مجله علمی پژوهش‌های کاربردی در علوم زمین (سال سوم)
شماره ۱۰ / زمستان ۱۳۹۷ / ص ۱۱ - ۱

پتروگرافی، پتروژنز و جایگاه زمین ساختی توده های گرانیتوئیدی منطقه رودگز(جنوب شرق بجستان، استان خراسان رضوی)

محمدرضا قاسمپور[۲،۱]، سارا شکیبا[۳]، سیداحمد مظاهری[۴]

[۱] دانشگاه فرهنگیان، پردیس شهید مطهری زاهدان، ایران
[۲] دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران
[۳] گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ایران
[۴] گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

نام نویسنده مسئول:
محمدرضا قاسمپور
(E-mail: Ghasempour_1984@yahoo.com)

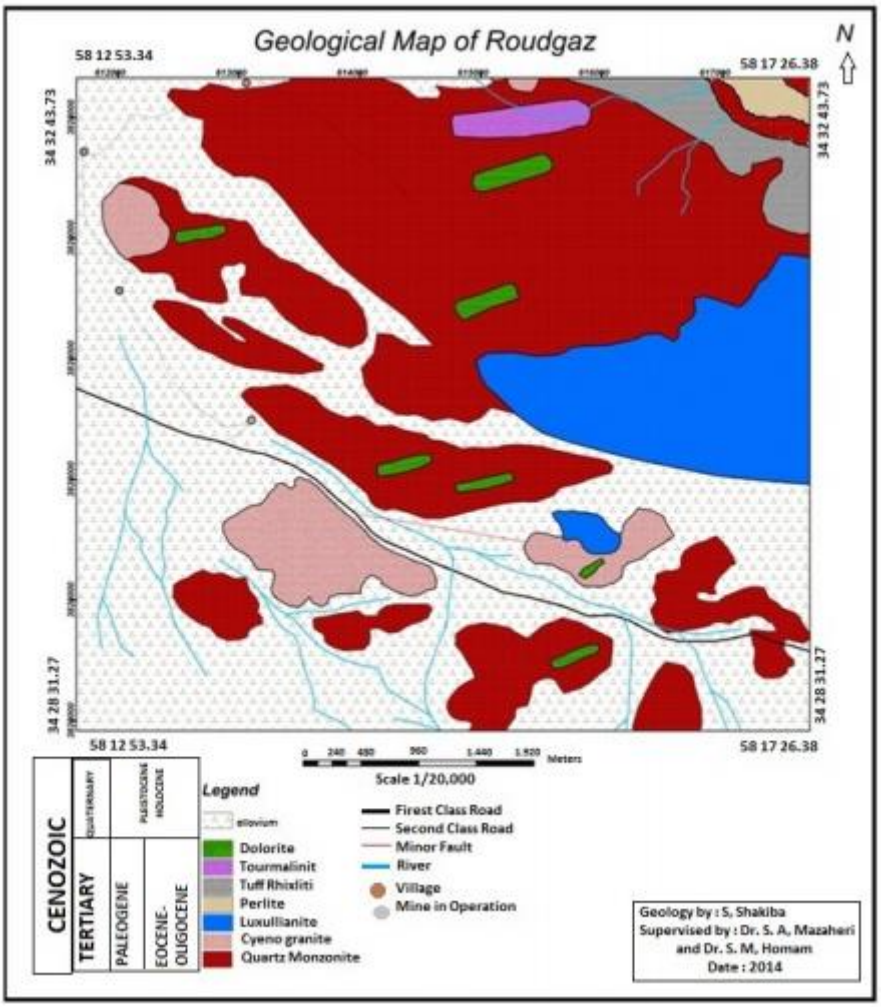
چکیده

توده‌های نفوذی منطقه رودگز بخشی از بلوک زمین ساختی لوت و در جنوب شرقی بجستان رخنمون یافته اند. براساس بررسی های سنگ‌شناسی، توده‌های نفوذی منطقه رودگز در گستره سینوگرانیت، کوارتز مونزونیت و تورمالین گرانیت (لوکسولیانیت) می‌باشند، همچنین دایک‌هایی با روند شمال شرقی-جنوب غربی با ترکیب دولریت و کوارتزتورمالین (تورمالینیت) در آنها نفوذ کرده است. سنگ‌های آذرآواری مانند توف ریولیتی و سنگ آتشفشانی پرلیت نیز در منطقه رخنمون دارند که سن این مجموعه ترشیری می‌باشد. بافت اکثر توده‌های نفوذی منطقه رودگز گرانولار می-باشد. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده‌ی این توده‌ها شامل کوارتز، پلاژیوکلاز(آندزین – لابرادوریت) دارای منطقه‌بندی و آلکالی فلدسپار (ارتوکلاز) می‌باشد. بیوتیت کانی مافیک شاخص این واحدها وکانی‌های فرعی شامل آپاتیت، اسفن و تورمالین می‌باشند. براساس نمودارهای متمایزکننده محیط‌های تکتونیکی گرانیتوئیدهای مورد مطالعه در محدوده قوس آتشفشانی مرتبط با فرورانش، و همزمان با برخورد تا بعد از کوهزایی قرار می‌گیرند و در قلمرو گرانیت‌های تیپ I که سنگ مادر آنها مربوط به پوسته زیرین و با ترکیب آمفیبولیت می‌باشد.

کلمات کلیدی: بجستان، رودگز، گرانیتوئید، ترشیاری، پتروژنز.

مقدمه

منطقه مورد بررسی در جنوب شرقی شهرستان بجستان در استان خراسان رضوی و در حد فاصل راه ارتباطی بجستان به گناباد، در مختصات بین طول های ″۵۳ ′۱۲ °۵۸ تا ″۲۶ ′۱۷ °۵۸ شرقی و عرض های ″۳۱ ′۲۸ °۳۴ تا ″۴۳ ′۳۲ °۳۴ شمالی و در بلوک زمین ساختی لوت قرار گرفته است [۱]. سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه شامل سینو گرانیت، کوارتز مونزونیت و تورمالین گرانیت (لوکسولیانیت) می‌باشند، که دایک‌هایی با روند شمال شرقی-جنوب غربی با ترکیب دولریت و کوارتزتورمالین (تورمالینیت) در آنها نفوذ کرده است (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (اقتباس از نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ فردوس).

