده استر ۱۳۷

جدول ۷-۴- جدول بردار ویژه آنالیز مولفه های اصلی باندهای ۳، ۵، ۶ و ۸ سنجنده استر ۱۴۰

جدول ۸-۴- جدول بردار ویژه (Eigenvector) آنالیز مولفه های اصلی باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ سنجنده سنتینل 2A ۱۴۳

جدول ۹-۴- جدول نواحی دگرسانی براساس مطالعات دورسنجی ۱۵۰

فصل پنجم : مطالعات ژئوشیمیایی

جدول ۱-۵- مشخصات برگه های داده های ژئوشیمیایی در محدوده مطالعاتی کاشمر ۱۵۲

جدول ۲-۵- پارامترهای آماری داده های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه مری ۱۵۷

جدول ۳-۵- پارامترهای آماری داده های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه درونه ۱۶۰

جدول ۴-۵- پارامترهای آماری داده های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه براسکن ۱۶۳

جدول ۵-۵- پارامترهای آماری داده های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه ازبک کوه ۱۶۶

جدول ۶-۵- پارامترهای آماری داده های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه کاشمر ۱۶۹

جدول ۷-۵- پارامترهای آماری داده های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه قاسم آباد ۱۷۳

فصل هفتم : تلفیق و مدلسازی

جدول ۱-۷- لایه اطلاعاتی برای مدل های زایشی بلوک کاشمر ۲۴۰

جدول ۲-۷- مشخصات محدوده های امیدبخش به تفکیک مدل کانساری ۲۴۵

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

چکیده

این نوشتار گزارشی از بکارگیری و تلفیق داده‌ها برای شناسایی منابع آهن (و منگنز) در بخش شمالی بلوک کاشمر-کرمان است. مطالعات اکتشافی برای شناسایی منابع با استفاده از داده‌هایی مثل، زمین‌شناسی، ساختار، دورسنجی، ژئوشیمی، نشانه‌های معدنی و ژئوفیزیک هوایی انجام شده است. مطالعات پیشین نشان می‌دهد که کانسارهای آهن (و منگنز) نوع آتشفشان-رسوبی (غالباً نئوپروتروزوئیک) و گرمابی-متاسوماتیسم (اسکارن آهن) مرتبط با توده‌های نفوذی دوران سوم و گاه دوران دوم، از محتمل‌ترین انواع کانسارهای آهن در بلوک مورد مطالعه است. برای شناسایی پتانسیل‌های آهن و منگنز آتشفشان رسوبی و اسکارن آهن ۵ لایه اطلاعاتی متناسب با مدل زایشی آماده‌سازی و پردازش شده است. هر پارامتر براساس میزان اهمیت آن در کانه‌زایی امتیازبندی و فازی‌سازی شده سپس با بکارگیری روش سلسله مراتبی وزن‌دهی و تلفیق شده است. نقشه‌های پتانسیل حاصل براساس پارامترهای آماری در ۵ کلاس، کلاسه‌بندی شده است. براساس نتایج تلفیق و مدل‌سازی تعداد ۶۵ محدوده امیدبخش شامل اسکارن آهن، آهن آتشفشان رسوبی، منگنز آتشفشان رسوبی و آهن-منگنز آتشفشان رسوبی شناسایی شده است. مساحت کل محدوده‌های امیدبخش حدود ۴۴۵ کیلومتر مربع می‌باشد که حدود ۳ درصد از کل مساحت (۱۵۲۱۲ کیلومتر مربع) بلوک مورد مطالعه را شامل می‌شود.

سازمان زمین‌شناسی و

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کشور

معدنی

کشور

فصل اول

کلیات

و

سازمان زمین شناسی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۱-۱- مقدمه

امروزه، دستیابی به داده های جدید و تکنیک های نرم افزاری- سخت افزاری به زمین شناسان در اکتشاف منابع جدید کمک می کند تا با صرف زمان و هزینه کمتر منابع و محدوده های بیشتر را بررسی و شناسایی نمایند. یکی از روشهایی که برای شناسایی منابع در زمان- هزینه کمتر و در مقیاس کوچکتر، بکار گرفته می شود، استفاده از تکنیک های نرم افزاری است. البته وجود اطلاعات اولیه مثل زمین شناسی، ژئوشیمی و ...، پیش نیار این روشها است، به همین دلیل به کارگیری چنین روشهایی مثل تلفیق داده ها به کمک دانش و تکنیک می تواند در شناسایی منابع معدنی کمک کند. با توجه به اینکه براساس اطلاعات پیشین و موقعیت زمین شناسی، پتانسیل آهن و منگنز در محدوده بلوک قابل انتظار است، در این راستا اطلاعات موجود در بلوک مورد بررسی پس از اعتبارسنجی، آماده سازی و پردازش به منظور شناسایی محدوده های امیدبخش آهن و منگنز تلفیق شده و مناطق امیدبخش برای بررسی های میدانی معرفی شده است.

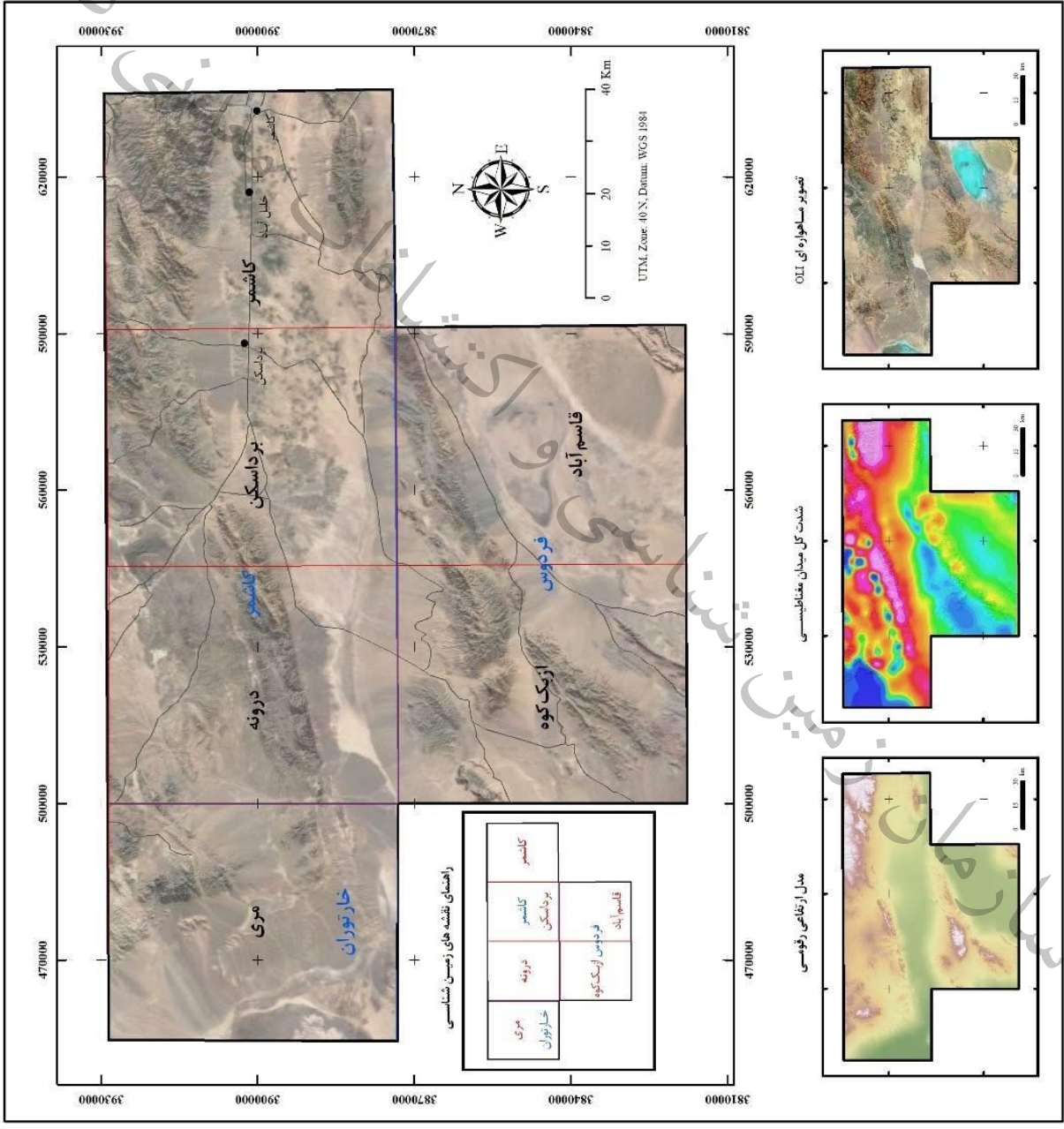
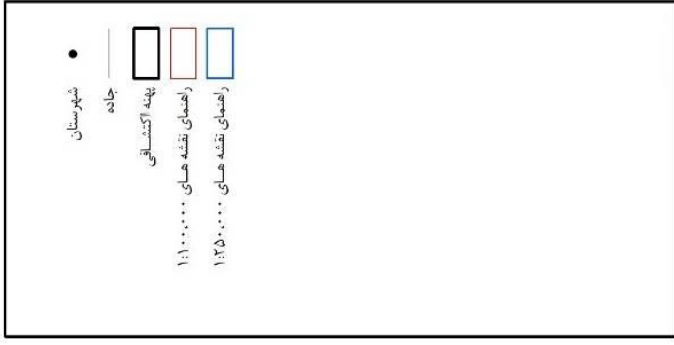
۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه و راه های دسترسی

محدوده مورد مطالعه به مساحت ۱۵۲۱۲ کیلومتر مربع شامل شهرستان های کاشمر، بردسکن، درونه و روستاهای اطراف آن می باشد که یکی از شهرستان های استان پهناور خراسان، شهرستان کاشمر می باشد که با مساحت ۴۳۷۰/۹ کیلومتر مربع در فاصله ۲۱۷ کیلومتری جنوب غربی مشهد واقع شده است. شهر کاشمر مرکز این شهرستان و بزرگترین نقطه ی شهری آن در عرض جغرافیایی ۳۵° ۱۴' شمالی و ۵۸° ۲۸' طول شرقی قرار دارد. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۰۵۲ متر است.

بلوک مورد مطالعه، از شمال به شهرستان های نیشابور، سبزوار و ریواش، از شرق به تربت حیدریه، از جنوب به گناباد و از غرب به بردسکن، درونه، مهلار، شهرآباد، آنابد و روستاهای اطراف آن محدود می شود (شکل ۱-۱).



موقعیت بلوک کاشمر



شکل ۱-۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه و راههای دسترسی



۳-۱- جغرافیای طبیعی

آب و هوای محدوده مورد مطالعه به مناسبت مجاورت با ارتفاعات و کویر بسیار متغیر است. وجود کوهستان‌های مرتفع در شمال باعث شده است تا مناطق شمالی دارای آب و هوای نسبتاً سرد باشد ولی مناطق غرب، جنوب و جنوب‌غربی مانند شهرستان بردسکن و روستاهای اطراف آن از جمله مهلار، درونه و.... بدلیل مجاورت با کویر دارای آب و هوای گرم و خشک می‌باشد.

بلوک مورد مطالعه در مناطق مختلف کوهستانی واقع شده است. از جمله این مناطق می‌توان به شهرستان کاشمر و بردسکن اشاره نمود. شهرستان کاشمر دارای دو منطقه کوهستانی کوه سرخ در شمال و ارتفاعات فغان بجزستان در جنوب و منطقه‌ای کویری و خشک در غرب و جنوب و جلگه‌ای حاصلخیز در محدوده حومه شهر و قصبات آن می‌باشد. از نظر آب و هوایی می‌توان گفت که کاشمر هر سه نوع آب و هوا را داراست چون مناطق شمالی شهرستان کوهستانی و سرد مناطق مرکزی معتدل و مناطق جنوبی به دلیل مجاورت با کویر لوت خشک و نیمه خشک است.

شهرستان بردسکن از دو منطقه کوهپایه‌ای شمال و جلگه‌ای جنوب شامل بیابان، نمکزار و شنزارهای کرانه کویر نمک شکل گرفته است.

یکی از ویژگی‌های مشخص مناطق خشک و نیمه خشک نوسان شدید مقدار بارندگی در سال‌های مختلف است به طوری که بارندگی در یک سال ممکن است برابر نزولات جوی یک ماه در سالی دیگر باشد. طبق آمار موجود بیشترین ریزش‌های جوی در منطقه دارای رژیم زمستانه است و اکثر بارش‌ها جبهه‌ای است. زیرا در این فصل منطقه تحت پوشش یا نفوذ توده هوای سرد و خشک قطبی، بارش را به ارمغان می‌آورد اما در فصل تابستان که جریان بادهای غربی ضعیف شده و به عرض‌های بالای جغرافیایی کشیده می‌شود. خشکی هوا رخ می‌دهد متوسط بارش طی دوره ۱۵ ساله ۴/۲۱۸ میلی‌متر گزارش شده است. حداکثر میانگین ماهانه آن در بهمن‌ماه، ۶/۴۵ میلی‌متر بوده و حداقل میانگین ماهانه در مرداد ماه، ۲ میلی‌متر است.

متوسط رطوبت نسبی در منطقه ۳۸ درصد می‌باشد و حداکثر این مقدار در دی ماه ۵۹ درصد است. با گرم شدن هوا و کاهش بارش در منطقه، دوره گرم سال آغاز شده و در تیر و مرداد، متوسط رطوبت نسبی به ۲۲ درصد کاهش می‌یابد.

۴-۱- جغرافیای انسانی

بلوک مورد مطالعه در جنوب خراسان رضوی و همجوار با شهرستان‌های نیشابور، سبزوار، بردسکن، خلیل‌آباد، تربت حیدریه، مهلار، درونه و مه ولات می‌باشد.

شهرستان کاشمر با دارا بودن یک شهرک صنعتی واقع در کیلومتر ۱۵ جاده کاشمر- تربت حیدریه، صنایع مهمی چون کاشی و سرامیک، کارخانجات قند متعدد، زنجیره مرغ و تخم مرغ، کارخانه روغن، فرآوری گیاهان دارویی و... را در خود جای داده است.

در شهرستان بردسکن معادن متعدد طلا، آهن، سرب، روی، مس و قلع و کانی‌های گچ و مرمر وجود دارد و مهم‌ترین معادن سرب، روی، مس و قلع آن در معادن تکنار، در ۲۸ کیلومتری ده زنگالو و ۶۱ کیلومتری شمال غربی بردسکن، قرار دارد که سنگ معادن آن به خارج از کشور صادر می‌شود.

بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵، نرخ مشارکت اقتصادی (نرخ فعالیت) جمعیت ۱۰ ساله و بالاتر شهرستان بالغ بر ۴۲٪ و نرخ اشتغال ۹۱٫۴٪ و نرخ بیکاری ۸٫۶٪ است. لازم به ذکر است که بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰ سهم اشتغال بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات شهرستان به ترتیب ۲۷٫۴٪ و ۳۰٫۴٪ و ۴۱٫۹٪ بوده و دارای قریب به ۱۹۵۰۰ نفر کارگر بیمه شده اصلی می‌باشد.

همچنین در این محدوده مورد مطالعه بخش‌های ذیل وجود دارد که عبارتند از:

- ۱- یک مرکز مشاوره کارآفرینی در جهت ایجاد ارتباط بین صاحبان ایده با صاحبان سرمایه
- ۲- یک مرکز کارایی در جهت شناسایی فرصت‌های شغلی و معرفی بکار کارجویان
- ۳- نمایندگی اتاق تعاون در جهت تسهیل خدمات به تعاونی‌های شهرستان می‌باشد.

۱-۵- فرصت‌ها و پتانسیل‌های موجود در محدوده مورد مطالعه:

۱- وجود قابلیت‌های فراوان برای افزایش تولید محصولات کشاورزی (محصولات باغی و گلخانه‌ای و دارویی) با توجه به شرایط اقلیمی در صورت افزایش بهره‌وری در استفاده از منابع آبهای سطحی و زیر زمینی و استفاده از کشاورزی مکانیزه.

۲- امکان توسعه و بهره برداری از معادن با توجه به تنوع مواد معدنی موجود در شهرستان.

۳- وجود زیر ساخت‌های مناسب (اعم از انتقال نیرو، انرژی و راه‌های ارتباطی) جهت استقرار فعالیت‌های تولیدی.

۴- امکان توسعه صنعت گردشگری با توجه به استقبال زائرین از قبور امامزاده‌گان.

۵- وجود زمینه توسعه صنایع دستی



۱-۶- ژئومورفولوژی

به طور کلی محدوده مورد مطالعه به لحاظ پستی و بلندی به صورت ذیل تقسیم‌بندی شده است که عبارتند از:

۱- منطقه‌ی کوهستانی شمال کاشمر یا ارتفاعات کوه سرخ: این کوه‌ها از غرب درونه شروع و دشت کاشمر را از دشت سبزوار و نیشابور جدا می‌سازند. ادامه این ارتفاعات از شمال تربت حیدریه می‌گذرد. در داخل منطقه کوهستانی فوق دشت ریوش قرار دارد این دشت مرتفع بوده و متوسط ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۰۰ متر است. دشت ریوش در شمال دشت کاشمر واقع شده واز آن جدا می‌باشد.

۲- دشت کاشمر که مهم ترین واحد ژئومورفولوژیکی این شهرستان است دشت کاشمر- بردسکن می‌باشد این دشت از سمت شرق با عارضه‌ی خاصی محدود نمی‌گردد و به دشت تربت حیدریه متصل می‌گردد از سمت جنوب به کوه‌های فغان و از سمت غرب به منطقه کویری محدود می‌گردد. حوضچه‌ی دشت کاشمر را به طور دقیق‌تر می‌توان از شمال به ارتفاعات کوه سیاه، کوه سرخ و کوه سفید از شرق به بلندی‌های سر سفید دال و دشت ازغند و از جنوب به کوه‌های فغان، بوغو و از غرب به کویر درونه محدود کرد.

۳- منطقه‌ی کوهستانی جنوب شهرستان که شامل کوه‌های فغان، بوغو، دلکن است. از نظر وسعت و ارتفاع در مقایسه با منطقه کوهستانی شمال شهرستان اهمیت چندانی ندارد. بلندترین ارتفاع منطقه در کوه فغان حدود ۱۷۰۲ متر است از ویژگی‌های خاص کوه‌های جنوب شهرستان که در مجاورت دشت کویر قرار دارد می‌توان به فسیل‌های فراوان و متنوع آن اشاره کرد.

۴- در شمال شهرستان بردسکن رشته کوه «کوه سرخ» با جهت شرقی غربی قرار دارد این رشته کوه از مرز افغانستان شروع و تا کوه‌های کوه میش شهرستان سبزوار ادامه دارد. این رشته به رشته کوه نیمه جنوبی خراسان رضوی نیز معروف است. رشته کوه «کوه سرخ» از ۱۱/۵۸ تا ۵۷ طول شرقی در شهرستان واقع است و این رشته کوه تا شهرستان‌های خلیل‌آباد، کاشمر، تربت حیدریه و خواف و... ادامه دارد. کوه سرتنگل با ۲۰۵۰ متر بلندا که این قله در دهستان کوهپایه واقع است و دهانه معروف بیجورد میان این قله و کوه بیجورد واقع است و کوه‌های دیگری به نام‌های کوه پتور دارو، کوه سیر، کوه آهوبم و قله کمر تاجی در جنوب غربی شهرستان واقع است.

به طور کلی از لحاظ توپوگرافی، محدوده مورد مطالعه دارای ناهمواری متفاوتی است. بلندترین قله در کوه سرخ «باغ دشت» به ارتفاع ۲۴۸۴ متر است که دامنه‌های جنوبی آن در ۶ کیلومتری شمال کاشمر قرار دارد. منحنی میزان ۱۰۰۰ متر جنوب منطقه را می‌پوشاند و به طرف شمال شرقی منحنی میزان ۲۵۰۰ متر مشخص می‌شود. در بخش‌های جنوبی مشاهده می‌گردد که مناطق بسیار هموار و مناسبی را برای کشاورزی فراهم

آورده است. در بخش‌های جنوب غربی در مجاورت کویر بیش‌ترین شیب بین ۳ تا ۱۵ درصد است و در اطراف جاده کاشمر-بردسکن و در مرکز بخش بالا ولایت نیز این شیب مشاهده می‌گردد.

کشور
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی

کشور

معدنی

اقتصادات

فصل دوم

زمین شناسی عمومی و ساختمانی

سازمان زمین

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۱-۲- مقدمه

جایگاه زمین‌شناسی پهنه مورد مطالعه در شمال شرقی فلات ایران مرکزی است که بخشی از خرد قاره ایران مرکزی و فلات ایران مرکزی را شامل می‌شود. با توجه به جایگاه زمین‌شناسی، تحولات زمین‌شناختی متعددی را در خود ثبت کرده است. داده‌های زمین‌شناختی ایران نشانگر آن است که فرآیندهای درونی و بیرونی زمین، در زمان و مکان، پیامدهایی متفاوت داشته اند و به همین رو، الگوی ساختاری، تحولات زمین‌شناختی، شرایط رسوبی و زیستی ایران در دوره‌های گوناگون زمین‌شناختی، پیچیدگی خاص دارد. ناهمسانی رسوبی و زمین‌شناختی تا بدانجا است که بیان ویژگی‌های یکسان را برای بسیاری از مناطق ایران ناممکن می‌سازد و به همین رو، از گذشته‌های دور، تقسیم ایران به پهنه‌های رسوبی- ساختاری گوناگون مورد توجه بوده است.

۲-۲- پهنه‌های رسوبی-ساختاری

نخستین بار اشتوکلین^۱ (۱۹۶۸)، با توجه به پیچیدگی‌های ساختاری و شرایط متفاوت رسوبی، ایران را به چند حوضه رسوبی- ساختاری جداگانه تقسیم کرد. این تقسیم‌بندی که بنیادی‌ترین تعبیر و تفسیر بود، مبنایی برای کار پژوهشگران بعدی شد. بعدها، با آگاهی‌های بیشتر، حقایق روشن‌تری از ویژگی‌های رسوبی- زمین‌شناختی ایران به دست آمد که ارائه تقسیم‌بندی‌های جامع‌تر منطقه‌ای را ممکن ساخت. پهنه مورد مطالعه در محل تلاقی زونهای ساختاری قرار گرفته و به لحاظ وسعت نسبتاً کم پهنه، می‌توان ۵ زون ساختاری را در آن مشخص کرد (شکل ۱-۲).

۱-۲-۲- ایران مرکزی

از نگاه زمین‌ساخت صفحه‌ای، ایران مرکزی بخشی از ابرورقی است که تا فراسوی مرزهای خاوری و باختری ایران ادامه دارد. به سوی شمال باختری گستره‌های وسیعی از ترکیه، به ویژه پهنه‌های آناتولی و تورید، به این صفحه تعلق دارند. ادامه خاوری صفحه ایران را می‌توان تا جنوب کوه‌های پامیر، هندوکش، قره‌قوروم و حتی تا سرزمین‌های مرتفع تر هیمالیا و تبت دنبال کرد. گسترش زیاد ورق ایران سبب شده تا مطالعات و دیدگاه‌ها در این ورق درخور توجه باشد. سنگور^۲ (۱۹۸۴) تمامی ترکیه، به جز باریکه‌ای از بلندی‌های جنوب دریای سیاه، را با صفحه ایران یکسان دانسته و به سبب عملکرد شدید رویداد کوهزایی سیمرین، از این صفحه به عنوان قاره سیمرین نام برده است.

^۱ Stocklin

^۲ Sengor

۲-۲-۲- بلوک یزد

بلوک یزد بخش باختری خردقاره ایران مرکزی است که از شمال به گسل دورونه و از باختر به نوار افیولیتی نائین- بافت محدود است. در استان این بلوک به صورت نوار پهنی در شمال بلوک لوت دیده می‌شود. نکته ویژه بلوک یزد دوتا است؛ یکی دگرگونه‌های انارک، دوم ردیف‌های تریاس نخلک. در ناحیه انارک که گاهی به نام ماسیف انارک- خور از آن یاد می‌شود، مجموعه‌ای از رسوبات پلیتی- پسامیتی به همراه سنگ‌های کربناتی و آتشفشانی متعلق به شیب قاره وجود دارند که به صورت ناحیه‌ای و در رخساره‌های شیست سبز و شیست آبی دگرگون شده‌اند و به صورت ورق‌های بر خورده با افیولیت‌ها، سنگ‌آهک‌های پلاژیک و رسوب‌های آشفته همراه هستند. اگرچه داودزاده و همکاران^۱ (۱۸۹۱) افیولیت‌های انارک را بخشی از پوسته اقیانوسی تتیس کهن هرات می‌دانند که پس از چرخش خردقاره در مکان فعلی رخنمون یافته ولی به باور الماسیان^۲ (۱۹۷۷) افیولیت‌های انارک سن پروتروزوییک بالایی دارند و می‌توان آن‌ها را در ارتباط با نواحی پشت کمان اقیانوسی دانست. ردیف‌های تریاس ناحیه نخلک (گروه نخلک) تفاوت رخساره‌ای در خور توجهی با سایر نقاط خردقاره ایران مرکزی دارند. به باور داودزاده و همکاران^۳ (۱۹۸۱) توالی‌های تریاس نخلک رخساره مشابه با تریاس آق‌دربند (اوراسیا) دارند که در نتیجه چرخش خرد قاره ایران مرکزی، به میزان ۱۳۵ درجه در جهت خلاف عقربه ساعت، به محل کنونی تغییر مکان داده‌اند.

۲-۲-۳- بلوک بافق-پشت بادام

میان گسل پوشیده نایینی- کوهبنان در خاور و گسل پشت بادام در باختر قرار دارد. نکته اساسی این بلوک رخنمون‌های دگرگونی منسوب به پرکامبرین است که بیشتر از نوع سنگ‌های آتشفشانی، آتشفشانی - آواری و آذرآواری به همراه مرمرهای آهکی و دولومیتی است. این پی‌سنگ شبیه پی‌سنگ پروتروزوییک عربستان است که مجموعه پان آفریکن نام دارد. سنگ‌های ماگمایی این بلوک محدود به پرکامبرین نیستند، ردیف‌های پرکامبرین پسین- کامبرین پیشین آن (سری ریزو، سری دسو)، به ویژه در شمال کرمان، همراهانی از گدازه‌های قلیایی و خاستگاه کافتی دارند و به نظر می‌رسد که پدیده کافتی شدن از ویژگی‌های این بلوک باشد. در این بلوک، سنگ‌های پالئوزوییک بالایی- ژوراسیک گسترش محدود دارند و دگرگونه‌اند و به نظر می‌رسد که تکرار فرآیندهای دگرگونی در زمان‌های پرکامبرین پسین، تریاس پسین و ژوراسیک میانی می‌توانند همچنان از ویژگی‌های آن باشد. جوان‌ترین سنگ‌های بلوک پشت بادام کربنات‌های کوه ساز کرتاسه است که نادگرگونه‌اند و تصور دگرگون شدن پی‌سنگ ناحیه را در زمان ترشیری پرشش‌آمیز می‌سازند.

¹ Davodzadeh et al.

² Almasian

³ Davodzadeh et al.



۲-۲-۴- بلوک طبس

که میان گسل نابیند در خاور و گسل کلمرد- کوهبنان در باختر قرار دارد بخشی از یک قلمروی ساختاری است که در کناره‌ها و بستر خود توسط گسل‌هایی از پی‌سنگ بریده شده به گونه‌ای که در پالئوزویک و مزوزویک توالی چینه‌شناسی متفاوتی از نواحی مجاور داشته است و از پایان مزوزویک به سبب عملکرد تنش‌های زمین‌ساختی همگرا در راستای بیشتر خاوری- باختری، با خروج زمین‌ها و فراخاست کوه‌ها به خشکی تبدیل شده است. (قاسمی و همکاران، ۱۳۸۱). بدین ترتیب این باور وجود دارد که سیمای ریخت‌شناسی- زمین‌ساختی کنونی این بلوک در گرو تجدید فعالیت ساختارهای گسلی و چین خوردگی کهن در چرخه زمین‌ساختی آلپی است. بلوک طبس از جمله مناطقی است که روند تکاملی پالئوزویک آن با مناطق مجاور همخوانی و هم‌آهنگی ندارد.

۲-۲-۵- زیر بلوک کلمرد

بخشی کوچک از خرد قاره ایران مرکزی است که روند شمال خاوری دارد و میان گسل کلمرد در خاور و گسل پوشیده نائینی در باختر قرار دارد. هرچند بخشی از بلوک طبس در نظر گرفته شده است. سرگذشت این فرازمین به دو خروج طولانی وابسته به دو رخداد کوهزایی کاتانگایی و سیمین میانی اشاره دارد. به سخن دیگر، در دو مقطع زمانی طولانی این بلوک ویژگی فرازمین داشته است. کهن‌ترین سنگ‌های این فرازمین انباشته‌های شیلی- سنگ ماسه‌ای ستبر سازند کلمرد به سن پرکامبرین هستند که در اثر رخداد کاتانگایی به خوبی چین خورده و با دگرشیبی زاویه‌ای با نهشته‌های اردوئیسین (سازند شیرگشت) پوشیده شده‌اند که گواهی بر نخستین ایست رسوبی طولانی است. در این بلوک ردیف‌های اردوئیسین تا تریاس میانی، ضمن داشتن ایست‌های رسوبی پی‌درپی و چند باره، یک واحد زمین‌ساختی- چینه نگاشتی محدود میان رخداد کاتانگایی - سیمین پیشین‌اند که در محیط‌های سکویی کم‌ژرفا انباشته‌اند و سیر تکاملی آن با بلوک طبس تفاوت آشکار دارد. در اینجا، سنگ‌های تریاس بالایی گزارش نشده و به نظر می‌رسد که وقفه رسوبگذاری ناشی از سیمین پیشین، در مقایسه با بلوک طبس طولانی‌تر باشد. ردیف‌های ژوراسیک این بلوک محدود به رسوب‌های لیا س - دوگر میانی است و نبود نهشته‌های جوان‌تر از دوگر میانی (سازند بادامو) نشان می‌دهد که خروج طولانی دوم این فرازمین از دوگر میانی به بعد بوده که رخداد کوهزایی سیمین میانی عامل اصلی آن به شمار می‌آید. از نگاه ساختاری، در نیمه شمالی فرازمین کلمرد روند کلی چین‌ها شمال خاوری - جنوب باختری است که به ویژه در نهشته‌های پالئوزویک نمود آشکار دارند. شیب لایه‌ها در پهلوی خاوری ساختارها زیاد و گاهی برگشته است ولی در پهلوی باختری شیب لایه‌ها ملایم‌تر است. عملکرد گسل‌های طولی برگشته

سبب گردیده که ساختارهای بُرشی همروند با بلوک کلمرد در خور توجه باشند که تاقدیس بُرشی کوه راهدار از آن جمله است.

۲-۲-۶- بلوک لوت

بلوک لوت با حدود ۹۰۰ کیلومتر درازا خاوری‌ترین بخش خرده قاره ایران مرکزی است و بخش شمالی بلوک لوت در منتهی الیه جنوبی استان خراسان رضوی و جنوب بلوک یزد واقع شده است (شکل ۲-۱۳). این بلوک میان دو گسل نایبند در باختر و گسل نهبندان در خاور قرار دارد. در مرز شمال آن گسل دورونه و در مرز جنوبی آن فرونشست جازموریان قرار دارد که حوضه پیش‌کمانی زون فرورانش مکران است. تکاپوهای آتشفشانی گسترده و ستبر به سن ترشیری و کواترنری زمین لرزه‌های امروزی همراه با گسلش در رسوب‌های کواترنر نمونه‌های روشنی از پویایی بلوک لوت هستند. در ۱۹۶۸، اشتوکلین این بلوک را به دو بخش خاوری و باختری تقسیم کرد که با رشته کوه‌های شتری از یکدیگر جدا می‌شد (آقانباتی، ۱۳۸۳). یافته‌های بعدی نشان داد که ویژگی‌های زمین‌شناسی دو بخش بلوک قابل قیاس نیستند. برای نمونه، روانه‌های آذرین بسیار ستبر (۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر) سنوزوئیک بلوک لوت (خاوری) در بلوک طبس (باختری) وجود ندارد و یا حرکت‌های زمین‌ساختی سیمیرین پیشین به ویژه سیمیرین میانی که با دگرشکلی و پایداری نسبی بلوک لوت همراه است، در بلوک طبس نشانه‌های زمین‌زایی ملایم دارند. به همین دلیل به ویژه به دلیل یافته‌های نوین، در گستره بلوک لوت بازنگری و بلوک طبس، فرونشست جازموریان و کوه‌های بزمان به عنوان کمان ماگمایی از این بلوک حذف شده است. بلوک طبس که میان گسل نایبند در خاور و گسل کلمرد- کوهبنان در باختر قرار دارد بخشی از یک قلمرو ساختاری است که در کناره‌ها و بستر خود توسط گسل‌هایی از پی‌سنگ بریده شده به گونه‌ای که در پالئوزوئیک و مزوزوئیک توالی چینه‌شناسی متفاوتی از نواحی مجاور داشته است واز پایان مزوزوئیک به سبب عملکرد تنش‌های زمین‌ساختی همگرا در راستای بیشتر خاوری- باختری با خروج زمین‌ها و فراخاست کوه‌ها به خشکی تبدیل شده است. بدین ترتیب این باور وجود دارد که سیمای ریخت‌شناسی- زمین‌ساختی کنونی این بلوک در گرو تجدید فعالیت ساختارهای گسلی و چین- خوردگی کهن در چرخه زمین‌ساختی آلپی است.

تاریخچه چینه‌ای بلوک لوت بسیار نزدیک با دیگر نواحی خرده قاره ایران مرکزی است. ولی چهار ویژگی بر چینه‌نگاری بلوک لوت حاکم است.

۱- تأثیر درخور توجه کوهزایی سیمیرین پیشین بر سنگ‌های کهن‌تر از تریاس میانی.



۲- چین خوردگی، آتشفشانی و پلوتونیسیم به نسبت شدید ژوراسیک میانی (سیمرین میانی) بویژه در نواحی دهسلم، چهارفرسخ که با سخت شدگی و پایداری نسبی بلوک همراه است.

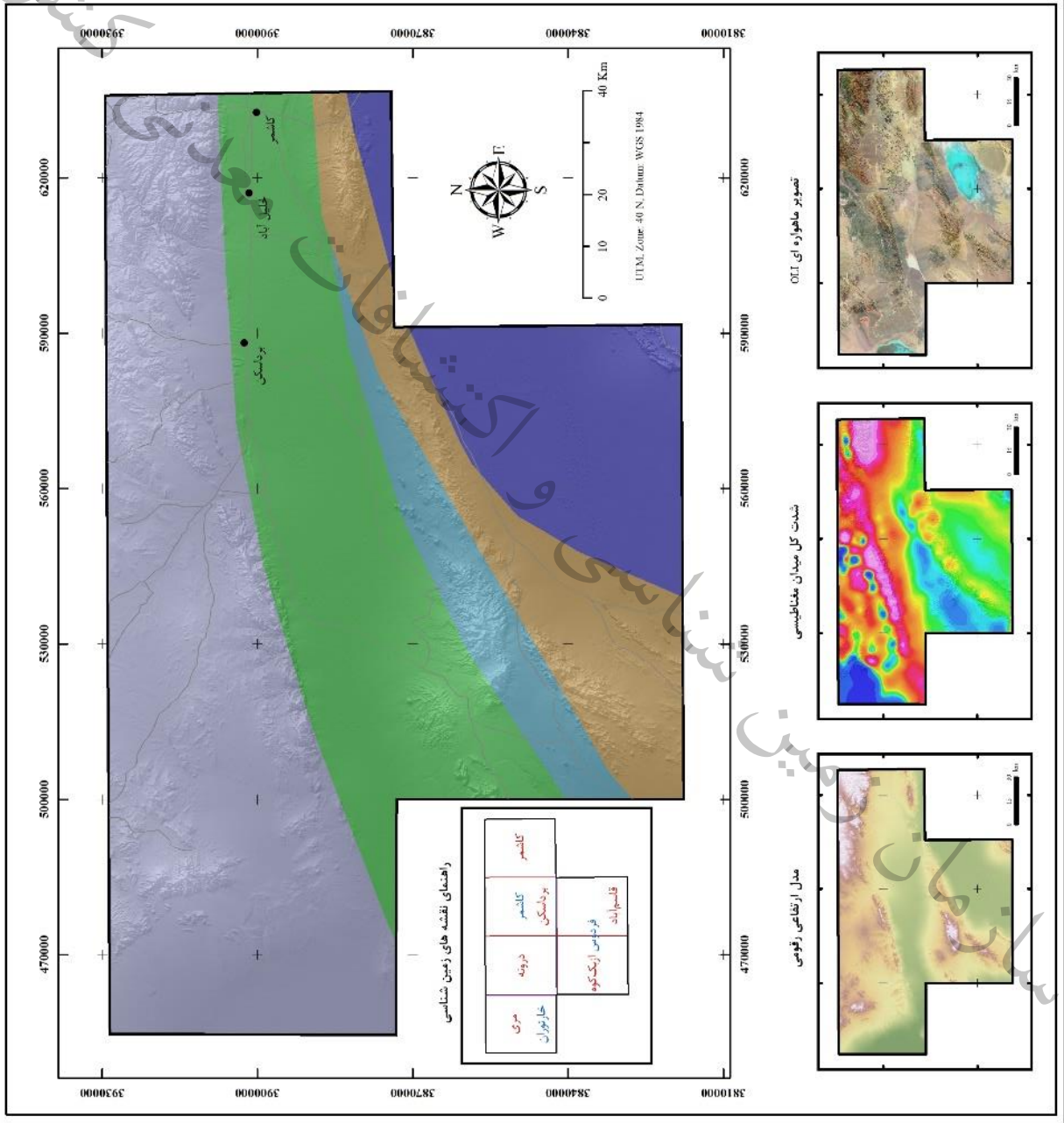
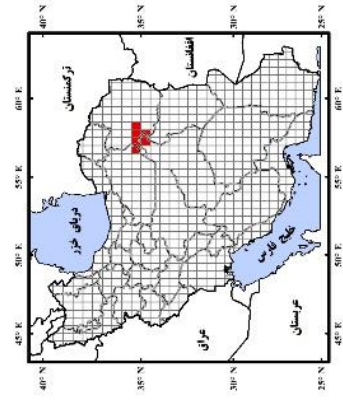
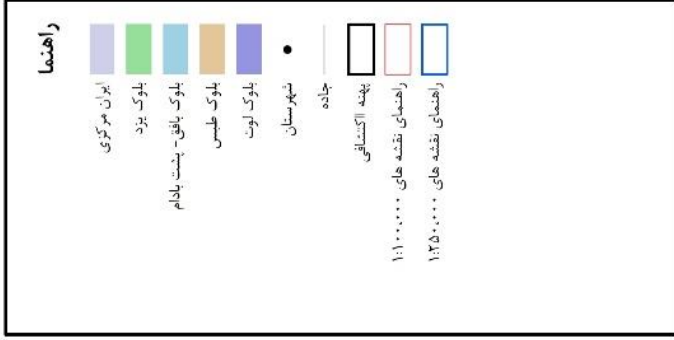
۳- فراوانی سنگهای آتشفشانی سیستم ترشیاری، به ویژه ائوسن، که با داشتن ضخامتی حدود ۲۰۰۰ متر، بیش از نیمی از بلوک لوت را می پوشاند.

۴- نهشته های دریاچه ای به تقریب افقی پلیوسن - پلیستوسن به نام سازند لوت که نشانگر عملکرد ضعیف باز پس رخداد چین خوردگی در این بلوک است.

همان گونه که گفته شد بلوک لوت میان دوگسل بزرگ شمالی - جنوبی نایبند و نهبندان جای گرفته است. نیروهای فشاری وارد بر ناحیه، سبب شده اند تا در امتداد این گسل ها، جابجایی ها از نوع امتدادلغز و برشی باشند. در چنین رژیم سازی و کار تغییر شکل در کمترین شدت ولی باز شدگی شکستگی ها در بالاترین میزان است. به همین رو پدیده آتشفشانی شدید و پیوسته بوده و گدازه های جوانتر، به طور پی در پی سنگ های پیشین را پوشانده و سنگ های آتشفشانی گسترده بلوک را پدید آورده اند.

فعالیت ماگمایی لوت شمالی از کرتاسه پسین، یعنی بیش از ۷۷ میلیون سال پیش، آغاز شده و ۵ میلیون سال ادامه داشته است سنگ های ماگمایی از نوع گدازه های بازالتی، آندزیتی، داسیتی، ریولیتی همچنین مقدار کمتری نفوذی های نیمه عمیق هستند. ویژگی های ژئوشیمیایی این سنگ ها می رساند که همه از نوع کلسیمی قلیایی هستند و همه شکل های آتشفشانی کنار قاره، مرز صفحه همگرا در آن ها دیده می شوند. تعیین سن پرتوسنجی به روش روبیدیم - استرانسیم می رساند که خاستگاه بیشتر سنگ ها از گوشته و به دور از هرگونه درآمیزی با پوسته است. تنها در برخی از ایگنمبریت های پرسلیس، نشانه هایی از آرایش پوسته ای دیده می شود. آتشفشان های بخش شمالی لوت می تواند حاصل فروانش بلوک افغان به زیر بلوک لوت هستند (افتخارنژاد ۱۳۵۲). در بلوک لوت تاکنون کانی سازی مس، سرب و روی، آنتیموان، جیوه و طلا از نوع رگه ای گزارش شده است که از آن جمله می توان به کانسار مس طلا دار قلعه زری و کانسار آنتیموان، جیوه شوراب - کله نیگنان اشاره کرد.

زون های ساختمانی



شکل ۱-۲ - پهنه‌های ساختمانی - رسوبی - پهنه مورد مطالعه



۲-۳- چینه‌شناسی

زمین‌شناسی پهنه غالباً از گزارش نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس یک‌صد هزارم و یک‌دویست و پنجاه‌هزارم و گاه از متون زمین‌شناسی اقتباس شده است.

پهنه کاشمر تمام و یا بخشی از سه برکه‌های یک‌دویست و پنجاه‌هزارم زمین‌شناسی و شش ورقه زمین‌شناسی با مقیاس یک‌صد هزارم را در برگرفته و بخش‌هایی از استان سمنان و خراسان رضوی را شامل می‌شود (جدول ۲-۱). پهنه مورد مطالعه بخشی از ایران مرکزی است که منطبق بر بخش‌هایی از ایران میانی و زون‌های ساختاری خرد قاره ایران مرکزی شامل زون ساختاری یزد، زیر پهنه ساختاری طبس، زیر پهنه ساختاری بافق- پشت‌بادام و لوت می‌باشد. رخنمون غالب بخش شمالی در ایران میانی را واحدهای آذرین دوران سوم تشکیل داده است. واحدهای سنگی دوران نئوپروتریوزوئیک، دوران اول و دوم غالباً در بخش جنوبی و در نقشه‌های قاسم‌آباد و ازبک‌کوه و بخش میانی ورقه بردسکن رخنمون دارند. توزیع رخنمون واحدهای سنگی براساس سن، در چهار گروه شامل نئوپروتریوزوئیک، پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک تفکیک و بررسی شده است.

جدول ۲-۱- پوشش زمین‌شناسی و استانی پهنه کاشمر

ردیف	100K	250K	استان
1	7360 مری	NI-40-2 خارتوران	سمنان
2	7460 درونه	NI-40-3 کاشمر	خراسان جنوبی
3	7560 برداسکن		
4	7660 کاشمر	NI-40-7 فردوس	
5	7459 ازبک‌کوه		
6	7559 قاسم‌آباد		

۲-۳-۱- نئوپروتریوزوئیک

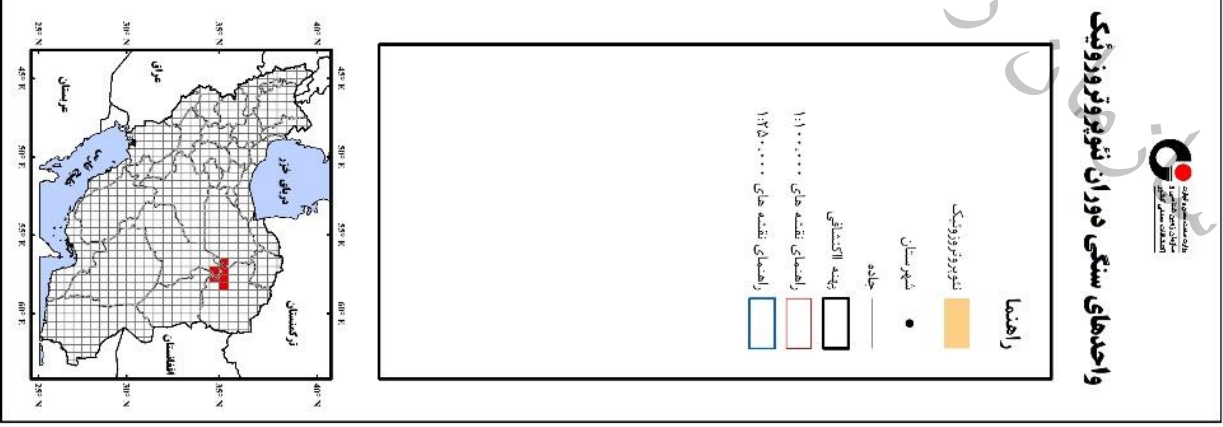
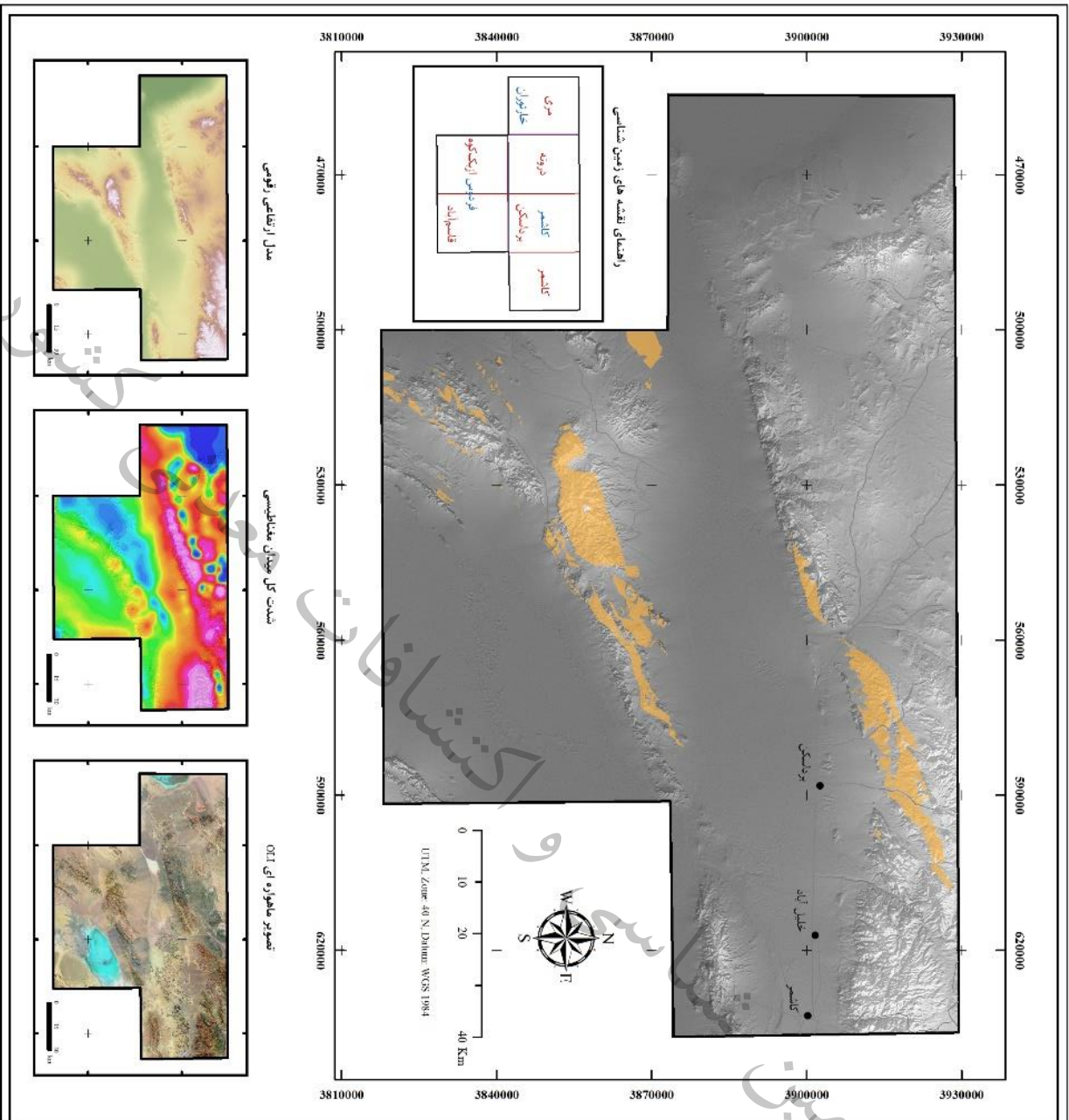
رخنمون واحدهای سنگی منتسب به این دوران را در نیمه جنوبی پهنه و در برکه‌های قاسم‌آباد، بردسکن و کاشمر می‌توان دید. واحدهای سنگی این دوران اغلب شامل سنگهای دگرگونی فیلیت، شیست و گنایس و به طور محدود سنگهای رسوبی و توده‌های نفوذی گرانیتی از نوع گرانیت دوران است. از نظر سازندهای تشکیل دهنده برابر یا هم ارز سازندهای تکنار، سلطانیه ریزو، زاگون، باروت، کهر و چپقلو می‌باشد.

در محدوده برکه کاشمر و بردسکن سنگ‌های رسوبی این بخش در جنوب گسل اصلی تکنار قرار دارند. قسمت گوه‌ای شکل از این بخش را که میان گسل‌های درونه و تکنار قرار دارد، با تکیه بر وجود رخنمون‌هایی از سازند

تکنار - پرکامبرین - و پوشش سنگ‌ها و سازندهای پالئوزوئیک، مزوزوئیک آن، را پنجره فرسایشی برشمرده‌اند که نشان‌گر بالا آمدگی پی‌سنگ پرکامبرین - پالئوزوئیک ایران مرکزی است که در عصر ترسیر شکل گرفته است. با تکیه به شواهدی از جمله وجود رخنمون‌هایی از سازند تکنار در جنوب گسل درونه - کوه‌های آغل کفتار - و همچنین وجود دگرشیبی میان نهشته‌های پالئوزوئیک زیرین - میانی و دگرگونه‌های سازند تکنار - پنجره فرسایشی - بر این باور است که سازند تکنار در پالئوزوئیک نیز برونزد داشته و دریای پالئوزوئیک زیرین و میانی روی آن پیشروی نموده است. در این بخش (جنوبی) سنگ‌هایی به دیرینه پرکامبرین تا عهد حاضر وجود دارند. سازند تکنار شامل توالی ضخیمی از سنگ‌های شیستی، توفی و شیست‌های سبز، ماسه سنگ‌های کوارتزیستی است که دگرگونی خفیفی در رخساره زیر شیست سبز را تحمل نموده‌اند. در این توالی ریوداسیت‌ها و ریولیت‌های دگرگون شده به صورت توده‌ای وجود دارند. در محدوده برگه بردسکن رخنمون‌های پرشماری از آن دیده می‌شوند که از آن جمله کوه تکنار، کوه قله توت، سیاه کوه، کوه زرد، روستاهای سرنخواب پائین و بالا و کوه بیرآباد و همچنین در منتهی‌الیه جنوب محدوده نقشه در کوه آغل کفتار، نیز برونزدهایی از این سازند را می‌توان نام برد. از دیدگاه لیتولوژی سازند تکنار شباهت نزدیکی به سازندهای کهر (البرز)، کلمرد (طبس) و سری مراد (کرمان) دارد که سن آن‌ها را نیز پرکامبرین تعیین نموده‌اند. این سازند در محدوده ورقه بردسکن در بعضی نقاط دارای همبری دگرشیب با واحدهای پالئوزئیک (دولومیت‌های چرت‌دار منسوب به معادل سازند سلطانیه و سازندهای پادها، بهرام، سبزار) دارد که تأییدی بر سن (پرکامبرین) آن در این منطقه است. ضخامت سازند تکنار حدود ۱۸۰۰ - ۱۶۰۰ متر برآورد می‌شود.

کهن‌ترین واحد سنگی در گستره قاسم‌آباد شامل رخساره سنگی است که غالب آن میکاشیست‌های بیوتیت، مسکویت و گرونادار است. هم‌چنان که از پارائز کانی‌های دگرگونی آن پیداست، سنگ اولیه و مادر این واحد سنگی، رسوبات پلیتی بوده که در رخساره شیست سبز دگرگون شده است. در برخی محل‌ها واحدهای سنگی گنایس (گرانیت گنایس) در داخل میکاشیست‌ها رخنمون دارند، تجمع کانی‌شناسی رخساره سنگی میکاشیست‌ها از شیست‌های کوارتز فلدسپات - بیوتیت و مسکویت‌دار به شیست‌های کوارتز - فلدسپات - آندالوزیت، گرونا، استروتید و مسکویت‌دار و در نمونه دیگر به شیست‌های کوارتز، فلدسپات، استروتید، گرونا، مسکویت و بیوتیت‌دار و در نمونه‌هایی هم به کوارتز، مسکویت، بیوتیت شیست گرونا، آندالوزیت، استروتید و دیستن‌دار تغییر رخساره می‌دهند.

از واحدهای سنگی این دوران که به طور محدود در پهنه گزارش شده می‌توان به واحدهای کوارتز پورفیری، دولومیت و شیل سازند ریزو، واحدهای شیلی سری تاشک - کلمرد و واحدهای دولومیتی سازند سلطانیه در ورقه‌های قاسم‌آباد و ازبک‌کوه اشاره کرد. شکل (۲-۲) توزیع واحدهای نئوپروتروزوئیک را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲- توزیع واحدهای نئوپروازویک در پهنه مورد مطالعه

۲-۳-۲- پالئوزوئیک

پالئوزوئیک به طول مدت ۳۴۰ میلیون سال (از ۵۷۰ تا ۲۳۰ میلیون سال پیش) طولانی‌ترین دوران فانروزوئیک است. بررسی‌های دیرینه جغرافیای ایران نشان می‌دهد که پس از رخداد کوهزایی کاتانگایی از زمان پرکامبرین پسین تا تریاس میانی سرزمین ایران به عنوان یک سکوی با ثبات با دریایی کم ژرفا پوشیده که گهگاه با حرکت رو به بالای زمین و پسروری دریا به خشکی تبدیل می‌شد. به همین دلیل به جز باریکه کافتی پر تحرک سهندج- سیرجان در دیگر نواحی ایران سنگ‌های پالئوزوئیک از نوع رسوبات برقراره‌ای است. مجموعه افیولیتی جنوب مشهد را با امتداد شمال غرب- جنوب شرق دید که به احتمالی بقایای پالئوتتیس و محل برخورد صفحه ایران و توران می‌باشد. کمربند دگرگونی با روند شمال غرب- جنوب شرق، این مرزبندی‌ها را نشان می‌دهد. نفوذ توده گرانیتوئیدی در این گستره سبب شده است تا دگرگونی ناحیه‌ای درجه بسیار پائین، تا درجه دگرگونی پائین تا متوسط و رخساره گارنت- استارولیت شایسته افزایش یابد.

از سازندهای دوره کامبرین میتوان به سازند زاگون، تاپ کوارتزیت، شیل و سنگ آهک سازند سلطانیه، سنگ آهک سازند میلا، ماسه سنگ آرکوزی لالون، سنگ آهک و ماسه سنگ کلشانه، شیل و سنگ آهک سازند درنجان، شیل و سیلتستون سازند چپقلو و در نهایت شیل و دولومیت سازند باروت اشاره کرد. از سازندهای دوره اردوئیسین با سازند شیرگشت شامل رخنمونی از شیل، سیلتستون و ماسه سنگ سبز زیتونی، آهک قرمز در بخش قاعده‌ای و دایک و سیل‌های دیابازی در برگه‌های بردسکن و کاشمر دیده می‌شوند.

دوره سیلورین با سازند نیور شناخته می‌شود که در محل بُرش الگو (روستای نی‌وار در جنوب خاوری ازبکوه) متشکل از ۴۴۶ متر سنگ‌آهک‌های قهوه ای تیرهٔ مرجان‌دار با میان‌لایه‌های ناچیز از شیل و یک بخش دولومیتی در قسمت زیرین است. رخسارهٔ سنگ‌های سیلورین بُرش الگو در تمام ایران مرکزی ثابت نیست، به گونه‌ای که در ناحیهٔ شیرگشت، سازند نیور شامل ۶۲۸ متر نهشته‌های ماسه‌سنگی سفیدرنگ همراه با لایه‌های آهکی فسیل‌دار است. رخساره‌های آواری سیلورین معرف رخساره‌های آواری حاصل از کوهزایی کالدونین است. توده نفوذی با ترکیب دیوریتی دگرگون شده در محدوده به سیلورین نسبت داده شده است. یکی از ویژگی‌های سنگ‌های سیلورین ناحیهٔ شیرگشت حضور جریان‌های گدازه تیره‌رنگ با ترکیب بازالت اولیوین‌دار است که به طور عموم در بخش پایینی سازند جای دارند و یادآور تکاپوهای آتشفشانی سیلورین البرز خاوری است.

سازند سیلیسی آواری پادها (دونین زیرین- میانی)، در حوضه رسوبی بینالود، دارای حداکثر ضخامت ۱۰۸ متر است. این توالی در منطقه بوژان به‌صورت ناپیوسته بر روی بازالت‌های اوردوئیسین قرار گرفته، و توسط رسوبات کربناته سازند سیب‌زار (دونین میانی)، به‌طور هم شیب پوشیده شده است. بیشتر ماسه‌سنگ‌ها غنی



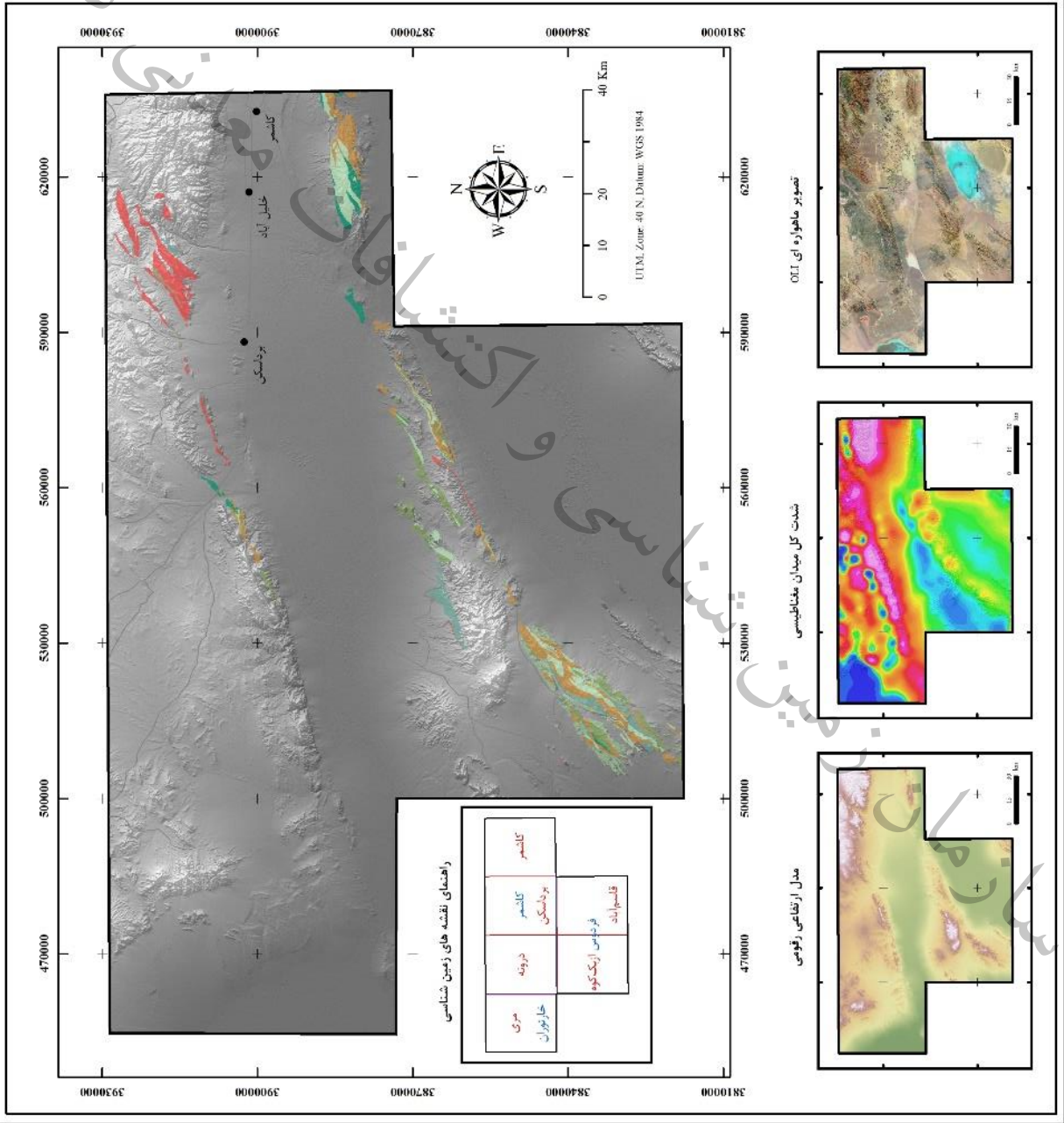
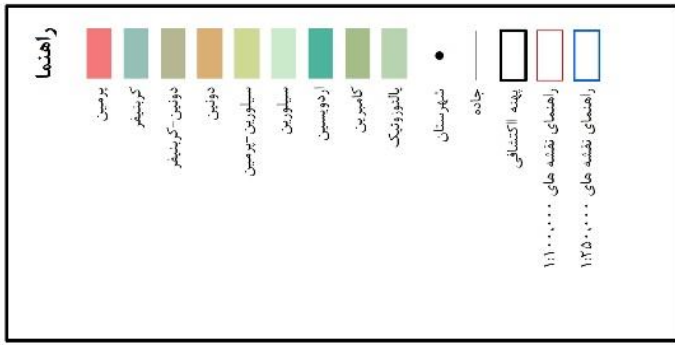
از کوارتز و فلدسپات بوده و بندرت شامل خرده سنگ‌های رسوبی و دگرگونی است. این سنگ‌ها تنوع ترکیبی زیادی نداشته، به‌طور عمده شامل کوارتزآرنایت، ساب آرکوز، و کمی آرکوز است.

سازند سیب‌زار به سن دونین میانی شامل دولومیت لایه متوسط است. رنگ آن در سطح هوازده قهوه‌ای سوخته و در سطح تازه خاکستری تیره تا قهوه‌ای است. سازند بهرام با تناوب کالک‌شیست و سنگ آهک نازک لایه بر روی آن قرار می‌گیرد. علی‌رغم پی‌جویی‌های فراوان هیچگونه فسیل یا آثار فسیلی در این مجموعه یافت نشده ولی براساس جایگاه چینه‌ای آن که به ظاهر در زیر سازند بهرام قرار گرفته است به دونین میانی نسبت داده می‌شود.

سازند بهرام در این ناحیه از سنگ آهک و دولومیت تشکیل شده است در بخش آهکی تناوبی از کالک شیست و سنگ آهک نازک لایه به رنگ خاکستری است که به گونه هم شیب بر روی دولومیت سیب‌زار نهشته شده است. بر روی عضو آهکی سازند بهرام به گونه پیوسته و هم شیب در حدود ۱۰ تا ۲۰ متر دولومیت به رنگ قهوه‌ای روشن که در سطح هوازده به رنگ قهوه‌ای سوخته است، قرار دارد. این دولومیت متوسط لایه بوده و گرهک‌های چرت در آن به فراوانی دیده می‌شود. در بخش‌های بالایی، بین لایه‌هایی از ماسه سنگ کوارتزی نازک لایه به رنگ سفید تا سبز روشن نیز همراه دولومیت دیده می‌شود. بر روی این عضو سازند بهرام ماسه سنگ کوارتزی دگرگون شده متوسط لایه به رنگ سفید تا صورتی قرار دارد که در ادامه به تناوب ماسه‌سنگ و شیل سازند شیشو تبدیل می‌گردد. گذر چینه‌ای فوق، تبدیل تدریجی و هم شیب سازند بهرام به سازند شیشو را در منطقه نشان می‌دهد.

سازند سردر به سن کربنیفر و یا پرمین زیرین متشکل از ماسه سنگ و سنگ آهک، دولومیت، کنگلومرا و اسلیت و سیلت استون که در برخی از محل‌ها همراه با دگرگونی است و در ورقه‌های کاشمر بردسکن رخنمون دارد. رخنمون سازند کربناته جمال با سن پرمین و البرز با سن پرمین پسین در این منطقه از دو بخش عموماً کربناته و بخشی آواری گزارش شده است. شکل (۲-۳) توزیع واحدهای پالئوزوئیک را نشان می‌دهد.

واحدهای سنگی دوران پالئوزوئیک



شکل ۲-۳- توزیع واحدهای پالئوزوئیک در پهنه مورد مطالعه



۲-۳-۳- مزوزوئیک

مزوزوئیک به عنوان دومین دوران فانروزوئیک، حدود ۱۶۰ میلیون سال از تاریخ کره زمین (۲۲۵-۶۵ میلیون سال پیش) را شامل می‌شود. در این دوران تحولات ژئودینامیکی کره زمین قابل توجه است، به گونه‌ای که مزوزوئیک را دوران اشتقاق قاره‌ها و گسترش کف اقیانوس‌ها نام‌داده‌اند.

بررسی جغرافیای دیرینه مزوزوئیک ایران نشان می‌دهد شرایط سکونی پالئوزوئیک بی هیچ‌گونه رویداد زمین‌ساختی مهم تا تریاس میانی ادامه یافته است. از همین رو سنگ‌های اوایل مزوزوئیک ایران از نوع نزدیک قاره‌ای هستند که به جز نخلک و کپه داغ کم و بیش در بیشتر نقاط ایران رخساره همسان دارند. در تریاس پسین پس از رخداد زمین‌ساختی معادل سیمرین پیشین، چهره حوضه‌های رسوبی ایران تغییر کرده و از این هنگام، حوضه‌های جداگانه‌ای شکل گرفته‌اند که شرایط جغرافیایی دیرینه و رسوبی آن‌ها با حوضه‌های رسوبی مجاور متفاوت بوده است.

۲-۳-۳-۱- تریاس

دوره تریاس حدود ۳۵ میلیون سال (۲۳۰ تا ۱۹۵ میلیون سال پیش) از تاریخ زمین را به خود اختصاص می‌دهد. رخنمون بسیار محدودی از دوره تریاس در ورقه‌های کاشمر و ازبک‌کوه گزارش شده است. این واحدها شامل دیاباز در برگه کاشمر و واحدهای سنگی سرخ‌شیل و شتری در ورقه ازبک‌کوه است. فشردگی‌های ناشی از رخداد زمین‌ساختی تریاس پسین، سبب شده است تا در پاره‌ای نقاط ایران، به ویژه در بخش جنوب خاوری زون سنندج-سیرجان، سنگ‌های تریاس میانی و کهن‌تر دگرگون و دگرشکل باشند. برای سنگ‌های دگرگونه کهن‌تر (پرکامبرین) پیامد دگرگونی تریاس پسین از نوع بازگشتی و قهقرایی و همراه با کاهش درجه دگرگونی است. پیامدهای دگرگونی تریاس را بیشتر در صفحه ایران (سنندج-سیرجان، ایران مرکزی، لوت و ۰۰۰) می‌توان دید. مطالعات مولر و والتر^۱ (۱۹۸۳) نشانگر یکسانی درجه دگرگونی سنگ‌های پرکامبرین و پرمین است. از این رو، می‌توان نتیجه گرفت که دگرگونی سازند تکنار در زمانی پس از پرمین و پیش از ژوراسیک و به گفته دیگر در زمان تریاس پسین رخ داده است.

سازند سرخ‌شیل یک واحد سنگی بارز به سن تریاس پایینی است که به داشتن رنگ سرخ آجری شاخص است به همین رو شناسایی آن به عنوان لایه‌ای کلیدی در میان کربنات‌های دولومیتی سازند جمال در زیر و دولومیت‌های خاکستری سازند شتری در بالا بسیار آسان است. سازند سرخ‌شیل با یک گذر تدریجی، به واحد سنگ‌چینه رویی (دولومیت‌های شتری) می‌رسد. بر خلاف مرز زبرین، مرز زیرین سازند سرخ‌شیل ناپیوسته

¹ Muller and Walter

است و می‌تواند به سازندهای متفاوت باشد، با وجود این، در محل بُرش الگو (گذار سُرخ) همبری زیرین این سازند با کربنات‌های پرمین (سازند جمال) تدریجی دانسته شده است^۱ (۱۹۶۵). چنین استنباط می‌شود که ناپیوستگی موردنظر در مرز پرمین - تریاس نیست بلکه یک ناپیوستگی درون سازندی در بخش پایینی سازند سُرخ شیل است.

سازند دولومیتی شتری، معرف سنگ‌های دولومیتی تریاس میانی ایران مرکزی است که هم از نظر سنگ‌شناسی و هم از نظر جایگاه چینه‌نگاری به خوبی با بخش دولومیتی سازند الیکا در البرز و همچنین با بخش‌هایی از کربنات‌های دولومیتی سازند خانه‌کت در زاگرس مرتفع قابل قیاس است. حجم اصلی سازند دولومیتی شتری، در محل بُرش الگو (کمر زرک) حدود ۸۲۰ متر دولومیت‌های لایه‌لایه خاکستری‌رنگ، ریزدانه و متراکم است که فرسایش‌پذیری آن ناچیز است به همین رو بسیاری از چکادهای بلند کوه شتری را می‌سازد. در سایر نواحی ایران مرکزی، این سازند همچنان سیمای خشن و بلند دارد که از ویژگی‌های چهره‌ساز این سازند است. پیوند زیرین سازند شتری در همه جا به سازند سُرخ شیل است که با یکدیگر گذر تدریجی و پیوسته دارند. لایه‌های پایانی دولومیت‌های شتری به گونه‌ای فراگیر فرسوده شده و به رنگ گراییده به سُرخ است که به طور هم‌شیب و با دگرشیبی خفیف، با ردیف‌های پیشرونده تریاس بالایی (شیل و ماسه‌سنگ سازند نایبند) پوشیده می‌شود. در شمال ورقه قاسم‌آباد رخنمون نسبتاً وسیعی از واحد شیل سیلنتی فیلیتی به رنگ خاکستری تا خاکستری متمایل به سبز همراه با میان لایه‌های کوارتز آرنایت گزارش شده است که به تریاس- ژوراسیک نسبت داده شده است.

۲-۳-۳-۲- ژوراسیک

زمان ژوراسیک ۶۰ میلیون سال به طول انجامید. بررسی دیرینه جغرافیای ژوراسیک ایران گویای این است که در این زمانه سرزمین ایران شامل دو گستره مستقل بوده که در امتداد محل تقریبی راندگی اصلی زاگرس از یکدیگر جدا بوده‌اند. نوع سنگ‌ها و زیستواران این دو گستره تفاوت آشکار دارد و لذا بررسی ژوراسیک ایران در دو صفحه ایران (البرز، ایران مرکزی و کپه‌داغ) و صفحه زاگرس می‌تواند بیانگر ویژگی‌های چینه شناسی این سیستم باشد. تاثیر دو رویداد زمین‌ساختی بر حوضه رسوبی ژوراسیک در خور توجه است. به نخستین رویداد که در اواسط دوگر (باژوسین- باتونین) روی داده سیمین میانی نام داده شده است. پیامد تحولات زمین‌ساختی این رویداد چین‌خوردگی، ماگماتیسم و دگرگونی است و به نوعی می‌توان آن را کوهزایی دانست. دومین رویداد زمین‌ساختی ژوراسیک سیمین پسین است. اگر چه زمان این رویداد را ژوراسیک- کرتاسه و

¹ Stocklin et al.



آن را نوعی کوهزایی همراه با چین خوردگی ماگماتیسم دانسته‌اند، ولی با تکیه بر داده‌های زمین‌شناسی جدید می‌توان گفت که این رویداد در زمان کرتاسه پیشین رخ داده است. در ضمن این رویداد ماهیت خشکی زایی داشته است. جدای از دو رخداد ذکر شده در ژوراسیک بالایی شواهدی از یک ناپیوستگی رسوبی وجود دارد که به آن رخداد طبسین گفته شده است.

گروه شمشک نخستین سیکل رسوبی ژوراسیک به سن ژوراسیک پایینی / میانی و شامل شیل و ماسه‌سنگ‌های زغالدار است که در محیط کولابی و مردابی نزدیک به ساحل نهشته شده‌اند و ستبرای آن از چندین متر تا بیش از سه هزار متر متغیر است. رسوب‌های زغالدار یاد شده، به همراه ردیف‌های مشابه ولی به سن تریاس پسین، چرخه رسوبی هستند. مرز زیرین این گروه با ناپیوستگی سیمین پیشین و مرز بالایی آن با رویداد سیمین میانی مشخص می‌شود.

سازند بغمشاه بیشتر از نوع شیل، مارن‌های کمی سیلنتی تا ماسه‌ای ریزدانه است که رنگ متمایل به سبز روشن دارد و به لحاظ زودفرسا بودن، بیشتر سیمای تپه‌ماهورهای پشته‌مانند و نام دارد. در همه جای ایران مرکزی، مرز بالای سازند بغمشاه با یک ایست رسوبی و چرخه‌های فرسایشی مشخص است که رویداد عامل، می‌تواند با رخداد جهانی «نوادین» درخور قیاس باشد که در این نوشتار به آن «رویداد طبسین» گفته شده است.

سازند قلعه دختر، در ۷ کیلومتری شمال قلعه‌ای به همین نام، در باختر شهرستان بشرویه، به ضخامت ۹۷۴ متر اندازه‌گیری شده است. در این برش، قلعه‌دختر ردیفی ناهمگن و قابل تقسیم به سه عضو جداگانه است. عضو ماسه‌سنگ پایینی، با ۱۹۴ متر ستبرای، شامل ماسه‌سنگ‌های کوارتزی خاکستری یا قهوه‌ای با چینه‌بندی متقاطع، عضو شیلی میانی، با ۴۵۸ متر شامل شیل مارنی، ماسه‌ای و سیلنتی به رنگ سبز تا قهوه‌ای با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک و ماسه‌سنگ و عضو آهکی بالایی با ۳۲۲ متر شامل سنگ‌آهک نازک لایه و شیل‌های آهکی است که رنگ روشن دارند و به طور محلی، به دلیل دولومیتی شدن، قهوه‌ای رنگ هستند. گسترش جغرافیایی سازند قلعه‌دختر تنها محدود به نواحی قاین، فردوس، باختر بشرویه و ناحیه شیرگشت است. ولی حتی در این نواحی نیز تغییر رخساره تدریجی و جانبی این سازند در خور توجه است.

لایه‌های سُرخ گره‌دو یکی از واحدهای سنگی معرف ردیف‌های آواری سُرخ‌رنگ اواخر ژوراسیک ایران مرکزی است که در بیشتر جاها به طور ناپیوسته و گاه دگرشیب، سنگ‌های ژوراسیک بالایی و یا کهن‌تر (سازندهای قلعه‌دختر، بغمشاه و سنگ‌آهک‌های نار) را می‌پوشاند. در کوه‌های شتری این واحد سنگی وجود ندارد. ولی، در نواحی شیرگشت، کلمرد، راور و دربند این سازند را می‌توان دید. در ناحیه شیرگشت لایه‌های سُرخ گره‌دو ردیف به نسبت ستبری (۱۰۰ - ۵۰۰ متر) از کنگلومرا، ماسه‌سنگ‌های آهکی ارغوانی رنگ و سیلنت سنگ‌های

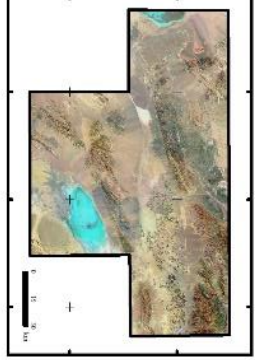
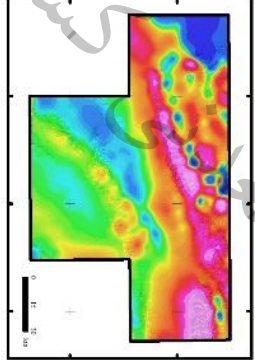
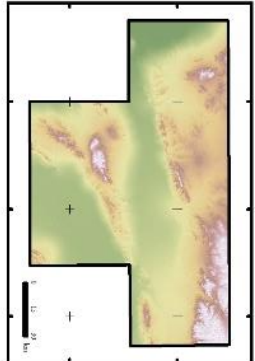
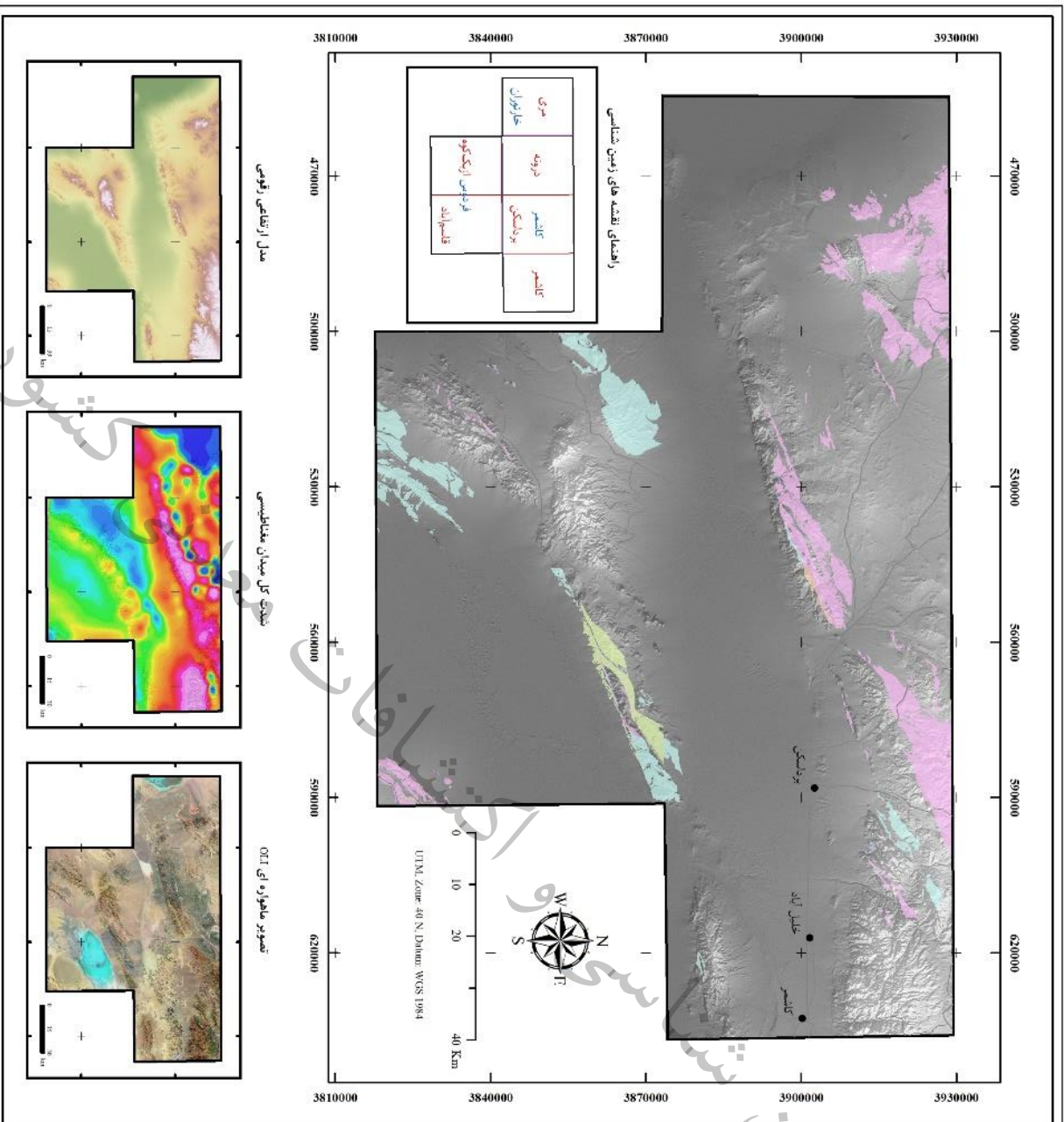
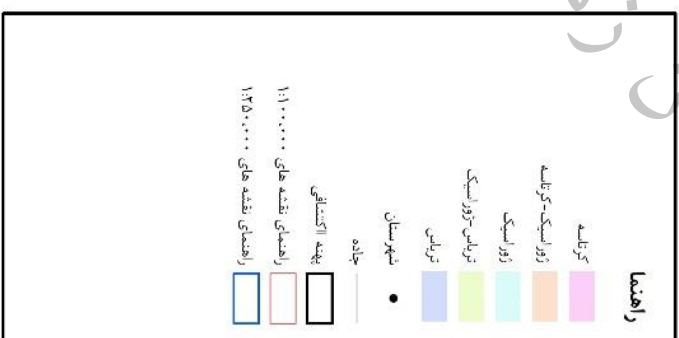
سُرخ تیره است که میان لایه‌هایی از سنگ‌آهک‌های خاکستری- آبی دارد. در پایین‌ترین بخش این لایه‌ها، واحدی از کنگلومرای قاعده‌ای، و همبری ناهم‌ساز آن با سنگ‌ها کهن‌تر، با دیدگاه روتنر و همکاران^۱ (۱۹۶۸) مبنی بر ارتباط انگشتی- جانبی گره‌دو با سازند قلعه‌دختر و یا گذر تدریجی آن با سازندهای اسفندیار و قلعه‌دختر هماهنگی ندارد. رخنمون محدودی از واحدهای آهکی تخریبی در نقشه برداسکن به تریاس- ژوراسیک نسبت داده شده است.

۲-۳-۳-۳- کرتاسه

سیستم کرتاسه با ۷۵ میلیون سال عمر طولانی‌ترین دوره مزوزوئیک است. در ایران مرز ژوراسیک- کرتاسه به خوبی توصیف نشده است و باور همگان بر آن است که مرز با رخداد سیمترین پسین مشخص می‌شود که از نوع کوهزایی است. ولی یافته‌های نوین نشان می‌دهند که برخلاف پنداره‌های موجود، در بسیاری از نقاط ایران، مرز ژوراسیک پایانی و کرتاسه‌آغازین تدریجی و از نوع محیط‌های ژرف است. سنگ‌آهک‌های اربیتولین‌دار کرتاسه پایینی، یکی از شاخص‌ترین واحدهای سنگی ایران مرکزی است که اغلب با ردیف‌های آواری سُرخ‌رنگ آغاز و به طور پیشرونده و گاه دگرشیب سنگ‌های کهن‌تر را می‌پوشاند. گستردگی زیاد این سنگ‌ها، در نواحی گوناگون ایران مرکزی، گویای پیشروی گسترده دریا و پوشیده شدن بسیاری از کهن پشته‌ها، با دریای پیشرونده کرتاسه پایین است. سنگ‌های کرتاسه پایین ایران مرکزی دو رخساره به طور کامل متفاوت دارد. در گستره‌های وسیعی از این پهنه، رخساره سنگ‌های کرتاسه پایین نشانگر سکوه‌های کربناتی است، ولی در فروافتادگی‌های محدود به زون‌های گسلی، حوضه فرونشست درخور توجه داشته و به همین‌رو در این گونه نواحی، سنگ‌های کرتاسه پایین رخساره فلیش گونه دارند. رخساره‌های فروبوم کرتاسه پایین ایران مرکزی، رخساره به نسبت همگنی از شیل و ماسه‌سنگ‌های سبز، با ستبرای زیاد (۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر) است که سازند شیلی بیابانک معرف آنها می‌باشد. از سنگ‌های بسیار شاخص کرتاسه بالای ایران مرکزی، آمیزه‌های افیولیتی - رسوبی این زمان است که به صورت گدازه‌های بازالتی و آندزیتی آمیگدالوئیدی خاکستری تیره مایل به سیاه تا سیاه گاه با ساختار بالشی در پهنه مورد مطالعه گزارش شده است.

شکل (۲-۴) توزیع واحدهای پالئوزوئیک را نشان می‌دهد.

¹ Ruttner et al.



شکل ۲-۴- توزیع واحدهای پالئوزوئیک در پهنه مورد مطالعه

۲-۳-۴- سنوزوئیک

در ایران همانند دیگر نقاط جهان، سنوزوئیک از ۶۵ میلیون سال پیش و پس از رخداد کوهزایی جهانی لارامین آغاز شده است و شامل دو دوره ترشیاری و کواترنری است. جدا از رویداد زمین‌ساختی و تحولات ژئودینامیکی، از نگاه زیستی نیز مرز مزوزوئیک و سنوزوئیک با ناپدید شدن خزندگان بزرگ، آمونیت‌ها، بلمنیت‌ها و بسیاری از موجودات ذره‌بینی مشخص می‌شود. رخداد لارامین یکی از رویدادهای زمین‌ساختی اثر گذار بر زمین‌شناسی ایران است که در اثر آن ضمن به هم رسیدن صفحه‌های جدا مانده و بسته شدن زمین‌درز کهن حوضه‌های مستقل رسوبگذاری سنوزوئیک شکل گرفته است. شکل (۲-۵) توزیع واحدهای سنوزوئیک را نشان می‌دهد.

۲-۳-۴-۱- پالئوسن

در ایران مرکزی، سنگ‌های پالئوسن، بر حسب محیط‌های رسوبگذاری و جغرافیایی رخساره‌های متفاوت دارند. در بسیاری از برونزدها، رسوبات منسوب به پالئوسن کنگلومرای است و گاهی آن را هم‌ارز «کنگلومرای کرمان» می‌دانند. این آواری‌ها در شماری از برونزدها قدیمی‌ترین ردیف‌های سنوزوئیک است و نظر به این که روی آنها را رسوبات و دیگر سنگ‌های ائوسن می‌پوشاند، بدون هیچ‌گونه شاهد فسیل‌شناسی، آنها را به پالئوسن نسبت داده‌اند. کنگلومراهای پالئوسن ایران مرکزی، باید نهشته‌های آواری پس از چین‌خوردگی لارامین باشند ولی گاهی (مناطق سورک و خانه‌خاتون کرمان) دیده می‌شود که ارتباط ردیف‌های کرتاسه بالا با کنگلومرای پالئوسن تدریجی است. در هر حال، باید گفت که سنگ‌های پالئوسن ایران مرکزی منحصر به کنگلومرا نیست. گاهی سنگ‌های آتشفشانی، رسوبات کربناتی و نهشته‌های فلیش گونه‌ای را به سن پالئوسن دانسته‌اند. به عقیده هوکریده و همکاران^۱ (۱۹۶۲) کنگلومرای کرمان در شرایط دریایی تشکیل شده و قسمتی از آن به سن کرتاسه است. به باور رحیم‌زاده^۲ (۱۹۸۳) کنگلومرای کرمان همواره به طور دگرشیب بر روی سنگ‌های کهن‌تر قرار دارد و شامل دو بخش جداگانه است. بخش پایینی دارای لایه‌های سیلتی و تخریبی ریزدانه با لایه‌بندی نازک است در حالی که، بخش بالایی با تغییرات ضخامت ۲۲۰ تا ۱۴۵۰ متر، نهشته‌های کنگلومرای با میان‌لایه‌هایی از گری‌واک و ماسه‌سنگ دانه درشت، با ساختار چین‌بندی متقاطع است. رحیم‌زاده بر این باور است که بخش پایینی کنگلومرای کرمان به سن پالئوسن و بخش بالای آن ائوسن است. گفتنی است دیمتریویچ^۳ (۱۹۷۳)، بخش ریزدانه و زیرین کنگلومرای کرمان را به دیرینگی کرتاسه پسین می‌داند که قابل قبول‌تر است (آقناباتی ۱۳۸۳).

¹ Huckriede et al.

²Rahimzadeh

³ Dimitrijevic



۲-۳-۴-۲- ائوسن

در مقایسه با پالئوسن، دریای ائوسن گسترش و ژرفای بیشتر داشته و ناپیوستگی‌ها و ناهمسازی‌های چینه‌ای، به ویژه فراوانی تکاپوهای آتشفشانی وابسته به رویداد آلپ میانی، نشانگر نآرامی‌های زمین‌ساختی چیره بر حوضه‌های رسوبی ائوسن ایران مرکزی است که از میان آنها، نآرامی‌های ائوسن میانی از همه شاخص‌تر است. باید گفت که این رویداد، در همه جا همزمان نبوده و اثر یکسان نداشته‌اند. بررسی ناحیه‌ای سنگ‌های ائوسن در زیر پهنه‌های کمان ماگمایی ارومیه- بزمان، شمال باختر ایران مرکزی، پهنه لوت، زون سنندج- سیرجان، و کوه‌های خاور ایران، می‌تواند بیانگر ویژگی‌های عمومی این سنگ‌ها (ائوسن) باشد. سنگ‌های ائوسن گاهی نشانگر تکاپوهای آتشفشانی و گاهی انباشته‌های فلیش گونه‌اند که در حاشیه قاره‌ها انباشته شده‌اند. بخشی از سنگ‌های ائوسن ایران معرف فعالیت ماگمایی هستند که به صورت روانه‌ها و خاکسترهای آتشفشانی رخنمون دارند. فراوانی سنگ‌های آتشفشانی سنوزوییک در ائوسن به بیشترین حد رسیده است.

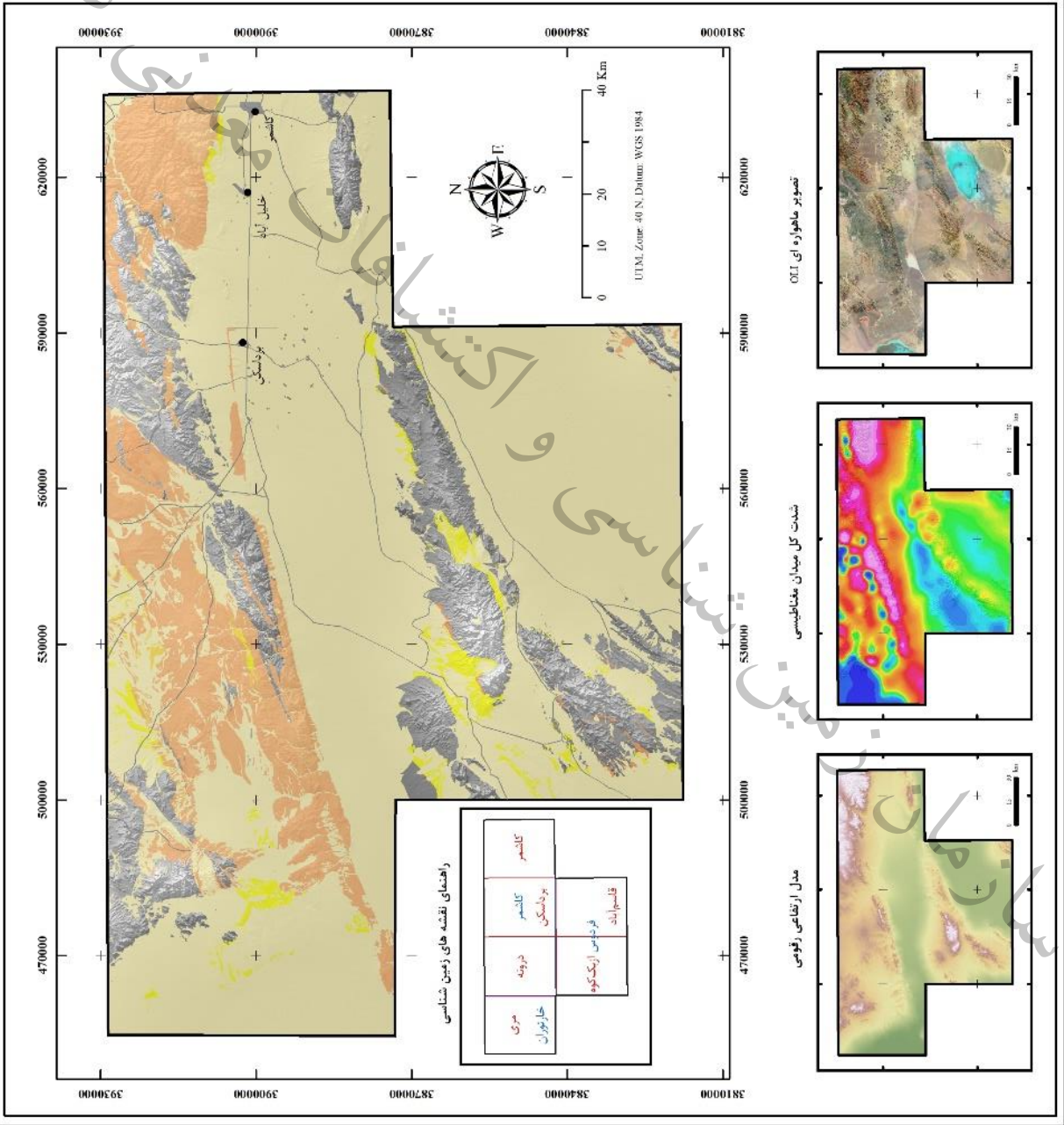
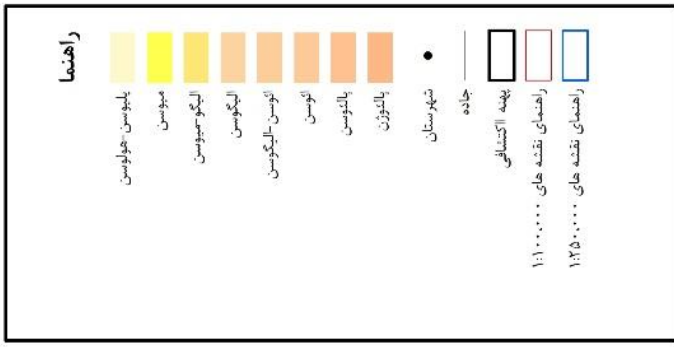
۲-۳-۴-۳- الیگو- میوسن

عملکرد رخداد پیرنئن موجب برقراری محیط‌های اکسیدی- قاره‌ای محدود شده به همین رو سنگ‌های الیگوسن ایران مرکزی گسترش محدود دارند و بیشتر از نوع مارن- سنگ ماسه و کنگلومرا هستند (سازند سرخ پایینی) که رنگ سرخ دارند. پس از رخداد پیرنئن، در اواخر الیگوسن بخش باختری ایران مرکزی (قم، ماکو، آذربایجان، تفرش، کاشان ۰۰۰) با دریای پیشرونده الیگوسن- میوسن پوشیده شده است. سنگ‌های این دریای پیشرونده کربنات‌های سکویی نوع رمپاند (سازند قم) که در محیط‌های کم‌ژرفا انباشته شده‌اند و نشان می‌دهند که در این زمان (الیگوسن- میوسن) قسمت‌های باختری ایران مرکزی زیر دریای پیشرونده‌ای بوده است که به احتمال از زاگرس به این ناحیه آمده است. نفوذ توده‌های گرانیتوئیدی در زمان الیگو- میوسن در ایران مرکزی از شاخص‌های این زمان است که به کانه‌زایی‌های گسترده‌ای منجر شده است.

۲-۳-۴-۴- پلیوسن- هولوسن

خروج گسترده زمین در زمان پلیوسن سبب شده تا پسروی دریای نئوژن، در زمان پلیوسن در بیشترین مقدار باشد. نهشته‌های کواترنری ایران، به طور عمده رودخانه‌ای- سیلابی هستند که پهنه‌های آبرفتی جوان را می‌سازند.

واحدهای سنگی دوران سنوزویک



شکل ۲-۵- توزیع واحدهای سنوزویک در پهنه مورد مطالعه



۴-۲- زمین ساخت

گسل‌ها نوعی ساختار خطی، همراه با جابجایی هستند که بر تحولات زمین‌ساختی و همچنین تکوین حوضه‌های ساختاری- رسوبی ایران اثر در خور توجه داشته‌اند. از این میان، اثر گسل‌های طولی عمده، همزمان با جنبش‌های کوهزایی کاتانگایی (پرکامبرین پسین) به مراتب بیشتر است. روند این گسل‌ها در بیشتر جاها با روند زمین‌ساختی مربوط به چین‌خوردگی کاتانگایی همخوان است و در راستای شمالی- جنوبی قرار دارد. ولی روندهای شمال‌باختری- جنوب‌خاوری (روند زاگرس) نیز گزارش شده است. جدا از دو روند گفته شده، روند سومی در راستای شمال‌خاوری- جنوب‌باختری بر گسل‌های ایران حاکم است (شکل ۲-۶).

از عمده گسل‌های پهنه می‌توان به گسل‌های زیر اشاره کرد.

۴-۲-۱- گسل درونه (گسل کویر بزرگ)

گسل درونه (Wellman, 1966) یا گسل کویر بزرگ (Stocklin, 1972)، حدود ۷۰۰ کیلومتر طول دارد که از نایین، در یک راستای شمال‌خاور- جنوب‌باختر تا ناحیه درونه در جنوب باختر کاشمر ادامه دارد و از درونه، با یک روند خاوری- باختری، با خمیدگی به سمت جنوب، تا مرز افغانستان ادامه می‌یابد. به نظر می‌رسد گسل درونه ادامه گسل خاوری- باختری هرات افغانستان است. از آن‌جا که جابجایی دو گسل درونه و هرات در حدود ۱۰۰ کیلومتر است. به نظر می‌رسد حرکت چپ‌گرد گسل هریرود سبب جدایی و جابه‌جایی این دو گسل شده است. در امتداد این گسل، بلوک‌ها به دو صورت چپ‌گرد و راست‌گرد حرکت کرده‌اند ولی بدون شک یکی از آخرین حرکت‌های آن از نوع راست‌گرد است. برخی از زمین‌شناسان، گسل نایین- بافت را دنباله گسل درونه دانسته و بر این باورند که این گسل در حقیقت یک گسل کاتانگایی با روند شمالی- جنوبی است که بعدها در اثر حرکت کوهزایی کالدونی تغییر جهت داده است که این نظر نیاز به بازنگری دارد. پس از گسل زاگرس گسل درونه یکی از مهم‌ترین و ممتدترین ساختارهای خطی ایران است. مکنزی^۱ (۱۹۷۲) این گسل را به عنوان مرز شمالی بلوک لوت دانسته‌اند.

تأثیر قابل ملاحظه این گسل بر روی بادزن‌های آبرفتی کوهپایه‌ای و نیز بر روی رسوبات جوان کویری گویای حرکات جوان کواترنری آن است. ولمن از روی جابه‌جایی‌های موجود در رسوبات آبرفتی، حرکت چپ‌گردی به

^۱ MacKenzie

میزان ۲۰۰ متر را پیشنهاد می‌کند. در حالی که چالنگو^۱ (۱۹۷۴) با مطالعه حدود ۶۰ کیلومتر از طول این گسل بین تربت حیدریه و کاشمر، به حرکات قائم این گسل اشاره دارد. به باور چالنگو، دو زمین‌لرزه ۱۹۰۴ کاشمر و ۱۹۲۳ تربت حیدریه مربوط به حرکات‌های این گسل است.

۲-۴-۲- گسل کلمرد

گسل کلمرد یکی از گسل‌های کهن و ژرف ایران مرکزی است که در پیامد کوه‌زایی کاتانگایی شکل گرفته و در غرب طبس فرونشست شیرگشت- طبس را در کنار فرازمین کلمرد قرار می‌دهد. روند اولیه این گسل همانند دیگر گسل‌های پرکامبرین ایران مرکزی، شمالی- جنوبی بوده است. این گسل به سمت غرب خمیده است، به گونه‌ای که بخش شمالی آن در ناحیه شیرگشت دارای امتداد شمالی- شمال شرقی است و نیمه جنوبی آن به سوی جنوب شرقی تمایل دارد. در ناحیه کلمرد، شیب گسل حدود ۷۵ تا ۸۰ درجه به سمت غرب است و به نظر می‌رسد بلوک غربی به طرف شرق برگشتگی دارد.

۲-۴-۳- گسل تکنار

این گسل دارای روند شمال خاوری- جنوب باختری است و از نظر جغرافیایی و زمین شناختی به گونه‌ای است که مرز بین رخنمون‌های پنجره فرسایشی تکنار و مجموعه افیولیتی- آتشفشانی حلقه افیولیتی سبزوار، تربت حیدریه- فریمان، را تعیین می‌نماید. گسل تکنار در حقیقت یک گسل معکوس با زاویه بلند (تا ۸۰ درجه) است که سبب قرار گیری سنگهای افیولیتی کرتاسه بالایی روی واحدهای سنگی کهن تر (بر حسب موقعیت جغرافیایی و زمین شناختی) شده است. این گسل در ادامه باختری خود در شمال باختری درونه با گسل درونه یکی می‌شود و در جهت خاوری گرچه در بعضی نقاط زیر پوشش نهشته‌های کواترنر (منطقه راش- شمال کاشمر) قرار می‌گیرد. ولی در رخنمون‌های سنگی و سازندها مرز میان مجموعه های افیولیتی حلقه نائین- فریمان- تربت جام را رقم زده است. یک جنبش راستگرد و افقی را در طول گسل تکنار می‌توان تشخیص داد.

¹ Tchalenko



۲-۴-۴- گسل کال شور

نشانه‌های گسل کال شور را روی زمین نمی‌توان دید. به همین روی، در نقشه به صورت خط چین نمایش داده شده است. این گسل که هم روند گسل درونه است بیشتر از آن جهت اهمیت دارد که به احتمال زیاد فعالیت آن سبب فرونشست کفه کال شور شده است. به گونه‌ای که با فرونشینی تدریجی، آبریز هر دو سوی شمالی و جنوبی را به سوی این فرونشست هدایت نموده است و در واقع عملکرد این گسل جایگاه جمع آوری آبهای شمالی- جنوبی را به وجود آورده که نتیجه آن پیدایش یک دریاچه بزرگ اصلی در جنوب این منطقه است که تا باختر درونه نیز ادامه دارد.

۲-۴-۵- گسله چشمه زاغ

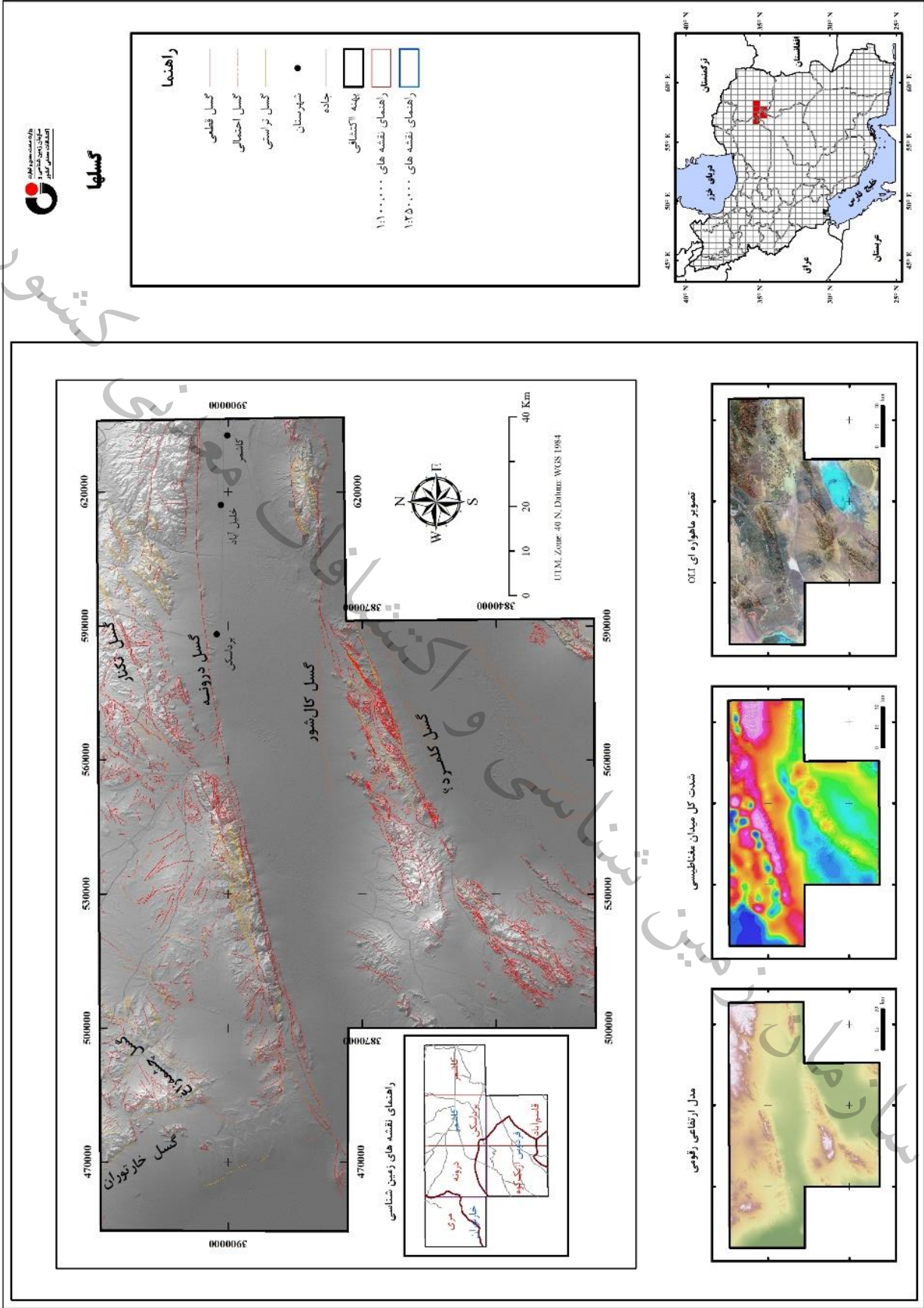
این گسله از دامنه کوه چشمه زاغ عبور می‌کند، و موجب رانده شدن واحد کرتاسه بر روی واحد پلیوسن شده است. راستای گسله شمال خاور- جنوب باختر و شیب زیادی به سمت جنوب خاور دارد. درازای گسله حدود ۱۰ کیلومتر و پهنای گسلش حدود ۵۰ متر است، که در واحدهای یاد شده دیده می‌شود.

۲-۴-۶- گسل خارتوران

این گسله توسط نوگل السادات و الماسیان^۱ (۱۹۹۳) گسله غریبه نامگذاری شده است. این گسله در جنوب باختر روستای نور با روند شمال باختری- جنوب خاوری جای دارد. روند آن بر بسیاری از گسله‌ها نزدیک به عمود است و آنها را در مرز حاشیه کویر بزرگ ایران قطع کرده است. شیب گسله زیاد و به سوی شمال خاور است. درازای گسله حدود ۶۴ کیلومتر است، که فقط ۲۰ کیلومتر آن در ورقه مری دیده می‌شود. گسله خارتوران در سنگ آهک‌های کرتاسه زیرین و کنگلومرای پالئوسن باعث ایجاد خط افراز گسلی به ارتفاع ۲ متر شده است. پهنای پهنه برش زیاد و گاهی بیش از ۱۰۰ متر است. این گسله در شکل‌گیری حوضه رسوبی بزرگی در فرودپواره خود نقش مهمی داشته است، به گونه‌ای که در این حوضه مخروط افکنه‌های زیبایی بر اثر جنبش‌های جدید آن تشکیل شده‌اند. به نظر جکسون (Jackson, 1999) این مخروط افکنه‌ها بر اثر هم پوشانی قطعه‌های یک گسله بوجود می‌آید، به گونه‌ای که این گسله‌ها در درازای خود پیوسته نیستند و در محل ناپیوستگی‌های آنها مخروط افکنه‌های جوان تشکیل می‌شوند.

علاوه بر این گسل‌های اسب کشان، گسل شوراب، گسل درازو، گسل یخاب، گسل مارو از گسل‌های عمده در پهنه محسوب می‌شود. به نظر می‌رسد گسل نائینی نیز تا جنوب غرب پهنه کشیده شده باشد.

¹ Nogol-Sadat and Almasian



شکل ۲-۶- گسلهای اصلی و فرعی پهنه مورد مطالعه



۲-۵-۵- ماگماتیسزم

بیشترین فعالیت ماگماتیسزم در پهنه، در امتداد گسل درونه و در دوران سوم رخ داده است. در زمان سیلورین و کرتاسه نیز رخنمون سنگهای آتشفشانی گزارش است. سنگهای آذرین دوران اول اغلب متحمل دگرگونی شده‌اند. شکل (۲-۷) توزیع واحدهای آذرین در پهنه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۲-۵-۱- نئوپروتروزوئیک

سنگ‌های آذرین درونی این زمان محدود بوده و می‌توان به رخنمون‌هایی از گرانیت، کوارتز دیوریت در برکه بردسکن و ازبک‌کوه اشاره کرد. توده گرانیتی تکنار مجموعه نفوذی تکنار، در شمال شهر بردسکن، بین دو گسل درونه در جنوب و گسل ریوش در شمال واقع شده است. سنگ‌های نفوذی این مجموعه به صورت حلقوی، سنگ‌های دگرگونی درجه پایین تکنار را مورد هجوم قرار داده‌اند. گرانیت آلکالن رخنمون یافته در برکه بردسکن، در شمال شهر بردسکن واقع شده است که شهرابی و همکاران (۱۳۸۵) آن را هم‌ارز گرانیت دوران و متعلق به پرکامبرین می‌دانند که در کوه‌های سلطانیه زنجان شناسایی و نامگذاری شده‌اند در صورتی که سپاهی (۱۳۷۱)، سن نسبی این سنگ‌ها را بعد از دونین و بعد از ژوراسیک میانی گزارش نموده است. این توده‌های گرانیتی، دانه درشت بوده و دارای ترکیب کوارتز، فلدسپات و کمی میکا می‌باشند که در نقاط متعدد با سازند تکنار هم‌مبری دارند و در بعضی نقاط هم توسط گرانیت، گرانودیوریت نفوذ کرده و در مجاورت رخنمون‌های زمان ترشیر واقع شده است. در حالی که شهرابی و همکاران (۱۳۸۵) در گزارش نقشه بردسکن این گرانیت را همسان با گرانیت دوران دانسته، سلطانی^۱ (۲۰۰۰) به آن نام مجموعه برنورد داده و آن را دارای دو گامه گرانودیوریتی و گرانیتی با ماگمای مادر یکسان می‌داند که طی دو مرحله در زمان‌های $1/3_+ 158/8$ میلیون سال و $1/3_+ 145/6$ میلیون سال (ژوراسیک پایانی) تشکیل شده است. این گرانیت از سازند تکنار جوانتر است زیرا شاخه‌هایی از آن در بین لایه‌های سازند یاد شده دیده می‌شوند. در جنوب روستای کاسف برونزدهای این گرانیت و هم‌مبری‌های آن با سازند تکنار نیز از نقاط قابل توجه است.

۲-۵-۲- پالتوزوئیک

فعالیت‌های ماگمایی این دوران بسیار محدودتر از پرکامبرین بوده و شامل دایک‌ها و سیل‌های دیابازی، در ورقه کاشمر، بردسکن و سنگ‌های ولکانیکی، پیروکلاست‌ها، لآوا، بازالت و متاولکانیک‌ها در ورقه قاسم‌آباد

¹ Soltani

می‌باشند. در برگه بردسکن دایک‌های دیابازی در واحدهای رسوبی ماسه‌سنگ، شیل و دولومیت پالئوزوئیک نفوذ کرده‌اند.

۲-۵-۳- مزوزوئیک

رخنمون محدودی از توده‌های نفوذی با ترکیب گرانیتهی در ورقه از قاسم‌آباد، کاشمر و مری گزارش شده است. در ورقه قاسم‌آباد گرانیته درشت دانه‌ای، صورتی، کوارتز، ارتوز و کلریت‌دار با ساختار کم و بیش گنیس (گرانیته رباط زنگیجه) به ژوراسیک پسین نسبت داده شده است، گرچه رضوی و فرامرزی (۱۳۸۵) براساس سن سنجی U-Pb سن ۶۲۴ میلیون سال (پرکامبرین) را برای این توده تعیین کرده است. رخنمون توده‌های گرانودیوریتی تا دیوریتی کرتاسه پسین در ورقه کاشمر و مری گزارش شده است.

براساس رضوی و فرامرزی (۱۳۸۵) توده گرانیتوئیدی رباط زنگیجه به صورت استوک‌های گرانیتهی در ۸۵ کیلومتری جنوب غرب بردسکن و جنوب کوه‌های زبرکوه، در زون ایران مرکزی و بلوک طبس واقع شده و در سنگهای دگرگونه‌ای از نوع گنیس، آمفیبولیت، میکاشیست و فیلیت نفوذ کرده است. سن آن به روش، U-Pb ۶۲۴ میلیون سال (پرکامبرین) بدست آمده است. این سنگها عمدتاً از نوع گرانودیوریت، مونزوگرانیته، سینوگرانیته و گرانیته هستند. بافتهای غالب در توده مزبور گرانولار، میکروگرانولارپورفیری، پورفیروگرانولار، میرمکیت، گرافیک، پرتیت و میلونیتی می‌باشد. از نظر تکنیکی توده گرانیتوئیدی در زون برشی حاصل از عملکرد گسل‌هایی چون نایبند با روند شمال شرق جنوب غرب قرار دارد. فعالیت این گسل سبب تشکیل گنیس، گرانیته گنیس و در برخی مناطق شیستوزیته شده و گنیس‌ها در حقیقت گرانیتهایی هستند که تحت تأثیر استرس قرار گرفته‌اند. زمان وقوع دگرگونی دینامیکی یا دگرشکلی، ۱۵۱ میلیون سال محاسبه شده است. این سنگها دارای منشأ آذرین بوده و در ردیف سنگهای پرآلومین و سری کالکوالکالن قرار می‌گیرند. همچنین آنها از نوع گرانیتوئیدهای قوس آتشفشانی و پس از کوهزایی می‌باشند.

