

بررسی سنگ شناسی و ژئوشیمیایی بازالت‌های منطقه جنوب املش (شرق گیلان)

مژگان صلواتی*، علیرضا صمدی صوفی^۲

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی

(* عهده دار مکاتبات - Salavati2007@gmail.com)

چکیده

سنگ‌های بازالتی جنوب املش بخشی از یک مجموعه افیولیتی می‌باشند. بر اساس مطالعات صحرایی سنگ‌های بازالتی مزبور غالباً به شکل گدازه بالشی و ندرتاً به صورت گدازه‌های جریان و گدازه‌های برشی رخمون دارند. مطالعات پتروگرافی نشان می‌دهد که این سنگ‌ها در دو گروه متفاوت قرار می‌گیرند که عبارتند از: بازالت‌های آلکالن (حاوی کانی‌های کلینوپیروکسن تیتان اوژیت، پلاژیوکلاز، الیوین، اکسیدهای آهن و تیتان و آپاتیت) و بازالت‌های ساب آلکالن (شامل کلینوپیروکسن (دیوپسید تا اوژیت) و پلاژیوکلاز، به عنوان کانی‌های اصلی می‌باشند که ندرتاً با الیوین و کانی‌های سولفیدی همراه شده‌اند). اکثر سنگ‌ها تحت تأثیر دگرگونی بستر اقیانوسی قرار گرفته و در نتیجه کانی‌های اولیه سنگ (پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و الیوین) دگرسان شده‌اند. مطالعات ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که ماگمای سازنده این سنگ‌های دارای ماهیت تولئیتی از نوع ساب آلکالن می‌باشد. الگوی پراکندگی عناصر نادر خاکی در این سنگ‌ها حکایت از غنی‌شدگی آن‌ها از عناصر نادر خاکی سبک (LREE) دارد. این در حالیست که تهی‌شدگی بارزی از عناصر تیتانیم، نیوبوم، زیرکونیم و فسفر در این سنگ‌ها قابل مشاهده است. این خصوصیات از ویژگی‌های مشخص محیط‌های سوپراسابداکشن می‌باشد. در مقایسه الگوی پراکندگی بازالت‌های آلکالن به طور مشابه غنی‌شدگی بارزی از عناصر نادر خاکی سبک (LREE) و عناصر نادر خاکی متوسط (MREE) و تهی‌شدگی مشخصی از عناصر نادر خاکی سنگین (HREE) دارند و مبین ماهیت بازالت‌های جزایر اقیانوسی (OIB) در آن‌ها است. بر این اساس دو گروه سنگی مجزا بر مبنای مطالعات سنگ شناسی و ژئوشیمیایی در منطقه محرز می‌باشد.

واژگان کلیدی: افیولیت، گدازه بالشی، سوپراسابداکشن، دریای خزر، کرتاسه.

۱- مقدمه

منطقه مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی $50^{\circ}42'$ تا $50^{\circ}45'$ طول شرقی و $36^{\circ}50'$ تا $37^{\circ}00'$ عرض شمالی، در جنوب و جنوب شرقی شهرستان املش از استان گیلان واقع شده است (شکل ۱) این منطقه از شمال به شهرستان لنگرود و از جنوب به بخش شمالی ارتفاعات رشته کوه البرز محدود بوده و در بخش جنوب شرقی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ لنگرود قرار دارد. منطقه مورد مطالعه در دامنه شمالی بخش غربی زون البرز مرکزی واقع شده است و از نظر تقسیمات زمین‌شناسی و ساختاری ایران، بخشی از زون گرگان - رشت را تشکیل می‌دهد (نبوی، ۱۳۵۵) و به اعتقاد افتخارنژاد (۱۳۵۹) بخشی از منطقه فرونشست دریای خزر محسوب می‌شود. در امتداد رشته کوه البرز ولکانیسم بازالتی با سن‌های مختلف به وفور دیده می‌شود.

سنگ‌های بازالتی مورد بحث در این مقاله جزیی از بازالت‌های البرز با سن کرتاسه می‌باشند که با وسعت نسبتاً زیاد در جنوب املش گسترش دارند ولی به دلیل پوشش گیاهی انبوه گاهی به طور پراکنده در میان انبوه گیاهان

جنگلی رخنمون پیدا نموده‌اند. در مطالعات قبلی این منطقه بخشی از مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر معرفی شده است (صلواتی، ۲۰۰۸ و صلواتی، ۱۳۸۷).

