

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده معدن و ژئوفیزیک
گروه اکتشاف معدن

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

اکتشاف نواحی امیدبخش برای ذخایر مس، در ناحیه ترود - معلمان با استفاده از سنجش از دور و GIS

دانشجو
حامد کاظمی

اساتید راهنما
دکتر رضا کاکائی
دکتر منصور ضیائی

استاد مشاور
مهندس حمید آقاجانی

تیر ۱۳۸۶

چکیده

امروزه با وجود فن‌آوری‌های جدید توسعه یافته در تمام علوم از جمله علوم زمین، شاهد تحولاتی در این زمینه هستیم. یکی از این تحولات عظیم که باعث کاهش حجم عملیات در اکتشافات مواد معدنی شده است، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی در تلفیق داده‌های مختلف اکتشافی از جمله زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی، ژئوشیمیائی و همچنین داده‌های سنجش از دور می‌باشد. در این تحقیق، از سیستم اطلاعات جغرافیائی و دورسنجی برای تعیین مناطق امیدبخش ناحیه ترود - معلمان استفاده شده است.

ناحیه ترود - معلمان در شرق شهرستان سمنان و حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران قرار دارد. این ناحیه از دیرباز مورد توجه محققین بوده و مطالعات زیادی روی اندیسهای فلزی مختلف این منطقه انجام پذیرفته است. در این مطالعه، ابتدا توسط روش دورسنجی و با استفاده از تکنیکهای پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ از منطقه موردنظر، تحلیل و تفسیر شده و واحدهای سنگی، ساختارهای خطی و گسلها و دگرسانی‌های منطقه به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته‌اند و مناطق امیدبخش برای وجود ذخایر فلزی معرفی گردیده‌اند. این مناطق عبارتند از: محدوده اطراف قله چاه‌موسی، قله سوخته، پوسیده، دارستان، آستانه و خراسانی.

در مرحله بعد با توجه به لایه‌های اطلاعاتی حاصل از دورسنجی (واحدهای سنگی، گسلها و دگرسانی‌ها)، با استفاده از روش وزن‌های نشانگر که یکی از روشهایی است که بر پایه GIS بنا شده است، از ۱۹ اندیس مس موجود در ناحیه ترود - معلمان استفاده کرده و این ناحیه برای وجود ذخایر مس ارزیابی گردید. نتیجه حاصل از این روش، نقشه احتمال مطلوب برای کانی‌سازی مس در ناحیه مورد مطالعه می‌باشد. این نقشه به سه اولویت اکتشافی ضعیف، متوسط و قوی تقسیم‌بندی شده است. مناطق پتانسیل‌دار در ۴ محدوده قرار گرفته‌اند که تقریباً با نتایج دورسنجی تطابق خوبی دارند.

معدن مس چاه‌موسی، یکی از مناطقی است که در هر دو روش فوق، به عنوان یکی از نواحی امیدبخش معرفی شده است و برای اکتشافات تفصیلی پیشنهاد شده است، لذا این اکتشافات که شامل ژئوفیزیک و حفاری اکتشافی می‌باشد، به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته و وجود دو زون کانی‌سازی پراکنده (افشان) و رگه‌ای مس تأیید گردید.

واژه‌های کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS)، سنجش از دور، ناحیه ترود - معلمان، تصاویر ماهواره‌ای لندست، وزن‌های نشانگر، معدن مس چاه‌موسی.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	الف
فهرست مطالب	ب
فهرست جداول	ح
فهرست اشکال	ط
فصل اول: کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- منطقه مورد مطالعه	۳
۳-۱- هدف پایان نامه	۳
۴-۱- سازمان دهی پایان نامه	۴
فصل دوم: زمین شناسی ناحیه ترود - معلمان	۵
۱-۲- مقدمه	۶
۲-۲- موقعیت جغرافیائی و راههای دسترسی	۶
۳-۲- شرایط اجتماعی و رفاهی	۶
۴-۲- شرایط آب و هوا و پوشش گیاهی	۸
۵-۲- مطالعات و کارهای انجام شده قبلی در منطقه	۸
۶-۲- زمین شناسی منطقه ترود - معلمان	۹
۱-۶-۲- چینه شناسی	۱۱
۱-۱-۶-۲- پالئوزوئیک	۱۱
۲-۱-۶-۲- مزوزوئیک	۱۱
۳-۱-۶-۲- سنوزوئیک	۱۲
۱-۳-۱-۶-۲- واحد $E^{v,br}$	۱۲
۲-۳-۱-۶-۲- واحد $E^{t,v}$	۱۲
۳-۳-۱-۶-۲- واحد $E^{s,p}$	۱۳

۱۳	 واحد E^{tr} ۲-۶-۱-۳-۴
۱۳	 توده‌های نفوذی نیمه‌ژرف ۲-۶-۱-۳-۵
۱۴	 زیرپهنه رسوبی نئوژن ۲-۶-۱-۳-۶
۱۴	 نهشته‌های کواترنری ۲-۶-۱-۳-۷
۱۴	 گسلها ۲-۶-۲
۱۵	 زمین‌شناسی اقتصادی ۲-۶-۳
۱۵	 معادن و اندیسهای فلزی منطقه ۲-۷
۲۱	فصل سوم: کلیاتی در مورد GIS و سنجش از دور
۲۲	 ۱-۳- مقدمه
۲۲	 ۲-۳- سیستم اطلاعات جغرافیائی
۲۳	 ۱-۲-۳- تعریف GIS
۲۴	 ۲-۲-۳- مولفه‌ها و اجزاء GIS
۲۴	 ۱-۲-۲-۳- سیستم‌های رایانه ای (سخت‌افزار و نرم‌افزار)
۲۵	 ۲-۲-۲-۳- داده‌های مکانی
۲۶	 ۱-۲-۲-۲-۳- ساختار داده‌های رستری
۲۶	 ۲-۲-۲-۲-۳- ساختار داده‌های برداری
۲۸	 ۳-۲-۲-۳- مدیریت داده‌ها و شیوه تحلیل آنها
۲۸	 ۱-۳-۲-۲-۳- وارد کردن داده‌ها
۳۰	 ۲-۳-۲-۲-۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها
۳۰	 ۱-۲-۳-۲-۲-۳- اندازه گیری در GIS
۳۱	 ۲-۲-۳-۲-۲-۳- جستجو
۳۱	 ۳-۲-۳-۲-۲-۳- رده‌بندی مجدد
۳۱	 ۴-۲-۳-۲-۲-۳- عملکردهای بافرینگ و مجاورت
۳۲	 ۵-۲-۳-۲-۲-۳- تلفیق داده‌ها - هم‌پوشی نقشه

۳۳	 ۳-۳-۲-۲-۳ خروجی در GIS
۳۳	 ۳-۲-۳ کاربردهای GIS
۳۳	 ۱-۳-۲-۳ کاربرد GIS در اکتشاف مواد معدنی
۳۵	 ۴-۲-۳ روش وزن‌های نشانگر
۳۵	 ۱-۴-۲-۳ محاسبات وزن‌های نشانگر
۳۸	 ۳-۳-۳ سنجش از دور
۳۹	 ۱-۳-۳ تعریف سنجش از دور
۳۹	 ۲-۳-۳ مولفه‌های سنجش از دور
۴۱	 ۳-۳-۳ تاریخچه سنجش از دور
۴۱	 ۴-۳-۳ ماهواره لندست
۴۲	 ۱-۴-۳-۳ مشخصات سنجنده‌های لندست
۴۳	 ۵-۳-۳ پردازش تصاویر ماهواره‌ای
۴۴	 ۶-۳-۳ کاربرد سنجش از دور
۴۵	 ۱-۶-۳-۳ کاربرد سنجش از دور در زمین‌شناسی و اکتشاف مواد معدنی
۴۵	 ۱-۱-۶-۳-۳ تفکیک واحدهای سنگی
۴۵	 ۲-۱-۶-۳-۳ شناسائی خطواره ها ، گسلها و شکستگیها
۴۶	 ۳-۱-۶-۳-۳ شناسائی مناطق دارای دگرسانی
۴۷	فصل چهارم: بررسیهای دورسنجی ناحیه ترود - معلمان
۴۸	 ۱-۴-۱ مقدمه
۴۸	 ۲-۴-۱ گردآوری داده‌های خام
۴۸	 ۳-۴-۱ تصحیح داده‌های ماهواره‌ای
۴۸	 ۱-۳-۴ تصحیح داده ای
۴۹	 ۲-۳-۴ تصحیح پراکنش اتمسفری

۵۰	 ۳-۳-۴- تصحیح هندسی
۵۰	 ۴-۴- پردازش داده‌ها
۵۱	 ۱-۴-۴- ایجاد تصاویر رنگی
۵۱	 ۲-۴-۴- افزایش تباین (کنتراست)
۵۱	 ۳-۴-۴- فیلتر کردن تصویر
۵۳	 ۴-۴-۴- عملیات بین تصاویر
۵۵	 ۵-۴- تفسیر تصاویر ماهواره‌ای
۵۶	 ۱-۵-۴- مطالعات سنگ‌شناسی
۵۶	 ۱-۱-۵-۴- سنگهای آذرین نفوذی
۵۷	 ۲-۱-۵-۴- سنگهای آذرین خروجی
۵۷	 ۱-۲-۱-۵-۴- آندزیت - تراکی آندزیت
۵۸	 ۲-۲-۱-۵-۴- تراکیت
۵۸	 ۳-۲-۱-۵-۴- داسیت
۶۰	 ۴-۲-۱-۵-۴- کوارتزلاتیت
۶۰	 ۵-۲-۱-۵-۴- آندزیت
۶۰	 ۲-۵-۴- مطالعات زمین‌ساختاری (تکتونیکی)
۶۴	 ۳-۵-۴- مطالعات نواحی دارای دگرسانی
۶۵	 ۱-۳-۵-۴- تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)
۶۶	 ۱-۱-۳-۵-۴- تحلیل استاندارد مولفه‌های اصلی
۶۷	 ۱-۱-۱-۳-۵-۴- روش کروس‌تا روی ۶ باند ETM+ منطقه تروود - معلمان
۷۰	 ۴-۵-۴- طبقه‌بندی
۷۱	 ۱-۴-۵-۴- طبقه‌بندی بانظارت در ناحیه تروود - معلمان
۷۲	 ۶-۴- نتیجه‌گیری

فصل پنجم: مدل سازی پتانسیل های مس دار ناحیه ترود - معلمان با استفاده از

۷۶

روش وزن های نشانگر

- ۷۷ ۱-۵- مقدمه
- ۷۷ ۲-۵- داده های مورد استفاده
- ۷۸ ۳-۵- تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر
- ۷۹ ۱-۳-۵- تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر بر روی واحدهای نقشه زمین شناسی
- ۷۹ ۲-۳-۵- تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر بر روی گسلها
- ۸۰ ۳-۳-۵- تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر بر روی مناطق دارای دگرسانی
- ۸۲ ۴-۵- مدل GIS برای اکتشافات ناحیه ای ترود - معلمان
- ۸۳ ۵-۵- نتیجه گیری

فصل ششم: تحلیل و تفسیر نتایج اکتشافات تفصیلی انجام گرفته در معدن چاه-

۸۵

موسی

- ۸۶ ۱-۶- مقدمه
- ۸۶ ۲-۶- موقعیت جغرافیائی و راههای دسترسی
- ۸۷ ۳-۶- ژئوفیزیک اکتشافی
- ۸۷ ۱-۳-۶- روشهای مورد استفاده
- ۸۷ ۱-۱-۳-۶- روش مغناطیس سنجی
- ۸۹ ۲-۱-۳-۶- روش VLF
- ۹۴ ۳-۱-۳-۶- روش RMT
- ۹۹ ۴-۱-۳-۶- روش CSTMT
- ۱۰۲ ۲-۳-۶- تلفیق داده های ژئوفیزیکی معدن مس چاه موسی
- ۱۰۶ ۴-۶- حفاری اکتشافی
- ۱۰۷ ۱-۴-۶- حفاری BH۶
- ۱۰۷ ۲-۴-۶- حفاری BH۷

۱۰۷	 BH۸ حفاری ۳-۴-۶
۱۰۸	 نتیجه گیری ۵-۶
۱۰۹	فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۱۰	 ۱-۷ نتیجه گیری
۱۱۱	 ۲-۷ پیشنهادات
۱۱۲	 فهرست منابع
۱۱۷	 ضمیمه الف: زمین شناسی معدن چاه موسی

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۶	جدول (۱-۲): کانسارها و نشانه‌های معدنی ناحیه ترود - معلمان همراه با مشخصات آنها.....
۴۳	جدول (۱-۳): مشخصات ماهواره لندست ۷ و سنجنده ETM+
۶۸	جدول (۱-۴): تحلیل مولفه‌های اصلی بر روی ۶ باند داده‌های سنجنده ETM+ منطقه ترود - معلمان
۸۰	جدول (۱-۵): تجزیه و تحلیل وزن‌های نشانگر برای واحدهای زمین‌شناسی
۸۰	جدول (۲-۵): تجزیه و تحلیل وزن‌های نشانگر برای گسل‌های منطقه مورد مطالعه.....
۸۱	جدول (۳-۵): تجزیه و تحلیل وزن‌های نشانگر برای دگرسانی‌های منطقه مورد مطالعه.....
۸۲	جدول (۴-۵): وزن‌های نشانگر برای نقشه‌های دودوئی معیارهای مورد استفاده.....

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل (۱-۲): موقعیت منطقه ترود - معلمان و راههای دسترسی به آن	۷
شکل (۲-۲): منطقه ترود - معلمان روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان به همراه راهنمای آن	۱۰
شکل (۱-۳): ساختار ساده داده‌های رستری، (الف) مدل عارضه‌ای، (ب) ارزش‌های سلولی، (ج) ساختار فایل	۲۷
شکل (۲-۳): ساختار داده‌های برداری: (الف) ساختار ساده داده‌ها، (ب) فهرست نقاط	۲۷
شکل (۳-۳): نحوه نشان دادن نقاط، خطوط و نواحی در مدل رستری و برداری	۲۹
شکل (۴-۳): مناطق بافری اطراف عوارض؛ (الف) نقطه، (ب) خط و (ج) ناحیه	۳۲
شکل (۵-۳): انواع اطلاعاتی که در اکتشاف ذخایر معدنی وارد سیستم GIS می‌شوند	۳۴
شکل (۶-۳): نمودار ون از یک ناحیه مورد مطالعه (T)	۳۶
شکل (۱-۴): تصویر ترکیب (R,G,B=B ₅ ,B ₂ ,B ₁) ناحیه ترود - معلمان پیش از آشکارسازی	۵۲
شکل (۲-۴): تصویر ترکیب (R,G,B=B ₅ ,B ₂ ,B ₁) ناحیه ترود - معلمان بعد از آشکارسازی خطی	۵۲
شکل (۳-۴): تصویر قسمتی از ناحیه ترود - معلمان قبل از اعمال فیلتر	۵۴
شکل (۴-۴): تصویر موجود در شکل (۳-۴) بعد از اعمال فیلتر ۵×۵ آشکارساز لبه	۵۴
شکل (۵-۴): تصویر ترکیب (R,G,B=B ₇ ,B ₄ ,B ₂)، توده‌های نفوذی مهم ناحیه ترود - معلمان (داخل کادر سفید)	۵۷
شکل (۶-۴): تصویر ترکیب (R,G,B=B ₇ ,B ₄ ,B ₂)، واحد آندزیت - تراکی‌آندزیت (داخل کادر سفید)	۵۸
شکل (۷-۴): تصویر مجازی حاصل از باندهای ۲،۴،۷ به ترتیب در فیلترهای قرمز، سبز و آبی، واحد سنگی تراکیتی در محدوده مشخص شده است	۵۹
شکل (۸-۴): تصویر مجازی حاصل از باندهای ۲،۴،۷ به ترتیب در فیلترهای قرمز، سبز و آبی، واحد سنگی داسیتی در محدوده مشخص شده است	۵۹
شکل (۹-۴): تصویر ترکیب (R,G,B=B ₇ ,B ₄ ,B ₂)، واحد کوارتزلاتیت (داخل کادر سفید)	۶۰
شکل (۱۰-۴): تصویر ترکیب (R,G,B=B ₇ ,B ₄ ,B ₂)، واحد آندزیت (داخل کادر سفید)	۶۱
شکل (۱۱-۴): تصویر ناحیه ترود - معلمان، گسل‌های اصلی ترود و انجیلو در جنوب و شمال منطقه	۶۲
شکل (۱۲-۴): تصویر ناحیه ترود - معلمان، گسل‌های اصلی رشم - پیرمردان و عمرو - آستانه	۶۳

- شکل (۴-۱۳): تصویر ترکیب (R,G,B=B_۵,B_۳,B_۱) منطقه ترود - معلمان پس از اعمال
۶۳ فیلتر ۵×۵ آشکارساز لبه، گسله‌های منطقه با خط‌های سفید مشخص شده اند.....
- شکل (۴-۱۴): نمودار گل‌سرخ‌گی گسله‌های ناحیه ترود - معلمان
۶۴ شکل (۴-۱۵): تصویر ترکیب (R,G,B = PC_۴, PC_۴+PC_۵, PC_۵) منطقه ترود - معلمان،
۶۹ مناطق با رنگ روشن (سفید) نشان‌دهنده مناطق دگرسان‌شده می‌باشد.....
- شکل (۴-۱۶): تصویر ترکیب (R,G,B = PC_۴, PC_۵, B_۱) منطقه ترود - معلمان، مناطق
۷۰ دارای رنگ صورتی تا قرمز، نواحی دگرسان‌شده را نشان می‌دهد.....
- شکل (۴-۱۷): کلاسه‌های مختلف استفاده‌شده برای طبقه‌بندی بانظارت در ناحیه ترود -
۷۲ معلمان
۷۲ شکل (۴-۱۸): نتیجه طبقه‌بندی بانظارت در ناحیه ترود - معلمان
۷۳ شکل (۴-۱۹): نقشه گسله‌های ناحیه ترود - معلمان
۷۴ شکل (۴-۲۰): نقشه دگرسانی‌ها در ناحیه ترود - معلمان
۷۴ شکل (۴-۲۱): نقشه واحدهای سنگی ناحیه ترود - معلمان
۷۵ شکل (۴-۲۲): نقشه نواحی امیدبخش معدنی (فلزی) ناحیه ترود - معلمان
۷۸ شکل (۵-۱): اندیس‌ها و معادن فعال و متروکه مس روی نقشه زمین‌شناسی معلمان.....
۸۱ شکل (۵-۲): نقشه گسله‌های ناحیه ترود - معلمان با حاشیه ۴۰۰ متر
۸۲ شکل (۵-۳): نقشه دگرسانی‌های ناحیه ترود - معلمان با حاشیه ۵۰۰ متر
۸۴ شکل (۵-۴): نقشه احتمال مطلوب کانی‌سازی مس در ناحیه ترود - معلمان
۸۸ شکل (۶-۱): نقشه پروفیل‌های ژئوفیزیکی اجرا شده در معدن چاه‌موسی
۸۹ شکل (۶-۲): نقشه آنومالی مغناطیسی معدن چاه‌موسی
۹۰ شکل (۶-۳): مولفه‌های اصلی موثر در اندازه‌گیری، در روش VLF
۹۱ شکل (۶-۴): پروفیل شماره ۱ مدل‌سازی شده VLF
۹۱ شکل (۶-۵): پروفیل شماره ۲ مدل‌سازی شده VLF
۹۲ شکل (۶-۶): پروفیل شماره ۳ مدل‌سازی شده VLF
۹۲ شکل (۶-۷): پروفیل شماره ۴ مدل‌سازی شده VLF
۹۲ شکل (۶-۸): پروفیل شماره ۵ مدل‌سازی شده VLF
۹۳ شکل (۶-۹): پروفیل شماره ۶ مدل‌سازی شده VLF
۹۳ شکل (۶-۱۰): پروفیل شماره ۷ مدل‌سازی شده VLF
۹۳ شکل (۶-۱۱): پروفیل شماره ۸ مدل‌سازی شده VLF
۹۵ شکل (۶-۱۲): نمای سه بعدی از تجهیزات دستگاه EnviroMT
۹۷ شکل (۶-۱۳): پروفیل شماره ۱ مدل‌سازی شده RMT

۹۷	 شکل (۶-۱۴): پروفیل شماره ۲ مدل سازی شده RMT
۹۷	 شکل (۶-۱۵): پروفیل شماره ۳ مدل سازی شده RMT
۹۷	 شکل (۶-۱۶): پروفیل شماره ۴ مدل سازی شده RMT
۹۸	 شکل (۶-۱۷): پروفیل شماره ۵ مدل سازی شده RMT
۹۸	 شکل (۶-۱۸): پروفیل شماره ۶ مدل سازی شده RMT
۹۸	 شکل (۶-۱۹): پروفیل شماره ۷ مدل سازی شده RMT
۹۸	 شکل (۶-۲۰): پروفیل شماره ۸ مدل سازی شده RMT
۱۰۰	 شکل (۶-۲۱): نمائی از اجزاء فرستنده روش CSTMT و نحوه استقرار این اجزاء
۱۰۰	 شکل (۶-۲۲): پروفیل شماره ۱ مدل سازی شده CSTMT
۱۰۱	 شکل (۶-۲۳): پروفیل شماره ۲ مدل سازی شده CSTMT
۱۰۱	 شکل (۶-۲۴): پروفیل شماره ۳ مدل سازی شده CSTMT
۱۰۱	 شکل (۶-۲۵): پروفیل شماره ۴ مدل سازی شده CSTMT
۱۰۱	 شکل (۶-۲۶): پروفیل شماره ۵ مدل سازی شده CSTMT
۱۰۲	 شکل (۶-۲۷): پروفیل شماره ۶ مدل سازی شده CSTMT
۱۰۲	 شکل (۶-۲۸): پروفیل شماره ۷ مدل سازی شده CSTMT
۱۰۲	 شکل (۶-۲۹): پروفیل شماره ۸ مدل سازی شده CSTMT
۱۰۳	 شکل (۶-۳۰): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۱
۱۰۳	 شکل (۶-۳۱): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۲
۱۰۳	 شکل (۶-۳۲): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۳
۱۰۴	 شکل (۶-۳۳): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۴
۱۰۴	 شکل (۶-۳۴): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۵
۱۰۴	 شکل (۶-۳۵): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۶
۱۰۵	 شکل (۶-۳۶): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۷
۱۰۵	 شکل (۶-۳۷): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۸
۱۰۶	 شکل (۶-۳۸): نقاط و محدوده آنومالی های ژئوفیزیکی در معدن چاه موسی
۱۰۶	 شکل (۶-۳۹): الگوی حفاری به همراه نقاط پیشنهادی برای حفاری روی نقشه آنومالی مغناطیسی معدن چاه موسی
۱۱۹	 شکل (الف-۱): نقشه زمین شناسی - معدنی مناطق چاه موسی و قله کفتران و قله سوخته

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

امروزه با پیشرفت و توسعه علم زمین‌شناسی و معدن خصوصاً در بخش اکتشاف معدن، روشهای مختلفی برای پی‌جویی کانسارهای معدنی وجود دارد. برای گرفتن بهترین نتیجه در مرحله اکتشاف، باید سعی شود تا تمام اطلاعات و داده‌های به‌دست آمده از روشهای مختلف در کنار هم قرار گرفته و تلفیق شوند. در راستای این هدف، سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی^{۱)} (GIS) با کمترین هزینه و زمان، بیشترین کمک را می‌نماید.

برای GIS تعریفهای متفاوتی ارائه شده است. به طور مثال به دو مورد از آنها اشاره می‌شود:

- اداره محیط زیست امریکا (۱۹۸۷): GIS سیستمی است برای ثبت، ذخیره‌سازی، کنترل،

تلفیق، به‌کارگیری، تحلیل و نمایش داده‌ها که به لحاظ مکانی زمین‌مرجع هستند.

- رایند^{۲)} (۱۹۸۹): GIS یک سیستم رایانه‌ای است که می‌تواند داده‌های توصیفگر مکانهای واقع

بر روی سطح زمین را استفاده و نگهداری کند [۱].

یکی از اطلاعات مفید و مورد استفاده در GIS برای اکتشافات معدنی، تصاویر ماهواره‌ای می‌باشند.

تصاویر ماهواره‌ای به خاطر پوشش منطقه‌ای وسیع، چند طیفی و چند زمانی بودن، می‌توانند جهت

شناسائی ایالتها، کمربندها و مکانهای کانی‌زائی به‌کار برده شوند. تکنولوژی استفاده از تصاویر

ماهواره‌ای، با نام سنجش از دور^{۳)} (دور سنجی)، عنوان می‌گردد.

داده‌های سنجش از دور، توان زیادی برای تفکیک واحدهای سنگی، بارزسازی ساختارهای خطی و

حلقوی و شناخت نواحی دگرسان‌شده مربوط به توده‌های کانسار و در نتیجه اکتشاف ذخایر معدنی

دارند. تصاویر حاصل از دورسنجی می‌تواند به عنوان یکی از لایه‌های اطلاعاتی در سیستم اطلاعات

جغرافیائی وارد شود. تلفیق داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های زمین‌شناسی گوناگون برای اکتشاف مواد

معدنی در سیستم GIS حدوداً از سال ۱۹۸۰ آزمایش شده و مورد استفاده قرار گرفته است، اما

کاربرد این تکنولوژی در ایران نسبتاً جدید است و نیاز به توسعه و پیشرفت بیشتری دارد [۲].

۱) Geographical Information System

۲) Rhind

۳) Remote Sensing

در مطالعه حاضر، از دورسنجی و GIS برای اکتشاف نواحی امیدبخش معدنی در ناحیه ترود - معلمان استفاده خواهد شد.

۱-۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه ترود- معلمان در شرق شهرستان سمنان (قسمت جنوبی شهرهای دامغان و شاهرود) واقع شده است. این منطقه در برگه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ ترود و برگه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ معلمان قرار دارد. در این ناحیه معادن و اندیسهای فلزی متعددی وجود دارد، که نشان‌دهنده پتانسیل بالای منطقه برای وجود ذخایر فلزی می‌باشد و به همین دلیل از دیرباز مورد توجه فراوان بوده و معدنکاری در منطقه وجود داشته است. گواه این امر، وجود معدنی از قبیل معدن مس چاه‌موسی در این منطقه است که به صورت شدادی مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفته است. به دلیل وجود این‌گونه معادن در این منطقه، مطالعات نسبتاً زیادی در منطقه مذکور انجام گرفته که اطلاعات جامع‌تری در این مورد، همراه با زمین‌شناسی ناحیه ترود - معلمان در فصل دوم آورده خواهد شد.

۱-۳- هدف پایان‌نامه

همان‌طور که اشاره شد، در منطقه ترود- معلمان، معادن، کانسارها و اندیسهای فلزی متفاوتی وجود دارد، لذا وجود این منابع معدنی نشان‌دهنده پتانسیل بالای این منطقه برای ذخایر فلزی می‌باشد. در این مطالعه سعی بر این است که با دو ابزار سنجش از دور و GIS در مقیاس ناحیه ای، منطقه مورد- مطالعه بررسی گردد و مناطق امیدبخش برای مراحل بعدی اکتشافی معرفی شوند. در مرحله اول، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، واحدهای سنگی، گسلها و دگرسانی‌ها را در ناحیه، بررسی کرده و مناطق پتانسیل‌دار برای ذخایر فلزی معرفی می‌گردند. در مرحله بعد، با توجه به اندیسهای مس موجود در ناحیه ترود - معلمان و لایه‌های اطلاعاتی به‌دست آمده از مرحله قبل (واحدهای سنگی، گسلها و دگرسانی‌ها) و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی، مناطق پتانسیل‌دار برای کانی‌سازی مس تعیین می‌شوند. در این مرحله همچنین با توجه به فاکتورهای موجود، بهترین اندیس مس ناحیه ترود

– معلمان مشخص شده و برای اکتشافات نیمه تفصیلی و تفصیلی معرفی می‌گردد. در نهایت، با توجه به اکتشافات تفصیلی انجام گرفته در اندیس معرفی شده، این اندیس مورد بررسی دقیق‌تری قرار خواهد گرفت.

۴-۱- سازمان‌دهی پایان‌نامه

در این فصل سعی شد تا کلیاتی در مورد این پایان‌نامه از قبیل معرفی کلی منطقه مورد مطالعه و هدفی که از ارائه این پایان‌نامه وجود دارد بیان شود.

در فصل دوم اطلاعات جامع‌تری از منطقه مورد مطالعه (ترود-معلمان)، اعم از زمین‌شناسی منطقه، معادن و اندیسهای موجود در منطقه بیان شده است.

در فصل سوم کلیاتی در مورد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS) ارائه می‌گردد. فصل چهارم به دورسنجی ناحیه ترود – معلمان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست^۱ ۷ اختصاص دارد. در این فصل، نتایج حاصل از دورسنجی که شامل تفکیک واحدهای سنگی منطقه، تعیین مناطق دگرسانی و مشخص کردن ساختارهای خطی و گسلها می‌باشند، ارائه می‌شود.

در فصل پنجم، از روش وزن‌های نشانگر کمک گرفته و تمام داده‌ها و اطلاعات موجود و معرفی شده در فصول قبل را با هم تلفیق کرده و در نهایت نواحی امیدبخش برای وجود اندیسهای مس دار معرفی خواهد شد، و بهترین اندیس موجود در منطقه تعیین می‌گردد.

در فصل ششم، بهترین اندیس معرفی شده که شامل معدن مس چاه‌موسی می‌باشد، از نظر زمین‌شناسی و اکتشافات تفصیلی انجام گرفته در آن، به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در فصل هفتم (پایانی)، از بحثهای انجام شده از ابتدا تا انتهای پایان‌نامه نتیجه‌گیری کرده و پیشنهادات لازم مطرح می‌شود.

۱) Landsat

فصل دوم

زمین شناسی ناحیه ترود - معلمان

۲-۱- مقدمه

ناحیه ترود - معلمان در بخش شرقی کمر بند آتشفشانی - نفوذی ترود - چاه‌شیرین واقع شده است. در این ناحیه معادن زیادی وجود دارد، که البته بیشتر این معادن متروکه هستند و متأسفانه بهره‌برداری از آنها صورت نمی‌گیرد. یکی از معدود معادن فعال منطقه، معدن مس چاه‌موسی می‌باشد [۳]. در این فصل، سعی خواهد شد تا اطلاعات کامل‌تری از ناحیه ترود - معلمان ارائه شود.

۲-۲- موقعیت جغرافیائی و راههای دسترسی

ناحیه ترود - معلمان در حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران و شرق شهرستان سمنان، واقع شده است. این ناحیه در طول جغرافیائی بین ۲۷۳۹۰۰ تا ۳۲۰۵۰۰ شرقی و عرض جغرافیائی بین ۳۹۰۴۳۶۰ تا ۳۹۳۶۵۶۰ شمالی قرار گرفته است. در شکل (۱-۲) موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. راههای دسترسی به ناحیه مورد مطالعه (روستاهای ترود و معلمان)، همان‌طور که در شکل (۱-۲) نشان داده شده، از طریق جاده آسفalte فرعی دامغان - معلمان و شاهرود - ترود که از جاده اصلی سمنان - دامغان - شاهرود منشعب می‌شوند، برقرار می‌باشد. روستای ترود در ۱۲۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان شاهرود و روستای معلمان در ۱۱۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان دامغان قرار دارند، ضمن اینکه طول جاده ترود - معلمان ۵۰ کیلومتر می‌باشد.

۲-۳- شرایط اجتماعی و رفاهی

در ناحیه مورد مطالعه روستاهائی با تمرکز جمعیت کم مانند ترود، معلمان، حسین‌آباد، بیدستان، گندی و ... وجود دارند. روستای ترود، بزرگترین روستا در این ناحیه می‌باشد. این روستا با جمعیتی در حدود ۴۰۰۰ نفر، دارای امکاناتی از قبیل آب شرب شیرین، برق، تلفن، مرکز بهداشت، مدارس ابتدایی، راهنمایی و دبیرستان، شعبه‌ای از بانک کشاورزی، دفتر جهاد کشاورزی و پاسگاه نیروی انتظامی می‌باشد. شغل اصلی مردم، پرورش شتر و به میزان کمتر گاو، گوسفند و ماکیان است. زنان در خانه به بافت قالی و قالیچه مشغولند. کشاورزی در این روستا به دلیل پیشرفت شوره‌زار در زمین‌های کشاورزی و نخلستان‌ها،

روز به روز کم‌اهمیت‌تر شده و همین امر سبب بیکاری بسیاری از مردان و جوانان شده است.

۲-۴- شرایط آب و هوا و پوشش گیاهی

روستاهای ترود و معلمان، با داشتن تابستان‌های بسیار گرم و خشک و زمستان‌های سرد، از لحاظ دسته‌بندی اقلیمی، در گروه گرم و خشک بیابانی و نیمه بیابانی قرار می‌گیرند. میانگین بیشترین دما در تابستان به ۴۰/۸ درجه و در زمستان به ۶- درجه می‌رسد. میزان بارش سالانه به طور میانگین ۱۴۷/۷ میلیمتر و میانگین رطوبت نسبی هوا در سال بین ۵۴ - ۳۰ درصد تغییر می‌کند. آب مورد نیاز منطقه از چشمه‌ها، قنات‌ها، بندهای خاکی بسیار کوچک و پمپاژ سفره‌های زیرزمینی تأمین می‌گردد. پوشش گیاهی این منطقه، از نوع پوشش مناطق کویری و شامل بوته‌های خار پراکنده، گز، زیره، اسپند کوهی و طاق است. در مجاورت برون‌ریز قنات‌ها معمولاً درختان محدودی یافت می‌شود [۴].

۲-۵- مطالعات و کارهای انجام‌شده قبلی در منطقه

ناحیه ترود- چاه‌شیرین به دلیل فعالیت‌های معدنی و زلزله‌خیزی، از دیر باز مورد توجه محققین بوده‌است. در ادامه، چند مورد از مهمترین آنها بیان می‌شود [۵].

- هوبر و اشتوکلین^۱ در سال ۱۹۵۶، زمین‌شناسی منطقه ترود- معلمان را در قالب برنامه‌های شرکت ملی نفت ایران بررسی نمودند.
- بازین و هوینر^۲ در سال ۱۹۶۹، در گزارش مس ایران، از کانسار مس چاه‌موسی، به عنوان کانسار مس رگه‌ای، یاد کرده‌اند.
- هوشمندزاده و همکاران در سال ۱۳۵۷ نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰ ترود و گزارش آن را تهیه نمودند.

۱) Hober & Stoklin

۲) Bazine & Hubnar

بزرگ جای دارد. باریک‌رشته یا زیرپهنه ترود - چاه‌شیرین از رخنمونهای سنگهای دگرگونی پالئوزوئیک و مزوزوئیک و نیز نهشته‌های آذرین - رسوبی ترشیری آغازی (پالئوژن) تشکیل شده است [۴].

چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه و زمین‌شناسی ساختمانی منطقه، در ادامه به‌طور جداگانه شرح داده خواهند شد.

۲-۶-۱- چینه‌شناسی

اکثر واحدهای سنگی منطقه ترود - معلمان در رده‌بندی سنی پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک قرار می‌گیرند. آبرفتهای عهد حاضر نیز، بیش از نیمی از گستره این منطقه را پوشانده است [۶].

۲-۶-۱-۱- پالئوزوئیک

کهن‌ترین نهشته‌های رخنمون یافته در ورقه را سنگهای دگرگونی پدید آورده است که بر پایه توالی‌های چینه‌نگاری، سن پالئوزوئیک به آنها داده شده است. واحدهای سنگی پالئوزوئیک منطقه زیر اثر فشارهای تکتونیکی و گسلش به شدت تغییر شکل یافته و یک رویداد دگرگونی ناحیه ای با درجه ضعیف را پشت سر نهاده‌اند و در آنها برگوارگی یا شیستوزیته و ریزچین‌های فراوانی پدید آمده است. این سنگها که بیشتر خردشده و تکتونیزه هستند، زیر تأثیرات توده‌های ماگمایی ائوسن - الیگوسن و سیالات گرمایی آنها قرار گرفته‌اند، لذا نشانه‌هایی از تمرکز کانه‌های فلزی به ویژه اکسیدهای آهن در درزه‌ها و حفرات سنگهای کربناته آنها دیده می‌شود. واحدهای سنگی پالئوزوئیک، که شامل سنگهای آهکی و دولومیت دگرگونه و شیستهای خاکستری و سبزرنگ می‌شوند، بیشتر در غرب ناحیه رخنمون دارند [۴].

۲-۶-۱-۲- مزوزوئیک

در نواحی غربی منطقه و در کوههای کم‌انجیر، بابااحمد و خانجار، نهشته‌های دریائی کرتاسه پسین رخنمون یافته است و شامل تناوب نامنظمی از سنگ‌آهک خاکستری روشن، شیل سبزرنگ، آهک مارنی، آهک‌های نازک تا ستبر لایه به رنگهای خاکستری تا خاکستری متمایل به سبز که میان لایه‌هایی از ماسه -

آهک‌های نازک تا ستر لایه به رنگهای خاکستری تا خاکستری متمایل به سبز که میان لایه‌هایی از ماسه - سنگ، آهک ماسه‌ای و عدسی‌هایی از ماسه‌سنگ و کنگلومرا در آنها دیده می‌شود. این سنگها اغلب با توده‌های نفوذی کم‌زرف به‌ویژه کوارتز دیوریت‌ها بریده شده‌اند. در همبری آنها دگرگونی مجاورتی بسیار ضعیفی دیده می‌شود و نکته قابل توجه اینکه، شمار زیادی آپوفیزهای توده‌های کوارتز دیوریتی، کوارتز - مونزودیوریتی و دایک‌های آندزیتی، لاتیت آندزیتی در این سنگها نفوذ پیدا کرده‌است [۴].

۲-۶-۱-۳- سنوزوئیک

نهشته‌های دوران سنوزوئیک با فعالیتهای آتشفشانی ائوسن زیرین آغاز می‌شود و در طی دوره پالئوژن حجم بسیار زیادی از مواد آذرین - رسوبی را پدید آورده‌است. این مواد در کالبد واحدهای سنگی گوناگون ارائه می‌گردد [۴].

مهمترین و بیشترین واحدهای سنگی منطقه، در این رده‌بندی قرار می‌گیرند، و از نظر وجود معادن و اندیسهای معدنی از اهمیت خاصی برخوردارند. در ادامه به بخشی از فراوان‌ترین آنها پرداخته خواهد شد.

۲-۶-۱-۳- واحد $E^{v,br}$

این واحد در جاهای مختلف ترکیب سنگ‌شناسی متفاوتی دارد، بیشتر از گدازه‌های برشی‌شده، توف - ماسه‌سنگ کنگلومرانی و لکانوزنیک، آگلومرا، توف‌برش‌های داسیتی - آندزیتی و در مواردی توف - گدازه - هائی تراکی آندزیتی غنی از اکسید آهن و کربنات ثانوی پدید آمده است. این سنگها دارای قطعات سنگی درشت و ریز هستند و از مواد پیروکلاستیکی تا ماسه‌سنگ توفی تغییر می‌یابند. بافت آنها کلاستیکی است و قطعات درشت آنها بافت پورفیریتیک با زمینه میکرولیتی جهت‌یافته نشان می‌دهند [۴].

۲-۶-۱-۳- واحد $E^{t,v}$

پس از فعالیتهای آتشفشانی اسیدی، دومین گام از فعالیتهای ماگمائی ائوسن - الیگوسن در منطقه با فوران‌های آتشفشانی زیردریائی با ترکیب بازیک تا متوسط توأم بوده است. در طی این مرحله حجم زیادی

از مواد آذرین از طریق دایک‌های تغذیه‌کننده به کف دریا ریخته‌اند. در نتیجه این فعالیت‌های ماگمایی مجموعه سنگی $E^{t,v}$ با ضخامت زیاد از سنگ‌های گدازه‌ای برشی‌شده، گدازه‌های اسپیلیتی‌شده و ... ساخته شده‌است. این مجموعه دربرگیرنده سنگ‌های آندزیت، تراکی‌آندزیت، تراکی‌آندزیت‌بازالت، بازالت‌های آلکالن زیردریائی و آندزیت - داسیت‌های پورفیری است [۴].

۲-۶-۱-۳-۳- واحد $E^{s,p}$

این واحد در بسیاری از نقاط رخنمون یافته است و در بیشتر موارد موقعیت چین‌های بخش زیرین مجموعه $E^{t,v}$ را نشان می‌دهد. دربردارنده ترکیب سنگ‌شناسی آندزیت‌های پیروکسن‌دار، آندزیت‌بازالت و بازالت آلکالن به صورت اسپیلیت و کراتوفیری، گدازه‌های آندزیتی تیره و داسیت‌آندزیت‌های به‌شدت تجزیه‌شده با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگ‌توفی قرمز - قهوه ای می‌باشد [۴].

۲-۶-۱-۴-۳- واحد E^r

بیشتر تراکی‌آندزیت، تراکی‌آندزیت - بازالت و آندزیت - داسیت‌های پورفیری هستند که فاقد لایه‌بندی - اند و توده‌ای یا گنبدی‌شکل پدیدار شده‌اند. گاه همراه با گدازه‌های تراکی‌آندزیتی واحد یاد شده، ترکیب - های آندزیت حفره‌دار و توفهای بلورین و شیشه‌ای پدید آمده است. ولی بیشترین حجم واحد را تراکی - آندزیت‌ها می‌سازند. تراکی‌آندزیت ها و تراکی‌آندزیت‌بازالت‌ها بیشتر بافت پورفیریتیک با زمینه میکرولیتی جهت‌یافته دارند [۴].

۲-۶-۱-۵-۳- توده‌های نفوذی نیمه‌ژرف

توده‌های نفوذی نیمه‌ژرف منطقه که نقش مهمی در کانی‌سازی فلزی ایفا کرده‌اند عبارتند از واحدهای dp ، da ، mz و qd . این واحدها دارای سن ائوسن - الیگوسن هستند. واحد da از گسترش و پراکندگی زیادی در سطح منطقه برخوردار است. شمار زیادی از آپوفیزهای آن در محدوده گندی، شرق معدن پوسیده، ده‌جعفر تا باغو رخنمون یافته است. ترکیب سنگ‌شناسی این توده‌ها را داسیت، داسیت -

آندزیت شدیداً دگرسان شده می‌سازد که به سمت شمال ورقه ترکیب آنها داسیت پورفیری تا میکروگرانیت، میکروگرانیت تورمالین دار تغییر می‌کند. واحد dp در کوه و معدن چاه موسی (شمال شرقی منطقه) رخنمون یافته است. رنگ ظاهری خاکستری روشن تا کمی تیره دارند و ترکیب آنها عبارتست از: کوارتز تراکی آندزیت، تراکی آندزیت و کوارتز لاتیت. واحد mz که شامل سنگهای نفوذی مونزودیوریتی و مونزونیتی با بافت دانه‌ای نسبتاً درشت می‌باشد، در دره چالو و در همبری سنگهای آهکی دگرگونه اسکارنی شده رخنمون دارد. شمار زیادی از برون زدهای نفوذی منطقه را سنگهای کوارتز دیوریتی تا کوارتز مونزودیوریتی (qd) به رنگ خاکستری روشن تا خاکستری پدید آورده است [۴].

۲-۶-۱-۳-۶- زیرپهنه رسوبی نئوژن

نهشته‌های این زیرپهنه در طی دوره نئوژن ساخته شده است و از نوع نهشته‌های دریای کم‌ژرف تا شبه-کولابی است که در جنوب منطقه رخنمون یافته است و قسمت‌های شمالی حوضه رسوبی جندق را پدید آورده است. سن نهشته‌های این زیرپهنه از میوسن تا پلیوسن است. واحدهای سنگی این زیرپهنه عبارتند از مارنهای ژپیس دار همراه با میان‌لایه‌هایی از ماسه‌سنگ [۴].

۲-۶-۱-۳-۷- نهشته‌های کواترنری

تناوب مارنهای ژپیس دار با رنگهای مختلف همراه با میان‌لایه‌هایی از ماسه‌سنگ و نمک در قسمت جنوب - جنوب شرق منطقه به طور واضح نمایان است و دارای وسعت و گستردگی نسبتاً بالایی نیز می‌باشد. همچنین سنگ‌آهک‌های دگرگون نشده در کنار نوع دگرگونی آنها در قسمت غربی منطقه رخنمون دارند، که سن آنها هولوسن می‌باشد.

۲-۶-۲- گسلها

یک دسته گسل اصلی با روند $70^{\circ}E - 60^{\circ}N$ و شیب $SE 80^{\circ}$ بر ناحیه ترود - معلمان حکم فرما است. با مطالعه خش‌لغزها، به این نکته پی می‌بریم که حرکات این گسلها دارای دو مؤلفه است [۵]:

است [۵]:

الف - افقی که در گسل ترود چپ‌گرد و در گسل انجیلو راست‌گرد است.

ب - عمودی که سبب تمایل ۳۰ تا ۵۰ درجه‌ای خشلغزها شده و این کمربند را به صورت یک فرازمین بالا آورده‌است. ناحیه مذکور در طول فعالیت خود تحت تأثیر حرکات کششی و فشارشی زیادی قرار گرفته، ولی هیچگاه از روند $N20^{\circ}-30^{\circ}E$ خارج نشده‌است.

گسل‌های اصلی منطقه عبارتند از گسل ترود، گسل سرکوپر، گسل باغو، گسل عمرو - آستانه و گسل رشم - پیرمردان. بجز راستای $N70-90E$ که هم‌سو با گسل اصلی ترود است، گسل‌های دیگری با راستای $N40-50E$ و $N40-50W$ به صورت دو سری شکستگی دیده می‌شود که مزدوج عمل کرده‌اند. پس از آن پاره‌ای شکستگیها امتداد کلی نزدیک به شمالی - جنوبی دارند، که در آنها کانی‌زائی نیز انجام گرفته - است [۶].

۲-۶-۳- زمین‌شناسی اقتصادی

از نگاه زمین‌شناسی اقتصادی و از دیدگاه کیفی، کانی‌زائی‌های فلزی منطقه را می‌توان به کانی‌سازی سرب و روی، مس، طلا و آهن تقسیم‌بندی کرد. کانی‌سازی سرب و روی بیشتر از گونه کانسارهای سرب و روی گرمابی هستند و اکثراً از نوع چندفلزی (Polymetal) هستند. در بسیاری از نقاط این ناحیه، آغستگی‌های کانه‌های مس‌دار دیده می‌شود که در برخی موارد با طلا، آهن، سرب و روی همراه است. نشانه‌هایی از کانی‌سازی طلا در نواحی باغو - کوه‌زر، دارستان، گندی و پوسیده دیده شده که ویژگیهای آنها بیشتر با تیپ کانسارهای گرمابی چندفازه به‌ویژه اپی‌ترمال با سنگ میزبان آتشفشانی هم‌خوانی نسبی دارد. کانی‌سازی آهن نیز در برخی نقاط و در نزدیکی سنگهای کربنات‌دار و در درزه‌ها وجود دارد، که بیشتر به صورت هماتیت، گوتیت، الیزیت و به‌ندرت منیتیت دیده شده است [۴و۶].

۲-۷- معادن و اندیسهای فلزی منطقه

در کمربند آتشفشانی - نفوذی ترود - چاه‌شیرین تعداد زیادی کانسار و آثار معدنی فلزات پایه و

فلزات گرانبها گزارش شده است. این کانسارها و نشانه‌های معدنی همراه با مشخصات آنها درجدول (۱-۲) آورده شده است.

جدول (۱-۲): کانسارها و نشانه‌های معدنی ناحیه تروود - معلمان همراه با مشخصات آنها [۵]

نام	(۱) - کانسار باغی	(۲) - کانسار شهری	(۳) - لوئیس دارستان	مشخصات
				نوع ماده معدنی
	طلا (فیروزه - مس)	طلا - سرب - روی	طلا (مس)	مختصات جغرافیایی
	$28^{\circ} 28' 30'' N$ $54^{\circ} 40' E$	$28^{\circ} 19' N$ $54^{\circ} 37' E$	$28^{\circ} 27' 22'' N$ $54^{\circ} 39' E$	نوع سنگ میزبان
	موتز و دیوریت، دیوریت، تاگزائیت	توالی آتشفشان - روسی از سیلستون، ماسه سنگ، لایه‌ای توف، برشهای آتشفشانی و گدازه‌های حد واسط	توف برش آندزیتی و هاسیتی - آندزیتی	
	لوئیس پسین - الیگوس پشین	لوئیس میانی - بالایی	لوئیس	سن سنگ میزبان
	پیریت، کالکوپیریت، پیروتیت، کالکوسیت، فیروزه، کولیت	پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، گالن، تانالیت و طلای خالص	کالکوپیریت، پیریت، طلای خالص، کالکوسیت، مالاکیت و آزوریت، طلا با پیریت و رگچه‌های سیاهی است	کانه‌ها
	کوارتز، تورمالین، روتیل، بیوتیت	کوارتز، کلسیت	همالیت، کوارتز - کلسیت و رس	باطله
	رگه - رگچه و پراکنده	رگه ای، اسنوک و رگ	رگه ای	شکل کانه زائی
	پرکننده فضای خالی، پراکنده	پرکننده فضای خالی، پراکنده	پرکننده فضای خالی، پوسته ای و علافی	ساخت و یافت ماده معدنی
	رسی، سرپسینی، سیاهی، پیریتی، تورمالینی	سیاهی، پیریتی و کریستالی شدن	سیاهی، رسی، سرپسینی، تورمالینی و پروپیلینیک	دیگر سانی
	توده نفوذی باغو، سنگ میزبان مناسب، شکستگیهای شمال شرقی - جنوب غرب	سنگ میزبان مناسب و نفوذ پذیر، شکستگیها و گسلها	توده نفوذی، سنگ میزبان نفوذ پذیر، شکستگیهای شمال - جنوب	کنترل کننده کانه زائی

ادامه جدول (۱-۲) : کانسارها و نشانه‌های معدنی ناحیه تروود - معلمان همراه با مشخصات آنها [۵]

نام / مشخصات	(۴) - اندیس ابو الحسنی	(۵) - اندیس چشمه سفید	(۶) - کانسار سرب قله کفتران
نوع ماده معدنی	سرب - روی - مس (طلا)	سرب	سرب
مختصات جغرافیایی	$39^{\circ} 54' N$ $21^{\circ} 25' E$	$31^{\circ} 25' N$ $21^{\circ} 54' E$	$21^{\circ} 25' N$ $55^{\circ} 44' E$
نوع سنگ میزبان	مگمازه های آندزیتی	آندزیت کراتوفیر، اسپینهای مبلونیتی شده	مگمازه های آندزیتی
سنگ میزبان	انوسن پسین	انوسن	انوسن پسین - الیگوسن پیشین
کانه ها	مگالین، اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت	مگالین	مگالین
باطله	کوارتز، کربیت و کلسیت	کوارتز و کلسیت	
شکل کله زائی	رگه ای (N 70 W)	رگه ای (N 80 W)	رگه ای
ساخت و بافت ماده معدنی	پر کننده فضای خالی، برشی	پر کننده فضای خالی	پر کننده فضای خالی
دگرسانی	رسی و سیاهی شدن	سیاهی شدن و کربیتی شدن	
کنترل کننده کله زائی	شکستگیهای شمال شرقی - جنوب غرب	توده نفوذی، شکستگیهای شمال شرقی - جنوب غرب	توده نفوذی، شکستگیهای شمال شرقی - جنوب غرب

ادامه جدول (۱-۲) : کانسارها و نشانه‌های معدنی ناحیه تروود - معلمان همراه با مشخصات آنها [۵]

نام مشخصات	نم	(۷) - اندیس قلعه دختر	(۸) - کانسار چاه موسی	(۹) - کانسار چشمه مافلا	نام
نوع ماده معدنی		سرب	مس (سرب و روی)	مس (طلا)	مس
مختصات جغرافیایی		$25^{\circ} 22' N$ $54^{\circ} 36' E$	$25^{\circ} 27' N$ $54^{\circ} 53' E$	$25^{\circ} 24' N$ $54^{\circ} 43' E$	
نوع سنگ میزبان		آندزیت، گسدهای داسیتی	داسیتیک آندزیت پورفیری	داسیت، آندزیت	مجموعه ای از توف تراکی داسیت تا داسیت و توف برش داسیت، آندزیت - داسیت
سن سنگ میزبان		اوسن	اوسن - الیگوسن	اوسن	اوسن
کانه ها		گالن	بوریت، کالکوپریت، کالکوپریت، آزوریت و مالاکیت	کالکوپریت، پیریت، کالکوپریت	کالکوپریت، پیریت، هماتیت
باطله		کوارتز، زبریت	کوارتز، کلسیت، باریت، روتیل، هماتیت	کوارتز، کلسیت	
شکل کانه زائی		رگه ای (N 85 E)	رگه ای	رگه ای	رگه ای - دانه پراکنده
ساخت و یافت ماده معدنی		پرکننده فضای خالی	پرکننده فضای خالی، برشی	پرکننده فضای خالی	
دگرسانی		سربسینی شدن و کاربنی شدن	رسی و سیابسی شدن	سیابسی شدن و کاربنی شدن	رسی شدن
کنترل کننده کانه زائی		نوده نفوذی، شکستگیهای شمال شرقی - جنوب غرب	نوده نفوذی و شکستگیها		نوده نفوذی جهت تامین فازات، لیتولوژی نفوذپذیر و شکستگیهای شمال - جنوب

ادامه جدول (۱-۲): کانسارها و نشانه‌های معدنی ناحیه تروود - معلمان همراه با مشخصات آنها [۵]

نام / مشخصات	(۱-۱) - اندیس پوسینه	(۱-۲) - کانسار چالو	(۱-۳) - کانسار ریاحی	(۱-۴) - اندیس توده لچیان
نوع ماده معدنی	مس (طلا)	آهن	آهن (مس)	مس
مختصات جغرافیایی	$25^{\circ} 27' N$ $54^{\circ} 42' E$	$25^{\circ} 21' 30'' N$ $54^{\circ} 25' E$	$25^{\circ} 22' 20'' N$ $54^{\circ} 29' 30'' E$	$25^{\circ} 22' N$ $54^{\circ} 28' E$
نوع سنگ میزبان	اندزیت، داسیت	آهک و توده های موز وینی - کوارتز موز وینی	آهک	اندزیت - تراکی اندزیت
سنگ میزبان	آئوس	کرتاسه	کرتاسه	آئوس
کانه ها	کالکوپیریت، پیریت	مگنیت، هماتیت، اولیتریت	مگنیت، هماتیت، پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت، آزوریت	کالکوسیت، مالاکیت
باطله	کوارتز	کلسیت، گارنت، کوارتز، ولانتونیت	کوارتز، کلسیت	کوارتز
شکل کنه زائی	رگه ای	عدسیهای N50E	رگه ای، عدسی (در مجاورت با توده نفوذی)	رگه ای N80E
ساخت و بافت ماده معدنی	پر کننده فضای خالی	جانشینی - پر کننده حفرات	پر کننده فضای خالی و جانشینی (در آهک)	پر کننده فضای خالی
دگرسانی			سربستی شدن، آروزیلی، کاربیدی و سیایی	
			شدن در توده نفوذی، تبلور مجدد، سیایی شدن و هماتیتی شدن در آهکهای میزبان	
کنترل کننده کانه زائی	توده نفوذی و شکستگیهای شمال شرق - جنوب غرب	توده نفوذی دبیروینی	سیالات حاصل از توده نفوذی و گسلها	توده نفوذی داسیتی و شکستگیها

ادامه جدول (۲-۱): کانسارها و نشانه‌های معدنی ناحیه تروود - معلمان همراه با مشخصات آنها [۵]

نام / مشخصات	(۱۵) - کانسار زرشکود	(۱۶) - اندیس کاج زالی	(۱۷) - اندیس سمیا
نوع ماده معدنی	مس (باریت)	مس	مس (باریت)
مختصات جغرافیایی	$25^{\circ} 20' 50'' N$ $54^{\circ} 28' E$	$25^{\circ} 21' 45'' N$ $54^{\circ} 27' E$	$25^{\circ} 22' 40'' N$ $54^{\circ} 29' E$
نوع سنگ میزبان	تراکی آندزیت، آندزیت، بازالت، داسیت و داسیت آندزیتی	آندزیت و توده‌های داسیتی	آندزیت داسیتی، آندزیت کربناتی شده و تراکی آندزیت
سنگ میزبان	انوس	انوس	انوس
کانه‌ها	کالکوسیت، ملاکیت، باریت	ملاکیت، کوپیت، کالکوسیت	کالکوسیت، ملاکیت
باطله	کوارتز	کوارتز، کانیهای رسی	باریت، کوارتز
شکل کله زالی	رگه ای	رگه ای N50E	رگه ای
ساخت و یافت ماده معدنی	پرکننده فضای خالی	پرکننده فضای خالی	پرکننده فضای خالی
دگرسانی	-	رسی شدن	کربناتی شدن
کنترل کننده کانه زالی	توده نفوذی داسیتی و شکستگیها	توده نفوذی داسیتی و شکستگیها	توده نفوذی داسیتی و شکستگیها

فصل سوم

کلیاتی در مورد GIS و سنجش از دور

۳-۱- مقدمه

تولید اطلاعات از داده‌های سنجش از دور، اعم از داده‌های ماهواره‌ها و هواپیماها نسبت به گذشته نه-چندان دور، افزایش فزاینده‌ای پیدا کرده است و با توجه به اهمیت و نقش این گونه اطلاعات، به‌طور مسلم، تولید آنها روز به روز افزایش می‌یابد. البته علاوه بر جنبه‌های کمی، جنبه‌های کیفی و کارایی داده‌های ماهواره‌ای در مطالعات علوم زمینی نیز در حال افزایش است. راههای گوناگون و متنوعی وجود دارد که به کمک آنها می‌توان استفاده مطلوب از داده‌های سنجش از دور را به حداکثر رساند. یکی از این راهها استفاده از سیستمهای اطلاعات جغرافیائی (GIS) می‌باشد.

GIS دید ساده‌شده‌ای را از یک مکان، به شیوه‌ای ارائه می‌دهد که از تمامی داده‌ها و اطلاعات موجود در مکان موردنظر، به‌نحوی استفاده شده است. دید ساده‌شده‌ای که به‌وسیله GIS مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدل نامیده می‌شود. مدل، همان تلفیق داده‌های موجود است. بنابراین GIS، مشتمل بر داده‌ها و نظراتی درباره چگونگی تعامل این داده‌ها است و در کل، یک مدل مکانی به شمار می‌آید [۷]. در این فصل، کلیاتی در مورد GIS و سنجش از دور و ارتباط آنها با یکدیگر بیان خواهد شد.

۳-۲- سیستم اطلاعات جغرافیائی

چند سالی است که سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی در جهان رونق پیدا کرده است و در دنیای صنعت، مبالغ گزافی برای تهیه سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی هزینه می‌گردد و پیش‌بینی می‌شود که در دهه آینده میلیاردها دلار در این زمینه هزینه گردد. پرسش قابل طرح این است که چگونه GIS در عرض چند سال استفاده، چنین رواج و رونق پیدا کرده است؟ واقعیت این است که کاهش سریع قیمت سخت‌افزارهای کامپیوتری باعث دسترسی جمعیت گسترده‌ای به آن شده‌است و از آن مهم‌تر این که عوامل جغرافیائی، تقریباً روی بیشتر تصمیمات ما تأثیر می‌گذارد [۸].

سامانه‌های اطلاعات جغرافیائی از سه بخش تشکیل شده‌اند [۹]:

الف - جغرافیائی: هر پدیده‌ای در GIS باید در یک فضای سه‌بعدی یا دوبعدی نمایش داده شود.

پدیده‌ها را با مختصات جغرافیائی در نقشه‌ها نشان می‌دهند.

ب - اطلاعات: نوع اطلاعات، کاربرد سیستم GIS را مشخص می‌کند، بنابراین GIS می‌تواند کاربردهای متفاوتی داشته باشد.

ج - سیستم: از آنجا که اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار و رایانه ذخیره‌سازی، پردازش و تحلیل می‌شوند، از سامانه یا سیستم استفاده می‌شود. در ادامه و در بخشهای مختلف، به تعریف GIS، مولفه‌ها و اجزاء GIS و کاربردهای GIS به‌خصوص در اکتشافات مواد معدنی پرداخته خواهد شد.

۳-۲-۱- تعریف GIS

تلاشهای گسترده‌ای به منظور تعریف GIS صورت‌گرفته که انتخاب یک تعریف قطعی برای آن را دشوار می‌سازد. هر تعریفی از GIS به این امر بستگی دارد که زمینه و دیدگاه آن از سوی چه کسی ارائه می‌شود. یک تعریف عام از GIS، به این شرح است:

«ذخیره‌سازی، طبقه‌بندی، پردازش، تجزیه و تحلیل داده‌ها، مقایسه و نتیجه‌گیری داده‌های مکانی با استفاده از نرم‌افزارهای مناسب، به کمک رایانه و متناسب با نیاز کاربر [۱۰].»

اداره محیط زیست آمریکا در سال ۱۹۸۷، فهرستی از امکاناتی را که یک GIS خوب طراحی‌شده، ارائه می‌دهد، به شرح زیر بیان کرده است [۷]:

الف - دسترسی آسان و سریع به حجم وسیعی از داده‌ها.

ب - توانایی انجام فعالیتهای زیر:

- انتخاب جزئیات با توجه به ناحیه یا موضوع.

- ارتباط یا ادغام یک مجموعه از داده‌ها با سایر مجموعه داده‌ها.

- تحلیل ویژگی‌های مکانی داده‌ها.

- تحقیق برای ویژگی‌ها یا عوارض ویژه در یک ناحیه.

- به‌هنگام سازی سریع و ارزان داده‌ها.

- مدل‌سازی داده‌ها و ارزیابی گزینه‌ها.

ج - امکانات خروجی (نقشه‌ها، نمودارها، فهرست نشانی‌ها و خلاصه آمار)، که به منظور رویارویی با نیازهای ویژه طراحی شده‌اند.

۳-۲-۲- مولفه‌ها و اجزاء GIS

به همان اندازه که تعریف GIS بحث برانگیز است، در مورد مولفه‌های GIS نیز جای صحبت وجود دارد. مولفه‌های GIS مشتمل است بر: سیستم رایانه‌ای (سخت‌افزار و سیستم‌عامل) و نرم‌افزاری، داده‌های مکانی و مدیریت داده‌ها و شیوه تحلیل آنها [۱].

۳-۲-۲-۱- سیستم‌های رایانه‌ای (سخت‌افزار و نرم‌افزار)

GIS در تمام طیفهای سیستم رایانه‌ای، از رایانه‌های شخصی تا ابررایانه‌های چندکاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در انواع گسترده‌ای از زبان‌های نرم‌افزاری، برنامه‌نویسی می‌شود. در تمام موارد استفاده از GIS، عناصر سخت‌افزاری‌ای وجود دارد که در کارایی عملیات GIS ضروری‌اند، که عبارتند از [۷]:

- حضور یک پردازشگر با قدرت کافی برای اجرای نرم‌افزار.
- حافظه کافی جهت ذخیره‌سازی حجم وسیعی از داده‌ها.
- صفحه گرافیکی رنگی با قدرت تفکیک بالا و کیفیت مطلوب.
- دستگاه‌های ورودی و خروجی داده‌ها (برای نمونه: رقومی‌سازها^۱، اسکنرها^۲، صفحه‌کلید، چاپگرها و ...).

همچنین تعدادی از عناصر نرم‌افزاری ضروری وجود دارد که باید امکان ورود، ذخیره‌سازی، مدیریت، تبدیل، تحلیل و خروجی داده‌ها را برای کاربر فراهم آورد.

نرم‌افزارهای متفاوتی در GIS استفاده می‌شوند، که با نامهای تجاری مختلفی در بازار ارائه می‌گردند. مهمترین آنها عبارتند از: ArcView, ArcGIS, ArcInfo, Idrisi, MapInfo, ... [۱۰]. در این مطالعه از نرم‌افزار ArcView 3.2 برای تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی موجود استفاده شده است.

۱) Digitizer

۲) Scanner

ArcView نرم‌افزاری بسیار آسان برای کاربردهای GIS است که به کاربران این امکان را می‌دهد که به‌سادگی اطلاعات مکانی و داده‌های توصیفی را برای ایجاد نقشه‌ها، جداول و نمودارها به‌کارگیرند. این نرم‌افزار ابزارهای لازم برای جستجو، تحلیل داده‌ها و نمایش نتایج را با کیفیت مناسب در اختیار کاربران قرار می‌دهد. به طور اختصار قابلیت‌های اولیه این نرم‌افزار عبارت است از [۸]:

- محیط کاری و گرافیکی آسان
- داشتن مجموعه‌ای از ابزارها برای نمایش، کاوش، جستجو، اصلاح و تحلیل اطلاعات مرتبط با موقعیت‌های جغرافیائی
- داشتن نمونه‌هایی از داده‌های آماده قابل استفاده
- قابلیت نمایش نمودارهای اطلاعاتی
- اتصال به سایر بانکهای اطلاعاتی
- ایجاد تغییرات شخصی با استفاده از زبان برنامه‌نویسی مخصوص نرم‌افزار
- برخورداری از برنامه‌های جانبی متعدد برای کاربردهای پیشرفته

۳-۲-۲-۲- داده‌های مکانی

داده‌های مکانی عبارتند از داده‌ها و اطلاعاتی که دارای مختصات جغرافیائی مختص به خود باشند، یا به عبارت ساده‌تر، اطلاعاتی که مربوط به یک نقطه یا یک ناحیه مشخص و دارای مختصات باشند. تمام نرم‌افزارهای GIS، برای اداره داده‌های مکانی طراحی شده‌اند (که با عنوان داده‌های جغرافیائی نیز از آنها یاد می‌شود). داده‌های مکانی با اطلاعاتی در مورد موقعیت، ارتباط با دیگر عوارض و جزئیات و ویژگیهای غیرمکانی مشخص می‌شوند. داده‌های مکانی که به صورت لایه‌ها یا اشیاء ارائه می‌شوند، باید پیش از ذخیره‌سازی در رایانه، ساده‌سازی شوند. یکی از شیوه‌های رایج برای انجام این کار، تجزیه تمام عوارض جغرافیائی به سه نوع عارضه اصلی است. این سه عارضه اصلی عبارتند از: مولفه‌های نقاط، خطوط و نواحی [۱].

بطور مثال، برای نمایش عوارضی مانند ساختمانها، معادن فعال و غیرفعال، اندیسها و نشانه‌های معدنی و... از نقاط، برای نمایش عوارضی مانند جاده‌ها، رودخانه‌ها، گسلها و ساختارهای خطی و... از خطوط و

برای نمایش عوارضی مانند نواحی دارای دگرسانی، نواحی دارای ترکیب سنگی مشابه و... از نواحی استفاده می‌شود.

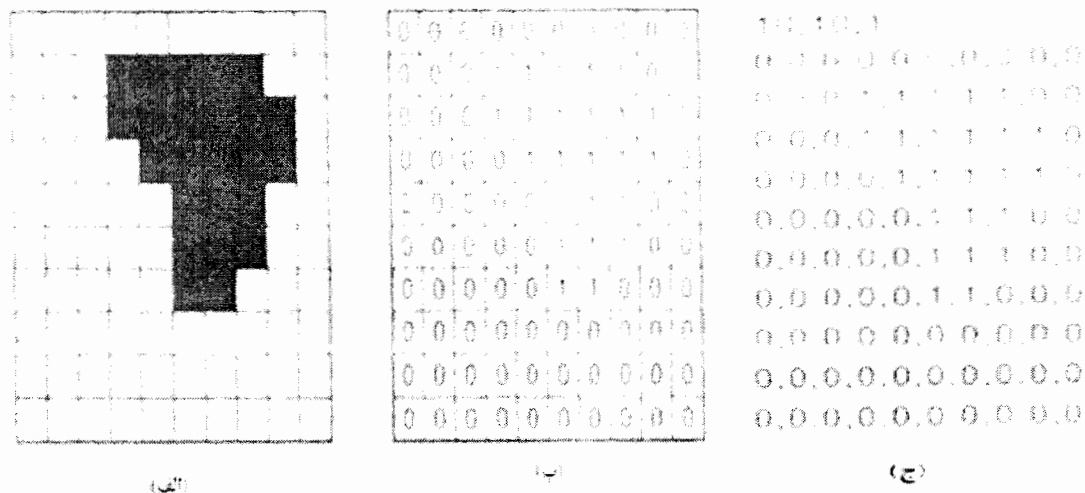
یکی از انواع داده‌های مکانی که در GIS بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد، و در این تحقیق نیز به عنوان اصلی‌ترین لایه اطلاعاتی مورد استفاده قرار خواهد گرفت، تصاویر ماهواره‌ای یا داده‌های سنجش از دور می‌باشد. داده‌های سنجش از دور مزایای بسیاری برای GIS دارد. اولاً، همواره تصاویر به صورت رقومی موجود هستند، بنابراین انتقال به رایانه دیگر مسأله‌آفرین نخواهد بود. ولی برای اطمینان از درستی تلفیق با سایر داده‌ها به پردازش نیاز است. با استفاده از رایانه (نرم‌افزارهای GIS)، می‌توان داده‌ها و عوارض مکانی را با دو مدل اصلی نشان داد. این دو مدل عبارتند از: مدل رستری و برداری [۹].

۳-۲-۲-۱- ساختار داده‌های رستری

در مدل راستری، هر تصویر به شکل مجموعه‌ای از سلولها در نظر گرفته می‌شود. شکل (۳-۱) آسان-ترین روش برای کدگذاری داده‌های رستری را نشان می‌دهد. سلولهای موجود در هر خط تصویر به-وسیله یک ردیف مساوی از ارقام در ساختار فایل منعکس می‌شوند. اولین خط فایل به رایانه می‌گوید که تصویر از ۱۰ ردیف و ۱۰ ستون تشکیل شده است و نیز حداکثر سلول برابر ۱ است. در این نمونه، ارزش صفر به سلولهای فاقد عارضه منسوب می‌گردد و ارزش ۱ برای سلولهای دارای عارضه به کار گرفته می‌شود. در یک نمونه ساده از ساختار داده‌های رستری مانند شکل (۳-۱)، عوارض مکانی متفاوت باید مانند لایه‌های داده‌ای مجزا ذخیره شوند [۱].

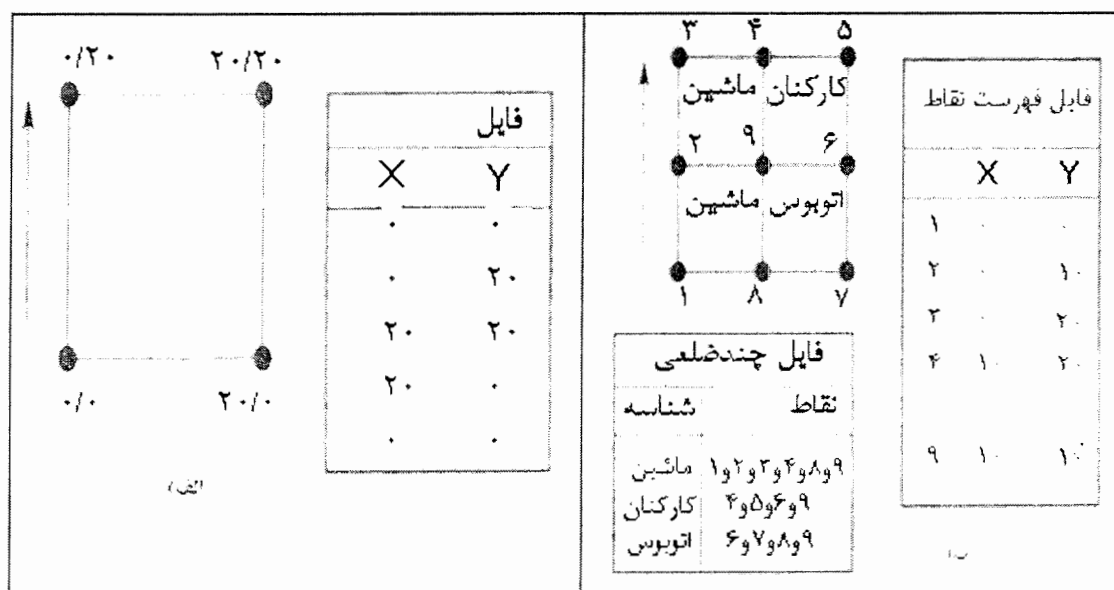
۳-۲-۲-۲- ساختار داده‌های برداری

ساده‌ترین ساختار داده‌های برداری که می‌تواند برای بازتولید یک تصویر جغرافیائی در رایانه به کار رود، فایل مشتمل بر جفت‌های مختصاتی (x,y) است که موقعیت عوارض نقطه‌ای منفرد (یا نقاط به کار رفته در ساختار خطوط یا نواحی) را نشان می‌دهد. شکل (۳-۲ الف) چنین ساختار داده‌های برداری را به عنوان نمونه در یک پارکینگ ماشین نشان می‌دهد. به این مسأله توجه داشته باشید که چگونه



شکل (۱-۳): ساختار ساده داده‌های رستری، (الف) مدل عارضه‌ای، (ب) ارزش‌های سلولی، (ج) ساختار فایل [۱]

یک دایره بسته از جفتهای مختصاتی برای تعریف مرز چندضلعی به کار می رود [۷]. محدودیت‌های ساختاری ساده داده‌های برداری، هنگام مواجهه با عوارض مکانی پیچیده‌تر نمایان می‌شود. برای نمونه، پارکینگ ماشین را که به دو منطقه پارک متفاوت تقسیم می‌شود در نظر بگیرید (شکل ۳-۲-ب). پارکینگ ماشین از تعدادی چندضلعی‌های هم‌جوار تشکیل شده است.



شکل (۲-۳): ساختار داده‌های برداری: (الف) ساختار ساده داده‌ها، (ب) فهرست نقاط [۷]

چنانچه ساختار ساده داده‌ها که در شکل (۳-۲-الف) نشان داده شده برای ثبت این عارضه به کار رود، در آن صورت خط مرزی مشترک میان چندضلعی‌های هم‌جوار دوباره ذخیره‌سازی می‌شود. این امر مشکل چندانی در این نمونه به وجود نمی‌آورد، ولی بی‌تردید برای نقشه ۵۲ ایالت آمریکا مسأله‌ساز خواهد بود. بنابراین میزان داده‌های تکراری باید مدنظر قرار گیرد. این روش به وسیله چندضلعی‌های هم‌جوار با جفتهای مختصاتی مشترک (نقاط) اصلاح می‌گردد. به این منظور، تمام نقاط موجود در ساختار داده‌ها باید به ترتیب شماره‌گذاری شوند و مرجع صحیحی داشته باشند تا به این ترتیب نقاط مرتبط با چندضلعی‌ها ثبت شوند. ساختار داده‌ها در شکل (۳-۲-ب) نشان می‌دهد که چگونه چنین رویکردی برای ذخیره‌سازی داده‌ها در مناطق متفاوت در پارکینگ ماشین به کار رفته است [۷].

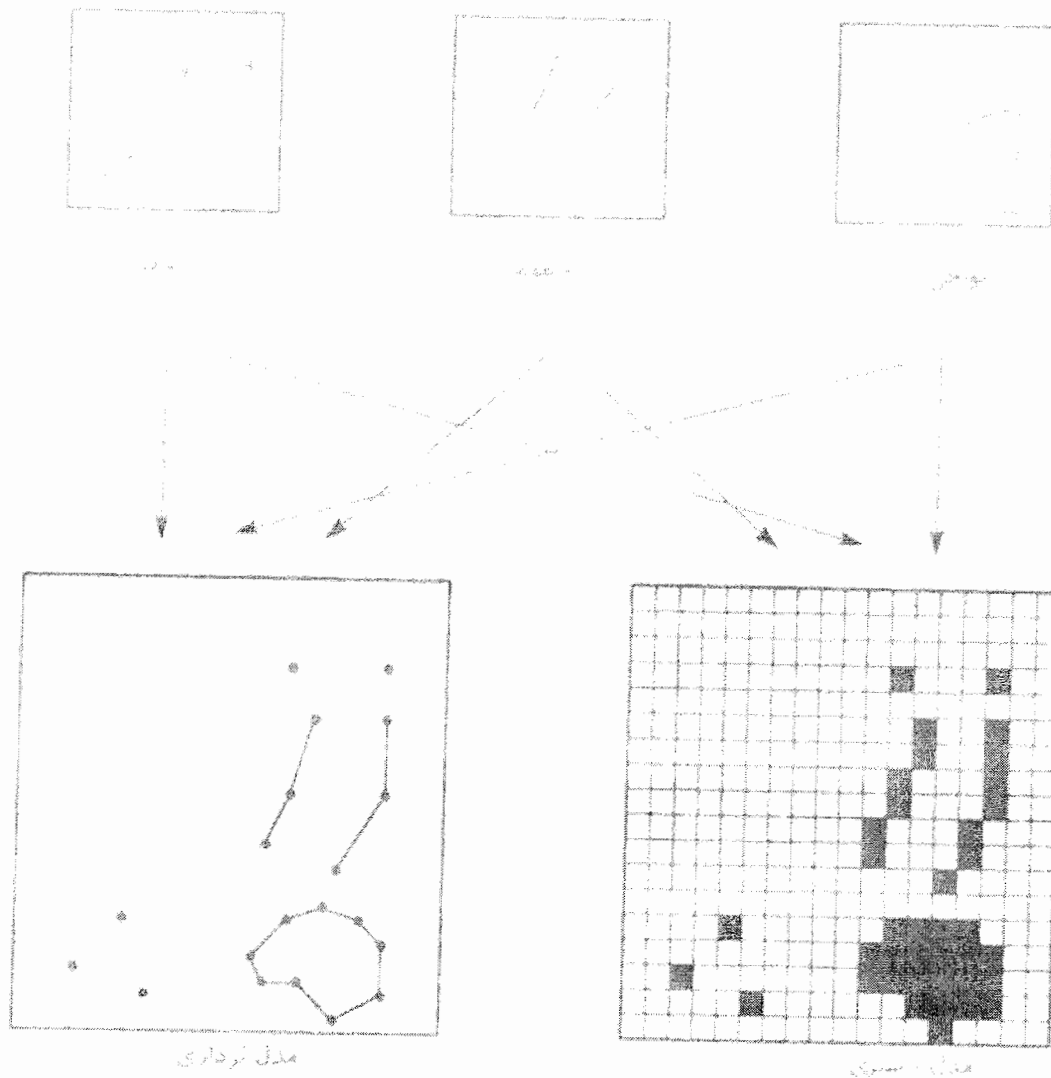
در شکل (۳-۳) نحوه نشان دادن سه مولفه نقطه، خط و ناحیه را در هر دو مدل رستری و برداری در کنار هم نشان می‌دهد.

۳-۲-۲-۳- مدیریت داده‌ها و شیوه تحلیل آنها

عملکردهائی که GIS باید بتواند انجام دهد، عبارتند از: ورودی، ذخیره سازی، مدیریت، تبدیل، تحلیل و خروجی داده‌ها [۹]. این موارد در سه بخش وارد کردن داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها و خروجی داده‌ها، به‌طور مجزا بیان خواهند شد.

۳-۲-۲-۳-۱- وارد کردن داده‌ها

ورودی داده‌ها، فرایند تبدیل داده‌ها از فرم موجود آن به فرمی است که در GIS قابل استفاده باشد. این عمل، شیوه کدگذاری داده‌ها در فرم رایانه‌خوان و نوشتار داده‌ها در پایگاه داده‌های GIS را شامل می‌شود. این فرایند مشتمل است بر روشهای تأیید صحت داده‌ها و روشهای تبدیل، برای اینکه داده‌های به‌دست‌آمده از منابع متفاوت، مورد استفاده قرار گیرند. GIS باید بتواند از عهده اداره دو نوع داده یعنی داده‌های گرافیکی و داده‌های توصیفی غیرمکانی برآید. داده‌های گرافیکی ویژگیهای مکانی عارضه جهان واقعی مدل‌سازی شده را توصیف می‌کند. داده‌های توصیفی غیرمکانی، آنچه را که عوارض نشان می‌دهد توصیف می‌کند، آنها آنچه را که مجموعه‌ای خاص از عوارض ارائه می‌دهند، در اختیار



شکل (۳-۳): نحوه نشان دادن نقاط، خطوط و نواحی در مدل رستری و برداری [۱]

رایانه می‌گذارند [۱].

ورودی و به‌هنگام‌سازی داده‌ها اغلب پرهزینه‌ترین و زمان‌برترین قسمت از هر پروژه GIS است و اهمیت و پیچیدگی آن را هرگز نباید دست‌کم گرفت. مهم‌ترین شیوه‌های واردسازی داده‌ها در GIS عبارتند از: ورود از طریق صفحه‌کلید، رقوم‌سازی دستی، رقوم‌سازی خودکار و انتقال الکترونیکی داده‌ها [۹].

ورود از صفحه‌کلید، همان ورودی داده‌ها به فایل در پایانه رایانه‌ای است. این روش برای داده‌های توصیفی که فقط در کاغذ موجود هستند، به کار گرفته می‌شود.

رایج‌ترین روش برای کدگذاری عوارض مکانی از نقشه‌های کاغذی، رقومی‌سازی دستی است. این روش برای زمانی که مجموعه‌ای از عوارض نقشه کاغذی مورد نیاز باشد، روش مناسبی است. رقومی‌سازی دستی به یک میز رقومی‌ساز نیاز دارد که به ایستگاه کاری رایانه مرتبط باشد.

رقومی‌سازی دستی فرآیندی وقت‌گیر و یکنواخت است. چنانچه شمار زیادی از نقشه‌های پیچیده نیاز به رقومی‌سازی داشته باشد، می‌توان با اسکن کردن نقشه و وارد کردن آن به رایانه عمل رقومی‌سازی را انجام داد، که به این عملیات رقومی‌سازی خودکار می‌گویند. البته شایان ذکر است که این عملیات بسیار پرهزینه‌تر از نوع دستی آن می‌باشد.

چنانچه کپی رقومی از داده‌های موردنیاز در فرمی سازگار با GIS قابل دسترس باشد، وارد کردن این داده‌ها به GIS، صرفاً مسأله‌ای برای انتقال الکترونیکی داده‌ها به‌شمار می‌آید. به هر حال بسیار محتمل است که داده‌های مورد نیاز در فرمت رقومی متفاوتی نسبت به آنچه که به وسیله GIS شناخته می‌شوند، ظاهر شوند. طی این فرآیند، داده‌ها به یک فرمت مناسب برای GIS تغییر داده می‌شوند [۱].

۳-۲-۲-۲-۲- تجزیه و تحلیل داده‌ها

این بخش، بدنه اصلی یک پروژه GIS را تشکیل می‌دهد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، می‌توان از عملیات مختلف و متفاوتی روی مجموعه داده‌ها استفاده کرد. در ادامه تعدادی از این عملیات که در این مطالعه نیز از آنها استفاده شده، به اختصار شرح داده خواهد شد.

۳-۲-۲-۳- اندازه‌گیری در GIS

محاسبه طول‌ها، محیط‌ها و نواحی از کاربردهای متداول GIS است [۱۰]. اندازه‌گیری طول یک گسل از نقشه رقومی کار نسبتاً ساده‌ای است. ممکن است اندازه‌گیری‌های متفاوتی بسته به نوع GIS به کار رفته (رستری یا برداری) و شیوه اندازه‌گیری حاصل شود. باید به خاطر داشت که تمام اندازه‌گیری‌های GIS تقریبی‌اند، زیرا داده‌های برداری از پاره‌خط‌های مستقیم ساخته شده است و تمام عوارض رستری با استفاده از نمادسازی سلول شبکه‌ای محاسبه می‌شوند.

۳-۲-۲-۳-۲-۲-۲- جستجو

انجام جستجو بر پایگاه داده‌های GIS به منظور بازیابی داده‌ها، بخشی ضروری در اکثر پروژه‌های GIS است. جستجو روشی برای بازیابی داده‌ها ارائه می‌دهد و بر داده‌هایی اعمال می‌شوند که در بانک اطلاعاتی GIS ذخیره شده‌اند و یا داده‌های جدید حاصل از تحلیل داده‌ها به‌شمار می‌آیند. در تمام مراحل تحلیل GIS جستجو برای کنترل کیفیت داده‌ها و نتایج به‌دست آمده مفید است [۷]. برای نمونه، اگر یک داده نقطه‌ای نشان‌دهنده هتل، به اشتباه بعد از کدگذاری در دریا واقع شده باشد، فرآیند جستجو صورت می‌گیرد. جستجو، این مسأله را نشان می‌دهد که نشانی هتل به اشتباه در پایگاه داده‌ها وارد شده است و موجب تخصیص یک مرجع مکانی نادرست گردیده است.

۳-۲-۲-۳-۲-۲-۲- رده‌بندی مجدد^۱

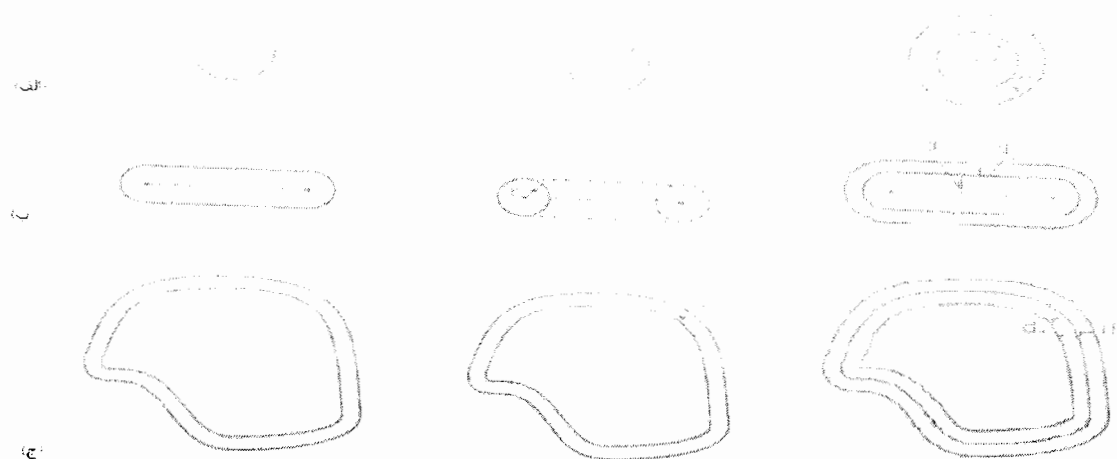
با رده‌بندی مجدد، کاربر می‌تواند ارزش داده‌های توصیفی و مکانی را برای منظور ویژه‌ای که دارد، تغییر دهد. به این ترتیب، با استفاده از این عملیات می‌توان از یک نقشه برای مقاصد مختلف بهره برد [۱]. به طور مثال در ابتدای یک پروژه، تمام واحدهای سنگی آذرین، با یک کد رده‌بندی می‌شوند، ولی در ادامه نیاز به جزئیات بیشتری احساس می‌شود. با رده‌بندی مجدد، می‌توان انواع سنگهای آذرین را در رده‌های متفاوت قرار داد.

۳-۲-۲-۳-۲-۲-۲- عملکردهای بافرینگ^۲ و مجاورت

طیفی از عملکردهای موجود در GIS به عارضه مکانی امکان می‌دهد تا بر عوارض مجاور خود تأثیر بگذارد یا اینکه عوارض مجاور بر ویژگی عارضه تأثیر گذارد. رایج‌ترین نمونه بافرینگ، همان ایجاد منطقه در اطراف یک عارضه به‌شمار می‌آید. چنانچه نقطه‌ای بافر شود، منطقه‌ای مدور ایجاد می‌شود. خطوط و نواحی بافرینگ، نواحی جدیدی را ایجاد می‌کنند [۱]. در شکل (۳-۴) عملیات بافرینگ روی نقاط، خطوط و نواحی نشان داده شده است.

۱) Reclassification

۲) Buffering



شکل (۳-۴): مناطق بافری اطراف عوارض؛ (الف) نقطه، (ب) خط و (ج) ناحیه [۱]

بافرینگ به لحاظ مفهومی بسیار ساده است ولی عملیات محاسبه‌ای پیچیده‌ای دارد. ایجاد مناطق بافر در اطراف عوارض نقطه‌ای آسان است، دایره‌ای با شعاع مورد نیاز به آسانی گرداگرد هر نقطه ترسیم می‌گردد. ایجاد مناطق بافر در اطراف عوارض ناحیه و خط پیچیده‌تر است. در برخی GIS ها این عملیات بوسیله ایجاد دایره با شعاع مطلوب در یک انتهای خط یا مرز ناحیه بافر انجام می‌گیرد. سپس این دایره در امتداد طول آن جزء حرکت داده می‌شود. مسیری که لبه دایره مماس بر خط می‌سازد، جهت تعیین مرز منطقه بافری به کار می‌رود [۱۰]. شکل (۳-۴) تنها اصلی‌ترین مجموعه عملیات بافر را نشان می‌دهد، زیرا تنوعات متعددی برای این موضوع وجود دارد.

۳-۲-۲-۳-۲-۵- تلفیق داده‌ها - هم‌پوشی نقشه

با استفاده از GIS برداشت دو لایه یا نقشه موضوعی متفاوت از ناحیه یکسان و هم‌پوشی آنها (یکی روی دیگری)، و تشکیل لایه جدید امکان‌پذیر می‌گردد. در هم‌پوشانی‌هایی که در آن مجموعه داده‌های مکانی جدیدی به وجود می‌آید، دو یا چند لایه داده‌های ورودی به صورت مختلف با هم تلفیق شده تا یک لایه داده خروجی جدید تشکیل گردد. این نوع هم‌پوشی در انواع روشها به کار می‌رود. همانند سایر عملیات و تحلیل‌ها در GIS، تفاوت‌هایی در شیوه هم‌پوشی‌های نقشه، میان جهان رستری و برداری وجود دارد. در سیستم‌های برداری، هم‌پوشی نقشه زمان‌گیر، پیچیده و مستلزم هزینه رایانه‌ای بسیار است، اما در سیستم‌های رستری، این امر متفاوت است، یعنی شیوه‌ای سریع، دقیق و کارآمد صورت می‌گیرد [۱].

۳-۲-۲-۳- خروجی در GIS

فرم خروجی داده‌های مورد استفاده، به محدودیتهای هزینه افرادی که از نتایج بهره‌مند می‌شوند و تسهیلات خروجی موجود بستگی دارد. یک مأخذ محلی داده‌ها ممکن است جداول، نمودارها و نقشه‌های ساده‌ای جهت ارتباط با مشاوران تولید کند، در حالیکه تولیدکنندگان حرفه‌ای نقشه‌ها، ممکن است نقشه‌های مفصلی برای چاپ تولید کنند. در سایر موارد، داده‌ها ممکن است در فرم رقومی، به منظور انتقال به سایر برنامه‌های نرم‌افزاری در تحلیل آماری، نشر رایانه‌ای یا تحلیلهای گسترده‌تر خارج شوند. به هر حال، اکثر خروجی‌های GIS به صورت نقشه است. این خروجی‌ها ممکن است در صفحه نمایش ارائه شود تا برای ارتباط فوری با افراد یا گروههای کوچک به طور رقومی ذخیره، عکسبرداری یا ترسیم شوند و نسخه چاپی دائمی به‌دست دهند [۹].

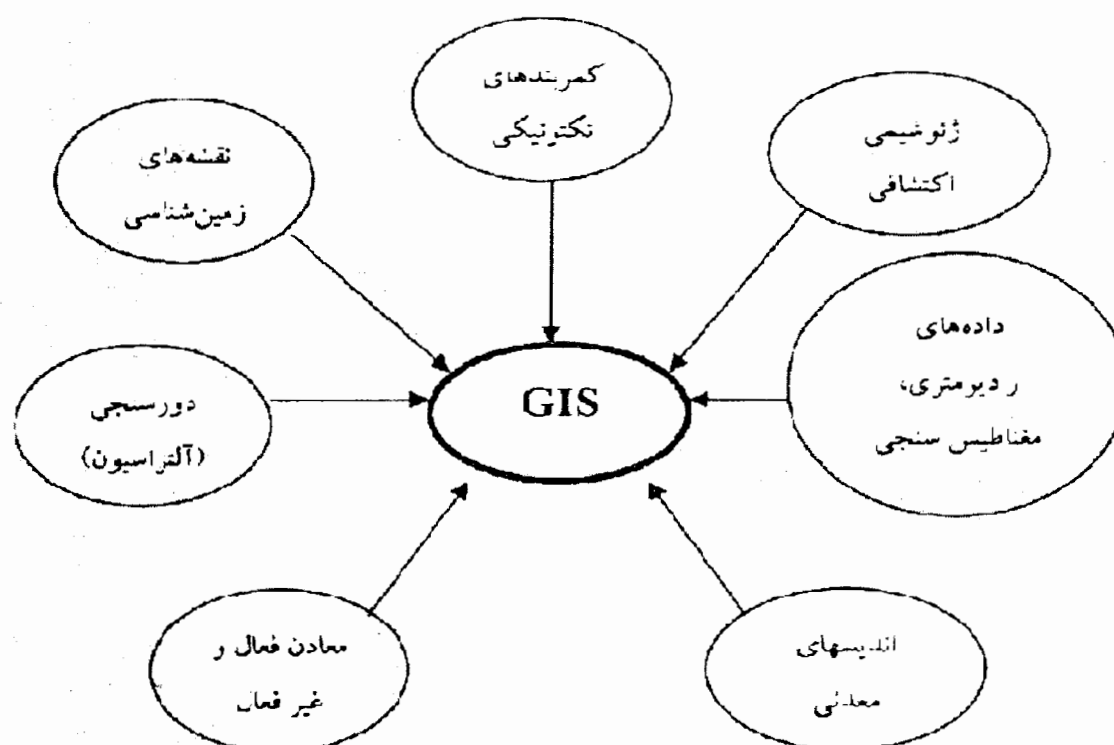
۳-۲-۳- کاربردهای GIS

با توجه به تعریف GIS، بسته به نوع و جنس داده‌های موجود، پروژه‌های بسیار متنوعی با استفاده از GIS می‌توان تعریف نمود. بنابراین محدوده کاری و کاربردهای GIS بسیار گسترده است. به‌عنوان نمونه، برخی از کاربردهای GIS، عبارتند از: طراحی حمل و نقل شهری و بین‌شهری، طراحی خدمات و مدیریت شهری، طراحی پشتیبان تاکتیکی برای سازمانهای دفاعی، تحلیل و ارزیابی سهام بازار، بازاریابی انواع کالاها و خدمات، مدیریت شبکه، ارتباطات راه دور، انتخاب سایت انهدام زباله، مدیریت منابع، ارزیابی خطرات طبیعی و زیست‌محیطی، اکتشاف مواد معدنی و... . همان‌طور که اشاره شد، یکی از کاربردهای GIS، در اکتشاف مواد معدنی است. در این مطالعه از GIS برای این منظور استفاده می‌گردد، به همین دلیل، در بخش بعدی توضیحات بیشتری در این زمینه بیان خواهد شد.

۳-۲-۳-۱- کاربرد GIS در اکتشاف مواد معدنی

در اکتشاف مواد معدنی از GIS، برای تلفیق داده‌ها و معرفی مناطق بهینه برای ادامه عملیات

اکتشافی استفاده می‌گردد. برای این کار، از تمامی داده‌های اکتشافی در منطقه موردنظر استفاده کرده و با تلفیق این اطلاعات، نقشه پتانسیل مواد معدنی تهیه می‌گردد [۲]. در شکل (۳-۵)، نوع اطلاعاتی که در اکتشاف ذخایر معدنی وارد سیستم GIS می‌شوند، در قالب عناوین اصلی مشخص شده‌اند.



شکل (۳-۵): انواع اطلاعاتی که در اکتشاف ذخایر معدنی وارد سیستم GIS می‌شوند [۱۱].

همان‌طور که در شکل (۳-۵) مشاهده می‌شود، داده‌های متفاوتی در سیستم GIS وارد می‌گردند و به اکتشاف مواد معدنی کمک می‌کنند. یکی از روش‌هایی که در تهیه نقشه پتانسیل مواد معدنی توسط GIS مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش وزن‌های نشانگر^۱ می‌باشد. در این مطالعه، از این روش استفاده می‌گردد، به همین دلیل در ادامه توضیحاتی در مورد این روش ارائه می‌شود.

۱) Weights of Evidence

۳-۲-۴- روش وزن‌های نشانگر

برای به حداقل رساندن تأثیر یک موضوع در تعیین وابستگی فضائی بین ذخایر معدنی و مشخصات زمین‌شناسی، باید یک روش کمی مورد استفاده قرار گیرد. وزن‌های نشانگر، یک روش کمی وابسته به داده است، که برای ترکیب مجموعه‌ای از داده‌ها به کار می‌رود. این روش، از یک شکل خطی از مدل احتمال بیسین^۱ برای تخمین اهمیت نسبی نشانگرها به وسیله میانگین‌های آماری استفاده می‌کند. این روش برای ترکیب نشانگرها با ترتیبهای گوناگون مانند عیب‌شناسی طبی، زیست‌محیطی و زمین‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته است [۱۲]. در روش بیسین، احتمالهای متقدم و متأخر، از مفاهیم بسیار مهم هستند. در یک ناحیه که مورد مطالعه واقع می‌شود و شامل تعداد معینی ذخیره معدنی می‌باشد، احتمال متقدم عبارتست از احتمال وجود یک ذخیره در هر واحد از ناحیه، که برابر است با نسبت تعداد ذخایر به کل ناحیه مورد مطالعه. این ارزیابی اولیه ممکن است در مراحل بعدی و در نواحی مختلف با استفاده از سایر نشانگرها کم یا زیاد شود. احتمال متقدم می‌تواند در یک فاکتور ضرب شود تا احتمال متأخر به دست آید، این فاکتور از وجود یک ذخیره به عنوان نشانگر به دست می‌آید. این احتمال متأخر می‌تواند مجدداً در یک فاکتور دیگر (که از یک نشانگر دیگر محاسبه می‌شود) ضرب شود، در این روش از احتمال متقدم برای به دست آوردن یک احتمال متأخر دوم استفاده می‌شود [۱۳].

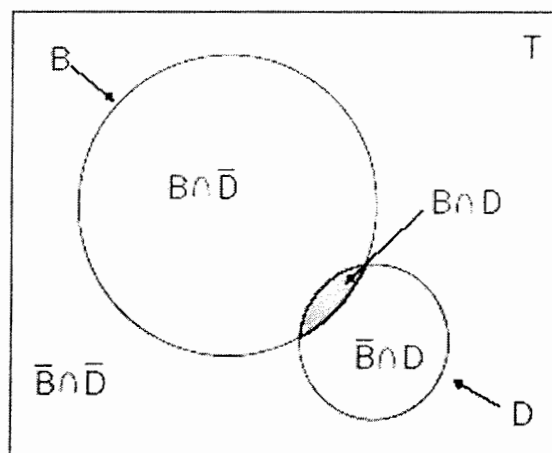
۳-۲-۴-۱- محاسبات وزن‌های نشانگر

در یک منطقه مورد مطالعه که در شکل (۳-۶) با T نشان داده شده است، $N\{T\}$ عبارتست از تعداد سلول‌های واحد کل منطقه و $N\{D\}$ تعداد ذخایر موجود در منطقه می‌باشد. فرض بر این است که هر ذخیره، یک واحد سطح (یک سلول واحد) را اشغال می‌کند [۱۲ و ۱۳].

احتمال این که یک واحد سطح انتخاب شده در نقشه، شامل ذخیره معدنی باشد، در صورتیکه هیچ اطلاعات دیگری در دسترس نباشد، عبارتست از:

$$P\{D\} = N\{D\} / N\{T\} \quad \text{رابطه (۳-۱)}$$

۱) Bayesian



شکل (۳-۶): نمودار ون^۱ از یک ناحیه مورد مطالعه (T) [۱۲].

رابطه (۳-۱) به عنوان احتمال متقدم وجود یک ذخیره محسوب می شود. اگر یک نقشه دوتائی، یک نشانگر جدید را معرفی کند و B، این نشانگر جدید باشد، احتمال پیدا کردن یک ذخیره جدید که نشانگر جدید در آن حضور داشته باشد، برابر است با یک احتمال شرطی (متأخر) و به صورت زیر [۹]:

$$P\langle D|B \rangle = \frac{P\{D \cap B\}}{P\{B\}} = P\{D\} \frac{P\langle B|D \rangle}{P\{B\}} \quad \text{رابطه (۳-۲)}$$

از طرف دیگر، احتمال متأخر در صورتیکه نشانگر جدید B حضور نداشته باشد، عبارتست از:

$$P\langle D|\bar{B} \rangle = \frac{P\{D \cap \bar{B}\}}{P\{\bar{B}\}} = P\{D\} \frac{P\langle \bar{B}|D \rangle}{P\{\bar{B}\}} \quad \text{رابطه (۳-۳)}$$

O که عبارتست از اتفاقات یک ذخیره معدنی، به صورت زیر نشان داده می شود.

$$O = \frac{P}{1-P} \quad \text{رابطه (۳-۴)}$$

بنابراین، با توجه به روابط (۳-۲) و (۳-۳)، اتفاقات یک ذخیره معدنی، به ترتیب با حضور و عدم حضور نشانگر B برابر است با [۱۴]:

$$O\langle D|B \rangle = O\{D\} \frac{P\langle B|D \rangle}{P\langle B|\bar{D} \rangle} \quad \text{رابطه (۳-۵)}$$

$$O\langle D|\bar{B} \rangle = O\{D\} \frac{P\langle \bar{B}|D \rangle}{P\langle \bar{B}|\bar{D} \rangle} \quad \text{رابطه (۳-۶)}$$

۱) Venn

که در رابطه (۳-۵)، $O\langle D|B \rangle$ ، اتفاقات مشروط (متأخر) D با معلوم بودن B، $O\{D\}$ اتفاقات متقدم D، $\frac{P\langle B|D \rangle}{P\langle B|\bar{D} \rangle}$ به نسبت کفایت^۱ (LS) معروف است. در رابطه (۳-۶)، $O\langle D|\bar{B} \rangle$ اتفاقات مشروط D با

عدم حضور B و نسبت $\frac{P\langle \bar{B}|D \rangle}{P\langle \bar{B}|\bar{D} \rangle}$ لگاریتم طبیعی نسبت لزوم^۲ (LN) گفته می‌شود. همچنین LS و

LN نسبت‌های احتمال^۳ نامیده می‌شوند [۱۲].

روش وزن‌های نشانگر از لگاریتم طبیعی احتمالات که به لوجیت^۴ معروفند استفاده می‌کند. در این روش لگاریتم طبیعی هر دو طرف رابطه (۳-۵) گرفته می‌شود و Loge LS وزن مثبت نشانگر (W^+) و Loge LN وزن منفی نشانگر (W^-) است که به کمک داده‌ها محاسبه می‌شود. در این صورت داریم [۱۲]:

$$\text{Logit}\langle D|B \rangle = \text{Logit}\{D\} + W^+ \quad \text{رابطه (۳-۷)}$$

اگر لگاریتم طبیعی هر دو طرف رابطه (۳-۶) گرفته شود، نیز داریم:

$$\text{Logit}\langle D|\bar{B} \rangle = \text{Logit}\{D\} + W^- \quad \text{رابطه (۳-۸)}$$

چندین نکته مهم در روابط بالا حائز اهمیت هستند، که عبارتند از [۹]:

- ۱- مقدار LS بزرگتر از یک است در حالیکه LN در محدوده صفر و یک قرار دارد. این امر خاطر نشان می‌کند که حضور الگوی دوتائی B نشانگر مثبت و مهم برای ذخایر و انباشته‌های معدنی است. با این حال اگر الگو به طور منفی با ذخایر تطبیق داده شود، LN بزرگتر از یک و LS در محدوده صفر و یک قرار می‌گیرد. اگر الگو با ذخایر تطبیق داده نشود، در این صورت $LS=LN=1$ و احتمال متأخر با احتمال متقدم برابر می‌شود و احتمال یک ذخیره معدنی مستقل از حضور یا عدم حضور الگوی دوتائی خواهد بود.

۱) Logarithm Sufficiency ratio

۲) Logarithm Necessity ratio

۳) Like lihood ratios

۴) Logit

۲- به همین ترتیب W^+ مثبت و W^- منفی است که به علت تطابق مثبت بین نقاط و الگوی جفت است. برعکس، در موردی که به طور تصادفی انتظار می‌رود نقاط کمتری در آن بر روی الگو وجود داشته باشد W^- مثبت و W^+ منفی خواهد بود. اگر انباشته‌ها از حضور یا عدم حضور الگو مستقل و بی‌نیاز باشند در این صورت $W^+=W^-=0$ و مانند بالا متقدم مساوی متأخر خواهند بود.

احتمال مشروط ذخیره معدنی موجود با حضور دو یا چند الگوی نقشه‌ای پیش‌بینی‌کننده نیز از همین روابط، ولی با بسط و گستردگی بیشتری استفاده می‌کنند. تفاضل W^+ و W^- ، تباین یا کنتراست^{۱)} (C) نام دارد. کنتراست پارامتری است که معرف وضعیت کلی همراهی یا عدم همراهی نقاط موردنظر با کلاسهای خاص از نقشه می‌باشد و هرچه بزرگتر باشد معرفتر است. پس از انجام محاسبات مربوط به تجزیه و تحلیل وزن‌های نشانگر و انتخاب بالاترین کنتراست‌ها، برای هر نقشه، یک نقشه دوتائی تهیه می‌شود. سپس این نقشه‌ها تلفیق شده و مقادیر $P\{D|B\}$ برای همه سلولهای واحد محاسبه می‌شود و در نهایت نقشه‌ای تهیه می‌گردد که نشان‌دهنده توزیع احتمال تجربی وجود یک اندیس معدنی در واحد مساحت (هر سلول) ناحیه مورد مطالعه می‌باشد [۱۵].

۳-۳- سنجش از دور

برای رسیدن به توسعه پایدار، پنج زیرمجموعه منابع، محیط، جمعیت، اقتصاد و اجتماع نقش دارند. منابع به دلیل محدودیت، عامل مهمی به‌شمار می‌روند. محیط بخش مهمی از این سیستم را به خود اختصاص می‌دهد و حفاظت از آن، شرط اصلی توسعه پایدار است. از جمله راههای کسب اطلاعات از محیط، به‌کارگیری فن‌آوری سنجش از دور و تلفیق آن با سامانه اطلاعات جغرافیائی است. ماهواره‌ها می‌توانند اطلاعاتی در چند بعد، چند مقیاس و چند طیف تهیه کنند که این ویژگیها به اهمیت و نقش آنها می‌افزاید. امروزه شناسائی و مطالعه اجسام و پدیده‌هایی با وسعت کمتر از یک متر، موجب تحول سنجش از دور شده است [۱۶].

۱) Contrast

با استفاده از سنجش از دور، می‌توان با هزینه و زمان کمتر، طیف وسیعی از پروژه‌ها را در سطح جهانی، منطقه‌ای، استانی و محلی به نتیجه رساند. علاوه بر این، قابلیت تکرار اخذ داده‌های ماهواره‌ای به فاصله زمانی چند ساعت تا چند روز در طول ماه یا سال، امکان مطالعات تغییرات و پایش پدیده‌های زمینی را به خوبی فراهم ساخته است.

استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به دلیل میدان دید فرمانطقه‌ای، تکرار داده‌ها در مدت زمان کم، دسترسی آسان، چندبندی بودن، توانائی بارزسازی و فراهم نمودن تصاویر رنگی جهت مشخص کردن واحدها و پدیده‌های مختلف و ... سبب صرفه‌جویی در زمان، هزینه و نیروی انسانی در بررسیهای مختلف شده است [۱۷].

۳-۳-۱- تعریف سنجش از دور

«سنجش از دور عبارت است از علم و هنر کسب اطلاعات در مورد اجسام، اراضی یا پدیده‌های مختلف، به کمک جمع‌آوری اطلاعات از آنها، البته بدون تماس با پدیده‌های تحت بررسی و به‌طور خلاصه «علم و هنر کسب اطلاعات از پدیده‌ها یا اجسام بدون تماس با آنها». در منابع زمینی سنجش از دور عبارت است از به‌کارگیری عکسهای هوایی، عکسهای فضائی و تصاویر تهیه‌شده از اطلاعات ماهواره‌ای برای تفسیر و شناسائی و کسب اطلاعات از پدیده‌ها. به بیان دیگر با استفاده از هواپیما یا فضاپیما، تصاویری از منابع زمینی تهیه می‌شود و مورد تفسیر واقع می‌گردد و در حالت دیگر، اطلاعات حاصل از ماهواره‌ها به عکس تبدیل شده و یا مستقیماً به کمک کامپیوتر مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند [۱۸].

۳-۳-۲- مولفه‌های سنجش از دور

هنگامی که تعریف سنجش از دور گستره وسیعی از تکنولوژی‌ها را شرح می‌دهد، تمام تکنولوژی‌های سنجش از دور بر پایه مفاهیم عمومی معینی استوار است و تمام سیستمهای سنجش از دور، شامل یک هدف، یک منبع انرژی، مسیر ارسال اطلاعات و یک دریافت‌کننده هستند. هدف، شیء یا ماده‌ای است که مورد مطالعه واقع می‌شود. اجزاء مختلف در سیستم معرفی‌شده با هم کار می‌کنند تا

اطلاعاتی در مورد هدف، اندازه‌گیری و ثبت کنند، البته بدون این که تماس فیزیکی با هدف موردنظر داشته باشند. وجود یک منبع انرژی ضروری است، که این منبع، انرژی الکترومغناطیسی را به سمت هدف تأمین می‌کند. بسته به خاصیت هدف و پدیده تابش (تشنع) اتفاق افتاده، این انرژی روی هدف اثر کرده و به عنوان واسطه بین انتقال اطلاعات از هدف به گیرنده (دریافت کننده) عمل می‌کند. گیرنده در فاصله بسیار دور قرار گرفته و تابشهای الکترومغناطیسی را ثبت و جمع‌آوری می‌کند. گیرنده‌ها برای اندازه‌گیری انرژی‌ای که از سمت هدف منتشر یا منعکس می‌شود، به کار می‌روند. یک بار که انرژی ثبت شد، مجموعه داده‌های به دست آمده به ایستگاه گیرنده منتقل می‌شود، جایی که داده‌ها به فرمت قابل استفاده‌ای پردازش می‌شوند، که اغلب مانند یک تصویر هستند. سپس تصویر به دست آمده تفسیر شده تا اطلاعاتی در مورد هدف، استخراج شود. این تفسیر می‌تواند به صورت چشمی یا الکترونیکی توسط کامپیوتر و نرم‌افزار پردازش تصاویر انجام گیرد [۱۹].

اطلاعات سنجش از دور (اطلاعات ماهواره‌ای)، ماهیت تصویری یا رقومی دارند که در صورت دارا بودن ماهیت تصویری، بازتابهای امواج الکترومغناطیسی از اجسام بر صفحه فیلم اثر گذاشته و پس از عملیات ظهور و چاپ، به عکس تبدیل می‌شود. اطلاعاتی که ماهیت رقومی دارند، حاصل بازتابهای طیفی امواج الکترومغناطیسی هستند که از سطح پدیده‌های زمینی منعکس یا بازتابش شده و توسط سنجنده ماهواره‌ها ثبت می‌شوند. با انجام عملیات لازم روی داده‌های رقومی، می‌توان آنها را به تصاویر و در نهایت نقشه‌هایی تبدیل کرد که کاربردهای مختلفی در علوم زمین داشته باشند. کاربرد چنین داده‌هایی به تمامی پدیده‌های زمینی مانند پوشش گیاهی، خاکهای سطحی، سنگها، کانیها یا آب مرتبط است. البته سنجش از دور، مواد و پدیده‌های زمین را مستقیماً شناسائی نمی‌کند، بلکه با مطالعه وضعیت و ویژگیهای مختلف انرژی اندازه‌گیری شده ناشی از بازتابها، ماهیت پدیده‌ها و اجسام استنباط می‌شود. ماهیت و خصوصیات امواج الکترومغناطیس در برخورد با جو، در مسیر حرکت از خورشید به طرف زمین یا بازگشت آن به سوی سنجنده تعبیه شده در هواپیما یا ماهواره تغییراتی می‌کند و واکنش متقابل بین امواج الکترومغناطیس با پدیده‌ها و مواد سطحی زمین، علم و فن سنجش از دور را با مشکلات و پیچیدگی‌هایی مواجه می‌سازد [۲۰].

۳-۳-۳- تاریخچه سنجش از دور

بسیاری از متخصصان زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، جغرافیا، گیاه‌شناسی و جنگلداری فن تفسیر عکسهای هوایی را از سال ۱۹۳۴، پس از انتشار مجله مهندسی فتوگرامتری در آمریکا شروع کردند و در دهه پنجاه، عکسبرداری مادون قرمز برای مطالعات پوشش گیاهی رونق گرفت. با در مدار قرار گرفتن ماهواره مطالعاتی بدون سرنشین TIROS^۱ در آوریل سال ۱۹۶۰، دورسنجی فضائی وارد مرحله تازه‌ای شد. از این سال به بعد، پیشرفتهای چشمگیری در زمینه در مدار قرار دادن ماهواره‌های مختلف حاصل شده است. اولین ماهواره منابع زمینی، توسط آمریکا در ۲۳ ژوئیه ۱۹۷۲ (اول مرداد ماه ۱۳۵۱) به نام ERTS^۲ به فضا پرتاب شد و بعدها به لندست ۱ تغییر نام داد. سپس ماهواره‌های لندست بعدی به فضا پرتاب شدند، به‌طوری‌که تاکنون ۷ ماهواره از این سری که آخرین آنها لندست ۷ می باشد، به فضا پرتاب شده است. پرتاب اسپات^۳ فرانسه با همکاری سوئد و بلژیک در سال ۱۹۸۶ انجام گرفت و پس از آن، انحصار ماهواره‌های سنجش از دور شکسته شد. هم‌اکنون بسیاری از کشورها مانند ژاپن، هند، کانادا و چین، ماهواره‌های پیشرفته را طراحی و در مدار قرار داده‌اند [۱۶]. بنا به استفاده از داده‌های ماهواره لندست در این مطالعه، مشخصات این ماهواره و سنجنده‌های مختلف آن بیشتر شرح داده خواهد شد.

۳-۳-۴- ماهواره لندست

ماهواره‌های لندست که توسط سازمان ملی هوانوردی و فضاءوردی آمریکا^۴ طراحی و در مدار قرار گرفته‌اند، شامل دو نسل هستند، که ماهواره‌های لندست ۱، ۲ و ۳ را ماهواره‌های نسل اول و ماهواره‌های لندست ۴ و ۵ را ماهواره‌های نسل دوم می‌گویند. ماهواره‌های نسل اول، مشابه همدیگر، با قطر حدوداً ۱/۵ متر و بلندی تقریباً ۳ متر و وزن حدود ۹۵۳ کیلوگرم می‌باشند. ماهواره لندست ۷ نیز در مدار قرار گرفته و فعال است. این ماهواره‌ها در مدارهای خورشیدآهنگ^۵ در هر ۹۹ دقیقه یک بار به

۱) Television & infrared observation satellite

۲) Earth resources technology satellite

۳) Spot

۴) NASA

۵) Sun - synchronous

دور زمین گردش می کنند و مدار گردش این ماهواره ها به گونه ای انتخاب شده که در ساعت ۹:۴۵ به وقت محلی از بالای خط استوا عبور می کنند. این ماهواره ها در هر گذر، نواری به عرض ۱۸۵ کیلومتر را پوشش می دهند. تهیه پوشش کامل زمین ۱۶ روز طول می کشد [۱۶].

۳-۳-۴-۱- مشخصات سنجنده های لندست

سنجنده MSS^۱ یا اسکن کننده چندطیفی، به صورت نوارهایی در جهت عمود بر مسیر پرواز ماهواره تصویربرداری می کند. در سنجنده های MSS ماهواره های نسل اول لندست، آینه ای متحرک نصب شده که دارای حرکت غرب به شرق است و امواج منعکس شده از یک نوار به پهنای ۴۷۴ متر (در شش نوار کوچکتر و هر نوار به پهنای ۷۹ متر تقسیم می شود)، به آینه می رسد. در لندست های ۱ و ۲ که در ۴ باند تصویربرداری می کنند، میدان دید لحظه ای برابر با ۷۹×۷۹ متر در روی زمین است. اما به دلیل پوشش مشترک قطعات ۷۹×۷۹ متری، اطلاعات در ابعاد ۵۶×۷۹ متر توسط ثبت کننده سنجنده ثبت می گردد که به آن یک پیکسل^۲ یا قدرت تفکیک زمینی نیز می گویند. این واژه به معنی حداقل مساحتی از زمین که قابل تشخیص است یا کوچکترین عنصر تشکیل دهنده تصویر نیز به کار می رود [۲۱].

سنجنده TM^۳ که نوع پیشرفته ای از سنجنده MSS است، علاوه بر آنکه قدرت تفکیک مکانی آن بهبود یافته، قدرت تفکیک طیفی و رادیومتری آن نیز افزایش یافته است. با توجه به بهبودهای حاصله در TM از لحاظ قدرت تفکیک مکانی، طیفی و رادیومتری، سولومونسون^۴ در سال ۱۹۸۴ بر اساس تجزیه و تحلیل ها و نتایج مختلف نتیجه گرفت که TM از لحاظ فراهم ساختن اطلاعات در مقایسه با MSS، توانائی دو برابر دارد و این توانائی موجب می شود تعداد کلاسهای قابل تفکیک در منطقه مورد مطالعه به دو برابر افزایش یابد [۱۶].

ماهواره لندست ۷ مجهز به سنجنده ای به نام نقشه بردار موضوعی بهبود یافته یا ETM+^۵ است.

۱) Multispectral scanner

۲) Pixel

۳) Thematic mapper

۴) Solomonson

۵) Enhanced thematic mapper plus

سنجنده ETM+ در مقایسه با سنجنده TM لندست‌های ۴ و ۵ قابلیت‌های ویژه‌ای دارد [۲۲]:

- وجود باند پانکروماتیک^۱ با محدوده طیفی ۰/۹۰ - ۰/۵۲ میکرومتر و قدرت تفکیک ۱۵ متر.
- بهبود قدرت تفکیک مکانی باند حرارتی از ۱۲۰ متر به ۶۰ متر.
- وجود تنظیم‌کننده که تنظیم و تبدیل انرژی رادیومتری داده‌های سنجنده را بهبود می‌بخشد.

در جدول (۱-۳) مشخصات ماهواره لندست ۷ و سنجنده ETM+ آورده شده است.

جدول (۱-۳): مشخصات ماهواره لندست ۷ و سنجنده ETM+ [۱۶]

شماره باند	محدوده طیفی (میکرومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱	۰/۴۵ - ۰/۵۱۵	۳۰
۲	۰/۵۲۵ - ۰/۶۰۵	۳۰
۳	۰/۶۳ - ۰/۶۹	۳۰
۴	۰/۷۵ - ۰/۹۰	۳۰
۵	۱/۵۵ - ۱/۷۵	۳۰
۶	۱۰/۴ - ۱۲/۵	۶۰
۷	۲/۰۹ - ۲/۳۵	۳۰
پانکروماتیک	۰/۵۲ - ۰/۹۰	۱۵

۳-۳-۵- پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در بسیاری از موارد، تصاویر سنجش از دور معمولاً به‌طور ساده (همان‌طوری که هستند) استفاده می‌شوند. تفسیر چشمی یک تصویر می‌تواند اطلاعات مفیدی را فراهم نماید. ولی در خیلی موارد تغییرات عمقی تصویر به‌قدری پنهان هستند که چشم نمی‌تواند آنها را تشخیص دهد و داده‌های

۱) Pan chromatic

ضبط شده تصویر برای نشان دادن اطلاعات غیرقابل دید خود، احتیاج به پردازش دارند [۲۳]. در فصل چهارم در مورد پردازش تصاویر ماهواره‌ای و مقدماتی که جهت انجام یک پروژه دورسنجی ضروری است، به طور مفصل بحث خواهد شد.

عملیات پردازش تصاویر ماهواره‌ای به دلیل حجم بالای اطلاعات، توسط رایانه و با استفاده از نرم-افزارهای مخصوص این کار انجام می‌گیرد. برخی از نرم‌افزارهای موجود برای پردازش تصاویر ماهواره-ای عبارتند از: Geomatica، ERmapper، Erdas، ENVI و ... : در این مطالعه از نرم‌افزار Geomatica-V8.1 استفاده شده است.

۳-۳-۶- کاربرد سنجش از دور

امروزه اکثر کشورهای در حال رشد و پیشرفته جهان، از اطلاعات ماهواره‌ای در موارد گوناگون استفاده می‌کنند که اهم آنها عبارتند از [۲۱]:

- مطالعات جنگل و بررسی تغییرات آن
- مطالعات مراتع و بررسی تغییرات آن
- شناسایی محصولات کشاورزی و برآورد سطح زیر کشت آنها
- شناسایی مناطق دست‌خوش آفات و بیماری‌های گیاهی و مناطق آتش‌سوزی
- پیش‌بینی محصولات کشاورزی
- تهیه نقشه‌های مختلف از جمله کاربری اراضی، قابلیت اراضی و غیره
- کنترل مناطق شهری و نحوه گسترش شهرها
- مطالعه آبهای سطحی و شبکه رودخانه‌ها و بررسی تغییرات آبهای ساحلی
- بررسی سیل و طغیان‌های آبی و خسارات ناشی از آنها
- مطالعه مربوط به شیلات و آبزیان
- شناسایی معادن و مطالعه تغییرات حوزه‌های معدنی
- مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافات مواد معدنی
- تهیه و تدارک اطلاعات مورد نیاز سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

۳-۳-۶-۱-۳- شناسائی مناطق دارای دگرسانی

از معیارهای پی‌جوئی و اکتشافات معدنی به ویژه در کانسارهای گرمابی، پدیده‌های دگرسانی می‌باشد. پدیده دگرسانی بر اساس انواع مختلفی که ظاهر می‌شود می‌تواند بیانگر تمرکز محلی برخی از پدیده‌های کانی‌زائی در منطقه باشد، لذا شناخت چنین آثاری می‌تواند راه‌گشای امر اکتشاف مواد معدنی به ویژه فلزی باشد. با توجه به اینکه پدیده‌های دگرسانی در اثر عملکرد محلولهای گرمابی و یا توده‌های آذرین ایجاد می‌شوند، لذا شناخت دگرسانی‌ها می‌تواند راهنمای مناسبی جهت یافتن نقاط تجمع و تمرکز توده‌های آذرین باشد [۲۳].

در فصل بعدی در مورد چگونگی تفکیک واحدهای سنگی، شناسائی خطواره‌ها و گسلها و شناسائی مناطق دارای دگرسانی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای شرح بیشتری داده خواهد شد.

فصل چهارم

بررسیهای دورسنجی ناحیه ترود - معلمان

۴-۱- مقدمه

در فصل قبل اطلاعات اولیه و مقدماتی در مورد سنجش از دور بیان شد، در این فصل سعی بر این است تا مراحل انجام پروژه دورسنجی در اکتشاف مواد معدنی منطقه ترود - معلمان بیان شود. جهت آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای به منظور مطالعات دورسنجی چهار مرحله اصلی، باید به‌ترتیب اجرا شود، تا اطلاعات مناسب حاصل شود. این چهار روش عبارتند از: گردآوری داده‌های خام، تصحیح داده‌های ماهواره‌ای، پردازش داده‌ها و تفسیر تصاویر.

۴-۲- گردآوری داده‌های خام

جهت انجام هر کار علمی، در وهله اول ضروری است که اطلاعات اولیه موجود و مورد نیاز جمع‌آوری گردد. فن‌آوری دورسنجی نیز همانند سایر روشها، همگام و هماهنگ با نیازها رشد کرده، به نحوی که امروزه توانسته اطلاعات متناسبی را در اختیار استفاده‌کنندگان قرار دهد. در چند دهه اخیر پیشرفتهای زیادی در زمینه علوم و فنون دورسنجی و ماهواره‌ها انجام شده و اطلاعات گرانبهائی از طریق ماهواره‌های مختلف منابع زمینی به ویژه لندست، اسپات، ایکونوس و به‌دست آمده است. اطلاعات و داده‌های این پایان‌نامه بر پایه تازه‌ترین اطلاعات رقومی سنجنده آشکارساز موضوعی یا ETM+ ماهواره لندست ۷ به شماره گذر ۱۶۲ و ردیف ۳۵ مربوط به تاریخ ۲۶ آوریل ۲۰۰۰ استوار است.

۴-۳- تصحیح داده‌های ماهواره‌ای

داده‌های خام برداشت شده توسط سنجنده‌ها، با وجود تصحیحات اولیه در ایستگاههای زمینی، با نواقصی همراه است که پیش از پردازش اطلاعات، ضروری است این کمبودها برطرف گردد. این تصحیحات به بخشهای گوناگون تقسیم می‌شود که در ادامه به آنها پرداخته خواهد شد.

۴-۳-۱- تصحیح داده‌ای

هدف از این تصحیحات، مرمت تصاویری است که به دلیل خطای ابزار اسکن‌کننده و یا بروز اشتباه در

مراحل بعدی انتقال، ثبت و نسخه برداری، خطهای گمشده ای در آنها بروز کرده باشد. این گونه خطاها با استفاده از ارزش عددی خطوط قبل و بعد خط یا خطوط گمشده، قابل ترمیم است. این عمل به کمک دستور خاصی در نرم افزار پردازشگر امکان پذیر است [۱۷].

۴-۳-۲- تصحیح پراکنش اتمسفری

اتمافر بر روی طول موجهای کوتاهتر از 0.5 میکرومتر، بیشترین و طول موجهای بلندتر، کمترین تأثیر پراکنشی را دارد. پراکنش اتمسفری سبب پایین آمدن تباین در شکل می شود؛ به عبارتی موجب روشنایی اضافی شکل شده و در نتیجه مشکلاتی برای شناسائی پدیده ها ایجاد می کند. پراکنش اتمسفری بر هر کدام از باندها اثر متفاوت دارد. برای مثال باند آبی TM_1 بیشتر از دیگر باندها تحت تأثیر قرار می گیرد و TM_7 کمترین پراکنش اتمسفری را دارد. دو روش اصلی برای تصحیح اتمسفری وجود دارد. اولین روش با استفاده از هیستوگرام است که در این روش، هیستوگرامهای باندها به صورت مجزا محاسبه و ترسیم می گردد. معمولاً مناطقی که از آب صاف یا سایه و بازالت تیره تشکیل شده باشد، دارای انعکاس پایین است. پیکسل های این مناطق در طول موج مادون قرمز نزدیک، DN^1 های نزدیک به صفر دارند. چنانچه هیستوگرام دیگر باندها نیز رسم شوند، مشاهده خواهد شد که DN های مناطق تیره در این باندها بیشتر از باند مادون قرمز است و هیچگاه از صفر شروع نمی شود. حداقل DN در هیستوگرام های باند ۱ و ۳ در مناطق تیره مبین مقدار اثر پراکنش جوی است، بنابراین برای حذف آثار جوی می توان این حداقل DN را از DN باندهای دیگر کسر کرد. دومین روش در تصحیحات اتمسفری، روش رگرسیون است. این روش در مناطقی کاربرد دارد که بخش های تیره دارند. در این روش، DN باند مادون قرمز روی محور X در مقابل سایر باندها روی محور Y ترسیم می گردد. سپس با استفاده از روش رگرسیون استاندارد، بهترین خط مستقیم برازش داده می شود. انحراف از محور X مقدار پراکنش اتمسفر را نشان می دهد [۱۶].

۱) Digital Number

۴-۳-۳- تصحیح هندسی

معمولاً تصاویر رقومی دارای انحرافهایی هستند به طوری که این گونه تصاویر نمی توانند به عنوان نقشه مورد استفاده قرار گیرند. از جمله این انحرافها می توان به تغییرات در ارتفاع و سرعت سکوی سنجنده، انحنای زمین و جابجائی پستی و بلندی اشاره کرد. منظور از تصحیح هندسی جبران انحرافها می باشد، به نحوی که شکل تصحیح شده قابلیت انطباق با نقشه را داشته باشد. برای این کار تصویر ماهواره ای را زمین مرجع^۱ می کنند. برای زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره ای، باید به تعداد قابل قبولی نقاط کنترل زمینی و با پراکنش مناسب بر روی نقشه و تصویر ماهواره ای در نظر گرفته شوند. برای انجام تصحیحات هندسی باید نقاط مناسب و مشخصی از زمین که مختصات جغرافیائی آن دقیقاً مشخص است، انتخاب گردد. لازم به ذکر است که انتخاب نقاط باید به گونه ای باشد که در نهایت تعداد کافی از نقاط کنترل زمینی با پراکنش مناسب برای تصحیح هندسی استفاده شود [۲۵]. در تصحیح هندسی معمولاً سعی می شود که میزان خطای مجاز برای انطباق تصویر با نقشه، یا نقاط کنترل زمینی کمتر از مقدار واحد گردد.

۴-۴- پردازش داده ها

پردازش تصاویر ماهواره ای، یک سری فرآیندهائی است که برای دستیابی به تصاویری با کیفیت بهتر و قابل درک تر، و برای منظورهای مختلف، با مجموعه ای از باندهای طیفی صورت می گیرد. با توجه به شباهتهای بافتی، طیفی و هندسی پس از طی این فرآیندها، پدیده های مختلف سطح زمین را می توان از هم تفکیک نمود [۱۹]. همان طور که در فصل قبل بیان شد، برای پردازش داده ها در این مطالعه از نرم افزار Geomatica استفاده شده است. که شامل بخشهای متفاوتی از قبیل Imageworks، Focus، Xpace و ... می باشد و برای مراحل مختلف پردازش تصاویر، بکار می رود. برای نمونه، جهت ایجاد تصاویر رنگی، افزایش کنتراست، اعمال فیلتر روی تصاویر و ... از بخش Imageworks و برای آنالیز مولفه های اصلی، عملیات بین تصاویر و ... از بخش Xpace استفاده می شود.

۱) Georeference

در فرآیند پردازش تصویر، عملیات مختلفی روی داده‌ها انجام می‌پذیرد، که در زیر به مهمترین و موثرترین آنها اشاره می‌شود.

۴-۴-۱- ایجاد تصاویر رنگی

با قرار دادن ترکیب ۳ باند مختلف از باندهای موجود در داده‌های ماهواره‌ای به درون سه فیلتر اصلی قرمز، سبز و آبی (RGB) تصویر رنگی ساخته می‌شود، که به آن تصویر مجازی گفته می‌شود. اگر تصاویر رنگی کاذب به طور مناسب و صحیح تهیه شود، هیستوگرام باندهای مورد استفاده تشابه ظاهری خواهند داشت، در این صورت تصویر حاصل، خوش ترکیب بوده و قابلیت تفسیر بالایی دارد. هدف از انتخاب باندهای مناسب برای ساخت تصاویر رنگی، به حداقل رسانیدن داده‌های کم‌ارزش و استفاده حداکثر از اطلاعات مفید می‌باشد [۱۶].

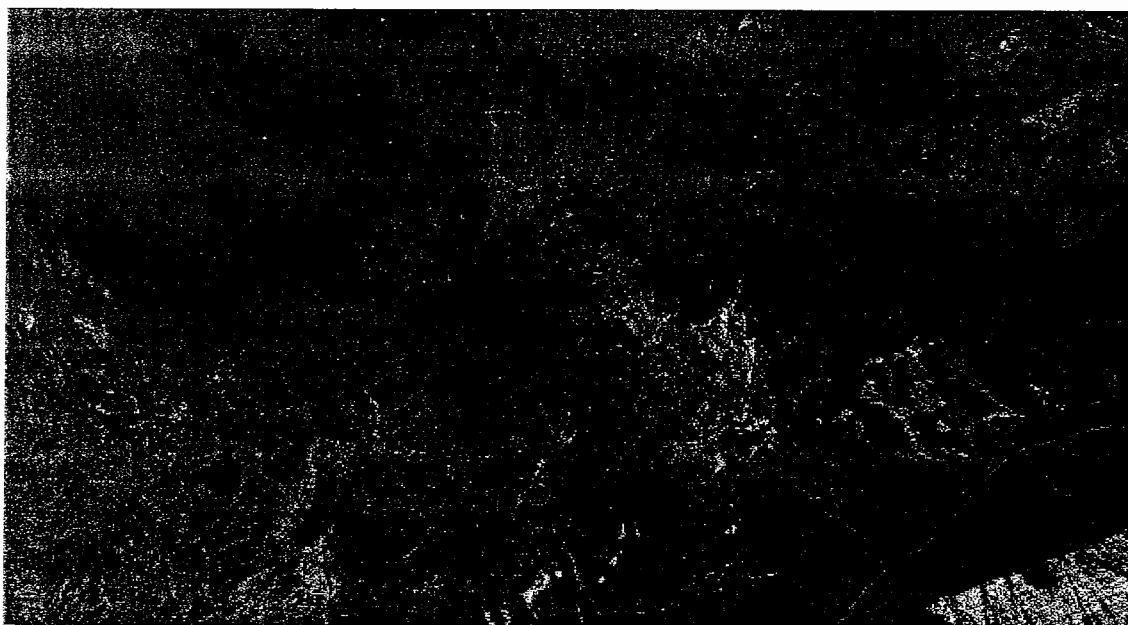
۴-۴-۲- افزایش تباین (کنتراست)

با توجه به تنوع پدیده‌های سطح زمین و همچنین عواملی مانند زمانهای مختلف تصویربرداری، نوع تصویربرداری، زاویه تابش خورشید و توپوگرافی منطقه با داده‌های متفاوتی سر و کار داریم. هدف از اعمال این روش، ایجاد تغییراتی در تصویر اولیه برای دستیابی به اطلاعات تصویری با کیفیت بالاتر برای تشخیص پدیده‌ها است. جهت نیل به این هدف، بنا به وجود بازتاب‌های مختلف پدیده‌ها در یک تصویر، روش یکسانی را نمی‌توان پیشنهاد نمود. لذا از روشهایی مانند کنتراست خطی، ریشه دوم و معادل‌سازی می‌توان استفاده نمود. با افزایش تباین روی داده‌های باندهای مختلف، تصاویر واضح‌تری ساخته می‌شود که مرز بین تن‌های رنگی خاکستری در هر باند، در آن به خوبی نشان داده می‌شود [۲۱]. در شکل‌های (۴-۱) و (۴-۲) تصویر ترکیب $(R, G, B=B5, B3, B1)$ منطقه مورد مطالعه را به ترتیب، پیش از آشکارسازی و بعد از آشکارسازی خطی نشان می‌دهد.

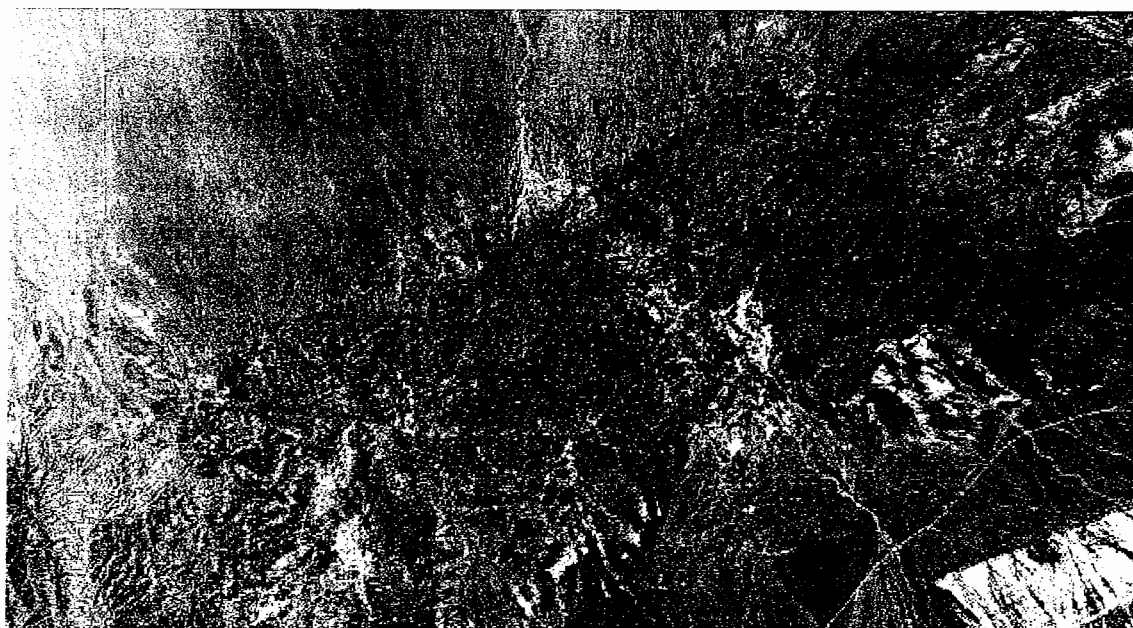
۴-۴-۳- فیلتر کردن تصویر

عمل پردازشی که با استفاده از آن برخی درجه‌های روشنایی را برای ایجاد یک تصویر به کار

می‌بریم، اصطلاحاً فیلترکردن نام دارد. در واقع فیلترکردن نوعی تغییر ارزش‌های طیفی است که در آن ارزش هر پیکسل نسبت به جزء تصویری همسایه‌اش تغییر می‌کند و تصویر جدیدی می‌سازد که می‌تواند تباین آن با تصویر اصلی متفاوت باشد [۲۰].



شکل (۱-۴): تصویر ترکیب (R,G,B=B5,B3,B1) ناحیه ترود - معلمان پیش از آشکارسازی



شکل (۲-۴): تصویر ترکیب (R,G,B=B5,B3,B1) ناحیه ترود - معلمان بعد از آشکارسازی خطی

اعمال فیلتر بر تصاویر رقومی برای حذف، کاهش یا تقویت مولفه‌های فرکانس یک تصویر صورت می‌گیرد. متداول‌ترین نوع فیلترهای بکار رفته عبارتند از: فیلترهای پایین‌گذر^۱، بالاگذر^۲ و باندگذر^۳. فیلتر پایین‌گذر اطلاعات با فرکانس کم را از تصویر استخراج می‌کند. اطلاعات تصویری با فرکانس کم اجازه شناخت یا شناسائی زمینه الگو را می‌دهد و به صورتی به نظر خواهد رسید که جزئیات تصویر حذف و یا یکنواخت شده است [۲۵].

چنانچه تصویر حاصل از فیلتر پایین‌گذر را از تصویر اصلی کسر کنیم، تصویر حاصل از فیلتر بالاگذر به دست می‌آید. در چنین تصویری پدیده‌های دارای درجه روشنایی بالا، جزئیات بیشتر و دقیق‌تری را نشان می‌دهد، به‌ویژه اگر اختلاف بین درجه روشنائی پیکسل‌های همسایه یکبار تغییر کرده باشد. بنابراین می‌توان از چنین خاصیتی در مطالعه عوارض خطی و مرزها استفاده کرد. نوع دیگر فیلتر، فیلتر باندگذر (میان‌گذر) است که معمولاً نسبت به فیلترهای پایین‌گذر و بالاگذر استفاده کمتری دارد. اجرای این فیلتر سبب انتقال میزان بیشتری از درجه‌های روشنائی به خصوص می‌شود. البته تعیین محدوده درجه روشنائی بر اساس هدف تحقیق و نوع آن صورت می‌گیرد [۲۱].

در این مطالعه از یکی از فیلترهای بالاگذر به نام فیلتر آشکارساز لبه‌ها برای بررسی عوارض خطی و گسلها استفاده شده است. شایان ذکر است که با افزایش درجه ماتریس فیلتر (این درجه یک عدد فرد است)، واضح‌سازی بیشتری صورت می‌پذیرد. شکلهای (۳-۴) و (۴-۴) تصویر قسمتی از منطقه مورد مطالعه را به ترتیب، قبل از اعمال فیلتر و بعد از اعمال فیلتر ۵×۵ آشکارساز لبه نشان می‌دهد.

۴-۴-۴- عملیات بین تصاویر

در روش‌های اعمال حسابی (جمع، تفریق، ضرب و تقسیم) تصویر، هر چند عملیات تبدیل تصویر به‌طور کامل صورت نمی‌گیرد، ولی این روش‌ها جزء تبدیلهای تصویر محسوب می‌شوند. اعمال حسابی امکان ایجاد تصاویر ترکیبی جدید از دو یا سه تصویر چندطیفی و یا چند باند از تصویرهای چندزمانه را به دست می‌دهد. تصویر به دست آمده خصوصیتی دارد که برای بعضی از اهداف خاص بسیار

۱) Low pass filter

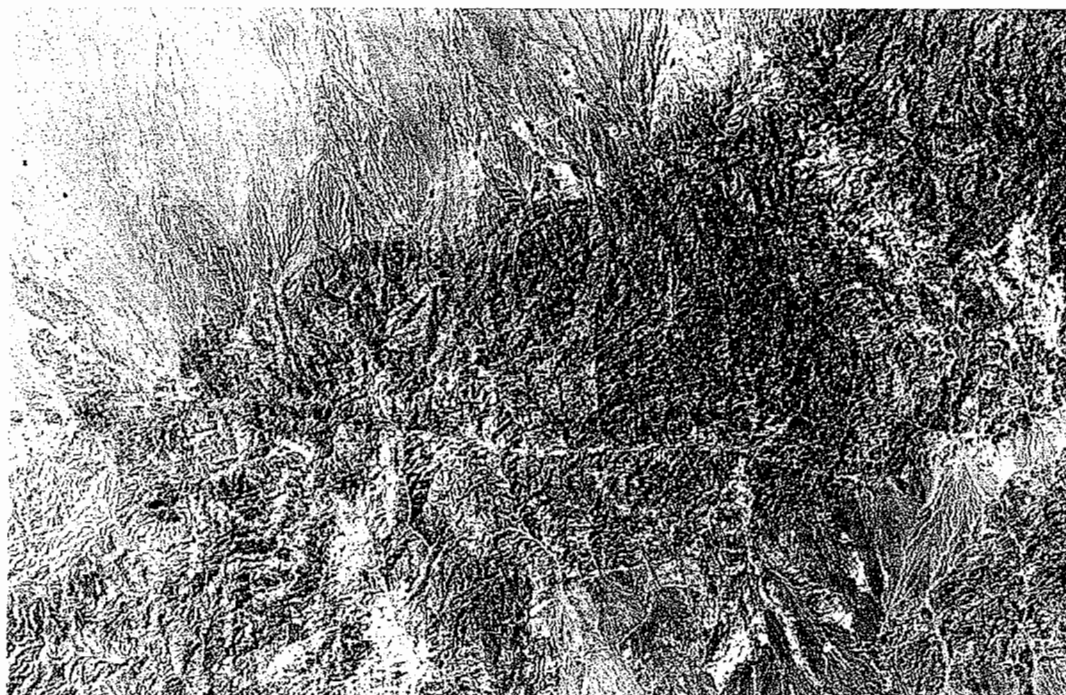
۲) High pass filter

۳) Band pass filter

مناسبتر از تصویر اولیه و خام است؛ برای مثال اختلاف بین دو تصویر که در دو مرحله زمانی متفاوت تهیه شده است، اطلاعاتی را درباره تغییرات ایجادشده در حد فاصل زمان تهیه تصاویر به دست می-دهد [۲۵].



شکل (۳-۴): تصویر قسمتی از ناحیه ترود - معلمان قبل از اعمال فیلتر



شکل (۴-۴): تصویر موجود در شکل (۳-۴) بعد از اعمال فیلتر ۵×۵ آشکارساز لبه

چنانچه چندین تصویر از یک ناحیه معین از یک تاریخ و یک زمان وجود داشته باشد جمع تصاویر (میانگین گیری) می تواند به عنوان وسیله تقلیل دهنده اغتشاشات مورد استفاده قرار گیرد. تفریق بین تصاویر معمولاً برای نشان دادن تغییرات دوره‌ای یک موضوع در زمان‌های مختلف انجام می‌شود. تفریق تصاویر بر مبنای پیکسل با پیکسل صورت می‌گیرد. ضرب تصاویر با سایر اعمال حسابی متفاوت است. در عمل، ضرب پیکسل در پیکسل دو تصویر واقعی به ندرت صورت می‌گیرد. از طرفی چنانچه تصویری از چندین ناحیه کاملاً مشخص تشکیل شده باشد و صرفاً یکی از این نواحی مورد توجه استفاده کننده باشد، ضرب تصویر بسیار مفید خواهد بود. در این قبیل عملیات معمولاً یک تصویر واقعی و یک تصویر دودویی متشکل از صفر و ۱ (به صورت ماسک) در یکدیگر ضرب می‌شوند. در این حالت پیکسل‌هایی از تصویر اصلی که در صفر ضرب شوند حاصل آنها صفر خواهد شد و پیکسل‌هایی که در ۱ ضرب شوند به صورت اولیه باقی خواهند ماند. فرایند تقسیم پیکسل‌های یک تصویر بر پیکسل‌های متناظر آن در تصویر دیگر را در سطح بین المللی نسبت‌گیری می‌نامند. نسبت‌گیری یکی از متداول‌ترین نوع تبدیل است که بر تصاویر سنجش از دور اعمال می‌شود. این وضعیت به دو دلیل پیش آمده است. اول اینکه بعضی از جنبه‌های نمودار انعکاس طیفی انواع پوشش‌های متفاوت سطح زمین را می‌توان به وسیله عمل نسبت‌گیری آشکار و روشن ساخت. دوم اینکه بعضی از آثار ناخواسته‌ای مانند آثار توپوگرافی بر روی تابندگی ثبت شده را می‌توان کاهش داد. نتیجه تقسیم مقادیر درجه روشنایی یک باند طیفی به باند طیفی قابل انطباق دیگر را، تصاویر نسبت‌گیری طیفی گویند. نسبت‌گیری طیفی برای متمایز ساختن تغییراتی که به وسیله تصاویر تک‌باندی ممکن نیست، به کار می‌رود. این روش برای آشکارسازی پدیده‌ها و کاهش اثر زاویه تابش خورشید و پستی و بلندی موثر است [۲۱].

۴-۵- تفسیر تصاویر ماهواره‌ای

در این بخش با استفاده از عملیاتی که در بخش‌های قبل تشریح شد، تصاویر مناسب برای اهداف مختلف دورسنجی (زمین‌شناسی و اکتشافی)، ساخته شده و مورد تعبیر و تفسیر قرار می‌گیرد. از اهدافی که در این راستا وجود دارند می‌توان به مطالعات سنگ‌شناسی و تفکیک واحدهای سنگی،

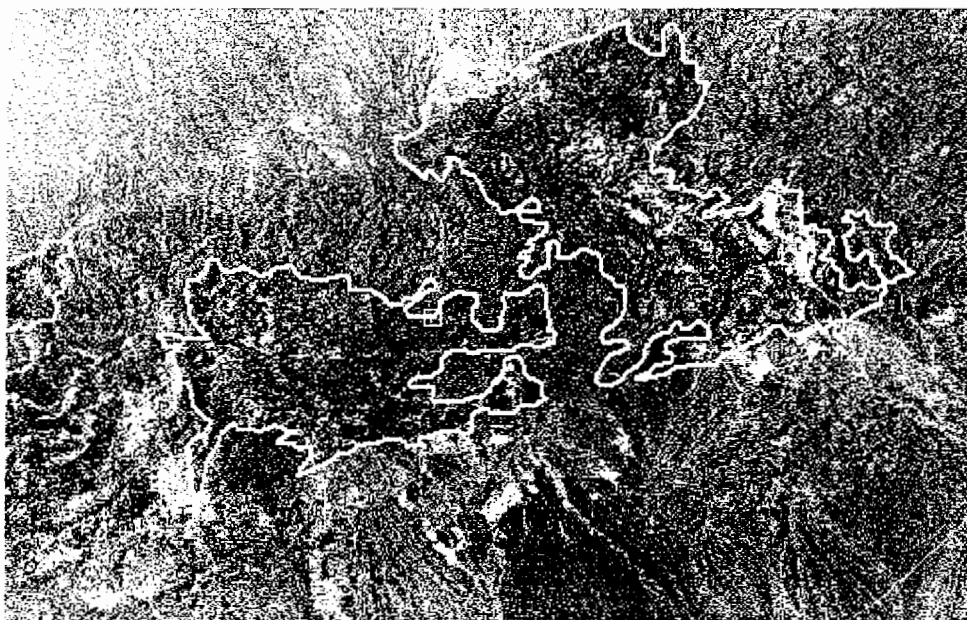
مطالعات زمین‌ساختاری و تکتونیکی و مطالعات نواحی دارای دگرسانی اشاره نمود. در پایان نیز با توجه به نتایج حاصل از این اهداف، تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه طبقه‌بندی می‌شود.

۴-۵-۱- مطالعات سنگ‌شناسی

در تصاویر ماهواره‌ای، انواع سنگها را می‌توان بر اساس خصوصیات ظاهری تن رنگی، مقاومت نسبت به فرسایش، بافت، شکل مقطع عرض دره‌ها، پوشش گیاهی، الگوهای بازتاب طیفی و ... شناسایی کرد. در کارهای اکتشافی، عمل جداسازی واحدهای سنگی مستعد، کمک قابل توجهی در شناسایی مناطق می‌نماید [۱۸]. با توجه به اینکه کل ناحیه مورد مطالعه (ترود - معلمان)، از سنگهای آتشفشانی و آذرین تشکیل شده، بنابراین در تفکیک واحدهای سنگی، فقط به جداسازی انواع سنگهای آذرین (نفوذی و خروجی) پرداخته شده و سنگهای رسوبی و دگرگونی از این تقسیم‌بندی حذف می‌گردند. برای اینکه تصویر ماهواره‌ای از نظر ترکیب رنگی نسبتاً با واقعیت تطابق داشته باشد، معمولاً از ترکیب $(R, G, B = B7, B4, B2)$ یا $(R, G, B = B5, B3, B1)$ استفاده می‌کنند [۱۷]. برای تصویر منطقه مورد مطالعه، به جهت اینکه ترکیب $(R, G, B = B7, B4, B2)$ تصویر مناسب‌تری ارائه داد، در ادامه از آن برای تفسیر تصویر استفاده می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که انواع سنگها بر اساس نوع کانیهای موجود و مقدار آن کانیها در سنگ طبقه‌بندی می‌شوند و به دلیل تشابه رنگی زیاد بین واحدهای سنگی مختلف، جداسازی واحدهای مختلف امری تجربی بوده و دقت تفکیک این واحدها از هم، به تجربه فرد مفسر بستگی دارد.

۴-۵-۱-۱- سنگهای آذرین نفوذی

اغلب توده‌های نفوذی منطقه دارای ترکیب شیمیایی دیوریتی می‌باشند که در دسته کوارتز-دیوریت و کوارتزمونزدیوریت قرار می‌گیرند. این توده‌های نفوذی که دارای سن ائوسن - الیگوسن هستند، بیشتر در مرکز محدوده و به رنگ نارنجی تا آجری مشاهده می‌شوند. در شکل (۴-۵)، توده‌های نفوذی مهم منطقه به وسیله یک لایه وکتوری مجزا در محیط نرم افزار Geomatica رسم شده و به رنگ سفید مشخص است.



شکل (۴-۵): تصویر ترکیب (R,G,B=B7,B4,B2)، توده‌های نفوذی مهم ناحیه تروود - معلمان (داخل کادر سفید)

۴-۵-۱-۲- سنگهای آذرین خروجی

اکثر واحدهای سنگی تشکیل دهنده منطقه تروود - معلمان، سنگهای آذرین خروجی می‌باشند. این سنگها دارای انواع مختلف بوده و در ادامه هر کدام از آنها، به طور جداگانه بررسی می‌شوند. همانطور که قبلاً بیان شد، تقسیم‌بندی‌ای که بر اساس تصاویر ماهواره‌ای انجام می‌شود به هیچ وجه مطلق نیست و بر اساس بازتابهای طیفی انواع سنگها صورت می‌گیرد و ممکن است تفاوت‌هایی با تقسیم‌بندی موجود در نقشه‌های زمین‌شناسی داشته باشد.

۴-۵-۱-۲-۱- آندزیت - تراکی آندزیت

این واحد بیشتر در نواحی پیرمردان، قله‌سوخته و پوسیده رخنمون دارد و رنگ آن در ترکیب مجازی (R,G,B=B7,B4,B2) از سبز تا قهوه‌ای تغییر می‌کند (شکل ۴-۶). البته این واحد در غرب محدوده و در حوالی آستانه نیز به چشم می‌خورد.



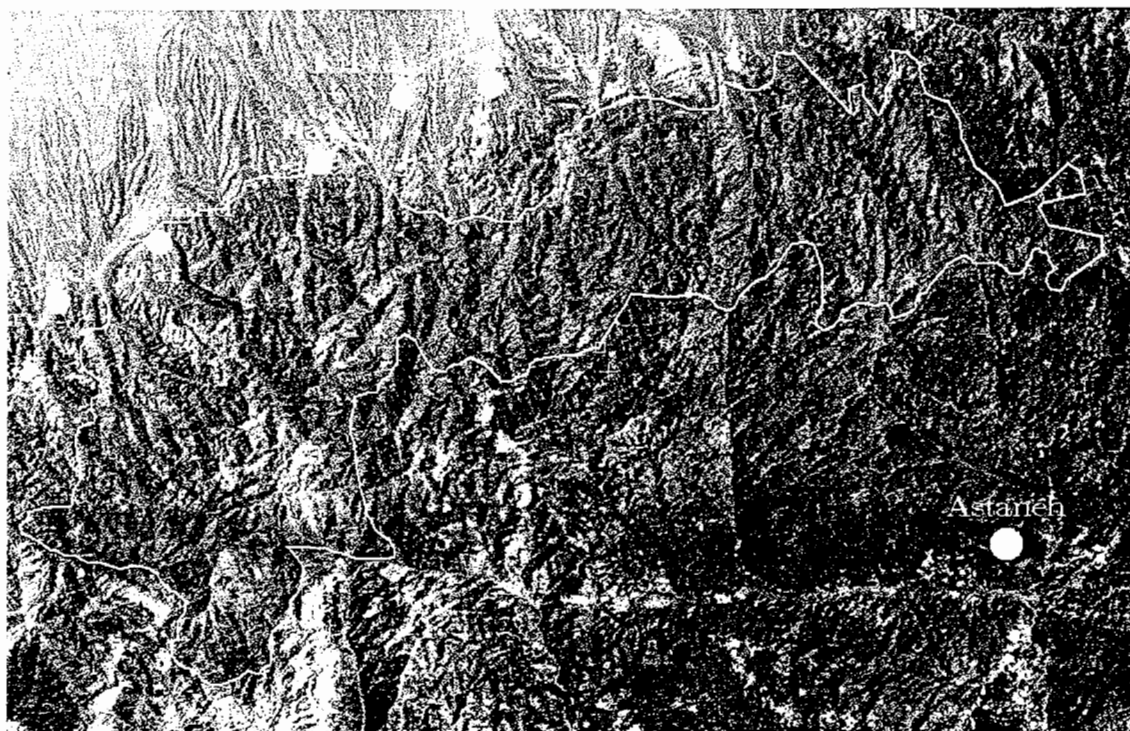
شکل (۴-۶): تصویر ترکیب (R,G,B=B7,B4,B2)، واحد آندزیت - تراکی آندزیت (داخل کادر سفید)

۴-۵-۱-۲- تراکیت

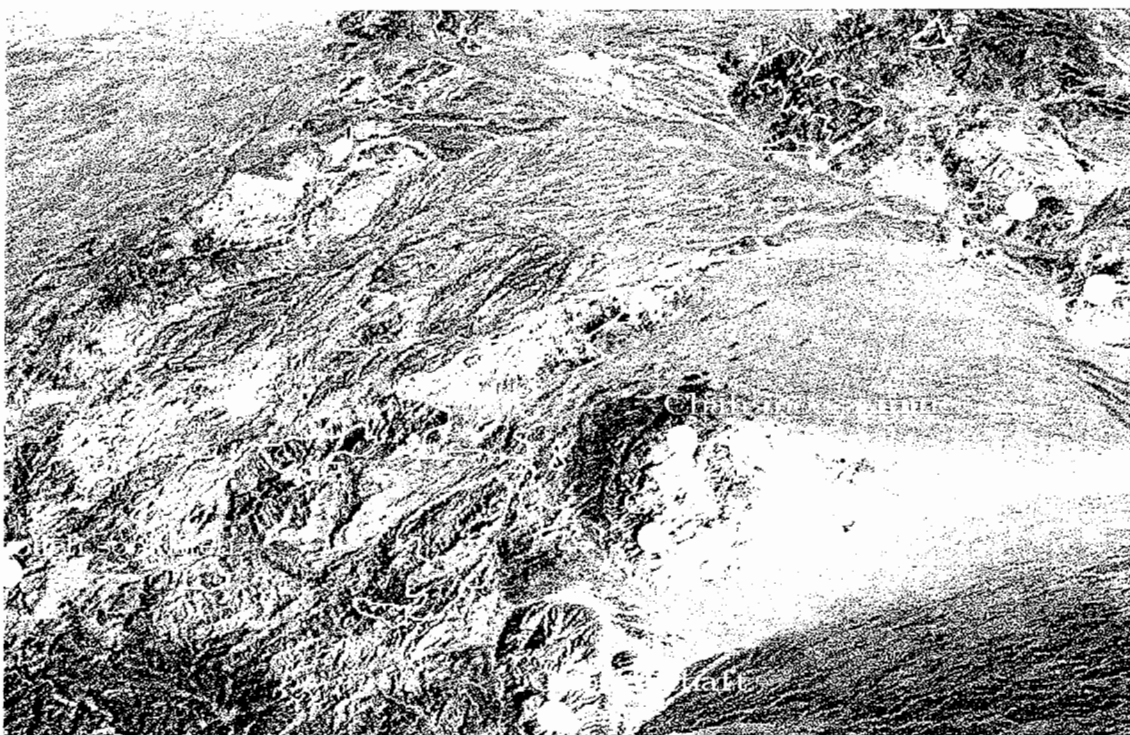
این واحد در جنوب روستاهای سلم آباد، حاجی علی و پینند و همچنین در کلاته میرعلی، بیشترین برون زدگی را دارد. در شکل (۴-۷) رخنمون تراکیتها به رنگ سبز کم رنگ، در جنوب روستاهای سلم آباد و حاجی علی دیده می شود.

۴-۵-۱-۳- داسیت

داسیتها در منطقه ترود - معلمان به صورت پراکنده در اکثر نقاط وجود دارند ولی در اطراف قله چاه موسی و قله سوخته بهتر و بیشتر قابل رویت هستند، به دلیل پراکندگی آنها در منطقه، فقط آنهایی که در اطراف قله چاه موسی و قله سوخته واضح هستند، مشخص شده اند که به رنگ قرمز دیده می شوند (شکل ۴-۸).



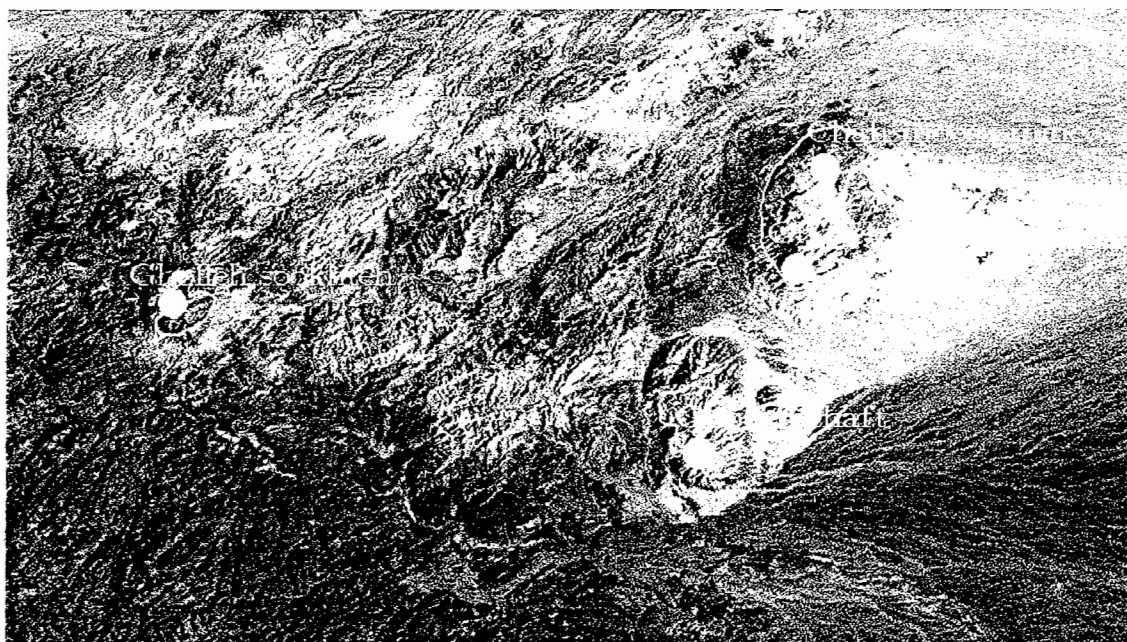
شکل (۷-۴): تصویر مجازی حاصل از باندهای ۲،۴،۷ به ترتیب در فیلترهای قرمز، سبز و آبی، واحد سنگی تراکیتی در محدوده مشخص شده است.



شکل (۸-۴): تصویر مجازی حاصل از باندهای ۲،۴،۷ به ترتیب در فیلترهای قرمز، سبز و آبی، واحد سنگی داسیتی در محدوده مشخص شده است.

۴-۵-۱-۲-۴- کوارتزلاتیت

این واحد در قله چاه موسی، قله چفت و قله سوخته همان طور که در شکل (۹-۴) نشان داده شده، بهترین بیرون زدگی را دارد.



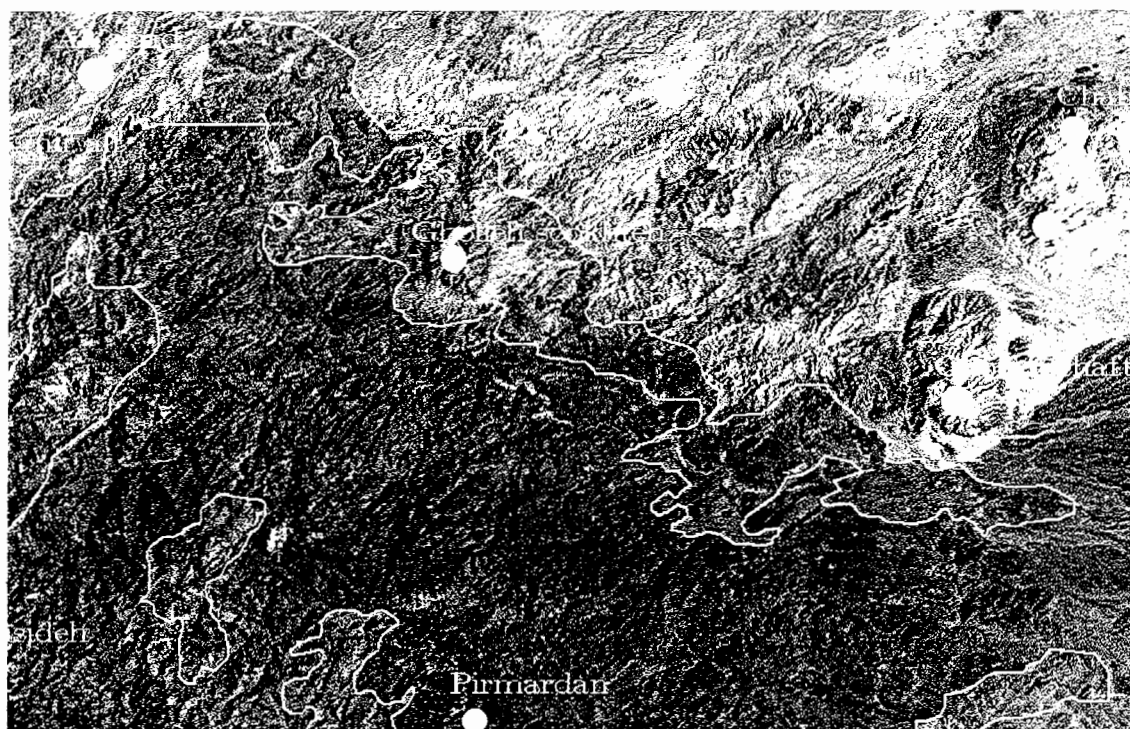
شکل (۹-۴): تصویر ترکیب (R,G,B=B7,B4,B2)، واحد کوارتزلاتیت (داخل کادر سفید)

۴-۵-۱-۲-۵- آندزیت

آندزیت ها در قسمت مرکزی ناحیه ترود - معلمان و حاشیه واحد آندزیت - تراکی آندزیت و در حاشیه قله چاه موسی و قله چفت دیده می شوند (شکل ۱۰-۴). با مقایسه شکل (۱۰-۴) و شکل (۶-۴)، می توان این گونه استنباط کرد که هرچه تصویر روشن تر شده و به رنگ آبی متمایل می شود، سنگها آندزیتی می شوند. آندزیت در جنوب محدوده و قسمت جنوبی کلاته عباس نیز به وضوح رویت می شود.

۴-۵-۲- مطالعات زمین ساختاری (تکتونیکی)

جایگاه تکتونیکی یکی از مهمترین و شاید اولین معیار برای پی جوئی یک ماده معدنی و انتخاب مناطق مناسب جهت اکتشاف در مقیاس جهانی و کشوری است. تکتونیک صفحه ای کمکه های



شکل (۴-۱۰): تصویر ترکیب (R,G,B=B7,B4,B2)، واحد آندزیت (داخل کادر سفید)

ارزشمندی به اکتشاف ذخایر معدنی و از آن میان نفت و گاز نموده است. از دهه ۱۹۷۰ تاکنون زمین‌شناسان کوشیده اند انواع کانسارها را با موقعیتهای مختلف تکتونیکی مربوط کنند. مثلا میشل و گارسون^۱ در سال ۱۹۷۲ و سیلیتو^۲ در سال ۱۹۸۱ ارتباط بسیاری از کانسارها را با مناطق فرورانش بیان کرده‌اند. با مشخص شدن ارتباط ذخایر معدنی با پدیده‌های تکتونیک صفحه‌ای و بررسیهای تکتونیکی کانسارها، از جمله ذخایر مس پورفیری، میزان ذخایر مس کشف‌شده از سال ۱۹۵۵ تا ۱۹۷۰ در مدت ۱۶ سال، ۱۳۰ میلیون تن و از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۲ در مدت ۳ سال به حدود ۱۰۰ میلیون تن رسید. لذا شناخت کامل از پدیده تکتونیک صفحه‌ای و ارتباط آن با کانی‌سازی‌های مختلف، گام اول در پی‌جویی ماده معدنی است [۱۱].

کمربند آتشفشانی تروود - معلمان بین دو گسل اصلی منطقه واقع شده که البته پیدایش این گسلها را می‌توان عامل اصلی تشکیل این کمربند دانست. این دو گسل، یعنی گسل تروود و انجیلو، به ترتیب در جنوب و شمال این کمربند واقع شده‌اند [۲۶] (شکل ۴-۱۱).

۱) Mitchell & Garson

۲) Sillitoe

علاوه بر این دو گسل، دو گسل اصلی و تأثیرگذار دیگر در منطقه وجود دارد که باهم متقاطع بوده و از نظر کانی‌سازی می‌تواند حائز اهمیت زیادی باشد. این دو گسل شامل گسل رشم - پیرمردان و گسل عمرو - آستانه می‌باشد (شکل ۴-۱۲).

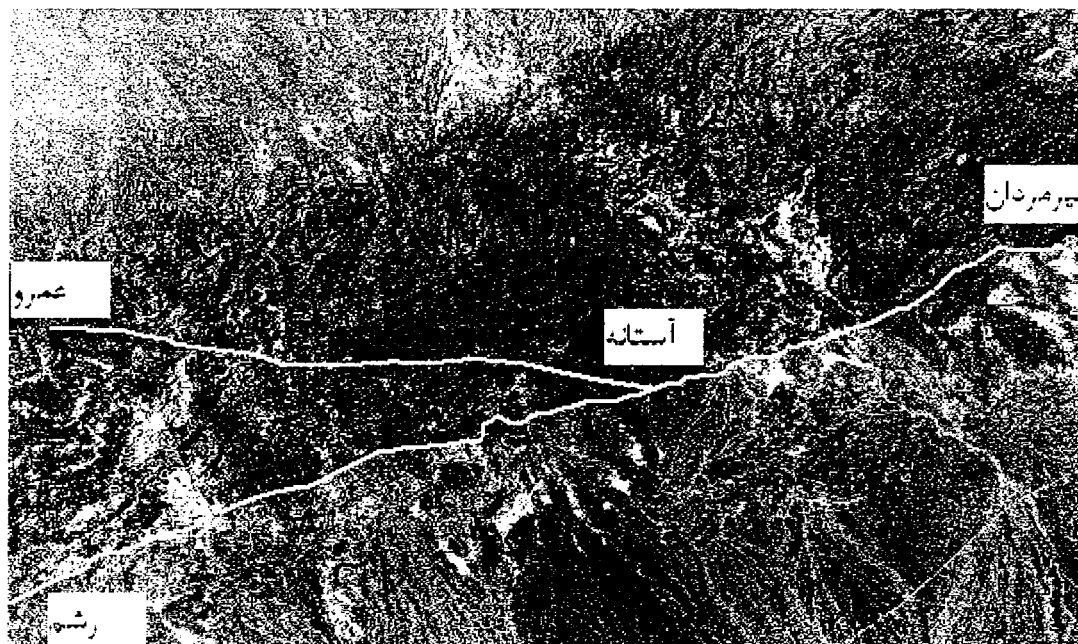
یک دسته گسل اصلی از کامبرین به بعد بر ناحیه تروود - معلمان تأثیر گذاشته است. روند این گسلها $N60 - 70 E$ بوده و شیبی نزدیک به قائم دارند. از آنجا که این گسلها در زمانهای طولانی و به کرات فعال بوده است، تعیین دقیق نوع حرکت آنها ممکن نیست و تنها با شواهد زمین‌شناسی و چین-خوردگیهای مربوط به آن، می‌توان در این مورد قضاوت کرد. یک دسته گسل دیگر نیز در منطقه وجود دارد که تقریباً حالت متقاطع نسبت به گسلهای اصلی منطقه دارد. محل تقاطع این گسلها می‌تواند محل خوبی برای تجمع مواد معدنی و کانی‌سازی باشد [۵].



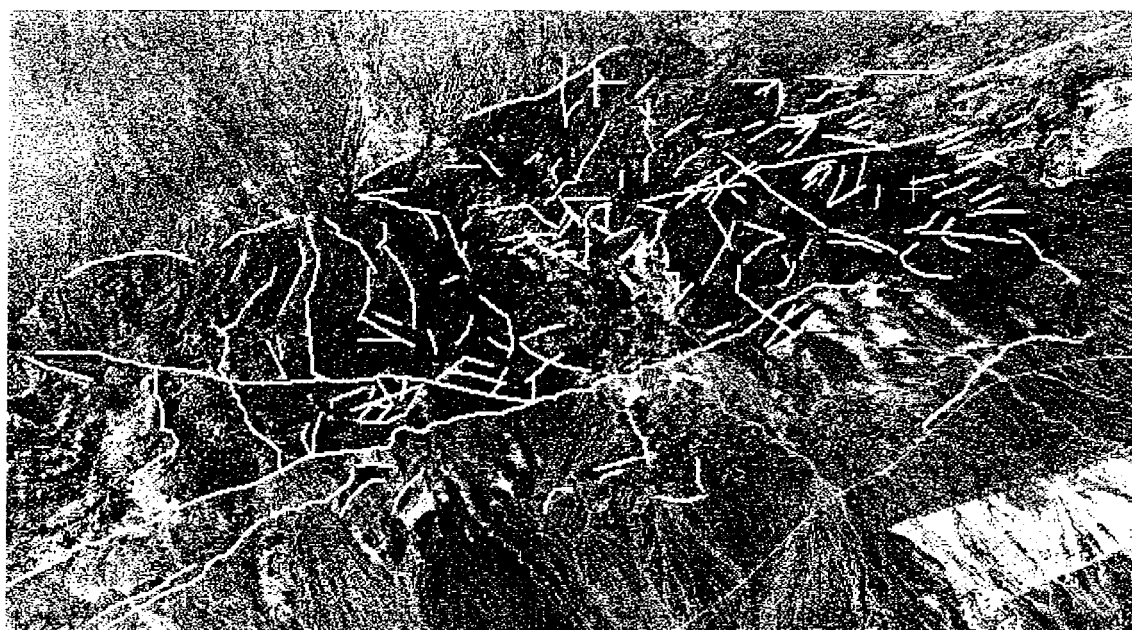
شکل (۴-۱۱): تصویر ناحیه تروود - معلمان، گسلهای اصلی تروود و انجیلو در جنوب و شمال منطقه

همانطور که اشاره شد، جهت بارزسازی عوارض خطی از فیلترهای بالاگذر استفاده می‌شود. فیلتر بالاگذر مورد استفاده در این تحقیق، عبارتست از فیلتر 5×5 آشکارساز لبه که توسط نرم‌افزار Geomatica روی تصویر منطقه مورد مطالعه اعمال شد. پس از اعمال این فیلتر، ساختارهای خطی منطقه نمایان‌تر شده و تشخیص و جداسازی گسلها آسان‌تر گردید. در شکل (۴-۱۳) تصویر ناحیه

ترود - معلمان پس از اعمال فیلتر 5×5 آشکارساز لبه دیده می‌شود، که گسلها با استفاده از یک لایه وکتوری به صورت خطوط سفید روی آن مشخص شده‌اند.

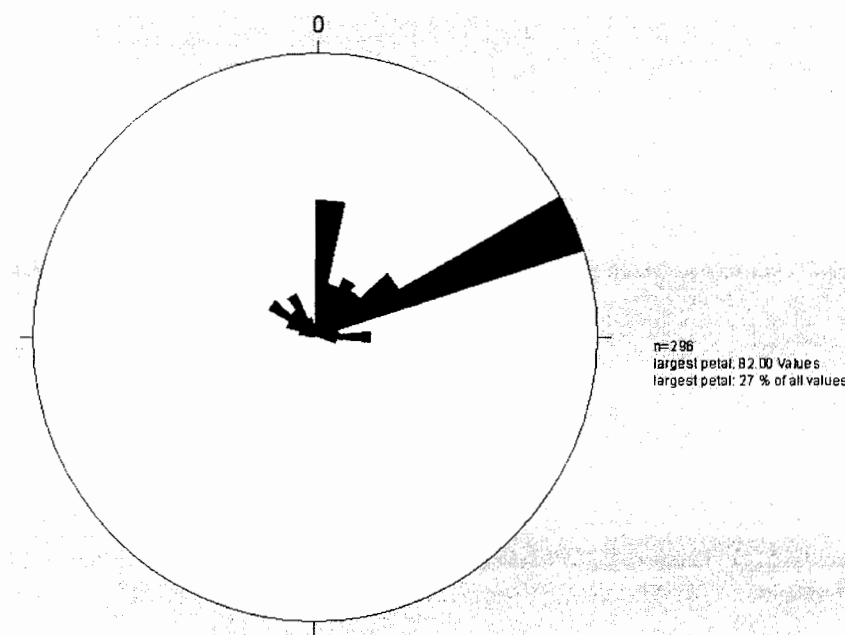


شکل (۴-۱۲): تصویر ناحیه ترود - معلمان، گسلهای اصلی رشم - پیرمردان و عمرو - آستانه



شکل (۴-۱۳): تصویر ترکیب (R,G,B=B5,B3,B1) منطقه ترود - معلمان پس از اعمال فیلتر 5×5 آشکارساز لبه، گسلهای منطقه با خطهای سفید مشخص شده‌اند.

پس از ترسیم گسل‌های منطقه روی تصاویر ماهواره‌ای، راستا و امتداد آنها مشخص و نمودار گل-سرخی آنها به وسیله نرم‌افزار استرونت ترسیم گردید (شکل ۴-۱۴).



شکل (۴-۱۴): نمودار گل‌سرخی گسل‌های ناحیه ترود - معلمان

همان‌گونه که در شکل (۴-۱۴) دیده می‌شود، بیشتر گسل‌های منطقه دارای راستای شمال شرق - جنوب غرب می‌باشند که اغلب آنها راستای $N60 - 70 E$ دارند. دسته‌گسل‌های غالب دیگر، دارای امتدادهای $N0 - 10 E$ و $N40 - 50 W$ می‌باشند. از نظر وجود کانی‌سازی نیز این دسته گسل‌ها و محل تلاقی آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

۴-۵-۳- مطالعات نواحی دارای دگرسانی

به کلیه تغییرات شیمیائی و کانی‌شناسی که تحت تأثیر آب‌های ماگمائی و یا گرمابی در سنگ‌ها ایجاد می‌شود دگرسانی گویند. دگرسانی ساده‌ترین، ارزان‌ترین و مناسب‌ترین وسیله در اکتشاف مواد معدنی است. در دو مرحله از اکتشاف می‌توان از دگرسانی‌ها کمک گرفت: اول برای پیدا کردن محل مناسب برای وجود یک ذخیره معدنی قبل از شروع عملیات صحرائی و دوم در مرحله بازدیدهای صحرائی برای تخمین نوع کانی‌سازی، گسترش، شدت و محل اصلی کانی‌سازی. در مرحله اول برای یافتن

دگرسانی‌ها در یک منطقه وسیع معمولاً نمی‌توان از نقشه‌های ۱/۱۰۰,۰۰۰ یا ۱/۲۵۰,۰۰۰ استفاده نمود، زیرا در بیشتر آنها، دگرسانی‌ها تفکیک نشده یا از دقت لازم برای تفکیک برخوردار نیست. بهترین روش برای پیدا کردن دگرسانی‌ها، کمک گرفتن از پردازش داده‌های ماهواره‌ای است [۱۱]. تغییرات شیمیائی و کانی‌شناسی حاصل از دگرسانی سنگها، میزان انرژی منعکس شده و یا جذب شده در این سنگها را تغییر می‌دهد. با توجه به اینکه این انرژی‌ها در مورد پدیده‌های مختلف برای یک طول‌موج و متقابلاً برای یک پدیده در طول‌موج‌های گوناگون متفاوت است، با پردازش داده‌های ماهواره‌ای امکان شناسائی و بررسی حضور و یا عدم حضور کانیه‌های شاخص برخی از دگرسانی‌ها نیز میسر می‌گردد. پس از پیدا کردن دگرسانی‌ها در یک منطقه و در توده‌های خاص می‌توان بازدیدهای صحرائی را برنامه‌ریزی کرد. ذخایر ماگمائی و گرمابی هرکدام مدل دگرسانی خاص خود را دارند و ذخیره معمولاً در یک یا دو زون ویژه متمرکز می‌شود، که از این موضوع می‌توان برای اکتشاف استفاده کرد [۲۳].

شدت و گسترش دگرسانی حکایت از گسترش کانی‌سازی در منطقه دارد. گسترش دگرسانی به عوامل مختلفی از جمله حجم محلولهای گرمابی یا ماگمائی، میزان ساختمانهای اولیه و ثانویه مفید، واکنش-پذیری سنگها، دما و فشار محلول بستگی دارد. در نتیجه رابطه مستقیمی بین وسعت دگرسانی‌ها و وسعت کانی‌سازی برقرار است. شکل زونهای دگرسانی نیز، راهنمای خوبی برای شکل کانی‌سازی است؛ به عنوان مثال در کانسارهای رگه‌ای، زونهای دگرسانی به صورت خطی هستند و تغییرات شیمیائی و کانی‌شناسی به محدوده اطراف رگه محدود می‌شود. ولی وقتی زونهای دگرسانی اشکالی بیضوی شکل و وسیع را نشان می‌دهند، معمولاً نشان‌دهنده کانی‌سازی نوع پورفیری هستند [۱۱].

در بررسیهای دورسنجی، برای واضح‌سازی و اکتشاف نواحی دارای دگرسانی از عملیاتی به نام تحلیل مولفه‌های اصلی^۱ استفاده می‌شود، که در ادامه به شرح آن پرداخته می‌شود.

۴-۵-۳-۱- تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)

تحلیل مولفه‌های اصلی در تفسیر داده‌های رقومی سنجش از دور از اهمیت زیادی برخوردار است. مهمترین فواید آن، جمع‌آوری و فشرده نمودن اطلاعات موجود در باندهای مختلف به تعدادی مولفه

۱) Principal Component Analysis (PCA)

کمتر است. به عبارتی، PCA برای حذف اطلاعات زائد در داده‌های ماهواره‌ای کاربرد فراوانی دارد. PCA می‌تواند برای متراکم ساختن اطلاعات موجود در تعدادی از باندها (مثلاً باندهای هفتگانه ETM+)، به دو یا سه باند تبدیل شده، به کار رود. از نظر صرف وقت و احتمالاً هزینه حائز اهمیت است، به‌ویژه اگر قابلیت استخراج اطلاعات از مولفه‌های جدید، بالاتر از قابلیت استخراج اطلاعات از داده‌های اولیه و خام باشد [۱۶].

اگر هر کدام از باندهای ETM+ به طور جداگانه بررسی شوند، ارتباط زیادی بین آنها مشاهده می‌شود، به‌گونه‌ای که بیشتر نواحی که در یک باند روشن یا تاریک هستند، در باندهای دیگر هم همین ویژگی را دارند. اغلب ارتباط زیاد ایجاد شده بین باندها در تحلیل داده‌های تصویر چندطیفی دشوار است، یعنی تصاویر ایجاد شده توسط داده‌های لندست، یا به‌طور کلی داده‌های رقومی ناشی از طول موج باندهای گوناگون، اغلب شبیه به یکدیگر به نظر می‌رسند و اساساً اطلاعات مشابهی را منتقل می‌کنند. در حقیقت این تشابه و ارتباط بین باندها، باعث به‌وجود آمدن یک سری اطلاعات اضافی و زائد می‌شود. اگر این داده‌های اضافی کاهش یابند، مقدار داده‌هایی که برای توصیف تصاویر چندطیفی احتیاج است، به صورت فشرده در می‌آیند. انتقال مولفه‌های اصلی، روشی برای خارج کردن یا کاهش دادن چنین اطلاعات زائدی است که با فشرده کردن مجموعه داده‌های چندطیفی در یک دستگاه مختصات جدید صورت می‌گیرد. برای داده‌های چندطیفی (مانند لندست)، اولین مولفه اصلی (PC1)، شامل بیشترین درصد واریانس کلی تصویر است و مولفه‌های بعدی (PC2, PC3, PCn) هر یک دربرگیرنده درصد کمتری از واریانس تصویر می‌باشند [۲۷].

۴-۵-۳-۱- تحلیل استاندارد مولفه‌های اصلی

در تحلیل استاندارد، همه باندهای یک تصویر (مثلاً ۶ باند غیر گرمایی ETM+) به عنوان داده ورودی در محاسبه مولفه‌های اصلی به کار می‌روند [۲۴].

تحلیل مولفه‌های اصلی توسط چاوز و یاو کوارتنگ^۱ در سال ۱۹۸۹ پیشنهاد شد. کروستا و مور^۲ در سال ۱۹۸۹ برای اولین بار روشی را که مولفه اصلی جهت‌یافته موضوعی نامیده می‌شود، پیشنهاد

۱) Chaves and Yaw Kwarteng

۲) Crosta and Moore

کردند که امروز به نام روش کروستا مشهور است. این روش، یک فن ساده و جدید برای آشکارسازی دگرسانی‌ها با استفاده از تصاویر لندست است. در این روش، تنها به اطلاعات مقدماتی در باره خواص طیفی کانیها و پوشش گیاهی نیاز است و مبتنی بر توانائی تبدیل مولفه اصلی در به‌نقشه درآوردن جزئیات واریانس داده‌ها در مولفه‌های متوالی است. روش کروستا براساس ۶ باند لندست و همچنین ۴ باند انتخاب شده براساس ویژگیهای طیفی کانیهای دگرسان شده و پوشش گیاهی استوار است. در حقیقت فن توسعه یافته این روش، براساس انتخاب ۶ باند برای PCA است، که در این روش بر پایه بررسی بردار ویژه^۱ مولفه اصلی مشخص می‌گردد و هر کدام از مولفه‌های اصلی اطلاعات مربوط به نشانه‌های طیفی هدفهای خاص را به طور مستقیم متمرکز می‌کنند. از ویژگیهای مهم این روش این است که پیش بینی می‌کند آیا یک هدف (به طور مثال دگرسانی) در یک تصویر مولفه اصلی مربوط به آن، به صورت پیکسل‌های تیره مشخص می‌شود یا روشن؟ از روش تحلیل مولفه‌های اصلی و کروستا، به طور گسترده برای آشکارسازی دگرسانی‌ها در کمربندهای فلززائی استفاده شده است [۲۸].

۴-۵-۱-۱-۱- روش کروستا روی ۶ باند ETM+ منطقه ترود - معلمان

جدول (۱-۴) نتایج تحلیل مولفه‌های اصلی (مقادیر ویژه بردارها)^۲ که بر روی ۶ باند خام ETM+ منطقه مطالعاتی انجام شده را نشان می‌دهد. علامت و مقدار ویژه بردارها نشان می‌دهد که کدام یک از ویژگیهای طیفی سنگها، گیاهان و خاک منطقه، مسئول واریانس آماری نقشه‌برداری شده در هریک از PC ها است [۲۷]. اولین مولفه اصلی (PC1) دارای وزن مثبتی از همه باندها است و شامل ۹۲/۳۳ درصد از کل واریانس داده‌های خام ETM+ منطقه است. روشنائی کل صحنه مسئول همبستگی شدید بین ۶ باند تصویر ETM+ اولیه است. مولفه اصلی دوم نشان می‌دهد که در باندهای مرئی (باندهای ۱ تا ۴)، بردارهای ویژه دارای علامت مثبت و در باندهای فرورسرخ (باندهای ۵ و ۷) دارای علامت منفی هستند. در حقیقت PC2 نشان‌دهنده اختلاف میان باندهای مرئی و فرورسرخ میانی است. بنابراین انتظار می‌رود موادی با بیشترین بازتاب طیفی در ناحیه طیفی مرئی، به صورت پیکسل‌های روشن و موادی با بیشترین بازتاب طیفی در ناحیه فرورسرخ میانی، با پیکسل‌های تیره ظاهر شوند [۲۸].

۱) Eigenvector

۲) Eigenvalue

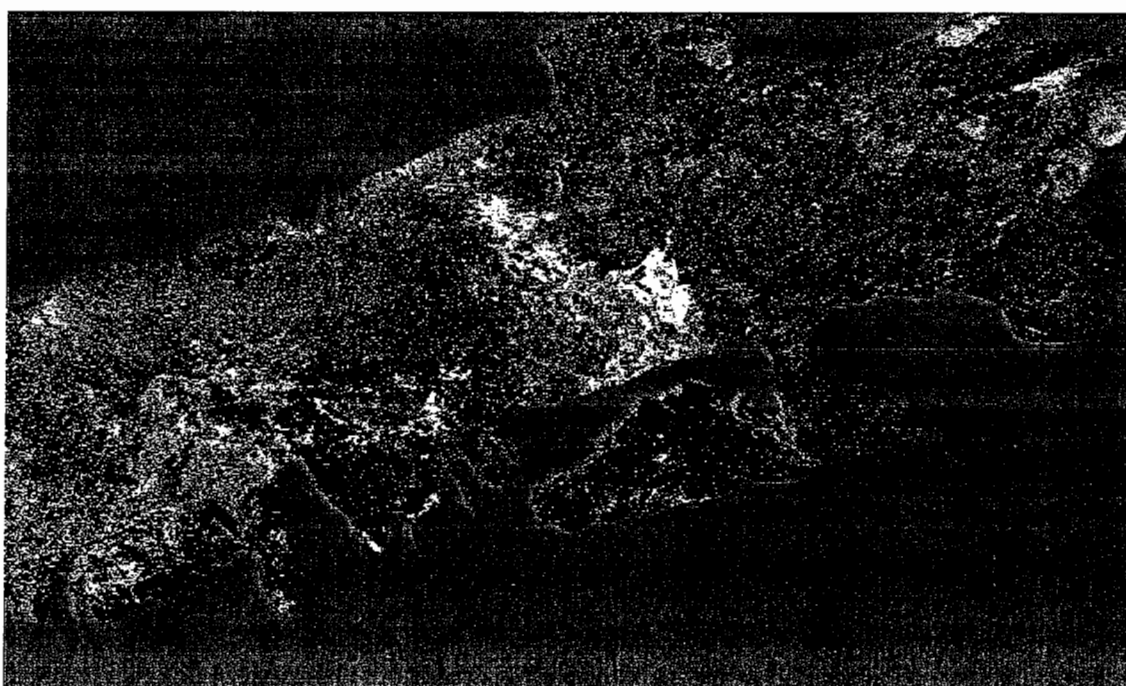
جدول (۴-۱): تحلیل مولفه‌های اصلی بر روی ۶ باند داده‌های سنجنده ETM+ منطقه ترود - معلمان

باند های ورودی	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
باند ۱	۰/۲۷	۰/۵۴	-۰/۶۴	-۰/۰۵	-۰/۲۷	-۰/۳۸
باند ۲	۰/۳۳	۰/۳۵	-۰/۱۹	۰/۰۸	۰/۳۴	۰/۷۸
باند ۳	۰/۴۸	۰/۳۲	۰/۵۲	-۰/۱۵	۰/۴۷	-۰/۰۴
باند ۴	۰/۳۷	۰/۱۳	۰/۴۵	۰/۲۶	-۰/۷۳	۰/۱۸
باند ۵	۰/۴۹	-۰/۵۲	-۰/۲۵	۰/۶۱	۰/۱۷	-۰/۱۷
باند ۷	۰/۴۶	-۰/۴۵	۰/۱۳	-۰/۷۳	۰/۱۶	۰/۱۲
درصد واریانس	۹۲/۳۳	۶/۲۶	۰/۷۲	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۱۵

در PC3 بالاترین مقدار بردار ویژه مربوط به باند ۳ و باند ۴ است (جدول ۴-۱)، و بنابراین در مولفه-های اصلی سوم، به علت بازتاب بالای باند ۴، پوشش گیاهی غالب است. سهم PC3 از واریانس کلی تصویر ۰/۷۲ درصد است که دلالت بر خشک بودن منطقه دارد. اگرچه این روش برای تخمین پوشش گیاهی، روش مناسبی نیست. اطلاعات طیفی هیدروکسیل‌ها و اکسید آهن به‌طور عمده در PC4 و PC5 متمرکز است. PC4 با بارگذاری بالا و علامت مخالف در باندهای ۵ و ۷ مشخص می‌شود. با توجه به اینکه باند ۷، یعنی باندی که در آن هیدروکسیل‌ها جذب نشان می‌دهند، دارای بارگذاری منفی و باند ۵، یعنی باندی که این کانیه‌ها بازتاب بالایی دارند بارگذاری مثبت دارد (جدول ۴-۱)، در تصویر PC4 منطقه، هیدروکسیل‌ها به صورت پیکسل‌های روشن ظاهر می‌شوند. زیرا طبق تئوری، این کانیه‌ها باید در باند ۵ بازتاب بالا (علامت مثبت) و در باند ۷ بازتاب ضعیف یا جذب (علامت منفی) نشان دهند. بررسی PC5 نشان می‌دهد که باند ۳ و باند ۴ دارای بارگذاری بالا و با علامت مخالف هستند (جدول ۴-۱). بنابراین طبق خصوصیات طیفی اکسید آهن در تصویر PC5، نواحی دارای اکسید آهن به صورت مناطق روشن نمایش داده می‌شوند. نتایج پردازش و تحلیل مولفه‌های اصلی بر روی ۶ باند مرئی و فروسرخ غیر گرمائی سنجنده ETM+ نشان می‌دهد که هیدروکسیل‌ها در تصویر PC4 و اکسید آهن در تصویر PC5 نمایان‌تر می‌شوند. بنابراین آشکارسازی دگرسانی گرمایی با اضافه

کردن تصویر PC4 و PC5 امکان پذیر است. پس به این ترتیب می توان سنگهائی که دگرسانی گرمابی را متحمل شده اند، بارزسازی نمود [۲۷].

هر سه تصویر مولفه اصلی را می توان برای خلق یک تصویر رنگی در سیستم فیلترهای رنگی RGB با هم ترکیب کرد. شکل (۴-۱۵) تصویر نهائی ترکیب تصاویر PC4 (برای به نقشه درآوردن هیدروکسیل-ها)، PC4+PC5 (برای به نقشه درآوردن دگرسانی گرمابی) و PC5 (برای به نقشه درآوردن اکسید آهن) در رنگهای قرمز- سبز- آبی می باشد [۲۴]. با توجه به توضیحات بالا مناطق با رنگ روشن (سفید) در شکل (۴-۱۵) نشان دهنده مناطق دارای دگرسانی (اعم از اکسید آهن و هیدروکسیل ها) می باشد.



شکل (۴-۱۵): تصویر ترکیب (R,G,B = PC4, PC4+PC5, PC5) منطقه ترود - معلمان، مناطق با رنگ روشن (سفید) نشان دهنده مناطق دگرسان شده می باشد.

برای نشان دادن مناطق دارای دگرسانی، از تصویری با ترکیب (R,G,B = PC4, PC5, B1) نیز می توان استفاده نمود [۱۷]. در شکل (۴-۱۶) این تصویر نشان داده شده است. در این شکل، نقاط با رنگ صورتی تا قرمز نشان دهنده دگرسانی آرژیلیکی (وجود هیدروکسیل ها) و اکسید آهن می باشند. با مقایسه شکل (۴-۱۵) و (۴-۱۶) انطباق خوبی در مناطق دارای دگرسانی، در این دو تصویر مشاهده می شود.



شکل (۴-۱۶): تصویر ترکیب (R,G,B = PC4, PC5, B1) منطقه ترود - معلمان، مناطق دارای رنگ صورتی تا قرمز، نواحی دگرسان شده را نشان می دهد.

۴-۵-۴ - طبقه بندی

به جداسازی مجموعه های طیفی مشابه و تقسیم بندی طبقاتی آنها که دارای رفتار طیفی مشابه هستند، طبقه بندی اطلاعات ماهواره ای گفته می شود. به عبارتی دیگر، طبقه بندی پیکسل های تشکیل دهنده تصاویر، اختصاص هر یک از پیکسل ها به گروه یا پدیده خاصی را، طبقه بندی اطلاعات ماهواره ای گویند. در عمل طبقه بندی، هر کدام از درجه روشنایی ها به کلاس های پوشش اراضی، زمین شناسی، کاربری اراضی و دیگر عوارض سطح زمین منتسب می شود. زمانی که تمام پیکسل های تصویر به کلاس های خاصی اختصاص داده شود، نقشه های موضوعی به دست می آید که نشان دهنده توزیع جغرافیائی پدیده هایی از قبیل خاک، پوشش گیاهی و آب خواهد بود. اساس کار طبقه بندی اطلاعات، بر مقایسه ارزش طیفی پیکسل های تصویر با نمونه هایی است که مفسر آنها را معرفی کرده یا با کلاس ها یا طبقات اولیه ای است که به طور خودکار هنگام تفسیر رقومی تشکیل می شوند. به این ترتیب، پیکسل هایی که ارزش طیفی آنها از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارند، در یک گروه یا

طبقه طیفی قرار می‌گیرند. به طور کلی، برای طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای از دو روش اصلی طبقه‌بندی بدون نظارت^۱ و طبقه‌بندی بانظارت^۲ استفاده می‌شود [۲۱].

در مواردی که با سنجش از دور اطلاعات کافی بصری و یا اسنادی از ماهیت پوشش زمین یک ناحیه جغرافیائی تحت پوشش، وجود نداشته باشد، امکان برآورد میانگین هر کدام از رده‌ها وجود نخواهد داشت. حتی ممکن است که تعداد رده‌ها نیز نامعلوم باشد. در نتیجه روش طبقه‌بندی به عهده خود ماشین واگذار می‌شود و لذا به آن طبقه‌بندی بدون نظارت گفته می‌شود. در طبقه‌بندی بانظارت، مفسر نیاز به اطلاعات قبلی و شناخت پدیده‌های مرتبط با داده‌ها دارد. در این روش تعدادی از پیکسل‌ها به عنوان معرف و نمونه انتخاب و مشخصات آنها از طریق نرم‌افزار مورد استفاده به رایانه داده می‌شود. بدین طریق رایانه بقیه پیکسل‌ها را با توجه به دستورالعمل خاصی که وجود دارد طبقه‌بندی می‌کند [۱۶].

در این تحقیق جهت طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه از طبقه‌بندی بانظارت استفاده شده است.

۴-۵-۴-۱- طبقه بندی بانظارت در ناحیه ترود - معلمان

به منظور طبقه‌بندی بانظارت، از لایه‌های وکتوری که در مراحل قبل برای تفکیک واحدهای سنگی و مناطق دگرسان‌شده ترسیم شده بود، به عنوان طبقات مختلف به نرم‌افزار معرفی گردید. کلاسهای مورد استفاده در این تحقیق، کوارتزلاتیت (کلاس ۱)، نواحی دگرسانی (کلاس ۲)، داسیت (کلاس ۳)، توده‌های نفوذی (کلاس ۴)، آندزیت (کلاس ۵) و آندزیت - داسیت (کلاس ۶) می‌باشند که در شکل (۴-۱۷) به تفکیک رنگی دیده می‌شوند.

نتیجه این طبقه‌بندی که به وسیله نرم‌افزار Geomatica اجرا گردید، در شکل (۴-۱۸) آورده شده است. طبقه‌بندی فوق بر اساس رنگ کلاسهای انتخاب شده انجام گرفته و از دقت بالائی برخوردار نیست، ولی با این وجود از آن می‌توان نتایج جالبی را استنباط کرد. در مناطق (الف) و (د)، ترکیبی از کلاسهای ۱، ۲، ۳ و ۵ را مشاهده می‌کنیم که شواهد خوبی برای کانی‌سازی فلزی می‌باشند. در مناطق (ب) و (ج) تصویر نیز کلاسهای ۲ و ۴ را در کنار هم می‌بینیم که نشان از احتمال وجود کانه

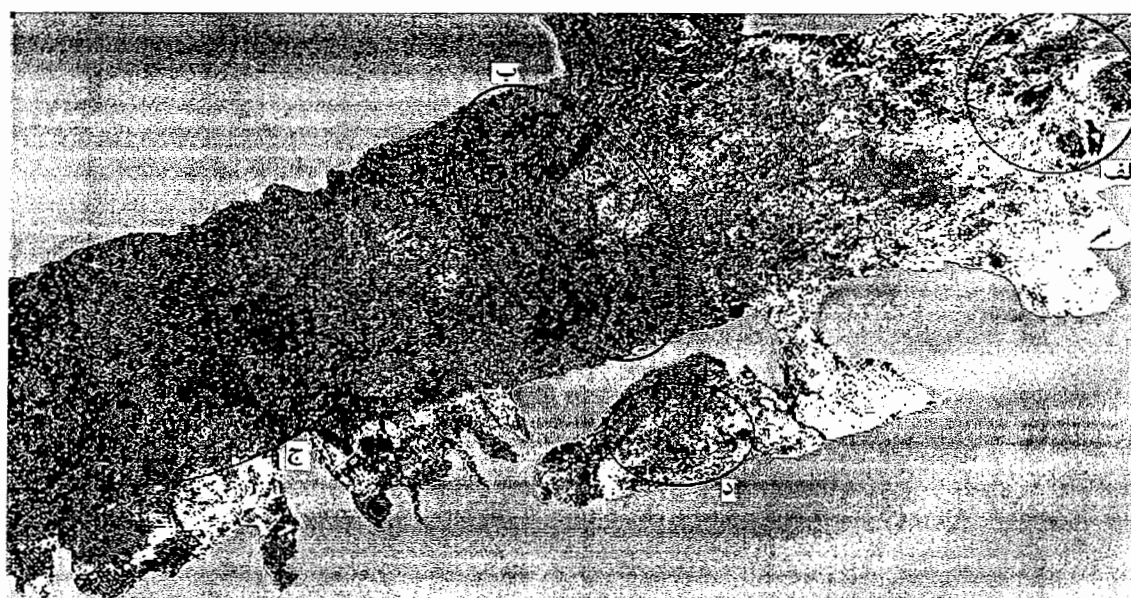
۱) Unsupervised classification

۲) Supervised classification

زائی فلزی در این مناطق را دارد.

	Value	Name	Colour	Description
1	1	Class-01	■	Q-lalite
2	2	Class-02	■	Altration
3	3	Class-03	■	Dacite
4	4	Class-04	■	Intrusive
5	5	Class-05	■	Andesite
6	6	Class-06	■	Andesite - Dacite

شکل (۴-۱۷): کلاسه‌های مختلف استفاده شده برای طبقه‌بندی بانظارت در ناحیه تروود - معلمان

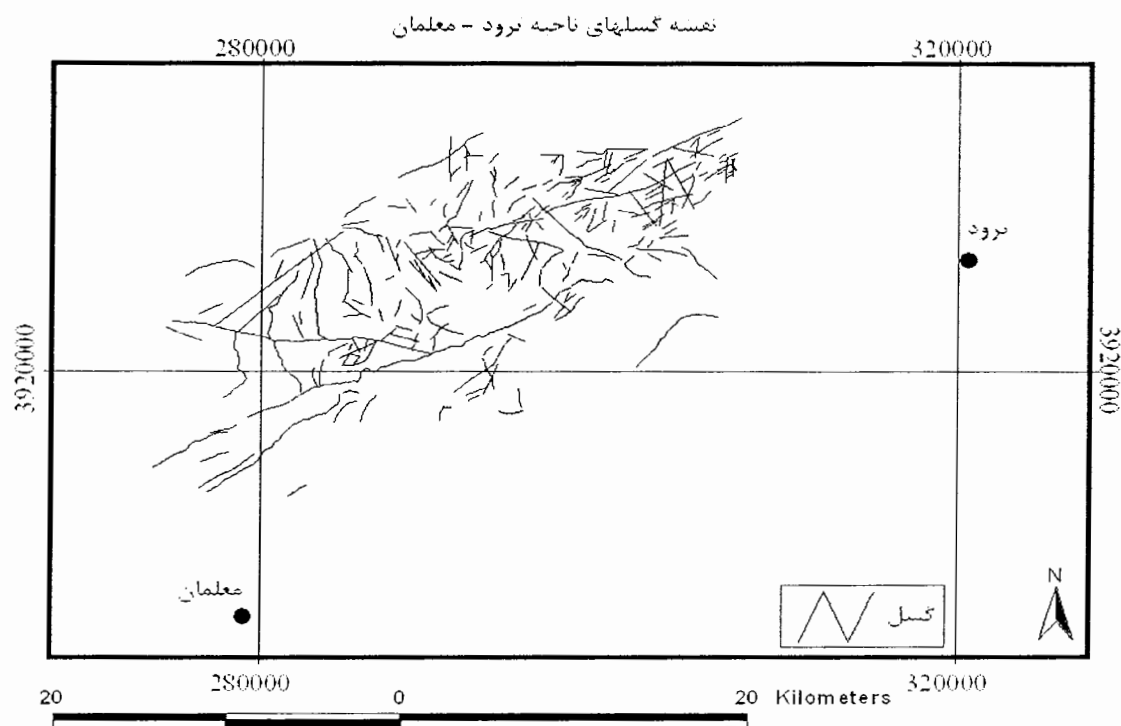


شکل (۴-۱۸): نتیجه طبقه‌بندی بانظارت در ناحیه تروود - معلمان

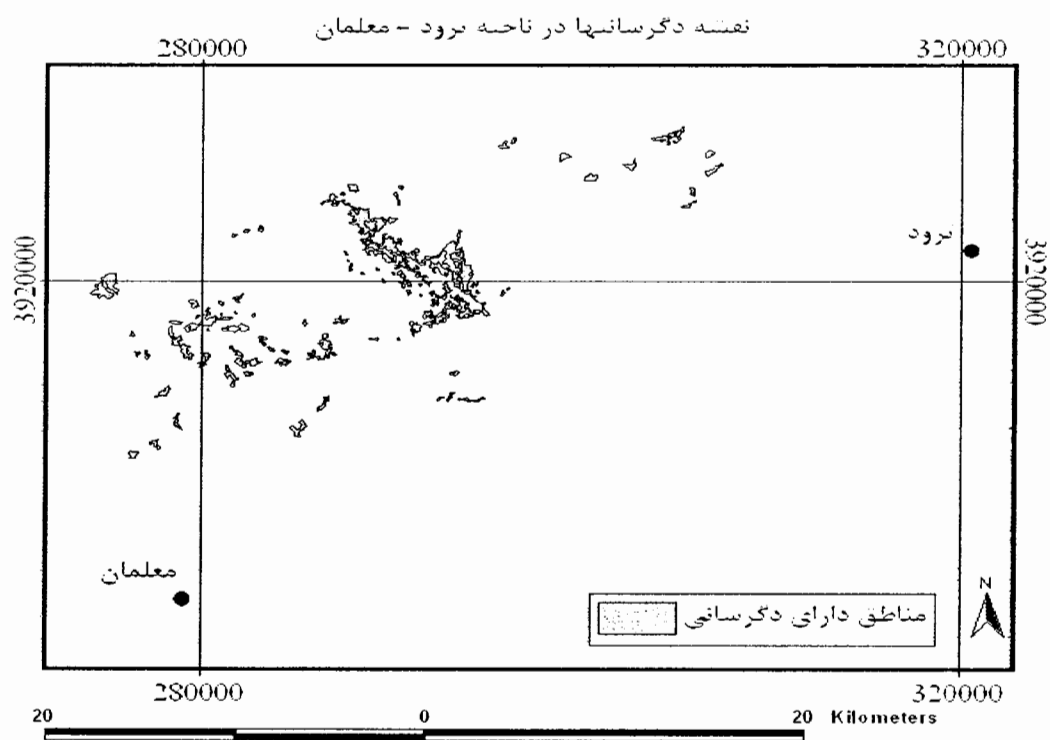
۴-۶- نتیجه‌گیری

با مشخص شدن واحدهای سنگی، گسلها و نواحی دگرسان شده، می‌توان این مناطق را به‌وسیله لایه های وکتوری و به صورت خطوط و محدوده‌های بسته از سایر مناطق تفکیک کرد. از نظر واحدهای سنگی، کل ناحیه مورد مطالعه از سنگهای آذرین اعم از نفوذی و خروجی تشکیل شده است، که محیط مناسبی برای کانی‌سازی فلزی می‌باشند. توده‌های نفوذی عمیق منطقه و توده‌های آندزیتی و داسیتی که به‌عنوان سنگهای نیمه عمیق در نقشه زمین‌شناسی معرفی شده‌اند، به جهت تشکیل ذخایر معدنی اهمیت دارند. چون این واحدها به‌ویژه انواع خروجی آنها، تقریباً در کل منطقه پراکنده

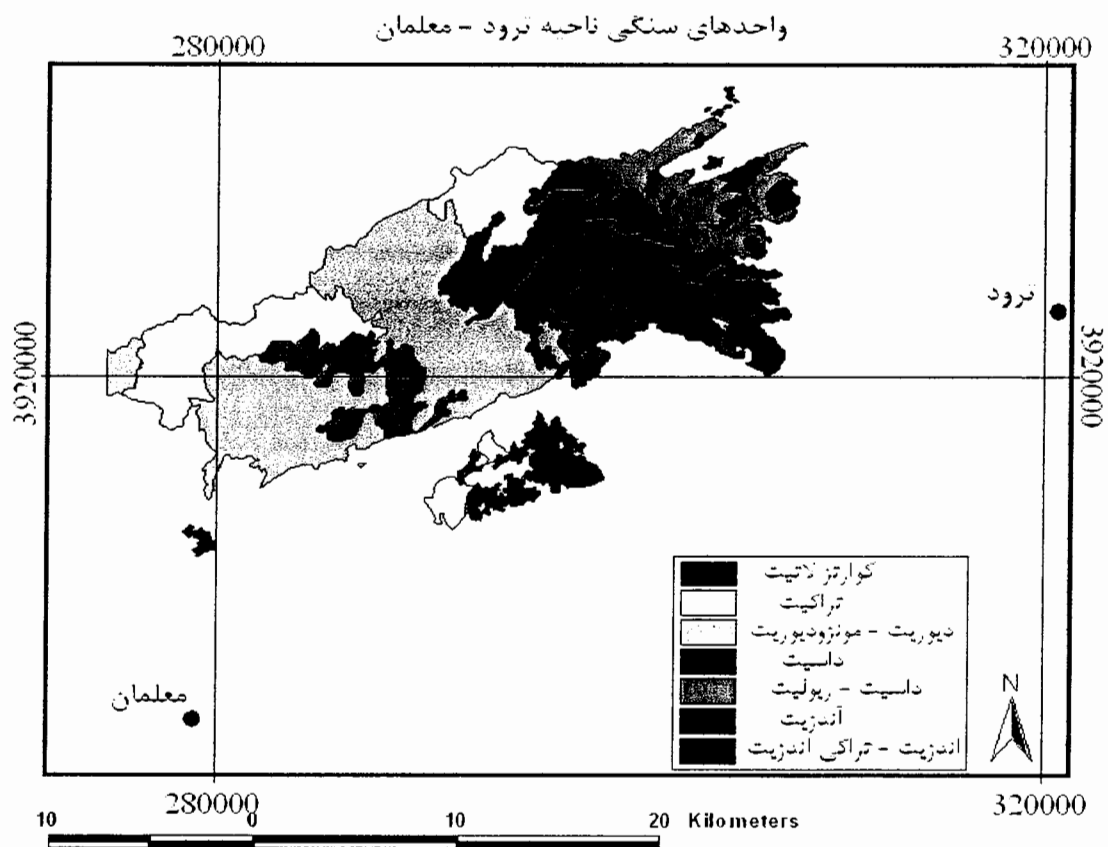
هستند و در بسیاری از نقاط در کنار هم قرار گرفته، می توان کل ناحیه ترود - معلمان را از نظر تشکیلات زمین شناسی مستعد برای کانی زائی فلزی قلمداد کرد. در شکلهای (۴-۱۹) تا (۴-۲۲) به ترتیب نقشه گسلها، مناطق دارای دگرسانی، واحدهای سنگی و مناطق امیدبخش معدنی در ناحیه ترود - معلمان، نشان داده شده است. مطابق شکل (۴-۲۲)، در سه منطقه، تطابق خوبی بین مناطق گسلی، نواحی دگرسانی و نوع واحدهای سنگی میزبان دیده می شود که این سه منطقه (شماره ۱، ۲ و ۳) با منحنی های بسته روی شکل (۴-۲۲) مشخص شده اند.



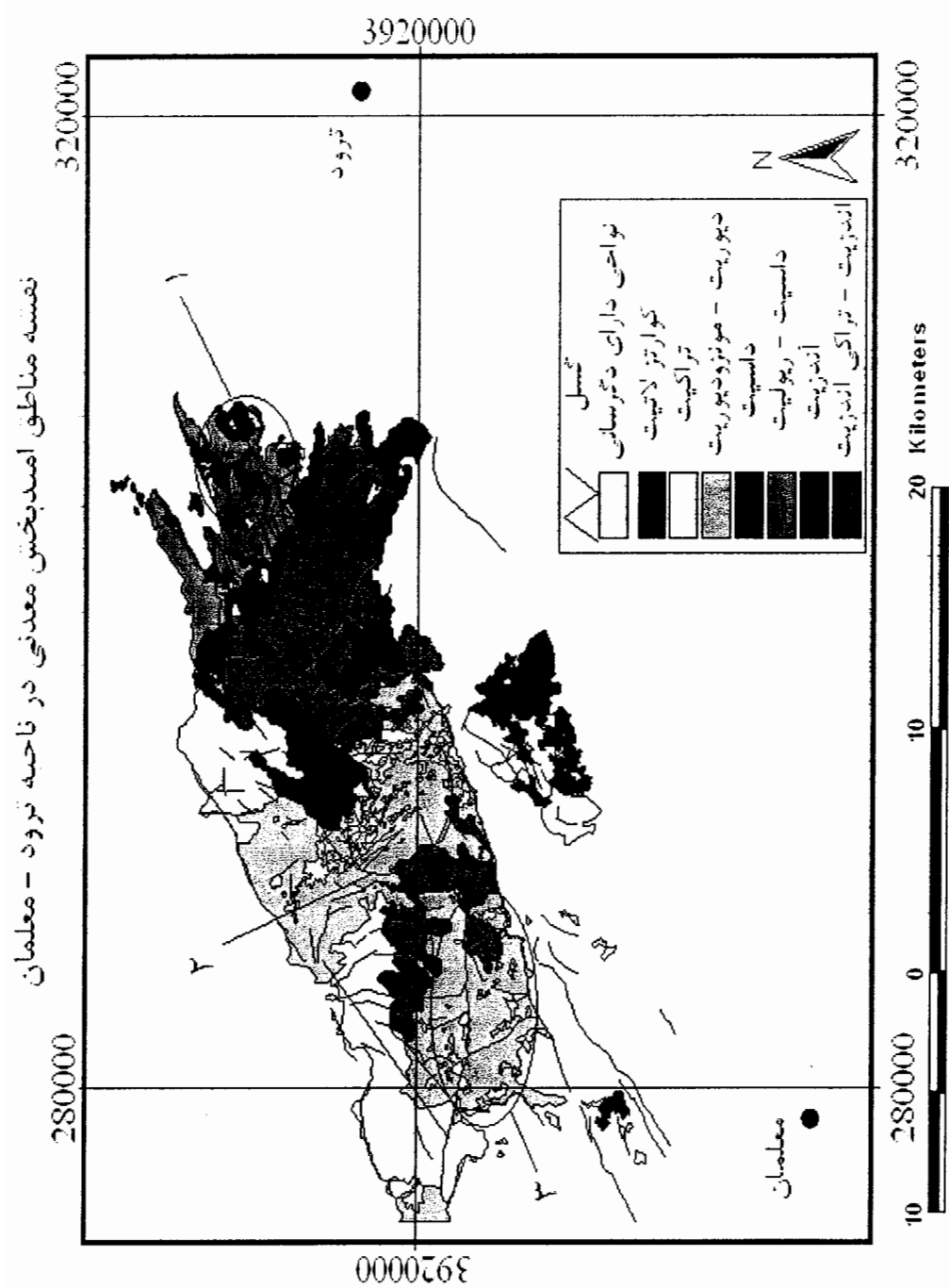
شکل (۴-۱۹): نقشه گسلهای ناحیه ترود - معلمان



شکل (۴-۲۰): نقشه دگرسانیها در ناحیه ترود - معلمان



شکل (۴-۲۱): نقشه واحد‌های سنگی ناحیه ترود - معلمان



شکل (۴-۲۲): نقشه نواحی امیدبخش معدنی (فلزی) ناحیه ترود - معلمان

فصل پنجم

مدل سازی پتانسیل های مس دار ناحیه
ترود – معلمان با استفاده از روش وزنهای
نشانگر

۵-۱- مقدمه

اکتشاف معدنی یک فعالیت چندمرحله ای است که در مقیاسی کوچک آغاز می شود و به مقیاس بزرگ تبدیل می شود و سرانجام به انتخاب محلهای بهینه به منظور دست یافتن به ذخایر معدنی پایان می پذیرد. در یک مقیاس کوچک، شرکتهای اکتشافی باید مناطق کلی را که ممکن است دارای پتانسیل دلخواه برای ذخایر معدنی یک عنصر معین و انتخاب شده، به طور معمول بر اساس ویژگیهای وسیع زمین شناسی، باشد، به طور کلی ترسیم کنند. در مقیاس متوسط، بخش هایی از این مناطق کلی برای اکتشاف تفصیلی بعدی، بر اساس شواهد حاصل از تهیه نقشه های زمین شناسی، نقشه برداری ژئوفیزیکی و ژئوشیمیائی منطقه ای و تعیین موقعیت مکانهای شناخته شده معدنی، انتخاب می شوند. با شناسائی مناطق مطلوب تر، اهداف را می توان به طور مستقیم انتخاب کرد یا مرحله دقیق تری از عمل پیمایش را به عهده گرفت. در نهایت، این فرآیند به ایجاد نقشه بزرگ مقیاس منجر می شود که نشان دهنده موقعیتهای اولویتهای محلهای بالقوه معدنی است [۹].

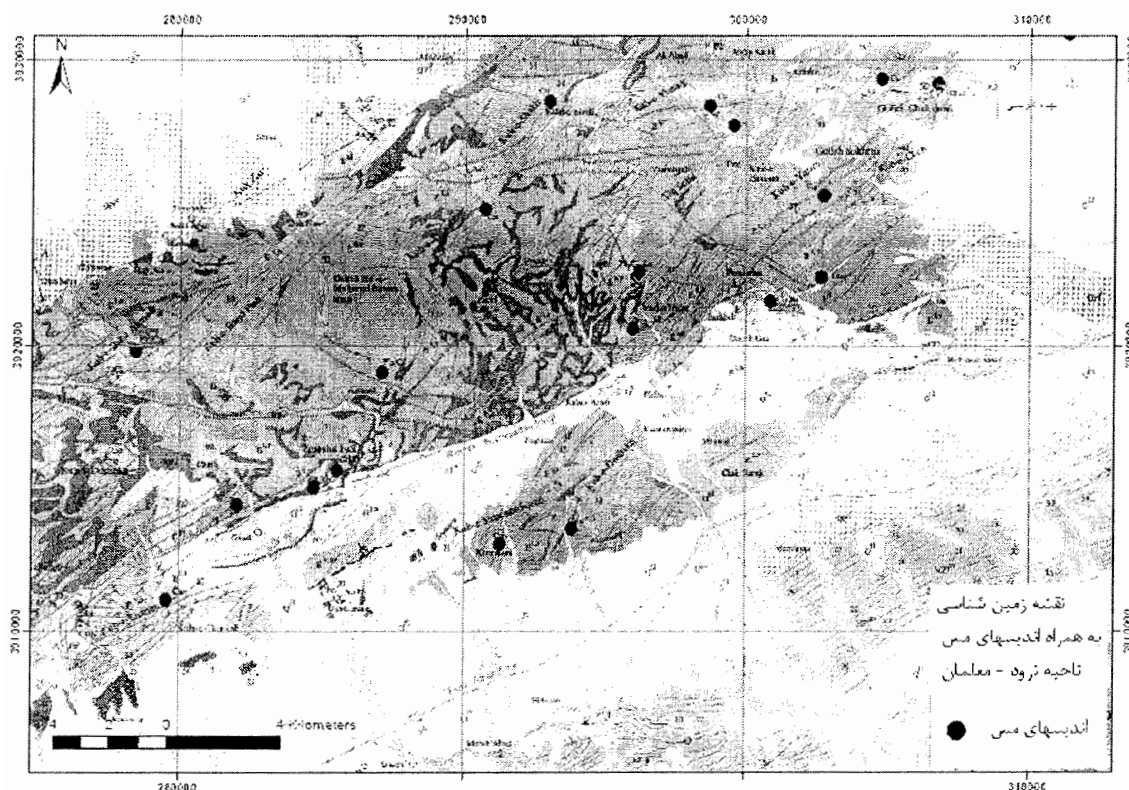
در این فصل سعی بر این است تا با استفاده از داده ها و اطلاعاتی که در فصول گذشته ارائه شد، پتانسیل های معدنی مس دار ناحیه ترود - معلمان را توسط GIS مدل سازی کرد. روش مدل سازی مورد استفاده در این تحقیق، روش وزن های نشانگر می باشد که در فصل سوم در مورد نحوه عملکرد آن بحث شده است. ابتدا داده های مورد استفاده تشریح خواهد شد.

۵-۲- داده های مورد استفاده

با توجه به بررسیهای انجام گرفته در ناحیه ترود - معلمان و نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان که منطقه مورد مطالعه را در بر می گیرد، چهار لایه اطلاعاتی برای تلفیق در سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS) موجود است که عبارتند از:

- ۱- نقشه رقومی شده زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ناحیه ترود - معلمان (واحدهای سنگی در این نقشه تفکیک شده است). این نقشه در شکل (۲-۱) فصل دوم آورده شده است.

۲- یک نقشه رقومی شده، که نشان دهنده موقعیت اندیسها و معادن فعال و متروکه مس منطقه می باشد. در این نقشه، که در شکل (۵-۱) نشان داده شده، ۱۹ اندیس شناخته شده مس روی نقشه زمین شناسی منطقه وجود دارد.



شکل (۵-۱): اندیسها و معادن فعال و متروکه مس روی نقشه زمین شناسی معلمان

۳- نقشه نشان دهنده مناطق دارای دگرسانی به دست آمده از بررسیهای دورسنجی انجام گرفته در ناحیه ترود - معلمان. این نقشه در شکل (۴-۲۰) فصل چهارم آورده شده است.

۴- نقشه نشان دهنده گسلها و ساختارهای خطی موجود در ناحیه ترود - معلمان. این گسلها، حاصل از بررسیهای دورسنجی می باشد. این نقشه در شکل (۴-۱۹) فصل چهارم آورده شده است.

۳-۵- تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر

به جهت مشخص کردن وابستگی فضائی بین اندیسهای مس شناخته شده در ناحیه ترود - معلمان، به عنوان معیاری برای شناسائی پتانسیل های جدید مس دار از تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر استفاده

خواهد شد، که در فصل سوم به تفصیل در مورد این روش بحث شده است. این محاسبات برای سه نقشه زمین شناسی (واحدهای زمین شناسی به عنوان لیتولوژی سنگ میزبان)، نقشه مناطق دارای دگرسانی منطقه و نقشه گسل های موجود در منطقه انجام شده است. در ادامه تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر برای این ۳ نقشه به تفکیک آورده شده است.

۵-۳-۱- تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر بر روی واحدهای نقشه زمین شناسی

با توجه به اندیس های موجود در منطقه مورد مطالعه، عملیات وزن دهی به واحدهای مختلف نقشه زمین شناسی منطقه انجام شد. در جدول (۵-۱) پارامترهای مربوط به تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر برای هر واحد از نقشه زمین شناسی که در آن اندیس شناخته شده مس وجود دارد، نشان داده شده است. این پارامترها شامل مساحت تحت پوشش، تعداد اندیس ها، وزن های W^+ و W^- و کنتراست های محاسبه شده می باشد. تقریباً کل منطقه از واحدهای سنگی آذرین تشکیل شده است ولی برای بسیاری از این واحدها هیچگونه داده ای (اندیس مس دار) وجود ندارد و در نتیجه ارزش های وزنی و کنتراست برای این واحدها تعیین نگردیده است، بنابراین در جدول نیز نیامده است. همان طور که مشاهده می شود، واحدهای dp (کوارتز تراکی آندزیت)، $E^{s,p}$ (تراکی آندزیت بازالت)، $E^{t,v}$ (آندزیت - داسیت) و $E^{v,br}$ (برش های آتشفشانی) دارای کنتراست های مثبت هستند، بنابراین این واحدها به عنوان بهترین واحدها انتخاب شده و در نهایت از آنها برای مدل سازی استفاده خواهد شد.

۵-۳-۲- تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر بر روی گسل ها

به جهت مطالعه گسل های منطقه، ابتدا کلیه گسل های مشخص شده روی نقشه زمین شناسی، جداگانه رقومی شده و با گسل های به دست آمده از مطالعه تصاویر ماهواره ای روی هم قرار داده شده تا نقشه ای مرکب از مجموع گسل های شناسائی شده به وجود آید. سپس در این نقشه مناطق تا فاصله ۵۰۰ متری از گسل ها و به فاصله ۱۰۰ متر به ۱۰۰ متر تقسیم بندی شدند، یا به عبارتی عملیات بافرینگ با فواصل ۱۰۰ متری تا ۵۰۰ متر انجام پذیرفت. سپس روی آن، عملیات وزن دهی به فواصل مختلف از طریق وزن های نشانگر صورت گرفت [۱۵]. جدول (۵-۲) پارامترهای محاسبه شده را (در فواصلی که از اندیس شناخته شده وجود دارد) نشان می دهد. طبق این جدول مشاهده می شود که فاصله ۴۰۰

متری از گسلها دارای بالاترین کنتراست است، بنابراین نقشه حاصل از گسلها با حاشیه ۴۰۰ متر تهیه شده است (شکل ۵-۲).

جدول (۵-۱): تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر برای واحدهای زمین شناسی

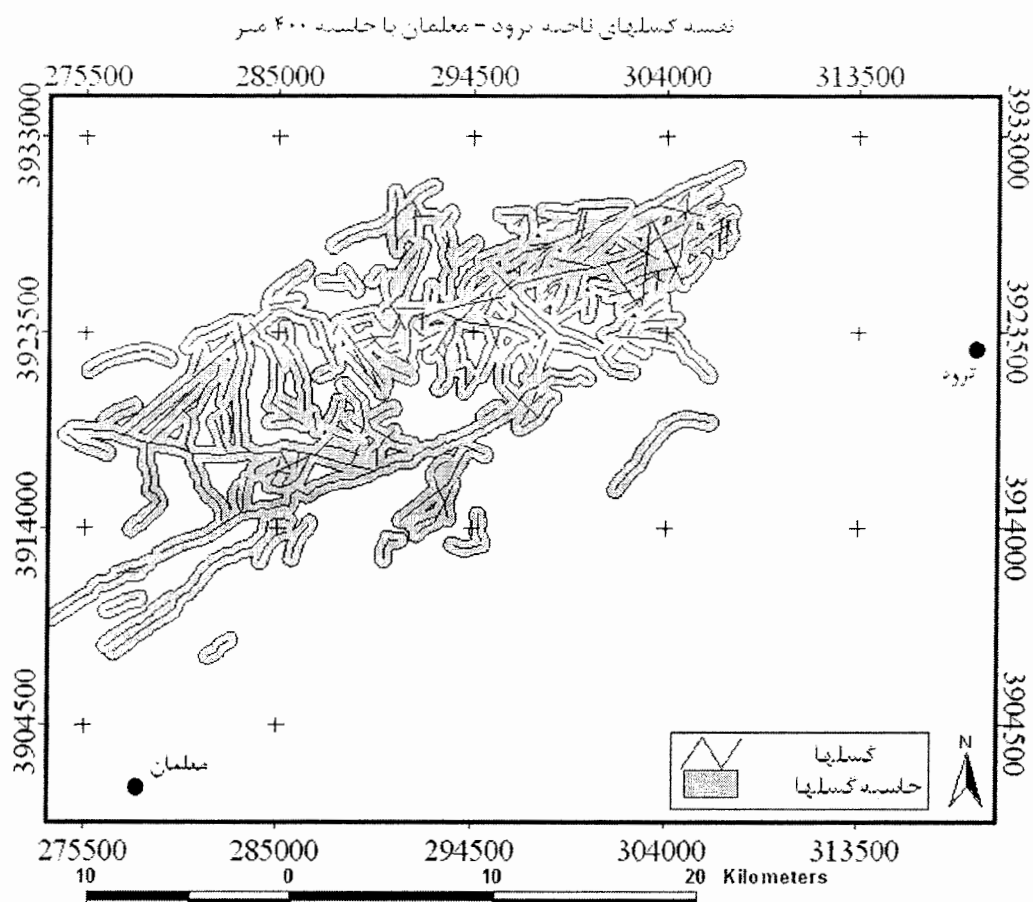
تباين (کنتراست)	W^-	W^+	تعداد اندیسهای موجود	مساحت به کیلومتر مربع	واحدهای زمین- شناسی
۱/۴۰۲۶	-۰/۰۸۲۷	۱/۳۱۹۹	۲	۱۴/۶۹	dp
۱/۱۲۱۵	-۰/۱۱۲۶	۱/۰۰۸۹	۳	۲۴/۹۸	$E^{s,p}$
۰/۶۴۷۷	-۰/۳۲۳	۰/۳۲۴۷	۱۱	۱۹۹/۸۶	$E^{t,v}$
۰/۴۷۸۲	-۰/۰۲۰۲	۰/۴۵۸	۱	۱۶/۰۳	$E^{v,br}$
-۰/۱۳۹۱	-۰/۰۲۰۶	-۰/۱۵۹۷	۲	۵۷/۷۴	$E^{t,r}$

جدول (۵-۲): تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر برای گسلهای منطقه مورد مطالعه

تباين (کنتراست)	W^-	W^+	تعداد اندیسهای موجود	مساحت به کیلومتر مربع	فاصله از گسل به متر
۱/۷۵۶۱	-۰/۳۱۱۲	۱/۴۴۴۹	۵	۱۰۱/۷۳۴۸	۱۰۰
۲/۰۵۴۸	-۰/۶۸۶۳	۱/۳۶۸۵	۹	۱۹۶/۹۵۳۶	۲۰۰
۱/۴۷۸۷	-۰/۱۷۴	۱/۳۰۴۷	۱۲	۲۷۹/۱۲۴۶	۳۰۰
۲/۱۳۲۴	-۰/۸۲۳۱	۱/۳۰۹۳	۱۵	۳۴۷/۳۴۴۳	۴۰۰
۱/۲۱۹۳	.	۱/۲۱۹۳	۱۶	۴۰۳/۸۸۷۳	۵۰۰

۵-۳-۳- تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر بر روی مناطق دارای دگرسانی

مناطق دارای دگرسانی از بررسیهای دورسنجی ناحیه ترود - معلمان به دست آمده اند. در این مرحله نیز مانند دو مرحله قبل عمل می شود.

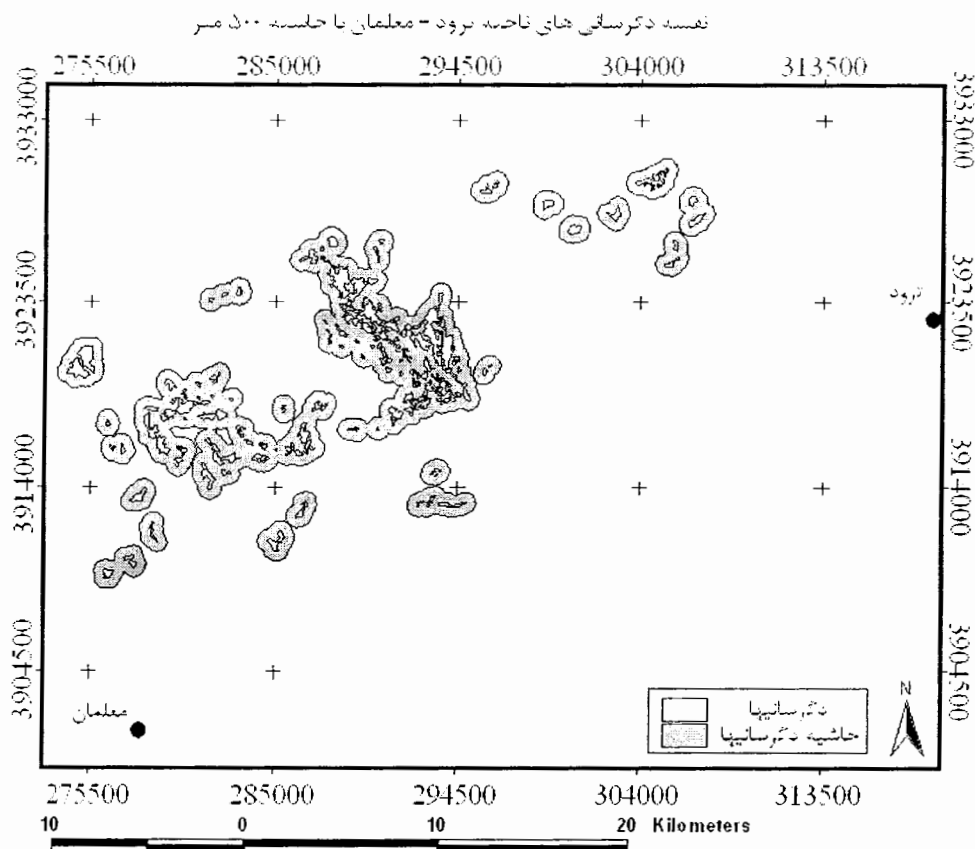


شکل (۴-۵): نقشه گسله های ناحیه تروود - معلمان با حاشیه ۴۰۰ متر

مناطق دارای دگرسانی تا فاصله ۱۵۰۰ متری و با فواصل ۵۰۰ متر به ۵۰۰ متر تقسیم بندی می شوند. سپس روی آن عملیات وزن دهی از طریق محاسبات وزن های نشانگر صورت می پذیرد [۱۳]. جدول (۳-۵) پارامترهای محاسبه شده را نشان می دهد. طبق این جدول مشاهده می کنیم که فاصله ۵۰۰ متری از مناطق دارای دگرسانی، دارای بالاترین کنتراست است، بنابراین نقشه حاصل از دگرسانی ها با حاشیه ۵۰۰ متری تهیه شده است (شکل ۵-۵).

جدول (۳-۵): تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر برای دگرسانی های منطقه مورد مطالعه

تباین (کنتراست)	W^+	تعداد اندیسهای موجود	مساحت به کیلومتر مربع	فاصله از دگرسانی به متر
۱/۷۵۲	-۰/۸۲۸۸	۱۰	۱۴۹/۸۱۶۸	۵۰۰
۰/۰۸۹	-۰/۰۵۱	۴	۱۳۹/۵۰۵۶	۱۰۰۰
-۱/۴۹	۰/۱۷۸۳	۱	۱۳۱/۷۰۸۶	۱۵۰۰



شکل (۵-۵): نقشه دگرسانی های ناحیه ترود - معلمان با حاشیه ۵۰۰ متر

۵-۴- مدل GIS برای اکتشافات ناحیه ای ترود - معلمان

بعد از انجام محاسبات مربوط به تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر و به دست آوردن این وزن ها برای واحدهای زمین شناسی (جدول ۵-۱)، گسلها (جدول ۵-۲) و دگرسانی های منطقه (جدول ۵-۳)، جدول (۵-۴) که شامل وزن های نشانگری است که برای تهیه نقشه های دودویی استفاده شدند، حاصل می شود [۱۴].

جدول (۵-۴): وزن های نشانگر برای نقشه های دودویی معیارهای مورد استفاده

معیارهای مورد استفاده	W^+	W^-
واحدهای زمین شناسی	۱/۳۲	-۰/۰۸
گسلها	۱/۳	-۰/۸۲
دگرسانی ها	۰/۹۳	-۰/۸۳
مجموع	۳/۵۵	-۱/۷۳

مدل GIS برای اکتشافات، با جمع کردن وزن های نشانگر حاصل از ۳ پارامتری که به عنوان معیارهای اکتشاف مس در ناحیه ترود - معلمان به کار گرفته شدند (واحدهای زمین شناسی، گسلها و دگرسانیها)، تولید می شود [۱۳]. ترکیب های متفاوتی از نقشه های دودویی حاصل از روش وزن های نشانگر می توان به دست آورد. همان طور که در جدول (۴-۵) دیده می شود، بیشترین و کمترین مقدار مجموع وزن ها برابر است با ۳/۵۵ و ۱/۷۳-. بازه بین ۳/۵۵ و ۱/۷۳- نشان دهنده ترتیب اولویت مناطق پتانسیل دار برای عنصر مس می باشد.

با روی هم قرار دادن معیارهای فوق، می توان نقشه احتمال مطلوب را به رده های مختلف تقسیم بندی کرد. در این تحقیق احتمال مطلوب را به سه رده ضعیف، متوسط و قوی تقسیم بندی می کنیم. اگر به ترتیب و از مقدار کم به زیاد، وزن های نشانگر مربوط به دگرسانی ها، گسلها و واحدهای زمین شناسی را به صورت W_1^+ تا W_3^+ و W_1^- تا W_3^- نام گذاری کنیم، حد بین ضعیف و متوسط عبارتست از [۱۴]:

$$W_1^+ + W_1^- = 0/93 - 0/83 = 0/1$$

حد بین متوسط و قوی نیز عبارتست از:

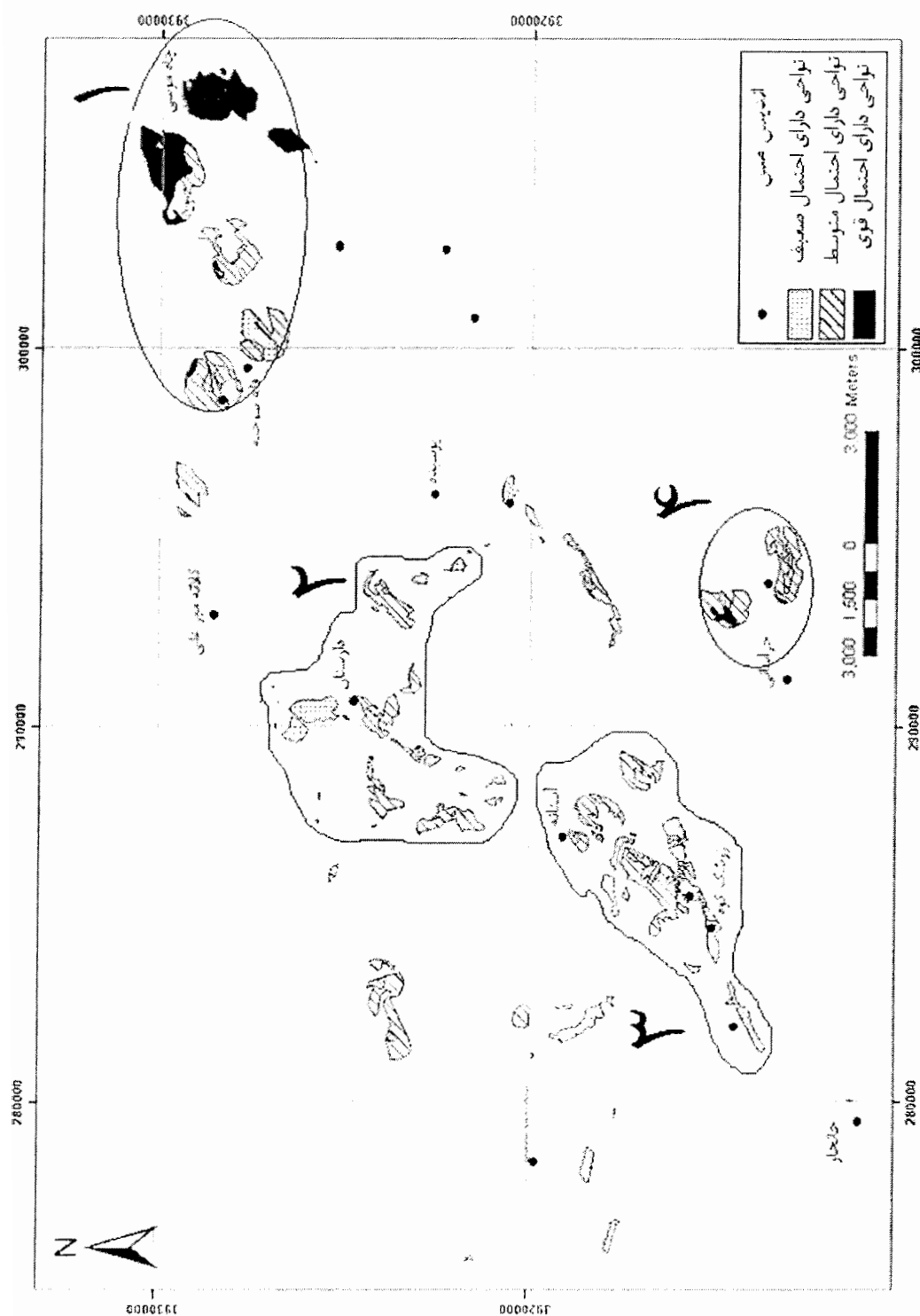
$$(W_1^+ + W_2^+) + (W_1^- + W_2^-) = (0/93 + 1/3) + (-0/83 - 0/82) = 0/58$$

در شکل (۴-۵)، نقشه احتمال مطلوب برای کانی سازی مس در ناحیه ترود - معلمان با سه اولویت ضعیف (کمتر از ۰/۱)، متوسط (۰/۱ تا ۰/۵۸) و قوی (بیشتر از ۰/۵۸) آورده شده است.

۵-۵- نتیجه گیری

نتیجه مدل حاصله از روش وزن های نشانگر این است که، در مساحت ۷۰۰ کیلومتر مربع اکتشافات ناحیه ای انجام گرفته و فقط ۲۷ کیلومتر مربع از این ناحیه برای ذخایر مس دار، دارای پتانسیل تشخیص داده شدند، لذا کمتر از ۶٪ این ناحیه نیاز به اکتشافات نیمه تفصیلی و تفصیلی دارد. نواحی آنومال موجود در شکل (۴-۵)، که اولویتهای مختلفی دارند را می توان به چهار زون ۱، ۲، ۳ و ۴ تقسیم بندی کرد. این چهار زون عبارتند از: زون شماره ۱ که محدوده بین قله چاه موسی و قله سوخته را در بر می گیرد، زون شماره ۲ که حوالی دارستان را شامل می شود، زون شماره ۳ که محدوده بین آستانه و زرشک کوه در این زون واقع هستند و زون شماره ۴ که منطقه کوچکی در اطراف خراسانی را

شامل می شود. اندیس چاه موسی مطابق شکل (۵-۶) در زون شماره ۱ و با اولویت اول واقع شده است، بنابراین می توان اکتشافات نیمه تفصیلی و تفصیلی را روی این اندیس متمرکز کرد. در فصل بعدی اکتشافات تفصیلی انجام گرفته در معدن مس چاه موسی ارائه خواهد شد.



شکل (۵-۶): نقشه احتمال مطلوب کانی سازی مس در ناحیه ترود - معلمان

فصل ششم

تحلیل و تفسیر نتایج اکتشافات تفصیلی
انجام گرفته در معدن مس چاه موسی

۶-۱- مقدمه

با توجه به بررسیهای دورسنجی و GIS که در ناحیه ترود - معلمان صورت پذیرفت و در فصل چهارم به طور کامل به آن پرداخته شد، منطقه چاه موسی، یکی از مناطقی است که برای مراحل بعدی اکتشاف مناسب است. همچنین در فصل پنجم نیز با استفاده از روش وزنهای نشانگر، معدن مس چاه - موسی برای مراحل اکتشاف تفصیلی معرفی گردیده است. خوشبختانه در این منطقه کارهای اکتشافی گسترده‌ای صورت گرفته و هم‌اکنون، معدن چاه موسی یکی از معدود معادن فعال ناحیه ترود - معلمان به شمار می‌رود، که بهره‌برداری از آن همچنان ادامه دارد و مراحل لیچینگ و فرآوری مس نیز به مرحله اجرائی رسیده است. در این فصل، عملیات اکتشافی صورت گرفته در این معدن، که شامل ژئوفیزیک اکتشافی و حفاری اکتشافی است، به طور مشروح مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین زمین‌شناسی معدن چاه موسی نیز در ضمیمه الف آورده شده است.

۶-۲- موقعیت جغرافیائی و راههای دسترسی

معدن مس چاه موسی در استان سمنان و در ۱۳۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان شاهرود و ۱۵ کیلومتری شمال غرب روستای ترود قرار گرفته است و دارای طول جغرافیائی $53^{\circ} 54'$ تا $55^{\circ} 54'$ و عرض جغرافیائی $26^{\circ} 35'$ تا $32^{\circ} 35'$ است. (این معدن در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰/۰۰۰ معلمان و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰/۰۰۰ سرتخت واقع شده است). معدن مس چاه موسی در دامنه قله چاه موسی واقع شده است. فاصله این معدن تا سمنان ۳۱۰ کیلومتر است و راه دسترسی به معدن از دو طریق مقدور می‌باشد (شکل ۱-۲):

الف- مسیر شاهرود- ترود- چاه موسی، با طی ۱۲۵ کیلومتر در این مسیر، حدود ۲ کیلومتر قبل از رسیدن به ترود، راه خاکی معدن چاه موسی و کلاته چاه موسی در سمت راست جاده نمایان می‌شود. طول این جاده خاکی تا معدن حدود ۱۴ کیلومتر است.

ب- مسیر دامغان- معلمان- ترود - چاه موسی، پس از طی ۱۱۰ کیلومتر در مسیر دامغان- جندق و رسیدن به سهراهی معلمان، جاده آسفalte معلمان- ترود، پس از طی ۵۰ کیلومتر ما را به ترود می‌رساند. با طی ۲ کیلومتر در جاده ترود- شاهرود، به ابتدای راه فرعی معدن چاه موسی می‌رسیم.

۵-۶- ژئوفیزیک اکتشافی

عملیات ژئوفیزیک اکتشافی در معدن مس چاه موسی در ابتدای سال ۱۳۸۵ و توسط گروهی از دانشگاه اوپسالا^۱ کشور سوئد (که البته دارای ملیت ایران بوده‌اند)، به نامهای دکتر مهرداد باستانی و مهندس علیرضا مالمیر انجام پذیرفت.

۵-۶-۱- روشهای مورد استفاده

روشهای مورد استفاده در این عملیات عبارت بودند از: مغناطیس‌سنجی^۲، VLF^۳، RMT^۴ و CSTMT^۵، که سه روش اخیر از جمله روشهای الکترومغناطیس می‌باشند. که در ادامه بیشتر به شرح روشهای مورد استفاده و نحوه اندازه‌گیری‌ها پرداخته می‌شود.

۵-۶-۱-۱- روش مغناطیس‌سنجی

اصول روش مغناطیس‌سنجی بر پایه اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی استوار است. کانیهای مشخصی وجود دارند که میدان مغناطیسی زمین را منحرف می‌کنند و زمانی که مقدار کافی از این کانیها در محلی وجود داشته باشند، می‌توان تغییرات را توسط روشهای هوایی یا زمینی اندازه‌گیری کرد. وجود خواص مغناطیسی و وسعت آنها، امکان تعقیب ساختمانهای زمین‌شناسی را در منطقه مورد مطالعه فراهم می‌سازد، به‌علاوه می‌توان وجود کانسارهایی که مستقیماً و یا به‌طور غیرمستقیم در ارتباط با کانیهای مگنتیتی هستند را به‌راحتی تشخیص داد [۳۰].

کانیهای آهن‌دار مانند مگنتیت در خیلی از نقاط جهان با مگنتومترهای هوایی اکتشاف شده‌اند. کانسار مس اسکارن، کانسار نیکل و سرپانتینهای آزرست دار که در توده‌های نفوذی مگنتیک واقع شده‌اند، نیز توسط این روش اکتشاف شده‌اند. بعضی از ژئوفیزیک‌دانها به دلیل قرار گرفتن طلاهای پلاسی در ماسه‌های سیاه که شامل کانی مگنتیت هستند، در مورد استفاده مگنتومتر در اکتشاف آنها بحث

۱) Uppsala

۲) Magnetic Method

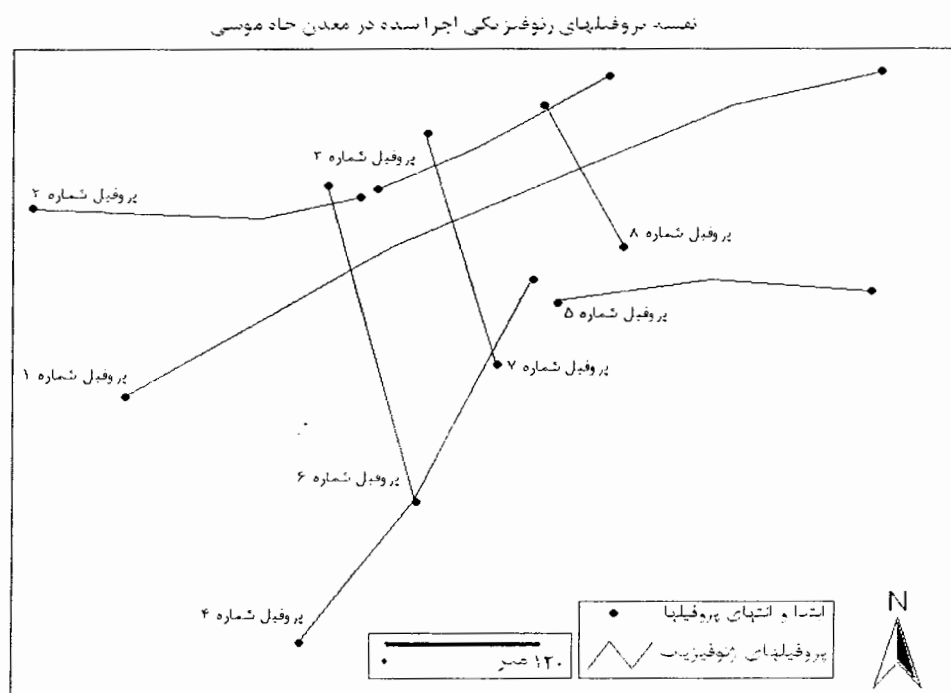
۳) Very Low Frequency

۴) Radio MagnetoTelloric

۵) Controlled Source Tensor MagnetoTelloric

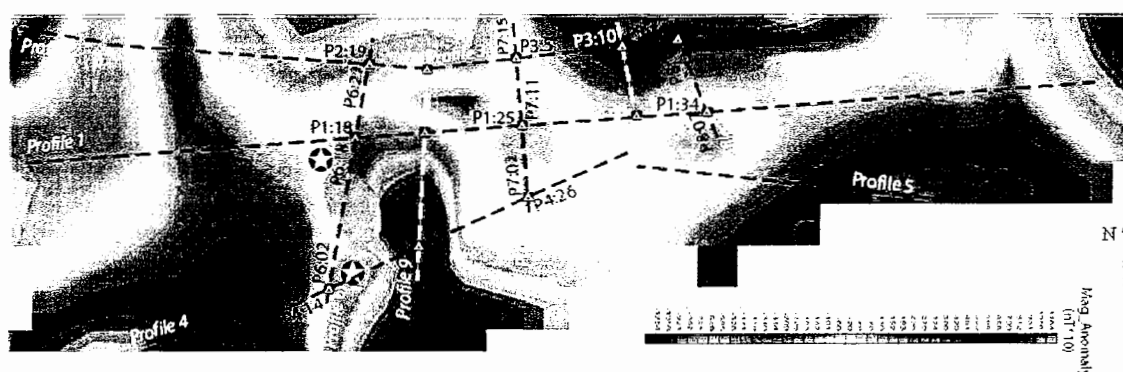
کرده‌اند. اکتشاف فلزات بستگی به مقدار ماده مغناطیسی موجود و فاصله آن از دستگاه اندازه‌گیری - کننده دارد. عمق کانسار را با استفاده از روش گرادیان روی داده‌های اندازه‌گیری شده می‌توان تخمین زد. یکی از بزرگترین محاسن این روش، اکتشاف گسلها و ساختارهای خطی است که در مراحل مختلف تکتونیکی به وجود آمده‌اند. لازم به توضیح است که در محدوده چاه موسی اکثراً کانی‌سازی توسط تکتونیک و عوامل تکتونیکی کنترل شده است [۳۱].

حدود ۵۰۰ اندازه‌گیری در ۸ پروفیل که در هر ۵ متر برداشت شده‌اند، در معدن چاه موسی انجام شده است. شکل (۲-۶) ترتیب و نحوه اجرای این پروفیلها نشان داده شده است. البته دو پروفیل اضافی مغناطیس‌سنجی (پروفیل ۹ و ۱۰) نیز در این محدوده اجرا شد (در شکل (۳-۶) موقعیت آنها مشخص شده است). نقشه میدان مغناطیسی کل، شدت بالای میدان را در شمال و شدت پایین میدان را در مرکز محدوده نشان می‌دهد. شدت کل میدان زمین در این منطقه برابر است با: ۴۸۱۸۵ نانوتسلا، زاویه میل مغناطیسی برابر با ۵۳/۹ درجه و زاویه انحراف از مرکز مغناطیسی برابر با ۳/۸ درجه می‌باشد. روش Least Square برای داده‌های به‌دست آمده مورد استفاده قرار گرفت تا میدان مغناطیسی ناحیه‌ای معرفی شود. سپس این مقدار، از داده‌های به‌دست آمده کسر شد تا نقشه



شکل (۲-۶): نقشه پروفیل‌های ژئوفیزیکی اجرا شده در معدن چاه موسی

آنومالی مغناطیسی به دست آمد. این نقشه در شکل (۳-۶) آورده شده است. نقشه آنومالی مغناطیسی نیز نشان می‌دهد که، در مرکز محدوده، شدت میدان پایین و در شمال محدوده شدت میدان مغناطیسی بالا است. با توجه به مقادیر خودپذیری مغناطیسی اندازه‌گیری شده در نقاط مختلف معدن، مناطق دارای شدت میدان پایین (مناطق دارای رنگ سبز کم رنگ تا زرد در شکل (۳-۶))، به عنوان آنومالیهای احتمالی فلزی معرفی شده‌اند [۳۱].



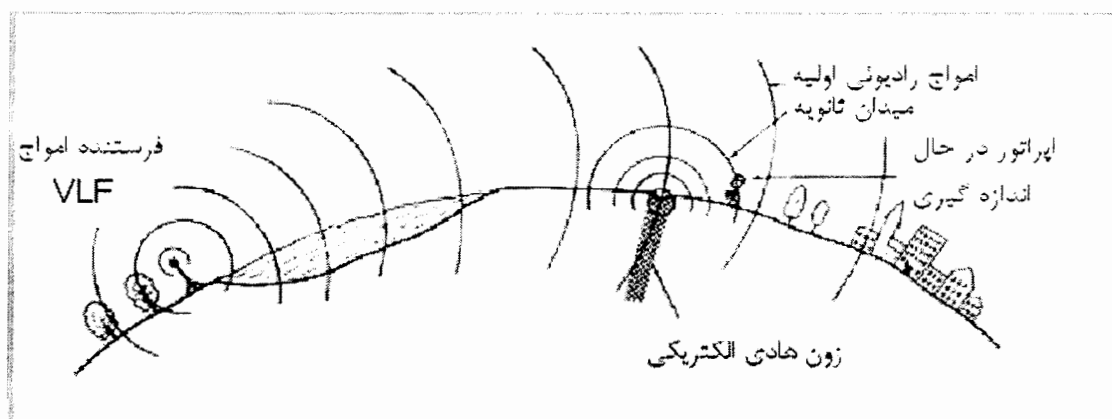
شکل (۳-۶): نقشه آنومالی مغناطیسی معدن چاه موسی [۳۱]

۶-۵-۱-۲- روش VLF

روش VLF (باند فرکانس خیلی پایین، ۳۰-۱۴ کیلوهرتز)، ابزاری است که برای شناسایی و اکتشاف ساختارهای نزدیک سطح زمین به کار می‌رود. استفاده از این روش در پیمایش‌های ژئوفیزیکی از سال ۱۹۶۰ میلادی به عنوان روشی برای اکتشاف مواد هادی الکتریکی آغاز شده است. این روش علاوه بر کاربردهائی که در زمین‌شناسی دارد، در مطالعه آبهای زیرزمینی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳۲].

این روش، یکی از روشهای الکترومغناطیسی حوزه فرکانس با جریان متناوب است که از فرستندههای رادیویی با فرکانس پایین و قدرت بالا به عنوان منبع تولید جریان استفاده می‌کند. یازده فرستنده اصلی در تقاطع با نیروی کروی واقع شده‌اند، که فرکانسی بین ۱۰ تا ۳۰ کیلوهرتز تولید می‌کنند. در فاصله ای بیشتر از دهها کیلومتر، فرستندههای EM مانند امواج صفحه‌ای عمل می‌کنند و به‌صورت افقی به سمت بیرون پراکنده می‌شوند. وقتی این امواج، یک جسم هادی پوشانده شده را قطع می‌کنند، جریانهای حلقه‌ای را القا می‌کنند که این جریانها، میدان مغناطیسی ثانویه هم‌مرکزی را حول مرکز

این جریانها تولید می کنند. در شکل (۴-۶) مولفه های موثر در اندازه گیری های VLF نشان داده شده است. شدت جریان حلقه ای زمانی به بیشترین مقدار می رسد که بزرگترین محور جسم هادی، موازی با جهت انتشار امواج باشد. بردار مغناطیسی در این جهت به صورت مماس عمل می کند [۳۲].



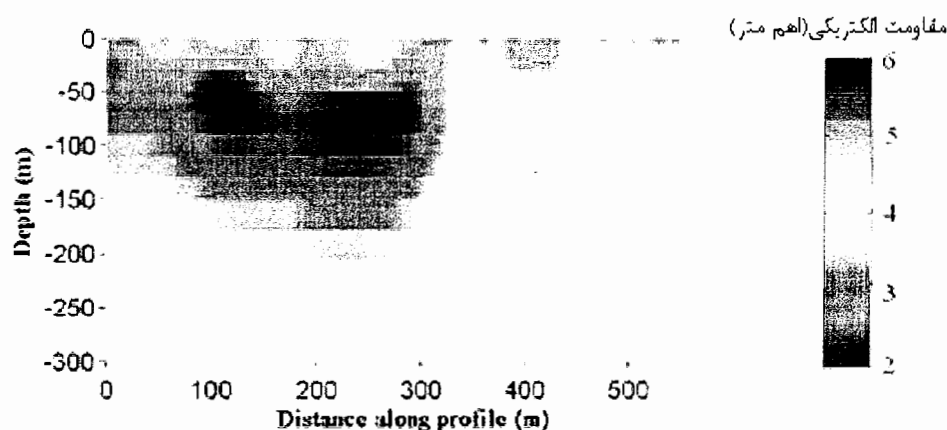
شکل (۴-۶): مولفه های اصلی موثر در اندازه گیری، در روش VLF [۳۲]

تجهیزات مدرن VLF، این توانائی را دارند که میدان ثانویه را به ترتیب در فرکانسهای مختلف اندازه گیری کنند تا زمانی که شدت این میدان بهینه شوند. اغلب، جهت خطوط برداشت (پیمایش)، باید طوری انتخاب شود تا عمود بر جهت احتمالی اهداف از پیش تعیین شده باشد. برداشتهای VLF، شامل اندازه گیری جهت (زاویه شیب و زاویه انحراف) بردار مجموع بردارهای اولیه (افقی) و ثانویه میدان مغناطیسی می باشد. وقتی دستگاه اندازه گیری به طوری که هدف عمودی را قطع کند، بر روی آن عبور داده می شود، جهت بردار از یک مقدار ماکزیمم در یک طرف، تا یک مقدار مینیمم در طرف دیگر، تغییر می کند. نقطه ای که قرائتها از یک مقدار مثبت به یک مقدار منفی تغییر کند، نقطه ای است که روی جسم هادی قرار گرفته است. اگر جسم هادی شیبدار باشد، شکل آنومالی نیز بسته به جهت شیب جسم هادی به سمت مثبت یا منفی منحرف می شود [۳۰].

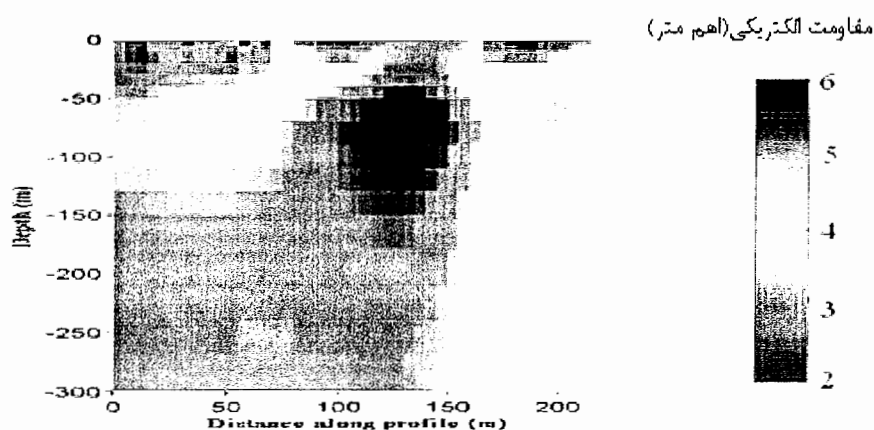
روش VLF به عنوان یک روش اولیه در اکتشاف مواد معدنی به کار گرفته می شود، ولی در کارهای مهندسی و اکتشاف آبهای زیرزمینی برای اکتشاف زونهای گسله و دیگر اجسام هادی تقریباً عمودی موفق بوده است. در منطقه چاه موسی، ۸ پروفیل با طولهای متفاوت از ۱۵۰ تا ۵۷۰ متر اجرا شده، که در این پروفیلها در هر ۵ متر اندازه گیری انجام شده است. نحوه قرارگیری پروفیلها به همان ترتیب است که در شکل (۲-۶) نشان داده شده است. ذکر این نکته ضروری است که در اندازه گیری های

ژئوفیزیکی معمولاً پروفیلها عمود بر روند کانی‌سازی اجرا می‌گردند، ولی در عملیات ژئوفیزیکی انجام شده در معدن چاه موسی به دلیل عدم اطلاع از روند کانی‌سازی، پروفیلها به صورت متقاطع اجرا شده‌اند. در بیشتر موارد سیگنالهای قوی از ۱۸/۱ کیلوهرتز تا ۲۱/۱ کیلوهرتز دریافت شده‌اند. کیفیت داده‌ها نسبتاً خوب بود و در نقاطی که داده‌ها همراه با نویز (خطا) بودند، حذف شده‌اند. عمق نشان داده شده در پروفیلهای مدل‌سازی شده، عمق دقیق را برای ما مشخص نمی‌کند [۳۱].

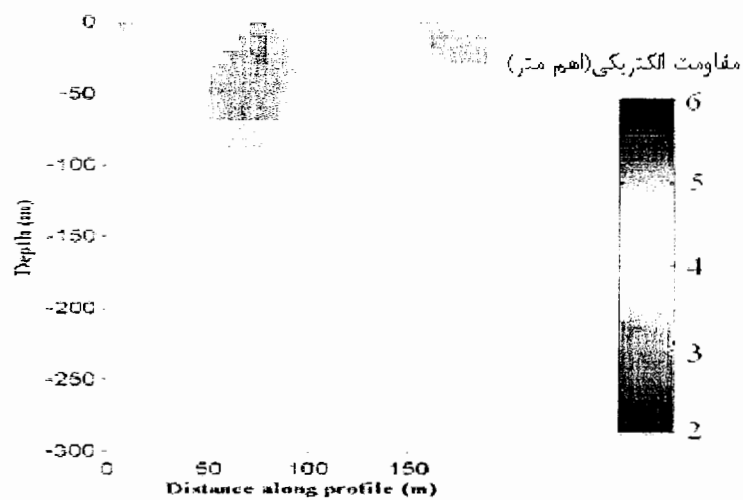
پروفیلهای مدل‌سازی شده برای روش VLF، به ترتیب در شکل‌های (۵-۶) تا (۱۲-۶)، برای ۸ پروفیل اندازه‌گیری شده در معدن چاه موسی آورده شده است. در این مقاطع، مناطقی که بیشتر به رنگ آبی متمایل هستند، دارای مقاومت الکتریکی پائین هستند و این مناطق به عنوان آنومالی VLF در نظر گرفته می‌شوند.



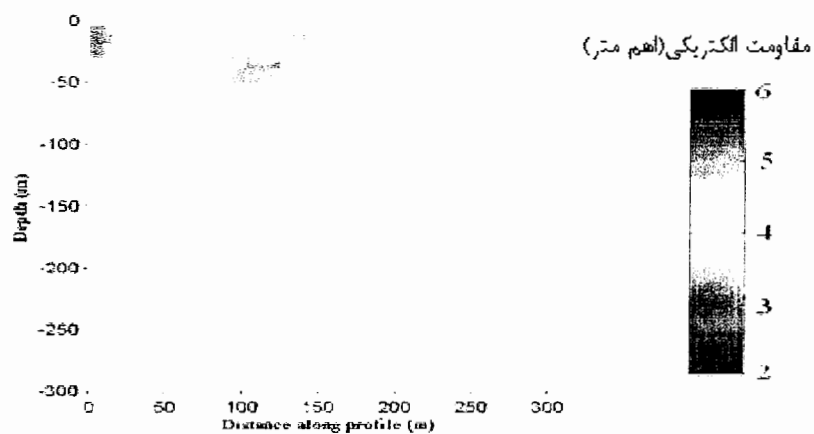
شکل (۵-۶): پروفیل شماره ۱ مدل‌سازی شده VLF [۳۱]



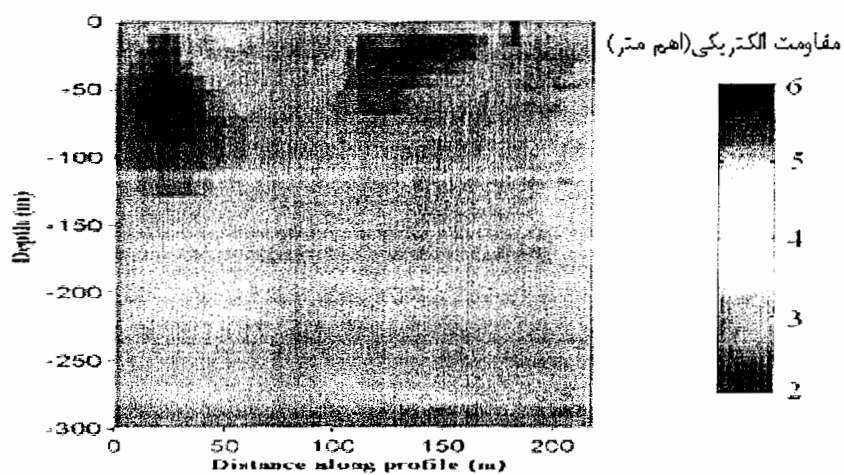
شکل (۶-۶): پروفیل شماره ۲ مدل‌سازی شده VLF [۳۱]



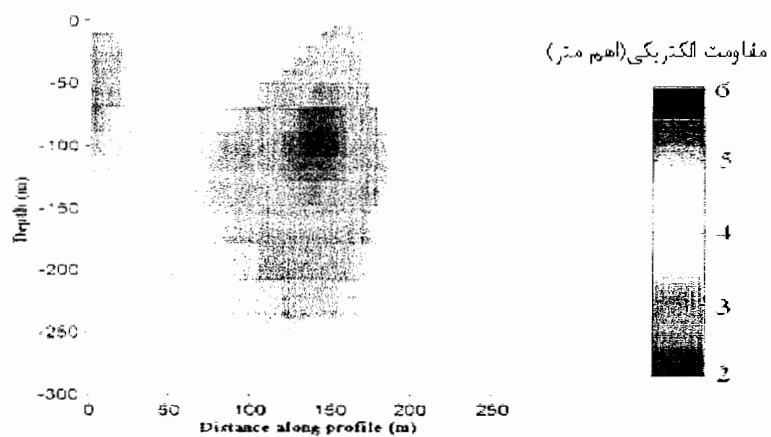
شکل (۶-۷): پروفیل شماره ۳ مدل سازی شده VLF [۳۱]



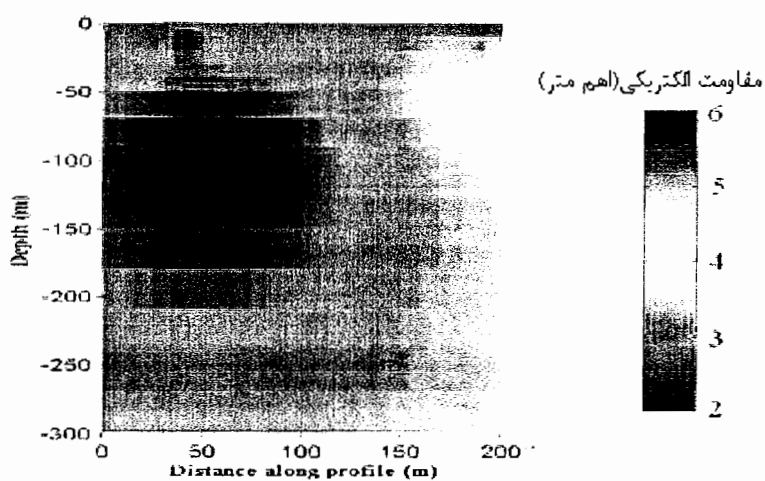
شکل (۶-۸): پروفیل شماره ۴ مدل سازی شده VLF [۳۱]



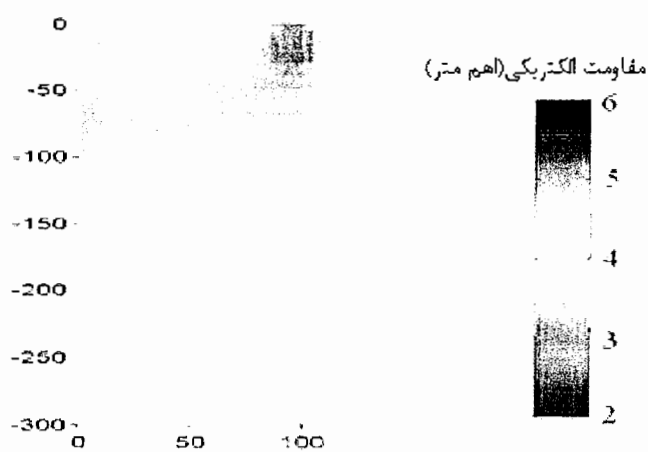
شکل (۶-۹): پروفیل شماره ۵ مدل سازی شده VLF [۳۱]



شکل (۶-۱۰): پروفیل شماره ۶ مدل سازی شده VLF [۳۱]



شکل (۶-۱۱): پروفیل شماره ۷ مدل سازی شده VLF [۳۱]



شکل (۶-۱۲): پروفیل شماره ۸ مدل سازی شده VLF [۳۱]

اگر روند کانی‌سازی در معدن چاه موسی را با توجه به مواردی که در فصل دوم بیان شد، هم‌روند با گسل‌های اصلی منطقه و با امتداد شمال شرق - جنوب غرب تصور کنیم، مشاهده خواهیم کرد که در روش VLF، پروفیل‌های ۱، ۲، ۵، ۶ و ۷ که این امتداد را قطع می‌کنند، آنومالی‌هایی را نشان داده‌اند و می‌توان این‌گونه برداشت کرد که، در مناطقی که آنومالی مشاهده شده، امکان وجود رگه های کانه‌دار دور از انتظار نیست.

۶-۵-۱-۳- روش RMT

در روش RMT، امکان استفاده از فرستنده‌های رادیویی در بازه ای بین ۱۵ تا ۲۵۰ کیلوهرتز فراهم می‌شود، که امواج با فرکانس خیلی پائین^۱ و فرکانس پائین^۲ را شامل می‌شود. سیگنال‌های الکترومغناطیسی توسط فرستنده‌های قوی ساطع می‌شوند که با زمین جفت شده و به صورت قطب‌های الکتریکی افقی یا عمودی روی مسیر امواج راهنما توسط سطح زمین و یونوسفر طی می‌شوند. در بیشتر مناطق دنیا این فرستنده‌ها که فرستنده‌های VLF را شامل می‌شوند، برای اندازه‌گیری‌های ژئوفیزیکی مورد استفاده واقع می‌شوند [۳۱].

عمق بررسی در روش‌های مگنتوتلوریک^۳، تابعی است از مقاومت زمین و فرکانس، به‌صورتی که در رابطه (۶-۱) نشان داده شده است [۳۳].

$$\delta \approx 500 \left(\frac{\rho}{f} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{رابطه (۶-۱):}$$

که δ برابر است با عمق بررسی، ρ برابر است با مقاومت الکتریکی در واحد $\Omega.m$ (اهم متر)، و f برابر است با فرکانس منبع تولید جریان در واحد Hz (هرتز).

تجهیزات و لوازم استفاده شده در این عملیات، دستگاه EnviroMT از دانشگاه اوپسالا سوئد بود. این دستگاه در کشور سوئد در انواع گوناگون بررسیها مورد استفاده قرار گرفته است. برای اندازه‌گیری و حمل دستگاه در عملیات صحرائی حداقل به دو نفر نیاز است.

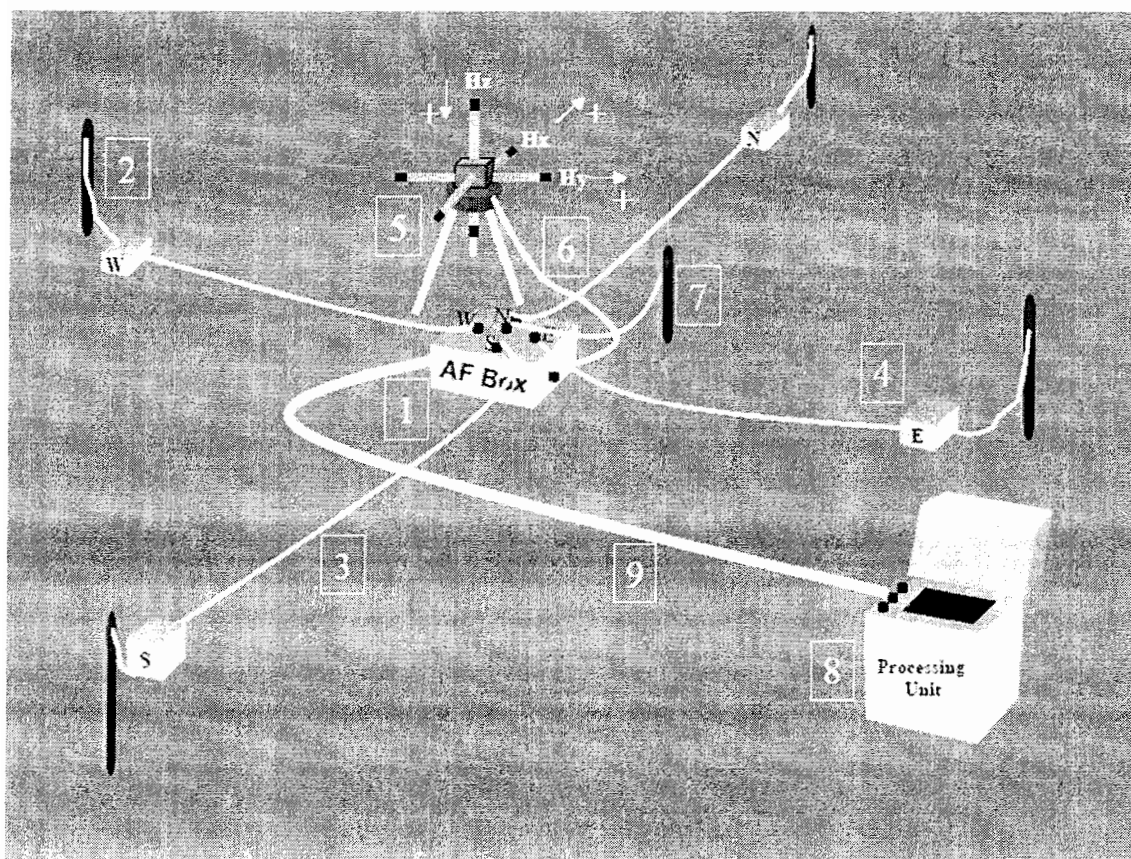
۱) Very Low Frequency

۲) Low Frequency

۳) MagnetoTelloric

در روش RMT، اجزاء میدان مغناطیسی و الکتریکی از فرستنده‌های رادیویی در سطح زمین اندازه‌گیری می‌شوند. نحوه اندازه‌گیری در روش RMT به صورت شماتیک در شکل (۶-۱۳) نشان داده شده است. نحوه قرارگیری دستگاه و اندازه‌گیری در روش RMT به ترتیب زیر است.

در هر ایستگاه اندازه‌گیری، جعبه فیلتر آنالوگ^۱، که با شماره ۱ در شکل (۶-۱۳) نشان داده شده، در مرکز قرار می‌گیرد. اجزاء میدان الکتریکی افقی در دو جهت تعریف‌شده اندازه‌گیری می‌شوند،



شکل (۶-۱۳): نمای سه بعدی از تجهیزات دستگاه EnviroMT [۳۳]

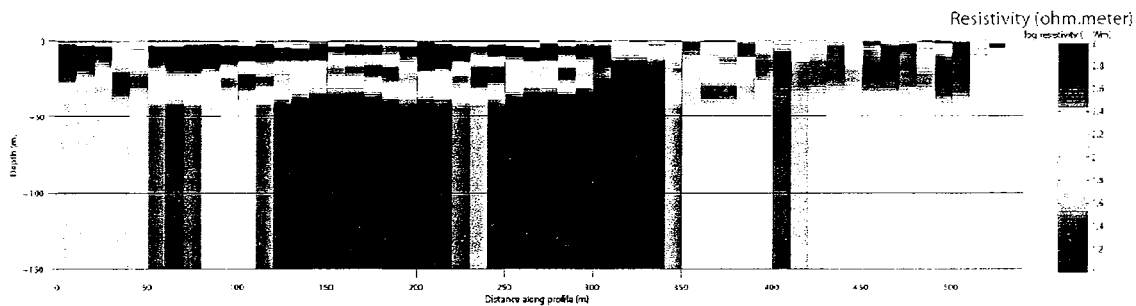
که معمولاً این دو جهت عبارتند از: شمالی - جنوبی (N - S) و شرقی - غربی (E - W)، که این عملیات توسط دو جفت الکتروود استیل (شماره ۲ در شکل ۶-۱۳)، انجام می‌پذیرد. الکتروودها به صورت قرینه نسبت به جعبه مرکزی قرار می‌گیرند و فاصله الکتروودها در هر دو جهت یکسان می‌باشد. الکتروودها به آمپلی‌فایرهای بافر (شماره ۴ در شکل ۶-۱۳) و جعبه فیلتر آنالوگ، توسط کابل‌های مخصوصی (شماره ۳ در شکل ۶-۱۳) متصل می‌شوند. سه سنسور مغناطیسی ثابت روی یک سه‌پایه

۱) AF box

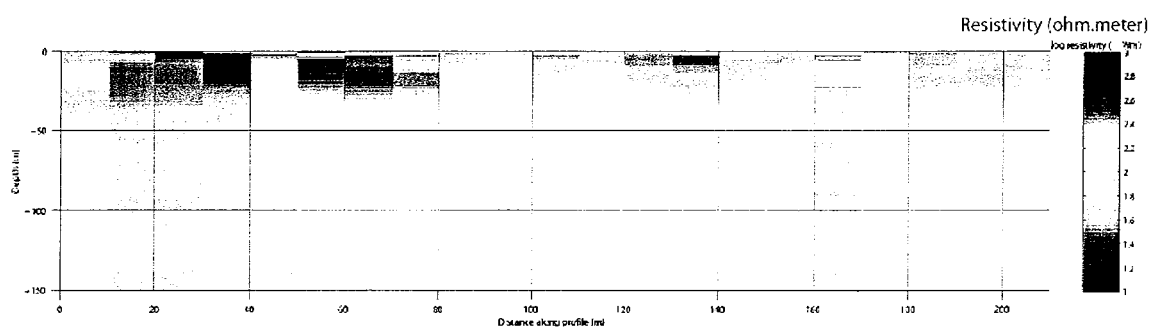
(شماره ۵ در شکل ۶-۱۳)، قرار می گیرند، که مولفه های میدان مغناطیسی را اندازه گیری می کنند. دو سنسور افقی، به صورت موازی با سنسورهای میدان الکتریکی و سنسور سوم به صورت عمودی با جهتی به سمت پایین قرار می گیرند. سه پایه قابل حمل ذکر شده در نزدیکی جعبه فیلتر آنالوگ قرار گرفته و با کابل ضخیم مخصوصی (شماره ۶ در شکل ۶-۱۳)، به این جعبه متصل می شود. یک کابل که به یک الکتروود استیل متصل به زمین (شماره ۷ در شکل ۶-۱۳)، وصل شده، به مرکز جعبه فیلتر آنالوگ متصل شده تا ولتاژ صفر زمین را حفظ کند. پس از فیلترگذاری آنالوگ در جعبه مرکزی، سیگنالهای آنالوگ از پنج کانال به واحد مرکزی (شماره ۸ در شکل ۶-۱۳) انتقال می یابند، تا وارون سازی و پردازش گردند. یک سیم ضخیم مخصوص (شماره ۹ در شکل ۶-۱۳) با طول حدود ۱۰ متر، این دو واحد را به هم متصل می سازد [۳۳].

داده های RMT، در طول ۸ پروفیل در معدن چاه موسی با فاصله اندازه گیری ۱۰ متر به دست آمده است. داده ها در ۹ فرکانس مختلف در باندهای متفاوت به دست آمده اند. این باندها، بازه ۲۵۰-۱۰ کیلوهرتز را می پوشانند، باند اول در بازه ۲۰-۱۰ کیلوهرتز، باند دوم در بازه ۲۸-۱۴ کیلوهرتز و باندهای بعدی به همین ترتیب تا ۲۵۰ کیلوهرتز را می پوشانند. فرکانس های مرکزی طوری انتخاب شدند، تا فرکانس اصلی ژئومتریک باشند. برای مثال، باند اول دارای فرکانس مرکزی با مقدار ۱۴/۱۴ کیلوهرتز می باشد. تعداد فرستنده ها با صحت و دقت اندازه گیری ها رابطه مستقیم دارد. اندازه گیری ها در معدن چاه موسی نشان می دهد که به طور میانگین ۱۲ فرستنده رادیویی با نسبت سیگنال به نویز $\left(\frac{S}{N}\right)$ ، حدود ۱۰ دسی بل وجود داشته است. این فرستنده ها به طور مساوی در هر باند توزیع نمی شدند. این به آن معناست که در باندهای زیرمجموعه میانی، مقاومت و فاز محاسبه نشده است. معمولاً در بازه امواج VLF (۳۰-۱۰ کیلوهرتز)، ۳ تا ۵ فرستنده در دسترس بودند، در باند میانی (۱۰۰-۳۰ کیلوهرتز)، شاهد یک فضای خالی سیگنالی بودیم و فرستنده های خیلی کمی (۳ عدد فرستنده در بهترین حالت) قابل تشخیص بودند. در باند بالائی (۲۵۰-۱۰۰ کیلوهرتز) نیز معمولاً ۳ تا ۸ فرستنده در دسترس بودند [۳۱].

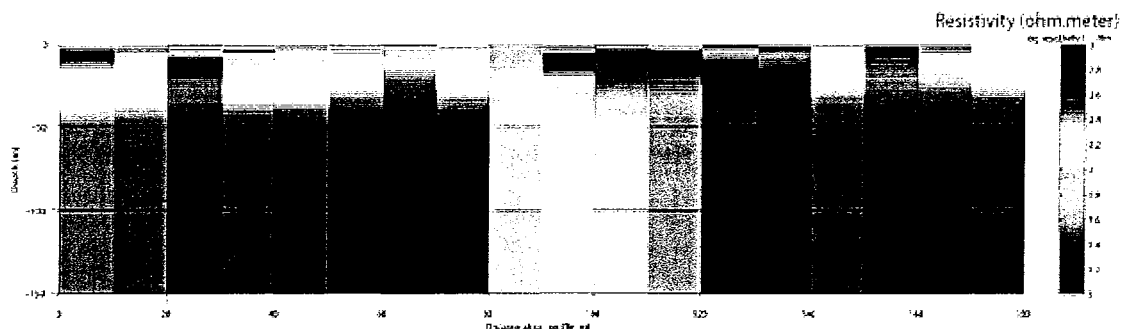
پروفیل های مدل سازی شده برای روش RMT، به ترتیب در شکل های (۶-۱۴) تا (۶-۲۱)، برای ۸ پروفیل اندازه گیری شده در معدن چاه موسی آورده شده است.



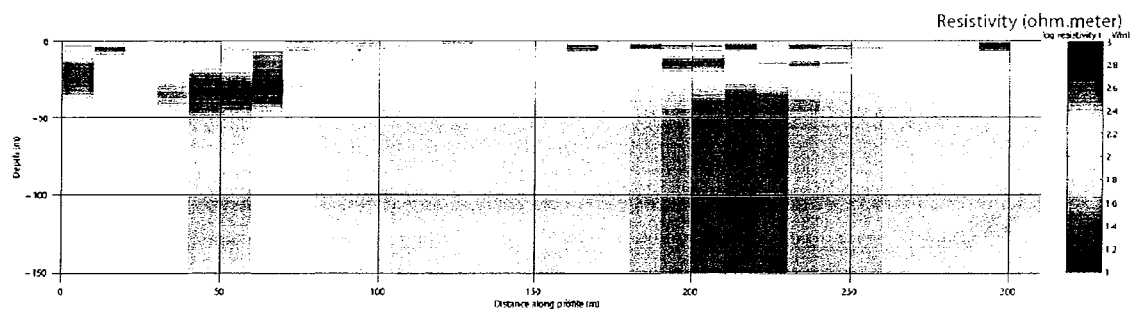
شکل (۶-۱۴): پروفیل شماره ۱ مدل سازی شده RMT [۳۱]



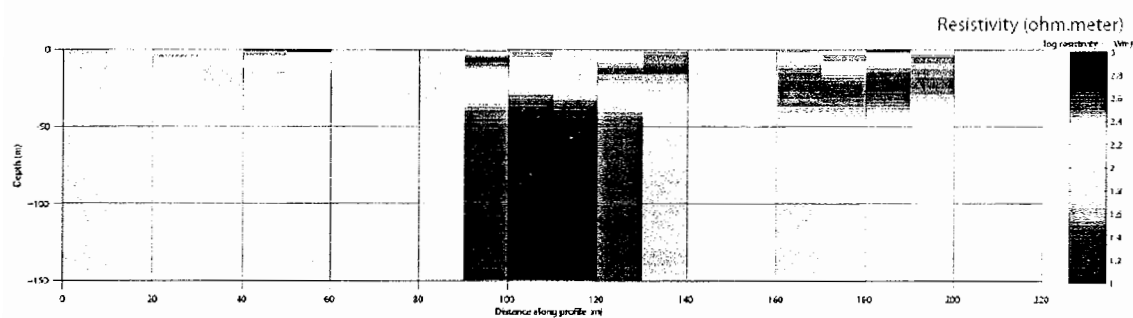
شکل (۶-۱۵): پروفیل شماره ۲ مدل سازی شده RMT [۳۱]



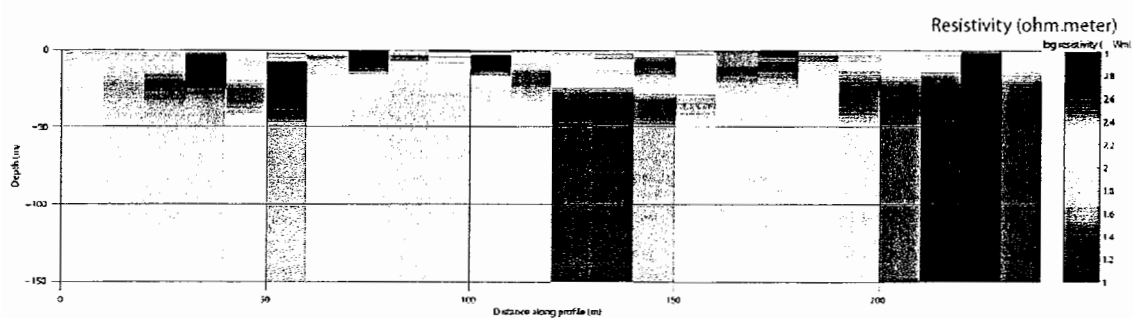
شکل (۶-۱۶): پروفیل شماره ۳ مدل سازی شده RMT [۳۱]



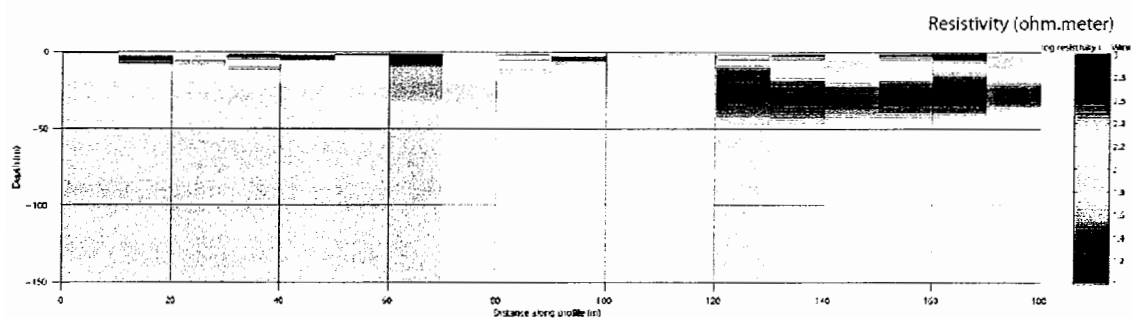
شکل (۶-۱۷): پروفیل شماره ۴ مدل سازی شده RMT [۳۱]



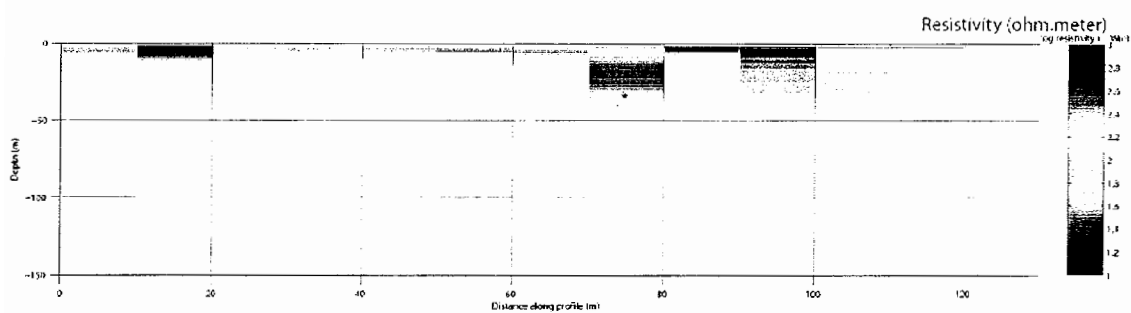
شکل (۶-۱۸): پروفیل شماره ۵ مدل سازی شده RMT [۳۱]



شکل (۶-۱۹): پروفیل شماره ۶ مدل سازی شده RMT [۳۱]



شکل (۶-۲۰): پروفیل شماره ۷ مدل سازی شده RMT [۳۱]



شکل (۶-۲۱): پروفیل شماره ۸ مدل سازی شده RMT [۳۱]

در پروفیل‌های مدل‌سازی شده RMT نیز مانند مقاطع VLF هرچه به سمت رنگ آبی پیش می‌رویم، مقاومت الکتریکی کاهش پیدا می‌کند. بنابراین این مناطق به عنوان آنومالی در نظر گرفته می‌شود.

۶-۵-۱-۴- روش CSTMT

در این روش، می‌توان منبع سیگنال را هم از نظر دامنه و هم فرکانس موج فرستاده شده کنترل کرد. بنابراین با یک برنامه‌ریزی و طراحی دقیق می‌توان برداشتهای جزئی‌تری را انجام داد. این روش به‌طور کلی برای اکتشاف مواد معدنی با عمق تقریباً چند صد متر طراحی شده و توسعه یافته است. سیستم و مجموعه EnviroMT به خوبی قادر به اندازه‌گیری‌ها در روش CSTMT می‌باشد. منبع تولیدکننده، شامل یک جفت قطب مغناطیسی افقی است که بازه فرکانسی ۱-۲۵ کیلوهرتز را می‌پوشاند. قطبها به‌صورت متقارن نسبت به هم قرار می‌گیرند. اپراتور می‌تواند از راه دور جهت و مقدار فرکانس فرستاده شده را تنظیم کند. در آزمایشهای سطحی (کم عمق)، بهتر این است که از قطبهای مغناطیسی افقی استفاده شود، زیرا آنها خیلی آسان‌تر نصب شده و بازه آنها برای فواصلی تا حدود ۱ کیلومتر کافی است. در روشهای مگنتوتلوریک، میدان الکترومغناطیسی به صورت امواج صفحه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. اگر فاصله گیرنده بیشتر از ۳ تا ۵ برابر عمق نفوذ باشد، امواج به‌صورت صفحه‌ای منتشر می‌شوند. بنابراین باید به این مساله توجه ویژه شود تا اثر میدان نزدیک از بین برده شود. نمایی از فرستنده در این روش، در شکل (۶-۲۲) نشان داده شده است [۳۳].

در این روش، دو قطب مغناطیسی افقی تقریباً به‌طور متقارن نسبت به هم قرار می‌گیرند و هندسه و طرز قرارگیری هر قطب توسط میله‌های پلاستیکی که می‌توانند طولهای متغیری داشته باشند کنترل می‌شود. دو نفر، تقریباً در زمانی حدود نیم ساعت می‌توانند فرستنده را نصب کنند. زمانی که تعداد فرستنده‌های رادیویی منطقه مورد مطالعه محدود باشد و همچنین، برای مطالعه اعماق بیشتر می‌توان از روش CSTMT استفاده کرد [۳۳].

در معدن چاه موسی، داده‌های CSTMT نیز در همان محلها و با همان آرایشی که در RMT انجام شده بود، به دست آمده‌اند. قابل ذکر است که در هر ایستگاه، ابتدا اندازه‌گیری RMT انجام گرفته و سپس داده‌های CSTMT به صورت اتوماتیک ثبت و ضبط می‌شد. فرکانسهای فرستنده، پیش از

باتریهای ۱۲ ولت

GPS به سمت مودم

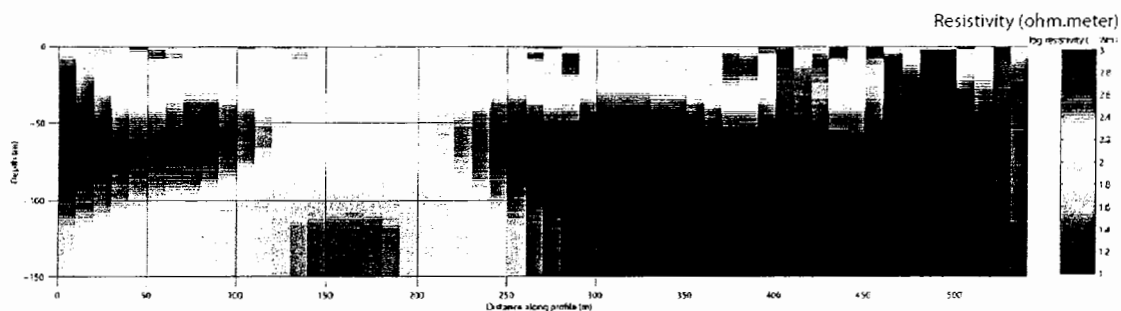
اتش مودم

اتشای حلقه ای

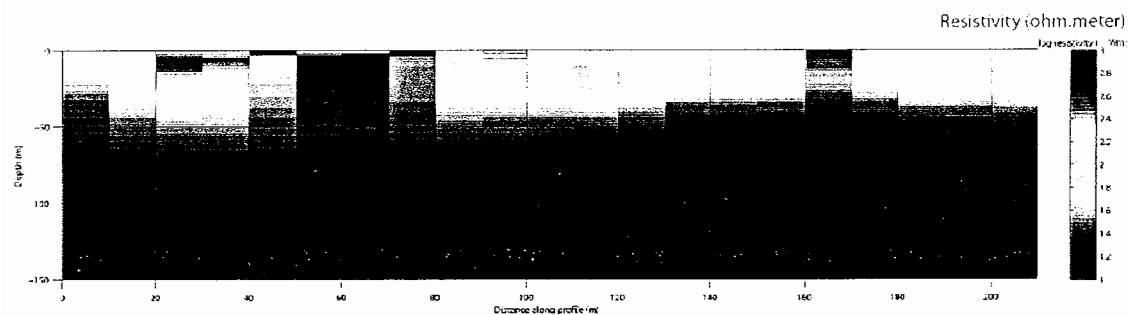
رابط بین حلقه مرکزی و آنتنهای

GPS

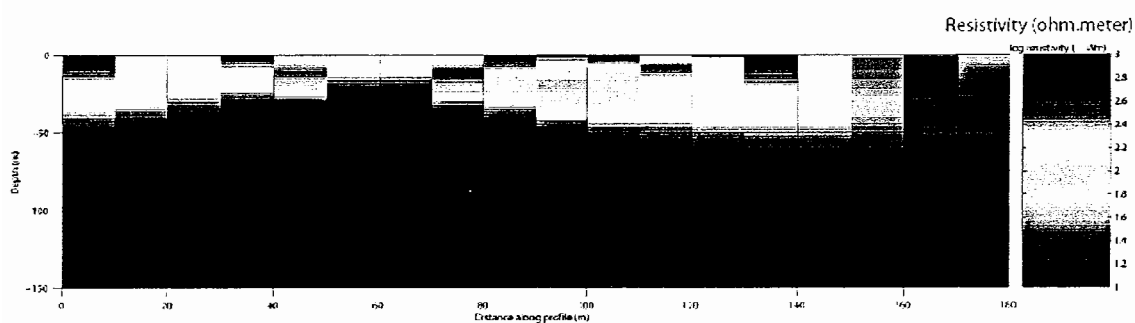
پروفیل‌های مدل‌سازی شده برای روش CSTMT، به ترتیب در شکل‌های (۶-۲۳) تا (۶-۳۰)، برای ۸ پروفیل اندازه‌گیری شده در معدن چاه موسی آورده شده است.



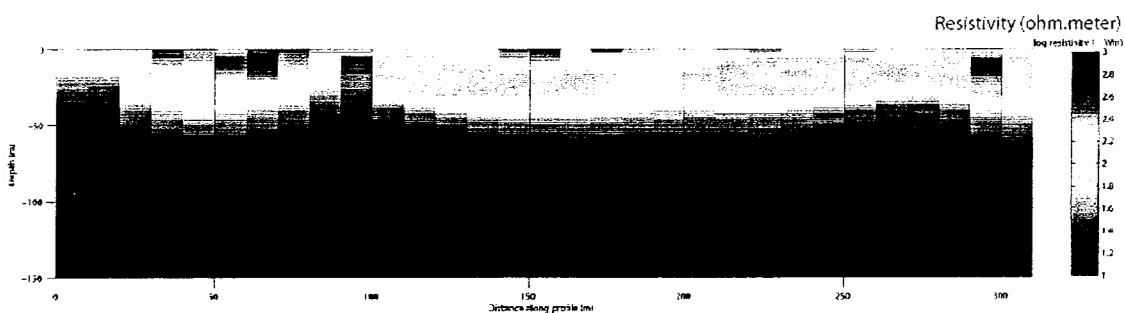
104



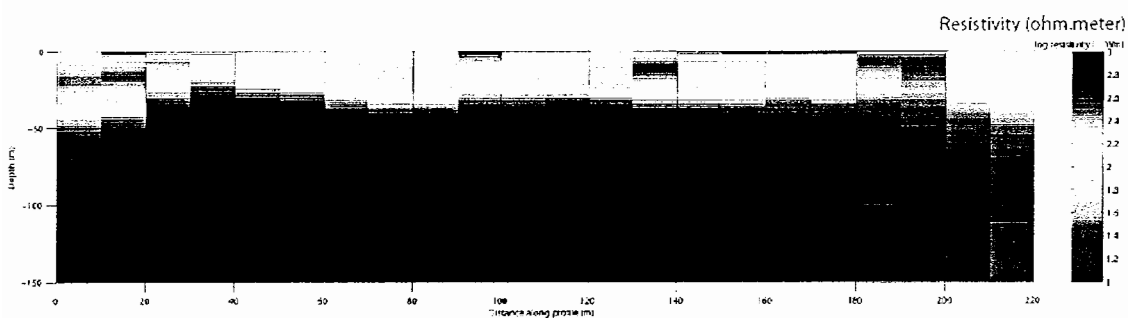
شکل (۶-۲۴): پروفیل شماره ۲ مدل سازی شده CSTMT [۳۱]



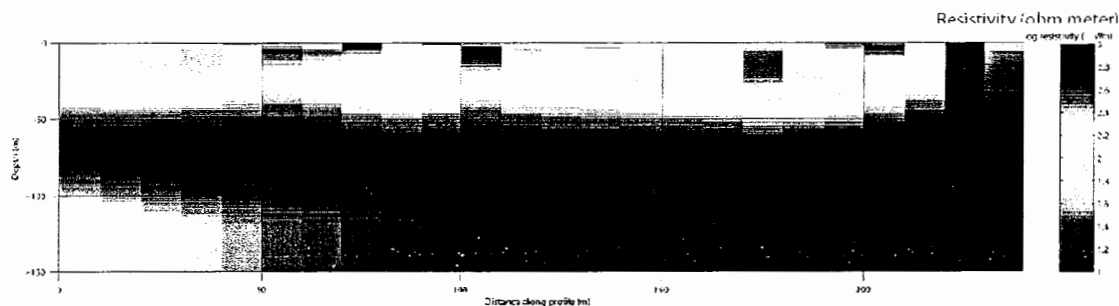
شکل (۶-۲۵): پروفیل شماره ۳ مدل سازی شده CSTMT [۳۱]



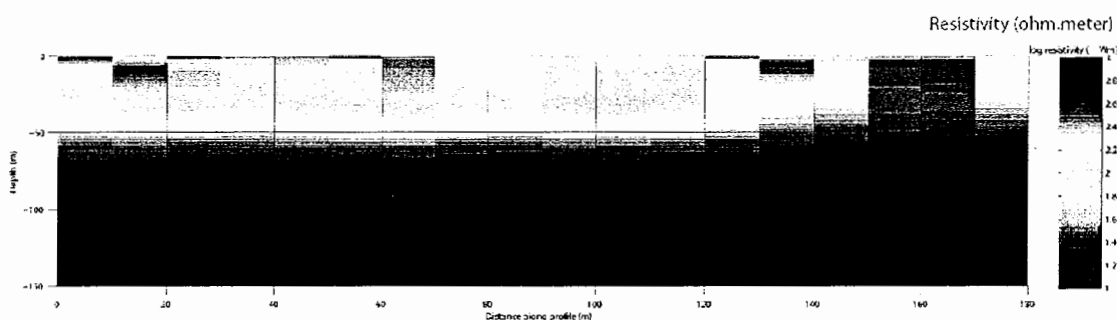
شکل (۶-۲۶): پروفیل شماره ۴ مدل سازی شده CSTMT [۳۱]



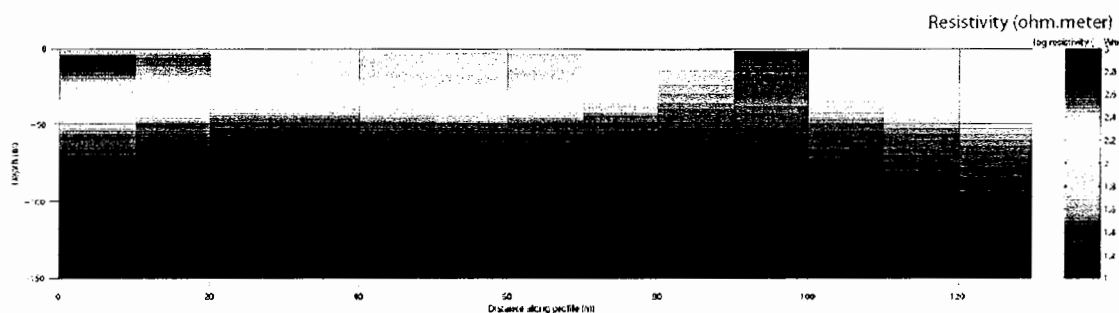
شکل (۶-۲۷): پروفیل شماره ۵ مدل سازی شده CSTMT [۳۱]



شکل (۶-۲۸): پروفیل شماره ۶ مدل سازی شده CSTMT [۳۱]



شکل (۶-۲۹): پروفیل شماره ۷ مدل سازی شده CSTMT [۳۱]



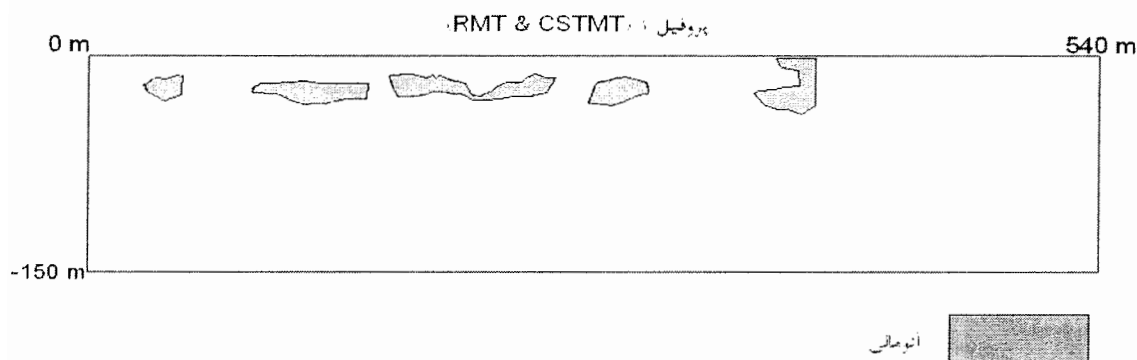
شکل (۶-۳۰): پروفیل شماره ۸ مدل سازی شده CSTMT [۳۱]

در پروفیل های مدل سازی شده CSTMT نیز مانند مقاطع RMT هرچه به سمت رنگ آبی پیش می-رویم، مقاومت الکتریکی کاهش پیدا می کند. بنابراین در مراحل بعدی، این مناطق به عنوان آنومالی در نظر گرفته خواهد شد.

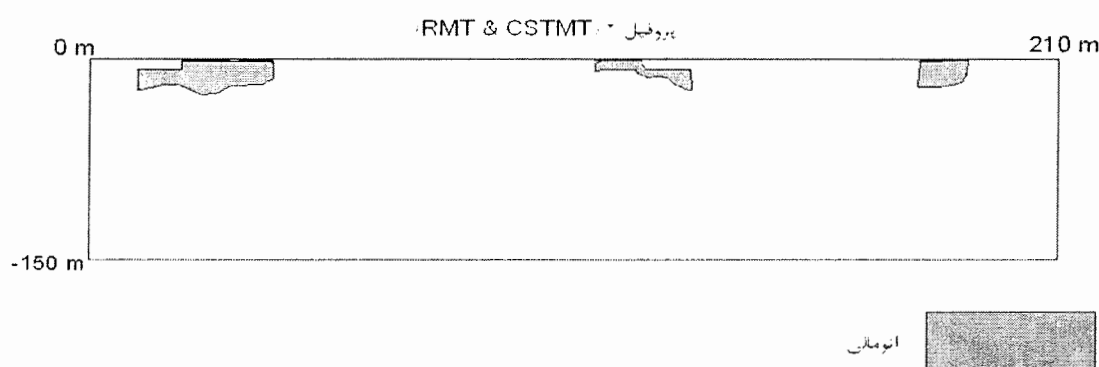
۶-۵-۲- تلفیق داده های ژئوفیزیکی معدن مس چاه موسی

برای تلفیق داده های ژئوفیزیکی از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است. ترتیب این

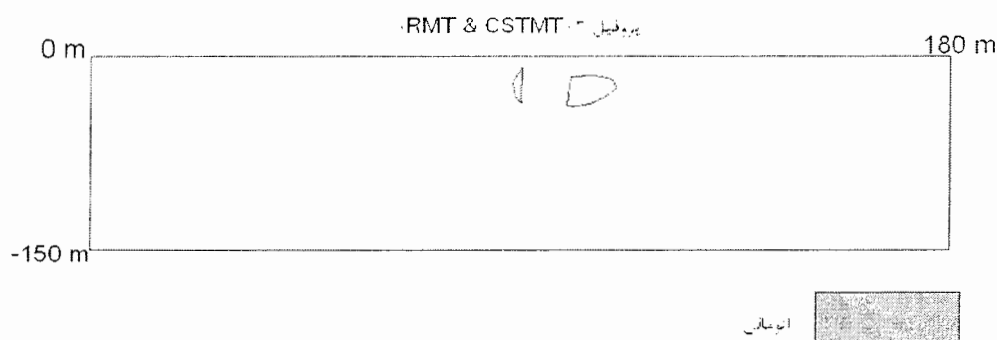
کار به صورتی است که ابتدا برای دو روش RMT و CSTMT که نتایج آنها به صورت مقطع موجود است، در هر پروفیل، مناطق آنومال در هر روش روی پروفیل مشخص شده و سپس نقاط مشترک در هر دو روش، با هم پوشانی این دو لایه به دست می آیند. این مرحله به تفکیک برای تمام ۸ پروفیل موجود انجام گرفته و نتایج آن در شکل‌های (۳۱-۶) تا (۳۸-۶) نشان داده شده است.



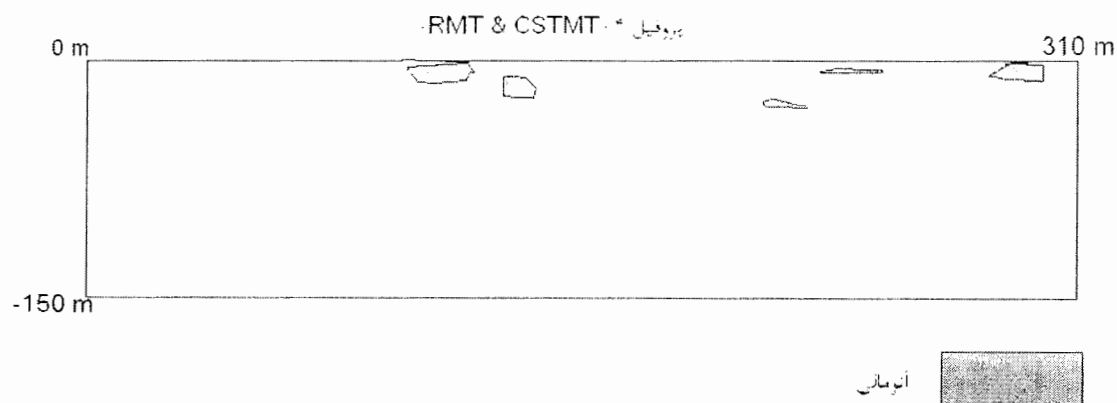
شکل (۳۱-۶): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۱



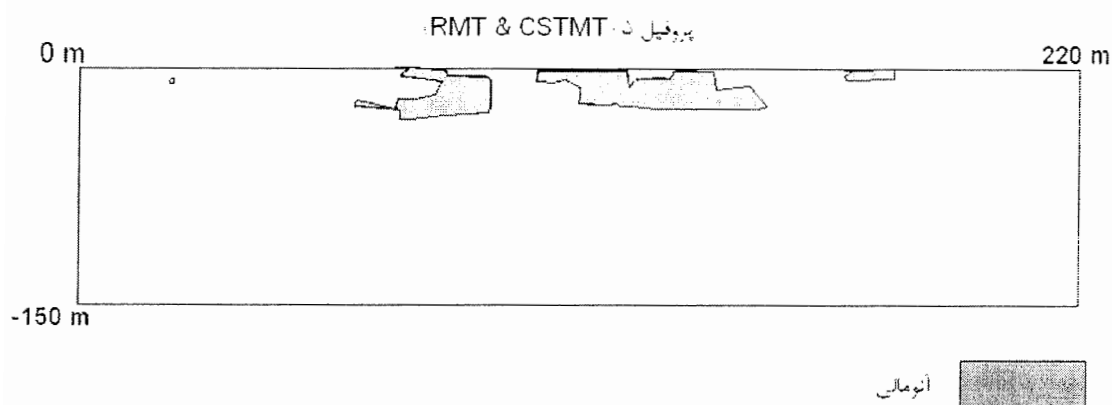
شکل (۳۲-۶): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۲



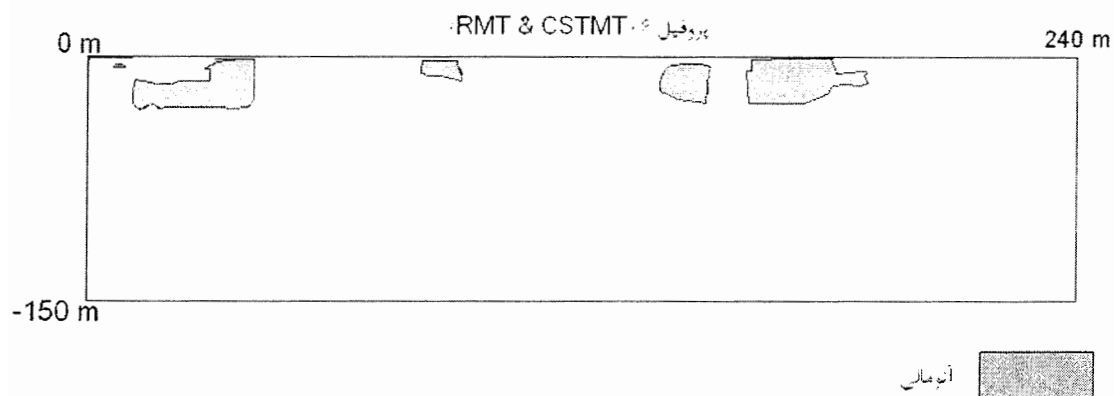
شکل (۳۳-۶): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۳



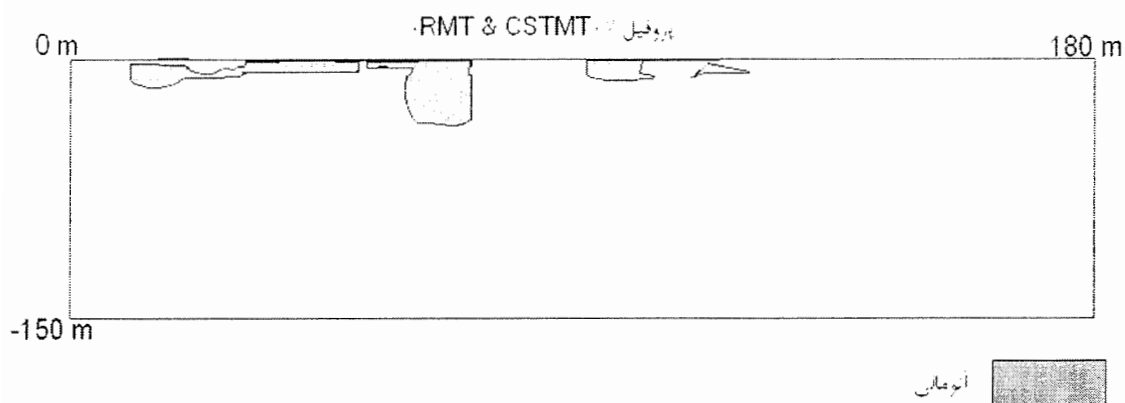
شکل (۶-۳۴): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۴



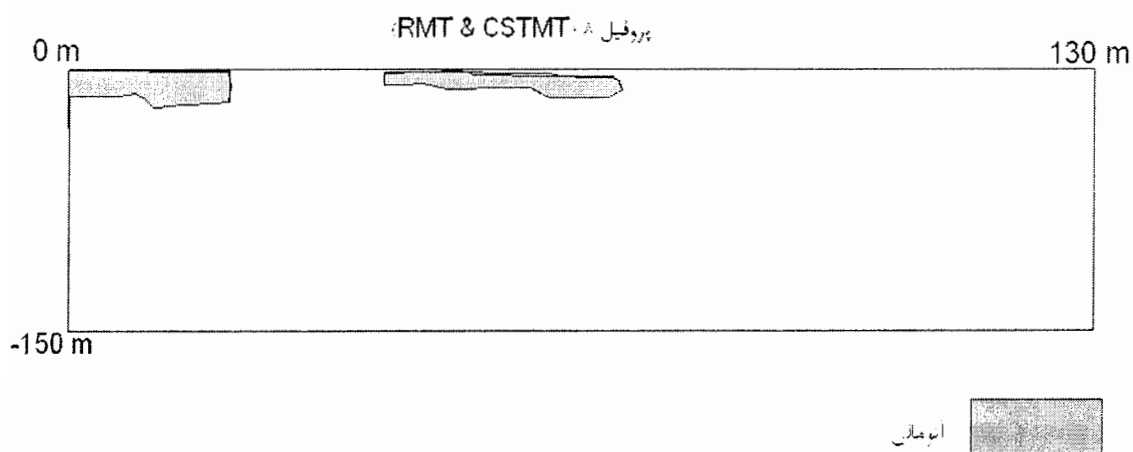
شکل (۶-۳۵): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۵



شکل (۶-۳۶): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۶

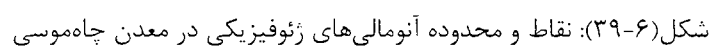


شکل (۶-۳۷): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۷

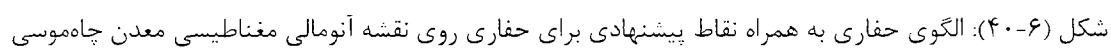


شکل (۶-۳۸): مناطق آنومالی در روشهای RMT و CSTMT روی پروفیل شماره ۸

پس از مشخص شدن آنومالی‌های موجود در دو روش مذکور، این مناطق را روی نقشه کل منطقه مشخص کرده و با اضافه کردن مناطق آنومال در روشهای Magnetic و VLF به آنها، در پایان، نقاط مشترک در این چهار روش به عنوان نقاط آنومالی در معدن چاه موسی معرفی می‌شوند (شکل ۶-۳۹). با توجه به اینکه این نقاط تقریباً در کنار هم قرار گرفته‌اند، می‌توان یک محدوده را به عنوان محدوده آنومال معرفی کرد.



پس از پایان عملیات ژئوفیزیکی، یک شبکه حفاری بر اساس آنومالی‌های ژئوفیزیکی از سوی پیمانکار این عملیات پیشنهاد شد. در شکل (۶-۴۰) الگوی حفاری به همراه نقاط پیشنهادی برای حفاری روی نقشه آنومالی مغناطیسی، نشان داده شده است.



پس از ارائه این الگو، و بر اساس نقاط پیشنهادی، سه حلقه حفاری اکتشافی در معدن چاه موسی انجام شده است. این حفاری‌ها که در شکل (۵-۳۹) به نامهای BH6، BH7 و BH8 مشخص شده‌اند، بر روی نقاط پیشنهادی واقع شده‌اند. البته نقطه BH7 به دلیل وجود توپوگرافی دقیقاً بر روی نقطه پیشنهادی قرار نگرفته است. نتایج این حفاری‌ها در ادامه به تفکیک آورده خواهد شد.

۶-۶-۱- حفاری BH6

این حفاری در محل آنومالی ژئوفیزیک (روش مگنتومتری) در پایین‌دست پروفیل ۴ با مختصات جغرافیائی ۳۰۶۶۲۴ شرقی و ۳۹۲۸۹۳۰ شمالی بوده و به‌صورت قائم و تا ۱۱۰ متری حفر شده است. این حفاری در داخل توده ساب‌ولکانیک هورنبلند آندزیت پورفیری بوده و کانه‌زائی تنها در عمق ۱۰۴ تا ۱۰۶ متری به‌صورت مقدار اندکی کالکوزیت می‌باشد.

۶-۶-۲- حفاری BH7

این حفاری در موقعیت ۳۰۶۶۱۲ شرقی و ۳۹۲۹۰۴۵ شمالی حفر شده است. این حفاری به‌صورت قائم و تا عمق ۱۱۵ متر حفاری شده است. سنگ میزبان این حفاری نیز توده ساب‌ولکانیک بوده و کانه‌زائی در آن در سه عمق مختلف به شرح ذیل دیده شده است:

- بین ۴ تا ۱۶ متری کانیهای مالاکیت و کالکوزیت با عیار ۱ - ۱/۵ درصد مس دیده می‌شود.
- بین ۴۲/۵ تا ۴۶ متری کانیهای مالاکیت و کالکوزیت با عیار حدود ۱/۵ - ۲ درصد مس دیده می‌شود.
- بین ۱۱۲ تا ۱۱۴ متری کالکوزیت با عیار حدود ۲ درصد مس دیده می‌شود.

۶-۶-۳- حفاری BH8

این حفاری در محل تقاطع ایستگاه ۱۸ پروفیل ۶ و ایستگاه ۱۸ پروفیل ۱ ژئوفیزیک بوده و دارای موقعیت ۳۰۶۵۷۳ شرقی و ۳۹۲۹۱۰۴ شمالی می‌باشد که منطبق بر آنومالی CSTMT پروفیل ۱ می‌باشد. این حفاری به‌صورت قائم حفر شده و تاکنون تا عمق ۹۵ متری حفاری شده است. از نظر

لیتولوژی تا عمق ۱۱ متری توفهای خاکستری برشی و از ۱۱ متری تا انتها در توده ساب ولکانیک می باشد. کانه زائی در این حفاری بصورت زیر می باشد:

- بین ۱۱/۵ تا ۵۳ متری مالاکیت، کالکوزیت و نیوتوسایت با عیار حدود ۱ درصد مس دیده می شود.

- بین ۶۵ تا ۷۷ متری نیز مالاکیت، کالکوزیت و نیوتوسایت با عیار حدود ۱ - ۱/۵ درصد مس دیده می شود. ضمناً در عمق ۶۲ متری مس خالص نیز دیده شده است.

- بین ۸۲ تا ۹۵ متری مالاکیت و نیوتوسایت با عیار حدود ۰/۷ - ۱ درصد مس دیده می شود.

ادامه این حفاری برای رسیدن به زون هیپوژن حداقل تا ۲۰۰ متری لازم به نظر می رسد.

همانطور که ملاحظه می شود حفاری های BH7 و BH8 که در زون آنومالی مشخص شده در شکل (۳۹-۶) واقع شده اند، تا حدودی انتظارات را برآورده کرده اند، ولی حفاری BH6 که در این زون واقع نشده، دارای نتیجه امیدوارکننده ای نبوده است. در زون آنومالی مذکور، در اعماق بالا شاهد رگه های متعددی هستیم و در اعماق کم (حتی در سطح زمین) کانی سازی پراکنده به چشم می خورد.

۶-۷- نتیجه گیری

با توجه به نتایج حفاری های انجام شده، می توان این گونه برداشت کرد که در زون آنومالی معرفی شده، وجود کانی سازی مس تأیید شده، ولی با توجه به حفاری های محدود، هنوز نمی توان در مورد شکل و مقدار ذخیره اظهار نظر قطعی کرد، ولی با توجه به نتایج داده های کانی شناسی و تلفیق روشهای الکترومغناطیس، دو زون کانی سازی متفاوت در چاه موسی وجود دارد: کانی سازی مس رگه ای که بر اساس تحلیل نتایج روش VLF در امتداد N60 - 70E گسترش یافته است و حفاری BH7 و BH8، این کانی سازی را تأیید کرده است. کانی سازی مس افشان، که بر اساس تحلیل نتایج RMT و CSTMT در اکثر پروفیل ها در اعماق کم مشاهده می شود و محدوده را در بر گرفته است و در بعضی مناطق، افزایش تمرکز مس به چشم می خورد و حفاری BH6 غیراقتصادی بودن این نوع کانی سازی را تأیید می کند. وجود کانی سازی مس (رگه ای و افشان) در یکی از مناطق معرفی شده توسط روشهای دورسنجی و وزن های نشانگر، تاحدودی، نشان دهنده صحت این روشهاست ولی برای رسیدن به دقت بیشتر، باید مانند معدن چاه موسی، در مناطق دیگر نیز اکتشافات تفصیلی انجام گیرد.

فصل هفتم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۷-۱- نتیجه‌گیری

در این مطالعه از روشهای دورسنجی و وزن‌های نشانگر برای اکتشاف ناحیه‌ای عناصر فلزی و به‌ویژه مس، در ناحیه ترود - معلمان استفاده گردید. پس از این بررسیها که به‌طور جداگانه انجام شد، در هر روش، نواحی امیدبخش معرفی گردیدند.

در بررسیهای دورسنجی انجام‌شده، مناطقی در گوشه شمال‌شرقی منطقه (محدوده قله چاه‌موسی و قله‌چفت)، مرکز منطقه (محدوده بین پوسیده، باغو و کلاته‌عباس)، غرب منطقه (حوالی آستانه) و جنوب منطقه (حوالی خراسانی) به‌عنوان مناطق امیدبخش برای ذخایر فلزی تعیین شدند. این مناطق از نظر تشکیلات زمین‌شناسی موجود، ساختارهای خطی و گسلها و وجود دگرسانی‌های آرژلیک و اکسید آهن مستعد برای وجود عناصر فلزی می‌باشند.

در روش وزن‌های نشانگر، با استفاده از اندیسه‌های مس موجود در منطقه، بررسیها برای بهترین مناطق پتانسیل‌دار برای عنصر مس انجام پذیرفت. نقشه حاصله از این روش، نقشه احتمال مطلوب کانی‌سازی مس می‌باشد. در این نقشه احتمال وجود کانی‌سازی مس در منطقه به سه اولویت ضعیف، متوسط و قوی تقسیم شده‌اند. نقاط پتانسیل‌دار در ۴ زون واقع شده‌اند. این مناطق عبارتند از: زون شماره ۱ محدوده قله چاه‌موسی، زون شماره ۲ محدوده دارستان، زون شماره ۳ محدوده بین آستانه و زرشک-کوه و زون شماره ۴ محدوده اطراف خراسانی. نکته جالب توجه این که، بیشتر مناطقی که در بررسیهای دورسنجی به عنوان نواحی امیدبخش معرفی شده بودند، در روش وزن‌های نشانگر نیز با اولویتهای مختلفی که بیان شد، برای عنصر مس پتانسیل‌دار تشخیص داده شدند. به‌طوری‌که از منطقه مورد مطالعه که ۷۰۰ کیلومتر مربع مساحت دارد، فقط ۲۷ کیلومتر مربع (۶ درصد کل منطقه) برای کانی‌سازی مس مطلوب شناخته شد.

یکی از مناطقی که در هر دو روش به صورت بارزی از سایر مناطق جدا شد، معدن مس چاه‌موسی است. تحلیل و تفسیر نتایج اکتشافات تفصیلی (ژئوفیزیک و حفاری اکتشافی) انجام‌گرفته در معدن چاه‌موسی نشان داد که دو زون کانی‌سازی رگه‌ای و کانی‌سازی افشان در این معدن وجود دارد. کانی‌سازی رگه‌ای تقریباً در امتداد دسته‌گسلهای اصلی منطقه (N60 - 70E) تشکیل شده است و کانی‌سازی پراکنده تقریباً در کل محدوده معدن به‌چشم می‌خورد.

۷-۲- پیشنهادات

اکتشافات انجام‌گرفته در این مطالعه در رده‌بندی اکتشافات مقدماتی قرار می‌گیرند، بنابراین مناطق آنومال معرفی‌شده در بخش فوق برای اکتشافات نیمه تفصیلی و تفصیلی پیشنهاد می‌گردند.

یکی از مناطقی که برای این‌گونه اکتشافات پیشنهاد شد، معدن مس چاه‌موسی بود. با توجه به بررسی‌هایی که در مورد اکتشافات انجام‌گرفته در این معدن از قبیل ژئوفیزیک و حفاری انجام شد، نتیجه می‌گیریم که، این سری عملیات مناسب بوده ولی به‌هیچ‌وجه کافی نیست. به‌طور مثال روش‌های به‌کار رفته در این معدن در اعماق بالا کارایی خوبی نداشته‌اند. به‌همین دلیل برای مناطق پتانسیل‌دار دیگر، می‌توان روش‌های دیگر ژئوفیزیکی از قبیل پلاریزاسیون القایی و ژئوالکتریک را پیشنهاد کرد. اجرای این روش‌ها برای تفکیک زون کانی‌سازی افشان از نوع رگه‌ای مناسب است. ضمن اینکه از روش‌های ژئوشیمیایی نیز نباید غافل شد. اجرای عملیات نمونه‌برداری سیستماتیک اکتشافی و آنالیز ۴۰ عنصری نمونه‌ها برای بررسی عمق کانی‌سازی رگه‌ای مس کمک زیادی می‌کند. جهت بررسی عمق کانی‌سازی، تجزیه و تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی ۴۰ عنصری از مغزه‌های حفاری انجام شده می‌تواند راه‌گشا باشد.

منابع

منابع به ترتیب استفاده در متن

- [۱] هایوود، ی.، کورنلیوس، س.، کارور، ا. ۱۳۸۱. *مقدمه‌ای بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی*. ترجمه تجویدی، گ.، چاپ اول، سازمان نقشه‌برداری کشور، ۳۱۳ صفحه.
- [۲] کریستوفر، ا. ۱۳۸۲. *سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیائی*. ترجمه مر، ف.، هاشمی‌تنگستانی، م.، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۱۸۶ صفحه.
- [۳] عابدیان، ن.، دری، م. ۱۳۷۵. *بررسی معادن مس استان سمنان*. سازمان صنایع و معادن استان سمنان.
- [۴] اشراقی، ص.ع. ۱۳۸۶. *گزارش زمین‌شناسی ورقه یکصد هزار معلمان*. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [۵] امام جمعه، ا. ۱۳۸۵. *زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژئز کانسار مس چاه‌موسی*. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۸۵ صفحه.
- [۶] صادقی‌فلکدهی، ص. ۱۳۸۲. *زمین‌شناسی اقتصادی کانسار چاه‌موسی، شمال غرب ترو، استان سمنان*. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۱۴۳ صفحه.
- [7] Burrough, P.A. 1986. *Principles of geographical information system for land resources assessment*. Clarendon press, Oxford.
- [۸] نوائی تورانی، آ.، عادل‌نیا، م. ۱۳۸۳. *مقدمه‌ای بر GIS و آموزش نرم افزار ArcView*. چاپ سوم، موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، ۲۹۸ صفحه.

[9] Bonham-Carter, G.F. 1995. *Geographic information systems for geoscientist: Modelling with GIS*. Pergamon press, New York.

[10] Wei, Z. Gang, C. Hui, L. Huayang L. 2007. *GIS application in mineral resource analysis- A case study of offshore marine placer gold at Nome, Alaska*. Computers & Geosciences, pp 37- 78.

[۱۱] کریم پور، م.، ملک زاده، آ.، حیدریان، م. ۱۳۸۴. *اکتشاف ذخایر معدنی، مدل‌های زمین شناسی، ژئوشیمی، ماهواره ای و ژئوفیزیکی*. چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۶۳۲ صفحه.

[12] Raul Pablo, A.P. 2006. *Application of remote sensing and geographic information systems for mineral predictive mapping, Deseado Massif, southern Argentina*. Master of science Thesis, The Netherlands.

[13] Raines, G.L. 1999. *Evaluation of weight of evidence to predict epithermal gold deposits in the great basin of the western united states*. Natural Resources Research, Vol 8, pp 257-276.

[14] Asadi, H.H, Hale, M. 2001. *A predictive GIS model for mapping potential gold and base metal mineralization in Takab area, Iran*. Computers & Geosciences 27, pp 901-912.

[۱۵] یوسفی، م.، خالوکاکی، ر. ۱۳۸۳. *مدل سازی پتانسیل معدنی طلا و فلزات پایه در ناحیه ماهنشان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی*. مجموعه مقالات کنفرانس مهندسی معدن ایران - ۸۳، صفحات ۳۴۴-۳۶۰.

[۱۶] علوی پناه، ک. ۱۳۸۲. *کاربرد سنجش از دور در علوم زمین*. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۸ صفحه.

[۱۷] آقاجانی، ح.، نعیمی قصابیان، ن. ۱۳۷۹. بررسیهای دورسنجی به منظور شناسائی مناطق پتانسیل مواد معدنی در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۷۴ صفحه.

[18] Sabins, F. F. 1999. *Remote sensing for mineral exploration*, Ore Geology Reviews, 14, pp 157–183.

[19] Maharufa, H., Abdul wali, A. 2003. *Introduction to remote sensing*, United Nation Development Program(UNDP).

[۲۰] طاهرکیا، ح. ۱۳۷۵. *اصول و کاربرد سنجش از دور*، چاپ اول، انتشارات جهاددانشگاهی دانشگاه تهران. ۳۸۷ صفحه.

[۲۱] زبیری، م.، مجد، ع. ۱۳۸۳. *آشنائی با فن سنجش از دور و کاربرد آن در منابع طبیعی*، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۴۱ صفحه.

[22] Burco, F.P. 2005. *Mineral mapping in oymaagac (Beypazari-Ankara) Granitoid by remote sensing techniques*. Master of science Thesis, Ankara university.

[23] Erdem, Y. 2003. *Alteration mapping by remote sensing. Application to Hasandag-melendiz volcanic complex*. Master of science Thesis, Ankara university.

[۲۴] هنرمند، م.، رنجبر، ح. ۱۳۸۴. *کاربرد روشهای مختلف پردازش تصویر دادههای ETM+ به منظور اکتشاف کانسارهای مس نوع پورفیری و رگه‌ای منطقه کوه ممزار- کوه پنج در استان کرمان*، مجله علوم زمین، شماره ۵۷، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صفحات ۱۱۰ – ۱۲۷.

[۲۵] نجفی دیسفانی، م. ۱۳۷۷. *پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور*، چاپ اول، انتشارات سمت، ۴۳۷ صفحه.

[۲۶] هوشمندزاده، ع.، علوی نایینی، م.، حقی پور، ع. ۱۳۵۷. تحول پدیده‌های زمین‌شناسی ناحیه تروود، از

پرکامبرین تا عهد حاضر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[27] Ranjbar, H., Honarmand, M., Moezifar, Z., 2004. *Application of the Crosta technique for porphyry copper alteration mapping, using ETM+ data in the southern part of the Iranian volcanic sedimentary belt*, Journal of Asian earth Sciences. Article in press, (www.elsevier.com/locate/jseaes).

[28] Crosta, A., Moore, J. M., 1989. *Enhancement of Landsat Thematic Mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais State, Brazil, a prospecting case history in Greenstone belt terrain*, Proceedings of the 7th ERIM Thematic Conference-Remote Sensing for Exploration Geology, pp 1173–1187.

[۲۹] مهدی زاده، ف. ۱۳۸۲. گزارش اکتشاف نیمه تفصیلی معدن مس چاه موسی، گزارش داخلی شرکت

تعاونی معدنی مس چاه موسی. ۷۶ صفحه.

[۳۰] تلفورد، و. م. ۱۳۶۸. ژئوفیزیک کاربردی، جلد اول و دوم، ترجمه حاجب حسینی و زمردیان،

انتشارات دانشگاه تهران.

[31] Malehmir, A. Bastani, M. 2006. *Geophysical research-project in the Chah-Mussi mining area, Iran*, Uppsala University, p 77.

[32] Oskooi, B. 2004. *A broad view on the interpretation of electromagnetic data (VLF, RMT, MT, CSTMT)*, Comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the faculty of science and technology 959, p 68.

[33] Bastani, M. 2001. *EnviroMT- a new controlled source/radio magnetotelluric system*, Uppsala dissertations from the faculty of science and technology 32, p 179.

ضمیمہ الف

الف - زمین‌شناسی معدن چاه‌موسی

منطقه معدنی چاه‌موسی، از مجموعه‌ای از سنگهای آتشفشانی - آذرآواری ائوسن و توده‌های ساب-ولکانیک ائوسن پسین - الیگوسن پیشین تشکیل شده است [۲۶]. نقشه زمین‌شناسی معدن چاه‌موسی به همراه قله‌کفتران و قله‌سوخته، در شکل (۶-۱) آورده شده است. توده‌های ساب‌ولکانیک آندزیتی و داسیتی‌پورفیری کالک‌آلکان و توده‌های میکروکوارتزیدیوریتی به سن ائوسن پسین - الیگوسن پیشین، که در محدوده‌های چاه‌موسی، قله‌کفتران و جنوب قله‌سوخته رخنمون دارند، توالیهای آتشفشانی - آذرآواری ائوسن را قطع نموده‌اند [۵].

الف-۱- چینه‌شناسی و واحدهای سنگی منطقه معدنی

در منطقه چاه‌موسی، می‌توان واحدهای سنگی را به واحدهای آتشفشانی - آذرآواری ائوسن و نفوذیه‌های ائوسن پسین - الیگوسن پیشین تقسیم نمود [۶].

الف-۱-۱- واحدهای آتشفشانی - آذرآواری:

در منطقه مورد مطالعه، توالی‌های آتشفشانی - آذرآواری رخنمون دارند. این واحدها در گزارش نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود به نامهای برشهای آتشفشانی زیرین، میانی و بالایی تقسیم‌بندی شده‌اند [۲۶].

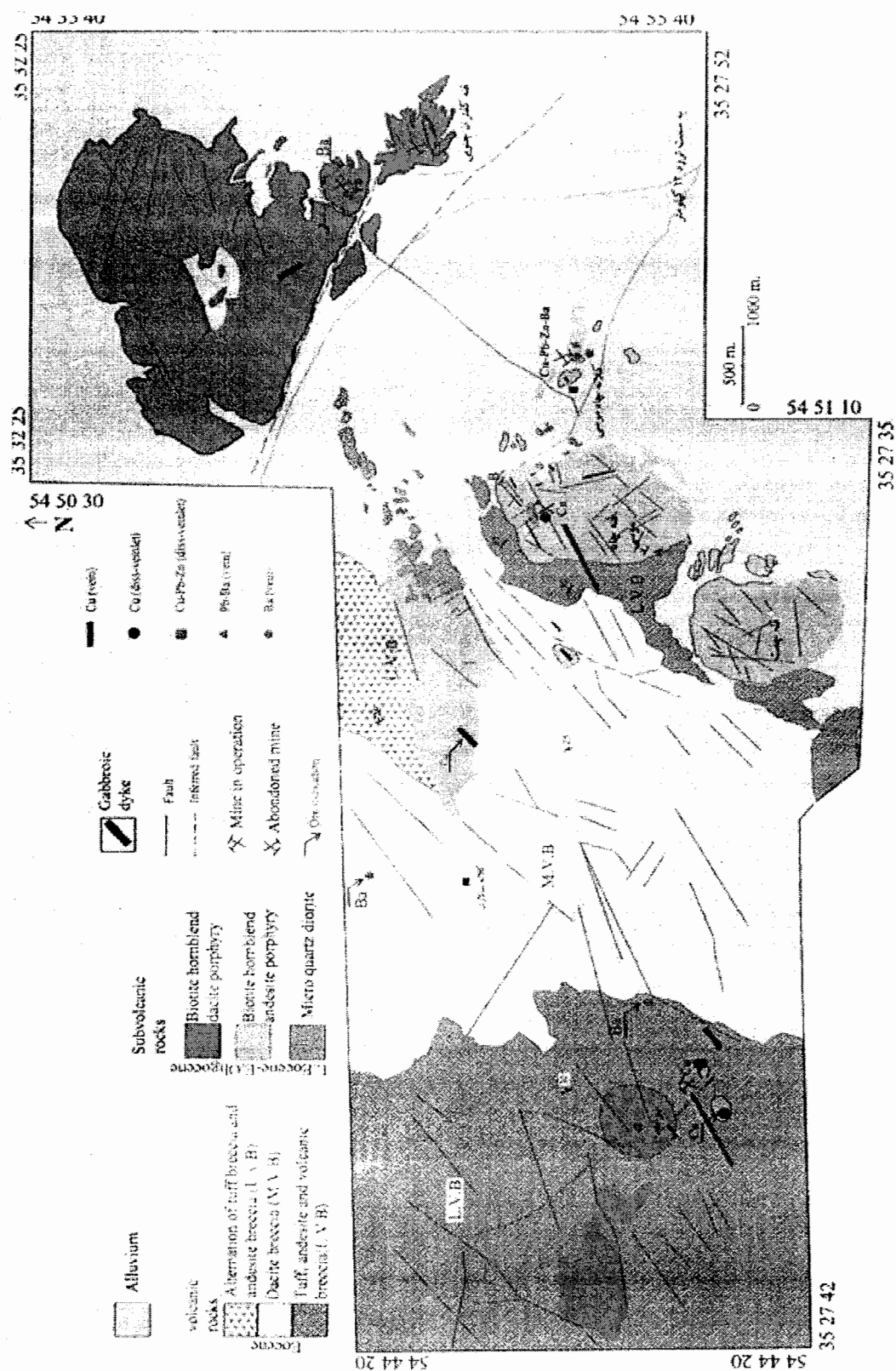
الف-۱-۱-۱- واحد برش آتشفشانی زیرین^۱

در اطراف توده‌های نفوذی چاه‌موسی، می‌توان این واحد (بیوتیت هورنبلند آندزیت پورفیری^۲ را مشاهده نمود (شکل ۶-۱). این واحد مجموعه‌ای از توف داسیتی، گدازه‌های پیروکسن‌آندزیت، توف آندزیتی - داسیتی است. این مجموعه بر اساس تقسیم‌بندی آقای هوشمندزاده و همکاران در سال ۱۳۵۷، بخشی از برشهای آتشفشانی زیرین (L.V.B) محسوب می‌شود. در منطقه مورد مطالعه ضخامت لایه‌های مختلف این واحد معمولاً کمتر از ۱۰ متر می‌باشد و

۱) Lower Volcanic Breccias (L.V.B)

۲) Biotite hornblende andesite porphyry (B.H.A.P)

لایه‌های توفی با ترکیب داسیتی و آندزیتی به تناوب تکرار می‌شوند [۲۶].



شکل (الف-۱): نقشه زمین‌شناسی - معدنی مناطق چاه‌موسی و قله‌کفتران و قله‌سوخته [۵]

الف-۱-۱-۲- واحد برش آتشفشانی میانی^۱

در گستره وسیعی از منطقه معدنی، حد بین چاه موسی و قله سوخته، توالیهای ضخیم لایه‌ای از برشهای داسیتی و آندزیتی رخنمون دارند. این برشها، ارتباط مکانی مشخصی با توده‌های ساب‌ولکانیک آندزیتی و داسیتی دارند. امتداد غالب این لایه‌ها شمال غرب - جنوب شرق است، به‌صورتی که برشهای آتشفشانی زیرین را می‌پوشانند. این برشها از دو جزء قطعه و زمینه، از جنس داسیت تا آندزیت، تشکیل شده‌اند. اندازه قطعات از چند سانتی‌متر تا ۱۰ متر در تغییر است. گاهی قطعات معمولاً مدور و دارای ساختهای فرسایشی پوست‌پیزی هستند. گدازه تشکیل‌دهنده این برشها احتمالاً در هنگام خروج، در اثر برخورد با آبهای کم‌عمق منفجر شده و تشکیل برشها و کنگلومرای آتشفشانی را نموده است [۵].

الف-۱-۱-۳- واحد برش آتشفشانی بالایی^۲

این واحد در ۲/۵ کیلومتری شمال غرب معدن چاه موسی و شمال قله کفتران، با امتداد شمال غرب - جنوب شرق و شیب ۲۵ درجه به سمت شمال شرق دیده می‌شود، که در منطقه چاه موسی بر روی برش آتشفشانی میانی و در منطقه قله کفتران در تماس با توده ساب‌ولکانیک بیوتیتی هورنبلند داسیت پورفیری قرار دارد. شروع این واحد به صورت کنگلومرای پلی‌مکتیک، با اجزای آهکی و توف و آندزیت می‌باشد، که با لایه قاعده برش آتشفشانی بالایی مطابقت دارد؛ و توسط ماسه سنگهای آهن‌دار محیطهای اکسیدان و تناوبی از توفهای آندزیتی و آندزیت دنبال می‌شوند. محیط تشکیل این واحد را به دلیل وجود کنگلومرا و ماسه سنگ، می‌توان محیط کم‌عمق ساحلی در نظر گرفت [۵].

الف-۱-۲- نفوذی‌ها

نفوذی‌های این منطقه شامل توده‌های ساب‌ولکانیک و دایکهای ائوسن پسین - الیگوسن پیشین می‌باشند [۴].

۱) Middle Volcanic Breccias (M.V.B)

۲) Upper Volcanic Breccias (U.V.B)

الف-۱-۲-۱- توده‌های ساب‌ولکانیک

توده‌های ساب‌ولکانیک منطقه عبارتست از: توده بیوتیت هورنبلند آندزیت پورفیری، که در ادامه به شرح آن پرداخته خواهد شد.

الف-۱-۲-۱- توده بیوتیت هورنبلند آندزیت پورفیری

رخنمون اصلی این توده در چاه‌موسی و شمال غرب آن و در قله‌چفت دیده می‌شود. این توده، برش آتشفشانی زیرین را قطع نموده است. لازم به ذکر است که خصوصیات توده نفوذی ساب‌ولکانیک در قله چفت کاملاً شبیه چاه‌موسی است با این تفاوت که فرایندهای دگرسانی، تأثیر کمتری روی آن داشته است [۵].

الف-۲-۱- دایکهای ائوسن پسین - الیگوسن پیشین

دایکهای منطقه همه از نوع گابرویی، با روند $N40^{\circ}-70^{\circ}E$ و شیب $SE 70^{\circ}$ ، موازی با روند کلی ناحیه و گسلهای تروود و انجیلو ($N70^{\circ}E$)، می‌باشند. این دایکها در منطقه چاه‌موسی، ساب‌ولکانیک آندزیتی را قطع می‌نمایند؛ بنابراین، می‌توانند جزء آخرین تظاهرات ماگمایی منطقه باشند. این دایکها همچنین، در غرب چاه‌موسی و جنوب قله‌سوخته، برش آتشفشانی زیرین را قطع نموده‌اند و از لحاظ ترکیب، تفاوتی با دایک قطع‌کننده ساب‌ولکانیک آندزیتی، در منطقه چاه‌موسی، ندارند [۶].

الف-۲- زمین‌شناسی ساختمانی

در منطقه معدنی چاه‌موسی، اصلی‌ترین پدیده ساختاری وجود درزه‌ها و گسلهاست. دو سیستم اصلی شکستگی در منطقه موجود است [۶]:

الف - روند شمال شرق - جنوب غرب

این روند که اصلی‌ترین روند شکستگیها در منطقه است، مهمترین نقش را در کنترل رگه‌های کانه‌دار مس و جایگیری دایکهای گابرویی بر عهده دارد. این گسلها با دارا بودن مؤلفه قائم (گسلهای نرمال)، سبب قطع دایکها و رگه‌های معدنی شده است. تمرکز این سیستم به صورت $N30^{\circ}-70^{\circ}E$ است. روند

این شکستگیها موازی با گسلهای اصلی ترود و انجیلو ($N50^{\circ}-70^{\circ}E$) است. این سیستم شکستگی همچنین می‌تواند عامل جایگیری توده‌های ساب‌ولکانیک چفت، چاه‌موسی و قله‌کفتران باشد.

ب - روند شمال غرب - جنوب شرق

این سیستم شکستگی که تقریباً عمود بر سیستم الف واقع شده است و حرکات امتداد لغز با مؤلفه چپگرد نشان می‌دهد. تمرکز این سیستم به صورت $N0^{\circ}-30^{\circ}W$ می‌باشد. تأثیر این حرکات در جابجایی برخی رگه‌های کانهدار و دایکها مشاهده می‌شود. برخی از رگه‌های کانهدار نیز از این امتداد تبعیت می‌نمایند.

الف-۳- کانهازائی در معدن مس چاه‌موسی

کانه زائی مس در این معدن، به دو شکل افشان-رگچه‌ای و رگه‌ای دیده می‌شود.

الف-۳-۱- کانهازایی افشان-رگچه‌ای مس:

در اطراف ترانشه‌های استخراجی معدن چاه‌موسی، در بخشی که نسبت به کل توده چاه‌موسی در کمترین ارتفاع است، کانهازایی افشان - رگچه‌ای مس در محدوده‌ای بیضوی شکل، به وسعت حدود ۲۵۰ متر در جهت شمالی- جنوبی و ۴۰۰ متر در جهت شرقی- غربی گسترش دارد و در سطح زمین رخنمون دارد. بافت افشان - رگچه‌ای در نمونه‌های نزدیک به سطح این مناطق شامل کانه‌های کالکوسیت، کوولیت و مالاکیت است که در اندازه حداکثر تا ۹ میلیمتر مشاهده می‌شوند. در ترانشه استخراجی معدن، به صورت رگچه‌های کوتاه با طولهای ۱ تا ۱۵ سانتیمتر و ضخامتهای زیر ۱ میلیمتر تا ۵ سانتی‌متر به خوبی قابل مشاهده است. کانی‌شناسی این رگچه‌ها شامل کالکوسیت و کوولیت است. به دلیل تأثیر شدید فرآیندهای سوپرژن بر کانهازایی هیپوژن، کانهازایی سوپرژن سولفیدی و اکسیدی گسترش وسیعی داشته و کانی‌های هیپوژن پیریت، کالکوپیریت و بورنیت، فقط در عمیق-ترین نمونه‌های به‌دست آمده از حفاری، به صورت بافت باقیمانده در میان کانی‌های سوپرژن سولفیدی قابل مشاهده هستند [۵].

الف-۳-۲- کانه‌زایی رگه‌ای مس

نوع دیگری از کانه زائی مس در منطقه چاه‌موسی، رگه‌های سیلیسی مس‌داری است که به تعداد بیش از ۱۰۰ رگه کوچک و بزرگ در این منطقه رخنمون دارند. این کانه‌زایی در اطراف محدوده کانه‌زایی افشان-رگچه‌ای چاه‌موسی و در سنگ میزبان بیوتیت هورنبلند آندزیت پورفیری، رخ داده است. اکثر این رگه‌ها در توده‌های ساب‌ولکانیک مذکور قرار دارند ولی در سنگهای آتشفشانی ائوسن، در غرب و شمال غرب چاه‌موسی نیز می‌توان این رگه‌ها را مشاهده نمود. اکثر این رگه‌ها در محدوده چاه‌موسی، مورد استخراج قدیمی (شدادی) قرار گرفته‌اند. کانی‌شناسی این رگه‌ها ساده و شامل کانی‌های ثانویه کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت و مقادیر کمی آزوریت می‌باشد. گانگ اصلی کوارتز می‌باشد ولی کلسیت نیز در برخی رگه‌ها، فراوان است. طول این رگه‌ها از چند دسی متر تا پانصد متر و به صورت ساخت باقلایی^۱ می‌باشد. در رگه‌های استخراج شده، بافت نواری نشان‌دهنده فرآیند پرشدگی فضای خالی در تشکیل این رگه‌ها است. روند کلی این رگه‌ها اکثراً $N30^{\circ}E-50^{\circ}$ و گاهی $N50^{\circ}-20^{\circ}W$ ، با کانی‌شناسی تقریباً یکسان، می‌باشد [۵].

الف-۴- دگرسانی

دگرسانی‌های همراه با کانه‌زایی افشان و رگچه‌ای مس، شامل دگرسانی فیلیک و پروپلیتیک (کلریت-کلسیت و اپیدوت-کلریت-کلسیت) است که به صورت فراگیر در سطح و نمونه‌های عمقی گمانه‌های حفاری در توده بیوتیت هورنبلند آندزیت پورفیری مشاهده می‌شود. سرسیتی‌شدن پلاژیوکلازها، تشکیل کوارتزهای ثانویه با بافت مضرسی و پیریت، در متن سنگ، نشان‌دهنده دگرسانی فیلیک در محدوده معدن چاه‌موسی می‌باشد. وسعت دگرسانی فوق در محل معدن فعال مس چاه‌موسی در حدود ۷۰۰ در ۲۰۰ متر است. در محدوده عملکرد این دگرسانی هرچه از محل معدن به طرف شرق پیش می‌رویم، در نمونه‌های نزدیک به سطح، از شدت این دگرسانی کاسته می‌شود و از میزان سرسیتی‌شدن و فراوانی کوارتزهای ثانویه کاسته می‌شود. در نمونه‌های نزدیک به سطح در معدن چاه‌موسی، پیریت مشاهده نمی‌شود که این امر به دلیل تأثیر هوازدگی و سوپرژن بر این محدوده

۱) Pinch & swell structure

است. در سنگ میزبان بخش رگه ای، دگرسانی فراگیر کلریتی - کلسیتی و دگرسانی سربستی در حاشیه رگه‌ها دیده می‌شود. رسی شدن سوپرژن همراه با هیدروکسیدهای آهن نیز در حاشیه این رگه‌ها دیده می‌شود [۵].

الف-۵- کانی‌شناسی

کانه‌های هیپوژن در کانه‌زایی افشان- رگچه‌ای معدن مس چاه‌موسی، در نمونه‌های گمانه‌های حفاری شامل کان‌های کالکوپیریت، بورنیت و پیریت می‌باشند. در نمونه‌های زون سوپرژن سولفیدی کان‌های ثانویه مس شامل کان‌های کالکوسیت و دیژنیت می‌باشند. در نمونه‌های نزدیک به سطح و زون سوپرژن اکسید- سولفید، کان‌های کربناتی و سولفیدی مس شامل کان‌های مالاکیت، آزوریت، کالکوسیت، کوولیت، نئوتوسیت و اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن (هماتیت، گوتیت و کمی جاروسیت) می‌باشند.

الف-۶- تاریخچه معدنکاری

اطلاعات حاصله و ثبت‌شده، حکایت از شروع بهره‌برداری از معدن مس چاه‌موسی در سال ۱۳۴۰ می‌کند، البته شواهد امر نشان‌دهنده قدمت بیشتر این معدن است. در این سالها بیشتر حجم فعالیت، جهت استخراج سرب خصوصا در قله‌کفتران با حفر یک چاه، متمرکز شده بود. پس از آن با مشاهده رخنمون‌هایی از مس در اطراف قله چاه-موسی و در قسمت دشت چاه‌موسی، حفاریاتی به‌صورت چاه، ترانشه و تونل‌های دنبال‌رگه بصورت سنتی حفر شده‌اند. حجم این حفاریات در قسمت کوه چاه-موسی بسیار زیاد بوده و عمق این حفاری‌ها تا سطح ایستابی ادامه داشته است. در قسمت دشت، یک حلقه چاه حفر شده که عمق چاه نیز تا جایی که سطح ایستابی مزاحمتی ایجاد نمی‌کرد ادامه داشته است. عمق چاه تقریباً ۵۰ متر است و به‌وسیله ۳ تونل دنبال رگه و به فواصل ۱۵ متر از یکدیگر به سه افق مجزا تقسیم شده است. در نزدیکی چاه و جایی که استخراج بصورت کارگاه‌های اتاق و پایه انجام می‌شده است آثار بیشتری از سرب و روی مشاهده می‌گردد. با دور شدن از دهانه چاه و به سمت جنوب- غربی آثاری از مس مشاهده می‌شود که متأسفانه با گم کردن رگه سولفور مس در انتهای تونل

دنبال رگه پیشروی تونل متوقف شده است. البته در سالهای اخیر با باطله برداری از سطح و ردیابی رخنمون، امتداد رگه مس که ضخامت قابل توجهی نیز دارد در سطح مشخص گردیده است [۳].

از جمله کارهای اکتشافی انجام شده در گذشته عبارتند از: مطالعات زمین شناسی - ژئوفیزیکی که توسط گروه مجارستانی در سال ۱۳۴۷ انجام شده است، مطالعات حفاری کم عمق با اطلاعات پراکنده و ناقص توسط شرکت باریت فلات ایران در سال ۱۳۵۴ و گزارش های ناقصی در منابع معرفی شده مس در ایران توسط شرکت ملی مس و سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. در سالهای نه چندان دور و در حدود ۱۰ سال پیش (سال ۱۳۷۲) سیستم های اولیه و پایلوت استحصال اکسید مس در قسمت شمالی معدن و در قله کفتران احداث گردیده است. در این سیستم با بهره گیری از دانش لیچینگ سنگهای اکسید مس را با اسید سولفوریک شستشو داده و محصول پودر مس با عیار بیش از ۶۰ درصد مس به دست می آورند. همچنین در قسمتی از این کارگاه نیز کوره ذوبی نصب گردیده که جهت ذوب سنگهای سولفور مس مورد استفاده قرار می گرفته است [۲۹].

استخراج مس از اطراف قله چاه موسی و قله کفتران به طور پراکنده تا سال ۱۳۷۸ ادامه داشته، تا اینکه در همین سال، شرکت تعاونی معدنی مس چاه موسی، معدن را در اختیار گرفت و تا امروز عملیات استخراج و اکتشاف ادامه یافته است. از جمله این عملیات میتوان به حفاری های اکتشافی، مطالعات ژئوفیزیک و ساخت کارگاه استحصال مس به روش لیچینگ اشاره کرد.

Abstract

Now a day along with development of engineering sciences, also the science of geology met new development. One of these developments is GIS (Geographical Information System) which reduced the working of mineral exploration. We can use this system in combining of various exploration data such as geology, geophysics, geochemistry and remote sensing(RS) data. In this study, we used GIS and remote sensing in order to determine high potential mining units in Torud – Moalleman zone.

Torud – Moalleman zone placed in eastern part of Semnan city. Many scientists focused on this zone and they studied the metal indexes of this place. At first we analyzed the ETM+ images of Landsat 5 satellite by using of image processing techniques, and rock units, faults and alteration areas were studied. As a result, the high potential places for metal reserves introduced. These places are: Gholleh Chah Musi, Gholleh Sookhteh, Poosideh, Darestan, Astaneh and Khorasani.

In the next step, according to the information layers of RS (rock units, faults and alteration), and γ copper indexes of the region, and by using of Weight of evidence method, the existence of copper deposit were evaluated. The result of this method is a map that shows prospectively areas for copper mineralization. We divided this map into three parts: high, medium and low prospective. High potential regions explored in two methods (RS & weight of evidence) have good coordination.

Chah Musi copper mine is one of the regions that in above mentioned methods introduced as high potential region, and proposed for more detail exploration. Detail exploration (geophysics and exploration drilling) were analyzed and showed the existing of two mineralization zones: disseminated zone and copper vein.

Keywords: Geographical Information System (GIS), Remote sensing, Torud – Moalleman zone, Landsat satellite images, Weights of evidence, Chah Musi cooper mine.