



دانشکده مهندسی معدن و متالورژی
گروه اکتشاف معدن

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
اکتشاف معدن

**بررسی ویژگی‌های کانی‌شناسی و ژنتیکی کانسارهای آهن
زون سندج-سیرجان و ارتباط آن با میدان مغناطیسی مربوطه**

دکتر امیرحسین کوهساری
استادان راهنما:
دکتر عبدالحمید انصاری

استاد مشاور: دکتر فرهاد محمد تراب

پژوهش و نگارش: حامد رحیمی

مهر ۱۳۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه یزد

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

گروه اکتشاف معدن

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

اکتشاف معدن

بررسی ویژگی‌های کانی‌شناسی و ژنتیکی کانسارهای آهن
زون سندنج-سیرجان و ارتباط آن با میدان مغناطیسی مربوطه

دکتر امیرحسین کوهساری

استادان راهنما:

دکتر عبدالحمید انصاری

استاد مشاور: دکتر فرهاد محمد تراب

پژوهش و نگارش: حامد رحیمی

مهر ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر مهربان و مادر دلسوزم

تشکر و قدردانی

به رسم ادب و احترام بر خود واجب می‌دانم که زحمات و راهنمایی‌های کلیه معلمان و اساتید و دوستان دوران تحصیل را ارج نهاده و مراتب تشکر قلبی و باطنی خود را از الطاف و مهربانی‌های آن‌ها ابراز دارم.

از زحمات اساتید فرزانه و بزرگواریم به ویژه آقایان دکتر امیرحسین کوهساری، دکتر عبدالحمید انصاری و دکتر فرهاد محمدتراب که با راهنمایی‌ها و نظرات ارزنده‌شان نقش مهمی در به ثمر رساندن این پروژه داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم و سلامتی و موفقیت ایشان را از درگاه ایزد منان خواستارم.

همچنین از زحمات دوستان عزیزم، آقایان کمال علمدار، مهدی بمانی و محمدتقی عرب که هر کدام به نوعی در انجام این پروژه نقش داشته‌اند تقدیر و تشکر می‌نمایم.

چکیده

زون سنندج-سیرجان بخشی از کوهزایی زاگرس است با طولی برابر ۱۵۰۰ کیلومتر و عرضی معادل ۱۲۰-۲۰۰ کیلومتر که با روندی شمال غربی-جنوب شرقی بین بلوک ایران مرکزی و رشته کوه‌های زاگرس قرار دارد. این زون از نظر کانی‌زایی آهن بسیار غنی بوده و کانسارهای آهن متعددی را شامل می‌شود. در این تحقیق ویژگی‌های ژنتیکی و کانی‌شناسی کانسارهای آهن زون سنندج-سیرجان مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه بر این نتایج انواع روش‌های دورسنجی و مغناطیس‌سنجی جهت شناسایی مناطق آهن‌دار، در محدوده کانسارهای آهن زون سنندج-سیرجان بررسی شد. در این مرحله داده‌های مغناطیس‌سنجی هوایی با فاصله پروفیل ۷/۵ کیلومتر و داده‌های دورسنجی ETM^+ استفاده گردید. هدف از مرحله مغناطیس‌سنجی پاسخ به این سوال بود که آیا رابطه معناداری بین موقعیت و ویژگی‌های بی‌هنجاری‌های نقشه‌های حاصل از اعمال فیلترهای مختلف بر روی داده‌های شدت کل مغناطیسی با موقعیت و تیپ‌های ژنتیکی کانسارهای آهن زون سنندج-سیرجان وجود دارد یا نه؟ در نهایت لایه‌های اطلاعاتی حاصل از مطالعات زمین‌شناسی، دورسنجی و مغناطیس‌سنجی هوایی جهت پتانسیل‌یابی کانسارهای آهن در زون سنندج-سیرجان با هم تلفیق شدند.

پس از بررسی‌های انجام گرفته مشخص گردید که کانسارهای آهن در زون سنندج-سیرجان شمالی و جنوبی منشا اسکارنی و کانسارهای آهن در زون سنندج-سیرجان میانی منشا رسوبی-آتشفشانی دارند. در مورد کانسارهای اسکارنی، انطباق خوبی بین موقعیت این کانسارها با بی‌هنجاری‌های نقشه‌های حاصل از اعمال فیلتر برگردان به قطب و سیگنال تحلیلی بر روی داده‌های شدت کل مغناطیسی دیده شد ولی در مورد کانسارهای رسوبی-آتشفشانی چنین انطباقی وجود ندارد. پس از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مشخص گردید نتایج نقشه نهایی در اغلب برگه‌های مطالعه شده با موقعیت کانسارهای آهن (به ویژه کانسارهای اسکارنی آهن) شناسایی شده تطابق دارد.

