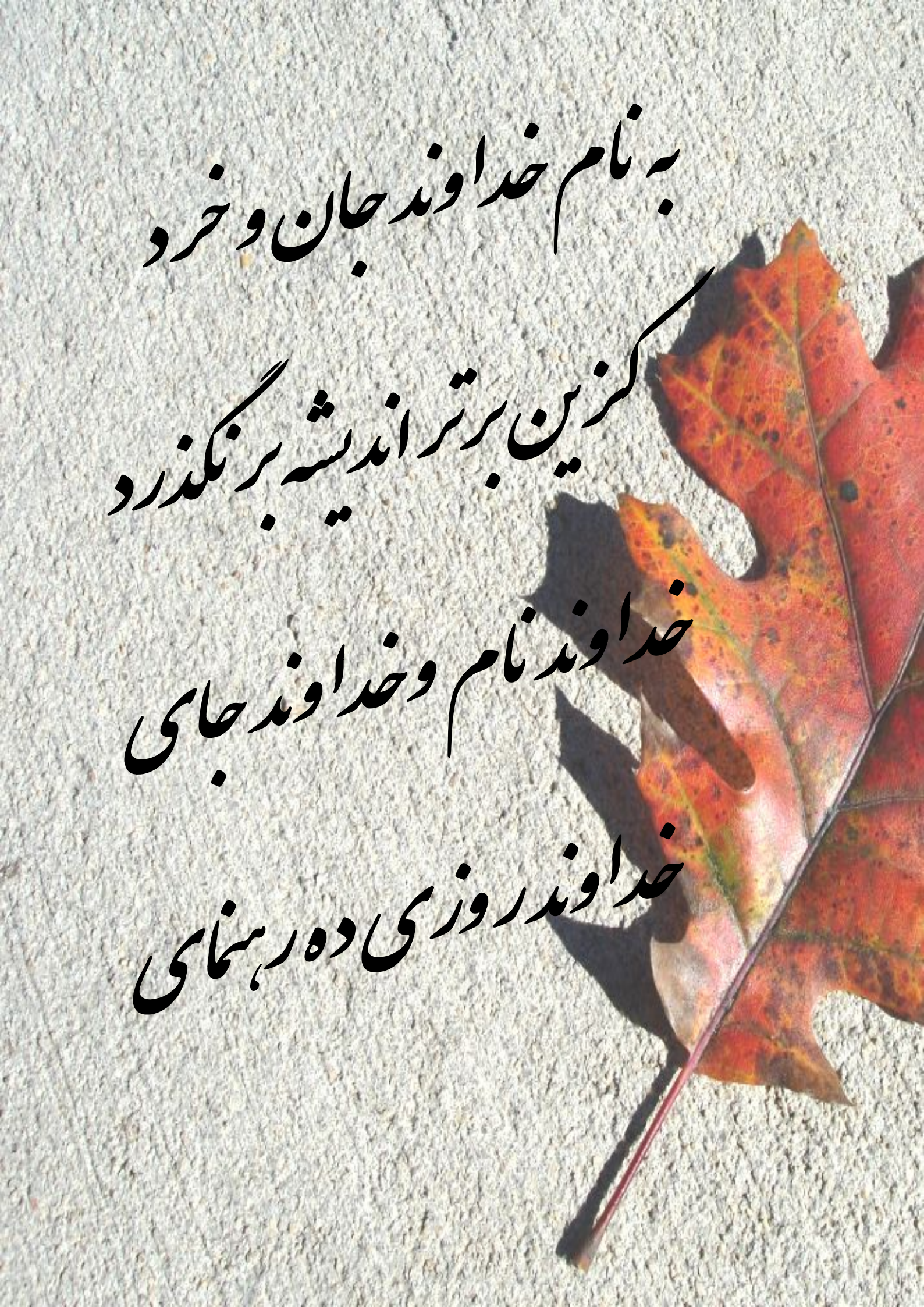
به نام خداوند جان و خرد
کزین برتر اندیشه برنگذرد
خداوند نام و خداوند جای
خداوند روزی ده رهنمای

**کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا و استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.**


مقالات

……..……, **Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.**

مقالات

**.....، گروه .....، دانشکده .....، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.**

دانشکدهٔ علوم پایه
گروه آموزشی زمین شناسی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته زمین‌شناسی گرایش زمین‌شناسی اقتصادی

عنوان:

# مطالعه کانی‌شناسی و ژئوشیمی رگه‌های گرافیتی موجود در شمال‌شرق توده الوند

استاد راهنما:
دکتر مهرداد براتی

استاد مشاور:
دکتر محمد هزاره

نگارش:
آرزو محمدی

؟؟؟ مهر ۱۳۹۲

# تقدیم به

**مادرم،** آنکه آفتاب مهرش در آستانه قلبم، همچنان پابرجاست و هرگز غروب نخواهد کرد.

**پدرم،** به او که نمی دانم از بزرگی اش بگویم یا مردانگی سخاوت، سکوت، مهربانی و..... که دلخوشی همیشگی ست

**به همسر مهربانم،** که مسیح وار با صبرش در تمامی لحظات رفیق راه بود

## و تقدیم به گل نازم ..... پسرم کوروش

که کودکی گمشده ام را در چهره معصومش پیدا کردم.

