بسم الله الرحمن الرحيم

١٠٨٢٩٨

## دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته اکتشاف معدن

# اکتشاف مقدماتی کانسارهای فلزی در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس به کمک داده‌های ژئوشیمیایی در محیط GIS

## اساتید راهنما

دکتر سید حسین مجتهدزاده

دکتر امیر حسین کوهساری

## استاد مشاور

مهندس مصطفی شهرابی

۱۳۸۷/۹/۲۲
۱۳۸۷/۹/۲۲

## پژوهش و نگارش

مهدی مالک

مهر ۱۳۸۷

۱۰۸۲۹۸

تقدیم به پدر بزرگوار

و

مادر عزیزم

**تشکر و سپاس**

طی مدارج علمی راهی نیست که انسان بتواند بدون کمک دیگران این مسیر را طی کند. بنابراین قبل از هر چیز برخود واجب می‌دانم، پس از سپاسگذاری پروردگار متعال از همه بزرگوارانی که در تهیه و تنظیم این پایان نامه با اینجانب همکاری و همراهی داشته‌اند صمیمانه تشکر نمایم.

در ابتدا از اساتید راهنمای خود جناب آقای دکتر سید حسین مجتهد زاده و جناب آقای دکتر امیر حسین کوهساری که همواره از مساعدت‌های ایشان در انجام مطالعات استفاده نموده‌ام کمال تشکر را دارم.

از استاد مشاور خود آقای مهندس مصطفی شهرابی به خاطر راهنمایی‌هایشان کمال تشکر را دارم.

در ضمن از همکاری مدیریت و کارکنان شرکت زرناب اکتشاف که در تمامی مراحل پایان‌نامه از ارائه اطلاعات و تجربیات به اینجانب دریغ ننمودند، سپاسگذاری فراوان دارم. بخصوص از جناب آقای مهندس رضا اصفهانی و سرکار خانم مهندس زنگنه به خاطر در اختیار گذاردن تجربیات گرانقدرشان، کمال تشکر را دارم.

در پایان از تمامی کسانی که من را در انجام مطالعات راهنمایی و کمک نموده‌اند، تشکر کرده و از خداوند منان برای همگی آرزوی موفقیت دارم.

| | | |
|---|---|---|
| مدیریت تحصیلات تکمیلی | بسمه تعالی<br>صورتجلسه دفاعیه پایان نامه دانشجویی<br>دوره کارشناسی ارشد | شناسه : ب / ک / ۳ |

جلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی آقای مهدی مالک دانشجوی کارشناسی ارشد

رشته/ گرایش مهندسی معدن –اکتشاف معدن

به شماره دانشجویی : ۸۵۰۳۷۲۴

تحت عنوان: اکتشاف مقدماتی کانسارهای فلزی در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس به کمک داده های ژئو شیمیایی در محیط GIS

و تعداد واحد:۶ در تاریخ: ۱۳۸۷/۷/۲۷ با حضور اعضای هیات داوران ( به شرح ذیل) تشکیل گردید.

پس از ارزیابی توسط هیات داوران ، پایان نامه با نمره به عدد ۱۸/۵ به حروف هجده و پنج دهم

و درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت

| عنوان | نام و نام خانوادگی | امضاء |
|---|---|---|
| استاد/ استادان راهنما : | دکتر سید حسین مجتهدزاده | |
| | دکتر امیر حسین کوهساری | |
| استاد / استادان مشاور: | مهندس مصطفی شهرابی | |
| متخصص و صاحبنظرداخلی: | دکتر عبدالحمید انصاری | |
| متخصص و صاحبنظر خارجی: | دکتر احمد رضا مختاری | |

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه(ناظر)

نام و نام خانوادگی : دکتر سید عباس میرجلیلی

امضاء

# چکیده

برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی فردوس در استان خراسان جنوبی واقع گردیده است. وجود معادن فعال و متروکه، شواهد کانی‌سازی به صورت رگه‌ها و کانسارهای فلزات، احتمال وجود کانسارهایی از قبیل طلای اپی‌ترمال، کانسارهای پلی‌متالیک و آهن اسکارنی و وجود آنومالی‌های فلزی دیگر را در منطقه تقویت می‌کند. از این رو یک مرحله اکتشافات سیستماتیک در برگه فردوس پیش‌بینی شد که پایان‌نامه حاضر قسمتی از این فعالیت را ارائه می‌کند.

برای اکتشاف در برگه فردوس ابتدا با جمع آوری داده‌های اکتشافی و تلفیق آنها در محیط GIS مناطق مستعد کانی‌سازی مشخص شده، سپس در اکتشافات تفصیلی‌تر، این محدوده‌ها توسط اکتشافات ژئوشیمی با برداشت نمونه‌های آبراهه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده لیتولوژی، گسل‌ها، اندیس‌های معدنی، ژئوفیزیک، ژئوشیمی و زون‌های آلتره بودند که با استفاده از منطق فازی به روش جمع جبری با یکدیگر تلفیق گردیدند. در پایان اکتشافات نیمه تفصیلی و مطالعات GIS، ۴ منطقه اکتشافی در برگه فردوس، معرفی شد.

