۱-۱- مقدمه:

شهرستان فریمان در خاور ایران و استان خراسان قرار گرفته است. وسعت این شهرستان بالغ بر ٤١٣٢ کیلومتر مربع می باشد که حدود ۲/۵ درصد از مساحت استان خراسان رضوی را به خود اختصاص می دهد. این شهرستان از شمال و باختر به شهرستان مشهد، از جنوب به شهرستان تربت حیدریه واز خاور به شهرستان تربت جام محدود می شود .

مرکز این شهرستان شهر فریمان است. قلندرآباد، سفیدسنگ و فرهادگرد دیگر شهرهای آن هستند. در سال ۱۳۸۵، این شهرستان تعداد ۸۷۲۶۶ نفر جمعیت داشته است. فاصله این شهرستان با مرکز استان خراسان رضوی یعنی مشهد، ۸۵ کیلومتر می باشد .

این شهرستان از نظر تقسیمات سیاسی کشور دارای دو بخش ***مرکزی*** و ***قلندرآباد*** است که بخش مرکزی شامل دهستان‌های سنگ بست، فریمان و بالا بند، می باشد و بخش قلندر آباد شامل دهستان‌های سفید سنگ و قلندر آباد است.

۱-۲- تقسیمات کشوری:

- بخش مرکزی شهرستان فریمان
  - دهستان بالابند
  - دهستان سنگ بست
- بخش قلندرآباد
  - دهستان سفیدسنگ
  - دهستان قلندرآباد

۱-۳- موقعیت جغرافیایی:

این شهرستان با مختصات ٤٥، ٤٢، °۳۵ عرض شمالی و ۰۰، ۵۱، °۵۹ طول خاوری، در شمال خاوری کشور ایران واقع شده است.

۱-۴- شاخص های اقلیمی و جغرافیایی:

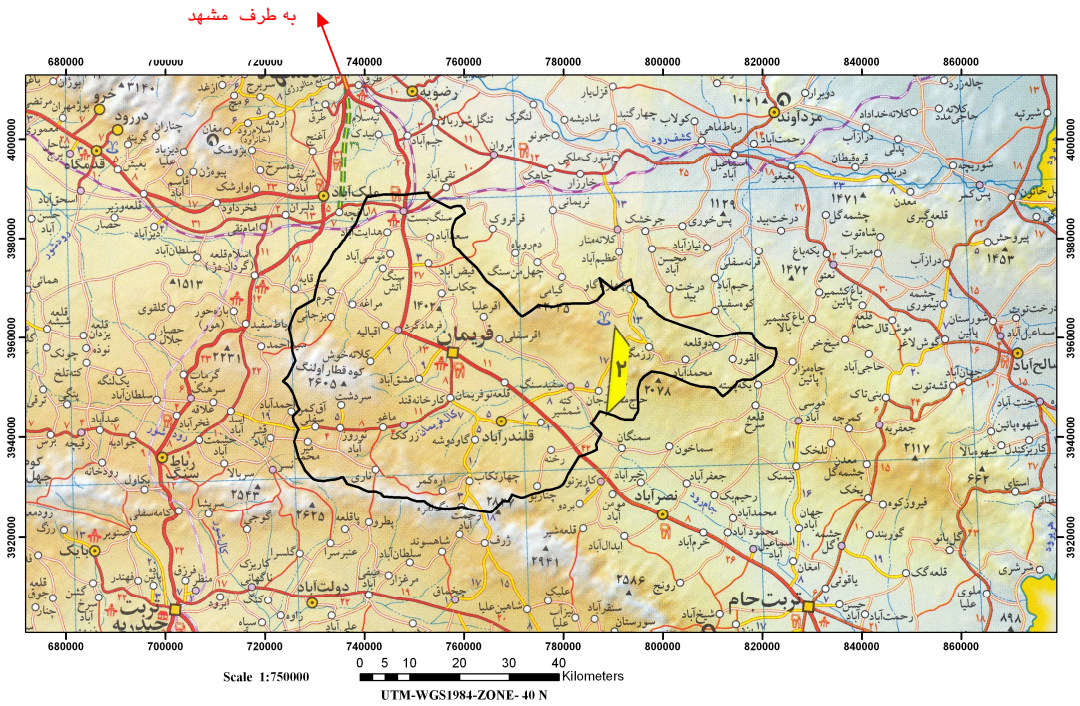
بلندترین ارتفاعات این شهرستان کوه کلیلاق با ارتفاع ۲۹۴۲ متر، کوه بی بی غیب با ارتفاع ۲۸۸۱ متر، کوه قطار النگ با ارتفاع ۲۶۰۵ متر و کوه دال با ارتفاع ۲۲۱۹ متر از سطح دریا می باشند که شهر فریمان را احاطه کرده اند.

در این منطقه رودخانه های فریمان، سنگ بست، قلندرآباد، کلاته منار و براشک جریان دارد و پوشش گیاهی آن متشکل از درختان ارس، پسته و گونه های گون، درمنه، میاق، گل بنفشه و ... است. در مجموعه حیات وحش شهرستان فریمان، حیواناتی همچون قوچ، آهو، خرگوش و پرندگانی نظیر کبک و تیهو زندگی می کنند که این خود از آب و هوای مساعد این منطقه حکایت می کند.

دشت فریمان دارای امتداد شمال باختری ـ جنوب خاوری است. طول این دشت بیش از ۴۰ کیلومتر و عرض آن حدوداً ۱۵ کیلومتر است. دشت فریمان، یک دشت تراکمی از آبرفت های کواترنری است که به صورت تراس رودخانه ای، مخروط افکنه ها و ماسه‌های بادی سطح دشت و دامنه را می پوشاند. بررسی‌های ژئوفیزیک، حفاری‌های اکتشافی و پمپاژ نشان می دهد که ضخامت آبرفت در دشت، به علت مورفولوژی سنگ کف در نقاط مختلف متفاوت است، حداکثر آن در حواشی شهر فریمان و قلعه نو به ۳۰۰ متر می رسد. جهت جریان آب زیرزمینی در این دشت از سمت شمال باختر به سمت جنوب خاور می باشد. سطح آب زیرزمینی از ۱۵ متر در دامنه ارتفاعات تا ٤ متر در محل خروجی دشت تغییر می کند.

۱-۵- راه های ارتباطی:

مهمترین راه‌های ارتباطی در این منطقه عبارتند از: جاده مشهد – فریمان – تربت جام و مشهد – رباط سفید (شکل ۱-۱).



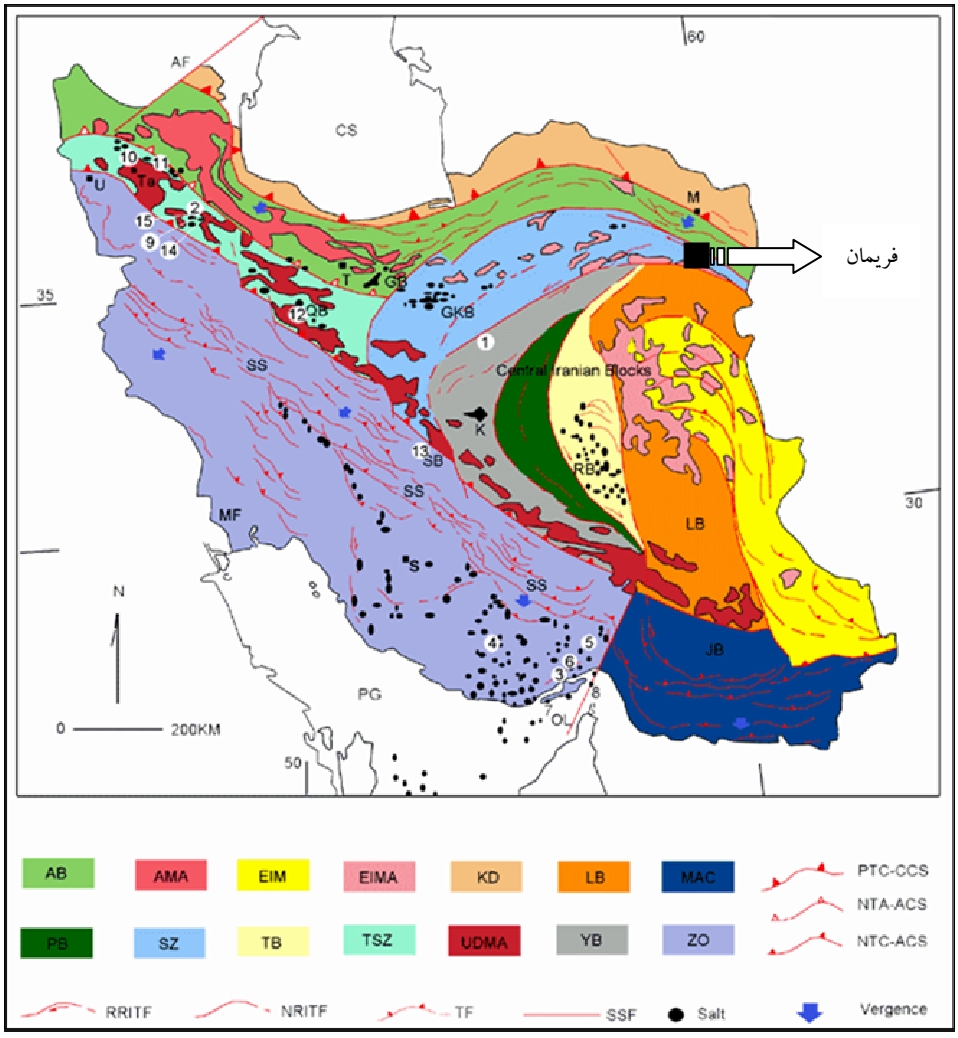
شکل ۱-۱- راه های دسترسی به شهرستان فریمان

۱-۶- مطالعات انجام شده قبلی در محدوده شهرستان فریمان:

- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تربت حیدریه
- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تربت جام
- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان (بعلاوه گزارش پشت نقشه)
- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ (بعلاوه گزارش پشت نقشه)
- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دولت آباد (بعلاوه گزارش پشت نقشه)
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه سفید سنگ
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه دولت آباد
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه فریمان
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه کهریز نو
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه آق دربند
- پترولوژی و ژئوشیمی سنگ های دگرگونی جنوب خاور فریمان
- گزارش معادن متروکه استان خراسان رضوی (شرکت ایتوک ایران)

۲-۱- مقدمه:

محدوده شهرستان فریمان از نظر تقسیمات زمین شناسی و ساختمانی ایران تقریباً در زون ایران مرکزی و بخشی از زون بینالود (قسمتی از البرز) قرار دارد. و به عبارتی در شمال خاور خرد قاره ایران مرکزی و شمال گسل درونه (کویر بزرگ) قرار دارد (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱- موقعیت شهرستان فریمان در نقشه تکتونیک ایران (علوی نائینی،۱۹۹۱).

۲-۲- چینه شناسی:

۲-۲-۱- پرکامبرین (Pc^k, Pc^l, Pc^a):

کهن ترین واحد سنگ چینه ای موجود در محدوده شهرستان فریمان، ردیفی از سنگ های دگرگونی است که در جنوب خاوری این شهرستان رخنمون دارد. این ردیف شامل مجموعه ای از اسلیت، فیلیت های میکادار است که به ندرت تا حد سریسیت، موسکوئیت و کوارتز شیست می رسد. همراه این سنگ ها، واحدهایی از دولومیت و آهک های بلورین دیده می شود که در سطوح هوازده رنگ قهوه ای تا زرد کم رنگ دارند. در بعضی از لایه های این کربنات‌ها، چرت به صورت قلوه ای و یا نواری دیده می شود. حد زیرین این واحد سنگ چینه ای رخنمون ندارند و ارتباط آنها با سنگ های مجاور نیز تکتونیزه است. تنها کنگلومرای پایه ائوسن به صورت دگرشیب بر روی آنها قرار می گیرد.

۲-۲-۱-۱- واحد سنگی Pc^k:

این واحد که از اسلیت ها و ماسه های سبز تا خاکستری و شیل های اسلیتی میکادار تشکیل یافته، هم ارز سازند کهر است.

۲-۲-۱-۲- واحد سنگی Pc^l:

این واحد سنگی از مرمر و دولومیت تشکیل شده است.

۲-۲-۱-۳- واحد سنگی Pc^a:

این واحد سنگی از آندالوزیت گارنت شیست تشکیل شده است.

۲-۲-۲- پالئوزوئیک

۲-۲-۲-۱- واحد سنگی Pz^{sch}:

قسمت عمده سنگ های این واحد را ماسه سنگ های گریوکی دگرگونی تشکیل می دهد. در این واحد لایه هایی از آهک های بلورین تیره رنگ یافت می شود که در بعضی از لایه های آن، بقایای ساقه لاله وشان و همچنین به ندرت ریز فسیل هایی از خانواده فوزولینیده از جمله *Parafusulina sp. Stafella sp.* شناسایی شده است. به استناد فسیل های یاد شده، سن این واحد را پرمین میانی- پسین دانسته اند. همچنین واحد هایی از اسلیت نیز به همراه ماسه سنگ های

گریوکی یافت می شود؛ در این سنگ هـای دانـه ریـز دگرگـون شـده، پولـک هـای ظریـف سریـسیت، خرده های کوارتز، فلدسپار، به ندرت کلریت که همگی جهت یافته اند نیز دیده می شود.

۲-۲-۲-۲- واحد سنگی Pz^{cs}:

این واحد سنگی از فیلیت ها و اسلیت هایی تـشکیل شـده اسـت کـه در سـطوح هـوازده رنـگ خاکستری متمایل به سبز دارند. این سنگ ها از کانی های ایلیت، سریسیت، میکای سبز یا کلریـت و همچنین کوارتز، فلدسپار و گاه کربنات تشکیل شده اند. سنگ های یاد شده به داشتن برگ وارگی و رنگ سبز در نمونه دستی مشخص هستند. لایه هایی از متاکوارتزیت و کمتر آهک هـای بلـورین بـه طور بین لایه ای با ماسه سنگ ها قرار گرفته اند. برگ وارگی با لایه بندی همسو و ارتباط این واحد با نهشته های مجاور تکتونیزه است.

۲-۲-۲-۳- واحد سنگی Pz^{ms}:

این واحد سنگی از ماسه سنگ دگرگون شده، اسلیت و آهک هـای کریـستالیزه تـشکیل یافتـه است. که با توجه به ماهیت شناختی و رخساره های توربیدیتی آن، معـرف نهـشت آنهـا در قـسمت جلوی سکوی قاره ای و ابتدای سرازیری قاره است. بدین صورت هر سه واحد را می تـوان متعلـق به نهشته های درون کافتی و فرآیند بسته شده آن دانست.

۲-۲-۲-۴- واحد سنگی Pj:

در خاور روستای تقی آباد برونزد های منفردی از آهک ها و آهـک هـای دولـومیتی ضـخیم لایه که در سطوح هوازده رنگ قهوه ای دارند، دیده می شود. بیشترین ستبرای این واحد تقریباً ۱۶۰ متر برآورد می شود. قاعده این نهشته ها در همه برونزد ها توسط آبرفت‌هـای کـواترنری پوشـیده شده اند. در این آهک ها بقایای ساقه لاله وشان، صدف بازوپایان، اثرات بریوزوآ و ریز فسیل‌هـایی چون :

Fusulina sp., Parafusulina sp., Afghanella sp., Godonofusulina sp.

دیده می شود که در مجموع سن پرمین بالایی را به این نهشته ها نسبت می دهند.

۲-۲-۳- مزوزوئیک:

۲-۲-۳-۱- واحد سنگی TR^{ag}:

این واحد از ماسه سنگ توفی، شیل توفی با درون لایه های آهک توفی، مارن، کنگلومرا و لایه های آهک فسیل دار تشکیل شده است. این واحد هم ارز گروه آق دربند در کپه داغ به سن تریاس است.

۲-۲-۳-۲- واحد سنگی TR^{n}:

این واحد سنگی از شیل، سیلت استون، آهک ماسه ای و آهک ریفی تشکیل یافته و هم ارز سازند نایبند است.

۲-۲-۳-۳- واحد سنگی J_k:

این واحد از شیل‌های سیاه رنگ با میان لایه های آرکوزهای خاکستری تشکیل یافته و هم ارز سازند کشف رود به سن ژوراسیک است.

۲-۲-۳-۴- واحد سنگی Jk_s:

این واحد شامل تناوبی از کنگلومرا، ماسه سنگ قرمز رنگ، آهک ماسه ای و شیل های سبز کلسیتی می باشد که هم ارز سازند شوریجه به سن ژوراسیک بالایی- کرتاسه زیرین است. این واحد را می توان آغاز رسوب گذاری در کرتاسه دانست که ضخامت آن در این منطقه حدود ۲۵۰ متر است.

۲-۲-۳-۵- واحد سنگی K_t:

تناوب ماسه سنگ و کنگلومرای کرتاسه زیرین (Jk_s) با گذری تدریجی به ردیفی از آهک های خاکی اُالیتیک با فسیل های اوبیتولین تبدیل می شود. این واحد هم ارز سازند تیرگان در کپه داغ شناخته می شود و ضخامت آن در منطقه حدود ۱۰ تا ۳۰ متر است. سن این واحد با توجه به فسیل های زیر Aptian تشخیص داده می شود:

Iraqia sp., Orbitulina sp., Dictyoconus sp., Pseudochoffatella sp.

۲-۲-۳-۶- واحد سنگی K^{c}_{1}:

در پایه آهک های اوربیتولین‌دار ماسه‌سنگ هایی به رنگ قرمز آجری تا زرد مایل به کرم، متوسط لایه، با میان لایه‌های میکروکنگلومرایی به سن کرتاسه برونزد دارد. این ماسه‌سنگ ها با

ناپیوستگی زاویه‌دار بر روی نهشته‌های ژوراسیک یا کهن‌تر از آن جای گرفته و به تدریج با آهک های اوربیتولین‌دار پوشیده می‌شود.

۲-۲-۳-۷- واحد سنگی K^1_1:

این واحد از آهک های ستبرلایه، توده‌ای، خاکستری تیره تا خاکستری مایل به سبز به سن کرتاسه تشکیل یافته است. این آهکها، با ماسه‌سنگ های قرمز آجری (K_I^c) یا کنگلومرای قرمز مایل به قهوه‌ای رنگ (K_2^{cs}) بر روی نهشته‌های ژوراسیک یا کهن‌تر از آن با ناپیوستگی زاویه‌دار جای گرفته و با رسوب‌های کرتاسه پسین یا جوانتر از آن پوشیده می‌شود.

۲-۲-۳-۸- واحد سنگی K^1_2:

ردیفی از آهک های گلوکونیت‌دار، ستبرلایه، توده‌ای، به رنگ زرد مایل به کرم تا خاکستری مایل به سبز برونزد دارد. این رسوب ها بر روی نهشته‌های کرتاسه پائینی جای گرفته است.

این سنگ آهک های گلوکونیت‌دار که از چند ده متر تا ۴۵۰ متر ستبرا دارند، جوانترین بخش نهشته‌های کرتاسه پسین در این برونزدها به شمار می آیند. وجود فسیل‌های زیر، سن آشکوب سنونین (Senonian) را برای این سنگ آهک‌ها تعیین می نماید:

Globotruncana sp., G. lapparenti, Hetrohelix sp., Pithonella ovalis, textularid. Calcisphaerula sp., Calcisphaerula cf. innominata, Stomiosphaera sphaerica, Hedbergella sp., Lenticulina sp., Bryozoa, echinid. Lithothaminium sp., Corallina algae.

۲-۲-۳-۹- واحد سنگی K^{cs}_2:

در پایه آهک های اوربیتولین‌دار، کنگلومرایی با ستبرای حدود ۲۰ متر برونزد دارد، که اندازه اجزای تشکیل دهنده آن از ۲ میلیمتر تا حدود ۵ سانتیمتر است. این کنگلومرا به رنگ قرمز آجری، با آژند آهکی، جورشدگی متوسط، فشردگی و گردشدگی خوب است.

۲-۲-۳-۱۰- مجموعه اُفیولیتی CM:

این مجموعه در جنوب خاوری شهرستان فریمان با مساحتی بیش از ۴۵۰ کیلومتر مربع رخنمون دارد، واحد ساختاری مستقلی را ساخته که توسط گسل های معکوس آبکوه و کلاته خوش کنترل می شود. سنگ های سازنده این مجموعه را می توان به دو دسته عمده تقسیم نمود:

الف) مجموعه رسوبی شامل ماسه سنگ، شیل، گل سنگ، آهک های پلاژیک، سیلت، سنگ های رادیولیت دار سرخ رنگ، کنگلومرا و لایه هایی از چرت.

ب) مجموعه آذرین شامل سنگ های اولترامافیک (دونیت، هارزبورژیت، سرپانتینیت)، گابرو، میکروگابرو، بازالت های حفره ای و توف های وابسته. حجم سنگ های آذرین به مراتب از حجم سنگ های رسوبی بیشتر است. سنگ های گروه آذرین در سطوح هوازده و همچنین در سطوح شکست و تازه، سبز تا سبز تیره است و به همین جهت در مجموعه اُفیولیتی رنگ سبز تیره غالب است. اگر چه دو گروه سنگ یاد شده از نظر زایشی رابطه ای با یکدیگر ندارند ولی مجموعاً یک واحد ساختاری را تشکیل داده اند که بر اثر حرکات زمین ساختی در کنار همدیگر قرار گرفته و با هم به گونه ای مخلوط شده اند که امروزه می توان مجموعه ای را مشاهده کرد که از دو بخش متمایز شامل زمینه یا متن و بلوک ها یا قطعات تشکیل شده اند. بخش زمینه که بیشترین سطح و حجم را دارد، در واقع مخلوط درهمی از سنگ های دو گروه یاد شده هستند که با توجه به مقیاس نقشه، تفکیک و نمایش جزء به جزء آنها مقدور نیست، لذا با نشانه CM و با نام مخلوط اُفیولیتی معرفی شده اند.

۲-۲-۴- سنوزوئیک:

۲-۲-۴-۱- واحد سنگی PE^c:

این واحد سنگی به سن پالئوسن، رخساره‌ای رسوبی با ضخامت متغیر از کنگلومرای درشت‌دانه با دانه های ریزتر سیلت، آهک، قطعاتی از سنگ های ولکانیکی، کالک آرنایت، ماسه های سرخ رنگ و پلیت ها می باشد.

۲-۲-۴-۲- واحد سنگی PE^l:

این واحد سنگی از سنگ آهک نومولیتی و آهک ماسه ای به سن پالئوسن – ائوسن تشکیل یافته است.

۲-۲-۴-۳- واحد سنگی E^{c1}:

این واحد سنگی، ردیفی از کنگلومرای خاکستری تا قهوه‌ای کم رنگ به سن ائوسن می باشد که دانه‌های تشکیل دهنده این کنگلومرا از ۲ میلی متر تا ۳۵ سانتی متر و گاهی بزرگتر از قطعات

کنگلومرای پالئوسن، آهک های کرتاسه وکهن‌تر از آن است. ویژگی های دیگر آن فشردگی متوسط، جورشدگی بد، آژند آهکی، با میان لایه‌های ماسه‌سنگی است. این کنگلومرا با ناپیوستگی زاویه‌دار بر روی نهشته‌های پالئوسن، کرتاسه و کهن‌تر از آن جای گرفته است.

۲-۲-۴-۴- واحد سنگی E^m:

نهشته های این واحد شامل ردیفی از مارن هایی است که رنگ هوازده آنها خاکستری متمایل به آبی و گاه ارغوانی کم رنگ است. این مارن ها که در نزدیک روستای چکاب رخنمون یافته اند، به دلیل داشتن ریز فسیل های مطالعه شده، سن ائوسن میانی برای آنها پیشنهاد شده است. در این مارن ها میان لایه هایی از ماسه سنگ و به طور محلی شیل دیده می شود.