..... و همه کسانی که لحظه ای بعد انسانی و وجدانی خود را فراموش نمی کنند و بر آستان

گران سنگ انسانیت سر فرود می آورند و انسان را با همه تفاوت هایش ارج می نهند

http://maomao520.yeah.net

سپاس و ستایش شایسته خداوندی است که آسمان ها را آفرید، که زمین را آفرید، که مردم را آفرید و از برای آنان دانایی و شادی را. پروردگار دانا و توانایی که نیروی دانش اندوزی را به من ارزانی داشت تا بتوانم از دانش بسیار بزرگان، دانشی بیاموزم. خدایا تو را با تمام وجودم می ستایم و از تو می خواهم مرا یاری کنی تا همواره دانش آموخته و آن را در راه پیشرفت کشورم و آسایش مردم به کار گیرم و نسبت به آموزندگان خود و تمامی آنانیکه در این راه یاریم می کنند سپاسگزار باشم.
در به ثمر رسیدن این پژوهش از مساعدت و همدلی بسیاری از سروران و دوستان بهره بردم که بر خود لازم می دانم از تمامی این عزیزان تشکر و قدر دانی کنم.

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر براتی به پاس کمک ها و راهنمایی های فراوان در به سرانجام رسیدن این رساله

از استاد مشاورآقای دکتر هزاره

از خانم دکتر ترکیان و خانم دکتر ایزدی کیان داوران محترم پایان نامه

از جناب آقای ابراهیم فاضل که مطالعات آزمایشگاهی سیالات درگیر را تقبل کردند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از ناظر محترم تحصیلات تکمیلی آقای دکتر حسینی دوست

- از تمام دوستان و همکلاسی های عزیزم، به خصوص خانم سالمی، وفایی، اسدی بخاطر دلگرمی ها و همراهی هایشان

# کمال تشکر و قدردانی را دارم

**دانشگاه بوعلی سینا**

**مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی**

**عنوان:**

**مطالعه کانی‌شناسی و ژئوشیمی رگه‌های گرافیتی موجود در شمال‌شرق توده الوند**


**نام نویسنده: آرزو محمدی**

**نام استاد/اساتید راهنما: دکتر مهرداد براتی**

**نام استاد/اساتید مشاور: دکتر محمد هزاره**


| | | |
|---|---|---|
| **دانشکده: علوم پایه** | **گروه آموزشی: زمین‌شناسی** | |
| **رشته تحصیلی: زمین‌شناسی** | **گرایش تحصیلی: زمین‌شناسی اقتصادی** | **مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد** |
| **تاریخ تصویب پروپوزال:** | **تاریخ دفاع:** | **تعداد صفحات:** |


