بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم زمین

گروه پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی

پایان نامه کارشناسی ارشد پترولوژی

زمین شناسی، ژئوشیمی و پترولوژی دایک‌های دیابازی موجود در منطقه دلبر

دانشجو: زهرا اصغرزاده

استاد راهنما:

دکتر حبیب الله قاسمی

استاد مشاور:

دکتر محمود صادقیان

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

اسفند ماه ۱۳۹۲

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : علوم زمین

گروه : پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم زهرا اصغرزاده

تحت عنوان: زمین‌شناسی، ژئوشیمی و پترولوژی دایک‌های دیابازی موجود در منطقه دلبر

در تاریخ ۹۲/۱۱/۳۰ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

استاد راهنما	امضاء	استاد مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی: دکتر حبیب الله قاسمی		نام و نام خانوادگی : دکتر محمود صادقیان	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی: دکتر مریم شیبی		نام و نام خانوادگی: دکتر غلامعباس کاظمی	
نام و نام خانوادگی: دکتر مهدی رضایی			

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره :

تاریخ : ۹۴/۱۲/۳۰

ویرایش :

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم زهرا اصغرزاده رشته زمین‌شناسی گرایش پترولوژی تحت عنوان زمین‌شناسی، ژئوشیمی و پترولوژی دایک‌های دیابازی موجود در منطقه دلبر که در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۳۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : عالی امتیاز ۱۹) ☒ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹) ۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸) ۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ۱۶)

۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴) ۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنما	دکتر حبیب‌الله قاسمی	دانشیار	
۲ـ استاد مشاور	دکتر محمود صادقیان	استادیار	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر غلامحسین کرمی	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	دکتر مریم شیبی	استادیار	
۵ ـ استاد ممتحن	دکتر مهدی رضایی	استادیار	

رئیس دانشکده: دکتر غلامحسین کرمی

تقدیم به

پدر و مادر عزیز و مهربانم

که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی همواره یاوری دلسوز و فداکار

و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند.

و همسرم

که در سایه همیاری و همدلی او به این منظور نائل شدم

تشکر و قدردانی

برخود لازم می‌دانم از کلیه کسانی که بنده را در نگارش و تدوین این پایان‌نامه یاری نموده‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم، به خصوص از راهنمایی‌ها و زحمات استاد فرزانه و گرانقدر جناب آقای دکتر حبیب الله قاسمی استاد محترم راهنما، که از ابتدای راه و در پی انجام این تحقیق با راهنمایی‌های مؤثر خود مرا در نگارش این اثر یاری نموده‌اند و همچنین از استاد محترم جناب آقای دکتر محمود صادقیان استاد مشاور، که وقت خود را بی‌شائبه در اختیار من گذاشته و مشاوره لازم در این خصوص را ارائه نموده‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین از همراهی و همفکری جناب آقای مهندس حسینی که مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده‌اند، خالصانه تشکر می‌کنم.

در پایان از همراهی دوستان گرانمایه ام خانم‌ها غلامی، فتح‌آبادی، خواهر عزیزم وسایر کسانی که در تدوین این تحقیق مرا یاری نموده اند متشکرم و از خداوند منان سلامت و سعادت ایشان را خواستارم.

تعهد نامه

اینجانب زهرا اصغرزاده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه زمین‌شناسی، ژئوشیمی و پترولوژی دایک‌های دیابازی موجود در منطقه دلبر تحت راهنمائی دکتر حبیب‌الله قاسمی 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 مورد 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 ۹۳/۲/۱۱

امضای دانشجو

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

مجموعه دگرگونی- آذرین دلبر در ۱۵۰ کیلومتری جنوب شرق شاهرود و ۴۰ کیلومتری جنوب شرق بیارجمند، در حاشیه شمالی زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است. این مجموعه با سن حدود ۵۵۰ تا ۶۰۰ میلیون سال پیش (اواخر نئوپروتروزوئیک- اوایل کامبرین)، توسط سه سری دایک بازیک- حدواسط شامل دایک‌های گابرودیوریتی پرکامبرین، دایک‌های گابرویی ژوراسیک میانی و دایک‌های بازالتی الیگو- میوسن قطع شده است. در این مطالعه ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی، ژئوشیمیایی و پترولوژیکی دایک‌های گابرویی ژوراسیک و بازالتی الیگومیوسن مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس مطالعات صحرایی، دایک‌های گابرویی ژوراسیک علاوه بر مجموعه دگرگونی- آذرین دلبر، دگرگونه‌های درجه پایین (رخساره شیست سبز) ژوراسیک زیرین را نیز قطع کرده‌اند، اما در نهشته‌های ژوراسیک میانی- فوقانی و کرتاسه زیرین نفوذ نکرده‌اند. بنابراین، طبق مطالعات صحرایی سن ژوراسیک میانی برای آنها در نظر گرفته شده که با سن حاصل از پرتوسنجی آن‌ها (۳۵ ±۱۵۲ میلیون سال پیش)، کاملاً سازگار است. دایک‌های بازالتی نیز، واحدهای دگرگونه پرکامبرین، آهک‌های کرتاسه زیرین و مارن‌های قرمز رنگ الیگوسن زیرین (سازند قرمز زیرین)، را قطع کرده‌اند و بنابراین سن الیگو- میوسن برای آنها در نظر گرفته شده است. بر اساس مطالعات پتروگرافی، پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن (اوژیت) از کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده دایک‌های گابرویی هستند. کانی‌های فرعی آن‌ها شامل آپاتیت و منیتیت و کانی‌های ثانویه نیز عمدتاً شامل سریسیت، آمفیبول (ناشی از اورالیتی‌شدن کلینوپیروکسن)، کلریت و پرهینت می‌باشند. مهم‌ترین بافت‌های موجود در دایک‌های گابرویی شامل اینترگرانولار، افتیک، ساب‌افتیک و غربالی هستند. در دایک‌های بازالتی، کلینوپیروکسن (اوژیت تا تیتان اوژیت)، پلاژیوکلاز و الیوین از کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده هستند. کانی‌های فرعی نیز شامل منیتیت و کانی‌های ثانویه شامل زئولیت، آنالسیم، ایدینگزیت، بولانژیت و کلسیت می‌باشند. بافت‌های میکرولیتی پورفیری جریانی، هیالومیکرولیتی پورفیری جریانی، گلومروپورفیری و بادامکی، از مهم‌ترین بافت‌های موجود در این دایک‌ها هستند. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی، دایک‌های گابرویی ژوراسیک دارای ماهیت ساب‌آلکالن و دایک‌های بازالتی الیگومیوسن دارای ماهیت آلکالن هستند. نمودار بهنجار شده نسبت به کندریت برای دایک‌های گابرویی و بازالتی، غنی‌شدگی آن‌ها از عناصر LREE نسبت به HREE را نشان می‌دهد. این غنی‌شدگی می‌تواند توسط درجه ذوب بخشی پائین منبع گوشته‌ای و یا آلایش پوسته‌ای توجیه شود. بر اساس مطالعات پترولوژیکی، ماگمای سازنده دایک‌های گابرویی از ذوب بخشی ۷ تا ۲۰ درصدی یک منبع گوشته‌ای اسپینل لرزولیتی غنی شده در اعماق کمتر از ۸۰ کیلومتر و ماگمای سازنده دایک‌های بازالتی از ذوب

بخشی حدوداً ۵ درصدی یک منبع گوشته‌ای گارنت لرزولیتی غنی‌شده در اعماق ۱۰۵ تا ۱۱۰ کیلومتری تشکیل شده است. موقعیت زمانی، مکانی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی و پترولوژیکی دایک‌های گابرویی و بازالتی حاکی از تشکیل آنها در حوضه‌های کششی- کافتی پشت کمانی اولیه ناشی از فرورانش مایل لیتوسفر اقیانوسی نئوتتیس به زیر لیتوسفر قاره‌ای ایران مرکزی، به ترتیب در زمان‌های ژوراسیک میانی و الیگو- میوسن است.

کلمات کلیدی: شاهرود، بیارجمند، دایک بازیک، ژوراسیک، حوضه پشت کمان، نئوتتیس.

لیست مقالات استخراج شده از این پایان نامه عبارتند از:

۱- پترولوژی و ژئوشیمی دایک‌های گابرویی قطع‌کننده مجموعه دگرگونی- آذرین دلبر (جنوب‌شرق بیارجمند- شاهرود)، هفدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی- تهران، آبان ماه ۱۳۹۲.

۲- ژئوشیمی و جایگاه زمین‌ساختی تشکیل دایک‌های گابرویی و بازالتی قطع‌کننده مجموعه دگرگونی- آذرین دلبر (جنوب‌شرق بیارجمند)، هفتمین همایش ملی تخصصی زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور، دانشگاه پیام‌نور لرستان، آبان ماه ۱۳۹۲.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه ۲

۱-۲- زمین‌ریخت‌شناسی ۲

۱-۳- آب و هوا، جغرافیای انسانی و حیات وحش ۴

۱-۴- تاریخچه مطالعات پیشین ۵

۱-۵- اهداف مطالعه ۱۲

۱-۶- روش انجام مطالعه ۱۳

فصل دوم: زمین شناسی عمومی منطقه ۱۵

۲-۱- مقدمه ۱۶

۲-۲- واحدهای سنگی موجود در منطقه مورد مطالعه ۱۸

۲-۲-۱- واحدهای دگرگونه پرکامبرین ۱۸

۲-۲-۲- واحدهای سنگی ژوراسیک ۲۳

۲-۲-۳- واحدهای سنگی کرتاسه ۲۵

۲-۲-۴- واحدهای سنگی ائوسن ۲۵

۲-۲-۵- واحدهای سنگی کواترنری ۲۶

۲-۲-۶- دایک‌های موجود در منطقه مورد مطالعه ۲۶

۲-۳- تکتونیک و زمین‌شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه ۳۰

۲-۳-۱- گسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه ۳۰

۲-۳-۲- چین‌های موجود در منطقه مورد مطالعه ۳۱

۲-۳-۳- اثرات رخدادهای کوهزایی در منطقه مورد مطالعه ۳۲

۲-۴- زمین‌شناسی اقتصادی منطقه مورد مطالعه ۴۰

فصل سوم: پتروگرافی ۴۳

۳-۱- مقدمه ۴۴

۳-۲- مشخصات پتروگرافی دایک‌های گابرویی ۴۴

۳-۲-۱- کانی‌های اصلی ۴۵

۳-۲-۲- کانی‌های فرعی ۵۲

۳-۲-۳- کانی‌های ثانویه ۵۲

۳-۳- مشخصات پتروگرافی دایک‌های بازالتی ۵۳

۳-۴-۱- کانی‌های اصلی ۵۴

۳-۴-۲- کانی فرعی ۶۰

۳-۴-۳- کانی‌های ثانویه ۶۱

۳-۴- مشخصات پتروگرافی دایک‌های گابرویی آمفیبولیتی شده ۶۴

۳-۵- مشخصات پتروگرافی گنیس‌ها ۶۴

فصل چهارم: ژئوشیمی ۷۵
۴-۱- مقدمه ۷۶
۴-۲- منابع بروز خطا در طی آماده‌سازی و تجزیه‌ی شیمیایی نمونه‌ها ۷۸
۴-۳- تصحیح داده‌های حاصل از تجزیه ژئوشیمیایی ۷۹
۴-۳-۱- تصحیح مربوط به حذف مواد فرّار (L.O.I) ۷۹
۴-۳-۲- تصحیح نسبت Fe_2O_3/FeO ۷۹
۴-۴- کاربرد نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی در رده‌بندی سنگ‌های مورد مطالعه ۸۲
۴-۴-۱- رده‌بندی نورماتیو ۸۳
۴-۴-۲- رده‌بندی شیمیایی ۸۴
۴-۵- کاربرد نتایج تجزیه شیمیایی عناصر کمیاب در رده‌بندی سنگ‌های مورد مطالعه ۸۶
۴-۵-۱- نمودارهای تغییرات Zr/Ti در مقابلNb/Y (پیرس و کان، ۱۹۷۳) و Zr/TiO_2 در مقابل Nb/Y (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷) ۸۶
۴-۶- تعیین سری ماگمایی ۸۷
۴-۶-۱- نمودارهای تغییرات (Zr/TiO2)*0/00001 در مقابل Nb/Y (وینچستر و فلوید،۱۹۷۷) و SiO_2 در مقابل Nb/Y، (وود و همکاران، ۱۹۷۹) ۸۸
۴-۶-۲- نمودارهای تغییرات K_2O در مقابل SiO_2، (پیکسریلو و تیلور، ۱۹۷۹) و Th در مقابل Co (هستی و همکاران، ۲۰۰۷) ۸۸
۴-۶-۳- نمودار Ce/Yb در مقابل Ta/Yb، (مولر و گروس، ۱۹۹۷) ۸۹
۴-۷- بررسی تغییر و تحولات ژئوشیمیایی سنگ‌های گابرویی مورد مطالعه به کمک نمودارهای تغییرات ۹۰
۴-۷-۱- نمودارهای تغییرات عناصر اصلی و کمیاب در مقابل MgO (نمودارهای فنر) ۹۰
۴-۸- نمودارهای بهنجار شده و چندعنصری (عنکبوتی) ۹۱
۴-۸-۱- نمودار بهنجارشده عناصر کمیاب خاکی نمونه‌های گابرویی مورد مطالعه نسبت به کندریت (ناکامورا، ۱۹۷۴) ۹۱
۴-۸-۲- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به کندریت (تامپسون، ۱۹۸۲) و گوشته اولیه (سان و مک‌دونوف، ۱۹۸۹) برای نمونه‌های گابرویی ۹۳
۴-۸-۳- نمودار بهنجار شده عناصر کمیاب خاکی نسبت به کندریت (ناکامورا، ۱۹۷۴) و نمودار عنکبوتی بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه (سان و مک‌دونوف، ۱۹۸۹) برای نمونه بازالتی مورد مطالعه ۹۵

فصل پنجم: پتروژنز ۹۷
۵-۱- مقدمه ۹۸
۵-۱-۱- ماگماتیسم و ارتباط آن با زمین‌ساخت ورقه‌ای ۹۸
۵-۲- تعیین محیط زمین‌ساختی در ارتباط با نفوذ دایک‌های گابرویی ۹۹
۵-۲-۱- نمودار تغییرات $(Nb/Zr)_N$ در مقابل Zr، (تیه بلمون و تگی، ۱۹۹۴) ۹۹
۵-۲-۲- نمودارهای Y در مقابل Zr و Zr/Al_2O_3 در مقابل TiO_2/Al_2O_3 (مولر و گروس، ۱۹۹۷) ۱۰۰
۵-۲-۳- نمودار Zr/Y در مقابل Zr ، (پیرس،۱۹۸۳) ۱۰۱
۵-۲-۴- نمودار V در مقابل Ti/1000، (شروه، ۱۹۸۲) ۱۰۱

۵-۲-۵- نمودار Ti/Zr در مقابل Zr، (وودهد و همکاران، ۱۹۹۳) ۱۰۲
۵-۳- تعیین ویژگی‌های ناحیه منشأ ماگمای سازنده دایک‌های گابرویی ۱۰۲
۵-۳-۱- نمودارهای تغییرات Yb در مقابل La/Yb، (پیترز و همکاران، ۲۰۰۸) و $(Tb/Yb)_N$ در مقابل $(La/Sm)_N$، (وانگ و همکاران،۲۰۰۲) ۱۰۳
۵-۳-۲- نمودار Y در مقابل Zr (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹) ۱۰۴
۵-۳-۳- نمودار Sm/Yb در مقابل Sm، (آلدنماز و همکاران، ۲۰۰۰) ۱۰۵
۵-۳-۴- نمودار Rb/Yb در مقابل Rb، (ازدمیر، ۲۰۰۶) ۱۰۵
۵-۳-۵- نمودار Sm/Yb در مقابل La/Sm، (وانگ و همکاران، ۲۰۰۲) ۱۰۵
۵-۳-۶- نمودار $(Ce/Yb)_N$ در مقابل $(Sm/Yb)_N$، (کرینیتز و همکاران ۲۰۰۶) ۱۰۶
۵-۳-۷- نمودار Ce/Yb در مقابل Sm/Yb، (فلش و همکاران، ۱۹۹۸) ۱۰۷
۵-۴- بررسی نقش عوامل مؤثر در تحول ترکیب شیمیایی ماگمای سازنده دایک‌های گابرویی ۱۰۸
۵-۴-۱- بررسی نقش آلایش پوسته‌ای ۱۰۹
۵-۴-۲- بررسی نقش سیالات آزادشده از ورقه اقیانوسی فرورونده در غنی‌شدگی منشأ گوشته‌ای ماگمای سازنده دایک‌های گابرویی ۱۱۲
۵-۵- الگوی زمین‌ساختی- ماگمایی در ارتباط با تشکیل دایک‌های گابرویی مورد مطالعه ۱۱۴
۵-۶- مقایسه ویژگی‌های پترولوژیکی دایک‌های بازالتی مورد مطالعه با گدازه‌های بازالتی در مناطق کلاته سادات و احمد آباد (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۰) ۱۲۷

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۳۱
۶- ۱- نتیجه‌گیری ۱۳۲
۶- ۲- پیشنهادها ۱۳۴
منابع ۱۳۵

فهرست شکل‌ها

فصل اول

شکل ۱-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و نقشه بهترین راه دسترسی به آن ۳

فصل دوم

شکل ۲- ۱- نقشه نمادین تقسیم بندی پهنه‌های ساختاری ایران الف- اشتوکلین (۱۹۶۸)، ب- آقانباتی (۱۳۸۳) و موقعیت منطقه مورد مطالعه در آن‌ها ۱۷
شکل ۲-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه در محدوده بین نقشه‌های الف- ۱:۱۰۰۰۰۰ عباس آباد و ابریشم رود و ب- ۱:۲۵۰۰۰۰ جاجرم و خارتوران ۱۸
شکل ۲-۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۲۰

شکل ۲-۴- الف و ب- تصاویری از طویل شدگی و ردیف شدگی بلورهای کوارتز و بیوتیت در نمونه‌های گنیسی ۲۰
شکل ۲-۵- ردیف های کوارتز و فلدسپات و بیوتیت چین‌خورده در یک نمونه گنیسی در اثر قرارگیری در زون برشی ۲۱
شکل ۲-۶- نمونه ای از گنیس نواری که در زون برشی و در اثر میلونیتی شدن ایجاد شده ۲۱
شکل ۲-۷- الف و ب- تصاویری از رگه‌های کوارتزی ایجاد شده در داخل واحد گنیسی ۲۲
شکل ۲-۸- نمایی از روند موازی دایک‌های گابرویی در داخل واحد گنیسی ۲۳
شکل ۲-۹- تصویری از قطعه گنیسی به دام افتاده در داخل دایک گابرویی و تبدیل آن به گرانیت ۲۳
شکل۲-۱۰- تصویری از بخشی از واحدهای سنگی رخنمون‌یافته در منطقه مورد مطالعه ۲۶
شکل ۲-۱۱- تصویری از واحد کرتاسه زیرین رانده شده بر روی واحد پرکامبرین ۲۶
شکل ۲-۱۲- الف و ب- تصاویری از نفوذ دایک‌های گابرویی در داخل واحد گنیسی و تشکیل حاشیه انجماد سریع ۲۸
شکل ۲-۱۳- تصویری از پورفیرهای درشت پلاژیوکلاز در داخل دایک‌های گابرویی ۲۸
شکل ۲-۱۴- تصویری از فرسایش پوست پیازی ایجاد شده در دایک‌های گابرویی ۲۸
شکل ۲-۱۵- تصویری از نفوذ دایک بازالتی در داخل واحد گنیسی ۲۹
شکل ۲-۱۶- نمایی از نفوذ دایک بازالتی در داخل واحد مارنی ۲۹
شکل ۲-۱۷- تصویری از دبی دیاکلازی و فرسایش پوست پیازی وسیع ایجاد شده در دایک بازالتی ۳۰
شکل ۲-۱۸- نقشه پراکندگی گسل‌ها در منطقه مورد مطالعه ۳۱
شکل ۲-۱۹- تصویری از چین‌خوردگی در کالک‌شیست‌های ژوراسیک ۳۲

فصل سوم

شکل ۳-۱- تصویری از وجود دو نسل پلاژیوکلاز در نمونه‌های گابرویی (XPL) ۴۶
شکل ۳-۲- تصویری از بافت اینترگرانولار و ساب‌افتیک در نمونه‌های گابرویی (XPL) ۴۶
شکل ۳-۳- الف و ب- تصاویری از فرآیند سرسیتی‌شدن در بلورهای پلاژیوکلاز نسل اول (XPL) ۴۷
شکل ۳-۴- تصویری از منطقه‌بندی و حاشیه انحلال یافته در بلور پلاژیو کلاز نسل اول در نمونه‌های گابرویی XPL ۴۸
شکل ۳-۵- تصویری از تشکیل بافت غربالی در بلور پلاژیوکلاز نسل اول در نمونه‌های گابرویی (XPL) ۴۸
شکل ۳-۶- تصویری از حاشیه برهم‌رشدی در پلاژیوکلاز نسل اول در نمونه‌های گابرویی (XPL) ۴۹
شکل ۳-۷- الف و ب- تصاویری از فرآیند اورالیتی‌شدن در کینوپیروکسن‌های موجود در نمونه‌های گابرویی به ترتیب در نورهای XPL و PPL ۵۰
شکل ۳-۸- (الف- ج)- تصویری نمادین از نحوه تبلور بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن در بافت افتیک ۵۱
شکل ۳-۹- تصویری از بافت افتیک در نمونه‌های گابرویی (XPL) ۵۲
شکل ۳-۱۰- تصویری از بافت ساب افتیک در نمونه‌های گابرویی (XPL) ۵۲
شکل ۳-۱۱- تصویری از بلورهای سوزنی آپاتیت در داخل بلورهای پلازیوکلاز در نمونه‌های گابرویی (XPL) ۵۴
شکل ۳-۱۲- تصویری از تشکیل پرهنیت در نمونه‌های گابرویی ۵۴

شکل ۳-۱۳- تصویری از جهت‌یافتگی میکرولیت‌های پلاژیوکلاز در زمینه سنگ بازالتی و ماکل ساعت شنی در بلور تیتان اوژیت شکل (XPL) ۵۶
شکل ۳-۱۴- تصویری از تجمع بلورهای کلینوپیروکسن و تشکیل بافت گلومروپورفیری در نمونه‌های بازالتی و منطقه بندی در حاشیه بلور کلینوپیروکسن (XPL) ۵۶
شکل ۳-۱۵- مدل ژنتیکی نمادین برای نمایش چگونگی شکل‌گیری تجمعات گلومروپورفیری در نمونه های سنگی (ژو و همکاران، ۲۰۰۹) ۵۷
شکل ۳-۱۶- تصویری از بلورهای اسکلتی کلینوپیروکسن در داخل نمونه‌های بازالتی (XPL) ۵۹
شکل ۳-۱۷- تصویری از نطفه بندی و رشد بلورهای کلینو پیروکسن در سطح داخلی حفرات موجود در سنگ‌های بازالتی (XPL) ۵۹
شکل ۳-۱۸- الف و ب- تصاویری از بافت میکرولیتی جریانی و بلورهای الیوین ایدینگزیتی شده در نمونه‌های بازالتی به ترتیب در نورهای XPL و PPL ۶۰
شکل ۳-۱۹- تصویری از بلورهای الیوین بولانژیتی شده در نمونه‌های بازالتی (XPL) ۶۱
شکل ۳-۲۰- تصاویری از زئولیت‌های پرکننده الف- حفرات و ب- شکستگی‌های موجود در سنگ‌های بازالتی (XPL) ۶۲
شکل ۳-۲۱- تصویری از حفره پرشده توسط آنالسیم و کلینوپیروکسن در نمونه‌های بازالتی (XPL) ۶۳
شکل ۳-۲۲- تصویری از حفره پرشده توسط کلسیت و آنالسیم در نمونه‌های بازالتی (XPL) ۶۳
شکل ۳-۲۳- الف و ب- تصاویری از جهت‌یافتگی بلورهای پلاژیوکلاز در دایک‌های گابرویی آمفیبولیتی شده در اثر قرارگیری در زون‌های برشی (XPL) ۶۵
شکل ۳-۲۴- الف و ب- تصاویری از قرارگیری بلور گارنت در بین بلورهای خردشده و جریان‌یافته کوارتز و آمفیبول و تشکیل بافت چشمی به ترتیب در نورهای XPL و PPL ۶۷
شکل ۳-۲۵- تصویری از تجدید تبلور به صورت مهاجرت مرزدانه‌ای در بلورهای کوارتز در نمونه‌های گنیسی ۶۷
شکل ۳- ۲۶- تصویری از ماکل مشبک میکروکلین در نمونه‌های گنیسی (XPL) ۶۷
شکل ۳-۲۷- تصویری از پلاژیوکلازهای سرسیتی‌شده و سایه فشاری ایجاد شده در اطراف آن‌ها در نمونه‌های گنیسی (XPL) ۶۸
شکل ۳-۲۸- تصویری از سوسوریتی‌شدن پلاژیوکلاز و تشکیل زوئیزیت و کلینوزوئیزیت در نمونه‌های گنیسی (XPL) ۶۸
شکل ۳-۲۹- الف و ب- تصاویری از تشکیل زوئیزیت و کلینوزوئیزیت در نتیجه تجزیه پلاژیوکلازها و تشکیل اسفن در نتیجه کلریتی‌شدن بیوتیت در نمونه‌های گنیسی به ترتیب در نورهای XPL و PPL ۶۹
شکل ۳-۳۰- تصویری از تشکیل بافت میرمکیتی در حاشیه بلور پلاژیوکلاز در نمونه‌های گنیسی (XPL) ۷۱
شکل ۳-۳۱- تصویری از بلور شکل‌دار آلانیت موجود در نمونه‌های گنیسی (XPL) ۷۱
شکل۳-۳۲- تصویری از بلور شکل‌دار زیرکن در نمونه‌های گنیسی (XPL) ۷۱

شکل ۳-۳۳- تصویری نمادین از توزیع انواع اصلی سنگ‌های مرتبط با زون گسلی به همراه عمق تشکیل آن‌ها ۷۳

فصل چهارم

شکل ۴-۱- نمودار مجموع آلکالی در مقابل SiO_2، (لومتر و همکاران، ۱۹۸۹) ۸۰
شکل ۴-۲- رده بندی سنگ‌های آذرین درونی مورد مطالعه براساس ترکیبات نورماتیو و پارامترهای 'Q و ANOR (اشترکایزن و لومتر، ۱۹۷۹) ۸۴
شکل ۴-۳- نمودار تغییرات Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2، (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹) برای نامگذاری الف- سنگ‌های آذرین درونی و ب- سنگ آتش‌فشانی مورد مطالعه ۸۵
شکل ۴-۴- نمودار تغییرات Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2، (میدلموست، ۱۹۸۵) جهت نامگذاری الف- سنگ‌های آذرین درونی و ب- سنگ آتش‌فشانی مورد مطالعه ۸۵
شکل ۴-۵- نمودار طبقه بندی (دولاروش و همکاران، ۱۹۸۰)، جهت نامگذاری الف- سنگ‌های آذرین درونی و ب- سنگ آتش‌فشانی مورد مطالعه با استفاده از پارامترهای R_1-R_2 ۸۶
شکل ۴-۶- الف- نمودار تغییرات Zr/Ti در مقابل Nb/Y، (پیرس و کان، ۱۹۷۳) جهت نامگذاری سنگ آتش‌فشانی ۸۷
شکل ۴-۶- ب- نمودار تغییرات Zr/TiO_2 درمقابل Nb/Y، (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷)، جهت نامگذاری سنگ آتش‌فشانی ۸۷
شکل ۴-۷- الف- نمودار تغییرات $0/00001*(Zr/TiO_2)$ درمقابل Nb/Y، (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷) جهت تعیین سری ماگمایی نمونه‌های سنگی مورد مطالعه ۸۸
شکل ۴-۷- ب- نمودار تغییرات SiO_2 در مقابل Nb/Y، (وود و همکاران، ۱۹۷۹)، جهت تعیین سری ماگمایی نمونه‌های سنگی مورد مطالعه ۸۸
شکل ۴-۸- الف- نمودار تغییرات K_2O در مقابل SiO_2، (پیکسریلو و تیلور، ۱۹۷۶)، جهت تعیین سری ماگمایی سنگ‌های مورد مطالعه ۸۹
شکل ۴-۸- ب- نمودار تغییرات Th در مقابل Co، (هاستی و همکاران، ۲۰۰۷)، جهت تعیین سری ماگمایی سنگ‌های مورد مطالعه ۸۹
شکل ۴-۸- ج- نمودار تغییرات Ce/Yb در مقابل Ta/Yb (مولر و گروس، ۱۹۹۷)، جهت تعیین سری ماگمایی سنگ‌های مورد مطالعه ۸۹
شکل ۴-۹- (الف- د)- موقعیت نمونه‌های گابرویی در نمودارهای تغییرات عناصر اصلی و کمیاب در مقابل درصد MgO ۹۱
شکل ۴-۱۰- الف- نمودار تغییرات عناصر کمیاب خاکی بهنجارشده نسبت به کندریت (ناکامورا، ۱۹۷۴)، برای نمونه‌های گابرویی مورد مطالعه ۹۳
شکل ۴-۱۰- ب و ج - نمودارهای چندعنصری بهنجارشده نسبت به کندریت (تامپسون، ۱۹۶۲) و گوشته اولیه (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹)، برای نمونه‌های گابرویی مورد مطالعه ۹۳
شکل ۴-۱۱- الف- نمودار تغییرات عناصر کمیاب خاکی بهنجار شده نسبت به کندریت (ناکامورا، ۱۹۷۴)، برای نمونه‌های بازالتی مورد مطالعه ۹۶
شکل ۴-۱۱- ب - نمودار چند عنصری بهنجار شده نسبت به گوشته‌اولیه (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹) برای نمونه بازالتی مورد مطالعه ۹۶

فصل پنجم

شکل ۵-۱- الف- نمودارهای تغییرات $(Nb/Zr)_N$ در مقابل Zr (تیه بلمونت و تگی، ۱۹۹۴)، جهت تعیین محیط زمین‌ساختی در ارتباط با نفوذ دایک‌های گابرویی ۱۰۰
شکل ۵-۱- ب و ج - نمودار های تغییرات Y در مقابل Zr و Zr/Al_2O_3 در مقابل TiO_2/Al_2O_3 (مولر و گروس، ۱۹۹۷) جهت تعیین محیط زمین‌ساختی در ارتباط با نفوذ دایک‌های گابرویی ۱۰۰
شکل ۵-۲- نمودار Zr/Y در مقابل Zr (پیرس،۱۹۸۳)، جهت تعیین محیط زمین‌ساختی در ارتباط با نفوذ دایک‌های گابرویی ۱۰۱
شکل ۵-۳- الف- نمودار تغییرات V در مقابل Ti/1000 (شروه، ۱۹۸۲)، جهت تعیین محیط زمین ساختی در ارتباط با نفوذ دایک‌های گابرویی ۱۰۲
شکل ۵-۳- ب- نمودار تغییرات Ti/Zr در مقابل Zr (وودهد و همکاران، ۱۹۹۳)، جهت تعیین محیط زمین‌ساختی در ارتباط با نفوذ دایک های گابرویی ۱۰۲
شکل ۵-۴- الف - نمودارهای Yb در مقابل La/Yb (پیترز و همکاران، ۲۰۰۸)، جهت تعیین حضور یا عدم حضور گارنت در ناحیه منشأ دایک‌های گابرویی ۱۰۴
شکل ۵-۴- ب- نمودار تغییرات $(Tb/Yb)_N$ در مقابل $(La/Sm)_N$ (وانگ و همکاران،۲۰۰۲)، جهت تعیین حضور یا عدم حضور گارنت در ناحیه منشأ دایک‌های گابرویی ۱۰۴
شکل ۵-۵- نمودار تغییرات Y در مقابل Zr (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹)، به منظور تشخیص غنی‌شدگی یا عدم غنی‌شدگی در ناحیه منشأ دایک‌های گابرویی ۱۰۴
شکل ۵-۶- الف- نمودار تغییرات Sm/Yb در مقابل Sm (آلدنماز و همکاران،۲۰۰۰)، جهت تعیین ترکیب و درجه ذوب بخشی ناحیه منشأ دایک‌های گابرویی ۱۰۶
شکل ۵-۶- ب- نمودار تغییرات Rb/Yb در مقابل Rb (ازدمیر، ۲۰۰۶)، جهت تعیین ترکیب و درجه ذوب بخشی ناحیه منشأ دایک‌های گابرویی ۱۰۶
شکل ۵-۶- ج- نمودار تغییرات Sm/Yb در مقابل La/Sm (وانگ و همکاران، ۲۰۰۲)، جهت تعیین ترکیب و درجه ذوب بخشی ناحیه منشأ دایک‌های گابرویی ۱۰۶
شکل ۵-۶- د- نمودار تغییرات $(Ce/Yb)_N$ در مقابل $(Sm/Yb)_N$ (کرینیتز و همکاران ۲۰۰۶)، جهت تعیین ترکیب و درجه ذوب بخشی ناحیه منشأ دایک‌های گابرویی ۱۰۶
شکل ۵-۷- نمودار تغییرات نسبت Ce/Yb در مقابل Sm/Yb (فلش و همکاران، ۱۹۹۸)، جهت تعیین عمق منشأگیری ماگمای سازنده دایک‌های گابرویی ۱۰۸
شکل ۵-۸- الف و ب- نمودارهای تغییرات نسبت‌های Nb/U در مقابل Nb و La/Nb در مقابل La/Sm (یان و ژائو، ۲۰۰۷)، جهت تعیین نقش آلایش پوسته‌ای در تحول ماگمای سازنده دایک‌های گابرویی ۱۱۱
شکل ۵-۸- ج- نمودار تغییرات Nb/U در مقابل La/Sm (کرینیتز و همکاران،۲۰۰۶)، جهت تعیین نقش آلایش پوسته‌ای در تحول ماگمای سازنده دایک‌های گابرویی ۱۱۱
شکل ۵-۸- د- نمودار تغییرات Rb/Nb در مقابل Rb (پیرس و همکاران، ۱۹۹۰)، جهت تعیین نقش آلایش پوسته‌ای در تحول ماگمای سازنده دایک‌های گابرویی ۱۱۱
شکل ۵-۸- ه و و- نمودارهای تغییرات Th در مقابل K/100 و K/Ce در مقابل Th (ودپل، ۱۹۹۵)، جهت تعیین نقش آلایش پوسته‌ای در تحول ماگمای سازنده دایک‌های گابرویی ۱۱۱

شکل ۵-۹- الف- نمودار تغییرات نسبت‌های Ba/Th در مقابل Th/Nb (تیان و همکاران، ۲۰۰۸)، جهت تعیین نقش سیالات آزاد شده از ورقه اقیانوسی فرورونده در غنی‌شدگی منشأ گوشته‌ای ماگمای سازنده دایک‌های گابرویی ۱۱۴
شکل ۵-۹- ب- نمودار تغییرات نسبت‌های $(Hf/Sm)_N$ در مقابل $(Ta/La)_N$ (هافمن و جاچوم، ۱۹۹۶)، جهت تعیین نقش سیالات آزاد شده از ورقه اقیانوسی فرورونده در غنی‌شدگی منشأ گوشته‌ای ماگمای سازنده دایک‌های گابرویی ۱۱۴
شکل ۵-۱۰- مدل نمادین بازشدگی حوضه پشت کمان (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۷) ۱۱۷
شکل ۵-۱۱- نمودار تغییرات Ba در مقابل Nb (دورازیو و همکاران، ۲۰۰۴)، جهت تعیین محیط زمین‌ساختی در ارتباط با نفوذ دایک‌های گابرویی ۱۱۹
شکل ۵-۱۲- مدل نمادین از چهار متغیر اصلی در پتروژنز حوضه پشت کمان (پیرس و استرن، ۲۰۰۶) ۱۲۰
شکل ۵-۱۳- a- تشکیل حوضه فورلند پس از کوهزایی در طول لیاس زیرین و b- تشکیل یک حوضه پشت کمانی در ارتباط با فرورانش نئوتتیس در البرز جنوبی- شمال ایران مرکزی در طول توآرسین- باژوسین با الهام از طرح فورسیچ و همکاران (۲۰۰۹) ۱۲۴
شکل ۵-۱۴- تصویر نمادین از تحولات زمین‌ساختی زون‌های ساختاری البرز- ایران مرکزی از کربونیفر تا ژوراسیک میانی (قاسمی و جمشیدی، ۱۳۹۰) ۱۲۴
شکل ۵-۱۵- الگوی زمین‌ساختی در ارتباط با نفوذ دایک‌های گابرویی و نقش ماگمای تعدیل‌شده در تشکیل آن‌ها در یک حوضه پشت کمانی در شمال ایران مرکزی- البرز جنوبی در زمان ژوراسیک میانی با الهام از طرح ویروت و همکاران (۲۰۰۸) ۱۲۵
شکل ۵-۱۶- تصاویر نمادین از تحولات زمین‌ساختی- ماگمایی حوضه نئوتتیس مشتمل بر ایران مرکزی و البرز از تریاس فوقانی تا پالئوسن با الهام از طرح شفائی‌مقدم و همکاران (۲۰۰۹) ۱۲۶
شکل ۵-۱۷- نمودارهای تغییرات الف- V در مقابل Ti/1000 (شروه، ۱۹۸۲) و ب- TiO_2 در مقابل Fe_2O_3*/MgO (شاتوآ و همکاران، ۲۰۰۴)، جهت مقایسه محیط زمین‌ساختی تشکیل دایک‌های بازالتی مورد مطالعه با گدازه‌های بازالتی مناطق کلاته‌سادات و احمدآباد (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۰) ۱۲۷
شکل ۵-۱۸-نمودارهای تغییرات الف- Sm/Yb در مقابل Sm (آلدانماز و همکاران، ۲۰۰۰) و ب- Ce/Yb در مقابل Ce (الام و کاکس، ۱۹۹۱)، جهت مقایسه ویژگی‌های دایک‌های بازالتی مورد مطالعه با گدازه‌های بازالتی مناطق کلاته‌سادات و احمدآباد (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۰) ۱۲۸
شکل ۵-۱۹- مدل ارائه شده برای تحولات زمین‌ساختی در حوضه پشت کمانی ایران مرکزی در طی الیگو- میوسن (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۰) ۱۲۹

فهرست جدول‌ها

فصل اول

جدول ۱-۱- نتایج حاصل از سن‌سنجی نمونه‌های گرانیتی و گرانیتوئیدی مناطق ترود، خارتوران و بند هزارچاه (حسن زاده و همکاران، ۲۰۰۸) ۸

فصل سوم

جدول ۳-۱- علائم اختصاری به کار برده شده در تصاویر میکروسکوپی ۴۴

فصل چهارم

جدول ۴-۱- مشخصات نمونه‌های سنگی انتخاب شده جهت تجزیه شیمیایی (شماره‌ی نمونه‌ها، نام سنگ، محل نمونه‌برداری به همراه مختصات جغرافیایی محل برداشت) ۷۸

جدول ۴-۲- نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی به صورت خام و مقادیر آن‌ها پس از انجام تصحیحات مربوط به حذف مواد فرّار و نسبت Fe_2O_3/FeO، مقادیر کانی‌های نورماتیو، عناصرکمیاب و کمیاب خاکی نمونه‌های سنگی مورد مطالعه ۸۱

فصل اول

کلیات