

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی معدن

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن
گرایش اکتشاف معدن

پردازش داده‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، دورسنجی و ژئوفیزیک
هوایی بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ خوی و تلفیق آن‌ها در سامانه اطلاعات
جغرافیایی (GIS) جهت آشکارسازی مناطق امیدبخش معدنی

استادان راهنما:
دکتر غلامرضا رحیمی پور
دکتر حجت‌اله رنجبر

مؤلف:
جواد فضل‌اللهی مله

خرداد ماه ۱۳۹۰



دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه: مهندسی معدن

دانشکده: فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

نام و نام خانوادگی:

امضاء:

دانشجو: جواد فضل الهی مله

استاد راهنما:

دکتر غلام رضا رحیمی پور

دکتر حجت ا... رنجبر

استاد مشاور:

داور ۱: دکتر غلام رضا کمالی

داور ۲: دکتر محمد رضا شایسته فر

نماینده تحصیلات تکمیلی حاضر در جلسه: خانم مهندس دادگری نژاد

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر حجت ا... رنجبر

حق چاپ محفوظ و مخصوص دانشگاه شهید باهنر کرمان است

خدایا آنگونه زنده‌ام بدار که نشکند دلی از زنده بودنم

و

آنگونه بمیران که کسی به وجد نیاید از نبودنم

تقدیم به:

روان پاک

استاد عزیزم دکتر یدا... فرزانه

و

دوست نازنینم مهندس مرتضی پورعاشوری

روحشان شاد، یادشان گرامی باد.

تقدیریم به:

پدر و مادر مهربانم

و

اعضای خانواده‌ام که وجود سبزشان مایه دلگرمی من است.

تشکر و قدردانی:

حال که با لطف یزدان بی همتا نگارش این پایان نامه به اتمام رسیده است، بر خود لازم می دانم از کسانی که در تهیه این تحقیق مرا یاری نموده اند، تشکر و قدردانی نمایم:

در ابتدا از استادان گرامی آقایان دکتر غلامرضا رحیمی پور و دکتر حجت اله رنجبر که راهنمایی این پایان نامه را به عهده داشتند به خاطر صبر، حوصله و زحمات بی دریغشان صمیمانه تشکر می نمایم.

همچنین از سایر اساتید محترم گروه مهندسی معدن که افتخار شاگردیشان را داشتم، به خاطر آنچه به من آموختند، سپاسگزارم.

از دوستان عزیزم به ویژه آقایان مهندس اکبر رضایی و مهندس مهدی نظری زاده که تهیه بخش مهمی از داده ها مرهون زحمات آنها می باشد، همچنین مهندس محمود علی کاهی و زنده یاد مهندس مرتضی پورعاشوری (روحش قرین رحمت باد) که از تجربیات علمی و عملی آنها در انجام این تحقیق بسی استفاده شده است، صمیمانه تشکر می نمایم.

در نهایت از همه اعضای خانواده ام که با صبر و بردباری مشوق من در این راه بوده اند، قدردانی می نمایم.

