



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه ی دکتری رشته ی زمین شناسی گرایش پترولوژی

ماگماتیسیم نئوژن در شمال شرق اراک و آلتراسیون های هیدروترمال وابسته

(محدوده اندیس مسی - طلای دالی)

استادان راهنما:

دکتر موسی نقره ثیان

دکتر هوشنگ اسدی هارونی

استاد مشاور:

دکتر محمود خلیلی

پژوهشگر:

فضه آیتی

تیرماه ۱۳۸۸

کتابخانه اساتید دانشجو  
تهیه و درج

۱۳۸۸/۱۰/۲۷

۱۳۰۰۳۰



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه ی دکتری رشته ی زمین شناسی گرایش پترولوژی


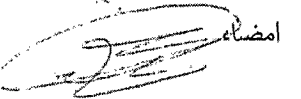
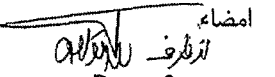
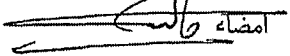
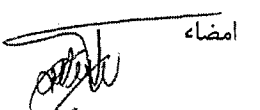


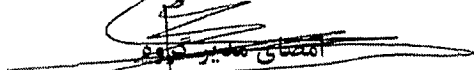
خانم فضا آیتی

تحت عنوان

ماگماتیسیم نئوژن در شمال شرق اراک و آلتراسیون های هیدروترمال وابسته

(محدوده اندیس مس - طلای دالی)

در تاریخ ۱۳۸۸/۴/۱۷ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه **مکالمه** ... به تصویب نهایی رسید.

	امضاء	۱- استاد راهنمای اول پایان نامه	دکتر موسی نقره ثیان	با مرتبه ی علمی دانشیار
	امضاء	۲- استاد راهنمای دوم پایان نامه	دکتر هوشنگ اسدی هارونی	با مرتبه ی علمی استادیار
	امضاء	۳- استاد مشاور پایان نامه	دکتر محمود خلیلی	با مرتبه ی علمی دانشیار
	امضاء	۴- استاد داور داخل گروه	دکتر ایرج نوربهبشت	با مرتبه ی علمی استاد
	امضاء	۵- استاد داور داخل گروه	دکتر قدرت ترابی	با مرتبه ی علمی استادیار
	امضاء	۶- استاد داور خارج از گروه	دکتر علی درویش زاده	با مرتبه ی علمی استاد
	امضاء	۷- استاد داور خارج گروه	دکتر مسیب سبزه ثی	با مرتبه ی علمی استادیار
	امضاء	امضای مدیر گروه		

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و  
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق  
به دانشگاه اصفهان است

## سپاسگزاری:

بارالهی، دل هر سنگ را که شکافتم و بر هر سنگواره که نگریستم، تنها جلوه ای از قدرت لایزال را دیدم و پی به حقارت انسان در گردونه زمان بردم. پروردگارا تو را سپاس می گویم که به من توفیق گام نهادن در عرصه علم و دانش را ارزانی داشتی و در این راه پشتکار و صبر روزافزون را بر من عطا فرمودی.

در این برحه از زمان بر خود واجب می دانم از عزیزانی که راهنما و مشوق من بودند قدردانی نمایم:

استاد راهنمای فرزانه و شایسته جناب آقای دکتر موسی نقره نیان که در تمام طول تحصیل، راهنمای اخلاق و مشوق بنده بوده اند و در جای جای انجام تحقیق بنده را از راهنمایی هایشان بهره مند نمودند. همفکری های علمی و راهنمایی های بسیار کارآمد جناب آقای دکتر هوشنگ اسدی هارونی (استاد راهنما) قابل تقدیر و تشکر می باشد. با سپاس فراوان از جناب آقای دکتر محمود خلیلی (استاد مشاور) که با وجود مشغله فراوان، همواره راهنمایی های ارزشمندی را در اختیار اینجانب قرار دادند.

استفاده از محضر اساتید فرزانه و بزرگ ایران زمین و چهره های ماندگار پترولوژی و زمین شناسی ایران جناب آقای دکتر علی درویش زاده و جناب آقای دکتر مسیب سبزه ای افتخاری بسیار بزرگ برایم بود.

سپاس فراوان از جناب آقای دکتر ایرج نوربهبشت استاد متخصص گروه به خاطر راهنمایی ها و پیشنهادات ارزنده ایشان و جناب آقای دکتر قدرت ترابی استاد متخصص گروه که در تمام مدت تحصیل با روی گشاده و صبر و حوصله زیاد اینجانب را راهنمایی نمودند.

تقدیر و امتنان بسیار از جناب آقای دکتر هاشم باقری که در این پایان نامه به دیده لطف و عنایت نگریستند و خصوصاً در انجام مطالعات سیالات درگیر اینجانب را از راهنمایی خویش بهره مند نمودند. جناب آقای دکتر داریوش اسماعیلی (عضو هیئت علمی دانشگاه تهران) که تشویق، تایید و همکاری ایشان قابل تقدیر می باشد و این افتخار نصیبم شد که از محضر وجودشان کسب فیض و علم نمایم.

از جناب آقای دکتر محمد علی مکی زاده و سرکار خانم دکتر مهین منصوری (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی اصفهان) به خاطر راهنمایی های کارگشا و موثر در انجام این رساله بسیار سپاسگزارم. از جناب آقای دکتر طباطبایی منش و دکتر عبدالرزاق جباری به خاطر راهنمایی های ارزشمندشان کمال تشکر را دارم.