از دیدگاه زمین شناسی این منطقه در شمال بلوک لوت واقع شده است. بلوک لوت بخشی از خرده قاره ایران مرکزی است که بین گسل های نهبندان (در شرق)، نایبند (در غرب)، درونه و کلمرد (در شمال) و نیز فرورنشست جازموریان (در جنوب) قرار دارد [۲].

زمین شناسی این بخش از ایران زمین به علت دور از دسترس بودن مورد ابهام است اما به طور کلی از زمان مزوزوئیک به بعد به عنوان بلوک قاره ای مقاومی بوده که از حاشیه گندوانا جدا شده و به سمت شمال حرکت نموده و دریای نئوتتیس را تشکیل داده است [۳، ۴ و ۵] در اوایل ژوراسیک این قطعه به بخش جنوبی اوراسیا پیوسته است [۳]. فعالیت های ماگمایی در بلوک لوت گسترده بوده و این فعالیت‌ها به پدیده‌هایی مانند فرورانش [۶ و ۷]، شرایط کششی [۸] و حتی فرورانش دوسویه [۹] نسبت داده شده‌اند؛ که دامنه سنی ژوراسیک تا کواترنری را می توان برای آنها در نظر گرفت [۱۰].

در سال‌های اخیر مطالعات پتروژنز و سن سنجی زیادی بر روی توده‌های مختلف ترشیری در بلوک لوت انجام گرفته است از جمله می توان به مناطق شوراب [۱۱]، نجم آباد [۱۲]، کوه شاه [۱۳]، نایبند [۱۴] چاه شلغمی [۱۵] و غیره اشاره نمود، این نتایج اغلب نظریه فرورانش را تقویت می‌کنند [۱۶] نتایج سن سنجی برروی توده‌های نفوذی مختلف در این بلوک محدوده زمانی ۴۲ تا ۳۳ میلیون سال قبل (ائوسن-اولیگوسن) را برای تشکیل این توده‌ها نشان می دهد [۱۶].

روش مطالعه

این پژوهش بر پایه مطالعات صحرایی و نمونه برداری دقیق از واحدهای مختلف سنگ شناسی، مقاطع نازک، انجام تجزیه شیمیایی سنگ-های منطقه و تعبیر و تفسیر آنها صورت گرفته است در این راستا پس از مطالعات صحرایی از تعداد ۵۰ نمونه مقطع نازک تهیه و مطالعات پتروگرافی انجام گردید سپس جهت بررسی و مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه سعی شده است که تجزیه شیمیایی از نمونه‌های مختلف و غیرهوازده صورت گیرد. بدین منظور پس از مطالعات و بررسی صحرایی و پتروگرافی تعداد ۱۱ نمونه انتخاب و جهت آنالیز به روش فلورسانس پرتو ایکس (XRF) در آزمایشگاه کانساران بینالود مشهد و ۵ نمونه جهت آنالیز (ICP-MS) در آزمایشگاه زرآزما تهران مورد آنالیز کمی قرار گرفتند. برای انجام مطالعات مورد نظر از نتایج تجزیه شیمیایی سنگ‌ها که با نرم افزار GCDkit به صورت نمودار درآمده اند، استفاده شده است.

زمین شناسی واحدهای سنگی منطقه

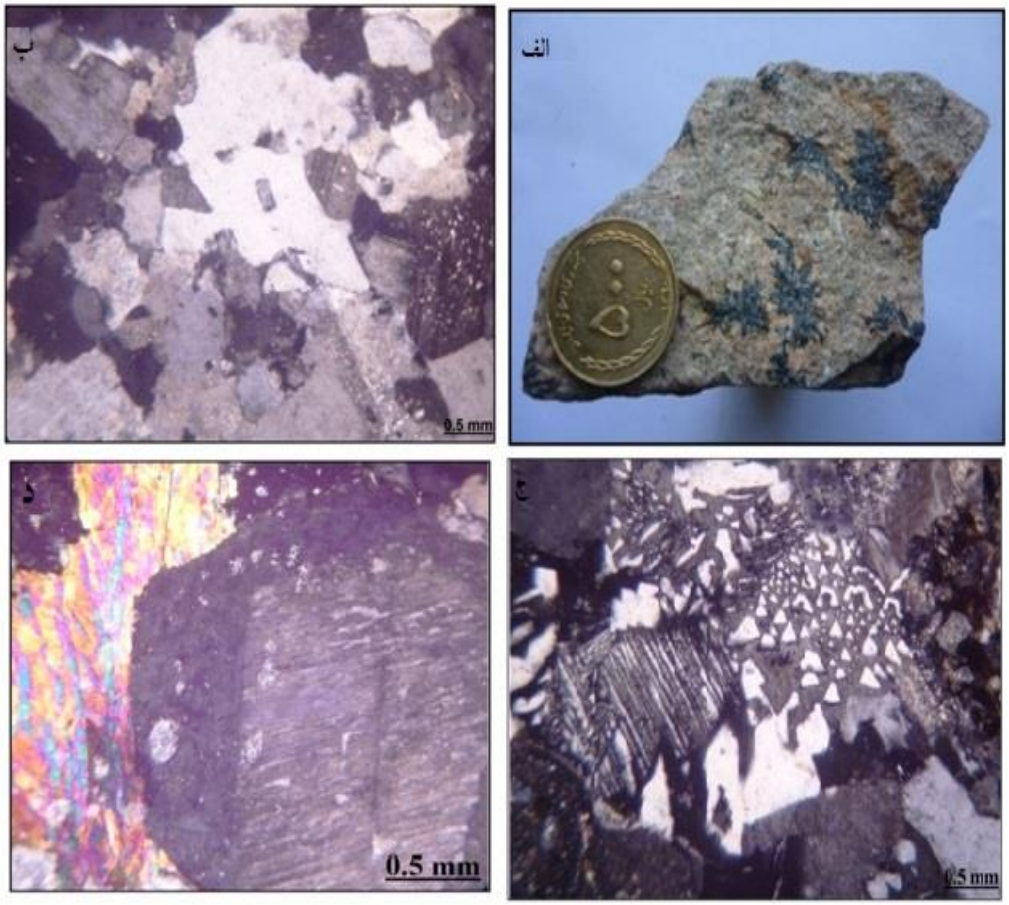
سنگ‌های ناحیه رودگز براساس مطالعات پتروگرافی و از نظر ترکیب شیمیایی در سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- سنگ‌های آذرین درونی که شامل سینوگرانیت، کوارتز مونزونیت، تورمالین گرانیت (لوکسولیانیت) و کوارتز تورمالین می‌باشند که کوارتز مونزونیت‌ها فراوان ترین سنگ ترشیاری در منطقه محسوب می‌شوند.