۲-۵-۴- سنوزوئیک

بیشترین رخنمون سنگهای آذرین خروجی در پهنه مربوط به سنوزوئیک است که در شمال گسل درونه دیده می‌شود. این سنگها اغلب شامل گدازه حدواسط تا اسیدی و آذرآرپهای وابسته است. توده‌های نفوذی اغلب ترکیب گرانیته تا گرانودیوریتی داشته و به زمان ائوسن پسین تا ائوسن- الیگوسن نسبت داده شده است. بزرگترین رخنمون توده گرانیتهی به نام گرانیتوئید کاشمر شناخته می‌شود.



گرانیتوئید کاشمر توسط سلطانی^۱ (۲۰۰۰) به توده عظیم گرانیتوئیدی این منطقه داده شده که نامبرده آن را بین گسل‌های درونه و ریوش جای داده است. این گرانیتوئید در مکان‌های جغرافیایی مختلف داخل سازندهای کهن تر نفوذ کرده و در بعضی جاها توسط نهشته‌های جوانتر پوشیده شده است. دیرینه این گرانیتوئید که نامبرده آن را پلوتون‌های متعدد شامل تونالیت، گرانودیوریت، گرانیت و آلکالی گرانیت توصیف و به روش رادیومتری (روبیوم-استرنسیوم Rb/Sr) تعیین سن نموده و عددی برابر $43/5 \text{ Ma} \pm 0/4$ تا $42/4$ بدست آورده است، زمان ائوسن-الیگوسن را مشخص می‌نماید. در ورقه کاشمر با ترکیب آن از الکالی گرانیت تا گرانودیوریت تغییر کرده و در واحدهای آتشفشانی ائوسن نفوذ کرده است. این توده نفوذی در گستره برکه بردسکن فقط در شمال باختری آن (سیاه کوه) برونزد دارد. که در داخل سازند تکنار (دگرگونه‌ها و ریولیت داخل آن) و گرانیت نوع دوران (gd) نفوذ نموده است. این گرانیت دارای هاله دگرگونی به نسبت کم ضخامت (حدود ۱۰-۸ متر) است و در آن بدلیل پائین بودن اندازه کانی‌های پر مایه از آلومین و پائین بودن دما و میزان Rb درجه تفریق ماگما کم بوده است که با تغییر ناچیز ایزوتوپ های Rb, Sr تأیید شده است.

از دیدگاه جایگاه تکتونیکی سلطانی^۲ (۲۰۰۰) مکانیسم تشکیل گرانیتوئید کاشمر را در ارتباط با تکاپوهای ماگماتیسیم در زون فرورانش و جایگزینی آن در یک کمان ماگمایی در حاشیه صفحه قاره‌ای می‌داند. گسترش وسیع سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی از نوع کالک آلکالن که به صورت یک کمان ماگمایی در شمال گسل درونه با دیرینه ائوسن میانی- پایانی رخنمون دارند و جنس بیشتر سنگ‌های پلوتونیک آن گرانیت و گرانودیوریت است. سنگ‌های آتشفشانی این کمان ماگمایی بر روی هم از نوع داسیت، آندزیت و ریولیت است. ویژگی‌های شیمیایی این سنگ‌های ولکانیک و نیز گرانیت‌های نوع I^۳ در آن بسیار همسان ماگماهای همین نوع در کمر بند دراز کردیلرین^۴ در آمریکا است (Soltani, 2000).

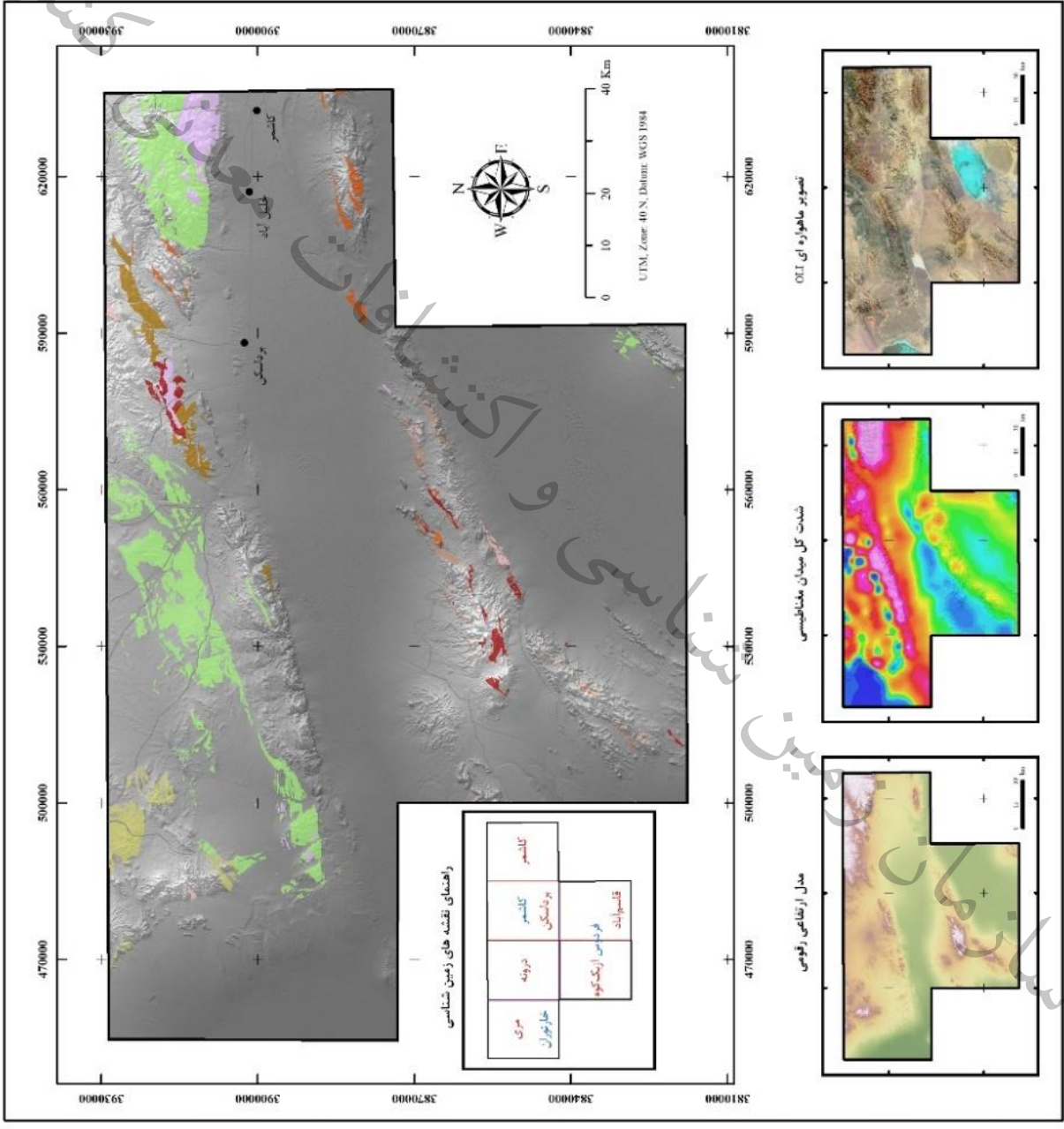
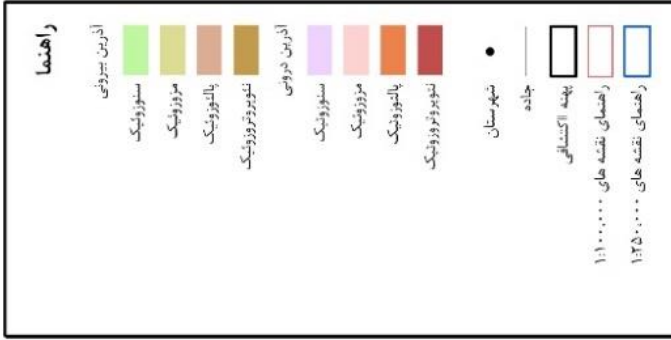
¹¹ Soltani

² Soltani

³ I-Type

⁴ Cordilleran

واحدهای سنگی آذرین



شکل ۲-۷- توزیع واحدهای آذرین در پهنه مورد مطالعه

کشور

معدنی

اكتشافات

فصل سوم

زمین شناسی اقتصادی

شناسی

و متالورژی

زمین

سازمان

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۳-۱- مقدمه

وضعیت متالورژی منطقه که یکی از شاخص‌های معدنی- اکتشافی می‌باشد بر اساس زون‌های ساختاری و تیپ‌های کانه‌زایی موجود در هر منطقه قابل بررسی و طبقه‌بندی است. که بر این اساس می‌توان در فاز اول انواع ذخایر معدنی موجود در یک منطقه را مشخص و مورد ارزیابی قرار داد و در فاز دوم، مناطق جدید مستعد فعالیت‌های اکتشافی- معدنی را در آن منطقه شناسایی و معرفی نمود. از آنجا که بلوک کاشمر جهت پی‌جویی عنصر آهن مشخص شده است، لذا، در این فصل کلیه کانسارهای معدنی آهن‌دار و کانسارهای مرتبط با کانی‌سازی عنصر آهن از جمله مس، طلا و منگنز با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی، تکتونیکی، ژئوشیمیایی، ژنز و معدنی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۳-۲- متالورژی و پهنه‌بندی ساختاری محدوده مطالعاتی

متالورژی آمیخته‌ای از مجموعه علوم زمین است که قانونمندی طبیعی حاکم بر چگونگی تشکیل، توزیع زمانی و مکانی کانسارها را تعیین می‌کند. در قالب این علم، نه تنها نظم حاکم بر توزیع کانسارهای فلزی جستجو می‌شود، بلکه منابع معدنی نافلزی و حتی سوخت‌های فسیلی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. رابطه میان نوع خاصی از کانی‌سازی با سنگ‌های ماگمایی توده‌های نفوذی خاص منجر به منطقه‌بندی جغرافیایی و سرانجام به‌وجود آمدن ایالت‌های متالورژی شد. هر منطقه، دارای سنگ‌های رسوبی، آذرین یا آتشفشانی - رسوبی مشخصی است که در شرایط و رژیم زمین‌ساختی معینی به‌وجود آمده‌اند. ابعاد منطقه متالورژی مختلف بوده و تابع تکوین عمومی عناصر سازنده پوسته زمین است (قربانی، ۱۳۸۴). لذا، تکامل تکتونیکی و فازهای کانه‌زایی ایران زمین متأثر از چرخه باز و بسته اقیانوس‌های پروتو، پالئو و نئوتتیس است که در این میان چرخه نئوتتیس عامل اصلی تشکیل تیپ‌های کانه‌زای کانسارهای موجود در ایران می‌باشد (Ramezani and Tucker, 2003). محدوده بلوک کاشمر بطور کامل در زون ساختاری ایران مرکزی قرار گرفته است لذا با توجه به جایگاه تکتونیکی و فازهای کانه‌زایی اتفاق افتاده در منطقه مورد مطالعه، کانسارهای با تیپ کانه‌زای اپی‌ترمال، پورفیری، اسکارن، سولفید توده‌ای (کروکو و بشی)، مانتو و آتشفشانی- رسوبی محتمل می‌باشد. که از این میان کانسارهای آهن‌دار منطقه در دو بازه زمانی نئوپروتروزوئیک- پالئوزوئیک زیرین و ائوسن تشکیل شده‌اند. کانسارهای مربوط به بازه زمانی نئوپروتروزوئیک- پالئوزوئیک زیرین که عمدتاً در زیر زون بافق- پشت‌بادام گزارش شده‌اند، دارای سنگ‌میزبان کربناته و آتشفشانی هستند. برخی از این دسته کانسارها، تحت تأثیر توده‌های نفوذی اسیدی- حداواسط- بازیک ذخایر آهن با تیپ اسکارنی را تشکیل داده‌اند که از این جمله کانسارهای زبرکوه و دلکن را می‌توان نام برد و برخی دیگر از کانسارها در این بازه زمانی، مانند ذخایر نرم و کریز، کانی‌سازی اکسیدهای آهن همراه با آپاتیت صورت گرفته است و به عنوان تیپ کانی‌سازی IOA گزارش شده‌اند (پرورش

دربندی و همکاران، ۱۳۹۷؛ علمدار و همکاران، ۱۳۹۱). کانسارهای آهن مربوط به دوره ائوسن دارای سنگ میزبان ولکانیکی، رسوبی، پیروکلاستیکی می‌باشند که تحت تأثیر فعالیت‌های ماگمایی بعد از ائوسن قرار گرفته‌اند و می‌توان از معدن سیاه‌کوه، محدوده آهن‌طلادار بردسکن (کلات رضا) و ... نام برد.

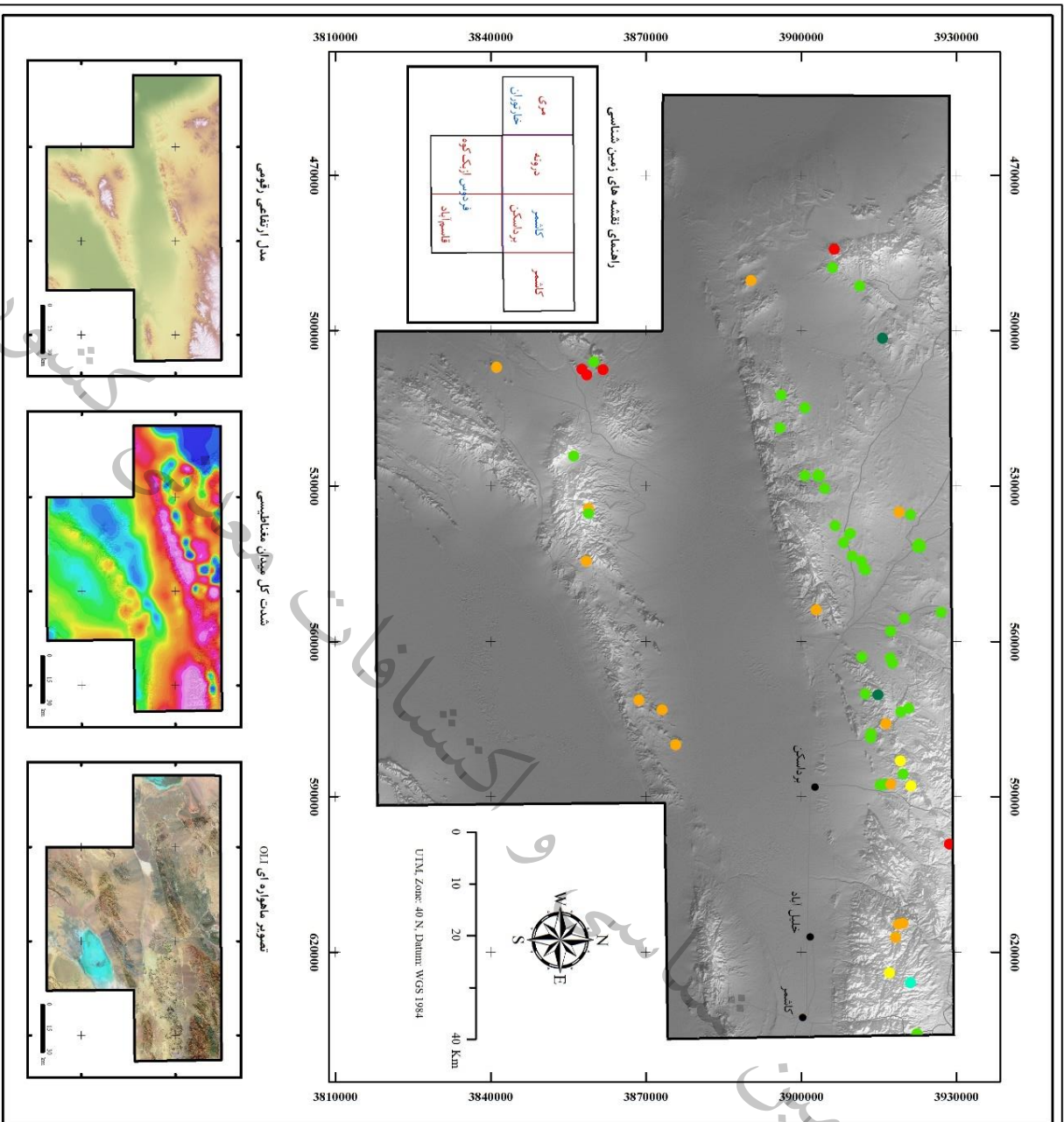
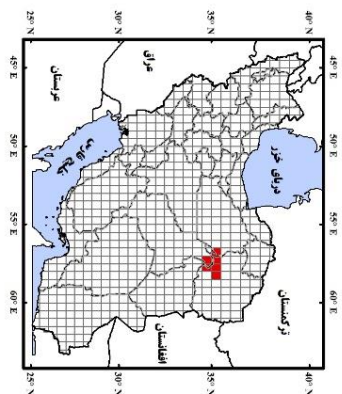
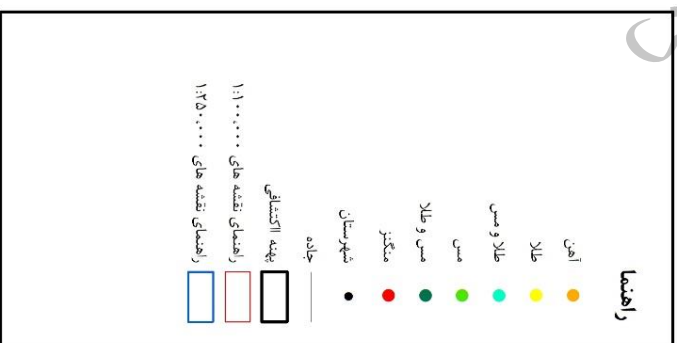
۳-۳- معادن محدوده مطالعاتی

بلوک اکتشافی آهن کاشمر به جهت جایگاه زمین‌شناسی ساختاری آن (زون ساختاری ایران مرکزی)، مستعد پتانسیل کانه‌زایی عناصر فلزی و غیر فلزی متفاوتی می‌باشد و از آنجا که در این محدوده اکتشافی کانی‌سازی عنصر آهن در اولویت می‌باشد کلیه کانسارهای مرتبط با این نوع کانی‌زایی در دست مطالعه قرار گرفته است. بطور کل در این محدوده کانی‌سازی عناصر آهن، مس، طلا و منگنز مورد بررسی قرار گرفته است که از این میان، تمرکز قابل توجه‌ای از کانی‌سازی‌های آهن و مس در منطقه مشاهده گردید و می‌توان از معادن آهن ده‌زمان، نرم، دلکن و معادن مس زنگالو، دهنه‌سیاه، چشمه‌گز و ... نام برد. از دیگر کانسارهای شناسایی شده در منطقه می‌توان به طلای دامن‌قر و کلاته‌تیمور و منگنز نخلک (سلم‌رود) و خور- زیروقت اشاره نمود. لازم به ذکر است که ذخایر غیر فلزی مرتبط با کانی‌سازی آهن مانند ذخایر آپاتیتی و گارنت نیز مورد بررسی قرار گرفت که کانسار مناسبی در محدوده این بلوک گزارش نشده است.

۳-۳-۱- مواد معدنی فلزی

ذخایر فلزی مطالعه شده در بلوک کاشمر شامل کانسارهای آهن‌دار، مس، مس-طلا، طلا و منگنز می‌باشد که بیشترین ذخایر منطقه را کانسارهای مس و آهن‌دار تشکیل می‌دهند و در تمامی قسمت‌های محدوده مورد مطالعه گزارش شده‌اند. بعد از ذخایر آهن و مس، کانسارهای طلا و منگنز هستند که مورد توجه می‌باشند و بیشترین تمرکز را در قسمت‌های شمالی و جنوبی بلوک کاشمر دارند. کلیه کانی‌سازی‌های انجام شده در این بلوک مرتبط با فعالیت‌های تکتونوماگمایی پهنه ساختاری ایران مرکزی تشکیل شده‌اند که در این میان، معادن آهن ده‌زمان، طلای دامن‌قر، مس زنگالو، منگنز نخلک (سلم‌رود) و ... از جمله ذخایر شاخص موجود در بلوک کاشمر هستند. شکل ۳-۱ پراکندگی کلیه کانسارهای فلزی را در محدوده بلوک کاشمر نشان می‌دهد.

پراکندگی کانسارهای فلزی



شکل ۳-۱- پراکندگی کانسارهای فلزی در محدوده بلوک کاشمر.

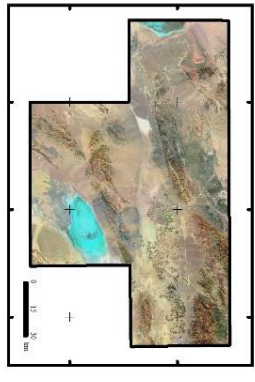
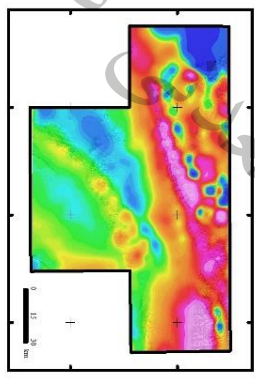
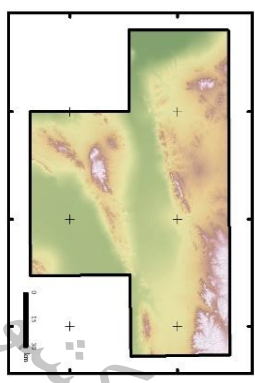
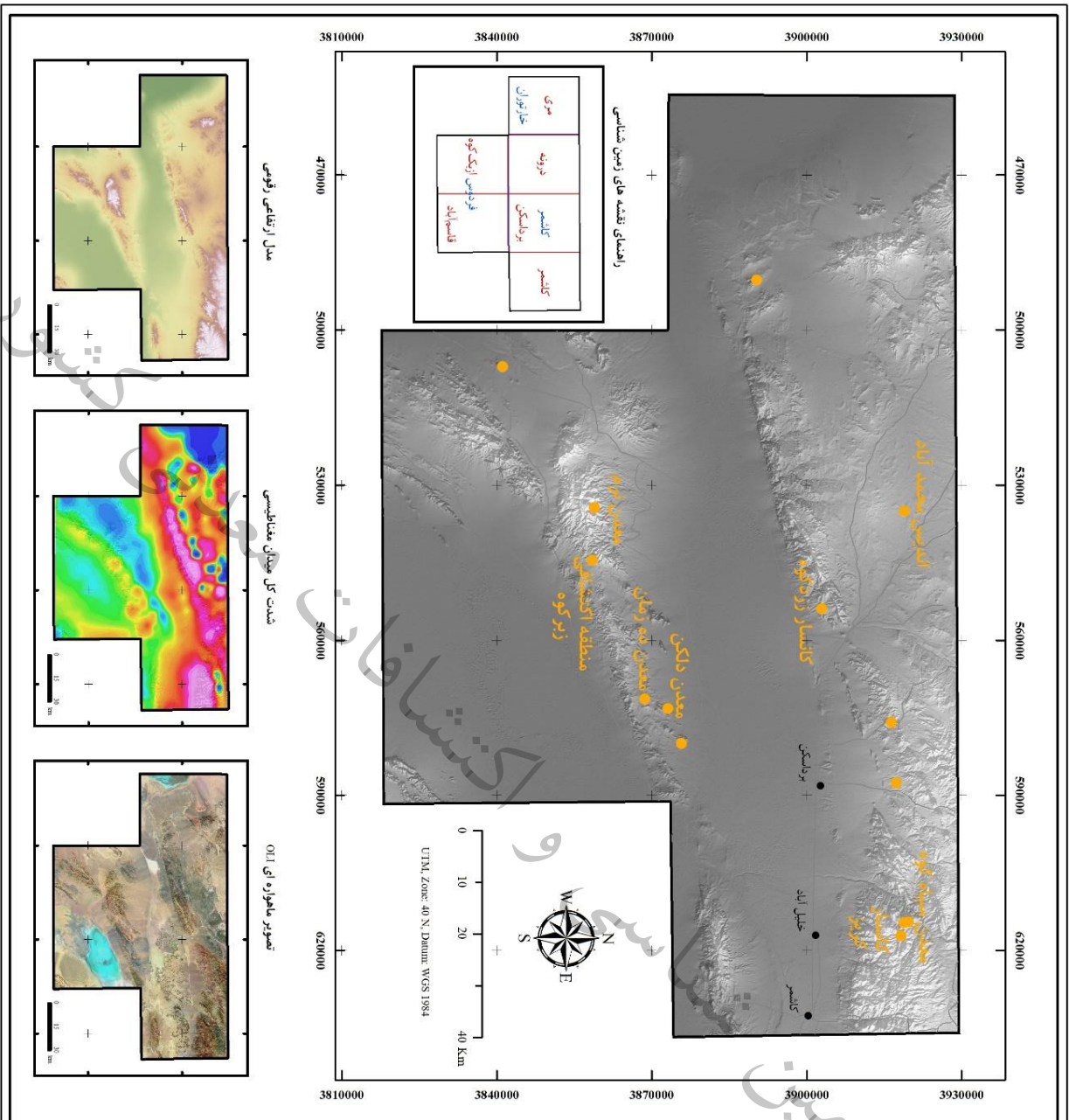
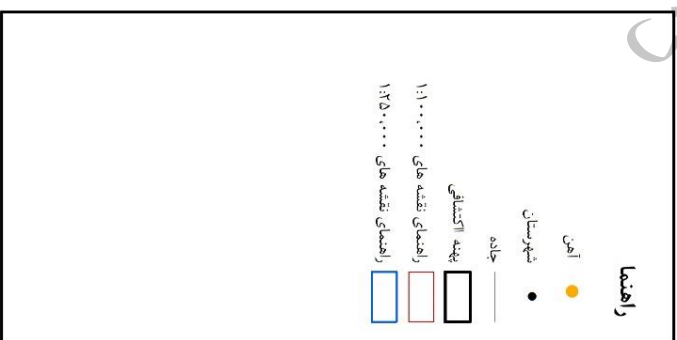
۳-۱-۱-۳-۱- کانسارهای آهن

با توجه به جایگاه تکتونیکی و زمین شناسی محدوده مطالعاتی، کانی سازی های آهن یکی از پتانسیل های معدنی قابل توجه منطقه می باشد که باعث شده است بسیاری معادن و کانسارهای آهن در بخش های مختلف محدوده مطالعاتی متمرکز گردند. از نظر جایگاه ساختاری این کانسارهای در زیر زون های مختلف پهنه ساختاری ایران مرکزی مانند بافق- پشت بادام و طبس قرار دارند که بصورت تیپ های کانه زایی اکسید آهن- آپاتیت دار (IOA)، اسکارنی، ولکانیکی- رسوبی و ... گزارش شده اند. شکل (۳-۲) پراکندگی کانسارهای آهن- دار را نشان می دهد.

۳-۱-۱-۳-۳- پراکندگی آهن در زون ایران مرکزی

ذخایر آهن دار گزارش شده در بلوک کاشمر در بخش های مختلف پهنه ساختاری ایران مرکزی قرار گرفته اند. برخی از این ذخایر در زیر زون بافق- پشت بادام قرار دارند و مرتبط با بازه زمانی نئوپروتروزوئیک- پالئوزوئیک زیرین هستند و دو نوع تیپ کانی سازی اکسید آهن- آپاتیت (IOA) و اسکارنی در این زیرزون مشاهده گردید. معدن آهن نرم و کانسار کریز با تیپ کانه زایی IOA و کانسارهای زیرکوه و دلکن با تیپ کانه زایی اسکارنی از این دسته از کانسارها هستند. معدن شناخته شده آهن ده زمان نیز با تیپ کانه زایی IOA، تنها کانسار منطقه است که در زیر زون طبس قرار گرفته است. دیگر کانسارهای آهن دار موجود در بلوک کاشمر، مربوط به بازه زمانی ائوسن و بعد از ائوسن می باشند که عبارتند از محمد، آباد، زردکوه، سیاه کوه، کلات رضا و ...

پراکندگی کانسارهای آهن



شکل ۳-۲- پراکندگی کانسارهای آهن در محدوده بلوک کاشمر.

- کانسارهای آهن نئوپروتروزوئیک - پالئوزوئیک زیرین

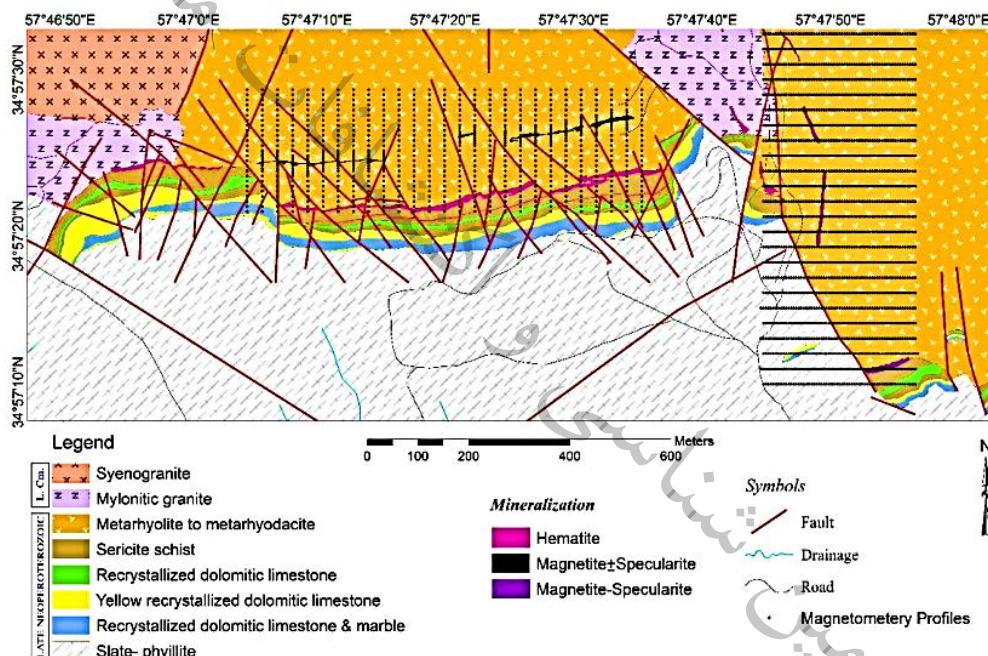
بیشتر کانسارهایی که در بازه سنی نئوپروتروزوئیک - پالئوزوئیک زیرین تشکیل شده‌اند در زیر زون بافق - پشت‌بادام واقع شده‌اند. برخی مانند ذخایر زبر کوه و دلکن دارای سنگ میزبان کربناته هستند که توده‌های نفوذی با ترکیب توده‌های سینودیوریت، مونزونیت، دیوریت، مونزودیوریت، گابرو، متاسینوگرانیت و گرانیتی در آنها نفوذ کرده و باعث تشکیل زون‌های اسکارنی آهن‌دار با ترکیب کانی‌شناسی غالب مگنتیت، گارنت و اکتینولیت شده‌اند. برخی دیگر مانند معدن نرم و کانسار کریز، لنزها توده‌های مگنتیتی در داخل واحدهای دولومیتی بازمتبلور شده، دیوریتی و آهکی تشکیل شده است که این دسته از کانسارها کانی‌سازی اکسید آهن همراه با آپاتیت گزارش شده است و تحت عنوان IOA نوع کایرونا شناخته شده‌اند. کانسار ده‌زمان تنها کانسار گزارش شده در زیر زون طبس می‌باشد که دارای سنگ میزبان آتشفشانی متاریولیت - متاریوداسیت است و در آن کانه‌زایی مگنتیت - اسپیکیولاریت آپاتیت‌دار تشکیل شده است و تحت عنوان تیپ اکسید آهن - آپاتیت‌دار (IOA) گزارش شده است.

معدن ده‌زمان

معدن آهن ده‌زمان در ۳۰ کیلومتری جنوب‌غربی بردسکن در استان خراسان رضوی و در موقعیت جغرافیایی $35^{\circ}53'$ $46^{\circ}57'$ طول شرقی و $2^{\circ}02'25''$ $34^{\circ}57'$ عرض شمالی واقع گردیده است. این معدن از نظر ساختاری در شمال شرق کمر بند زمین‌ساختی کاشمر - کرمان و در زیر زون ساختاری طبس قرار دارد. جهت دسترسی به محدوده معدن از جاده کاشمر - بردسکن به سمت جنوب مسیر روستاهای کلاته‌نور، محمدآباد، شهرآباد، جلال‌آباد و رحمانیه طی نموده که روستای رحمانیه تا معدن ۱۷ کیلومتر فاصله دارد. مجموعه آتشفشانی - رسوبی دگرگون شده منطقه معدن ده‌زمان همگی متعلق به نئوپروتروزوئیک بالایی - کامبرین زیرین هستند که تحت تأثیر دگرگونی ناحیه‌ای درجه پایین و دگرشکلی حاصل از فعالیت‌های زیاد زمین‌ساختی قرار گرفته‌اند. قدیمی‌ترین واحد منطقه اسلیت و فیلیت‌های سیاه و خاکستری با میان لایه‌های کوارتزیت است که در جنوب منطقه گسترش دارند. وجود رگچه‌های فراوان کوارتز شیری با ساخت بودیناژ در جهت شیستوزیته، ویژگی بارز این واحد است که تحت تأثیر دگرگونی ناحیه‌ای شکل گرفته‌اند. واحدهای کربناته دگرگونی با روند شرقی - غربی به ترتیب از قدیم به جدید شامل الف) آهک دولومیتی تبلور مجدد یافته و مرمر، ب) آهک دولومیتی تبلور مجدد یافته کرم تا زرد رنگ و پ) آهک دولومیتی تبلور مجدد یافته است. حرکات زمین‌ساختی باعث شده است که این طبقات رسوبی از حالت افقی خارج و به صورت شیب‌دار به سمت شمال دیده شوند. واحد سرسیتشیست با مرز شارپ، همراستا با واحدهای



کربناته دگرگون شده در شمال و جنوب لایه سنگ آهک دولومیتی تبلور مجدد یافته با روند شرقی- غربی دیده می‌شود. در شمال و همراستا با این واحد، باند بزرگ کانه‌زایی هماتیت رسوبی به طول ۲۵۰۰ متر قرار دارد. واحد آتشفشانی متاریولیت- متاریوداسیت به‌طور عمده در بخش مرکزی و شرقی محدوده دیده می‌شود که تحت تأثیر دگرگونی ناحیه‌ای و دینامیکی قرار گرفته است. این واحد میزبان اصلی کانه‌زایی مگنتیت- اسپکیولاریت آپاتیت‌دار است. بافت غالب در این سنگ‌ها پورفیری با زمینه بسیار دانه ریز است. هاله آلتراسیونی کلریتی شدید و کربناتی در اطراف رگه‌های کانی‌سازی در این واحد آتشفشانی دگرگون شده دیده می‌شود. واحد سینوگرانیت به سن کامبرین‌زیرین با رنگ روشن در شمال غرب محدوده قرار گرفته و دارای مرزهای گسله با واحد متاریولیت- متاریوداسیت است (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳- نقشه زمین‌شناسی- کانی‌سازی کانسار ده‌زمان به همراه ایستگاه‌های برداشت مغناطیس‌سنجی زمینی (حاجی میرزاجان و همکاران، ۱۳۹۶).

کانی‌سازی مگنتیت± اسپکیولاریت و مگنتیت- اسپکیولاریت در کانسار ده‌زمان در کل کنترل ساختاری داشته و به شکل رگه و رگچه در زون‌های گسلی و سطوح درز و شکستگی واحد متاریولیت- متاریوداسیت اواخر نئوپروتروزوئیک تشکیل شده است و فعالیت‌های زمین‌ساختی شدید منطقه باعث شده است تا جایگاه‌های متعددی در آن صورت گیرد. کانی‌سازی مگنتیت± اسپکیولاریت در قسمت مرکزی محدوده به صورت شرقی- غربی با شیب ۸۵ درجه به سمت شمال رخمون دارد. طول رگه کانی‌سازی در قسمت

مرکزی حداکثر ۷۵۰ متر با عرض ۲ تا ۵ متر است که در قسمت‌های میانی به صورت منقطع است. وجود گسل‌های امتداد لغز راست‌گرد و چپ‌گرد بعد از کانی‌زایی در قسمت میانی باعث جابجایی و نبود پیوستگی زون کانه‌دار در این قسمت شده است. کانی‌سازی مگنتیت-اسپیکیولاریت در قسمت شرقی دارای روند شمالی-جنوبی و شیب ۷۵ درجه به سمت شرق است. مقدار اسپیکیولاریت در رگه‌های شرقی بخصوص در قسمت میانی آن بیشتر است. کانی‌سازی در این بخش نیز به صورت منقطع رخنمون دارد که حداکثر طول کانی‌سازی مشاهده شده در این قسمت حدود ۷۰۰ متر و عرض حدود ۳ تا ۵ متر است. علاوه بر رگه‌های اصلی، بافت رگه-رگچه‌ای و افشان در اطراف رگه‌های اصلی مگنتیت \pm اسپیکیولاریت و مگنتیت-اسپیکیولاریت و در سنگ میزبان آتشفشانی دیده می‌شود که با دور شدن از رگه‌ها، مقدار آن کاهش می‌یابد. کانی‌شناسی کانسار بسیار ساده بوده و شامل مگنتیت و اسپیکیولاریت با ریزبلورها یا ادخال‌های آپاتیت و به مقدار ناچیز کالکوپیریت است که با باطله‌های کلریت، کربنات، گوارتر، بیوتی \pm تورمالین همراهی می‌شود. هماتیت و به مقدار کمتر مالاکیت مهمترین کانی‌های ثانویه هستند. مگنتیت مهمترین و فراوانترین کانه فلزی این بخش از کانی‌سازی است. آلتراسیون در محدوده کانسار ده‌زمان غالباً محدود به بخش‌های کانه‌دار مگنتیت \pm اسپیکیولاریت و مگنتیت-اسپیکیولاریت آپاتیت‌دار است و به انواع کلریتی، کربناتی، سیلیسی، بیوتیتی و تورمالینی قابل تقسیم است. کلریتی شدن مهمترین آلتراسیون همراه با کانه‌زایی مگنتیت در منطقه است.

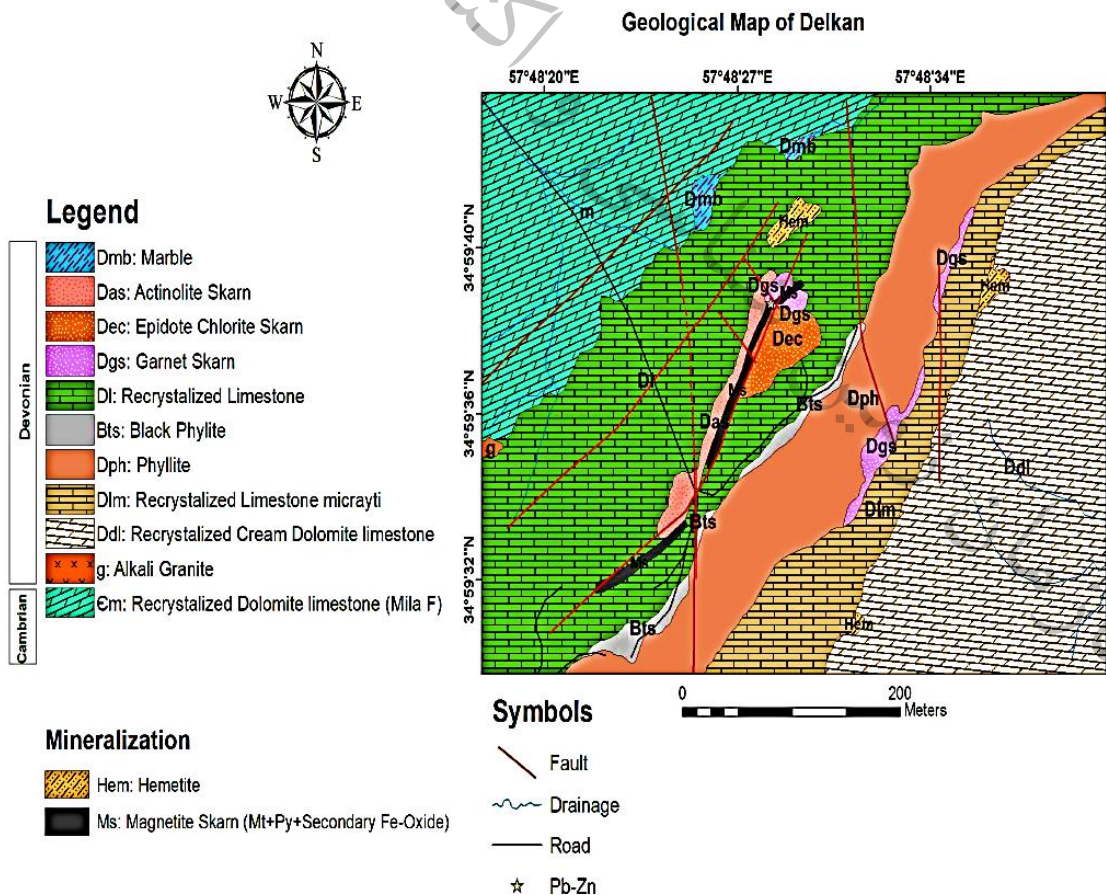
عیار آهن بین ۵۶ تا ۶۷ درصد و مقدار FeO بین ۰/۲۹ تا ۲۰/۱۳ درصد متغیر است. مقدار FeO رابطه معکوس با اسپیکیولاریت در کانسنگ دارد. همچنین مقادیر قابل توجه عناصر نادر خاکی بویژه عناصر LREE در کانسنگ دیده می‌شود، بطوریکه مقدار کل عناصر نادر خاکی اغلب بیش از ۱۰۰ گرم در تن بوده و به ۴۸۲۷ گرم در تن نیز می‌رسد. مطالعات سنگ میزبان، کانی‌شناسی، ساخت و بافت، آلتراسیون و ژئوشیمی نشان می‌دهد که کانسار ده‌زمان شبیه به ذخایر آهن نوع کایرونا می‌باشد و بطور خلاصه این کانسار دارای طول ۱۵۰۰ متر، عمق ۱۰۰ متر و عیار متوسط ۵۵ درصد با شیب ۸۰ درجه می‌باشد که میزان ذخیره آن ۳ میلیون و ۸۰۰ هزار تن برآورد شده است و استخراج اسمی آن ۵۰۰۰ تن گزارش گردیده است (حاجی میرزاجان و همکاران، ۱۳۹۶؛ سایت سازمان صنایع و معادن خراسان رضوی، ۱۴۰۰؛ اکبری‌مقدم، ۱۳۹۰).

معادن دلکن

معادن سنگ آهن دلکن در فاصله‌ای ۳۱۰ کیلومتری جنوب غرب مشهد و ۳۶ کیلومتری جنوب‌غربی بردسکن در استان خراسان رضوی، در موقعیت جغرافیایی $34^{\circ}59'48''/49''$ طول شرقی و $57^{\circ}48'11''/13''$ عرض



شمالی واقع گردیده است. بر اساس جایگاه ساختاری این کانسار در شمال شرق کمربند متالوژنی، تکتونیکی کاشمر- شمال کرمان و در زون ساختاری بافق- پشت بادام قرار گرفته است. دسترسی به این منطقه از طریق جاده بردسکن به شهرآباد و عبور از روستای رحمانیه امکان پذیر می باشد. از نظر زمین شناسی محدوده معدنی دلکن شامل واحدهای آهک های دولومیتی سازند میلا، آهک میکرایتی، آهک متبلور شده دونین، آلکالی گرانیته، مرمر و زون اسکارنی می باشد. زون اسکارنی که کانی سازی آهن در آن قرار گرفته است عبارتند از: (۱) واحد گارنت اسکارن که گسترش کمتری نسبت به سایر زون های اسکارنی دارد و بصورت محدود در بخش شرقی دیده می شود. بلورهای گارنت همراه با کلسیت و مقادیر جزئی مگنتیت و اکتینولیت مشاهده می شود. (۲) واحد اپیدوت- کلریت اسکارن، که مهمترین کانی های آن اپیدوت و کلریت است و ظاهری سبز دارد و مگنتیت به همراه لیمونیت در این واحد شناسایی شده است. (۳) واحد اکتینولیت اسکارن که بیشترین گسترش را دارد و در آن اکتینولیت با بافت رشته ای و دسته جارویی در ابعاد ۰/۵ تا بیش از ۱۵ سانتیمتر دیده می شود (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴- نقشه زمین شناسی- کانی سازی کانسار دلکن (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۴).

اکتینولیت ۶۰ تا ۵۵ درصد، کلریت ۱۵ تا ۱۰ درصد، مگنتیت ۱۰ تا ۵ درصد و پیریت ۵ تا ۳ درصد کانی‌های تشکیل دهنده این کانسار هستند. کانی‌سازی در منطقه دلکن در حد فاصل فیلیت‌ها و آهک‌های دولومیتی دگرگون شده کامبرین اتفاق افتاده است که بنا بر شکل (۳-۳) زون‌های کانی‌سازی در آهک‌های متبلور شده دونین متمرکز شده‌اند و تمرکز این زون‌های کانی‌سازی، مرتبط با زون گسلی با روند عمده شمال‌شرق-جنوب‌غرب می‌باشند. زون کانی‌سازی بصورت استراتی‌باند و با ضخامت متغیر از ۳ تا ۱۰ متر و هم‌راستا با سایر واحدهای سنگی می‌باشد. کانی‌های اولیه شامل مگنتیت، پیریت و کالکوپیریت است. هماتیت و مالاکیت از جمله کانی‌های ثانویه هستند. مگنتیت مهمترین کانی فلزی در دلکن است که رخمون آن بصورت استراتی-باند با کنترل گسلی می‌باشد که طول تقریبی آن حدود ۲۰۰ متر و عرض متوسط ۵ متر و با شیب ۵۵ تا ۶۰ درجه به سمت جنوب شرق دیده می‌شود. گسل‌های راستالغز متعدد سبب جابجایی این زون شده‌اند. مگنتیت بصورت بافت توده‌ای و متراکم و به صورت نیمه‌شکل و بی‌شکل مشاهده می‌شود. پیریت مهمترین کانی سولفیدی با فراوانی ۸ تا ۱۰ درصد به صورت پراکنده و رگچه‌ای گزارش شده است. رگچه‌های کلسیت مهمترین کانی باطله در زون کانی‌سازی است. نسل دوم کانی‌سازی در این منطقه شامل گالن، اسفالریت، کالکوپیریت و پیریت می‌باشد که به شکل رگه‌ای در رگه‌های کوارتز مشاهده می‌شود. کانی‌های شاخص اسکارن مانند اکتینولیت، اپیدوت، کلریت، کلسیت و به مقدار کمتر گارنت به همراه مگنتیت موید تیپ کانی‌سازی آهن از نوع اسکارنی می‌باشد (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۴).

معدن نرم

معدن آهن نرم در فاصله ۹۰ کیلومتری شمال‌شرق عشق‌آباد در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}22'36''/57^{\circ}$ طول شرقی و $34^{\circ}52'16''/60^{\circ}$ عرض شمالی واقع گردیده است. معدن نرم در لبه شمال شرقی کمربند متالوژنی کاشمر- کرمان و زون ساختاری بافق- پشت بادام قرار دارد. دسترسی به منطقه از طریق جاده بردسکن- درونه امکان‌پذیر است. از نظر زمین‌شناسی واحدهای سنگی منطقه عبارتند از دولومیت‌های متبلور، تناوب آهک-های خاکستری و آهک‌های دولومیتی، تناوب آهک‌های خاکستری و سیلتستون، تناوب آهک‌های خاکستری و آهک‌های سیلتی، آهک ماسه‌ای، واحدهای آتشفشانی بشدت آلتزه که این مجموعه تحت نفوذ واحدهای میکرودیوریتی تا گابرویدیوریتی قرار گرفته است. زون کانی‌سازی در محدوده معدن به صورت یک محدوده تکتونیکی به طول تقریبی ۲۲۰ متر و عرض حدود ۱۴۵ متر داخل واحدهای دولومیتی بازمبلور مشاهده می‌شود. رخداد کانه‌زایی در محدوده معدن نرم شامل لنزها و توده‌های مگنتیتی می‌باشد. کانی‌سازی مگنتیت در پیش‌کار اصلی معدن در اشکال مختلف قابل مشاهده است که عبارتند از: ۱) کانی‌سازی مگنتیت به همراه

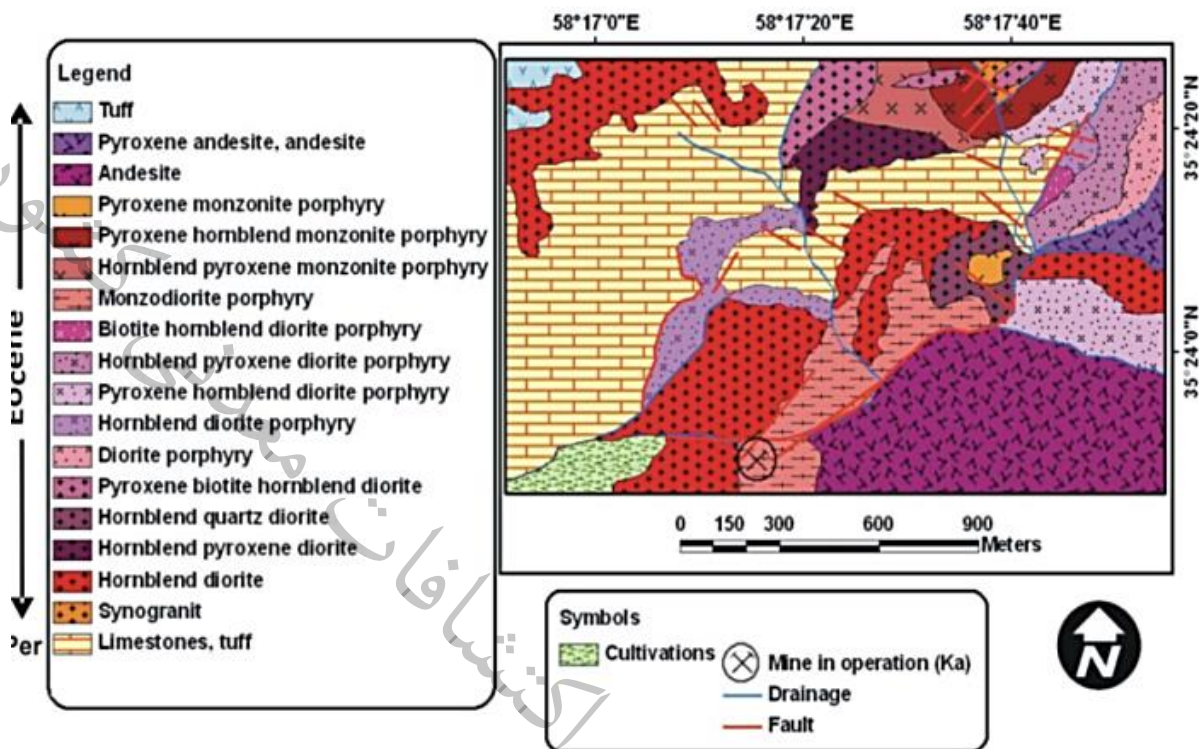


پیریت (۲) کلاست‌های مگنتیتی داخل واحدهای دیوریتی و نیز داخل دولومیت (۳) عدسی‌های مگنتیت در مجاورت آپوفیزهای دیوریتی (۴) لایه‌های مگنتیتی که اغلب روی آن‌ها واحد میکروکنگلومرایی و در برخی قسمت‌ها آهک‌هایی که آثار نفوذ محلول در آنها مشهود است. (۵) مگنتیت در ماتریکس و زمینه برش‌هایی که قطعات را بطور عمده دولومیت بازتبلور یافته تشکیل می‌دهند. زون کانه‌زایی شامل کانی‌های مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، اسپکیولاریت، اپیدوت، کلسیت، کوارتز، هماتیت، گوتیت، آپاتیت و بیوتیت ثانویه است و اکتینولیت کانی باطله همراه کانی‌سازی مگنتیت می‌باشد. آلتراسیون غالب منطقه شامل اپیدوتیتی و کلریتی شدن است. در برخی نقاط داخل واحدهای آهکی به ضخامت حدود ۱/۵ متر رگه-رگچه‌های سیلیسی با ضخامت ۱-۳ سانتیمتر دیده می‌شود. در چنین واحدهای آهکی میزان اکسیدهای آهن بالاست. کانی‌سازی آهن معدن نرم به نظر با کانی‌سازی آهن پالئوزوئیک ایران قرابت زمانی دارد و به نظر می‌رسد کانی‌سازی در این منطقه از نوع آهن-آپاتیت‌دار کایرونا می‌باشد و میزان ذخیره قطعی این معدن ۲۰۰ هزار تن است (پرورش دربندی و همکاران، ۱۳۹۷).

کانسار کریز

منطقه مورد بررسی در ۳۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان کاشمر، جنوب غربی روستای کریز و در شرق معدن آهن سیاه‌کوه قرار گرفته است. این کانسار در موقعیت جغرافیایی $58^{\circ}17'26/63''$ طول شرقی و $35^{\circ}23'57/27''$ عرض شمالی قرار گرفته است. این منطقه در کمربند آتشفشانی- نفوذی، خواف- کاشمر- بردسکن و در زون ساختاری ایران مرکزی و بخش شرقی زون متالوژنی تکنار واقع شده است. دسترسی به منطقه مورد نظر از دو مسیر متفاوت جاده مشهد- نیشابور- ریوش و جاده مشهد- تربت حیدریه- کاشمر ممکن است. بر اساس بررسی‌های صحرایی و کانی‌شناسی صورت گرفته، بیشتر سنگ‌های منطقه را واحدهای عمیق، نیمه عمیق و واحدهای آتشفشانی با سن ائوسن تشکیل می‌دهند که شامل سینوگرانیت، دیوریت، پیروکسن- هورنبلند- بیوتیت هورنبلند دیوریت پورفیری، مونزودیوریت پورفیری و پیروکسن آندزیت می‌شوند. واحدهای کربناته با سن پرمین نیز در منطقه گسترده شده است. ۴ نوع دگرسانی‌های پروپیلیتیک، سیلیسی، آرژیلیکی، و کربناتی در منطقه گزارش شده است (شکل ۳-۵).

Lithology Map of South west section of Keriz (Kashmar)



شکل ۳-۵- نقشه زمین شناسی کانسار کریز (علمدار و همکاران، ۱۳۹۱).

از نظر زمین ساختی، منطقه حاوی سه نوع گسل از جمله گسل نرمال، راستالغز و تراستی است که روند اصلی گسل‌ها شمال غربی - جنوب شرقی است و روند این گسل‌ها با روند کانی سازی رگه‌ای همخوانی دارد. گسل راستالغز در کانی سازی نقش موثری داشته و عملکرد این گسل منجر به ایجاد فضاهای مناسب برای بالا آمدگی آبگون و پر کردن فضاها شده است. کانی سازی در منطقه به شکل رگه‌ای، عدسی، توده‌ای و افشان مشاهده می‌شود که کانی سازی رگه‌ای و عدسی در ارتباط با گسل می‌باشد. کانی سازی غالب کانسار، مگنتیت است و کانی‌های دیگر شامل اسپکیولاریت، کالکوپیریت، پیریت، هماتیت، مالاکیت، کوارتز و کربنات می‌شوند. کانی‌های ثانویه مانند مالاکیت و هماتیت، در اثر هوازدگی کانی‌های سولفیدی در منطقه مشاهده می‌شود. کربناته میزبان کانه‌زایی مگنتیت است که در مجاورت با توده‌های نفوذی بصورت گرمابی تشکیل شده است. کانی سازی در به احتمال زیاد در دو مرحله صورت گرفته است. (۱) فاز اول باعث کانی سازی مگنتیت + پیریت + کالکوپیریت بصورت رگه‌ای و عدسی، توده‌ای و پراکنده در سنگ آهک‌ها و توده‌های نفوذی شده است. (۲) فاز دوم باعث کانی سازی اسپکیولاریت + پیریت در سنگ آهک‌ها و توده‌های نفوذی بصورت رگه‌ای صورت گرفته است. در کانسار عیار عناصر آهن ۶ درصد، منگنز ppm ۱۲۵۸ - ۳۱۵۶، مس ppm ۶۳ - ۱۴۰، سرب



۳۹ ppm - ۶۶، روی ppm ۱۶۶ - ۴۳۱۰، اکسید آهن ۵۱/۴۶ - ۷۹/۶۶ درصد، گوگرد ۰/۰۵ - ۰/۱۶ درصد، اکسید فسفر ۰/۰۳ - ۰/۴ درصد گزارش شده است. فراوانی اکسید آهن (مگنتیت)، سنگ‌های گرانیتوئیدی نوع I، بی‌هنجاری مثبت مس و ارتباط کانی‌سازی با موقعیت گسل‌ها شواهدی در تائید پیدایش کانسار سنگ آهن منطقه به عنوان عضوی از ذخایر نوع Fe-Oxide می‌باشد (علمدار و همکاران، ۱۳۹۱).

کانسار زردکوه

کانسار آهن زردکوه در ۵۰ کیلومتری شمال غرب بردسکن و ۱۳ کیلومتری شمال شرق روستای درونه در موقعیت جغرافیایی $34^{\circ}35'17.3''$ طول شرقی و $34^{\circ}16'17.4''$ عرض شمالی قرار گرفته است و از نظر جایگاه زمین‌شناسی بخشی از شمال پهنه ساختاری ایران مرکزی، و در شمال گسل درونه قرار گرفته است. قدیمی‌ترین واحد رخنمون یافته در منطقه سازند آذرآواری دگرگون شده تکنار با سن پرکامبرین است که با مرزگسلی در دو طرف سازند شیمیایی - تخریبی پادها به سن دونین قرار گرفته است. در نتیجه عملکرد گسل تراستی درونه با روند تقریباً شرقی - غربی و چندین گسل تراستی موازی آن، واحدهای با سن متفاوت در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. سازند پادها تشکیل شده از دولومیت چرتدار، نواب دولومیت و شیل و ماسه‌سنگ، ماسه‌سنگ و سنگ آهک دولومیتی که با روند شرقی - غربی و ضخامت تقریبی ۵۵ متر در برگیرنده ماده معدنی می‌باشد. کانه‌زایی آهن به شکل لایه‌ای، عدسی، هم‌شیب و هم‌روند داخل واحد آهک دولومیتی تشکیل شده است (شکل ۳-۶). بر اساس مطالعات میکروسکوپی و پراش اشعه ایکس، کانی‌های هماتیت، گوتیت، لیمونیت و به میزان کمتر مگنتیت در نمونه‌های کانسنگ شناسایی شدند. پیریت و طلا کانی‌های فرعی و کوارتز، کلسیت، آنکریت، باریت و ژیپس باطله‌های کانسار را تشکیل می‌دهند. مهم‌ترین ساخت‌های مشاهده شده شامل لایه‌ای، عدسی، رگه - رگچه‌ای و عمده‌ترین بافت‌های شناسایی شده عبارتند از: لامینه، پراکنده، حاشیه‌ای، کلوform، حلقوی، اسکلتی، جان‌شینی، شعاعی، تیغه‌ای، سوزنی و شکافه پرکن. نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت ماده معدنی نشان می‌دهد که کانه‌زایی آهن در کانسار آهن زردکوه در ارتباط با فرآیندهای رسوبی و دیاژنز بوده و این کانسار نمونه‌ای از یک کانسار رسوبی با میزبان کربناته و سین‌ژنتیک می‌باشد (عابدینی مقانکی و همکاران، ۱۳۹۴). (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶- الف) دولومیت حاوی باندهای منقطع چرت در مجاورت سازند تکنار با مرز گسلی (دید به سمت جنوب غرب). ب) تناوب ماسه سنگ، دولومیت و شیل متعلق به واحد دوم سازند پادها ج) ماسه سنگهای ورنی شده متعلق به واحد سوم سازند پادها د) هماتیت، باریت، لیمونیت به صورت لایه‌ای و لامینه در سنگ آهک دولومیتی (عابدینی مقانکی و همکاران، ۱۳۹۴).

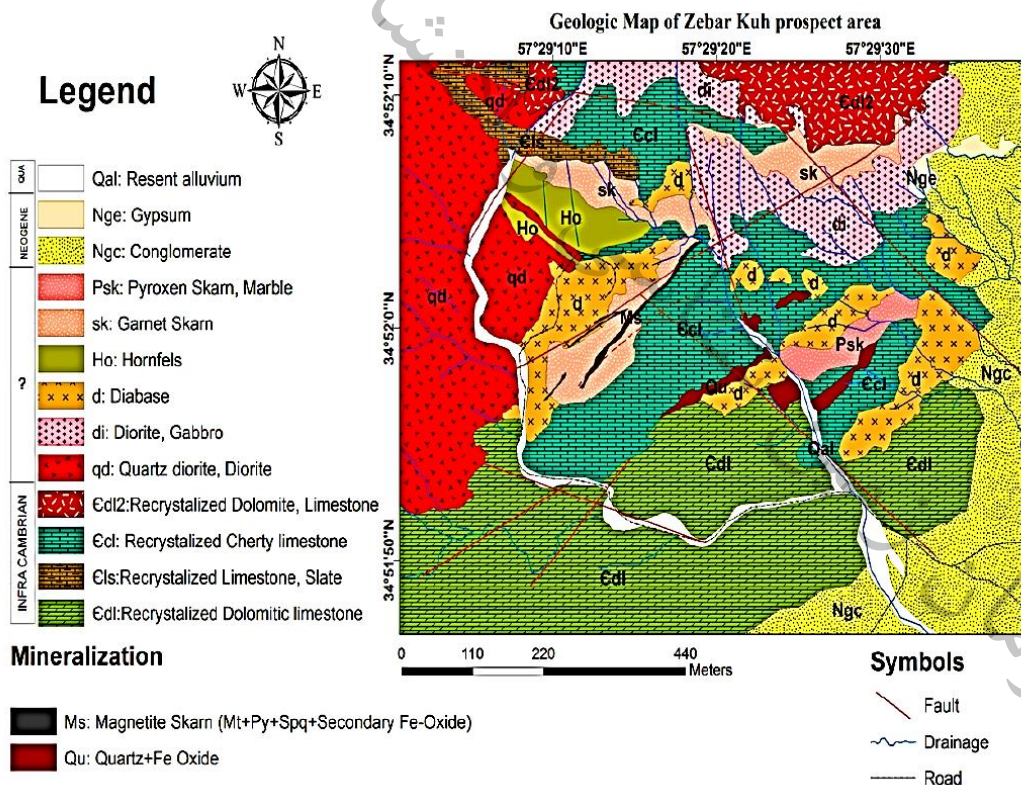
کانسار رباط

این ذخیره در ۶۰ کیلومتری جنوب غربی برداسکن و ۱۰ کیلومتری شمال کاروانسرای قدیمی مشهور به رباط و در قسمت مرکزی رشته کوه‌های جنوب شرقی درونه (همان رشته کوه‌های دربرگیرنده کانسار ده‌زمان در جنوب شرقی زبرکوه) و در دامنه کوه زلزله‌گی قرار گرفته است. مسیر دسترسی به این کانسار از مسیر آبادی الله‌آباد- چاه گبکی و از دره زبرکوه عمر- به طرف زبرکوه و رباط میسر است. این کانسار در زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است. سنگ‌های درونگیر عدسی‌های اکسید آهن از یکسری سنگ‌های دگرگونی تشکیل شده است. این سری سنگ‌ها مربوط به پرکامبرین هستند. کانی‌سازی در سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین در طبقاتی از مرمر ایجاد شده است. در مجاورت و بموازات عدسی‌های آهن، دایک‌هایی با ترکیب دیوریتی نفوذ کرده است. کانی‌های اصلی در محدوده کانسار منیتیت، هماتیت و سیدریت است. عدسی‌های کانی‌سازی در ضخامت ۲ تا ۳ متر با طولی حدود ۵۰ تا ۱۰۰ متر می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام شده کانسار رباط، کانسار اقتصادی ارزیابی نشده است (قاسمی‌پور، ۱۳۵۲).



کانسار زیرکوه

محدوده اکتشافی زیرکوه در فاصله ۳۰۰ کیلومتری جنوب غربی مشهد و ۷۴ کیلومتری جنوب غربی شهرستان بردسکن در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}29'15''$ طول شرقی و $34^{\circ}52'11''$ عرض شمالی قرار گرفته است. از لحاظ تقسیمات متالوژنی در منتهی‌الیه شمال شرقی زیر پهنه کاشمر- کرمان و بخشی از رشته کوه‌های موسوم به سرهنگی می‌باشد و از نظر ساختاری در زون ساختاری بافق- پشت بادام قرار گرفته است. دسترسی به این منطقه از طریق جاده بردسکن به شهرآباد و راه‌های فرعی منشعب شده از آن امکان پذیر است. واحدهای سنگی منطقه عمدتاً شامل سنگ‌های کربناته دگرگون شده سری ریزو و سازند سلطانیه با سن اینفراکامبرین می‌باشد. علاوه بر واحدهای رسوبی، توده‌های نفوذی با ترکیب سینودیوریت، مونزونیت، دیوریت، مونزودیوریت، گابرو و متاسینوگرانیت نیز در بخش‌های مرکزی، شمالی و غربی منطقه اکتشافی رخنمون دارند که درون واحدهای کربناته نفوذ کرده‌اند (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۷- نقشه زمین شناسی و کانی‌سازی منطقه اکتشافی زیرکوه (نارویی و همکاران، ۱۳۹۴) منطقه اکتشافی زیرکوه

کانه‌زایی اسکارن در حد فاصل بین واحدهای کربناته و توده سینودیوریت و گابرو رخنمون دارد. ضخامت زون کانی‌سازی بین ۱/۵ تا ۲ متر و از لحاظ کانی‌شناسی شامل کانی‌های اولیه گارنت، اپیدوت، کلریت، کلسیت،

مگنتیت، هماتیت و پیریت و کانی‌های ثانویه هماتیت و گوتیت است. این توده اسکارنی شامل دو زون اندواسکارن و اگزواسکارن می‌باشد. اندواسکارن: این زون به ضخامت بیش از ۳ متر در داخل توده آذرین تشکیل شده و به شدت تحت تأثیر دگرسانی کلریتی و اپیدوتی قرار گرفته است. در این زون کانی‌های فرآیند اسکارن‌زایی مثل اپیدوت، کلریت و مگنتیت در متن سنگ جانشین کانی‌های بیوتیت، هورنبلند و پلاژیوکلاز شده‌اند. اگزواسکارن: این زون نیز به ضخامت بیش از ۳ متر در کنتاکت بین واحد کربناتی با توده نفوذی تشکیل شده است. غالب کانی‌های این زون در نزدیکی توده گارنت، کوارتز و کلسیت می‌باشد. حجم کانی‌های گارنت در نزدیکی کنتاکت به بیش از ۳۰ درصد می‌رسد. گارنت‌ها به صورت بلورهای ریز عمدتاً در زمینه سنگ همراه با کوارتز و کلسیت دیده می‌شوند. این گارنت‌ها در طول دگرسانی پسرونده به کانی‌های کلسیت، کوارتز و اکسید آهن تبدیل شده و فقط غالب گارنت‌ها باقی مانده‌اند محلول گرمابی در مرز بین توده نفوذی میزبان و واحدهای کربناته علاوه بر ایجاد اسکارن حرارت پایین (کلریت، اپیدوت) در کربنات‌ها، سبب ایجاد دگرسانی‌هایی نظیر پروپلیتیک، سریسیتیک و کربناته در توده‌های سینودیوریت و گابرو شده است. این دگرسانی‌ها در نزدیکی کانی‌سازی شدید می‌شود. کانی‌سازی در منطقه اکتشافی زیرکوه به صورت اسکارن آهن (مگنتیت) می‌باشد و بین ۵۵ تا ۶۵ درصد حجم کانسنگ را شامل می‌شود و دارای بافت توده‌ای و برشی است. عرض این زون اسکارنی بین ۲ تا ۳ متر می‌باشد. روند کلی کانی‌سازی مگنتیت عمدتاً شمال‌شرقی - جنوب‌غربی بوده و دارای شیب ۷۰ تا ۸۰ درجه و در نقاطی دارای شیب ۶۰ تا ۶۵ است. این کانی‌سازی بیشتر در مرکز و شمال‌غربی محدوده مورد نظر مشاهده می‌شوند. کانی‌سازی منطقه شامل عناصر آهن با عیار ۴۵ تا ۶۵ درصد، گوگرد با عیار ۰/۳ تا بیش از ۳ درصد، فسفر با عیار ۳۰ تا ۰/۰۷۸ درصد، مس کمتر از ۱ ppm، نقره ppm ۰/۳ تا ۰/۷، سرب ppm ۱۸ تا ۹۰، روی ppm ۴۴ تا ۷۷ و طلا ۴۴ تا ۷ ppb می‌باشد و تیپ کانه‌زایی این کانسار همانطور که ذکر گردید اسکارنی است و میزان ذخیره آن ۱۶۸ هزار تن می‌باشد (نارویی و همکاران، ۱۳۹۴؛ نارویی، ۱۳۹۵).

نشانه معدنی چاه کلیدانک

نشانه معدنی آهن چاه کلیدانک در جنوب غرب شهرستان بردسکن، استان خراسان جنوبی، و در شمال شرق زون متالوژنی کاشمر - کرمان و زون ساختاری بافق - پشت‌بادام واقع شده است. واحدهای سنگی منطقه شامل واحدهای رسوبی - آتشفشانی دگرگون شده از قبیل سنگ‌های اسلیتی - فیلیتی، سنگ‌های شیستی، متاریولیت‌ها، متاریوداسیت‌ها، سنگ‌های کربناته با تبلور مجدد و توده‌های نفوذی گرانیتی و دیوریتی به سن نئوپروتروزوئیک - کامبرین می‌باشند. کانی‌سازی آهن به صورت لایه‌ای و هم‌شیب و بصورت متناوب درون واحد



کربناته ماسه سنگی قرار گرفته است. کانی‌های اولیه شامل مگنتیت و پیریت بوده و هماتیت و گوتیت کانی‌های ثانویه می‌باشد. در شیمی مگنتیت، مقادیر Fe_2O_3 بین $51/6$ تا $98/9$ درصد اندازه گیری شد، میزان مس بین $4ppm$ تا 52 و روی بین 32 تا 92 که مقادیر بسیار پایینی را نشان می‌دهد. فراوانی وانادیم $21 ppm$ تا 603 ، تیتانیوم $36ppm$ تا 5037 و نیکل $16ppm$ تا 101 است، حضور توده‌های ریولیتی و ریوداسیتی در مجاورت لایه‌های رسوبی آهن‌دار، ساخت و بافت لایه‌ای و همزمان با رسوبگذاری و همچنین انطباق آن با مطالعات ژئوشیمی، نشانه معدنی آهن چاه کلیدانک را در محدوده کنسارهای با منشا آتشفشانی-رسوبی قرار می‌دهد (ناصریان مطلق، ۱۳۹۷).

نشانه معدنی آب قلمبه

نشانه معدنی آب قلمبه در حدود ۴ کیلومتری غرب آبادی ازبک کوه و موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}40'33''$ طول شرقی و $34^{\circ}42'39/80''$ عرض شمالی قرار گرفته است. سنگ‌درونگیر کانه‌زایی، دولومیت و آهک‌های تشکیلات جمال (پرمین) می‌باشد که بوسیله تشکیلات سرخ شیل که شامل عدسی‌هایی از رس پوشانده شده است و دولومیت و آهک تشکیلات شتری که سن تریاس را دارا هستند بر روی تشکیلات سرخ شیل قرار گرفته‌اند و در کنار این مجموعه یکسری سنگ‌های دگرگونی گنیس پرکامبرین بوسیله غسل قرار گرفته است. کانی‌سازی بصورت رگه کم اهمیتی از آهن در تشکیلات جمال واقع شده که کانی اصلی آن احتمالاً هماتیت مگنزدار می‌باشد. کانی‌سازی از نوع هیدروترمال بوده که غالباً خیلی سطحی می‌باشد. آثار کانی‌سازی مشاهده شده چندان غالب توجه نمی‌باشد و اقتصادی گزارش نشده است (قاسمی‌پور، ۱۳۵۲).

برگه زمین شناسی یکصد هزارم بردسکن

نشانه معدنی آهن شماره ۱ بردسکن

این نشانه معدنی در جنوب برگه یکصد هزارم بردسکن و تقریباً ۷ کیلومتری جنوب شرقی روستای رحمانیه و موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}52'36/73''$ طول شرقی و $35^{\circ}1'13/63''$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین-شناسی این نشانه معدنی در واحد (pCt) سازند تکنار که شامل شیست‌های شبز، شیل توفی و کمی دگرگون شده قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی پرکامبرین می‌باشد و این واحد هم مرز با توده گرانیتی دوران (gd) به سن پرکامبرین می‌باشد (شهرابی و همکاران، ۱۳۸۵).

نشانه معدنی آهن شماره ۲ بردسکن

این نشانه معدنی در قسمت شمالی- مرکزی برگه یکصد هزارم بردسکن و ۶۵۰ متری روستای برناآباد و موقعیت جغرافیایی "۳۴/۱۰'۵۷° طول شرقی و "۳۶/۱۲'۲۳°۳۵ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (gd) توده گرانیتی دوران به سن پرکامبرین قرار گرفته است (شهرابی و همکاران، ۱۳۸۵).

کانسارهای آهن ائوسن

برخی از کانسارهای آهن دار بلوک کاشمر مربوط به بازه زمانی زمین شناسی بعد از ائوسن می باشند و دارای سنگ میزبان ولکانیکی، رسوبی، پیروکلاستیکی شامل توف، آندزیت، دایک های دیابازی و ... می باشند که می توان از معدن سیاه کوه، محدوده آهن طلا دار بردسکن (کلات رضا) و ... نام برد.

معدن سیاه کوه

معدن سیاه کوه در فاصله حدود ۳۰ کیلومتر شمال غرب کاشمر در موقعیت جغرافیایی "۴۸/۰۷'۱۵°۵۸ طول - شرقی و "۰۶'۱۸/۲۴°۳۴ عرض شمالی قرار گرفته است. جهت دسترسی به محدوده معدن از روستای ریوش (جاده کاشمر- نیشابور) پس از طی کردن حدود ۲۳ کیلومتر و عبور از روستاهای طرق و کریز و ۵/۵ کیلومتر راه فرعی به منطقه مورد مطالعه می توان دست یافت. از نظر ساختاری در زون ساختاری ایران مرکزی قرار گرفته است. از نظر زمین شناسی منطقه از سنگ های رسوبی و ولکانیکی در حد توف و آندزیت پوشیده شده است. کانه های آهن دار عمدتاً مگنتیت در درز و شکاف ها دیده می شود. کانی شناسی کانسار شامل مگنتیت، هماتیت، کوارتز و کلسیت است و عیار آهن ۷۷ درصد و گوگرد ۰/۲-۰/۳ درصد می باشد. (اکبری مقدم، ۱۳۸۹؛ سازمان صنایع و معادن خراسان رضوی).

محدوده آهن طلا دار بردسکن (کلات رضا)

محدوده مورد مطالعه در ۲ کیلومتری شمال روستای کبودان و ۱۵ کیلومتری شمال شهرستان بردسکن در موقعیت جغرافیایی "۷'۵۳/۵۷° طول شرقی و "۸۷/۳۹'۲۳°۳۵ عرض شمالی واقع شده است. بهترین مسیر دسترسی به محدوده های اکتشافی این منطقه استفاده از جاده بردسکن- سبزوار و روستای کبودان می باشد. از نظر زمین شناسی ساختاری منطقه در زون ایران مرکزی قرار گرفته است. سنگ شناسی منطقه شامل واحدهای سنگی دیوریت و گرانودیوریت کمپلکس نفوذی تکنار به سن اردوویسین- قبل از ژوراسیک میانی،



گرانیت معادل گرانیت کاشمر به سن ائوسن میانی، دایک‌های دیابازی ائوسن و رسوبات عهد حاضر تشکیل می‌دهد. اغلب گسل‌های موجود در منطقه از نوع راندگی با روند شمال-شمال شرقی تا جنوب جنوب غربی تشکیل می‌دهد که بوسیله گسل‌های امتداد لغز و راستگرد با روند شمال غربی- جنوب شرقی قطع کرده‌اند. در این منطقه ۸ بخش مگنتیتی کوچک با ذخیره $3251/8$ تن کانسنگ با عیار آهن $19/94$ درصد و منگنز $1/83$ درصد شناسایی شده که ارزش اقتصادی اندکی دارد. همچنین در این محدوده یک زون مس‌دار پالاکیتی کوچک در مجاورت دایک‌های دیابازی بخش جنوبی منطقه گزارش شده که به دلیل حجم کم و عیار پائین نزدیک به ۲۰ هزار تن کانسنگ با عیار مس $0/7$ درصد فاقد ارزش اقتصادی است و میزان طلای منطقه فقط در یک بخش از منطقه $1/2$ ppm گزارش شده است (شرکت مهندسی مشاور پارس آسیا پی‌جو، ۱۳۹۰).

برگه زمین شناسی یکصد هزارم مری

نشانه معدنی آهن شماره ۱ مری

این نشانه معدنی در شرق برگه یکصد هزارم مری و ۳ کیلومتری شمال شرقی کوه‌نهدانی در موقعیت جغرافیایی $56^{\circ}53'36/68$ طول شرقی و $35^{\circ}9'16/55$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی این نشانه معدنی در مرز واحد (qm) کوارتز منزونیت، کوارتز منزودیوریت، منزودیوریت و منزونیت به سن بعد از ائوسن با واحد (Em.uv) آندزیت، بازالت و پیروکلاستیکی به سن ائوسن قرار گرفته است (کوهنسال و همکاران، ۱۳۸۶).

برگه زمین شناسی یکصد هزارم کاشمر

نشانه معدنی آهن شماره ۱ کاشمر

این نشانه معدنی در در قسمت شمالی- مرکزی برگه یکصد هزارم کاشمر و ۵ کیلومتری شمال غربی کوه سیاه و موقعیت جغرافیایی $58^{\circ}15'40/80$ طول شرقی و $35^{\circ}24'44/89$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی این نشانه معدنی در واحد (Evi) آندزیت، لاتیت داسیتی، توف و پیروکلاست‌های به سن ائوسن قرار گرفته است (طاهری و همکاران).

لازم به ذکر است برخی کانسارهای آهن در منطقه گزارش گردیده است که شمال گسل درون قرار دارند و تیپ کانی‌سازی آهن در آنها از نوع IOCG معرفی شده است که می‌توان از کانسارهای آهن‌دار اطراف کوه زر و آهن یزدانی شمال آبادی ایرج آباد و خلیل آباد نام برد و اطلاعات منتشر شده‌ای از آنها در دست نمی‌باشد. همچنین برخی دیگر از کانسارهای گزارش شده در محدوده بلوک کاشمر دارای اطلاعات محدودی می‌باشند که بصورت خلاصه در جدول (۱-۳) ذکر گردیده‌اند.

جدول ۳-۱- کانسارهای آهن در محدوده مطالعاتی (گزارش استان خراسان رضوی، ۱۴۰۰؛ سایت سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان رضوی، ۱۴۰۰)

شماره	نام	ژنز	نوع	شهرستان	فعالیت	X	Y	میزان ذخیره ماده معدنی (تن)
۱	محمد آباد	ذخایر آهن ولکانیکی- رسوبی	آهن	بردسکن	نشانه معدنی	۵۳۵۰۸۱	۳۹۱۸۷۶۵	
۲	غدیر	پلاسری	سنگ آهن مگنتیت	بردسکن	معدن	-	-	۱۰۶،۰۰۰

۳-۳-۱-۲- کانسارهای مس

عنصر مس یکی از پتانسیل‌های معدنی قابل توجه محدوده مطالعاتی می‌باشد که در قسمت‌های مختلف منطقه بخصوص در بخش‌های مرکزی، جنوبی، جنوب شرقی و غربی آن گزارش شده است. اما بیشترین تمرکز کانه‌زایی این عنصر در برکه‌های یکصد هزارم بردسکن و درونه می‌باشد. از نظر تقسیمات زمین‌شناسی ساختاری کلیه کانسارهای مس‌دار منطقه در زون ساختاری ایران مرکزی متمرکز شده‌اند. شکل (۳-۸) پراکندگی کانسارهای مس‌دار را در بلوک کاشمر نشان می‌دهد.

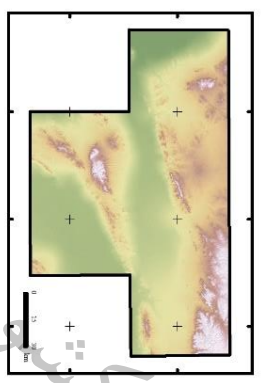
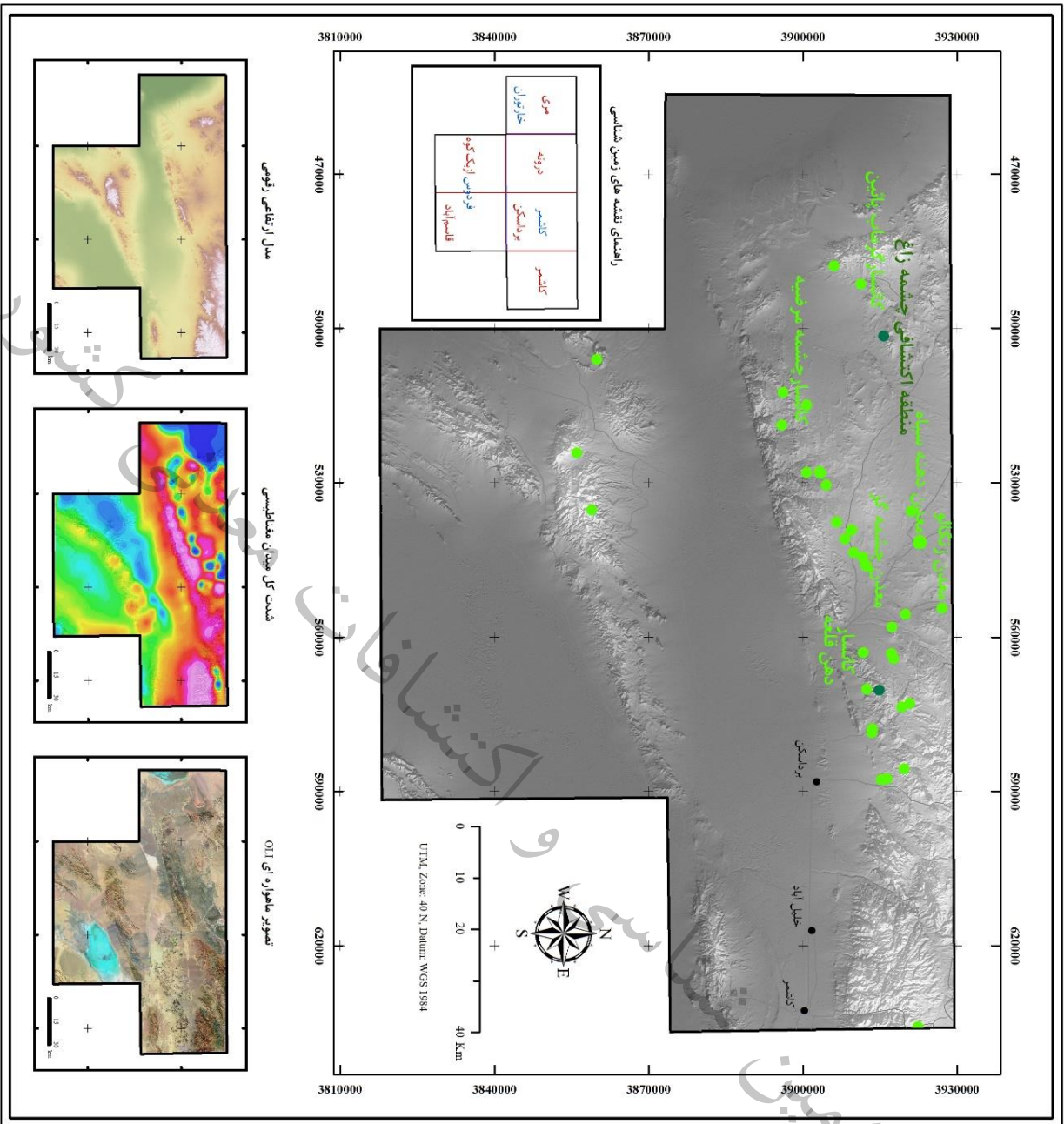
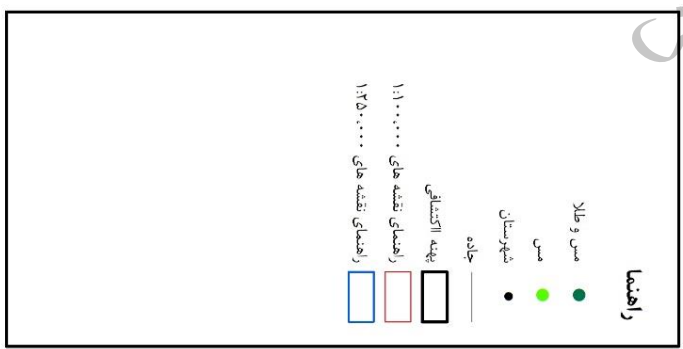
۳-۳-۱-۲-۱- پراکندگی مس در زون ایران مرکزی

کلیه کانسارهای متمرکز در بلوک کاشمر در زون ساختاری ایران مرکزی قرار گرفته‌اند و مرتبط با فعالیت‌های تکتونیکی و متالوژنی زون ساختاری بافق- پشت‌بادام، زون تکتونیکی سبزوار و زون متالوژنی تکناری می‌باشد که در بازه زمانی پروتروزوئیک فوقانی تا سنوزوئیک تشکیل شده‌اند. از این دسته، تعداد محدودی از کانسارهای مس‌دار منطقه در زون بافق- پشت‌بادام قرار دارند که می‌توان از معدن غیرفعال شماره ۲ مس برکه ازبک‌کوه و اندیس شماره ۱ مس و آلومینوم برکه ازبک‌کوه نام برد که مربوط به بازه زمانی پروتروزوئیک فوقانی تا پالئوزوئیک تحتانی هستند. برخی دیگر، مانند کانسارهای زنگالو، دهنه‌سیاه، دهن‌قلعه، چشمه‌گز و ... در زون تکتونیکی سبزوار واقع شده‌اند و بیشتر در دوره زمانی ائوسن تشکیل شده‌اند. کانسارهای مس تکنار و برجک نیز از جمله کانسارهای مس گزارش شده در زون متالوژنی تکنار می‌باشند که در دوران زمین‌شناسی پروتروزوئیک فوقانی تا پالئوزوئیک تحتانی تشکیل گردیده‌اند.

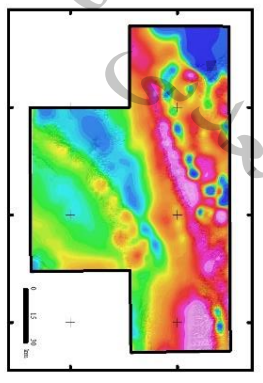
پراکندگی کانسارهای مس



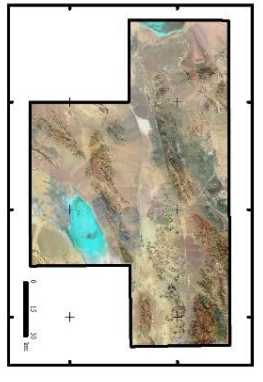
- راهبنا
- مس و طلا
- مس
- شهرستان
- جاده
- پهنه اکتشافی
- راهبنا نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰۰
- راهبنا نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰۰



مدل ارتفاعی توپوگرافی



دشت کل هیدران مغناطیسی



تصویر ماهواره ای OLI

شکل ۳-۸- پراکندگی کانسارهای مس در محدوده بلوک کاشمر.

- کانسارهای مس پروتروزوئیک فوقانی تا پالئوزوئیک تحتانی

کانسارهای مس بازه سنی پروتروزوئیک فوقانی تا پالئوزوئیک تحتانی بیشتر در مجموعه‌های دگرگونی سازند تکنار و توده‌های نفوذی مربوط به این دوران، مانند پاراگنیس، کلریت شیست، سرسیت شیست، شیست، کلریت- سرسیت شیست، کوارتزیت، واحدهای متاریولیت و توف اسیدی دگرگون شده و مجموعه‌ای از توده‌های دگرگونی متادیاپاز تا متاگابرو - دیوریتی قرار گرفته‌اند. شکل کانی‌زای این دسته از کانسارها، متأثر از فعالیت‌های تکتونیکی و ساختاری منطقه بصورت لایه‌ای، توده‌ای و داریستی گزارش شده است و برخی از آنها دارای تیپ‌های کانه‌زایی کروکو و پلی متال می‌باشند. از این میان می‌توان از کانسارهای برجک، تکنار، دهن-قلعه، زون کانی‌سازی شرق هدک و ... نام برد.

معدن غیرفعال برجک

معدن متروکه برجک در ۱۴ کیلومتری شمال غرب بردسکن و ۲/۵ کیلومتری روستای برجک در موقعیت جغرافیایی "۵۷°۵۱'۲۷/۵۸" طول شرقی و "۳۵°۲۱'۳۹/۰۹" عرض شمالی قرار گرفته است. برای دسترسی به معدن برجک می‌توان از جاده آسفالت‌ه بردسکن - برجک به طول ۱۲ کیلومتر و برجک - معدن به طول ۵ کیلومتر استفاده نمود. از نظر جایگاه ساختاری، کانسار برجک در زون ساختاری ایران مرکزی و پهنه متالوژنی تکنار، حد فاصل گسل درونه در جنوب و گسل تکنار در شمال، واقع شده است. بخش عمده رخنمون‌های سنگی معدن برجک را دگرگونه‌هایی متشکل از پاراگنیس، کلریت شیست و کوارتزیت بخش زیرین سازند تکنار به سن پرکامبرین تشکیل می‌دهد. در نواحی معدن به فاصله ۲ کیلومتر گرانیتهای پرکامبرین و بالای آن گرانیتهای ترشیری رخنمون دارند. از نظر تکتونیکی گسل‌های منطقه از نوع امتدادلغز با راستای غربی- شرقی در نواحی شمالی معدن دیده می‌شوند و دگرسانی‌ها در گستره‌های کوچک به صورت کلریتی، آرژیلیکی و سیلیسی در سنگ‌های شیلی - شیستی سازند تکنار گزارش شده است. زون کانی‌سازی بصورت رگه‌ای با ضخامت کم و گسترش طولی اندک مشخص شده است و ابعاد آن مشخص نمی‌باشد. اما با توجه به مطالعات انجام گرفته در منطقه می‌توان گفت کانساری غنی شده با سوپرژن و کانی‌های اصلی کالکوسیت، آزوریت و مالاکیت و عیار متوسط مس ۰/۶ درصد گزارش شده است. اولین عملیات‌های اکتشافی حوالی سال ۱۳۲۵ با حفر تونل‌ها و چاه‌هایی در درون شیل و کلریت شیستی انجام شده است و شرکت سهامی لوت نیز در سال ۱۳۵۰ عملیات اکتشافی با حفر تونلی به طول ۲۰ متر انجام شده است که کانی‌سازی ضعیفی در منطقه گزارش شده است و فاقد ارزش اقتصادی می‌باشد (اکبری‌مقدم، ۱۳۹۰).



کانسار تکنار

مجموعه معادن مس تکنار یکی از غنی‌ترین معادن پلی متال کشور حاوی عناصری مانند مس، سرب، روی، طلا و نقره هستند که در استان خراسان رضوی و ۲۸۰ کیلومتری جنوب غربی شهر مشهد و ۲۸ کیلومتری شمال غربی شهرستان بردسکن واقع شده است. این کانسار در موقعیت جغرافیایی $35^{\circ}21'3/81''$ و $57^{\circ}46'21/03''$ طول شرقی و بردسکن - درونه استفاده نمود که از این جاده به ورودی انابد سپس روستای کلاته، روستای کلاته جمعه و کانسار تکنار می‌رسیم. این کانسار از نظر تقسیمات ساختار در زون ایران مرکزی و پهنه متالوژنی تکنار قرار گرفته است. زون تکنار به صورت یک بالا آمدگی گوه ای شکل بین بلوک لوت در جنوب و زون سبزوار در شمال واقع شده است که در مرز جنوبی آن گسل درونه و در مرز شمالی آن گسل ریوش (تکنار) قرار گرفته است. چهار زون کانی‌سازی تحت عنوان تک I, II, III و IV شناسایی شده است سنگ‌های این زون شامل مجموعه‌ای از سازندهای پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک است. این سازندها عبارتند از: سلطانیه، باروت و لالون (کامبرین زیرین)، کالشانه و درنجال (کامبرین میانی - فوقانی)، شیرگشت (اردوئین)، تکنار (اردوئین) سازند نیور (سیلورین)، سبزار و بهرام (دوئین)، شیشتو و سردر (کربونیفر)، سازند جمال (پرمین) و یکسری نهشته‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک. همچنین، مجموعه‌ای از توده‌های نفوذی اسیدی در این محدوده رخمون دارند. حداقل ۳ نوع دگرگونی در زمان‌های مختلف زون تکنار را تحت تأثیر قرار داده است که عبارتند از: ۱- دگرسانی حاصل از محلولهای ماگمایی - گرمایی که در چندین مرحله به وقوع پیوسته است. ۲- دگرگونی ناحیه ای درجه پایین که احتمالاً در اواخر پالئوزوئیک و در حد رخساره‌ی شیبست‌های سبز اتفاق افتاده است. ۳- دگرگونی همبری ناشی از نفوذ توده‌ها. بخش اعظمی از پنجره زمین‌ساختی تکنار را سازند تکنار به خود اختصاص داده است. سن این سازند قبلاً به پرکامبرین نسبت داده می‌شده ولی اخیراً بر اساس مطالعات گرده شناسی سن اردوئین برای آن مشخص شده است. سازند تکنار به سه بخش زیرین، میانی و فوقانی تقسیم شده است. این سازند متشکل از مجموعه‌ای از سنگهای آتشفشانی، نیمه عمیق و ته نشستی بوده که در زمانهای مختلف تحت تأثیر انواع دگرگونی‌ها قرار داشته است. کانسار ماسیو سولفید تکنار در افق خاصی از سازند تکنار (اردوئین) تشکیل شده است. واحدهای سنگی که در محدود معدن تکنار I رخمون دارند شامل سنگهای دگرگونی سازند تکنار (اردوئین)، توده‌های نفوذی اواسط تا اواخر پالئوزوئیک و پس از پالئوزوئیک است. لیتولوژی سازند تکنار شامل سرسیت شیبست، کلرید شیبست، کلرید سرسیت شیبست و مجموعه‌ای از توده‌های متادیاباز تا متاگابرو - دیوریتی است. کانی‌سازی به صورت سه حالت لایه‌ای، توده‌ای و داربستی دیده می‌شود. ابعاد و شکل کانی‌سازی‌ها تحت تأثیر

زمین ساخت شدید منطقه تغییر کرده است. توالی پارائنز در بخش لایه‌ای و توده‌ای عبارتند از مگنتیت + پیریت + کالکوپیریت ± اسفالریت ± گالن ± سولفوسالت ± طلا + کلریت ± کربنات ± سرسیت. بخش اعظم کانی‌سازی توده‌ای را مگنتیت تشکیل داده است. توالی پارائنز بخش داربستی عبارتست از: پیریت + کالکو پیریت ± مگنتیت + کلریت + کوارتز + سرسیت ± کربنات. تکنار I بخشی از یک کانسار ماسیوسولفید است. این ماسیوسولفید با توجه به مقدار قابل ملاحظه عناصر مس، روی، طلا، نقره و سرب یک کانسار ماسیوسولفید پلی متال است و به علت دارا بودن مقدار زیادی مگنتیت همراه با کانیهای سولفیدی و نبود پیروئیت یک کانسار ماسیوسولفید منحصر به فرد است. است. عیار عناصر در این کانسار عبارتند از ۰/۰۱ - ۵/۸۶ درصد مس، ppm ۲۶۹ - ۱۵۶۰۰ روی، ppm ۲۷ - ۴۴۰۰ سرب، ppm ۷/۵۳ - ۰/۸۶ طلا، ppm ۲/۴ - ۹۵/۱ نقره، ppm ۳۴ - ۲۲۰۰ بیسموت. آثار کارهای شدادی، ترانشه‌ها، سرباره‌ها حکایت از آن دارند که این کانسار از قدیم مورد شناسایی و بهره برداری قرار داشته است. از سال‌های ۱۳۴۷ تا کنون نیز فعالیت‌های معدنکاری و اکتشافی زیادی در منطقه انجام شده است. وجود واحد تغلیظ به روش فلوتاسیون با ظرفیت خوراک دهی ۳۰۰ تن در روز و همچنین واحد تغلیظ به روش لیچینگ با ظرفیت ۵۰ هزار تن در سال امکان تولید بیش از ۲۰ تن کنسانتره در روز را برای شرکت مجتمع معادن مس تکنار فراهم آورده است. فعالیت اصلی این شرکت تولید کنسانتره مس به روش فلوتاسیون و لیچینگ از مجموعه معادن مس تکنار است (ملک‌زاده سفارودی و همکاران، ۱۳۸۳؛ ملک‌زاده سفارودی و همکاران، ۱۳۸۵؛ احمدی و همکاران، ۱۳۸۴؛ کریم‌پور و همکاران، ۱۳۸۲).

کانسار دهن قلعه

کانسار دهن قلعه در فاصله تقریبی ۳۰۰ کیلومتری جنوب غربی مشهد و ۵۰ کیلومتری شمال غربی موقعیت جغرافیایی "۵۷°۴۱'۴۰" طول شرقی و "۳۵°۲۰'۴۵" عرض شمالی قرار گرفته است. گستره پیجویی دهن قلعه از نظر تقسیم بندی ایالت‌های ساختاری، بخشی از واحد زمین‌ساختی گوه‌ای شکل تکنار است که به واسطه گسل تکنار (ریوش) از واحد زمین‌ساختی سبزوار در شمال جدا شده است و گسل درونه (کویر بزرگ) در جنوب، حد فاصل آن از واحد زمین‌ساختی لوت است. بر این اساس لیتولوژی گستره پیجویی دهن قلعه به سه گروه کلی تفکیک شدند. (۱) مجموعه سنگ‌های دگرگون ناحیه‌ای شامل کلریت - سرسیت شیبست، بیوتیت - سرسیت شیبست و سرسیت شیبست همراه با توده‌های آذرین بازی و حدواسط دگرگون شده در حد متا گابرو - دیوریت و متا دیوریت وابسته به سازند تکنار. (۲) توده‌های گرانیتوئیدی با بافت پورفیری نیمه عمیق کمی دگرگون شده که در سازند تکنار نفوذ کرده‌اند و شامل متا هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری، متا هورنبلند کوارتز مونزودیوریت پورفیری، متا هورنبلند مونزودیوریت پورفیری می‌شود. (۳) سنگ‌های افیولیتی کرتاسه فوقانی

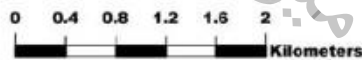
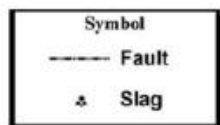
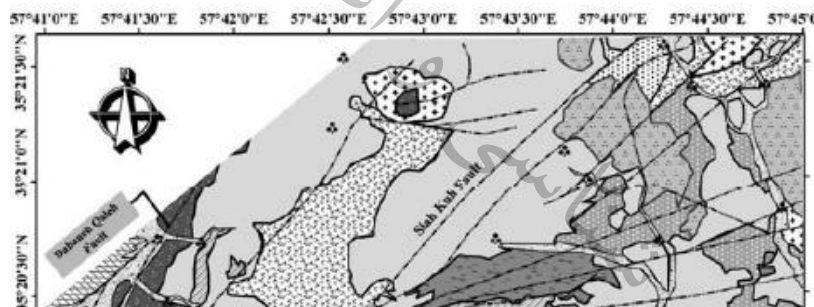


(وابسته به زون سبزوار) که به واسطه حرکتهای گسل دهن قلعه، در حاشیه جنوب غربی گستره جای گرفته اند (شکل ۳-۹). بر اساس بررسی های صحرایی و بررسی های سنگ شناسی و کانی شناسی انجام گرفته، سیستم کانی سازی در منطقه به دو صورت شناسایی شده است.

۱) سیستم وابسته به کانی سازی ماسیو سولفید تکنار که بیشتر به صورت پیریت زایی پراکنده همراه با سرسیت ها و کلریت های دگرسان در متن واحدهای شیستی گستره دهن قلعه است. این پیریت ها در بیشتر نقاط تحت تأثیر محلولهای سطحی به شدت اکسید شده و به گوتیت و هماتیت تبدیل شده اند. به دلیل عدم حضور کانی سازی لایه ای، توده ای و داربستی در رخنمونهای سازند تکنار در این گستره و با توجه به دگرسانیهای موجود، موقعیت آن در حاشیه سیستم کانی سازی ماسیو سولفید تکنار تعیین شد.

۲) کانی سازی وابسته به توده های گرانیتوئیدی که در طول دوران پالئوزوئیک و پس از کانی سازی ماسیو سولفید، همراه با فازهای مختلفی از دگرسانی تشکیل شده، و شامل پیریت \pm مگنتیت با بافت پراکنده و رگچه و رگه های اسپکیولاریت \pm مگنتیت \pm پیریت است.

GEOLOGICAL MAP OF DAHANEH QALEH AREA



Legend

Presambrian Taknar Fm.
Meta-diorite
Meta-gabbro diorite
Bio-sericite schist
Chl-sericite schist
Sericite schist

Geology by: P. Roohbakhsh
Supervised by: Dr.KH. Ebrahimi

Quaternary Alluvial river
Cretaceous ophiolite mafic
Serpentinized Olivine websterite
Meta-Hb-Qtz monzodiorite porphyry
Meta-Hb-Qtz monzosyenite porphyry
Meta-Hb-Qtz monzonite porphyry
Neoproterozoic-Late Paleozoic
Meta-Qtz monzonite porphyry
Meta-Hb monzodiorite porphyry

شکل ۳-۹- نقشه زمین شناسی محدوده دهن قلعه (روحبخش و همکاران، ۱۳۸۹).

زون‌های دگرسان تشکیل شده در منطقه شامل هماتیتی، کلریتی، اپیدوتی، سرسیتی و سیلیسی است. از نظر ژئوشیمیایی عیار عناصر در این کانسار طلا $12/3$ ppb، مس $87/28$ ppm، سرب $88/49$ ppm و روی $160/3$ ppm گزارش شده است. لذا، با توجه به مطالعات صورت گرفته در سیستم کانه‌زایی صورت گرفته در منطقه را کانه‌زایی مس تیپ پورفیری نوع مونزونیتی پیشنهاد گردیده است (روحبخش و همکاران، ۱۳۸۹).

کانسار کلاته‌تازی

کانسار کلاته‌تازی در استان خراسان رضوی و ۱۸ کیلومتری شمال شهر بردسکن و در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}57'16''/59^{\circ}$ طول شرقی و $35^{\circ}23'41''/59^{\circ}$ عرض شمالی قرار دارد. از نظر تقسیمات زمین‌شناسی ساختاری، محدوده این کانسار در زون ایران مرکزی و زیر زون‌های ساختاری سبزوار و پنجره فرسایشی تکنار قرار گرفته است. جهت دسترسی به منطقه مورد مطالعه از جاده‌های آسیایی و بین‌المللی مشهد- تربت حیدریه، سه راهی شادمهر، کاشمر- بردسکن، جاده آسفالته درجه ۲ روستای هدک و نهایتاً جاده سربرج غرب دهستان کبودان می‌توان استفاده نمود. از نظر زمین‌شناسی، سنگ‌های ولکانیکی محدوده کانسار عمدتاً از نوع زیردریایی و با ماهیت اسیدی در همراهی با سنگ‌های رسوبی آواری شیل و ماسه‌سنگ برونزد و دگرگونی یافته‌اند. در زون تکنار توفهای اسیدی، ریولیت‌ها و ریوداست‌ها پس از نهشته‌شدگی و دگرگونی به متا توف‌ها و متاریولیت‌ها تبدیل شده‌اند. سنگ‌های آواری نیز به شیست سبز و سریسیت شیست و ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده تغییر ماهیت داده‌اند.

بطور کلی توده‌های نفوذی محدوده کلاته‌تازی در دو دسته توده‌های نفوذی پرکامبرین و توده‌های نفوذی ترشیاری قرار می‌گیرند. توده‌های نفوذی پرکامبرین (گرانیت برنورد) عمدتاً از نوع متا‌آلومین و از نظر سری‌های ماگمایی، کالک آلکالن و گاهاً ساب آلکالن محسوب می‌شوند که جزء گرانیت‌های غیر کوهزایی مرتبط با ریفت و گرانیت‌های بالازدگی و خشکی‌زایی قاره‌ای قرار می‌گیرند. توده‌های نفوذی ترشیاری بطور مشخص توالی ولکانو- رسوبی و دگرگون شده سازند تکنار و سنگ‌های نفوذی پرکامبرین (گرانیت برنورد) را متاثر نموده و د حواشی نیز بصورت تکتونیزه و کمی دگرگون شده هستند. این گرانیتوئیدها دامنه ترکیب از سنگ‌های گابرو- دیوریت تا گرانودیوریت- گرانیت دارند و بصورت دو فاز مستقل قابل تفکیک هستند. کانی‌سازی‌های صورت گرفته در منطقه در ارتباط مستقیم با ولکانیسم‌های زیردریایی اعم از اسیدی در زون تکنار و یا بازیک در زون سبزوار رخ داده است. بعلاوه فرآیندهای پلوتونیک بعد یا همزمان با ولکانیسم نیز توانسته است موجبات تشدید کانی‌سازی و دگرسانی‌ها را فراهم نماید. در واقع کانی‌سازی‌های سین‌ژنتیک در زون تکنار در ارتباط مستقیم با کالدرهای بازخیز و گنبد‌های ریولیتی- برشی با حجم قابل توجه‌ای از سنگ‌های کوارتز- فلدسپاتی بوده



است. بطور کلی توزیع و پراکنندگی عیارها و ناهنجاری‌ها در مرحله پی‌جویی و بررسی‌های صحرایی بیانگر وجود ۳ زون و ۶ بلوک کانی‌سازی در منطقه کلاته‌تازی بوده است که شامل زون کانی‌سازی شمال شرق سربرج (شمالی)، زون کانی‌سازی کلاته‌رستم (میانی) و زون کانی‌سازی شرق هدک (جنوبی) می‌شود که بصورت خلاصه در بخش‌های بعدی معرفی می‌گردند. از بررسی نمونه‌های حاصل از ترانشه‌ها مشخص می‌شود عیار عناصر در زون کانه‌زای شامل طلا ۸۰۰ ppb، مس ۳/۰۳٪، نقره ۲۵/۷۷ ppm، آهن ۴۲/۰۲٪، سرب ۰/۱۴٪ و روی ۰/۴۳٪ می‌باشد. بر اساس کلیه مطالعات صورت گرفته در منطقه می‌توان تیپ کانه‌زایی را از نوع ماسیوسولفید کروکو دانست. (صفری، ۱۳۹۵).

زون کانی‌سازی شرق هدک

منطقه مورد مطالعه در ۲ کیلومتری شرق روستای هدک و ۱/۵ کیلومتری غرب روستای کبودان در شهرستان بردکسن استان خراسان رضوی در موقعیت جغرافیایی $35^{\circ}22'32''/72''$ طول شرقی و $57^{\circ}57'58''/54''$ عرض شمالی قرار دارد. جهت دسترسی به منطقه مورد مطالعه از جاده مشهد- تربت حیدریه- سه راهی شادمهر، جاده کاشمر- بردسکن، روستای هدک، و سربرج می‌توان استفاده نمود که محدوده منطقه ۲ کیلومتر بعد از روستای سربرج قرار گرفته است. این منطقه بخشی از زون ساختاری ایران مرکزی می‌باشد. سنگ‌های دربرگیرنده بیشتر از نوع کوارتز سرسیت همراه بافت‌های استوک‌ورک که بصورت سیلیسی- لیمونیتی- هماتیتی است. در قسمت‌های کلریتی شده شواهد کانی‌سازی بصورت ملاکیت مشاهده می‌شود. دو چاهک اکتشافی در حد ۲ تا ۵ متر مربوط به کارهای قدیمی نیز در منطقه مشهود است. در زون کانی‌سازی عیار مس ۲/۳-۶/۵ درصد، بیسموت ۹۹۲ ppm و آهن ۳۹ درصد غنی‌شدگی نشان می‌دهند (صفری، ۱۳۹۵).

زون کانی‌سازی کلاته رستم یا شمال کلاته‌تازی

منطقه مورد مطالعه در ۱/۵ کیلومتری روستای سربرج در شهرستان بردکسن استان خراسان رضوی در موقعیت جغرافیایی $35^{\circ}23'18''/22''$ طول شرقی و $57^{\circ}57'55''/24''$ عرض شمالی قرار دارد. جهت دسترسی به منطقه مورد مطالعه از جاده مشهد- تربت حیدریه- سه راهی شادمهر، جاده کاشمر- بردسکن، روستای هدک، و سربرج می‌توان استفاده نمود که محدوده منطقه ۲ کیلومتر بعد از روستای سربرج قرار گرفته است. این منطقه بخشی از زون ساختاری ایران مرکزی می‌باشد و محدوده کانی‌سازی کلیه دگرسانی‌های و کانی‌سازی‌های کلاته رستم در شمال کلاته‌تازی (کلاته عزیز) را شامل می‌شود. لیتولوژی در برگیرنده شامل سنگ‌های متاریولیت، شیست‌های سبز تکناربه سن پرکامبرین، دایک‌های دیابازی پالئوزوئیک؟ و توده‌های گابرویدورتی ترشیری و گرانیت برنورد پرکامبرین می‌باشد. دگرسانی‌ها عمدتاً از نوع کوارتز- سرسیت، کلریتی و آلونیتی

است. به طور کل در منطقه دو قسمت دگرسانی کلریتی - آرژیلیکی و سیلیسی - سرسیتی - آلونیتی و کائولینیتی گزارش شده است. دگرسانی اول واجد کانی سازی مالاکیت و سولفید بوده و به نظر تحت تأثیر کانی سازی سین ژنتیک بوده است. دگرسانی نوع دوم مملو از سولفیدهای ریز بوده و بنظر تحت تأثیر فاز دیگری از کانی سازی (اپی ژنتیک) احتمالاً اپی ترمال قرار گرفته است. کانی سازی در این منطقه در کنتاکت توفهای اسیدی دگرگون شده متاریولیت ها و شیست های سبز تکنار بوجود آمده است بطوریکه توسط گسل های امتداد لغز و چین خوردگی های متأثر شده نظم خود را از دست داده اند. در این منطقه عیار مس ۰/۸ - ۱/۳ درصد، آهن ۱۵ - ۶۰ درصد، طلا ۱۱۰ - ۲۵۰، روی ۰/۱۶ درصد، آرسنیک ۲۳۰ - ۵۶۱ ppm و جیوه ۲۵ ppm - ۱۱۰ است که می توان گفت کانی سازی مس، طلا، منگنز، روی و پاراژنهای آرسنیک، جیوه، بیسموت در منطقه مشهود می باشد (صفری، ۱۳۹۵).

زون کانی سازی شمال شرق سربرج

منطقه مورد مطالعه در ۲/۵ کیلومتری روستای سربرج در شهرستان بردکسن استان خراسان رضوی در موقعیت جغرافیایی "۳۸/۸۴'۵۶°۵۷ طول شرقی و "۰۲'۵۷/۲۴°۳۵ عرض شمالی قرار دارد. جهت دسترسی به منطقه مورد مطالعه از جاده مشهد - تربت حیدریه - سه راهی شادمهر، جاده کاشمر - بردسکن، روستای هدک، و سربرج می توان استفاده نمود که محدوده منطقه ۲ کیلومتر بعد از روستای سربرج قرار گرفته است. این منطقه بخشی از زون ساختاری ایران مرکزی می باشد که این زون در طول تقریبی ۱۵۰۰ متر و عرض متغییر ۳۵ تا ۱۵۰ متر در سطح رخنمون یافته است. بطوریکه اساساً در راستای یک لایه همشیب و در کنتاکت توده های اسیدی دگرگون شده و شیست های سبز قرار گرفته است. زون دگرسانی در این محدوده از نوع واحدهای متاریولیت و توف اسیدی دگرگون شده و سنگ های شیستی است. نوع دگرسانی سیلیسی، هماتیتی و لیمونیتی است. شواهد گوسن و استوکورک و نیز کانی سازی مالاکیت و سولفیدهای ریز پراکنده در نمونه ها دیده می شود. همچنین عیار عناصر روی و طلا در منطقه بترتیب ۱۴۰۰ ppm و ۳۵۰ ppb گزارش شده است. بر اساس مطالعات انجام شده، کانی سازی در این منطقه در ارتباط با ماسیوسولفید نوع کروکو و متأثر از دگرسانی های سوپرژن می باشد (صفری، ۱۳۹۵).



برگه زمین شناسی یکصد هزارم ازبک کوه

معدن غیرفعال مس شماره ۲ ازبک کوه

این معدن در قسمت شمالی- مرکزی برگه یکصد هزارم ازبک کوه و ۲/۴ کیلومتری شمال شرق روستای یخاب و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۱۵'۵۵/۳۸" طول شرقی و "۳۴°۵۰'۴۴/۳۵" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (Cs) دولومیتی به سن اینفراکامبرین قرار گرفته است (روتنر و همکاران، ۱۹۷۰).