۲-۲-۴-۵- واحد سنگی E^{c2}:

این واحد ردیفی از کنگلومرای سرخ رنگ می باشد که با لایه ای از ماسه سنگ دانه درشت تا کنگلومرایی که اندازه قلوه های آن اکثراً در حد چند سانتی متر (۵-۲) بیشتر نیست و خمیره ای ماسه ای دارند، شروع می شود. در جهت جوان تر شدن طبقات، این واحد در تناوب با لایه هایی از ماسه سنگ سرخ، کرم تا زرد رنگ که در آنها به فراوانی پولک هایی از سنگ های دگرگونی در حد فیلیت، کوارتز شیست و اسلیت و نیز قطعات گرد شده کوارتز دیده می شود، همراه هستند. بخش های کنگلومرایی در چندین افق تکرار می شود. ستبرای هر افق از ۲/۵ متر تا ۵ متر تغییر می کند. قطعات آنها از لحاظ گرد شدگی و جور شدگی، متوسط است. قطر قلوه ها از یک سانتی‌متر تا چند دسی‌متر تغییر می کند. در لایه های ماسه سنگی، به ویژه آنها که از میانه واحد به بالا به صورت بین لایه ای با کنگلومرا دیده می شوند، فسیل نومولیت گاه پراکنده و گاه به فراوانی و همچنین بقایای جلبک نیز دیده می شود.

۲-۲-۴-۶- واحد سنگی E^{vsg}:

در این واحد سنگی، ردیف‌هایی از توف‌های سبز، ماسه سنگ های توفی و شیل برونزد دارد. در این ردیف‌ها میان لایه‌هایی از ماسه سنگ های آهکی زرد کم رنگ تا خاکستری کم رنگ و نازک تا متوسط لایه وجود دارد. این واحد بر روی کنگلومرای (E^{c2}) و در زیر رسوب‌های الیگوسن قرار

گرفته است. وجود فسیل‌های زیر در ماسه سنگ های آهکی، سن ائوسن میانی را برای آن تعیین می نماید:

Nummulites sp., Nummulites cf. globulus, Assilina sp., Discocyclina sp., Alveolina sp.

۲-۲-۴-۷- واحد سنگی EO^c:

این واحد شامل ردیفی از کنگلومرای دانه متوسط با میان لایه هایی از شیل و ماسه‌سنگ می باشد. در این واحد مارن های کرم رنگ که گاه فسیل نومولیت نیز دارند، در چندین افق کم ستبرا دیده می شوند. فسیل های شناخته شده از این افق ها *Nummulites atricus* و *Nummulites vascus* هستند که سن ائوسن میانی - پسین را برای آنها پیشنهاد می کنند.

۲-۲-۴-۸- واحد سنگی O^s:

نهشته های این واحد شامل مجموعه ای رسوبی از مارن، ماسه سنگ و شیل است. از ویژگی های این نهشته ها نازک لایه بودن ماسه سنگ ها و فزونی مارن و شیل بر ماسه سنگ ها است. ستبرای این واحد ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر برآورد می شود.

۲-۲-۴-۹- واحد سنگی Ng^{cs} :

این واحد شامل ردیفی از ماسه سنگ، مارن، رس سنگ یا سیلت سنگ با میان لایه هایی از کنگلومرا است که لایه هایی از سنگ آهک هم در آن دیده می شود.

۲-۲-۴-۱۰- واحد سنگی PLQ^c:

سنگ نهشته های این عهد در محدوده شهرستان فریمان دارای گسترش وسیعی هستند. این نهشته ها شامل ردیفی از کنگلومراهایی است که در سطح هوازده، به رنگ خاکستری روشن دیده می شوند. قطعات تشکیل دهنده آنها بیشتر تابع منشاء تغذیه است. خمیره این کنگلومراها ماسه ای و سخت شدگی آنها متوسط تا ضعیف است. شیب لایه ها کم و به ندرت از ۱۰ درجه بیشتر می شود. این واحد به صورت دگرشیبی زاویه ای، نهشته های کهن‌تر از خود را پوشانده و در بعضی از رخنمون ها سطح بالایی این واحد را آبرفت های کواترنر می پوشاند.

۲-۲-۵- کواترنری:

پس از پایان آخرین مراحل فاز کوهزایی آلپ پایانی (پاسادنین) که در بعضی جاهای ایران زمین تا اوایل کواترنری نیز ادامه داشته و ریخت شناسی امروزی این سرزمین مدیون آن است،

یک فاز فرسایشی رخ داد که همچنان ادامه دارد. البته این فاز فرسایشی با شدت و ضعف هایی همراه بوده است به گونه ای که هر چند گاه رسوب گذاری دچار وقفه های کوتاه مدّت شده است. در محدوده شهرستان فریمان که رسوب گذاری تا عهد پلیوکواترنری ادامه داشته و در این رابطه واحد تخریبی PLQ^c به جای مانده است، فاز فرسایشی کواترنر با تاخیر انجام شده است. حاصل این فاز فرسایشی، نهشته های آبرفتی است که از پای بلندی ها به سوی مناطق پست تر با تغییر اندازه قطعات سازنده به جای مانده است. روان‌آب‌ها و جریان های سیلابی از یک سو و عوامل هوازگی و فرسایش از سوی دیگر در شکل گیری این آبرفت ها نقش اساسی داشته اند.

۲-۲-۵-۱- واحد Q^{t1}:

این نهشته های آبرفتی به شکل مخروط افکنه از پای بلندی ها، به ویژه محل اتصال رودخانه ها با نواحی پست تر به جای گذاشته شده اند. پس از انباشته شدن و به هم رسیدن آنها، دشت های آبرفتی را در پایین دست ایجاد کرده اند. جنس اجزای تشکیل دهنده آنها را سنگ های بالادست و بلندی های تغذیه کننده آنها کنترل کرده است. این نهشته ها بافت سست دارند و هنوز سخت نشده اند. از پای بلندی ها به سوی عرصه دشت که در میانه محدوده شهرستان واقع شده است، از اندازه قطر قطعات کاسته شده ولی در عوض بر گرد شدگی و جور شدگی آنها افزوده می گردد.

۲-۲-۵-۲- واحد Q^{t2}:

پس از وقفه یا وقفه های کوتاه مدت، بار دیگر فرسایش و در پی آن حمل مواد حاصله و نهشت آنها در ترازهای پایین تر آغاز گردیده و در این راستا، آبرفت های قدیمی یا Q^{t1} بریده شده و روان‌آب‌ها یا رودخانه ها بستر خود را در میان آنها ایجاد نموده و همراه خود آبرفت های جدید Q^{t2} را حمل و در نواحی پایین دست به صورت مخروط افکنه های جدید و در نهایت دشت های سیلابی به جای گذاشته اند.

۲-۲-۵-۶- واحد Q^{al}:

رسوبات عهد حاضر که حاصل عوامل فرسایش در زمان حال هستند، در دره های اصلی و کف آبراهه ها به جای مانده اند. اجزای این رسوبات آزاد است و با هر جریان آب جابه‌جا می شوند.

ابعاد آنها با فاصله از منشاء نسبت عکس دارند و در نهایت ریزترین آنها که سیلت و رس است به دورترین و پایین ترین محل ها برده شده اند.

۲-۳- سنگ های آذرین:

۲-۳-۱- *واحد گرانوتوئیدی سنگ بست(g):*

در جنوب شهرک سنگ بست، توده نفوذی نسبتاً بزرگی با روند شمال باختر - جنوب خاور در سنگ های دگرگونی نسبت داده شده به پرمین جایگزین شده است. درازای این توده تقریباً ۱۰ کیلومتر و پهنای میانگین آن ۴ تا ۴/۵ کیلومتر است. اثر دگرگونی گرمایی (همبری) در سنگ های میزبان به علت اینکه خود دگرگون بوده اند، آشکار نیست. این گرانیت در اصل لوکوگرانیتی است دانه‌درشت تا متوسط، با دانه بندی تقریباً یکنواخت که می توان آن را گرانیتوئید هم نامید. بافت این سنگ دانه ای - میرمیکتی و گاهی پورفیری است.

کانی های اصلی آن عبارتند از: کوارتز بی شکل با خاموشی موجی، درشت بلور و گاهی دارای حاشیه خورد شده، فلدسپات ها غالباً از نوع اورتوکلاز و میکروکلین که به صورت بلورهای بی شکل تا نیمه شکل دار دیده می شوند. در حاشیه فلدسپارها، آثار خورد شدگی و نیز شکستگی را می توان مشاهده کرد. این پدیده و خاموشی موجی کوارتزها می تواند دلیلی بر فشارهای زمین ساختی وارده به توده نفوذی یاد شده باشد. بلورهای پلاژیوکلاز، بیشتر به صورت شکل دار تا نیمه شکل دار است. ترکیب آنها اولیگوکلاز - آلبیت و دارای ماکل آلبیت- کارلسپاد و پلی سنتتیک است.

بیوتیت که به صورت بلورهای شکل دار و بی شکل در این سنگ ها دیده می شود، حاوی میان‌بارهایی از آپاتیت است که بلورهای آن گاه در اثر فرآیند دگرسانی به کلریت و اکسید آهن تجزیه شده اند. بلورهای موسکوئیت هم به صورت شکل دار تا بی شکل و به ابعاد ریز و درشت با فراوانی متغیر در این سنگ ها دیده می شوند.

وجود درزه ها و اندازه دانه بندی از عوامل تسریع کننده فرآیند دگرسانی و هوازدگی در سنگ های این توده بوده است. رگه های پگماتیتی در جهت های مختلف در این توده تزریق شده است. رگه های مذکور با رنگ روشن تر، از بلورهای درشت تر از توده اصلی تمیز داده می شوند. بلورهای درشت فلدسپارهای قلیایی، موسکوئیت، کوارتز و به ندرت بیوتیت، کانی های اصلی سازنده

رگه های پگماتیتی این توده است. توده گرانیتوئیدی سنگ بست ادامه توده گرانیتوئیدی مشهد می باشد.

درباره سن این گرانیت اختلاف نظر وجود دارد. ضرغام معزز و آلبرتی (۱۹۷۴) سن جایگزینی توده را به روش پتاسیم - آرگون به ژوراسیک پسین - کرتاسه پیشین نسبت می دهند. اما از آنجا که قلوه هایی از این گرانیت در کنگلومرای پایه سازند کشف رود به سن باژوسین یافت می شود و دیگر اینکه توده یاد شده، مجموعه افیولیتی مشهد و رسوبات وابسته به آن مجموعه را بریده است، لذا سن تریاس پسین - ژوراسیک پیشین برای آن به واقعیت نزدیک تر است.

۲-۴- تکتونیک و زمین شناسی ساختمانی:

گسل های راندگی، عمده ترین ساختمان‌های زمین شناسی منطقه به شمار می‌روند. در این محدوده گسل های راندگی در سه مرحله عمل کرده‌اند. نخستین گسل های راندگی همزمان با فرورانش پوسته اقیانوسی پالئوتتیس در پرمین ایجاد و منشور فزاینده تشکیل داده است. در تریاس میانی نیز فعالیت این گسل ها ادامه یافته است. تشکیل گسل های راندگی در منشور فزاینده همراه با ایجاد دگرگونی تا رخساره شیست سبز و اپیدوت آمفیبولیت در سنگ ها بوده است. این گسل ها فاقد برش گسلی بوده و همزمان با پیدایش آنها، چین‌های ایزوکلینال بر اثر راندگی در سنگ ها ایجاد گردیده است.

در اثر برخورد و بسته شدن اقیانوس نئوتتیس در محل زاگرس کنونی، گسل های منطقه بار دیگر فعال شده‌اند. فعالیت این گسل ها از پالئوسن آغاز و تا عهد حاضر ادامه دارد. این گسل ها، گسل های راندگی مرحله اول را قطع کرده‌اند. همزمان با بسته شدن دریای نئوتتیس درجنوب و نیز زیر فشار قرار گرفتن بلوک افغانستان در خاور، خرد قاره ایران شروع به چرخش می کند، این عمل با پیدایش گسل های راست لغز دراطراف آن همراه است. گسل های راست لغز در قسمت‌های انتهایی و خمیده خود به گسل های راندگی تبدیل شده‌اند که شیب سطح گسل و جهت حرکت در آنها، خلاف جهت گسل هایی است که در بالا ذکر شد. یعنی جهت شیب سطح گسل در آنها به سمت جنوب و جهت جنبش به سمت شمال است این گسل ها نیز تقریباً شکننده عمل کرده‌اند. فعالیت این گسل ها از ائوسن آغاز شده و در عهد حاضر نیز دیده می‌شود.

وجود توالی های دگرگونی نسبت داده شده به پرکامبرین در جنوب خاوری شهرستان فریمان، حکایت از شکل گیری پی سنگ اپی بایکالین و تشکیل سکوی پالئوزوییک همچون دیگر جاهای ایران زمین دارد. بر اساس یافته های جدید سکوی پالئوزوییک واقع در محدوده فریمان در اواخر کربنیفر – پرمین، کافت درون قاره ای ایجاد می شود. در این حوضه کافتی، سنگ های افیوایتی به همراه سنگ های رسوبی تشکیل می شوند. در اثر به هم پیوستن دوباره دو قطعه جدا شده از هم در اواخر پرمین – اوایل تریاس، مخلوط درهمی از سنگ های ایجاد شده در حوضه کافتی، بالا می آید و در معرض فرسایش قرار می گیرد (کافت یاد شده می تواند انشعابی از دریای دیرینه تتیس باشد) و همچنین دگرگونی واحد های پالئوزوئیک در منطقه فریمان متعلق به حوضه کافتی یاد شده است.

جایگزینی باتولیت گرانیتوئیدی سنگ بست که به عقیده برخی محققان از نوع برخوردی است، در این رابطه توجیه پذیر می باشد. فرآیند های یاد شده را در مجموع می توان به کوه‌زایی سیمرین پیشین نسبت داد. نهشته های کم وسعت کرتاسه زیرین با دو رخساره کپه داغ و ایران مرکزی معرف پیشروی دریا در محدوده شهرستان می باشد. در کرتاسه پسین، کافت درون قاره ای جدید این بار در نیمه جنوب باختر محدوده فریمان شکل می گیرد که از دید زایشی مرتبط با پیدایش دریای تتیس جوان است که انشعابات آن از جمله این شاخه، خرد قاره ایران مرکزی (تکین ۱۹۷۲) را احاطه می کرده اند. کافت ایجاد شده در اواخر کرتاسه و هم زمان با تنش های هم ارز فاز کوه زایی لارامین بسته می گردد و سنگ های اُفیولیت و رسوبی - آتشفشانی تشکیل شده در کافت مذکور بالا آمده و مجموعه اُفیولیتی ایجاد شده در معرض فرسایش قرار می گیرد. در همین رابطه است که گسل های کمانی شکل ایجاد شده در مجموعه اُفیولیتی که بیشتر ساز و کار معکوس دارند و نیز گسل های آبکوه و کته خوش که محصور کننده مرز شمالی مجموعه اُفیولیتی است، ایجاد می شوند.

دریای کم عمق در عهد پالئوسن بالا – ائوسن محدوده شهرستان فریمان را فرا می گیرد و نهشته های تخریبی و کم عمق چون کنگلومراها، ماسه سنگ ها، مارن های صدف دار، آهک ها و رسوبات تبخیری چون گچ و به ندرت نمک را بر جای می گذارد. از رسوبات نهشته شده و شرایط حاکم در حد فاصل ائوسن - اولیگوسن، به علت کمبود شواهد روی زمین، آگاهی زیادی نیست ولی در حوضه رسوبی ایجاد شده در اولیگوسن، بار دیگر رسوبات تخریبی نهشته شده است. در اواخر

این عهد، در اثر استمرار تنش های زمین ساختی هم ارز گامه کوه زاد اواخر آلپ میانی (احتمالاً savian)، رسوبات ائوسن و اولیگوسن چین می خورند و ساختارهایی چون اقر، حسین آباد، احمد آباد و تاقدیس تقی آباد را می سازند. ستبرای زیاد واحد O^s با توجه به رخساره سنگ شناختی آنها، احتمالاً در گودی های حاصل از ساختارهای قبلی که در بستر دریای عمیق ائوسن – اولیگوسن وجود داشته، ته نشست شده است. در زمان پلیوسن – پلیستوسن، حوضه رسوبی جدیدی در محدوده شکل می گیرد که رسوبات تخریبی واحد PLQ^c در آن انباشته می شود. این نهشته ها، در اثر حرکات اواخر گامه کوه زاد آلپ پایانی (احتمالاً پاسادنین) به آرامی چین می خورند و از آب خارج می شوند.

۳-۱- مقدمه :

پتانسیل های معدنی محدوده شهرستان فریمان را می توان به دو گروه غیر فلزی و فلزی تقسیم نمود. مواد معدنی غیر فلزی شامل سنگ لاشه، سیلیس، سنگ گچ، سنگ آهک، خاک صنعتی، آندالوزیت و ... و مواد معدنی فلزی شامل تنگستن، مس، کرومیت، ساپیولیت، منیزیت، منگنز و باریت می باشد که با انجام عملیات سیستماتیک و توسعه معدنی به ویژه در خصوص معادن متروکه و اندیس های پراکنده، این ناحیه می تواند مورد توجه قرار گیرد.

در این فصل، ذیلاً به شرح ژئوفیزیک هوایی، نتایج اکتشافات ژئوشیمیایی، پتانسیل های معدنی و آلتراسیون در محدوده شهرستان فریمان پرداخته می شود:

۳-۲- ژئو فیزیک هوایی شهرستان فریمان :

به کارگیری داده‌های ژئوفیزیک هوایی در امر اکتشاف مواد معدنی و بررسی ساختمان‌های زیرسطحی زمین شناسی امروزه به امری متداول در بررسی ***پتانسیل‌های ناحیه‌ای*** تبدیل گردیده است، کاربردهای روش ژئوفیزیک هوایی با شرح ذیل می باشد:

- پی جویی سنگ معدن یا سنگ میزبان مغناطیسی که شامل ذخایر آهن، سنگ‌های اولترامافیک حاوی کروم، برخی از توده های مسیوسولفاید (معمولاً نیکل) و قلع - تنگستن یا خاک‌های نادر که با گرانیت‌ها همراه می باشند.
- تعیین عمق (basement) جهت اکتشاف هیدروکربن ها و کانی های غیر فلزی و نیز اکتشاف کانی هایی که با basement مدفون شده همراه می باشند (نظیر طلا).

جهت انجام بررسی‌های ژئوفیزیکی شهرستان فریمان، تلاش گردید کلیه اطلاعات موجود جمع آوری گردد. درهمین راستا نقشه شدت مغناطیس کل با مقیاس 1:250000 سازمان انرژی اتمی مورد استفاده قرار گرفت. شایان ذکر است، کاوش‌های مغناطیسی مانند هر کاوش ژئوفیزیکی دیگری می تواند به دو صورت مورد استفاده قرار گیرد:

الف- استفاده مستقیم برای کشف منابع زیر زمینی

ب- کاوش غیر مستقیم برای مواردی که همراه با کانسارهای مورد تجسس می باشند .

تعقیب ساختمان های زمین شناسی و مطالعه ساختارهایی که می‌تواند محل تجمع مواد معدنی باشد نیز در دسته دوم جای می‌گیرند. در مواقعی که کار زمین شناسی سطحی به واسطه غیر قابل دسترس بودن، پوشش گیاهی و یا پوشش رسوبی، فقط به چند برونزد پراکنده محدود می‌گردد، نقشه‌های مغناطیسی می‌توانند تسهیلاتی جهت ارتباط یافته‌های حاصل از برونزدهای پراکنده فراهم نمایند .

بعلاوه شکل کلی ناهنجاری مغناطیسی می‌تواند در تعیین شکل توده‌های مغناطیسی زیرسطحی کمک نماید. در بعضی موارد اشکال خطی منحنی‌های میزان مغناطیسی می‌تواند منعکس کننده امتداد اشکال طویل نفوذی و یا وجود گسل های بزرگ در پی سنگ باشد .

براین نکته نیز باید تاکید داشت که اطلاعات حاصل از نهشته‌های مغناطیسی به ویژه هنگامی که این اطلاعات جنبه ناحیه‌ای دارند، لزوماً و بطور مستقیم با ویژگی های استراتیگرافی منطبق نمی‌باشند، چرا که در ایجاد ناهمواری‌های مغناطیسی، وجود و یا نوع کانی های مغناطیسی تعیین کننده است و این در حالی است که این کانیها در تقسیم بندی سنگ ها نقشی ندارند. **در واقع هدف ما از بررسی نقشه مغناطیس هوایی شهرستان فریمان، یک ارزیابی کلی از ویژگی های ساختمان‌های زمین شناسی در سطح ناحیه و بررسی امکان وجود گسل ها و یا احیاناً توده‌های آذرینی است که در زیر سطح پنهان مانده‌اند. چرا که این امر نهایتاً می‌تواند در کارهای اکتشافی ما را یاری دهد.**

براساس اطلاعات حاصل از نقشه مغناطیس هوایی شهرستان فریمان، موارد زیر را می‌توان نتیجه گرفت:

۱- گسل احتمالی (F-4) با روند تقریبی شمال خاوری- جنوب باختری، دربخش خاوری منطقه بر روی نقشه مغناطیس هوایی از خاور روستای ناری (در جنوب) به سمت شمال خاور ادامه می یابد (شکل ۳-۱). در فاصله حدود ۲۵ کیلومتری خاور این گسل، گسل احتمالی دیگری (F-5) به موازات گسل (F-4) از گوشه جنوب خاوری عبور می کند و تا بعد از گسل بزرگ کویر (گسل درونه) نیز ادامه می‌یابد. این دو گسل در ادامه باعث جابجایی گسل کویر بزرگ گردیده‌اند .

۲ – گسل احتمالی (F-11) در بخش باختری ورقه فریمان با روند شمال خاور – جنوب باختر باعث جابجایی خطوط میزان مغناطیسی گردیده است. این گسل نیز مانند گسل های فوق بر روی نقشه زمین شناسی منطقه نمودی ندارد. (شکل ۳–۱).

۳– گسل (N-3) یک گسل نرمال با روند شمال باختر – جنوب خاور است که در بین دو گسل (F-4) و (F-5) در جنوب فریمان در نقشه مغناطیس هوایی منطقه مشخص گردیده است. شایان ذکر است اغلب گسل ها و شکستگی‌های موجود در منطقه که بر روی نقشه زمین شناسی نیز مشخص گردیده است امتداد شمال باختری – جنوب خاوری دارند.

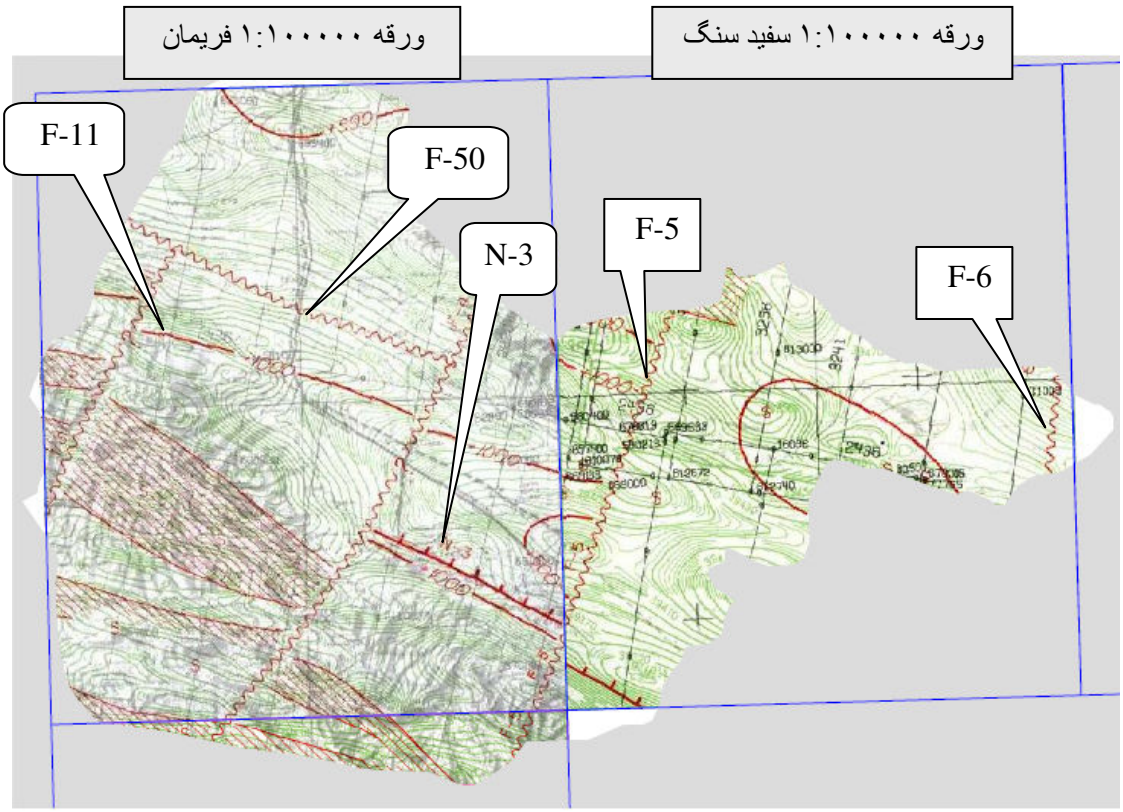
٤– گسل (F-50) نیز با روند شمال باختری– جنوب خاوری در شمال فریمان تقریباً در سرتاسر نقشه امتداد می‌یابد، لیکن در نقشه زمین شناسی به علت پوشش توسط رسوبات آبرفتی و دیگر نهشته های جوان، اثری از آن مشاهده نمی‌شود (شکل ۳–۱). این گسل، گسل (F-11) را قطع و خود توسط گسل (F-4) بریده می‌شود. بر اساس اطلاعات مندرج در گزارش نقشه مغناطیس هوایی تربت حیدریه، احتمال می‌رود گسل های (F-50 و N-3) بخش هایی از گسل میامی باشند.