چکیده

از مهم‌ترین مراحل اکتشاف مواد معدنی مرحله اکتشاف مقدماتی می‌باشد که در این مرحله زمین-شناسان و مهندسين معدن با استفاده از داده‌های سطحی به دنبال کشف مناطق امید بخش جهت انجام مراحل بعدی اکتشاف هستند. مهم‌ترین کاری که در این مرحله صورت می‌گیرد تلفیق لایه-های گوناگون اطلاعات در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌باشد، که بدین ترتیب می‌توان مناطق امیدبخش معدنی را مشخص نمود. در این تحقیق نیز سعی بر این بوده است تا با استفاده از تلفیق اطلاعات اکتشافی موجود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ خوی، مناطق امیدبخش معدنی در ناحیه مورد مطالعه تعیین شوند. با مطالعه اطلاعات زمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه، مشخص شد کانی‌زایی در این ناحیه عمدتاً متأثر از توده‌های نفوذی، گدازه‌های بازالت بالشی و سنگ‌های اولترامافیک است. بنابراین انتظار سه رویداد شامل کانی‌زایی فلزات پایه متأثر از توده‌های نفوذی و گدازه‌های بازالت بالشی و کانی‌زایی کروم متأثر از سنگ‌های اولترامافیک دور از واقعیت نیست. به این منظور سایر اطلاعات اکتشافی موجود در ناحیه مورد مطالعه برای این سه رویداد، مورد پردازش و تفسیر قرار گرفتند. داده‌های ژئوشیمیایی آبراه‌ای، با استفاده از روش‌های آماری تک‌متغیره و چندمتغیره مانند جداسازی جامعه آنومالی از زمینه به دو روش ساختاری و غیر ساختاری، آنالیز خوشه‌بندی و آنالیز فاکتوری مورد پردازش قرار گرفتند و مناطق محتمل کانی‌زایی مرتبط با سه هدف مذکور تعیین شدند. با استفاده از داده‌های دورسنجی (تصاویر سنجنده‌های ETM+ و ASTER)، مناطق حاوی اکسیدهای آهن، آلتراسیون‌های مرتبط با هریک از سه هدف و سنگ‌های اولترامافیک مشخص گردید. برای این منظور از روش‌های ترکیب رنگی، نسبت‌های بانندی، آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد، روش انتخاب مولفه‌های اصلی جهت‌دار و تحلیل فاکتور خطوارگی استفاده شد. با استفاده از داده‌های مغناطیس‌هوایی، مناطق دارای بی‌هنجاری مغناطیسی در سطح و عمق با اعمال فیلترهایی مانند برگردان به قطب، مشتق قائم و ادامه فراسو بر روی داده‌ها تعیین شدند. در خاتمه نتایج حاصل از تمامی مطالعات انجام شده، با استفاده از روش منطق فازی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای سه هدف مذکور با یکدیگر تلفیق گردید و نقشه پتانسیل معدنی برای آن‌ها در ناحیه مورد مطالعه تهیه شد. در این نقشه‌ها مناطق با پتانسیل معدنی بالا، انطباق خوبی با اندیس‌ها و کانسارهای معدنی مرتبط با هر یک از اهداف، در ناحیه مورد مطالعه داشتند.

کلیدواژه‌ها: خوی، ژئوشیمی آبراه‌ای، دورسنجی، مغناطیس‌هوای، تلفیق، GIS، منطق فازی.

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- هدف و گستره تحقیق.....	۳
۳-۱- پیشینه تحقیق.....	۴
۴-۱- جغرافیای ناحیه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن.....	۵
۵-۱- داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده.....	۸
فصل ۲: مطالعات زمین‌شناسی.....	۹
۱-۲- مقدمه.....	۱۰
۲-۲- زمین‌شناسی ناحیه‌ای.....	۱۰
۱-۲-۲- واحدهای سنگی رسوبی - آتشفشانی.....	۱۲
۲-۲-۲- کمپلکس افیولیتی.....	۱۴
۳-۲-۲- سنگ‌های دگرگونه با سن نامشخص.....	۱۶
۴-۲-۲- واحدهای سنگی نفوذی.....	۱۷
۳-۲- زمین‌شناسی ساختمانی.....	۱۹
۴-۲- زمین‌شناسی اقتصادی.....	۲۱
فصل ۳: مطالعات ژئوشیمیایی.....	۲۳
۱-۳- مقدمه.....	۲۴
۱-۱-۳- طرح ریزی.....	۲۴
۲-۱-۳- نمونه‌برداری.....	۲۶

- ۳-۱-۳- تجزیه‌های شیمیایی..... ۲۸
- ۳-۱-۴- تفسیر..... ۲۸
- ۳-۲- پارامترهای آماری مرتبط با مطالعات ژئوشیمیایی..... ۲۹
- ۳-۳- پیش‌پردازش داده‌های ژئوشیمیایی آبراهه‌ای..... ۲۹
- ۳-۳-۱- تخمین داده‌های سنسورد..... ۲۹
- ۳-۳-۲- خنثی‌سازی مولفه سنترتیک تغییرپذیری (اثر لیتولوژی)..... ۲۹
- ۳-۳-۳- تصحیح مقادیر خارج از ردیف..... ۳۲
- ۳-۴-۳- پردازش داده‌های ژئوشیمیایی آبراهه‌ای..... ۳۳
- ۳-۴-۱- تعیین تابع توزیع احتمال داده‌ها..... ۳۴
- ۳-۴-۲- جداسازی جامعه آنومالی از زمینه..... ۳۴
- ۳-۴-۳- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای..... ۴۰
- ۳-۴-۴- تجزیه و تحلیل فاکتوری..... ۴۲
- ۳-۵- داده‌های ژئوشیمیایی آبراهه‌ای مورد استفاده در ناحیه مورد مطالعه..... ۴۴
- ۳-۶- پیش‌پردازش داده‌های ژئوشیمیایی آبراهه‌ای ناحیه مورد مطالعه..... ۴۴
- ۳-۶-۱- تخمین داده‌های سنسورد..... ۴۴
- ۳-۶-۲- خنثی‌سازی اثر لیتولوژی با استفاده از روش جداسازی جوامع سنگی..... ۴۵
- ۳-۶-۳- تصحیح مقادیر خارج از ردیف..... ۴۶
- ۳-۷- پردازش داده‌های ژئوشیمیایی آبراهه‌ای ناحیه مورد مطالعه..... ۴۶
- ۳-۷-۱- تعیین تابع توزیع احتمال داده‌ها..... ۴۶
- ۳-۷-۲- جداسازی جامعه آنومالی از زمینه..... ۴۸