**چکیده:**

**منطقه مورد مطالعه در ۴۵ کی‌لومتری جنوب شرق همدان و در شمال‌شرق شهر ازندری‌ان می‌باشد که از نظر تقسی‌م بندی زون-های ساختمانی زمی‌ن‌شناسی ای‌ران، در زون سنندج- سی‌رجان و شرق باتولی‌ت الوند واقع شده است. در مطالعات صحرای‌ی، گرافی‌ت به دو شکل در منطقه دی‌ده می‌شود: ۱) به‌صورت رگه‌های‌ی به ضخامت cm ۵ تا ۱۰ در مجاورت رگه کوارتزی‌تی که به همی‌ن علت کوارتزی‌ت‌ها به صورت کوارتز دودی رنگ رخنمون دارد. ۲) به‌صورت پراکنده در سنگ‌های متشکل از بلورهای درشت مسکووی‌ت، کوارتز، گارنت، آندالوزی‌ت، کی‌انی‌ت و بی‌وتی‌ت. سنگ می‌زبان گرافی‌ت شی‌ست‌های می‌کادار هستند. ی‌ک تغی‌ی‌ر قابل توجه‌ای در عی‌ار و اندازه فلس‌های گرافی‌تی از مجاور رگه به اطراف دی‌ده می‌شود. حضور دگرشکلی‌های پی‌چی‌ده و کانی‌های‌ی چون آندالوزی‌ت، کی‌انی‌ت، استارولی‌ت و سی‌لی‌مانی‌ت در مطالعات می‌کروسکوپی نشان از دما و فشار بالای دگرگونی دارد. بر اساس آنالی‌ز XRD مهمتری‌ن ناخالصی همراه با گرافی‌ت در منطقه، کوارتز می‌باشد. مقادی‌ر متوسط $d_{002}$ (۳/۳۶۳-۳/۳۵۵) و اندازه بلوری ۶۸۰- ۴۳۰ و مقدار $L_a$ بالای $\AA$ ۱۰۰۰ است دمای تخمی‌ن زده شده با استفاده از پارامتر C، $^{\circ}C$ ۷۵۰- ۶۰۰ و درجه گرافی‌تی شدن بلورهای گرافی‌ت در منطقه مورد مطالعه$\AA$ ۲۰۰- ۹۰ و بی‌ن ۹۰٪ – ۷۰ برآورد شده است. مطالعات رامان اسپکتروسکوپی بی‌شتر نمونه‌ها نشان‌دهنده ی‌ک پی‌ک شارپ و بلند تقری‌باً در $cm^{-1}$ ۱۵۸۰ (باند G) و ی‌ک پی‌ک بسی‌ار ضعی‌ف در $cm^{-1}$ ۱۳۵۰ (باندD)، دومی‌ن باند از گرافی‌ت در منطقه دوم (باند S) از طی‌ف رامان به‌طور متوسط در $cm^{-1}$ ۲۶۸۵ دی‌ده می‌شود. در الگوی پراش اشعه ای‌کس (XRD)، از نمونه‌ها پی‌ک مربوط به گرافی‌ت رومبوهدرال در تعداد زی‌ادی از نمونه‌ها ثبت نشده است. مطالعات SEM نشان از ی‌ک مورفولوژی فلسی برای بلورهای گرافی‌ت منطقه دارد. مطالعات دماسنجی نشان می‌دهد که دمای همگن شدن برای سیالات درگیر اولیه و ثانویه در تمام نمونه‌های کوارتز (دامنه‌ای بی‌ن ۲۴۰-۱۵۰) بامی‌انگی‌ن، $^{\circ}C$ ۱۸۰ می‌باشند. دمای آخرین ذوب یخ نشانگر شوری‌های بین ۳ و ۱۶/۴ درصد وزنی معادل نمک طعام برحسب سیستم $H_2O$-$CO_2$-NaCl می‌باشند.چگالی‌های محاسبه شده برای سیالات درگیر در کوارتز از $gr/cm^3$ ۱ تا ۰/۸۷ متغیر است. علاوه برای‌ن حضور $CO_2$ در سیالات درگیر نشانگر منشأ گرمابی رگه‌های کوارتزی‌ت موجود در اندی‌س ۱ در منطقه است وجود میانبارهای با نسبت‌های متفاوت از مایع به بخار در بلورکوارتز نشان‌دهنده جوشش در سی‌ال سازنده رگه می‌باشد. بنابرای‌ن از نتی‌جه مطالعات پتروگرافی و بررسی خصوصی‌ات فی‌زی‌کی کانی گرافی‌ت منطقه، چنی‌ن نتی‌جه می‌شود که تشکی‌ل ای‌ن کانی از دگرگون شدن مواد آلی موجود در ای‌ن رسوبات اولی‌ه تا حد رخساره آمفی‌بولی‌ت حاصل شده است و گرافی‌ت موجود در اندی‌س ۱ که در ارتباط مستقی‌م با رگه کوارتزی است، نی‌ز تحت ای‌ن شرای‌ط به‌وجود آمده و محلول‌های سازنده رگه گرمابی کوارتزی نقش مؤثری را در تغلی‌ظ ای‌ن اندی‌س نسبت به دو اندی‌س دی‌گر ای‌فا کرده است. تنش‌های محلی عاملی برای تحرک گرافی‌ت در زون‌های کم فشار محسوب می‌شود.**