مراتب تشکر و سپاسگزاری خود را از کارمندان دلسوز و صبور گروه زمین شناسی همچون جناب مهندس آروین، سرکار خانم ساکتی و سرکار خانم شاپیری به خاطر زحمات فراوانشان ابراز می نمایم.

با سپاس و تقدیر از صبر و تحمل بی شائبه پدر و مادر عزیز و فداکارم و با تشکر فراوان از همسر عزیزم جناب آقای مهندس سعید مهدوری به خاطر صبر و تحمل کلیه مشکلات و کاستی های زندگی و تلاش ایشان برای ایجاد آرامش و هموار کردن مسیر راه. برگ برگ این تلاش ناچیز را به این عزیزان تقدیم می کنم باشد که قطره ای از دریای بیکران لطف و محبتشان را پاسخ گفته باشم.

تقدیر و تشکر از معاونت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان به دلیل تامین بخشی از هزینه های انجام این تحقیق. در آخر کلام، از کلیه دوستان و عزیزانی که اینجانب را در مراحل مختلف پایان نامه یاری نمودند و نام آنها در این نوشتار ذکر نگردید، تشکر فراوان می نمایم.

**F\_ayati@geol.ui.ac.ir**

**F\_aiaty@yahoo.com**

این اثر را تقدیم می‌نمایم به :

**عزیزانم**

**اسطوره‌های فداکاری**

**"پدر و مادر مهربانم"**

**و**

**"همسر صبورم"**

## چکیده:

از لحاظ موقعیت زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی در امتداد زون آتشفشانی ارومیه دختر قرار گرفته است. ساختار کنونی منطقه برابند جنبش‌های تکتونیکی فازهای نئوآلپی است که بیشتر به صورت گسل‌های راستگرد تظاهر نموده است. حرکات راستگرد گسل‌ها و ایجاد یک رژیم کششی در منطقه، حداقل شرایط لازم جهت شکل‌گیری ولکانیک‌های نئوژن را به وجود آورده است. براساس آنالیزهای حاصل از تجزیه نمونه‌ها و مطالعات میکروسکوپی، ترم‌های مختلف سنگ‌های منطقه شامل آندزیت، بازالت، آندزیت، داسیت و نیز دیوریت و کوآرتز دیوریت با بافت پورفیری می‌باشد که به صورت ولکانیک و ساب‌ولکانیک در منطقه تظاهر کرده است. سنگ‌های آذرین مورد مطالعه دارای ماهیت ژئوشیمیایی کالکوالکان می‌باشند. این مجموعه از لحاظ خصوصیات تکتونوماگمایی در محیط فرورانش حاشیه قاره‌ای تشکیل شده و با مناطق کوهزایی و ماگماتیسیم بعد از کوهزایی مطابقت بیشتری دارند. مجموعه کانی‌های تشکیل دهنده سنگ‌های آذرین مورد مطالعه شامل پلاژیوکلاز، آمفیبول، بیوتیت به همراه پیروکسن و آناری از فلدسپات پتاسیم می‌باشد. آمفیبول‌ها در مجموعه سنگ‌های آذرین مورد مطالعه دارای ترکیبات متنوع (چرماکیت، منیزو هاستنگسیت، منیزو هورنبلند، اکتینولیت و ترمولیت) با حرارت و فشار متفاوت می‌باشند. میزان  $(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})$  در آمفیبول‌ها نشان دهنده بالا بودن فوگاسیته اکسیژن می‌باشد. ژئوبارومتري آمفیبول‌ها، درجه حرارت و فشار تشکیل فنوکریست‌های آمفیبول را به ترتیب بین  $550^{\circ}\text{C}$  تا  $880^{\circ}\text{C}$  و  $4$  تا  $8$  کیلو بار نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که موقعیت احتمالی اولین اتاق ماگمایی مولد سنگ‌های آتشفشانی در پوسته زیرین بوده است. بیوتیت‌های مورد مطالعه حاوی منیزیم بالایی می‌باشند که نشان از بالا بودن فوگاسیته اکسیژن است. با بررسی توزیع اندازه ذرات می‌توان در مورد روند تکامل ماگما در طول مدت توقف آن در محفظه‌های ماگمایی و در طول صعود آن به سطح یا نزدیک به سطح زمین اطلاعاتی به دست آورد. منحنی‌های توزیع اندازه بلورهای پلات شده برای آمفیبول‌ها دو جمعیت را نشان می‌دهد که نشان از شرایط متفاوت تبلور در اعماق متفاوت می‌باشد. حضور پلاژیوکلاز در لاواها نشان دهنده تکامل ماگما در سطوح کم عمق تر و تحت شرایط فوگاسیته نسبتاً پایین تر آب و در اتاق ماگمایی نزدیک به سطح می‌باشد. تهی‌شدگی نمونه‌های مورد مطالعه از عناصر ناسازگار با پتانسیل یونی بالا را می‌توان به حضور ماگماتیسیم مرتبط با زون فرورانش و حضور یک منشاء گوشته‌ای متاسوماتیز شده توسط فرایندهای سابدکشن و از طرفی به حضور آمفیبول و بالا بودن فوگاسیته اکسیژن در ماگما منسوب دانست. غنی‌شدگی LREE و فقدان آنومالی منفی Eu و نسبت La/Yb بین ۱۵ تا ۲۰ و  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  حدود ۱ نشان می‌دهد که هورنبلند از ماگما اشتقاق یافته است. تمرکز پایین تر REE‌ها در آندزیت بازالت‌ها نسبت به سنگ‌های بیشتر تکامل یافته را می‌توان با تبلور تفریقی توجیه نمود. نسبت‌های ایزوتوپی  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  سنگ‌های مورد بررسی نیز با اشتقاق یافتن ماگمای والد آنها از یک منشاء لیتوسفر گوشته‌ای متاسوماتیز شده هماهنگی دارد. شباهت‌های نسبت‌های ایزوتوپی بین سنگ‌های تکامل یافته و آندزیت بازالت‌ها و ارتباط کم و بیش مثبت بین این نسبت‌ها با  $\text{SiO}_2$  و ارتباط منفی آن با MgO نیز توسط تبلور تفریقی قابل توجیه می‌باشد و بیانگر ارتباط ژنتیکی نمونه‌ها با یکدیگر است. تفاوت‌های مختصری هم که مابین این نسبت‌های ایزوتوپی وجود دارد ممکن است تا حدی مربوط به هتروژن بودن منشاء ماگما و نیز مربوط به آلودگی پوسته‌ای باشد. محدوده اکتشافی دالی که قسمتی از



