

کشور

معدنی

سازمان زمین شناسی و
معدنی کشور



سازمان زمین شناسی و
معدنی کشور

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

مدلسازی اکتشافی فلوتورین در بلوک کياسر - فيروز

کوه (برگه های یک صدهزارم کياسر - پل سفید، قائم

شهر، فيروز کوه و سمنان)

مجموعه مطالعات زمین شناسی، ژئوشیمیایی، سنجش از دور، زمین شناسی اقتصادی،

تلفیق و مدل سازی و مطالعات صحرایی

سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

مجری پروژه:

محمد صادقی

مدیره پروژه:

نسیم عرب اسمعیلی

" گزارش حاضر طبق کد ۱۴۰۱/۱۴۰ گ ۳۴۹۴-۶۱۰۰-۱۴۰۱ از شورای ارزیابی انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور مجوز انتشار گرفته است."

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

تهیه کنندگان

زمین شناسی

نسیم عرب اسماعیلی

زمین شناسی اقتصادی

افشین شیری

سنجش از دور

علی حاجی مرادی

ژئوشیمی

فرشته رستمی

تلفیق و مدلسازی

امیر تقوی

ویراستاری و صفحه آرایی

لیلا قدیمی

کشور

معدنی

کتابخانه

پنجاه

سازمان زمین

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

تشکر و قدردانی

با نام و یاد خدا، همانا بی لطف او کاری و امری انجام پذیر نمی باشد. حال که با لطف خدای بزرگ، کار تحقیق و گزارش این پروژه به اتمام رسیده است، بر خود واجب می دانیم از کلیه عزیزان و بزرگوارانی که در اجرای این پروژه نهایت همکاری و مساعدت را داشته اند، مراتب تقدیر و تشکر را اعلام نماییم.

از تلاش بی شائبه کلیه همکاران و کارشناسانی که در به ثمر رسیدن این پروژه ما را یاری نمودند، بالاخص آقای دکتر علیرضا شهیدی ریاست محترم سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، آقای دکتر محمد صادقی مدیر کل محترم دفتر ژئومتیکیس، آقای دکتر شیرخانی معاون محترم دفتر ژئومتیکیس و سایر همکارانی که در این پروژه با همکاری بی دریغ و راهنمایی های ارزشمندشان ما را یاری نمودند، کمال تشکر و سپاس را داریم.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

فهرست مطالب

۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- تاریخچه	۱
۳-۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی	۴
فصل اول: کلیات	
۴-۱- ژئوشیمی و پراکندگی ژئوشیمیایی فلورین	۵
۵-۱- فلورین در سنگها	۶
۶-۱- فلورین در آب	۹
۷-۱- ژئوشیمی عناصر نادر خاکی در فلورین	۱۱
۸-۱- کانی‌شناسی فلورین	۱۲
۹-۱- کاربردهای فلورین	۱۵
۱۰-۱- منشأ فلورین و عوامل موثر در نهشته شدن فلورین	۱۶
۱۱-۱- عیار و تناژ	۱۷
۱۲-۱- ذخایر فلورین	۱۹
۱۳-۱- تولیدات فلورین	۲۰
۱۴-۱- صادرات فلورین	۲۲
۱۵-۱- واردات فلورین	۲۳

فصل دوم: کانه زائی فلورین در جهان و ایران

۱-۲- مقدمه	۲۵
۲-۲- تپه‌های کانساری فلورین در جهان	۲۵
۳-۲- کانسارهای فلورین در ایران	۳۶
۱-۳-۲- طبقه بندی کانسارهای فلورین ایران بر اساس توزیع زمانی	۳۸
۲-۳-۲- طبقه بندی کانسارهای فلورین ایران بر اساس سنگهای همراه	۳۹
۱-۲-۳-۲- کانسارهای فلورین مرتبط با سنگهای رسوبی- کربناته	۳۹
۲-۲-۳-۲- کانسارهای فلورین همراه با سنگهای دگرگونی ناحیه‌ای	۴۶
۳-۲-۳-۲- کانسارهای فلورین همراه با سنگهای ولکانیک	۵۱

۱-۳- مقدمه	۵۵
۲-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه و راههای دسترسی	۵۵
۳-۳- جغرافیای طبیعی	۵۷

۵۸	۴-۳- جغرافیای انسانی
۵۸	۵-۳- روش مطالعه
۵۸	۱-۵-۳- جمع آوری اطلاعات، داده ها و گزارشها
۵۹	۲-۵-۳- مطالعات دفتری
۵۹	۶-۳- اهداف پروژه

۶۱	۱-۴- مقدمه
۶۱	۲-۴- پهنه‌های ساختاری بلوک کياسر- فیروزکوه فصل چهارم: زمین‌شناسی عمومی و ساختمانی
۶۵	۳-۴- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه
۶۹	۱-۳-۴- نئوپروتروزوئیک پسین
۶۹	۲-۳-۴- پالئوزوئیک
۷۴	۳-۳-۴- مزوزوئیک
۷۷	۱-۳-۳-۴- تریاس
۷۹	۲-۳-۳-۴- ژوراسیک
۸۱	۳-۳-۳-۴- کرتاسه
۸۵	۴-۳-۴- سنوزوئیک
۸۸	۱-۴-۳-۴- پالئوسن
۸۸	۲-۴-۳-۴- ائوسن
۸۹	۳-۴-۳-۴- الیگومیوسن
۹۰	۴-۴-۳-۴- میوسن
۹۱	۵-۴-۳-۴- پلیوسن
۹۱	۶-۴-۳-۴- کواترنری
۹۴	۴-۴- زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک
۹۴	۱-۴-۴- گسلها و شکستگیها فصل پنجم: زمین‌شناسی اقتصادی و متالوژنی
۱۰۷	۲-۴-۴- چین خوردگیها

۱۰۹	۱-۵- مقدمه
۱۰۹	۲-۵- منابع غیر فلزی
۱۱۳	۱-۲-۵- معادن فلورین
۱۲۹	۲-۲-۵- کانسارهای فلورین
۱۳۲	۳-۲-۵- معادن سرب و روی

۱-۶	مقدمه	۱۴۵
۲-۶	آماده سازی، پردازش و تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی	۱۴۵
۳-۶	پردازش داده‌های ژئوشیمیایی	۱۴۶
۴-۶	محاسبه پارامترهای آماری و رسم نمودارهای مربوط به توزیع داده‌ها	۱۴۷
۱-۴-۶	جدایش مقادیر خارج از ردیف	۱۴۷
۲-۴-۶	نرمال سازی داده‌های خام	۱۴۸
۳-۴-۶	پارامترهای آماری تک متغیره	۱۴۸
۵-۶	مطالعات و پردازش ژئوشیمیایی برگه‌های یکصد هزارم بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه	۱۴۸
۱-۵-۶	برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ قائم شهر	۱۵۱
۲-۵-۶	برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ پل سفید	۱۵۲
۳-۵-۶	برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر	۱۵۳
۴-۵-۶	برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فیروزکوه	۱۵۴
۵-۵-۶	برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سمنان	۱۵۴
۶-۶	جدایش بی‌هنجاری‌ها	۱۵۵
۷-۶	ترسیم نقشه‌های آنومالی ژئوشیمیایی	۱۵۶
۸-۶	مطالعات کانی‌سنگین	۱۶۳
۹-۶	معرفی مناطق امیدبخش ژئوشیمیایی	۱۶۷

فصل هفتم: مطالعات دورسنجی

۱-۷	مقدمه	۱۶۹
۲-۷	داده‌های ماهواره‌ای	۱۷۰
۱-۲-۷	تصاویر سنجنده استر	۱۷۰
۲-۲-۷	تصاویر ماهواره سنتینل 2A	۱۷۲
۳-۲-۷	تصاویر سنجنده آل‌آی	۱۷۴
۳-۷	روش و مراحل مطالعه دورسنجی	۱۷۷
۱-۳-۷	نرم‌افزارها	۱۷۷
۲-۳-۷	پیش پردازش اطلاعات	۱۷۸
۱-۲-۳-۷	خواندن اطلاعات	۱۷۸
۲-۲-۳-۷	تصحیحات	۱۷۸
۳-۲-۳-۷	موزائیک تصاویر	۱۸۱
۴-۲-۳-۷	بارزسازی با استفاده از فیلترینگ	۱۸۶
۳-۳-۷	پردازش اطلاعات	۱۸۸
۱-۳-۳-۷	استفاده از ترکیبات رنگی (RGB) مختلف برای تفکیک بصری	۱۸۸

۱۹۰	.....(Band Ratio) استفاده از نسبت‌های باندی
۱۹۲	..... استفاده از آنالیز مولفه‌های اصلی
۱۹۳	..... آنالیز طیفی
۱۹۶	..... پالایش تطبیقی
۱۹۶	..... شرح نتایج مطالعات و پردازش‌ها
۱۹۷	..... ترکیبات رنگی برای باندهای R G B
۱۹۷	..... ترکیب رنگی RGB:4 6 8 از تصویر سنجنده استر
۱۹۷	..... ترکیب رنگی RGB:4 5 6 از تصویر سنجنده استر
۱۹۹	..... ترکیب رنگی RGB:7 5 2 از تصویر سنجنده آل آی
۲۰۰	..... ترکیب رنگی RGB:11 4 2 از تصویر سنجنده سنتینل 2A
۲۰۱	..... نسبت‌های باندی
۲۰۵	..... مولفه‌های اصلی (PC)
۲۰۸	..... استخراج ساختارهای خطی

فصل هشتم: تلفیق و مدل‌سازی

۲۰۹	..... مقدمه
۲۱۰	..... مدل سازی اکتشافی
۲۱۲	..... تعیین مدل‌های زایشی
۲۱۲	..... کانسارهای فلورین در سنگهای رسوبی و کانسارهای MVT
۲۱۳	..... مدل‌سازی و تلفیق داده‌ها

فصل نهم: عملیات صحرایی و نتیجه‌گیری

۲۲۳	..... مقدمه
۲۴۱	..... نتیجه‌گیری و پیشنهادات

فهرست اشکال

فصل اول

- شکل ۱-۱- نمونه ای شماتیک از کانسار فلورین در معدن شماره ۱ (Minerva) در کنتاکی آمریکا، که پاراژنر (توالی رسوبی ماده معدنی) به شرح زیر می باشد: (۱ فلورین زرد ۲) یک سطح انحلال مجدد که در سمت راست بالا و زیر فلورین آبی قابل مشاهده است، (۳) پیروبیٹومن (پوشش سیاه رنگ)، (۴) فلورین آبی..... ۴
- شکل ۱-۲- نمایی کلی از ساختار فلورین..... ۵
- شکل ۱-۳- نمودار عیار فلورین در مقابل تناژ فلورین..... ۱۹
- شکل ۱-۴- نمودار تولید فلورین در جهان..... ۲۱
- شکل ۱-۵- نمودار صادرات فلورین جهان در سال ۲۰۱۸..... ۲۲
- شکل ۱-۶- نمودار واردات فلورین جهان در سال ۲۰۱۸..... ۲۳

فصل دوم

- شکل ۲-۱- موقعیت کانه زایی کانسارهای فلورین با میزبان کربناته مرتبط با گنبدیهای نمکی در شمال - غرب اسپانیا..... ۳۱
- شکل ۲-۲- نقشه جهانی که مکانهای نهشتههای فلورسپار را بر اساس کلاس تکتونیکی و ماگمایی آنها نشان می دهد..... ۳۴
- شکل ۲-۳- نقشه پراکندگی معادن و کانسارهای فلورین بر روی زونهای ساختاری ایران..... ۳۷
- شکل ۲-۴- کانه‌زایی فلورین و باریت درونزاد که بصورت شکافه پرکن، فضا‌های خالی دومیکرایتهای سازند شتری را پر کرده‌اند..... ۴۰
- شکل ۲-۵- نقشه زمین‌شناسی کوه سفید و موقعیت معدن فلورین کوه سفید..... ۴۲
- شکل ۲-۶- الف و ب) نماهایی نزدیک از رگه‌های باریت- فلورین در بخشهای شمالی (الف) و جنوبی (ب) کانسار باریت- فلورین جرین که لایه‌بندی واحدهای آهکی میزبان را قطع کرده‌اند، پ) نمایی نزدیک از رگه باریک و کوتاه باریت- فلورین در بخش جنوبی کانسار جرین..... ۴۳
- شکل ۲-۷- الف) فلورینهای بنقش و بیرنگ در سبز میزبان کربناته متخلخل کانسار قهرآباد، ب) درهم رشدی فلورین بنقش و باریت تودهای ذخیره قهرآباد (براتی و همکاران، ۱۳۹۶)..... ۴۴
- شکل ۲-۸- نقشه موقعیت زمینشناسی کانسار لعلکان..... ۴۷
- شکل ۲-۹- تصویرهای نمونه دستی و میکروسکپی از کانی سازی در کانسار فلورین - باریت (± سولفید) آتشکوه، A) باقی مانده سنگ میزبان کربناتی ژوراسیک در رگه اصلی حاوی کانه فلورین (F1)، B) کانیسازی پراکنده باریت و گالن در سنگ میزبان آهک دولومیتی سازند بادامو که در حاشیه آن دولومیت‌های آهن دار قرمز دیده میشوند، C) جانیشینی کانی گوتیت در حاشیه پیریت‌های خودشکل، D) تصویر میکروسکوپی از دولومیت‌های شبیه زین اسبی آهنگار، همراه کانیسازی فلورین- باریت (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۵)..... ۴۸
- شکل ۲-۱۰- a) رگه فلورین تقریباً قائم که شیستوزیته سنگ میزبان (اسلیت و فیلیت) را قطع می نماید، b) هم رشدی فلورین با کوارتز و کلسیت، اکسیدهای آهن ثانویه نیز دیده میشود، c) بلور مکعبی بیرنگ از فلورین تاخیری که در فضای خالی رشد کرده است. (احیا، ۱۳۹۰)..... ۴۹
- شکل ۲-۱۱- رگه حاوی فلورین- باریت در کانسار جویمند (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹)..... ۵۱
- شکل ۲-۱۲- نمایی از کانال استخراجی حفر شده جهت استخراج فلورین در معدن هلالی (هادیزاده خادر و همکاران، ۱۳۸۹)..... ۵۲

فصل سوم

- شکل ۳-۱- نقشه راههای دسترسی به بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه..... ۵۶

فصل چهارم

- شکل ۴-۱- نقشه پهناهای ساختاری محدوده مطالعاتی ۶۴
- شکل ۴-۲- نقشه زمین شناسی منطقه مطالعاتی بر پایه ترکیب ۶۷
- شکل ۴-۳- نقشه زمین شناسی منطقه بر پایه سن ۶۸
- شکل ۴-۴- نقشه برونزد سازندهای نئوپروتروزوئیک پسین و پالئوزوئیک ۷۳
- شکل ۴-۵- نقشه برونزد واحدهای مزوزوئیک بر پایه سن ۷۵
- شکل ۴-۶- نقشه برونزد واحدهای مزوزوئیک بر پایه ترکیب ۷۶
- شکل ۴-۷- نقشه برونزد سازندهای مزوزوئیک ۸۴
- شکل ۴-۸- نقشه برونزد واحدهای سنوزوئیک بر پایه سن ۸۶
- شکل ۴-۹- نقشه برونزد واحدهای سنوزوئیک بر پایه ترکیب ۸۷
- شکل ۴-۱۰- نقشه برونزد سازندهای سنوزوئیک ۹۳
- شکل ۴-۱۱- نقشه گسلهای اصلی محدوده مطالعاتی ۱۰۶

فصل پنجم

- شکل ۵-۱- نقشه پراکندگی معادن و نشانه‌های فلزی ۱۱۱
- شکل ۵-۲- نقشه پراکندگی معادن و نشانه‌های غیر فلزی ۱۱۲
- شکل ۵-۳- نقشه پراکندگی معادن و نشانه‌های معدنی فلورین ۱۱۵
- شکل ۵-۴- قسمتی از نقشه زمین‌شناسی معدن پاچی میانا (مهربان و همکاران، ۱۳۹۲) ۱۱۷
- شکل ۵-۵- نمایی از بافت عدسی و توده‌های و برشی (مهربان و همکاران، ۱۳۹۲) ۱۱۸
- شکل ۵-۶- نمایی از بافت افشان (دانه پراکنده) و تناوبی یا موزون (مهربان و همکاران، ۱۳۹۲) ۱۱۸
- شکل ۵-۷- نمایی از گسل معکوس و صفحه گسل دروازه سنگ، تحت تاثیر این گسل، خمیدگی واحدهای شیلی (Sh) در مرز بین واحدهای آهکی - دولومیتی الیکا (EI) دیده می‌شود، جهت دید به سمت شمال باختری (تدین و همکاران، ۱۳۹۴) ۱۲۰
- شکل ۵-۸- نقشه زمین شناسی محدوده معدنی شش رودبار و مقطع ساختاری ترسیم شده در راستای مشخص شده (تدین و همکاران، ۱۳۹۴) ۱۲۰
- شکل ۵-۹- نقشه موقعیت ناودیس امامت و منطقه معدنی (محمدی، ع و همکاران، ۱۳۸۸) ۱۲۲
- شکل ۵-۱۰- نقشه زمین‌شناسی محلی معدن کمرپشت در طاق‌دیس کوه لامرد (نبیلو و همکاران، ۱۳۹۵) ۱۲۴
- شکل ۵-۱۱- نمایی از بخش مرکزی و تونل حفاری معدن کمرپشت-۱، تونل به موازات طاق‌دیس حفاری شده است (نبیلو و همکاران، ۱۳۹۵) ۱۲۴
- شکل ۵-۱۲- نمایی از زون دگرسانی هماتیتی حاوی کانی سازی فلورین در محل معدن حبیبیان ۱۲۶
- شکل ۵-۱۳- نمایی دیگر از زون دگرسانی هماتیتی حاوی کانی سازی فلورین در محل معدن حبیبیان ۱۲۷
- شکل ۵-۱۴- A- کانی فلوئوریت بنفش در حاشیه همراه با کانی کلسیت B- در مرکز کانی فلوئوریت سفید (ریاحی ماه و همکاران، ۱۳۹۴) ۱۲۹
- شکل ۵-۱۵- موقعیت گسلهای اصلی منطقه در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ قائمشهر و محدوده زنگیان (فرجاللهی و همکاران، ۱۳۹۵) ۱۳۲
- شکل ۵-۱۶- مدل شماتیک از چینش و راندگی در محدوده گسل شمال البرز و گسل‌بند (بدون مقیاس) (فرجاللهی و همکاران، ۱۳۹۵) ۱۳۲
- شکل ۵-۱۷- نقشه پراکندگی معادن و نشانه‌های معدنی سرب و روی ۱۳۳

- شکل ۵-۱۸- نمایی از سنگ آهکهای ریفی و توده‌ای کرتاسه در محدوده معدن اوران بزرگ..... ۱۳۶
- شکل ۵-۱۹- دهانه تنها تونل معدن آرسک (عادلی، ۱۳۶۹)..... ۱۴۰

فصل ششم

- شکل ۶-۱- نقشه پراکندگی نمونه‌های ژئوشیمیایی سیلت و کانی سنگین و نمونه سنگ در بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۵۰
- شکل ۶-۲- نقشه شدت بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عنصر نقره در بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۵۸
- شکل ۶-۳- نقشه شدت بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عنصر باریم در بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۵۹
- شکل ۶-۴- نقشه شدت بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عنصر فلورین در بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۶۰
- شکل ۶-۵- نقشه شدت بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عنصر سرب در بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۶۱
- شکل ۶-۶- نقشه شدت بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عنصر روی در بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۶۲
- شکل ۶-۷- نقشه توزیع کانی باریت در بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۶۴
- شکل ۶-۸- نقشه توزیع کانی فلورین در بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۶۵
- شکل ۶-۹- نقشه توزیع کانی‌های گروه سرب و روی در بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۶۶
- شکل ۶-۱۰- نقشه مناطق امیدبخش ژئوشیمیایی بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۶۸

فصل هفتم

- شکل ۷-۱- موقعیت سین‌های سنجنده استر مرتبط با بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۷۲
- شکل ۷-۲- موقعیت سین‌های سنجنده ام اس آی از ماهواره سنتینل 2A در بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۷۴
- شکل ۷-۳- موقعیت سین‌های سنجنده آل آی از ماهواره Landsat8 در بلوک کیاسر- فیروزکوه..... ۱۷۶
- شکل ۷-۴- مقایسه محدوده طیفی و پهنای باندهای سنجنده‌های استر، آل آی و سنتینل 2 در طیف الکترومغناطیس..... ۱۷۷
- شکل ۷-۵- تأثیر تصحیح رادیومتریک با روش لاگ رزیجوآل بر روی نمودار طیفی قبل (در سمت چپ) و بعد از تصحیح (در سمت راست)..... ۱۸۰
- شکل ۷-۶- نقشه تصویر موزائیک شده بلوک کیاسر- فیروزکوه، از سین‌های استر با ترکیب باندی R:4 G:6 B:8..... ۱۸۲
- شکل ۷-۷- نقشه تصویر موزائیک شده بلوک کیاسر- فیروزکوه، از سین‌های سنتینل 2A با ترکیب باندی R:4 G:3 B:2..... ۱۸۳
- شکل ۷-۸- نقشه تصویر موزائیک شده بلوک کیاسر- فیروزکوه از ماهواره سنجنده آل آی با ترکیب باندی R:4 G:3 B:2..... ۱۸۴
- شکل ۷-۹- اعمال فیلتر زاویه خورشیدی با جهت جنوب غرب بر روی تصویر استر برای واضح‌تر نمودن ساختارهای شمال غربی- جنوب شرقی..... ۱۸۷
- شکل ۷-۱۰- نمودارهای طیفی کانی‌های کلسیت (زرد)، کلریت (قرمز) و کائولینیت (سبز) برگرفته از کتابخانه طیفی USGS در نرم‌افزار ENVI..... ۱۹۱
- شکل ۷-۱۱- نمودارهای طیفی ۱۲ کانی مرتبط با دگرسانی هیدروترمال برگرفته از کتابخانه طیفی USGS در نرم‌افزار ENVI..... ۱۹۴
- شکل ۷-۱۲- نمودارهای طیفی ۱۲ کانی مرتبط با دگرسانی هیدروترمال بازسازی شده بر اساس ۹ باند استر..... ۱۹۵
- شکل ۷-۱۳- ترکیب باندی R:4 G:6 B:8 از سنجنده استر..... ۱۹۷
- شکل ۷-۱۴- ترکیب باندی R:4 G: B:6 از سنجنده استر..... ۱۹۸
- شکل ۷-۱۵- ترکیب باندی RGB:456 (راست) و ترکیب باندی RGB:468 (چپ) از تصویر سنجنده استر..... ۱۹۹
- شکل ۷-۱۶- ترکیب باندی R:7 G:5 B:2 از سنجنده آل آی- کانی‌های تبخیری با رنگ فیروزه‌ای نمایان هستند..... ۲۰۰
- شکل ۷-۱۷- اکسید آهن (به رنگ زرد طلایی تا نارنجی) در ترکیب باندی RGB:11 4 2 تصویر سنجنده سنتینل 2A..... ۲۰۱

- شکل ۷-۱۸- نسبت باندی ۴ به ۲ از تصویر سنتینل 2A برای نمایش اکسیدهای آهن ۲۰۲
- شکل ۷-۱۹- رخنمون اکسید آهنی در سه تصویر سنتینل بترتیب سمت چپ: R:11 G:4 B:2، وسط: نسبت باندی ۴ به ۲ و سمت راست: R:4 G:3 B:2 ۲۰۳
- شکل ۷-۲۰- نقشه نگاشت اکسید آهن در بلوک کیاسر- فیروزکوه بر اساس نسبت باندی ۴ به ۲ تصویر سنتینل ۲ ۲۰۴
- شکل ۷-۲۱- نقشه تصویر PC3 از آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ سنجنده سنتینل 2A ۲۰۶
- شکل ۷-۲۲- نقشه پوشش اکسید آهن (به رنگ قرمز) بر اساس آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ سنجنده سنتینل 2A ۲۰۷
- شکل ۷-۲۳- نقشه ساختارهای خطی و حلقوی بلوک کیاسر- فیروزکوه استخراج شده بر اساس تصویر سنجنده سنتینل 2A ۲۰۹

فصل هشتم

- شکل ۸-۱- نقشه شاخص سنگ میزبان ۲۱۵
- شکل ۸-۲- نقشه شاخص ساختار ۲۱۶
- شکل ۸-۳- نقشه شاخص سنگ ژئوشیمیایی- سیلت ۲۱۷
- شکل ۸-۴- نقشه شاخص ژئوشیمیایی- کانی سنگین ۲۱۸
- شکل ۸-۵- نقشه شاخص دگرسانی (اکسید آهن) ۲۱۹
- شکل ۸-۶- نقشه پتانسیل فلورین ۲۲۰
- شکل ۸-۷- نقشه محدوده‌های امیدبخش فلورین ۲۲۱

فصل نهم

- شکل ۹-۱- نقشه پراکندگی محدوده‌های امید بخش فلورین در بلوک کیاسر - فیروزکوه ۲۱۸
- شکل ۹-۲- راه دسترسی به محدوده شماره ۴ ۲۲۰
- شکل ۹-۳- رخنمون واحدهای سنگی محدوده ۴ در نقشه زمین‌شناسی پل سفید ۲۲۱
- شکل ۹-۴- نمایی پوشش سطحی و جنگلی ۲۲۲
- شکل ۹-۵- تصویر پوشش سطحی انبوه در مسیر رودخانه ۲۲۲
- شکل ۹-۶- راه دسترسی به محدوده شماره ۶ ۲۲۳
- شکل ۹-۷- رخنمون واحدهای سنگی محدوده ۶ در نقشه زمین‌شناسی پل سفید ۲۲۴
- شکل ۹-۸- نمایی مسیر مسدود دسترسی به محدود ۲۲۵
- شکل ۹-۹- نمایی از جنگل انبوه با دره‌های پر شیب ۲۲۵
- شکل ۹-۱۰- راه دسترسی به محدوده شماره ۷ ۲۲۶
- شکل ۹-۱۱- رخنمون واحدهای سنگی محدوده ۷ در نقشه زمین‌شناسی پل سفید ۲۲۷
- شکل ۹-۱۲- نمایی از همبری سینه کار با واحد شیل ۲۲۸
- شکل ۹-۱۳- تصویر انطباق کانه‌زایی با لایه‌بندی ۲۲۸
- شکل ۹-۱۴- تصویر کانسنگ فلوریت، سرب و روی ۲۲۹
- شکل ۹-۱۵- تصویر قطعه سنگ معدنی گالن- فلوریت ۲۲۹
- شکل ۹-۱۶- راه دسترسی به محدوده شماره ۸ ۲۳۰
- شکل ۹-۱۷- رخنمون واحدهای سنگی محدوده ۸ در نقشه زمین‌شناسی قائمشهر ۲۳۱
- شکل ۹-۱۸- نمایی از واحد دولومیتی ضخیم لایه ۲۳۲

شکل ۹-۱۹- خردشدگی و هوازدگی واحد کربناتی.....	۲۳۲
شکل ۹-۲۰- راه دسترسی به محدوده شماره ۱۴.....	۲۳۳
شکل ۹-۲۱- رخنمون واحدهای سنگی محدوده ۱۴ در نقشه زمین‌شناسی سمنان.....	۲۳۴
شکل ۹-۲۲- نمایی از واحد آهکی الیکا.....	۲۳۵
شکل ۹-۲۳- تصویر نمونه کلسیتی شده فلورین دار.....	۲۳۵
شکل ۹-۲۴- راه دسترسی به محدوده شماره ۱۵.....	۲۳۷
شکل ۹-۲۵- رخنمون واحدهای سنگی محدوده ۱۵ در نقشه زمین‌شناسی سمنان.....	۲۳۸
شکل ۹-۲۶- نمایی از واحد دولومیت خاکستری.....	۲۴۰
شکل ۹-۲۷- تصویر رگه باریت- سلسنتین.....	۲۴۰
شکل ۹-۲۸- تصویر رگه باریت در واحد دولومیتی.....	۲۴۰
شکل ۹-۲۹- زون سیلیسی- هماتیتی شدید.....	۲۴۰

فهرست جداول

فصل اول

جدول ۱-۱- غلظت فلورین در انواع سنگ ها.....	۸
جدول ۱-۲- غلظت فلورین و سایر عناصر در آب.....	۱۰
جدول ۱-۳- کانیهای که غنی از فلورین.....	۱۴
جدول ۱-۴- ذخایر فلورین در جهان (۲۰۱۹، USGS).....	۲۰
جدول ۱-۵- تولید فلورین جهان از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۰ بر حسب تن (منبع، bgs).....	۲۱

فصل دوم

جدول ۱-۲- طبقه بندی نهشته‌های فلورین هیدروترمال اولیه.....	۳۰
جدول ۲-۲- طبقه‌بندی کانسارهای فلورین ایران بر اساس توزیع زمانی.....	۳۸
جدول ۲-۳- کانسارهای فلورین با سنگ میزبان کربناته.....	۴۵
ادامه جدول ۲-۳- کانسارهای فلورین با سنگ میزبان کربناته.....	۴۶
جدول ۲-۴- کانسارهای فلورین همراه با سنگهای دگرگونی ناحیه‌ای.....	۴۶
جدول ۲-۵- مناطق امیدبخش کانه زایی فلورین بر اساس اولویت.....	۵۳

فصل ششم

جدول ۶-۱- مشخصات برگه‌های دارای داده‌های ژئوشیمیایی در بلوک کیاسر- فیروزکوه.....	۱۴۹
جدول ۶-۲- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه قائم‌شهر.....	۱۵۱
جدول ۶-۳- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه پل سفید.....	۱۵۲
جدول ۶-۴- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه کیاسر.....	۱۵۳
جدول ۶-۵- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه فیروزکوه.....	۱۵۴
جدول ۶-۶- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه سمنان.....	۱۵۵
جدول ۶-۵- عناصر و کانی‌های سنگین و نمونه سنگ دارای ناهنجاری در مناطق امیدبخش ژئوشیمیایی.....	۱۶۷

فصل هفتم

- جدول ۱-۷- ویژگیهای باندهای سنجنده استر ۱۷۰
- جدول ۲-۷- ویژگیهای باندهای سنجنده ام اس آی از ماهواره سنتینل 2A ۱۷۲
- جدول ۳-۷- ویژگیهای باندهای سنجنده آل ال آی ۱۷۵
- جدول ۴-۷- ترکیبات باندی کاربردی شناخته شده در دورسنجی از کالی نوفسکی و الیور (۲۰۰۴) ۱۸۹
- جدول ۵-۷- نسبتهای باندی کاربردی شناخته شده در دورسنجی از کالی نوفسکی و الیور (۲۰۰۴) ۱۹۲
- جدول ۶-۷- جدول بردار ویژه (Eigenvector) آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ سنجنده سنتینل 2A ۲۰۵

فصل هشتم

- جدول ۱-۸- مشخصات محدوده‌های امیدبخش فلورین ۲۲۲

فصل نهم

- جدول ۱-۹- مشخصات محدوده‌های امید بخش در بلوک کیاسر - فیروزکوه ۲۱۹
- جدول ۲-۹- مشخصات نمونه در محدوده شماره ۱۴ ۲۳۵
- جدول ۳-۹- مشخصات نمونه‌های محدوده شماره ۱۵ ۲۳۹
- جدول ۴-۹- نتایج آنالیز XRF در محدوده شماره ۱۵ ۲۳۹

کشور

معدنی

اكتشافات

فصل اول

و کلیات

سازمان زمین شناسی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۱-۱- مقدمه

فلوئور الکترونگاتیوترین عنصر جدول تناوبی است و می‌تواند با سایر عناصر ترکیب شود. این ماده در انرژی اتمی و صنایع پیشرفته کاربرد زیادی دارد. یکی از مهمترین منابع عنصر فلوئور کانی فلوئور اسپار بوده که از ترکیب این کانی با اسیدسولفوریک، فلورید هیدروژن تولید می‌شود که ماده اولیه برای تولید ترکیبات فلوئور است. مهمترین ترکیبات فلوئور، آلومینیوم تری‌فلوراید و کریولیت می‌باشند که در صنایع آلومینیوم‌سازی از اهمیت خاصی برخوردارند. آلومینیوم تری‌فلوراید، کریستال سفید رنگی است که به عنوان مکمل الکترولیت در صنایع تولید آلومینیوم مصرف فراوانی دارد. نام فلورین و فلوئور اسپار از واژه لاتین Fluere به معنای جریان یا فلاکس گرفته شده است. فلورین یکی از عناصر کمیاب و نادری است که در سنگهای پوسته زمین یافت می‌شود. فلوئور هجدهمین عنصر فراوان در پوسته زمین است و میانگین آن در پوسته زمین در حدود ۳۰۰ ppm است. کانی فلورین یا فلوریت یک ماده ضروری برای برخی صنایع از جمله تولید آلومینیوم، فولادسازی، پالایش بنزین، تولید شیشه، تولید لعاب، فوم‌های عایق، مبردها و اورانیوم برای انرژی هسته‌ای به شمار می‌رود. ایالات متحده که رتبه دوم مصرف کننده محصولات فلورین در جهان را دارد (Miller, 2012)، بیشتر عرضه خود را از طریق واردات از مکزیک به دست می‌آورد. چین بزرگترین تولید کننده فلورسپار در جهان است. در سال ۲۰۲۱ بیش از ۶۰ درصد از تولید جهان به این کشور تعلق داشته است (Miller, 2013). فلورسپار، که نام تجاری فلورین (ایزومتریک CaF_2) است، تنها ماده معدنی است که در مقیاس بزرگ برای کانسار فلورین استخراج می‌شود. با شروع جنگ جهانی دوم یا درست پس از آن و با پایان یافتن آن در سال ۲۰۰۹، فلورسپار از چنان اهمیتی برخوردار بود که یکی از مواد معدنی استراتژیک و حیاتی به شمار می‌رفت که توسط ایالات متحده آمریکا ذخیره شده بود. از سال ۲۰۰۱، کاهش قابل توجه صادرات فلورسپار از چین منجر به کاهش عرضه جهانی شده است.

۱-۲- تاریخچه

واژه فلورین از کلمه لاتین Fluere به معنای روان شدن و از کلمه آلمانی Flussen به معنای گداختن (Fuse) گرفته شده است. اصطلاح فلوئوروس (Fluoros) ظاهراً اولین بار توسط آگریکولا برای تمام کانی‌هایی که نرم بوده و گدازآوار باشند، به کار رفت. اما نام فلورین نخستین بار بوسیله Dana و در سال ۱۸۶۸ استفاده گردید. تاریخچه استفاده از فلورین به زمان باستان باز می‌گردد. مردمان روم و یونان فلورین را به عنوان یک کانی شناخته و از آن در ساختن گلدان‌ها و اشیاء تزئینی استفاده می‌کردند. چینی‌ها و بومیان آمریکای جنوبی از بلورهای فلورین،

زبورآلات منقوش می‌ساختند. معدن کاری فلورین اولین بار در انگلستان و در سال ۱۷۷۵ میلادی آغاز شد. تولید فلورین در همان سده‌های نخستین کشف آن (شروع انقلاب صنعتی) رشد چشمگیری یافت و این زمانی بود که از فلورین به عنوان یک گدازآوار در کوره های ذوب آهن استفاده می‌شد (پیروزی، ۱۳۸۶).

کانی فلورین به فرمول شیمیایی CaF_2 مهمترین کانی فلئور در طبیعت می باشد. فلئور الکترونگاتیوترین عنصر جدول تناوبی است و می‌تواند با سایر عناصر ترکیب شود (شکل ۱-۱). در سال ۱۵۲۵ استفاده از فلئور اسپار به عنوان فلاکس مطرح گردد. فرسمان دانشمند روسی فلورین را عنصری با خوردگی بالا معرفی کرده است و بی‌شک تعداد بسیار کمی از اجسام، چه طبیعی و چه ساخته دست انسان، وجود دارند که بتوانند در برابر اثر فلئور مقاومت کنند. سرگذشت فلئور خود حاکی از این خصوصیت آن است. به استثنای گازهای نادر، فلئور آخرین غیرفلزی بود که به صورت آزاد تهیه شد. یکصد سال از تاریخ پیشگویی وجود چنین عنصری گذشت تا آنکه دانشمندان قادر به تولید آن به صورت گازی شدند. شیمی‌دانان در طی این دوره، پانزده بار دست به تهیه آن زدند ولی هر بار کوشش‌هایشان بی‌ثمر ماند و در موارد متعددی حتی جان خود را از دست دادند. در عین حال کانی طبیعی معروف فلئور یعنی فلورین از زمانهای بسیار دور برای هر کلکسیونر سنگی آشنا بوده است. نام این کانی بی ضرر در دست نوشته‌های مربوط به قرن شانزدهم هم ذکر شده است سال ۱۷۷۱ میلادی، یعنی سال جداسازی اسید فلئوریدریک توسط شیله، دانشمند سوئدی را تاریخ کشف فلئور در نظر می‌گیرند. خلوص اسید به دست آمده به روش شیله همچنان به عنوان یک مسئله برجای ماند تا آنکه در سال ۱۸۰۹ میلادی، گی‌لوساک و تنار، اسید فلئوریدریکی نسبتاً خالص به دست آوردند.

فارادی در سال ۱۸۳۴ میلادی، کوشید تا معمای تهیه فلئور آزاد را حل کند اما او حتی با الکترولیز فلئوریدهای مذاب هم نتوانست به نتیجه‌ای برسد. در سال ۱۸۳۶ میلادی برادران ناکس ایرلندی به قصد حل این مشکل به میدان آمدند. آنها در طی پنج سال آزمایشات خطرناکی انجام دادند که هیچ یک به نتیجه‌ای نرسید. این دو برادر در طول کار به شدت مسموم شدند و یکی از آنها، جان خود را از دست داد (ابهری و همکاران، ۱۳۹۵).

سرانجام لحظه‌ای فرا رسد که مواسان، دانشمند فرانسوی (Henri Moissan) سرنوشت فلئور را در دست‌های خود گرفت. او ابتدا خطاهای پیشینیان خود را تحلیل کرد و در روز ۲۶ ژوئن ۱۸۸۶ میلادی، اولین آزمایش موفقیت آمیز خود را که ضمن آن در اثر واکنش فلئور با سیلیسیم شعله‌ای مشاهده کرد، انجام داد. پس از آن گزارشی به آکادمی علوم پاریس فرستاد و در آن نظرات مختلفی که در مورد ماهیت این کار امکان داشت مطرح شود، درج

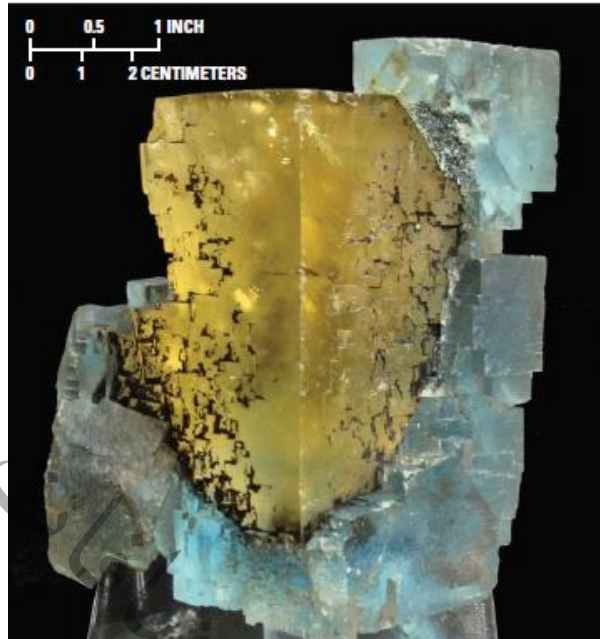


کرد. به این ترتیب پس از انجام موفقیت آمیز آزمایش در حضور اعضای اکادمی پاریس همگی گواهی بر موفقیت او دادند و سال ۱۸۸۶ میلادی، سالی تاریخی در بیوگرافی فلوئور شد (ابهری و همکاران، ۱۳۹۵).

فلورین به عنوان یک ماده معدنی فرعی در بسیاری از انواع ذخایر سنگ هیدروترمال وجود دارد. به عنوان مثال، ذخایر اپی ترمال طلا، نقره و اورانیوم می باشد. رسوبات مولیبدن پورفیری (\pm تنگستن)، پگماتیت ها ذخایر اکسید

آهن- مس- طلا و معمولاً نهشته های دره می سی سی پی (MVT) با روی غالب می باشد. فلورین در طیف گسترده ای از رنگ ها (زرد، سبز، صورتی، بنفش، آبی، بی رنگ و گاهی سیاه) وجود دارد و در نتیجه به آن رنگارنگ ترین ماده معدنی جهان لقب داده اند. احتمالاً این ترکیب رنگی مربوط به تکامل زمین شناسی و کانی شناسی کانی فلورین می باشد. محیط فیزیکی و شیمیایی تشکیل فلورین، نقش مهمی بر روی خواص ساختاری فلورین و در نهایت رنگ این کانی دارد. کانی فلورین در صورت خالص بودن ۴۸/۷٪ فلوئور و ۵۱/۳٪ کلسیم دارد. فلورین یک کانی مهم اقتصادی است و اغلب همراه با کانی های با اهمیتی مانند اسفالریت، باریت، گالن و ... می باشد.

در چند سال اخیر، دانشمندان زمین شناسی در سراسر جهان توجه بیشتری به ذخایر فلزی به طور کلی و مواد معدنی استراتژیک به طور خاص داشته اند. از سوی دیگر، مواد معدنی غیرفلزی با توجه به منابع عظیمی که در جهان دارند همچنان نادیده گرفته می شوند و کمتر مورد توجه قرار گرفته اند و به همین دلیل از جذابیت کانی- شناسان و همچنین زمین شناسان اقتصادی خارج شده اند.



شکل ۱-۱- نمونه ای شماتیک از کانسار فلورین در معدن شماره ۱ (Minerva) در کنتاکی آمریکا، که پاراژنر (توالی رسوبی ماده معدنی) به شرح زیر می باشد: (۱) فلورین زرد (۲) یک سطح انحلال مجدد که در سمت راست بالا و زیر فلورین آبی قابل مشاهده است، (۳) پیروبیٹومن (پوشش سیاه رنگ)، (۴) فلورین آبی

۱-۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی

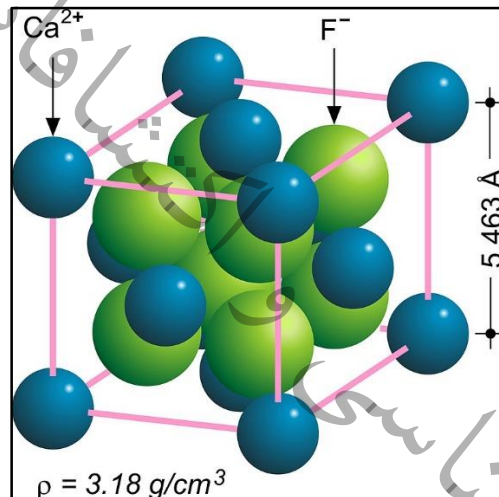
ساختار فلورین یکی از ساختارهای دوتایی مواد است که در آن آنیون ها به شکل مکعبی ساده و کاتیون ها در نصف حفرات هشت وجهی قرار می گیرند. این شبکه را می توان از دیدگاهی دیگر به این صورت توصیف کرد که در آن کاتیون ها دارای آرایش مکعبی با وجوه مرکز پر بوده و آنیون ها در حفرات چهار وجهی قرار می گیرد (شکل ۱-۲).

فلورین دارای سیستم تبلور ایزومتریک است و شکل بلورهای آن هگزاندر، اکتاندر، مرکب، رمبوند و دودکاندر می باشد. بلورهای فلورین به صورت دانه های ریز و درشت و فشرده و ژله ای، رشته ای، شعاعی، پوششی، مطبق و آگرگات دانه ای دیده می شود.

فلوئور یکی از پنج عنصر هالوژن به همراه کلر (شایع ترین)، برم، ید و استاتین (که نادرترین است) است. فلوئور فقط یک ظرفیت شیمیایی شناخته شده دارد. شعاع یونی آن ۱,۳۶ آنگستروم (Å) است که به آن اجازه می دهد به راحتی یون هیدروکسیل (که دارای شعاع یونی ۱,۴۰ آنگستروم است) در ساختارهای معدنی جایگزین شود (فلیشر و رابینسون، ۱۹۶۳). فلوئور کمتر جایگزین یون های کلرید و اکسیژن می شود.



این کانی از نظر خواص فیزیکی دارای رخ کامل، سختی ۴ در مقیاس موس، وزن مخصوص $3 - 3/2$ گرم بر سانتی متر مکعب است که به صورت شفاف تا نیمه شفاف با جلای شیشه‌ای مشاهده می‌شود. رنگ خاکه آن سفید و ضریب انکسار آن $1/434$ است و نقطه ذوب 1402 و نقطه جوش 2513 درجه سانتیگراد دارد. از نظر خواص شیمیایی این کانی در HF و H_2SO_4 بصورت محلول می‌باشد و دارای لومینسانس بنفش تیره، فلورسانس آبی تا بنفش و گاهی ترمولومینه سانس قهوه‌ای است. از ملاک‌های تشخیص آن می‌توان به شکل بلورهای آن (مکعبی)، رخ هشت وجهی، جلای شیشه‌ای و رنگ‌های زیبا و خط برداشتن با چاقو نام برد. پاراژنهای کانی فلورین گالن، اسفالریت، کلسیت، دولومیت، باریت، آپاتیت، کاسیت، کوارتز و تورمالین است.



شکل ۱-۲- نمایش کلی از ساختار فلورین

۱-۴- ژئوشیمی و پراکندگی ژئوشیمیایی فلئور

فلئور یکی از پنج عنصر هالوژن به همراه کلر (شایع‌ترین)، برم، ید و استاتین (نادرتین) می‌باشد. فلئور فقط یک ظرفیت شیمیایی شناخته شده دارد (۱-). این عنصر دارای شعاع یونی $1/36$ آنگستروم است که به آن اجازه می‌دهد به راحتی یون هیدروکسیل را در ساختارهای معدنی جایگزین کند (Fleischer et al., 1963). فلئور کمتر جایگزین یون‌های کلرید و اکسیژن می‌شود.

فلئور یک عنصر لیتوفیل در شرایط پوسته‌ای محسوب می‌شود. از این رو تمایل دارد که به صورت ترکیب با سایر عناصر (و گاهی به صورت آزاد) در ساختار شیمیایی سنگ‌ها قرار گیرد. فلئور در حالت ترکیبی حدود $0/078$

درصد از پوسته زمین را تشکیل می‌دهد و از این نظر فراوان تر از کلر است. طبق محاسبات کلارک و واشنگتن، میزان فلورین موجود در سنگ‌های آذرین در حدود ۰/۰۳ درصد است، اما درصد فلورین در سنگ کره فوقانی را تا حدود ۰/۰۸ درصد تخمین می‌زنند. نسبت وزنی فلورین به سیلیسیم در یک کندریت استاندارد ۰/۰۲ درصد و نسبت اتمی آن‌ها ۰/۰۳ درصد می‌باشد که این نسبت بسیار کمتر از آن چیزی است که در سنگ کره فوقانی وجود دارد. علت این اختلاف ظاهراً به خاطر تجمع گزینشی فلورین تک ظرفیتی در مقایسه با اکسیژن دو ظرفیتی در ماگمای باقیمانده سنگ کره فوقانی است.

۱-۵- فلورین در سنگها

فلورین در محدوده وسیعی از شرایط زمین‌شناسی تشکیل و مشاهده می‌شود. همچنین به صورت رگه‌های کوارتز فلورین‌دار در سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی، جانیشینی در اسکارن‌ها، در مرکز بخش حاشیه‌ای کربناتیت‌ها، در باطله‌های کان سنگ‌های فلزات پایه و سنگ معدن باریت، جانیشینی در سنگ‌های آهکی، رگه‌های پگماتیتی و تنوره‌های برشی دیده می‌شود.

بدین ترتیب به صورت فرعی کانی‌های اصلی خانواده گرانیت و سنگ‌های نزدیک این خانواده را همراهی می‌کند و به صورت کامل در گرهک‌ها و آهک‌های داخل غارها یافت می‌شود.

این کانی معمولاً با نهشته‌های مهم سرب، روی و باریت همراه است و از این جهت اهمیت خاصی دارد. چرا که پی‌جویی و اکتشاف آن می‌تواند به کشف نهشته‌های مذکور نیز منجر شود و این خود موجب با ارزش‌تر شدن نهشته‌های فلورین می‌شود. گاهی نیز وجود فلورین، خود موجب ارزشمندتر شدن نهشته‌های دیگر کانی‌ها می‌شود. از این رو بایستی در بررسی‌های فنی - اقتصادی نهشته‌های سرب، روی، باریت و فلورین به کانی‌های همراه توجه خاصی داشت. زیرا این کانی‌ها ممکن است در اقتصادی شدن یک کانسار تاثیر بسیاری داشته باشند.

در سیستم‌های آذرین، فلورین یکی از عناصری است که تا حد زیادی ناسازگار است، زیرا به آسانی وارد کانی‌های سیلیکات معمولی که از مذاب متبلور می‌شوند، نمی‌شود. در نتیجه در طول تفریق در ماگمای باقی مانده متمرکز می‌شود. در مراحل اولیه تفریق، سیلیکات‌های مافیک و فلدسپات‌های کلسیم متبلور می‌گردند، و غلظت فلورین و سیلیس (همراه با B, Be, Cs, Dy, K, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Sb, Sc, Sn, Ta, Tb, Th, Tl, U, W, Y, Yb, Zr) در ماگمای باقی مانده افزایش می‌یابد. این اتفاق در ماگماهای ساب‌آلکان و آلکان بوجود می‌آید، هر چند ماگماهای آلکان ممکن است به غلظت بالاتری از فلورین دست یابند (جدول ۱-۱، Shawe. 1976).



ناسازگاری فلورین به طور گسترده منجر به یافتن فلوئور در غلظت‌های اقتصادی در سنگ‌های محصول نهایی تفریق از جمله گرانیته‌ها، سینیته‌ها، کربناتیت‌ها و همچنین توده‌های نفوذی کم عمق و معادل خروجی آنها در سراسر جهان می‌شود. تمرکز فلورین در سنگ‌های آذرین معمولی در جدول ۱-۱ آورده شده است. بدلیل عدم سازگاری فلورین در سیال گرمابی، این کانی ممکن است در غلظت یا تمرکز بالا در گازهای آتشفشانی و همچنین تصعید حاصل از این گازها تشکیل شود. سنگ‌هایی که بوسیله چنین گازهایی دگرسان می‌گردند، حاوی مقادیر قابل توجهی فلوئورین هستند. فلوئورین عمدتاً در موقعیت هیدروکسیل‌های کانی‌های میکا و رس دگرسان شده، جانشین می‌گردد، اما در برخی مناطق فراونی فلورین بصورت کانی فلوئوریت دیده می‌شود.

در سنگ‌های رسوبی، بالاترین غلظت سین‌ژنتیک فلوئور (غلظتهایی که در زمان رسوبگذاری ایجاد می‌شوند) در فسفریت‌ها یافت می‌شوند، زیرا عنصر جایگزین، یون‌های هیدروکسیل در آپاتیت است که ماده معدنی اصلی فسفر در فسفریت‌ها می‌باشد، این فرایند منجر به تولید فلوئور آپاتیت می‌شود.

فسفریت‌ها معمولاً دارای بیش از ۲ درصد وزنی فلوئور هستند و ممکن است به ندرت بیش از ۴ درصد وزنی داشته باشند. غلظت فلوئور در سنگ‌های رسوبی معمولی در جدول ۱-۱ آورده شده است.

ژئوشیمی فلوئور در سنگ‌های دگرگونی به خوبی شناخته شده نیست. فلوئور عمدتاً در بیوتیت و مسکویت در سنگ‌های دگرگونی وجود دارد و در میکاها متمرکز می‌شود، زیرا آب در طی دگرگونی پیشرونده از بین می‌رود. گرانولیت‌های پیروکسن-پلاژیوکلاز ممکن است حاوی میکاهای غنی از فلورین (تا ۳/۳ درصد وزنی فلوئور در بیوتیت) باشند (Bose et al., 2005). غلظت فلوئور در سنگ‌های دگرگونی معمولی در جدول ۱-۱ آورده شده است (Timothy et al, 2017).

در رسوبات بر جای مانده مقدار فلوئور نسبتاً پایین است، زیرا آپاتیت و فلوئور خیلی انحلال پذیرتر از کانی‌هایی نظیر کوارتز هستند. با این حال، آپاتیت بویژه نوع فلوئور آپاتیت آن گاهی اوقات به صورت قطعات آواری در ماسه‌سنگ‌ها و ماسه‌ها باقی می‌ماند که نشان دهنده مقاومت آن در حین هوازگی است. در ماسه‌سنگ‌ها، گاهی اوقات تکه‌های دانه درشتی از مسکویت آواری دیده می‌شود. این ماسه‌سنگ‌ها اصولاً از تخریب گرانیته‌ها و پگماتیت‌های گرانیته‌ای ایجاد شده‌اند. در رسوبات دریایی معمول، مقدار فلوئور معمولاً به چند قسمت در میلیون (ppm) هم می‌رسد (پیروزی، ۱۳۸۶). در رسوبات اکسیدی، بویژه رسوبات اکسیدی آهن مقدار فلوئور زیاد می‌باشد. در رسوبات کربناته، فلوئور احتمالاً یکی از رایج ترین عناصر است. بعضی از ژئوشیمیست‌ها مقدار فلوئور در سنگ آهک را بین ۲۱۰ ppm تا ۲۵۰ تخمین می‌زنند میزان فلوئور در رسوبات تبخیری نظیر انیدریت، سنگ نمک یا

نمک‌های پتاسیم و منیزیم به طور دقیق مشخص نشده است. اما برخی مقدار آن را در رسوبات تا حدود ۲ تا ppm ۶ و گاهی تا ppm ۵۷ تخمین می‌زنند (پیروزی، ۱۳۸۶).

جدول ۱-۱- غلظت فلئور در انواع سنگ‌ها

Rock Type (Location)	No. of Samples	Fluorine concentration (ppm)		Source(s)
		Range	Mean	
Igneous rocks- Intrusive				
Alkalic ultramafic	7	200 to 2,700	1,100	3,10
Gabbro, diabase	26	50 TO 1,100	420	6
Granodiorite and granite, without extremes	93	20 TO 2,700	810	6
Tertiary intrusives, diorite to granite (central Colorado)	592	90 to 33,900	1,170	15
Alkalic intrusives	65	200 TO 2,250	1,000	6
Alkalic intrusives	100	-	2,640	13
Granite (mostly Silver Plume, central Colorado)	459	70 to 260,000	1,100	15
Granite (mostly Pikes Peak, central Colorado)	284	60 TO 170,000	1,116	15
Igneous rocks- Extrusive				
Picrite basalts, (Eastern Rift, Kenya and Tanzania)	5	480 TO 1,400	904	11
Olivine basalts ((Eastern Rift, Kenya and Tanzania)	18	290 to 1,300	900	11
Basalt	130	20 to 1.060	360	6
Andesite	77	b.d.l. to 780	210	6
Andesite	85		630	13
Phonolite	14	860 to 1,490	930	6
Phonolite (Eastern Rift, Kenya and Tanzania)	2	2,100 TO 2,200	2,150	11
Trachyandesite (Eastern Rift, Tanzania)	1		1,400	11
Nephelinites (Eastern Rift, Kenya and Tanzania)	20	1,000 TO 4,900	2,480	11
Peralkaline trachyte (Eastern Rift, Kenya and Tanzania)	4	1,700 to 3,600	3,070	12
Melilite, leucitite, and carbonatite (Western Rift, Uganda)	4	1,400 to 3,000	2,500	1,4
Alkali rhyolite (Eastern Rift, Kenya)	4	1,700 to 6,800	3,870	2
Metamorphic rocks				
General metamorphic	69	60 to 1,500	380	6
Schists and gneisses (central Colorado, mostly Idaho Springs Formation)	816	50 to 81,000	1,180	15
Sedimentary rocks				
Sandstones	49	10 to 880	180	6
Graywacke	17		40	8
Carbonaceous or dark sandstones	11		400	8
Varicolored sandstones	23		320	8
Pale, nearly white, sandstones	12		280	8
Shales	79	10 to 7,600	800	6
Pierre Shale	22	560 to 880	682	5
Limestones	98	b.d.l. to 1,210	220	6
Dolostones	14	110 to 400	260	6
Anhydrite rock	3	b.d.l. to 350	121	7
Halite rock	7	b.d.l. to 130	31	7
Phosphorite (Phosphoria Formation, United States)	60		31,000	9
Phosphorite (8 mining areas worldwide)	8	30,500 to 41,000	36,560	14



۱-۶- فلورین در آب

بیشتر ذخایر استخراج شده فلورین متعلق به ذخایر هیدروترمال هستند، بنابراین درک ژئوشیمی فلورین در آب برای فهم چگونگی تشکیل ذخایر فلورین مهم می‌باشد.

جدول ۱-۲ فهرستی از غلظت‌های معمول فلورین در آبهای مختلف را نشان می‌دهد. بطور شگفت‌انگیزی، فلورین می‌تواند در غلظت‌های بالا (غلظت‌های بیش از ۱۰۰۰ ppm)، در آب با دمای پایین و PH بالا و غلظت کلسیم پایین تمرکز یابد (Timothy et al., 1973, Jones et al., 1977). این امر بویژه برای آب‌هایی که در تماس با سنگ‌های حاوی فلورین بالایی هستند بخصوص سنگ‌های آتشفشانی جوان، صادق می‌باشد. در چنین سنگ‌هایی، اجزای شیشه‌ای معمولاً بالاترین غلظت فلورین را دارند و عمدتاً در شرایط سطحی ناپایدارند و در صورت تغییر، فلورین را آزاد می‌کنند. همانند سایر هالوژن‌ها در دمای پایین، فلورین بعنوان یک یون آزاد در آب وجود دارد در حالیکه در دماهای بالا به سمت کمپلکس شدن تمایل دارد (Timothy et al., 2017).

شورابه‌های ماگمایی و شورابه‌هایی که از اعماق حوضه‌های رسوبی منشأ می‌گیرند، پتانسیل بالقوه‌ای برای کانه‌زایی فلورین از ذخایر فلورسپار هیدروترمال دارند. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم ژئوشیمی فلورین در آب این است که فلورین حداقل انحلال‌پذیری را در محدود معمول دمای هیدروترمال بویژه از ۱۶۰ درجه تا ۶۰ درجه سانتیگراد دارد. حلالیت فلورین با افزایش دما افزایش می‌یابد، آزمایش‌های ریچاردسون و هلند (۱۹۷۹) نشان می‌دهد که بر خلاف اکثر مواد معدنی، حلالیت فلورین با کاهش دما به زیر ۶۰ تا ۰ درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد. بالای این محدوده دمایی، تمایل ماده معدنی به ته‌نشست از محلول افزایش می‌یابد (Timothy et al., 2017).

جدول ۱-۲- غلظت فلئور و سایر عناصر در آب

Sample type and area	Number of samples	Associated deposit type or rock type(s)	PH	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$ at 25 °C)	F (ppm)	CO ₃ , aqueous dissolved (ppm)	CO ₃ (ppm)	HCO ₃ (ppm)	SO ₄ (ppm)
Natural waters									
River water	—	n.a.	—	—	0.05 to 2.7	—	—	—	—
Seawater	—	n.a.	—	—	0.03 to 1.4	—	—	—	—
Mountain region runoff—Rhoads Fork of Rapid Creek, Black Hills, South Dakota, United States	1	Limestone and alluvium	7.9	466	<0.10	—	—	—	2.2
Near-recharge groundwater in limestone—Site i.d. 440612103152001, Well No. 10 in Madison aquifer, Rapid City, South Dakota, United States	1	Limestone	7.53	343	0.2	—	—	—	11
Basinal groundwater in limestone—Site i.d. 440415101093002, well in Madison aquifer, Midland, South Dakota, United States	1	Limestone	6.69	—	2.8	—	—	150	800
Basinal groundwater in sandstone—Well P17 in Lance/Fox Hills sandstone, Gillette, Wyoming, United States	1	Sandstone	8.18	1,810	3.2	—	2	982	1.6
Groundwater evaporite brine—Well in Paradox sandstone ("post-halite" water), Paradox Basin Grand County, Utah, United States	1	Sandstone and anhydrite	4.6	95,000	25	—	—	1,010	4
Mineralizing water for MVT fluorspar deposits—From fluid inclusion measured data, and estimates calculated at 120 °C, Illinois-Kentucky fluorspar district, United States	n.a.	Granitic basement, sandstone, and dolostone	4.55 calc'd	—	26 calc'd	(CO ₂) 17,589	—	—	2,558
Measured fluid inclusions in fluorite—"Complex" sedimentary brine at about 140 °C, Berbes subdistrict, Asturias Province, Spain. equiv. wt. % NaCl: 83; cations: 34	1	4b; metamorphic rocks and limestone	—	—	—	—	—	—	—
Surface water—Lake Tulusia of the Momela Lakes, Eastern Rift Valley, Tanzania	1	Alkalic volcanic rocks	—	14,390	437	—	(HCO ₃ + CO ₃) 189	—	422
Water interstitial to newly precipitated, evaporitic trona and villiaumite—Borehole H4, Lake Magadi, Kenya	1	Trachyte and alluvial sediments	10.4	—	1,610	—	85,400	2,560	973
Hypothetical hydrothermal mineralizing water									
Calculated mineralizing water for MVT fluorspar deposits after adding hypothetical magmatic gas with 0.5 g/kg CO ₂ and 0.5 g/kg HF and heating to 300 °C, Illinois-Kentucky fluorspar district, United States	n.a.	4a	3.7 calc'd	—	2,030 calc'd	(CO ₂) 20,100 calc'd	—	—	105 calc'd



۷-۱- ژئوشیمی عناصر نادر خاکی در فلورین

جاننشینی شیمیایی در فلورین (CaF_2) به مقدار کم و بطور معمول در حد ppm رخ می‌دهد. کاتیون‌هایی که بطور معمول جانشین Ca می‌شوند شامل عناصر نادر خاکی، استرانسیوم و ایتیریم و به مقدار کم Al, Ba, Cd, Mg, Zr و Ag, Cu, Be, Fe, Pb, Si، عناصر فرعی Allen (1952) و Th هستند. علاوه بر عناصر فوق (Mn, Na, K, U) را به عنوان جانشین‌های احتمالی کلسیم در شبکه بلور فلورین پیشنهاد کرد. جاننشینی‌های آنیونی نیز به مقدار کم در فلورین رخ می‌دهد. Ford (1926) مقدار جاننشینی کلر بجای فلوئور را گزارش کرده است. فلوئور آزاد گزارش شده در فلورین ممکن است در ارتباط با نقصان‌های شبکه بلوری باشد که به وسیله جاننشینی کلسیم با کاتیون‌هایی با ظرفیت بالاتر بوجود می‌آید.

عناصر نادر خاکی، مهمترین عناصری هستند که در ساختار داخلی فلورین جانشین می‌شوند. عناصر نادر خاکی، سری‌های 4f عناصر با اعداد اتمی ۵۷ و ۷۱ را جدول تناوبی عناصر نشان می‌دهند. بعد از La انرژی سطح 4f پایین‌تر از سطح 5d است و بنابراین الکترون‌های بعدی به سطح داخلی تر اوربیتال‌های 4f اضافه می‌شوند (Moller, 1963). به همین علت هفت اوربیتال تراز 4f باید قبل‌تر از تراز 5d پر شوند و در نتیجه ۱۴ عنصر از Ce تا Lu نتیجه ای از این فرایند است که ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی مشابهی را نشان می‌دهند و تنها یکی از عناصر REE یعنی Promethium (با عدد اتمی ۶۱) پایدار بوده و در طبیعی به طور طبیعی یافت نمی‌شود. عناصر REE به صورت دو ظرفیتی (Ce, Nd, Sm, Eu, Tm, Yb) سه ظرفیتی (همه عناصر REE) و چهار ظرفیتی (Ce, Pr, Nd, Tb, Dy) در مطالعات آزمایشگاهی دیده می‌شوند (Moller, 1963).

شعاع یونی عناصر REE با افزایش عدد اتمی از $1/0.3$ آنگستروم برای La^{3+} (با عدد اتمی ۵۷) تا $0/86$ آنگستروم برای Lu^{3+} (با عدد اتمی ۷۱) کاهش می‌یابد. به همین علت پتانسیل یونی La تا Lu افزایش می‌یابد. این افزایش یونی در برخی موارد دارای ناپیوستگی‌هایی است. ناپیوستگی‌های پتانسیل یونی بین عنصر سوم و چهارم REE (Nd-Sm)، عنصر هفتم و هشتم (Gd-Tb) و عنصر دهم و یازدهم (Ho-Er) دیده می‌شود که تحت عنوان Tetrad Effects شناخته می‌شود. بیشترین تمایز ناپیوستگی در پتانسیل یونی بین Gd و Tb دیده می‌شود. بر اساس همین اختلافات دو زیر گروه عناصر نادر خاکی قابل تفکیک است:

۱- عناصر نادری خاکی سبک که شامل عناصر La تا Gd است.

۲- عناصر نادر خاکی سنگین که شامل عناصر Tb تا Lu است.

جدایش تک تک REE در طول فرایندهای زمین شناسی رخ می‌دهد. این تغییرات بوسیله کاهش یا افزایش سریم (Ce) و یوروپیم (Eu) در مقایسه با REE مجاورشان که بوسیله کندریت نرمالیزه شده‌اند، نشان داده می‌شوند. این کاهش یا افزایش بطور معمول بعنوان بازتابی از اکسیداسیون Ce^{3+} به Ce^{4+} و احیاء Eu^{3+} به Eu^{2+} توضیح داده می‌شود (پیروزی، ۱۳۸۶).

۱-۸- کانی‌شناسی فلورین

در این بخش به هشت کانی یا گروه معدنی که غنی از فلئور هستند را معرفی خواهیم نمود (جدول ۱-۳).
 - باستنزیت^۱ که نشان دهنده چندین ماده معدنی کربنات فلئور است که در کربناتیت‌ها و کمپلکس‌های آذرین اولترامافیک قلیایی وجود دارند. باستنزیت کانی اصلی است که از آن عناصر کمیاب خاکی (REE) در تعدادی از کربناتیت‌ها بدست می‌آید (Timothy et al, 2017).
 - کرایولیت^۲ (مونوکلینیک $Na_3(AlF_6)$) یک ماده معدنی است که به ندرت در خارج از پگماتیت‌ها یافت می‌شود.
 - سلاویت^۳ (تتراگونال MgF_2) در کانسار سوران ۱ در کوه‌های اورال جنوبی در روسیه استخراج می‌شود و فلئورین از آن استخراج می‌شود.

این کانسار حاوی تناژ بسیار بزرگی از فلورین است و تنها در جایی رخ می‌دهد که محلولهای هیدروترمال حاوی فلئورین با دیاباز غنی از منیزیم (سنگ بازالتی کم عمق) در دیواره‌های گسل یا رگه مواجه شوند. سلاویت در چندین نهشته فلورین‌دار در سنگ‌های میزبان دولومیتی یافت شده‌اند که از جمله آنها می‌توان به Mount Bischoff تاسمانی استرالیا، معدن Shepherd و Murphy در ایالت موینا در تاسمانی استرالیا، معدن Xianghuapu در ایالت Hunan چین و کانسار قلع Yaroslavskoye در روسیه اشاره نمود (Timothy et al, 2017).

- ویلیومیت^۴ (ایزومتریک NaF)، در ترونا (مونوکلینیک $(CO_3)_2 \cdot 2H_2O$) در شرق آفریقا رخ می‌دهد. ترونا ماده خام کربنات سدیم است. در برخی از دره‌های سیستم ریفت شرق آفریقا، ترونا به دلیل تبخیر

در دریاچه‌های حوضه بسته، ته‌نشست می‌یابد. با غلظت کافی ویلیومیت در کانسار ترونا، این ماده می‌تواند به یک

^۱ Bastnaesite

^۲ Cryolite

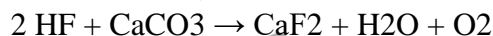
^۳ Sellaite

^۴ Villiaumite

محصول جانبی تبدیل شده و بعنوان منبع فلئورین بازیابی شود.



نهشته‌های ترونا در شرق آفریقا نزدیک سنگهای آتشفشانی پرآلکالن و آلکان قرار دارند (Timothy et al, 2017) - فلورین رایج‌ترین ماده معدنی است که حاوی غلظت بالایی از فلورین است. فلورین تقریباً شفاف است و دارای کلیواژ هشت وجهی کامل است. فلورین نرم تر از کوارتز و سخت تر از کلسیت است و با اسید ضعیف واکنش نشان نمی‌دهد، بنابراین به راحتی از کلسیت و کوارتز که معمولاً با آن همراه هستند، قابل تشخیص است. فلورین به عنوان یک ماده معدنی فرعی در بسیاری از نهشته‌های هیدروترمال از جمله نهشته‌های طلا، نقره و اورانیوم اپی‌ترمال، مولیبدن پورفیری (\pm تنگستن)، پگماتیت‌ها، نهشته‌های اکسید آهن-مس-طلا و روی مرتبط با کانسارهای MVT دره می‌سی‌سی‌پی وجود دارد. در انواع کانسارهای نشان داده شده در شکل G3B، فلورین کانی اقتصادی اصلی است هر چند محصول مشترک یا محصول جانبی طلا، باریت، بریلیوم، بیسموت، مس، لیتیوم، مولیبدن، سرب، عناصر نادر خاکی، قلع، تنگستن روی، می‌تواند در انواع متفاوتی از کانسارهای فلورسپار یافت شوند. در بسیاری از ذخایر فلورسپار، واضح است که فلوئور موجود در محلول گرمابی با کلسیم سنگ‌های دیواره واکنش داده و فلورین را تشکیل می‌دهد. در سنگ دیواره آهکی، واکنش ته نشینی فلورین را می‌توان به صورت زیر مدل کرد:



در مکان‌هایی که واکنش فوق رخ می‌دهد و کلسیم حفظ می‌شود (چون چگالی کلسیت $2/71$ گرم بر سانتی مکعب و چگالی فلورین $3/18$ گرم بر سانتی متر مکعب است)، فضاهای خالی جدیدی ایجاد می‌شود. در واقع، در دما و فشار استاندارد، حدود ۱۵ درصد از حجم سن آهک (کربنات کلسیم CaCO_3) به تخلخل جدید تبدیل می‌شود. بلورهای جدید فلورین بعنوان کریستال‌های نهایی در فضای باز رشد می‌کنند و در نتیجه در اکثر نهشته‌های کربناته، فلورین بصورت بلورهای مکعبی یا معکبی هشت وجهی با رنگ‌های مختلف آبی، سبز، بنفش، سفید و زرد تشکیل می‌شود (Timothy et al, 2017).

- فلوئورآپاتیت (هگزائونال $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) در حال حاضر تنها مقدار کمی از تولید فلوئورین را به خود اختصاص می‌دهد، اما می‌تواند در آینده یک منبع بالقوه بسیار بزرگ را تشکیل دهد. فلورآپاتیت ماده معدنی اصلی در کانسارهای فسفریت رسوبی است که بطور معمول دارای عیار فلورین ۲ تا ۴ درصد وزنی می‌باشد. فسفریت یک سنگ رسوبی است که عمدتاً از کانی‌های فسفاته تشکیل شده است. فسفریت‌ها در بسیاری از نقاط جهان به عنوان منبع کود استخراج می‌شوند. هم اکنون محصولات جانبی فلورین بوسیله بسیاری از فعالیت‌ها (یا عملیات‌ها) بدست می‌آید و به کرایولیت مصنوعی تبدیل می‌شود که یک شکل از فلورین می‌باشد و برای تصفیه آلومینیوم

استفاده می‌شود و یا به اسید فلورسیلیسیک تبدیل می‌شود که برای فلوتوردار کردن آب آشامیدنی استفاده می‌شود. در حال حاضر، عرضه فلوتورین به دست آمده از فسفریت‌ها بر اساس تقاضا برای کود تعیین می‌شوند و هنگامیکه که این نیاز برآورده شود، هیچ محصول جانبی دیگری از فلوتورین تولید نمی‌شود. فلوتورین در تعدادی از کانی‌های سیلیکاته یافت می‌شود، اما ظاهراً هیچ فرایند عملی برای بازیابی فلوتورین از هیچ ساختار سیلیکاته‌ای ایجاد نشده است.

- توپاز (ارتورومبیک $(Al_2(SiO_4)(F,OH)_2)$) یک کانی حاوی فلوتورین است که در پگماتیت‌ها، برخی از سنگ‌های دگرسان شده هیدروترمالی و یک نمونه منحصر بفرد شیست غنی از توپاز در Front Range کلرادو یافت می‌شود. فلوتورین‌های بوجود آمده در کانی‌های میکا و رسی، بیوتیت (مونوکلینیک $(K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH,F)_2)$) یکی از مثالهای فلورین فیلوسیلیکاته هستند. حداکثر مقدار فلوتورین اندازه‌گیری شده در فیلوسیلیکاته‌ها ۷/۵ درصد وزنی از بیوتیت موجود در رگه‌های هیدروترمال است که در نهشته‌های مولیبدن پورفیری Henderson در کلرادو بدست آمده است (Gunow and others, 1980).

جدول ۱-۳- کانی‌های که غنی از فلورین

Possible fluorine ore minerals Fluorspar							
Bastnaesite	Cryolite	Sellaite	Villiaumite	Fluorite	Fluorapatite	Phyllosilicates	Topaz
Hexagonal	Monoclinic	Tetragonal	Isometric	Isometric	Hexagonal	For example, biotite Monoclinic	Orthorhombic
$(Ca,La,Nd)(CO_3)F$	$Na_3(AlF_6)$	MgF_2	NaF	CaF_2	$Ca_5(PO_4)_3F$	$K(Mg,Fe)(AlSi_3O_{10})(OH,F)_2$	$Al_2(SiO_4)(F,OH)_2$
2 to 9 wt. % F.	54 wt. % F	61 wt. % F.	45 wt. % F	41.6 to 48.7 wt.% F	3.1 to 4.9 wt. % F.	0 to 7.5 wt. % F	13 to 20 wt. % F
Carbonatites and alkaline intrusions or hydrothermal. ? byproduct F from mining rare-earth elements	Pegmatites; natural cryolite probably not economic	Mined together with fluorite in hydrothermal deposits with Mg-rich wallrocks or wallrocks without Ca	Isometric NaF 45 wt. % F ? byproduct of trona mining	? byproduct of trona mining	Fluorosilicic acid byproduct of mining phosphorites and nelsonites and phoscorites from ultra-alkalic igneous complexes; P used in fertilizers	Hydrothermally altered rocks; for example Henderson porphyry molybdenum deposit, Colorado, U.S.A. (Gunow and others, 1980)	Pegmatites, hydrothermally altered rocks, and a topaz schist, Front Range, Colorado, U.S.A.



۹-۱- کاربردهای فلورین

واکنش‌پذیری بالای فلورین آن را به یکی از قابل استفاده‌ترین عناصر جدول تناوبی تبدیل کرده است. ما روزانه با چندین اقلام خانگی که حاوی فلورین هستند مواجه می‌شویم. فلورین توسط یونانیان قدیم برای ساخت ظروف تزئینی مانند فنجان، لیوان و سطح میزها استفاده می‌شده است. امروز فلورین ماده اولیه و اساسی صنایع آلومینیوم و صنایع شیمیایی و فولاد در جهان محسوب می‌شود. فلورین در تهیه اسید هیدروفلورئوریک و مشتقات آن و همچنین در صنایع هسته‌ای، سرامیک، ریخته‌گری، تهیه فرآلیاژها و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. از فلورین برای تهیه کریولیت مصنوعی که برای ذوب آلومینیم اساسی است، استفاده می‌شود. اسید فلوریدریک به عنوان کاتالیزور در تهیه سوخت‌های اکتان بالا، خورنده و سیقل دهنده شیشه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. از انواع شفاف و رنگ روشن فلورین در ساخت شیشه و عدسی استفاده می‌گردد. در صنایع کوزه‌گری، میناکاری و سرامیک ساخت فایبر گلاس و مواد آرایشی نیز از این کانی استفاده می‌شود. خلوص این نوع فلورین بین ۹۵ تا ۹۶ درصد است. فلورین‌های خوش رنگ و شفاف می‌توانند به عنوان کانی زینتی نیز مورد استفاده قرار گیرند. فلورین دارای شفافیت نوری منحصر به فردی در طول موج‌های کوتاه‌تر (حدود چند نانومتر) است. شرکت‌های معروف لنز مانند نیکون، الیمپوس، کارل زایس و لایکا از فلورین برای ساخت لنزهای شیئی استفاده می‌کنند. منبع دیگر فلورین، فلورآپاتیت ($Ca_5(PO_4)_3F$) است که می‌تواند به صورت مصنوعی نیز تولید شود و برای ساخت لوله‌های فلورسنت از آنها استفاده می‌شود (Timothy et al, 2017). مبردهای (سردکننده) فلورین (همچنین به عنوان مبردهای مصنوعی، مبردهای فلورئوکربنی و مبردهای هالوکربنی نیز شناخته می‌شوند) گروه وسیعی از محصولات هستند که معمولاً با نام‌های CFC، HCFC، HFC شناخته می‌شوند. CFCها از نظر ترمودینامیکی کارآمد هستند. فلوروسورفکتانت‌ها ترکیب فلورین هستند که کشش سطحی (یا کشش سطحی) بین دو مایع، بین گاز و مایع، یا بین مایع و جامد را کاهش می‌دهند. آنها می‌توانند به عنوان شوینده، مرطوب کننده، امولسیفایر، عامل کف کننده یا پخش کننده عمل کنند. رایج‌ترین استفاده از فلوروسورفکتانت‌ها در رنگ‌ها است. در صنعت داروسازی، یک پنجم داروها حاوی مقداری فلوراید در آنها هستند. فلورین‌کربن‌ها در برخی از داروهای آسم استفاده می‌شوند (Timothy et al, 2017). F18 متداولترین ترکیب پرتوزا است که برای اسکن‌های توموگرافی که در تشخیص بیماری و تجزیه و تحلیل درمان استفاده می‌شود. با استفاده از فلوروترایی می‌توان از پوسیدگی دندان پیشگیری کرد.

۱-۱۰- منشأ فلوتور و عوامل موثر در نهشته شدن فلورین

کانسارهای فلورین (باریم- سرب) با سنگ میزبان کربناته از منابع با ارزش اقتصادی جهان به شمار می‌آیند، بطوریکه قسمت اعظم فلورین دنیا از این نوع کانسارها بدست می‌آید. با در نظر گرفتن این نکته مهم بررسی منشأ این کانسارها مدت مدیدی است که توجه زمین‌شناسان را به خود جلب کرده است و در راستای درک منشأ سیالات و عناصر تشکیل دهنده این کانسارها محققین همواره تلاش کرده‌اند تئوری‌های متعددی در جهت روشن شدن مکانسیم تشکیل این نهشته‌های اقتصادی ارائه کنند. علی‌رغم مطالعات گسترده‌ای که در این مورد صورت گرفته، هنوز ابهامات زیادی باقی مانده است که مطالعات بیشتری را نیازمند است. نحوه مهاجرت سیالات کانه‌زا از سنگ منشأ به سنگ میزبان و عوامل موثر در نهشته شدن این کانسارها از مسائل اساسی دیگری می‌باشند که مورد توجه خاص قرار گرفته‌اند.

فلورین یکی از کانی‌های غیرفلزی است که همراه بعضی از کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناته یافت می‌شود. در بعضی از این کانسارها، فلورین نقش کانی باطله را دارد و در بعضی دیگر مانند ناحیه فلوراسپار کنتاکی- ایلینویز در ایالات متحده، ناحیه معدنی پنین در انگلستان و کانسار پاچی میانا و شش رودبار و همینطور منطقه معدنی کمرمهدی در ایران کانی اصلی می‌باشد. با توجه به ارزش اقتصادی بالای این کانی تعیین منشأ فلوتور آن از اهمیت بالایی برخوردار بوده و همواره مورد توجه و سوال بوده است.

با توجه به حضور کانسارهای فلورین در سنگ‌های کربناته، در نبود یک توده نفوذی و ولکانیکی شاخص (که از ویژگی‌های این نوع از کانسارها محسوب می‌شود)، این سنگ درونگیر کربناته به عنوان سنگ منشأ در نظر گرفته می‌شود اما با توجه به اینکه میانگین غلظت فلوتور در این سنگ‌های کربناته پایین می‌باشد نمی‌توان این سنگ‌ها را به عنوان سنگ منشأ این ذخایر فلوتوریتی نام برد.

یکی از منشأهایی که برای فلوتور در نظر می‌گیرند رسوبات شیلی است که میزان فلوتور آنها بیشتر از سایر سنگ‌های رسوبی می‌باشد. Hitchon (1995) با مطالعاتی که بر روی آب‌های سازندی حوضه آلبرتای کانادا انجام دادند به این نکته اشاره کردند که آب‌های سازندی که میزان شوری آنها از آب دریا کمتر ولی میزان F آنها از میزان F موجود در آب دریا بیشتر می‌باشد با سنگ‌های شیلی مجاور خود واکنش داده‌اند و عنوان می‌کنند که میزان فلوتور آب‌های سازندی با افزایش حرارت و شوری افزایش پیدا می‌کند.

(Van Alstine 1976) سه منشأ احتمالی فلورین را پیشنهاد کرده است که عبارتند از:

۱- صعود فازهای ماگمایی حاصل از تبلور ماگماهای آکالین



۲- ذوب دوباره جدایش‌های آلکالی غنی از فلوتور توده‌های نفوذی اعماق زمین

۳- ذوب سنگ‌های جبه‌ای اولترامافیک دارای فلوتور آپاتیت، هورنبلند و کانی‌های غنی از فلوتور

(Worl (1974) یک منشأ ماگمایی آستونسفریک را برای فلورین پیشنهاد کرده است که شاید از مواد فراری باشد که در طول ماگماتیسم آلکالن در نواحی ریفتی آزاد شده‌اند.

علیرغم اینکه یکی از خصوصیات کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناته عدم ارتباط آنها با فعالیت‌های ماگماتیسم می‌باشد، اما (Plumlee (1995 در منطقه ایلینویز- کنتاکی نشان داد که شورابه‌های حوضه رسوبی می‌توانند از طریق گسل‌های عمیق نواحی کششی به اعماق پوسته نفوذ کرده و با فازهای ماگمایی غنی از فلوتور که از ماگماهای آلکالن موجود در مناطق کششی نشأت گرفته‌اند، واکنش داده و یک شورابه غنی از فلوتور را بوجود آورند. احتمالاً همین دسته از شورابه‌های غنی از فلوتور پس از گرم شدن و صعود به سمت بالا باعث تشکیل فلورین در حفرات باز و رگه‌ها شده‌اند.

بررسی مکانیسم‌های موثر در نهشته شدن این کانی (فلورین) ضروری می‌باشد. با توجه به منحنی‌های مربوط به حلالیت فلورین در مقابل حرارت و غلظت نمک‌های NaCl و CaCl حلالیت فلورین افزایش پیدا می‌کند و در حرارت‌های نزدیک ۱۰۰ درجه سانتیگراد فلورین بیشترین حلالیت را دارد و از ۱۰۰ درجه سانتیگراد به بالا حلالیت فلورین کاهش پیدا می‌کند ولی اگر غلظت NaCl بیش از ۰/۲ مولال باشد با افزایش حرارت حلالیت فلورین نیز افزایش پیدا می‌کند. حلالیت فلورین با افزایش غلظت $CaCl_2$ و درجه حرارت نیز افزایش پیدا می‌کند (Richardson and Holland, 1979 a,b).

فاکتورهای متعددی تاکنون در نهشته شدن کانی فلورین موثر شناخته شده‌اند که عبارتند از :

۱- کاهش درجه حرارت، ۲- افزایش PH سیالات کانه‌زا در اثر واکنش با سنگ دیواره، ۳- مخلوط شدن سیالات با مقادیر متفاوت Ca و F، ۴- افزایش یون Ca^{2+} و ۵- رقیق شدن سیالات کانه‌زا.

۱۱-۱- عیار و تناژ

از بحث‌های قبلی می‌توان انتظار داشت که کلاسهای مختلف کانسارها دارای عیار و تناژ متفاوتی باشند. تنها گزارش چاپ شده قبلی که به بررسی سیستماتیک عیار و تناژ ذخایر فلوتورن پرداخته، متعلق به اوریس (۱۹۹۲) بوده که مطالعه خود را به رگه‌های فلورسپار محدود کرده است. پس از آن گزارشاتی مانند سند ملی دولت کانادا

و کد آفریقای جنوبی برای گزارش نتایج اکتشاف (SAMREC)، مطابق با منابع و تخمین های ذخیره، اطلاعاتی را در مورد عیار و تناژ بسیاری از ذخایر فلورسپار در دسترس عموم قرار داده است.

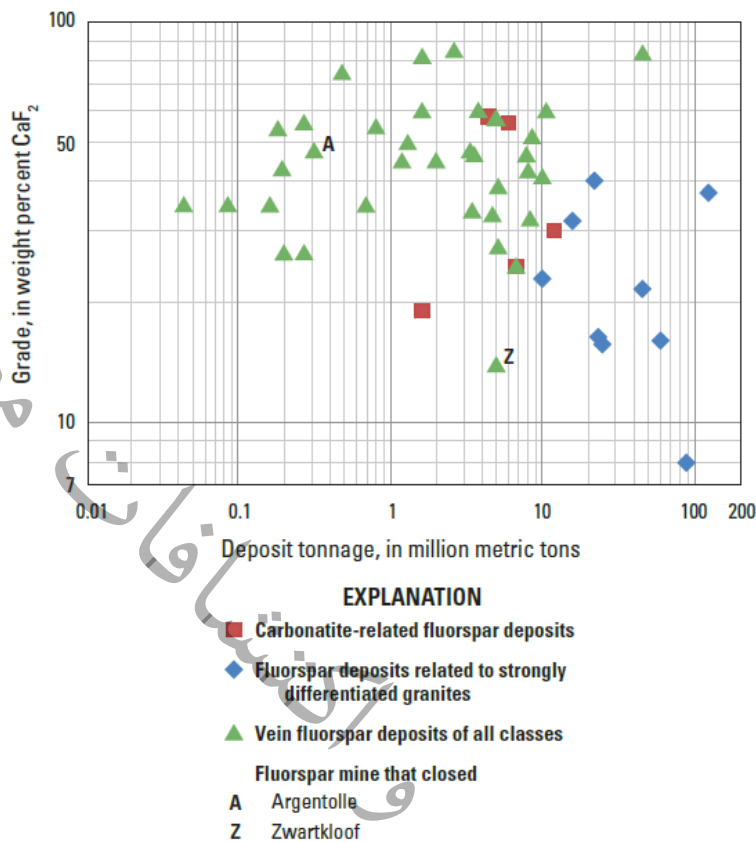
شکل ۱-۳ نمودار عیار و تناژ ذخایر فلورسپار است که از داده های جدول ۱-۱ تهیه شده است. عیارها و تناژهای ترسیم شده بطور کامل بررسی نشده اند تا از صحت آنها اطمینان حاصل شود. اگر اکثر داده های استفاده شده معتبر باشند، احتمالاً روندهای کلی نشان داده شده در نمودار واقعی هستند.

در این شکل نهشته های با هندسه رگه ای صرف نظر از طبقه بندی آنها به عنوان یک دسته واحد در نظر گرفته می شوند، اما نهشته های بدون هندسه رگه ای یا دایک مانند (مانند نهشته های مرتبط با کربناتیت ها و یا نهشته های مرتبط با گرانیت های شدیداً تفریق یافته) بطور جداگانه مورد بحث قرار می گیرند. در این شکل کانسار Zwartkloof در ایالت Limpopo آفریقای جنوبی که از نوع نهشته های مرتبط با گرانیت های به شدت تفریق یافته است با برچسب Z و کانسار Argentolle در فرانسه که از یک کانسار رگه ای و احتمالاً از نوع کانسارهای فلورین با میزبان کربناته مرتبط با گنبد های نمکی است، با برچسب A نشان داده شده است. معدن Zwartkloof تنها از سال ۱۹۷۱ تا ۱۹۷۳ فعالیت کرد و زمانی که شرکت بهره بردار به این نتیجه رسید که عیار کانسار (۱۳/۷ درصد CaF_2) ناکافی است، این معدن تعطیل شد (Brian Hodge, 2013).

کانسار Argentolle از سال ۱۹۷۱ تا ۱۹۸۲ استخراج شد و سپس بدلیل غیراقتصادی بودن تعطیل گردید. بنابراین برای نمایش رخدادهای مربوط به نهشته های کربناتیت ها و گرانیت ها نشانگر خوبی است. به عنوان مثال می توان به گریدها و تناژهای ترسیم شده در مناطق هاگلبری و گریت ایگل در نیومکزیکو اشاره نمود که سه سطح عیار را نشان می دهد:

- ۱- کانسارهایی با عیار بالا ولی تناژ کم
- ۲- کانسارهایی با عیار کم ولی تناژ بالا
- ۳- کانسارهایی با عیار پایین و تناژ کم

البته همانطور که نمودار ساده شده نشان می دهد، رگه های فلوراسپارهای گرانیتی اقتصادی به طور کلی کوچک تر ولی دارای عیار بالاتر از نهشته های فلوراسپار اقتصادی مرتبط با کربناتیت هستند. برخی از ذخایر مرتبط با کربناتیت دارای محصولات جانبی نیوبیم و باریت هستند و برخی از رسوبات مرتبط با گرانیت دارای قلع، تنگستن و احتمالاً آنتیموان، بیسموت و (یا) محصولات جانبی مولیبدن هستند که در این نمودار در نظر گرفته نشده است. بر اساس نمودار دو کانسار زوار تکلوف و آرژانتول غیراقتصادی می باشند (عیار ۱۳,۷ درصد اقتصادی نیست).



شکل ۱-۳- نمودار عیار فلورین در مقابل تناژ فلورین

۱۲-۱- ذخایر فلورین

بر اساس اعلام سازمان‌های بین‌المللی (USGS, 2021)، میزان کل فلورین موجود در ذخایر معدنی جهان در سال ۲۰۲۱ برابر با ۳۲۰ میلیون تن بوده و مکزیک با ذخیره ۶۸ میلیون تن (معادل ۲۲ درصد از کل ذخیره جهان) در رتبه اول قرار داشته است. کشورهای چین و آفریقای جنوبی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بر اساس این گزارش میزان ذخایر فلورین ایران ۳/۵ میلیون تن (حدود ۱/۵ درصد ذخایر جهان برآورد شده است و از این نظر ایران در رتبه دهم جهانی جای گرفته است (جدول ۱-۴)).

با توجه به اکتشافات جدید انجام شده هزینه عملیات اکتشافی فلورین در سطح کشور از ۳۵۰ میلیون ریال در سال ۱۳۹۵ به رقمی بالغ بر ۵۶۰ میلیون ریال در شش ماه نخست سال ۱۳۹۶ است. همچنین ذخیره قطعی در سال ۱۳۹۵، ۱۱ هزار تن و در شش ماه نخست سال ۱۳۹۶، ۶/۸ هزار تن کشف شده است.

در بررسی وضعیت ذخایر فلورین استان‌ها، استان خراسان جنوبی با رقمی بالغ بر ۶۷۴ هزار تن (معادل با ۴۵ درصد از ذخایر در کشور) در رتبه اول و استانهای مرکزی و سمنان به ترتیب با ۴۶۴ و ۱۹۵ هزار تن (معادل با ۳۱ و ۱۳ درصد از مجموع ذخایر فلورین کشور)، در رتبه‌های بعدی ذخیره این ماده معدنی در کشور قرار گرفته‌اند (گزارش آماری وضعیت فلورین در ایران، ۱۳۹۹).

جدول ۱-۴- ذخایر فلورین در جهان (۲۰۱۹، USGS)

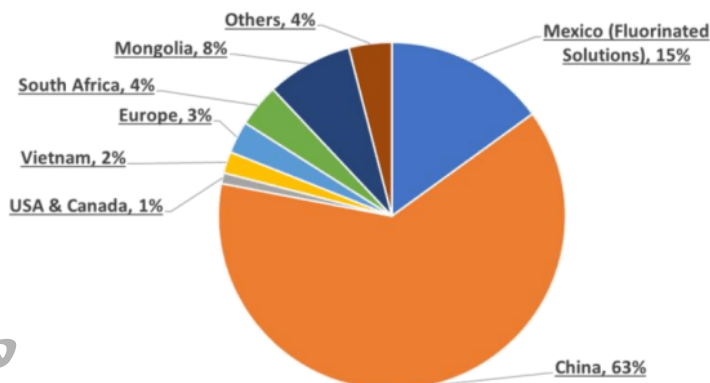
Country	Fluorspar Reserves (mt CaF ₂)
Argentina	NA
Brazil	1.5
China	42
Germany	NA
Iran	3.4
Kenya	2
Mexico	68
Mongolia	22
Morocco	0.46
South Africa	41
Spain	6
Thailand	3.6
United Kingdom	4
United States	4
Vietnam	5
Other countries	110

۱-۱۳- تولیدات فلورین

بر اساس اعلام سازمان‌های بین‌المللی (USGS, 2021) در سال ۲۰۲۱ میزان تولیدات جهانی فلورین بیش از ۸/۵ میلیون تن بوده است. چین با تولید ۵/۴ میلیون تن فلورین بیش از نیمی از تولید جهانی را در این سال به خود اختصاص داده است و مکزیک، مغولستان و آفریقای جنوبی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند و ایران با تولید ۵۶ هزار تن فلورین، در رتبه یازدهم جهانی قرار دارد (شکل‌های ۱-۴ و جدول ۱-۵).



