



چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران  
و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین  
۲۵ الی ۲۷ شهریور ماه ۱۳۸۹؛ دانشگاه ارومیه



## پتروگرافی و ژئوشیمی سنگ های نفوذی مافیک افیولیت ملائز شمال تربت حیدریه

محبوبه صمدیه<sup>۱</sup>، سید احمد مظاهری<sup>۱</sup>، سید مسعود همام<sup>۱</sup>، سیده هانیه مولوی<sup>۲</sup>

۱- دکتری، عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

sammazaheri.netscape.net

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

mahboobehsamadieh@yahoo.com

### چکیده

مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که واحد نفوذی مافیک افیولیت ملائز شمال شرقی تربت حیدریه دارای تنوع ترکیبی بین گابرو تا گابرودیوریت است و کانی‌های اصلی تشکیل دهنده این سنگ‌ها کلینوپروکسن، پلاژیوکلاز و هورنبلند می‌باشد که در برخی از نمونه‌ها پیروکسن‌ها اورالیتی و پلاژیوکلازها سرسیتی و سوسوریتی گشته و آمفیبول‌ها نیز به کلریت تبدیل شده‌اند. ماگمای تشکیل دهنده این سنگ‌ها دارای ماهیت ساب‌آلکانل می‌باشد و نمونه‌ها در نمودار AFM در محدوده تولیتی قرار گرفته و از نوع تولیتی غنی از Mg می‌باشند. نمودارهای متمایزکننده محیط زمین‌ساختی نیز وابستگی این سنگ‌ها را به پشته‌های میان اقیانوسی (MORB) نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** گابرو، افیولیت، تربت حیدریه، ژئوشیمی، پتروگرافی.

### Abstract

According to petrographical and geochemical study, mafic intrusive unit of ophiolitic melange in North-East Torbat-e Heydarieh are gabbro and gabbrodiorite. The majority of the minerals of these rocks are plagioclase, clinopyroxene and hornblende that in some samples occurs uraltization in pyroxenes and sericitization and saussuritization in plagioclase and amphibols convert to chlorite. The constituent magma is subalkaline and in AFM diagram plot in tholeiitic field and is type of high Mg-tholeiitic field. Tectonic discrimination diagrams show affinity this rocks to mid oceanic ridg (MORB).

**Key words:** Gabbro, Ophiolite, Torbat-e Heydarieh, Geochemistry, Petrography.

### ۱- مقدمه

با عبور کمر بند کوهزایی آلپ - هیمالیا از ایران، بخش‌های زیادی از کشورمان دستخوش تحولات شده است که از آن جمله می‌توان به رخنمون نوارهای افیولیتی و آمیزه‌های افیولیتی اشاره کرد. بر اساس سن و فراوانی، افیولیت‌های ایران به دو گروه اصلی زیر تقسیم می‌شوند (Arvin and Robinson, 1994): افیولیت‌های پالئوزوئیک با فراوانی کمتر و افیولیت‌های مزوزوئیک با فراوانی بیشتر.

همچنین براساس پراکندگی، افیولیت‌های ایران به چهار گروه اصلی زیر تقسیم می‌شوند (Takin, 1972; Stoklin, 1974; McGall, 1997): افیولیت‌های شمال ایران که در طول گسل البرز رخنمون دارند. افیولیت‌های زون درزه زاگرس مانند نیریز و کرمانشاه. افیولیت‌ها و کالردملائزهای زون مکران که در حاشیه جنوبی زون سندج سیرجان قرار دارند. افیولیت‌ها و کالردملائزهایی که در حاشیه خرد قاره ایران مرکزی رخنمون دارند مانند ناین، شهرباک، سبزواری.

منطقه مورد مطالعه بخشی از افیولیت‌های شمال شرقی تربت حیدریه (جنوب فریمان) است که در شمال شرقی خرد قاره ایران مرکزی و شمال گسل درونه (گسل کویر) می‌باشد و با توجه به مختصات جغرافیایی، و قرارگیری در بالای گسل تکنار، در زون سبزواری واقع شده است. زون سبزواری همسایه

شمالی زون تکنار بوده و مرز بین زون تکنار و زون سبزوار، گسل تکنار می باشد. وجود رسوبات ولکانوبلاژیک و سنگ های افیولیتی در زون سبزوار حاکی از یک فاز اقیانوس زایی در کرتاسه بالایی است.