اولویت‌های تعیین شده در مرحله قبل، مورد اکتشافات ژئوشیمیایی تفصیلی‌تر قرار گرفتند. در این مرحله، نمونه‌برداری تکمیلی رسوب آبراهه‌ای (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰)، انجام گرفت و با نتایج نمونه‌های برداشت شده در مرحله اکتشافات ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ترکیب گردید. در محدوده‌های مورد مطالعه سه نوع لیتولوژی قابل تفکیک شناسایی گردید و به عنوان جوامع آماری جداگانه بررسی شد. ضریب همبستگی عناصر و آنالیز فاکتوری، رابطه بین عناصر مختلف و گروه‌های عنصری تأثیرگذار در منطقه را مشخص نمود. در پایان نیز آنومالی تعدادی از عناصر به کمک روش آمار کلاسیک مشخص گردید و همپوشانی آنومالی‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. دو محدوده که ناهنجاری اکثر عناصر در آنجا گسترش و همپوشانی قابل توجهی دارند، برای انجام اکتشافات چکشی و بررسی‌های دقیقتر معرفی گردیدند. کانی‌سازی‌های محتمل در دو منطقه نامبرده، عبارت از کانسارهای رگه‌ای عناصر مولیبدن، قلع، تنگستن، کبالت و طلا و یا کانی‌سازی اسکارن عناصر طلا، مولیبدن، قلع، مس و تنگستن می‌باشد.

# فهرست مطالب


**فصل اول:** شناسایی محدوده مورد مطالعه ۱

۱-۱- موقعیت جغرافیائی شهرستان فردوس ۲

۱-۲- زمین‌شناسی شهرستان فردوس ۳

۱-۳- چینه نگاری ۴

۱-۳-۱- سازند سردر ($C_s$) ۴

۱-۳-۲- رسوبات پرمین سازند جمال ($P_j$) ۶

۱-۳-۳- رسوبات تریاس زیرین سازند سرخ شیل ($Tr_{sr}$) ۶

۱-۳-۴- رسوبات تریاس زیرین سازند شتری ۶

۱-۳-۵- رسوبات ژوراسیک ($J_s$، $R_n$) ۶

۱-۳-۶- رسوبات ژوراسیک ($J_{bd}$) ۷

۱-۳-۷- رسوبات کرتاسه زیرین ($K^l$) ۷

۱-۳-۸- سنگ‌های آتشفشانی ترشیر ۸

۱-۳-۹- سنگ‌های دوران نوزیستی ۸

۱-۴- سنگ‌های آذرین درونی ۹

۱-۵- بررسی عوامل موثر در تشکیل ذخایر معدنی ۱۰

۱-۵-۱- منشأ محلول‌های کانه دار ۱۰

۱-۵-۲- ترکیب شیمیایی محلول‌های کانه دار ۱۱

۱-۵-۳- چگونگی حمل و ته نشینی مواد معدنی ۱۱

۱-۶- ساختمان‌های مناسب برای تشکیل ذخایر ۱۱

۱-۷- ژنز و شرایط تشکیل کانسارهای فلزی ۱۲

۱-۷-۱- کانسارهای تیپ اسکارن ۱۳

۱-۷-۲-کانسارهای تیپ پلی‌متالیک رگه‌ای ۱۵

۱-۷-۳- کانسارهای تیپ رگه‌ای اپی‌ترمال ۱۵

۱-۷-۴- ذخایر فلزهای پایه با سنگ میزبان کربناته ۱۷

**فصل ۲:** مدل‌سازی اطلاعات دور سنجی و تلفیق اطلاعات در GIS ۲۰

۲-۱- کاربرد سنجش ازدور در اکتشاف کانسارها ۲۱

۲-۲- خصوصیات بازتاب‌های طیفی خاک ۲۲

۲-۳- عملیات پیش پردازش ۲۳

۲-۳-۱- تصحیح پراکنش اتمسفری ۲۳

۲-۳-۲- تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای ۲۴

۲-۴- تکنیک‌های پردازش ۲۴

۲-۴-۱- تصاویر رنگی مجازی (کاذب) ۲۵

۲-۴-۲- روش‌های بارزسازی آلتراسیون ۲۵

۲-۴-۳- تلفیق اطلاعات در GIS ۲۹

**فصل سوم:** تعیین مناطق دارای پتانسیل فلزی برگه فردوس به کمک تلفیق اطلاعات در GIS در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ ۳۷

۳-۱- آماده‌سازی اطلاعات اکتشافی مختلف برای تلفیق ۳۸

۳-۱-۱- تحلیل و ساخت سلسله مراتب ۳۹

۳-۱-۲- تعیین زون‌های آلتره روی تصاویر ماهواره‌ای ۴۰

۳-۱-۳- استخراج لایه‌های اطلاعاتی موجود در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۴۵

۳-۱-۴- نقشه ژئوفیزیک ۵۰

۳-۱-۵- تهیه نقشه ژئوشیمی ۵۰

۳-۲- آماده‌سازی اطلاعات جهت تلفیق لایه‌های مختلف ۵۱

۳-۳- تلفیق اطلاعات و تهیه نقشه پتانسیل محدوده فردوس ۵۳

۳-۴- معرفی مناطق امیدبخش اکتشافی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۵۴