World Fluorite Production (2021)



شکل ۱-۴- نمودار تولید فلورین در جهان

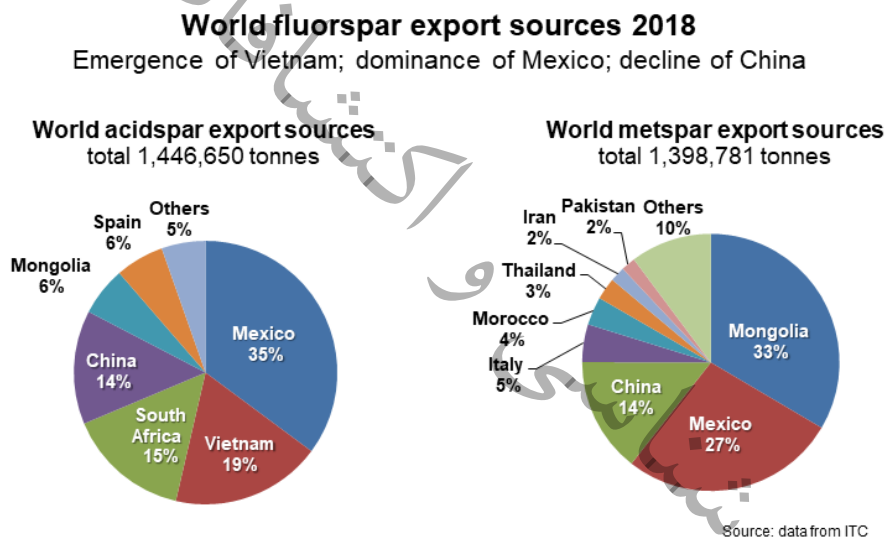
Source: HCA Consulting and internal analysis (2021)

جدول ۱-۵- تولید فلورین جهان از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۰ بر حسب تن (منبع، bgs)

Country	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Afghanistan	4108	4000	4000	4000	4000	4000
Argentina	58556	14222	13696	7924	1500	4800
Brazil	23623	18260	24000	26000	18000	18000
Bulgaria	146500	4400	0	0	0	0
China	3820000	3470000	3700000	4000000	4300000	4300000
Colombia	47	75	57	46	0	0
Egypt	25902	1000	1000	1000	1000	1000
Germany	49801	52552	45375	49197	79959	64933
India	2333	1175	1314	1079	1315	1052
Iran	57232	122427	36511	89102	49705	50000
Kazakhstan	100000	100000	100000	100000	87800	88000
Kenya	70096	42656	6945	0	0	0
Korea	3000	5000	7000	7000	7000	6000
Kyrgyzstan	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Mexico	624574	655555	741678	1182058	1231465	914597
Mongolia	183500	167700	108900	101200	156100	127300
Morocco	80890	73920	75509	87874	73240	70000
Namibia	0	1495	0	0	0	0
Pakistan	5962	9494	2263	2777	4208	4000
Russia	2000	3000	2700	6000	4000	32000
South Africa	135000	165000	257000	242000	210000	320000
Spain	157486	162989	154931	176188	145185	185958
Thailand	15095	31948	5500	16700	17747	9807
Turkey	6238	10339	20150	6200	14400	19896
United Kingdom	12000	12000	11000	11000	14000	15000
Vietnam	193164	217900	234905	238702	238003	219920

۱-۱۴- صادرات فلورين

در بررسی ارزش صادرات، کشور مکزیک با صادرات ۲۰۳ میلیون دلار فلورین (معادل با ۳۵ درصد) از مجموع صادرات فلورین در جهان، بزرگترین صادر کننده این ماده معدنی در جهان در سال ۲۰۱۸ بوده است و پس از آن کشورهای مغولستان، چین و آفریقای جنوبی به ترتیب با ۱۹۵، ۱۵۰ و ۷۶ میلیون دلار، در جایگاه‌های بعدی قرار گرفته‌اند (شکل ۱-۵). بر اساس آمار موجود، ایران در این سال با صادرات ۶ میلیون دلار فلورین رتبه چهاردهم در بین صادر کنندگان فلورین در جهان را بخود اختصاص داده است (گزارش آماری وضعیت فلورین در ایران، ۱۳۹۹).

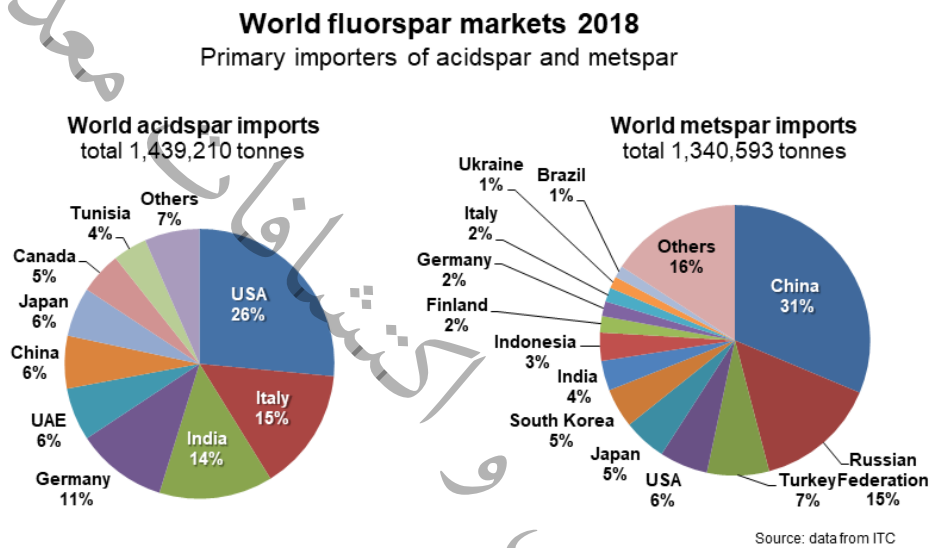


شکل ۱-۵ - نمودار صادرات فلورین جهان در سال ۲۰۱۸



۱-۱۵- واردات فلورین

در سال ۲۰۱۸ کشور چین با ارزش واردات ۱۵۵ میلیون دلار، بزرگترین وارد کننده این ماده معدنی بوده و پس از آن ایالات متحده آمریکا، ایتالیا و هند به ترتیب، در رده های بعدی قرار داشته اند (گزارش آماری وضعیت فلورین در ایران، ۱۳۹۹، شکل ۱-۶)



شکل ۱-۶- نمودار واردات فلورین جهان در سال ۲۰۱۸

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کشور

معدنی

آشنائیات

فصل دوم

کانه زایی فلورین در جهان و ایران

پنجاه و یک

سازمان زمین

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۲-۱- مقدمه

در راستای نگاه ویژه‌ای که به توسعه اقتصادی و رهایی از اقتصاد تک محصولی، توجه به فعالیت‌های معدنی اهمیت فوق العاده‌ای دارد. از این میان معادن غیرفلزی با توجه به پیشینه قابل توجهی که دارند، و کاربرد وسیع آنها در صنایع، همواره مورد توجه خاص بوده‌اند. اکتشاف و استحصال فلورین بعنوان یکی از مهمترین مواد غیرفلزی که در بسیاری از صنایع پیشرفته امروزی کاربرد متنوعی دارد، می‌تواند در این مسیر نقش مهمی را ایفا کند. در این بخش به بررسی کانه‌زایی فلورین در جهان و تیپ‌های کانساری آن و در ادامه به بررسی تیپ‌های کانساری در ایران و معرفی مناطق امیدبخش کانه‌زایی فلورین خواهیم پرداخت.

۲-۲- تیپ‌های کانساری فلورین در جهان

کانسارهای فلورین در محیط‌های زمین‌شناسی متنوعی تشکیل می‌شوند. شکل زیر تقسیم‌بندی اولیه‌ای از کانسارهای فلورین هیدروترمال بر پایه محیط تکتونیکی و ماگمایی آنها را نشان می‌دهد. تمام این هفت گروه هیدروترمال هستند اما تفاوت زیادی در دما و ترکیب سیال بین آنها وجود دارد و به وضوح نشانگر محیط تکتونیکی و ماگمایی مختلف آنها می‌باشد. در دنیا کانسارهای فلورین زیادی در ارتباط مکانی نزدیک با سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب‌های مختلف وجود دارد. درک تفاوت بین تیپ‌های مختلف سنگ‌های آذرین برای تشخیص محیط تکتونیکی و ماگمایی بسیار لازم است. در تیپ‌های مختلف سنگ‌های ماگمایی (ساب‌آلکالن، پرآلکالن، آلکالن و کربناتیتی)، کانسارهای فلورین همراه با آنها عموماً با تفریق یافته‌ترین سنگ‌های آذرین همراه هستند (آخرین فاز نفوذی و تبلور یافته که دارای کمترین آهن و منیزیم و بیشترین سیلیس است). در ایالت‌های ماگمایی ساب آلکالن، کانسارهای فلورین به طور اختصاصی با گرانیت‌هایی که دارای بالاترین میزان عناصر ناسازگار هستند، یافت می‌شوند. گرانیت‌های همراه با کانسارهای فلورین به صورت شاخص تنها حاوی بیوتیت به عنوان کانی فرومنیزین هستند.

برای ایالت‌های آذرین غیرکوهزایی پرآلکالن، کانسارهای فلورین با گرانیت‌ها به ویژه گرانیت‌های اژرین و ربیکیت‌دار. برای کمپلکس‌های آلکالن کانسارهای فلورین ارتباط نزدیکی با سینیت‌ها و به ندرت تراکیت‌ها یا سنگ‌های نفلینی پروکسنی دارند.

برای کمپلکس‌های کربناتیتی، کانسارهای فلورین مرتبط با خود سنگ‌های کربناتیتی تشکیل می‌شوند. برای کانسارهای فلورینی که همراه با سنگ‌های آتشفشانی هستند در مقایسه با سنگ‌های نفوذی تشکیل می‌شوند

شرایط مشابه می‌باشد. کانسارهای فلورین تقریباً در همه جا با سنگ‌های آتشفشانی ریولیتی همراه هستند و در هیچگاه با سنگ‌های بازالتی همراه نیستند (Timothy et al, 2017).

- کانسارهای فلورین مرتبط با سنگ‌های کربناتی

کانسارهای فلورین مرتبط با سنگ‌های کربناتی و دیگر سنگ‌های اولترآآلکان در هر قاره‌ای تشکیل شده‌اند. در چنین کانسارهایی معمول است که کربناتیت‌ها (عموماً کلسیت) به عنوان تشکیل دهنده اصلی سنگ‌های کربناتی به صورت بخشی توسط رگه- رگچه‌های فلورین جانشین شده یا به وسیله استوک و رک‌های فلورینی قطع شده‌اند. سنگ درونگیر در تماس با کربناتیت‌ها ممکن است به وسیله سیال‌های هیدروترمال، حاوی دگرسانی فینیتی و کانه‌زایی فلورین باشند. در کانسار Fission در کانادا و Speewah در استرالیا، ماده معدنی شکل رگه یا دایک دارد. اگرچه کانی‌های کربناته به نظر می‌رسد آذرین بوده و حاوی کانی‌های شاخص سنگ‌های آذرین کربناتی مانند باستانزیت، پاریزیت و پیروکلر هستند. در مثال از کانسارهای فلورین همراه با سنگ‌های کربناتی که تاکنون بخوبی مطالعه شده‌اند کانسار Okoruso نامیبا و Amba Dongar هند است. در کانسار Amba Dongar مطالعه ترکیب سیالات و ایزوتوپ‌های رادیوژنیک پیشنهاد می‌کند که علیرغم دمای ۱۶۰ درجه یا کمتر برای کانه‌زایی فلورین، بخش کوچکی از سیالات با منشأ ماگمایی وجود دارد که با سیالات جوی غالب مخلوط شده است (Timothy et al, 2017).

- کانسارهای فلورین مرتبط با توده‌های نفوذی آلکان

کانسارهای فلورین مرتبط با توده‌های نفوذی آلکان، کانسارهای حاوی فلورین هستند که ارتباط مکانی نزدیکی با گرانیت‌های حاوی ژرین و ریبیکیت داشته یا همراه با سینیت‌ها یا هر سنگ آذرین حاوی پورفیریت‌ها هستند. به طور قراردادی تفکیکی بین انواع این کانسارها و تعداد زیادی از دیگر کانسارهای مرتبط با سنگ‌های خروجی ریولیتی و تراکیتی آلکان که توده نفوذی نزدیک آنها نیست، وجود دارد. هر دو نوع این کانسارهای مرتبط با سنگ‌های نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی حاوی برتراندیت، فنوکیت و کانی‌های میکای لیتیوم‌دار هستند. برخی از این کانسارها حاوی تمرکزهای اقتصادی نیوبیوم و عناصر نادر خاکی، تانتالیوم و زیرکن می‌باشند. کانسار Yermakovskote روسیه که اولین کانسار مرتبط با توده‌های آلکان روسیه می‌باشد، کانه‌زایی اسکارن کوچکی دارد که در آن توده، کانی‌های سیلیکاته- کربناته همراه با کانی‌های ارزشمند دیگر در سنگ‌های آهکی نزدیک به



توده نفوذی جایگزین شده و توده کانه‌زا با رگه‌ها و استوک ورک‌های فلورین - فناکیت یا فلورین - برتراندیت تشکیل شده است.

برخی از کانسارهای دیگر مانند ناحیه Jamestoen در کولو، کانه‌زایی عمدتاً صورت توده برشی تشکیل شده است که بصورت جانبی تبدیل به کانه‌زایی رگه‌ای می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند که سیال تشکیل دهنده این کانسار دمای از ۵۰۰ درجه تا ۱۰۰ درجه دارد. مطالعات ایزوتوپ اکسیژن نشان می‌دهد که سیال کانه‌ساز مخلوطی از آبهای ماگمایی و جوی است که نسبتاً حاوی مقادیر بالایی از عناصر نادر خاکی می‌باشد. در کانسار Yermakovskote، سیال کانه‌ساز شامل (۱) شورابه ماگمایی غنی از بریلیم - منیزیم - مولیبدن - سریم - لانتانیم - سرب - روی (۲) یک سیال غنی شده از دی اکسید کربن حاوی بریلیم می‌باشد (Timothy et al, 2017).

- کانسارهای فلورین اپی‌ترمال مرتبط با سنگهای آتشفشانی آکالن

شمال کشور مکزیک و کنیا کانسارها و اندیس‌های فلورینی دارد که مرتبط با سنگ‌های آتشفشانی آکالن است. این کانسارها در تماس با سنگ‌های کربناته بوده یا سنگ‌های کربناته، سنگ میزبان کانه‌زایی هستند (سنگ آهک و مرمر کلسیم‌دار). به طور مثال تیپ سنگ‌های آذرین مرتبط با کانه‌زایی فلورین در مکزیک، ریولیت پورفیری است که در دایک حلقوی اطراف یک توده کوارتز میکروسینیت پورفیری تشکیل شده است. میکروسینیت‌ها حاوی ۷ درصد حجمی ریبیکیت و ۸ درصد کلریت است که این کلریت در واقع محصول دگرسانی ریبیکیت است. کانسارهای فلورین کنیا حاوی مرمر کلسیمی و گنایسی پرکامبرین بوده که کاملاً در ارتباط زمانی با توده‌های فنولیتی ترشیری در کافت شرقی آفریقا تشکیل شده‌اند. به دلیل اینکه فنولیت‌ها در هیچ جایی در تماس با کانه فلورین تشکیل نشده‌اند، این امکان وجود دارد که این کانسار در ارتباط با سنگ‌های کربناتیتی بدون برونزد ایجاد شده باشد.

در این کانسارهای مرتبط آتشفشانی دما و شوری پایین سیالات نشان دهنده این است که سیال کانه‌زا غالباً آبهای جوی هستند. دمای همگن شدن سیالات درگیر این کانسارها عموماً بیشتر از ۱۷۵ درجه نبوده و شوری آنها کمتر از ده درصد وزنی نمک طعام است. اگرچه توده‌های نفوذی ممکن است در منطقه وجود داشته باشند، این توده‌ها تنها بعنوان منشأ حرارتی و عامل گردش آب زیرزمینی از درون سنگ‌های ریولیتی آکالن غنی از فلوتور عمل می‌کنند. اگرچه ترکیب و شیمی سیالات هیدروترمال عموماً در این گروه مشابه یکدیگر است، اما هندسه توده کانه‌زایی تفاوت چشمگیری دارد. بطور مثال برخی بصورت رگه‌های بزرگ و شاخص تشکیل می‌شوند و برخی دیگر

به صورت پایپ‌های برشی با میزبان سنگ‌های کربناتیته یا توده‌های برشی در تماس با توده‌های نفوذی ایجاد می‌شوند. برخی دیگر از مواد معدنی در این تیپ بصورت توده‌های جانیشینی در سنگ‌های کربناتیته یا به صورت مانتو ایجاد شده‌اند. کانه‌زایی جانیشینی می‌تواند به صورت موازی با لایه‌بندی سنگ‌های رسوبی میزبان ایجاد شود. کانسارهای Thomas Range آمریکا احتمالاً به تیپ کانسارهای اپی‌ترمال مرتبط با سنگ‌های آتشفشانی آلکالن اختصاص دارد. سنگ‌های ریولیتی حاوی فلورین در این منطقه حاوی فنوکریست‌ها توپاز غنی از فلورین هستند. ریولیت‌های حاوی توپاز به شدت غنی از فلورین ظاهراً سنگ‌هایی هستند که بیشترین همراهی را با کانسارهای فلورین مرتبط با سنگ‌های آتشفشانی آلکالن دارند (Timothy et al, 2017).

- کانسارهای فلورین تیپ دره می‌سی‌سی‌پی

کانسارهای سرب- روی (فلورین- باریت) تیپ دره می‌سی‌سی‌پی جزو شناخته شده‌ترین تیپ‌های کانساری از کانسارهای هیدروترمال به شمار می‌آیند. این کانسارها در سنگ‌های کربناته بر اثر اختلاط دو شورابه به شرح زیر تشکیل می‌شوند:

(۱) شورابه غنی از فلزات و فلورین که از سفره‌های آبدار محصور زیرین بر اثر فشار به سمت بالا فرار کرده است.
(۲) یک شورابه غنی از سولفید که تحت فشار آرتزین حرکت جانبی دارد و به وسیله لایه‌ای شیلی حرکت به سمت بالای آن محدود شده است.

هر دو شورابه احتمالاً دارای منشأیی از آب‌های زیرزمینی عمیق هستند. شرایط ژئوهیدرولیکی متنوعی اجازه می‌دهد تا شورابه از لایه‌های آبدار زیرین فرار کرده و به سمت بالا حرکت کند و با شورابه دوم در آبخوان‌های بالاتر مخلوط گردد. ساده‌ترین شرایطی که می‌تواند منجر به اختلاط دو سیال شود، جایی است که گسل‌ها و شکستگی‌ها دو آبخوان را به یکدیگر متصل می‌نمایند. به طور مثال در کانسارهای رگه‌ای و توده‌های برشی بدون توجه به اینکه چگونه برش تشکیل شده است.

شرایط اختلاط بسیار مهم و عبارتی نوع دوم جایی است که طبقات محصور شده به صورت جانبی بین دو واحد آبدار بر اثر نازک شدگی لایه میزبان و ایجاد فضا به تله می‌افتند. فرار رو به بالای سیالات آبدار زیرین موجب تمرکز این سیالات در طبقات محصور شده می‌شود و در نتیجه کانسارهای بسیار بزرگ با جهت‌گیری در طول یا در بخش بالای بخش نازک شده که از دیدگاه چینه‌شناسی در سطح آبخوان بالایی قرار دارد، می‌شوند. در این



شرایط بیشتر کانسارهای سرب و روی ناحیه جنوب دره می سی سی پی و ناحیه ایالت‌های کانزاس- میسوری- اکلوهاما و در Pine Point کانادا تشکیل شده است.

شرایط ژئوهیدرولیکی دیگری نیز منجر به فرار سیال زیرین و اختلاط آن با آب‌های زیرزمینی بخش بالایی می‌گردد، اما این شرایط محدود است. مطالعات انجام شده بر روی مخلوط شورابه در کانسارهای MVT نشان می‌دهد که این شورابه‌ها از تبخیر آب دریا منشأ گرفته‌اند اما سیالات مخلوط شده تأثیری از دولومیتی شدن و احیای سولفات‌ها در طی مسیر حرکت از خود نشان می‌دهند.

در ناحیه فلورین دار Illinois- Kentucky، دایک‌ها و سیل‌ها نشانگرهای حضور توده‌های نفوذی عمیق‌تر در عمق هستند و سنگ‌های آتشفشانی مرتبط به این دایک‌ها احتمالاً می‌تواند عامل غنی‌شدگی منحصر بفرد فلورین در میان کانسارهای MVT باشد. این ناحیه میزبان ۶۲ دایک و سیل با ضخامت ۱ تا ۱۲ متر است که در طول گسل‌ها و صفحات لایه‌بندی نفوذ کرده‌اند (Timothy et al, 2017).

- کانسارهای فلورین با میزبان کربناته مرتبط با گنبد‌های نمکی لیچ و دیگران (۲۰۰۵) این کانسار را بعنوان بخشی از کانسارهای MVT در نظر گرفته و تحت عنوان زیرگروه مرتبط با گنبد‌های نمکی معرفی کردند. بر اساس نظر لیچ و همکاران، تنها ۵ تا از ۲۷ مثال کانسارهای MVT در سراسر دنیا مرتبط با گنبد‌های نمکی هستند. این کانسارها مانند کانسارهای MVT کانی‌شناسی ساده‌ای داشته و هندسه ماده معدنی، پاراژنز و کنترل کننده‌های ژئوهیدرولوژیکی محلی نیز مشابه دیگر کانسارهای MVT در دره می‌سی‌سی‌پی است.

در جدول ۱-۲ کانسارهای سرب و روی با میزبان کربناته که مرتبط با گنبد‌های نمکی هستند به عنوان زیرگروهی از کانسارهای تیپ MVT نشان داده شده است.

این کانسارها عموماً در حواشی غیرفعال قاره ای در مناطق گرمسیری و خشک یا در حواشی کافت‌های ناقص حاشیه غیرفعال قاره‌ای (کافت نابالغ اولاکوژن) تشکیل می‌شوند. از این رو برخلاف کانسارهای MVT که به لحاظ زمانی و مکانی با کمربندهای کوهزایی برخوردی ارتباط دارند، این کانسارها در بسیاری از نقاط به وضوح همراه با ریف‌های درون قاره‌ای حواشی غیرفعال یا اولاکوژن‌ها تشکیل شده‌اند. مقطع سنگ‌های رسوبی که میزبان کانسارهای مرتبط با گنبد‌های نمکی است حاوی سنگ‌های تبخیری است که بخش اصلی سکانس رسوبی را تشکیل داده و در نقاطی بیشتر از نیمی از ضخامت رسوبات به این سنگ‌ها تعلق دارد. اگرچه این تبخیری‌ها به

صورت کمتر در سکانس سنگ‌های رسوبی کانسارهای MVT دره می‌سی‌سی‌پی نیز وجود دارند، هیچ یک بیش از ۵ درصد ضخامت سکانس رسوبی را تشکیل نمی‌دهند. این کانسارها یا کانسارهای MVT به لحاظ داشتن سکانس پاراژنزی کانی‌های هیدروترمال تفاوت‌هایی دارند.

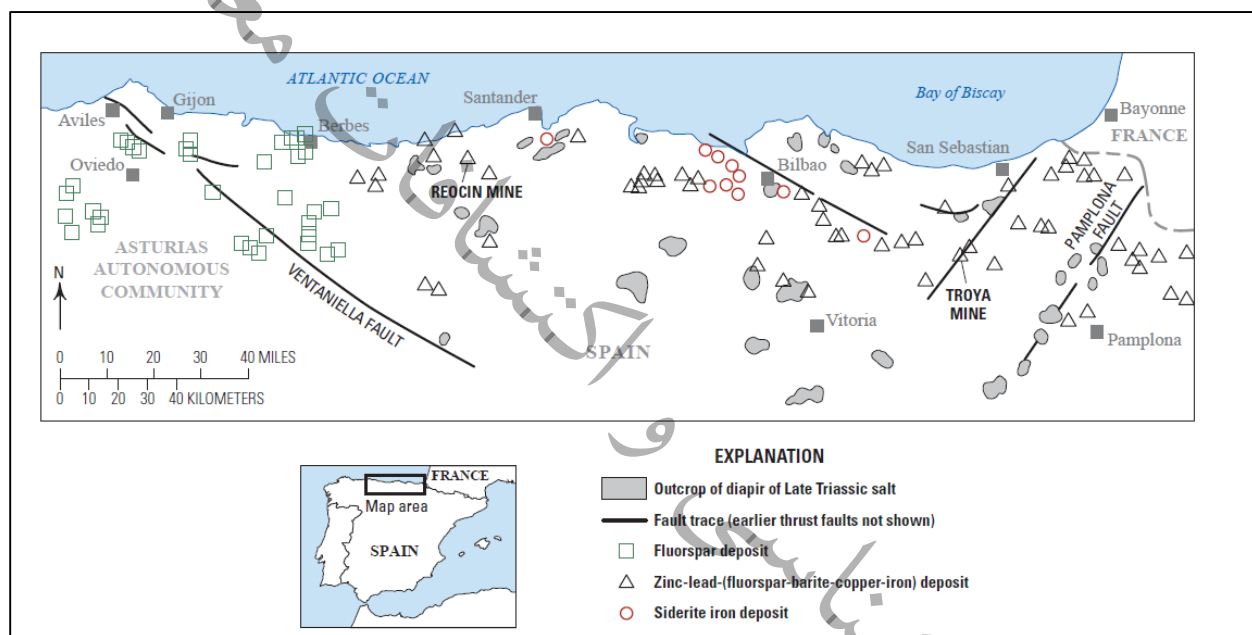
تخلخل رسوبی پیوسته که برای حرکت طولانی شورابه‌های هیدروترمال نیاز است در این تیپ کانساری در ریفت-های قاره‌ای به شدت گسل خورده و حواشی قاره‌ای غیرفعال اولیه وجود ندارد. نقشه کلیدی نمک در این تیپ کانساری احتمالاً این است که نمک در شورابه‌های کانه‌دار حل شده تا کلرید مورد نیاز سیال را تأمین نماید و به این طریق باعث انحلال بالای سرب، روی، آهن و باریم به صورت کمپلکس‌های کلریدی در شورابه‌های کانه‌دار می‌شود (Timothy et al, 2017).

جدول ۲-۱- طبقه بندی نهشته‌های فلورین هیدروترمال اولیه

Classes of primary hydrothermal fluorspar deposits						
Carbonatite-related	Alkaline-related		Mississippi Valley-type	Skarns, greisens, veins, and replacements related to strongly differentiated granites	Subalkaline-volcanic-related epithermal veins and replacements	Apparently conformable in tuffaceous, limy lacustrine sediments
	Alkaline-intrusion-related veins, skarns, and carbonate replacements	Alkaline-volcanic-related epithermal veins, breccia-fills, and carbonate replacements				
Examples:	Examples:	Examples:	Examples:	Examples:	Examples:	Examples:
Amba Dongar, India	St. Lawrence district, Canada	Aguachile, Mexico	Illinois-Kentucky fluorspar district, U.S.A.	Voznesenka, Russia	Yangja-Wuyi, China	Castel Giuliano-Pianciano, Italy
Okorusu, Namibia	Jam estown district, Colorado, U.S.A.	Bor Ondor, Mongolia	Northern Pennine Orefield and Southern Pennine Orefield, U.K.	Lost River, Alaska, U.S.A.	Kalangui, Russia	Santo Mariadi Sala, Italy
Mato Preto, Brazil	Yermakovskoye, Russia	? Kimwarer, Kenya ²	Marico district, South Africa	Shizhuyuan, China	? Las Cuevas, Mexico	? Thomas Range, Utah, U.S.A.
Kizilcaören, Turkey	Dulaan Ovoo, Mongolia		Salt-related carbonate-hosted	El Hamman, Morocco	? Thomas Range, Utah, U.S.A.	? Sumochagan Obo, China.
Karasug, Russia	Huahe, China		Examples:	Vergenoeg, South Africa	? Sumochagan Obo, China ⁵	
? Kimwarer, Kenya			Asturias, Spain	Nui Phao, Vietnam ^{4a}		
? Hicks Dome, Illinois, U.S.A.			Rossignol, France			
			Encantada-Buenavista, Mexico			



کانسارهای فلورین ناحیه Asturias اسپانیا بهترین نوع شناخته شده از کانسارهای غنی از فلورین این تیپ هستند. ارتباط جغرافیایی این کانسارها با دیابیرهای نمکی تریاس پایانی و موقعیت کانی‌زایی سرب و روی (فلورین-باریت-مس-آهن) و کانسارهای آهن سیدریتی در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. کانسارهای سرب-روی (فلورین-باریت-مس-آهن) و کانسارهای آهن سیدریتی در منطقه احتمالاً همگی از یک حادثه کانی‌زایی شکل گرفته‌اند و تمام آنها مرتبط با کانسارهای سرب-روی با میزان کربناته مرتبط با گنبد‌های نمکی هستند.



شکل ۱-۲- موقعیت کانه‌زایی کانسارهای فلورین با میزان کربناته مرتبط با گنبد‌های نمکی در شمال-غرب اسپانیا

– کانسارهای فلورین مرتبط با توده‌های گرانیتی به شدت تفریق یافته

این تیپ کانسارها همراه با توده‌های گرانیتی به شدت تفریق یافته در طیف گسترده‌ای از سنگ‌های گرانیتی از مونزوگرانیت‌ها تا گرانیت‌های دو میکادار و گرانیت قلع‌دار دیده می‌شوند. به طور عمومی تفریق بیشتر باعث تشکیل بیشتر کانسارهای فلورینی مرتبط با این توده‌ها می‌گردد، اگرچه رفتار عمومی در طی تفریق مشابه گرانیت‌های آلکالن است، فلزات همراه و تیپ‌های کانه‌زایی با فلزات و کانسارهای مرتبط با توده‌های نفوذی آلکالن تفاوت دارند. کانسارهای مرتبط با توده‌های گرانیتی ساب آلکالن شامل اسکارن‌های قلع و تنگستن غنی از فلورین، رگه‌های غنی از فلورین یا قلع و تنگستن، کانسارهای گرایزن غنی از فلورین و آنتیموان و به میزان کمتر کانسارهای فلورین

دانه پراکنده یا استوک ورکی هستند. مولیبدن و بیسموت عناصر دیگری هستند که ناهنجاری عمومی این تیپ را نشان می‌دهند.

کانسارهای قلع در نواحی کراتونی پایدار تشکیل شده و در کمان‌های اقیانوسی- قاره‌ای یافت نمی‌شوند. کانسارهای فلورین همراه با گرانیت‌های قلع‌دار هندسه متنوعی شامل رگه، جانشینی، اسکارن در تماس با توده نفوذی و گرایزن در سنگ‌های دیواره گرانیتی دارند. در حال حاضر کانسارهای فلورین مرتبط با گرانیت‌های به شدت تفریق یافته در تمام قاره‌ها به جز آمریکای جنوبی و قطب جنوب یافت می‌شوند (شکل ۲-۲). البته به احتمال زیاد این کانسارها در این دو قاره هم تشکیل شده‌اند اما هنوز اکتشاف نشده‌اند.

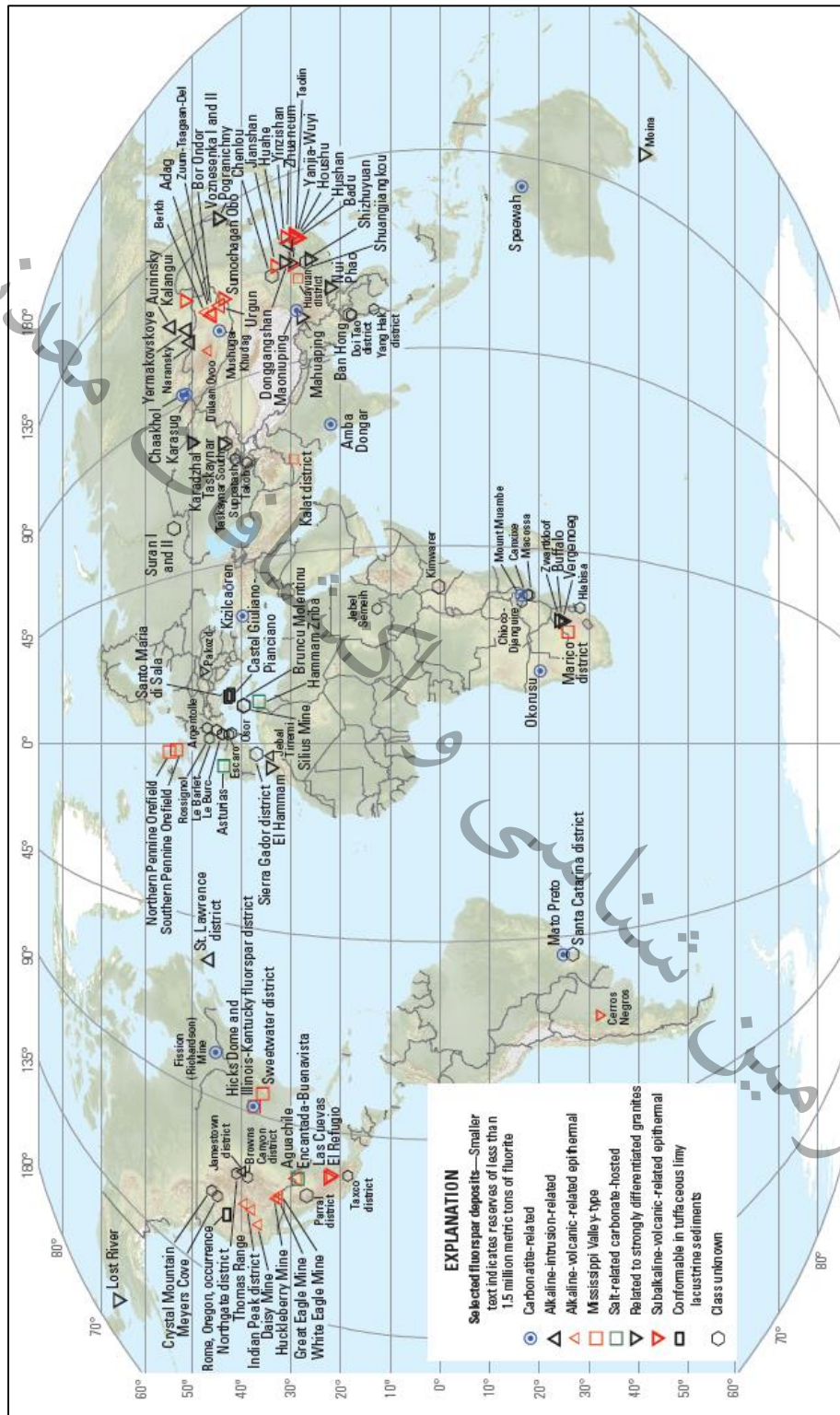
این کانسارها مرتبط با اسکارن‌های قلع حاوی کاستریت هستند که به شدت متمایز هستند زیرا اسکارن غنی از مگنتیت و وزوویانیت بوده و ساختار کانه‌زایی پیچ در پیچی دارد که به وسیله لایه‌های با ضخامت میلیمتری یا کمتر تشکیل می‌شوند (Timothy et al, 2017).

- کانسارهای فلورین اپی ترمال مرتبط با سنگ‌های آتشفشانی ساب آکالن

تعدادی از کانسارهای فلورین دنیا همراه با سنگ‌های آتشفشانی ساب آکالن تشکیل شده‌اند. سنگ‌های آتشفشانی ساب آکالن برخلاف سنگ‌های آتشفشانی آکالن و پراکالن پتاسیم و سدیم بیشتری از مقدار مورد نیاز برای تشکیل کانی فلدسپات ندارند. این سنگ‌ها عموماً اشباع از سیلیس بوده و از این رو کوارتز به صورت یک کانی تأخیری از مذاب تفریق یافته تبلور می‌یابد. سنگ‌های آتشفشانی ساب آکالن عمومی‌ترین سنگ‌ها در کمان‌های قاره‌ای بوده و آندزیت‌ها فراوانترین سنگ‌ها بین سنگ‌های آتشفشانی ساب آکالن هستند. کانسارهای فلورین مرتبط با سنگ‌های آتشفشانی ساب آکالن در چین فراوان بوده و تعدادی از آنها در ایالت Zhejiang در طول ساحل جنوب شرقی ایالت تشکیل شده‌اند. بیشتر این کانسارها به صورت رگه‌های بزرگی هستند که هیچ ارتباط مکانی نزدیک و همراهی ژنتیکی آشکاری با توده‌های پلوتونیک یا سنگ‌های آذرین نفوذی کم عمق ندارند. برخی از رگه‌ها در این ناحیه با طول ۱۵ کیلومتر و ضخامت ۲/۸-۲/۳ متر ادامه دارند. ماده معدنی در تمام طول این رگه امتداد ندارد اما بخش‌های غنی از ماده معدنی در فواصل ۱۵ تا ۴۶ متر از بخش‌های غنی از کوارتز و غنی از فلورین رگه جدا می‌شوند (Timothy et al, 2017).



دیگر کانسارهایی که در گروه کانسارهای فلورین هیدروترمال مرتبط با سنگ‌های آتشفشانی ساب آکالن قرار می‌گیرند، کانسار Las Cuevas و معادن El Realito و El Refugio در مکزیک هستند. هر کدام از این سکانس‌ها در کنتاکت گسل خورده و برشی سنگ آهک و ریولیت برشی تشکیل شده‌اند. کانسار Sumochagan Obo در ناحیه خودمختار مغولستان چین به گروه کانسارهای فلورین اپی‌ترمال مرتبط با سنگ‌های آتشفشانی ساب آکالن تعلق دارد. این کانسار بزرگ و غنی از فلورین، تقریباً بصورت هم شیب با لایه‌بندی توف‌ها و سنگ آهک توفی کرتاسه در درون توده رسوبی-آتشفشانی ساب آکالن غنی از پتاسیم به سن پرمین آغازی تشکیل شده است.



شکل ۲-۲- نقشه جهانی که مکان‌های نهشته‌های فلورسپار را بر اساس کلاس تکنیکی و ماگمایی آن‌ها نشان می‌دهد



- کانسارهای فلورین درون رسوبات دریاچه‌ای آهکی - توفی

تعدادی از کانسارهای ناحیه Latium در بخش غربی ایتالیا که ظاهراً ماده معدنی هم شیب با رسوبات دریاچه‌ای توفی آهکی می‌باشد، جزء این تیپ کانساری به شمار می‌رود. بیشتر از ۸۵ درصد وزنی فلورین در این کانسارها اندازه کمتر از ۴۰ میکرون داشته (اندازه رس و سیلت) و در حقیقت نسبت فلورین در ذخایر ناحیه Latium با کاهش اندازه ذرات، افزایش می‌یابد. در این تیپ کانساری ذرات فلورین غالباً کمتر از یک میکرون است. بافت ماده معدنی اولیه در کانسار Sumochagan Obo چین به صورت شکر بلوری است که در واقع اندازه‌ای در حد ماسه درشت بلور تا خیلی درشت بلور دارد. میزبان این کانسار سنگ‌های دوران پرمین آغازین است در صورتیکه کانسار فلورین ایتالیا در سنگ‌های دوره پلیوسن تا پلیستوسن تشکیل شده است. به نظر می‌رسد کانسارهای ناحیه Latium ایتالیا هم شیب با لایه‌بندی رسوبی - آتشفشانی تشکیل شده است. سنگ‌های آتشفشانی این ناحیه آلکان بوده و ترکیب آنها از توف‌های تراکیتی تا لوسیتی تا فنولیتی تا تفریتی تفاوت دارد. بیشتر سنگ‌های آتشفشانی منطقه دارای لوسیت، آنالسیم یا نفلین هستند. کانسارهای ناحیه Latium در دریاچه‌های دهانه مخروط آتشفشانی (maar) که در دهانه‌های آتشفشانی کم عمق تشکیل می‌شوند، ایجاد شده‌اند. این دریاچه‌ها تقریباً حلقوی منفرد بوده و حاصل از نفوذ ماگما به درون سنگ‌های غنی از آب‌های زیرزمینی هستند که موجب تبدیل آبهای زیرزمینی به بخار می‌شود و این بخار سنگ‌های اطراف را به سمت بالا و بیرون پرتاب می‌کند. کانسارهای ناحیه Latium از مقادیر متفاوتی فلورین، باریت، آپاتیت، کلسیم و کوارتز تشکیل شده‌اند و عیار کلی آنها ۳۷ تا ۸۷ درصد وزنی CaF_2 است. ضخامت ماده معدنی در این کانسارها از ۱ تا بیش از ۱۵ متر می‌باشد. رسوبات دریاچه‌ای میزبان این کانسارها شامل طبقاتی از دیاتومیت می‌باشد. به عقیده اکثر محققان این کانسارها بر اثر فعالیت‌های فومرولی و محلول‌های هیدروترمالی که در کف دریاچه دهانه آتشفشانی تخلیه شده‌اند، ایجاد شده است (Timothy et al, 2017).

- کانسارهای فلورین بر جای مانده

کانسارهای فلورین برجا مانده ناحیه فلورین دار Illinois-Kentucky در آمریکا، که کانگ‌های کربناته از رگه‌های کلسیتی و سنگ‌های دیواره آهکی آن در طی هوازگی انحلال یافته است، به خوبی شناخته شده است. این کانسار در مناطقی از اعماق بیشتر از ۳۰ متر نیز گسترش دارند. حجم زیادی کانسارهای ناحیه Marico آفریقای جنوبی به این گروه تعلق داشته و تحت عنوان "kokkoman" نامیده می‌شود. توده‌های بزرگی از kokkoman بیشتر از

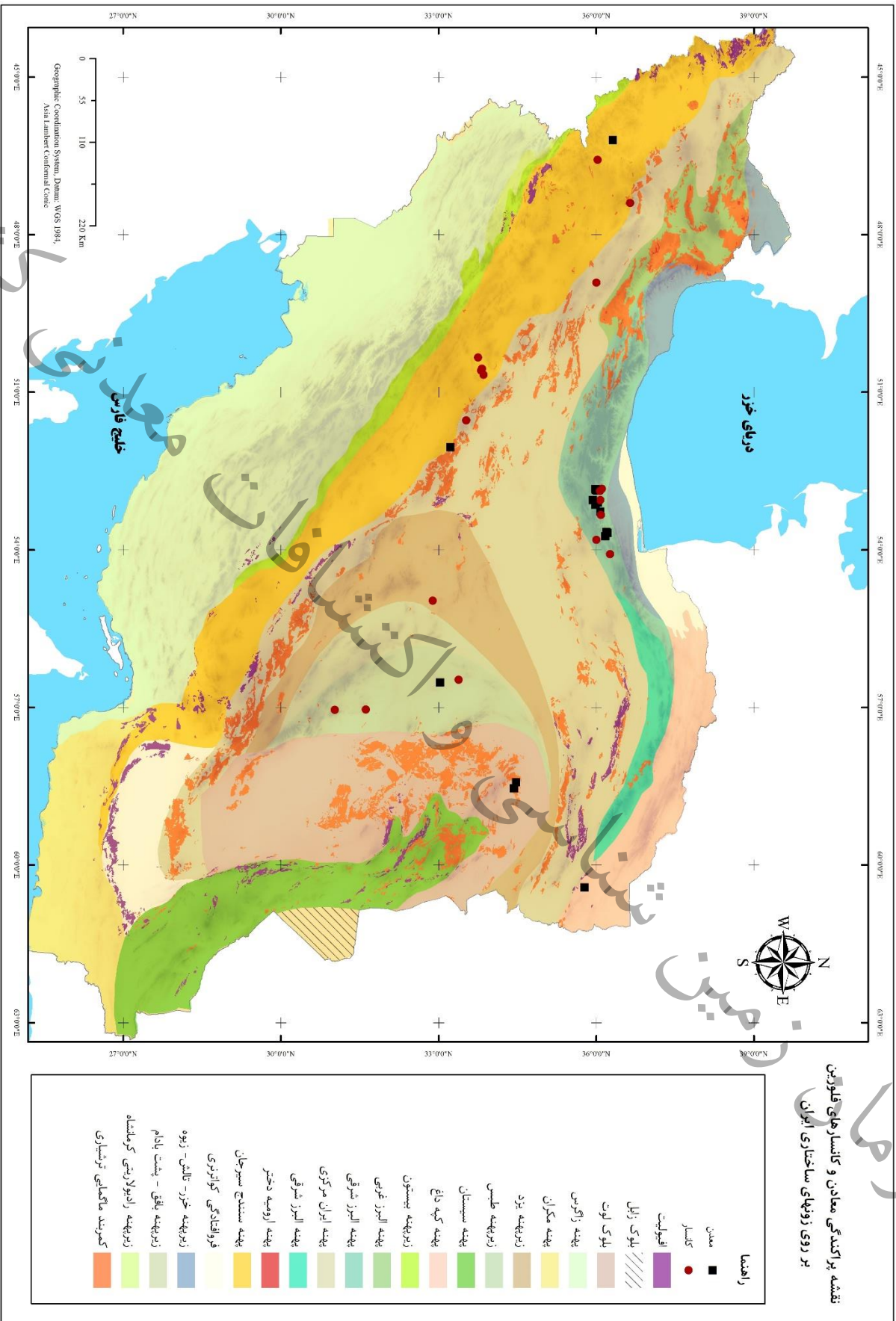
۵۰ درصد CaF_2 دارند. ماده معدنی بصورت برجا بوسیله انحلال و از میان رفتن دولومیت‌ها از سنگ میزبان در طی فرایند هوازگی غنی شده است (Timothy et al, 2017).

- استحصال فلورین از شورابه‌ها

تولید فلورین از شورابه‌های دنیا در حال حاضر انجام نمی‌شود. با این حال تولید فلورین از شورابه‌ها در آینده نزدیک امکان‌پذیر است. مقداری از مواد معدنی از جمله لیتیوم در حال حاضر از شورابه‌ها استحصال می‌گردند. اگر فلورین از یک شورابه تولید گردد احتمالاً آن شورابه مشابه با شورابه‌های حاوی لیتیوم نخواهد بود. شورابه‌های غنی از فلورین بسیار آکالن بوده ($\text{PH} > 10$)، غنی از سدیم و بی کربنات هستند و از این شورابه‌ها کانی ترونا ته‌نشین می‌گردد. شورابه‌های دریاچه Magadi کنیا مثالی از چنین شورابه‌های غنی از فلورین می‌باشد که رسوبات کف دریاچه از کانی ترونا تشکیل شده است. آب‌های سطحی دریاچه Magadi به طور میانگین حاوی ۳۶۰ PPM فلورین می‌باشد و شورابه‌های بین رسوبی حاصل از گمانه‌های حفر شده در رسوبات کف دریاچه به طور میانگین ۱۲۰۰ PPM فلورین دارد. در حال حاضر هیچ فرایندی برای استحصال فلورین از آب حتی در تمرکزی این چنین بالا وجود ندارد (Timothy et al, 2017).

۲-۳- کانسارهای فلورین در ایران

مطالعات انجام گرفته و اطلاعات موجود حاکی از آن است که در ایران انواع ذخایر فلورین وجود دارد که کانسارهای فلورین با سنگ میزبان کربناته مهم‌ترین کانسارهای اقتصادی فلورین را تشکیل می‌دهند (پیروزی، ۱۳۸۶). نهشته‌های فلورین ایران بر اساس سنگ درونگیر ماده معدنی در سه تیپ سنگ‌های رسوبی کربناته، دگرگونی و ولکانیک دسته بندی شده‌اند. با نگاهی به ذخایر فلورین ایران می‌توان آنها را به چند محدوده سنی خاص تقسیم کرد، که عمدتاً ذخایر فلورین در ایران در تریاس میانی در البرز (سازند الیکا) و ایران مرکزی (سازند شتری) واقع هستند (شکل ۲-۳).



نقشه پراکندگی معادن و کانسارهای فلورین بر روی زونهای ساختاری ایران

شکل ۲-۳- نقشه پراکندگی معادن و کانسارهای فلورین بر روی زونهای ساختاری ایران

۲-۳-۱- طبقه‌بندی کانسارهای فلورین ایران بر اساس توزیع زمانی

کانسارهای فلورین بر اساس توزیع زمانی کانسارها در ۶ گروه به شرح زیر رده‌بندی می‌شوند (رستمی پایدار، ۱۳۸۰، جدول ۲-۲)

۱- پرکامبرین- کامبرین: از این تیپ کانسارها می‌توان به فلورین لعل‌کان در سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین و فلورین میلاکوه- تویه در سازند کریناته میلا اشاره کرد.

۲- پرمین: از این تیپ کانسارها می‌توان به فلورین اردکان و کوه سفید اشاره نمود.

۳- تریاس: این دسته از کانسارهای فلورین در ایران به خصوص در البرز و ایران مرکزی گسترش وسیعی دارند. از این کانسارها در البرز می‌توان به شش رودبار، پاچی میانا، کمرپشت، و در ایران مرکزی به کمرمهدی، پیناوند و دربند اشاره نمود. با توجه به اینکه بیشترین پتانسیل فلورین دنیا نیز متعلق به تریاس می‌باشد (Fontbote, 1981)، می‌توان نتیجه گرفت که بخش عمده و اصلی ذخایر فلورین ایران همبستگی زمانی بالایی با ذخایر دیگر نقاط دنیا نشان می‌دهند.

۴- ژوراسیک: کانسارهای فلورین آتشکوه، دره‌بادام و باقرآباد در سنگ‌های میزبان کریناتی و شیلی سازند شمشک و بادامو به سن ژوراسیک زیرین تا بالایی قرار دارند.

۵- کرتاسه: فلورین گمشجه در ایران مرکزی و فلورین امامت در البرز (محمدی، ۱۳۸۵) و پیناوند از این دست کانسارها به شمار می‌روند.

۶- ائوسن: از این دسته می‌توان معدن فلورین هلالی گناباد را ذکر کرد.

جدول ۲-۲- طبقه‌بندی کانسارهای فلورین ایران بر اساس توزیع زمانی

معدن (کانسار)	تعداد	سن
میلاکوه، لعل‌کان	۲	نئوپروتروزوئیک پسین- کامبرین
اردکان	۱	پرمین
کمرمهدی، پاچی میانا، شش رودبار، قهرآباد و ...	۲۰	تریاس
آتشکوه، دره بادام، باقرآباد، جویمند، چکاپ، کوه سفید	۵	ژوراسیک
امامت، جرین، پیناوند	۳	کرتاسه
هلالی	۱	ائوسن
	۳۳	مجموع



۲-۳-۲- طبقه‌بندی کانسارهای فلورین ایران بر اساس سنگ‌های همراه

همانگونه که گفته شده کانسارهای فلورین ایران بر اساس سنگ‌های همراه به سه دسته کانسارهای فلورین مرتبط با سنگ‌های رسوبی- کربناته، کانسارهای فلورین همراه با سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای و کانسارهای فلورین همراه با سنگ‌های ولکانیک تقسیم می‌شوند.

۲-۳-۲-۱- کانسارهای فلورین مرتبط با سنگ‌های رسوبی- کربناته

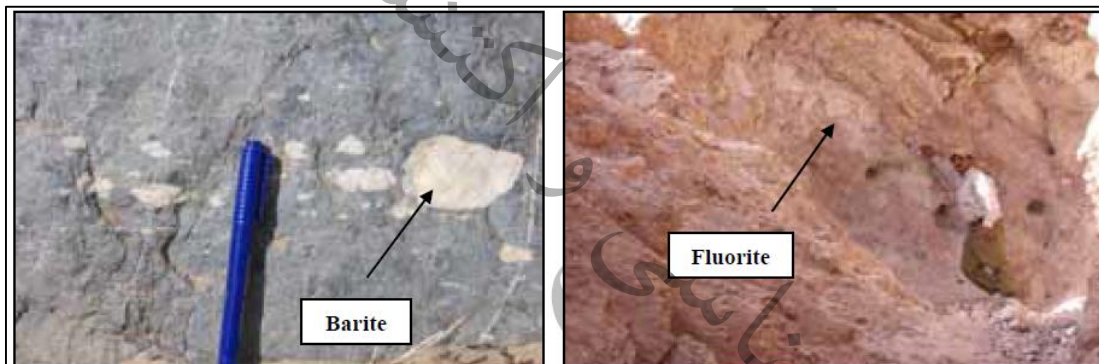
کانسارهای فلورین با سنگ میزبان کربناته از منابع با ارزش اقتصادی جهان به شمار می‌آیند بطوریکه قسمت اعظم فلورین دنیا از این نوع کانسارها به دست می‌آید. همانگونه که عنوان گردید کانسارهای مرتبط با سنگ‌های رسوبی گسترش چشمگیری در ایران داشته و ذخیره اصلی فلورین ایران در این گروه قرار می‌گیرد (جدول ۲-۳). کانه‌زایی در این گروه در سنگ‌های کربناته- دولومیتی تریاس مانند سازندهای شتری در ایران مرکزی و الیکا در البرز تشکیل شده است. از جمله معادن معروف این گروه می‌توان به کمرمهدی (طبس)، پاچی‌میانا (البرز شرقی) و ... اشاره نمود. علاوه بر این، برخی از کانسارها در توالی رسوبی کرتاسه فوقانی تشکیل شده‌اند که از این دسته می‌توان به کانسارهای گمشچه و امافت اشاره نمود. برخی از کانسارهای فلورین ایران با کانه‌زایی سرب، روی و باریت همراه می‌باشند که از جمله آنها می‌توان از کانسار گمشچه و پاچی‌میانا نام برد. برای بررسی بیشتر ویژگی‌های این تیپ کانه‌زایی می‌توان به بخش تیپ‌های کانه‌زایی فلورین در جهان مراجعه نمود. در این بخش به خلاصه‌ای از مشخصات تعدادی از کانسارها اشاره خواهیم کرد.

کانسار فلورین کمرمهدی

کانسار فلورین کمرمهدی در ۱۰۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان طبس، در بلوک طبس و در پهنه ایران مرکزی واقع گردیده است. مختصات این معدن در زون ۴۰ از سیستم مختصات جغرافیایی UTM، ۳۶۵۳۲۷۳ شمالی و ۴۵۵۲۶۲ خاوری می‌باشد. این کانسار از ۵ پیکره معدنی چینه‌کران تشکیل شده که همه آنها در سنگ‌های کربناته سازند شتری قرار دارند. قدیمی‌ترین واحد سنگی منطقه، سنگ‌های دولومیتی سازند شتری مربوط به تریاس میانی است که در هسته تاقدیس کمرمهدی رخنمون دارند. امتداد چین‌خوردگی‌های منطقه تقریباً شمالی- جنوبی است و گسل‌های نرمال شرقی- غربی عمود بر محور چین‌خوردگی در تاقدیس کمرمهدی جابجایی‌هایی را موجب شده‌اند (شکل ۲-۴).

بر اساس مشاهدات صحرایی و میکروسکوپی، سه نوع کانه‌زایی در منطقه معدنی کمرمهدی مشاهده می‌شود که عبارتند از:

- ۱- کانه‌زایی دیاژنز اولیه: در این کانه‌زایی که در رخساره‌های پهنه جزر و مدی قرار گرفته، فلورین، باریت، کلسیت و گالن به صورت لامینه و دانه پراکنده و در تخلخل فنسترال این رخساره‌های رسوبی دیده می‌شود.
- ۲- کانه‌زایی دیاژنز تأخیری: در این کانه‌زایی که در واحد دولواسپاریت سازند شتری رخ داده است، فلورین، باریت، گالن و کلسیت به صورت شکافه پرکن و رگه- رگچه‌ای، فضاهای خالی در این واحد رسوبی را پر کرده است.
- ۳- کانه‌زایی رگه‌ای هم روند با گسل‌های نرمال: در این کانه‌زایی که در گسل‌های نرمال شرقی- غربی موجود در تاقدیس کمرمهدی و به صورت استراتاباند در سازند شتری رخ داده است، فلورین، باریت، گالن، کوارتز و کلسیت به صورت پرکننده فضاهای خالی در امتداد این گسل‌های نرمال مشاهده می‌شود (پیروزی، ۱۳۸۷).



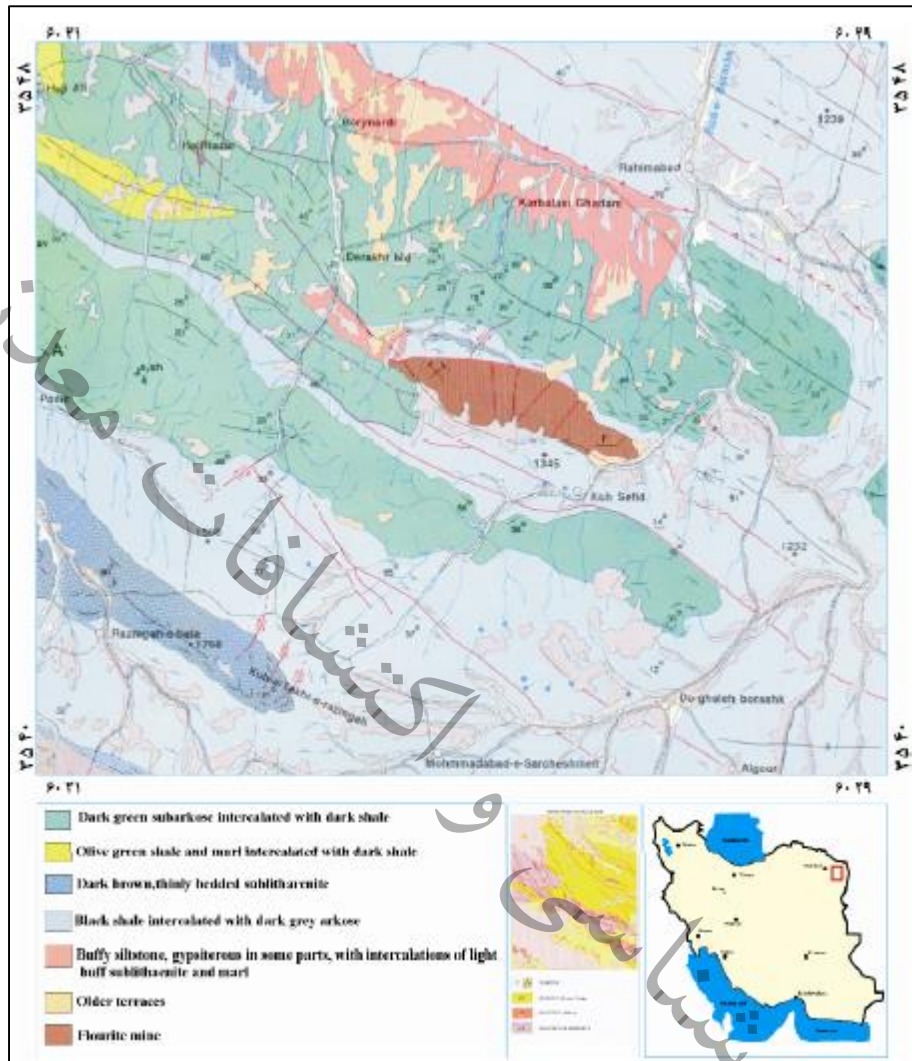
شکل ۲-۴- کانه‌زایی فلورین و باریت درونزاد که بصورت شکافه پرکن، فضاهای خالی دومیکرایت‌های سازند شتری را پر کرده‌اند.

کانسار فلورین کوه سفید

این کانسار در فاصله ۲۱۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد و ۶۵ کیلومتری تربت جام و در شرق نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم سفید سنگ واقع شده است. مختصات این معدن در زون ۴۱ از سیستم مختصات جغرافیایی UTM، ۲۹۶۰۸۵۵ شمالی و ۲۶۷۸۰۷ خاوری می‌باشد. واحدهای سنگی این منطقه سنگ‌های رسوبی سازند کشف رود به سن ژوراسیک پیشین تا پسین است که تشکیل تاقدیس و ناودیس‌هایی را داده‌اند (شکل ۲-۵). از ویژگی‌های بارز این کانسار، کانی‌سازی فلورین، کوارتز، کلسیت و باریت به صورت رگه‌ای در امتداد درزو و شکستگی‌های حاصل از دو گسل خوردگی با روند شمال خاوری- جنوب باختری و شمال باختری- جنوب خاوری است. ساختارهای با روند شمال باختری و با شیب زیاد به سمت جنوب باختری که با گسل‌های اصلی در مقیاس ناحیه‌ای همسو



هستند و حرکتی چپ گرد دارند، بیشترین فراوانی را در منطقه دارند و ساختارهای با روند شمال خاوری که مانند ساختارهای قبلی پرشیب هستند و حرکتی راستگرد را نشان می دهند، فراوانی کمتری دارند. بیشترین کانی سازی مطابق با روند گسل های منطقه در راستای شمال باختری- جنوب خاوری صورت گرفته است. مجموعه ساختارها سبب تشکیل مکان مناسبی برای ته نشست محلول های کانه دار می شود. بررسی های انجام شده نشان می دهد که سیالات ماگمایی جاوی فلوئور از یک توده نفوذی احتمالاً توده کوارتز مونزودیوریتی واقع در ده کیلومتری جنوب شرقی ذخیره معدنی فلورین کوه سفید، نشأت گرفته اند و سیالات کانه ساز پس از طی مسیری، وارد درز و شکستگی های سنگ های کربناته منطقه شده و با کلسیم سنگ میزبان واکنش داده و به صورت رگه و رگچه های فلورین، کوارتز، کلسیت و باریت درآمده اند که از لحاظ زمان شکل گیری فقط شامل یک مرحله کانی سازی اولیه است (پازخزاده، ۱۳۹۷).



شکل ۲-۵- نقشه زمین شناسی کوه سفید و موقعیت معدن فلورین کوه سفید

کانسار باریت- فلورین جرین

این کانسار در فاصله ۵۵ کیلومتری جنوب خاوری قیدار و در ۱۴۰ کیلومتری جنوب خاوری زنجان در برکه زمین شناسی مرزبان واقع شده است. مختصات این معدن در زون ۳۹ از سیستم مختصات جغرافیایی UTM، ۸۹۸۵۲۹۵ شمالی و ۳۱۱۹۶۶ خاوری می باشد. کانی سازی بصورت رگه های گرمایی دیرزاد درون آهک های دولومیتی شده کرتاسه رخ داده و دارای کنترل ساختاری و سنگ شناسی است. باریت و فلورین، کانی های اصلی کانسنگ هستند که با اندکی کوارتز، کلسیت، دولومیت، گالن و پیریت همراهی می شوند (شکل ۲-۶). پنج مرحله کانی زایی در کانسار جرین قابل تفکیک است: رگه های فلورین، باریت های ریزبلور رگه ای و سیمان برش ها، رگه های



باریتی درشت بلور، رگه‌های کوارتز- گالن- پیریت و کلسیت‌های رگه‌ای و پر کننده فضاهای خالی. شواهد به دست آمده از مطالعات ریزدماسنجی نشان می‌دهد رگه‌های باریت فلورین در کانسار جرین در نتیجه اختلاط شورابه‌های درون سازندی و آبهای جوی تشکیل شده‌اند. ویژگی‌های کانسار جرین با کانسارهای تیپ MVT قابل مقایسه است (کوهستانی و همکاران، ۱۳۹۶).

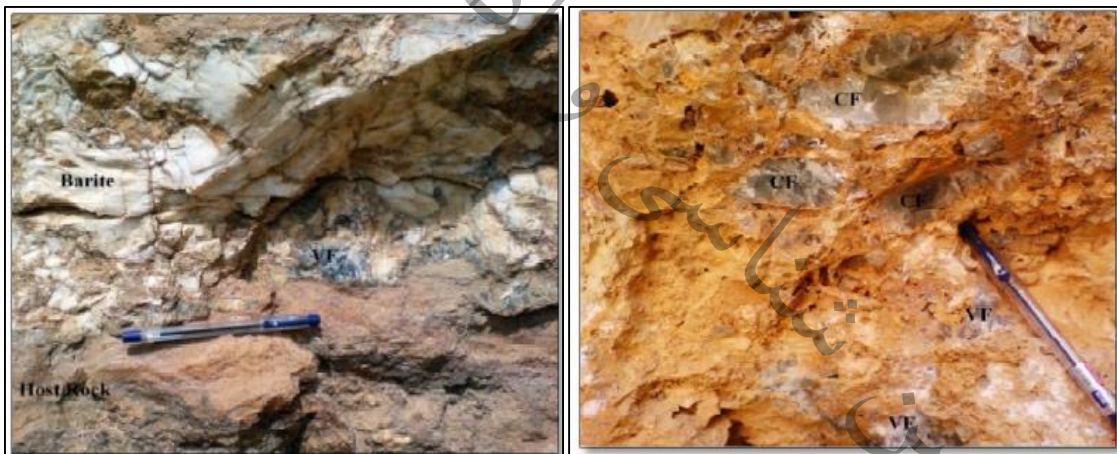


شکل ۲-۶- الف و ب) نماهایی نزدیک از رگه‌های باریت- فلورین در بخش‌های شمالی (الف) و جنوبی (ب) کانسار باریت- فلورین جرین که لایه‌بندی واحدهای آهکی میزبان را قطع کرده‌اند، پ) نمایی نزدیک از رگه باریک و کوتاه باریت- فلورین در بخش جنوبی کانسار جرین

کانسار فلورین قهرآباد

این کانسار در فاصله ۵۷ کیلومتری جنوب خاور شهرستان سقز و ۱۶۵ کیلومتری شمال باختری شهرستان سنندج قرار گرفته است. مختصات این معدن در زون ۳۹ از سیستم مختصات جغرافیایی UTM، ۳۹۸۷۳۰۶ شمالی و ۶۴۱۴۷۰ خاوری می‌باشد. این نهشته به صورت لنزهای پراکنده، رگه‌ها، رگچه‌ها، در سنگ‌های کربناتی معادل سازند الیکا (تریاس) قرار گرفته است. در مطالعات صحرایی بر مبنای رنگ، سه نوع فلورین تشخیص داده شد که شامل: ۱) بی‌رنگ درشت دانه نیمه شکل‌دار تا خود شکل. ۲) سبز، متوسط ۳) بنفش ریزدانه تا درشت دانه و عموماً بی‌شکل است (شکل ۲-۷). در این منطقه، روند گسل‌ها تقریباً عمود بر روند اصلی گسل‌های زاگرس و شیب آن‌ها تقریباً عمودی است و کانی‌سازی در زون برشی این گسل‌ها روی داده است. مطالعات پتروگرافیک نشان می‌دهند که فلورین بوسیله کانی‌هایی چون کلسیت، دولومیت، کوارتز، کانی‌های رسی، هماتیت، باریت و مگنتیت همراهی می‌شود. مطالعات دماسنجی نشان می‌دهد که دماهای همگن شدن برای سیالات درگیر اولیه و ثانویه در تمام انواع فلورین از ۱۵۵ تا ۲۴۵ با میانگین ۱۸۷ درجه سانتیگراد می‌باشند. چگالی‌های محاسبه شده برای سیالات درگیر در فلورین از ۰/۷۱ تا ۰/۹۹ گرم بر سانتیمتر مکعب متغیر است. این شاهد بعلاوه حضور دی‌اکسید کربن در سیالات درگیر نشانگر آن هستند که سیالات کانی‌ساز از منشأ گرمابی بوده‌اند. شواهد جوشش از جمله

وجود میانبارهای نزدیک با نسبت‌های متفاوت مایع به بخار در این منطقه مشاهده شده‌اند. همچنین نتایج مطالعات عناصر کمیاب نشانگر تهی‌شدگی به سنگ میزبان است. مطالعات عناصر نادر خاکی نیز در منطقه نشان می‌دهد که میزان این عناصر در فلورین‌ها از ۲۰/۱۸ ppm تا ۴۸/۳۸ می‌باشد. میزان بیشتر Ree در فلورین‌های بنفش و بیرنگ نشانگر این است که آن‌ها در مراحل اولیه کانی‌سازی شکل گرفته‌اند. محاسبه آنومالی eu نشانگر این است که فلورین‌ها در شرایط قلیایی تا خنثی و تا حدی اکسیدی شکل گرفته‌اند. همچنین تأیید دیگری بر این موضوع است که دمای کانی‌سازی زیر ۲۵۰ درجه سانتیگراد است. همچنین محاسبه آنومالی ce شرایط اکسیدی را برای سیالات کانی‌ساز تأیید می‌کند. نهایتاً با استفاده از مطالعات سیالات درگیر و ژئوشیمی عناصر نادر خاکی می‌توان نتیجه گرفت که ذخیره فلورین قهرآباد محصول فعالیت هیدروترمال از نوع اپی‌ترمال بوده و سیالات کانی‌ساز دارای منشأ ماگمایی هستند که بوسیله وجود فعالیت‌های آذرین در ناحیه می‌توان این امر را توجیه کرد (براتی و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل ۲-۷- الف) فلورین‌های بنفش و بی‌رنگ در سبز میزبان کربناته متخلخل کانسار قهرآباد، ب) درهم رشدی فلورین بنفش و باریت توده‌ای ذخیره قهرآباد (براتی و همکاران، ۱۳۹۶).



جدول ۲-۳- کانسارهای فلورین با سنگ میزبان کربناته

نوع کانسار	نام کانسار	نام ورقه زمین شناسی	سنگ درونگیر	سن سنگ میزبان	ژئومتری ماده معدنی	پاراژنز عنصری
کانسارهای فلوریت با سنگ میزبان کربناته	کمرمهدی	طیس	دولومیت، آهک دولومیتی	تریاس میانی	رگه ای، رگچه ای همخوان با لایه بندی، پرکننده فضای خالی	F-Ba- Pb
	در بند	لکرکوه	دولومیت، آهک دولومیتی	تریاس میانی	رگه ای، رگچه ای همخوان با لایه بندی، پرکننده فضای خالی	F- Pb
	پیناوند	نظنز	آهک اوریتولین دار، ماسه سنگ و شیل	کرتاسه	رگه ای، رگچه ای همخوان با لایه بندی، پرکننده فضای خالی	F- Pb
	پاچی میانا	پل سفید	سنگهای دولومیتی- آهکی	تریاس میانی	عدسی همخوان با لایه بندی، پرکننده فضاهای خالی	F-Pb- Zn- Ba
	شش رودبار	قائم شهر	سنگهای دولومیتی- آهکی	تریاس میانی	عدسی همخوان با لایه بندی، پرکننده فضاهای خالی	F-Pb- Zn- Ba
	دوآب	ساری	سنگهای دولومیتی- آهکی	تریاس میانی	عدسی همخوان با لایه بندی، پرکننده فضاهای خالی	F- Pb
	مینادراسله	فیروزکوه	سنگهای دولومیتی- آهکی	تریاس میانی	عدسی همخوان با لایه بندی، پرکننده فضاهای خالی	F- Pb
	عالی کلا	کیاسر	سنگهای دولومیتی- آهکی	تریاس میانی	عدسی همخوان با لایه بندی، پرکننده فضاهای خالی	F- Pb
	شورکچال	سمنان	سنگهای دولومیتی- آهکی	تریاس میانی	عدسی همخوان با لایه بندی، پرکننده فضاهای خالی	F-Ba- Pb
	کمرپشت	پل سفید	سنگهای دولومیتی- آهکی	تریاس میانی	عدسی همخوان با لایه بندی، پرکننده فضاهای خالی	F- Pb
	آبگرم	سمنان	سنگهای دولومیتی- آهکی	تریاس میانی	عدسی همخوان با لایه بندی، پرکننده فضاهای خالی	F-Ba- Pb
	تنگه ماراب	سمنان	سنگهای دولومیتی- آهکی	تریاس- کرتاسه؟	رگه ای، رگچه ای پرکننده فضای خالی	F-Ba
	اردکان	زرین	دولومیت- آهک	پرموتریاس	عدسی همخوان با لایه بندی، پرکننده فضای خالی	F-Ba- Pb
	قادرآباد	سقز	دولومیت- آهک	تریاس میانی	عدسی همخوان با لایه بندی، پرکننده فضای خالی	F
	کوه سفید	سفیدسنگ	آهک کریستالیزه	زوراسیک	رگه ای، رگچه ای پرکننده فضای خالی	F
	امافت	سمنان	سنگهای دولومیتی- آهکی	کرتاسه	رگه ای، رگچه ای پرکننده فضای خالی	F-Ba
	کمشچه	اردستان	دولومیت- آهک	تریاس میانی	رگه ای، رگچه ای پرکننده فضای خالی	F- Pb- Ba

ادامه جدول ۲-۳- كانسارهاي فلورين با سنگ ميزبان كربناته

نوع كانسار	نام كانسار	نام ورقه زمين شناسي	سنگ درونگير	سن سنگ ميزبان	ژئومتری ماده معدنی	پاراژنز عنصری
كانسارهاي فلوريت با سنگ ميزبان كربناته	قهرآباد	سقز	دولوميت- آهك	ترياس مياني	رگه اي، رگچه اي پر كنده فضاي خالي	F- Pb- Ba
	ميلاكوه	جام	آهك و دولوميت (سازند سلطانيه)	كامبرين	عدسي همخوان با لايه بندي، پر كنده فضاي خالي	F- Pb- Zn- Ba
	طالع رودبار	پل سفيد	دولوميت- آهك	ترياس مياني	رگه اي، رگچه اي پر كنده فضاي خالي	F-Ba
	سرچلشك	پل سفيد	سنگهاي دولوميتي- آهكي	ترياس مياني	رگه اي، رگچه اي پر كنده فضاي خالي	F- Pb
	زنكيان	قائم شهر	سنگهاي دولوميتي- آهكي	ترياس مياني	عدسي همخوان با لايه بندي، پر كنده فضاي خالي	F- Pb- Zn
	آراء	كياسر	سنگهاي كربناتي- شيلي	ترياس مياني	رگه اي، رگچه اي پر كنده فضاي خالي	F- Pb- Zn
	حبيبيان	كياسر	سنگهاي دولوميتي- آهكي	ترياس مياني	رگه اي، رگچه اي پر كنده فضاي خالي	F- Pb- Zn- Ba
	جرين	مرزبان	آهك دولوميتي شده	كرتاسه	رگه اي، رگچه اي پر كنده فضاي خالي	F-Ba
	آستانه	دامغان	سنگهاي دولوميتي- آهكي	ترياس مياني	رگه اي، رگچه اي پر كنده فضاي خالي	F-Ba
	آشجال	فيروز كوه	سنگهاي دولوميتي- آهكي	ترياس مياني	عدسي همخوان با لايه بندي، پر كنده فضاي خالي	F-Ba- Sr

۲-۳-۲-۲- كانسارهاي فلورين همراه با سنگهاي دگرگوني ناحيه اي

از جمله اين كانسارها مي توان از كانسارهاي لعل كان در شيبستهاي دگرگون شده به سن پالئوزوئيك، آتشكوه، جويمند، باقرآباد و دره بادام و چكاپ در اسليت و فيليت هاي سازند شمشك نام برد (جدول ۲-۴).

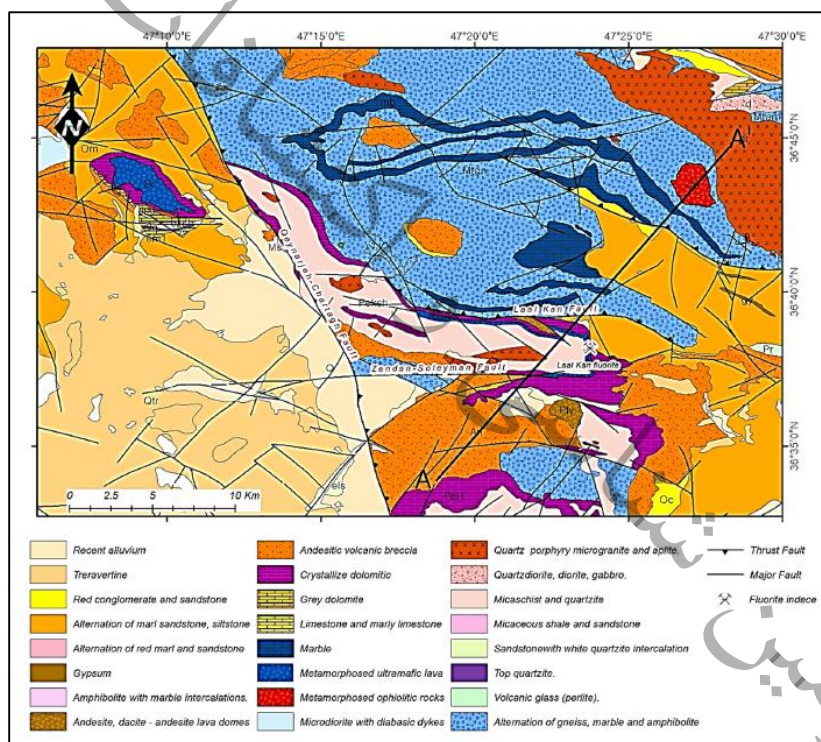
جدول ۲-۴- كانسارهاي فلورين همراه با سنگهاي دگرگوني ناحيه اي

نوع كانسار	نام كانسار	نام ورقه زمين شناسي	سنگ درونگير	سن سنگ ميزبان	ژئومتری ماده معدنی	پاراژنز عنصری
كانسارهاي فلوريت همراه با سنگهاي دگرگوني ناحيه اي	لعل كان	تخت سلیمان	مرمر، ميكاشيست، آمفيبوليت	پر كامبرين	رگه اي، رگچه اي پر كنده فضاي خالي	
	باقرآباد	دليجان	اسليت و فيليت	ژوراسيك	رگه اي، رگچه اي پر كنده فضاي خالي	F-Ba
	دره بادام	دليجان	سنگهاي كربناتي- شيلي	ژوراسيك	رگه اي، رگچه اي پر كنده فضاي خالي	F-Ba
	آتشكوه	دليجان	اسليت- فيليت	ژوراسيك	رگه اي، رگچه اي پر كنده فضاي خالي	F-Ba
	چكاپ	محلات	اسليت- فيليت	ژوراسيك	عدسي همخوان با لايه بندي، پر كنده فضاي خالي	F-Ba
	جويمند	گناباد	اسليت- فيليت	ژوراسيك	عدسي همخوان با لايه بندي، پر كنده فضاي خالي	F-Ba



کانسار فلورین لعل کان

کانسار لعل کان در غرب شهر زنجان و در برکه زمین‌شناسی تخت سلیمان واقع شده است. این کانسار در نزدیکی زون سنندج سیرجان و مرز ارومیه دختر و در فاصله ۵۰۰ متری شمال کانسار سرب و روی انگوران قرار دارد. کانه‌زایی فلورین به صورت پر شدن فضای خالی، رگه-رگچه‌ای در مرز بین سنگ آهک جانگوتاران به سن نئوپروتروزوئیک پسین و شیست‌های بسیار دگرگون شده، گنیس، آمفیبولیت به سن پالئوزوئیک رخ داده است (شکل ۲-۸). مطالعات پتروگرافی انجام شده بر روی این کانسار نشان می‌دهد که کانه‌زایی فلورین احتمالاً در دو مرحله اولیه و پایانی رخ داده است که به ترتیب به صورت درشت بلور و ریز بلور مشخص می‌شوند. منحنی‌های توزیع عناصر نادرخاکی نشان دهنده منشأ هیدروترمال در سیال می‌باشد (Behyari et al., 2020).

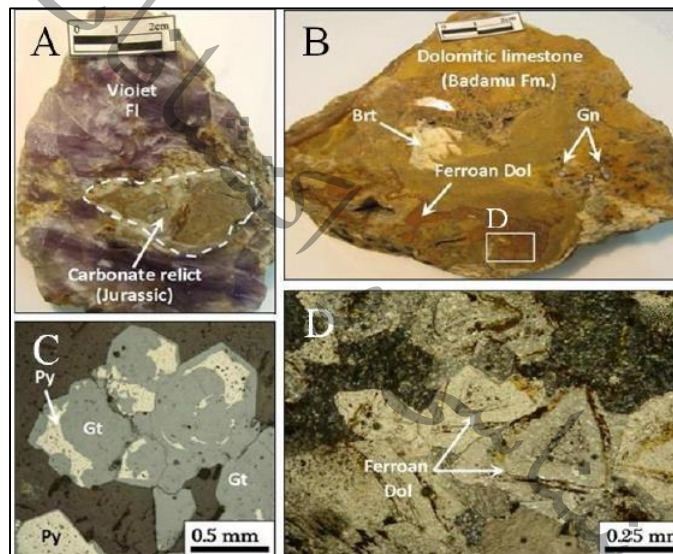


شکل ۲-۸- نقشه موقعیت زمین‌شناسی کانسار لعل کان

کانسار فلورین آتشکوه

کانسار فلورین- باریت آتشکوه در جنوب شهرستان دلیجان، حدود ۸۰ کیلومتری جنوب خاوری اراک واقع شده است. کانی سازی فلورین- باریت (± سولفید) آتشکوه به شکل رگه‌ای با ماهیت اپی‌ژنتیک به شکل دو رگه اصلی شرقی- غربی با فاصله تقریبی ۱ کیلومتر از یکدیگر رخ داده است. سنگ میزبان‌های کانی‌سازی فلورین در منطقه شامل آهک، آهک دولومیتی، شیل و سیلتستون‌های سازند شمشک و بادامو به سن ژوراسیک زیرین تا میانی

هستند، که در نتیجه تأثیر درجات پایین دگرگونی (محدوده رخساره شایست سبز) به اسلیت و فیلیت تبدیل شده‌اند. رگه‌های فلورین- باریت آتشفکوه در نتیجه اختلاط اعضای انتهایی یک شورابه Na-K(-Mg-Ca) اولیه و شورابه‌های غنی از کلسیم با شوری کمتر، ناشی از تبادلات سیال- سنگ بعدی شکل گرفته است (شکل ۲-۹). چهار مرحله کانی‌سازی در منطقه آتشفکوه قابل تشخیص است: ۱- تحرک شورابه‌های حوضه‌ای غنی از Na-K از افق‌های زیرین، ۲- اختلاط و رقیق شدگی شورابه غنی از نمک با سیالات سازندی با شوری کمتر و تشکیل کانی‌سازی فلورین- باریت، ۳- رخداد کربن‌زدایی و افزایش میزان دی‌اکسید کربن در محیط و ۴- تشکیل بافتهای حفره‌ای و برشی، ناشی از انحلال سنگهای کربناتی (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۵).



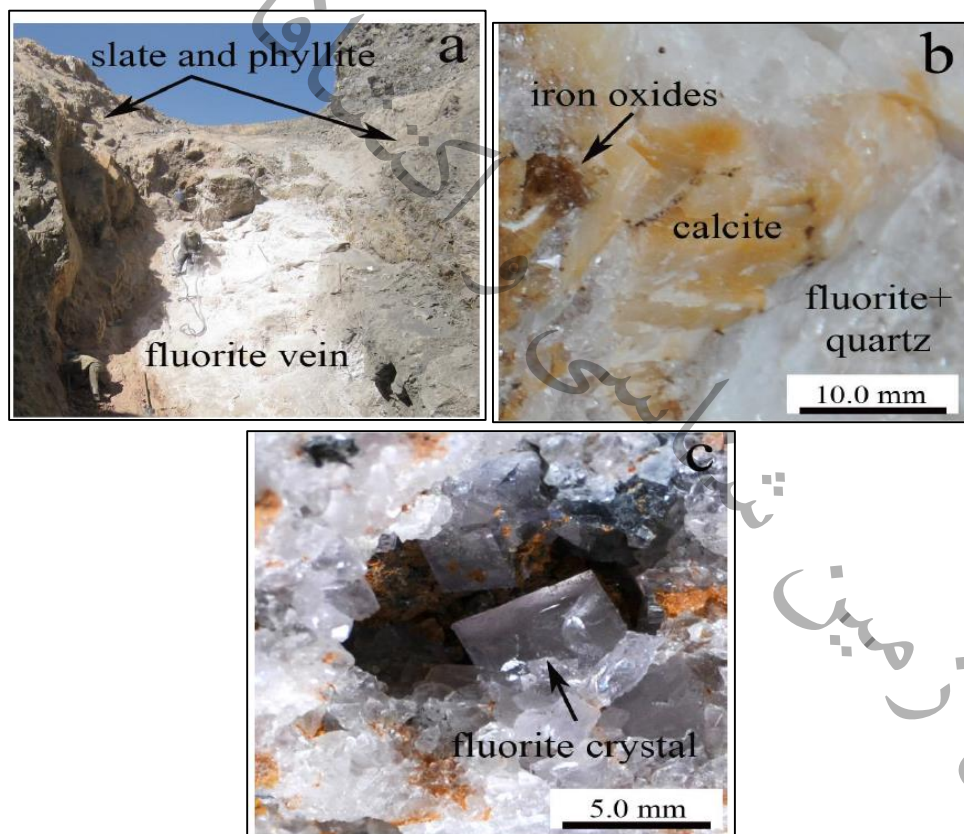
شکل ۲-۹- تصویرهای نمونه دستی و میکروسکوپی از کانی‌سازی در کانسار فلورین- باریت (± سولفید) آتشفکوه، (A) باقی مانده سنگ میزبان کربناتی ژوراسیک در رگه اصلی حاوی کانه فلورین (F1)، (B) کانی‌سازی پراکنده باریت و گالن در سنگ میزبان آهک دولومیتی سازند بادامو که در حاشیه آن دولومیت‌های آهن‌دار قرمز دیده می‌شوند، (C) جانشینی کانی گوتیت در حاشیه پیریت‌های خودشکل، (D) تصویر میکروسکوپی از دولومیت‌های شبیه زین اسبی آهن‌دار، همراه کانی‌سازی فلورین- باریت (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۵).

کانسار فلورین چکاپ (بزیجان)

این کانسار در فاصله ۳۷ کیلومتری باختر شهرستان محلات در استان مرکزی واقع شده است. مختصات این معدن در زون ۳۹ از سیستم مختصات جغرافیایی UTM، ۳۷۳۳۶۳۷ شمالی و ۴۳۸۴۰۲ خاوری می‌باشد. از نظر موقعیت زمین‌شناسی، کانسار بزیجان در لبه جنوب باختری زون ایران مرکزی و در نزدیکی این زون با زون سهندج سیرجان واقع شده است. کانی‌سازی فلورین به صورت رگه‌ای در اسلیت‌ها و فیلیت‌های سازند شمشک به سن ژوراسیک



زیرین و به مقدار کمتر در سنگهای آهکی تریاس رخ داده است. کانسنگ عمدتاً از فلورین، کوارتز، کلسیت و اکسیدهای آهن تشکیل شده است. کانی‌های فرعی شامل گالن، پیریت، اکسیدهای منگنز و مالاکیت است (شکل ۲-۱۰). فلورین اغلب بصورت توده‌ای و به رنگ‌های بی‌رنگ، سفید، بنفش کم رنگ و بنفش تیره دیده می‌شود. کانی‌سازی فلورین به صورت رگه‌هایی با روند خاوری-باختری رخ می‌دهد. رگه‌های فلورین دارای شیب قائم تا ۷۰ درجه به سمت شمال هستند و شیستوزیته سنگ میزبان را قطع می‌کنند. در مناطقی که رگه‌های فلورین در سنگ‌های آهکی رخ دهند، کانی‌سازی به صورت جانشینی انجام می‌شود. ماهیت کانی‌سازی و روابط کانسنگ-سنگ میزبان نشان می‌دهد که کانی‌سازی فلورین اپی‌ژنتیک-گرمابی و مرتبط با فعالیت‌های ساختاری منطقه می‌باشد (احیا، ۱۳۹۰).



شکل ۲-۱۰- (a) رگه فلورین تقریباً قائم که شیستوزیته سنگ میزبان (اسلیت و فیلیت) را قطع می‌نماید، (b) هم رشدی فلورین با کوارتز و کلسیت، اکسیدهای آهن ثانویه نیز دیده می‌شود، (c) بلور مکعبی بی‌رنگ از فلورین تاخیری که در فضای خالی رشد کرده است. (احیا، ۱۳۹۰).

فلورین جویمند

این کانسار در ۱۵ کیلومتری شمال غرب گناباد در استان خراسان رضوی و در بلوک لوت واقع شده است. مختصات این معدن در زون ۴۰ از سیستم مختصات جغرافیایی UTM، ۳۸۱۰۲۳۸ شمالی و ۶۴۱۰۵۱ خاوری می‌باشد. سنگ میزبان واحدهای رسوبی سازند شمشک است که در محیط کم ژرفای دریایی نهشته شده و تحت تأثیر دگرگونی ناحیه ای به اسلیت و کوارتزیت تبدیل شده‌اند و توسط توده‌های نیمه عمیق گرانیتهی به صورت متقاطع بریده شده‌اند. کانی‌سازی در منطقه به صورت رگه و رگچه‌ای و در امتداد شکستگی‌ها رخ داده است. کانی‌ساز اصلی به صورت رگه‌ای به طول ۲ کیلومتر و عرض ۱ تا ۱/۲ متر می‌باشد (جانی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸). بررسی‌های کانه‌شناسی و شیمیایی نشان می‌دهد که فلورین، کوارتز، باریت، گالن به عنوان کانی‌های اصلی و ایلیت، کلریت و فلدسپار بعنوان کانی‌های فرعی در کانسار حضور دارند. مطالعات میکروسکوپی و داده‌های شیمیایی نشان می‌دهد که ماده معدنی عمدتاً از SiO_2 و CaF_2 تشکیل شده است و اکسیدهای دیگر در مقادیر فرعی وجود دارد. بر اساس مطالعات میکروترموتری سیالات در گیر مشخص شد میانگین تغییرات دمای همگن شدگی سیالات ۱۵۰-۱۴۰ درجه سانتیگراد و میانگین شوری آن ۳/۳۹ و تغییرات چگالی ۰/۹۴ گرم بر سانتیمتر مکعب بوده است که نشان می‌دهد یک کانسار تیپ اپی‌ترمال شکستگی‌های موجود در سنگ دیواره کوارتز فلدسپاتیک ژوراسیک را پر کرده است. این تیپ شکستگی‌ها بعنوان مجراهای عبور، کنترل کننده‌های اصلی ساختاری، جهت انتقال سیالات کانه‌دار و کانه‌زایی بعدی آنهاست (شکل ۲-۱۱). کانسار فلورین جویمند دارای رنگ‌های متنوع از سبز تا آبی متمایل به سبز است که این تغییر رنگ، وابسته به اجزای عناصر نادر خاکی در ساختمان بلوری آن می‌باشد (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۲-۱۱- رگه حاوی فلورین- باریت در کانسار جویمند (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹)

۲-۳-۲-۳- کانسارهای فلورین همراه با سنگ‌های ولکانیک

از جمله این کانسارها می‌توان از معدن فلورین هلالی نام برد که در فاصله ۲۵ کیلومتری جنوب خاوری شهر بجنستان در مسیر جاده بجنستان به گناباد واقع شده است. مختصات این کانسار در زون ۴۰ از سیستم مختصات جغرافیایی UTM، ۳۸۱۴۸۵۹ شمالی و ۶۳۰۸۷۶ خاوری می‌باشد.

سنگ میزبان کانه‌زایی شامل سنگ‌های ولکانیکی آندزیتی تا تراکی آندزیتی به رنگ‌های قهوه‌ای تیره تا خاکستری بوده که مربوط به دوره ترشیری می‌باشند. این سنگ‌ها در محدوده کانی‌سازی به شدت دگرسان شده‌اند. از مهمترین دگرسانی‌های موجود در محدوده می‌توان به دگرسانی‌های آرژیلیکی، سیلیسی و کلریتی اشاره نمود. کانی‌سازی شامل رگه‌های فلورین- (باریت- گالن) به طول بیش از ۱۰۰ متر بوده که در امتداد شمال خاوری- جنوب باختری تا خاوری- باختری با شیب تقریبی ۴۰ تا ۴۵ درجه به سمت شمال تا شمال خاوری به داخل گدازه‌های آندزیتی تا تراکی آندزیتی ترشیری تزریق شده است. فلورین در این معدن به رنگ‌های سفید تا سبز رنگ بوده که حاوی بافت‌های پر کننده فضای خالی، پوسته‌ای، تیغه‌ای، شانه‌ای و ... می‌باشد. استخراج به صورت روباز و بصورت کانال‌هایی در امتداد رگه‌های اصلی صورت گرفته است (شکل ۲-۱۲).



شکل ۲-۱۲- نمایی از کانال استخراجی حفر شده جهت استخراج فلورین در معدن هلالی (هادی زاده خادر و همکاران، ۱۳۸۹)

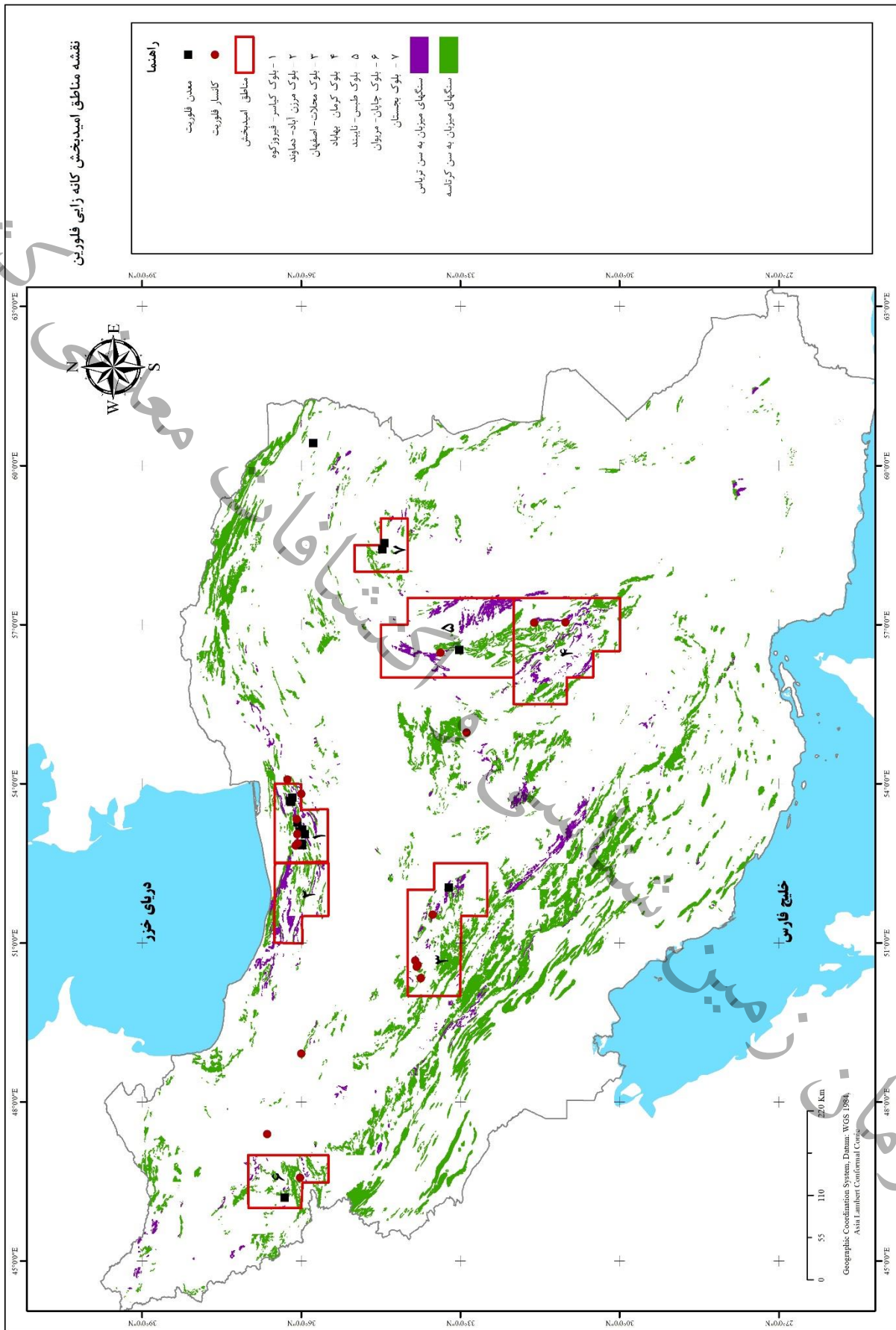
معرفی نواحی امیدبخش

فلورین تنها منبع تامین فلورین در طبیعت است که در طیف وسیعی از شرایط زمین شناسی به وجود می آید و در تمام شرایط رسوبی، آذرین و دگرگونی می تواند، یافت شود. هدف از این پژوهش، معرفی مناطق امیدبخش اکتشافی فلورین در ایران می باشد. در این راستا، پس از جمع آوری اطلاعات و مشخصات کنسارها و معادن شناخته شده فلورین، مطالعه و بررسی سنگ میزبان کانه زایی فلورین در ایران که بطور غالب واحدهای کربناته تریاس و کرتاسه هستند و همچنین با توجه به مطالعات کانی سنگین عناصر گروه سرب، روی، باریت و فلورین در بخش های مختلف ایران، ۷ منطقه امیدبخش برای مطالعه کانه زایی فلورین معرفی گردید (شکل ۲-۱۳). این مناطق شامل بلوک اکتشافی چاپان- مریوان در شمال باختری ایران (پهنه ساختاری سنندج سیرجان)، بلوک اکتشافی محلات- اصفهان در مرز پهنه های ساختاری ایران مرکزی و سنندج سیرجان، بلوک های اکتشافی کرمان- بهاباد و طبس نایبند واقع در زیر پهنه بافق- پشته بادام، بلوک اکتشافی بجستان در بخش خاوری ایران (بلوک لوت) و بلوک های اکتشافی کیاسر- فیروز کوه و مرزن آباد- دماوند در شمال ایران و در پهنه ساختاری البرز می باشد (جدول ۲-۵). با توجه به پتانسیل بالای پهنه ساختاری البرز در کانه زایی فلورین، در ادامه به عنوان اولین اولویت اکتشافی به بررسی زمین شناسی، متالورژی، ژئوشیمی و دورسنجی بلوک اکتشافی کیاسر- فیروز کوه پرداخته و در نهایت با تلفیق و مدلسازی داده ها، مناطق امیدبخش کانه زایی فلورین در این بلوک اکتشافی معرفی خواهند شد.