کلمات کلیدی: سنندج-سیرجان، آهن، کانی‌شناسی، خاستگاه، نقشه پتانسیل معدنی

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| ۱ | مقدمه..... |
| | فصل اول: زون سنندج-سیرجان |
| ۳ | ۱-۱ مقدمه..... |
| ۶ | ۲-۱ بخش جنوبی..... |
| ۶ | ۳-۱ بخش میانی..... |
| ۶ | ۴-۱ بخش شمالی..... |
| | فصل دوم: روش مطالعه |
| ۸ | ۱-۲ مغناطیس‌سنجی هوایی..... |
| ۹ | ۲-۲ دورسنجی..... |
| ۱۱ | ۳-۲ تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص..... |
| | فصل سوم: مطالعه بر روی برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گل‌گهر |
| ۱۶ | ۱-۳ کانسار گل‌گهر سیرجان..... |
| ۱۷ | ۲-۳ بررسی مغناطیس‌سنجی هوایی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ گل‌گهر..... |
| ۲۱ | ۳-۳ تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص..... |
| | فصل چهارم: مطالعه بر روی برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ده‌بید |
| ۲۵ | ۱-۴ کانسار منگنز آهن دار هنشک..... |
| ۲۶ | ۲-۴ بررسی مغناطیس‌سنجی هوایی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ ده‌بید..... |
| ۲۸ | ۳-۴ تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص..... |
| | فصل پنجم: مطالعه بر روی برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چادگان |
| ۳۲ | ۱-۵ کانسار آهن آپوننه اصفهان..... |
| ۳۳ | ۲-۵ مغناطیس‌سنجی هوایی برگه زمین‌شناسی چادگان..... |
| ۳۶ | ۳-۵ تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص..... |
| | فصل ششم: مطالعه بر روی برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورچه |
| ۴۰ | ۱-۶ کانسار شمس‌آباد اراک..... |
| ۴۱ | ۲-۶ مغناطیس‌سنجی هوایی برگه زمین‌شناسی ورچه..... |
| ۴۴ | ۳-۶ تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص..... |
| | فصل هفتم: مطالعه بر روی برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تویسرکان |
| ۴۸ | ۱-۷ کانسار سنگ آهن چنار عباس‌خان (چنار علیا)..... |
| ۵۰ | ۲-۷ کانسار آهن باباعلی همدان..... |
| ۵۱ | ۳-۷ مغناطیس‌سنجی هوایی برگه زمین‌شناسی تویسرکان..... |
| ۵۳ | ۴-۷ تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص..... |
| | فصل هشتم: مطالعه بر روی برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سنقر |
| ۵۷ | ۱-۸ کانسار سنگ آهن گلالی..... |
| ۵۸ | ۲-۸ کانسار سنگ آهن تکیه بالا..... |
| ۶۰ | ۳-۸ کانسار آهن خسروآباد..... |
| ۶۱ | ۴-۸ بررسی مغناطیس‌سنجی هوایی برگه زمین‌شناسی سنقر..... |
| ۶۳ | ۵-۸ تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص..... |
| | فصل نهم: مطالعه بر روی برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چاپان |
| ۶۷ | ۱-۹ کانسار آهن صاحب، سقر، کردستان..... |

۶۹-۲ بررسی مغناطیس‌سنجی هوایی بر گره زمین‌شناسی چاپان.....

۷۱-۳ تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص.....

فصل دهم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۷۵-۱-۱۰ نتیجه‌گیری.....

۷۶-۲-۱۰ پیشنهادات.....

