



## ژئوشیمی توده‌های نفوذی قمیشلو و سه کانی، غرب دریاچه ارومیه، شمال غرب ایران

جمال‌الدین خطیبی\*<sup>۱</sup>، قاسم قربانی<sup>۲</sup>، هادی شفایی مقدم<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>\* کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران [lavij\\_z@yahoo.com](mailto:lavij_z@yahoo.com)

<sup>۲</sup> دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران [ghorbani@du.ac.ir](mailto:ghorbani@du.ac.ir)

<sup>۳</sup> دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران [hadishafaii@yahoo.com](mailto:hadishafaii@yahoo.com)

### چکیده

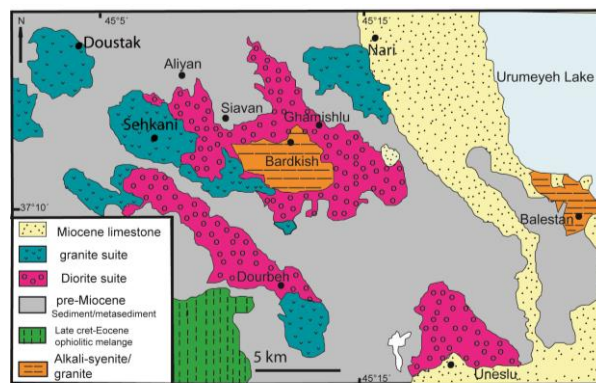
توده‌های نفوذی قمیشلو و سه کانی جزء مجموعه اشنویه در غرب دریاچه ارومیه و شمال شرقی شهر اشنویه واقع شده است. این مجموعه بخشی از نوار آذرین درونی مزوزوئیک- ترشیری پهنه سنندج- سیرجان شمالی بوده و سنگ‌های مورد مطالعه شامل توده‌های گرانیتوئیدی قمیشلو و سه کانی و دارای طیف ترکیب سنگ‌شناسی مونزودیوریت تا گرانیت می‌باشند. پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار، کوارتز و آمفیبول فراوان‌ترین کانی‌های این مجموعه سنگی بوده و دارای ماهیت متآلومین، کالک‌آلکالن تا کالک‌آلکالن پتاسیم بالا و به گرانیتوئیدهای نوع I مناطق کوهزایی تعلق دارند. غنی‌شدگی عناصر LIL نسبت به عناصر HFS و وجود آنومالی منفی در عناصر Nb، Ta، Ba، P، Sr و Ti و قرار گرفتن آنها در نمودارهای متمایزکننده محیط تکتونیکی در قلمرو VAG، نشان می‌دهد که سنگ‌های مورد مطالعه به احتمال زیاد در یک محیط زمین‌ساختی کمان ماگمایی وابسته به زون‌های فرورانش (فرورانش اقیانوس نئوتتیس به زیر ایران مرکزی) تشکیل شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: مونزودیوریت، گرانیت، فرورانش، کالک‌آلکالن، گرانیتوئید تیپ I.