نشانه معدنی مس و آلومینیوم شماره ۱ ازبک کوه

این نشانه معدنی در قسمت شمال شرقی برگه یکصد هزارم ازبک کوه و در نزدیکی قوره سیاه چو و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۲۳'۱۲/۰۱" طول شرقی و "۳۴°۵۲'۱۶/۴۲" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (Zq) کوارتزیت به سن اینفراکامبرین قرار گرفته است (روتنر و همکاران، ۱۹۷۰).

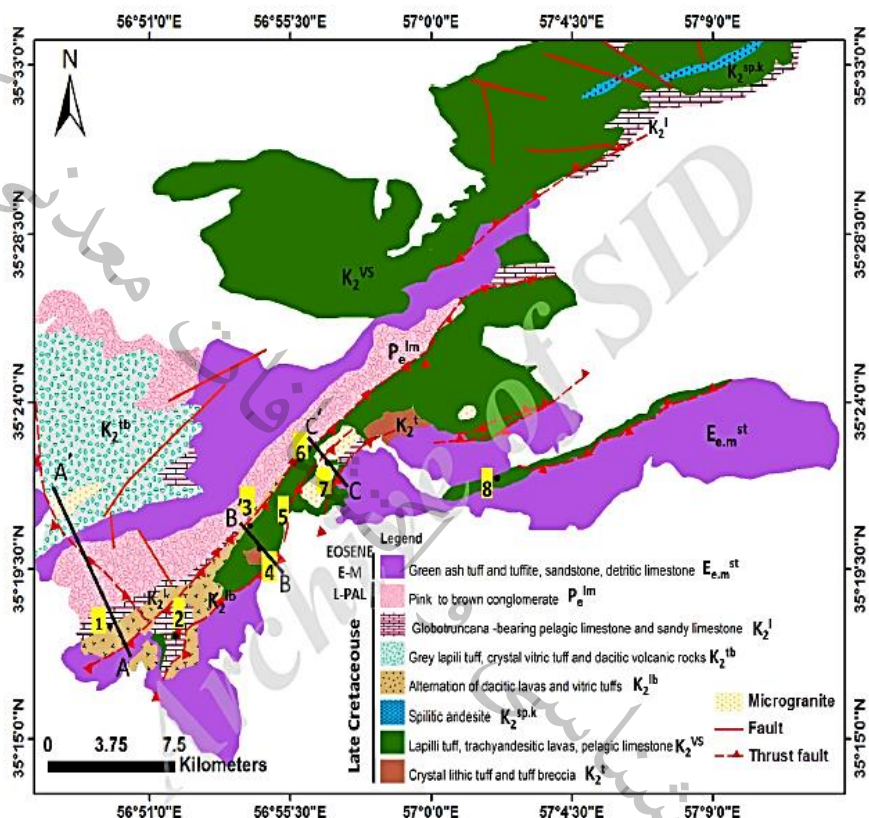
کانسارهای مس مزوزوئیک

کانسارهای مس دوران مزوزوئیک بلوک کاشمر در دوره های ژوراسیک و کرتاسه پسین گزارش شده است. سنگ میزبان کانه زای در این دسته از کانسارها سنگ های رسوبی- آتشفشانی بازیک تا حد واسط هستند که شامل گدازه تراکی آندزیتی، آهک توده ای، داسیت تا بازالت، توده های نفوذی گابرو تا سینوگرانیت باشد. شکل کانه زایی در این دسته از کانسارها رگه- رگچه ای، توده ای، پراکنده و لایه ای گزارش شده است و می توان از کانسارهای گرماب پائین، چشمه زاغ و ... نام برد.

کانسار گرماب پائین

کانسار مس- نقره گرماب پائین، ۲۹۰ کیلومتری جنوب شرق شاهرود (منطقه خارتوران) در کنار روستای گرماب پایین در موقعیت جغرافیایی "۵۶°۵۴'۱۹/۴۴" طول شرقی و "۳۵°۲۰'۳۸/۳۱" عرض شمالی قرار گرفته است. جهت دسترسی به این کانسار می توان از جاده سبزوار- بردسکن سپس جاده درونه و گرماب پائین و یا جاده شاهرود- میامی و سپس بیارجمند، خان خوردی، احمدآباد، زمان آباد، گرماب پائین و آب کشان استفاده نمود. از نظر جایگاه ساختاری، کانسار گرماب پائین در زون ساختاری ایران مرکزی و زیر پهنه تکتونیکی سبزوار واقع شده است. عمده ترین واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه، از قدیم به جدید شامل آهک توده ای اربیتولین دار کرتاسه پائین، سنگ های آتشفشانی آندزیتی- داسیتی و توف شیلی، توف سبز به همراه آندزیت، توف جریانی و توف ریولیتی، آگلومرا، لاپیلی توف، توف اسیدی، گدازه های تراکی آندزیتی به همراه

چرت و رادیولاریت و آهک کرم رنگ گلوبوترونکانا به سن کرتاسه پسین، کنگلومرای چندزادی متشکل از قطعات آهکی و آتشفشانی (معادل کنگلومرای پالئوسن کرمان) و سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری به همراه ماسه سنگ، کنگلومرا و آهک نومولیت‌دار ائوسن میانی - بالایی است (شکل ۳-۱۰).



شکل ۳-۱۰ - نقشه ساده شده زمین شناسی منطقه گرماب پایین، برگرفته از نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اسبکشان، دارین و درونه، که موقعیت کانسارها و نشانه معدنی‌های معدنی منطقه در آن مشخص شده است. (۱) کانسار منگنز نخلک، (۲) نشانه معدنی مس- منگنز کوه قطربونه، (۳) کانسار مس- نقره گرماب پایین، (۴) نشانه معدنی مس سلم رود، (۵) کانسار کائولن اسبکشان، (۶) کانسار منگنز شمال شرق اسبکشان، (۷) نشانه معدنی مس ایزد پناه و (۸) کانسار منگنز کرمی (طاشی و همکاران، ۱۳۹۶).

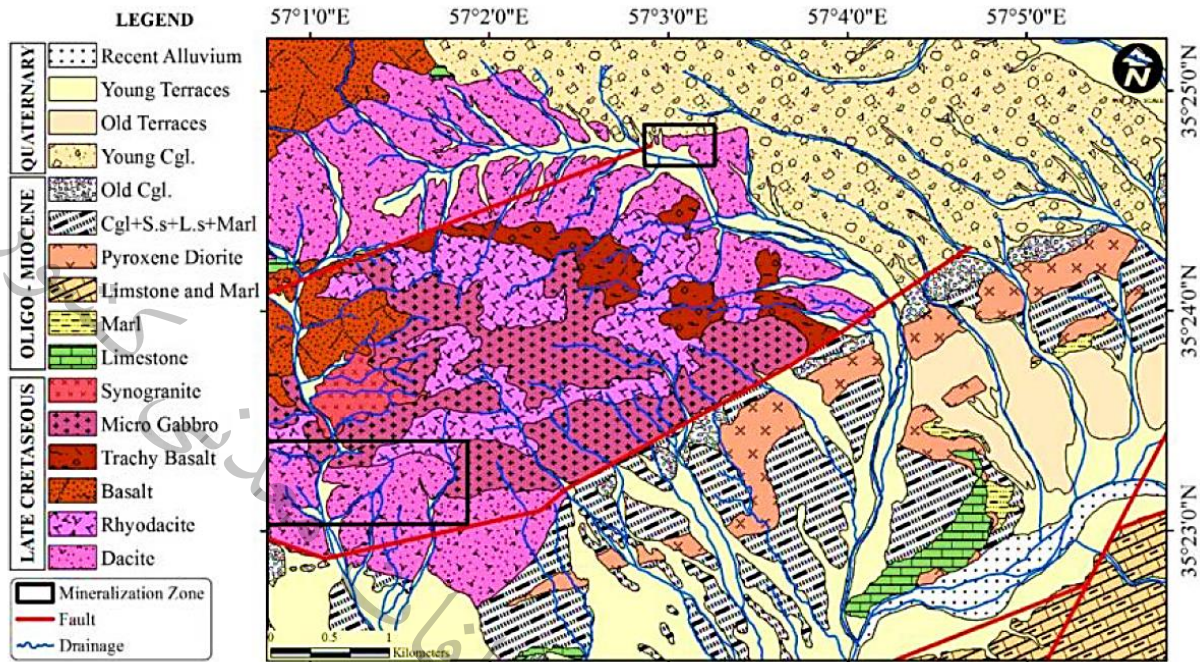
این منطقه از یک ساختار تاقدیس - ناودیس اصلی و بزرگ تشک یل شده که دارای روند محوری جنوب غربی - شمال شرقی است و گسل‌های منطقه نیز بیشتر از نوع معکوس هستند. همچنین، بیشتر کانه‌زایی‌ها در یال شمالی تاقدیس متمرکز هستند. بر اساس بررسی‌های انجام شده، کانه‌زایی در سنگ میزبان از نوع گدازه تراکی آندزیتی به صورت هم شیب و هم روند با لایه‌های آهک گلوبوترونکانا و آهک پلاژیک کمربالا رخ داده است. این گدازه‌های تراکی آندزیتی، به شدت توسط سیالات کانه دار متحمل دگرسانی غالباً کلریتی شده‌اند. کانه‌زایی مس در کانسار گرماب پایین، به شکل چینه‌کران و چینه‌سان، با رخساره‌های رگه - رگچه‌ای، توده‌ای



و لایه‌ای رخ داده است. از لحاظ کانی‌شناسی، کانسار مس گرماب پایین دارای کانی‌های اولیه پیریت، مگنتیت و کالکوپیریت و کانی‌های ثانویه مس طبیعی، کوولیت، کوپریت، مالاکیت و اکسیدهای آهن و منگنز است. کوارتز، کلریت، ژیپس، کلسیت، سرسیت و هماتیت، معمول‌ترین کانی‌های باطله آن هستند. چهار رخساره اصلی در کانسار گرماب پایین قابل تشخیص است که از پایین به بالا شامل موارد زیر است: (۱) رخساره رگه-رگچه‌ای، (۲) رخساره کانسنگ سولفید توده‌ای-نیمه توده‌ای، (۳) رخساره کانسنگ لایه‌ای، (۴) رخساره رسوبات برون‌دمی یا اگزالیته‌ها. در واقع، ماده معدنی موجود در کانسار گرماب پایین، به دو صورت چینه‌کران در رخساره رگه-رگچه‌ای و چینه‌سان هم‌خوان با لایه‌بندی در رخساره‌های لایه‌ای و توده‌ای دیده می‌شود. وجود رخساره‌های کانه‌دار و نسل‌های مختلف کانی‌ها در کانسار گرماب پایین، نشانگر رخ داد کانسنگ در چند مرحله است که عبارتند از: (۱) فعالیت‌های آتشفشانی - برون‌دمی: اولین مرحله کانه‌زایی در منطقه گرماب پایین با وقوع فعالیت‌های آتشفشانی - برون‌دمی در زمان کرتاسه پسین هم‌زمانی دارد که موجب تشکیل کانیهای پیریت (نسل ۱ و ۲)، کالکوپیریت و مگنتیت شده است. (۲) دیاژنز، تدفین، کوه‌زایی و بالآمدگی: دومین مرحله از کانه‌زایی در کانسار گرماب پایین مربوط به دیاژنز، تدفین، کوه‌زایی و بالآمدگی در توالی آتشفشانی - رسوبی میزبان کانه‌زایی است که باعث تشکیل مس طبیعی با بافت دانه پراکنده و رگه - رگچه‌ای در سنگ‌های آتشفشانی و کنگلومراهای پالئوسن کانسار شده است. از جمله دگرسانی‌های همراه با این کانه‌زایی می‌توان به دگرسانی زئولیتی اشاره کرد. (۳) پس از کانه‌زایی (هوازدگی و سوپرژن): در این مرحله، عملکرد فرآیندهای هوازدگی و سوپرژن باعث تحرک مواد و ته‌نشست برخی کانی‌های سولفیدی و اکسیدی در شکستگی‌ها شده و پهنه‌های اکسیدان و سوپرژن در کانسار گسترش پیدا کرده‌اند. دگرسانی سنگ دیواره، به طور عمده از نوع کلریتی و به مقدار کمتر شامل سیلیسی، آرژیلیتی و زئولیتی است. حداکثر عیار طلا و نقره در کانسار به ترتیب ۱ ppm و ۱۹ است. و میانگین مس در این رخساره به حدود ۰/۶ درصد می‌رسد. کانه‌زایی مس گرماب پایین، از جهت ویژگی‌های اساسی کانسارهای سولفید توده‌ای از جمله محیط زمین‌ساختی تشکیل، جایگاه زمین‌شناختی ته‌نشست، سن کانه‌زایی، سنگ‌های میزبان، هندسه ماده معدنی، رخساره‌های کانه‌دار، ساخت و بافت کانسنگ، دگرسانی و ژئوشیمی بیشترین شباهت را با نهشته‌های نوع پلیتیک مافیک (نوع بشی) نشان می‌دهد. وجود مقادیر زیادی سرباره‌های ذوب مس و آثار معدن‌کاری قدیمی بیانگر فعالیت معدنی در این کانسار در گذشته است (طاشی و همکاران، ۱۳۹۶).

منطقه اکتشافی چشمه زاغ

منطقه اکتشافی چشمه زاغ در فاصله تقریبی ۱۰۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان سبزوار در موقعیت جغرافیایی "۵۷°۰'۶۰" طول شرقی و "۳۵°۲۲'۶۰" عرض شمالی قرار گرفته است. منطقه مورد بررسی بخشی از کمربند افیولیتی سبزوار واقع در شمال ایران مرکزی (شمال گسل کویر بزرگ و جنوب گسل میامی) است. سنگ شناسی منطقه شامل تنوعی از سنگ های آتشفشانی (داسیت تا بازالت)، توده های نفوذی (گابرو تا سینوگرانیت) وابسته به کرتاسه پسین و انواع سنگ های رسوبی الیگومیوسن و کواترنری می باشد (شکل ۳-۱۱). کانی سازی منطقه بیشتر همراه با واحد داسیتی است که در اثر دگرسانی کلریتی و اپیدوتی در مقیاس ناحیه ای و آرژیلی و سیلیسی- سرسیتی در مقیاس محلی قرار گرفته اند که دوران مزوزوئیک (ژوراسیک و کرتاسه) مهمترین زمان برای تشکیل این کانسار است. دگرسانی های گسترده ای از پروپیلیتی، آرژیلیک، سیلیسی، سرسیتیک، کلریتی و اپیدوتی منطقه را فرا گرفته است. کانی سازی در منطقه مورد بررسی در قالب دو پهنه اصلی عدسی شکل همراه با دگرسانی شدید آرژیلی و سیلیسی- سرسیتی در شمال شرق و جنوب غرب منطقه و آثار پراکنده ای از کانی سازی مس (بیشتر در ارتباط با شکستگی ها و گسل ها) در بخش های بین این دو پهنه دیده می شود. پهنه کانی سازی شمال شرق که بخش زیادی از آن توسط کنگلومرای عهد حاضر پوشانده شده است رنگ زرد دگرسانی شدید آرژیلی این پهنه را سنگ های پیرامون متمایز می کند و آثاری از کانی سازی مس به شکل کانی مالاکیت با فراوانی ۱ تا ۵ درصد همراه با مقادیر فراوان پیریت با فراوانی ۵ تا ۳۰ درصد به شکل پراکنده، رگچه ای و توده ای مشاهده می شود. دومین پهنه کانی سازی وسیع (۲ کیلومتر در ۴۰۰ متر)، عدسی شکل با راستای شرقی- غربی، همراه با واحد داسیتی در جنوب غرب منطقه رخنمون دارد که شدت کانی سازی ضعیفتری دارد و تنها رخنمون های محدود از کانی سازی بصورت مالاکیت دیده می شود.



شکل ۳-۱۱- نقشه زمین شناسی محدوده اکتشافی چشمه زاغ (ملک‌زاده شفارودی و همکاران، ۱۳۹۸)

در بخش‌های سطحی دگرسانی سیلیسی- سرسیتی و آرژیلی ضعیف گزارش شده است. کانی‌های اولیه در منطقه چشمه زاغ شامل پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت است و کانی‌های ثانویه نیز شامل مالاکیت، کولیت و هماتیت و گوتیت همراه با کانی‌های باطله کلریت، اپیدوت، کوارتز، سرسیت و کانی‌های رسی می‌باشند. در مناطق کانی‌سازی عناصر مس، طلا، سرب و روی گزارش شده است. از آنجا که سنگ همراه و میزبان در منطقه مورد بررسی به ترتیب از نوع داسیت- ریوداسیت و بازالت- تراکی بازالت است و سنگ‌های رسوبی همزمان دیده نمی‌شود، می‌توان ادعا کرد که کانی‌سازی چشمه زاغ به احتمال بسیار از نوع دوگانه فلسی غنی از طلا است (ملک‌زاده شفارودی و همکاران، ۱۳۹۸).

- برگه زمین شناسی یکصد هزارم ازبک‌کوه

معدن غیرفعال مس شماره ۱ ازبک‌کوه

این معدن در قسمت شمال غربی برگه یکصد هزارم ازبک‌کوه و $3/4$ کیلومتری شمال غرب روستای کمرچه و موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}3'58/36''$ طول شرقی و $35^{\circ}52'49/98''$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین-شناسی این نشانه معدنی در واحد (ms) ماسه‌سنگ و شیل به سن ژوراسیک قرار گرفته است (روتنر و همکاران، ۱۹۷۰).

- برگه زمین شناسی یکصد هزارم مری

نشانه معدنی مس و منگنز شماره ۱ مری

این نشانه معدنی در قسمت شرقی برگه یکصد هزارم مری و ۱۰۰ متری شمال غربی کوه قطربنه و موقعیت جغرافیایی $51^{\circ}52'56''$ طول شرقی و $11^{\circ}47'17'35''$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی درمرز واحد (K21) آهک پلاژیک و آهک ماسه‌ایی با واحد (K27) آندزیت بازالیت، برش داسیتی، توف، توف برشی، توف لاپیلی، لاوهای آندزیتی و ریوداسیتی و ماسه سنگ قرمر رنگ قرار گرفته است (کوهنسال و همکاران، ۱۳۸۶).

- برگه زمین شناسی یکصد هزارم بردسکن

نشانه معدنی مس شماره ۵ بردسکن

این نشانه معدنی در قسمت شمال شرقی برگه یکصد هزارم بردسکن و ۴ کیلومتری شمال غربی روستای برناآباد و موقعیت جغرافیایی $22^{\circ}42'48'57''$ طول شرقی و $66^{\circ}46'24'35''$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (K27) سنگ‌های آتشفشانی بازیک - حدواسط قرار گرفته است (شهرابی و همکاران، ۱۳۸۵).

نشانه معدنی مس شماره ۶ بردسکن

این نشانه معدنی در قسمت شمال شرقی برگه یکصد هزارم بردسکن و ۵/۶ کیلومتری شمال غربی روستای برناآباد و موقعیت جغرافیایی $53^{\circ}13'48'57''$ طول شرقی و $34^{\circ}35'25'35''$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (K27) سنگ‌های آتشفشانی بازیک - حدواسط قرار گرفته است (شهرابی و همکاران، ۱۳۸۵).

- کانسارهای مس سنوزوئیک

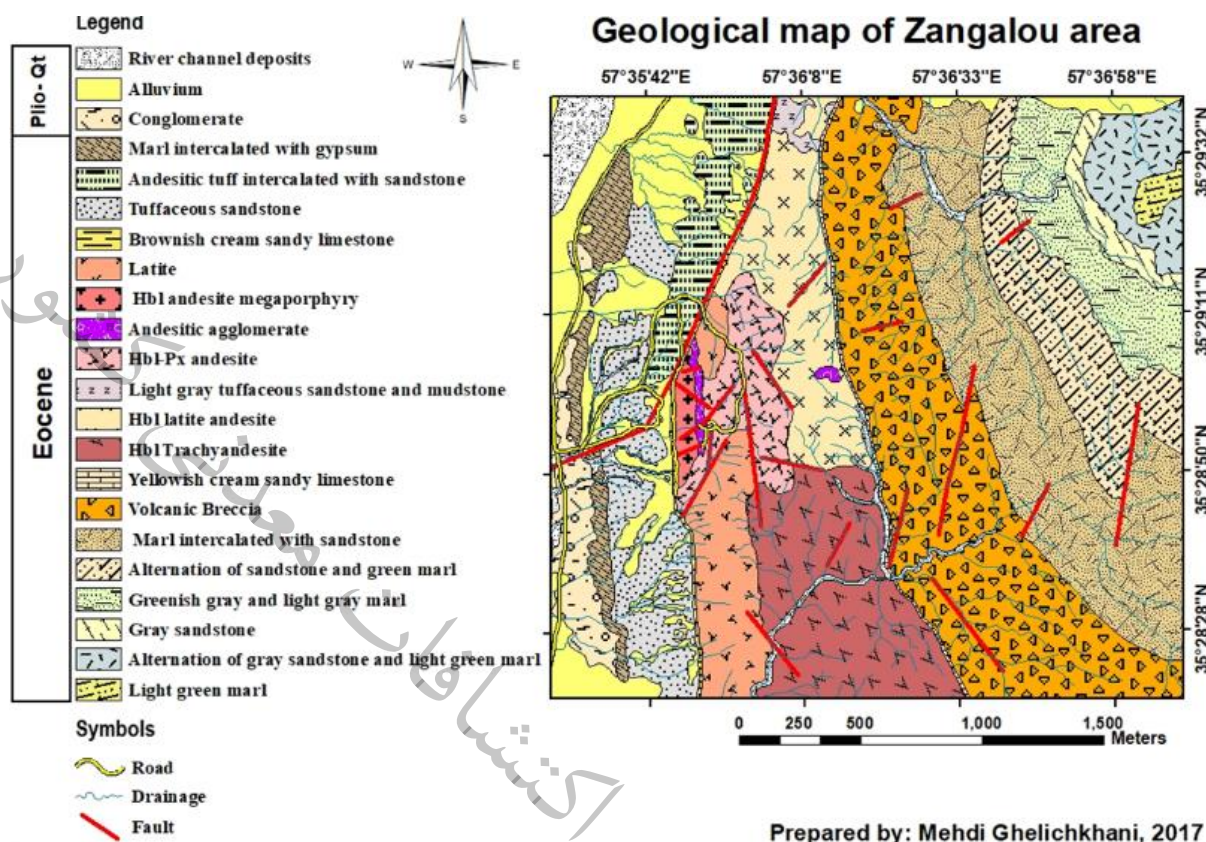
کانسارهای مس دوران سنوزوئیک محدوده مطالعاتی در نتیجه فعالیت‌های ماگمایی پس از ائوسن بوجود آمده‌اند. عمدتاً این کانسارهای مس دار دارای سنگ میزبان ولکانیکی رسوبی، ولکانیکی و پیرو کلاستیکی مربوط به دوره سنی ائوسن هستند که شامل آندزیت، تراکی آندزیت، آندزیت‌های پیروکسن دار، بازالیت، ایگنمبریت، ریولیت توفی، آگلومرا، توف، لاپیلی توف و واحدهای آهکی می‌شوند و تیپ کانه‌زایی برخی از آنها تحت عنوان رگه‌ایی، مانتو و دیرزاد چینه‌کران گزارش شده است. کانسارهای زنگالو، دهنه سیاه، چشمه گز (نسیم)، کوه خالدار و رهبر از این دسته از کانسارها می‌باشند. در این میان دو نشانه معدنی ۴۳ و ۴۳ مس در برگه یکصد هزارم



بردسکن در سنگ‌های دگرگونه شیل و شیست سبز سازند تکنار به عنوان سنگ‌میزبان قرار گرفته‌اند که عامل کانه‌زایی توده‌های گرانیت و گرانودیوریتی بعد از ائوسن می‌باشند.

معدن زنگالو

معدن مس زنگالو از نظر جغرافیایی در ۶۵ کیلومتری شمال غرب شهر بردسکن در استان خراسان رضوی و موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}35'44/60''$ طول شرقی و $35^{\circ}28'50/83''$ عرض شمالی قرار گرفته است. برای دستیابی به معدن از جاده‌ای از جاده بردسکن- سبزوار به طرف آبادی‌های باب‌الحکیم، انابد و دهن قلعه حرکت کرده و سپس بعد از عبور از کال خالدارجاده اختصاصی معدن به سمت شمال با طی ۲۰ کیلومتر به محل معدن می‌رسیم. از نظر جایگاه ساختاری، کانسار زنگالو در زون ساختاری ایران مرکزی و زیرپهنه سبزوار واقع شده است. واحدهای سنگی رخنمون یافته در محدوده مطالعاتی زنگالو شامل تناوبی از سنگ‌های مارنی و ماسه-سنگی و توفی، مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی که از انواع پیروکلاستیک و گدازه‌ای به سن ائوسن برش آتشفشانی، توف، آگلومرا، گدازه‌های هورنبلند تراکی آندزیت، هورنبلند لاتیت آندزیت، هورنبلند پیروکسن آندزیت، لاتیت، هورنبلند آندزیت مگاپورفیری، آهک ماسه‌ای فسیل‌دار و کنگلومرای می‌شود. واحدهای آندزیتیک آگلومرا و هورنبلند آندزیت مگاپورفیری و به مقدار کمتر هورنبلند پیروکسن آندزیت واحدهای میزبان کانی‌سازی هستند. واحد آگلومرای میزبان کانی‌سازی در غرب منطقه و در حدفاصل واحد هورنبلند پیروکسن آندزیت و هورنبلند آندزیت مگاپورفیری قرار دارد و دارای آلتراسیون پروپیلیتیک و کربناتی می‌باشد. واحد آندزیتیک آگلومرا همچنین در مرکز منطقه و در درون واحد هورنبلند لاتیت- آندزیت رخنمون دارد. واحد هورنبلند آندزیت مگاپورفیری جدیدترین واحد آتشفشانی از نوع گدازه‌ای است. این واحد دارای آلتراسیون‌های کربناتی، پروپیلیتیک، سرسیتیک و آرژیلیک می‌باشد. همچنین این واحد دارای حفرات فراوان می‌باشد که نشان دهنده خروج گاز است. بخش مهمی از کانی‌سازی در این واحد قرار دارد (شکل ۳-۱۲). به طور کلی چهار نوع آلتراسیون پروپیلیتیک، کربناتی، سرسیتیک و آرژیلیک در سطح و در گمانه‌های حفاری منطقه شناسایی شد.



شکل ۳-۱۲- نقشه زمین شناسی محدوده معدن مس زنگالو (قلیچخانی و همکاران، ۱۳۹۷).

کانی سازی مس در منطقه با روندی شمالی-جنوبی، منطقه‌ای به طول ۴۵۰ متر و عرض متوسط ۷۰ تا ۷۵ متر را پوشش می‌دهد. میزبان اصلی کانی سازی در منطقه، واحد آگلومرای آندزیتی و هورنبلند آندزیت مگاپورفیری می‌باشد و بعضاً در واحد هورنبلند پیروکسن آندزیت نیز آثاری از کانی سازی مشاهده می‌شود. آثار معدن کاری قدیمی به صورت تونل و روباز در منطقه به وضوح قابل مشاهده است. زون کانی سازی عمدتاً منطبق بر آلتراسیون‌های پروپیلیتیک شدید- کربناتی شدید و مرز آن با آلتراسیون پروپیلیتیک شدید- کربناتی متوسط- سرسیتیک و همچنین پروپیلیتیک متوسط- کربناتی متوسط- سرسیتیک- آرژیلیک است که همان- طور که قبلاً اشاره شد آلتراسیون آرژیلیک و سرسیتیک در زمان متفاوتی نسبت به کانی سازی (قبل از کانی- سازی) تشکیل شده‌اند و به عبارتی آلتراسیون‌های عمومی منطقه می‌باشند. کانی سازی در منطقه به صورت اشکال مختلفی از قبیل رگچه‌ای، پراکنده، پرکننده حفرات سنگ میزبان و جانشینی دیده می‌شود. در کانی- سازی رگچه‌ای ضخامت رگچه‌ها از کمتر از یک تا حداکثر ۴ میلی‌متر متغیر است و تراکم آنها تا ۲۰ رگچه در متر مربع می‌رسد. رگچه‌ها شامل رگچه‌های پیریت- کربنات، کربنات- پیریت- کالکوپیریت- کالکوسیت،



کربنات- کالکوسیت- کالکوپیریت و کربنات- کالکوسیت می باشد. کانی سازی پراکنده ۱۰ تا ۱۲ درصد از حجم سنگ میزبان را شامل می شود. در منطقه مورد مطالعه کانی سازی رگچه ای و پراکنده همراه با هم در سنگ میزبان دیده می شود. کانی سازی در منطقه به دو صورت مشاهده می شود که شامل کانی سازی سولفیدی (پیریت، کالکوپیریت، کالکوسیت) و کانی های زون اکسیدان (کوولیت، مالاکیت)، آزوریت و اکسیدهای آهن مانند هماتیت، گوتیت و لیمونیت می باشد. براساس نتایج به دست از مطالعات ژئوشیمی عیار عناصر زون کانی سازی عبارتند از: مس ppm ۷۰ - ۳/۳۷ درصد، سرب ppm ۹-۱۹، روی ppm ۵۸-۱۱۸، آرسنیک ppm ۳/۳-۲/۶، آنتیموان ppm ۰/۸۳-۱/۱۳ و نقرع ppm ۰/۴۷-۳/۳. معدن مس زنگالو علاوه بر مس حاوی نقره به میزان قابل توجهی می باشد. با توجه به ویژگی های فوق معدن مس زنگالو را می توان به عنوان یک کانسار نوع مانته معرفی کرد. براساس گزارشات، ذخیره کانسار ۴۶۳۵۶۸۰ تن با عیار میانگین ۰/۴۲ درصد می باشد. معدن مس زنگالو در حال حاضر در مالکیت شرکت گنجینه کانی مس پارت شرق می باشد و دارای کارخانه فرآوری جهت استحصال مس نیز می باشد (قلیچ خانی و همکاران، ۱۳۹۷؛ اکبری مقدم، ۱۳۹۰).

معدن دهنه سیاه

محدوده اکتشافی دهنه سیاه در ۸۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان بردسکن در محدوده استان خراسان رضوی و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۲۷'۳۹/۷۸" طول شرقی و "۳۵°۲۶'۳۵/۹۲" عرض شمالی قرار گرفته است. دسترسی به معدن از طریق جاده سبزوار- بردسکن می باشد. از نظر جایگاه ساختاری، این کانسار در زون ساختاری ایران مرکزی و زیرپهنه سبزوار واقع شده است. واحدهای زمین شناسی محدوده معدن شامل واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری، فلدسپات پیروکسن آندزیت، ماسه سنگ و کنگلومرا می باشد. بیشتر حفره های منطقه را دگرسانی های مثل زئولیت، پروپیلیتیک، کلریت، اپیدوت و کلسیت پر نموده است. مجموعه زمین شناسی منطقه تحت تأثیر فعالیت های گسل درونه قرار گرفته و روند بسیاری از گسل های منطقه و ساختمان های چین خورده از روند گسل درونه (شرقی- غربی تا شمال شرقی- جنوب غربی) تبعیت می کند. معدن مس دهنه- سیاه از دیرباز شناسایی شده و آثار کار شدادی و دیوهای زیادی از سرباره در مجاورت کوره های قدیمی ذوب مس در منطقه دیده می شود. کانی سازی بیشتر بصورت رگچه های کالکوزیت و مالاکیت بصورت پراکنده درز و شکستگی ها در نزدیک مرز فوقانی واحد آتشفشانی فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری با بخش های تحتانی واحد کنگلومرای ماسه ای ائوسن میانی در مرزی گسلی تشکیل شده است. این بخش از کانی سازی، بخش اکسیده و ثانویه بوده و کانی سازی اولیه قطعاً در عمق وجود دارد. کانی های کوپریت، بورنیت و کالکوپیریت نیز کانی های فرعی این کانسار ذکر شده است. عرض ناحیه کانی سازی شده در محل فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری با ته نشست های ترشیری سری عریان به ۲۰ متر می رسد. طول کانی سازی بصورت ناپیوسته در طول

مرز واحد آتشفشانی با سنگ‌های رسوبی حتی در خارج از محدوده معدن از شرق به غرب ادامه دارد و حدوداً به ۴۰ کیلومتر می‌رسد. عیار مس در معدن دهنه‌سیاه نزدیک به ۱-۳ درصد است و ذخیره آن در حدود ۱۰ هزار تن با میانگین ۲ درصد برآورد شده است (حیدریان‌شهری و همکاران، ۱۳۸۴).

معدن پتاو

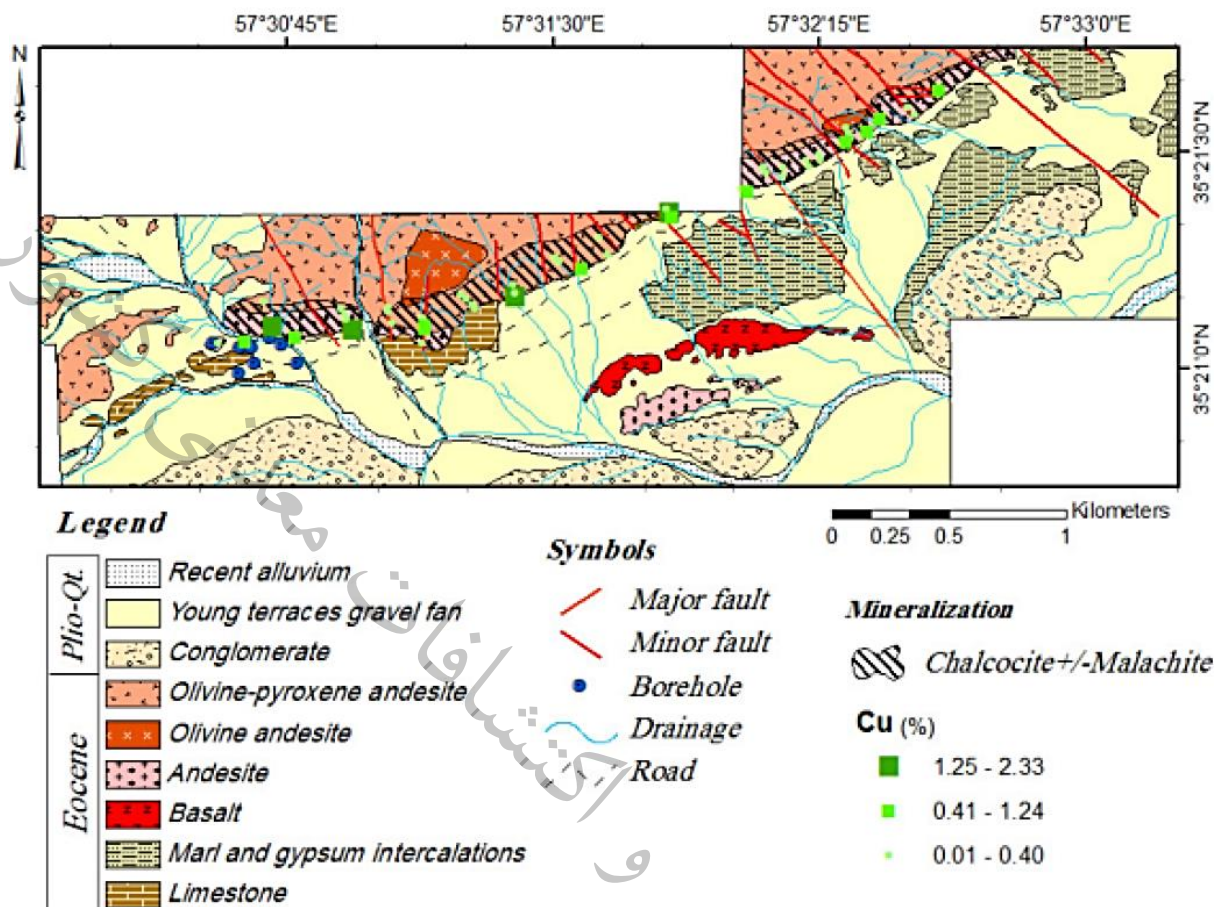
معدن پتاو در ۲۵ کیلومتری شمال‌غرب روستای درونه و ۷/۲ کیلومتری شمال‌غرب روستای کلاته برق در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ}18'57''$ طول شرقی و $29^{\circ}16'35''$ عرض شمالی قرار گرفته است. راه دستیابی به منطقه، جاده آسفalte بردسکن- انابد به طول ۱۵ کیلومتر، آسفalte انابد- درونه به طول ۳۹ کیلومتر و راه خاکی درونه- برق به طول ۱۲ کیلومتر و نهایتاً از روستای کلاته‌برق تا معدن به طول ۱۳ کیلومتر است. از نظر جایگاه ساختاری، کانسار پتاو در زون ساختاری ایران مرکزی و زیرپهنه سبزوار واقع شده است. در بخش جنوبی آن محل تلاقی گسل درونه و تکنار گزارش شده است و عمده سازندهای منطقه شامل آندزیت‌های پیروکسن‌دار، سنگ آهک نومولیت‌دار و تبخیری‌های همراه مارن‌های سبز مربوط به پالئوژن می‌باشد. آندزیت‌های پیروکسن‌دار سنگ دربرگیرنده ماده معدنی است که روند غالب کانی‌سازی به صورت رگه‌ایی و در افقی به ضخامت ۴ متر صورت گرفته است. به نظر می‌رسد که ساختار منطقه بیشتر دست‌خوش فعالیت‌های آتشفشانی بوده و کانی‌سازی نیز در ارتباط با همین فعالیت‌ها است. روند کانی‌سازی N200 و شیب کانی‌سازی به ظاهر ۲۷ درجه به سمت شمال‌غرب گزارش شده است. آثار کانه‌های اکسیدی مس بصورت ملاکیت و گاهی کالکوپیریت مشهود است و لیمونیت در منطقه کانی‌سازی نشان از اکسیداسیون قوی دارد. همچنین علاوه بر مس کانی‌سازی باریت بصورت رگه‌ای و حاوی ذرات پراکنده گالن نیز شناسایی شده است. از جمله فعالیت‌های معدنی صورت گرفته در منطقه حفر ۱۱ حفره واکلون استخراجی و دو ترانشه و سرباره‌های کوره ذوب مشهود می‌باشد (اکبری‌مقدم، ۱۳۹۰).

معدن غیر فعال چشمه‌گز (نسیم)

کانسار مس چشمه‌گز (نسیم) در ۴۶ کیلومتری شمال‌غربی شهرستان بردسکن و در استان خراسان رضوی در موقعیت جغرافیایی $31^{\circ}31'57''$ طول شرقی و $21^{\circ}10'35''$ عرض شمالی قرار گرفته است. دسترسی به محدوده معدن از طریق روستاهای انابد- دهن‌قلعه و قاسم‌آباد امکان‌پذیر می‌باشد. از نظر جایگاه ساختاری، کانسار نسیم در زون ساختاری ایران مرکزی و زیرپهنه سبزوار واقع شده است. زمین‌شناسی منطقه شامل آندزیت، بازالت، سنگ آهک نومولیت‌دار و مارن با میان لایه‌هایی از ژئوپس با سن ائوسن، کنگلومرای پلیوسن و رسوب‌های کواترنری است (شکل ۳-۱۳). کانی‌سازی مس بصورت چینه‌کران با روند تقریبی شمال‌شرقی-



جنوب غربی در داخل آندزیت‌ها و مرز واحدهای پیروکسن آندزیت الیوین دار، آندزیت الیوین دار و آندزیت به سن ائوسن با سنگ آهک به شکل پراکنده، رگچه‌ای و پرکننده فضای خالی تشکیل شده است. سنگ‌های آتشفشانی میزبان از نوع آهکی - قلیلی بوده و در کمان آتشفشانی منطقه فرورانش تشکیل شده‌اند. دگرسانی گسترده‌ای سنگ‌های آتشفشانی منطقه را در بر گرفته است که می‌توان آن را به دو بخش دگرسانی ناحیه‌ای پروپیلیتی و دگرسانی محلی کربناتی - کلریتی \pm زئولیتی و یا سیلیسی - کربناتی تقسیم کرد. کانی‌های اولیه شامل کالکوزیت، مس طبیعی و پیریت و کانی‌های ثانویه شامل مالاکیت، کوولیت و گوتیت است که با کانی‌های باطله کلریت، کلسیت و زئولیت همراه می‌شود. کالکوزیت و مالاکیت از مهمترین و فراوانترین کانی‌های منطقه کانی‌سازی هستند. عیار عناصر در منطقه کانی‌سازی در نمونه‌های سطحی عبارتند از: مس ۰/۰۱-۲/۳۳ درصد، سرب ۱۷-۲۸ ppm، روی ۵۹-۱۵۳ ppm، نقره کمتر از ۱ ppm و آرسنیک، بیسموت و آنتیموان کمتر از ۱۰ ppm. ولی در نمونه‌های زیرسطحی مقدار مس ۲۶-۳/۳۶ درصد، سرب حداکثر ۵۲ ppm، روی حداکثر ۷۲ ppm گزارش شده است. آثار کنده‌کاری قدیمی و وجود سرباره در منطقه، نشان‌دهنده قدمت فعالیت‌های معدنی آن است. این منطقه هم اکنون به اسم نسیم تغییر نام داده و به شرکت کومه معدن پارس تعلق دارد که تاکنون ۷۴ گمانه جمعاً به تراژ ۴۲۹۲ متر در کل گستره حفر و بیش از ۲۶۰۰ نمونه از مغزه‌ها جهت مطالعه و آنالیز تهیه شده است. جنس سنگ میزبان و ژئوشیمی آن، دگرسانی و ساخت و بافت کانی‌سازی و نوع کانه‌ها در کانسار چشمه‌گز شبیه ذخایر مانتو است و نوع آن روزادی - میان‌زادی است و مقدار ذخیره آن یک میلیون تن و استخراج اسمی آن ۷۰ هزار تن می‌باشد (مهوشی و همکاران، ۱۳۹۴؛ اکبری‌مقدم، ۱۳۹۰).



شکل ۳-۱۳- نقشه زمین شناسی - کانی سازی همراه با ژئوشیمی عنصر مس در کانسار چشمه گز (نسیم) (مهوشی و همکاران، ۱۳۹۴).

معادن غیرفعال باختر کلاته چاقی

معادن متروکه باختر کلاته چاقی در ۵۸ کیلومتری شمال غرب بردسکن در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}25'59/22''$ طول شرقی و $35^{\circ}19'30/75''$ عرض شمالی قرار گرفته است. راه دسترسی به محل معادن روستاهای دهن قلعه، قاسم آباد و کال ابری به سمت غرب است. از نظر جایگاه ساختاری، معادن باختر کلاته چاقی در زون ساختاری ایران مرکزی و زیر پهنه سبزوار واقع شده است. سنگ درونگیر معادن آندزیت های پورفیری است که درزه های آن از گنی های مالاکیت پرشده است. آثار سرباره های حاصل از ذوب مس مشهود می باشد مجموع فعالیت های اکتشافی در این معادن محدود به ترانشه ای با طول ۱۲۰ متر، عرض ۲-۳ متر و عمق ۰/۵-۱ متر است که عیار مس در این منطقه ۵/۲۱ درصد گزارش شده است (اکبری مقدم، ۱۳۹۰).



کانسار رهبری

کانسار مس رهبری، در استان خراسان رضوی، ۷۵ کیلومتری شمال غرب بردسکن و ۲۰ کیلومتری شمال روستای درونه در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}27'5/81''$ طول شرقی و $35^{\circ}18'53/94''$ عرض شمالی قرار گرفته است. از نظر جایگاه ساختاری، کانسار رهبر در زون ساختاری ایران مرکزی و زیر پهنه سبزوار واقع شده است. رخنمون های سنگی در منطقه مورد مطالعه به صورت مجموعه ولکانیکی-رسوبی با سن ائوسن و رسوبی با سن الیگومیوسن است که شامل تناوبی از گدازه های زیر دریایی (آندزیت، تراکی آندزیت و آندزیت-بازالت)، واحد آذرآواری (توف، کریستال توف، لیتیکتوف، توف آندزیتی، توف تراکی آندزیت و آگلومرا) و واحد رسوبی (آهک و آهک مارنی) می باشند. ماده معدنی به صورت رگه-رگچه ای در امتداد درزه و شکاف ها و به صورت پراکنده فضاهای خالی در بین ذرات و عمدتاً در مجموعه آذرآواری یافت می شود. سنگهای آذرآواری منطقه تحت تأثیر محلول های هیدروترمالی قرار گرفته و به شدت دچار دگرسانی شده اند. دگرسانی سیلیسی، کلریتی، کربناتی، آرژیلیتی از مهمترین زون های دگرسانی می باشند. کانی های مالاکیت، کالکوسیت، آزوریت، بورنیت، کولیت، همتایت و مگنتیت پاراژنز کانی هایی را تشکیل می دهند. براساس شکل و گسترش ماده معدنی می توان کانسار مس رهبری را یک کانسار هیدروترمالی، اپی ژنتیک نوع رگه ای معرفی نمود (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۴).

کانسار ابری (کال ابری)

کانسار مس ابری در استان خراسان رضوی، ۸۰ کیلومتری شمال غرب بردسکن و ۲۵ کیلومتری شمال روستای درونه در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}24'52/30''$ طول شرقی و $35^{\circ}18'2/18''$ عرض شمالی قرار گرفته است. از نظر جایگاه ساختاری، کانسار رهبر در زون ساختاری ایران مرکزی و زیر پهنه سبزوار واقع شده است. منطقه ابری بر روی کمر بند آتشفشانی- نفوذی، خواف- درونه در شمال گسل بزرگ درونه و جنوب گسل بینالود واقع گردیده است. در این کمر بند زون های آلتراسیون هیدروترمالی به تعداد زیاد و همچنین شبکه متراکمی از گسل ها همراه با تمرکز محلول های هیدروترمالی کانه ساز وجود دارند. براساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی، واحدهای سنگی در برگیرنده ماده معدنی در منطقه مورد مطالعه به سه مجموعه متفاوت با سن ائوسن میانی قابل تفکیک می باشند که عبارتند از: ۱) مجموعه گدازه های زیر دریایی شامل؛ آندزیت، بازالت و آندزیت-بازالت، ۲) مجموعه آذرآواری شامل؛ توف آندزیتی، توف آندزیتی-بازالتی و آگلومرا، ۳) مجموعه رسوبی شامل آهک، آهک مارنی، مارن، سیلتستون و شیل که بصورت همشیب و با روند $SE < 22^{\circ}$ ۵۵ رخنمون دارند. کانی سازی به دو شکل رگه- رگچه ای (داخل گدازه ها) و پراکنده حفره ها و فضاهای خالی بین دانه ای (داخل توف و آگلومرا) تشکیل شده است. کانه زایی در منطقه ابری بعد از انسجام سنگ های در برگیرنده، به صورت

همشیب با طبقات دربرگیرنده و در مرز واحد آهکی با سنگهای آذرآواری و گدازهای با روند جنوب غربی - شمال شرقی و همراه با درزه و شکستگی های فراوان رخ داده است، که نشانگر وضعیت چینه کران و دیرزاد کانه زایی در این منطقه است. عوامل کنترل کننده کانه زایی لیتولوژی سنگ های دربرگیرنده، کنترل های ساختاری (گسل، درزه و شکاف) و محلول های گرمابی که در سنگ های با لیتولوژی مناسب جریان یافته و باعث تمرکز مس گردیده اند. کانی های اصلی تشکیل دهنده کانسار در سه گروه: الف) کانه زایی سولفیدی (کالکوسیت، کولیت، بورنیت، کالکوپیریت و پیرت)، ب) کانه زایی کربناتی (مالاکیت و آزوریت) و ج) کانه زایی اکسیدی (هماتیت، لیمونیت و گوئیت) رده بندی شدند که تحت تأثیر آب های نفوذی (جوی) در شرایط سطحی و نزدیک به سطح زمین تشکیل شده اند. کانی های باطله در این کانه زای شامل کوارتز، کلسیت، زئولیت و کانی های رسی است. ساخت و بافت ماده معدنی در کانسار مس ابری به صورت بافت های پرکننده فضای خالی، رگه - رگچه ای، جانیشینی و دانه پراکنده است. مهمترین عامل کنترل کننده مواد معدنی می باشند که معبری مناسب برای حرکت و چرخش سیالات هیدروترمالی کانه دار ایجاد کرده و علاوه بر این باعث تمرکز رگه های کانه دار و افزایش عیار اقتصادی در این منطقه گردیده است. منشأ سیال گرمابی کانه ساز را می توان آب های جوی دانست که از طریق گسل ها و شکستگی ها به مناطق عمیق نفوذ کرده و بعد از برخورد به سنگ های آتشفشانی و افزایش حرارت، از طریق گسل ها و شکستگی ها به مناطق سطحی رسیده اند و در اثر کاهش حرارت، فلزات موجود در این مناطق ته نشست پیدا کرده اند. مقدار مس در نمونه های سطحی برداشت شده بین ۵۳ - ۸۳ بر اساس شکل و گسترش ماده معدنی می توان کانسار مس ابری را کانسار دیرزاد، چینه کران معرفی کرد و مقدار ذخیره آن ۶۰ هزار تن و استخراج اسمی آن ۱۰۰۰ تن است (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۴؛ اکبری مقدم، ۱۳۹۰).

کانسار کلاته تازی (کبودان)

کانسار کلاته تازی در منطقه اکتشافی کبودان قرار گرفته است و قسمتی از برگه یکصد هزارم بردسکن می باشد که در شمال شهر بردسکن قرار دارد. منطقه مورد مطالعه به زون آتشفشانی - رسوبی ایران مرکزی (زیر زون تکنار) و پهنه مرکزی کمربند آلپ - هیمالیا تعلق دارد. این منطقه از سنگ های دگرگونی شامل شیست سبز، سربیسیت شیست و ولکانیک های (داسیت، ریوداسیت و ریولیت) دگرگون شده تشکیل شده است که در داخل آنها توده های نفوذی گابروی، دیوریتی، گرانودیوریتی و گرانیتی منتسب به دوره پالئوژن نفوذ کرده اند. بعلاوه این مجموعه توسط گرانیتهای برونورد (پرکامبرین) و دایک های دیابازی (پس از پالئوزوئیک) بریده می شوند. واحدهای سیلیسی - فلدسپاتی و برشی گنبدی شکل که میزان سیلیس بالایی دارند در منطقه رخنمون دارند. کانسار کلاته شامل کانی سازی عناصر مس، روی، آهن، منگنز و طلا می شود. عیار طلا ۸۰۰ ppb، مس ۳



درصد، آهن ۴۲ درصد و منگنز ۰/۷۹ درصد گزارش شده است. منطقه مورد بررسی از لحاظ سنگ‌شناسی و محیط تکتونیکی شباهت‌های زیادی با کانسارهای ماسیوسولفید کوروکو دارد (صفری و همکاران، ۱۳۸۹؛ اکبری‌مقدم، ۱۳۹۰).

کانسار چشمه مرضیه

کانسار مس چشمه مرضیه در استان خراسان رضوی، ۱۳۰ کیلومتری شمال غرب بردسکن، ۸۰ کیلومتری غرب روستای درونه در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}8'14''/78''$ طول شرقی و $35^{\circ}12'24''/70''$ عرض شمالی قرار گرفته است. محدوده مورد مطالعه در تقسیم بندی پهنه ساختاری- رسوبی در بخش شمالی ایالت زمین‌ساختی ایران مرکزی و در گستره غربی ورقه یکصد هزارم درونه واقع شده است. منطقه مورد نظر در زیرپهنه سبزوار و بر روی کمربند آتشفشانی-نفوذی خواف- درونه قرار می‌گیرد. در محدوده مورد مطالعه سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی با سن ائوسن میانی دارای ترکیب حدواسط تا اسیدی بوده و به صورت گدازه‌های زیردریایی و آذرآواری در سطح زمین رخمون دارند. سنگ‌های آتشفشانی شامل توالی از گدازه‌های با ترکیب آندزیت، تراکی آندزیت، آندزیت- بازالت و داسیت می‌باشند و بر روی سنگ‌های آذرآواری که بخش عمده‌ای از محدوده مورد مطالعه را پوشش می‌دهند، قرار گرفته‌اند. ترکیب این سنگ‌های آذرآواری آندزیتی بوده و شامل تناوبی از توف‌های سبز و قرمز رنگ، کریستال توف سبز، کریستال لیتیکتوف قرمز، آگلومراها می‌باشند. عوامل کنترل کننده کانه‌زایی به ترتیب الویت، (۱) کنترل‌های ساختاری (گسل، درزه و شکاف‌ها) در واحد گدازه‌ای و (۲) لیتولوژی مناسب واحد آذرآواری می‌باشند. واحد آذرآواری بدلیل تخلخل و نفوذپذیری بالا و سطح تماس بیشتر، فضای مناسب را جهت نفوذ محلول‌های گرمابی فراهم آورده است. بر اساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی کانه‌زایی در کانسار چشمه مرضیه به صورت رگه- رگچه‌ای، دانه پراکنده و پرکننده فضاها می‌شود. کانه‌زایی غالب در این کانسار کانه‌زایی رگه‌ای است. این نوع کانی‌سازی در ارتباط با زون‌های گسله دیده می‌شود. زون‌های گسله دارای روند شمال شرقی- جنوب غربی و شمال غربی- جنوب شرقی با شیب ملایم (در حدود ۶۰ درجه با شیبی به سمت جنوب) تشکیل شده‌اند. کانی‌های تشکیل دهنده این کانسار به سه دسته تقسیم شدند که عبارتند از: کانی‌های سولفیدی (کالکوسیت، کولیت، بورنیت و به مقدار خیلی کم پیریت و کالکوپیریت)، کانی‌های کربناته (مالاکیت و آزوریت) و کانی‌های اکسیدی (مگنتیت، هماتیت، گوئیت و لیمونیت). با توجه به ارتباط کانی‌سازی با سیستم‌های شکستگی منطقه می‌توان کانسار چشمه‌مرضیه را یک کانسار دیرزاد، نوع رگه‌ای معرفی کرد و ذخیره مس آن ۴۰ هزار تن و استخراج اسمی آن ۴۰۰۰ تن است و

ذخیره کائولن آن ۲۹۰ هزار تن و استخراج اسمی آن ۶۰۰۰ تن گزارش شده است. (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۴؛ اکبری مقدم، ۱۳۹۰).

کانسار چشمه هادی

منطقه چشمه هادی در ۳۲۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان مشهد، ۵۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان بردسکن (استان خراسان رضوی) و ۹۳ کیلومتری جنوب شهرستان سبزوار واقع شده است. شهرستان اباند نزدیکترین مرکز به این کانسار می باشد. جهت دسترسی به محدوده کانسار می توان از جاده آسفالتی بردسکن- درونه، جاده قدیم بردسکن- سبزوار و پاسگاه دهن قلعه استفاده نمود و پس از طی مسافتی حدود ۷ کیلومتر به محدوده مس چشمه هادی رسید. از نظر ساختاری در توالی آتشفشان- رسوبی آئوسن از پهنه سبزوار در زون ساختاری ایران مرکزی و در روی کمر بند متالوژی سمنان- سبزوار- کاشمر قرار دارد. واحدهای سنگی اصلی شامل واحدهای آتشفشانی (آندزیت، لاپیلی توف و پیروکسن آندزیت پورفیری و واحدهای رسوبی (سنگ آهک، ماسه سنگ و رسوبات کواترنری) می باشد. دگرسانی اصلی در منطقه شامل سرسیتیک، کلسیت، کلریتی، پروپیلتیک و اپیدوتی می باشند. کانی زایی مس در داخل آندزیت و مرز بین واحدهای آندزیتی با لاپیلی توف آندزیتی تشکیل شده است. با توجه به مطالعات کانی شناسی، کانی های اصلی مس کالکوسیت، بونیت و کالکوپیریت است. پیریت اولیه توسط کالکوپیریت جانشین و در نهایت بونیت توسط کالکوسیت جانشین شده است. پیریت به طور کلی زودتر از سولفیدهای دیگر تشکیل شده است. بافت کانی زایی شامل رگه-رگچه، جایگزینی، افشان و پر کردن فضای خالی است. مخلوط شدن آب داغ با آب سردجوی برای رسوب مواد معدنی و دگرسانی در منطقه چشمه هادی پیشنهاد شده است. اطلاعات کانی شناسی، دگرسانی، سنگ-میزبان و ساختارهای کنترل کننده نشان دهنده سازگاری ژنتیکی آن با کانسارهای نوع مانتو است و میزان ذخیره آن یک میلیون تن و استخراج اسمی آن ۷۰ هزار تن است (پناه خور، ۱۳۹۵؛ اکبری مقدم، ۱۳۹۰؛ ادیبی، ۱۳۹۸).

نشانه معدنی در ناحیه شمال امامزاده سید مرتضی

منطقه مورد مطالعه در شمال شهر کاشمر و در مسیر جاده کاشمر- ریوش قرار گرفته است و از نظر جایگاه زمین شناسی ساختاری در سنگ های ماگمایی زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است. حد فاصل ارتفاعات شمال سیدمرتضی و دشت جنوبی، محل عبور گسل درونه است که پس از این گسل بسمت شمال ابتدا یک سری سنگ های ریولیتی قرار گرفته است و سپس گرانیتهای ترشیری در محدوده وسیع قرار دارند. سنگ های گرانیتهی در شمال سید مرتضی ارتفاعات بلندی را تشکیل داده اند که قله معروف هفت شاخ در شمال کاشمر



یکی از آنها است. شواهد روی زمین و مطالعات نمونه‌های برداشت شده حاکی از وجود چندین مرحله ماگماتیسم در ناحیه شمال منطقه است. این مراحل توسط تغییر در نوع و میزان کانی‌های تشکیل دهنده سنگ و تغییر در بافت سنگ قابل تشخیص است. به نحوی که سری سنگ‌های متفاوتی از مونزونیت، مونزونیت پورفیری، ریولیت، گرانودیوریت، پورفیری و غیره قابل مشاهده‌اند. آلتراسیون‌های شاخص منطقه شامل آرژیلیک، پروپیلیتیک، سیلیسی و سرسیتیک می‌باشند. این منطقه بشدت تکتونیزه شده است و اغلب سنگ‌های منطقه خرد شده و دارای درز و شکاف‌های فراوانی می‌باشند (اکبری مقدم، ۱۳۸۹).

نشانه معدنی کوه خالدار

نشانه معدنی کوه خالدار در ۲۷ کیلومتری شمال غرب شهرستان بردسکن و ۶ کیلومتری روستای شریف‌آباد در جنوب کوه خالدار واقع شده است. موقعیت جغرافیایی این کانساز $57^{\circ}38'22/59''$ طول شرقی و $35^{\circ}23'47/17''$ عرض شمالی می‌باشد. راه دسترسی به آن از طریق کال گورستان و روستای دهن قلعه به سمت شمال است. از نظر زمین‌شناسی ساختاری در زون ساختاری ایران مرکزی و زیر زون تکتونیکی سبزواری قرار گرفته است. وسعت زیادی از منطقه توسط آندزیت‌های پیروکسن‌دار به سن ائوسن پوشانده است و مرز جنوبی این آندزیت را آبرفت‌های دشت شمال دهن قلعه پوش می‌دهد و مرز شمالی آن در همبری گسلی با آمیزه‌های رنگین کرتاسه بالایی است. کانی‌سازی کوه خالدار در آندزیت‌های پیروکسن‌دار تشکیل داده است. و در طرفین کال خالدار آثار خردشدگی آندزیت‌ها را می‌توان دید و بر این اساس احتمال دارد مسیر کال گسلی باشد. در فاصله ۲۰ تا ۳۰ متری خاور کال به سمت کوه خالدار نیز رخساره‌های آگلومرایی درون آندزیت‌ها به چشم می‌خورد که آثار کانی‌سازی مس به صورت کربنات مشاهده شده است (اکبری مقدم، ۱۳۹۰).

نشانه معدنی باختر چشمه چل

این نشانه معدنی در ۵۵ کیلومتری شمال خاور بردسکن و ۲ کیلومتری غرب روستای چشمه چل در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}41'48''$ طول شرقی و $35^{\circ}23'43/75''$ عرض شمالی قرار گرفته است. راه دسترسی به این کانی‌سازی از کال گورستان و روستای دهن قلعه و دوغ‌آباد می‌گذرد. از نظر ساختاری در زون ایران مرکزی و زیر زون تکتونیکی سبزواری قرار گرفته است. سنگ‌های درونگیر این اندیس نیز شامل آندزیت‌های پورفیری پیروکسن‌دار مربوط به ائوسن است و در غرب منطقه سری فلیشی مانند و رسوبات تخریبی حضور دارد. کانی‌سازی مس عمدتاً به صورت ترکیبات ثانویه از نوع ملاکیت و آزوریت است که در امتداد شکستگی‌های موجود در سنگ درونگیر صورت گرفته است. عیار کانی‌سازی مس در منطقه ۶/۴۱ درصد گزارش شده است.

این کانسار در اواخر ۱۳۳۲ به مدت ۶ ماه فعالیت‌های استخراجی داشته و بعد از آن تعطیل شده است و در این منطقه حداقل ۳ ترانشه، ۳ تا ۴ چاهک قیفی شکل و یک چاه به عمق ۲۲ متر حفر شده است و همچنین دپوهای ماده معدنی پرعیار در حجم ناچیز نیز مشاهده می‌شود (اکبری مقدم، ۱۳۹۰).

نشانه معدنی جنوب چشمه چل

این نشانه معدنی در شهرستان بردسکن و ۲ کیلومتری نشانه معدنی غرب چشمه چل در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}42'30''$ طول شرقی و $35^{\circ}23'55/98''$ عرض شمالی قرار گرفته است. راه دسترسی به آن از طریق روستاهای انابد، دهن قلعه، شریف‌آباد و دوغ میسر است. این کانسار از نظر ساختاری در زون ایران مرکزی و زیر زون تکتونیکی سبزوار قرار گرفته است. سنگ‌های درونگیر درزه‌های آغشته به کربنات‌های مس را آندزیت‌های پیروکسن‌دار و ماسه‌سنگ‌های سری عریان پائینی به سن ائوسن تشکیل می‌دهد. کانی‌سازی‌های صورت گرفته در امتداد شرقی- غربی حدود ۱۵۰ متر است که مالاکیت کانی اصلی منطقه کانی‌سازی می‌باشد و عیار مس در آن $3/03 - 4/17$ درصد گزارش شده است (اکبری مقدم، ۱۳۹۰).

نشانه معدنی کلاته چاقی ۱

این نشانه معدنی در ۵۴ کیلومتری شمال غرب بردسکن در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}29'26,34''$ طول شرقی و $35^{\circ}20'45/14''$ عرض شمالی قرار گرفته است. راه دسترسی به آن از طریق روستاهای دهن قلعه، قاسم‌آباد است که از روستای اخیر به سمت غرب بیشتر مسیر در امتداد کال ابری طی می‌شود. از نظر ساختاری نیز این کانسار در زون ایران مرکزی و زیر زون تکتونیکی سبزوار قرار گرفته است. سنگ‌های درونگیر این اندیس را آندزیت‌های پورفیری ائوسن تشکیل می‌دهد که کانی‌سازی مس در قالب کانی‌های مالاکیت و آزوریت دیده می‌شود و عیار مس در آن $6/78$ درصد می‌باشد. به نظر می‌رسد از ذخایر این کانسار به عنوان منابع کمکی معدن زنگالو استفاده شده است (اکبری مقدم، ۱۳۹۰).

نشانه معدنی کلاته چاقی ۲

این نشانه معدنی در ۵۵ کیلومتری شمال غرب بردسکن و در ۲ کیلومتری جنوب کلاته چاقی ۱ در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}28'47/24''$ طول شرقی و $35^{\circ}19'46/80''$ عرض شمالی قرار گرفته است. از نظر ساختاری نیز این کانسار در زون ایران مرکزی و زیر زون تکتونیکی سبزوار قرار گرفته است. دستیابی به محدوده این کانسار از طریق روستاهای دهن قلعه، قاسم‌آباد و کال ابری میسر است. شواهد موجود در این محل حکایت از استخراج



سنگ مس در مقیاس محدودی دارند. استخراج فقط با روش روباز و حفر ترانشه‌ای با امتداد تقریبی شمال-شرقی - جنوب غربی صورت گرفته است و حفاری‌های سنتی و شدادی مربوط به ده‌ها سال قبل در محل این کانسار مشهود می‌باشد. سنگ درونگیر کانی‌سازی مس آندزیت پورفیری است و کانی‌سازی در اطراف همبری آندزیت مذکور با کنگلومرا دانه ریز ائوسن با سیمان ماسه‌ای و بدون آهک صورت گرفته است که این کانی‌سازی بصورت کربنات مس در امتداد درزه‌ها با عیار ۴/۰۵ درصد گزارش شده است (اکبری‌مقدم، ۱۳۹۰).

نشانه معدنی چشمه اسبی

این نشانه معدنی در ۱۴۲ کیلومتری شمال غرب کاشمر، ۴۷ کیلومتری شمال غرب روستای درونه و ۱۱/۵ کیلومتری روستای تقریباً متروکه رسن در موقعیت جغرافیایی $35^{\circ}14'53''/32''$ طول شرقی و $57^{\circ}9'52''/37''$ طول شرقی و عرض شمالی قرار گرفته است. راه دستیابی به منطقه، استفاده از جاده آسفالت کاشمر - بردسکن به طول ۴۳ کیلومتر، جاده آسفالت بردسکن - انابد به طول ۱۵ کیلومتر، شوسه انابد - درونه به طول ۳۹ کیلومتر، خاکی درونه - رسن به طول ۲۶ کیلومتر و راه جیپ‌رو رسن - اندیس به طول ۱۸ کیلومتر و حدود ۳ کیلومتر پیاده‌روی است. از نظر ساختاری نیز این کانسار در زون ایران مرکزی و زیر زون تکتونیکی سبزواری قرار گرفته است. این منطقه در نزدیکی گسل درونه قرار دارد که شامل واحدهای زمین‌شناسی آندزیت‌های پیروکسن‌د زیرین‌دار و تبخیری‌های همراه با مارن‌های سبز و میان لایه‌های آهکی مربوط به پالئوژن زیرین است. ساختار زمین‌شناسی این منطقه تاحدی تابع گسل درونه و فعالیت‌های ماگمایی اوایل ترشیری می‌باشد. سنگ درونگیر ماده معدنی سنگ‌های آندزیتی است که اغلب آغشتگی به صورت مالاکییتی در آنها دیده می‌شود. عیار مس در منطقه از ۱/۶۵ - ۹/۴۳ درصد متغییر می‌باشد. پیشینه اکتشافات انجام شده در منطقه شامل حفره‌ای با عرض ۲ متر، طول حدود ۸ متر و عمق حدود ۱/۵ متر است که ظاهراً به آثار پراکنده کانی‌های اکسیدی مس دست یافته‌اند (اکبری‌مقدم، ۱۳۹۰).

نشانه معدنی گور مصطفی

این نشانه معدنی در ۱۳۲ کیلومتری غرب کاشمر، ۴۵ کیلومتری شمال غرب روستای درونه و ۵/۶ کیلومتری روستای تقریباً متروکه رسن در موقعیت جغرافیایی $35^{\circ}12'18''/39''$ طول شرقی و $57^{\circ}12'23''/92''$ طول شرقی و عرض شمالی قرار گرفته است. راه دستیابی به منطقه، استفاده از جاده آسفالت کاشمر - بردسکن به طول ۴۳ کیلومتر، جاده آسفالت بردسکن - انابد به طول ۱۵ کیلومتر، شوسه انابد - درونه به طول ۳۹ کیلومتر، خاکی درونه - رسن به طول ۲۶ کیلومتر و راه جیپ‌رو رسن - اندیس به طول ۹ کیلومتر است. از نظر ساختاری نیز این کانسار در زون ایران مرکزی و زیر زون تکتونیکی سبزواری قرار گرفته است. عمده واحدهای سنگ‌شناسی این منطقه

شامل آندزیت‌های پیروکسن‌دار و تبخیری‌های همراه با مارن‌های سبز و میان لایه‌های آهکی مربوط به پالئوژن زیرین است که به دلیل فعالیت یکی از شاخه‌های گسل درونه روند عمومی آنها ENE می‌باشد. فعالیت‌های آتشفشانی بعدی با تزریق توده‌های دیابازی به صورت دایک در درون آندزیت‌ها و یا آهک و مارن پالئوژن زیرین شناخته شده است. عملیات اکتشافی انجام شده در منطقه منحصر به حفر دو ترانشه درون سنگ‌های آندزیتی است که در آنها آغشتگی کانه‌های اکسیدی مس به صورت اتفاقی در رگه‌های سیلیسی به چشم می‌خورد و کانی‌سازی‌های صورت گرفته به هیچ وجه اقتصادی نمی‌باشند (اکبری مقدم، ۱۳۹۰).

منطقه اکتشافی برنابا

محدوده مطالعاتی برناباد در شمال شرق ایران، در استان خراسان رضوی، در ۲۴ کیلومتری شمال شهرستان بردسکن و ۳ کیلومتری شمال غربی روستای برناباد واقع شده است. منطقه مورد بررسی در بخش کوچکی از زون ایران مرکزی قرار دارد. از نظر زمین‌شناسی، واحدهای سنگی عبارتند از: تناوب شیست و ماسه‌سنگ کوارتزیتی سازند تکنار، ماسه‌سنگ متاسوماتیک سازند تکنار، دیوریت آمفیبولدار، آمفیبولیت، گرانودیوریت، میکرودیوریت، میکرومونزونیت، سینوگرانیت و دایک‌های آپلیتی. زون‌های دگرسانی در این محدوده از شدت و گسترش بالایی برخوردار نمی‌باشند و به ترتیب شدت و گسترش عبارتند از: دگرسانی‌های پروپلیتیک، سیلیسی، سرسیتی، آرژیلیکی و زون‌های اکسید آهن. گسل سیاه آوه در جنوب گسل تکنار و در غرب منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. بخش اصلی محدوده معدنی برناباد که شامل تونل معدنی و کارهای قدیمی آن می‌شود تقریباً در مرکز این محدوده و در داخل سازند تکنار قرار گرفته است. مطالعه نتایج حاصل از نمونه‌برداری به همراه نمونه‌های مقاطع صیقلی نشان داد است که منطقه از نظر زون‌های کانی‌سازی به ۴ منطقه تقسیم می‌شود که عبارتند از: (۱) زون کانی‌سازی گسترده در مرکز محدوده، (۲) زون کانی‌سازی پراکنده در شمال محدوده، (۳) زون کانی‌سازی پراکنده در غرب محدوده و (۴) زون کانی‌سازی پراکنده در شرق و جنوب محدوده. کانی‌سازی در مرکز محدوده شامل یک زون بزرگ به مساحت تقریبی ۰/۵ کیلومتر مربع می‌باشد و بخش اصلی کانی‌سازی محدوده را تشکیل می‌دهد. در این زون تعداد ۴ عدد کار شدادی و ۳ عدد کار قدیمی قرار می‌گیرند. تونل اصلی معدنی نیز در مرکز محدوده دیده می‌شود. واحدهای سنگی در سنگ میزبان این زون کانی‌سازی شامل واحد ماسه‌سنگ، (Md) میکرودیوریت، (Pctsh) واحدهای تناوب ماسه سنگ کوارتزیتی و شیست سازند تکنار می‌باشند (Ad). و آمفیبول دیوریت (Mm) و به طور کمتر واحدهای میکرومونزونیت متاسوماتیک سازند تکنار (Pcts) زون‌های دگرسانی همراه با این زون به ترتیب وسعت و شدت شامل سیلیسی شدن، پروپلیتیک، اکسید آهن و به طور کمتر آرژیلیک هستند. در این زون، کانی‌سازی‌های عناصر طلا،



مس، سرب، روی، منگنز و آهن به صورت ظهور کانی های پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت، آزوریت، کالکوسیت، بورنیت، نئوتاسیت، همتایت، مگنتیت و دیگر اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و مگنتیت مشاهده می شوند. بالاترین عیار عنصر مس برابر با ۳/۱ درصد می باشد. بالاترین عیار عناصر طلا، نقره و آهن در محدوده، در زون کانی سازی مرکزی محدوده در کنتاکت واحد شیست سازند تکنار و توده میکرودیوریتی می باشد. مقدار طلا در این بخش تا ۴ ppm و مقدار نقره نیز تا ۷۸ ppm می رسد. عیار عناصر در زون کانی سازی شامل طلا تا ۴ ppm، نقره ۷۸ ppm، آهن ۳۴ درصد، سرب ۸/۴ درصد، منگنز ۱/۵۶ درصد و روی ۵/۶ درصد می باشد. با بررسی زون های کانی سازی در محدوده، می توان دریافت که زون کانی سازی اصلی، زون مرکزی بوده که اغلب معدنکاری قدیمی و شدادی مس نیز در آن قرار گرفته است (شکری و همکاران، ۱۳۸۹).

برگه زمین شناسی یکصد هزارم درونه

معدن غیرفعال مس شماره ۱ درونه

این معدن در قسمت شمال شرقی برگه یکصد هزارم درونه و ۱/۵ کیلومتری غرب چشمه معدن و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۲۷'۴۰/۶۹" طول شرقی و "۳۵°۲۶'۵۴/۱۸" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (Eta) آندزیت، تراکی آندزیت، بازالت قرار گرفته است (قائمی و همکاران، ۱۳۸۵).

معدن غیرفعال مس شماره ۲ درونه

این معدن در قسمت شمال شرقی برگه یکصد هزارم درونه و ۱/۵ کیلومتری غرب چشمه معدن و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۲۷'۲۹/۰۳" طول شرقی و "۳۵°۲۶'۵۶/۹۱" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (Eta) آندزیت، تراکی آندزیت، بازالت قرار گرفته است (قائمی و همکاران، ۱۳۸۵).

معدن غیرفعال مس شماره ۳ درونه

این معدن در قسمت شمال شرقی برگه یکصد هزارم درونه و ۱/۵ کیلومتری غرب چشمه معدن و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۲۷'۱۶/۵۱" طول شرقی و "۳۵°۲۶'۴۶/۱۱" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (Eta) آندزیت، تراکی آندزیت، بازالت قرار گرفته است (قائمی و همکاران، ۱۳۸۵).

معدن غیرفعال مس شماره ۴ درونه

این معدن در قسمت شرقی- مرکزی برگه یکصدهزارم درونه و ۷ کیلومتری جنوب کوه شمس آباد و موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}18'36/03''$ طول شرقی و $35^{\circ}16'14/99''$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (El) آهک نومولیتی و آهک ماسه‌ای قرار گرفته است (قائمی و همکاران، ۱۳۸۵).

معدن غیرفعال مس شماره ۵ درونه

این معدن در قسمت شرقی- مرکزی برگه یکصدهزارم درونه و ۸ کیلومتری جنوب کوه شمس آباد و موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}18'24/62''$ طول شرقی و $35^{\circ}16'16/48''$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (El) آهک نومولیتی و آهک ماسه‌ای قرار گرفته است (قائمی و همکاران، ۱۳۸۵).

معدن غیرفعال مس شماره ۶ درونه

این معدن در قسمت شمال شرقی برگه یکصدهزارم درونه و ۵ کیلومتری شمال غرب روستای محمدآباد و موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}25'52/82''$ طول شرقی و $35^{\circ}19'36/60''$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین- شناسی این نشانه معدنی در واحد (Eät) آگلومرا، توف، لاپیلی توف و آندزیت قرار گرفته است (قائمی و همکاران، ۱۳۸۵).

نشانه معدنی مس شماره ۱ درونه

این نشانه معدنی در قسمت شرقی- مرکزی برگه یکصدهزارم درونه و ۷ کیلومتری جنوب کوه شمس آباد و موقعیت جغرافیایی $56^{\circ}20'9/10''$ طول شرقی و $35^{\circ}16'56/86''$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین- شناسی این نشانه معدنی در واحد (El) آهک نومولیتی و آهک ماسه‌ای قرار گرفته است (قائمی و همکاران، ۱۳۸۵).

نشانه معدنی مس شماره ۲ درونه

این نشانه معدنی در قسمت شرقی- مرکزی برگه یکصدهزارم درونه و ۱۰/۵ کیلومتری جنوب کوه شمس آباد و موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}18'32/08''$ طول شرقی و $35^{\circ}16'54/12''$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (El) آهک نومولیتی و آهک ماسه‌ای قرار گرفته است (قائمی و همکاران، ۱۳۸۵).



نشانه معدنی مس شماره ۳ درونه

این نشانه معدنی در قسمت شمال شرقی برکه یکصدهزارم درونه و ۱/۵ کیلومتری غرب چشمه معدن و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۲۷'۲۵/۷۹" طول شرقی و "۳۵°۲۶'۳۹/۵۵" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (Eta) آندزیت، تراکی آندزیت، بازالت قرار گرفته است (قائمی و همکاران، ۱۳۸۵).

برکه زمین شناسی یکصدهزارم بردسکن

معدن غیرفعال مس شماره ۱ بردسکن

این معدن در قسمت شمال غربی برکه یکصدهزارم بردسکن و ۸/۲ کیلومتری غرب روستای علی پلنگ و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۳۰'۲۳/۹۵" طول شرقی و "۳۵°۲۱'۱/۳۴" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (Ep) پیروکسن آندزیت قرار گرفته است (شهرابی و همکاران، ۱۳۸۵).

نشانه معدنی مس شماره ۲ بردسکن

این نشانه معدنی در قسمت شمال غربی برکه یکصدهزارم بردسکن و ۱۰ کیلومتری شمال روستای شریفیان و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۳۶'۴۸/۳۷" طول شرقی و "۳۵°۲۵'۱۰/۹۵" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (Eva) آندزیت پورفیری قرار گرفته است (شهرابی و همکاران، ۱۳۸۵).

نشانه معدنی مس شماره ۳ بردسکن

این نشانه معدنی در قسمت شمال شرقی برکه یکصدهزارم بردسکن و ۲/۵ کیلومتری شمال غربی روستای برجک و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۵۱'۵۷/۵۲" طول شرقی و "۳۵°۲۱'۳۴/۶۴" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (pCt) شیست سبز و شیل های دگرگون شده سازند تکنار قرار گرفته است (شهرابی و همکاران، ۱۳۸۵).

نشانه معدنی مس - طلای شماره ۴ بردسکن

این نشانه معدنی در قسمت شمالی - مرکزی برکه یکصدهزارم بردسکن و ۴/۸ کیلومتری شمال غربی روستای کلاته پائین و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۴۶'۲۹/۲۹" طول شرقی و "۳۵°۲۲'۲۴/۹۰" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در مرز واحد (pCt) شیست سبز و شیل های دگرگون شده سازند تکنار با واحد (gd) گرانیت دوران قرار گرفته است (شهرابی و همکاران، ۱۳۸۵).

برگه زمین شناسی یکصد هزارم کاشمر

نشانه معدنی مس شماره ۱ کاشمر

این نشانه معدنی در قسمت شمال شرقی برگه یکصد هزارم کاشمر و ۴/۱ کیلومتری شمال غربی روستای مکی و موقعیت جغرافیایی "۵۸°۲۹'۴۹/۹۴" طول شرقی و "۳۵°۲۶'۳/۸۱" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین-شناسی این نشانه معدنی در واحد (Ert) ایگنمبریت و ریولیت توفی قرار گرفته است (طاهری و همکاران). لازم به ذکر است که برخی از کانسارهای گزارش شده در محدوده بلوک کاشمر دارای اطلاعات قابل ملاحظه‌ای نمی‌باشند و بصورت خلاصه در جدول (۲-۳) ذکر گردیده‌اند.

جدول ۳-۲- کانسارهای مس در محدوده مطالعاتی (گزارش استان خراسان رضوی، ۱۴۰۰؛ سایت سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان رضوی، ۱۴۰۰)

شماره	نام	ژنز	نوع	شهرستان	فعالیت	X	Y	میزان ذخیره ماده معدنی (تن)
۱	آزاد	-	کانسنگ مس	بردسکن	معدن	-	-	۳۰۰,۰۰۰
۲	کهریز	-	کانسنگ مس	کاشمر	معدن	-	-	۱۰۵,۰۰۰
۳	خراسان	-	کانسنگ مس	بردسکن	معدن	-	-	۱۰۳,۰۰۰
۴	نسیم ۲	-	کانسنگ مس	بردسکن	معدن	-	-	۷۸۳,۰۰۰
۵	خوشرود	-	کانسنگ مس	مه ولات	معدن	-	-	۱۰۵,۰۰۰
۶	سپید سرو	-	مس	بردسکن	معدن	-	-	۲,۰۰۰,۰۰۰
۷	کیمیا ۱	-	مس	بردسکن	معدن	-	-	۲۷۵,۰۰۰
۸	نسیم ۳	-	مس	بردسکن	معدن	-	-	۲۷۰,۰۰۰
۹	ترنم شرق زنگالو	-	مس	بردسکن	معدن	-	-	۲۸۳,۰۰۰
۱۰	عماد	-	مس	بردسکن	معدن	-	-	۷۳,۰۰۰
۱۱	چشمه زلزله	-	مس	بردسکن	معدن	-	-	۴۴۱,۰۰۰
۱۲	سرخ	-	مس	بردسکن	معدن	-	-	۶۰۵,۰۰۰
۱۳	کوه قطربونه،	-	مس- منگنز	شاهرود	نشانه معدنی	-	-	-



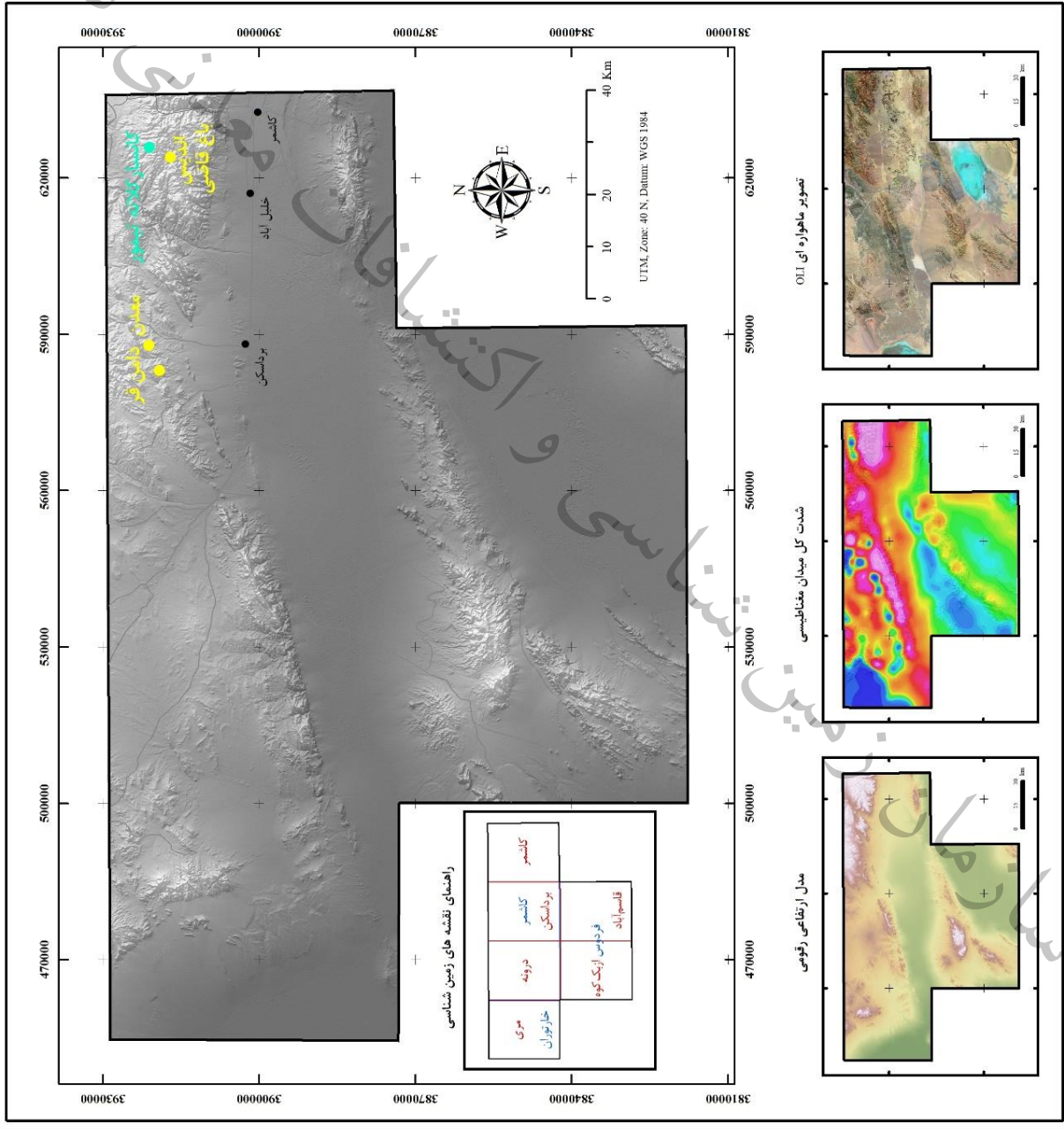
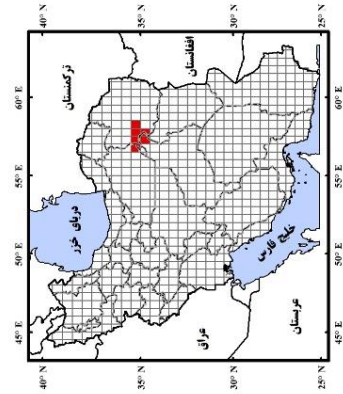
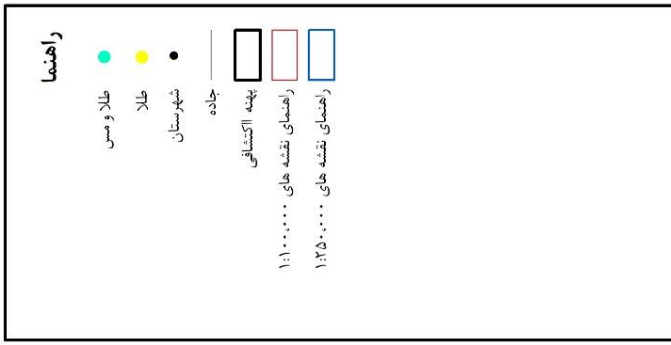
۳-۱-۳-۳- کانسارهای طلا

عنصر طلا، یکی دیگر پتانسیل‌های معدنی است که بصورت محدود در بخش‌های شرقی - شمالی بلوک کاشمر در برکه‌های یکصدهزارم کاشمر و بردسکن گزارش شده‌اند. کلیه کانسارهای طلا دار محدود مطالعه‌ای در زون ساختاری ایران مرکزی قرار گرفته‌اند

۳-۱-۳-۳-۱- پراکندگی طلا در زون ایران مرکزی

کانه‌زایی طلا در زون ساختاری ایران مرکزی مربوط به فعالیت‌های ماگمایی بعد از ائوسن در سنگ‌میزبان ولکانیکی - رسوبی ائوسن یا سنگ‌های دگرگونه سازند تکنار هستند که عمدتاً تیپ کانه‌زایی آنها اپی‌ترمال سولفید پائین گزارش شده است. کانسارهای کلاته تیمور و باغ‌قاضی دارای سنگ‌میزبان رسوبی، ولکانیکی و پیروکلاستیکی مربوط به دوره زمانی ائوسن هستند و کانسار دامن‌قر و نشانه‌معدنی شماره ۱ طلا برکه بردسکن در سنگ‌های دگرگونه سازند تکنار قرار گرفته‌اند. شکل (۳-۱۴) پراکندگی کانسارهای طلا دار را در بلوک کاشمر نشان می‌دهد.

پراکندگی کانسارهای طلا



شکل ۳-۱۴ - پراکندگی کانسارهای طلا در محدوده بلوک کاشمر.

- کانسارهای طلا با سنگ میزبان پالئوزوئیک تحتانی

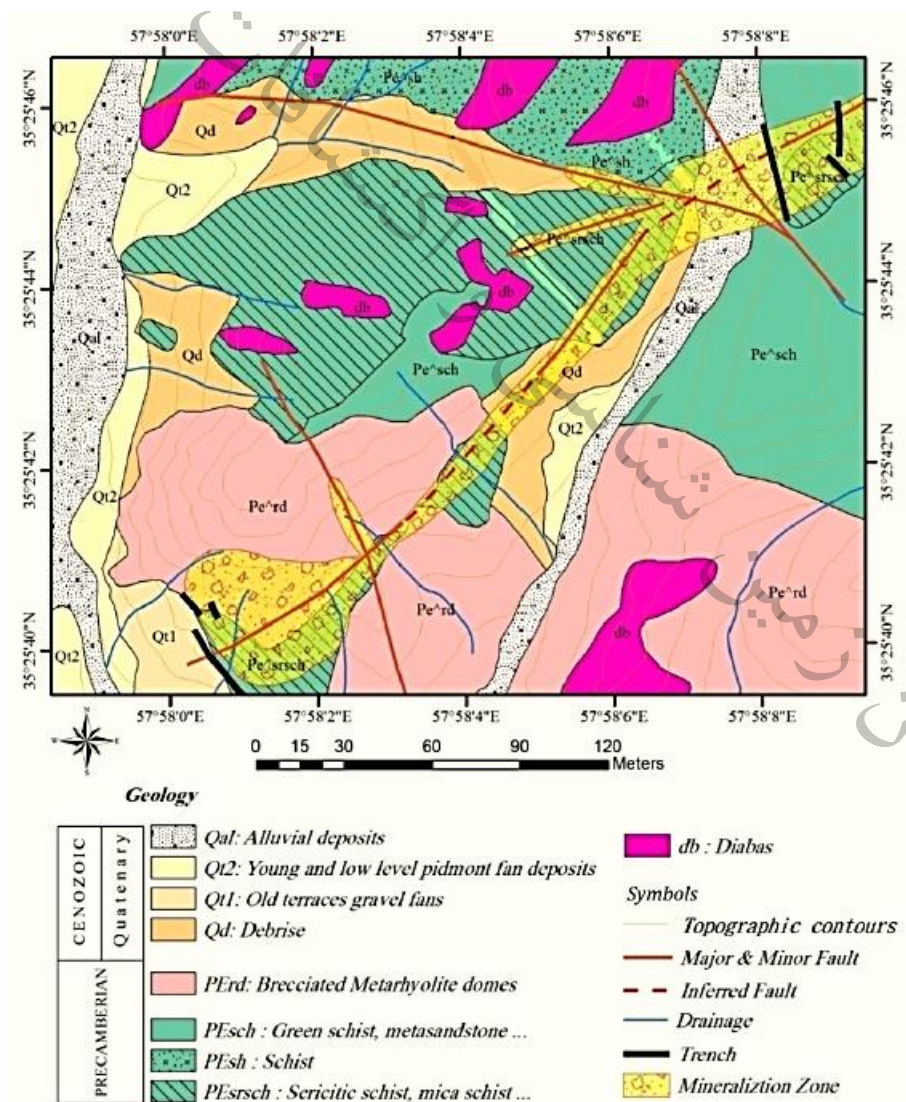
این دسته از کانسارها تنها در بخش شرقی برکه یکصد هزارم بردسکن قرار گرفته‌اند که دارای سنگ میزبان از واحدهای دگرگونه شیستی، متاریولیتی، شیل توفی دگرگون شده و شیست سبز سازند تکنار هستند و بنا بر مطالعات عباس‌نیا (۱۳۸۹) در کانسار طلای دامن‌قر، کانه‌زایی صورت گرفته مربوط به فعالیت‌های ماگمایی بعد از ائوسن می‌باشد.

معادن دامن‌قر

منطقه دامن‌قر در استان خراسان رضوی، ۱۸ کیلومتری شمال شهر بردسکن و ۶ کیلومتری شمال روستای کبودان در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ}58'8''$ طول شرقی و $35^{\circ}25'46''$ عرض شمالی قرار گرفته است. این معدن به عنوان بخشی از پهنه ساختاری تکنار شناخته می‌شود که در شمال خرده قاره ایران مرکزی قرار دارد. این ذخیره در ارتباط با کالدرهای بازخیز و گنبد‌های ریولیتی بوجود آمده است که بنظر می‌رسد کانی‌سازی ابتدا بصورت سین‌ژنتیک (سولفید توده‌ای) در قسمت بالای گنبد‌های ریولیتی برشی بوجود آمده و سپس در اثر فرآیندهای دگرگونی و تکتونیک تغلیظ و بصورت رگه‌ای یا اپی ژنتیک در زون‌های ساختاری خاصی نهشته شده است. سازند تکنار به سن پرکامبرین مشتمل است بر شیست‌های سبز با منشاء توف همراه با میان لایه‌هایی از متاریوداسیت و متاریولیت که ضخامت زیادی داشته و دگرگونی ضعیفی را متحمل شده‌اند. همچنین رخنمون‌های نسبتاً وسیعی از سنگ‌های گرانیتوئیدی (پرکامبرین و احتمالاً ترشیری) در غرب و جنوب‌غرب محدوده اکتشافی مشاهده می‌شوند که به داخل سازند تکنار نفوذ کرده‌اند. این پهنه از جنوب به گسل درونه با راستای شرقی- غربی و از شمال به گسل ریوش با راستای شمال‌شرق- جنوب‌غرب محدود است. از نظر زمین‌شناسی منطقه شامل سرسیت شیست‌های سبز و متاریولیت‌های پرکامبرین همراه با نفوذ توده‌های دیابازی به درون آنها است (شکل ۳-۱۵). در واقع سنگ‌های دربرگیرنده کانی‌زایی در فرادیواره از نوع شیست‌های سبز و در فرودیواره متاتوفهای ریولیتی و برش‌های سیلیسی- فلدسپاتی می‌باشد.

کانی‌سازی طلا در منطقه به شکل رگه‌ای با راستای N50E و شیب 70NW در میزبان شیستی و متاریولیت به طول تقریبی ۶۰۰ متر و عرض ۲ تا ۳۵ متر دیده می‌شود. کانی‌سازی به شکل پراکنده و رگچه‌ای شامل کانی‌های اولیه پیریت، کالکوپیریت، و کانی‌های ثانویه کولیت، مالاکیت، آزوریت، همتایت، گوتیت و لیمونیت همراه با باطله‌های کوارتز و سرسیت و به مقدار کمتر کانی رسی است. دگرسانی سیلیس- سرسیتی مهمترین پهنه دگرسانی همراه با کانی‌سازی است. بطور کلی، ناهنجاری عناصر طلا بین ۳ ppm - ۱۲/۵ ، نقره ppm ۳۰، مس ppm ۸۶۰ و روی ppm ۹۲۵۲ گزارش شده است. اما مطالعات دقیقتر صورت گرفته در منطقه

حاکی از وجود طلا تا ۲ ppm در کوارتز- سرسیت شیبست‌های مملو از آهن و آرسنیک سطحی و ۱۲ ppm در ترانسه‌ها و گمانه‌های اکتشافی بوده است. آغستگی سرب، آرسنیک و آنتیموان نیز در منطقه تا حدودی قابل مشاهده است. نمونه‌ها از نظر عیار منگنز تا ۰/۱٪، مس تا ۰/۱٪، سرب ۰/۱۵٪ تا ۰/۲٪ در سوی شرقی و مجدداً مقدار ۰/۶۵٪ تا ۶/۹٪ مس در سوی غربی زون کانی‌سازی، غنی‌شدگی نشان می‌دهند. بر اساس شواهد سنگ میزبان، نوع و گسترش دگرسانی، کنترل ساختاری، شکل و حالت کانه‌زایی و کانی‌های اولیه و ناهنجاری- های زمین شیمیایی، ماهیت کانی‌سازی در کانسار دامن‌قر می‌بایست در ابتدا از نوع سین‌ژنتیک (سولفید توده‌ای) و در درجه دوم متأثر از فازهای متأخر اپی‌ژنتیک (اپی‌ترمال با درجه سولفیدشدگی متوسط وابسته به محلول‌های گرمابی ناشی از فعالیت‌های ماگمایی سنوزوئیک) بوده باشد (صفری و همکاران، ۱۳۹۳؛ عباس‌نیا و همکاران، ۱۳۹۸).



شکل ۳-۱۵- نقشه زمین شناسی معدن طلای دامن‌قر (عباس‌نیا و همکاران، ۱۳۹۸).



- برکه زمین شناسی یکصد هزارم بردسکن

نشانه معدنی طلا شماره ۱ بردسکن

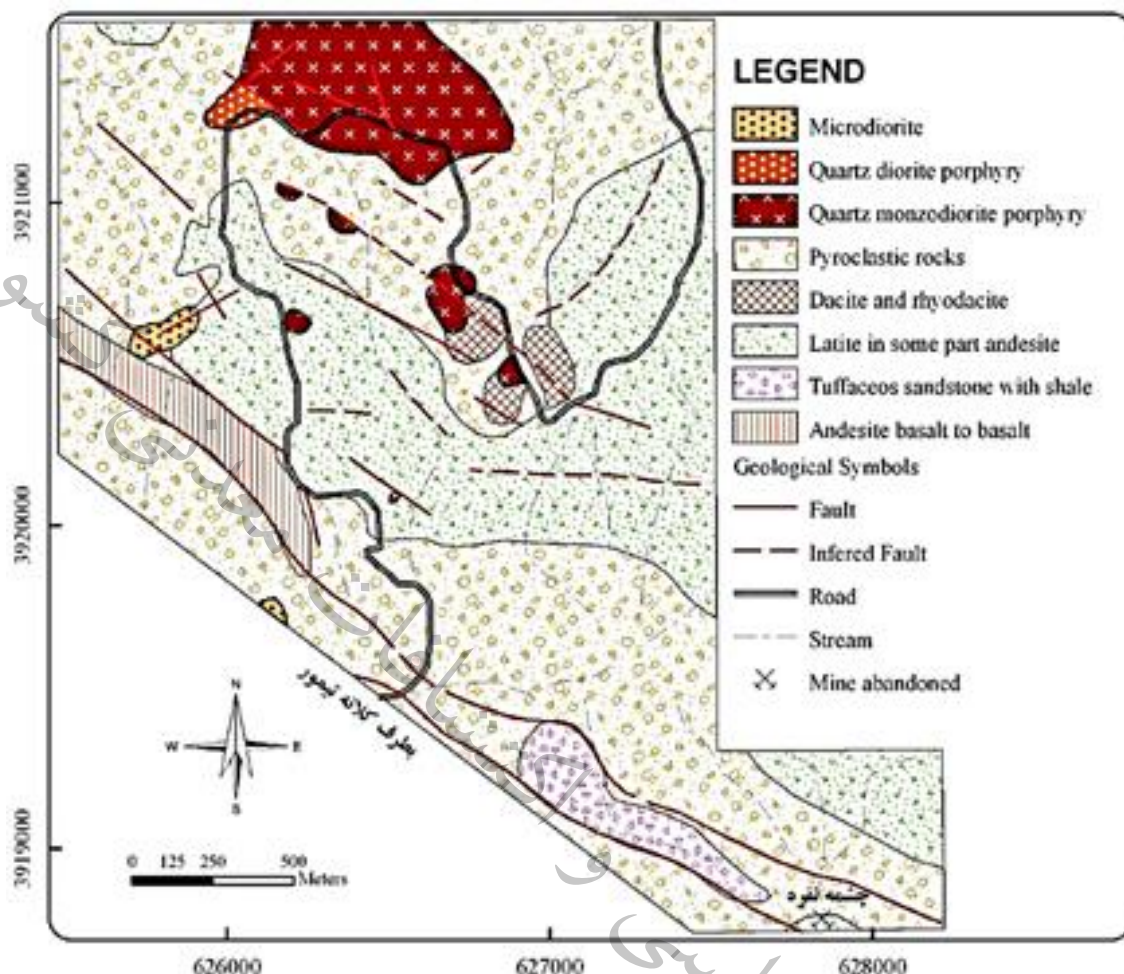
این نشانه معدنی در قسمت شمال شرقی برکه یکصد هزارم بردسکن و ۲/۵ کیلومتری جنوب شرقی روستای کاسف و موقعیت جغرافیایی "۵۷°۵۴'۵۸/۴۸" طول شرقی و "۳۵°۲۴'۴۱/۴۱" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در مرز واحد (pCt) شیست سبز و شیل توفی دگرگون شده (gd) گرانیت دوران قرار گرفته است (شهرابی و همکاران، ۱۳۸۵)

- کانسارهای طلا با سنگ میزبان ائوسن

این دسته از کانسارها در بخش شرقی - شمال شرقی برکه یکصد هزارم کاشمر قرار گرفته اند که دارای سنگ- میزبان از نوع آذرآواری- آتشفشانی با ترکیب آندزیت بازالت، آندزیت، لاتیت، تراکیت، داسیت و ریوداسیت به صورت گدازه، توف، لاپیلی توف و آگلومرا هستند که تحت تاثیر توده های نفوذی کوارتزهورنبلند بیوتیت مونزودیوریت پورفیری، کوارتز بیوتیت مونزودیوریت پورفیری، کوارتز دیوریت پورفیری و میکرودیوریت قرار گرفته اند. کانسارهای کلاته تیمور و باغ قاضی با تیپ کانه زایی اپی ترمال سولفید پائین از این دسته می باشند. در این میان می توان به کانسار طلای تنورچه نیز اشاره نمود با فاصله اندکی از محدوده مورد مطالعه با تیپ کانی زایی رگه ای گزارش گردیده است که به علت واقع شدن در خارج از محدوده بلوک کاشمر، به آن پرداخته نشده است.

- کانسار کلاته تیمور

منطقه کلاته تیمور در ۲۰ کیلومتری شمال غرب کاشمر و ۴ کیلومتری روستای کلاته تیمور (منطقه کوه سرخ)، در موقعیت جغرافیایی "۵۸°۲۳'۱۶/۶۵" طول شرقی و "۳۵°۲۵'۲۸/۰۴" عرض شمالی قرار گرفته است. راه دسترسی به این منطقه از طریق جاده آسفالت نیشابور- کاشمر و سپس ریوش- طوق می باشد. منطقه جزئی از کمربند آتشفشانی- درونی شمال گسل درونه است و از نظر ساختاری در جنوب زون سبزوار، حدفاصل گسل های درونه و تکنار در زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است. سنگ های منطقه شامل دو واحد اصلی مجموعه سنگ های آذرآواری- آتشفشانی به سن ائوسن زیرین تا میانی و سنگ های نیمه عمیق می باشد. سنگ های آتشفشانی با طیف ترکیبی آندزیت بازالت، آندزیت، لاتیت، تراکیت، داسیت و ریوداسیت به صورت گدازه، توف، لاپیلی توف و آگلومرا دیده می شود. توده های نفوذی با رخنمون کوچکی به شکل استوک دیده می شود که شامل کوارتزهورنبلند بیوتیت مونزودیوریت پورفیری، کوارتز بیوتیت مونزودیوریت پورفیری، کوارتز دیوریت پورفیری و میکرودیوریت است (شکل ۳-۱۶).



شکل ۳-۱۶- نقشه زمین شناسی منطقه کلاته تیمور (اعلمی نیا و همکاران، ۱۳۸۹)

آلتراسیون‌های شاخص مرتبط با کانی‌سازی عبارتند از: پروپیلیتیک، آرژیلیک، سرسیتیک و سیلیسی که با وجود وسعت بالای زون‌های آلتراسیونی در منطقه، وسعت کانی‌سازی در سطح محدود می‌باشد. فراوانی کانی‌سازی سولفیدی کمتر از ۳ درصد و بیشتر به شکل‌های افشان، استوک‌ورک و پرکننده فضای خالی دیده شده است. سه زون کانی‌سازی در منطقه معرفی شده است که شامل محدوده‌های معدنی چشمه نقره، سرتخت معدن و کالخوش دره می‌باشند.

محدوده معدنی چشمه نقره: در این محدوده کانی‌سازی طلا، سرب، روی، مس و نقره در نمونه‌های برداشت شده بخصوص در محل حفاریات قدیمی از عیار نسبتاً خوبی برخوردار است. کانی‌های گالن، اسفالریت، کالکوپیریت، بورنیت، کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت و اکسید آهن بصورت رگه-رگچه‌های پراکنده در امتداد گسل چشمه نقره تا فاصله یک کیلومتر نیز مشاهده می‌شود. عیار کانی‌سازی عناصر، 439 ppb طلا، 137 ppm آرسنیک، 5146 ppm روی، 3827 ppm مس، 7498 ppm سرب و 51 ppm نقره گزارش شده است.



محدوده معدنی سر تخت: در این محدوده در امتداد گسلی با روند ۸۲ شمال شرقی کانی سازی خوبی از عناصر مس، روی، سرب، نقره و طلا شکل گرفته که عیار عناصر به ترتیب برابر ppm ۶۴۵۴، ۲۵۹۳، ۶۱۳۷، ۱۰/۲ و ۳۹۰ ppb گزار شده است.

محدوده معدنی کال خوش دره: در این محدوده تعدادی رگه مینرالیزه دارای آثار مالاکیت و اکسید آهن و بندرت پیریت، کالکوپیریت مشاهده می شود. مهمترین عنصر کانه ساز در این رگه ها مس است بطوریکه میانگین آن در سه رگه مجاور هم به ۱/۶ درصد می رسد.

اکتشافات ژئوشیمیایی باعث کشف ناهنجاری های از عناصر طلا، مس، سرب، روی، نقره، آرسنیک، آنتیموان، جیوه و بیسموت گردیده است. عیار عناصر در منطقه کانی سازی عبارتند از ۳۰/۶-۹۲ ppb طلا، ppm ۶۰-۱۰۰ مس، ppm ۵۰۰-۱۰۰ سرب، ppm ۶۰۰-۱۵۰ روی و بیش از ۱۲۰۰ ppm نقره. در این ناحیه سه منطقه کانه زایی A، D و E گزارش شده است. بر اساس کلیه مطالعات انجام شده در منطقه، تیپ کانی سازی از نوع طلا- مس گرمابی سولفید پائین گزارش شده است (شرکت مهندسی مشاور جبال کاوش، ۱۳۸۲ اکبری مقدم، ۱۳۸۹؛ اعلمی نیا و همکاران، ۱۳۸۹؛ زمردیان).

نشانه معدنی کلاته چوبک (کوه سرخ)

منطقه مورد مطالعه از توابع شهرستان کاشمر در استان خراسان رضوی قرار دارد که در ۱۸ کیلومتری بخش ریوش و ۴۸ کیلومتری شمال شهر کاشمر واقع شده است. جهت دسترسی به کانسار مورد مطالعه از جاده آسفالت کاشمر- نیشابور، سپس دو راهی آوندرو و جاده آسفالت درجه ۳ کلاته چوبک می توان استفاده نمود. از نظر تقسیمات زون ساختاری، کانسار چوبک در زون ایران مرکزی قرار گرفته است. در منطقه مورد مطالعه کانی سازی بصورت رگه- رگچه های استوکورک عمدتاً درون سنگ های مارنی، آهکی و گچی نئوژن انجام گرفته و فرسایش شدیدی در آن صورت پذیرفته است. در نواحی سطحی کانه سازی اورپیمنت و رالگار غالب است و بیشتر مشهود می باشد و طول این رگه ها متغییر بوده و در حدود ۱۰ تا ۳۰۰ متر و ضخامت آنها ۱۰ تا ۳۰ سانتیمتر متغییر است که دارای شیب تقریباً قائم (۸۵-۸۰) و معمولاً امتداد شرقی- غربی دارند. کانی سازی از نوع اپی ترمال بوده و به شکل رگه و استوکورک شکل گرفته است. در منطقه کانه سازی عیار کانه زایی طلا ۴۰ ppb گزارش شده است. در این کانسار، ذخیره برآورد شده برای طلا، نقره و جیوه محسوس بوده و بعنوان ذخیره اقتصادی تلقی نمی شود و مقدار ذخیره As و تا حدودی Sb می تواند بصورت محدودی مطرح باشد (اقبال زارج، ۱۳۷۸؛ اکبری مقدم، ۱۳۸۹).

اندیس باغ قاضی

کانه‌زایی طلا- مس باغ قاضی در جنوب شرق روستای کلاته تیمور و شمال غرب کاشمر در استان خراسان رضوی در موقعیت جغرافیایی $58^{\circ}21'57/97''$ طول شرقی و $35^{\circ}23'16/01''$ عرض شمالی قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه، بخشی از کمربند آتشفشانی- نفوذی خواف- درونه، در زیرپهنه سبزوار (زون ساختاری ایران مرکزی) را شامل می‌شود و بخش کوچکی از کمان ماگمایی ترشیر در شمال گسل درونه است. منطقه، شامل سنگ‌های آتشفشانی ائوسن زیرین می‌باشند. توده‌های گرانیت-گرانودیوریت به سن احتمالی اولیگوسن به درون مجموعه‌های آتشفشانی تزریق شده است و سبب دگرسانی‌های گرمایی شدید اپیدوتی، کلریتی، آرژیلیکی و سیلیسی شده‌اند. سنگ‌های آتشفشانی و توده‌های نفوذی باغ قاضی به سری کالک آلکالن پتاسیم متوسط تا بالا تعلق دارند و در طی رژیم زمین ساختی کششی مرتبط با فرورانش شکل گرفته‌اند. سنگ‌های آتشفشانی ائوسن (بویژه آندزیت و داسیت) میزبان رگه و رگچه‌های سیلیسی و برش‌های گرمایی مس - طلا دار می‌باشند. عوامل مؤثر بر کانه‌زایی مس - طلا در این منطقه عبارتند از (۱) سنگ‌های دربرگیرنده، (۲) کنترل‌های ساختاری، (۳) توده‌های نفوذی و (۴) محلول‌های گرمایی، که نقش بسزایی در نقل و انتقال، تجمع و ته‌نشست آن دارند. کانی‌های اولیه شامل پیریت، کالکوپیریت، کالکوسیت، الیژیست و انواع ثانویه شامل کالکوسیت، کولیت، دیژنیت، مالاکیت، گویتیت، هماتیت و لیمونیت است. بافت‌های پرکننده فضای خالی، نواری، کلوفرم و برشی بافت‌های غالب در کانه‌زایی باغ قاضی می‌باشند. در مطالعات ژئوشیمیایی کانسنگ، همبستگی مثبت و بالای Au با عناصر Cu, As, Bi, Ag, Fe, Pb و Zn قابل توجه است. بر مبنای میانبرهای سیال موجود در کوارتز، کانه‌زایی در دامنه دمایی ۱۱۸-۳۵۰ درجه سانتیگراد و شوری ۲/۵-۱۵/۴۵ درصد وزنی معادل NaCl تشکیل شده است. بررسی‌های سنگ‌شیمیایی مقدار بیشینه طلا را در محدوده باغ قاضی در حدود ۴ گرم در تن نشان می‌دهند، ولی بیشتر نمونه‌ها دارای عیارهای کمتر از ۱ گرم در تن هستند و نمونه‌های دارای سیلیس نواری، سولفید و اکسیدهای آهن مستعد کانی‌سازی طلا هستند. با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت، ژئوشیمی و میانبرهای سیال، اثر معدنی مس- طلای باغ قاضی از نوع کانی‌سازی اپی ترمال سولفید پائین در منطقه کاشمر می‌باشد (امینی و همکاران، ۱۳۹۴).

۳-۱-۳-۴- کانسارهای منگنز

کانی‌سازی منگنز که یکی از عناصر مرتبط با کانه‌زایی آهن است بصورت محدود در برگه‌های یکصد هزارم زمین‌شناسی مری، ازبک‌کوه و کاشمر گزارش شده است. کلیه این کانی‌سازی در زون ساختاری ایران مرکزی و در بازه زمانی ژوراسیک؟- کرتاسه‌پسین اتفاق افتاده‌اند و تمرکز کانه‌زایی در سنگ‌میزبان آتشفشانی داسیتی،

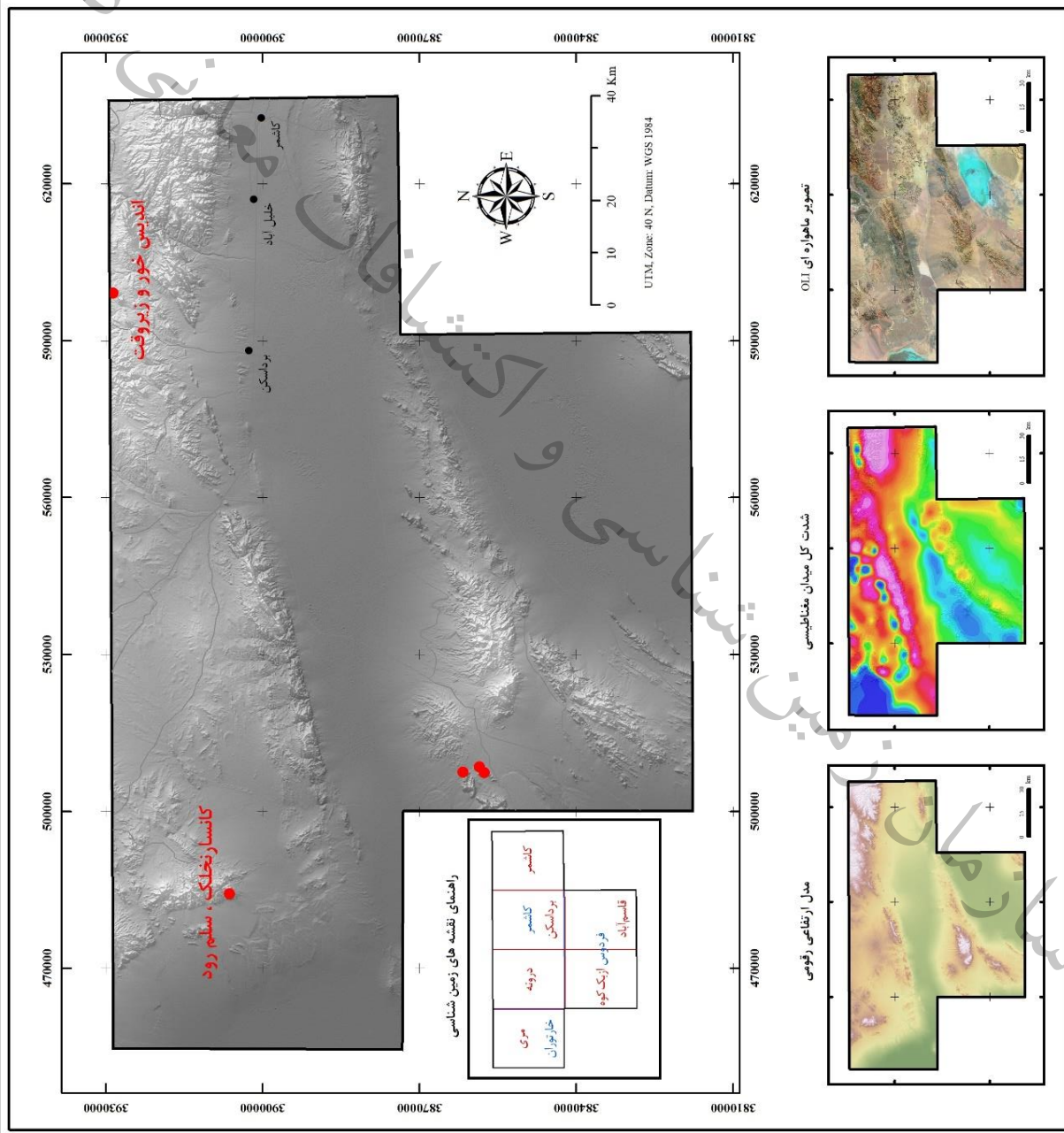
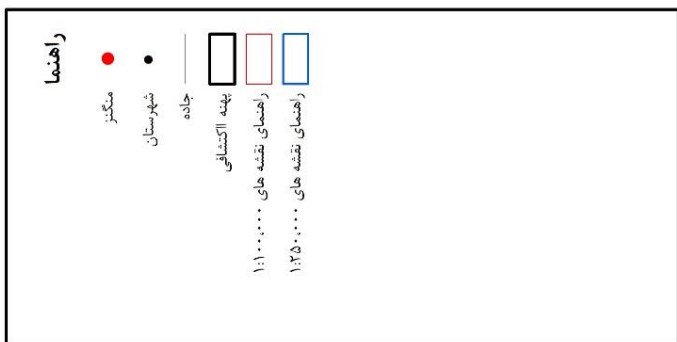


سنگ آهک پلاژیک و مرمر صورت گرفته است. کانسارهای نخلک (سلمرود) و خور-زیروقت از جمله کانسارهای منگنز با تیپ کانه‌زایی ولکانیکی- رسوبی هستند. شکل ۳-۱۷ کلیه کانسار منگنز را در بلوک کاشمر نشان می‌دهد.