۷۷.....منابع

فهرست شکل‌ها

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ۵ | شکل (۱-۱)- نقشه زون‌های اصلی ایران..... |
| ۵ | شکل (۲-۱)- موقعیت کانسارهای آهن زون سنندج-سیرجان..... |
| ۵ | شکل (۳-۱)- موقعیت بر گره‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مطالعه شده..... |
| ۱۸ | شکل (۱-۳)- توزیع عناصر کمیاب گل‌گهر در نمودار لوبرگ و هورندال (۱۹۸۳)..... |
| ۲۰ | شکل (۲-۳)- بر گره زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گل‌گهر..... |
| ۲۰ | شکل (۳-۳)- نقشه شدت کل مغناطیسی بر گره زمین‌شناسی گل‌گهر..... |
| ۲۰ | شکل (۴-۳)- نقشه برگردان به قطب مغناطیسی بر گره زمین‌شناسی گل‌گهر..... |
| ۲۱ | شکل (۵-۳)- نقشه مشتق قائم اول مغناطیسی بر گره زمین‌شناسی گل‌گهر..... |
| ۲۱ | شکل (۶-۳)- نقشه سیگنال تحلیلی بر گره زمین‌شناسی گل‌گهر..... |
| ۲۲ | شکل (۷-۳)- لایه وزن‌دهی شده واحدهای زمین‌شناسی بر گره گل‌گهر..... |
| ۲۲ | شکل (۸-۳)- لایه وزن‌دهی شده نقشه حاصل از نسبت بانندی ۳/۱ در بر گره گل‌گهر..... |
| ۲۲ | شکل (۹-۳)- لایه وزن‌دهی شده نقشه حاصل از نسبت بانندی ۵/۴ در بر گره گل‌گهر..... |
| ۲۲ | شکل (۱۰-۳)- لایه حاصل از اعمال فیلتر سیگنال تحلیلی بر روی داده‌های شدت کل مغناطیسی بر گره گل‌گهر..... |
| ۲۳ | شکل (۱۱-۳)- لایه حاصل از اعمال فیلتر برگردان به قطب بر روی داده‌های شدت کل مغناطیسی در بر گره گل‌گهر..... |
| ۲۳ | شکل (۱۲-۳)- نقشه نهایی حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در بر گره گل‌گهر..... |
| ۲۷ | شکل (۱-۴)- بر گره زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ده‌بید..... |
| ۲۸ | شکل (۲-۴)- نقشه شدت کل مغناطیسی بر گره زمین‌شناسی ده‌بید..... |
| ۲۸ | شکل (۳-۴)- نقشه برگردان به قطب بر گره زمین‌شناسی ده‌بید..... |
| ۲۸ | شکل (۴-۴)- نقشه مشتق قائم اول بر گره زمین‌شناسی ده‌بید..... |
| ۲۸ | شکل (۵-۴)- نقشه سیگنال تحلیلی بر گره زمین‌شناسی ده‌بید..... |
| ۲۹ | شکل (۶-۴)- لایه وزن‌دهی شده عوارض زمین‌شناسی در بر گره ده‌بید..... |
| ۲۹ | شکل (۷-۴)- لایه وزن‌دهی شده نقشه نسبت بانندی ۳/۱ در بر گره ده‌بید..... |
| ۳۰ | شکل (۸-۴)- لایه وزن‌دهی شده نقشه نسبت بانندی ۵/۴ در بر گره ده‌بید..... |
| ۳۰ | شکل (۹-۴)- لایه وزن‌دهی شده حاصل از اعمال فیلتر سیگنال تحلیلی بر داده‌های شدت کل مغناطیسی در بر گره ده‌بید..... |
| ۳۰ | شکل (۱۰-۴)- لایه وزن‌دهی شده حاصل از اعمال فیلتر برگردان به قطب بر داده‌های شدت کل مغناطیسی در بر گره ده‌بید..... |
| ۳۰ | شکل (۱۱-۴)- نقشه نهایی حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در بر گره ده‌بید..... |
| ۳۵ | شکل (۱-۵)- بر گره زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چادگان..... |
| ۳۵ | شکل (۲-۵)- نقشه شدت کل مغناطیسی بر گره زمین‌شناسی چادگان..... |
| ۳۵ | شکل (۳-۵)- نقشه برگردان به قطب بر گره زمین‌شناسی چادگان..... |
| ۳۶ | شکل (۴-۵)- نقشه مشتق قائم اول مغناطیسی بر گره زمین‌شناسی چادگان..... |
| ۳۶ | شکل (۵-۵)- نقشه سیگنال تحلیلی بر گره زمین‌شناسی چادگان..... |
| ۳۷ | شکل (۶-۵)- لایه وزن‌دهی شده عوارض زمین‌شناسی در بر گره چادگان..... |
| ۳۷ | شکل (۷-۵)- لایه وزن‌دهی شده نقشه نسبت بانندی ۳/۱ در بر گره چادگان..... |

