

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین
گروه پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی
پایان نامه کارشناسی ارشد

پترولوژی و ژئوشیمی ماگماتیسم بازیگ دونین در سازندهای پادها و خوش‌بیلاق
در شمال شاهرود

دانشجو:

مریم دیهیمی

استاد راهنما:

دکتر حبیب‌اله قاسمی

استاد مشاور:

دکتر عزیزاله طاهری

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۱

تقدیم به:

پیشگاه مادر و پدر، همیشه مهربانم، آنان که در محنات سختو طاقت فرسای زندگی نور

امیدی در دلم بوده و هستند.

تشکر و قدردانی

اکنون که این تحقیق ثمره ماه‌ها تلاش و کوشش بی‌وقفه اینجانب در عرصه علم و فن‌آوری در جهت رشد و بالندگی کشور عزیزم ایران است، مرهون زحمات خستگی‌ناپذیر اساتید محترم و همفکری و شراکت معنوی این عزیزان با این حقیر است.

لذا بر خود لازم می‌دانم از جناب آقای دکتر حبیب‌الله قاسمی که همواره با بینش دقیق علمی خود و با روی گشاده بنده را یاری داده‌اند قدردانی نمایم. بحق که بسیاری از دانسته‌های علمی خود را مدیون لطف و عنایت ایشان می‌باشم.

همچنین از رشادت و همفکری عالمانه و فقیهانه جناب آقای دکتر عزیزالله طاهری سپاسگزارم و زحماتخالصانه آقای دکتر صادق‌ان و آقای دکتر درخشی را در انجام این پروژه به دیده منت دارم. به‌همان‌اندازهازهمراهیهمیشگیدوستانعزیزم، خانم‌هاکاظمی، غلامی، طاهری و آقای پرنو، کمال‌تشکرادارم. الهی بر تمامی عزیزانی که از آثارشان استفاده نمودم و دوستانی که در تهیه این مختصر حقیر را یاری نمودند نظری خاص فرما که همگی سخت محتاج آن اکسیر نگاه و کیمیای عشق تو هستیم.

باشد که این تحقیق هر چند ناچیز، مورد استفاده دیگران که در این زمینه فعالیت خواهند کرد قرار گیرد.

تعهدنامه

اینجانب مریم دیهیمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی – گرایش پترولوژی دانشکده علوم پایه دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه "پترولوژی و ژئوشیمی ماگماتیسم بازیک دونین در سازندهای پادها و خوش‌بیلاق در شمال شاهرود" تحت راهنمایی آقای دکتر حبیب الله قاسمی به عنوان استاد راهنما متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده 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 می‌باشد 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 تاثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن) 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 دسترسیافت‌هیا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار و تجهیزات ساخته شده) 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

در این مطالعه برای اولین بار ماگماتیسزم بازالتی موجود در سازندهای پادها و خوش‌ییلاق (دونین) در شمال شاهرود (نکارمن و میغان) مورد بررسی قرار گرفته است. لیتولوژی عمده‌ی سازند پادها شامل ماسه‌سنگ کوارتزآرنایتی سفید رنگ، شیل قرمز و سنگ‌های تخریبی سیلیسیبا میان لایه‌های کربناتی می‌باشد. بر این اساس، سازند پادها در یک محیط قاره‌ایدر بادن آبرفتی، نواحی دور از بادن آبرفتی و حاشیه دریاچه تا داخل دریاچه رسوب‌گذاری کرده است. اما لیتولوژی عمده سازند خوش‌ییلاق کربناته (دریایی) است. بر اساس این لیتولوژی، ساختمان‌های رسوبی، ویژگی‌های میکروسکوپی و بافتی و نیز محتوای فسیلی در برش‌های مورد مطالعه، پنج توالی رخساره‌ای در این سازند، شناسایی شده است. این توالی‌های رخساره‌ای در محیط‌های خشکی (رودخانه‌ای) تا دریایی (پلاتفرم کربناته رمپ) نهشته شده‌اند. بر خلاف گزارش‌های قبلی، ماگماتیسزم دونین در این سازندها گسترده بوده، به طوری که سنگ‌های ماگمایی با ترکیب بازالتی و به شکل گدازه‌های بازالتی، دایک‌ها و سیل‌های میکروگابرویی در سازندهای پادها و خوش‌ییلاق رخنمون دارند. سنگ‌های آذرین مورد بررسی از نوع بازالت، الیوین‌بازالت و میکروگابرو می‌باشند. پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن (از نوع اوژیت) از کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده‌ی نمونه‌های بازالتی مناطق مورد مطالعه هستند. از مهمترین کانی‌های فرعی این سنگ‌ها می‌توان به الیوین و کانی‌های اپک (مگنتیت و پیریت) اشاره کرد. شدت تجزیه الیوین به حدی است که کانی اولیه، به طور کلی اختصاصات کانی‌شناسی خود را از دست داده و کاملاً توسط کلسیت و اکسید آهن جانشین شده است. پلاژیوکلازها در نتیجه سوسوریتی شدن به مجموعه کانی‌های اپیدوت، کلسیت و کلریت تبدیل شده‌اند. مهمترین بافت‌های موجود در سنگ‌های بازالتی و الیوین‌بازالتی شامل بافت‌های میکروولیتی میکروولیتی پورفیری، گلوپورفیری، اینترسرتال، افتیک، ساب‌افتیک، اینترگرانولار و بادامکی می‌باشند. در سنگ‌های میکروگابرویی، کانی‌های اصلی شامل پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن (اوژیت) می‌باشند. آپاتیت، اسفن و کانی‌های اپک (مگنتیت و پیریت) از مهمترین کانی‌های فرعی این سنگ‌ها هستند. کانی‌های ثانویه از قبیل کلریت، کلسیت و اپیدوت در اثر دگرسانی پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن در این سنگ‌ها تشکیل شده‌اند. بافت‌های غالب موجود در این سنگ‌ها شامل بافت‌های اینترگرانولار و افتیک هستند. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های آذرین مورد مطالعه دارای ماهیت آلکالن هستند. در نمودارهای تمایز محیط زمین‌ساختی، این سنگ‌ها در محدوده بازالت‌های قلیایی مرتبط با کافت درون‌قاره‌ای قرار می‌گیرند. این الگو با ماهیت آلکالن ماگمای مزبور و طبیعت آلکالن کافتی درون‌ورقه قاره‌ای بازالت‌های سیلورین سازند سلطان میدان منطقه کاملاً سازگار است. نمودارهای بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه و کندریت حاکی از غنی‌شدگی نمونه‌ها از LREE، بدون هیچ گونه تهی‌شدگی از HFSE هستند. روندهای موازی موجود در نمودارهای عنکبوتی، نشان‌دهنده‌ی ماگمای والد مشترک سنگ‌های مورد مطالعه و نقش تبلور تفریقی به عنوان فرآیند اصلی در تحول ماگمایی سنگ‌های منطقه می‌باشد. مقادیر بالای Ti و P بیانگر منشأ گرفتن ماگمای سازندها این سنگ‌ها از ذوب بخشی یکستون گوشته اعمیقو یا گوشته یا استنوسفریغنی‌شده (مشابه منابع OIB) است. این ماگما در اثر ذوب بخشی ۵ تا ۱۰ درصدی یک گوشته گارنت‌پریدوتیتی در اعماق ۱۰۰ تا ۱۱۰ کیلومتری حاصل شده و در خلال صعود از میان پوسته قاره‌ای متحمل آرایش نشده است.