به گفته برخی از مولفین، در کرتاسه بالایی، بر اثر همگرایی بلوک لوت و خرده بلوک های مجاور آن با البرز شرقی در ناحیه بینالود حوضه سبزوار که شاخه ای از اقیانوس نئوتتیس بوده است، بر اثر فرورانش پوسته اقیانوسی به سوی شمال بسته شده و سبب رخنمون بقایای افیولیتی ناحیه سبزوار ( از جمله افیولیت های شمال تربت حیدریه) شده است (Berberian and king, 1981; Shojaat et al., 2003).

## ۲- روش تحقیق

پس از انجام بررسی های صحرایی و جمع آوری نمونه های متعدد، به منظور بررسی های پتروگرافی از سنگ ها مقاطع نازک میکروسکوپی تهیه شد و پس از انجام مطالعات پتروگرافی، چند نمونه گابرویی برای تجزیه شیمیایی عناصر اصلی و کمیاب انتخاب شد و به وسیله دستگاه XRF دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد مورد آنالیز قرار گرفت (جدول ۱).

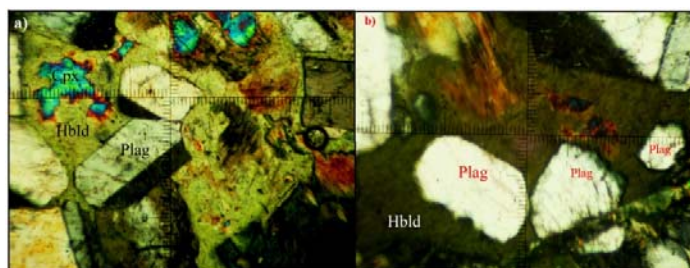
جدول ۱- نتایج آنالیز XRF تعدادی از نمونه های مورد مطالعه.

Sample No.	RS-58	RS-61	RS-57	RS-104	RS-113
Name	gabbrodiorite	gabbro	gabbro	gabbrodiorite	gabbro
SiO <sub>2</sub>	53.98	45.91	46.74	52.49	50.27
TiO <sub>2</sub>	0.24	0.43	0.07	0.57	0.64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.77	15.82	17.91	12.90	15.37
TFeO	11.35	13.89	7.43	14.00	11.96
MnO	0.16	0.17	0.13	0.18	0.16
MgO	9.81	8.20	9.45	6.59	7.58
CaO	7.23	11.26	14.14	6.01	8.31
Na <sub>2</sub> O	2.17	1.64	0.90	3.84	2.37
K <sub>2</sub> O	0.26	0.21	0.04	0.77	0.70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.02	0.01	0.06	0.09
Total	98.99	98.55	97.82	98.41	98.45
V	190	526	67	386	198
Cr	289	150	165	130	166
Co	38	50	23	48	37
Ni	132	72	130	61	75
Cu	87	113	21	49	71
Rb	30	20	26	25	26
Sr	285	162	204	270	225
Y	50	37	43	49	52
Zr	76	35	43	73	86
La	18	18	18	18	18
Ce	23	26	16	31	28
Ba	388	355	376	392	383