- شکل (۵-۸) - لایه وزن دهی شده نقشه نسبت بانندی ۵/۴ در برکه چادگان..... ۳۷
- شکل (۵-۹) - لایه حاصل از اعمال فیلتر برگردان به قطب بر روی داده‌های شدت کل مغناطیسی در برکه چادگان..... ۳۷
- شکل (۵-۱۰) - لایه حاصل از اعمال فیلتر سیگنال تحلیلی بر روی داده‌های شدت کل مغناطیسی در برکه چادگان..... ۳۸
- شکل (۵-۱۱) - نقشه نهایی حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در برکه چادگان..... ۳۸
- شکل (۶-۱) - برکه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورچه..... ۴۳
- شکل (۶-۲) - نقشه شدت کل مغناطیسی برکه زمین‌شناسی ورچه..... ۴۳
- شکل (۶-۳) - نقشه برگردان به قطب برکه زمین‌شناسی ورچه..... ۴۳
- شکل (۶-۴) - نقشه مشتق قائم اول مغناطیسی برکه زمین‌شناسی ورچه..... ۴۴
- شکل (۶-۵) - نقشه سیگنال تحلیلی برکه زمین‌شناسی ورچه..... ۴۴
- شکل (۶-۶) - لایه وزن دهی شده عوارض زمین‌شناسی در برکه ورچه..... ۴۵
- شکل (۶-۷) - لایه وزن دهی شده حاصل از نقشه نسبت بانندی ۳/۱ در برکه ورچه..... ۴۵
- شکل (۶-۸) - لایه وزن دهی شده حاصل از نقشه نسبت بانندی ۵/۴ در برکه ورچه..... ۴۵
- شکل (۶-۹) - لایه حاصل از اعمال فیلتر سیگنال تحلیلی بر داده‌های شدت کل مغناطیسی در برکه ورچه..... ۴۵
- شکل (۶-۱۰) - لایه حاصل از اعمال فیلتر برگردان به قطب بر داده‌های شدت کل مغناطیسی در برکه ورچه..... ۴۶
- شکل (۶-۱۱) - نقشه نهایی حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در برکه ورچه..... ۴۶
- شکل (۷-۱) - برکه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ توپسرکان..... ۵۲
- شکل (۷-۲) - نقشه تغییرات شدت کل مغناطیسی برکه زمین‌شناسی توپسرکان..... ۵۳
- شکل (۷-۳) - نقشه برگردان به قطب برکه زمین‌شناسی توپسرکان..... ۵۳
- شکل (۷-۴) - نقشه مشتق قائم اول مغناطیسی برکه زمین‌شناسی توپسرکان..... ۵۳
- شکل (۷-۵) - نقشه سیگنال تحلیلی برکه زمین‌شناسی توپسرکان..... ۵۳
- شکل (۷-۶) - لایه وزن دهی شده عوارض زمین‌شناسی در برکه توپسرکان..... ۵۴
- شکل (۷-۷) - لایه وزن دهی شده حاصل از نقشه نسبت بانندی ۳/۱ در برکه توپسرکان..... ۵۴
- شکل (۷-۸) - لایه وزن دهی شده حاصل از نقشه نسبت بانندی ۵/۴ در برکه توپسرکان..... ۵۵
- شکل (۷-۹) - لایه حاصل از اعمال فیلتر سیگنال تحلیلی بر داده‌های شدت کل مغناطیسی در برکه توپسرکان..... ۵۵
- شکل (۷-۱۰) - لایه حاصل از اعمال فیلتر برگردان به قطب بر داده‌های شدت کل مغناطیسی در برکه توپسرکان..... ۵۵
- شکل (۷-۱۱) - نقشه نهایی حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در برکه توپسرکان..... ۵۵
- شکل (۸-۱) - برکه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سنقر..... ۶۲
- شکل (۸-۲) - نقشه شدت کل مغناطیسی برکه زمین‌شناسی سنقر..... ۶۳
- شکل (۸-۳) - نقشه برگردان به قطب برکه زمین‌شناسی سنقر..... ۶۳
- شکل (۸-۴) - نقشه مشتق قائم اول برکه زمین‌شناسی سنقر..... ۶۳
- شکل (۸-۵) - نقشه سیگنال تحلیلی برکه زمین‌شناسی سنقر..... ۶۳
- شکل (۸-۶) - لایه وزن دهی شده عوارض زمین‌شناسی سنقر..... ۶۴
- شکل (۸-۷) - لایه وزن دهی شده حاصل از نقشه نسبت بانندی ۳/۱ در برکه سنقر..... ۶۴
- شکل (۸-۸) - لایه وزن دهی شده حاصل از نقشه نسبت بانندی ۵/۴ در برکه سنقر..... ۶۵
- شکل (۸-۹) - لایه حاصل از اعمال فیلتر سیگنال تحلیلی بر داده‌های شدت کل مغناطیسی در برکه سنقر..... ۶۵
- شکل (۸-۱۰) - لایه حاصل از اعمال فیلتر برگردان به قطب بر داده‌های شدت کل مغناطیسی در برکه سنقر..... ۶۵
- شکل (۸-۱۱) - نقشه نهایی حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در برکه سنقر..... ۶۵
- شکل (۹-۱) - برکه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چاپان..... ۷۰
- شکل (۹-۲) - نقشه شدت کل مغناطیسی برکه زمین‌شناسی چاپان..... ۷۰
- شکل (۹-۳) - نقشه برگردان به قطب برکه زمین‌شناسی چاپان..... ۷۰
- شکل (۹-۴) - نقشه مشتق قائم اول برکه زمین‌شناسی چاپان..... ۷۱
- شکل (۹-۵) - نقشه سیگنال تحلیلی برکه زمین‌شناسی چاپان..... ۷۱
- شکل (۹-۶) - لایه وزن دهی شده عوارض زمین‌شناسی در برکه چاپان..... ۷۲

- شکل (۷-۹) - لایه وزن دهی شده حاصل از نقشه نسبت بانندی ۳/۱ در برگه چاپان..... ۷۲
- شکل (۸-۹) - لایه وزن دهی شده حاصل از نقشه نسبت بانندی ۵/۴ در برگه چاپان..... ۷۲
- شکل (۹-۹) - لایه حاصل از اعمال فیلتر سیگنال تحلیلی بر داده‌های شدت کل مغناطیسی در برگه چاپان..... ۷۲
- شکل (۱۰-۹) - لایه حاصل از اعمال فیلتر برگردان به قطب بر داده‌های شدت کل مغناطیسی در برگه چاپان..... ۷۳
- شکل (۱۱-۹) - نقشه نهایی حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در برگه چاپان..... ۷۳

فهرست جدول‌ها

| عنوان | صفحه |
|---|------|
| جدول (۱-۲) - بررسی میزان انطباق مکانی بین مناطق امیدبخش برای کانی‌زایی آهن بر روی نقشه‌های حاصل از روش‌های مختلف دورسنجی با موقعیت کانسارهای آهن زون سنندج-سیرجان..... | ۱۲ |
| جدول (۲-۲) - بررسی میزان انطباق مکانی بین مناطق امیدبخش برای کانی‌زایی آهن بر روی نقشه‌های حاصل از روش‌های مختلف مغناطیس‌سنجی هوایی با موقعیت کانسارهای آهن زون سنندج-سیرجان..... | ۱۳ |
| جدول (۳-۲) - تعیین واحدهای زمین‌شناسی حاوی کانی‌زایی آهن در هر یک از برگه‌های زمین‌شناسی مطالعه شده..... | ۱۴ |
| جدول (۱-۱۰) - کانه اصلی و خاستگاه کانسارهای آهن زون سنندج-سیرجان..... | ۷۵ |

