



پتروژنز توده گرانیتوئیدی تویه- دروار، جنوب باختر دامغان، البرز شرقی

آذین نادری، دانشجوی دکتری، دانشگاه صنعتی شاهرود، naderiazar@yahoo.com
حبیب الله قاسمی، هیات علمی، استاد، دانشگاه صنعتی شاهرود، habibghasemi45@gmail.com
جزه فرانسیسکو سانتوس، هیات علمی، استاد، دانشگاه اویرو کشور پرتغال، jfsantos@ua.pt
فرناندو راج، هیات علمی، استاد، دانشگاه اویرو کشور پرتغال، tavares.rocha@ua.pt

چکیده

توده گرانیتوئیدی تویه دروار در جنوب باختر دامغان در پهنه البرز شرقی واقع شده است. بر اساس مطالعات صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی ترکیب این توده مونزونیت و مونزودیوریت با ماهیت آلكالین و متآلومین تا کمی پرآلومین است که درون سازندهای کامبرین زیرین باروت، زاگون و لالون در عمق کم نفوذ کرده است. مطالعات سنگ شناختی، ژئوشیمیایی و محیط زمین ساختی حاکی از این است که این گرانیتوئید نوع A وابسته به زیر گروه A₁ است و در یک محیط کافتی درون قاره‌ای مرتبط با باز شدن اقیانوس پالتوتیس تشکیل شده است.

کلید واژه ها: پترولوژی، ژئوشیمی، گرانیتوئید، تویه- دروار، البرز شرقی

Petrogenesis of the Touyeh- Darvar granitoid, SW of Damghan, Eastern Alborz

¹Azin Naderi, ²Habibollah Ghasemi, ³José Francisco Santos, ³Fernando Rocha

¹Ph.D. Student, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.

²Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.

³ Professor, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Portugal, Email: jfsantos@ua.pt

³Professor, Geobiotec, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Portugal, Email: tavares.rocha@ua.pt

Abstract:

The Touyeh- Darvar Granitoid pluton is situated in the Eastern Alborz zone in SW of Damghan. Based on the field, petrography and geochemical studies, this pluton with monzonite and monzodiorite composition and alkaline and metaluminous to slightly peraluminous nature intruded into the lower Cambrian formations of Barut, Zaigun and Lalun in shallow depths. Petrological, geochemical and tectonic setting investigations indicate this A-type granitoid belongs to A₁-subtype and has been formed in an intra-continental rift basin related to opening of the Paleo- Tethys Ocean.

Keywords: Petrogenesis, granitoid, Touyeh- Darvar, Eastern Alborz.



مقدمه :

توده نفوذی تویه دروار در محدوده طول‌های جغرافیایی $53^{\circ} 50'$ تا $53^{\circ} 57'$ و عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ} 05'$ تا $36^{\circ} 10'$ شمالی، در شمال روستای تویه- دروار در ۵۰ کیلومتری جنوب باختر دامغان در استان سمنان واقع شده است. این توده در محدوده نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر (اکبر پور و سعیدی، ۱۳۷۱) قرار دارد. در تقسیم‌بندی ساختاری واحدهای ایران (اشتوکلین، ۱۹۷۷) این منطقه در دامنه جنوبی زون البرز خاوری قرار دارد. از مطالعات قبلی که در منطقه انجام گرفته است می‌توان به امیر سرداری (۱۳۷۷)، امین رسولی (۱۳۷۸)، رستمی پایدار (۱۳۸۰) و قوچی اصل (۱۳۸۳) اشاره کرد که به مطالعه سنگ‌های رسوبی منطقه پرداخته‌اند. تنها مطالعه پترولوژیکی مربوط به خانعلی زاده (۱۳۸۴) بوده که به ژئوشیمی سنگ کل این توده پرداخته است. هدف اصلی این پژوهش ارائه داده‌های ژئوشیمیایی جدید سنگ کل و کانی‌ها و داده‌های ایزوتوپی Sr-Nd و U-Pb برای تعیین دقیق پتروژنز و جایگاه زمین‌ساختی تشکیل این توده بوده است. به دلیل محدودیت تعداد صفحات، در این مقاله تنها به بیان شیمی سنگ کل پرداخته‌ایم.