## ۳- بحث و بررسی

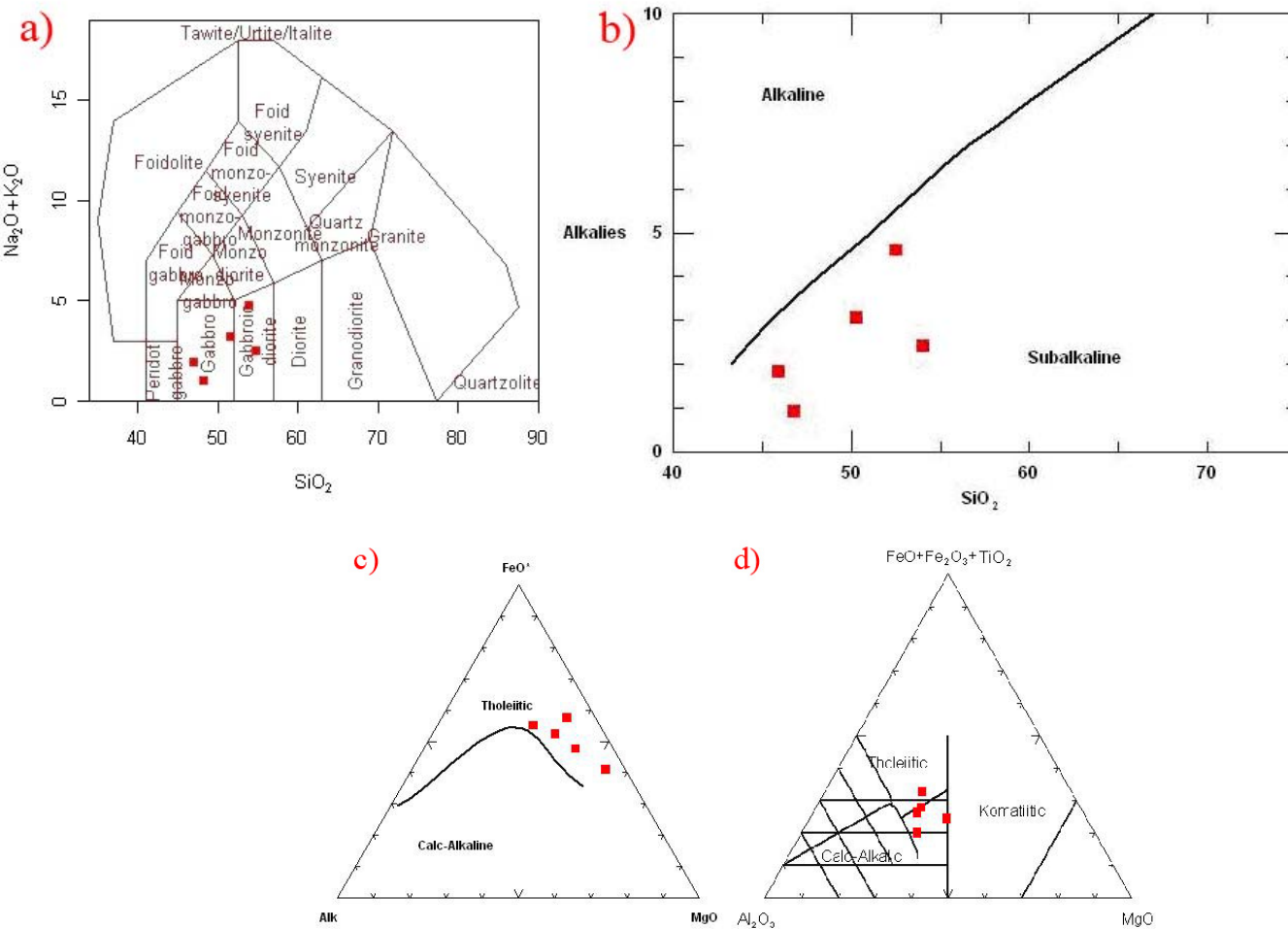
منطقه مورد مطالعه در ۱۰۵ کیلومتری جنوب شرقی مشهد و ۳۰ کیلومتری جنوب شهرستان فریمان بین عرض های جغرافیایی ۲۵° ۳۵' تا ۲۹° ۳۵' شرقی و طول های جغرافیایی ۴۴° ۵۹' تا ۴۹° ۵۹' شمالی قرار گرفته است. این منطقه بخشی از آمیزه های افیولیتی شمال شرقی تربت حیدریه (جنوب فریمان) را در بر می گیرد و همانطور که گفته شد، در شمال شرقی خردقاره ایران مرکزی و شمال گسل درونه (گسل کویر) و در زون سبزوار قرار گرفته است. رخنمون سنگی این مجموعه از آمیزه های رنگین شامل سنگ های الترامافیک (شامل پریدوتیت، سرپانتینیت و مقدار کمی پیروکسنیت)، سنگ های مافیک (شامل گابرو، میکروگابرو، گابرودیوریت، دیاباز، بازالت و ملافیر)، سنگ های ولکانیکی چون آندزیت و پیروکسن آندزیت، لیستونیت، آهک های پلاژیک کرتاسه بالا و آهک های پالئوسن و چرت های رادیولاریت می باشد. در این مقاله تنها واحد گابرویی منطقه مورد بحث و بررسی قرار می گیرد. گابروها قسمت اعظم سنگ های مافیک منطقه مورد بررسی را تشکیل می دهند و با مرز گسلی در کنار پریدوتیت ها و سرپانتینیت ها قرار گرفته اند. مطالعات میکروسکوپی نشان می دهد که پلاژیوکلاز و پیروکسن و هورنبلند کانی های اصلی تشکیل دهنده این سنگ ها هستند و بر این اساس می توان آن ها را هورنبلند گابرو نامید. کانی های فرعی آن ها نیز شامل اسفن، کوارتز و کانی های فلزی می باشند. کانی های دگرسانی نیز عمدتاً کلریت (از تجزیه آمفیبول ها)، سرسیت و کانی های خانواده اپیدوت (از تجزیه فلدسپات ها) و اکسیدهای آهن می باشند. مقداری از پیروکسن ها نیز اورالیتی شده و به آمفیبول تبدیل شده اند. رگه ها و حفره ها توسط کلسیت، کوارتز و گاه کلریت و کانی های فلزی پر شده اند. بافت غالب این سنگ ها هیپیدومورف گرانولار می باشند. بلورهای پلاژیوکلاز در مقطع به صورت یوهیدرال و سابهیدرال مشاهده شده و از نظر ترکیب از نوع لابرادوریت می باشند. در بعضی نمونه ها دگرسانی پلاژیوکلاز به سرسیت و یا به سوسوریت دیده می شود که در حالت دوم معمولاً محصول عمده را زئوزیت و گاه اپیدوت تشکیل می دهد. در پلاژیوکلازها زون بندی مشاهده نمی شود. عدم وجود زون بندی و یکنواخت شدن ترکیب پلاژیوکلازها در حین تبلور، مستلزم تعادل بلور با ماگما و جایگزینی Na به جای Ca و همچنین Si به جای Al برای حفظ توازن بین کاتیون هاست. به عبارت دیگر زون بندی، نشانگر آهسته تر بودن سرعت ایجاد تعادل نسبت به سرعت تبلور است (Shelly, 1993) بنابراین نادر بودن زون بندی در پلاژیوکلازهای مقطع گابرویی، نشانگر توقف نسبتاً درازمدت بلورها در مذاب و ایجاد تعادل بین ماگما و بلور پیش از جایگزینی توده است.