مقدمه

در این مطالعه کانسارهای آهن زون سنندج-سیرجان مورد بررسی قرار گرفته است. این زون در اصل جزئی از ایران مرکزی است، اما برخی از ویژگی‌های زمین‌شناسی آن در مزوزوئیک و ترشیاری، آن را از ایران مرکزی جدا می‌کند. با توجه به پتانسیل قوی کانی‌سازی آهن در این زون و قرارگیری کانسارهای بزرگ آهن در آن مانند گل‌گهر سیرجان و شمس‌آباد اراک، ضرورت پی‌جویی و اکتشاف در این زون کاملاً منطقی می‌باشد. از نتایج این مطالعه می‌توان برای پتانسیل‌یابی کانسارهای آهن ناشناخته زون سنندج-سیرجان استفاده نمود. همچنین می‌توان از آن به عنوان مبنایی برای بررسی پتانسیل‌های ناشناخته آهن در سایر زون‌های فلززایی ایران استفاده کرد.

ساختار این مطالعه بدین شرح است: در فصل اول زون سنندج-سیرجان به اختصار توصیف شده است. فصل دوم حاوی اطلاعاتی در مورد روش‌های دورسنجی جهت شناسایی مناطق آهن‌دار، انواع فیلترهایی که در تفسیر داده‌های مغناطیس‌سنجی هوایی استفاده می‌شود و نحوه تهیه نقشه پتانسیل معدنی با استفاده از روش همپوشانی شاخص در محیط GIS می‌باشد. در فصول ۳ تا ۹، ۷ برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ در زون سنندج-سیرجان شامل برگه‌های گل‌گهر، ده‌بید، چادگان، هنشک، سنقر، تویسرکان و چاپان مورد مطالعه قرار گرفته است. این برگه‌ها طوری انتخاب شدند که اغلب کانسارهای آهن این زون را در برگیرند. در هر یک از این فصل‌ها ابتدا ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و ژنتیکی کانسارهای آهن موجود در برگه مورد نظر بررسی شده است. سپس مطالعات مغناطیس‌سنجی هوایی و در آخر تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محدوده برگه زمین‌شناسی انجام گرفته است. در مرحله تلفیق سعی شد تا مدلی برای تعیین مناطق امیدبخش جهت کانی‌زایی آهن با استفاده از لایه‌های زمین‌شناسی، دورسنجی و مغناطیس‌سنجی هوایی تهیه گردد.

جهت مطالعات دورسنجی از نرم‌افزار Envi 4.3 و داده‌های ماهواره لندست ۷ و برای مطالعات

مغناطیس‌سنجی از نرم‌افزار Geosoft 6.4.2 و داده‌های مغناطیس‌سنجی هوایی با فاصله پروفیل ۷/۵

کیلومتر استفاده شد. تلفیق داده‌های اکتشافی در نرم‌افزار ArcMap 9.3 انجام گرفت.