**واژه‌های کلیدی: گرافیت، رامان اسپکتروسکوپی، سیالات درگیر، ازندریان، باتولیت الوند**

## فهرست مطالب

## فصل اول: کلیات


۱-۱ مقدمه ..... ۳

۱-۲ اشکال کربن ..... ۳

۱-۳ تولید کربن ..... ۴

۱-۴ گرافیت ..... ۴

۱-۵ خصوصیات گرافیت ..... ۵

۱-۵-۱ ساختار گرافیت ..... ۵

۱-۵-۲ بلورشناسی ..... ۶

۱-۵-۳ خصوصیات فیزیکی ..... ۸

۱-۵-۴ رخنمون‌ها ..... ۸

۱-۵-۵ انواع کانسارهای گرافیت ..... ۹

۱-۵-۵-۱ گرافیت سین ژنتیک ..... ۱۰

۱-۵-۵-۲ گرافیت اپی ژنتیک ..... ۱۰

۱-۵-۶ طبقه بندی شماتیک کانسارهای گرافیت (دیل، ۲۰۱۰) ..... ۱۱

۱-۵-۶-۱ کانسارهای گرافیت ماگمایی ..... ۱۱

۱-۵-۶-۱-۱ گرافیت پگماتیتی ..... ۱۱

۱-۵-۶-۱-۲ گرافیت همراه با نفلین سینیت ..... ۱۲

۱-۵-۶-۲ گرافیت همراه با اسکارن ..... ۱۲

۱-۵-۶-۳ کانسارهای گرافیت مرتبط با ساختار ..... ۱۲

۱-۵-۶-۳-۱ گرافیت نوع رگه‌ای ..... ۱۲

۱-۵-۶-۳-۲ نوع رگه‌ای ایمپسونیت همراه با کانی‌زایی سمی گرافیت ..... ۱۳

۱-۵-۶-۴ کانسارهای گرافیت رسوبی ..... ۱۳

گرافیت باقی مانده ..... ۱۳
۱-۵-۶-۵ کانسارهای گرافیت دگرگونی ..... ۱۴
۱-۵-۶-۵-۱ گرافیت در متاپلیت‌ها و مرمرها (دگرگونی ناحیه‌ای) ..... ۱۴
۱-۵-۶-۵-۲ گرافیت در متاپلیت‌ها و مرمر (دگرگونی مجاورتی) ..... ۱۴
۱-۶-۷ کاربرد گرافیت ..... ۱۵
۱-۷ هدف از مطالعه ..... ۱۵
۱-۸ اهمیت پژوهش: ..... ۱۶
۱-۹ روش مطالعه ..... ۱۶
۱-۱۰ تاریخچه مطالعات قبلی ..... ۱۷
۱-۱۱ جغرافیای منطقه مورد مطالعه ..... ۱۸
۱-۱۲ آب و هوای استان همدان ..... ۱۹
۱-۱۳ زمین‌شناسی عمومی منطقه ..... ۲۰
۱-۱۳-۱ زمین ساخت سنندج - سیرجان ..... ۲۲
۱ -۱۳-۲ دگرگونی سنندج - سیرجان ..... ۲۳
۱-۱۳-۳ سیمای تحولات زون سنندج - سیرجان ..... ۲۳
۱-۱۳-۳-۱ پالئوزوییک در سنندج – سیرجان ..... ۲۴
۱-۱۳-۳-۲ مزوزوییک در سنندج – سیرجان ..... ۲۴
۱-۱۳-۳-۳ سنوروییک در سنندج – سیرجان ..... ۲۴
۱-۱۴ چینه شناسی عمومی ناحیه مورد مطالعه ..... ۲۶
۱-۱۵ زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک ناحیه مورد مطالعه ..... ۲۷
۱-۱۵-۱ فازهای کوهزایی آسینیتیک - کالدونین، هرسینین ..... ۲۷
۱-۱۵-۲ جنبش‌های تکتونیکی هم ارز کیمرین پیشین ..... ۲۷
۱-۱۵-۳ فاز کیمرین پسین ..... ۲۸

۱-۱۶ گسل‌های مهم موجود در منطقه ..... ۲۹
۱-۱۷ سنگ‌های دگرگونی ..... ۲۹
۱-۱۷-۱ سنگ‌های دگرگونی ناحیهای ..... ۳۰
۱-۱۷-۲ سنگ‌های دگرگونی مجاورتی ..... ۳۰
۱-۱۸ زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ..... ۳۱

**فصل دوم: مطالعات صحرایی پتروگرافی و مینرالوگرافی**

۲-۱ مقدمه: ..... ۳۷
۲-۲ مشاهدات صحرایی از اندیس ۱ ..... ۳۷
۲-۲ مطالعه پتروگرافی و مینرالوگرافی اندیس ۱ ..... ۴۱
۲-۳ مشاهدات صحرایی اندیس ۲ ..... ۴۷
۲-۴ مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی اندیس ۲ ..... ۵۲
۲-۵ مشاهدات صحرایی اندیس ۳ ..... ۵۷
۲-۶ مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی اندیس ۳ ..... ۵۸
۲-۷ تعیین توالی پاراژنتیک ..... ۶۷
۲-۷-۱ مقدمه ..... ۶۷
۲-۷-۲ توالی پاراژنزی از کانیهای همراه گرافیت در منطقه مورد مطالعه ..... ۶۸

**فصل سوم مطالعات زمین شناسی اقتصادی**

۳-۱ مقدمه: ..... ۷۳
۳-۲ طیف سنجی پرتو ایکس ..... ۷۴
۳-۲-۱ پراش پرتو ایکس ..... ۷۴
۳-۲-۲ پهنای پیک پراش ..... ۷۵
۳-۲-۲-۱ پهنا در نیمه ارتفاع ..... ۷۵
۳-۲-۲-۲ روش پهنای کامل ..... ۷۵

۳-۲-۲-۳ روش واریانس ..... ۷۵
۳-۲-۳ محاسبه اندازه بلوری ..... ۷۶
۳-۲-۳-۱ روش شرر ..... ۷۶
۳-۲-۳-۲ روش شرر (کامل) ..... ۷۷
۳-۲-۳-۳ روش ویلیامسون – هال ..... ۷۷
۳-۲-۳-۴ روش موجود در نرم افزار (X- Powder) ..... ۷۸
۳-۳ طیف سنجی رامان ..... ۷۹
۳-۳-۱ تئوری طیف سنجی رامان ..... ۷۹
۳-۳-۲ برانگیختگی طیف رامان ..... ۷۹
۳-۳-۳ کاربردهای رامان اسپکتروسکوپی ..... ۸۱
۳-۴ روش آماده سازی نمونه جهت مطالعه XRD و رامان اسپکتروسکوپی ..... ۸۳
۳-۵ پارامترهای تعیین شده از آنالیز XRD ..... ۸۴
۳-۵-۱ تعیین سایز بلوری ..... ۸۶
۳-۵-۲ تعیین درجه گرافیتی شدن ..... ۸۹
۳-۵-۳ تعیین درجه حرارت دگرگونی ..... ۹۱
۳-۵-۴ تشخیص پلی مورف‌های هگزاگونال از رومبوهدرال ..... ۹۲
۳-۶ چگونگی مطالعه رامان اسپکتروسکوپی از بلور گرافیت ..... ۹۵
۳-۶-۱ پارامترهای تعیین شده با استفاده ازآنالیز رامان اسپکتروسکوپی منطقه مورد مطالعه ..... ۹۶
۳-۶-۱-۱ تعیین و تغییرات موقعیت باندG ..... ۹۶
۳-۶-۱-۲ تعیین عرض پیک ماکزیمم در نصف ارتفاع از باند G ..... ۹۶
۳-۶-۱-۳ تعیین عرض پیک ماکزیمم در نصف ارتفاع از باند $D_1$ ..... ۹۷
۳-۶-۱-۴ تعیین نسبت شدت D/G ..... ۹۷
۳-۶-۱-۵ تعیین مقدار $L_a$ ..... ۹۷

۳-۷ بررسی مرفولوژی بلور گرافیت در منطقه مورد مطالعه ..... ۱۰۲

**فصل چهارم: مطالعات سیالات درگیر**

۴-۱ مقدمه ..... ۱۰۸
۴-۲ کاربرد سیالات درگیر ..... ۱۰۹
۴-۳ کانی‌های میزبان معمولی ..... ۱۱۰
۴- ۴ پتروگرافی سیالات درگیر ..... ۱۱۰
۴-۵ تقسیم بندی سیالات درگیر ..... ۱۱۲
۴-۵-۱ رده بندی زایشی ..... ۱۱۲
۴-۵-۱-۱ سیالات درگیر اولیه ..... ۱۱۲
۴-۵-۱-۲ سیالات درگیر ثانویه ..... ۱۱۲
۴-۵-۱-۳ سیالات درگیر ثانویه کاذب ..... ۱۱۲
۴-۵-۲ براساس نوع و تعداد فازهای داخل سیالات درگیر ..... ۱۱۳
۴-۶ میکروترمومتری سیالات درگیر ..... ۱۱۴
۴-۶-۱ عملیات سرد کردن یا انجماد ..... ۱۱۵
۴-۶-۲ عملیات گرم کردن ..... ۱۱۶
۴-۷ روش مطالعه و آماده سازی نمونه‌ها ..... ۱۱۷
۴-۸ مطالعات پتروگرافی ..... ۱۱۸
۴-۹ پتروگرافی سیالات درگیر در کانی کوارتز در منطقه مورد مطالعه ..... ۱۱۸
۴-۹-۱ شکل و اندازه سیالات درگیر ..... ۱۱۸
۴-۹-۲ طبقه بندی ژنتیکی سیالات درگیر ..... ۱۲۰
۴- ۱۰ ترکیب و نسبت و تعداد فازی سیالات درگیر ..... ۱۲۱
۴-۱۱ مطالعات میکروترمومتری سیالات منطقه مورد مطالعه ..... ۱۲۴
۴-۱۲ پدیده دم‌بریدگی در سیالات درگیر منطقه مورد مطالعه ..... ۱۲۵

۴-۱۳ محاسبه شوری ..... ۱۲۶
۴-۱۴ محاسبه فشار و عمق به‌دام افتادن در سیالات منطقه مورد مطالعه ..... ۱۲۸
۴-۱۵ چگالی سیالات منطقه مورد مطالعه ..... ۱۳۰
۴-۱۶ تفسیر داده‌های سیالات درگیر:..... ۱۳۱
۴-۱۷ تشخیص فرآیندهای فیزیکی تغییر سیال ..... ۱۳۲

**فصل پنجم: نتیجه‌گیری**

۵-۱ مقدمه..... ۱۳۷
۵-۲ شواهد صحرایی ..... ۱۳۷
۵-۳ شواهد میکروسکوپی ..... ۱۳۹
۵-۴ شواهد آنالیزهای فیزیکی ..... ۱۴۰
۵-۵ شواهدسیال درگیر..... ۱۴۱
۵-۶ پیشنهادات برای مطالعات آتی ..... ۱۴۳

## فهرست جداول

جدول ۱-۱: طبقه‌بندی شماتیک از کانسارهای گرافیت (دیل، ۲۰۱۰) ..... ۱۱

جدول۲-۱: توالی پاراژنزی کانی‌های همراه گرافیت در منطقه مورد مطالعه ..... ۶۶

جدول۳-۱: تعیین خصوصیات فیزیکی نمونه‌ها با استفاده از آنالیزXRD ..... ۸۴

جدول۳-۲: تعیین خصوصیات فیزیکی نمونه‌ها با استفاده از آنالیز رامان اسپکتروسکوپی ..... ۸۹

جدول۴-۱: انواع سیالات درگیر برحسب نوع و نسبت فازهای موجود در آن ..... ۱۰۱

جدول۴-۲ : فراوانی انکلوزیون‌ها در کانی کوارتز به تفکیک اندازه سیالات درگیر ..... ۱۰۶

جدول۴-۳ : فرمول‌های ارائه شده جهت تخمین شوری ..... ۱۱۳

## فهرست اشکال


شکل ۱-۱: نمودار فازی فشار – دما برای کربن بر اساس داده‌های تجربی (کلاین و همکاران، ۱۹۹۹) .....۴

شکل ۱-۲: تصویر SEM از اتم‌های سطحی گرافیت با آرایش شانه عسلی**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱-۳: تصویر شماتیک از شبکه بلوری گرافیت.....۷

شکل ۱-۴: راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه .....۱۹

شکل ۱-۵: موقعیت سه اندیس در عکس هوایی از منطقه مورد مطالعه. ..... ۲۱

شکل ۱-۶: پهنه‌های مختلف کوهزاد زاگرس و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در این پهنه. .....۲۲

شکل ۱-۷: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.....۳۴

شکل ۲-۱: رگه گرافیت در امتداد رگه کوارتزی.....۳۸

شکل ۲-۲: نمایی از سنگ میزبان شیستی رگه گرافیت.....۳۸

شکل ۲-۳: رگه‌های کوارتزی موجود در سنگ میزبان شیستی.....۳۹

شکل ۲-۴: نمونه دستی از شیست‌های میزبان و نمایش حالت تورق در این شیست‌ها. .....۴۰

شکل ۲-۵: کوارتز دودی مجاور با رگه گرافیتی از اندیس۱. .....۴۰

شکل ۲-۶: تبدیل بلورهای آندالوزیت به مسکوویت در مجاورت دایک کوارتزی و رگه گرافیتی .....۴۱

شکل ۲-۷: نمایش بافت لپیدوبلاستیک در گارنت گرافیت میکاشیست اندیس ۱. .....۴۲

شکل ۲-۸: نمایش بلورهای استارولیت با برجستگی واضح و گرافیت همزمان با شیستوزیته.. .....۴۲

شکل ۲-۹: تصاویر میکروسکوپی از گارنت گرافیت میکاشیست اندیس ۱. .....۴۳

شکل ۲-۱۰: چین خوردگی $S_2$ همراه با تخت شدگی بلورهای کوارتز در گارنت گرافیت میکاشیست:. ....۴۴

شکل ۲-۱۱: تصاویر میکروسکوپی از بلورهای زرد گرافیت همراه با جهت یابی قطرک‌های اکسید آهن همراه با تشکیل پوشش بر روی آن‌ها.....۴۶

شکل ۲-۱۲: نمایش شیستوزیته در آندالوزیت گارنت استارولیت شیست از اندیس ۲ منطقه مورد مطالعه۴۷

شکل ۲-۱۳: نمایش شیستوزیته در گارنت گرافیت میکاشیست اندیس ۲ منطقه مورد مطالعه .....۴۸

شکل ۲-۱۴: همراهی بلورهای گرافیت با مسکوویت و کوارتز در نمونه‌های از سنگ‌های اندیس ۲. ..... ۴۹
شکل ۲-۱۵: نمایش بلورهای آنداتوزیت نوع کیاستولیت در آندالوزیت شیست های اندیس۲ ..... ۵۰
شکل ۲-۱۶: بلورهای آندالوزیت علفی شکل به همراه گرافیت در سنگ میزبان شیستی **Error! Bookmark not defined.**
شکل۲-۱۷: آندالوزیت‌های قرمز گوشتی همراه با بلورهای کیانیت ..... ۵۲
شکل ۲- ۱۸: تصاویر مقاطع نازک میکروسکوپی از گارنت آندالوزیت استارولیت شیست،..... ۵۳
شکل ۲- ۱۹: تصاویر میکروسکوپی نمونه‌های اندیس۲. ..... ۵۴
شکل ۲-۲۰: تصاویر میکروسکوپی از گارنت گرافیت شیست اندیس۲.. ..... ۵۵
شکل ۲-۲۱: تصاویر میکروسکوپی از همراهی بلورهای گرافیت و کلریت.. ..... ۵۶
شکل ۲-۲۲: نمایش گرافیت پدی فرم و کاملاً متورق اندیس۳. ..... ۵۷
شکل ۲-۲۳: نمایش بلورهای گرافیت همراه با آندالوزیت، کیانیت و گارنت در اندیس ۳..... ۵۸
شکل ۲-۲۴: نمایش لایه بندی ماسه سنگی و کالک سیلیکاتی در یک نمونه از اندیس ۳. ..... ۵۹
شکل ۲-۲۵: تصاویر میکروسکوپی از نمونه‌های اندیس۳.. ..... ۶۰
شکل۲-۲۶: تبدیل بلورهای آندالوزیت به مسکوویت در ضمن تشکیل بلور کیانیت، کانی گرافیت در شکستگی‌های کانی آندالوزیت و کیانیت دیده می‌شود ..... ۶۱
شکل ۲-۲۷: تصاویر میکروسکوپی از تبدیل پلی مورف‌های آلومینو سیلیکاته به‌یکدیگر. ..... ۶۲
شکل ۲-۲۸: تصاویر میکروسکوپی نمونه اندیس ۳.. ..... ۶۳
شکل ۲-۲۹: نمایش بلور اکتینولیت و کلینوزوئیزیت به‌همراه گرافیت با بافت ساب هدرال. ..... ۶۴
شکل ۲-۳۰: تبدیل بلورهای مسکوویت به کیانیت در نمونه‌های از اندیس ۲..... ۶۶
شکل ۳-۱: پهنای پیک در نصف ارتفاع. ..... ۷۷
شکل ۳-۲: تعیین پهنای پیک با استفاده از انتگرال‌گیری..... ۷۸
شکل ۳-۳: طیف بین لیزری رامان. ..... ۸۱
شکل ۳-۴: تصویری از دستگاه رامان اسپکتروسکوپی موجود در دانشگاه تربیت مدرس ..... ۸۲

شکل ۳-۵: تصاویری از آماده سازی نمونه قبل از انجام آنالیزXRD ..... ۸۳
شکل ۳-۶: نمایش الگوی پراش از پیک (۰۰۲) نمونه‌های گرافیت از اندیس‌های ۱، ۲ و ۳. ..... ۸۵
شکل ۳-۷ : الگوی آنالیز XRD از یک نمونه گرافیت شیست از منطقه مورد مطالعه. ..... ۸۶
شکل ۳-۸: نمایش پنجره نرم افزار X- Powder، جهت اندازهگیری نیم پهنا از گرافیت. ..... ۸۸
شکل ۳-۹: نمودار دو بعدی از سایز بلوری در مقابل$d_{(002)}$ جهت تعیین درجه گرافیتی شدن ..... ۹۰
شکل ۳-۱۰: نمایش رابطه خطی بین درجه گرافیتی شدن با درجه حرارت ..... ۹۱
شکل ۳-۱۱: الگوی پراش اشعه ایکس از دو نمونه از گرافیت‌های منطقه. ..... ۹۳
شکل ۳-۱۲: نمایش طیف رامان از بلور گرافیت و موقعیت باندهای G, D و S. ..... ۹۶
شکل ۳-۱۳: رابطه خطی بین نسبت شدت D/G و $L_a$ از نمونه‌های گرافیت منطقه مورد مطالعه. ..... ۹۸
شکل ۳-۱۴: الگوی طیف رامان از نمونه‌های گرافیت منطقه مورد مطالعه و نمایش باندهای G, D, S .. ۱۰۰
شکل ۳-۱۵: تصاویر SEM از دو نمونه از بلورهای گرافیت اندیس۱ و نمایش مرفولوژی فلسی ..... ۱۰۴
شکل ۳-۱۶: تصاویر SEM بلورهای گرافیت و مرفولوژی فلسی از نمونه‌های اندیس۲ و۳ ..... ۱۰۵
شکل ۴-۱: تصویر شماتیک از مراحل به‌دست آوردن دمای ذوب نهایی یخ و محاسبه شوری سیال ..... ۱۱۵
شکل ۴-۲: تصویر شماتیک از مراحل به-دست آوردن دمای همگن شدن سیال ..... ۱۱۶
شکل ۴-۳: سیالات درگیر بی‌شکل از نمونه کوارتز اندیس۱ ..... ۱۱۹
شکل ۴-۴: سیالات درگیر کروی شکل از نمونه کوارتز اندیس۱ ..... ۱۲۰
شکل ۴-۵: سیالات درگیر ثانویه که در امتداد شکستگیها و رخ های کانی به دام افتاده‌اند. ..... ۱۲۰
شکل ۴-۶: سیالات درگیر ثانویه کاذب که در امتداد شکستگی‌ها به دام افتاده و سپس با ترمیم شکستگی در یک راستای خاص درون کانی دیده می‌شود. ..... ۱۲۱
شکل ۴-۷: سیالات درگیر سه فازی ($L_{CO_2}+V_{CO_2}+L_{H_2O}$)، دو فازی($L+V_{CO_2}$) و تک فازی(V). ... ۱۲۲
شکل ۴-۸: سیالات درگیر سه فازی ($L_{CO_2}+V_{CO_2}+L_{H_2O}$) درمنطقه مورد مطالعه. ..... ۱۲۳
شکل ۴-۹: سیالات دو فازی آبگین $V_{H_2O}+L_{H_2O}$ درمنطقه مورد مطالعه. ..... ۱۲۳
شکل ۴-۱۰: نمودار فراوانی دمای همگن شدن و شوری سیالات منطقه مورد مطالعه ..... ۱۲۵

شکل ۴-۱۱: پدیده دم بریدگی در سیالات درگیر منطقه مورد مطالعه ..... ۱۲۶
شکل ۴-۱۲: پدیده نشت در سیالات درگیر منطقه مورد مطالعه ..... ۱۲۶
شکل ۴-۱۳ : نمودار سه گانه فشار-دما-عمق..... ۱۲۹
شکل ۴-۱۴: دیاگرام دما-فشار برای $CO_2$-$H_2O$..... ۱۳۰
شکل ۴-۱۵: رسم نقاط متناظر با شوری-دمای همگن شدن سیالات درگیر مربوط به نمونه‌های اندیس۱
در نمودار شوری-دمای همگن شدن (ویلکینسون، ۲۰۰۱) ..... ۱۳۱
شکل ۴-۱۶ : تعیین روندهای موثر در فرآیند سیال (ویلکینسون. ۲۰۰۱)..... ۱۳۴
شکل ۴-۱۷: نمایش ادخال‌های گرافیت در درون بلور کوارتز ..... ۱۳۴

# فصل اول

## کلیات و زمین شناسی عمومی

## ۱-۱ مقدمه

کربن عنصری چهار ظرفیتی در جدول تناوبی، با نشان C و عدد اتمی۶ است. کربن در تمامی جانداران وجود داشته و پایه شیمی آلی را تشکیل می‌دهد. هم‌چنین این غیر فلز ویژگی جالبی دارد که می‌تواند با خودش و انواع زیادی از عناصر دیگر پیوند برقرار کند (تشکیل دهنده بیش از ده میلیون ترکیب). در صورت ترکیب با اکسیژن تولید دی اکسید کربن می‌کند که برای رویش گیاهان، حیاتی می‌باشد. در صورت ترکیب با هیدروژن ترکیبات مختلفی به نام هیدروکربن‌ها را به‌وجود می‌آورد که به شکل سوخت‌های فسیلی، در صنعت بسیار بنیادی هستند. وقتی با اکسیژن و با هیدروژن ترکیب گردد، گروه زیادی از ترکیبات از جمله اسیدهای چرب را می‌سازند که برای حیات ضروری است. ایزوتوپ $^{14}C$ به طور متداول در سن یابی کاربرد دارد ( لاید[1] ۲۰۰۵).

## ۱-۲ اشکال کربن

تاکنون ۳ شکل گوناگون از کربن شناخته شده‌است:

۱- الماس سخت‌ترین کانی شناخته شده و دارای بالاترین رسانایی گرمایی است در دما و فشارهای خیلی بالا کربن به‌صورت الماس پایدار است که در آن هر اتم با چهار اتم دیگر پیوند دارد. الماس ساختار مکعبی همانند سیلسیم و ژرمانیم دارد و سخت‌ترین جسم از نظر مقاومت در برابر سایش به شمار می‌رود.

۲- گرافیت (یکی از نرم‌ترین مواد). این شکل کربن، بیشتر به‌صورت پودر است که بخش اصلی موادی مثل زغال چوب و سیاهی چراغ (دوده) را تشکیل می‌دهد. در فشار و دمای اتاق کربن به شکل گرافیت پایدارتر است.

۳- فولرین، مولکول‌هایی درحد بیلیونیوم متر هستند که در شکل ساده آن، ۶۰ اتم کربن تشکیل ساختمان سه بعدی منحنی، می‌دهند (لاید، ۲۰۰۵).

[1] lide