کلمات کلیدی: ماگماتیسزم، پالئوتتیس، دونین، پادها، خوش‌ییلاق، شاهرود.

لیست مقالات استخراج شده از این پایان نامه عبارتند از:

۱- ماگماتیسزم بازالتی دونین البرز شرقی در منطقه‌ی شمال شاهرود (سی‌امین گردهمایی علوم زمین).

۲- پترولوژی و ژئوشیمی بازالت‌های آکالن موجود در سازندهای پادها و خوش‌ییلاق در شمال شاهرود، البرز شرقی (سی و یکمین گردهمایی علوم زمین).

فهرست مطالب

	فصل اول: کلیات
۲	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به مناطق مورد مطالعه
۲	۱-۳- آب و هوا و جغرافیای انسانی
۴	۱-۴- زمین ریخت شناسی
۴	۱-۵- تاریخچه‌ی مطالعات قبلی
۷	۱-۶- اهداف مطالعه
۷	۱-۷- روش های انجام مطالعه
	فصل دوم: زمین شناسی عمومی منطقه
۹	۲-۱- مقدمه
۱۰	۲-۲- پیکره‌های سنگی موجود در مناطق مورد مطالعه
۱۱	۲-۲-۱- نهشته‌های اردوویسین
۱۷	۲-۲-۲- سیلورین
۲۰	۲-۲-۳- دونین
۳۷	۲-۲-۴- کربونifer
۳۸	۲-۳- تکتونیک مناطق مورد مطالعه
	فصل سوم: پتروگرافی
۴۲	۳-۱- مقدمه
۴۳	۳-۲- پتروگرافی بازالت‌ها
۴۵	۳-۲-۱- کانی‌های اصلی
۴۹	۳-۲-۲- کانی‌های فرعی
۵۱	۳-۲-۳- کانی‌های ثانویه
۵۴	۳-۳- اولیوین بازالت
۵۹	۳-۴- میکروگابروها
۶۰	۳-۴-۱- کانی‌های اصلی
۶۲	۳-۴-۲- کانی‌های فرعی
۶۴	۳-۴-۳- کانی‌های ثانویه
	فصل چهارم: ژئوشیمی
۶۶	۴-۱- مقدمه
۶۸	۴-۲- منابع بروز خطا در طی آماده‌سازی و تجزیه‌ی شیمیایی نمونه‌ها
۶۹	۴-۳- تصحیح داده‌های حاصل از تجزیه‌ی ژئوشیمیایی
	ادامه فهرست مطالب
۶۹	۴-۳-۱- تصحیح مربوط به حذف مواد فرّار (L.O.I)
۷۰	۴-۳-۲- تصحیح نسبت Fe_2O_3/FeO
۷۳	۴-۴- کاربرد نتایج تجزیه‌ی شیمیایی عناصر اصلی در رده‌بندی سنگ‌های مورد مطالعه
۷۶	۴-۵- کاربرد نتایج تجزیه‌ی شیمیایی عناصر کمیاب در رده‌بندی سنگ‌های مورد مطالعه
۸۰	۴-۶- تعیین سری ماگمایی
۸۱	۴-۶-۱- نمودارهای $Na_2O + K_2O$ در برابر SiO_2
۸۲	۴-۶-۲- نمودار Nb/Y در مقابل SiO_2 (وود و همکاران، ۱۹۷۹)
۸۲	۴-۶-۳- نمودار P_2O_5 در مقابل Zr (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۶)
۸۳	۴-۶-۴- نمودار (فلوید و وینچستر، ۱۹۷۵)

- ۱۰۹ -۴-۶-۵- نمودار شاخص Peacock در برابر SiO_2 (پکسریلو و تایلور ، ۱۹۷۶)
- ۸۴ -۴-۷-۷- بررسی تغییر و تحولات ژئوشیمیایی سنگ‌هابه‌کم‌نمودارهای تغییرات
- ۸۶ -۴-۷-۱- نمودارهای تغییرات درصد اکسید- درصد MgO (فنز، ۱۹۴۸)
- ۸۸ -۴-۷-۲- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب- درصد MgO
- ۸۹ -۴-۷-۳- نمودارهای اکسیدهای عناصر اصلی - ضریب تفریق (D.I)
- ۹۲ -۴-۷-۴- نمودارهای تغییرات مقادیر عناصر کمیاب در مقابل ضریب تفریق (D.I)
- ۹۴ -۴-۷-۵- نمودارهای تغییرات عناصر اصلی و کمیاب در مقابل Zr
- ۹۷ -۴-۸- مقایسه فرایندهای تبلور تفریقی و ذوب‌بخشی، با استفاده از نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب
- ۱۰۰ -۴-۹- مقایسه فرایندهای تبلور تفریقی و ذوب‌بخشی، با استفاده از نمودارهای تغییرات نسبت عناصر کمیاب و درصد عناصر اصلی
- ۱۰۳ -۴-۱۰- نمودارهای به‌نجا شده و چندعنصری (عنکبوتی)

