

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

١٤٢٩



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده علوم زمین

گروه آموزشی زمین‌شناسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد M.Sc

رشته پترولوژی

عنوان:

پترولوژی سنگ‌های آتشفشانی شرق قزوین با نگرشی بر

امکان وجود پوزولان

استاد راهنما:

دکتر فریبرز مسعودی

اساتید مشاور:

دکتر منصور قربانی

نگارنده:

بهمن رحیم‌زاده

نیم سال دوم سال تحصیلی ۱۳۸۸

۱۳۸۹/۷/۲۲

استادان بزرگ گرامی  
سینه‌سازان

۱۴۲۹۹۸

بسمه تعالی  
وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری  
دانشگاه شهید بهشتی  
دانشکده علوم زمین  
گروه زمین شناسی  
تأییدیه دفاع از پایان نامه  
کارشناسی ارشد

این پایان نامه توسط آقای بهمن رحیمزاده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته

زمین شناسی، گرایش پترولوژی در تاریخ .../۱۲/۸۱۳۸ مورد دفاع قرار گرفت و براساس رأی

هیأت داوران با نمره ۱۸.۹۰ و درجه عالی پذیرفته شد.

استاد راهنما آقای دکتر: فریبرز مسعودی

استاد مشاور آقای دکتر: منصور قربانی

استاد داور آقای دکتر: محمد رهگشای

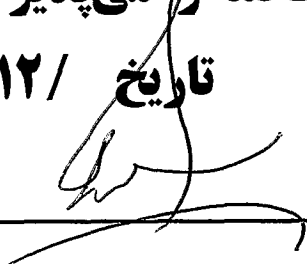
استاد داور آقای دکتر: محمد یزدی

## اقرار و تعهدنامه

اینجانب بهمن رحیمزاده دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد دانشگاه شهیدبهبشتی، دانشکده علوم زمین، گروه زمین‌شناسی، رشته زمین‌شناسی-گرایش پترولوژی، پایان‌نامه حاضر را بر اساس مطالعات و تحقیقات شخصی خود انجام داده و در صورت استفاده از داده‌ها، مآخذ، منابع و نقشه‌ها به طور کامل به آن ارجاع داده‌ام، ضمناً داده‌ها و نقشه‌های موجود را با توجه به مطالعات میدانی - صحرایی خود تدوین نموده‌ام. این پایان‌نامه پیش از این به هیچ‌وجه در مرجع رسمی یا غیر رسمی دیگری به عنوان گزارش یا طرح تحقیقاتی عرضه نشده است. در صورتی که خلاف آن ثابت شود، درجه دریافتی اینجانب از اعتبار ساقط شده، عواقب و نتایج حقوقی حاصله را می‌پذیرم.

تاریخ ۱۳۸۸/۱۲/

امضاء



## تشکر و قدردانی

خدا را شاکرم که این پژوهش با تمام کش و قوس‌هایش آنطوری که خودم خواستم به سرانجام رسید. در راستای انجام این پژوهش افرادی زیادی بر ما منت گذاشته و افتخار داشتم در حضورشان کسب علم نمایم. معلمین اخلاقم، فراتر از دوست، اساتید عزیزم، جناب آقای دکتر مسعودی و جناب آقای دکتر قربانی، تشکر بی‌پایان خودم را تقدیم‌شان می‌نمایم. بی‌شک شاگردی این اساتید سعادت برای من بود. از اساتید بزرگوار و عزیزم جناب آقای دکتر معین وزیری و دکتر وثوقی عابدینی که همواره مثل پدری مهربان به من در این پژوهش کمک کردند کمال تشکر و تعظیم را دارم. از جناب آقای دکتر شهریار محمودی استاد دانشگاه تربیت معلم و مهندس منفردی بابت تمامی زحماتشان خیلی تشکر می‌کنم.

**سر تعظیم و کرنش را در پیشگاه پدر و مادر رنج دیده‌ام فرود می‌آورم.**

از خواهران و برادران بسیار عزیزم برای تمام خوبی‌ها و دلگرمی‌هایشان بسیار تشکر و قدردانی می‌کنم.