جدول ۲-۵- مناطق امیدبخش کانه‌زایی فلورین بر اساس اولویت

اولویت	نام بلوک	مساحت (کیلومتر مربع)
۱	کیاسر- فیروز کوه	۱۲۳۰۳
۲	مرزن‌آباد- دماوند	۱۲۸۵۱
۳	محلات- اصفهان	۲۸۳۵۸
۴	کرمان- بهاباد	۳۴۳۵۷
۵	طیس- نایبند	۳۶۱۱۱
۶	چاپان- مریوان	۱۲۶۲۴
۷	بجستان	۷۶۲۷



شکل ۲-۱۳ - نقشه مناطق امیدبخش کانه زایی فلورین در ایران

کشور

معدنی

فصل سوم

موقعیت جغرافیایی بلوک اکتشافی

کیاسر- فیروزکوه

کیمیا

سازمان زمین

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۳-۱- مقدمه

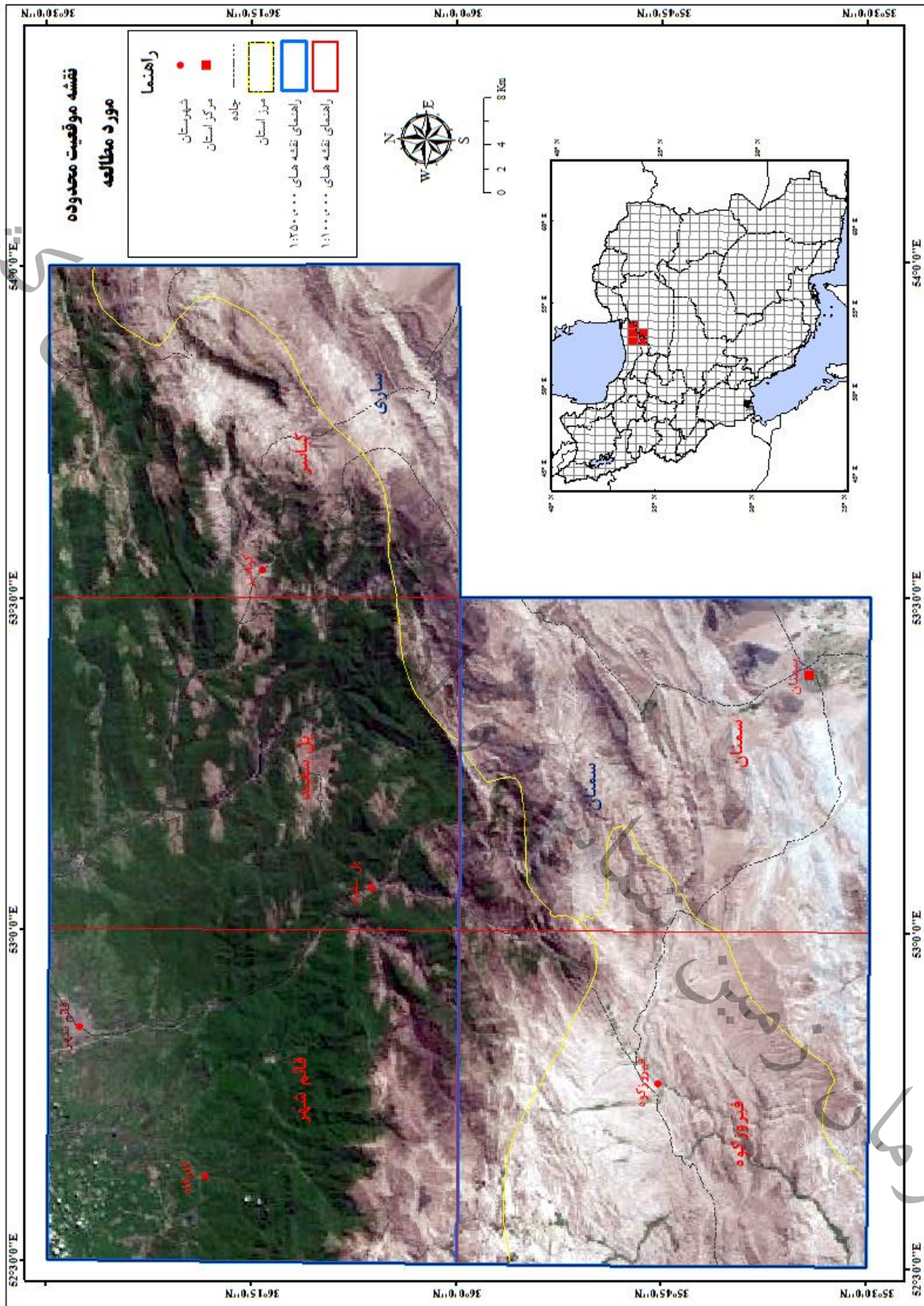
ایران با تولید ۵۶ هزار تن فلورین در رتبه ۱۱ جهانی در سال ۲۰۲۱ قرار دارد. مطالعات انجام گرفته و اطلاعات موجود حاکی از آن است که در ایران انواع ذخایر فلورین وجود دارد که کانسارهای فلورین با سنگ میزبان کربناته مهمترین کانسارهای اقتصادی فلورین را تشکیل می‌دهد.

اجرا فاز مدل‌سازی فلورین در بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه یکی از پروژه‌های تحقیقاتی است که در فاز اول مطالعاتی و پی‌جویی در دفتر ژئومتیکس، گروه ژئوفورماتیک در دست مطالعه قرار گرفت. بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه در بخش شمالی کشور، در مرز بین استان‌های ساری، تهران و سمنان قرار گرفته است که با توجه به جایگاه زمین‌شناسی، تشکیلات زمین‌شناسی تشکیل دهنده و ذخایر معدنی موجود، مستعد مطالعات اکتشافی می‌باشد. پهنه مذکور در برکه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ ساری و سمنان قرار گرفته است.

در این فصل سعی گردیده مختصری از موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی، جغرافیای طبیعی و انسانی منطقه ذکر گردد و کلیاتی در ارتباط با متدولوژی و مطالعات انجام شده در منطقه ارائه نمائیم.

۳-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه و راه‌های دسترسی

بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه در قسمت شمالی کشور و در موقعیت مختصاتی $52^{\circ}29'51''$ تا $53^{\circ}30'03''$ طول‌های شرقی و $36^{\circ}29'58''$ تا $35^{\circ}30'13''$ عرض‌های شمالی قرار گرفته است. با توجه به اینکه بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه مذکور در مرز بین استان‌های ساری، تهران و سمنان واقع شده است شامل بخش‌هایی از شهرستان‌های کیاسر، زیرآب، پل سفید، سوادکوه، فیروزکوه، قائمشهر و سمنان می‌شود. بهترین راه دسترسی به منطقه مطالعاتی بزرگراه‌های قائمشهر به گدوک، فیروزکوه به سمنان و ساری به دامغان می‌باشد (شکل ۳-۱).



شکل ۱-۳ - نقشه راههای دسترسی به بلوک اکتشافی کياسر - فيروزكوه



۳-۳- جغرافیای طبیعی

بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه از نظر مورفولوژی شامل ارتفاعات و دشت‌ها می‌باشد که در قسمت‌های شمال و شمال شرقی و غربی و جنوبی محدوده، به رشته کوه‌های البرز و دشت‌ها پیوند خورده است. بخش شمالی منطقه نشانگر دو ناحیه عمده جلگه‌های ساحلی و کوهستانی البرز است. امتداد و جهت رشته کوه‌های البرز به صورت دیواری مرتفع و طولانی، نوار ساحلی و جلگه‌های کناره‌ای دریای مازندران را محصور کرده است. در این بخش شیب و ارتفاع زمین از ارتفاعات به سوی جلگه و به سمت دریای خزر کاهش می‌یابد. در محل تلاقی جلگه و کوهپایه‌های شمالی البرز، به علت شدت فرسایش و تراکم آبرفت، قسمتی از ناهمواری‌های قدیمی با رسوبات جدیدتر پوشیده شده و در بعضی نقاط به صورت تپه درآمده است. تحت تأثیر نسیم دریا و بادهای محلی، در جلگه‌های سواحل جنوبی و شرقی دریای خزر، تپه‌های ماسه‌ای ساحلی تشکیل شده و سدی طبیعی و کم ارتفاع بین دریا و جلگه پدید آورده‌اند. همچنین در قسمت شرقی جلگه مازندران رسوباتی ضخیم به صورت تپه‌ماهورهای نسبتاً مرتفع وجود دارد که حداکثر گسترش غربی آنها تا شهرهای بهشهر و نکا محدود می‌شود. طبیعت منطقه تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاعات البرز، ارتفاع از سطح دریا، دوری و نزدیکی به دریا، وزش بادهای محلی و ناحیه‌ای، جابه‌جایی توده‌های هوای شمالی و غربی و حتی پوشش متراکم جنگلی قرار دارد. به همین جهت و با وجود وسعت اندک، (و برخلاف تصور عموم که آب و هوای آن را یکسره معتدل می‌دانند)، این ناحیه از تنوع آب و هوایی ویژه‌ای برخوردار است. بخش جنوبی بلوک مطالعاتی در استان‌های تهران و سمنان و در دامنه‌های جنوبی سلسله جبال البرز قرار گرفته است. ارتفاع از شمال به جنوب کاهش می‌یابد و به دشت کویر ختم می‌شود. رشته کوه‌های البرز، از کوه‌های طالش در غرب شروع و تا ارتفاعات خراسان در شرق کشیده شده است. جهت کوه‌ها در غرب تا حبله‌رود از شمال غربی به سوی جنوب شرقی است، در حالی که در شرق این رودخانه امتداد این کوه‌ها جهت معکوس دارد، یعنی از جنوب غربی به طرف شمال شرقی امتداد دارد. این دیواره بلند و طولانی، مانند قوسی بزرگ است که به سمت شمالی گشوده شده و مناطق پست و مسطح اطراف دریای خزر را از فلات مرتفع مرکزی ایران (از جمله استان سمنان) جدا کرده است. تنوع اقلیمی در بخش جنوبی منطقه، شامل اقلیم ارتفاعات شمالی، اقلیم کوهپایه و اقلیم نیمه خشک و خشک می‌باشد. هوا در مناطق کوهستانی دارای آب و هوای معتدل و در دشت، نیمه بیابانی است.

۳-۴- جغرافیای انسانی

از آنجایی که بلوک اکتشافی کیاسر- فیروز کوه در شهرستان‌های کیاسر، سوادکوه، پل سفید، زیرآب، فیروزکوه و سمنان قرار گرفته است ویژگی‌های قومی انسانی آن را ارائه می‌نمائیم. در قسمت شمالی محدوده اهالی مازندران به زبان فارسی و گویش مازندرانی تکلم می‌کنند. گویش مازندرانی بازمانده زبان ایرانیان قدیم (پارسی میانه) است که دیرتر و کمتر از سایر زبان‌ها تحت تأثیر زبان‌های بیگانه‌ای چون عربی، مغولی و تاتاری قرار گرفته و تقریباً در همه جای استان متداول است ولی در شهرستان‌های غربی، مرکزی و شرقی استان، تفاوت‌هایی وجود دارد و در قسمت جنوبی محدوده مردم سمنان به زبان سمنانی سخن می‌گویند.

۳-۵- روش مطالعه

در این پروژه ابتدا با توجه به شرایط زمین‌شناسی و نوع کانسارهای محتمل و الگوهای کانی‌سازی در منطقه مدل اکتشافی لازم برای نوع کانی‌سازی‌ها تهیه گردیده است. در هر مدل مواردی که مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل عوامل زیر می‌باشد:

- واحدها یا سنگهای میزبان کانی‌سازی مورد نظر.
- عوامل مؤثر در کانی‌سازی و روند آنها.
- ساختارهای ناحیه‌ای و منطقه‌ای که بر روی تشکیل ذخایر مورد نظر تأثیر گذارند.
- فاکتورها یا نشانه‌های کانی‌سازی نظیر تمرکز عناصر و زون‌های آلتراسیون.
- ارتباط و همبستگی مجموعه عوامل فوق برای ایجاد کانی‌سازی چگونه است.

برای دستیابی به اطلاعات فوق و برقراری ارتباطات ذکر شده در مدل‌های موردنظر، کلیه لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS تلفیق و ترکیب گردید و در نهایت مناطق دارای پتانسیل معدنی معرفی شد. اجرای پروژه جهت شناسایی منابع معدنی در بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه به شرح زیر می‌باشد:

۳-۵-۱- جمع‌آوری اطلاعات، داده‌ها و گزارش‌ها

کلیه اطلاعات و داده‌هایی مربوط به بلوک مورد مطالعه که در غالب لایه‌های اطلاعاتی مختلف شامل: گزارشات، مقالات و نقشه‌های زمین‌شناسی- معدنی تهیه شده است گردآوری گردید. این اطلاعات شامل نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و معدنی در مقیاس‌های متفاوت، داده‌های ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی، تکتونیکی، معدنی، تصاویر



ماهواره‌ای جهت بارزسازی زون‌های آلتراسیون و ساختارهای مرتبط با کانه‌زایی و نهایتاً اطلاعات عمومی مربوط به منطقه می‌باشد.

۳-۵-۲- مطالعات دفتری

کلیه مطالعات دفتری صورت گرفته در منطقه به اختصار به شرح زیر می‌باشد:

- مطالعه گزارشات زمین‌شناسی و معدنی موجود
- مطالعه و بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ و ۱:۲۵۰,۰۰۰
- تهیه محیط‌های مناسب زمین‌شناسی بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۳۰۰,۰۰۰ برای تیپ‌های کانه-زایی محتمل در منطقه
- پردازش داده‌های ژئوشیمیایی جهت استخراج مناطق آنومال
- پردازش تصاویر ماهواره‌ای جهت بارزسازی زون‌های آلتره و ساختارهای منطقه
- مدل‌سازی و تلفیق کلیه لایه‌ها در محیط GIS جهت استخراج مناطق پر پتانسیل مواد معدنی بر اساس اولویت
- تهیه گزارش نهایی

۳-۶- اهداف پروژه

بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه از جمله بلوک‌های معرفی شده برای انجام مطالعات اکتشافی فلورین می‌باشد. با توجه به شرایط زمین‌شناسی، این بلوک دارای پتانسیل فلورین است که اغلب در واحدهای کربناته تشکیل شده است. به طور کلی اهداف مورد نظر از اجرای این پروژه با توجه به داده‌های موجود به شرح زیر می‌باشد:

انجام مطالعه اکتشافی برای تعیین نواحی مستعد کانی‌سازی اقتصادی، معرفی نواحی پتانسیل‌دار برای مطالعات بعدی در فاز اکتشاف تفصیلی، معرفی الگوی اکتشافی برای بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه با هدف پیجویی ذخایر فلورین. لازم به ذکر است که در این بلوک اکتشافی با توجه به شرایط زمین‌شناسی، احتمال وجود کنسارهایی از تیپ‌های رسوبی و MVT مورد انتظار می‌باشد. لذا کلیه بررسی‌های صورت گرفته جهت شناسایی الگوهای اکتشافی ذکر شده صورت پذیرفته است.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کشور

معدنی

فصل چهارم

زمین شناسی عمومی و ساختمانی

سازمان زمین شناسی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۴-۱- مقدمه

پهنه اکتشافی کیاسر- فیروزکوه به وسعت ۱۳۰۰۰ کیلومتر مربع در شمال کشور و در استان‌های تهران، مازندران و سمنان قرار گرفته است. این پهنه، دربرگیرنده بخش‌هایی از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ ساری و سمنان و نقشه‌های ۱:۱۰۰,۰۰۰ کیاسر، پل سفید، قائم‌شهر، فیروزکوه و سمنان است. پهنه کیاسر- فیروزکوه از نظر ساختاری بطور عمده در پهنه البرز مرکزی و بخش شمالی آن در زیرپهنه خزر- تالش- زیوه و فروافتادگی کواترنری واقع شده است. بخش کوچکی از جنوب خاوری منطقه در زون ساختاری ایران مرکزی قرار گرفته است. کهن‌ترین واحدهای برونزد یافته در منطقه مورد مطالعه شامل اسلیت و شیل‌های میکادار سازند کهر به سن نئوپروتروزوئیک پسین می‌باشد که توسط دولومیت، شیل و سنگ آهک‌های سازند سلطانیه پوشیده شده است. در پالئوزوئیک شاهد ته نشست سازندهای باروت، زاگون، لالون میلا، جیرود، مبارک، درود و روته می‌باشیم که بطور غالب در بخش شمال خاوری منطقه مورد مطالعه برونزد دارند. نهشته‌های دوران مزوزوئیک گسترش نسبتاً وسیعی در منطقه مورد مطالعه داشته و غالباً شامل سازندهای الیکا، شمشک، دلیچای، لار و تیزکوه می‌باشد. در سنوزوئیک شاهد برونزد توالی ستبری از رسوب‌های دریایی پالئوژن و نهشته‌های قاره ای نئوژن هستیم که بخش اعظم منطقه مورد مطالعه را تحت پوشش قرار داده‌اند.

۴-۲- پهنه‌های ساختاری بلوک کیاسر- فیروزکوه

بخش اعظم منطقه مورد مطالعه در پهنه ساختاری البرز مرکزی قرار گرفته است و تنها بخش کوچکی از جنوب خاوری پهنه در زون ایران مرکزی، بخش شمالی آن در زیر پهنه خزر- تالش- زیوه و بخش کوچکی از شمال باختری پهنه در فروافتادگی کواترنری و واقع شده است (شکل ۴-۱). پهنه رسوبی- ساختاری البرز شامل بلندی‌های شمال صفحه ایران است که به شکل تاقدیسی مرکب، در یک راستای عمومی خاوری- باختری از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد. از نگاه زمین ریخت شناسی، مرز شمالی البرز منطقه بر تپه ماهورهای متشکل از نهشته‌های ترشیری و دشت ساحلی خزر است. مرز شمالی البرز محدود به زمین درز تتیس کهن است که از برخورد سنگ کره قاره‌ای البرز با سنگ کره توران، در تریاس پسین بوجود آمده است. ولی در بیشتر نقاط، محل زمین درز با ورقه‌های رانده شده از شمال به جنوب پوشیده شده است. حد جنوبی البرز چندان روشن نیست. گسل تبریز، آنتی البرز، گسل گرمسار، گسل سمنان و گسل عطاری، مرز جنوبی

البرز دانسته شده‌اند. ولی چنین به نظر می‌رسد که مرز شاخصی در مرز جنوبی البرز وجود نداشته باشد و گذر از پهنه ایران مرکزی به البرز تدریجی باشد.

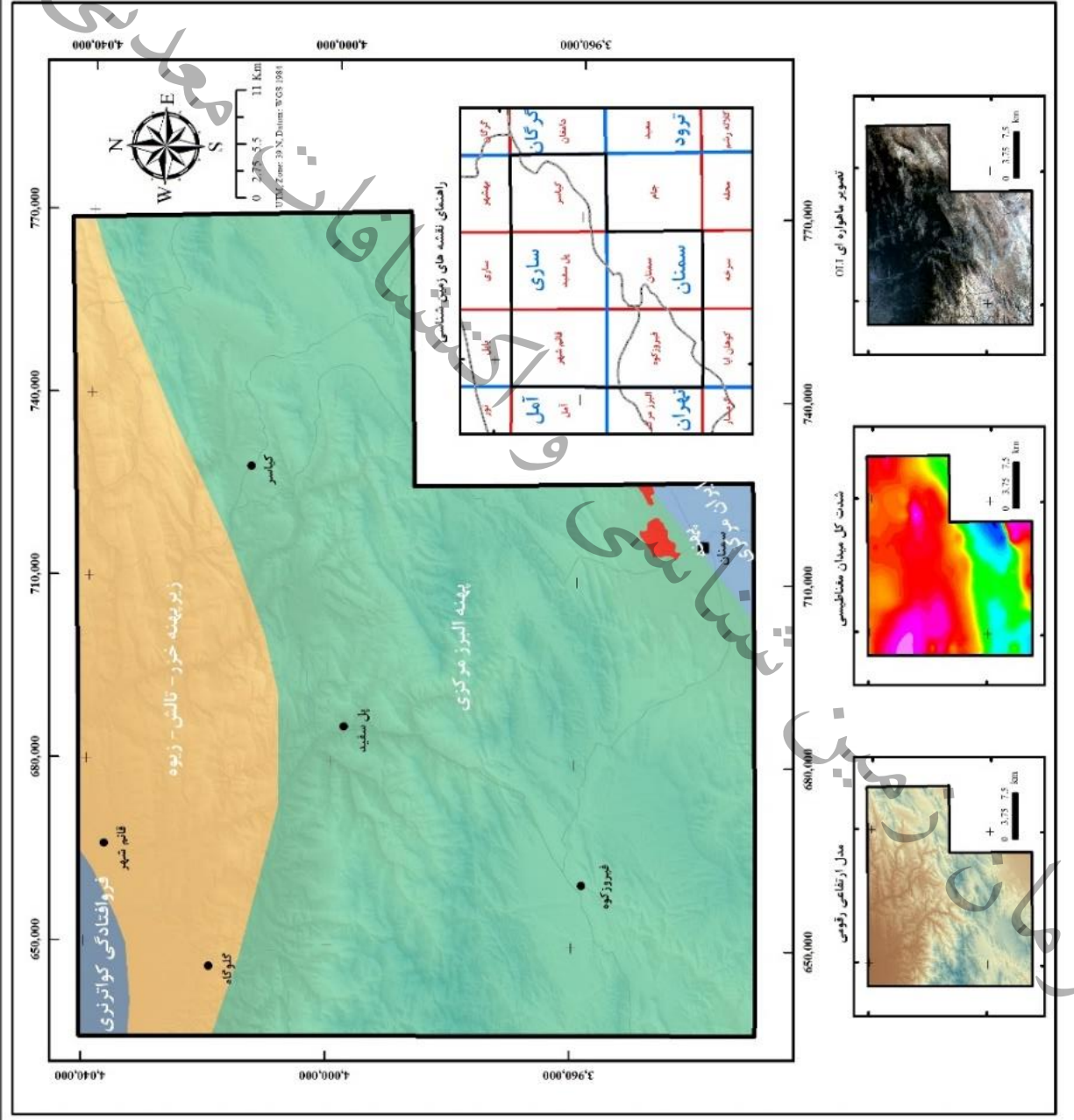
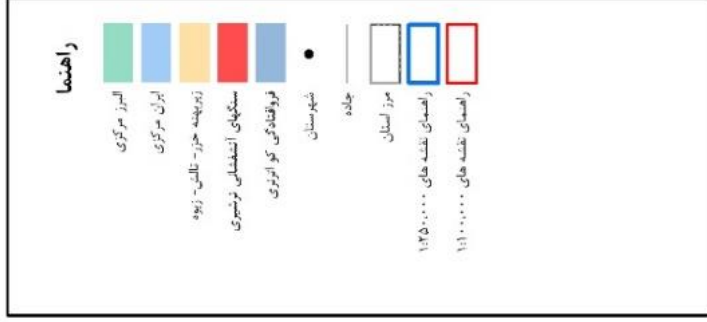
کهن‌ترین واحد سنگ چینه‌ای منطقه مورد بررسی، سازند کهر، به سن نئوپروتروزوئیک پسین است. در این منطقه کهن‌ترین واحدهای سنگی مربوط به زمان کامبرین هستند که بر پایه آنها می‌توان برخی از رخداد‌های زمین-شناختی منطقه را شناسایی و معرفی نمود. سازندهای باروت، زاگون، لالون و میلا با سن کامبرین در شمال خاوری منطقه رخنمون دارد. این واحدهای سنگی، بعد از رخداد کوهزایی کاتانگایی در شرایط پلاتفرمی به تقریب پایدار، در دریای کم عمق راسب شده‌اند. سازندهای مبارک، درود، روته و الیکا نیز در محیط پلاتفرمی اوایل پالئوزوئیک تا تریاس زیرین- میانی تشکیل شده‌اند. وجود سطح فرسایشی بر روی سازند الیکا و قرارگیری ده‌ها متر سنگ‌های بازیک آتشفشانی بر روی آن را می‌توان ناشی از یک محیط کششی محلی به دنبال حرکات فشارشی در تریاس پسین ناشی از بسته شدن اقیانوس پالئوتتیسین دانست. در پی پیشروی دریا و ایجاد محیط گرم و مرطوب قاره‌ای درختان انبوه در تریاس بالایی- ژوراسیک گسترش یافتند. با پیشروی دریای کم عمق ژوراسیک، رخساره‌های تخریبی همراه با لایه‌های زغال سنگ سازند شمشک ایجاد شدند. وجود سازند دلیچای در بخش‌هایی از منطقه حکایت از عمیق شدن حوضه در این نواحی در طی ژوراسیک میانی را دارد. با پیشروی دریا، بر روی رسوبات سازند دلیچای، رسوبات دولومیتی و کم عمق بخش زیرین سازند لار که بصورت رسوبات نیمه عمیق در نظر گرفته می‌شوند نهشته گردیده و به تدریج دریا عمیق‌تر شده است. وجود لایه‌های آهکی- دولومیتی با خرده‌های کلسیت و کوارتز در قسمت‌های بالایی سازند لار نیز بیانگر کاهش مجدد عمق حوضه به دلیل عملکرد فاز کوهزایی معادل سیمین پسین می‌باشد. در پی رخداد کوهزایی سیمین پسین، توالی سنگ‌های بیشتر آهکی و آتشفشانی کرتاسه ایجاد شده است. این فاز از نوع کششی بوده و باعث چین خوردگی و پیشروی دریا در منطقه شده است به گونه‌ای که به جز رخنمون‌های محدودی از سازند تیزکوه، اثر دیگری در منطقه دیده نمی‌شود. در شمال ناودیس رودافشان دریای کرتاسه بالایی بر روی سازندهای قدیمی پیشروی کرده و آهک‌های کرتاسه بالایی را برجای گذاشته است. در پی تأثیر فاز کوهزایی هم ارز لارامید در اواخر کرتاسه، چین خوردگی شدیدی در منطقه صورت گرفته است که با پیشروی دریا و ایجاد شرایط قاره‌ای، واحدهای تخریبی حاصل فرسایش سازندهای قدیمی، سازند فجن را ایجاد نموده‌اند. با عمیق‌تر شدن حوضه رسوبی، آهک‌های زرد رنگ میکرایتی سازند زیارت در محیط‌های لاگونی ایجاد شده‌اند. وجود لایه‌های گچی در این سازند نشان دهنده عمق کم حوضه می‌باشد. در ائوسن میانی با فوران‌های آتشفشانی در حوضه، ضخامت زیادی از واحدهای رسوبی- آتشفشانی به صورت سازند کرج در منطقه ایجاد می‌شود.



در پی فعالیت فاز کوهزایی هم ارز پیرنه و پسروری مجدد دریا در اواخر ائوسن، رسوبات تبخیری و تخریبی بر روی سازند کرج تشکیل می‌شوند. رسوبات تبخیری و تخریبی سازند قرمز زیرین نیز بیانگر ادامه یافتن شرایط قاره‌ای و شرایط اکسیدان در حوضه می‌باشد. گسترش سازندهای قرمز زیرین، قم و قرمز فوقانی نشان دهنده کشیدگی حوضه رسوبی ترشیری ایران مرکزی به درون بخش‌های میانی البرز مرکزی می‌باشد. عدم تشکیل سازندهای معادل در مناطق شمالی دلیلی بر خارج بودن این مناطق از آب می باشد که به احتمال منشأ نهشته‌های آواری بوده است.

با پیشروی دریا در زمان الیگوسن - میوسن، سازند قم بخش وسیعی از منطقه را می‌پوشاند، بطوریکه در حال حاضر رخنمون‌های وسیعی از این سازند در بخش‌های جنوبی منطقه مشاهده می‌شود. این سازند بیشتر از آهک‌های ماسه‌ای، مارن و لایه‌های گچ تشکیل شده و چند سیکل رسوبی پسروری و پیشروی دریایی در آن قابل شناسایی است که حکایت از عمق کم حوضه رسوبی دارد. در طی عملکرد فاز کوهزایی معادل استرین دریا پسروری کرده و محیط خشکی تقریباً در تمام منطقه حاکم می‌شود. واحدهای تخریبی - تبخیری نئوژن در این محیط ایجاد شده‌اند. تجمع آبرفت‌های پلیوسن در منطقه باعث ایجاد نهشته‌های قاره‌ای (معادل سازند هزاردره) شده و به احتمال زیاد فعالیت گسل‌ها در ایجاد و یا عدم ایجاد این نهشته‌ها اهمیت زیادی داشته‌اند. آخرین رخداد زمین - ساختی منطقه هم ارز پاسادینین بوده است که موجب چین خوردگی واحدهای آبرفتی پلیوسن در منطقه شده است. زمین لرزه‌های پر شمار در کمربند چین - راندگی البرز، نشانگر پویائی تکاپوهای زمین‌ساختی جوان منطقه هستند (بربریان، ۱۹۸۱).

نقشه پهنه های ساختمانی محدوده مطالعاتی



شکل ۴-۱ - نقشه پهنه‌های ساختمانی محدوده مطالعاتی



۳-۴- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

همانگونه که گفته شد بخش اعظم منطقه در پهنه البرز مرکزی واقع شده است. این پهنه شامل واحدهای زمین-شناسی به سن تریاس، ژوراسیک و کرتاسه است که ساختارهای تاقدیسی و ناودیسی در آن مشاهده می شود و گسل خوردگی های متعدد و با درجات مختلف در آن مشاهده می شود.

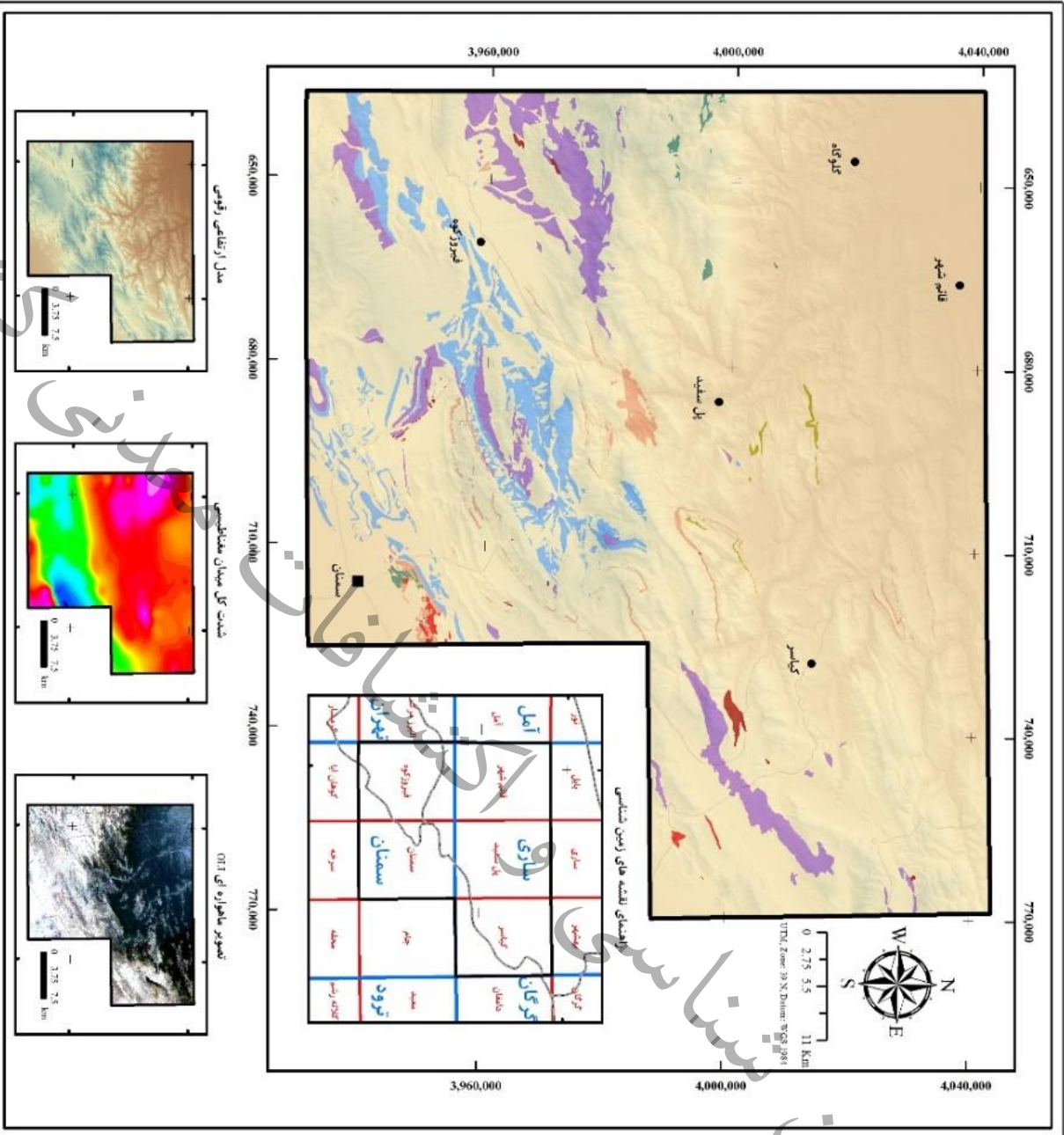
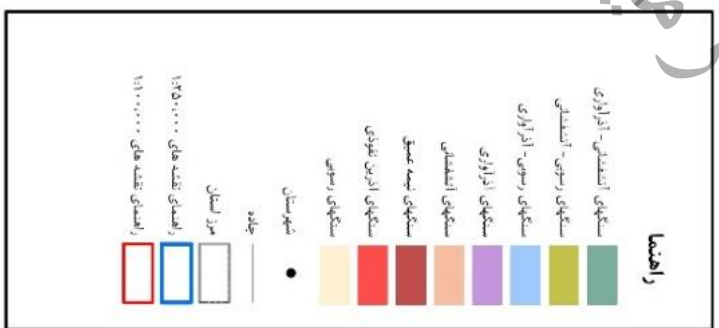
قدیمی ترین برونزد سنگ های منطقه مورد مطالعه مربوط به نئوپروتروزوئیک پسین و شامل سازند کهر می باشد. بعد از رخداد کوهزایی کاتانگایی در شرایط پلاتفرمی سازندهای باروت، زاگون، لالون و میلا به سن کامبرین برونزد یافته اند. در اوایل پالئوزوئیک تا تریاس میانی سازندهای مبارک، درود، روته و الیکا بر روی واحدهای پیشین قرار گرفته اند. با پیشروی دریا در ژوراسیک، نهشته های تخریبی سازند شمشک همراه با لایه های زغال دار تشکیل شده اند. با عمیق تر شدن حوضه مارن و سنگ آهک های مارنی سازند دلیچای ته نشست یافته اند و با کاهش عمق سازند لار بر روی آنها قرار گرفته است. در پی رخداد سیمرین پسین، توالی سنگ های آهکی و آتشفشانی کرتاسه ایجاد شده است. بر اثر فاز کوهزایی لارامید در اواخر کرتاسه، واحدهای تخریبی سازند فجن برونزد یافته اند که توسط سنگ آهک های سازند زیارت پوشیده شده اند. در ائوسن میانی واحدهای رسوبی- آتشفشانی سازند کرج در منطقه برونزد یافته که توسط رسوبات تبخیری و تخریبی سازند قرمز زیرین پوشیده شده اند.

با پیشروی دریا در زمان الیگوسن- میوسن، سازند قم بخش وسیعی از منطقه را می پوشاند. این سازند بیشتر از آهک های ماسه ای، مارن و لایه های گچ تشکیل شده که توسط تناوبی از مارن، شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا هم ارز سازند قرمز بالایی پوشیده شده است (شکل ۴-۲). به دنبال رخداد زمین ساختی میوسن پسین- پلیوسن (فاز آتیکان)، چرخه های فرسایشی شدیدی بر منطقه چیره شده که حاصل آن، فرسایش شدید بلندی ها و پر شدن سریع گودی ها با رسوبات آبرفتی- کوهپایه ای است. در این زمان این تناوبی از کنگلومرا، مارن قرمز رنگ سیلت دار و گاهی میان لایه های ماسه سنگی و سیلت با ناپیوستگی (دگرشیب و یا هم شیب) بر روی واحدهای قدیمی تر قرار گرفته اند که کم و بیش، هم ارزهای درشت دانه سازندهای چلکن و آقچه گیل به شمار می آیند. آخرین رخداد زمین ساختی منطقه هم ارز پاساندین بوده است که موجب چین خوردگی واحدهای آبرفتی پلیوسن در منطقه شده است (شکل ۴-۳).

فروافتادگی کواترنری در شمال برگه زمین شناسی قائم شهر برونزد یافته و بطور عمده شامل مخروط افکنه ها و پادگان های سیلابی- رودخانه ای و آبرفت های رودخانه ای کواترنری می باشد. زیرپهنه خزر- تالش در شمالی پهنه قرار گرفته و بطور عمده شامل برونزد واحدهای زمین شناسی به سن الیگومیوسن و پلیوسن می باشد و واحدهای قدیمی تر مانند کرتاسه و ژوراسیک بصورت محدود در آن مشاهده می شوند. در این بخش از منطقه تاقدیس ها و ناودیس ها گسترش قابل توجهی دارند. در ادامه به بررسی زمین شناسی منطقه مورد مطالعه بر پایه سن خواهیم پرداخت.

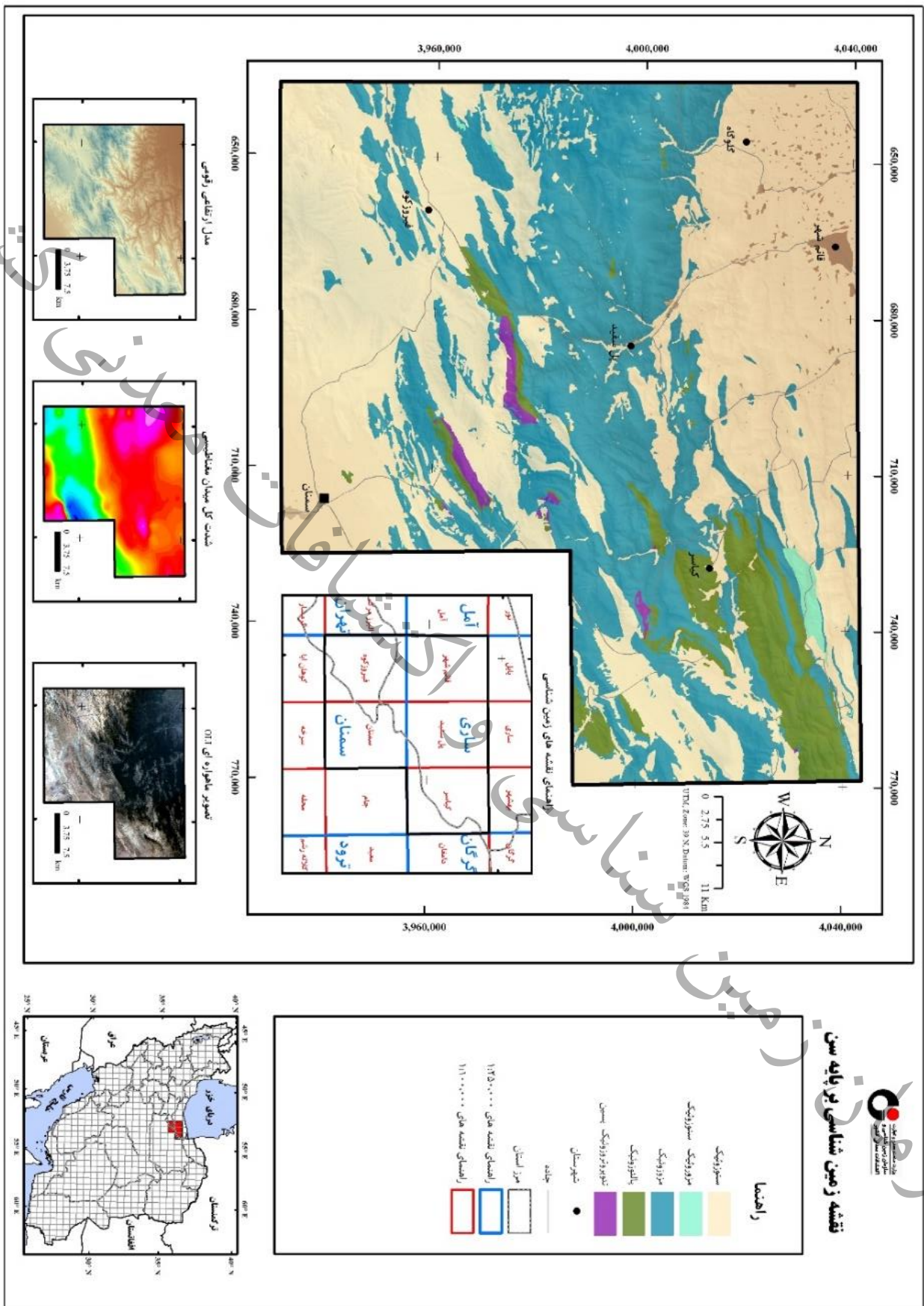


نقشه زمین شناسی بر پایه ترکیب



شکل ۴-۲- نقشه زمین شناسی منطقه مطالعاتی بر پایه ترکیب

شکل ۴-۳- نقشه زمین شناسی منطقه بر پایه سن





۴-۳-۱- نئوپروتوزوئیک پسین

کهن‌ترین سنگ‌های منطقه مورد مطالعه در پهنه البرز مرکزی به سن نئوپروتوزوئیک پسین، بصورت برونزد کوچکی در برگه‌های زمین‌شناسی یکصد هزارم سمنان، پل سفید و کیاسر مشاهده می‌شود. نهشته‌های نئوپروتوزوئیک شامل سازند کهر می باشد که در خاور برگه پل سفید در تاقدیس بولا، جنوب کوه شاه دژ، جنوب روستای اورست و خطیرکوه بیرون‌زدگی دارد. رخساره این سازند عبارت است از اسلیت و شیل‌های میکادار صورتی و سبز، همراه با تکه‌های کوچکی از سنگ‌های بازیک که شدیداً فرسوده و خرد شده ولی درجه دگرگونی در این سنگ‌ها از حد فیلیت بالاتر نرفته و به میکاشیست نمی‌رسد. ستبرای این سازند در بخش‌هایی بین ۱۵۰-۲۰۰ متر است.

۴-۳-۲- پالئوزوئیک

در نئوپروتوزوئیک پسین - کامبرین زیرین و در برگه زمین‌شناسی یکصد هزارم سمنان سازند سلطانیه با ترکیب دولومیت‌های خاکستری تا قرمز، شیل و سنگ‌آهک بر روی پلاتفرم وسیعی از نوع دریای حاشیه قاره‌ای رسوب نموده است. با خاتمه یافتن شرایط پلاتفرمی و پسروری دریا، تناوبی از لایه‌های کربناته و تخریبی متعلق به سازند باروت به سن کامبرین بر روی سازند سلطانیه برونزد یافته‌اند. برونزد اصلی این سازند در خطیرکوه و کوه کاهش مشاهده می‌شود. در این منطقه سازند باروت با ضخامت درخور توجه، از شیل‌های سیلتی ارغوانی رنگ تشکیل شده است. جدا از افزایش ضخامت، تناوب کربناتی بطور عمده محدود به بخش پایین سازند است. این واحد سنگی از شیل و ماسه سنگ‌هایی به رنگ سبز تا خاکستری و قرمز ارغوانی و اوولیت‌های دولومیتی و آهکی تشکیل شده است. بر روی سازند باروت، انباشته‌هایی از شیل‌های سیلتی - ماسه‌ای ریز دانه و ماسه‌سنگ‌های میکادار ریز دانه و متورق که به داشتن رنگ سرخ ارغوانی و مورفولوژی پشته‌ای فرسوده شاخص هستند، قرار گرفته است که متعلق به سازند زاگون می‌باشند. ویژگی‌های سازند زاگون که بیشتر نوع مادستون آواری قرمز رنگ و به مقدار کمتر ماسه‌سنگ است نشانگر آن است که این سازند در یک محیط قاره‌ای تا حدواسط نهشته شده است. در بخش‌هایی از منطقه توسط دایک‌های دیابازی قطع گردیده است.

سازند زاگون به طور هم‌شیب و تدریجی توسط سازند لالون پوشیده شده است. این سازند شامل ماسه‌سنگ‌های آرکوزی، شیل‌ها و ماسه‌سنگ‌های قرمز بین لایه‌ای و کوارتزیت فوقانی می‌باشد که در برگه‌های زمین‌شناسی کیاسر (جنوب خاوری برگه و در تویه و میلاکوه)، سمنان (شمال شه‌میرزاد و خطیرکوه)، فیروزکوه (شمال شوراب)

و پل سفید (در جنوب سعیدآباد، تاقدیس موج نقش) برونزد یافته است و سن کامبرین پیشین به آن نسبت داده‌اند که در برگه‌های سمنان و کیاسر توسط سازند میلا و در نقشه زمین‌شناسی پل سفید توسط سازند خوش ییلاق به سن دونین و در نقشه زمین‌شناسی فیروزکوه بصورت ناپیوسته توسط سازند مبارک به سن کربونیفر پوشیده شده است.

هر ۵ بخش سازند میلا در منطقه کیاسر قابل شناسایی است که از پایین به بالا شامل دولومیت همراه با لایه‌های مارنی و شیلی، سنگ‌آهک همراه با کمی مارن و سیلتستون حاوی تریلوبیت، سنگ‌آهک بلورین حاوی تریلوبیت و براکیوپودا، سیلتستون، ماسه‌سنگ، سنگ‌آهک و مارن همراه با تریلوبیت و بالاخره بالاترین بخش آن شیل همراه با لایه‌هایی ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک است که در بادله کوه دایک‌های جوان‌تر سنگ‌های این سازند را قطع کرده‌اند. در سمنان کامل‌ترین برش این سازند در شمال شه‌میرزاد برونزد دارد که شامل سه بخش می‌باشد واحد پایینی از ماسه‌سنگ‌های کوارتزی و دولومیت تیره تشکیل شده است، واحد میانی شامل شیل، مارن و الیت‌های آهکی و بخش بالایی از ماسه‌سنگ و شیل و کمی الیت آهکی تشکیل شده است.

نهشته‌های اردویسین تنها بصورت باریکه‌ای در جنوب کوه کاهش در برگه زمین‌شناسی یکصدهزارم سمنان برونزد دارند و شامل عضو ۵ سازند میلا با ترکیب شیل، ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک‌های نازک لایه است که با افقی از کوارتزی سفید رنگ آغاز می‌شود و ارتباط ناپیوسته‌ای با سازند میلا دارد و با توجه به اینکه ویژگی‌های سنگی و سنی این عضو مشابه سازند لشکرک است، می‌توان آن را تحت عنوان سازند لشکرک نیز نامگذاری نمود.

در منطقه مورد مطالعه سنگ‌های سیلورین، دونین زیرین و میانی وجود ندارد و در برگه زمین‌شناسی سمنان سنگ‌های اردویسین بصورت ناپیوسته توسط ماسه‌سنگ کوارتزی قرمز، دولومیت سفید، ژپس و سنگ‌آهک براکیوپودار معادل سازندهای پادها و بهرام پوشیده شده است. نهشته‌های دونین بالایی شامل سازند جیروود می‌باشد که بصورت ناپیوسته بر روی واحدهای زیرین قرار گرفته و تنها در برگه‌های زمین‌شناسی کیاسر و سمنان برونزد دارد. این سازند دولومیت‌های ضخیم لایه با درون لایه‌های سنگ‌آهک سفید رنگ و ماسه‌سنگ براکیوپودار است. آخرین لایه‌های این سازند با چند ده متر کوارتز ماسه‌سنگ قرمز رنگ همراه است. به دلیل شباهت سنگ‌های دونین برگه‌های زمین‌شناسی کیاسر و پل سفید به سنگ‌هایی هم‌زمان در البرز خاوری، آنها را تحت عنوان سازند خوش ییلاق نامگذاری کرده‌اند (اژدری و همکاران، ۲۰۰۲). در برگه پل سفید سنگ سازند خوش ییلاق شامل آهک‌های بایو میکروسپارایتی تا بایومیکرایتی خاکستری تیره نازک - متوسط تا ضخیم لایه و بین لایه‌هایی از شیل‌های خاکستری تا خاکستری مایل به سبز تشکیل شده است. بزرگ سنگواره‌های براکیوپودا، مرجان و ساقه



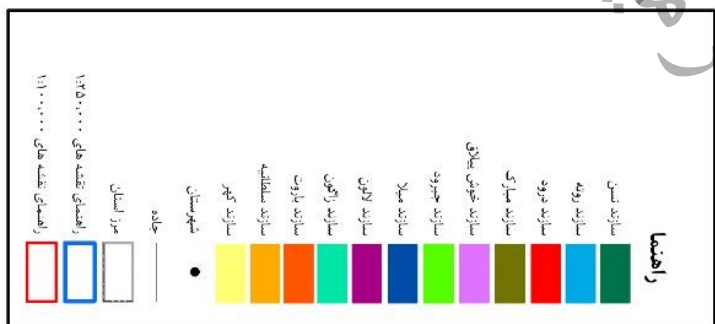
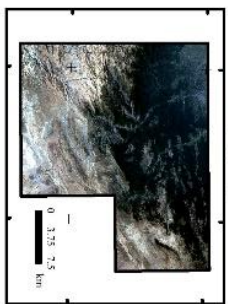
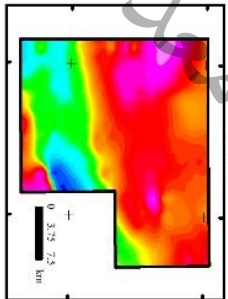
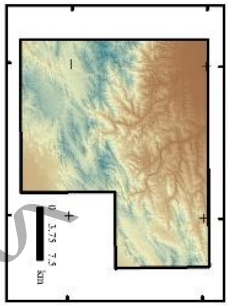
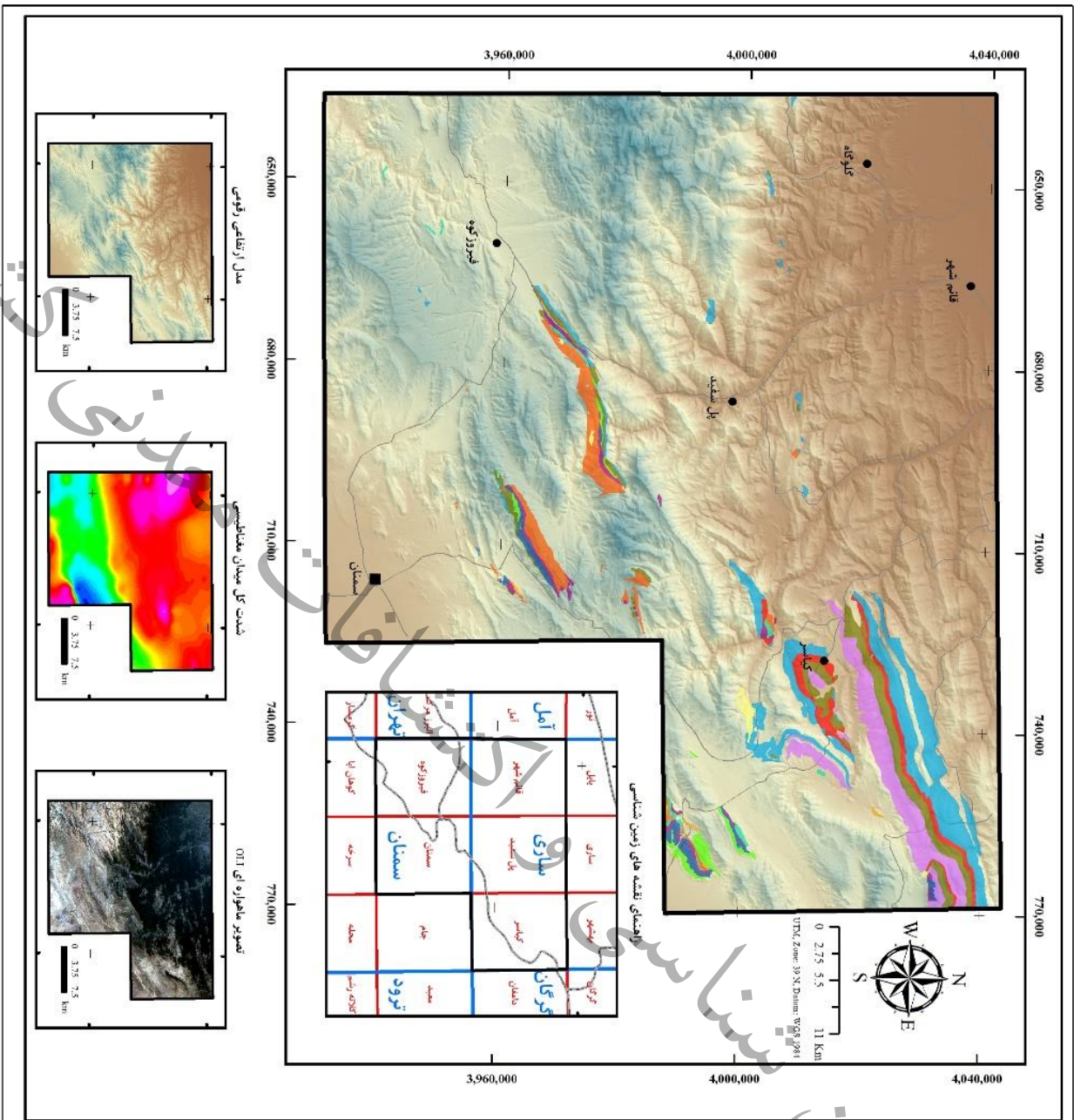
کربنوئید به فراوانی در آنها دیده می‌شوند. به سوی خاور و در ورقه کیاسر (سعیدی، ۱۳۷۱)، یک بخش ماسه سنگی قرمز تا سفید رنگ نیز وجود دارد. این سازند در برگه کیاسر متشکل از سنگهای بازیگ است که به صورت سیل، برونزد پیدا کرده‌اند. این سازند همچنین شامل اسپلیت، توف ماسه‌ای و سپس شیل‌های نازک لایه سبز همراه با درون لایه‌های آهکی است، که در بالاترین بخش، شامل تناوبی از سنگ آهک و شیل‌های آهکی حاوی مقادیر فراوانی براکیوپود و کربنوئید است. (سعیدی، ۱۳۷۱). همبری بالائی آن با سازند مبارک، ناپیوسته ولی هم شیب است. در این واحد، براکیوپودهای زیر به سن دونین پسین (فرازنین - فامنین) دیده شده‌اند.

سنگ‌های کربونیفر در منطقه بطور عمده ردیف‌هایی کربناتی هستند. یک رویداد فرسایشی به سن ویزن میانی (فاز البرزین) سبب شده است تا توالی‌های کربونیفر البرز ناپیوسته باشد. به این ردیف‌های کربناتی سازند مبارک نام داده شده است. نهشته‌های سازند مبارک، رخساره‌ای کاملاً متفاوت نسبت به سنگ‌های دونین دارد. رخساره این سازند عبارت از تناوب شیل و لایه‌های نازک آهکی حاوی فسیل‌های دو کفه‌ای به سن کربونیفر پیشین است که در بخش‌های بالایی از شیل‌های سیاه با درون لایه‌های نازک از سنگ آهک سیاه‌رنگ و شیل تشکیل شده است. سن این سازند در منطقه کربونیفر پیشین (تورنزین - ویزین) است.

درویش‌زاده (۱۳۷۰) محیط رسوبی سازند مبارک را آبهای ساکن، فقیر از اکسیژن و غنی از گوگرد توصیف کرده است که به نسبت عمیق بوده و از برجستگی‌ها فاصله قابل توجه داشته است. مهاری (۱۳۷۰) با توجه به زیر رخساره‌های گوناگون، سنگ‌آهک‌های سازند مبارک را نهشته‌های محیط‌های سد زیست آواری، تالاب، پهنه کشندی و همچنین دریای باز می‌دانند که بر روی یک سطح شیب‌دار ملایم کربناتی نهشته شده است (آقانباتی، ۱۳۸۵).

در زمان کربونیفر پایانی و یا پرمین پیشین، با آرام گرفتن رخدادهای زمین‌ساختی هرسی‌نین و حرکت‌های رو به پایین زمین، شرایط برای پیشروی گسترده دریا فراهم شده است، به گونه‌ای که بسیاری از فرابوم‌های قدیمی با دریای کم ژرفا و پیشرونده پرمین پوشیده شده است. در منطقه مورد مطالعه واحدهای چینه‌ای درود، روته و سنن معرف توالی‌های پرمین هستند. نخستین چرخه رسوبی پرمین در منطقه سازند درود است که شامل سه عضو می‌باشد: پایین‌ترین بخش شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ است که به سمت بالای سازند تبدیل به سنگ‌های آهکی ضخیم لایه آنکولیتی و پیزولیتی شده و در بالاترین بخش، مجدداً شامل سنگ‌های مارنی - ماسه‌سنگی می‌باشد. همبری سازند درود با سازند مبارک در پایین، ناپیوسته و هم‌شیب ولی با سازند روته در بالا پیوسته است. بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی سن این سازند پرمین پیشین (آسلین - ساکمارین) تشخیص داده شده است.

پس از رسوبگذاری سازند روته، با پسروری دریا سطح بالایی این سازند فرسوده و ناهمزمان شده است. در منطقه مورد مطالعه سازند نسن در برگه‌های زمين‌شناسی قائم‌شهر و پل سفید برونزد داشته و شامل سنگ‌آهک‌های خاکستری رنگ نازک لایه با چین‌خوردگی‌های کوچک می‌باشد که بر اساس مطالعات میکروسکوپی سن احتمالی آن اواخر مرغابین تشخیص داده شده است و توسط سنگ‌آهک‌های سازند الیکا بصورت ناپیوسته پوشیده شده است (شکل ۴-۴).



نقشه یروزد سازندهای
تئوپروتوزوئیک پسین و پالئوزوئیک



سازند

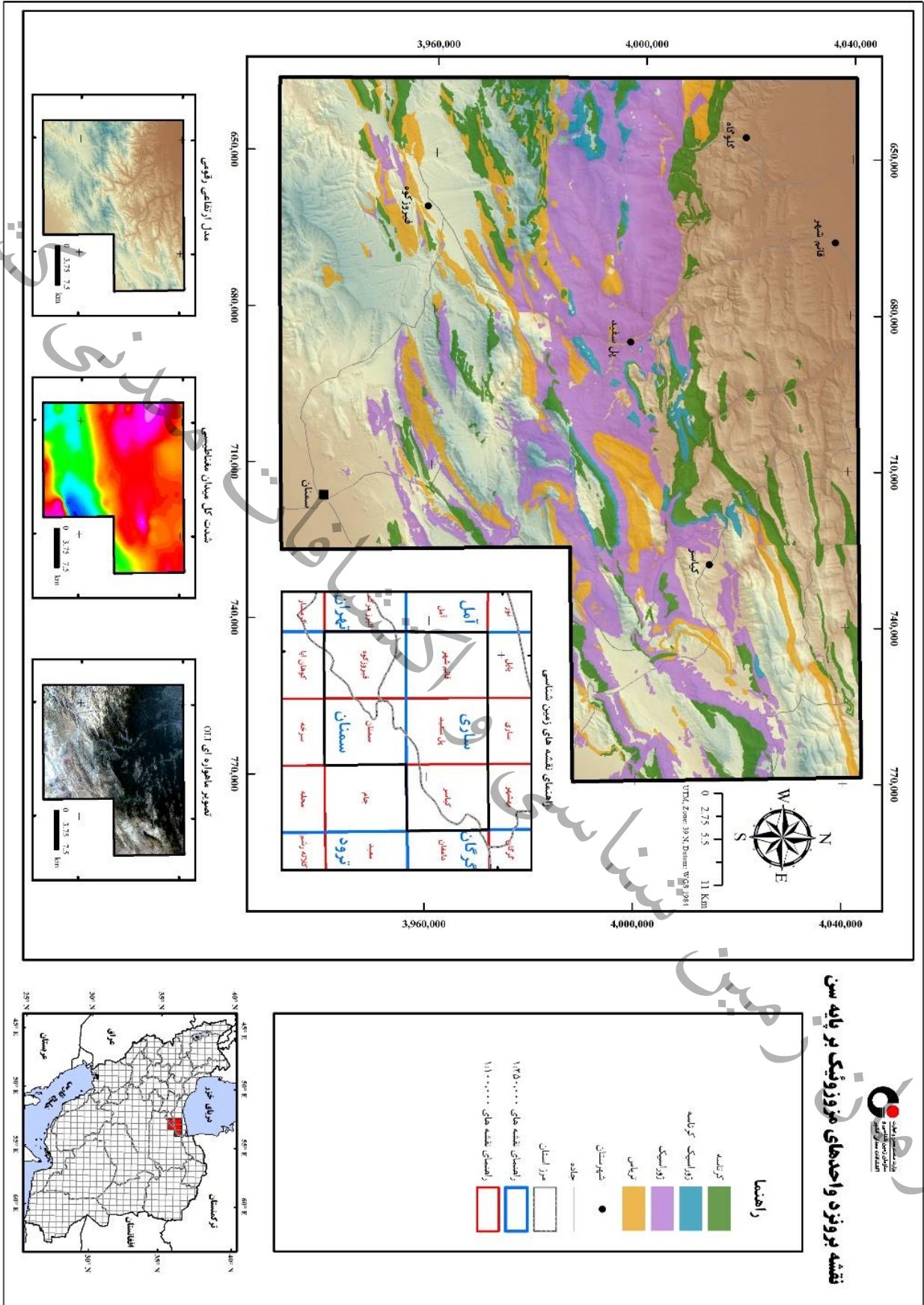
شکل ۴-۴- نقشه یروزد سازندهای تئوپروتوزوئیک پسین و پالئوزوئیک

۴-۳-۳- مزوزوئیک

سنگهای این دوران گسترش نسبتاً وسیعی در منطقه مورد مطالعه داشته است (شکل ۴-۵). ناآرامی‌های زمین ساختی اواخر پرمین موجب پس‌نشست کامل دریا از سکوی پرمین شده است به گونه‌ای که ردیف‌های کربناته تریاس پایینی- میانی با دگرشیبی فرسایشی سطوح فرسوده شده پرمین میانی (سازند روته) و یا پرمین بالایی (سازند نسن) را می‌پوشانند. گذر تریاس میانی به تریاس بالایی ناپیوسته و نشانگر شواهدی از رویداد زمین‌ساختی سیمین پیشین است که با پایان گرفتن شرایط سکویی تریاس میانی، بالآمدن زمین و پس‌نشست دریا همراه بوده است. در تریاس پسین با پیشروی دوباره دریا روی داده است. در این زمان شرایط برای انباشت میزان درخورتوجهی گل و لای فراهم بوده است. در زمان نورین پسین با پس‌نشست دریا، منطقه مطالعاتی نخست به دشت آبرفتی- دلتایی و سپس در زمان رتین به یک دشت آبرفتی تبدیل شده که گاه در آن مرداب‌های تورب‌زار شکل می‌گرفته‌اند. به دلیل شرایط جغرافیای دیرینه حاکم، ردیف‌های تریاس بالایی نهشته‌های به نسبت همگن شیل و ماسه‌سنگ است که به داشتن لایه‌های زغال شاخص‌اند (آقابات، ۱۳۸۵).

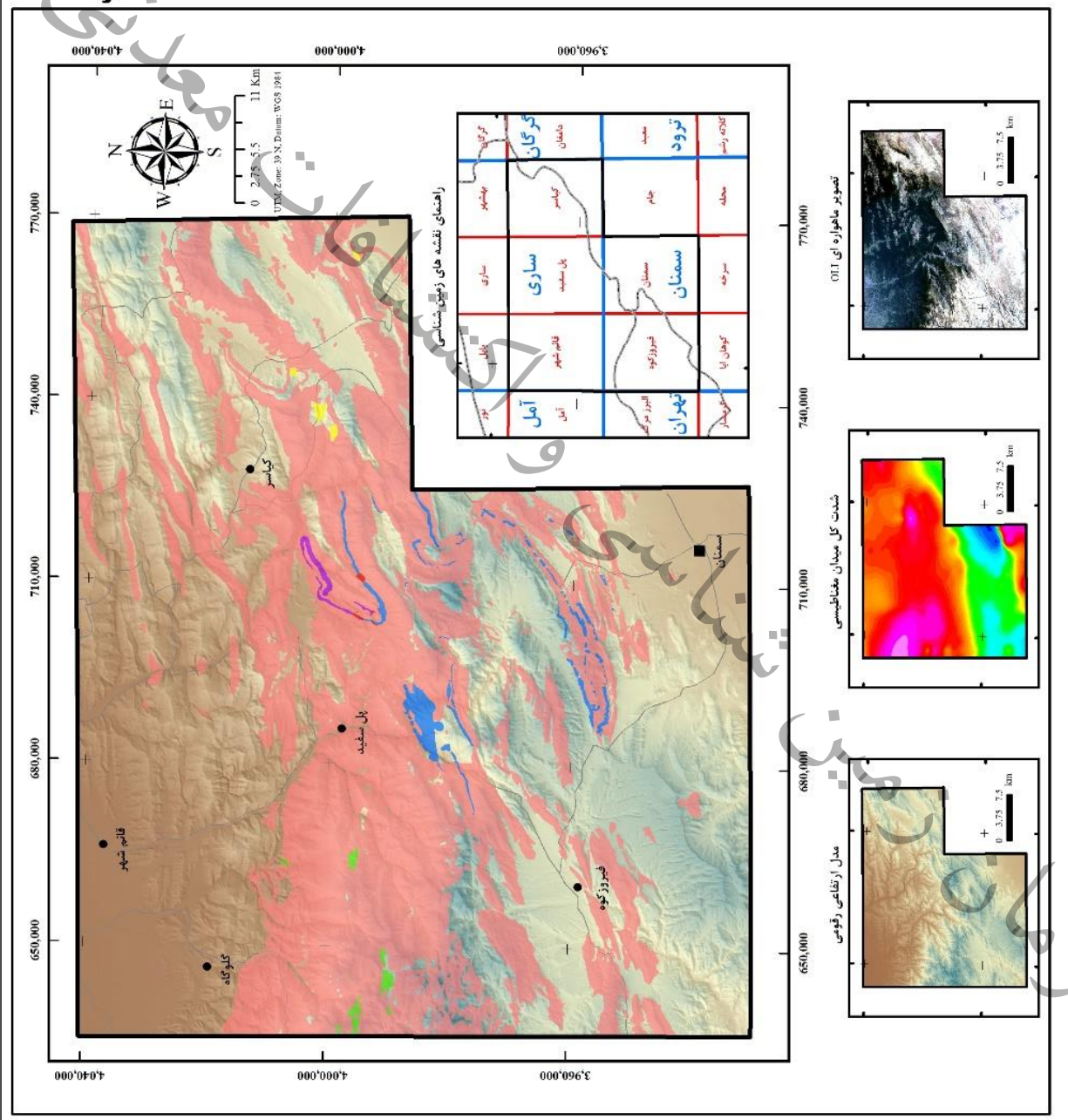
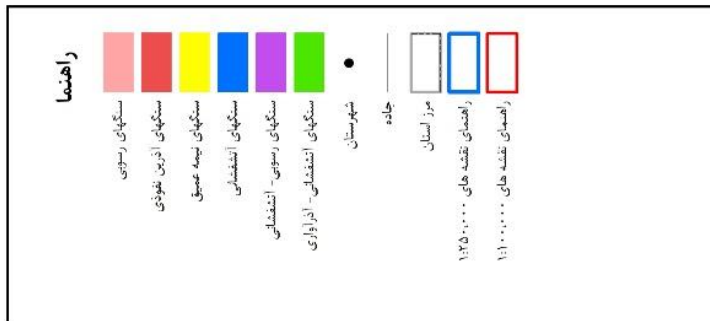
ویژگی‌های سنگی و زیستی ژوراسیک البرز، پیوند نزدیک با رویدادهای زمین ساختی دارد. به گونه‌ای که می‌توان همه سنگ‌های ژوراسیک البرز را در دو دوره رسوبی جدا جای داد. سنگ‌های نخستین چرخه نشانگر حوضه‌های مردابی- رودخانه‌ای و گاه دریایی کم ژرفا و بخشی از واحد سنگی گروه شمشک است. رسوب‌های چرخه رسوبی دوم، بیشتر ردیف‌های دریایی شامل مارن و سنگ آهک‌های مارنی سازند دلچای به سن ژوراسیک میانی و سنگ آهک‌های سازند لار به سن ژوراسیک پسین است. داده‌های زمین‌شناسی حاکی از آن است که دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی، رسوبات کرتاسه پایینی رخنمون‌های گسترده دارد، ولی حرکات زمین‌ساختی حین و پس از رسوبگذاری، بر سنگ‌های این زمان اثرگذار بوده‌اند. به نظر صادقی (۱۳۷۸)، ته‌نشست رسوبات ژوراسیک بالایی (سازند لار)، در محیط فروکشندی تا نیمه عمیق، تا نئوکومین ادامه یافته است. ولی به سمت بالا این رسوبات، به توالی نواحی کم عمق‌تر دریایی با شرایط فروکشندی تا میان کشندی تبدیل شده‌اند. رسوبات نئوکومین- بارمین، با ناپیوستگی زاویه‌دار و گاه موازی، در زیر سنگ آهک‌های اوربیتولین‌دار آپتین قرار می‌گیرند. رخساره چیره سنگ‌های کرتاسه پایین سنگ آهک‌های اوربیتولین‌دار است که به تقریب در همه جا رخساره سنگی همگن و همانند دارد. ریز رخساره سنگ آهک‌های اوربیتولین‌دار آپتین گویای آن است که این رسوب‌ها در محیط‌های دریایی کم عمق با شرایط فروکشندی تا میان کشندی، با انرژی ضعیف تا متوسط نهشته شده‌اند و به طور دگرشیب بر روی سازند لار و یا سنگ‌های کهن‌تر قرار دارند (شکل ۴-۶).

نقشه پروژد واحد های موزونیک بر پایه سن



شکل ۴-۵- نقشه پروژد واحد های موزونیک بر پایه سن

نقشه پروژند واحدهای مزوزوئیک بر پایه ترکیب



شکل ۴-۶- نقشه پروژند واحدهای مزوزوئیک بر پایه ترکیب



۴-۳-۱- تریاس

ناآرامی‌های زمین ساختی اواخر پرمین موجب پس‌نشست کامل دریا از سکوی پرمین شده است به گونه‌ای که ردیف‌های کربناته تریاس پایینی - میانی با دگرشیبی فرسایشی سطوح فرسوده شده پرمین میانی (سازند روته) و یا پرمین بالایی (سازند نسن) را می‌پوشانند.

سنگ‌های تریاس پایینی در منطقه ردیف‌های کربناتی - آهکی - دولومیتی سازند الیکا هستند. در منطقه مورد مطالعه، این سازند شامل یک بخش تحتانی بیشتر آهکی - شیلی و یک بخش فوقانی بیشتر دولومیتی و آهکی می‌باشد. بخش پائینی شامل سنگ آهک‌های میکرایتی تا میکروسپارایتی نازک تا متوسط لایه خاکستری - صورتی و کرم رنگ است، دارای میان لایه‌های نازکی از شیل، ماسه‌سنگ و کنگلومرا می‌باشد. در برخی افق‌ها، دو کفه‌ایهای کلارایا و آثار کرم دیده می‌شوند. در زیر، همبری آن با نهشته‌های پرمین، ناپیوسته ولی هم شیب و با دولومیت‌های بخش بالائی، پیوسته است. در این بخش میکروفسیلی شاخص مشاهده نشد ولی با توجه به آثار کرم و دو کفه‌ایهای کلارایا، به تریاس پیشین نسبت داده شده است (وحدتی دانشمند، ۲۰۰۳).

بخش فوقانی سازند الیکا سراسر کربناته و شامل دولومیت و دولومیت آهکی ضخیم لایه تا توده‌های شکل خاکستری روشن تا خاکستری تیره است که ریخت شناسی خشن و صخره ساز دارد. در بخش‌هایی از منطقه از جمله در مرز خاوری نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم پل سفید، قسمت‌های بالائی این بخش، آهکی تر شده و دارای گرهک‌ها و رگه‌های فراوان چرت و گاهی بین لایه‌های سنگ آهک مارنی هستند. نهشته‌های تریاس بالا، به گونه‌ای ناپیوسته ولی هم شیب بر روی این بخش قرار گرفته‌اند. با توجه به جایگاه چینه‌نگاری و مقایسه با سایر نقاط البرز، به تریاس میانی نسبت داده شده‌اند.

در بعضی نقاط بویژه نواحی ورسک، شهمیرزاد، تاق‌دیس آینه و رزان توالی کامل‌تری از ردیف‌های کربناتی تریاس وجود دارند. در این نواحی جدا از دو بخش آهکی و دولومیتی، بخش سومی به سازند الیکا افزوده می‌شود که شامل سنگ آهکی سفید رنگ، ریز دانه و ستر لایه است که به ویژه در نزدیک پل ورسک شاخص است و به همین رو بخش آهکی ورسک نام دارد و هم‌ارز سنگ آهک اسپهک (اشتوکلین و همکاران، ۱۹۶۵) ایران مرکزی در نظر گرفته می‌شود. سن آهک ورسک بخوبی روشن نیست. لیتولوژی‌های فوق در قسمت‌های دیگر این منطقه با تغییرات جانبی همراه است. به عنوان مثال در شمال و شمال باختری روستای ورسک یک واحد تبخیری (گچ) با ستبرایی حدود ۱۵ متر در بالاترین قسمت این سازند وجود دارد. برای بخش فوقانی سازند الیکا سن تریاس میانی تا اوایل تریاس پسین قابل قبول می‌باشد.

در بخش‌هایی از برگه زمین‌شناسی یکصد هزارم پل سفید و در جنوب پارت‌کلا، ردیفی از نهشته‌های لاتریتی، مادستون، سیلتستون و ماسه‌سنگ‌های هماتیتی قرمز و قهوه‌ای و همچنین باقی مانده‌هایی از سنگ‌های آتشفشانی به شدت هوازده و فرسوده بر روی سازند الیکا مشاهده می‌شود. بخش‌های آتشفشانی به ویژه در خاور روستای پاچی به خوبی دیده می‌شوند. این سنگ‌ها دارای ترکیب تراکی بازالت بوده و به شدت کربناتی و کلریتیزه شده‌اند. همبری این نهشته‌ها با دولومیت‌های الیکا در پایین و سنگ آهک‌های تریاس پسین در بالا ناپیوسته ولی هم شیب است. با توجه به جایگاه چینه‌شناسی، می‌توان سن آن را به تریاس پسین نسبت داد (وحدتی دانشمند، ۲۰۰۳).

در تریاس بالایی و در برگه‌های زمین‌شناسی پل سفید و قائم‌شهر در یال تاقدیس پالند رودبار ردیفی از سنگ آهک‌های تیره، شیل و ماسه‌سنگ شناسایی شده‌اند که با مرزی تدریجی بر روی واحدهای الیکا نهشته شده‌اند و به عنوان سازند پالند (غیررسمی) نامیده شده‌اند و هم‌ارز سازند نایبند در پهنه ایران مرکزی در نظر گرفته می‌شوند. در سه تا چهار کیلومتر شرق دوآب، ستبرائی ۸۰ متری از گچ، درون لایه‌های دولومیت قرمز روشن - خاکستری، مارن‌های رسی قرمز - خاکستری - سفید، مادستون‌های قرمز رنگ، میان لایه‌های نازک - متوسط لاتریت قرمز - قهوه‌ای روشن و شیل‌های قرمز رخنمون دارد.

در تریاس بالا و در زیر شیل‌های خاکستری تیره پایه‌ی سازند شمشک (رتو - لیاس) مجموعه از سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب بازالت و تراکی بازالت، آندزیت، دیاباز، میکرودیوریت گابرو، توفیت، سنگ‌های آذرآواری، توف، برش و ... تشکیل شده است. این سنگ‌های آتشفشانی در برگه پل سفید در تاقدیس بولا و خاور دوآب، در نقشه زمین‌شناسی قائم‌شهر در ۳/۵ کیلومتر جنوب لفورک، در برگه زمین‌شناسی فیروزکوه در تاقدیس آینه ورزان - دلیچای، کوه بشم، شمال شه‌میرزاد و ... مشاهده می‌شوند.

به عقیده آلنباخ این گدازه‌ها، سنگ‌های بین سازند الیکا و سازند شمشک است، ولی به اعتقاد نبوی (۱۹۷۵)، پیوستگی گدازه‌ها با سازند شمشک بیشتر بوده و این گدازه‌ها روانه‌هایی هستند که از آنها بعنوان نخستین واحد از سازند شمشک یاد می‌شود و به آن واحد یا سازند جابان نام نهاده‌اند. نام این سازند از روستایی به همین نام در سر راه رودهن - فیروزکوه گرفته شده است. این سازند شامل بازالت به رنگ سبز تیره تا قسمتی بنفش رنگ، حاوی الیوین فراوان است که بطور محلی به شدت دگرسان شده‌اند و در بعضی از موارد هوازدگی پوست پیازی پیشرفته‌ای را نشان می‌دهند. حفره‌های زیادی در این سنگ‌ها دیده می‌شود که بطور ثانویه با کلسیت و یا کلسدون پر شده‌اند. در خاور البرز مرکزی و بیشتر نقاط، سنگ‌های آتشفشانی جابان ستبرایی بین صفر تا ۱۰۰ متر داشته که بعنوان یک افق راهنما و تیره رنگ، بر روی سنگ‌های کربناته و روشن رنگ سازند الیکا جای دارند. حد پایینی این



سنگ‌های آتشفشانی با عضو آهکی سازند الیکا از نوع ناپیوستگی موازی است. مرز بالایی آن نیز با واحد زیرین سازند شمشک همچنان ناپیوستگی موازی است. این سنگ‌ها سازند الیکا را قطع کرده و موجب تمرکز مواد معدنی در این واحد گردیده است. لازم به ذکر است بخش اعظم کانه‌زایی فلوتورین در منطقه در این سازند مشاهده شده است.

۴-۳-۲- ژوراسیک

داده‌های زمین شناسی موجود گویای آن است که شرایط کولابی- دریاکناری تریاس پسین تا اوایل ژوراسیک ادامه یافته است. در این زمان (لیاس) با بالا آمدن زمین و گسترش بلندی‌ها، شرایط لازم برای نهشت ردیف‌های آواری و توسعه تورب‌زارها فراهم آمده است. در لیاس پایانی (توآرسین-آلنین) با پیشروی‌های کوتاه مدت دریا، در بخش‌های از منطقه، موجب کاهش وسعت دشت‌های آبرفتی شده و ردیف‌هایی از ماسه سنگ‌های کربناتی دریایی برجای گذاشته شده است. بطور کلی سنگ‌های لیاس- اوایل دوگر، سنگ‌های چند رخساره‌ای از نوع قاره‌های، دریاکناری و دریایی هستند که به تناوب جایگزین یکدیگر شده‌اند. این مجموعه رسوبات سازند شمشک نامیده شده که بطور عموم سیمای فرسوده شده و رنگ تیره دارد.

در منطقه مورد بررسی، سازند شمشک (آسرتو، ۱۹۶۶)، ستبرائی حدود ۱۳۰۰ تا ۱۷۰۰ متر داشته و به دلیل نرم فرسائی، اغلب، ریخت‌شناسی پست و ملایمی دارد و برجستگی‌ها، ناشی از حضور بخش‌های ماسه‌سنگی آن می- باشند. این واحد تشکیل شده است از تناوب‌هایی از شیل‌های خاکستری- سبز - زیتونی- قهوه‌ای رنگ، ماسه سنگ‌های گاهی میکادار دانه ریز- متوسط و درشت گاهی گراول دار و گاهی ماسه‌سنگ کوارتزی با لایه‌بندی‌های از چند تا ۳۰-۶۰ سانتیمتر و گاهی بیشتر خاکستری، سبز، زرد، قهوه‌ای، زیتونی و گاهی قرمز رنگ، سیلت سنگ‌های خاکستری، زیتونی، قهوه‌ای رنگ و رس سنگ‌های قهوه‌ای، خاکی، خاکستری رنگ. گاهی شیل‌های کربن دار تیره رنگ و رگه‌ها و عدسی‌های زغال سنگ نیز مشاهده شده‌اند. آثار شاخ و برگ و ساقه گیاهان خرد و حمل شده، تأییدی بر نابرجا بودن اغلب زغال سنگ‌های ژوراسیک البرز مرکزی است. در بخش‌های بالائی این واحد، ماسه سنگ‌ها وسیلت سنگ‌های خاکستری تا سبز ضخیم لایه تا توده‌ای شکل و نیز گاهی میان لایه‌های کنگلومرای کوارتزار دیده می‌شوند. آسرتو، این سازند را به چهار زون سنگی بخش نموده و سن هتانژین- باتونین را برای آن پیشنهاد نموده است ولی در منطقه زیرآب، جای گرفته در محدوده شرکت زغال سنگ البرز مرکزی، با بررسی‌های

تفصیلی، سن سازند شمشک را بخشی از کارنین تا باتونین پیشین می‌دانند (وحدتی، ۱۳۶۳). در جنوب خاوری برکه پل سفید این سازند شامل چهار بخش می‌باشد که از پایین به بالا شامل:

- شیل‌های خاکستری- سیاه دارای بین لایه‌های ماسه سنگ نازک، متوسط لایه و گاهی ضخیم لایه می‌باشد که گاهی در آن، لایه‌های نازک تا متوسطی از زغالسنگ دیده می‌شود و این بخش با ناپیوستگی هم‌شیب بر روی واحدهای کهن‌تر نشسته است و قرارگیری آن بر روی سازند الیکا، همراه با یک افق لاتریتی در پایه است.

- ماسه سنگ‌ها و ماسه سنگ‌های کوارتزیتی متوسط- ضخیم و گاهی توده‌ای شکل، با بین لایه‌های شیلی که ریخت‌شناسی خشن و صخره‌ساز دارد.

- ردیفی یکنواخت از شیل‌های خاکستری تیره رنگ با ریخت‌شناسی پست و فرورفته می‌باشد و در آن، آمونیت‌های کوچک و بلمنیت دیده می‌شوند.

- ماسه سنگ و ماسه سنگ کوارتزیتی خاکستری- سفیدرنگ متوسط تا ضخیم لایه که ریخت‌شناسی خشن و صخره‌ساز دارد. در بالا، همبری آن با سازند دلیچای، ناپیوسته ولی هم‌شیب است.

سنگ‌های ژوراسیک میانی- بالایی، ردیف‌های مارنی- آهکی دریایی هستند که در فاصله زمانی دو رخداد زمین- ساختی برجای گذاشته شده‌اند و ویژگی‌های یک چرخه رسوبی بزرگ را دارند. سازند دلیچای معرف نخستین واحد سنگی از رسوب‌های دریایی ژوراسیک البزر است. در این سازند، نوع سنگ‌ها و سنگواره‌ها نشانگر نهشت در یک محیط دریایی است که با شرایط دریاچه‌ای- مردابی نهشته‌های زیر آن (گروه شمشک) و ردیف کربناتی ستبر لایه بالایی (سازند لار) تفاوت آشکار دارد. به گونه‌ای که سازند مارنی دلیچای نقش یک لایه راهنمای زودفرسای مایل به سبز دارد که ردیف‌های تیره رنگ زغال‌دار پایینی را از صخره‌های بلند رویی جدا می‌کند. در منطقه مورد مطالعه این سازند شامل تناوب‌هایی از مارن، مارن آهکی و سنگ آهک مارنی گاهی چرت‌دار سبز روشن، کرم، خاکستری، قهوه‌ای رنگ و گاهی ماسه سنگ‌ها و سیلت سنگ‌های سست زرد، زیتونی رنگ می‌باشد. در بخش‌هایی از منطقه از جمله نقشه زمین‌شناسی قائم‌شهر نهشته‌هایی هم‌ارز این سازند و بیشتر با رخساره‌های تخریبی، با ستبراهایی اغلب از چند تا چند ده متر، با ناپیوستگی فرسایشی هم‌شیب، بر روی سازند شمشک جای گرفته و در سوی بالا نیز، سازند لار در اکثر نقاط با ناپیوستگی بر روی آنها قرار گرفته است. در رخنمون‌های گوناگون، تغییرات رخساره‌ای زیادند. انواع ماسه سنگ‌های آهکی و ماسه سنگ‌های زرد، آجری، پسته‌ای، خاکستری، خاکستری تیره و یا قرمز، شیل، شیل سیلتی- ماسه‌ای و شیل آهکی قرمز، سبز، خاکستری، سیلت سنگ‌های زردرنگ شیلی، مارن و مارن رسی آجری رنگ، گاهی بین لایه‌های ۱۰ - ۱۵ سانتیمتری کنگلومراهای آهکی با



ندول‌های فراوان، سنگ آهک و سنگ دولومیتی گاهی دارای پکتن، اینوسراموس و دو کفه‌ای های دیگر و نیز بازوپاهای رنکونلا و اسپیریفر دیده شده اند (وحدتی دانشمند، ۱۳۸۲).

سنگ آهک‌های کوهساز ژوراسیک بالایی سازند لار نام دارد که در منطقه مورد مطالعه این سازند به دو بخش پایینی و بالایی تفکیک شده است. بخش پایینی شامل سنگ آهک و گاهی سنگ آهک‌های دولومیتی نازک لایه تا متوسط لایه گاهی چرت‌دار خاکستری، حاوی آمونیت و بلمنیت است. بخش بالایی که اغلب ضخیم‌تر از بخش پایینی است، شامل سنگ آهک و سنگ‌آهک دولومیتی متوسط تا ضخیم لایه خاکستری روشن، قرمز، قهوه‌ای گاهی ستیغ‌ساز است که در آنها گرهک‌ها و نوارهای چرت و خرده صدف دوکفه‌ای‌ها و بازوپایان، آلگ، بریوزوا، خارپوستان و ... دیده می‌شود. در منطقه رخنمون‌هایی پرفسیل از این بخش، با سن کیمریجین - پرتلاندین شناخته شده که توسط وحدتی (۱۳۶۳) بعنوان عضو سفید ریز از سازند لار شناسانده شده و در برخی نقاط دربرگیرنده لایه‌های گذر به کرتاسه پایینی نیز هستند. عضو سفید ریز در ورقه پل سفید گسترش و ستبرای شایان توجهی دارد. بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی سن ژوراسیک پسین برای آن در نظر گرفته شده است. (نقشه قائم‌شهر) بررسی ویژگی‌های رسوبی سازند لار در برش‌ها و برونزدهای گوناگون نشان می‌دهد که حوضه رسوبی این سازند در همه جا شرایط و ژرفای یکسان نداشته است. به گونه‌ای که رخساره‌های پلاژیک با سرایشی مناسب همراه با لغزش‌های گرانشی، رخساره‌های جلوی ریف، رخساره‌های ریفی و سرانجام رخساره پشت ریف از چهره‌های شاخص سازند لار هستند (آقاناتی، ۱۳۸۵).

هم‌ارزهای سازند آهکی لار عبارتند از سازند مزدوران در کپه داغ، سنگ آهک اسفندیار در کوه‌های شتری، سنگ آهک پکتن‌دار در شمال کرمان، سازند قلعه دختر در خاور کوه‌های شتری هستند. همچنین بخش بالایی آن با سازند سورمه در زاگرس قابل مقایسه می‌باشد.

۴-۳-۳-۳- کرتاسه

داده‌های زمین‌شناسی حاکی از آن است که دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی، رسوبات کرتاسه پایینی رخنمون‌های گسترده دارد، ولی حرکات زمین ساختی حین و پس از رسوبگذاری، بر سنگهای این زمان اثرگذار بوده‌اند. به نظر صادقی (۱۳۷۸)، ته نشست رسوبات ژوراسیک بالایی (سازند لار)، در محیط فروکشندی تا نیمه عمیق، تا نئوکومین ادامه یافته است. ولی به سمت بالا این رسوبات، به توالی نواحی کم عمق‌تر دریایی با شرایط فروکشندی

تا میان کشندی تبدیل شده‌اند. رسوبات نئوکومین- بارمین، با ناپیوستگی زاویه‌دار و گاه موازی، در زیر سنگ آهک‌های اوربیتولین‌دار آپتین قرار می‌گیرند.

در البرز جنوبی، رخساره چیره سنگ‌های کرتاسه پایین سنگ آهک‌های اوربیتولین‌دار است که به تقریب در همه جا رخساره سنگی همگن و همانند دارد. ریز رخساره سنگ آهک‌های اوربیتولین‌دار آپتین گویای آن است که این رسوبها در محیط‌های دریایی کم عمق با شرایط فروکشندی تا میان کشندی، با انرژی ضعیف تا متوسط نهشته شده‌اند و به طور دگرشیب بر روی سازند لار و یا سنگهای کهن‌تر قرار دارند.

در برکه فیروزکوه واحد کرتاسه زیرین با یک کنگلومرای قرمز رنگ آغاز می‌شود که به عنوان یک سطح فرسایشی و لایه کلیدی بر روی سازند لار و قاعده تیزکوه می‌باشد. در خاور آتشفشان دماوند تا فیروزکوه، بر روی سنگ آهک‌های سازند لار و در زیر سنگ‌آهک‌های سازند تیزکوه ردیفی از مارن، ژپس و سنگ‌های آذرین وجود دارد که بعنوان واحد و یا سازند گچ و ملافیر (گچ و ملافیر دماوند) گزارش شده و شمال تناوبی از مارن‌های رنگارنگ (سبز، قرمز، زرد)، سنگ آهک نازک لایه، ژپس، دیاباز، گچ، دیاباز اوریت و اولیون‌دار به رنگ‌های قرمز تیره، سبز تا سیاه با ساختمان‌های بادامی. مارن‌ها و سنگ‌آهک‌های بخش قاعده‌ای این مجموعه‌ها حاوی سنگواره‌هایی از نوع کاروفیت است که معرف زمان کرتاسه پیشین می‌باشد.

یکی از ویژگی‌های انباشته‌های تبخیری منطقه همراه داشتن سنگ‌های آتشفشانی است. به عقیده آلباخ (۱۹۶۶)، هیچ دلیلی در دست نیست که مواد خروجی موجود در زیر آب شکل گرفته باشند. بدین رو ممکن است گدازه‌های ملافیری پس از عقب‌نشینی کامل دریا و بصورت تاخیری بر روی ردیف‌های گچی بر جای گذاشته شده باشند.

در بین نهشته‌های کرتاسه زیرین منطقه، رسوبات منسوب به سازند تیزکوه گسترده‌ترین رخنمون‌ها را بخود اختصاص داده‌اند. این سازند ردیفی از سنگ آهک‌های ریز دانه و متراکم به رنگ روشن است که آثار فسیلی اوربیتولین از ویژگی این سازند است که سن آپسین را معرفی می‌کند.

ردیف‌های کرتاسه بالا در منطقه مطالعاتی در شرایط رسوبی متفاوتی نهشته شده‌اند و به همین دلیل، تغییر رخساره‌ها در خور توجه است و تاکنون ردیفی که نشانگر ویژگی‌های عمومی کرتاسه بالای البرز جنوبی باشد، قابل نامگذاری و معرفی نبوده است.