فصل پنجم: پتروژنز

- ۱۱۲ -۵-۱- مقدمه
- ۱۱۳ -۵-۲- تعیین محیط زمین‌ساختی تشکیل نمونه‌های مورد مطالعه
- ۱۱۵ -۵-۲-۱- نمودارهای Th/Ta در مقابل Ta/Yb و Th/Hf در مقابل Ta/Hf (گورتون و شاندر، ۲۰۰۲)
- ۱۱۶ -۵-۲-۲- نمودارهای تمایز محیط زمین‌ساختی $\text{Zr/Al}_2\text{O}_3$ در مقابل $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ و TiO_2 در مقابل Al_2O_3 (مولر و همکاران، ۱۹۹۲)
- ۱۱۷ -۵-۲-۳- نمودار Nb/8-La/10-Y/10 (کابانیس و لوکول، ۱۹۸۹)
- ۱۱۷ -۵-۲-۴- نمودار تغییرات Ti در مقابل Ti (شروه، ۱۹۸۲) و (ورمیش، ۲۰۰۶)
- ۱۱۸ -۵-۲-۵- نمودار Ti/100-Zr-Y*3 (پیرس و کان، ۱۹۷۳)
- ۱۱۹ -۵-۲-۶- نمودار $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO}$ (پیرس و همکاران، ۱۹۷۷)
- ۱۱۹ -۵-۲-۷- نمودارهای سه گانه (وود، ۱۹۸۰)
- ۱۲۰ -۵-۲-۸- نمودار Ti/Y-Zr/Y ، پیرس و گیل (۱۹۷۷)
- ۱۲۱ -۵-۲-۹- نمودار Zr-Ti (پیرس، ۱۹۸۲)
- ۱۲۱ -۵-۲-۱۰- نمودار Ti-Zr ، پیرس (۱۹۹۶)
- ۱۲۲ -۵-۲-۱۱- نمودار تمایز محیط زمین‌ساختی Nb*2-Zr-Y/4 (مشد، ۱۹۸۶)
- ۱۲۳ -۵-۲-۱۲- نمودار Zr/Y-Zr ، پیرس و نوری (۱۹۷۹)
- ادامه فهرست مطالب
- ۱۲۴ -۵-۳-۳- تعیین ترکیب و درجه‌ی ذوب‌بخشی محل منشأ
- ۱۲۵ -۵-۳-۱- نمودار Nb/Yb در مقابل Nb (جانسون، ۱۹۹۸ و بدارد، ۱۹۹۴)
- ۱۲۶ -۵-۳-۲- نمودار Lu/Hf در مقابل La/Sm (رگهلوس و همکاران، ۲۰۰۳)
- ۱۲۷ -۵-۳-۳- نمودار Zr/Y در مقابل $(\text{La/Sm})_N$ (گورنکو و همکاران، ۲۰۰۶ و ژو و همکاران، ۲۰۰۹)
- ۱۲۸ -۵-۳-۴- نمودار La/Yb در مقابل Sm/Yb (جانسون و همکاران، ۱۹۹۰)
- ۱۲۹ -۵-۳-۵- نمودار Ce/Y در مقابل Zr/Nb (هاردارسون و فیتون، ۱۹۹۱)
- ۱۳۰ -۵-۳-۶- نمودار La/Sm در مقابل Sm/Yb (مکنزی و انیون، ۱۹۹۱)، (ژائو و ژو، ۲۰۰۷) و (پانگ و همکاران، ۲۰۱۲)
- ۱۳۲ -۵-۳-۷- نمودار Dy/Yb در مقابل La/Yb (تروال و همکاران (۱۹۹۴)، بوگارد و همکاران (۲۰۰۳))
- ۱۳۳ -۵-۳-۸- نمودار (Tb/Yb_N) در مقابل $(\text{La/Sm})_N$ (وانگ و همکاران، ۲۰۰۲)
- ۱۳۴ -۵-۳-۹- نمودار تغییرات Ce/Sm در مقابل Sm/Yb (کوبان، ۲۰۰۷)
- ۱۳۴ -۵-۴-۴- تعیین عمق ذوب بخشی ناحیه‌ی منشأ
- ۱۳۸ -۵-۴-۱- نمودار Al_2O_3 در مقابل Gd/Yb_N (سافونوا و همکاران، ۲۰۱۱)
- ۱۳۹ -۵-۴-۲- نمودارهای Nb/Yb در مقابل Th/Yb و TiO_2/Yb (پیرس، ۲۰۰۸)

- ۱۳۹ ۳-۴-۵- نمودار La/Nb در مقابل La (هیکی- وارگاس و همکاران، ۱۹۸۶)
- ۱۴۰ ۴-۴-۵- نمودار Nb/Y در مقابل Zr/Y (سیمانکو و همکاران، ۲۰۰۸)
- ۱۴۱ ۵-۵- تعیین غنی‌شدگی و یا تهی‌شدگی ناحیه‌ی منشأ سنگ‌های مورد مطالعه
- ۱۴۲ ۱-۵-۵- نمودار Nb در مقابل Zr (گنگ و همکاران، ۲۰۱۱)
- ۱۴۳ ۲-۵-۵- نمودار Th/Yb در مقابل Ta/Yb (الدنماز و همکاران، ۲۰۰۰)
- ۱۴۳ ۳-۵-۵- نمودارهای Nb در برابر Zr و Y در برابر Zr ابوهامته (۲۰۰۵)
- ۱۴۴ ۴-۵-۵- نمودار Nb/Y در مقابل Zr/Y (فیتون و همکاران، ۱۹۹۷)
- ۱۴۵ ۶-۵- ارزیابی نقش آلیش پوسته‌ای در تشکیل سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه
- ۱۴۷ ۱-۶-۵- نمودار $(Th/Nb)_N$ در مقابل $(La/Nb)_N$ (رودنیک و جائو، ۲۰۰۳).
- ۱۴۷ ۲-۶-۵- نمودار تغییرات Nb/U در مقابل Nb (هافمن و همکاران، ۱۹۸۶)
- ۱۴۸ ۳-۶-۵- نمودارهای تغییرات MgO در مقابل Ba/Nb و Rb/Zr
- ۱۴۹ ۷-۵- مقایسه‌ی ویژگی‌های ژئوشیمیایی و محیط زمین‌ساختی تشکیل سنگ‌های مورد مطالعه با سنگ‌های آذرین مرتبط با کافت پالتوتتیس در شمال شرق درود- نیشابور
- ۱۵۳ ۸-۵- سنگ‌های آذرین پالتوزونیک در مناطق پل خاوند، زفره- باقرآباد، و ابیانه (سُه)، دالمه و جهق (ایران مرکزی)
- ۱۵۸ ۹-۵- الگوی تکتونوماگمایی تشکیل سنگ‌های آذرین مورد مطالعه