۳-۷-۳- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای.....	۵۶
۳-۷-۴- تجزیه و تحلیل فاکتوری.....	۷۰
فصل ۴: مطالعات دورسنجی.....	۷۹
۴-۱- مقدمه.....	۸۰
۴-۲- ماهواره‌ها و تصاویر ماهواره‌ای.....	۸۰
۴-۲-۱- ماهواره لندست.....	۸۰
۴-۲-۲- ماهواره ترا.....	۸۲
۴-۳- کاربرد طیف‌های جذب و انعکاس کانی‌ها و سنگ‌ها در اکتشاف کانسارها.....	۸۳
۴-۴- پردازش تصاویر ماهواره‌ای.....	۸۴
۴-۴-۱- تقویت خواص بصری تصویر.....	۸۴
۴-۴-۲- استخراج اطلاعات مورد نیاز از تصاویر.....	۸۵
۴-۵- تصحیحات رادیومتریک و هندسی.....	۸۶
۴-۶- ترکیبات رنگی.....	۸۶
۴-۷- نسبت‌های بانندی.....	۸۷
۴-۸- آنالیز مولفه‌های اصلی.....	۸۸
۴-۸-۱- آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد.....	۸۸
۴-۸-۲- روش انتخاب مولفه‌های اصلی جهت‌دار یا روش کروستا.....	۸۹
۴-۹- طبقه‌بندی تصاویر.....	۸۹
۴-۹-۱- طبقه‌بندی نظارت شده.....	۹۰
۴-۹-۲- طبقه‌بندی نظارت نشده.....	۹۳

- ۹۴-۱۰-۴- آنالیز خطواره‌ها.....
- ۹۶-۱۱-۴- آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای ETM+ و ASTER ناحیه مورد مطالعه.....
- ۹۷-۱۲-۴- تصاویر ترکیبات رنگی از باندها در ناحیه مورد مطالعه.....
- ۱۰۰-۱۳-۴- تصاویر نسبت‌های بانندی در ناحیه مورد مطالعه.....
- ۱۰۰-۱-۱۳-۴- نسبت‌های بانندی جهت استخراج اکسیدهای آهن.....
- ۱۰۱-۲-۱۳-۴- نسبت‌های بانندی جهت استخراج کانی‌های حاوی هیدروکسیل.....
- ۱۰۴-۳-۱۳-۴- نسبت‌های بانندی جهت استخراج کانی‌های مرتبط با آلتراسیون‌های کانسارهای ماسیوسولفیدی و سنگ‌های اولترامافیک.....
- ۱۱۱-۴-۱۳-۴- نسبت‌های بانندی جهت استخراج سنگ‌های مافیک و اولترامافیک.....
- ۱۱۲-۵-۱۳-۴- نسبت بانندی جهت استخراج پوشش گیاهی.....
- ۱۱۳-۱۴-۴- تصاویر رنگی کاذب از نسبت‌های بانندی در ناحیه مورد مطالعه.....
- ۱۱۴-۱۵-۴- آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد در ناحیه مورد مطالعه.....
- ۱۱۴-۱-۱۵-۴- آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد بر روی داده‌های سنجنده ETM+.....
- ۱۱۵-۲-۱۵-۴- آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد بر روی داده‌های سنجنده ASTER.....
- ۱۲۰-۱۶-۴- روش انتخاب مولفه‌های اصلی جهت دار در ناحیه مورد مطالعه.....
- ۱۲۰-۱-۱۶-۴- روش کروستا بر روی داده‌های سنجنده ETM+.....
- ۱۲۱-۲-۱۶-۴- روش کروستا بر روی داده‌های سنجنده ASTER.....
- ۱۲۶-۱۷-۴- تصاویر رنگی کاذب از نتایج روش کروستا در ناحیه مورد مطالعه.....
- ۱۲۷-۱۸-۴- طبقه‌بندی تصاویر در ناحیه مورد مطالعه.....
- ۱۲۷-۱-۱۸-۴- طبقه‌بندی نظارت شده.....