## ۱. مقدمه

توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی مورد مطالعه در غرب دریاچه ارومیه (استان آذربایجان غربی) واقع شده و از لحاظ زمین‌ساختی، بخشی از پهنه ایران مرکزی (زون سنندج - سیرجان) می‌باشند [۱]، (شکل ۱) و همچنین بخشی از کمربند کوهزایی تیتیس به شمار می‌آیند. همچنانکه اشاره شد منطقه مورد مطالعه در زون ساختاری سنندج - سیرجان قرار دارد. به طور کلی زون سنندج- سیرجان به عنوان یک بلوک یا زون قاره‌ای و یا حتی به عنوان حاشیه فعال ایران مرکزی (در زمان مزوزوئیک) در نظر گرفته شده و مشتمل بر توالی‌های سنگی متفاوت از واحدهای رسوبی، دگرگونی و واحدهای آذرین با سن‌های مختلف می‌باشد. اما حضور سنگ‌های دگرگونی و توده‌های نفوذی متعدد با ترکیب گرانیتی تا گابرویی در این زون شاخص بوده و عمده سن‌های به دست آمده سن‌های ژوراسیک و کرتاسه را نشان داده، اما سن‌های کربنیفر، پرمین و انوسن نیز برای برخی از آنها گزارش شده است [۲، ۳، ۴، ۵، ۶]. گرانیتوئیدهای منطقه مورد مطالعه اشنویه در بخش شمالی کمربند سنندج-سیرجان رخنمون داشته و تاکنون مطالعات چندی بر روی پترولوژی و نحوه جایگیری این توده‌ها انجام شده است [۵، ۴، ۳]. قلمقاش [۲] و قلمقاش و همکاران [۵] و قلمقاش و حق نظریسه‌رودی [۷] طبقه‌بندی اولیه خود را با مطالعه توده‌های نفوذی منطقه اشنویه و بررسی سازوکار جایگزینی آن‌ها، سنگ‌های منطقه را به سه گروه دیوریتی، گرانیتی و آلكالن تقسیم‌بندی نموده و توسط شواهد پتروگرافی، ژئوشیمی و سن رادیوایزوتوپی به روش K/Ar تکمیل نموده که گرانیت‌ها و دیوریت‌ها را هم‌زمان و حدود ۱۰۰ میلیون سال و سنگ‌های آلكالن را جوان‌تر حدود ۸۰ میلیون سال ذکر نموده‌اند. خطیبی [۸] همچنین بر اساس داده‌های سن‌سنجی روش U-Pb بر روی کانی زیرکن، سن توده‌های گرانیتی دوره، ناری و دوستک را  $93/62 \pm 0/180$  تا  $93/78 \pm 0/99$  میلیون سال برآورد نموده که با تعیین سن انجام‌شده با روش پتاسیم - آرگون مطالعات قبلی همخوانی دارد. سن‌سنجی توده گرانیتوئیدی بردکیش به روش U-Pb بر روی زیرکن نشان‌دهنده نیز سن تبلور  $209/3 \pm 1/9$  میلیون سال (مرز تریاس - ژوراسیک) را نشان می‌دهد [۹]. هدف اصلی در این مقاله بررسی ژئوشیمی و پتروژنز توده‌های نفوذی مورد مطالعه قمیشلو و سه کانی می‌باشند.



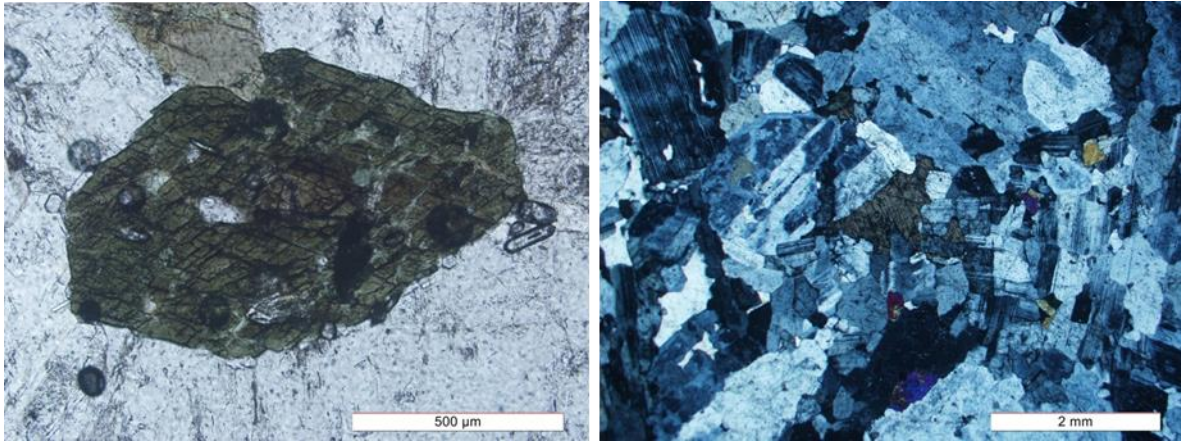
شکل ۱ - نقشه زمین‌شناسی توده‌های نفوذی مورد مطالعه واقع در غرب دریاچه ارومیه (با تغییرات از [۲]).