تقدیم به

دست‌های پینه بسته

## پدر و مادرم

که لحظه‌ای نیاسودند تا من دمی بیارامم.

## چکیده

در بین دو شهر آبیگ و قزوین در شمال اتوبان تهران- قزوین، مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرین برونزد دارند. این منطقه از لحاظ زمین‌شناسی در زون ساختاری البرز مرکزی قرار گرفته است.

فوران سنگ‌های ولکانیکی منطقه را می‌توان در دو مرحله در نظر گرفت اول سنگ‌های که در یک محیط دریایی کم عمق به همراه اندکی رسوبات فوران نموده‌اند. غالب سنگ‌های این مرحله اسیدی و متعلق به ائوسن هستند. سنگ‌های این مرحله بیشتر توف‌های سبز اسیدی‌اند. مرحله دوم شامل سنگ‌های بیشتر حدواسط تا بازیگ و نسبتاً جوان‌تر از ائوسن است که در محیط خشکی فوران یافته‌اند. سنگ‌های مرحله دوم شامل اولیوین بازالت، بازالت، آندزی بازالت، تراکی آندزیت و ریوداسیت هستند. در کل آندزیت‌ها بیشترین رخمون را دارند.

بافت در سنگ‌های منطقه متنوع و بافت غالب آنها بافت پورفیریک است. از سایر بافت‌ها می‌توان بافت-های گلومروپورفیریک، ویتروپورفیریک، تراکیتی را در گدازه‌ها، و بافت‌های پیروکلاستیک و شیشه‌ای را در پیروکلاستیک‌های منطقه نام برد. فنوکریست‌ها بیشتر کلینوپیروکسن، پلازیوکلاز و ایدینگزیت‌هایی است که از تبدیل کانیهای دیگر بوجود آمده‌اند.

با توجه به نمودارهای ژئوشیمیایی سرشت سنگ‌های منطقه ساب‌الکالن تا الکالن با اکثریت کالکوالکالن پتاسیم بالا و بعضاً شوشونیتی است. نمودارهای عناصر نادر خاکی غنی‌شدگی بالا در عناصر کمیاب سبک (Cs, Rb, Th, K, Pb) در مقابل غنی‌شدگی اندک در عناصر نادر سنگین و متوسط (Nb, Ti, Yb, ) (La, Ce) را نشان می‌دهد. تهی‌شدگی Ta, Nb و غنی‌شدگی LREE ها بیشتر با مناطق کوهزایی و حاشیه قاره فعال شباهت داشته، و این مشخصات بیشتر با ولکانیسم حاصل از مناطق فرورانشی قاره-اقیانوس تطابق دارد.

محاسبات انجام شده بر اساس معادلات فشار سنجی، بیانگر این است که در سنگ‌های آندزی-بازالتی فشار حاکم بر تشکیل آمفیبول‌ها (۱/۹- ۰/۷) Kbar یعنی عمقی معادل ۴-۲) Km بوده است. بر اساس نتایج حاصل از محاسبات با توجه به توزیع عناصر در بلورهای آمفیبول و کلینوپیروکسن، دمای تشکیل حاشیه این کانی‌ها در ماگما ۷۵۰ درجه (پایان تبلور) و دمای مرکز آنها احتمالاً ۱۱۵۰ درجه سانتیگراد (شروع تبلور) است.

در محاسبات انجام شده با روش اندازه بلور (CSD)، نمونه‌های ائوسن گرچه از لحاظ ترکیب شیمیایی به هم نزدیک هستند ولی در بازه زمانی نسبتاً بزرگی رشد کرده و مدت زمان رشد ۲۱ تا ۵۵ سال را نشان می‌دهند. واحدهای میوسن همگرایی خوبی دارند و مدت زمان رشد ۲۲/۸ تا ۳۰/۷ سال را نشان می‌دهند. واحدهای پلیوکواترنر گستره بزرگی را از ۴۴/۷ تا ۸۰ سال را نشان می‌دهند.