در منطقه فیروزکوه اشتایگر (۱۹۶۶) رسوبات کرتاسه بالایی را به سه واحد C2، C3 و C4 تقسیم کرده است. واحد C2 شامل آهک میکریتی و اسپارایتی همراه با یک کنگلومرای قاعده‌ای است که مرز زیرین این واحد با سازند تیزکوه هم شیب و تدریجی است و بر پایه مطالعات دیرینه‌شناسی سن سنومانین- تورنین به آن نسبت داده شده

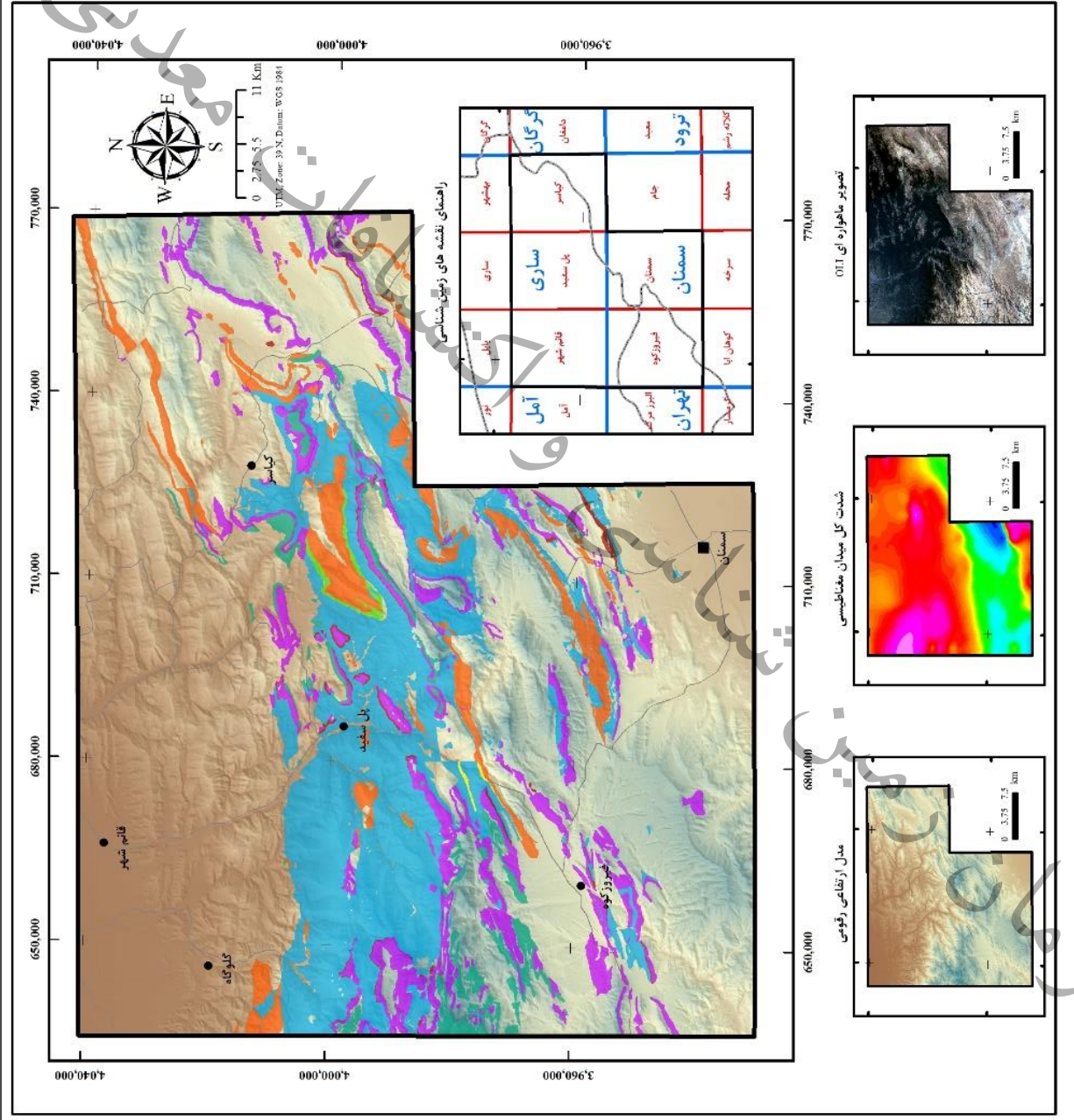
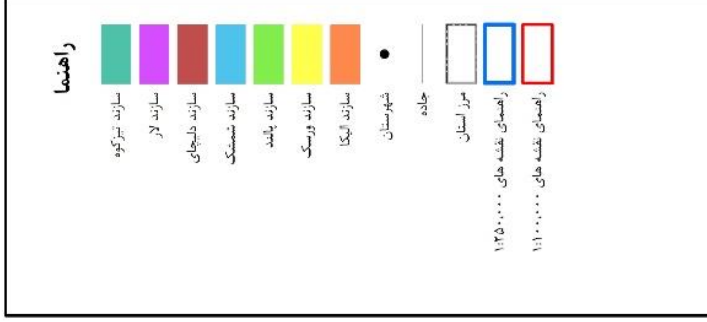


است. واحد C3 با سن تورنین بالایی - سنونین زیرین شامل آهک بیواسپارایتی و آهک میکریتی و مارنی می باشد. واحد C4 نیز شامل آهک زیستی - تخریبی به سن سنونین است که با یک کنگلومرای محلی قاعده‌ای و با ناپیوستگی زاویه‌دار بر روی واحدهای قبلی قرار می‌گیرد.

نهشته‌های کرتاسه بالا در برگه پل سفید تغییرات جانبی زیادی دارد. در بخش جنوب خاوری نقشه (دامنه‌های جنوبی البرز) و ناودیس هیکو، ۱۲۵ متر سنگ آهک بایومیکرایتی تا بایومیکرواسپارایتی خاکستری تا خاکستری روشن ضخیم لایه تا توده‌های شکل رخنمون دارد که با ناپیوستگی هم شیب بر روی سازند تیزکوه قرار گرفته و در بالا توسط سنگ‌های آتشفشانی و توف‌های کرتاسه بالا و در برخی نقاط با سازند فاجان بصورت ناپیوسته پوشیده شده است. در بخش‌های میانی نقشه، تناوبی از سنگ‌آهک و مارن‌هایی به سن تورنین تا ماستریشتین مشاهده می‌شود که با ناپیوستگی بر روی سازند تیزکوه قرار گرفته است که در رخنمون‌های خاوری منطقه، بخش‌های آهکی یا مارنی آن قابل جداسازی هستند. در نواحی باختری نیمه شمالی نقشه، تناوبی از مارن‌های خاکستری - قهوه‌ای قرمز گاهی دارای میان لایه‌های سنگ آهک ماسه‌ای سخت به رنگ خاکستری دیده می‌شود که دارای سنگواره‌های آمونیت، گاستروپدا و دوکفه‌ای اینوسراموس است. این واحدها توسط نهشته‌های جوانتر با ناپیوستگی هم شیب پوشیده شده‌اند.

در برگه‌های زمین‌شناسی قائم‌شهر و کیاسر نهشته‌های کرتاسه بالا در شش کیلومتری باختری فیل‌بند و جنوب روستای ارا و جنوب بالاده، تناوبی از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری است که با ناپیوستگی هم شیب بر روی سازند تیزکوه جای گرفته‌اند. این سنگ‌ها بیشتر شامل دیابازهای سبز تیره تا سیاه رنگ ضخیم لایه و نیز سنگ‌های آندزیتی - بازالتی همراه با آذرآواری‌ها، توفیت، توفیت ماسه‌دار و آگلومراهای قهوه‌ای - سبز رنگ به سن سنومانین است. در بخش‌های میانی نقشه، ردیفی از مارن‌ها و سنگ آهک‌های خاکستری روشن متمایل به سبز و کرم رنگ، سنگ آهک‌های ماسه‌ای گلوکونیت دار قهوه‌ای - خاکستری، سنگ آهک‌های مارنی و نیز تناوب مارن، مارن‌های آهکی و مارن سیلت‌دار مشاهده می‌شود که با ناپیوستگی بر روی واحدهای قبل قرار گرفته‌اند. در بخش‌های میانی منطقه از جنوب وسطی کلا (باختر) تالفورک و جنوب جوارم (خاور) ردیفی از مارن‌ها، مارن‌های سیلت‌دار و گاهی مارن‌های آهکی خاکستری سبز، با میان لایه‌های سنگ آهک مارنی، سیلت سنگ‌های آهکی و تناوب ماسه‌سنگ آهکی خاکستری مشاهده می‌شود (شکل ۴-۷).

نقشه بروز د سازندهای مزوزوئیک



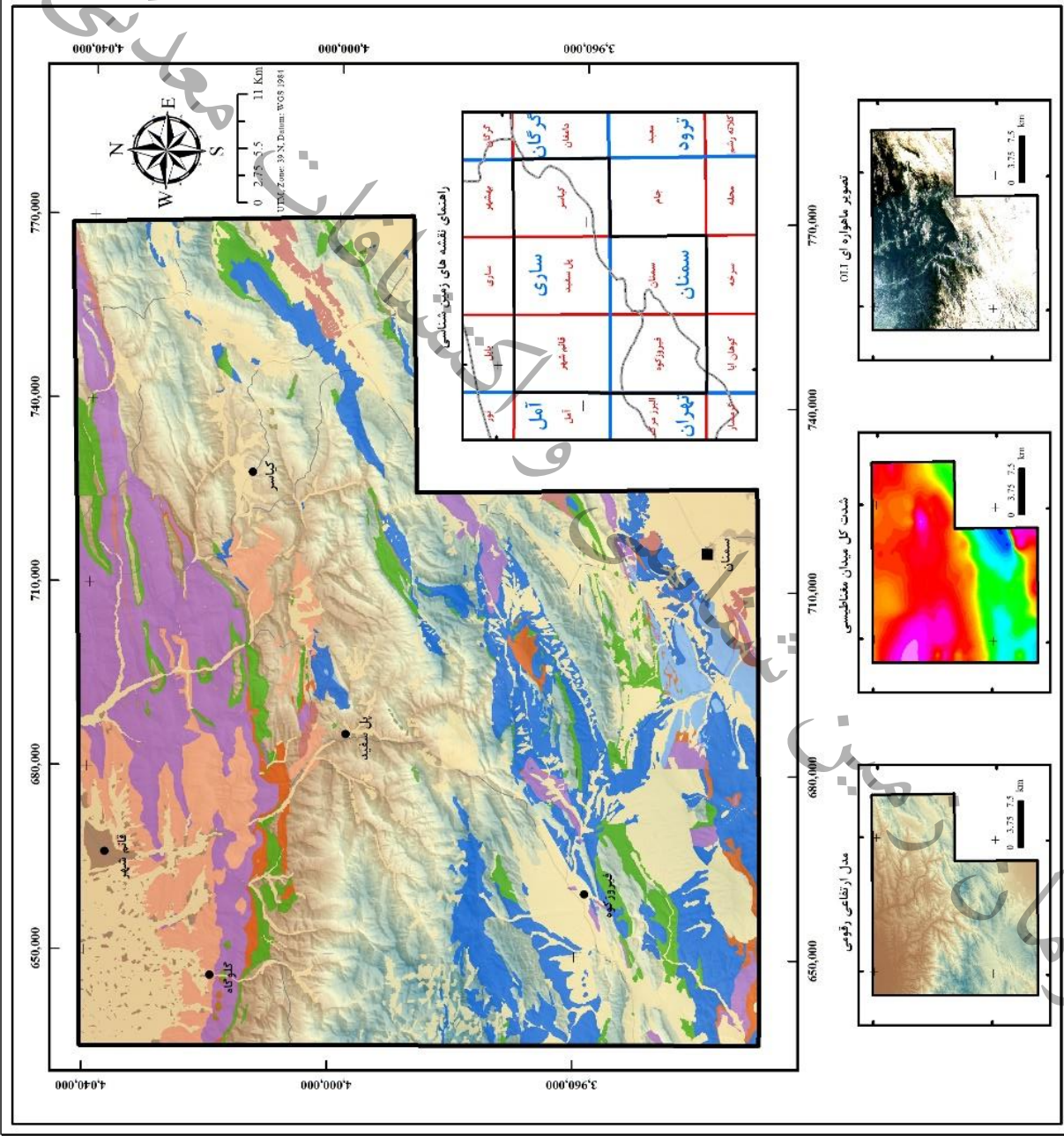
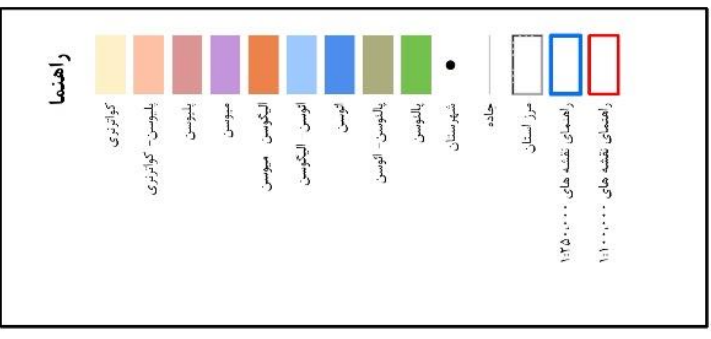
شکل ۴-۷- نقشه بروز د سازندهای مزوزوئیک



۴-۳-۴- سنوزوئیک

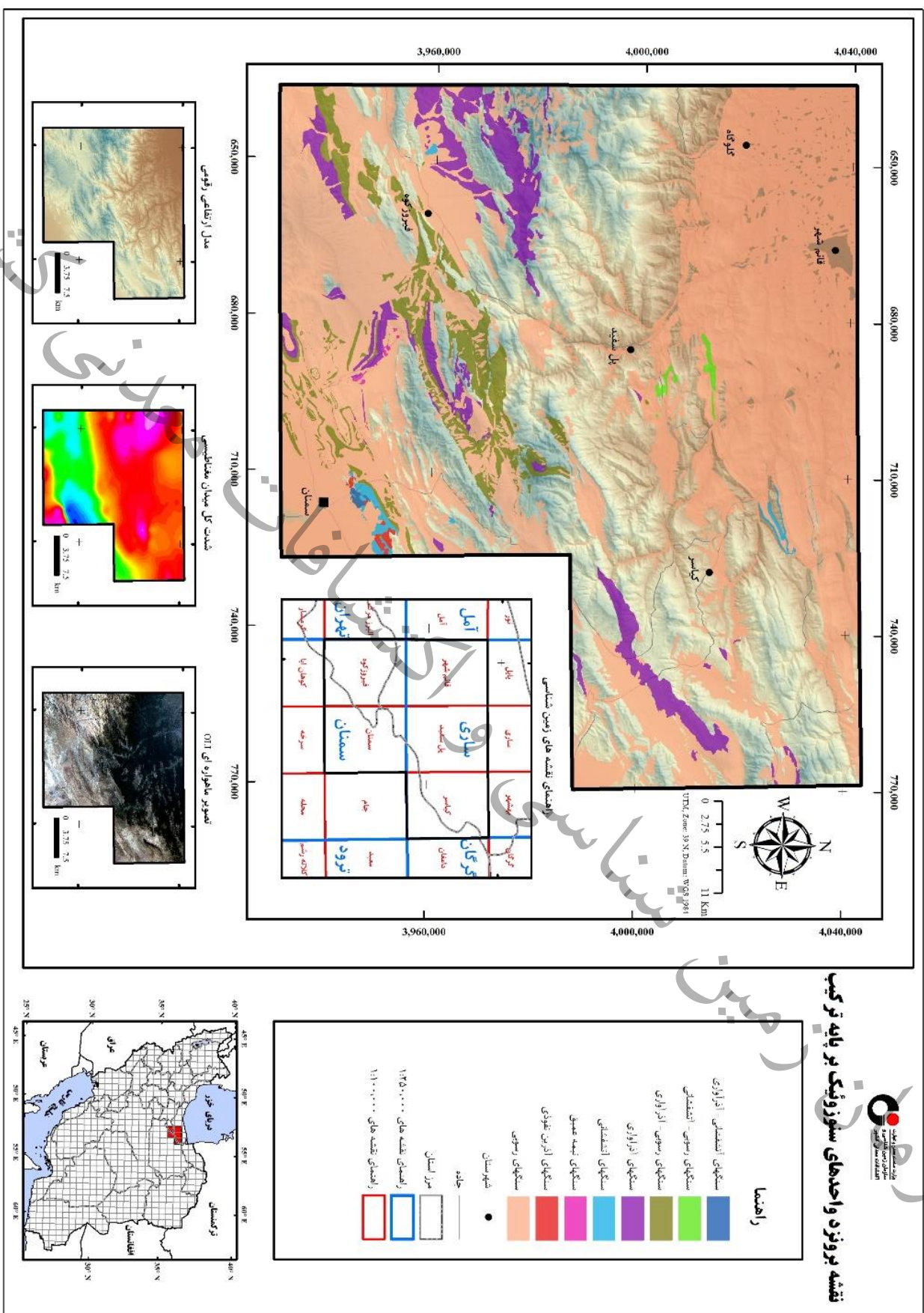
بر اثر کوهزایی اواخر کرتاسه (لارامید)، در البرز جنوبی، توالی ستبری از رسوب‌های دریایی پالئوژن و نهشته‌های قاره‌ای نئوژن دیده می‌شود. به ظاهر رویداد زمین‌ساختی لارامید سبب شده تا گستره‌های وسیعی از منطقه در پالئوسن از آب خارج بوده و رخساره‌ها غالباً قاره‌ای (سازند کنگلومرای فجن) باشد این سنگها به تدریج به سنگ آهک‌های نومولیت‌دار دریای کم عمق ائوسن زیرین می‌رسد. در ائوسن میانی، حجم درخور توجهی از توف و توفیت‌های سبز، در حوضه در حال فرونشینی البرز جنوبی نهشته شده که سرانجام به رسوب‌های کم عمق و تبخیری ائوسن بالایی می‌رسد. در مرز ائوسن- الیگوسن، رخداد زمین‌ساختی پیرنئن موجب خروج گسترده البرز جنوبی شده و به همین رو توالی الیگوسن در البرز جنوبی وجود ندارد. ولی در حوضه‌های میان کوهی این بلندی‌ها، توالی‌هایی از رسوبات قاره‌ای اکسیدی وجود دارد که ویژگی‌های سنگی آنها، مشابه ردیف‌های نئوژن (سازند سرخ بالایی) ایران مرکزی است. به دنبال رخداد زمین‌ساختی میوسن پسین- پلیوسن (فاز آتیکان)، چرخه‌های فرسایشی شدیدی بر منطقه چیره شده که حاصل آن، فرسایش شدید بلندی‌ها و پر شدن سریع گودی‌ها با رسوبات آبرفتی- کوهپایه‌ای است (اشکال ۴-۸ و ۴-۹).

نقشه پروژند واحد‌های سنزورنیک بر پایه سن



شکل ۴-۸- نقشه پروژند واحد‌های سنزورنیک بر پایه سن

نقشه بروزن واحدهای سنوزونیک بر پایه ترکیب



شکل ۴-۹- نقشه بروزن واحدهای سنوزونیک بر پایه ترکیب

۴-۳-۱- پالئوسن

در منطقه مورد مطالعه رخساره پالئوسن، سازند قاره‌ای (سازند کنگلومرای فجن) است که در کمتر مکانی آثار فسیل از آن گزارش شده است. اشتایگر (۱۹۶۶)، در ناحیه فیروزکوه لایه‌های آهکی حاوی استراکودا را به پالئوسن نسبت داده است. این سازند نشانگر چرخه فرسایشی پس از رویداد کوهزایی لارامید است که به طور عموم نهشته‌های کهن‌تر را با دگرشیبی می‌پوشاند. سازند فجن شامل یک بخش کنگلومرای است که با رنگ قرمز-خاکستری در منطقه رخنمون دارد و یک بخش شامل تناوب لایه‌های ماسه سنگ، شیل و مارن قرمز رنگ است. سازند فجن، بطور دگرشیب سنگ‌های کرتاسه می‌پوشاند و در بالا، با سازند زیارت یا سازند کرج هم شیب است. در برخی نقاط مانند باختر فیروزکوه (ناودیس کبودکوه)، دو سازند فجن (در زیر) و زیارت (در بالا) در زمان و مکان با یکدیگر ارتباط بین انگشتی دارند. با وجود داشتن آلئولین و نومولیت، سازند فجن بیشتر بر اساس جایگاه چینه‌شناسی به سن پالئوسن- ائوسن دانسته شده است ولی با توجه به اینکه در پاره‌ای نقاط، رویداد کوهزایی لارامید سن پس از دانین دارد و با تکیه بر پیوند تدریجی و بین انگشتی دو سازند فجن و زیارت احتمال ائوسن بودن این نهشته‌های کنگلومرای بیشتر است.

در برکه پل سفید رخنمون‌های سازند فجن بر مبنای رخساره سنگی به واحدهای مختلفی تقسیم شده است. از نگاه رخساره، به ویژه جایگاه چینه‌شناسی، سازند فجن را می‌توان با ردیف‌های هم رخساره در ایران مرکزی (کنگلومرای کرمان)، کپه داغ (سازند پسته‌لیق) و حتی بخش شیل ارغوانی سازند پابده در زاگرس مقایسه کرد.

۴-۳-۲- ائوسن

سازند آهکی زیارت نشانگر واحدی از سنگ آهک نومولیت‌دار به سن پالئوسن- ائوسن میانی است که بطور معمول در با پایه‌ای کنگلومرای با ناپیوستگی بر روی سازند فجن قرار می‌گیرد. در برخی محل‌ها این سازند جایگاه چینه‌شناسی خود را ندارد و ممکن است شامل چند واحد آهکی باشد که در پایین با سازند فجن و در بالا با سازند کرج تناوب و ارتباط بین انگشتی دارد (سلامتی، ۱۳۹۶).

سازند کرج در منطقه مورد مطالعه گسترش نسبتاً وسیعی داشته و بطور مثال در برکه فیروزکوه شامل تناوبی از توف، توفیت و شیل است که دارای میان لایه‌هایی از سنگ آهک فسیل‌دار، مارن، ماسه‌سنگ، سنگ گچ، توف‌های برشی و گدازه‌های حدواسط و بازیک است. توف‌های سازند کرج بیشتر به رنگ سبز و از نوع توف شیشه‌های هستند. از نظر دانه‌بندی بیشتر آنها در خاکستر توف و به مقدار کمتر لاپیلی توف و برش توف می‌باشد. این واحد



اغلب با قاعده‌ای از نهشته‌های کنگلومرای- آهکی سازند فجن و زیارت بر روی سطوح فرسایشی قدیمی تر قرار گرفته است. نهشته‌های سازند کرج بیشتر فرورفتگی‌ها و ناودیس‌های قدیمی را پر کرده است. در بخش جنوبی برکه فیروزکوه و در تریاس پایانی ردیفهایی شامل لایه‌هایی از مارن‌های توفی و توف به رنگ سبز-آبی همراه با افق‌هایی از گچ و میان لایه‌هایی از مارن و ماسه‌سنگ مشاهده می‌شود. در بررسی‌های انجام شده در برکه زمین-شناسی پل سفید، از اذان ده تا سعید آباد و در جنوب گسل بزرگ شمال البرز، نهشته‌های کم و بیش هم‌ارز سازند کرج (ددوال، ۱۹۶۷) و نیز سازند زیارت ولی با رخساره‌هایی متفاوت بوجود آمده‌اند. این رخساره‌ها شامل سنگ‌آهک میکرواسپارایتی گلوکونیت‌دار به سن ائوسن پیشین، سنگ آهک‌های نومولیت‌دار با میان لایه‌های مارن خاکستری-سبز با سن ائوسن میانی- پسین، سنگ آهک‌های توفی میکرایتی تا میکرواسپارایتی خاکستری روشن با سن ائوسن میانی، تناوب مارن و سنگ آهک به سن ائوسن پایینی- میانی- بالایی می‌باشد. در مرز ائوسن- الیگوسن ردیفی از نهشته‌های مارنی نرم فرسای قهوه‌ای و تناوب‌هایی از مارن و سنگ آهک سبز-خاکستری و میان لایه‌هایی از گدازه‌های به شدت فرسوده و همچنین توفی، ماسه سنگ توفی به همراه افق‌هایی از گچ در منطقه برونزد یافته است.

۴-۳-۴- الیگومیوسن

در ادبیات پیشین زمین‌شناسی، اولیگوسن- میوسن پیشین هم به مانند ائوسن، در دامنه‌های شمالی البرز، به علت بالازدگی (Uplift)، ناموجود پنداشته شده و گمان بر این بوده که پیشروی دریا، از میوسن میانی شروع شده است. در نواحی باختری البرز مرکزی، برای نخستین بار و به صورتی مستند، وجود نهشته‌هایی هم‌ارز سازند قم (و نیز سازند قرمز پائینی) شناسائی و معرفی گردید (وحدتی، ۱۳۷۸). زودتر از آن و در نواحی خاوری البرز مرکزی، حضور چنین نهشته‌هایی شناسانده شده بود (وحدتی، ۱۳۶۳) ولی، در بررسی‌های جدید منطقه مورد مطالعه، گسترش و دانسته‌های بیشتری از آنها، فزون بر موارد قبلی، به شرح زیر، شناخته گردیده و با اطمینان بیشتری، هم‌ارز سازند قم حوضه ایران مرکزی (شرکت ملی نفت ایران، ۱۹۵۹) در نظر گرفته شده‌اند (شکل ۴-۱۰). در پهنه مطالعاتی و در نیمه جنوبی برکه زمین‌شناسی فیروزکوه تناوبی از کنگلومرا، ماسه‌سنگ، مارن و گچ به رنگ قرمز روشن تا نارنجی برونزد یافته است که در آن لایه‌های گچ به رنگ سفید و خاکستری نمایان هستند. این واحد هیچ فسیلی ندارد و به دلیل قرارگیری آن در زیر سازند قم و شباهت‌های سنگی با سازند قرمز زیرین زمان تشکیل آن به الیگوسن نسبت داده شده و هم‌ارز سازند قرمز پایین در نظر گرفته شده است.

نهشته‌های هم ارز سازند قم در برکه‌های زمین‌شناسی فیروز کوه، قائم‌شهر، پل سفید و سمنان برونزد یافته است و غالباً شامل دو قسمت می‌باشد. یک قسمت شامل مارن، مارن سیلت‌دار، مادستون، سیلت سنگ‌های سست آهکی خاکستری، قرمز، قهوه‌ای، زرد، خاکی رنگ و نیز در برخی نقاط، تناوب‌های مارن با درون لایه‌های نازک و گاهی ضخیم سنگ آهک و سنگ آهک مارنی سفید، خاکستری، سبز روشن گاهی صدف‌دار و گاهی سنگ آهک ماسه‌ای قهوه‌ای رنگ و میان لایه‌های نادر کنگلومرا می‌باشد. نزدیک به پایه، دو تا سه متر لایه‌های نازک تا متوسط گچ (همسان گچ تحتانی سازند قم) ممکن است دیده شوند و نیز در ۶۰ تا ۷۰ متر بالاتر از آن، در برخی جاها، طبقات گچ به سببرای تا ۷-۸ متر (همسان عضو گچ d سازند قم) مشاهده شده‌اند. بخش بعدی شامل تناوب‌های پرشماری از کنگلومراهای تا چند متر سببرای و نیز کنگلومراهای دانهریز کوارتزار، بهمراه مارن‌ها، مارن‌های سیلت‌دار، ماسه سنگ‌های آهکی گاهی کوارتزار، سیلت سنگ‌های آهکی و سنگ آهکی ماسه‌ای، به رنگ‌های سفید، خاکستری روشن، زرد، قهوه‌ای روشن دیده می‌شوند. اکثر قلوه‌های کنگلومراها از سنگ آهک‌های واحدهای کهن‌ترند و قلوه‌های نومولیت‌دار آنها، به سن ائوسن میانی- پسین تشخیص داده شده‌اند و لذا، این واحد از اولیگوسن کهن‌تر، نمی‌تواند باشد. این واحدها با ناپیوستگی بر روی نهشته‌های قدیمی‌تر برونزد یافته‌اند.

۴-۳-۴-۴- میوسن

نهشته‌های میوسن غالباً در شمال برکه زمین‌شناسی پل سفید، مرکز برکه زمین‌شناسی قائم‌شهر و در جنوب و خاور برکه‌های زمین‌شناسی سمنان و فیروز کوه برونزد یافته است و از تغییرات جانبی وسیعی از لحاظ ضخامت و لیتولوژی برخوردار است. این نهشته‌ها کم و بیش، هم ارز سازند قرمز بالائی حوضه ایران مرکزی (شرکت ملی نفت ایران، ۱۹۵۹) هستند و بطور عمده شامل تناوب‌های مارن، شیل، ماسه سنگ، کنگلومرا با افق‌هایی از گچ و نمک به رنگ خاکستری روشن- قرمز و زیتونی می‌باشد (سلامتی، ۱۳۹۶). در برخی نقاط، در بالای آنها، پیدایش بین لایه‌های کنگلومرائی، نشان از کم عمق شدن تدریجی حوضه رسوبی دارند. انواع مارن، مارن سیلت‌دار، مارن رسی، مادستون، ماسه سنگ‌ها و سیلت سنگ‌های آهکی سخت و یا سست، سنگ آهک‌های ماسه‌ای گاهی الیتی و یا گلوکوئیتی سخت و یا سست، با لایه‌بندی از ۱۰ تا ۵۰ سانتیمتر و گاهی ضخیم لایه تا توده‌ای شکل در منطقه دیده شده‌اند. در بررسی‌های میکروسکوپی و نیز نمونه‌های نرم و بر اساس فسیل‌های موجود، سن میوسن میانی- پسین برای آن تشخیص داده شده است تشخیص داده شده‌اند. میکروفسیل پلانکتون اوربولینا در منطقه نشان از آن



دارد که دریای پاراتیس در آن زمان، دریائی بزرگ و باز بوده و برخلاف شرایط دریاچه‌ای که از اوایل کواترنری (اشکوب آپشرون) شروع گردیده، به حد کافی با دریاهای آزاد، ارتباط داشته است (وحدتی دانشمند، ۲۰۰۳).

۴-۳-۴-۵- پلیوسن

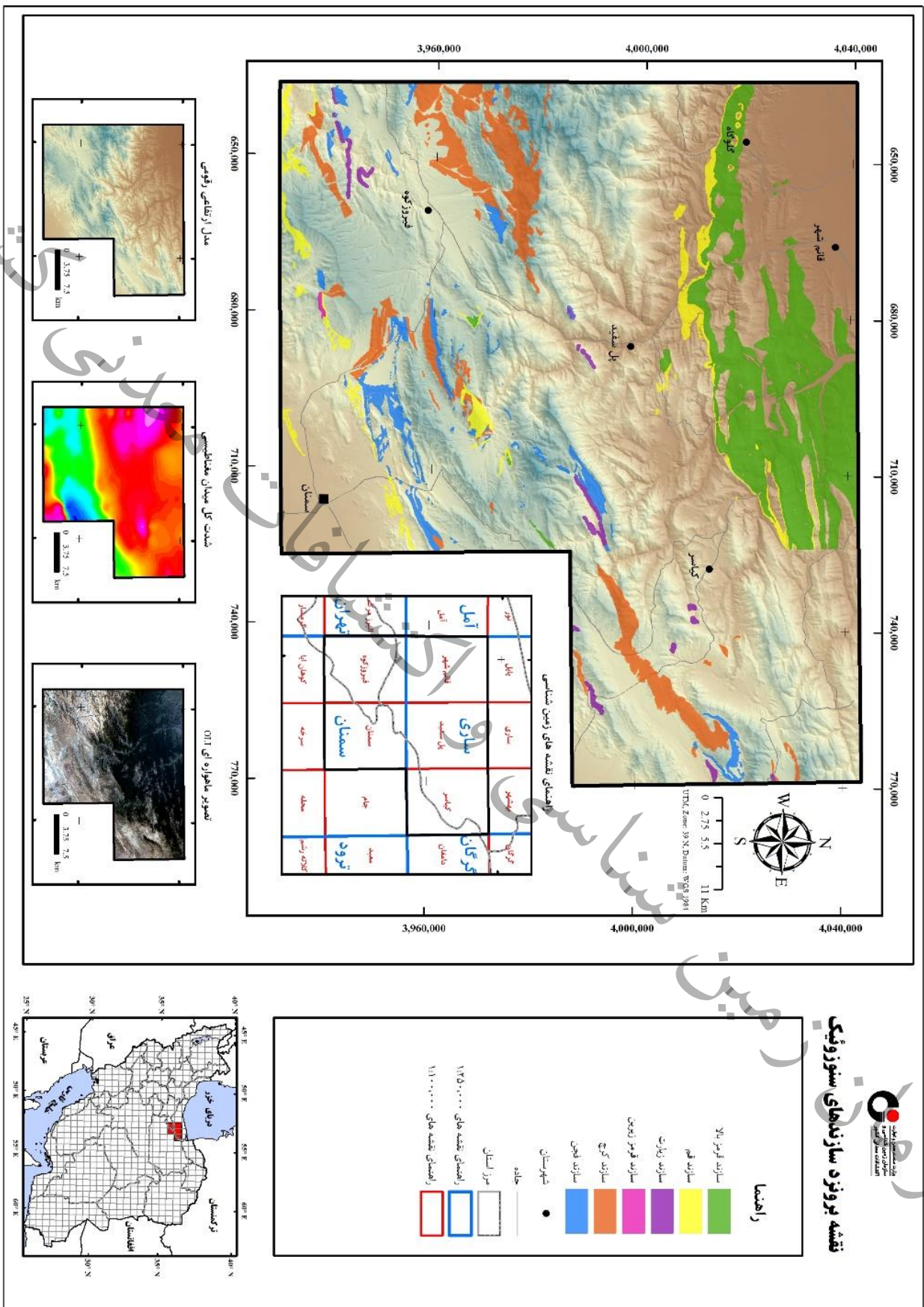
به دنبال رخداد زمین‌ساختی میوسن پسین- پلیوسن (فاز آتیکان)، چرخه‌های فرسایشی شدیدی بر منطقه چیره شده که حاصل آن، فرسایش شدید بلندی‌ها و پر شدن سریع گودی‌ها با رسوبات آبرفتی- کوهپایه‌ای است. این مجموعه شامل تناوب‌های کنگلومرا، مارن قرمز رنگ سیلت‌دار و گاهی میان لایه‌های ماسه سنگی و سیلت می‌باشد که با ناپیوستگی (دگرشیب و یا هم شیب) بر روی واحدهای قدیمی‌تر قرار گرفته‌اند. در بخش‌هایی از منطقه مورد مطالعه در برکه‌های زمین‌شناسی پل سفید و قائم‌شهر، بر روی نهشته‌های میوسن بالائی و با ناپیوستگی شدید و گاهی زاویه‌دار، تناوبی از کنگلومرا، ماسه سنگ، سیلت سنگ، مارن سیلت‌دار، مارن و مادستون، به رنگ‌های خاکستری، قرمز، زرد، کرم، قهوه‌ای روشن و خاکی رنگ قرار گرفته‌اند و کم و بیش، هم‌ارزهای درشت دانه سازندهای چلکن و آچه‌گیل به شمار می‌آیند. کنگلومراها، چندزادی، با قلوه‌های نا هم اندازه از چند تا ۱۰-۱۵ سانتیمتر و گاهی ۱-۲ متر قطر، نیمه مدور تا مدور و گاهی زاویه‌دار، در خمیره‌ای سیلتی- مارنی- ماسه‌ای، با لایه‌بندی از چند سانتیمتر تا ضخیم لایه و گاهی توده‌ای شکل هستند. ماسه‌سنگ‌ها و سیلت سنگ‌های سست و یا سخت، گاهی دانه درشت، میکروکنگلومرائی و گراول دارند. گاهی، بین لایه‌ی نادر سنگ آهک ماسه‌ای صدف‌دار نیز دیده شده است. در شرق گردشی (تپه سرمحله)، با تغییرات جانبی زیاد، مارن‌ها و رس‌های نرم فرسای بدون لایه‌بندی خاکستری- خاکی رنگ دارای قلوه‌ها و تخته سنگ‌های پراکنده به اندازه تا ۴ الی ۵ متر قطر هم ارز این واحد، نهشته شده‌اند. در شمال باختری ورقه و در هم‌ارزهای ریزدانه‌تری از این واحد، در یک افق لوماشلی، فسیل‌هایی به سن پلیوسن تشخیص داده شده‌اند که این مجموعه تحت عنوان سری قاره‌ای (شرکت ملی نفت ایران، ۱۹۵۹) معرفی شده است (وحدتی دانشمند، ۲۰۰۳).

۴-۳-۴-۶- کواترنری

نهشته‌های کواترنری بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته است و بطور غالب شامل نهشته‌های سخت نشده و چین‌خورده پرکننده دره‌ها که تداعی کننده شرایط حوضه‌های بسته و گاهی دریاچه‌ای موقت است، نهشته‌های کنگلومرای مخروط‌افکنه‌ای، پادگانه‌های آبرفتی قدیمی، پادگانه‌های آبرفتی جوان، انباشته‌ای آبرفتی

سخت نشده و بهم نچسبیده، نهشته‌های چشمه‌ای، تراورتن و می‌باشد. پادگانه‌های آبرفتی قدیمی از درجه چسبندگی به نسبت ضعیف و مورفولوژی تپه ماهوری برخوردارند. اجزای تشکیل دهنده آنها به طور اعم شامل گراول‌های آهکی و ماسه‌سنگ است که در زمینه سیلتی-رسی قرمز رنگ قرار دارد. پادگانه‌های آبرفتی جدیدی شامل رسوبات سخت نشده یا غیرپیوسته‌ای هستند که با مورف تپه ماهوری و بصورت دگرشیب بر روی واحدهای قدیمی‌تر گسترش و پراکندگی دارند. از دیدگاه کلی این رسوبات دارای برخی مشخصه‌های یکسان و مشترک هستند که آنها را از نهشته‌های قدیمی‌تر متمایز می‌سازد. این ویژگی‌ها شامل لایه‌بندی افقی و عدم چین و گسل خوردگی، جورشدگی، گرد شدگی و سخت شدگی ضعیف و فرسایش پذیری بالا می‌باشد (سلامتی، ۱۳۹۶).

شکل ۴-۱- نقشه بروز سازندهای سنزوتیک



۴-۴- زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک

بطور معمول، رشته کوه‌های البرز در جنوب، دارای راندگی‌های پرشیب به سوی جنوب و در شمال، دارای راندگی‌های پرشیب به سوی شمال است ولی، گسل شدگی‌های عادی (نرمال)، چین خوردگی‌ها و الگوی هورست-گرابن‌های لوزی شکل (وحدتی، ۱۳۶۳)، نیز بهمان اندازه مهم هستند. حضور انواع سامانه‌های (سیستم) گسل‌های قائم، عادی، راستالغز، رانده، معکوس بزرگ زاویه و یا اریب لغز، با هر دو جهت شیب به سوی شمال و یا جنوب، در سرتاسر منطقه مورد مطالعه، مبین آن است که به الزام، همگی آنها، مربوط به یک دوره و یا زمان خاصی نیستند و لذا، در پاسخ به استرس‌های جوان تر بعدی، رفتارهایی چندگانه و پیچیده داشته‌اند. بیشتر گسل‌های مهم منطقه از نوع رانده و یا معکوس و بزرگ زاویه هستند و در تلفیق با سایر پدیده‌های زمین‌ساختی، نقشی بسزا، در دگرریختی‌های منطقه داشته‌اند (اژدری، ۲۰۰۲). از نگاه کلی، ساختمان‌های منطقه مورد بررسی، در دو دسته عمده به شرح زیر، گروه بندی شده‌اند:

الف - گسل‌ها و شکستگی

ب - چین خوردگی‌ها

۴-۴-۱- گسل‌ها و شکستگی‌ها

به طور معمول، رشته کوه‌های البرز در جنوب، دارای راندگی‌های پرشیب به سوی جنوب و در شمال، دارای راندگی‌های پرشیب به سوی شمال است. ولی گسل شدگی‌های عادی (نرمال)، چین خوردگی‌ها و الگوی هورست-گرابن‌های لوزی شکل (وحدتی، ۱۳۶۳)، نیز بهمان اندازه هستند. حضور انواع سامانه‌های گسل قائم، عادی، راستالغز، رانده، معکوس بزرگ زاویه و یا اریب لغز، با هر دو جهت شیب به سوی شمال و یا جنوب، در سرتاسر منطقه مورد مطالعه، مبین آن است که به الزام، همگی آنها، مربوط به یک دوره و یا زمان خاص نیستند و لذا، در پاسخ به استرس‌های جوان تر بعدی، رفتارهایی چندگانه و پیچیده داشته‌اند. بیشتر گسل‌های مهم منطقه از نوع رانده و یا معکوس و بزرگ زاویه هستند و در تلفیق با سایر پدیده‌های زمین‌ساختی، نقش بسزایی در دگرریختی‌های منطقه داشته‌اند. عمده راستای گسل‌های رانده، شمال خاوری- جنوب باختری و شیب آنها به هر دو سوی شمال-شمال باختری و نیز جنوب- جنوب خاوری می‌باشد. عمده روند گسل‌های راستالغز، شمال خاوری- جنوب خاوری (بیشتر با حرکت چپ‌بر) و نیز شمال باختری- جنوب خاوری (بیشتر با حرکت راست‌بر) می‌باشند. گاهی گسل‌های



اریبلغز، دارای ترکیبی از حرکات شیب لغز و امتداد لغز نیز دیده می‌شوند (وحدتی دانشمند، ۲۰۰۳) (شکل ۴-۱۱).

گسل آستانه

طول این گسله ۱۰۰ کیلومتر می‌باشد (نظری، ۲۰۰۶). این گسله در باختر روستای آستانه در شمال باختر شهر دامغان قرار گرفته است. راستا و شیب صفحه گسل گسله، شمال خاوری- جنوب باختری با شیب به سوی شمال باختر می‌باشد و سازوکار این گسله زاستالغز چپ‌بر اما به گمان هالینگورث و همکاران (۲۰۰۸)، سازوکار گسله به صورت راندگی با مولفه چپ‌بر است. گسله آستانه جوان‌ترین نهشته‌های بادزنی آبرفتی به صورت چپ‌بر به میزان ۴۵ متر جابجا کرده است. به علاوه جابجایی چپ‌بر کلی در سرتاسر گسله آستانه ممکن است توسط بازسازی جابه‌جایی سنگ ماسه‌های سازند کامبرین لالون و سنگ دولومیت‌های سازند تریاس الیکا ۳۰-۴۰ کیلومتر برآورد شده است (هالینگورث و همکاران، ۲۰۰۸). این گسله رسوبات آبرفتی کواترنری را به روشنی بریده و همراه با آن‌ها آبراهه‌ها را نیز به شکل چپ‌بر جابجا نموده است. در جنوب باختری چشمه علی نیز بریدگی رسوبات کواترنری به روشنی دیده می‌شود. همچنین می‌توان بریدگی سنگ‌های قدیمی‌تر را بر روی گسله به روشنی مشاهده نمود، به گونه‌ای که بخش‌های شمال خاوری گسله سنگ آهک‌های سازند لار به سن ژوراسیک بالایی (مالم) را بریده است و گاه مرز این سنگ‌ها را با سنگ‌های ماسه‌های ائوسن تشکیل می‌دهد. در بخش‌های میانی، گسله از میان سنگ ماسه‌های سازند شمشک گذاشته و به سوی جنوب باختر وارد سنگ جوش‌های سست پلیوسن- کواترنری می‌شود. ساختارهای همراه، ایجاد سطوح تخت سه گوش در رسوبات کواترنری از ویژگی‌های ریخت‌شناسی گسله است، همچنین گسله به سمت خاور درون کوهستان خم می‌شود و یک حوضه کششی جدایشی چپ‌بر بزرگ به طول ۳۰-۴۰ کیلومتر ایجاد می‌کند. گسله آستانه به موازات گسله‌های طرزه در شمال شاهرود و دامغان در جنوب قرار گرفته که توسط هالینگورث و همکاران (۲۰۰۸)، به عنوان پهنه گسلی شاهرود معرفی شده است (شیخ-الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل الله بند

این گسل در شمال فیروز کوه و جنوب قائم شهر قرار داشته و از یک کیلومتری جنوب روستای الله بند آغاز می گردد و با راستای عموی خاوری- باختری از روستاهای لیند، لرزنه، امامزاده حسن و دامنه کوه نارگلی رو به باختر ادامه دارد. درازای این گسل ۷۷ کیلومتر و شیب آن رو به جنوب است. این گسل در میان سنگ‌های آواری سازند شمشک عمل کرده و این سنگ‌ها را بر روی هم و نیز بر روی سنگ آهک‌های مربوط به سازندهای دلیچای و لار و کم و بیش بر روی سنگ‌های کرتاسه نیز قرار داده است. به واسطه جنبش این گسله، راندگی سنگ دولومیت و سنگ آهک‌های سازند الیکا و نیز ماسه‌سنگ و شیل‌های سازند درود بر روی سازند شمشک نیز دیده می‌شود. زمین لرزه ۱۹۹۰/۰۴/۲۱ با بزرگی ۵/۴ درجه در مقیاس ریشتر در مجاورت این گسل رخ داده است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل انزاب

نام دیگر این گسله گاوک و طول این گسله ۱۷/۵ کیلومتر و در شمال مهدی شهر واقع شده است. راستا و شیب صفحه گسله، راستای شمال خاوری- جنوب باختری و با شیب زیاد به سوی جنوب و سازوکار این گسله به صورت معکوس می‌باشد. میزان جابجایی بیشینه، جابجایی شاقولی در راستای این گسله در شمال خاوری مهدی شهر نزدیک به ۴۰۰۰ متر برآورد شده است (نبوی، ۱۳۶۶). واحدهایی که این گسله قطع کرده است: در راستای این گسله سنگ‌های سازند سلطانیه و سنگ‌های پالئوزوئیک بالایی (در جنوب) در برابر سنگ‌های کرتاسه بالایی (در شمال) جای گرفته‌اند. ساختارهای همراه گسله انزاب همراه و موازی با گسله‌های بشم و سمنان در دامنه جنوبی البرز مرکزی قرار دارد و به باور نبوی (۱۳۶۶) در انتهای خاوری خود به گسله سمنان می‌رسد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل اوریم

طول این گسله حدود ۶۴ کیلومتر و راستا آن شمال خاوری- جنوب باختری با شیب به سوی شمال خاور می‌باشد. سازوکار این گسله معکوس با مولفه چپ‌بر (نبوی، ۱۳۶۶) می‌باشد. میزان جابجایی شاقولی این گسله نزدیک به ۱۰۰۰ متر است (نبوی، ۱۳۶۶). این گسله در گستره سمنان واقع شده است. این گسل در بخش خاوری خود، مرز میان مارن و سنگ ماسه‌های ائوسن و سنگ‌های سازند شمشک را ساخته و در بخش باختری، سنگ‌های پرکامبرین بالایی و پالئوزوئیک را بریده است. گسله اوریم به موازات گسله‌های الله آباد و شمال البرز در شمال و



گسله فیروزکوه در جنوب قرار دارد. چین خوردگی‌های متعددی در اطراف گسله وجود دارد که گسله نسبت به آن‌ها به صورت طولی است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل بادله

طول این گسله ۸۹ کیلومتر و در شمال کیاسر در استان مازندران واقع شده است. راستا و شیب صفحه گسله، راستای شمال خاور - جنوب باختر با شیب به سوی شمال باختر و سازوکار این گسله به صورت راندگی می‌باشد. این گسله سبب رانده شدن شیل، آهک، سنگ دولومیت و سنگ ماسه‌های سازند خوش ییلاق (دونین) بر روی نهشته‌های آواری سازند شمشک (ژوراسیک زیرین) شده است. ساختارهای همراه این گسله بادله به موازات گسله شمال البرز کشیده شده است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل بشم

نام دیگر این گسل صبور می‌باشد (سعیدی و اکبرپور، ۱۳۷۱). طول این گسل حدود ۱۰۰ کیلومتر می‌باشد. راستای گسل شمال خاوری - جنوب باختری و شیب آن نزدیک به ۵۰ درجه به سوی جنوب خاوری می‌باشد و سازوکار این گسل به صورت معکوس، با مولفه راستالغز چپ‌بر می‌باشد. بیشینه جابجایی شاقولی این گسله نزدیک به ۴۰۰۰ متر برآورد می‌شود (نبوی، ۱۳۶۶). این گسله در ۶ کیلومتری شمال شه‌میرزاد در استان سمنان می‌گذرد. در شمال شه‌میرزاد و در راستای این گسله سازنده‌های پالئوزوئیک در کوه‌های کاهش و ساهلت (در جنوب خاوری) بر روی پهنه فرونشست چاشم متشکل از رسوبات ائوسن، نئوژن و کواترنری رانده شده‌اند. به سوی جنوب باختر نیز می‌توان قرارگیری نهشته‌های سازند الیکا و شمشک و همچنین سنگ جوش سازند فجن را بر روی سنگ‌های ائوسن و نهشته‌های کواترنری به واسطه جنبش این گسله مشاهده نمود (نبوی، ۱۳۶۶). گسله بشم به موازات گسله‌های چاشم، و انزاب می‌باشد. به سبب فعالیت و جنبش دو گسله بشم و آستانه، پهنه چاشم در راستای این دو گسله فروافتاده و یک فرونشست فشاری (compressional depression) را به وجود آورده است. گسله بشم با بخش‌هایی از خطواره‌های مغناطیسی F-14 همخوانی دارد. اگر چه قرارگیری سنگ‌های پرکامبرین - کامبرین بر روی نهشته‌های ائوسن به واسطه جنبش این گسله گویای حرکت معکوس در راستای آن است اما به گمان (آلن و همکاران، ۲۰۰۳) جنبش امروزی این گسله همراه با مولفه راستالغز چپ‌بر دنبال می‌شود (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل پاقلعه

طول این گسله ۳۱ کیلومتر و راستای آن شمال خاور - جنوب باختر و در شمال خاور سمنان قرار گرفته است. سازوکار این گسله به گمان راستالغز چمبر در نظر گرفته شده است. گسله پاقلعه در راستای خود تنوع زیادی از سنگ‌های دوران و اول و دوم را بریده به گونه‌ای که می‌توان بریدگی سنگ‌های مربوط به سازندهای زاگون، لالون، میلا، جیرود، روته، الیکا، شمشک، دلیچای و لار به واسطه جنبش این گسله هستند. این گسله موازی با گسله‌های اوریم در شمال و چاشم و فیروزکوه در جنوب قرار دارد. از آنجا که گسله‌های یاد شده همگی با سازوکار راستالغز چمبر و یا مولفه چمبر دارند احتمال جنبش راستالغز چمبر نیز برای این گسله در پهنه یاد شده وجود دارد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل پایین کوه

طول این گسله ۳۱ کیلومتر و در شمال باختر سمنان واقع شده است. راستا و شیب صفحه گسله، راستای خمدار شمال خاور - جنوب باختر با شیب احتمالی به سوی جنوب خاور و سازوکار این گسله به گمان معکوس می‌باشد. این گسله در مرز میان سنگ آهک‌های کرتاسه و سازندهای لار، دلیچای، شمشک و الیکا در جنوب خاور با مارن‌های ائوسن و سنگ آهک‌های کرتاسه در شمال باختر قرار دارد. ساختارهای همراه این گسله به موازات گسله بشم و در شمال آن قرار دارد و در انتهای شمال خاوریش به گسل چاشم می‌رسد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل پلدر

طول این گسله ۲۵ کیلومتر و در ۲ کیلومتری جنوب گسله معکوس فیروزکوه در گستره سمنان و موازات آن است، واقع شده است. راستا و شیب صفحه گسله، راستای شمال خاوری - جنوب باختری می‌باشد. سازوکار این گسله روشن نیست (بربریان و همکاران، ۱۳۷۵). در راستای این گسله سنگ آهک‌های سازند لار و رسوبات ائوسن (در شمال) و سنگ جوش فجن (در جنوب) بریده شده‌اند. ضمن این که در بخش شمال خاوری اطراف جاده بشم - فیروزکوه این گسله سنگ جوش نئوژن را قطع کرده است. ساختارهای همراه گسله پلدر در جنوب گسله فیروزکوه و به موازات آن قرار دارد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).



گسل تویه

طول این گسله ۳۰ کیلومتر و در جنوب خاوری کیاسر در استان مازندران واقع شده است. راستا و شیب صفحه گسله، راستای شمال خاور- جنوب باختر با شیب به سوی جنوب خاور و سازوکار این گسله به صورت راندگی می‌باشد. این گسله سنگ آهک‌های سازند جیروود (سن دونین) را از سوی جنوب خاوری بر روی سنگ جوش‌های پالئوسن رانده است. ساختارهای همراه گسله‌های گیو، میلا و مهتاب از ساختارهای نزدیک و مرتبط با گسله تویه هستند و به نظر می‌رسد که این گسل افشانه‌ای از گسله میلا باشد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل چاشم

طول گسله حدود ۴۴ کیلومتر و در راستای خم‌دار خاوری- باختری و شیب به سمت شمال و در شمال شهر شه‌میرزاد در استان سمنان قرار دارد. سازوکار گسله به صورت معکوس می‌باشد. پیشینه جابجایی شاقولی در شمال باختری شه‌میرزاد نزدیک به ۴۰۰۰ متر است (نبوی، ۱۳۶۶). گسله چاشم در واقع مرز بین مجموعه سنگ‌های قدیمی پرکامبرین بالای تا کرتاسه شامل سنگ‌های مربوط به سازندهای کهر، باروت، زایگون، لالون، میلا، جیروود، روته، الیکا، لار و تیزکوه را در شمال با مارن، سنگ ماسه و سنگ آهک‌های ائوسن در جنوب تشکیل می‌دهد. همچنین در انتهای خاوری خود نیز شیل و سنگ ماسه سازند شمشک را بر روی این مجموعه سنگی ائوسن قرار داده است. همراه با این گسله چین خوردگی‌های متعددی به موازات این گسله وجود دارد. این گسله در ادامه خاوری گسل فیروزکوه قرار دارد و به موازات گسله‌های اوریم در شمال و گسله‌های بشم، انزاب و سمنان در جنوب قرار گرفته است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل حصاربن

طول این گسله ۴۸ کیلومتر و راستای آن خاوری- باختری در جنوب طاق‌دیس برگشته سربندان و به موازات محور آن قرار دارد و شیب آن به سوی شمال می‌باشد و واحدهای قدیمی را به روی واحدهای جوان تر می‌راند و بهترین رخنمون آن در منطقه حصاربن است و به همین دلیل به این نام خوانده می‌شود. گسل‌های مشا و سربندان با همین راستا در شمال آن واقع شده‌اند. در منطقه حصاربن واحد توف ائوسن را بر روی سنگ جوش جوان پلیوسن- کواترنری می‌راند در صورتیکه در جنوب منطقه شاه بلاغی سنگ‌های دولومیتی تریاس را بر روی توف‌های جوان ائوسن می‌راند. این گسله در جنوب منطقه سرحدان واحد سنگ جوش قرمز رنگ سازند فجن را بر روی توف‌های ائوسن می‌راند (خدرزاده، ۱۳۸۷).

گسل خزر

گسل خزر، واقع در یک مرز ساختاری در حاشیه جنوبی خزر با درازای بیش از ۶۰۰ کیلومتر است. این گسل با راستای خاوری- باختری، شیب به سوی جنوب و سازوکار فشاری با مولفه راستالغز، در شمال کوه‌های البرز و جنوب دشت کرانه‌ای مازندران از گرگان تا لاهیجان کشیده شده است. اختلاف ارتفاع شدید و ناگهانی میان دریای خزر (با ارتفاع نزدیک به ۳۸ متر زیر سطح دریاهای آزاد) و یال شمالی رشته کوه‌های البرز با ارتفاع نزدیک به ۲۰۰۰ متر، فرورفتگی دریای خزر، ریخت‌شناسی دشت‌های ساحلی مازندران و گیلان به سبب عملکرد گسل خزر است. این گسل در بخشی از خود شیست‌های گرگان (فرادیواره) را در کنار انباشته‌های کواترنر دشت ساحلی جنوبی خزر (فرودیواره) قرار داده است که ناشی از جابجایی قائم بسیار بزرگ در راستای این گسل است. بررسی داده‌های لرزه‌خیزی نشان می‌دهد که جنبش این گسل سبب رویداد زمین لرزه‌های متعددی شده است و گسل خزر، گسلی بسیار لرزه‌زا محسوب می‌شود (سعیدیان، ۱۳۹۱).

گسل سفیداب

این گسل با طول ۲۹ کیلومتری در پهلوی جنوبی کوه سفیداب در شمال خاور سمنان قرار دارد. این گسل داری سازوکار راندگی و راستای خم‌دار خاوری- باختری با خم به سمت شمال و شیب به سوی شمال است. در راستای این گسله رسوبات سازند شمشک و سنگ جوش فجن (از سوی شمال) بر روی بادبزن‌های آبرفتی دشت چلیم و رسوبات آبرفتی کواترنری (در جنوب) رانده شده‌اند (نبوی، ۱۳۶۶). ضمن اینکه در بخش شمال خاوری مرز میان سازند شمشک و سنگ جوش فجن را می‌سازد. این گسل در جنوب گسله‌های فیروزکوه و بشم قرار داشته و هیچگونه داده لرزه‌خیزی و یا سنی از این گسله در دسترس نیست (بربریان و همکاران، ۱۳۷۵).

گسل سمنان

این گسل در شمال بلافصل شهر سمنان و در پهلوی شمالی، کوه چندران قرار دارد. نوعی راندگی، با روند شمال خاوری- جنوب باختری است که به سمت جنوب- جنوب خاوری شیب دارد. حرکت‌های افقی گسل سمنان دانسته نیست. فقط در قسمت‌هایی اثرات راندگی با شیب به سمت جنوب در آن تشخیص داده می‌شود. از نگاه نبوی (۱۳۵۵) ویژگی‌های چینه‌نگاری سنگی توالی پالئوزوئیک (به ویژه دونین) دو سوی این گسل تفاوت آشکار دارند. به گونه‌ای که در بلوک جنوبی رخساره‌های ایران مرکزی و در بلوک شمالی رخساره‌های البرز برونزد دارند، به همین رو گسل سمنان مرز بین دو پهنه ایران مرکزی و البرز معرفی شده است. اگرچه درازای این گسل از دامغان



تا گرمسار محتمل دانسته شده، ولی بهترین اثر آن تنها در کوه چندران دیده می‌شود که بیش از چند صد متر دراز ندارد. با توجه به تدریجی بودن گذر ایران مرکزی به البرز، پذیرش گسل سمنان به عنوان مرز این دو پهنه چندان ساده نیست (آقانباتی، ۱۳۸۵).

گسل شمال البرز

این گسل در دامنه شمالی البرز، در طول ۵۵۰ کیلومتر، از لاهیجان تا جنوب گنبد کاووس ادامه دارد. روند عمومی آن کم و بیش خاوری- باختری است ولی به دلیل خمش به سمت جنوب، بخش میانی آن، سیمایی کمانی دارد. اگرچه در بیشتر گزارش‌ها، شیب گسل البرز به سمت جنوب دانسته شده است ولی در نقشه زمین‌ساخت خاورمیانه (علوی، ۱۹۹۱)، گسل البرز نوعی راندگی با شیب به سمت شمال است. گسل البرز جداکننده البرز از حوضه ترشیری حاشیه جنوبی خزر است و این احتمال وجود دارد که این گسل نشانگر محل تقریبی زمین درز تئیس کهن باشد. گسل البرز در ریخت زمین‌ساخت منطقه اثرگذار است. بلوک شمالی این گسل، در بیشتر زمان‌ها حرکت رو به پایین داشته است. شاید نخستین حرکت رو به پایین در زمان میوسن بوده که در نتیجه آن رخساره‌های دریایی میوسن (رخساره خزر) در شمال این گسل نهشته شده‌اند. ولی آغاز فرونشینی ممکن است به زمان ژوراسیک برسد. در حال حاضر گسل البرز به شدت فعال به نظر می‌رسد و احتمال دارد بسیاری از زمین لرزه‌های گیلان و مازندران نتیجه جابجایی در طول این گسل باشد (آقانباتی، ۱۳۸۵).

گسل عطاری

طول این گسله ۶۵ کیلومتر. به احتمال گسله به مقدار ۴۰ کیلومتر به سوی شمال خاور ادامه دارد که در این صورت طول آن به ۱۰۵ کیلومتر هم خواهد رسید. بربریان و همکاران (۱۳۷۵) طول این گسله را ۳۲/۵ کیلومتر در نظر گرفته‌اند. رانستان آن شمال خاوری- جنوب باختری با شیب زیاد به سوی جنوب خاور (علوی نائینی، ۱۹۷۲)، راستای شمال باختری- جنوب خاوری (در بخش خاوری گسله) و راستای شمال خاوری- جنوب باختری (در بخش باختری گسله). در بخش خاوری دارای شیب به سوی باختر - جنوب باختر و در بخش باختری دارای شیب به سمت جنوب خاور است (بربریان و همکاران، ۱۳۷۵). آخرین حرکت این گسله به صورت راستالغز راست‌بر است. به عقیده نبوی (۱۳۶۶) از آنجایی که گسله با سنگ‌های قدیمی‌تر از ائوسن همبری ندارد، به نظر نمی‌رسد جابجایی شاقولی آن زیاد باشد. این گسله از حدود ۲۵ کیلومتری خاور استان سمنان آغاز و به سمت خاور تا

حوالی روستای قوشه ادامه دارد (نبوی، ۱۳۶۶). سن گسله کامبرین می‌باشد که طی دوره‌های بعد دوباره فعال شده است. گسل عطاری سبب راندگی سنگ‌های سازند کرج (از سوی جنوب) بر روی سنگ جوش، سنگ ماسه و مارن‌های ژیبس دار می‌سن و سنگ جوش و سنگ ماسه‌های پلیوسن - پلیستوسن (در شمال) شده است. این گسله در بخش‌های باختری علاوه بر بریدن سنگ‌های آتشفشانی ائوسن، سبب راندگی سنگ‌های سازندهای کرج (از سوی جنوب) بر روی سنگ جوش، سنگ ماسه و مارن‌های ژیبس دار میوسن و سنگ جوش و سنگ ماسه‌های پلیوسن - پلیستوسن (در شمال) گشته و در بخش خاوری سنگ‌های گوناگون آتشفشانی سازند کرج را بریده است. این گسله در هیچ قسمت از طول خود نهشته‌های قدیمی‌تر از ائوسن را قطه نکرده است. گسله عطاری در خاور گسله سمنان و در جنوب گسله‌های انزاب، نوکه، بشم، آستانه و دامغان و شمال گسله انجیلو قرار گرفته است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل فیروز کوه

گسل فیروز کوه با درازایی نزدیک به ۷۰ کیلومتر از پایانه خاوری گسل مشا در باختر روستای امین آباد تا گردنه گدوک بر روی تصاویر ماهواره‌ای و هوایی در مقیاس گوناگون دیده می‌شود (Nazari, 2006). از این گسل در ابتدا به عنوان گسل راندگی با صفحه‌ای به سوی جنوب (Berberian et al, 1996) و پس از آن در شمار گسل‌های راستالغز با برش چمبر و سپس چمبر با مولفه شمال یاد شد (Nazari et al, 2005-2006). در بزرگ مقیاس وجود بلندهای خاوری و الگوی دگرشکلی جوان در پهنه گسل به ویژه در گستره حوزه فیروز کوه نشان از سازوکار راستالغز چمبر با مولفه قائم برای گسل فیروز کوه دارد. از دیدگاه تاریخی اگرچه گسل فیروز کوه در پهنه لرزه‌ای زمین لرز ۲۲ دسامبر ۸۵۶ میلادی کومس قرار دارد، ولی با توجه به جایگاه میان کوهستانی فیروز کوه، زمین لرزه تاریخی شناخته شده و مشخص دیگری برای آن ارائه نشده است (سعیدیان، ۱۳۹۱).

گسل گلندرود جنوبی

این گسل با طول ۷۴ کیلومتر و راستای شمال باختری - جنوب خاوری و شیب به سمت شمال خاور در جنوب روستای گلندرود در جنوب باختر آمل و در بین گسله‌های خزر و شمال البرز واقع شده است. این گسله سبب رانده شدن شیل، ماسه‌سنگ و سنگ جوش‌های تریاس - ژواسیک سازند شمشک بر روی سنگ آهک‌های کرتاسه شده است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).



گسل گیو

نام دیگر این گسله دروار و طول این گسله ۱۴ کیلومتر و در دره معروف تویه دروار در فاصله بین دو روستای صح و دروار در نزدیکی دامغان واقع شده است. راستا و شیب صفحه گسله، راستای شمال شمال خاور- جنوب جنوب باختر و سازوکار این گسله به صورت معکوس چپ بر می‌باشد. این گسل در شمال خود سنگ آهک‌های کرتاسه را بر روی نهشته‌های مارنی ائوسن رانده و به سوی جنوب در زیر رسوبات کواترنری مدفون می‌شود. در انتهای جنوبی نیز سنگ ماسه‌ها و شیل‌های سازند شمشک را بر روی مارن‌های ائوسن قرار داده است. ساختارهای همراه این گسله از سوی شمال به گسله میلا ختم می‌شود. خمیدگی نهشته‌های کواترنر در مجاورت سنگ جوش فجن و در تماس با سطح این گسله است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل لنگر

طول این گسله ۴۲ کیلومتر و در جنوب کیاسر در باختر دامغان واقع شده است. راستا و شیب صفحه گسله، راستای شمال خاور- جنوب باختر با شیب به سوی جنوب خاور و سازوکار این گسله به صورت راندگی می‌باشد. این گسله در بیشتر طول خود سنگ آهک‌های سازند روته به سن پرمین را از سوی شمال باختر بر روی نهشته‌های آواری سازند شمشک قرار داده است. ساختارهای همراه این گسله از انتهای شمال خاوریش به گسله بلده می‌پیوندد. همچنین محور تاقدیس ترکام نیز در فرادیواره گسله قرار دارد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل محمدآباد

این گسل برای اولین بار در نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم پل سفید (وحدتی دانشمند، ۱۳۸۹) به صورت یک شاخه گسلی با روند شمال خاوری- جنوب باختری و سازوکار راندگی با شیب ۶۰ درجه به سمت شمال معرفی و نشان داده شد. در راستای این گسل واحدهای با سن ژوراسیک در بلوک شمالی (فرادیواره) در مقابل واحدهای با سن کرتاسه در بلوک جنوبی (فرودیواره) قرار گرفته اند. طول شناخته شده گسل محمد آباد ۱۰ کیلومتر و فاصله آن از سد شهید رجایی کمتر از ۵ کیلومتر می‌باشد. قرارگیری مرکز سطحی زمین لرزه‌ها در نزدیکی و بر روی خطواره گسلی، انحراف آبراهه‌ها و جابجایی واحدهای زمین‌شناسی از نشانه‌های فعال بودن این گسل می‌باشد (سعیدیان، ۱۳۹۱).

گسل مشا

گسل مشا را نخستین بار دلنباخ (۱۹۶۴) به نام گسل مشا- فشم معرفی و سپس بربریان و همکاران (۱۳۶۴) نام آن را به گسل مشا تغییر داده و آن را با شیب ۳۵-۷۰ درجه رو به شمال و درازای تا ۲۰۰ کیلومتر معرفی کرده‌اند. با بررسی‌های دورسنجی و ریخت زمین‌ساختی سلیمانی آزاد و همکاران (۱۳۸۳)، بر روی پهنه گسلی مشا، این گسل از شمال خاوری روستای امین آباد فیروزکوه آغاز و پس از گذر از دره‌های تار، مشا و آیگان در باختر با روند ۱۲۵-۱۱۰ N درجه ادامه می‌یابد. عوارض ریخت زمین‌ساختی فراوانی مانند دره‌های خطی، آبراهه‌ها و پشته‌های با جدایش و جابجایی چپ بر در راستای این گسل دیده می‌شود که نشانه چیرگی جنبش‌های چپ بر جوان در امتداد آنها است (سعیدیان، ۱۳۹۱).

گسل مهتاب

طول این گسله ۳۵ کیلومتر و در جنوب خاوری کیاسر در استان مازندران واقع شده است. راستا و شیب صفحه گسله، راستای شمال خاور- جنوب باختر با شیب به سوی جنوب خاور و سازوکار این گسله به صورت راندگی می‌باشد. این گسله نهشته‌های سازند شمشک را بر روی هم رانده و در بخش‌های شمال خاوری خود سبب رانده شدن شیل و ماسه‌های سازند زایگون (به سن کامبرین) بر روی سنگ آهک‌های سازند جیروود (دونین) شده است. ساختارهای همراه گسله مهتاب به موازات گسله‌های مسلا در جنوب و بشم و آستانه در شمال قرار دارد. (شیخ-الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل میلا

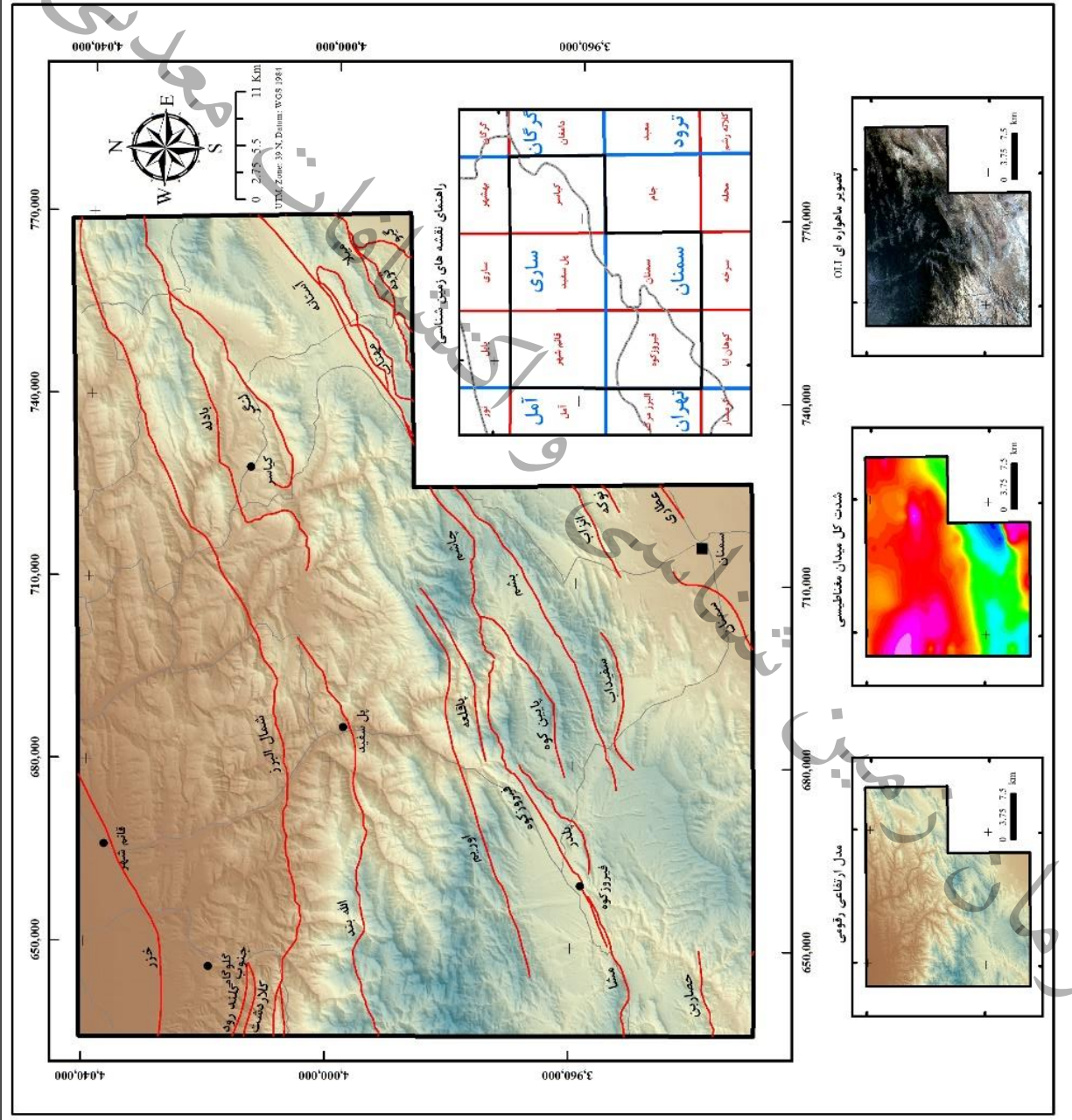
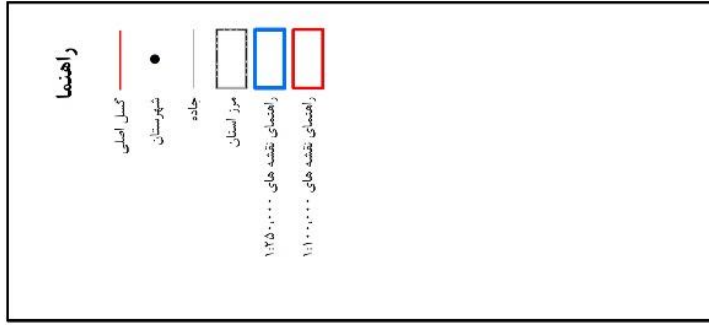
طول این گسله ۴۰ کیلومتر و در نزدیکی فولاد محله و در شمال خاوری سمنان واقع شده است. راستا و شیب صفحه گسله در راستای شمال خاوری - جنوب باختری و شیب به سمت جنوب خاور. سازوکار این گسله به صورت راندگی می‌باشد. در راستای این گسله، سازندهای پالئوزوئیک میلاکوه (از سوی جنوب خاوری) بر روی سارندهای مزوزوئیک (در شمال باختری) رانده شده‌اند. ساختار گسله میلا به موازات و در جنوب خاور گسله مهتاب و شمال باختر گسله‌های تویه و گیو قرار گرفته است. گسله تویه در انتهای شمال خاوری خود به گسله میلا متصل می‌شود (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).



گسل نوکه

این گسل با ساز و کار معکوس و طول ۲۹ کیلومتر (بربریان و همکاران، ۱۳۷۵) در شمال کوه‌های نوکه (شمال خاوری سمنان) قرار دارد. این گسله در بخش خاوری خود سنگ‌های تریاس-ژوراسیک و سنگ‌های آهکی-مارنی کرتاسه بالایی کوه نوکه (از سوی جنوب) را بر روی سنگ جوش میوسن-پلیوسن (در شمال) رانده و در بخش باختری سنگ‌های آتشفشانی و رسوبی ائوسن را بریده است. علاوه بر این گسله سازند میلا را در کنار نهشته‌های نئوژن و سنگ‌های آذرین و آذرآواری سازند کرج قرار می‌دهد. جدیدترین اثر جنبش گسل را نیز می‌توان در نهشته‌های نئوژن مشاهده نمود. این گسل در باختر گسله عطاری و خاور گسله گاوک قرار گرفته و هیچگونه داده لرزه‌خیزی و یا سنی دقیق از این گسله در دسترس نیست (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

نقشه گسل های اصلی





۴-۴-۲- چین خوردگی‌ها

بطور معمول، شدت چین خوردگی‌ها به سوی گودال کاسپین در شمال، به تدریج کاهش می‌یابد. از نگاه کلی، بر حسب نقاط و سنگ‌های با سن‌های مختلف، شدت چین خوردگی‌ها از درجه ملایم تا شدید و حتی در مواردی، بسیار شدید و همراه با برگشتگی طبقات بوده است. روندهای عمومی چین‌ها غالباً شمال خاوری- جنوب باختری است و در بخش‌هایی به صورت خاوری- باختری مشاهده می‌شود. از جمله چین خوردگی‌های نامگذاری شده در منطقه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

ناودیس مرکب نامتقارن هیکو، تاقدیس مرکب بولا، تاقدیس نامتقارن وناجم، ناودیس نامتقارن قادی کلا، ناودیس روشن کوه، تاقدیس نامتقارن و گاهی برگشته موزیسا، تاقدیس وارمی، ناودیس دوآب، ناودیس اذان ده، تاقدیس لولت، تاقدیس ورکی، تاقدیس خرچنگ، ناودیس ولیلا، تاقدیس سنگ تراشان، ناودیس جناسم، ناودیس احمدآباد، دنباله تاقدیس پوروا، تاقدیس برنجستانک، ناودیس برنجستانک، تاقدیس چای باغ، ناودیس جوارم، ناودیس کارمزد، تاقدیس آپون، ناودیس تره تار، تاقدیس پالندروبار، ناودیس سفیدریز، تاقدیس گلوگاه، تاقدیس سنگ چال- عمارت، ناودیس فیل بند، ناودیس پله پشت، ناودیس نشل.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کشور

معدنی

فصل پنجم

زمین شناسی اقتصادی و متالوژنی

سازمان زمین شناسی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۵-۱- مقدمه

هدف از تهیه این گزارش معرفی معادن، اندیس‌ها و کانسارهای فلورین در بلوک کیاسر- فیروزکوه می‌باشد. بیشتر کانسارها و معادن فلورین محدوده مطالعاتی در زون ساختاری البرز مرکزی و در سازند الیکا به سن تریاس قرار گرفته است. کانه‌زائی فلورین بیشتر در سنگ‌های کربناته و آهک‌ها و آهک‌های دولومیتی رخ داده است و گاه‌ها همراه آنها باریت و کانی‌های سرب و روی از جمله گالن و اسفالریت نیز دیده شده است.

میزان ذخایر فلورین ایران حدود ۳ میلیون تن (حدود ۱/۱ درصد از ذخایر جهان) برآورد شده و از این نظر ایران در رتبه دهم جهان جای گرفته است. در بررسی وضعیت ذخایر فلورین استان‌ها، استان خراسان جنوبی رقمی با رقمی بالغ بر ۶۷۴ هزار تن (معادل ۴۵ درصد از ذخایر فلورین در کشور) در رتبه اول و استان مرکزی و سمنان به ترتیب با ۴۶۴ و ۱۹۵ هزار تن در رتبه‌های بعدی ذخیره این ماده معدنی در کشور قرار گرفته‌اند. در سال ۲۰۱۸ تعداد معادن فلورین کشور ۱۸ معدن بوده است و استان‌های سمنان و مازندران هرکدام با معدن بیشترین معادن فلورین در کشور را دارا بوده‌اند. ذخیره قطعی فلورین در ایران در سال ۱۳۹۵، ۱۱ هزار تن و در شش ماه نخست سال ۱۳۹۶، ۶/۸ هزار تن کشف شده است (پایگاه داده‌های علوم زمین، ۱۳۹۹).

بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه جهت اجرای فاز شناسایی فلوتورین و عناصر همراه معرفی گردیده است، اما علاوه بر عناصر فوق، مواد معدنی فلزی و غیر فلزی دیگری مانند: باریت، مس، زغال سنگ، ژئپس، سنگ ساختمانی، مرمر، تراورتن، بوکسیت، لاتریت، فسفات و... در آن وجود دارد که از مهمترین معادن و کانسارهای آن می‌توان به معادن سرب و روی گیوتنگ، ده‌صوفیان و... اشاره نمود.

با توجه به همراهی عناصر مانند سرب و روی با فلوتورین، ابتدا معادن، کانسارها و نشانه‌های معدنی فلوتورین در بلوک مطالعاتی معرفی گشته و در ادامه به بررسی کانسارهای سرب و روی حاوی فلوتورین خواهیم پرداخت. در شکل ۵-۱ و نقشه پراکندگی معادن و نشانه‌های معدنی فلزی و غیر فلزی محدوده مطالعاتی نشان داده شده است. جدول ۵-۱ مشخصات معادن و نشانه‌های معدنی فلزی در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد و در ادامه شرح مختصری از معادن در این بخش ذکر شده است:

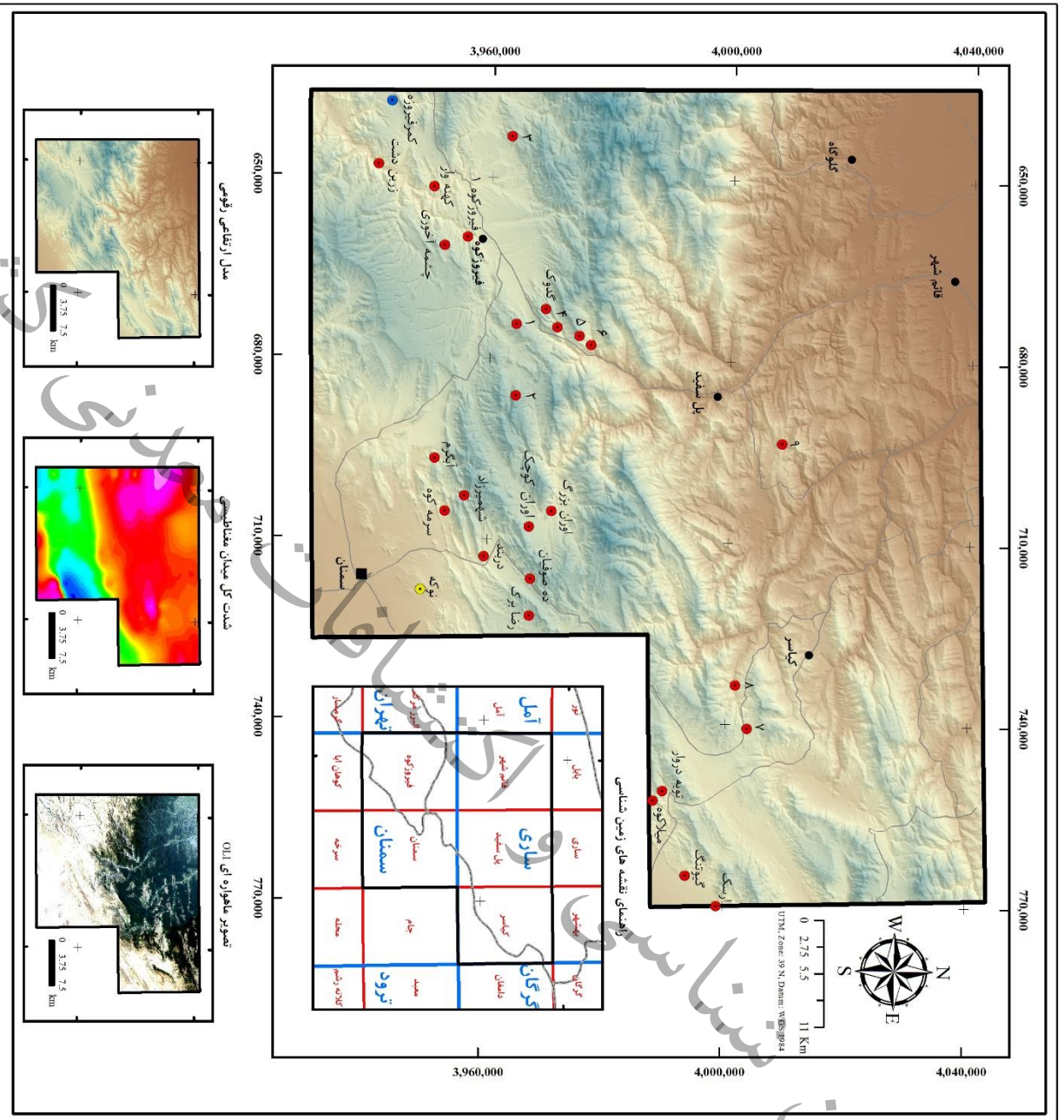
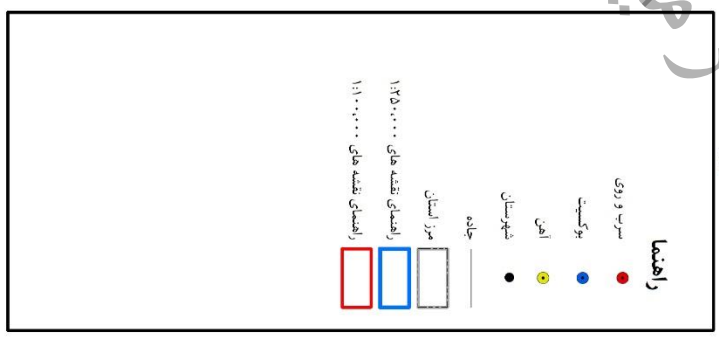
۵-۲- منابع غیر فلزی

بنا بر نظر ایونز (۱۹۹۳) مواد معدنی غیرفلزی شامل هر سنگ، کانی یا دیگر مواد طبیعی و دارای ارزش است که شامل مواد معدنی فلزی، سنگ‌های قیمتی و سوخت‌های فسیلی نباشد (Evans, 1993). در این گزارش جهت

بررسی و تقسیم‌بندی مواد معدنی غیرفلزی می‌بایست به بررسی کانی‌های صنعتی بپردازیم که بر اساس کتاب (Harben & Bates 1990)، به چند گروه اصلی به شرح زیر قابل تقسیم‌بندی هستند:

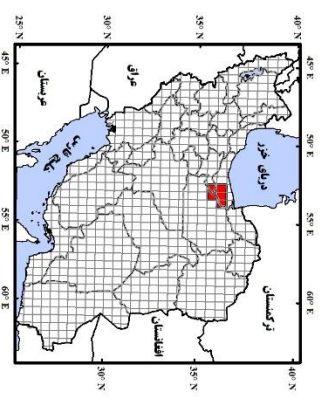
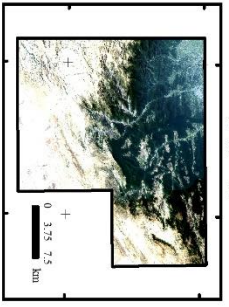
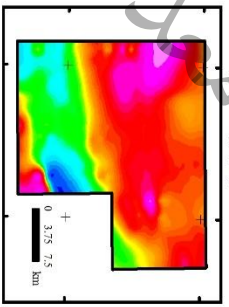
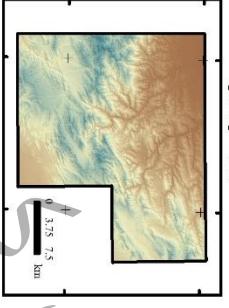
- ❖ مواد و مصالح ساختمانی (سنگ لاشه، گچ (ژیپس)، سیمان، مرمیت، شیشه آتشفشانی، گرانیت، بازالت و سنگ ساختمانی)
- ❖ رس‌ها (کائولن و بنتونیت)
- ❖ تبخیری‌ها (نمک، پتاس، بورات و نیترات)
- ❖ سنگ آهک و دولومیت
- ❖ ساینده‌ها (گارنت، کوارتز، کروندوم و سیلیس)
- ❖ مجموعه گروه‌های فسفات، بوکسیت، باریت، بریل، الماس، فلوتورین (± باریت)، لیتیوم، تالک، ورمیکولیت، آزبست، منیزیت، سلسستین، پرلیت، نفلین سینیت، گوگرد، گرافیت، زئولیت و الیوین.

نقشه پراکندگی معادن و کانسارهای فلزی



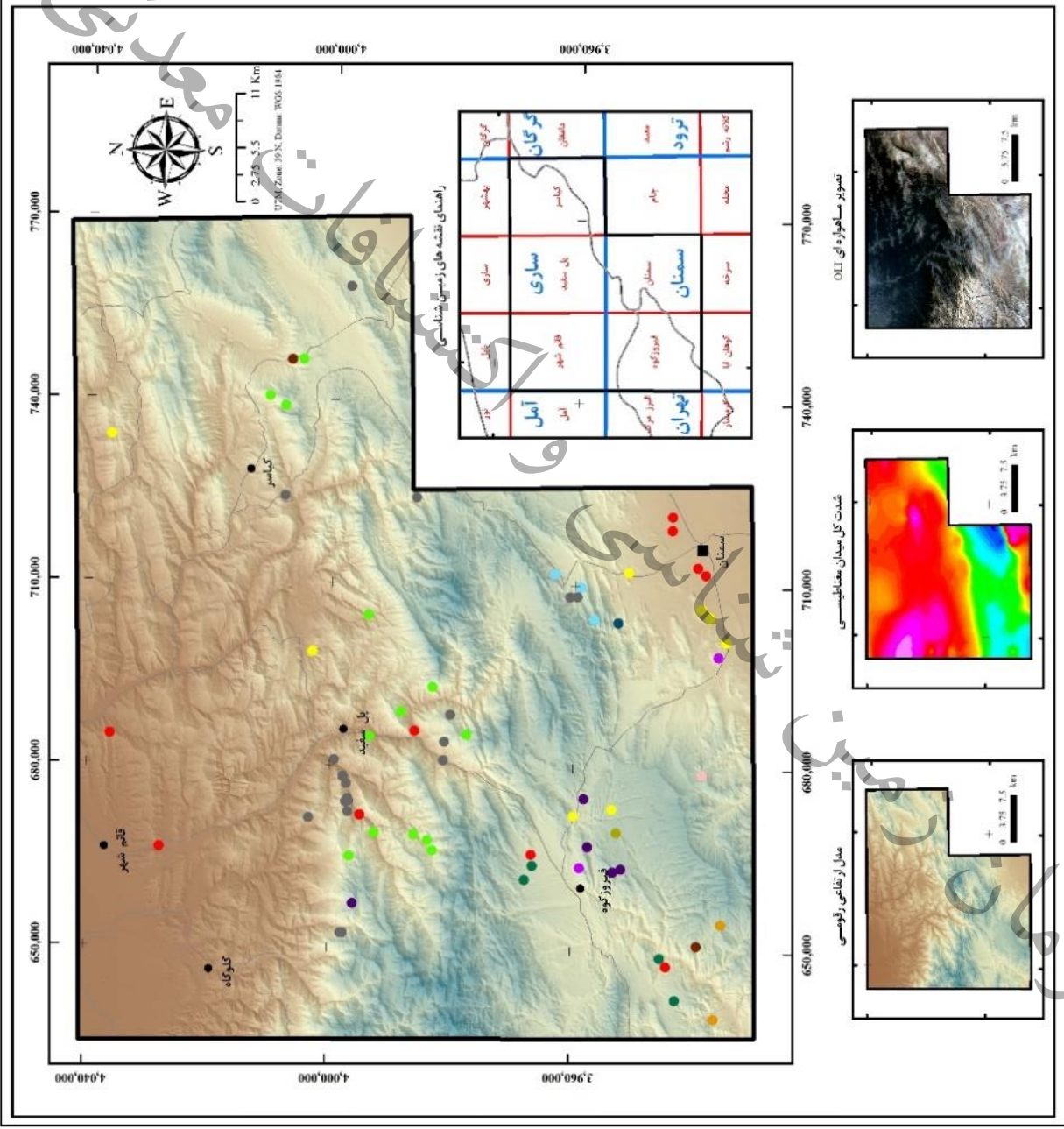
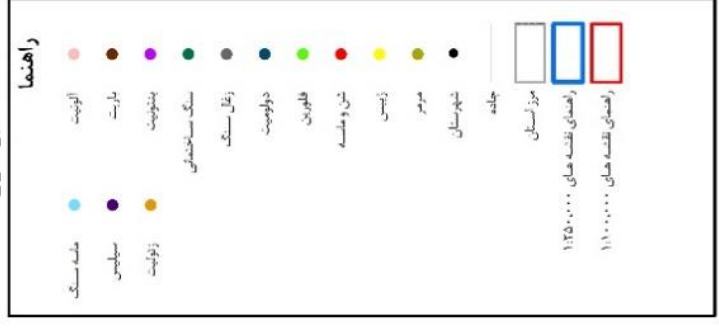
راه‌نمای نقشه های زمین‌شناسی

تور	بابل	آمل	ساری	سمنان	تهران
گرگان	گیسمر	بهار	بهار	سمنان	تهران
دانشان	کاشمر	بهار	سمنان	سمنان	تهران
مهاباد	کاشمر	بهار	سمنان	سمنان	تهران
مهاباد	کاشمر	بهار	سمنان	سمنان	تهران
مهاباد	کاشمر	بهار	سمنان	سمنان	تهران



شکل ۵-۱- نقشه پراکندگی معادن و نشانه‌های فلزی

نقشه پراکندگی معادن و کانسارهای غیر فلزی



شکل ۵-۷- نقشه پراکندگی معادن و نشانه‌های غیر فلزی

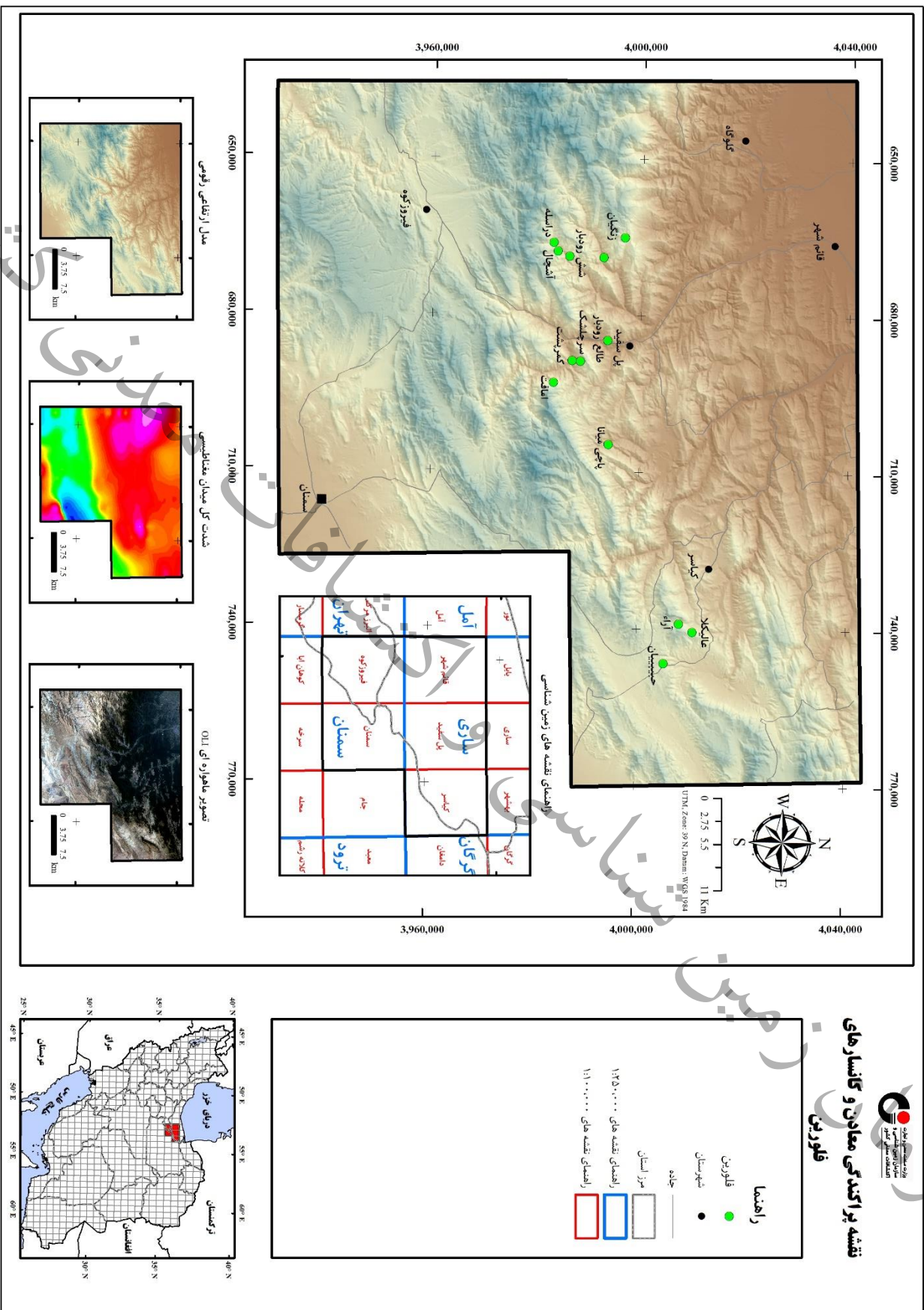
جدول ۵-۱- مشخصات معادن و نشانه‌های معدنی فلزی

ردیف	X	Y	نوع کانسار	نام کانسار	عنصر کانساری
۱	۶۶۱۳۴۲	۳۹۵۲۱۴۰	معدن	چشمه آخوری	سرب و روی
۲	۷۱۶۴۲۷	۳۹۶۷۱۸۸	معدن	ده صوفیان	سرب و روی
۳	۶۷۴۲۵۶	۳۹۶۴۲۵۴	معدن	معدن سرب و روی شماره ۱	سرب و روی
۴	۷۱۲۸۰۸	۳۹۵۹۴۱۹	معدن	دربند	سرب و روی
۵	۷۲۲۵۵۷	۳۹۶۷۱۰۹	معدن	رضا برک	سرب و روی
۶	۶۸۶۱۲۸	۳۹۶۴۳۲۰	معدن	معدن سرب و روی شماره ۲	سرب و روی
۷	۶۳۷۵۴۰	۳۹۴۳۰۳۴	معدن	کمر فیروزکوه	بوکسیت
۸	۷۰۵۱۶۷	۳۹۷۰۵۳۷	معدن	اوران بزرگ	سرب و روی
۹	۷۰۲۷۶۱	۳۹۵۶۰۶۹	معدن	شهمیرزاد	سرب و روی
۱۰	۷۱۸۴۸۴	۳۹۴۹۰۱۳	معدن	نوک	آهن
۱۱	۷۵۲۷۸۲	۳۹۸۸۱۲۳	معدن	میلاکوه	سرب و روی
۱۲	۷۰۷۸۲۲	۳۹۶۶۸۳۴	معدن	اوران کوچک	سرب و روی
۱۳	۶۴۳۲۰۱	۳۹۶۳۰۴۷	اندیس	نشانه معدنی سرب و روی شماره ۳	سرب و روی
۱۴	۶۴۳۴۳۱	۳۹۶۳۰۲۷	اندیس	نشانه معدنی سرب و روی شماره ۴	سرب و روی
۱۵	۶۵۱۶۸۲	۳۹۵۰۲۵۲	کانسار	کهنه وار	سرب و روی
۱۶	۶۷۱۶۹۹	۳۹۶۹۰۸۰	کانسار	گدوک فیروزکوه	سرب و روی
۱۷	۶۷۴۷۲۷	۳۹۷۰۹۹۰	اندیس	نشانه معدنی سرب و روی شماره ۵	سرب و روی
۱۸	۶۷۶۰۷۹	۳۹۷۴۷۳۴	اندیس	نشانه معدنی سرب و روی شماره ۶	سرب و روی
۱۹	۶۷۷۵۱۰	۳۹۷۶۶۷۰	اندیس	نشانه معدنی سرب و روی شماره ۷	سرب و روی
۲۰	۷۴۰۶۹۸	۴۰۰۳۵۶۲	اندیس	نشانه معدنی سرب و روی شماره ۸	سرب و روی
۲۱	۶۹۶۵۹۵	۳۹۵۱۰۴۷	کانسار	آبگرم	سرب و روی
۲۲	۶۹۳۴۳۲	۴۰۰۸۶۳۲	اندیس	نشانه معدنی سرب و روی شماره ۱۰	سرب و روی
۲۳	۷۳۳۴۸۸	۴۰۰۱۴۹۳	اندیس	نشانه معدنی سرب و روی شماره ۹	سرب و روی
۲۴	۶۵۹۹۲۵	۳۹۵۵۹۱۲	کانسار	فیروزکوه ۱	سرب و روی
۲۵	۶۴۸۰۲۳	۳۹۴۰۹۶۱	کانسار	زرین دشت	سرب و روی
۲۶	۷۷۰۱۰۷	۳۹۹۸۸۳۶	کانسار	ارسک	سرب و روی
۲۷	۷۶۵۱۴۲	۳۹۹۳۶۹۴	کانسار	گیوتنگ	سرب و روی
۲۸	۷۰۵۳۴۲	۳۹۵۲۸۱۷	کانسار	سرمه کوه	سرب و روی
۲۹	۷۵۱۲۰۰	۳۹۸۹۷۰۰	کانسار	تویه دروار	سرب و روی

۵-۲-۱- معادن فلورین

در محدوده مورد مطالعه فلورین بیشتر در زون ساختاری البرز مرکزی و دوره‌های مختلف زمین‌شناسی از جمله تریاس، کرتاسه و ژوراسیک واقع شده است. فلورین در محدوده مورد مطالعه بیشتر در سنگ‌های کربناته و آهکی واقع شده است که در بعضی از مناطق کانی‌های سرب و روی و باریت همراه آن‌ها بوده است. از مهمترین معادن فلورین می‌توان به معدن پاچی میانا، شش رودبار، امافت و..... اشاره نمود. در شکل ۵-۳ نقشه پراکندگی معادن و نشانه‌های معدنی فلورین در محدوده مورد مطالعه قابل مشاهده می‌باشد.

نقشه پراکنده‌گی معادن و کانسارهای فلورین



شکل ۵-۳- نقشه پراکنده‌گی معادن و نشانه‌های معدنی فلورین

معدن فلورین پاچی میانا

معدن پاچی میانا تقریباً در قسمت جنوب شرقی روستا واقع شده است و فاصله آن تا پل سفید ۴۰ کیلومتر و تا ساری ۸۰ کیلومتر می‌باشد. مختصات این معدن در زون ۳۹ از سیستم مختصات جغرافیایی UTM، ۳۹۹۳۹۷۲ شمالی و ۷۰۴۷۰۲ خاوری می‌باشد.

کانی‌های عمده این کانسار فلورین، باریت و گالن است و همراه آن‌ها کانی‌های کلسیت و کوارتز و مقادیر جزئی پیریت و اسفالریت نیز مشاهده شده، اسمیت زونیت می‌باشد که در بعضی نقاط به طور اقتصادی تجمع پیدا کرده است. این کانسار از نوع هیدروترمال بوده و ماده معدنی در طول حدود ۵۰۰ متر با ضخامت متغیر دیده می‌شود که ۷۰ درصد آن فلورین است. سنگ میزبان آن میکرایت توده‌ای می‌باشد که در نقاط مختلف به صورت رخساره آهک سیلیسی، آهک دولومیتی و آهک میکرایتی ظاهر شده است. ولی وابستگی اصلی آن با رخساره آهک سیلیسی می‌باشد. کانی‌زایی هم به صورت گسلی و هم به شکل عدسی‌های بزرگ تشکیل گردیده است. بزرگترین عدسی فلورین (گالن - باریت) هم شیب با لایه‌های سنگ میزبان در این کانسار شناسایی شده است. مطالعات نشان می‌دهد که کانی‌سازی فلورین به رخساره‌های رسوبی خاص وابسته می‌باشد در واقع هر جا که آهک سیلیسی، آهک دولومیتی و آهک میکرایتی وجود دارد ماده معدنی بیشتر انباشته شده است. ماده معدنی سنگ میزبان به صورت لایه‌ای و انتشاری تشکیل گردیده است. ویژگی‌های اصلی کانی‌سازی در این معدن به شرح ذیل می‌باشد:

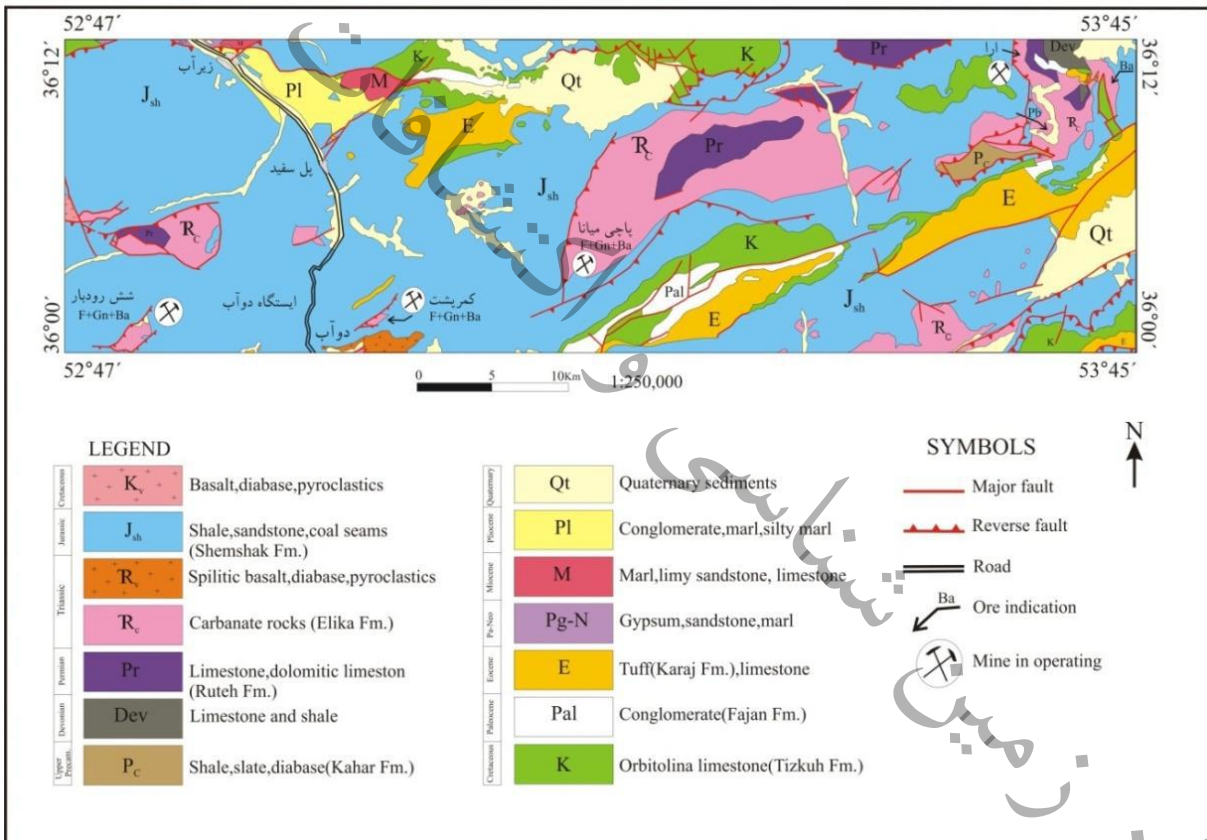
- ۱- کانی‌سازی اولیه با گسلی در ارتباط نیست بلکه به افق‌ها و لایه‌های خاص وابسته است. ۲- کانی‌سازی با توده نفوذی وابستگی ندارد. ۳- کانی‌سازی در مرحله دیاژنز تشکیل گردید (طهماسب پور، ۱۳۸۶). در شکل ۴-۵ نقشه زمین‌شناسی محدوده مذکور نشان داده شده است.

ساخت کانی‌سازی معمولاً ویژگی‌های بزرگ مقیاس از شکل هندسی و نحوه قرارگیری ماده معدنی در سنگ میزبان را در مقیاس محیط کانسار تا مقیاس نمونه دستی از کانسنگ‌ها را شامل می‌شود. بر پایه مشاهدات صحرائی در مطالعه حاضر، زون‌های دارای فلورین عمدتاً از نوع پرشدگی فضای خالی به شکل رگ‌های، عدسی و توده‌ای و به صورت ناهم‌شیب در سنگ‌های کربناته است که در زون‌های گسله و یا حفرات انحلالی و کارستی متمرکز شده‌اند.

بر اساس نمونه ماکروسکوپی، ساخت‌های کانی‌سازی فلورین در منطقه غالباً شامل ساخت‌های برشی، افشان (دانه پراکنده)، تناوبی (موزون)، ساخت پرکننده فضای خالی و رگه- رگچه‌ای، نواربندی قشرگون و ... می‌باشد (اشکال ۵-۵ و ۶-۵) نشان داده شده است.



با توجه به اینکه مواد باطله روی معدن حاوی مقدار کمی فلورین و سرب است ذخیره معدن ۱ میلیون تن با عیار ۳۰ درصد فلورین و ۷ درصد سرب از طرف وزارت معادن و فلزات مورد تأیید قرار گرفت. بر مبنای آخرین گزارش وزارت معدن در بهمن ۱۳۷۸ ذخیره قطعی این معدن ۳۳۸۰۰۰ تن گزارش شده است. در نمونه‌های سنگ جوری شده به خصوص در نمونه‌هایی که عیار فلورین به حد اسیدی نزدیک می‌شود ناخالصی‌های گانگ مواد فلزی و مضر بسیار کم است. این کانسار به علت وسعت و ذخیره جزء مهم‌ترین ذخایر فلورین ایران به شمار می‌رود.



شکل ۴-۵- قسمتی از نقشه زمین‌شناسی معدن پاچی میانا (مهربان و همکاران، ۱۳۹۲)



شکل ۵-۵- نمایی از بافت عدسی و توده‌ای و برشی (مهربان و همکاران، ۱۳۹۲)



شکل ۵-۶- نمایی از بافت افشان (دانه پراکنده) و تناوبی یا موزون (مهربان و همکاران، ۱۳۹۲)

معدن فلورین شش رودبار

محدوده مورد نظر در استان مازندران، شهرستان سوادکوه و کیلومتر ۱۹۰ تهران قرار دارد و مختصات جغرافیایی آن در سیستم UTM، ۳۹۸۵۹۹۴ شمالی و ۶۶۸۷۲۷ خاوری می‌باشد. راه دسترسی به معدن از دو راهی آزادمهر در حدود ۸ کیلومتر به سمت آلاشت و حدود ۱۵ کیلومتر به منطقه شش رودبار منتهی می‌گردد. با توجه به اینکه محدوده در داخل رشته کوه‌های البرز و در ارتفاعات داخل آن قرار دارد، دارای آب و هوای کوهستانی، ییلاقی و



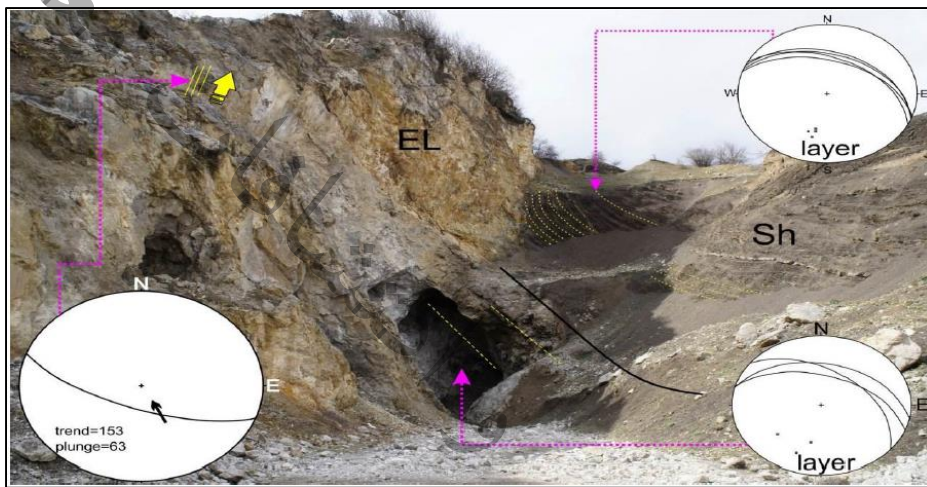
زمستان‌های پر برف بوده و به همین دلیل پوشش گیاهی نیز در آن زیاد است. روستاهای اطراف کاکرون، شش رودبار و پالند رودبار بوده و نزدیک‌ترین روستا به محدوده شش رودبار می‌باشد. بخش بیشتر استان مازندران ویژگی‌های زمین شناسی البرز مرکزی را دارد. در اینزون سنگ‌های نئوپروژوئیک پسین رخنمون دارند. سنگ‌های پالئوزوئیک ردیف‌های پلتفرمی است که نبوده‌های چینه شناسی فراوان دارد. بخش بیشتر این زون با نهشته‌های زغال‌دار تریاس بالا - ژوراسیک میانی پوشیده شده که در پیش بوم بلندی‌ها انباشته شده‌اند. بررسی پالئوژئوگرافیک نشان می‌دهد که در اواخر مزوزوئیک بخش جنوبی استان مازندران به یک فرازمین تبدیل شده، به همین لحاظ خاکسترهای آتشفشانی اوایل ترسیر و نیز نهشته‌های آواری همزمان با کوهزائیهای تکتونیکی متعدد نقش داشته‌اند (خسرو تهرانی، ۱۳۸۳).

محدوده مورد مطالعه در محدوده نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ساری قرار گرفته است. منطقه شش رودبار بر مبنای تقسیم بندی اشتوکلین (۱۹۶۸) بخشی از زون ساختاری البرز می‌باشد. در منطقه سازندهای الیکا و شمشک مشاهده می‌گردد. سازند الیکا با ضخامت حدود ۲۹۰ متر به زیر دوره‌های تریاس زیرین و میانی تعلق دارد. بخش زیرین آن با ضخامت ۹۵ متر و از آهک‌های نازک لایه تا شیلی و آهک‌های ورمیکولیت‌دار تشکیل شده است. بخش میانی با ضخامت ۲۰۰ متر و از دولومیت و آهک دولومیت فاقد فسیل تشکیل شده است. این سازند بر روی سازند نسن و با ناپیوستگی همشیب زیر سازند شمشک قرار دارد. سازند شمشک شامل ماسه سنگ و شیل‌های سیاه می‌باشد و سن آن مربوط به اوایل ژوراسیک است. مهمترین ماده معدنی دارای ارزش اقتصادی در منطقه فلورین می‌باشد. فلورین در منطقه عمدتاً در بخش‌های بالایی سازند الیکا و قبل از شروع لایه‌های قرمز رنگ و لیمونیتی قرار دارد. در منطقه رخنمون‌هایی از فلورین با روند شمال غربی - جنوب شرقی مشاهده می‌شود که حالت رگه ای - لنزی داشته و گاه امتداد آنها قطع می‌شود. ضخامت رگه‌ها متغیر است و از چند سانتی‌متر تا حدود ۵ متر قابل مشاهده است. اکثر رگه‌های منطقه از روند عمومی گسل‌ها تبعیت می‌کنند. فلورین فراوان‌تر از باریت است و باریت عمدتاً در منطقه هلی چالک متمرکز است و در مناطق مختلف از ۴۰ تا ۹۵ درصد کانسنگ را تشکیل می‌دهد (ادیب و همکاران، ۱۳۹۱).

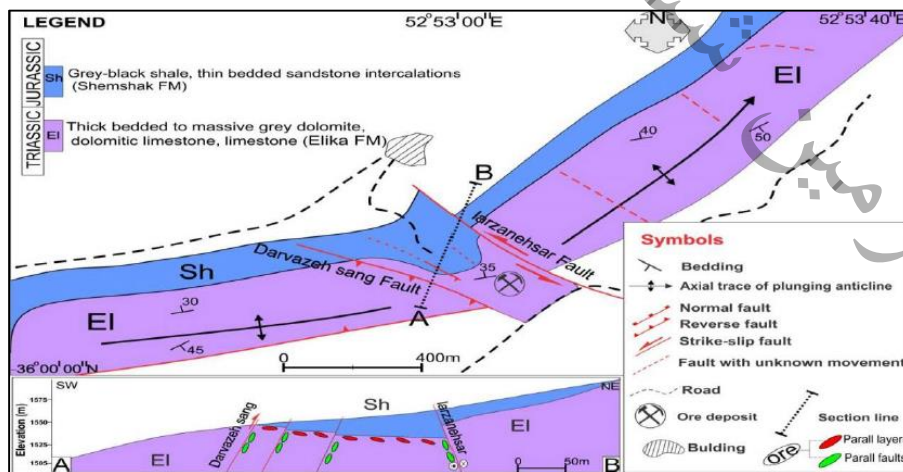
معدن شش رودبار، بخشی از طاق‌دیس پالند رودبار با امتداد شمال خاوری - جنوب باختری است. واحدهای رخنمون یافته در محدوده معدن متعلق به سازند ضخیم لایه آهکی - دولومیتی الیکا به سن تریاس میانی می‌باشد. بر روی واحدهای الیکا، واحد شیلی - ماسه سنگی شمشک به سن ژوراسیک دیده می‌شود (شکل ۵-۷). با توجه به برداشت‌های صورت گرفته، زاویه بین یالی طاق‌دیس ۸۰-۹۰ درجه و با سطح محوری تقریباً قائم و با میل ۲۰

درجه به سمت شمال خاوری دیده می‌باشد. همانطور که در شکل (۵-۸) دیده می‌شود، در محدوده معدن، در اثر فعالیت دو گسل موازی لرزنه سر و دروازه سنگ، طاقدیس پالند رودبار به طور عرضی قطع و محور طاقدیس از راستای N390 به N78 می‌باشد. همچنین، در اثر فعالیت گسل طولی جنوب معدن، در محدوده معدن شش رودبار، قسمتی از یال جنوبی طاقدیس قطع شده است (تدین و همکاران، ۱۳۹۴).

میزان ذخیره قطعی معدن شش رودبار ۱۰۰۰۰۰ تن با استخراج اسمی ۱۵۰۰ تن و عیار ۷۵٪ می‌باشد.



شکل ۵-۷- نمای از گسل معکوس و صفحه گسل دروازه سنگ، تحت تأثیر این گسل، خمیدگی واحدهای شیلی (Sh) در مرز بین واحدهای آهکی - دولومیتی الیکا (EI) دیده می‌شود، جهت دید به سمت شمال باختری (تدین و همکاران، ۱۳۹۴)



شکل ۵-۸- نقشه زمین شناسی محدوده معدنی شش رودبار و مقطع ساختاری ترسیم شده در راستای مشخص شده (تدین و همکاران، ۱۳۹۴)

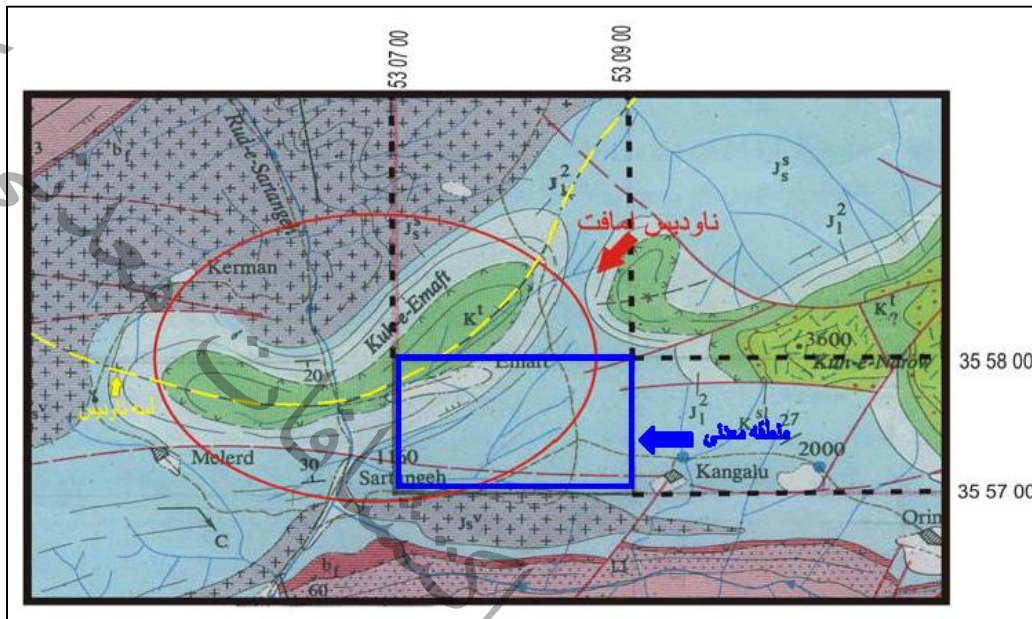


معدن فلورین امافت

معدن فلورین امافت با وسعت حدوداً ۲۰۰ هکتار که از این وسعت در حدود ۶۰ هکتار آن تحت عملیات اکتشاف و استخراج متمرکز قرار گرفته است، مختصات محدوده مورد نظر در سیستم جغرافیایی UTM، ۳۹۸۳۲۸۹ شمالی و ۶۹۲۹۰۸ خاوری می‌باشد. معدن امافت در ۲۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان پل سفید و ۵ کیلومتری معدن سرچلشک در استان مازندران قرار گرفته است و جزئی از کمربند فلورین‌زایی مازندران می‌باشد.

منطقه مورد نظر به لحاظ ساختاری از یک ناودیس تشکیل که دارای محور خمیده و دارای راستای شمال شرقی و جنوب غربی می‌باشد که این خمیدگی احتمالاً تحت تأثیر گسل اصلی منطقه یعنی گسل اوریم و گسل‌های فرعی دیگر اتفاق افتاده و باعث بوجود آمدن پیچیدگی‌ها و فرآیندهای متنوع تکتونیکی در منطقه شده است. محور این ناودیس تقریباً با رودخانه فصلی که از محل روستای امافت می‌گذرد منطبق می‌باشد. منطقه معدنی واقع در بخش‌های شمالی و شمال غربی محور می‌باشد که شامل خرد شدگی‌ها و شکستگی‌های ایجاد شده توسط این فعالیت‌ها که توسط محلول‌های گرمابی حاوی فلورین پر شده است. به لحاظ چینه‌ای، این ناودیس از خارج به داخل از بخش‌های انتهایی سازند لار، طبقات دیابازی به صورت هم شیب بر روی آن و واحدهای مختلف کربناته تیز کوه از نازک تا متوسط لایه، در بخش‌های پایین و ضخیم تا توده ای در بخش‌های بالایی و چند ده متر تناوب از آهک و مارن و میان لایه آذرین و ژئوپس در بالا تشکیل یافته است (محمدی، ع و همکاران، ۱۳۸۸). سنگ میزبان این کانسار سازند تیزکوه با سن کرتاسه بالایی بوده که در مجموعه کانسارهای فلورین شرق البرز مرکزی یک استثنا به شمار می‌رود. ناودیس امافت تحت تأثیر گسل‌های اطراف حالت خمیده به خود گرفته و در راستای محور ناودیس به شدت خرد گردیده است. تین درزه و شکاف توسط محلول هیدروترمال از فلورین خالص پر شده است. سنگ میزبان شامل لایه‌های متوسط تا نازک بخش پایینی تا کربنات‌های ضخیم لایه بالای تیزکوه می‌باشد. مطالعه تیغه‌های نازک حاکی از این است سنگ میزبان در تماس با سیال کانه‌ساز به شدت دولومیتی شده است. علاوه بر این در اثر گسل‌های چپ‌گرد که در دو طرف ناودیس امافت عمل کرده‌اند، به نظر می‌رسد که این ناودیس به شدت خم گردیده است و دارای محورهای متعددی است یعنی از چندین ناودیس با محورهای کم و بیش منطبق تشکیل شده است. حداقل دو ناودیس در این منطقه قابل تشخیص است که محورهای آن به طور کامل بر هم منطبق نیستند. در اثر وجود نیروهای فشاری زیاد، شکستگی‌ها و گسل‌های متقاطع با محور ناودیس در منطقه به وجود آمده که غالباً از فلورین پر شده‌اند. اصلی‌ترین کانی‌های این کانسار فلورن، کوارتز، دولومیت و کلسیت می‌باشد. بر اساس کانی‌شناسی می‌توان گفت که امافت یک کانسار فلورین خالص است که با استفاده از

میکروسکوب فقط چند کانی از پیریت در آن مشاهده شده است (طهماسب پور، ۱۳۸۶). در شکل ۵-۹ موقعیت ناودیس امافت و منطقه معدنی نشان داده شده است.



شکل ۵-۹- نقشه موقعیت ناودیس امافت و منطقه معدنی (محمدی، ع و همکاران، ۱۳۸۸)

منطقه معدنی دارای رگه‌ها و کیسه‌های فلورین خالص با عیار ۹۰ درصد و همچنین ذخیره اسمی ۲۰ هزار تن، به لحاظ داشتن کانی شناسی و پاراژنز ساده، عدم تنوع بافت‌ها و ساخت‌های رسوبی و افق چینه‌ای متفاوت با کنسارهای مجاور و همچنین عیار بالای آن، به لحاظ مطالعات ژنتیکی حائز اهمیت است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۸).

معدن فلورین کمرپشت

معدن فعال فلورین کمرپشت در استان مازندران، شهرستان سواد کوه، حد فاصل پل ورسک تا کوه فراخ کش در خاور شهرستان رودبار است که فاصله آن تا محدوده معدنی تقریباً ۱۶ کیلومتر می‌باشد. معدن کمرپشت در بخش میانی ناحیه معدنکاری فلوریت البرز مرکزی در شرق استان مازندران در حد فاصل طول ۶۸۶۷۶۰ شرقی و عرض ۳۹۸۴۶۵۲ شمالی و در یک منطقه کوهستانی پوشیده از جنگل واقع شده است. این ناحیه که حد فاصل دامنه شمالی و دامنه جنوبی و در حوضه میانی سلسله جبال البرز واقع شده است و از شمال به گسل رانده شمال البرز و از جنوب به گسل امتداد لغز فیروزکوه- آستانه محدود می‌شود. (شرکت مهندسی کاوشگران، ۱۳۸۸). کانی



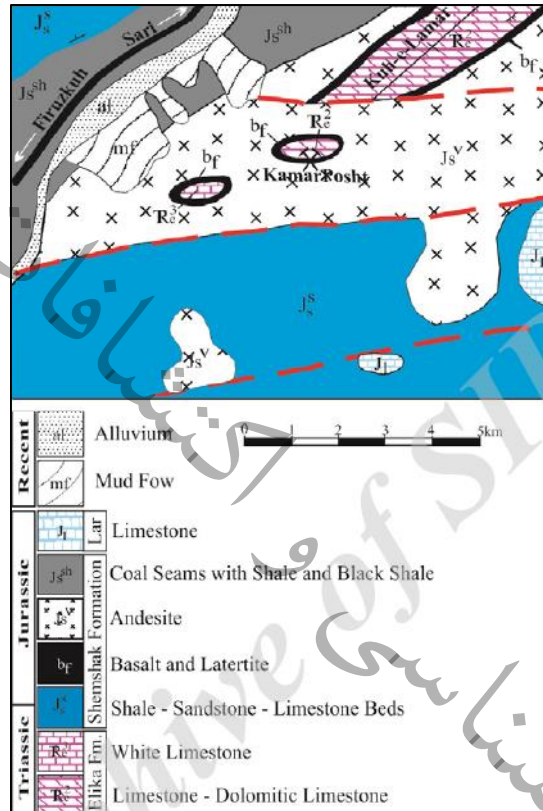
سازی معدن کمرپشت در واحدهای آهکی متوسط لایه با رنگ روشن و دولومیتی ضخیم لایه تریاس میانی عضو ورسک از سازند الیکا واقع شده است که توسط واحدهای شیلی ژوراسیک پوشیده شده‌اند. همانگونه که در پیشتر تشریح شد، جایگاه فلوئوریت چینه‌سان در محدوده معدنی کمرپشت نیز در بالاترین بخش دولومیتی سازند الیکا قرار دارد. محدوده معدنی کمرپشت خود شامل دو بخش جنوب باختری و شمال خاوری است که به ترتیب با نام‌های کمرپشت-۱ و کمرپشت-۲ شناخته می‌شوند، فاصله این دو معدن ۷۵۰ متر است. تمرکز اصلی شرکت معدنی فلوئوریت مازندران در بخش کمرپشت-۱ است. محدوده معدنی کمرپشت بخشی از طاق‌دیس کوه لامرد است (تدین و همکاران، ۱۳۹۴).

سنگ‌های بازالتی با سن تریاس بالایی - ژوراسیک پایین، الیکا را می‌پوشاند. سنگ میزبان کانسار کلسیت روشن کریستاله بوده که به طور عمده به دولومیکرایت و یا دولومیت تغییر یافته است. دولومیت‌های پرکننده حفرات از نوع مسطح شکل‌دار و نیمه شکل‌دار هستند. اکسیدهای آهن رنگ سنگ را غالباً متأثر کرده‌اند. سیلیسی شدن در برخی نقاط باعث تبدیل سنگ میزبان به چرت شده است. با توجه به مطالعات انجام شده دو نوع کانی‌سازی در مقیاس رخنمون در این کانسار شناسایی شده است.

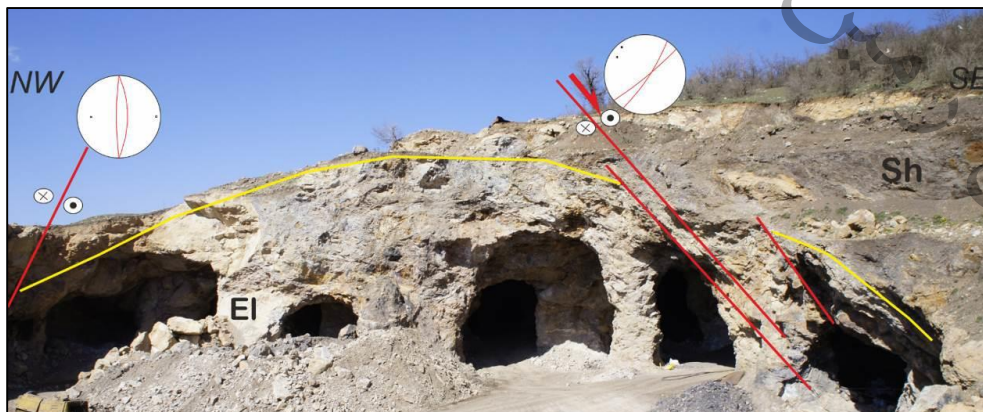
نوع اول: به صورت عدسی‌های کوچک تا متوسط (به طور یک تا بیشتر از ۱۰ متر) از ذخیره زیادی برخوردار نیستند. بعضی از این عدسی‌ها از فلورین و بعضی از باریت غنی هستند. آلتراسیون ضعیف و بیشتر شامل سیلیسی شدن دولومیتی شدن می‌باشد و از پارائزهای ساده‌ای به مانند دیگر کانسارهای منطقه برخوردار می‌باشد. این عدسی‌ها عموماً با لایه‌های دربرگیرنده هم شیب می‌باشند.

نوع دوم: که ذخیره اصلی فلورین را شامل می‌شود در زون گسلی تشکیل گردیده که غالباً در بخش جنوبی معدن در طول یک گسل با روند تقریباً شرقی - غربی قرار دارند. کانی‌شناسی در اینجا پیچیده‌تر است و شامل فلورین، باریت، گالن، سلستین و کوارتز به صورت کانی اصلی و پیریت، کالکوپیریت، تتراهیدریت به عنوان کانی‌های فرعی می‌باشد. شدیدترین و گسترده‌ترین هاله آلتراسیون در تمامی کانسارهای شرق البرز مرکزی در این کانسار اتفاق افتاده که پیدایش کانی‌های آنتاز، ناتروآلونیت، مسکویت و ایلیت از ویژگی‌های آن است. آلونیت‌ها با توجه به حجم زیاد، احتمالاً اقتصادی هستند. این نوع آلتراسیون در اثر تماس هیدروترمال با سنگ‌های آذرین آکالین به وجود می‌آید. به طور خلاصه باریت‌های رشته‌ای و آلتراسیون آلونیتی - کائولینیتی شدید، ویژگی متمایز کننده این کانسار با سایر کانسارها می‌باشد (طهماسب‌پور، ۱۳۸۶).

در شکل ۵-۱۰ نقشه زمین شناسی محلی معدن کمرپشت در طاقدیس کوه لامرد واقع در جنوب شرق منطقه دوآب نشان داده شده است. در شکل ۵-۱۱ نمایی از تونل حفاری معدنی کمر پشت-۱ به موازات محور طاقدیس حفاری شده نشان داده شده است. ذخیره قطعی معدن کمرپشت ۳۴۸۰۰ تن با استخراج اسمی ۲۵۰۰ تن با عیار ۶۰/۸۱ درصد می باشد.



شکل ۵-۱۰- نقشه زمین شناسی محلی معدن کمرپشت در طاقدیس کوه لامرد (نبی لو و همکاران، ۱۳۹۵)



شکل ۵-۱۱- نمایی از بخش مرکزی و تونل حفاری معدن کمرپشت-۱، تونل به موازات طاقدیس حفاری شده است (نبی لو و همکاران، ۱۳۹۵).



معدن فلورین آراء

این معدن در کیلومتر ۲۴ سمت شرق شهر کیاسر و در جنوب روستا عالیکلا و غرب روستای آراء واقع شده است. راه ارتباطی این معدن به دو طریق می‌باشد. ۱- از کنار روستای عالیکلا با ۴ کیلومتر فاصله به آسفالت ۲- از راه روستای آراء حدود ۱۲ کیلومتر جاده خاکی.

مختصات جغرافیایی معدن مذکور در سیستم جغرافیایی UTM عبارتند از: ۴۰۰۸۰۷۲ شمالی و ۷۳۸۹۲۱ خاوری می‌باشد. سنگ میزبان فلورین در این منطقه غالباً دولومیتی بوده و در شکستگی‌های فراوانی در آن مشاهده می‌گردد. میکرو گسل‌ها و تخلخل از نوع شکستگی در این سنگ‌ها دیده می‌شود. کانی‌زایی در این کانسار حدود ۲ کیلومتر طول داشته و به صورت نوار باریکی با زون راندگی منطقه در حد فاصل الیکا - شمشک منطبق است. در این منطقه کانی‌سازی محدود به بالاترین لایه‌های الیکا است. منطقه آراء متحمل دگرشکلی‌های تکتونیکی شدیدی شده است. فلورین کانی اصلی بوده و به همراه گالن اقتصادی‌ترین کانی‌های این کانسار را تشکیل می‌دهند. با توجه به حضور کانی کوارتز و کائولینیت در تمامی نمونه‌های برداشت شده از این معدن می‌توان گفت که سیلیسی شدن به طور گسترده‌ای در این کانسار اتفاق افتاده است (طهماسب‌پور، ۱۳۸۶).

این معدن با تولید ۱۵۰ تن سنگ فلورین در ماه فعال می‌باشد. معدن فلورین در فصل زمستان به علت شرایط جوی به صورت نیمه فعال بوده و در ایام بهار و تابستان و تا نیمه‌های پاییز فعالیت دارد (شرکت مهندسی کاوشگران، ۱۳۸۸).

معدن آشچال

مختصات جغرافیایی معدن مذکور در سیستم جغرافیایی UTM عبارتند از: ۶۶۷۷۴۵ خاوری و ۳۹۸۸۳۷۵۲ شمالی می‌باشد. کانی‌زایی فلورین و باریت در چند افق چینه‌شناسی در این کانسار به صورت عدسی‌های هم‌شیب با لایه‌بندی رخ داده و ماده معدنی حالت لایه‌بندی و استراتیفرم دارد. در این کانسار حداقل ۴ لایه فلورین دار وجود دارد که مبین رسوبی یا دیاژنتیک بودن، کانسار است. کانی فلورین به عنوان کانی اصلی می‌باشد. مهمترین ویژگی کانی‌شناسی این کانسار وجود سلسستین است که تاکنون در هیچ یک از کانسارهای دیگر با سنگ میزبان الیکا مشاهده نشده است. کائولینیتی شدن با شدت متوسط رخ داده است به طوری که در اغلب نمونه‌ها وجود دارد. کانی‌های فلزی سولفیدی به مقدار جزئی در حد دهم تشکیل گردیده است. سیلیسی شدن نیز پدیده‌ای معمول

بوده است. موضوع دیگر آنکه هر چه سن سنگ دربرگیرنده جوانتر می‌شود، باریت کمتر و فلورین بیشتر می‌شود (طهماسب‌پور، ۱۳۸۶).

معادن فلورین حبیبیان

معادن فلورین حبیبیان در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر واقع شده است. مختصات آن در سیستم جغرافیایی UTM، این معدن ۴۰۰۵۲۵۰ شمالی و ۷۴۶۵۶۷ خاوری در نزدیکی معدن آراء می‌باشد. راه دسترسی به این معدن، از طریق جاده کیاسر به سمت فولاد محله و بعد از دوراهی آراء امکان‌پذیر است.

سنگ میزبان این کانسار، آهک‌های سازند الیکا و لار بوده و فلورین به رنگ بنفش و سفید و به صورت رگه‌ای در منطقه مشاهده می‌شود. این معدن در ابتدا جهت اکتشاف باریت ثبت شده بود و در حال حاضر فلورین به عنوان ماده معدنی اصلی و باریت و گالن به عنوان محصولات جانبی آن استخراج می‌گردند. در شکل ۵-۱۲ و ۵-۱۳ نمایی از زون‌های دگرسانی معدن مذکور نشان داده شده است. روش استخراج معدن: روش استخراج معدن مذکور به صورت روباز بوده است (شرکت مهندسی کاوشگران، ۱۳۸۸).



شکل ۵-۱۲- نمایی از زون دگرسانی هماتیته حاوی کانی سازی فلورین در محل معدن حبیبیان



شکل ۵-۱۳- نمای دیگر از زون دگرسانی هماتیته حاوی کانی سازی فلورین در محل معدن حبیبیان

معدن فلورین عالیکلا

این اندیس، در ۶۳ کیلومتری جنوب خاوری ساری، ۱۰ کیلومتری جنوب خاوری کیاسر و ۱ کیلومتری خاوری روستای عالیکلا واقع است. مختصات این اندیس در زون ۳۹ و سیستم مختصات جغرافیایی UTM، ۴۰۱۰۶۸۱ شمالی و ۷۴۰۴۷۳ خاوری می باشد.

کانی سازی فلورین همراه با گالن و کلسیت ثانویه، به صورت رگه ای ناپیوسته، در سنگ میزبان آهک دولومیتی سازند الیکا به سن تریاس بالایی و در نزدیکی مرز تراستی این واحد با سازند شمشک واقع است (شرکت مهندسی کاوشگران، ۱۳۸۸).

معدن فلورین طالع رودبار

کانسار فلورین طالع رودبار، در شمال - شمال باختر طالع رودبار واقع بوده و مختصات آن در سیستم جغرافیایی UTM، ۳۹۹۳۵۷۳ عرض شمالی و ۶۸۴۷۶۴ طول خاوری می باشد.

کانی سازی فلورین و باریت در آهک های دولومیتی تریاس میانی و سازند الیکا صورت گرفته است. کانی های فلزی نیز گالن، کالکوپیریت و پیریت می باشد که به صورت پراکنده همراه با باریت و فلورین قابل مشاهده هستند. خاستگاه و نحوه تشکیل این کانسار با کانسارهای شش رودبار و پاچی میانا را یکسان در نظر می گیرد (شرکت مهندسی کاوشگران، ۱۳۸۸).

معدن غیرفعال فلورین در اسله

منطقه مورد مطالعه در استان مازندران واقع شده است. مختصات جغرافیایی محدوده مذکور در سیستم مختصاتی UTM عبارتست از: ۳۹۸۲۹۴۵ شمالی و ۶۶۶۱۴۸ خاوری واقع شده است.

سنگ میزبان کانسار در اسله غالباً میکرایت و گاهی بیومیکرایت است. بر اثر عملکرد گسل‌ها سنگ میزبان عمدتاً به صورت برش درآمده و فضای خالی بین برش از ماده معدنی پرگردیده است. کانی‌های فلورین، باریت و اسفالریت کانی‌های اصلی و گالن به عنوان کانی فرعی می‌باشند. در بعضی نمونه‌ها تتراهدريت نیز شناسایی شده است. عمده‌ترین ویژگی کانی‌های زون آلتراسیون دولومیتی شدن، سیلیسی شدن و گاهی کائولینیتی شدن است (طهماسب‌پور، ۱۳۸۶).

میزان ذخیره قطعی معدن ۱۵۳۰۰۰ تن برآورد شده است. در این معدن با توجه به نزدیکی رگه معدنی به سطح زمین و ضخامت کم سنگهای روباره آن استخراج به روش روباز در نزدیکی سطح و روش زیرزمینی در ترازهای پایین تر انجام خواهد شد. با توجه به خصوصیات مکانیک سنگی ماده معدنی و سنگ دربرگیرنده آن روش زیرزمینی کارگاه و پایه استفاده می‌گردد. برای استخراج با استفاده از روش کارگاه و پایه ۳ تونل در قسمت بالایی، میانی و پائینی لایه معدنی در ارتفاعات ۱۸۲۵، ۱۷۹۰، ۱۷۷۰ حفر شده است. برای استخراج این معدن ماشین‌آلاتی از قبیل بلدوزر D8n، لودر ولوو ۴۴۰۰، واگن دریل چرخ زنجیری، کمپرسورهای P250 و XA350 و تجهیزاتی از قبیل چکش و سه پایه، پیکور، ریل، واگن و غیره بکار گرفته شده است (شرکت مهندسين کاوشگران، ۱۳۸۸).

معدن متروکه فلورین سرچلشک

معدن متروکه فلورین سرچلشک در ضلع شمالی جاده پل سفید - سمنان بعد از روستای سرچلشک قرار دارد. این کانسار در ۲ کیلومتری خاور معدن کمپرشت، به مختصات تقریبی ۳۹۸۸۴۰۵ شمالی و ۶۸۸۸۴۸ خاوری واقع شده است.

کانی‌سازی فلورین در بخش بالایی آهک‌های دولومیتی سازند الیکا صورت گرفته است و تمرکز اصلی فلورین در مرز بین آهک‌های دولومیتی تریاس و مارن‌های رسی و دولومیت‌های نازک لایه سازند پالند قرار دارد. روند ماده معدنی، هم‌خوان با لایه‌بندی بوده و به طور عمده به صورت لایه‌ای است. نتایج آزمایشگاهی ناهنجاری عیاری عناصر Ag و $Cu \cdot Pb \cdot Zn$ را نشان می‌دهد. ضخامت لایه اصلی فلورین بیش از ۲ متر است که دارای میان لایه‌های



نازکی از باریت با حداکثر ضخامت ۲۰ سانتی متر می باشد. کانی سازی سرب و روی و همچنین آغشتگی های مس به صورت آذوریت و مالاکیت در این کانسار مشاهده می شوند. نحوه تشکیل این کانسار مشابه با کانسار رودبار و پاچی میانا بوده و کانی سازی سرب و روی به صورت میان لایه های کم ضخامت در میان لایه های ضخیم فلورین مشاهده می شود (شرکت مهندسی کاوشگران، ۱۳۸۸).

۵-۲-۲- کانسارهای فلورین

کانسار فلورین دامغان

کانسار فلورین دامغان در استان سمنان در چهار گوش ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر در بخش شرقی زون البرز مرکزی و در شمال غرب دامغان قرار گرفته است. این منطقه در مختصات جغرافیایی به عرض ۳۹۹۸۶۸۳ شمالی و در طول ۷۷۰۰۷۰ شرقی قرار دارد. محدوده مورد نظر از جنوب به گسل عطاری و از شمال به کوه های آرسک محدود می شود. کانسار فلورین دامغان طبق نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه در سازند میلا واقع شده است. سازند میلا در محدوده کانسار به سن کامبرین میانی تا اردووسین زیرین به صورت ناپیوسته بر روی سازند لالون قرار می گیرد. کانسار فلورین دامغان در بخش ۱ میلا قرار دارد که اغلب حاوی دولومیت همراه با میان لایه های مارنی و شیلی زرد رنگ به سن کامبرین میانی می باشد. کانی فلورین در این منطقه در قالب طیف رنگی سفید (نوع غالب) و بنفش قابل مشاهده است (شکل ۵-۱۴). بررسی های صحرایی نشان می دهد که از نقطه نظر ساختاری، کانی سازی فلورین در سنگ میزبان کربناته به صورت رگچه، رگه ای، توده ای و عدسی شکل در امتداد شکستگی- های گسلی و حفرات انحلالی نهشته شده است. فلورین در این منطقه، کمتر به فرم بلوری قابل مشاهده است و عمدتاً با بافت توده ای و مخفی بلور قابل رویت است (ریاحی ماه و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۵-۱۴- A- کانی فلورین بنفش در حاشیه همراه با کانی کلسیت B- در مرکز کانی فلورین سفید (ریاحی ماه و همکاران، ۱۳۹۴).

کانسار فلورین زنگیان

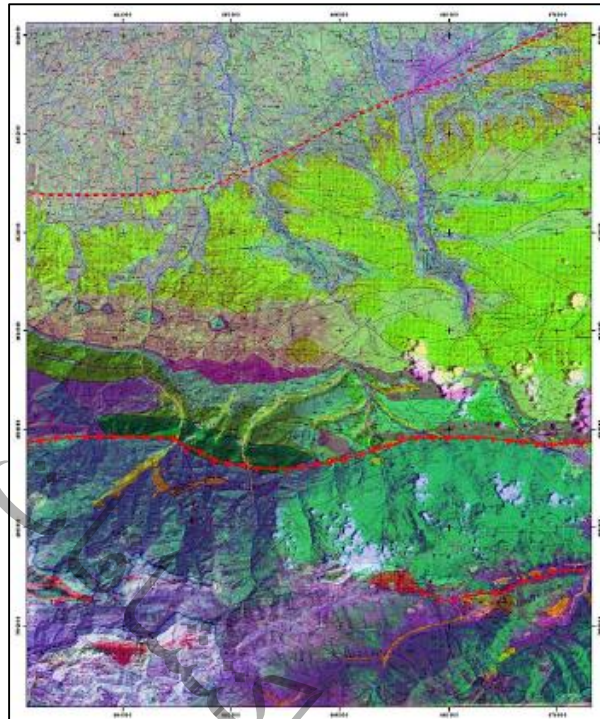
منطقه مورد مطالعه بخشی از چهارگوش ورقه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ قائم شهر می باشد. مختصات جغرافیایی منطقه مذکور عبارتند از: ۶۶۵۰۳۴ شرقی و ۳۹۹۶۵۹۶ شمالی می باشد.

کانسار فلورین زنگیان در جنوب غرب شهرستان سوادکوه در جاده شش رودبار و در شرق روستایی به همین نام واقع شده است، و در فاصله ۷۰ کیلومتری از شهرستان قائمشهر قرار دارد. این منطقه به لحاظ زمین شناسی در بخش شرقی البرز مرکزی قرار گرفته است. کانی سازی فلورین منطقه سواد کوه به دو صورت اپی ژنتیک و دیاژنتیک تشکیل شده است. کانی سازی دیاژنتیکی به صورت عدسی های متبلور و کانی سازی اپی ژنتیک بیشتر به صورت پرشدگی های فضای خالی زون های گسلی، شکستگی ها و فضای خالی برش ها نهشته شده اند. مشاهدات صحرایی، مطالعات ژئوشیمیایی و بررسی های ساختی و بافتی همه حاکی از آن است که کانسار فلورین زنگیان یک کانسار اپی ژنتیک است. سنگ میزبان این کانسار کربناته با سن تریاس بوده و کانه زایی در بخش ۲ و ۳ سازند الیکارخ داده است لیتولوژی سنگ میزبان شامل میکرایت و بیومیکرایت که عمدتاً در محل های نزدیک به کانی سازی تحت تأثیر واکنش با سیال هیدروترمال به دولومیکرواسپارایت تا آهک آلوکم دار کریستالیزه تبدیل شده است. بررسی های صحرایی و آزمایشگاهی موید کانی شناسی و پاراژنز ساده این کانسار بوده که شامل شامل فلورین، دولومیت، کلسیت، کوارتز، پیریت و اکسیدهای آهن می باشد. به غیر از فرآیندهای دولومیتی شدن و سیلیسی شدن آلتراسیون دیگری مشاهده نمی شود. با توجه به شواهد صحرایی و تیپ کانی سازی، مطالعه بافت ها و ساخت های معدنی و کانی شناسی ساده و وجود آلتراسیون های ذکر شده، ارتباط تنگاتنگ ذخیره ماده معدنی با گسل ها و شکستگی ها و لیتولوژی سنگ در برگیرنده کانسار هیدروترمالی، اپی ژنتیک تا دیاژنتیک و قابل مقایسه با تیپ کانسارهای MVT از نوع میسی سی پی می باشد و با توجه به شواهد کانی شناسی و بررسی مقاطع، کانسار حاصل فعالیت سیال هیدروترمال با دمای پایین بوده است. براساس مطالعات انجام شده باید گفت که محیط تشکیل فلورین در زنگیان یک محیط هیدروترمالی است و دمای پیشنهادی برای تبلور فلورین بر اساس مطالعات دمای زیر ۲۰۰ درجه سانتی گراد می باشد (سلیمانی چناری، ۱۳۹۳).

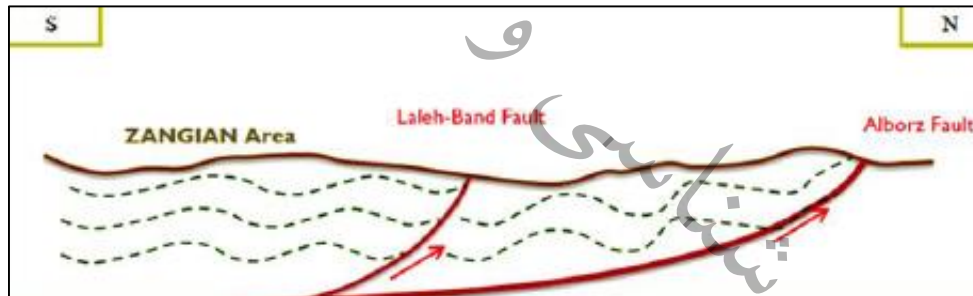
با نگاهی کلی به این برگه مشخص است که هر چه از جنوب به شمال محدوده پیمایش شود، واحدهای سنگی جوان تر قابل مشاهده هستند و ارتفاعات نیز از ۲۵۰۰ متر در جنوب به ۵۰۰ متر در شمال از سطح دریا کاهش می یابد. بررسی تصاویر ماهواره ای گویای آن است که ریخت شناسی به شدت تحت تأثیر ساختارهای منطقه و گاهی سنگ شناسی منطقه می باشد. در این راستا ۲ گسل اصلی ریخت شناسی کلی منطقه را شکل داده اند، گسل



شمالی تر گسل مازندران - خزر با روند تقریبی شرقی - غربی در واقع جدا کننده تپه ماهورهای شمالی از دشت در شمال برکه است. در جنوب آن، گسل اصلی شمالی البرز سبب رانده شدن واحدهای سنگی شمشک بر روی سنگهای جوان تر نظیر سنگهای کرتاسه و الیگومیوسن شده است که نقش اساسی در مورفولوژی و همچنین ساختارهای تکتونیکی شکل گرفته در بخش جنوبی را دارد. در شکل ۵-۱۵ روند گسل های منطقه مشخص شده است. این گسل در ۱۵ کیلومتری شمال محدوده زنگیان قرار گرفته است و به نظر می رسد ساختارهای جنوبی خود را کنترل می کند، در ۱۲ کیلومتری جنوب این گسل (در ۲ کیلومتری شمال محدوده زنگیان) گسل لله بند - لرزنه از گسل های اصلی محدوده قائم شهر است. این گسل با شیب به سمت جنوب از نوع هم خانواده با گسل شمال البرز بوده که در کوتاه شدگی منطقه در راستای گسل اصلی شمالی البرز نقش بازی می کند. ساختارهای چین خوردگی و گسلش راندگی در محدوده زنگیان نیز در مقیاس مختلف قابل ردیابی می باشد، در واقع تاقدیس آپون در غرب محدوده زنگیان، ساختاری است که با چنین مکانیسمی حاصل شده و یال شمالی آن محدوده به گسل لله بند می شود که در شکل ۵-۱۶ نشان داده شده است. میزان ذخیره زمین شناسی به دست آمده از این مطالعات چیزی حدود ۱۵۰۰۰ تن ماده معدنی با عیار ۳۴/۵۶ درصد برآورد می گردد و چنانچه حفاریات افزونتر در راستای پله های بالاتر صورت پذیرد، این ذخیره با افزایش همراه خواهد بود (فرج اللهی و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۵-۱۵- موقعیت گسل‌های اصلی منطقه در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ قائمشهر و محدوده زنگیان (فرج‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۵).



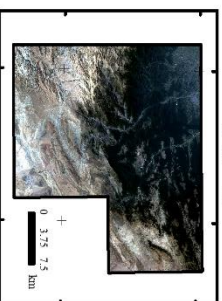
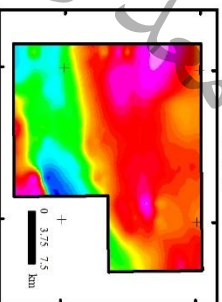
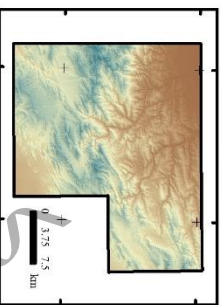
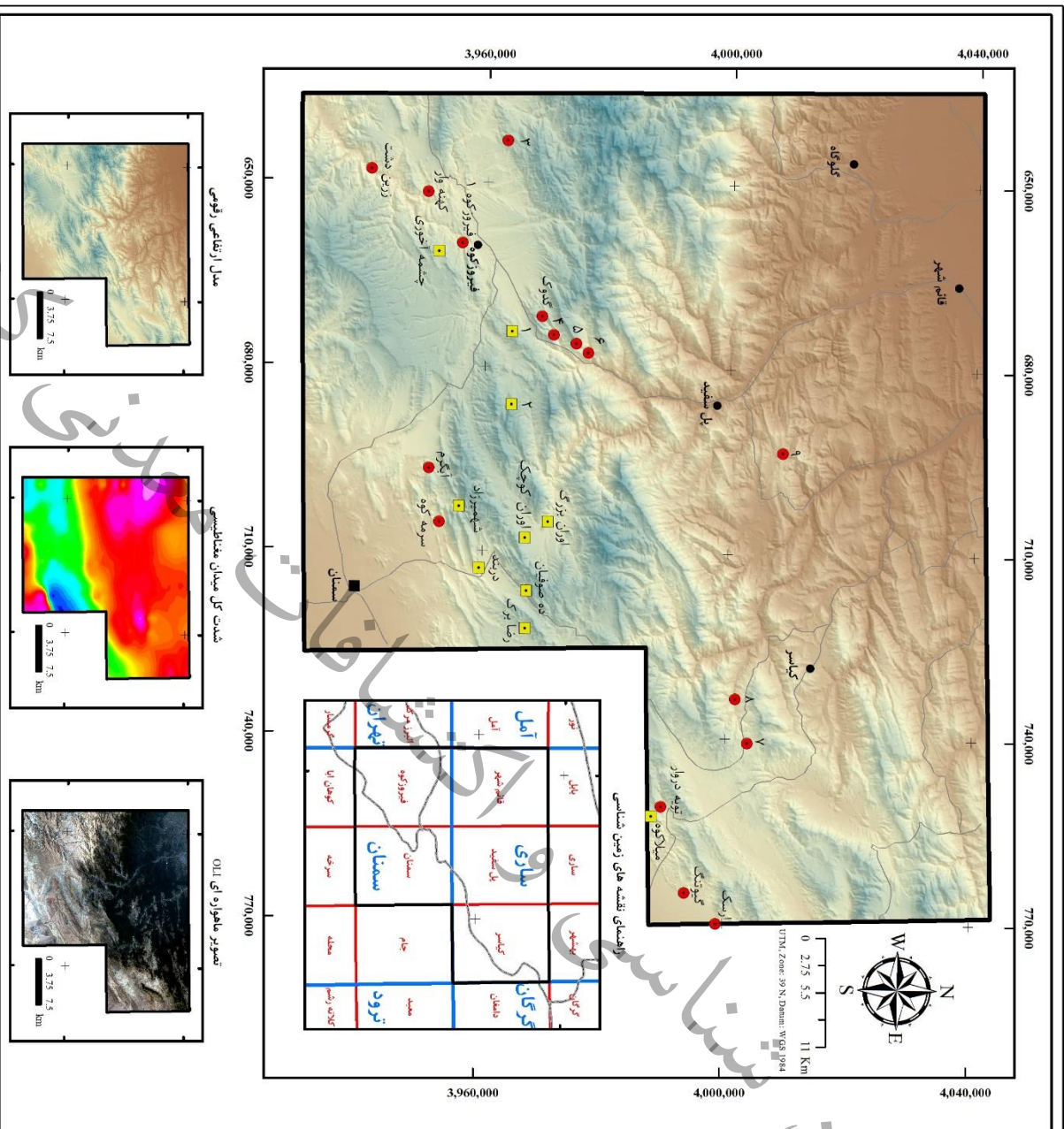
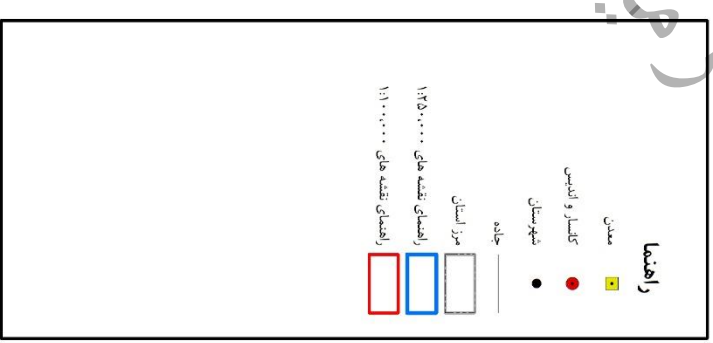
شکل ۵-۱۶- مدل شماتیک از چینش و راندگی در محدوده گسل شمال البرز و گسل بند (بدون مقیاس) (فرج‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۵).

۵-۲-۳- معادن سرب و روی

معادن و نشانه‌های معدنی سرب و روی در بلوک کیاسر - فیروزکوه، دارای تیپ MVT، که سنگ میزبان آن‌ها کربناته و مربوط به دوران کرتاسه تا ژوراسیک می‌باشند. از جمله معادن در این بلوک می‌توان به معدن گیوتنگ، تویه‌دروار و... اشاره نمود. در شکل ۵-۱۷ نقشه پراکندگی معادن و نشانه‌های معدنی سرب و روی در محدوده مورد مطالعه قابل مشاهده می‌باشد.

نقشه پراکنده‌گی معادن و کانسارهای سرب و روی

سرب و روی



شکل ۵-۱۷ - نقشه پراکنده‌گی معادن و نشانه‌های معدنی سرب و روی

معدن سرب و روی ده صوفیان

معدن مذکور در شرق برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سمندان و در زون ۳۹ و مختصات جغرافیایی UTM، ۷۱۶۴۲۷ طول خاوری و ۳۹۶۷۱۸۸ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی این معدن در واحد زمین‌شناسی Jss در سازند شمشک و شامل ماسه سنگ، شیل و کمی زغال سنگ قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی ژوراسیک می‌باشد (نبوی، ۱۳۶۶).

معدن متروکه سرب آخوری

معدن سرب آخوری در فاصله هوائی ۸۰ کیلومتری جنوب شهرستان دامغان و حدود ۳ کیلومتری باختر روستای رشم قرار دارد. مختصات جغرافیائی آن عبارتست از: ۳۹۰۷۶۵۲ شمالی و ۷۲۲۹۵۷ خاوری واقع شده است. راه دسترسی به این معدن از شهرستان دامغان و جاده معلمان به سمت جندق پس از طی مسافت ۱۱۵ کیلومتر راه آسفالته به روستای رشم منتهی می‌گردد. از روستای رشم تا معدن آخوری، حدود ۴ کیلومتر است که در مسیر رودخانه و آبراهه‌های فرعی به سمت باختر می‌توان به محدوده معدن دست یافت. ساختمان کلی منطقه به شکل آنتی کلینال است که یک یال آن بریده می‌باشد و بر اثر حرکات تکتونیک، به نظر می‌رسد که شیب اغلب لایه‌ها برگشته است. از نظر لیتولوژی بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ موجود، شامل سازندهای نیور، پادها، سی‌بزار و بهرام با سن سیلورین - دونین است. جنس واحدهای آن از انواع آهک - آهک دولومیتی تا فیلیت‌های پراکنده در این سازند گزارش گردیده است. سنگ‌های تشکیل دهنده این محدوده، شامل مجموعه‌ای از آهک‌های دگرگونی شده و فیلیت‌های مربوط به سازندهای نیور و پادها است. کانی‌سازی اصلی در میان آهک نخودی رنگی صورت گرفته است. ضخامت این واحد حدود ۴۰ متر، امتداد آن در محل معدن N120E و شیب حدود ۴۵ درجه می‌باشد. کانی‌زایی در درون شکاف‌های حاصل از سیستم گسله تشکیل شده است (شرکت توسعه علوم زمین، ۱۳۸۶).

معدن میلاکوه

معدن سرب و روی میلاکوه در حدود ۵ کیلومتری روستای دشت بو و در مختصات جغرافیایی ۳۹۸۸۱۲۲ شمالی و ۷۵۲۷۸۱ خاوری واقع شده است. آثار معدنکاری قدیمی به صورت حفر تونل و ترانشه در محل معدن مشاهده می‌شود. کانی‌سازی از نوع پلی متال و استراتاباند بوده و ناحیه معدنی عبارت است از یک تاقدیس کشیده گنبدی



شکل به نام میلاکوه که طول محور تاقدیس حدود ۳ کیلومتر و عرض آن حدود ۱ کیلومتر است. هسته تاقدیس را سنگهای کربناته سازند سلطانیه تشکیل داده است و اطراف آن را نهشته‌های سازند باروت متشکل از تناوب دولومیت و شیل احاطه کرده است. کانی سازی سرب، روی و فلورین فقط در سازند سلطانیه بوجود آمده و کانی سازی باریت، هم در سازند سلطانیه و هم در سازند باروت تشکیل گردیده است. سطح ناحیه کانی سازی عاری از هر نوع پوشیدگی است و کانی سازی عموماً در سطح قرار دارد. بررسی‌ها حاکی از این است که در این ناحیه کانی سازی در مقیاس کوچک و به طور پراکنده در قشر بالایی آهک و دولومیت سلطانیه تشکیل گردیده است. حداکثر عیار سرب در نمونه‌ها مقدار ۶۶۰ ppm است که ارزش اقتصادی ندارد. حداکثر عیار طلا ۴۹ ppb می‌باشد. مس در جنوب تونل بالایی به صورت کالکوپیریت و در چند نقطه در مرز سازند باروت و سلطانیه به صورت ملاکیت و روی و نقره (مقدار بسیار ناچیز) وجود دارد که ارزش اقتصادی ندارد. فلورین تنها ماده معدنی است که به شکل نامنظم ولی با حجم‌های نسبتاً کم و کوچک تشکیل شده است (صمیمی نمین، ۱۳۷۷).

معدن اوران بزرگ

معدن سرب و روی اوران بزرگ در مختصات جغرافیایی ۳۹۷۰۵۳۶ شمالی و ۷۰۵۱۶۶ خاوری و در جاده شه‌میرزاد به سمت چاشم و دولاب واقع شده است. سنگ میزبان کانی سازی در این معدن سنگ آهک توده‌ای تا نازک لایه کرتاسه می‌باشد که در محدوده کوه اوران بزرگ رخنمون وسیعی دارد (شکل ۵-۱۸). این واحد سنگی در اثر عملکرد گسل‌های متعدد خرد شدگی نشان می‌دهد. کانی سازی سرب بصورت گالن، روی بصورت اسفالریت همراه با کلسیت و آراگونیت با بافت ستونی و گل کلمی در سنگ میزبان آهکی کانسار اوران بزرگ را تشکیل می‌دهد. کانی سازی در امتداد گسل به صورت رگه‌ای رخ داده است و گسترش چندانی نیز ندارد.



شکل ۵-۱۸- نمایی از سنگ آهک‌های ریفی و توده‌ای کرتاسه در محدوده معدن اوران بزرگ

معدن اوران کوچک

معدن سرب و روی اوران کوچک در مختصات جغرافیایی ۳۹۶۶۸۳۳ شمالی و ۷۰۷۸۲۲ خاوری قرار دارد. راه دسترسی به این معدن از طریق جاده شه میرزاد به چاشم امکان پذیر است. بر اساس تقسیم‌بندی ساختاری و تکتونیکی ایران، منطقه مورد نظر در زون البرز مرکزی و در دامنه جنوبی رشته کوه البرز قرار دارد. سنگ میزبان کانی‌سازی در این معدن، کربناته و از جنس سنگ آهک توده‌ای و دولومیتی به رنگ خاکستری روشن تا نخودی (احتمالاً کرتاسه) می‌باشد که در امتداد گسله‌ها و در اثر عملکرد آنها خرد شده است و در مجاورت لایه‌های مارنی به رنگ سبز تا خاکستری تیره قرار دارد. بطور کلی عملکرد سیستم گسله در این معدن به خوبی قابل مشاهده است که اغلب رگه‌های کانی‌سازی شده و به تبع آن اغلب کارهای معدنی و تمرکز آنها نیز در راستای این گسله‌ها بیشتر است. عملکرد این گسله‌ها و همچنین ماهیت سنگ میزبان به عنوان یک واحد خرد شده و دارای فضای مناسب جهت عبور سیالات بعنوان عوامل اصلی کنترل کننده در تشکیل ماده معدنی در این معدن بوده است. کانه‌زایی در این معدن بیشتر شامل سرب (گالن)+ کالامین (کربنات روی)، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن (اغلب گوتیت و لیمونیت) و به مقدار جزئی باریت در یک سنگ آهک توده‌ای خرد شده دیده می‌شود.

معدن شه میرزاد

معدن سرب و روی شه میرزاد که به آن معدن لاه‌دار نیز گفته می‌شود، در کوه دربند در ۷ کیلومتری باختر تا جنوب‌باختری معدن دربند و در مختصات جغرافیایی ۳۹۵۶۰۶۸ شمالی و ۷۰۲۷۶۱ خاوری واقع شده است. کار



معدنی انجام شده در این معدن به صورت تونل، ترانشه، گزنک و چاه در محدوده‌ای با قطر حدود ۲۰ متر و عمق حداکثر ۱۰ متر می‌باشد. سنگ درونگیر ماده معدنی آهک نودول دار چرتی به رنگ خاکستری روشن (کرتاسه بالایی) است. ماده معدنی عمدتاً به صورت اکسیده و کربناته سرب و روی (سروزیت و اسمیت‌زونیت) به صورت کم عیار همراه کلسیت، لیمونیت و کوارتز دیده می‌شود. مجموع زون مینرالیزه در دو بخش معدن در گستره‌ای با ابعاد ۱۰۰ متر در ۲۰ متر در ۱۵ متر قرار دارد.

معدن دربند

معدن سرب و روی دربند با اسامی دیگری نظیر دربند سمنان و معدن سمنان در دامنه جنوبی کوه دربند (حدود ۱۰۰ متری باختری خاور دربند) در فاصله ۲۴ کیلومتری شمال سمنان و در مختصات جغرافیایی ۳۹۵۹۴۱۹ شمالی و ۷۱۲۸۰۷ خاوری واقع شده است. کار معدنی انجام شده در ارتفاع حدود ۱۵۰ متری کوه ابتدا به صورت روباز (ترانشه به طول ۱۰ متر و عمق ۵ متر) در امتداد رگه مینرالیزه حفر گردیده است. این معدن در جنوب گسل بشم در زون شه‌میرزاد واقع می‌باشد. قدیمی‌ترین سنگهای ناحیه در شمال معدن بیرون‌زدگی دارند که به ترتیب عبارتند از: سازندهای سلطانیه، باروت، لالون، میلا، جیروود و مبارک. سازندهای درود، روته و شمشک نیز در گستره محدود در حدود ۴ کیلومتری جنوب معدن بیرون‌زدگی دارند. معدن دربند در آهکهای کرتاسه بالایی قرار داشته که این آهکهای نودول دار چرتی به رنگ خاکستری روشن و دارای حفرات انحلالی زیادی می‌باشند. ماده معدنی سرب و روی به صورت سولفور (گالن و اسفالریت) و اکسیده (سروزیت و اسمیت‌زونیت) بوده و به صورت رگچه‌های نازک و کوتاه در امتداد درزه‌ها و شکاف‌ها همراه با اکسید آهن، کلسیت و کوارتز دیده می‌شوند. در اطراف آنها همچنین زون مینرالیزه کم عیار به صورت جانشینی نیز وجود دارد. با توجه به اینکه تمرکز معدنی محدود و ضعیف است، به نظر نمی‌رسد این کانسار ذخایر قابل توجهی داشته باشد (عادلی، ۱۳۶۹).

معدن زرین دشت

معدن زرین دشت با مختصات جغرافیایی ۳۹۴۰۹۶۰ شمالی و ۶۴۸۰۲۳ خاوری در استان تهران و در ۴۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان فیروزکوه واقع شده است. این معدن بر اساس تقسیم بندی نبوی (۱۳۵۵) جزئی از زون ساختاری البرز محسوب می‌گردد. سنگ میزبان سرب و روی در منطقه مورد مطالعه، مارن با میان لایه‌هایی از سنگ آهک و توف به رنگ خاکستری روشن و به سن ائوسن می‌باشد (سلامتی و همکاران، ۱۳۹۶).

کانسار رضابرك

کانسار سرب و روی رضابرك در حدود ۴۲ کیلومتری شمال خاوری سمنان در دامنه جنوبی کوه بشم و در مختصات جغرافیایی ۳۹۶۷۱۰۹ شمالی و ۷۲۲۵۵۶ خاوری واقع می‌باشد. ماده معدنی از نوع گالن همراه کلسیت به صورت رگچه‌های نازک و کوتاه و در اطراف نیز به صورت دانه‌های متبلور و درشت به سن تریاس (?) دیده می‌شود. در زون مینرالیزه دگرسانی به صورت دولومیتی و لیمونیتی شدن با تغییر رنگ قرمز، سیاه و قهوه‌ای است (عادلی، ۱۳۶۹).

کانسار آبگرم

این معدن در باختر و شمال باختری کوکلیاب (شمال آبگرم) در فاصله ۲۱ کیلومتری شمال باختری سمنان و در مختصات جغرافیایی ۳۹۵۱۰۴۶ شمالی و ۶۹۶۵۹۴ خاوری واقع شده است. کار معدنی انجام شده در محدوده‌ای با قطر حدود ۳۵۰ متر، شامل یک تونل، چند ترانشه، چاله و چاه می‌باشد. این معدن در حدود ۱۵ کیلومتری جنوب گسل بشم در زون شه‌میرزاد واقع می‌باشد. وضعیت زمین شناسی ناحیه‌ای این معدن مشابه معدن سرمه کوه است به صورتیکه مناطق برجسته و مرتفع آن را سازند لار و مناطق گودتر را سازند شمشک تشکیل می‌دهد. معدن آبگرم در آهکهای ماسه‌ای بخش شه‌میرزاد، سازند شمشک قرار دارد. این بخش عموماً از آهک و آهک ماسه‌ای خاکستری رنگ متمایل به سفید با لایه‌بندی خوب، مارن و ماسه‌سنگ به رنگ قرمز و شیل سبز رنگ تشکیل یافته است. پدیده دگرسانی گرمابی در امتداد شکستگیها به صورت تغییر رنگ سیاه و قهوه‌ای در سطح زمین دیده می‌شود. پدیده دگرسانی سنگهای آهکی را سیلیسی نموده است. کانی سازی به صورت رگه‌ای متقارن در امتداد شکستگیها صورت گرفته که رگه‌های مینرالیزه با پهنای حداکثر ۴۰ سانتیمتر از زون‌های کوارتز و باریت تشکیل یافته است. زون باریتی پهنای بیشتری نسبت به زون کوارتزی دارد و در داخل آن مواد معدنی سولفوری (گالن متبلور) و رگچه‌ای وجود دارد. با توجه به محدودیت گسترش سنگ درونگیر به نظر نمی‌رسد این معدن ذخایر قابل توجه از مواد معدنی را داشته باشد (عادلی، ۱۳۶۹).

کانسار سرمه کوه

کانسار سرب و روی سرمه کوه در کوه سرب (شمال باختری آبگرم) در فاصله حدود ۵۶ کیلومتری شمال باختری سمنان و در مختصات جغرافیایی ۳۹۵۲۸۱۶ شمالی و ۷۰۵۳۴۱ خاوری واقع شده است. این معدن در جنوب



گسل بشم در زون شه‌میرزاد قرار دارد. سنگ درونگیر این معدن سازند فجن است که از ماسه‌سنگ و کنگلومرا به رنگ قرمز، مارن خاکستری و قرمز، آهک و دولومیت به رنگ خاکستری روشن تا سفید تشکیل می‌شود، ولی تمرکز معدنی و همچنین کارهای معدنی انجام شده در واحد آهک دولومیتی می‌باشد. ماده معدنی به صورت گالن همراه باریت، کلسیت و کوارتز در داخل درز و شکاف این آهکها تشکیل یافته ولی در محدوده وسیعتر (۶ کیلومتر مربع) پدیده دگرسانی گرمایی نیز در سنگهای کنگلومرای سازند فجن و نیز سنگهای آهکی- دولومیتی سازند لار وجود دارد. سیلیسی شدن محدوده وسیعی را در حدود ۶ کیلومتر مربع می‌پوشاند، با این حال مواد معدنی قابل توجهی در معدن سرمه کوه مشاهده نگردید (عادلی، ۱۳۶۹).

کانسار تویه- دروار

مجموعه معدنی سرب و روی تویه- دروار در فاصله ۶۵ کیلومتری شمال‌باختری دامغان، ۱۳/۵ کیلومتری باختر تا جنوب‌باختری روستای تویه، ۸ کیلومتری جنوب‌باختری روستای دشت بو و در مختصات جغرافیایی ۳۹۸۹۶۹۹ شمالی و ۷۵۱۱۹۹ خاوری واقع شده است. به لحاظ زمین‌شناسی قدیمی‌ترین تشکیلات منطقه، آهکها و دولومیت‌های سازند سلطانیه می‌باشد که در حدود ۴ کیلومتری جنوب‌خاوری معدن تویه دروار قرار دارد. سنگ فراگیر ماده معدنی واحدهای آهکی و آهکی- دولومیتی سازند لار می‌باشد. حفاریات زیادی به صورت تونل، گزنک، چاه، دوپل، ترانشه و گودال بر روی رگه‌های معدنی صورت گرفته است. تمام فعالیت‌های معدنی انجام گرفته جهت استخراج سرب بوده و ترکیبات روی، یا دست نخورده در حواشی حفاریات وجود دارد و یا به صورت دپو شده در کنار فعالیت‌های معدنی مشاهده می‌شود. تمرکز کانی سازی در این محدوده عمدتاً به شکل رگه و رگچه‌های متعدد و پاکتهای کانه‌دار و در راستای گسل‌ها و شکستگی‌های موجود در سنگ میزبان آهکی و آهکی- دولومیتی سازند لار صورت گرفته است (مهری و همکاران، ۱۳۸۱).

کانسار سرب و روی کهنه وار

کانسار مذکور در مرکز برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فیروزکوه و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۶۵۱۶۸۱ طول خاوری و ۳۹۵۰۲۵۲ عرض شمالی و در فاصله تقریباً ۷/۵ کیلومتری غرب کوه کبود واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی این معدن در واحد زمین‌شناسی J₁¹ در سازند لار و شامل سنگ آهک، مارن و سنگ آهک دولومیتی، با لایه‌بندی ضخیم تا توده‌ای قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی ژوراسیک می‌باشد (سلامتی، ۱۳۹۶).

کانسار آرسک دامغان

به کانسار سرب و روی آرسک دامغان، کانسار چشمه نعنایی نیز گفته می‌شود که در دامنه جنوبی کوه آرسک و شمال کوه گچی، در فاصله حدود ۳۰ کیلومتری باختر دامغان و در مختصات جغرافیایی ۳۹۹۸۸۳۵ شمالی و ۷۷۰۱۰۶ خاوری واقع می‌باشد. کار معدنی انجام شده نامنظم و غیر سیستماتیک بوده و عموماً به صورت تونل، چاه، گزنک و دوپیل دنباله رگه انجام شده است (شکل ۵-۱۹). سنگ درونگیر کانسار آهک و آهک دولومیتی توده‌ای و ضخیم لایه به رنگ خاکستری روشن مربوط به سازند لار می‌باشد. مواد معدنی عمدتاً سولفورسولفوری از نوع گالن است ولی مقادیر کمی از سروزیت و اسمیت زونیت همراه اکسیدهای آهن با گانگ فراوان از کلسیت دیده می‌شود. عمق ماده معدنی با توجه به حفاریات موجود تا حدود ۲۰۰ متر و طول آن تا ۱۰۰ متر می‌رسد (عادلی، ۱۳۶۹).



شکل ۵-۱۹- دهانه تنها تونل معدن آرسک (عادلی، ۱۳۶۹)

کانسار سرب و روی گدوک فیروزکوه

این کانسار در شرق برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فیروزکوه و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۶۷۱۶۹۹ طول خاوری و ۳۹۶۹۰۸۰ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی این معدن در واحد زمین‌شناسی TRe^1 در سازند الیکا و شامل سنگ آهک ورقه‌ای با لایه‌هایی از دولومیت قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی تریاس می‌باشد (سلامتی، ۱۳۹۶).



کانسار سرب و روی فیروزکوه ۱

این کانسار با مختصات جغرافیایی ۳۹۵۵۹۱۲ شمالی و ۶۵۹۹۲۵ خاوری در بخش باختری کوه پل دره و در مرکز برکه زمین شناسی یکصد هزارم فیروزکوه قرار گرفته و سنگ میزبان کانه زایی در منطقه مارن همراه با میان لایه های سنگ آهک و توف به سن ائوسن است (سلامتی و همکاران، ۱۳۹۶).

معدن سرب و روی شماره ۱

معدن مذکور در شرق برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ فیروزکوه و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۶۷۴۲۵۶ طول خاوری و ۳۹۶۴۲۵۴ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این معدن در واحد زمین شناسی J_1^1 در سازند لار و شامل سنگ آهک، مارن و سنگ آهک دولومیتی، با لایه بندی ضخیم تا توده ای قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی ژوراسیک می باشد (سلامتی، ۱۳۹۶).

معدن سرب و روی شماره ۲

معدن مذکور در غرب برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ سمنان و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۶۸۶۱۲۸ طول خاوری و ۳۹۶۴۳۲۰ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این معدن در واحد زمین شناسی K_2^{ch} که شامل آهک چرت دار می باشد قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی کرتاسه می باشد (نبوی، ۱۳۶۶).

نشانه معدنی سرب و روی شماره ۳

نشانه معدنی مذکور در غرب برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ فیروزکوه و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۶۴۳۲۰۱ طول خاوری و ۳۹۶۳۰۴۷ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این معدن در واحد زمین شناسی K_1^1 در سازند تیزکوه و شامل سنگ آهک خاکستری اوربیتون دار با لایه بندی نامنظم قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی کرتاسه می باشد (سلامتی، ۱۳۹۶).

نشانه معدنی سرب و روی شماره ۴

نشانه معدنی مذکور در غرب برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ فیروزکوه و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۶۴۳۴۳۱ طول خاوری و ۳۹۶۳۰۲۷ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این معدن در واحد زمین شناسی K_1^1 در

سازند تیزکوه و شامل سنگ آهک خاکستری اوربیتون دار با لایه بندی نامنظم قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی کرتاسه می باشد (سلامتی، ۱۳۹۶).

نشانه معدنی سرب و روی شماره ۵

نشانه معدنی مذکور در شرق برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فیروزکوه و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۶۷۴۷۲۷ طول خاوری و ۳۹۷۰۹۹۰ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این معدن در واحد زمین شناسی P_r^1 در سازند روته و شامل سنگ آهک و مقداری مارن به رنگ خاکستری قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی پرمین می باشد (سلامتی، ۱۳۹۶).

نشانه معدنی سرب و روی شماره ۶

نشانه معدنی مذکور در شرق برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فیروزکوه و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۶۷۶۰۷۹ طول خاوری و ۳۹۷۴۷۳۴ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این معدن در واحد زمین شناسی J_s در سازند شمشک و شامل تناوب ماسه سنگ با شیل و میان لایه هایی از آهک های نازک لایه به رنگ خاکستری - سیاه قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی ژوراسیک می باشد (سلامتی، ۱۳۹۶).

نشانه معدنی سرب و روی شماره ۷

نشانه معدنی مذکور در شرق برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فیروزکوه و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۶۷۷۵۱۰ طول خاوری و ۳۹۷۶۶۷۰ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین شناسی این معدن در واحد زمین شناسی J_s در سازند شمشک و شامل تناوب ماسه سنگ با شیل و میان لایه هایی از آهک های نازک لایه به رنگ خاکستری - سیاه قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی ژوراسیک می باشد (سلامتی، ۱۳۹۶).

نشانه معدنی سرب و روی شماره ۸

نشانه معدنی مذکور در جنوب برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۷۴۰۶۹۸ طول خاوری و ۴۰۰۳۵۶۲ عرض شمالی و تقریباً در فاصله ۵ کیلومتری شهر بالا ده واقع شده است. از نظر زمین شناسی این معدن در واحد زمین شناسی TR_{e3} در سازند الیکا و شامل سنگ آهک دولومیتی قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی تریاس می باشد (سعیدی و همکاران، ۱۳۷۱).



نشانه معدنی سرب و روی شماره ۹

نشانه معدنی مذکور در جنوب غربی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۷۳۳۴۸۸ طول خاوری و ۴۰۰۱۴۹۳ عرض شمالی و تقریباً در فاصله ۱ کیلومتری شهر تیلک واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی این معدن در واحد زمین‌شناسی J_s که شامل شیل، سنگ ماسه، سنگ سیلت، سنگ رس، همراه با ذغال سنگ و نیز کنگلومرای کوارتزار در بخش فوقانی قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی ژوراسیک می‌باشد (سعیدی و همکاران، ۱۳۷۱).

نشانه معدنی سرب و روی شماره ۱۰

نشانه معدنی مذکور در مرکز برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ پل سفید و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۶۹۳۴۳۲ طول خاوری و ۴۰۰۸۶۳۲ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی این معدن در واحد زمین‌شناسی PLQ^{m,c} که شامل مارن سیلت‌دار، کنگلومرا و تناوب‌های مارن و کنگلومرا می‌باشد قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی پلیوسن می‌باشد (اژدری و همکاران، ۱۳۸۰).

نشانه معدنی فلورین شماره ۱۱

نشانه معدنی مذکور در جنوب شرقی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ قائم‌شهر و در زون ۳۹ با مختصات جغرافیایی ۶۶۸۹۳۹ طول خاوری و ۳۹۹۲۵۴۱ عرض شمالی واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی این معدن در واحد زمین‌شناسی TR^{e1} در سازند الیکا و شامل سنگ آهک نازک لایه با اثرات کرم‌ها، شیل آهکی و ماسه سنگ قرار گرفته است که مربوط به بازه زمانی تریاس می‌باشد (وحدتی دانشمند و همکاران، ۱۳۸۲).

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کشور
معدنی

فصل هشتم زمین‌شناسی

سازمان زمین‌شناسی و
معدنی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۶-۱- مقدمه

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 جدا کردن کانی‌ها (روش کانی‌های سنگین) و یا آب (روش هیدروژئوشیمیایی) 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 کانسارهای حاوی عناصر Sb, Cu, Pb, Ni, Zn, Co بسیار خوب است، ولی با اندازه‌گیری عناصر دیگر مانند Ag, Bi, Mo, Hg می‌توان از آن به عنوان نشانه کانی‌زایی کانسارهای دیگر استفاده کرد. همچنین این روش برای مطالعات محیط زیستی به کار می‌رود که در این صورت معمولاً نمونه سطحی برداشت می‌شود.

۶-۲- آماده سازی، پردازش و تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی

رسوبات آبراهه‌ای در واقع یک نمونه ترکیبی از مواد فرسایش یافته از سنگ‌های بالادست حوضه آبریز است. بنابراین وجود بی‌هنجاری 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 بی‌هنجاری در محل آبراهه‌ها خود نشان دهنده کانسار در محل نیست، بلکه با توجه به تحرک عناصر می‌توان منشأ اولیه این عناصر (توده کانساری) را با توجه به اطلاعات به دست آمده شناسایی کرد. همچنین نفوذ آب‌های زیرزمینی یا سیلاب‌های بارانی می‌تواند منشأ این عناصر باشد. در محل آبراهه 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 می توان ویژگی های زمین شناختی یا ژئوشیمیایی اولیه تشکیل دهنده رسوبات آبراهه ای را تعیین کرد. مثلاً اگر مقدار SO_2 به تنهایی در رسوبات زیاد باشد، نشان دهنده منشا گرانیتهی سنگ های اولیه است.

روشن است که مناطق در بردارنده پتانسیل احتمالی (هاله های ثانویه کانساری) در شرایطی بوجود می آیند که کانی سازی (هاله های اولیه)، در محیطی که رسوبات از آن منشأ گرفته اند، رخ داده باشد. بنابراین در اکتشاف ژئوشیمیایی در مقیاس ناحیه ای با نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای و کشف هاله های ثانویه می توان پدیده های کانی سازی را شناسایی نمود.

همه مطالعاتی که با استفاده از روش های مختلف نمونه گیری صورت می گیرند نیاز به آمار و پردازش داده ها دارند که با توجه به نتایج مورد نظر، کارشناس می تواند از روش های ساده یا پیچیده آماری استفاده نماید. لذا اکتشافات ژئوشیمیایی که بر پایه نمونه برداری از جوامع سنگی، رسوبات آبراهه ای، خاک و آب می باشند نیازمند انجام پردازش های آماری هستند. با توجه به اینکه هیچ کدام از روش های اکتشافی کامل نبوده و با کاستی هایی همراه هستند، معمولاً از روش های اکتشافی مکمل نظیر مطالعات کانی سنگین، ژئوفیزیک و دورسنجی استفاده می شود تا معتبرترین مناطق جهت اکتشافات بعدی انتخاب گردند.

نحوه پردازش داده ها به این صورت می باشد که نتایج آنالیز ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای به همراه مختصات محل برداشت نمونه ها در یک بانک اطلاعاتی ذخیره می گردد. بعد از این مرحله برای بخشی از داده ها که به صورت سنسورد گزارش شده بودند جایگزینی داده های سنسورد انجام می گیرد. سپس از این داده ها جهت محاسبه پارامترهای آماری، پردازش های آماری تک متغیره، تعیین مشاهدات خارج از ردیف، تعیین آنومالی ها، پردازش های آماری چند متغیره (ضرایب همبستگی، آنالیز خوشه ای، آنالیز فاکتوری) استفاده می شود.

۶-۳- پردازش داده های ژئوشیمیایی

داده های ژئوشیمیایی معمولاً دارای مقادیر سنسورد هستند. یک مقدار سنسورد، داده ای است که بصورت کوچکتر و یا بزرگتر از یک مقدار معین گزارش می شود. برای داده های ژئوشیمیایی، مقدار سنسورد بطور تیبیک در حد قابل ثبت آنالیزهای شیمیایی قرار دارد. داده های سنسورد زمانی ایجاد می شوند که یا تکنیک های آنالیز شیمیایی برای ثبت مقادیر کوچک یک عنصر باندازه کافی حساس نیستند و یا تکنیک ها بسیار حساس بوده و قابلیت ثبت تمرکزهای بالای عناصر را در نمونه ها ندارد. داده های سنسورد در کار آنالیزهای آماری اختلال ایجاد می نماید، چرا



که اغلب تکنیک‌های آماری مهم نیازمند یک مجموعه کامل از داده‌های غیر سنسورد می‌باشند. در مورد تخمین مقادیر سنسورد روش‌های مختلفی بکار می‌رود. از جمله این روش‌ها قرار دادن $\frac{3}{4}$ حد قابل ثبت برای "مقادیر کوچکتر از حد قابل ثبت" و $\frac{4}{3}$ حد بالائی برای "مقادیر بزرگتر از حد قابل ثبت" می‌باشد. در بعضی موارد بجای این مقادیر عدد صفر قرار می‌دهند. مسئله‌ای که تصمیم گیرنده با آن مواجه است آن است که چه درصدی از جانشینی‌ها، بدون ایجاد خطاهای معنی‌دار، قابل توجیه است؟ در اینجا یک روش علمی برای تعیین مقدار جانشینی را نشان می‌دهیم. فرض بر این است که مقدار جانشینی باید برابر باشد با میانگین مقادیر واقعی داده‌هایی که به صورت سنسورد گزارش شده است. در این پروژه روش بیشترین درست‌نمایی جهت تخمین این میانگین استفاده شده است.

۶-۴- محاسبه پارامترهای آماری و رسم نمودارهای مربوط به توزیع داده‌ها

در بررسی‌های ژئوشیمیایی به هر عنصر یا اکسید یا هر ترکیبی که آنالیز نمونه برای آن انجام می‌شود، متغیر گفته می‌شود. داده‌پردازی تک متغیره با تکیه بر آمار کلاسیک به صورت توصیفی و نمودارهای گرافیکی، اولین گام در مسیر داده‌پردازی است که حاوی اطلاعات سودمندی برای کارشناسان است. 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.

۶-۴-۱- جدایش مقادیر خارج از ردیف

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

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

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

۶-۴-۲- نرمال سازی داده‌های خام

استفاده از برخی روش‌های آماری منوط به نرمال بودن تابع توزیع متغیرهای مورد مطالعه است در حالیکه توابع توزیع از نوع لاگ نرمال است، به همین علت قبل از استفاده از این روش‌ها داده‌های خام باید نرمال شوند. در این بخش از نوعی تبدیل جهت نرمال کردن تابع توزیع داده‌های خام استفاده شده است. روش لاگ نرمال به صورت یک روش توصیفی برای نرمال کردن تابع توزیع جوامعی که دارای چولگی در نمودار خود هستند به کار می‌رود.

۶-۴-۳- پارامترهای آماری تک متغیره

دستیابی به پارامترهای آماری اولین گزینه‌ای است که به عنوان مهم‌ترین و جامع‌ترین اطلاعات آماری، در اختیار داده‌پردازان قرار می‌گیرد.

جدول پارامترهای آماری خصوصیتی از جمله ماکزیمم، مینیمم، میانه، میانگین، انحراف معیار، کشیدگی و چولگی را در بردارد. از جمله پارامترهای آماری، چولگی و کشیدگی که با استفاده از آن‌ها می‌توان به نرمال بودن یا لاگ نرمال بودن جوامع پی برد. هر چه این دو مقدار بترتیب به ۰ و ۳ نزدیکتر باشند، آن جامعه نرمال‌تر خواهد بود. این درصدها به عنوان مکمل مقادیر Max و Min است.

کلیه داده‌های خام و نرمال پس از فایل بندی مناسب توسط نرم افزار Statistica مورد بررسی آماری قرار گرفته است.

۶-۵- مطالعات و پردازش ژئوشیمیایی برگه‌های یکصد هزارم بلوک اکتشافی کیاسر- فیروز کوه

بلوک اکتشافی کیاسر- فیروز کوه از تعداد ۵ برگه یکصد هزار ژئوشیمیایی کیاسر، پل سفید، قائم‌شهر، فیروز کوه و سمنان تشکیل شده است.



مطالعات ژئوشیمیایی یکی از روش های موثر برای شناسایی ذخایر معدنی به ویژه در مراحل اولیه اکتشاف است. در مواردی که بر روی یک کانی سازی مشخص پی جویی صورت می گیرد، از عناصر ردیاب و معرف کانی سازی مورد جستجو، استفاده می شود.

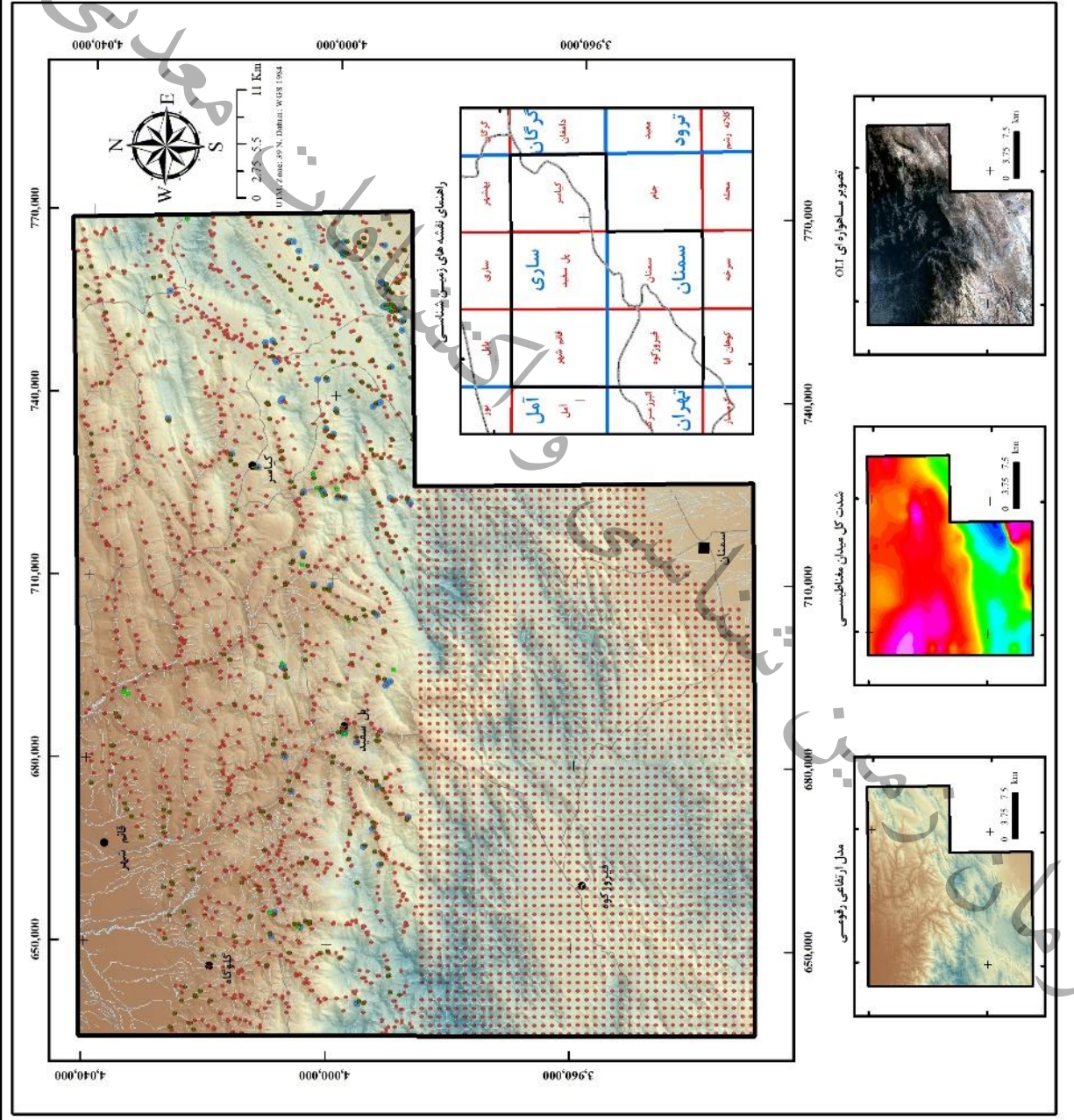
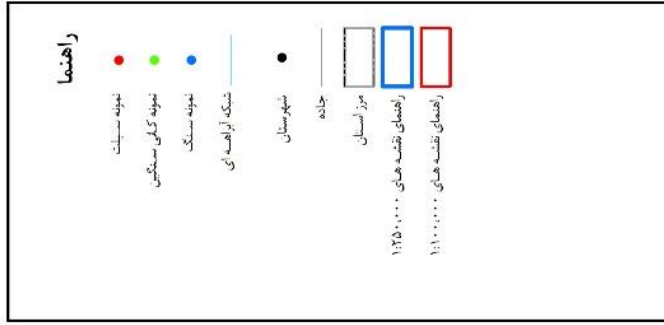
در این راستا مطالعات ژئوشیمیایی و پردازش هر یک از این برگه ها به صورت جداگانه انجام و مناطق آنومالی آن بصورت تک عنصری در هر برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج گردید. لازم بذکر است که مطالعه ژئوشیمیایی برگه های یکصد هزار فیروزکوه و سمنان به روش شبکه بندی منظم نمونه برداری (سیستماتیک) توسط شرکت چینی انجام گرفته است. جدول ۶-۱ مشخصات برگه های یکصد هزار ژئوشیمیایی بلوک مطالعاتی را نمایش می دهد.

در سطح بلوک اکتشافی کیاسر- فیروزکوه ۳۹۹۷ نمونه سیلت، تعداد ۳۰۱ نمونه کانی سنگین از رسوبات آبراهه ای و ۸۳ نمونه سنگ از مجموع برگه های مورد مطالعه برداشت گردیده که نتیجه مطالعات در شکل شماره ۶-۱ نمایش داده شده است.

جدول ۶-۱- مشخصات برگه های دارای داده های ژئوشیمیایی در بلوک کیاسر- فیروزکوه

ردیف	نام برگه	شماره برگه	تعداد آنالیز عنصری	تعداد نمونه	کارفرما
۱	کیاسر	۶۷۶۲	۲۰	۶۱۸	سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
۲	پل سفید	۶۶۶۲	۲۰	۵۰۲	سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
۳	قائم شهر	۶۵۶۲	۲۰	۵۲۹	سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
۴	سمنان	۶۶۶۱	۲۸	۱۱۱۱	کشور جمهوری خلق چین
۵	فیروزکوه	۶۵۶۱	۲۸	۱۲۳۷	کشور جمهوری خلق چین
مجموع	-	-	-	۳۹۹۷	

نقشه پراکنده‌گی نمونه‌های ژئوشیمیایی سیات و کانی سنگین و نمونه سنگ



شکل ۶-۱ - نقشه پراکنده‌گی نمونه‌های ژئوشیمیایی سیات و کانی سنگین و نمونه سنگ در بلوک کیاسر - فیروزکوه



۶-۵-۱- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ قائم شهر

مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای سیستماتیک برگه یکصد هزارم قائم شهر واقع در استان مازندران توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در سال ۱۳۸۱ انجام شده است. تعداد ۵۲۹ نمونه ژئوشیمیایی از رسوبات آبراهه‌ای برداشت شده است که پس از آماده‌سازی، نمونه‌های ژئوشیمیایی برداشت شده در آزمایشگاه شرکت جیانگجی در کشور چین برای ۲۰ عنصر آنالیز گردید.

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

جدول ۶-۲ پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال متغیرهای مورد بررسی در برگه قائم شهر را نمایش می‌دهد. کسب اطلاعات درباره چگونگی پراکندگی داده‌ها و دستیابی به پارامترهای آماری اولین گزینه‌ای است که بعنوان مهم‌ترین و جامع‌ترین اطلاعات آماری داده‌پردازان قرار می‌گیرد. در این جدول تعداد ۸ پارامتر آماری آورده شده است این اطلاعات شامل نحوه تمایل به میانگین، پراکندگی داده‌ها در حول میانگین، میزان چولگی و کشیدگی جامعه، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها می‌باشد.

در این خصوص عنصر باریوم و تا حدودی سرب با چولگی بالای ۵ و با مقدار بیشینه بیش از چند برابر مقدار زمینه در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرد که بیانگر وجود پتانسیل نسبی کانی‌سازی در منطقه می‌باشد.

جدول ۶-۲- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه قائم شهر

Variable	Descriptive Statistics (Qaem Shahr)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
Aq ppm	529	0.0511	0.0490	0.0200	0.119	0.0164	0.76244	0.9456
Aq norm	529	-1.3135	-1.3098	-1.6990	-0.924	0.1401	-0.20333	0.0269
Ba ppm	529	348.6049	334.0000	125.0000	1789.000	138.9800	5.22632	42.0526
Ba norm	529	2.5214	2.5237	2.0969	3.253	0.1256	1.09126	5.7917
Pb ppm	529	17.5098	16.1000	5.4000	79.100	7.6460	2.63599	13.3583
Pb norm	529	1.2110	1.2068	0.7324	1.898	0.1626	0.40003	0.8624
Zn ppm	529	77.2987	75.0000	38.0000	361.000	22.2086	4.46684	50.6503
Zn norm	529	1.8744	1.8751	1.5798	2.558	0.1063	0.47437	3.1923

در خصوص مطالعات کانی سنگین، ۹۹ نمونه کانی سنگین، از زون‌های کانی ساز شده احتمالی برداشت گردید تا مورد مطالعه قرار گیرد نتایج مطالعات حاکی از وجود کانی‌های گروه مس، کانی‌های هم‌پاراژنز با طلا، خانواده سرب و روی، کانی‌های آهن دار، مجموعه کانی‌های فلورین، باریت، اپیدوت و کلریت می‌باشد.

همچنین در محدوده این برگه اقدام به برداشت ۲۰ نمونه از زون‌های آلتزه، مینرالیزه و سیستم کانالی عبور محلول‌های گرمابی گردیده است. طبق نتایج آنالیز که بیشترین پتانسیل کانی‌سازی در نمونه‌های مینرالیزه متعلق به عناصر مس، جیوه، نقره، آنتیموان، سرب و باریم می‌باشد.

۶-۵-۲- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ پل سفید

اکتشافات ژئوشیمیایی برگه یکصد هزار پل سفید در غرب استان مازندران توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در سال ۱۳۸۱ انجام شده است. تعداد ۵۰۲ نمونه ژئوشیمیایی از رسوبات آبراهه‌ای برداشت شده است که پس از آماده‌سازی، نمونه‌های ژئوشیمیایی برداشت شده در آزمایشگاه شرکت جیانکجی در کشور چین برای ۲۰ عنصر آنالیز گردید.

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

با توجه به جدول ۶-۶ پارامترهای آماری، جهت تعیین عناصر پر پتانسیل و ناهنجرار در منطقه در پردازش‌های تک‌متغیره از شکل تابع و مقادیر مربوط به پارامترهای بیشینه و چولگی استفاده شده است. بدین ترتیب عناصر سرب و باریم با چولگی بالای ۱۰ و مقدار بیشینه بیش از چند برابر مقدار زمینه بلحاظ اهمیت در رده بالاتر و عناصر نقره و روی با چولگی بالای پنج در درجه بعدی قرار می‌گیرند.

جدول ۶-۳- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه پل سفید

Variable	Descriptive Statistics (Polsefid)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
Ag ppm	502	0.0678	0.0650	0.0240	0.4940	0.0368	7.2519	73.4701
Ag norm	502	-1.1983	-1.1871	-1.6198	-0.3063	0.1455	1.1044	6.3758
Ba ppm	502	320.0398	298.0000	104.0000	4011.0000	256.5292	10.7365	135.0925
Ba norm	502	2.4676	2.4742	2.0170	3.6033	0.1494	2.0504	15.1344
Pb ppm	502	29.8749	18.3000	5.9000	2000.0000	124.0530	12.6542	174.2429
Pb norm	502	1.2650	1.2625	0.7709	3.3010	0.2248	4.8525	37.6310
Zn ppm	502	95.1853	84.5000	35.0000	1007.0000	77.6855	9.0093	90.8197
Zn norm	502	1.9391	1.9268	1.5441	3.0030	0.1473	2.9254	17.5881

تعداد ۸۵ نمونه کانی‌سنگین، از زون‌های کانی‌ساز شده احتمالی برداشت و توسط گروه اکتشافات ژئوشیمیایی سازمان زمین‌شناسی مطالعه گردیده است. از کانی‌های شاخص و کانسازی در محدوده این برگه می‌توان به کانی‌های طلا، خانواده گروه مس، خانواده گروه سرب و روی و باریت اشاره نمود.



با توجه به مطالعات کانی سنگین شاخه مربوط به کانی‌های گالن، باریت، ماسیکوت، کانی‌های سبک و کانی‌های دگرسان شده می‌تواند در ارتباط با کانی‌سازی سرب و باریم تفسیر شود. در ادامه تعداد ۲۲ نمونه سنگی از زون‌های مینرالیزه و دگرسان شده برداشت گردیده است. نتایج حاصل از مطالعات آماری معرف آنست که بیشترین پتانسیل کانی‌سازی در نمونه‌های مینرالیزه متعلق به عنصر روی و به ترتیب نزولی مربوط به عناصر مولیبدن، آرسنیک، سرب، نقره و جیوه می‌باشد.

۶-۵-۳- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر

مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی برگه یکصد هزار کیاسر در استان مازندران توسط کارشناسان سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در سال ۱۳۸۱ انجام شده است. تعداد ۶۲۰ نمونه ژئوشیمیایی از رسوبات آبراه‌های برداشت شده است که پس از آماده سازی، نمونه‌های ژئوشیمیایی برداشت شده در آزمایشگاه شرکت جیانجی در کشور چین برای ۲۰ عنصر آنالیز گردید.

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

۸ پارامتر آماری شامل تعداد نمونه‌ها، میانگین، میانه، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها در جدول ۴-۵ آورده شده است. این محاسبات در واقع ابتدایی‌ترین بررسی‌های آماری می‌باشد که داده‌ها بر اساس نتایج حاصل از آن تحت مطالعه قرار گرفتند. عنصر سرب، چولگی نسبتاً بالا را نشان می‌دهد. وجود مقادیر ناهنجار و خارج از ردیف این عناصر می‌تواند موید کانه‌سازی باشد.

جدول ۴-۶- پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال عناصر مختلف در برگه کیاسر

Variable	Descriptive Statistics (Kiasar)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
Aq norm	620	-1.2038	-1.2218	-1.8239	-0.5031	0.1956	0.8454	1.3583
Aq ppm	620	0.0702	0.0600	0.0150	0.3140	0.0414	2.6709	8.7782
Ba norm	620	2.4120	2.4265	1.9590	3.1136	0.1666	0.1508	0.6558
Ba ppm	620	278.4937	267.0000	91.0000	1299.0000	119.2923	2.4110	12.5443
Pb norm	620	1.3277	1.3395	0.4771	3.0883	0.2360	1.4741	11.6671
Pb ppm	620	27.8752	21.8500	3.0000	1225.4000	66.1070	14.5867	233.0704
Zn norm	620	1.9578	1.9590	1.6435	2.7559	0.1297	1.0970	4.9573
Zn ppm	620	95.5401	90.9910	44.0000	570.0000	39.6114	5.6219	52.2855

لازم بذکر می‌باشد ۱۱۷ نمونه کانی سنگین، از زون‌های کانی‌ساز شده احتمالی برداشت و مطالعه گردید که شامل کانی‌های خانواده سرب و روی، مجموع کانی‌های آهن‌دار، فلورین و باریت می‌باشد.

در ادامه تعداد ۴۱ نمونه سنگی از زون‌های مینرالیزه و دگرسان شده برداشت گردیده است. نتایج حاصل از مطالعات آماری معرف آنست که بیشترین پتانسیل کانی‌سازی در نمونه‌های مینرالیزه متعلق به عنصر روی و به ترتیب نزولی مربوط به عناصر سرب، باریم، نقره، جیوه، آهن و مولیبدن می‌باشد.

۴-۵-۶- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فیروزکوه

اکتشافات ژئوشیمیایی برگه یکصد هزار فیروزکوه واقع در استان تهران، توسط کارشناسان کشور چین انجام شده است. در این راستا ۱۲۳۷ نمونه به حالت سیستماتیک برداشت گردید. نمونه‌ها جهت آنالیز به شرکت جیانکجی در کشور چین ارسال و برای ۲۸ عنصر آنالیز گردید.

بررسی‌های آماری تک‌متغیره به منظور جدایش مقادیر بی‌هنجار و شناسایی ویژگی‌های آماری عیار عناصر اندازه‌گیری شده در این برگه انجام شده است که نتایج این بررسی در جدول ۶-۵ نمایش داده شده است. با توجه به این که شرط اولیه بسیاری از پردازش‌های آماری نرمال بودن تابع توزیع متغیرهای مورد بررسی است این امر نیز در نظر گرفته شده است. با بررسی، مقدار حداکثر هر عنصر و میزان چولگی عناصر روی و باریم مقدار چولگی نسبتاً بالایی که نشانگر آنومالی قابل بررسی در این محدوده باشد را نشان می‌دهند.

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

Variable	Descriptive Statistics (Firuzkuh)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
Ag_ppm	1237	0.1223	0.1080	0.02800	0.593	0.0678	2.16119	6.5558
Ag_norm	1237	-0.9650	-0.9666	-1.55284	-0.227	0.2086	0.23041	0.5965
Ba_ppm	1237	554.3133	422.5500	60.13000	6378.000	509.1557	5.76918	46.8630
Ba_norm	1237	2.6653	2.6259	1.77909	3.805	0.2301	1.14256	3.2013
F_ppm	1237	493.2611	480.0000	59.00000	1080.000	116.1374	0.75148	1.2411
F_norm	1237	2.6812	2.6812	1.77085	3.033	0.1030	-0.52299	4.9029
Pb_ppm	1237	28.7276	23.3250	9.21800	590.584	24.7289	12.24229	234.2250
Pb_norm	1237	1.4086	1.3678	0.96464	2.771	0.1753	-1.92483	7.2770
Zn_ppm	1237	77.7416	72.6600	7.45000	361.450	28.8246	2.49791	14.0582
Zn_norm	1237	1.8651	1.8613	0.87216	2.558	0.1502	-0.44596	4.1871

۴-۵-۶- برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سمنان

مطالعه اکتشافات ژئوشیمیایی برگه سمنان واقع در استان سمنان، توسط کارشناسان کشور چین انجام شده است. در این راستا ۱۱۱۱ نمونه به حالت سیستماتیک برداشت گردید. نمونه‌ها جهت آنالیز به شرکت جیانکجی در کشور چین ارسال و برای ۲۸ عنصر آنالیز گردید.



بررسی‌های آماری تک‌متغیره به منظور جدایش مقادیر بی‌هنجار و شناسایی ویژگی‌های آماری عیار عناصر اندازه‌گیری شده در این برگه انجام شده است.

جدول ۶-۶ پارامترهای آماری داده‌های خام و نرمال متغیرهای مورد بررسی در برگه سمنان را نشان می‌دهد در این جدول تعداد ۸ پارامتر آماری شامل تعداد نمونه‌ها، میانگین، میانه، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، کمترین و بیشترین مقدار داده‌ها آورده شده است. با بررسی شکل تابع توزیع، مقدار حداکثر هر عنصر و میزان چولگی پتانسیل نمونه‌ها قابل ارزیابی است. در این جدول بیشترین مقدار چولگی به عنصر سرب با عدد ۲۸ تعلق می‌گیرد. عناصر باریوم و سرب هم نشان‌دهنده‌ی مقادیر قابل توجه می‌باشد

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

Variable	Descriptive Statistics (Semnan)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
Ag_ppm	1111	0.0860	0.0730	0.0150	0.891	0.0661	5.24382	39.6191
Ag_norm	1111	-1.1282	-1.1367	-1.8239	-0.050	0.2119	0.93626	2.6816
Ba_ppm	1111	438.8086	360.6900	38.8700	5751.000	411.2264	7.33139	77.0840
Ba_norm	1111	2.5640	2.5571	1.5896	3.760	0.2374	0.62277	2.9693
F_ppm	1111	541.8740	518.0000	152.0000	2691.000	194.5646	2.27294	15.9196
F_norm	1111	2.7097	2.7143	2.1818	3.430	0.1438	0.11048	0.6136
Pb_ppm	1111	29.2768	20.8310	7.3620	2286.000	71.6466	28.40901	889.2112
Pb_norm	1111	1.3710	1.3187	0.8670	3.359	0.2154	2.09617	9.3227
Zn_ppm	1111	83.6829	67.8400	12.8300	1070.000	75.3177	6.60581	63.3224
Zn_norm	1111	1.8476	1.8315	1.1082	3.029	0.2299	0.82534	3.0604

۶-۶- جدایش بی‌هنجاری‌ها

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

- مقدار X به عنوان حد زمینه (درجه چهار)
- مقدار $X + S$ به عنوان حد زمینه محلی (درجه سه)
- مقدار $X + 2S$ به عنوان حد آستانه‌ای (درجه دو)
- مقدار $X + 3S$ به عنوان حد آنومالی (درجه یک)

حدود فوق الذکر که به طور متداول در بررسی های ژئوشیمیایی به کار می رود با فرض نرمال بودن داده ها صادق است و مقادیر حاصله به شدت تابع نوع توزیع و فرضیات اعمال شده است و از آن جا که در عمل تعیین دقیق تابع توزیع و یا به دست آوردن تبدیل مناسب جهت نرمال کردن داده ها مشکل است می توان از فراوانی های معادل حدود فوق، یعنی مقادیر معادل ۰.۵۰، ۰.۸۴، ۰.۹۷/۵ و ۰.۹۹ فراوانی تابع توزیع استفاده کرد.

در ادامه لازم به ذکر مجدد می باشد که برگه های یکصد هزارم ژئوشیمیایی فیروز کوه و سمنان، توسط شرکت های چینی به روش شبکه بندی منظم نمونه برداری شده است در این سبک، عیار هر نمونه معرف عیار متوسط به مرکزیت همان شبکه است. برای نمایش این داده ها، درون یابی به روش فاصله معکوس (IDW) بکار رفته است. روش عکس فاصله ایده ی مجاورت مطرح در چند ضلعی های تیسن را با تغییرات تدریجی سطوح روند ترکیب می کند. این روش فرض می نماید که مقدار ویژگی مورد درون یابی، میانگین وزنی عکس فاصله نقاط داده موجود در همسایگی نقطه مورد نظر می باشد.

بر اساس مقادیر صدک، نتایج در چهار کلاس (شدت آنومالی) قرار گرفته اند:

(۱) صدک بیش از ۹۷ به عنوان آنومالی درجه یک،

(۲) صدک بین ۹۵/۵ تا ۹۷ به عنوان آنومالی درجه دو،

(۳) صدک بین ۸۲ تا ۹۵/۵ به عنوان آنومالی درجه سه

و (۴) صدک کمتر از ۸۲ به عنوان زمینه در نظر گرفته شده است.

با توجه به نقشه های خروجی آنومالی های ژئوشیمیایی ذکر این نکته ضروری است که بدلیل استفاده از روش شبکه بندی منظم نمونه برداری و بدون در نظر گرفتن مسیر آبراهه، نقاط دارای بی هنجاری موجود در چند ضلعی های تعریف شده محدوده های وسیع تری را پوشش می دهد.

۶-۷- ترسیم نقشه های آنومالی ژئوشیمیایی

نتیجه اکتشافات ژئوشیمیایی در یک منطقه تهیه نقشه های ناهنجاری است که نقش ویژه و ارزنده ای را در تعیین مناطق امیدبخش ایفا می نماید. در تعیین دقیق مناطق امیدبخش پارامترهایی همچون طراحی مناسب و منطقی، نمونه برداری دقیق، آماده سازی، روش آنالیز مفید و کارساز با حد خطای مجاز و سرانجام داده پردازای های مناسب انجام شده بر روی نتایج آنالیزها نقش اساسی و پایه ای را به عهده دارند.



به طور کلی در تعریف یک ناحیه ناهنجار ژئوشیمیایی به پارامترهایی همچون مقدار نمونه‌های ناهنجار با انتشار ناهمگون از هر عنصر، روند گسترش ناهنجاری، سطح و وسعت ناحیه امیدبخش، محل دقیق نمونه‌های ناهنجار، همپوشانی آنومالی‌های ژئوشیمیایی بر آنومالی‌های ژئوفیزیک هوایی و نموده‌های تکتونیک، گسترش رخساره‌های سنگی پوشش دهنده محیط ناهنجار و در نهایت برابری مقدار انتشار عنصر مورد نظر با مقدار انتشار در حد زمینه آن عنصر در محیط‌های گوناگون اولیه و ثانویه مد نظر است.

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

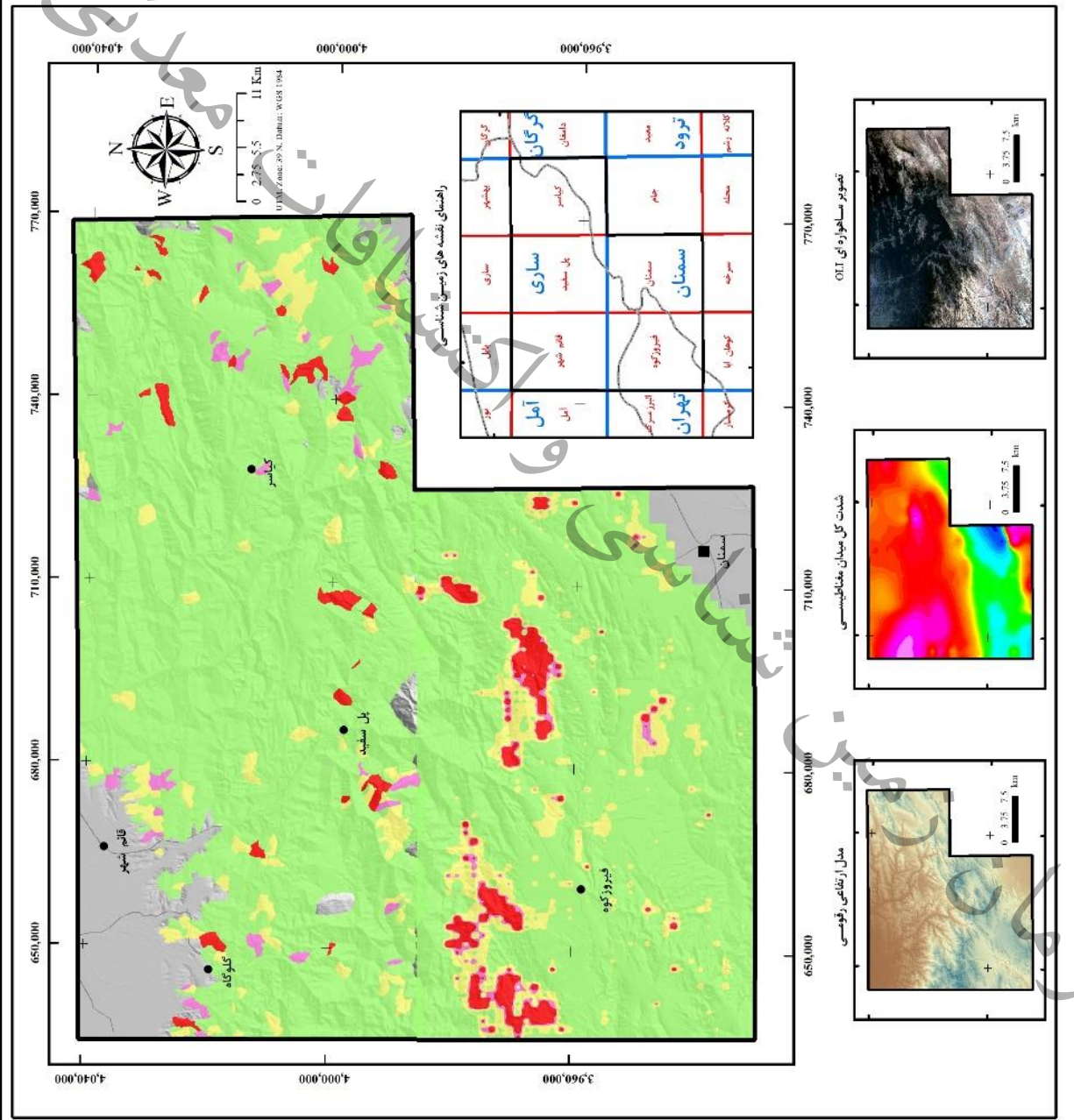
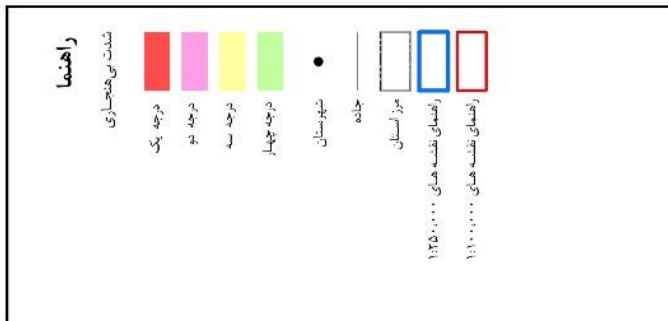
- نقشه‌هایی که تاکید بر الگوی توزیع عناصر در مقیاس ناحیه‌ای و محلی دارند (نقشه‌های کنترولی و طیفی). این گونه نقشه‌ها معمولاً با روش‌های مختلف تخمین زده می‌شوند و با رنگ‌های انتخابی مرز بین ناهنجاری‌ها و مقادیر عادی مشخص می‌گردند.

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

در محدوده اکتشافی مورد مطالعه پس از پردازش داده‌های ژئوشیمیایی و تعیین حدود بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی بر هر عنصر در هر برگه یکصد هزارم، کلیه داده‌ها یکپارچه شده و سپس حوضه آبریز هر نمونه ترسیم گردید. به طوری که حوضه آبریز هر نمونه تا نمونه بعدی در نظر گرفته شده است. سپس با استفاده از نرم افزار ArcGIS درجه‌بندی بی‌هنجاری‌های هر نمونه به حوضه بالا دست آن نسبت داده شده و برای هر درجه بی‌هنجاری یک رنگ خاص اختصاص یافت.

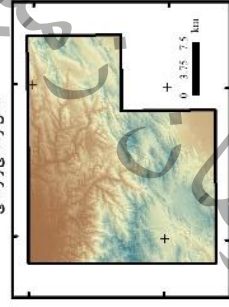
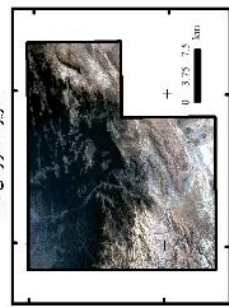
شکل‌های ۶-۲ تا ۶-۶ نقشه‌های شدت بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عناصر مختلف در بلوک کیاسر- فیروزکوه را نمایش می‌دهد.

نقشه شدت بی هنجاری ژئوشیمیایی عنصر نقره



راهشای نقشه های زمینی بینابینی

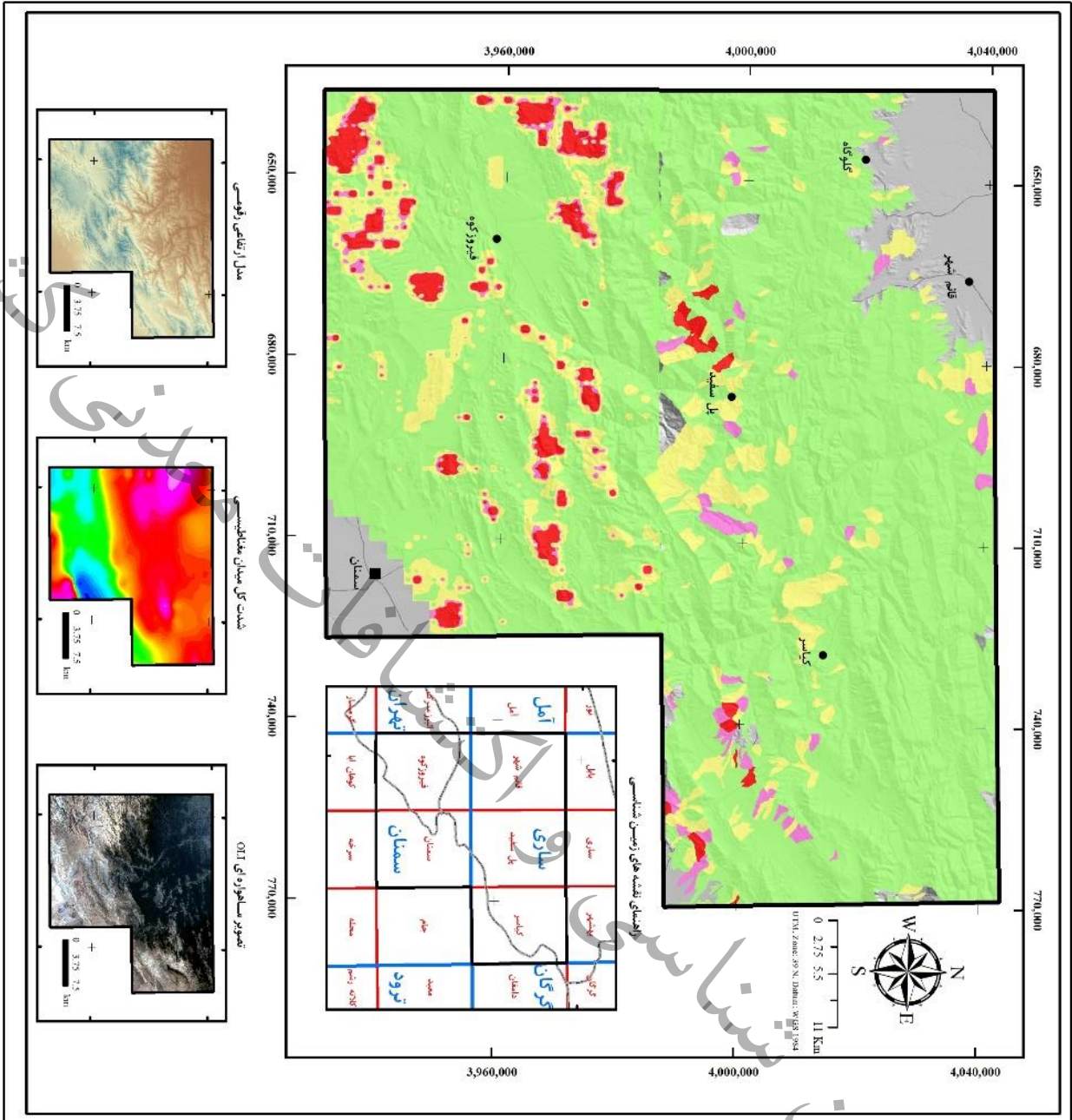
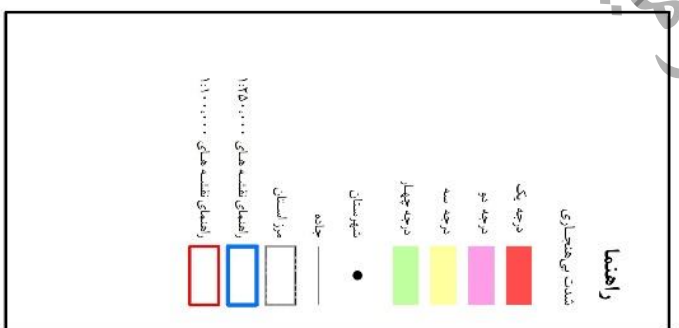
تورک	پنجشهر	ساری	آمل	میر
گرگان	گیاسر	ساری	آمل	میر
داغیان	کیاسر	پل سفید	قائم شهر	آمل
مهاباد	چشم	سمنان	فیروزکوه	تهران
کاشان	مهدیه	سمنان	فیروزکوه	تهران
کاشان	مهدیه	سمنان	فیروزکوه	تهران



شکل ۶-۲- نقشه شدت بی هنجاری ژئوشیمیایی عنصر نقره در بلوک کیاسر - فیروزکوه

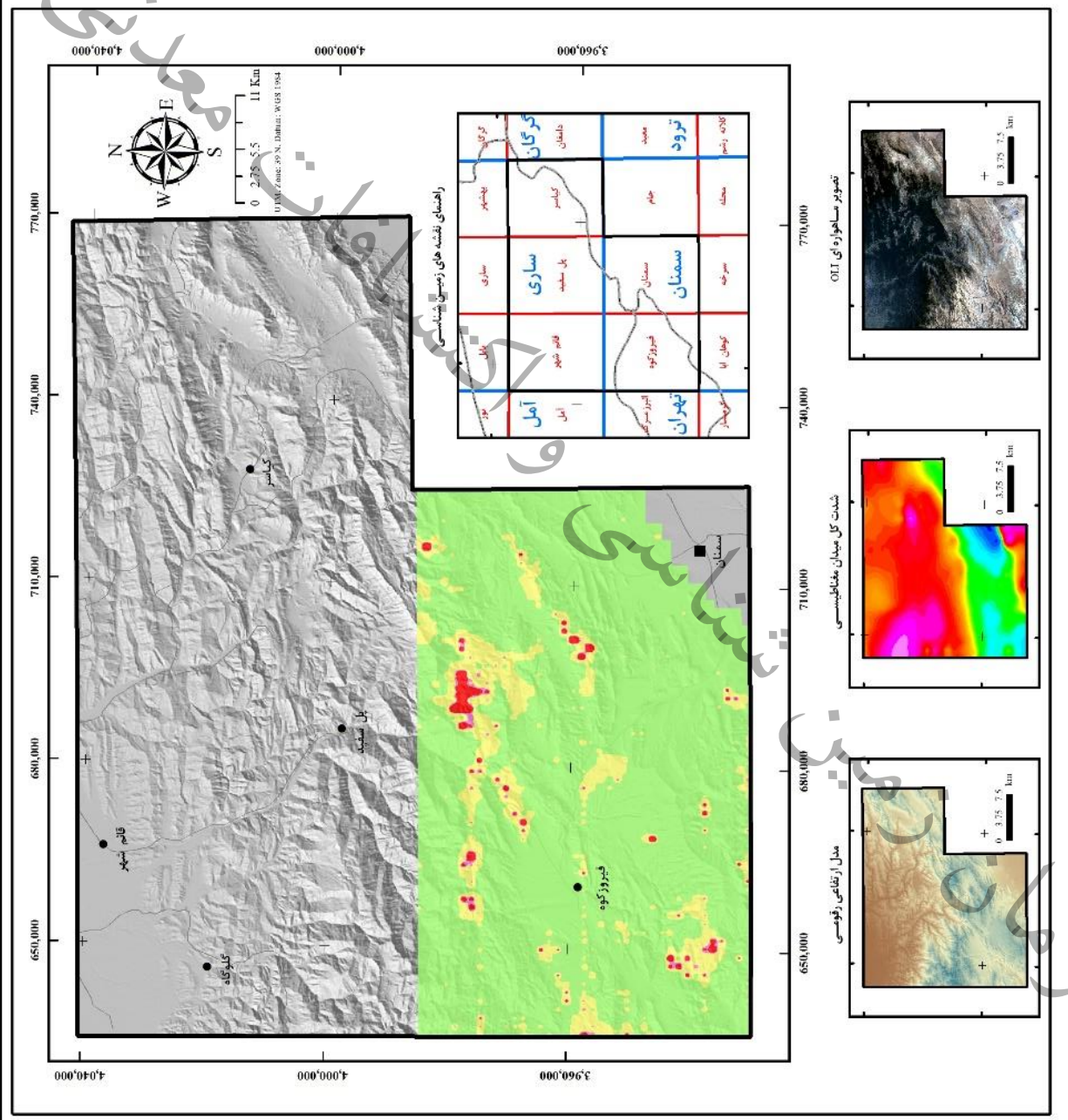
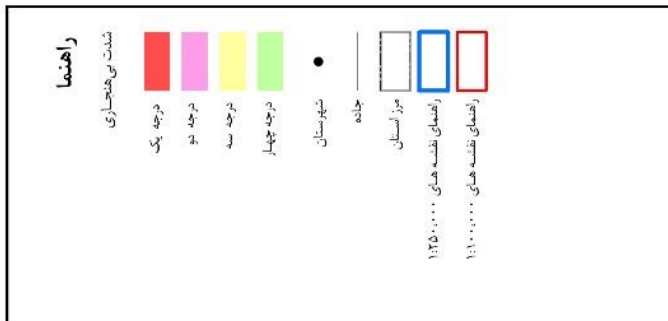


نقشه شدت بی هنجاری ژئوشیمیایی عنصر باریم



شکل ۳-۳- نقشه شدت بی هنجاری ژئوشیمیایی عنصر باریم در بلوک کاشمر - فیروزکوه

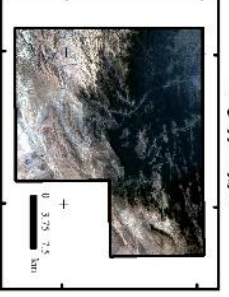
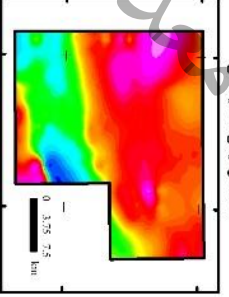
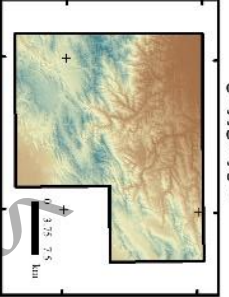
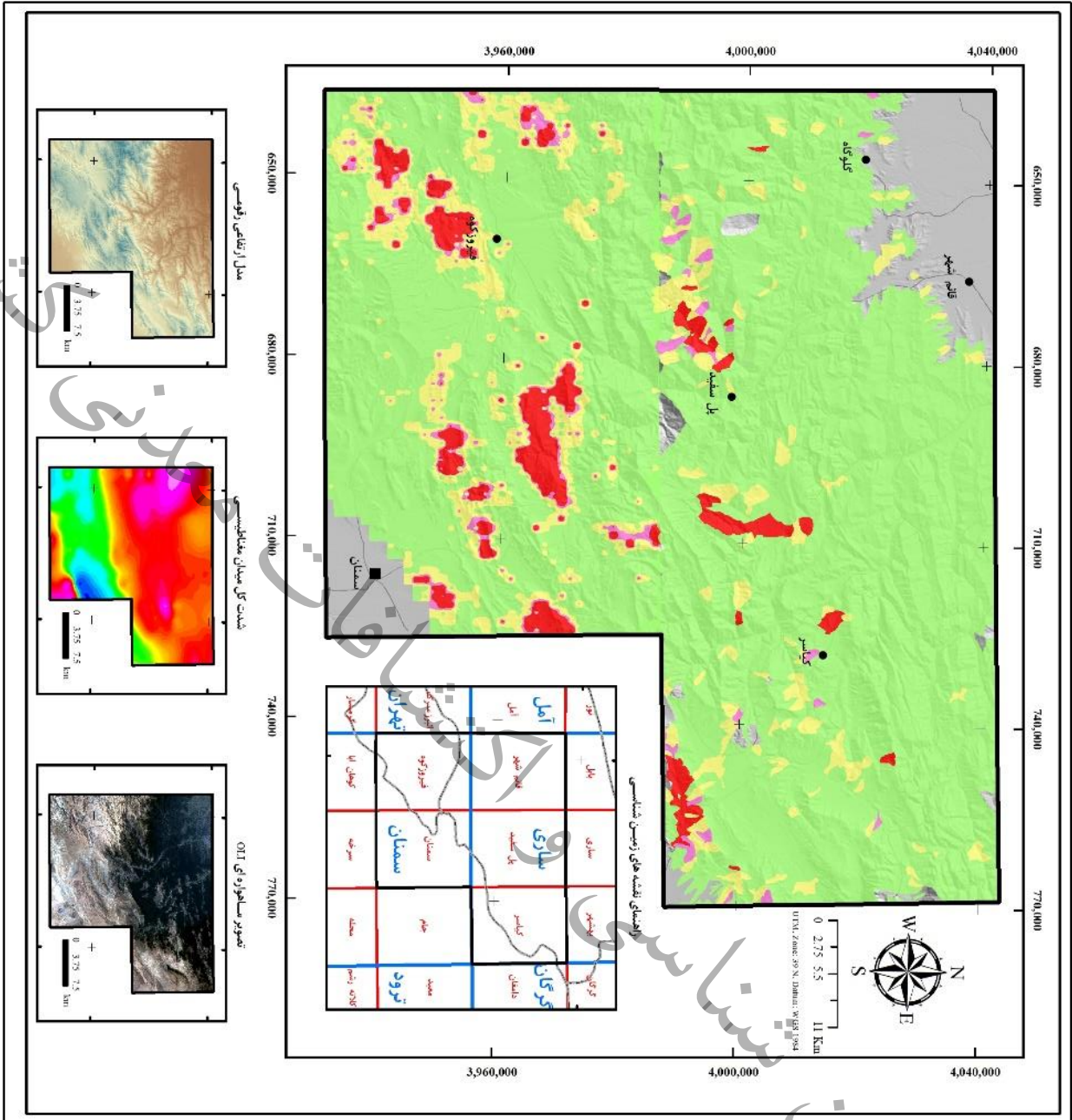
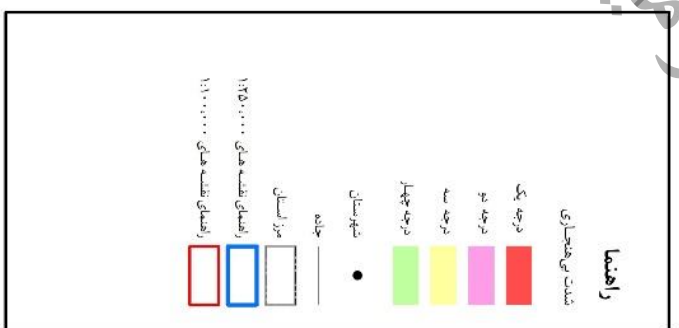
نقشه شدت بی هنجاری ژئوشیمیایی عنصر فلورین



شکل ۴-۶ - نقشه شدت بی هنجاری ژئوشیمیایی عنصر فلورین در بلوک کیاسر - فیروزکوه



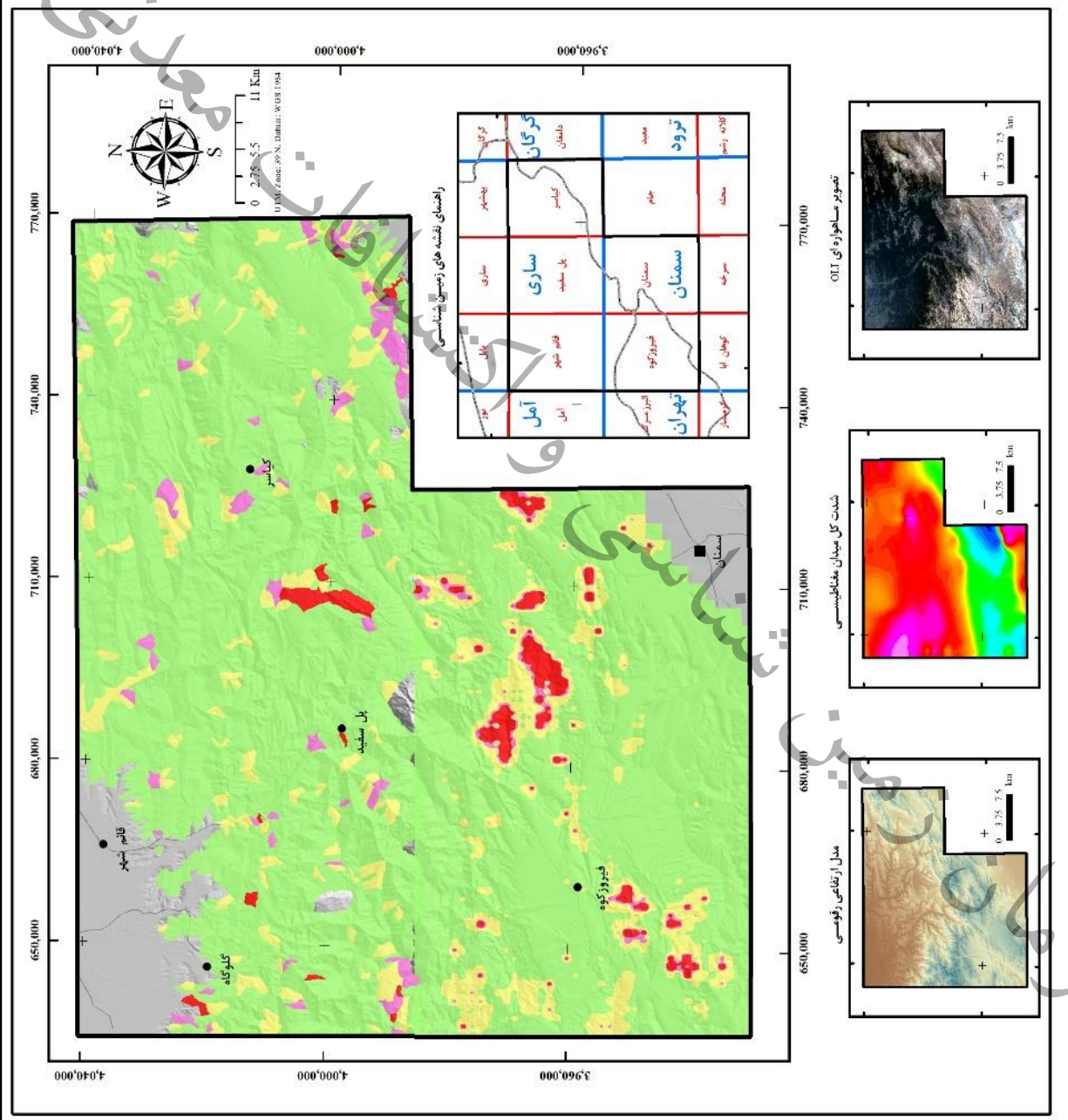
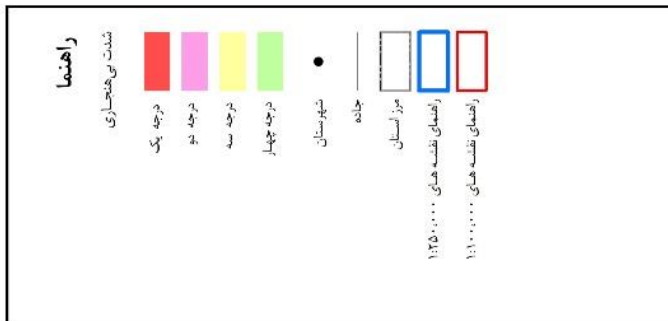
نقشه شدت بی همجاری ژئوشیمیایی عنصر سرب



شکل ۵-۶- نقشه شدت بی همجاری ژئوشیمیایی عنصر سرب در بلوک کاشمر - فیروزکوه

نقشه شدت بی‌هنجاری ژئوشیمیایی

عنصر روی



شکل ۶-۶- نقشه شدت بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عنصر روی در بلوک کیاسر - فیروزکوه



۶-۸- مطالعات کانی سنگین

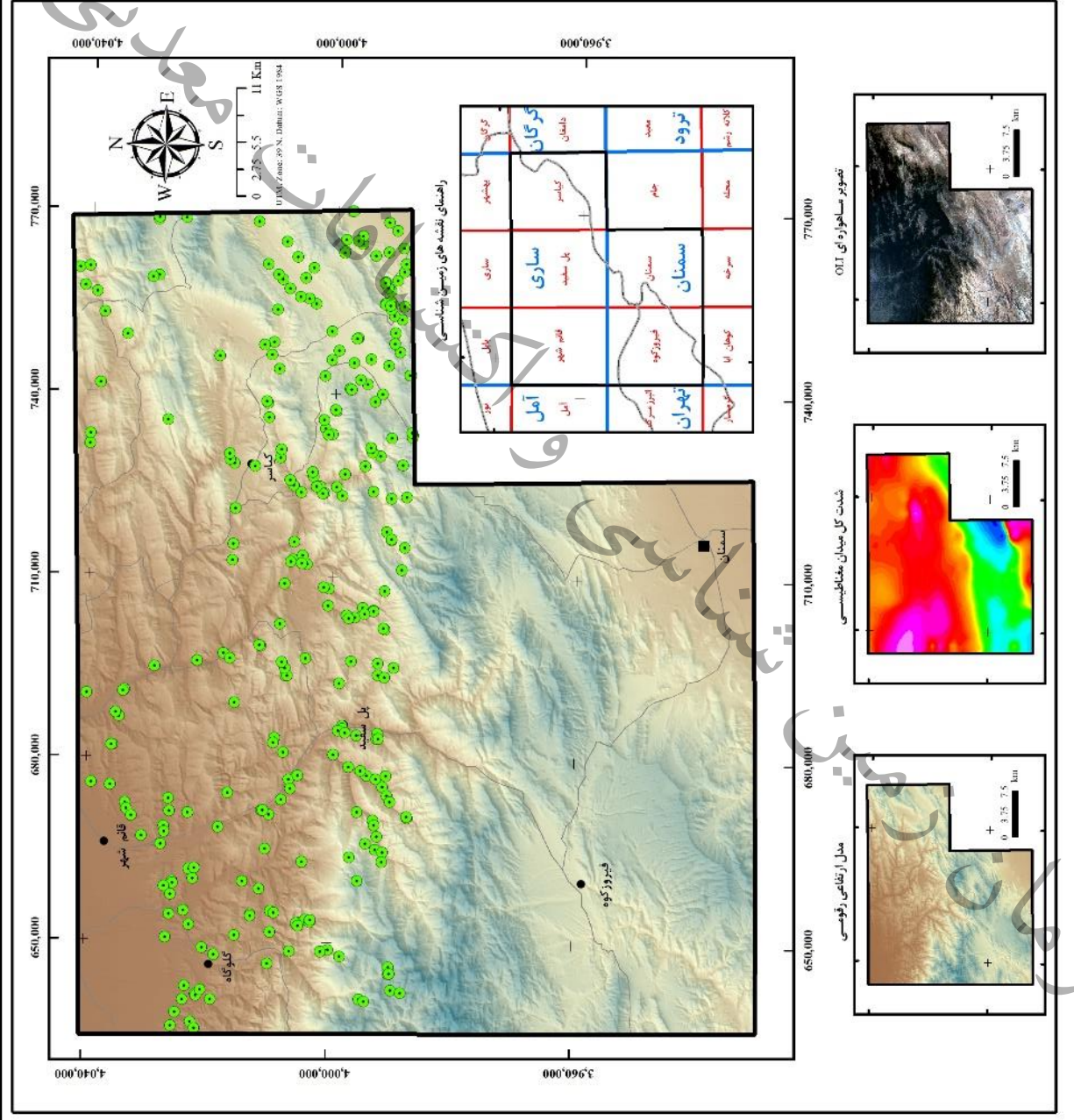
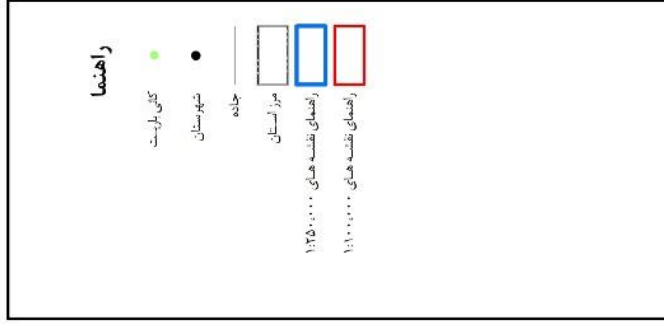
مطالعات کانی سنگین شامل مجموعه مراحل است که از میان آن‌ها می‌توان به نمونه‌برداری از آبرفت‌های با جورشدگی پایین، شستشو، تغلیظ، جدایش با محلول‌های سنگین، جدایش مغناطیسی و در نهایت مطالعه میکروسکوپی اجزاء باقی‌مانده اشاره کرد. آبرفت‌های منشأ گرفته از توده‌های سنگی بالادست در مواردی که خود تشکیل ذخیره پلاسری یک یا چند نوع کانی را نداده باشند می‌توانند به عنوان یک ابزار کلیدی اکتشافی همزمان و یا غیر همزمان با اکتشافات ژئوشیمیایی به کار روند.

با استفاده از این منطق اکتشافی در هر برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ علاوه بر نمونه‌های ژئوشیمی طراحی شده در منطقه تعدادی نمونه کانی سنگین نیز برداشت و پس از نمونه‌برداری و طی مراحل آماده سازی به آزمایشگاه مطالعات کانی سنگین ارسال می‌گردد. نتایج کیفی مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های کانی سنگین با استفاده از فرمول خاصی و با استفاده از داده‌های موجود تبدیل به گرم در تن شده و جهت محاسبات آماده شده است.

در مجموع تعداد ۲۱۴ نمونه کانی سنگین از برگه‌های موجود در بلوک مطالعاتی برداشت گردیده که نتیجه مطالعات به صورت نقشه‌های نمادین یا Symbole Map ترسیم شده است.

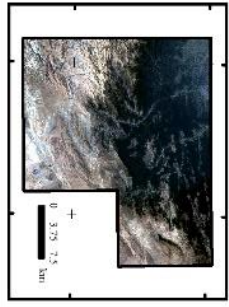
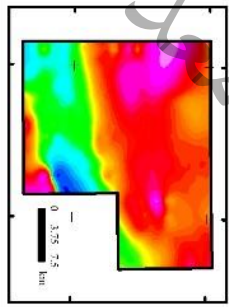
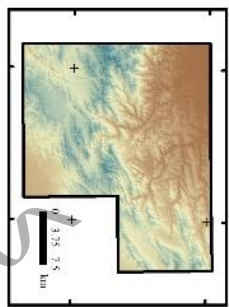
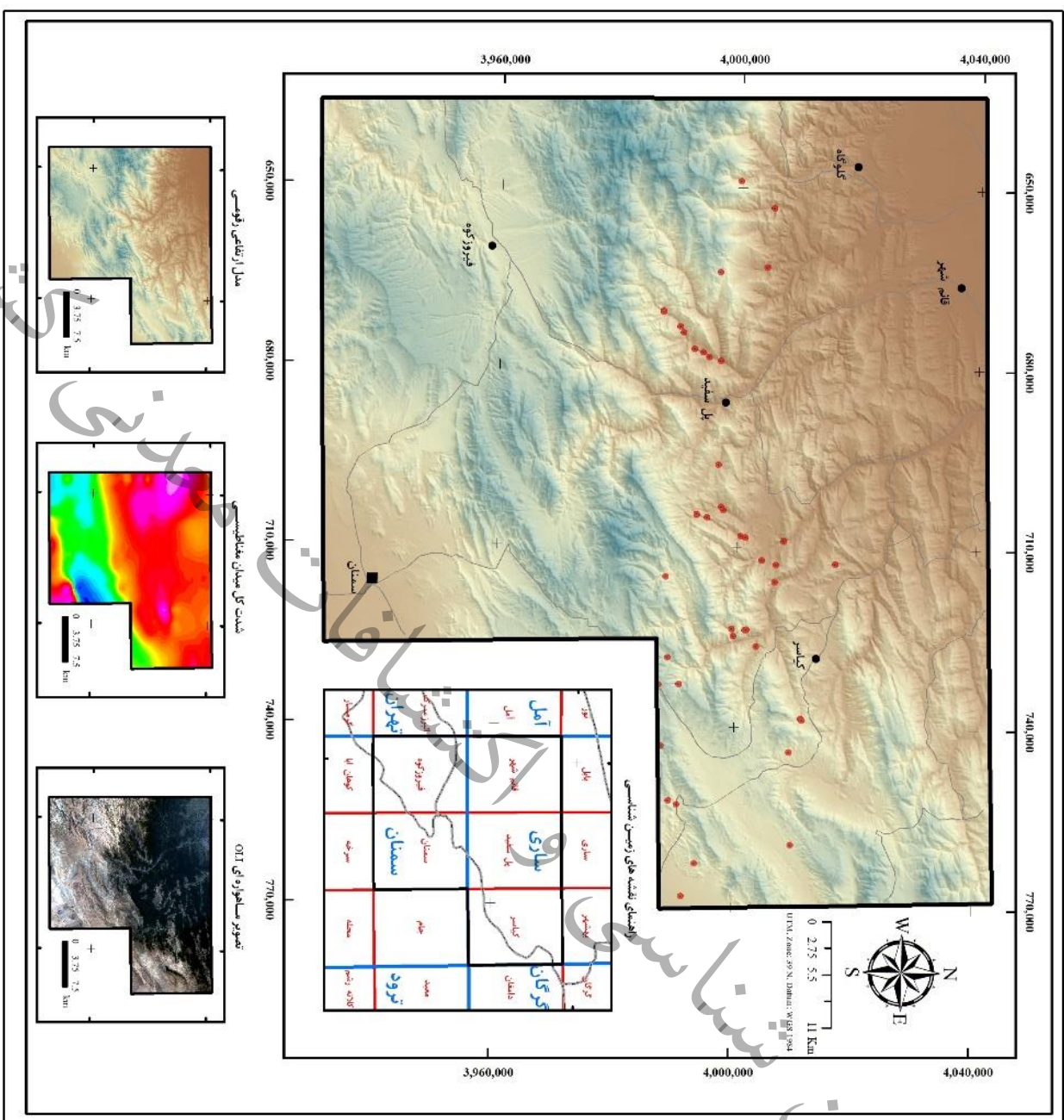
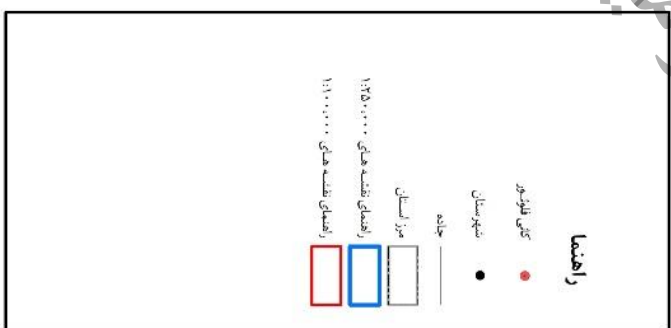
شکل‌های ۶-۷ تا ۶-۹ نقشه‌های پراکندگی گروه‌های کانی‌های سنگین مختلف را در محدوده‌ی مطالعاتی نمایش می‌دهد.

نقشه توزیع کانی باریت



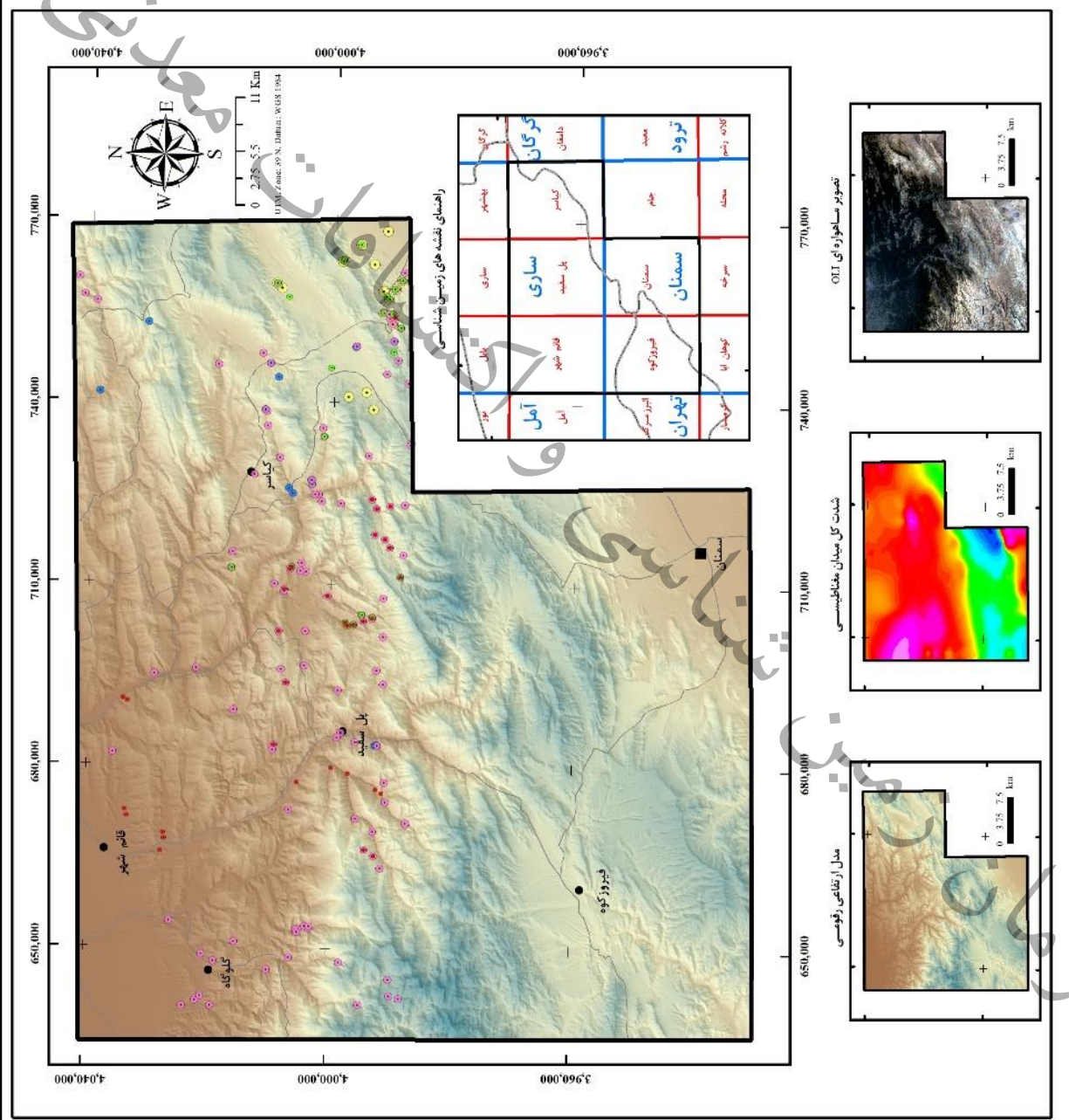
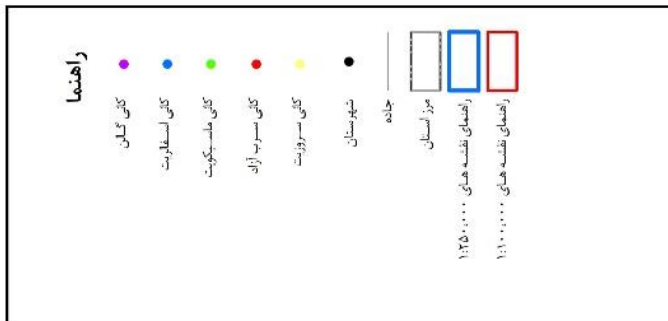
شکل ۶-۷- نقشه توزیع کانی باریت در بلوک کیاسر- فیروزکوه

نقشه توزیع کانی فلورین



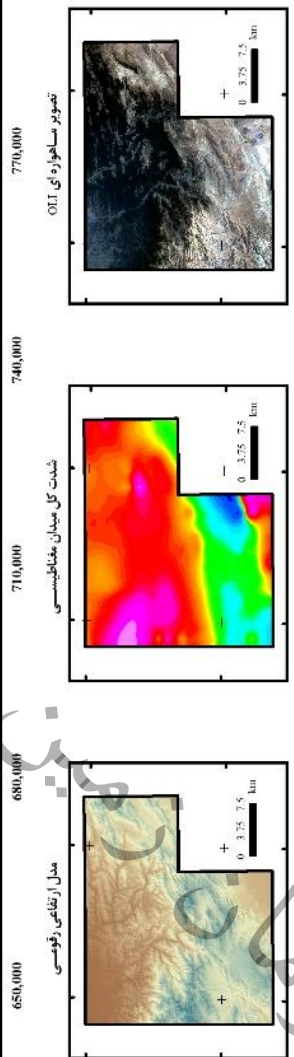
شکل ۸-۶- نقشه توزیع کانی فلورین در بلوک کباسر - فیروزکوه

نقشه توزیع کانی های گروه سرب و روی



راهنمای نقشه های زمین شناسی

گالک	ساری	کاماسر	کاماسر	کاماسر	کاماسر
آمل	قائم شهر	قائم شهر	قائم شهر	قائم شهر	قائم شهر
تهران	فیروزکوه	سمنان	سمنان	سمنان	سمنان
کاشان	کاشان	کاشان	کاشان	کاشان	کاشان
کاشان	کاشان	کاشان	کاشان	کاشان	کاشان



شکل ۹-۶- نقشه توزیع کانی های گروه سرب و روی در بلوک کاماسر - فیروزکوه

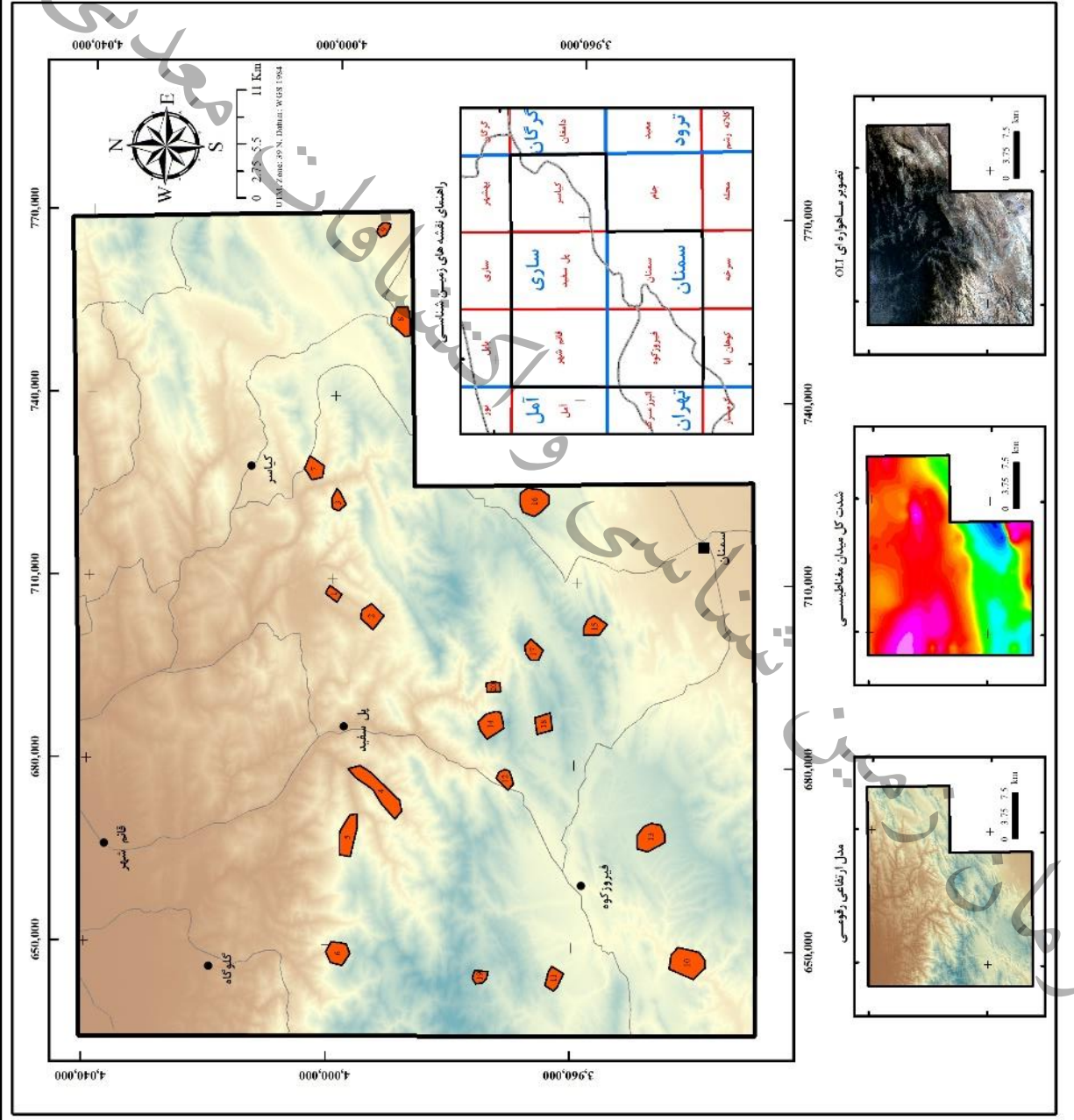
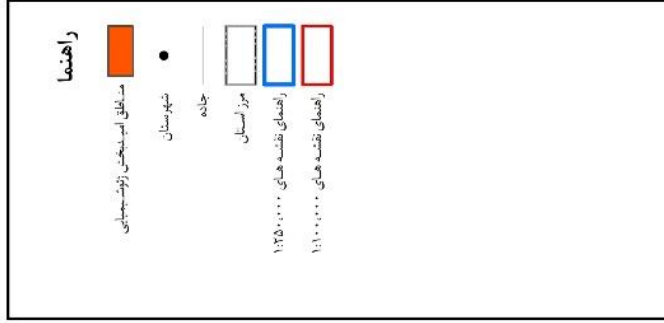
**۹-۶- معرفی مناطق امیدبخش ژئوشیمیایی**

در نهایت با استناد به اطلاعات فوق و استفاده از نقشه‌های خروجی مناطق آنومال و بر پایه مطالعات کانی سنگین موجود، محدوده‌های امیدبخش ژئوشیمیایی معرفی می‌گردند. در جدول ۶-۷، عناصر و کانی‌های سنگین و نتایج آنالیز نمونه‌های سنگ دارای ناهنجاری هریک از این مناطق امیدبخش ژئوشیمیایی آورده شده است. در این راستا محدوده‌های امیدبخش ژئوشیمیایی به لحاظ الویت به دو گروه بر اساس اطلاعات کانی سنگین و نتایج آنالیز نمونه‌های سیلت جدا شده است. شکل ۶-۱۰ نیز موقعیت این محدوده‌های امیدبخش ژئوشیمیایی را در محدوده اکتشافی مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۶-۵- عناصر و کانی‌های سنگین و نمونه سنگ دارای ناهنجاری در مناطق امیدبخش ژئوشیمیایی

Id	Element	HeavyMiner	Rock
1	Ag, Ba, Pb, Zn	Flourine, Barite, Galena, Pb_Native	6662_316M
2	Ag, Pb, Zn	Flourine, Barite, Galena, Massicote, Pb_Native	6662_299-M
3	Pb, Zn	Flourine, Barite, Galena	6662_400M, 6662_401M
4	Ag, Ba, Pb	Flourine, Barite, Galena, Pb_Native	6562_226/1M
5		Flourine, Barite, Galena	
6	Ag	Flourine, Barite, Galena	
7		Flourine, Barite, Galena, Sphalerite	
8	Ag, Ba, Pb, Zn	Flourine, Barite, Galena, Massicote, PbNative, Cerussit	6762_325/2M, 6762_657/1M, 6762_MINE/1M, 6762_325/1M
9	Ba	Flourine, Barite, Cerussit	
10	Ag, Ba, F, Pb, Zn		
11	Ag, F, Pb, Zn		
12	F, Pb,		
13	F, Pb		
14	Ba, F, Pb, Zn		
15	Ag, Ba, Pb, Zn		
16	Ag, Ba, Pb, Zn		
17	Ag, Ba, Pb, Zn		
18	Ag, Ba, Pb, Zn		
19	Ag, Ba, Zn		
20	Ba, F, Pb		

نقشه مناطق امیدبخش ژئوشیمیایی



شکل ۱-۶-۱- نقشه مناطق امیدبخش ژئوشیمیایی بلوک کاشمر- فیروزکوه

کشور

معدنی

فصل ہفتم
آتشخافات

و
مطالعات دور سہی

سازمان زمین

کشور

معدنی

اکتشافات

و

شناسی

زمین

سازمان



۷-۱- مقدمه

با پیشرفت روزافزون فناوری در ماهواره‌ها و تکنولوژی تصویربرداری 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 دریافت‌کننده داده‌ها و بعضاً تصحیحاتی نیز توسط کاربر اعمال می‌شوند و سپس این تصاویر مورد پردازش و استفاده قرار می‌گیرد.

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 کنترل‌کننده‌های مکانی و بستری برای پدیده‌های گرمایی^۵ برشمرد.

^۱ Multi Spectral

^۲ Digital

^۳ Hyper Spectral

^۴ High Resolution

^۵ Hydrothermal

۲-۷- داده‌های ماهواره‌ای

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

۱-۲-۷- تصاویر سنجنده استر

سنجنده استر یکی از پنج سنجنده ماهواره ترا^۴ می‌باشد که در ابتدا در دسامبر ۱۹۹۹ توسط کنسرسیوم صنعت و دولت ژاپن ساخته شد. استر 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 استر در جدول ۱-۷ دیده می‌شوند.

جدول ۱-۷- ویژگی‌های باندهای سنجنده استر

^۱ ASTER

^۲ Sentinel 2A

^۳ OLI

^۴ TERRA

^۵ Satellite Imaging Corporation



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		
10	8.125 - 8.475	TIR	90
11	8.475 - 8.825		
12	8.925 - 9.275		
13	10.25 - 10.95		
14	10.95 - 11.65		

داده‌های زیر شامل تصاویر ۹ سین کامل استر(شکل ۷-۱) برای محدوده این پروژه مورد استفاده قرار گرفتند.

AST_L1T_00303022002072704_20150421160559_104471

AST_L1T_00308172005072446_20150510192534_1363

AST_L1T_00309192002072055_20150425042235_67268

AST_L1T_00309262002072659_20150425085854_2081

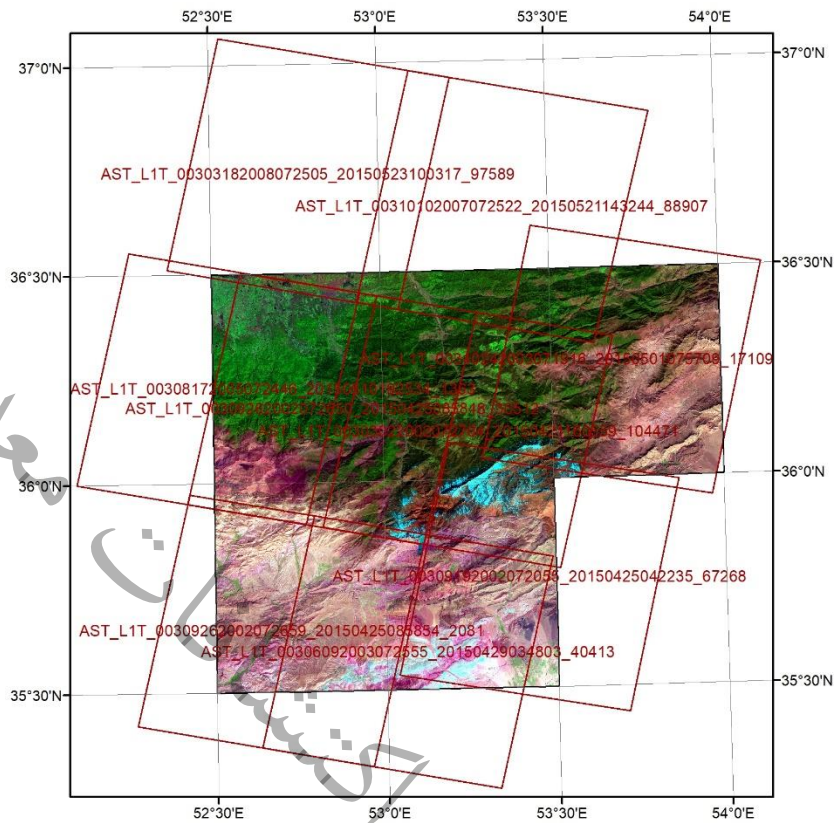
AST_L1T_00303182008072505_20150523100317_97589

AST_L1T_00310102007072522_20150521143244_88907

AST_L1T_00306092003072555_20150429034803_40413

AST_L1T_00309262002072650_20150425085848_30512

AST_L1T_00310242003071916_20150501075709_17109



شکل ۷-۱- موقعیت سین‌های سنجنده استر مرتبط با بلوک کیاسر-فیروزکوه

۷-۲-۲- 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 ۷-۲ برخوردار می‌باشد.

جدول ۷-۲- ویژگی‌های باندهای سنجنده ام اس آی از ماهواره سنتینل 2A

^۱ MSI



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

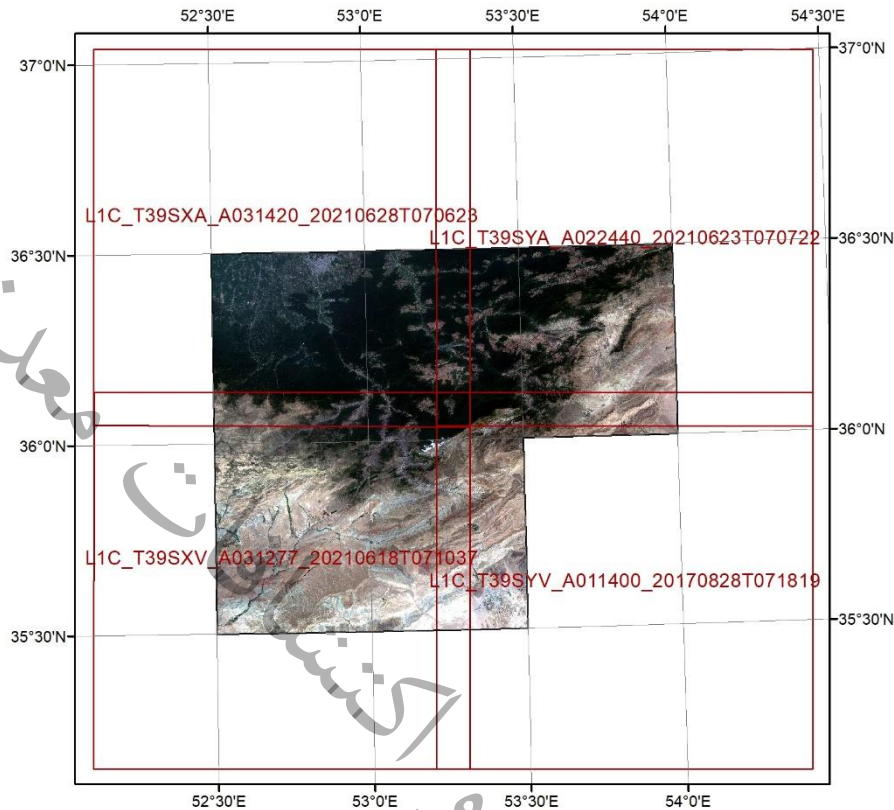
چنانچه در شکل ۷-۲ دیده می شود برای پوشش کامل محدوده مورد نظر از ۴ تصویر ماهواره سنتینل 2A بشرح زیر استفاده گردید.

L1C_T39SXA_A031420_20210628T070623

L1C_T39SXV_A031277_20210618T071037

L1C_T39SYA_A022440_20210623T070722

L1C_T39SYV_A011400_20170828T071819



شکل ۷-۲- موقعیت سین‌های سنجنده ام اس آی از ماهواره سنتینل 2A در بلوک کیاسر- فیروزکوه

۷-۲-۳- تصاویر سنجنده آل آل آی

سنجنده آل آل آی توسط ماهواره لندسیت 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 ۷-۳ قابل مشاهده است.



جدول ۷-۳- 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 هم‌جهت با خط پرواز^۲ و در نتیجه اخذ ۱۵۰ صحنه اطلاعاتی بیشتر در روز (۴۰۰ تصویر در روز)
بهبود قدرت تفکیک رادیومتریک از ۸ بیت به ۱۲ بیت و امکان توصیف بهتر پوشش زمین
افزایش نسبت سیگنال به نویز^۳

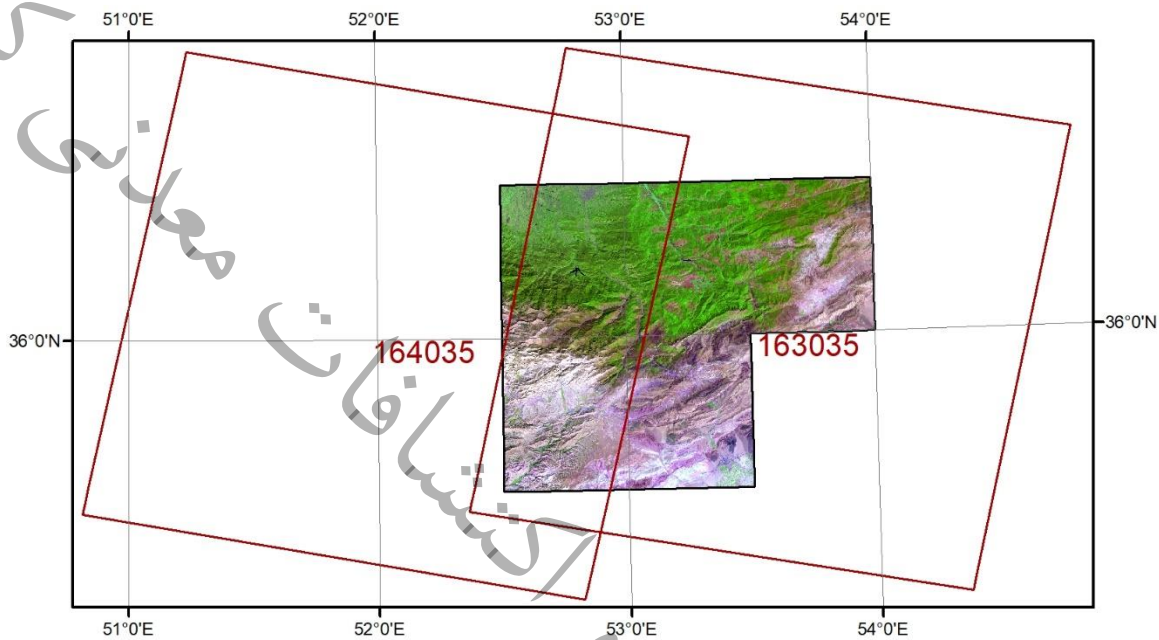
۷ باند از ۹ باند سنجنده آل آی با سنجنده‌های TM و ETM+ که بر روی ماهواره‌های لندست قبلی قرار داشتند؛ یکسان می‌باشند، که این عمل علاوه بر سازگاری با داده‌های قدیمی لندست و تداوم آن‌ها، قابلیت‌های اندازه‌گیری را نیز بهبود داده است.

۱ Whisk Broom

۲ Push Broom

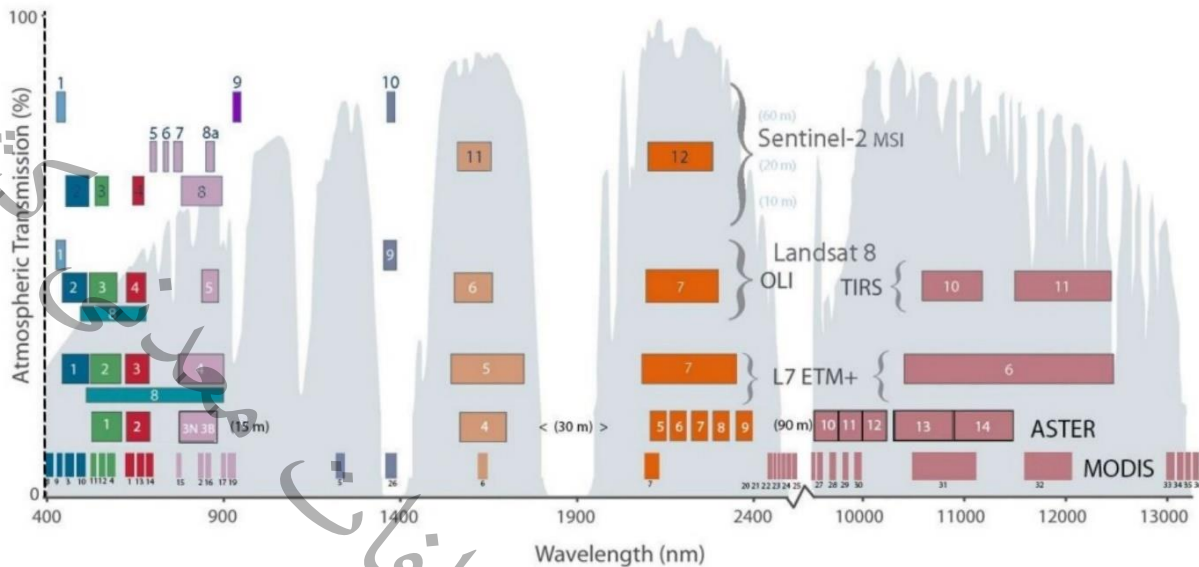
۳ Signal to Noise Rate(SNR)

محدوده مورد نظر در محدوده دو سین از تصاویر سنجنده آل ال آی (شکل ۷-۳) با شماره‌های زیر قرار گرفته است.
163035, 164035



شکل ۷-۳- موقعیت سین‌های سنجنده آل ال آی از ماهواره Landsat8 در بلوک کیاسر - فیروز کوه

در شکل ۷-۴ نمایی 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 ۷-۴- مقایسه محدوده طیفی و پهنای باندهای سنجنده‌های استر، آل‌آی و سنتینل ۲ در طیف الکترومغناطیس

۷-۳- روش و مراحل مطالعه دورسنجی

۷-۳-۱- 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 باندهای 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 ۲ و دسته‌بندی آنها.

۱ Geomatica

۲ Principal Component(PC)

۳ Match Filtering

۷-۳-۲- 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:

۷-۳-۲-۱- 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.

۷-۳-۲-۲- تصحیحات

تصحیح رادیومتریک

اطلاعات رادیومتریک 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

۱ Resolution

۲ Digital Number

۳ Noise or Bad Pixel

۴ Line or Column drop line

۵ Line or column Stripping



خطای حذف ابتدا یا انتهای یک سطر^۱

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 می‌گردند.

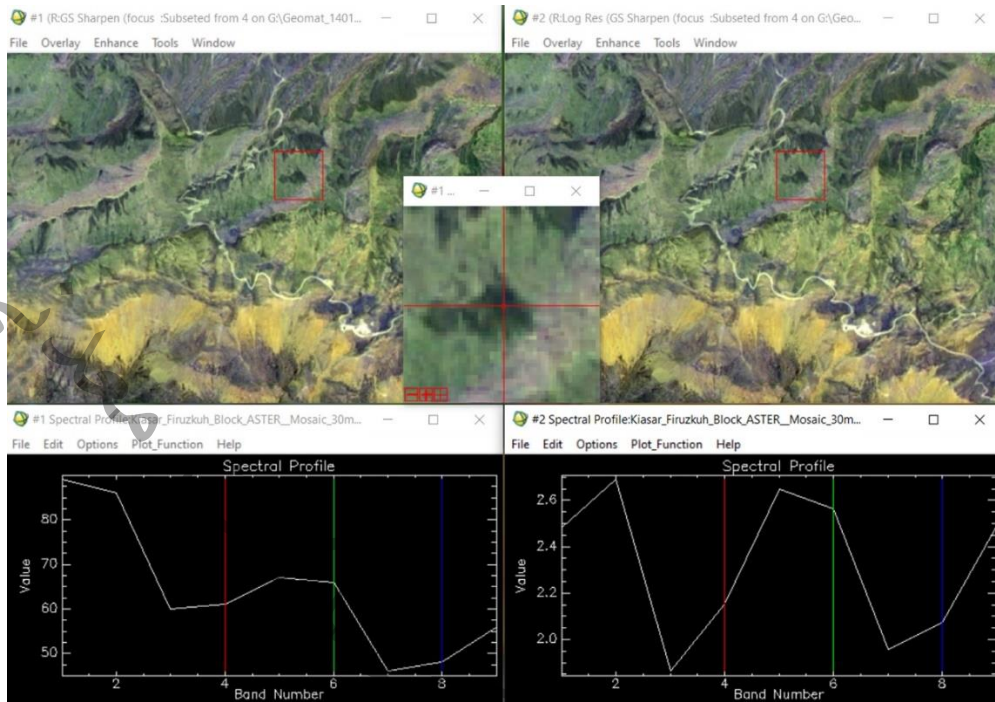
تصحیح خطاهای اتمسفریک

عواملی همچون پخش اتمسفری، تأثیر پیکسل‌های همسایه و زاویه تابش خورشید و دیگر عوامل جوی باعث می‌شوند مقدار انرژی دریافتی توسط سنجنده (رادیانس) 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^۲ بنام لاگ رزیدوال^۳ 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 ۷-۵).

^۱ Line start-stop problem

^۲ Pseudoreflectance

^۳ Log Residual



شکل ۷-۵- تأثیر تصحیح رادیومتریک با روش لاگ رزیجوآل بر روی نمودار طیفی قبل (در سمت چپ) و بعد از تصحیح (در سمت راست)

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 زمینیش 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.

1 Geometric Correction

2 Rectification

3 Geo Coding

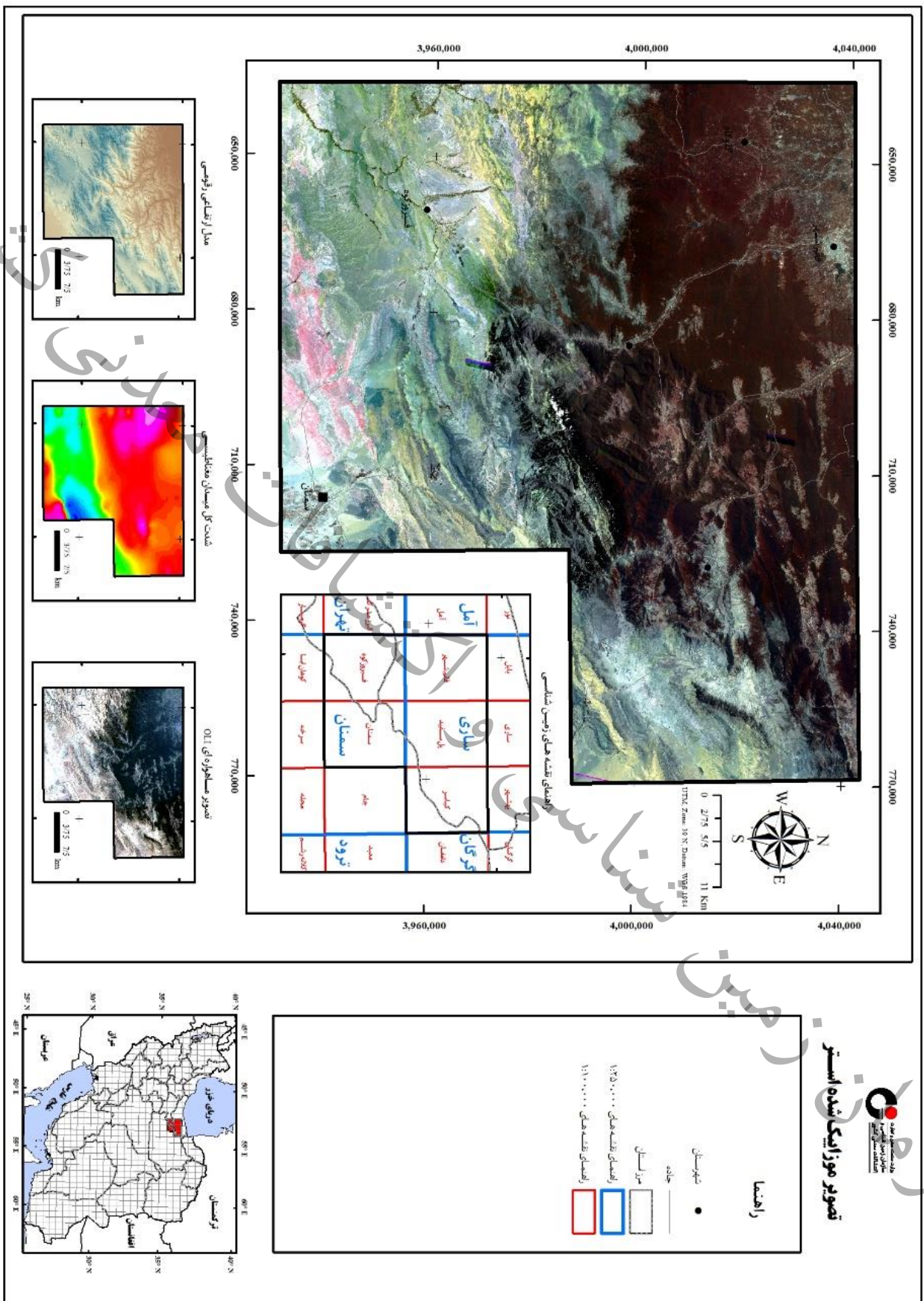
4 Geo Referencing



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 استر که به عنوان داده اصلی تشخیص دگرسانی مورد استفاده قرار گرفتند، از نوع level 1B هستند که یک مرحله تصحیح هندسی و رادیومتریکی بر روی آن‌ها انجام گرفته است.