## ۲. بحث

توده‌های نفوذی مورد مطالعه شامل سنگ‌های مونزودیوریتی (قمیشلو) و گرانیتی (سه‌کانی) می‌باشند. پس از مطالعات صحرایی و تهیه مقاطع نازک و مطالعات سنگ‌نگاری، برای بررسی ژئوشیمی سنگ‌های مورد مطالعه تعداد ۵ نمونه از سنگ‌های با حداقل دگرسانی انتخاب و برای آنالیز توسط دستگاه ICP-AES و ICP-MS برای عناصر اصلی، کمیاب و نادر خاکی به آزمایشگاه ژئوشیمی ACME کانادا ارسال گردید. از نظر پتروگرافی سنگ‌های توده قمیشلو بافت گرانولار دانه‌متوسط تا دانه‌درشت داشته و از کانی‌های رنگ روشن پلاژیوکلاز، آلكالی‌فلدسپار، کوارتز، کانی‌های تیره آمفیبول، بیوتیت و مقدار کمی پیروکسن و از کانی‌های فرعی زیرکن، آپاتیت، اسفن، کانی‌های اپک و از کانی‌های ثانویه سریسیت، کلریت و اکسید آهن تشکیل شده‌اند و دارای ترکیب مونزودیوریتی و گرانیتی هستند