۱۳۲.....	۴-۱۸-۲- طبقه بندی نظارت نشده.....
۱۳۲.....	۴-۱۹- آنالیز خطواره‌ها در ناحیه مورد مطالعه.....
۱۳۵.....	فصل ۵: مطالعات ژئوفیزیکی.....
۱۳۶.....	۵-۱- مقدمه.....
۱۳۷.....	۵-۲- مبانی و اصول کلی روش مغناطیس‌سنجی.....
۱۳۸.....	۵-۳- مغناطیس‌کانی‌ها و سنگ‌ها.....
۱۴۰.....	۵-۴- میدان مغناطیسی زمین.....
۱۴۲.....	۵-۵- مغناطیس‌هوابرد.....
۱۴۳.....	۵-۶- تصحیحات لازم روی برداشت‌های مغناطیسی.....
۱۴۴.....	۵-۷- روش‌های اساسی جهت کاربرد داده‌های مغناطیسی و تفسیر آن‌ها.....
۱۴۴.....	۵-۷-۱- تهیه نقشه تغییرات شدت کل میدان مغناطیسی.....
۱۴۴.....	۵-۷-۲- فیلتر برگردان به قطب.....
۱۴۵.....	۵-۷-۳- فیلتر مشتق قائم.....
۱۴۶.....	۵-۷-۴- فیلترهای ادامه فراسو و ادامه فرسو.....
۱۴۶.....	۵-۷-۵- فیلتر سیگنال تحلیلی.....
۱۴۷.....	۵-۸- برداشت‌های مغناطیس‌سنجی هوایی در ناحیه مورد مطالعه.....
۱۴۷.....	۵-۹- پردازش داده‌های مغناطیس‌سنجی هوایی در ناحیه مورد مطالعه.....
۱۵۱.....	۵-۱۰- تفسیر پردازش داده‌های مغناطیس‌سنجی هوایی در ناحیه مورد مطالعه.....
۱۵۴.....	فصل ۶: تلفیق داده‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS).....
۱۵۵.....	۶-۱- مقدمه.....

- ۱۵۵.....۲-۶- تهیه نقشه پتانسیل معدنی در سامانه اطلاعات جغرافیایی.....
- ۱۵۶.....۳-۶- تلفیق داده‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی.....
- ۱۵۷.....۴-۶- منطق فازی جهت تلفیق داده‌های اکتشافی.....
- ۱۵۸.....۱-۴-۶- عملگر فازی AND.....
- ۱۵۹.....۲-۴-۶- عملگر فازی OR.....
- ۱۵۹.....۳-۴-۶- عملگر حاصل ضرب جبری فازی.....
- ۱۵۹.....۴-۴-۶- عملگر جمع جبری فازی.....
- ۱۶۰.....۵-۴-۶- عملگر فازی گاما.....
- ۱۶۱.....۵-۶- تهیه نقشه پتانسیل معدنی در ناحیه مورد مطالعه.....
- ۱۶۱.....۱-۵-۶- ساختن پایگاه داده‌های فضایی در ناحیه مورد مطالعه.....
- ۱۶۲.....۲-۵-۶- پردازش داده‌ها در ناحیه مورد مطالعه.....
- ۱۶۴.....۳-۵-۶- تلفیق داده‌ها در ناحیه مورد مطالعه.....
- ۱۷۰.....**فصل ۷: نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....**
- ۱۷۱.....۱-۷- نتیجه‌گیری.....
- ۱۷۳.....۲-۷- پیشنهادات.....
- ۱۷۴.....**منابع.....**

فهرست شکل‌ها

فصل ۱: مقدمه

- شکل ۱-۱-۱- مراحل یک پروژه اکتشافی..... ۲
- شکل ۱-۲- وضعیت قرارگیری بر گه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی ورقه خوی..... ۶
- شکل ۱-۳- موقعیت راه‌های ارتباطی در ناحیه مورد مطالعه..... ۷