۲- سنگ‌های ولکانیکی که شامل دولریت، پرلیت و سنگ‌های آذرآواری (توف‌های ریولیتی) منطقه می باشند.

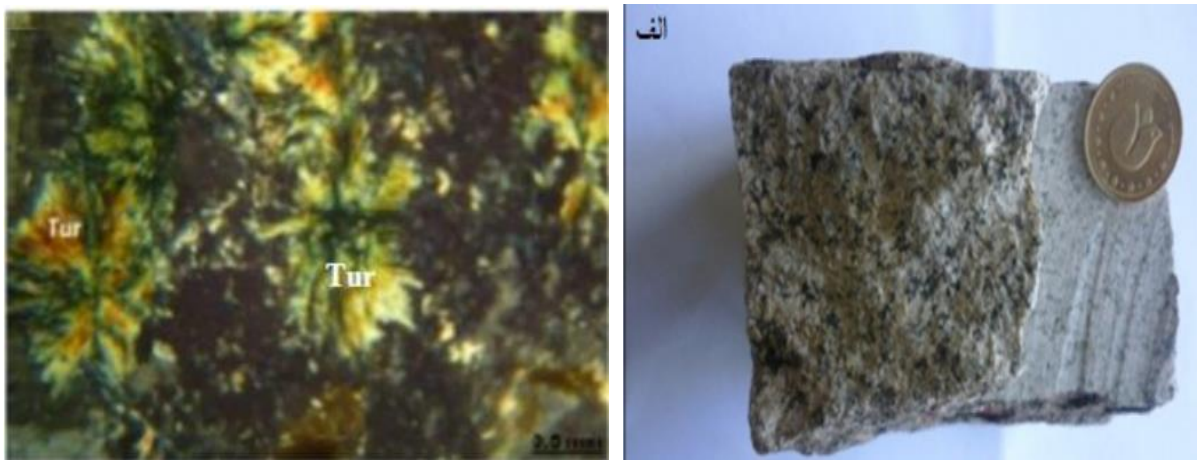
پتروگرافی

سینوگرانیت: توده سینوگرانیتی در چند نقطه از منطقه با مورفولوژی ملایم مشاهد می‌گردد و در نمونه دستی به رنگ خاکستری روشن که کانی‌های سیاه رنگ تورمالین در آن به وضوح قابل تشخیص است (شکل۲.الف) بافت اصلی در سینوگرانیت‌ها هیپیدیومورف گرانولار است (شکل ۲.ب) و بافت‌های فرعی شامل گرانوفیری، میکروگرافیکی، میرمکیتی (شکل۲. ج) و پرتیت (شکل ۲. د) می‌باشند، کانی‌های اصلی تشکیل دهنده این واحد کوارتز (۳۵- ۳۰٪)، پلاژیوکلاز (۲۰-۱۵٪)، ارتوز (۴۵-۴۰٪) می‌باشند.



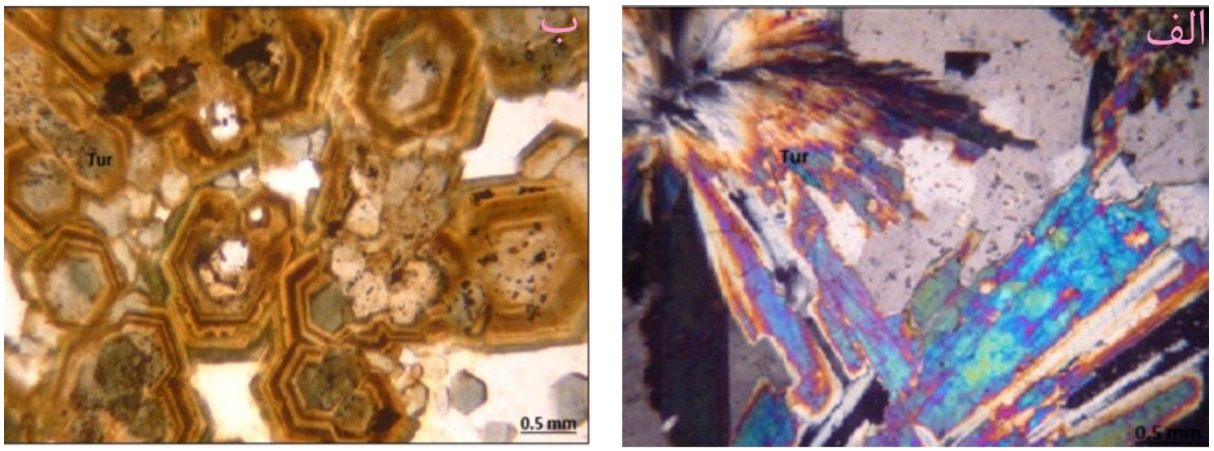
شکل ۲- الف) نمونه دستی از سنگ سینو گرانیت که تورمالین‌های خورشیدی در آن به وضوح مشاهده می‌گردند. ب) بافت هیپیدیومورف گرانولار در سنگ سینو گرانیت (XPL). ج) بافت میکروگرافیکی، میرمکیتی و گرانوفیری در سینو گرانیت (XPL). د) بافت پرتیت در سینو گرانیت (XPL).