معدن توران قلعه

معدن منگنز توران قلعه در ۷۰ کیلومتری شاهرود به سمت سبزوار و میامی، بعد از روستای میامی در نزدیکی رشته کوه‌های سلمرود به صورت دو آنومالی با فاصله ۲/۵ کیلومتر از هم مشاهده می‌گردد. تشکیلات منطقه عمدتاً رسوبی از نوع آهک، مارن و ماسه‌سنگ دانه‌ریز است که در میان آنها تشکیلات آذرین، جوانتر از تشکیلات رسوبی است. آنومالی اول با تشکیلات رسوبی و با تناوبی از مارن و آهک بوده که نشانگر رسوبگذاری مناطق عمیق می‌باشد که در میان آنها تشکیلات آذرین با جنس توف و آندزیت پورفیری رخنمون دارند. ماده معدنی در این منطقه در رشته کوهی به نام نخلک و در کنتاکت بین سنگ‌های آذرین و آهک‌های صورتی‌رنگ واقع گردیده است. آنومالی دوم در فاصله ۲/۵ کیلومتری آنومالی اول به سمت شرق آن در حد فاصل کوه‌های پلنگ آب و تیغ آب قرار گرفته است. تشکیلات این منطقه نیز عمدتاً رسوبی با تناوبی از آهک، مارن و ماسه سنگ می‌باشد و ماده معدنی در کنتاکت آذرین و آهک تشکیل شده است (خاکزاد، ۱۳۶۷)

پراکندگی کانسارهای منگنز



شکل ۳-۱۷ - پراکندگی کانسارهای منگنز در محدوده بلوک کاشمر.



کانسار نخلک (سلمرود)

کانسار منگنز نخلک در ۳۰۰ کیلومتری جنوب شرق شاهرود، در منطقه حفاظت شده خارتوران و در ۱۰ کیلومتری جنوب غرب روستای سلمرود قرار دارد. این کانسار در موقعیت جغرافیایی $39^{\circ}49'56''$ طول شرقی و $35^{\circ}17'58''$ عرض شمالی قرار گرفته است. جهت دسترسی به این کانسار می توان از جاده مشهد- بردسکن سپس جاده درونه و سلمرود و یا جاده شاهرود- میامی و سپس بیارجمند، خان خوردی، احمدآباد، زمان آباد و گرماب پائین استفاده نمود. از نظر تقسیمات پهنه‌های ساختاری - رسوبی ایران، محدوده کانسار در زیر پهنه سبزوار که یکی از پهنه های چندگانه خرده قاره ایران مرکزی است، واقع شده است. بر اساس مطالعات زمین-شناسی انجام شده، کانسار منگنز نخلک در مجموعه سنگهای آتشفشانی رسوبی کرتاسه پسین واقع شده است و این توالی میزبان هیچ گونه ارتباطی با افیولیت‌ها ندارد. بر اساس مطالعات صحرایی، عمده سنگ‌های منطقه شامل، توف جریانی و توف ریولیتی، گدازه تراکی آندزیتی، گدازه داسیتی و توف شیشتی، آهک گلوبوترونکانادار و آهک پلاژیک می باشد. مطالعات و بازدیدهای صحرایی انجام شده از کانسار منگنز نخلک حاکی از این است که کانه‌زایی منگنز در مرز بین سنگ‌های آتشفشانی داسیتی و سنگ آهک پلاژیک به صورت هم شیب و همروند (چینه سان) و به شکل چینه کران رخ داده است. کانی‌سازی در این کانسار بر اساس شکل، کانی‌شناسی، بافت ماده معدنی و عیار آن از پایین به بالا به سه رخساره برشی، توده‌ای و لایه‌ای قابل تقسیم است. توالی پاراژنتیک کانسار منگنز نخلک در سه مرحله گزارش شده است که شامل (۱) آتشفشانی برونومی؛ در این مرحله، فعالیت‌های آتشفشانی رسوبی زیردریایی در کرتاسه پسین موج ایجاد توالی ضخیم داسیتی و کربناتی در منطقه شده است. که در ادامه با بالا آمدن سیالات گرمایی زیردریایی، موج انتقال مواد معدنی به کف حوضه و تشکیل عدسی‌ها و لایه‌های منگنز شده است. ته نشست مواد معدنی در این مرحله بیشتر به صورت بافت و ساخت برشی، توده‌ای، لامینه‌ای و دانه پراکنده است. عمده کانه‌های منگنز تشکیل شده در این مرحله شامل کانی‌های پسیلوملان و هولاندیت می‌باشد. (۲) دیاژنز و دگرشکلی: نهشته شدن واحدهای کربناته بر روی افق منگنزدار موجب تدفین و رخداد فرآیند دیاژنز مواد معدنی گردیده که نتیجه آن آبزدایی هیدروکسیدهای منگنز و تشکیل کانی بدون آب پیرولولزیت می‌باشد. ایجاد بافت‌های ندولی در رخساره چینه‌سان ناشی از عملکرد دیاژنز آغازین می‌باشد. البته مقداری رگه رگچه‌های منگنزدار و کربناتی نیز در کانسار دیده می‌شود که بنظر می‌رسد در طی دیاژنز تأخیری و دگرشکلی ناشی از بالا آمدگی واحدهای سنگی تشکیل شده باشند. (۳) هوازگی و سوپرژن: بالا آمدگی در مراحل پایانی کرتاسه پسین موج ایجاد رگه- رگچه‌های کلسیتی قطع کننده سنگ‌میزبان و رخداد فرایند هوازگی و در نتیجه ایجاد کانی‌های ثانویه از جمله پیرولولزیت با بافت دندریتی و اکسیدهای آهن ثانویه و کانی‌های رسی شده است.

تمامی نمونه‌های سنگ‌های آتشفشانی توالی میزبان کانسار نخلک در محدوده سری کالک‌آلکان واقع شده است که بیشتر نشان‌دهنده محیط کمان آتشفشانی می‌باشد. با توجه به شواهد ذکر شده (محیط زمین ساختی تشکیل، محیط زمین‌شناسی ته نشست، سنگ‌های میزبان، شکل هندسی ماده معدنی، ساخت و بافت، کانی-شناسی و علائم زمین شیمیایی کانسار) منگنز نخلک را می‌توان جزء کانسارهای منگنز آتشفشانی برون‌دمی دانست. همچنین مقایسه صورت گرفته بین کانسار منگنز نخلک با چهار تیپ معروف منگنز آتشفشان-رسوبی (تیپ‌های قبر، کوبا، المایک پنینسولا و فرانسیسکن) حاکی از این است که این کانه‌زایی بیشترین شباهت را با کانسارهای منگنز تیپ کوبا نشان می‌دهد (موسیوند و همکاران، ۱۳۹۶).

نشانه معدنی خور- زیروقت

این کانسار در شمال باختر ورقه کاشمر و ۳۵ کیلومتری شمال خاور بردسکن در حوالی روستای زیروقت در مجموعه سنگ‌های افیولیتی (منطقه خور و زیروقت) گزارش شده است. این کانسار در موقعیت جغرافیایی $58^{\circ}5'40''$ طول شرقی و $35^{\circ}29'44''$ عرض شمالی قرار گرفته است. راه دستیابی به آبدی زیروقت از جاده شوسه بردسکن، آهوبم، سیر، خانقاه، شمس‌آباد، زیروقت صورت می‌گیرد. در واقع کانی‌سازی منگنز در ارتباط با ولکانیسم زیردریایی در کرتاسه پایانی است و در نهایت به همراه رخساره‌های رادیولاریتی-آهکی بر جای گذاشته شده‌اند. در حال حاضر پیکره‌های منگنز به صورت عدسی‌های گسیخته‌ای در نواحی خور و زیروقت رخنمون یافته‌اند. شمار زیادی گسل‌های بزرگ و کوچک با عملکردهای متفاوت سبب گسیختگی واحدهای زمین‌ساختی و عدسی‌های منگنز گردیده است. در بخش شمالی سازند تکنار در نواحی خور و زیروقت، کهن‌ترین سنگ‌های رخنمون یافته شامل مجموعه رسوبی-آتشفشانی با رخساره‌های کم عمق، سنگ‌های آهکی اوربیتولین‌دار کرتاسه زیرین، نهشته‌های کنگلومرایی پالئوسن و کنگلومرای کرمان می‌باشند. بعد از این واحدها مجموعه افیولیتی ملانژ مربوط به زون افیولیت-ملانژهای حلقوی ایران (افیولیت‌های سبزوار) رخنمون یافته که شامل سنگ‌های پریدوتیتی، سنگ‌های آتشفشانی بازیک تا حدواسط کرتاسه فوقانی و مجموعه سنگ‌های رادیولاریتی است. نهشته‌های منگنز که در مجموعه افیولیتی زون ساختاری تکنار و داخل رخساره رادیولاریتی قرار دارد بصورت عدسی و رگه‌ای (بیش از ۲۲ عدسی) متمرکز شده‌اند. اغلب عدسی‌های منگنز عمق کمی دارند و از نظر زمانی میزان ذخیره قطعی کانسار حدود ۸۲ هزار تن منگنز پر عیار با ۴۰ درصد اکسید منگنز است. کانی‌سازی منگنز در این منطقه از نوع اکسیدی و شامل کانی‌های پسیلوملان پیرولوژیت و بطور جزئی کریتمپلان و هلندیت است و کانی‌های باطله منگنز شامل سیلیس، کلسیت، هماتیت و کانی‌های رسی است. تیپ کانی‌سازی منگنز این کانسار رسوبی-ولکانیکی می‌باشد که در



زون آمیزه رنگین منسوب به کرتاسه بالایی ایجاد شده‌اند. رنگ‌های قرمز در رخساره رادیولاریتی راهنمای خوبی برای ردیابی عدسی‌های منگن‌دار منطقه است (اکبری‌مقدم، ۱۳۹۰؛ شرکت مهندسی مشاور تحقیقات معدنی خاک خوب).

برگه زمین شناسی یکصد هزارم ازبک‌کوه

معدن غیرفعال منگنز شماره ۱ ازبک‌کوه

این معدن در قسمت شمال غربی برگه یکصد هزارم ازبک‌کوه و ۱ کیلومتری غرب روستای کمرچه و موقعیت جغرافیایی "۳۶°۴۳'۵۷" طول شرقی و "۸۵°۵۲'۳۴" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (Qtz2) تراس و فن‌های گراولی قرار گرفته است (روتتر و همکاران، ۱۹۷۰).

نشانه معدنی منگنز شماره ۱ ازبک‌کوه

این نشانه معدنی در قسمت شمال غربی برگه یکصد هزارم ازبک‌کوه و ۴ کیلومتری شمال غرب روستای کمرچه و موقعیت جغرافیایی "۴"۵۹'۵۷° طول شرقی و "۶۷"۴۷'۵۳°۳۴" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (ml) مرم به سن ژوراسیک؟ قرار گرفته است (روتتر و همکاران، ۱۹۷۰).

نشانه معدنی منگنز شماره ۲ ازبک‌کوه

این نشانه معدنی در قسمت شمال غربی برگه یکصد هزارم ازبک‌کوه و در ۲/۶ کیلومتری جنوب غرب روستای کمرچه و موقعیت جغرافیایی "۳۹"۵۷'۵۷° طول شرقی و "۹۹"۳۵'۵۱°۳۴" عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این نشانه معدنی در واحد (ml) مرم به سن ژوراسیک؟ قرار گرفته است (روتتر و همکاران، ۱۹۷۰).

لازم به ذکر است که برخی از کانسارهای گزارش شده در محدوده بلوک کاشمر اطلاعات قابل ملاحظه‌ای از آنها در دسترس نمی‌باشند، لذا بصورت خلاصه در جدول (۳-۳) ذکر گردیده‌اند.

جدول ۳-۳- کانسارهای منگنز در محدوده مطالعاتی (سایت سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان رضوی، ۱۴۰۰)

شماره	نام	ژنز	نوع	شهرستان	فعالیت	X	Y	میزان ذخیره ماده معدنی (تن)
۱	بنیامین	-	منگنز	بردسکن	معدن	-	-	۱۱،۸۰۰
۲	سنگی چاه (انتقالی)	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۱۰،۰۰۰
۳	گوفت	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۲۱،۰۰۰
۴	رودآب	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۵،۹۰۰
۵	مظفرآباد	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۷،۰۰۰
۶	سریش	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۲۰۸،۰۰۰
۷	چشمه سفید ۲	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۱۵،۰۰۰
۸	سرچشمه	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۱۰،۷۰۰
۹	نورده	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۱۶،۰۰۰
۱۰	آب تلخ	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۱۰،۰۰۰
۱۱	امیرآریان	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۲۳۰،۰۰۰
۱۲	کوه چشمه	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۲۲،۰۰۰
۱۳	دوچاهی آریان	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۱۰،۵۰۰
۱۴	بیهق	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۱۰،۰۰۰
۱۵	ذوالفرخ	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۱۱،۳۰۰
۱۶	لندران	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۱۵،۰۰۰
۱۷	چاه شند	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۱۳،۰۰۰
۱۸	گورمس	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۲۹،۹۰۰
۱۹	چاه حسین	-	منگنز	سبزوار	معدن	-	-	۱۷،۰۰۰
۲۰	ارمغان کوهسرخ	-	منگنز	کاشمر	معدن	-	-	۶،۵۶۰
۲۱	شمال شرق اسبکشان،	-	منگنز	شاهرود	نشانه معدنی	-	-	-
۲۲	کرمی	-	منگنز	شاهرود	کانسار	-	-	-
۲۳	تپه طاق	-	منگنز	طیلس	معدن	-	-	-
۲۴	سفیدکوه	-	منگنز	طیلس	نشانه معدنی	-	-	-

کشور

معدنی

پتھان

فصل ہمارم

مطالعات دور سچی

سازمان زمین

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۴-۱- مقدمه

با پیشرفت روزافزون فناوری در ماهواره‌ها و تکنولوژی تصویر برداری در دهه‌های اخیر، جایگاه خاصی برای نتایج مطالعات دورسنجی به عنوان لایه‌هایی ارزشمند و مهم در امور پی‌جویی و اکتشاف ذخائر معدنی ایجاد شده است. دورسنجی علم مطالعه پدیده‌ها و عوارض سطحی زمین براساس داده‌های سنجنده‌های فضاپرد یا هواپرد می‌باشد که این داده‌ها معمولاً به "تصاویر ماهواره‌ای" تعبیر می‌شوند. اساس این داده‌ها انرژی‌های دریافتی از سطح زمین در قالب امواج الکترومغناطیس است که در واحد پیکسل‌هایی جمع‌آوری می‌گردند و از تبدیل مقادیر انرژی ثبت شده هر پیکسل به واحدهای روشنایی و تن‌های رنگی، و نهایتاً قراردادن این پیکسل‌ها در کنار یکدیگر، یک تصویر حاصل می‌شود. از آنجاییکه سنجنده‌ها اغلب قادر به ثبت چند انرژی برای چند طول‌موج مختلف یعنی برداشت چند باندهای^۱ بازای هر پیکسل هستند، امکان ایجاد تصاویر مختلف از برداشت یک سنجنده بوجود می‌آید. همچنین با پردازشهای مختلف روی این تصاویر و نیز ترکیب‌های مختلف از آنها، به بیشمار تصویر با کاربردهای متفاوت دست می‌یابیم. این نوع تصویربرداری تصویربرداری رقومی^۲ نامیده می‌شود. با پیشرفتهای تکنولوژی سنجنده‌ها شاهد حضور سنجنده‌هایی با قابلیت برداشت باندهای فراوان^۳ و دقت مکانی بسیار بالا^۴ و کمترین خطاها هستیم. البته شایان ذکر است که در هر حال تصاویر خام برداشت شده، نیازمند تصحیحاتی جهت استفاده نهایی کاربر می‌باشند که بخشی از این تصحیحات توسط سنجنده، بخشی توسط ایستگاههای زمینی دریافت کننده داده‌ها و بعضاً تصحیحاتی نیز توسط کاربر اعمال می‌شوند و سپس این تصاویر مورد پردازش و استفاده قرار می‌گیرند.

کاربردهای تصاویر ماهواره‌ای در علوم زمین و زمین‌شناسی بسیار زیاد است که من جمله در زمین‌شناسی اکتشافی نقش برجسته‌ای دارد. اصلی‌ترین کاربردهای تصاویر ماهواره‌ای در ارتباط با اکتشافات معدنی را می‌توان، تفکیک واحدهای سنگی، کشف دگرسانی‌های سطحی و همچنین استخراج خطواره‌ها به عنوان کنترل کننده‌های مکانی و بستری برای پدیده‌های گرمایی^۵ برشمرد.

¹ Multi Spectral
² Digital

³ Hyper Spectral
⁴ High Resolution

⁵ Hydrothermal

۲-۴- داده‌های ماهواره‌ای

جهت انجام مطالعات دورسنجی در این پروژه، تصاویر سه سنجنده استرا^۱، سنتینل 2A^۲ و آل آی ۳^۳ که برای زمین‌شناسان شناخته‌شده هستند مورد استفاده قرار گرفتند.

۱-۲-۴- تصاویر سنجنده استرا

سنجنده استرا یکی از پنج سنجنده ماهواره ترا^۴ می باشد که در ابتدا در دسامبر ۱۹۹۹ توسط کنسرسیوم صنعت و دولت ژاپن ساخته شد. استرا با داشتن ۱۴ باند طیفی مختلف به دانشمندان و محققان امکان بررسی پدیده‌های زمینی را در طول موج‌هایی نظیر مادون قرمز نزدیک، کوتاه و حرارتی که توسط چشم انسان قابل رویت نیست را می‌دهد. تصاویر این سنجنده توسط SIC^۵ دریافت می‌شود. برخی از مهم‌ترین مشخصات این ماهواره عبارتند از:

ارتفاع مدار: ۷۰۵ کیلومتر

ابعاد پوشش (روی زمین): ۶۰ کیلومتر در ۶۰ کیلومتر

زمان پوشش کامل زمین: ۱۶ روز

برخی از ویژگی‌های باندهای سنجنده استرا در جدول ۴-۱ دیده می‌شوند.

جدول ۴-۱- ویژگی‌های باندهای سنجنده استرا

Band Number	Wavelength(μm)	Spectral Region	Spatial Resolution(m)
1	0.52 - 0.60	VNIR	15
2	0.63 - 0.69		
3N	0.78 - 0.86		
3B	0.78 - 0.87		
4	1.60 - 1.70	SWIR	30
5	2.145 - 2.185		
6	2.185 - 2.225		
7	2.235 - 2.185		
8	2.295 - 2.365		
9	2.360 - 2.430	TIR	90
10	8.125 - 8.475		
11	8.475 - 8.825		
12	8.925 - 9.275		
13	10.25 - 10.95		
14	10.95 - 11.65		

داده‌های زیرشامل تصاویر ۱۱ سین کامل استرا (شکل ۴-۱) برای محدوده این پروژه مورد استفاده قرار گرفتند.

¹ ASTER

² Sentinel 2A

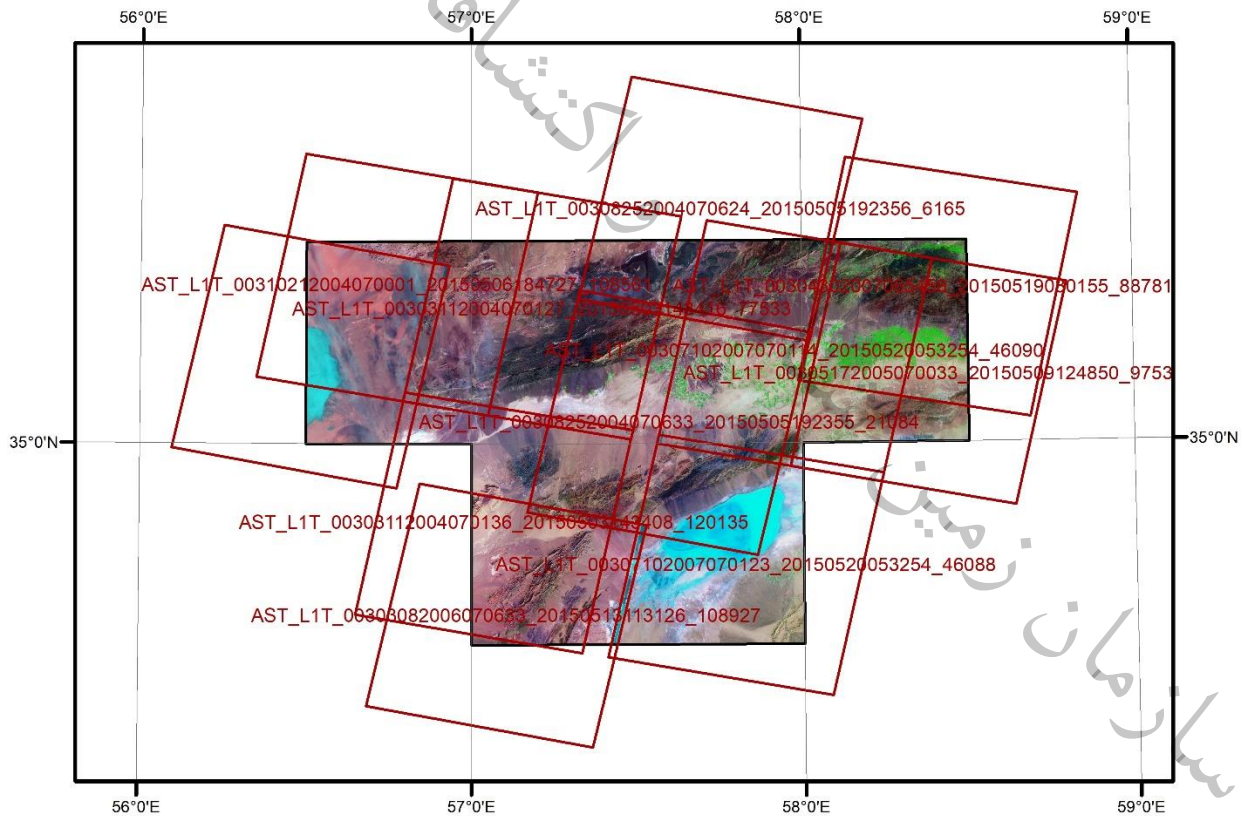
³ OLI

⁴ TERRA

⁵ Satellite Imaging Corporation



AST_L1T_00303082006070633_20150513113126_108927
AST_L1T_00303112004070127_20150503143416_77533
AST_L1T_00303112004070136_20150503143408_120135
AST_L1T_00304302007065458_20150519080155_88781
AST_L1T_00305142007070709_20150519125457_13787
AST_L1T_00305172005070033_20150509124850_9753
AST_L1T_00307102007070114_20150520053254_46090
AST_L1T_00307102007070123_20150520053254_46088
AST_L1T_00308252004070624_20150505192356_6165
AST_L1T_00308252004070633_20150505192355_21084
AST_L1T_00310212004070001_20150506184727_108561



شکل ۴-۱- موقعیت سین‌های سنجنده استر مرتبط با بلوک کاشمر-کرمان

۲-۲-۴- تصاویر ماهواره سنتینل 2A

ماهواره سنتینل 2A حامل سنجنده ام اس آی^۱ در تاریخ ۲۳ ژوئن ۲۰۱۵ به فضا پرتاب گردید.

برخی از مهم‌ترین مشخصات این ماهواره عبارتند از:

ارتفاع مدار: ۷۸۶ کیلومتر

عرض برداشت (روی زمین): ۲۹۰ کیلومتر

زمان پوشش کامل زمین: ۵ روز

این ماهواره با هدف مشاهده و تحلیل عوارض زمینی، پوشش گیاهی و آب طراحی شده است و از ۱۳ باند طیفی در محدوده‌های مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز طول موج کوتاه بشرح جدول ۲-۴ برخوردار می‌باشد.

جدول ۲-۴- ویژگی‌های باندهای سنجنده ام اس آی از ماهواره سنتینل 2A

Band Number	Wavelength(μm)	Spectral Region	Spatial Resolution(m)
1	0.421 - 0.457	Coastal Aerosol	60
2	0.439 - 0.535	Blue	10
3	0.537 - 0.582	Green	10
4	0.646 - 0.685	Red	10
5	0.694 - 0.714	Vegetation Red Edge	20
6	0.731 - 0.749	Vegetation Red Edge	20
7	0.768 - 0.796	Vegetation Red Edge	20
8	0.767 - 0.908	NIR	10
8a	0.848 - 0.881	Vegetation Red Edge	20
9	0.931 - 0.985	Water Vapour	60
10	1.338 - 1.414	SWIR-Circus	60
11	1.539 - 1.681	SWIR	20
12	2.072 - 2.312	SWIR	20

چنانچه در شکل ۲-۴ دیده می‌شود برای پوشش کامل محدوده مورد نظر از ۶ تصویر ماهواره سنتینل 2A بشرح زیر استفاده گردید

¹ MSI



L1C_T40SDD_A011357_20170825T070733

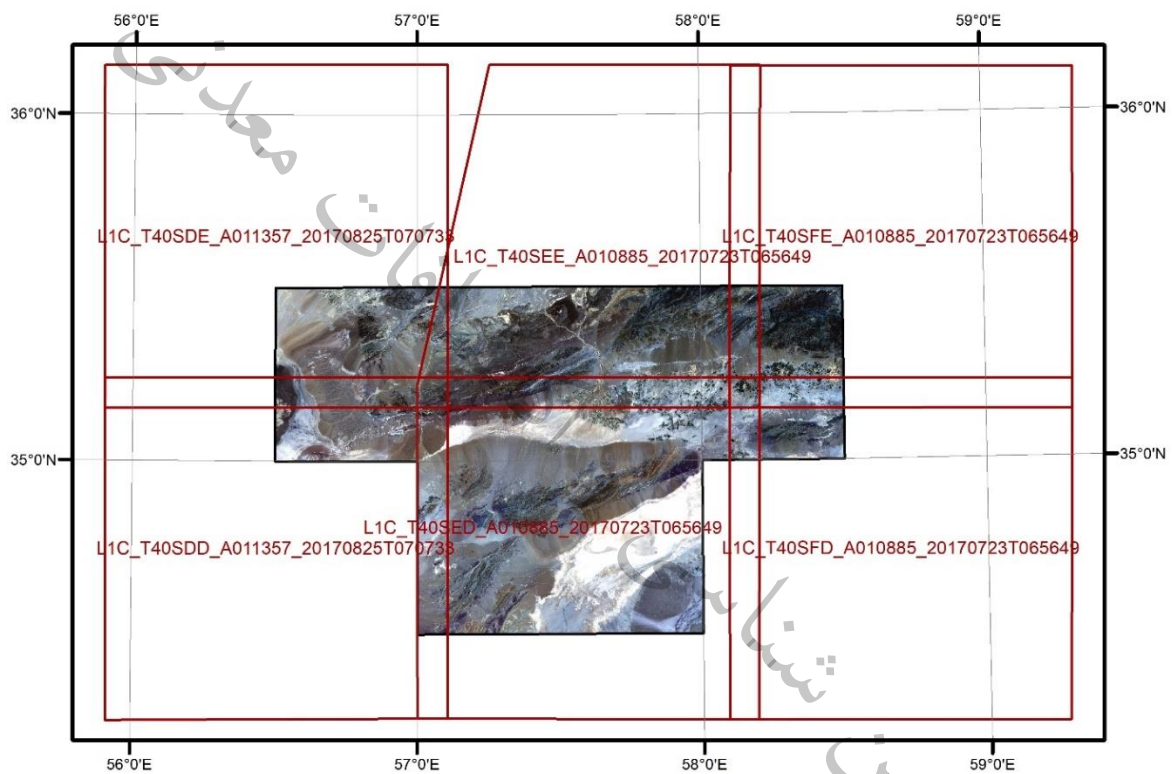
L1C_T40SDE_A011357_20170825T070733

L1C_T40SED_A010885_20170723T065649

L1C_T40SEE_A010885_20170723T065649

L1C_T40SFD_A010885_20170723T065649

L1C_T40SFE_A010885_20170723T065649



شکل ۴-۲- موقعیت سین‌های سنجنده ام اس آی از ماهواره سنتینل 2A در بلوک کاشمر-کرمان

۴-۲-۳- تصاویر سنجنده آل آی

سنجنده آل آی توسط ماهواره لندست ۸ در ۱۱ فوریه ۲۰۱۳ به فضا پرتاب گردید. برخی از مهم‌ترین مشخصات این ماهواره عبارتند از:

ارتفاع مدار: ۷۰۵ کیلومتر

ابعاد پوشش (روی زمین): ۱۸۵ کیلومتر در ۱۸۵ کیلومتر

زمان پوشش کامل زمین: ۱۶ روز

ویژگیهای باندهای طیفی این سنجنده در جدول ۳-۴ قابل مشاهده است.

جدول ۳-۴- ویژگیهای باندهای سنجنده آل آی

Band Number	Wavelength(μm)	Spectral Region	Spatial Resolution(m)
1	0.433 - 0.453	Coastal Aerosol	30
2	0.450 - 0.515	Blue	30
3	0.525 - 0.600	Green	30
4	0.630 - 0.680	Red	30
5	0.845 - 0.885	NIR	30
6	1.560 - 1.660	(SWIR)1	30
7	2.100 - 2.300	(SWIR)2	30
8	0.500 - 0.680	Panchromatic	15
9	1.360 - 1.390	Water Vapour	30
10	10.60 - 11.19	(TIRS)1	100
11	11.50 - 12.51	(TIRS)2	100

شایان ذکر است سنجنده آل آی نسبت به سنجنده قبلی ماهواره لندست یعنی سنجنده ETM+ دارای قابلیت‌ها و مزایایی بشرح زیر می‌باشد:

- قدرت تفکیک طیفی بهتر با محدوده‌های باندهای باریک‌تر و ۲ باند طیفی بیشتر (اخذ اطلاعات در ۹ باند طیفی).
- افزایش چهار برابری دقت ثبت ژئودتیک مطلق تصاویر
- تغییر هندسه تصویر برداری از حالت عمود بر خط پرواز^۱ به حالت هم جهت با خط پرواز^۲ و در نتیجه اخذ ۱۵۰ صحنه اطلاعاتی بیشتر در روز (۴۰۰ تصویر در روز)

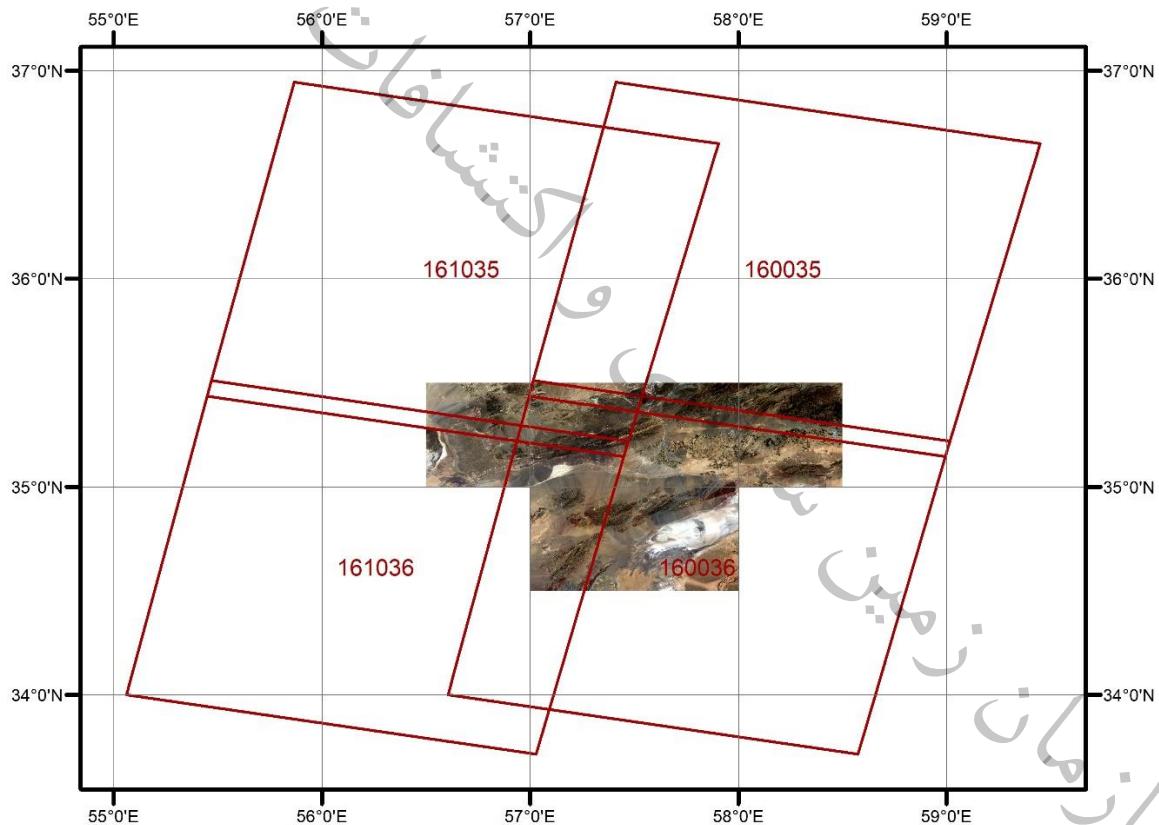
¹ Whisk Broom

² Push Broom



• بهبود قدرت تفکیک رادیومتریک از ۸ بیت به ۱۲ بیت و امکان توصیف بهتر پوشش زمین
افزایش نسبت سیگنال به نویز^۱
۷ باند از ۹ باند سنجنده آل آی با سنجنده های TM و ETM+ که بر روی ماهواره های لندست قبلی قرار
داشتند؛ یکسان می باشند، که این عمل علاوه بر سازگاری با داده های قدیمی لندست و تداوم آن ها، قابلیت های
اندازه گیری را نیز بهبود داده است.
محدوده موردنظر در محدوده چهار سین از تصاویر سنجنده آل آی (شکل ۳-۴) با شماره های زیر قرار گرفته
است.

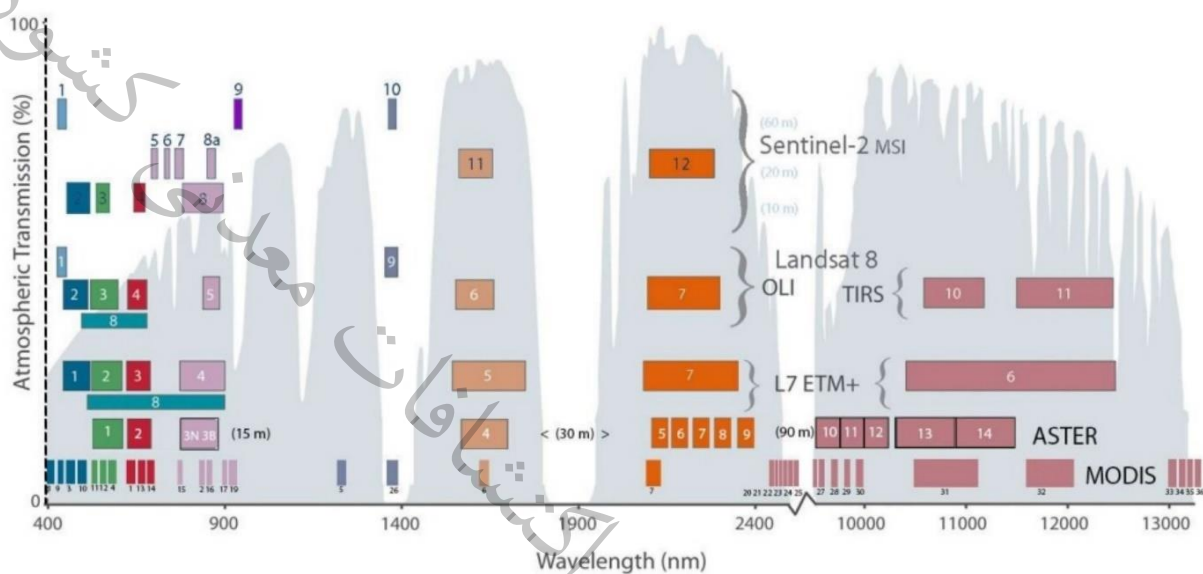
160035, 160036, 161035, 161036



شکل ۳-۴- موقعیت سین های سنجنده آل آی از ماهواره Landsat8 در بلوک کاشمر-کرمان

¹ Signal to Noise
Rate(SNR)

در شکل ۴-۴ نمای مقایسه‌ای از محدوده طیفی باندها در سنجنده‌های مختلف دیده می‌شود. محدوده طیفی ۱,۵ الی ۲,۵ میکرومتر بهترین محدوده برای تشخیص کانی‌ها بویژه کانی‌های هیدروکسیل است که چنانکه در این شکل مشخص است، در بین سنجنده‌های مطرح شده، سنجنده استر دارای بیشترین باند در این محدوده می‌باشد و از این رو اهمیت بیشتری برای مطالعه دگرسانی دارد.



شکل ۴-۴- مقایسه محدوده طیفی و پهنای باندهای سنجنده‌های استر، آل آی و سنتینل 2 در طیف الکترومغناطیس

۴-۳- روش و مراحل مطالعه دورسنجی

۴-۳-۱- نرم‌افزارها

بررسی‌های دورسنجی در این پروژه با استفاده از نرم‌افزارهای مختلفی انجام پذیرفت که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- نرم‌افزار ژئوماتیکا^۱ جهت انجام عملیات پیش پردازش، ایجاد لایه‌های اطلاعاتی مختلف، پردازش‌های بصری، ایجاد و ویرایش وکتورها و آماده سازی نتایج جهت تهیه خروجی.

- نرم‌افزار ENVI جهت انجام محاسبات و اعمال فرمول‌های مختلف مثل نسبت‌های باندی و همچنین بکارگیری روش‌های شناخته شده آنالیز تصویری مثل روش مولفه‌های اصلی^۲ و روش پالایش تطبیقی^۳.

- نرم‌افزار ARC GIS جهت تهیه خروجی نتایج.

- نرم‌افزار SAGA GIS جهت خواندن فایل‌های تصاویر سنتینل 2 و دسته‌بندی آنها.

¹ Geomatica

² Principal Component(PC)

³ Match Filtering



۴-۳-۲- پیش پردازش اطلاعات

شامل مجموعه عملیاتی است که قبل از استفاده از تصویر، برای آماده سازی تصویر انجام می شود و شامل مراحل زیر است:

۴-۳-۲-۱- خواندن اطلاعات

تصاویر ماهواره ای که از منابع اصلی مثل تارنما USGS دریافت می شوند غالباً بصورت یک فایل تجمیع شده از باندهای مختلف در یک فرمت خاص و معمولاً فشرده هستند که برای استفاده می بایست ابتدا خوانده شده و بهتر است که در چند فایل چند باندهای بر اساس قدرت تفکیک مکانی^۱ دسته بندی گردند. بطور مثال مجموع تصاویر یک سین از سنجنده استر در قالب یک فایل با فرمت hdf ابتدا باید خوانده شوند و سپس در سه گروه VNIR، SWIR و TIR تفکیک گردند که این کار معمولاً در نرم افزارها بصورت نیمه خودکار انجام می شود.

۴-۳-۲-۲- تصحیحات

تصحیح رادیومتریکی

اطلاعات رادیومتریکی هر باند بصورت مقادیر عددی^۲ که به اختصار DN گفته می شوند ثبت می شوند. این مقادیر با مقادیر واقعی انرژی منعکس شده یا گسیل شده از منطقه زمینی متناظر با پیکسل های تصویر متفاوت هستند و این تفاوت یا از خطاهای دستگاهی (سنجنده) ایجاد می شوند و یا از عوامل اتمسفری نشأت گرفته است.

تصحیح خطای سنجنده

مهم ترین خطاهای سنجنده عبارتند از :

خطای نویز^۳

خطای حذف شدن یک سطر یا ستون^۴

خطای نوارشدگی سطری یا ستونی^۵

خطای حذف ابتدا یا انتهای یک سطر^۶

این نوع خطاها با کالیبراسیون دقیق دستگاهها و رفع اشکالات دستگاه قبل از برداشت تصویر به حداقل میرسند اما در صورت بروز، معمولاً توسط خود شرکت ارائه دهنده تصویر تصحیح می گردند.

^۱ Resolution

^۲ Digital Number

^۳ Noise or Bad Pixel

^۴ Line or Column drop line

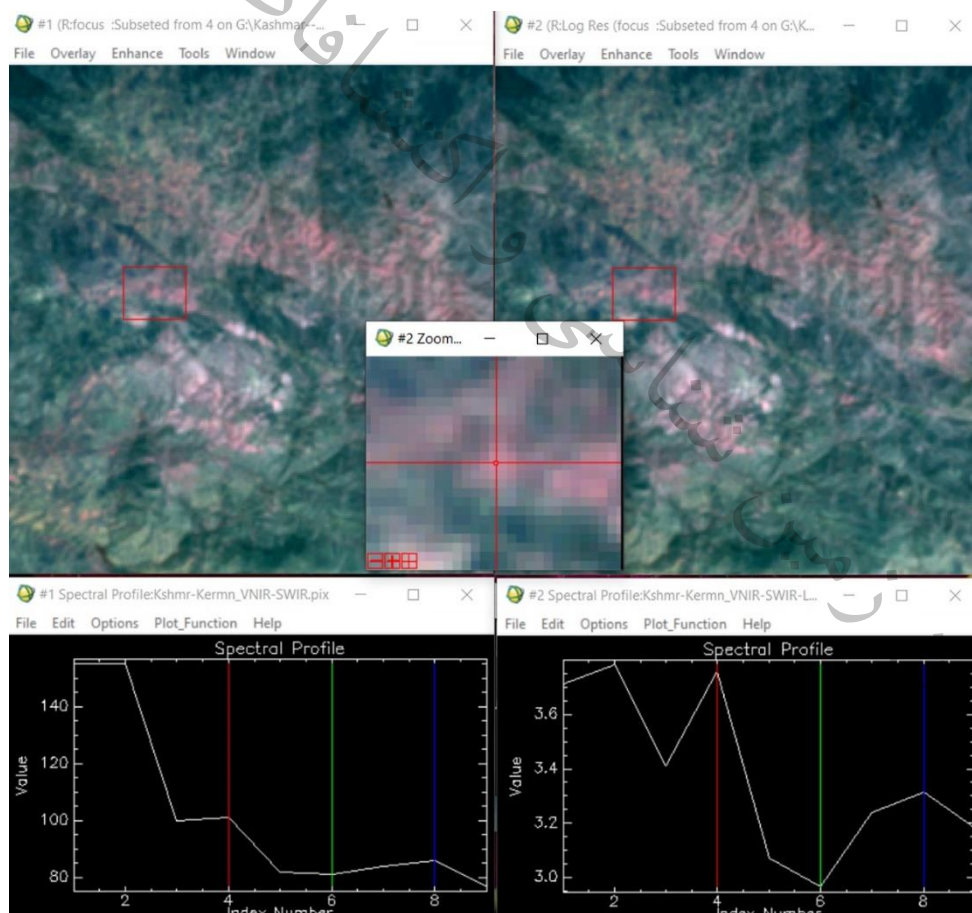
^۵ Line or column Stripping

^۶ Line start-stop problem

تصحیح خطاهای اتمسفریک

عواملی همچون پخش اتمسفری، تأثیر پیکسل‌های همسایه و زاویه تابش خورشید و دیگر عوامل جوی باعث می‌شوند مقدار انرژی دریافتی توسط سنجنده (رادینانس) نسبت به آنچه که بر روی زمین می‌توانست دریافت شود متغیر باشد. به عبارتی دیگر باعث می‌شود که مقدار انرژی ثبت شده (DN) نمایانگر حقیقی بازتاب نباشد. تصحیح کامل این نوع خطاها نیازمند ورود به محاسبات پیچیده‌ای از تأثیرات عوامل مختلف می‌باشد که پارامترهای آن در اختیار ما نیست و لذا از روش تصحیح رادیومتریک شبه‌رفلکتانس^۱ بنام لاگ رزیجوآل^۲ که یک روش شناخته شده است، استفاده شد. در این روش با کمک پارامترهای آماری مانند میانگین طیفی و هندسی، تصویر خام به تصویر تصحیح شده تبدیل می‌گردد. بعد از تصحیح رادیومتریک، در قسمتهایی، شیب نمودار منحنی طیفی بیشتر شده و اشکال طیفی عمیق‌تر می‌شوند و جذب آشکارتری را ارائه می‌دهند (شکل

۵-۴)



شکل ۵-۴- تأثیر تصحیح رادیومتریک با روش لاگ رزیجوآل بر روی نمودار طیفی قبل (در سمت چپ) و بعد از تصحیح (در سمت راست)

¹ Pseudoreflectance

² Log Residual



تصحیح خطای هندسی

مجموعه عواملی که باعث ایجاد خطاهای هندسی در تصاویر ماهواره‌ای می‌گردند، شامل تغییرات در ارتفاع و سرعت سکوی سنجنده، انحنای زمین، جابجایی و پستی و بلندی زمین هستند که موجب خطاهایی همچون خطای دوران، کرویت، پانورامیک و اعوجاجات هندسی بر روی تصویر می‌شوند. پس از تصحیح هندسی، هر پیکسل در تصویر، ابعاد واقعی زمینی‌اش را با توجه به مقیاس تصویربرداری ارائه می‌دهد. با این تصحیح علاوه بر حذف اعوجاج از روی تصویر، پیکسل‌ها در موقعیت مسطحاتی دقیق خود قرار می‌گیرند تا در نهایت بتوان کلیه اطلاعات هندسی از قبیل اندازه‌گیری‌های طول، مساحت و . . . را استخراج نموده و بتوان از تصویر به عنوان یک لایه اطلاعاتی در سیستم‌های اطلاعات مکانی و جغرافیایی (GIS) استفاده نمود. تصحیح هندسی تصویر در نرم‌افزارهای مختلف با اصطلاحاتی مثل تصحیح ژئومتری^۱، رکتیفای^۲، ژئوکدینگ^۳ یا ژئورفرنسینگ^۴ شناخته می‌شود.

برای انجام این نوع تصحیح از یک مرجع تصویری دیگر که قبلاً تصحیح شده است استفاده می‌گردد. تصویر مرجع می‌تواند یک نقشه توپوگرافی تصحیح شده و یا یک تصویر ماهواره‌ای تصحیح شده از همان مکان باشد. این تصحیحات بر اساس انتخاب تعدادی نقطه کنترل زمینی (GCP) بر روی تصویر مرجع و مشابه‌یابی آن بر روی داده‌های ماهواره‌ای مورد نظر انجام می‌شود. در این عملیات با استفاده از روش‌های آماری لازم، خطاهای موجود بین مختصات تصویر و مختصات زمینی پدیده‌ها به حداقل می‌رسد.

در ارتباط با تصحیح داده‌ها در این پروژه باید گفت که تصاویر بکار گرفته شده در این پروژه تصاویر تصحیح شده هستند بطور مثال تصاویر اکتسار که به عنوان داده اصلی تشخیص دگرسانی مورد استفاده قرار گرفتند، از نوع level 1B هستند که یک مرحله تصحیح هندسی و رادیومتریک بر روی آن‌ها انجام گرفته است.

¹ Geometric Correction

² Rectification

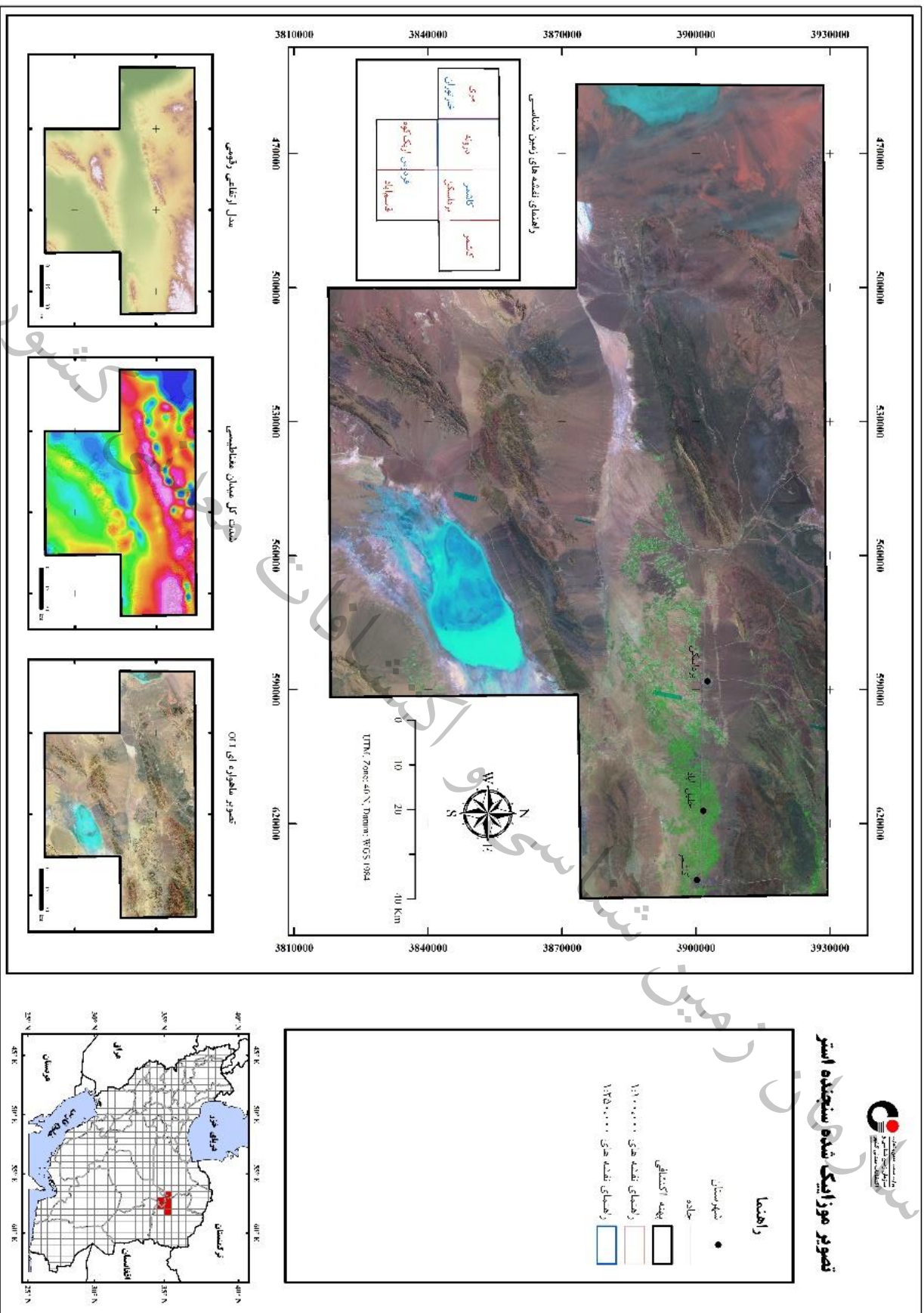
³ Geo Coding

⁴ Geo Referencing

۴-۳-۲-۳- موزائیک تصاویر

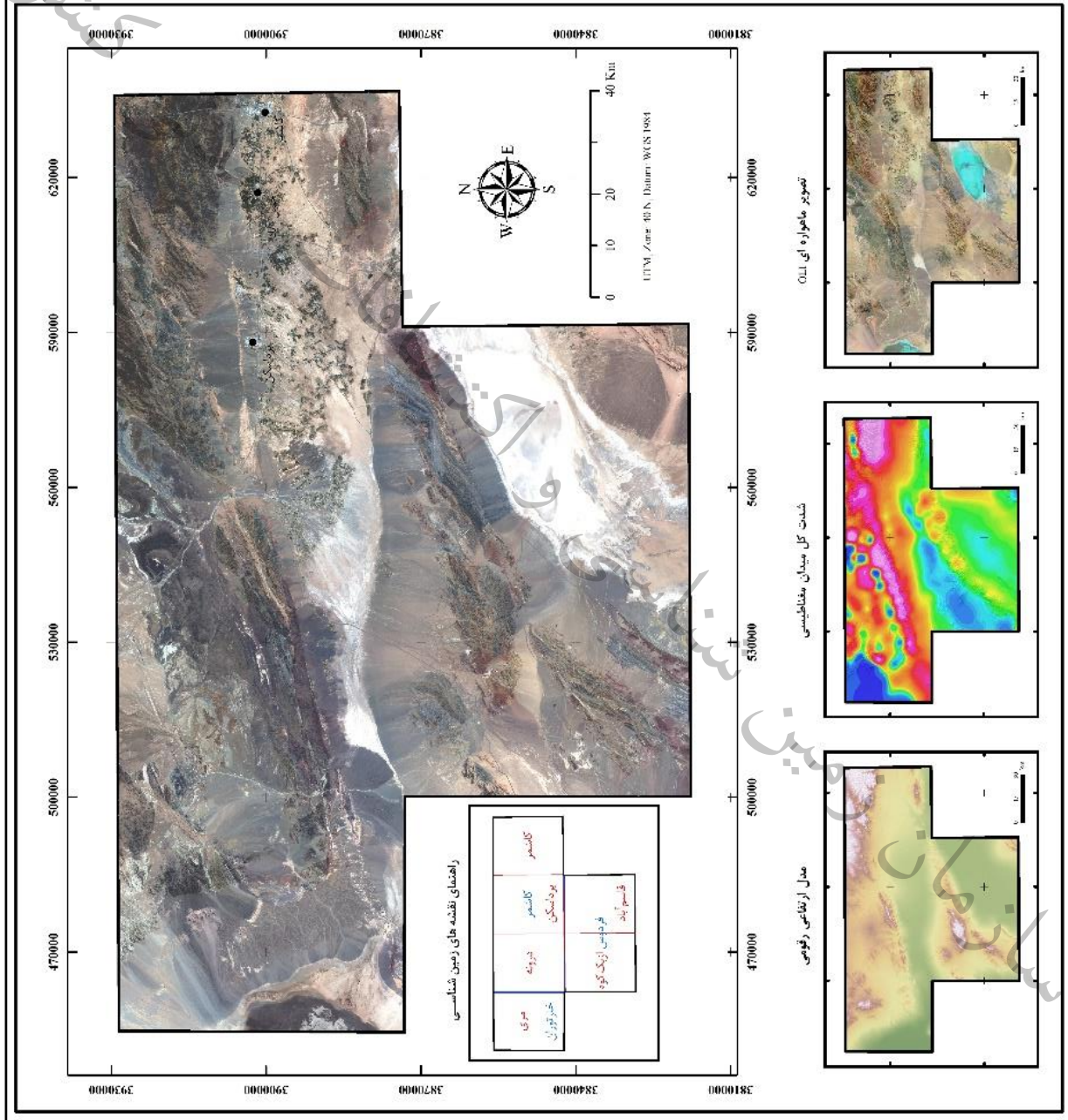
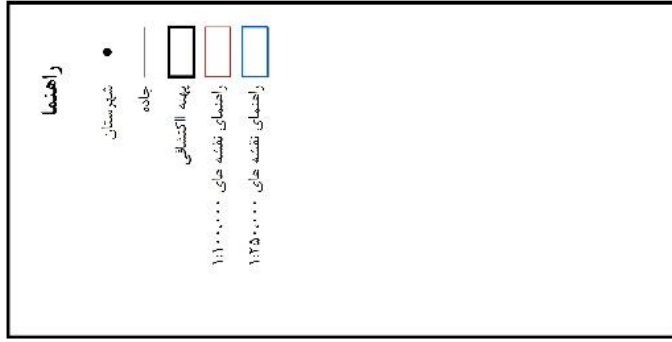
به منظور ایجاد تصویر یکدست ماهواره‌ای از کل پهنه، ابتدا سین‌های تصحیح شده کل پهنه مورد مطالعه، با یکدیگر موزائیک و سپس حاشیه‌های خارج از محدوده حذف گردید. این عمل در مورد تصاویر استر و سنتینل 2A و آل آی انجام شد که نتایج آن‌ها بصورت اشکال ۴-۶، ۴-۷ و ۴-۸ دیده می‌شوند.

کشور
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی



شکل ۴-۶- نقشه تصویب موزائیک شده بلوک کاشمر-کرومان، از سین‌های استر با ترکیب باندی B:1 G:3 R:5

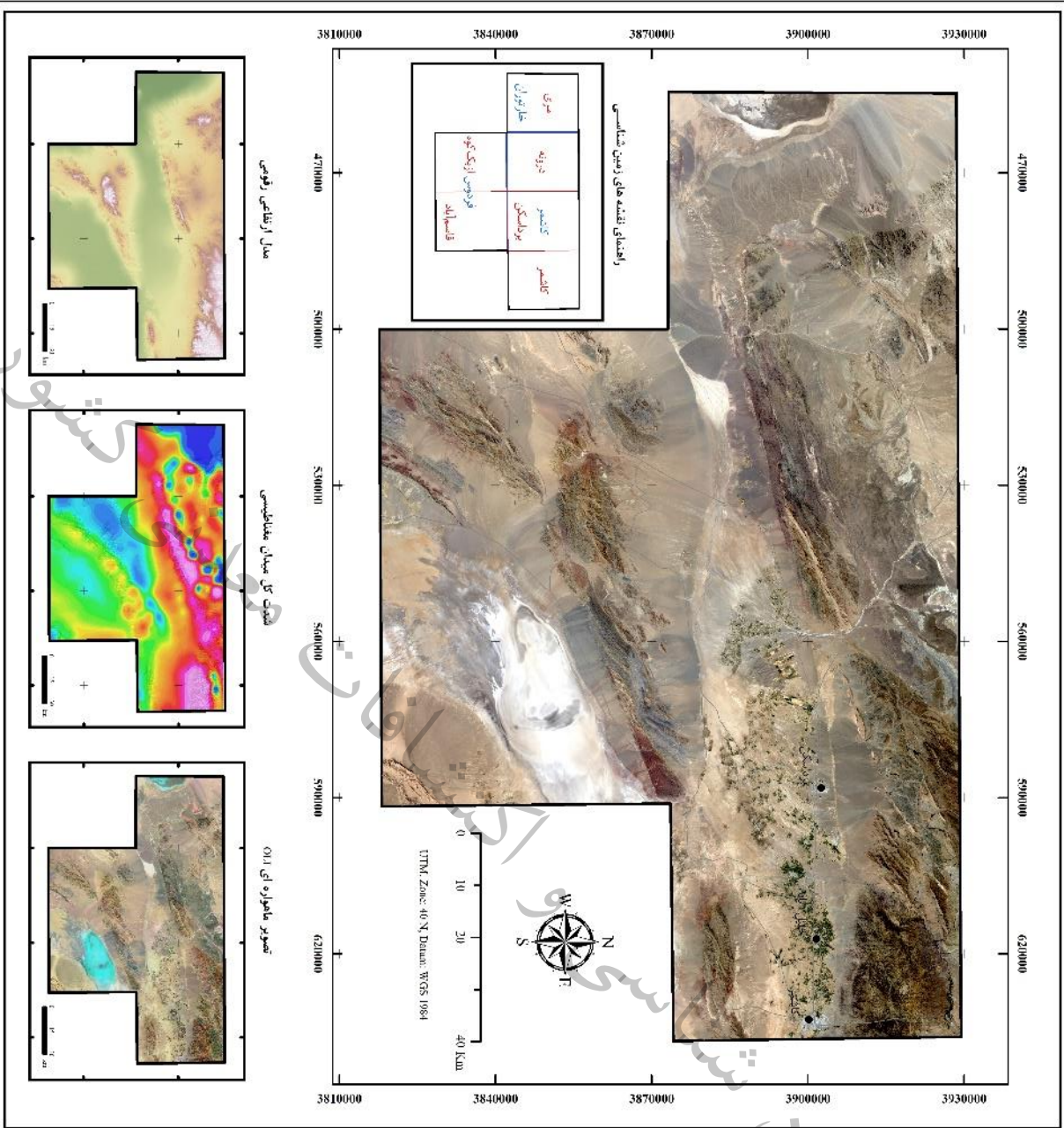
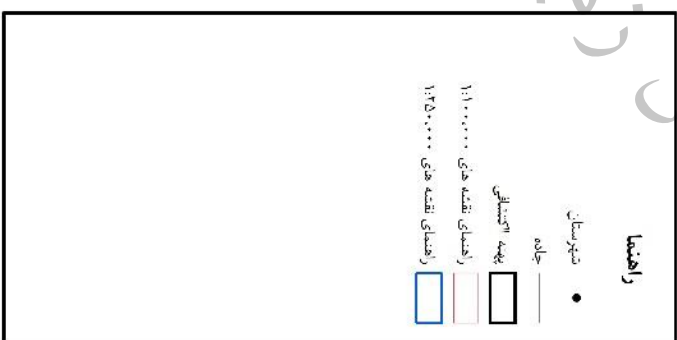
تصویر موزائیک شده سنجنده سنپل ۲



شکل ۴-۷ - نقشه تصویر موزائیک شده بلوک کاشمر- کرمان، از سین های سنپل 2A با ترکیب باندی R:4 G:3 B:2

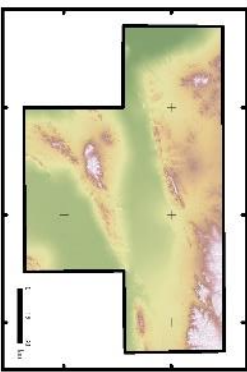


تصویر موزائیک شده سنجنده آل آی

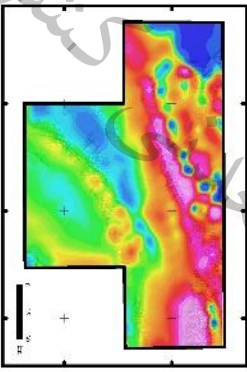


راهنمای نقشه هزی زمین شناسی

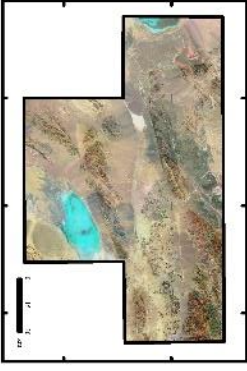
سوی	چروکه	کاشمر	کاشمر
خارنوبان	پودانگن	پودانگن	فارساوند



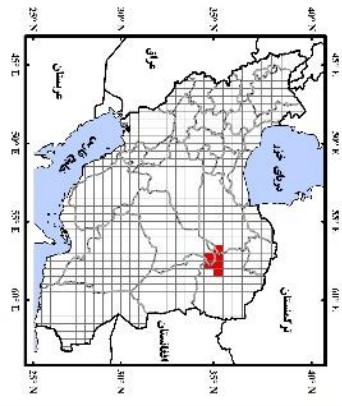
محل ارتباطی روستی



شکلات کل میان جغرافیایی



تصویر ماهواره آل آی



شکل ۴-۸- نقشه تصویر موزائیک شده بلوک کاشمر- کرمان از ماهواره سنجنده آل آی با ترکیب بندی B:2-G:3-R:4

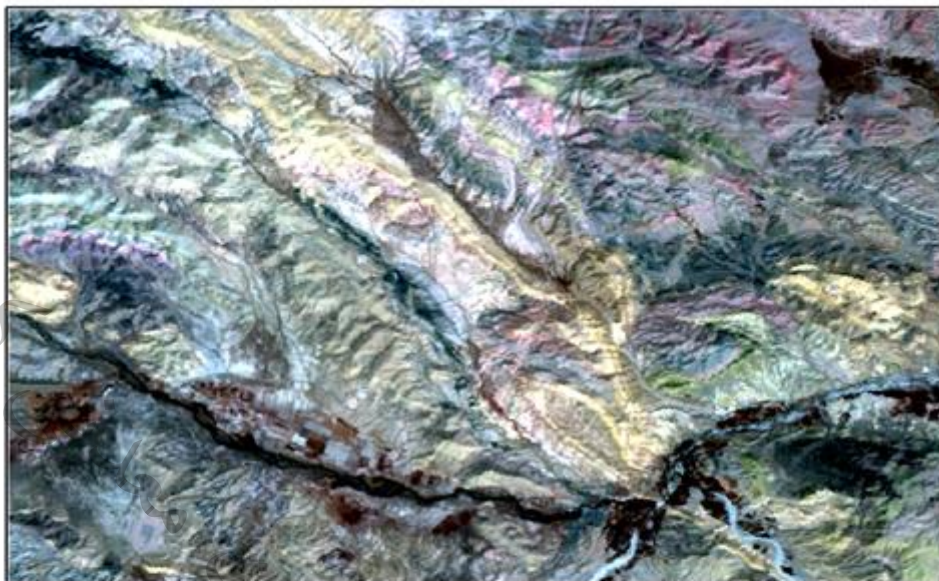
۴-۳-۲-۴- بارزسازی با استفاده از فیلترینگ

شناسایی خطواره‌ها به عنوان یک لایه اطلاعاتی در ارزیابی الگوهای شاخص جهت شناسایی مناطق امیدبخش، حائز ارزش است. به منظور استخراج ساختارهای خطی و حلقوی علاوه بر بکارگیری ترکیبات مختلف RGB، می‌توانیم با استفاده از فیلترهای محاسباتی، نوعی بارزسازی بر روی تصویر انجام دهیم. علاوه بر امکان طراحی فیلتر دلخواه (با استفاده از فرمول‌های ریاضی)، فیلترهای آماده متعددی در نرم‌افزارهای مربوطه وجود دارند. شاخص‌ترین فیلترها جهت برجسته‌تر نمودن ساختارهای خطی در تصاویر ماهواره‌ای که در این پروژه نیز مورد استفاده قرار گرفتند عبارتند از آشکار ساز لبه‌ها^۱، آشکار ساز سوبل^۲ و فیلترهای جهت‌دار مثل فیلترهای زاویه خورشید^۳. نمونه‌ای از فیلتر زاویه خورشیدی در شکل ۴-۹ دیده می‌شود. قابل ذکر است که بسیاری از ساختارهای خطی استخراج‌شده در این تحقیق، در نقشه‌های زمین شناسی مشخص نشده بودند.

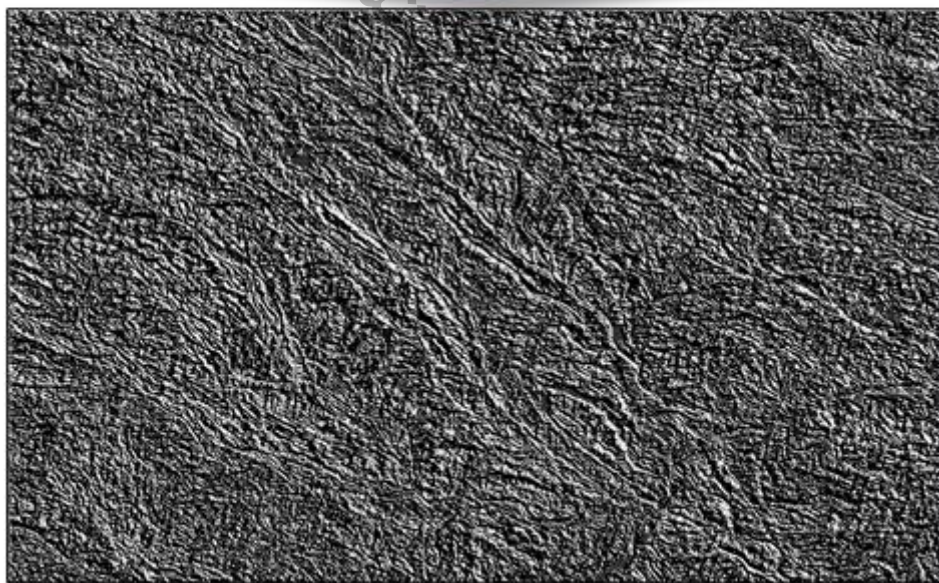
¹ Edge detector

²² Sobel detector

³ Sun Angle



اعمال فیلتر زاویه خورشیدی با جهت جنوب غرب



شکل ۴-۹- اعمال فیلتر زاویه خورشیدی با جهت جنوب غرب بر روی تصویر استر برای واضح تر نمودن ساختارهای شمال غربی- جنوب شرقی

۴-۳-۳- پردازش اطلاعات

روش‌هایی که در این تحقیق برای جداسازی نقاط هدف مورد استفاده قرار گرفتند عبارتند از:

۴-۳-۳-۱- استفاده از ترکیبات رنگی (RGB) مختلف برای تفکیک بصری

قابلیت تصاویر ماهواره‌ای در امکان انتخاب باندهای مختلف برای هر یک از سه رنگ اصلی در سیستم نمایش رنگ RGB، ویژگی برجسته‌ایست که همواره مورد توجه کاربران این تصاویر بوده است.

از جمله مهم‌ترین ترکیبات رنگی شناخته شده برای تفکیک واحدها و آلتراسیون می‌توان به این موارد اشاره کرد:

ترکیب رنگی RGB: 4 6 8 در تصاویر سنجنده استر برای تشخیص آلتراسیون‌های آرژلیک (به رنگ صورتی به شرح مقیاس رنگی زیر)، پروپیلیتیک (به رنگ سبز مغز پسته‌ای) و کلسیت (به رنگ زرد)

ترکیب رنگی RGB: 4 5 6 در تصاویر سنجنده استر برای تشخیص آلتراسیون‌های آرژلیک متوسط و پیشرفته (شرح مقیاس رنگی زیر)

ترکیب رنگی RGB: 5 3 1 در تصاویر سنجنده استر برای تفکیک واحدها

ترکیب رنگی RGB: 14 12 10 در تصاویر سنجنده استر برای تفکیک سیلیس (به رنگ قرمز)

ترکیب رنگی RGB: 4 3 2 در تصاویر سنجنده آل‌آی به عنوان رنگ حقیقی^۱ و همچنین برای تشخیص اکسیدهای آهن (به رنگ قهوه‌ای)

برخی ترکیبات باندی دیگر، اقتباس از کالی نوفسکی و الیور (۲۰۰۴)^۲ در Error! Reference source not found. دیده می‌شود.

قابل ذکر است که بجای استفاده از باندهای مختلف در نمایش RGB، می‌توان نتایج نسبت‌های باندی، PC ها و یا سایر روش‌های پردازش را نیز به هر یک از اجزای نمایش RGB اختصاص داد.

¹ True Color

² Kaliknowski and Oliver



جدول ۴-۴- ترکیبات بانندی کاربردی شناخته شده در دورسنجی از کالی نوفسکی و الیور (۲۰۰۴)

Features	Red	Green	Blue	Reference
Vegetation and visible bands**	3, 3/2, or NDVI	2	1	
AlOH minerals/advanced argillic alteration***	5/6 (phen)	7/6 (musc)	7/5 (kaol)	Hewson (CSIRO)
Clay, amphibole, laterite	(5x7)/6 ² (clay)	6/8 (amph)	4/5 (lat)	Bierwith
Gossan, alteration, host rock	4/2 (goss)	4/5 (alt)	5/6 (host)	Volesky
Gossan, alteration, host rock	6 (goss)	2 (alt)	1 (host)	
Decorellation (envi)	13	12	10	Bierwith
Silica, carbonate, basic degree index	(11x11)/10/12 (silica)	13/14 (carb)	12/13 (basic)	Bierwith
Silica, carbonate	(11x11)/(10x12)	13/14	12/13	Nimoyima
Silica	11/10	11/12	13/10	CSIRO
Discrimination for mapping	4/1	3/1	12/14	Abdelsalam
Discrimination in sulphide rich areas	12	5	3	
Discrimination	4/7	4/1	(2/3) × (4/3)	Sultan
Discrimination	4/7	4/3	2/1	Abrams (USGS)
Silica, Fe ²⁺	14/12	(1/2) + (5/3)	MNF Band 1	Rowan (USGS)
Enhanced structural features	7	4	2	Rowan (USGS)

*Comments by Hewson

**Equivalent to Landsat RGB 432

***Alunite/pyrophyllite, mica, kaolinite/dickite

۱-۳-۳-۴- مقایسه ترکیبات رنگی RGB:4 5 6 و RGB:4 6 8

در تصاویر سنجنده استر، ترکیب رنگی RGB:4 6 8، یکی از شناخته شده ترین و قابل اطمینان ترین راه های تشخیص بصری برای تشخیص آلتراسیون های آرژیلی و پروپیلیتی می باشد و از اینرو در اکتشافات ذخائر مرتبط با این نوع از آلتراسیون ها بویژه ذخائر پورفیری، جایگاه خاصی دارد. از سوی دیگر، ترکیب بانندی

RGB:4 5 6 از تصویر استر نیز برای تشخیص دگرسانی آرژیلی کاربرد دارد و اتفاقاً همانند ترکیب باندی، این دگرسانی به رنگ تقریباً صورتی ظاهر می‌شود، اما تفاوت‌هایی نیز بین این دو ترکیب برای برخی کانی‌های آرژیلی دیده می‌شوند که از این تفاوت‌ها می‌توان به عنوان تکنیکی برای تفکیک دگرسانی‌های آرژیلی و آرژیلی پیشرفته از یکدیگر استفاده نمود.

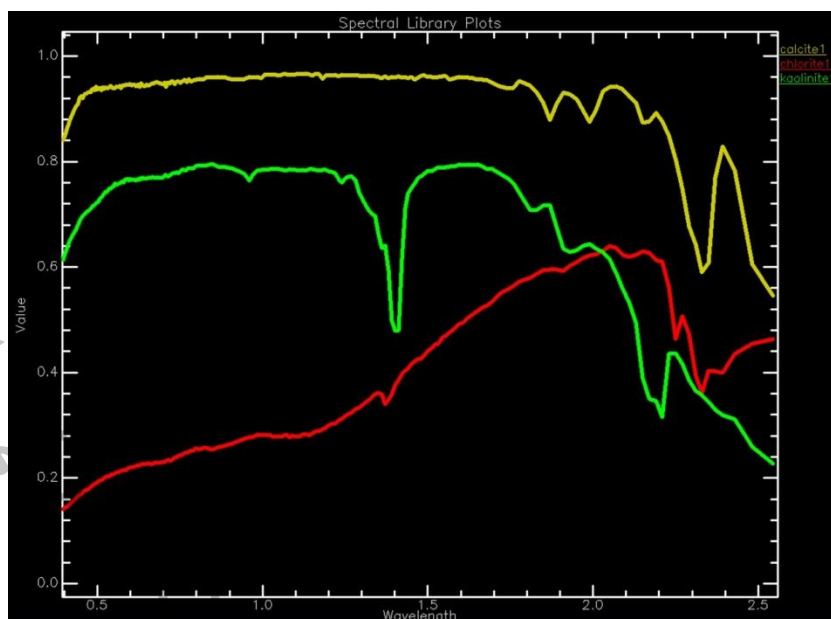
به عنوان نمونه، کانی پیروفیلیت که در ترکیب باندی ۴،۵،۶ همانند اغلب کانی‌های گروه آرژیلی به رنگ صورتی ظاهر می‌گردد، در ترکیب باندی ۴،۶،۸، نسبتاً متفاوت بوده و به رنگ نارنجی دیده می‌شود. اما کانی مسکویت در این مورد رفتاری برعکس از خود نشان می‌دهد و در حالیکه در ترکیب رنگی ۴،۶،۸ همانند سایر کانی‌های گروه آرژیلی، به رنگ صورتی تا قرمز دیده می‌شود اما در ترکیب باندی ۶،۵،۴، رنگی نسبتاً متفاوت با کانی‌های گروه آرژیلی داشته و متمایل به رنگ نارنجی ظاهر می‌گردد.

کانی پیروفیلیت کانی شاخص دگرسانی آرژیلی پیشرفته است و از این‌رو می‌توان گفت که پیکسل‌هایی که در ترکیب رنگی ۴،۶،۸ به رنگ نارنجی و در ترکیب رنگی ۴،۵،۶ به رنگ صورتی ظاهر شده اند احتمالاً بیانگر حضور کانی پیروفیلیت و معرف دگرسانی آرژیلی پیشرفته هستند.

به همین ترتیب، کانی‌های مسکویت و سریسیت، از کانی‌های شاخص دگرسانی فیلک هستند و از این‌رو می‌توان گفت که پیکسل‌هایی که در ترکیب رنگی ۴،۶،۸ به رنگ قرمز تا صورتی و در ترکیب رنگی ۴،۵،۶ به رنگ نارنجی ظاهر شده اند احتمالاً بیانگر حضور کانی سریسیت و مسکویت و معرف دگرسانی فیلک یا سریسیتی هستند.

۴-۳-۲- استفاده از نسبت‌های باندی (Band Ratio)

رفتار طیفی که یک کانی بصورت جذب و انعکاس امواج الکترومگنتیت در طول موج‌های مختلف از خود بروز می‌دهد، امضای طیفی نامیده می‌شود که به عنوان یک مشخصه برای تفکیک هر کانی بکار می‌رود. امضای طیفی هر کانی نمایانگر عکس‌العمل (جذب یا انعکاس) امواج برای همان کانی در باندهای مختلف می‌باشد که به صورت یک نمودار نمایش داده می‌شود. بطور مثال نمودار رفتار طیفی سه کانی کلسیت، کلریت و کائولینیت که از کتابخانه طیفی USGS در نرم‌افزار Envi اخذ شده‌اند در شکل ۴-۱۰ دیده می‌شوند.



شکل ۴-۱۰- مودارهای طیفی کانی‌های کلسیت (زرد)، کلریت (قرمز) و کائولینیت (سبز) برگرفته از کتابخانه طیفی USGS در نرم‌افزار ENVI

چنانچه می‌بینیم، میزان انعکاس (Value) هر کانی در طول موج‌های مختلف، متفاوت بوده و در بعضی از طول موج‌ها با نوسانات شدیدی همراه است که از این خاصیت می‌توان برای نسبت‌گیری بین باندهای مختلف و نهایتاً شناسایی کانی استفاده کرد.

معمولاً نسبت‌های بین باندهایی با جذب یا انعکاس برجسته (قعر یا قله) و باندهای مجاورشان به عنوان روش نسبت بانندی در دورسنجی استفاده می‌شود که ممکن است شامل یک نسبت ساده مثل B1/B2 باشد یا پیچیده‌تر بوده و در قالب یک فرمول ریاضی شامل چند متغیر (باند) باشد.

همچنین به وسیله این روش می‌توان اثرات توپوگرافی و سایه‌ها را کاهش داد. این روش یکسری از نویزها را افزایش و بعضی را کاهش می‌دهد. علاوه بر آن اختلاف بین درجات روشنایی را آشکار کرده و مرزها را مشخص‌تر می‌سازد. نمودار طیفی پدیده‌های مختلف در کتب مرجع و در کتابخانه طیفی نرم‌افزار ENVI موجود است. بدین منظور تاکنون نسبت‌های بانندی فراوانی در قالب مقالات و یافته‌ها مطرح گردیده‌اند که برخی از آن‌ها را در جدول ۴-۵ اقتباس از کالی نوفسکی و الیور (۲۰۰۴) می‌بینیم.

جدول ۴-۵- نسبت‌های بانندی کاربردی شناخته شده در دورسنجی از کالی نوفسکی و الیور (۲۰۰۴)

Feature	Band or Ratio	Comments	Reference
Iron			
Ferric iron, Fe ³⁺	2/1		Rowan; CSIRO
Ferrous iron, Fe ²⁺	5/3 + 1/2		Rowan
Laterite	4/5		Bierwith
Gossan	4/2		Volesky
Ferrous silicates (biot, chl, amph)	5/4	Fe oxide Cu-Au alteration	CSIRO
Ferric oxides	4/3	Can be ambiguous*	CSIRO
Carbonates / Mafic Minerals			
Carbonate / chlorite / epidote	(7+9)/8		Rowan
Epidote / chlorite / amphibole	(6+9)/(7+8)	Endoskarn	CSIRO
Amphibole / MgOH	(6+9)/8	Can be either MgOH or carbonate*	Hewson
Amphibole	6/8		Bierwith
Dolomite	(6+8)/7		Rowan, USGS
Carbonate	13/14	Exoskarn (cal/dolom)	Bierwith, Nimoyima, CSIRO
Silicates			
Sericite / muscovite / illite / smectite	(5+7)/6	Phyllic alteration	Rowan (USGS); Hewson (CSIRO)
Alunite / kaolinite / pyrophyllite	(4+6)/5		Rowan (USGS)
Phengitic	5/6		Hewson
Muscovite	7/6		Hewson
Kaolinite	7/5	Approximate only*	Hewson
Clay	(5×7)/6 ²		Bierwith
Alteration	4/5		Volesky
Host rock	5/6		Volesky
Silica			
Quartz rich rocks	14/12		Rowan
Silica	(11×11)/10/12		Bierwith
Basic degree index (gnt, cpx, epi, chl)	12/13	Exoskarn (gnt, px)	Bierwith, CSIRO
SiO ₂	13/12	Same as 14/12	Palomera
SiO ₂	12/13		Nimoyima
Siliceous rocks	(11×11)/(10×12)		Nimoyima
Silica	11/10		CSIRO
Silica	11/12		CSIRO
Silica	13/10		CSIRO
Other			
Vegetation	3/2		
NDVI	(3-2)/(3+2)	Normalised difference vegetation index	

۴-۳-۳- استفاده از آنالیز مولفه های اصلی

تحلیل مؤلفه اصلی جهت کاهش بعد داده‌ها به تعداد کمتری مؤلفه اصلی بکار می‌رود. در تحلیل مؤلفه اصلی تجمع اطلاعات در چند مؤلفه اول بیشتر بوده و مؤلفه‌های بعدی بیشتر شامل نویز می‌باشند (این مؤلفه‌ها فقط وقتی با تصاویر قویتر ترکیب شوند می‌توانند دارای کاربرد موثری باشند). در واقع PCA تکنیک آماری قدرتمندی است که می‌تواند برای فشرده سازی تصاویر و از بین بردن اثرات ناخواسته استفاده شود.



در این روش یک محور در راستائی که دارای بیشترین مقدار اطلاعات است، ایجاد شده و تصویر این محور شامل بیشترین اطلاعات نسبت به محورهای دیگر خواهد بود. در این روش اطلاعات چند تصویر در یک تصویر متراکم شده و اختلاف درجات روشنائی به حداکثر می‌رسد، تعداد مولفه اصلی (PC) ساخته شده بستگی به تعداد باندهای انتخاب شده دارد و ما می‌توانیم پس از اعمال روش PCA، چند تصویر جداگانه داشته باشیم.

۴-۳-۳-۴- آنالیز طیفی^۱

آنالیز طیفی به روش‌هایی اطلاق می‌شود که به نوعی به دنبال قیاس و مشابهت‌یابی بین نمودار طیفی پیکسل برداشت شده از یک ناحیه، با نمودارهای طیفی کانی‌های موجود در یک کتابخانه طیفی می‌باشد. تاکنون روش‌های مختلفی از این نوع آنالیزها ارائه شده‌اند. از جمله این آنالیزها، می‌توان به روش پالایش تطبیقی (MF)^۲، روش کمترین مربعات (LS-Fit)^۳ و نقشه زاویه طیفی (SAM)^۴ اشاره نمود. مجموعه نسبتاً کاملی از این آنالیزها، در نرم‌افزارهای دورسنجی مثل نرم‌افزار ENVI قابل مشاهده و استفاده هستند.

❖ بازسازی کتابخانه طیفی^۵

کتابخانه طیفی شامل نمودارهای رفتار طیفی شماری از کانی‌ها، سنگ‌ها و دیگر پدیده‌های طبیعی روی زمین در محدوده برداشت طیفی ماهواره‌های تصویربرداری و البته بر پایه شرایط آزمایشگاهی می‌باشد. این نمودارها در نرم‌افزار ENVI بر اساس استاندارد USGS^۶ و با توان تفکیک طیفی حداقل ۴۲۰ باند (برای امواج مرئی حدود ۰,۴ میکرون تا مادون قرمز موج کوتاه SWIR حدود ۲,۵ میکرون) ارائه شده‌اند. در حالیکه سنجنده استر، همین محدوده طیفی را تنها در ۹ باند برداشت و ثبت می‌کند. برای آنکه بتوانیم از این کتابخانه طیفی در آنالیزهای روی تصاویر سنجنده استر استفاده کنیم، می‌بایست توان تفکیک این نمودارها را بر اساس توان تفکیک تصاویر استر، بازسازی نماییم. (شکل ۴-۱۱ و شکل ۴-۱۲) در این پروژه، بازسازی کتابخانه طیفی براساس تصاویر ۹ باند استر شامل باندهای VNIR و SWIR انجام گردید.

۱ Spectral Analyse

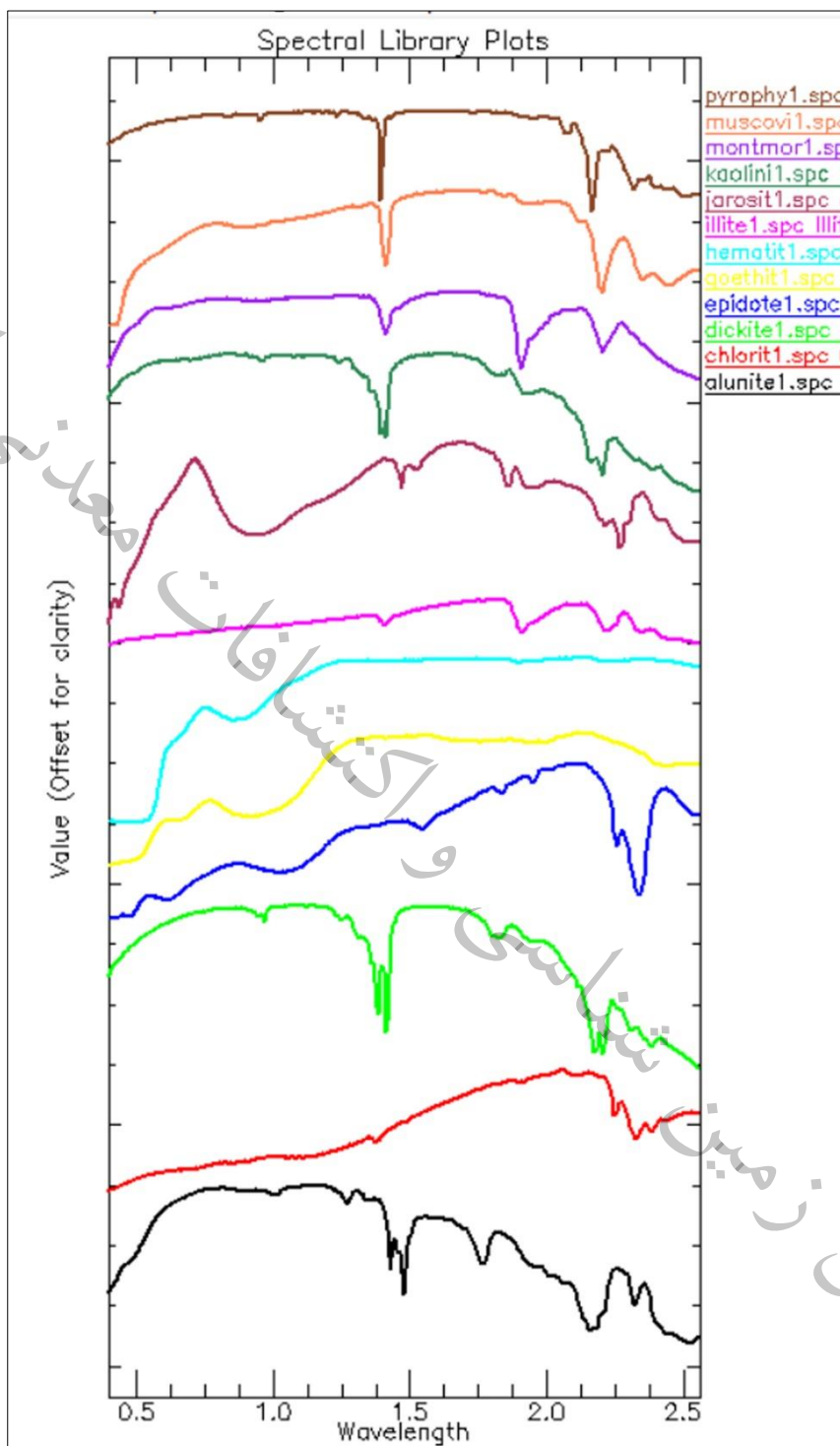
۲ Match Filtering

۳ Linear Band Prediction

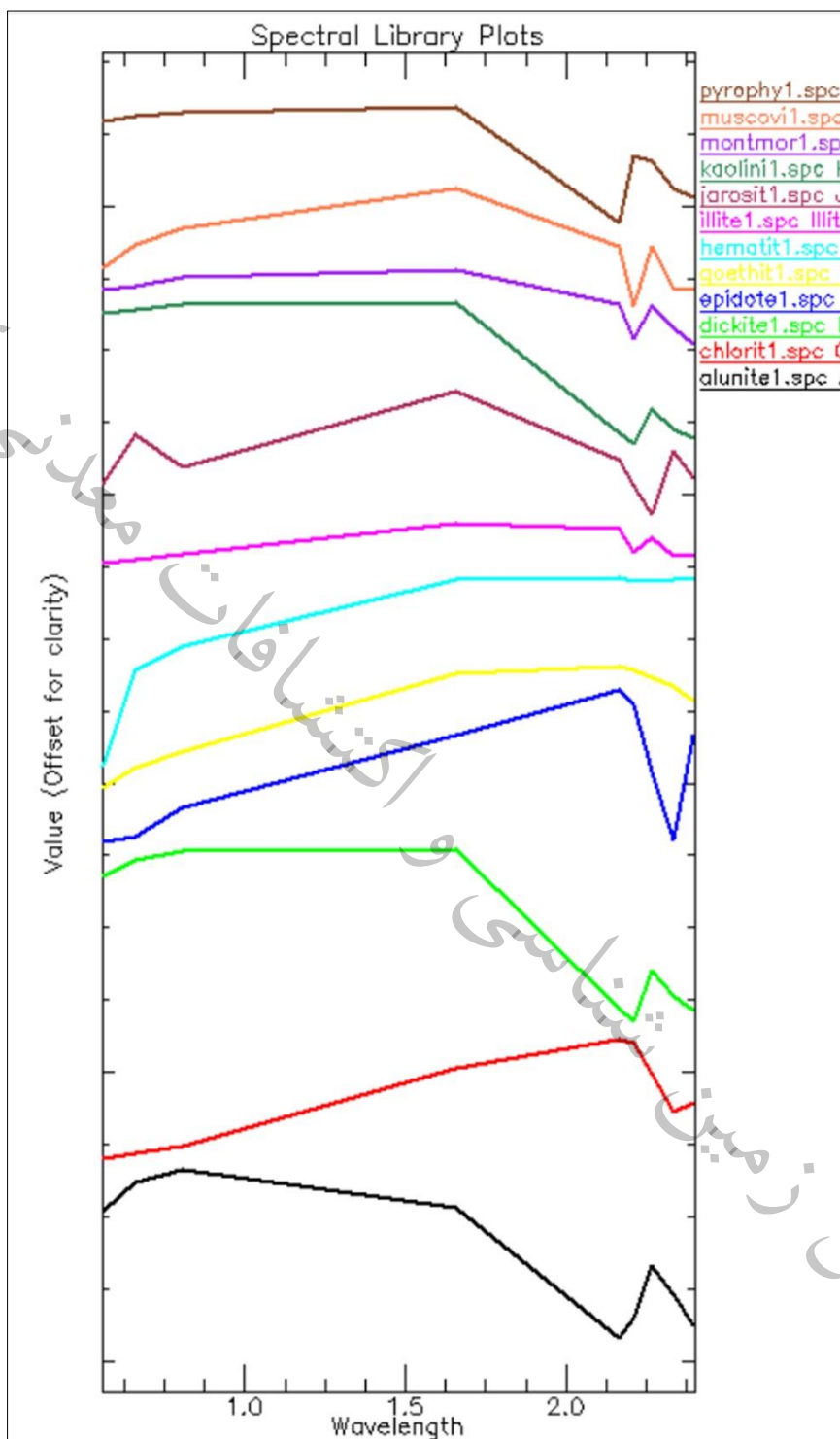
۴ Spectral Angle Map

۵ Spectral Library Resampling

۶ United States Geological Survey



شکل ۴-۱۱- نمودارهای طیفی ۱۲ کانی مرتبط با دگرسانی هیدروترمال برگرفته از کتابخانه طیفی USGS در نرم افزار ENVI



شکل ۴-۱۲- نمودارهای طیفی ۱۲ کانی مرتبط با دگرسانی هیدروترمال بازسازی شده بر اساس ۹ باند استر

۴-۳-۳-۵- پالایش تطبیقی

روش پالایش تطبیقی (MF) یک روش سریع برای آشکارسازی کانی‌ها بر مبنای تطابق آن‌ها با طیف کتابخانه‌ای یا طیف تصویر است. اساس این روش بر تشدید عضو انتهایی^۱ شناخته شده و کاهش زمینه ناشناخته استوار است. در این روش پس از اعمال تصحیحات اتمسفری و همباند نمودن منحنی طیفی هر یک از کانی‌های شاخص، با اعمال الگوریتم مربوطه، تصویری حاصل می‌گردد که در آن، پیکسل‌های هدف (یعنی پیکسل‌های نسبتاً نزدیک به عضو انتهایی مورد نظر) به رنگ سفید دیده می‌شوند. هیستوگرام تصویر حاصل، معیاری در تعیین حد نزدیکی (آستانه انطباق) به طیف عضو انتهایی می‌باشند. آستانه گذاری حاصل سبب خواهد شد تا پیکسل‌هایی که منحنی طیفی آن‌ها بالاترین تطبیق را با منحنی طیفی عضو انتهایی دارند، به رنگ سفید بارز شده و منطقه زمینه، سیاه رنگ دیده شود. بدین ترتیب عارضه مورد نظر با اعمال روش پالایش تطبیقی استخراج خواهد شد.

۴-۴- شرح نتایج مطالعات و پردازش‌ها

چنانچه ذکر شد، روش‌های مختلفی از جمله روش‌های پالایش تطبیقی (MF)، نقشه زاویه طیفی (SAM) و همچنین روش مولفه‌های اصلی (PC) و نیز نسبت‌های باندی مختلف برای تعیین نواحی دگرسان شده بر روی تصاویر استر، سنتینل 2A و آل آی مرتبط با محدوده مورد نظر پیاده گردید. پس از بررسی محصولات این روش‌ها و مقایسه آن‌ها با یکدیگر و انطباق با شواهد موجود، در بین این روش‌ها، چند روش بدلیل ارائه نتایج بهتر و قابل قبول تر جهت طرح در نتایج این تحقیق انتخاب گردیدند که در این بخش از گزارش بترتیب زیر ارائه می‌گردند.

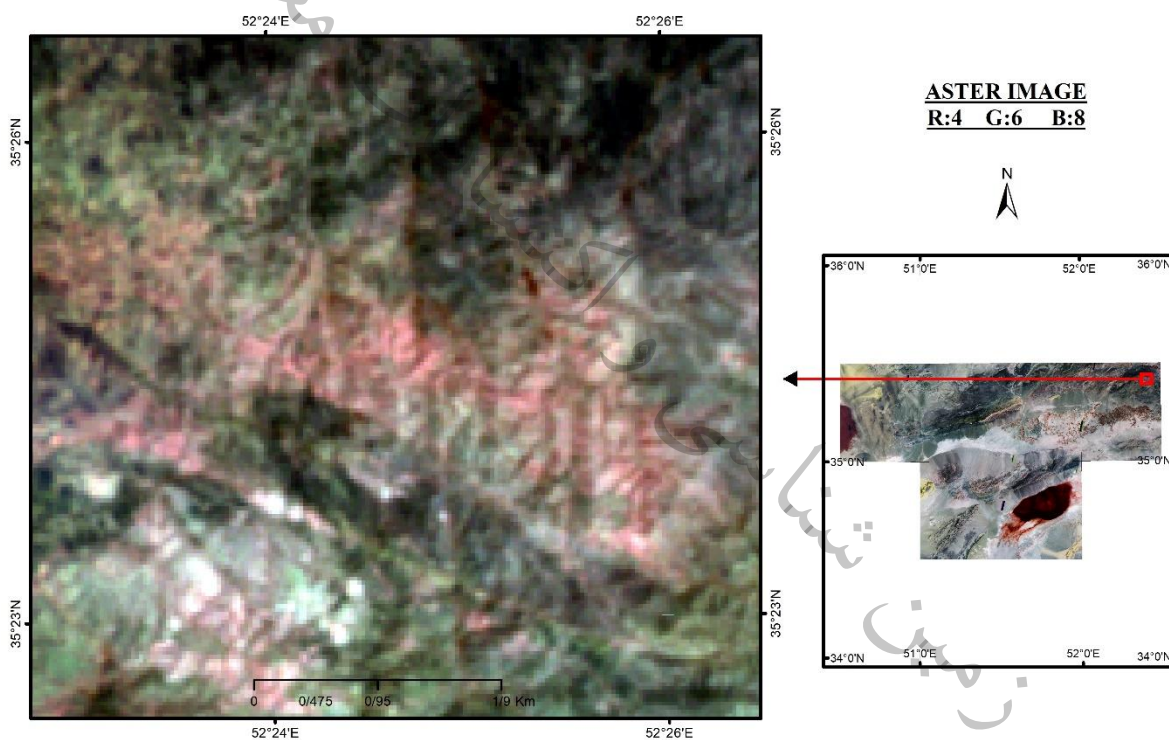
- ترکیبات رنگی
- نسبت‌های باندی
- پالایش تطبیقی
- مولفه‌های اصلی



۴-۴-۱- ترکیبات رنگی برای باندهای RGB

۴-۴-۱-۱- ترکیب رنگی RGB:4 6 8 از تصویر سنجنده استر

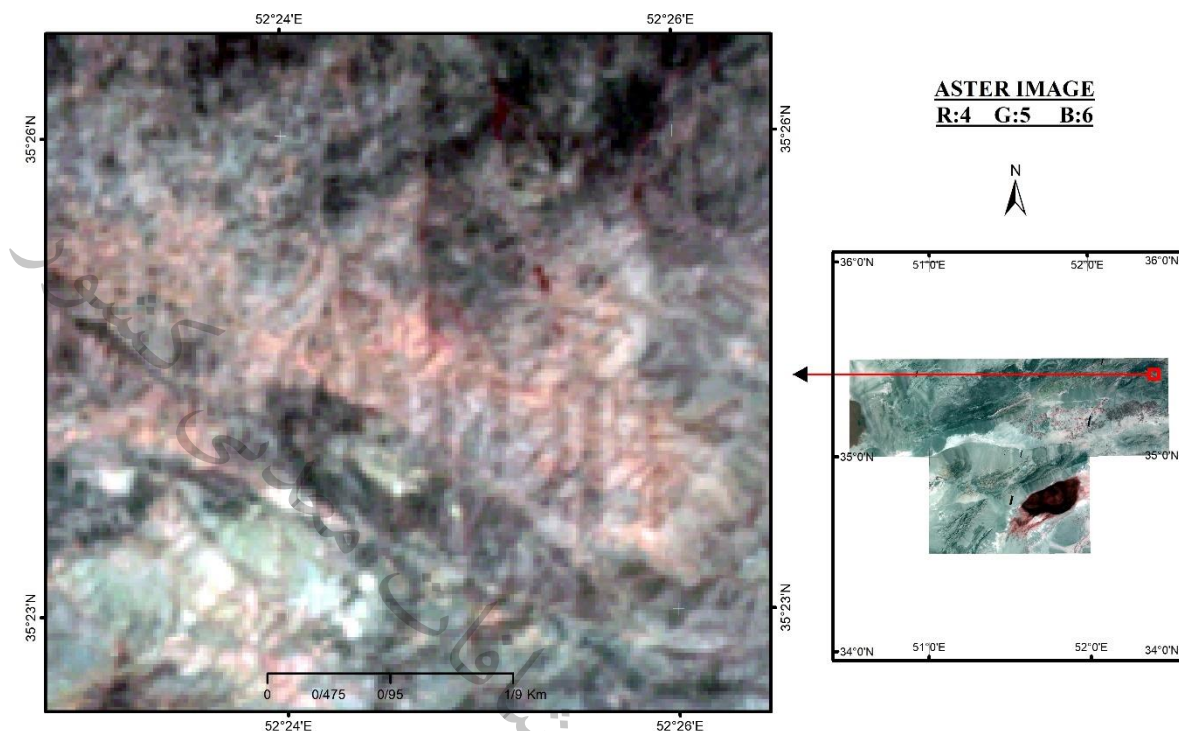
چنانچه قبلاً اشاره گردید این ترکیب رنگی از اهمیت بالایی در تشخیص برخی دگرسانی‌ها و واحدهای سنگی برخوردار است. در این ترکیب باندهای آرژیلی اعم از واحدهای رسوبی یا هوازگی‌های آرژیلی و نیز دگرسانی آرژیلی به رنگ صورتی دیده می‌شوند، همچنین دگرسانی پروپیلیتیک به رنگ سبز مغز پسته‌ای، بخشهای کلریتی غالباً به رنگ سبز تیره و واحدهای آهنی کلسیتی عموماً به رنگ زرد و گاهی تا زرد مایل به سبز روشن ظاهر می‌شوند. نمونه‌ای از این ترکیب باندهای در ناحیه‌ای در جنوب برگه یکصد هزارم کاشمر در شکل ۴-۱۳ دیده می‌شود.



شکل ۴-۱۳- ترکیب باندهای R:4 G:6 B:8 از سنجنده استر

۴-۴-۲- ترکیب رنگی RGB:4 5 6 از تصویر سنجنده استر

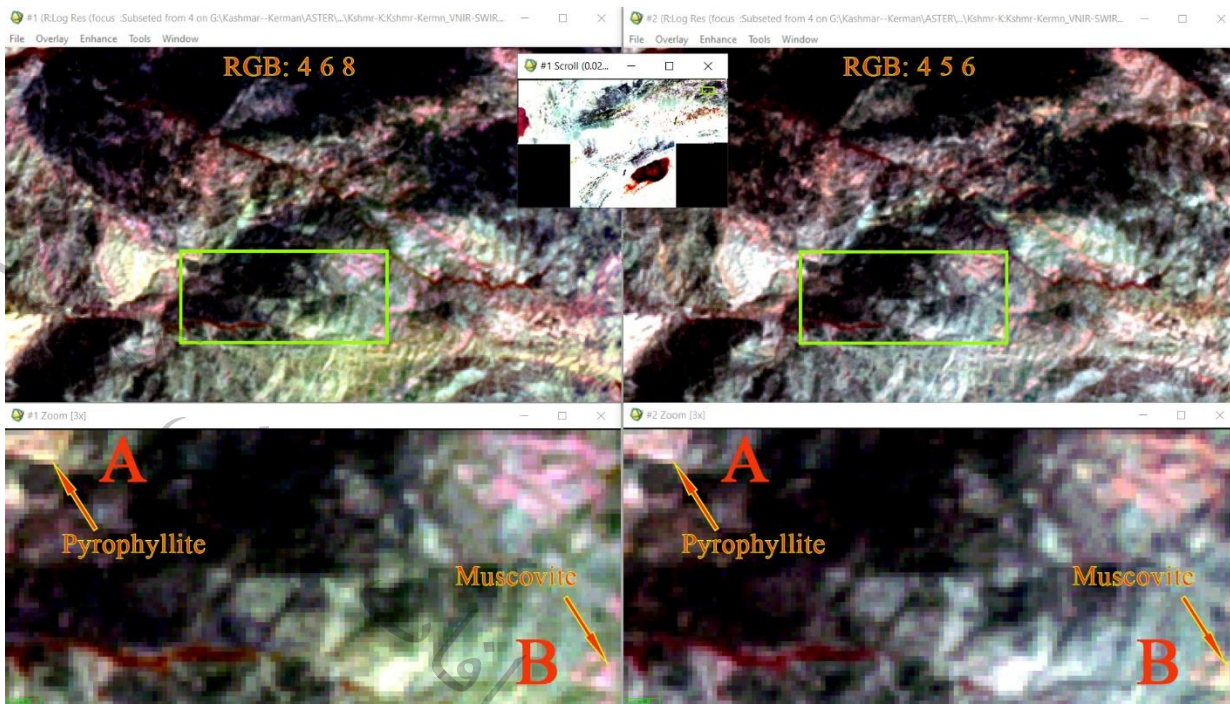
در این ترکیب باندهای رخنمون‌های آرژیلی به طور کلی به رنگ صورتی و تقریباً مشابه با رنگ این دگرسانی در ترکیب باندهای RGB: 4 6 8 ظاهر می‌شود (شکل ۴-۱۴).



شکل ۴-۱۴- ترکیب باندهای R:4 G:5 B:6 از سنجنده استر

نکته: چنانچه می بینیم اشکال ۴-۱۳ و ۴-۱۴ هر دو مربوط به یک ناحیه می باشند. ناحیه ای با دگرسانی آرژیلی و سریسیتی در مرکز آن. با کنار هم قرار دادن این دو تصویر (شکل ۴-۱۵) براحتی متوجه بخش هایی (مثل ناحیه A) می شویم که در ترکیب باندهای RGB:456 به رنگ صورتی و در ترکیب باندهای RGB:468 به رنگ نارنجی هستند. این نقاط می توانند نمایانگر دگرسانی پیروفیلیت باشند و همچنین در بخش هایی (مثل ناحیه B) برعکس این حالت یعنی در ترکیب باندهای RGB:456 به رنگ نارنجی و در ترکیب باندهای RGB:468 به رنگ صورتی هستند که این نقاط احتمالاً دربردارنده دگرسانی سریسیتی هستند.

در ارتباط با ترکیب های باندهای RGB: 468 و RGB: 456 ذکر این نکته ضروریست که رنگ صورتی منحصر به کانی های آرژیلی نیست و برخی کانی های تبخیری مثل واحدهای گچی هم به رنگ صورتی تند و گاهی مایل به قرمز ظاهر می شوند و باید در این مورد دقت گردد.



شکل ۴-۱۵- ترکیب باندهی RGB:456 (راست) و ترکیب باندهی RGB:468 (چپ) از تصویر سنجنده استر

۴-۱-۴-۳- ترکیب رنگی RGB:7 5 2 از تصویر سنجنده آل آی

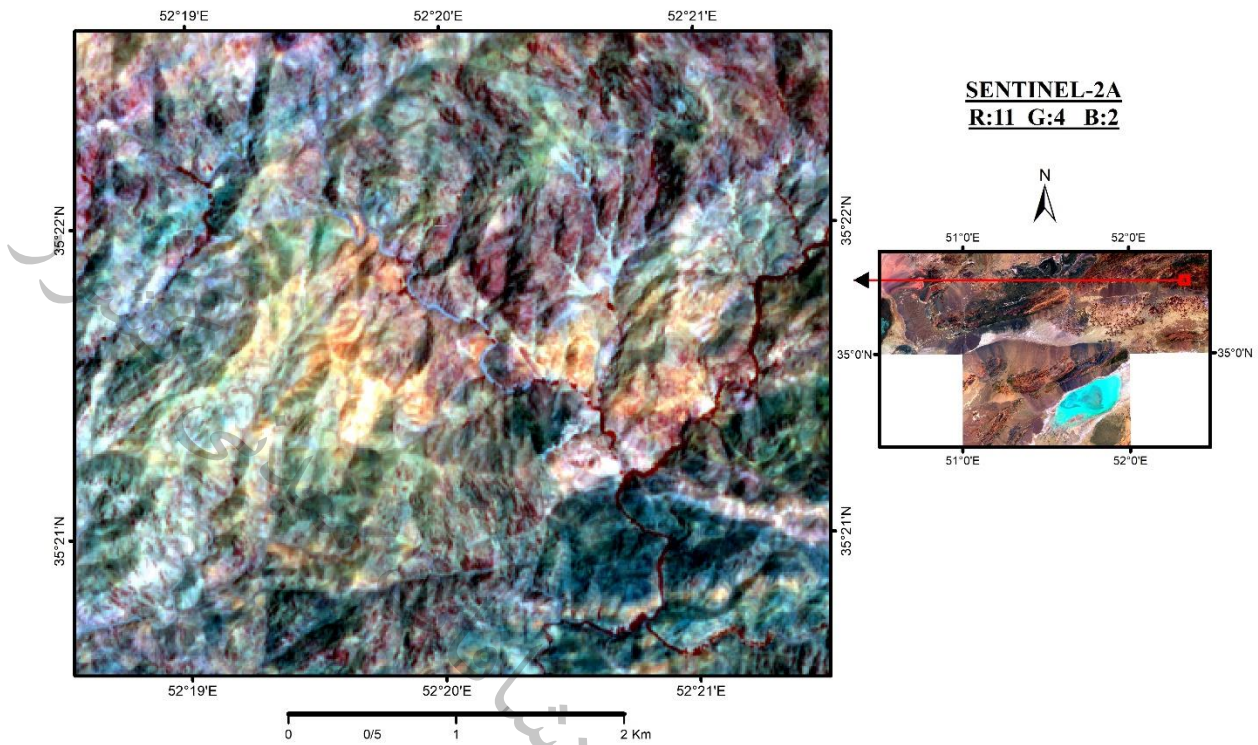
ترکیب رنگی RGB:752 از تصویر سنجنده آل آی برای استخراج نواحی با پوشش کانی‌های تبخیری ترکیب مناسبی به شمار می‌رود. کانی‌های تبخیری در این ترکیب باندهی معمولاً به رنگ فیروزه‌ای رخنمون دارند (شکل ۴-۱۶). چنانچه قبلاً ذکر شد، در ترکیب باندهی RGB: 468 علاوه بر کانی‌های آرژیلی، کانی‌های تبخیری هم به رنگ صورتی ظاهر می‌شوند، از این‌رو، برای تفکیک کانی‌های تبخیری از کانی‌های آرژیلی، استفاده از ترکیب رنگی RGB:752 از تصویر سنجنده آل آی به عنوان یک راه حل بصری مناسب پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۴-۱۶- ترکیب باندی R:7 G:5 B:2 از سنجنده آل آی-کانی های تبخیری با رنگ فیروزه‌ای نمایان هستند.

۴-۱-۴-۴ ترکیب رنگی RGB:11 4 2 از تصویر سنجنده سنتینل 2A

ترکیب رنگی RGB:11 4 2 از تصویر سنجنده سنتینل 2A برای تشخیص پوشش‌های اکسید آهنی به رنگ زرد طلایی تا نارنجی قابل استفاده می‌باشد (شکل ۴-۱۷).