محدوده مورد مطالعه است شامل مجموعه ای از استوک ها و دایک های پورفیری با ترکیب حدواسط تا اسیدی می باشد که در داخل یک استراتوتولکان (تناوبی از گدازه های آندزیتی، آندزیتی بازالتی و سنگ های آذرآواری) نفوذ کرده اند. سه مرکز پورفیری کانی سازی شده به صورت مجزا در این منطقه با جهت شمال غرب - جنوب شرق قابل مشاهده می باشد که توسط مطالعات سنجش از دور تایید گردید. بررسی ها نشان می دهد که کانی سازی در منطقه دالی از نوع مس پورفیری غنی از طلا می باشد. تجزیه شیمیایی در بیشتر نمونه ها تمرکز بالایی تا حد بیش از ۱ درصد وزنی مس و حدود ۱/۲ گرم در تن طلا را نشان می دهد. زون ها و کانی های تشخیص داده شده در منطقه دالی شامل زون اکسید، سوپرژن و هیپوژن با مجموعه کانی هایی همچون هماتیت، گوتیت، ژاروسیت، مگنتیت، مالاکیت و آزوریت، کالکوسیت، کالکوپیریت، کوولیت، پیریت و بورنیت می باشد. در این نهشته، طلا به صورت دانه های آزاد در فازهای سولفیدی همچون کالکوپیریت و نیز در زمینه اکسید آهن و سیلیس دیده می شود. زمانی که محلولهای گرمایی به دلیل ته نشست کانی های سولفیدی از نظر سولفور فقیر می شوند، کمپلکس های طلا ناپایدار گشته و منجر به آزاد شدن طلا گردیده و در نتیجه طلا وارد کانی های سولفیدی همچون پیریت و کالکوپیریت گشته و همراه آنها ته نشست می نماید. بررسی سیالات درگیر در نهشته دالی نشان می دهد که کمپلکس های کلریدی نیز در حمل فلزات پایه و حتی قیمتی همچون طلا نقش موثری داشته اند و با فراهم شدن شرایط ناپایداری این گونه کمپلکس ها، فلزات از آنها جدا شده و منجر به تشکیل این کانسار شده اند. صرف نظر از اینکه طلا به صورت کمپلکس کلریدی یا سولفیدی حمل شود، کاهش در فوگاسیته اکسیژن یک مکانیسم موثر برای ته نشینی طلا می باشد. به نظر می رسد در منطقه دالی سه سیال هیدروترمال فعالیت داشته است. سیال هیدروترمال با منشأ ماگمایی که باعث رخداد آلتراسیون پتاسیک شده است. دومین سیال از آبهای جوی که باعث رخداد آلتراسیون پروپیلیتیک شده است و نهایتا اختلاط دو سیال فوق الذکر که باعث ایجاد سیال با حرارت و شوری پایین تر و ایجاد زون دگرسانی فیلیک شده است. محدوده پرمیل اکسیژن ۱۸ و دوتریوم در نمونه هایی از رگه های کوارتز در محدوده اکتشافی دالی، حضور آبهای ماگمایی با حرارت بالا را در تشکیل این رگه ها نشان می دهد. مطالعه سیالات درگیر بر روی رگه های سیلیسی، کاهش را در درجه حرارت و شوری سیالات از زون پتاسیک به سمت زون فیلیک نشان می دهد. با بررسی و مقایسه ترکیب شیمیایی بیوتیت ها در زون آلتراسیون پتاسیک و فیلیک، شیمی و فوگاسیته سیالات گرمایی مسئول تشکیل بیوتیت ها در این زون ها تعیین و مشخص گردید که ترکیب سیالات گرمایی مربوط به زون پتاسیک نسبت به سیالات مسئول تشکیل بیوتیت در زون فیلیک، متفاوت می باشد. تحرک پایین عناصر نادر خاکی در زون های پتاسیک و پروپیلیتیک مبین بالا بودن pH و پایین بودن نسبت سیال به سنگ در این دگرسانی ها می باشد. در زون دگرسانی فیلیک، کاهش بیشتری در میزان کل REE ها وجود دارد که نشان از شستشوی پیشرفته آنها با افزایش نسبت سیال به سنگ و کاهش بیشتر در مقدار pH می باشد. حداکثر تهی شدگی REE ها در نمونه های با دگرسانی سیلیسی دیده می شود که نشانه تجزیه کامل کانی های اولیه سنگ غیرآلتره و نیز نتیجه فقدان کامل کانی های ثانوی میزبان REE ها، کاهش شدید pH و افزایش نسبت سیال به سنگ می باشد.