کوارتز مونزونیت: گسترده‌ترین واحد با مورفولوژی ملایم تا خشن قابل مشاهده است که در قسمت‌های شمالی به علت عملکرد تکتونیک سختی اولیه خود را از دست داده و خرد شده است این سنگ‌ها درشت بلور هستند و در نمونه دستی به رنگ خاکستری متمایل به سبز دیده می شوند (شکل۳.الف)، در این واحد کانی‌های فرعی تورمالین به صورت شعاعی رشد نموده‌اند (شکل۳.ب).



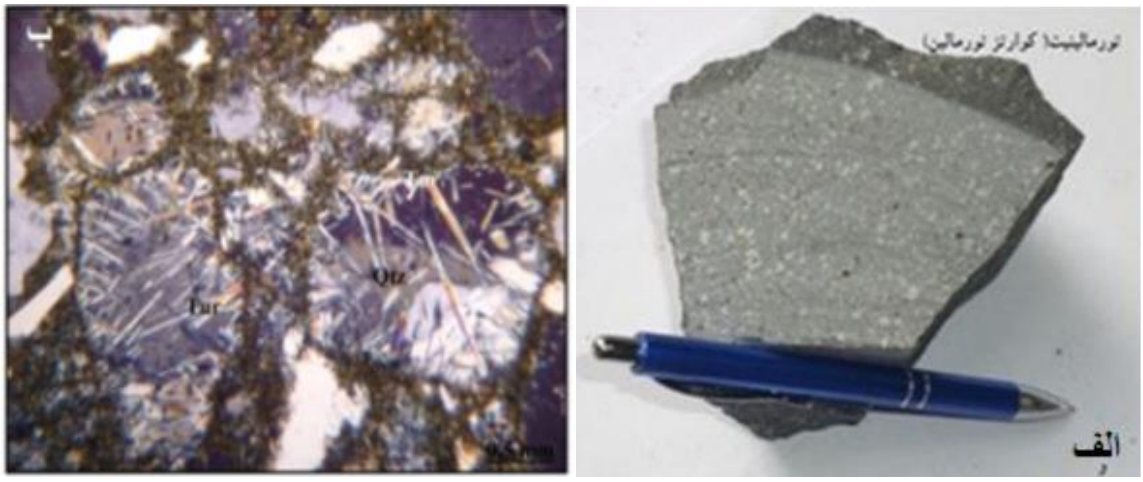
شکل ۳- الف) نمونه دستی از کوارتز مونزونیت. ب) حضورخورشیدهای تورمالین در کوارتزمونزونیت (XPL).

تورمالین گرانیت (لوکسولیانیت): این واحد سنگی با مورفولوژی ملایم بخش قابل توجهی از سنگ‌های منطقه را به خود اختصاص می‌دهد که بیشتر در شرق منطقه گسترش دارد، لوکسولیانیت یک گرانیت آلکالن است که در سطح تازه دارای رنگ روشنی می‌باشد که اجتماعات بلورهای تورمالین سیاه رنگ (شورل) به صورت شعاعی به وضوح دیده می‌شوند (شکل۴.الف)، که در مقاطع عرضی ظاهری زیبا به سنگ بخشیده است (شکل ۴.ب).



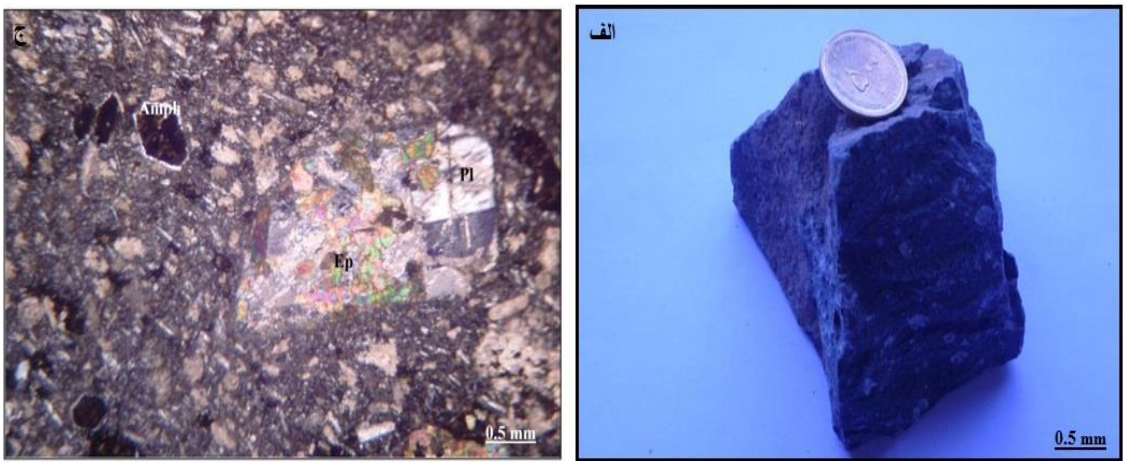
شکل ۴- الف) حضورخورشیدهای تورمالین در لوکسولیانیت (XPL). ب) مقاطع عرضی از تورمالین در سنگ لوکسولیانیت با منطقه‌بندی (PPL).

کوارتز تورمالین(تورمالینیت): این واحد سنگی به صورت دایک با روند شمال شرقی- جنوب غربی در بین توده‌ها نفوذ کرده است که در نمونه دستی به رنگ سیاه دیده می‌شود (شکل ۵.الف) همچین دارای بافت پورفیری است (شکل ۵.ب).



شکل ۵- الف) نمونه دستی از تورمالینیت، ب) بافت پورفیری در تورمالینیت (XPL).

دولریت: این واحد به صورت دایک با روند شمال شرقی-جنوب غربی در بیشتر قسمت‌های منطقه در بین توده‌ها رخنمون دارد که در نمونه دستی به رنگ سبز روشن تا سبز تیره با فضاهای پر شده توسط کلسیت ثانویه (شکل۶.الف) و بافت ساب افتیک و بادامکی می‌باشد (شکل۶.ب).



