



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک
گروه اکتشاف معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد

تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت در شمال تربت حیدریه

علی پشنگ

استاد راهنما :

دکتر منصور ضیائی

اساتید مشاور :

دکتر مجید انصاری جعفری

مهندس حسن عزمی

شهریور ۹۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک
گروه اکتشاف معدن

تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت در شمال تربت حیدریه

دانشجو: علی پشنگ

استاد راهنما:

دکتر منصور ضیائی

اساتید مشاور:

دکتر مجید انصاری جعفری

مهندس حسن عزمی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۹۱



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای

علی پشنگ

تحت عنوان:

تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت در شمال تربت حیدریه

در تاریخ ۱۳۹۱/۶/۲۷ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت .

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
	نام و نام خانوادگی :		

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره :

تاریخ :

ویرایش :

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علی پشنگ رشته معدن گرایش اکتشاف تحت عنوان تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت در شمال تربت حیدریه که در تاریخ ۲۷ / ۶ / ۱۳۹۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

قبول (با درجه : امتیاز :.....)	<input type="checkbox"/>	دفاع مجدد	<input type="checkbox"/>	مردود	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------	-----------	--------------------------	-------	--------------------------

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استادراهنما			
۲- استاد مشاور			
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی			
۵- استاد ممتحن			
۶- استاد ممتحن			

تأیید رئیس دانشکده :

تقدیم به پدر و مادر و همسر عزیزم

تشکر و قدردانی

سپاس فراوان ایزد یکتا را که مهربانیش ، یادش و همراهی پیوسته اش ، همواره انگیزه من برای حرکت به سمت هدف بوده است .
ارج می نهم زحمات بی دریغ استاد راهنمای بزرگووارم ، دکتر منصور ضیائی که بدون راهنمایی های دلسوزانه و پیشنهاد های موثر که در طول تحقیق به بنده ارائه دادند این اثر به انجام نمی رسید .
همچنین از مشاورین گرانقدر خود دکتر انصاری جعفری و جناب مهندس عزمی رئیس بخش اکتشاف سازمان زمین شناسی شمال شرق کشور کمال تشکر و قدردانی را دارم . از جناب مهندس ضیائی که با زحمات بی دریغ خود در تهیه نقشه ها و نتایج نهایی این تحقیق کمک شایانی را نمودند کمال تشکر را دارم و برای ایشان آرزوی موفقیت و سلامت دارم .
در پایان جا دارد از زحمات و حمایت های دلسوزانه همسر عزیزم که سختی ها و کاستی های من را در طول مدت انجام تحصیل و انجام این پروژه تحمل نموده اند تشکر و قدردانی نمایم .

تعهد نامه

اینجانب علی پشنگ دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی اکتشاف معدن دانشکده معدن دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر معدنی کرومیت در شمال تربت حیدریه تحت راهنمایی دکتر منصور ضیائی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا یافتههای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده :

منطقه تربت حیدریه با قرارگیری در کمربند متالوژنی کرومیت تربت سبزوار و با داشتن مساحتی بالغ بر ۳۰۰۰ کیلومتر مربع در شرق ایران واقع شده است. تشکیلات افیولیت ملانژ این کمربند حاوی ذخایر منگنز و کرومیت کوچک و متوسط می‌باشد. هدف از این تحقیق، تهیه نقشه پتانسیل مطلوب در منطقه شمال تربت حیدریه جهت اکتشاف ذخایر کرومیت با استفاده از تلفیق روش‌های سنتی و مدرن در محیط GIS می‌باشد.

کاربرد روش‌های اکتشافی سنتی از قبیل ساختاری، زمین‌شناسی و متالومتری و همچنین بعضی از روش‌های مدرن اکتشافی از قبیل وزن‌های نشانگر در محیط GIS با محدودیت‌هایی مواجه هستند لذا برای ارائه مدل یا تشخیص الگویی مناسب جهت تهیه نقشه پتانسیل مطلوب از ترکیب روش‌های سنتی زمین‌شناسی و نوین منطق فازی در محیط GIS استفاده شده و نقشه پتانسیل مطلوب برای منطقه شمال تربت حیدریه ارائه شد.

برای استخراج شاخصه‌های اکتشافی، مطالعه و پردازش بر روی داده‌های زمین‌شناسی، ساختارهای خطی، داده‌های ژئوشیمیایی و تصاویر دورسنجی انجام گرفت. بررسی داده‌های دورسنجی، با پردازش تصاویر ASTER منطقه در محیط نرم‌افزار ENVI ۴/۲، با هدف جداسازی و تفکیک دگرسانی‌های مرتبط با ذخایر کرومیت انجام پذیرفت.

پردازش داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای نیز با در نظر گرفتن روش زونالیته انجام گرفت. در استفاده از روش زونالیته، اصل همراهی حاصل‌ضرب آنومالی‌های عناصر شاخص تحت‌کانساری و فوق‌کانساری به عنوان معیار برای شناسایی آنومالی‌های کرومیت مدنظر قرار گرفت. در نهایت نیز با تلفیق داده‌های اکتشافی توسط منطق فازی که در محیط نرم‌افزار ArcGIS ۹/۲ انجام گرفت نقشه پتانسیل مطلوب برای منطقه تحت بررسی ارائه شد. بر اساس نقشه‌های پتانسیل مطلوب بدست آمده توسط دو روش مذکور، سرانجام دو منطقه مستعد شناسایی شده و جهت انجام مطالعات تکمیلی‌تر معرفی گردید. در ادامه دو منطقه یاد شده خود بر اساس روش سنتی زونالیته ژئوشیمیایی اولویت بندی شدند، بر این اساس اولویت اول اکتشافی به منطقه‌ای تعلق گرفت که

تقریباً در بخش شمال غربی نقشه و در کنار روستای چنگ کلاغ قرار دارد. منطقه مذکور با داشتن مساحتی در حدود ۶۰ کیلومتر مترمربع، در حدود ۱۰ درصد از منطقه تحت مدل‌سازی را تحت پوشش خود قرار می‌دهد. اولویت دوم اکتشافی نیز با قرارگیری در بخش شرقی (ناحیه پطرو) نقشه پتانسیل مطلوب منطقه و با وسعتی در حدود ۴۰ کیلومتر مربع ۵ درصد منطقه را شامل می‌شود که مجموع دو محدوده در حدود ۱۵ درصد منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود.

کلید واژه: اکتشاف کرومیت، تربت حیدریه، نقشه پتانسیل مطلوب، ژئوشیمی، دورسنجی، روش فازی

فهرست مطالب

فصل اول	۱
کلیات	۱
۱-۱ - مقدمه	۲
۱-۲- مروری بر کارهای انجام شده قبلی در منطقه	۴
۱-۳- اهداف و ضرورت تحقیق	۵
۱-۴- روش مطالعه	۶
۱-۵- مراحل انجام پروژه	۷
۱-۶- ساختار پایان نامه	۸
فصل دوم	۹
انواع کانسارهای کرومیت و زمین شناسی منطقه	۹
۲-۱- کرومیت	۱۰
۲-۲- زمین شناسی ذخایر	۱۱
۲-۳- کشورهای تولید کننده ی کرومیت	۱۱
۲-۴- موارد مصرف کرومیت	۱۲
۲-۵- تولید و فرآوری کرومیت در ایران	۱۳
۲-۵-۱- صادرات و واردات کرومیت	۱۴
۲-۵-۲- قیمت جهانی کرومیت	۱۵
۲-۶- کانسارهای کرومیت	۱۵
۲-۷- نهشته های چینه سان یا تیپ بوشولد	۱۶
۲-۸- نهشته های کرومیت انبانی شکل یا تیپ آلیی	۱۷
۲-۹- ذخایر کرومیت در ایران	۱۸
۲-۹-۱- کرومیت های منطقه سبزوار تربت جام	۱۸

۲۰	۲-۹-۲- کرومیت های منطقه اسفندقه-فاریاب.....
۲۲	۲-۹-۳- کرومیت های منطقه نیریز.....
۲۳	۲-۹-۴- کرومیت های منطقه خوی.....
۲۳	۲-۹-۵- کرومیت در منطقه سیستان و بلوچستان.....
۲۴	۲- ۱۰- افیولیت و افیولیت ملانژهای ایران.....
۲۷	۲- ۱۱- پراکندگی و مشخصات کلی افیولیت های ایران.....
۲۸	۲- ۱۱- ۱- افیولیت ملانژهای شمال تربت حیدریه.....
۲۹	۲- ۱۲- زمین شناسی محدوده مورد مطالعه.....
۳۱	۲- ۱۲- ۱- چینه شناسی.....
۳۹	۲- ۱۲- ۲- آمیزه های افیولیتی.....
۴۰	۲- ۱۲- ۳- تکتونیک - پالئوژئوگرافی.....
۴۱	۲- ۱۲- ۴- زمین شناسی اقتصادی.....
۴۲	فصل سوم.....
۴۲	دورسنجی.....
۴۳	۳- ۱- مقدمه.....
۴۳	۳- ۲- سنجش از دور.....
۴۴	۳- ۲- ۱- کاربرد داده های ماهواره ای و دورسنجی.....
۴۴	۳- ۲- ۲- مزایای استفاده از داده های ماهواره ای.....
۴۶	۳- ۳- طیف الکترومغناطیس.....
۴۷	۳- ۳- ۱- ماهیت تابش الکترومغناطیس.....
۴۷	۳- ۳- ۲- تابش الکترومغناطیس.....
۵۱	۳- ۳- ۳- عوامل مؤثر در تشکیل تصاویر.....
۵۲	۳- ۴- فعل و انفعال امواج الکترومغناطیسی در اتمسفر و سطح زمین.....
۵۲	۳- ۴- ۱- فعل و انفعال انرژی.....
۵۲	۳- ۴- ۲- تاثیر متقابل امواج الکترومغناطیسی و سطح زمین.....
۵۳	۳- ۴- ۳- انعکاس طیفی مواد سطح زمین.....
۵۳	۳- ۴- ۴- پهنه های آب.....

۵۴	۳-۴-۵- پوشش گیاهی
۵۵	۳-۴-۶- خاک، کانی ها و سنگ ها
۵۶	۳-۵- توان تفکیک طیفی یک سامانه سنجش از دور
۵۷	۳-۵-۱- ماهواره سنجش از دور
۵۸	۳-۵-۲- پرتوسنج حرارتی تابشی و بازتابشی فضابرد پیشرفته (ASTER)
۶۰	۳-۶- مراحل بررسی داده های سنجش از دور
۶۰	۳-۶-۱- جمع آوری داده ها
۶۰	۳-۶-۲- تصحیح توپوگرافی
۶۱	۳-۶-۳- تصحیح هندسی
۶۲	۳-۶-۴- تصحیح پوشش گیاهی
۶۳	۳-۶-۵- تصحیح پوشش گیاهی به روش آنالیز مولفه اصلی
۶۵	۳-۷- روش های پردازش داده های ماهواره ای
۶۵	۳-۷-۱- روش تقسیم باندی
۶۵	۳-۷-۲- تحلیل مولفه های اصلی
۶۶	۳-۸- کاربرد سنجش از دور در اکتشاف کرومیت
۶۷	۳-۹- نواحی دارای پتانسیل اکتشافی کرومیت
۷۳	فصل چهارم
۷۳	ژئوشیمی
۷۴	۴-۱- مقدمه
۷۴	۴-۲- روش زونالیته ژئوشیمیایی
۷۶	۴-۳- پیاده سازی روش زونالیته
۷۷	۴-۳-۱- محاسبه حد زمینه و حد آستانه آنومالی با استفاده از روش آماری سالووف
۸۰	۴-۴- حد زمینه و آنومالی منطقه
۸۳	فصل پنجم
۸۳	تلفیق داده ها و لایه های اطلاعاتی به روش فازی
۸۴	۵-۱- مقدمه
۸۴	۵-۲- معرفی مدل منطق فازی

۸۵.....	۵-۲-۱- عملگر و فازی
۸۵.....	۵-۲-۲- عملگر با فازی
۸۶.....	۵-۲-۳- حاصلضرب جبری فازی
۸۶.....	۵-۲-۴- جمع جبری فازی
۸۷.....	۵-۲-۵- عملگر فازی گاما
۸۷.....	۵-۳- انواع لایه های اطلاعاتی موجود
۹۲.....	۵-۴- مدل منطق فازی محدوده مورد مطالعه
۹۵.....	۵-۵- کنترل زمینی و بررسی مناطق امیدبخش
۱۰۱.....	فصل ششم
۱۰۲.....	۶-۱- جمع بندی و نتیجه گیری
۱۰۳.....	۶-۲- پیشنهادات

فهرست اشکال

۲۰.....	شکل (۲-۱) پراکندگی نواحی افیولیتی حاوی کروم در ایران
۲۴.....	شکل (۲-۲) نمونه از کرومیت رگه ای
۳۰.....	شکل (۲-۳) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه
۴۶.....	شکل (۳-۱) عناصر موجود در پروسه سنجش از دور
۴۸.....	شکل (۳-۲) محدوده طول موج های امواج مختلف
۵۰.....	شکل (۳-۳) رابطه مابین انرژی و فرکانس
۵۱.....	شکل (۳-۴) رابطه میان طول موج و انرژی
۵۱.....	شکل (۳-۵) پراکندگی انرژی تابشی
۵۶.....	شکل (۳-۶) نمودار انعکاس کانی های مختلف
۵۹.....	شکل (۳-۷) انعکاس کانیهها در طول موج های مختلف
۶۳.....	شکل (۳-۸) بارز سازی پوشش گیاهی
۶۴.....	شکل (۳-۹) بارز سازی پوشش گیاهی با استفاده از روش PCA
۶۹.....	شکل (۳-۱۰) طیف های بازتابی کتابخانه ای برای افیولیت ها، اطلاعات مربوط به هماتیت، کلریت و سرپانتینیت و لیمونیت و هارزبورژیت

- شکل (۳-۱۱) مناطق پتانسیل دار برای اکتشاف کرومیت نسبت باندی (۲/۱ ، ۳/۴ ، ۴/۷)..... ۷۰
- شکل (۳-۱۲) نقشه مناطق پتانسیل دار با استفاده از نسبت باندی (۴/۳ * ۲/۳ ، ۴/۱ ، ۴/۷) ۷۱
- شکل (۳-۱۳) نقشه نقاط دارای پتانسیل اکتشافی کرومیت به روش تحلیل مولفه اصلی ۷۲
- شکل (۴-۱) تغییرات مقدار فلز در هاله های اولیه و ثانویه در ارتباط با تراز سطح فرسایش زون های کانه دار..... ۷۶
- شکل (۴-۲) تابع چگالی برای داده های ژئوشیمی دو جامعه آنومالی و زمینه..... ۷۸
- شکل (۴-۳) نقشه پتانسیل مطلوب ژئوشیمی ذخایر کرومیت ۸۲
- شکل (۵-۱) لایه دانسیته گسله های منطقه مورد مطالعه..... ۹۰
- شکل (۵-۲) لایه ژئوشیمی منطقه مورد مطالعه..... ۹۱
- شکل (۵-۳) لایه سنجش از دور منطقه مورد مطالعه..... ۹۱
- شکل (۵-۴) مناطق انتخاب شده از نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۹۲
- شکل (۵-۵) نقشه پتانسیل مطلوب بدست آمده با روش فازی از نقشه های ژئوشیمی ، زمین شناسی ، ساختار و سنجش از دور..... ۹۵
- شکل (۵-۶) مناطق بازدید شده بر روی نقشه پتانسیل مطلوب ۹۶
- شکل (۵-۷) مشاهده گابرو در تشکیلات اولترابازیک و افیولیت ملانژ محدوده تله تلخ تربت حیدریه ۹۷
- شکل (۵-۸) پیشکار استخراجی در محدوده چنگ کلاغ سنگ دونیت با عیار کم کرومیت..... ۹۸
- شکل (۵-۹) رگه های کرومیت در محدوده معدنی پطرو ۹۹
- شکل (۵-۱۰) توده کرومیت استخراجی در معدن پطرو ۱۰۰

فهرست جداول

- جدول ۳-۱ : مشخصات باند های سنجنده استر..... ۶۰
- جدول ۴-۱ : میزان عناصر شاخص زونالیت در ورقه تربت حیدریه ۸۰
- جدول ۴-۲ : میزان عناصر شاخص زونالیت در ورقه دولت آباد..... ۸۰
- جدول ۴-۳ : میزان عناصر شاخص زونالیت در فریمان..... ۸۱
- جدول ۴-۴ : میزان عناصر شاخص زونالیت در ورقه رباط سفید..... ۸۱
- جدول ۵-۱ انواع لایه های اطلاعاتی و کلاسه بندی آنها..... ۸۸
- جدول ۵-۲ انواع لایه های اطلاعاتی و وزن های فازی تعیین شده برای مناطق کانی سازی..... ۹۳

فصل اول

کلیات

۱-۱ - مقدمه

کرومیت برای اولین بار در چهارده کیلومتری کاهک (منطقه ای از اطراف سبزوار) در سال ۱۳۱۹ کشف گردید و سالیانه در حدود ۱۰۰۰ تن کرومیت از آن استخراج گردید. کرومیت استخراجی از معدن فرومد جهت تولید بیکرومات پتاسیم در کارگاه‌های سنتی و همچنین آجرنسوز مورد مصرف قرار می‌گرفت و مقداری نیز از کرومیت استخراجی صادر می‌شد. استخراج کرومیت از این معدن چند سالی بیشتر دوام نداشته و در طی سال‌های (۱۳۲۳ - ۱۳۲۹) این معدن تعطیل شده است. در ابتدا استخراج کرومیت و صادرات آن بوسیله دولت انجام می‌گرفت و سپس شرکت‌های نیمه دولتی و خصوصی نیز این کار را در دست گرفته‌اند، معادن کرومیت در برخی سال‌ها به دلایل اقتصادی تعطیل و همزمان با ترقی بازار جهانی و افزایش میزان تقاضا در آن، مجدداً اقداماتی جهت استخراج به عمل آمده و معادن دوباره تجهیز و راه اندازی گردیده‌اند. در سال ۱۳۷۹، ۳۰ معدن در حال بهره برداری در سطح کشور و در استانهای خراسان، سمنان، فارس، کرمان و هرمزگان وجود داشتند که در سال ۱۳۷۸، ۳۵۳۷۷۱ تن و در سال ۱۳۷۹، ۱۶۱۱۳۸ تن کرومیت از آنها استخراج شد. کلوخه‌های استخراجی و سنگ جواری شده کرومیت بدون عملیات فرآوری خاصی صادر شده است. خاکه‌های کرومیت کم عیار در واحدهای فرآوری موجود در معدن فرآوری شده و در صنایع و واحدهای مختلف داخلی مورد مصرف قرار می‌گیرد. در طی سال‌های اخیر میزان تولید این ماده معدنی روندی صعودی داشته، اما در سال ۷۹ به میزان قابل توجهی از تولید آن در کشور کاسته شده است [۱] .

در طی سال‌های (۱۳۶۸ - ۱۳۷۴) گمرک ایران (سالنامه آمار بازرگانی خارجی) میزان واردات فروکروم به کشور را تحت یک عنوان کلی فروکروم درج نموده است. اما در سال‌های اخیر فروکروم را تحت دو عنوان کلی کم کربن (فروکروم دارای ۰.۴٪ وزنی یا کمتر) با شماره تعرفه ۷۲۰۲/۴۹ و پرکربن (فروکروم دارای بیش از ۰.۴٪ وزنی کربن) با شماره تعرفه ۷۲۰۲/۴۱ طبقه بندی نموده است و در برخی سال‌ها فروکروم به هر دو شکل وارد کشور شده و در صنایع عمده مصرف کننده مورد استفاده قرار گرفته است. آمار واردات فروکروم در طی

سال‌های (۱۳۷۹ - ۱۳۶۸) برغم نوسانات شدید ، در مجموع دارای یک روند نزولی بوده (بر طبق آمار گمرک) و در مقایسه با میزان صادرات سهم قابل توجهی را به خود اختصاص داده است . در سال ۷۹ میزان واردات فروکروم رشد چشمگیری داشته است . عمده این واردات از کشورهای اروپایی (روسیه، هلند بلژیک، انگلستان، آلمان و سوئد) چین و آفریقای جنوبی صورت گرفته است . کرومیت تنها کانه کروم است ، بخش بیشتر کرومیت به فروکروم تبدیل شده که نزدیک به ۷۰ درصد آن در تولید فولاد ضد زنگ مصرف می‌شود. هیچ جانشینی برای کرومیت در تولید فروکروم که در صنعت فولاد سازی نقش مهمی دارد ، وجود ندارد که این عامل همراه با توزیع جغرافیایی بسیار محدود منابع کرومیت آن را در شمار کانی‌های راهبردی قرار داده است [۱] .

با عنایت به اینکه ایران با تولید بیش از ۹۷ هزار تن کرومیت در سال نهمین تولید کننده این ماده معدنی در دنیا است سهم ایران در تولید جهانی کروم ۱/۰۴ درصد است .

فعالیت های اکتشافی در مقیاس‌های متفاوتی صورت می‌گیرد که در نهایت هدف آن جدا ساختن نواحی عقیم و تمرکز یافتن روی مناطقی است که پتانسیل کانی زایی را دارند . برای شناخت مناطق پتانسیل دار معدنی در مرحله اکتشاف مقدماتی ، می‌توان از روش های مختلف زمین‌شناسی ، ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی استفاده کرد . به این منظور پس از گردآوری داده‌های مختلف می‌توان از GIS برای پردازش، آماده سازی و تلفیق آن‌ها برای رسیدن به اولویت‌های اکتشافی بهره برد در گذشته این تلفیق به صورت تجربی یا کیفی صورت می‌گرفت . روی هم قرار دادن لایه های متنوع اطلاعات به وسیله کاغذهای شفاف ، در جهت درک و دستیابی به ارتباط بین لایه‌ها ، روش دشواری بود که تلاش می کرد مناطق هدف را اکتشاف نماید .

اکتشاف ذخایر معدنی مستلزم در نظر گرفتن هم زمان چندین نوع شاهد مکانی نظیر شواهد زمین شناسی ، ساختاری ، ویژگی های ژئوشیمیایی و عکس های ماهواره‌ای منطقه نسبت به نشانه‌های معدنی اکتشاف شده است . هدف نهایی استفاده از GIS در اکتشاف ذخایر معدنی پیش‌گویی موقعیت‌های نزدیک نهشته‌های معدنی جدید است که مطابق با یک مدل اکتشافی طراحی شده برای منطقه بررسی شده است [۱] .

در پایان‌نامه حاضر سعی بر تهیه نقشه پتانسیل دار کرومیت برای ورقه شمال تربت حیدریه در راستای نیل به اهداف فوق می‌باشد. اکتشافات ناحیه‌ای در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ در زمره فعالیت‌های اکتشافی زیربنایی بشمار می‌آید که با هدف شناخت نواحی پتانسیل دار معدنی انجام می‌پذیرد و از ابزارهای اکتشافی مختلفی چون روش‌های ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی، دورسنجی و ... بهره می‌جوید، اما آنچه که در این پایان‌نامه مدنظر می‌باشد بکارگیری تعدادی از این روش‌های اکتشافی در مقیاس ناحیه‌ای و در نهایت ترکیب و تلفیق نتایج حاصله از آنها در محیط GIS است، بدین صورت که ضمن گردآوری و ورود کلیه داده‌ها (یعنی داده‌های زمین‌شناسی، گسل‌ها، داده‌های ژئوشیمیایی و تصاویر ماهواره‌ای) پردازش و مطالعات لازمه بر روی آنها انجام پذیرفته و در نهایت برای تعیین اولویت‌های اکتشافی، اطلاعات حاصل از داده‌های پردازش شده با یکدیگر تلفیق گشته‌اند که ماحصل آنها معرفی مناطقی با عنوان مناطق امیدبخش معدنی می‌باشد.

۱-۲- مروری بر کارهای انجام شده قبلی در منطقه

بحث اکتشاف و برداشت ذخیره کرومیت در منطقه شمالی - شمال شرقی تربت حیدریه و همچنین جنوب غرب شهر فریمان از دیر باز به وسیله پیمایش های میدانی توسط زمین شناسان و بومیان منطقه صورت گرفته است ولی هیچ‌گونه روش مدون و علمی چه در زمینه ژئوفیزیکی و یا ژئوشیمیایی و دورسنجی در منطقه مزبور انجام نشده است . روش های اکتشافی در منطقه هنوز به روش های سنتی (پیمایش بوسیله بومیان منطقه) انجام می‌گیرد و طبق گفته اکثر کسانی که در این منطقه فعالیت معدنی انجام داده اند و مهندسان معدن هنوز روش مدرنی قادر به اکتشاف عدسی های نازک و پراکنده کرومیت در منطقه اجرا نشده است .

طی روش‌های سنتی اکتشافی رگه های بیرون زده کرومیت در منطقه را که غالباً توسط افراد بومی شناسایی و ثبت شده‌اند با سرمایه گذاری شرکت‌های ذینفع در منطقه بوسیله ماشین آلات و کارگر استخراج می‌نمایند . به همین دلیل اکثر مناطقی که به عنوان محدوده‌های اکتشافی کرومیت در منطقه مشغول به فعالیت می‌باشند نسبت به ذخیره و یا آنچه در حال رخ دادن است توانایی پیش بینی ندارند . تنها فعالیت اکتشافی انجام شده در

منطقه به برداشت ژئوشیمی که توسط چینی‌ها در بین سال های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ انجام گردیده است بر می-گردد. در حال حاضر اقداماتی جهت برداشت ژئوفیزیک هوایی در منطقه در دست بررسی می‌باشد.

۱-۳- اهداف و ضرورت تحقیق

اجرای پروژه‌های اکتشافی از دیرباز به صورت سنتی و عملیات صحرایی مداوم، مرسوم بوده درحالیکه امروزه بکارگیری تکنولوژی نوین ژئوماتیکس در استفاده از لایه‌های اطلاعاتی دورسنجی، زمین شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک هوایی و ... در زمینه اکتشاف ذخایر معدنی تحولی چشم‌گیر ایجاد کرده است. همانطور که شناسایی علل مؤثر در کانه زایی در بدست آوردن نواحی امید بخش حائز اهمیت است نحوه تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و چگونگی وزن‌دهی به این پارامترها نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که استفاده از روش‌های پیچیده تلفیق در محیط GIS، تأثیر بسزایی در دقت و سرعت اجرای پروژه دارد.

نقشه محدوده‌های پتانسیل‌دار معدنی برای ذخایر کرومیت اولین بار در کشور برای شمال تربت حیدریه تهیه شده است. روش های متداول موجود پاسخگوی نیازهای اکتشافی کرومیت نمی‌باشد لذا در پایان‌نامه حاضر قصد بر آن است تا با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های پتانسیل‌دار و مناطق امیدبخش معدنی از نظر وجود کانی‌های کرومیت دار شمال تربت حیدریه تهیه و مشخص گردند. بطور کلی اهدافی که از اجرای این پروژه مدنظر می‌باشد را می‌توان بدین شکل بیان نمود:

۱- گردآوری، سازمان‌دهی و تشکیل پایگاه داده از اطلاعات منطقه

۲- تلفیق و مدل‌سازی لایه‌های اطلاعاتی موجود در محیط GIS با حذف محدودیت‌های روش‌های سنتی و

مدرن

۳- شناسایی و ارائه محدوده دارای پتانسیل منطقه جهت سرمایه‌گذاری بخش‌های دولتی و خصوصی

تشکیلات اولترابازیک و افیولیت ملانژ تربت حیدریه - سبزوار مشتمل بر یکصد اندیس کانی‌سازی

کرومیت و منگنز در سنگ در برگیرنده دونیت تشکیل شده است. مهمترین لایه اطلاعاتی قابل تحلیل و تفسیر

در این ناحیه، نقشه زمین شناسی و داده‌های ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰۰۰۰ به اضافه داده‌های سنجش از دور است. به منظور تهیه نقشه پتانسیل بهینه، از روش‌های منطق فازی^۱ در محیط GIS استفاده خواهد شد. با توجه به بانک داده‌های ژئوشیمیایی، دورسنجی و زمین شناسی در مقیاس ناحیه‌ای شمال تربت حیدریه و استفاده از دو روش مذکور برای تحلیل این لایه‌های اطلاعاتی، می‌توان به پرسش‌های اساسی زیر پاسخ داد:

- با توجه به محدودیت‌های خاص روش‌های سنتی و مدرن چگونه می‌توان با استفاده از داده‌های زمین شناسی، ژئوشیمیایی و دورسنجی مناطق پتانسیل‌دار کانی‌سازی شده را با استفاده از GIS به صورت نقشه ارائه کرد؟

- چگونه می‌توان با اطلاعات موجود، نقشه پتانسیل مطلوب برای ذخایر مس پورفیری در منطقه شمال تربت حیدریه ارائه داد؟

۱-۴- روش مطالعه

برای استخراج کنترل کننده‌های کانی‌سازی در منطقه که شامل ساختارها و واحدهای لیتولوژیکی می‌باشد انجام مراحل زیر ضروری است :

- پردازش داده‌های سنجنده استر به منظور شناسایی واحدهای سنگی و نقاط پتانسیل دار اکتشافی .
- رقومی سازی نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ تربت حیدریه در محیط GIS به منظور تفکیک واحدهای لیتولوژیکی در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم با کانی‌سازی .
- پردازش داده‌های ژئوشیمی منطقه در مقیاس ناحیه‌ای به روش زونالیت و رقومی‌سازی نقشه‌های مزبور.
- بررسی‌های میدانی و شناسایی نقاط و محدوده‌های دارای رخنمون در محدوده مورد مطالعه .
- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش فازی و تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت در منطقه .

۱-۵- مراحل انجام پروژه

برای ارائه یک مدل اکتشافی مدرن یا همان شناسایی الگو^۱ استفاده یا مدنظر قرار دادن دو تئوری زیر حیاتی می‌باشد:

۱. استخراج مشخصه‌ها از قبیل زمین شناسی، ساختاری، ژئوشیمیایی و دورسنجی با استفاده از تحلیل گر فضایی^۲.

۲. طبقه‌بندی مشخصه‌ها و تلفیق با استفاده از روش فازی در محیط GIS.

در راستای محقق ساختن اهداف دو تئوری مذکور در هر پروژه GIS، عموماً اجرای سه مرحله زیر ضروری می‌باشد که در این پایان‌نامه نیز از همین روال کاری معمول استفاده خواهد شد.

۱. گردآوری، سازمان‌دهی و تشکیل پایگاه داده از اطلاعات منطقه

۲. تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌ها و تولید لایه‌ها

۳. تلفیق و مدل‌سازی لایه‌های اطلاعاتی تولید شده در مرحله قبل در محیط GIS

هرچند چگونگی انجام هر یک از مراحل فوق با جزئیات و توضیحات مفصل‌تر در بخش‌های مربوط به خود ارائه خواهند گشت، با این حال در بخش حاضر نیز ارائه شرحی کوتاه در رابطه با هر یک از مراحل سه‌گانه خالی از لطف نخواهد بود.

جمع‌آوری داده‌ها و انجام کارهای کتابخانه‌ای، رقومی سازی داده‌ها در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، ارسال به کامپیوتر و زمین مرجع نمودن داده‌ها از جمله مراحل مهمی می‌باشند که معمولاً در مرحله نخست اجرای هر پروژه GIS بایستی اجرا گردند. در مرحله دوم نیز عموماً کارهای مربوط به پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی، تفسیر داده‌های متالوژنی، زمین شناسی و ساختاری و نیز پردازش و تفسیر داده‌های دورسنجی و در نهایت تولید لایه‌ها انجام می‌گردند. استفاده از یک یا چند

۱- Pattern Recognition

۲- Spatial Analysis

مدل برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی تولید شده در مرحله دوم از جمله کارهایی می‌باشد که بایستی در مرحله سوم انجام پذیرد.

۱-۶- ساختار پایان نامه

پایان نامه حاضر مشتمل بر شش فصل می‌باشد که به جز فصل کلیات به صورت زیر ارائه می‌گردد :

در فصل دوم انواع کنسارهای کرومیت و زمین‌شناسی منطقه را مورد بررسی قرار می‌دهیم و توضیحاتی در مورد کرومیت و روش‌های اکتشافی آن معرفی خواهد شد . در فصل سوم به کلیاتی در باب دورسنجی و پردازش داده‌های ماهواره‌ای استر و دورسنجی منطقه خواهیم پرداخت . در فصل چهارم ژئوشیمی و آنالیز و پردازش و بررسی داده‌ها به روش زونالیت‌شیمیایی خواهیم پرداخت و در فصل بعد به تلفیق داده‌های مرتبط در مبحث اکتشافی به روش فازی و در نهایت نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت را استخراج نموده و در فصل آخر به نتیجه‌گیری و پیشنهادات خواهیم پرداخت .

فصل دوم

انواع کانسارهای کرومیت و زمین شناسی منطقه

۲-۱- کرومیت

کرومیت یک کانی به صورت توده دانه ای شکل است که کانه های تجاری آن حاوی ۳۵-۶۸ درصد اکسید کرومیت می باشند .

