

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

In the Name of Allah The Merciful Beneficent

«وَفِي الْأَرْضِ آيَاتٌ لِّلْمُوقِنِينَ أَفَلَا تُبْصِرُونَ»

و در زمین و در نفس هایتان برای اهل یقین آیات و نشانه‌هایی است

، پس آیا به چشم بصیرت نمی‌نگرید؟ (ذاریات/۲۱)



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی

پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های گرانیتوئیدی خضر آباد-عقدا  
(غرب یزد) و دگرگونی مجاورتی مرتبط با آنها

نگارنده:

جواد قانع اردکانی

اساتید راهنما:

دکتر حسین مهدی‌زاده شهری

دکتر علی درویش‌زاده

استاد مشاور:

دکتر محمدعلی مکی‌زاده

رساله جهت اخذ درجه دکتری

شهریور ۹۳

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : علوم زمین

گروه : پترولوژی

رساله دکتری آقای جوادقانعی اردکان

تحت عنوان: پترولوژی و ژئوشیمی توده های گرانیتوئیدی خضرآباد- عقدا (غرب یزد) و دگرگونی مجاورتی مرتبط با آنها

در تاریخ ۹۳/۶/۳۱ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ رساله دکتری ارزیابی گردید و با درجه .....خوب..... مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
—	دکتر محمد علی مکی زاده		دکتر حسین مهدیزاده شهری
			دکتر علی درویش زاده

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی:		دکتر سید مسعود همام
	دکتر هادی جعفری		دکتر عباس آسیابانها
			دکتر علی کنعانیان

## تشکر و قدردانی

شایسته است که ابتدای کلام را با نام مدبری آن - نم که تدبیرش عقل‌های جهان را در مانده کرده و سخن را با نام کسی بگشایم که صنعتش ما را به خود مشغول داشته و معماهای شگرف را در هر آنچه تصور نماییم، طرح نموده و اکنون جهان را کلیدی برای گشودن قوانین موجود قرار داده است. **خدایا!** اکنون که از لابه‌لای ساخت‌ها و بافت‌های نقش بسته در سنگ‌ها پی به گذشته می‌بریم و بر نتیجه کار گذشتگان به قضاوت می‌نشینیم، جز تدبیر، حکمت و نظم به چیزی دیگر فکر نمی‌کنیم و هر چه در کوه‌ها و سنگ‌ها نظر کردیم، جز عظمت تو و کوچکی خویش پند دیگری نیافتیم. اینک که در سایه سار الطاف الهی این رساله را پایان رساندم، از درگاه حضرتش توفیق بیشتر درک معرفت، اخلاق و دانش را مسئلت می‌نمایم و از خداوند بزرگ می‌خواهم که شوق آموختن و انگیزه دانش پژوهی را بیش از پیش در من تقویت نماید تا بیشتر به حقایق جهان آگاهی یافته و آنگاه در راه سلامت جامعه و ترقی کشور عزیزمان ایران گام‌های مؤثری بردارم. بی‌شک به پایان رسیدن این رساله امکان پذیر نبود مگر با مساعدت عزیزانی که هر یک به نوعی نگارنده را یاری نمودند و در اینجا برخورد لازم می‌دانم، از یکایک آنان تقدیر و تشکر نمایم:

- استاد راهنما جناب آقای دکتر حسین مهدی‌زاده شهری
  - استاد راهنما جناب آقای دکتر علی درویش‌زاده
  - استاد مشاور جناب آقای دکتر محمدعلی مکی‌زاده
  - جناب آقای دکتر محمود صادقیان
  - جناب آقای دکتر مسعود همام، دکتر عباس آسیابانها و دکتر علی کنعانیان داوران محترم
  - جناب آقای دکتر امید ریاست محترم دانشکده علوم زمین
  - جناب آقای دکتر طاهری معاونت آموزشی محترم دانشکده علوم زمین
  - جناب آقای دکتر هادی جعفری مدیر گروه محترم زمین‌شناسی
  - جناب آقای دکتر کرمی ریاست محترم سابق دانشکده علوم زمین
  - جناب آقای دکتر کاظمی به خاطر ویرایش مقالات و چکیده انگلیسی
  - کارمندان دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود به‌ویژه سرکار خانم فارسی و سعیدی
  - سازمان توسعه و نوسازی معادن صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) به خاطر حمایت مالی و انجام آنالیز میکروپروب و مطالعات سیالات درگیر
- و در پایان از همسر عزیزم جهت فراهم آوردن محیط آرام، تایپ و ویرایش ادبی رساله

## تعهد نامه

اینجانب **جوادقانعی اردکانی** دانشجوی دوره دکتری رشته زمین شناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **پتروولوژی و ژئوشیمی توده های گرانیتوئیدی خضر آباد-عقدا (غرب یزد) و دگرگونی مجاورتی مرتبط با آنها** تحت راهنمایی **دکتر حسین مهدیزاده شهری** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع موره استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ  
امضای دانشجوی  
۹۳/۷/۲۷

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

\* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

## چکیده

توده‌های گرانیتوئیدی غرب یزد به سن الیگو- میوسن در بخش مرکزی کمربند آتشفشانی ارومیه- دختر واقع شده است. این توده‌ها در سنگ‌های آهکی کرتاسه سازند تفت و سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی ائوسن نفوذ کرده و عموماً دارای بافت گرانولار و گاهی بافت پورفیروئیدی، گرانوفیری، گرافیکی، پرتیتی، میرمکیتی و آنتی‌راپاکیوی می‌باشند. بر اساس مشاهدات صحرایی و مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی توده‌های یزد، ترکیبی از آلکالی‌فلدسپارگرانیت تا تونالیت داشته و به نوع گرانیت‌های I دمای بالا (کوردیلرایبی)، ACG، VAG، Post-COLG و HSS تعلق دارند.