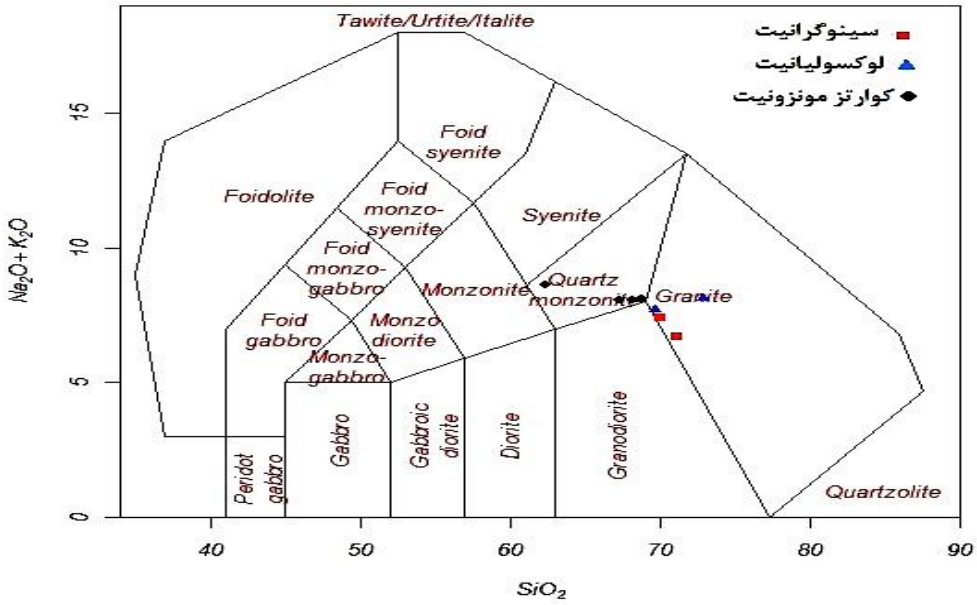
شکل ۶- الف) نمونه دستی از دولریت. ب) تصویر میکروسکوپی از دولریت (XPL)

توف ریولیتی: این واحد سنگی با مورفولوژی خشن نسبت به بقیه سنگ‌های منطقه گسترش کمی داشته و به صورت رخنمون کوچکی با روند شمال غربی-جنوب شرقی در بخش شمال شرقی منطقه مشاهده می‌گردد. رنگ این سنگ‌ها در نمونه دستی کرم رنگ می باشد (شکل ۷ الف). بافت عمده این سنگ‌ها پورفیری است و از بافت‌های غیر تعادلی می‌توان به بافت انحلالی و حاشیه خلیجی موجود در کوارتز اشاره نمود (شکل ۷ ب) که در نتیجه واکنش بین بلورهای کوارتز و شیشه موجود در زمینه ایجاد شده است. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده این واحد کوارتز (۵۰٪ درصد)، پلاژیوکلاز (۲۰٪درصد) و آلکالی فلدسپار (۲۵٪درصد) می‌باشد. بلورهای بی‌شکل تا نیمه شکل‌دار کوارتز دارای خاموشی موجی هستند. وجود حاشیه خلیجی در فنوکریست‌های کوارتز موید شرایط عدم تعادل است.

شکل ۷- الف) نمایی از واحد توف ریولیتی (دید به سمت شمال شرق). ب) بلور خلیجی شکل کوارتز در یک نمونه توف ریولیتی (XPL).

نامگذاری شیمیایی سنگ‌های گرانیتی

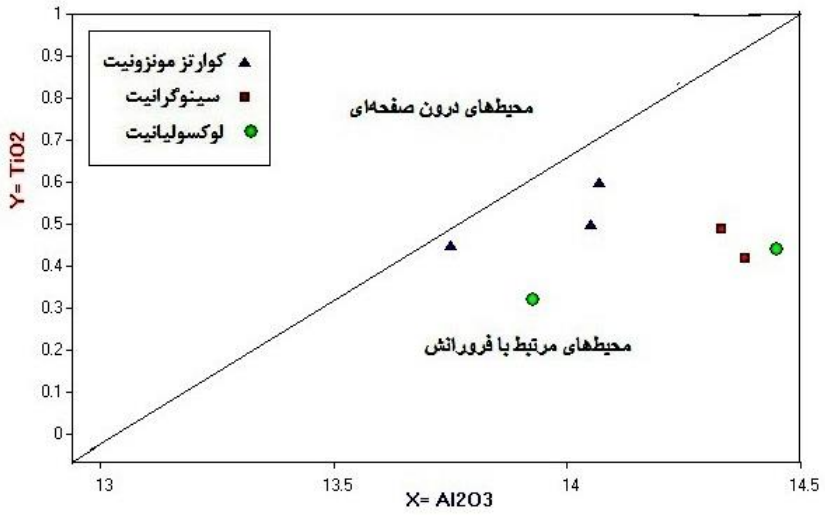
در نمودار ($Na_2O + K_2O$) در مقابل SiO_2 [۱۷] که برای سنگ‌های گرانیتی تهیه شده است نمونه‌های مورد مطالعه در این رده‌بندی در محدوده گرانیت و کوارتز مونزونیت واقع شده‌اند (شکل۸).



شکل۸- نمودار SiO_2 در برابر ($Na_2O + K_2O$) برای سنگ‌های گرانیتی[۱۷]

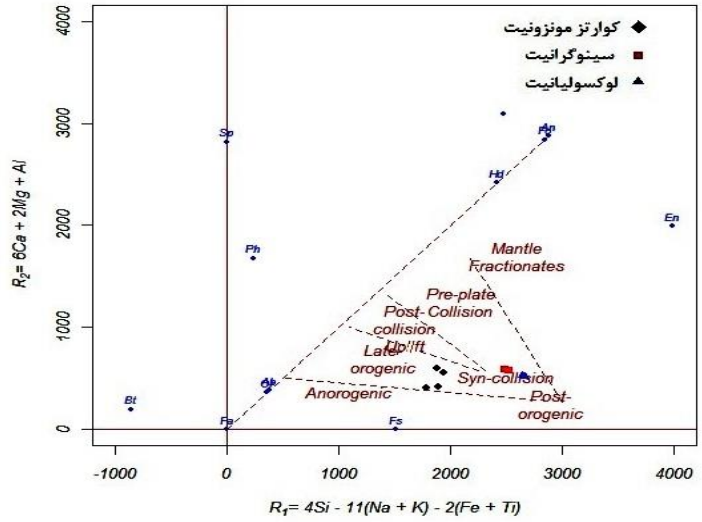
پتروژنز و تعیین موقعیت زمین ساختی سنگ های مورد مطالعه