رنگ آن از سیاه قهوه ای تا سیاه آهنی با جلای فلزی تغییر می کند و وزن مخصوص آن ۴/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب و سختی آن ۵/۵ است . کرومیت دارای نقطه ذوب ۲۱۳۰ درجه سانتیگراد می باشد .

مرغوبیت کانی بر مبنای نسبت $\frac{Cr}{Fe}$ سنجیده می شود که چنانچه نسبت مذکور کمتر از ۲ باشد سنگ نامرغوب و اگر بیشتر از سه باشد مرغوب می گردد .

فرمول شیمیائی کرومیت را از سابق به صورت $FeO \cdot Cr_2O_3$ یا $FeCr_2O_4$ معرفی کرده اند . در برخی از نمونه های کرومیت عناصر روی ، نیکل ، منگنز ، تیتانیوم و وانادیوم به مقدار کم تشخیص داده شده است [۲] .

فرمول عمومی کرومیت به صورت $(Cr, Mg)(Fe, Al)_2O_4$ نوشته می شود . در این سیستم بلورهای مختلط شش مؤلفه با ترکیب ساده تر مشخص شده است که عبارت است از :

فروکرومیت $FeCr_2O_4$

پیکرو کرومیت $MgCr_2O_4$

اسپینل $MgAl_2O_4$

هرسینیت $FeAl_2O_4$

منیزیوفریت $Mg Fe_2O_4$

۲-۲- زمین شناسی ذخایر

کانسارهای کرومیت با وجود تنوع اشکال آن همواره در سنگ های آذرین قلیائی تا بسیار قلیائی تشکیل می شوند. سنگهای آذرین مزبور فاقد کوارتز فلدسپاتهای آلکالن بوده و از نظر ترکیب گوگردی نیز بسیار فقیر می باشند. مقدار سیلیس این سنگها از ۴۵ درصد کمتر است. ترکیب کانی شناسی آنها در درجه اول از اولیوین، ارتوپروکسن ها و کلینوپروکسن ها تشکیل یافته است. در بعضی از آنها آمفیبول و فلدسپاتهای قلیائی نیز وجود دارد. این سنگها شامل انواعی مانند سرپانتینت، گابرو، پیروکسینت، پریدوتیت و دونیت می باشند. کانه کروم یعنی کرومیت به طور اساسی در سنگهای بسیار قلیائی متمرکز می شود و ترکیب آن تابع سنگهای از اطراف خود می باشد. هر قدر درصد اولیوین در سنگ بیشتر باشد به همان اندازه درصد Cr_2O_3 در ترکیب کرومیت بالاتر است. از دیدگاه زمین شناسی سنگ کرومیت وابسته به سنگهای نفوذی اولترابازیک و مرتبط به پوسته اقیانوسی و پای شکافتهای دریایی است.

تیتانیوم، وانادیوم، منگنز و نیکل به مقدار کم در کرومیت یافت می شوند. اکسید تیتانیوم جزء اکسید های نادر در کرومیت است که مقدار آن نسبت به اکسید های دیگر بیشتر است [۳] .

۲-۳- کشورهای تولید کننده ی کرومیت

از میان ذخایر آلپی و لایه ای نوع لایه ای دارای ارزش اقتصادی بیشتری می باشند. مثالهای نمونه در مورد کانسارهای لایه ای ذخایر کرومیت مجتمع های بوشولد در آفریقای جنوبی، کمی در فنلاند و دایک بزرگ زیمباوه می باشد. ذخایر آلپی کرومیت عمدتاً مصارف نسوز و سرشار از آلومینیوم را شامل می گردد که در کوه های اورال و رشته کوههای تیتان درآلبانی، یونان و ترکیه متمرکز گردیده اند.

بر حسب تخمین اداره معادن آمریکا منابع جهانی کرومیت حدود ۶۸۰۰ میلیون تن برآورد گردیده است. ذخایر در حال استخراج در حدود ۱۰۶۰-۱۴۶۰ میلیون تن است که با توجه به سطح فعلی تولید تأمین کننده نیازهای صنایع تا ۱۰۰ سال آینده خواهد بود .

آفریقای جنوبی به عنوان بزرگترین تولید کننده کرومیت جهان حدود ۷۸ درصد کل ذخایر و ۷۴ درصد از کل منابع کرومیت دنیا را در اختیار دارد . کمپلکس بوشولد با مساحتی حدود ۶۷ هزار کیلومتر مربع در ترانثوال در امتداد غرب به مرکز با ضخامت لایه ای از چند سانتی متر تا ۱۰ متر بزرگترین ذخایر شناخته شده کرومیت جهان را در خود جای داده است . مهمترین ذخایر شوروی سابق در جنوب کوههای اورال و در جمهوری قزاقستان واقع شده است . سه کشور آفریقای جنوبی ، روسیه و زیمبابوه بیش از ۹۶ درصد ذخایر پایه و ۹۲ درصد از ذخایر مورد بهره برداری کرومیت دنیا را در اختیار دارند . سهم ژاپن ، اروپای غربی و ایالات متحده ۲ درصد از کل ذخایر پایه و یک درصد کل ذخایر مورد بهره برداری کرومیت در جهان است . کلیه کشورهای تولید کننده فولاد در دنیای غرب (بجز فنلاند) به واردات کرومیت و آلیاژهای فروکروم جهت ادامه فعالیتشان وابسته می باشند [۳] .

۲-۴- موارد مصرف کرومیت

موارد مصرف کرومیت عبارتند از :

الف) متالوژی

ب) دیرگداز (نسوز)

ج) شیمیایی

از الکترولیز محلول اکسید کروم (در روش الکترو شیمیایی) فلز کروم بدست می آورند که حدود ۷۵ درصد از فلز تجاری کروم توسط این روش تولید می شود . در نتیجه محصولی با درجه خلوص ۹۹ درصد تولید می گردد . با تغییر میزان کروم ، آهن و کربن رده های مختلفی از فروکروم تولید می شود . مقدار کروم رده های مختلف بین

۵۰-۷۰ درصد تغییر می‌کند. کرومیت در صنایع شیمیایی بیشتر بصورت اسید کرومیک (H_2CrO_4) و سدیم کرومات مورد استفاده قرار می‌گیرد. از اسید کرومیک جهت پوشش کاری الکتریکی (آبکاری) سطح بسیاری از اشیاء بویژه قطعات اتومبیل و وسایل خانگی و به منظور ایجاد سطحی براق استفاده می‌شود. ضخامت قشر کروم صنعتی بیشتر است.

روی ابزار برش، سیلندرهای موتور و رینگهای پیستونی سطحی بسیار سخت و مقاوم در برابر خوردگی ایجاد می‌کنند. پوست گاو و گوسفند در گذر از فرآیند های دباغی به نمک های کروم متکی اند تا به چرم تبدیل شوند. کروم با نمکهای مس به عنوان محافظ چوپ بکار می‌رود. رنگدانه کروم برای رنگهای نقاشی پلاستیک و مرکب چاپ بکار می‌رود. البته به دلیل سمی بودن مصرف سرب و کروم کاهش یافته است.

آرد کرومیت به عنوان رنگ طبیعی در شیشه سرامیک و آجر نما بکار می‌رود. کرومیت در صنایع نسوز باید حاوی درجات پایین تر Cr_2O_3 یعنی ۳-۴ درصد و محتوی آلومینیم بالاتر ۲۲-۲۵ درصد باشد. مجموع ترکیب $Cr_2O_3 + Al_2O_3$ بایستی از ۶۰ درصد بیشتر باشد، افزودن این عنصر به فولاد به دلیل دارا بودن خواص مقاومت در مقابل خوردگی، سختی زیاد و مقاومت شیمیایی حائز اهمیت می‌باشد. کروم یکی از مهمترین عناصر آلیاژی است که در فولادها به میزان ۳-۵٪ درصد و با نیکل و مولیبدن در فولادهای ضد زنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. آلیاژهای محتوی کروم با درصد های متغیر کروم در صنایع هواپیما سازی، تولید چدن، کشتی، زیر دریایی، رآکتورهای اتمی، کوره های آهن گدازی و فولاد ریزی ها و صنعت چاپ استفاده می‌شود. کرومیت به عنوان ماسه ریخته گری نیز بکار می‌رود [۱] .

۲-۵- تولید و فرآوری کرومیت در ایران

کرومیت برای اولین بار در چهارده کیلومتری کاهک (منطقه ای از اطراف سبزوار) در سال ۱۳۱۹ کشف گردید و سالیانه در حدود ۱۰۰۰ تن کرمیت از آن استخراج گردید. کرومیت استخراجی از معدن فرومد جهت تولید بیکرومات پتاسیم در کارگاههای سنتی و همچنین آجرنسوز مورد مصرف قرار می‌گرفت و مقداری نیز از

کرومیت استخراجی صادر می‌شد. استخراج کرومیت از این معدن چند سالی بیشتر دوام نداشته و در طی سال‌های (۱۳۲۹ - ۱۳۲۳) این معدن تعطیل می‌گردد. در ابتدا استخراج کرومیت و صادرات آن بوسیله دولت انجام می‌گرفت و سپس شرکت‌های نیمه دولتی و خصوصی نیز این کار را در دست می‌گیرند، معادن کرومیت در برخی سال‌ها به دلایل اقتصادی تعطیل و همزمان با ترقی بازار جهانی و افزایش میزان تقاضا در آن، مجدداً اقداماتی جهت استخراج به عمل آمده و معادن دوباره تجهیز و راه اندازی گردیده اند. در (سال ۱۳۷۹) ۳۰ معدن در حال بهره برداری در سطح کشور و در استانهای خراسان، سمنان، فارس، کرمان و هرمزگان وجود داشتند که در سال ۱۳۷۸، ۳۵۳۷۷۱ تن و در سال ۱۳۷۹، ۱۶۱۱۳۸ تن کرومیت از آنها استخراج شد. کلوخه‌های استخراجی و سنگ جوری شده کرومیت بدون عملیات فرآوری خاصی صادر می‌شود. خاکه‌های کرومیت کم عیار در واحدهای فرآوری موجود در معدن فرآوری شده و در صنایع و واحدهای مختلف داخلی مورد مصرف قرار می‌گیرد. در طی سال‌های اخیر میزان تولید این ماده معدنی روندی صعودی داشته، اما در سال ۱۳۷۹ به میزان قابل توجهی از تولید آن در کشور کاسته شده است [۱] .

۲-۵-۱- صادرات و واردات کرومیت

در طی سال‌های (۱۳۶۸ - ۱۳۷۴) گمرک ایران (سالنامه آمار بازرگانی خارجی) میزان واردات فروکروم به کشور را تحت یک عنوان کلی فروکروم درج نموده است. اما در سال‌های اخیر فروکروم را تحت دو عنوان کلی کم کربن (فروکروم دارای ۰.۴٪ وزنی یا کمتر) با شماره تعرفه ۷۲۰۲/۴۹ و پرکربن (فروکروم دارای بیش از ۰.۴٪ وزنی کربن) با شماره تعرفه ۷۲۰۲/۴۱ طبقه بندی نموده است و در برخی سال‌ها فروکروم به هر دو شکل وارد کشور شده و در صنایع عمده مصرف کننده مورد استفاده قرار گرفته است. آمار واردات فروکروم در طی سال‌های (۱۳۶۸ - ۱۳۷۹) علی‌رغم نوسانات شدید، در مجموع دارای یک روند نزولی بوده (بر طبق آمار گمرک) و در مقایسه با میزان صادرات سهم قابل توجهی را به خود اختصاص داده است. در سال ۷۹ میزان واردات

فروکروم رشد چشمگیری داشته است. عمده این واردات از کشورهای اروپایی (روسیه ، هلند بلژیک ، انگلستان ، آلمان و سوئد) چین و آفریقای جنوبی صورت گرفته است .

۲-۵-۲- قیمت جهانی کرومیت

میزان قیمت جهانی کرومیت در دوره ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱ با متوسط نرخ رشد ۰/۱٪ ، از ۸۰/۲ دلار برتن در سال ۱۹۹۷ به ۶۹/۲ دلار برتن در سال ۱۹۹۹ و ۷۷ دلار برتن در سال ۲۰۰۱ کاهش نشان می دهد .

قیمت کرومیت در جهان در طی سال های اخیر دارای نوسان بوده است و پایین ترین حد آن در سال ۱۹۹۹ می باشد و با میزان تولید ، عرضه و تقاضای آن دارای نسبت مستقیم می باشد و با کاهش قیمت ها تا سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ ، کشورهای عمده تولید کننده برای افزایش مجدد قیمت این ماده معدنی ، مجبور به کاهش تولیدات خود شده و باعث افزایش مجدد قیمت کروم در سال ۲۰۰۱ شده است .

کرومیت بصورت سنگ معدن و یا کنسانتره خرید و فروش می گردد . در حال حاضر با توجه به رکود اقتصاد جهانی کشور چین عمده خریدار اصلی کرومیت ایران ، خرید کرومیت را متوقف کرده است و قیمت جهانی آن به کمتر از ۳۰۰ دلار بر تن برای عیار ۴۰ کاهش یافته است . این در حالی است که در ماه های گذشته کرومیت

در بازار جهانی بالاترین قیمت خود را تا حدود ۸۰۰ دلار بر تن به ازای عیار $(\frac{Cr}{Fe})$ ۴۰ تجربه کرده بود [۴] .

Article I . ۲ - ۶ - کانسارهای کرومیت

کانسارهای کرومیت را به طور کلی می توان در دو دسته جداگانه جای دارد :

۱- انباشته های ارتوماگمایی چینه سان یا انباشته ای نوع بوشولد .

۲- انباشته های ارتوماگمایی انبانی شکل یا نهشته های نوع آلیپی .

۲-۷- نهشته های چینه سان یا تیپ بوشولد :

این نوع نهشته کرومیت ، بیش از ۹۸ درصد از منابع کرومیتی جهان را تشکیل می دهد . این نهشته های از لایه هایی تشکیل شده اند که معمولاً در بخش های زیرین کمپلکس های آذرین چینه بندی شده اعم از توده های نفوذی قیفی شکل (مانند بوشولد و گریت دایک) و یا توده های نفوذی سیل مانند (استیل واتر ، که می در فنلاند ، سلوک وه در زیمباوه ، فسیلکن آست در گرینلند باختری) قرار می گیرند .

سنگ های میزبان کرومیت در این مجموعه ها ، سنگ های اولترابازیک تفریق یافته (مانند دونیت ، پریدوتیت و پیروکسنیت) از یک ماگمای گابرویی مادر هستند . این سنگ ها، مکان های مشخصی را در کمپلکس به خود اختصاص داده و از گسترش جانبی زیادی برخوردارند . پهنای لایه های کرومیت توده ای (کرومیتیت) از چند میلی متر تا بیش از ۱ متر متغیر بوده و از جوانب تا ده ها کیلومتر قابل تعقیب است .

توده های معدنی ممکن است از یک یا تعدادی از لایه های بسیار نزدیک به هم تشکیل شده باشد . کرومیت این نهشته ها معمولاً غنی از آهن است . اما در این میان، گریت دایک زیمباوه که دارای کانسنگ غنی از کروم است، استثنا می باشد . همه این نهشته ها ، در کراتون های پایدار (نقاط درون قاره) تزریق شده اند ، البته فسیلکن آست در گرینلند باختری استثناست . این کمپلکس که با بازالت های اقیانوسی همراه است ، احتمالاً در یک پوسته اقیانوسی پایدار جایگزین شده است .

نهشته های چینه سان دارای کرومیت فراوان ، سن پرکامبرین دارند. سن کرومیت های اسفندقه و فاریاب پرکامبرین-کامبرین می باشد با توجه به وضعیت آنها ، می توان گفت کرومیت های این مجموعه ، مشابه نوع بوشولد هستند . البته در ایران ، سنگ های اولترامافیک با سن پرکامبرین شناخته شده اند ، ولی در اکثر مناطق این سنگ ها فاقد کانی سازی اقتصادی کروم می باشد . تنها یک اندیس از این نوع ، در ناحیه علم کندی زنجان ، چهارگوش تکاب شناخته شده است [۱] .

۲-۸- نهشته های کرومیت انبانی شکل یا تیپ آلپی :

ریخت شناسی توده های معدنی کرومیت ، انبانی شکل ، نامنظم و غیرقابل پیش بینی است و شکل آنها از صفحه مانند تا انبانی شکل یا عدسی و رگه های نازک متغیر است ، در هر حال ، شکل آنها می تواند متنوع باشد . وزن آنها از چند کیلوگرم تا چندین هزار تن متنوع باشد . بیشترین تولید جهانی این نهشته ها از توده هایی با ذخیره ۱۰۰ هزار تن است و ذخایر بزرگتر از یک میلیون تن کمیاب است . لایه های کرومیت ، پهنایی بین ۴۰-۱ سانتی متر یا بیشتر دارند . این کنسارها در مناطق مختلف جهان یافت می شوند که یکی از مهم ترین این مناطق کمربند آلپ-همالیا است .

توده های اولترامافیک آلپی ، بیشتر هارزبورزیت و لرزولیت دارند . از نظر اکتشافی ، آگاهی از این امر که سنگ های هارزبورزیتی نهشته های کرومیت را در خورد جای می دهند ، بسیار مهم است .

در آلپ باختری ، سنگ های افیولیتی بیشتر شامل لرزولیت کلینوپیروکسن دار بوده و فاقد کانی سازی اقتصادی کرومیت است . در حالی که در آلپ خاوری ترکیب پریدوتیت ها ، هارزبورزیت ارتوپیروکسن دار است که کانی سازی های بسیار زیادی از کرومیت های آلپی دارد (یونان ، قبرس ، ترکیه ، ایران ، عمان و پاکستان) . سن اغلب نهشته های انبانی شکل مزوزوئیک یا ترشیاری است ، نهشته اورال ، آلبانی ، فیلیپین ، ترکیه و ایران ، بزرگترین نهشته شناخته شده از این نوع هستند . مر و دیگران ، برای کنسارهای کرومیتی قبرس و خاورمیانه ، مدل گسترش در حلقه های کوچک جدا شده به وسیله گسل های معکوس در بالای زون فرورانش مایل را پیشنهاد کرده اند که می تواند در مورد ایران هم درست باشد . در کوهزایی آلپی ، از ژوراسیک تا انتهای کرتاسه و پالئوسن که باعث بسته شدن اقیانوس نئوتتیس شد ، از اسپانیا تا فیلیپین شاهد تشکیل کنسارهای متعددی هستیم که ایران در قسم میانی تا شرقی این کمربند افیولیتی ، دارای ذخایر با ارزش کروم است [۱] .

۹-۲ - ذخایر کرومیت در ایران

با توجه به شکل نامنظم و عدسی و همراهی کرومیت ها با سرپانتینی ها و پریدوتیت های سرپانتینی ، به نظر می رسد که بیشتر کرومیت های ایران از نوع آلپی هستند . کانسارهای کرومیت ایران در پنج منطقه زیر متمرکز هستند :

۱- منطقه سبزوار- تربت جام

۲- منطقه اسفندقه- فاریاب

۳- منطقه نیریز

۴- منطقه خوی

۵- منطقه سیستان و بلوچستان

۹-۲-۱- کرومیت های منطقه سبزوار تربت جام :

این منطقه بین فریمان و شاهرود قرار گرفته و کانی سازی به صورت عدسی های بزرگ و کوچک با درازای ۱۰ تا ۳۵۰ متر و پهنای ۲ تا ۶ متر است . در این ناحیه، ۲۳ معدن در منطقه سبزوار و ۷ معدن در تربت حیدریه وجود دارد که برخی فعال هستند . مقدار اکسید کروم (Cr_2O_3) کانسارها ، بین ۳۸ تا ۵۰ درصد است. این کرومیت ها در دونیت های سرپانتینی شده قرار دارد و راستای توده های آذرین ، شرقی- غربی است . قسمت های کم ژرفای بیشتر این کانسارها استخراج شده و معادن آنها تعطیل است .

منطقه افیولیتی سبزوار در شمال گسل درونه (کویر بزرگ) و جنوب گسل شاهرود قرار گرفته و حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد . افیولیت های شمال منطقه سبزوار با روند کلی شرقی- غربی از ناحیه عباس آباد تا ناحیه شرقی سلطان آباد (غرب نیشابور) ادامه دارد . افیولیت های جنوب سبزوار که در قسمت های شمالی بردسکن ، غرب کاشمر و قسمت جنوبی دولت آباد مشاهده می شود [۵] . توده اولترابازیک منطقه سبزوار حدود ۵۰۰ کیلومتر طول و ۵۰ کیلومتر عرض دارد . در بخش شمالی این منطقه ، کوه های جغتای قرار دارد .

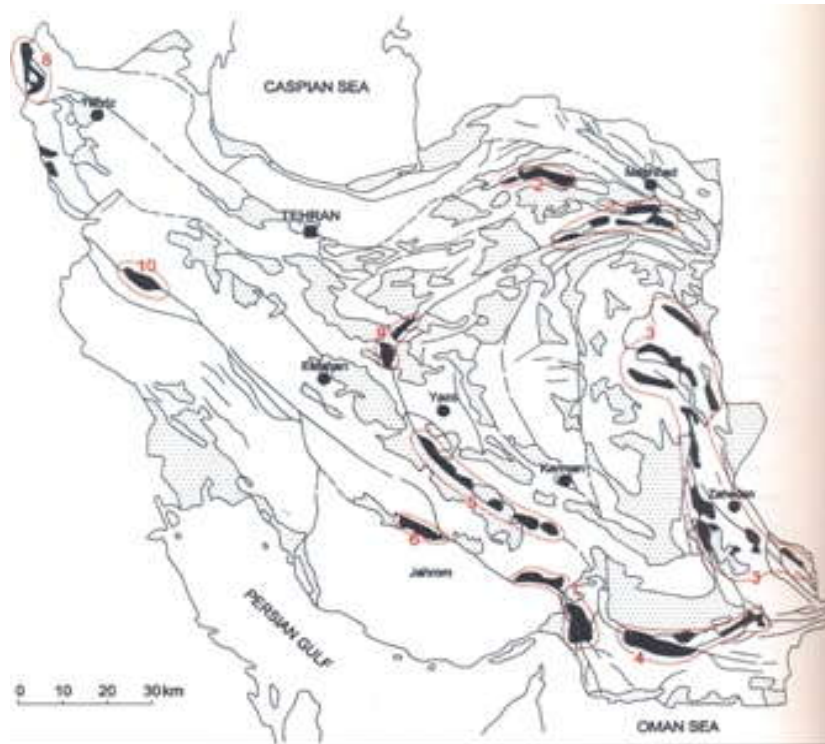
قسمت غربی این مجموعه ، به وسیله رسوبات مزوزوئیک پوشیده می‌شود و قسمت جنوبی آن به وسیله کنگلومرای جوان و واریزه ها پوشیده شده است . کرومیت این ناحیه دارای بافت پوست پلنگی و نواری و از انواع متراکم است . مهم ترین کانسارهای این ناحیه مربوط به ناحیه فرومد در ۴۰ کیلومتری شمال عباس آباد است . در قسمت جنوبی ناحیه روستای گغت ، عدسی های کوچک و بزرگ به صورت موازی دیده می‌شود که مهم ترین آنها عدسی بزرگ گغت با ۶۵ متر درازا است . کرومیت در این ناحیه ، از نوع متراکم و دارای بافت پوست پلنگی است . در ۹ کیلومتری شمال فرومد ، در روستای سرور ۲ عدسی کرومیتی وجود داشته که کاملاً استخراج شده است . در شمال دهکده سرور و گغت ، سنگ های گابرویی و دیوریتی و حتی اسیدی مانند گرانیت ، به صورت توده های نفوذی جدید تر تشکیل شده است .

در ۸ کیلومتری شمال غربی دهکده فرومد در دامنه جنوبی کوه جغتای ، کانسارمیرمحمود قرار گرفته است . این کانسار از چهار عدسی تشکیل شده و سالانه تا ۲۰ هزار تن کرومیت از آن استخراج شده است . در ۶ کیلومتری فرومد کانسار قند آویز قرار گرفته که دارای دو عدسی بزرگ کرومیتی است .

دو معدن متروکه کرومیت و سنگ های دارای نیکل به صورت نشانه هایی از کرومیت در منطقه تربت حیدریه می‌باشند . کانسارهای کرومیت این منطقه ، هم شیب یا به تقریب هم شیب می‌باشند . غالباً کانی سازی کرومیت در بالاترین بخش سری های اولترابازیکی افیولیت ها صورت گرفت است . عدسی های کرومیتی که در اعماق بیشتر سنگ های اولترابازیکی تشکیل شده اند ، غالباً کوچک تر بوده و پراکندگی بیشتری دارند . در نقاطی مانند شمال آبدر و شمال سبزوار و منطقه زیارت کرومیت به صورت توده هایی دیده می‌شود که از تمرکز اقتصادی کافی بهره‌مند است . این نهشته های کرومیتی که به صورت انبانی شکل هستند ، در اثر عوامل زمین ساختی، متحمل انواع دگرشکلی ها ، جابجایی و گسستگی ها شده اند [۱] .

در فاصله ۴۵ تا ۵۵ کیلومتری شمال تربت حیدریه ، معادن غیرفعال و متروکه فراوانی از کرومیت های انبانی وجود دارد . نهشته های کرومیت در این منطقه ، بیشتر با دونیت همراه است . در هارزبورژیت ها ، دانه های کرومیت معمولاً موازی با سطح برگوارگی قرار دارند و اندازه آنها کمتر از ۳ میلی متر است. در شکستگی های

کانی کرومیت ، کانی پنتلانیدیت دیده می شود . افزون بر این ، گاهی نیکل به صورت ریز در سنگ های نوریتی دیده می شود . در این منطقه ، رگه های مس به ضخامت چندین سانتی متر و به درازای ده ها متر دیده می - شود که سنگهای بازی دیاباز و دیگر سنگ ها را به صورت دایک هایی قطع کرده است (شمال سبزوار) .



(i) شکل (۲ - ۱) پراکندگی نواحی افیولیتی حاوی کروم در ایران [۳]

۲-۹-۲- کرومیت های منطقه اسفندقه-فاریاب :

کرومیت ها در این منطقه به دو کمربند تقسیم می شوند . کمربند شمالی و کمربند جنوبی ، کمربند شمالی در ۶۰ کیلومتر جنوب غربی بافت قرار دارد و کمربند جنوبی در ۳۰ کیلومتری شمال شرقی میناب واقع شده است . کمربند شمالی دارای محدوده کرومیتی لار به طول ۶۰ کیلومتر و عرض ۵ تا ۱۰ کیلومتر است . از سال ۱۹۵۵ تاکنون ، معادن زیادی در این مناطق شناسایی شده اند . مهم ترین معادن کمربند شمالی (منطقه اسفندقه) کانسارهای آبدشت ، صوغان ، شیخ عالی و سیخوران است .

کرومیت های این منطقه در چهار افق چینه شناسی تشکیل شده اند : ۱- دونیت های زیرین ، ۲- تکرار دونیت ، هارزبورژیت و پیروکسنیت ، ۳- دونیت و هارزبورژیت بالایی ، ۴- سطح زیرین گابروها در پیروکسنیت ها و دونیت ها .

در ناحیه آبدشت ، کرومیت در چند منطقه در شیخ عالی ، صوغان ، آبدشت ، باغ برج و کمال آباد پیدا شده است . توده اولترامافیک آبدشت ، ۵ کیلومتر طول و ۸ کیلومتر عرض دارد و از تناوب نسبتاً منظم دونیت ، هارزبورژیت ، لرزولیت و ورلیت به شدت دگرگون شده ، تشکیل شده است . ذخیره احتمالی ناحیه اسفندقه ، ۸ میلیون تن برآورد شده است .

طول کمر بند جنوبی (ناحیه فاریاب) ۸ کیلومتر و عرض آن ۲ تا ۳ کیلومتر است . این ناحیه دارای ۲۳ محدوده معدنکاری بوده ، معادن مهم آن شامل شهریار ، امیر ، ابراهیم ، نازآفرین ، نادر ، مجید ۱ و ۲ ، یاسمین ، سرهنگ ، بهارسنگ ، رضا ، دستگرد و کوه سرخ ست .

معدن فاریاب در ناحیه ای قرار گرفته اند که برخی از سازندهای زمین شناسی ایران مانند زاگرس و سنندج-سیرجان از راستای شمال غربی-جنوب شرقی به راستای شمالی-جنوبی تغییر جهت می دهند . این ناحیه محل برخورد دو دسته گسل اصلی است که یکی روند شمالی-جنوبی و دیگری روند شمال غربی-جنوب شرقی دارد . این گسل ها و گسل های فرعی حاصل از حرکات آنها ، در شکل گیری سیمای زمین ساختی محدوده مورد نظر نقش اساسی دارند . واحدهای سنگی ناحیه شامل گروه های زیر است :

(۱) سنگ های دگرگونی پالئوزویک (دونین) که متعلق به زون سنندج-سیرجان است .

(۲) سنگ های اولترامافیک توده سرخ بند که در اصل به قسمت های زیرین سنگ های دگرگونی فوق تعلق دارد، ولی در اثر حرکات زمین ساختی در موقعیت جدا قرار گرفته اند .

(۳) شسیست های گلوکوفان دار مربوط به واحد آمیزه رنگین .

(۴) آمیزه رنگین

چین خوردگی ها و دگرگونی های منطقه ای در این کانسارها چندان اهمیت ندارد اما هر جا چین خوردگی دیده می شود ، عیار کانسار بالا رفته و لایه ها پهن تر می شود . ساختار سنگ آهکی درون گیر ساده بوده و در نتیجه ، نشانه های کانی سازی به آسانی قابل دیدن است .

در فاریاب ، به تازگی ۲ میلیون تن ذخیره جدید در حوالی معدن امیر کشف شده است . ذخیره احتمالی فاریاب ۳۰ میلیون تن است [۳] .

۲-۹-۳- کرومیت های منطقه نیریز :

رخمون های مشخص زون افیولیتی نیریز- عمان از جنوب ده بید تا نیریز روند شمال غرب و جنوب شرق دارند و این نوار افیولیتی در شرق نیریز توسط راندگی زاگرس به سمت جنوب انحنا یافته و قطع می شود ، اما در کوه های عمان بار دیگر پدیدار شده و بدین لحاظ، به نام زون نیریز - عمان مشهور است .

مجموعه افیولیتی نیریز ، بدون دگرشیمی و گسل خوردگی بر روی آهک های رسی سازند سرو (سنومانین- تورنین) قرار گرفته است . افیولیت های نیریز از لحاظ سنگ شناسی به ترتیب از قاعده به سمت بالا شامل واحدهای سنگی زیر است :

۱- هارزبورژیت تکنونیزه با واحد لرزولیتی .

۲- اولترامافیک ها با بین لایه های از دونیت ، کرومیت ورلیت ، وبستریت و کلینوپیروکسنیت .

۳- واحدهای انباشت سنگی شامل گابروهای بالایی و پایینی .

۴- واحدهای دایک های صفحه ای که شامل دایک های دلریتی و بازالتی است .

۵- مقدار کمی پلاژیوگرانیت که بین دونیت ها و گابروهای توده بالایی مشاهده می شود .

۶- گدازه بالشی و واحدهای رادیولاریتی .

مهم ترین سنگ های دگرگونی افیولیت نیریز شامل اسکارن و مرمر است و با توجه به مجاورت آنها با پریدوتیت ها به نظر می رسد که این سنگها محصول دگرگونی پریدوتیت ها و آهک ها باشند . از معادن کرومیت این

منطقه ، می توان به معدن خواجه جمالی که متروکه می باشد ، اشاره کرد . سنگ درون گیر کرومیت ها ، سرپانتیت ، پیروکسنیت و هارزبورژیت است .

۲-۹-۴- کرومیت های منطقه خوی :

در مرز ایران و ترکیه در غرب دریاچه ارومیه ، تعدادی مجموعه افیولیتی - رادیولاریتی با راستای شمالی - جنوبی دیده می شود . موقعیت جغرافیایی منطقه $44^{\circ}44'$ تا $44^{\circ}47'$ طول شرقی و $38^{\circ}39'$ تا $38^{\circ}40'$ عرض شمالی است . ارتفاع میانگین این منطقه از سطح دریا حدود ۱۹۵۰ متر است . افیولیت های شمال باختر ایران ماکو - خوی - ارومیه به آمیزه های حلقوی ایران مرکزی شباهت دارد . مجموعه سنگ های افیولیتی این منطقه شامل بخش های زیر است :

۱- اولترامافیک ها ۲- دیابازها ۳- لوکوکرات ها ۴- بازالت ها و آندزیت ها ۵- سنگ های رسوبی رخساره های ژرف [۵] .

۲-۹-۵- کرومیت در منطقه سیستان و بلوچستان :

در استان سیستان و بلوچستان، بیش از ۵۰ کانسار و نشانه معدنی کرومیت شناخته شده است . کرومیت این استان را می توان از نظر موقعیت زمین شناختی به دو دسته تقسیم کرد :

الف) کرومیت منطقه مکران : این کرومیت ها در پیوند با افیولیت های جنوب جازموریان است و روند شرقی - غربی دارند که از کهنوج تا جنوب ایرانشهر قابل پیگیری است ، مانند کانسار و نشانه معدنی گوتیج ، سبزه قلمان و مختارآباد در ناحیه فنوج .