فصل اول: زون سنندج-سیرجان

۱-۱ مقدمه

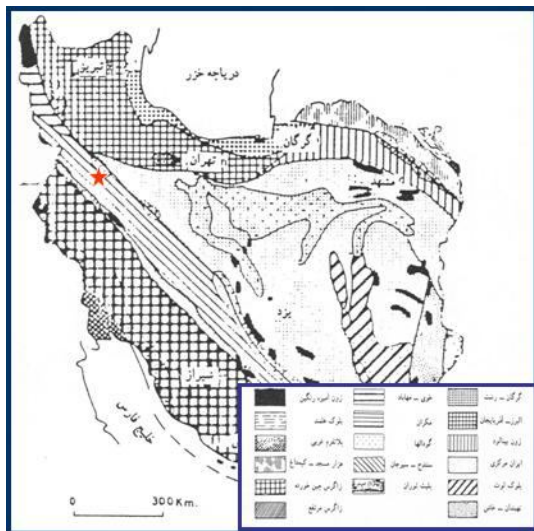
زون سنندج-سیرجان بخشی از کوهزایی زاگرس است با طولی برابر ۱۵۰۰ کیلومتر و عرضی معادل ۱۲۰-۲۰۰ کیلومتر که روند شمال غربی-جنوب شرقی دارد. عمده سنگ‌های پهنه سنندج-سیرجان سن فانروزویک دارند. تنها سنگ‌های آتشفشانی در پهنه سنندج-سیرجان، لایه‌های نازک بازالتی و ریولیتی است که به صورت بین لایه‌ای با کربنات‌های پرمین و سنگ‌های رسوبی تریاس زیرین با لایه‌بندی خوب، حضور دارند. وجود این سنگ‌های آتشفشانی، مشخص‌کننده آن است که واحدهای چینه‌شناسی پهنه سنندج-سیرجان به جز توالی سنگ‌های پالئوزویک-مزوزویک، در شرایط درجه پایین تا متوسط شیست سبز دگرگون شده‌اند. جوان‌ترین سنگ‌های متأثر شده از دگرگونی، کربنات‌های پرفسیل کرتاسه می‌باشند و این نشان می‌دهد که فاز دگرگونی در زمان کرتاسه پسین نیز اتفاق افتاده است. تریاس میانی تا پسین، اغلب زمانی برای فعالیت ماگمایی به صورت نفوذی‌های کوچک و بزرگ گابرو و پلوتون‌های گرانیتوئیدی و خروج جریان‌های گدازه‌ای تولئیتی در این پهنه می‌باشد. دگرگونی و فعالیت ماگمایی تریاس میانی-پسین، تماما در ارتباط با فرآیندهای کششی می‌باشد که پاسخی برای تشکیل اقیانوس نوتتیس (تتیس سوم) بوده است. نهشته‌های مگنتیت-آپاتیت در منطقه همدان و گل‌گهر در زون سنندج-سیرجان قرار دارند و شباهت‌های بافتی و کانی‌شناسی زیادی با هم دارند. این کانسارها از نوع مگنتیتی هستند. سنگ‌های در برگیرنده این نهشته‌ها اغلب از نوع الترامافیک، کالک آلکالن و لایه‌های ضخیم کربناتی هستند که در منطقه همدان مشخص تر می‌باشند. در این مناطق سنگ‌های الترامافیک غنی از منیزیم شامل کانی‌های کلریتی، فلوگوپیت، بروسیت، فورستریت یافت می‌شوند. مهم‌ترین تیپ سنگ‌های آلکالین در منطقه حاوی کانی‌های ترمولیت، آپاتیت، فلوگوپیت و هورنبلندیت غنی از کلسیم است. این سنگ‌ها معمولا اپیدوتی شده‌اند و سنگ‌های پریدوتی منطقه کلریتی شده‌اند. سنگ‌های متامورفیک منطقه (گنایس، آمفیبولیت و مرمر) به دوره پرکامبرین تعلق دارند. دگرگونی شدید سیمین پسین در اواخر ژوراسیک، به ویژه در بخش شمالی آن مشاهده شده است. سنگ‌های کربناته کرتاسه زیرین (آپتین-آلبین) که با یک کنگلومرای قاعده‌ای به طور دگرشیب، بر روی سنگ‌های قدیمی بسیاری از سرزمین‌های شرق راندگی زاگرس قرار دارند، حاکی از آن است که

بخش‌هایی از بلوک سنندج-سیرجان، تقریباً در ۳۵ میلیون سال (ژوراسیک پسین-کرتاسه پیشین)، خارج از آب باقی مانده است. در کرتاسه پیشین، فرونشینی تدریجی در باریکه اسفندقه-ارومیه در منطقه سنندج از سر گرفته شده و ۲ تا ۳ کیلومتر از رسوبات مربوط به بارمین-آلبین در آن انباشته می‌شود. در کرتاسه پسین-پالئوسن، دگرگونی مهمی به وقوع پیوسته که شاهد آن وجود دگرشیبی در قاعده رسوبات پالئوسن یا ائوسن، وقفه در رسوب‌گذاری همین زمان، دگرگونی آهک‌های کرتاسه شمال ملایر و دگرگونی همین آهک‌ها که پایه سد اکباتان همدان را می‌سازند و همچنین وجود توده‌های نفوذی مهم هم راستا با رورانگی زاگرس که سنگ‌های ژوراسیک را قطع کرده‌اند، مانند توده گرانیتوئیدی الوند همدان، ملایر، اراک و ... است [۱].

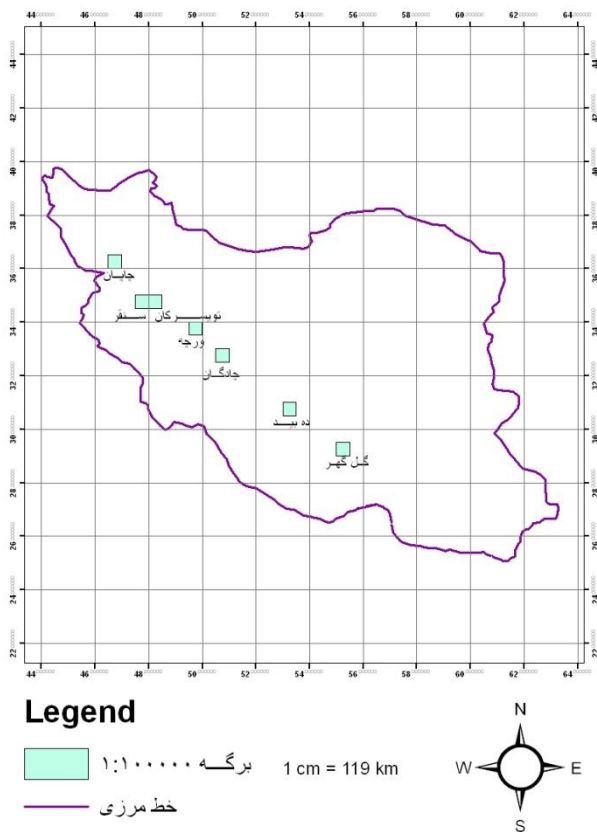
در فاز کوهزایی بین ائوسن-الیگوسن، توده‌های بازی (مانند گابروی خرزهره-پنچوین) در بخش شمالی این نوار به چشم می‌خورد. رسوبات ترشیاری در شمال این نوار شامل سری ائوسن با ستبرای ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از جنس مارن و آهک (ائوسن بالایی) است که با توف‌ها و حتی گدازه‌های آندزیتی، کم و بیش قطع می‌شود. سری الیگومیوسن، نسبت به سری فوق، دگرشیبی ملایمی داشته و با وضعیت تقریباً افقی مشخص می‌شود. ستبرای این سری، حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر، شامل رسوبات آهکی با میکروفسیل‌های فراوان است. در شمال سد اکباتان، می‌توان آن‌را که با مارن‌ها بطور متناوب قرار دارد، مشاهده کرد. از نظر فلزایی می‌توان این زون را به سه بخش جنوبی، میانی و شمالی تقسیم نمود [۱]. شکل ۱-۱ مربوط به محدوده تقریبی زون سنندج-سیرجان، شکل ۱-۲ موقعیت مهم‌ترین کانسارهای آهن این زون و شکل ۱-۳ موقعیت برکه‌های زمین‌شناسی مطالعه شده در این تحقیق است.



