

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی



IMAM KHOMEINI  
INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده‌ی علوم پایه

گروه زمین‌شناسی

# پترولوژی سنگ‌های آذرین منطقه‌ی زاجکان (غرب قزوین) و رابطه‌ی آن با آلتراسیون منطقه

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی زمین‌شناسی گرایش  
پترولوژی

زهرا بهلولی

استاد راهنما:

دکتر مهدی حسینی

استاد مشاور:

دکتر سیدرضا مهرنیا

آذر ۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سرآغاز کفّار نام خداست که رحمت کر مهربان خلق راست

تقدیم :

طاق فلک علی است، عالم ستون حسین

نون و القلم نبی، و مایطرون حسین

تقدیم به...

سرور و سالار شهیدان و یاران باوفایشان

پدر بزرگوارم که همیشه همراهم بود

مادر عزیزتر از جانم که عطف و امید را برایم معنا کرد

و

همسر مهربانم که مشوق من در ادامه راه بود

## قدردانی:

- ❖ سپاس خداوندگار هستی را که زمین را زیبا آفرید و حر آن چه بر روی آن است از آن اوست. خداوندی که لطف و کرم بی دریغش را در بیچ زمانی از ما دریغ نمی‌کند.
- ❖ از جناب آقای دکتر مهدی حسینی که به عنوان استاد راهنما در تمامی مراحل انجام کار اینجانب ریاوری نمودند.
- ❖ از آقای دکتر سید رضا مهرنیا، استاد مشاور که در انجام مطالعات دوره‌سختی از راهنمایی ایشان بهره‌بردم.
- ❖ از آقای دکتر رضا نوزعمیم که داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند.
- ❖ از آقای مهندس فاضلی، مسئول آزمایشگاه زمین شناسی که در انجام برخی مطالعات تشریحی و کرائی بنده را راهنمایی نمودند.
- ❖ از سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران و نیز مرکز تحقیقات و فناوری مواد معدنی ایران که انجام آنالیزهای این پایان نامه را بر عهده گرفتند.
- ❖ از سرکار خانم ذبیحی و مجلسی، آقای کریمی، آقای وطن پرست و آقای حمداللمی که انجام آنالیزها و تهیه‌ی محتاط صیقلی را بر عهده گرفتند.
- ❖ از دوستان عزیزم خانم حامدی، رضاقلیان، ویسی و خادمی که در یادگیری برخی نرم افزارها ماریا نمودند.
- ❖ از پدر، مادر و خانواده عزیزم که با صبر و بردباری، همواره مشوق راهم بودند.
- ❖ واز، همسر عزیزم، آقای مهندس علی کهن کن که با صبر و بردباری، امید را برایم زنده کرد و از راهنمایی‌های ایشان در تدوین پایان نامه بسیار بهره‌بردم ...

سپاسگزارم



## تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب **زهرا بهلولی کلوجه** دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد در رشته زمین شناسی گرایش پترولوژی که در تاریخ ۲ / ۹ / ۱۳۹۲ از پایان نامه ی خود تحت عنوان پترولوژی سنگهای آذرین منطقه ی زاجکان (غرب قزوین) و رابطه ی آن با آلتراسیون منطقه با کسب درجه ی عالی دفاع کرده ام، شرعا و قانونا متعهد می شوم:

۱. مطالب مندرج در این پایان نامه، حاصل تحقیق و مطالعه اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و غیره استفاده کرده ام، با رعایت کامل امانت، مطابق مقررات، اقدام به ارجاع در متن و ذکر آن در فهرست منابع و مآخذ نموده ام.
۲. تمامی یا بخشی از این پایان نامه قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی به سایر دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.
۳. مقالات مستخرج از این پایان نامه کاملا حاصل کار اینجانب بوده و از هرگونه جعل داده و یا تغییر اطلاعات پرهیز کرده ام.
۴. از ارسال همزمان و یا تکراری مقالات مستخرج از این پایان نامه (با بیش از ۳ درصد همپوشانی) به مجلات و یا همایش های گوناگون خودداری نموده و می نمایم.
۵. کلیه حقوق مادی و معنوی حاصل از این پایان نامه متعلق به دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) بوده و متعهد می شوم هرگونه بهره مندی و یا نشر دستاوردهای حاصل از این تحقیق اعم از چاپ کتاب، مقاله، ثبت اختراع و غیره (چه در زمان دانشجویی و یا بعد از فراغت از تحصیل) با کسب اجازه از استاد (استادان) راهنما باشد.
۶. در صورت اثبات تخلف و نقض موارد پنجگانه فوق (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) از درجه اعتبار ساقط و اینجانب هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی دانشجو: زهرا بهلولی

امضاء



## سوگندنامه دانش آموختگان کارشناسی ارشد دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

### به نام خدا

سپاس ایزد منان را که مرا مشمول الطاف خویش نمود که با طی مراحل تحصیل موفق به اخذ درجه کارشناسی ارشد شوم. به شکرانه این نعمت بزرگ الهی که با امکانات این مرز و بوم، فراهم و نزد اینجانب به امانت گذاشته شده است، در پیشگاه ملت ایران به کتاب آسمانی خود، قرآن کریم، سوگند یاد می کنم که:

- در سراسر زندگی حرفه ای، در راه اعتلای کشور ایران و جامعه بشری به نحو احسن قدم برداشته و در این راه از هیچ تلاشی دریغ ننمایم.
- در تمام فعالیت های تخصصی، رضای خدا را همراه با صداقت علمی و اجتماعی در نظر داشته و از موقعیت های به دست آمده در جهت رفع مشکلات جامعه استفاده کنم و در همه ی امور، منافع کشور را بر منافع فردی مقدم بدارم.
- همواره علم و دانش خود را به روز نگاه داشته و در ایفای مسئولیت و تعهدات حرفه ای در حد توان سعی و تلاش خود را به کار گیرم.
- و اینک از خداوند علیم توفیق بندگی و پای بندی به مفاد این سوگندنامه را خواستارم و از او می خواهم که مرا در ایفای رسالت علمی و انسانی خویش موفق بدارد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: زهرا بهلولی

امضاء



## مجوز بهره‌برداری از پایان نامه

کلیه حقوق اعم از چاپ ، تکثیر، نسخه برداری، ترجمه، اقتباس و ... از نتایج این پایان نامه برای دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره) قزوین محفوظ است. بهره برداری از این پایان نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می شود بلامانع است:

بهره برداری از این پایان نامه برای همگان بلامانع است.

بهره برداری از این پایان نامه با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

بهره برداری از این پایان نامه تا تاریخ                      بلامانع است.

اساتذ راهنما می تواند یکی از گزینه های را انتخاب کند و مسئولین کتابخانه موظف به رعایت موارد تعیین شده می باشند.

نام استاد و یا اساتید راهنما: دکتر مهدی حسینی

تاریخ

امضاء

## چکیده

منطقه ی مورد مطالعه در غرب قزوین، بخشی از کوه های طارم است که در بین عرض جغرافیایی ۵.۱۷° ۳۶ تا ۲۳° ۳۶ و طول جغرافیایی ۲۰° ۴۹ تا ۳۰° ۴۹ قرار گرفته است. این منطقه از نظر تقسیم بندی ساختاری ایران در زون البرز- آذربایجان (البرز غربی)، قرار دارد. این محدوده شامل سنگ های آتشفشانی، رسوبی و نفوذی است. ترکیب غالب سنگ های آذرین منطقه شامل آندزیت، آندزیت بازالتی، تراکی آندزیت و تراکی داسیت است که توده های نفوذی با ترکیب کوارتز مونزونیتی، کوارتز مونزودیوریتی، مونزونیتی و سینیتی با سن الیگوسن در داخل آنها نفوذ کرده و آن ها را با درجات متفاوتی آثره کرده است.