ب) کرومیت محور ایرانشهر - نهبندان : این کرومیت ها روند شمالی - جنوبی دارد . در این محور ، کانسارهای کرومیت نسبتاً زیادی شناخته شده است ، مانند کانسار کوه زریج ، چهار ، نصرت آباد و سفیدابه . کانسارهای کرومیت سیستان و بلوچستان ، معمولاً ذخایر کوچکی را تشکیل می دهند و اغلب از نوع کرومیت های غنی از آلومینیوم هستند .

۲- ۱۰- افیولیت و افیولیت ملانژهای ایران

وقتی از افیولیت صحبت می‌شود، منظور سنگ خاصی نیست، بلکه مجموعه‌ای از سنگ‌های لایه‌لایه در نظر مجسم می‌شود. به همین دلیل غالباً از مجموعه‌های افیولیتی (کمپلکس افیولیتی) یا سری‌های افیولیتی سخن به میان می‌آید. این مجموعه‌ها ضخامتی در حدود ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ متر داشته و از بالا به پایین بخش‌های زیر را می‌توان مشاهده نمود: [۵]

- پیلو لاوا یا گدازه‌های آتشفشانی بالشی شکل :

ترکیب این لایه‌ها بازالتی است و وجود آن در سطح فوقانی مجموعه‌های افیولیتی، نشان‌دهنده حالت مذاب و فوران آن در زیر آب دریا (کف اقیانوس) است. بر روی آنها رسوبات آهکی و سیلیسی



شکل (۲-۲) نمونه از کرومیت رگه‌ای [۳]

(رادولاریت) همراه با رسوبات آذرآواری (پیروکلاستیک) مشاهده می‌شود.

- دولریت (دیاباز) :

دایک های فراوانی از این قسمت به داخل پیلو لاواهای فوقانی نفوذ کرده اند ، گرچه وجود دایک در یک سری افیولیتی الزامی نیست ، ولی مشاهده آن ها نشان دهنده سرد شدن توده های رگه مانندی است که حتی بعد از انجماد پیلو لاواها ، حالت مایع داشته اند .

- گابرو :

با شناختی که از این سنگ داریم نشانه ای از تبلور ماگمای بازیک در محیط آرام است .

- پریدوتیت ها و سنگ های اولترابازیک :

این سنگها ممکن است لایه لایه باشد و قسمت اعظم یک مجموعه افیولیتی را تشکیل دهد . حد بین گابرو و پریدوتیت در بسیاری از حالات تدریجی است . در داخل پریدوتیت ها ، رگه های کرومیت به صورت عدسی های نازک وجود دارد .

سنگ های تشکیل دهنده یک مجموعه افیولیتی اصولا رنگ سبز داشته و نام افیولیت نیز به همین دلیل انتخاب شده است . (افی^۱ مار آبی که رنگ سبز خال خال دارد و لیت به معنی سنگ)

ضخامت و اهمیت هر یک از لایه های سری افیولیتی بدین قرار است :

- سنگ های آتشفشانی و پیلو لاواها (۳۰۰ تا ۵۰۰ متر)

- دولریت ها (۱۰۰ تا ۴۰۰۰ متر)

- گابرو ها و سنگ های رگه ای (۵۰۰ تا ۲۳۰۰ متر)

- اولترابازیک ها (۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر)

نحوه تشکیل چنین مجموعه لایه لایه از این قرار است :

به عقیده برخی از محققان ، ستونی از استنوسفر ، یعنی مواد سازنده گوشته به پهنای حدود ۱۰ کیلومتر و درجه حرارت تقریبا ۱۳۵۰ درجه به صورت دیاپیروهای به بالا مهاجرت می کنند . این عمل

^۱ ophi

بیشتر در شکاف های میان اقیانوس ها ، یعنی در محل های کم فشار و نازک پوسته زمین انجام می شود .

ستون مزبور در هنگام بالا آمدن دچار ذوب بخشی می شود که مسلماً مقدار و درصد ذوب آن به درجه حرارت و فشار محیط بستگی دارد .

می دانیم که مواد حاصل از ذوب استنوسفر ترکیب بازالتی دارند و با توجه به چگالی خود نسبت به محیط اطراف به سطح زمین کشیده می شوند . در ضمن مهاجرت و پس از آن ، بخشی از آن متبلور می شود و پس از استقرار این مایع ، بلورهای حاصل به کف اتاق ماگمایی سقوط می کند و ته نشین می شوند (کومولیت) . اجتماع این بلورها که بیشتر از نوع اولیوین و پیروکسن است ، بخشی از سنگ های اولترابازیک تحتانی را به وجود می آورد (بخش دیگر ، یا قسمت اعظم اولترابازیک یک مجموعه افیولیتی ممکن است باقیمانده ذوب نشده گوشته فوقانی باشد) .

وقتی مایع مزبور به کف دریا می رسد و با آب تماس حاصل می کند بخش فوقانی آن به سرعت سرد می شود و پیلولاواها از آن به وجود می آید و به این ترتیب سقفی عایق تشکیل می شود که ماگما در پناه آن به آرامی سرد می شود . نتیجه این سرد شدن تدریجی ، پیدایش گابرو و دایک های دولریت دیاباز است که در زیر بخش های سطحی یافت می شود .

می دانیم که درجه حرارت کف اقیانوس ها در حدود صفر درجه است . با رسیدن مایع مذاب به کف اقیانوس ، قشر سطحی آن به سرعت سرد می شود ولی سرعت سرد شدن در اعماق تدریجی است . محاسبات نشان داده است که زمان سرد شدن از سطح تا ۱,۵ کیلومتری عمق مایع مذاب ، ۴۰ هزار سال طول می کشد و اگر سرعت باز شدن اقیانوس ۲ سانتی متر در سال فرض شود ، طی ۴۰۰۰۰ سال ، کف اقیانوس ۸۰۰ متر باز می شود و در نتیجه مواد مذاب جدیدی به این قسمت ها مهاجرت می کنند . با ورود مواد تازه ، عمل انجماد به درازا می کشد که خود در تفریق ماگما و ایجاد گابرو – دولریت در منطقه نزدیک به پشته اقیانوسی موثر است . با توضیحات فوق ، وضعیت لایه لایه در مجموعه اولترا

بازیک را می‌توان به تزریقات مکرر مواد مذاب و ورود آن به محیط تبلور مربوط دانست . دایک های دولریتی فوق به دایک صفحه ای یا دایک تغذیه ای هم موسوم اند ، مسیر عبور تزریقات مکرر و معبری برای حرکت مواد مذاب به تراز های فوقانی است . در برخی از مجموعه های افیولیتی در حد بین گابروها و دایک های فوق الذکر ، سنگ های حدواسط تا اسیدی (نظیر دیوریت ، پلاژی گرانیت و گرانوفیر) نیز وجود دارد که در مجموع معرف تفکیک و تفریق کامل مواد مذاب در حین سرد شدن و انجماد است .

هر قدر ضخامت مجموعه زیادتر باشد ، سنگ های لایه لایه بیشتر و تفریق مذکور کامل تر است و احتمالاً انواع اسید (نظیر گرانوفیر و دیوریت) نیز در مجموعه وجود خواهند داشت . اگر مجموعه های مزبور حالت لایه لایه خود را از دست بدهد و به صورت مخلوط درهمی از سنگ ها ظاهر شود ، در این صورت آن را مخلوط های رنگین^۲ ، یا ملانژ افیولیتی^۳ می گویند . وجود نوع از ملانژها ، حادثه تکتونیکی در مرحله جامد را مسلم می کند . در برخی از موارد ، پیدایش سنگ هایی در داخل آن که نسبت به مجموعه افیولیتی بیگانه اند (قطعات سنگ های دگرگونی نظیر گنیس و میکاشیست یا رسوبات تخریبی) حادثه تکتونیکی مزبور را آشکارتر می سازد [۵] .

۲- ۱۱ - پراکندگی و مشخصات کلی افیولیت های ایران:

افیولیت های ایران در طول و به موازات خط راندگی زاگرس ، نوار افیولیت - رادیولاریت وجود دارد که ادامه آن در عمان نیز یافت می شود . ولی افیولیت های سایر مناطق ایران از نوع ملانژ است در کل افیولیت های ایران را در دو گروه نوار افیولیت - رادیولاریت زاگرس و نوار حلقوی ایران مرکزی تقسیم می شود . افیولیت ملانژهای ناحیه سبزوار و شمال تربت حیدریه جزء دسته دوم قرار می گیرند .

^۲ Coloured melange

^۳ Ophiolite melange

۲-۱۱-۱- افیولیت ملانژهای شمال تربت حیدریه :

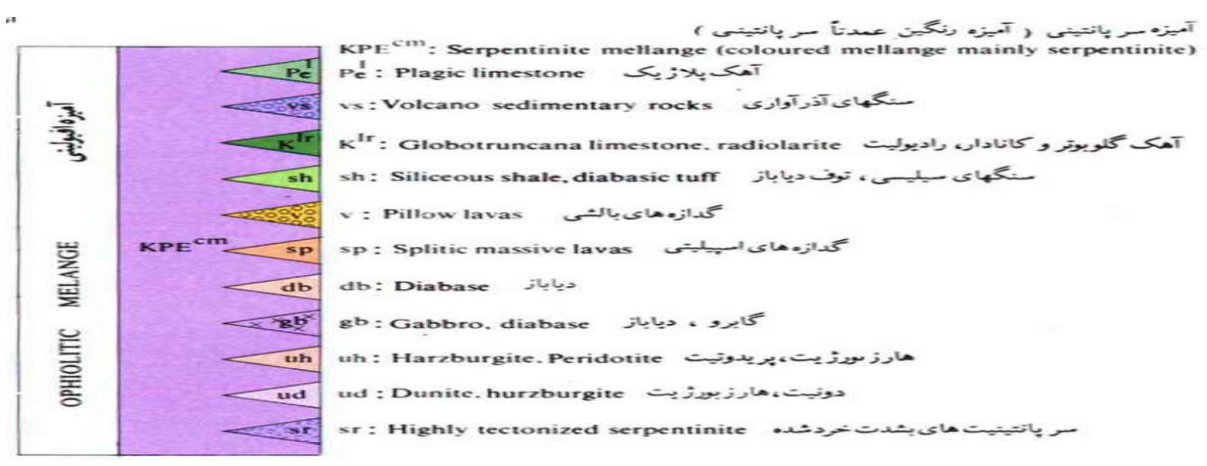
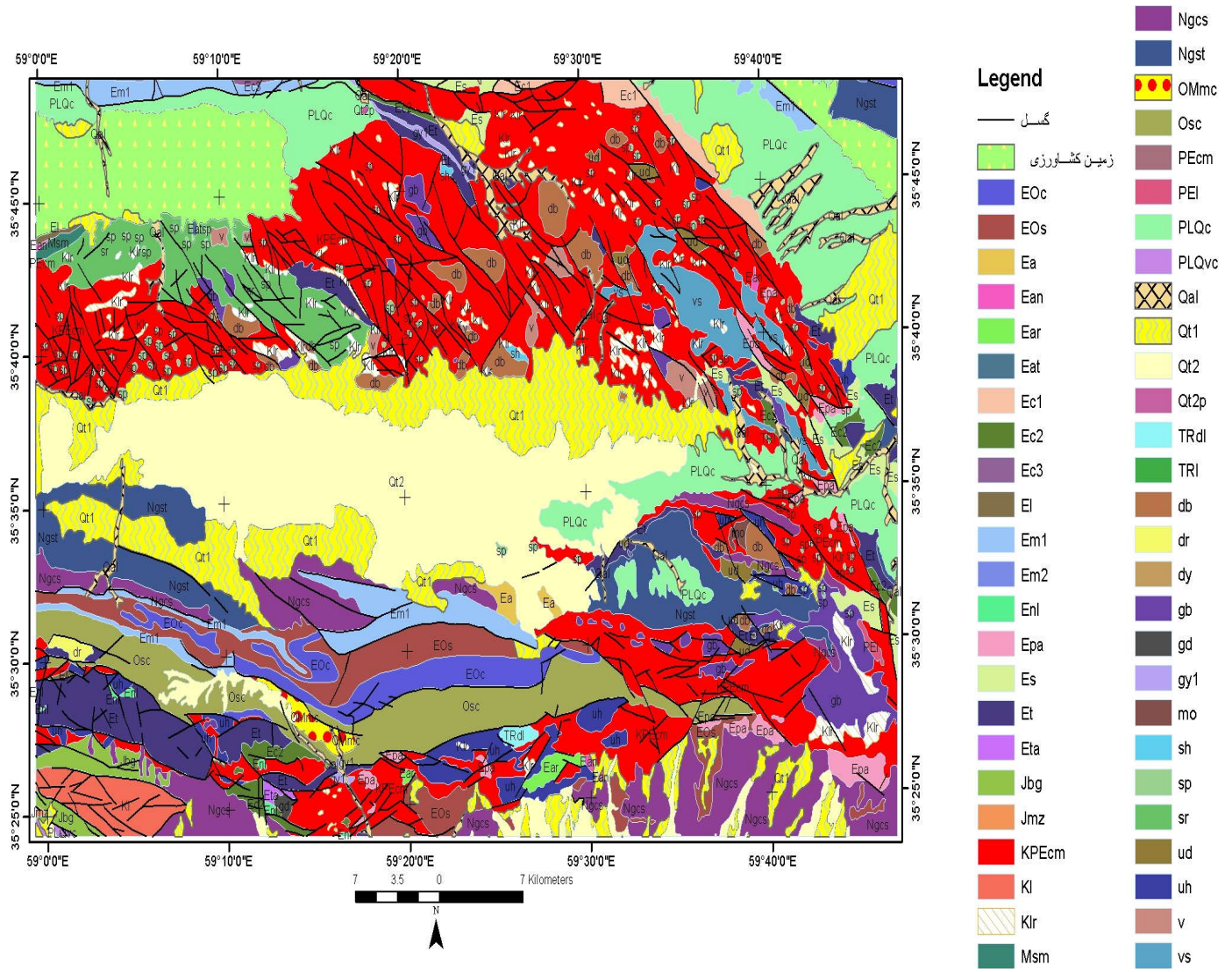
در این منطقه سکناس تقریباً کاملی از ساختار یک مجموعه افیولیتی بویژه در منطقه اسدآباد به رباط سفید دیده می‌شود. این سکناس از قاعده به طرف بالا به شرح زیر است :

- آمفیبولیت های قاعده‌ای ؛ این سنگ ها در نتیجه رورانگی پوسته اقیانوسی بر روی حاشیه قاره و در قاعده افیولیت ها در حرارت کم و فشار زیاد ایجاد شده‌اند .
- پریدوتیت‌های متامورفیک ؛ این سنگ ها شامل مجموعه سنگ هایی از جمله هارزبورژیت ، دونیت ، ورلیت ، لرزولیت ، پیروکسنیت و سرپانتینیت هایی هستند که ساخت تکتونیکی ، لینه‌اسیون و شکستگی های فراوان از ویژگی بارز آن ها به شمار می‌روند .
- سنگ های کومولیت ؛ کانی های تشکیل دهنده این سنگ ها از تجمع و ته نشینی در یک اتاق ماگمایی به وجود آمده و سری سنگ‌هایی را ایجاد کرده اند که در یک انتهای آن پریدوتیت و در انتهای دیگر آن گابرو قرار دارد و نشان می‌دهد که آشیانه ماگمایی ، دو مرحله تکاملی مجزا را پشت سر گذاشته است . مرحله اول با تشکیل اولترامافیک (سیستم باز) و مرحله دوم با تشکیل سنگ های گابرویی (سیستم بسته) همراه بوده است .
- رودنگیت ؛ سنگ هایی که در نتیجه متاسوماتیزم سنگ های دیگر از جمله گابروها و دیابازها حاصل شده و در آن کانی های گروه گرونا ، کلریت و دیوپسید هم مشاهده می‌شود .
- مجموعه دایک هلی صفحه ای ؛ سری سنگ هایی هستند که در اثر تزریق دایک در دایک ایجاد شده اند و عمدتاً سنگ‌های دیابازی را شامل می‌شوند . از نظر شیمیایی این سنگ ها در قلمرو کالکوالکالن قرار دارند .
- سنگ‌های آمفیبولیتی متاسوماتیک ؛ این سنگ ها در نتیجه متاسوماتیزم سنگ های دیابازی ایجاد شده اند و معمولاً در مجاورت با آنها دیده می‌شوند .

- سنگ‌های لوکراتیک ؛ عموماً به صورت دایک‌ها و رگه‌های نازک دیده می‌شوند و ترکیب آنها از تونالیت تا گرانیت تغییر می‌کند. این سنگ‌ها پتاسیم کمی دارند که از ویژگی بازالت‌های اقیانوسی (تولئیتی اقیانوسی) است .
 - سنگ‌های خروجی ؛ سنگ‌های آتشفشانی به همراه سنگ‌های ولکانو سدیمنتر از واحدهای عمده مجموعه افیولیتی به شمار می‌روند . این سنگ‌ها عمدتاً آلتیره بوده و ترکیب آنها بازالت تا اسپلیت است.
 - سنگ‌های رسوبی ؛ شامل آهک پلاژیک حاوی میکروفسیل گلوبوترونکانا و رادیولاریت که به همراه سنگ‌خروجی ؛ فوقانی‌ترین بخش مجموعه افیولیتی را تشکیل می‌دهند .
- در این منطقه کانسارهای کرومیت ، تالک ، منیزیت ، آزبست ، کریزوتیل ، سپیولیت و احتمالاً نیکل در ارتباط با افیولیت‌ها دیده شده است [۵] .

۲- ۱۲- زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه :

ناحیه در جنوب غرب مشهد به فاصله ۱۲۰ کیلومتر قرار گرفته است . کوه شصت دره در شمال شرقی و پهنه‌های رسی در جنوب غرب منطقه مرتفع‌ترین و پست‌ترین نقاط منطقه هستند .



شکل (۲-۳) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه برگرفته از داده‌های رقومی سازمان زمین‌شناسی

برای بارز سازی لایه های زمین شناسی و وزن دهی آنها در تلفیق چهار لایه گابرو^۴، دونیت - هارژبورژیت در افیولیت ملانژ^۵، هارژبورژیت و پریدوتیت در افیولیت ملانژ^۶ و ملانژ های رنگی مربوط به دوره کرتاسه، پالئوژن - ائوسن^۷ دارای اهمیت می باشد.

۲ - ۱۲ - ۱ - چینه شناسی :

منطقه مورد بررسی در زون ساختاری ایران مرکزی واقع است که زیر تاثیر گسلهایی از جمله گسل درونه قرار گرفته است. چینه شناسی منطقه به شرح زیر است :

- پرمین (Permian) :

کهن ترین رسوبات در بخش مرکزی برونزد دارد. این نهشته ها توسط سنگ آهک های تیره رنگ تا خاکستری روشن با رگه های کلسیت آغاز و با دولومیت های آهکی و دولومیت ادامه می یابد که هم ارز رسوب های سازند جمال می باشند.

- تریاس (Triassic) :

این واحد از دولومیت های زرد رنگ، سبتر لایه، توده ای به روی نهشته های پرمین برونزد دارد. سن آن رتو - لیاس شناسایی شده است.

- ژوراسیک (Jurassic) :

سازند شمشک (shemshak formation) :

^۴ gb
^۵ ud
^۶ uh
^۷ KPE_{cm}

این رسوب ها از ماسه سنگ هایی به رنگ خاکستری مایل به سبز و شیل های زیتونی است ، میان لایه هایی از سنگ آهک های ماسه ای با آثار گیاهی و فسیل دو کفه ای وجود دارد . این سازند در حد رخساره شیست سبز دگرگون شده است .

سازند بغمشاه :

این واحد متشکل از شیل ، ماسه سنگ ، مارن و سنگ آهک های الیتی برونزد دارد ، تشکیل یافته است . با توجه به لیتولوژی و سن تعیین شده به نظر می رسد هم ارز سازند بغمشاه در زون ایران مرکزی است .

سازند اسفندیار :

لیتولوژی آن سنگ آهک های الیتی هستند که روی رسوب های سازند بغمشاه قرار گرفته اند .

کنگلومرای کوارتزیتی (Jc) :

در این واحد شاهد کنگلومرای با راستای شرقی - غربی ، خاکستری تیره تا سیاه که بیشتر عناصر سازنده آن از سیلیس سفید و صورتی با آژند سیلیسی و جور شدگی متوسط و دگرشکلی خوب می باشد .

- کرتاسه پیشین (Early Cretaceous) :

دریای کرتاسه پیشین بیشتر در بخش مرکزی ناحیه مورد بررسی ، با روند شمال شرق ، جنوب غربی گسترش داشته ، موجب بر جای ماندن رسوب های آواری - قاره ای و دریایی شده است . این رسوبها به صورت واحد های زیر معرفی می گردند ؛

کنگلومرای (K^c) ، ماسه سنگ (K^s) ، سنگ آهک اوربیتولین دار (K^l)

- کرتاسه پسین (Late Cretaceous) :

در منطقه مورد بررسی ، رسوبات کرتاسه پسین برونزد کم دارد ، برونزد های آن بیشتر در شرق ناحیه گسترش و شامل رسوبهای آواری - قاره ای و دریایی است . این منطقه دارای آهک های مارنی نازک تا متوسط لایه زرد مایل به خاکستری برونزد دارد .

- ائوسن (Eocene) :

نهشته های زمان ائوسن بیشتر در بخش مرکزی منطقه مورد بررسی گسترش دارد ، این رسوبات شامل ردیفی از رسوب های آواره ای قاره ای ، دریایی و سنگ های آتشفشانی است که واحد های جدا شده آن به صورت زیر معرفی می گردد :

کنگلوما (E^c) : در غرب کوه کافردوغ واقع در شرق منطقه مورد بررسی ، ردیفی از کنگلومرای خاکستری تا قهوه ای کم رنگ به صورت بلوک های بزرگ و کوچک برونزد دارد .
آندزیت - آندزیت داسیتی (E^{ab}) :

در شمال آبادی فارسی ، ردیفی از سنگ های آتشفشانی از گونه آندزیت تا داسیتیک آندزین برونزد دارد .
پیروکسن آندزیت (E^a) :

در شمال آبادی فارسی ، ردیفی از سنگ های آتشفشانی شامل آندزیت پورفیری ، آندزیت تا پیروکسن آندزیت ، توف بلورین ، لیتیک توف و جز آن برونزد دارد .
کنگلومای (E^{c2}) :

ویژگی کنگلومراهای این واحد داشتن رنگ سیاه تا خاکستری تیره - خاکستری ، لایه های سبزه ، توده ای است . این کنگلومرا روی سنگ های آتشفشانی ائوسن پیشین و کهن جای گرفته است .

سازند کرج : در کوه شصت دره واقع در شمال غرب منطقه مورد بررسی ، ردیفی از توف های سبز ، ماسه سنگ های توفی و شیل با راستای شمال غربی - جنوب شرقی برونزد دارد .
سنگ آهک های دولومیت دار (E^1) :

این واحد از میان لایه هایی از آهک های بیومیکریت و بیوکلاستیک زرد رنگ در بین نهشته های سازند کرج برونزد دارد . سن آن ائوسن میانی می باشد .

پیروکسن آندزیت - آندزیت (E^{pl}) :

در کوه مندل ردیفی از سنگ های آتشفشانی از گونه پیروکسن آندزیت تا آندزیت برونزد دارد .

آندزیت داسیتی (E^d) :

در این منطقه ردیفی از سنگ های آتشفشانی به رنگ روشن برونزد دارد ، این نهشته روی سنگ های واحد (

E^p) و زیر سنگ های واحد (E^{ap}) واقع شده اند .

آندزیت - پیروکسن آندزیت (E^{ap}) :

شامل سنگ های آتشفشانی از نوع آندزیت - پیروکسن آندزیت رخنمون دارند . که روی سنگ واحد (E^d) و

زیر سنگ های (E^{ba}) واقع شده است .

داسیت - آندزیت داسیتی (E^{da}) :

شامل توف های بلورین با ترکیب داسیتی تا آندزیت داسیتی است .

پیروکسن آندزیت - بازالت آندزیتی (E^{p^x}) :

شامل سنگ های آتشفشانی از نوع پیروکسن آندزیت - بازالت آندزیتی با راستای شرقی - غربی رخنمون دارد .

توف متبلور ، آندزیت (E^{ta}) :

در بخش مرکزی منطقه بر روی سنگ های واحد (E^{p^x}) ردیفی از توف های متبلور با ترکیب داسیتی -

داسیت آندزیت با میان لایه های آندزیتی رخنمون دارد .

ایگنمبریت (E^{it}) :

در بخش مرکزی منطقه ، ردیفی از سنگ های آتشفشانی شامل ایگنمبریت ، توف های آندزیت ، آندزیت

پورفیری ، لیتیک توف می باشد .

تراورتن (E^f) :

در جنوب آبادی نورآباد بر روی سنگ های واحد (E^{it}) و (E^{ta}) ردیفی از سنگ آهک های متخلخل ، وجود

دارد .

- ائوسن - الیگوسن (Eocene - Oligocene) :

در شمال منطقه مورد بررسی ، ردیفی از رسوب های آواری قاره ای و دریایی کم ژرفا برجای مانده است که از دیدگاه چینه نگاری سنگی به سن ائوسن - الیگوسن باشد ، واحد های جدا شده به شرح زیر معرفی می گردد :

کنگلوмера (Eol^c) :

در شمال منطقه دارای کنگلومرای ضخیم لایه ، به صورت ناهمسااز روی آمیزه های افیولیتی و به تدریج وجود دارد .

ماسه سنگ ، کنگلومرا (Eol^x) :

شامل ماسه سنگ های متوسط لایه با میان لایه هایی از کنگلومرا در بخش زیرین آن رخنمون دارد .

ماسه سنگ (Eol^s) :

در منطقه ردیفی از ماسه سنگ ، فرش سنگ (سیلتستون) با میان لایه هایی از مارن وجود دارد .

مارن (Eol^m) :

در منطقه ، ردیفی از مارن ، فرسنگ ، گچ با میان لایه هایی از ماسه سنگ های متوسط تا نازک لایه ، شیل های سیلتی است .

ماسه سنگ ، مارن (Eolsm) :

در منطقه مورد بررسی و بخش بالایی نهشته های ائوسن - الیگوسن ، از ردیفی ماسه سنگ متوسط تا نازک لایه به ندرت ضخیم لایه ی مارن تشکیل شده است .

- الیگوسن (oligocene) :

پس از رسوب گذاری نهشته های ائوسن - الیگوسن و پس از یک نبود رسوبگذاری ردیفی از رسوبهای

آواری (کنگلومرا ، ماسه سنگ ، شیل و مارن) بر روی رسوب های ائوسن و کهن تر جای می گیرد .

واحد های جدا شده به شرح زیر می باشد :

کنگلوئرا (OI^c) :

در بخش مرکزی نقشه ، همچنین در شمال غربی آن ردیفی از کنگلوئرا با راستای شمال غربی - جنوب شرقی همسو با گسل درونه برونزد دارد .

ماسه سنگ (OI^s) :

در بخش مرکزی ناحیه مورد بررسی ، ردیفی از ماسه سنگ های متوسط تا ضخیم لایه و میان لایه هایی از شیل و مارن وجود دارد که همسو با گسل درونه برونزد دارد .

- میوسن (Miocene) :

ناحیه مورد بررسی در زمان میوسن پایین ، از آب بیرون بوده یا رسوب های برجای مانده پیش از پوشیده شدن فرسایش یافته است . از اینرو رسوب های وابسته به میوسن پایین در ناحیه دیده نشده و آنچه که به میوسن بالا نسبت داده شده و به شرح زیر معرفی می گردد :

مارن گچ (M^{mg}) :

در منطقه مورد بررسی ، ردیفی از مارن و گچ با میان لایه هایی از ماسه سنگ های نازک لایه و شیل برونزد دارد که در جنوب غربی آبادی آلی در مرکز تاقدیس کوه کوچه پدیدار است و سن این واحد متعلق به میوسن بالا - پلیوسن زیرین می باشد .

سنگ آهک (M^l) :

این مجموعه دارای برونزدی از آهک های میکریتی ، گرهک دار است .

کنگلوئرا (Ng^c) :

کنگلوئرای رخنمون شده دارای رنگ قهوه ای تا قرمز و گردشگی و سخت شدگی خوب و جور شدگی متوسط است .

کنگلوئرا (Ng^{c1}) :

در کوه کوچه جنوب غربی ویژگی این کنگلومرا، داشتن رنگ خاکستری و دانه های ۲ میلیمتر تا ۱۰ سانتی متر و گاهی بزرگتر است .

کنگلومرا ، ماسه سنگ (Ng^{cs}) :

در جنوب شرقی آبادی ، کنگلومرای (Ng^{c1}) از پهلوی به تناوبی از کنگلومرا و ماسه سنگ تبدیل می شود .

ماسه سنگ ، مارن (Ngsm) :

رسوب های واحد (Ng^{cs}) به تدریج و همساز به تناوبی از ماسه سنگ و مارن تبدیل می شود .

- پلیوستوسن (Pleistocene)

در پایان دوره میوسن و طی دوره پلیوسن ردیفی از رسوب های آواری - قاره ای بر جای مانده است .
واحد های جدا شده به شرح زیر معرفی می گردد :

کنگلومرا (Ng^{c2}) :

در بخش جنوبی کوه کوچه واقع در جنوب غربی منطقه از کنگلومرای خاکستری تشکیل یافته است .
مارن ، کنگلومرا (Ng^{mc}) :

دارای تناوبی از مارن و کنگلومرا با سفت شدگی ضعیف و گردشگی خوب برونزد دارد .

مارن (Ng^m) :

از مارن ، گچ با میان لایه هایی از ماسه سنگ های سست و شیل های سیلتی برونزد دارد .

سیلت ، ماسه سنگ (Ng^s) :

شامل فرشسنگ (سیلتستون) ، ماسه سنگ های نازک لایه ، میان لایه های کنگلومرای مارن های گچ دار می باشد .

پیروکسن آندزیت ، بازالت آندزیتی ، بازالت (Ng^{ab}) :

این سنگ ها از گونه پیروکسن آندزیت ، بازالت آندزیتی و بازالت است .

کنگلو، مارن (Ng^{c2}) :

شامل کنگلومرای با میان لایه هایی از ماسه سنگ های نازک تا متوسط لایه ، مارن می باشد .

- پلیوستوسن - هولوسن (Pleistocene - Holocene) :

رسوب هایی که از زمان پلیوستوسن - هولوسن بر جای مانده است ، ردیفی از رسوب های بادی ،

آبرفتی و سیلابی عهد حاضر است که به شرح زیر می باشد .

پادگانه های قدیم (Q^{t1}) :

این واحد شامل نهشته ها و پادگانه های کهن به صورت پادگانه های آبرفتی و مخروط افکنه به صورت افقی است .

پادگانه های جوان (Q^{t2}) :

این نهشته ها در سطح پست تر و با دانه های ریزتری نسبت به واحد (Q^{t1}) پدیدار شده است .

مخروط آبرفتی (Q^{tys}) :

شامل رس ، مارن ، دانه های گرد شده از ۲ میلیمتر تا ۱۵ سانتی متر و گاهی بزرگتر به صورت مخروط افکنه ته نشست می کنند .

ماسه های بادی مرتفع (Q^{s1}) :

شامل ماسه های خوب جور شده فرش سیلت و رس است .

پهنه های ماسه بادی (Q^{s2}) :

این واحد شامل ماسه و رس است که در سطح پست تری نسبت به واحد (Q^{s1}) پیدا شده است .

آبرفت های عهد حاضر (Q^{al}) :

این نهشته ها بیشتر به صورت ریگ ، ماسه های ریزدانه و عناصر درشت در بستر رودخانه منطقه را پوشش می دهد .

پهنه های رسی (Q^m) :

بخش هایی از دشت های منطقه از رس ، مارن ، فرش و گچ پوشیده شده است .

واریزه (Qs) :

واریزه ها در دامنه های پرشیب و در پای بلندیها جای گرفته است .

۲ - ۱۲ - ۲ - آمیزه های افیولیتی :

در ناحیه مورد بررسی ، مجموعه ای از سنگ های رسوبی و آذرین که بخش عمده آنها از سنگ نفوذی از گونه اولترابازیک ساخته شده است . همچنین قطعاتی با خاستگاه بیگانه وجود دارد که بر اثر کنش رخداد های تکتونیکی و پدیده های وابسته به آنها با یکدیگر آمیخته اند . واحدهای جدا شده این مجموعه شامل :

دونیت ، هارزبورژیت (dh) ، هارزبورژیت - پریدوتیت (pr) ، آهک های پلاژیک (K¹) .