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

- ۱۶۸ ۱-۶- نتیجه‌گیری
- ۱۷۰ ۲-۶- پیشنهادها

- ۱۷۱ منابع

فهرست شکل‌ها

فصل اول

- ۲ شکل ۱-۱- نقشه‌ی راه‌های ارتباطی مناطق مورد مطالعه

فصل دوم

- ۹ شکل ۲-۱- نقشه‌ی زون‌های زمین‌شناسی - ساختاری ایران (اشتوکلین، ۱۹۶۸)
- ۱۰ شکل ۲-۲- نقشه‌های زمین‌شناسی مناطق مورد مطالعه
- ۱۵ شکل ۲-۳- الف- تناوب شیل و ماسه‌سنگ‌های سازند ابرسج در منطقه نکارمن
- ۱۵ شکل ۲-۳- ب- توالی سازند ابرسج، بازالت‌های سلطان‌میدان و سازند پادها در منطقه نکارمن.
- ۱۶ شکل ۲-۴- الف- ریپل‌مارک جریان‌ی
- ۱۶ شکل ۲-۴- ب- ایکنوفسیل، در ماسه سنگ‌های سازند ابرسج
- ۱۹ شکل ۲-۵- الف- اندازه بازالتی سازند سلطان‌میدان در منطقه‌ی نکارمن
- ۱۹ شکل ۲-۵- ب- حفرات موجود در بازالت‌های سلطان‌میدان که با کلسیت و کلریت پر شده‌اند
- ۲۰ شکل ۲-۶- الف- حضور زینولیت‌هایی از جنس ماسه‌سنگ‌های سازند ابرسج در روانه‌ی قاعده‌ای بازالت‌های سلطان‌میدان در دره تنگه در نکارمن
- ۲۰ شکل ۲-۶- ب- کانی‌زایی مالاکیت در بازالت‌های سلطان‌میدان
- ۲۱ شکل ۲-۷- تطابق و هم‌ارزی رسوبات دونین در البرز و ایران مرکزی
- ۲۳ شکل ۲-۸- الف- عضوهای ۱، ۲ و ۳ سازند پادها در دره تنگه
- ۲۳ شکل ۲-۸- ب- قرارگیری سازند پادها با کنگلومرای قاعده‌ای بر روی بازالت‌های سلطان‌میدان در منطقه نکارمن (دره تنگه)
- ۲۳ شکل ۲-۸- ج- نمای نزدیک از کنگلومرای چندزادی قاعده‌ی سازند پادها در منطقه‌ی نکارمن (دره تنگه)
- ۲۴ شکل ۲-۹- الف- عضو ۲ سازند پادها

- شکل ۹-۲-ب- سازندهای سلطانمیدان و عضو ۲ و ۳ سازند پادها در منطقه میغان
شکل ۱۰-۲-الف- یک روانه‌ی بازالتی و دایک تغذیه‌کننده‌ی آن در سازند پادها در منطقه
نکارمن
- شکل ۱۰-۲-ب- روانه‌ی بازالتی در سازند پادها در منطقه‌ی نکارمن (دره تنگه)
شکل ۱۰-۲-ج و د- رخنمون سنگ‌های آذرین به صورت دایک در سازند پادها در منطقه
نکارمن (دره تنگه).
- شکل ۱۱-۲-الف- نمایی کلی از سازندهای سلطان میدان، پادها و خوشبیلاق در منطقه
میغان و گدازه‌های مربوط به سازند پادها
- شکل ۱۱-۲-ب- لایه ضخیم روانه‌ی بازالتی در داخل رسوبات سازند پادها در منطقه میغان
شکل ۱۱-۲-ج- بافت حفره‌ای
- شکل ۱۱-۲-د- بازالت‌های دگرسان شده در منطقه میغان
- شکل ۱۲-الف- یک سیل در سازند پادها (عضو ۳) در منطقه میغان
شکل ۱۲-ب- نمای نزدیک از بخش میانی روانه بازالتی در عضو ۳ سازند پادها با
پورفیرهای پلاژیوکلاز
- شکل ۱۳-الف- توالی ماسه‌سنگ، سیلنتستون قرمز و توفیت‌های سبزرنگ در بخشی از
سازند پادها در منطقه. نکارمن (دره تنگه)
- ادامه فهرست شکل‌ها
- شکل ۱۳-ب- حضور ژاسپر در دولومیت‌های سازند پادها در منطقه نکارمن (دره تنگه)
شکل ۱۴-الف- چین‌بندی متقاطع
- شکل ۱۴-ب- ترک گلی، در سازند پادها
- شکل ۱۵-الف- بازسازی محیط دیرینه‌ی تشکیل سازند پادها و محیط‌های نهشته شدن سه
عضو این سازند
- شکل ۱۵-ب- بلوک دیاگرام مربوط به توالی سازندهای ابرسج، سلطانمیدان، پادها و
خوشبیلاق
- شکل ۱۶-الف- دو روانه‌ی بازالتی در سازند خوشبیلاق در منطقه‌ی نکارمن (دره تنگه)
شکل ۱۶-ب- روانه‌ی بازالتی با ضخامت تقریبی ۱۵ متر مربوط به سازند خوشبیلاق در
منطقه‌ی نکارمن (دره تنگه)
- شکل ۱۶-ج- گدازه‌های منشوری در سازند خوشبیلاق در دره تنگه
- شکل ۱۶-د- تصویری از یک سیل در سازند خوشبیلاق در منطقه خوشبیلاق
- شکل ۱۶-ه- روانه‌ی بازالتی با ضخامت تقریبی ۵ متر با پورفیرهای پلاژیوکلاز مربوط
به سازند خوشبیلاق در منطقه‌ی نکارمن (دره تنگه)
- شکل ۱۶-۲-خ- بقایای گیاهی موجود در شیل‌های سازند خوشبیلاق در منطقه میغان
- شکل ۱۷-۲- ستون‌های چین‌شناسی سازندهای مربوط به مناطق نکارمن و میغان
- شکل ۱۸-۲- قرارگیری سازندپادها در زیر سازند ابرسج بر اثر گسلش و چین‌خوردگی در
منطقه نکارمن
- شکل ۱۹-۲- نقشه‌ی تکتونیکی منطقه بر اساس نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ علی‌آباد
- شکل ۱-۳-الف- بافت هیالو میکروولیتی پورفیری جریانی
- شکل ۱-۳-ب- بافت افیتیک
- شکل ۱-۳-ج- بافت اینترگرانولار
- شکل ۱-۳-د- بافت بادامکی
- شکل ۲-۳-الف- بافت میکروولیتی پورفیری و ماکل‌های کارلسباد و پلی سنتتیک در پلاژیوکلاز
- شکل ۲-۳-ب- دومرحله سرد شدگی در پلاژیوکلاز
- شکل ۲-۳-ج- برهم‌شدگی پلاژیوکلاز
- شکل ۲-۳-د- انحلال و خوردگی درشت بلورهای پلاژیوکلاز در زمینه‌ای از
میکروولیت‌های تیغه‌ای
- شکل ۲-۳-ه- دگرسانی پلاژیوکلاز به کلریت
- شکل ۲-۳-ی- دگرسانی پلاژیوکلاز به سریسیت، اپیدوت و کلسیت
- شکل ۳-۳-الف- درشت بلور کلینوپیروکسن با حاشیه تحلیل رفته در بازالت‌های منطقه