٥– ناهنجاری‌های مغناطیسی متعددی با عمق کم و با روند تقریباً شمال باختری – جنوب خاوری در جنوب منطقه شناسایی شده‌اند که توسط گسل های (F-4) و (F-11) جابجا گردیده‌اند. حضور این ناهنجاریهای مغناطیسی می‌تواند با رخنمون گسترده آمیزه‌های اُفیولیتی جنوب باختر نقشه فریمان در ارتباط باشد.

۶– بر اساس اطلاعات مغناطیس هوایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، عمق محاسبه شده برای پی‌سنگ در قسمت جنوبی را ۱۰۰۰ متر بالای سطح دریا نشان می دهد که حاکی از بالا آمدگی و عمق کم پی سنگ در منطقه است (بیشترین ارتفاعات موجود در این منطقه حدود ۳۲۰۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار گرفته‌اند) هرچند در بعضی مواقع وجود توده‌های نفوذی و یا سنگ های ساب ولکانیک که در اعماق کم جایگزین شده‌اند نیز ممکن است به عنوان پی سنگ تفسیر شود.

متقابلاً در بخش شمال خاوری این ناحیه، کاهش عمق پی سنگ (حدود ۳۰۰۰ متر زیرسطح دریا) را با ساختار ناودیس شاهد هستیم.

۷- حضور توده های مغناطیسی در باختر منطقه (شکل ۳-۱)، می‌تواند وجود تـوده‌هـای نفـوذی و یـا سنگ های ساب ولکانیک که در اعماق کم جایگزین شده‌اند را دراین ناحیه تایید کند. این امر با حضور واحدهای آذرین در سطح زمین، انطباق معینی را نشان می دهند.



شکل (۳-۱) نقشه مغناطیس هوایی (سازمان انرژی اتمی) در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ شهرستان فریمان

۳-۳- نتایج اکتشافات ژئو شیمیایی در محدوده شهرستان فریمان:

یکی از مراحل مهم اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیـه ای، تفکیـک و جـدایش زون هـای آنومـالی در رابطه با پدیده کانی سازی احتمالی و معرفی زون های اولویت دار جهت ادامه اکتشافات نیمه تفصیلی است.

شهرستان فریمان در محدوده نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان، دولت آباد، سفید سنگ، کـاریز نـو و آق‌دربند قرار گرفته است که اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک همه این برگه ها انجام شده اسـت. لازم به‌ذکر است که تهیه نقشه ژئوشیمی ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان، توسط پیمانکار چینی جیانگ‌زی در سال ۱۹۹۵ صورت پذیرفته است. بیشتر آنومالی های موجود در محدوده شهرستان فریمان، محدود به دو برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ ژئوشیمیایی فریمان و سفید سنگ می باشند.

در این رابطه، نتایج اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده شهرستان فریمان را می توان به اولویت های اول اکتشافی (A)، اولویت دوم اکتشافی (B) و اولویت سوم اکتشافی (C) تقسیم نمود. همچنین موقعیت هریک از آنومالی های ژئوشیمیایی بر روی نقشه شماره ۲ پیوست آورده شده است.

۳-۳-۱- *اولویت اول اکتشافی (A) :*

۳-۳-۱-۱- *آنومالی S 2:*

این آنومالی در جنوب باختر روستای شاهان گرماب و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ، با مساحتی در حدود ۳/۳ کیلومتر مربع واقع شده است. سنگ های موجود در این آنومالی، سنگ های مربوط به پوسته اقیانوسی شامل دونیت، ورلیت، گابرو، پیلولاوا و آهک بلورین است.

در کنترل آنومالی، پهنه های تراورتنی و آبهای آهک ساز که در حال حاضر نیز فعال است، دیده می شود. چشمه های آب گرم شاهان گرماب از آن جمله می باشد. این محدوده از شمال و جنوب به دو گسل راندگی و پس رانده شاهان گرماب محدود گردیده و در واقع در بین دو گسل محاط گردیده است. دگرسانی آشکار در منطقه هماتیتی، لیمونیتی و تراورتنی می باشد. نمونه های کانی سنگین که از این منطقه گرفته شده است نسبت به کانی های شئلیت، باریت، سلستین، گالن، تورمالین و پیریت غنی شدگی نشان می دهد. نمونه های مینرالیزه که از این ناحیه برداشت گردیده است، حاوی ۰/۵ گرم در تن طلا بوده و نسبت به عناصر آرسنیک، بیسموت، کروم، مس، نیکل، سرب، روی، باریوم، استرانسیم و منگنز غنی شدگی نشان می دهد.

۳-۳-۱-۲- *آنومالی S 3:*

این آنومالی در جنوب روستای چشمه روغنی و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ، با مساحتی در حدود ۴/۶ کیلومتر مربع واقع شده است. این آنومالی در سنگ های وابسته به پوسته اقیانوسی شامل دونیت، گابرو، ورلیت، پیلولاوا، آهک کریستالین و همچنین شیل، ماسه سنگ، کنگلومرا و اسلیت قرار دارد، ضمن اینکه در بررسی کنترل آنومالی، سنگ های تراورتنی نیز مشاهده می شود. دگرسانی مشاهده شده شامل لیمونیتی شدن، هماتیتی شدن، تراورتن زایی و سیلیسی شدن است.

تعدادی رگه – رگچه های باریت دار در سطوح آهک های بلورین مشاهده شده است. در یک منطقه حفریاتی در راستای اکتشاف باریت صورت پذیرفته و به طور محلی جهت دستیابی به ماده معدنی، جاده سازی محدود انجام پذیرفته است.

نمونه های آبراهه ای ژئوشیمیایی نسبت به عناصر B,Be,Pb آنومال بوده و نمونه های کانی سنگین اخذ شده نسبت به کانی های باریت، فلوریت، و سروزیت غنی شدگی نشان می دهد. نمونه مینرالیزه اخذ شده از این محدوده دارای ۰/۷ درصد سرب، ۰/۲ درصد روی است و نسبت به عناصر آرسنیک، کروم، مس، منگنز و آنتیموان نیز غنی شدگی نشان می دهد. این محدوده دارای کانی سازی باریت است.

۳-۳-۱-۳- آنومالی HS-2-A:

این آنومالی در ۴ کیلومتری خاور سنگ بست و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان، با مساحتی در حدود ۱۸ کیلومتر مربع واقع شده است. سیستمهای گسلی عمده، دارای روند شمال باختری و گسل های درجه دوم دارای روند شمال خاوری هستند. سنگ های پالئوزوئیک اسلیت، شیست، آهک کریستالیزه و گرانیت در محدوده این آنومالی قرار دارند. رگه های اولترابازیکی نیز در سنگ های پالئوزوئیک و گرانیت مشاهده می گردد. تنگستن به عنوان عنصر کانسار ساز همراه با عناصر Sn,Nb,Mo,B,Li و Bi وجود دارد. این آنومالی جزو آنومالی های درجه یک محسوب می گردد. آنومالی تنگستن دارای مقدار میانگین ۱۵/۵ گرم در تن و حداکثر ۷۱/۱ گرم در تن است. بیشترین مقدار عناصر همراه عبارتند از: قلع ۴/۷۴ گرم در تن ، نیوبیوم ۴۵/۶ گرم در تن ، مولیبدن ۲/۳ گرم در تن و بور ۰/۶۸ گرم در تن. این آنومالی دارای ۳ زون تمرکزی عنصر تنگستن می باشد به طوری که زون مرکزی پر عیارتر است.

آنومالی اصلی با ۴/۵ کیلومتر طول و ۱/۵ تا ۲ کیلومتر عرض دارای روند شمال خاوری می باشد و دارای حداکثر ۲۲۰ گرم در تن تنگستن است. این آنومالی در قسمت داخلی و خارجی مرز بین گرانیت و رسوبات پالئوزوئیک قرار دارد به طوری که در اینجا گرانیت دارای رنگ خاکستری تا قرمز و دارای دانه بندی درشت می باشد. این گرانیت دارای ۶۰٪ کوارتز، ۳۰٪ فلدسپار، ۸٪ بیوتیت و موسکوئیت می باشد. نام این گرانیت را می توان بیوتیت گرانیت یا موسکوئیت بیوتیت گرانیت نامید.

لیتولوژی زون های واکنشی بین گرانیت و سنگ دیواره عمدتاً شیست‌های فیلیتی و سنگ آهک کریستالیزه می باشد و میگماتیزاسیون نیز به طور محلی مشاهده می گردد. درز و شکاف ها و شکستگی ها در زون واکنشی داخلی به خوبی توسعه یافته و توسط رگچه های کوارتز و پگماتیت پر شده است. مقادیر تنگستن در سنگ های آلتره شده، عموماً ۴ تا ۳۰ گرم در تن و در بخش های گارنت دار و رگه های کوارتز گرایزنیزه، حدود ۲۲۰ گرم در تن تا مقادیر در حد کانی سازی است.

۳-۳-۱-۴- آنومالی HS-8-A:

این آنومالی در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان و در حدود ۵ کیلومتری جنوب باختر روستای بزجانی قرار گرفته است. سنگ های موجود در این آنومالی عمدتاً سرپانتین است که به طور محلی سنگ های دیابازی، دونیتی، هارزبورژیتی، گدازه توده ای اسپیلیتی و سنگ آهک های نازک لایه کرتاسه نیز در آنجا قرار دارند. گسل های با روند شمال باختری، گسل های عمده در این آنومالی هستند. این آنومالی مساحتی در حدود ۱۴ کیلومتر مربع را دارا می باشد و Cu عنصر اصلی در این آنومالی می باشد. عناصر همراه عبارتند از Au,Zn,Hg,Co .

این آنومالی جزو آنومالی های درجه یک قرار می گیرد و متوسط عیار مس در حدود ۲۰۱/۹ گرم در تن و حداکثر تا ۵۳۱/۱ گرم در تن می باشد. حداکثر مقدار عناصر همراه عبارت است از: طلا ۲/۴۸ میلی‌گرم در تن ، روی ۱۳۷/۵ گرم در تن ، جیوه ۱۵ گرم در تن ، کبالت ۶۰/۸ گرم در تن.

این آنومالی به علت وجود عنصر مس متمایز می گردد که عموما دارای مقادیر حدوداً ۶۰ تا ۱۵۰ گرم در تن تا حداکثر ۳۸۴۰ گرم در تن است. معادن شدادی که اغلب توسط رسوبات سیلابی پر شده است، دارای ۲۰ متر عرض و ۲۰۰ متر طول هستند و در سنگ های هورنبلند دیوریتی حفر شده اند و اسلاگ ها (Slags) و سنگ های باطله نیز در اطراف پراکنده می باشد. رخداد کانه زایی مس را می توان در گسل های با روند شمال خاوری مشاهده نمود که دارای مس و روی هستند. مس خالص در نمونه های دستی قابل مشاهده است. استوک های دیابازی در امتداد زون های شکستگی با روند خاوری – باختری وجود دارند .

۳-۳-۲- اولویت دوم اکتشافی (B) :

۳-۳-۲-۱- آنومالی S 5:

این آنومالی در ۷ کیلومتری خاور روستای چشمه گنده و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ، با مساحتی در حدود ۵/۴ کیلومتر مربع واقع شده است. در گستره این آنومالی سنگ های اولترابازیکی شامل دونیت، گابرو، ورلیت و همچنین اسلیت، کنگلومرا، ماسه سنگ و فیلیش های آهکی پرمین حضور دارد. در کنترل آنومالی سنگ ها و رگه های سیلیسی پیریت دار نیز مشاهده شده است. کانی های پیریت و دگرسانی هماتیتی، لیمونیتی، سریسیتی و بعضاً تراورتن‌زایی نیز دیده می شود. نمونه های ژئوشیمیایی اخذ شده نسبت به عناصر Au,Be آنومال بوده و نمونه های کانی سنگین برداشت شده نسبت به کانی آندالوزیت غنی شدگی نشان می دهد.

۳-۳-۲-۲- آنومالی HS-5-B:

این آنومالی در ۳ کیلومتری شمال خاور چاه کبوتری و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان با مساحتی در حدود ۳۴۰ متر مربع واقع شده است. در این منطقه، گسل های توسعه یافته، به طور عمده، روند NW را دارا هستند و گسل های ثانویه نیز دارای روند NE می باشند. سنگ های موجود در منطقه آنومالی شامل ماسه سنگ های پالئوزوئیک، اسلیت، سنگ آهک متبلور، سنگ های ولکانیکی دگرگونی (متامورف)، کوارتزیت، کالک – شیست و رگه های اولترابازیک می باشد.

آنومالی های پوششی (Overlapping) مساحتی در حدود ۵۲ کیلومتر مربع و روندی تقریباً شمال – جنوب دارند. عناصر آنومال عبارتند از: Cu, Au, Sb, As, Pb, Zn, Bi و Mo.

حداکثر مقدار مس ۶۶/۱ گرم در تن ، طلا ۳/۸۶ میلی‌گرم در تن ، بیسموت ۰/۴۴ گرم در تن و مولیبدن ۲/۷ گرم در تن می باشد.

۳-۳-۲-۳- آنومالی HS-9-B:

این آنومالی در شمال روستای کلاته سبز و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان واقع شده است. سنگ های موجود در محدوده آنومالی، سرپانتین ملانژ و کنگلومرای ترشیری هستند. این آنومالی به دلیل تمرکز آرسنیک در زون های گسلی ایجاد شده است و مقدار آرسنیک به طور میانگین حدود ۴۰/۲ گرم در تن تا حداکثر ۵۱/۶ گرم در تن می باشد.

۳-۳-۲-۴- آنومالی HS-10-B:

این آنومالی در ۴ کیلومتری شمال روستای چهار بست باغ و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان، با مساحتی حدوداً ۲۸ کیلومتر مربع واقع شده است و نسبت به عنصر Cu آنومال است. در این آنومالی متوسط مقدار عنصر مس در حدود ۷۰/۸ گرم در تن و حداکثر ۱۱۳/۳ گرم در تن می باشد. عناصر همراه مس عبارتند از: Zn, Hg, V .

۳-۳-۲-۵- آنومالی HS-15-B:

این آنومالی در جنوب روستای تلخ و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان، در محل گسل های همگرا با روند NW و NW-W واقع شده است. سنگ های موجود در این آنومالی عبارتند از: آندالوزیت های پرکامبرین، شیست های گارنت دار، سنگ مرمر و دولومیت. در این آنومالی مجموعه های عناصر، به صورت کمپلکس هستند ولی به طور عمده نسبت به عنصر Pb آنومال می باشد. این آنومالی گسترده به نظر می‌رسد و احتمالاً مربوط به غنی شدگی و لیچینگ کانی سازی هیدروترمالی است. در این آنومالی، حد زمینه عنصر سرب (Pb) در حدود ۳۰ گرم در تن و همچنین متوسط مقدار عنصر سرب در حدود ۴۱/۸ گرم در تن و حد اکثر ۷۷/۱ گرم در تن می باشد.

۳-۳-۳- اولویت سوم اکتشافی (C) :

۳-۳-۳-۱- آنومالی S 6:

این آنومالی در ۴ کیلومتری شمال خاور سفید سنگ و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ، با مساحتی در حدود ۳/۳ کیلومتر مربع واقع شده است. سنگ های موجود در گستره آن شامل آهک بلورین، کنگلومرا، شیل، ورلیت، دونیت، گابرو، شیست، فیلیت و ماسه سنگ توفی است. دگرسانی هماتیتی، سیلیسی و لیمونیتی در آن مشاهده می شود. نمونه های ژئوشیمی برداشت شده نسبت به عناصر Au,As آنومالی نشان می دهد. در نمونه کانی سنگین برداشت شده، حدود چند ذره طلا به صورت گرد شده مشاهده می گردد.

۳-۳-۳-۲- آنومالی S 7:

این آنومالی در حدود ۵ کیلومتری شمال باختر روستای چشمه گنده و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان، با مساحتی در حدود ۳/۸ کیلومتر مربع واقع شده است. سنگ های محیط نمونه برداری،

کنگلومرای ائوسن – اولیگوسن می باشد که به سوی شمال با گذری گسلیده، در کنار ماسه سنگ‌های گریوکی، آهک بلورین، اسلیت، متاولکانیک، مارن و رسوبات مربوط به سازندهای شوریجه و سرچشمه قرار می گیرد. دگرسانی های سیلیسی، لیمونیتی و گاهاً هماتیتی قابل مشاهده است. نمونه های ژئوشیمیایی نسبت به عناصر Mo,Bi آنومال است.

۳-۳-۳-۳- آنومالی HS-1-C:

این آنومالی در ۳ کیلومتری جنوب خاور سنگ بست و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان واقع شده است که نسبت به عنصر Sr آنومال می باشد. سنگ های موجود در محدوده آنومالی، گرانیت است.

در این محدوده حد زمینه عنصر استرانسیوم در حدود ۵۰۰ گرم در تن و متوسط مقدار Sr در حدود ۵۴۰ گرم در تن است. عناصر همراه در این آنومالی U, Be, Ba می باشند.

۳-۳-۳-۴- آنومالی HS-6-C:

این آنومالی در جنوب روستای چاه کبوتری و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان واقع شده است. عنصر آنومال در این آنومالی، طلا می باشد. حد زمینه این عنصر در حدود ۱/۶ میلی‌گرم در تن و دارای متوسط مقدار ۲/۷۹ میلی‌گرم در تن تا حداکثر ۳/۵۶ میلی‌گرم در تن می باشد. عنصر همراه با طلا در این آنومالی، Sr است.

سنگ های موجود در محدوده این آنومالی عبارتند از: توف های سبز ترشیری، کنگلومرا و رسوبات آبرفتی. این آنومالی احتمالاً به دلیل غنی شدگی عنصر طلا در رابطه با طلای آزاد موجود در کنگلومرا و یا رسوبات آبرفتی تشکیل شده است.

۳-۳-۳-۵- آنومالی HS-7-C:

این آنومالی در ۴ کیلومتری خاور روستای اُقر علیا و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان واقع شده است که نسبت به عنصر Au آنومال می باشد. حد زمینه طلا در این آنومالی در حدود ۱/۶ میلی‌گرم در تن و متوسط مقدار طلای این آنومالی در حدود ۲/۴۵ میلی‌گرم در تن می باشد. عنصر همراه با طلا، جیوه (Hg) است. سنگ های موجود در محدوده این آنومالی عبارتند از: ماسه سنگ های ترشیری، کنگلومرا و آهک رسی و همچنین اسلیت و شیست پرکامبرین. رگه های اولترابازیک نیز

در سنگ های پرکامبرین مشاهده می گردد. گسل های با روند NW در محدوده آنومالی توسعه یافته اند. این آنومالی احتمالاً به دلیل کانه زایی هیدروترمالی داخل گسل ها شکل گرفته است.

۳-۳-۳-۶- آنومالی HS-11-C:

این آنومالی بین روستاهای چهاربست باغ و کاریزنو قرار گرفته است و نسبت به عنصر V آنومال می باشد. سنگ های موجود در محدوده این آنومالی سرپانتین ملانژ، گدازه های بالشی، کنگلومرای ترشیری و رسوبات آبرفتی عهد حاظر می باشند. حد زمینه برای این عنصر در حدود ۲۰۰ گرم در تن و دارای متوسط مقدار ۲۴۳ گرم در تن و حداکثر ۳۲۳ گرم در تن می باشد. این آنومالی احتمالاً به دلیل سرپانتین ها یا گدازه های بالشی ایجاد شده است. عنصر همراه این آنومالی Nb می باشد.

۳-۳-۳-۷- آنومالی HS-12-C:

این آنومالی در باختر روستای سیاه سنگ و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان واقع شده است که نسبت به عنصر Sr آنومال می باشد. سنگ های موجود در این منطقه عبارتند از: توف های سبز ترشیری، کنگلومرا و آهک های رسی. این آنومالی احتمالاً به دلیل غنی شدگی محلی Sr در اثر فرآیند های رسوبی شدن آهک های رسی، رخ داده است. حد زمینه عنصر استرانسیوم در این آنومالی در حدود ۴۰۰ گرم در تن و میانگین مقدار آن، ۴۶۱ گرم در تن تا حداکثر۵۳۳ گرم در تن می باشد. عناصر همراه استرانسیم در این آنومالی P, Li , Cs هستند.

۳-۳-۳-۸- آنومالی HS-14-C:

در این آنومالی در ۳ کیلومتری باختر روستای کج درخت و در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان واقع شده است که عنصر Hg در این آنومالی، آنومال می باشد. حد زمینه این عنصر در حدود ۱۲ گرم در تن و متوسط مقدار جیوه در این آنومالی در حدود ۱۹/۵ گرم در تن تا حداکثر ۳۲ گرم در تن است. سنگ های موجود در محدوده این آنومالی عبارتند از: توف های سبز ترشیری، ماسه سنگ، کنگلومرا و سرپانتین ملانژ، دیاباز و گابرو. گسل هایی با روند NW در داخل ملانژ ها توسعه یافته است. این آنومالی احتمالاً مربوط به دلیل کانه زایی مزوترمال در گسل ها می باشد.

۳-۳-۹- آنومالی DLT-1-C:

ایـن آنومـالی در ۲ کیلـومتری جنـوب بـاختر روسـتای غرقـه آب زار و در برگـه ۱:۱۰۰۰۰۰ دولت آباد قرار دارد که عنصر کروم از ۴۰۰۰ گرم در تن تا ۶۰۰۰ گرم در تـن و عنـصر نیکـل از ۸۰۰ گرم در تن تا ۱۲۰۰ گرم در تن در آن آنومال می باشد. سنگ های دربرگیرنده این آنومـالی، اُفیولیـت ملانژها هستند. پراکندگی سطحی عنصر Cr، بـا گـسترش مجموعـه اُفیـولیتی منطبـق اسـت. همچنـین پراکندگی سطحی عنصر Ni با عنصر Cr، همبستگی مثبت نشان می دهد.