**کلید واژه ها:** ارومیه - دختر، توزیع اندازه ذرات، آلتراسیون، مس پورفیری

## فهرست مطالب

عنوان صفحه

### فصل اول: کلیات

- ۱-۱- پیشینه پژوهش ..... ۱
- ۲-۱- موقعیت جغرافیایی، راه های دسترسی و ویژگی های طبیعی منطقه ..... ۲
- ۳-۱- روش مطالعه ..... ۲
- ۴-۱- اهداف ..... ۳

### فصل دوم: زمین شناسی و چینه شناسی منطقه مورد مطالعه

- ۱-۲- مقدمه ..... ۵
- ۲-۲- متالورژی کمر بند کوهزایی زاگرس ..... ۶
- ۳-۲- چینه شناسی منطقه مورد مطالعه ..... ۶
- ۴-۲- نهشته های میوسن ..... ۷
- ۵-۲- سنگ های نیمه ژرف میوسن - پلیوسن ..... ۹
- ۱-۳-۲- کواترنر ..... ۱۱
- ۲-۳-۲- توده های نیمه ژرف گنبدی شکل ..... ۱۲
- ۴-۲- ولکانیسم ..... ۱۴
- ۵-۲- زمین شناسی اقتصادی ..... ۱۶
- ۶-۲- زمین شناسی محدوده اکتشافی اندیس دالی ..... ۱۷

### فصل سوم: تکتونیک منطقه مورد مطالعه

- ۱-۳- مقدمه ..... ۲۴
- ۲-۳- ساختار کلی زون ارومیه - دختر ..... ۲۶
- ۳-۳- ساختار و ساختمان کمر بند کوهزایی زاگرس ..... ۲۹

۴-۳- ساختار کلی منطقه مورد مطالعه..... ۳۱

#### فصل چهارم: مطالعات دور سنجی

۱-۴- مقدمه.....	۳۵
۲-۴- سنجنده ها و دستگاه ها.....	۳۶
۳-۴- نتایج مطالعات دورسنجی محدوده اکتشافی اندیس دالی.....	۳۶
۱-۳-۴- مطالعه با استفاده از داده های TM.....	۳۶
۱-۱-۳-۴- ترکیب رنگی کاذب.....	۳۶
۲-۱-۳-۴- آنالیز مولفه اصلی انتخابی (روش کروستا).....	۳۷
۳-۱-۳-۴- روش نسبت بانندی.....	۳۸
۲-۳-۴- مطالعه با استفاده از داده های استر (Aster).....	۴۳

#### فصل پنجم: مطالعه دگرسانی \_ کانه زایی و ژئوشیمی اکتشافی منطقه دالی

۱-۵- مقدمه.....	۴۸
۲-۵- انواع کانسارهای مس پورفیری، دگرسانی و کانی سازی.....	۴۹
۳-۵- توزیع زمانی و مکانی کانسارهای مس پورفیری.....	۵۶
۴-۵- ژئوشیمی اکتشافی منطقه مینرالیزه دالی.....	۵۷
۵-۵- تعیین ضرایب همبستگی بین عناصر.....	۶۱
۶-۵- انواع دگرسانی های مهم مس پورفیری و بررسی آنها در اندیس دالی.....	۶۵
۱-۴-۵- دگرسانی پتاسیک.....	۶۶
۲-۴-۵- دگرسانی فیلیک.....	۷۰
۳-۴-۵- دگرسانی آرژلیک.....	۷۲
۴-۴-۵- دگرسانی پروپیلیتیک.....	۷۴
۵-۴-۵- دگرسانی سیلیسی.....	۷۶

۷-۵- محاسبات جرمی.....	۷۹
۱-۵-۵- روش ایزوکون.....	۷۹
۸-۵- محاسبات تهی شدگی و غنی شدگی عناصر در منطقه مینرالیزه دالی.....	۸۱
۱-۶-۵- دگرسانی پتاسیک.....	۸۱
۲-۶-۵- دگرسانی فلیک.....	۸۲
۳-۶-۵- دگرسانی پروپیلیتیک.....	۸۴
۴-۶-۵- دگرسانی آرژیلیک.....	۸۵
۵-۶-۵- سیلیسی شدن.....	۸۶
۹-۵- بررسی تاثیر آلتراسیون در الگوی فراوانی عناصر کمیاب خاکی.....	۸۷
۱-۹-۵- عناصر کمیاب در رخساره های دگرسانی دالی.....	۸۸
۱-۱-۹-۵- دگرسانی پتاسیک.....	۸۸
۲-۱-۹-۵- دگرسانی پروپیلیتیک.....	۸۹
۳-۱-۹-۵- دگرسانی فلیک.....	۸۹
۴-۱-۹-۵- دگرسانی سیلیسی.....	۹۰
۵-۱-۹-۵- دگرسانی آرژیلیک.....	۹۰
۱۰-۵- کانه زایی در منطقه دالی.....	۹۴
۱۱-۵- بحث در مورد ژنز نهشته معدنی دالی.....	۹۷