بررسی های پتروژنتیکی نشان دهنده ی سری ماگمایی کالک آلکان پتاسیم بالا برای سنگ هاست که در برخی نمونه ها این روند به سمت سری های شوشونیتی نیز پیش می رود. نمودارهای هارکر برای هر دو دسته از سنگ ها، روندهای منفی و مثبت مشابهی را دارند. روندهای مشاهده شده در نمودارهای تغییرات، نقش تفریق را در تکامل ماگمایی نشان می دهد. نمودارهای عنکبوتی سنگ های خروجی و درونی نیز تهی شدگی و غنی شدگی های یکسانی را دارند. به عنوان مثال در تمامی نمونه ها تهی شدگی Eu را می توان مشاهده نمود که این با حضور پلاژیو کلاز در سنگ ها که با مطالعات پتروگرافیکی نیز مطابقت دارد، سازگار است.

با توجه به نمودارهای تمایز محیط تکنیکی می توان چنین نتیجه گرفت که سنگ های آتشفشانی منطقه ی زاجکان در یک قوس آتشفشانی قاره ای که مرتبط با فرورانش است تشکیل شده اند و سنگ های نفوذی در نتیجه ی تصادم قاره ای پس از فرورانش تشکیل شده اند و نیز پتاسیک بودن ماگماها نیز بیان کننده ی دوری نسبی منطقه از محل فرورانش یا برخورد قاره ای می باشد.

بررسی های صحرایی و کانی شناسی وجود بخش های پروپیلیتی، کائولینیتی، آلونیتی و سیلیسی را در نواحی دگرسان شده به اثبات رسانده است که این بخش ها از پایین به بالا زون بندی منظمی را ایجاد کرده اند. داده های حاصل از مطالعات دورسنجی، سیالات درگیر و همچنین وجود شکستگی های فراوان، هیدروترمالی بودن آلتراسیون های منطقه را مشخص کرده است. با توجه به حضور کانی هایی همچون آلونیت، کائولینیت و سیلیس





که در منطقه از فراوانی قابل توجهی برخوردارند و نیز دمای سیالات درگیر ( $190-216^{\circ}\text{C}$ )، می توان نوع آلتراسیون را اپی ترمال تیپ اسیدسولفات (HS)<sup>1</sup> در نظر گرفت.

**کلید واژه:** زاجکان، آلتراسیون، اسیدسولفات، کالک آلکالن، قوس آتشفشانی قاره ای، برخورد قاره ای

## فهرست مطالب

فصل اول: کلیات.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۳
۲-۱- موقعیت جغرافیایی.....	۳
۳-۱- راه های دسترسی به محدوده ی مطالعاتی.....	۵
۴-۱- آب و هوا و وضعیت اقتصادی و اجتماعی محدوده ی مطالعاتی.....	۶
۵-۱- ژئومورفولوژی عمومی و پوشش گیاهی منطقه.....	۷
۶-۱- تاریخچه ی مطالعات در طارم و محدوده ی مورد مطالعه.....	۸
۷-۱- روش انجام مطالعات.....	۱۱
فصل دوم: زمین شناسی عمومی.....	۱۳
۱-۲- مقدمه.....	۱۵
۲-۲- زون البرز.....	۱۵
۳-۲- زمین شناسی زون البرز- آذربایجان.....	۱۶
۴-۲- زون طارم.....	۲۱
۱-۴-۲- زیرزون طارم.....	۲۱
۱-۴-۲-۱- عضو کرد کند.....	۲۳
۲-۴-۲- عضو آمند.....	۲۳
۲-۴-۲- زیرزون هشتجین.....	۲۵
۳-۴-۲- زیر زون رودبار.....	۲۶
۳-۴-۲- زیرزون سلطانیه.....	۲۷
۵-۲- زمین شناسی محدوده ی زاجکان.....	۲۸
۱-۵-۲- موقعیت منطقه در تقسیم بندی ساختاری ایران.....	۲۸