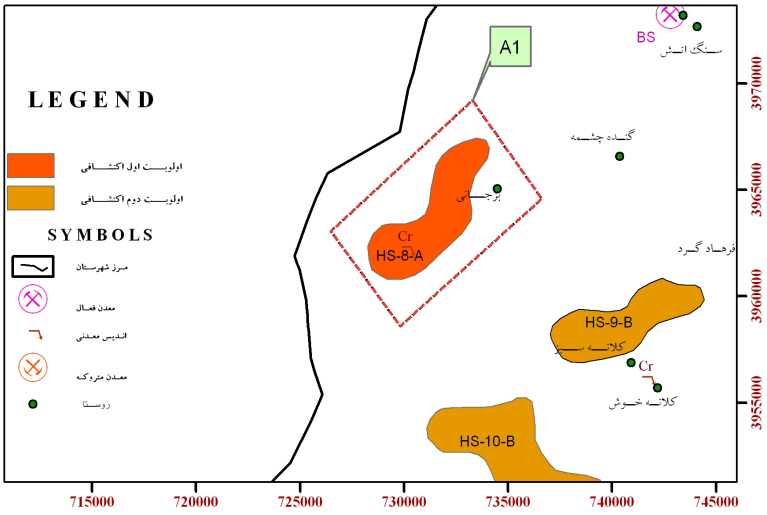
۳-۴- محدوده های آنومال:

با توجه به آنومالی های درجه یک موجود در محدوده شهرستان فریمان و با عنایت بـه وجـود عناصر Cu,W,Pb,Zn,Ba در این آنومالی ها، می توان سه محدوده آنومال درجه یک A1,A2,A3 را معرفی نمود که حائز اهمیت اکتشافی می باشد که ذیلاً شرح داده شده است:

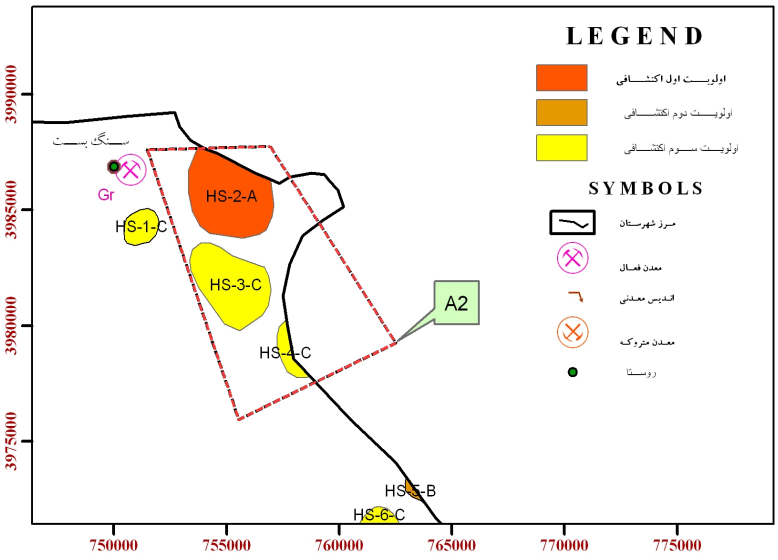
- در ***محدوده A1*** (شکل ۳-۲)، آنومالی درجـه یـک HS-8-A و همچنـین انـدیس هـای معـدنی کرومیت وجود دارد. در این محدوده، عناصر پاراژنز طلا، روی، جیوه و کبالت به همراه عنصر اصـلی مس، در این محدوده یافت می گردد. سرپانتین ملانژ ها، دیاباز، گدازه های اسپیلیتی و لایه های نازک آهک در این محدوده وجود دارند. همچنین مس به عنوان عنصر اصلی همراه با عناصر کروم و نیکـل نیز یافت می شود که همراهی اندیس معدنی کروم، مؤید ایـن مطلـب مـی باشـد. محـدوده A1 بـسیار مناسب برای اکتشاف مس است.

- در ***محدوده A2*** (شکل ۳-۳)، آنومالی های HS-2-A (درجه یک)، HS-3-C (درجـه سـوم) و HS-4-C (درجـــه ســـوم) وجـــود دارد. عنـــصر مهـــم در ایـــن محـــدوده، تنگـــستن مـــی باشـــد (در آنومالی HS-2-A) که در میان سنگ های گرانیت، رگه های اولترابازیک، شیست های پالئوزوئیک، اسلیت و آهک های نازک لایه آنومال گشته است. محدوده A2 بسیار مناسب بـرای اکتـشاف تنگـستن می باشد.

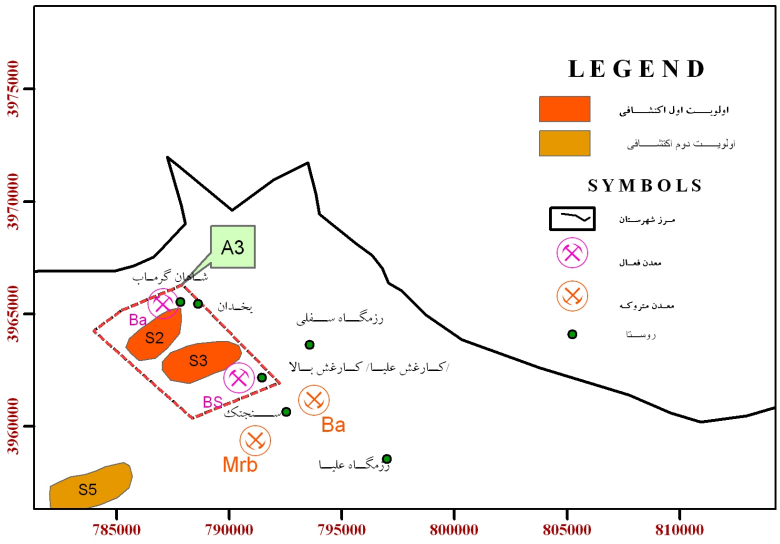
- در ***محدوده A3*** (شکل۳-۴)، آنومالی های درجه یک S2 و S3 به همـراه معـدن فعـال باریـت شاهان گرماب وجود دارد. این محدوده مناسب برای اکتشاف سرب، روی و باریت است.



شکل ۳-۲- محدوده آنومال A1



شکل ۳-۳- محدوده آنومال A2



شکل ۳-۴- محدوده آنومال A3

۳-۵- پتانسیل های معدنی شناخته شده در محدوده شهرستان فریمان:

پتانسیل های معدنی این شهرستان را می توان به انواع معادن فعال، معادن متروکه و اندیس های معدنی تقسیم نمود که ذیلاً به شرح مختصری در مورد هر یک از آنها می پردازیم. موقعیت هریک از پتانسیل های معدنی بر روی نقشه شماره ۲ پیوست آورده شده است.

۳-۵-۱- معادن فعال(دارای پروانه بهره برداری) :

۳-۵-۱-۱- *معدن سنگ تزئینی سنگ بست:*

این معدن در ۴۰ کیلومتری جنوب مشهد به مختصات UTM (متر)، X=750743.8170E و Y=3986763.519N قرار دارد و دارای ذخیره قطعی ۱/۲ میلیون تن می باشد.

۳-۵-۱-۲- *معدن سیلیس مزار بی آبه:*

این معدن در ۳۲ کیلومتری جنوب فریمان با مختصات UTM (متر)، X=764981.7290E و Y=3935322.415N قرار دارد که توسط شرکت سیلیس جام به شماره و تاریخ پروانه بهره‌برداری ۱۸/۲۱۲۴۳-۱۰-۱۳۸۴ به مدت ۱۵ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است. سنگ های دربرگیرنده این ماده معدنی، آندالوزیت گارنت شیست می باشد.

۳-۵-۱-۳- معدن گرانیت کوه دال:

این معدن در ۶۰ کیلومتری شمال خاور فریمان با مختصات UTM (متر)، X=796764.5600E و Y=3955532.710N قرار دارد که توسط شرکت اکتشافی - استخراجی گرگین به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۹/۱۹۱۱۸-۷-۱۳۸۵ به مدت ۱۵ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است.

۳-۵-۱-۴- معدن باریت شاهان گرماب:

این معدن در ۶۰ کیلومتری شمال خاور فریمان با مختصات UTM (متر)، X=787094.1730E و Y=3965470.246N قرار دارد که توسط شرکت فرآوری زیگورات خراسان به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۲۲/۱۳۷۵۷-۳-۱۳۸۵ به مدت ۱۰ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است. نوع کانی های اصلی سولفات باریم و جنس سنگ میزبان این کانسار آهک دولومیتی است. میزان استخراج سالیانه ۳ هزار تن می باشد.

۳-۵-۱-۵- معدن سنگ آهک (مرمریت) کته شمشیر:

این معدن در ۲۳ کیلومتری جنوب فریمان با مختصات UTM (متر)، X=771039.3130E و Y=3941979.468N قرار دارد که توسط تعاونی امامت کته شمشیر فریمان به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۱۱/۲۲۰۳۵-۸-۱۳۸۳ به مدت ۱۵ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است. ماده معدنی در این معدن از نوع مرمریت سفید با ذخیره قطعی ۱۱۶۶۸۹ تن است که کانه کلسیت با پاراژنز دولومیت، در میان میزبان آهکی قرار گرفته است. سنگ های دربرگیرنده، آهک های سازند جمال می باشد.

۳-۵-۱-۶- معدن سنگ گچ کله چشمه:

این معدن در ۳۷ کیلومتری شمال باختر فریمان با مختصات UTM (متر)، X=742810.2700E و Y=3973236.663N قرار دارد که توسط شرکت گچ سنگ بست مشهد به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۶/۱۰۰۱۵-۱-۸۳ به مدت ۱۰ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است. سنگ های دربرگیرنده این ماده معدنی، کنگلومراهای قرمز هستند.

۳-۵-۱-۷- معدن سنگ لاشه چشمه ایوب:

این معدن در ۱۳ کیلومتری جنوب باختر فریمان با مختصات UTM (متر)، X=758329.9160E و Y=3945119.613N قرار دارد که توسط تعاونی تولیدی معدنی فریمان طوس سنگ به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۱۳/۶۲۰۸۴-۱۲-۱۳۸۱ به مدت ۱۰ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است. طول ماده معدنی ۵۰۰ متر، عرض ۳۰ متر و دارای ضخامت ۵ متر می باشد. روش استخراج در این معدن از نوع روباز است. سنگ های آهکی و آهک های ماسه ای از این معدن استخراج می شود. این معدن دارای ذخیره قطعی ۹۰۰۰ تن و میزان استخراج سالیانه در حدود ۱۰۰۰ تن است.

۳-۵-۱-۸- معدن سنگ لاشه هوس:

این معدن در ۸ کیلومتری جنوب باختر فریمان با مختصات UTM (متر)، X=755288.0200E و Y=3947369.198N قرار دارد که توسط آقای هادی جوادی شاندیز به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۸/۱۹۶۸۹-۹-۱۳۸۴ به مدت ۱۰ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است. سنگ های دربرگیرنده، کنگلومرای قرمز می باشد.

۳-۵-۱-۹- معدن سنگ لاشه کارغش:

این معدن در ۶۵ کیلومتری شمال خاور فریمان با مختصات UTM (متر)، X=790403.1370E و Y=3962116.566N قرار دارد که توسط تعاونی سنگ لاشه سادات خاور فریمان به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۷/۱۳۴۱۴-۴-۱۳۸۴ به مدت ۱۲ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است.

۳-۵-۱-۱۰- معدن سنگ لاشه (مالون) اقر:

این معدن در ۱۵ کیلومتری شمال فریمان با مختصات UTM (متر)، X=763886.9800E و Y=3964499.513N واقع شده است که توسط شرکت تعاونی معدنی مالون فریمان به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۱۰/۱۸۵۵۴-۸-۱۳۸۴ به مدت ۱۲ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است. سنگ های دربرگیرنده این ماده معدنی، کنگلومراهای قرمز هستند.

۳-۵-۱-۱۱- معدن سنگ لاشه و مالون چنار:

این معدن در ۱۳ کیلومتری جنوب فریمان بـا مختـصات UTM (متـر)، X=752257.1360E و Y=3940901.837N واقع شده است که توسط تعاونی تولیدی معدنی موسوی خراسانی به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۱۷/۶۰۸۹۰-۱۱-۱۳۸۱ به مدت ۱۵ سـال مـورد بهـره بـرداری قـرار گرفتـه است. طول ماده معدنی ۲۵ متر و عرض آن ۱۲ متر و ضخامت آن ۴ متر می باشد. روش استخراج در این معدن از نوع روباز است. سنگ های دربرگیرنده این ماده معدنی، کنگلومراهای قرمز می باشد.

۳-۵-۱-۱۲- معدن سنگ لاشه طوفال رحمت آباد:

این معدن در ۴۵ کیلومتری شمال باختر فریمان با مختصات UTM (متر)، X=742105.9970E و Y=3979843.411N واقع شده است که توسط تعاونی سنگ لاشه طوفال رحمت آبـاد بـه شـماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۱۵/۱۵۴۵۷-۴-۱۳۸۳ به مدت ۱۰ سال مورد بهره برداری قرار گرفته اسـت. سنگ های دربرگیرنده این ماده معدنی، سنگ های کواترنر هستند.

۳-۵-۱-۱۳- معدن سنگ لاشه طراز خاکی:

این معدن در ۲۹ کیلومتری جنوب خاور فریمان با مختصات UTM (متر)، X=771407.1700E و Y=3936615.590N واقع شده است که توسط شـرکت تعـاونی معـدنی مـالون فریمـان بـه شـماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۱۱/۱۳۵۳۰-۳-۱۳۸۳ به مدت ۱۰ سال مـورد بهـره بـرداری قـرار گرفتـه است. سنگ های دربرگیرنده، کنگلومرا و ماسه سنگ می باشد.

۳-۵-۱-۱۴- معدن کرومیت کلاته میر حسین:

این معدن در ۴۰ کیلومتری جنـوب فریمـان بـا مختـصات UTM (متـر)، X=736783.4430E و Y=3936615.590N قرار دارد که توسط آقای سید محمود صالح شریفی به شـماره و تـاریخ پروانـه بهره برداری ۱/۱۲۳۹۳-۳-۱۳۸۶ به مدت ۵ سال مورد بهـره بـرداری قـرار گرفتـه اسـت. سـنگ هـای دربرگیرنده این ماده معدنی، سنگ های اُفیولیتی می باشد.

۳-۵-۱-۱۵- معدن سنگ لاشه کهکشان:

این معدن در فاصله ۱۳/۶ کیلومتری جنوب باختر فریمان و ۲/۷ کیلومتری باختر روستای کلاته آخوند با مختصات UTM (متر)، X=748160.743 و Y=3946123.269 قرار دارد که توسط آقای حمید رضا باوندیان به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۱۰/۱۱۵۱۳-۲-۱۳۸۷ به مدت ۱۵ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است.

۳-۵-۱-۱۶- معدن سنگ تزئینی گرانیت حسین آباد:

این معدن در فاصله حدوداً ۴/۵ کیلومتری جنوب خاور روستای حسین آباد و ۸/۵ کیلومتری جنوب خاور سنگ بست با مختصات UTM (متر)،X=756601.704 و Y=3981496.773 قرار دارد که توسط شرکت معادن قدس رضوی به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۸/۱۱۶۹۰-۲-۱۳۸۸ به مدت ۱۵ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است.

۳-۵-۱-۱۷- معدن سنگ تزئینی گرانیت کوه تخت:

این معدن در فاصله حدوداً ۲ کیلومتری خاور روستای حاجی آباد با مختصات UTM (متر)، X=751180.651 و Y=3983360.729 قرار دارد که توسط شرکت معادن قدس رضوی به شماره و تاریخ پروانه بهره برداری ۸/۱۱۶۹۱-۲-۱۳۸۸ به مدت ۱۵ سال مورد بهره برداری قرار گرفته است. در جدول (۳-۱)، لیست معادن فعال (دارای پروانه بهره برداری) به همراه مختصات UTM آنها آورده شده است.

جدول ۳-۱- لیست معادن فعال همراه با مختصات UTM آنها در محدوده شهرستان فریمان

ردیف	ماده معدنی	نام معدن	مختصات UTM (متر)
۱	سنگ لاشه	طرازخاکی	X=771407.1700E Y=3936615.590N
۲	کرومیت	کلاته میرحسن فریمان	X=736783.4430E Y=3936615.590N
۳	سیلیس	مزار بی آب	X=764981.7290E Y=3935322.415N
٤	گرانیت	کوه دال	X=796764.5600E Y=3955532.710N
٥	باریت	شاهان گرماب	X=787094.1730E Y=3965470.246N
٦	سنگ آهك	کته شمشیر فریمان	X=771039.3130E Y=3941979.468N
۷	سنگ گچ	گله چشمه	X=742810.2700E Y=3973236.663N
۸	سنگ لاشه	چشمه ایوب فریمان	X=758329.9160E Y=3945119.613N
۹	سنگ لاشه	هوس	X=755288.0200E Y=3947369.198N
۱۰	سنگ لاشه	کارغش	X=790403.1370E Y=3962116.566N
۱۱	سنگ لاشه	اقر	X=763886.9800E Y=3964499.513N
۱۲	سنگ لاشه	چنارفریمان	X=752257.1360E Y=3940901.837N
۱۳	سنگ لاشه	طوفال رحمت آباد	X=742105.9970E Y=3979843.411N
۱٤	گرانیت	سنگ بست	X=750743.8170E Y=3986763.519N
۱٥	سنگ لاشه	کهکشان	X=748160.7430E Y=3946123.269N
۱٦	گرانیت	حسین آباد	X=756601.7040E Y=3981496.773N
۱۷	گرانیت	کوه تخت	X=751180.6510E Y=3983360.729N

۳-۵-۲- معادن متروکه(غیر فعال):

۳-۵-۲-۱- منیزیت قرقناتو:

این معدن متروکه در حدود ۲/۹ کیلومتری جنوب خاور روستای قرقناتو و حدود ۳/۷ کیلومتری شمال خاور کلاته سمبا در میان سنگ های اولترامافیکی به مختصات UTM (متر)، X=742823.29 و Y=3936922.73 قرار دارد. ماده معدنی در این معدن متروکه از نوع منیزیت می باشد.

۳-۵-۲-۲- تراورتن چشمه روغنی:

این معدن متروکه در باختر روستای چشمه روغنی و در میان سنگ های ولکانیکی به مختصات UTM (متر)، X=788755.9 و Y=3964180 قرار دارد. ماده معدنی از نوع تراورتن می باشد.

۳-۵-۲-۳- منیزیت میاندهی:

این معدن متروکه در حدود ۱ کیلومتری شمال باختر روستای میان‌دهی و در میان سنگ های اولترامافیکی به مختصات UTM (متر)، X=728919.3 و Y=3939005.3 قرار دارد. ماده معدنی از نوع منیزیت می باشد.

۳-۵-۲-۴- منیزیت بزجانی:

این معدن متروکه در فاصله ۱/۵ کیلومتری جنوب خاور روستای بزجانی و در میان سنگ های اُفیولیتی به مختصات UTM (متر)، X=735410.0 و Y=3961737.0 قرار دارد. ماده معدنی از نوع منیزیت می باشد.

۳-۵-۲-۵- معدن متروکه کرومیت کته گوش:

این معدن متروکه در حدود ۳ کیلومتری باختر روستای کته گوش و در میان سنگ های اُفیولیتی به مختصات UTM (متر)، X= 749724.4 و Y= 3936143 قرار دارد. ماده معدنی از نوع کرومیت می باشد.

۳-۵-۲-۶- مرمریت کاریز حاج محمد جان:

این معدن متروکه در حدود ۸/۵ کیلومتری شمال خاور روستای کاریزمحمدجان و در میان سنگ های اُفیولیتی به مختصات UTM (متر)، X=789937.3 و Y=3957260.3 قرار دارد. ماده معدنی از نوع مرمریت می باشد.

۳-۵-۲-۷- ساپیولیت الیاتو:

این معدن متروکه در حدود ۱ کیلومتری شمال باختر روستای الیاتو به مختصات UTM (متر)، X=745151.2 و Y=3936059.4 قرار دارد. سنگ دربرگیرنده این معدن متروکه، سنگ های اولترامافیکی می باشند. ماده معدنی از نوع ساپیولیت می باشد.

۳-۵-۲-۸- تالک ماغو:

این معدن متروکه در حدود ۱/۵ جنوب باختر ماغو و به مختصات UTM (متر)، X=741626.62 و Y=3941008.91 قرار دارد. سنگ میزبان این کانسار را سنگ های اولترامافیکی تشکیل می دهد. ماده معدنی در این کانسار از نوع تالک می باشد.

۳-۵-۲-۹- سنگ لاشه باغ عباس:

این معدن متروکه در حدود ۱ کیلومتری شمال خاور باغ عباس و ۱/۶ کیلومتری شمال باختر گنگ به مختصات UTM (متر)، X=749179.31 و Y=3941216.81 واقع شده است که سنگ های دربرگیرنده آن کنگلومرایی است.

۳-۵-۲-۱۰- ژیپس چنار:

این کانسار در مختصات UTM (متر)، X=754237.3 و Y=3943210.29 و در حدود ۳/۵ کیلومتری شمال خاور روستای چنار واقع شده است. جنس سنگ های دربرگیرنده این کانسار کنگلومرا، ماسه سنگ، سیلت استون و مارل با لایه هایی از ژیپس می باشد.

۳-۵-۲-۱۱- تراورتن طوفال:

این کانسار در شمال خاور روستای طوفال به مختصات UTM (متر)، X=742623.77 و Y=3980853.43 واقع شده است. جنس سنگ های دربرگیرنده این کانسار رسوبات کواترنر قدیمی می باشد.

۳-۵-۲-۱۲- بنتونیت شریف آباد:

این معدن متروکه در ۰/۵ کیلومتری شمال شریف آباد و ۰/۷ کیلومتری خاور فرهادگرد به مختصات UTM (متر)، X=747102.42 و Y=3961515.42 قرار گرفته است. جنس سنگ های دربرگیرنده این کانسار کنگلومرایی است.

۳-۵-۲-۱۳- مرمریت سنجتک:

این معدن متروکه در مختصات UTM (متر)، X=791153.49 و Y=3959305.81 و در حدود ۱/۹ جنوب باختر روستای سنجتک واقع شده است. جنس سنگ های دربرگیرنده این معدن متروکه، ماسه سنگ، کنگلومرا و آهک های کرم رنگ می باشد.

۳-۵-۲-۱۴-باریت سنجتک:

این معدن متروکه در حدود ۱/۳ کیلومتری شمال خاور سنجتک به مختصات UTM (متر)، X=793886.89 و Y=3961093.21 قرار دارد. جنس سنگ های دربرگیرنده این معدن متروکه شیل، ماسه سنگ، شیل آهکی و کنگلومرا می باشد.

۳-۵-۲-۱۵-سنگ آهک کته شمشیر:

این معدن متروکه در مختصات UTM (متر)، X=771838.43 و Y=3941878.97 و در حدود ۰/۵ کیلومتری جنوب خاور کته شمشیر واقع گردیده است. جنس سنگ های دربرگیرنده این معدن متروکه سنگ های آهکی سازند جمال می باشد.

۳-۵-۲-۱۶-سنگ لاشه چهار بست:

این معدن متروکه در حدود ۴/۵ کیلومتری شمال خاور چهاربست به مختصات UTM (متر)، X=741375.79 و Y=3950254.46 قرار دارد. جنس سنگ های دربرگیرنده این معدن سنگ های آهکی کرتاسه بالایی می باشد.

۳-۵-۲-۱۷- معدن متروکه گچ نی زار:

این معدن متروکه در حدود ۱/۵ شمال باختر نی‌زار به مختصات UTM (متر)، X=756732.17 و Y=3941434.12 واقع شده است. جنس سنگ های دربرگیرنده این معدن متروکه کنگلومرا با میان لایه های ماسه سنگ و سیلت و ژیپس می باشد.

۳-۵-۲-۱۸- ساپیولیت باباقره:

ایـن معـدن متروکـه در حـدود ۳ کیلـومتری شـمال بابـاقره بـه مختـصات UTM (متـر)، X= 741842.73 و Y=3948817.61 واقع شده است. جنس سنگ های دربرگیرنده این کانسار اُفیولیت ملانژ های سرپانتینی می باشد. ماده معدنی از نوع ساپیولیت است.

ذیلاً لیست معادن متروکه به همراه مختـصات UTM آنهـا در محـدوده شهرسـتان فریمـان در جدول (۳-۲) درج گردیده است.

جدول ۳-۲- لیست معادن متروکه به همراه مختصات UTM آنها در محدوده شهرستان فریمان

ردیف	ماده معدنی	مختصات UTM (متر)	
۱	تالک	Y=3941008.91	X=741626.62
۲	منیزیت	Y=3939622.73	X=742823.29
۳	سنگ لاشه آهکی	Y=3941216.81	X=749179.31
٤	ژیپس	Y=3943210.29	X=754237.30
٥	تراورتن	Y=3980853.43	X=742623.77
٦	بنتونیت	Y=3961515.42	X=747102.42
۷	سنگ لاشه	Y=3950254.46	X=741375.79
۸	گچ	Y=3941434.12	X=756732.17
۹	ساپیولیت	Y=3948817.61	X=741842.73
۱۰	مرمر	Y=3959305.81	X=791153.49
۱۱	باریت	Y=3961093.21	X=793886.89
۱۲	سنگ آهک	Y=3941878.97	X=771838.43
۱۳	منیزیت	Y=3939005.30	X=728919.30
۱٤	کرومیت	Y=3936143.00	X=749724.40
۱٥	مرمریت	Y=3957260.30	X=789937.30
۱٦	ساپیولیت	Y=3936059.40	X=745151.20
۱۷	تراورتن	Y=3964180.00	X=788755.92

۳-۵-۳- اندیس های معدنی:

۳-۵-۳-۱- اندیس مس (Cu) چشمه گنداب:

این اندیس در شمال باختری روستای سفید سنگ به مختصات UTM (متر)، X=774652.807 و Y=3956191.519 واقع شده است. کانی سازی بـه صـورت رگـه‌ای و در سـطوح شکـستگی‌هـا و

عمدتاً در امتداد گسله‌های طولی به صورت مالاکیت به همراه سیلیس و اکسید آهن مشاهده می شود. مقدار مس در نمونه‌های مختلف از ۱/۵ تا ۳/۱ درصد گزارش گردیده است.