**فصل چهارم:** اکتشافات ژئوشیمیایی نیمه تفصیلی برگه فردوس در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ۵۸

۴-۱- نمونه‌برداری ۵۹

۴-۱-۱- طراحی محل نمونه‌ها و عملیات صحرایی نمونه‌برداری ۶۰

۴-۱-۲- نمونه‌های کانی‌سنگین ۶۱

۴-۱-۳- روش آنالیز و حد قابل ثبت ۶۳

۴-۲-پردازش داده‌ها ۶۴

۴-۲-۱- تشکیل بانک داده‌ها ۶۴

۴-۲-۲- مقایسه دو فاز عملیاتی (پروژه ۱:۲۵۰۰۰ و پروژه ۱:۱۰۰،۰۰۰) ۶۶

۴-۲-۳- جداسازی جوامع آماری در لیتولوژی‌های مختلف ۶۸

۴-۲-۴- پردازش آماری تک متغیره ۶۸

۴-۲-۵- الگوی نهایی توزیع عناصر در بخش‌های مختلف جهت جداسازی آنومالی‌ها ۷۸

۴-۲-۶- پردازش آماری دو متغیره (ضرایب همبستگی) ۷۹

۴-۲-۷- پردازش آماری چند متغیره ۸۹

۴-۲-۸- داده‌های کمی کانی‌سنگین ۹۹

۴-۳- ترسیم نقشه‌ها و شرح آنها ۱۰۱

۴-۳-۱- تکنیک رسم نقشه‌ها ۱۰۱

۳-۳-۲- شرح نقشه‌ها ۱۰۴

۴-۳-۳- نتیجه‌گیری از نقشه‌های ناهنجاری عناصر ۱۲۴

۴-۴- معرفی مناطق امیدبخش ۱۲۴

**فصل پنجم:** نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۲۷

۵-۱- نتیجه گیری و جمع بندی ۱۲۸

۵-۲- پیشنهادها ۱۳۰

پیوست‌ها ۱۳۱

پیوست شماره ۱: نتایج آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی پس از جایگزینی مقادیر سنسورد به همراه موقعیت در سیستم UTM ۱۳۲

پیوست شماره ۲: باکس‌پلات داده‌های خام و لگاریتمی عناصر در منطقه فردوس ۱۳۵

پیوست شماره ۳: هیستوگرام‌های خام و لگاریتمی عناصر در سه نوع لیتولوژی تفکیک شده منطقه ۱۳۸

پیوست شماره۴: نتایج نمونه های کانی سنگین گرفته شده از محدوده‌های مورد مطالعه ۱۴۸

منابع و مآخذ ۱۵۰

# فهرست جداول


۳-۱- جدول ضریب همبستگی PC (بردار ویژه) باندهای ۱، ۳، ۴ و ۵ در منطقه فردوس ۴۳
۳-۲- ضرب همبستگی PC (بردار ویژه) باندهای ۱، ۴، ۵ و ۷ در برگه فردوس ۴۳
۳-۳- ضرایب تعدادی از واحدهای لیتولوژیک موجود در برگه فردوس جهت تلفیق اطلاعات ۴۶
۳-۴- شعاع حریم در نظر گرفته شده برای انواع گسل ۴۸
۳-۵- ضریب تأثیر در نظر گرفته شده برای کلاس‌های موجود در نقشه حریم گسل ۴۸
۳-۶- شعاع تأثیر در نظر گرفته شده برای کلاس‌های موجود در نقشه حریم اندیس‌ها ۴۹
۳-۷- ضرایب لایه ژئوشیمی در محدوده فردوس جهت تلفیق اطلاعات ۵۱
۳-۸- ضرایب در نظر گرفته شده برای عضوهای فازی ۵۳
۴-۱- روش آنالیز حد قابل ثبت و روش آنالیز عناصر ۶۴
۴-۲- عناصر حاوی داده های سنسورد و مقادیر جایگزینی آنها در برگه فردوس در نمونه‌های فاز تکمیلی ۶۵
۴-۳- نتایج آزمون t ستیودنت عناصر مختلف در پروژه فردوس ۶۷
۴-۴- پارامترهای آماری داده های خام عناصر در واحد سنگهای ولکانیکی ائوسن ۷۱
۴-۵- پارامترهای آماری داده های لگاریتمی عناصر در واحد سنگهای ولکانیکی ائوسن ۷۱
۴-۶- پارامترهای آماری داده های خام عناصر در رسوبات ژوراسیک ۷۲
۴-۷- پارامترهای آماری داده های لگاریتمی عناصر در رسوبات ژوراسیک ۷۲
۴-۸- پارامترهای آماری داده های خام عناصر در واحد گرانیتی منطقه ۷۳
۴-۹- پارامترهای آماری داده های لگاریتمی عناصر در واحد گرانیتی منطقه ۷۳
۴-۱۰- داده‌های دارای توزیع نرمال و مقدار آنومالی هر یک از عنصر در واحدهای مورد بررسی ۷۹
۴-۱۱- ضرایب همبستگی بین عناصر مهم در واحد لیتولوژی سنگهای ولکانیک ائوسن ۸۶
۴-۱۲- ضرایب همبستگی بین عناصر مهم در رسوبات ژوراسیک ۸۷
۴-۱۳- ضرایب همبستگی بین عناصر مهم در واحد گرانیتی ۸۸
۴-۱۴- نتایج آنالیز فاکتوری عناصر در واحد لیتولوژی ولکانیک های ائوسن ۹۶
۴-۱۵- نتایج آنالیز فاکتوری عناصر در رسوبات ژوراسیک ۹۷
۴-۱۶- نتایج آنالیز فاکتوری عناصر در واحد گرانیتی منطقه ۹۸
۴-۱۷- پارامترهای آماری نمونه های کانی سنگین فردوس ۱۰۰
۴-۱۸- مشخصات ناهنجاری‌های طلا در برگه فردوس ۱۰۵
۴-۱۹- مشخصات ناهنجاری باریم موجود در منطقه فردوس ۱۰۷
۴-۲۰- مشخصات ناهنجاری‌های آرسنیک در منطقه فردوس ۱۰۹
۴-۲۱- مشخصات ناهنجاری‌های مولیبدن در برگه فردوس ۱۰۹
۴-۲۲- مشخصات ناهنجاری‌های عنصرکبالت در برگه فردوس ۱۱۰
۴-۲۳- مشخصات ناهنجاری‌های عنصر مس در برگه فردوس ۱۱۱
۴-۲۴- مشخصات ناهنجاری‌های عنصر کروم در برگه فردوس ۱۱۲
۴-۲۵- مشخصات ناهنجاری‌های عنصر قلع در برگه فردوس ۱۱۳
۳-۲۶- مشخصات ناهنجاری‌های تنگستن در برگه فردوس ۱۱۴