به منظور یافتن روابط نوع خصوصیات ژئوشیمیایی و پتروگرافی تاثیرگذار در کیفیت پوزولان، ۵ نمونه از سنگ‌های مختلف منطقه مورد آزمایش قرار گرفت. از این تعداد نمونه یکی دارای کیفیت خوب، ۳ نمونه دارای کیفیت متوسط، و یک نمونه نیز نامناسب برای استفاده در سیمان است.

کلید واژه: ولکانیسم البرز، ترموبارومتري، CSD، پوزولان، قزوین.

## فهرست مطالب

### فصل اول: کلیات

- ۱-۱) مقدمه ..... ۲
- ۱-۲) مشخصات جغرافیایی و راه‌های دسترسی منطقه ..... ۲
- ۱-۳) جایگاه و سن زمین‌شناسی ..... ۴
- ۱-۴) ژئومورفولوژی ناحیه ..... ۷
- ۱-۵) تاریخچه مطالعه قبلی زمین‌شناسی ..... ۸
- ۱-۶) اهداف مطالعه ..... ۱۲
- ۱-۷) روش‌های مطالعه و سیر مطالعاتی ..... ۱۲

### فصل دوم: کلیات

- ۲-۱) مقدمه ..... ۱۵
- ۲-۲) جغرافیای دیرینه و چینه‌شناسی البرز مرکزی ..... ۱۶
- ۲-۳) لیتواستراتیگرافی کلی سنگ‌های آتشفشانی البرز ..... ۱۶
- ۲-۴) البرز مرکزی، مقطع تیپ سازند کرج ..... ۱۷
- ۲-۵) واحدهای آتشفشانی منطقه مورد مطالعه ..... ۲۰
- ۲-۵-۱) گدازه ..... ۲۲
- ۲-۵-۲) پیروکلاستیک ..... ۲۷
- ۲-۶) ژوراسیک ..... ۲۹
- ۲-۷) کرتاسه ..... ۳۰
- ۲-۸) ترشیاری ..... ۳۰
- ۲-۸-۱) ائوسن ..... ۳۰
- ۲-۸-۱-۱) واحدهای E5 ..... ۳۰
- ۲-۸-۱-۲) واحدهای (E<sub>6</sub>) ..... ۳۳



۳۴	..... میوپلیوسن (۲-۸-۲)
۳۵	..... پلیوکواترنر (۲-۸-۳)
۳۶	..... نفوذی و نیمه نفوذی‌ها (۲-۹)
۳۷	..... تکتونیک منطقه مورد مطالعه (۲-۱۰)
۳۹	..... ژئود (۲-۱۱)
۳۹	..... فرایند تشکیل ژئود (۲-۱۱-۱)

### فصل سوم: پتروگرافی

۴۲	..... مقدمه (۳-۱)
۴۲	..... نام‌گذاری سنگ‌های مطالعه شده (۳-۲)
۴۴	..... ائوسن (۳-۳)
۴۴	..... آندزی بازالت (۳-۳-۱)
۴۸	..... واحدهای ایدنگزیت پیروکسن آندزیتی ائوسن ( $E_6^{ap}$ ) (۳-۳-۲)
۵۱	..... واحدهای آندزیتی-تراکی آندزیتی ( $E_5$ ) (۳-۳-۳)
۵۵	..... میوسن (۳-۴)
۵۵	..... بازالت (۳-۴-۱)
۵۵	..... میوپلیوسن (۳-۵)
۵۵	..... پیروکسن هورنبلند آندزیت $MP^{Ob}$ (۳-۵-۱)
۵۸	..... معرفی بافت تیل‌های (۳-۵-۲)
۶۰	..... ایدنگزیت پیروکسن آندزیت (۳-۵-۳)
۶۲	..... پلیوسن (۳-۶)
۶۳	..... پلیوکواترنر (۳-۷)
۶۵	..... پیروکلاستیک‌ها (۳-۸)
۶۵	..... توف‌ها (۳-۸-۱)