بحث و روش تحقیق

زمین‌شناسی توده

پیکره‌های رسوبی موجود در منطقه شامل واحدهای سنگی سازندهای باروت، زاگون، لالون، میلا و جیروود به سن پالئوزوئیک زیرین- میانی، الیکا و شمشک به سن مزوزوئیک و کنگلومرای فجن و بخش‌های رسوبی- آتشفشانی سازند کرج به سن اتوسن میانی- بالایی هستند. توده گرانیتوئیدی تویه- دروار با ترکیب کلی مونزونیتی به شکل گنبدی شکل به مساحت حدود ۳۰ کیلومتر مربع به داخل آهک و دولومیت‌های استروماتولیت دار سازند باروت و همچنین به صورت سیل و دایک در داخل سازندهای زاگون و لالون نفوذ کرده است. در شمال توده نفوذی، سازند الیکا با امتداد شمال شرق- جنوب غرب و شیب ۶۵ تا ۹۰ درجه به سمت جنوب بر روی سازند باروت و توده گرانیتوئیدی درون آن رانده شده است. این توده اگرچه در ظاهر یکنواخت به نظر می‌رسد، اما در بعضی قسمت‌ها، سری‌های تفریق یافته‌تر سینیتی به صورت رگه- رگچه و پاکت گونه نیز در آن مشاهده می‌شود. هیچ زینولیت یا زینوکریستی در این توده مشاهده نمی‌شود. دلایل متعددی برای این امر وجود دارد که شامل طبیعت قلیایی و شوشونیتی ماگما و محتوای بالای فلئور در آن است که سبب ناپلیمریزه شدن ماگما و کاهش گرانروی آن شده به طوری که هیچ زینولیت یا زینوکریستی امکان بالا آمدن با ماگما را نمی‌یابد (White and Parker, 2005). در محل تماس توده گرانیتوئیدی با سازند باروت آثار کانی‌زایی آهن، فلئوریت و باریت دیده می‌شود که شاهدهی بر این گفته است.

سنگ‌نگاری توده

بر اساس مطالعات پتروگرافی، سنگ‌های توده نفوذی تویه دروار شامل مونزونیت، کوارتز مونزونیت و مونزودیوریت با ترکیب غالب مونزونیتی هستند. از نظر کانی‌شناسی، این سنگ‌ها از نسبت‌های مختلفی از پلاژیوکلازهای نیمه خودشکل و ارتوکلازهای غالباً پرتیتی، همراه با مقادیر متغیری از آمفیبول، بیوتیت و کوارتز تشکیل شده‌اند. کوارتز هم در مقادیر کم، به صورت ناخودشکل در بین پلاژیوکلاز، ارتوکلاز و کانی‌های دیگر دیده می‌شود. البته این کانی به شکل گرانوفیری، میکروگرافیک و میرمیکیتی در



سنگ‌های مختلف توده دیده می‌شود. حضور بافت گرانوفیری، جایگزینی توده در عمق کم را نشان می‌دهد. این بافت، حاصل هم‌رشدی کوارتز و فلدسپار پتاسیم از یک مذاب سیلیسی در نقطه یوتکتیک بوده است (Morgan and London, 2012). البته، بافت غالب سنگ‌های توده از نوع دانه‌ای می‌باشد. کانی‌های فرعی موجود در سنگ‌های توده شامل آپاتیت، اسفن، زیرکن و کانی‌های اپیک (مگنتیت، هماتیت و پیریت) و کانی‌های ثانویه نیز شامل کلریت، اپیدوت، اسفن، کانی‌های اپیک (هماتیت، مگنتیت، پیریت)، سریسیت، کانی‌های رسی و کلسیت هستند.

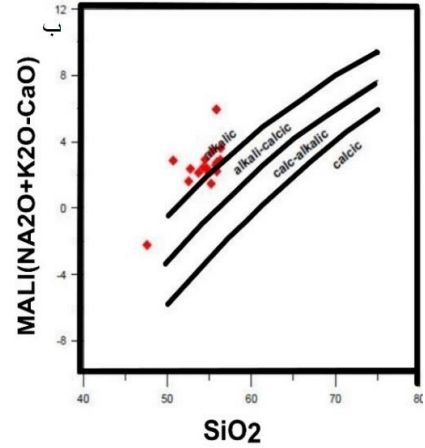
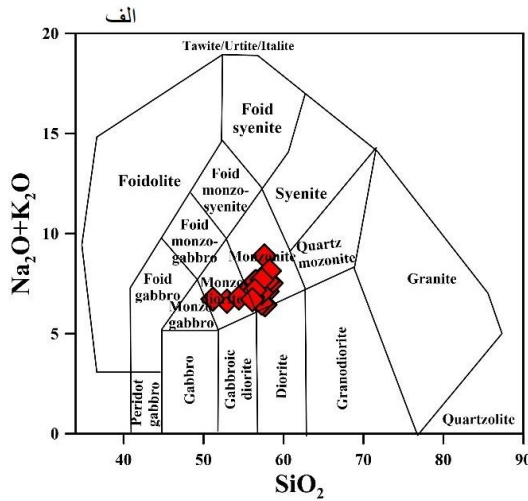
روش تحقیق

پس از مطالعات دقیق صحرایی و میکروسکوپی، تعداد ۲۰ نمونه تقریباً سالم برای بررسی‌های ژئوشیمیایی سنگ کل انتخاب شد. آنالیز اکسید عناصر اصلی به روش XRF با دستگاه مدل AXIOS, 214182130 در دانشگاه Aveiro کشور پرتغال و عناصر فرعی و کیمیا به روش ICP-MS در آزمایشگاه دانشگاه برایتون انگلستان انجام شد.

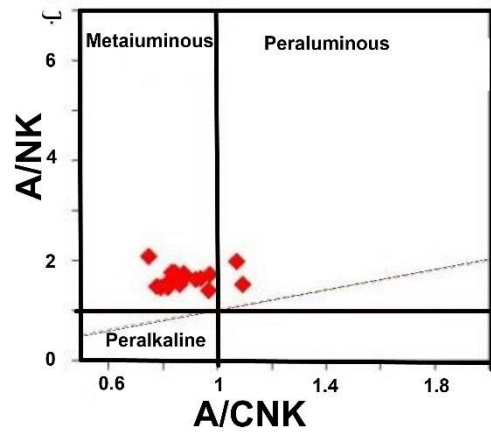
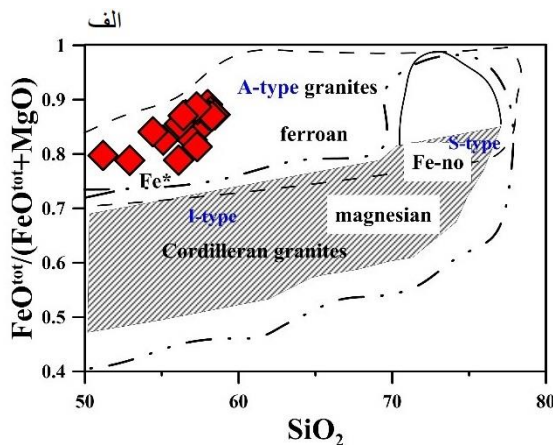
ژئوشیمی سنگ کل

در نمودار رده بندی شیمیایی (Middlemost (1994) نمونه‌ها در قلمرو مونزونیت و مونزودیوریت (شکل ۱- الف)، در نمودار تعیین سری ماگمایی (Frost and Frost (2008) در سری آلکالن (شکل ۱- ب)، در نمودار رده بندی (Frost and Frost (2008) ، در قلمرو گرانیتوئیدهای آهن دار (شکل ۲- الف) و در نمودار تعیین درجه اشباعی آلومین (Shand (1943) در گستره متاآلومین تا پر آلومین (شکل ۲- ب) قرار می‌گیرند. گرانیتوئیدهای نوع A متا آلومین تا کمی پرآلکالن هستند (Blatt et al., 2006). قرارگیری نمونه‌ها در موقعیت پرآلومین می‌تواند به دلیل تجزیه پلاژیولاها و از دست رفتن مقادیری از K_2O , Na_2O و CaO و افزایش نسبی Al_2O_3 (قاسمی و خانعلی زاده، ۱۳۹۱)، جدایش هورنبلند (Zen, 1986) و یا ناهمگونی آب در سنگ مادر (Dargahi et al., 2010) باشد.

در نمودار بهنجار شده به کندریت (Boynton (1984) نمونه‌های توده گرانیتوئیدی تویه دروار غنی شدگی از عناصر نادر خاکی سبک نسبت به عناصر نادر خاکی سنگین نشان می‌دهند که به عنوان یک ویژگی بارز گرانیتوئیدهای نوع A مطرح می‌شود (King et al., 1997; Dall'Agnol et al., 1999; Lenharo et al., 2002; Alirezai and Hassanzadeh, 2012). همچنین نسبت بالای $62/57$ - $(La/Lu)_N = 12/98$ و $(Gd/Yb)_N = 2/3 - 4/8$ و آنومالی منفی Eu نشان می‌دهند (شکل ۳- الف). در نمودار عنکبوتی بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه (Sun and Mc Donough (1998) ناهنجاری منفی از Ti, Nb, Sr و مثبت از Pb دیده می‌شود که از ویژگی بارز گرانیتوئید نوع A است (Dargahi et al., 2010) (شکل ۳ ب).



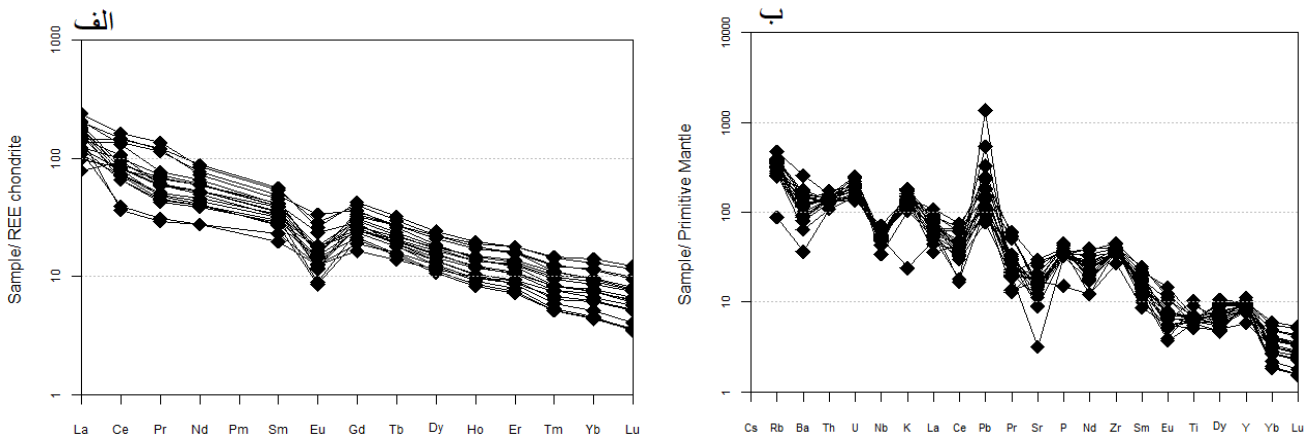
شکل ۱- الف - موقعیت نمونه‌های توده گرانیتوئیدی تویه دروار در نمودار نامگذاری (Middlemost, 1994) ب - در نمودار سری ماگمایی (Frost and Frost, 2008).



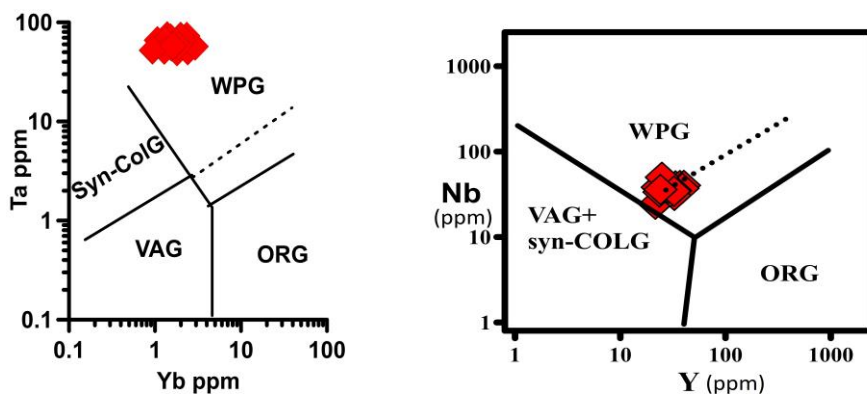
شکل ۲ الف - موقعیت نمونه‌های توده گرانیتوئیدی تویه - دروار در الف - نمودار رده بندی (Frost and Frost, 2008) و ب - نمودار تعیین درجه اشباع از آلومین (Shand, 1943).

آنومالی منفی Eu (۰/۷۸ - ۰/۳۲) و Sr را می‌توان به تفریق پلاژیوکلاز و آنومالی منفی Ba را به تفریق فلدسپات پتاسیم که از ضریب توزیع بالایی برای این عنصر برخوردار است، نسبت داد. آنومالی منفی Nb مهم‌ترین شاخص پوسته قاره‌ای است (Brown et al., 1984; Tarney and Weaver, 1987; Han et al., 1997) و می‌تواند نشانه آلودگی پوسته ای ماگمای گرانیتوئیدی گوشته‌ای سازنده توده تویه دروار در خلال جایگیری باشد. دلیل دیگر آنومالی منفی Nb و Ti می‌تواند تفریق ایلمنیت، روتیل و تیتانیت در طول تفریق ماگما باشد (Green, 1994; Han et al., 1997). کانی‌های فرعی مانند تیتانیت، ایلمنیت، روتیل، فلورآپاتیت، آلانیت، مونازیت و زیرکن نقش مهمی در مقدار HFSEs مانند (Y, Ta, Nb, and Th) دارند، زیرا این عناصر از ضریب توزیع بالایی در این کانی‌ها برخوردارند. Nb و Ta بطور قوی در روتیل سازگارند (Foley., et al 2000). غنی شدگی

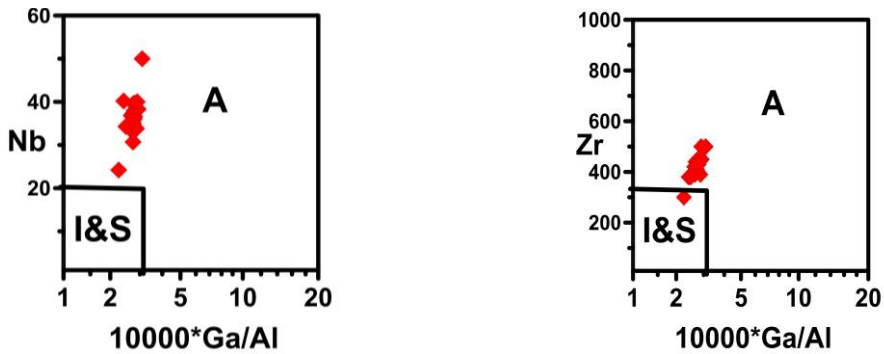
نمونه‌ها از LILE و غلظت پایین عناصر انتقالی مانند V و Sc می‌تواند به دلیل وجود یک خاستگاه گوشته‌ای غنی شده زیر لیوسفر قاره‌ای برای ماگما باشد. در نمودار تعیین محیط زمین ساختی (Pearce et al (1984) نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده WPG قرار می‌گیرند (شکل ۴). در نمودارهای طبقه‌بندی انواع گرانیتوئیدها از Whalen et al (1987) در قلمرو گرانیتوئیدها نوع A (شکل ۵) و در تقسیم‌بندی Eby (1992) در محدوده A₁ واقع می‌شوند (شکل ۶). گرانیتوئیدهای نوع A₁، به عنوان ماگماهای حاصل از منابع گوشته‌ای مشابه با منابع بازالت‌های جزایر اقیانوسی معرفی شده‌اند که در جایگاه‌های ناکوهزایی نظیر کافت‌های قاره‌ای در خلال ماگماتیسیم درون ورقه‌ای تشکیل می‌شوند. گرانیتوئیدهای نوع A₂ گرانیت‌های پس از برخورد و جایگزین شده در انتهای دوره طولانی جریان گرمایی بالا و ماگماتیسیم گرانیتی ناشی از آن هستند (شکل ۷) (قاسمی و خانعلی‌زاده، ۱۳۹۲).



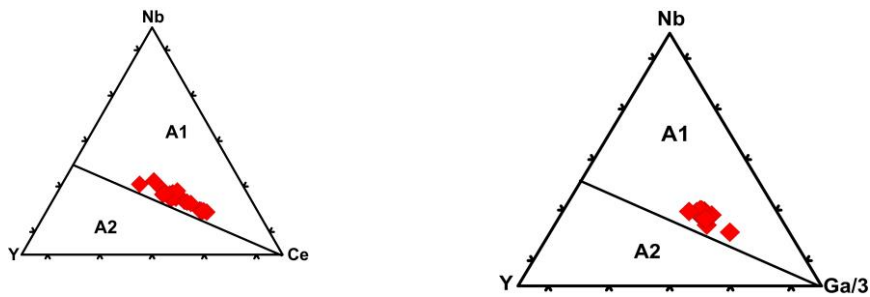
شکل ۳- موقعیت نمونه‌های توده گرانیتوئیدی تویه دروار در الف- نمودار عناصر نادر خاکی بهنجار شده به کندریت (Boynton, 1984) و ب- نمودار عنکبوتی بهنجار شده به گوشته اولیه (Sun and McDonough, 1989).



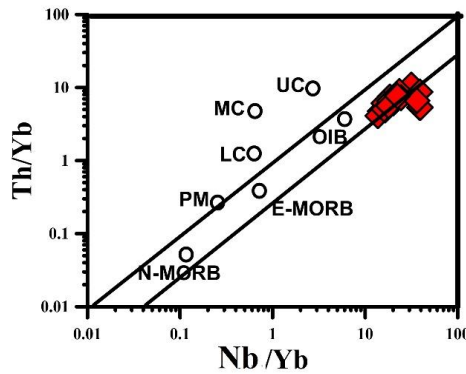
شکل ۴- موقعیت نمونه‌های توده گرانیتوئیدی تویه دروار در نمودارهای تفکیک محیط زمین ساختی (Pearce et al (1984)



شکل ۵- موقعیت نمونه‌های توده گرانیتوئیدی تویه دروار در نمودارهای تفکیک انواع گرانیتوئیدها Whalen et al (1987).



شکل ۶- موقعیت نمونه‌های توده گرانیتوئیدی تویه دروار در نمودارهای رده بندی گرانیتوئیدهای نوع A (after Eby, 1992).



شکل ۷- موقعیت نمونه‌های توده گرانیتوئیدی تویه دروار در نمودار نسبت‌های Th/Yb- Nb/Yb (Pearce, 2008; Wang et al., (2016) میزان N-MORB, E-MORB, OIB و گوشته اولیه (PM) بر اساس Sun and McDonough (1989) و میزان پسته زیرین (LC) ، پسته میانی (MC) و پسته بالایی (UC) بر اساس Rudnick and Fountain (1995)

نتیجه گیری :

نتایج حاصل از بررسی‌های صحرایی، سنگ‌نگاری و ژئوشیمیایی بیانگر ماهیت نوع A و زیرگروه A1 گرانیتوئید تویه- دروار و ارتباط آن به ماگماتیسزم کافتی پالئوتتیس البرز می‌باشد. ماگمای سازنده توده از ذوب بخشی یک ستون گوشته‌ای آستوسفری بالا



آمده در زیر پوسته قاره‌ای نازک شده البرز ایجاد شده و در محیط کششی کافی مرتبط با بازشدن پالتوتیس در واحدهای کامبرین زیرین در عمق کم نفوذ کرده‌است.



منابع فارسی:

امیرسرداری، د.، (۱۳۷۷) "بررسی میکروفاسیس‌ها و محیط رسوبی عضوهای ۴، ۳ و ۵ میلاد البرز شرقی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، تهران.

امین رسولی، ه.، (۱۳۷۸). "بررسی میکروفاسیس‌ها، محیط رسوبی و چینه شناسی توالی‌های واحد شیلی و کوارتزیت بالایی سازند لالون و عضو ۱ و ۲ سازند میلاد البرز شرقی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، تهران خانعلی‌زاده، ع.، (۱۳۸۴) "پتروژنز و ژئوشیمی توده کوارتز مونزونیتی تویه- دروار"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود

رستمی پایدار، ق.، (۱۳۸۰) "آنالیز رخساره، ژئوشیمی و ژنز کانسار فلئوئورین میلاد کوه- تویه در سازند سلطانیه"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

سعیدی، ع.، اکبرپور، م.، (۱۳۷۱) "نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران.

قاسمی،، خانعلی‌زاده، ع.،، (۱۳۹۱) "گرانیتوئید نوع A تویه دروار، جنوب باختر دامغان: نشانه‌ای از ماگماتیسم حوضه کششی پالتوتیس در پالتوئیک زیرین البرز"، مجله بلور شناسی و کانی شناسی ایران، سال بیستم، شماره ۱۳-۲۴.

قوچی اصل، ا.، (۱۳۸۳) "رخساره محیط رسوبی سازند دروار، جنوب باختر دامغان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، تهران

References:

Alirezaei, S., & Hassanzadeh, J., 2012. "Geochemistry and zircon geochronology of the Permian A-type Hasanrobat granite, Sanandaj-Sirjan belt: A new record of the Gondwana break-up in Iran", *Lithos*, 151, 122-134.

Blatt, H., Tracy, R. and Owens, B., 2006. "*Petrology: igneous, sedimentary, and metamorphic*", Macmillan, 530p.

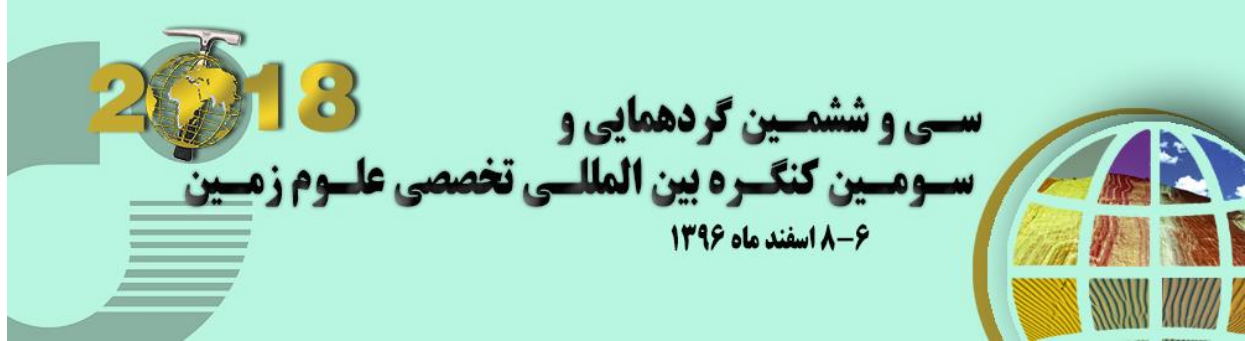
Boynton, W., 1984. "In Rare Earth Element Geochemistry, ed. P. Henderson", Elsevier.

Brown, G. C., Thorpe, R. S., & Webb, P. C. 1984. "The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comments on magma sources", *Journal of the Geological Society*, 141(3), 413-426.

Dall'Agnol, R., Scaillet, B., & Pichavant, M., 1999. "An Experimental Study of a Lower Proterozoic A-type Granite from the Eastern Amazonian Craton, Brazil", *Journal of Petrology*, 40(11), 1673-1698.

Dargahi, S., Arvin, M., Pan, Y., & Babaei, A. 2010. "Petrogenesis of post-collisional A-type granitoids from the Urumieh-Dokhtar magmatic assemblage, Southwestern Kerman, Iran: constraints on the Arabian-Eurasian continental collision", *Lithos*, 115(1), 190-204.

Eby, G.N., 1992. "Chemical subdivision of the A-type granitoids, petrogenetic and tectonic implications", *Geology* 20, 641-644.



- Foley, S. F., Barth, M. G., & Jenner, G. A. 2000. "Rutile/melt partition coefficients for trace elements and an assessment of the influence of rutile on the trace element characteristics of subduction zone magmas", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64(5), 933-938.
- Frost, B. R., and C. D., Frost 2008. "A Geochemical Classification for Feldspathic Igneous Rocks," *Journal of petrology* 49(11): 1955-1969.
- Green, T. H., 1994. "Experimental studies of trace-element partitioning applicable to igneous petrogenesis—Sedona 16 years later." *Chemical Geology* 117(1-4): 1-36.
- Han, B. F., Wang, S. G., Jahn, B. M., Hong, D. W., Kagami, H., & Sun, Y. L., 1997. "Depleted-mantle source for the Ulungur River A-type granites from North Xinjiang, China: geochemistry and Nd–Sr isotopic evidence, and implications for Phanerozoic crustal growth", *Chemical Geology*, 138(3), 135-159.
- King, P. L., White, A. J. R., Chappell, B. W., & Allen, C. M. 1997. "Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia", *Journal of petrology*, 38(3), 371-391.
- Lenharo, S. L., Moura, M. A., & Botelho, N. F. , 2002. "Petrogenetic and mineralization processes in Paleo-to Mesoproterozoic rapakivi granites: examples from Pitinga and Goiás, Brazil", *Precambrian Research*, 119(1), 277-299.
- Middlemost, E. A., 1994. "Naming materials in the magma/igneous rock system", *Earth-Science Reviews*, 37(3-4), 215-224.
- Morgan, G.B., London, D., 2012. "Process of granophyre crystallization in the Long Mountain Granite, southern Oklahoma ", *Geological Society of America Bulletin* 124, 1251-1261.
- Pearce, J. A., Harris, N. B., & Tindle, A. G., 1984. "Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks". *Journal of petrology*, 25(4), 956-983.
- Rudnick, R. L., & Fountain, D. M., 1995. "Nature and composition of the continental crust: a lower crustal perspective", *Reviews of geophysics*, 33(3), 267-309.
- Shand, S. J., 1943. "*Eruptive Rocks: Their genesis, composition, and classification, with a chapter on meteorites*". J. Wiley & sons, Incorporated.
- Stoklin, J., 1977. "Structural History and Tectonics of ran", *Rev.Amer. Assoc. petrol. Geol.* B52 (7), 1229-1258.
- Sun, S. S., and McDonough, W.s., 1989. "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes," *Geological Society, London, Special Publications* 42(1): 313-345.
- Tarney, J. and Weaver, B., 1987. "Geochemistry of the Scourian complex: petrogenesis and tectonic models," *Geological Society, London, Special Publications* 27(1): 45-56.
- Whalen, J. B., Currie, K. L., & Chappell, B. W., 1987. "A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis", *Contributions to mineralogy and petrology*, 95(4), 407-419.
- White, J.C., Ren, M., Parker, D.F., 2005. "Variation in mineralogy, temperature, and oxygen fugacity in a suite of strongly peralkaline lavas and tuffs, Pantelleria, Italy", *The Canadian Mineralogist* 43, 1331-1347.
- Zen, E. A. 1986. "Aluminum enrichment in silicate melts by fractional crystallization: some mineralogic and petrographic constraints", *Journal of Petrology*, 27(5), 1095-1117.