۳-۵-۳-۲- اندیس مرمریت (Mrb) کته شمشیر:

این اندیس در حدود ۴ کیلومتری جنوب خاور روستای کته شمشیر علیا به مختصات UTM (متر)، X=776329.543 و Y=3939271.307 واقع شده است. سنگ دربرگیرنده این اندیس آهک های سازند جمال به سن پرمین می باشد.

۳-۵-۳-۳- اندیس مرمریت (Mrb) چشمه گلک:

این اندیس در حدود ۱ کیلومتری خاور روستای چشمه گلک به مختصات UTM (متر)، X=733754.747 و Y=3947213.56 و در میان سنگ های اُفیولیتی قرار دارد.

۳-۵-۳-۴- اندیس خاک صنعتی ده نو:

این اندیس در حدود ۲ کیلومتری شمال باختر روستای ده نو و در مختصات UTM (متر)، X=736757.67 و Y=3974216.895 قرار دارد. سنگ های دربرگیرنده این اندیس، سنگ های ولکانیکی هستند.

۳-۵-۳-۵- اندیس گچ (Gy) اقر:

این اندیس در حدود ۱/۶ کیلومتری جنوب خاور روستای اقر علیا به مختصات UTM (متر)، X=765904.506 و Y=3963294.043 قرار دارد. سنگ دربرگیرنده این اندیس گچ و سنگ های کنگلومرایی هستند.

۳-۵-۳-۶- اندیس سیلیس (Si) چاه کبوتر:

این اندیس در حدود ۳/۳ کیلومتری شمال روستای چاه کبوتر به مختصات UTM (متر)، X=761216.118 و Y=3974259.757 قرار دارد. سنگ های دربرگیرنده این اندیس، شیست های پالئوزوئیک هستند.

۳-۵-۳-۷- اندیس سنگ لاشه (Bs) حوض مانی:

این اندیس در حدود ۴/۵ کیلومتری جنوب روستای چکاب و ۶/۶ کیلومتری شمال خاور شهرستان فریمان به مختصات UTM (متر)، X=756575.061 و Y=3964283.386 قرار دارد.

۳-۵-۳-۸- اندیس سنگ لاشه (Bs) زرد کوه:

ایـن انـدیس در حـدود ۳ کیلـومتری خـاور روسـتای چکـاب بـه مختـصات UTM (متـر)، X=760082.053 و Y=2968951.239 قرار دارد.

۳-۵-۳-۹- اندیس سنگ لاشه (Bs) کوه فریمان:

ایـن انـدیس در حـدود ۴/۳ کیلـومتری بـاختر روسـتای اقـر علیـا بـه مختـصات UTM (متـر)، X=760593.871 و Y=3964369.997 قرار دارد.

۳-۵-۳-۱۰- اندیس کروم (Cr) قلعه نو:

این اندیس در حدود ٦ کیلومتری شمال روستای قلعه نو قرار دارد. مختـصات UTM (متـر) آن عبارت است از : X=765951.71 و Y=3956693.76. سنگ های دربرگیرنده ایـن انـدیس، سـنگ هـای مجموعه اُفیولیتی می باشد.

۳-۵-۳-۱۱- اندیس کروم (Cr) بزجانی:

این اندیس معدنی در حدود ۵/۳ کیلومتری جنوب باختر روستای بزجـانی بـه مختـصات UTM (متر)، X=730120.87 و Y=3962106.38 واقع گردیـده اسـت. سـنگ هـای دربرگیرنـده ایـن انـدیس، سنگ های مجموعه اُفیولیتی می باشد.

۳-۵-۳-۱۲- اندیس کروم (Cr) کلاته خوش:

این اندیس در حدود ۰/۶ کیلومتری شمال بـاختر روسـتای کلاتـه خـوش بـه مختـصات UTM (متر)، X=741647.28 و Y=3955998.38 قرار دارد. سنگ های دربرگیرنده این اندیس معـدنی، سـنگ های مجموعه اُفیولیتی می باشد.

۳-۵-۳-۱۳- اندیس کروم (Cr) ناری:

ایـن انـدیس در شـمال بـاختر روسـتای نـاری بـه مختـصات UTM (متـر)، X=740011.85 و Y=3935475.71 واقع شده است. سنگ های دربرگیرنده این انـدیس معـدنی، سـنگ هـای مجموعـه اُفیولیتی می باشد.

۳-۵-۳-۱۴- اندیس کروم (Cr) الم جوق:

ایـن انـدیس در حـدود ۱ کیلـومتری جنـوب روسـتای الـم جـوق بـه مختـصات UTM (متـر)، X=734433 و Y=3961695 قرار دارد. سنگ های دربرگیرنده این اندیس معدنی، سنگ های مجموعـه اُفیولیتی هستند.

۳-۵-۳-۱۵- اندیس کروم (Cr) آبکوه:

این اندیس در فاصله حدوداً ۴ کیلومتری جنوب باختر روستای آبکوه به مختصات UTM (متر)، X=735669.28 و Y=3957595.45 واقع شده اسـت. جـنس سـنگ هـای دربرگیرنـده، اُفیولیـت ملانـژ می باشد.

۳-۵-۳-۱۶-اندیس کروم (Cr) باختر الم جوق:

این اندیس در فاصله ۳/۵ کیلومتری جنوب باختر روستای الم جوق به مختـصات UTM (متـر)، X=730844.00 و Y=3961280.00 در میان سنگ های اُفیولیتی قرار گرفته است.

۳-۵-۳-۱۷- اندیس منیزیت (Mg) قرقناتو:

ایـن انـدیس در جنـوب خـاور روسـتای قرقنـاتو بـه مختـصات UTM (متـر)، X=740313.09 و Y=3940202.40 قرار دارد. سنگ های دربرگیرنده این اندیس، مجموعه اُفیولیتی می باشد.

۳-۵-۳-۱۸- اندیس ژیپس (Gy) چکاب:

این اندیس که در مختصات UTM (متـر)، X=760910.17 و Y=3967279.02 واقـع شـده و در ۳/۷ کیلومتری جنوب خاور روستای چکاب قرار دارد. سنگ های دربرگیرنده این اندیس ژیپس، مـارل و ژیپس مارلی می باشد. لیست اندیس های معدنی به همراه موقعیت UTM (متر) آنها در جدول (۳-۳) آورده شده است.

۳-۵-۳-۱۹- اندیس کروم (Cr) شکرتو:

این اندیس در فاصله حدوداً ۳/۵ کیلومتری جنوب غری روسـتای شـکرتو بـه مختـصات UTM (متر)، X=735932.69 و Y=3931481.31 واقع شده است. این انـدیس در میـان سـنگ هـای اُفیـولیتی قرار دارد.

۳-۵-۳-۲۰- اندیس کروم (Cr) کج درخت:

این اندیس در فاصله حدوداً ۶ کیلومتری جنوب خاور روستای کج درخت بـه مختـصات UTM (متـر)، X=734486.52 و Y=3931813.34 قـرار دارد. سـنگ هـای دربرگیرنـده ایـن انـدیس، اُفیولیـت ملانژها هستند.

در ضمن لیست اندیس های معدنی در جدول (۳-۳) آورده شده است.

جدول ۳-۳- لیست اندیس های معدنی در محدوده شهرستان فریمان به همراه مختصات UTM آنها

ردیف	ماده معدنی	مختصات UTM (متر)	
۱	ژیپس	Y=3967279.02	X=760910.17
۲	منیزیت	Y=3940202.40	X=740313.09
۳	کرومیت	Y=3935475.71	X=740011.85
٤	کرومیت	Y=3955998.38	X=741647.28
٥	کرومیت	Y=3962106.38	X=730120.87
٦	کرومیت	Y=3956693.76	X=765951.71
۷	مس	Y=3956192.70	X=774652.40
۸	مرمریت	Y=3939271.30	X=776329.54
۹	مرمریت	Y=3947213.56	X=733754.74
۱۰	خاک صنعتی	Y=3974216.89	X=736757.67
۱۱	گچ	Y=3963294.04	X=765904.50
۱۲	سیلیس	Y=3974259.76	X=761216.12
۱۳	سنگ لاشه	Y=3964283.38	X=756575.06
۱٤	سنگ لاشه	Y=2968951.24	X=760082.05
۱٥	سنگ لاشه	Y=3964369.99	X=760593.87
۱٦	کرومیت	Y=3961695.00	X=734433.00
۱۷	کرومیت	Y=3957595.45	X=735669.28
۱۸	کرومیت	Y=3961280.00	X=730844.00
۱۹	کرومیت	Y=3931481.31	X=735932.67
۲۰	کرومیت	Y=3931813.34	X=734486.52

۳-۶- برخی دیگر از مناطق مستعّد اکتشاف:

۳-۶-۱- مجموعه ***آمیزه افیولیتی*** موجود در منطقه فریمان نیز دارای انـدیس هـای معـدنی کرومیـت، ساپیولیت، تالک و منیزیت می‌باشد که به خصوص آثـار معـدن کـاری کرومیـت در برخـی نـواحی آن مشاهده می‌شود که حائز اهمیت است.

۳-۶-۲- رخنمونهای ***آندالوزیت شیست*** در جنـوب خـاور منطقـه مـی‌تواننـد دارای ارزش اقتـصادی باشند. عیار سنجی نمونه‌های منطقه فریمان حاکی از وجود عیار متوسـط ۱۱/۹ درصـد آنـدالوزیت در ماده معدنی است. نتایج مطالعات ژئوشیمی بر روی بیش از ٥ نمونه برداشت شده از منطقه، قبل و بعد از فرآوری مقدماتی نشان از افزایش مقدار (اکسید آلومینیوم) از حدود ۱۳ درصد در کانسنگ اولیه تـا حدود ٥۱ درصد در نمونه فرآوری شده (نمونـه بلـوری) و همچنـین کـاهش (اکـسید سیلیـسیم) از ٦٦ درصد در نمونه‌های کلی، به حدود ٤۷ درصد در نمونه‌های فرآوری شده دارد.

۳-۷- پردازش داده های ماهواره ای به منظور تشخیص آلتراسیون ها:

سنجش از دور تکنولوژی کسب اطلاعـات و تـصویربرداری از زمـین بـا اسـتفاده از تجهیـزات هوانوردی مثل هواپیما، بالن یا تجهیزات فضایی مثل ماهواره است. به عبـارتی دیگـر، سـنجش از دور عبارت است از علم و هنر کسب اطلاعات فیزیکی و شیمیایی از پدیـده هـای زمینـی و جـوی از طریـق ویژگی های امـواج الکترومغناطیـسی بازتـابی یـا منتـشر شـده از آن هـا و بـدون تمـاس مـستقیم بـا پدیده های مذکور می باشد.

سیستم‌های سنجش ازدور ماهواره ای با توجه به ویژگی های منحصر بـه فـردی چـون تـامین دید وسیع و یکپارچه از منطقـه، اسـتفاده از گـستره طیـف الکترومغناطیـسی جهـت ثبـت خـصوصیت پدیده ها، پوشش های تکرار شونده زمانی و مکانی و سرعت انتقال و تنوع اشکال داده ها و امکان بـه کارگیری سخت افزارها و نرم افزارهای تخصصی رایانه ای، هزینه پایین نسبت بـه سـایر روش هـای تحقیقات میدانی در سطح جهان کاربرد زیادی پیدا کرده است و به عنوان ابزاری مناسب در ارزیابی و پایش، کنترل و مدیریت پایدار محیط زیست و منابع سرزمین مانند آب و خاک، هوا، جنگل، محصولات کشاورزی، مراتع و غیره بکار گرفته شده و به مرور بر دامنـه و وسـعت کـاربری هـای آنهـا افـزوده

می شود. در زمینه بررسی آلودگی‌های محیط زیست نیز تصاویر ماهواره ای، در دهه های اخیر اطلاعات مناسبی را در اختیار متخصصان این امر قرار می دهند.

باتوجه به نکات مورد اشاره و هدف تهیه بانک اطلاعات جامع شهرستان‌های استان خراسان رضوی، استفاده از اطلاعات دورسنجی می تواند کمک بزرگی در جهت اهداف این طرح بنماید که کار سنجش از دور شهرستان فریمان در همین راستا صورت پذیرفته است.

در سنجش از دور، انتقال اطلاعات با استفاده از تشعشعات الکترومغناطیسی (EMR) انجام می گیرد. تجزیه و تحلیل کننده (user) با کمک داده هایی که توسط سنجنده جمع آوری شده اطلاعات مربوط به نوع، میزان، موقعیت و شرایط منابع مختلف زمین را استخراج می نماید، سپس این اطلاعات (به صورت نقشه ها، جداول چاپی یا فایل‌های کامپیوتری) با لایه های دیگر اطلاعات در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ادغام و برای مصرف کاربران آماده می‌شود.

سنجش از دور در بسیاری از زمینه های علمی و تحقیقاتی کاربردهای گسترده ای دارد. از جمله کاربردهای فن سنجش از دور، می توان به استفاده از آن در زمین شناسی، آب شناسی، معدن، شیلات، کارتوگرافی، جغرافیا، مطالعات زیست شناسی، مطالعات زیست محیطی، سیستم های اطلاعات جغرافیایی، هواشناسی، کشاورزی، جنگلداری، توسعه اراضی و به طورکلی مدیریت منابع زمینی و غیره اشاره کرد. سنجش از دورمی تواند تغییرات دوره ای پدیده های سطح زمین را نشان دهد و در مواردی چون بررسی تغییر مسیر رودخانه ها، تغییر حد و مرز پیکره های آبی چون دریاچه ها، دریاها و اقیانوس‌ها، تغییر مورفولوژی سطح زمین و غیره بسیار کارساز است. افزون بر این یک سیستم سنجش از دور با توجه به این که بر اساس ثبت تغییرات واختلاف های بازتابش الکترومغناطیسی از پدیده های مختلف کار می کند، می تواند حد و مرز پدیده های زمینی اعم از مرز انواع خاک ها، سنگ ها، گیاهان، محصولات کشاورزی گوناگون و ... را مشخص کند. سنجش از دور در پیش بینی وضع هوا و اندازه گیری میزان خسارت ناشی از بلایای طبیعی، کشف آلودگی آب‌ها و لکه های نفتی در سطح دریا، اکتشافات معدنی نیز کاربرد دارد. بدون شک استفاده از این فن در مطالعات اکتشافی و منابع طبیعی و سایر موارد پیش گفته، نه تنها سرعت انجام مطالعات را بیشتر می کند، بلکه از نظر دقت و هزینه و نیروی انسانی نیز بسیار با صرفه تر است.

کاربردهای سنجش از دور در مطالعات زمین شناسی و بلایای طبیعی را می توان در موارد زیر خلاصه کرد:

- تهیه نقشه های زمین شناسی
- تهیه نقشه های موضوعی (نقشه خاک شناسی، نقشه ذخایر تبخیری سطحی مثل نمک ها و پتاس)
- مشخص کردن مرز سازندهای زمین شناسی (نقشه سازه های سنگی)
- مطالعه گسله ها و نحوه حرکت آن ها (نقشه گسله ها و شکستگی ها)
- در زمینه اکتشاف معادن وآنومالی های معدنی (تشخیص آلتراسیون ها)

با استفاده از داده های ماهواره ای می توان مرزهای بسیاری از سازندهای زمین شناسی را از یکدیگر تفکیک کرد، گسله ها را مورد مطالعه قرار داد و نقشه های گوناگون زمین شناسی تهیه کرد.

از جمله نقشه های زمین شناسی گوناگون که با استفاده از داده های ماهواره ای می توان تهیه کرد، نقشه گسله ها و شکستگی ها، نقشه سازندهای سنگی مختلف، نقشه خاک شناسی و نقشه پتانسیل ذخایر تبخیری سطحی را می توان نام برد. افزون براین با توجه به گستره بسیار وسیع زیر پوشش هر تصویر ماهواره ای، چنین تصاویری برای مطالعات کلان منطقه ای برای زمین شناسان بسیار مفید است.

باتوجه به موارد یادشده، استفاده از علم سنجش از دور جهت تهیه نقشه های زمین شناسی، به‌خصوص تهیه نقشه های آلتراسیون و تلفیق اطلاعات حاصل از پردازش اطلاعات ماهواره ای با دیگر اطلاعات شامل اطلاعات صحرایی، می تواند نتایج دقیق تر وکاملتری را دارا باشد. لذا جهت تهیه پتانسیل یابی ذخایر معدنی شهرستان فریمان تصمیم بر این شد تا با پردازش وتلفیق داده های مختلف از جمله داده های با اهمیت ASTER و داده های ETM+,IRS نتایج دقیق تر و کاربردی‌تر حاصل شود.

۳-۲-۱- پردازش اطلاعات با هدف تفکیک واحدهای سنگی:

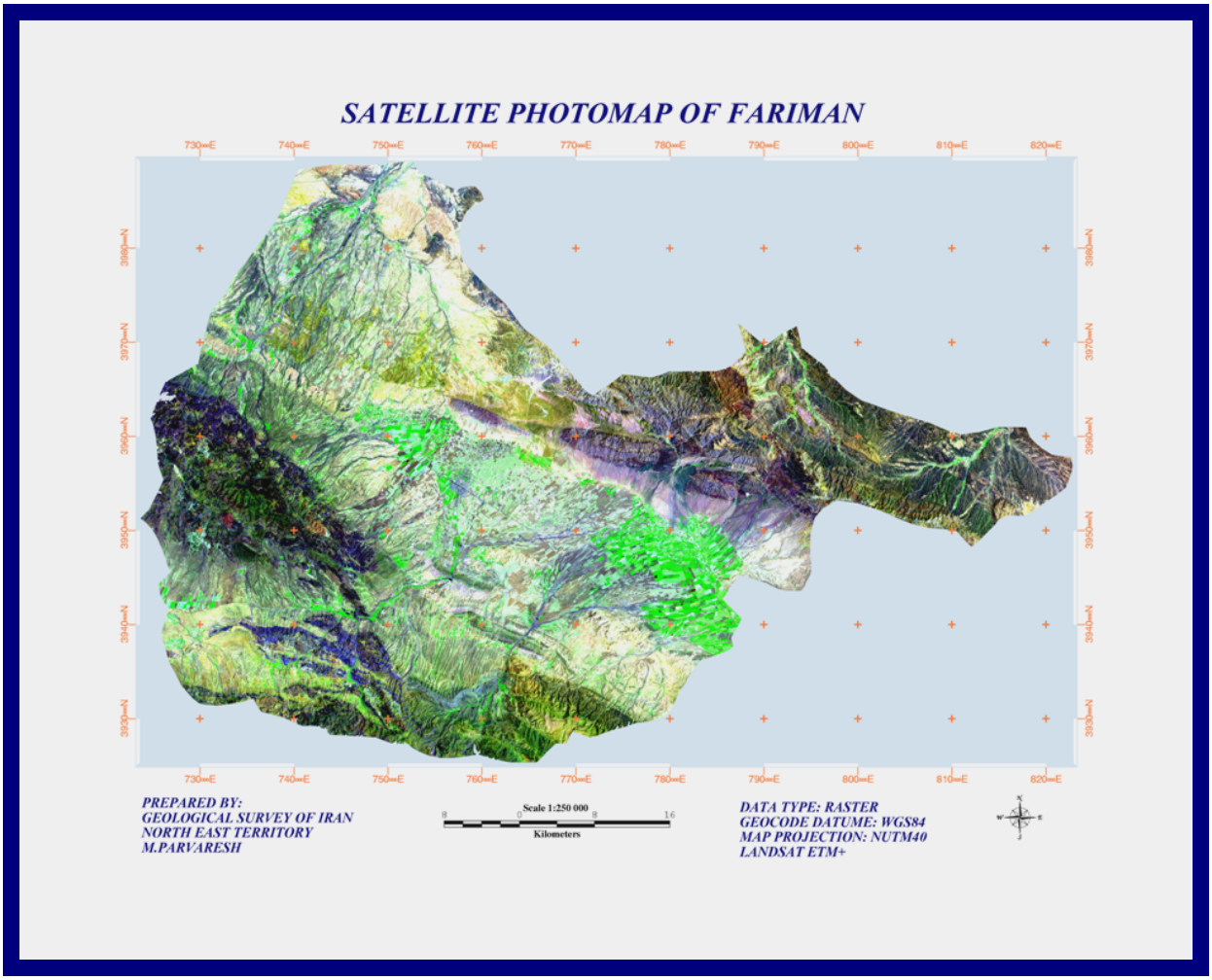
در این مرحله با توجه به مقیاس مورد نظر برای خروجی و انتخاب محدوده پردازش شده، عکس - نقشه از محدوده مورد مطالعه تهیه گردید. انجام این مرحله کار، با نرم افزارهای ENVI و

ER-MAPPER در این تحقیق انجام شده است و در مرحله بعد با مقایسه ترکیب باندهای مختلف، بهترین خروجی به صورت لایه اطلاعاتی (به صورت فایل با فرمت خاص) تهیه شد.

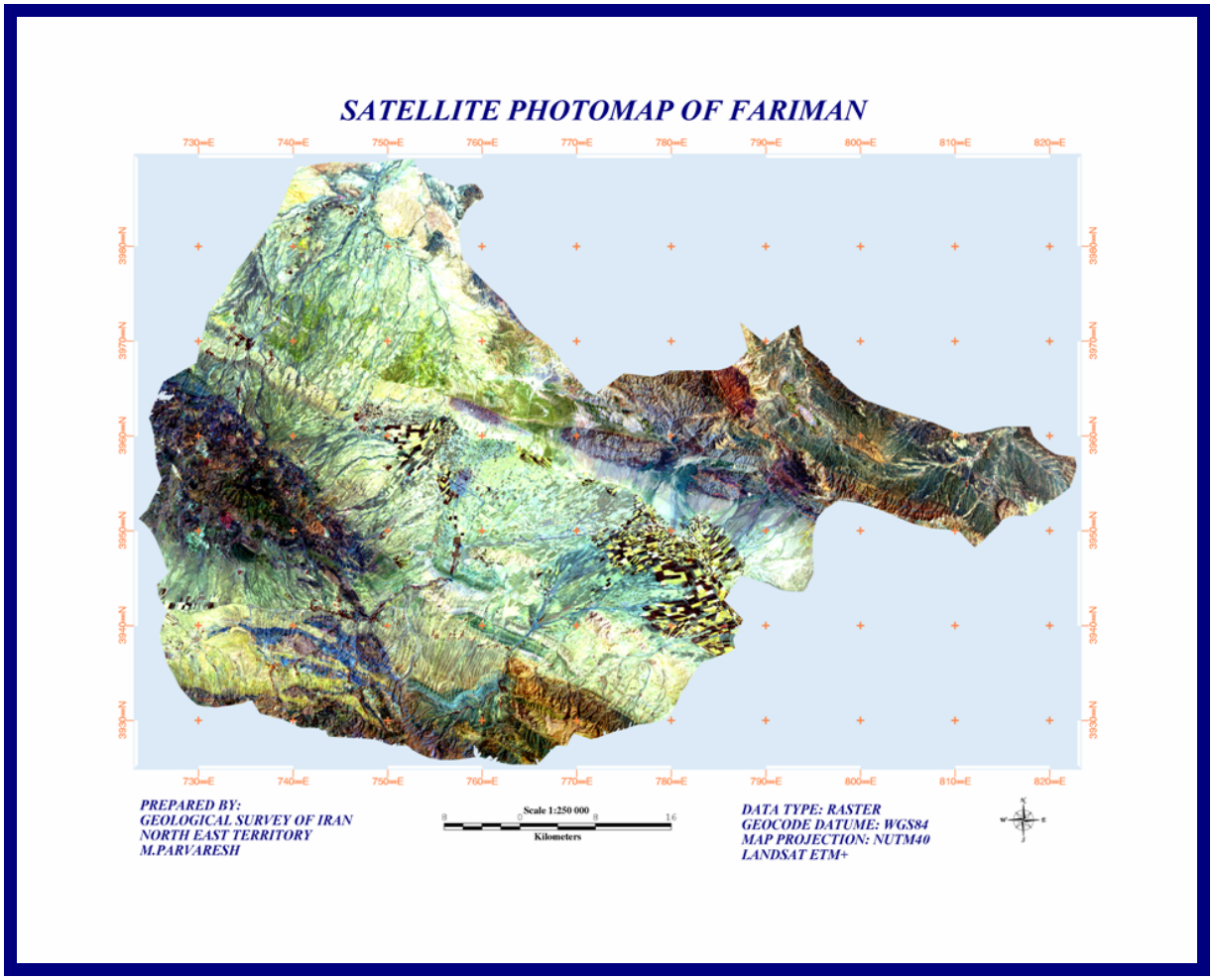
برای تفکیک واحدهای سنگی و تهیه عکس – نقشه (فتومپ) تفکیک واحدهای سنگی شهرستان فریمان از ترکیب باندهای متفاوتی استفاده شد که در نهایت ترکیب باندی ۷،۴،۲ (شکل ۳-۵) که بیشترین تفکیک واحدهای سنگی را دربرداشته و پوشش گیاهی در آن به رنگ سبز مشخص است، و ترکیب باندی ۵۳۱ که اغلب بهترین ترکیب جهت تفکیک واحدهای سنگی انتخاب گردید (شکل ۳-۶).