پیروکسن ها نیز عمدتاً به صورت یوهیدرال و سابهیدرال و از نوع اوژیت دیوپسیدی و یا اوژیت می باشند که بعضاً اورالیتیزه شده اند و در بعضی نمونه ها فقط بقایایی از پیروکسن مشاهده می شود و قسمت زیادی از آن به آمفیبول تبدیل شده است (شکل ۱- a). هورنبلندها اکثراً به صورت یوهیدرال در مقاطع طولی و به صورت منشورهای بلند و پهن با مقاطع عرضی زودوهگزاگونال و دارای چند رنگی سبز تا قهوه ای می باشند. رخ لوزی آن ها کاملاً مشخص و در بعضی نمونه ها به اکتینولیت تبدیل شده اند. گاه بلورهای درشت هورنبلند بلورهای پلاژیوکلاز را دربر گرفته و بافت پوئی کلبتیک را ایجاد کرده اند (شکل ۱- b) کوارتز یا به صورت اجتماع دانه ای و یا پر شدگی در حفره ها و رگه ها و به ندرت به صورت بین دانه ای دیده می شود. اسفن به صورت معمول به عنوان کانی فرعی در بسیاری از نمونه ها دیده می شود. بلورهای یوهیدرال گوه ای شکل و یا اجتماع دانه های اسفن در بیشتر نمونه ها مشخص است. کانی های فلزی که بیشتر به صورت پراکنده در سنگ مشاهده می شوند غالباً اکسیده و یا هیدروکسیده شده اند. در برخی از قسمت های منطقه مورد بررسی، رودنگیت که حاصل دگرسانی گابروها می باشد، با رنگ و مورفولوژی کاملاً مشخص دیده می شود. در مقاطع میکروسکوپی این سنگ شامل مجموعه ای از کانی های گراسولار- هیدروگراسولار، اپیدوت و دیوپسید می باشد و در منطقه به رنگ صورتی تا کرمی رنگ مشاهده می شود.