# فهرست اشکال


۱-۱- موقعیت جغرافیائی و راه‌های دسترسی منطقه فردوس ۲
۱-۲- پهنه‌های رسوبی- ساختاری عمده ایران (آقانباتی، ۱۳۸۳) ۵
۱-۳- تشکیل اسکارن در مرز توده نفوذی و سنگ‌های کربناته ۱۴
۱-۴- مقطع شماتیک کانسار رگه‌ای اپی‌ترمال نوع کریک ۱۸
۱-۵- مقطع عرضی یک کانسار سرب و روی تیپ میسوری با میزبانی سنگ کربناته ۱۸
۱-۶- نقشه زمین‌شناسی منطقه فردوس ۱۹
۲-۱- اندازه طول موج و درصد انعکاس برای کربنات، پوشش گیاهی، اکسید آهن و کانی‌های هیدروکسیل در باندهای مختلف تصویر ماهواره لندست ۲۳
۲-۲- بازتاب طیفی کانی‌های اکسید آهن ۲۶
۲-۳- مدل تلفیق اطلاعات برای خرید کالای خاص از فروشگاه ۲۹
۳-۱- مزیت نسبی معیارهای اکتشافی برای معرفی مناطق امیدبخش ۳۹
۳-۲- تصویر رنگی به روش نسبت باندی از محدوده ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۴۲
۳-۳- تصویر رنگی آلتراسیون‌های برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس با استفاده از روش کروستا ۴۴
۳-۴- تصویر رنگی آلتراسیون‌ها در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس به روش Ls-Fit ۴۴
۳-۵- نقشه لیتولوژی محدوده ۱۰۰۰۰۰ فردوس قبل از اعمال ضرایب ۴۷
۳-۶- نقشه لیتولوژی محدوده ۱۰۰۰۰۰ فردوس بعد از اعمال ضرایب ۴۷
۳-۷- نقشه حریم گسل های محدوده ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس بعد از اعمال ضرایب ۴۹
۳-۸- نمونه‌ای از کارهای قدیمی در منطقه فردوس ۴۸
۳-۹- نقشه حریم اندیس‌های محدوده ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۴۹
۳-۱۰- لایه ژئوفیزیک محدوده ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس بعد از مشخص نمودن آنومالی‌های مغناطیسی ۵۲
۳-۱۱- لایه ژئوشیمی محدوده ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس بعد از اعمال ضرایب آنومالی‌های مختلف ۵۲
۳-۱۲- نقشه کلاسه‌بندی شده نهایی حاصل از تلفیق اطلاعات در محدوده برگه فردوس ۵۵
۴-۱- موقعیت نمونه‌ها در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۶۲
۴-۲- مقایسه برخی از پارامترهای آماری عناصر مختلف در سه نوع لیتولوژی مورد مطالعه ۷۴
۴-۳- مقایسه باکس‌پلات مقادیر خام و لگاریتمی برخی از عناصر در سه نوع لیتولوژی برگه فردوس ۷۷
۴-۴- نقشه تعیین مناطق محتمل کانی‌سازی فلزی در محدوده A در مرحله GIS ۱۰۳
۴-۵- نقشه تعیین مناطق محتمل کانی‌سازی فلزی در محدوده B در مرحله GIS ۱۰۳
۴-۶- نقشه ناهنجاریهای عنصر طلا در محدوده A برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۱۵
۴-۷- نقشه ناهنجاریهای عنصر طلا در محدوده B برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۱۵
۴-۸- نقشه ناهنجاریهای عنصرباریم در محدوده A برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۱۶
۴-۹- نقشه ناهنجاریهای عنصرباریم در محدوده B برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۱۶
۴-۱۰- نقشه ناهنجاریهای عنصر آرسنیک در محدوده A برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۱۷
۴-۱۱- نقشه ناهنجاریهای عنصر آرسنیک در محدوده B برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۱۷

۴-۱۲- نقشه ناهنجاریهای عنصر مولیبدن در محدوده A برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۱۸
۴-۱۳- نقشه ناهنجاریهای عنصر مولیبدن در محدوده B برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۱۸
۴-۱۴- نقشه ناهنجاریهای عنصر کبالت در محدوده A برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۱۹
۴-۱۵- نقشه ناهنجاریهای عنصر کبالت در محدوده B برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۱۹
۴-۱۶- نقشه ناهنجاریهای عنصر مس در محدوده A برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۲۰
۴-۱۷- نقشه ناهنجاریهای عنصر مس در محدوده B برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۲۰
۴-۱۸- نقشه ناهنجاریهای عنصر کروم در محدوده A برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۲۱
۴-۱۹- نقشه ناهنجاریهای عنصر کروم در محدوده B برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۲۱
۴-۲۰- نقشه ناهنجاریهای عنصر قلع در محدوده A برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۲۲
۴-۲۱- نقشه ناهنجاریهای عنصر قلع در محدوده B برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۲۲
۴-۲۲- نقشه ناهنجاریهای عنصر تنگستن در محدوده A برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۲۳
۴-۲۳- نقشه ناهنجاریهای عنصر تنگستن در محدوده B برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۲۳
۴-۲۴- نقشه ناهنجاری عناصر مختلف در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس ۱۲۶