### فصل ششم: مطالعات کانی شناسی و سنگ شناسی

۱-۶- مقدمه.....	۱۰۱
۲-۶- دیوریت تا کوارتز دیوریت پورفیری.....	۱۰۲
۳-۶- توده کوارتز دیوریتی سلفچگان (دم آله).....	۱۰۶
۴-۶- آندزیت بازالتی.....	۱۰۶

عنوان	صفحه
۵-۶- هورنبلند آندزیت - کوارتز آندزیت	۱۰۸
۶-۶- هورنبلند آندزیت پیروکسن دار	۱۱۲
۷-۶- تونالیت (داسیت) پورفیری - گرانودیوریت پورفیری	۱۱۴
۸-۶- دایک های نئوژن	۱۱۹
۹-۶- مارن و آهک سیلیسی تخریبی میوسن	۱۲۰
۱۰-۶- انکلاوها	۱۲۱
۱-۱۰-۶- انکلاو مافیک	۱۲۱
۲-۱۰-۶- انکلاو دیوریتی تا کوارتز دیوریتی	۱۲۲
۱۱-۶- مطالعه مقاطع صیقلی	۱۲۳

#### فصل هفتم: مینرال شیمی

۱-۷- مقدمه	۱۴۱
۲-۷- مینرال شیمی فلدسپات	۱۴۲
۳-۷- مینرال شیمی آمفیبول	۱۴۹
۴-۷- شرایط تبلور فنوکریست های آمفیبول در سنگ های آتشفشانی شمال شرق اراک	۱۵۳
۱-۴-۷- ژئوترموتری	۱۵۳
۲-۴-۷- ژئوبارومتري	۱۵۵
۵-۷- مینرال شیمی کلریت	۱۵۹
۱-۵-۷- ژئوترموتری کلریت	۱۵۹
۶-۷- مینرال شیمی بیوتیت	۱۶۲
۱-۶-۷- شیمی هالوژن ها در بیوتیت	۱۷۱
۲-۶-۷- نسبت های فوگاسیته سیالات هیدروترمال و مقایسه با دیگر نهشته های مس پورفیری	۱۷۳
۳-۶-۷- ترمومتري بیوتیت	۱۷۵

## فصل هشتم: توزیع اندازه ذرات

۱۷۸.....	۱-۸- مقدمه
۱۷۸.....	۲-۸- اندازه گیری سایز بلور
۱۸۰.....	۳-۸- عوامل موثر در CSD
۱۸۰.....	۱-۳-۸- تغییر در بافت بلورها از لحاظ مکانیکی
۱۸۰.....	۱-۱-۳-۸- تراکم
۱۸۱.....	۲-۳-۸- تجمع بلورها
۱۸۲.....	۳-۳-۸- اختلاط ماگماها و جمعیت های بلورها
۱۸۳.....	۴-۸- آنالیز بافتی به صورت کمی و روش به کار برده شده در منطقه مورد مطالعه
۱۸۹.....	۵-۸- نتایج حاصل از بررسی CSD بر روی نمونه ها

## فصل نهم: مطالعات سیالات درگیر و ایزوتوپ پایدار

۱۹۳.....	۱-۹- مقدمه
۱۹۴.....	۲-۹- پتروگرافی سیالات درگیر
۱۹۵.....	۳-۹- ویژگی ظاهری سیالات درگیر
۱۹۵.....	۴-۹- اطلاعات حاصل از مطالعه سیالات درگیر
۱۹۶.....	۵-۹- انواع سیالات درگیر بر اساس ترکیب
۱۹۷.....	۶-۹- مطالعه سیالات درگیر در کانسارهای مس پورفیری
۱۹۸.....	۷-۹- نمونه برداری و آماده سازی
۱۹۸.....	۸-۹- مطالعات میکروترومتری
۲۰۸.....	۷-۷- ردیابی محلولهای هیدروترمال با استفاده از ایزوتوپ های اکسیژن و هیدروژن

## فصل دهم: ژئوشیمی سنگ های آذرین مورد مطالعه

۲۱۰.....	۱-۱۰- مقدمه
۲۱۱.....	۲-۱۰- طبقه بندی ژئوشیمیایی و نامگذاری سنگ های آتشفشانی

۲۱۱.....	۱-۲-۱۰- نمودار TAS
۲۱۱.....	۲-۲-۱۰- دیاگرام A/CNK در مقابل $SiO_2$
۲۱۴.....	۳-۱۰- تعیین نوع و خصوصیت سری ماگمایی
۲۱۴.....	۱-۳-۱۰- دیاگرام $SiO_2/K_2O$
۲۱۵.....	۲-۳-۱۰- دیاگرام $FeO^*/MgO$ $Na_2O+K_2O/SiO_2$
۲۱۷.....	۳-۳-۱۰- دیاگرام AFM
۲۱۷.....	۴-۱۰- بررسی جایگاه تکتونیکی بر اساس داده های ژئوشیمیایی
۲۱۸.....	۱-۴-۱۰- نمودار متمایز کننده بر اساس Nb-Y و Rb-(Y+Nb)
۲۱۸.....	۲-۴-۱۰- دیاگرام La/Yb در مقابل Th/Yb
۲۱۹.....	۵-۱۰- بررسی شیمی ماگما
۲۲۷.....	۶-۱۰- بررسی های پتروژنتیکی و منشاء ماگمای مادر
۲۲۹.....	۱-۶-۱۰- بررسی ایزتوپ اکسیژن ۱۸
۲۳۱.....	۲-۶-۱۰- نمودارهای چند عنصری نرمالیز یا نمودارهای عناصر ناسازگار
۲۳۱.....	۱-۲-۶-۱۰- تحرک عناصر
۲۳۲.....	۲-۲-۶-۱۰- تفسیر نمودارهای عنکبوتی و چند عنصری برای سنگ های آذرین منطقه
۲۳۷.....	۳-۶-۱۰- بررسی ایزوتوپ ناپایدار استرانسیوم
۲۴۲.....	۷-۱۰- نتیجه
۲۴۳.....	<b>فصل یازدهم: نتیجه گیری</b>
۲۵۴.....	<b>پیوست</b>
۲۵۸.....	<b>منابع و ماخذ</b>