شکل (۱-۲) - موقعیت کانسارهای آهن زون سنندج-سیرجان



شکل (۱-۱) - نقشه زون‌های اصلی ایران [۲]



شکل (۳-۱) - موقعیت برگه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مطالعه شده

۲-۱ بخش جنوبی

این بخش، از سیرجان تا اصفهان ادامه دارد و با ادامه گسله درونه، از بخش میانی جدا می‌شود. بخش شمالی نیز با ادامه گسل جنوب تهران از بخش میانی جدا می‌شود. در بخش جنوبی، کانه‌زایی آهن و آهن-منگنز (گل‌گهر، منگنز بافت) و سرب، روی و مس (چاه گز، قنات مروان) با سن پالئوزوئیک تا کرتاسه پیشین را می‌توان مشاهده کرد و امکان یافتن کانسارهای بزرگ آهن و آهن-منگنز مشابه را می‌توان انتظار داشت.

همچنین عناصر کمیاب و خاک‌های نادر مانند عناصر کمیاب مربوط به کفه مروست و عناصر با ارزش مانند طلای زرتشت، بناب، اقلید و طلای همراه با آهن مانند ابرکوه و اقلید در این بخش وجود دارند [۱].

۳-۱ بخش میانی

از نظر کانی‌سازی در مقایسه با بخش‌های شمالی و جنوبی پرمایه‌تر است. در این بخش، مناطق کانسنگ‌دار زیر را می‌توان نام برد: کمر بند سرب و روی‌دار ملایر-اصفهان، منطقه فلززایی شمس‌آباد با کانی‌سازی‌های طلا (آستانه)، آهن شمس‌آباد، تنگستن، سرب و روی و نقره، قلع ده‌حسین و منطقه معدنی طلای موله. در این بخش کانی‌سازی منگنز در کرتاسه زیرین و کانی‌سازی غیر فلزی چون باریت و فلوریت را می‌توان نام برد [۱].

۴-۱ بخش شمالی

کانی‌سازی آهن (منطقه معدنی همدان)، همچنین کانی‌سازی طلا، طلا-آنتیموان منطقه معدنی قروه (آنتیموان و طلای داشکسن و ...) را در بخش شمالی می‌توان نام برد. آنچه که بیش از همه می‌تواند در زون سنندج-سیرجان از نظر اقتصادی با اهمیت باشد، وجود انواع مختلف سنگ‌های تزئینی و نما با ذخایر زیاد است. کانسارهای غیر فلزی نیز در زون سنندج-سیرجان شمالی، دارای جایگاه خاصی می‌باشند، مانند کانسارهای باریت، فلوریت، سیلیس، میکا، دولومیت و کانسارهای دگرگونی مانند گرونا، آندالوزیت و ... [۱].

فصل دوم: روش مطالعه

۲-۱-۱ مغناطیس‌سنجی هوایی

۲-۱-۱-۱ مقدمه

روش مغناطیس‌سنجی قدیمی‌ترین روش ژئوفیزیکی است که هم برای تعیین محل کانه‌های پنهان و هم برای تعیین ساختارهای زمین‌شناسی به کار می‌رود. این روش از جمله روش‌هایی است که منشاء آن طبیعی بوده و ناشی از تاثیر میدان مغناطیسی زمین بر روی سنگ‌ها می‌باشد. میدان مغناطیسی زمین هم ارز یک مغناطیس ماندگار است که در راستای عموماً شمالی-جنوبی در نزدیکی محور چرخشی زمین قرار دارد. ۹۹ درصد میدان مغناطیسی زمین منشاء داخلی و ۱ درصد باقیمانده منشاء خارجی دارد [۳]. در این مطالعه از داده‌های مغناطیسی‌سنجی هوایی با فاصله پروفیل ۷/۵ کیلومتر استفاده شده است.

۲-۱-۲ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی

پس از انجام تصحیحات لازم بر روی برداشت‌های مغناطیسی، مقادیر بدست آمده در هر ایستگاه را روی نقشه پیاده کرده و نتایج به صورت خطوط هم شدت میدان مغناطیسی تهیه می‌شود. برای بدست آوردن اطلاعات با ارزش‌تر و جزئیات بیشتر جهت تفسیر، فرآیندهای تبدیلی و فیلترهای مختلفی به کار می‌رود که در ادامه شرح داده می‌شوند.