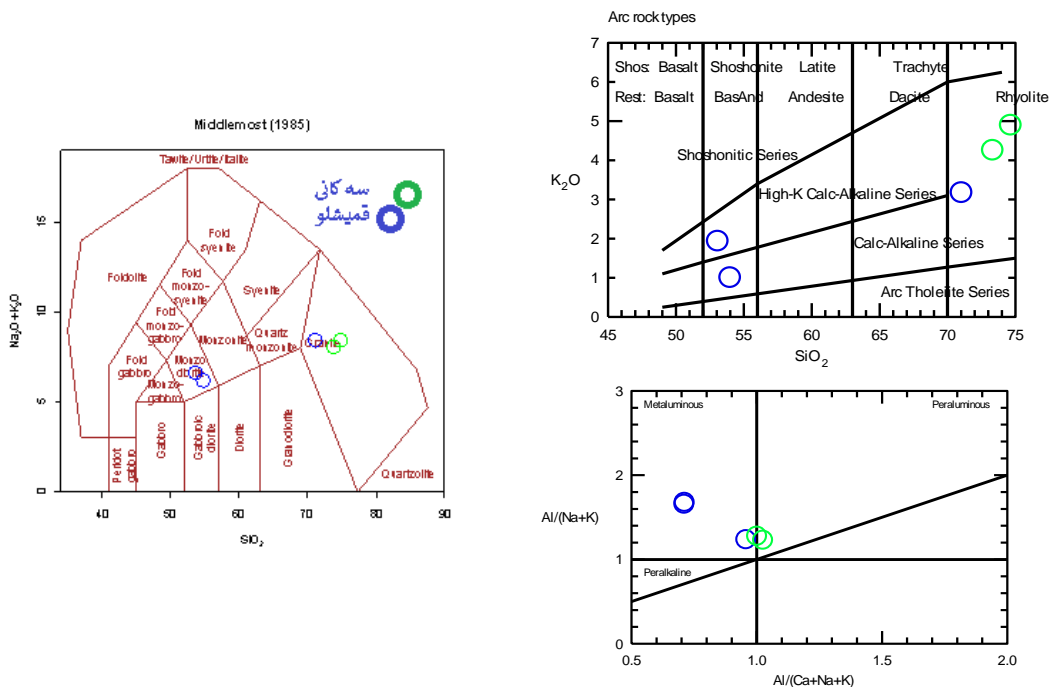


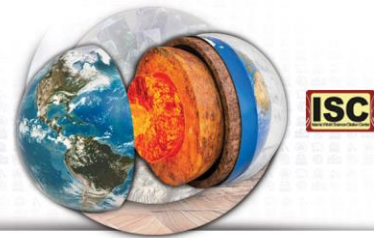
(شکل ۲). سنگ‌های توده سه کانی دارای بافت اصلی از نوع هیپیدئومورف گرانولار، اما به طور محلی بافت‌های گرافیکی و پوئی کیلیتیک نیز نشان می‌دهند و دارای ترکیب گرانیتی هستند. فلدسپار پتاسیم، پلاژیوکلاز و کوارتز به عنوان کانی‌های اصلی هستند، هورنبلند و بیوتیت به عنوان کانی‌های مافیک، زیرکن، اسفن، آپاتیت و کانی‌های اپک به عنوان کانی‌های فرعی و کانی‌های ثانویه شامل سریسیت، کلریت، اکسید آهن و اپیدوت می‌باشند.



شکل ۲- الف- بافت هیپیدئومورف گرانولار در دیوریت قمیشلو متشکل از بلورهای پلاژیوکلاز و آمفیبول با بافت هیپیدئومورف گرانولار، نور xpl و ب- بلور شکل‌دار آمفیبول با چند رنگی و رخ مشخص آمفیبولی، نور ppl.

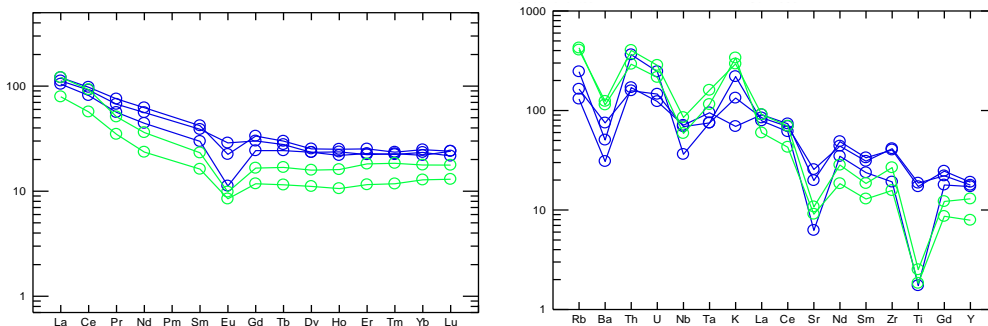
ترکیب توده‌های گرانیتوئیدی مورد مطالعه در نمودار آلکالی در مقابل سیلیس [۱۰] در قلمرو مونزودیوریت و گرانیت قرار می‌گیرند (شکل ۳) و با پتروگرافی آنها مطابقت دارند. گرانیتوئیدها فراوان‌ترین سنگ‌های آذرین درونی پوسته زمین هستند. از نظر منشأ این سنگ‌ها دارای محدوده‌ی وسیعی از دو قطب انتهایی گوشته‌ای و پوسته‌ای و مخلوطی از آن دو بوده و در موقعیت‌های تکتونیکی مختلف تشکیل می‌شوند و این منشأها ارتباط تنگاتنگی با جایگاه‌های تکتونیکی نشان می‌دهند [۱۱]. سری ماگمایی نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار  $K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  [۱۲] در قلمرو سری‌های کاک‌آلکان و کالک‌آلکان پتاسیم بالا قرار می‌گیرند (شکل ۳). در نمودار تعیین درجه اشباع از آلومین [۱۳]، توده‌های نفوذی مورد مطالعه در محدوده‌ی مت‌آلومین و نزدیک به مرز پرآلومین پلات می‌شوند (شکل ۳).