۶۶	..... بمب (۳-۸-۲)
۶۶	..... لاپیلی (۳-۸-۳)
۶۷	..... ذرات خاکستر (۳-۸-۴)
۶۷	..... شارد (۳-۸-۵)
۶۷	..... اگلوئرا (۳-۸-۶)
۶۸	..... هیدروکلاستیک (۳-۸-۷)
۶۹	..... دگرسانی (۳-۹)
۷۰	..... ایدنگزیت (۳-۱۰)
۷۲	..... تفسیر هسته گذاری و رشد بلور به عنوان عوامل موثر در تشکیل بلورها (۳-۱۱)

#### فصل چهارم: ژئوشیمی

۷۷	..... مقدمه (۴-۱)
۷۷	..... طبقه بندی سنگ‌های منطقه (۴-۲)
۸۰	..... عناصر اصلی (۴-۳)
۸۱	..... عناصر کمیاب (۴-۴)
۸۴	..... روند تغییرات عناصر نادر خاکی (۴-۵)
۸۴	..... نسبت به گوشته (۴-۵-۱)
۸۶	..... تغییرات عناصر نادر نسبت به مورب پیرس ۱۹۸۳ (Pearce 1983) (۴-۵-۲)
۹۰	..... تعیین محیط تکتونیکی (۴-۶)

#### فصل پنجم: ژئوشیمی تک‌کانی و ترموبارومتري

۹۶	..... مقدمه (۵-۱)
۹۶	..... ترمومتري آمفیبول-کلینوپيروکسن (۵-۲)
۹۸	..... سنگ‌شناسی و پتروگرافی (۵-۳)
۱۰۱	..... کاربرد کلینوپيروکسن در بررسی نوع ماگما و محیط تکتونیکی آن (۵-۴)

۱۰۴..... ۵-۵) ژئوترمو بارومتري

۱۰۴..... ۵-۵-۱) آمفيبول و ژئوبارومتري

۱۰۵..... ۵-۶) ژئوترمو متري

### فصل ششم: توزيع اندازه بلور (CSD)

۱۰۸..... ۶-۱) مقدمه

۱۰۹..... ۶-۲) تعريف

۱۰۹..... ۶-۳) سيستم باز يا مدل شرايط ثابت

۱۱۰..... ۶-۴) سيستم بسته

۱۱۳..... ۶-۵) روش آناليز توزيع اندازه بلور (CSD)