فصل ۲: مطالعات زمین‌شناسی

- شکل ۲-۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ناحیه خوی..... ۱۱
- شکل ۲-۲- نقشه واحدهای لیتولوژی کلی ناحیه خوی..... ۱۸
- شکل ۲-۳- سیر تکاملی تکتونیک ناحیه خوی..... ۲۰
- شکل ۲-۴- نقشه عوارض ساختمانی اصلی ناحیه خوی..... ۲۱

فصل ۳: مطالعات ژئوشیمیایی

- شکل ۳-۱- نمودار Boxplot مربوط به عنصر مس..... ۴۶
- شکل ۳-۲- نمودارهای هیستوگرام (a) و P-P Plot (b) مربوط به عنصر Cu..... ۴۷
- شکل ۳-۳- نمودارهای هیستوگرام (a) و P-P Plot (b) مربوط به عنصر Cr..... ۴۷
- شکل ۳-۴- نمودارهای هیستوگرام (a) و P-P Plot (b) مربوط به عنصر LogCr..... ۴۷
- شکل ۳-۵- نمودار تمام لگاریتمی شاخص غنی‌شدگی - مساحت عنصر Ba..... ۴۹
- شکل ۳-۶- نمودار تمام لگاریتمی شاخص غنی‌شدگی - مساحت عنصر Cu..... ۴۹
- شکل ۳-۷- نقشه آنومالی تک عنصره مربوط به عنصر Cr..... ۵۱
- شکل ۳-۸- نقشه آنومالی تک عنصره مربوط به عنصر Cu..... ۵۲
- شکل ۳-۹- نقشه آنومالی تک عنصره مربوط به عنصر Cr..... ۵۳

- شکل ۳-۱۰- نقشه آنومالی تک عنصره مربوط به عنصر Cu..... ۵۴
- شکل ۳-۱۱- نقشه همپوشانی مقادیر آنومالی عناصر..... ۵۵
- شکل ۳-۱۲- نقشه خوشه‌های ۱۰ گانه ایجاد شده در ناحیه مورد مطالعه..... ۵۷
- شکل ۳-۱۳- نقشه خوشه‌های ۵ گانه نهایی در ناحیه مورد مطالعه..... ۵۷
- شکل ۳-۱۴- نمودار دندروگرام عناصر مربوط به خوشه A..... ۵۹
- شکل ۳-۱۵- نمودار دندروگرام عناصر مربوط به خوشه B..... ۶۲
- شکل ۳-۱۶- نمودار دندروگرام عناصر مربوط به خوشه C..... ۶۵
- شکل ۳-۱۷- نمودار دندروگرام عناصر مربوط به خوشه D..... ۶۷
- شکل ۳-۱۸- نمودار دندروگرام عناصر مربوط به خوشه E..... ۶۹
- شکل ۳-۱۹- نمودار Scree Plot مربوط به ۱۵ فاکتور در ناحیه مورد مطالعه..... ۷۰
- شکل ۳-۲۰- نمودار بردار ویژه عناصر مربوط به فاکتور ۱ قبل از چرخش..... ۷۱
- شکل ۳-۲۱- نقشه امتیازهای فاکتوری مربوط به فاکتور اول قبل از چرخش..... ۷۲
- شکل ۳-۲۲- نمودار بردار ویژه عناصر مربوط به فاکتور ۵ قبل از چرخش..... ۷۲
- شکل ۳-۲۳- نقشه امتیازهای فاکتوری مربوط به فاکتور پنجم قبل از چرخش..... ۷۳
- شکل ۳-۲۴- نمودار بردار ویژه عناصر مربوط به فاکتور ۹ قبل از چرخش..... ۷۳
- شکل ۳-۲۵- نقشه امتیازهای فاکتوری مربوط به فاکتور نهم قبل از چرخش..... ۷۴
- شکل ۳-۲۶- نمودار بردار ویژه عناصر مربوط به فاکتور ۲ بعد از چرخش..... ۷۵
- شکل ۳-۲۷- نقشه امتیازهای فاکتوری مربوط به فاکتور دوم بعد از چرخش..... ۷۵
- شکل ۳-۲۸- نمودار بردار ویژه عناصر مربوط به فاکتور ۴ بعد از چرخش..... ۷۶
- شکل ۳-۲۹- نقشه امتیازهای فاکتوری مربوط به فاکتور چهارم بعد از چرخش..... ۷۶