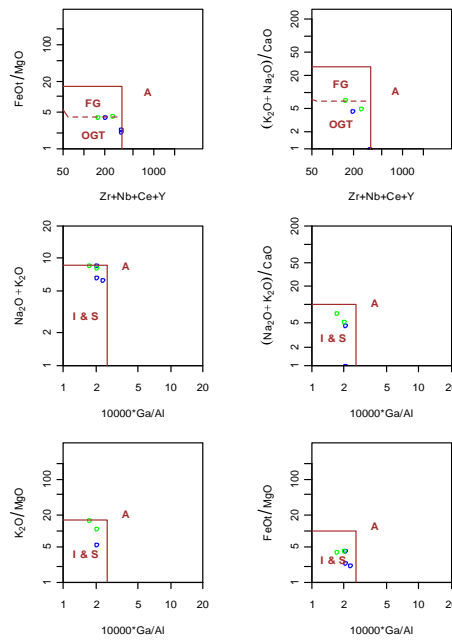


شکل ۳- نمودارهای  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  در مقابل  $\text{SiO}_2$  [۱۰] برای نامگذاری، نمودار  $\text{K}_2\text{O}$  در مقابل  $\text{SiO}_2$  [۱۲] برای تعیین سری ماگمایی و نمودار تعیین درجه اشباع از آلومین [۱۳]، برای نمونه‌های سنگی توده‌های سه کانی و قمیشلو.

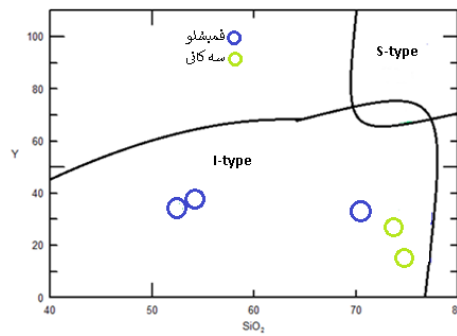
الگوی فراوانی عناصر نادر خاکی نمونه‌های سنگی مورد مطالعه، که نسبت به کندریت [۱۴] نرمالیز شده است، دارای غنی‌شدگی در LREE نسبت به HREE (تا صد برابر کندریت) به دلیل درجات ذوب‌بخشی پایین و یا با یک منشأ غنی‌شده از عناصر LREE و شاخص ماگماهای تشکیل دهنده آنها سازگار می‌باشد [۱۵، ۱۶]. آنومالی منفی Eu در همه نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شود (شکل ۴). مقدار Eu با تبلور پلاژیوکلاز و آلکالی‌فلدسپار کنترل می‌شود، به طوری که در ماگما  $\text{Eu}^{2+}$  با پلاژیوکلاز و فلدسپار آلکالن سازگار می‌باشد. بنابراین جداسدن فلدسپات از مذاب فلسیک چه به وسیله تفریق بلوری و چه به علت ذوب‌بخشی باعث پیدایش آنومالی منفی در Eu می‌شود [۱۶]. در نمودارهای عنکبوتی که نسبت به گوشته‌ی اولیه [۱۴] بهنجار شده‌اند، نمونه‌های مورد مطالعه، غنی‌شدگی از عناصر K, U, Th, Rb, Cs و تهی‌شدگی در عناصر Nb, Ta, Ba, P, Sr و Ti نشان می‌دهند (شکل ۴) که از ویژگی‌های ماگماهای وابسته به فرورانش هستند [۱۵]. برای تفکیک گرانیتوئیدهای کوهزایی تیپ I و S عادی و تفریق یافته، از گرانیتوئیدهای تیپ A از نمودارهای والن و همکاران [۱۷] استفاده می‌شود. گرانیت‌های نوع A در بسیاری از خصوصیات به ویژه ژئوشیمی کل سنگ (برای مثال غنی‌شدگی در میزان غلظت عناصر HFS مانند Nb و Zr و نیز نسبت Ga/Al) نسبت به دیگر گروه‌های سنگی متفاوت بوده، بر این اساس گرانیت‌های نوع A به راحتی از گرانیت‌های نوع I, S و M قابل تفکیک می‌باشند [۱۷]. همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، در همه نمودارها، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده گرانیت‌های تیپ I و S قرار می‌گیرند. نمودار Y در مقابل  $\text{SiO}_2$  نشان می‌دهد (شکل ۶) که سنگ‌های مورد مطالعه به گرانیتوئیدهای نوع I تعلق دارند [۱۸]. این ویژگی توسط شواهد پتروگرافی نظیر حضور اسفن، آپاتیت، مگنتیت و هورنبلند تایید می‌گردد (شکل ۲). توده‌های گرانیتوئیدی محیط‌های مرتبط با فرورانش، می‌توانند حاصل تفریق مذاب‌های مشتق از گوه گوشته‌ای (از نوع گرانیت‌های تیپ M) و یا حاصل ذوب پوسته تحتانی و فوقانی قاره‌ای (به ترتیب از نوع گرانیت‌های تیپ I و S) - باشند [۱۱، ۱۹]. گرانیت‌های تیپ I نیز از نظر وضعیت تکتونو ماگمایی می‌توانند در قوس‌های ماگمایی ایجاد شده (Volcanic-arc granites) و یا همزمان و یا بعد از برخورد بلوک‌های قاره‌ای (Syn- or post-collisional granites) ایجاد گردند، هر چند گرانیت‌های بعد از برخورد معمولاً می‌توانند گرانیت‌های پرآلومین و از تیپ S نیز باشند [۱۱]. در نمودار Rb در مقابل  $\text{Y} + \text{Nb}$  و  $\text{Y} + \text{Ta}$  [۲۰] (شکل ۷) نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در محدوده گرانیت‌های قوس‌های آتشفشانی (VAG) واقع شده‌اند. با توجه به ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی، ژنز توده‌های نفوذی مورد مطالعه، احتمالاً در ارتباط با فرورانش اقیانوس نئوتتیس به زیر ایران مرکزی است.