۱۱۵..... ۶-۶) پتروگرافي عمومي

۱۱۷..... ۶-۷) روش مطالعه

۱۱۸..... ۶-۷-۱) سهم حجمي

۱۱۹..... ۶-۷-۲) مدت زمان رشد و سرعت هسته بندي

۱۱۹..... ۶-۷-۳) تحولات ماگمائي

۱۲۵..... ۶-۸) مقايسه موردی آنکلاو و روانه در نمونه گدازه آندزيت پيروکلاستيکی

۱۲۵..... ۶-۸-۱) پتروگرافي نمونه مورد مطالعه

۱۲۶..... ۶-۸-۲) بحث

### فصل هفتم: پوزولان

۱۲۸..... ۷-۱) مقدمه

۱۲۹..... ۷-۲) انواع پوزولان

۱۲۹..... ۷-۲-۱) پوزولان مصنوعي

۱۲۹..... ۷-۲-۲) پوزولان طبيعي

۱۳۱..... ۷-۳) سنگهاي مناسب براي پوزولان

- ۱۳۱..... (۷-۳-۱) خصوصیات شیمیایی
- ۱۳۲..... (۷-۳-۲) علت اهمیت سیلیس آمورف در فاز پوزولان آمیخته
- ۱۳۳..... (۷-۴) گسترش سنگ‌های دارای پتانسیل پوزولانی در ایران
- ۱۳۵..... (۷-۵) کاربرد پوزولان در صنعت سیمان
- ۱۳۷..... (۷-۶) تقسیم بندی پوزولان‌ها
- ۱۳۸..... (۷-۷) ترکیب شیمیایی پوزولان‌ها
- ۱۳۹..... (۷-۷-۱) استاندارد ASTM
- ۱۳۹..... (۷-۷-۲) استاندارد DIN آلمان
- ۱۴۰..... (۷-۷-۳) استانداردهای دیگر
- ۱۴۱..... (۷-۸) بررسی اکسیدهای مهم در ترکیب پوزولان
- ۱۴۱..... (۷-۸-۱) میزان سیلیس سنگ
- ۱۴۲..... (۷-۸-۲) الگوی ژئوشیمیایی پوزولان‌های طبیعی
- ۱۴۲..... (۷-۹) خصوصیت فیزیکی پوزولان
- ۱۴۳..... (۷-۹-۱) پتروگرافی پوزولان
- ۱۴۳..... (۷-۹-۲) پتروگرافی پوزولان‌های طبیعی
- ۱۵۴..... (۷-۹-۳) تاثیر اندازه ذرات پوزولان
- ۱۴۷..... (۷-۱۰) معرفی مناطق مستعد
- ۱۴۷..... (۷-۱۱) انتخاب نمونه‌ها برای آزمایش سیمان
- ۱۴۸..... (۷-۱۲) تعیین فعالیت پوزولانی به روش اندیس هیدرولیکی
- ۱۴۹..... (۷-۱۳) تعیین فعالیت پوزولانی با استفاده از دستگاه STA (روش ترموگراویمتری)
- ۱۵۰..... (۷-۱۴) ارزیابی نتایج فعالیت پوزولانی نمونه‌های پوزولان
- ۱۵۱..... (۷-۱۵) مزایای سیمان پوزولانی
- ۱۵۱..... (۷-۱۶) تعیین میزان پوزولان در سیمان پوزولانی

۱۵۱..... (۷-۱۷) لزوم مطالعه

فصل هشتم: نتیجه گیری

۱۵۳..... نتیجه گیری

۱۵۸..... منابع

## فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) موقعیت و راه‌های دسترسی به منطقه ..... ۳
- شکل (۱-۲) پوشش طبیعی و باغی روستای مزرعه در شمال منطقه ..... ۴
- شکل (۱-۳) زیرپهنه‌های ساختاری البرز ..... ۴
- شکل (۱-۴) نمای از واحد نیمه نفوذی مونزونیتی ائوسن با مورفولوژی پر شیب ..... ۸
- شکل (۱-۵) تصویر ماهواره‌ای منطقه و موقعیت نمونه‌های برداشت شده ..... ۱۲
- شکل (۲-۱) نقشه زمین شناسی ساده شده بخش غربی البرز مرکزی ..... ۱۶
- شکل (۲-۲) تحول چینه‌ای و تکتونیکی البرز (گست و همکاران، ۲۰۰۶) ..... ۱۸
- شکل (۲-۳) چند مقطع چینه‌شناسی از ولکانیک‌های پالئوژن البرز در مناطق مختلف ..... ۲۰
- شکل (۲-۴) خلاصه ویژگیهای آتشفشانی پالئوژن در منطقه البرز ..... ۲۵
- شکل (۲-۵) نقشه تهیه شده از منطقه مورد مطالعه ..... ۲۳
- شکل (۲-۶) نفوذ عصاره اکسید آهن شسته شده از واحد آندزیتی ..... ۲۵
- شکل (۲-۷) A واحد بازالتی B واحد آندزیتی، مسیر جاده بسمت روستای مزرعه ..... ۲۵
- شکل (۲-۸) واحد پیروکلاستیکی شامل بمب، لاپیلی، بلوک در زمینه خاکستر ..... ۲۷
- شکل (۲-۹) خروج گاز در یک جهت مشخص، ..... ۲۹
- شکل (۲-۱۰) واحد آندزیتی-تراکیتی. (A) بدون آنکلاو، آنکلاودار (B) ..... ۳۰
- شکل (۲-۱۱) تزریق دایک بازیک در واحد  $E_5^{ta}$  ..... ۳۰
- شکل (۲-۱۲) بافت پورفیری با فنوکریستهای پیروکسن واحد  $E_6^{ap}$  ..... ۳۲
- شکل (۲-۱۳) شدت خرد شدگی در واحد  $E_6^{ab}$  ..... ۳۲