- شکل ۳-۳۰- نمودار بردار ویژه عناصر مربوط به فاکتور ۷ بعد از چرخش..... ۷۷
- شکل ۳-۳۱- نقشه امتیازهای فاکتوری مربوط به فاکتور هفتم بعد از چرخش..... ۷۷
- شکل ۳-۳۲- نمودار بردار ویژه عناصر مربوط به فاکتور ۹ بعد از چرخش..... ۷۸
- شکل ۳-۳۳- نقشه امتیازهای فاکتوری مربوط به فاکتور نهم بعد از چرخش..... ۷۸

فصل ۴: مطالعات دورسنجی

- شکل ۴-۱- تصویر دو بعدی دو بردار طیفی و زاویه طیفی (α) بین آنها..... ۹۱
- شکل ۴-۲- تصویری از فضای مشخصه دو بعدی بخش بندی از دسته کننده جعبه‌ای..... ۹۲
- شکل ۴-۳- تعریف یک عنصر از داده‌ی رستری با خطواره‌های متقاطع..... ۹۶
- شکل ۴-۴- تاثیر کراس‌تاک روی طیف‌ها..... ۹۷
- شکل ۴-۵- نقشه ترکیب رنگی کاذب از باندهای ۲، ۳ و ۵ سنجنده ASTER..... ۹۹
- شکل ۴-۶- نقشه ترکیب رنگی واقعی از باندهای ۱، ۲ و ۳ سنجنده ETM+..... ۹۹
- شکل ۴-۷- منحنی رفتار طیفی اکسیدهای آهن و محدوده باندهای سنجنده ETM+..... ۱۰۰
- شکل ۴-۸- نقشه نسبت بانندی ۳/۱ سنجنده ETM+ ناحیه مورد مطالعه..... ۱۰۱
- شکل ۴-۹- نمودار طیف بازتابی معروف‌ترین کانی‌های حاوی هیدروکسیل..... ۱۰۲
- شکل ۴-۱۰- نقشه نسبت بانندی مرکب ضربی $(6 \times 6) / (5 \times 7)$ سنجنده ASTER..... ۱۰۴
- شکل ۴-۱۱- نمودار طیف بازتابی کتابخانه‌ای دوباره نمونه برداری شده کانی مسکوویت..... ۱۰۶
- شکل ۴-۱۲- نقشه نسبت بانندی ۷/۶ سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه..... ۱۰۶
- شکل ۴-۱۳- نمودار طیف بازتابی کتابخانه‌ای دوباره نمونه برداری شده کانی کلریت..... ۱۰۷
- شکل ۴-۱۴- نقشه نسبت بانندی مرکب جمعی $(7+8) / (6+9)$ سنجنده ASTER..... ۱۰۷
- شکل ۴-۱۵- نمودار طیف قابلیت نشر طیف‌های (a) سنگ‌های کربناته..... ۱۰۸

- شکل ۴-۱۶- نقشه نسبت بانندی ۱۳/۱۲ سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۰۹
- شکل ۴-۱۷- نمودار طیف بازتابی کتابخانه‌ای کانی (a) دولومیت، (b) سیدریت.....۱۰۹
- شکل ۴-۱۸- نقشه نسبت بانندی مرکب جمعی ۱۳/۱۴ سنجنده ASTER.....۱۱۰
- شکل ۴-۱۹- نمودار طیف بازتابی کتابخانه‌ای دوباره نمونه‌برداری شده کانی سرپانتین.....۱۱۱
- شکل ۴-۲۰- نمودار طیف بازتابی کتابخانه‌ای کانی (a) اپیدوت، (b) کلسیت.....۱۱۱
- شکل ۴-۲۱- نقشه شاخص مافیک MI_3 از ناحیه مورد مطالعه.....۱۱۲
- شکل ۴-۲۲- نقشه شاخص NDVI سنجنده ASTER.....۱۱۳
- شکل ۴-۲۳- نقشه ترکیب رنگی کاذب از نسبت‌های $B:NDVI$ ، $G:(7+9)/8$ و $R:(5+7)/6$ سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۱۴
- شکل ۴-۲۴- نقشه تصویر حاصل از PC4 از آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد بر روی داده‌های سنجنده ETM+ در ناحیه مورد مطالعه.....۱۱۵
- شکل ۴-۲۵- نمودار طیف بازتابی کتابخانه‌ای دوباره نمونه‌برداری شده برخی از کانی‌ها.....۱۱۷
- شکل ۴-۲۶- نقشه تصویر حاصل از PC4 از آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد بر روی باندهای VNIR و SWIR سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۱۷
- شکل ۴-۲۷- نقشه تصویر حاصل از PC5- از آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد بر روی باندهای VNIR و SWIR سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۱۸
- شکل ۴-۲۸- نقشه تصویر حاصل از PC2 از آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد بر روی باندهای حرارتی سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۱۹
- شکل ۴-۲۹- نقشه تصویر حاصل از PC3 از آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد بر روی باندهای حرارتی سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۱۹
- شکل ۴-۳۰- نقشه تصویر حاصل از PC4 از آنالیز مولفه‌های اصلی جهت‌دار بر روی باندهای ۱، ۳، ۴ و ۵ سنجنده ETM+ در ناحیه مورد مطالعه.....۱۲۰