۷-۳-۲-۳- موزائیک تصاویر

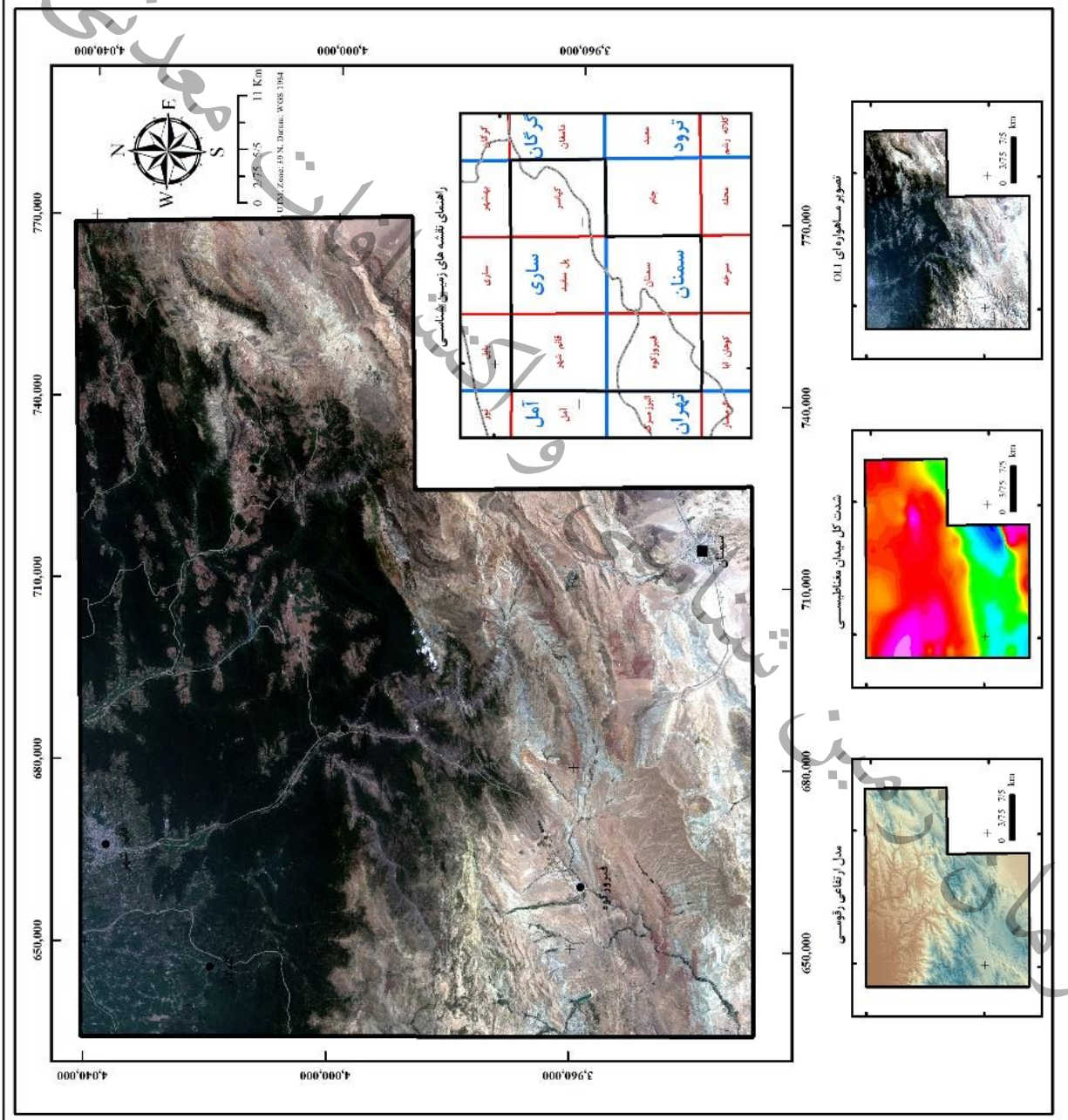
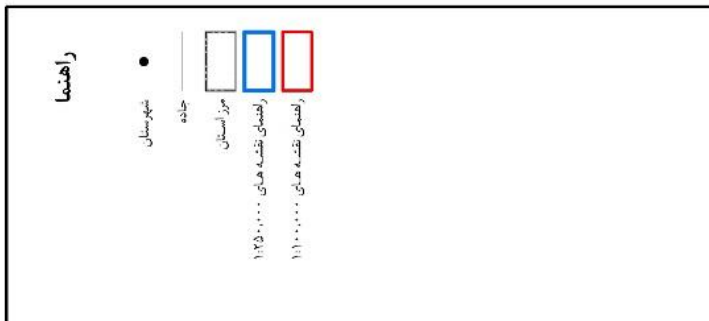
بمنظور ایجاد تصویر یکدست ماهواره‌ای از کل پهنه، ابتدا سین‌های تصحیح شده کل پهنه مورد مطالعه، با یکدیگر موزائیک و سپس حاشیه‌های خارج از محدوده حذف گردید. این عمل در مورد تصاویر استر و سنتینل 2A و آل آی انجام شد که نتایج آن‌ها بصورت اشکال ۷-۶، ۷-۷ و ۷-۸ دیده می‌شوند.



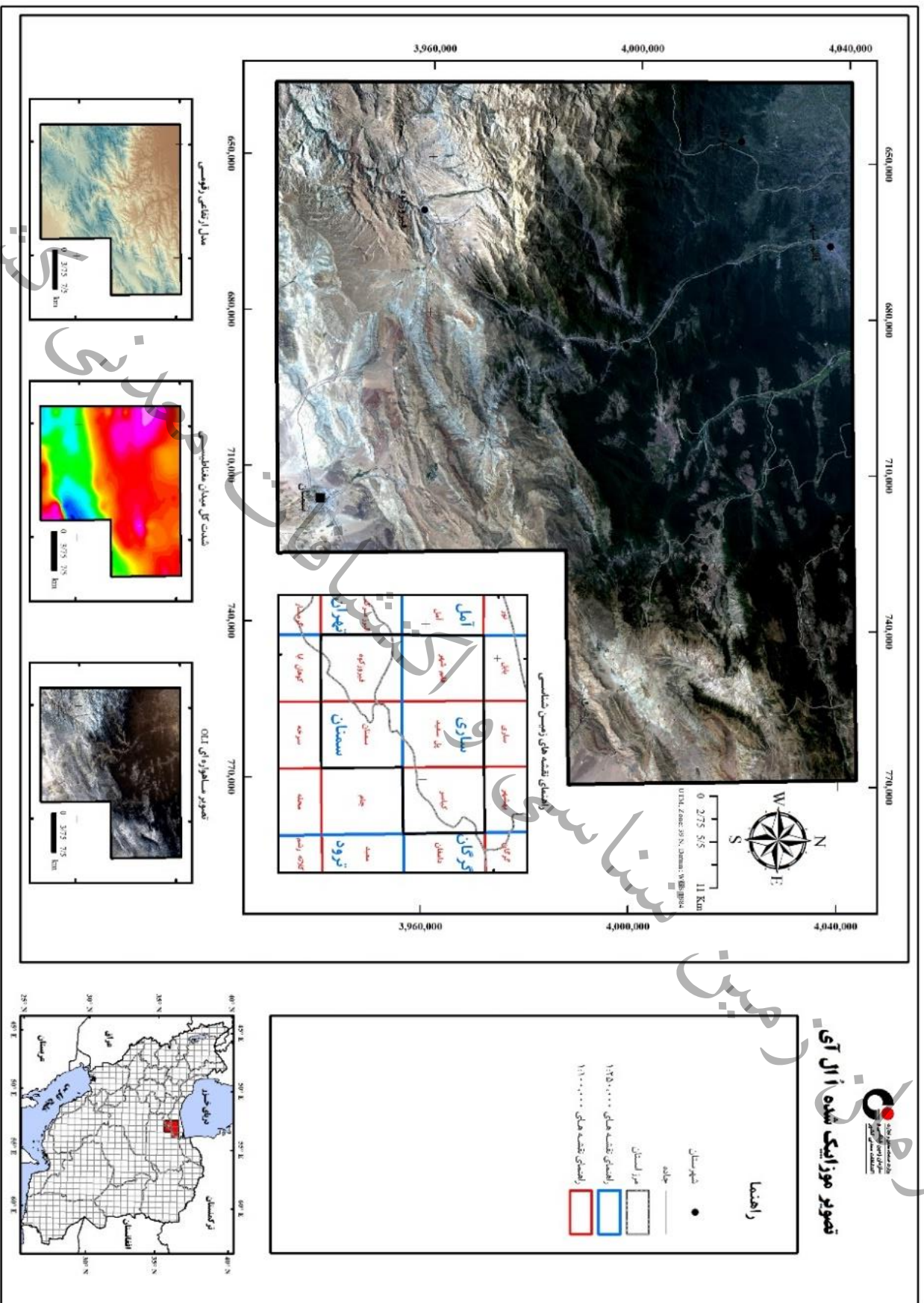
شکل ۷-۴- نقشه تصویر موزائیک شده بلوک کیاسر- فیروزکوه- از سین‌های استر با ترکیب باندی R:4 G:6 B:8



تصویر موزائیک شده سنیتل ۲



شکل ۷-۷- نقشه تصویر موزائیک شده بلوک کیاسر - فیروزکوه، از سین های سنیتل 2A با ترکیب باندی R:4 G:3 B:2



تصویر موزائیک شده آل‌آی

شکل ۷-۸- نقشه تصویز موزائیک شده بلوک کیاسر- فیروزکوه از ماهواره سنجنده آل‌آی با ترکیب باندی ۲:۳:۴:R

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

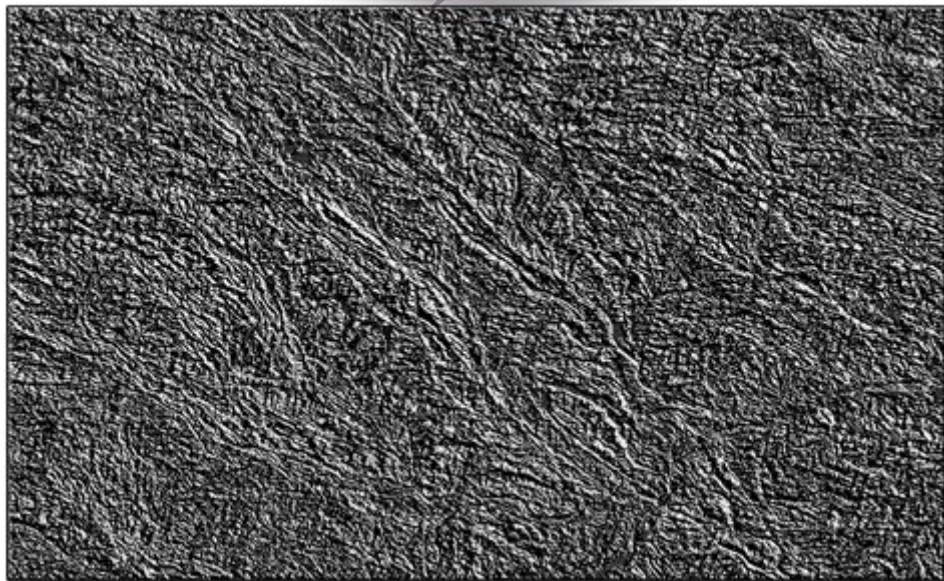
۷-۳-۲-۴- بارزسازی با استفاده از فیلترینگ

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 ۷-۹ دیده می‌شود. قابل ذکر است که بسیاری از ساختارهای خطی استخراج شده در این تحقیق، در نقشه‌های زمین شناسی مشخص نشده بودند.

^۱ Edge detector^۲ Sobel detector^۳ Sun Angle



اعمال فیلتر زاویه خورشیدی با جهت جنوب غرب



شکل ۷-۹- اعمال فیلتر زاویه خورشیدی با جهت جنوب غرب بر روی تصویر استر برای واضح تر نمودن ساختارهای شمال غربی- جنوب شرقی

۷-۳-۳- پردازش اطلاعات

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

۷-۳-۳-۱- 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 آرژیلیک (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 آرژیلیک متوسط و پیشرفته (بشرح 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^۲ (۲۰۰۴) در **Error! Reference source not found.** ۴-۷ دیده می‌شود.

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

۱ True Color

۲ Kaliknowski and Oliver



جدول ۷-۴- ترکیبات باندى کاربردى شناخته شده در دورسنجى از کالى نوسفكى و البور (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) x (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

❖ 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 سویی دیگر، ترکیب باندى RGB:4 5 6 از تصویر استر نیز برای تشخیص دگرسانی آرژیلی کاربرد دارد و اتفاقاً همانند ترکیب باندى، 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.

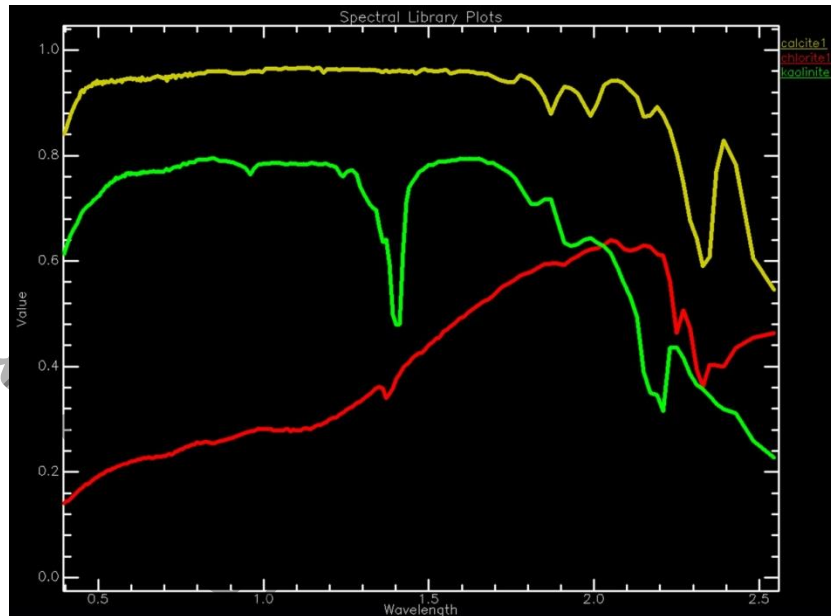
به عنوان نمونه، کانی پیروفیلیت که در ترکیب باندی ۴،۵،۶ همانند اغلب کانی‌های گروه آرژیلی به رنگ صورتی ظاهر می‌گردد، در ترکیب باندی ۴،۶،۸، نسبتاً متفاوت بوده و به رنگ نارنجی دیده می‌شود. اما کانی مسکویت در این مورد رفتاری برعکس از خود نشان می‌دهد و در حالیکه در ترکیب رنگی ۴،۶،۸ همانند سایر کانی‌های گروه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

۷-۳-۲- 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 ۷-۱۰-۱ دیده می‌شوند.



شکل ۷-۱۰-۱ نمودارهای 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 نسبت‌بندی 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 باندی فراوانی در قالب مقالات و یافته‌ها مطرح گردیده‌اند که برخی از آن‌ها را در جدول ۷-۵ (اقتباس از کالی نوفسکی و الیور (۲۰۰۴) می‌بینیم.

جدول ۷-۵- نسبت‌های باندی 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	

۷-۳-۳-۳- استفاده از آنالیز مولفه های اصلی

تحلیل مؤلفه اصلی جهت کاهش بعد داده ها 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 مؤلفه ها فقط وقتی با



تصاویر قویتر ترکیب شوند می‌توانند دارای کاربرد موثری باشند. در واقع PCA تکنیک آماری قدرتمندی است که می‌تواند برای فشردن 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.

۷-۳-۳-۴- 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،

۱ Spectral Analyse

۲ Match Filtering

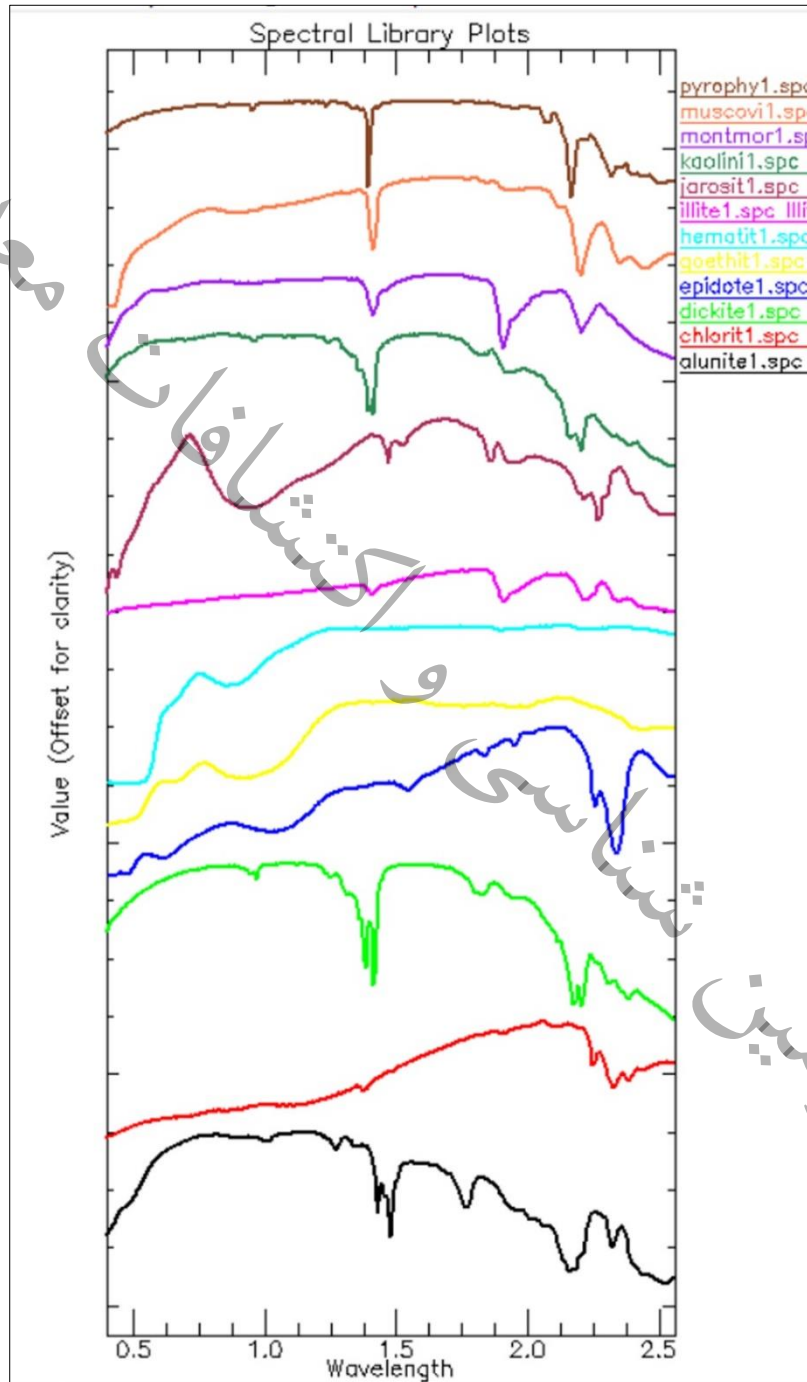
۳ Linear Band Prediction

۴ Spectral Angle Map

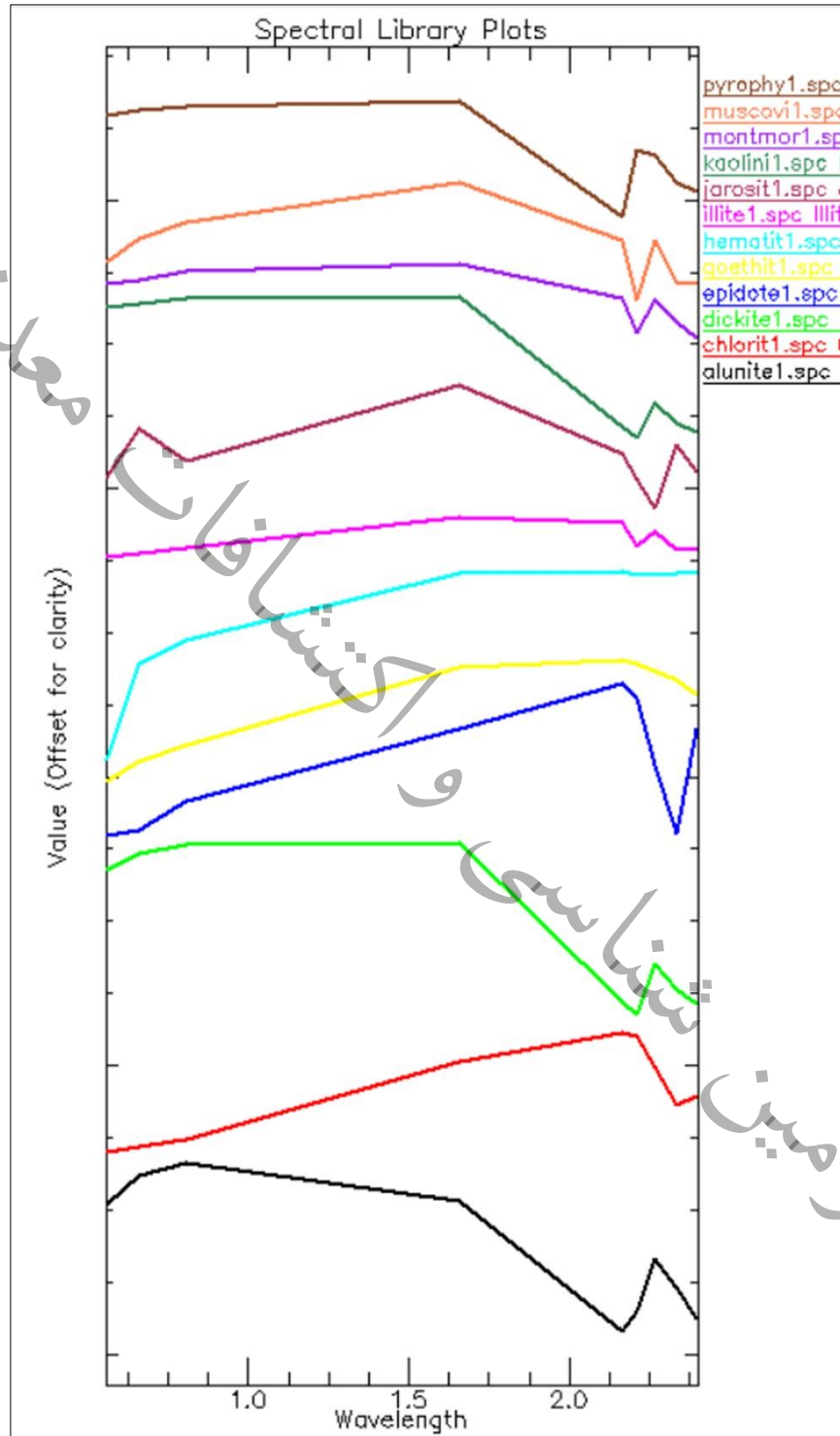
۵ Spectral Library Resampling

۶ United States Geological Survey

بازسازی نماییم. (شکل ۷-۱۱ و شکل ۷-۱۲) در این پروژه، بازسازی کتابخانه طیفی براساس تصاویر ۹ باند استر شامل باندهای VNIR و SWIR انجام گردید.



شکل ۷-۱۱-۲ نمودارهای طیفی ۱۲ کانی مرتبط با دگرسانی هیدروترمال برگرفته از کتابخانه طیفی USGS در نرم افزار ENVI



شکل ۷-۱۲-۳ نمودارهای طیفی ۱۲ کانی مرتبط با دگرسانی هیدروترمال بازسازی شده بر اساس ۹ باند استر

۷-۳-۳-۵- 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) برنگ تقریباً سفید دیده می‌شوند. برای استخراج پیکسل‌های معرف هر یک از کانی‌های هدف، نیاز به آستانه‌گذاری بر روی تصویر می‌باشد. هیستوگرام تصویر حاصل، معیاری در تعیین حد نزدیکی (آستانه انطباق) به طیف عضو انتهایی می‌باشند. این آستانه‌گذاری با استفاده از یک یا چند نقطه شاخص برای هر دگرسانی و با کمک دیگر تصاویر شاخص همانند ترکیب باندی ۴۶۸ سنجنده استر و بصورت تجربی صورت می‌گیرد. آستانه‌گذاری 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.

۷-۴- 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 آل‌آی 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 قبول‌تر 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

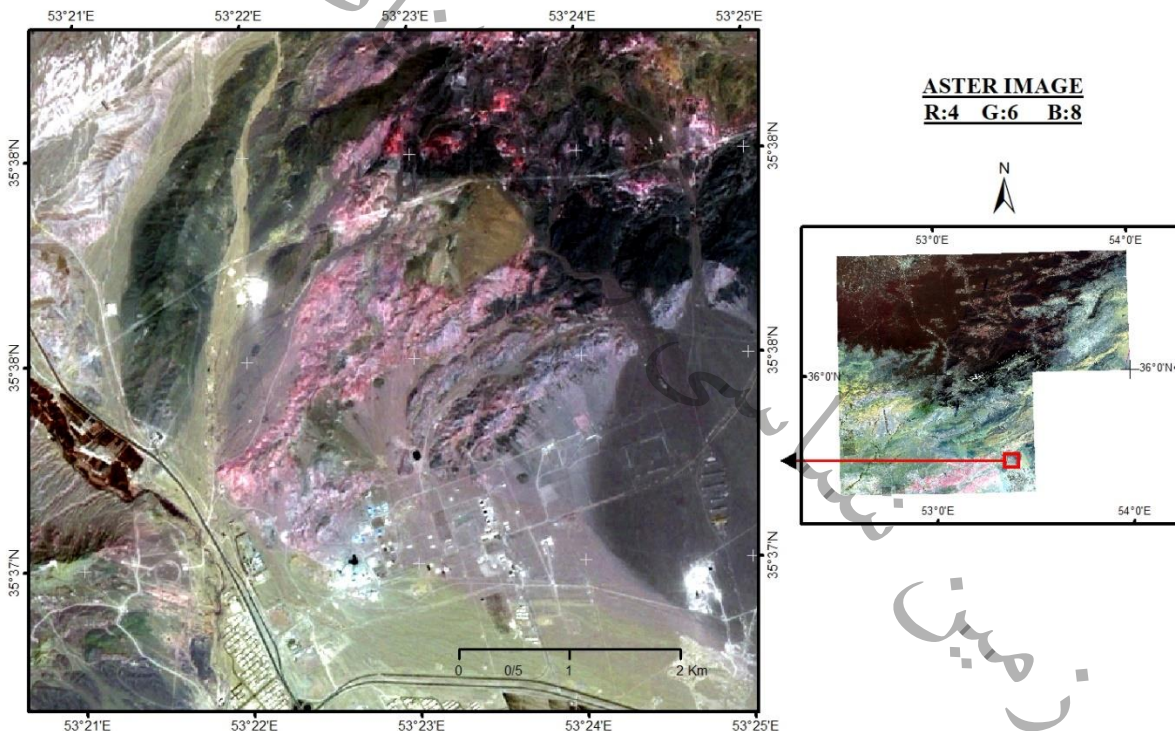
¹ End Member



۷-۴-۱- ترکیبات رنگی برای باندهای RGB

۷-۴-۱-۱- ترکیب رنگی RGB: 4 6 8 از تصویر سنجنده استر

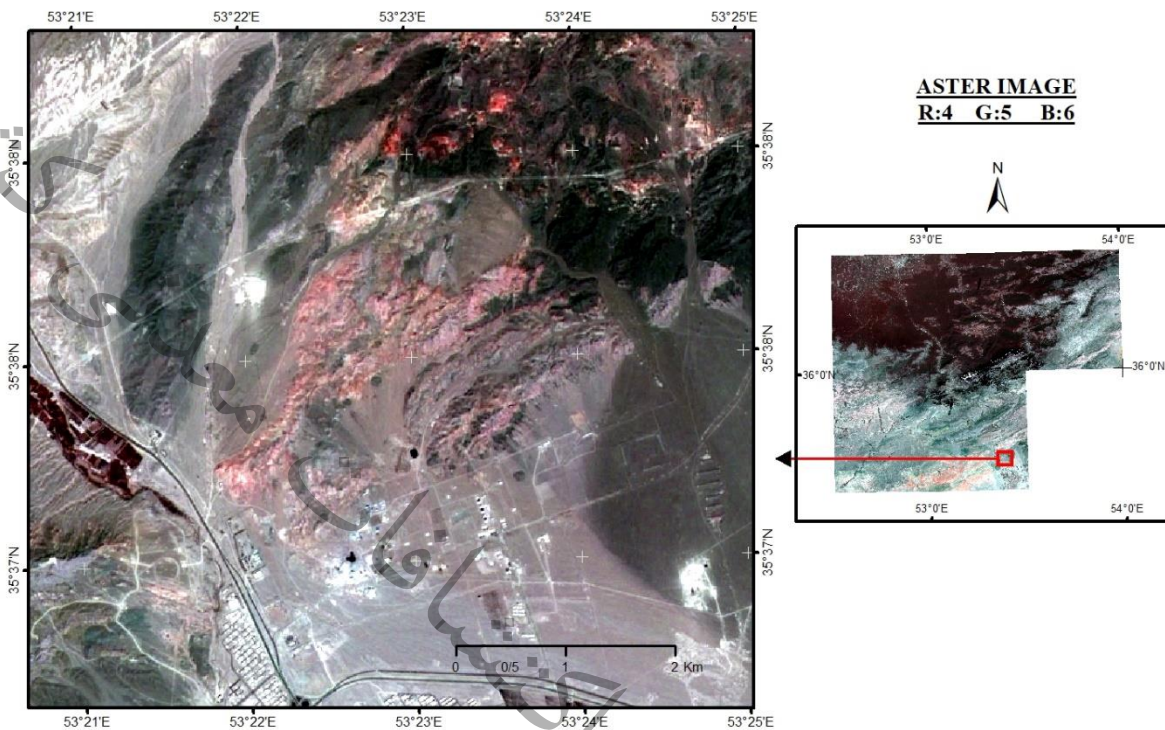
چنانچه قبلاً اشاره گردید این ترکیب رنگی از اهمیت بالایی در تشخیص برخی دگرسانی‌ها و واحدهای سنگی برخوردار است. در این ترکیب باندهای آرژیلی اعم از واحدهای رسوبی یا هوازگی‌های آرژیلی و نیز دگرسانی آرژیلی به رنگ صورتی دیده می‌شوند، همچنین دگرسانی پروپیلیتیک به رنگ سبز مغز پسته‌ای، بخشهای کلریتی غالباً به رنگ سبز تیره و واحدهای آهکی 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 ۷-۱۳ دیده می‌شود.



شکل ۷-۱۳- ترکیب باندهای R:4 G:6 B:8 از تصویر سنجنده استر

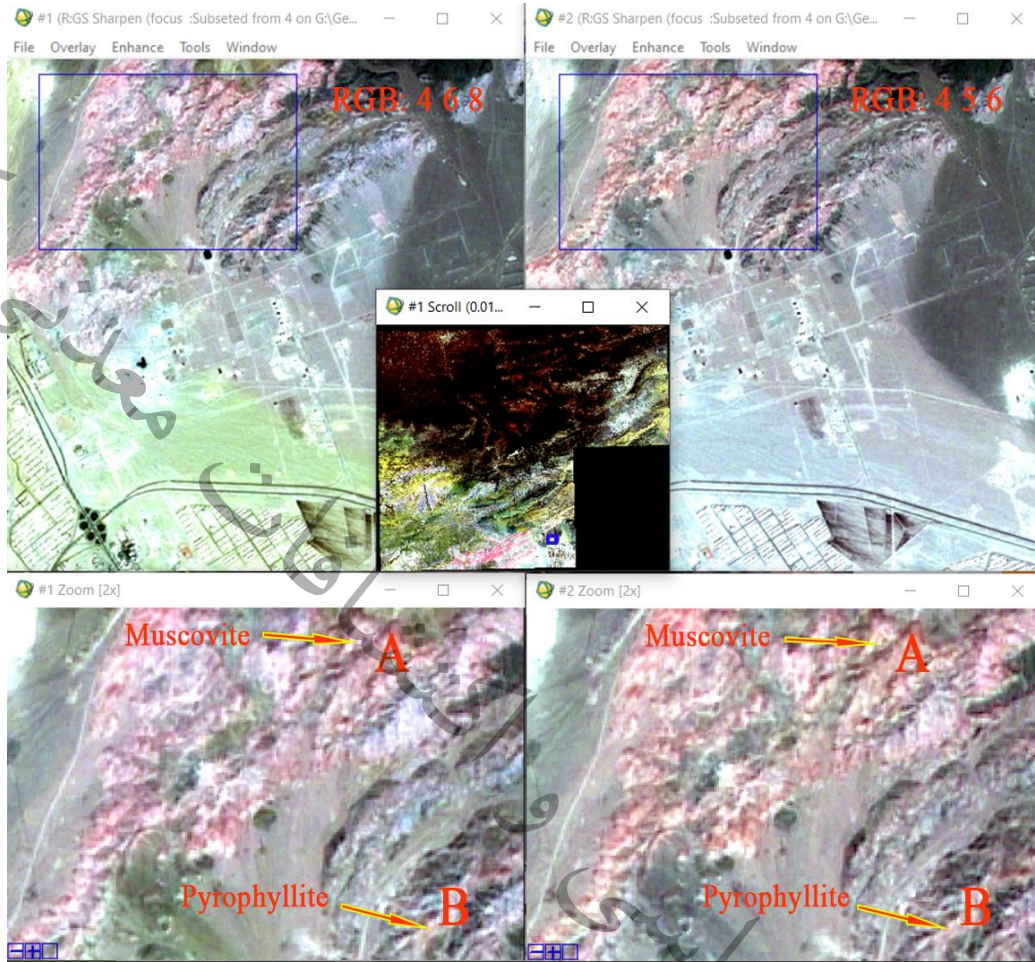
۷-۴-۱-۲- ترکیب رنگی RGB: 4 5 6 از تصویر سنجنده استر

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 ۷-۱۴).



شکل ۷-۱۴- ترکیب باندي R:4 G: B:6 از سنجنده استر

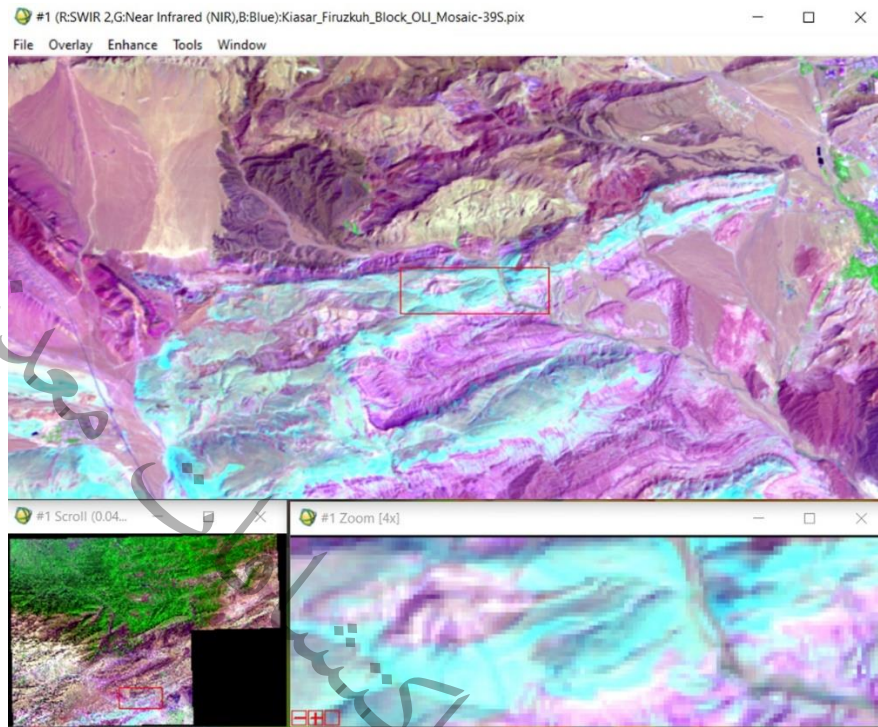
نکته: چنانچه می بینیم اشکال ۷-۱۳ و ۷-۱۴ هر دو مربوط به یک ناحیه می باشند. ناحیه ای با دگرسانی آرژیلی و سریسیتی در مرکز آن. با کنار هم قرار دادن این دو تصویر (شکل ۷-۱۵) و با دقت در این دو تصویر متوجه بخش هایی (مثل ناحیه A) می شویم که در ترکیب باندي RGB:456 به رنگ صورتی و در ترکیب باندي RGB:468 به رنگ نارنجی هستند. این نقاط می توانند نمایانگر دگرسانی پیروفیلیت باشند و همچنین در بخش هایی (مثل ناحیه B) برعکس این حالت یعنی در ترکیب باندي RGB:456 به رنگ نارنجی و در ترکیب باندي RGB:468 به رنگ صورتی هستند که این نقاط احتمالاً در بردارنده دگرسانی سریسیتی هستند. در ارتباط با ترکیب های باندي RGB: 456 و RGB: 468 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 ۷-۱۵- ترکیب باندی RGB:456 (راست) و ترکیب باندی RGB:468 (چپ) از تصویر سنجنده استر

۷-۴-۱-۳- ترکیب رنگی RGB:752 از تصویر سنجنده آل ال آی

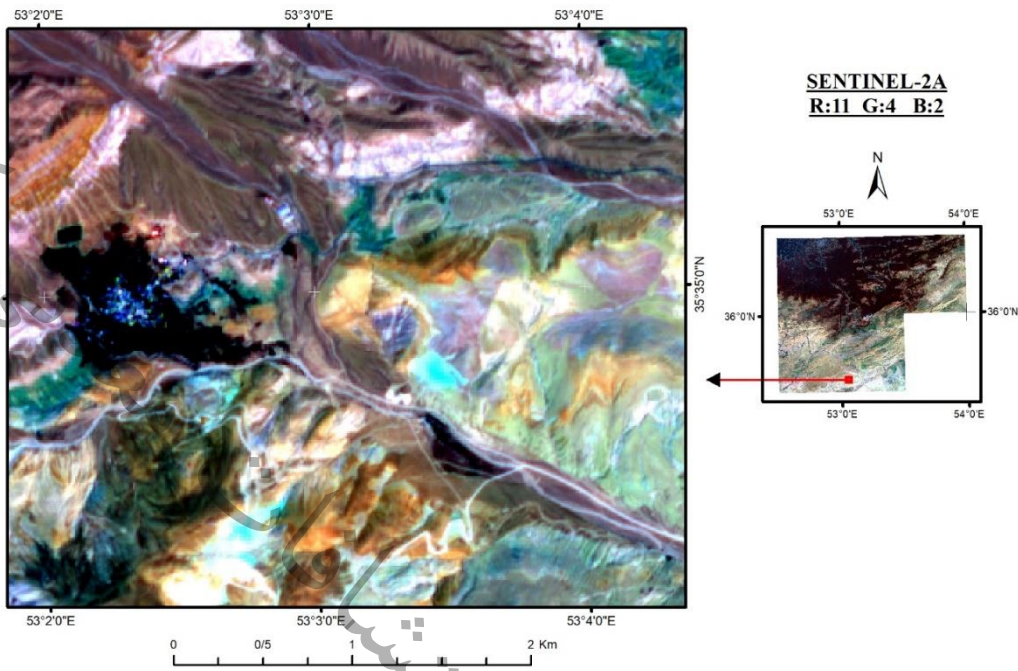
ترکیب رنگی RGB:752 از تصویر سنجنده آل ال آی برای استخراج نواحی با پوشش کانی‌های تبخیری ترکیب مناسبی به شمار می‌رود. کانی‌های تبخیری در این ترکیب باندی معمولاً به رنگ فیروزه‌ای رخنمون دارند (شکل ۷-۱۶). چنانچه قبلاً ذکر شد، در ترکیب باندی RGB: 468 علاوه بر کانی‌های آرژیلی، کانی‌های تبخیری هم به رنگ صورتی ظاهر می‌شوند، از این‌رو، برای تفکیک کانی‌های تبخیری از کانی‌های آرژیلی، استفاده از ترکیب رنگی RGB:752 از تصویر سنجنده آل ال آی به عنوان یک راه حل بصری مناسب پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۷-۱۶- ترکیب باندي R:7 G:5 B:2 از سنجنده آل آی-کانی های تبخیری با رنگ فیروزه ای نمایان هستند.

۷-۴-۱-۴- ترکیب رنگی RGB:11 4 2 از تصویر سنجنده سنتینل 2A

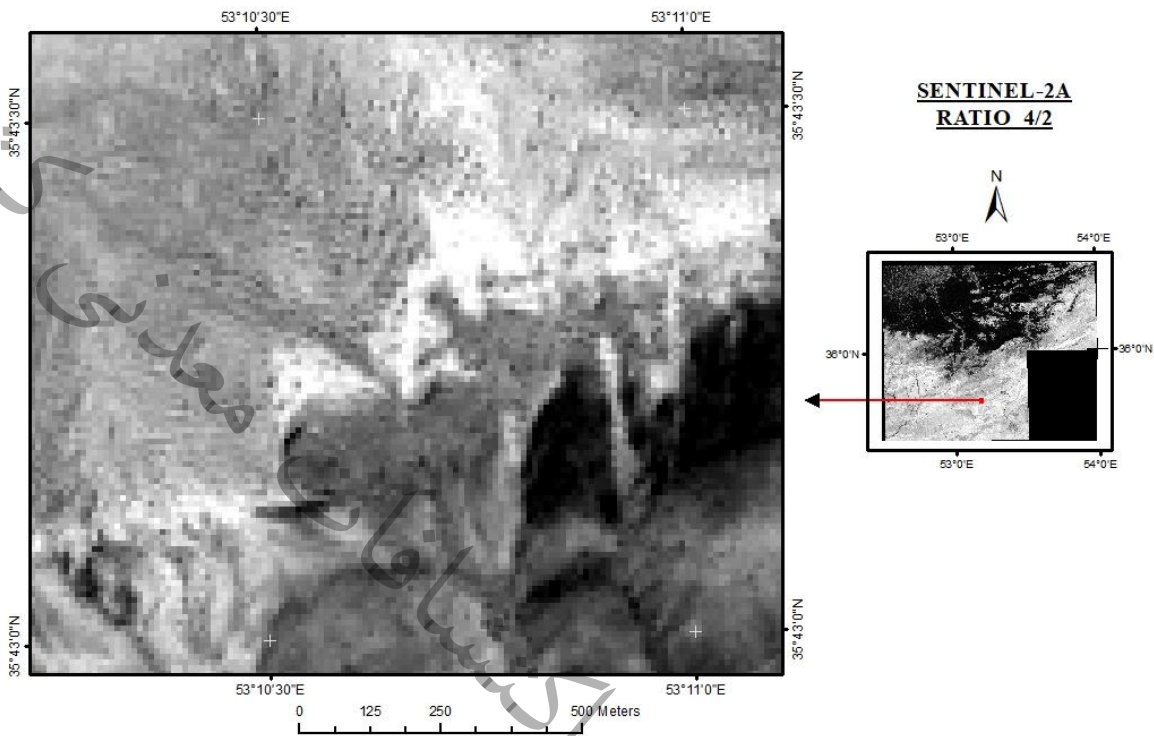
ترکیب رنگی RGB:11 4 2 از تصویر سنجنده سنتینل 2A برای تشخیص پوشش های اکسید آهنی به رنگ زرد طلایی تا نارنجی قابل استفاده می باشد (شکل ۷-۱۷).



شکل ۷-۱۷- اکسید آهن (به رنگ زرد طلایی تا نارنجی) در ترکیب باندی ۲ ۴ ۱۱ RGB تصویر سنجنده سنتینل 2A

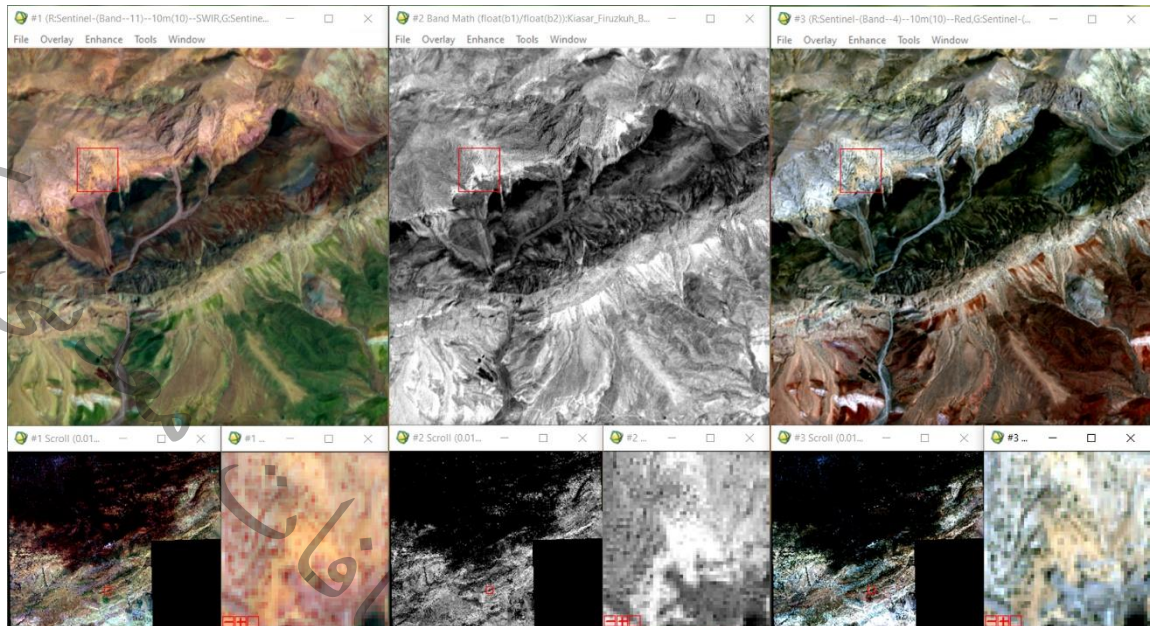
۷-۴-۲- نسبت‌های باندی

نسبت باندی ۴ به ۲ از تصویر سنتینل
چنانچه ذکر شد این نسبت باندی برای جداسازی واحدهای دارای پوشش اکسیدهای آهن کاربرد دارد (شکل ۷-۱۸).



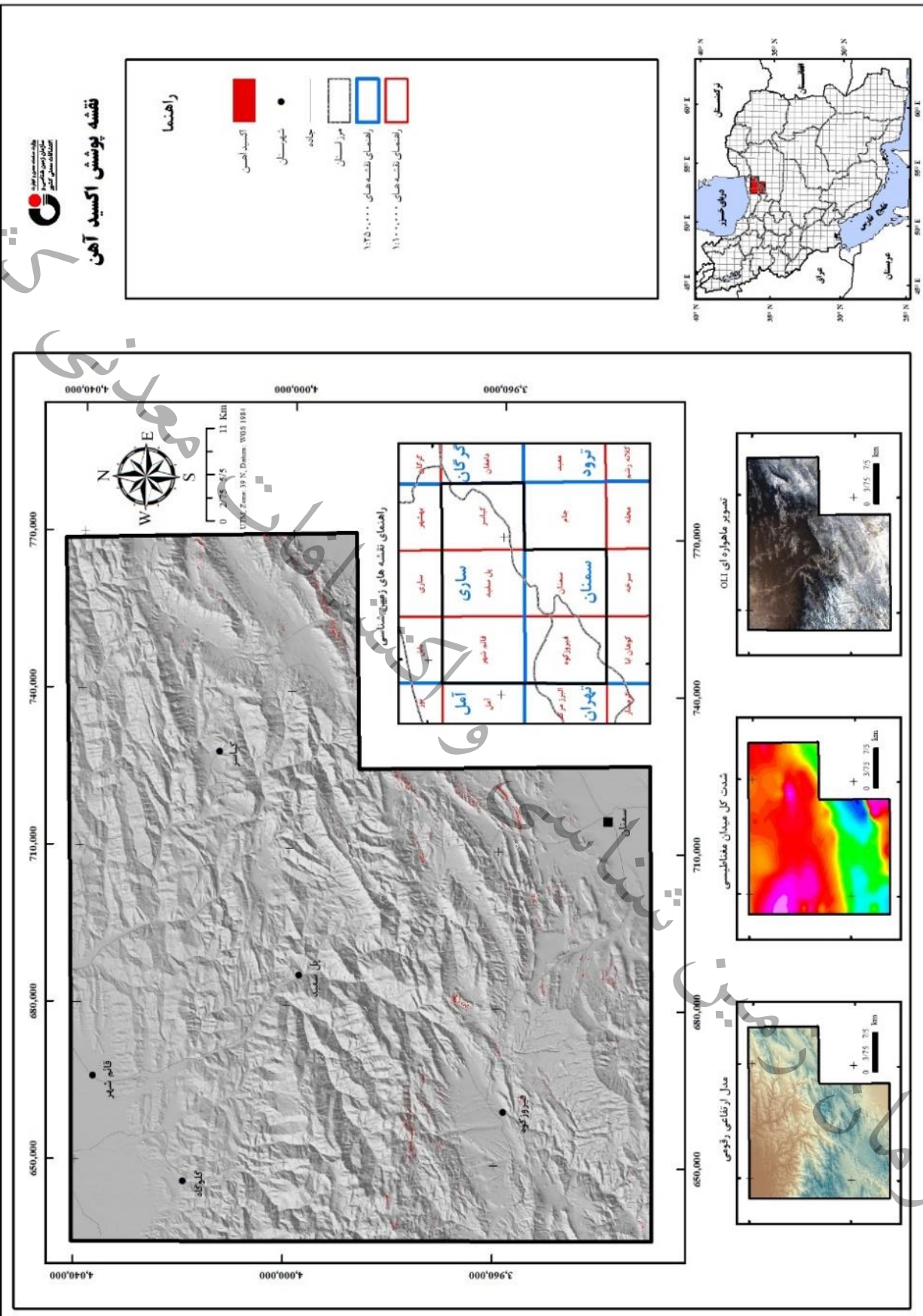
شكل ۷-۱۸- نسبت باندي ۴ به ۲ از تصوير سنتينل 2A برای نمايش اكسيدهای آهن

البته لازم به ذکر است که تمام پیکسل‌های روشن در این نسبت باندي الزاماً نمایانگر اكسيدهای آهن نیستند و برای تفكيك دقیق‌تر رخنمون‌های اكسيدهای آهن می‌توان همانند شكل ۷-۱۹ از تركيب باندي RGB:753 تصوير سنجنده آل‌آی که در آن رخنمون اكسيدهای آهن به رنگ طلايي تا نارنجی دیده می‌شوند و همچنین از تركيب باندي RGB:432 تصوير سنجنده آل‌آی که در آن رخنمون اكسيدهای آهن به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شوند بهره جست.



شکل ۷-۱۹- رخنمون اکسید آهنی در سه تصویر سنتینل بترتیب سمت چپ: ۲:۴ B:۱۱ G:۲، وسط: نسبت باندهی ۴ به ۲ و سمت راست: ۴:۲ R:۱۱ G:۳ B:۲

بدین ترتیب بر اساس همین نسبت باندهی ۴ به ۲ در تصویر سنتینل ۲ و بعد از تصحیحات لازم، نقشه‌ای از پوشش اکسید آهن مطابق با شکل ۷-۲۰ بدست آمد.



شکل ۲۰-۷- نقشه نگاشت اکسید آهن در بلوک کیاسر-فیروزکوه بر اساس نسبت باندی ۴ به ۲ تصویر سنیتل ۲



۷-۴-۳- مولفه‌های اصلی (PC)

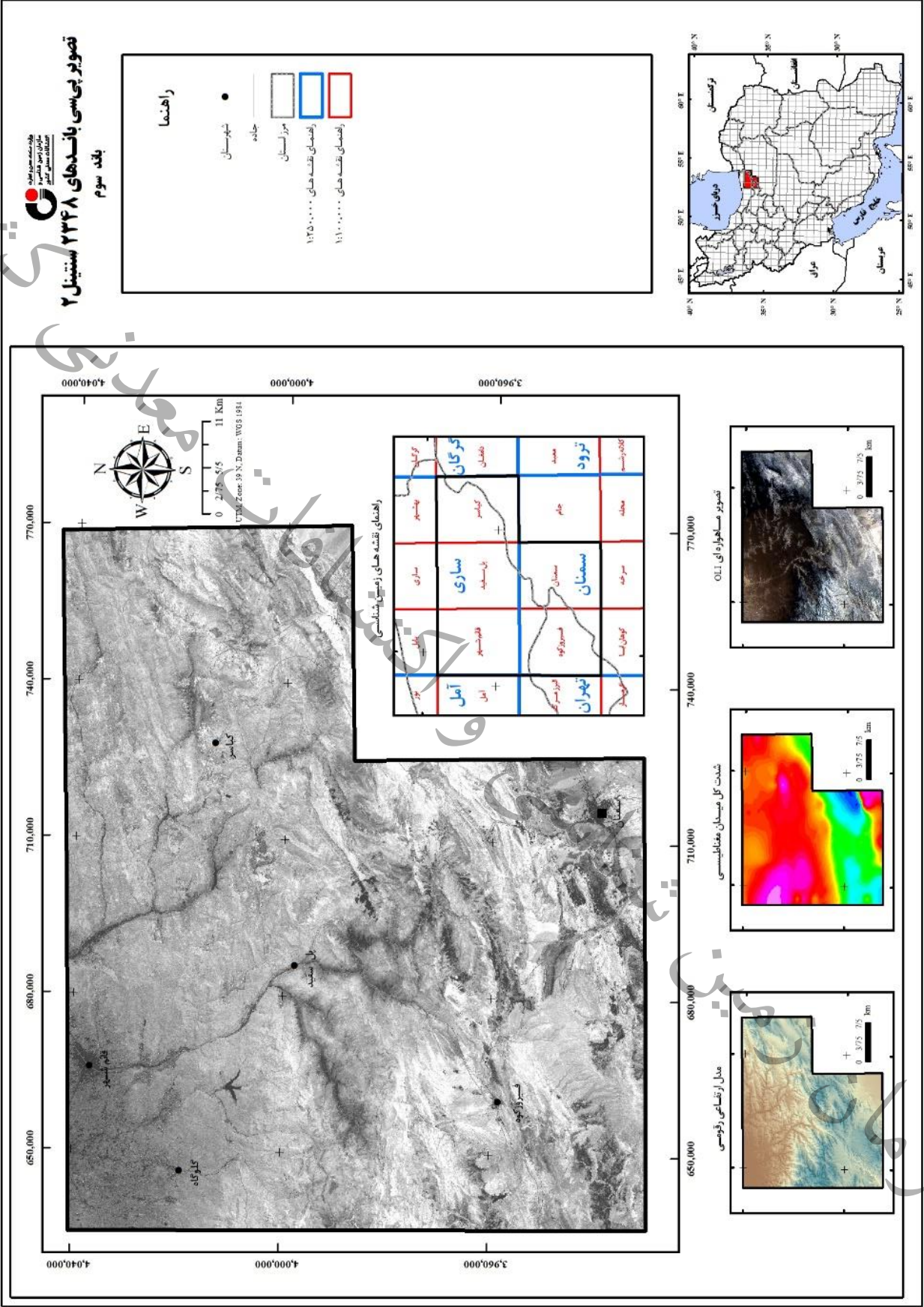
استخراج اکسیداسیون سطحی آهن

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. باندهای مذکور مناسب‌ترین باندها برای تفکیک اکسیدهای آهن به شمار می‌روند. مطابق با جدول بردار ویژه این آنالیز و با توجه به نمودار طیفی اکسیدهای آهن (بوئزه هماتیت و گوتیت)، بهترین نتیجه در تصویر PC3 بدست آمد (جدول ۷-۶). (شکل ۷-۲۱). 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 ۷-۲۲ حاصل گردید.

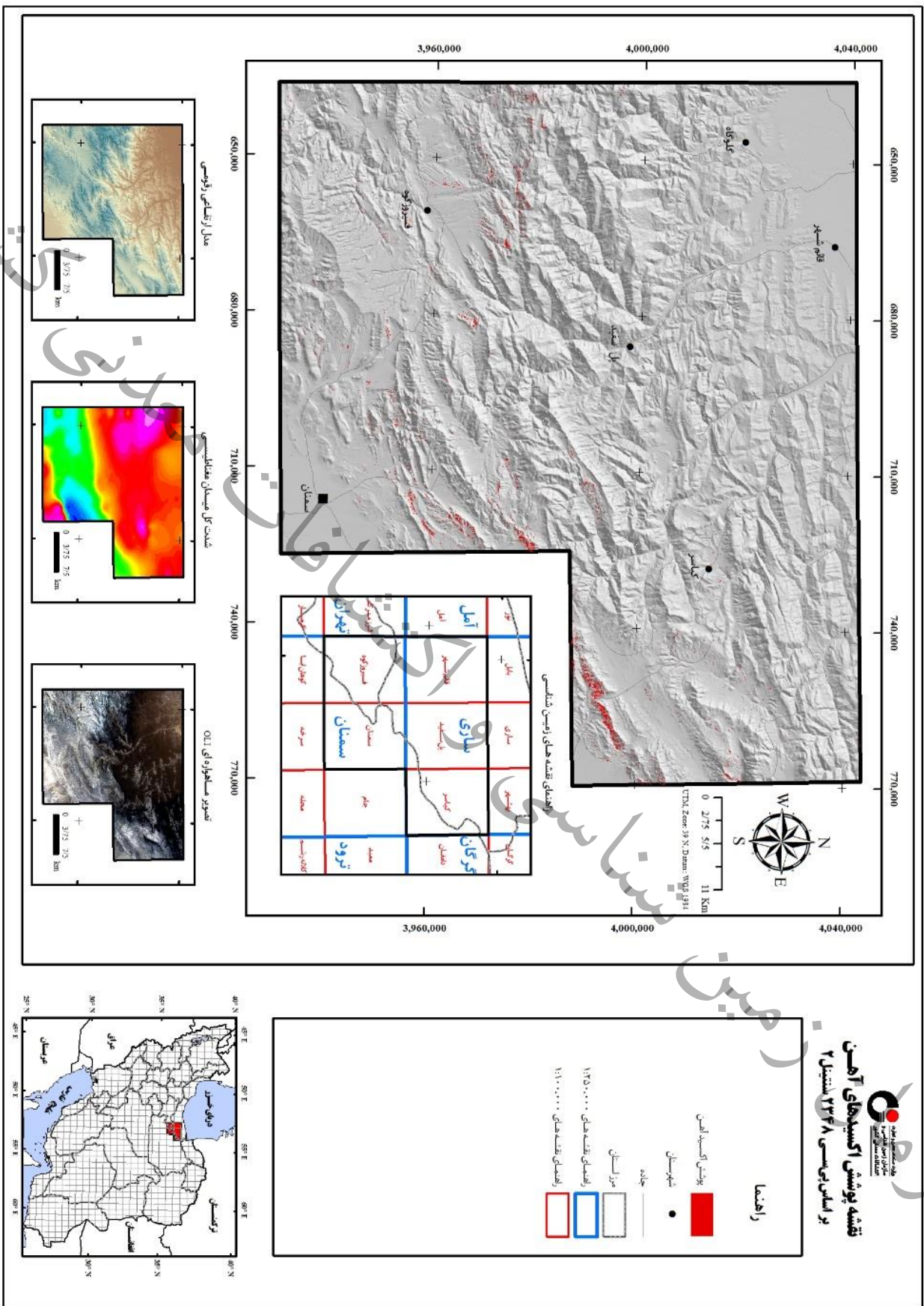
جدول ۷-۶ جدول بردار ویژه (Eigenvector) آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ سنجنده سنتینل 2A

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

^۱ Gossan



شکل ۷-۲۱- نقشه تصویر PC3 از آنالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ سنجنده سننیل 2A



تیمچه پوشش اکسیدهای آهن
بر اساس نتایج ۲۳۴۸ شتابیل ۲



شکل ۷-۲۲- نقشه پوشش اکسید آهن (به رنگ قرمز) بر اساس آتالیز مولفه‌های اصلی باندهای ۳، ۴ و ۸ سنجیده ستیبل ۲۸

۷-۴-۴- 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 باندهی مختلف و ایجاد یک لایه وکتوری از نوع خط در نرم افزار آرک جی‌آی‌اس ترسیم گردید (شکل ۷-۲۳).

همچنین برای بالا بردن قدرت تشخیص، از فیلترهای مختلف بالاگذر از جمله فیلتر تیر کننده لبه^۱ در نرم‌افزار ژئوماتیکا استفاده شده است. بدیهی است که اولاً تمام عوارض خطی قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای الزاماً نشان دهنده غسل 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 کمافی 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 ۷-۲۳ دیده می‌شود.

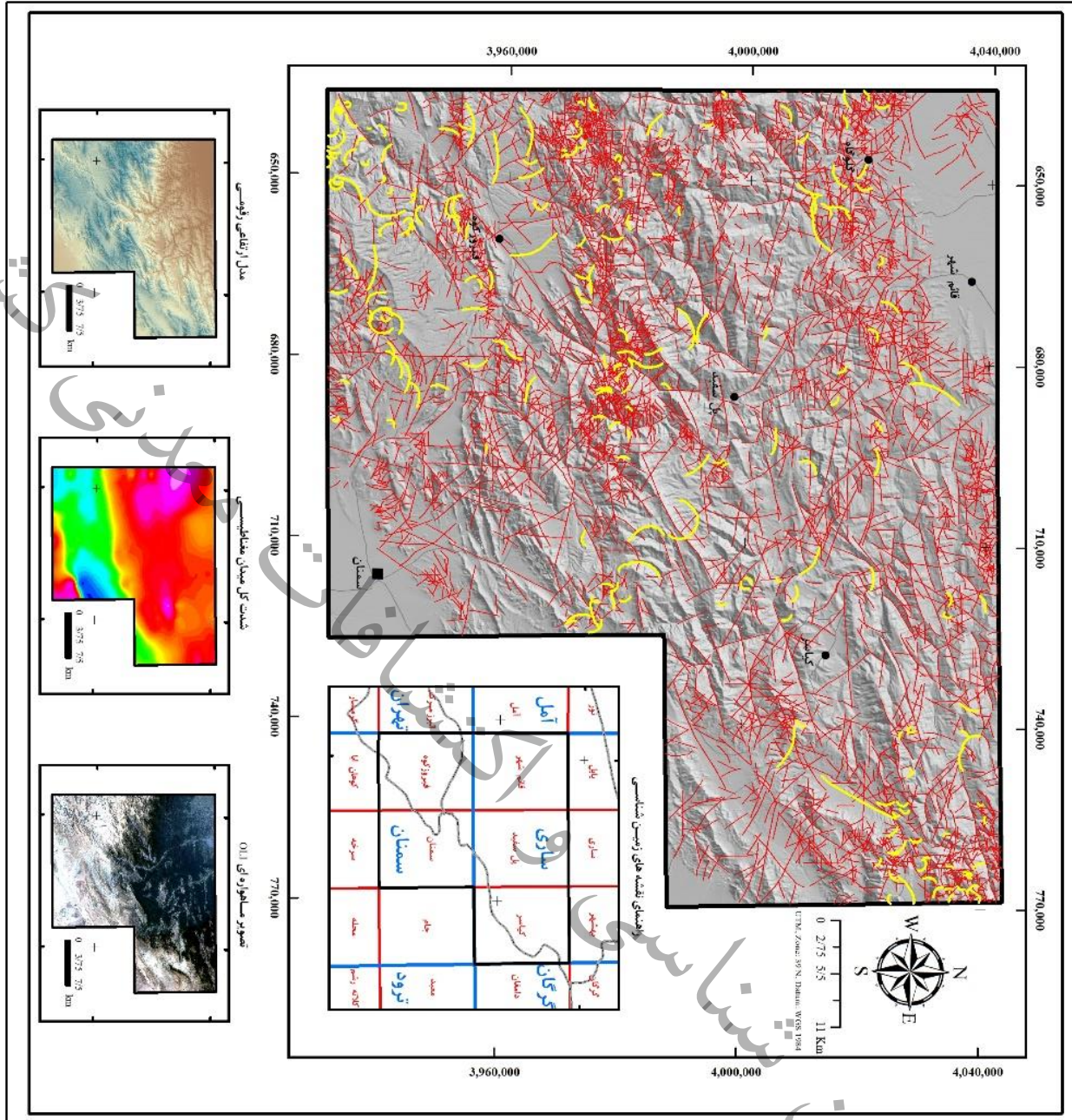
^۱ Edge sharpening



نقشه ساختارهای قطبی و حلقوی

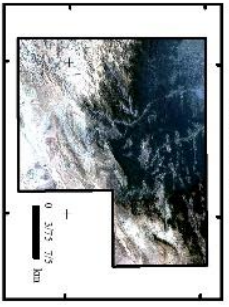
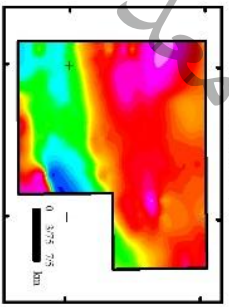
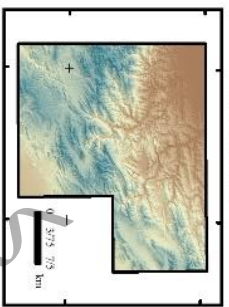
راهنما

- ساختارهای حلقوی
- ساختارهای قطبی حلقوی
- شهرستان
- چاه
- مرز استان
- راهبانی نقشه ملی ۱:۲۵۰,۰۰۰
- راهبانی نقشه ملی ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰



راهبانی نقشه ملی زمین شناسی

تور	بابل +	ساری	بهر	گرگان
آمل	قزوین	مازندران	گیلان	گیلان
تهران	قزوین	سمنان	قزوین	تروند
تهران	قزوین	سمنان	قزوین	تروند



شکل ۲۳-۷- نقشه ساختارهای قطبی و حلقوی بلوک کیاسر- فیروزکوه استخراج شده بر اساس تصویر سنجیده سنیتیل 2A

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کشور

معدنی

فصل هشتم تلفیقات

و
تلفیق و مدلسازی

سازمان زمین

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۸-۱- مقدمه

امروزه، دستیابی به داده‌های جدید و تکنیک‌های نرم افزاری-سخت افزاری به زمین‌شناسان در اکتشاف منابع جدید کمک می‌کند تا با صرف زمان و هزینه کمتر منابع و محدوده‌های بیشتر را بررسی و شناسایی نمایند. یکی از روش‌هایی که برای شناسایی منابع در زمان-هزینه کمتر و در مقیاس کوچکتر، بکار گرفته می‌شود، استفاده از تکنیک‌های نرم‌افزاری است. البته وجود اطلاعات اولیه مثل زمین‌شناسی، ژئوشیمی و ... پیش‌نیاز این روش‌ها است، به همین دلیل به کارگیری چنین روش‌هایی مثل تلفیق داده‌ها به کمک دانش و تکنیک می‌تواند در شناسایی منابع معدنی کمک کند.

امروزه استفاده از تکنولوژی‌های جدید در اکتشافات سیستماتیک مواد معدنی جهت معرفی مناطق امید بخش معدنی پیشرفت قابل توجهی داشته است. در این ارتباط سیستم‌های 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 سکنش‌های مختلف و نظایر آن پرداخت. در امر اکتشافات مقدماتی، تفصیلی و نیمه تفصیلی امکان دسترسی هم‌زمان به کلیه اطلاعات زمین شناسی 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 ناحیه ای با بهره گیری از داده‌های مربوط به نقشه‌های زمین شناسی، 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 و تفسیر آنها می‌توان به استخراج اطلاعات مفید و شناسایی نواحی امید بخش معدنی پرداخت.

این بررسی‌ها با گردآوری داده‌ها در مرحله اول یکپارچه سازی 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، زمین شناسی اقتصادی، پترولوژی، تکتونیک و GIS انجام می‌پذیرد.

۸-۲- مدل سازی اکتشافی

مدل سازی رخدادهای طبیعی و روابط علت و معلولی مرتبط به آنها همواره یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد پژوهش بوده است. مدل سازی 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 کانساز 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 مدل سازی تخمین قابل قبولی از احتمال پیدایش یک تیپ کانسار خاص در یک محیط معین امکانپذیر نمی‌باشد. قبلاً، مدل سازی کانسارها بیشتر بر اساس منشأ 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 بوده است. چنین مدل‌هایی ممکن است از نظر اقتصاد معدنی ارزشمند باشد، ولی چون کانسارهایی با ژن مختلف را دربرمی‌گیرد، کاربرد اکتشافی چندانی ندارد. در گذشته‌ای نه چندان دور، تحلیل‌های مربوط به 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 کارگرفته 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

۸-۳- 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 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 متالورژی منطقه و تیپ‌های کانی‌سازی مورد انتظار می‌باشد تا داده‌ها بر این اساس در کنار هم قرار گرفته و یکدیگر را تایید و یا رد نمایند و اولویتهای مختلف کانی‌سازی را پیش‌بینی نمایند. براساس جایگاه زمین‌شناسی، کانسارهای شناخته شده در محدوده، بلوک مورد مطالعه از جنبه شناسایی پتانسیل‌های فلورین (±باریت) مورد بررسی قرار گرفته است. از بین انواع کانسارهای فلورین، کانسارهای فلورین در سنگهای رسوبی و کانسارهای MVT در بلوک مورد مطالعه قابل انتظار است. گرچه با توجه به کانه‌زاییهای سرب و روی با میزبان کربناته رخداد کانساری سرب و روی دور از انتظار نیست.

کانسارهای فلورین در سنگهای رسوبی و کانسارهای MVT

کانسارهای سرب- روی (فلورین- باریت) تیپ دره می‌سی‌سی‌پی جزو شناخته شده‌ترین تیپ‌های کانساری از کانسارهای هیدروترمال به شمار می‌آیند. تشکیل این کانسارها در سنگ‌های کربناته غالباً نتیجه واکنش سیالات گرمایی حاصل از شورابه و آب محبوس در بین رسوبات با سنگهای کربناته در نظر گرفته می‌شود. فلورین به دلیل شباهت اندازه یونی می‌تواند جایگزین هیدراکسید در کانیها (بخصوص کانیهای رسی) باشد و این عنصر در واکنش

^۱ Model Conceptual



با سنگهای کربناتی (محیط قلیایی) باعث تشکیل فلورین می‌شود. به طور کلی، وابستگی ژنتیکی آنها با فعالیت‌های آذرین به خوبی آشکار نیست و لذا تشکیل آنها مستقل از رویدادهای آذرین دانسته شده است. در بلوک مورد مطالعه، کانه‌زائی فلورین غالباً در سنگ‌های کربناته و آهک‌ها و آهک‌های دولومیتی سازند الیکا^۱ به سن تریاس رخ داده است. گرچه رخدادهایی از فلورین در واحدهای کربناتی میلا (پرکامبرین) و تیزکوه (کرتاسه) نیز اشاره شده است (رجوع به فصل پنجم). و گاه همراه آن باریت و کانی‌های سرب و روی از جمله گالن و اسمیت‌زونیت نیز دیده شده است. کانسارهای فلورین در ایران به خصوص در البرز و ایران مرکزی گسترش وسیعی دارند. از این کانسارها در البرز می‌توان به شش رودبار، پاچی میانا، کمرپشت، امافت و آشچال اشاره نمود. بیشترین پتانسیل فلورین دنیا نیز متعلق به تریاس می‌باشد (Fontbote, 1981).

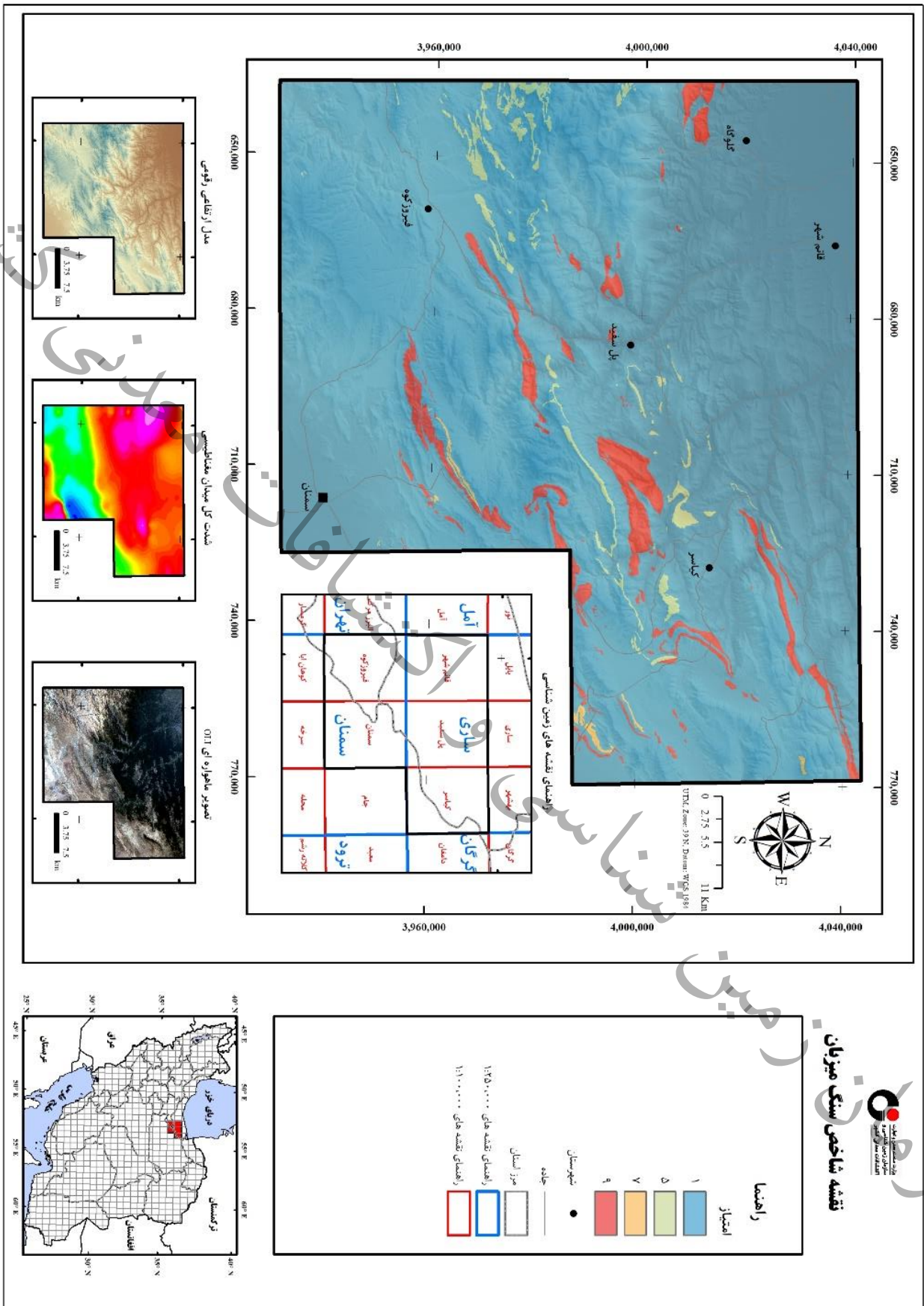
مدلسازی و تلفیق داده‌ها

براساس مدل زایشی کانسارهای فلورین و بررسی گزارشهای کانسارهای فلورین منطقه، مدل اکتشافی برای شناسایی پتانسیل‌های فلورین (±باریت) تعریف شد. در این مدل براساس معیارهای سنگ میزبان، ساختار، ژئوشیمی (سیلت و کانی سنگین) و دگرسانی اکسید آهن، لایه‌های شاخص تهیه و به روش همپوشانی شاخص^۱ تلفیق شده است.

سنگ میزبان: واحدهای سنگی میزبان شامل سازند الیکا (به سن تریاس)، سازند میلا (به سن پرکامبرین) و سازند تیزکوه (به سن کرتاسه) است که به ترتیب با شماره ۹، ۷ و ۵ امتیازبندی شده است (شکل ۸-۱). ساختار: برای تهیه لایه ساختار از گسل‌های زمین‌شناسی، خطواره‌های دورسنجی و تراست استفاده شده است. بررسی‌های نشان می‌دهد که غالباً رگه‌های (لایه‌ها) معدنی فلورین دارای روند شرقی- غربی تا شمال شرقی- جنوب غربی هستند. تراست‌ها دارای روند غالب شرقی- غربی تا شمال شرقی- جنوب غربی هستند ولی گسلها و ساختارهای دورسنجی دارای روندهای متفاوتی هستند گرچه روند غالب آنها همسو با روند تراست و ساختارهای ناحیه‌ای است. این روند به عنوان روند غالب برای کنترل کانه‌زایی در نظر گرفته شده است. ساختارها با فواصل ۱۰۰۰ متر بافر و در چهار کلاس با فواصل ۲۵۰ متر طبقه‌بندی و به ترتیب از مرکز گسل با شماره‌های ۹، ۷، ۵ و ۳ امتیازبندی شده است. لایه‌های حاصل با هم ترکیب و لایه شاخص ساختار تهیه شده است (شکل ۸-۲).

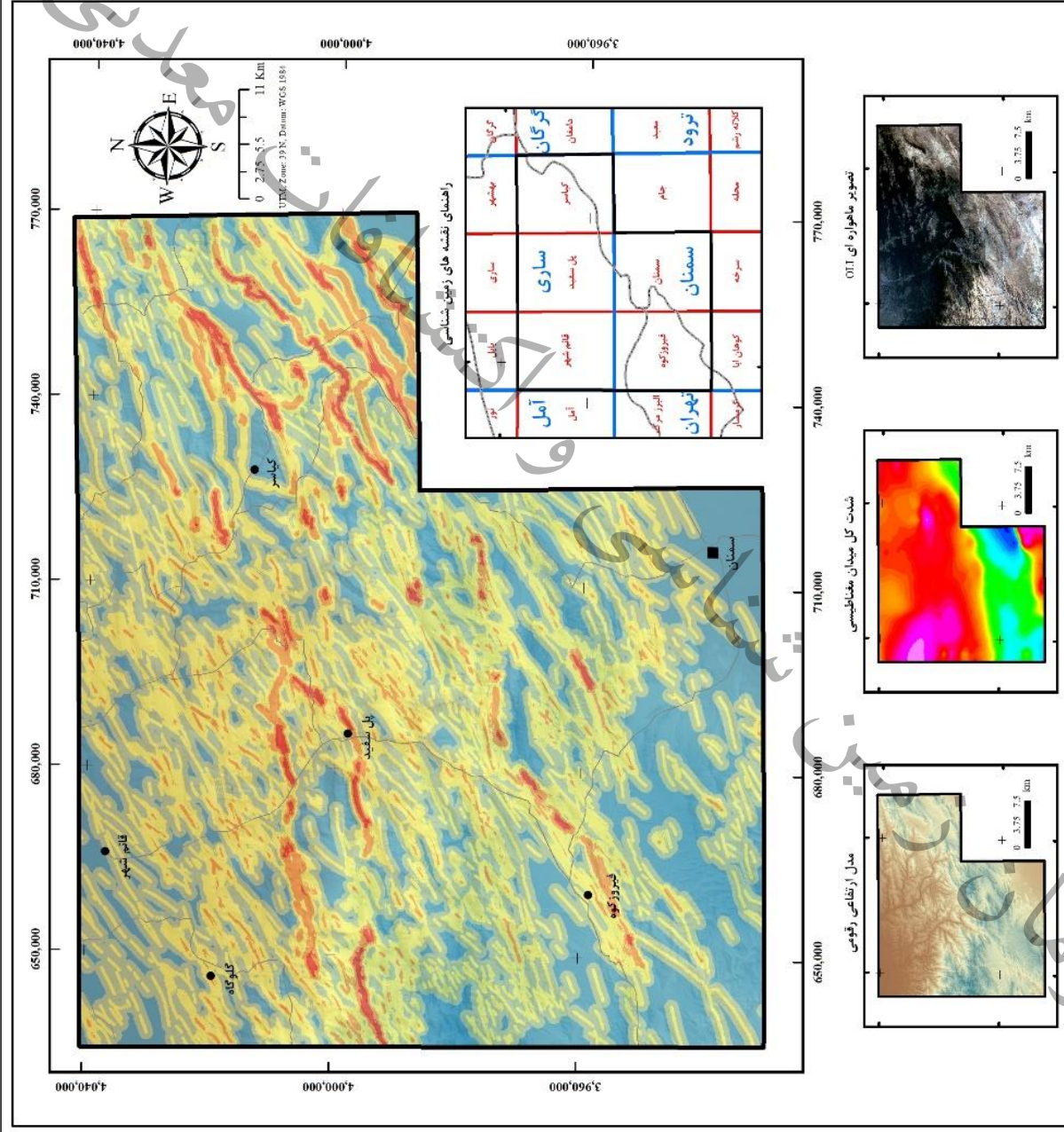
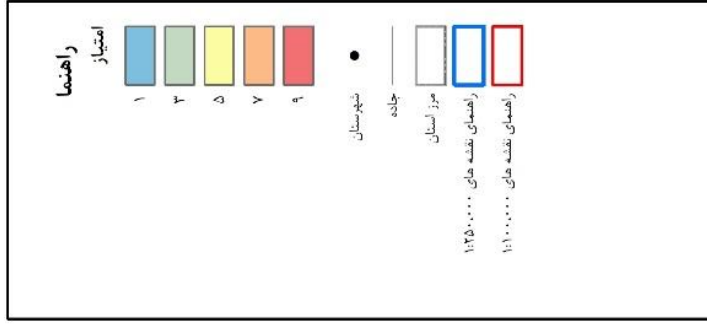
^۱ Index Overlay

ژئوشیمی: برای تهیه لایه شاخص ژئوشیمیایی از آنومالی ژئوشیمیایی عناصر مرتبط با کانه‌زایی فلورین شامل فلورین، باریم، سرب و روی (شکل ۸-۳) و کانی‌های سنگین مرتبط با عناصر فوق از جمله فلورین، باریت، کانی‌های سولفیدی و اکسیدی سرب و روی از جمله گالن، اسفالریت اسمیت‌زونیت، سروزیت بکار رفته است (شکل ۸-۴). حوضه نمونه مرتبط براساس درجه آنومالی ۱ تا ۴ ژئوشیمیایی و بازه مقادیر کانی سنگین در چهار کلاس به ترتیب با شماره‌های ۹، ۷، ۵ و ۳ امتیاز بندی شده است. برای مقدار زمینه امتیاز ۱ تخصیص داده شده است. دگرسانی: همانطور که اشاره شد از دگرسانی اکسید آهن برای تهیه نقشه شاخص دگرسانی استفاده شده است. در این نقشه به دگرسانی آهن و مقدار زمینه به ترتیب امتیاز ۹ و ۱ اختصاص داده شده است (شکل ۸-۵). پس از آماده‌سازی لایه‌های شاخص، به استفاده از روش همپوشانی شاخص، باهم تلفیق و نقشه پتانسیل فلورین و محدوده‌های امیدبخش شناسایی شد (شکل ۸-۶ و ۸-۷). براساس نقشه پتانسیل محدوده‌ها اولویت بندی شده که از بین تعداد ۱۷ محدوده پتانسیل دار شناسایی شده، ۷ محدوده دارای اولویت اول و ۱۰ محدوده دارای اولویت دوم هستند. به منظور بررسی میدانی وضعیت این محدوده‌ها از نظر معارض و محدودیت‌های قانونی با نقشه کاداستر معادن کنترل و ثبت شده است. مشخصات محدوده‌های امیدبخش در جدول (۸-۱) آورده شده است.