- شکل ۱۴-۲) A واحد آندزیتی میوپلیوسن، B واحد داسیتی میوپلیوسن (دید به شرق). ..... ۳۲
- شکل ۱۵-۲) گنبد جوان بازالتی اسکوری دار، روستای فالیزان، (دید به شمالغرب). ..... ۳۴
- شکل ۱۶-۲) گسل وندر-تیخور و تشکیل دره در امتداد آن ..... ۳۶
- شکل ۱۷-۲) نمونه‌ای از ژئودهای منطقه مورد مطالعه، ..... ۳۸
- شکل ۱-۳) رده بندی بر اساس IUGS ..... ۴۱
- شکل ۲-۳) نام‌گذاری سنگ‌های پیروکلاستیک طبق نمودارهای سه‌تایی اشمیت و لومتر ... ۴۲
- شکل ۳-۳) آندزی بازالت با بافت گلمروپورفیریک تا پورفیریک. .... ۴۵
- شکل ۴-۳) احتمال تشکیل ایدنگزیت از ۴ کانی آهن-منیزیم دار ..... ۴۷
- شکل ۵-۳) ایدنگزیت پیروکسن آندزیت. .... ۴۸
- شکل ۶-۳) آندزیت-تراکی آندزیت. .... ۵۱
- شکل ۷-۳) بازالت با بافت پورفیری. .... ۵۳
- شکل ۸-۳) آندزیت با بافت پورفیری ..... ۵۷
- شکل ۹-۳) آندزیت تیل‌های ..... ۵۷
- شکل ۱۰-۳) ایدنگزیت پیروکسن آندزیت ..... ۵۸
- شکل ۱۱-۳) توف ..... ۵۹
- شکل ۱۳-۳) A بمب آتشفشانی، B برش عرضی همان بمب ..... ۶۳
- شکل ۱۴-۳) توف‌های لیتیک‌دار. .... ۶۵
- شکل ۱۵-۳) نمونه اسکوری جوان از واحدهای پلیوکواترنر ..... ۶۶
- شکل ۱۶-۳) اگلمرا آندزیت ..... ۶۶
- شکل ۱۷-۳) انواع حفرات و کانی‌های ثانویه تشکیل شده در حفرات واحدهای مختلف ..... ۶۸

- شکل ۱۸-۳) ایدنگزیتی شدن انواع کانی‌های منطقه (اولیوین، پیروکسن، آمفیبول، بیوتیت) ۷۰
- شکل ۱۹-۳) فاز نمودار دوتایی Di-An، و تحول ماگمایی. ۷۲
- شکل ۲۰-۳) تغییر اشکال بلورهای پلاژیوکلاز همراه با تغییرات دما. ۷۳
- شکل ۱-۴) نمودار مجموع الکالی‌ها در برابر سیلیس لومتر و همکاران. ۷۸
- شکل ۲-۴) نمودار AFM اروین و باراگار ۱۹۷۱. ۷۹
- شکل ۳-۴) نمودار تغییرات  $K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  پکسریلو و تایلور ۱۹۷۶. ۸۰
- شکل ۴-۴) نمودار تغییرات A/NK در مقابل A/CNK شاند ۱۹۴۳. ۸۰
- شکل ۵-۴) نمودارهای هارکر، اکسیدهای عناصر اصلی در مقابل  $SiO_2$ . ۸۳
- شکل ۶-۴) روند تغییرات عناصر کمیاب در مقابل  $SiO_2$ . ۸۳
- شکل ۷-۴) نمودارهای عناصر نادر خاکی که نسبت به گوشته اولیه. ۸۵
- شکل ۸-۴) دسته‌بندی عناصر کمیاب بر اساس خصوصیات اسیدیت و الکلینیت. ۸۶
- شکل ۹-۴) نمودارهای عناصر نادر خاکی که نسبت به مورب. ۸۸
- شکل ۱۰-۴) دسته‌بندی عناصر کمیاب بر اساس خصوصیات اسیدیت و الکلینیت. ۸۸
- شکل ۱۱-۴) نمودارهای پیرس و کن ۱۹۷۳. ۹۲
- شکل ۱۲-۴) تعیین جایگاه تکتونیکی سنگ‌های آتشفشانی ساب‌الکان. ۹۳
- شکل ۱۳-۴) نمودار متمایز کننده بازالت‌ها قاره-اقیانوس. ۹۳
- شکل ۱۴-۴) محدوده بازالت قوس قاره‌ای و قوس اقیانوسی. ۹۴
- شکل ۱۵-۴) نمودار متمایز کننده بازالت. ۹۴
- شکل ۱-۵) محل قرارگیری نمونه‌ها روی نمودار سه‌تایی فلدسپات‌ها،. ۹۹
- شکل ۲-۵) محل نمونه‌های کلینوپیروکسن روی نمودار سه‌تایی (Wo-En-Fs). ۱۰۰