۲-۱-۳ نقشه برگردان به قطب

با استفاده از روش برگردان به قطب، میدان مغناطیسی از یک عرض مغناطیسی که در آن بردار میدان زمین مایل و شیب‌دار است به قطب مغناطیسی یعنی جایی که میدان القایی قائم می‌باشد منتقل می‌گردد. زیرا در صورتی که میدان القایی قائم باشد، بی‌هنجاری‌های به وجود آمده در اثر القاء مغناطیسی بر روی منبع خودشان قرار می‌گیرند. لذا تفسیر اساسی داده‌های مغناطیسی هوایی معمولاً بر روی تصاویر مختلف برگردان به قطب صورت می‌گیرد.

۲-۱-۴ نقشه مشتق قائم از شدت میدان کل

نقشه‌های مشتق قائم از این جهت که ناهنجاری‌هایی که در ارتباط با توده‌های نزدیک به سطح می‌باشد را مشخص می‌کند، در کارهای اکتشافی حائز اهمیت بوده و در روش مغناطیس‌سنجی کاربرد فراوانی دارد. مشتقات عمودی میدان‌های مغناطیسی، اثرات منطقه‌ای و تداخل بین آنومالی‌های مجاور را حذف می‌کنند و تاثیر ناهنجاری‌های محلی را بارز می‌کنند.

۲-۱-۵ نقشه سیگنال تحلیلی^۱

این نقشه نمایانگر منبع بی‌هنجاری‌های مغناطیسی و محل آن‌ها می‌باشد. این روش بنا به عقیده تعدادی از دانشمندان نوعی برگردان به قطب نیز محسوب می‌گردد. بسته به نوع ناحیه این روش کاربرد دارد. به طوری که در بعضی از نواحی جواب مثبتی را می‌دهد و نقشه کلیدی در زمینه تفسیر تلقی می‌شود و در بعضی از نواحی به علت عوامل گوناگون مورد تفسیر قرار نمی‌گیرد. سیگنال تحلیلی تابعی از مشتق میدان مغناطیسی بوده و به صورت رابطه ۲-۱ تعریف می‌گردد: [۳]

$$\text{Analytic signal: } [A(X, Y)] = \left[\left(\frac{\partial m}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial m}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial m}{\partial z} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{رابطه (۲-۱)}$$

که در آن m شدت میدان مغناطیسی است. معمولاً این تابع برای توده‌های عمیق مقدار بزرگی را نشان نمی‌دهد [۳].

۲-۲ دورسنجی

۲-۲-۱ مقدمه

در این تحقیق جهت مطالعات دورسنجی از تصاویر ماهواره لندست ۷ استفاده شد. این ماهواره دارای سنجنده ETM⁺ است. این سنجنده مجموعاً دارای ۹ باند طیفی شامل ۶ باند با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر در محدوده امواج مرئی و مادون قرمز، ۲ باند حرارتی با قدرت تفکیک مکانی

^۱ Analytic Signal

۶۰ متر و یک باند پانکروماتیک می‌باشد. باند پانکروماتیک تصاویر سیاه و سفید با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر تولید می‌کند. در ادامه روش‌های دورسنجی جهت تعیین مناطق آهن‌دار که در این مطالعه استفاده شده است به اختصار توصیف شده‌اند.

۲-۲-۲ نسبت باندی

با مشخص کردن باندهایی (طول موج‌هایی) که پدیده مورد نظر در آن‌ها بیشترین و کمترین بازتاب را داراست و با بدست آوردن نسبت بین این دو باند یا تفاضل آن‌ها، می‌توان تصویری ایجاد کرد که در آن بازتاب طیفی پدیده مورد نظر افزایش یافته و پدیده بارزتر شود. در این مطالعه از دو نسبت جهت شناسایی مناطق آهن‌دار استفاده شد:

• نسبت ۳/۱ جهت شناسایی اکسیدهای آهن [۴، ۵ و ۶].

• نسبت ۵/۴ جهت شناسایی گوسان‌ها و کانی‌های آهن‌دار [۷، ۸ و ۹].

۲-۲-۳ تحلیل مولفه‌های اصلی

اگر هر کدام از باندهای ETM^+ به طور جداگانه بررسی شوند، ارتباط زیادی بین آنها مشاهده می‌شود، به گونه‌ای که بیشتر نواحی که در یک باند روشن یا تاریک هستند، در باندهای دیگر هم همین ویژگی را دارند. در حقیقت این تشابه و ارتباط بین باندها، باعث به وجود آمدن یک سری اطلاعات زائد و اضافی می‌شود. انتقال مولفه‌های اصلی، روشی برای خارج کردن یا کاهش دادن چنین اطلاعات زائدی است که با فشرده کردن مجموعه داده‌های چند طیفی در یک دستگاه مختصات جدید صورت می‌گیرد. در این مطالعه جهت شناسایی مناطق آهن‌دار از تحلیل مولفه‌های اصلی بر روی باندهای ۱، ۳، ۴ و ۵ استفاده شد [۴].