- شکل ۴-۳۱- نقشه تصویر حاصل از PC4- از آنالیز مولفه‌های اصلی جهت‌دار بر روی باندهای ۱، ۳، ۴ و ۶ سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۲۳
- شکل ۴-۳۲- نقشه تصویر حاصل از PC3- از آنالیز مولفه‌های اصلی جهت‌دار بر روی باندهای ۱، ۵، ۶ و ۸ سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۲۴
- شکل ۴-۳۳- نقشه تصویر حاصل از PC2 از آنالیز مولفه‌های اصلی جهت‌دار بر روی باندهای ۱۳ و ۱۴ سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۲۴
- شکل ۴-۳۴- نقشه تصویر حاصل از PC3 از آنالیز مولفه‌های اصلی جهت‌دار بر روی باندهای ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۲۵
- شکل ۴-۳۵- نقشه تصویر حاصل از PC2 از آنالیز مولفه‌های اصلی جهت‌دار بر روی باندهای ۱۰، ۱۳ و ۱۴ سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۲۵
- شکل ۴-۳۶- نقشه ترکیب رنگی کاذب از نسبت‌های $PC_{C,E}$ ، B: $PC_{C,E}$ و $G:PC_H+PC_{C,E}$ و $R:PC_H$ سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۲۶
- شکل ۴-۳۷- نقشه ترکیب رنگی کاذب از نسبت‌های PC_M ، B: PC_M و $G:PC_S+PC_M$ و $R:PC_S$ سنجنده ASTER در ناحیه مورد مطالعه.....۱۲۷
- شکل ۴-۳۸- نقشه تصویر طبقه‌بندی شده نظارت شده به روش کمترین فاصله تا میانگین.....۱۳۰
- شکل ۴-۳۹- نقشه تصویر طبقه‌بندی شده نظارت شده به روش ماهولانویس.....۱۳۰
- شکل ۴-۴۰- نقشه تصویر طبقه‌بندی شده نظارت شده به روش بیشینه درست‌نمایی.....۱۳۱
- شکل ۴-۴۱- نقشه تصویر طبقه‌بندی شده نظارت شده به روش SAM.....۱۳۱
- شکل ۴-۴۲- نقشه تصویر طبقه‌بندی شده نظارت نشده به روش K- Means با ۸ کلاس.....۱۳۲
- شکل ۴-۴۳- نقشه تصویر رنگی کاذب از سه باند فیلتر شده به همراه خطواره‌ها.....۱۳۳
- شکل ۴-۴۴- نقشه چگالی درون‌یابی شده از فاکتور خطواره‌گی.....۱۳۴