- سنگ های نفوذی و نیمه آتشفشانی :

در منطقه مورد بررسی ، دو گونه سنگ آذرین نفوذی ، یکی از گونه گرانودیوریت - گرانیت (بعد از ژوراسیک میانی) و دیگری از نوع دیوریت (بعد از ائوسن) و سنگ های نیمه آتشفشانی از نوع ریولیت ، تراکی و داسیت (بعد از کرتاسه) برونزد دارد .

- سنگ های دگرگونی همبری :

در منطقه مورد بررسی ، همبری سنگ های آذرین از گونه گرانودیوریت و دیوریت و تاثیر آنها در سنگ های میزبان ، سبب دگرگونی این سنگ ها در حد رخساره (شیست های سبز) گشته و ردیفی از کانی های دگرگونه بر حسب گونه سنگ های میزبان به وجود آمده است .

۲ - ۱۲ - ۳ - تکتونیک - پالئوژئوگرافی :

در منطقه مورد بررسی مراحل پایانی رخداد هرسینین پس از تشکیل رسوب های پرمین ، موجب بیرون آمدن ناحیه از آب گردیده است که پس از زمانی نبود رسوبگذاری ، نهشته های تریاس بر جای مانده

است . رخداد های کیمیرین پیشین در رسوب های تریاس ، کامبرین میانی و کامبرین پسین باعث بیرون آمدن بخشی از منطقه از آب گردیده است .

پیش از رسوبگذاری نهشته های کرتاسه پسین (کامپانین - ماستربشتین) رخداد اوستین (ساب هرسینین) روی داده و همچنین در پایان کرتاسه پسین لارامید باعث بیرون آمدن نهشته های کرتاسه پسین شده است . در زمان ائوسن حوضه رسوبگذاری ناآرام بوده و فازهایی از آلپین میانی موجب جایگزینی کنگلومرای (E^{cl}) شده است .

رخداد های پیرنین و ساوین منطقه را تحت تاثیر قرار داده و باعث رسوب کنگلومرای شده است . مراحل پایانی آلپین میانی باعث ایجاد رسوب های میوسن با ناپیوستگی بر روی نهشته های کهن تر شده است . چین خوردگی های منطقه بیشتر از درجه متوسط بوده و شیب لایه ها نیز متوسط تا کم است مگر لایه های نزدیک به گسل که شیب بیشتری دارند .

بر عکس چینها ، گسلها و شکستگی ها ساختار پیچیده ای دارند . درهم شدگی و چندگانگی فعالیت های زمین ساختی در چهارچوب پدیده هایی چون جنبش های چرخشی ، برشی و به احتمال جنبش های قائم بلوک ها ، سبب پیدایش گسل های وارونه ، نرمال ، سیستم های متقاطع و تغییر شکل های ناشی از آنها شده و فرصت های مناسب برای نفوذ یا فوران ماگما و گدازه های آتشفشانی به وجود آورده است . از گسل درونه به عنوان مهمترین گسل می توان یاد کرد .

۲ - ۱۲ - ۴ - زمین شناسی اقتصادی :

از اندیس های معدنی شناخته شده می توان به موارد زیر اشاره نمود :

در شمال آبادی گرجی واقع در شمال شرقی ، آثار کرومیت مشاهده می گردد . در شمال شرقی آبادی عباس آباد واقع در شمال منطقه مورد بررسی ، آثاری از تالک وجود دارد که با آمیزه های افیولیتی ادغام بوده است .

در جنوب کوه اسفیوخ واقع در بخش مرکزی منطقه مورد بررسی ، آهکهای کرتاسه برای مصارف ساختمانی و تزئینی مورد استفاده قرار می گیرد .

فصل سوم

دورسنجی

۳-۱- مقدمه :

سنجش از دور فن جدیدی است که بر اساس آن می توان به کمک ماهواره هایی که در مدار زمین قرار دارند به مطالعه عوارض و پدیده‌هایی چه در مقیاس محلی و چه بسیار وسیع تر پرداخت . در تمام ماهواره‌های ارسالی به فضا سنجنده‌هایی تعبیه شده‌اند که با ارسال امواج مختلفی به سطح زمین و تفسیر بازتاب آنها از زمین به تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود مبادرت می‌کنند . سنجش از دور ، روشی نیرومند در مطالعات زمین شناسی و اکتشاف ذخایر معدنی در مقیاس ناحیه‌ای می‌باشد که کاربرد روش سنجش از دور یک روش غیر مستقیم در اکتشاف مواد معدنی و آشکارسازی زون‌های دگرسانی و بررسی ساختارهای ماکرو و ساختارهای کنترل کننده ذخایر می‌باشد . لازم به ذکر است به علت خواص اکتشافی و زمین‌شناسی در اکتشاف کرومیت نمی‌توان به طور قاطع از یک روش به عنوان مرجعی در اکتشاف این ماده معدنی گرانبها استفاده نمود .

۳-۲- سنجش از دور

دورسنجی یا سنجش از دور^۸ ، دانشی است که با مشاهده و اندازه گیری یک شیء یا پدیده زمینی از فاصله دور و بدون تماس فیزیکی با آن، می‌توان اطلاعات ارزنده‌ای را کسب نموده و در مرحله بعد با تجزیه و تحلیل آنها ، داده‌های مفیدی را استخراج کرد. بطور کلی سنجش از دور را می‌توان فناوری کسب اطلاعات و تصویربرداری از زمین با استفاده از تجهیزات هوانوردی مثل هواپیما ، بالن یا تجهیزات فضایی مثل ماهواره دانست . تولید اطلاعات از داده‌های سنجش از دور به ویژه داده‌های ماهواره‌ای نسبت به

^۸ Remote Sensing

گذشته نه چندان دور افزایش فزاینده‌ای پیدا نموده است و با توجه به اهمیت و نقش اینگونه داده‌ها ، قطعاً تولید آنها همچنان افزایش می‌یابد .

۳ - ۲ - ۱ - کاربرد داده‌های ماهواره‌ای و دورسنجی :

زمین شناسی : تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی ، اکتشاف نهشته‌های معدنی ، شناسایی آلتراسیون‌ها ، مطالعه و تشخیص ساختارهای زمین ساختی مثل گسل‌ها ، مطالعه ی آتشفشانها و زلزله .

خاکشناسی : مطالعه خاکهای سطحی ، تهیه نقشه‌های پوشش زمین و کاربری اراضی ، مطالعه شوری خاک ، مسائل حفاظت خاک ، شناسایی اراضی قابل کشت ، تهیه نقشه حرارتی خاک‌ها و مطالعه رطوبت خاک‌ها .

کشاورزی : شناسایی پوشش گیاهی ، کاربری زمین ، سطح زیر کشت ، آفات و بیماری‌های گیاهی ، کمبودهای غذایی گیاهان ، تخمین میزان محصول ، تخمین و ارزیابی مراحل رویش و عملکرد گیاهان .

منابع طبیعی : طبقه بندی جنگلها و مراتع ، آتش سوزی جنگلها ، برداشت منابع جنگلی ، تخمین حجم ، تراکم، توده و سن گیاه . تشخیص تخریب و آسیب‌های وارده به جنگل ، مدیریت منابع و نظارت بر منابع .

آب : مطالعه تغییرات دریاچه‌های فصلی ، باتلاق‌ها و شبکه‌های آبیاری ، تشخیص سیل‌ها ، آبراهه‌های قدیمی و کانال‌ها، تصویر مناطق آبرفتی و مخروط افکنه‌ها ، کیفیت آب ، تهیه نقشه حرارتی آب‌ها ، مناطق جزر و مد ، مطالعه زمین‌های مرطوب حاشیه پلایا ، حرکت یخچال‌ها ، چشمه‌های آب گرم و آب سرد معدنی .

هواشناسی : پیش بینی وضع هوا ، مطالعه دمای سطح آب‌ها ، تغییرات بیابانی شدن ، پیش بینی بلایای طبیعی. شیلات و محیط زیست : مطالعه گیاهان آبی و شناور، ماهیگیری، آلودگی دریاها و آلودگی ها .

۳ - ۲ - ۲ - مزایای استفاده از داده‌های ماهواره‌ای :

میدان دید گسترده و فرا منطقه‌ای - تکرار داده‌ها و تصاویر در مدت زمان کم یا به بیان دیگر پوشش تکراری تصاویر از نواحی معین با فاصله زمانی مشخص - چند باندی بودن داده‌های ماهواره‌ای - توانایی بارز سازی و فراهم نمودن تصاویر رنگی جهت انجام مهمترین کارهای صحرایی از قبیل تعیین موقعیت زون‌های آلتراسیون و تعیین موقعیت قرار گیری و مسیریابی - توانایی تلفیق سنجش از دور^۹ (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی^{۱۰} (G.I.S.) - تهیه نقشه‌های موضوعی مورد نیاز کاربران خاص و تسهیل تهیه نقشه‌ها و روز آمد نمودن آنها - امکان نقشه برداری زمین ساختاری و سنگ‌شناسی ، لذا روشن است که استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سبب صرفه‌جویی در زمان ، هزینه و نیروی انسانی شده است . داده‌های ماهواره‌ای به خاطر دسترسی آسان و دقت و کیفیت بیشتر کاربرد چشمگیری یافته است . در بررسی‌های مختلف منابع معدنی شده است . بطور کلی می‌توان گفت که تکنیک‌های دور سنجی امکان اکتشاف مقدماتی یک محدوده وسیع را با دقت و سرعت بالا و هزینه کم میسر می‌سازد .

در فعالیتهای زمین‌شناسی، از مزایای مطالعه تصاویر ماهواره‌ای یک منطقه قبل از اجرای کار صحرایی در آن منطقه می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد :

- مناطقی که مطالعه جزئیات روی زمین یا کنترل صحرایی دارای اهمیت بیشتری خواهد بود را می‌توان مورد توجه قرار داد .
- مطالعه تصاویر ماهواره‌ای سبب آشنایی افراد با جغرافیای ناحیه شده و می‌تواند در انتخاب محل و مسیر کمک شایانی نماید .
- استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بعلاوه دید بسیار وسیع (نسبت به عکس‌های هوایی) این اجازه را به مفسر می‌دهد که همبستگی بین عوارض مختلف زمین شناسی ناحیه را تعیین کند .

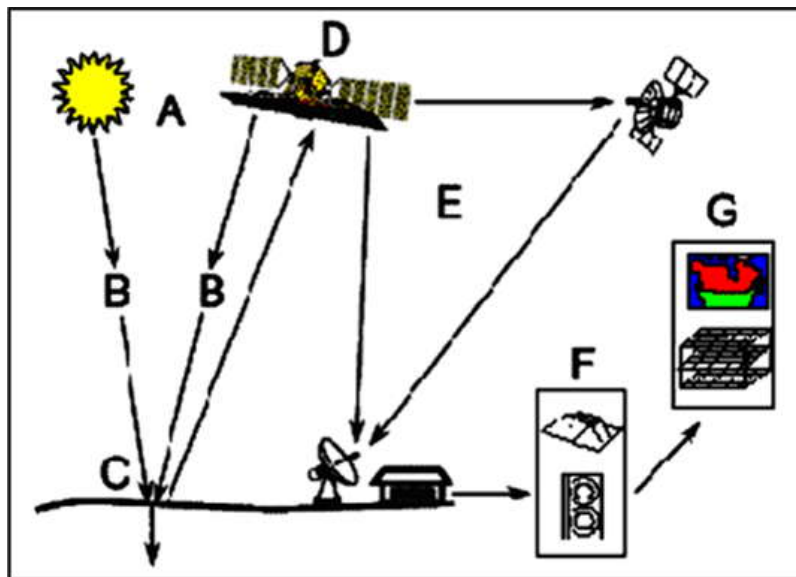
^۹ Remote sensing

^{۱۰} Geographical Information System

• مطالعه و پردازش داده‌های ماهواره‌ای در تشخیص عوارضی نظیر نوع سنگ ، کنتاکت‌ها ، ساختارهای خطی و حلقوی، توده‌های نفوذی ، آلتراسیون‌ها و غیره امکانات زیادی را در اختیار زمین‌شناس قرار می‌دهد .
تشخیص این عوارض می‌تواند بطور مستقیم یا غیر مستقیم در اکتشاف ذخایر معدنی موثر باشند .
در دورسنجی دو فرآیند اساسی ، شامل اخذ داده‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌باشد . تجزیه و تحلیل کننده (User) با کمک داده‌هایی که توسط سنجنده جمع‌آوری شده اطلاعات مربوط به نوع ، میزان، موقعیت و شرایط منابع مختلف زمین را استخراج می‌نماید ، سپس این اطلاعات (بصورت نقشه‌ها، جداول چاپی یا فایل‌های کامپیوتری) با لایه‌های دیگر اطلاعات که می‌توانند شامل داده‌های ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی آن منطقه باشد، در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ادغام شده و برای استفاده کاربران آماده می‌شود .

۳- ۳ - طیف الکترومغناطیس

در سنجش از دور ، ارسال و دریافت اطلاعات با استفاده از تشعشعات الکترومغناطیسی^{۱۱} انجام می‌گیرد . شکل زیر بطور شماتیک فرآیند کلی و عناصر مؤثر در سنجش از دور الکترومغناطیسی منابع زمین را نشان می‌دهد .



^{۱۱} Electro Magnetic Radiation

(ii) شکل (۳-۱) عناصر موجود در پروسه سنجش از دور

عناصر نامگذاری شده در شکل ۱-۳ عبارتند از :

- A - منبع انرژی
- B - انتشار انرژی از میان جو
- C - فعل و انفعالات انرژی بر اثر برخورد با عوارض سطحی زمین
- D - سنجنده های هوایی و یا فضایی
- E - انتقال اطلاعات کسب شده
- F - دریافت اطلاعات اولیه و تولید داده بصورت رقومی و یا تصویری
- G- فرآیند تجزیه و تحلیل داده، شامل بررسی و تعبیر و تفسیر دادهها با بکارگیری وسایل مختلف دیداری و کامپیوتری به منظور آنالیز دادههای حاصل از سنجنده می باشد [۶] .

۳-۳-۱- ماهیت تابش الکترومغناطیس

با توجه به اهمیت تابش الکترومغناطیس در دورسنجی و بسته به موقعیت مورد استفاده ، این پرتوها هم به شکل موجی از انرژی (نظریه ی موجی نور) و هم بصورت جریانی از مواد (نظریه ذره ای نور) در نظر گرفته می شوند . خصوصیات موجی شکل تابش های الکترومغناطیس امکان تمیز بین خصوصیات ظاهری تشعشعاتی از قبیل امواج میکروویو و مادون قرمز را بدست می دهد ؛ در حالیکه برای پی بردن به وضعیت تعامل انرژی الکترومغناطیسی با جو و سطح زمین از نظریه ی ذره ای نور استفاده می گردد .

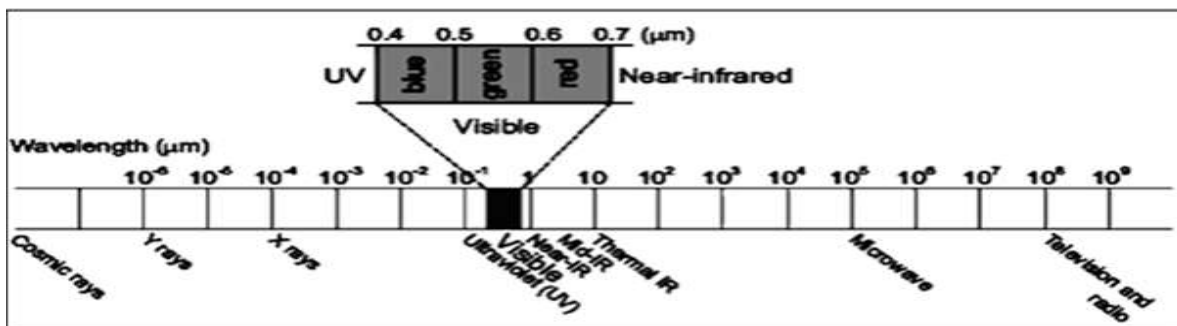
۳-۳-۲ - تابش الکترومغناطیس :

تابش الکترومغناطیسی بعلمت اتمها و مولکولهای موجود در مواد می باشد . اتمها حاوی هستههایی با بار مثبت بوده که توسط الکترونهای اربیتالی در برگرفته شده اند که دارای تراز مجزای انرژی می باشند . انتقال الکترونها از تراز به تراز دیگر باعث تابش اشعه هایی با طول موجهای مجزا می شود . در نتیجه طیفی بنام طیف

الکترومغناطیسی ایجاد می‌شود. این طیف (EMR) که از یک شیء بازتاب می‌یابد، منبع معمول داده های سنجش از دور است.

در سنجش از دور، طبقه بندی امواج الکترومغناطیسی بر اساس موقعیت طول موج آنها در طیف الکترومغناطیس انجام می‌گیرد. بطور کلی، متداول‌ترین واحدی که برای اندازه گیری طول موج در طیف الکترومغناطیس مورد استفاده قرار می‌گیرد، میکرومتر است. یک میکرومتر معادل یک میلیونیم متر می‌باشد. همچنین باید توجه داشت که بخشهای طیف الکترومغناطیسی به کار رفته در سنجش از دور در امتداد یک طیف پیوسته قرار می‌گیرند که مقدار آنها نسبت به یکدیگر تا حد توان ده (بطور پی در پی) تفاوت دارد.

محدوده طول موج طیف الکترومغناطیس دارای محدوده‌ای با اسامی متفاوت از اشعه گاما، اشعه X، اشعه فرابنفش، نور مرئی، اشعه مادون قرمز تا میکروویو و نهایتاً امواج رادیویی (به ترتیب از طول موج‌های کوتاهتر به بلندتر) می‌باشد. بخش مرئی چنین نموداری بی نهایت کوچک است، زیرا حساسیت طیفی چشم انسان بین ۰/۴ میکرومتر تا ۰/۷ میکرومتر است. بطوریکه رنگ آبی تقریباً بین طول موج ۰/۴ میکرومتر تا ۰/۵ میکرومتر، رنگ سبز تقریباً بین طول موج ۰/۵ میکرومتر تا ۰/۶ میکرومتر و رنگ قرمز تقریباً بین طول موج ۰/۶ میکرومتر تا ۰/۷ میکرومتر می‌باشد (شکل ۳-۲). محدوده طیف الکترومغناطیس قابل دید توسط چشم انسان سیگنال‌ها از طریق گیرنده های چشم به مغز برده می‌شود و تفاوت بین آنها، حس تشخیص رنگ‌ها را به انسان می‌دهد.



(iii) شکل (۲-۳) محدوده طول موج های امواج مختلف

انرژی ماوراء بنفش به انتهای نور آبی بخش طیف مرئی متصل است . بطور کلی به تابش های الکترومغناطیسی با طول موج ۰/۷ میکرون تا یک میلی متر امواج مادون قرمز اطلاق می گردد ؛ این ناحیه، ناحیه ای غیر یکنواخت است که خود به چهار بخش به شرح ذیل تقسیم می گردد : (شکل ۲-۳)

۱. مادون قرمز نزدیک : از ۰/۷۲ میکرومتر تا ۱/۳ میکرومتر ، عملکردهایی شبیه به امواج مرئی دارند .
۲. مادون قرمز میانی : از ۱/۳ میکرومتر تا ۳ میکرومتر که همانند نور مرئی منشاء خورشیدی دارند و از سطح زمین انعکاس می یابند .
۳. مادون قرمز حرارتی : از ۳ میکرومتر تا ۱۵ میکرومتر که بصورت گرما احساس می شوند .
۴. امواج بلند مادون قرمز دور : از ۱۵ میکرومتر تا یک میلیمتر و همانند امواج مادون قرمز حرارتی بصورت گرما احساس می گردند .

پس از امواج مادون قرمز ، در طول موجهای بیشتر (۱ میلی متر تا ۱ متر)، بخش امواج کوتاه (میکروویو) طیف وجود دارد . امواج میکروویو توانایی نفوذ در ابر را دارا هستند لذا طول موج میکروویو یک طیف مناسب برای دورسنجی به حساب می آید ؛ اما از آنجایی که مقدار این امواج ناچیز است ، بیشتر ابزار سنجش از دور که در محدوده ی امواج میکروویو فعال هستند ، هم تابش میکروویو را تولید و به سطح هدف ارسال می کنند و هم بازتاب آن را دریافت کرده و آشکار می سازند ؛ این قبیل ابزار دورسنجی که هم فرستنده و هم گیرنده را دارند ، فعال می نامند تا از ابزارهای غیر فعال متمایز گردند . ابزارهای غیر فعال فقط قابلیت دریافت سیگنال ها را دارند و توانایی تولید امواج را ندارند . ابزار تصویر برداری میکروویو فعال را رادار^{۱۲} می نامند [۶] .

دورسنجی راداری سه مزیت بارز نسبت به سنجش از دور با نور مرئی و مادون قرمز دارد که عبارتند از :

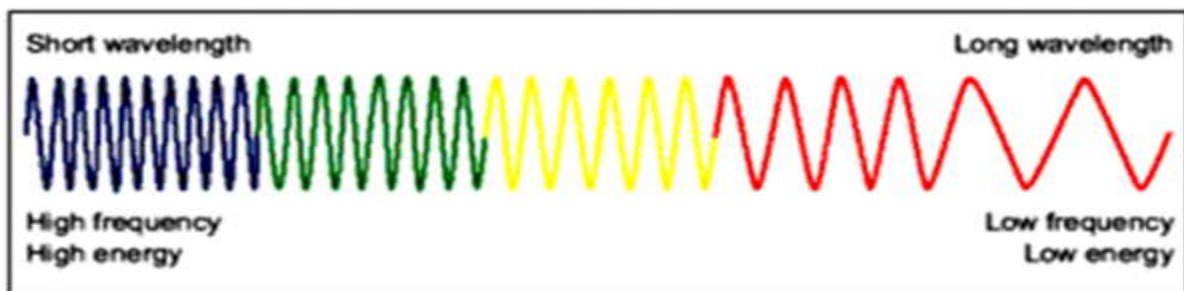
- ۱ . سیستم راداری قادر به تهیه تصویر هم در شب و هم در روز و در هر وضعیت جوی بدون نیاز به نور خورشید است .

^{۱۲} Radar-Radio Detection And Ranging

۲ . طول موج های راداری که در سنجش از دور زمین استفاده می‌شوند توسط ابر پراکنده یا جذب نمی‌شوند ، بنابراین می‌توان از آنها برای تهیه ی تصاویر مناطقی که آسمان آنها دائماً از ابر پوشیده است ، استفاده کرد .

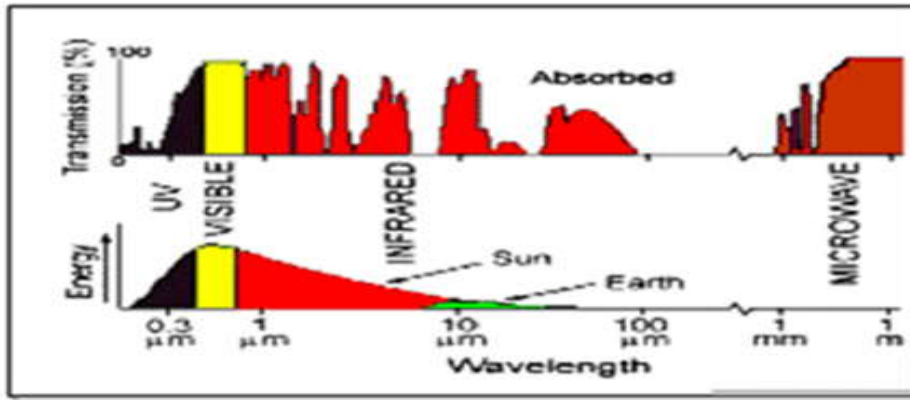
۳ . رادارها داده های مربوط به ناهمواری ها ، شیب و هدایت الکتریکی اجسام را دریافت و آشکار می‌کنند که از توانایی سیستم های سنجش از دور با نور مرئی و مادون قرمز خارج است ولی در مقابل ، علامت های راداری ، اطلاعات رنگی و حرارتی را دریافت و آشکار نمی‌سازند .

اکثر سیستم های سنجش متداول در یک یا چندین بخش از قسمتهای مرئی ، مادون قرمز یا میکروویو طیف الکترومغناطیس فعالیت می‌کنند . به عبارت دیگر هر یک از سیستم های سنجنده (Sensor) به نواحی خاصی از طیف الکترومغناطیس حساس بوده و قسمتی از خصوصیات طیفی اجسام را ثبت می‌کنند . به عنوان مثال دستگاه های عکسبرداری معمولی نسبت به انرژی نور مرئی و نزدیک به آن یعنی طول موج های 0.3 تا 1.2 میکرون حساسیت دارند ؛ سنجنده های اسکن کننده مادون قرمز حرارتی عموماً به طول موجهای بین 1 تا 2 میکرون و دستگاههای رادار به باندهایی با طول موجهای خیلی بلندتر (میلی متر و متر) حساس هستند . بیان ارتباط بین طول موج با انرژی و فرکانس : طول موج کوتاهتر، انرژی و فرکانس بیشتر و بالعکس . در شکل ۳-۳ با افزایش طول موج در سمت راست ، انرژی و فرکانس کاهش می‌یابد .



(iv) شکل (۳-۳) رابطه مابین انرژی و فرکانس

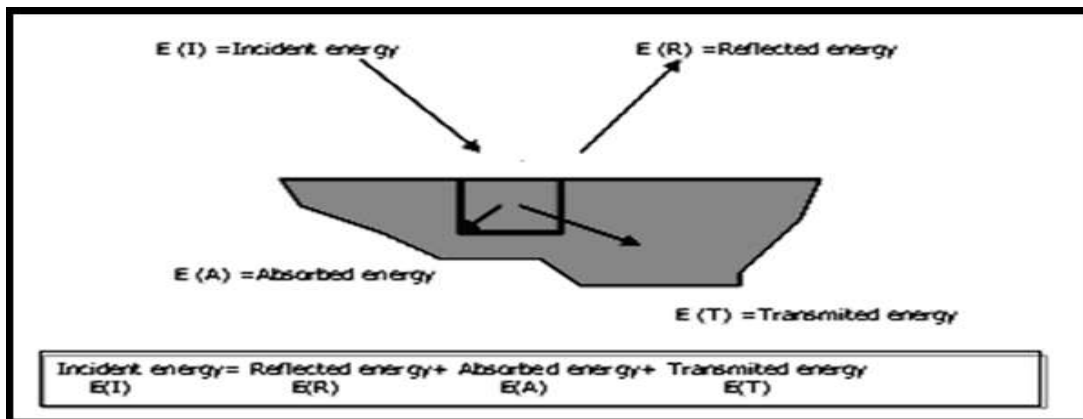
بیان ارتباط بین طول موج با انرژی و فرکانس : بیشترین انرژی و فرکانس و امواج با طول موج کوتاه در محدوده مرئی قرار دارد . در شکل ۳-۴ محدوده مرئی با رنگ زرد مشخص شده است .



(v) شکل (۳-۴) رابطه میان طول موج و انرژی

۳-۳-۳ - عوامل مؤثر در تشکیل تصاویر:

وقتی انرژی تابشی در سطح زمین به جسمی برخورد کند ، آن جسم در قالب سه حالت کلی، انرژی را منعکس ، جذب یا منتقل خواهد کرد (شکل ۳-۵) .



(vi) شکل (۳-۵) پراکندگی انرژی تابشی

خصوصیات انرژی های ایجاد شده بر اساس شرایط و نوع مواد موجود در زمین بسیار متفاوت است و این بدان معناست که بعضی از اجسام در مقابل یک طول موج بخصوص دارای خاصیت انعکاسی بوده ولی در یک طول موج دیگر دارای خاصیت جذب و انتقال انرژی هستند. مجموعه یک چنین پدیده هایی بر روی تصاویر مختلف، رنگ یا تنهای بخصوصی ایجاد کرده و به چشم اجازه می دهد اشکال مختلف موجود در تصاویر را از هم تشخیص دهد [۶] .

۳-۴ - فعل و انفعال امواج الکترومغناطیسی در اتمسفر و سطح زمین

۳-۴-۱ - فعل و انفعال انرژی:

آنچه از سطح زمین منعکس شده و توسط سنجنده های هواپیما یا ماهواره ثبت می شود ، تابش الکترومغناطیسی خورشید است . این تابش یکبار در گذر از خورشید به زمین و بار دیگر پس از انعکاس از سطح زمین و برگشت به سوی سنجنده ، از جو عبور می کند . تابش الکترومغناطیسی در گذر از جو با مواد معلق و ملکول های گاز سازنده ی آن برخورد می کند . این عمل متقابل با دو فرآیند پراکنش و جذب جوی بررسی می شود . این روش تغییر و تحلیل در شدت نور خورشید باعث ایجاد رنگ ها می شود . به عنوان مثال رنگ آبی آسمان در طول روز به علت انتشار طیف آبی در اتمسفر دانسته می شود . علت رنگ آبی آسمان در روز انتشار طیف آبی در اتمسفر است . (تمام طول موج های کوتاهتر پس از طی مسافتی منتشر می شوند و فقط طول موج های بلندتر به سطح زمین می رسند) فرآیند پراکنش سبب تغییر مسیر تابش می شود و فرآیند جذب ، انرژی تابشی الکترومغناطیسی را به انرژی ذاتی ملکول جذب کننده تبدیل می کند . بیشترین جذب مربوط به بخار آب ، دی اکسید کربن و اوزون می باشد که در آن جذب لرزشی و چرخشی با افزایش طول موج در فروسرخ ، رفته رفته بیشتر می گردد . از نتایج سوء پراکنش و جذب ، ایجاد تیرگی و مه آلودگی بر روی تصویر به دلیل

کاهش انرژی رسیده به سنجنده است که در نتیجه ی آن کنتراست بین عوارض تصویر کاهش می‌یابد. این دو فرآیند در بخش های مختلف طیف الکترومغناطیسی اثرات متفاوتی دارند .

۳ - ۴ - ۲ - تاثیر متقابل امواج الکترومغناطیسی و سطح زمین :

انرژی الکترومغناطیسی که به سطح زمین می‌رسد ممکن است منعکس شود ، عبور کند و یا جذب گردد . انرژی انعکاسی در جو سیر صعودی طی می‌کند و در معرض سنجنده قرار می‌گیرد که بخشی از آن دریافت و ثبت می‌شود . در سنجش از دور مقدار و توزیع طیفی انرژی انعکاسی بررسی می‌شود تا اینکه ماهیت اشیاء منعکس کننده نور شناسایی و استنتاج گردد . هر نوع پوششی از سطح زمین دارای عکس العمل ویژه ای در برابر تابش الکترومغناطیسی است که همین امر ، سنجش از دور را ممکن می‌سازد . بطور کلی تمام مواد از اتمها و مولکولهایی با ترکیب مشخص تشکیل شده‌اند . بنابراین هر ماده تشعشعات الکترومغناطیس را به یک شکل واحد و تحت یک طول موج مشخص که مرتبط با تراز انرژی درونی آن می‌باشد ، جذب ، بازتاب یا منتشر می‌کند که خصوصیات واحد مواد یا خصوصیات طیفی نامیده می‌شود .

عکس العمل هر نوع پوششی از سطح زمین در برابر تابش الکترومغناطیسی و میزان انعکاس ، علاوه بر نوع پوشش به عوامل دیگری نیز همچون آزیموت و ارتفاع خورشید ، جهت نگاه سنجنده به موضوع و درجه تازگی و سلامت در خصوص پوشش گیاهی بستگی دارد . قبل از اینکه در مورد انعکاس طیفی چهره ها و عوارض متفاوت سطح زمین مطلبی بیان گردد ، لازم است که بین دو نوع انعکاسی که از سطح زمین صورت می‌گیرد ، تمایزی قائل شویم . یکی انعکاس نوع آینه ای است که در آن انرژی تابشی با همان زاویه ای منعکس می‌شود که تابیده شده و دیگری انعکاس نوع پخشی است که انرژی رسیده ، توسط سطح در تمامی جهات انعکاس می‌یابد . با این توضیح که تقریباً تمامی عوارض سطح زمین در بخش های مرئی طیف الکترومغناطیسی انعکاس نوع پخشی دارند به بررسی انعکاس طیفی برخی از مواد سطح زمین می‌پردازیم [۶] .

۳ - ۴ - ۳ - انعکاس طیفی مواد سطح زمین

مواد سطح زمین را در سه گروه "خاک و سنگ"، "آب" و "گیاه" دسته بندی نموده و به بررسی خصوصیات انعکاسی هر یک می پردازیم :

(b) ۳- ۴- ۴ - پهنه های آب

نمودار انعکاس طیفی آب نشان دهنده کاهش انعکاس طیفی الکترومغناطیسی با افزایش طول موج است ، بنابراین انعکاس طیفی آب های عمیق و روشن در طول موج مادون قرمز عملاً صفر است . انعکاس طیفی آب ، تحت تاثیر وجود و تمرکز مواد محلول ، معلق و عمق آب است . نقطه قابل اهمیت دیگر اینکه انعکاس از سطح آب به مراتب کمتر از سطح خشکی است ، در واقع می توان گفت که نسبت علامت های دریافت شده بوسیله سنجنده ها حتی در حد ۲۰٪ می تواند باشد .