- شکل ۳-۳-ب- درشت بلور کلینوپیروکسن با حاشیه واکنشی در بازالت‌های منطقه
شکل ۳-۴-الف- درشت بلور الیوین ایدنگسیتی شده در بازالت‌های منطقه
شکل ۳-۴-ب- تغییرات ترکیب الیوین به ایدنگسیت در بازالت بلیکس در ماسیو سانترال فرانسه (ولچ و بنفیلد، ۲۰۰۲).
- شکل ۳-۵-الف- کانی مگنتیت در بازالت‌های مورد
شکل ۳-۵-ب- ادخال‌های مگنتیت در کانی پلاژیوکلاز
شکل ۳-۵-ج- کانی پیریت در بازالت‌های مورد مطالعه
شکل ۳-۶-دگرسانی پلاژیوکلاز و اوژیت به اپیدوت
شکل ۳-۷-الف- دگرسانی پلاژیوکلاز به کلسیت
شکل ۳-۷-ب- حفرات موجود در بازالت‌ها که با کانی‌های کلسیت پر شده‌اند
شکل ۳-۸- فرآیند کلریتی شدن در مرکز پلاژیوکلاز و زمینه
شکل ۳-۹- حفرات موجود در بازالت‌ها که با کانی‌های کلسیت، کوآرتز و کلریت پر شده‌اند
ادامه فهرست شکل‌ها
- شکل ۳-۱۰- دگرسانی درشت بلور پلاژیوکلاز به سرپیسیت
شکل ۳-۱۱- بافت هیالو پورفیری با پورفیرهای از الیوین و پلاژیوکلاز
شکل ۳-۱۲- بافت گلومرو پورفیری در سنگ‌های مورد مطالعه
شکل ۳-۱۳- مدل ژنتیکی برای تشکیل بافت گلومرو پورفیری
شکل ۳-۱۴- اشکال کاذب کلسیت در قالب الیوین
شکل ۳-۱۵- الیوین‌های ایدنگسیتی شده و اشکال کاذب کلریت و کلسیت در قالب الیوین
شکل ۳-۱۶- دگرسانی پلاژیوکلاز به سرپیسیت
شکل ۳-۱۷- بافت اینترگرانولار در سنگ‌های میکروگابرویی
شکل ۳-۱۸- فرآیند اورالیتی شدن در سنگ‌های میکروگابرویی
شکل ۳-۱۹- ماکل پلی سنتتیک در پلاژیوکلاز
شکل ۳-۱۹-ب- پلاژیوکلاز با ادخال‌هایی از کانی‌های اوپک و آپاتیت
شکل ۳-۲۰- درشت بلور کلینوپیروکسن
شکل ۳-۲۱- بلورهای آپاتیت و اسفن ثانویه در سنگ‌های مورد مطالعه.
شکل ۳-۲۲-الف- کانی مگنتیت با ظاهر اسکلتی
شکل ۳-۲۲-ب- کانی مگنتیت در دایک‌های مورد مطالعه
شکل ۳-۲۳- کانی پیریت در دایک‌های مورد مطالعه
شکل ۳-۲۴- بیوتیت‌های ثانویه که در اثر دگرسانی متاسوماتیکی اوژیت به وجود آمده‌اند و کلریت ناشی از دگرسانی

فصل چهارم

- شکل ۴-۱- نمودار SiO_2 در مقابل $Na_2O + K_2O$ (لومتر، ۱۹۷۶)
شکل ۴-۲- نمودار $Na_2O + K_2O$ در مقابل SiO_2 ، کاکس و همکاران (۱۹۷۹)
شکل ۴-۳-الف- نمودار $Na_2O + K_2O$ در مقابل SiO_2 ، میدلموست، (۱۹۹۴)
شکل ۴-۳-ب- نمودار $Na_2O + K_2O$ در مقابل SiO_2 لوباسو همکاران (۱۹۸۶)
شکل ۴-۴-الف- نمودار Zr/TiO_2 در مقابل Nb/Y (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷)
شکل ۴-۴-ب- نمودار Nb/Y در مقابل Zr/Ti (پیرس، ۱۹۹۶)
شکل ۴-۵-الف- نمودار Ti/Y در مقابل Sm/Yb
شکل ۴-۵-ب- نمودار Ti/Y در مقابل Mg ، (لای، ۲۰۱۲)
شکل ۴-۵-ج- نمودار Ti/Y در مقابل TiO_2 (ژو و همکاران، ۲۰۰۸)
شکل ۴-۶- نمودار (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷)
شکل ۴-۷- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تعیین سری ماگمایی
شکل ۴-۸- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار تعیین سری ماگمایی (وود و همکاران، ۱۹۷۹).
شکل ۴-۹- نمودار تعیین سری ماگمایی P_2O_5 در برابر Zr (فلوید و وینچستر، ۱۹۷۶).
شکل ۴-۱۰- نمودار تعیین سری ماگمایی TiO_2 در مقابل Y/Nb (فلوید و وینچستر، ۱۹۷۵).
شکل ۴-۱۱- نمودار شاخص Peacock در برابر SiO_2 ، (پکسریلو و تایلور، ۱۹۷۶)