فصل ۵: مطالعات ژئوفیزیکی

- شکل ۵-۱- میدان مغناطیسی حاصل از یک دو قطبی ساده..... ۱۳۷
- شکل ۵-۲- نمایش آرایش ممان‌های اتمی در کانی‌های فرومغناطیس..... ۱۳۹
- شکل ۵-۳- مقادیر میانگین و محدوده‌های خودپذیری مغناطیسی برخی از انواع سنگ‌ها..... ۱۴۰
- شکل ۵-۴- عناصر میدان مغناطیسی زمین..... ۱۴۱
- شکل ۵-۵- نمونه‌ای از طرح پرواز برای یک بررسی مغناطیس هوابرد..... ۱۴۲
- شکل ۵-۶- نقشه مغناطیس هوایی باقیمانده برگردان به قطب شده ناحیه مورد مطالعه..... ۱۴۸
- شکل ۵-۷- نقشه حاصل از اعمال فیلتر مشتق قائم اول بر روی داده‌های مغناطیس هوایی..... ۱۴۸
- شکل ۵-۸- نقشه حاصل از اعمال فیلتر مشتق قائم دوم بر روی داده‌های مغناطیس هوایی..... ۱۴۹
- شکل ۵-۹- نقشه حاصل از اعمال فیلتر سیگنال تحلیلی بر روی داده‌های مغناطیس هوایی..... ۱۴۹
- شکل ۵-۱۰- نقشه حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو در ارتفاع ۱۰۰۰ متری..... ۱۵۰
- شکل ۵-۱۱- نقشه حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو در ارتفاع ۳۰۰۰ متری..... ۱۵۰

فصل ۶: تلفیق داده‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

- شکل ۶-۱- طبقه‌بندی اطلاعات با روش‌های فازی و کلاسیک..... ۱۵۷
- شکل ۶-۲- فلوجارت تلفیق لایه‌های اکتشافی مرتبط با توده‌های نفوذی به روش منطق فازی..... ۱۶۵
- شکل ۶-۳- فلوجارت تلفیق لایه‌های اکتشافی برای کروم به روش منطق فازی..... ۱۶۵
- شکل ۶-۴- فلوجارت تلفیق لایه‌های اکتشافی مرتبط با ماسیو سولفیدها به روش منطق فازی..... ۱۶۶
- شکل ۶-۵- نقشه پتانسیل معدنی فلزات پایه مرتبط با توده‌های نفوذی..... ۱۶۷
- شکل ۶-۶- نقشه پتانسیل معدنی فلزات پایه مرتبط با ماسیو سولفیدهای نوع قبرس..... ۱۶۸
- شکل ۶-۷- نقشه پتانسیل معدنی کروم و عناصر همراه آن..... ۱۶۹

فهرست جدول‌ها

فصل ۳: مطالعات ژئوشیمیایی

- جدول ۳-۱- مقادیر پارامترهای مربوط به جدایش جامعه آنومالی از زمینه..... ۵۰
- جدول ۳-۲- مقادیر آنومالی احتمالی عناصر با استفاده از روش هندسه فرکتال..... ۵۰
- جدول ۳-۳- مقادیر ویژه مربوط به ۱۵ فاکتور و درصد تغییرات مربوط به آن‌ها..... ۷۰

فصل ۴: مطالعات دورسنجی

- جدول ۴-۱- مشخصات باندهای سنجنده ASTER و ETM+..... ۸۳
- جدول ۴-۲- مقایسه بین دو روش طبقه‌بندی تصویر، نظارت شده و نظارت نشده..... ۹۴
- جدول ۴-۳- مقادیر بزرگ‌تر از ۰/۴ فاکتور شاخص بهینه برای ترکیبات سه باندهی مختلف..... ۹۸
- جدول ۴-۴- نسبت‌های باندهی مورد استفاده عمومی برای سنجنده ASTER..... ۱۰۳
- جدول ۴-۵- آلتراسیون‌های مرتبط با ماسیوسولفیدهای آتشفشانی به همراه کانی‌های مربوطه..... ۱۰۵
- جدول ۴-۶- نتایج حاصل از آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد بر روی داده‌های سنجنده ETM+ در ناحیه مورد مطالعه..... ۱۱۵
- جدول ۴-۷- نتایج حاصل از آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد بر روی داده‌های سنجنده ASTER (باندهای VNIR و SWIR سنجنده ASTER) در ناحیه مورد مطالعه..... ۱۱۶
- جدول ۴-۸- نتایج حاصل از آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد بر روی باندهای حرارتی سنجنده ASTER (باندهای TIR سنجنده ASTER) در ناحیه مورد مطالعه..... ۱۱۸
- جدول ۴-۹- نتایج حاصل از آنالیز مولفه‌های اصلی جهت‌دار بر روی داده‌های سنجنده ETM+ (باندهای ۱، ۳، ۴ و ۵) در ناحیه مورد مطالعه..... ۱۲۰
- جدول ۴-۱۰- باندهای مورد استفاده سنجنده ASTER در روش کروسا برای بارزسازی کانی‌های مختلف..... ۱۲۱