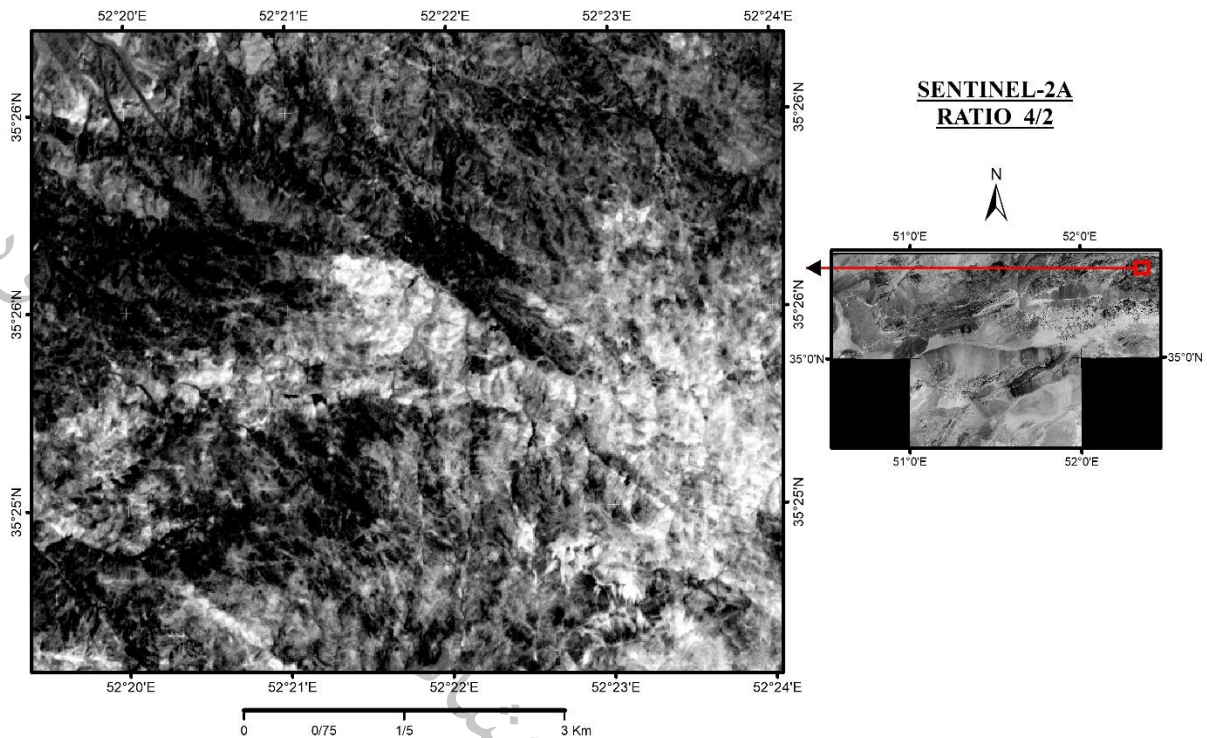


شکل ۴-۱۷- اکسید آهن (به رنگ زرد طلایی تا نارنجی) در ترکیب باندهی RGB:11 4 2 تصویر سنجنده سنتینل 2A

۴-۴-۲- نسبت‌های باندهی

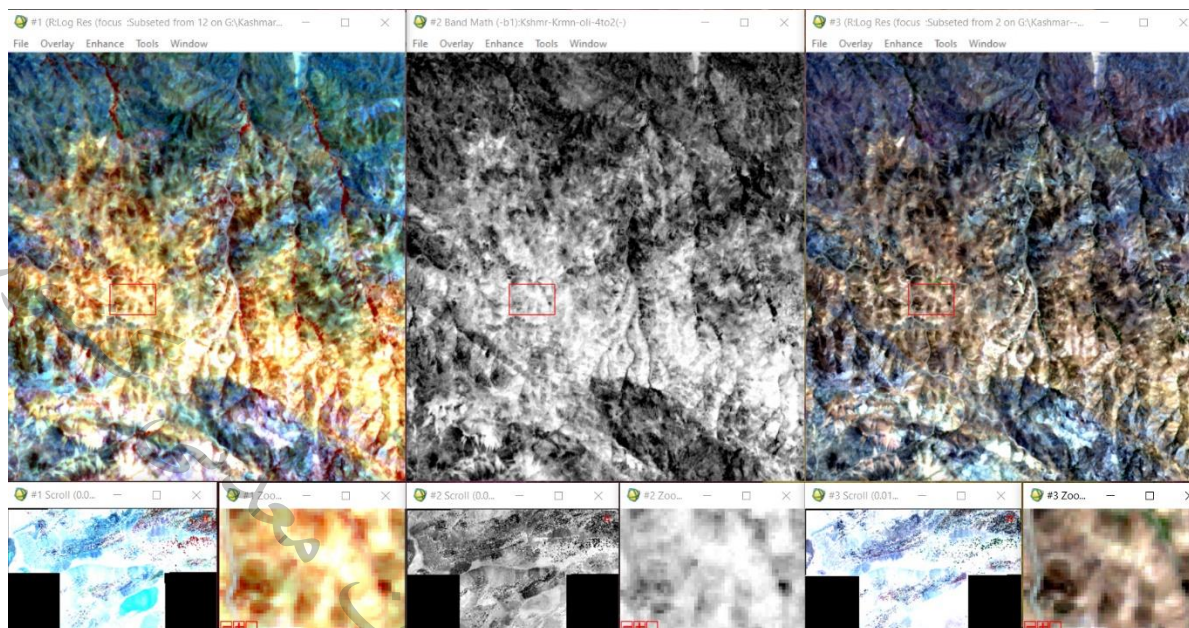
نسبت باندهی ۴ به ۲ از تصویر سنتینل

چنانچه ذکر شد این نسبت باندهی برای جداسازی اکسیدهای آهن کاربرد دارد (شکل ۴-۱۸).



شکل ۴-۱۸- نسبت بانندی ۴ به ۲ از تصویر سنتینل 2A برای نمایش اکسیدهای آهن

البته لازم به ذکر است که تمام پیکسل‌های روشن در این نسبت بانندی الزاماً نمایانگر اکسیدهای آهن نیستند و برای تفکیک دقیق‌تر رخنمون‌های اکسیدهای آهن می‌توان همانند شکل ۴-۱۹ از ترکیب بانندی RGB:753 تصویر سنجنده آل‌آی‌کی که در آن رخنمون اکسیدهای آهن به رنگ طلایی تا نارنجی دیده می‌شوند و همچنین از ترکیب بانندی RGB:432 تصویر سنجنده آل‌آی‌کی که در آن رخنمون اکسیدهای آهن به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شوند بهره جست.

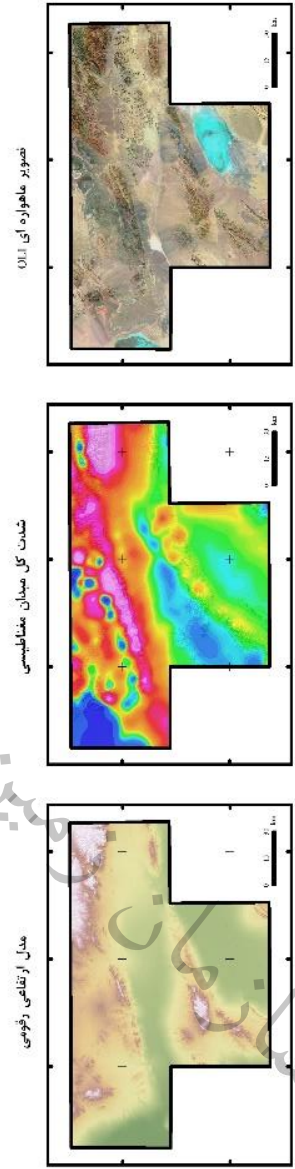
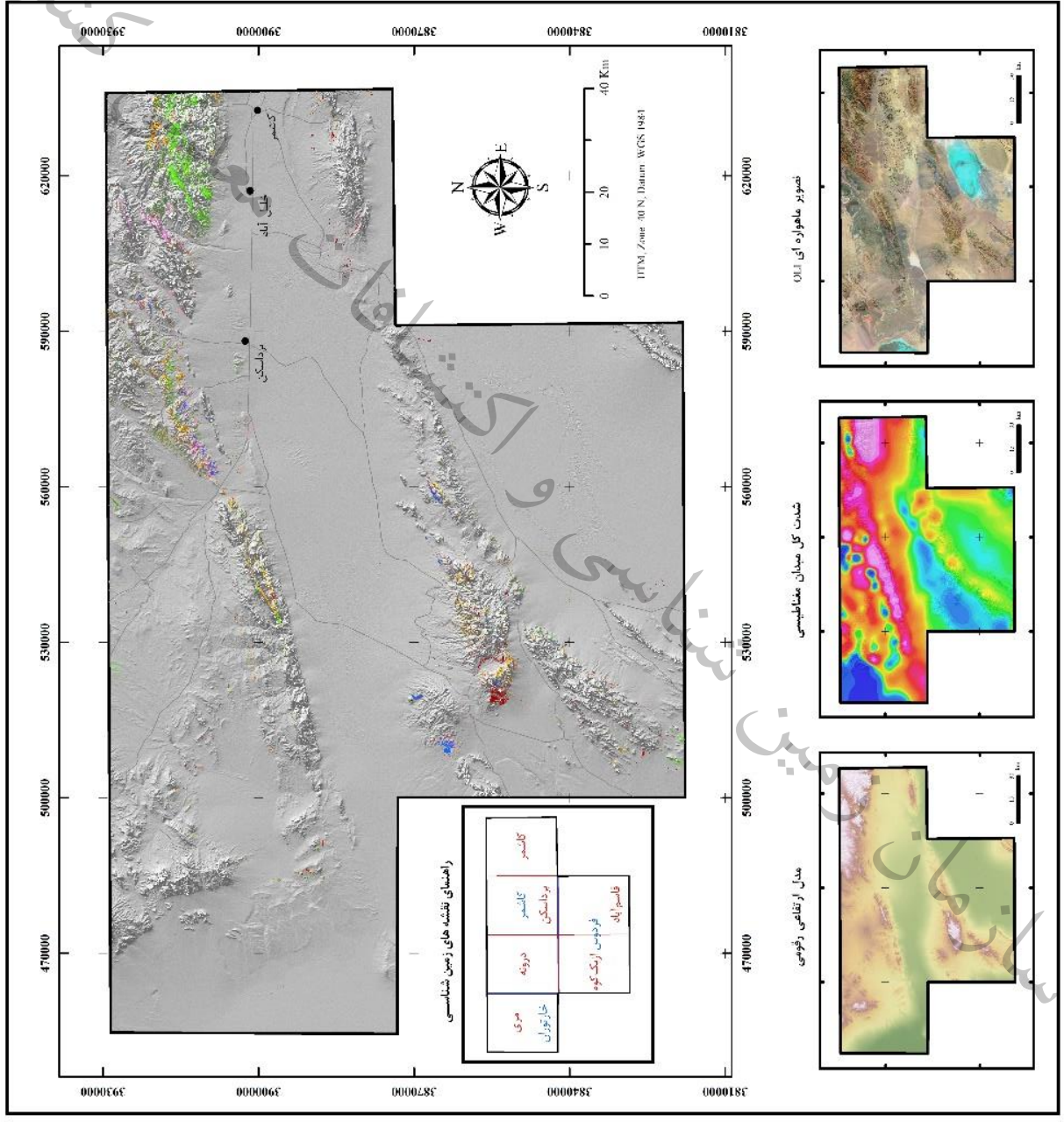
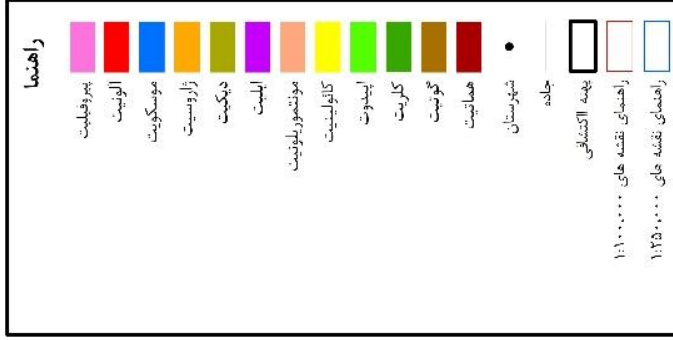


شکل ۴-۱۹- رخنمون اکسیدآهنی در سه تصویر سنتینل بترتیب سمت چپ: R:11 G:4 B:2، وسط: نسبت باندهی ۴ به ۲ و سمت راست: R:4 G:3 B:2

۴-۳- پالایش تطبیقی (MF)

روش پالایش تطبیقی روشی است که با اعمال آن بر روی تصاویر استر، می توان محل های مستعد برای تجمع کانی های مرتبط با برخی دگرسانی ها را استخراج کرد. بدین لحاظ ۱۱ کانی شامل کانی های کائولینیت، ایلیت، پیروفیلیت، آلونیت، دیکیت، مونتموریونیت، سربیسیت (مسکویت ریز)، اپیدوت، کلریت، ژاروسیت و اکسیدهای آهن برای این منظور انتخاب و نتیجه نهایی بصورت نقشه ای تحت عنوان نقشه نگاشت کانی ها استخراج گردید (شکل ۴-۲۰). قابل ذکر است که کانی های هدف در تهیه این تحقیق، کانی های حاصل از دگرسانی هیدروترمال هستند و مثلاً کانی های آرژیلی اولیه در سنگ های رسوبی و همچنین آرژیلی های حاصل از هوازدگی سطحی مورد نظر نبوده و در نقشه حذف شده اند و لذا همانطور که در این نقشه دیده می شود حضور کانی های مذکور بسیار ضعیف است.

نقشه نگاشت کانیها



شکل ۴-۲- نقشه نگاشت کانیها در بلوک کاشمر کرمان بر اساس روش MF



همچنین در این تحقیق، خروجی تجمعی کانی‌ها در قالب نقشه کلی دگرسانی‌ها شامل دگرسانی‌های آرژیلی (متوسط)، آرژیلی پیشرفته، پروپلیتیک، فیلیک یا سریسیتیک، اکسیداسیون آهن و ژاروسیتی شدن ارائه گردیده است (شکل ۴-۲۱). خروجی اخیر یعنی نقشه دگرسانی‌ها بدلائیل زیر درخور توجه بیشتر می‌باشد: اولاً، با توجه به محدودیت باندی تصاویر سنجنده استر در تفکیک کانی‌هایی که فرکانس جذبی نزدیک به هم دارند، عملاً در اغلب موارد، جدایش این کانی‌ها از یکدیگر غیرممکن یا کم‌اعتبار است. به عنوان مثال براساس کتابخانه طیفی USGS در نرم‌افزار ENVI، کانی‌های کائولینیت و دیکیت، طیف‌هایی مشابه با یکدیگر داشته و فرکانس جذب آن‌ها هر دو در محدوده باند ۶ سنجنده استر می‌باشد و لذا تفکیک این دو کانی از یکدیگر بوسیله سنجنده استر، بسیار مشکل است.

ثانیاً، با توجه به همپوشانی شدید کانی‌های همگروه بر روی یکدیگر، احتمال برداشت اشتباه از نقشه نگاشت این کانی‌ها و نتیجتاً تفسیر اشتباه از دگرسانی‌ها بیشتر می‌شود.

ثالثاً، هدف نهایی ما از استخراج کانی‌های دگرسانی، عمدتاً همان استخراج دگرسانی‌ها می‌باشد و مسلماً مطالعه نقشه‌ای طبقه‌بندی شده، مطالعه‌ای ساده‌تر و همچنین قابل درک‌تر خواهد بود.

از این‌رو برای نگاشت کانی‌های دگرسانی استخراج شده در این تحقیق، علاوه بر نقشه تفکیکی کانی‌ها، یک نقشه طبقه‌بندی بر اساس دگرسانی‌های زیر نیز ارائه گردید:

آرژیلی (متوسط)

شامل کائولینیت، ایلیت و مونتموریونیت

آرژیلی پیشرفته

شامل آلونیت و پیروفیلیت

فیلیک (سریسیتیک)

شامل سریسیت

پروپلیتیک

اپیدوت و کلریت

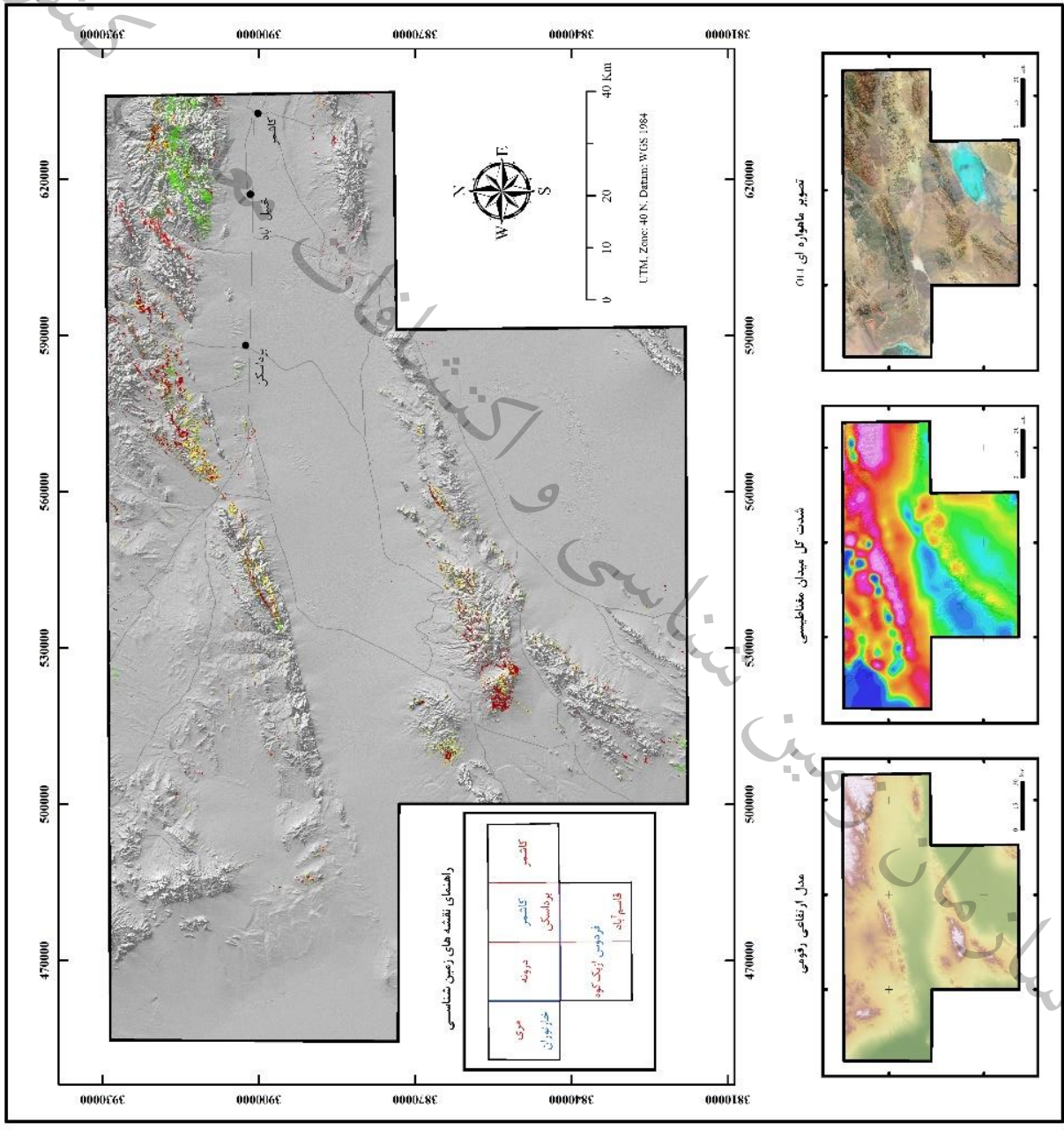
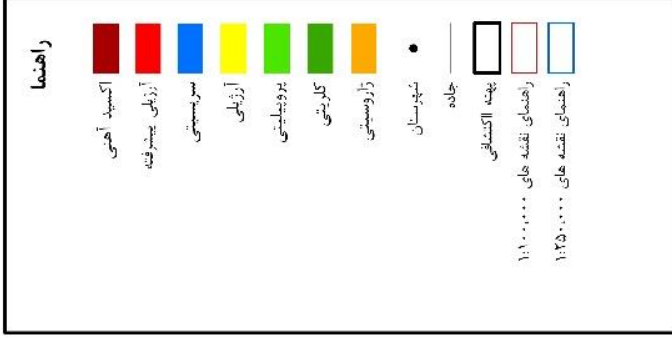
اکسیداسیون آهن

شامل هماتیت و گوتیت

ژاروسیتی

شامل ژاروسیت

نقشه نگاشت دگرسانی‌ها



شکل ۴-۲۱- نقشه نگاشت دگرسانی‌ها در بلوک کاشمر-کرمان بر اساس روش MF



۴-۴-۴- مولفه‌های اصلی (PC)

در این تحقیق، از روش مولفه‌های اصلی برای سه مورد بشرح زیر استفاده گردید:

جدول ۴-۶- جدول بردار ویژه آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۴، ۵، ۶ و ۷ سنجنده استر

Eigenvector	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7
PC1	0.4869	0.5005	0.5101	0.5020
PC2	0.8674	-0.1994	-0.2728	-0.3652
PC3	0.0944	-0.4500	-0.4189	0.7829
PC4	-0.0396	0.7121	-0.6998	0.0396

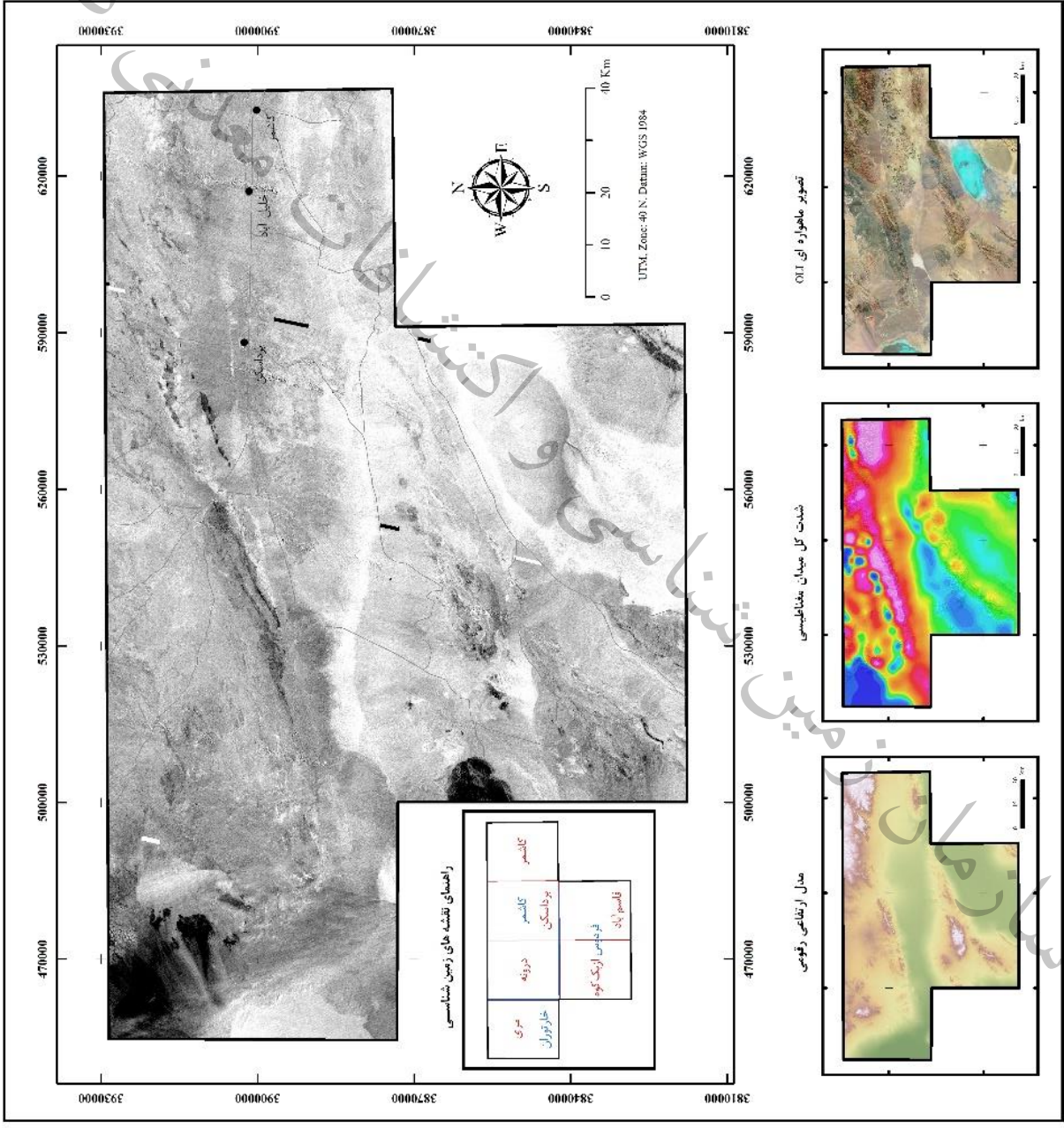
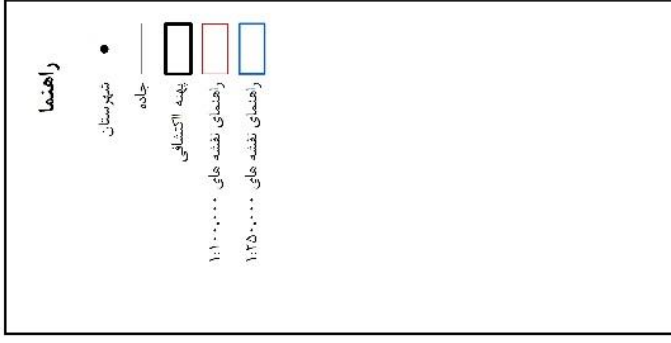
۴-۴-۴-۱- استخراج دگرسانی آرژیلی و سریسیتی

آنالیز مولفه‌های اصلی برای استخراج دگرسانی آرژیلی با استفاده از باندهای ۴، ۵، ۶ و ۷ سنجنده استر صورت گرفت. مطابق با جدول بردار ویژه^۱ این آنالیز و با توجه به ویژگی دگرسانی‌های آرژیلی و سریسیتی (انعکاس در باند ۴ و جذب در باندهای ۵ و ۶) بهترین نتیجه در تصویر PC3 بدست آمد (جدول ۴-۶ و شکل ۴-۲۲). قابل ذکر است از آنجائیکه در تصاویر استر، باند جذبی برای کانی‌های دگرسانی آرژیلی و کانی دگرسانی فیلیک (سریسیت) مشابه می‌باشد، نتیجه بدست آمده از این روش را می‌بایست در برگیرنده مجموعه هر دو دگرسانی بشمار آورد. البته برای رسیدن به پیکسل‌های هدف، ابتدا می‌بایست پیکسل‌های روشن غیر هدف مثل زمین‌های کشاورزی یا گچی حذف گردند که با انجام این کار نتیجه‌ای مطابق با شکل ۴-۲۳ بدست آمد.

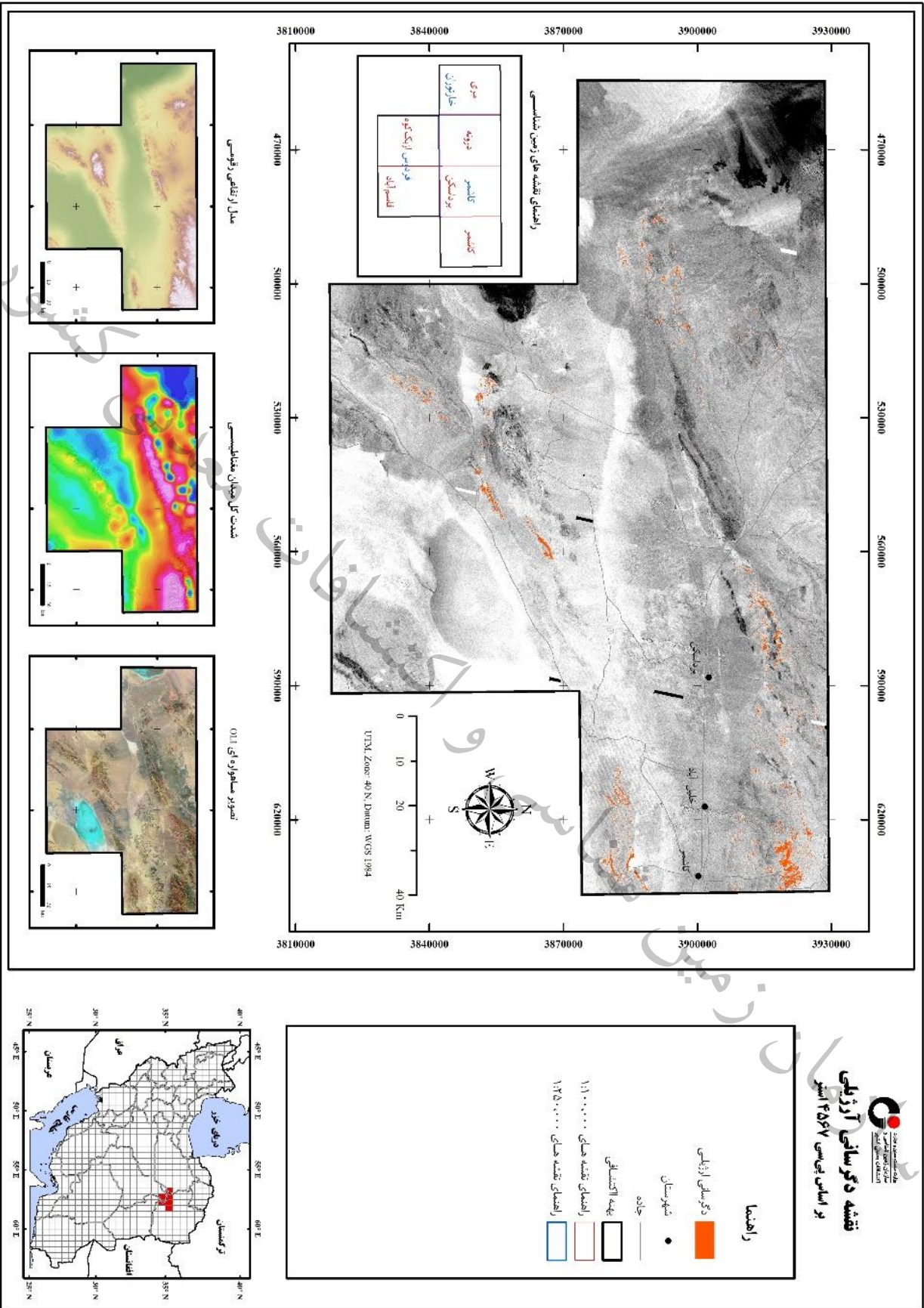
^۱ Eigenvector



تصویر پی‌سی باندهای ۴۵۶۷ استر
باند سوم



شکل ۴-۲۲- نقشه تصویر PC3 از آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۴، ۵، ۶ و ۷ سنجیده استر




نقشه دگرسانی آرزایی
 بر اساس نپسی ۲۵۶۷ اسیر

- راهنما**
- دگرسانی آرزایی
 - شهرستان
 - جاده
 - شبکه الاستاتی
 - راهنمای نقشه جلی ۱:۱۰۰۰۰۰
 - راهنمای نقشه جلی ۱:۲۵۰۰۰۰

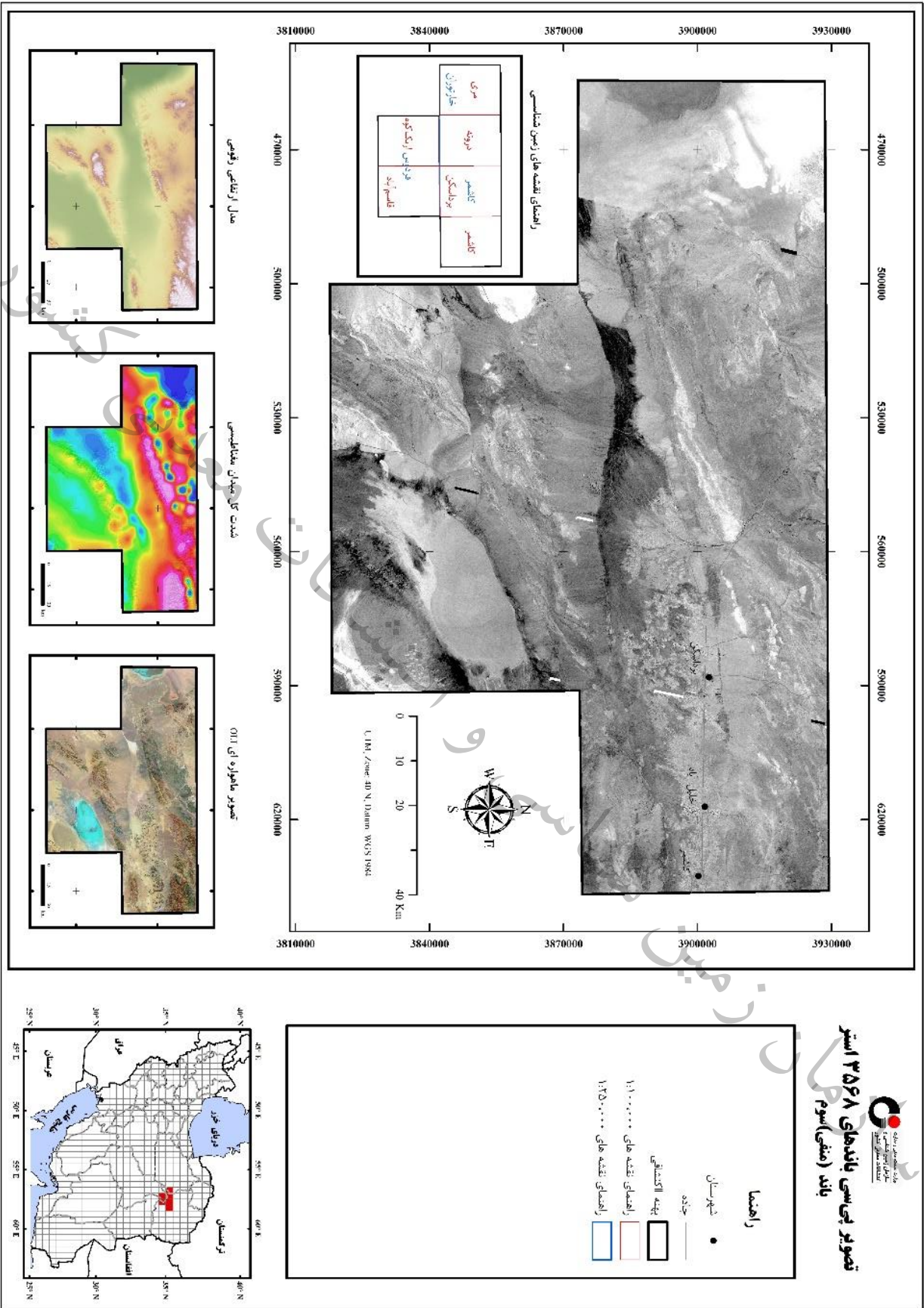
شکل ۴-۲۳ - نقشه دگرسانی آرزایی (به رنگ نارنجی) بر اساس آنالیز مؤلفه‌های اصلی باندهای ۴، ۵، ۶ و ۷ سنجنده استر

۴-۴-۲- استخراج دگرسانی پروپیلیتی

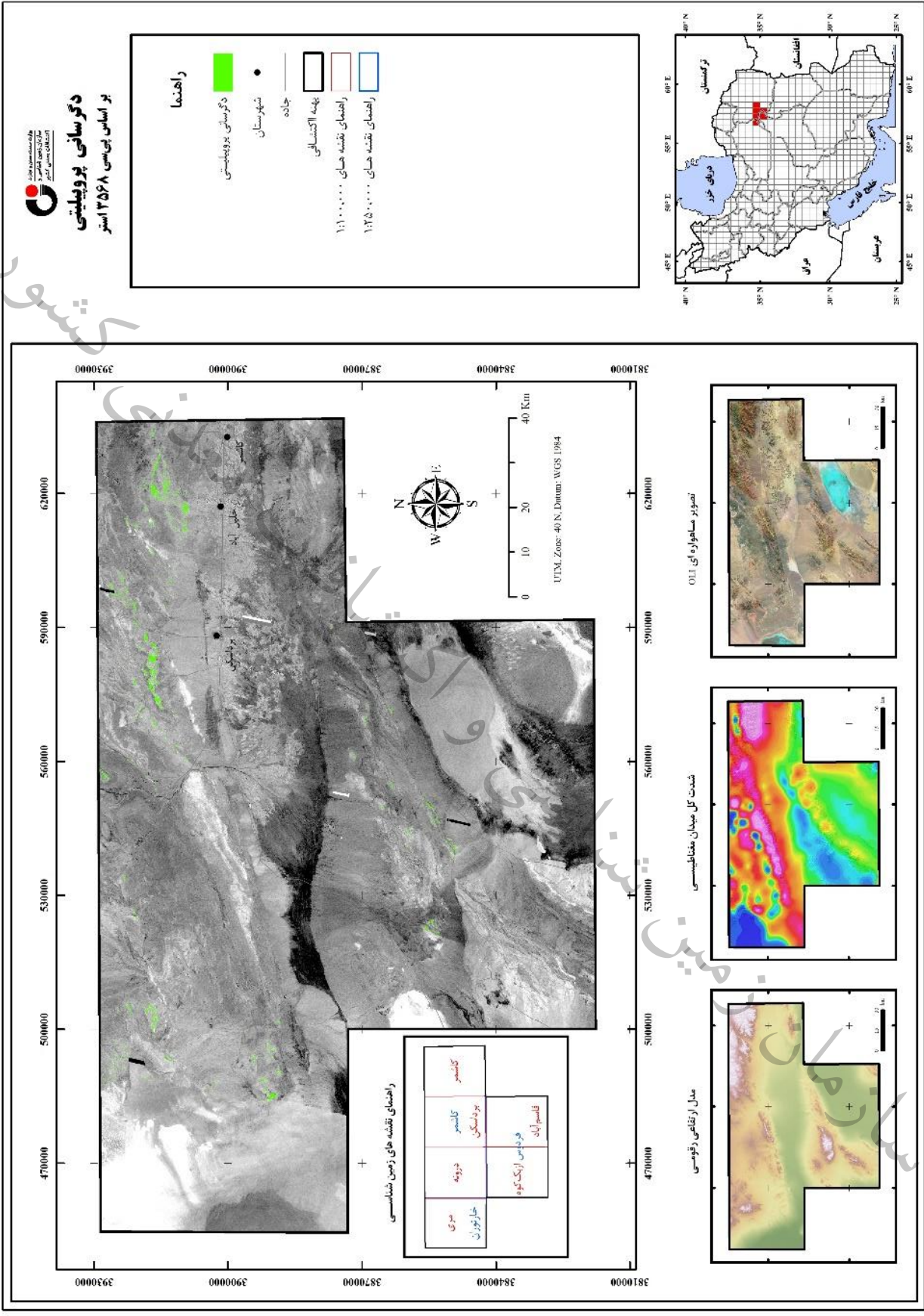
برای استخراج دگرسانی پروپیلیتی با استفاده از روش آنالیز مولفه‌های اصلی، پس از اعمال این روش روی باندهای مختلف سنجنده استر و بررسی و مقایسه نتایج آن‌ها، نهایتاً آنالیز باندهای ۳، ۵، ۶ و ۸ این سنجنده، مورد انتخاب قرار گرفت. مطابق با جدول بردار ویژه این آنالیز و با توجه به ویژگی دگرسانی پروپیلیتی (انعکاس در باند ۶ و جذب در باند ۸) بهترین نتیجه در تصویر PC3 بدست آمد (جدول ۴-۷) و کل تصویر PC3 در یک منفی ضرب گردید تا پیکسل‌های هدف از تیره به روشن تبدیل گردند. (شکل ۴-۲۴). با اعمال این روش و پس از حذف واحدهای آهکی و دیگر واحدهای غیر هدف، نقشه‌ای مطابق با شکل ۴-۲۵ برای دگرسانی پروپیلیتی استخراج گردید.

جدول ۴-۷ جدول بردار ویژه آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۳، ۵، ۶ و ۸ سنجنده استر

Eigenvector	Band 3	Band 5	Band 6	Band 8
PC1	0.4776	0.5027	0.5122	0.5066
PC2	0.8784	-0.2581	-0.2808	-0.2879
PC3	0.0139	-0.4418	-0.3821	0.8115
PC4	-0.0103	0.6967	-0.7160	0.0423



شکل ۴-۲۴ - نقشه تصویر منفی PC3 از آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۳، ۵، ۶ و ۸ سنجنده استر



شکل ۴-۲۵. نقشه دگرسانی پروپلیتی (به رنگ سبز) بر اساس آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۳، ۵، ۶ و ۸ سنجنده استر

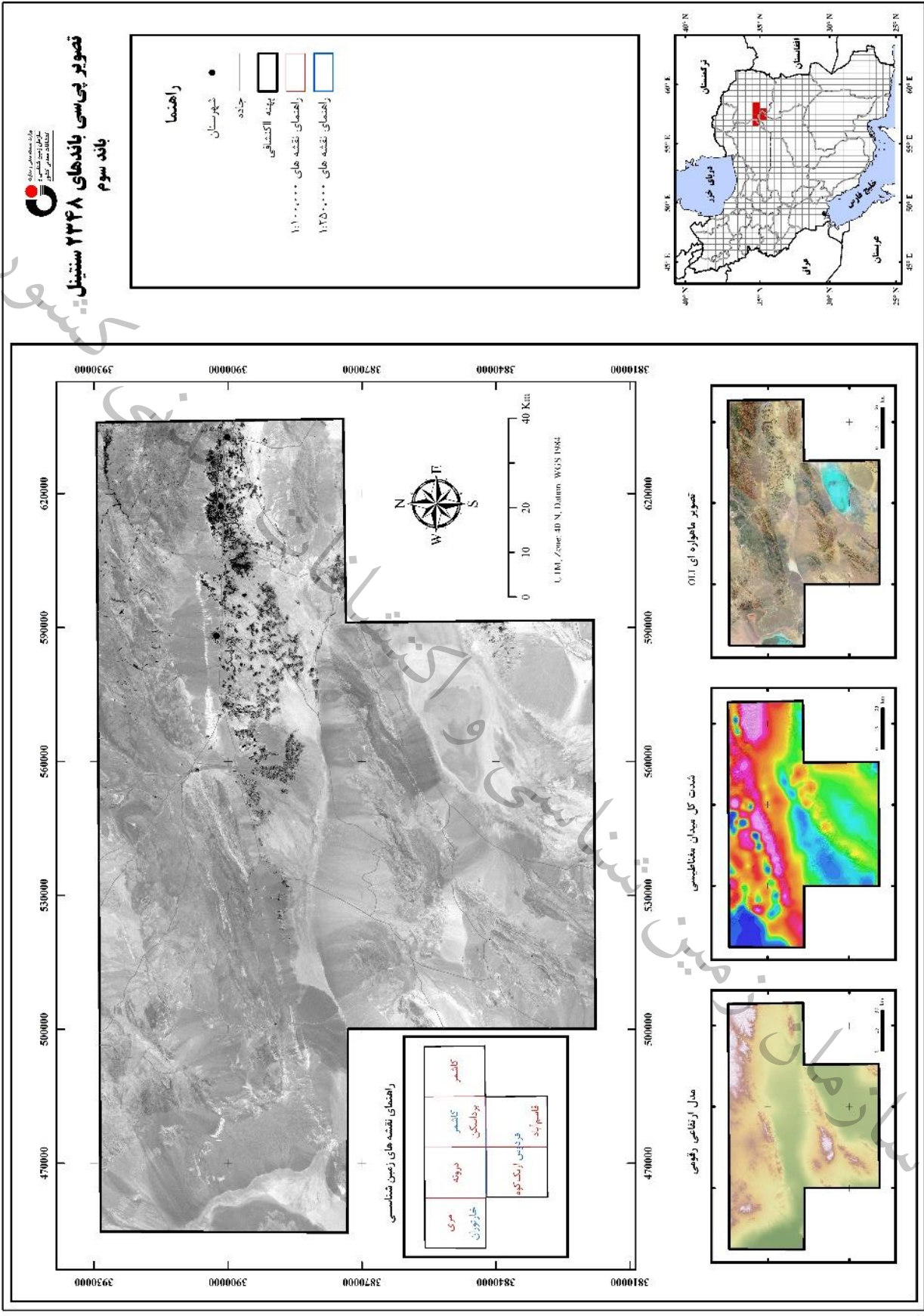


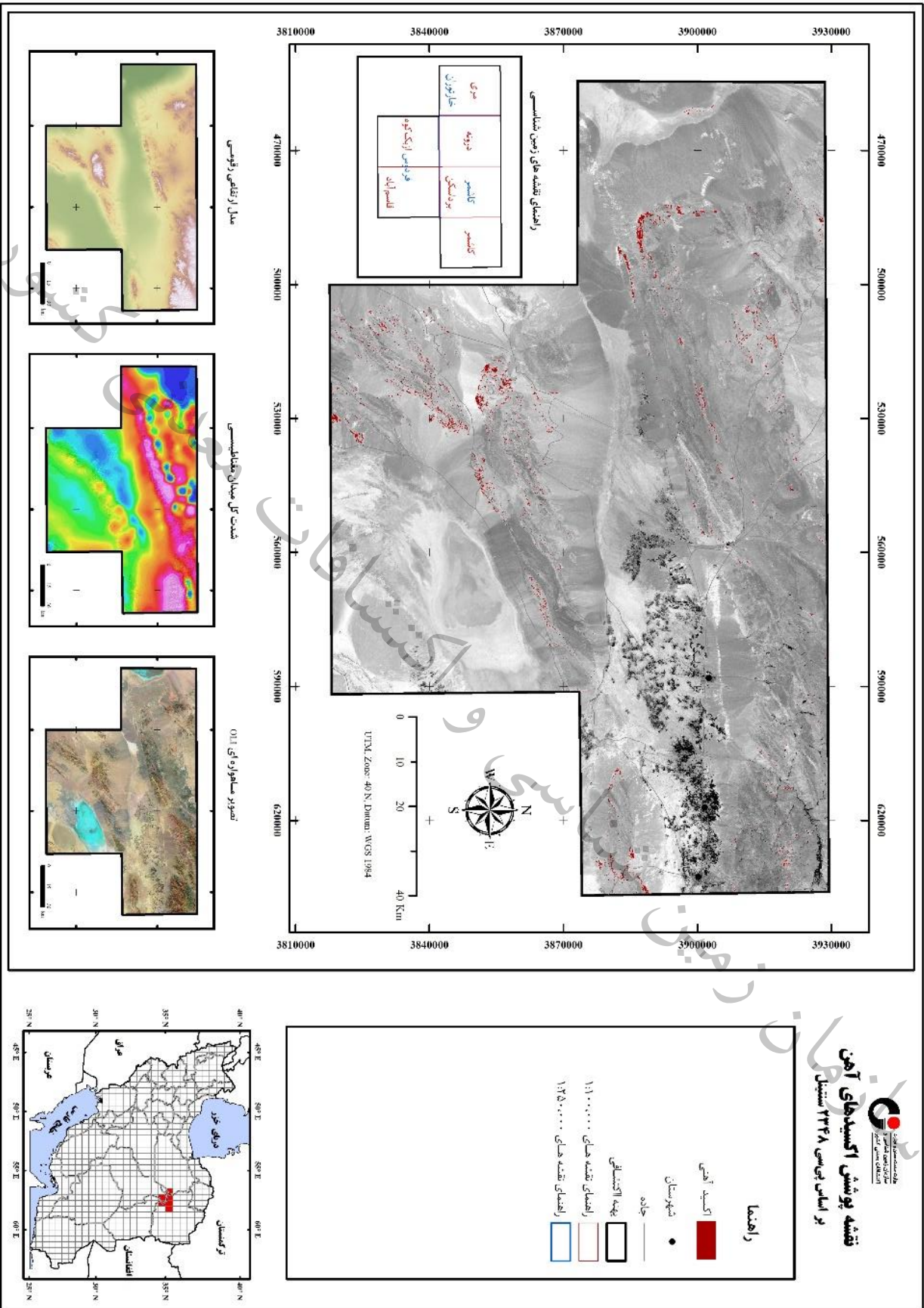
۴-۴-۳- استخراج اکسیداسیون سطحی آهن

استخراج اکسیداسیون سطحی آهن در این تحقیق بیشتر با هدف کشف گوسن ۱ ها مدنظر بوده است. به همین منظور، باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ از تصویر سنجنده سنتینل 2A که معادل باندهای ۱، ۲، ۳ و ۴ از تصویر سنجنده معروف ETM از ماهواره لندست ۷ می‌باشند برای آنالیز مولفه‌های اصلی مورد انتخاب قرار گرفتند. مطابق با جدول بردار ویژه این آنالیز و با توجه به نمودار طیفی اکسیدهای آهن (بویژه هماتیت و گوتیت)، بهترین نتیجه در تصویر PC3 بدست آمد (جدول ۴-۸). (شکل ۴-۲۶). البته برای رسیدن به نواحی دارای پوشش اکسید آهن لازم بود که زمین‌های زراعی و رسی و برخی دیگر از پیکسل‌های مزاحم حذف شوند که با این تصحیح، نتیجتاً نقشه‌ای مطابق با شکل ۴-۲۷ حاصل گردید.

جدول ۴-۸- جدول بردار ویژه (Eigenvector) آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ سنجنده سنتینل 2A

Eigenvector	Band 2	Band 3	Band 4	Band 8
PC1	0.5221	0.4811	0.4568	0.5358
PC2	-0.0905	-0.2928	-0.5219	0.7960
PC3	0.7963	-0.0468	-0.5353	-0.2776
PC4	-0.2914	0.8249	-0.4820	-0.0457





شکل ۴-۲۷- نقشه پوشش اکسید آهن (به رنگ قرمز) بر اساس آنالیز مولفه های اصلی باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ سنجنده سنتیل 2A

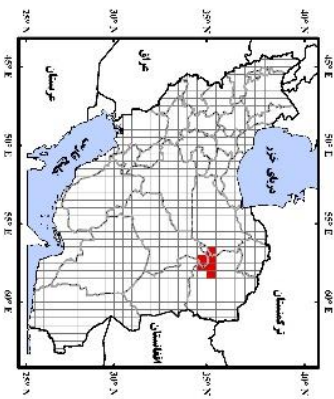
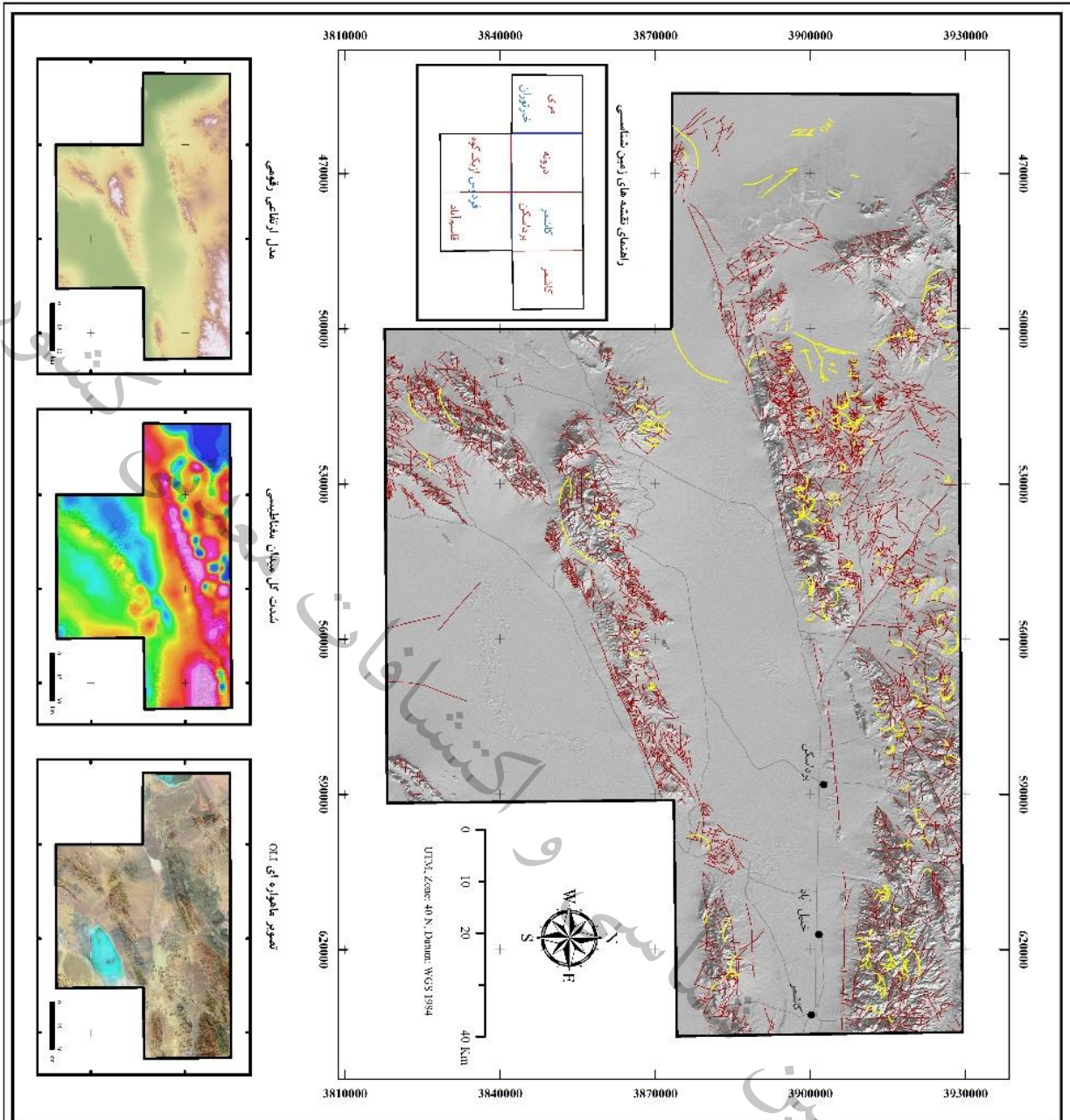
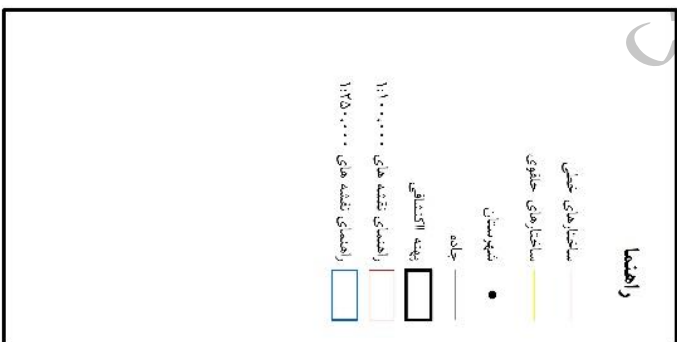
۴-۴-۵- استخراج ساختارهای خطی

برای استخراج خطواره‌ها از تصاویر ماهواره‌ای، تصویر سنجنده استر از ماهواره ترا و همچنین سنجنده MSI از ماهواره سنتینل 2A برای محدوده مورد نظر مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق عوارض خطی زمین شناسی که در دورسنجی به آن خطواره گفته می‌شود استخراج شدند. این عوارض با مشاهده و کنترل چشمی تصویر در ترکیبات بانندی مختلف و ایجاد یک لایه وکتوری از نوع خط در نرم افزار آرک جی‌آی‌اس ترسیم گردید (شکل ۴-۲۸). همچنین برای بالا بردن قدرت تشخیص، از فیلترهای مختلف بالاگذر از جمله فیلتر تیز کننده لبه^۱ در نرم‌افزار ژئوماتیکا استفاده شده است.

بدیهی است که اولاً تمام عوارض خطی قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای الزاماً نشان دهنده گسل نیستند و ممکن است که شامل دیگر عوارض زمین شناسی مثل دگرشیبی‌ها نیز باشند. ثانیاً چنانچه ذکر شد دقت این تصاویر حداکثر در حد ۱۰ یا ۱۵ متر بوده و احتمال خطا در تشخیص برخی از این عوارض وجود دارد. همچنین عوارضی که بصورت کمانی یا حلقوی هستند نیز بصورت جداگانه تفکیک شدند، چرا که ساختارهای حلقوی به لحاظ ردیابی پلوتونیسیم‌های نیمه‌نفوذی که می‌توانند منشأ کانه‌سازی باشند، بسیار حائز اهمیت هستند. نقشه ساختارهای خطی و حلقوی در شکل ۴-۲۸ دیده می‌شود.

^۱ Edge sharpening

نقشه ساختارهای خطی و حلقوی



شکل ۴-۲۸ - نقشه ساختارهای خطی و حلقوی بلوک کاشمر - کرمان استخراج شده بر اساس تصویر سنجنده سنتینل 2A

۴-۵- جمع بندی نتایج مطالعات دورسنجی

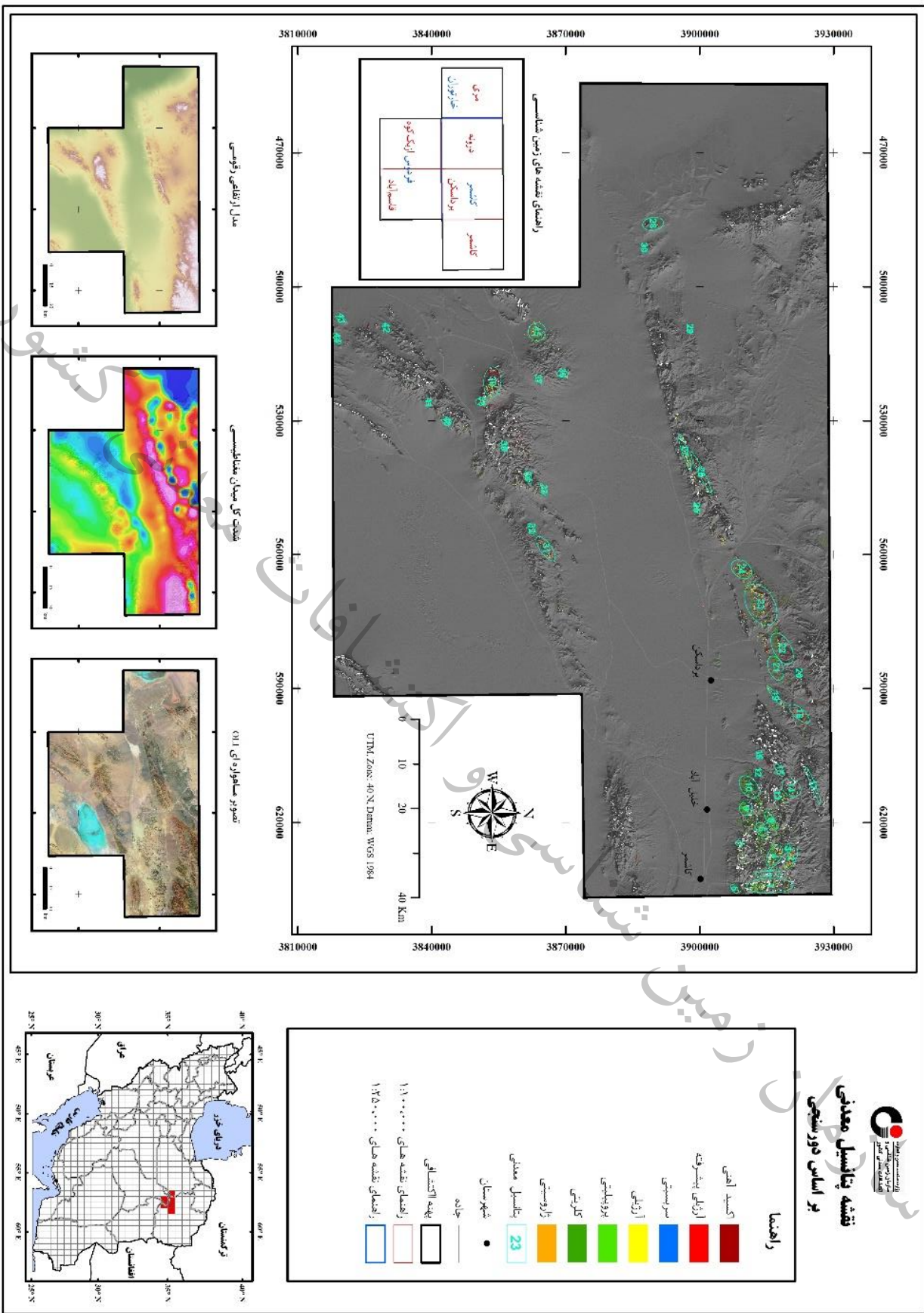
با تلفیق و جمع بندی نتایج بدست آمده از اعمال روش های مختلف دورسنجی و با توجه به ارتباطی که غالباً بین دگرسانی و کانه سازی وجود دارد، حدود ۴۵ محدوده بزرگ و کوچک به عنوان نواحی پیشنهادی مستعد کانه سازی برای اکتشاف ذخایر معدنی در محدوده مورد مطالعه، معرفی گردید (Error! Reference source not found. و Error! Reference source not found. شماره هر ناحیه در تصویر، برابر شماره محدوده در جدول است).

بمنظور درک بهتر و صحیح تر این نتایج، چند نکته بدیهی بشرح زیر یادآوری می گردد :
اولاً، این محدوده ها، صرفاً بر اساس مطالعات دورسنجی دفتری، استخراج و معرفی شده اند و عملیات صحرایی (به عنوان یک ضرورت) برای بررسی نتایج این تحقیق انجام نگرفته است.

دوم اینکه، این نتایج عمدتاً بر اساس مطالعه روی تصاویر سنجنده استر عمدتاً با دقت تصویر ۳۰ در ۳۰ متر صورت گرفته است و مسلماً در برگیرنده اطلاعات دگرسانی هایی با گستره پوششی کمتر از این حد نیست و نمی توان انتظار بالاتری داشت.

نکته سوم اینکه، وسعت بیشتر برخی از نواحی پیشنهادی، الزاماً به معنی اهمیت بالاتر آن محدوده ها نیست و این محدوده ها بر اساس سطح پراکندگی دگرسانی ها تعیین شده اند.

همچنین می بایست به این موضوع بسیار مهم توجه داشته باشیم که اگرچه رخداد کانه سازی غالباً با دگرسانی مرتبط است اما نباید انتظار داشته باشیم که محل دقیق رخنمون کانه سازی الزاماً منطبق بر روی دگرسانی ها باشد، و با فاصله ای (بین چند متر تا چند صد متر و بسته به عمق و وسعت ذخیره معدنی حتی چند کیلومتر) از دگرسانی، شاهد رخنمون آثاری از کانه سازی باشیم. دلیل این مسئله کاملاً روشن است. بدیهیست پدیده دگرسانی معمولاً به صورت هاله هایی در اطراف کانسنگ معدنی ایجاد می شود و غالباً توده اصلی کانسنگ نسبت به دگرسانی ها، مرکزیت دارد اما وقتی ذخیره معدنی در عمق زمین قرار داشته باشد، در افق های بالاتر از توده معدنی و در سطح زمین، صرفاً با آثاری از کانه سازی مواجه می شویم که توسط رگه هایی در امتداد شکستگی ها و گسل های قائم یا مورب به سمت سطوح بالاتر حرکت نموده اند و طبیعتاً در چنین شرایطی محل رخنمون کانه سازی با رخدادهای سطحی دگرسانی ها انطباق کاملی نخواهد داشت.



شکل ۴-۲۹- نواحی مستعد کانه‌سازی بر اساس مطالعات دورسنجی در بلوک مطالعاتی کاشمر-کرمان

جدول ۴-۹- جدول نواحی دگرسانی براساس مطالعات دورسنجی

شماره محدوده	مختصات مرکز ناحیه (UTM 39S)		آرزیلی							Zarousini				
	X	Y	کالونیت	مونهوریونیت	ایلیت	دیگیت	آلونیت	یبروفیلیت	سرسیتی		سکوت	ایدون	کلریت	اکسیدهای آهن
۱	634126	3915794	X					X				X	X	X
۲	628050	3920432						X	X	X		X	X	X
۳	625824	3919690						X	X	X		X	X	X
۴	627493	3916721						X	X	X		X	X	X
۵	634822	3907816						X	X		X	X	X	X
۶	261510	3913892						X	X		X	X	X	X
۷	624664	3908883						X	X	X		X	X	X
۸	619608	3915933										X	X	X
۹	616872	3910367										X	X	X
۱۰	612002	3911063										X	X	X
۱۱	631343	3915423						X				X	X	X
۱۲	608801	3913057						X	X		X	X	X	X
۱۳	613903	3917371									X	X	X	X
۱۴	612187	3920525						X	X	X		X	X	X
۱۵	608245	3917881						X			X	X	X	X
۱۶	604859	3913335						X	X	X	X	X	X	X
۱۷	611631	3925395									X	X	X	X
۱۸	595629	3922333						X	X	X	X	X	X	X
۱۹	591733	3916953						X	X	X	X	X	X	X
۲۰	586631	3922194						X	X	X	X	X	X	X
۲۱	585378	3917046						X	X	X	X	X	X	X
۲۲	581018	3918484						X	X	X	X	X	X	X
۲۳	571185	3913660						X	X	X	X	X	X	X
۲۴	563254	3909393						X	X	X	X	X	X	X
۲۵	549571	3899328						X	X	X	X	X	X	X
۲۶	541639	3900348									X	X	X	X
۲۷	536955	3896684						X	X	X	X	X	X	X
۲۸	485893	3889555						X	X	X	X	X	X	X
۲۹	509504	3897792						X	X	X	X	X	X	X
۳۰	491296	3887572						X	X	X	X	X	X	X
۳۱	558647	3865539						X	X	X	X	X	X	X
۳۲	554209	3862429						X	X	X	X	X	X	X
۳۳	545472	3865117									X	X	X	X
۳۴	542604	3861622						X	X	X	X	X	X	X
۳۵	535749	3856156						X	X	X	X	X	X	X
۳۶	519440	3869284						X	X	X	X	X	X	X
۳۷	520784	3863817						X	X	X	X	X	X	X
۳۸	525758	3851227						X	X	X	X	X	X	X
۳۹	521277	3853602						X	X	X	X	X	X	X
۴۰	530193	3843431						X	X	X	X	X	X	X
۴۱	526071	3839265						X	X	X	X	X	X	X
۴۲	509237	3829826						X	X	X	X	X	X	X
۴۳	507180	3819691						X	X	X	X	X	X	X
۴۴	511550	3818773										X	X	X
۴۵	510120	3863613										X	X	X

کشور

معدنی

اكتشافات

فصل پنجم

مطالعات ژئوشیمیایی

سازمان زمین

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۵-۱- مقدمه

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 کانی سنگین، 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 تک متغیره، تعیین مشاهدات خارج از ردیف، تعیین آنومالی‌ها، پردازش‌های آماری چند متغیره (ضرایب همبستگی، آنالیز خوشه‌ای، آنالیز فاکتوری) استفاده می‌شود. □

۵-۲- آماده سازی، پردازش و تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی

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 امیدبخش کانی‌سازی در مناطقی که دارای آبراهه هستند و وسعت حوضه آبریز زیاد باشد به کار می‌رود. از طرفی مشکلات جداکردن کانی‌ها (روش کانی‌های سنگین) و یا آب (روش هیدرو ژئوشیمیایی) را ندارد و قابل کاربرد در وضعیت‌های آب و هوایی متفاوت است. این روش در مناطق حاره‌ای و آب و هوای نسبتاً سرد کاربرد بیشتری دارد. اگر چه وضعیت غیر بارانی ترجیح داده می‌شود، زیرا نمونه‌های رسوبات خشک غیر قابل استفاده است، ولی برای مناطق با بارندگی متوسط ایده‌آل است. در مناطق بیابانی و کویری این روش کاربرد کمتری دارد، زیرا باران در حد کافی نمی‌بارد که باعث ایجاد آبراهه و ته‌نشست رسوبات شود. روش اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای برای اکتشاف کانسارهای چند فلزی مانند Ag, Bi, Mo, Hg, Ni, Zn, Co, Sb, Cu, Pb بسیار خوب است، ولی با اندازه‌گیری عناصر 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. مثلاً در

وضعیت‌های آب و هوایی مختلف آب‌های جوی باعث تجزیه کانی‌ها، به خصوص کانی‌های سولفیدی می‌شود و عناصر کمیاب همراه آنها را به فواصل دورتر منتقل می‌کند. این عناصر به منظور نشانه و راهنما برای پیدا کردن محل کانسارها به کار می‌رود. اگر چه پیدا کردن ناهنجاری در محل آبراه‌ها 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 نفوذ آب‌های زیرزمینی یا سیلاب‌های بارانی می‌تواند منشأ این عناصر باشد. در محل آبراه به جایی که مقدار فلزات در بالاترین حد است، اصطلاحاً رواناب گویند. این نقطه محل ورود آب‌های زیرزمینی غنی از عناصر فلزی و یا ورود ذرات آواری حاوی کانی‌های فلزی به حوضه یک رودخانه یا آبراهه است. در مقابل نقطه‌ای که کمترین غلظت را نشان می‌دهد به آبراهه میانبر معروف است. پس از شناسایی محل این دو نقطه، مرحله بعدی شناسایی منبع اولیه نفوذ عناصر (توده کانساری) است. همچنین می‌توان ویژگی‌های زمین شناختی یا ژئوشیمیایی اولیه تشکیل دهنده رسوبات آبراه‌ای 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 کانی سازی (هاله‌های اولیه)، در محیطی که رسوبات از آن منشأ گرفته‌اند، رخ داده باشد. بنابراین در اکتشاف ژئوشیمیایی در مقیاس ناحیه‌ای با نمونه‌برداری از رسوبات آبراه‌ای و کشف هاله‌های ثانویه می‌توان پدیده‌های کانی‌سازی را شناسایی نمود.

محدوده مطالعاتی کاشمر شامل ۶ برگه یکصد هزار ژئوشیمیایی مری (۷۳۶۰)، درونه (۷۴۶۰)، برداسکن (۷۵۶۰)، کاشمر (۷۶۶۰)، ازبک کوه (۷۴۵۹) و قاسم آباد (۷۵۵۹) می‌باشد که داده‌های ژئوشیمیایی (رسوبات آبراه‌ای) آنها موجود است.

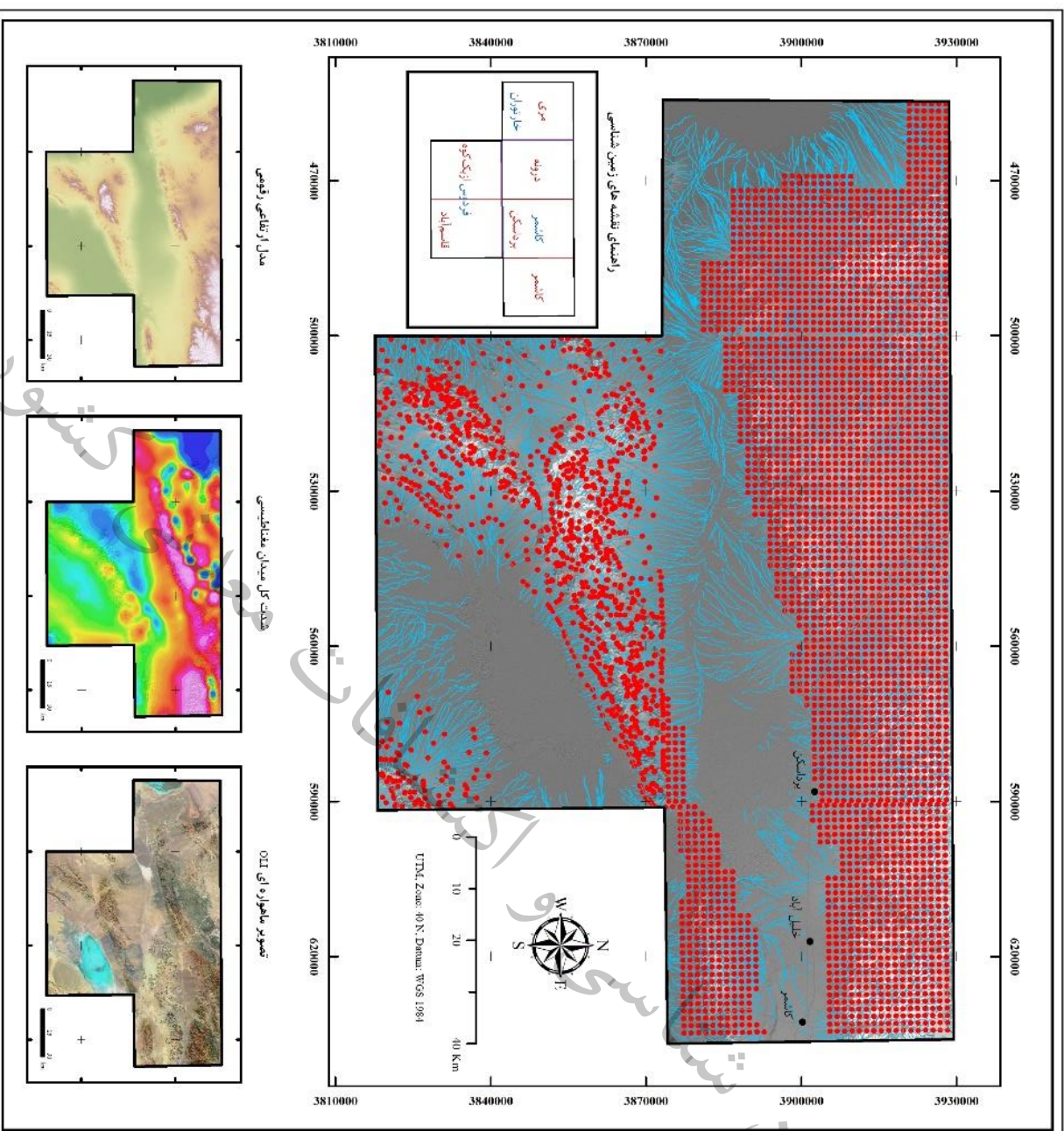
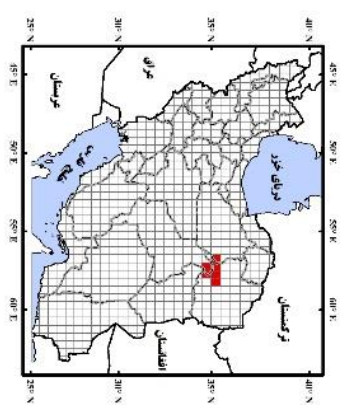
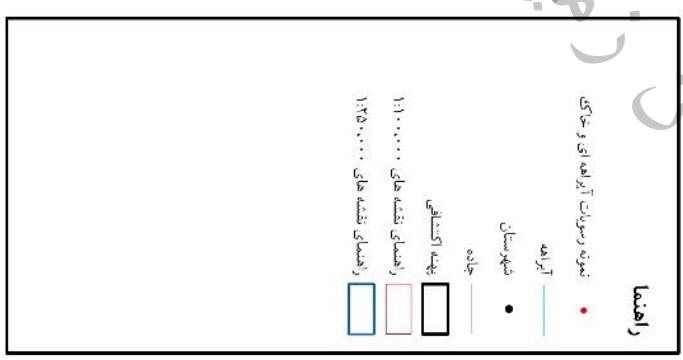
در جدول ۵-۱ مشخصات نمونه‌های برداشت شده به تفکیک هر برگه آورده شده است. نقشه ۵-۱ موقعیت مکانی نمونه‌های ژئوشیمیایی (رسوبات آبراه‌ای) موجود در محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۱- مشخصات برگه‌های داده‌های ژئوشیمیایی در محدوده مطالعاتی کاشمر

ردیف	نام برگه	شماره برگه	تعداد عناصر آنالیزی	تعداد نمونه	تعداد نمونه در محدوده	نوع نمونه برداری
۱	مری	۷۳۶۰	۲۴	۷۳۱	۷۳۱	منظم
۲	درونه	۷۴۶۰	۲۴	۹۰۳	۹۰۳	منظم
۳	برداسکن	۷۵۶۰	۲۴	۶۹۸	۶۹۸	منظم
۴	کاشمر	۷۶۶۰	۲۴	۸۱۸	۸۱۸	منظم
۵	ازبک کوه	۷۴۵۹	۲۹	۷۷۲	۷۷۲	رسوبات آبراه‌ای
۶	قاسم آباد	۷۵۵۹	۲۸	۴۷۷	۴۷۷	رسوبات آبراه‌ای



نقشه موقعیت مکانی نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای



نقشه ۵-۱- پراکندگی نمونه‌های ژئوشیمیایی (رسوبات آبراهه‌ای) در محدوده مطالعاتی کاشمر

۵-۳- پردازش 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 تک متغیره، تعیین مشاهدات خارج از ردیف، تعیین آنومالی‌ها، پردازش‌های آماری چند متغیره (ضرایب همبستگی، آنالیز خوشه‌ای، آنالیز فاکتوری) می‌شود.

در محدوده مطالعاتی کاشمر تعداد ۶ برگه دارای داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای هستند (۴ برگه با نمونه برداری منظم و با فاصله ۱۴۰۰ متری و ۲ برگه با نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای) که به صورت جداگانه پردازش شده و مناطق آنومالی آن برای هر عنصر در هر برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج گردید.

۵-۳-۱- پردازش داده‌های سنسورد

در نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی نمونه‌ها، مواقعی به علت وجود عیارهای بسیار کم (کمتر از حد تشخیص پایینی دستگاه یا روش آنالیز) و یا عیارهای بسیار بالا (بیشتر از حد تشخیص بالایی دستگاه یا روش آنالیز) داده‌های دقیقی بدست نیامده و این مقادیر عیاری به صورت صفر یا مقادیر کمتر از حد پایینی دستگاه (>) و یا مقادیر بیشتر از حد بالایی دستگاه (<) گزارش می‌شوند. بنابراین حد سنسورد نتایج آنالیز، همان حد قابل ثبت روش آنالیز شیمیایی می‌باشد. داده‌های سنسورد زمانی ایجاد می‌شوند که روش‌های آنالیز به اندازه کافی جهت ثبت مقادیر کوچک یک عنصر حساس نیستند و یا اینکه روش آنالیز بسیار حساس است و قابلیت ثبت تمرکزهای بالای عناصر را ندارد.

داده‌های سنسورد در پردازش‌های آماری چند متغیره مشکل ساز هستند چرا که روش‌های محاسباتی و آماری خاص، نیازمند یک مجموعه کامل و غیرسنسورد از داده‌ها می‌باشند. بنابراین ناگزیر هستیم جهت جایگزینی مقادیر سنسورد، آنها را مورد پردازش قرار دهیم.



در جایگزینی داده‌های سنسورد از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها روش "جایگزینی ساده" است. در این روش هنگامی که داده سنسورد به صورت کمتر از حد قابل ثبت گزارش می‌شود، $\frac{3}{4}$ حد قابل ثبت را جایگزین آن می‌کنند و برای داده‌هایی که بزرگتر از یک مقدار خاص گزارش می‌شوند $\frac{4}{3}$ (چهارسوم) یا $\frac{3}{2}$ (سه دوم) حد قابل ثبت را به جای آن قرار می‌دهند. روش جایگزینی ساده زمانی نتایج قابل قبولی جهت جایگزینی ارائه می‌کند که حداکثر ۱۰ درصد از داده‌ها سنسورد باشد.

گرایش داده‌های ژئوشیمیایی به پیروی از توزیع لاگ نرمال به خوبی شناخته شده است و بندرت یک توزیع نرمال از داده‌های ژئوشیمیایی در اختیار خواهیم داشت. بنابراین قبل از محاسبه ممکن است لازم باشد با اعمال تبدیلاتی جامعه غیرنرمال را به یک جامعه نرمال تبدیل کنیم. برای این منظور می‌توان از تبدیل لگاریتمی، تبدیل سه پارامتری، «تبدیل نمائی تعمیم یافته» و یا روش‌های موجود دیگر یاری جست. اما اغلب به علت سهولت عملیات از تبدیل لگاریتمی استفاده می‌شود. بنابراین، ابتدا داده‌های غیرنرمال را با استفاده از یکی از تبدیل‌ها به یک جامعه نرمال تبدیل می‌نمائیم، سپس روش ساده را در مورد این جامعه تبدیل یافته انجام داده و یک مقدار جایگزینی به دست می‌آوریم. پس از آن لازم است با استفاده از تبدیل معکوس، این مقدار جایگزینی را به مقدار اصلی آن در جامعه غیر نرمال (قبل از اعمال تبدیل) برگردانده شود.

۵-۳-۲- بررسی آماری تک متغیره

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.

۵-۳-۳- محاسبه پارامترهای آماری و رسم نمودارهای مربوط به توزیع داده‌ها

دستیابی به پارامترهای آماری اولین گزینه‌ای است که به عنوان مهمترین و جامع‌ترین اطلاعات آماری فرآوری داده پردازان قرار می‌گیرد. این اطلاعات نحوه پراکندگی داده‌ها حول میانگین و تمایل به میانگین، میزان چولگی و کشیدگی جامعه عیار نمونه‌ها و تشابه یا تمایز آن با یک توزیع نرمال را به نمایش می‌گذارد. آماره‌های میانگین، میانه و مد میزان و چگونگی تمایل به مرکز داده را نشان می‌دهند. آماره‌های انحراف معیار و واریانس معرف نحوه پراکندگی و پردازش داده‌ها از میانگین می‌باشند. پارامترهای چولگی و کشیدگی که به ترتیب میزان تقارن حول میانگین و تیزی منحنی توزیع را نشان می‌دهد. در صورت نزدیک شدن به مقادیر صفر برای

چولگی و ۳ برای کشیدگی حاکی از نزدیکی توزیع داده‌ها به توزیع نرمال می‌باشد. کلیه داده‌های خام پس از فایل‌بندی مناسب توسط نرم افزار SPSS مورد بررسی آماری قرار گرفته است. برای هر یک از متغیرها هیستوگرام‌های داده‌های خام و نرمال ترسیم شده است.

۵-۳-۳-۱- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ مری (۷۳۶۰)

این برگه در بخش شمال باختری محدوده مطالعاتی کاشمر واقع شده و شامل ۷۳۱ نمونه رسوبات آبراهه‌ای است. مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی این برگه با همکاری شرکت چینی جیانگ‌سی و سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به صورت نمونه برداری منظم از خاک‌ها و رسوبات انجام گرفته است. از تعداد ۲۴ عنصر آنالیز شده آن ۱۷ عنصر زیر پردازش شده است.

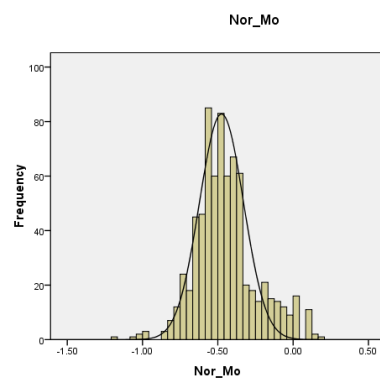
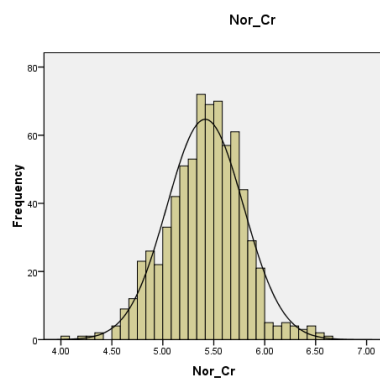
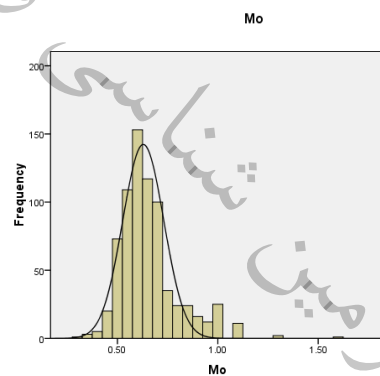
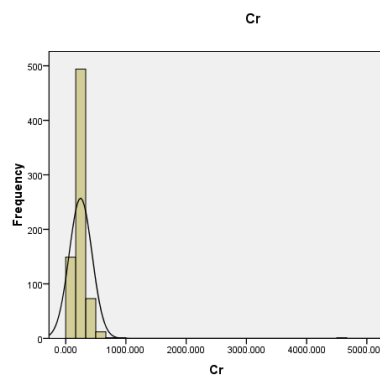
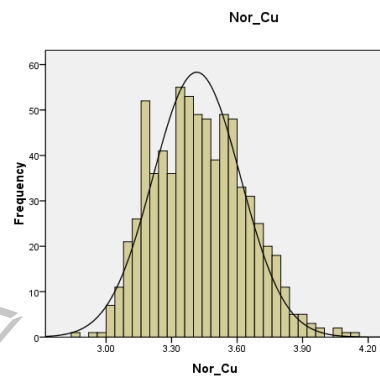
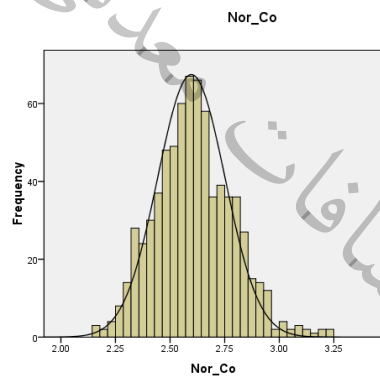
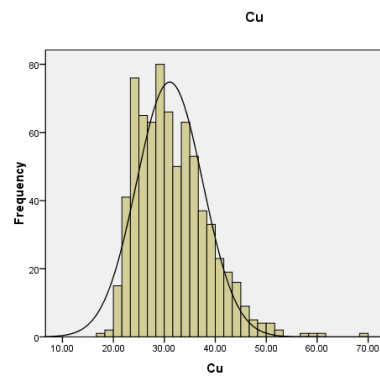
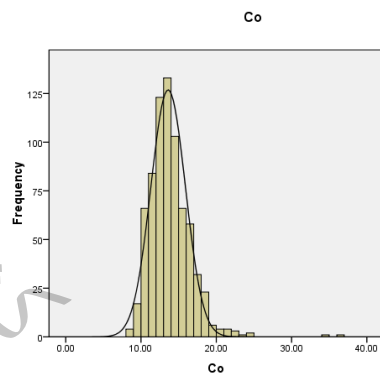
Ag, As, Au, Ba, Bi, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, W, Zn

جدول ۲-۵ پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه مری را نشان می‌دهد. در این جدول 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 اشکال ۱-۵ و ۲-۵ نمودارهای هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر اصلی آورده شده است.

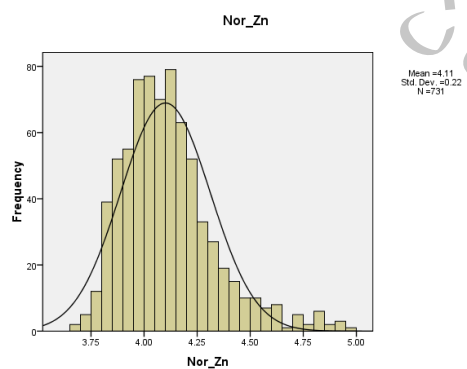
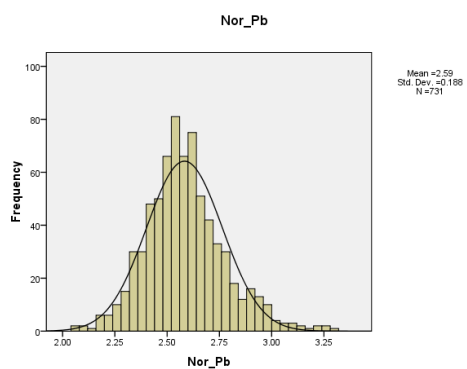
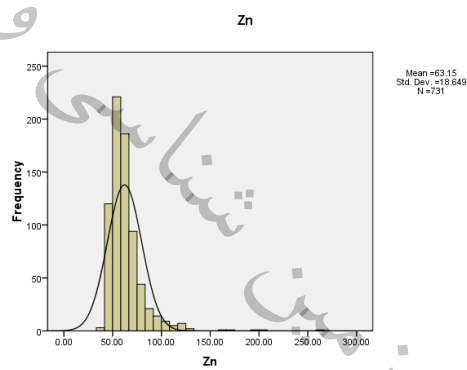
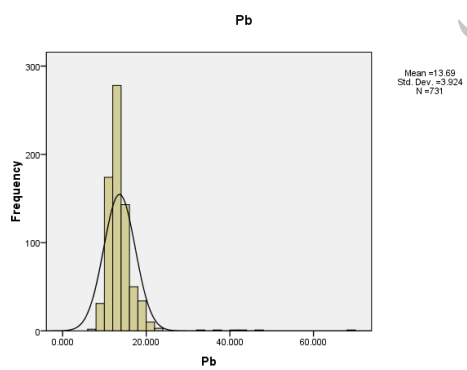
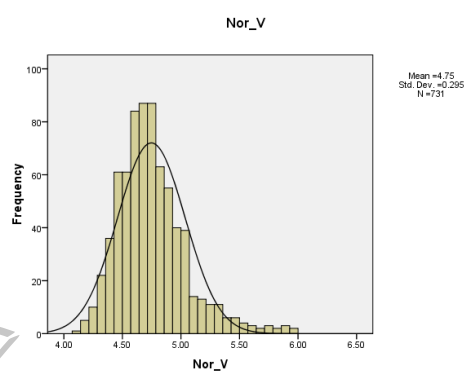
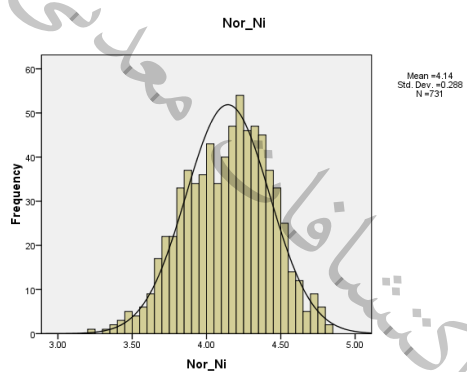
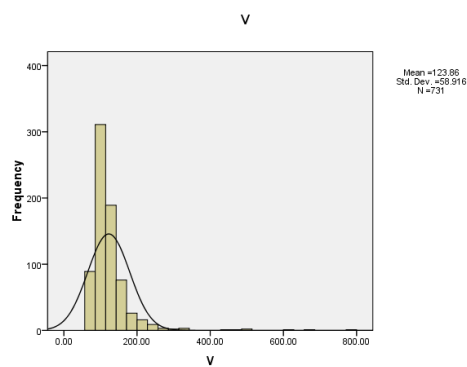
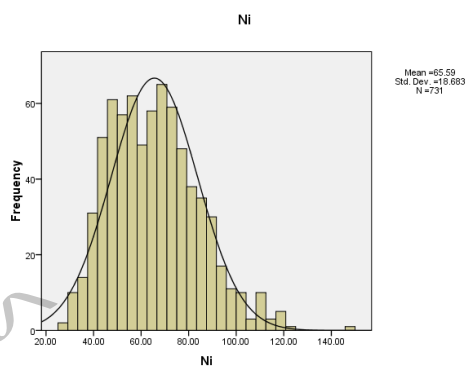


جدول ۵-۲- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه مری

Statistics									
		Ag	Nor_Ag	As	Nor_As	Au	Nor_Au	Ba	Nor_Ba
N	Valid	731	731	731	731	731	731	731	731
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		0.07	-2.74	7.07	1.89	0.82	-0.24	283.19	5.62
Median		0.07	-2.73	6.20	1.82	0.75	-0.29	266.20	5.58
Std. Deviation		0.03	0.27	3.27	0.31	0.53	0.14	78.04	0.22
Skewness		10.47	-0.18	4.55	1.61	17.83	3.73	2.94	0.89
Kurtosis		201.00	-0.25	31.61	3.55	367.51	14.69	16.41	1.19
Minimum		0.03	-3.47	3.30	1.19	0.75	-0.29	164.50	5.10
Maximum		0.57	-2.02	43.00	3.19	12.71	0.57	984.28	6.42
		Co	Nor_Co	Cr	Nor_Cr	Cu	Nor_Cu	Hg	Nor_Hg
N	Valid	731	731	731	731	731	731	731	731
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		13.85	2.61	246.77	5.41	31.61	3.43	0.01	-4.67
Median		13.51	2.60	228.85	5.43	30.67	3.42	0.01	-4.71
Std. Deviation		2.73	0.18	189.41	0.38	6.94	0.21	0.00	0.28
Skewness		1.90	0.33	17.65	-0.10	0.91	0.27	3.55	0.65
Kurtosis		10.33	0.30	406.98	0.45	1.43	-0.30	27.07	1.02
Minimum		8.59	2.15	58.71	4.07	17.72	2.87	0.01	-5.30
Maximum		36.29	3.24	4666.20	6.59	68.58	4.14	0.05	-3.62
		Mo	Nor_Mo	Ni	Nor_Ni	Pb	Nor_Pb	Sb	Nor_Sb
N	Valid	731	731	731	731	731	731	731	731
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		0.65	-0.45	65.59	4.14	13.69	2.59	0.31	-1.26
Median		0.63	-0.46	64.49	4.17	13.12	2.57	0.27	-1.31
Std. Deviation		0.15	0.20	18.68	0.29	3.92	0.19	0.18	0.31
Skewness		1.48	0.49	0.54	-0.19	6.32	0.53	8.97	1.80
Kurtosis		3.83	0.72	0.22	-0.37	69.32	0.88	128.14	4.25
Minimum		0.30	-1.20	25.47	3.24	7.89	2.07	0.17	-1.77
Maximum		1.60	0.17	146.91	4.84	68.91	3.29	3.30	0.18
		Sn	Nor_Sn	V	Nor_V	W	Nor_W	Zn	Nor_Zn
N	Valid	731	731	731	731	731	731	731	731
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		1.03	0.00	123.86	4.75	0.49	-0.74	63.15	4.11
Median		0.99	-0.01	111.43	4.71	0.46	-0.78	59.21	4.08
Std. Deviation		0.27	0.26	58.92	0.30	0.11	0.21	18.65	0.22
Skewness		0.89	0.20	5.44	1.10	1.39	0.66	4.02	1.08
Kurtosis		0.77	-0.19	43.77	2.04	2.34	0.77	29.33	1.64
Minimum		0.50	-0.69	59.97	4.09	0.27	-1.31	39.31	3.67
Maximum		2.02	0.68	775.44	5.96	0.98	-0.06	266.57	4.98



شکل ۵-۲- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Co, Cr, Cu, Mo



شکل ۵-۳- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Ni, Pb, V, Zn

۵-۳-۳-۲- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ درونه (۷۴۶۰)

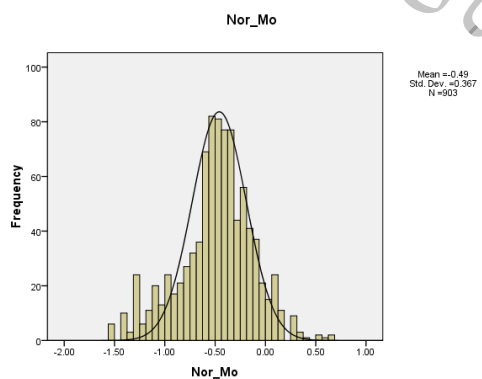
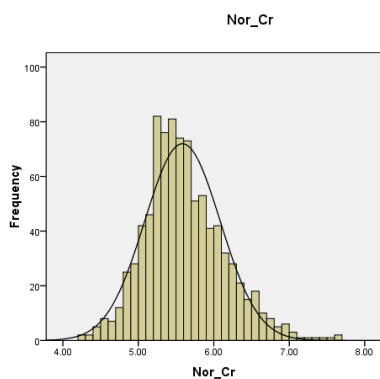
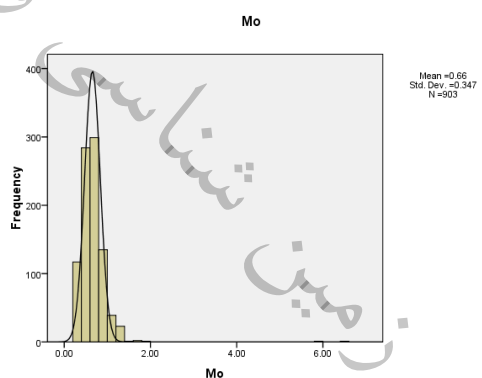
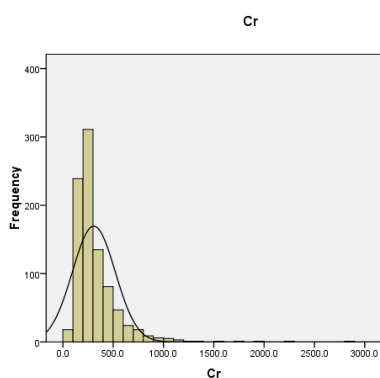
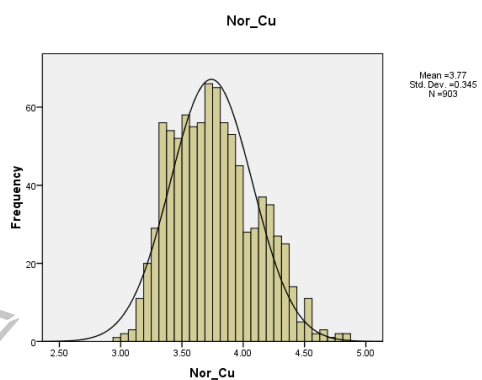
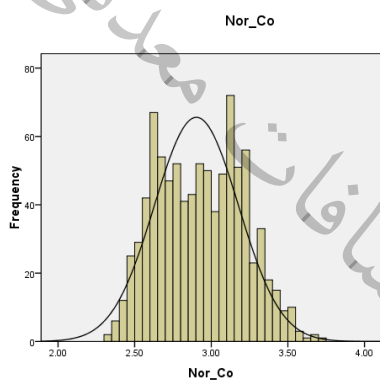
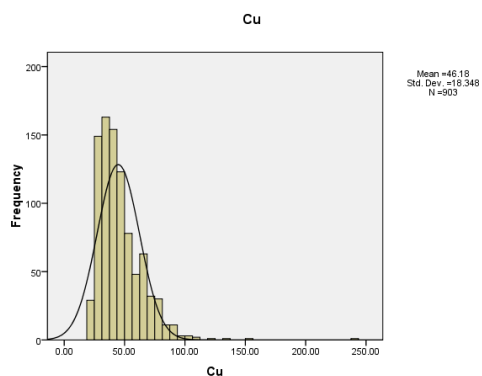
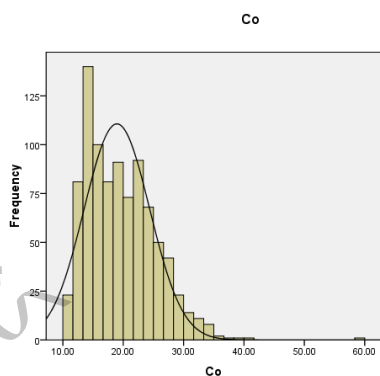
این برگه که در شمال محدوده واقع شده دارای ۹۰۳ نمونه رسوبات آبراهه‌ای است که تمامی نمونه‌های آن در داخل محدوده قرار دارند. مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی این برگه با همکاری شرکت چینی جیانگ‌سی و سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به صورت نمونه برداری منظم از خاک‌ها و رسوبات انجام گرفته است. از تعداد ۲۴ عنصر آنالیز شده آن ۲۰ عنصر زیر پردازش شده است.

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

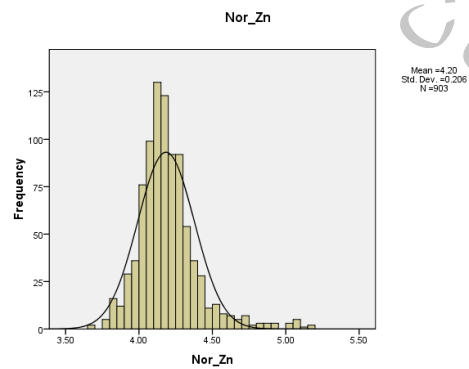
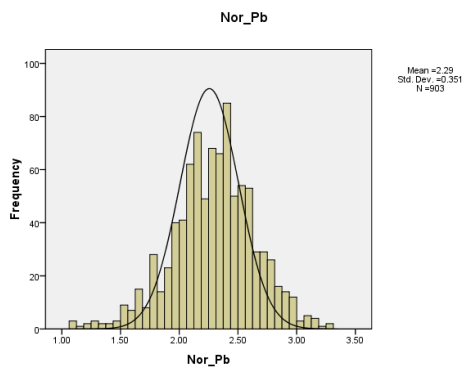
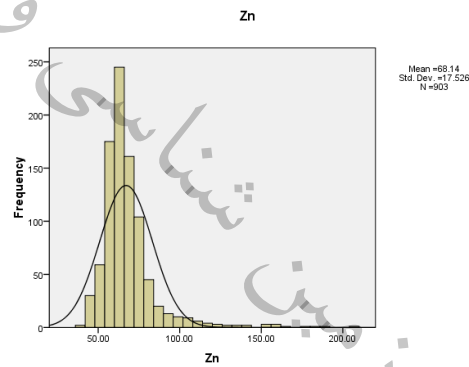
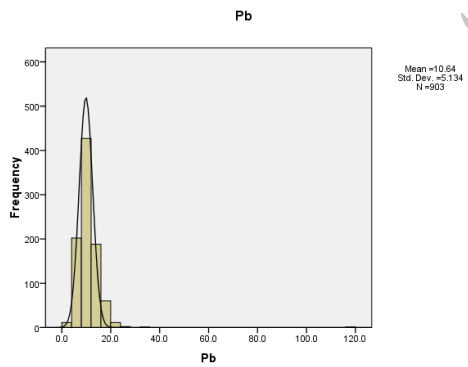
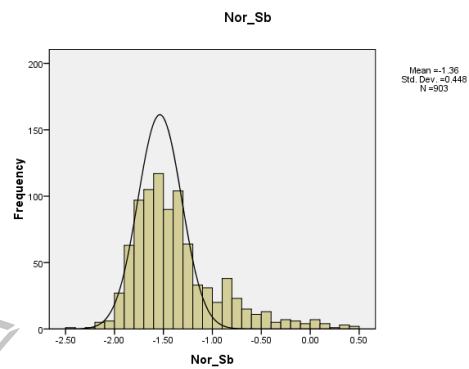
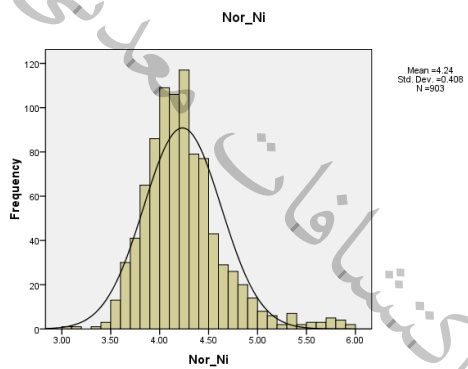
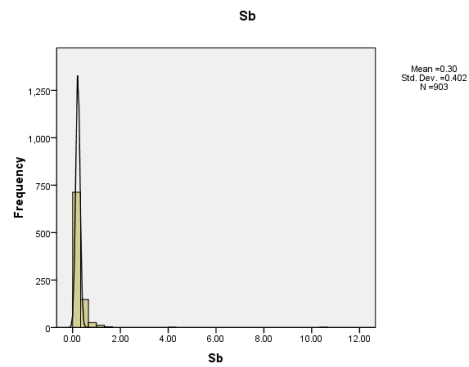
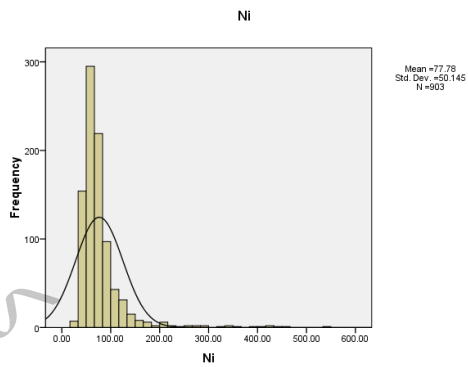
جدول ۵-۳ پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه درونه را نشان می‌دهد. در این جدول پارامترهای آماری شامل میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها آورده شده است. بررسی شکل تابع توزیع، مقدار حداکثر هر عنصر و میزان چولگی توزیع آن می‌توان دریافت که عنصر مورد نظر از پتانسیل اکتشافی مطلوبی برخوردار است یا خیر. در اشکال ۵-۳ و ۵-۴ نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر اصلی آورده شده است.

جدول ۵-۳- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه درونه

Statistics											
		Ag	Nor_Ag	As	Nor_As	Au	Nor_Au	B	Ba	Nor_Ba	Be
N	Valid	903	903	903	903	903	903	903	903	903	903
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		.062	-2.816	7.336	1.822	.917	-.131	27.684	274.970	5.589	1.375
Median		.060	-2.813	6.600	1.887	.780	-.248	22.162	275.440	5.618	1.330
Std. Deviation		.017	.237	4.828	.578	.388	.244	20.359	66.627	.231	.275
Skewness		3.849	-1.46	2.804	-.035	8.536	1.234	5.843	1.896	-.461	2.062
Kurtosis		47.962	-.140	15.661	.046	128.027	5.444	77.471	15.176	1.293	12.948
Minimum		.030	-3.51	1.0	.00	.75	-.29	5.233	90.35	4.80	.83
Maximum		.308	-2.11	55.7	3.52	7.98	1.07	353.8	946.61	6.37	4.07
		Bi	Nor_Bi	Co	Nor_Co	Cr	Nor_Cr	Cu	Nor_Cu	Hg	Nor_Hg
N	Valid	903	903	903	903	903	903	903	903	903	903
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		.130	-2.104	19.525	2.931	319.950	5.610	46.180	3.767	.009	-4.938
Median		.120	-2.120	18.800	2.934	255.300	5.542	42.000	3.738	.007	-4.962
Std. Deviation		.065	.303	5.693	.281	228.181	.529	18.348	.345	.009	.563
Skewness		9.910	-.385	.937	-.120	3.990	-.563	2.377	-.393	6.033	-.274
Kurtosis		168.729	1.556	2.245	-.818	28.089	.677	15.178	-.386	54.271	1.397
Minimum		.07	-2.66	10.01	2.30	37.2	4.22	19.49	2.97	.004	-6.25
Maximum		1.40	-.70	59.28	3.71	2841.4	7.68	239.43	4.85	.122	-2.81
		Li	Mo	Nor_Mo	Ni	Nor_Ni	P	Pb	Nor_Pb	Sb	Nor_Sb
N	Valid	903	903	903	903	903	903	903	903	903	903
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		19.719	.664	-.488	77.781	4.243	.056	10.635	2.294	.303	-1.361
Median		17.370	.640	-.446	66.250	4.193	.053	10.000	2.303	.230	-1.470
Std. Deviation		8.318	.347	.367	50.145	.408	.016	5.134	.351	.402	.448
Skewness		1.740	9.307	-.377	4.477	-.168	1.524	10.574	-.283	18.755	-.340
Kurtosis		3.673	145.332	.424	26.820	2.593	4.191	214.256	.500	450.011	2.150
Minimum		7.04	.21	-1.56	21.16	3.05	.023	2.1	1.08	.09	-2.41
Maximum		68.41	6.50	.68	541.42	5.93	.151	118.3	3.27	10.40	.44
		Sn	Nor_Sn	Sr	Th	V	Nor_V	W	Nor_W	Zn	Nor_Zn
N	Valid	903	903	903	903	903	903	903	903	903	903
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		.995	-.039	424.276	6.378	190.605	5.166	.483	-.845	68.136	4.197
Median		.968	-.033	397.500	6.300	172.000	5.147	.410	-.892	64.590	4.168
Std. Deviation		.292	-.239	132.646	1.553	89.563	.391	.413	.402	17.526	.206
Skewness		5.213	-.004	1.561	-.489	2.604	-.211	14.548	-.545	3.184	-.457
Kurtosis		70.865	.439	6.752	7.616	12.708	.286	289.039	.212	15.243	4.206
Minimum		.438	-.83	177.62	.3	47.19	4.27	.16	-1.83	39.72	3.68
Maximum		5.601	.75	1506.00	18.4	956.16	6.56	9.50	.33	205.24	5.18



شکل ۴-۵- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Co, Cr, Cu, Mo



شکل ۵-۵- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Ni, Pb, Sb, Zn



۵-۳-۳-۳- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ برداسکن (۷۵۶۰)

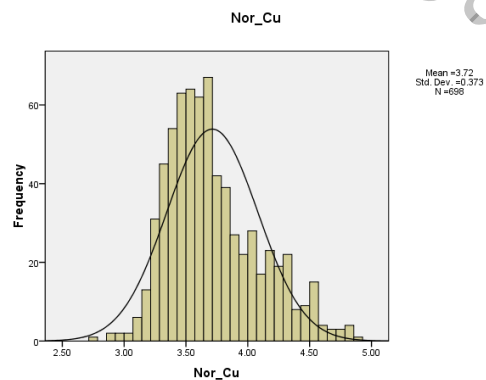
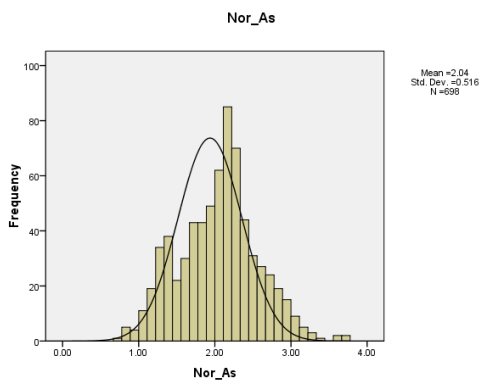
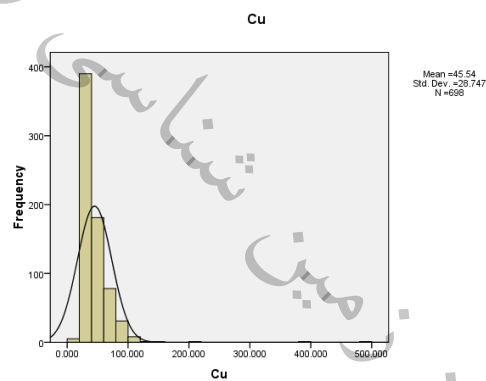
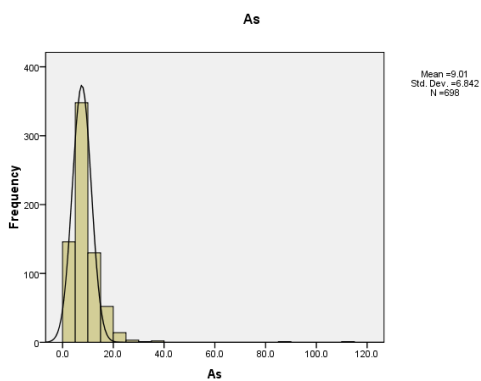
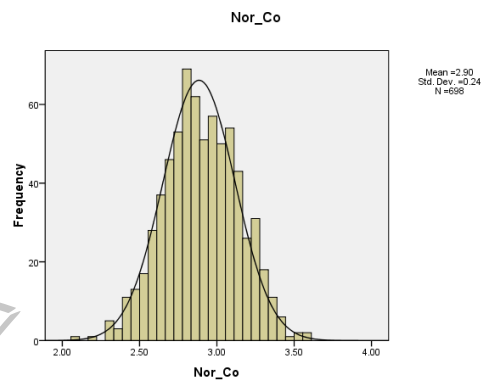
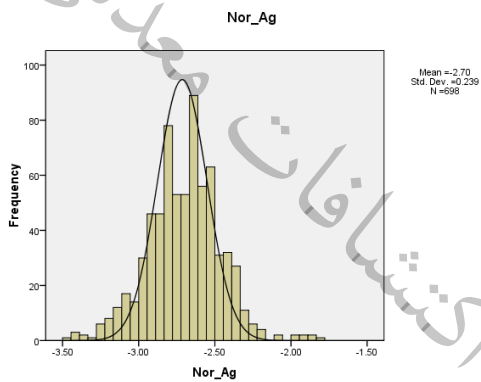
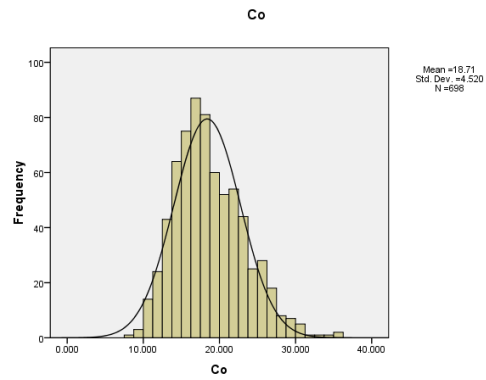
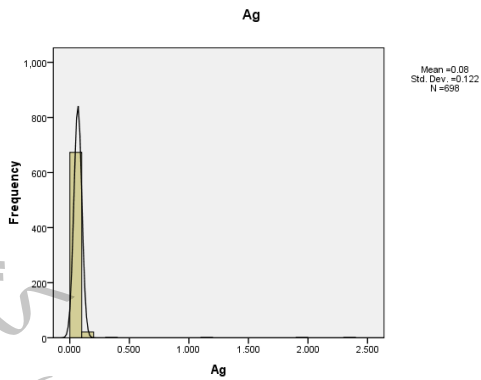
این برگه در بخش شمالی و مرکزی محدوده واقع شده است و شامل ۶۹۸ نمونه رسوبات آبراهه‌ای است که همه نمونه‌ها در داخل محدوده قرار دارند. مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی این برگه با همکاری شرکت چینی جیانگسی و سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به صورت نمونه برداری منظم از خاک‌ها و رسوبات انجام گرفته است. از تعداد ۲۴ عنصر آنالیز شده آن ۲۰ عنصر زیر پردازش شده است.