## فهرست شکل ها

صفحه

عنوان

### فصل اول:

شکل ۱-۱: تصویر ماهواره ای، موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی به منطقه مورد مطالعه..... ۴

### فصل دوم:

شکل ۱-۲: نقشه زمین شناسی ساده شده منطقه مورد مطالعه ..... ۲۳

شکل ۲-۲: کنتاکت مارن با ساب ولکانها و ایجاد کنتاکت متامورفیسم ضعیف..... ۸

شکل ۲-۳: نمایی از گدازه آندزیتی آندزیت بازالتی به صورت میان لایه درون واحدهای آندزیتی پیروکلاستی..... ۹

شکل ۲-۴: گدازه های آندزیتی درترادف با سنگ های پیروکلاست..... ۹

شکل ۲-۵: برونزد سازند قرمز بالایی و قرارگیری سنگ های آتشفشانی نئوژن بر روی آنها..... ۱۰

شکل ۲-۶: نفوذ مجموعه دایک های آندزیتی درمجموعه گدازه های آندزیتی و پیروکلاست ها..... ۱۱

شکل ۲-۷: دم میکرودیوریتی آله ..... ۱۳

شکل ۲-۸: تناوب مشاهده شده در لایه های دیوریتی تیره و روشن تشکیل دهنده حاشیه دم آله..... ۱۳

شکل ۲-۹: مراحل مختلف تشکیل استراتوولکان خستک ..... ۱۵

شکل ۲-۱۰: زون کانی سازی شده اصلی ..... ۱۸

شکل ۲-۱۱: استوک ورک های کوارتز- مگنتیت در توده جنوبی ..... ۱۸

شکل ۲-۱۲: نمایی از واحدهای سنگی و نوع آلتراسیون و گسترش آنها در منطقه مرکزی ..... ۱۹

شکل ۲-۱۳: نقشه زمین شناسی- آلتراسیون آنومالی جنوبی منطقه اکتشافی دالی..... ۲۰

شکل ۲-۱۴: نقشه زمین شناسی آنومالی مرکزی منطقه اکتشافی دالی ..... ۲۱

### فصل سوم:

شکل ۳-۱: شکستگی های زون برشی راستگرد ..... ۲۷



- شکل ۳-۲: درصد، امتداد و روندهای میانگین گسل ها و شکستگیهای اصلی زون ارومیه - دختر..... ۲۸
- شکل ۳-۳: ایجاد مناطق کشش و تحت فشار در یک منطقه برشی راستگرد..... ۲۹
- شکل ۳-۴: نحوه حرکت بلوکها در امتداد گسل ها و ایجاد مناطق کششی..... ۲۹
- شکل ۳-۵: نقشه شدت میدان مغناطیس کل ..... ۳۰
- شکل ۳-۶: نمایش خطواره های موجود در منطقه مورد مطالعه..... ۳۲
- شکل ۳-۷: معرفی شماتیک نحوه عملکرد گسل های راستگرد منطقه و به وجود آمدن مناطق کششی ..... ۳۳
- شکل ۳-۸: امتداد و روند های میانگین گسل ها و شکستگی های موجود..... ۳۴

#### فصل چهارم:

- شکل ۴-۱: ترکیب رنگی کاذب باندهای ۷، ۴ و ۱..... ۳۹
- شکل ۴-۲: آنالیز اکسید آهن در محدوده دالی به روش کروستا ..... ۴۰
- شکل ۴-۳: آنالیز آلتراسیون در محدوده مورد مطالعه دالی بروش کروستا ..... ۴۱
- شکل ۴-۴: آلتراسیون های ( بنیان OH) بدست آمده با استفاده از نسبت باند ۵ به ۷..... ۴۱
- شکل ۴-۵: تعیین مناطق آهن دار با استفاده از نسبت بانندی ۳ به ۱..... ۴۲
- شکل ۴-۶: نقشه آلتراسیون بدست آمده از داده های TM منطقه..... ۴۲
- شکل ۴-۷: ترکیب رنگی کاذب ۴، ۵ و ۸ SWIR..... ۴۴
- شکل ۴-۸: نمودار طیفی کانی های رسی..... ۴۵
- شکل ۴-۹: محدوده دارای ایلیت بدست آمده از داده های استر به روش PCA انتخابی..... ۴۶
- شکل ۴-۱۰: نقشه آلتراسیون نهایی بدست آمده از داده های استر..... ۴۷