- ۲-۵-۲- واحدهای سنگی موجود در منطقه ..... ۳۱
- ۲-۵-۲-۱- ائوسن ..... ۳۳
- ۲-۵-۲-۱- واحد Et، سنگ توفی ائوسن ..... ۳۳
- ۲-۵-۲-۲- واحد Es، توف، ماسه سنگ، سیلتستون توفی ..... ۳۴
- ۲-۵-۲-۳- واحد Ea، گدازه های آندزیتی و تراکی آندزیتی ..... ۳۴
- ۲-۵-۲-۲- نتوزن (توده های نفوذی) ..... ۳۵
- ۲-۵-۲-۱- واحد Oqm، کوارتز مونزود یوریتی، مونزونیتی و کوارتز مونزونیتی ..... ۳۵
- ۲-۵-۲-۳- کواترنری ..... ۳۷
- فصل سوم: پتروگرافی ..... ۳۹**
- ۳-۱- مقدمه ..... ۴۱
- ۳-۲- سنگ های آتشفشانی ..... ۴۱
- ۳-۲-۱- سنگ های تراکی آندزیتی ..... ۴۲
- ۳-۱-۲-۱- خصوصیات ماکروسکوپی ..... ۴۲
- ۳-۱-۲-۲- خصوصیات میکروسکوپی ..... ۴۳
- ۳-۲-۲- سنگ های تراکی آندزیت بازالتی ..... ۴۷
- ۳-۲-۲-۱- خصوصیات ماکروسکوپی ..... ۴۷
- ۳-۲-۲-۲- خصوصیات میکروسکوپی ..... ۴۷
- ۳-۳- سنگ های نیمه عمیق ..... ۵۱
- ۳-۳-۱- خصوصیات ماکروسکوپی ..... ۵۲
- ۳-۳-۲- خصوصیات میکروسکوپی ..... ۵۲
- فصل چهارم: پترولوژی ..... ۵۷**
- ۴-۱- مقدمه ..... ۵۹
- ۴-۲- طبقه بندی های شیمیایی ..... ۶۰

- ۶۰.....۴-۲-۱- سنگ های آتشفشانی.....
- ۶۱.....۴-۲-۲- سنگ های نیمه عمیق.....
- ۶۶.....۴-۳-۳- سری ماگمایی.....
- ۶۶.....۴-۳-۱- نمودار TAS و Q-Ne-Or.....
- ۶۷.....۴-۳-۲- نمودارهای تمایز سری تولیتی و کالک آلکان.....
- ۶۸.....۴-۴- نمودارهای تغییرات (هار کر).....
- ۶۹.....۴-۴-۱- نمودارهای هار کر برای سنگ های آتشفشانی.....
- ۶۹.....۴-۴-۱-۱- نمودارهای اکسید عناصر اصلی در برابر سیلیس.....
- ۷۰.....۴-۴-۱-۲- نمودارهای عناصر کمیاب در برابر سیلیس.....
- ۷۲.....۴-۴-۲- نمودارهای هار کر برای سنگ های نیمه عمیق.....
- ۷۲.....۴-۴-۱-۲- نمودارهای اکسید عناصر اصلی در برابر سیلیس.....
- ۷۳.....۴-۴-۲-۲- نمودارهای عناصر کمیاب در برابر سیلیس.....
- ۷۵.....۴-۵- نمودارهای عنکبوتی.....
- ۷۶.....۴-۵-۱- اسپایدر دیاگرام های REE؛ نرمالایز شده نسبت به مقادیر کندریتی.....
- ۷۷.....۴-۵-۲- اسپایدر دیاگرام های چند عنصری؛ نرمالایز شده با مقادیر کندریتی و MORB.....
- ۸۰.....۴-۶- جایگاه تکتونیکی.....
- ۸۰.....۴-۶-۱- جایگاه تکتونیکی سنگ های آتشفشانی براساس عناصر اصلی.....
- ۸۰.....۴-۶-۱-۱- نمودار مولن ۱۹۸۳.....
- ۸۱.....۴-۶-۱-۲- نمودار پیرس و همکاران ۱۹۷۷.....
- ۸۲.....۴-۶-۱-۲- نمودارهای تمایز محیط تکتونیکی بر پایه ی عناصر کمیاب.....
- ۸۶.....۴-۶-۲- سنگ های نیمه عمیق.....
- ۸۷.....۴-۷- نتیجه گیری.....
- ۸۷..... فصل پنجم: آلتراسیون.....