ترکیب باندی۲و۴ و۷ (به صورت باند ۷ در کانال قرمز باند ۴ در کانال سبز و باند ۲ در کانال آبی) این ترکیب برای کاربردهای زمین شناسی و تفکیک واحدهای سنگی مورد استفاده قرار می گیرد. گاهی اوقات از باند ۱ به جای باند ۲ در کانال آبی در ترکیب باندی فوق استفاده می شود (به صورت ترکیب ۱و۴و۷). این ترکیب باندی برای تفکیک واحدهای زمین شناسی در مناطق خشک و لم یزرع نتایج بهتری نسبت به مناطق دارای پوشش گیاهی خواهد داشت. در این ترکیب باندی، کانی های رسی روشن تر از بقیه واحدها هستند (شکل ۳-۵).

ترکیب باندی ۱و۳و۵ (باند ۵ در کانال قرمز، باند ۳ درکانال سبز، باند۱ در کانالهای آبی)، این ترکیب به دلیل استفاده از باند۳ (بارز سازی اکسید های آهن) باند ۵ (بارز سازی کانی های رسی)، کاربرد زمین شناسی داشته و گاه بهترین ترکیب جهت تفکیک واحدهای سنگی می باشد و می تواند جهت تفکیک آلتراسیون ها نیز استفاده گردد (شکل ۳-۶).



شکل (۳-۵) *ترکیب باندی۲و۴ و۷* جهت تفکیک واحدهای زمین شناسی وپوشش گیاهی



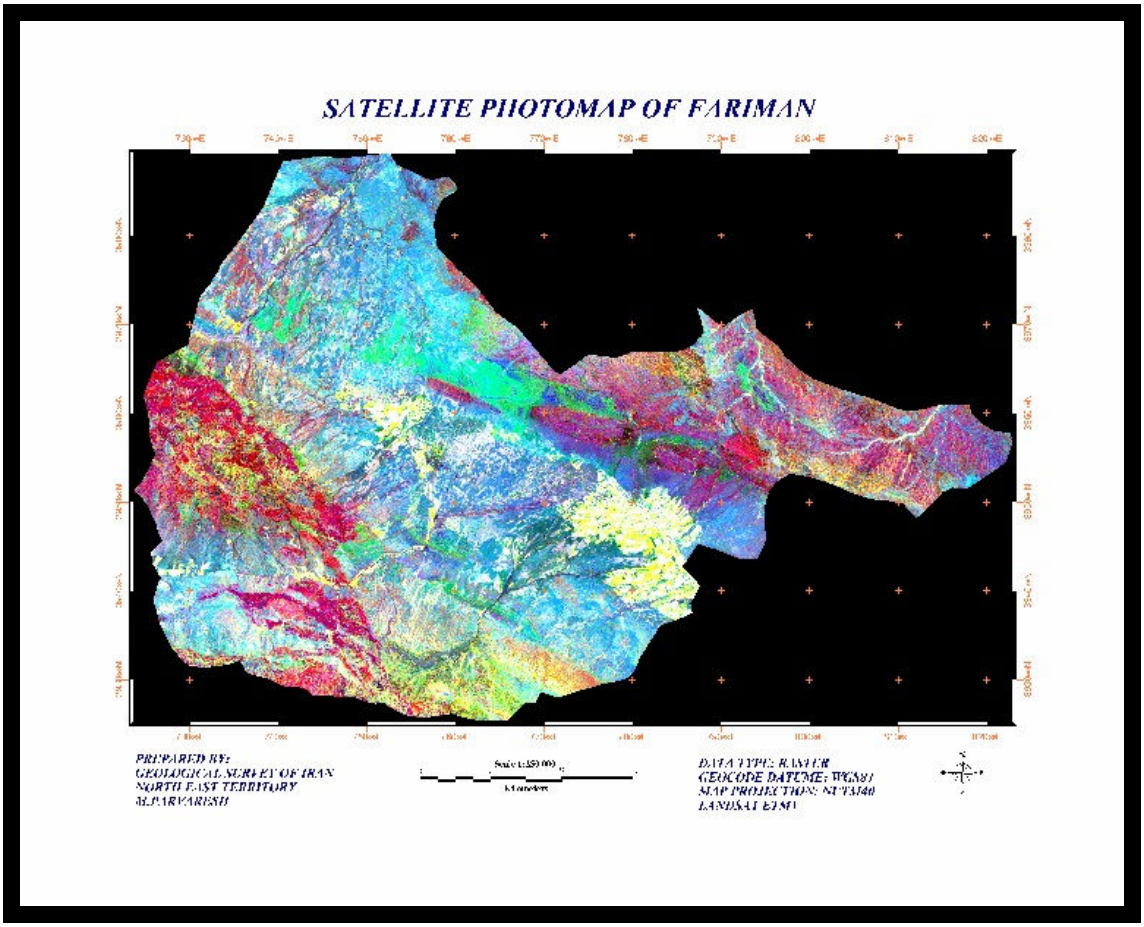
شکل (۳-۶) ترکیب باندی ۱و۳ و۵ جهت تفکیک واحدها ی زمین شناسی

۳-۷-۲- پردازش اطلاعات با هدف تفکیک آلتراسیون ها با استفاده از داده لندست ETM+:

تصاویر نسبی بر اساس ویژگی های بازتابی کانی های دگرسانی و با تقسیم ارزش های رقومی یک باند طیفی بر باند دیگر ساخته می شود و در تشخیص مناطق دگرسانی واجد آلتراسیون نقش به سزایی دارد. در تصاویر نسبتی، تغییرات ظریف طیفی پدیده ها به علت حذف عوامل و پارامترهایی که اثرات نا مطلوب (مانند اثر توپوگرافی) دارند، نسبتا به طور نسبی بهتر از تصاویر خام اولیه نمایان می گردد. در تصاویر نسبی حداکثر روشنی و تیرگی درجه خاکستری مربوط به پیکسل هایی است که بزرگترین اختلاف را در میزان بازتاب بین دو باند طیفی دارند. بخش های تیره مربوط به نواحی است که مخرج کسر از صورت بزرگتر است و برعکس بخش های روشن جایی است که صورت از مخرج بزرگتر است و هر جا که صورت و مخرج با هم مساوی باشند هیچ اختلافی بین دو باند وجود ندارد. باندهای طیفی معمولاً طوری انتخاب می‌شوند که یک باند طیفی در محدوده

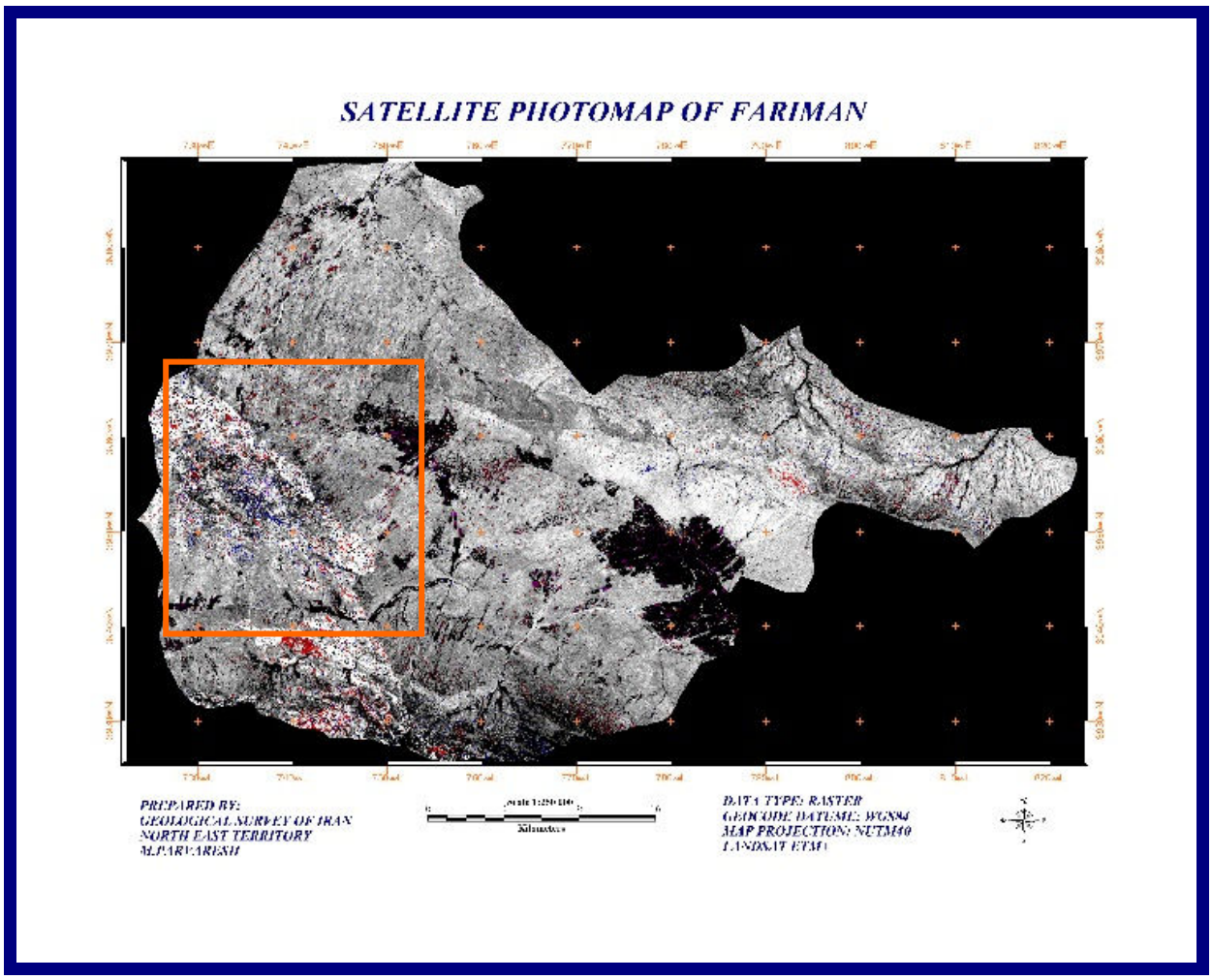
جذب و باند دیگر در محدوده حداکثر بازتابش هدف مورد نظر قرار گیرد. این نحوه انتخاب باعث آشکار شدن ترکیب شیمیایی مواد زمینی در تصویر حاصله می‌شود، در حالیکه اثر اندازهٔ دانه، شیب توپوگرافی، موقعیت خورشید و جَوْ پوشانده می‌شود. به منظور بارزسازی نواحی آلتراسیونی در محدوده مورد مطالعه در مرحله اول از روش نسبت باندی بر روی داده های لندست ETM^+ استفاده شده است :

نسبت باندی با استفاده از ۵ به ۷ در کانال قرمز، ونسبت ۴ به ۱ در کانال سبز و نسبت ۴ به ۷ در کانال آبی استفاده شده است که با استفاده از این نسبت باندی مناطق با احتمال وجود آلتراسیون و کانی های رسی به رنگ قرمز تا صورتی نمایش داده شده و اکسید آهن به رنگ آبی مشاهده می شود (شکل ۳-۷).



شکل (۳-۷) بارز سازی آلتراسیون با استفاده از نسبت باندی ۷ /۴، ۴/۳، ۵/۷ با استفاده از داده +ETM

پس از بررسی نمودارهای طیفی مربوطه و تعیین حد آستانه، با استفاده از توابع تحلیل طیفی در نرم افزار ENVI، تنوع دگرسانی‌های احتمالی منطقه مورد نظر روی تصویر زمینه بارز گردید که نتیجه به دست آمده، بیشترین انطباق را با نسبت های باندی فوق الذکر دارد (شکل۳-۸).



شکل (۳-۸) بارزسازی تنوع آلتراسیونی با استفاده از با استفاده از توابع تحلیل طیفی با استفاده از داده ETM+

۳-۷-۳- پردازش اطلاعات با هدف تفکیک آلتراسیون ها با استفاده از داده ASTER:

Aster یکی از چند سنجنده ماهواره Terra می باشد که در سال ۱۹۹۹ به فضا پرتاب شد، سنجنده های Aster انعکاس و انتشار حاصل از تابش امواج الکترومغناطیس بر روی سطح زمین و اتمسفر را در ۱۴ کانال اندازه گیری می کنند و در سه گروه کانال دسته بندی می شوند:

سه ثبت (باند) مربوط به محدوده تابش مرئی و نزدیک مادون قرمز (به طور اختصار VNIR[1]) با وضوح فضایی ۱۵ متر ،۶ ثبت (باند) مربوط به تابش امواج کوتاه مادون قرمز (به اختصار SWIR[2]) با وضوح فضایی حدود ۳۰ متر و ۵ باند مربوط به تابش مادون قرمز حرارتی (به اختصار TIR[3]) با وضوح فضایی ۹۰ مترمی باشد.

وضوح بالاتر طیفی Aster به خصوص در ناحیه امواج کوتاه مادون قرمز امواج الکترومغناطیس (در شکل ۱ با داده Landsat مقایسه شده است)، این داده را یکی از بهترین داده ها برای شناخت کانی‌ها و گروه کانی های مثل رس‌ها ، کربنات‌ها و سیلیس ها و اکسید آهن و دیگر سیلیکات ها ساخته است. وجود باند Backward looking در VNIR باعث شده تا از داده های Aster جهت ساخت مدل ارتفاعی رقومی از باندهای ۳ N و ۳ b استفاده های خوبی گردد. عرض نوار پویش ۶۰ کیلومتری Aster (هرسین با حدود مساحت 60km * 60km) از این داده ها، داده های مفید جهت تهیه نقشه های ناحیه ای ساخته است .

Wavelength region	**Wavelenth (nm) range**	**Mineralogy**	**Associated molecular feature**
VNIR	400-1100	Fe and Mn oxides, rare earths	Crystal field absorption, charge transfer absorption
SWIR	1100-2500	Hydroxyls, carbonates, sulfates, micas, amphiboles	$Al(OH)_2$, $Fe(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, NH_4, SO_4 absorption, CO_3
TIR	8000-14 000	Carbonates, silicates	Si-O bond distortion

مطالعات نشان داده است که داده‌های ASTER داده‌های ارزشمندی جهت بارز نمودن آلتراسیون های مختلف و تهیه نقشه‌های آلتراسیون به خصوص در مرحله اکتشاف مقدماتی می‌باشند. این داده‌ها می‌توانند به صورت ناحیه‌ای برای تفکیک انواع آلتراسیون به کار رود. در مطالعات صورت گرفته به وسیله پردازش اطلاعات ماهواره‌ای برای پتانسیل یابی شهرستان فریمان در مرحله اول از داده‌های Landsat ETM^+ جهت مشخص نمودن نواحی واجد آلتراسیون استفاده گردید که نتایج آن در شکل‌های ۱ تا ۴ مشخص شد. این بررسی ها نشان داد که برخی از مناطق از جمله محدوده خاوری شهرستان فریمان نزدیک به محدوده آق دربند و سفید سنگ و مهمتر از آن، محدوده جنوب باختر شهرستان فریمان (محدوده افیولیت‌های فریمان) دارای آنومالی بارز آلتراسیونی می‌باشند.

از آنجایی که داده‌های لندست ETM^+ با وجود تفکیک نسبتاً خوب واحدها، قادر به جداسازی دقیق انواع آلتراسیون همانند آلتراسیون های پروپلیتیکی، آرژیلیکی و فیلیکی نمی‌باشد و بیشتر به دلیل محدودیت باندی، آلتراسیون های رسی و نواحی دارای آلتراسیون های اکسیدهای آهن را مشخص می‌نماید. لذا در مرحله بعدی سعی بر این شد تا با استفاده از داده‌های ASTER و مطالعات با جزئیات بیشتر (detailed) و موضوعی آلتراسیون های مختلف تفکیک شود. به دلیل نبود داده های ASTER نواحی خاوری شهرستان فریمان (ورقه های ۱:۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ و آق دربند)، تنها داده های ASTER نواحی باختری شهرستان فریمان ومحدوده مشخص شده در شکل (۴) که به صورت یک کادر نارنجی رنگ در جنوب باختر شهرستان فریمان قرار گرفته و دارای رخنمون های اُفیولیتی است، مورد پردازش قرار گرفت که نتایج در ادامه آورده شده است.

در مرحله اول استفاده از داده ASTER با استفاده از ترکیب باندی، باندهای ۴ و ۶ و ۸ (۴ در R و ۶ در G و ۸ در B) آلتراسیون پروپلیتیک و آرژیلیک مورد تفکیک قرار گرفت. همان طور که در شکل (۳-۹) مشخص می‌شود، نواحی سبز رنگ (افیولیت‌های فریمان) نشانگر آلتراسیون پروپلیتیک بوده و نواحی با رنگ صورتی آلتراسیون آرژیلیک را مشخص می‌کنند.

برای بارز سازی بهتر نواحی آلتراسیونی و نواحی با احتمال بالاتر وجود آلتراسیون آرژیلیکی و کائولینیتی، از ترکیب باندی **4,5,6** (۴ در R و ۵ در G و ۶ در B) استفاده گردید که همان طور که در

شکل (۳-۱۰) مشاهده می‌شود، نواحی صورتی رنگ آلتراسیون آرژیلیکی و نواحی مایل به نارنجی نواحی با آلتراسیون فیلیک را مشخص می‌کنند.

جهت تفکیک واحدها و مشخص شدن پوشش گیاهی از ترکیب باندی **3,2,1** استفاده گردید. تفکیک پوشش گیاهی از این نظر اهمیت دارد که گاه با آلتراسیون های کائولینتی و آرژیلیکی اشتباه گرفته می‌شوند. همان طور که در تصویر شماره (۳-۱۱) مشاهده می‌شود واحدهای مختلف تا حدی تفکیک شده و پوشش گیاهی به رنگ قرمز مشاهده می‌شود.

به منظور بارزسازی آلتراسیون واجد یون آهن فریک Fe^{3+} از نسبت باندی ۳ به ۱ استفاده گردید که نتیجه آن در شکل (۳-۱۲) مشاهده می‌شود. مناطق واجد این یون به رنگ سفید بارز شده که نواحی با احتمال بالاتر با فلش‌های رنگی مشخص شده است.

به دلیل اهمیت آلتراسیون نوع فیلیک که کانی های اسمکتیت، موسکویت، سریسیت و ایلیت را شامل می‌شود از نسبت باندی $\frac{(5+7)}{6}$ استفاده گردید که همان طور که در شکل (۳-۱۳) مشاهده می‌شود نواحی واقع در مرکز و باختر توده، این آلتراسیون را به خوبی نشان می‌دهند. شکل (۳-۱۴) تکمیل کننده شکل (۳-۱۳) بوده و در تصویر فوق از نسبت باندی ۷ به ۶ برای مشخص کردن سریسیت استفاده شده است که نتایج آن در این شکل مشاهده می‌شود. کانی سریسیت در مرکز آلتراسیون فیلیک تجمع بیشتری نشان می‌دهد.

یکی از قابلیت‌های داده‌های ASTER به خصوص باندهای SWIR بارزسازی کانی های واجد ALOH می‌باشد که در بحث اکتشاف کاربرد فراوان دارد بدین منظور با تلفیق روش های نسبت باندی و روش ترکیب باندی به صورت 5/6 در کانال R و 7/6 در کانال G و 7/5 در کانال B استفاده گردید که نتیجه آن در شکل (۳-۱۵) مشخص است.

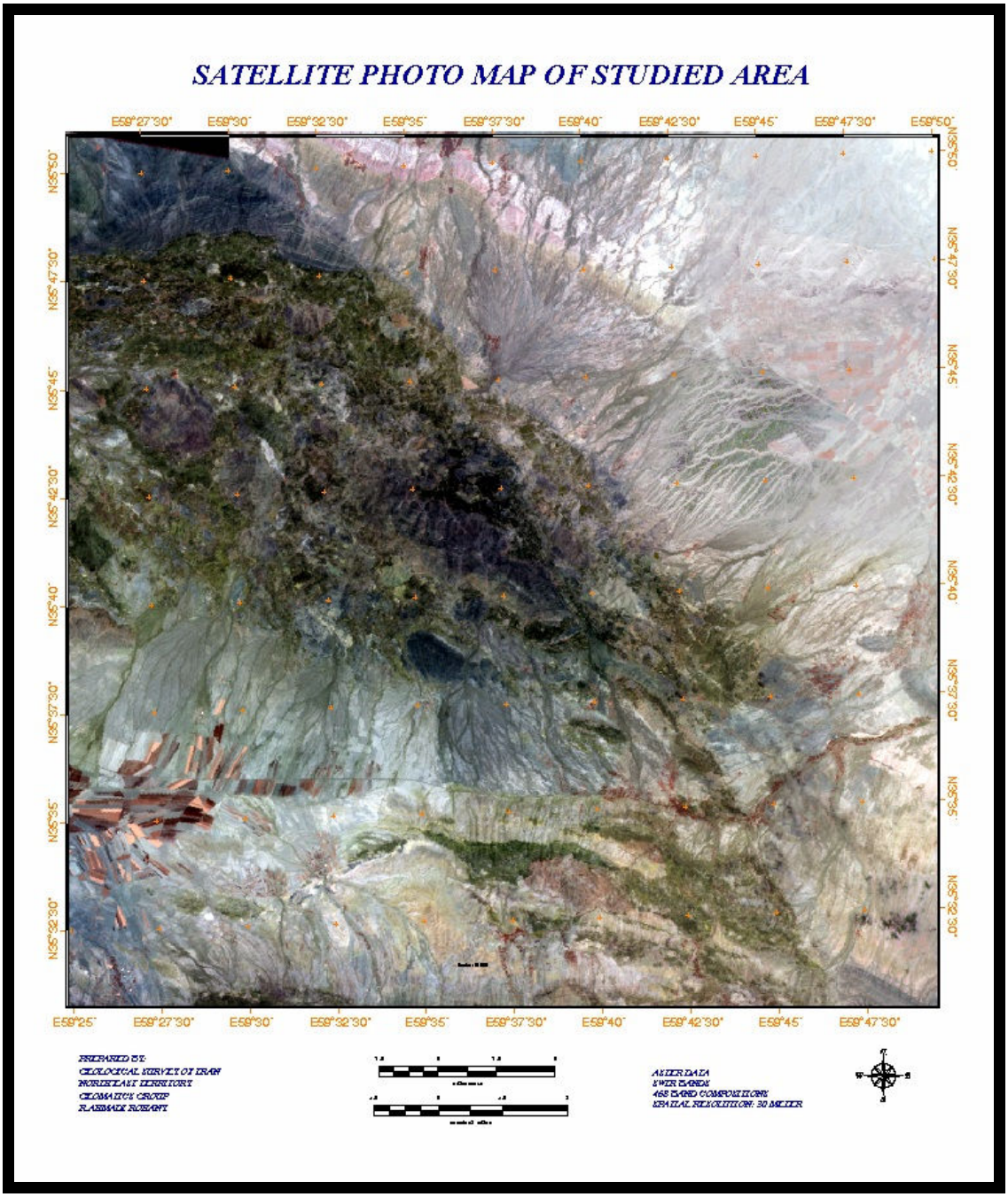
بارزسازی واحدهای واجد سیلیس با استفاده از ترکیب باندی 10، 12 و 13 در شکل (۳-۱۶) مشخص است که نواحی واجد سیلیس به رنگ صورتی تا قرمز مشاهده می شود.