۸۸	شکل ۴-۱۲- نمودارهای تغییرات درصد اکسید - درصد MgO (فنز، ۱۹۴۸)
	ادامه فهرست شکل‌ها
۸۹	شکل ۴-۱۳- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب - درصد MgO
۹۲	شکل ۴-۱۴- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در برابر ضریب تفریق (تورنتن و تاتل، ۱۹۶۰).
۹۴	شکل ۴-۱۵- نمودارهای عناصر کمیاب در مقابل ضریب تفریق (D.I) برای نمونه‌های مورد مطالعه.
۹۶	شکل ۴-۱۶- نمودارهای تغییرات عناصر اصلی و کمیاب در مقابل Zr
۹۹	شکل ۴-۱۷- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب
۱۰۰	شکل ۴-۱۸- الف- نمودار TiO ₂ در مقابل SiO ₂
۱۰۰	شکل ۴-۱۸- ب- نمودار K ₂ O در مقابل Ce/Yb (ژو و همکاران، ۲۰۰۳)
۱۰۱	شکل ۴-۱۹- الف- نمودار تغییرات Ba/Y در برابر Ba
۱۰۱	شکل ۴-۱۹- ب- نمودار تغییرات نسبت Rb/Th در مقابل Rb (چامنی و همکاران، ۲۰۰۶)
۱۰۲	شکل ۴-۲۰- نمودارهای تغییرات جهت تشخیص روند تحولی غالب نمونه‌های مورد مطالعه
۱۰۶	شکل ۴-۲۱- نمودارهای عناصر نادر خاکی بهنجار شده به کندریت
۱۰۸	شکل ۴-۲۲- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده به کندریت
۱۰۹	شکل ۴-۲۳- نمودار چندعنصری بهنجار شده به گوشته‌ی اولیه
۱۱۱	شکل ۴-۲۴- نمودار چندعنصری بهنجار شده به گوشته‌ی اولیه (سان و مکدونوف، ۱۹۸۹)، جهت مقایسه نمونه‌های OIB، MORB و نمونه‌های مورد مطالعه
	فصل پنجم
۱۱۶	شکل ۵-۱- الف- نمودار Ta/Th در مقابل Ta/Yb
۱۱۶	شکل ۵-۱- ب- نمودار Th/Hf در مقابل Ta/Hf
۱۱۶	شکل ۵-۲- الف- نمودار TiO ₂ در مقابل Al ₂ O ₃
۱۱۶	شکل ۵-۲- ب- نمودار Zr/Al ₂ O ₃ در مقابل TiO ₂ /Al ₂ O ₃ (مولر و براون، ۱۹۷۶).
۱۱۷	شکل ۵-۳- نمودار Nb/۸-La/۱۰-Y/۱۵ (کابانیس و لوکول، ۱۹۸۹).
۱۱۸	شکل ۵-۴- الف- نمودار تکتونیکی تغییرات V در مقابل Ti (شروه، ۱۹۸۲)
۱۱۸	شکل ۵-۴- ب- نمودار تکتونیکی تغییرات V در مقابل Ti (ورمیش، ۲۰۰۶)
۱۱۹	شکل ۵-۵- الف- نمودار تمایز محیط زمین‌ساختی (پیرس و کان، ۱۹۷۳)
۱۱۹	شکل ۵-۵- ب- نمودار تمایز محیط زمین‌ساختی (پیرس و همکاران، ۱۹۷۷)
۱۲۰	شکل ۵-۶- نمودارهای تمایز محیط زمین‌ساختی (وود، ۱۹۸۰)
۱۲۱	شکل ۵-۷- نمودارهای تمایز محیط زمین‌ساختی پیرس و گیل (۱۹۷۷) و پیرس (۱۹۸۲).
۱۲۲	شکل ۵-۸- نمودار تمایز محیط زمین‌ساختی پیرس (۱۹۹۶)
۱۲۳	شکل ۵-۹- نمودار تمایز محیط زمین‌ساختی (مشد، ۱۹۸۶)
۱۲۳	شکل ۵-۱۰- نمودار تمایز محیط زمین‌ساختی پیرس و نوری (۱۹۷۹).
۱۲۶	شکل ۵-۱۱- نمودار (جانسون، ۱۹۹۸ و بیدارد، ۱۹۹۴) برای تعیین ترکیب، محل و درجه ذوب‌بخشی
۱۲۷	شکل ۵-۱۲- نمودار Lu/Hf در مقابل La/Sm (رگهلوس و همکاران، ۲۰۰۳)
۱۲۸	شکل ۵-۱۳- نمودار Zr/Y در مقابل (La/Sm)N (گورنکو و همکاران، ۲۰۰۶ و ژو و همکاران، ۲۰۰۹)
۱۲۹	شکل ۵-۱۴- نمودار La/Yb در مقابل Sm/Yb (جانسون و همکاران، ۱۹۹۰)
۱۳۰	شکل ۵-۱۵- نمودار Ce/Y در مقابل Zr/Nb (هاردارسون و فیتون، ۱۹۹۱)
	ادامه فهرست شکل‌ها
۱۳۲	شکل ۵-۱۶- نمودار La/Sm در مقابل Sm/Yb (مکنزی و انیون (۱۹۹۱)، ژائو و ژو (۲۰۰۷) و پانگ و همکاران (۲۰۱۲))

- شکل ۵-۱۷- نمودار Dy/Yb در مقابل La/Yb تروال و همکاران (۱۹۹۴) و بوگارد و همکاران (۲۰۰۳).
- شکل ۵-۱۸- نمودار (Tb/Yb)N در مقابل (La/Sm)N (وانگ و همکاران، ۲۰۰۲)
- شکل ۵-۱۹- نمودار نسبت Ce/Sm در مقابل Sm/Yb (کوبان، ۲۰۰۷)
- شکل ۵-۲۰- الف- نمودار Ce/Yb در مقابل Ce (الام و کاکس، ۱۹۹۱)
- شکل ۵-۲۰- ب- نمودار تمرکز میانگین عناصر Yb، Sm و Ce، در مقابل عمق جدایش (الام، ۱۹۹۲)
- شکل ۵-۲۱- نمودار عنکبوتی چند عنصری بهنجار شده نسبت به MORB (پیرس، ۱۹۸۳)
- شکل ۵-۲۲- نمودار Al₂O₃ در مقابل Gd/YbN (سافونوا و همکاران، ۲۰۱۱)
- شکل ۵-۲۳- نمودارهای Nb/Yb در مقابل Th/Yb و TiO₂/Yb، (پیرس، ۲۰۰۸)
- شکل ۵-۲۴- نمودار La/Nb در مقابل La (هیکی- وارگاس و همکاران، ۱۹۸۶)
- شکل ۵-۲۵- نمودار Nb/Y در مقابل Zr/Y (سیمانکو و همکاران، ۲۰۰۸)
- شکل ۵-۲۶- نمودار Zr در برابر Nb (گنگ و همکاران، ۲۰۱۱)
- شکل ۵-۲۷- نمودار Th/Yb در مقابل Ta/Yb (الدنماز و همکاران، ۲۰۰۰)
- شکل ۵-۲۸- نمودارهای تعیین غنی‌شدگی و تهی‌شدگی در محل منشأ نمونه‌های مورد مطالعه (ابوهماته، ۲۰۰۵).
- شکل ۵-۲۹- نمودار Nb/Y در مقابل Zr/Y
- شکل ۵-۳۰- الف- نمودار (Th/Nb)N در مقابل (La/Nb)N فری و همکاران (۲۰۰۲)
- شکل ۵-۳۰- ب- نمودار تغییرات Nb/U در مقابل Nb (هافمن و همکاران، ۱۹۸۶).
- شکل ۵-۳۱- نمودارهای تغییرات MgO در مقابل Ba/Nb و Rb/Zr
- شکل ۵-۳۲- نمودار مقایسه نمونه‌های مورد مطالعه با سنگ‌های آذرین شمال شرق درود - نیشابور در نمودار چند عنصری بهنجار شده به گوشته اولیه (سان و مکدونوف، ۱۹۸۶)
- شکل ۵-۳۳- نمودارهای مقایسه جایگاه تکتونیکی نمونه‌های مورد مطالعه با سنگ‌های آذرین شمال شرق درود - نیشابور
- شکل ۵-۳۴- نمودار مقایسه نمونه‌های بازالتی مورد مطالعه با سنگ‌های آذرین پل‌خاوند، جهق، باقرآباد، زفره، دالمه‌وابیانه
- شکل ۵-۳۵- نمودار مقایسه جایگاه تکتونیکی نمونه‌های بازالتی مورد مطالعه با سنگ‌های آذرین پل‌خاوند، جهق، باقرآباد، زفره، دالمه‌وابیانه
- شکل ۵-۳۶- کافت درون‌قاره‌ای و تکامل حاشیه‌ی جنوبی پالئوتتیس تا زمان دونین
- شکل ۵-۳۷- بازسازی نمادین تکتونیک دیرینه و تکامل حوزه‌ی پالئوتتیس در ایران
- شکل ۵-۳۸- شکل نمادین از بازسازی مراحل تکامل پلاتنوم سازند خوش‌بیلاق در دونین میانی تا بالای
- شکل ۵-۳۹- تشکیل رمپ‌های هموکلینال و با انتهای شیب‌دار در زمان‌های آرامش و فعالیت حوضه کششی ریفتی (اقتباس از بورچته و رایت، ۱۹۹۲)
- شکل ۵-۴۰- مدل تکتونیکی برای تشکیل سنگ‌های آذرین مورد مطالعه

فهرست جدول‌ها

- فصل سوم**
- جدول ۳-۱- علائم اختصاری به‌کاربرده شده در فصل ۳
- فصل چهارم**
- جدول ۴-۱- شماره‌ی نمونه‌ها، نام سنگ، محل نمونه‌برداری به همراه مختصات جغرافیایی محل برداشت
- جدول ۴-۲- نتایج خام تجزیه شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه
- جدول ۴-۳- نتایج تجزیه‌ی شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی نمونه‌های سنگی مناطق مورد

	مطالعه پس از حذف مواد فرّار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO
۸۵	جدول ۴-۴- نسبت TiO_2 و FeO^*/MgO
۹۵	جدول ۵-۴- نسبت‌های Rb/Zr و Ce/Zr ، Zr/Nb
۱۱۱	جدول ۶-۴- نسبت‌های La/Nb و Nb/Ta

فصل پنجم

۱۱۵	جدول ۱-۵- نسبت‌های Zr/Sm و Ba/La
۱۲۵	جدول ۲-۵- نسبت $(Dy/Yb)N$
۱۳۷	جدول ۳-۵- نسبت‌های Zr/Hf و Nb/Ta ، Nb/La ، Zr/Ba
۱۴۰	جدول ۴-۵- نسبت Zr/Y
۱۴۴	جدول ۵-۵- نسبت Th/Ta
۱۴۷	جدول ۶-۵- نسبت Lu/Yb
۱۵۱	جدول ۷-۵- الف- نتایج آنالیز عناصر اصلی سنگ‌های آذرین شمال شرق درود - نیشابور
۱۵۲	جدول ۷-۵- ب- نتایج آنالیز عناصر کمیاب سنگ‌های آذرین شمال شرق درود - نیشابور
۱۵۷	جدول ۸-۵- نتایج تجزیه‌ی شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی، مقادیر عناصر کمیاب و کمیاب خاکی سنگ‌های آذرین پل خاوند، جهق، باقرآباد، زفره، دالمه، ابیانه پس از حذف مواد فرّار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO

فصل اول

کلیات تحقیق

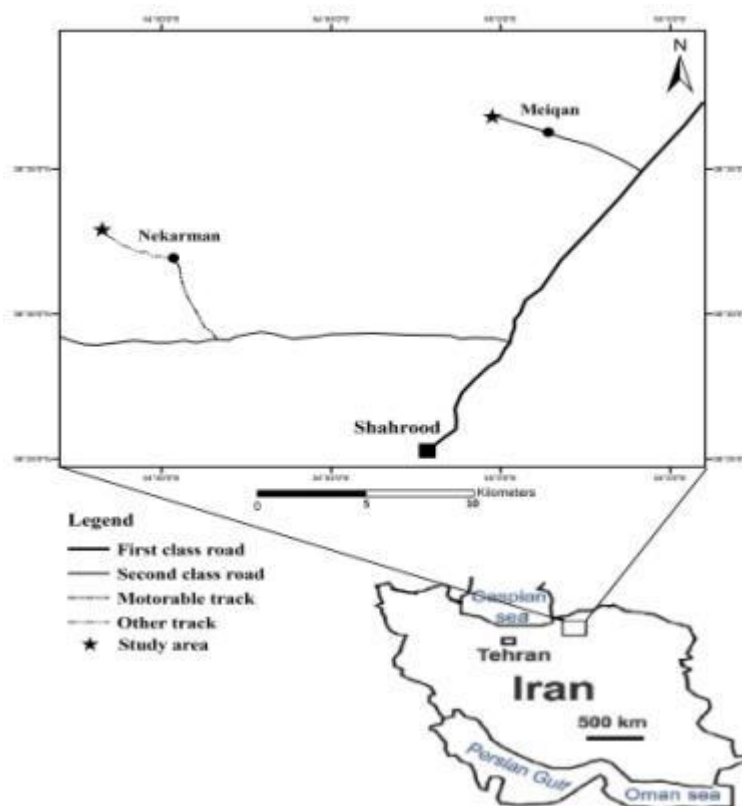
۱-۱- مقدمه

پالئوزوئیک با طول زمانی ۳۴۰ میلیون سال، طولانی‌ترین دوران فانروزوئیک به شمار می‌رود و طول مدت آن از مجموع دوران‌های مزوزوئیک (۱۸۵ میلیون سال) و سنوزوئیک (۶۵ میلیون سال) بیشتر است. وسعت بیرون‌زدگی سنگ‌های مربوط به این زمان در گستره‌ی ایران، اندک و غالباً محدود به پنجره‌های زمین‌ساختی می‌باشد (جولاپور، ۱۳۷۵). در ایران توالی‌های دونین در محل‌های محدودی رخنمون دارند اما رخنمون‌های کامل و گسترده‌ای از آن‌ها در البرز شرقی، مرکزی و ایران مرکزی دیده می‌شود (ونت و همکاران، ۲۰۰۵). بر اساس برخی از فسیل‌ها، سن دونین میانی تا فوقانی برای سازند خوش‌یلاق پیشنهاد شده و از این رو سن سازند پادها در زیر آندونین زیرین تا میانی تعیین گردیده است (بزرگ‌نیا، ۱۹۷۳، ژنی، ۱۹۷۷، ونت و همکاران، ۲۰۰۵، در اهری‌پور و همکاران، ۲۰۱۰). اما قویدل سیوکی (۱۹۹۴) هر دو سازند پادها و خوش‌یلاق را بر اساس مطالعات پالئونتولوژیکی متعلق به دونین فوقانی دانسته است.

سازند پادها از نظر کلی دارای رخساره‌های محیط رسوبی قاره‌ای می‌باشد و به تدریج به رخساره‌های ساحلی و دریایی سازند خوش‌یلاق تبدیل می‌شود. ماگماتیسم اردووسین میانی - دونین در البرز و بسیاری از نقاط ایران مرکزی به عنوان محصول مراحل کافت‌زایی اقیانوس پالئوتتیس تفسیر شده است (اشتامفلی، ۱۹۷۸، بربریان و کینگ، ۱۹۸۱، بولین، ۱۹۹۱، علوی، ۱۹۹۶، لاسمی، ۱۳۷۹، اشتامفلی و همکاران، ۲۰۰۲، باقری و اشتامفلی، ۲۰۰۸، بلاغی و همکاران، ۱۳۹۰، قاسمی و خانعلی زاده، ۱۳۹۱). از آنجایی که ماگماتیسم دونین در شمال شاهرود تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته است، بنابراین بر پایه‌ی شواهد صحرایی، سنگ‌شناسی، ژئوشیمی و جایگاه زمین‌ساختی به مطالعه‌ی ارتباط این ماگماتیسم با کافت‌زایی پالئوتتیس‌پرداخته‌ایم.

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

مناطق مورد بررسی در این تحقیق در بخش شمالی شهرستان شاهرود در مناطق کنارمن (شمال غرب)، میغان (شمال) قرار دارند (شکل ۱-۱). از نظر جغرافیایی محدوده‌ی مورد مطالعه بین $50^{\circ}46'54''$ تا $51^{\circ}21'$ طول شرقی و $36^{\circ}31'47''$ تا $36^{\circ}38'27''$ عرض شمالی در دامنه جنوبی زون البرز شرقی قرار دارد. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به مناطق مورد مطالعه در شکل (۱-۱) آمده است.



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

۳-۱- آب و هوا و جغرافیای انسانی

شاهرود دارای آب و هوای نیمه بیابانی با زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های معتدل می‌باشد. در این ناحیه رطوبت نسبی پایین است و تبخیر بالقوه از سطح خاک و پوشش گیاهی بالغ صورت می‌گیرد. ریزش باران کم و ناچیز بوده و از سالی به سال دیگر متغیر است. این شهر بر طبق

طبقه‌بندی کوپن^۱ (۱۹۱۸)، جزء اقلیم‌های بیابانی و خشک طبقه‌بندی می‌شود. اما اقلیم آن با اقلیم‌های بیابانی عاری از پوشش گیاهی که بارندگی در آن به ندرت صورت می‌گیرد، متفاوت بوده و دارای پوشش گیاهی و زمستان سرد است (حیدری، ۱۳۸۸). بخش اعظم بارندگی آن به صورت رگبارهای تند و موضعی در فصول زمستان و بهار است که باعث طغیان خشک رودها شده و آب را به سرعت از دسترس خارج می‌کند و به سوی کویر مرکزی روانه می‌سازد (مساواتی، ۱۳۷۰).

میانگین بارش سالیانه‌ی شاهرود، ۱۶۶/۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۴/۸ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد. باد غالب شاهرود، شمال شرقی است که از اسفندماه شروع شده و سرعت و شدت آن کم کم رو به افزایش گذاشته و در تابستان به حداکثر می‌رسد (حیدری، ۱۳۸۸).

مناطق مورد مطالعه در دامنه‌ی جنوبی کوه‌های البرز قرار دارند و به همین دلیل رطوبت کمتری دارند و پوشش گیاهی آن بسیار نامتراکم می‌باشند و از بوته‌ها و درختان اورس تشکیل شده‌اند. یک چشمه‌ی آب دائمی در پای کوه جریان دارد. این منطقه از آب و هوای گرم‌تری نسبت به منطقه‌ی خوش‌بیلاق برخوردار است. برش نمونه سازند خوش‌بیلاق در ارتفاع حدود ۲۸۰۰ متری و با بارندگی متوسط سالیانه ۴۰۰-۱۰۰ میلی‌متر در مسیر گردنه‌ی خوش‌بیلاق قرار دارد (جعفریان و جلالی، ۱۳۸۳). این منطقه کوهستانی بوده و اغلب اوقات توسط ابر و مه پوشیده می‌شود. پوشش گیاهی در این منطقه انبوه نیست و شامل بوته‌های گیاهی و درختان کوتاه‌قد اورس است. منطقه دارای چند چشمه است که آب مورد نیاز روستای خوش‌بیلاق را تأمین می‌کنند.

۱-۴- زمین‌ریخت‌شناسی

^۱ - سیستم طبقه‌بندی کوپن (دانشمند اقلیم‌شناس اتریشی)، اصولاً بر اساس رابطه بین بارندگی، مقدار و توزیع آن در طول سالو درجه ۱ حرارت استوار است.