#### فصل پنجم:

- شکل ۵-۱: تصویری از یک سیستم مس پورفیری ساده در مرز میان محیط های آتشفشانی و نفوذی ..... ۵۱
- شکل ۵-۲: مناطق دگرسانی بر طبق مدل دیوریتی..... ۵۲
- شکل ۵-۳: محدوده ثبات k-feld، سریسیت و کائولینیت بر حسب درجه حرارت و KCl/HCl ..... ۵۶
- شکل ۵-۴: نمودار همبستگی عناصر Cu-Mo در نمونه های خاک و سنگ..... ۶۰

- شکل ۵-۵: نمودار همبستگی عناصر Cu-Au در نمونه های خاک و سنگ ..... ۶۱
- شکل ۵-۶: نمودار همبستگی عناصر Au-Mo در نمونه های خاک و سنگ ..... ۶۱
- شکل ۵-۷: میزان مس در مقابل طلا در نهشته مس پورفیری و مقایسه آن با میزان مس طلا در دالی ..... ۶۴
- شکل ۵-۸:  $K_2O/Na_2O$  در مقابل CaO ..... ۶۷
- شکل ۵-۹: دیاگرام Rb/Sr در مقابل Sr ..... ۶۸
- شکل ۵-۱۰: حضور بلورهای فلدسپات پتاسیم صورتی رنگ به صورت رگه ای و یا رشد آن بر سطح سنگ ..... ۶۸
- شکل ۵-۱۱: تشکیل بیوتیت ثانویه به خرج آمفیبول در زون آلتراسیون پتاسیک ..... ۶۸
- شکل ۵-۱۲: تشکیل بیوتیت ثانویه و کلریتی شدن آن ..... ۶۹
- شکل ۵-۱۳: دیفراکتومتر پرتو ایکس از نمونه ولکانیک دگرسان شده با مجموعه کانیاپی کوارتز، کلینوکلر، ارتوکلاز، هماتیت، مسکویت ..... ۶۹
- شکل ۵-۱۴: زون بندی آلتراسیون پروپلئیک و فیلیک ..... ۷۱
- شکل ۵-۱۵: دیفراکتومتر پرتو X از نمونه سفید رنگ با مجموعه کانیاپی کوارتز، مسکویت، ناتروژاروسیت ..... ۷۲
- شکل ۵-۱۶: رگچه های کوارتز به همراه ژاروسیت و اکسید آهن در آلتراسیون آرژیلیک پیشرفته ..... ۷۴
- شکل ۵-۱۷: دیفراکتومتر پرتو X از نمونه لیمویی رنگ دگرسان شده با مجموعه کانیاپی کوارتز، مسکویت، ناتروژاروسیت، آلبیت ..... ۷۴
- شکل ۵-۱۸: تصویر ماهواره ای استر نشان دهنده آنومالی جنوبی، آنومالی شمالی و سیستم آلتراسیون ..... ۷۶
- شکل ۵-۱۹: برشی شدن به همراه سیلیسی شدن و تاثیر محلولهای هیدروترمال در آندزیت های جوان ..... ۷۷
- شکل ۵-۲۰: زون سیلیسی حاوی پیریت به صورت پرکننده حفرات و رگه ها ..... ۷۷
- شکل ۵-۲۱: چندین نسل از رگه های متقاطع کوارتز- مگنتیت پرکننده شکاف ها ..... ۷۸
- شکل ۵-۲۲: رگچه های کوارتز - اسپیکولاریت با پهنای ۱-۴ cm در توده نفوذی با آلتراسیون فیلک ..... ۷۸
- شکل ۵-۲۳: رگچه های کوارتز - اسپیکولاریت - لیمونیت ..... ۷۹
- شکل ۵-۲۴: نمودارهای تغییرات غلظت عناصر در زون دگرسانی پتاسیک در نهشته معدنی دالی ..... ۸۲
- شکل ۵-۲۵: نمودار ایزوکون مربوط به زون دگرسانی پتاسیک در نهشته معدنی دالی ..... ۸۲
- شکل ۵-۲۶: نمودارهای تغییرات غلظت عناصر در زون دگرسانی فیلیک در نهشته معدنی دالی ..... ۸۳