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

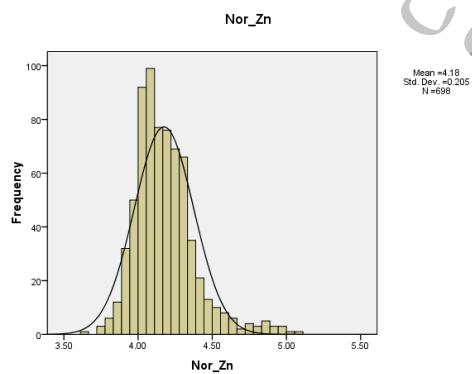
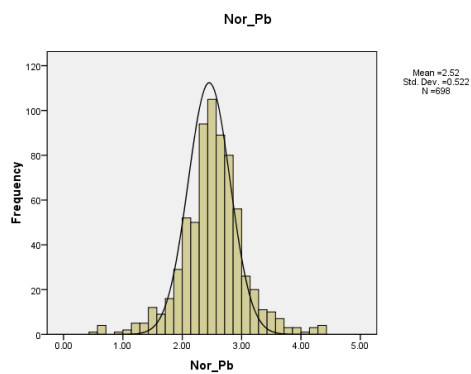
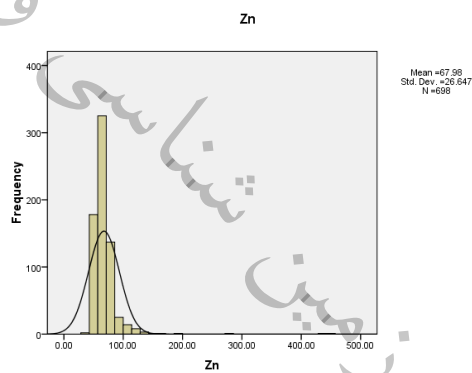
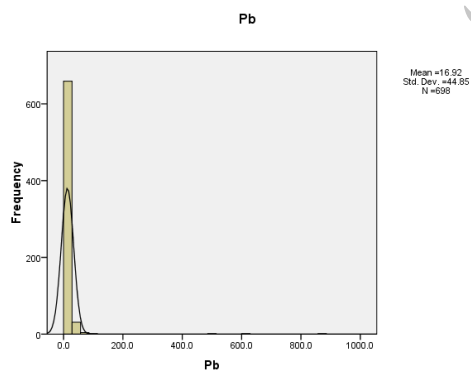
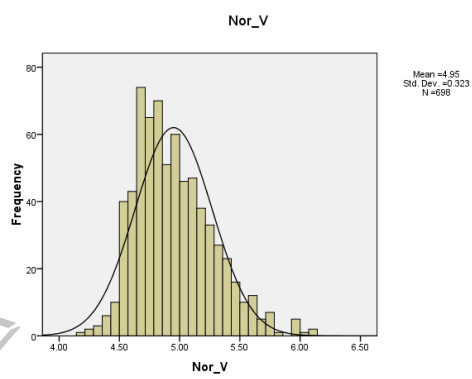
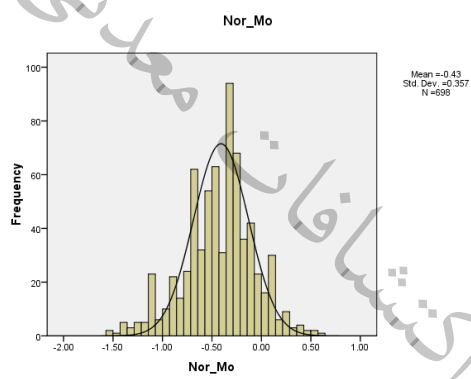
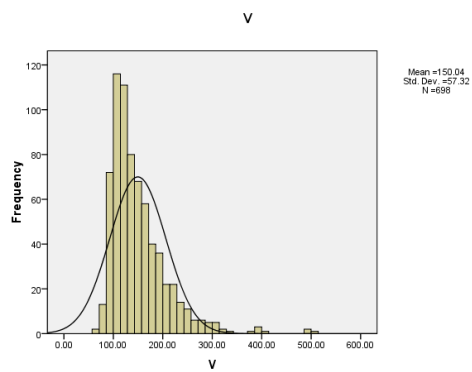
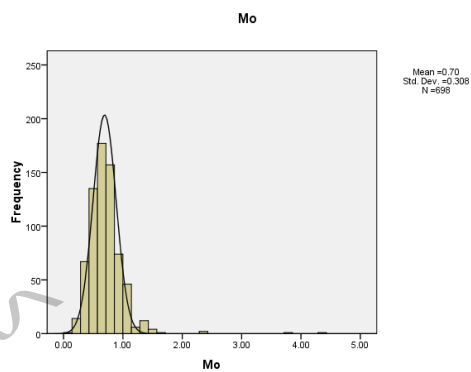
جدول ۴-۵ پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه برداسکن را نمایش می‌دهد. در این جدول پارامترهای آماری شامل میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها آورده شده است. در شکل‌های ۵-۵ و ۶-۵ نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر اصلی آمده است.

جدول ۴-۵- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه برداسکن

Statistics											
		Ag	Nor_Ag	As	Nor_As	Au	Nor_Au	B	Ba	Nor_Ba	Be
N	Valid	698	698	698	698	698	698	698	698	698	698
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		.08	-2.70	9.01	2.04	3.54	-.06	34.81	313.74	5.67	1.48
Median		.07	-2.69	8.00	2.08	.80	-.22	32.19	291.95	5.68	1.45
Std. Deviation		.12	.24	6.84	.52	39.34	.35	14.47	146.80	.37	.30
Skewness		16.09	.04	7.88	.07	18.30	1.21	2.16	4.07	-.05	.31
Kurtosis		274.33	.92	104.43	-.12	338.23	5.19	11.75	28.33	1.11	-.11
Minimum		.03	-3.47	2.10	.74	.75	-.29	9.48	88.95	4.49	.70
Maximum		2.40	-1.82	114.00	3.72	754.27	1.54	168.96	1689.00	6.96	2.57
		Bi	Nor_Bi	Co	Nor_Co	Cr	Nor_Cr	Cu	Nor_Cu	Hg	Nor_Hg
N	Valid	698	698	698	698	698	698	698	698	698	698
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		.30	-1.74	18.71	2.90	326.14	5.61	45.54	3.72	.02	-4.64
Median		.17	-1.77	18.01	2.89	247.15	5.51	38.23	3.64	.01	-4.71
Std. Deviation		1.74	.50	4.52	.24	239.00	.55	28.75	.37	.09	.53
Skewness		18.16	.40	.59	-.05	3.05	.63	8.11	.71	20.57	1.25
Kurtosis		336.71	2.09	.30	-.20	13.25	.44	106.65	.07	466.34	2.84
Minimum		.07	-2.66	8.15	2.10	68.50	4.23	15.62	2.75	.00	-5.81
Maximum		34.40	.40	36.14	3.59	2076.00	7.36	487.36	4.87	2.24	-2.35
		Li	Mo	Nor_Mo	Ni	Nor_Ni	P	Pb	Nor_Pb	Sb	Nor_Sb
N	Valid	698	698	698	698	698	698	698	698	698	698
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		24.21	.70	-.43	85.93	4.32	.06	16.92	2.52	.52	-.86
Median		23.54	.68	-.39	68.46	4.23	.06	12.50	2.53	.44	-.82
Std. Deviation		5.54	.31	.36	57.30	.46	.02	44.85	.52	.37	.60
Skewness		1.49	4.58	-.34	3.03	.28	2.07	15.53	-.01	2.64	.30
Kurtosis		5.26	45.24	.42	11.31	1.73	5.09	260.97	2.12	10.91	-.28
Minimum		10.20	.12	-1.52	27.51	3.31	.02	1.00	.54	.12	-2.12
Maximum		62.92	4.40	.59	485.94	5.99	.16	879.70	4.40	3.10	1.00
		Sn	Nor_Sn	Sr	Th	V	Nor_V	W	Nor_W	Zn	Nor_Zn
N	Valid	698	698	698	698	698	698	698	698	698	698
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		1.60	.44	317.94	6.77	150.04	4.95	.79	-.35	67.98	4.18
Median		1.55	.44	298.37	6.90	134.95	4.90	.68	-.39	63.63	4.15
Std. Deviation		.42	.26	99.46	2.04	57.32	.32	.40	.47	26.65	.20
Skewness		.68	.13	3.16	.01	2.14	.71	1.52	.16	9.08	1.20
Kurtosis		.28	-.69	33.77	.99	7.42	.46	3.23	-.19	115.27	2.58
Minimum		.76	.00	97.34	.50	64.32	4.16	.16	-1.83	37.70	3.63
Maximum		3.29	1.19	1553.00	16.70	508.99	6.10	2.80	1.00	445.25	5.07



شکل ۵-۶- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Ag, As, Co, Cu



شکل ۵-۷- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Mo, Pb, V, Zn

۵-۳-۳-۴- برگه ۱:۰۰۰۰۰۰ از یک کوه (۷۴۵۹)

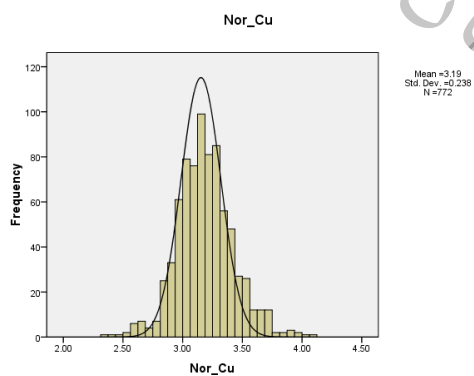
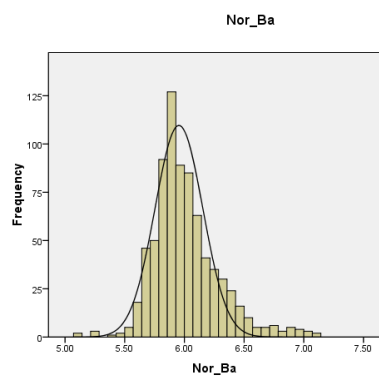
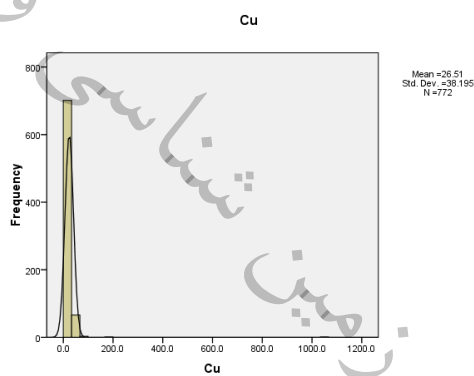
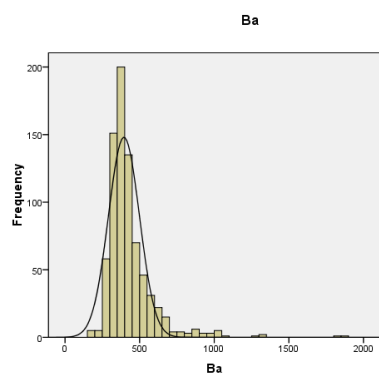
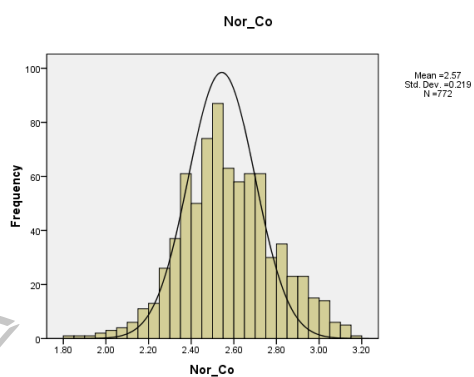
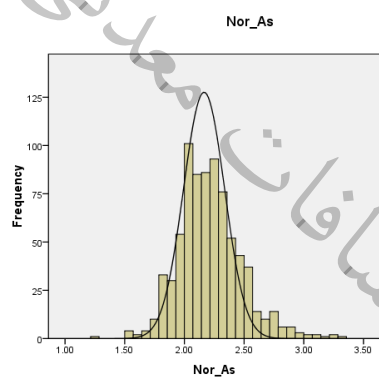
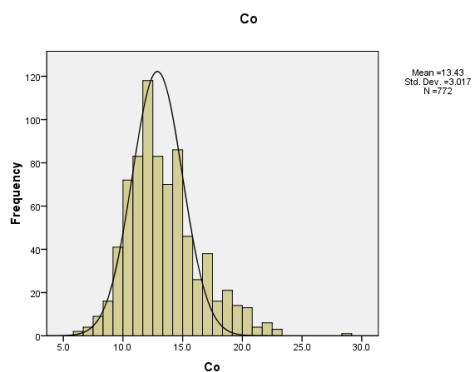
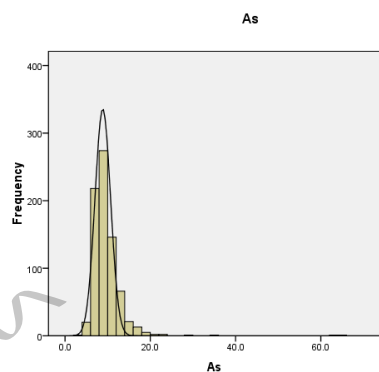
این برگه در بخش جنوب و غرب محدوده واقع شده و شامل ۷۷۲ نمونه رسوبات آبراهه‌ای است که همه نمونه‌های آن در داخل محدوده مطالعاتی قرار دارند. مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی این برگه توسط اداره صنایع و معادن استان در سال ۱۳۸۴ به صورت نمونه برداری رسوبات آبراهه‌ای انجام گرفته است. از تعداد ۲۹ عنصر آنالیز شده آن ۲۰ عنصر زیر پردازش شده است.

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

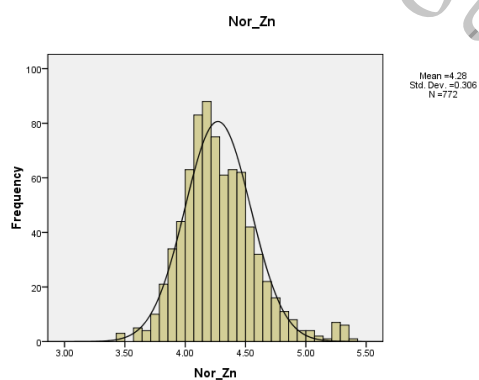
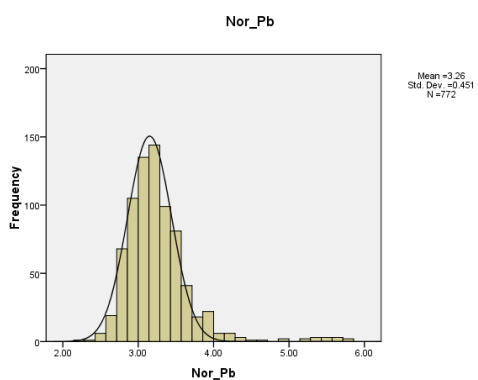
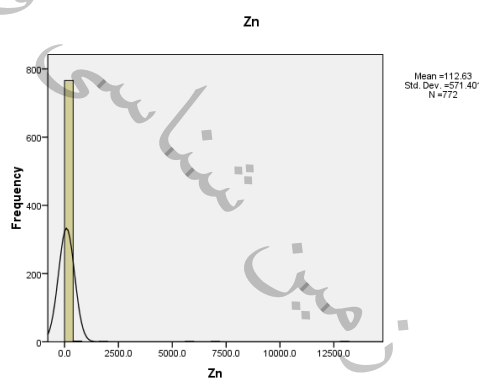
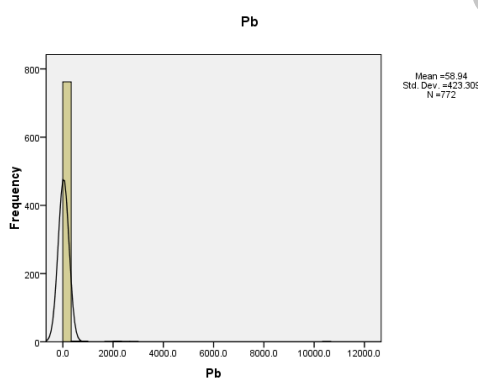
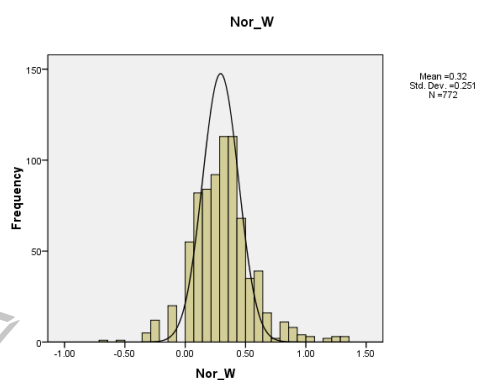
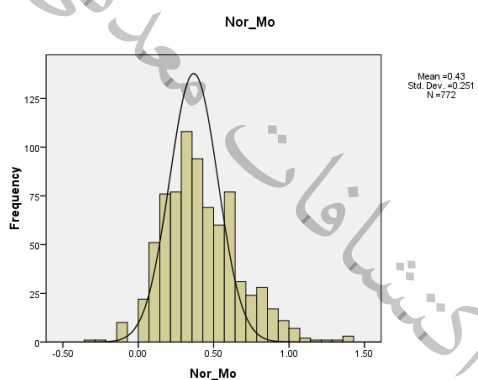
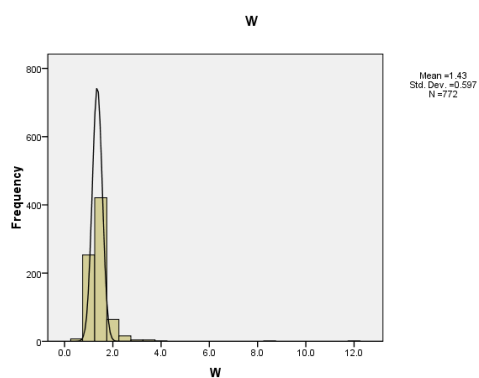
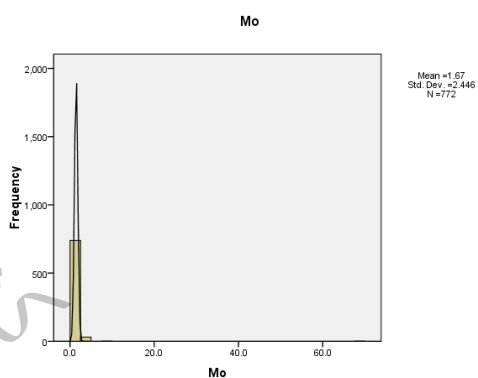
جدول ۵-۵ پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه از یک کوه را نشان می‌دهد. در این جدول پارامترهای آماری شامل میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها آورده شده است. در شکل‌های ۵-۷ و ۵-۸ نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر اصلی آمده است.

جدول ۵-۵ پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه از یک کوه

		Statistics										
		Ag	Nor_Ag	As	Nor_As	Au	Nor_Au	B	Ba	Nor_Ba	Be	
N	Valid	772	772	772	772	772	772	772	772	772	772	
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mean		.166	-2.286	9.633	2.216	.953	-.123	.377	428.519	6.012	1.360	
Median		.120	-2.120	9	2.197	.750	-.288	.375	387	5.958	1.300	
Std. Deviation		.249	1.068	3.989	.263	.520	.331	.016	158.481	.280	.234	
Skewness		11.088	-.797	7.666	.653	4.137	1.168	10.356	3.488	.543	.745	
Kurtosis		174.430	.422	95.660	1.490	20.385	7.346	114.915	20.383	2.006	1.861	
Minimum		.01	-4.89	3.6	1.28	.75	-.29	.375	168	5.12	.9	
Maximum		4.69	.28	65.3	3.33	5.00	1.61	.600	1850	7.12	2.8	
		Bi	Nor_Bi	Co	Nor_Co	Cr	Nor_Cr	Cu	Nor_Cu	Fe	Nor_Fe	
N	Valid	772	772	772	772	772	772	772	772	772	772	
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mean		.228	-1.544	13.434	2.573	90.819	4.484	26.513	3.189	3.440	1.220	
Median		.200	-1.609	12.900	2.557	90.500	4.505	23.900	3.174	3.360	1.212	
Std. Deviation		.180	.280	3.017	.219	20.048	.230	38.195	.238	.634	.160	
Skewness		22.858	-.383	.793	.061	.406	-.269	25.839	-.235	2.779	-.562	
Kurtosis		592.797	2.117	.976	.095	2.022	1.691	697.866	.950	20.024	1.203	
Minimum		.1	-2.30	6.2	1.82	28	3.62	6.9	2.37	2.17	.77	
Maximum		4.9	-.65	28.7	3.17	186	5.19	1060.0	4.08	9.37	1.92	
		Hg	Nor_Hg	Li	Mg	Mn	Nor_Mn	Mo	Nor_Mo	Ni	Nor_Ni	
N	Valid	772	772	772	772	772	772	772	772	772	772	
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mean		.053	-3.072	30.674	20513.251	682.952	6.508	1.669	.425	51.447	3.913	
Median		.038	-3.283	29.150	20250.000	681.000	6.524	1.500	.405	50.000	3.912	
Std. Deviation		.041	.406	7.620	4874.871	132.444	.179	2.446	.251	12.062	.235	
Skewness		5.512	1.093	1.978	.615	2.739	-.925	26.293	.533	.608	-.255	
Kurtosis		40.944	4.133	6.992	4.511	31.661	3.134	716.300	.727	1.125	.536	
Minimum		.038	-3.28	15.1	6060	236	5.65	.7	-.36	18	3.16	
Maximum		.490	-1.30	85.0	56400	2300	7.03	68.3	1.40	109	4.59	
		P	Pb	Nor_Pb	S	Sb	Nor_Sb	Sn	Nor_Sn	Sr	Th	
N	Valid	772	772	772	772	772	772	772	772	772	772	
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mean		.060	58.935	3.261	.069	1.065	-.015	1.757	.541	347.925	8.097	
Median		.056	24.100	3.182	.029	.900	-.105	1.700	.531	305.000	7.795	
Std. Deviation		.017	423.309	.451	.299	.640	.322	.410	.201	416.410	1.705	
Skewness		1.619	21.054	-.392	11.719	9.352	.228	2.687	-.690	22.149	2.191	
Kurtosis		4.196	504.898	9.405	154.631	131.868	2.082	18.359	.942	558.323	9.072	
Minimum		.0296	8.7	2.16	.006	.5	-.69	1.1	.10	78.8	4.69	
Maximum		.1780	10600.0	5.80	5.000	11.6	1.33	6.1	1.33	11000.0	20.60	
		Ti	Nor_Ti	V	Nor_V	W	Nor_W	Zn	Nor_Zn			
N	Valid	772	772	772	772	772	772	772	772			
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0			
Mean		4041.308	8.285	97.620	4.573	1.434	.316	112.63	4.280			
Median		3920.000	8.274	97.000	4.575	1.400	.336	69.85	4.246			
Std. Deviation		824.613	-.197	12.220	.124	-.597	.251	571.40	0.306			
Skewness		.870	.229	.368	-.218	9.919	.457	18.58	0.704			
Kurtosis		1.138	.184	1.861	.832	154.212	2.128	377.06	1.188			
Minimum		2270	7.73	51	4.18	.5	-.69	11.1	3.47			
Maximum		7620	8.94	165	5.00	12.0	1.35	13000	5.36			



شکل ۵-۸- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر As, Ba, Co, Cu



شکل ۵-۹- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Mo, Pb, W, Zn



۵-۳-۳-۵- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشمر (۷۷۶۰)

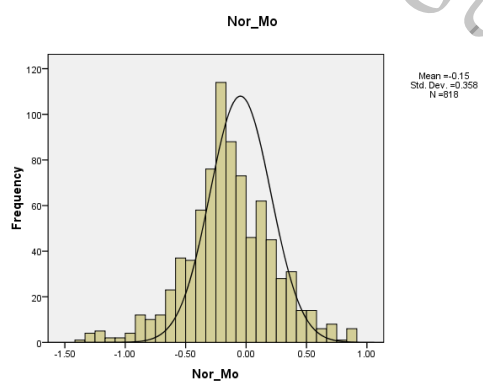
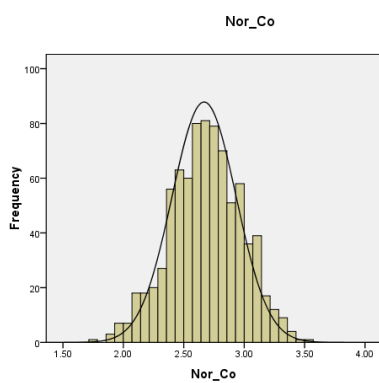
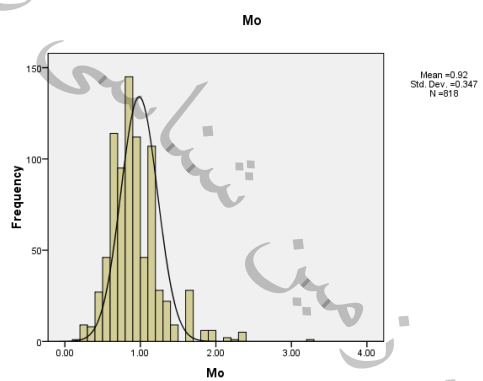
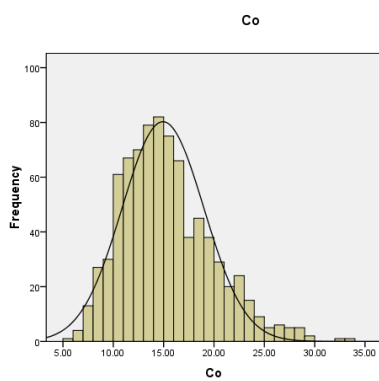
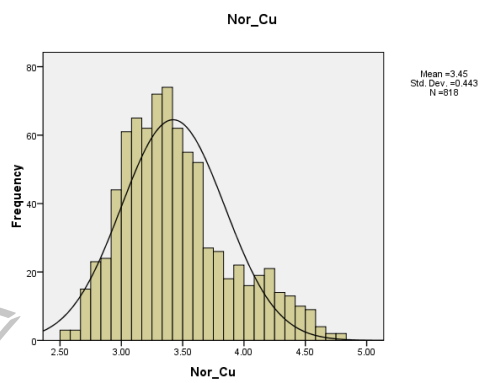
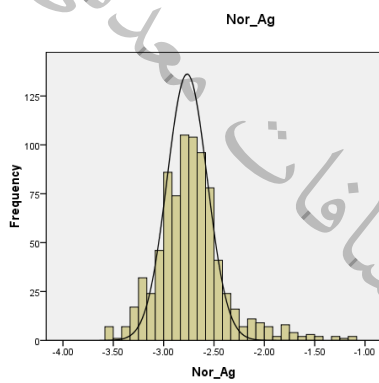
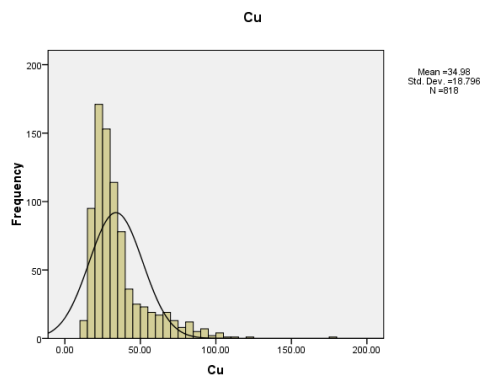
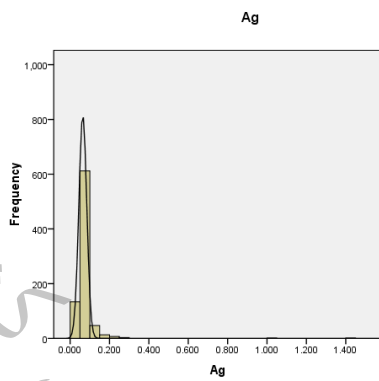
این برگه در بخش شمال و شرق محدوده واقع شده و شامل ۸۱۸ نمونه رسوبات آبراهه‌ای است که همه نمونه‌های آن در داخل محدوده مطالعاتی قرار دارند. مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی این برگه با همکاری شرکت چینی جیانگ‌سی و سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به صورت نمونه برداری منظم از خاک‌ها و رسوبات انجام گرفته است. از تعداد ۲۴ عنصر آنالیز شده آن ۲۰ عنصر زیر پردازش شده است.

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

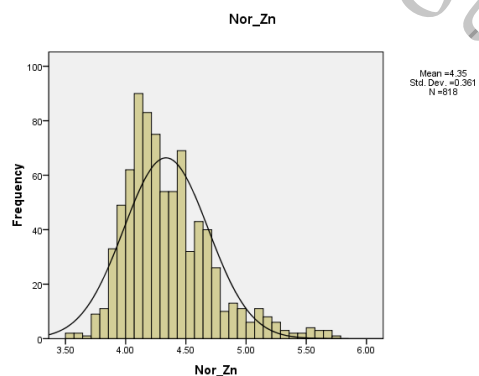
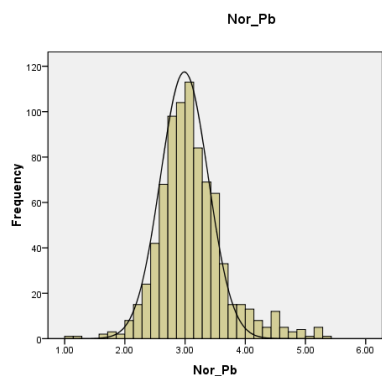
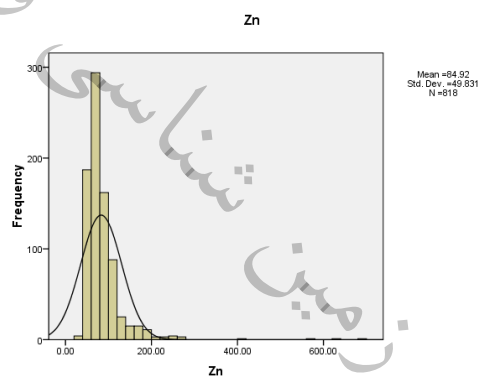
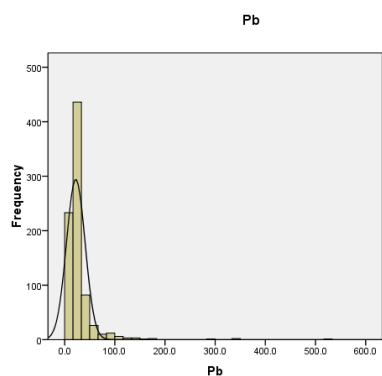
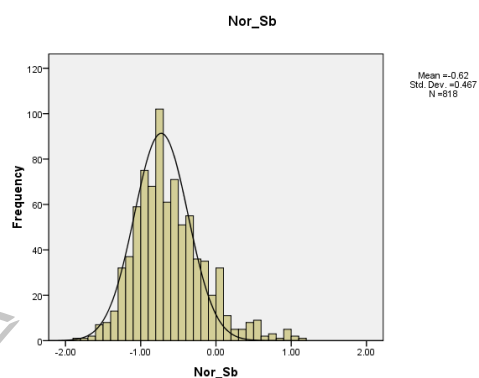
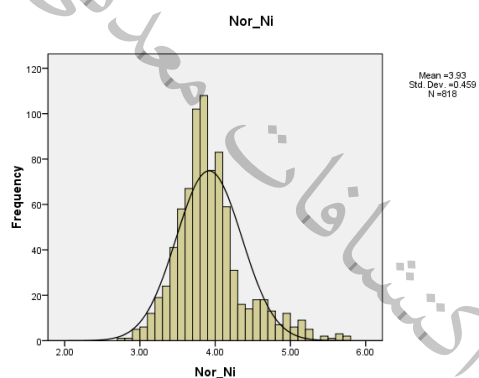
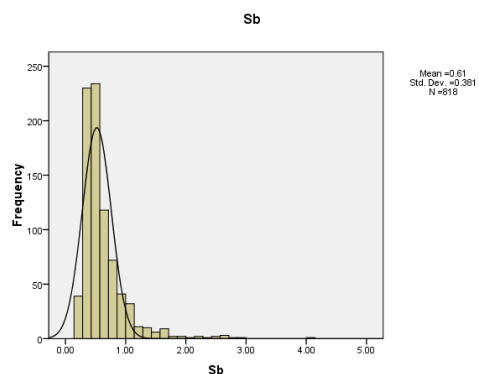
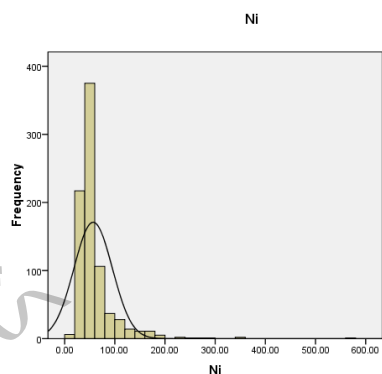
جدول ۵-۶ پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه کاشمر را نشان می‌دهد. در این جدول پارامترهای آماری شامل میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها آورده شده است. در شکل‌های ۵-۹ و ۵-۱۰ نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر اصلی آمده است.

جدول ۵-۶- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه کاشمر

Statistics											
		Ag	Nor_Ag	As	Nor_As	Au	Nor_Au	B	Ba	Nor_Ba	Be
N	Valid	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		.073	-2.723	10.283	2.247	1.532	-.015	48.033	387.107	5.918	1.763
Median		.064	-2.749	8.900	2.186	.810	-.211	44.044	370.940	5.916	1.740
Std. Deviation		.065	.344	5.269	.370	8.076	.436	20.224	112.802	.281	.248
Skewness		15.005	.513	3.463	.148	23.316	.446	.949	1.159	-.117	.785
Kurtosis		281.145	3.065	18.080	1.859	587.600	6.936	.729	3.764	.300	2.241
Minimum		.029	-3.540	4.000	1.386	.750	-.288	9.600	125.680	4.970	1.070
Maximum		1.421	-1.100	54.800	3.730	212.770	2.220	136.521	1172	6.720	3
		Bi	Nor_Bi	Co	Nor_Co	Cr	Nor_Cr	Cu	Nor_Cu	Hg	Nor_Hg
N	Valid	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		.253	-1.501	15.287	2.684	207.586	5.075	34.985	3.445	.013	-4.462
Median		.210	-1.561	14.765	2.692	143.150	4.964	29.330	3.379	.011	-4.510
Std. Deviation		.302	.388	4.507	.294	279.007	.587	18.796	.443	.008	.441
Skewness		19.749	.632	.712	-.091	9.125	.345	2.064	.697	4.194	.794
Kurtosis		481.314	4.914	.520	-.139	126.292	3.329	6.194	.055	27.345	1.912
Minimum		.100	-2.303	5.660	1.733	26.400	3.273	12.890	2.556	.003	-5.809
Maximum		7.80	.60	33.90	3.52	5054.70	7.52	177.56	4.81	.09	-2.63
		Li	Mo	Nor_Mo	Ni	Nor_Ni	P	Pb	Nor_Pb	Sb	Nor_Sb
N	Valid	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		34.429	.922	-.146	58.282	3.934	.062	28.070	3.114	.611	-.619
Median		31.820	.860	-.151	48.025	3.872	.060	21.100	3.049	.500	-.693
Std. Deviation		11.250	.347	.358	40.424	.459	.015	32.082	.558	.381	.467
Skewness		1.640	1.534	-.145	4.860	.261	.534	8.199	.531	3.219	.378
Kurtosis		3.615	4.813	.903	40.851	1.653	.084	95.910	2.167	15.839	.970
Minimum		14.770	.180	-1.350	14.930	2.703	.028	3.100	1.131	.160	-1.833
Maximum		89.7	3.3	.9	568.6	5.8	.1	520.4	5.3	4.0	1.1
		Sn	Nor_Sn	Sr	Th	V	Nor_V	W	Nor_W	Zn	Nor_Zn
N	Valid	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		1.811	.574	405.236	8.622	121.647	4.734	.989	-.078	84.923	4.351
Median		1.800	.588	300.525	8.800	112.895	4.726	.940	-.062	72.150	4.279
Std. Deviation		.367	.192	322.945	1.953	49.339	.354	.430	.347	49.831	.361
Skewness		1.845	-.228	3.515	-.431	1.902	.514	5.156	-.049	6.020	.205
Kurtosis		16.882	.261	14.870	.960	5.317	.447	59.182	.450	56.985	1.434
Minimum		1.000	.000	110.77	.500	47.400	3.859	.250	-.990	33.210	3.503
Maximum		5.8	1.2	2744.0	14.7	403.7	5.9	7.0	1.1	681.7	5.7



شکل ۵-۱۰- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Ag, Co, Cu, Mo



شکل ۵-۱۱- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Ni, Pb, Sb, Zn

۵-۳-۳-۶- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ قاسم آباد (۷۵۵۹)

این برگه در بخش جنوب و شرق محدوده واقع شده و شامل ۴۷۷ نمونه رسوبات آبراهه‌ای است که همه نمونه‌های آن در داخل محدوده مطالعاتی قرار دارند. مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی این برگه توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور در سال ۱۳۸۳ به صورت نمونه برداری رسوبات آبراهه‌ای انجام گرفته است. از تعداد ۲۸ عنصر آنالیز شده آن ۲۰ عنصر زیر پردازش شده است.

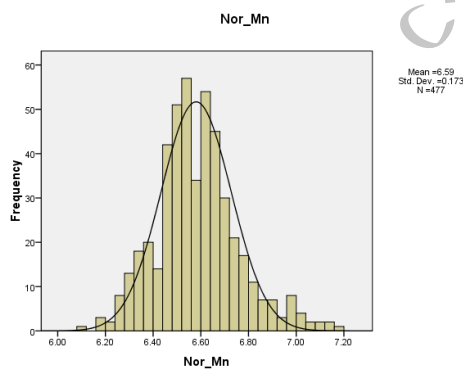
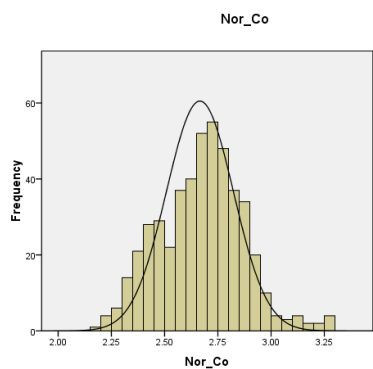
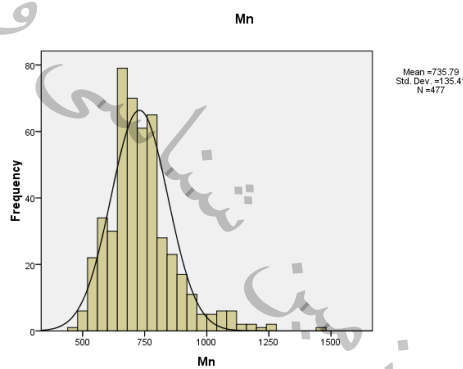
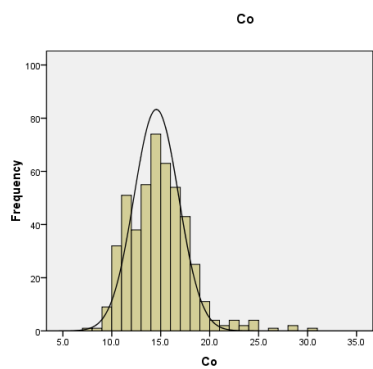
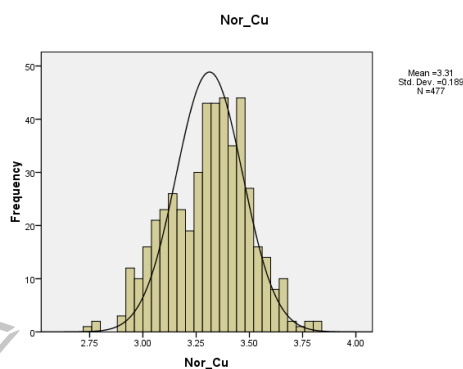
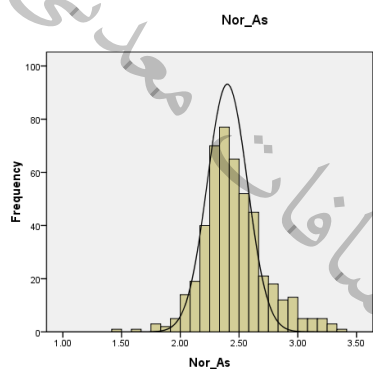
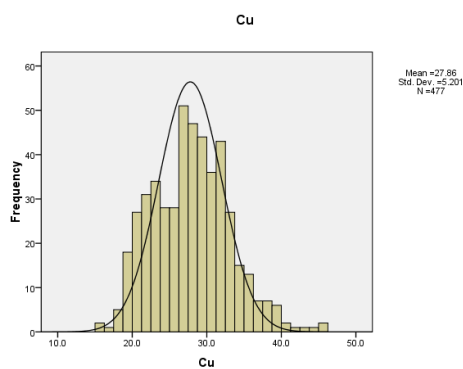
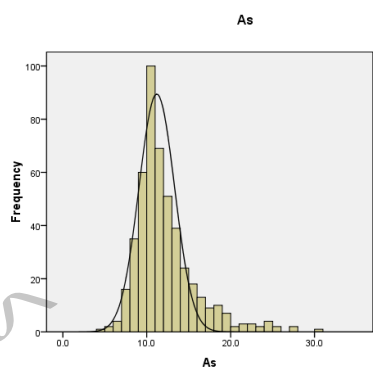
Ag, As, Au, Ba, Bi, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Ti, V, W, Zn

جدول ۵-۷ پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه قاسم آباد را نشان می‌دهد. در این جدول پارامترهای آماری شامل میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها آورده شده است. در شکل‌های ۵-۱۱ و ۵-۱۲ نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر اصلی آمده است.

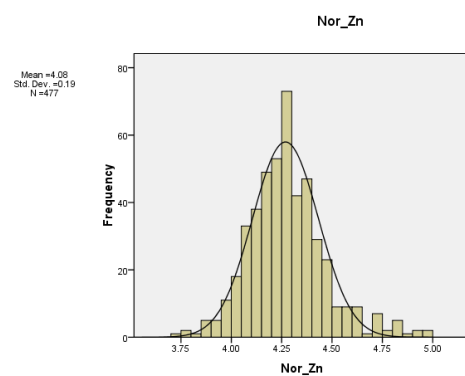
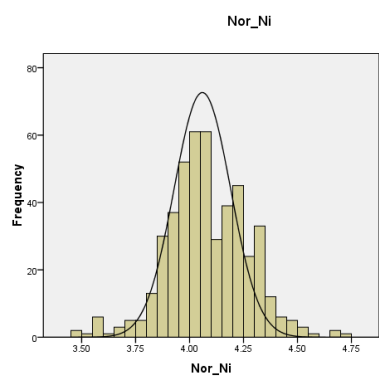
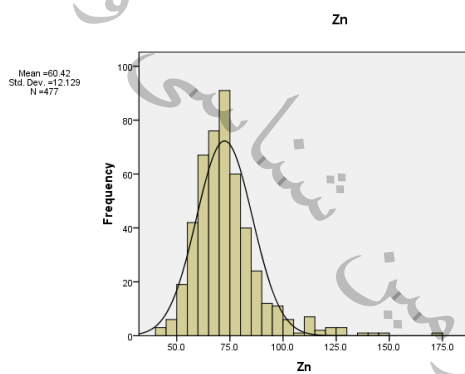
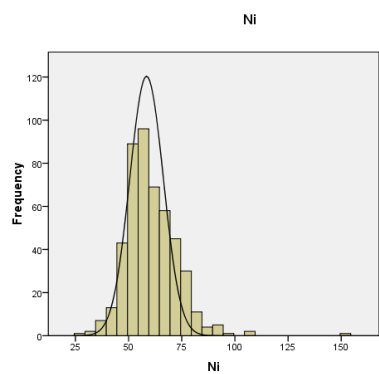
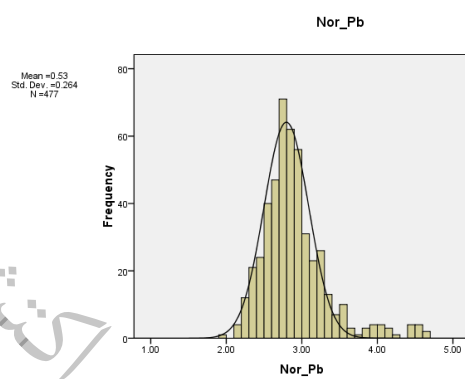
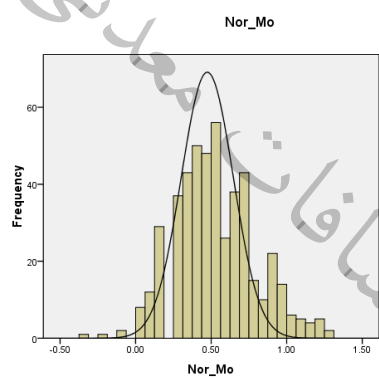
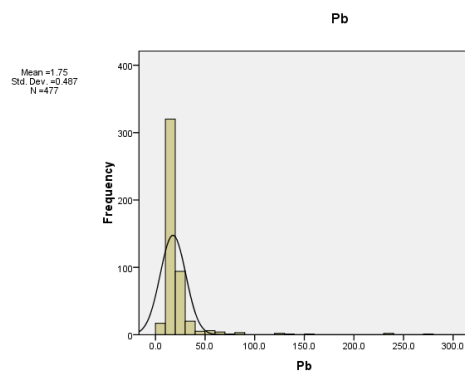
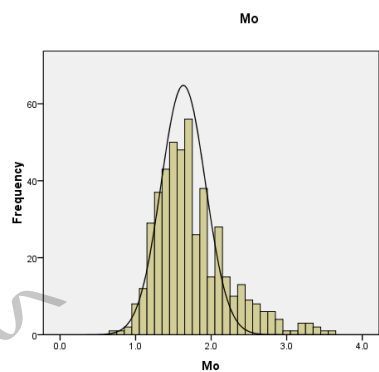


جدول ۵-۷- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برکه قاسم آباد

Statistics													
		Ag	Nor_Ag	As	Nor_As	Au	Nor_Au	Ba	Nor_Ba	Be	Bi	Nor_Bi	Co
N	Valid	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		.145	-2.009	12.149	2.459	.843	-.476	419.721	5.999	1.462	.246	-1.455	14.791
Median		.130	-2.040	11.4	2.434	.350	-1.050	380	5.940	1.400	.200	-1.609	14.7
Std. Deviation		.058	.393	3.607	.268	.786	.730	151.996	.236	.258	.081	.329	3.097
Skewness		1.078	-.415	1.643	.490	2.456	.811	4.897	1.727	.442	1.125	-.374	.993
Kurtosis		1.679	1.606	3.920	1.134	9.000	-.649	35.642	4.032	.021	3.206	1.246	2.757
Minimum		.008	-3.59	4.4	1.48	.35	-1.05	190	5.58	.9	.075	-2.59	7.3
Maximum		.390	-1.05	30.7	3.35	6.00	1.79	1950	7.05	2.3	.700	-.36	30.4
		Nor_Co	Cr	Nor_Cr	Cu	Nor_Cu	Fe	Nor_Fe	Hg	Nor_Hg	Li	Mg	Mn
N	Valid	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		2.673	98.438	4.559	27.862	3.310	3.750	1.295	.342	-1.446	29.569	19350.1	735.792
Median		2.688	97	4.575	27.800	3.325	3.650	1.295	.330	-1.109	28.3	18800	715
Std. Deviation		.200	25.48	.246	5.201	.189	.934	.207	.241	.975	7.601	4401.9	135.41
Skewness		.119	1.421	.085	.317	-.184	3.194	.329	.488	-.614	.928	1.589	1.224
Kurtosis		.159	4.996	1.251	.054	-.242	22.837	.955	-.280	-.976	1.036	5.770	2.794
Minimum		2.19	39	3.66	15.2	2.72	2.07	.73	.04	-3.22	15.5	11400	441
Maximum		3.30	243	5.49	45.4	3.82	11.90	2.10	1.64	-.15	62.3	48800	1440
		Nor_Mn	Mo	Nor_Mo	Ni	Nor_Ni	P	Pb	Nor_Pb	S	Sb	Nor_Sb	Sn
N	Valid	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		6.585	1.755	.527	60.415	4.082	.062	21.796	2.899	.050	1.039	.008	1.8
Median		6.572	1.700	.531	59	4.078	.061	16.700	2.815	.025	1.000	.00	1.7
Std. Deviation		.173	.487	.264	12.129	.190	.014	23.425	.440	.119	.289	.226	.470
Skewness		.453	1.061	.255	1.307	-.056	2.203	7.104	1.503	6.448	3.043	.782	3.019
Kurtosis		.663	1.324	.176	6.702	.664	16.797	61.635	3.330	46.043	18.662	1.311	19.042
Minimum		6.09	.7	-.36	27	3.45	.036	7.1	1.96	.010	.5	-.53	1.0
Maximum		7.16	3.6	1.28	151	4.70	.193	277.0	4.66	1.240	3.7	.88	6.2
		Nor_Sn	Sr	Th	Ti	Nor_Ti	V	Nor_V	W	Nor_W	Zn	Nor_Zn	
N	Valid	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477	
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mean		.561	327.503	8.287	4096.29	8.281	101.109	4.605	1.386	.238	73.449	4.277	
Median		.531	291.000	7.940	3760	8.232	100	4.605	1.300	.262	71.1	4.264	
Std. Deviation		.217	176.239	1.806	1259.95	.247	15.121	.142	.648	.414	15.565	.192	
Skewness		.818	6.523	1.469	2.689	1.036	1.056	-.195	3.358	-.201	1.756	.645	
Kurtosis		1.602	58.295	3.734	12.039	1.278	3.331	.592	25.375	.713	5.764	1.449	
Minimum		.00	134.0	5.21	2330	7.75	66	4.19	.4	-.92	40.9	3.71	
Maximum		1.41	2420.0	17.50	13800	9.16	184	5.08	7.9	1.66	170.0	5.00	



شکل ۵-۱۲- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر As, Co, Cu, Mn



شکل ۵-۱۳- نمودار هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر Mo, Ni, Pb, Zn

۵-۴- جدایش ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی براساس میانه و انحراف معیار $X + nS$

یکی از چالش‌های اکتشافات معدنی، جداسازی و آشکارسازی مقادیر ناهنجار از زمینه و تشخیص ناهنجاری‌های کاذب و تصادفی از ناهنجاری‌های واقعی است. برای جدایش مقادیر ناهنجار می‌توان از تکنیک‌های بسیار متنوع آماری که در کتب رفرنس و مقالات ارائه شده است و یا از روش‌های مبتنی بر توزیع فضایی داده‌ها یا حوضه تاثیر نمونه در محیط نمونه‌برداری استفاده نمود. برای تعیین آنومالی‌های واقعی از کاذب هم بهترین روش استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های چند متغیره است تا نمونه‌ها و مناطق ناهنجار با استفاده از چندین عامل معرفی و تایید شوند و در صورت عدم تایید پارامترهای مختلف برای معرفی یک نمونه یا یک منطقه، آن نمونه یا آن محدوده حذف شده و یا از اولویت کمتری در مراحل بعدی اکتشاف برخوردار خواهند شد.

در مراحل پیجویی یا اکتشافات کوچک مقیاس به دلیل مساحت بالای تحت پوشش یک نمونه و ترقیق شدید ناهنجاری به دلیل اختلاط بالای عوامل سنگ‌ساز، بایستی به مقادیر ناهنجار (حتی تک نمونه‌ها) توجه لازم را داشت تا با بی‌توجهی و عدم پالایش درست نمونه‌ها، حوضه‌هایی که پتانسیل تبدیل شدن به یک معدن را می‌توانند داشته باشند، حذف نشوند.

برای تهیه نقشه‌های ژئوشیمیایی از مقادیر زمینه برای تعیین حد آستانه‌ای استفاده می‌شود. طبق نظر هاکس و وب ۱ و لپلتیه ۲ زمینه را می‌توان مقدار میانگین داده‌های ژئوشیمیایی در نظر گرفت. در توابع توزیع غیرنرمال می‌توان مقدار میانه را برای این منظور در نظر گرفت. در این پروژه از پارامتر میانه جهت محاسبه حدود ناهنجاری‌ها استفاده گردیده است. لازم به یادآوری است که زمینه یک مقدار مشخص نبوده بلکه دامنه‌ای از مقادیر را شامل می‌شود.

برای تعیین حد آستانه‌ای نیاز به پارامتر دیگری به نام انحراف معیار است. طبق تجزیه و تحلیل‌های آماری در یک توزیع نرمال حدود ۸۴ درصد تجمعی از داده‌ها شامل $X + S$ و ۹۷/۵ درصد از داده‌ها شامل $X + 2S$ و بالاخره ۹۹/۵ درصد از داده‌ها شامل $X + 3S$ می‌شوند.

در مطالعات ژئوشیمیایی معمولاً محدوده $X + 2S$ را برای تعیین حد آستانه‌ای انتخاب می‌کنند. به عبارت دیگر مقادیر بزرگتر از $X + 2S$ به عنوان ناهنجاری مورد توجه قرار می‌گیرند. هاوکس و وب خاطر نشان ساختند که مقادیر بین $X + 2S$ و $X + 3S$ می‌توانند به عنوان ناهنجاری‌های ممکن ۳ و مقادیر بزرگتر از $X + 3S$ به عنوان ناهنجاری‌های احتمالی ۴ طبقه‌بندی شوند. در این پروژه از این روش به لحاظ سادگی و کارایی آن جهت جدایش ناهنجاری‌های عناصر مختلف استفاده گردیده است. بنابر آنچه که در مطالب بالا

¹ Hawkes and Webb, 1962

² Lepeltier, 1969

³ Possible Anomaly

⁴ Probable Anomaly



بیان شد،، حدود ناهنجاری‌های عناصر مختلف بر اساس مقادیر میانه و انحراف معیار مشخص گردید. که عبارتند از:

مقادیر کمتر از $X + S$ به عنوان حد زمینه

مقادیر بین $X + S$ و $X + 2S$ به عنوان حد آستانه‌ای

مقادیر بین $X + 2S$ و $X + 3S$ به عنوان حد ناهنجاری ممکن

مقادیر بیش از $X + 3S$ به عنوان حد ناهنجاری احتمالی

۵-۵- 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، آماده سازی، روش آنالیز مفید و کارساز با حد خطای مجاز و سرانجام داده پردازشی‌های 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 ژئوفیزیک‌هوایی و نمودهای 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 به‌صورت 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). این‌گونه نقشه‌ها معمولاً با روش‌های مختلف تخمین زده می‌شوند و با رنگ‌های انتخابی مرز بین ناهنجاری‌ها و مقادیر عادی مشخص می‌گردند.

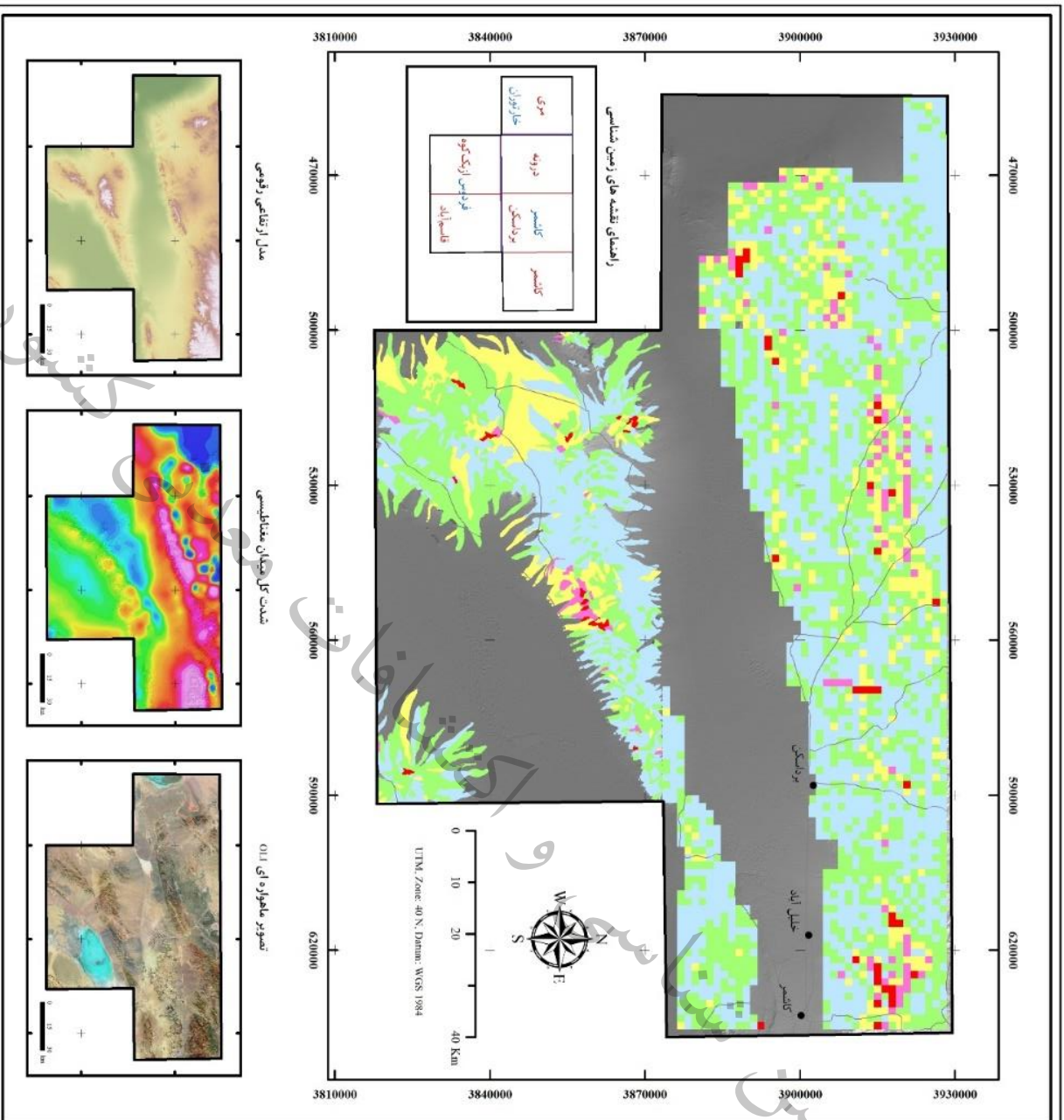
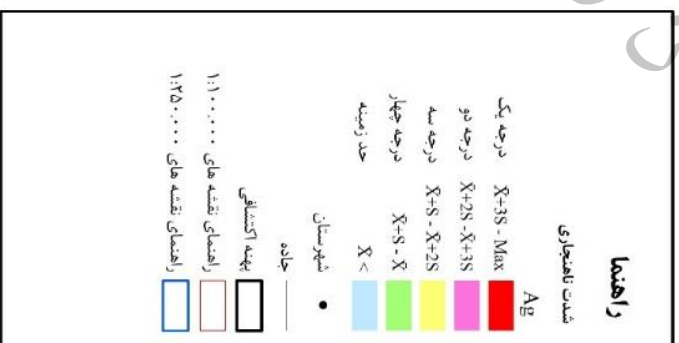
- نقشه‌هایی که غلظت عناصر را در محل نمونه‌هایشان نشان می‌دهند (به‌صورت نقطه‌ای یا ترسیم حوضه آبریز نمونه‌ها). این نقشه‌ها بسیار گویا و ساده می‌باشند و با توجه به نماد انتخابی، بسته به عیار نماد مربوطه، بزرگ و کوچک می‌گردند و به راحتی می‌توان محل ناهنجاری‌ها را مشخص نمود. در محدوده مطالعاتی پس از پردازش داده‌های ژئوشیمیایی و تعیین حدود ناهنجاری‌های 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 ناهنجاری‌های هر

نمونه به حوضه بالا دست آن نسبت داده شده و برای هر درجه ناهنجاری یک رنگ خاص اختصاص یافت. در نقشه‌های ناهنجاری ژئوشیمیایی این محدوده، مقادیر فاقد داده ژئوشیمیایی با رنگ آبی، مقادیر کمتر از مقدار $X+S$ با رنگ سبز، مقادیری که در فاصله $X+S$ و $X+2S$ قرار دارند با رنگ زرد، مقادیر بین $X+2S$ و $X+3S$ با رنگ بنفش و مقادیر بزرگتر از $X+3S$ با رنگ قرمز نمایش داده شده‌اند.

نقشه ۲-۵ الی ۲۱-۵ توزیع ژئوشیمیایی عناصر مختلف در محدوده مطالعاتی کاشمر را نشان می‌دهند.

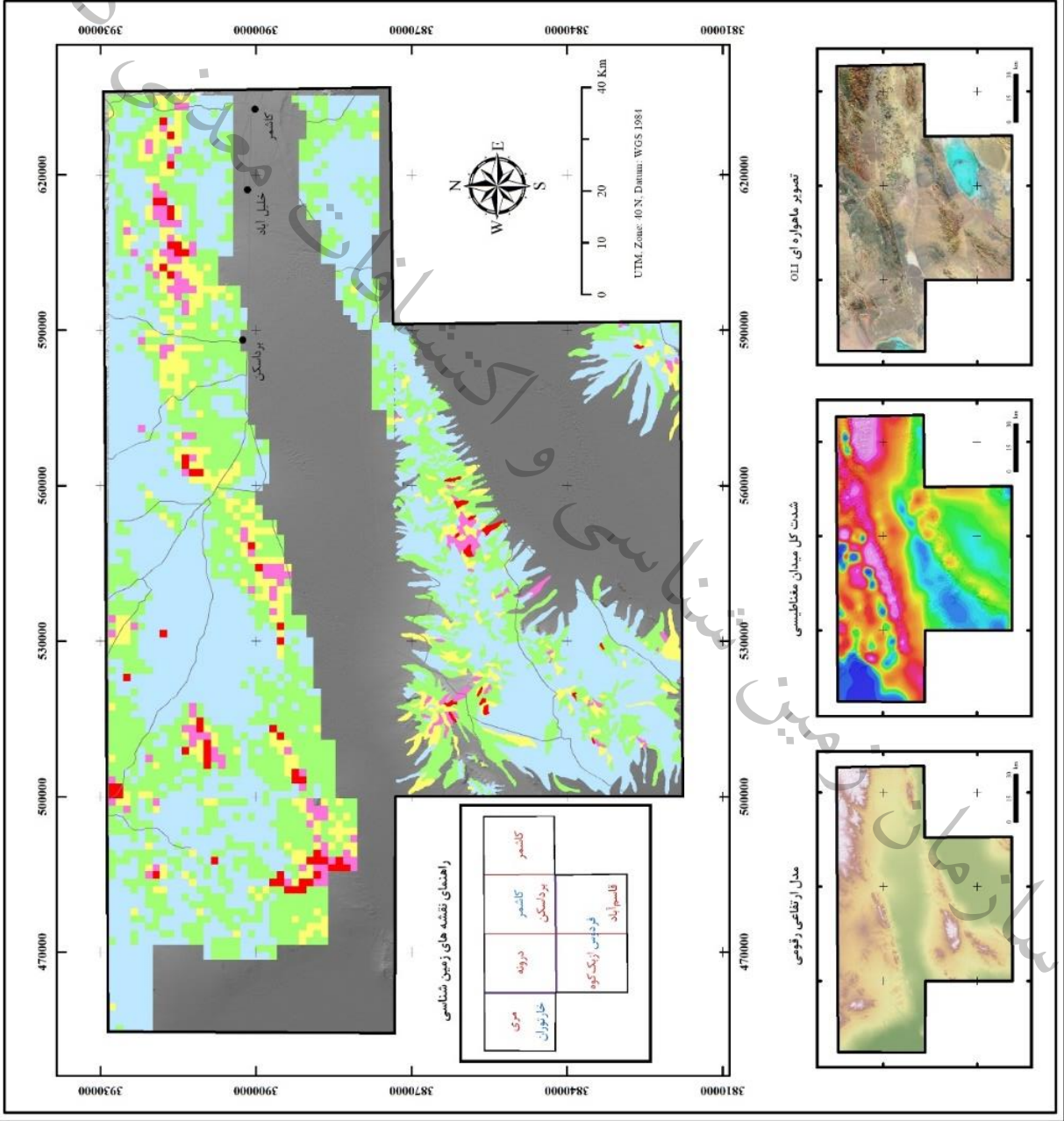
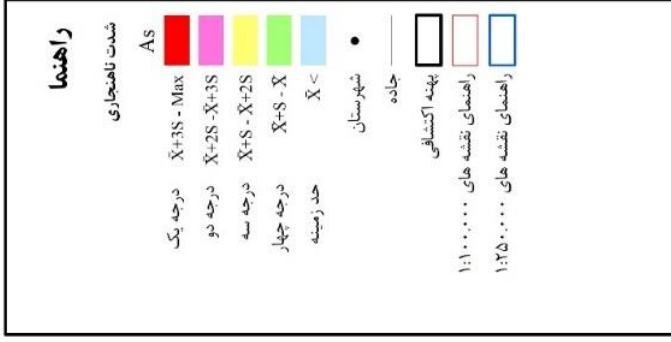
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر نقره



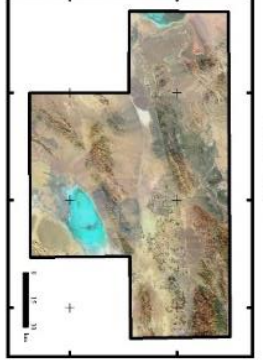
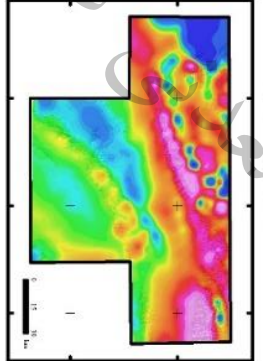
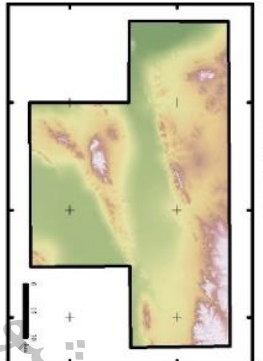
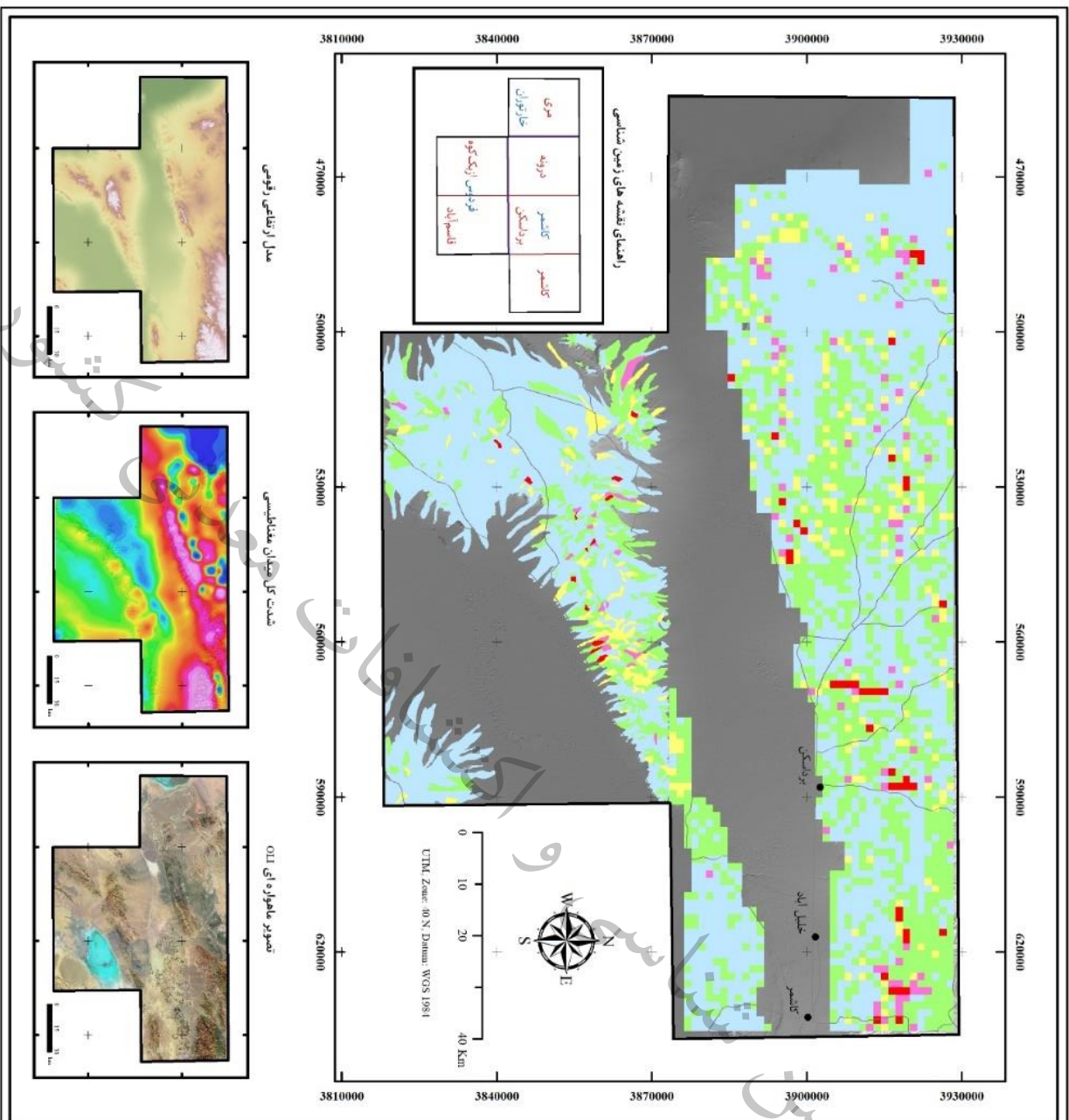
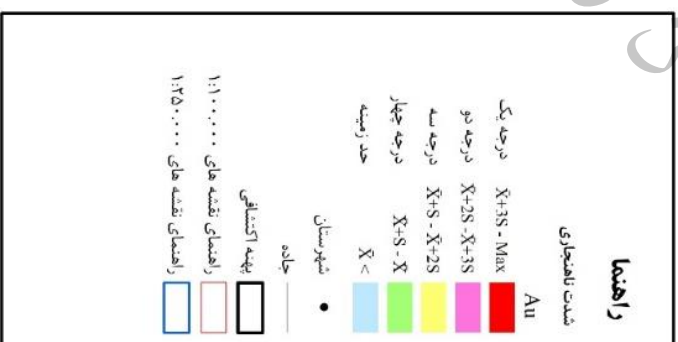
شکل ۵-۱۴- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر نقره در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر آرسنیک



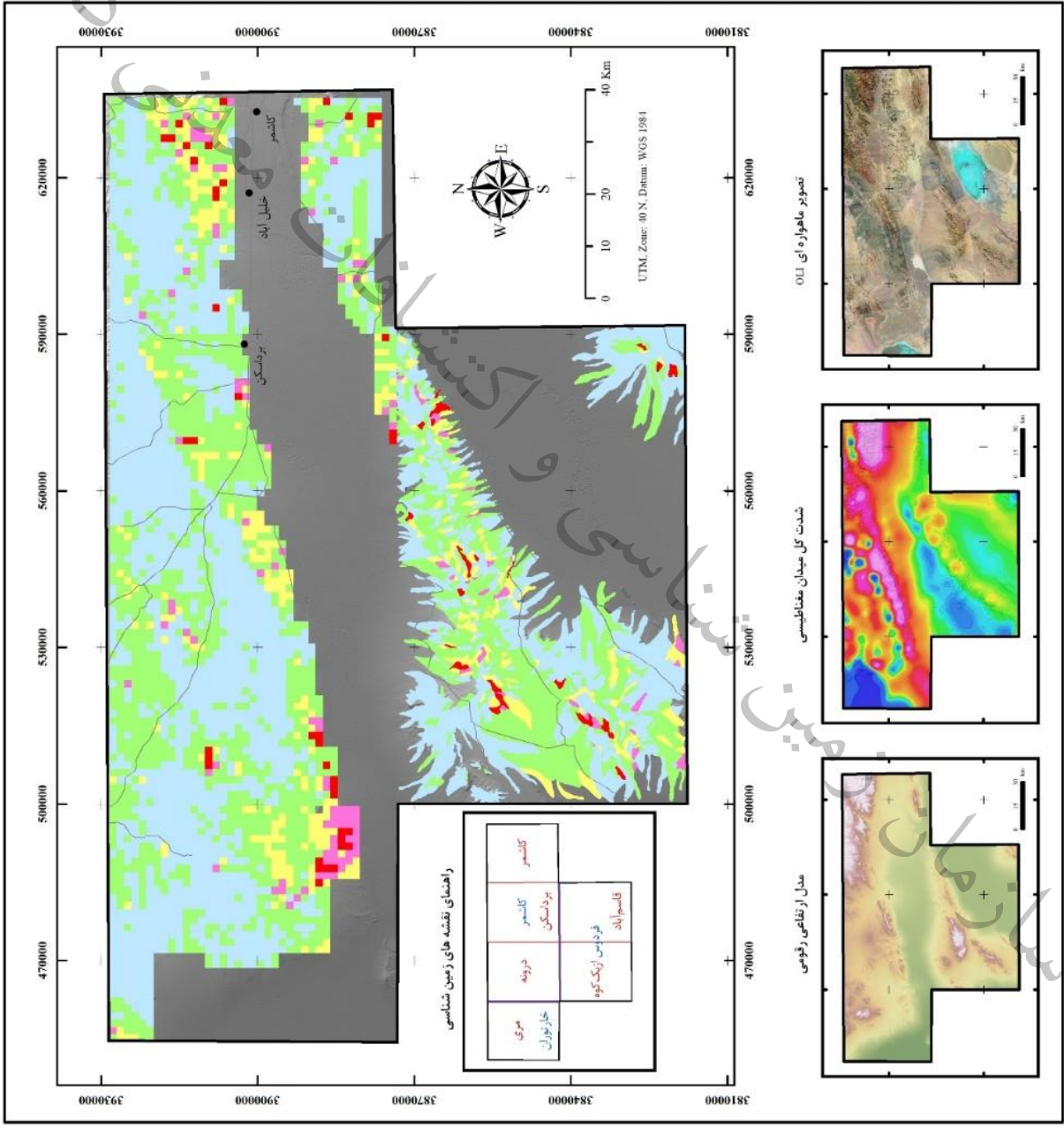
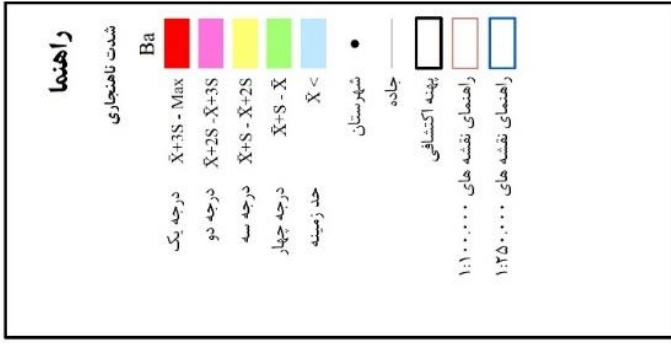
شکل ۵-۱۵ - شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر آرسنیک در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر طلا



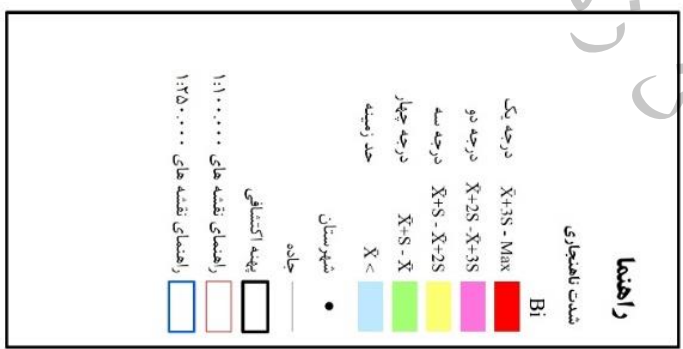
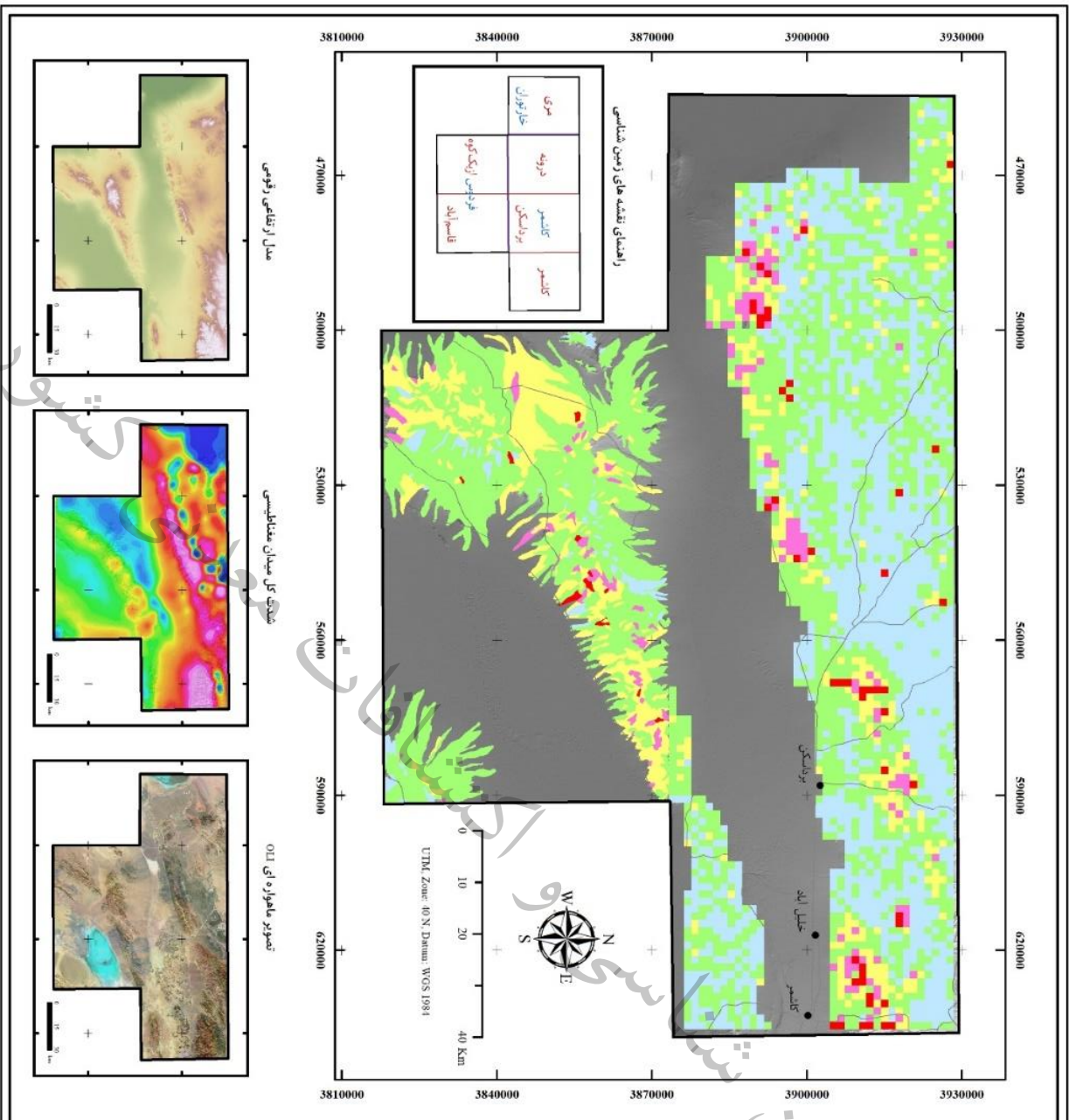
شکل ۵-۱۶- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر طلا در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر باریم



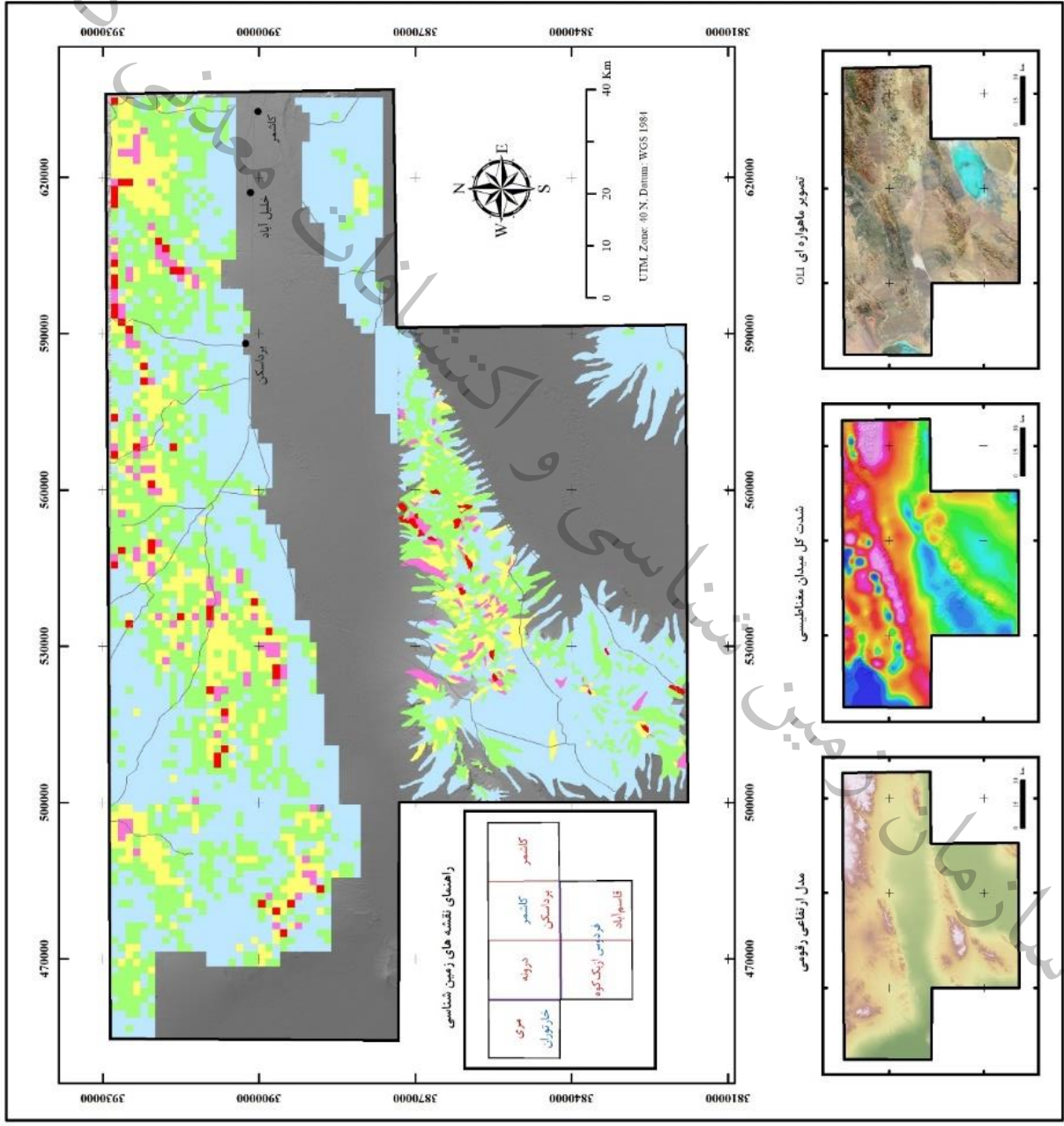
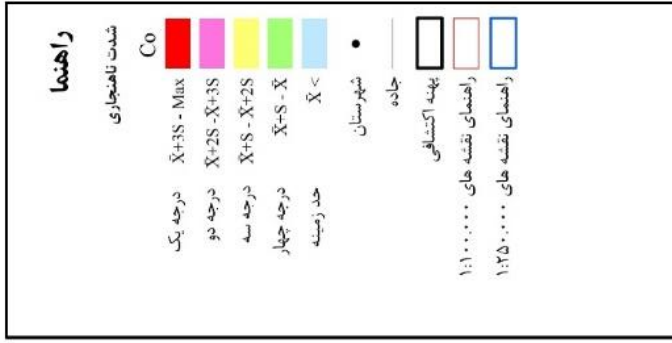
شکل ۵-۱۷ - شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر باریم در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر بیسموت



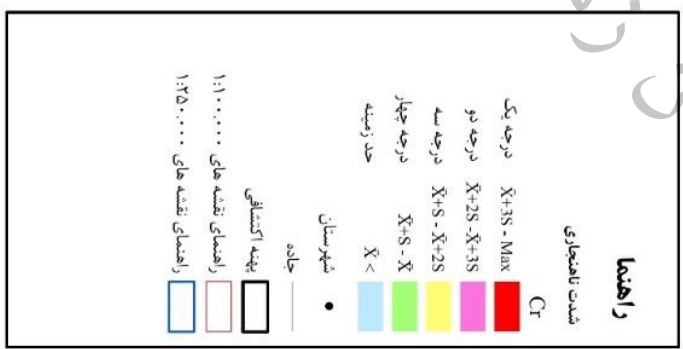
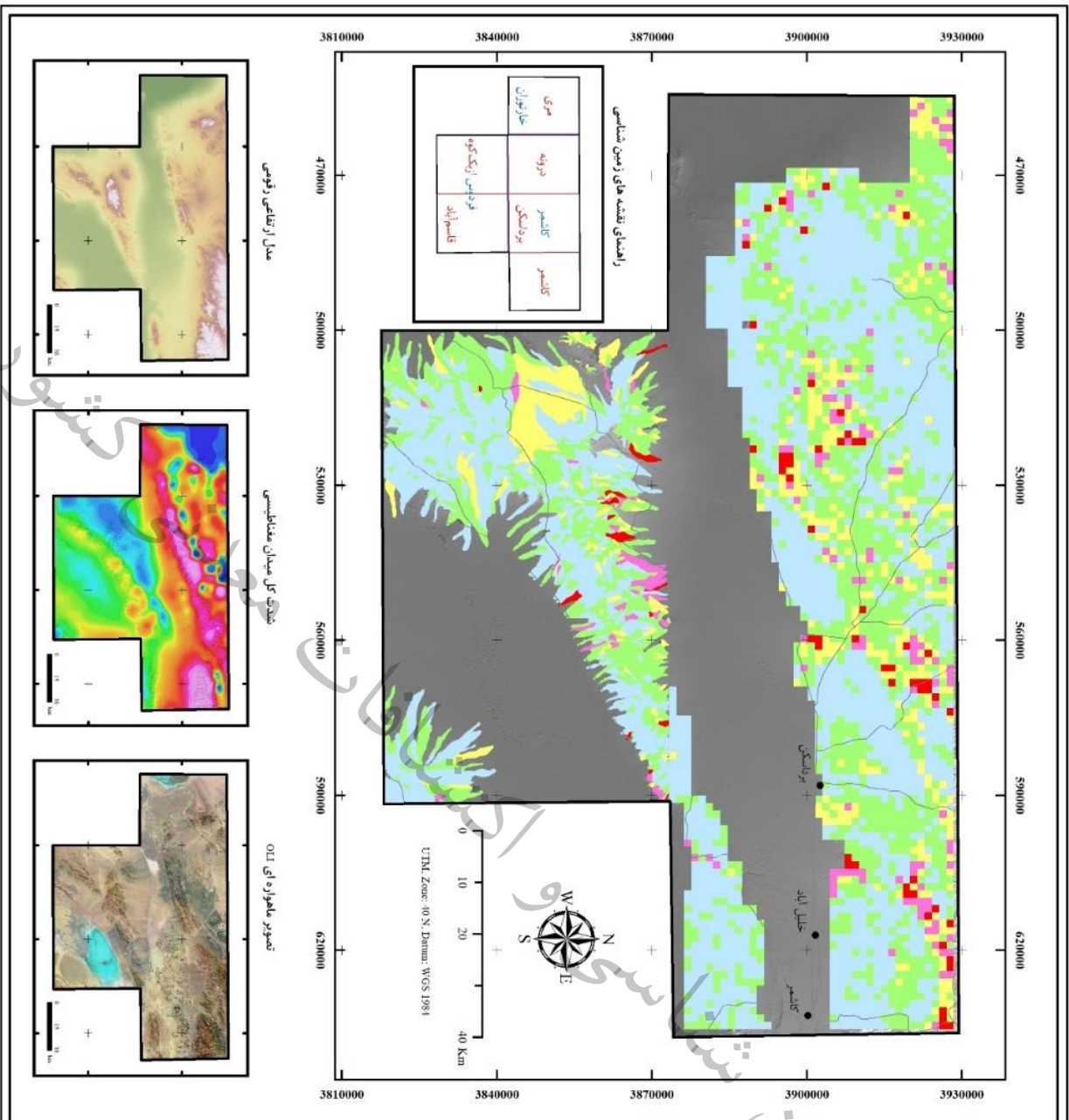
شکل ۵-۱۸- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر بیسموت در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر کبالت



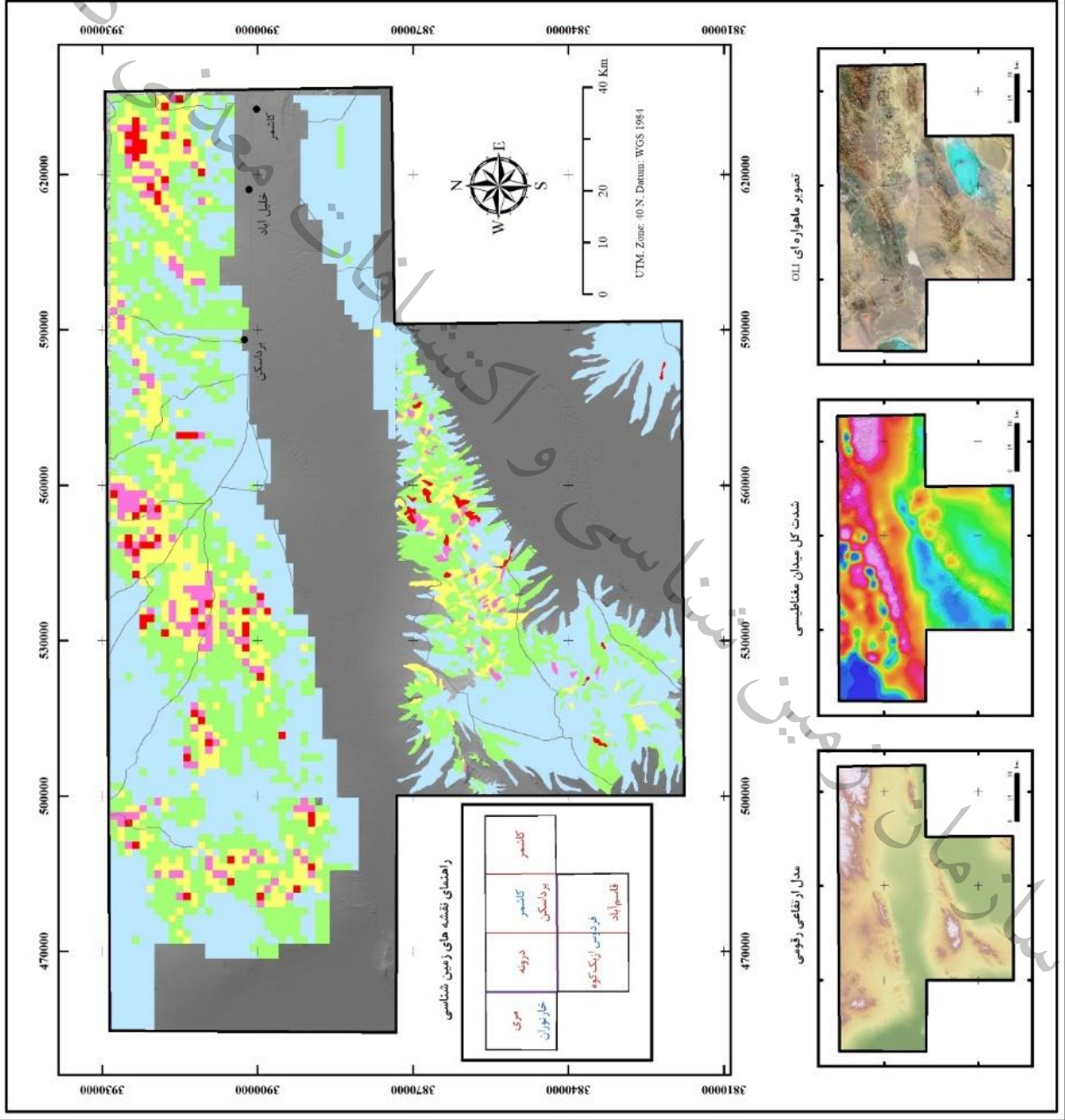
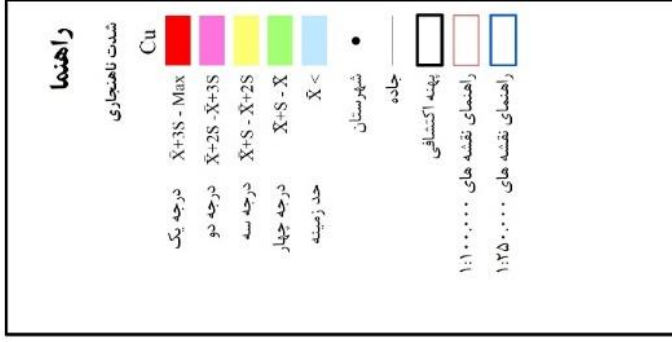
شکل ۵-۱۹ - شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر کبالت در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر کروم



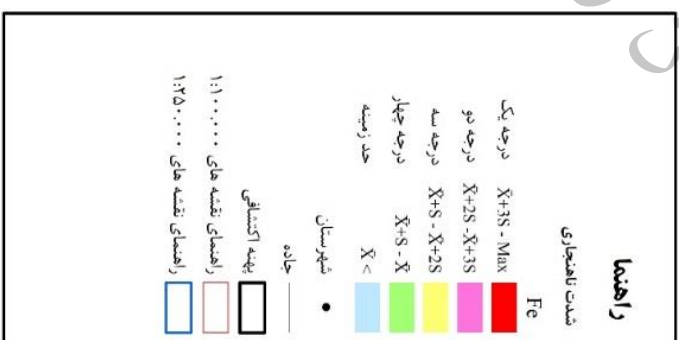
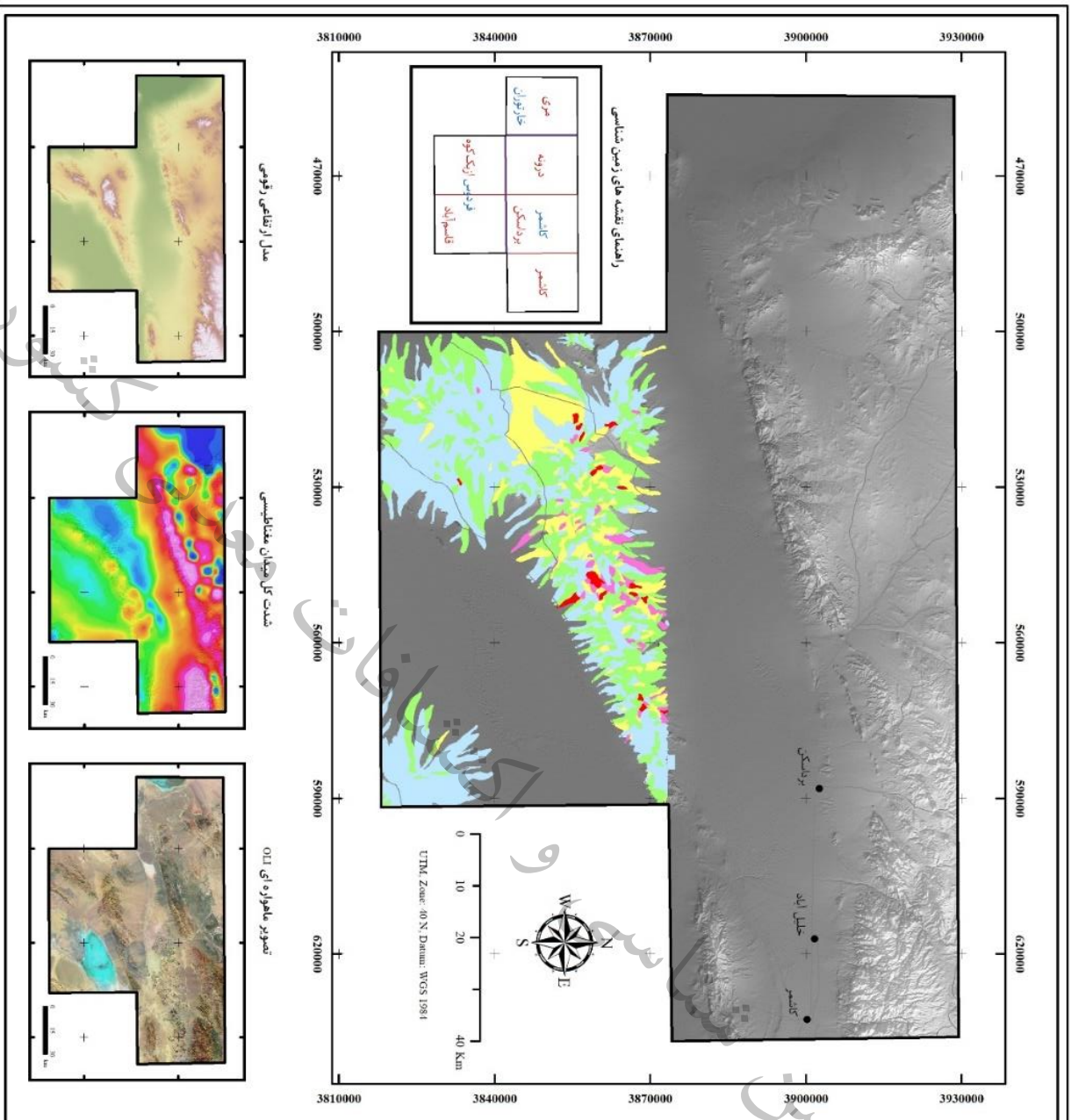
شکل ۵-۲- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر کروم در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر مس



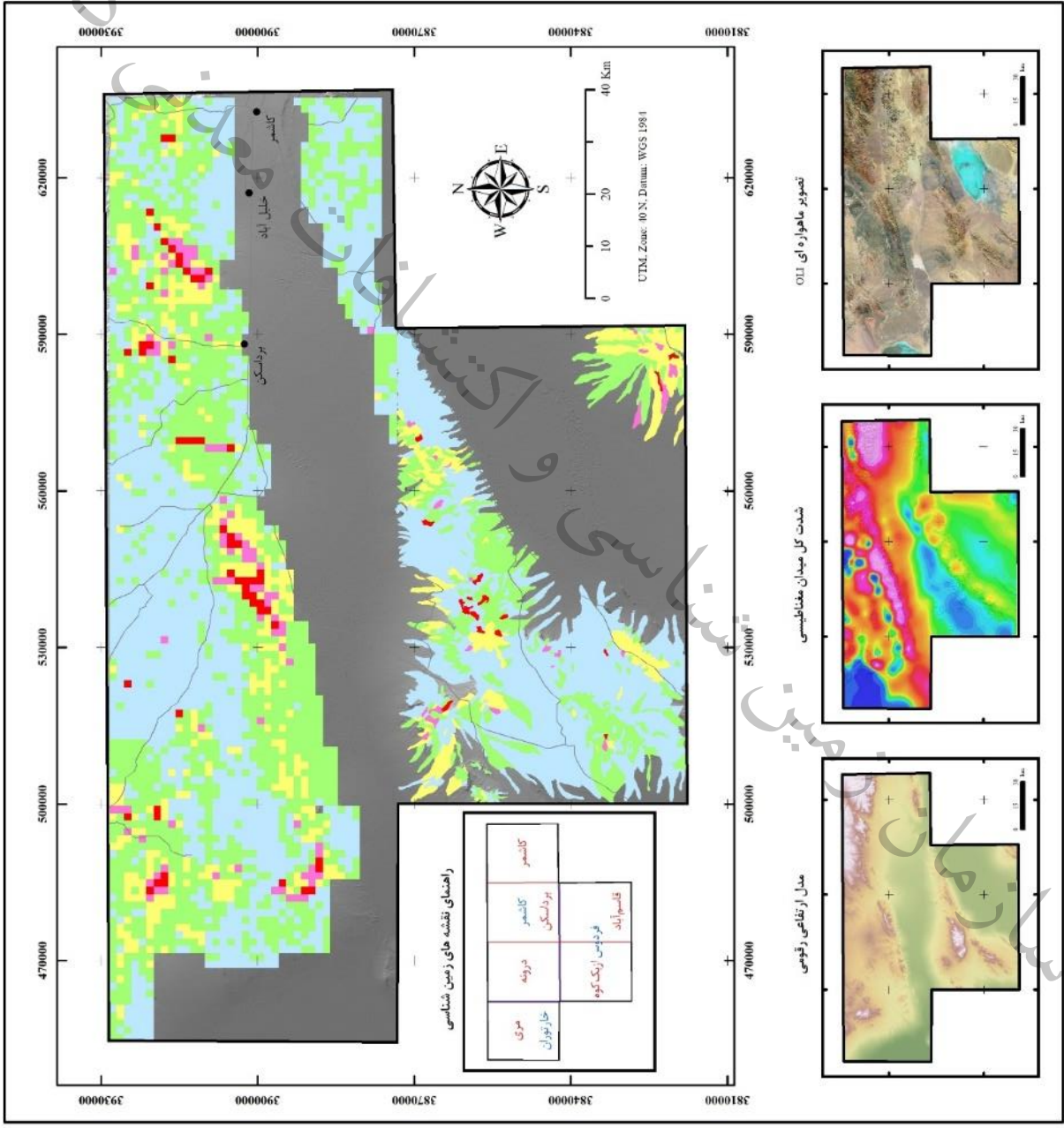
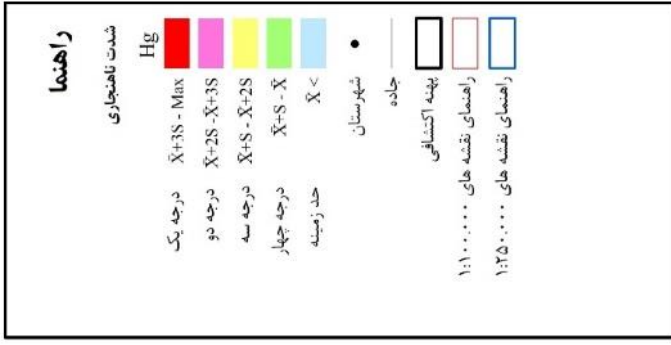
شکل ۵-۲۱- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر مس در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر آهن

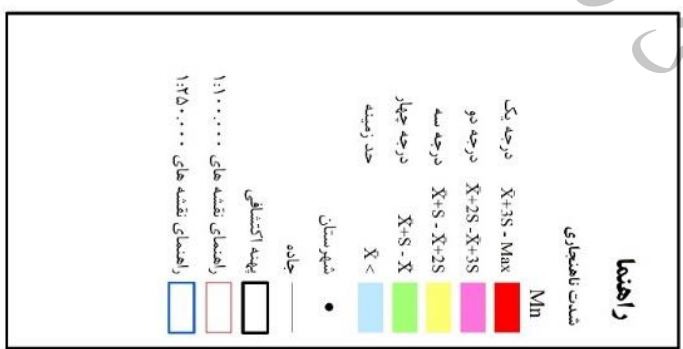
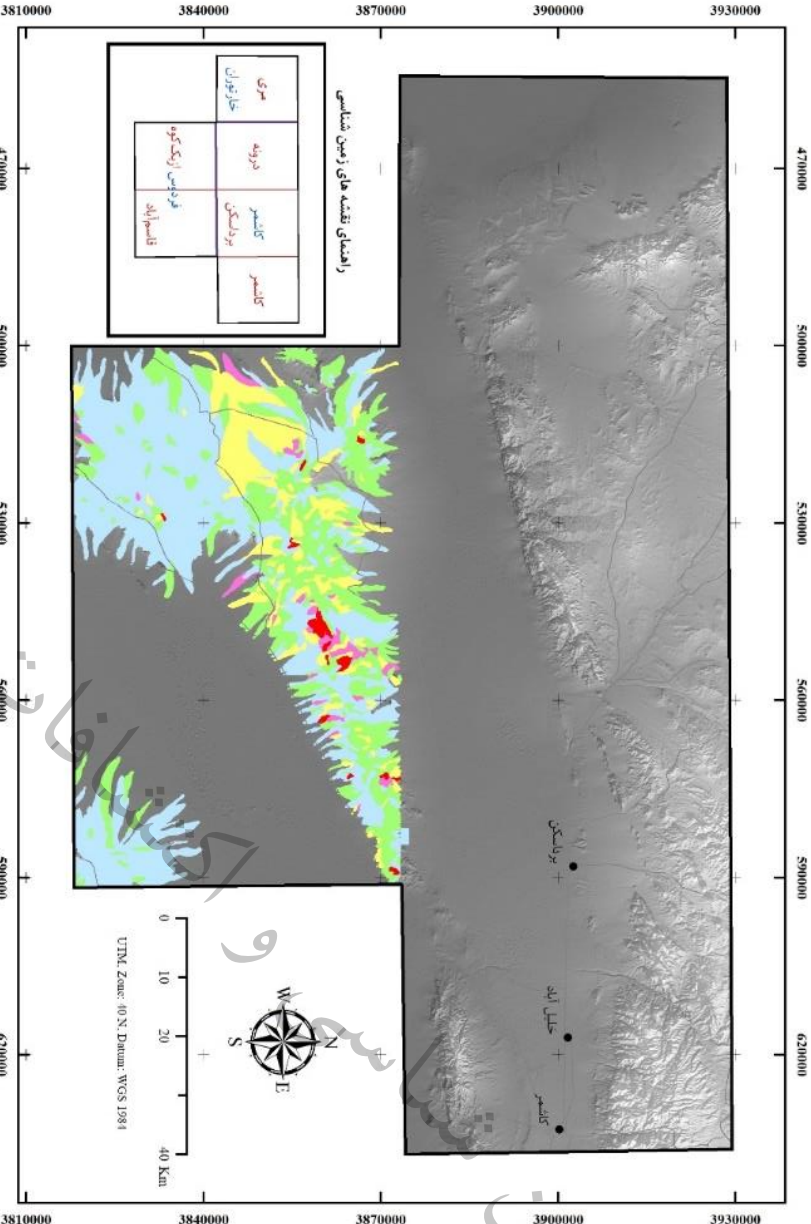
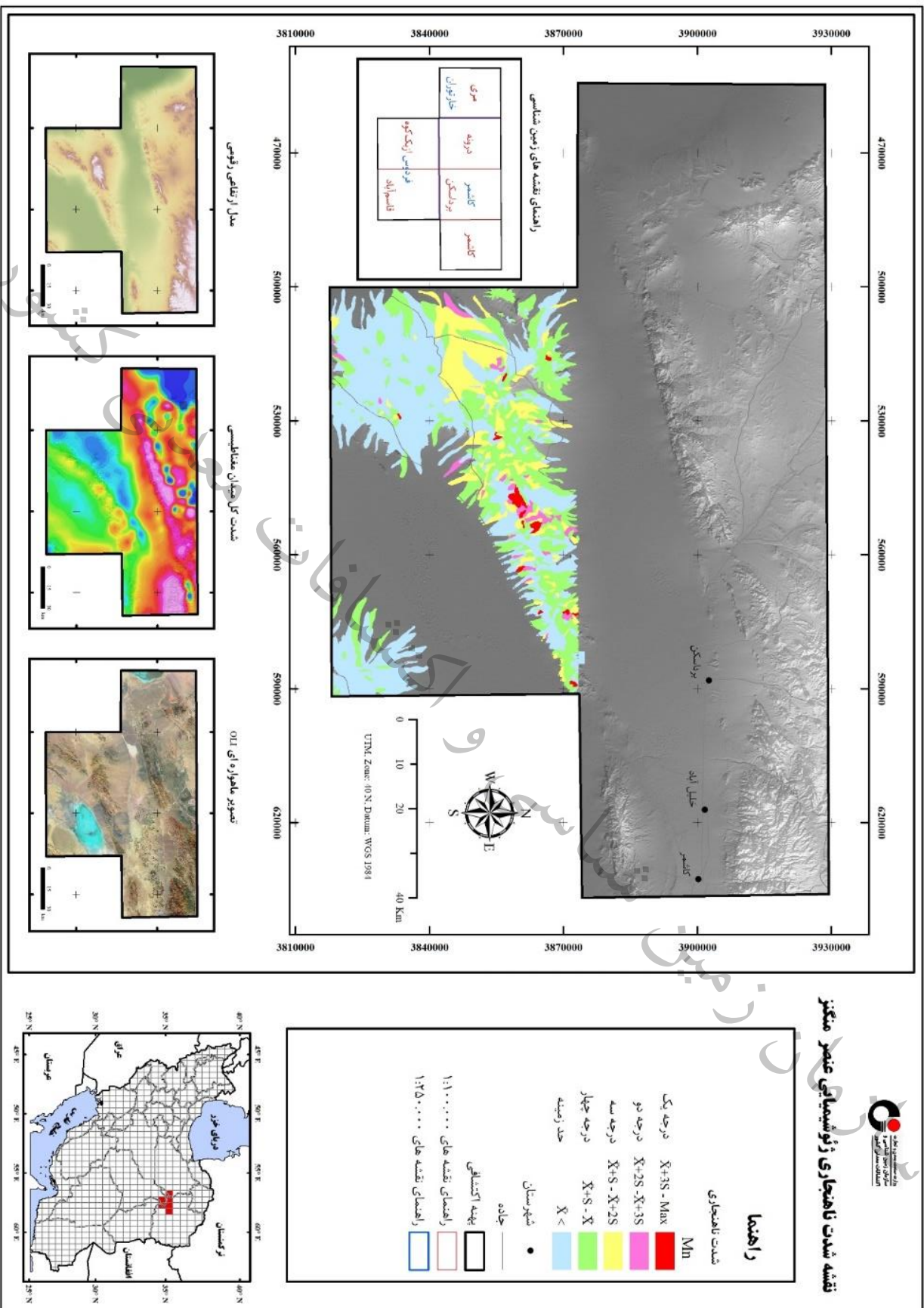


شکل ۵-۲۲- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر آهن در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر جیوه

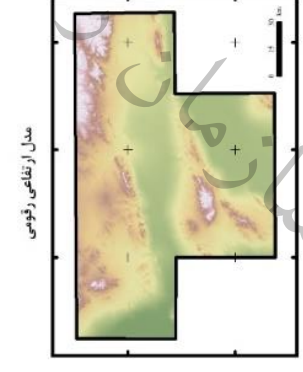
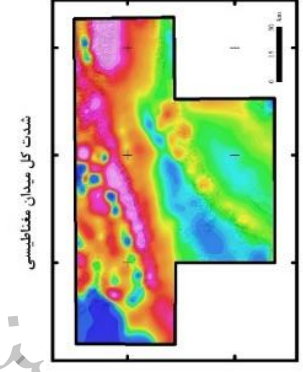
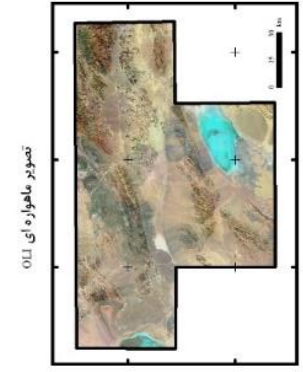
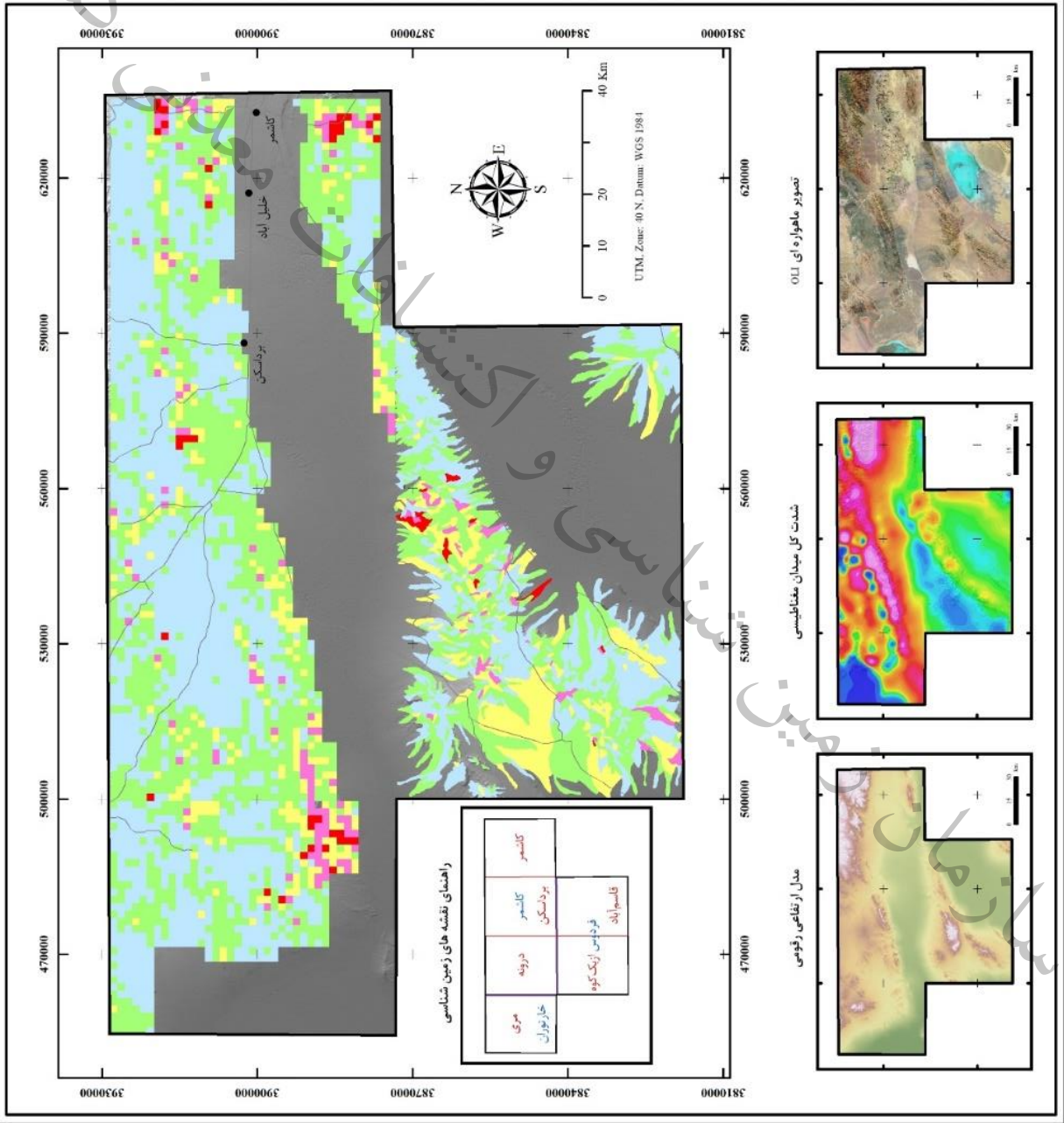
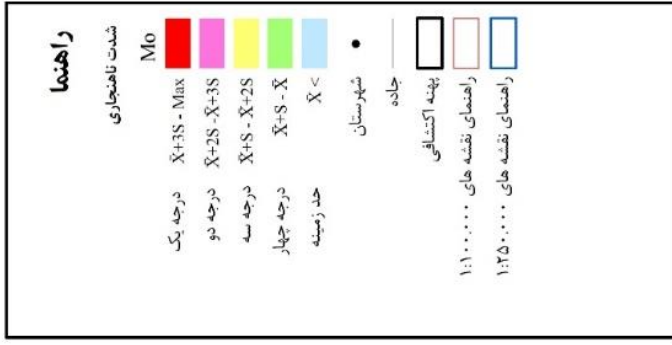