با بررسی کلیه پردازش‌های صورت گرفته در محدوده در نظر گرفته شده، می‌توان این گونه نتیجه گیری کرد که این توده یک زون‌بندی نسبی آلتراسیون را نشان می‌دهد به طوری که آلتراسیون فیلیک در مرکز و پروپلیتیک در اطراف آن قابل مشاهده است .

۳-۷-۴- نکات قابل توجه در مورد استفاده از داده های ASTER:

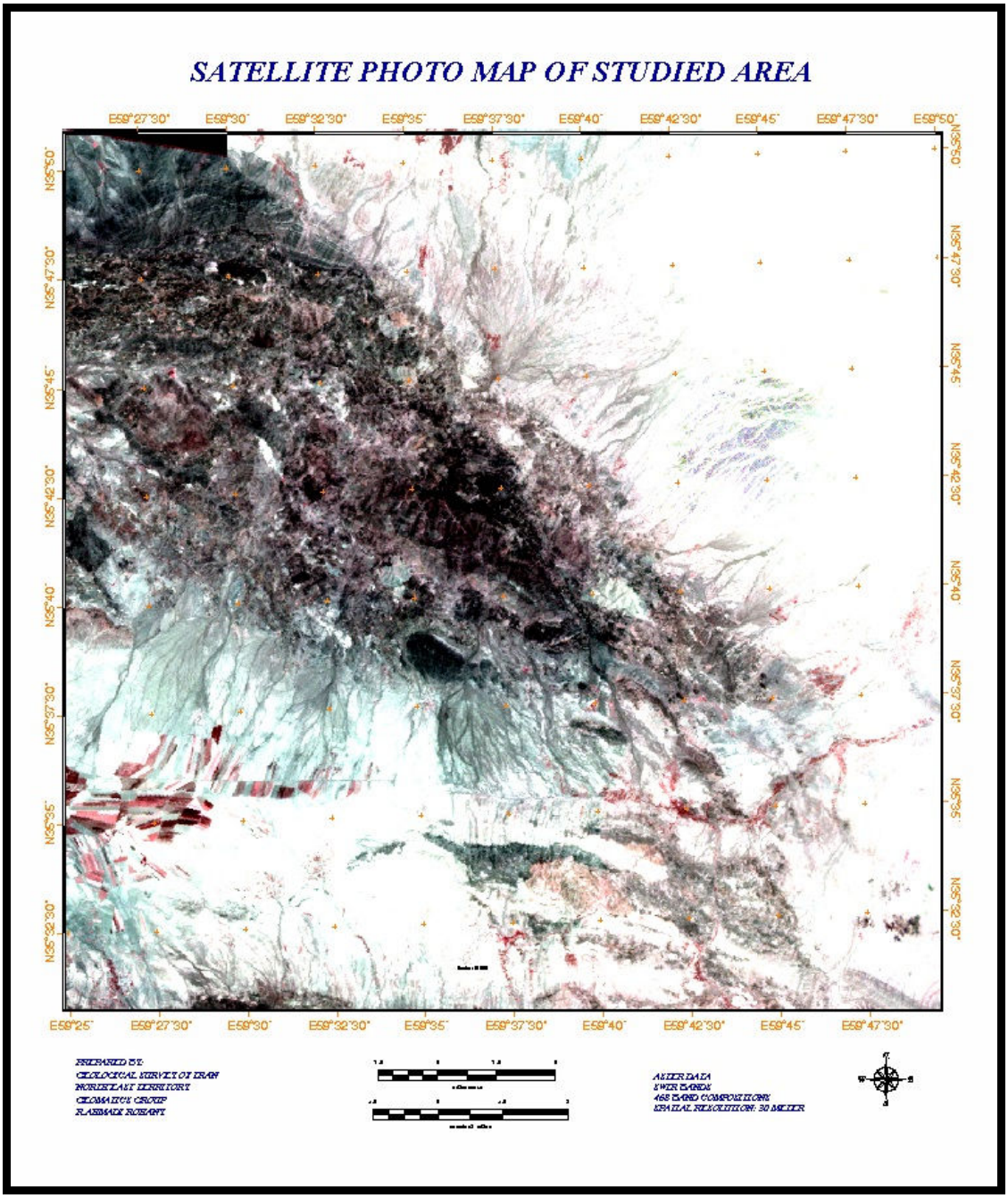
در مجموع ، موارد مختلفی برای استفاده از داده های Aster جهت نقشه برداری کانی شناسی ناحیه ای وجود دارد که بایستی به آنها توجه کامل داشت. در ابتدا باید دانست که تاثیرات اتمسفری، پوشش گیاهی و پوشش ابر می توانند به طور جدی بر روی ماسک یا تغییر سیگنال‌های سطحی اثر بگذارند. دوم اینکه باندها و نسبت‌های باندی دقت تشخیص یک مینرال یا کیفیت آن را کاملا مشخص نمی کنند و بنابراین، بررسی های زمینی مورد نیاز است. سوم اینکه موقعیت هرعارضه متفاوت است، بنابراین نسبت‌هایی که کار می شود در بعضی نواحی برای یک مینرال خاص یا مجموعه مینرالی، ممکن است همان نتیجه را در جای دیگر نشان ندهد.

با توجه به این فاکتورها نتیجه گیری می شود که نبایستی به تصاویر Aster به تنهایی نگاه کرد و دیگر اطلاعات نیز باید در نظر گرفته شوند. در صورت امکان اطلاعاتی همچون نقشه های زمین شناسی و ساختمانی و اطلاعات ژئوشیمیایی، اطلاعات آنالیز PIMA، اطلاعات پرتوسنجی و دیگر اطلاعات در دسترس بایستی در به دست آوردن بهترین نتایج از اطلاعات Aster مورد بررسی قرار گیرد.

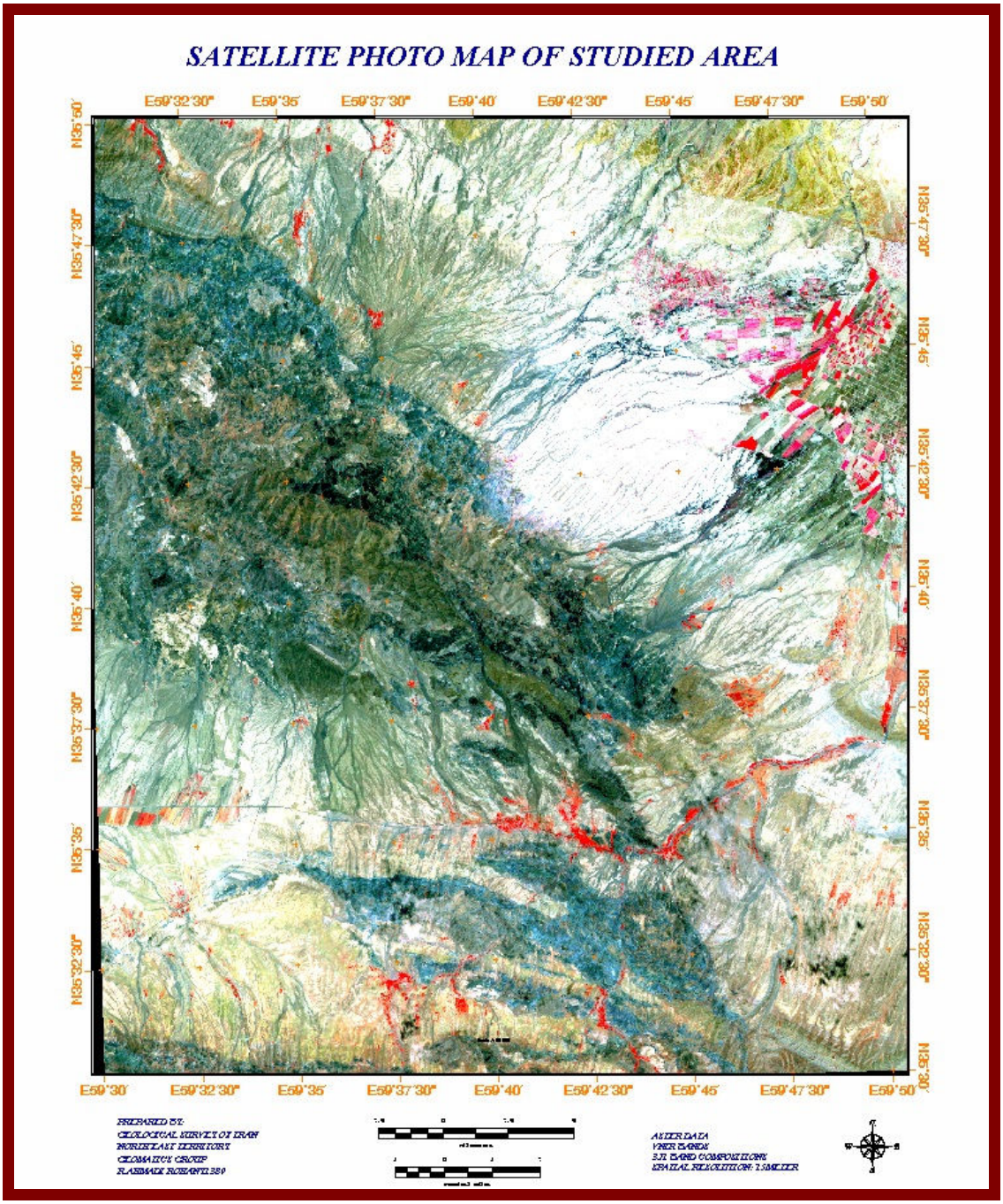


شکل (۳-۹) تفکیک آلتراسیون های پروپیلیتیک و آرژیلیک با استفاده از ترکیب باندی داده های ASTER

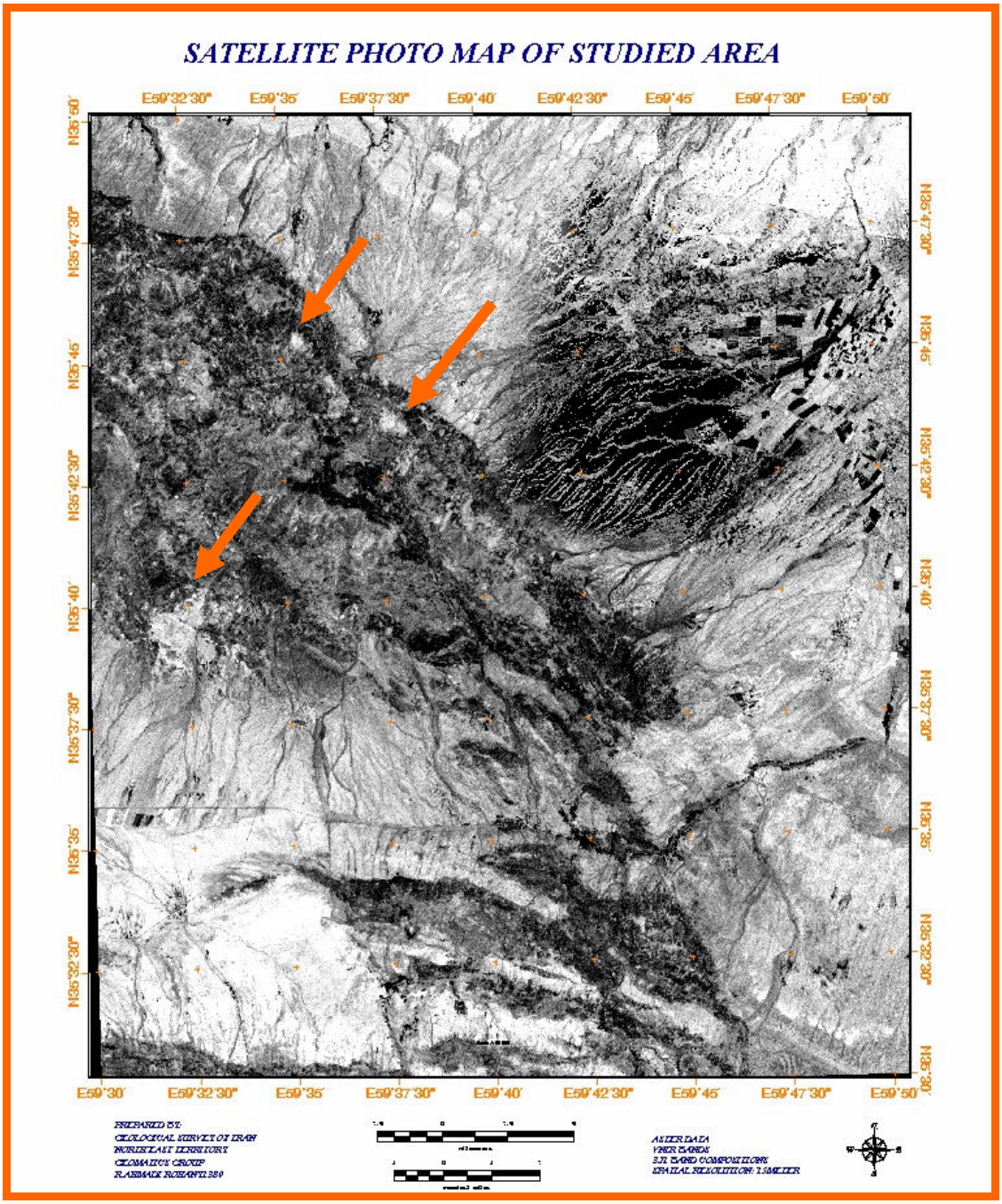
آلتراسیون پروپیلیتیک به رنگ سبز و آلتراسیون آرژیلیک به رنگ صورتی.



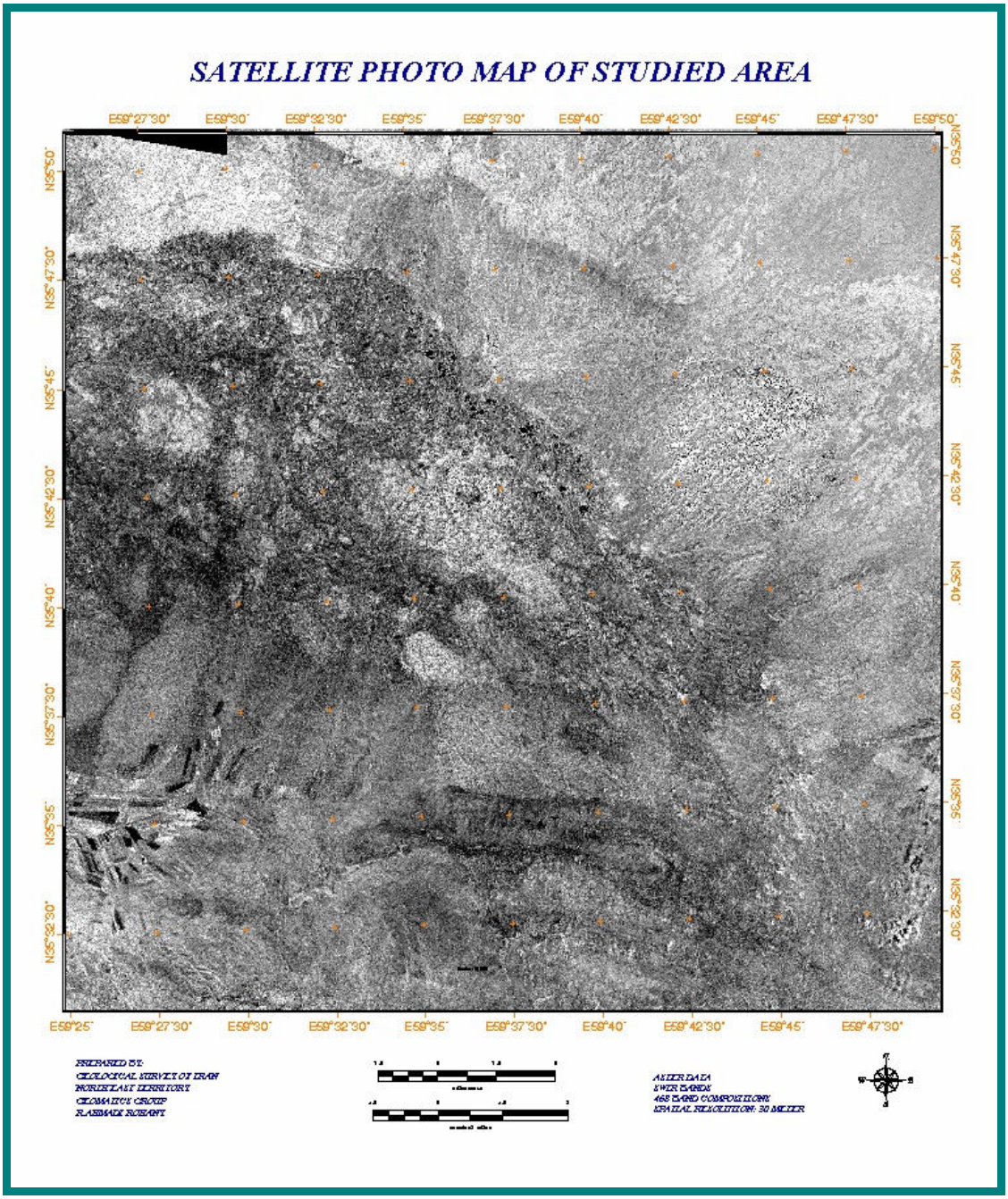
شکل (۳-۱۰) بارزسازی آلتراسیون های کائولینیتی و آرژیلیکی با استفاده از ترکیب باندی داده های ASTER محدوده های صورتی رنگ این آنومالی ها را نشان می دهند.



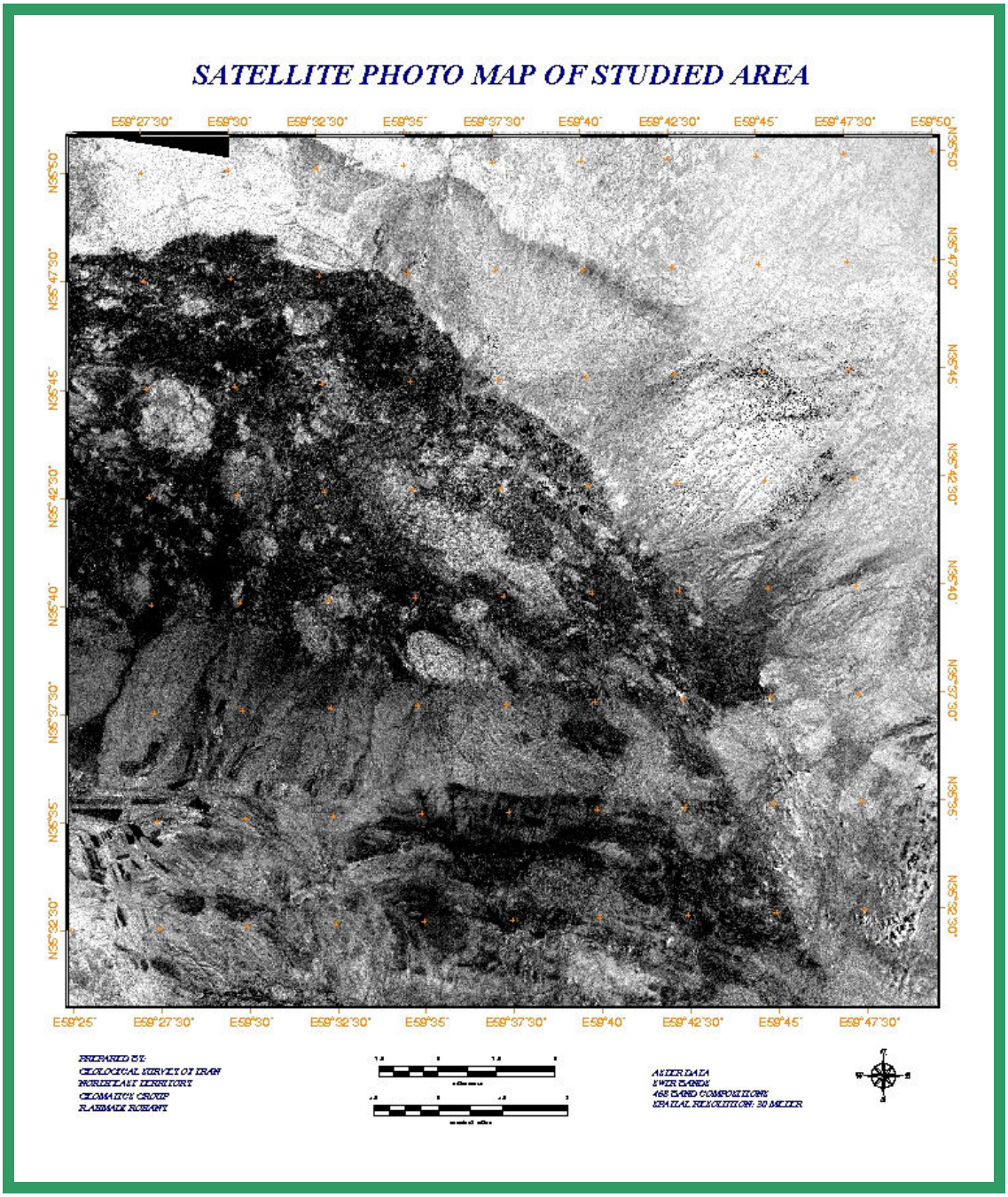
شکل (۳-۱۱) بارزسازی پوشش گیاهی و تفکیک واحدها با استفاده از ترکیب باندی داده های ASTER محدوده های قرمز رنگ پوشش گیاهی را نشان می دهند.



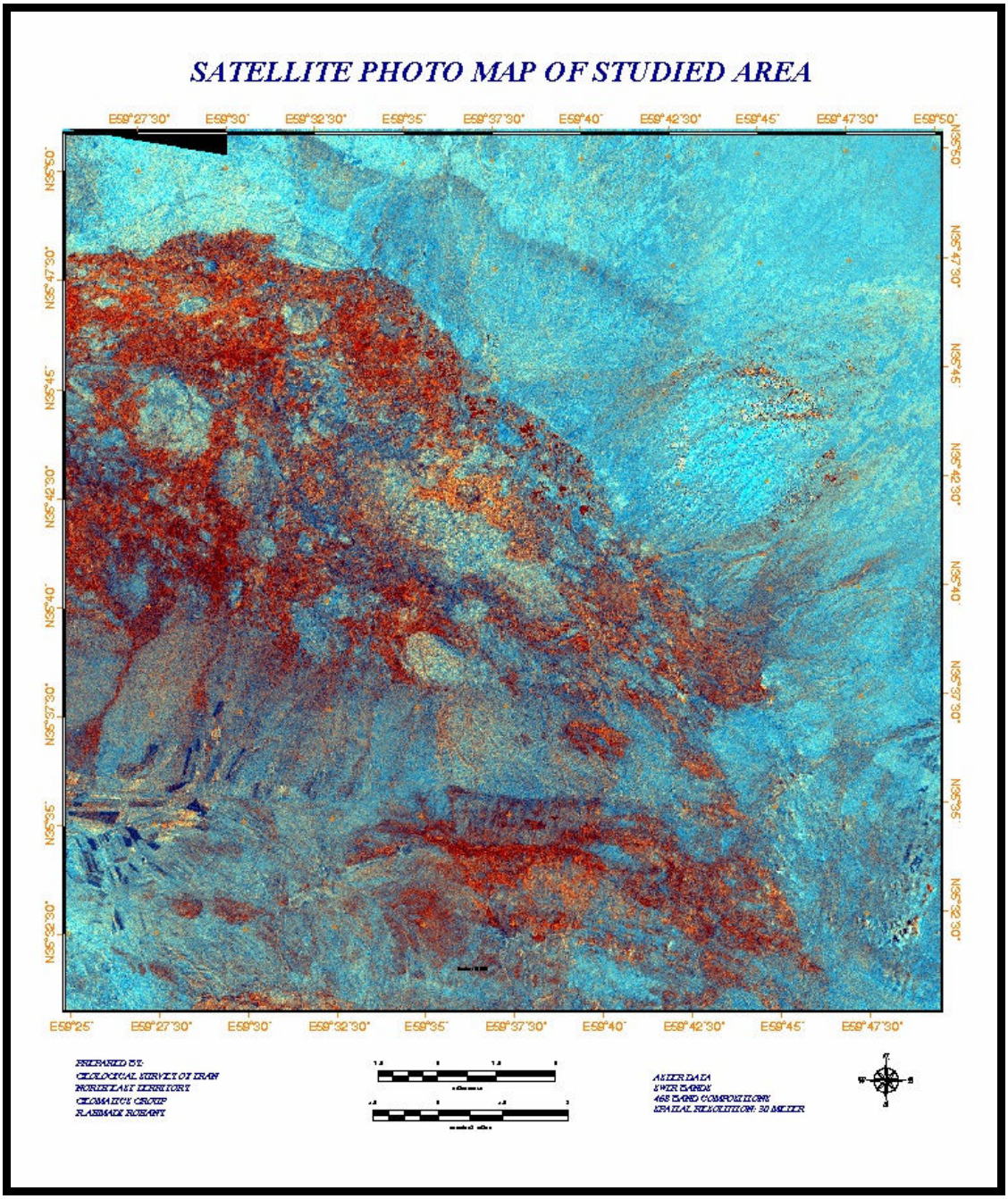
شکل (۳-۱۲) بارزسازی آلتراسیون های واجد یون آهن فریک Fe^{3+} با استفاده از نسبت باندی داده های ASTER محدوده های روشن مناطقی با احتمال وجود یون آهن فریک بیشتر است.