## پیشگفتار

طی ده سال گذشته پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در بکارگیری سنجش از دور در اکتشاف منابع زمینی انجام گرفته است. با شناخت مدل‌های زایشی کانی‌زائی در هر محدوده و تبدیل این داده‌ها به اطلاعات مفید مانند ساختار، منشأ، سنگ میزبان و فرآیندهای کانی‌سازی و تفسیر آنها می‌توان به استخراج اطلاعات مفید و شناسایی نواحی امیدبخش معدنی پرداخت. این بررسی‌ها در مرحله اول با جمع‌آوری اطلاعات و در مرحله دوم یکپارچه‌سازی و پردازش داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده و در نهایت تلفیق و مدل‌سازی داده‌ها آن انجام می‌پذیرد.

در این پروژه سعی گردیده است تا ابتدا با استفاده از داده‌های مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه، مناطق امید بخش معدنی، تعیین گردد. برای این کار با استفاده از قابلیت‌های GIS لایه‌های مختلف اطلاعات، تهیه و پردازش می‌گردند. در پایان، مناطقی که وجود کانی‌سازی و اندیس‌های فلزی در آنها احتمال بالاتری دارد را نشان می‌دهد. با مشخص شدن مناطق محتمل کانی‌سازی، برنامه‌ریزی برای نمونه‌برداری ژئوشیمی و کانی سنگین از درون این محدوده‌ها انجام می‌گیرد. نمونه‌های ژئوشیمیایی اخذ شده، آنالیز شده و با تفسیرهای آماری بر روی نتایج آنالیز نمونه‌ها و ترسیم نقشه‌های ناهنجاری عناصر، همپوشانی آنومالی فلزات مختلف بررسی شده و پتانسیل‌های فلزی در منطقه فردوس مشخص می‌گردد.

این پروژه با همکاری شرکت زرناب اکتشاف در قالب قرار دادی با سازمان صنایع و معادن خراسان جنوبی انجام پذیرفته و نگارنده به عنوان کارشناس در فعالیت‌های ذکر شده شرکت داشته است. بخشی از فعالیت‌های انجام شده در این گزارش بصورت پایان‌نامه کارشناسی ارشد ارائه می‌گردد.

در فصل اول کلیاتی راجع به منطقه بیان شده و مختصری در مورد انواع کانی‌سازی محتمل منطقه آورده شده است. فصل دوم اشاره‌ای به مطالعات سنجش از دور و تلفیق اطلاعات دارد. در فصل سوم این مطالعات با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ در برگه فردوس انجام و نتایج بیان گردیده است. فصل چهارم اختصاص به اکتشافات ژئوشیمیایی تکمیلی در دو منطقه از مناطق امیدبخش معرفی شده در مرحله GIS دارد و نتایج بصورت نقشه آنومالی عنصری ارائه و در پایان نقاطی که بیشترین آنومالی را برای عناصر فلزی در بر دارند، به عنوان اولویت اکتشافی پیشنهاد گردیده‌اند.

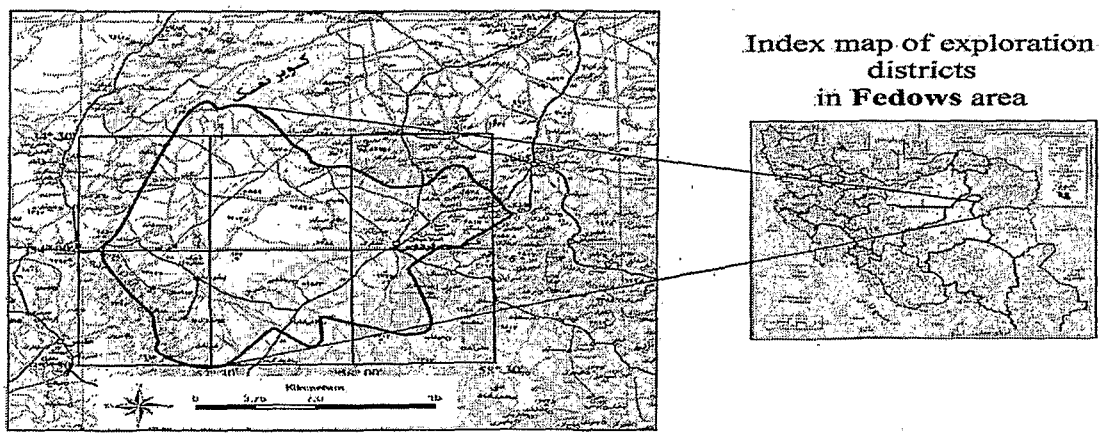
# فصل اول

## شناسایی محدوده مورد مطالعه

در این فصل سعی گردیده تا ابتدا کلیاتی راجع به منطقه مورد مطالعه بیان شود تا آشنایی اولیه‌ای از شرایط جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه فردوس برای خوانندگان ایجاد شود. همچنین مختصری در مورد ژنز و شرایط تشکیل انواعی از کانسارهای فلزی که در منطقه مشاهده شده یا شواهدی بر امکان وجود آنها در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس یافت گردیده ، بیان می‌شود.