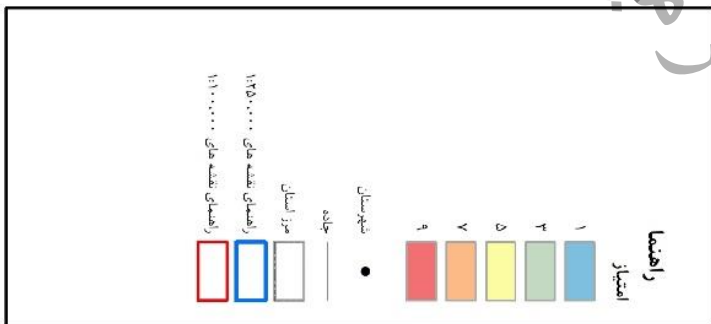
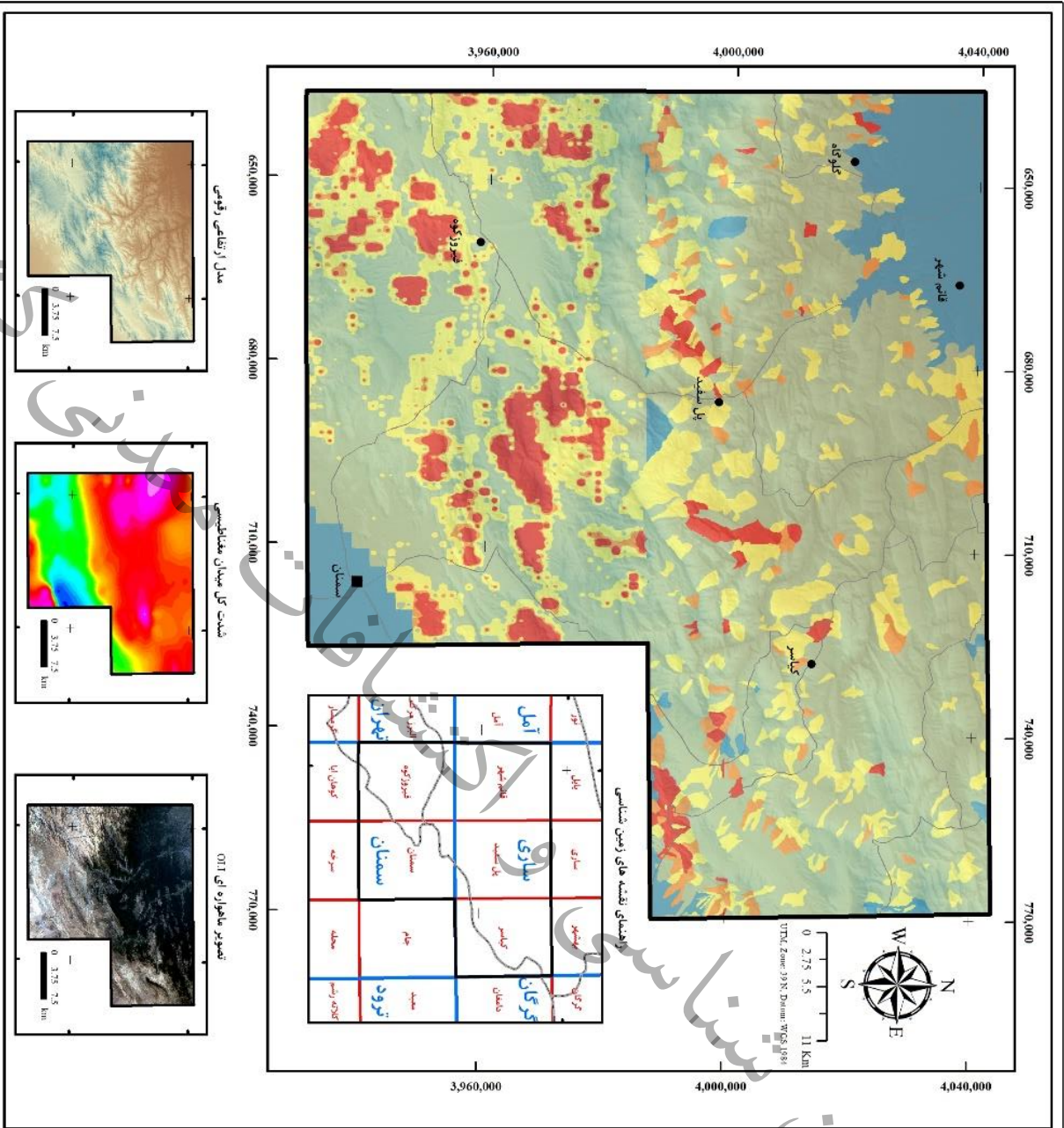


شکل ۸-۱- نقشه شاخص سنگ میزبان

نقشه شاخص گسل

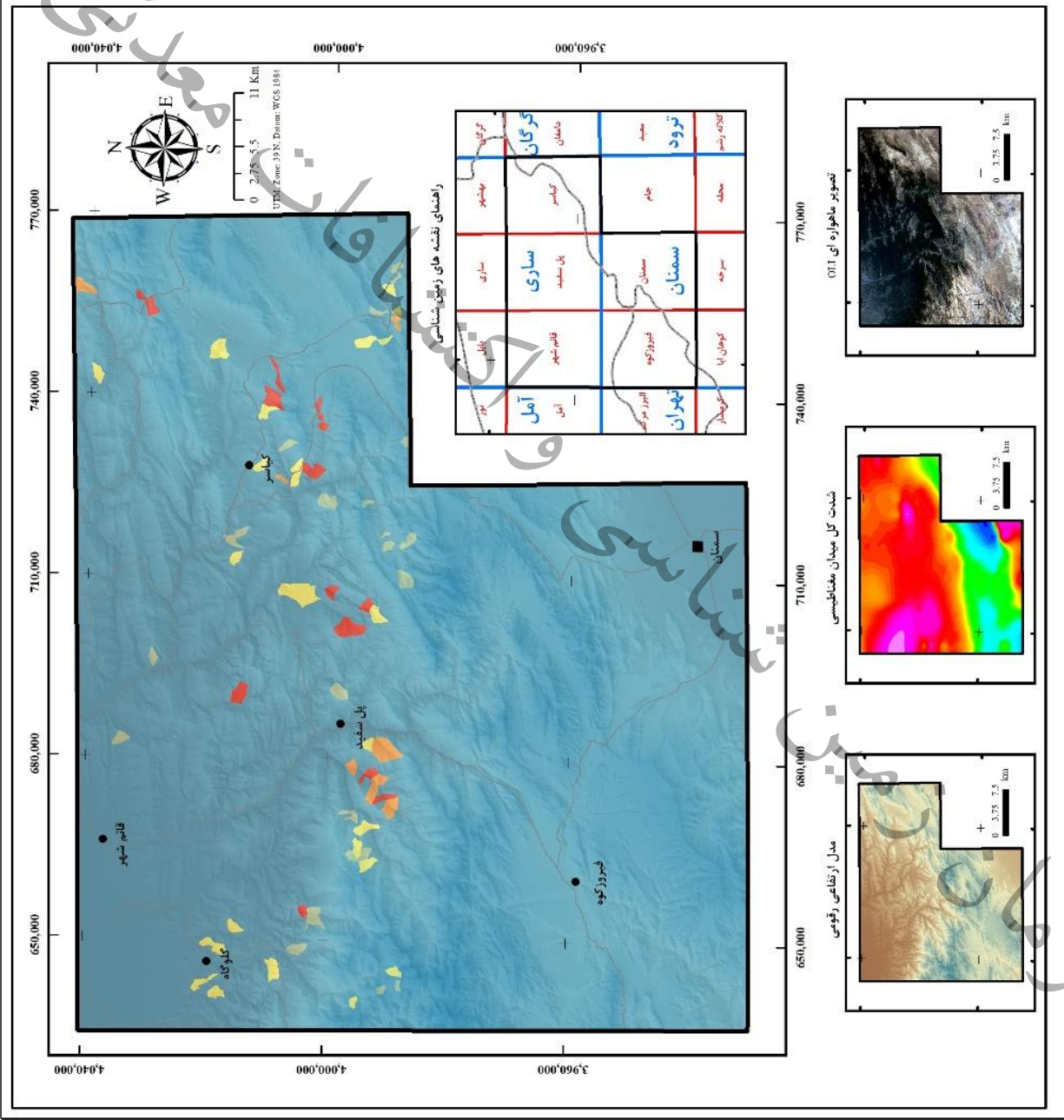
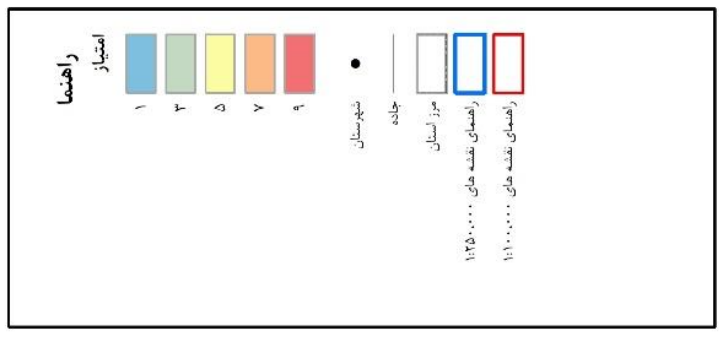


شکل ۸-۲- نقشه شاخص ساختار



شکل ۸-۳- نقشه شاخص سنگ ژئوشیمیایی - سیلیت

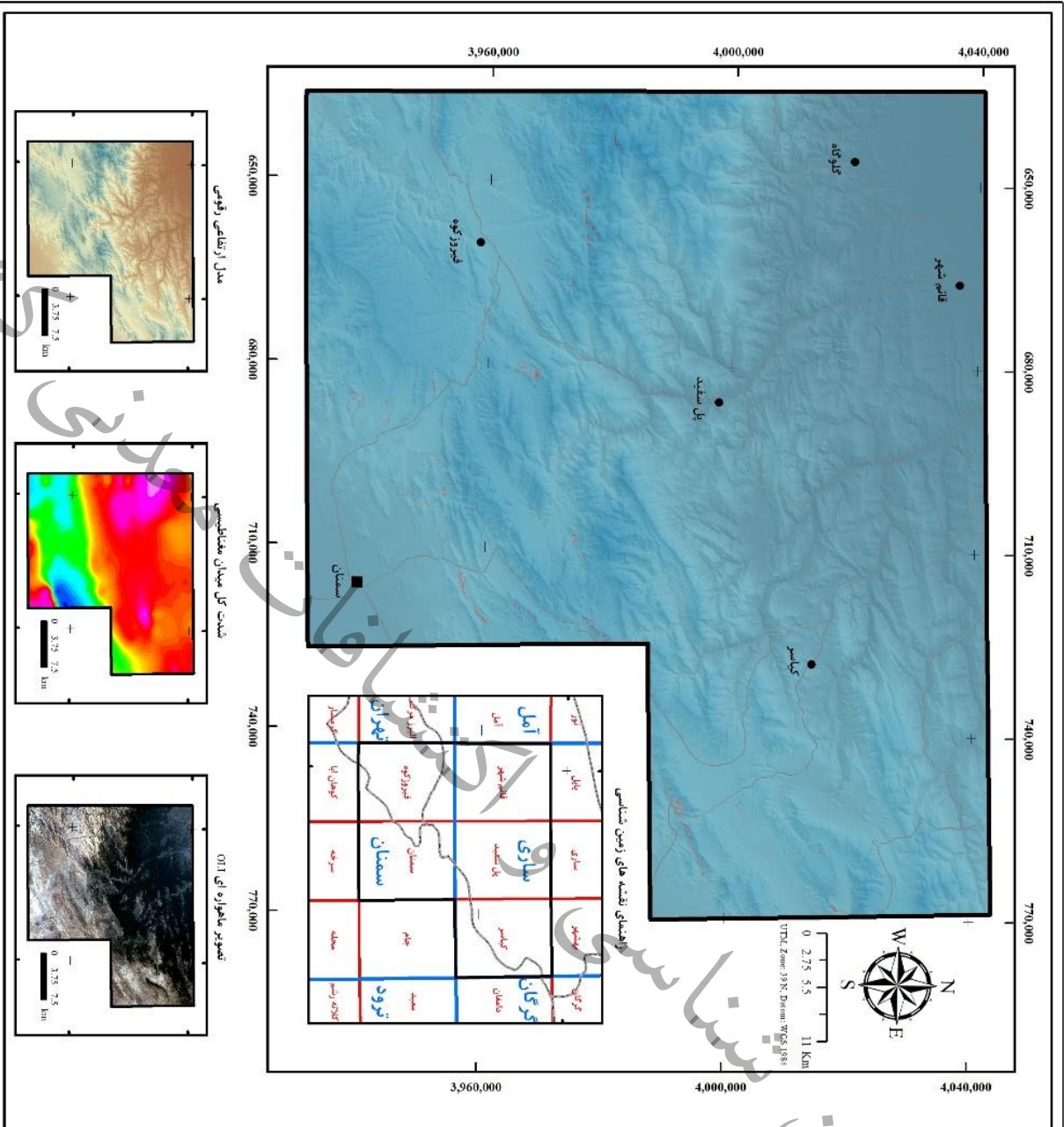
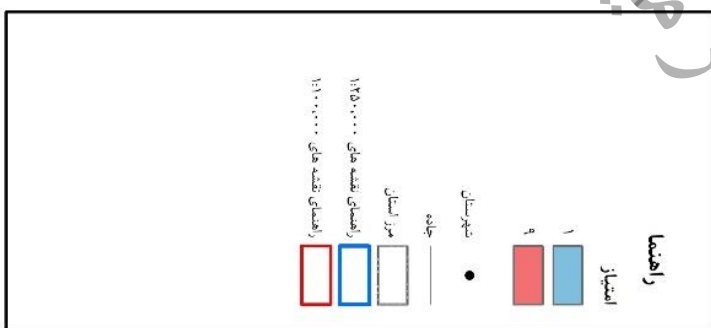
نقشه شاخص ژئوشیمیایی - کانی سنگین



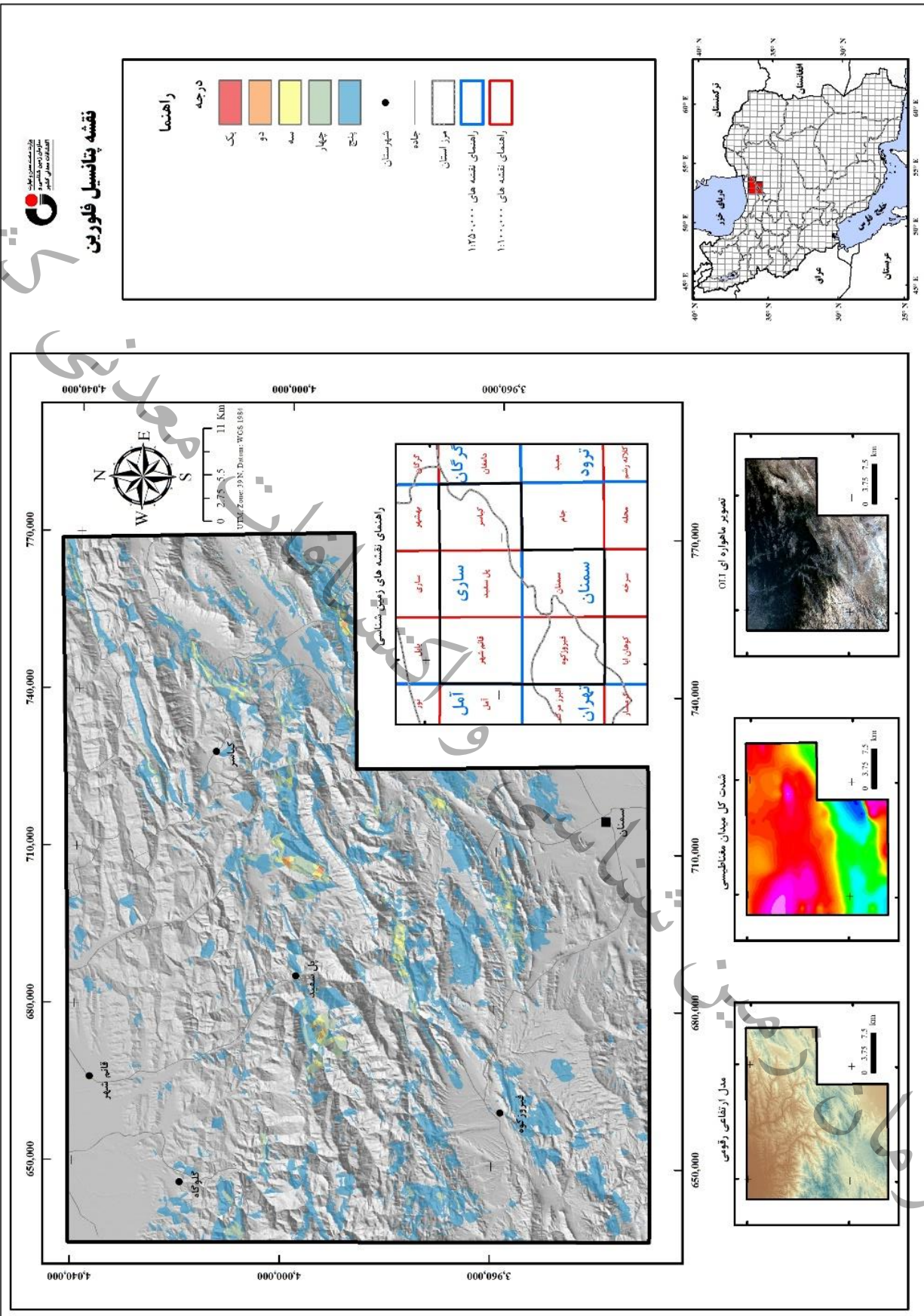
شکل ۸-۴- نقشه شاخص ژئوشیمیایی - کانی سنگین



نقشه شاخص دگرسانی



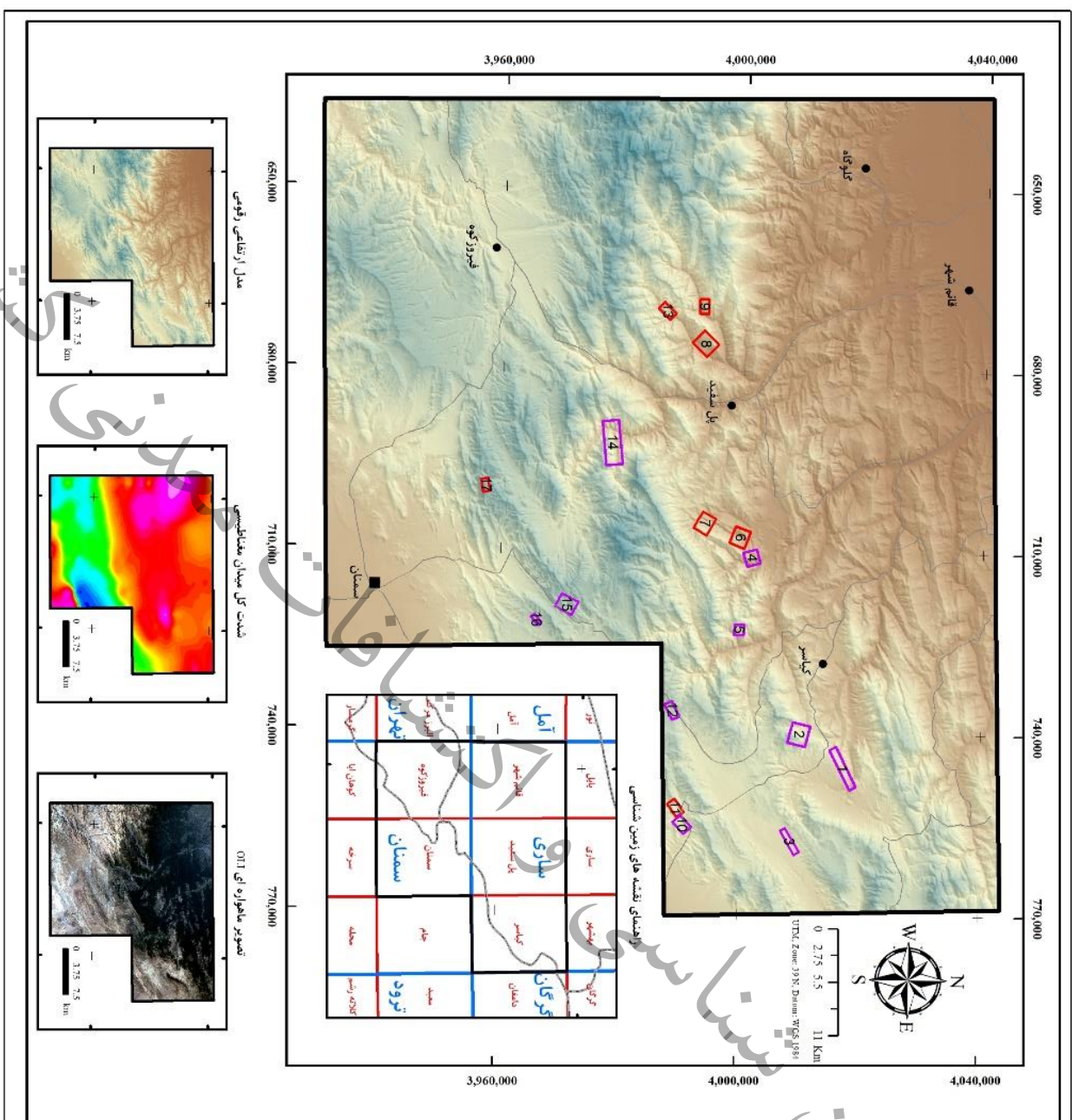
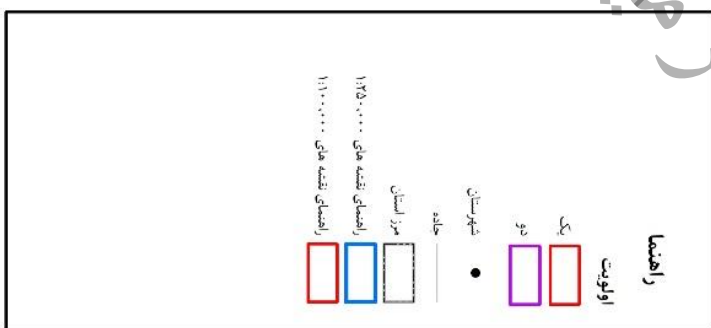
شکل ۸-۵- نقشه شاخص دگرسانی (اکسیدان)



شکل ۸-۶- نقشه پتانسیل فلورین

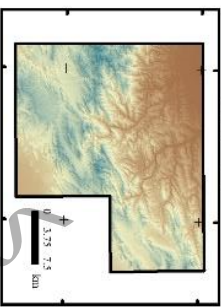


نقشه محدوده‌های امیدبخش فلوریت

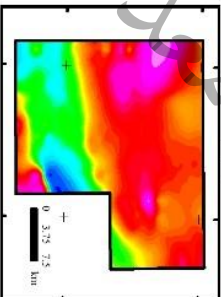


راهنمای نقشه های زمین شناسی

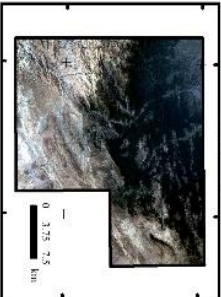
دو	یک	شهرستان	حاجده	موز استان
آمل	ساری	کاشمر	سمنان	تروند
آمل	ساری	کاشمر	سمنان	تروند
بهار	ساری	کاشمر	سمنان	تروند
بهار	ساری	کاشمر	سمنان	تروند
بهار	ساری	کاشمر	سمنان	تروند
بهار	ساری	کاشمر	سمنان	تروند
بهار	ساری	کاشمر	سمنان	تروند
بهار	ساری	کاشمر	سمنان	تروند
بهار	ساری	کاشمر	سمنان	تروند



مدل ارتفاعی رقومی



نقشه کل میدان معیشتی



تصویر ماهواره ای OLI

شکل ۸-۷- نقشه محدوده‌های امیدبخش فلورین

جدول ۸-۱- مشخصات محدوده‌های امیدبخش فلورین

Target	Priority	X(center)	Y(center)	Area ^{km²}	Description
1	2	745618	4017197	8.76	مزایده
2	2	740092	4009894	10.50	بلوکه
3	2	757822	4008590	4.44	پهنه
4	2	711008	4001621	5.46	آزاد
5	2	722930	3999695	2.75	بلوکه
6	1	707639	3999602	7.80	طرح
7	1	705380	3993720	7.85	گواهی کشف
8	1	675663	3993403	9.56	طرح
9	1	669461	3993086	3.76	بیش از ۷۰ درصد پروانه بهره برداری
10	2	755327	3990745	4.65	بلوکه و مزایده
11	1	752594	3989621	3.95	بیش از ۵۰ درصد پروانه بهره برداری
12	2	736433	3988798	3.83	پهنه
13	1	670297	3986958	4.03	بیش از ۷۰ درصد پروانه بهره برداری
14	2	692249	3978201	20.10	بلوکه
15	2	719121	3971065	7.41	پهنه و مزایده
16	2	721739	3966029	1.42	پهنه
17	1	699597	3957294	2.47	پهنه و مزایده

کشور

معدنی

فصل نهم
کشفیات

عملیات صحرائی و پیچگیری

شناسی

سازمان زمین

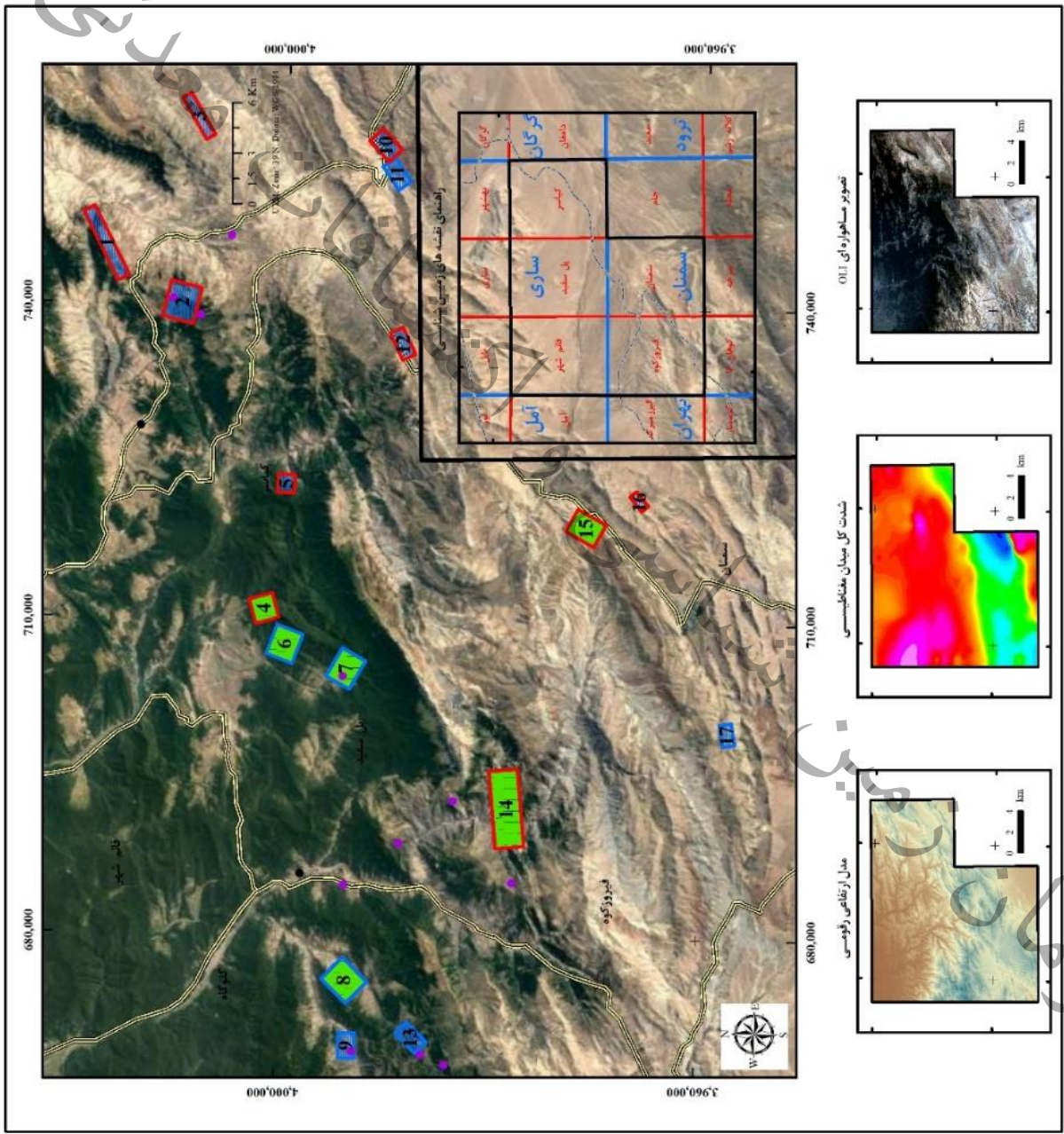
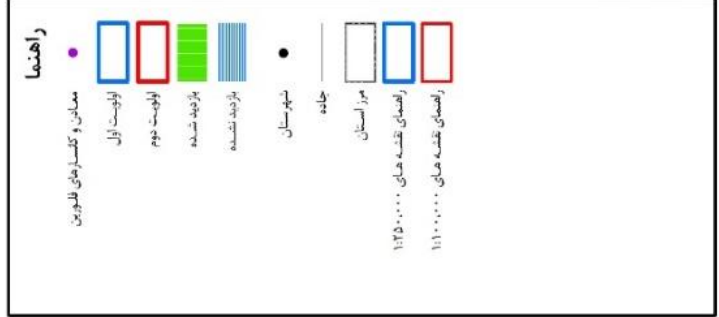
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۹-۱- مقدمه

از بررسی داده‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمی، تصاویر ماهواره‌ای در بلوک کیاسر - فیروزکوه تعداد ۱۷ محدوده امید بخش فلورین به مساحت ۱۰۸ کیلومتر مربع شناسایی شده است (شکل ۹-۱). طی یک مرحله عملیات صحرایی از ۶ محدوده به مساحت ۵۹ کیلومتر مربع که مشخصات آن‌ها در جدول (۹-۱) آورده شده است بازدید شده است. وجود پوشش جنگلی و گیاهی انبوه در برخی از محدوده‌ها، بررسی میدانی را دشوار و امکان مشاهده و ردیابی عوارض زمین‌شناسی و کانه‌زایی را مشکل و گاه غیر ممکن کرده است. طبق بازدید انجام شده از ۶ محدوده و نمونه‌برداری، در محدوده‌های شماره ۱۴ و ۱۵ آثار و شواهد کانه‌زایی فلوریت (باریت) مشاهده شده است. در محدوده شماره ۱۴ با توجه به نتیجه آزمایش XRD، کلسیت به عنوان کانی اصلی و فلورین و کوارتز به عنوان کانی‌های فرعی حضور دارند. براساس نتایج تجزیه شیمیایی، در حاشیه محدوده شماره ۱۵ مقدار فلوریت (حدود ۳۳ درصد) و باریت بالا گزارش شده است. لازم به ذکر می‌باشد که طی این مرحله، از معادن طالع رودبار، شش رودبار، اماقت، کمرپشت، پاچی میانا، دراسله و آشچال بازدید صورت پذیرفت که در اکثر محدوده‌های معدنی کانی‌های باریت و کلسیت و سیلیس به عنوان کانی‌های اصلی و گاه کانی‌های سرب و روی به عنوان کانی‌های فرعی همراه فلورین حضور دارند. از میان این معادن، معدن کمر پست ۱ و ۲ به دلیل حفاظت از آثار فرهنگی غیرفعال شده است. در ادامه توصیف زمین‌شناسی، مشاهدات میدانی و نتایج آزمایشگاهی به تفکیک آورده شده است.

پراکنندگی محدوده‌های امید بخش فلورین



شکل ۹-۱ - نقشه پراکنندگی محدوده‌های امید بخش فلورین در بلوک کیاسر - فیروزکوه



جدول ۹-۱- مشخصات محدوده‌های امید بخش در بلوک کیاسر - فیروزکوه

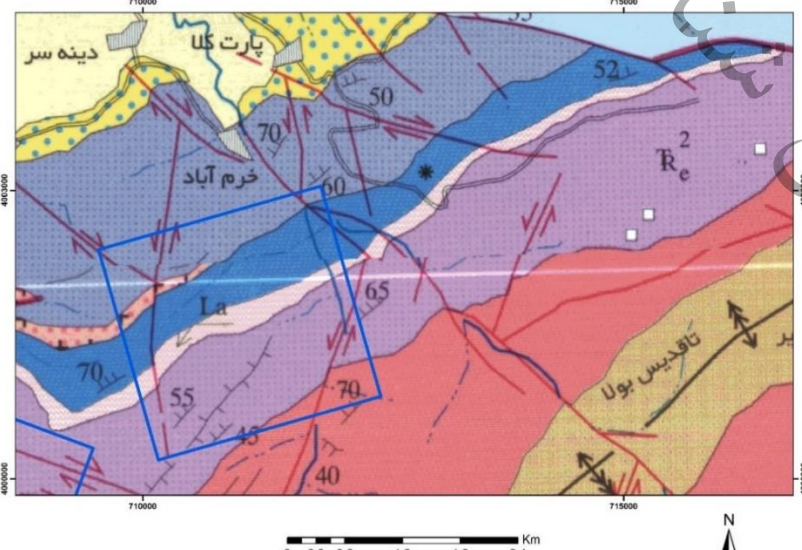
محدوده	اولویت	مساحت	X(Center)	Y(Center)	کاداستر	بازدید
۱	۲	۸.۸	۷۴۵۶۱۸	۴۰۱۷۱۹۷	مزایده	بازدید نشده
۲	۲	۱۰.۵	۷۴۰۰۹۲	۴۰۰۹۸۹۴	بلوکه	بازدید نشده
۳	۲	۴.۴	۷۵۷۸۲۲	۴۰۰۸۵۹۰	پهنه	بازدید نشده
۴	۲	۵.۵	۷۱۱۰۰۸	۴۰۰۱۶۲۱	آزاد	بازدید شده
۵	۲	۲.۷	۷۲۲۹۳۰	۳۹۹۹۶۹۵	بلوکه	بازدید نشده
۶	۱	۷.۸	۷۰۷۶۳۹	۳۹۹۹۶۰۲	طرح	بازدید شده
۷	۱	۷.۹	۷۰۵۳۸۰	۳۹۹۳۷۲۰	گواهی کشف و پروانه بهره برداری	بازدید شده
۸	۱	۹.۶	۶۷۵۶۶۳	۳۹۹۳۴۰۳	طرح	بازدید شده
۹	۱	۳.۸	۶۶۹۴۶۱	۳۹۹۳۰۸۶	بیش از ۷۰ درصد پروانه بهره برداری	بازدید نشده
۱۰	۲	۴.۷	۷۵۵۳۲۷	۳۹۹۰۷۴۵	بلوکه و مزایده	بازدید نشده
۱۱	۱	۴.۰	۷۵۲۵۹۴	۳۹۸۹۶۲۱	بیش از ۵۰ درصد پروانه بهره برداری	بازدید نشده
۱۲	۲	۳.۸	۷۳۶۴۳۳	۳۹۸۸۷۹۸	پهنه	بازدید نشده
۱۳	۱	۴.۰	۶۷۰۲۹۷	۳۹۸۶۹۵۸	بیش از ۷۰ درصد پروانه بهره برداری	بازدید نشده
۱۴	۲	۲۰.۱	۶۹۲۲۴۹	۳۹۷۸۲۰۱	بلوکه	بازدید شده
۱۵	۲	۷.۴	۷۱۹۱۲۱	۳۹۷۱۰۶۵	پهنه و مزایده	بازدید شده
۱۶	۲	۱.۴	۷۲۱۷۳۹	۳۹۶۶۰۲۹	پهنه	بازدید نشده
۱۷	۱	۲.۵	۶۹۹۵۹۷	۳۹۵۷۲۹۴	پهنه و مزایده	بازدید نشده

مشخصات عمومی

نام-شماره محدوده	نام-شماره برگه	نام-شماره ورقه	نام-شماره چهار گوش	استان
شرق پل سفید ۴-	6662-II	۶۶۶۲ - پل سفید	Nj-39-16 - ساری	مازندران
مختصات (UTM)	D: 710167 4000222	C: 712467 4000879	B: 711848 4003039	A: 709536 4002395
شماره زون: ۳۹	H:	G:	F:	E:
سابقه معدنکاری	ندارد			
سابقه ثبت محدوده	ندارد			
<p>محدوده شماره ۴ در فاصله (هوایی) تقریباً ۲۵ کیلومتری شرق پل سفید قرار دارد و از طریق جاده آسفالتی پل سفید و سپس از طریق جاده خاکی که به سمت روستاهای مته کلا قابل دسترسی است (شکل ۹-۲).</p>				
<p>راه دسترسی</p>				
<p>شکل ۹-۲- راه دسترسی به محدوده شماره ۴</p>				



مشخصات زمین شناسی

فلورین، باریت	تیپ محتمل کانسار
تلفیق لایه‌های زمین شناسی، ژئوشیمی، دورسنجی و گسل	دلیل انتخاب محدوده
<p>از نظر تقسیم‌بندی‌های زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه در بخش خاوری البرز مرکزی و در سازند الیکا واقع شده است. گسل‌های منطقه از نوع راستالغز و اریبلغز می‌باشد (شکل ۹-۳). واحد رخنمون‌دار براساس نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم (پل سفید) به شرح زیر است:</p> <p>واحد TR_e^1: سنگ آهک نازک - متوسط لایه خاکستری - صورتی رنگ، سنگ آهک رسی، شیل آهکی، اثرات کرم</p> <p>واحد TR_e^2: این واحد از بستر ضخیم تا دولومیت خاکستری عظیم، دولومیت آهکی</p> <p>واحد $TR_3^{1,sh}$: سنگ آهک خاکستری تیره با بستر نازک - متوسط، میان لایه‌های شیل نازک</p> <p>واحد $TR_3^{la,sh}$: لاتریت، شیل‌های لاتریتی، مادستون، سیلت‌سنگ، ماسه‌سنگ‌های هماتیتی، سنگ‌های آتشفشانی به شدت فرسوده</p> <p>واحد $TR_3^{v,t}$: بازالت، تراکی بازالت، بازالت آندزیتی، اسپیلیتی لامپروفیر آلکالن اسپیلیتی، میکرودیوریت - گابرو، دیاباز، آذرآواری‌ها، توفیت</p> <p>واحد TR_3J_s: شیل، ماسه‌سنگ، سیلت‌سنگ، رس سنگ، ماسه‌سنگ کوارتزیتی، کنگلومرا، ذغال‌دار</p>	زمین‌شناسی عمومی
 <p>شکل ۹-۳- رخنمون واحدهای سنگی محدوده ۴ در نقشه زمین‌شناسی پل سفید</p>	

مشاهدات صحرایی	(۱) آهک، دولومیت آهکی، شیل، ماسه سنگ
-------------------	--------------------------------------

بررسی های میدانی

توصیف زمین شناسی	این محدوده از جنگل انبوه پوشیده شده است. دارای دره های و دامنه های پرشیب با پوشش خاک جنگلی است. در مواردی در محل برش دامنه تخته سنگهای آهکی، گاه کنگلومرای آهکی مشاهده شده که سطح آنها غالباً پوشیده از خزه است. با توجه به شرایط محدوده، امکان مشاهده عوارض و شواهد کانه زایی به دشواری همراه بود.
---------------------	---

توصیف کانه زایی	آثار شواهد کانه زایی قابل مشاهده نبوده است.
--------------------	---

توصیف معدنکاری پیشین	آثار و شواهد معدنکاری و فعالیت های اکتشافی در این محدوده مشاهده نشده است.
----------------------------	---

تشریح نمونه برداری	نمونه برداری انجام نشده است.
-----------------------	------------------------------

تشریح و تفسیر نتایج آزمایشگاهی	فاقد نمونه
--------------------------------------	------------



شکل ۹-۵- تصویر پوشش سطحی انبوه در مسیر رودخانه



شکل ۹-۴- نمایی پوشش سطحی و جنگلی

تصاویر محدوده	
------------------	--

نتیجه گیری و پیشنهادات

تخمین ذخیره زمین شناسی	آثار شواهد کانه زایی مشاهده نشده است.
برآورد اقتصادی	آثار شواهد کانه زایی مشاهده نشده است.
نتیجه گیری و پیشنهادات	با توجه به پوشش جنگلی انبوه امکان مشاهده آثار و شواهد کانه زایی بسیار دشوار است.



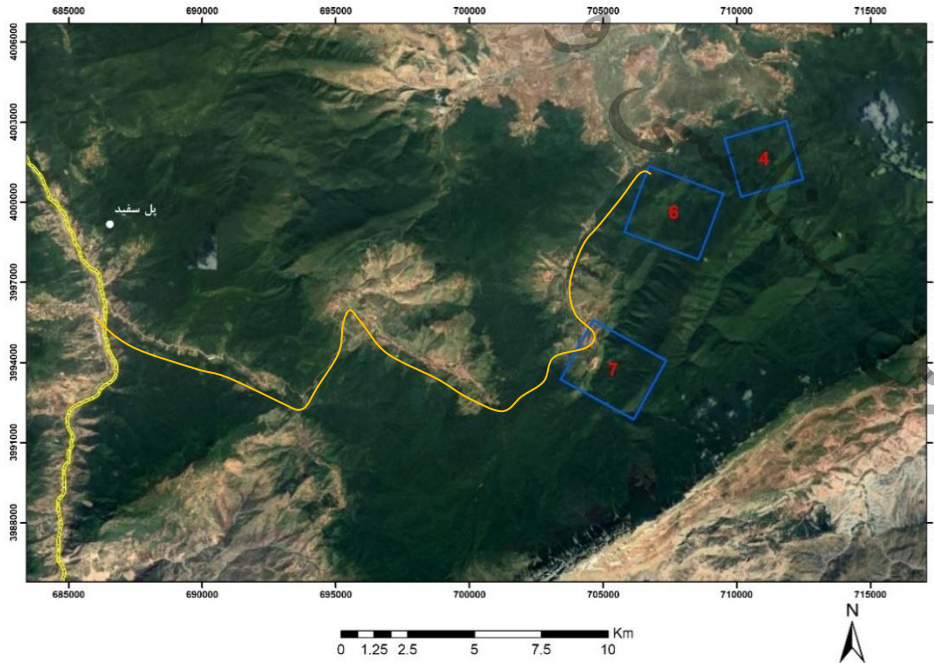
مشخصات عمومی

نام-شماره محدوده	نام-شماره برگه	نام-شماره ورقه	نام-شماره چهار گوش	استان
شرق پل سفید ۶-	6662-II	۶۶۶۲ - پل سفید	Nj-39-16 - ساری	مازندران
مختصات (UTM)	D: 705783 3998908	C: 708575 3997872	B: 709460 4000336	A: 706705 4001346
شماره زون: ۳۹	H:	G:	F:	E:

سابقه معدنکاری ندارد

در نقشه کاداستر به عنوان طرح ثبت شده است

محدوده شماره ۶ در فاصله (هوایی) ۲۵ کیلومتری شرق پل سفید قرار دارد و از طریق جاده آسفالتی پل سفید و سپس از جاده خاکی به سمت روستای مته کلا قابل دسترسی است (شکل ۹-۶).



راه دسترسی

شکل ۹-۶- راه دسترسی به محدوده شماره ۶

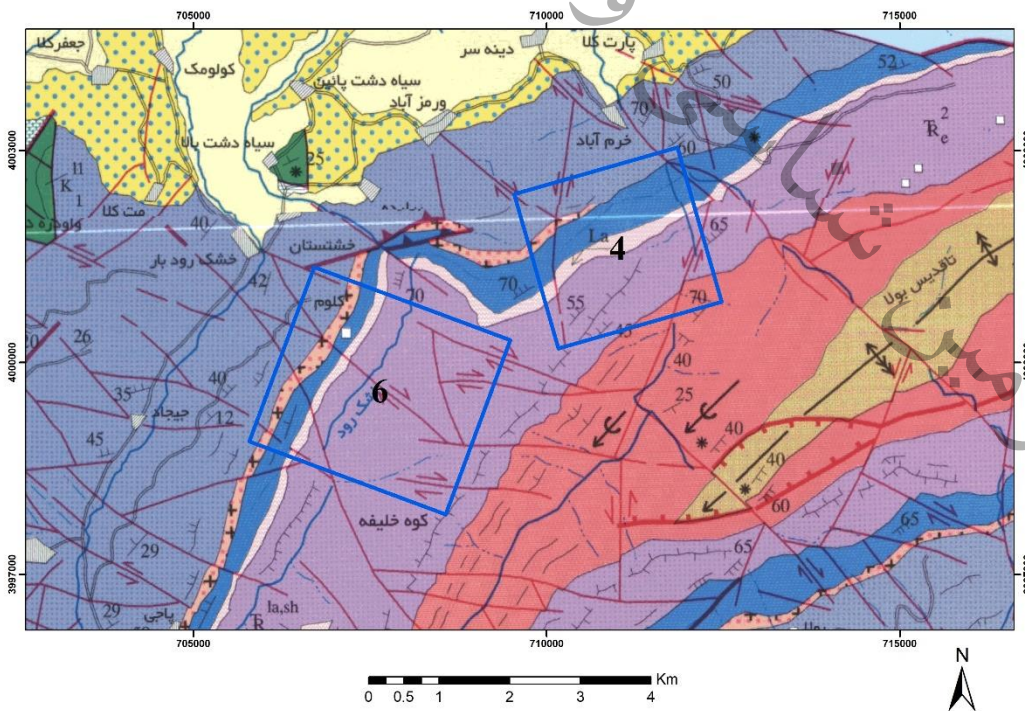
مشخصات زمین شناسی

تیمپ محتمل
کانسار
فلورین، باریت

دلیل انتخاب
محدوده
تلفیق لایه‌های زمین شناسی، ژئوشیمی، دورسنجی و گسل

از نظر تقسیم‌بندی‌های زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه در بخش خاوری البرز مرکزی و در سازند الیکا واقع شده است. گسل‌های منطقه از نوع راستالغز و اریب لغز می‌باشد. واحد رخنمون‌دار براساس نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم (پل سفید) به شرح زیر است: (شکل ۹-۷).

واحد TR_e^2 : این واحد از بستر ضخیم تا دولومیت خاکستری عظیم، دولومیت آهکی
 واحد $TR_3^{I,sh}$: سنگ آهک خاکستری تیره با بستر نازک - متوسط، میان لایه‌های شیل نازک
 واحد $TR_3^{Ia,sh}$: لاتریت، شیل‌های لاتریتی، مادستون، سیلت سنگ، ماسه سنگ‌های هماتی،
 سنگ‌های آتشفشانی به شدت فرسوده
 واحد $TR_3^{V,t}$: بازالت، تراکی بازالت آندزیتی، بازالت آلکان اسپیلیتی لامپروفیر آلکان اسپیلیتی،
 میکرودیوریت - گابرو، دیاباز، آذرآواری‌ها، توفیت
 واحد TR_3J_s : شیل، ماسه سنگ، ماسه سنگ کوارتزی، کنگلومرا و زغال سنگ



زمین شناسی
عمومی

شکل ۹-۷- رخنمون واحدهای سنگی محدوده ۶ در نقشه زمین‌شناسی پل سفید

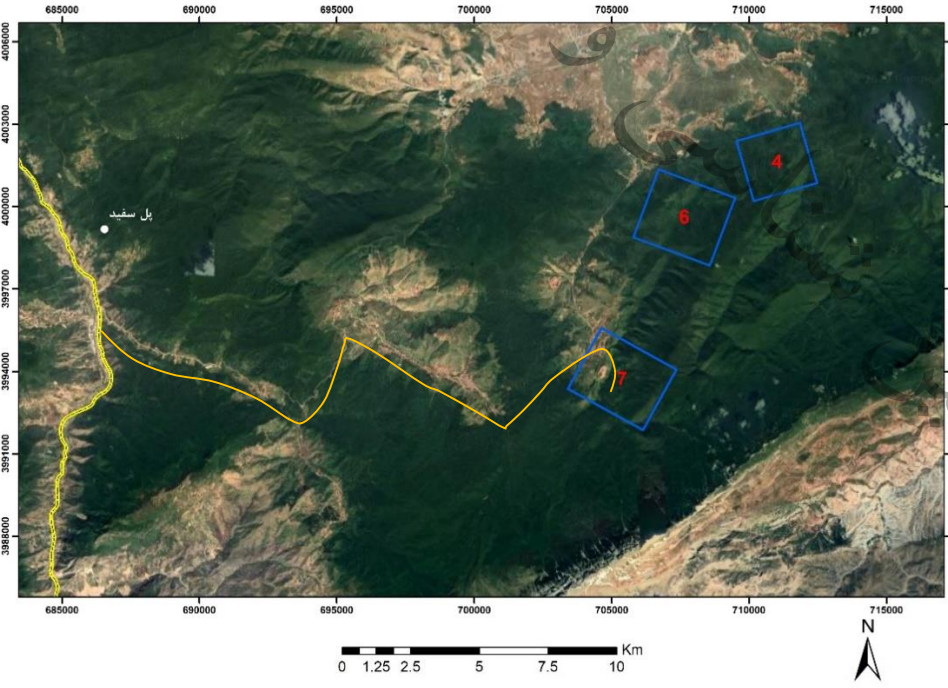


مشاهدات صحرائی	۲) آهک، دولومیت آهکی، شیل، ماسه سنگ، کنگلومرا،
-------------------	--

بررسی های میدانی	
توصیف زمین شناسی	مسیر دسترسی به محدوده با ایجاد مانع جنگلانی مسدود شده است. ولی از در بخش شمال شرقی بخش کوچکی از محدوده قابل بررسی بود. مشابه محدوده ۴، این محدوده نیز از جنگل انبوه پوشیده شده است و دارای دره های و دامنه های پرشیب با پوشش خاک جنگلی است.
توصیف کانه زایی	آثار شواهد کانه زایی مشاهده نشده است.
توصیف معدنکاری پیشین	آثار شواهد کانه زایی مشاهده نشده است.
تشریح نمونه برداری	نمونه برداری انجام نشده است.
تشریح و تفسیر نتایج آزمایشگاهی	فاقد نمونه
تصاویر محدوده	 
	<p>شکل ۹-۹- نمای از جنگل انبوه با دره های پرشیب</p> <p>شکل ۸-۹- نمای مسیر مسدود دسترسی به محدود</p>

نتیجه گیری و پیشنهادات	
تخمین ذخیره زمین شناسی	آثار شواهد کانه زایی مشاهده نشده است.
برآورد اقتصادی	آثار شواهد کانه زایی مشاهده نشده است.
نتیجه گیری و پیشنهادات	با توجه به پوشش جنگلی انبوه امکان مشاهده آثار و شواهد کانه زایی بسیار دشوار است.

مشخصات عمومی

استان		نام-شماره چهار گوش		نام-شماره ورقه		نام-شماره برگه		نام-شماره محدوده
مازندران		Nj-39-16 - ساری		۶۶۶۲ - پل سفید		6662-II		شرق پل سفید - ۷
A:	703408	B:	704633	C:	707337	D:	706112	مختصات (UTM)
	3993387		3995572		3994069		3991871	
E:		F:		G:		H:		شماره زون: ۳۹
دارد - معدن پاچی میانا								سابقه معدنکاری
دارد								سابقه ثبت محدوده
محدوده شماره ۷ در فاصله (هوایی) ۲۵ کیلومتری شرق پل سفید قرار دارد و از طریق جاده آسفالتی و سپس از جاده خاکی به سمت روستای پاچی میانا قابل دسترسی است (شکل ۹-۱۰).								
								راه دسترسی
شکل ۹-۱۰- راه دسترسی به محدوده شماره ۷								



مشخصات زمین شناسی

فلورین، باریت	تیپ محتمل کانسار
تلفیق لایه‌های زمین شناسی، ژئوشیمی، دورسنجی و گسل	
<p>از نظر تقسیم‌بندی‌های زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه در بخش خاوری البرز مرکزی و در سازند الیکا واقع شده است. گسل‌های منطقه از نوع راستالغز و اریبلغز می‌باشد. واحد رخنمون‌دار براساس نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم (پل سفید) به شرح زیر است: (شکل ۹-۱۱).</p> <p>واحد TR_e^2: این واحد از بستر ضخیم تا دولومیت خاکستری عظیم، دولومیت آهکی واحد $TR_3^{la,sh}$: لاتریت، شیل‌های لاتریتی، ماد ستون، سیلت سنگ، ماسه سنگ‌های هماتیتی، سنگ‌های آتشفشانی به شدت فرسوده</p> <p>واحد $TR_3^{l,sh}$: سنگ آهک خاکستری تیره با بستر نازک - متوسط، میان لایه‌های شیل نازک</p> <p>واحد $TR_3^{v,t}$: بازالت، تراکی بازالت آندزیتی، بازالت آلکالن اسپیلیتی لامپروفیر آلکالن اسپیلیتی، میکرودیوریت - گابرو، دیاباز، آذرآواری‌ها، توفیت</p> <p>واحد TR_3J_s: شیل، ماسه سنگ، ماسه سنگ کوارتزی، کنگلومرا و زغال سنگ</p>	
شکل ۹-۱۱- رخنمون واحدهای سنگی محدوده ۷ در نقشه زمین‌شناسی پل سفید	

زمین‌شناسی عمومی

مشاهدات صحرایی	۳) آهک، دولومیت آهکی، شیل، ماسه سنگ، کنگلومرا، کانه‌زایی فلورین-باریت همراه با سرب و روی
----------------	--

بررسی‌های میدانی

توصیف زمین‌شناسی	بخش عمده این محدوده از جنگل انبوه پوشیده شده است و رخنمون سنگی در شمال غربی آن در محل معدن قابل مشاهده است. واحدهای سنگی قابل مشاهده شامل واحد آهکی و شیل قرمز و سیاه رنگ است.
توصیف کانه‌زایی	کانه‌زایی در این معدن شامل فلوریت-باریت همراه با سرب (گالن) و روی (اغلب اسمیت زونیت) است. سرب و روی در این معدن به عنوان ماده معدنی دوم محسوب می‌شود که در مقایسه با سایر معادن فلوریت از این کانسنگ غنی است. کانه‌زایی مشاهده شده در سینه کار فعال به صورت میان لایه‌های باریت-فلوریت-سرب-روی در واحد کربناتی است که موافق یا شیب لایه‌بندی کربنات ضخیم لایه است. ضخامت لایه کانه‌دار حدود ۲ متر است. شیب لایه در این محل حدود ۳۵ درجه به سمت شمال است. به گفته کارشناس معدن این شیب متغیر است. در فرادیوره ماده معدنی لایه قرمز رنگ رسی دیده می‌شود که برای معدنکاران لایه کلیدی برای ردیابی کانه‌زایی است.
توصیف معدنکاری پیشین	سابقه معدنکاری آن زیرزمینی بوده ولی در حال حاضر به روش روباز استخراج می‌شود.
تشریح نمونه برداری	در حال معدنکاری است.
تشریح و تفسیر نتایج آزمایشگاهی	در حال معدنکاری است.
تصاویر محدوده	 
	<p>شکل ۹-۱۳- تصویر انطباق کانه‌زایی با لایه‌بندی</p> <p>شکل ۹-۱۲- نمایی از همبری سینه کار با واحد شیل</p>



شکل ۹-۱۵- تصویر قطعه سنگ معدنی گالن-فلوریت

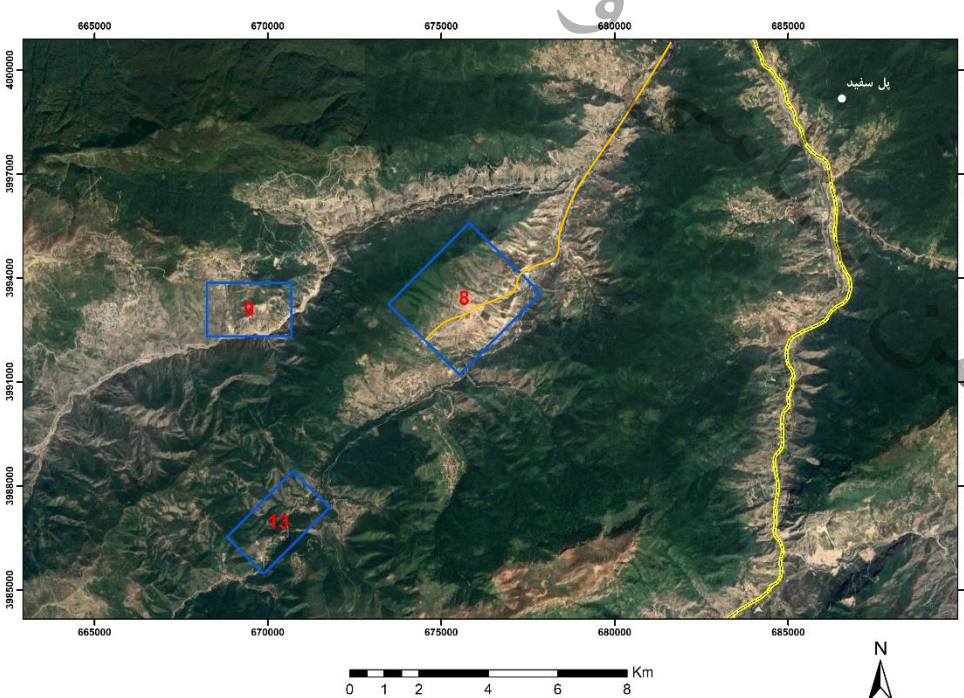


شکل ۹-۱۴- تصویر کانسنگ فلوریت، سرب و روی

نتیجه گیری و پیشنهادات

تخمین ذخیره زمین شناسی	در حال معدنکاری است.
برآورد اقتصادی	در حال معدنکاری است.
نتیجه گیری و پیشنهادات	در حال معدنکاری است.

مشخصات عمومی

نام-شماره محدوده	نام-شماره برگه	نام-شماره ورقه	نام-شماره چهار گوش	استان
جنوب غربی پل - سفید - ۸	6562-II	۶۵۶۲ - قائمشهر	Nj-39-16 - ساری	مازندران
مختصات (UTM)	D: 675510 3991232	C: 677847 3993547	B: 675826 3995590	A: 673466 3993276
شماره زون: ۳۹	H:	G:	F:	E:
سابقه معدنکاری	ندارد			
سابقه ثبت محدوده	در نقشه کاداستر به عنوان طرح ثبت شده است.			
راه دسترسی	<p>محدوده شماره ۸ در فاصله (هوایی) ۱۲ کیلومتری جنوب غربی پل سفید قرار دارد و از طریق جاده آسفالتی پل سفید و سپس به دو راهی کاری کلاه به سمت دو راهی لئبند و از جاده خاکی به سمت روستای پندرم قابل دسترسی است (شکل ۹-۱۶).</p> 			
	شکل ۹-۱۶- راه دسترسی به محدوده شماره ۸			



مشخصات زمین شناسی

تیپ محتمل کانسار	فلورین، باریت
دلیل انتخاب محدوده	تلفیق لایه‌های زمین شناسی، ژئوشیمی، دورسنجی و گسل
زمین شناسی عمومی	<p>از نظر تقسیم‌بندی‌های زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه در بخش خاوری البرز مرکزی واقع شده است. گسل‌های منطقه، گسل لله‌بند و لرزنه که از نوع گسل رانده می‌باشد. واحد رخنمون دار براساس نقشه زمین‌شناسی یکصد هزارم (قائم‌شهر) به شرح زیر است: (شکل ۹-۱۷).</p> <p>واحد TR_e^2: این واحد از بستر ضخیم تا دولومیت خاکستری عظیم، دولومیت آهکی</p> <p>واحد $TR_3^{l,sh}$: سنگ آهک خاکستری تیره با بستر نازک - متوسط، میان لایه‌های شیل نازک</p> <p>واحد TR_3J_s: شیل، ماسه سنگ، ماسه سنگ کوارتزی، کنگلومرا و زغال سنگ</p> <p>واحد Q^2: مخروطه افکنه‌ها و پادگان‌های آبرفتی جوان</p> <p>واحد Q^f: نهشته‌های پرکننده دره‌ها شامل مخروطه افکنه‌ها و پادگان‌های آبرفتی جوان و قدیم، کولوویوم، خاک‌های برجای مانده، رسوبات دریاچه‌ای موقت</p> 
مشاهدات صحرائی	۴) آهک، دولومیت آهکی، شیل، ماسه سنگ، کنگلومرا، باریت

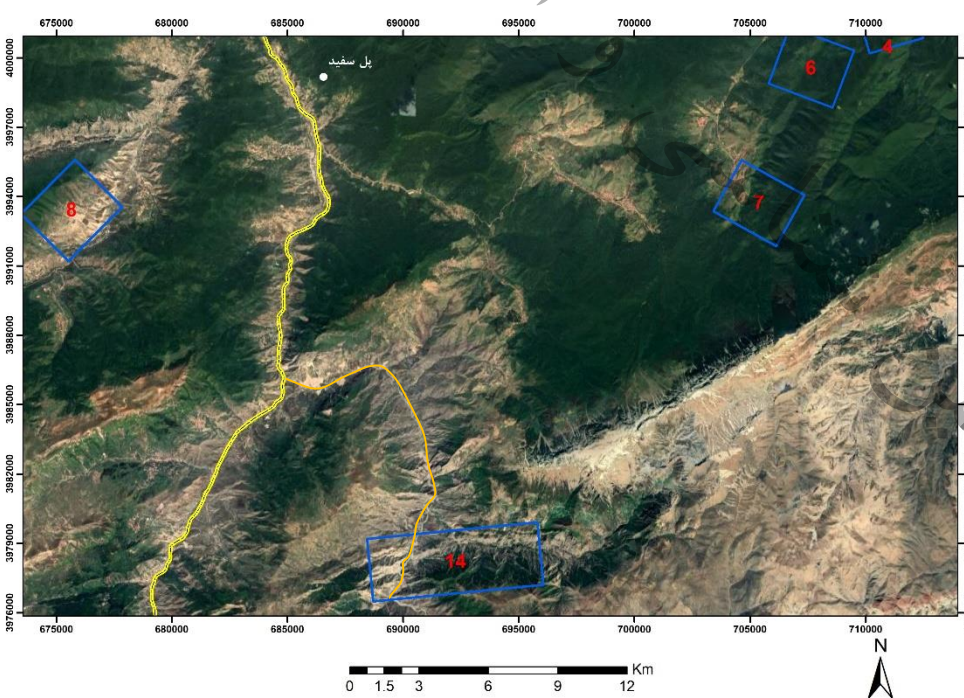
شکل ۹-۱۷- رخنمون واحدهای سنگی محدوده ۸ در نقشه زمین‌شناسی قائم‌شهر

بررسی های میدانی	
بخش عمده این محدوده از جنگل انبوه پوشیده شده است. رخنمون سنگی در محل برش جاده و گاه به صورت تخته سنگهای بزرگ مشاهده شده است. در محل برش جاده خرد شدگی (و هوازدگی واحد کربناتی) و اکسید آهن در میان لایه های کربناتی قابل مشاهده است. در برخی موارد حفرات و رگچه های کلسیتی در واحد کربناتی خاکستری رنگ مشاهده شده است.	توصیف زمین شناسی
آثار شواهد کانه زایی مشاهده نشده است.	توصیف کانه زایی
آثار شواهد کانه زایی مشاهده نشده است.	توصیف معدنکاری پیشین
نمونه برداری انجام نشده است.	تشریح نمونه برداری
فاقد نمونه	تشریح و تفسیر نتایج آزمایشگاهی
	تصاویر محدوده
	
شکل ۹-۱۹ - خردشدگی و هوازدگی واحد کربناتی	شکل ۹-۱۸ - نمایی از واحد دولومیتی ضخیم لایه

نتیجه گیری و پیشنهادات	
آثار شواهد کانه زایی مشاهده نشده است.	تخمین ذخیره زمین شناسی
آثار شواهد کانه زایی مشاهده نشده است.	برآورد اقتصادی
در بخش های دارای رخنمون سنگی، آثار و شواهد کانه زایی مشاهده نشده است در بخشهای با پوشش جنگلی و گیاهی، به دلیل پوشیده ماندن آثار و شواهد کانه زایی، بررسی میدانی با دشواری همراه است.	نتیجه گیری و پیشنهادات



مشخصات عمومی



نام-شماره محدوده	نام-شماره برگه	نام-شماره ورقه	نام-شماره چهار گوش	استان
جنوب پل سفید-۱۴	6661-IV	۶۶۶۱ - سمنان	NI-39-4 - سمنان	سمنان
مختصات (UTM)	D: 688674 3976489	C: 696040 3977226	B: 695808 3979962	A: 688274 3979373
	H:	G:	F:	E:
شماره زون: ۳۹				
سابقه معدنکاری	ندارد			
سابقه ثبت محدوده	در نقشه کاداستر به عنوان بلوکه ثبت شده است			
راه دسترسی	<p>محدوده شماره ۱۴ در فاصله (هوایی) ۲۵ کیلومتری جنوب پل سفید قرار دارد و از طریق جاده آسفالتی پل سفید به سمت روستای سرچلشک قابل دسترسی است (شکل ۹-۲۰).</p> 			
	شکل ۹-۲۰- راه دسترسی به محدوده شماره ۱۴			

مشخصات زمين شناسي

فلورين، باريت	تپم محتمل كانسار
تلفيق لايه هاي زمين شناسي، ژئوشيمي، دورسنجي و گسل	دليل انتخاب محدوده
<p>از نگاه تكتونيك ايران زمين، قسمتي از دو زون اصلي يكي ايران مركزي و ديگري البرز در اين ناحيه ديده مي شود. اين محدوده در سازند اليكا واقع شده است. واحد رخنمون دار براساس نقشه زمين شناسي يكصد هزارم (سمنان) به شرح زير است:</p> <p>واحد C_m: دولوميت و آهك و سيلت ماسه سنگ</p> <p>واحد P_f: آهك داراي باز و پايان</p> <p>واحد TR_e^1: دولوميت ضخيم لايه در ميان و آهك در زير و بالا</p> <p>واحد TR_e^2: دولوميت، خاكستري تا ضخيم لايه</p> <p>واحد TR_e^3: سنگ آهك، سفيد و متبلور</p> <p>واحد b_f: لاتريت، بازالت، سنگ هاي آتشفشاني</p> <p>واحد J_s^v: آندزيت، ويوليت</p> <p>واحد I_2: سنگ آهك توده اي، آمونيت</p> <p>واحد mf: روانه گل</p>	
	
<p>زمين شناسي عمومي</p>	
<p>شكل ۹-۲۱- رخنمون واحدهاي سنگي محدوده ۱۴ در نقشه زمين شناسي سمنان</p> <p>(۵) آهك، دولوميت آهكي، كلسييت، شيل و ماسه سنگ</p> <p>مشاهدات صحرايي</p>	



بررسی های میدانی

<p>بخش عمده محدوده را رخنمون واحدهای کربناته رسوبی خاکستری با سیمای سخره ساز تشکیل می دهد. در مواردی واحدهای کربناته کلسیتی شدن را به صورت تشکیل کانی کلسیت روشن در نشان می دهد. در بخش هایی واریزه های تخته سنگی از سنگهای آذرین سبز رنگ با ترکیب حدواسط تا بازیگ مشاهده شده است. به نظر می رسد مربوط به دایکهایی با ترکیب دیابازی باشد.</p>	توصیف زمین شناسی																		
<p>گرچه آثاری از کلسیتی شدن رخ داده که می تواند با فلوریت یا باریت همراه باشد ولی آثار و شواهد کانه زایی قابل مشاهده نبوده است.</p>	توصیف کانه زایی																		
<p>در حاشیه آبراهه از واریزه های آهکی و از بستر آبراهه برای شن و ماسه بهره برداری می شود</p>	توصیف معدنکاری پیشین																		
<p>در بخش کلسیتی شده واحد آهکی برای مطالعات کانی شناسی دستگاهی نمونه برداری شده است (جدول ۹-۲)</p> <p>جدول ۹-۲- مشخصات نمونه در محدوده شماره ۱۴</p>	تشریح نمونه برداری																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Sample_N</th> <th>ASSA</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>توصیف</th> </tr> <tr> <th>o</th> <th>o</th> <th>Y</th> <th>UTM</th> <th>UTM</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>KF-14-1D</td> <td>XRD</td> <td>69445 6</td> <td>397863 7</td> <td>بخش کلسیتی در واحد کربناته</td> </tr> </tbody> </table>	N	Sample_N	ASSA	X	Y	توصیف	o	o	Y	UTM	UTM		1	KF-14-1D	XRD	69445 6	397863 7	بخش کلسیتی در واحد کربناته	
N	Sample_N	ASSA	X	Y	توصیف														
o	o	Y	UTM	UTM															
1	KF-14-1D	XRD	69445 6	397863 7	بخش کلسیتی در واحد کربناته														
<p>نتیجه آزمایش XRD نشان می دهد که در نمونه سنگی برداشت شده کلسیت به عنوان کانی اصلی و فلورین و کوارتز به عنوان کانی های فرعی در این نمونه حضور دارند.</p>	تشریح و تفسیر نتایج آزمایشگاهی																		
 <p>شکل ۹-۲۳- تصویر نمونه کلسیتی شده فلورین دار</p>	 <p>شکل ۹-۲۲- نمایی از واحد آهکی الیکا</p> <p>تصاویر محدوده</p>																		

نتيجه گيري و پيشنهادات	
تخمين ذخيره زمين شناسي	رخمون ماده معدني مشاهده نشده است
برآورد اقتصادي	رخمون ماده معدني مشاهده نشده است
نتيجه گيري و پيشنهادات	با توجه به رخداد فلوريت و سيليس همراه با كلسيته شدن، احتمال رخداد كانه زايي فلوريت در اين محدوده دور از انتظار نيست. لذا بررسي تكميلي در اين محدوده و بخش جنوبي آن پيشنهاد مي شود.

سازمان زمين شناسي و اکتشافات



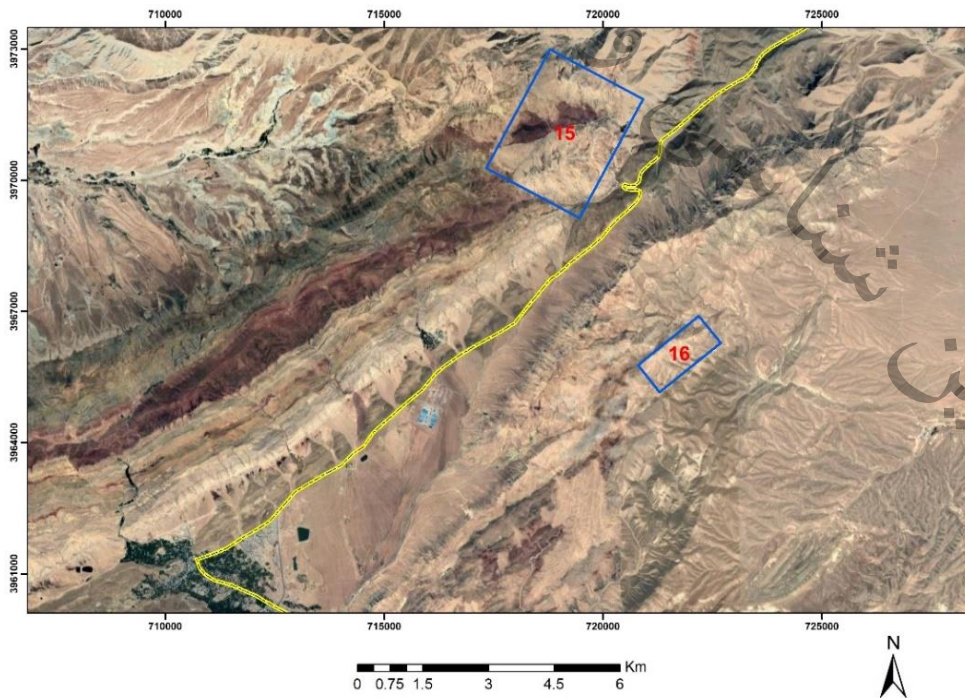
مشخصات عمومی

نام-شماره محدوده	نام-شماره برگه	نام-شماره ورقه	نام-شماره چهار گوش	استان
شمال سمنان - ۱۵	6661-I	۶۶۶۱ - سمنان	NI-39-4 - سمنان	سمنان
مختصات (UTM)	D: 719450 3969072	C: 720927 3971888	B: 718832 3973056	A: 717252 3970343
	H:	G:	F:	E:
شماره زون: ۳۹				

سابقه معدنکاری ندارد

سابقه ثبت محدوده در نقشه کاداستر به عنوان پهنه و مزایده ثبت شده است

محدوده شماره ۱۵ در فاصله (هوایی) ۳۵ کیلومتری شمال سمنان قرار دارد و از طریق جاده آسفalte سمنان به سمت مهدی شهر و سپس به سمت در نزدیکی شه میرزاد از دو راهی جاده آسفalte ساری به سمت محدوده قابل دسترسی است (شکل ۹-۲۴).



راه دسترسی

شکل ۹-۲۴- راه دسترسی به محدوده شماره ۱۵

مشخصات زمین شناسی

<p>فلورین، باریت</p>	<p>تیپ محتمل کانسار</p>
<p>تلفیق لایه‌های زمین شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک، دورسنجی و گسل</p>	<p>دلیل انتخاب محدوده</p>
<p>از نگاه تکتونیک ایران زمین، قسمتی از دو زون اصلی یکی ایران مرکزی و دیگری البرز در این ناحیه دیده می‌شود. این محدوده در سازند الیکا واقع شده است. واحد رخنمون دار براساس نقشه زمین شناسی یکصد هزارم (سمنان) به شرح زیر است:</p> <p>واحد C₁: ماسه سنگ قرمز، آرکوزیت ضخیم لایه با میان لایه‌های شیل در قسمت بالایی</p> <p>واحد CO: سیلتستون، ماسه سنگ و کمی سنگ آهک به رنگ سبز</p> <p>واحد TR_e¹: دولومیت ضخیم لایه در میان و آهک در زیر و بالا</p> <p>واحد TR_e²: دولومیت، خاکستری تا ضخیم لایه</p> <p>واحد TR_e³: سنگ آهک، سفید و متبلور</p> <p>واحد bf: سنگ‌های آتشفشانی و بازالت، لاتریت</p> <p>واحد J_s^s: ماسه سنگ، شیل، ذغال با میان لایه‌های سنگ آهک</p> <p>واحد J_s^{sl}: ماسه سنگ، سنگ آهک رسی، شیل، نودول، آمونیت</p> <p>واحد al: نهشته‌های رودخانه و کال</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="284 1176 1136 1732"> </div> <div data-bbox="1299 1144 1492 1228" style="text-align: right;"> <p>زمین شناسی عمومی</p> </div> </div>	
<p>شکل ۹-۲۵- رخنمون واحدهای سنگی محدوده ۱۵ در نقشه زمین‌شناسی سمنان</p>	
<p>۶) سنگ آهک، دولومیت آهکی، باریت-فلوریت، کلسیت، شیل و ماسه سنگ</p>	<p>مشاهدات صحرایی</p>



بررسی های میدانی

<p>رخنمون غالب محدوده را واحدهای دولومیتی-آهکی ضخیم لایه خاکستری رنگ تشکیل می دهد. این واحد در بخشهایی توسط گسلها خرد شده و آثار اکسید آهن و کلسیت در محل شکستگیها پدیدار شده است. رخنمون واحد ماسه سنگ قرمز و شیل به گسترش کم در محدوده رخنمون دارد. در همبری ماسه سنگ و آهگ بخش سیلیسی و هماتیتهی شدید مشاهده شده است.</p>	توصیف زمین شناسی																																																						
<p>رخنمون کانهزایی باریت به صورت رگچه و رگه با ضخامت حدود چند ده سانتی متر به طور پراکنده در محدوده دیده شده است. به دلیل پوشش خاک و واریزه امکان تخمین گسترش طولی میسر نبوده است. هرچند فواصل رخنمون ها از هم بیش از یک کیلومتر است. در حاشیه شرقی محدوده رخنمون محدودی از رگه باریت-فلوریت مشاهده شده است. ضخامت این رگه حدود ۳۰ سانتی متر است. به دلیل پوشش سطحی تداوم رگه قابل مشاهده نیست.</p>	توصیف کانهزایی																																																						
<p>آثار معدنکاری در این محدوده مشاهده نشده است.</p>	توصیف معدنکاری پیشین																																																						
جدول ۹-۳- مشخصات نمونه های محدوده شماره ۱۵																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Sample No</th> <th>ASSA Y</th> <th>X UTM</th> <th>Y UTM</th> <th>توصیف</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>FK-15-1I</td> <td>ICP</td> <td>71877 0</td> <td>396963 1</td> <td>برش کلسیتی-هماتیتهی</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>FK-15-2D</td> <td>XRD</td> <td>71877 0</td> <td>396963 1</td> <td>برش کلسیتی-هماتیتهی</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>FK-15-3D</td> <td>XRD</td> <td>71925 2</td> <td>396960 8</td> <td>کانهزایی باریت رگه ای</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>FK-15-4F</td> <td>XRF</td> <td>71925 2</td> <td>396960 8</td> <td>کانهزایی باریت رگه ای</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>FK-15-5I</td> <td>ICP</td> <td>71925 2</td> <td>396960 8</td> <td>کانهزایی باریت رگه ای</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>FK-15-6D</td> <td>XRD</td> <td>72038 0</td> <td>397067 0</td> <td>کانهزایی باریت-فلورین رگه ای</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>FK-15-7F</td> <td>XRF</td> <td>72038 0</td> <td>397067 0</td> <td>کانهزایی باریت-فلورین رگه ای</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>FK-15-8I</td> <td>ICP</td> <td>72076 3</td> <td>397072 8</td> <td>زون سیلیسی-هماتیتهی</td> </tr> </tbody> </table>	N	Sample No	ASSA Y	X UTM	Y UTM	توصیف	1	FK-15-1I	ICP	71877 0	396963 1	برش کلسیتی-هماتیتهی	2	FK-15-2D	XRD	71877 0	396963 1	برش کلسیتی-هماتیتهی	3	FK-15-3D	XRD	71925 2	396960 8	کانهزایی باریت رگه ای	4	FK-15-4F	XRF	71925 2	396960 8	کانهزایی باریت رگه ای	5	FK-15-5I	ICP	71925 2	396960 8	کانهزایی باریت رگه ای	6	FK-15-6D	XRD	72038 0	397067 0	کانهزایی باریت-فلورین رگه ای	7	FK-15-7F	XRF	72038 0	397067 0	کانهزایی باریت-فلورین رگه ای	8	FK-15-8I	ICP	72076 3	397072 8	زون سیلیسی-هماتیتهی	تشریح نمونه برداری
N	Sample No	ASSA Y	X UTM	Y UTM	توصیف																																																		
1	FK-15-1I	ICP	71877 0	396963 1	برش کلسیتی-هماتیتهی																																																		
2	FK-15-2D	XRD	71877 0	396963 1	برش کلسیتی-هماتیتهی																																																		
3	FK-15-3D	XRD	71925 2	396960 8	کانهزایی باریت رگه ای																																																		
4	FK-15-4F	XRF	71925 2	396960 8	کانهزایی باریت رگه ای																																																		
5	FK-15-5I	ICP	71925 2	396960 8	کانهزایی باریت رگه ای																																																		
6	FK-15-6D	XRD	72038 0	397067 0	کانهزایی باریت-فلورین رگه ای																																																		
7	FK-15-7F	XRF	72038 0	397067 0	کانهزایی باریت-فلورین رگه ای																																																		
8	FK-15-8I	ICP	72076 3	397072 8	زون سیلیسی-هماتیتهی																																																		
جدول ۹-۴- نتایج آنالیز XRF در محدوده شماره ۱۵																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sample No</th> <th>SiO₂</th> <th>Al₂O₃</th> <th>Fe₂O₃</th> <th>CaO</th> <th>MgO</th> <th>SO₃</th> <th>BaO</th> <th>SrO</th> <th>CaF₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FK-15-4F</td> <td>1.6</td> <td>0.7</td> <td>0.2</td> <td>4.1</td> <td>0.2</td> <td>30.8</td> <td>57.8</td> <td>0.8</td> <td>n.d.</td> </tr> <tr> <td>FK-15-7F</td> <td>3.8</td> <td>0.6</td> <td>0.3</td> <td>12.6</td> <td><.1</td> <td>13.4</td> <td>25.5</td> <td>0.5</td> <td>33.0</td> </tr> </tbody> </table>	Sample No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	BaO	SrO	CaF ₂	FK-15-4F	1.6	0.7	0.2	4.1	0.2	30.8	57.8	0.8	n.d.	FK-15-7F	3.8	0.6	0.3	12.6	<.1	13.4	25.5	0.5	33.0	تشریح و تفسیر نتایج آزمایشگاهی																								
Sample No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	BaO	SrO	CaF ₂																																														
FK-15-4F	1.6	0.7	0.2	4.1	0.2	30.8	57.8	0.8	n.d.																																														
FK-15-7F	3.8	0.6	0.3	12.6	<.1	13.4	25.5	0.5	33.0																																														

جدول ۹-۵- نتایج آنالیز کمی عناصر به روش ICP-OES در محدوده شماره ۱۵

Sample NO	Ba (ppm)	Ca (%)	Fe (%)	Ni (ppm)	Ti (ppm)	Zr (ppm)
FK-15-1I	4628	>20.0	0.67	<10.0	70.1	<10.0
FK-15-5I	4917	>20.0	0.57	<10.0	<50.0	<10.0
FK-15-8I	5729	2.05	5.88	36.2	2041	60.6

برای بررسی کانی شناسی دستگاهی (XRD) و تجزیه شیمیایی تعداد دو نمونه از برش کلسیتی-هماتیته (شماره ردیف ۱ و ۲ در جدول ۹-۳) برداشت شده است. براساس نتایج XRD، برش کلسیتی (نمونه شماره ۲) به ترتیب دارای کانی کلسیت، دولومیت و کوارتز است. در نتایج آزمایش عناصر کمیاب (نمونه شماره ۱) مقادیر غیرعادی از عناصر کمیاب گزارش نشده است.

از رگه‌های پراکنده باریت در واحد کربناته تعداد سه نمونه برای مطالعات کانی شناسی دستگاهی و اندازه‌گیری عناصر اصلی و کمیاب برداشت شده است. نتایج آزمایش XRD از رگه باریت (نمونه شماره ۳) نشان می‌دهد که کانی‌های اصلی آن به ترتیب شامل باریت و کلسیت است. در نتایج آزمایش تجزیه شیمیایی (XRF) مقدار اکسید باریم حدود ۵۹ درصد گزارش شده است. در نتایج عناصر کمیاب (نمونه شماره ۵) مقادیر غیرعادی از عناصر کمیاب گزارش نشده است (جدول ۹-۴ و ۹-۵). نتایج آزمایش کانی شناسی دستگاهی و اندازه‌گیری عناصر اصلی نمونه رگه باریت-فلوریت دار شرق محدوده نشان می‌دهد که کانی‌های اصلی به ترتیب شامل فلوریت، کلسیت و باریت است. در نتایج آزمایش تجزیه شیمیایی (XRF) (نمونه شماره ۷) مقدار فلوریت ۳۳ درصد گزارش شده است. در نمونه شماره ۸ که از بخش زون سیلیسی-هماتیته برداشت شده، مقادیر غیرعادی از عناصر کمیاب گزارش نشده است گرچه مقادیر برخی از عناصر کمیاب و آهن در مقایسه با سایر نمونه‌ها بیشتر است.



شکل ۹-۲۷- تصویر رگه باریت-سلسیتین



شکل ۹-۲۶- نمایی از واحد دولومیت خاکستری



شکل ۹-۲۹- زون سیلیسی-هماتیته شدید



شکل ۹-۲۸- تصویر رگه باریت در واحد دولومیتی

تصاویر محدوده

سازمان



۹-۲- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مشاهدات میدانی تعدادی از معادن فلوریت از جمله کمرپشت، آشچال، پاچی‌میانا و امامت نشان می‌دهد که بیشترین کانه‌زایی فلوریت در واحد کربناته (دولومیت و آهک دولومیتی) اغلب به سن تریاس (سازند الیکا) رخ داده است. کانی‌های، باریت، کلسیت، سیلیس و کانه‌های سرب (غالبا گالن) و گاه روی (اغلب اسمیت‌زونیت) معمولا فلوریت را همراهی می‌کنند. نوع و میزان کانی‌ها و کانه‌های همراه در معادن مختلف تغییر می‌کند. برای مثال در معدن پاچی‌میانا سرب و روی به عنوان کانسنگ جانبی استخراج می‌شود، یا در معدن امامت باریت مشاهده نشده است. تشکیل کانسنگ در امتداد لایه‌بندی و نیر ساختارهای گسلی نشان می‌دهد که میان لایه‌های کربناتی و ساختار گسلی در کنترل کانه‌زایی موثرند. کانه‌زایی در غالب موارد در نزدیکی همبری با واحدهای شیلی (اغلب ژوراسیک) رخ داده است. به نظر می‌رسد فلوریت موجود در ساختار کانی‌های رسی تامین کننده این عنصر بوده است. اطلاعات موجود می‌تواند در بررسی‌های میدانی و مدلسازی اکتشافی کانسارهای فلوریت (میزبان کربناته) مفید باشد.

براساس نتایج تلفیق داده‌های زمین‌شناسی (واحد سنگی و گسل) و ژئوشیمیایی تعداد ۱۷ محدوده امیدبخش شناسایی شد که از این میان تعداد ۴ محدوده به طور کامل یا بخشی دارای پروانه بهره‌برداری (برای فلوریت) است. با توجه به پتانسیل محدوده و احتمال رخداد کانه‌زایی، پیشنهاد می‌شود سایر محدوده‌های امیدبخش فاقد پوشش گیاهی یا جنگلی و یا دارای تراکم پوشش گیاهی کم، مورد بررسی میدانی قرار گیرد.

براساس شواهد میدانی و آزمایشگاهی رخداد کانه‌زایی در محدوده شماره ۱۵ دور از انتظار نیست، لذا ادامه بررسی میدانی در محدوده شماره ۱۵ پیشنهاد می‌شود. همبری واحدهای دولومیتی یا آهک دولومیتی با سایر واحدهای سنگی بخصوص واحد شیلی در بررسی میدانی دارای اهمیت است. گرچه در نمونه محدوده ۱۴ مقادیر فرعی از فلورین گزارش شده است ولی به دلیل عدم مشاهده شواهد، احتمال وجود کانی‌سازی فلورین در این محدوده بعید به نظر می‌رسد. در سایر محدوده‌ها شواهد و نشانه‌های کانه‌زایی مشاهده نشده است. با توجه به ویژگی محیطی (پوشش انبوه جنگلی و اغلب پوشش خاک) در بخشی از محدوده، بهتر است که شرایط محیطی در بررسی‌های میدانی آینده لحاظ شود.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کشور

معدنی

تشکلات

فهرست منابع

شناسی

زمین

سازمان

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



منابع فارسی

- آقناباتی، دکتر سید علی، ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- آقناباتی، س.ع، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- اژدری، ع.، قریب، ف.، سعیدی، ع.، وحدتی دانشمند، ف.، کریمی، ه.ر.، مصفا، ه.ر.، ۲۰۰۲، نقشه زمین شناسی یکصد هزارم پل سفید، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- اطلاعات تفصیلی چهار گوش های ۱:۲۵۰،۰۰۰ مرتبط با بلوک کیاسر-فیروزکوه. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ایران: پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور.
- اطلاعات تفصیلی برگه های ۱:۱۰۰،۰۰۰ مرتبط با بلوک کیاسر-فیروزکوه. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ایران: پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور.
- ادیب، د.، کنال، ر.، رفیعی فرد، ر.، ۱۳۹۱، زمین شناسی اقتصادی و ارتباط کانی سازی با تکنونیزم در کانسار فلورین شش رودبار، کنفرانس بین المللی علوم زمین، تهران.
- اژدری، ا.، قریب، ف.، صادقی، ا.، ۱۳۸۰، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ پل سفید، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ابهری، ا.م.، هزارخانی، ا.، ۱۳۹۵، فلورین، ساختگاه، مسائل زیست محیطی و ارزش اقتصادی (با توجه ویژه به منابع فلورین ایران)، دومین کنگره بین المللی زمین، فضا و انرژی پاک.
- براتی، م.، طالع فاضل، ا.، اکبرپور، ا.، طلایی، ب.، مصلحی، م.، ۱۳۹۶، مطالعه منشا کانسار فلورین قهرآباد با استفاده از سیالات درگیر، جنوب شرق سقز، استان کردستان، مجله زمین شناسی اقتصادی، جلد ۹، شماره ۲، صفحات ۲۴۸-۲۳۵.
- بربریان، م.، قرشی، م.، طالبیان، م.، شجاع طاهری، ج.، ۱۳۷۵، پژوهش و بررسی نو زمین ساخت، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه- گسلش در گسترده قزوین بزرگ و پیرامون. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. گزارش شماره ۶۱. ۱۹۷ ص.
- پازخزاده، ل.، ابراهیمی نصرآبادی، خ.، وطن پور، ح.ر.، قائمی، ف.، درویشی زاده خاتونی، ج.، ۱۳۹۷، کانی سازی و ارزشیابی سیالات مادر در تشکیل کانسار فلورین کوه سفید، شمال غربی تربت جام، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، سال بیست و ششم، شماره اول، صفحه ۲۱۸-۲۰۹.
- پیروزی، م.، قادری، م.، رشیدنژاد عمران، ن.ا.، راستاد، ا.، ۱۳۸۷، شواهد تازه ای از کانه زایی، درونزادی و شاره های درگیر در کانسار فلورین چینه کران کمرمهدی، جنوب باختری طبیس، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، سال هفدهم، شمار ۱، ص ۸۳-۹۴.
- پیروزی، م.، ۱۳۸۶، زمین شناسی، آنالیز رخساره، ژئوشیمی و ژنز کانسارهای فلورین (سرب-باریم) کمرمهدی در سازند شتری، جنوب غرب طبیس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

- تدین، م.، ناکینی، ع.، محجل کفشدوز، م.، رشیدنژاد عمران، ن.، ۱۳۹۴، تحلیل ساختاری و نقش آن در جایگاه ماده معدنی در معادن فلئوریت مازندران، مطالعه موردی: معادن کمپرشت و شش رودبار؛ مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته.
- تامپسون، ای. جی. بی. تامپسون و جی. اف. اچ.، ۱۳۸۶. اطلس دگرسانی. با ترجمه دکتر علیرضا زراسوندی. اهواز: دانشگاه شهید چمران اهواز.
- حاجی مرادی، علی، ۱۳۹۵. بررسی‌های دورسنجی در استان قزوین جهت پتانسیل یابی مواد معدنی با استفاده از داده‌های استر، سازمان زمین‌شناسی، دفتر ژئومتیکس.
- حسنی پاک، علی اصغر، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۷
- خدرزاده، ص.، ۱۳۸۷، نو زمین ساخت پیرامون سربندان (جنوب خاور دماوند)، پایان نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین.
- خرمی، ح. رضایی، ب.، امینی، ا.، مصوری، ف.، ۱۳۹۱، مطالعه کانی‌شناسی و درجه آزادی کانسنگ فلورین پاچی میانه، استان مازندران؛ فصلنامه علوم زمین، سال بیست و چهارم، شماره ۹۴
- خسرو تهرانی، خ.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه پیام‌تور.
- درویش‌زاده، ع.، ۱۳۷۰، زمین‌شناسی ایران.
- راهنمای نقشه‌های ۱:۱۰۰،۰۰۰ توپوگرافی زمین‌شناسی رقومی تصاویر دورسنجی زمین‌شناسی اقتصادی ژئوفیزیک هوایی و ژئوشیمی. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ایران: پایگاه ملی داده‌های علوم زمین.
- ریاحی ماه، م.، حسن‌نژاد، ع.، کبریا، ق.، ۱۳۹۴، ویژگی‌های کانی‌شناسی، زمین‌شناسی و شرایط تشکیل کانسار فلئوریت دامغان؛ پژوهش‌های دانش زمین، سال ششم، شماره ۲۲.
- سعیدیان، م.، ۱۳۹۱، ارزیابی خطر گسلش، زمین‌لرزه و لرزه‌خیزی القائی در محدوده سد شهید رجایی ساری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- شیخ الاسلامی، م.ر.، جوادی، ح.ر.، اسدی سرشار، م.، آقاحسینی، ا.، کوه‌پیمان، م.، وحدتی دانشمند، ب.، ۱۳۹۲، دانشنامه گسله‌های ایران، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سعیدی، ا.، اکبرپور، م.ر.، ۱۳۷۱، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کياسر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سلامتی، م.ر.، ۱۳۹۶، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ فیروزکوه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سلیمانی چناری، م.، ۱۳۹۳، زمین‌شناسی و نحوه تشکیل کانسار فلورین زنگیان، سوادکوه، استان مازندران
- شرکت توسعه علوم زمین، ۱۳۸۶، گزارش بررسی معادن متروکه استان سمنان و مازندران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- شرکت مهندسیین کاوشگران، ۱۳۸۸، شناسایی روی و فلورین در مخورهای استان مازندران، گیلان و گلستان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- شهاب پور، ج.، ۱۳۸۰، زمین‌شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر مازندران



- صادقی، ل.، لطفی، م.، هاشم امامی، م.، منظمی میرعلیپور، ع.، ۱۳۸۹، بررسی کانه‌زایی و ژنز فلورین جویمند واقع در شمال بلوک لوت در خاور ایران (شمال باختری گناباد- خراسان رضوی)، نخستین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران.
- صادقی، ع.، ۱۳۸۷، بررسی زمینه‌های کرتاسه در دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی- پایان نامه دکتر.
- صمیمی نمین، م.، ۱۳۷۷، طرح اکتشاف نیمه تفصیلی فلورین، سرب و روی در منطقه میلاکوه سمنان، وزارت معادن و فلزات.
- طهماسب‌پور، ح.، ۱۳۸۶، تعیین مناطق امید بخش برای اکتشاف فلورین با استفاده از سنجش از دور و GIS در جنوب استان مازندران.
- علوی پناه، کاظم، ۱۳۸۲، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، انتشارات دانشگاه تهران.
- عادل، ک.، ۱۳۶۹، گزارش زمین‌شناسی کنسارهای سرب و روی ناحیه شه‌میرزاد- افتر، وزارت معادن و فلزات، معاونت فلزات غیر آهنی.
- فرج‌اللهی، م.، رساء، ا.، جعفری، م.، ۱۳۹۵، ارتباط کانی‌سازی فلورین با زمین‌ساخت و ساخت‌های گسله منطقه زنگیان؛ شهرستان سوادکوه؛ استان مازندران؛ چهارمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی.
- فرج‌اللهی، م.، رساء، ا.، جعفری، م.، ۱۳۹۵، مطالعه زمین‌شیمی و خاستگاه خاک کنسار فلورین در محدوده‌ی زنگیان با نگرش زیست‌محیطی؛ شهرستان سوادکوه؛ استان مازندران؛ دومین کنفرانس بین‌المللی نوآوری در علوم و تکنولوژی.
- فاضلی، م.س.، اسدی، ن.، ۱۳۹۹، گزارش آماری وضعیت فلورین در ایران، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور.
- کریم‌پور، محمد حسن و دیگران، ۱۳۸۴. اکتشاف ذخایر معدنی مدل‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ماهواره‌ای و ژئوفیزیکی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- کریم‌پور، محمد حسن و دیگران، ۱۳۸۴. اکتشاف ذخایر معدنی مدل‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ماهواره‌ای و ژئوفیزیکی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- کوهستانی، ح.، مختاری، م.ع.، ۱۳۹۶، زمین‌شناسی کانسنگ و مطالعه میان‌بارهای سیال در کنسار باریت- فلورین جریان، جنوب خاوری زنجان، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۲۵.
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ناحیه‌ای از رسوبات آبراهه‌ای در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ قائم شهر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۱
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ناحیه‌ای از رسوبات آبراهه‌ای در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ پل سفید، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۱
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ناحیه‌ای از رسوبات آبراهه‌ای در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ کیاسر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۱
- گزارش‌های مرتبط با بلوک کیاسر- فیروزکوه. سازمان زمین‌شناسی کشور، ایران: پایگاه ملی داده‌های علوم زمین.
- مهربان، ز.، شفیع‌ی، ب.، شمعیان، ح.، شمس‌الدینی، م.، ر.، ذبیحی تبار، ش.، ۱۳۹۲، ساخت و بافت کانی‌سازی فلورین در معادن پاچی میانا و شش رودبار، شرق مازندران، البرز مرکزی؛ پنجمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران.

- محمدی، ع.، خاکزاد، ا.، جعفری، م.، ۱۳۸۸، بررسی خصوصیات کانسار فلورین امامت (سواد کوه) به کمک مطالعات سیالات درگیر؛ فصلنامه زمین، سال چهارم، شماره ۳.
- مقدسی، س.ج.، طالع فاضل، ا.، بنی فاطمه، ع.س.، ۱۳۹۵، مطالعه کانی‌سازی و تحول سیال کانی‌ساز در کانسار فلورین- بارپیت (± سولفید) آتشکوه، جنوب دلیجان، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، جلد ۸، شماره ۱، صفحات ۱۸۰-۱۶۷.
- مهاری، ر.، ۱۳۷۰، پترولوژی، میکروفاسیس و محیط‌های رسوبی سازند مبارک در خاور تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- مهری، ب.، قلیپور، م.، ۱۳۸۱، گزارش پی‌جویی کانی‌سازی سرب و روی با سنگ میزبان کربناته (محور خلخال- بهشهر- سمنان)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نبوی، م. ح.، ۱۳۶۶، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سمنان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نبی‌لو، ف.، شفیعی بافتی، ب.، امینی، آ.، ۱۳۹۵، ساخت و بافت‌های دیاژنزی و پس از دیاژنز در معدن فلورین کمرپشت؛ زمین‌شناسی اقتصادی، جلد ۹، شماره ۲.
- وحدتی دانشمند، ف.، کریمی، ح.، ۱۳۸۲، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ قائم‌شهر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.



Reference

- Alenbach, P., 1966, Geologie und petrologie des Damavand und seiner Umgebung (Zentral-Elburz). Iran.Mitt. Geol.Inst. E.T.H.Zurich,N.F., 63:1-144.
- Allen, M., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M., 2003, Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran. Journal of structural Geology 25: 659-679.
- Assereto,R., 1966a, The Jurassic shemshak formation in central Elburz(Iran). Rivista Italiana di paleontologia e stratigraphia, 74, PP.3-21.
- Allen, R.D., 1952, Variation in chemical and physical properties of fluorite: American Mineralogist, v.37, p.910-930.
- Berberian , M., ET AL., 1981, Towards a paleogeography and tectonic evaluation of Iran,Canadian Journal of Earth Sciences. Vol.18, No. 2.PP.210-265.
- Berberian, M., Ghorashi, M., Shoja-taheri, J., and Talebian, M., (1996), Contribution to the seismotectonics of Iran (part VII): Seismotectonic and earthquake-fault hazard investigations in the Semnan region", Geol, Surv. Iran, 64, 277 Pp.
- Brockman, E.C., Fernandez, A., Ballon, R. and Claire, H., 1978. Analysis of geological structures based on Landsat-1images, Programa del Satelite Tecnologico de Recursos Naturales, Servicio Geologico de Bolivia (GEOBOL), Lapaz, Bolivia.
- Behyari,M., Rezaei Azizi, M., Abedini, A., 2020, Tehe role of the StructuresS on the fluorite mineralization: Insight to fluid incusion and alteration map of the Laal-Kan fluorite deposit, NW Iran, Acta Geodyn. Geomater. Vol.17, No.3 (199), 379-390.
- Bose, Sankar, Das, Kaushik, and Fukuoka, Masato, 2005, Fluorine content of biotite in granulite-grade metapelitic assemblages and its implications for the Eastern Ghats granulites: European Journal of Mineralogy, v. 17, no. 5, p. 665–674.
- 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.
- Dedual, E. (1967): Zur Geologie des mittleren und unteren Karaj - Tales, Zentral Elburz (Iran), 123pp.
- Evans.M, 1993, Ore Geology and Industrial Minerals, 3RD Edition
- 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
- Fleischer, M., Robinson, W.O., 1963, Some problems of the geochemistry of fluorin. In: Shaw, D.M. (ed). Studies in Analytical Geochemistry, Torento, University of Torento GmbH.
- Ford, W.E., 1926, A textbook of mineralogy with an extended treatise on crystallography and physical mineralogy: New York, John Wiley Sons, 720 p.

- Jones, B.F., Eugster, H.P., and Rettig, S.L., 1977, Hydrochemistry of the Lake Magadi Basin, Kenya: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 41, no. 1, p. 53–72.
- Hollingsworth, J., Jackson, J., Walker, R., Nazari, N., 2008, Extrusion tectonics and subduction in the eastern South Caspian region since 10 Ma, *Geology* 36: no.10; p.763-766.
- Harben, P.W., R. Bates, 1990, *Industrial Minerals Geology and World Deposits*.
- 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.
- Kilham, Peter, and Hecky, R.E., 1973, Fluoride—Geochemical and ecological significance in East African waters and sediments: *Limnology and Oceanography*, v. 18, no. 6, p. 932–945.
- Lagat, John, HYDROTHERMAL ALTERATION MINERALOGY IN Nairobi 00101KENYA.
- Leach, D.L., Sangster, D.F., Kelley, K.D., Large, R.R., Garven, Grant, Allen, C.R., Gutzmer, Jens, and Walters, Steve, 2005, Sediment-hosted lead-zinc deposits—A global perspective, in Hedenquist, J.W., Thompson, J.F.H., Goldfarb, R.J., and Richards, J.P., eds., *Economic Geology—One hundredth anniversary volume, 1905–2005*: Littleton, Colo., Society of Economic Geologists, p. 561–607.
- Gunow, A.J., Ludington, Steve, and Munoz, J.L., 1980, Fluorine in micas from the Henderson molybdenite deposit, Colorado: *Economic Geology*, v. 75, p. 1127–1137.
- Mirzababaei, G., Shahabpour, J., Zarasvandi, A. and Hayatolghayb, 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.
- Nazari, H., (2006), Analyse de la tectonique recent et active dans l'Alborz central et la region de Tehran: Approche morphotectonique et paleoseismologique, *Science de la terre et de l'eau*. Montpellier, Montpellier II: 247.
- Nazari, H., Ritz, J., Salamati, R., Soleymani, S., Balescu, S., Michelot, J., Ghassemi, A., Talebian, M., Lamothe, M., and Massault, M., (2007), Paleoseismological analysis in central Alborz, Iran, 50th Anniversary earthquake conference commemorating the 1957 Gobi- Altay earthquake, Ulaanbaatar-Mongolia
- 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.
- Moeller, T., 1963, *The chemistry of the Lanthanides*, Rheinhold publ.Co. New York, N.Y., 117 p.
- Steiger, R., 1966, *Die geologie der west- Firuzkuh area (Zentral Elburz/ Iran)*. Mitteilung geologisches Institut, ETH-Zurich, 145p.
- Stocklin, J., Eftekhari-Nezhad, J., Hushmanzadeh, A., 1965, *Geology of the Shotori Range*. G.S OF Iran No.3.69p.



- Shawe, D.R., ed., 1976, Geology and resources of fluorine in the United States, with sections by D.R. Shawe, R.E. Van Alstine, R.G. Worl, A.V. Heyl, R.D. Trace, R.L. Parker, W.R. Griffiths, C.L. Sainsbury, and J.B. Cathcart: U.S. Geological Survey Professional Paper 933, 99 p.
- Schneider, H.J., Moller, P., Parekh, P.P., Zimmer, E., 1977, Fluorine contents in carbonate sequences and rare earth distribution in fluorites of Pb-Zn deposit in East-Alpine mid-Triassic: Mineralium Deposita, v.12, p.22-36.
- Stoecklin, J., 1986, Structural history and tectonics of Iran.
- Timothy S. Hayes; M. Michael Miller; Greta J. Orris; Nadine M. Piatak, 2017, Critical Mineral Resources of the United States—Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply, Fluorine, US Geological Survey.
- 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.
- Timothy S. Hayes; M. Michael Miller; Greta J. Orris; Nadine M. Piatak, 2017, Critical Mineral Resources of the United States—Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply, Fluorine, US Geological Survey.
- Yongming Xu, Qizhong, Lin, Yun Shao, and Lu Wang, 2004. Extraction mechanism of alteration zones. Geosci. & Remote Sensing Symp., IGARSS 04. ALASKA.