شکل ۵-۲۳- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر جیوه در محدوده مطالعاتی کاشمر

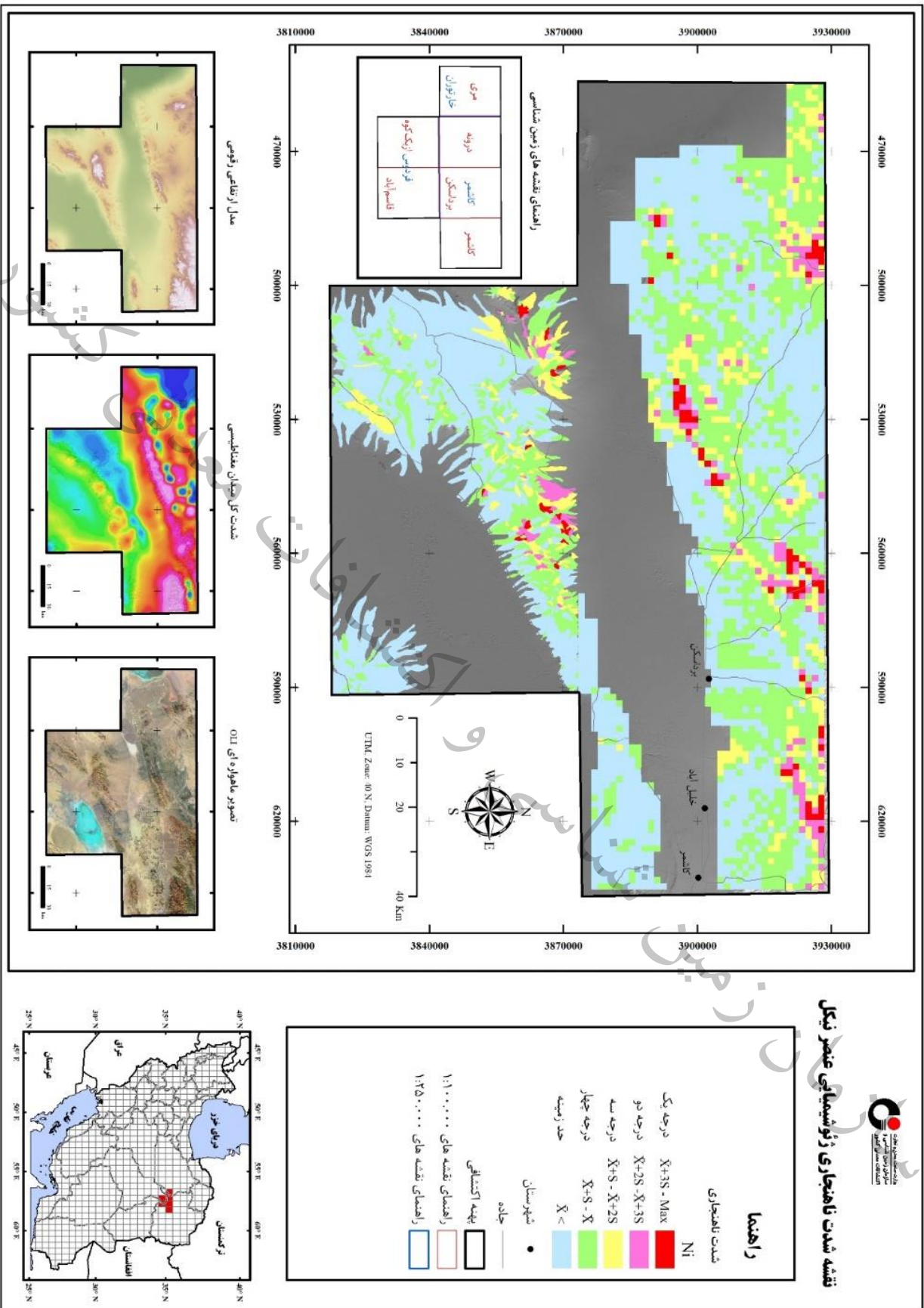


شکل ۵-۲۴- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر منگنز در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر مولیبدن

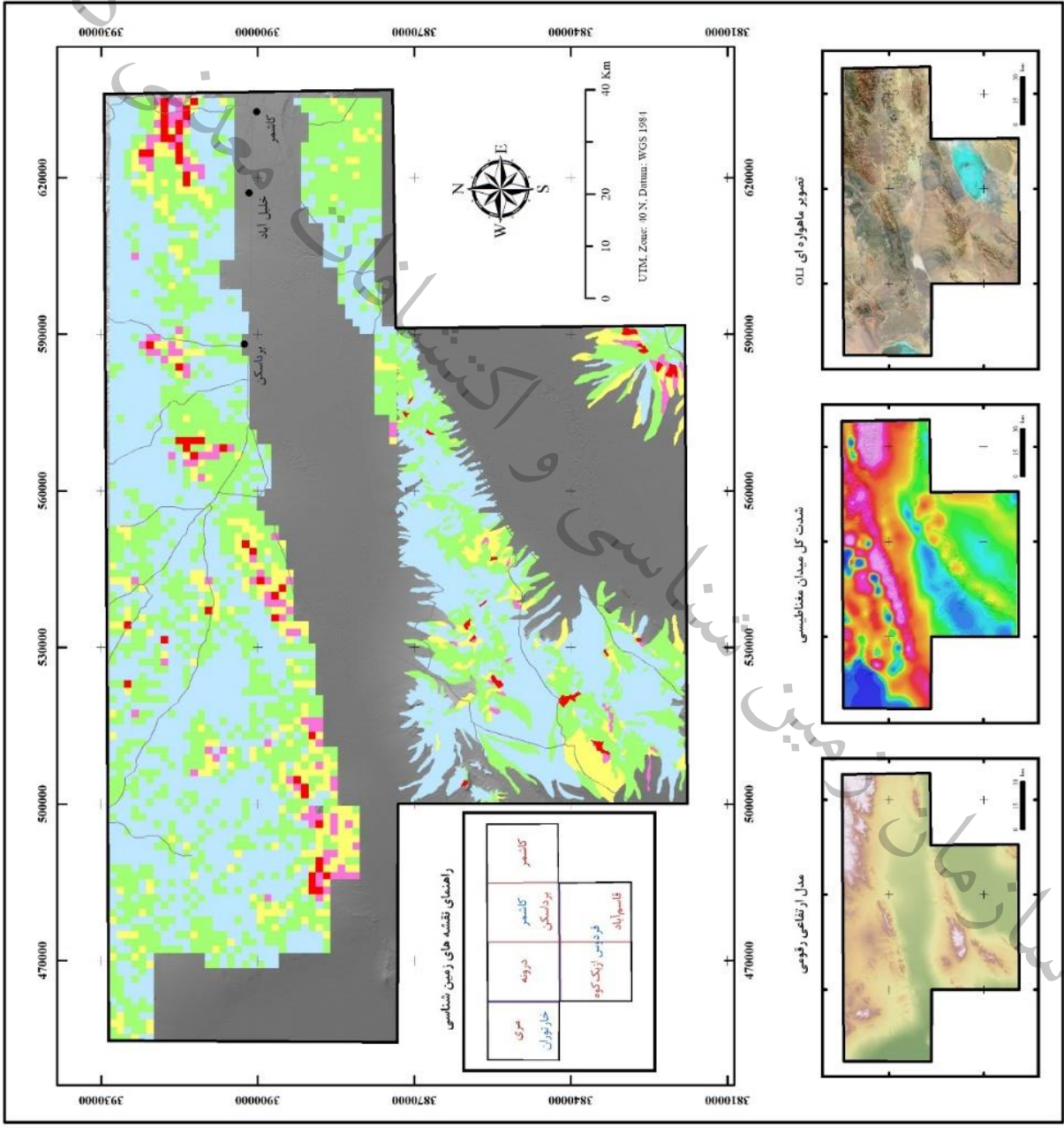
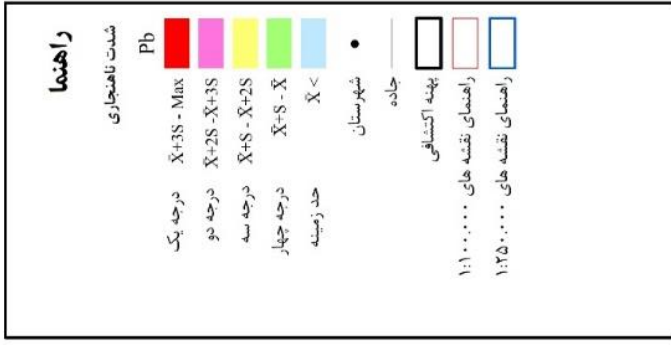


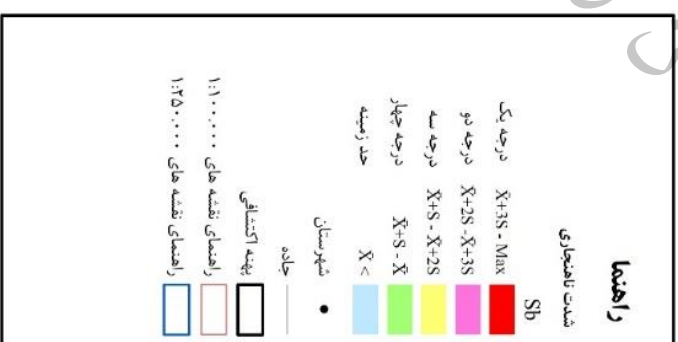
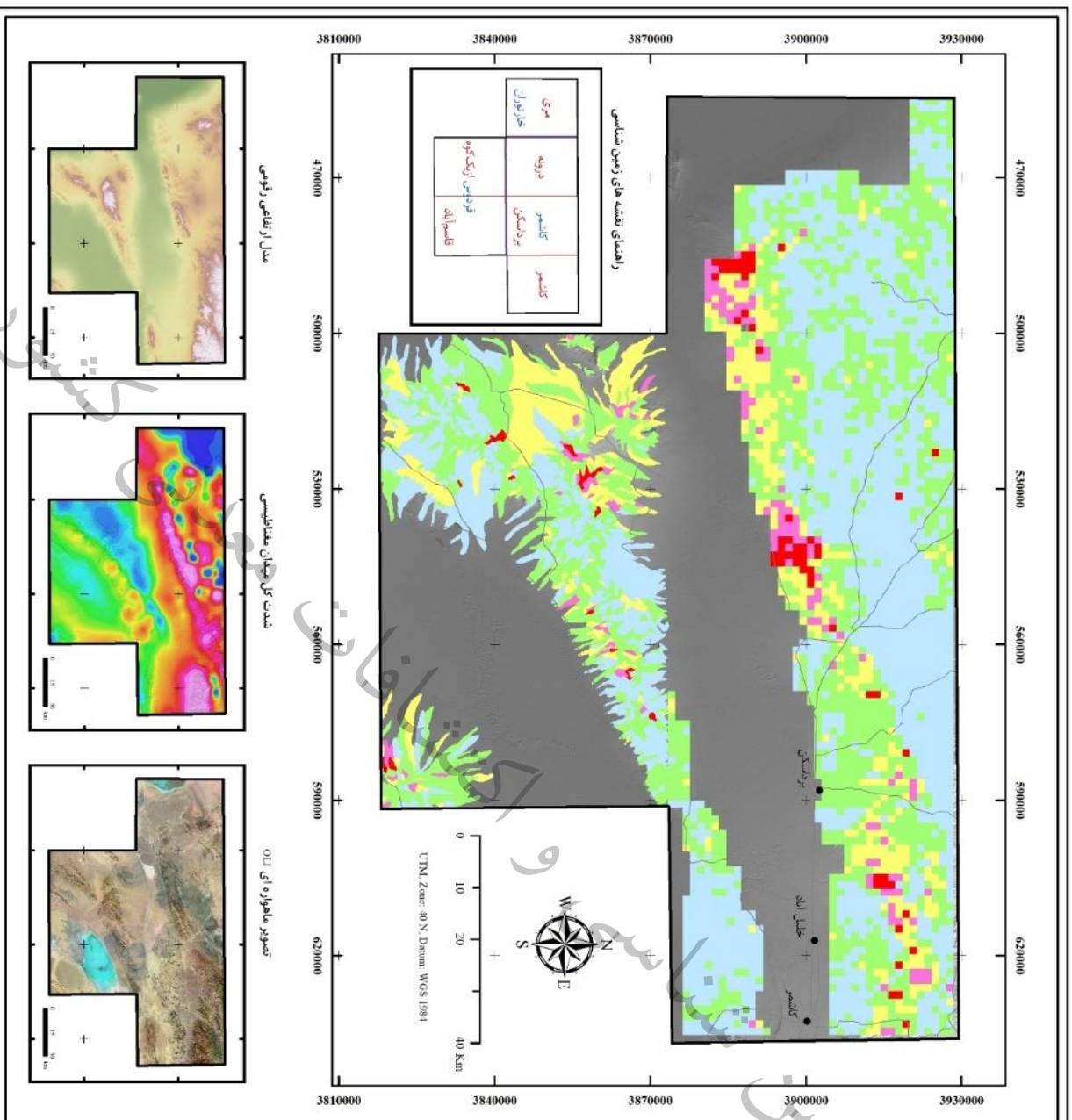
شکل ۵-۲۵- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر مولیبدن در محدوده مطالعاتی کاشمر



شکل ۵-۲۶- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر منگنز در محدوده مطالعاتی کاشمر

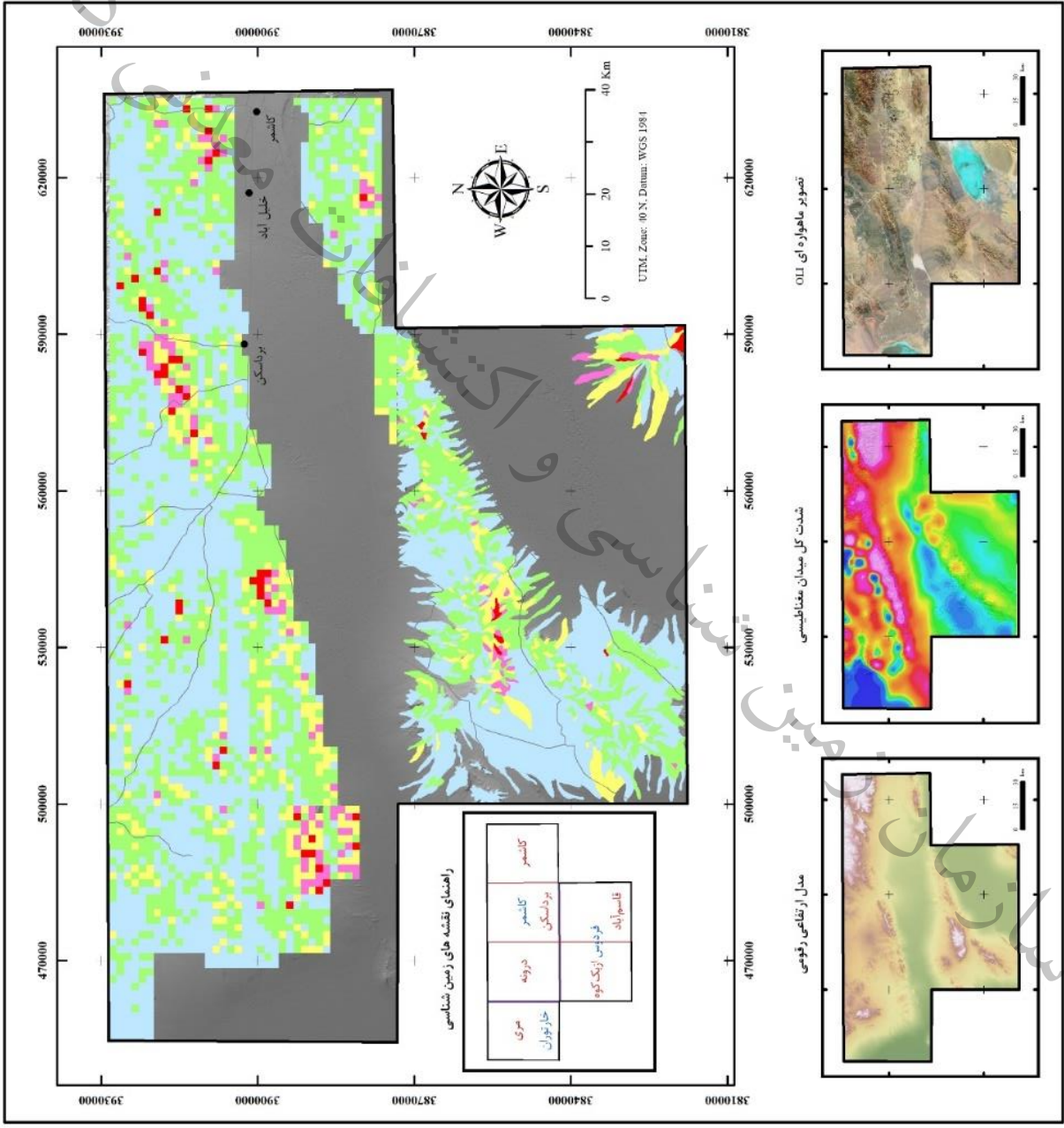
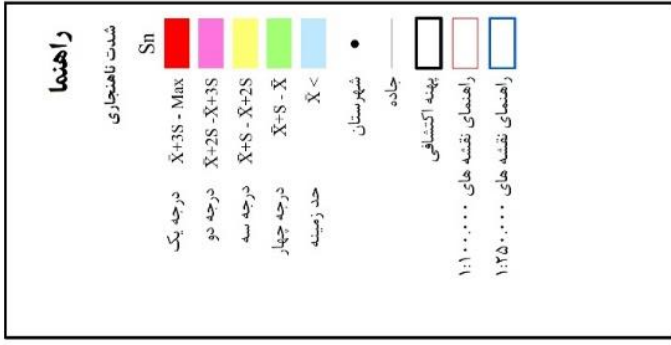
نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر سرب





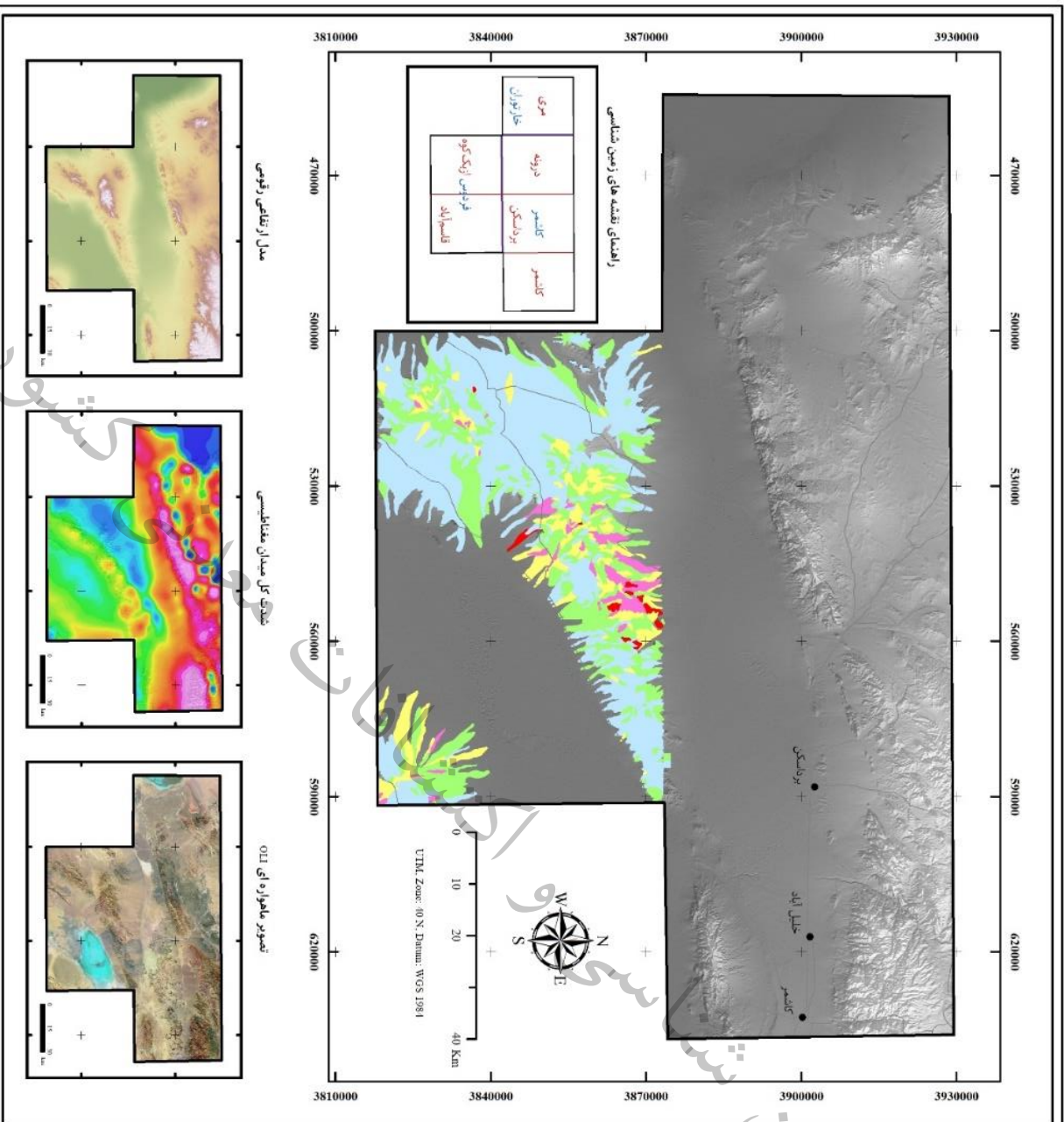
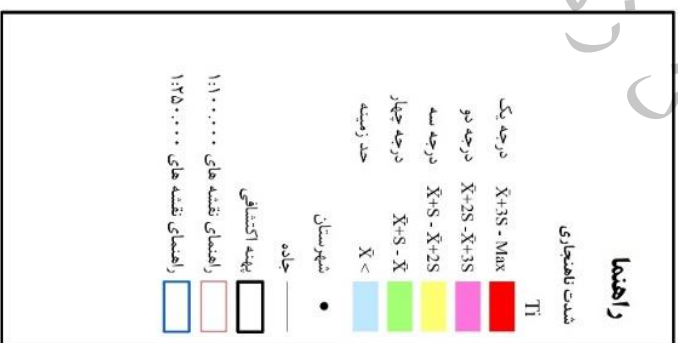
شکل ۵-۲۸- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر آنتیموان در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر قلع



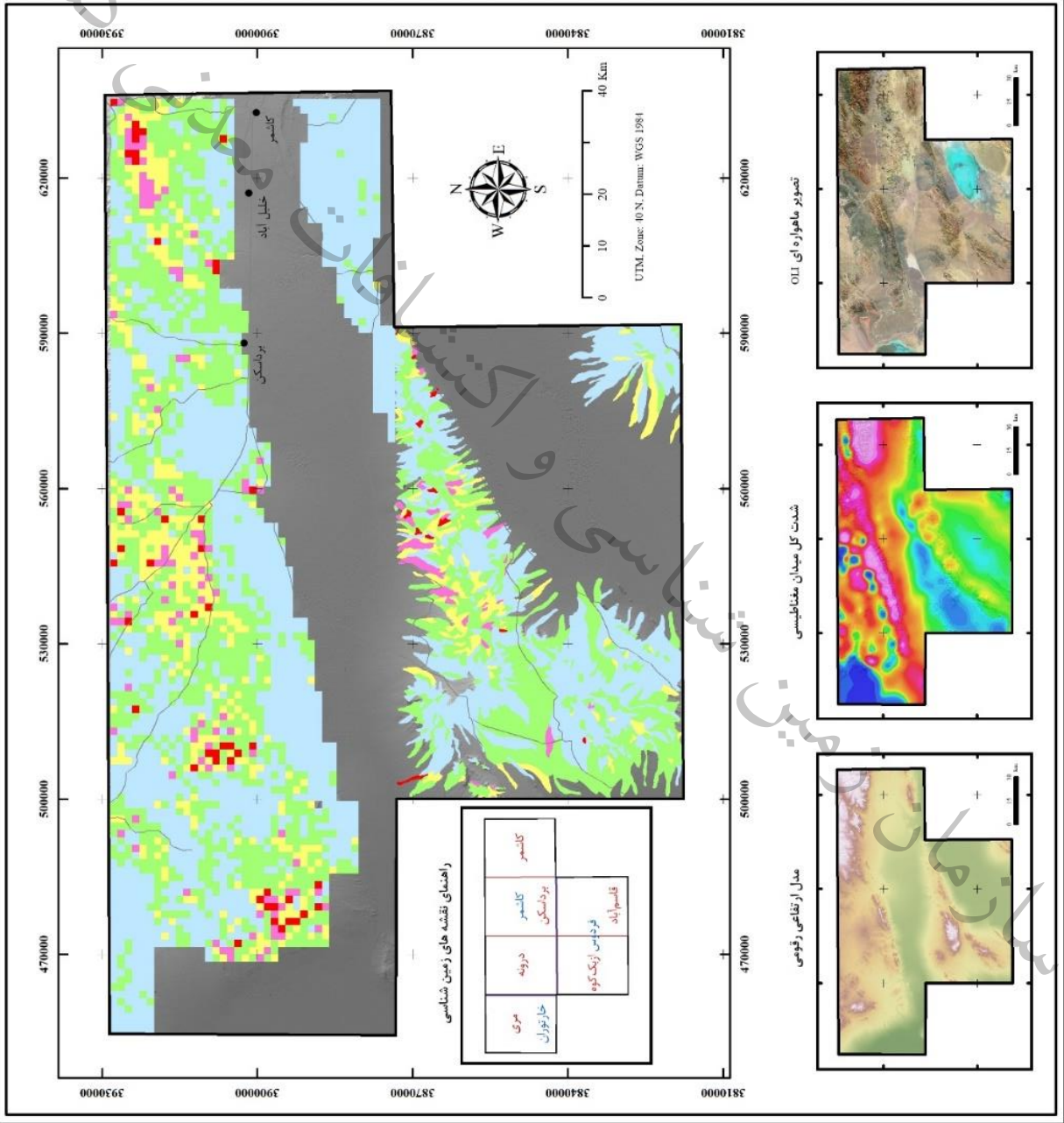
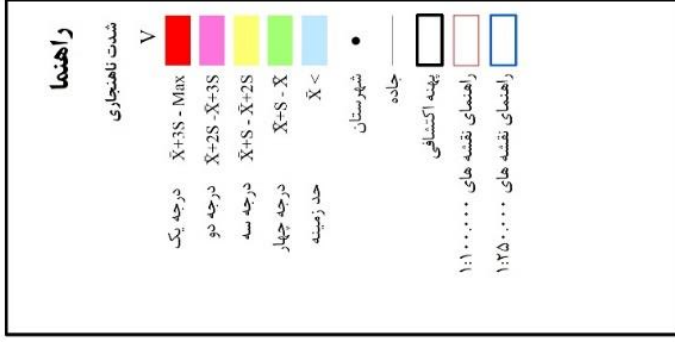
شکل ۵-۲۹- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر قلع در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر تیتانیوم



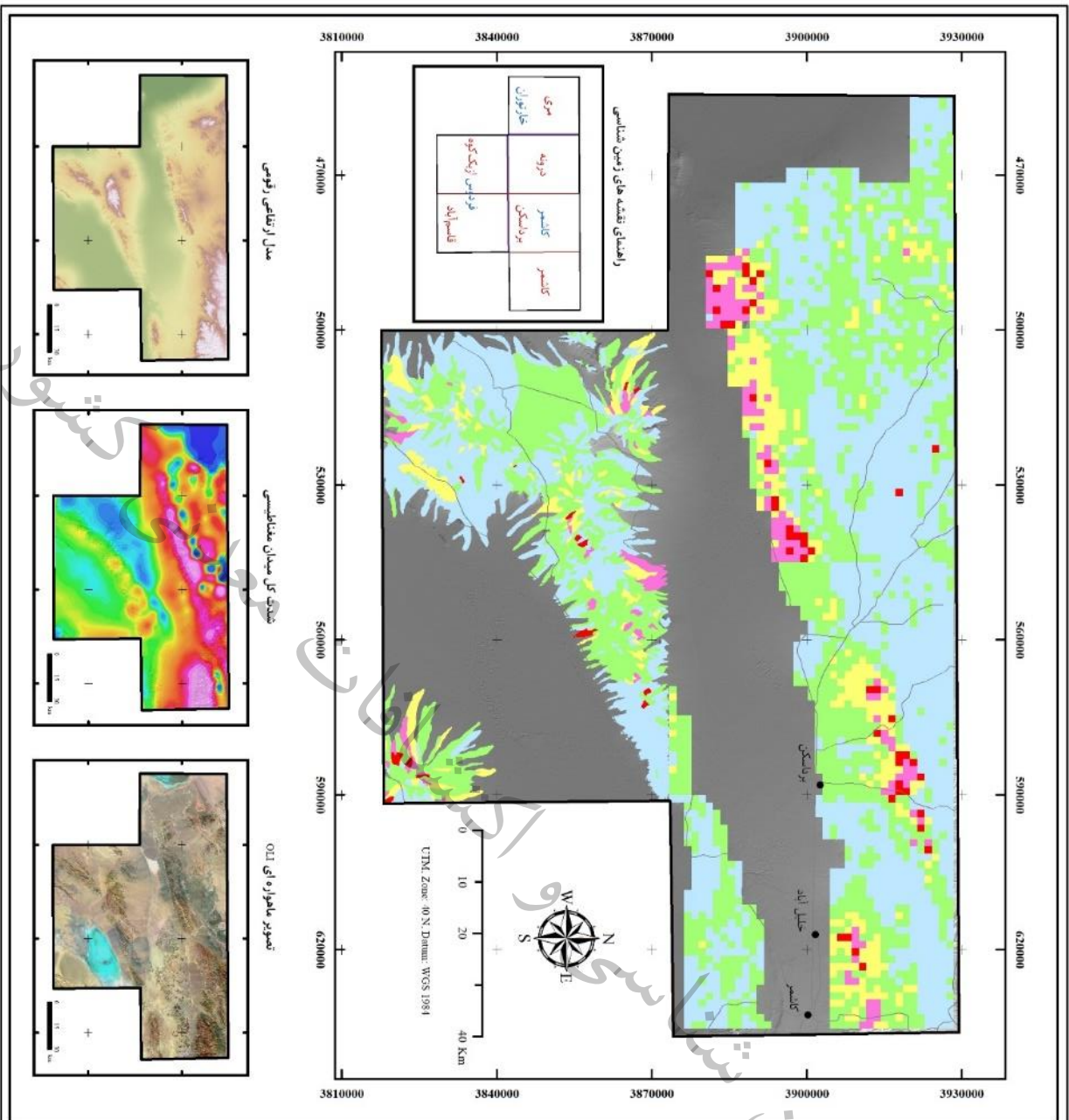
شکل ۵-۳- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر تیتانیوم در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر وانادیم



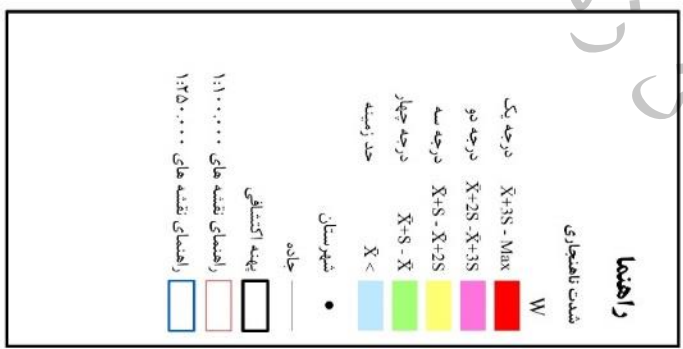
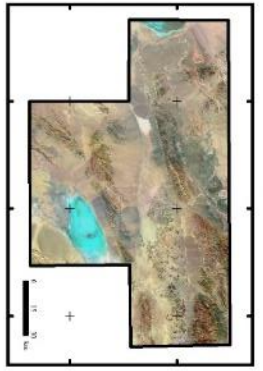
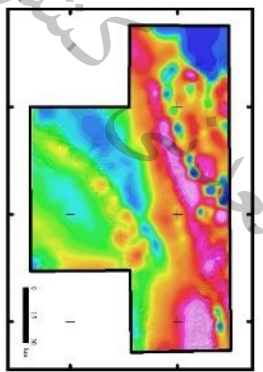
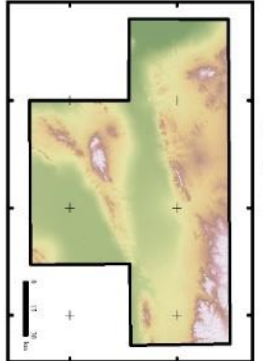
شکل ۵-۳۱- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر وانادیم در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر تنگستن



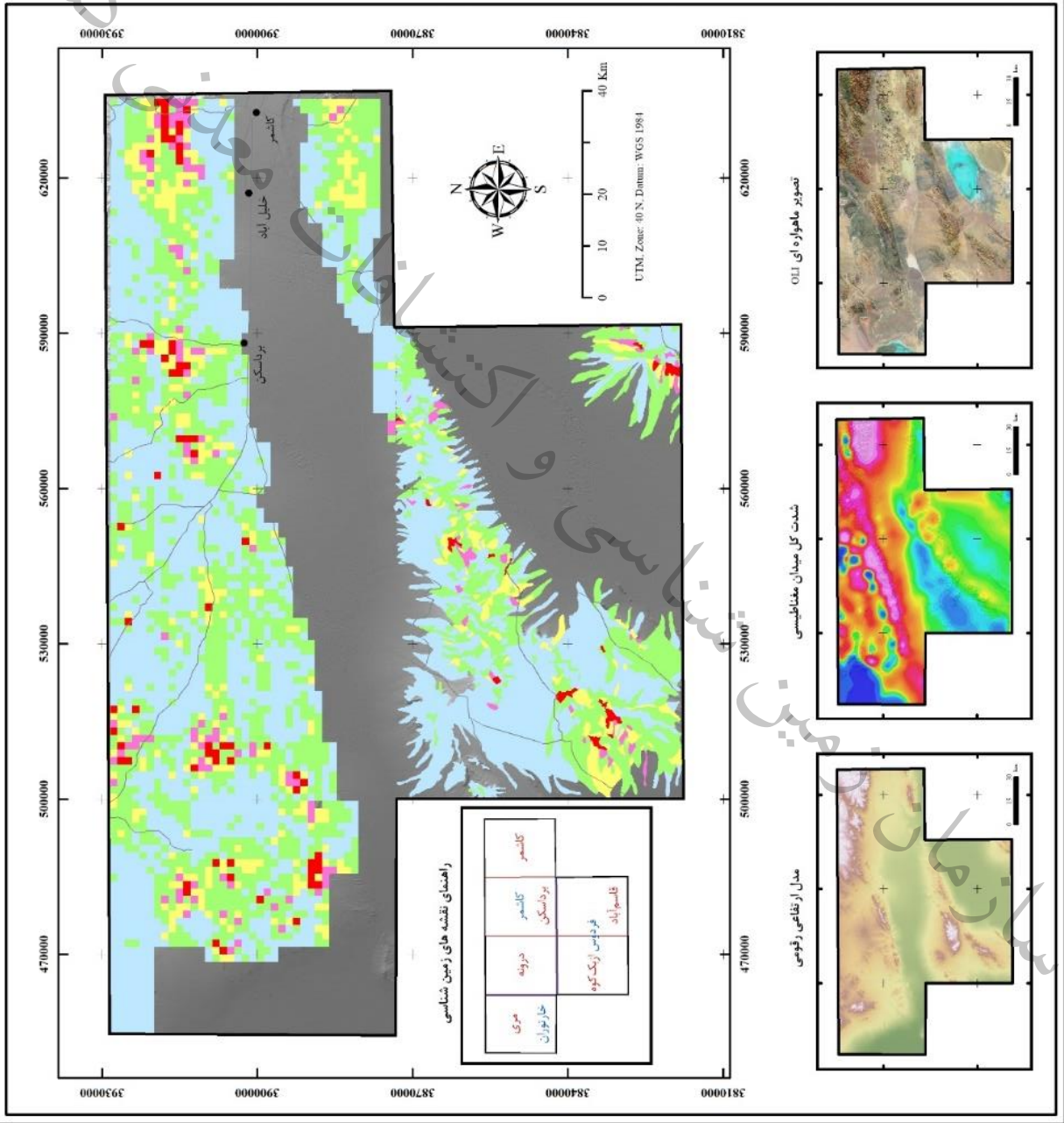
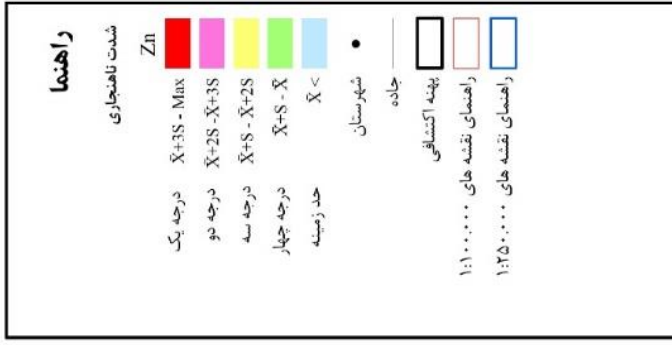
راهبهای نقشه های زمین شناسی

سری	دوره	کاشمر	براشکن	کاشمر
خارنوبزان	کاشمر	براشکن	کاشمر	کاشمر
	کاشمر	براشکن	کاشمر	کاشمر



شکل ۵-۳۲- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر تنگستن در محدوده مطالعاتی کاشمر

نقشه شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر روی



شکل ۳-۵- شدت ناهنجاری ژئوشیمیایی عنصر روی در محدوده مطالعاتی کاشمر



۵-۶- معرفی مناطق پربتانسیل ژئوشیمیایی

محدوده مطالعاتی کاشمر شامل ۶ برگه یکصدهزار ژئوشیمیایی مری (۷۳۶۰)، درونه (۷۴۶۰)، برداسکن (۷۵۶۰)، کاشمر (۶۶۰۷۵۲)، ازبک کوه (۷۴۵۹) و قاسم آباد (۷۵۵۹) می باشد که همگی برگه‌ها دارای داده‌های ژئوشیمیایی (نمونه رسوبات آبراهه‌ای و نمونه منظم رسوبات آبراهه‌ای و خاک) است. پس از پردازش داده‌ها و محاسبات آماری تک متغیره، برای هر عنصر نقشه ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی تهیه و ترسیم گردید و با تلفیق این نقشه‌ها ۵ منطقه پربتانسیل ژئوشیمیایی مشخص شد.

۵-۶-۱- محدوده پربتانسیل شماره ۱

این منطقه که در شمال شرق محدوده مطالعاتی کاشمر واقع است دارای ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر طلا، مس، سرب، روی و تا حدودی برای عناصر مولیبدن، نقره، جیوه، آرسنیک، وانادیم و آنتیموان می باشد.

۵-۶-۲- محدوده پربتانسیل شماره ۲

این منطقه که در شمال محدوده مطالعاتی کاشمر واقع است دارای ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر طلا، سرب، روی و تا حدودی برای عنصر جیوه می باشد.

۵-۶-۳- محدوده پربتانسیل شماره ۳

این منطقه که در مرکز محدوده مطالعاتی کاشمر واقع است دارای ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر طلا، آنتیموان مس، سرب و تا حدودی برای عنصر جیوه می باشد.

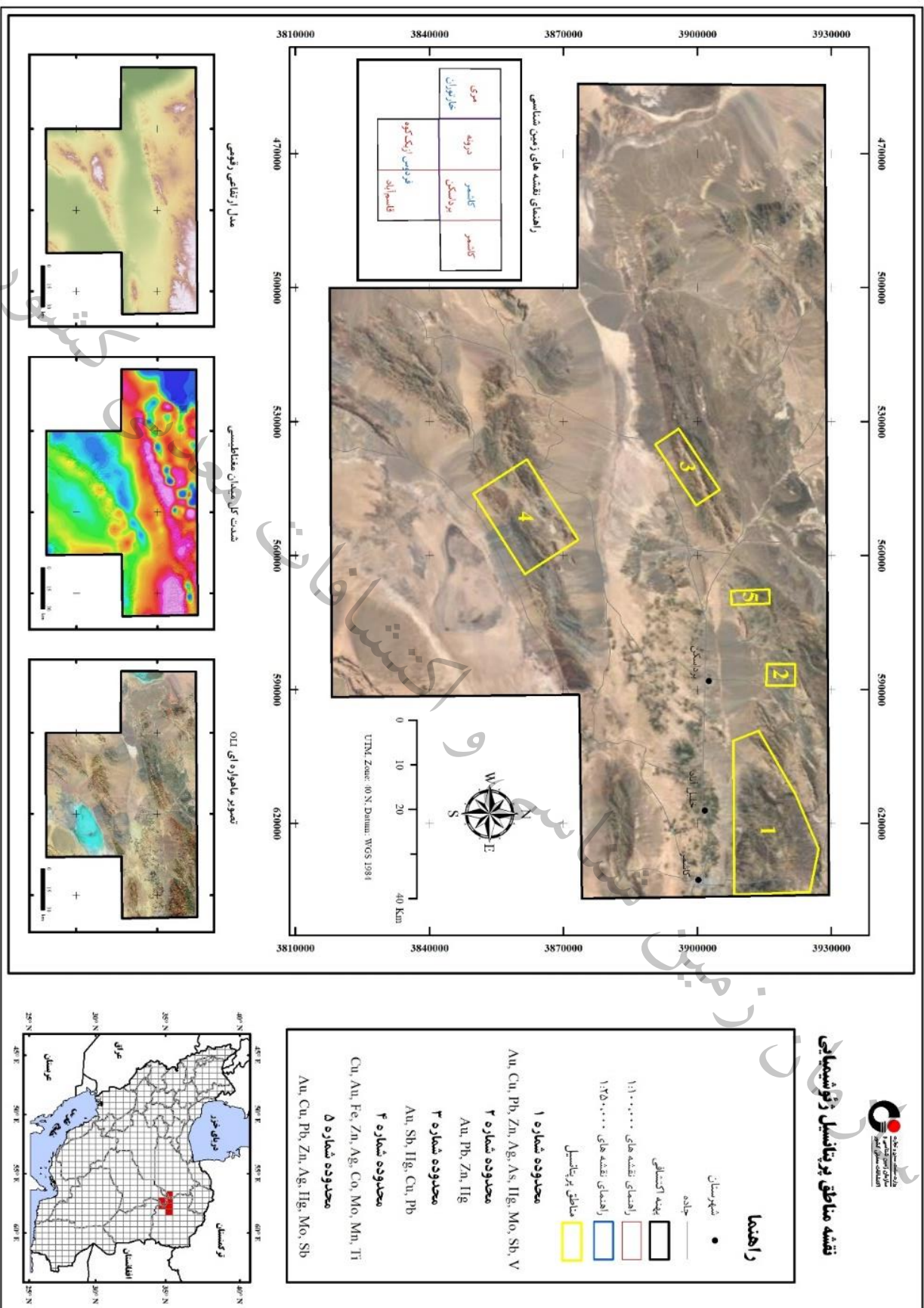
۵-۶-۴- محدوده پربتانسیل شماره ۴

این منطقه که در مرکز محدوده مطالعاتی کاشمر واقع است دارای ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر مس، طلا، آهن، روی و تا حدودی برای عناصر نقره، کبالت، مولیبدن، منگنز و تیتانیوم می باشد.

۵-۶-۵- محدوده پربتانسیل شماره ۵

این منطقه که در شمال محدوده مطالعاتی کاشمر واقع است دارای ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر طلا، مس، سرب، روی و تا حدودی برای عناصر جیوه، نقره، مولیبدن و آنتیموان می باشد. نقشه ۳۴-۵ مناطق پربتانسیل ژئوشیمیایی در محدوده مطالعاتی کاشمر را نشان می دهد.

شکل ۵-۳۴ - مناطق پرتانسیل ژئوشیمیایی در محدوده اکتشافی کاشمر



کشور

معدنی

فصل هشتم

ژئوفزیک هوایی

سازمان زمین

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۶-۱- مقدمه

به کارگیری داده‌های ژئوفیزیکی در مطالعات اکتشاف اولیه پی‌سنگها و ساختارهای زمین شناسی 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، مدل سازی توده‌ها، تشخیص گسل‌ها و زون‌های خرد شده خصوصاً گسل‌های پنهان نقش اساسی دارد.

کاربرد فناوری ژئوفیزیک هوایی شامل اکتشاف نفت و گاز (تشخیص ساختارهای مناسب میزبان این مواد همچون تاقدیس‌ها و تله‌های نفتی)، اکتشاف کانسارهای فلزی همچون طلا، مس و آهن، تهیه نقشه زمین‌شناسی اولیه (از راه تشخیص مرزهای زمین‌شناسی و تعیین ساختارها با دقت بالا)، کمک به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر برای مناطق مختلف، شناسایی و اکتشاف سفره‌های زیرزمینی آب (به‌صورت غیرمستقیم به کمک داده‌های الکترومغناطیس)، اکتشاف کانسارهای با ارزش رادیواکتیو مانند اورانیم و توریم و بالاخره مطالعات زمین گرمائی و زیست محیطی اشاره کرد.

در منطقه مورد مطالعه دو گروه داده مورد تفسیر و بررسی قرار گرفته است.

گروه اول داده‌هایی با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر می‌باشد که کل منطقه مورد مطالعه را پوشش داده و سبب تهیه نقشه‌های ژئوفیزیک هوایی به روش مغناطیس‌سنجی گردیده است. برداشت این داده‌ها در ارتفاع ثابت با استفاده از یک فروند هواپیما با هدف شناخت ساختارهای زمین‌شناسی و عمق پی‌سنگ در سال ۱۹۷۷-۱۹۷۵ میلادی توسط شرکت ایروسرویس با همکاری سازمان زمین شناسی ایران اجرا گردید.

گروه دوم شامل داده‌های مغناطیس‌سنجی و اسپکترومتری اشعه گاما است که در سالهای ۱۹۷۷-۱۹۷۸ برای سازمان انرژی اتمی ایران برداشت شده است که فقط نیمه جنوبی برکه ازبک‌کوه را پوشش می‌دهد.

اطلاعات رادیومتری توسط اسپکترومتر پرتوگاما و اطلاعات مغناطیسی توسط منیتومتر پرتون با حساسیت ۰/۵ نانوتسلا برداشت شده و تصحیحات^۱ IGRF با مدل ۱۹۷۵ روی آن انجام گرفته است.

مشخصات پروازهای صورت گرفته به قرار زیر است:

فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر، فاصله خطوط کنترلی ۵۰۰۰ متر و ارتفاع پرواز ۱۲۰ متر.

^۱ International Geomagnetic Reference Field

۶-۲- روش مغناطیس سنجی

بطور کلی هدف از برداشت و بکارگیری داده‌های ژئوفیزیک هوایی تکمیل نقشه‌های زمین شناسی و مشاهده پدیده‌های رخ داده در زمین بویژه در نواحی پوشیده از آبرفت که بصورت تغییرات خواص فیزیکی خود را نشان می‌دهند و نیز شناسایی و تعیین مناطق جدید جهت پی‌جویی ذخایر معدنی می‌باشد. برای رسیدن به چنین هدفی می‌توان از داده‌های ژئوفیزیک هوایی برای به نقشه در آوردن ساختارها، واحدهای مغناطیسی و تجزیه و تحلیل آنها استفاده نمود که یک روش غیر مستقیم برای رسیدن به مناطق امید بخش و یا ذخایر معدنی به شمار می‌رود.

داده‌های شدت کل میدان مغناطیسی هر یک از واحدهای لیتولوژی دارای یک پاسخ مغناطیسی خاص می‌باشند که به اختصار به هر یک از آنها پرداخته می‌شود.

بطور کلی واحدهای آذرین متوسط تا اسیدی (فلسیک) دارای شدت میدان مغناطیسی متوسط تا کم می‌باشند که این پاسخ بدلیل وجود مقدار کم کانی‌های مغناطیسی در این نوع واحدهای زمین شناسی می‌باشد. بعنوان مثال، توده‌های نفوذی گرانیتی، شدت میدان کمی را از خود نشان می‌دهند (به استثنا بعضی از آنها در شرایط خاص که می‌توانند شدت میدان بالا نیز از خود نشان دهند).

واحدهای بازیک و اولترابازیک (مافیک و اولترامافیک) بطور کلی بدلیل 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 بعلاوه داشتن منشأهای مختلف می‌توانند پاسخ‌های مغناطیسی متفاوتی از خود نشان دهند که بسته به نوع سنگ منشأ آنها، این پاسخ می‌تواند کم یا زیاد باشد که در تفسیر داده‌های مغناطیسی باید به این نکته توجه نمود.

بعنوان مثال، ماسه سنگ‌های با منشأ سنگ‌های آذرین فلسیک می‌توانند شدت میدان مغناطیسی کمی از خود نشان دهند در حالیکه ماسه سنگ‌های با منشأ سنگ‌های مافیک، و اولترامافیک بعلاوه وجود کانی‌های مغناطیسی در آنها، شدت میدان مغناطیسی بالاتری را نسبت به نوع قبل از خود نشان می‌دهند.

سنگ‌های دگرگونه بدلیل پیچیدگی فرآیند دگرگونی در آنها می‌توانند اثرات مغناطیسی متفاوتی را از خود نشان دهند. بعنوان مثال، فرآیندهای دگرگونی می‌توانند باعث تشکیل و یا تخریب کانی‌های مگنتیت شوند، بنابراین طبیعی است که پاسخ مغناطیسی سنگ دگرگونه نسبت به سنگ اولیه تغییر خواهد یافت که در تفسیر بی‌هنجاری‌های مغناطیسی حاصل از سنگ‌های دگرگونی باید به نوع این فرآیند توجه نمود. فرآیند آلتراسیون نیز می‌تواند مانند فرآیند دگرگونی باعث ایجاد و یا تخریب کانی‌های مغناطیسی در سنگ‌های میزبان گردد.



بعنوان مثال، در اثر آلتراسیون آرژیلیک عموماً کانی مگنتیت تخریب می‌گردد. بنابراین نواحی دارای این آلتراسیون اثر مغناطیسی با شدت کم از خود نشان می‌دهند.

فرآیندهای ساختاری و تکتونیکی نیز می‌توانند اثراتی را بر پاسخ مغناطیسی واحدهای زمین شناسی بگذارند. بعنوان مثال، زون‌های گسله و یا زون‌هایی که دارای خردشدگی هستند عموماً بدلیل عبور آب و یا سیالات و هوازدگی کانی‌های مغناطیسی، پاسخ مغناطیسی با شدت کم را از خود نشان می‌دهند، که شکل این بی-هنجاری‌ها عموماً بصورت ساختارهای خطی قابل مشاهده است. بالعکس برخی از این نواحی نیز ممکن است تحت اثر فرآیندهای کانی‌سازی توسط محلول‌های کانی‌ساز قرار گرفته و کانی‌های مغناطیسی بصورت 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 تشکیل دهنده آنها پاسخ‌های مغناطیسی متفاوتی را از خود نشان می‌دهند. از آنجایی که معمولاً ترکیب این دایک‌ها در منطقه متوسط تا بازیک است با توجه به ابعاد این دایک‌ها می‌توان آنها را در نقشه‌های مغناطیسی بصورت آنومالی‌های کشیده و خطی مشاهده نمود.

۶-۲-۱- شدت کل میدان مغناطیسی

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 تأثیر پذیری مغناطیسی متفاوتی نیز برخوردارند. همچنین متأثر از سنگ‌های با خاصیت مغناطیسی بالای پی سنگ نیز می‌باشد.

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.

۶-۲-۲- روش برگردان به قطب

با استفاده از فیلتر برگردان به قطب، میدان مغناطیسی از یک عرض مغناطیسی که در آن بردار میدان زمین مایل و شیب دار است به قطب مغناطیسی یعنی جایی که میدان القائی قائم می‌باشد، منتقل می‌گردد. زیرا اگر میدان زمین مایل باشد شکل بی‌هنجاری‌های مغناطیسی که بصورت القائی بوجود آمده‌اند نسبت به منبع

بوجود آوردنده نامتقارن شده و آنومالی‌های مثبت و منفی در کنار هم بوجود می‌آید ، بطوریکه محل منبع آنومالی حدوداً در وسط قطب مثبت و منفی قرار می‌گیرد ، ولی در صورتی که میدان القائی قائم باشد آنومالی به یک قطب مثبت بزرگ منطبق بر توده منبع تبدیل شده و قطب منفی خیلی جزئی شده و به حاشیه رانده می‌شود (Milligan & Gunn , 1997) .

لذا تفسیر اساسی داده‌های مغناطیس هوایی معمولاً بر روی تصاویر مختلف برگردان به قطب صورت می‌گیرد. اعمال این فیلتر با استفاده از زاویه میل^۱ و انحراف مغناطیس^۲ صورت می‌گیرد.

۳-۲-۶- روش مشتق قائم

یک اصل مهم که در روشهای پتانسیل (مغناطیس سنجی و گرانی سنجی) بر آنومالی‌های ژئوفیزیکی حاکم می‌باشد این است که ابعاد آنومالی (طول موج آن) متناسب با عمق منبع ایجاد کننده آن تغییر می‌کند یعنی هر چه عمق توده منشأ بیشتر باشد آنومالی‌های حاصله در روی نقشه کشیده‌تر و پهن‌تر می‌شود (طول موج آن افزایش می‌یابد) این مسئله باعث می‌شود آنومالی‌های مربوط به منشأهای عمیق آنومالی‌های سطحی را ببوشاند.

جهت حذف اثرات ناحیه‌ای با طول موج بلند و تداخل بین بی‌هنجاری‌های مجاور از فیلتر مشتق قائم استفاده می‌شود. مشتق قائم در واقع یک فیلتر بالاگذر می‌باشد. زیرا فرکانسهای بالا را نسبت به فرکانسهای پائین افزایش می‌دهد. در نتیجه طول موج‌های بزرگ که مربوط به منابع عمیق و منطقه‌ای می‌باشند و اثر بی‌هنجاری‌های بزرگ بر روی بی‌هنجاریهای کوچک از بین رفته و بی‌هنجاریهای کوچک و محلی بخوبی نمایان می‌گردند.

۴-۲-۶- روش ادامه فراسو

جهت بررسی آنومالی‌های مغناطیسی در عمق از فیلتر ادامه فراسو یا گسترش به طرف بالا استفاده می‌شود. روش ادامه فراسو فرایندی است که توسط آن داده‌های میدان مغناطیسی از یک سطح مبنا به طریق ریاضی بر روی سطوح ترازوی در بالای مبنای اصلی تصویر می‌شوند. زمانی که مطالعه بر روی بی‌هنجاری‌های عمیق مورد نیاز است جهت از بین بردن اثر بی‌هنجاری‌های کم عمق از روش ادامه فراسو استفاده می‌شود. از نظر فیزیکی همان طور که ارتفاع در این روش افزایش می‌یابد، اثر اجسام مغناطیسی کوچکتر و باریکتر نسبت به اثر اجسام مغناطیسی بزرگتر که بطور عمقی امتداد زیادی یافته‌اند از بین می‌رود.

¹ Inclination

² Declination



۶-۲-۵- فیلتر سیگنال تحلیلی^۱

سیگنال تحلیلی تابعی از مشتق میدان مغناطیسی در سه جهت می‌باشد. این تابع کاملاً مستقل از جهت مغناطیسه شدن سنگ‌ها و جهت میدان مغناطیسی زمین می‌باشد. این بدان معنا است که تمام اجسام با هندسه یکسان، سیگنال تحلیلی یکسانی دارند. بطوریکه اگر پیک توابع سیگنال تحلیلی متقارن بوده و مستقیماً بالای لبه اجسام پهن و بالای مرکز اجسام باریک قرار بگیرد، تفسیر نقشه های سیگنال تحلیلی، نمایش قابل فهمی از هندسه منبع مغناطیسی را بطور ساده ارائه می‌دهد. سیگنال تحلیلی برابر با جذر مجموع مربعات مشتقات میدان مغناطیسی در جهات مختلف می‌باشد. این فیلتر به طور معمول بر روی لبه و یا محل بی‌هنجاری‌های مغناطیسی، دارای مقادیر بیشینه است. مقادیر این فیلتر نیز تابعی از عمق و خودپذیری منابع مغناطیسی بوده و با افزایش و یا کاهش آنها تغییر می‌کند. با استفاده از این نقشه می‌توان نواحی دارای بیشترین تغییرات شدت میدان مغناطیسی را مشاهده نمود.

۶-۲-۶- روش تیلت-عمق^۲

یک روش ساده برای تخمین عمق منابع مغناطیسی (با فرض یک مدل کنتاکت قائم) روش تیلت-عمق می‌باشد که با استفاده از کنتورهای نقشه زاویه تیلت مغناطیسی امکان پذیر می‌باشد. زاویه تیلت مغناطیسی مشتق نرمال شده بر اساس نسبت مشتقات عمودی و افقی از شدت میدان مغناطیسی برگردان به قطب شده می‌باشد.

از آنجایی که این روش یک درک مستقیم از منابع مغناطیسی در عمق را ارائه می‌دهد، روش تیلت-عمق نامیده می‌شود (Salem et al , 2007).

در ساده‌ترین حالت، روش مذکور فرض می‌کند که ساختار منبع مغناطیسی یک کنتاکت عمودی بوده و هیچ مغناطیس باقی‌مانده‌ای وجود ندارد و مغناطیس شدگی القائی بصورت قائم می‌باشد. اما وجود یک کنتاکت شیب‌دار، بکار گرفتن زاویه میل مغناطیسی نادرست در روش برگردان به قطب و یا وجود هرگونه مغناطیس باقی‌مانده سبب انحراف آنومالی از محل واقعی کنتاکت خواهد شد.

روش تیلت-عمق، عمق را بطور مستقیم از مشتق مرتبه اول میدان مغناطیسی اندازه‌گیری شده تخمین می‌زند. زاویه تیلت بصورت زیر بیان می‌شود:

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{h}{z_c} \right]$$

¹ Analytic signal

² Tilt-Depth

بطوریکه h موقعیت افقی کنتاکت و z_c عمق آن را نشان می‌دهد. در صورتی که زاویه تیلت صفر باشد موقعیت کنتاکت صفر بوده و تقریباً مرز واحدهای مغناطیسی را نشان می‌دهد. اگر زاویه تیلت $\pm 45^\circ$ باشد:

$$h = \pm z_c$$

بنابراین تخمین عمق بطور مستقیم از نقشه زاویه تیلت، با اندازه‌گیری نصف مسافت عمودی بین کانتورهای $\pm 45^\circ$ امکان‌پذیر خواهد بود.

۶-۳- روش رادیومتری

از نابودی مواد رادیواکتیو سه نوع پرتو اصلی آلفا، بتا و گاما منتشر می‌شود. نابودی یک ذره آلفا و بتا معمولاً هسته جدیدی را در یک حالت برانگیخته باقی می‌گذارد و انرژی اضافی بصورت پرتوهای گاما متشعشع می‌شود. این پرتوها دارای بار و جرم نبوده و از اینرو بسیار نافذ می‌باشند، بطوریکه می‌توانند تا ۳۰ سانتی متر از سنگ و چند صد متر از هوا نفوذ کنند. هر فوتون پرتوگاما انرژی مجزایی داشته و این انرژی مشخصه ایزوتوپ چشمه تشعشعات می‌باشد. این روش، اساس اسپکترومتری پرتوگاما را تشکیل می‌دهد (Minty, 1997).

منابع طبیعی اشعه گاما که در بررسی‌های هوایی اندازه‌گیری می‌شوند، پتاسیم، اورانیوم و توریوم می‌باشد. بنابراین روش رادیومتری براساس اندازه‌گیری جریان و انرژی پرتوگامای منتشر شده در طول واپاشی ایزوتوپ-های رادیواکتیو پتاسیم، توریوم و اورانیوم و تخمین مقدار نسبی این مواد در سنگهای سطحی می‌باشد.

پتاسیم یکی از ترکیبات بزرگ پوسته زمین می‌باشد که یک عنصر آلكالی بوده و میزبان‌های بزرگ آن فلدسپارهای پتاسیک (با ۱۳٪ پتاسیم) و میکا (با ۸٪ پتاسیم) می‌باشد. پتاسیم در سنگ‌های فلسیک (گرانیت) نسبتاً بالا ولی در بازالت‌های مافیک پائین و در دونیت‌ها و پریدوتیت‌ها خیلی پائین می‌باشد. در بررسی اشعه گاما، پتاسیم با اندازه‌گیری ۱.۴۶ Mev اشعه گاما که از واپاشی ^{40}K نتیجه شده آشکار می‌شود.

اورانیوم ترکیب کوچکی از پوسته زمین (۳ ppm) می‌باشد که می‌تواند بصورت کانیه‌های اکسید و کانیه‌های سیلیکات اورانینایت و اورانوتورایت در سنگ‌ها دیده شود. اورانیوم، مادر سری‌های واپاشیده‌ای است که به حالت پایدار ^{206}pb منتهی می‌شود. اورانیوم در طول مدت واپاشی خودش اشعه گاما منتشر نمی‌کند و بیشترین اشعه گاما توسط ایزوتوپ‌های دختر آن منتشر می‌شود. بررسی‌های رادیومتری برای آشکار کردن سنگ معدن اورانیوم نزدیک سطح مهم می‌باشد.

توریوم ترکیب کوچکی از پوسته زمین (۱۲ ppm) بوده و فقط در حالت والانس Th^{4+} اتفاق می‌افتد. توریوم نیز مانند اورانیوم در مدت واپاشی، اشعه گاما منتشر نمی‌کند، ولی مادر سری‌های واپاشیده‌ای است که به ^{208}pb منتهی می‌شود. بیشتر تشعشعات فعال گاما توسط ایزوتوپ‌های دختر حاصل از ^{208}Tl منتشر می‌شوند (Dickson & Scott, 1997).



بعلت تفاوت‌های موجود بین تشعشعاتی که از واپاشی پتاسیم، توریم و اورانیوم ناشی می‌شود، اندازه گیری مقدار تشعشعات در داخل یک رنج انرژی معین که تحت عنوان یک کانال شناخته شده صورت می‌گیرد. در صورتی که مقدار کل جریان بالای تمام باند انرژی پرتوگاما اندازه گیری شود، پارامتر تشعشع کل^۱ را خواهیم داشت.

مقادیر داده‌های پتاسیم، توریم و اورانیوم برحسب تعداد سیگنال‌های ثبت شده در ثانیه توسط دستگاه اندازه‌گیری اسپکترومتري می‌باشند.

پس از تصحیح و اعمال ضرایب رادیومتری به داده‌های برداشت شده، این داده‌ها به صورت نقشه‌های U, K, Th و یا به صورت نقشه‌های ترکیبی سه وجهی^۲ مورد استفاده واقع می‌شوند.

به طور کلی روش رادیومتری یک روش بسیار حساس نسبت به عوامل محیطی است به طوری که عوامل زیادی در هنگام برداشت در صحت داده‌ها نقش دارند. یکی از این عوامل رطوبت محیط در هنگام برداشت است، به طوری که در هنگام بارندگی شدید و رطوبت خاک سیگنال‌های دریافتی توسط دستگاه اندازه‌گیری کننده بسیار ضعیف شده و باعث گمراهی در تفسیر داده‌ها می‌شود. بنابراین در هنگام بارندگی برداشت داده‌ها صورت نمی‌گیرد.

یکی دیگر از عوامل بسیار موثر ارتفاع پرواز می‌باشد که نقش مهمی را در کیفیت این داده‌ها بازی می‌کند به طوری که با افزایش ارتفاع پرواز، سیگنال‌های دریافتی به شدت تضعیف شده و حتی در بعضی از مناطق بعلت افزایش غیر طبیعی ارتفاع بالگرد مقادیر برداشت شده قابل استفاده در تفسیر نمی‌باشد.

عامل دیگر خطای دستگاه می‌باشد که بعلت حساسیت بالای دستگاه‌های اندازه‌گیری اسپکترومتري، معمولاً این داده‌ها دچار مشکلات کیفی می‌شوند.

مقدار عناصر رادیواکتیو در سنگهای مافیک و اولترامافیک خیلی پایین بوده و در سنگهای متوسط افزایش می‌یابد و در سنگهای فلسیک بیشتر می‌شود. سنگهای با سیلیس بالا که در مراحل نهایی تفریق آتشفشانی شکل گرفته‌اند نظیر پگماتیت‌ها مقدار اورانیوم و توریم بالایی در مقایسه با پتاسیم دارند. کیمبرلیت‌ها در مقایسه با بیشتر سنگهای آتشفشانی غنی از اورانیوم و توریم می‌باشند.

در سنگهای رسوبی غلظت پتاسیم، اورانیوم و توریم متاثر از ترکیبات سنگ مادر، فرایندهای چرخه رسوبی و خواص ژئوشیمیایی مختلف هر عنصر می‌باشد. بطور کلی ارتباط بین مقادیر عناصر رادیواکتیو در سنگهای رسوبی نسبت به سنگهای آتشفشانی به دلیل متحرک بودن رادیوالمان‌ها در محیط‌های ثانویه، کمتر شناخته شده است (M, Dentith & S, T. Mudge, 2014).

¹ Total count

² Ternary

۶-۳-۱- کاربردهای نقشه‌های رادیومتری

از کاربردهای مهم و جالب داده‌های رادیومتری ردیابی رسوبات و آبرفت‌های شسته شده و انتقال یافته در یک منطقه است که این خود از قابلیت‌های مهم این روش است که منحصر به فرد می‌باشد.

طبیعی است که در بعضی از مناطق می‌توان رسوبات و آبرفت‌های شسته شده را در امتداد آبراهه‌ها دنبال کرد و به منبع اصلی این رسوبات با همان خصوصیات از نظر داده‌های رادیومتری در ارتفاعات بالاتر دست یافت. به طور مثال با مشاهده وجود مقادیر اورانیوم در رسوبات یک آبراهه و دنبال کردن این آبراهه در ارتفاعات، می‌توان منشأ این رسوبات که دارای مقادیر قابل ملاحظه‌ای اورانیوم می‌باشد را مشخص نمود که این از قابلیت‌های بسیار مهم روش رادیومتری است.

هر نوع واحد سنگی با توجه به ترکیب شیمیایی خود دارای مقادیری از این عناصر سه‌گانه (توریوم، پتاسیم، اورانیوم) است که با داشتن ترکیب هر واحد لیتولوژی می‌توان به سادگی این واحدها را از یکدیگر تفکیک کرد. به طور مثال واحدهای آلکالن که دارای مقدار زیادی پتاسیم هستند (مانند شوشونیت‌ها) بر روی نقشه‌های رادیومتری بخوبی قابل تفکیک می‌باشند.

در بین این عناصر سه‌گانه اورانیوم قابلیت تحرک بیشتری نسبت به توریوم و پتاسیم دارد. بنابراین یک ردیاب بسیار خوب بر روی رسوبات برای تشخیص منشأ اورانیوم می‌باشد. به علاوه واحدهای آهکی کربناته نیز به دلیل داشتن مواد آلی، جاذب یون‌های اورانیوم هستند و بنابراین در نقشه سه‌گانه رادیومتری به رنگ آبی دیده می‌شوند.

از کاربردهای مهم داده‌های رادیومتری تعیین مناطق دگرسانی می‌باشد که با توجه به نوع دگرسانی رخ داده در یک ناحیه و با توجه به افزایش یا کاهش میزان یکی از این سه عنصر در آن نوع دگرسانی، می‌توان مناطقی که یک نوع دگرسانی خاص در آن رخ داده است را مشخص نمود. بطور مثال، دگرسانی پتاسیک با افزایش درصد پتاسیم همراه است که این خود ردیاب خوبی برای تعیین این منطقه دگرسان شده می‌باشد. همچنین در مواقعی نواحی آلتراسیون با تهی‌شدگی توریوم، پتاسیم و اورانیوم همراه است که این مناطق آلتره شده بر روی نقشه‌های ترکیبی مثل سه‌وجهی قابل تفکیک است.

از دیگر کاربردهای مهم داده‌های رادیومتری تعیین کنتاکت‌های زمین‌شناسی با دقت بسیار بالا است. به طور مثال بر روی واحدهای آهکی و کربناته همانطور که انتظار می‌رود درصد وجود این عناصر بسیار کم است که بر روی نقشه ترکیبی مرز این واحدها در مجاورت واحدهای دیگر قابل تفکیک است.

یکی دیگر از کاربردهای این روش شناسایی واحدهای گرانیتی است که دارای مقدار بالایی توریوم، پتاسیم و اورانیوم هستند. هر چقدر این گرانیت‌ها به سمت پگماتیت‌ها میل کنند احتمال وجود اورانیوم در این سنگ‌ها



افزایش می‌یابد. در اثر هوازده شدن این پگماتیت‌ها، هاله‌ای از اورانیوم در اطراف این واحدهای سنگی نمایان می‌شود که با کمک داده‌های رادیومتری می‌توان بخوبی منشأ اورانیم را مشخص کرد. همچنین در آلتراسیون آرژیلیتی بعلت وجود کانی‌های رسی و قابلیت این کانی‌ها در جذب اورانیوم می‌توان درصد بالایی از اورانیوم در درون این زون آلتراسیون مشاهده کرد. البته بدیهی است که در نظر گرفتن چنین شرایطی مستلزم داشتن اطلاعات کافی از زمین‌شناسی منطقه و ترکیب واحدهای لیتولوژی موجود در منطقه است.

۴-۶- تفسیر داده‌های مغناطیس سنجی با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر

نقشه شدت کل میدان مغناطیسی منطقه مورد مطالعه در شکل ۶-۱ نشان داده شده است. مطابق نقشه بیشترین شدت میدان مغناطیسی ۴۰۱۳۰ نانوتسلا و کمترین مقدار آن ۳۹۲۷۵ نانوتسلا می‌باشد. روند غالب بی‌هنجاری‌های مغناطیسی شمال شرقی-جنوب غربی بوده و بی‌هنجاری‌ها با شدت بالای مغناطیسی عمدتاً در نیمه شمالی منطقه قرار دارند.

با برگردان به قطب داده‌های شدت کل مغناطیسی، مشاهده می‌شود که بی‌هنجاری‌ها مختصری به سمت شمال جابه‌جا شده و اثر قطب منفی بی‌هنجاری‌ها تا حدود زیادی از بین رفته است (شکل ۶-۲). کاهش و یا افزایش شدت بی‌هنجاری‌ها در عمق کم و نزدیک سطح زمین مطابق با نقشه مشتق اول قائم (شکل ۶-۳) و در عمق زیاد مطابق با نقشه‌های ادامه فراسو (شکل ۶-۴ و ۶-۵) قابل بررسی می‌باشد. با توجه به نقشه برگردان به قطب و در نظر گرفتن تغییرات شدت میدان مغناطیسی، منطقه را می‌توان به ۴ زون تقسیم کرد.

زون ۱ بی‌هنجاری‌هایی با شدت بسیار بالا و امتداد تقریباً شرقی-غربی در شمال برکه‌های کاشمر، بردسکن، درونه و تقریباً تمام برکه مری به جز شمال غرب آن را شامل می‌شود. در انطباق با نقشه زمین شناسی بی‌هنجاری‌های این زون در امتداد واحدهای ولکانیک و پلوتونیک قرار گرفته است. در شمال برکه کاشمر برونزدهایی از واحدهای نفوذی گرانیت، گرانودیوریت، دیوریت، سنگ‌های اولترابازیک غالباً هارزبورژیت و سنگ‌های دگرسان گرانیتوئید بر روی بی‌هنجاری به چشم می‌خورد. همچنین ولکانیک‌های آندزیت، داسیت و بازالت بیشتر منطقه را پوشش می‌دهند. در شمال برکه بردسکن نیز علاوه بر واحدهای نفوذی گرانیت دوران و هارزبورژیت، ولکانیک‌های بازیک تا حدواسط عمدتاً آندزیتی وجود دارند. در شمال برکه درونه پلوتونیک‌های گابرو، هارزبورژیت، مونزونیت و گرانودیوریت و ولکانیک‌های آندزیت، بازالت، داسیت و توف بر روی بی-هنجاری‌ها واقع شده‌اند. در شرق برکه مری برونزدهایی از واحدهای گرانیت، مونزودیوریت و گرانودیوریت بر روی دو بی‌هنجاری با شدت بالا در زون ۱ به چشم می‌خورد. همچنین در این منطقه ولکانیک‌های بازیک و

حدواسط مشاهده می‌شود. ولی در غرب برگه مری یک بی‌هنجاری بزرگ با شدت بالا وجود دارد که پوشیده از واحدهای رسوبی و آبرفتی می‌باشد.

با اعمال فیلتر مشتق قائم (شکل ۶-۳) تقریباً تمام بی‌هنجاری‌های زون ۱ شدت بالای خود را حفظ می‌کنند و فقط بی‌هنجاری موجود در غرب برگه مری شدت خود را تا حدودی از دست می‌دهد. در نقشه‌های ادامه فراسو نیز این بی‌هنجاری‌ها با شدت بالا مشاهده می‌شوند. به‌ویژه بی‌هنجاری غرب برگه مری با شدت بالاتری ظاهر گشته‌است. که نشان می‌دهد منبع این بی‌هنجاری در عمق زیاد واقع شده‌است و احتمالاً به دلیل گسترش واحدهای پلوتونیک در زیر بی‌هنجاری می‌باشد که در شرق برگه برونزد دارند. نقشه سیگنال تحلیلی (شکل ۶-۶) نیز نشان می‌دهد تغییرات شدت میدان مغناطیسی در این زون بسیار بالا می‌باشد.

زون ۲ با وسعت کم و شدت میدان مغناطیسی بسیار پایین در شمال غرب برگه مری واقع شده‌است. این زون در انطباق با نقشه زمین‌شناسی پوشیده از واحدهای رسوبی و آبرفتی بود و فقط در شرق آن واحدهای کوچک ولکانیک مشاهده می‌شود. در نقشه مشتق قائم اندکی شدت آن افزایش می‌یابد ولی در نقشه‌های ادامه فراسو با شدت پایین مشاهده می‌شود.

زون ۳ با وسعت زیاد، بی‌هنجاری‌هایی با شدت پایین و جهت تقریباً شرقی-غربی در نواحی مرکزی و جنوبی برگه کاشمر و بردسکن، جنوب برگه درونه و شمال برگه ازبک کوه را شامل می‌شود. بیشتر نواحی این زون پوشیده از واحدهای رسوبی و آبرفتی می‌باشد. فقط دو برونزد بسیار کوچک از واحد پلوتونیک مونزونیت و مونزودیوریت و ولکانیک داسیت و توف و دایک دیاباز در جنوب برگه کاشمر به چشم می‌خورد. احتمالاً وسعت این واحدهای آتشفشانی در حدی نیست که بتواند بی‌هنجاری مغناطیسی با شدت بالا ایجاد کند. شدت مغناطیسی در نقشه مشتق قائم تا حدودی افزایش می‌یابد ولی در نقشه‌های ادامه فراسو همچنان شدت بسیار پایین می‌باشد که بیانگر عدم وجود واحدهای مغناطیسی در عمق زیاد می‌باشد. تغییرات شدت میدان مغناطیسی نیز با توجه به نقشه سیگنال تحلیلی زیاد نمی‌باشد.

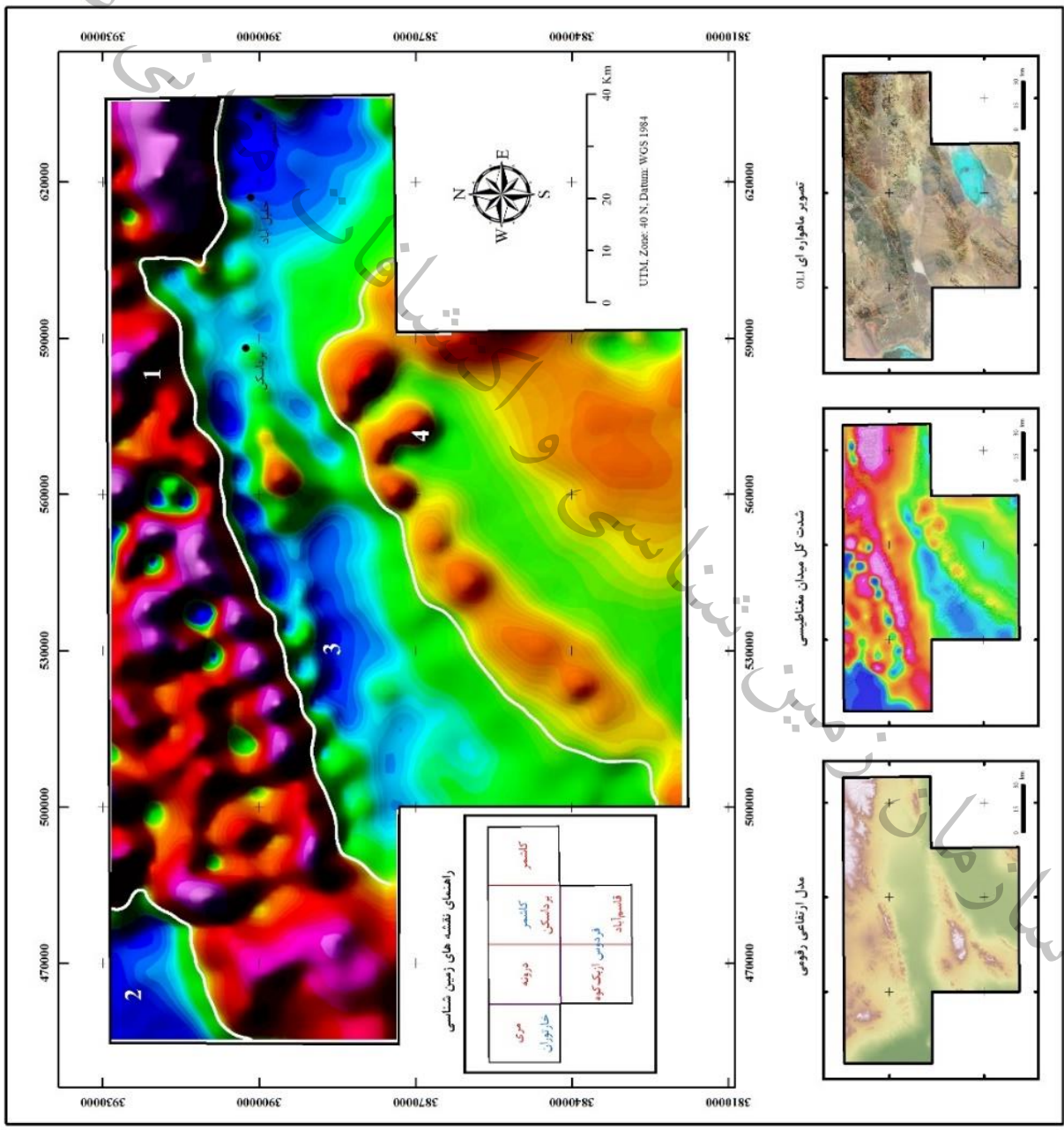
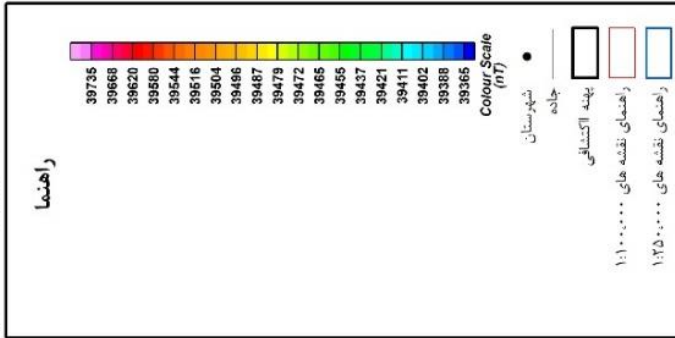
زون ۴ با شدت نسبتاً بالا تمام برگه قاسم‌آباد و بیش از نیمی از برگه ازبک کوه را شامل می‌شود. با توجه به نقشه زمین‌شناسی، برونزدهایی از واحدهای نفوذی گرانیت و دیوریت بر روی بی‌هنجاری‌های نیمه شمالی زون مشاهده می‌شود. علاوه بر آن سنگ‌های ولکانیک بازی و دیاباز در این ناحیه به چشم می‌خورد. در نیمه جنوبی زون، بر روی بی‌هنجاری‌های جنوب برگه قاسم‌آباد، واحدهای رسوبی قرار دارند و در نواحی پایین‌تر در جنوب-شرق برگه، سنگ‌های ولکانیک اسیدی غالباً داسیت و ریوداسیت مشاهده می‌شود. بنابراین بی‌هنجاری‌ها را می‌توان در ارتباط با این واحدهای ولکانیک دانست که در زیر رسوبات گسترش داشته و سبب ایجاد شدت میدان مغناطیسی نسبتاً بالا شده‌اند. شدت بی‌هنجاری‌ها در نقشه مشتق قائم تا حدودی افزایش داشته ولی



در تصاویر ادامه فراسو کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد منابع بی‌هنجاری‌ها از عمق زیاد برخوردار نمی‌باشد. تغییرات شدت میدان مغناطیسی نیز با توجه به نقشه سیگنال تحلیلی در این زون بسیار کم می‌باشد.

کشور
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی

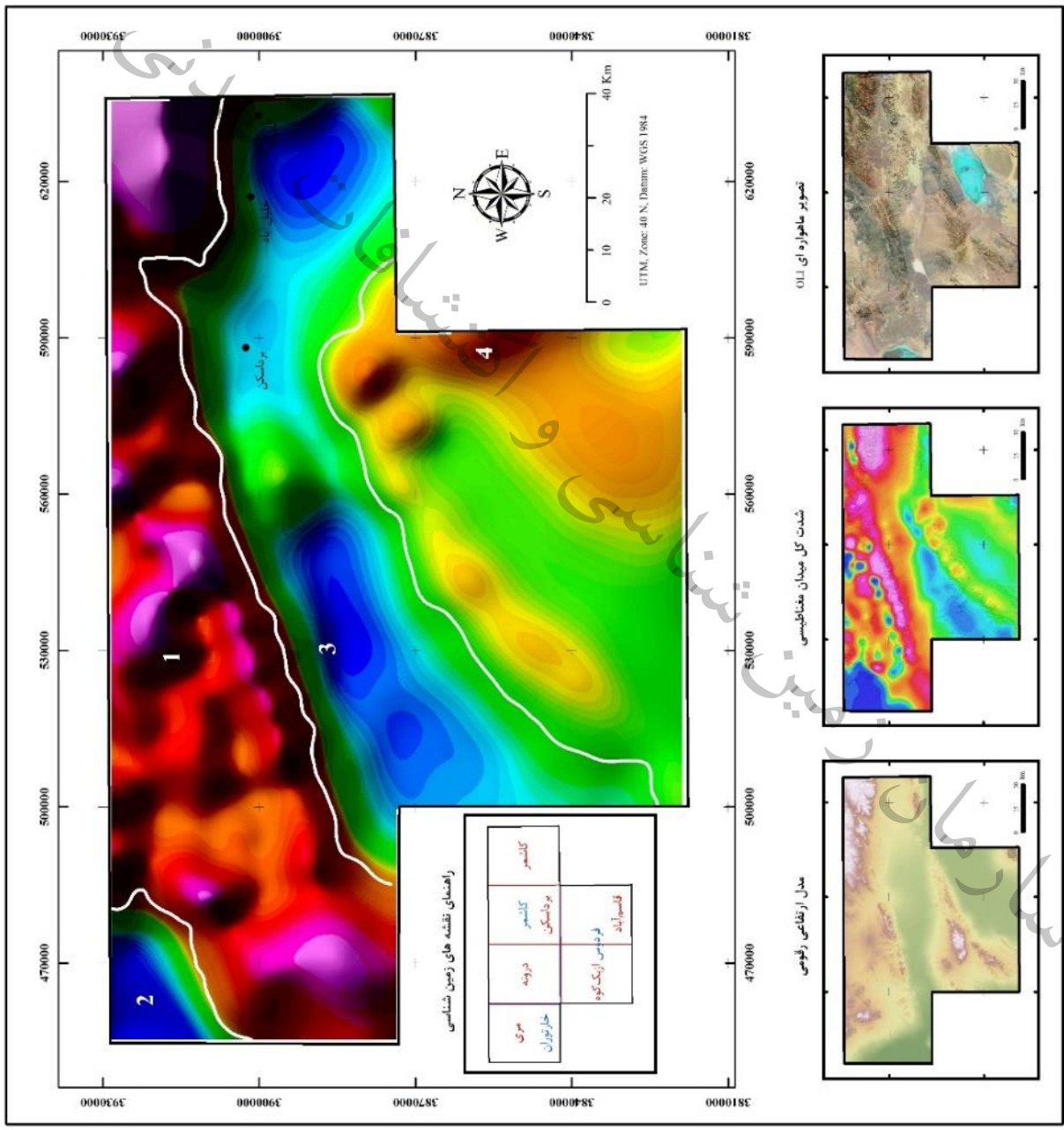
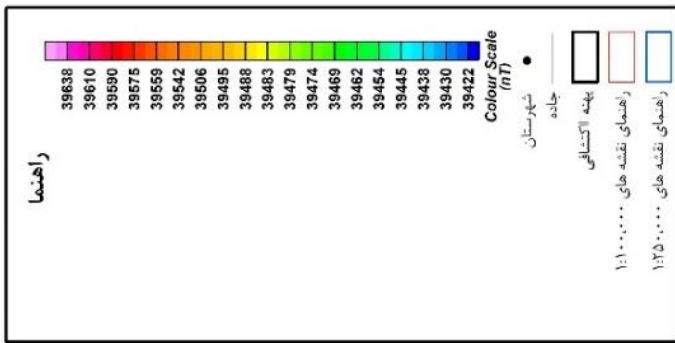
**نقشه برگردان به قطب شدت میدان مغناطیسی
فاصله خطوط پرواز ۷۵۰۰ متر**



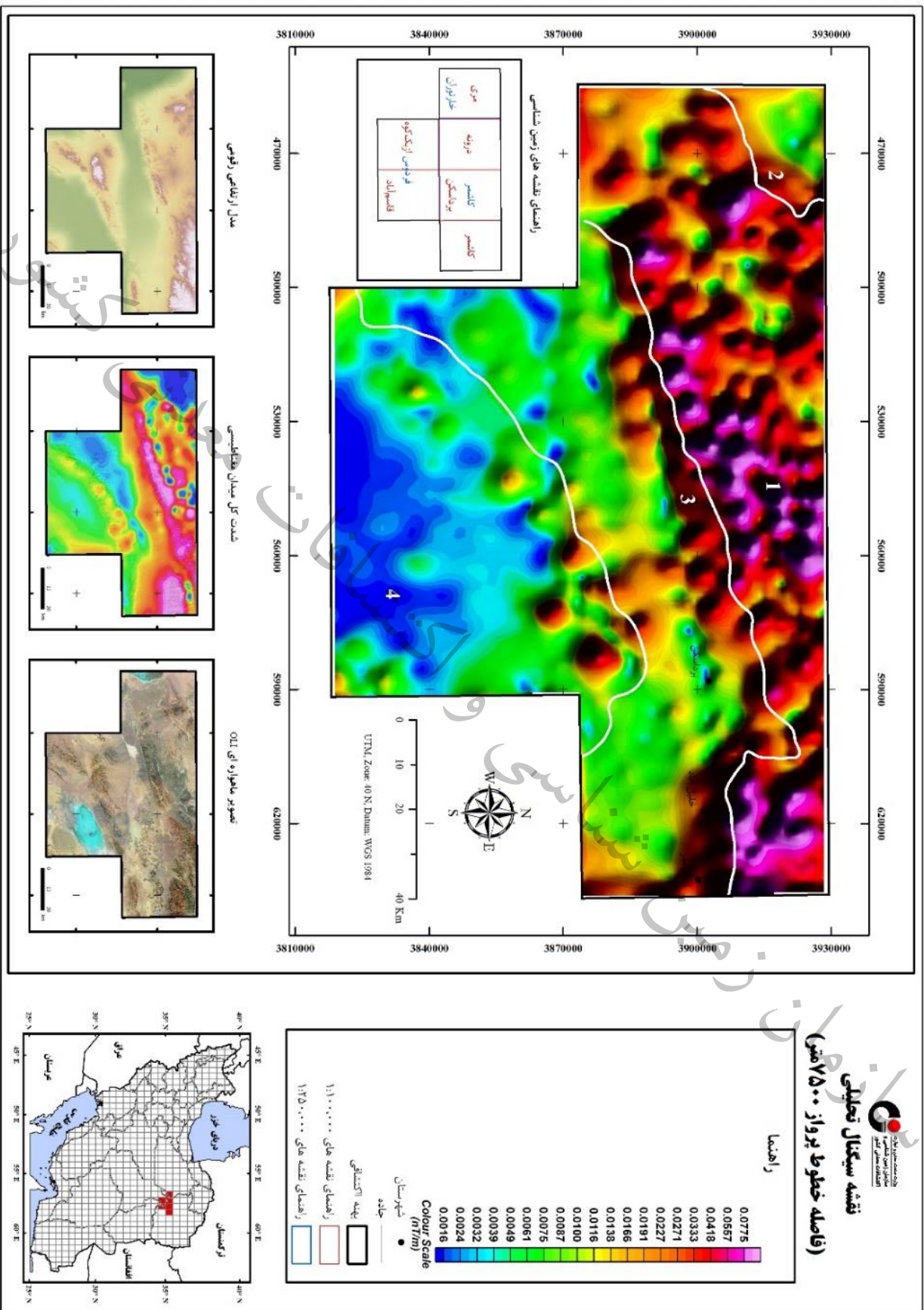
شکل ۶-۱- نقشه برگردان به قطب شدت میدان مغناطیسی با فاصله خطوط پرواز ۷۵ کیلومتر



نقشه ادامه فراسو (۴۰۰۰ متر)
فاصله خطوط پرواز: ۷۵۰۰ متر



شکل ۶-۳- نقشه ادامه فراسو (۴۰۰۰ متر) با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر




نقشه سیگان تحلیلی
(فاصله خطوط پرواز ۷۱۵ کیلومتر)

شکل ۴-۶- نقشه سیگان تحلیلی با فاصله خطوط پرواز ۷۱۵ کیلومتر

۶-۴-۱- بررسی نقشه زاویه تیلت

کنتور صفر در نقشه زاویه تیلت مطابق شکل (۶-۷) با مرز ناپیوستگی‌های زمین‌شناسی متناظر بوده و برای آشکار کردن عوارض خطی بکار می‌رود که می‌تواند برای تعیین محدوده واحدهای ولکانیکی و نفوذی مدفون مورد استفاده قرار بگیرد. ولی از آنجاییکه داده‌های مغناطیس‌سنجی با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر به دلیل ارتفاع و فاصله خطوط پرواز زیاد از دقت کافی برای مدلسازی و تفسیر کمی برخوردار نیستند، نقشه زاویه تیلت به لحاظ کیفی می‌تواند نشان دهنده تغییرات نسبی عمق توده‌ها در محدوده مورد مطالعه باشد (شکل ۶-۸).

اندازه‌گیری نسبی عمق توده‌ها مطابق شکل ۶-۸ و مقایسه آن با تصاویر مشتق قائم و ادامه فراسو بیانگر انطباق عمق بی‌هنجاری‌های مغناطیسی در تصاویر مذکور با اعماق بدست آمده از نقشه زاویه تیلت می‌باشد. بطوریکه در مناطقی که عمق بی‌هنجاری‌ها بالا بوده و در تصویر ادامه فراسو این بی‌هنجاری‌ها با شدت بالا ظاهر گشته‌اند، در نقشه زاویه تیلت (شکل ۶-۸) فاصله عمودی بین کانتورهای $\pm 45^\circ$ نیز زیاد می‌باشد و بالعکس برای بی‌هنجاری‌ها با عمق کم این فاصله کاهش می‌یابد.

۶-۴-۲- بررسی خطواره‌های مغناطیسی و نتیجه‌گیری

شناسایی توده‌های نفوذی بویژه توده‌های مدفون و نیز خطواره‌های پنهان مغناطیسی که فقط از طریق روش‌های ژئوفیزیکی امکان پذیر می‌باشد، از اهمیت بالایی برخوردار بوده و به عنوان یک لایه کلیدی برای تلفیق با سایر لایه‌های زمین‌شناسی جهت اکتشاف مناطق پرتانسیل معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

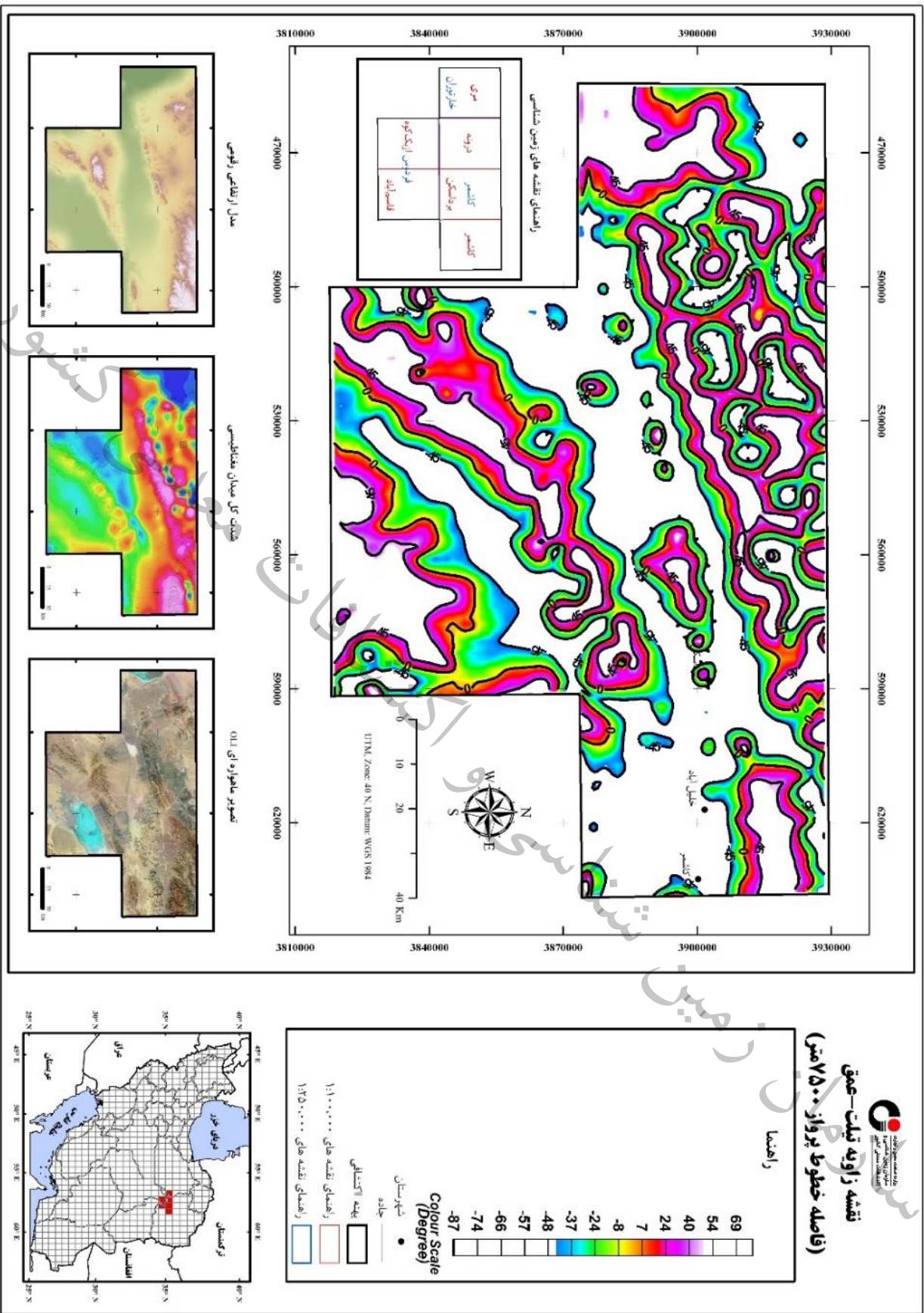
از آنجایی که تکتونیک نقش اساسی در کانی‌سازی ایفا می‌نماید، لذا شناسایی دقیق ساختارها و گسل‌های منطقه به ویژه گسل‌های پنهان حائز اهمیت می‌باشد. ساختارهای مذکور به لحاظ بالا آمدن مواد نفوذی و مواد کانی‌ساز و معدنی در امتداد ساختارها حائز اهمیت می‌باشند. برای تعیین خطواره‌های مغناطیسی، عمدتاً از داده‌های برگردان به قطب شدت میدان مغناطیسی و مشتق قائم و تصحیح آن‌ها با فیلتر زاویه تیلت استفاده شده است (شکل ۶-۱۰). با توجه به نقشه، جهت غالب خطواره‌های مغناطیسی شمال شرقی-جنوب غربی و در جهت ساختارهای زمین‌شناسی می‌باشد.

روش مغناطیس‌سنجی یک روش مستقیم جهت اکتشاف آهن می‌باشد، بنابراین تعیین بی‌هنجاری‌های مغناطیسی با شدت بالا در منطقه مورد توجه می‌باشد. ولی این بی‌هنجاری‌ها متأثر از کلیه توده‌های مغناطیسی در اعماق مختلف می‌باشند. بنابراین برای دستیابی بهتر به اهداف اکتشافی سعی گردید بی‌هنجاری‌های



مغناطیسی که دارای عمق کمی می‌باشند بیشتر مورد توجه قرار گیرند و نواحی پتانسیل‌دار محتمل برای کانی سازی آهن مشخص گردیده‌اند که در شکل ۶-۹ نشان داده شده است. همچنین نتایج حاصل از تعیین خطواره‌های مغناطیسی، توده‌های نفوذی و ولکانیک بدست آمده از بی-هنجاری‌های مغناطیسی در نقشه تفسیری ۶-۱۰ گزارش شده است.

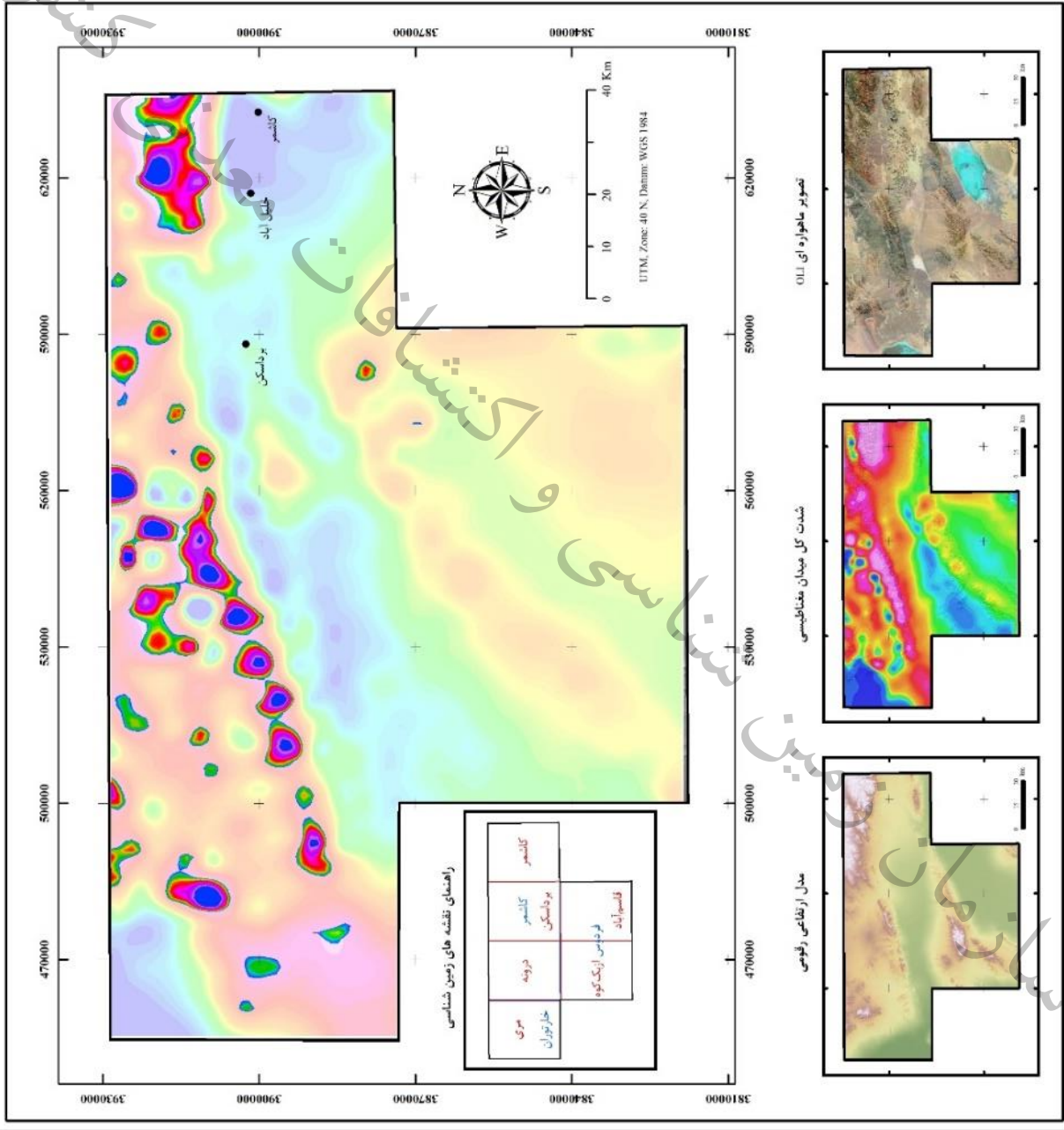
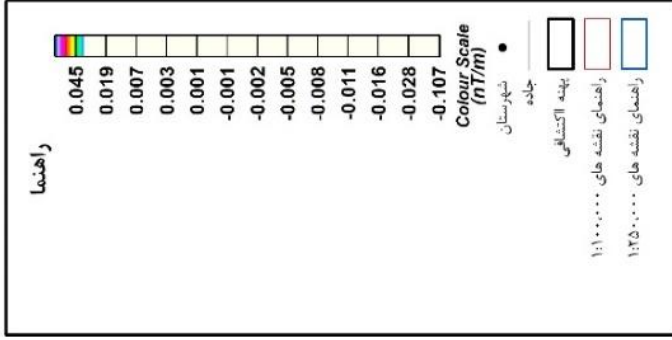
کشور
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی



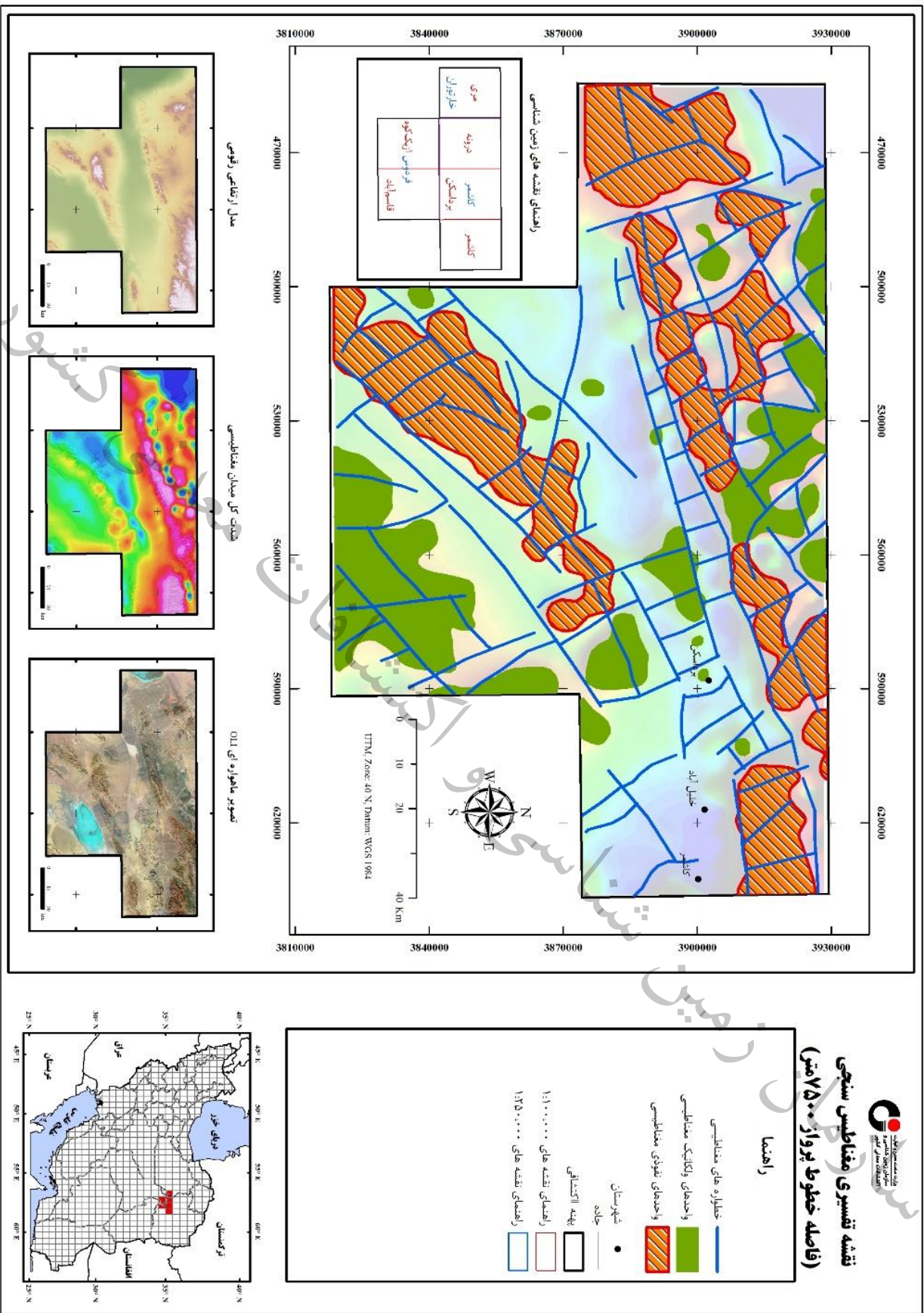
شکل ۶-۶- نقشه زاویه تپت-عمق با فاصله خطوط پرواز ۷۵۰ کیلومتر



نقشه مناطق پیشنهادی با ولایت بالای کانی زائی آهن



شکل ۶-۷- نقشه مناطق پیشنهادی با ولایت بالای کانی زائی آهن

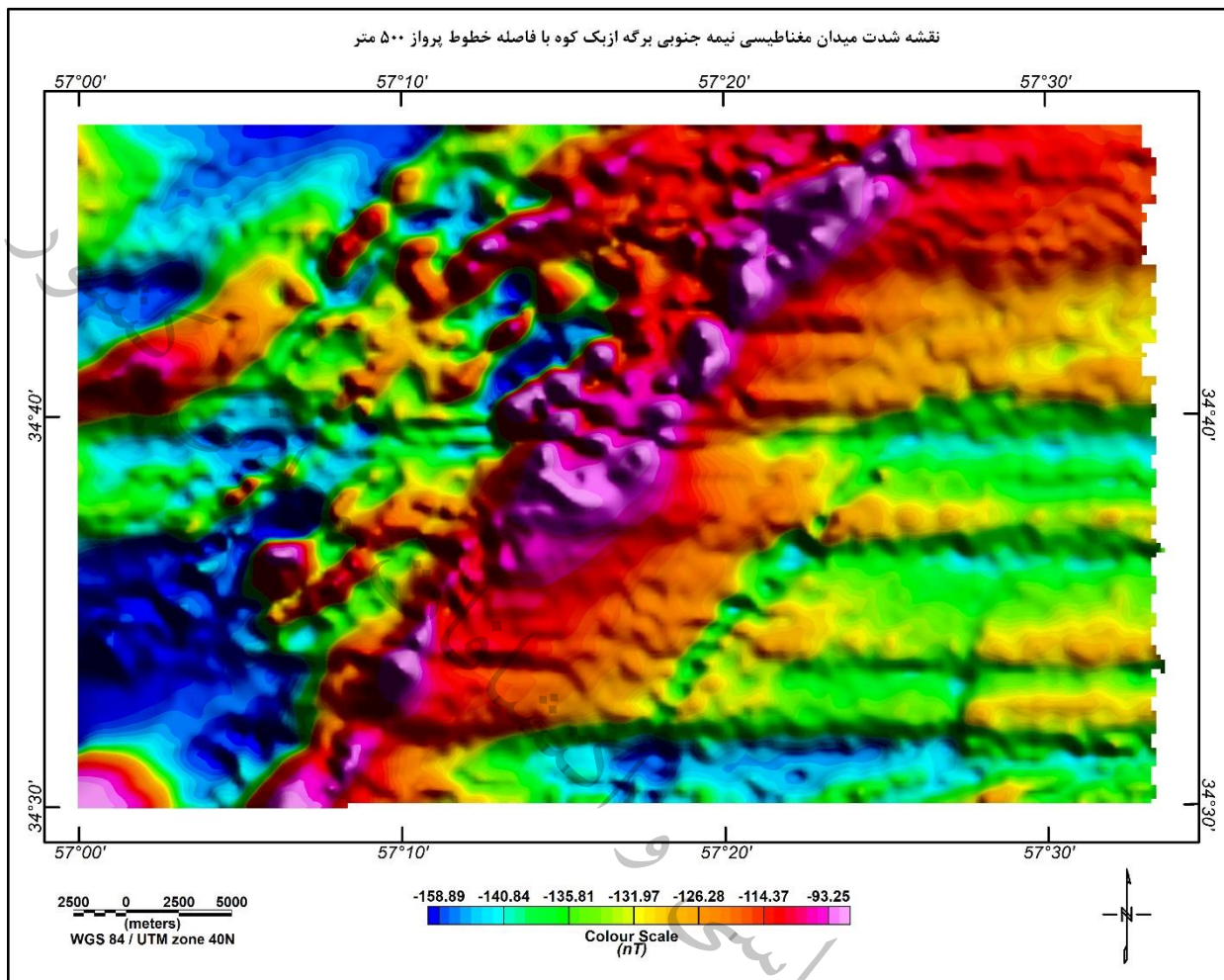


شکل ۶-۸- نقشه تفسیری مغناطیس سنجی با فاصله خطوط پرواز ۷۵۰۰ کیلومتر

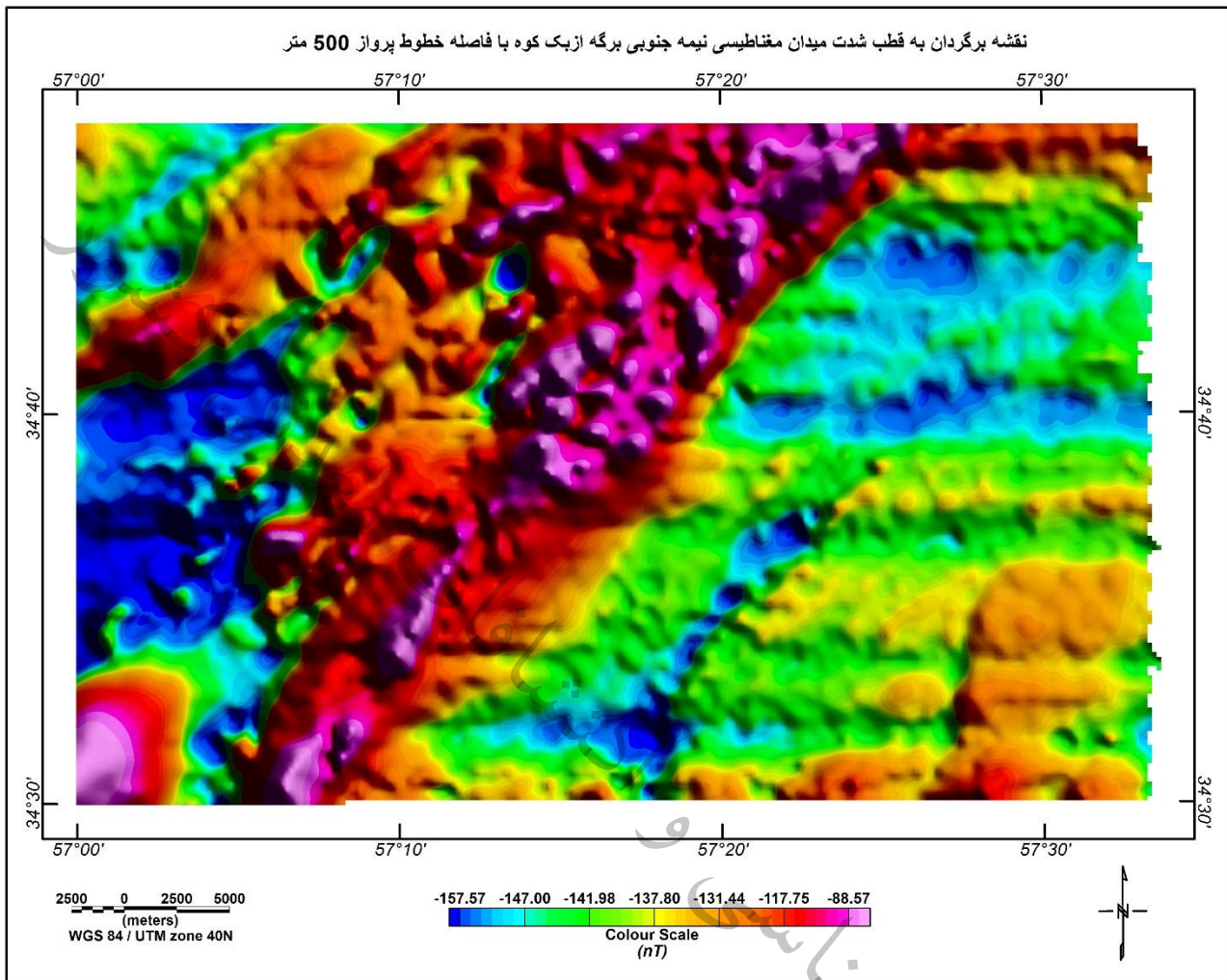
۶-۵- تفسیر داده‌های مغناطیس‌سنجی با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر

در منطقه مورد مطالعه، نیمه جنوبی برگه از یک کوه تنها ناحیه‌ای است که دارای داده‌های مغناطیسی و رادیومتری با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر می‌باشد. نقشه شدت میدان مغناطیسی این ناحیه مطابق شکل ۶-۱۱ تهیه شده است. بیشترین شدت میدان مغناطیسی ۲/۸ نانو تسلا و کمترین مقدار ۱۹۰- نانو تسلا می‌باشد. در نقشه برگردان به قطب (شکل ۶-۱۲) جابجایی بی‌هنجاری‌ها به سمت شمال و کاهش اثر قطب منفی بی‌هنجاری‌ها مشاهده می‌شود. بی‌هنجاری عمده منطقه با شدت نسبتاً بالا در قسمت مرکزی منطقه با امتداد جنوب‌غربی-شمال‌شرقی قرار دارد. در انطباق با نقشه زمین‌شناسی، این بی‌هنجاری در امتداد واحدهای پلوتونیک گرانیت و ولکانیک آندزیت و دیاباز بوده و بیشتر نواحی پوشیده از واحدهای رسوبی می‌باشد. در نقشه مشتق قائم (شکل ۶-۱۳) شدت بالا بویژه بر روی واحدهای ولکانیک حفظ شده است. در نقشه‌های ادامه فراسو ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر (شکل‌های ۶-۱۴ و ۶-۱۵) نیز بی‌هنجاری با شدت بالاتری ظاهر گشته است که بیانگر گسترش واحدهای ولکانیک تا عمق می‌باشد.