- ۹۱-۵-۱- مقدمه..... ۹۱
- ۹۲-۵-۲- روابط صحرایی..... ۹۲
- ۹۵-۵-۳- پتروگرافی سنگ های دگرسان شده..... ۹۵
- ۹۵-۵-۱-۳- زون سیلیسی..... ۹۵
- ۹۶-۵-۲-۳- سابزون آلونیتی..... ۹۶
- ۹۸-۵-۳-۳- زون کائولینیتی..... ۹۸
- ۱۰۱-۵-۴-۳- زون پروپیلیتی..... ۱۰۱
- ۱۰۳-۵-۴- مروری بر شرایط تشکیل آلونیت..... ۱۰۳
- ۱۰۷-۵-۵- مینرالوگرافی..... ۱۰۷
- ۱۰۷-۵-۱-۵- مگنتیت..... ۱۰۷
- ۱۰۷-۵-۲-۵- هماتیت..... ۱۰۷
- ۱۰۹-۵-۳-۵- پیریت..... ۱۰۹
- ۱۰۹-۵-۴-۵- کالکوپیریت..... ۱۰۹
- ۱۰۹-۵-۵-۵- کالکوسیت..... ۱۰۹
- ۱۱۰-۵-۶-۵- گوتیت..... ۱۱۰
- ۱۱۱-۵-۷-۵- مالاکیت..... ۱۱۱
- ۱۱۲-۵-۶- نمودارهای تهی شدگی و غنی شدگی..... ۱۱۲
- ۱۱۸-۵-۷- سنجش از دور..... ۱۱۸
- ۱۱۹-۵-۱-۷- روش تحلیل مؤلفه های اصلی..... ۱۱۹
- ۱۲۰-۵-۲-۷- روش نسبت گیری بانندی..... ۱۲۰
- ۱۲۱-۵-۳-۷- ترکیب بانندی ۱.۴.۷..... ۱۲۱
- ۱۲۵-۵-۸- سیالات درگیر..... ۱۲۵
- ۱۲۶-۵-۱-۸- روش کار..... ۱۲۶

۱۲۶.....	۲-۸-۵- پتروگرافی میانبارهای سیال.....
۱۲۹.....	۳-۸-۵- شکل ظاهری میانبارها.....
۱۲۹.....	۴-۸-۵- مطالعات میکروترمومتری.....
۱۳۱.....	۵-۸-۵- تعیین عمق و فشار با استفاده از نتایج میکروترمومتری سیالات درگیر.....
۱۳۳.....	۹-۵- شرح.....
۱۳۳.....	۱-۹-۵- خصوصیات کانسارهای اپی ترمال.....
۱۳۴.....	۲-۹-۵- کانسارهای اپی ترمال نوع سولفیداسیون بالا.....
۱۳۴.....	۱-۲-۹-۵- خصوصیات زمین شناسی.....
۱۳۵.....	۲-۲-۹-۵- بافت و شکل ذخیره ی آلتراسیون ها.....
۱۳۵.....	۳-۹-۵- کانسارهای اپی ترمال سولفیداسیون پایین.....
۱۳۵.....	۱-۳-۹-۵- خصوصیات زمین شناسی.....
۱۳۵.....	۲-۳-۹-۵- بافت و شکل ذخیره ی... آلتراسیون ها.....
۱۳۶.....	۱۰-۵- نتیجه گیری.....
۱۳۹.....	<b>فصل ششم: نتیجه گیری.....</b>
۱۴۳.....	<b>فهرست منابع.....</b>

## فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی محدوده ی مورد مطالعه ..... ۴
- شکل ۱-۲- نقشه ی موقعیت جغرافیایی زون طارم و پوشش بر گه های ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ ..... ۴
- شکل ۱-۳- راه های ارتباطی محدوده ی مورد مطالعه ..... ۵
- شکل ۱-۴- نمایی از وضعیت توپوگرافی منطقه ی زاچکان ..... ۸
- شکل ۱-۲- موقعیت تقریبی گسل سلطانیه - تبریز ..... ۱۸
- شکل ۲-۲- تصویر چینه شناسی معادل سازند کرج در طارم ..... ۲۵
- شکل ۲-۳- تقسیم بندی ساختاری ایران (اشتوکلین، ۱۹۶۸) ..... ۲۸
- شکل ۲-۴- تقسیم بندی واحدهای ساختمانی - رسوبی (نبوی، ۱۳۵۵) ..... ۲۹
- شکل ۲-۵- تقسیم بندی واحدهای ساختمانی ایران در ارتباط با حوضه های رسوبی ..... ۳۰
- شکل ۲-۶- تصویر ماهواره ای محدوده ی زاچکان ..... ۳۱
- شکل ۲-۷- نقشه ی زمین شناسی محدوده ی زاچکان ..... ۳۲
- شکل ۲-۸- تناوبی از توف و گدازه در روستای زاچکان پایین ..... ۳۴
- شکل ۲-۹- نمایی از واحد Ea، گدازه ی تراکی آندزیتی ..... ۳۵
- شکل ۲-۱۰- الف - توده کوارتز مونزونیتی (واحد Oqm) در زاچکان پایین، ب - آنکلاو موجود در توده ی نفوذی ..... ۳۶
- شکل ۳-۱- پوشیده شدن نهشته های آذر آواری توسط جریان های گدازه ..... ۴۲
- شکل ۳-۲- مقاطعی از سنگ های تراکی آندزیتی ..... ۴۴
- شکل ۳-۳- مقاطعی از بلورهای پلاژیوکلازو بیوتیت در سنگ های تراکی آندزیتی ..... ۴۶
- شکل ۳-۴- مقاطعی از بلورهای پلاژیوکلاز ..... ۴۸
- شکل ۳-۵- نتایج SEM برای نمونه ی تراکی آندزیت بازالتی ..... ۴۹
- شکل ۳-۶- مقاطعی از سنگ های تراکی آندزیت بازالتی ..... ۵۰

- شکل ۳-۷- آثار تجزیه شدگی و سرسیتی شدن در بلور پلاژیو کلاز..... ۵۱
- شکل ۳-۸- توده ی نفوذی کوارتز مونزونیتی در بخش های مرکزی منطقه ی مورد مطالعه و آنکلاو موجود در آن ..... ۵۲
- شکل ۳-۹- مقاطعی از انواع پلاژیو کلازها در سنگ های نیمه عمیق..... ۵۴
- شکل ۳-۱۰- تبدیل پیروکسن ها به آمفیبول (اورالیتیزاسیون)..... ۵۱
- شکل ۳-۱۱- کلریتی شدن بیوتیت و بافت گرانولار در سنگ های مونزونیتی..... ۵۵
- شکل ۳-۱۲- بافت گرانولار و افیتیک در سنگ های مونزونیتی..... ۵۶
- شکل ۳-۱۳- الف- بافت میکروگرافیک و تجزیه فلدسپات ها به کانی های رسی و تجزیه پلاژیو کلازها به اپیدوت، ب- بافت میکروگرافیک در یک نمونه از سنگ کوارتز مونزونیتی..... ۵۶
- شکل ۴-۱- نمودار طبقه بندی شیمیایی از لوباس و همکاران (۱۹۸۶)..... ۶۰
- شکل ۴-۲- نمودار طبقه بندی کاکس و همکاران (۱۹۷۹)..... ۶۱
- شکل ۴-۳- نامگذاری سنگ های پلوتونیک منطقه با استفاده از عناصر قلیایی در برابر سیلیس (TAS) از کاکس و همکاران (۱۹۷۹)..... ۶۲
- شکل ۴-۴- نمودار نامگذاری سنگ های پلوتونیک (میدلموست، ۱۹۸۵)..... ۶۳
- شکل ۴-۵- نمودارهای تعیین سری ماگمایی سنگ های آتشفشانی و نیمه عمیق..... ۶۶
- شکل ۴-۶- تقسیم بندی سنگ های ساب آکالن برای سنگ های آتشفشانی..... ۶۷
- شکل ۴-۷- تقسیم بندی سنگ های ساب آکالن برای سنگ های نیمه عمیق..... ۶۸
- شکل ۴-۸- نمودارهای اکسید عناصر اصلی در برابر سیلیس برای سنگ های آتشفشانی..... ۷۱
- شکل ۴-۹- نمودارهای عناصر کمیاب در برابر سیلیس برای سنگ های آتشفشانی..... ۷۲
- شکل ۴-۱۰- نمودارهای اکسیدهای عناصر اصلی در برابر سیلیس برای سنگ های نیمه عمیق..... ۷۳
- شکل ۴-۱۱- نمودارهای عناصر کمیاب در برابر سیلیس برای سنگ های نیمه عمیق..... ۷۵
- شکل ۴-۱۲- اسپایدر دیاگرام های REE که نسبت به کندریت نرمالایز شده اند (ناکامورا، ۱۹۷۴)..... ۷۷
- شکل ۴-۱۳- اسپایدر دیاگرام های چند عنصری، نرمالایز شده نسبت به کندریت (تامپسون، ۱۹۸۲)..... ۷۸



- شکل ۴-۱۴- اسپایدر دیاگرام های چند عنصری، نرمالایز شده نسبت به مورب (پیرس، ۱۹۸۳)..... ۷۹
- شکل ۴-۱۵- نمودار تمایزی برای بازالت ها و آندزیت ها (مولن ۱۹۸۳)..... ۸۱
- شکل ۴-۱۶- نمودار تمایزی پیرس و همکاران ( ۱۹۷۷)..... ۸۲
- شکل ۴-۱۷- نمودار تمایز محیط تکتونیکی (وود، ۱۹۸۰)..... ۸۳
- شکل ۴-۱۸- نمودار تمایز محیط تکتونیکی (شروایس، ۱۹۸۲)..... ۸۴
- شکل ۴-۱۹- نمودار تمایز محیط تکتونیکی (کابانیس و لوکول، ۱۹۸۹)..... ۸۵
- شکل ۴-۲۰- نمودارهای تفکیک کننده ی محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها ..... ۸۶
- شکل ۵-۱- دورنمایی از زون های سیلیسی و آلونیتی ..... ۹۳
- شکل ۵-۲- نمونه ی دستی سنگ سیلیسی..... ۹۳
- شکل ۵-۳- زون کائولینیتی ..... ۹۴
- شکل ۵-۴- مقاطعی از سنگ های زون سیلیسی..... ۹۶
- شکل ۵-۵- مقاطعی از آلونیت ها..... ۹۹
- شکل ۵-۶- نمایی از زون های سیلیسی و آلونیتی در سنگ میزبان تراکی آندزیتی..... ۹۹
- شکل ۵-۷- نتایج SEM برای نمونه ی آلونیتی..... ۱۰۰
- شکل ۵-۸- مقاطعی از سنگ های کائولینیتی شده..... ۱۰۱
- شکل ۵-۹- نتایج SEM برای نمونه ی کائولینیتی..... ۱۰۲
- شکل ۵-۱۰- مقاطعی از سنگ های پروپیلیتی شده..... ۱۰۳
- شکل ۵-۱۱- نامگذاری کانی های گروه آلونیت ..... ۱۰۶
- شکل ۵-۱۲- کانه های مگنتیت در نمونه های مطالعه شده از سنگ های مختلف..... ۱۰۸
- شکل ۵-۱۳- هماتیت های موجود در سنگ ها..... ۱۰۸
- شکل ۵-۱۴- پیریت، کالکو پیریت و مگنتیت در برخی از نمونه های مورد مطالعه..... ۱۱۰
- شکل ۵-۱۵- گوئیت و مالاکیت در نمونه ای از زون کائولینیتی..... ۱۱۱
- شکل ۵-۱۶- روند تهی شدگی و غنی شدگی در نمونه ی آلونیتی نسبت به نمونه سالم ZK29..... ۱۱۵