## ۱-۱- موقعیت جغرافیائی شهرستان فردوس

استان خراسان جنوبی شامل پنج شهرستان بیرجند، نهبندان، سربیشه، قاین و فردوس است. شهرستان فردوس از جمله شهرستان‌های واقع شده در شمال استان خراسان جنوبی بوده که از شمال به شهرستان گناباد، از غرب و جنوب غرب به طبس و از شرق و جنوبشرق به شهرستان بیرجند محدود شده است (شکل ۱-۱). مساحت این شهرستان ۱۰۰۵۶ کیلومتر مربع است. فاصلهٔ غربی‌ترین تا شرقی‌ترین نقطهٔ این استان در امتداد خط مستقیم، ۱۲۸ کیلومتر و از شمال به جنوب ۱۲۵ کیلومتر می‌باشد. شهرستان فردوس به دو بخش مرکزی و بشرویه تقسیم شده است که شهر فردوس در بخش مرکزی قرار دارد [۱].




**شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیائی و راه‌های دسترسی منطقه فردوس [۱]**

این منطقه بطور میانگین ۲۰۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. زمین‌های پیرامون شهر فردوس یکی از قدیمی‌ترین مناطق زیر کشت زعفران، پنبه، انار و بادام در ایران به شمار می‌آیند. بارش سالیانه بیشتر در فصل سرما و به مقدار ناچیز انجام می‌پذیرد. دما در این فصل از ۱۰ تا ۱۸ درجه سانتیگراد تغییر می‌کند. در فصل گرما میانگین دما به ۳۵ تا ۴۰ درجه می‌رسد.

راه‌های اصلی فردوس به گناباد و فردوس به بجستان که هر دو از طریق شهرستان تربت حیدریه به مشهد منتهی می‌گردند از میان ناحیه می‌گذرند. بخش‌های ییلاقی مردم فردوس که در دامنه کوه آتشفشان خاموش تکورنگ قرار گرفته بدلیل همراه داشتن عناصر معدنی از قدیم حائزاهمیت بوده است [۱].

## ۱-۲- زمین‌شناسی شهرستان فردوس

منطقه فردوس از نظر زون‌های ساختاری ایران زمین، بخش‌هایی از بلوک ایران مرکزی را شامل می‌شود (شکل۱-۲). ایران مرکزی در دوران پالئوزوئیک دارای وضعی همسان با سایر قسمت‌های ایران است آن چنان که حالت پلاتفرم در آن حکمفرما بوده و کویر بزرگ و فرورفتگی ایران مرکزی، حوضه وسیع و پستی را تشکیل می‌داده است. در دوران‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک، ایران مرکزی از نظر تکتونیکی منطقه پرتحرکی بوده است. چنانکه علاوه بر چندین دگرشیبی واضح، فعالیت‌های ماگمایی بصورت سنگ‌های آتشفشانی و توده‌های گرانیتی در آن دیده می‌شود [۱].

اشتال[۱] در نقشه های اولیه زمین شناسی، وجود چند رشته کوه در شرق ایران را خاطر نشان کرده که دارای روند شمالی جنوبی می‌باشند. در ۱۹۴۱ فورن[۲] در خاور ایران مرکزی به پیدایش چین خوردگی پالئوزوییک بالایی اشاره کرده که اغلب بطور شمالی جنوبی امتداد دارند. وی با ارائه تئوری محور اورال- عمان که بنظر اشتال تا ماداگاسکار نیز ادامه دارد، معتقد است که امتداد این چین‌خوردگی از شرق ایران نیز عبور می‌کند و چین‌خوردگی یاد شده را به هرسینین[۳] یا واریسکین[۴] نسبت داده است [۱].

---

۱ - Stahl
۲ - R.Furon
۳ -Hercinian
٤ - Variscan

بایر[1] عقیده دارد که قسمتی از سنگ‌های دگرگونه ایران مرکزی که اشتال آنها را به دوره آرکئن نسبت داده، مربوط به دوره ژوراسیک بوده و این سنگ‌ها عموماً تحت تأثیر جنبش‌های آلپی بشدت چین خورده‌اند. در بسیاری از نقاط ایران مرکزی، بویژه در شمال خاوری رورانـدگی بزرگ زاگرس، گسترش دارد. این گفته بایر نظریه جدا بودن ایران مرکزی را رد می‌کند. بنظر وی کوه‌های شمالی و جنوبی ایران دوبار تحت تأثیر کوهزایی قرار گرفته‌اند. هم چنین وی ایران مرکزی را نوعی ائوژئوسینکلینال از کوهزایی آلپی دانسته است [۱].

## ۱-۳- چینه نگاری

سنگ‌های آواری این منطقه که بیشتر متعلق به کربونیفر و ژوراسیک می‌باشند، شیبی نزدیک به ۴۰ تا ۶۰ درجه دارند. این سنگ‌ها گسترش بسیار وسیعی دارند و بطور کلی بیشترین فراوانی را فیلیت‌های مربوط به ژوراسیک به خود اختصاص داده‌اند. بطور عمده شامل، فیلیت، اسلیت، ماسه‌سنگ، کوارتزیت و آهک‌های میان لایه نازک است که کوه‌های بلند ششتو را ساخته‌اند. در بیشتر جاهای منطقه، بر روی این سنگ‌ها گدازه‌های متعلق به ترشیری جای گرفته‌اند. از سوی روستای فتح‌آباد و کلاته بیهوک و کوه دره‌شیر، این سنگ‌ها با ماگماتیسم از نوع آلکالی گرانیت همراه می‌شوند. از نظر درجه دگرگونی در رخساره شیست سبز تا آناتکسی (در مجاورت گرانیت) تغییر می‌کنند. شدت دگرگونی در محدوده گرانیت به بیشترین درجه می‌رسد. مجموعه دگرگونه یاد شده دارای شیستوزیته و رخ اسلیتی است و در بیشتر مناطق ریزش و لغزش زیادی در آنها دیده می‌شود [۲].