نمودارهای تمایز محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها بر اساس مؤلفین مختلف ارائه شده است. جهت تعیین موقعیت تکتونوماگمایی سنگ‌های منطقه ابتدا از نمودا TiO_2-Al_2O_3 [۱۸] استفاده شد (شکل ۹) این نمودار معمولاً برای تفکیک محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها به کار می رود [۱۹] بر این اساس نمونه ها در محدوده VAG که در واقع سنگ‌های مرتبط با قوس‌های ماگمائی مرتبط با فرورانش است، واقع شده-اند.



شکل ۹- نمودار TiO_2-Al_2O_3 [۱۸] نمونه‌های منطقه رودگز محیط تکتونیکی وابسته به قوس هستند.

در نموداری که توسط [۲۰] براساس پارامترهای کاتیونی R_2-R_1 طراحی شده؛ هفت محیط تکتونیکی از هم متمایز شده‌اند، در این نمودار نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده Syn-Collision و Late orogenic واقع می‌شوند که این همزمان با برخورد تا پس از کوهزایی با رده‌بندی گرانیتوئیدهای قوس آتشفشانی همخوانی دارد (شکل ۱۰).



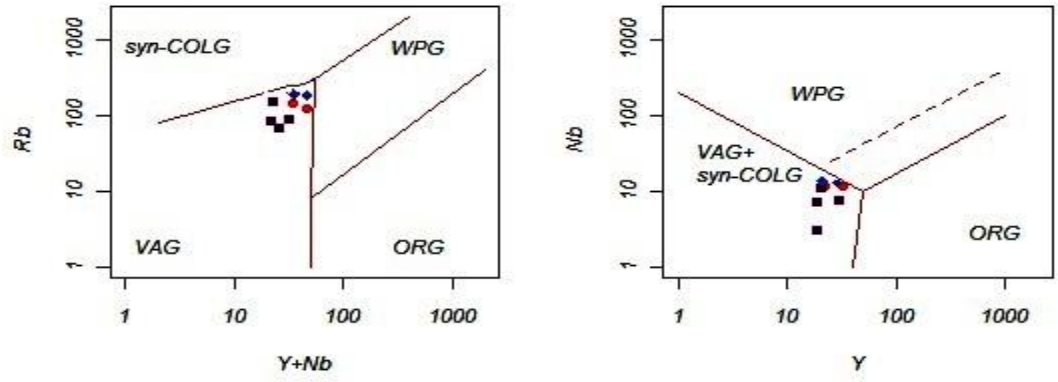
شکل۱۰- تفکیک محیط تکتونیکی سنگ‌های منطقه با استفاده از پارامترهای R_1-R_2 [۲۰].

جایگاه تکتونیکی سنگ‌های مورد مطالعه بر مبنای عناصر کمیاب

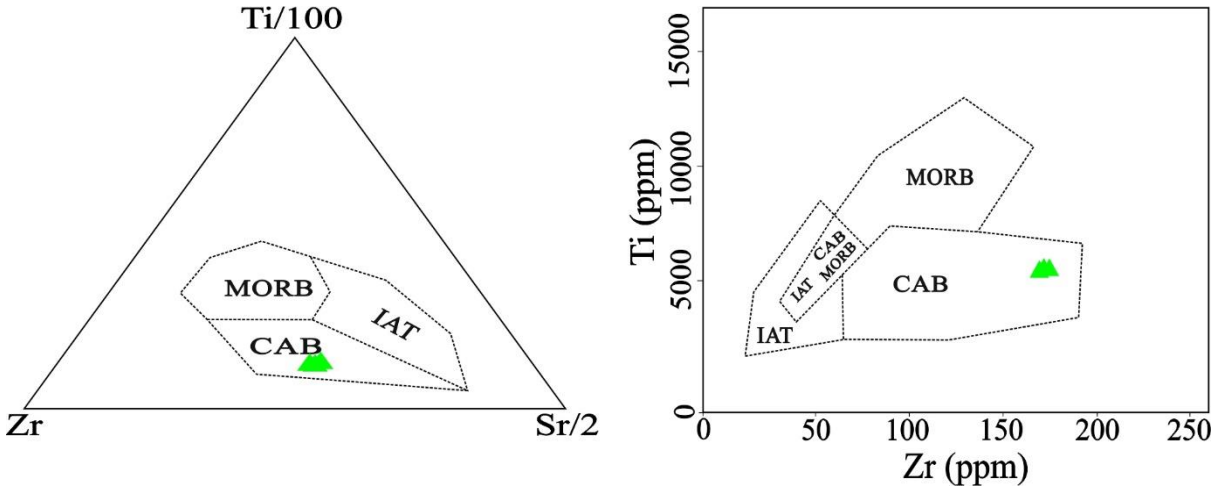
تفکیک محیط تکتونیکی سنگ‌های منطقه با استفاده از پارامترهای Rb/Y+Nb و Nb/Y رابطه بین ترکیب شیمیایی و محیط تکتونیکی سنگ‌ها را مورد بررسی قرار داده و آنها را از لحاظ جایگاه تکتونیکی به چهار گروه زیر تقسیم نمودند [۲۱].

۱-گرانیتوئیدهای پشته های میان اقیانوسی ۲-گرانیتوئیدهای قوس آتشفشانی ۳-گرانیتوئیدهای درون صفحه ای ۴-گرانیتوئیدهای برخوردی.

موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودارهای [۲۲] نشان داد که تمامی نمونه‌های مورد مطالعه در قلمرو گرانیتوئیدهای قوس آتشفشانی (VAG) و همزمان با تصادم قرار می‌گیرند (شکل۱۱). نسبت‌های پائین عناصر Nb و Y از ویژگی‌های سنگ‌هایی است که در قوس ماگمایی مرتبط با فرورانش تشکیل می‌شوند، همچنین در نمودارهای تعیین جایگاه تکتونیکی [۲۲] دولریت‌های منطقه رودگز موقعیت قوس قاره‌ای را نشان می‌دهند (شکل۱۲).



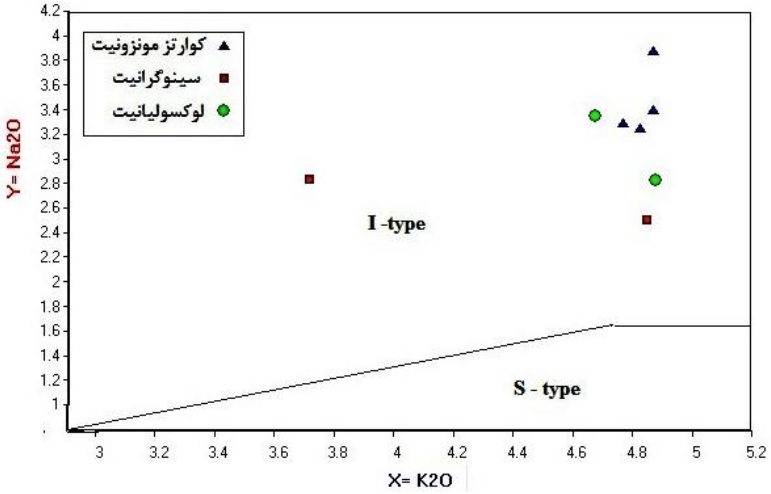
شکل ۱۱- تفکیک محیط تکتونیکی سنگ‌های گرانیتوئیدی با استفاده از پارامترهای Nb/Y و Rb/Y+Nb [۲۱].



شکل ۱۲- نمودارهای تفکیک محیط تکتونیکی دولریت‌های منطقه رودگز [۲۲].

منشاء گرانیتوئیدهای منطقه مورد مطالعه

توده‌های گرانیتوئیدی منطقه مورد مطالعه رودگز به صورت قله‌های نسبتاً مرتفع رخنمون دارند که شامل سینو گرانیت، کوارتز مونزونیت و لوکسولیانیت می‌باشند. کانی مافیک سنگ‌های منطقه بیوتیت می‌باشد که خصوصیات بیوتیت‌های تشکیل شده در محیط اکسیدان را نشان می‌دهند و رنگ شکلاتی داشته و نیز عدم وجود آلومینو سیلیکاتها، کوردیریت، گارنت و مسکویت این سنگ‌ها را با گرانیت‌های نوع I قابل قیاس نموده است [۲۳] براساس این نمودار سنگ‌های گرانیتوئیدی مورد مطالعه در رده گرانیت‌های نوع I قرار می‌گیرند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- نمودار تفکیک گرانیت‌های I و S [۲۳].

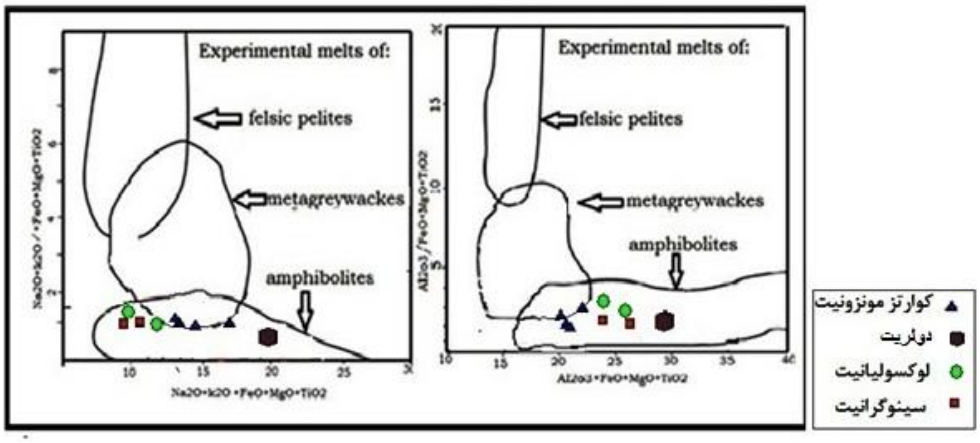
تعیین منشاء

الگوهای پتروژنیکی ارائه شده برای منشاء ماگماهای فلسیک قوسی به دو گروه عمده تقسیم شده‌اند.

۱-در الگوی اول، ماگماهای فلسیک قوسی از ماگماهای بازالتی در اثر تبلور تفریقی یا فرآیندهای AFC حاصل می شوند[۲۴]

۲- در الگوی دوم، ماگماهای بازالتی گرمای لازم برای ذوب بخشی سنگ‌های پوسته فراهم می‌کنند[۲۵]

با توجه به نمودارهای [۲۶] در منطقه مورد مطالعه الگوی دوم، ماگماهای بازالتی گرمای لازم برای ذوب بخشی سنگ‌های پوسته فراهم می‌کنند .سنگ مادر مربوط به پوسته زیرین و آمفیبولیت بوده است (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- نمودار تعیین منشا نمونه های منطقه مورد مطالعه [۲۶].

نتیجه‌گیری

بر پایه بررسی‌های سنگ‌نگاری و داده‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه در قلمرو سینوگرانیت، کوارتزمونزونیت، لوکسولیانیت، پرلیت، توف ریولیتی، تورمالینیت و دولریت قرار می‌گیرند. نمودارهای تکتونوماگمایی نیز نشان می‌دهند که از دیدگاه زمین ساختی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه در محدوده قوس آتشفشانی مرتبط با حاشیه فعال قاره‌ای بوجود آمده است همچنین سنگ‌های گرانیتوئیدی مورد مطالعه در رده گرانیت‌های نوع I قرار می‌گیرند. همچنین سنگ مادر نمونه های مورد مطالعه منطقه مربوط به پوسته زیرین با ترکیب آمفیبولیت بوده است.