- شکل ۵-۲۷: نمودار ایزوکون مربوط به زون دگرسانی فیلیک در نهشته معدنی دالی ۸۳.....
- شکل ۵-۲۸: نمودارهای تغییرات غلظت عناصر در زون دگرسانی پروپیلیتیک در نهشته معدنی دالی ۸۴.....
- شکل ۵-۲۹: نمودار ایزوکون مربوط به زون دگرسانی پروپیلیتیک در نهشته معدنی دالی ۸۴.....
- شکل ۵-۳۰: نمودارهای تغییرات غلظت عناصر در زون دگرسانی آرژیلیک در نهشته معدنی دالی ۸۵.....
- شکل ۵-۳۱: نمودار ایزوکون مربوط به زون دگرسانی آرژیلیک در نهشته معدنی دالی ۸۶.....
- شکل ۵-۳۲: نمودارهای تغییرات غلظت عناصر در زون دگرسانی سیلیسی در نهشته معدنی دالی ۸۷.....
- شکل ۵-۳۳: نمودار ایزوکون مربوط به زون دگرسانی سیلیسی در نهشته معدنی دالی ۸۷.....
- شکل ۵-۳۴: نمودار عناصر نادرخاکی در نمونه کم آلتره و نمونه های حاوی آلتراسیون پتاسیک ۹۱.....
- شکل ۵-۳۵: نمودار عناصر نادرخاکی در نمونه کم آلتره و نمونه های حاوی آلتراسیون پروپیلیتیک ۹۲.....
- شکل ۵-۳۶: نمودار عناصر نادرخاکی در نمونه کم آلتره و نمونه های حاوی آلتراسیون فیلیک ۹۲.....
- شکل ۵-۳۷: نمودار عناصر نادرخاکی در نمونه کم آلتره و نمونه های حاوی آلتراسیون سیلیسی ۹۳.....
- شکل ۵-۳۸: نمودار عناصر نادرخاکی در نمونه کم آلتره و نمونه های حاوی آلتراسیون آرژیلیک ۹۳.....
- شکل ۵-۳۹: دو مجموعه از رگه های کوارتز- مگنتیت در هورنبلند دیوریت پورفیری با آلتراسیون پتاسیک -  
سریسیت در ارتباط با کانی سازی بارز مس ۹۵.....
- شکل ۵-۴۰: رشد بلورهای درشت و شکل دار پیریت ۹۵.....
- شکل ۵-۴۱: رسوب کالکوپیریت در خلل و فرج سنگ در نمونه های حفاری شده مربوط به زون پتاسیک ۹۹.....
- شکل ۵-۴۲: مدل شماتیک ارائه شده برای کانه زایی منطقه مینرالیزه دالی ۹۹.....

## فصل ششم:

- شکل ۶-۱: تصویر مایکروپروب از جانیشینی کائولینیت به جای پلاژیوکلاز و رس به جای بیوتیت ۱۰۴.....
- شکل ۶-۲: سریسیتی شدن پلاژیوکلازها ۱۰۴.....
- شکل ۶-۳: مقطع عرضی یک فنوکریستال آمفیبول ۱۰۵.....
- شکل ۶-۴: تبدیل بخشی پلاژیوکلاز به زاروسیت ۱۰۵.....
- شکل ۶-۵: رخداد شکستگی در پلاژیوکلاز تحت تاثیر محلولهای هیدروترمال ۱۰۵.....

- شکل ۶-۶: برشی شدن پلاژیوکلاز قدیمی و جوش خوردن آن توسط فلدسپات جوان با ترکیب سدیک... ۱۰۵
- شکل ۶-۷: جانیشینی کلریت و اپیدوت به جای آمفیبول ..... ۱۰۵
- شکل ۶-۸: اسفن به همراه کلسیت- کوارتز ..... ۱۰۵
- شکل ۶-۹: حضور بیوتیت سبز همراه با کوارتزهای ناشی از محلولهای هیدرترمال در آندزیت دگرسان... ۱۰۵
- شکل ۶-۱۰: بیوتیت ثانویه به صورت پراکنده در مقطع یا به صورت جایگزین هورنبلند ..... ۱۰۶
- شکل ۶-۱۱: بافت میکروولیتی در گدازه آندزیت بازالتی ..... ۱۰۷
- شکل ۶-۱۲: الیوین های ایدنگزیتی شده و جانیشینی کلسیت به جای آن در زمینه میکروولیتی ..... ۱۰۷
- شکل ۶-۱۳: پیروکسن در زمینه ای از میکروولیت های فلدسپات ..... ۱۰۷
- شکل ۶-۱۴: تجمع پیروکسن به صورت گلوپورفیر ..... ۱۰۷
- شکل ۶-۱۵: آندزیت با زمینه تیره (حاشیه زودسرد شده) ..... ۱۱۰
- شکل ۶-۱۶: پلاژیوکلاز با ساختمان منطقه ای نوسانی و تجزیه شدگی در امتداد خطوط رشد ..... ۱۱۰
- شکل ۶-۱۷: پلاژیوکلاز با ماکل پلی سنتتیک منظم به همراه حواشی غبار آلود در زمینه فلسیتی ..... ۱۱۰
- شکل ۶-۱۸: پلاژیوکلاز با حواشی غبار آلود ..... ۱۱۰
- شکل ۶-۱۹: پلاژیوکلاز با مرکز تجزیه شده و غبار آلود ..... ۱۱۰
- شکل ۶-۲۰: پلاژیوکلاز با حواشی گرد شده و تحلیل رفته ..... ۱۱۱
- شکل ۶-۲۱: پلاژیوکلاز تجزیه شده به کلسیت و رس ..... ۱۱۱
- شکل ۶-۲۲: کربناته شدن پلاژیوکلازها به همراه اپیدوت ..... ۱۱۱
- شکل ۶-۲۳: ادخالهایی از آمفیبول خود شکل داخل پلاژیوکلاز ..... ۱۱۱
- شکل ۶-۲۴: آمفیبول با ماکل کارلسباد ..... ۱۱۱
- شکل ۶-۲۵: کلریتی و اپیدوتی شدن آمفیبول ..... ۱۱۱
- شکل ۶-۲۶: فنوکریستال بیوتیت با ماکل مکانیکی ..... ۱۱۱
- شکل ۶-۲۷: بیوتیت های ماگمایی و تاخیری در برگیرنده پلاژیوکلاز ..... ۱۱۲
- شکل ۶-۲۸: درشت بلورهای آمفیبول در زمینه آندزیت های پورفیری ..... ۱۱۳
- شکل ۶-۲۹: رشد تاخیری آمفیبول به دور پلاژیوکلازها ..... ۱۱۳