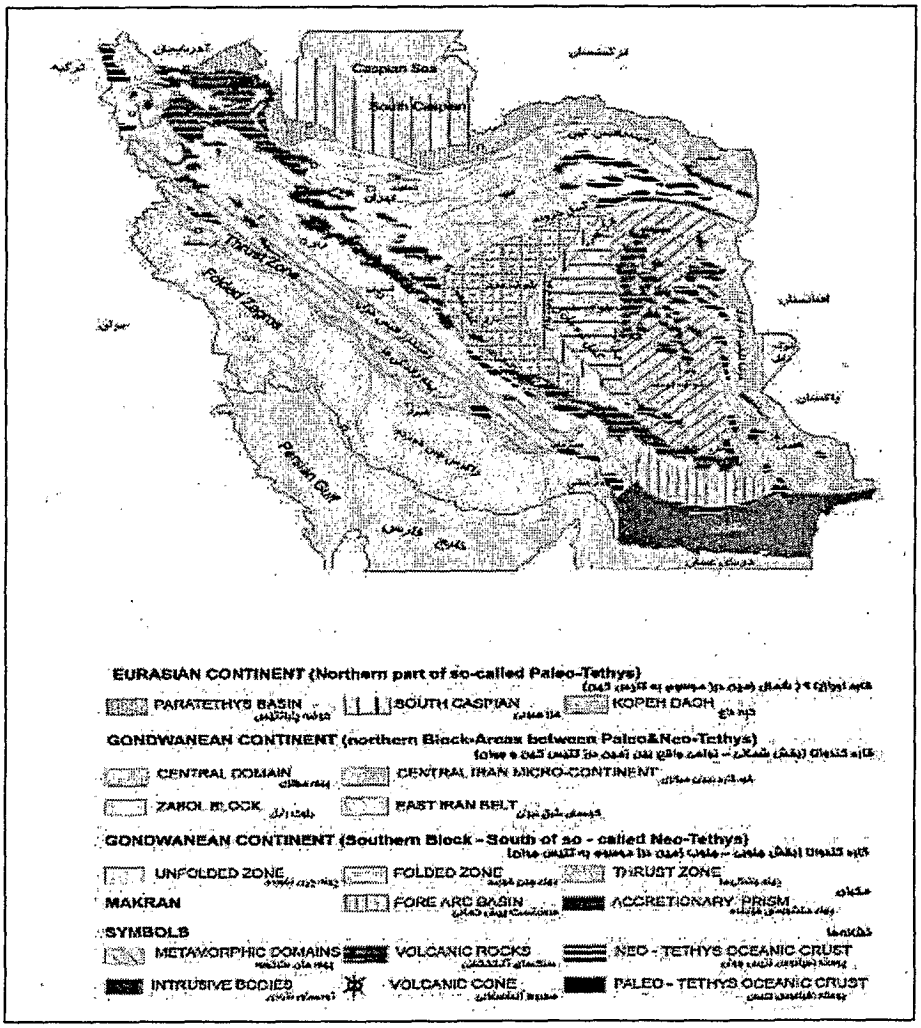
### ۱-۳-۱- سازند سردر ($C_s$)

کهن‌ترین سنگ‌های منطقه است که با ضخامت حدود ۵۰۰ متر شامل شیل، ماسه‌سنگ سبز تیره تا سیاه و ماسه‌سنگ‌های کوارتزیتی و میان لایه‌های دولومیت ضخیم لایه و آهک و شیل کم ضخامت تشکیل شده‌اند. بیرون‌زدگی این واحد محدود به رخنمون شمال غرب نقشه و در بین روستاهای گزین و مزار در کوه گرگو است که بوسیله رسوبات کربناته کرتاسه زیرین و گدازه‌های

---

۱ - E.Baier

آتشفشان متعلق به دوران ترشیری پوشیده شده است. در کوه کروکو و اطراف روستای میمنگ بالا ماسه‌سنگ کوارتزیتی- آرکوزی سفیدرنگ با لایه‌هایی آغشته به کربنات در میان لایه‌های این سازند دیده می‌شوند. این کوارتزیت‌ها در زمان پالئوزوئیک زیرین از نظر گسترش جغرافیایی در ایران زمین حائز اهمیت‌اند و نشانه‌ای از استمرار و ارتباط بسیار نزدیک سرزمین‌ها در دوره کربنیفرند و در نزدیک روستای درزآب بگونه دگرشیب توسط کربنات‌های کرتاسه زیرین پوشیده شده‌اند [۲].




**شکل ۱-۲- پهنه‌های رسوبی- ساختاری عمده ایران (آقانباتی، ۱۳۸۳).**

برای این واحد سن کربنیفر پایینی تا میانی در نظر گرفته شده است. در این واحد آهکی که بگونه لغزیده در میان سنگ‌های سازند سردر قرارگرفته ردیف‌هایی از سنگ آهک نازک لایه مطبق سنگ آهک دولومیتی دیده می‌شود. ارتباط این سنگ‌ها با لایه‌های اطراف بصورت راندگی است [۲].