- شکل ۳-۵) قرار گیری آنالیزهای پیروکسن روی نمودار سه تایی  $TiO_2-MnO-Na_2O$  .... ۱۰۲
- شکل ۴-۵) نتایج آنالیز نقطه‌ای پیروکسن‌ها ..... ۱۰۳
- شکل ۵-۵) نمودار رابطه ضریب توزیع آهن و منیریم در کلینوپیروکسن و آمفیبول ..... ۱۰۵
- شکل ۱-۶) سیستم باز در یک شرایط تعادلی ثابت و نمودار توزیع اندازه بلور ..... ۱۱۰
- شکل ۲-۶) فرآیند تبلور بلوری غیریکنواخت در یک سیستم بسته ..... ۱۱۲
- شکل ۳-۶) فرآیندهای ماگمایی که توسط روش توزیع های اندازه بلور توصیف شده‌اند. .... ۱۱۲
- شکل ۴-۶) شکل سه‌بعدی بلورها با استفاده از مقاطع دوبعدی ارائه شده توسط هیگینز ..... ۱۱۴
- (شکل ۵-۶) نمودارهایی لگاریتمی چگالی تجمعی در مقابل اندازه دانه‌ها ..... ۱۲۰
- شکل ۶-۶) عکس‌های تهیه شده از مقاطع برای استفاده در CSD ..... ۱۲۱
- شکل ۷-۶) بلورهای پلاژیوکلاز رسم شده در حالت طبیعی ..... ۱۲۳
- شکل ۸-۶) بلورهای پلاژیوکلاز رسم شده بصورت منفصل ..... ۱۲۳
- شکل ۹-۶) a: نمونه اولیون بازالت در نور XPL، b: نمونه دستی ..... ۱۲۵
- شکل ۱۰-۶) بلورهای پلاژیوکلاز رسم شده بصورت منفک. a روانه، b آنکلاو ..... ۱۲۶
- شکل ۱۱-۶) نمودار لگاریتم چگالی تجمعی در مقابل اندازه دانه‌ها ..... ۱۲۶
- شکل ۱-۷) موقعیت سنگ‌های پوزولانی در نمودار میدل موست ..... ۱۳۳
- شکل ۳-۷) مدل واکنش‌پذیری سیلیس متبلور و آمورف ..... ۱۳۴
- شکل ۴-۷) پراکندگی مناطق مستعد پوزولان طبیعی در ایران ..... ۱۳۵
- شکل ۵-۷) تقسیم‌بندی پوزولان‌ها ..... ۱۳۹
- شکل ۷-۷) تغییرات درصد  $SiO_2$  در برابر درصد CaO ..... ۱۴۲
- شکل ۸-۷) توزیع اندازه ذرات خاکسترهای آتشفشانی دو منطقه متفاوت ..... ۱۴۷