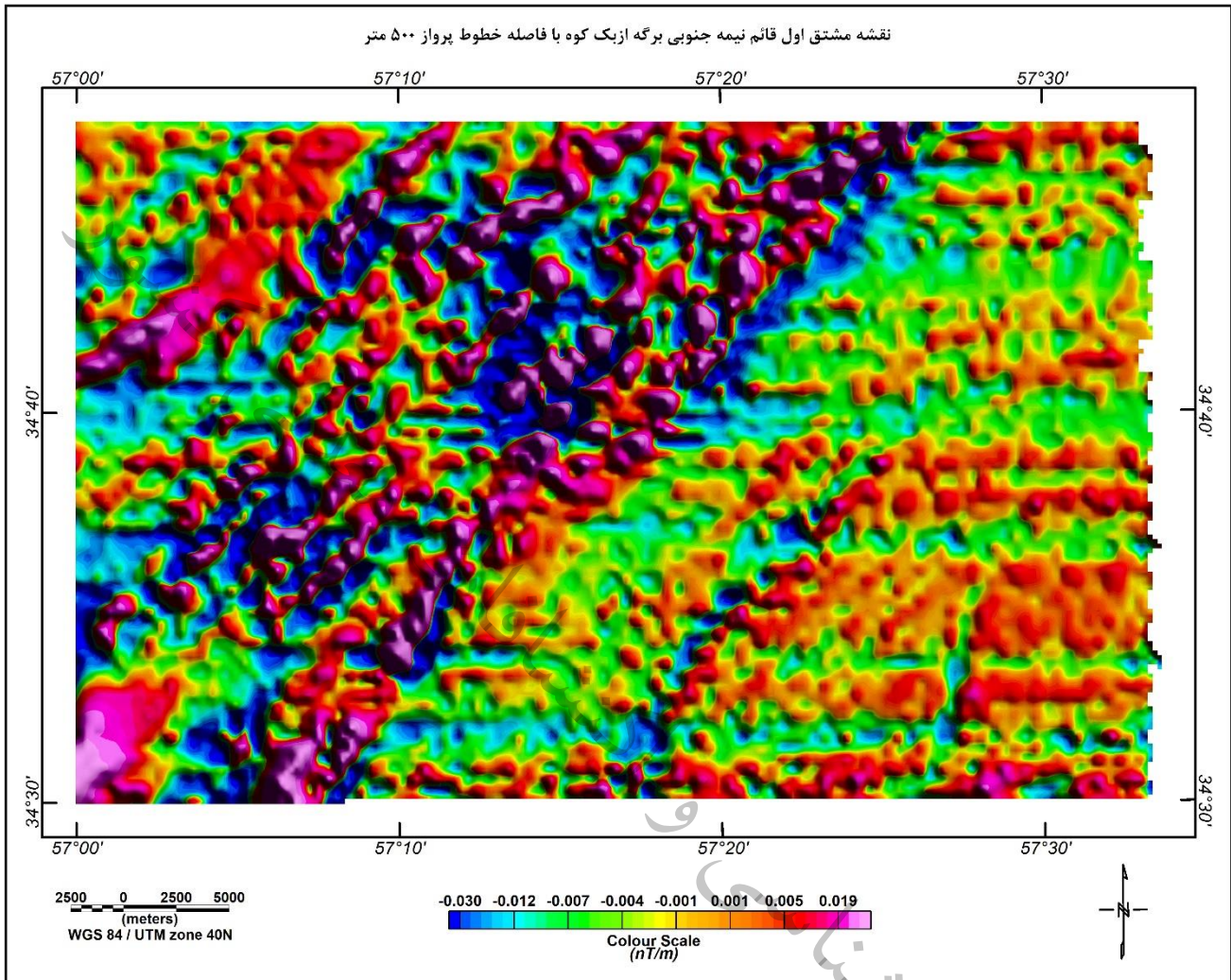
یک بی‌هنجاری بزرگ با شدت بالا نیز در گوشه جنوب‌غرب برگه از یک کوه قرار دارد که منطبق بر واحدهای رسوبی کواترنر می‌باشد. با توجه به شدت بالای مغناطیسی در تصاویر مشتق قائم و ادامه فراسو این بی‌هنجاری مرتبط با واحد مغناطیسی در زیر رسوبات می‌باشد که تا عمق گسترش دارد.



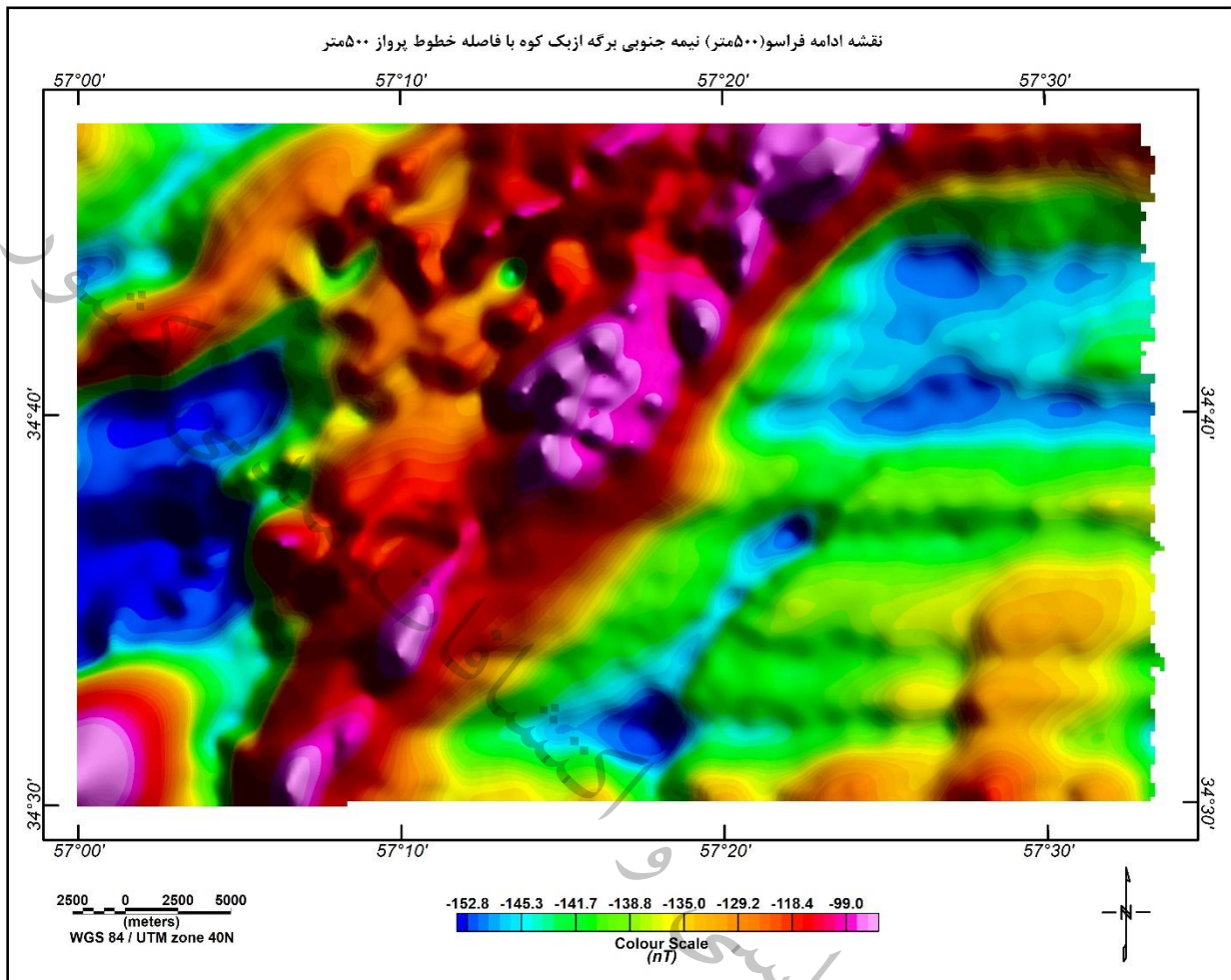
شکل ۶-۹- نقشه شدت میدان مغناطیسی نیمه جنوبی برکه ازبک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر



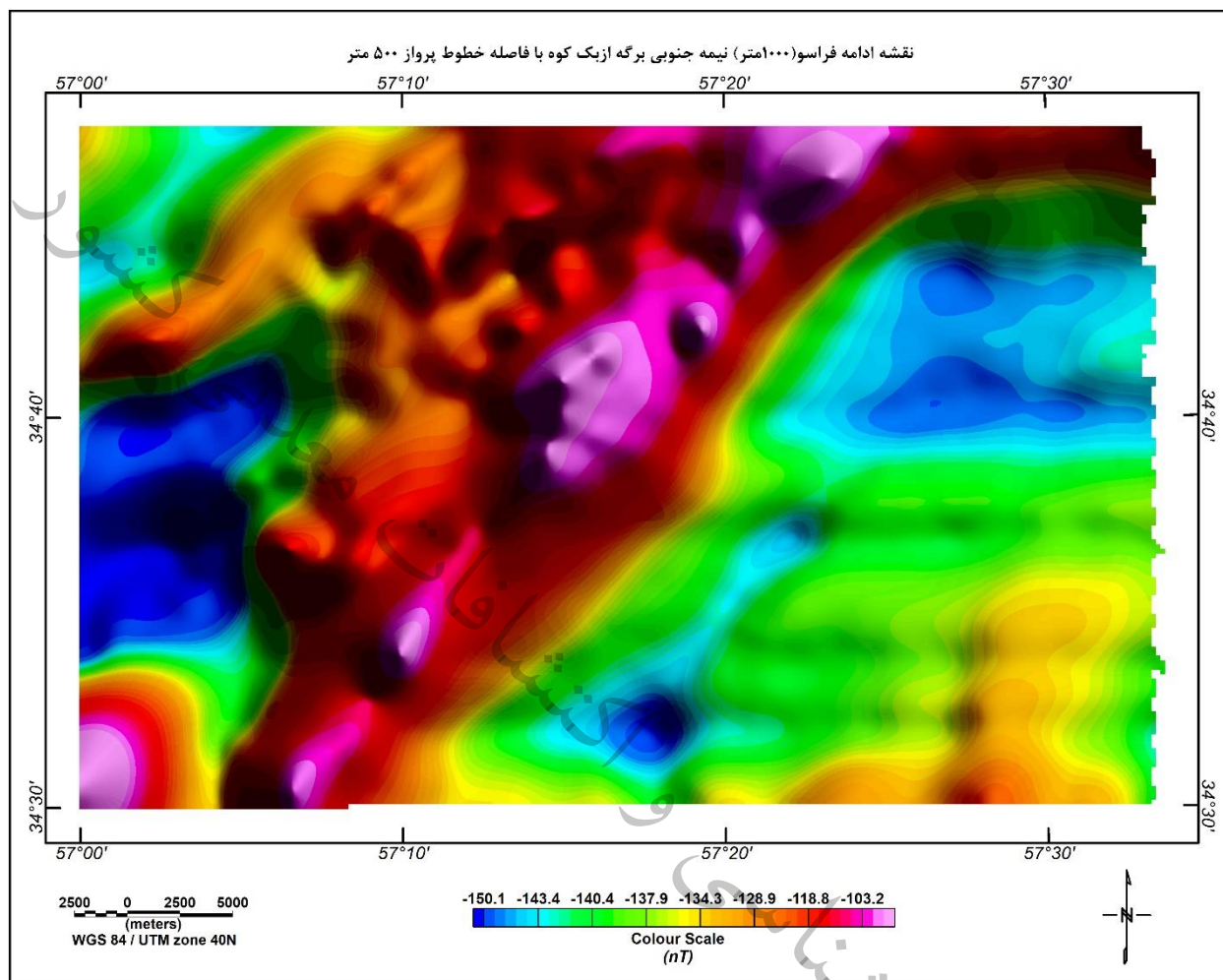
شکل ۶-۱۰- نقشه برگردان به قطب شدت میدان مغناطیسی نیمه جنوبی برکه ازبک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر



شکل ۱۱-۶- نقشه مشتق اول قائم نیمه جنوبی برگه ازبک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر



شکل ۶-۱۲- نقشه ادامه فراسو (۵۰۰متر) نیمه جنوبی برکه ازبک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰متر

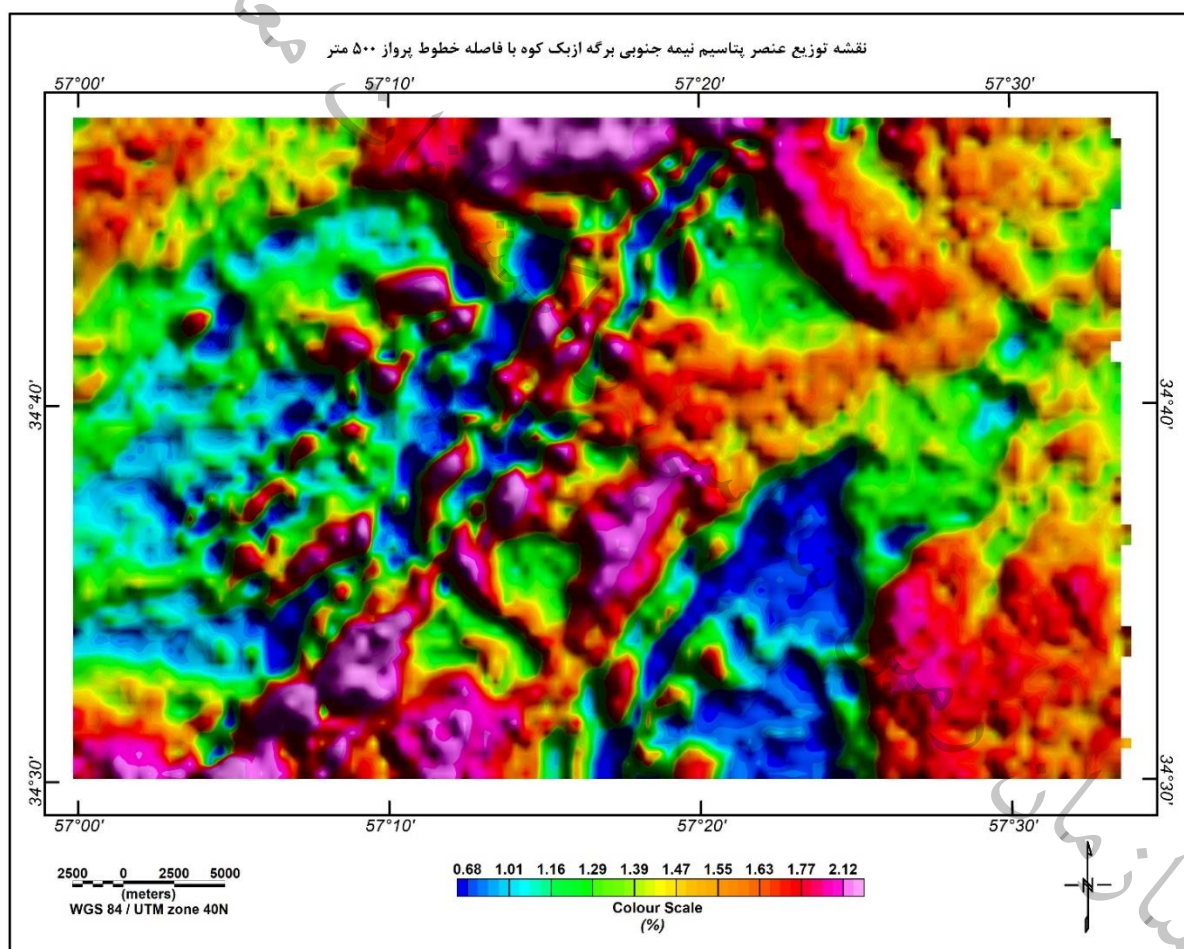


شکل ۶-۱۳- نقشه ادامه فراسو (۱۰۰۰ متر) نیمه جنوبی برگه از یک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر

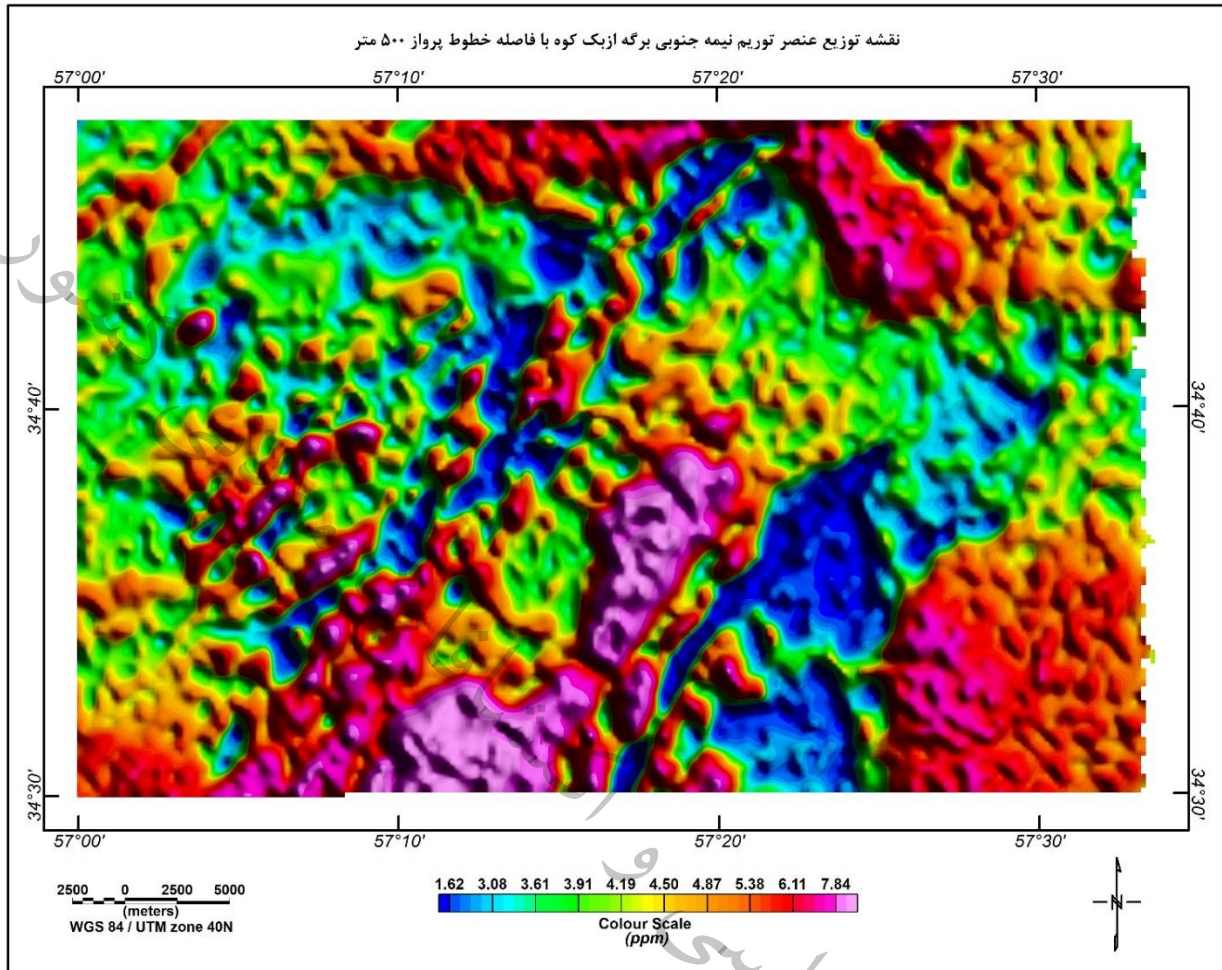
۶-۶- تفسیر داده‌های اسپکترومتری اشعه گاما با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر
نقشه توزیع پتاسیم با توجه به شکل ۶-۱۶ بیانگر تجمع بی‌هنجاری‌های پتاسیم در نواحی مرکزی و در امتداد جنوب غربی-شمال شرقی می‌باشد. بیشترین مقدار پتاسیم در منطقه مورد مطالعه ۴/۳۴٪ است. در انطباق با نقشه زمین‌شناسی بی‌هنجاری‌های پتاسیم عمدتاً بر روی واحدهای رسوبی ماسه‌سنگی و شیل قرار دارند. آنومالی‌های توریم (شکل ۶-۱۷) با حداکثر مقدار ۱۲ ppm و اورانیوم (شکل ۶-۱۸) با حداکثر مقدار ۴ ppm نیز عمدتاً در امتداد آنومالی‌های پتاسیم قرار دارند. یکی از تصاویری که می‌تواند کمک زیادی در تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی کرده و انطباق زیادی با لیتولوژی سنگها دارد تصویر سه‌وجهی یا رنگی از پراکندگی پتاسیم، توریم و اورانیوم می‌باشد. در این تصویر رنگ قرمز توسط پتاسیم، رنگ سبز توسط توریم و رنگ آبی توسط اورانیوم کنترل می‌شود.

تصویر سه گانه (شکل ۶-۱۹) مقدار نسبی سه عنصر رادیواکتیو را نشان می‌دهد یعنی یک دیاگرام شیمیایی است که می‌تواند بطور مستقیم مربوط به لیتولوژی باشد. در جایی که سنگ فاقد سه عنصر رادیواکتیو می‌باشد رنگ سیاه ظاهر گشته و در جایی که سنگ حاوی مقادیر بالایی از هر سه عنصر است رنگ سفید مشاهده می‌گردد. نواحی که به رنگ فیروزه‌ای مشاهده می‌شود دارای مقادیر بالای توریم و اورانیوم می‌باشد.

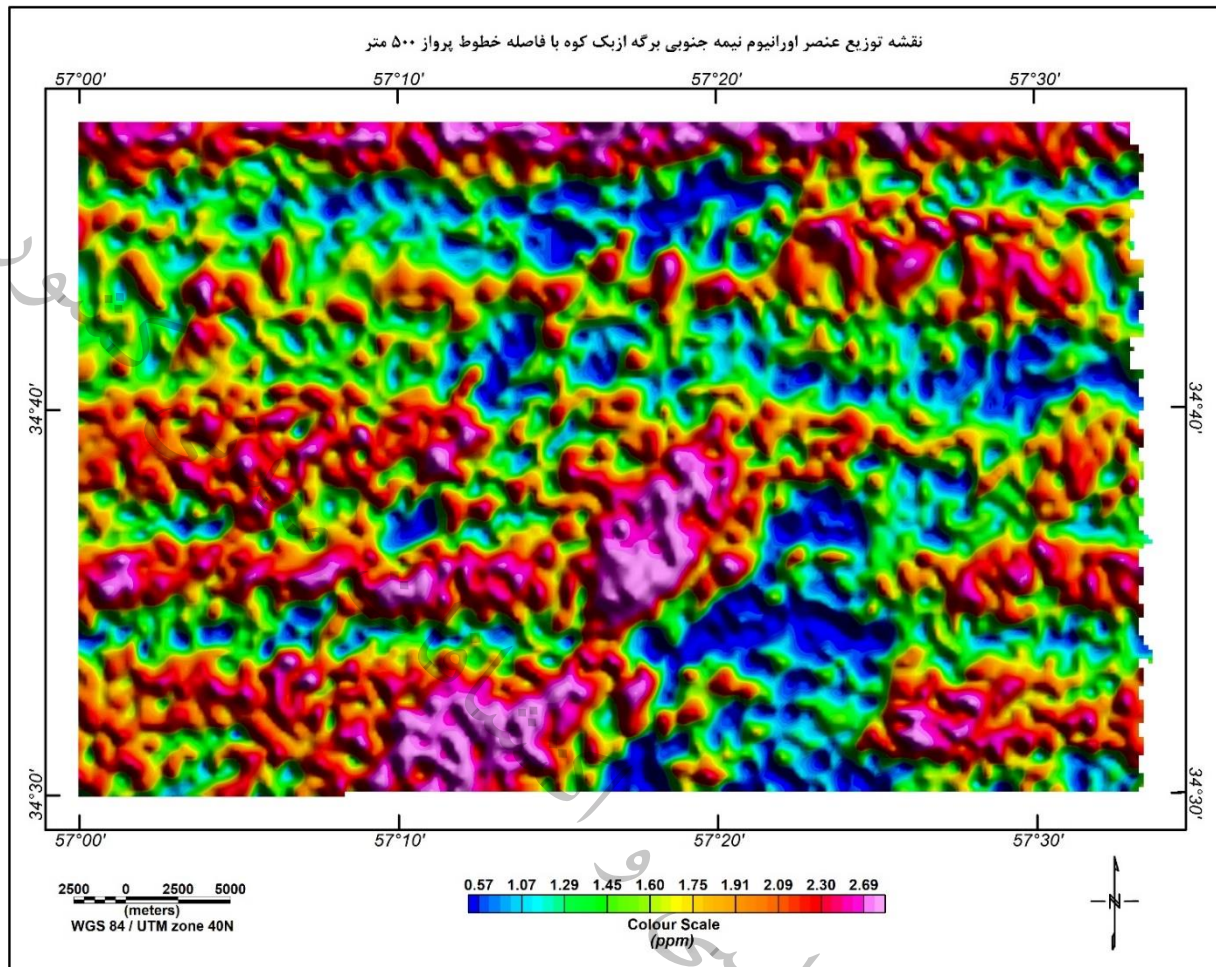
تغییرات ظاهری در داخل واحدهای زمین شناسی بر روی یک تصویر رنگی می‌تواند به دلایل هوازدگی و گسترش خاکهای سطحی، تغییر در ارتفاع پرواز، آلتراسیون شیمیایی سنگ‌ها و تغییرات ترکیبی در سنگ‌های آتشفشانی و رسوبی صورت پذیرد.



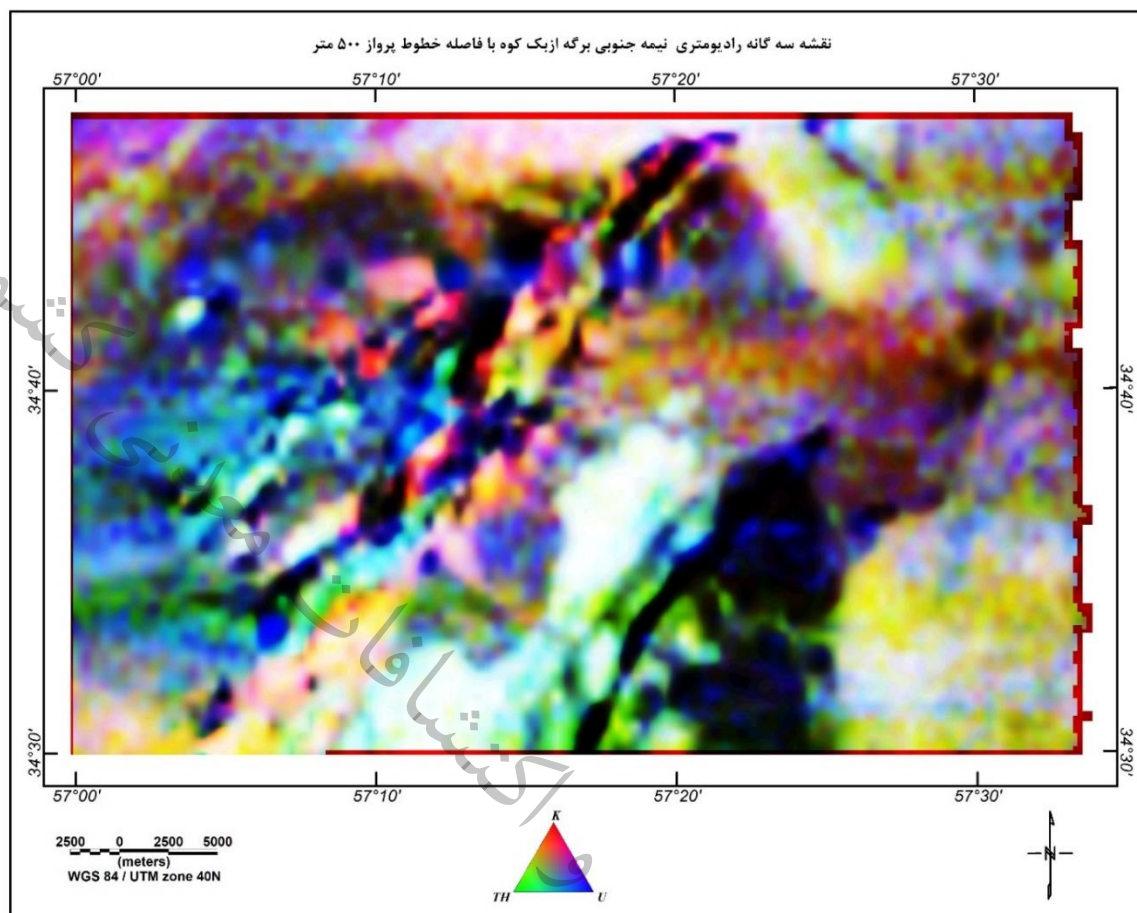
شکل ۶-۱۴- نقشه توزیع عنصر پتاسیم نیمه جنوبی بر گره ازبک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر



شکل ۶-۱۵- نقشه توزیع عنصر توریم نیمه جنوبی برکه ازبک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر



شکل ۶-۱۶- نقشه توزیع عنصر اورانیوم نیمه جنوبی برکه ازبک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر



شکل ۶-۱۷- نقشه سه گانه رادیومتری نیمه جنوبی برکه ازبک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر

۶-۶-۱- تعیین مناطق دگرسان غنی شده از پتاسیم

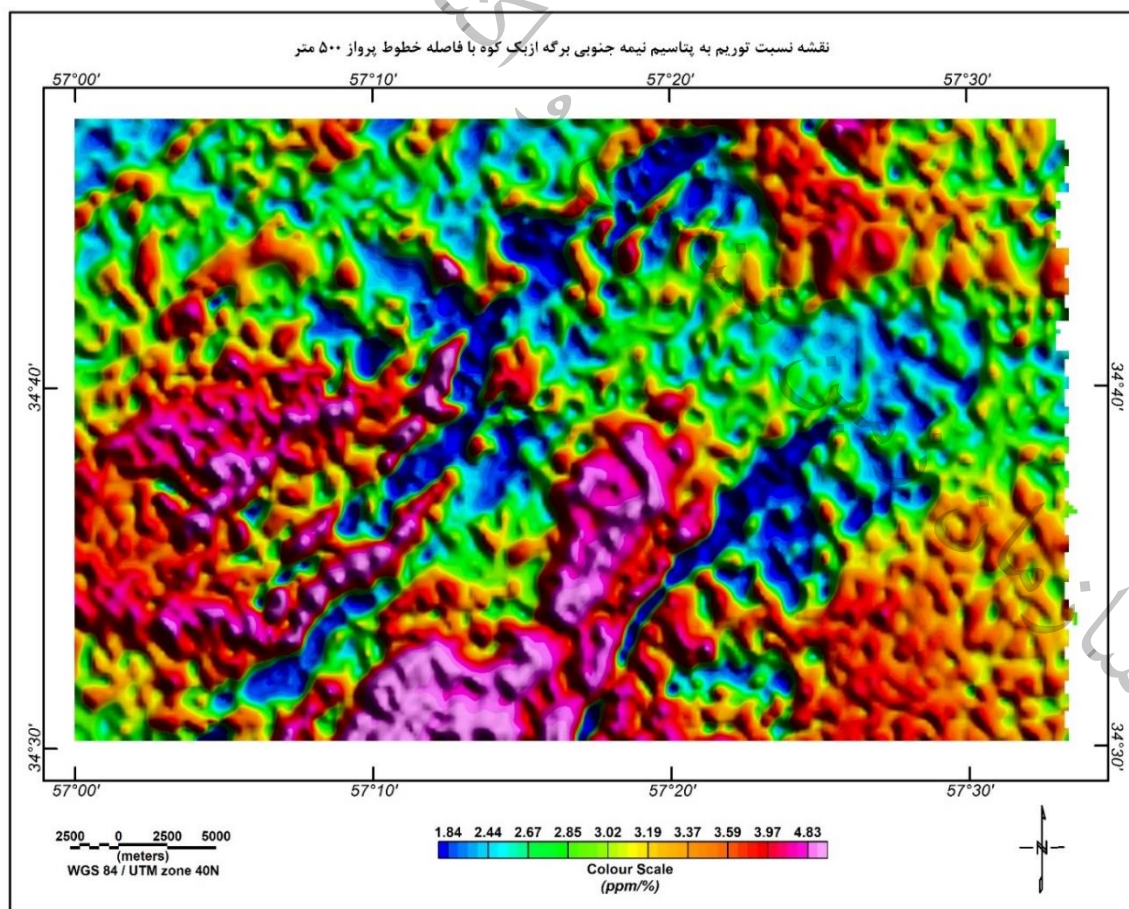
غلظت عناصر رادیواکتیو در بیشتر سنگها با هم همبستگی دارد. مناطق بی‌هنجار زمانی اتفاق می‌افتد که این وضعیت نرمال به علت غنی‌شدگی و یا تهی‌شدگی یکی از عناصر نسبت به دو عنصر دیگر از بین برود. یکی از مهمترین کاربردهای رادیومتری استفاده از نسبت عناصر می‌باشد. کانال‌های انفرادی عناصر، تجمع مطلق آنها را نشان می‌دهد درحالی‌که نسبت آنها U/Th ، U/K ، Th/K و برعکس، تجمع نسبی آنها را نشان می‌دهد. دقت استفاده از نسبت عناصر بیشتر از خود عناصر می‌باشد. زیرا در این حالت اثر خطاهایی نظیر تصحیح ارتفاع و یا تأثیر رطوبت سطحی کاهش می‌یابد.

استفاده از نسبت عناصر برای تعیین مناطق غنی شده و دگرسان بسیار مفید می‌باشد. بطوریکه می‌توان یک عنصر رادیواکتیو خاص را بصورت ترکیبی با نسبت‌های مربوط به خود به شکل یک تصویر سه گانه نمایش داد

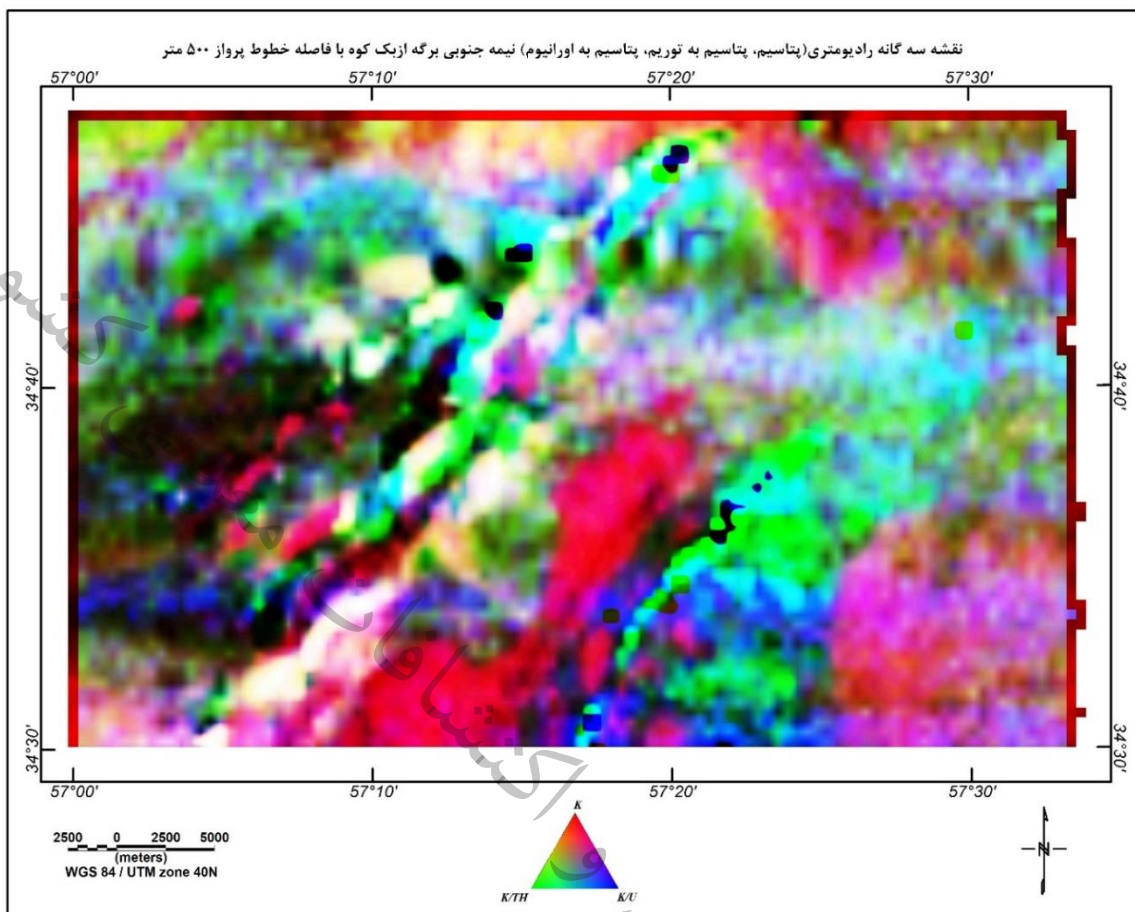
مثلاً (U, U/Th, U/K) در این حالت نواحی که عنصر اصلی غلظت بالاتری دارد بصورت سفید ظاهر می‌شود (M, Dentith & S, T. Mudge, 2014).

برای اینکه بتوان مناطق غنی‌سازی پتاسیم را از مناطقی که پتاسیم بالا، مربوط به لیتولوژی است تشخیص داد، می‌توان از نسبت Th/K (شکل ۶-۲۰) استفاده کرد. در این حالت از آنجایی که تجمع نسبی پتاسیم در مقایسه با توریم افزایش یافته است، نسبت Th/K بسیار کم خواهد بود.

در این مطالعه به منظور شناسایی زون‌های غنی‌سازی پتاسیم، از تصاویر توزیع عنصر پتاسیم، تصویر سه‌گانه سه عنصر اصلی (K, Th, U)، تصویر سه‌گانه (K, K/Th, K/U) (شکل ۶-۲۱) و از نسبت Th/k استفاده شده است. در تصویر سه‌گانه (K, Th, U) (شکل ۶-۱۹) منطقه غنی‌شده پتاسیم به رنگ قرمز دیده می‌شود و در تصویر سه‌گانه (K, K/Th, K/U) (شکل ۶-۲۱) از آنجایی که پتاسیم نسبت به دو عنصر دیگر افزایش یافته است، هر سه عنصر موجود در تصویر سه‌گانه افزایش یافته و منطقه موردنظر به رنگ سفید دیده می‌شود. در تصویر نسبت Th/k (شکل ۶-۲۰) شدت پایین مشاهده می‌شود. نتایج بدست آمده در نقشه تفسیری (شکل ۶-۲۲) قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۶-۱۸- نقشه نسبت توریم به پتاسیم نیمه جنوبی برگه ازبک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر



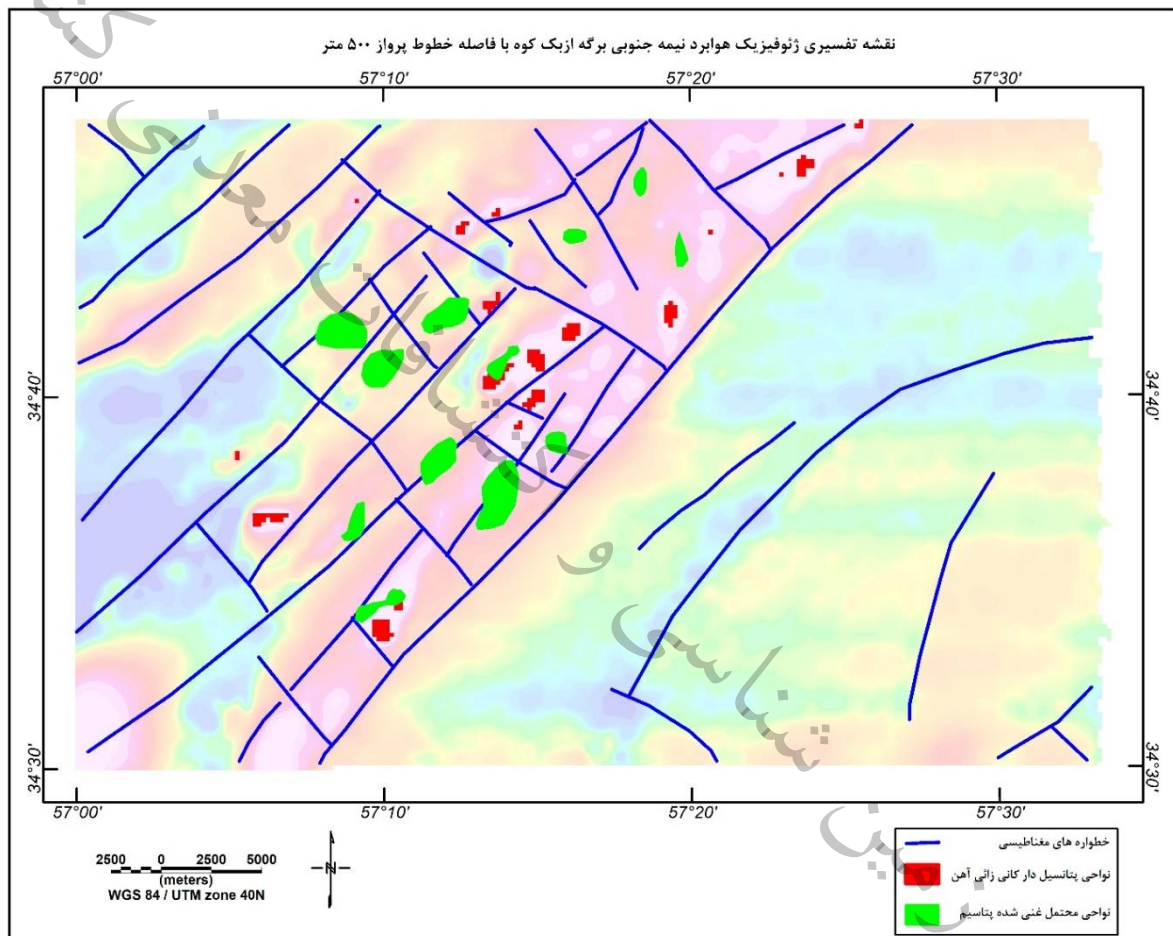
شکل ۶-۱۹- نقشه سه گانه پتاسیم، پتاسیم به توریم و پتاسیم به اورانیوم (K, K/Th, K/U) نیمه جنوبی برگه ازبک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر

۶-۷- نتیجه گیری

شناسایی دقیق ساختارها و گسل‌های منطقه به ویژه گسل‌های پنهان به دلیل نقش اساسی تکتونیک در کانی‌زائی، حائز اهمیت می‌باشد. زیرا نقش ساختارهای مذکور به لحاظ بالا آمدن مواد نفوذی و مواد کانی ساز و معدنی در امتداد ساختارها مهم می‌باشند. برای تعیین خطواره‌های مغناطیسی عمدتاً از داده‌های برگردان به قطب شدت میدان مغناطیسی و مشتق قائم و تصحیح آن‌ها با فیلتر زاویه تیلت استفاده شده است (شکل ۶-۲۲). با توجه به نقشه، جهت غالب خطواره‌های مغناطیسی شمال شرقی-جنوب غربی و در جهت ساختارهای زمین‌شناسی می‌باشد و خطواره‌های کوچک‌تر با امتداد شمال غرب-جنوب شرق خطواره‌های اصلی را قطع کرده‌اند.

از آنجایی که روش مغناطیس سنجی یک روش مستقیم جهت اکتشاف آهن می‌باشد، تعیین بی‌هنجاری‌های مغناطیسی با شدت بالا در منطقه مورد توجه می‌باشد. ولی این بی‌هنجاری‌ها متأثر از کلیه توده‌های مغناطیسی

در اعماق مختلف می‌باشند. بنابراین برای دستیابی بهتر به اهداف اکتشافی سعی گردید بی‌هنجاری‌های مغناطیسی که دارای عمق کمتر از ۲۰۰ متر هستند بیشتر مورد توجه قرار گرفته و نواحی پتانسیل دار محتمل برای کانی سازی آهن مطابق شکل ۶-۲۲ مشخص گردند. در این نقشه همچنین نواحی محتمل غنی‌شده پتاسیم با توجه به موارد گفته شده در بخش قبل مشاهده می‌شوند.



شکل ۶-۲۰-نقشه تفسیری ژئوفیزیک هوابرد نیمه جنوبی برکه ازبک کوه با فاصله خطوط پرواز ۵۰۰متر

کشور

معدنی

فصل، مفتمقات

تلفیق و مدلسازی

سازمان زمین

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۷-۱- مقدمه

امروزه استفاده از تکنولوژیهای جدید در اکتشافات سیستماتیک مواد معدنی جهت معرفی مناطق امید بخش معدنی پیشرفت قابل توجهی داشته است. در این ارتباط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) نقش عمده‌ای را در امر مدلسازی داده‌ها ایفا می‌کند و مزایای زیادی از جمله بالا بردن دقت کار، تأثیر دادن کلیه فاکتورهای موثر در کانه زایی، و نهایتاً ابعاد وسیع صرفه جویی زمان و اقتصادی را به همراه دارد. سیستم نرم افزاری GIS با ایجاد یک پایگاه مناسب داده‌ها، فضای مناسبی را برای دسترسی به اطلاعات معدنی و تحلیل داده‌ها و تعیین مناطق جدید اکتشافی پدید می‌آورد همچنین توسط این سیستم می‌توان در مقیاس‌های مختلف به طراحی شبکه برداشت، تعیین مکانهای حفر گمانه، تونل و چاه اکتشافی، تهیه مقاطع مختلف و نظایر آن پرداخت. در امر اکتشافات مقدماتی، تفصیلی و نیمه تفصیلی امکان دسترسی همزمان به کلیه اطلاعات زمین‌شناسی و معدنی منطقه این شرایط را فراهم می‌کند که با تحلیل داده‌ها بهترین مناطق جهت اکتشاف عنصر یا عناصر خاص تعیین گردیده و از اتلاف بودجه و وقت جلوگیری به عمل آید.

بررسی‌های اکتشافی سیستماتیک ناحیه‌ای با بهره‌گیری از داده‌های مربوط به نقشه‌های زمین‌شناسی، نقشه‌های ژئوشیمیایی، داده‌های ماهواره‌ای و ژئوفیزیک هوایی و همچنین نشانه‌های معدنی شناخته شده و تلفیق و مدلسازی آنها انجام می‌پذیرد. با شناخت مدل‌های زایشی کانی‌زایی در هر محدوده و تبدیل این داده‌ها به اطلاعات مفیدی مانند ساختار، منشأ، سنگ میزبان و فرآیندهای کانی‌سازی تفسیر آنها می‌توان به استخراج اطلاعات مفید و شناسایی نواحی امید بخش معدنی پرداخت.

این بررسی‌ها با گردآوری داده‌ها در مرحله اول یکپارچه‌سازی و پردازش آنها در مرحله دوم و سپس تلفیق و مدلسازی آنها در مرحله سوم و کنترل زمینی مدل و بهینه کردن آن در مرحله آخر در قالب تیم‌های کاری مختلف با تخصص‌هایی مانند دورسنجی، ژئوفیزیک، زمین‌شناسی اقتصادی، پترولوژی، تکتونیک و GIS انجام می‌پذیرد.

۷-۲= مدل سازی اکتشافی

مدل‌سازی رخدادهای طبیعی و روابط علت و معلولی مرتبط به آنها همواره یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد پژوهش بوده‌است. مدل‌سازی را می‌توان روش ساده‌سازی، کلی‌نگری و سهولت‌بخشی برای شناخت رخدادهایی دانست که دارای ویژگی‌های مشترک می‌باشند. بنا به تعریف اگر داده‌های معرف عمومی‌ترین ویژگی‌های توصیفی یک تیپ کانسار به طور سیستماتیک و استاندارد مرتب گردد، مدل توصیفی آن بدست می‌آید. بنابراین در مدل توصیفی کانسارها فقط شناخت ویژگی‌های عمومی و کلی کانسار بدون بررسی روابط علت‌شناختی آنها مورد بحث قرار می‌گیرد. از طرف دیگر یک مدل کانساری ممکن است از نوع ژنتیکی و یا

عددی باشد. در مدل ژنتیکی روابط علت و معلولی براساس محتمل‌ترین فرایندهای کانه‌ساز مورد بررسی و توجیه قرار می‌گیرد. در مدل‌های عددی پس از تمیز ویژگی‌های اساسی هر تیپ کانسار به هر یک بر اساس بررسی‌های آماری چند متغیره وزن مناسبی داده می‌شود و سپس مجموع این اوزان عددی را به عنوان مشخصه آن تیپ کانسار معرفی می‌کند.

بدون مدل‌سازی تخمین قابل قبولی از احتمال پیدایش یک تیپ کانسار خاص در یک محیط معین امکان‌پذیر نمی‌باشد. قبلاً، مدل‌سازی کانسارها بیشتر بر اساس منشاء آنها صورت می‌گرفت و به همین دلیل بسیاری از آنها کارایی اکتشافی لازم را نداشتند. میزان جامعیت یک مدل کانساری را می‌توان از درجه تمام‌شمولی آن ارزیابی کرد. درجه تمام‌شمولی در واقع قابلیت دربرگیری و پوشش هر چه بیشتر کانسارهای شناخته شده هم‌تیپ با مدلی با حداکثر ویژگی‌های مشترک می‌باشد. یکی دیگر از ویژگی‌های مدل‌های قبلی طبقه‌بندی آنها بر اساس نوع ماده معدنی با ارزش اقتصادی بوده‌است. چنین مدل‌هایی ممکن است از نظر اقتصاد معدنی ارزشمند باشد، ولی چون کانسارهایی با ژنز مختلف را دربرمی‌گیرد، کاربرد اکتشافی چندانی ندارد. گذشته‌ای نه چندان دور، تحلیل‌های مربوط به پی‌جویی‌ها به صورت دستی انجام می‌گرفت و نقشه‌های نشانگر حاصل از لایه‌های اطلاعاتی، به صورت مجزا برای فضاوت‌های موضوعی تفسیر می‌شدند. امروزه اطلاعات زمین‌مرجع رقومی، در قالب نقشه‌های نشانگر برای یافتن نواحی با اولویت حداکثری اکتشافی به کار گرفته می‌شوند و مدل‌های ریاضی و آماری (داده پایه و دانش پایه) برای تلفیق و مدل‌سازی داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این بررسی روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و دانش کارشناسی برای تعیین امتیاز لایه‌ها و روش فازی و همپوشانی شاخص‌ها به ترتیب برای وزن‌دار کردن و تلفیق نهایی داده‌ها بکار رفته است. روش همپوشانی شاخص‌ها شاید یکی از ساده‌ترین روش‌های تلفیق برای نقشه‌های نشانگر باشد که با انطباق ساده لایه‌های شاخص به دست می‌آید.

روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از روش‌های پرکاربرد برای رتبه‌بندی و تعیین اهمیت عوامل است که با استفاده از مقایسات زوجی گزینه‌ها به اولویت بندی هر یک از معیارها پرداخته می‌شود. چنانچه گزینه‌ها زیاد باشد تشکیل ماتریس مقایسات زوجی کار دشواری است.

هدف تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی انتخاب بهترین گزینه براساس معیارهای مختلف از طریق مقایسه زوجی است. این تکنیک برای وزن دهی به معیارها نیز استفاده می‌شود. چون افزایش تعداد عناصر هر خوشه مقایسه زوجی را دشوار می‌کند بنابراین معمولاً معیارهای تصمیم‌گیری را به زیرمعیارهایی تقسیم می‌کنند. معیار: آن چیزی است که براساس آن انتخاب می‌کنید مثلاً در انتخاب یک مدیر برای سازمان، معیارهای تصمیم‌گیری تحصیلات، پیشینه، شخصیت و ... است.



گزینه: آن چیزی است که از میان آن انتخاب می‌کنید مثلاً در انتخاب یک مدیر کاندیداهای موجود همان گزینه‌ها هستند.

منطق فازی منطقی است که روش‌های متنوع نتیجه‌گیری در مغز بشر را جایگزین الگوهای ساده‌تر ماشینی می‌کند. منطق فازی براساس مشاهدات استوار است که اکثر مواقع، افراد بر اساس اطلاعات غیر دقیق و غیر عددی تصمیم‌گیری می‌کنند. مدل‌ها یا مجموعه‌های فازی، روشی ریاضی برای نشان دادن و بیان اطلاعات مبهم و غیر دقیق هستند. منطق فازی شکلی از منطق‌های چندارزشی بوده که در آن ارزش منطقی متغیرها می‌تواند هر عدد حقیقی بین ۰ و ۱ و خود آن‌ها باشد. این منطق به منظور به‌کارگیری مفهوم درستی جزئی به‌کارگیری می‌شود، به طوری که میزان درستی می‌تواند هر مقداری بین کاملاً درست و کاملاً غلط باشد. برخی از ویژگیهای منطق فازی شامل موارد زیر است.

- پیاده‌سازی انعطاف‌پذیر و سادگی الگوریتم‌ها در روش‌های یادگیری ماشین (Machine Learning)
- امکان شبیه‌سازی منطق و طرز تفکر انسانی
- امکان ایجاد دو راه حل یا پاسخ برای یک مسئله
- مناسب برای حل مسائلی با پاسخ‌های تقریبی
- نگاه فرآیندی به استنتاج به همراه استفاده از قیدها و شرط‌های منعطف در منطق فازی
- امکان ایجاد توابع غیرخطی با پیچیدگی‌های دلخواه
- وجود وابستگی شدید به نظر محقق در ایجاد مدل‌های منطق فازی

۷-۳- تعیین مدل‌های زایشی

در بررسی‌های اکتشافات سیستماتیک ناحیه‌ای اولین گام انتخاب تیپ‌های کانی‌زایی مورد انتظار در محدوده مورد مطالعه و تعیین مدل زایشی آنها است که در نتیجه آن مدل مفهومی^۱ شکل می‌گیرد. بدین معنی که به فراخور کانه‌زایی مورد انتظار باید لایه‌های اطلاعاتی موثر در آن شناسایی و گروه‌بندی شوند و نحوه استخراج آن اطلاعات از میان داده‌های هر گروه تبیین گردد. بطور کلی، ساختار زیربنایی یک مدل، نمایش معنی‌داری از تمامی اطلاعات بنیادی در ایجاد آن می‌باشد. با توجه به توانایی فناوری GIS و وجود داده‌های مختلف ژئوشیمیایی، زمین‌شناسی، معدنی، ژئوفیزیکی و دورسنجی و ... که هر کدام می‌توانند یک منبع اطلاعاتی برای معرفی مناطق مستعد معدنی باشند، می‌توان با توجه به نوع کانی‌سازی قابل انتظار، نقشه‌های نشانگر منشأ، سنگ میزبان، ساختار و فرایند کانی‌زایی و ... را تولید کرد و سپس با توجه به وزن و درجه تأثیر هر کدام از

^۱ Model Conceptual

این پارامترها در شکل‌گیری مدل کانی‌زایی به شناسایی نواحی امیدبخش و اولویت‌بندی آنها پرداخت. برای تلفیق و مدل‌سازی ابتدا باید لایه‌های اطلاعاتی به نقشه‌های نشانگر تبدیل شوند. این مرحله بر اساس وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی انجام می‌شود.

در هر زون اکتشافی، آنچه ما را در دستیابی بهتر به نقاط مستعد معدنی راهنمایی می‌کند، آشنایی به متالوژنی منطقه و تیپ‌های کانی‌سازی مورد انتظار می‌باشد تا داده‌ها بر این اساس در کنار هم قرار گرفته و یکدیگر را تأیید و یا رد نمایند و اولویتهای مختلف کانی‌سازی را پیش‌بینی نمایند. مطالعات پیشین نشان می‌دهد که کانسارهای آهن (و منگنز) نوع آتشفشان-رسوبی (غالباً نئوپروتروزوئیک) و گرمابی-متاسوماتیسم (اسکارن آهن) مرتبط با توده‌های نفوذی دوران سوم و گاه دوران دوم، از محتمل‌ترین انواع کانسارهای آهن در بلوک مورد مطالعه است.

۷-۳-۱- آهن (و منگنز) آتشفشان-رسوبی

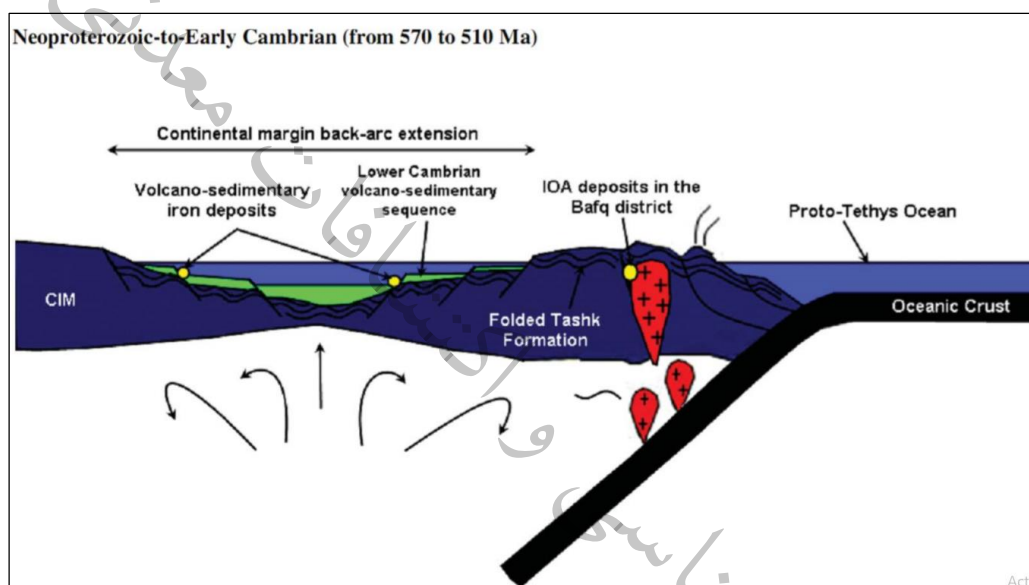
کانسارهای آهن نوع آتشفشان-رسوبی از انواع کانسارهای شناخته در ایران مرکزی است. تشکیل این کانسارها در بخش خرد قاره ایران مرکزی در پیوند با تکامل ژئودینامیکی نئوپروتروزوئیک و ایجاد حوضه کششی و تشکیل محیط‌های رسوبی است. در سایر زون‌های ساختاری مثل سنندج-سیرجان و یا کمربندهای آتشفشانی که در آن حوضه‌های درون قاره‌ای یا فلات قاره‌ای تشکیل شده است، امکان تشکیل این نوع از کانسارهای آهن قابل انتظار است. کانسارهای آهن از نوع اکسید آهن-آپاتیت (IOA^۱) و آتشفشان-رسوبی انواع کانسارهای اصلی آهن در بخش خرد قاره ایران مرکزی بشمار می‌رود. تشکیل حوضه کششی پشت کمان و ماگماتیسیم مرتبط با فروانش تیتیس کهن (شکل ۷-۱) عامل تشکیل کانسارهای آهن بلوک بافق-پشت بادام است (Nabatian et al, 2015). معدن چغارت و کانسار آهن-منگنز نارینگان را می‌توان به ترتیب جزء کانسارهای اکسید آهن-آپاتیت و آتشفشان-رسوبی اشاره کرد.

۷-۳-۲- اسکارن آهن

کانسارهای اسکارن آهن با سن اواخر پروتروزوئیک-کامبرین در بخشهای مختلفی از ایران دیده می‌شود که بعضی از این کانسارها مثل گل گهر در کلاس جهانی قرار دارند. تشکیل کانسارهای اسکارنی در این بلوک اغلب در ارتباط با واحدهای کربناته با محدوده سنی پرکامبرین تا پالئوزوئیک است. واحدهای کربناته دونین و پرمین به ترتیب در سازندهای سیبزار، پادها و بهرام تحت تاثیر پدیده اسکارن قرار گرفته‌اند. گرچه اطلاعات

^۱ Iron Oxide

دقیقی از زمان جایگیری بسیاری از توده گرانیتوئیدی بخش جنوبی بلوک (ورقه‌های قاسم‌آباد و ازبک‌کوه) وجود ندارد ولی با توجه به تأثیر این توده‌های بر واحدهای دربرگیرنده و تکامل فعالیت‌های ماگمایی ایران مرکزی، غالب توده‌های نفوذی در بخش جنوبی بلوک را می‌توان به ژوراسیک و پس از آن نسبت داد. کانسارهای آهن زبرکوه و دلکن (?) از این دسته از کانسارها به شمار می‌رود. گروه دیگری از کانسارهای اسکارن که در بخش شمالی بلوک قابل انتظار است می‌توان به همبری توده‌های گرانیتوئیدی دوران سوم با سنگهای کربناته یا آذرآواری (توف) اشاره کرد.



شکل ۷-۱- محیط تشکیل کانسارهای غالب آهن در بلوک بافق-پشت بادام (اقتباس از Nabatian et al, 2015).

۷-۴- تلفیق لایه‌های نشانگر و معرفی مناطق امیدبخش

انجام مراحل مختلف در اکتشاف همواره با ریسک همراه می‌باشد. بنابراین شایسته است تا با اتخاذ تکنیک‌های مدرن، ریسک‌پذیری و اتلاف سرمایه و وقت را به حداقل رساند. در گذشته‌ای نه چندان دور، تحلیل‌های مربوط به اینگونه پی‌جویی‌ها به صورت دستی انجام می‌گرفت و نقشه‌های نشانگر حاصل از لایه‌های اطلاعاتی، به صورت مجزا برای قضاوت‌های موضوعی تفسیر می‌شدند. امروزه اطلاعات زمین‌مرجع رقومی، در قالب نقشه‌های نشانگر برای یافتن نواحی با اولویت حداکثری اکتشافی به کار گرفته می‌شوند و مدل‌های ریاضی و آماری برای تلفیق و مدل‌سازی این نقشه‌های نشانگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. نقشه‌های نشانگر حاصل داده‌های اکتشافی و زمین‌شناسی است که بر اساس کانه‌زایی مورد نظر پردازش و امتیازدهی شده است.

برای شناسایی پتانسیل‌های آهن و منگنز آتشفشان رسوبی و اسکارن آهن ۵ لایه اطلاعاتی متناسب با مدل زایشی آماده‌سازی و پردازش شده است. هر لایه گاهی دارای متغیرهایی است که به عنوان پارامترهای آن لایه در نظر گرفته شده است. پارامترهایی که معیاری برای شناسایی مدل کانساری خاص محسوب می‌شود با کد ۱ مشخص شده است (جدول ۷-۱). هر پارامتر براساس میزان اهمیت آن در کانه‌زایی امتیازبندی و فازی‌سازی شده سپس با بکارگیری روش سلسله مراتبی وزن‌دهی و تلفیق شده است. نقشه‌های پتانسیل حاصل براساس پارامترهای آماری در ۵ کلاس کلاسه‌بندی شده است. این کلاس‌ها شامل مناطق امیدبخش با اولویت‌های ۱، ۲ و ۳، مناطق زمینه و مناطق بدون داده است. در مناطق زمین، براساس داده‌های موجود شواهدی از کانه‌زایی مدل‌های زایشی مورد نظر شناسایی نشده است (شکل‌های ۲-۷، ۳-۷ و ۴-۷). برای مدل اسکارن بافر ± 500 و ± 1000 متر در محل همبرری توده‌های نفوذی با واحدهای کربناته و آذرآواری در نظر گرفته شده است. به دلیل اهمیت ساختار در تمرکز یا جابجایی مواد معدنی طی فرایندهای ثانویه و سوپرژن، در مدل‌های کانساری مختلف لحاظ شده است.

جدول ۷-۱- لایه اطلاعاتی برای مدل‌های زایشی بلوک کاشمر

اسکارن	آتشفشان رسوبی		پارامتر	لایه
	آهن	منگنز		
0	1	1	نئوپروتروزوئیک	سنگ میزبان
0	0	1	دونین	
0	0	1	پرمین	
0	1	1	کرتاسه	
0	1	1	آئوسن	
0	1	0	ژوراسیک	
1	0	0	توده‌های نفوذی	
1	0	0	سنگهای کربناته و آذرآواری	
1	1	1	اکسید آهن	دگرسانی
1	0	0	کلریت-اپیدوت	
1	0	1	بی‌هنجاری مغناطیس	ژئوفیزیک هوایی
1	1	1	گسل و خطواره	ساختار
1	0	0	Au	



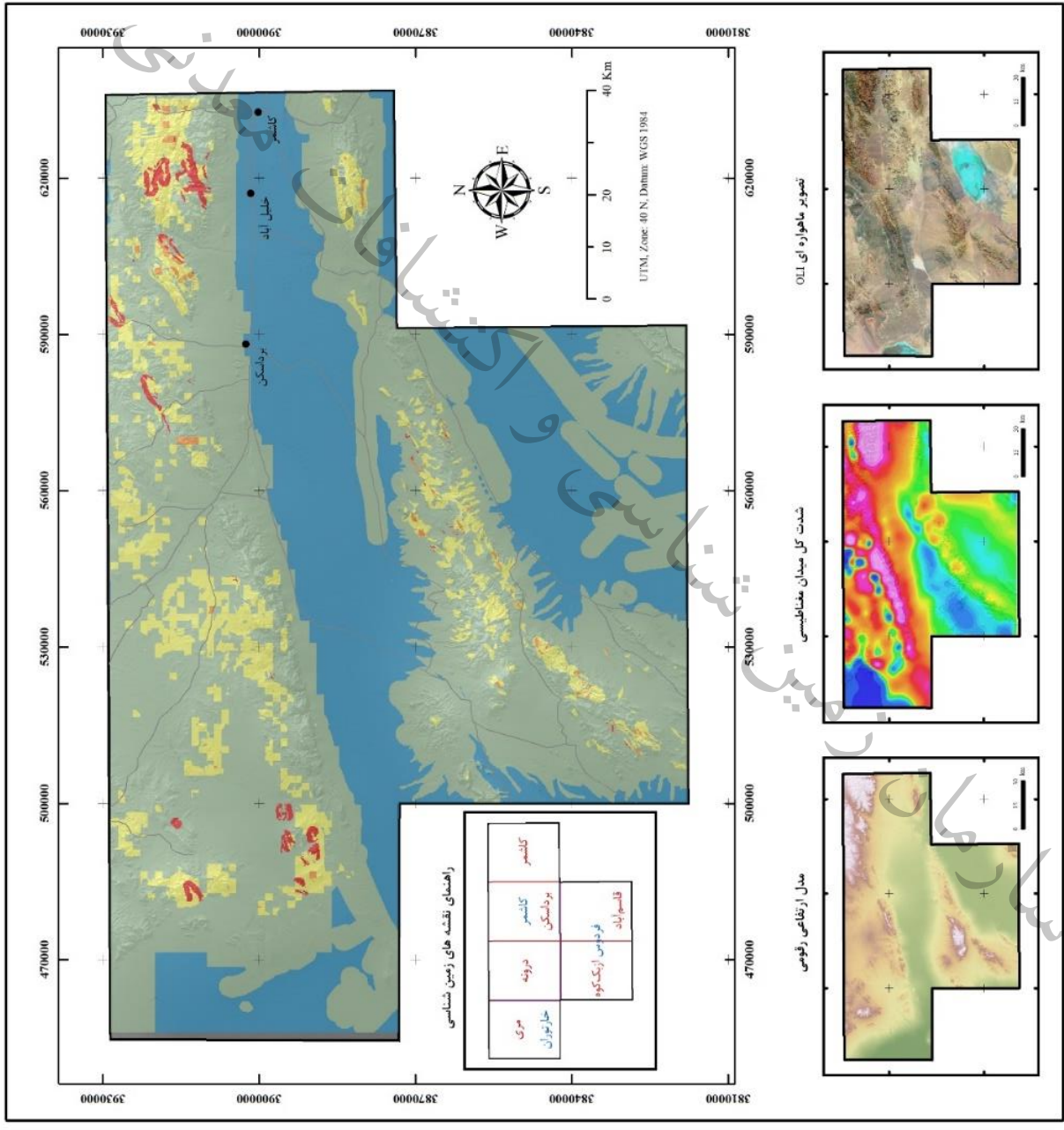
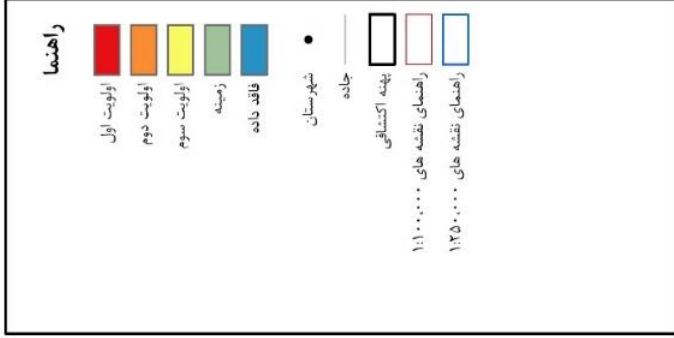
1	0	0	Cu
1	0	0	Co
1	0	0	Sn
1	0	0	Zn
1	1	1	Fe ²
0	1	1	Mn
0	1	1	V

ژئوشیمی^۱

کشور
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی

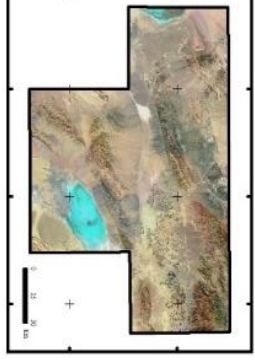
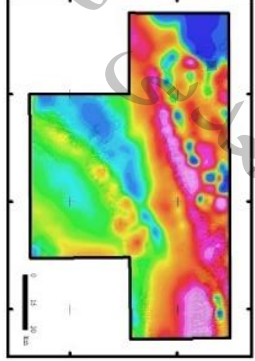
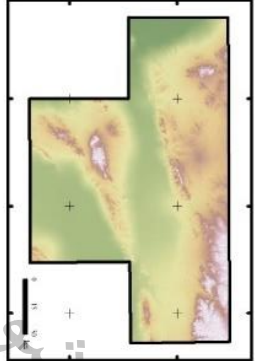
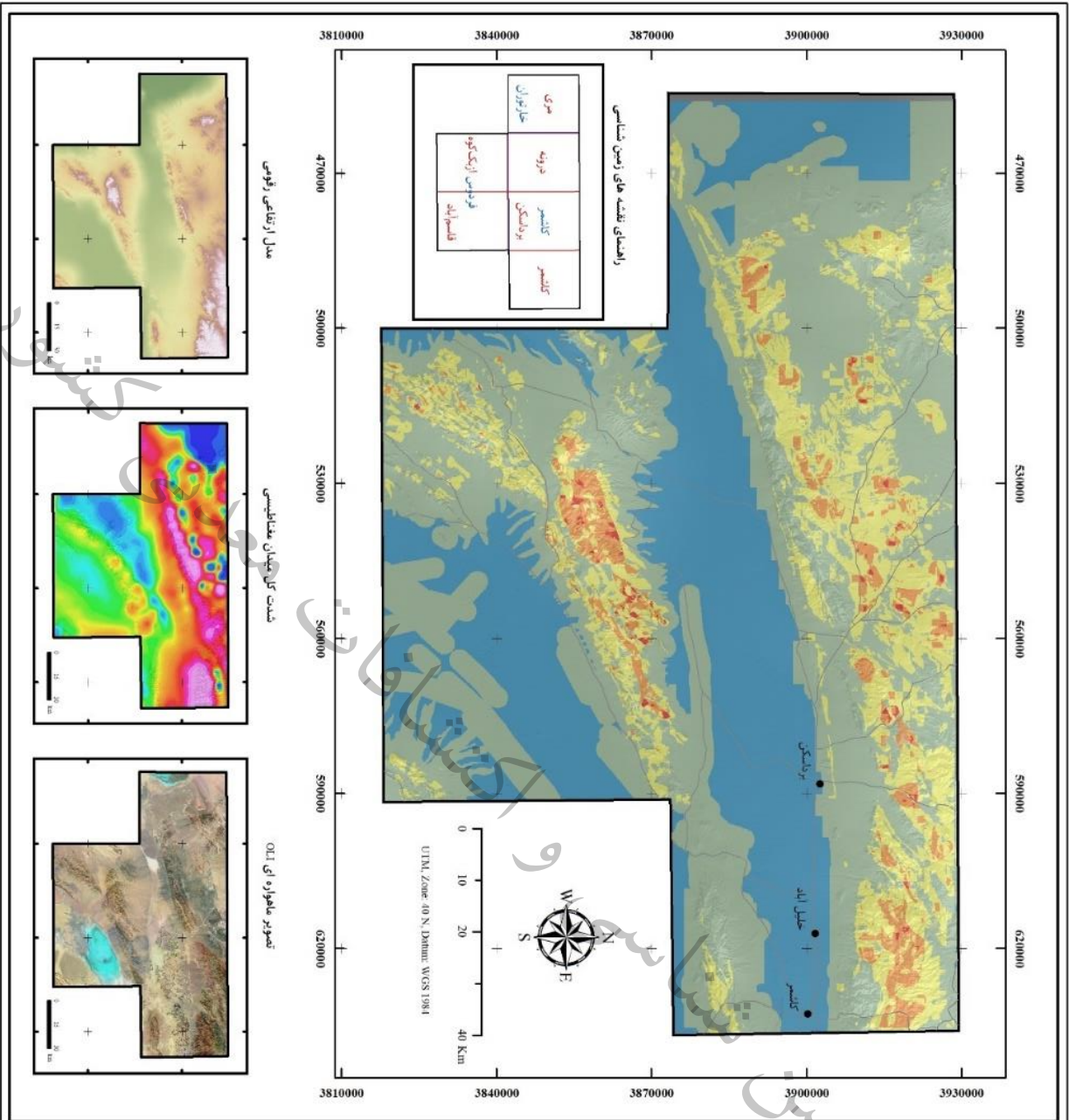
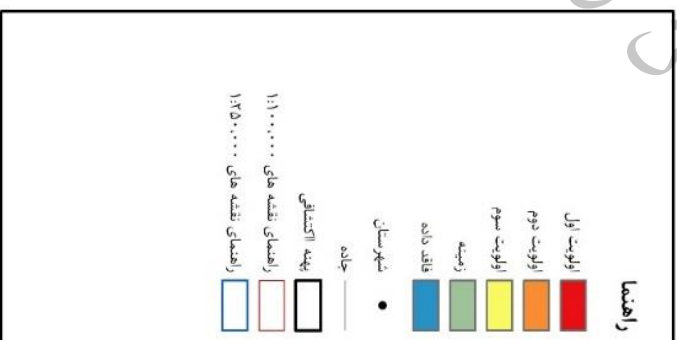
^۱ داده ژئوشیمیایی B و Be در محدوده مورد مطالعه وجود ندارد.
^۲ ورقه قاسم آباد و ازبک کوه فاقد داده ژئوشیمیایی آهن است.

نقشه پتانسیل اسکارن آهن



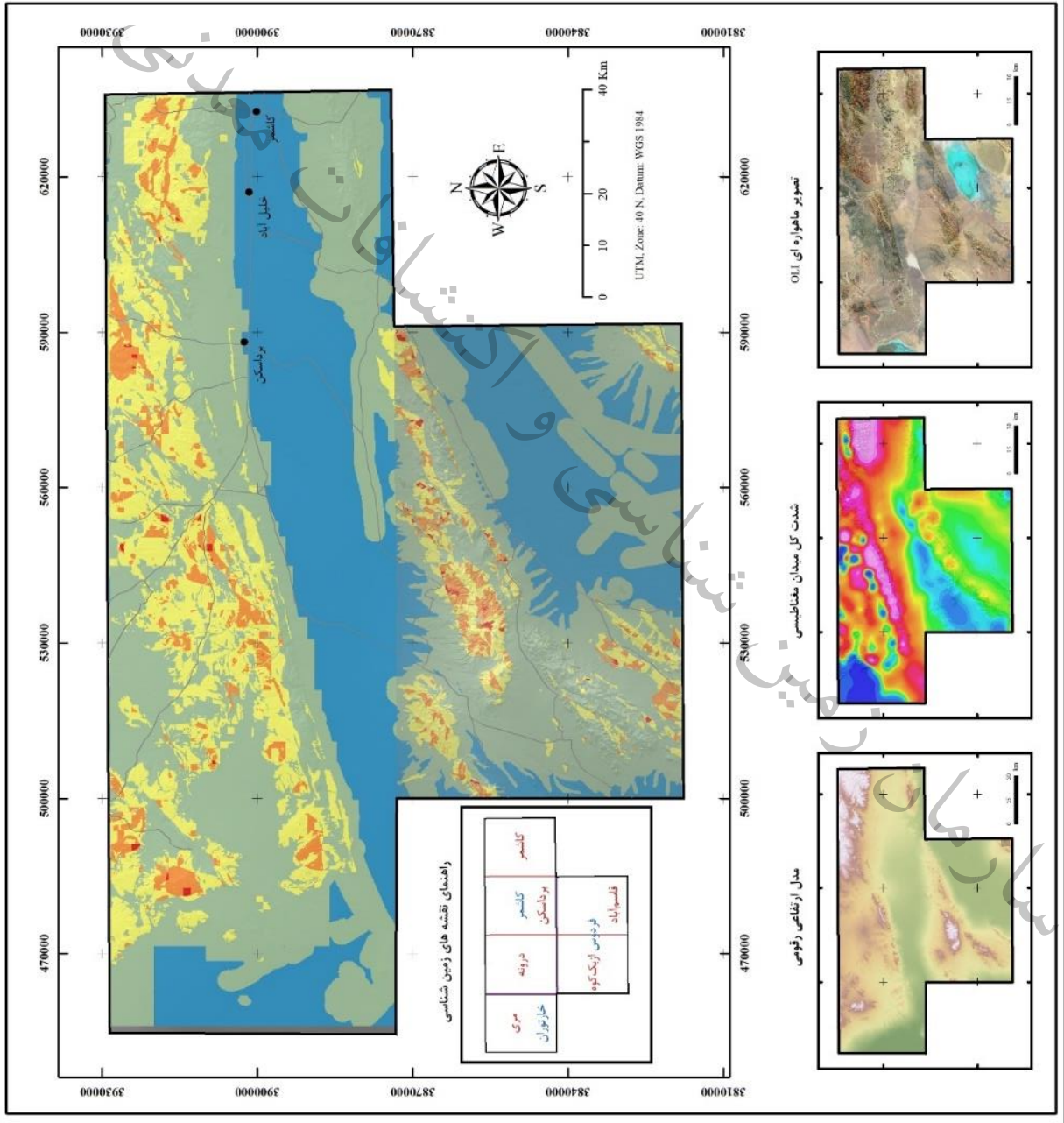
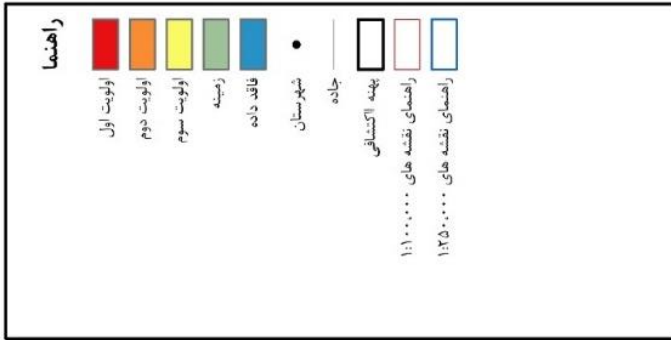
شکل ۷-۲- نقشه پتانسیل اسکارن آهن در بلوک کاشمر

نقشه پتانسیل آهـن آتشفشان - رسوبی



شکل ۷-۳- نقشه پتانسیل آهن آتشفشان رسوبی در بلوک کاشمر

نقشه پتانسیل مگنتر آتشفشان - رسوبی



شکل ۷-۴- نقشه پتانسیل مگنتر آتشفشان رسوبی در بلوک کاشمر



براساس نتایج تلفیق و مدل سازی تعداد ۶۵ محدوده امیدبخش شامل اسکارن آهن، آهن آتش فشان رسوبی، منگنز آتش فشان رسوبی و آهن- منگنز آتش فشان رسوبی شناسایی شده است. مساحت کل محدوده های امیدبخش حدود ۴۴۵ کیلومترمربع می باشد که حدود ۳ درصد از کل مساحت (۱۵۲۱۲ کیلومترمربع) بلوک مورد مطالعه را شامل می شود. محدوده های امیدبخش به ترتیب از شمال به جنوب شماره گذاری شده و مشخصات آنها در جدول (جدول ۷-۲) و موقعیت آنها در شکل (شکل ۷-۵) آمده است.

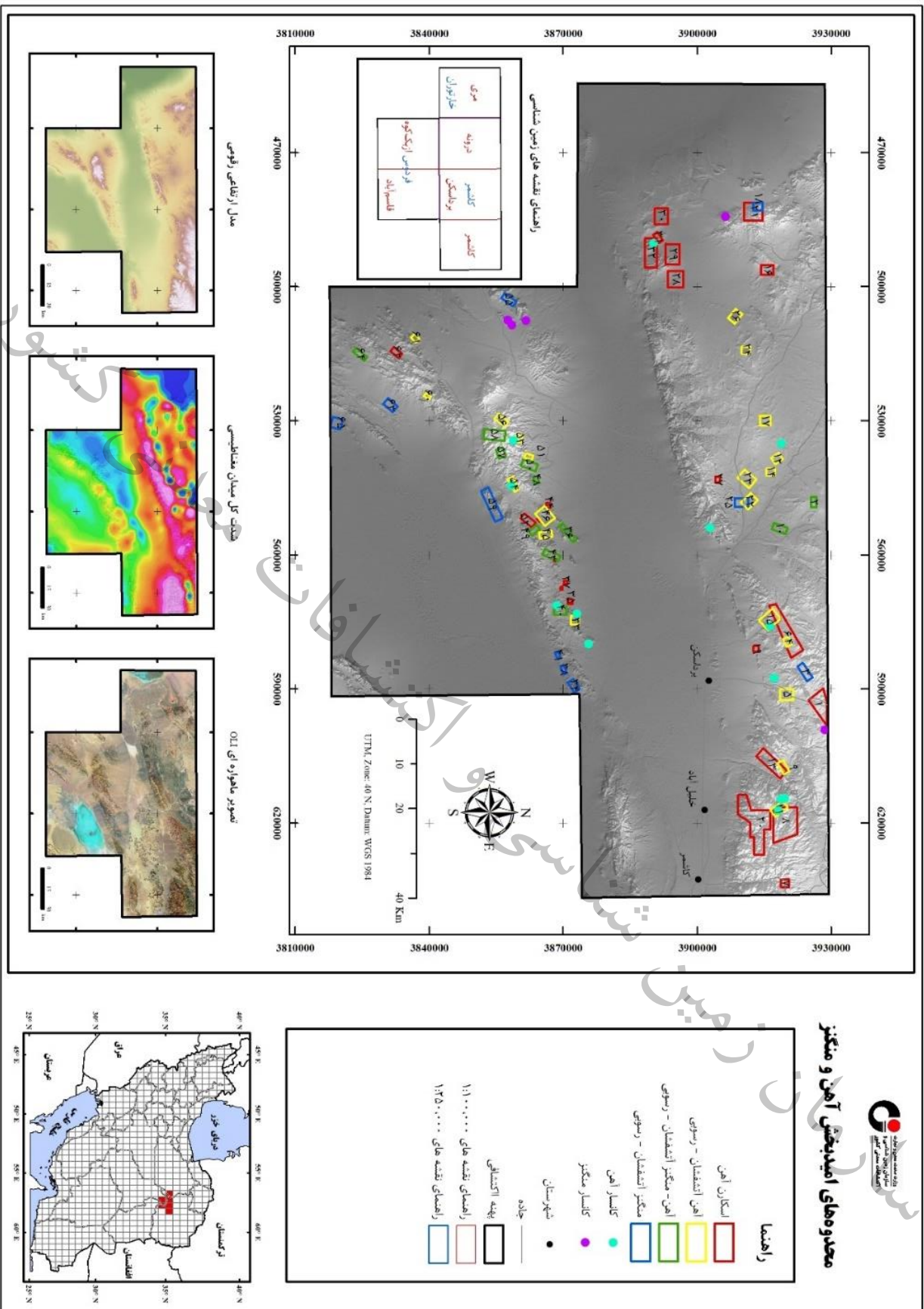
جدول ۷-۲- مشخصات محدوده های امیدبخش به تفکیک مدل کانساری

مدل کانساری	شماره محدوده	مساحت (km ²)	X_Center	Y_Center
اسکارن آهن	8	38	620096	3919558
	7	3	633548	3919628
	20	47	620020	3912920
	13	17	606681	3916596
	1	17	593576	3927531
	6	29	577393	3919910
	19	2	581012	3913149
	27	1	543226	3904602
	16	6	496268	3915665
	21	17	483248	3912565
	30	11	484262	3891929
	29	14	492759	3894467
	28	12	498333	3895132
	32	17	492444	3889610
	31	3	489022	3891201
	35	1	570533	3871554
	39	0	567512	3869608
	37	1	566224	3870492
	42	0	561253	3868090
	44	1	548999	3866645
47	0	552188	3864517	
52	4	552311	3862078	
62	3	514740	3832615	
آهن آتش فشان رسوبی	55	11	574453	3916271
	64	2	579456	3920163
	63	8	591316	3920009
	65	4	607572	3919251
	58	7	616861	3918276
	50	7	548053	3911617
	49	9	542973	3911088
	43	3	541470	3916402
40	3	538443	3917808	
34	5	529997	3915196	
38	5	506595	3908465	

ادامه جدول ۲-۷

مدل کانساری	شماره	مساحت (km ²)	X_Center	Y_Center
آهن-آتش فشان رسوبی	41	3	514165	3910880
	59	2	511523	3836829
	36	1	524500	3839575
	57	4	529839	3856150
	48	2	534088	3860182
	18	2	538071	3862276
	25	4	544233	3858828
	3	10	551296	3865898
	10	4	555521	3866041
	2	3	574685	3872618
منگنز-آتش فشان رسوبی	15	4	502905	3857780
	4	5	526511	3831303
	5	5	530552	3819228
	9	4	589317	3872333
	11	2	585753	3870030
	22	1	582522	3868769
	23	14	548784	3853992
	14	4	482097	3913575
	12	6	548331	3909903
	17	6	586253	3924103
آهن-منگنز-آتش فشان رسوبی	26	4	515130	3824475
	24	11	533206	3854576
	61	6	539961	3862390
	60	3	554536	3863478
	56	5	560139	3867357
	53	5	572542	3869302
	51	5	555062	3870950
	54	3	537229	3856011
	46	2	543317	3863876
	45	5	554105	3918437
33	3	548254	3926040	

توزیع اندیس‌ها و کانسارهای آهن و منگنز در بلوک مورد مطالعه نشان می‌دهد که از تعداد کل ۴۴ محدوده امیدبخش آهن تعداد ۲۸ محدوده منطبق بر موقعیت اندیس‌ها را در حاشیه یک کیلومتری از کانسار شناخته شده قرار دارد. این ارزیابی بیانگر دقت و صحت قابل قبول از نتایج تلفیق و مدلسازی در برای شناسایی کانسارهای آهن است. در خصوص محدوده‌های امیدبخش منگنز ارتباط مکانی نزدیک مشاهده نشده است (شکل ۶-۷)، هرچند توزیع مکانی معنی‌داری بین موقعیت اندیس‌ها و محدوده‌های امیدبخش وجود دارد.



شکل ۷-۵- محدوده‌های امیدبخش آهن و منگنز در بلوک کاشمر

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کشور

معدنی

فهرست منابع

و اکتشافات

و

شناسی

زمین

سازمان

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۱. آقاباتی، ع. (۱۳۸۳)، زمین شناسی ایران انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.
۲. آقاباتی، دکتر سید علی، ۱۳۸۳. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۳. افتخارنژاد، ج.، ۱۳۵۲. مطلبی چند درباره تشکیل حوضه رسوبی فیلیش در خاور ایران و توجیه آن با تئوری تکتونیک صفحه ای، سازمان زمینشناسی کشور، ۲۲، ۶۷، ۷۱-.
۴. اکبری مقدم، م.، ۱۳۸۹، طرح اکتشاف مواد معدنی در استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی، مقدمه‌ای بر زمین‌شناسی و پتانسیل‌های معدنی شهرستان کاشمر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۵. اکبری مقدم، م.، ۱۳۹۰، طرح اکتشاف مواد معدنی در استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی، مقدمه‌ای بر زمین‌شناسی و پتانسیل‌های معدنی شهرستان بردسکن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۶. ادیبی، م.، ۱۳۹۸، اکتشاف ژئوفیزیکی کانسار چشمه هادی (بردسکن) با استفاده از روش IP&RS و تلفیق آن با نتایج حاصل از حفاری‌ها و آنالیز نمونه‌ها از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی (بردسکن- خراسان رضوی)، پژوهشکده سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۷. اطلاعات تفصیلی چهارگوش‌های ۱:۲۵۰,۰۰۰ مرتبط با بلوک کاشمر- کرمان. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ایران: پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور.
۸. امینی، الف.، علی پوراصل، م.، ۱۳۹۴، کانه زایی اپی ترمال طلا- مس در منطقه باغ قاضی، شمال غرب کاشمر، کارگاه آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم و زمین.
۹. اطلاعات تفصیلی برگه‌های ۱:۱۰۰,۰۰۰ مرتبط با بلوک کاشمر- کرمان. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ایران: پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور.
۱۰. اسمیرنوف، و.، ای.، ترجمه علی پور، ک.، ۱۳۶۷، زمین‌شناسی ذخائیر معدنی، مرکز نشر دانشگاهی تهران.
۱۱. افتخارنژاد، ج.، واله، ن.، روتنر، الف.، نبوی، م. ح. حاجیان، ج.، علوی، م.، حقیپور، الف.، ۱۹۷۷، نقشه زمین شناسی یک دویست و پنجاه هزارم فردوس، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۱۲. احمدی، س. م.، آفتابی، ع.، ۱۳۸۴، بررسی منشا، ژئوشیمی و اهمیت اکتشافی مس و طلا در کانسار تکنار (بردسکن)، نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
۱۳. اعلمی‌نیا، ز.، کریم‌پور، م. ح.، حیدریان شهری، م. ر.، ۱۳۸۹، زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و مطالعات ژئوشیمیایی در منطقه کلاته تیمور، شمال شرق ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، شماره ۲ ص ۲۱۵-۲۳۴.
۱۴. باقرزاده، ز.، ۱۳۹۳، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار منگنز ربیعی ترو، جنوب شاهرود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه دامغان
۱۵. پرورش دربندی، م.، ملک‌زاده شفاوردی، الف.، کریم‌پور، م. ح.، ۱۳۹۷، ویژگی‌های کانی‌شناسی معدن آهن نرم، استان خراسان جنوبی، دهمین همایش ملی انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه اصفهان.
۱۶. پناه‌خور، ۱۳۹۵، پایان‌نامه "بررسی زمین‌شناسی، دگرسانی و کانه زایی مس در منطقه چشمه هادی، بردسکن(استان خراسان رضوی، شمال شرق ایران)"، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده علوم زمین.
۱۷. تامپسون، ای. جی. بی. تامپسون و جی. اف. اچ.، ۱۳۸۶. اطلس دگرسانی. با ترجمه دکتر علیرضا زراسوندی. اهواز: دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۸. حیدریان شهری، م. ر.، کریم پور، م. ح.، ملک زاده سفارودی، آ.، ۱۳۸۴، مغناطیس سنجیهای زمینی بر روی بی‌ناهنجاری- های مغناطیسی هواپردی در منطقه معدن مس دهنه‌سیاه و منطقه اکتشافی KC5 (بردسکن)، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال ۱۳، شماره ۲، ص ۳۰۳-۳۲۱.
۱۹. حاجی مرادی، علی، ۱۳۹۵. بررسی‌های دورسنجی در استان قزوین جهت پتانسیل یابی مواد معدنی با استفاده از داده‌های استر، سازمان زمین‌شناسی، دفتر ژئومتیکس.
۲۰. حسنی پاک، علی اصغر، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۷
۲۱. خاکزاد، الف.، ۱۳۶۷، گزارش زمین‌شناسی اقتصادی استان سمنان، دانشگاه شهید بهشتی.
۲۲. روحبخش، پ.، ابراهیمی، خ.، همام، س. م.، عباس‌نیا، ح.، ۱۳۸۹، بررسی زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و ژئوشیمی در گسترهی پیجویی دهن قلعه، شمال غربی بردسکن، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال ۱۸، شماره ۴، ص ۵۸۱-۶۰۰.
۲۳. روتنر، الف.، نبوی، م. ح.، علویی، م.، ۱۹۷۰، نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم ازبک کوه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۲۴. رضوی، سیدمحمدحسین و فرامرزی، نرگس سادات، ۱۳۸۵، پترولوژی و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی رباط زنگیجه، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، تهران، <https://civilica.com/doc/28446>
۲۵. راهنمای نقشه‌های ۱:۱۰۰،۰۰۰ توپوگرافی زمین‌شناسی رومی تصاویر دورسنجی زمین‌شناسی اقتصادی ژئوفیزیک هوایی و ژئوشیمی. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ایران: پایگاه ملی داده‌های علوم زمین.
۲۶. زمردیان، م.، مطالعات ژئوشیمیایی و لیتوژئوشیمیایی کلات تیمور در شمال کاشمر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۲۷. سایت سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان رضوی، ۱۴۰۰، <https://khr.mimt.gov.ir/fa/>
۲۸. ساطانی، الف.، فردوست، ف. الف.، ۱۳۹۴، پتروگرافی و ژئوشیمی سنگهای در برگیرنده کانسار مس رهبری، شمال غرب بردسکن، دانشگاه دامغان، هفتمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران.
۲۹. ساطانی، الف.، فردوست، ف. الف.، ۱۳۹۴، کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانسار مسابری، شمال غرب بردسکن، دانشگاه دامغان، بیست و سومین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران.
۳۰. سلطان‌ی، الف فردوست، ف. الف.، ۱۳۹۴، کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانسار مس چشمه‌مرضیه، شمال غرب بردسکن، دانشگاه دامغان، بیست و سومین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران.
۳۱. سپاهی گرو، علی اصغر، ۱۳۷۱. پترولوژی گرانیتوئیدهای منطقه تکنار- سربرج- شمال غرب کاشمر، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان
۳۲. شرکت مهندسی مشاور پارس آسیایی جو، ۱۳۹۰، اکتشاف عمومی آهن طلادار بردسکن به همراه گزارش عملیات ارزیابی ذخیره دپوی محدوده معدنی شمال بردسکن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۳۳. شهرابی، م. حسینی، م. شعبانی، ک.، ۱۳۸۵. نقشه زمین‌شناسی ورقه بردسکن، در مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.



۳۴. شرکت مهندسی مشاور تحقیقات معدنی خاک خوب، ۱۳۷۲، گزارش بررسی و مطالعه منابع معدنی چهارگوش کاشمر، وزارت معادن و فلزات.
۳۵. شگری، ر.، خاکزاد، الف.، ۱۳۸۹، بررسی کانی‌زایی مس و آلتراسیون‌های موجود در محدوده برناباد بردسکن، استان خراسان رضوی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، ۲۹ گردهمایی علوم زمین.
۳۶. شعبانی، س.، کریم‌پور، م. ح.، ملک‌زاده شفارودی، الف.، ۱۳۹۴، زمین‌شناسی و کانی‌سازی آهن دلکن، جنوب غرب بردسکن، استان خراسان رضوی، دانشگاه دامغان، هفتمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران.
۳۷. شهرابی، م.، حسینی، م.، شعبانی، ک.، ۱۳۸۵، نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم بردسکن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۳۸. شهاب پور، ج.، ۱۳۸۰، زمین‌شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمانروبی، ح.، ۱۳۹۵، پایان نامه زمین‌شناسی، کانی‌سازی و ژئوشیمی محدوده اکتشافی زیرکوه، جنوب‌غربی بردسکن، استان خراسان جنوبی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳۹. ی.، م.، اکبری مقدم، م.، ۱۳۸۹، اکتشاف ذخایر سولفید توده‌ای در منطقه کبودان، شمال بردسکن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مکان برگزاری بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین.
۴۰. صفری، م.، ۱۳۹۵، گزارش اکتشاف عمومی کانی‌سازی‌های سولفید توده‌ای نوع فلسیک در منطقه کلاته تازی و کبودان (شمال بردسکن)، وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۴۱. طاهری، ج.، شماینان، ق.، شجاعی کاوه، ن.، بهرمند، م.، امیر رضوی، م.، ؟، نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم کاشمر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۴۲. طاشی، م.، موسیوند، ف.، قاسمی، ح. الف.، ۱۳۹۶، کانه‌زایی مس - نقره سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد نوع بشی در توالی آتشفشانی - رسوبی کرتاسه پسین: مثال موردی کانسار گرماب پایین، جنوب شرق شاهرود، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، جلد ۹، شماره ۱، ص ۲۱۳ - ۲۳۳.
۴۳. عابدینی مقانکی، ف.، فردوست، ف. الف.، ۱۳۹۴، زمین‌شناسی و کانی‌سازی آهن دلکن، جنوب غرب بردسکن، استان خراسان رضوی، دانشگاه دامغان، هفتمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران.
۴۴. علمدار، س.، م.، مظاهری، س.، الف.، رحیمی، ب.، ۱۳۹۱، بررسی‌های ژئوشیمی، کانی‌سازی و زمین‌ساختی جنوب غربی کریز (کاشمر، گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال بیستم، شماره ۴، ص ۶۶۳ - ۶۷۶.
۴۵. عباس‌نیا، ح.، کریم‌پور، م. ح.، ملک‌زاده شفاروی، آ.، ۱۳۹۸، رخداد کانی‌زایی طلای فراگرمایی سولفیدشدگی متوسط در دامن‌قر، شمال بردسکن: زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و زمین‌شیمی، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال ۲۷، شماره ۳، ص ۶۲۱ - ۶۳۴.
۴۶. علوی پناه، کاظم، ۱۳۸۲، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، انتشارات دانشگاه تهران.
۴۷. قائمی، ف.، موسوی هرمی، ر.، ۱۳۸۵، نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم درونه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۴۸. قلیچ‌خانی، م.، ملکزاده شفارودی، آ.، ۱۳۹۷، زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و ژئوشیمی محدوده معدن مس زنگالو، دانشگاه اصفهان، دهمین همایش ملی انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران.
۴۹. قاسمی‌پور، ۱۳۵۲، گزارش بررسی مقدماتی چند ذخیره آهن واقع در رشته کوه‌های جنوب‌غربی کاشمر، سازمان زمین‌شناسی کشور.
۵۰. قربانی، م.، ۱۳۸۴، ایالت‌ها، کمربندها و مناطق متالوژنی و معدنی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین.
۵۱. قاسمی، م.، ر.، قرشی، م.، نوابپور، پ.، فریدی، م.، حقیپور، ن.، رضاییان، م.، ۱۳۸۱ - بررسی زمین ساخت و لرزه زمین ساخت بلوک طبس، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، کشور، گروه زمین ساخت، گزارش داخلی.
۵۲. کوهنسال، ر.، مدهج، ل.، زالفقاری، س.، قهرایی‌پور، م.، جعفری، الف. الف، الله ممدی، ش.، کیهانی، الف، نوروزی، م.، محتاط، ت.، وکیل باقمیشه، ف.، بهرام منش، م.، ن.، ۱۳۸۶، نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم مری، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۵۳. کریم‌پور، م.، ح.، مظاهیر، س. الف.، حیدریان، م.، ر.، قورچی، م.، ۱۳۸۲، کانی‌شناسی و نحوه تشکیل کانسار Cu- Zn- Pb- Ag- Au تکنار، هفتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
۵۴. کریم‌پور، محمد حسن و دیگران، ۱۳۸۴. اکتشاف ذخایر معدنی مدل‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ماهواره ای و ژئوفیزیکی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۵۵. کریم‌پور، محمد حسن و دیگران، ۱۳۸۴. اکتشاف ذخایر معدنی مدل‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ماهواره‌ای و ژئوفیزیکی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۵۶. گزارش‌های مرتبط با بلوک کاشمر-کرمان. سازمان زمین‌شناسی کشور، ایران: پایگاه ملی داده‌های علوم زمین.
۵۷. گزارش پروژه اکتشافات ژئوشیمیایی در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ از یک کوه، اداره صنایع و معادن استان خراسان، ۱۳۸۴
۵۸. گزارش پروژه اکتشافات ژئوشیمیایی در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ کاشمر، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۹
۵۹. گزارش پروژه اکتشافات ژئوشیمیایی در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ مری، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۹
۶۰. گزارش پروژه اکتشافات ژئوشیمیایی در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ درونه، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۹
۶۱. گزارش پروژه اکتشافات ژئوشیمیایی در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ براسکن، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۹
۶۲. گزارش پروژه اکتشافات ژئوشیمیایی در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ قاسم آباد، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۸۳
۶۳. ملک‌زاده شفاروی، آ.، کریم‌پور، م.، ح.، حیدریان شهری، م.، ر.، ۱۳۸۵، اطلاعات مغناطیسی - ردیاب کانسار ماسیوسولفید پلی‌متال تکنار، مجله علوم دانشگاه تهران، سال ۳۲، شماره ۲.
۶۴. ملک‌زاده شفاروی، آ.، کریم‌پور، م.، ح.، مظاهری، س. الف.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی تک I، کانسار ماسیوسولفید پلی‌متال (Cu-Zn-Au-Ag-Pb) تکنار، خراسان - بردسکن، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال ۱۲، شماره ۲ ص ۲۵۳ - ۲۷۲.
۶۵. ملک‌زاده شفارودی، آ.، اعتمادی، ع.، ۱۳۹۹، زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌شناسی و زمین‌شیمی در رخداد کانی‌زایی مس ± طلا چشمه زاغ، استان خراسان رضوی: شواهدی از کانی‌سازی احتمالی نوع سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال ۲۸، شماره ۳، ص ۵۴۱ - ۵۵۶.



۶۶. مهوشی، م.، ملک‌زاده شفا رودی، آ.، ۱۳۹۴، کانسار مس چشمه‌گز (نسیم)، شمال غرب بردسکن: کانی‌شناسی، دگرسانی، ژئوشیمی و تعیین مدل، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال ۲۸، شماره ۳، ص ۵۴۱-۵۵۶.
۶۷. موسیوند، ف.، طاشی، م.، قاسمی، ح. الف.، ۱۳۹۶، رخداد کانه‌زایی منگنز نخلک (سلمروود) در توالی آتشفشانی رسوبی کرتاسه پسین، جنوب شرق شاهرود، زیر پهنه سبزوار، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۲۶، ص ۵۱-۶۵.
۶۸. نارویی، ح.، ملک‌زاده شفا رودی، الف.، کریم‌پور، م. ح.، ۱۳۹۴، کانه‌زایی و شیمی کانی مگنتیت در منطقه اکتشافی آهن زبرکوه، جنوب غرب بردسکن، استان خراسان جنوبی، بیست و سومین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه سمنان.
۶۹. ناصریان مطلق، ز.، حیدریان شهری، م. ر.، ملک‌زاده شفا رودی، الف.، ۱۳۹۷، زمین‌شناسی، کانی‌سازی و زمین‌شیمی آهن چاه کلیدانک (جنوب غرب بردسکن، خراسان جنوبی)، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، اصفهان، دانشگاه اصفهان.

Reference

- Almasian M., 1977. "Tectonics of the Anarak area (central Iran) ", PhD thesis of Islamic Azad University, Iran, Science and Research Unit 164p.
- Brockman, E.C., Fernandez, A., Ballon, R. and Claire, H., 1978. Analysis of geological structures based on Landsat-1images, Programa del Satelite Technologico de Recursos Naturales, Servicio Geologico de Bolivia (GEOBOL), Lapaz, Bolivia.
- Crosta, A. P., Filho, C. R. D. S., Azevedo, F. and Brodie, C., 2003, Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis. International Journal of Remote Sensing, Vol. 24, 4233-4240 pp.
- Dentith, M. C., & Mudge, S., 2014. Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist. Cambridge University Press.
- Dickson , B.L. & Scott , K.M., 1997 . Interpretation of aerial gamma-ray Surveys-adding the
- Davoudzadeh M., Soffel H., Schmidt K., 1981.On the rotation of the central- east Iran microplate", Neues Jahr buch fur Geologie und Palaontologie, Monatshefte 3, 180-192.
- Dimitrijevic, M. D., 1973- Geology of Kerman region, Geological Survey of Iran, 334pp.
- Freek D. van der Meer, Harald M.A. van der Werff, Frank J.A. van Ruitenbeek, Chris A. Hecker, 2012. Multi- and hyperspectral geologic remote sensing, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 112-8
- Jackson, J., 1999. Seismology and the active tectonics of Iran. Proc. 3rd Int. Conf. Seismol. Earthquake Eng. Tehran, Iran. 1: 3-13.
- - Hawkes, H.E. and Webb, J.S. 1962. Geochemistry in Mineral Exploration. Harper & Row, New York.
- HUCKRIEDE, R., KÜRSTEN, M., & VENZLAFF, H. , 1962-Geologie des Gebietes zwischen Kerman und Saghand (Iran) Geologisches Jahrbuch, Beiheft 51, 197pp.
- geochemical factors. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics 17(2) , 187-200.
- K. Eric Livo, Fred A. Kruse , Roger N. Clark, Raymond F. Kokaly, and W.C. Hydrothermally Altered Rock and Hot- O Spring Deposits at Yellowstone National Park-Characterized Using Airborne Visible- and Infrared-Spectroscopy Data. Edited by Lisa A. Morgan U.S. Geological Survey.
- Lagat, John, HYDROTHERMAL ALTERATION MINERALOGY IN Nairobi 00101KENYA.
- - Lepeltier, C. 1969. A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. Econ. Geol., 64:538--550
- Milligan , P.R. & Gunn, P.J., 1997. Enhancement and presentation of airborne geophysical data. AGSO journal of Australian Geology & Geophysics, 17(2), 63-75.
- Minty, B., 1997. Fundamentals of airborne gamma-ray spectrometry. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 17 (2), 39-50.
- Mirzababaei, G., Shahabpour, J., Zarasvandi, A. and Hayatolgheyb, S.M., 2016. Structural Controls on Cu Metallogenesis in the Dehaj Area, Kerman Porphyry Copper Belt, Iran: A Remote Sensing Perspective, journal of sciences islamic republic of iran, v. 27(3), p. 253-267.
- MacKenzie, D., 1972. Active Tectonics of the Mediterranean Region. Geophysical Journal International, Volume 30, Issue 2, Pages 109–185,



- Muller R., Walter R. 1983. "Geology of the Precambrian-Paleozoic Taknar inliers northwest of Kashmar, Khorasan province, NE Iran", GSI. Rep. No. 51, 65-183.
- Muller R., Walter R. 1983. "Geology of the Precambrian-Paleozoic Taknar inliers northwest of Kashmar, Khorasan province, NE Iran", GSI. Rep. No. 51, 65-183.
- Nabatian, Gh., Rastad, E., Neubauer, F., Honarmand, M. and Ghaderi, M. 2015. Iron and Fe-Mn Mineralization in Iran: Implication for Tethyan Metallogeny. *Australian Journal of Earth Science*, 62, 211-241.
- Nogol-Sadat, M.A.A. and M. Almasian, 1993. Tectonic Map of Iran, Scale 1/1,000,000. Treatise on the Geology of Iran, Tehran, Iran
- ROST, GARY L., 2014. REMOTE SENSING FOR GEOSCIENTISTS IMAGE ANALYSIS AND INTEGRATION. Boca Raton Florida: Taylor & Francis Group.
- Ranjbar, H., Honarmand, M., Moezifar, Z., Roonwal, G.s., 2002, Application of Crosta technique for porphyry copper alteration mapping, using ETM+ data: A case study of Meiduk and SAR Cheshmehareas, Kerman, Iran, *Exploration and mining geology* 11, 43-48pp.
- Ramezani, J. and Tucker, R.D. 2003, The Saghand Region, Central Iran: U-Pb Geochronology, Petrogenesis and Implications for Gondwana Tectonics. *American Journal of Science*, 303, 622-665.
- Ruttner, A., Nabavi, M., & Hadjian, J., 1968 - Geology of the Shirgesht area (Tabas area, East Iran).- *Geol. Surv. Iran Rep.* 4, 133pp.
- Rahimzadeh, F., 1983- Contribution a la geologie de la formation de Kerman (Paleocene) Iran Central , etude sedimentologique et paleogeographique, These de doctorat de specialite, univ.Grenoble, 149p
- Salem, A., Williams, S., Fairhead, J. D., Ravat, D., and Smith, R., 2007. Tilt-Depth method: A simple depth estimation method using first-order magnetic derivatives: *Leading Edge*, 26, 1502–1505. doi:10.1190/1.2821934
- Soltani, A., 2000. Geochemistry and geochronology of I-type granitoid rocks in the northeastern Central Iran Plate. Ph.D. Thesis, University of Wollongong, Wollongong, Australia, 300 pp.
- Stocklin, J., Eftekharnjad, J. and Hushmandzadeh, A., 1965- Geology of the Shotori Range (Tabas area, East Iran). *Geological Survey of Iran, Report 3*: 1-69
- Stocklin, J., 1968. Structural History and Tectonics of Iran: A Review. *AAPG Bulletin*, 52, 1129-1258.
- Stöcklin, J. 1972. Iran central, septentrional et oriental (en collaboration avec les géologues du Service Geologique de l'Iran). – *Lexique Stratigr. Intern.* 3 (fasc. 9b), Iran: 1–283, Paris.
- Sengor AMC., 1976. Collision of irregular continental margins: implications for foreland deformation of Alpinetype orogens. *Geology* 4: 779-782.
- Sengör, A.M.C., 1984. The Cimmeride orogenic system and the tectonics of Eurasia. *Geological Society of America Special Papers*, 195, 1–82.
- Tangestani, M. H., & Moore, F., 2001, Comparison of three principal component analysis techniques to porphyry copper alteration mapping: a case study in Meiduk area, Kerman, Iran. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 27, 176–182 pp.
- Tchalenko, J.S., 1974. Tectonic framework of the Tehran region. Contribution to the Seismotectonics of Iran, Part 1, 29 Edition: First Publisher: *Geol. Surv. Iran*
- Wellman, H.W., 1966. Active wrench faults of Iran, Afghanistan, and Pakistan, *Geologische Rundschau*, 55, 716–735.

- Yongming Xu, Qizhong, Lin, Yun Shao, and Lu Wang, 2004. Extraction mechanism of alteration zones. Geosci. & Remote Sensing Symp., IGARSS 04. ALASKA.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور