

صلى الله عليه وسلم



دانشکده علوم زمین

گروه پتروژئولوژی و زمین شناسی اقتصادی

زمین شناسی و پتروژئنز بازالیت سلطان میدان در مناطق نگارمن و ابرسج، شمال شاهرود

دانشجو : طاهره سهامی

استاد راهنما :

دکتر حبیب الله قاسمی

استاد مشاور :

دکتر عزیزالله طاهری

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۰

دانشکده علوم زمین

گروه: پترولوژی و زمین شناسی اقتصادی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم طاهره سهامی

تحت عنوان: زمین شناسی و پتروژنز بازالت سلطان میدان در مناطق نگارمن و ابرسج، شمال شاهرود

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۶ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و

با درجه بسیارخوب مورد پذیرش قرار گرفت.

امضا	استاد مشاور	امضا	استاد راهنما
	دکتر عزیزالله طاهری		دکتر حبیب الله قاسمی

امضا	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضا	اساتید داور
	دکتر فرج الله فردوست		دکتر محمود صادقیان
			دکتر مریم شیبی

تقدیم بہ

تمام ہستی ام

پدر و مادر عزیزم

آنان کہ سپید مو کشند تار و سفید کردم

و

ہمراہ با محبت زندگی ام

سعید جان

تقدیر و تشکر

پاس بی کران پروردگار یکمتر آنکه هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونان شد و به بهننشینی رهروان علم و دانش مستخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

به رسم ادب و احترام در ابتدا خود را ملزم به پاسگزاری از زحمات ستودنی خانواده که تقدیرم پدر و مادر بزرگوارم، همراه بهیشتی زندگی ام همسر مهربانم و خواهر و برادران عزیزم می دانم. این تحقیق و مطالعه با بهره گیری از تجارب و رهنمودهای اندیشمندان و پیشگوتان امر، جناب آقای دکتر حبیب الله قاسمی و مشاوره ارزشمند جناب آقای دکتر عزیز الله طاهری با موفقیت به پایان رسیده است. از خداوند منان بر افتخار شاکردی و هم نشینی ایشان سپاسگزارم و از درگاه حضرتش آرزو مند موفقیت و به روزی روز افزون ایشان می باشم. از ریاست محترم دانشکده علوم زمین جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی و اساتید که تقدیرم جناب آقای پروفور مهدی زاده و جناب آقای دکتر صادقان به پاس زحمات بی دریغ ایشان سپاسگزارم. از همکاری و مساعدت آقایان مهندس خانعلی زاده، میریاقری و خانم مهندس فارسی و سعیدی و هم چنین دانشجویمان محترم دکتری، آقای مرتضی درخشی و خانم خدیجه جمشیدی کمال تشکر و قدردانی را دارم و از پروردگار مهربان خوشبختی ایشان را در تمام مراحل زندگی خواهانم.

در نهایت از دوستان عزیزم خانم مهندس عاطفه منصور، شیوا صاحبان، زینب نجفی، صغری رستمی، امین ناصر، لیلیا حسینی، زهرا باطنی و سایر دانشجویمان گروه زمین شناسی که هر یک به نوعی مرا همراهی کرده اند تشکر می کنم.

به امید آنکه توفیق یابم جز خدمت به خلق او نکوشم.

تعهد نامه

اینجانب طاهره سهامی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی (پترولوژی) دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه زمین شناسی و پتروژنز بازالت سلطان میدان در مناطق نگارمن و ابرسج، شمال شاهرود تحت راهنمایی جناب آقای دکتر حبیب الله 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 ۱۳۹۰/۱۱/۲۲

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.

چکیده

ضخیم‌ترین رخنمون ماگماتیسم سیلورین ایران، تحت عنوان مجموعه بازالتی سلطان‌میدان در شمال و شمال شرق شاهرود، از نکارمن تا گردنه‌ی خوش‌یلاق گسترش دارد. مناطق مورد مطالعه در نواحی ابرسج و نکارمن واقع شده‌اند و از لحاظ ساختاری و تقسیمات زمین‌شناسی به عنوان بخش شرقی زون البرز در نظر گرفته می‌شوند. بازالت‌های مورد مطالعه با مرز کاملاً واضح بر روی شیلها و ماسه‌سنگ‌های سازند ابرسج به سن اردوویسین پایانی فوران کرده‌اند و در مرز فوقانی خود با کنگلومرای ضخیم چندزادی سازند پادها به سن دونین متشکل از قطعات سازند ابرسج و بازالت‌های مزبور پوشیده می‌شوند. این بازالت‌ها به صورت روانه‌های متعدد گدازه که برخی از آن‌ها ساخت بالشی نشان می‌دهند و همچنین به صورت دایک در سازند ابرسج مشاهده می‌شوند. در مشاهدات صحرایی و پتروگرافی، این سنگ‌ها دارای کانی‌شناسی یکنواختی بوده، همگی در محدوده‌ی بازالت قرار می‌گیرند. پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن کانیهای اصلی این سنگها را تشکیل می‌دهند. مهم‌ترین کانی‌های فرعی آنها نیز شامل الیوین، کانی‌های اپک و آپاتیت است. همچنین عملکرد فرآیند دگرسانی بر این سنگ‌ها منجر به تشکیل انواع کانیهای دگرسانی نظیر اپیدوت، کلریت، کلسیت، کوارتز، سریسیت، بیوتیت و اسفن در آنها شده است. حضور کانی‌های آپاتیت، تیتان اوژیت و اسفن ثانویه، نشان دهنده‌ی ماهیت آلکالن این سنگ‌ها است. بافت‌های پورفیری، گلوپورفیری، جریانی، اینترگرانولار، افتیک و ساب افتیک، مهم‌ترین بافت‌های مشاهده شده در این بازالت‌ها هستند. مطالعات صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که این بازالت‌ها ماهیت آلکالن داشته و در طی سیلورین در یک محیط درون ورقه‌ی قاره‌ای ایجاد شده‌اند. نمودارهای عناصر کمیاب و کمیاب خاکی این سنگ‌ها حاکی از غنی‌شدگی ماگمای سازنده‌ی آن از LILE، MREE، LREE و تهی‌شدگی نسبی آن از HREE هستند. این امر به درجات پایین ذوب بخشی و حضور گارنت در محل منشأ اشاره دارد. همچنین نبود آنومالی منفی در عناصر HFSE از خصوصیات بارز ماگماتیسم آلکالن درون ورقه‌ی قاره‌ای و عدم آرایش ماگما با لیتوسفر قاره‌ای می‌باشد. میزان غنی‌شدگی نزدیک به یک در نمودار چند عنصری بهنجار شده نسبت به OIB و همچنین نسبت بالای HFSE/LREE در این بازالت‌ها نشان دهنده‌ی منشأ استنوسفری ماگمای تشکیل دهنده‌ی آنهاست. با توجه به مطالعات ژئوشیمیایی و پتروژنتیکی انجام شده، می‌توان گفت که ماگمای آلکالن سازنده‌ی بازالت‌های مورد مطالعه از ذوب بخشی ۱۴ تا ۱۶ درصدی یک ستون گوشته‌ای غنی شده‌ی گارنت پریدوتیتی در حال صعود در اعماق ۱۰۰ تا ۱۱۰ کیلومتری تشکیل شده و در یک محیط قاره‌ای - دریایی کم‌عمق فوران نموده است. این محیط با کافت‌زایی شمال ابرقاره‌ی گندوانا در اردوویسین - سیلورین که منجر به تشکیل اقیانوس پالئوتتیس در محل کنونی کوه‌های البرز شده است، مطابقت دارد.

کلمات کلیدی: بازالت، سلطان میدان، سیلورین، ابرسج، نکارمن، البرز شرقی، کافت‌زایی، پالئوتتیس

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- بازالت های قاره ای سلطان میدان در شمال شاهرود: شاهدهی بر کافت زایی پالئوتتیس، نوزدهمین همایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران، دانشگاه گلستان (گرگان)، تابستان ۱۳۹۰.
- پتروژنز مجموعه بازالتی سلطان میدان، شمال شرق شاهرود، پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم، پاییز ۱۳۹۰.
- مقایسه ماگماتیسم شدید سیلورین ایران مرکزی و البرز در نواحی شیرگشت و سلطان میدان، پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم، پاییز ۱۳۹۰.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات تحقیق

- ۱-۱- مقدمه ۲
- ۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه مورد مطالعه ۳
- ۳-۱- آب و هوا و جغرافیای انسانی ۴
- ۴-۱- زمین ریخت شناسی ۴
- ۵-۱- مروری بر مطالعات پیشین ۵
- ۶-۱- هدف از مطالعه ۶
- ۷-۱- روش های انجام مطالعه ۷

فصل دوم: زمین شناسی عمومی منطقه

- ۱-۲- مقدمه ۹
- ۲-۲- پیکره های سنگی موجود در مناطق مورد مطالعه ۱۰
- ۱-۲-۲- نهشته های اردوویسین ۱۱
- ۲-۲-۲- سیلورین ۲۱
- ۳-۲-۲- دونین ۲۶
- ۳-۲- پتانسیل اقتصادی مناطق مورد مطالعه ۳۰
- ۴-۲- تکتونیک مناطق مورد مطالعه ۳۱

فصل سوم: پتروگرافی

- ۱-۳- مقدمه ۳۴
- ۲-۳- پتروگرافی بازالت های مورد مطالعه ۳۵

۴۲	..... کانی های اصلی ۱-۲-۳
۴۷	..... کانی های فرعی ۲-۲-۳
۵۱	..... کانی های ثانویه ۳-۲-۳
۵۵	..... ترتیب تبلور کانی های سازنده ی بازالت های مورد مطالعه ۳-۳

فصل چهارم: ژئوشیمی و پترولوژی

۵۸	..... ۱-۴ مقدمه
۵۹	..... ۲-۴ منابع بروز خطا در طی آماده سازی و تجزیه ی شیمیایی نمونه ها
۵۹	..... ۳-۴ تصحیح داده های حاصل از تجزیه ی ژئوشیمیایی
۶۰	..... ۱-۳-۴ تصحیح مربوط به حذف مواد فرآر (L.O.I)
۶۰	..... ۲-۳-۴ تصحیح نسبت Fe_2O_3/FeO
۶۴	..... ۴-۴ استفاده از نتایج تجزیه شیمیایی نمونه ها در رده بندی سنگ های مورد مطالعه
۶۸	..... ۵-۴ بررسی تغییر و تحولات ژئوشیمیایی سنگ ها به کمک نمودارهای تغییرات
۶۹	..... ۱-۵-۴ نمودارهای تغییرات درصد اکسید- درصد MgO (فتر، ۱۹۴۸)
۷۲	..... ۲-۵-۴ نمودارهای اکسیدهای عناصر اصلی - ضریب تفریق (D.I)
۷۳	..... ۳-۵-۴ نمودارهای تغییرات مقادیر عناصر کمیاب در مقابل ضریب تفریق (D.I)
۷۵	..... ۴-۵-۴ نمودارهای تغییرات عناصر اصلی و کمیاب در مقابل Zr
۷۶	..... ۶-۴ مقایسه فرایندهای تبلور تفریقی و ذوب بخشی، با استفاده از نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب
۷۷	..... ۱-۶-۴ نمودار تغییرات عناصر ناسازگار در مقابل یکدیگر
۷۷	..... ۲-۶-۴ نمودار تغییرات عناصر ناسازگار در مقابل عناصر سازگار
	..... ۷-۴ مقایسه فرایندهای تبلور تفریقی و ذوب بخشی، با استفاده از نمودارهای تغییرات نسبت عناصر کمیاب و درصد
۷۹	..... عناصر اصلی

- ۷۹-۸-۴ نمودارهای بهنجار شده و چندعنصری (نمودارهای عنكبوتی).....
- ۸۰-۱-۸-۴ نمودارهای بهنجار شده نسبت به کندریت.....
- ۸۴-۲-۸-۴ نمودار چند عنصری بهنجار شده نسبت به گوشته ی اولیه.....
- ۸۵-۹-۴ تعیین سری ماگمایی.....
- ۸۶-۱-۹-۴ نمودارهای Na_2O+K_2O در برابر SiO_2
- ۸۷-۲-۹-۴ نمودار Zr در مقابل P_2O_5 (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۶).....
- ۸۸-۳-۹-۴ نمودار شاخص Peacock در برابر SiO_2 (پکسریلو و تایلور، ۱۹۷۶).....
- ۸۸-۴-۹-۴ نمودار $(Zr/TiO_2)*0.0001$ در مقابل Nb/Y (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷).....
- ۸۹-۵-۹-۴ نمودار TiO_2 در برابر Y/Nb (فلوید و وینچستر، ۱۹۷۵).....
- ۹۰-۶-۹-۴ نمودار TiO_2 در برابر $Zr/P_2O_5*10^4$ (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۶).....

فصل پنجم: پتروژنز

- ۹۳-۱-۵ مقدمه.....
- ۹۳-۲-۵ تعیین محیط تکتونیکی تشکیل نمونه های مورد مطالعه.....
- ۹۴-۱-۲-۵ نمودار $Ti/100-Zr-Y*3$ ، پیرس و کان (۱۹۷۳).....
- ۹۴-۲-۲-۵ نمودارهای $Ti-Z$ ، پیرس (۱۹۸۲ و ۱۹۹۶).....
- ۹۵-۳-۲-۵ نمودار $Zr/Y-Zr$ ، پیرس و نوری (۱۹۷۹).....
- ۹۵-۴-۲-۵ نمودار $Ti/Y-Zr/Y$ ، پیرس و گیل (۱۹۷۷).....
- ۹۶-۵-۲-۵ نمودار $2Nb-Zr/4-Y$ ، مشد (۱۹۸۶).....
- ۹۷-۶-۲-۵ نمودار $Zr/Al_2O_3-TiO_2/Al_2O_3$ ، مولر و همکاران (۱۹۹۲).....
- ۹۷-۷-۲-۵ نمودار $Ti/1000-V$ ، شروه (۱۹۸۲).....
- ۹۸-۸-۲-۵ نمودار $Ti/Y-Rb/Ba$ ، آلیسی و همکاران (۱۹۹۸).....

- ۹۸..... ۹-۲-۵- نمودارهای Th/Yb در برابر Ta/Yb و Th/Ta در برابر Yb
- ۹۹..... ۱۰-۲-۵- نمودار MgO-Al₂O₃-FeO (پیرس و همکاران، ۱۹۷۷)
- ۱۰۰..... ۱۱-۲-۵- نمودارهای سه گانه وود (۱۹۸۰)
- ۱۰۱..... ۳-۵- مقایسه ی ویژگی های ژئوشیمیایی و محیط تکتونیکی تشکیل سنگ های مورد مطالعه با سنگ های آذرین مرتبط با کافت پالتوتیس در ایران مرکزی
- ۱۰۱..... ۱-۳-۵- سنگ های آذرین پالئوزوئیک شیرگشت منطقه ی طبس
- ۱۰۵..... ۲-۳-۵- سنگ های آذرین پالئوزوئیک منطقه قوشه (ناحیه ی جام)
- ۱۰۶..... ۳-۳-۵- سنگ های آذرین پالئوزوئیک در مناطق ایبانه (سه)، زفره- باقرآباد، دالمه، جهق و پل خاوند
- ۱۱۳..... ۴-۵- خصوصیات محل منشأ سنگ های آذرین مورد مطالعه
- ۱۲۴..... ۵-۵- الگوی تکتونوماگمایی تشکیل سنگ های آذرین مورد مطالعه

فصل ششم: نتایج و پیشنهادات

- ۱۳۱..... ۱-۶- نتیجه گیری
- ۱۳۳..... ۲-۶- پیشنهادات
- ۱۳۴..... منابع

فهرست جداول

فصل سوم

جدول ۳-۱- علائم اختصاری بکار رفته در تصاویر میکروسکوپی سنگ ها..... ۳۴

فصل چهارم

جدول ۴-۱- مشخصات نمونه های سنگی انتخاب شده جهت تجزیه ی شیمیایی..... ۵۹

جدول ۴-۲- نتایج تجزیه ی شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی، مقادیر کانی های نورماتیو، عناصر کمیاب و کمیاب

خاکی نمونه های سنگی مناطق مورد مطالعه پس از حذف مواد فرّار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO ۶۱

جدول ۴-۳- رفتار برخی از عناصر کمیاب در طی فرایند تفریق ماگمایی (برگرفته از ویلسون، ۲۰۰۷)..... ۷۴

فصل پنجم

جدول ۵-۱- نتایج تجزیه ی شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی، مقادیر عناصر کمیاب و کمیاب خاکی سنگ های آذرین

شیرگشت پس از حذف مواد فرّار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO (درخشی، ۱۳۸۵)..... ۱۰۴

جدول ۵-۲- نتایج تجزیه ی شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی و مقادیر عناصر کمیاب سنگ های آذرین ناحیه جام

پس از حذف مواد فرّار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO ، (ناجی، ۱۳۸۳)..... ۱۰۶

جدول ۵-۳- نتایج تجزیه ی شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی، مقادیر عناصر کمیاب و کمیاب خاکی ۸ نمونه از

سنگ های آذرین ابیانه پس از حذف مواد فرّار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO ، (آیتی و همکاران، ۱۳۸۹)..... ۱۱۱

جدول ۵-۴- نتایج تجزیه ی شیمیایی اکسید عناصر اصلی، مقادیر عناصر کمیاب و کمیاب خاکی ۴ نمونه سنگ..... ۱۱۲

فهرست اشکال

فصل اول

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه و نقشه راه‌های ارتباطی آنها..... ۳

فصل دوم

شکل ۱-۲- موقعیت مناطق مورد مطالعه در نقشه زون های زمین شناسی- ساختاری ایران (اشتوکلین، ۱۹۶۸)..... ۹

شکل ۲-۲- قسمتی از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان که رخنمون های پالئوزوئیک در مناطق مورد مطالعه..... ۱۰

شکل ۳-۲- الف: تصویری از توالی سازند ابرسج، بازالت های سلطان میدان و سازند پادها در منطقه نکارمن..... ۱۷

شکل ۳-۲- ب: تناوب شیل و ماسه سنگ های سازند ابرسج در منطقه نکارمن..... ۱۷

شکل ۴-۲- تصویری از الف: ریپل مارک، ب: لایه بندی مورب، ج: گروو مارک، در ماسه سنگ های سازند ابرسج..... ۱۹

شکل ۵-۲- تصاویری از دایک که سازند ابرسج را قطع کرده است. الف: دره کلودر، ب: دره تنگه..... ۲۰

شکل ۶-۲- نمایی از حضور لایه های بازالتی موجود در سازند ابرسج در دره ی کلودر..... ۲۰

شکل ۷-۲- الف: حفره های موجود در سنگ های بازالتی که با کلسیت و کلریت پر شده اند..... ۲۰

شکل ۷-۲- ب: قطعات ماسه سنگی سازند ابرسج که به صورت آنکلاو در بازالت های داخل این سازند وجود دارند..... ۲۰

شکل ۸-۲- الف: تصویری از روانه های متعدد گدازه در مجموعه سلطان میدان..... ۲۳

شکل ۸-۲- ب: نمایی از روانه های مختلف گدازه بازالتی در مجموعه سلطان میدان در مسیر چشمه سید..... ۲۳

شکل ۹-۲- الف: حفرات موجود در بازالت های سلطان میدان که با کلسیت و کلریت پر شده اند..... ۲۳

شکل ۹-۲- ب: حضور زینولیت هایی از جنس ماسه سنگ های سازند ابرسج در روانه ی قاعده ای بازالت های سلطان

میدان در دره تنگه در نکارمن..... ۲۳

شکل ۱۰-۲- نمایی از ساخت منشوری در روانه های بازالتی سلطان میدان در دره کلودر در شمال شرق نکارمن..... ۲۴

شکل ۱۱-۲- الف: تصویری از فرسایش پوست پیازی در بازالت های سلطان میدان..... ۲۶

شکل ۱۱-۲- ب: وجود شکستگی در بازالت ها که با کلسیت پر شده اند..... ۲۶

- شکل ۲-۱۱-ج: تبدیل بازالت های مورد مطالعه به اپیدوزیت در منطقه نکارمن ۲۶
- شکل ۲-۱۱-د: تصویری از کانی زایی مالاکیت به میزبانی بازالت های سلطان میدان ۲۶
- شکل ۲-۱۲-تطابق و هم ارزی رسوبات دونین در البرز و ایران مرکزی (برگرفته از اهری پور، ۲۰۱۰) ۲۷
- شکل ۲-۱۳-الف: نمایی کلی از روابط بین سازندهای ابرسج، سلطان میدان، پادها و خوش ییلاق در شمال روستای نکارمن ۲۸
- شکل ۲-۱۳-ب: قرارگیری سازند پادها با کنگلومرای قاعده ای بر روی بازالت های سلطان میدان ۲۸
- شکل ۲-۱۴-الف، ب: تصاویری از رخنمون سنگ های آذرین به صورت دایک در سازند پادها در منطقه ی نکارمن ۲۸
- شکل ۲-۱۵-نقشه ی گسل های منطقه بر اساس نقشه ی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان (شهرابی، ۱۳۶۹) ۳۲

فصل سوم

- شکل ۳-۱-تصویری از بافت پورفیری در سنگ های مورد مطالعه (نور XPL) ۳۷
- شکل ۳-۲-تصویری از بافت گلومرو پورفیری در سنگ های مورد مطالعه (نور XPL) ۳۷
- شکل ۳-۳-مدل ژنتیکی سه مرحله ای برای تشکیل تجمعات گلومروپورفیری از ژو و همکاران (۲۰۰۹) ۳۷
- شکل ۳-۴-تصویری از بافت اینترگرانولار ناشی از قرارگیری پیروکسن در میان زوایای پلاژیوکلاز (نور XPL) ۳۸
- شکل ۳-۵-تصویری از بافت افیتیک ناشی از قرارگیری کامل بلور پلاژیوکلاز درون پیروکسن (نور XPL) ۳۸
- شکل ۳-۶-تصویری از بافت ساب افیتیک ناشی از قرارگیری بخشی از بلور پلاژیوکلاز درون پیروکسن (نور XPL) ۳۹
- شکل ۳-۷-تصویری از بافت جریان ناشی از قرارگیری میکرولیتهای پلاژیوکلاز در جهت جریان گدازه (نور XPL) ۳۹
- شکل ۳-۸-تصویری از بافت غربالی در پلاژیوکلازها (مقیاس ۱mm) (نور xpl) ۴۱
- شکل ۳-۹-تصویری از ماکل کارلسباد و پلی سنتتیک در پلاژیوکلاز (نور XPL) ۴۵
- شکل ۳-۱۰-تصویری از انحلال و خوردگی درشت بلورهای پلاژیوکلاز در زمینه ای از میکرولیتهای تیغه ای و کشیده (نور XPL) ۴۵
- شکل ۳-۱۱-تصویری از منطقه بندی در پلاژیوکلاز (نور XPL) ۴۵

- شکل ۳-۱۲- تصویری از دگرسانی پلاژیوکلاز به کلریت، اپیدوت و کلسیت (نور XPL)..... ۴۵
- شکل ۳-۱۳- تصویری از ماکل اوژیته در کلینوپیروکسن (نور XPL)..... ۴۶
- شکل ۳-۱۴- تصویری از خلیج خوردگی در کلینوپیروکسن (نور XPL)..... ۴۶
- شکل ۳-۱۵- تصویری از درشت بلور کلینوپیروکسن که به کلریت تبدیل شده است. (نور PPL)..... ۴۶
- شکل ۳-۱۶- تصویری از درشت بلور کلینوپیروکسن که به کلریت تبدیل شده است. (نور XPL)..... ۴۶
- شکل ۳-۱۷- تصویری از درشت بلور البوین ایدنگسیتی شده در زمینه ی پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن (نور XPL)..... ۴۸
- شکل ۳-۱۸- شکل نمادین تغییرات ترکیب اولیوین به ایدنگسیت (ولج و بنفیلد، ۲۰۰۲)..... ۴۸
- شکل ۳-۱۹- تصویری از کانی مگنتیت در بازالت های مورد مطالعه (نور انعکاسی)..... ۴۹
- شکل ۳-۲۰- تصویری از کانی الیژیست در بازالت های مورد مطالعه (نور انعکاسی)..... ۴۹
- شکل ۳-۲۱- تصویری از کانی مگنتیت با ظاهر اسکلتی (نور XPL)..... ۴۹
- شکل ۳-۲۲- حضور کانی های اپک به صورت ادخال در کلینوپیروکسن (نور XPL)..... ۴۹
- شکل ۳-۲۳- تصویری از کانی پیریت در بازالت های مورد مطالعه (مقیاس $100\mu\text{m}$) (نور انعکاسی)..... ۴۹
- شکل ۳-۲۴- تصویری از کانی مس در بازالت های مورد مطالعه (مقیاس $500\mu\text{m}$) (نور انعکاسی)..... ۴۹
- شکل ۳-۲۵- تصویری از کانی های کولیت و کالکوزیت در بازالت های مورد مطالعه (نور انعکاسی)..... ۵۰
- شکل ۳-۲۶- تصویری از بلورهای آپاتیت در سنگ های مورد مطالعه، الف: نور (PPL)، ب: نور (XPL)..... ۵۱
- شکل ۳-۲۷- تصویری از دگرسانی پلاژیوکلاز به اپیدوت (نور XPL)..... ۵۱
- شکل ۳-۲۸- تصویری از حفرات موجود در بازالت ها که با اپیدوت پر شده اند (نور XPL)..... ۵۱
- شکل ۳-۲۹- تصویری از حفرات موجود در بازالت های مورد مطالعه که با کلریت پر شده است (نور XPL)..... ۵۲
- شکل ۳-۳۰- تصویری از حفرات موجود در بازالت ها که با کانی های کلسیت و کوارتز پر شده اند (نور XPL)..... ۵۳
- شکل ۳-۳۱- تصویری از دگرسانی درشت بلور پلاژیوکلاز به سریسیت (نور XPL)..... ۵۴
- شکل ۳-۳۲- تصویری از اسفن های ثانویه که در اثر دگرسانی اوژیته و یا تیتانومگنتیت در بازالت های مورد مطالعه تشکیل شده اند (نور PPL)..... ۵۴

شکل ۳-۳۳- تصویری از بیوتیت های ثانویه که در اثر دگرسانی اوزنیت در بازالت های مورد مطالعه تشکیل شده اند (مقیاس 1mm) (نور XPL). ۵۵

فصل چهارم

شکل ۴-۱- نمودار قلیایی کل در برابر سیلیس (TAS) از لومتر و همکاران (۱۹۸۹)..... ۶۱

شکل ۴-۲- نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 (میدلموست، ۱۹۹۴)؛ جهت نامگذاری سنگ های آتشفشانی مورد مطالعه. ۶۴

شکل ۴-۳- موقعیت سنگ های آتشفشانی مورد مطالعه بر روی نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 ، الف: کاکس و همکاران (۱۹۷۹)، ب: لوباس و همکاران (۱۹۸۶). ۶۶

شکل ۴-۴- الف: نمودار Zr/TiO_2 در مقابل Nb/Y (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷)؛ ب: نمودار $Nb/Y-SiO_2$ (فلوید و وینچستر، ۱۹۷۷)، جهت نامگذاری سنگ های آتشفشانی مورد مطالعه..... ۶۷

شکل ۴-۵- نمودار الف: Ti/Y در مقابل Sm/Yb و ب: Ti/Y در مقابل $Mg\#$ (ژو و همکاران، ۲۰۰۱) برای بازالت های مورد مطالعه..... ۶۸

شکل ۴-۶- نمودارهای تغییرات درصد اکسید - درصد MgO (فتر، ۱۹۴۸) برای نمونه های بازالتی سلطان میدان. ۷۱

شکل ۴-۷- موقعیت نمونه های مورد مطالعه بر روی نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در برابر ضریب تفریق (تورنتن و تاتل، ۱۹۶۰)..... ۷۳

شکل ۴-۸- نمودارهای عناصر کمیاب در مقابل ضریب تفریق (D.I) برای نمونه های مورد مطالعه..... ۷۵

شکل ۴-۹- نمودار تغییرات عناصر اصلی و کمیاب در مقابل Zr برای نمونه های مورد مطالعه..... ۷۶

شکل ۴-۱۰- (الف تا و): نمودارهای تغییرات عناصر ناسازگار- ناسازگار برای نمونه های بازالتی سلطان میدان در مناطق ابرسج و نکارمن ۷۸

شکل ۴-۱۱- نمودارهای تغییرات عناصر ناسازگار - سازگار برای نمونه های بازالتی سلطان میدان ۷۸

شکل ۴-۱۲- نمودارهای تغییرات: الف- Ba/Y در برابر Ba ؛ ب- K_2O در مقابل Ce/Yb (ژو و همکاران، ۲۰۰۳)؛ برای

- ۷۹.....نمونه‌های بازالتی سلطان‌میدان.....
- شکل ۴-۱۳- نمودار عناصر نادر خاکی بهنجار شده به کندریت (ناکامورا، ۱۹۷۴) برای نمونه‌های بازالتی سلطان‌میدان
- ۸۲.....در مناطق ابرسج و نکارمن.....
- شکل ۴-۱۴- نمودار عنکبوتی بهنجار شده به کندریت (تامپسون، ۱۹۸۲) برای نمونه‌های بازالتی سلطان‌میدان در
- ۸۳.....مناطق ابرسج و نکارمن.....
- شکل ۴-۱۵- نمودار عناصر نادر خاکی بهنجار شده به کندریت (باینتون، ۱۹۸۴) برای نمونه‌های بازالتی سلطان‌میدان
- ۸۴.....در مناطق ابرسج و نکارمن.....
- شکل ۴-۱۶- نمودار چندعنصری بهنجار شده به گوشته‌ی اولیه (سان و مک‌دونوف، ۱۹۸۹)، برای نمونه‌های بازالتی
- ۸۵.....سلطان‌میدان در مناطق ابرسج و نکارمن.....
- شکل ۴-۱۷- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تعیین سری ماگمایی، الف، ب و ج: ابروین و باراگار،
- ۱۹۷۱، د: پکسریلو و همکاران، ۱۹۷۹.....
- ۸۶.....
- شکل ۴-۱۸- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار تعیین سری ماگمایی Zr در مقابل درصد وزنی $P2O5$
- ۸۷.....(وینچستر و فلوید، ۱۹۷۶).....
- شکل ۴-۱۹- نمودار شاخص Peacock در برابر SiO_2 ، (پکسریلو و تیلور، ۱۹۷۶) برای تعیین سری ماگمایی نمونه‌های
- ۸۸.....بازالتی سلطان‌میدان.....
- شکل ۴-۲۰- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار تعیین سری ماگمایی وینچستر و فلوید (۱۹۷۷).....
- ۸۹.....شکل ۴-۲۱- موقعیت نمونه‌های بازالتی سلطان‌میدان روی نمودار تعیین سری ماگمایی فلوید وینچستر (۱۹۷۵).....
- ۹۰.....شکل ۴-۲۲- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه روی نمودار تعیین سری ماگمایی وینچستر و فلوید (۱۹۷۶).....
- شکل ۴-۲۳- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار تعیین سری ماگمایی، الف: امامی (۱۹۸۱)، ب: ابروین و باراگار
- ۹۱.....(۱۹۷۱).....

فصل پنجم

- شکل ۵-۱- نمودار تمایز محیط تکتونیکی $Ti/100-Zr-Y*3$ (پیرس و کان، ۱۹۷۳)، برای نمونه‌های بازالتی سلطان میدان..... ۹۴
- شکل ۵-۲- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تمایز محیط تکتونیکی الف: پیرس (۱۹۸۲)، ب: پیرس (۱۹۹۶)..... ۹۵
- شکل ۵-۳- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تمایز محیط تکتونیکی الف: پیرس و نوری (۱۹۷۹)..... ۹۶
- شکل ۵-۳- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تمایز محیط تکتونیکی ب: پیرس و گیل (۱۹۷۷)..... ۹۶
- شکل ۵-۴- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار تمایز محیط تکتونیکی $2Nb-Zr/4-Y$ (مشد، ۱۹۸۶)..... ۹۶
- شکل ۵-۵- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تمایز محیط تکتونیکی الف: $Zr/Al_2O_3-TiO_2/Al_2O_3$ (مولر و همکاران، ۱۹۹۲)، ب: $Ti/1000-V$ (شروه، ۱۹۸۲)..... ۹۷
- شکل ۵-۶- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار تمایز محیط تکتونیکی $Ti/Y-Rb/Ba$ (آلیسی و همکاران، ۱۹۹۸)..... ۹۸
- شکل ۵-۷- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تمایز محیط تکتونیکی؛ الف: $Th/Yb-Ta/Yb$ (گورتون و شاند، ۲۰۰۰)، ب: $Th-Ta-Yb$ (شاند و گورتون، ۲۰۰۲)..... ۹۹
- شکل ۵-۸- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار تمایز محیط تکتونیکی $FeO_T-MgO-Al_2O_3$ (پیرس و همکاران، ۱۹۷۷)..... ۹۹
- شکل ۵-۹- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تمایز محیط تکتونیکی (وود، ۱۹۸۰)..... ۱۰۰
- شکل ۵-۱۰- مقایسه نمونه‌های مورد مطالعه با سنگ‌های آذرین شیرگشت در نمودار عناصر خاکی نادر بهنجار شده به کندریت (ناکامورا، ۱۹۷۴)..... ۱۰۲
- شکل ۵-۱۱- مقایسه جایگاه تکتونیکی نمونه‌های مورد مطالعه با سنگ‌های آذرین شیرگشت در نمودار تمایز محیط تکتونیکی کمپونزو و مور (۱۹۹۱)..... ۱۰۳
- شکل ۵-۱۲- مقایسه جایگاه تکتونیکی نمونه‌های مورد مطالعه با بازالت‌های ناحیه ی جام در نمودار تمایز محیط تکتونیکی کابانیس و لوکول (۱۹۸۰)..... ۱۰۵

- شکل ۵-۱۳- مقایسه نمونه‌های بازالتی سلطان میدان با سنگ‌های آذرین ابیانه، باقرآباد، پل‌خاوند، جهق، دالمه و زفره بر روی نمودار چندعنصری بهنجار شده به گوشته اولیه (سان و مک‌دونوف، ۱۹۸۹)..... ۱۱۰
- شکل ۵-۱۴- مقایسه جایگاه تکتونیکی نمونه‌های بازالتی سلطان میدان با سنگ‌های آذرین ابیانه، باقرآباد، پل‌خاوند، جهق، دالمه و زفره بر روی نمودار تمایز محیط تکتونیکی مولر و همکاران (۱۹۹۲)..... ۱۱۱
- شکل ۵-۱۵- نمودار Ti/Zr در مقابل Zr برای بازالت‌های مورد مطالعه که با مقادیر متوسط OIB، N-MORB و PM مقایسه شده است. مقادیر OIB، N-MORB و PM از سان و مک‌دونوف (۱۹۸۹) می‌باشد..... ۱۱۵
- شکل ۵-۱۶- الف: مقایسه‌ی الگوی بازالت‌های مورد مطالعه با OIB در نمودار چندعنصری بهنجار شده به گوشته‌ی اولیه (سان و مک‌دونوف، ۱۹۸۹)، مقادیر بهنجار سازی برای OIB از (سان، ۱۹۸۰)..... ۱۱۶
- شکل ۵-۱۶- ب: نمودار چندعنصری بهنجار شده به OIB (سان و مک‌دونوف، ۱۹۸۹)..... ۱۱۶
- شکل ۵-۱۷- الف: نمودار تعیین خصوصیات منشأ ماگمای تشکیل دهنده سنگ‌های منطقه مورد مطالعه (بر اساس مقادیر ویور، ۱۹۹۱)..... ۱۱۷
- شکل ۵-۱۷- ب و ج: نمودار تفکیک منشأ غنی شده و تهی شده (ابوهاماته، ۲۰۰۵)، با استفاده از نسبت Nb/Zr و Y/Zr برای نمونه‌های منطقه مورد مطالعه (بر اساس داده‌های سان و مک‌دونوف، ۱۹۸۹)..... ۱۱۷
- شکل ۵-۱۸- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار Nb/Y در مقابل Zr/Y ۱۱۹
- شکل ۵-۱۹- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودارهای تعیین درصد ذوب محل منشأ، الف: جانسون و همکاران (۱۹۹۰)، ب: تروال و همکاران (۱۹۹۴)، بوگارد و همکاران (۲۰۰۳)، ج: سان و مک‌دونوف (۱۹۸۹)..... ۱۲۱
- شکل ۵-۲۰- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی: الف: نمودار Ce/Yb در مقابل Ce (الام، ۱۹۹۲). ب: نمودار تمرکز میانگین عناصر Sm, Yb و Ce ، در مقابل عمق جدایش (الام، ۱۹۹۲)..... ۱۲۳
- شکل ۵-۲۱- کافت درون قاره‌ای و تکامل حاشیه‌ی جنوبی پالئوتتیس تا زمان دونین (بولن، ۱۹۸۸)..... ۱۲۵
- شکل ۵-۲۲- منحنی نشست تکتونیکی ناحیه البرز شرقی (اشتامفلی، ۲۰۰۱ در باقری و اشتامفلی، ۲۰۰۸)..... ۱۲۷
- شکل ۵-۲۳- بازسازی نمادین تکتونیک دیرینه و تکامل حوزه‌ی پالئوتتیس در ایران (اقتباس از اهری‌پور و همکاران، ۲۰۱۰ با کمی تغییرات)..... ۱۲۹