منابع و مراجع

[۱] نبوی، م (۱۳۵۵) دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۰۹ص.

[۲] آقانباتی، ع (۱۳۸۳) زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، ۶۰۶ ص.

[3] Dercourt, J., Zonenshain, L. P., Ricou, L. E., Kazmin, V. G., Le Pichon, X., Knipper, A. L., Grandjacquet, C., Sbortshikov, I. M., Geyssant, J., Lepvrier, C., Pechersky, D. H., Boulin, J., Sibuet, J. C., Savostin, L. A., Sorokhtin, O., Westphal, M., Bazhenov, M. L., Lauer, J. P., and Biju-Duval, B., (1986) Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the LIAS. Tectonophysics 123: 241–315.

[4] Hooper, R. J., Baron, I., Hatcher, R. D., and Agah, S., (1994) The development of the southern Tethyan margin in Iran after the break-up of Gondwana implications for the Zagros hydrocarbon province. Geoscience (Geological Survey of Iran) 4: 72–85.

[5] Scotese, C. R., (2001) Digital Paleogeographic Map Archive on CD-ROM, PALEOMAP Project. Arlington, Texas.

[6] Camp, V. and Griffis, R., (1982) Character, genesis and tectonic setting of igneous rocks in the Sistan suture zone, eastern Iran. Lithos 15: 221-239.

[7] Tirrul, R., Bell, I. R., Griffis, R. J. and Camp, V. E., (1983) The Sistan suture zone of eastern Iran. Geological Society of America Bulletin 94: 134-156.

[8] Jung, D., Keller, J., Khorasani, R., Marcks, C., Baumann, A., and Horn, P., (1983) Petrology of the tertiary magmatic activity the northern Lut area, East of Iran. Ministry of mines and metals, Geological Survey of Iran, Geodynamic Project (Geotraverse) 51: 285-336.

[9] Arjmandzadeh, R., Karimpour, M. H., Mazaheri, S. A., Santos, J. F., Medina, J. M., and Homam, S. M., (2011) Sr-Nd isotope geochemistry and petrogenesis of the Chah-Shaljami granitoids (Lut block, eastern Iran), Journal of Asian Earth Sciences 41: 283-296.

[10] Karimpour, M. H., Stern, C. R., Farmer, L., Saadat, S., and Malekezadeh, A., (2011) Review of age, Rb-Sr geochemistry and petrogenesis of Jurassic to Quaternary igneous rocks in Lut Block, Eastern Iran, Geopersia 1(1): 19-36.

[11] Lotfi, M., (1982) Geological and geochemical investigations on the volcanogenic Cu, Pb, Zn, Sb ore- mineralizations in the Shurab-GaleChah and northwest of Khur (Lut, east of Iran). Ph.D. thesis, der Naturwissenschaften der Universitat Hamburg, Hamburg, Germany.

[12] Moradi Noghondar, M., Karimpour, M. H., Malekzadeh Shafaroudi, A., Farmer, L., and Stern. C., (2012) Geochemistry, zircon U-Pb geochronology and Rb-Sr and Sm-Nd isotopes of Najmabad monzonitic rocks south of Ghonabad, Petrology 3(11): 77-96 (in Persian).

[13] Abdi, M., and Karimpour, M. H., (2012) Geology, alteration, mineralization, petrogenesis, dating, geochemistry, and airborne geophysics of Kuh-Shah, SW Birjand. Journal of Economic Geology 4: 77-107 (in Persian).

[14] Malekzadeh Shafaroudi, A., and Karimpour, M. H., (2013) Petrography and petrogenesis of intrusive rocks in the northeast of Nayband, East of Iran, Petrology 4(16): 105-124 (in Persian).

[15] Arjmandzadeh, R., Karimpour, M. H., Mazaheri, S. A., Santos, J. F., Medina, J. M., and Homam, S. M., (2011) Two-sided asymmetric subduction; implications for tectono-magmatic and metallogenic evolution of the Lut Block, eastern Iran, Journal of Economic Geology, Ferdowsi University of Mashhad 1(3): 1-14.

[16] Karimpour, M.H., Malekzadeh Shafaroudi, A., Farmer, L., and Stern, C. R., (2012) Petrogenesis of granitoids, U-Pb zircon geochronology, Sr-Nd petrogenesis of granitoids, U-Pb zircon geochronology, Sr-Nd isotopic characteristics, and important occurrence of Tertiary

mineralization within the Lut block, eastern Iran, Journal of Economic Geology 1(4): 1-27 (in Persian).

[17] Middlemost, E-A.K., (1985) Magma and magmatic rocks, An introduction to igneous petrology, longman Group U-K.260P.

[18] Muller, D., and Groves, D. I., (1997) Potassic Igneous rocks and associated gold copper ineralization, Earth sciences 56: 238.

[19] Rollinson, H., (1993) Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific and Technical, p. 352.

[20] Batchelor, R.A., and Bowden, P., (1985) Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic Parameters. Chem. Geol, 48 – 55.

[21] pearce, J. A., Harris, N. B. W., and Tindle, A. J., (1984) Trace elements discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology 25: 956-983.

[22] Pearce, J. A., and Cann, J. R., (1973) Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, Earth and Planetary Science Letters, v. 19, p. 290-300

[23] Chappell, B. W., White, A. J. R., (1992) I- and S-Type granites in the lachlan fold Belt Transuction of the Royal society of Edindargh: Earth science 83, I-26.

[24] Bacon, C.R., Druitt, T.H., (1988) Compositional evolution of the zoned calc-alkaline magma chamber of Mount Mazama, Crater Lake, Oregon. Contrib. Mineral. Petrol. 98, 224-256.

[25] Bullen, T.D., and Clynne, M.A., (1990) Trace element and isotopic constraints on magmatic evolution at Lassen Volcanic Center, California: Journal of Geophysical Research, vol. 95, p. 19,671-19,691.

[26] Patino Douce, A. E., (1996) Experimental generation of hybride sillica melts by rooction of ligh-Al basalt with metamorfic rocks. Journal of Geophysical Research, Bloo. 623-639.