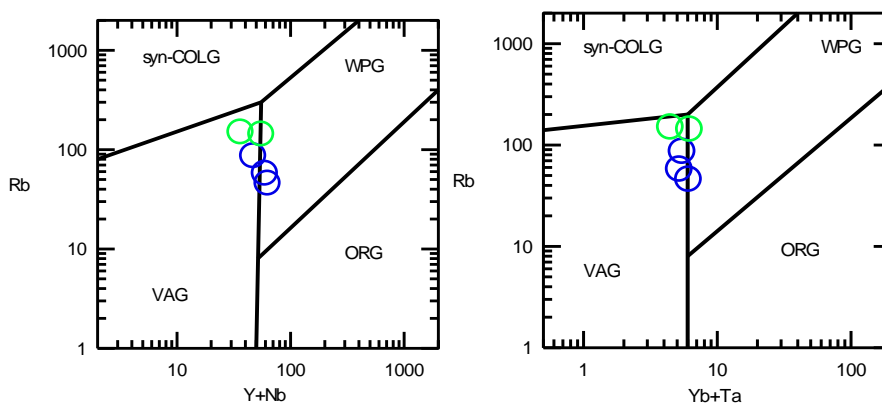
شکل ۴ - الگوی فراوانی عناصر نادر خاکی بهنجار شده نسبت به کندریت و عناصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۱۴] سنگ‌های مورد مطالعه.



شکل ۵ - نمودارهای تفکیک گرانیتوئیدهای نوع A از I و S [۱۷].



شکل ۶ - نمودار Y در مقابل SiO<sub>2</sub> [۱۸] برای توده‌های نفوذی مطالعه قمیشلو و سنگ کانی.



شکل ۷ - نمودار Rb در مقابل Y+Nb و Yb+Ta [۲۰] برای تعیین موقعیت ساختاری نمونه‌های مورد مطالعه.



## ۱.۱. نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های پتروگرافی و ژئوشیمیایی، واحدهای سنگی تشکیل دهنده منطقه مورد مطالعه شامل سنگ‌های مونوزودیوریتی تا گرانیتی بوده و به سری کالک‌آلکان پتاسیم بالا تعلق داشته و متآلومین می‌باشند. در نمودارهای تکتونوماگمایی در محدوده گرانیتوئیدهای قوس‌های آتشفشانی (VAG) واقع می‌شوند. غنی‌شدگی در عناصر نادر خاکی سبک نسبت به عناصر نادر خاکی سنگین، تهی‌شدگی در Nb-Ta، غنی‌شدگی در عناصر ناسازگار Rb، Cs، Th به احتمال زیاد دلالت بر یک محیط مرتبط با فرورانش و در نتیجه فرورانش اقیانوس نئوتتیس به زیر ورقه ایران مرکزی تشکیل شده‌اند.