- شکل ۵-۱۷- روند تهی شدگی و غنی شدگی در نمونه ی سیلیسی نسبت به نمونه سالم ZK29.....۱۱۶
- شکل ۵-۱۸- روند تهی شدگی و غنی شدگی در نمونه ی آلونیتی نسبت به نمونه سالم ZK29.....۱۱۷
- شکل ۵-۱۹- تصویر کروسا جهت آشکارسازی دگرسانی های منطقه.....۱۲۲
- شکل ۵-۲۰- نتایج حاصل از نسبت گیری بانندی.....۱۲۳
- شکل ۵-۲۱- تصویر حاصل از ترکیب بانندی ۱.۴.۷.....۱۲۴
- شکل ۵-۲۲- تصاویر میکروسکوپی از انواع سیالات درگیر.....۱۲۸
- شکل ۵-۲۳- نمودار تعیین عمق با استفاده از دمای همگن شدن.....۱۳۱
- شکل ۵-۲۴- نمودار تعیین فشار بخار با استفاده از دمای همگن شدن و میزان شوری.....۱۳۲
- شکل ۵-۲۵- نمودار تعیین نوع کانه زایی با استفاده از شوری و دمای همگن شدن.....۱۳۲
- شکل ۶-۱- نمودارهای مربوط به اختلاط ماگمایی.....۱۴۱
- شکل ۶-۲- مناطق دگرسانی در یک کانسار اپی ترمال، ب- مدل فرضی برای تشکیل دگرسانی منطقه.....۱۴۵

### فهرست جداول

- جدول ۴-۱- نتایج آنالیز XRF برای سنگ های آتشفشانی منطقه ی زاجکان.....۶۳
- جدول ۴-۲- نتایج آنالیز ICP-MS و ICP-OES برای سنگ های آتشفشانی.....۶۴
- جدول ۴-۳- نتایج XRF برای سنگ های نیمه عمیق منطقه ی زاجکان.....۶۴
- جدول ۴-۴- نتایج آنالیز ICP-MS و ICP-OES برای سنگ های نیمه عمیق.....۶۵
- جدول ۵-۱- نتایج آنالیز XRF برای ۹ نمونه از آلونیت های منطقه ی زاجکان.....۱۰۶
- جدول ۵-۲- نتایج آنالیز XRF برای نمونه های دگرسان شده از زاجکان.....۱۱۲
- جدول ۵-۳- نتایج آنالیز ICP-OES برای نمونه های دگرسان شده ی زاجکان.....۱۱۳
- جدول ۵-۵- نتایج حاصل از مطالعات سیالات درگیر از نمونه ی ZK23.....۱۳۰

## علائم و اختصارها

علائم	نام	علائم	نام
Am	آمفیبول	Mt	مگنتیت
Bt	بیوتیت	MREE	عناصر کمیاب میانی
Chl	کلریت	Mc	مالاکیت
Cpx	کلینوپیروکسن	Py	پیریت
Cpy	کالکوپیریت	Px	پیروکسن
Ep	اپیدوت	Pl	پلاژیوکلاز
Goe	گوتیت	Qm	کوارتز مونزونیت
HREE	عناصر کمیاب سنگین	Qt	کوارتز
He	هماتیت	REE	عناصر کمیاب
K-fld	آلکالی فلدسپات	Ser	سریسیت
LREE	عناصر کمیاب سبک	ZK	زاجکان

**فصل اول**

**کلیات**