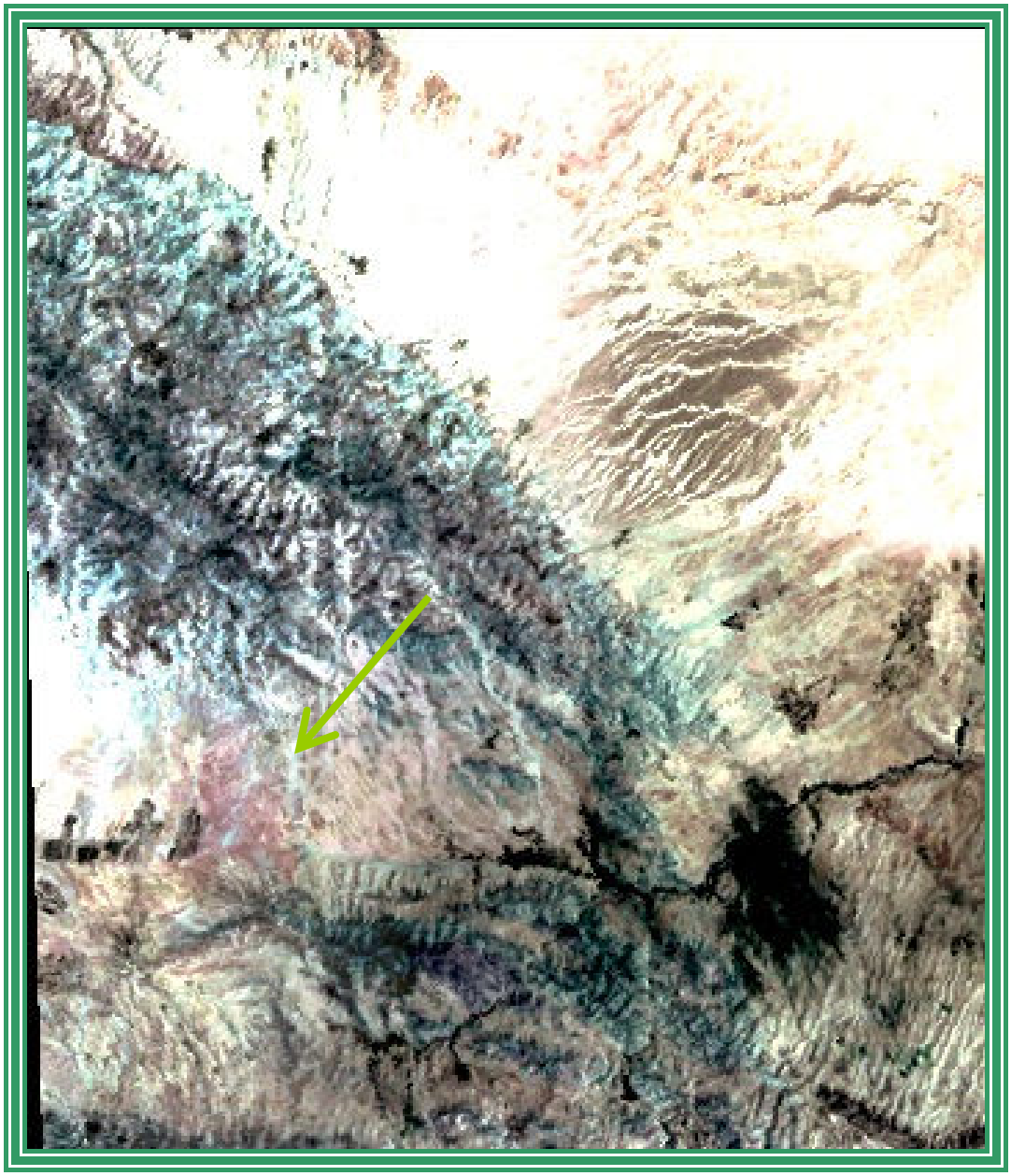
شکل (۳-۱۳) بارزسازی آلتراسیون فیلیک شامل Sericite / Muscovite / Illite / Smectite با استفاده از نسبت باندی داده های (۶/۷+۵) ASTER. محدوده های روشن مناطقی با احتمال وجود بیشتر این آلتراسیون است.



شکل (۳-۱۴) بارزسازی آلتراسیون سریسیتی با استفاده از نسبت باندی داده های ASTER، محدوده های روشن مناطقی با احتمال وجود سریسیت بیشتر است.



شکل (۳-۱۵) بارزسازی کانی‌های حاوی AL(OH) با استفاده از نسبت باندی و ترکیب بندی داده های ASTER



شکل (۳-۱۶) بارزسازی امکان وجود آلتراسیون سیلیسی با استفاده از ترکیب بندی داده های ASTER و TIR

۴-۱- نتایج:

با تلفیق نتایج پردازش داده‌های ماهواره‌ای، ژئوشیمی، معادن فعال و متروکه، اندیس های معدنی و ژئوفیزیک، می توان عنوان نمود که سنگ های آتشفشانی، توده‌های نفوذی و مجموعه اُفیولیتی در محدوده شهرستان فریمان برای اکتشاف مواد معدنی زیر دارای اهمیت می باشد:

٤-١-١- *کانی سازی W-F*

بر اساس نتایج تجزیه‌های ژئوشیمیایی، دررسوبات رودخانه‌ای منشا گرفته از توده‌های نفوذی شمال محدوده شهرستان فریمان (گرانیت سنگ بست)، آنومالی های تنگستن (تنگستن در حد ۷۰ گرم در تن با حد زمینه ۰/٦ گرم در تن) وجود دارد. شایان ذکر است براساس اطلاعات ارائه شده در پایگاه داده‌های علوم زمین، مقدار عنصر تنگستن (آنومالی داده خام) درحد ۱ تا ۲ گرم در تن است که با اطلاعات قبلی تفاوت فاحش دارد. لذا با توجه به اهمیت این نوع کانی سازی، ارزیابی مجدد داده‌ها و کنترل‌های زمینی پیشنهاد می‌گردد.

٤-١-٢- *کانی سازی Cu-Zn*

در مجموعه افیولیتی باختر فریمان کانی سازی Cu - Zn وجود دارد.

۴-۱-۳- کانی سازی Co - Ni - Cr

با توجه به آنومالی قابل توجه Cr، اکتشاف ذخایر کرومیت در مجموعه اُفیولیتی به ویژه در جنوب و جنوب باختر شهرستان فریمان توصیه می‌شود. این مجموعه همچنین برای اکتشاف کانی سازی سولفیدی نوع Co-Ni اهمیت دارند.

٤-١-٤- *کانی سازی Sr*

آنومالی بالای عنصر Sr در رسوبات جنوب چاه کبوتر، ضرورت فعالیت‌های اکتشافی در این منطقه و نواحی تغذیه کننده این رسوبات را آشکار می‌سازد .

۴-۲- پیشنهادات:

۴-۲-۱- برنامه ریزی اکتشافی در محدوده های آنومال درجه یک:

با توجه به آنومالی های ژئوشیمیایی درجه یک در محدوده شهرستان فریمان، سه محدوده آنومال A1,A2,A3 جهت برنامه ریزی اکتشافی سیستماتیک شناسایی گردید. این محدوده های آنومال در ورقه های ۱:۲۵۰۰۰ ذیل قرار گرفته اند:

شماره برگه ۱:۲۵۰۰۰	محدوده آنومال
7961- IV - SW	A1
7961- I - NW	A2
8061- IV - SE	A3

بنابر این در محدوده این برگه های ۱:۲۵۰۰۰، بررسی دقیق پتانسیل‌های معدنی و کنترل آنومالی‌های ژئوشیمایی جهت برنامه ریزی اکتشافی سیستماتیک و تهیه نقشه های زمین شناسی معدنی بزرگ مقیاس، از پیشنهادات این گزارش است.

۴-۲-۲- آمیزه های اُفیولیتی منطقه فریمان و روش های اکتشاف کرومیت در آنها:

در باختر شهرستان فریمان، این سنگ های اُفیولیتی، دارای اندیس های معدنی کرومیت، ساپیولیت، تالک و منیزیت می‌باشد که به خصوص آثار معدن کاری کرومیت در برخی نواحی آن مشاهده می‌شود که حائز اهمیت اکتشافی است.

با توجه به اینکه اکثر ذخایر کرومیت شناخته شده در ایران در سنگ های اُفیولیتی قرار دارد و ذخایر کرومیت آن از تیپ آلپی هستند و همچنین با توجه به گسترش توالی های اُفیولیتی و اُفیولیت ملانژها در باختر و جنوب باختری **شهرستان فریمان** و همچنین وجود اندیس های Cr در میان این توالیها، مناطق دارای رخنمون نوارهای اُفیولیتی باختر و جنوب باختری شهرستان فریمان را می‌توان به عنوان مناطق پتانسیل دار کرومیت معرفی نمود. در پردازش داده های ماهواره ای نیز روی مجموعه اُفیولیت های باختر شهرستان فریمان کار شده و انواع پردازش ها در این مجموعه انجام پذیرفته است تا به تفکیک بهتر واحد های مجموعه اُفیولیتی در منطقه کمک گردد.

برای اکتشاف کرومیت در مجموعه سنگ های اُفیولیتی باختر شهرستان فریمان، ارائه مدلی که بتواند در مناطق مختلف کارایی داشته باشد، امکان پذیر نمی باشد و لذا نمی توان از یک روش خاص به عنوان مطلوب ترین روش اکتشاف کرومیت نام برد. بر این اساس به برخی روش های کلاسیک که در رابطه با پی جوئی و اکتشاف کرومیت وجود دارد، می‌پردازیم:

الف) روش های ژئوفیزیکی:

۱- روش مغناطیس سنجی:

خاصیت مغناطیسی هر سنگ از جمله کرومیت در مرحله اول به مقدار مگنتیت همراه با آن بستگی دارد، گرچه از نظر ژنتیکی رابطه نزدیکی بین کرومیت و مگنتیت وجود دارد اما ترکیب کریستالیزه شده اولیه مگنتیت نشان دهنده این مطلب است که مگنتیت به همراه گابرو در بالا و کرومیت همراه با دونیت در توده‌های بازالتی قرار می‌گیرند، بنابراین تفاوت اولیه در مغناطیسی شدن قابل توجیه است.

کرومیت واقع در ناحیه بالایی یک توده سنگ قلیائی، خاصیت مغناطیسی بیشتری از سنگ کرومیت واقع در ناحیه لایه‌های پائینی دارد. شکل دیگر استفاده از خاصیت مغناطیسی در صورتی است که توده کرومیتی دارای خاصیت مغناطیسی بالا ولی سنگ مادر دارای خاصیت مغناطیسی کم باشد. شرایط کاربردی روش مغناطیسی در اکتشاف توده‌های کرومیت زمانی مشکل می‌شود که اختلاف شدید خاصیت مغناطیسی در سنگ های مادر وجود داشته باشد، که در این صورت جداسازی آنومالی های حاصله و ارتباط دادن آنها با توده معدنی مشکل می‌باشد.

دراین روش علاوه بر دستیابی مستقیم به ماده معدنی می‌توان توسط این روش، وضع تکنونیکی و زمین ساختی منطقه را روشن نمود و به طور غیرمستقیم توده معدنی را اکتشاف نمود، در پیمایش مغناطیسی باید با فاصله‌های کوتاه (تقریباً ۲۰ متر)، منطقه شبکه بندی شود و در صورتی که آنومالی مشاهده شود، فاصله باز هم کمتر انتخاب شود. این روش در سال‌های گذشته در مناطق فاریاب، اسفندقه و برخی مناطق در سبزوار (سفید میدان) مورد استفاده قرار گرفته است.

۲- روش ثقل سنجی:

متوسط چگالی توده کرومیت برابر 5/4 gr/cm می‌باشد که به طور نسبی به میزان قابل توجهی از دونیت‌ها که دارای چگالی 35/3 gr/cm و سرپانتین با چگالی نسبی5/2 gr/cm بیشتر است. این روش در صورتی کاربرد دارد و مؤثر است که توده کرومیتی به صورت یکپارچه وجود داشته باشد و در صورتی که توده کرومیتی به شکل پراکنده در درون سنگ مادر قرار گرفته باشد، هرگز توجیه روشن و مشخصی از آنومالی های حاصله نمی توان به دست آورد.

بعلاوه به علت چگالی کم توده‌های سنگ مادر و درصد کم ماده معدنی (کرومیت)، تغییر و تفسیر آنومالی حاصل از این روش، ممکن است با اشکالاتی همراه باشد، چون ممکن است آنومالی حاصله ناشی از اختلاف چگالی اولیه سنگ ها و یا اختلاف‌ها، ناشی از عمل سرپانتینیزاسیون باشد.

مشکل دیگر در مورد این روش، تغییرات توپوگرافی است که در مواردی اصلاً کاربرد روش ثقل سنجی را غیرممکن می‌سازد. درسال‌های اخیر از این روش در مناطق فاریاب و اسفندقه استفاده شده، اگر چه نتوانسته است به طور کامل جوابگوی مشکلات موجود در رابطه با اکتشاف این ماده معدنی باشد.

ب) روش های ژئوشیمیایی :

روش های ژئوشیمیایی را در مراحل مختلف پی جوئی و اکتشاف منابع معدنی می‌توان به کار بست. غلظت عادی کروم در محیط‌های مختلف بین ۵ تا ۱۰۰۰ گرم در تن متغیر است و غلظت‌های بیش از این مقدار، ممکن است نشانه ای از کانی سازی کروم باشد. در پی جوئی‌های ژئوشیمیایی این ماده معدنی، می‌توان از عناصر ردیاب و نشانه استفاده کرد. در مورد کروم می‌توان از عناصر Co،Ni و Cu در سنگ های اولترابازیک به عنوان عناصر ردیاب کروم نام برد و همچنین به عنوان عنصر نشانه کروم در کانسارهای فوق بازیک از Cr،Pt و Ni نام برد که با توجه به کمیابی Pt و وجود Ni در گروه عناصر کم یاب، Cr به عنوان عنصر نشانه اصلی به کار می‌رود.

نقش عنصر کروم (Cr) در کانسارهای غنی از کروم در محیط‌های گیاهی به عنوان معرف بسیار خوب و در محیط رسوبات رودخانه ای و خاک، خوب می‌باشد. البته باید به این نکته توجه

داشت که اکتشافات ژئوشیمیایی دخالت چندان موثری در یافتن مکان‌های مینرالیزه نمی تواند داشته باشند.

ج)گسل های ترانسفورم قدیمی نیز مکان مناسبی برای اکتشاف محسوب شده و لازم است که تمرکز کاوش در زون های مجاور یا در زون های تبدیل سری اولترابازیک به گابرو، انجام شود.

بنابراین پیشنهاد می گردد برای برنامه ریزی اکتشافی و هدایت اکتشافات بر روی توده های اُفیولیتی باختر و جنوب باختر شهرستان فریمان که در برگیرندهٔ اندیس کرومیت هستند، اولاً باید چینه شناسی سنگ های اولترامافیک و مافیک وابسته به آن را مورد توجه قرار داد و ثانیاً به شناخت ارتباط چینه شناسی واحدهای مختلف ردیف اُفیولیتی و ترتیب تقدم و تأخر آنها و بازسازی لیتواستراتیگرافی تمام واحدها پرداخت. دانستن پاراژنز کانی های ثانویهٔ اطراف گسل ها نیز می‌تواند در ردیابی رگه‌های کرومیت موثر باشد.

البته باید به این نکته توجه داشت که نمی توان از یک روش خاص به عنوان مطلوب ترین روش اکتشاف کرومیت نام برد؛ بلکه مجموعه ای ازروش‌ها و عملیات اکتشافی و تجربی است که با توجه به وضعیت زمین شناسی، موقعیت گسل ها، تغییر شکل‌ها و عوامل مختلف دیگر می‌توانند به عنوان مطلوب ترین روش اکتشاف کرومیت در محدوده شهرستان فریمان به کار رود.

۴-۲-۳-رخنمونهای آندالوزیت شیست در جنوب خاور فریمان:

آندالوزیت (Al_2SiO_5) از کانی های گروه کیانیت است که به علت خاصیت دیرگدازی (مقاومت زیاد در برابر حرارت های بالا) و ضریب انبساط حرارتی کم، از جایگاه ویژه ای در مواد دیرگداز اسیدی برخوردار است و می‌تواند دارای ارزش اقتصادی باشد. ذخیره آندالوزیت فریمان در فاصله ۱۱۰ کیلومتری جنوب مشهد و ۳۵ کیلومتری جنوب خاور شهرستان فریمان قرار دارد. این منطقه جزئی از کمربند ولکانوپلوتونیک شمال گسل درونه می باشد و از نظر ساختاری در زون سبزوار (بخشی از خرد قاره ایران مرکزی) قرار دارد. سنگ های منطقه شامل مجموعه سنگ های دگرگونی با سن پرکامبرین (؟) می باشند. آندالوزیت شیست های جنوب خاوری فریمان شامل کانی‌های آندالوزیت، کوارتز، میکا، و فلدسپات می باشد. عیار سنجی نمونه‌های آندالوزیت منطقه فریمان حاکی از وجود عیار متوسط ۱۱/۹ درصد در ماده معدنی است. نتایج مطالعات ژئوشیمی بر روی بیش از ۵

نمونه برداشت شده از منطقه، قبل و بعد از فرآوری مقدماتی نشان از افزایش مقدار اکسید آلومینیوم از حدود ۱۳ درصد در کانسنگ اولیه تا حدود ۵۱ درصد در نمونه فرآوری شده (نمونه بلوری) و همچنین کاهش اکسید سیلیسیم از ٦٦ درصد در نمونه‌های کلی به حدود ٤٧ درصد در نمونه‌های فرآوری شده، دارد.

با توجه به عیار آندالوزیت در آندالوزیت شیست های شهرستان فریمان و همچنین رضایت بخش بودن نتایج مطالعات کانی شناسی و عدم مشاهده هر گونه دگرسانی در آندالوزیت های منطقه، نتایج ژئوشیمی و فرآوری مقدماتی در مقیاس آزمایشگاهی، موارد ذیل جهت تکمیل مطالعات انجام شده پیشنهاد می گردد:

۱- ادامه عملیات اکتشافی در منطقه به صورت تفصیلی در برگه ۱:۲۵۰۰۰ به شماره 8060-IV-NW.

۲- انجام عملیات فرآوری در مقیاس نیمه صنعتی به روش گوناگون جهت شناخت بهترین روش.

۳- انجام تست های صنعتی به روی نمونه های فرآوری شده آندالوزیت، جهت تهیه آجرهای نسوز آندالوزیتی.

امید است با انجام مطالعات بیشتر در این زمینه بتوانیم شاهد تولید فرآورده های دیرگداز آندالوزیتی و قطع وابستگی صنعتی کشور به این ماده معدنی با ارزش باشیم.

۴-۲-۴- رخنمون های آهک های ماسه ای گلاوکونیتی (K^{l}_{2}) در شهرستان فریمان:

در جنوب شهرستان فریمان و در کوه کلاغ پر، شمال کوه کمرزرد و باختر روستای بندبیشه، ردیفی از آهک های گلوکونیت دار، ستبرلایه، توده ای و به رنگ زرد مایل به کرم تا خاکستری مایل به سبز برونزد دارد. این سنگ آهک ها از چند ده متر تا ۴۵۰ متر ستبرا دارند که در امکان سنجی تولید کودهای پتاسه و فسفاته می توانند مورد استفاده قرار گیرند و نیاز به مطالعه و مقایسه گلوکونیت ها با استانداردهای موجود و تعیین مناطق امید بخش دارد.

تعیین روند کلی آهک های گلاوکونیتی در شهرستان فریمان، نحوه استقرار و عوامل کنترل کننده آن و همچنین کشف افق های مستعدتر به منظور برنامه ریزی جهت انجام پی جویی و اکتشاف مقدماتی در زون های مستعد، از پیشنهادات این گزارش می باشد. لازم به ذکر است که آهک های ماسه ای گلاوکونیتی در سازند آتامیر در زون کپه داغ نیز وجود دارد.

۴-۲-۵- میان لایه های فلدسپات در گرانیت های شمال باختر فریمان:

در لابلای گرانیت های شمال باختر فریمان (گرانیت سنگ بست)، رگه هایی از فلدسپار پتاسیک خالص یافت می شود که با توجه به خواص فیزیکی و شیمیایی، ماده ای بسیار مناسب برای چینی دندان می باشد. کشف افق های مستعدتر فلدسپات به منظور برنامه ریزی جهت انجام پی جویی و اکتشاف مقدماتی در زون های مستعد گرانیت های شمال باختر فریمان از پیشنهادات این گزارش می باشد.

منابع و ماخذ فارسی:

- احمدی روحانی، ر.،۱۳۸۹، پردازش داده های ماهواره ای به منظور تشخیص آلتراسیون ها در شهرستان فریمان، گروه ژئوماتیس سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی منطقه شمال خاور.
- بهروزی، ا.، افتخار نژاد، ج.، علوی نائینی، م.،۱۳۷۲، نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ تربت جام، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سلطانی، ن.،کوثری، س.، فرجندی، ف.، ۱۳۷۸، گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ دولت آباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شمسا، ج.، ۱۳۸۱، گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ، مهندسین مشاور کان ایران.
- شیرزاد، ب.،۱۳۸۱، اکتشاف مقدماتی آندالوزیت در جنوب خاور فریمان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- صفرایی، س.، ۱۳۸٦، پترولوژی و ژئوشیمی سنگ های دگرگونی جنوب خاور فریمان (پایان نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- علوی تهرانی، ن.، واعظی پور، م. ج.، بهروزی، ا.، خلقی، م. ح.، ۱۳۷۰، نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ تربت حیدریه، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- علیجانی، ن.، رضایی، ح.ر.،۱۳۸۲، پیگردی فسفات در بخش جنوب خاوری زون ساختاری هزارمسجد – کپه داغ. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- قائمی، ف.، حسینی، ک.، نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سفیدسنگ، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کریم پور، م. ح.، سعادت، س.،۱۳۸۵، مطالعه و بررسی پتانسیلهای معدنی و تعیین اولویتهای اکتشافی با استفاده از دادههای ماهوارهای، آلتراسیون، ژئوشیمی و ژئوفیزیک در محدوده ورقه سفید سنگ، فریمان، دولت آباد، کهریز نو؛ مرکز تحقیقات ذخایر معدنی خاور ایران.
- واعظی پور، م. ج.، سهیلی، م.، ۱۳۸٤، نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ فریمان، شرکت توسعه علوم زمین.

منابع و ماخذ انگلیسی:

- Explanatory Text of Geochemical Map of Fariman (7961) Scale 1:100000; 1995Geological Survey of Iran & Geophysical and Geochemical Exploration Company; Jiangxi-China.44pp.with maps.
- www.ngdir.ir
- www.gsinet.ir