(c) ۳- ۴- ۵ - پوشش گیاهی

گیاهان دارای انعکاس بسیار کم در بخش آبی و قرمز طیف الکترومغناطیسی و انعکاس بیشتر در بخش سبز آن است . این وضعیت در نتیجه جذب اشعه در ناحیه مرئی توسط کلروفیل برگ گیاهان است تا انرژی لازم جهت انجام عمل فتوسنتز فراهم گردد . کلروفیل دارای خواص وسیع و مهم جذبی است که به مرکزیت ۴۵٪ و ۶۸٪ میکرون (ناحیه آبی و قرمز) اتفاق می افتد ، در حالی که در بخش سبز طیف الکترومغناطیسی انعکاس بیشتری از پوشش گیاهی صورت می گیرد و به همین دلیل پوشش گیاهی در حال رشد سبز دیده می شود . به علت واکنش داخلی سازه سلولی ، برگها مقدار زیادی پرتو فرورسرخ از خود باز می تابانند در نتیجه بازتاب طیفی گیاهان در ناحیه فرورسرخ نزدیک در طول موج های نزدیک به ۰/۷ تا ۰/۷۵ میکرون (به اصطلاح لبه ی سرخ) با افزایش طول موج به شدت بالا می رود و این وضعیت تا ۱/۳۵ میکرون ادامه می یابد . با افزایش سن گیاهان و شروع خزان ، سایر رنگدانه ها بر سبزینه غالب شده و در نتیجه برگها با از دست دادن سبزی خود ، زرد و گاهی قرمز می شوند . همانطور که ذکر شد گیاهان در ناحیه فرورسرخ نزدیک به خوبی بازتاب انجام می دهند و در ناحیه قرمز طیف الکترومغناطیسی ، نور را جذب می کنند ؛ لذا تکنیک قوی در سنجنش از دور برای ارزیابی

نسبت به رویه پوشیده از گیاهان عبارتست از مقایسه ی بازتاب طیفی در فرورسرخ با بازتاب در ناحیه قرمز می باشد و هر چقدر نسبت بین این دو بزرگتر باشد پوشش گیاهی متراکم تر خواهد بود . اندیس های گیاهی بر همین اصل استوار هستند . در پایان بایستی خاطر نشان کرد که در عملیات اکتشافی و شناسایی نهشته های معدنی ، شناسایی گیاهان از این جهت ضرورت دارد که از آن برای تفکیک پوشش گیاهی از پهنه های سنگی سبز رنگ (زون های آلتره و کربناته) استفاده می گردد ، به همین دلیل باید نمودار طیفی گیاهان برای جدا کردن آنها مورد مطالعه قرار گیرد .

(d) ۳- ۴- ۶- خاک ، کانی ها و سنگ ها

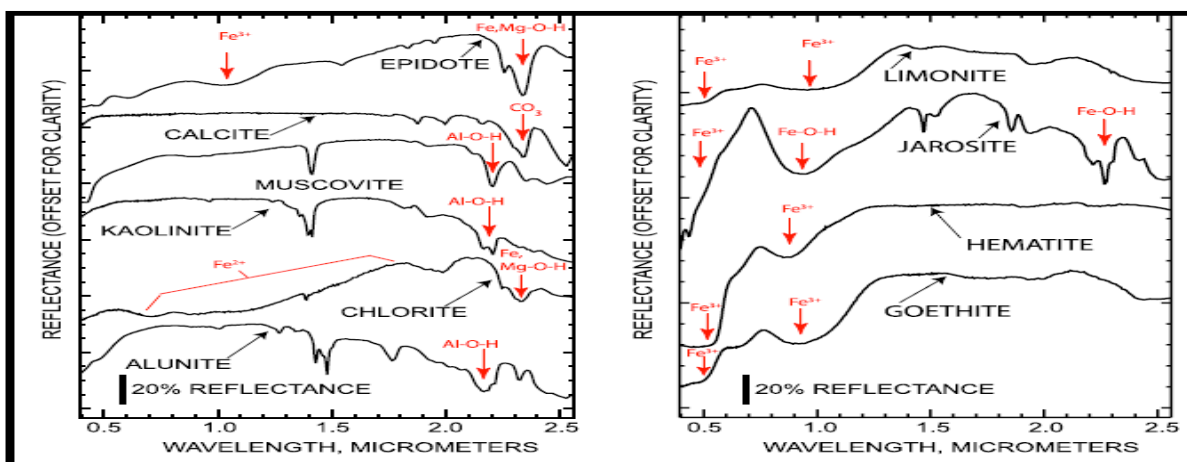
مشخصه نمودار انعکاس طیفی خاک ها ، بر خلاف نمودار انعکاس ، افزایش انعکاس در نتیجه ی افزایش طول موج است . انعکاس در طول موج های مرئی تحت تاثیر مواد آلی و مقدار آب موجود در خاک قرار می گیرد و در طول موج های ۰/۸۵ تا ۰/۹۳ میکرون نیز باند جذبی آهن فریک (Fe^{3+}) وجود دارد . انعکاس خاک در صورت وجود کانی رس از حد ۲ میکرون به بالا کاهش می یابد و باند جذبی ۲ تا ۲/۵ میکرون دلیل وجود کانی رس است .

سنگ ها از کانی ها تشکیل یافته اند که معمول ترین آنها سیلیکات های کوارتز ، فلدسپات ، پیروکسن ، آمفیبول ، میکا ، خاک رس و اولیوین می باشند . این کانی ها حاوی آهن ، منیزیم ، کلسیم ، سدیم و پتاسیم بوده و با گروه هایی از اتم های سیلیکات که هر کدام بوسیله چهار اتم اکسیژن محکم شده اند ، مخلوط هستند دسته ی دیگری از کانی ها ، کربنات ها هستند که مهمترین آنها کلسیت و دولومیت هستند .

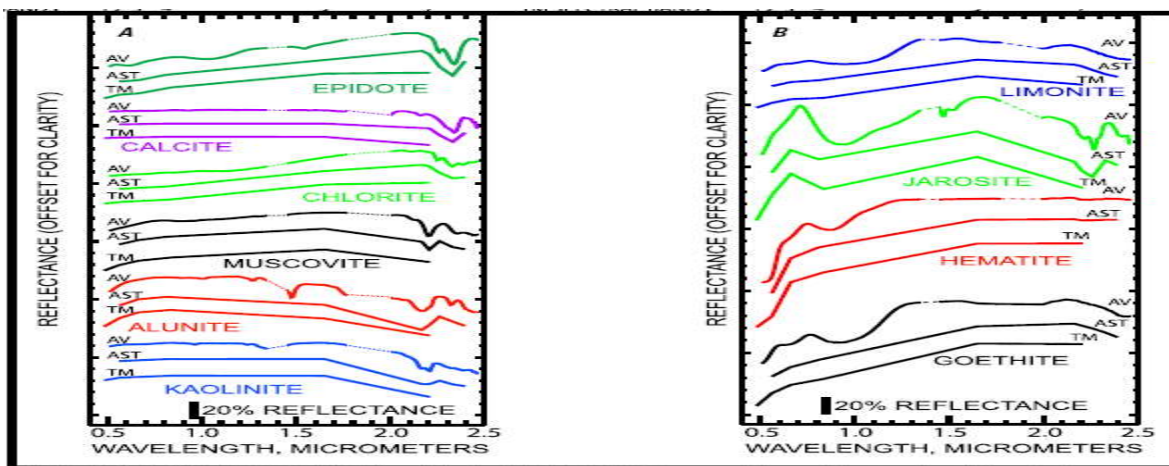
یک تغییر وسیع در ناحیه ی جذب به علت وجود آهن است که از اول ناحیه ی فرابنفش شروع شده و تا اواخر ناحیه ی مرئی (۰/۵۵ میکرون) ادامه می یابد . این امر سبب ضعف بازتاب مواد آهن دار در ناحیه ی آبی و سبز شده و رنگ زرد و قرمز آنها را توجیه می کند .

در عمل ما کمتر می‌توانیم یک کانی تنها را توسط دورسنجی شناسیم . معمولاً چندین کانی یک سنگ را تشکیل داده و کل یا قسمتی از رویه ی آن نیز ممکن است با لایه ای از کانی های هوازده ، ضخیم و غیرشفاف و یا نازک و شفاف پوشیده شده باشد (مثل آهن هیدراته شده ی خاک رس) ؛ بنابراین عکس العمل طیفی رویه ی یک سنگ ، ترکیبی از بازتاب اجزای سازنده ی آن خواهد بود .

در شکل زیر نمودار انعکاس چندین کانی در طول موج های مختلف نشان داده شده است .



شکل (۳-۶) نمودار انعکاس کانی های مختلف



(i) شکل (۳-۷) انعکاس کانی‌ها در طول موج های مختلف

۳-۵ - توان تفکیک طیفی^{۱۳} یک سامانه سنجش از دور

توانایی تفکیک یک سیستم کامل سنجش از دور برای ارائه یک تصویر مناسب شامل موارد زیر می‌باشد :

۱. توان تفکیک طیفی : به وسیله عرض باندهای تشعشعات الکترومغناطیس تعیین می‌شود .
۲. توان تفکیک رادیومتریک : با چند سطح مجزا که در آنها سیگنال‌ها تقسیم می‌شوند ، تعیین می‌شود .
۳. توان تفکیک فضایی : بوسیله خصوصیات ژئومتریک سیستم تصویربرداری مشخص می‌شود .
۴. توان تفکیک زمانی : که با پوشش تکراری زمین بوسیله سیستم سنجش از دور در ارتباط می‌باشد .

۳-۵-۱ - ماهواره سنجش از دور

در سال ۱۹۷۲ اولین سری ماهواره های لندست با دوربین و سنجنده های RBV ، MSS و TM در چهار و هفت باند توسط ایالات متحده آمریکا در مدار زمین قرار گرفته و تصاویر حاصله در اختیار هزاران محقق قرار داده شد . از این مرحله که تصویربرداری از حالت آنالوگ خارج و بصورت رقومی درآمد ، دریچه ای جدید برای پردازش تصاویر و نهایتاً تعبیر و تفسیر آنها به روی بشر گشوده شد .

شوروی سابق که در بهره برداری از ماهواره‌های تصویربرداری بصورت آنالوگ سابقه دیرینه‌ای داشت با پرتاب سری ماهواره‌های کاسموس در پی تصویربرداری بصورت رقومی برآمد و بدین ترتیب بطور اعجاب انگیزی صحنه رقابت برای سایر ملل فراهم شد .

فرانسه در سال ۱۹۸۶ اولین سری ماهواره های Spot را با قدرت تفکیک ۱۰ و ۲۰ متر (در سه باند) و هندوستان سری ماهواره های IRS را در سال ۱۹۸۸، ژاپن سری ماهواره های MOS را در سال ۱۹۹۰، آژانس فضایی اروپا سری ماهواره های ERS را در سال ۱۹۹۱ و کانادا سری ماهواره های Radar-Sat را در سال ۱۹۹۵ در مدار زمین قرار دادند .

^{۱۳} Resolution

اکنون بسیاری از کشورهای جهان با درک اهمیت دستیابی به تکنولوژی های فضایی و ماهواره ها جهت بهره برداری های صلح آمیز از منابع زمین و حفظ امنیت ملی خود به طرق گوناگون اقدام نموده و به موفقیت های مهمی نیز دست یافته اند که از این میان می توان کره شمالی با پرتاب ماهواره KOM-SAT در سال ۱۹۹۸، مشارکت برزیل و چین جهت پرتاب ماهواره CBERS در سال ۱۹۹۶ و مشارکت کشورهای مختلف در طراحی، ساخت و پرتاب انواع ماهواره را نام برد .

حاصل پرتاب این ماهواره ها ، تهیه میلیونها تصویر از زمین بوده است که در اختیار هزاران محقق و مؤسسه تحقیقاتی در سراسر جهان قرار گرفته و با پردازش و تعبیر و تفسیر آنها ، اهمیت و کاربردهای فناوری فضایی و سنجش از دور بیش از پیش آشکار شده است . این دانش قادر به مطالعه های زمین شناسی و شناسایی نهشته های معدنی ، پیش بینی بروز حوادث غیرمترقبه و مخاطره های طبیعی و هشدارهای لازم ، آشکارسازی فعالیت های مخاطره آمیز زیست محیطی و کاهش اثرات ناشی از آنها ، مدیریت فرسایش ساحلی ، پیش بینی فصلی و سالانه آب و هوا و بررسی اثر آنها بر کشاورزی ، خشکسالی و پیشروی کویر ، برنامه ریزی و مدیریت منابع طبیعی نظیر جنگل ، مراتع ، شیلات ، مدیریت آب آشامیدنی ، تهیه انواع نقشه های موضوعی و کارتوگرافی در مقیاس های گوناگون و غیره می باشد . با توجه به اینکه در این کار تحقیقی از تصاویر سنسور استر استفاده شده است مختصری از این سنجنده در بخش بعدی توضیح داده شده است .

۳- ۵- ۲ - پرتوسنج حرارتی تابشی و بازتابشی فضا برد پیشرفته^{۱۴} (ASTER)

استر یک دوربین دیجیتالی بزرگ است که در سال ۱۹۹۹ با همکاری ناسا و ژاپن ، در مدار زمین قرار گرفت و توسط ماهواره ای بنام Terra که به اندازه یک اتوبوس کوچک است حمل می شود . فاصله آن از زمین ۷۰۵ کیلومتر ، گردش آن بصورت قطبی - قطبی است و از ساعت ۱۰:۳۰ به وقت محلی و تقریباً هر ۱۰۰ دقیقه از عرض استوا عبور می کند . این دوربین توانایی گرفتن ۶۰۰ عکس با قدرت تفکیک بالا در یک روز را دارد . هر

^{۱۴} Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer

عکس ، منطقه‌ای به وسعت 60×60 کیلومتر را پوشش می‌دهد که اندازه هر پیکسل آن برای باندهای ۱-۳ ، ۱۵ متر است. تفاوت عمده این دوربین با دوربین های عکاسی این است که اولاً ، برای هر رنگ (یا دقیقتر، هر محدوده طول موج یا باند) یک تصویر مجزا ایجاد می‌شود ، چرا که دارای ۱۴ باند بوده و ۱۴ تصویر مختلف می‌تواند ایجاد کند . استر ۱۴ باند دارد که دامنه ی طول موجی 0.52 تا 11.65 میکرون را در سه محدوده ی طیفی VNIR ، SWIR ، TIR پوشش می دهد ؛ استر دارای سه لنز است که به نام تلسکوپ نیز نامیده می‌شود :

VNIR ، SWIR ، TIR . هر کدام از آنها برای یک بخش متفاوت طیفی در نظر گرفته شده‌اند .

الف - محدوده ی طیفی مرئی و مادون قرمز نزدیک (VNIR) :

در این محدوده که شامل دامنه ی طول موجی 0.52 تا 0.86 میکرون می‌شود ، سه باند وجود دارد . قدرت تفکیک فضایی در باندها در این محدوده ۱۵ متر و پوشش نهایی در جهت عمود به وسیله ی نقطه (قابلیت نقطه ای) ، 232 ± 24 کیلومتر معادل $24 \pm$ درجه و عرض پیمایش ۶۰ کیلومتر است .

ب - محدوده طیفی مادون قرمز طول موج کوتاه (SWIR) :

در این محدوده ، برداشت در دامنه طول موجی 1.6 تا 2.43 میکرون و در شش باند صورت می‌گیرد . قدرت تفکیک فضایی باند های این محدوده ۳۰ متر و پوشش نهایی در جهت عمود بوسیله ی نقطه (قابلیت نقطه ای) ، $8/55 \pm$ درجه است .

ج - محدوده طیفی مادون قرمز حرارتی (TIR) :

در محدوده طیفی مادون قرمز حرارتی برداشت در دامنه ی طول موجی $8/125$ تا 11.65 میکرون در پنج باند انجام می‌شود . قدرت تفکیک فضایی باندها ، ۹۰ متر و پوشش نهایی در جهت عمود بوسیله ی نقطه (قابلیت نقطه ای) ، $8/55 \pm$ درجه است .

یکی از ویژگیهای بارز تصاویر استر قدرت تفکیک بالای آن در مقایسه با لندست است که از آن در مدیریت گردشگاهها و پارکهای جنگلی برای تعیین تغییر وضعیت آنها استفاده می‌شود . در تصاویر استر پوشش گیاهی زنده به رنگ قرمز که قرمز روشن یا تیره نشانگر میزان سلامت گیاهان است ، پدیده های ساخته دست انسان

مثل ساختمان‌ها متمایل به آبی روشن یا خاکستری، خاک به رنگ‌های متنوع که روشنی آن بستگی به مواد تشکیل دهنده آن دارد و آب به رنگ بسیار تیره دیده می‌شود.

جدول ۳-۱: مشخصات باندهای سنجنده استر [۷]

باند طیفی	شماره باند	محدوده طول موج (میکرومتر)	تفکیک پذیری باندی (متر)	سطح تدریجی سیگنال (بیت بر ثانیه)
مرئی، مادون قرمز متوسط تا بلند	۱	۰/۵۲-۰/۶۰	۱۵	۸
	۲	۰/۶۳-۰/۶۹	۱۵	۸
	۳N	۰/۷۸-۰/۸۶	۱۵	۸
	۳B	۰/۷۸-۰/۸۶	۱۵	۸
مادون قرمز کوتاه	۴	۱/۶۰۰-۱/۷۰۰	۳۰	۸
	۵	۲/۱۴۵-۲/۱۸۵	۳۰	۸
	۶	۲/۱۸۵-۲/۲۲۵	۳۰	۸
	۷	۲/۲۳۵-۲/۲۸۵	۳۰	۸
	۸	۲/۲۹۵-۲/۳۶۵	۳۰	۸
	۹	۲/۳۶۰-۲/۴۳۰	۳۰	۸
	حرارتی	۱۰	۸/۱۲۵-۸/۴۷۵	۹۰
۱۱		۸/۴۷۵-۸/۸۲۵	۹۰	۱۲
۱۲		۸/۹۲۵-۹/۲۷۵	۹۰	۱۲
۱۳		۱۰/۲۵-۱۰/۹۵	۹۰	۱۲
۱۴		۱۰/۹۵-۱۱/۶۵	۹۰	۱۲

۳-۶- مراحل بررسی داده‌های سنجش از دور

۳-۶-۱- جمع آوری داده‌ها

این مرحله شامل جمع آوری اطلاعات زمین‌شناسی و سیما شناسی منطقه، اطلاعات پایه توپوگرافی بر اساس نقشه‌های موجود و تهیه داده‌های ماهواره‌ای منطقه می‌باشد.

۳-۶-۲- تصحیح توپوگرافی^{۱۵}

در هنگام برداشت تصاویر سنجش از دور توسط سنجنده‌ها، چند عامل ممکن است باعث ثبت مقادیر متفاوت بازتاب از یک نوع پوشش سطح زمین شوند که یکی از آنها اثر توپوگرافی است. پستی و بلندی‌های سطح زمین و در نتیجه ایجاد سایه، زاویه متفاوت دید سنجنده نسبت به دو دامنه متقابل یک بلندی و نیز جهت متفاوت تابش خورشید سبب می‌شود که بازتاب متفاوتی از انرژی الکترومغناطیسی از یک نوع پوشش گیاهی که در دو طرف یک بلندی قرار دارند به سنجنده برسد و در نتیجه در تصویر، دو نوع پوشش به نظر آید. برای تصحیح این خطا که تصحیح اثر توپوگرافی نامیده می‌شود، از تکنیک تقسیم تصاویر استفاده می‌گردد. با توجه به اینکه نسبت بازتاب دو پوشش دو طرف ناهمواری در هر باند تقریباً مقدار ثابتی است، می‌توان با استفاده از تقسیم باندها بر یک باند مناسب و سپس مقیاس بندی مجدد (Rescaling) تصاویر بدست آورد که اثر سایه‌ها در آن تا حدود زیادی از بین رفته است و پوشش‌های سطحی یکسان، دارای مقادیر عددی تقریباً یکسانی هستند. در طی اجرای فرآیند تقسیم تصاویر و تصحیح توپوگرافی، مشاهده خواهد شد که با آنکه دو پوشش یکسان دو طرف ناهمواری در باندهای مختلف مقادیر متفاوتی دارند ولی نسبت این مقادیر تقریباً یکسان است و با عمل تقسیم پیکسل به پیکسل و سپس مقیاس بندی مجدد می‌توان به مقادیر یکسانی برای پوشش‌های یکسان دست یافت.

۳-۶-۳- تصحیح هندسی^{۱۶}

از آنجایی که تصاویر سنجش از دور نقشه نیستند، دارای مقیاس و سیستم تصویر نمی‌باشند؛ لذا زمانی که نیاز است در قالب نقشه یا در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به کار گرفته شوند، بایستی آنها را به شیوه‌ی

^{۱۵} Topographic Correction

^{۱۶} Geometric Correction

مناسبی دارای مقیاس و سیستم تصویر نمود. به نحوه ی تغییر و تبدیل یک تصویر سنجش از دور به گونه ای که دارای مقیاس و سیستم تصویر بشود، تصحیحات هندسی گفته می شود. روشی مشابه تصحیحات هندسی که عمل آن تطبیق و یکسان سازی سیستم مختصات تصویر با سیستم مختصات نقشه یا تصویر دیگری است، تطبیق سازی^{۱۷} گفته می شود. خطای هندسی منابع متعددی دارد ولی می توان از چرخش زمین به عنوان یکی از مهمترین منابع خطا نام برد، زیرا چرخش زمین باعث اریب شدن تصاویر می شود و همچنین سرعت این چرخش نسبت به عرض جغرافیایی متفاوت است.

داده های ماهواره ای در مرحله تصحیح هندسی با توجه به نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ و سایر مقیاس ها تصحیح شده و در قالب شبکه مختصات UTM قرار می گیرند. این تصحیحات بر اساس انتخاب تعدادی نقطه کنترل زمینی (GCP) بر روی نقشه توپوگرافی و مشابه یابی آن بر روی داده های ماهواره ای مورد نظر انجام می شود؛ این عملیات عموماً در محیط نرم افزاری GIS از جمله نرم افزارهای MapInfo Professional یا ArcGIS و مشابه آنها انجام پذیر می باشد. در این مرحله با استفاده از روش های آماری لازم، خطاهای موجود بین مختصات تصویر و مختصات زمینی پدیده ها به حداقل می رسد. داده های موجود دیگر نیز بر اساس داده های ماهواره ای تصحیح شده، با روش مشابه یابی تصویر به تصویر تصحیح می گردند و بر اساس محدوده های مورد نیاز بریده شده و قطعه بندی می شوند.

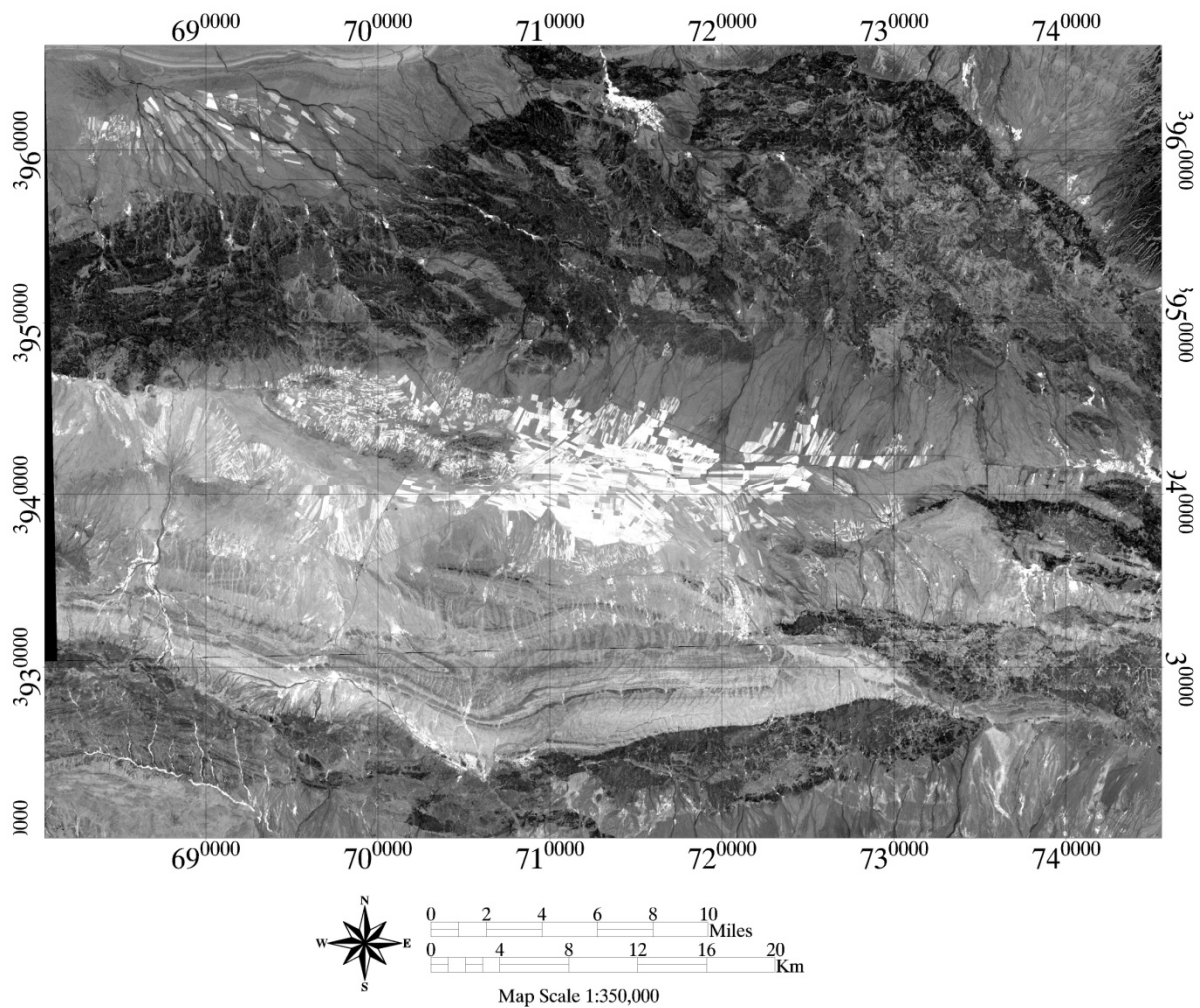
۳-۶-۴ - تصحیح پوشش گیاهی^{۱۸}:

پوشش های گیاهی در عکس های استر مهمترین معضل در بررسی های اکتشافی در نواحی هستند که دارای پوشش گیاهی می باشند. در منطقه مورد بررسی با استفاده از تکنیک نسبت بانندی^{۱۹} $(3-1) / (3+1)$ در عکس استر به خوبی پوشش گیاهی منطقه بارز سازی شده است. لازم به ذکر است سایر تصحیحات به علت نداشتن نویز قابل توجه چشم پوشی شده است [۷] .

^{۱۷} Registration

^{۱۸} Vegetation correction

^{۱۹} Normalised Difference Vegetation Index (NDVI)



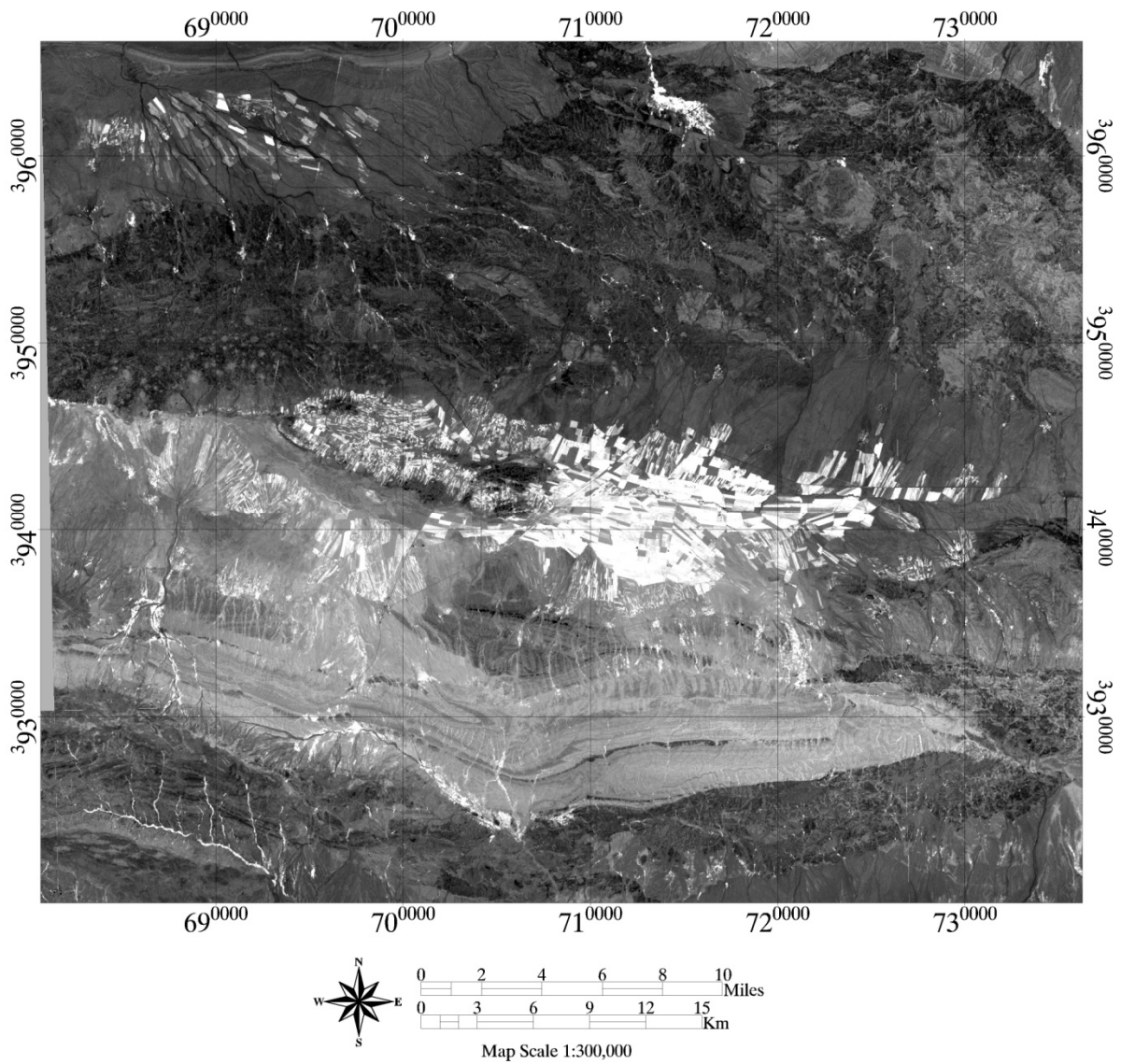
شکل (۳-۸) بارز سازی پوشش گیاهی

پوشش گیاهی در این نقشه به رنگ سفید بارز سازی شده است .

۳-۶-۵ - تصحیح پوشش گیاهی به روش آنالیز مولفه اصلی^{۲۰}:

در این روش پس از انجام تحلیل مولفه اصلی در عکس‌های استر در PC^۳ تمایز پوشش گیاهی به وضوح مشخص می‌گردد. نقشه مربوطه در ذیل آورده شده است .

^{۲۰} Principle Component Analysis



شکل (۳- ۹) بارز سازی پوشش گیاهی با استفاده از روش PCA

در این روش پوشش گیاهی به رنگ روشن متمایز شده است .

۳ - ۷ - روش های پردازش داده ماهواره

داده‌های ماهواره‌ای بصورت رقومی برداشت می‌شوند و این مساله امکان اعمال برخی روش‌های ریاضی و تکنیک‌ها بر روی داده‌ها را به ما می‌دهد که به برخی از روش‌ها بطور مختصر پرداخته می‌شود.

۳- ۷- ۱ روش تقسیم باندي^{۲۱}

یکی از روش‌های رایج در پردازش تصویر روش **تقسیم باندي** می‌باشد. این روش اثرات توپوگرافی و سایه‌ها را از بین برده و یکسری از نویزها را افزایش و سری دیگری را کاهش می‌دهد. علاوه بر آن اختلاف بین درجات روشنائی را آشکار کرده و مرزها را مشخص تر می‌سازد. بنابراین برای جدا کردن مرز واحدهای سنگی و تشخیص سنگ‌ها بکار می‌رود. با شناخت خصوصیات انعکاسی پدیده‌های مختلف و با استفاده از روش فوق می‌توان پدیده‌های مختلف را بارز ساخت [۸] .

خواص انعکاسی پدیده‌های مختلف از روی دیاگرام طیفی آنان در کتب مرجع موجود است و قابل بررسی می‌باشد و ما با توجه به خواص طیفی پدیده‌های مورد نظر، می‌توانیم تصمیم به استفاده یا عدم استفاده از این روش بگیریم .

۳- ۷- ۲ - تحلیل مولفه های اصلي

تحلیل مولفه اصلی جهت کاهش بعد داده‌ها به تعداد کمتری مولفه اصلی بکار می‌رود. در تحلیل مولفه اصلی تجمع اطلاعات در چند مولفه اول بیشتر بوده و مولفه‌های بعدی بیشتر شامل نویز می‌باشند (این مولفه‌ها فقط وقتی با تصاویر قویتر ترکیب شوند می‌توانند دارای کاربرد موثری باشند). در این روش یک محور در راستائیکه دارای بیشترین مقدار اطلاعات است ایجاد شده و تصویر این محور شامل بیشترین اطلاعات نسبت به محورهای دیگر خواهد بود. در روش PCA اطلاعات چند تصویر در یک تصویر تراکم شده و اختلاف درجات روشنائی به حداکثر می‌رسد. تعداد PCA ساخته شده بستگی به تعداد باندهای انتخاب شده دارد و ما می‌توانیم پس از

^{۲۱} Band Ratio

اعمال روش PCA، چند تصویر جداگانه داشته باشیم. همانطوریکه مشخص است PC_۱ بطور مثال دارای ۸۰ تا ۹۵٪ اطلاعات است، PC_۲ حاوی مثلاً ۱۰٪ اطلاعات و مولفه‌های بعدی به ترتیب دارای مقادیر کمتری از اطلاعات می‌باشند [۹]. در انتخاب باندها برای اعمال تکنیک PCA باید باندهائی را انتخاب کرد که با هم همبستگی کمتری داشته باشند. زیرا هر چه میزان همبستگی باندها کمتر باشد ترکیب آنها حاوی اطلاعات بیشتری خواهد بود. قابل ذکر است که ضریب همبستگی هر باند با خودش ۱ است و ضریب همبستگی که معمولاً آنرا با r نشان می‌دهند عددی بین ۰ تا ۱ می‌باشد. اطلاعات آماری حاصله از PCA نیز در انتخاب روش شناسائی می‌تواند کمک شایانی بنماید [۱۰، ۱۱].

همانطوریکه گفته شد همبستگی هر باند با خودش ۱ است (همبستگی کامل) و معمولاً کمترین همبستگی بین باندها ۶ و سایر باندها وجود دارد. وجود همبستگی بین باندها نشان دهنده وجود داده‌های مشترک یا به عبارت دیگر تکرار داده‌ها است. بنابراین در جایی که تلفیق داده‌ها جهت بدست آوردن حداکثر اطلاعات ممکن مد نظر باشد، مطالعه و بررسی دقیق ماتریس همبستگی لازم به نظر می‌رسد. عموماً روش تحلیل مولفه‌های اصلی برای باندها ۹ استر به کار می‌رود [۱۲].

شاخص‌های مهم دیگر مقدار ویژه^{۲۲}، واریانس ماتریس همبستگی و بردار ویژه^{۲۳} می‌باشد. مقدار ویژه نمایشگر طول محور هر مولفه بوده و بیانگر مقدار اطلاعات در هر مولفه می‌باشد.

۳-۸- کاربرد سنجش از دور در اکتشاف کرومیت

امروزه بررسی‌های دورسنجی به دلیل داشتن داده‌هایی با دید وسیع و یکپارچه و محدوده طول موجی مختلف، از بهترین روش‌ها در پی‌جویی کانسارها شناخته می‌شود. به عنوان نمونه با توجه به اینکه جایگاه کانسارهای پورفیری بزرگ دنیا و ذخایر طلای اپی‌ترمال، جزایر قوسی و زون‌های فرورانش بوده و تمرکز آنها بیشتر در نواحی دگرسان شده وسیع و محل گسل‌های بزرگ حاشیه دهانه‌های آتشفشانی یا همراه با تراورتن‌های حوالی

^{۲۲} Eigenvalue

^{۲۳} Eigenvector

چشمه‌های آب گرم می‌باشد ، لذا بررسی‌های دورسنجی می‌تواند بهترین وسیله در شناخت این نوع کانسارها باشد .

۳ - ۹ - نواحی دارای پتانسیل اکتشافی کرومیت

در این بخش کانی سازی کرومیت را در زون‌های افیولیتی از طریق تصاویر استر و با بکارگیری روش‌هایی مانند نسبت‌های بانندی متفاوت^{۲۴} و آنالیز مولفه اصلی ، قابل تشخیص می‌گردد . نتایج مطالعه نشان داد نواحی با طول موج VNIR و SWIR در تشخیص زون‌های کانی سازی کرومیت امیدبخش است [۱۳] .

ریشه افیولیت‌ها از سنگ‌های دگرگونی توسعه یافته که در حرارت بالا و فشار پایین در زمان جدایش درون اقیانوسی ایجاد شده‌اند ، می‌باشد [۱۴ ، ۱۵ ، ۱۶] .

برای تشخیص سنگ‌های هارزبورژیتی شامل سرپانتین‌ها و زون‌های دارای کانی سازی کرومیت، با بکارگیری داده‌های TM نسبت‌های بانندی RGB متفاوتی برای تشخیص سرپانتین‌ها در طی سال‌های مختلف توسط محققان مورد استفاده قرار گرفته است .

$$۱- ترکیب نسبت های بانندی $(\frac{4}{3}, \frac{5}{4}, \frac{5}{1}, \frac{5}{7})$ [۱۷] .$$

$$۲- ترکیب نسبت های بانندی $(\frac{5}{7}, \frac{3}{1}, \frac{3}{5})$ [۱۸] .$$

$$۳- ترکیب نسبت های بانندی $(\frac{7}{5}, \frac{5}{1}, \frac{3}{3})$ و $(\frac{7}{5}, \frac{5}{4}, \frac{3}{1})$ [۱۹] .$$

ترکیب بانندی ۱-۳-۷ در سنجنده استر که معادل ترکیب بانندی ۲-۴-۷ در TM است ، امکان تمایز قائل شدن میان سنگ‌های گرانیته را فراهم می‌کند [۹] .

Gad & Kushky (۲۰۰۶) تصاویر نسبت بانندی استر $(\frac{4}{1}, \frac{4}{6}, \frac{4}{1})$ ، را برای تشخیص و ثبت گرانیته‌ها و کمربند دگرگونی، در صحرای سینای مصر به کار بردند و نتیجه گرفتند که این نسبت‌های بانندی می‌توانند برای تشخیص سنگ‌های دگرگونی در سپر عربستان و دیگر نواحی خشک دنیا مناسب باشند .

^{۲۴} Different Band Rationing

شش باند مادون سرخ طول موج کوتاه SWIR (با قدرت تفکیک ۳۰ متر) برای خاک و ثبت واحدهای سنگی و توصیف کانی‌های کربناته و فیلوسیلیکات‌ها مناسب است [۲۰] .

پنج باند TIR (۱۴-۱۰) که دارای قدرت تفکیک ۹۰ متر هستند، برای توصیف سنگ‌های سیلیکاته به کار می‌روند [۲۱] .

نتایج مورد بحث قرار گرفت تا نشان دهد چگونه تکنیک‌های پردازش تصاویر می‌توانند بطور انتخابی سنگ‌های هارزبورژیتی با دونیت و نواحی با پتانسیل برای کانی‌سازی کرومیت را برجسته کند تا تکنیک‌هایی را برای مهندسان اکتشاف پیشنهاد کند و ابهامات آنها را در امر اکتشاف بخصوص در نواحی خشک دنیا برطرف نماید. ما اظهار می‌کنیم که تفسیر داده‌های ماهواره‌ای برای تولید نقشه‌های واحدهای سنگی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و حتی بطور دقیق‌تر در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ مناسب است [۲۲] .

در پردازش داده‌های استر نسبت های بانندی ذیل توسط محققان به کار گرفته شده است :

$$. [۹] (۴/۷ , ۳/۴ , ۲/۱)$$

$$. [۹] (۴/۷ , ۴/۱ , ۲/۳ * ۴/۳)$$

$$. [۹] ((۲+۴) / ۳ , (۵+۷) / ۶ , (۷+۹) / ۸)$$

برخی تکنیک‌های دورسنجی و GIS را برای ثبت واحدهای سنگی و همچنین تشخیص ذخایر معدنی به کار برده‌اند . Hunt بیان کرد که دورسنجی ابزاری خوب برای ثبت کانی‌های دارای آلتراسیون هیدروترمال که خصوصیات طیفی متمایزی دارند می‌باشد.

Sabins اظهار کرد که دورسنجی ابزار خوبی برای اکتشاف کانسارها در دست کم چهار روش است:

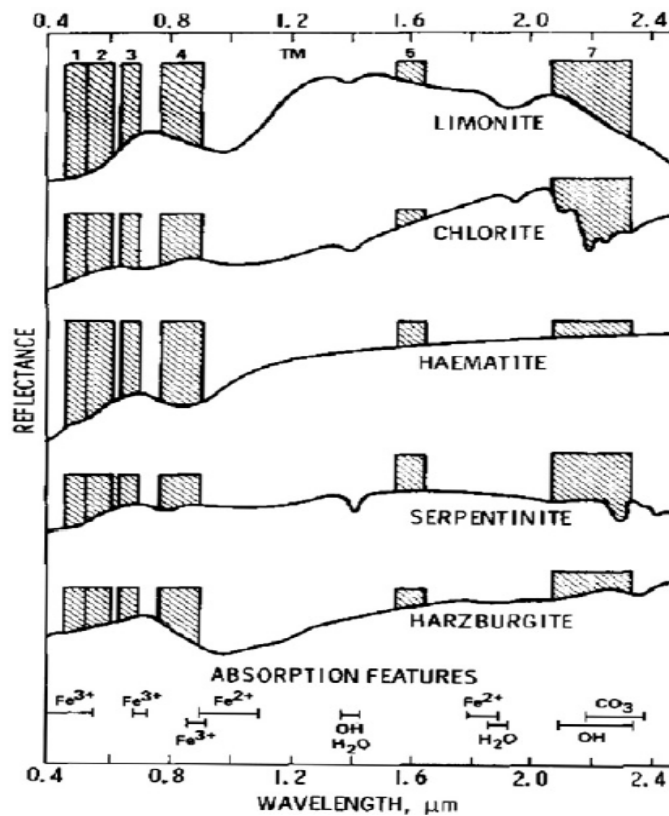
۱- نقشه برداری روند ساختارهای و ویژگی های ناحیه‌ای که در نواحی مختلف مورد توجه قرار می‌گیرد .

۲- نقشه برداری الگوی شکستگی‌های محلی که ممکن است منحصراً ذخایر معدنی را کنترل کنند .

۳- شناسایی سنگ های دگرگون هیدروترمالی که در آن کانی‌سازی انجام شده است .

۴- ایجاد داده‌های زمین‌شناسی پایه [۱۸] .

طیف انعکاسی سنگ‌ها به ترکیب شیمیایی سنگ در سطح، که ترکیبی از خصوصیات تمام سنگ و بخش کانیهای آتره شده می‌باشد، بستگی دارد. جذب در باندهای مرئی و مادون قرمز کوتاه می‌تواند به علت یکی از دلایل مغناطیسی یا جنبش مولکولی سطحی در کانیها افزایش پیدا کند. مطالعات قبلی طیف‌های بازتابی اولیه باعث به وجود آمدن بینش روشنی در دلایل تغییرات طیف‌های نوری و اطلاعات دورسنجی و تفاسیر آنها شده است. از مطالعات هانت و سالیسبوری جزئیاتی در مورد سنگ‌شناسی افیولیت‌ها به دست آمده است. شاخص‌های طیف‌های کتابخانه‌ای در محدوده خصوصیات طیفی افیولیت‌های غیر هوازده به عنوان نمونه فراهم شده است [۲۳، ۲۴].

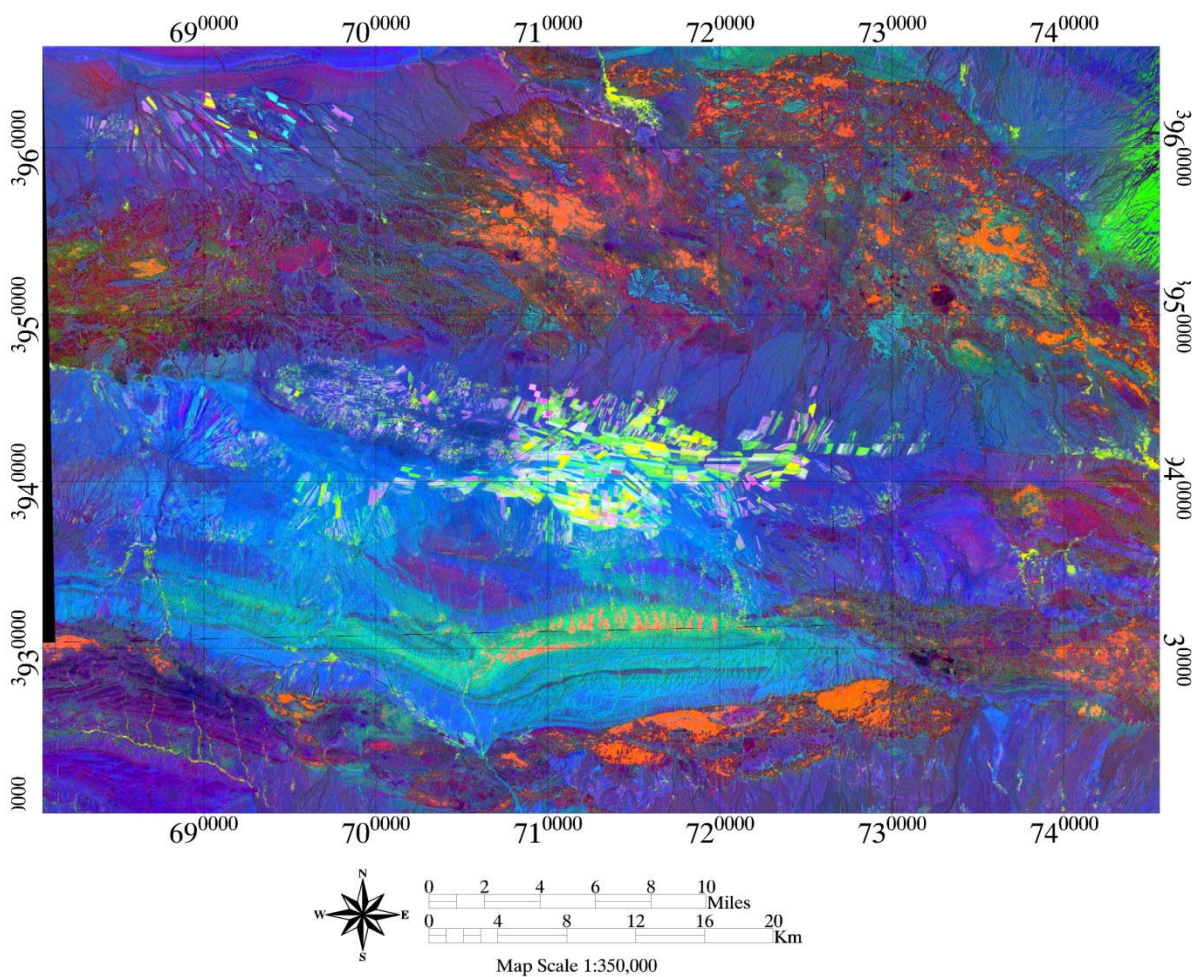


شکل (۳-۱۰) طیف‌های بازتابی کتابخانه‌ای برای افیولیت‌ها [۲۲] اطلاعات مربوط به هماتیت، کلریت و سرپانتینیت [۲۲] و لیمونیت [۲۳] و هارزبورژیت [۲۴].

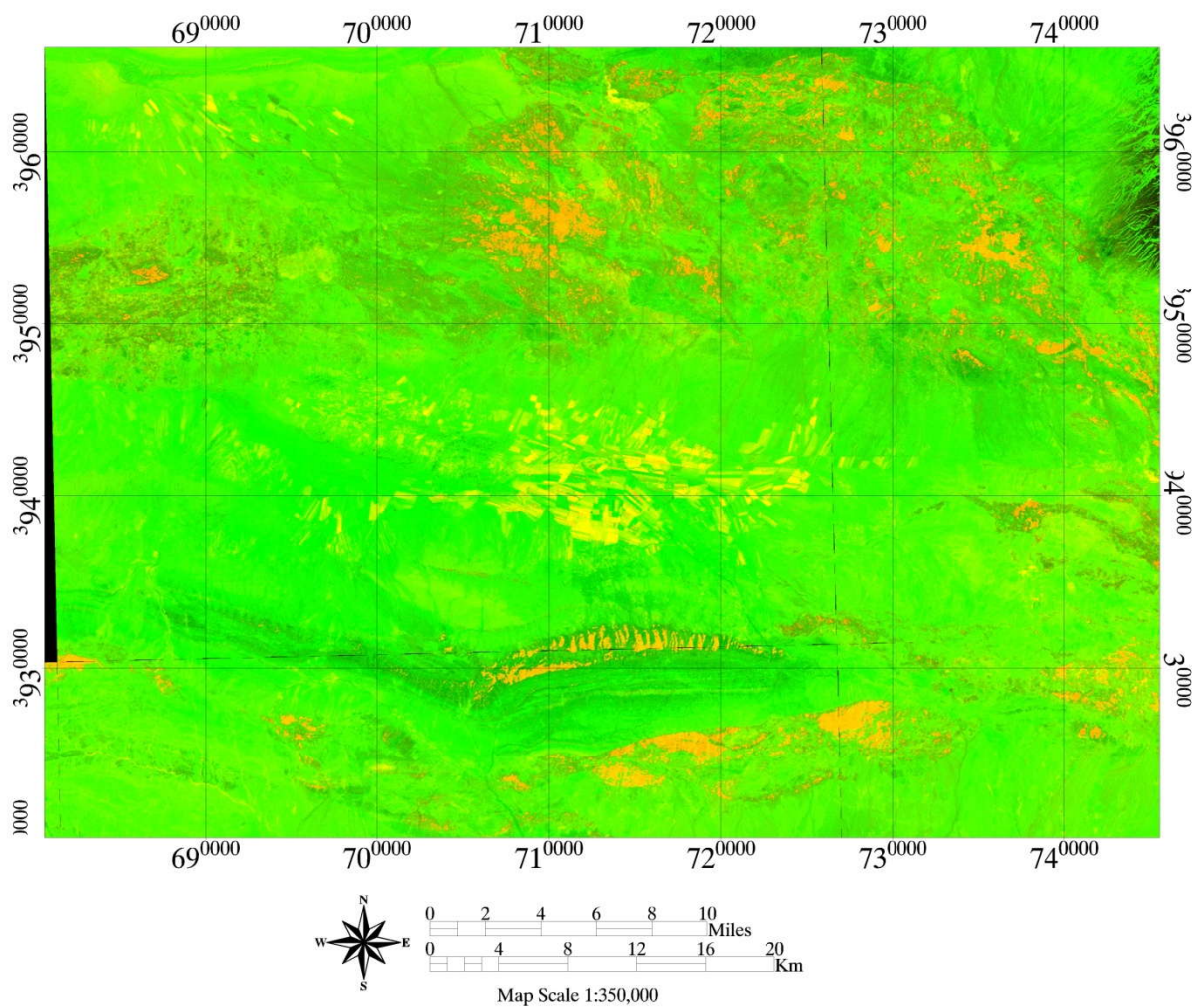
سرپانتینیت‌ها طیف نسبتاً پهنی را نشان می‌دهند. مشخصات جذب سطحی در ۴۵ میکرومتر به علت وجود یون فریک (آهن سه ظرفیتی) و مشخصه‌های جذبی در ۰/۹ و یا ۱ میکرومتر به علت وجود یون فروس (آهن دو

ظرفیتی) می‌باشد. طیف جذبی نسبتاً شارپ در $2/3$ میکرومتر به علت جنبش مولکولی سطحی مابین یون‌های Mg-OH و تأثیرات پدیده هیدراسیون نشان داده شده به وسیله جذب نزدیک به $1/4$ میکرومتر می‌باشد. هارژبورژیت طیف پهنی را در نزدیکی 1 میکرومتر به علت فروس موجود در کانی‌های پیروکسن و اولیوین دارد [۲۲] .

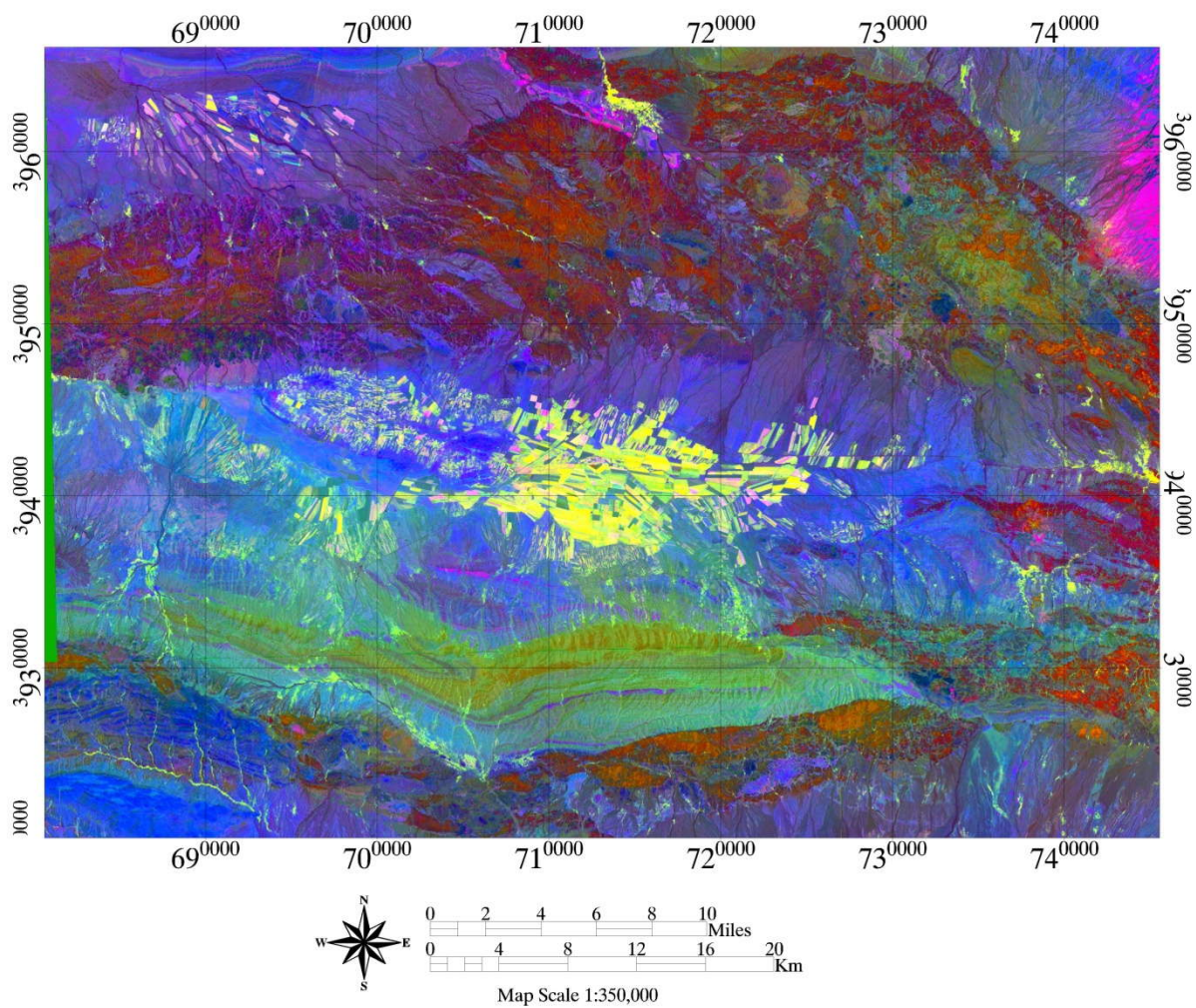
نقشه‌های به دست آمده از نسبت بانندی و روش Pca، در ذیل آورده شده است:



شکل (۳-۱۱) مناطق پتانسیل دار برای اکتشاف کرومیت به رنگ نارنجی نمایش داده شده است. این تصویر با استفاده از نسبت بانندی ($2/1$ ، $3/4$ ، $4/7$) از تصویر استر تهیه شده است .



شکل (۳-۱۲) نقشه مناطق پتانسیل دار با استفاده از نسبت باندی (۴/۳ * ۲/۳ ، ۴/۱ ، ۴/۷) در این شکل مناطق با پتانسیل بالا به رنگ زرد متمایل به نارنجی مشخص شده است .



شکل (۳ - ۱۳) نقشه نقاط دارای پتانسیل اکتشافی کرومیت به روش تحلیل مولفه اصلی. در این شکل مناطق

پرپتانسیل به رنگ قرمز تیره مشخص شده است .

فصل چہارم

ژئوشیمی

۴ - ۱ - مقدمه :

اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای در منطقه شمالی تربت حیدریه در مقیاس ناحیه ای وبا شبکه نمونه برداری منظم و سیستماتیک توسط چینی ها بین سال های ۸۳ تا ۸۵ انجام شده است . تمام نتایج و آنالیز های مربوطه در سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی شمال شرق موجود می‌باشد . این داده ها با همکاری جناب مهندس عزمی رئیس بخش اکتشاف و ژئوشیمی سازمان برای بسط و گسترش لایه اطلاعاتی ژئوشیمی در تهیه نقشه پتانسیل مطلوب در اختیار اهداف پایان نامه قرار گرفت .

۴ - ۲ - روش زونالیته ژئوشیمیایی :

در اکتشافات ژئوشیمیایی تعیین موقعیت سطح فرسایش یک آنومالی ژئوشیمیایی ذخایر کرومیت سن ژنتیک نسبت به سطح کانی سازی احتمالی از اهمیت خاصی برخوردار است ، زیرا این مساله در خلال عملیات اکتشافی برای یافتن کانی سازی پنهان و تشخیص امید بخش‌ترین آنومالی های ژئوشیمیایی از میان تعداد زیادی آنومالی بسیار مهم می‌باشد به طوری که شناسایی آنومالی های حقیقی ، مربوط به کانسارهای پنهان از آنومالی های کاذب یکی از قدیمی ترین مسائل ژئوشیمیایی است [۲۵] . از دهه ۱۹۷۰ میلادی روش زونالیته به منظور تعیین آنومالی ژئوشیمیایی مورد استفاده قرار گرفته است [۲۶] .

برای نمونه در ایران ، در منطقه اهر دو آنومالی مربوط به کانی سازی پنهان سونگون و مربوط به کانی سازی فرسایش یافته آستمال به فاصله دو کیلومتر ، با استفاده از روش زونالیته شناسایی شد [۲۷] و در شرق چین و در معدن طلای Guilaizhuang وجود یک کانی سازی پنهان در اعماق بیشتر معدن تشخیص داده شد [۲۸] .

سطح فرسایش کانسار روی اندازه و گسترش آنومالی در هاله اولیه و ثانویه تاثیر دارد . آنومالی های حاصل از کانسارهای مختلف با توجه به سطح فرسایش کانی سازی در شکل (۴ - ۱) نشان داده شده است . این شکل چهار نوع از فرسایش را در یک توده معدنی نشان می دهد :

۱ - کانسار پنهان^{۲۵}

۲ - کانسار کمی فرسایش یافته رخنمون دار^{۲۶}

۳ - کانسار نیمه فرسایش یافته

۴ - کانسار کاملاً فرسایش یافته

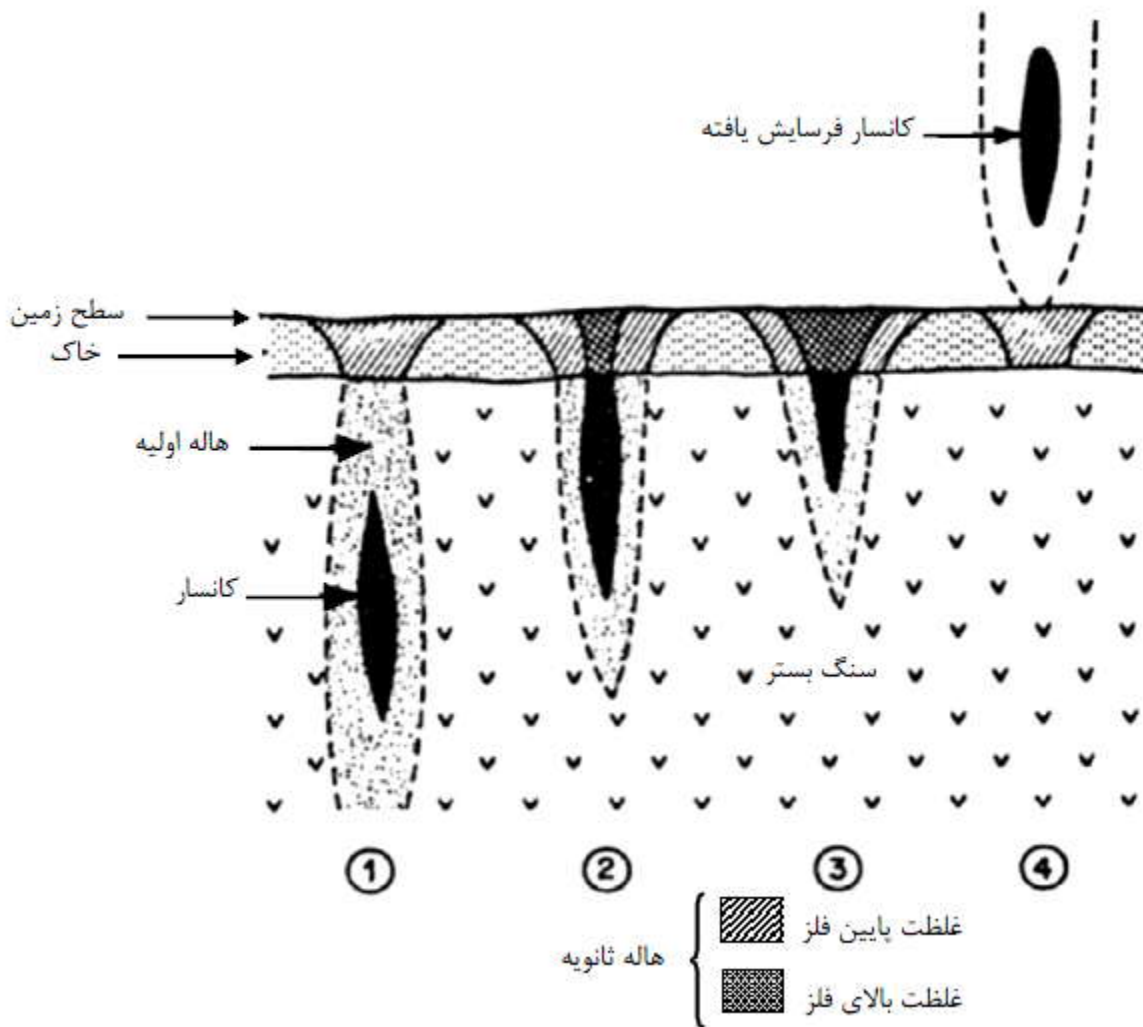
آنومالی های خاک نوع ۲ و ۳ (رخنمون دار) قوی تر از نوع اول است و ممکن است به غلط این گونه فرض شود که آن دو از نوع اول امید بخش ترند ، بدون اینکه سطح فرسایش در نظر گرفته شود . نوع چهارم به لحاظ شدت آنومالی مشابه نوع اول (کانی سازی پنهان) به نظر می رسد و اگر به درستی تفسیر نگردد ، ممکن است این آنومالی کاذب منجر به اکتشاف بی ثمر گردد [۲۶] .

گریگوریان (۱۹۸۵ و ۱۹۹۲) نشان داد که یک مدل زونالیته ژئوشیمیایی قادر است این چهار نوع آنومالی را از هم تفکیک کند . به طور طبیعی همراهی عناصر در قسمت های تحتانی یک کانسار^{۲۷} با عناصر فوقانی کانسار متفاوت است که این تفاوت در همراهی عناصر تحت کانساری و فوق کانساری می تواند در شناسایی رابطه بین کانی سازی و آنومالی در هاله ثانویه مفید باشد . با توجه به همین عناصر تحت و فوق کانساری در روش زونالیته ، شاخص حاصلزبری کروم ، نیکل و کبالت برای کانسارهای کرومیت (هاله های ژئوشیمیایی سن ژنتیک) به دست می آید [۲۷] .

^{۲۵} Blind mineralization

^{۲۶} Outcropping mineralization

^{۲۷} Root zone



شکل (۴-۱) تغییرات مقدار فلز در هاله های اولیه و ثانویه در ارتباط با تراز سطح فرسایش زون های کانه دار [۲۶] .

۴-۳- پیاده سازی روش زونالیته :

به این منظور ابتدا میزان حد زمینه و حد آستانه آنومالی عناصر در شاخص زونالیته با استفاده از روش آماری به دست آمد و سپس جهت به دست آوردن مولفه کانی سازی ، میزان زمینه از مقادیر آنومالی کسر و با توجه به مقادیر هاله های ضریبی فوق کانساری و تحت کانساری و همراهی این هاله ها با یکدیگر ، مناطق آنومالی مشخص شد .

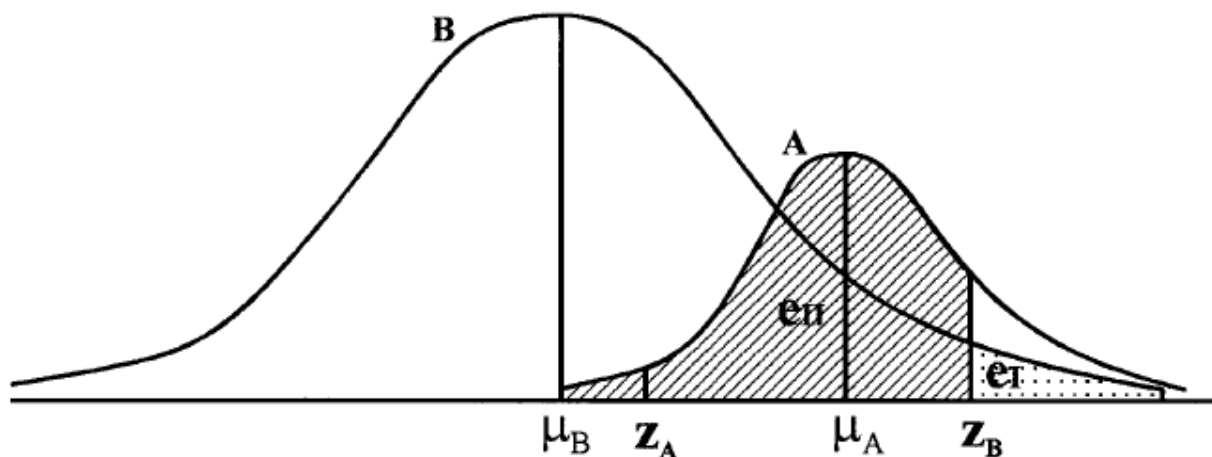
۴-۳-۱- محاسبه حد زمینه و حد آستانه آنومالی با استفاده از روش آماری سالووف

در ژئوشیمی با سه جامعه روبه رو هستیم . جامعه اول که اکثریت داده ها را تشکیل می‌دهد شامل مقادیر زمینه^{۲۸} می‌باشد . جامعه دوم معرف جامعه آنومالی^{۲۹} می‌باشد و جامعه سوم ، جامعه حد واسط دو جامعه فوق است . آنومالی A و زمینه B دو جامعه مجزا هستند که از نظر محتوی عنصر و خصوصیات مکانی با هم تفاوت دارند . همچنان که در شکل (۲-۴) مشاهده می‌شود اگر Z_A حد پایین آنومالی و Z_B حد بالای زمینه در نظر گرفته شود بدیهی است در صورت بزرگتر بودن حد بالای زمینه دو جامعه A و B هم پوشانی خواهند داشت که در این صورت مقادیر بین Z_A و Z_B را نمی‌توان به یکی از دو جامعه A و B نسبت داد در این صورت دو نوع خطا ، امکان وقوع دارد . خطای نوع اول (e_I) ، خطای عدم پذیرش ، که نمونه ای متعلق به جامعه زمینه ، جز زمینه طبقه بندی نگردد . خطای نوع ۲ (e_{II}) ، خطای پذیرش که یک نمونه متعلق به آنومالی جزء زمینه طبقه بندی شود . مقادیر خطای ۱ و ۲ به صورت مناطق سایه دار با در نظر گرفتن Z_B به عنوان حد آستانه در شکل (۲-۴) نشان داده شده است . این دو خطا به صورت معکوس با یکدیگر رابطه دارند به این دیگری زیاد می شود . در برخی از موقعیت ها بهتر است یکی از دو خطا کم شود ولی در برخی دیگر کاهش خطای کلی بهتر است . در این تحقیق سعی بر این است که با در نظر گرفتن همزیستی^{۳۰} هاله های فوق و تحت کانساری و بررسی همبستگی مناطق آنومالی با ساختارهای کنترل کننده کانی سازی، خطاهای تعیین حد زمینه و آنومالی را کاهش دهیم .

^{۲۸} Background

^{۲۹} Anomaly

^{۳۰} Co-existence



شکل (۴-۲) تابع چگالی برای داده های ژئوشیمی دو جامعه آنومالی و زمینه

اغلب روش های تشخیص حد آستانه از آنومالی بر پایه توزیع نرمال عناصر بیان می شود. تابع توزیع نرمال با استفاده از رابطه زیر بیان می شود:

$$y = \Phi(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}} \quad (۴-۱)$$

در صورتی که لگاریتم غلظت ها از توزیع نرمال پیروی کند توزیع لوگ نرمال خواهد بود. توزیع عناصر شیمیایی در سنگ ها اندکی از توزیع نرمال و لوگ نرمال انحراف نشان می دهد ولی همراه بودن با سیماهای زمین شناسی همگن باعث می شود غلظت ها از این دو توزیع تبعیت کنند.

با انتخاب مقدار $t > 0$ در رابطه (۴-۱) میزان حد آستانه آنومالی به دست می آید:

$$x_a = \bar{x} + ts \quad (۴-۲)$$

که x_a غلظت حد آستانه آنومالی، \bar{x} میزان میانگین مقادیر غلظت و S میزان انحراف معیار استاندارد می باشد که با توجه به این که توزیع نرمال یا لوگ نرمال باشد مقادیر x و s برای غلظت یا لگاریتم غلظت ها محاسبه می شود.

اگر میزان t در رابطه (۴ - ۲) برابر ۳ فرض شود احتمال خطا در تخمین میزان حد آستانه بسیار کم می شود ولی در عین حال باعث می شود آنومالی های ضعیف در رابطه توده های عمیق ، کنار گذاشته شوند لذا انتخاب میزان t در تعیین حد آستانه آنومالی بسیار مهم است .

با وجود توزیع لوگ نرمال رابطه (۴ - ۳) به شکل زیر در می آید :

$$x_a = \log C_A = \log \bar{C}_i + t . s_{\log} \quad (۳-۴)$$

با استفاده از دو رابطه قبلی داریم :

$$C_A = \bar{C}_x \varepsilon^t \quad (۴-۴)$$

که $C_0 = \bar{C}_x$ برابر میانگین هندسی مقادیر غلظت در منطقه خارج آنومالی می باشد . ε از رابطه (۴ - ۴) به دست می آید :

$$\varepsilon = \text{anti log } s_{\log} = \text{anti log} \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\log C_i - \log \bar{C}_x)^2}{N-1}} \right) \quad (۵-۴)$$

با توجه به مطالبی که گفته شد اگر هدف آشکار سازی آنومالی قوی باشد t را برابر ۳ در نظر می گیریم ولی برای آشکار سازی آنومالی های ضعیف تر از رابطه زیر استفاده می کنیم :

$$C_A = \bar{C}_x \varepsilon^{\frac{3}{\sqrt{m}}} \quad (۶-۴)$$

که m برابر با تعداد نقاطی است که غلظت بیشتر از $\bar{C}_x \varepsilon$ دارند . در صورتی که $m > 9$ باشد مساوی ۹ در نظر گرفته می شود . [۲۹] .

۴ - ۴ - حد زمينه و آنومالی منطقه

پس از انجام محاسبات بخش های قبلی و با توجه به شاخص زونالیتة که مضر بی از عناصر کروم ، نیکل و کبالت در منطقه می باشد حد زمينه و آنومالی هر یک از عناصر به دست آمد و در نهایت نقشه مرتبط با مناطق پتانسیل دار اکتشافی در ذخایر کرومیت به دست آمد که در ادامه به آن می پردازیم :

میزان حد زمينه و آنومالی محاسبه شده در ورقه تربت حیدریه در جدول (۴ - ۱) آمده است . به همین ترتیب در سایر محدوده ها جداول مختلفی گردآوری شده است . (غلظت ها به ppm می باشد)

جدول ۴ - ۱ : میزان عناصر شاخص زونالیتة در ورقه تربت حیدریه

عنصر	کروم	نیکل	کبالت
ε	۱/۵۸۴	۱/۵۹	۱/۲۱
حد زمينه	۵۰۰/۸۳	۱۰۰	۱۹/۹۵
حد آنومالی	۱۲۵۸/۹۲	۳۹۸/۱۰	۳۵/۴۸

جدول ۴ - ۲ : میزان عناصر شاخص زونالیتة در ورقه دولت آباد

عنصر	کروم	نیکل	کبالت
ε	۱/۹۹	۱/۸۴۷	۱/۲۵۸
حد زمينه	۳۱۶/۲۲	۱۲۵/۸۹	۱۹/۹۴
حد آنومالی	۲۵۱۱/۸۸	۷۹۴/۳۲	۳۹/۸۱

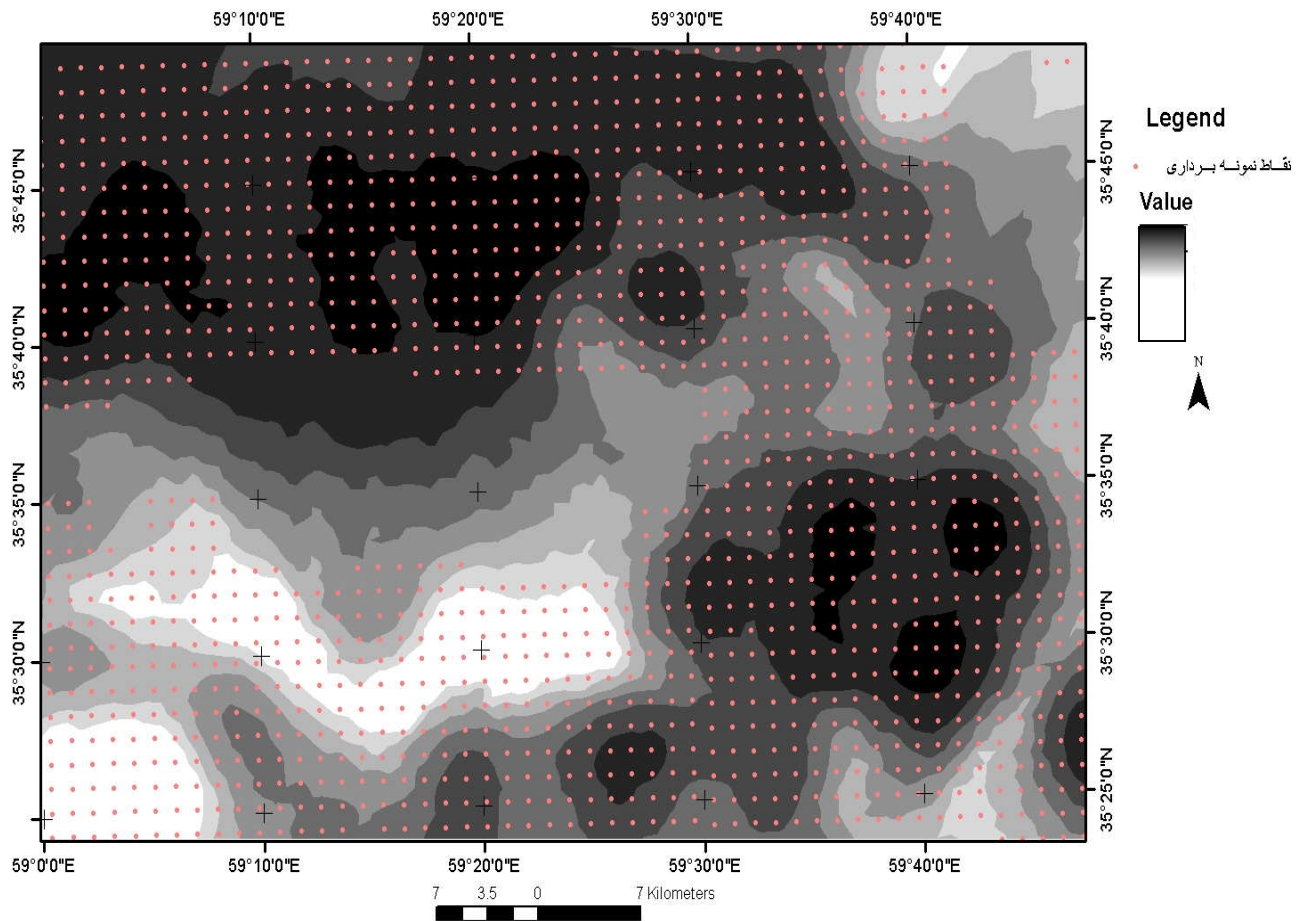
جدول ۴ - ۳ : میزان عناصر شاخص زونالیته در فریمان

عنصر	کروم	نیکل	کبالت
ε	۱/۹	۱/۸۴	۱/۳
حد زمينه	۶۳۰/۹۵	۲۵۱/۱۸	۲۵/۱۱
حد آنومالی	۵۰۱۱/۸	۱۵۸۴/۸۹	۵۶/۲۳

جدول ۴ - ۴ : میزان عناصر شاخص زونالیته در ورقه رباط سفید

عنصر	کروم	نیکل	کبالت
ε	۱/۸۴	۱/۳۵	۱/۱۶
حد زمينه	۱۵۸۴/۸۹	۵۰۱/۱۸	۳۱/۶۲
حد آنومالی	۱۰۰۰۰	۱۲۵۸/۹۲۵	۵۰/۱۱

نقشه نهایی برای نقاط دارای پتانسیل اکتشافی ذخایر کرومیت که حاصل ضرب سه عنصر ژئوشیمیایی کروم نیکل و کبالت است در شکل ۴ - ۳ نمایش داده شده است .



شکل (۴ - ۳) نقشه پتانسیل مطلوب ژئوشیمی ذخایر کرومیت

فصل پنجم

تلفیق داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی به روش فازی

۵ - ۱ - مقدمه

روش‌های مختلفی برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در اکتشاف معادن و پیدا کردن احتمال کانی‌زایی وجود دارد به طور کلی این روش‌ها بر پایه داده‌ها و یا بر پایه مدل‌های مفهومی کانی‌سازی و دانش کارشناسی می‌باشند . آنچه در تعیین محدوده پیشنهادی برای نقاط پرتانسیل حائز اهمیت می‌باشد ، استفاده صحیح و دقیق از تمامی داده‌های موجود است . در روش وزن‌دهی دانش محور به داده‌ها ، هیچ محدودیتی در تعداد لایه‌های اطلاعاتی وجود ندارد و کلیه اطلاعات مرتبط و موثر در شناخت ذخایر معدنی می‌توانند مورد ارزیابی قرار گیرند . در این روش داده‌ها پس از بررسی و پردازش ، به صورت لایه‌های اطلاعاتی ارزش دهی شده دوتایی یا چند تایی طبقه بندی شده و آماده تحلیل نهایی می‌گردند . در نهایت خروجی به صورت یک لایه اطلاعاتی ارائه می‌گردد . در روش‌های متکی بر دانش و نظر کارشناسی ، داده‌هایی که به نظر کارشناسان دارای ارزش هستند ، پس از تحلیل و بررسی به صورت لایه‌های اطلاعاتی جدید تعیین می‌گردند . در تلفیق با روش دانش محور ، لایه‌های اطلاعاتی که توسط کارشناس تعیین می‌گردند ، به صورت لایه‌های اطلاعاتی به صورت هم ارزش یا دارای ارزش بالاتر به لایه‌های اطلاعاتی متکی بر داده‌ها اضافه می‌گردند [۳۰] .

در محدوده مورد مطالعه ، تلفیق و تهیه نقشه‌ی پتانسیل کانی‌سازی با استفاده از مدل منطق فازی انجام گرفته است .

۵ - ۲ - معرفی مدل منطق فازی

روش منطق فازی روشی است که در آن لایه‌های مختلف در سطوح مختلف ، وزن دهی شده و دانش کارشناسی در آن دارای بیشترین نقش می‌باشد . در این روش ، فاکتورهای مختلف کنترل کننده کانی‌سازی از جمله سنگ میزبان، ساختارها، آنومالی ژئوشیمی و بررسی‌های دورسنجی و کارهای قدیمی انجام شده تعیین می‌گردند و به هر لایه اطلاعاتی (عضو فازی) وزن خاصی بین صفر تا یک بسته به اهمیت آن داده می‌شود . عدد یک نشان دهنده درجه عضویت فازی کامل و عدد صفر نشان دهنده عدم وجود عضویت فازی می‌باشد . در بعضی از لایه-

ها ، با توجه به شعاع تاثیر آنها ، ممکن است تا چندین متر از لایه اطراف لایه مورد نظر با توجه به شعاع تاثیر وزن دهی شوند [۳۰، ۳۱، ۳۲] .

بعد از تعیین فاکتورهای کنترل کننده کانی سازی ، بوسیله عملگرهای فازی موجود که در ادامه معرفی می گردند ، لایه های اطلاعاتی مورد نظر تلفیق می شوند .

۵-۲-۱- عملگر و^{۳۱} فازی :

این عملگر مانند عملگر و در منطق بولین عمل می کند و نقشه خروجی توسط کوچکترین مقدار عضویت فازی کنترل می شود و یک نتیجه محافظه کارانه را از مجموعه عضویت ها ارائه می دهد .

$$\mu_{combination} = Min(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (۱-۵)$$

که در رابطه فوق μ_A مقدار عضویت فازی برای نقشه A می باشد .

عملیات عملگر (و) در مواقعی که دو یا چند قسمت از مدارک و شواهد ، برای اثبات فرضیه ای باید با هم وجود داشته باشند ، مناسب است [۳۳] .

۵-۲-۲- عملگر یا^{۳۲} فازی

این عملگر نیز همانند عملگر یا در منطق بولین است و نقشه خروجی توسط بیشترین مقدار از مقادیر نقشه های ورودی کنترل می شود .

$$\mu_{combination} = Max(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (۲-۵)$$

^{۳۱} And

^{۳۲} Or

این عملگر در برخی موارد برای تهیه نقشه‌های پتانسیل به کار می‌رود. در جاهایی که شاخص‌های مورد نظر کمیابند و حضور نشانه می‌تواند برای اظهار مطلوبیت کافی باشد [۳۲] .

۵-۲-۳- حاصلضرب جبری فازی

این عملگر به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^n \mu_i \quad (۳-۵)$$

در این رابطه i تعداد نقشه‌ها می‌باشد. چون در این تابع چندین عدد کوچکتر از یک در هم ضرب می‌شوند، مقدار عضویت به دست آمده همواره کوچکتر یا مساوی کوچکترین مقدار عضویت مشترک می‌باشد. به عبارت دیگر اثر این عملگر کاهنده است [۳۲] .

۵-۲-۴- جمع جبری فازی

این عملگر مکمل حاصلضرب جبری فازی است و به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$\mu_{combination} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \quad (۴-۵)$$

نتیجه خروجی همیشه بزرگتر یا مساوی بزرگترین مقدار عضویت فازی می‌باشد و بر عکس حاصلضرب جبری فازی، اثر آن افزایشی است. در واقع شواهد همدیگر را تقویت می‌کنند و تأثیر مثبت بیشتری را نسبت به حالت انفرادی خود اعمال می‌کنند [۳۲] .

۵-۲-۵ - عملگر فازی گاما

این عملگر به صورت زیر بیان می شود :

$$\mu_{combination} = \left(\prod_{i=1}^n \mu_i \right)^{1-\gamma} \left(1 - \prod_{i=1}^n (1-\mu_i) \right)^{\gamma} \quad (5-5)$$

عملگر فازی گاما ، ترکیبی از حاصلضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی می باشد که در آن پارامتر گاما در محدوده صفر تا یک انتخاب می گردد . بطوریکه اگر گاما یک باشد ، ترکیب همان جمع جبری فازی خواهد بود و اگر گاما صفر باشد ، ترکیب مساوی ضرب جبری فازی است . انتخاب صحیح و آگاهانه گاما ، مقدارهایی در خروجی به وجود می آورد که نقش فزاینده جمع جبری فازی و نقش کاهنده ضرب جبری فازی در آن عمل می کند و کل مجموعه را به حالت تعادل می رساند . (معمولاً عدد ۰/۷۵ با توجه به تجربه می تواند مناسب باشد) .
به وسیله عملگر گاما تمامی مجموعه هایی که توسط عملگرهای دیگر به دست آمده اند با هم ترکیب و نقشه خروجی حاصل می شود . در پروژهای اکتشافی مقادیر تابع فازی گامای محاسبه شده ، نشان دهنده محل های مناسب کانی زایی و معرف میزان ارتباط بخش های محتمل کانی سازی شده به بخش های مختلف منطقه خواهد بود [۳۲] .

۵-۳-۵ - انواع لایه های اطلاعاتی موجود

لایه های اطلاعاتی زمین شناسی ، دورسنجی ، ژئوشیمی و ساختاری پس از جمع آوری ، کلاسه بندی و به صورت لایه های رستری در یک فایل ذخیره شدند . لایه ها و کلاس های ایجاد شده در جدول (۵-۱) آورده شده است . این لایه ها در فصول قبل به طور کامل شرح داده شده و نشان داده شده اند که شامل لایه زمین شناسی (لایه ساختاری و واحد های زمین شناسی) ، لایه ژئوشیمی و لایه دورسنجی می باشد . هر یک از این لایه ها بر اساس میزان اهمیت و ارتباط مؤثر در مبحث اکتشافی کرومیت کلاسه بندی و ارزش گذاری شده اند . لازم به ذکر است

در وزندهی این لایه‌ها بررسی‌های میدانی و ارزیابی نقاط مشخص و دارای رخنمون و مناطق اکتشافی کرومیت تأثیر گذار بوده است .

این لایه‌ها به ترتیب در جدول ۵-۱ آورده شده است :

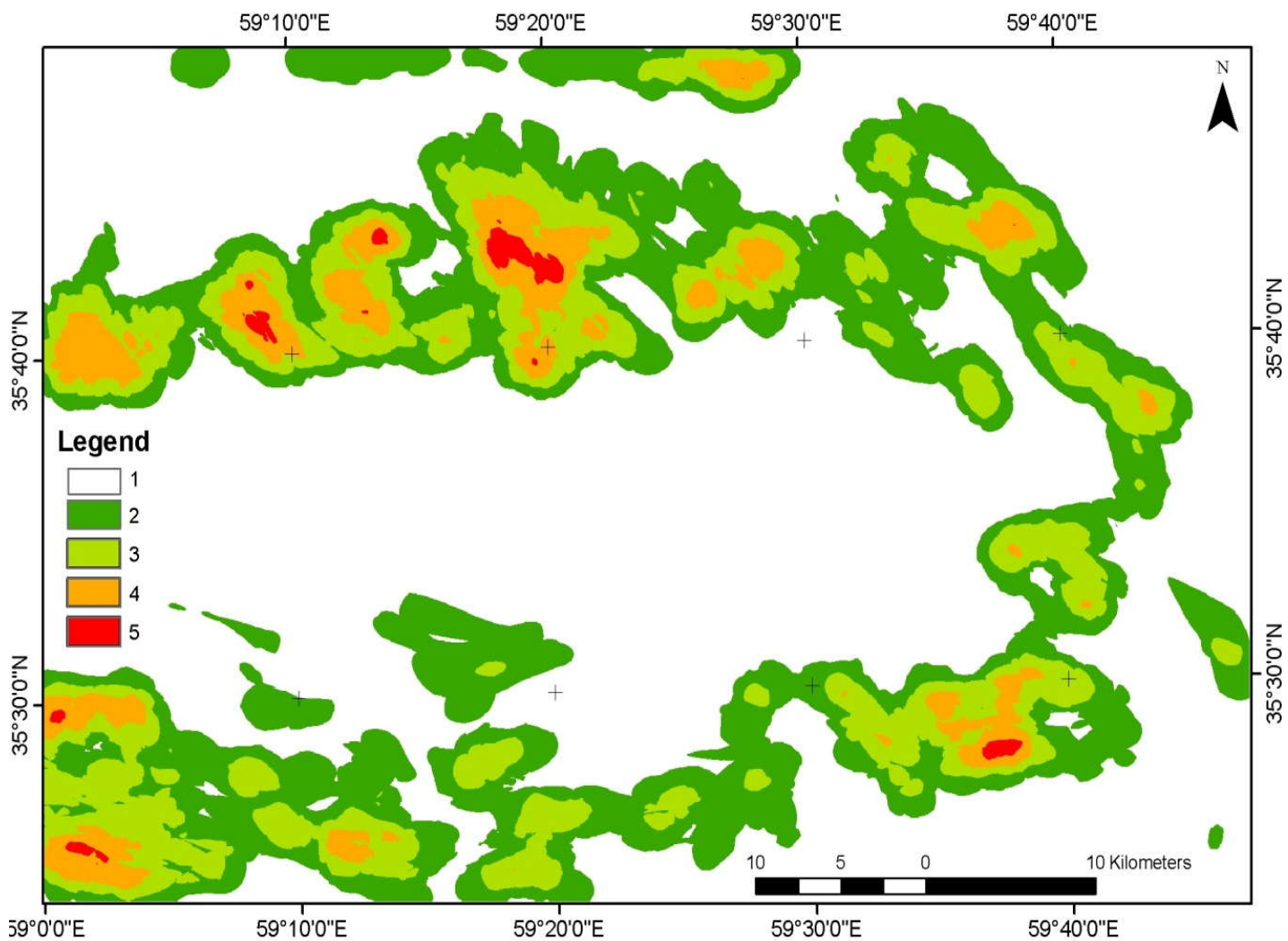
جدول ۵ - ۱: لایه‌های اطلاعاتی و کلاسه‌بندی آنها

Raster	درصد غلظت (شاخص به ppm)	Class
لایه ژئوشیمی حاصل‌زبری	۱-۱۰	۱
	۱۰-۲۰	۲
	۲۰-۳۰	۳
	۳۰-۴۰	۴
	۴۰-۵۰	۵
	۵۰-۶۰	۶
	۶۰-۷۰	۷
	۱۰۰-۸۰	۸

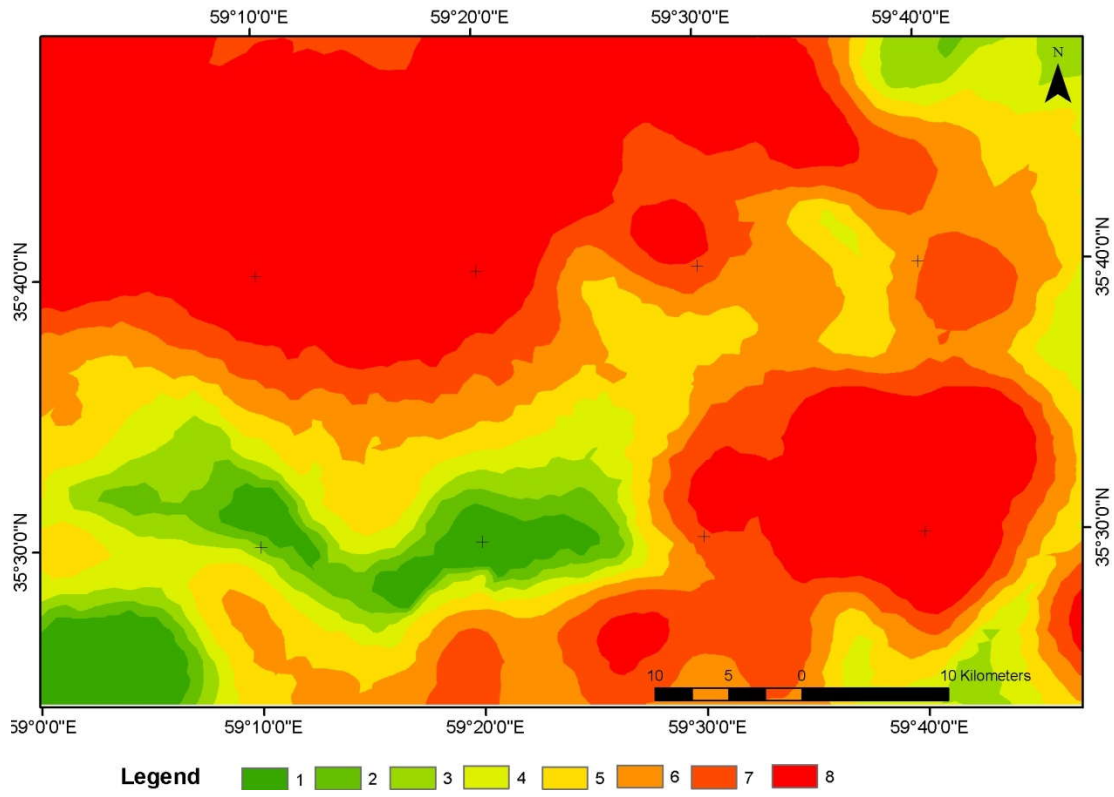
Raster	چگالی	Class
دانسیته گسل‌ها	۰-۰/۴۹	۱
	۰/۴۹-۰/۹۸	۲
	۰/۹۸-۱/۴۷	۳
	۱/۴۷-۱/۹۵	۴
	۱/۹۵-۲/۴۴	۵

Raster	واحد زمین‌شناسی	Class
واحد‌های سنگ شناسی	Other value	۱
	KPEcm	۲
	Uh	۳
	Gb	۴
	Ud	۵

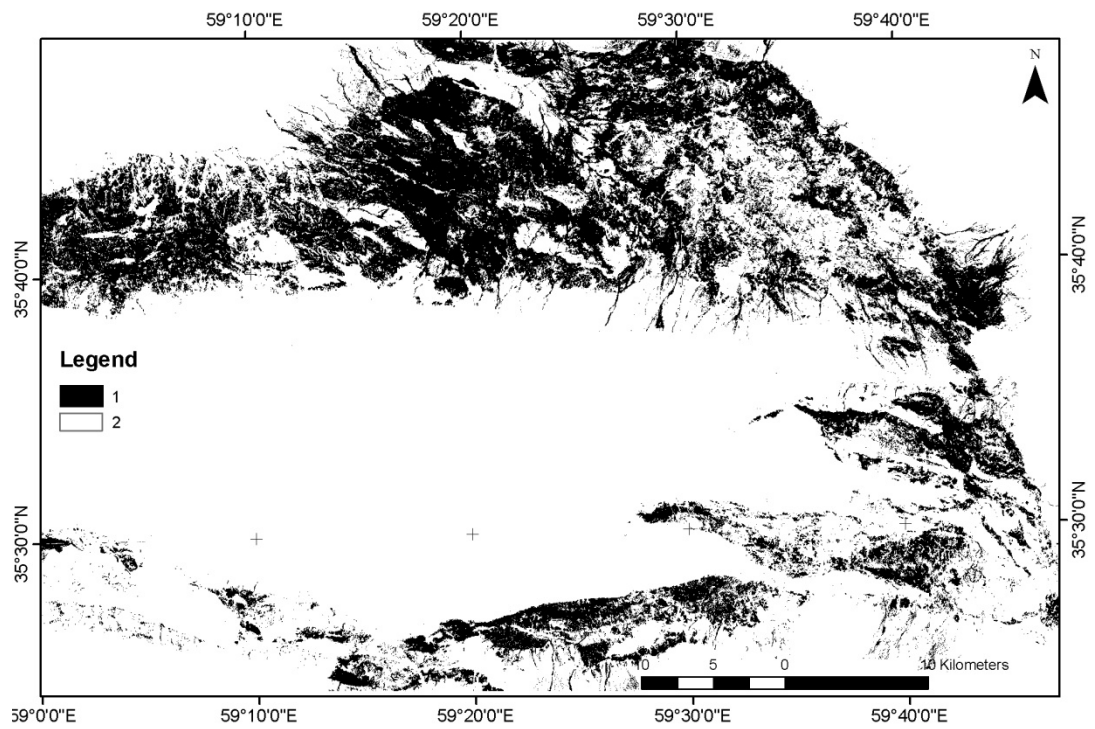
Raster	پیکسل	Class
لایه سنجش از دور	مناطق افیولیتی	۱
	مناطق غیر افیولیتی	۲



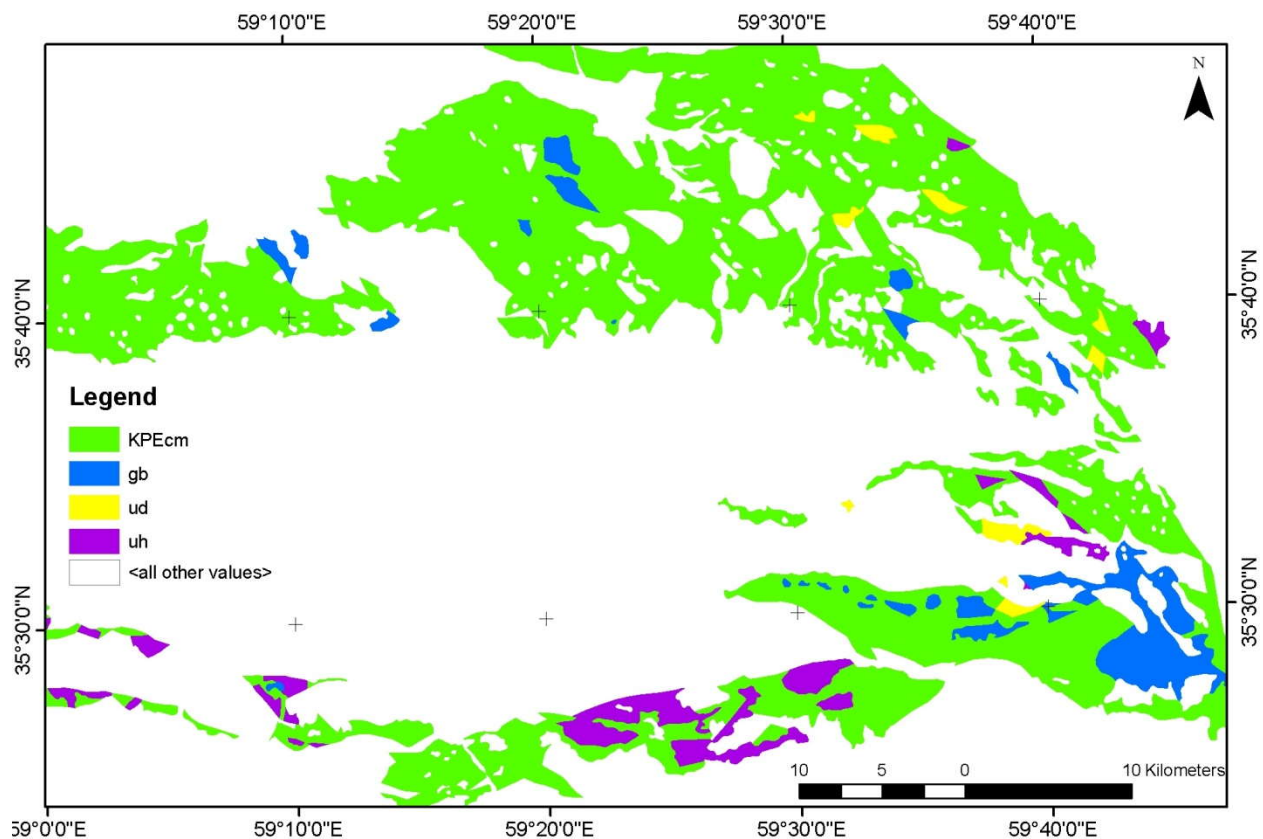
شکل (۵-۱) لایه دانسیته گسل‌های منطقه مورد مطالعه .



شکل (۵-۲) لایه ژئوشیمی منطقه مورد مطالعه .



شکل (۵-۳) لایه سنجش از دور منطقه مورد مطالعه .



شکل (۴-۵) مناطق انتخاب شده از نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه .

۴-۵- مدل منطق فازی محدوده مورد مطالعه

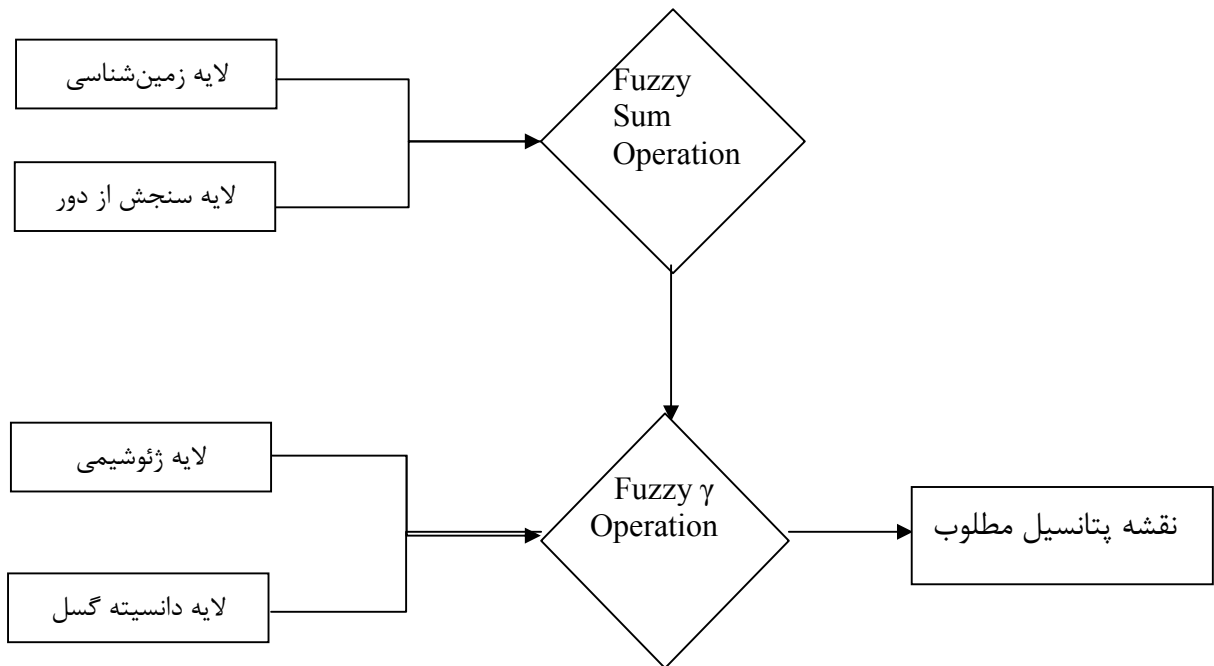
در روش فازی ، به صورت درختی عمل می‌شود ، یعنی نقشه ها به صورت دو یا چند تایی در مراحل مختلف تلفیق می‌گردند تا نقشه نهایی به دست آید . برای رسیدن به این منظور ، ابتدا لایه‌های مختلف کنترل کننده کانی سازی شامل انواع لایه های مرتبط مثل ساختارهای کنترل کننده کانی سازی و ژئوشیمی و زمین‌شناسی تعیین می‌گردند . با توجه به اهمیت داده‌ها در هر مرحله از عملگرهای فازی جمع و گاما استفاده می‌شود . برای اجرای روش فازی بایستی ابتدا درجه اهمیت فاکتورهای کنترل کننده کانی سازی تعیین گردد . در این مرحله انواع لایه‌های اطلاعاتی با توجه به مطالعات و بررسی‌های انجام شده در منطقه وزن دهی می‌گردند که نتایج آن در جدول ۲-۵ قابل مشاهده است .

جدول ۵ - ۲ انواع لایه های اطلاعاتی و وزن های فازی تعیین شده برای مناطق کانی سازی

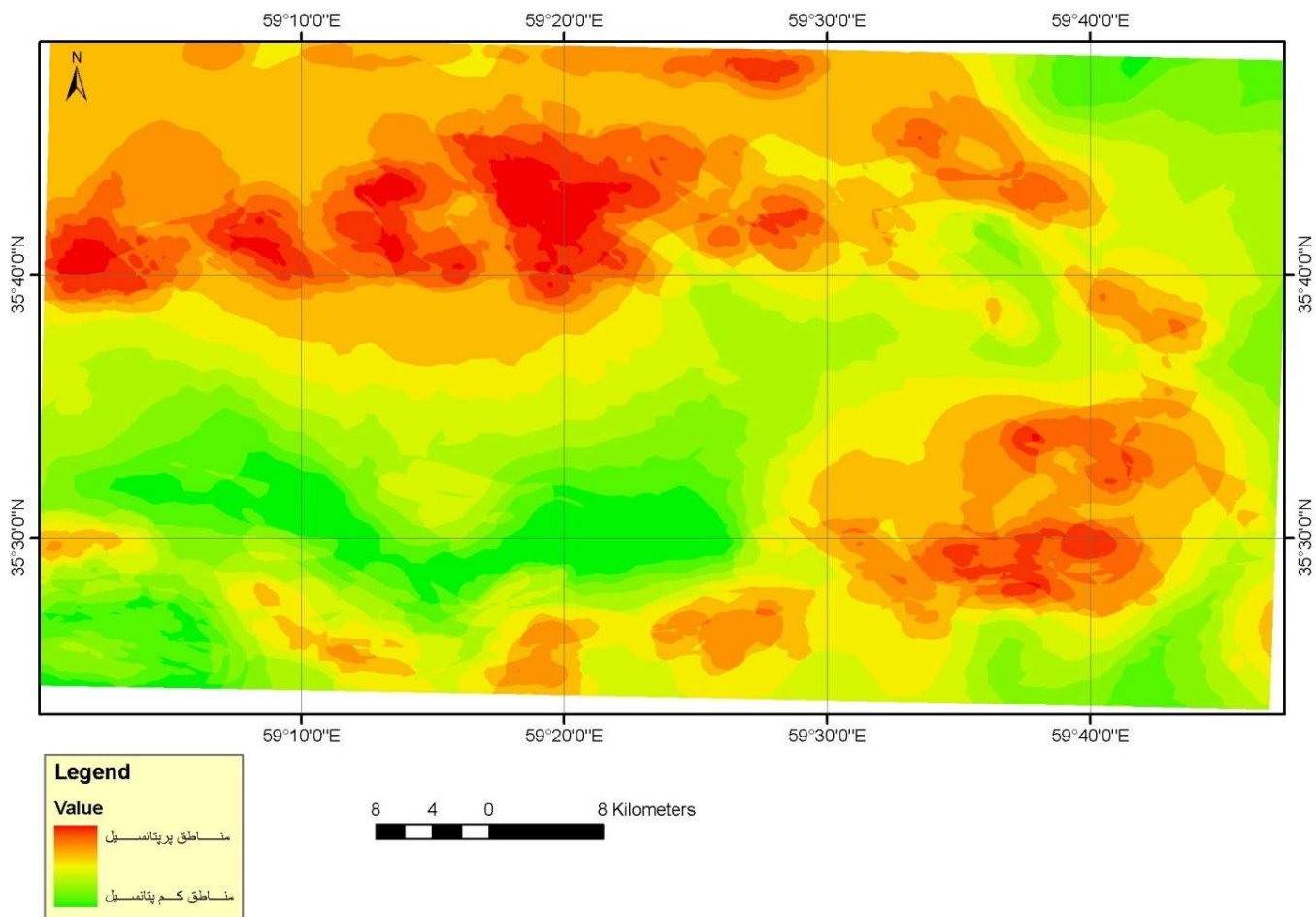
وزن	کلاس	ستون	رستر
۰/۱	۱	Other value	زمین شناسی
۰/۷	۲	KPEcm	
۰/۸	۳	Uh	
۰/۸	۴	Gb	
۰/۹	۵	Ud	
۰/۱	۱	۰-۰/۴۹	دانسیته گسل ها
۰/۳	۲	۰/۴۹-۰/۹۸	
۰/۳	۳	۰/۹۸-۱/۴۷	
۰/۷	۴	۱/۴۷-۱/۹۵	
۰/۹	۵	۱/۹۵-۲/۴۴	
۰/۱	۱	۱-۱۰	لایه ژئوشیمی حاصلضربی
۰/۱	۲	۱۰-۲۰	
۰/۲	۳	۲۰-۳۰	
۰/۳	۴	۳۰-۴۰	
۰/۳	۵	۴۰-۵۰	
۰/۵	۶	۵۰-۶۰	
۰/۸	۷	۶۰-۷۰	
۰/۹	۸	۱۰۰-۸۰	

لایه سنجش از دور	مناطق افیولیتی	۱	۰/۹
	مناطق غیر افیولیتی	۲	۰/۱

در زیر الگوریتم تلفیق فاکتورهای کنترل کننده کانی‌سازی به همراه نقشه نهایی مناطق امید بخش ، به دست آمده از روش فازی ارائه می‌گردد .



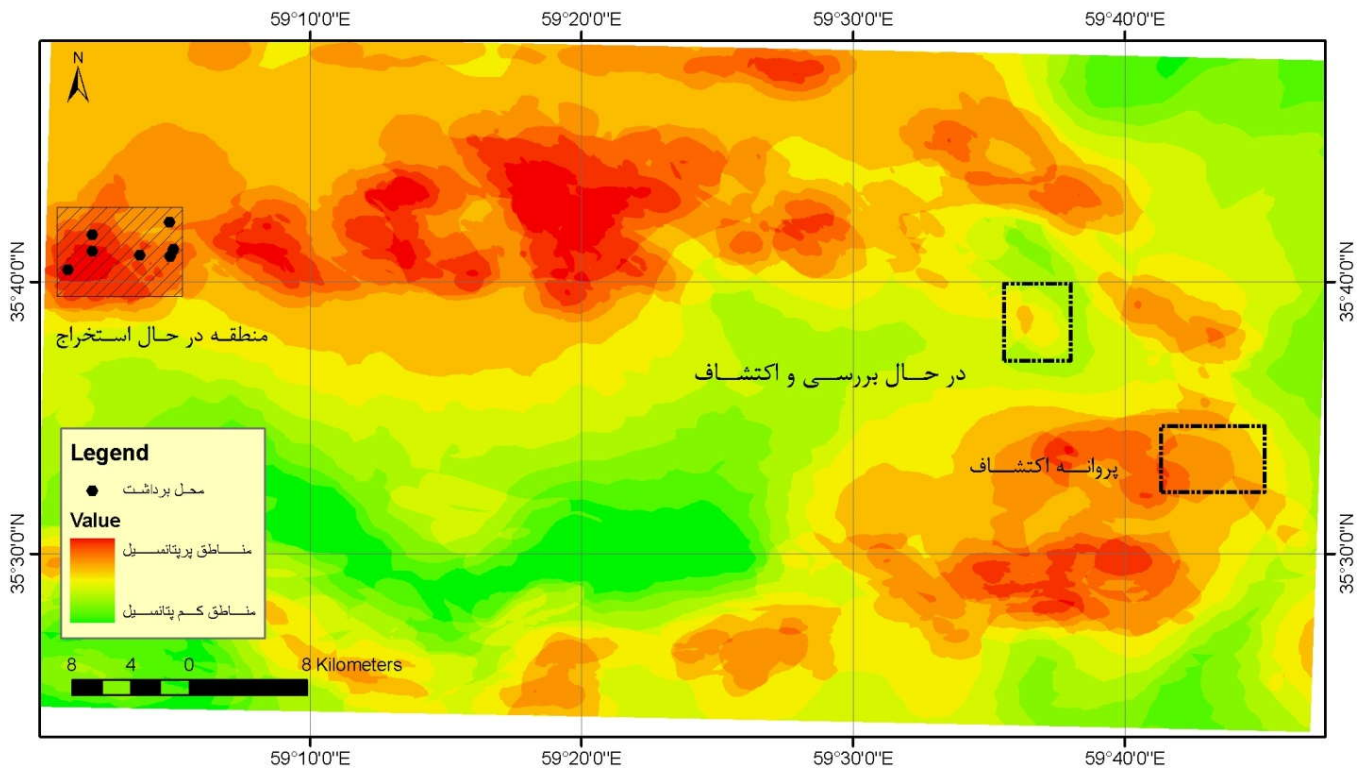
نقشه نهایی به دست آمده از روش فازی در ذیل آورده شده است .



شکل (۵-۵) نقشه پتانسیل مطلوب بدست آمده با روش فازی از نقشه‌های ژئوشیمی، زمین‌شناسی، ساختار و سنجش از دور.

۵-۵ - کنترل زمینی و بررسی مناطق امیدبخش

با توجه به نقشه پتانسیل مطلوب نمایش داده شده در شکل ۵-۵ یک سری مناطق با پتانسیل بالا و با درجات مختلف مشخص گردیدند. این مناطق بر روی شکل ۵-۶ با مستطیل سیاه مشخص نمایش داده شده است.

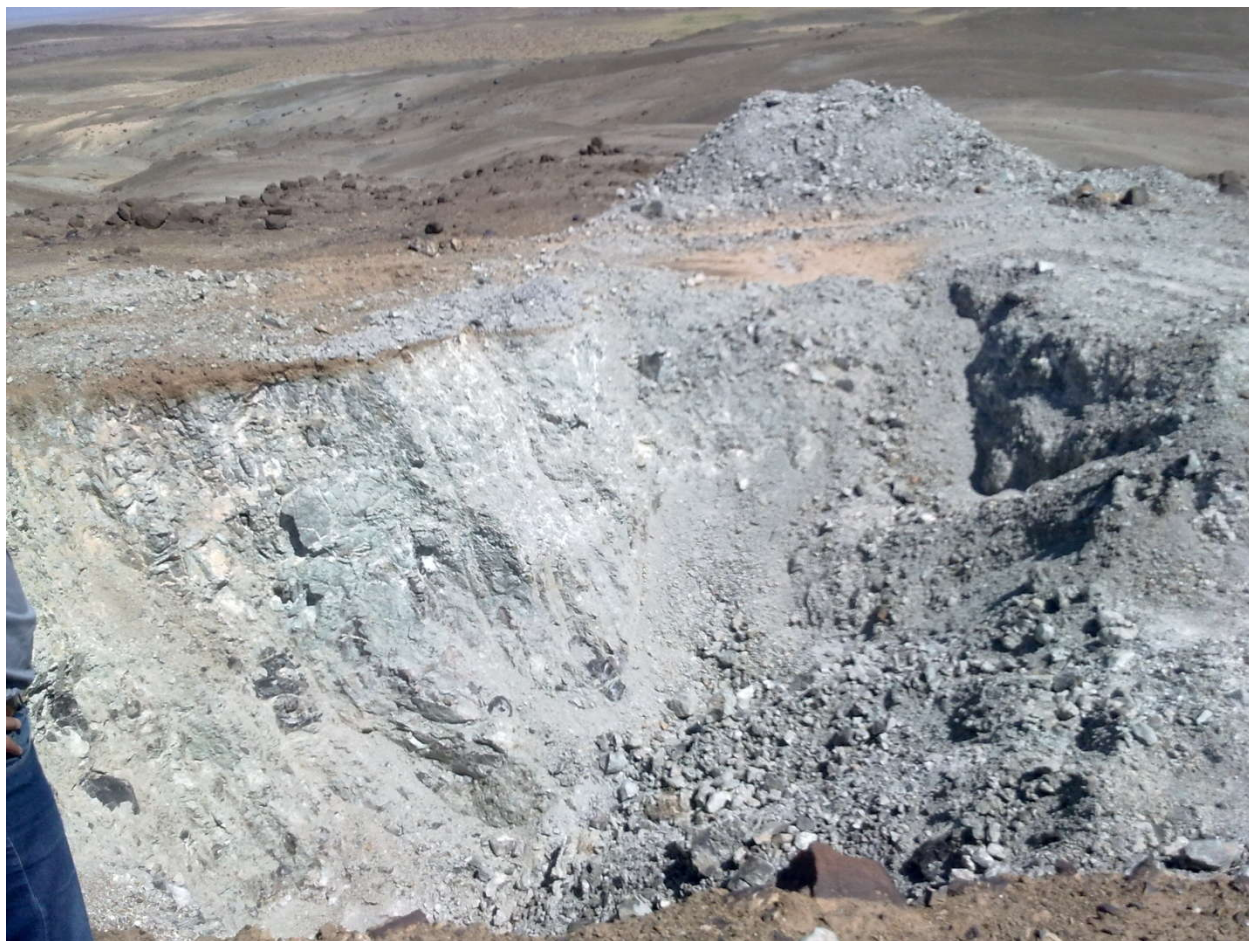


شکل (۵-۶) مناطق بازدید شده بر روی نقشه پتانسیل مطلوب با مستطیل سیاه رنگ نمایش داده شده است .

طی بازدید زمینی از این مناطق ، منطقه در حال استخراج که محل برداشت ماده معدنی با نقاط سیاه رنگ بر روی نقشه نمایش داده شده است از ذخیره مناسب برخوردار بوده و منطقه دوم از نظر درجه بندی نقشه پتانسیل مطلوب پروانه اکتشافی دریافت کرده و برای برداشت ماده معدنی در حال بستن قرارداد با پیمانکار بود . منطقه سوم از نظر اولویت بندی نقشه پتانسیل مطلوب در حال بررسی و اکتشافات اولیه قرار داشت .



شکل (۷-۵) مشاهده گابرو در تشکیلات اولترا بازیک و افیولیت ملانژ محدوده تله تلخ، تربت حیدریه .



شکل (۸-۵) پیشکار استخراجی در محدوده چنگ کلاغ سنگ دونیت با عیار کم کرومیت (دید دوربین به سمت جنوب) .



شکل (۹-۵) رگه های کرومیت در محدوده معدنی پطرو



شکل (۱۰-۵) توده کرومیت استخراجی در معدن پترو

فصل ششم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- جمع بندی و نتیجه گیری

در منطقه تربت حیدریه ارزیابی و تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت انجام شد. در این پروسه با استفاده از سه لایه اطلاعاتی که شامل لایه زمین شناسی، دورسنجی و ژئوشیمی بود و در نهایت با تلفیق این سه لایه به روش فازی توانستیم نقشه پتانسیل مطلوب این ذخایر را به صورت مطلوب و مطابق با معیارهای پیش بینی شده به دست آوریم.

لازم به ذکر است این مراحل اکتشافی برای کرومیت برای اولین بار در ایران و با تخمین خوبی در تلفیق داده ها و روش اکتشافی برای اولین بار در کل دنیا مورد استفاده قرار گرفته است. اگرچه در مبحث دورسنجی اولین اقدام در سال ۲۰۱۲ در کشور عمان و بر روی افیولیت های این منطقه با استفاده از متخصصان خارجی انجام شده است. این نوآوری در طی مراحل انجام این تحقیق امید است که راهگشای دیگر دانشجویان برای انجام تحقیقات کاملتر و جامع تر چه در همین منطقه و چه در مناطق دیگر از جمله منطقه افیولیتی سبزوار که در ادامه همین روند قرار دارد باشد.

در مبحث زمین شناسی و با استفاده از داده های رقومی زمین شناسی منطقه و با جداسازی تمامی واحدهای مرتبط با کانی سازی کرومیت لایه مرتبط با زمین شناسی را گردآوری و مشخص نمودیم. در قسمت دورسنجی با استفاده از تکنیک نسبت بانندی و به کارگیری جدیدترین تحقیقات انجام شده در دنیا بهترین نسبت های بانندی برای مشخص سازی توده های مرتبط با کانی سازی کرومیت را به کار گرفته و نتایج خوبی را مطابق با مشاهدات میدانی خود به دست آوریم. در مبحث ژئوشیمی با استفاده از آنالیزها و داده های مبسوط و گسترده که توسط چینی ها برای سازمان زمین شناسی کشور برداشت نموده اند و با استفاده از هاله ضربی Cr، Ni، Co که برای مشخص کردن هرچه بهتر ذخایر پنهان استفاده گردید و به دست آوردن حد زمینه و آنومالی هر یک از این عناصر لایه اطلاعاتی مرتبط با ژئوشیمی را تکمیل و ارائه کردیم. در نهایت با تلفیق لایه های اطلاعاتی

مزبور با روش فازی نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت را که مطابق با مناطق مورد ارزیابی چه از طریق میدانی و چه از طریق بررسی مناطق دارای پروانه بود با دقت بالایی به دست آوردیم .

۶-۲- پیشنهادات

براساس مطالعات انجام شده در این پایان نامه پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد :

- ۱- استفاده از روش های دیگر تلفیق از جمله شبکه عصبی ، نروفازی برای پتانسیل یابی منطقه انجام گیرد .
- ۲- تهیه و برداشت نقشه های زمین شناسی با مقیاس بزرگتر از منطقه به علت پتانسیل بالای اکتشافی موجود در منطقه مورد مطالعه
- ۳- استفاده از تصاویر طیف بالای سنجنده Hyperion نسبت به تعیین ساختار به علت دقت بالای این تصاویر و همچنین اهمیت تعیین ساختار در بحث اکتشافی کرومیت در منطقه .
- ۴- با توجه به دستاوردهای این پایان نامه و ارزیابی نتایج به دست آمده از روش تئوری و تطبیق آن با بازدید های میدانی استفاده از روش اکتشافی در نقاط دیگر از جمله در منطقه سبزوار که در ادامه روند افیولیتی منطقه تربت حیدریه ، فریمان قرار دارد پیشنهاد می‌گردد .

فهرست منابع

- ۱) National Geoscience Database of IRAN, <http://www.NGDIR.ir>
- ۲) <http://fa.wikipedia.org/wiki>
- ۳) Geological Survey of IRAN, <http://www.GSI.ir>
- ۴) www.indmin.com/MarketTracker/۱۹۷۱۹۴/Chromite.html
- ۵) درویش زاده ، ع ، (۱۳۷۰) ، " زمین شناسی ایران " نشر دانش امروز ، تهران ، ص ۶۱۳-۵۹۵
- ۶) Campbell , J.B , (۱۹۸۷) Canada centre of R.S. " **Fundamentals of Remote Sensing** " , Natural Resources of Canada
- ۷) www.gisdevelopment.net_technology_rs_techrs۰۰۲۳pdf.html
- ۸) Amer , R , Kushky , T.M , (۲۰۱۰) , " **New methods of processing ASTER data for lithological mapping : examples from Fawakhir**" , Central Eastern Desert of Egypt . Journal of Earth Science , No.۵۶ , pp . ۷۵-۸۲
- ۹) Abdeen , M.M. , Allison , T.K. , Abdelsalam , (۲۰۰۱) " **Application of Aster band-ratio images for geological mapping in arid region : the Neoproterozoic Allaqi Suture Egypt** " Geol . soc . Am . Abstract . Program ۳ (۳) , ۲۸۹
- ۱۰) Crosta , A.P. , Filho , C.R.S. , (۲۰۰۳) . " **Searching for gold with ASTER**" , Earth Observation Magazine, No.۱۲, pp.۳۴-۴۱
- ۱۱) Crosta , A.P. , Moore , MCM , J . , (۱۹۸۹) , " **A prospecting case history in green stone belt terrain**" . (Ann . Arbor , MI : Enviromental Research Institue of Michigan) . pp . ۱۱۷۳ – ۱۱۸۷
- ۱۲) Richards, J.A., Xiuping, J., (۱۹۹۸) . " **Remote Sensing Digital Image Analysis**" , Third ed. Springer, Berlin. p. ۳۶۳.
- ۱۳) Rajendran, S. , (۲۰۱۲) , " **Aster detection of chromite bearing mineralized zones in Semail Ophiolite Massifs of the northern Oman Mountain : Exploration strategy** " , Ore geology reviews , No.۴۴ , pp.۱۲۱-۱۳۵
- ۱۴) Bucher , J. , Kurz , D. , Peters , T.j. , Stoessel , (۱۹۸۸) , " **The metamorphics below the Semail nappe in the northern Oman Mountain** " , A discussion meeting Edinburgh , p.۱۲ , Abstracts
- ۱۵) Ghent , E.D. , Stout , M.Z , (۱۹۸۱) . " **Metamorphism at the base of the Semail ophiolite , Oman** " , Journal of Geology , No.۸۶ , pp.۲۲۵۷-۲۵۷۱
- ۱۶) Searle, M.P, Malpas, (۱۹۸۰). " **The structure and metamorphism of rock beneath the Semail ophiolite of Oman and their significance in ophiolite obduction** " , Earth Science magazine, No.۷۱, pp.۲۱۳-۲۲۸

- ۱۷) Sultan, M., Arvidson, Struchio, (۱۹۸۷) "**Mapping of serpentinites in the Eastern Desert of Egypt using ASTER data**", Geology No.۱۴, pp.۹۹۵-۹۹۹
- ۱۸) sabins floyd F, (۱۹۹۹), "**Remote sensing for mineral exploration**", ore geology reviews, No.۱۴, pp.۱۵۷-۱۸۳
- ۱۹)Gad, Kushky, T.M., (۲۰۰۶), "**Aster spectral rationing for lithological mapping in the Arabian – Nubian shield, the Neoproterozoic Wadi Kid area, Egypt**" Earth Science No.۱۱, pp.۳۲۶-۳۲۵
- ۲۰) Yamaguchi, Y., Natio, C., (۲۰۰۳), "**Spectral indices for lithologic discrimination and mapping by using the ASTER SWIR bands**" Journal of Remote Sensing, No.۲۴, pp.۴۳۱۱-۴۳۲۳
- ۲۱)Yamaguchi, Y., Kahle, A.B., Kawakami, Paniel, M. (۱۹۹۸) "**overview of the advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER)**". Journal of Remote Sensing No.۳۶, pp.۱۰۶۲-۱۰۷۱
- ۲۲) Abrams, M.J., Hook, S.J., (۱۹۹۵), "**Simulated ASTER data for geologic studies**", Journal of Remote sensing, No.۳۳, pp.۶۹۲-۶۹۹
- ۲۳) Hunt, Salisbury, J.W., Lenhoof, C.J., (۱۹۷۴), "**Visible and near infrared spectra of minerals and rocks, basic and ultrabasic igneous rocks**", Journal of Geology, No.۵, pp.۱۵-۲۲
- ۲۴) Hunt, G.R., Salisbury, J.W., (۱۹۷۰), "**Visible and near infrared spectra of minerals and rocks: Silicate minerals**", Journal of Geology, No.۱, pp.۲۸۳-۳۰۰

۲۵) حسنی پاک ع.ا، (۱۳۸۳)، "اصول اکتشافات ژئوشیمیایی"، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ص ۲۲۵-۲۲۸

- ۲۶)Levinson,A.A.,(۱۹۸۰),"**Introduction to Exploration Geochemistry**",Applied Publishing Ltd,pp.۹۲۴
- ۲۷) Mansour Ziiai, Ali A.pouyan, Mahdi Ziaei, (۲۰۰۹)"**Neuro-fuzzy modelling in mining geochemistry : Identification of geochemical anomalies**", Journal of Geochemical Exploration, No.۱۰۰ pp.۲۵-۳۶
- ۲۸) Chen Yongqing, Zhao Pengda, (۱۹۹۸) "**Zonality in Primary Halos and Geochemistry Prospecting Pattern for the Guilaizhuang Gold Deposit, Eastern China**", Nonrenewable Resources, Vol.۷, No.۱
- ۲۹) Solovov, A.P., (۱۹۸۷),"**Geochemical Prospecting for Mineral Deposit**" Mir, Moscow, pp.۲۸۸
- ۳۰) لگ، ک، (۱۳۸۶)، "سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی" ترجمه م ف، هاشمی تنگستانی

م، مرکز نشر دانشگاهی تهران، تهران، ص ۲۱

۳۱) محمدی چم پیری، س، (۱۳۸۸)، پایان نامه کارشناسی ارشد، "بررسی کنترل کننده های ساختاری و آلتراسیون های در رابطه با کانی سازی محدوده اکتشافی مس و طلای دالی با استفاده از داده های ماهواره ای در محیط GIS"، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۳۲) یوسفی، سعید، (۱۳۸۷)، پایان نامه کارشناسی ارشد، "مدل وزن های نشان گر در محیط GIS برای تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر مس و مولیبدن حاشیه لوت در شرق ایران"، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی شاهرود

۳۳) اسماعیل زاده، ا، (۱۳۸۸)، پایان نامه کارشناسی ارشد، "ارائه یک مدل دو و سه بعدی در محیط GIS برای تلفیق داده های ژئوفیزیکی و زمین شناسی و سنجش از دور به هدف آشکارسازی ساختار زیر سطحی دهنو"، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.

Abstract:

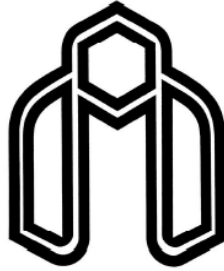
Torbat-e Heydariye region lying on the Sabzevar chromite metallogenic belt having an area of 3000 square kilometers is on the East of Iran. The belt contains small and medium manganese and chromite deposits of ophiolitic melange formations. The purpose of this study is to generating a mineral prospecting map for chromite-bearing deposits exploration in Northern Torbat-e Heydariye using a combination of traditional and modern techniques in GIS environment.

The application of traditional exploration methods such as structural, geological and metalometry and also some modern methods such as weight of evidence in the GIS environment are of some limitations. Thus a combination of traditional geological approaches and modern fuzzy logic is applied in the GIS environment to generate mineral prospecting map for northern Torbat-e Heydariye.

Geological, linear structures, geochemical and remote sensing data were studied and processed in order to obtaining exploration characteristics. Evaluation of remote sensing data was performed by processing ASTER images using ENVI 4.2 to separate chromite-related alterations.

Stream sediments geochemical data processing was done by consideration of zonality approach. According to zonality method application, zonality index was considered as criteria for chromite anomaly detection. Finally the mineral prospecting mapping of studied area was carried out by fuzzy logic using ArcGIS 9.2. According to mineral prospecting map by above mentioned methods two potential areas were determined and introduced for more detailed investigations. Then these two parts were ordered by means of traditional geochemical zonality. Among them, the more interesting area for exploration is the one roughly being on the Western North of the map near Cheng-e Kalagh. The mentioned part having an approximate area of 60km² covers near 10 percent of the whole area being modeled. Also the whole potential area, including the eastern part (Petru) and western part (Cheng-e Kalagh) of the map having an area of 100km² cover 15 percent of the studied area.

Keywords: Chromite Exploration, Torbat-e Heydariye, mineral prospecting mapping, geochemistry, remote sensing, fuzzy method



Shahrood University of Technology
Faculty of Mining, Petroleum Engineering and Geophysics

Mineral prospecting mapping of chromite in the north of Torbat-e-heydarie

By:
Ali Pashang

Supervisor:
Dr.Mansoor Ziaii

Consultant:
Dr.Majid Ansari Jafari
Mr.Hasan Azmi

This thesis submitted in part fulfillment of the degree of master of Engineering in
Mining Exploration
Summer 2012