در مقاله حاضر تلاش شده است تا با اتکا به نتایج برداشت‌های صحرایی، بررسی‌های سنگ شناسی و نتایج آنالیزهای شیمیایی سنگ کل نمونه‌های بازالتی منطقه اختصاصات ژئوشیمیایی و شرایط تشکیل این سنگ‌ها مورد بررسی قرار گیرند.

۲- روش کار و مطالعه

به منظور بررسی کانی‌شناسی و ژئوشیمی سنگ‌های بازالتی منطقه جنوب املش پس از انجام مطالعات صحرایی، حدود ۵۰ نمونه سنگی از انواع مرفولوژی‌های سنگی در منطقه جمع‌آوری و پس از تهیه مقاطع نازک مورد مطالعه قرار گرفت تشخیص بافت سنگ، کانی‌های تشکیل دهنده، روابط کانی‌ها، دگرسانی‌های موجود و در نهایت نامگذاری سنگ‌ها در این مرحله صورت گرفت. تعداد ۸ نمونه از سالم‌ترین نمونه‌های سنگی پس از مطالعات پتروگرافی انتخاب و پس از خرد و آسیاب کردن جهت انجام آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه ALS Chemex کانادا ارسال گردیده و به روش طیف سنجی جرمی نشری پلاسما جفت شده القایی (ICP-MS) با ذوب لیتیوم جهت تعیین درصد اکسیدهای عناصر اصلی، میزان عناصر فرعی و عناصر نادر خاکی (REE) مورد آنالیز قرار گرفت.