شکل ۸-۹ خاکسترهای آتشفشانی: ..... ۱۴۷

## فهرست جداول

- جدول ۱-۱) نتایج مطالعات قبلی در جوار منطقه مورد مطالعه..... ۱۰
- جدول ۱-۳) علائم اختصاری کانی‌ها و کلماتی که در شکل‌ها بکار رفته است..... ۴۲
- جدول ۱-۴) نتایج آنالیزهای XRF ..... ۷۶
- جدول ۲-۴) نمادها در تمامی نمودارها..... ۷۷
- جدول ۳-۴) جمع‌بندی روند تغییرات عناصر در نمونه‌های سنگ‌های مورد مطالعه..... ۸۹
- جدول ۴-۴) مقایسه نتایج مطالعات قبلی در مورد ژئودینامیک منطقه..... ۹۱
- جدول ۱-۵) نتایج آنالیز نقطه‌ای (EPMA)..... ۷۷
- جدول ۲-۵) نتایج محاسبه اعضاء نهایی فلدسپات‌ها..... ۹۹
- جدول ۳-۵) اعضاء انتهایی کلینوپیروکسن‌ها، بلور شماره ۳ دارای زونینگ بوده است.. ۹۹
- جدول ۴-۵) محاسبه اعضاء نهایی اولیوین..... ۱۰۰
- جدول ۵-۵) محاسبه اعضاء نهایی آمفیبول..... ۱۰۱
- جدول ۶-۵) محاسبه کاتیون‌ها برای آمفیبول بر اساس ۲۳ اکسیژن،..... ۱۰۴
- جدول ۷-۵) نتایج محاسبات فشار بر اساس فرمول‌های تجربی اشمیت و هامار استروم..... ۱۰۴
- جدول ۱-۶) ویژگی‌های پتروگرافی واحدهای مورد مطالعه در CSD..... ۱۱۵
- جدول ۲-۶) مناطق اندازه‌گیری شده در هر مقطع و طول و عرض محدوده..... ۱۱۷
- جدول ۳-۶) فراوانی توزیع اندازه‌های گرفته شده..... ۱۱۷
- جدول ۴-۶) نتایج محاسبات حاصل از نمودارهای (CSD) برای نمونه‌های مورد مطالعه .. ۱۱۹
- جدول ۵-۶) فراوانی توزیع اندازه‌های گرفته شده..... ۱۲۵
- جدول ۶-۶) نتایج محاسبات حاصل از نمودارهای (CSD) برای نمونه‌های مورد مطالعه..... ۱۲۵

- جدول ۶-۷) وسعت منطقه اندازه‌گیری شده و ابعاد آن بر حسب ..... ۱۲۵
- جدول ۷-۱) انواع پوزولان‌های ایران (قاضی مرادی ۱۳۷۱) ..... ۱۳۶
- جدول ۷-۲) استاندارد ASTM برای پوزولان ..... ۱۴۰
- جدول ۷-۳) استاندارد آلمان برای پوزولان ..... ۱۴۱
- جدول ۷-۴) استاندارد آلمان برای پوزولان طبیعی ..... ۱۴۱
- جدول ۷-۵) خلاصه استانداردهای به کار رفته در کشورهای مهم استفاده کننده از پوزولان ..... ۱۴۱
- جدول ۷-۶) درصد  $SiO_2$  سنگ‌های مختلف مورد استفاده به عنوان پوزولان ..... ۱۴۲
- جدول ۷-۷) شاخصه‌های ژئوشیمیایی پوزولان‌های مصرفی در صنعت سیمان ..... ۱۴۳
- جدول ۷-۸) خصوصیات فیزیکی پوزولان (اقتباس از یوزونگ ۱۹۹۹) ..... ۱۴۴
- جدول ۷-۹) اندیس هیدرولیکی ۷ و ۲۸ روزه نمونه‌های پوزولان ..... ۱۴۹
- جدول ۷-۱۰) فعالیت پوزولانی ..... ۱۵۰
- جدول ۷-۱۱) مشخصات نمونه‌های انتخابی و نتایج حاصل از آزمایش‌ها ..... ۱۵۱