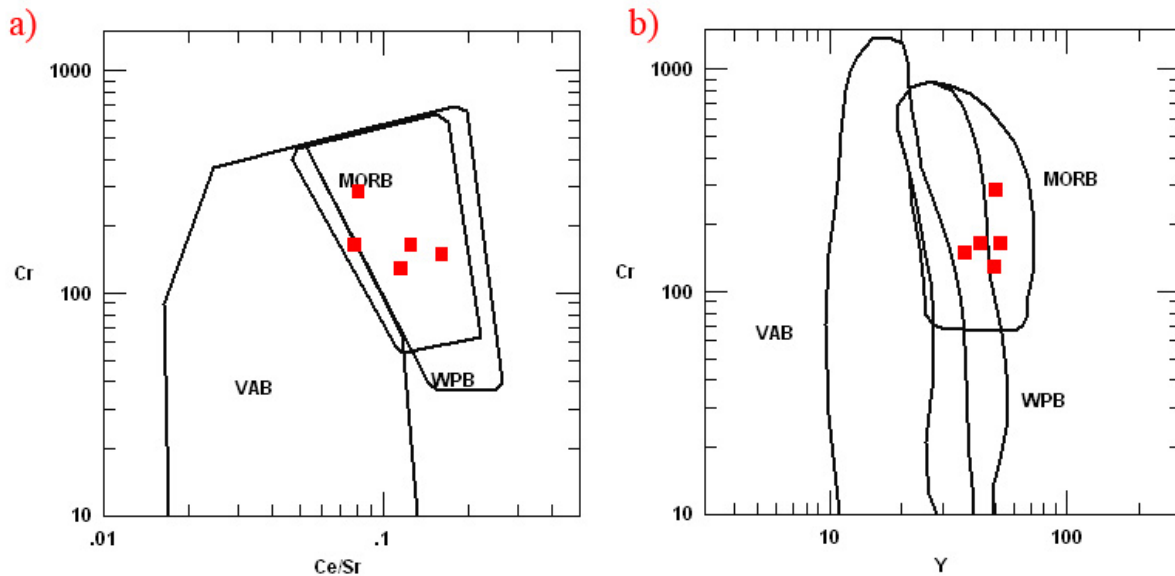
شکل ۱- تصاویر میکروسکوپی از نمونه های مورد مطالعه در نور پلاریزه. a: بقایای کلینوپیروکسن به همراه هورنبلند و پلاژیوکلاز. b: بافت پوئی کلبتیک در هورنبلند ( بلورهای پلاژیوکلاز داخل درشت بلور هورنبلند).

به منظور تعیین سری ماگمایی، شیمی ماگما و تحولات آن، مطالعات ژئوشیمیایی بر روی سنگ های گابرویی منطقه صورت گرفت. برای رده بندی و نامگذاری نمونه ها از نمودار تغییرات  $SiO_2$  نسبت به  $Na_2O + K_2O$  (Middlemost, 1985) استفاده شد بنابر نتایج به دست آمده از این نمودار، نمونه های مورد مطالعه در گستره گابرو تا گابرودیوریت قرار می گیرند. همچنین بر اساس نمودار مجموع آلکالن در مقابل سیلیس (Irvin and Baragar, 1971) سری ماگمایی سنگهای گابرویی مورد مطالعه در محدوده ساب آلکالن قرار می گیرد (شکل ۲-ب). در نمودار مثلی AFM نیز سنگ های گابرویی منطقه روند تولییتی دارند (Irvin and Baragar, 1971) که نشانگر تبلور آنها از یک ماگمای تولییتی است (شکل ۲-ج). با پلات کردن نمونه ها در دیاگرام  $Al_2O_3-FeO+Fe_2O_3+TiO_2-MgO$  (Jensen, 1976) اکثر نمونه ها در محدوده تولییتی غنی از Mg قرار گرفتند و فقط یک نمونه به علت مقدار بالای Fe در محدوده تولییتی غنی از Fe واقع شد.



شکل ۲- a: نامگذاری سنگ های مورد مطالعه در نمودار نمودار تغییرات  $SiO_2$  نسبت به  $Na_2O + K_2O$  (Middlemost, 1985). b: نمودار مجموع آلکالن در مقابل سیلیس (Irvin and Baragar, 1971). c: نمودار AFM (Irvin and Baragar, 1971) که موقعیت ترکیبی سنگ های مورد مطالعه بر روی آن نشان داده شده است. d: قلمرو نمونه های مورد مطالعه در دیاگرام  $Al_2O_3-FeO+Fe_2O_3+TiO_2-MgO$  (Jensen, 1976).

برای مشخص کردن محیط تکتونوماگمایی، از دیاگرام‌های متمایز کننده استفاده شد. نمودارهای متمایز کننده محیط‌های تکتونوماگمایی، نمودارهای تغییرات ژئوشیمیایی هستند که در آن ماگماهای تولید شده و جایگاه‌های متفاوت تکنیکی می‌توانند براساس شیمی اشان از یکدیگر متمایز شوند (Pearce and Cann, 1993). نمودارهای Cr-Ce/Sr (Pearce, 1982) و Cr-Y (Pearce, 1982) نشان دهنده این واقعیت می‌باشند که گابروهای موجود در منطقه در یک محیط برجستگی وسط اقیانوس (MORB) تشکیل شده‌اند.



شکل ۲- a: نمودار تغییرات Cr-Ce/Sr در نمونه‌های مورد مطالعه (pearce, 1982). b: نمودار تغییرات Cr-Y در نمونه‌های مورد مطالعه (pearce, 1982).

#### ۴- نتیجه گیری

براساس آنچه که تاکنون بحث گردید بخش عمده سنگ‌های مافیک منطقه مورد بررسی را سنگ‌های نوع گابرو تشکیل می‌دهند که حاوی کانی‌های اصلی کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و هورنبلند بوده که در اثر دگرسانی، پلاژیوکلازها به سرسیت و سوسوریت و پیروکسنها به اورالیت تبدیل شده‌اند. وفور کانی هورنبلند نشان می‌دهد که ماگمای مولد در زمان تبلور این سنگ‌ها آبدار بوده است. به منظور بررسی‌های ژئوشیمیایی، این سنگ‌ها را مورد آنالیز XRF قرار داده که از نظر ژئوشیمیایی در گستره گابرو تا گابرودیوریت قرار می‌گیرند. با توجه به نمودارهای سری ماگمایی مشخص می‌شود که سنگهای مورد مطالعه در محدوده ساب آلكالین قرار گرفته و از نوع تولییتی بوده و به طور عمده در محدوده تولییتی غنی از Mg واقع می‌شوند که می‌تواند بیانگر منشاء گرفتن از یک ماگمای غنی از Mg باشد. همچنین نمودارهای Cr-Ce/Sr و Cr-Y نشان می‌دهند که این سنگها در یک محیط برجستگی وسط اقیانوس (MORB) تشکیل شده‌اند که این موضوع حاکی از ارتباط قطعی آنها با ماگمای بازالتی تولییتی پشته میان اقیانوسی افیولیت منطقه دارد.

#### ۵- تقدیر و تشکر

هزینه این کار پژوهشی از محل طرح تحقیقاتی شماره ۸۹۱/پ مورخ ۸۸/۱۱/۱۹ مصوب شورای محترم پژوهشی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده است که بدینوسیله از آن معاونت تشکر و قدردانی می‌شود.



## ۶- مراجع

- Arvin, M., and Robinson, P.T. (1994) The petrogenesis and tectonic setting of lava from the Baft ophiolitic mélange, southwest of Kerman, Iran. *Canadian journal of Earth Sciences*, 3: 824-834.
- Berberian, M., and King, G.C.P. (1981) Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 210-265.
- Irvin, T. N., and Baragar, W. R. A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8: 523-548.
- Jensen, L.S. (1976) A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. Ontario Division of Mines, Miscellaneous Paper 66: 22pp.
- McGall, G.J.H. (1997) The geotectonic history of the Makran and adjacent areas of southern Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 15: 517-531.
- Middlemost, E. A. K. (1985) Magma and magmatic rocks, An introduction to igneous petrology. Longman Group U. K, 73-86.
- Pearce J A 1982 Statistical analysis of major element patterns in basalts; *Journal of Petrology*, 17: 15-43.
- Pearce, G. A., and Cann, J. R., *Earth Planet. Sci. Let.*, 19, 290 (1993).
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In Thorpe, R.S. (Ed.), *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*: New York (Wiley), 525-548.
- Shelly, D. (1993) *Igneous and metamorphic rocks under the microscope*, Champan and Hall, 630pp.
- Shojaat, A. A., and Hassanipak, A., and Mobasher, K., and Ghazi, A. M. (2003) Petrology, geochemistry and tectonics of the sabzevar ophiolite. *Journal of Asian Earth Sciences* x x: 1-15.
- Stocklin, J. (1974) Possible ancient continental margins in Iran. In: Burke, C.A., Drake, C.L. (Eds.), *The Geology of Continental Margins*, Springer, New York, 873-887.
- Takin, M. (1972) Iranian geology and continental drift in the Middle east. *Nature*, 235: 147-150.