نمودارهای مختلف ژئوشیمیایی غنی‌شدگی عناصر LREE، LILE و تهی‌شدگی و آنومالی منفی عناصر HREE و HSFE را نشان می‌دهند که شاخص ماگماهای کالکوالکالن فرورانش در حاشیه فعال قاره‌ای (ACM) است و ماگما از یک پوسته اقیانوسی فرورانده شده (نئوتتیس) و گوه گوشته تحول یافته روی آن منشاء گرفته و در قاعده پوسته تحت تأثیر فرآیند ذوب پوسته‌ای و متعاقب آن فرآیند تبلور تفریقی، هضم و آغشتگی (AFC) حاصل شده است.

طبق مطالعات میکروسکوپی و آنالیز الکترون میکروپروب، اکثر آمفیبول‌های گرانیتوئیدهای یزد از نوع منیزیو- هورنبلند هستند که از کانی مافیک غالب در شناخت گرانیت‌های نوع I می‌باشند. بر اساس روش‌های مختلف تعیین فشار و دما مناسب برای آمفیبول‌ها، بیوتیت‌ها و فلدسپارها، توده‌های گرانیتوئیدی یزد در دمایی بین ۵۳۰ تا ۸۹۰ درجه سانتی‌گراد، گستره فشاری بین ۰/۵ تا ۴/۳ کیلوبار و در عمق ۳ تا ۵/۴۰ کیلومتر سطح زمین تشکیل شده‌اند. و مقدار فوگاسیته اکسیژن بین ۱۰/۷- تا ۱۴/۱۳ (bars) محاسبه گردیده است. برای تعیین ماهیت ماگما و محیط تکتونیکی از کانی‌های بیوتیت و آمفیبول استفاده شده که با توجه به ترکیب این کانی‌ها، به‌ویژه آمفیبول، ماهیت ماگما از نوع کالک آلکالن، دارای فوگاسیته اکسیژن نسبتاً بالا در زمان تبلور و محیط تشکیل آن حاشیه قاره‌ای فعال می‌باشد.

نفوذ توده‌های گرانیتوئیدهای غرب یزد در سنگ میزبان آهکی کرتاسه (سارندتفت) سبب

اسکارن سازی در منطقه با مجموعه کانیایی گارنت + پیروکسن + ترمولیت- اکتینولیت + اپیدوت + کلریت + کوارتز + کلسیت شده است. مطالعه همیافتی کانی ها نشان می دهد که همیافت گارنت- پیروکسن با بیشترین فراوانی، پایه کانیایی اسکارن را شکل داده و گارنت و پیروکسن از دیدگاه بافتی ارتباط تنگاتنگی باهم دارند. مطالعه دقیق روابط پاراژنتیکی کانی های اسکارن به وضوح مراحل مختلف را در تکوین سامانه اسکارن نشان می دهد، به طوری که دو مرحله بنیادی در زایش کانی ها تشخیص داده شده است، لذا می توان اسکارن منطقه را یک اسکارن چندزایی در نظر گرفت.

شیمی کانی ها، گارنت را متمایل به قطب گروسولار و پیروکسن را از نوع اوژیت نشان می دهد و اوج دگرگونی، شکل گیری پیروکسن در گامه پیشرونده اسکارن را باعث شده و به دنبال آن تشکیل گارنت اتفاق افتاده است. وجود منطقه بندی در گارنت ها، جانشینی دوره ای  $Al-Fe^{+3}$  موجود در سیال را حین تشکیل این کانی نشان می دهد. حاکم شدن شرایط اکسیدان در طی تبلور سیال، سبب ناپایداری پیروکسن (پایین بودن فوگاسیته اکسیژن) و رشد گارنت های آندرادیت در سامانه اسکارنی در  $T < 550$  درجه سانتی گراد شده است.

**واژه های کلیدی:** گرانیتوئیدی یزد، گرانیت نوع I، فرورانش، منیزیو- هورنبلند، ترموبارومتري،

اسکارن چندزایی

## لیست مقالات استخراج شده از این پایان نامه عبارتند از:

- ۱- تیپ‌بندی گرانیتوئیدهای جنوب غرب یزد، پنجمین همایش تخصصی زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور مرکز ابهر، ۱۸ تا ۲۰ آبان ماه، ۱۳۹۰.
- ۲- پتروژنز توده گرانیتوئیدی کافی‌آباد (غرب یزد)، ششمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور مرکز کرمان، ۱۸ تا ۲۰ آبان‌ماه، ۱۳۹۱.
- ۳- پتروگرافی و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی کافی‌آباد، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، آذر، ۱۳۹۱.
- ۴- سنگ‌شناسی و ژئوشیمی آداکیت‌های اردکان، شانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز، ۱۴ تا ۱۶ شهریورماه، ۱۳۹۱.
- ۵- بررسی تحولات ماگمایی و پتروژنز توده‌های گرانیتوئید یزد، مجله پترولوژی دانشگاه اصفهان، سال چهارم، شماره شانزدهم، زمستان ۱۳۹۲، صفحات ۸۷-۱۰۴.
- ۶- پتروگرافی و پتروژنز اسکارن‌های هشت‌کوه خضرآباد یزد، مجله پترولوژی دانشگاه اصفهان، سال پنجم، شماره هفدهم، بهار ۱۳۹۳، صفحات ۶۹-۸۲.
- ۷- روابط بافتی، همیافتی، کلینتونیت- اسپینل- گارنت در اسکارن‌های ایران مرکزی به‌عنوان شواهدی در زایش کلینتونیت، مجله پترولوژی دانشگاه اصفهان، سال اول، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۹، صفحات ۶۵-۷۲.



## فهرست مطالب

### فصل اول: کلیات

- ۲-۱- موقعیت جغرافیایی ..... ۲
- ۲-۱- راه‌های دسترسی ..... ۲
- ۳-۱- آب و هوا و پوشش گیاهی منطقه ..... ۳
- ۴-۱- ژئومورفولوژی منطقه ..... ۴
- ۵-۱- تاریخچه مطالعات پیشین در منطقه ..... ۶
- ۶-۱- اهداف پایان‌نامه ..... ۹
- ۷-۱- مراحل و روش‌های انجام پایان‌نامه ..... ۱۰
- ۱-۷-۱- مرحله گردآوری اطلاعات ..... ۱۰
- ۲-۷-۱- مرحله صحرایی ..... ۱۰
- ۳-۷-۱- مرحله مطالعات آزمایشگاهی ..... ۱۱
- ۱-۳-۷-۱- مطالعات پتروگرافی ..... ۱۱
- ۲-۳-۷-۱- مطالعات شیمی‌کانی‌ها ..... ۱۱
- ۳-۳-۷-۱- مطالعات شیمی سنگ کل ..... ۱۲
- ۴-۳-۷-۱- مطالعات پالینومورف ..... ۱۲

### فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی و مشخصات صحرایی

- ۱-۲- مقدمه ..... ۱۴
- ۲-۲- زمین‌شناسی ایران مرکزی ..... ۱۵
- ۱-۲-۲- بلوک لوت ..... ۱۶
- ۲-۲-۲- بلوک طبس ..... ۱۶
- ۳-۲- زمین‌شناسی کمربند آتشفشانی ارومیه-دختر ..... ۱۶
- ۴-۲- زمین‌شناسی عمومی منطقه ..... ۲۰
- ۱-۴-۲- زمین‌شناسی عمومی منطقه خضرآباد ..... ۲۰
- ۲-۴-۲- زمین‌شناسی عمومی منطقه اردکان ..... ۲۷
- ۵-۲- زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه ..... ۲۹
- ۶-۲- زمین‌شناسی اقتصادی ..... ۳۳

۳۵	۷-۲- ویژگی‌های صحرایی توده‌های نفوذی منطقه.....
۳۵	۲-۷-۱- توده نفوذی امین‌آباد.....
۳۷	۲-۷-۲- توده نفوذی ارجنان.....
۳۷	۲-۷-۳- توده نفوذی خضرآباد.....
۴۰	۲-۷-۴- توده نفوذی کافی‌آباد.....
۴۲	۲-۷-۵- توده نفوذی علی‌آباد.....
۴۳	۲-۷-۶- توده نفوذی آدربلندان.....
۴۵	۲-۷-۷- دایک‌های منطقه.....
۴۵	۲-۷-۷-۱- دایک‌های نسل اول (سین‌پلوتونیک).....
۴۸	۲-۷-۷-۲- دایک‌های نسل دوم.....
۵۰	۲-۷-۸- آنکلاوهای مافیک.....
۵۸	۲-۸- نتیجه‌گیری.....

### فصل سوم: پتروگرافی

۶۲	۳-۱- مقدمه.....
۶۲	۳-۲- رده‌بندی مدال.....
۶۴	۳-۳- توده نفوذی امین‌آباد.....
۶۴	۳-۳-۱- مشخصات بافتی.....
۶۴	۳-۳-۲- مشخصات کانی‌شناسی.....
۶۸	۳-۴- توده نفوذی ارجنان.....
۶۸	۳-۴-۱- مشخصات بافتی.....
۶۸	۳-۴-۲- مشخصات کانی‌شناسی.....
۷۱	۳-۵- توده نفوذی خضرآباد.....
۷۱	۳-۵-۱- مشخصات بافتی.....
۷۱	۳-۵-۲- مشخصات کانی‌شناسی.....
۷۳	۳-۵-۳- ویژگی‌های میکروسکوپی تمرکزهای موضعی تورمالین.....
۷۵	۳-۶- توده نفوذی کافی‌آباد.....
۷۵	۳-۶-۱- مشخصات بافتی.....
۷۵	۳-۶-۲- مشخصات کانی‌شناسی.....
۷۷	۳-۷- توده نفوذی علی‌آباد.....
۷۷	۳-۷-۱- مشخصات بافتی.....

۷۸	۲-۷-۳- مشخصات کانی شناسی .....
۸۱	۸-۳- توده نفوذی آدربلندان .....
۸۱	۱-۸-۳- مشخصات بافتی .....
۸۱	۲-۸-۳- مشخصات کانی شناسی .....
۸۴	۹-۳- ویژگی‌های میکروسکوپی دایک‌ها .....
۸۴	۱-۹-۳- دایک‌های نسل اول (سین پلوتونیک) .....
۸۵	۲-۹-۳- دایک‌های نسل دوم .....
۸۵	۱-۲-۹-۳- دایک‌های اسیدی .....
۸۶	۲-۲-۹-۳- دایک‌های آندزیتی .....
۸۷	۳-۲-۹-۳- رگه‌های آپلیتی .....
۸۷	۱۰-۳- ویژگی‌های میکروسکوپی آنکلاوها .....
۸۸	۱۱-۳- تجزیه و تحلیل بافت‌ها .....
۸۹	۱-۱۱-۳- بافت پرتیتی .....
۸۹	۲-۱۱-۳- بافت گرانوفیری و گرافیکی .....
۹۰	۳-۱۱-۳- بافت آنتی‌راپاکیوی .....
۹۰	۴-۱۱-۳- بافت میرمکیتی .....
۹۲	۵-۱۱-۳- دگرسانی .....
۹۴	۶-۱۱-۳- متاسوماتیسم .....
۹۵	۱۲-۳- ترتیب تبلور سنگ‌های مورد مطالعه .....
۹۵	۱۳-۳- نتیجه‌گیری .....

### فصل چهارم: شیمی کانی‌ها

۱۰۰	۱-۴- مقدمه .....
۱۰۰	۲-۴- روش آنالیزهای نقطه‌ای الکترون میکروپروب .....
۱۰۱	۳-۴- روش تحقیق .....
۱۰۳	۴-۴- آمفیبول .....
۱۰۳	۱-۴-۴- فرمول عمومی آمفیبول‌ها .....
۱۰۴	۲-۴-۴- شرایط محاسبه فرمول استاندارد آمفیبول‌ها .....
۱۰۵	۳-۴-۴- تمایز آمفیبول ماگمایی و دگرگونی .....
۱۱۰	۴-۴-۴- رده‌بندی آمفیبول‌ها .....
۱۱۱	۵-۴-۴- فشارسنجی و دماسنجی آمفیبول‌ها .....

- ۱۱۴-۴-۵-۱- شرایط فشارسنجی و دماسنجی آمفیبول‌ها.....
- ۱۱۷-۴-۵-۲- تعیین فشارسنجی و دماسنجی آمفیبول‌ها.....
- ۱۲۰-۴-۵-۳- تعیین دماسنجی زوج کانی‌ها پلاژیوکلاز- هورنبلند.....
- ۱۲۳-۴-۶- تعیین عمق توده‌های گرانیتوئیدی.....
- ۱۲۴-۴-۷- تعیین فوگاسیته اکسیژن.....
- ۱۲۶-۴-۸- تعیین منشاء و محیط تکنوماگمایی.....
- ۱۲۸-۴-۹- تغییرات عناصر در آمفیبول‌ها.....
- ۱۲۹-۴-۵- بیوتیت.....
- ۱۳۰-۴-۵-۱- فرمول عمومی بیوتیت.....
- ۱۳۵-۴-۵-۲- ویژگی‌های شیمیایی خاص بیوتیت.....
- ۱۳۵-۴-۵-۳- تمایز بیوتیت ماگمایی و دگرگونی.....
- ۱۳۶-۴-۵-۴- رده‌بندی بیوتیت.....
- ۱۳۶-۴-۵-۱- رده‌بندی دیر و همکاران (۱۹۹۱).....
- ۱۳۶-۴-۵-۲- رده‌بندی اسپیر (۱۹۸۴).....
- ۱۳۷-۴-۵-۳- رده‌بندی ریدر و همکاران (۱۹۹۸).....
- ۱۳۸-۴-۵-۴- رده‌بندی فوستر (۱۹۸۹).....
- ۱۳۸-۴-۵-۵- پتروژنز گرانیت‌ها بر اساس ترکیب شیمیایی بیوتیت‌ها.....
- ۱۳۹-۴-۵-۱- رده‌بندی و درجه اشباع‌شدگی آلومینیم گرانیت‌ها.....
- ۱۳۹-۴-۵-۱-۱- رده‌بندی لالوند و برنارد (۱۹۹۳).....
- ۱۴۰-۴-۵-۱-۲- رده‌بندی نوکولدز (۱۹۴۷).....
- ۱۴۰-۴-۵-۱-۳- رده‌بندی جیانگ و همکاران (۲۰۰۲).....
- ۱۴۱-۴-۵-۲- تعیین سری ماگمایی.....
- ۱۴۱-۴-۵-۱-۲- رده‌بندی ناچیت (۲۰۰۵).....
- ۱۴۲-۴-۵-۲-۲- رده‌بندی عبدالرحمن (۱۹۹۴).....
- ۱۴۴-۴-۵-۶- دماسنجی بیوتیت.....
- ۱۴۴-۴-۵-۷- تعیین فوگاسیته اکسیژن.....
- ۱۴۵-۴-۵-۸- تعیین میزان آلودگی پوسته‌ای گرانیت‌ها.....
- ۱۴۵-۴-۵-۸-۱- الگوی پراکندگی نمونه‌ها در چهار ضلعی ASPE.....
- ۱۴۶-۴-۵-۸-۲- نمودارهای اگیو و بریمهال (۱۹۸۸).....
- ۱۴۷-۴-۵-۹- تغییرات عناصر در بیوتیت‌ها.....
- ۱۴۸-۴-۶- فلدسپار.....

۱۵۶	۷-۴- تورمالین
۱۵۶	۱-۷-۴- فرمول عمومی تورمالین
۱۵۷	۲-۷-۴- انواع تورمالین
۱۵۷	۱-۲-۷-۴- تورمالین‌های اولیه (ماگمایی)
۱۵۸	۲-۲-۷-۴- تورمالین‌های ثانویه (گرمایی)
۱۵۸	۳-۲-۷-۴- تورمالین‌های حدواسط
۱۵۸	۳-۷-۴- رده‌بندی تورمالین‌ها
۱۶۴	۸-۴- مگنتیت
۱۶۴	۹-۴- کلریت
۱۶۷	۱۰-۴- نتیجه گیری

### فصل پنجم: ژئوشیمی

۱۷۴	۱-۵- مقدمه
۱۷۶	۲-۵- روش آنالیز ICP-MS
۱۷۶	۳-۵- تصحیح نتایج آنالیز شیمیایی
۱۷۷	۱-۳-۵- حذف مواد فرار (L.O.I)
۱۷۷	۲-۳-۵- تعیین نسبت $Fe_2O_3/FeO$
۱۷۸	۴-۵- رده‌بندی سنگ‌های منطقه
۱۸۲	۱-۴-۵- رده‌بندی نورماتیو
۱۸۳	۱-۱-۴-۵- نمودار نورماتیو اشتريکایزن و لومتر (۱۹۷۹)
۱۸۵	۲-۱-۴-۵- نمودار نورماتیو اکائر (۱۹۶۵)
۱۸۵	۲-۴-۵- رده‌بندی شیمیایی
۱۸۷	۱-۲-۴-۵- رده‌بندی میدلموست و همکاران (۱۹۹۴)
۱۸۷	۲-۲-۴-۵- رده‌بندی کاکس و همکاران (۱۹۷۹)
۱۸۸	۳-۲-۴-۵- رده‌بندی دولاروش و همکاران (۱۹۹۰)
۱۸۸	۳-۴-۵- رده‌بندی دایک‌ها و سنگ‌های آتشفشانی
۱۸۹	۵-۵- نمودارهای تغییرات ترکیبی عناصر
۱۹۰	۱-۵-۵- نمودارهای تغییرات عناصر اصلی
۱۹۰	۱-۱-۵-۵- نمودارهای تغییرات عناصر اصلی در مقابل سیلیس (هارکر)
۱۹۲	۲-۱-۵-۵- نمودارهای تغییرات عناصر اصلی در مقابل ضریب تفریق
۱۹۴	۲-۵-۵- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب

- ۱۹۵-۵-۲-۱- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب سازگار در مقابل سیلیس.....
- ۱۹۷-۵-۲-۲- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب ناسازگار در مقابل سیلیس.....
- ۱۹۹-۵-۲-۳- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب در مقابل ضریب تفریق.....
- ۲۰۱-۵-۳- مقایسه فرآیندهای تبلور تفریقی و ذوب بخشی.....
- ۲۰۲-۵-۳-۱- نمودارهای تغییرات عناصر ناسازگار در مقابل عناصر ناسازگار.....
- ۲۰۲-۵-۳-۲- نمودارهای تغییرات عناصر ناسازگار در مقابل عناصر سازگار.....
- ۲۰۴-۵-۳-۳- نمودارهای تغییرات نسبت‌ها.....
- ۲۰۶-۵-۶- نمودارهای عنکبوتی چند عنصری.....
- ۲۰۶-۵-۶-۱- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه.....
- ۲۰۸-۵-۶-۲- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به مورب.....
- ۲۰۹-۵-۶-۳- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به کندریت.....
- ۲۱۲-۵-۶-۴- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به پوسته قاره‌ای.....
- ۲۱۸-۵-۷- سری‌های ماگمایی.....
- ۲۲۰-۵-۸- ضریب اشباع از آلومین (ASI).....
- ۲۲۱-۵-۹- نتیجه‌گیری.....

### فصل ششم: پترولوژی

- ۲۲۴-۶-۱- مقدمه.....
- ۲۲۴-۶-۲- تاریخچه رده‌بندی گرانیت‌ها.....
- ۲۲۶-۶-۳- رده‌بندی گرانیت‌های منطقه.....
- ۲۲۶-۶-۳-۱- مشخصات توده‌های گرانیت‌های منطقه.....
- ۲۲۶-۶-۳-۱-۱- مشخصات صحرایی.....
- ۲۲۷-۶-۳-۱-۲- مشخصات کانی‌شناسی.....
- ۲۲۷-۶-۳-۱-۳- مشخصات ژئوشیمی.....
- ۲۲۸-۶-۳-۲- نمودارهای ژئوشیمیایی تمایز گرانیت‌ها.....
- ۲۲۸-۶-۳-۲-۱- نمودارهای والن و همکاران (۱۹۸۷).....
- ۲۳۰-۶-۳-۲-۲- نمودار کولینز و همکاران (۱۹۹۹).....
- ۲۳۱-۶-۳-۲-۳- نمودار فورنس و همکاران (۱۹۹۶).....
- ۲۳۱-۶-۳-۲-۴- نمودارهای چاپل و وایت (۲۰۰۱).....
- ۲۳۲-۶-۳-۲-۵- نمودار مثلثی باگاس (۲۰۱۰).....
- ۲۳۳-۶-۳-۳- نمودارهای تغییرات عناصر اصلی و کمیاب.....

۲۳۳	۴-۶- مشخصات و رده‌بندی گرانیت‌های نوع I
۲۳۴	۴-۶-۱- شواهد پتروگرافی
۲۳۴	۴-۶-۲- شواهد ژئوشیمیایی
۲۳۵	۴-۶-۵- رده‌بندی باربارین (۱۹۹۹)
۲۳۸	۴-۶-۶- رده‌بندی کاسترو و همکاران (۱۹۹۱)
۲۴۱	۴-۶-۷- جایگاه تکتونوماگمایی
۲۴۲	۴-۶-۷-۱- نمودار باچلور و بودن (۱۹۸۵)
۲۴۲	۴-۶-۷-۲- نمودار مثلثی هریس و همکاران (۱۹۸۶)
۲۴۲	۴-۶-۷-۳- نمودار پیرس و همکاران (۱۹۸۴ و ۱۹۹۶)
۲۴۴	۴-۶-۷-۴- نمودارهای مولر و گروس (۱۹۹۷)
۲۴۴	۴-۶-۸- فرآیندهای مؤثر در تحولات ماگمایی منطقه
۲۴۵	۴-۶-۸-۱- تبلور تفریقی
۲۴۹	۴-۶-۸-۲- آلیش و اختلاط مواد پوسته‌ای
۲۵۲	۴-۶-۹- مدل پیشنهادی ژئودینامیکی منطقه
۲۵۷	۴-۶-۱۰- نتیجه‌گیری

### فصل هفتم: دگرگونی مجاورتی

۲۶۰	۷-۱- مقدمه
۲۶۰	۷-۲- مرمرها
۲۶۱	۷-۳- هورنفلس‌ها
۲۶۲	۷-۴- شیبست لکه‌دار
۲۶۴	۷-۵- اسکارن
۲۶۵	۷-۵-۱- مکانیسم تشکیل اسکارن
۲۶۵	۷-۵-۲- مراحل تشکیل اسکارن
۲۶۷	۷-۵-۳- رده‌بندی اسکارن‌ها
۲۶۷	۷-۵-۳-۱- ترکیب سنگ مادر
۲۶۸	۷-۵-۳-۲- موقعیت اسکارن نسبت به توده نفوذی
۲۶۹	۷-۵-۳-۳- نوع سنگ جایگزین شونده
۲۷۰	۷-۵-۳-۴- جایگاه تکتونیکی
۲۷۱	۷-۵-۳-۵- نوع ماده معدنی
۲۷۱	۷-۵-۴- کانی‌شناسی و کانسارسازی اسکارن‌ها

۲۷۳	..... ۵-۵-۷- ارتباط توده‌های گرانیتوئیدی منطقه با اسکارن‌ها
۲۷۵	..... ۶-۵-۷- اسکارن‌های غرب یزد
۲۷۶	..... ۱-۶-۵-۷- اسکارن هشت کوه
۲۷۶	..... ۱-۱-۶-۵-۷- مشخصات صحرایی
۲۷۷	..... ۲-۱-۶-۵-۷- پتروگرافی
۲۸۴	..... ۳-۱-۶-۵-۷- شیمی کانی‌های تشکیل‌دهنده اسکارن
۲۹۸	..... ۴-۱-۶-۵-۷- پتروژنز اسکارن‌ها
۳۰۳	..... ۵-۱-۶-۵-۷- نتیجه‌گیری
۳۰۴	..... ۲-۶-۵-۷- اسکارن‌های باقی‌آباد
۳۰۴	..... ۱-۲-۶-۵-۷- مشخصات صحرایی
۳۰۴	..... ۲-۲-۶-۵-۷- مشخصات پتروگرافی و شیمی کانی‌ها
۳۱۱	..... ۳-۲-۶-۵-۷- پتروژنز اسکارن
۳۱۵	..... ۴-۲-۶-۵-۷- نتیجه‌گیری
۳۱۷	..... <b>فصل هشتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات</b>
۳۱۸	..... ۱-۸- نتیجه‌گیری
۳۲۴	..... ۲-۸- پیشنهادات
۳۲۵	..... <b>منابع</b>
۳۲۵	..... الف) منابع فارسی
۳۳۱	..... ب) منابع لاتین



## فهرست شکل‌ها

### فصل اول

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه (اقتباس از نقشه راه‌های

ایران، ۱۳۸۸)..... ۳

شکل ۱-۲- تصاویر ماهواره‌ای از موقعیت و ارتباط صحرایی توده‌های نفوذی غرب یزد با سنگ‌های

میزبان‌شان و ژئومورفولوژی منطقه..... ۵

### فصل دوم

شکل ۱-۲- تقسیمات زمین‌شناسی و ساختار ایران (اقتباس از شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۲۰۰۳)..... ۱۴

شکل ۲-۲- جایگاه منطقه مورد مطالعه (بیضی) در ارتباط با نوار ماگمایی ارومیه - دختر و سایر پهنه‌های

رسوبی - ساختاری عمده زمین‌شناختی ایران نشان می‌دهد (آقناباتی، ۲۰۰۴)..... ۱۵

شکل ۲-۳- بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه خضرآباد با اندکی تغییرات (اقتباس از حاج

ملاعلی و همکاران، ۱۳۷۵)..... ۲۱

شکل ۲-۴- کنتاکت توده لوکوگرانیت خضرآباد (LG) با سازند کهر (KF) و سازند سلطانیه (SF) عکس

از معدن آهن نظر، دید به سمت جنوب..... ۲۲

شکل ۲-۵- کنتاکت توده نفوذی خضرآباد با سازند کهر (پنج کیلومتر مانده به خضرآباد)..... ۲۲

شکل ۲-۶- کانسارسازی آهن در کنتاکت توده نفوذی خضرآباد با سازند کهر

(پنج کیلومتر مانده به خضرآباد)..... ۲۲

شکل ۲-۷- سنگ‌های آهکی توده‌ای سازند جمال همراه با نوارهای چرت با سطح فرسایش تیره رنگ..... ۲۲

شکل ۲-۸- دورنمایی از دولومیت سازند شتری (مزرعه نظر - پنج کیلومتر مانده به خضرآباد)..... ۲۲

شکل ۲-۹- کنتاکت تدریجی و هم شیب سازند سنگستان (SF) با سنگ آهک سازند تفت (TF)..... ۲۴

شکل ۲-۱۰- ارتباط صحرایی گرانیتوئیدی شیرکوه (ShG) با سازند تفت (TF)..... ۲۴

شکل ۲-۱۱- بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه علی‌آباد با اندکی تغییرات (اقتباس از حاج

ملاعلی و همکاران، ۱۳۷۵)..... ۲۵

- شکل ۲-۱۲- نفوذ توده نفوذی گرانیتوئیدی کافی آباد (KFG) در سازند تفت (TF) و تشکیل اسکارن (SK) در جنوب روستای هشت کوه..... ۲۶
- شکل ۲-۱۳- نفوذ توده نفوذی گرانیتوئیدی علی آباد (ALG) در سازند تفت (TF) و تشکیل اسکارن (SK) در غرب روستای حسن آباد..... ۲۶
- شکل ۲-۱۴- تشکیلات ماسه سنگی و مارنی نئوژن..... ۲۶
- شکل ۲-۱۵- نفوذ گنبد‌های آتشفشانی پلیو- کوآترنر (DV) در سنگ‌های ائوسن (EF)..... ۲۶
- شکل ۲-۱۶- بخش‌هایی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه اردکان با اندکی تغییرات (اقتباس از عمیدی و همکاران، ۱۹۷۸)..... ۲۸
- شکل ۲-۱۷- دورنمایی از سنگ‌های رسوبی- آتشفشانی ائوسن در جنوب روستای ارجنان..... ۲۹
- شکل ۲-۱۸- توده نفوذی گرانیتوئیدی امین آباد (AMG) و مجموعه عقدا (AC) (غرب روستای امین آباد)..... ۲۹
- شکل ۲-۱۹- نفوذ دایک‌های آندزیتی (AD) در گرانیتوئیدی ارجنان (EJG) (در شمال روستای امین آباد)..... ۲۹
- شکل ۲-۲۰- نفوذ دایک‌های ریوداسیتی (RD) در سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی ائوسن (EV) در شمال روستای امین آباد..... ۲۹
- شکل ۲-۲۱- دورنمایی از معدن آهن نظر خضراآباد (پنج کیلومتر مانده به خضراآباد)..... ۳۴
- شکل ۲-۲۲- رگچه‌های اولیژیست در سنگ‌های لوکوگرانیت خضراآباد در کانسار آهن نظر خضراآباد (پنج کیلومتر مانده به خضراآباد)..... ۳۴
- شکل ۲-۲۳- رگچه‌های مالاکیت (MI)، آزوریت (Az)، مگنتیت (Mag) و لیمونیت (Lm) در کانسار مس دره زرشک..... ۳۴
- شکل ۲-۲۴- چشمه‌های آب گرم و تشکیل نهشت‌های تراورتن در غرب کافی آباد..... ۳۴
- شکل ۲-۲۵- دورنمایی از رخنمون‌های تقریباً مخروطی شکل متعلق به توده نفوذی امین آباد در غرب روستای امین آباد..... ۳۶
- شکل ۲-۲۶- همبری توده گرانیتوئید امین آباد (AMG) با سنگ‌های میزبان آتشفشانی ائوسن (EV) در غرب روستای امین آباد..... ۳۶
- شکل ۲-۲۷- رگه‌های آپلیتی (AP) قطع کننده سنگ‌های گرانیتوئیدی امین آباد

- ۳۶..... (AMG) و آنکلاو میکروگرانولار مافیک (MEE) در جنوب غرب روستای امین‌آباد.....
- شکل ۲-۲۸- رگه‌های پگماتیستی (Pm) و آپلیتی (AP) در توده‌های گرانیتوئیدی امین‌آباد (AMG)
- ۳۶..... در جنوب غرب روستای امین‌آباد.....
- شکل ۲-۲۹- نفوذ زبانه‌هایی از توده گرانیتوئیدی ارجنان (EJG) در سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی
- ۳۸..... ائوسن (EV) در جنوب روستای ارجنان.....
- شکل ۲-۳۰- آپوفیزهای از توده گرانیتوئیدی ارجنان (EJG) با سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی
- ۳۸..... ائوسن (EV) در جنوب روستای ارجنان.....
- شکل ۲-۳۱- درشت بلورهای پلاژیوکلاز و در گرانودیوریت ارجنان (EJG) و آنکلاوهای مافیک (MEE).....
- شکل ۲-۳۲- سنگ مرمر ترمولیت‌دار با بلورهای چوب کبریتی ترمولیت به رنگ سبز
- ۳۸..... در شمال روستای امین‌آباد.....
- شکل ۲-۳۳- همبری توده نفوذی آلکالی‌فلدسپار گرانیت خضرآباد (KHG) با سازند کهر (KF) در
- ۳۹..... مزرعه نظر پنج کیلومتر مانده به خضرآباد.....
- شکل ۲-۳۴- آپوفیزی از توده نفوذی آلکالی‌فلدسپار گرانیت خضرآباد (KHG) در سازند کهر (KF) و سازند
- ۳۹..... دولومیت سلطانیه (SF) در مزرعه نظر پنج کیلومتر مانده به خضرآباد.....
- شکل ۲-۳۵- تمرکزهای موضعی غنی از تورمالین کروی تا بیضوی شکل (MX) در توده نفوذی
- ۳۹..... آلکالی‌فلدسپار گرانیت خضرآباد (KHG) در جنوب خضرآباد.....
- شکل ۲-۳۶- نمای نزدیکتر از تمرکزهای موضعی غنی از تورمالین با حاشیه غنی از کوارتز و
- ۳۹..... آلکالی‌فلدسپار با رنگ روشن در جنوب خضرآباد.....
- شکل ۲-۳۷- نفوذ توده گرانیتوئیدی کافی‌آباد (KFG) در آهک کرتاسه سازند تفت (TF).....
- شکل ۲-۳۸- همبری توده گرانیتوئیدی کافی‌آباد (KFG) در آهک کرتاسه سازند تفت (TF) و
- ۴۱..... اسکارن‌زایی (Sk) صورت گرفته در نزدیکی مرز آن دو (جنوب روستای هشت کوه).....
- شکل ۲-۳۹- فرسایش تخم مرغی شکل در توده گرانیتوئیدی کافی‌آباد (KFG) در شرق کافی‌آباد.....
- شکل ۲-۴۰- همبری تدریجی بین توده گرانیتوئیدی کافی‌آباد (KFG) و توده نفوذی آلکالی‌فلدسپار گرانیت
- ۴۱..... خضرآباد (KHG) (جنوب روستای هشت کوه).....

- شکل ۲-۴۱- تقاطع رگه‌های آپلیتی (AP) در توده گرانیتوئیدی کافی‌آباد (KFG) (شرق روستای کافی‌آباد). ۴۱
- شکل ۲-۴۲- رشد درشت بلورهای ترمولیت - اکتینولیت در حفرات موجود در توده نفوذی گرانیتوئیدی (KFG) (شرق روستای کافی‌آباد). ۴۱
- شکل ۲-۴۳- ارتباط توده گرانیتوئیدی علی‌آباد (ALG) با آهک کرتاسه سازند تفت (TF) (در جنوب علی‌آباد). ۴۲
- شکل ۲-۴۴- همبری توده گرانیتوئیدی علی‌آباد (ALG) با سازند نایبند تریاس بالایی (NF) (در جنوب علی‌آباد). ۴۲
- شکل ۲-۴۵- همبری آهک کرم رنگ سازند تفت با تناوبی از شیل و ماسه‌سنگ به سن کرتاسه (TF) با سازندهای کهر (KF) و دولومیت سلطانیه (SF) (در غرب نصرآباد). ۴۴
- شکل ۲-۴۶- ارتباط صحرایی توده نفوذی گرانیتوئیدی آدربلندان (ADG) با سازند تفت (TF) و تشکیل اسکارن (Sk) و هورنفلس (HF) (در غرب نصرآباد). ۴۴
- شکل ۲-۴۷- کنتاکت دیواره بلند و پلکانی گنبد آتشفشانی نئوژن (ND) با توده نفوذی گرانیتوئیدی آدربلندان (ADG) (در شرق روستای استاز). ۴۴
- شکل ۲-۴۸- خوردشدگی و دگرسانی توده نفوذی گرانیتوئیدی آدربلندان (ADG) در تماس بلافصل گنبد آتشفشانی نئوژن (ND) (در شرق روستای استاز). ۴۴
- شکل ۲-۴۹- نفوذ دایک آندزیتی (AD) در سازند تفت (TF) (جنوب خضرآباد- مزرعه بوز). ۴۵
- شکل ۲-۵۰- نفوذ دایک آندزیتی سین پلوتونیک (AD) در گرانیتوئیدی امین‌آباد (AMG) (غرب روستای امین‌آباد). ۴۵
- شکل ۲-۵۱- همبری دایک آندزیتی سین پلوتونیک (AD) با مونزوگرانیت امین‌آباد (AMG) و ساخت پورفیروئیدی با درشت بلورهای پلاژیوکلاز و هورنبلند در دایک آندزیتی (غرب روستای امین‌آباد). ۴۷
- شکل ۲-۵۲- حاشیه‌های سینوسی‌شکل و مرز انحناء‌دار و کنگره‌مانند دایک آندزیتی سین پلوتونیک (AD) با مونزوگرانیت امین‌آباد (AMG) (غرب روستای امین‌آباد). ۴۷
- شکل ۲-۵۳- نفوذ زبانه‌هایی از مذاب‌گرانییتی (سنگ میزبان) به‌درون شکستگی‌های دایک آندزیتی سین پلوتونیک (AD) (غرب روستای امین‌آباد). ۴۷