## منابع

- [1] Stocklin J., 1968, Structural history and tectonics of Iran: A review. AAPG Bulletin, 52(7), 1229-1258.
- [2] قلمقاش، ج. (۱۳۸۱)، رساله دکتری: "مطالعه توده‌های نفوذی منطقه اشنویه و بررسی ساز و کار جایگزینی آنها"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
- [3] Ghalamghash, J., Nedelec, A., Bellon, H., Abedini, M.V., Bouchez, J.L., 2009. The Urumieh plutonic complex (NW Iran): A record of the geodynamic evolution of the Sanandaj-Sirjan zone during Cretaceous times - Part I: Petrogenesis and K/Ar dating. Journal of Asian Earth Sciences 35, 401-415.
- [4] Ghalamghash, J., Bouchez, J.L., Vosoughi Abedini, M., Nedelec, A., 2009, The Urumieh plutonic complex (NW Iran): Record of the geodynamic evolution of the Sanandaj-Sirjan zone during Cretaceous times - Part II: Magnetic fabrics and plate tectonic reconstruction. Journal of Asian Earth Sciences 36, 303-317.
- [5] قلمقاش، ج.، وثوقی عابدینی، م.، امامی م. ه.، پورمعافی، م.، بلون، ه.، و رشید، ح. (۱۳۸۲)، سن سنجی مجموعه نفوذی اشنویه، به روش پتاسیم - آرگون فصلنامه علوم زمین شماره ۴۷-۴۸، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [6] محجل، م. و سهندی، م. ر.، (۱۳۷۸ b)، تکامل تکتونیکی پهنه سندج-سیرجان در نیمه شمال باختری و معرفی زیر پهنه جدید در آن. فصل‌نامه علوم زمین. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شماره ۳۱-۳۲، ۲۸-۴۹.
- [7] قلمقاش، ج.، حق نظر لیسه رودی، م.، (۱۳۹۳). دانشنامه توده‌های گرانیتوئیدی ایران. انتشارات رهی. ۳۴۶ ص.
- [8] خطیبی، ج. (۱۳۹۵) ژئوشیمی و تعیین سن گرانیتوئیدهای منطقه اشنویه پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه دامغان.
- [9] آرمون، س؛ (۱۳۹۵) سن‌سنجی و پترولوژی توده‌های نفوذی بردکیش و بالستان، غرب دریاچه ارومیه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین دانشگاه دامغان.
- [10] Middlemost E. A. K. (1985) Magmas and magmatic rocks. Longman Publication, London.
- [11] Pearce J., 1996 Sources and setting of granitic rocks. Episode, 19, 120-125.
- [12] Peccerillo. R. and Taylor S. R. (1976). "Geochemisrty of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey". Contrib. Mineral. Petrol., vol. 58 , PP. 63-81.
- [13] Maniar P.D. and Puccio P.M. (1989) "Tectonic discrimination of granitoids" Geological Society of America Bulletin. 101: 635-643.
- [14] Sun, S. S. and McDonough, W. E. (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition an processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.), Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society of London Special Publication: 313-345.
- [15] Wilson M., Igneous petrogenesis, a global tectonic approach. Unwin Hyman, London. (1989) pp466.
- [16] Rollinsons, H. (1993). Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. -Tirrul , R. , Bell , I. R. , Griffis , R. G. , Camp , V. E. (1983 )The Sistan Suture Zone of Eastern Royal Society of Edinburgh Transactions, v. 78, p. 17-28.
- [17] Whalen, J. B., Currie, K. L. and Chappell, B. W. (1987) A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. Contribution to Mineralogy and Petrology 95: 407-419.
- [18] Furnes H., El-Sayed M. and Khalili S. O. (1996). "Pan-African wadi-El-imra district, central desert, Eggept: magmatism in the geochemistry and tectonic environment Jon" Geological. Society of London. 153.
- [19] Chappell B.W., White A.J.R., 2001 Two contrasting granite types: 25 years later. Australian journal of earth sciences. 48, 489-499.



[20] Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G, (1984) Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. Journal of Petrology, Volume 25, Issue 4, November 1984, Pages 956–983.