### ۱-۳-۲- رسوبات پرمین سازند جمال ($P_j$)

اگر چه آثار زیستی موجود در سنگ‌های آهک دولومیتی کوه گرگو در شمال غرب منطقه سن کربنیفر تا کربنیفر- پرمین را برای آنها نشان می‌دهد. اما آهک دولومیتی ضخیم لایه موجود در کوه کمرزرد، در جنوب دهکده موسیرز، بر پایه فسیل‌های آن قطعاً متعلق به تشکیلات جمال است. این واحد کربناته برنگ خاکستری تیره است و لایه‌بندی منظم دارد و توسط دولومیت‌های تشکیلات شتری پوشیده شده و از جنوب بوسیله گسل در کنار طبقات سرخ شیل جای گرفته است [۲].

### ۱-۳-۳- رسوبات تریاس زیرین سازند سرخ شیل ($Tr_{sr}$)

تنها رخنمون این سنگ‌های پدید آمده از شیل قرمز رنگ با میان لایه‌هایی از آهک‌های فسیل دار نازک‌لایه، در کوه کمر زرد دیده می‌شود. گرچه مطالعه نمونه‌های گردآوری شده از این سنگ و بر اساس آثار زیستی، سن ژوراسیک زیرین تا کرتاسه زیرین را پیشنهاد نمود، ولی با توجه به جایگیری آنها در زیر دولومیت‌های سازند شتری و همبری آنها با دولومیت‌های سازند جمال، این سنگ‌ها با سازند سرخ شیل مقایسه شده‌اند [۲].

### ۱-۳-۴- رسوبات تریاس زیرین سازند شتری

این سنگ‌ها تنها در کوه کمرزرد رخنمون دارند و در برگیرنده سنگ‌های دولومیتی زرد رنگی‌اند که فاقد فسیل هستند و به سبب موقعیت چینه‌ای‌شان، آنها را به تریاس زیرین نسبت داده‌اند. روند آنها شمال شرقی- جنوب غربی است و با سنگ‌های دگرگونه سازند شمشک ارتباط گسل تراست دارند [۲].

### ۱-۳-۵- رسوبات ژوراسیک ($J_s$، $R_n$)

در آغاز دوره ژوراسیک، در سراسر ایران مرکزی، شرایط گسترش دریایی کم ژرفا، پدیدار بوده است که در آن نهشته‌های شیلی و ماسه‌سنگی و گاهی آهک میان‌لایه پدید می‌آمده‌اند. سنگ‌ها اغلب نازک لایه و بشدت چین خورده این دوره که تنها به سبب وجود آثار فسیل و نداشتن لایه‌های کوارتزیت سفید رنگ از نهشته‌های سازند سردر قابل تفکیک‌اند، به رنگ سبز خاکستری تیره تا سیاه

است و عدسی‌هایی از سنگ آهک با خود به همراه دارند. همبری در قسمت‌های جنوب شرق منطقه، بیشتر از ماسه‌سنگ‌های دگرگونه تیره و در غرب و جنوب غربی شیل و ماسه‌سنگ‌های فیلیتی دارای کانی سریسیت است. ضخامت این مجموعه حدود ۱۰۰۰ متر است و سن دقیق آنها مشخص نیست. در غرب آبگرم فردوس، آتشفشان تکورنگ در مجاورت این طبقات قرار گرفته است. در غرب شهر فردوس از ماسه‌سنگ دگرسان و رگه‌های متعدد کوارتز شیری تشکیل شده است. نکته قابل ذکر در این واحد وجود کلریت در امتداد راندگی‌های گسلیده تکتونیکی در میان بیشتر دگرگونه‌های فیلیتی در شرق است. بخش دگرگون نشده این رسوبات (غرب و جنوب‌غرب)، شامل لایه‌هایی از کنگلومرا با قلوه‌هایی از کوارتز است. رنگ آن قهوه‌ای متمایل به قرمز تا فیلی با سیمانی سخت گردشدگی قلوه‌ها در آن خوب ولی فاقد جورشدگی است. آثار چشمه‌های تراورتن در اطراف آبگرم فردوس و غرب روستای زیبد در این واحد دیده می‌شود. روی واحد یاد شده کربنات‌های کرتاسه زیرین با رابطه گسلی از جانب شمال و یا محصولات آتشفشان ابتدای سنوزوئیک پوشانده است. برای این واحد سن ژوراسیک تعیین و به علت همسانی لیتولوژیکی، هم ارز سازند شمشک در نظر گرفته شده‌اند [۲].

### ۱-۳-۶- رسوبات ژوراسیک ($J_{bd}$)

برونزدهایی کم و بیش پراکنده از سنگ‌های ژوراسیک زیرین (هم ارز سازند بادامو) اغلب گسلیده، در کوه‌های ششتو و کلات در جنوب و شرق منطقه مورد مطالعه وجود دارد که رخساره کربناته - ماسه‌سنگی دارند و شامل سنگ آهک و مقدار کمی شیل‌اند. سن این واحد نیز ژوراسیک در نظر گرفته شده است [۲].

### ۱-۳-۷- رسوبات کرتاسه زیرین (Kl)

در شمال غرب منطقه واحد آهکی- دولومیتی به رنگ فیلی- صورتی تا سیاه دارای دو کفه‌ای و میکروفسیل وجود دارد که در بخش زیرین به سنگ‌های کربناته مارنی تبدیل می‌شوند ($K^m$)، در پایین‌ترین بخش آن لایه‌های نازک و مطبق ماسه‌سنگ و کنگلومرای قرمز رنگ ($K^s$) با ضخامت ۱۵ تا ۴۰ متر جای گرفته‌است. در شمال شرق کلاته عزت کربنات‌های مارنی متعلق به این واحد متعلق به کرتاسه بالایی بوده و سنگ آهک کوه کمر زرد متعلق به کرتاسه زیرین است [۲].