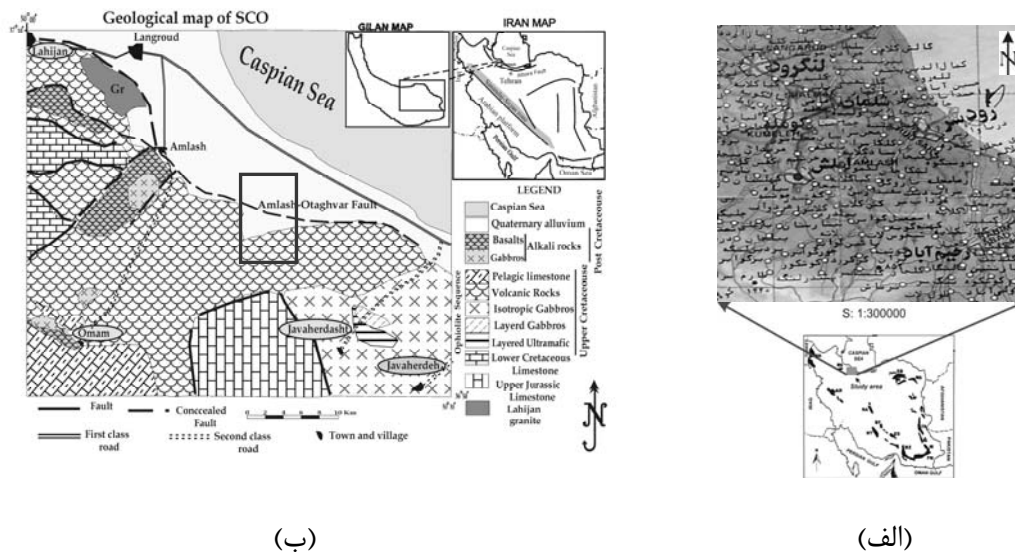
۳- جایگاه زمین شناسی منطقه

در منطقه مورد مطالعه تنها سنگ‌های رخنمون یافته سنگ‌های بازالتی مرتبط با مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر می‌باشند. مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر در بخش‌های شرقی استان گیلان (در جنوب و جنوب شرق شهرستان املش) در محدوده‌ای به وسعت ۱۸۰۰ کیلومتر مربع به مختصات جغرافیایی ۴۹°، ۵۰' تا ۵۰°، ۴۰' طول شرقی و ۳۶°، ۵۰' تا ۳۷°، ۱۵' عرض شمالی رخنمون دارد (زعیم‌نیا و همکاران، ۱۳۸۷) (شکل ۱ الف). به طور کلی این منطقه از شمال به سواحل جنوبی دریای خزر و از جنوب به ارتفاعات شمالی رشته کوه البرز محدود می‌گردد. مجموعه افیولیتی این ناحیه توالی کاملی از یک پوسته اقیانوسی را نشان می‌دهد که تنها بخش‌های پوسته‌ای آن رخنمون داشته و از پایین به بالا (از شرق به غرب) به ترتیب از واحدهای زیر تشکیل شده است: کومولاهای اولترامافیک در پایین‌ترین بخش توالی پوسته‌ای، گابروهای لایه‌ای، گابروهای توده‌ای (همگن)، منطقه حدواسط بین گابروهای توده‌ای و دایک‌های صفحه‌ای، دایک‌های صفحه‌ای، منطقه حدواسط بین دایک‌های صفحه‌ای و گدازه‌های بالشی و سنگ‌های آتشفشانی (به صورت گدازه‌های بالشی) که توسط سنگ آهک کامپانین- مائستریشتین حاوی فسیل گلوبوترونکانا پوشیده شده‌اند. به دلیل وجود همین آهک‌ها در بخش بالایی مجموعه سن تشکیل این مجموعه به کرتاسه پایانی نسبت داده شده است (زعیم‌نیا و همکاران، ۱۳۸۷ و صلواتی، ۲۰۰۸) (شکل ۱ ب). بیشترین گستره مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر توسط سنگ‌های بازالتی با مرفولوژیهای مختلف پوشیده شده است.

۴- ویژگی‌های صحرایی

به طور کلی سنگ‌های بازالتی منطقه به دو صورت گدازه و دایک‌های بازالتی رخنمون دارند. گدازه‌ها با دو مورفولوژی گدازه‌های بالشی و گدازه‌های جریان‌ی در قسمت غربی منطقه دیده می‌شوند. دایک‌های بازالتی عمدتاً در داخل گدازه‌های بالشی تزییق شده‌اند و به نظر می‌رسد که مسیرهای تغذیه کننده گدازه‌های بالشی باشند و به همین لحاظ از نظر سنی همزمان با گدازه‌ها می‌باشند.

به جز گدازه‌های بالشی، بازالت‌های جریان‌ی و برش‌های بالشی هم در منطقه حضور دارند که میزان آن‌ها نسبت به گدازه‌های بالشی بسیار کمتر است.



شکل ۱: الف) موقعیت و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه - ب) نقشه زمین شناسی مجموعه آفیولیتی جنوب دریای خزر (اقتباس از صلواتی، ۲۰۰۸) و جایگاه منطقه مورد مطالعه بر روی آن

۵- مطالعات سنگ شناسی

بر اساس مطالعات سنگ‌شناسی وجود دو نوع متفاوت از سنگ‌های بازالتی در منطقه محرز گردید که هر دو گروه دارای مورفولوژی یکسانی در صحرا می‌باشند و عموماً به صورت گدازه بالشی دیده می‌شوند. یک گروه از این‌ها در مقاطع میکروسکوپی دارای کانی‌های تیتان‌دار (بالاخص تیتان اوژیت) می‌باشند و شباهت بسیاری به گابروهای آلکالن معرفی شده (صلواتی، ۱۳۸۷) در منطقه دارند به همین لحاظ این گروه با عنوان بازالت‌های آلکالن مورد مطالعه قرار گرفتند. گروه دوم فاقد کانی‌های مزبور بوده و از آن‌ها تحت عنوان بازالت‌های ساب آلکالن یاد شده است.

بازالت‌های آلکالن اساساً از کانی‌های کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز، الیوین، اکسیدهای آهن و تیتان و آپاتیت تشکیل شده‌اند. درشت بلورهای کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز کانی‌های اصلی سنگ می‌باشند و حدود ۱۸ تا ۴۰ درصد سنگ را شامل می‌شوند. در بعضی از نمونه‌ها میکروفنوکریست‌های الیوین در زمینه قابل مشاهده است. زمینه ریز بلور (میکروکریستالین) یا مخفی بلور (کریپتوکریستالین) اساساً از بلورهای کشیده پلاژیوکلاز، دانه‌های کوچک کلینوپیروکسن، الیوین و اکسیدهای آهن-تیتان و مقدار کمی از کانی‌های ثانویه محصول آلتراسیون تشکیل شده‌اند. کلینوپیروکسن‌ها (حدود ۲۴-۳۰ درصد حجمی سنگ) فراوانترین کانی سنگ می‌باشند که به دو صورت درشت بلور و ریز بلورهای زمینه در سنگ حضور دارند. کلینوپیروکسن‌ها از لحاظ اپتیکی مشابه با تیتان اوژیت می‌باشند با رنگ بارز صورتی و عموماً واجد منطقه‌بندی با حاشیه بسیار پر تیتان می‌باشند. الیوین‌ها به صورت میکروفنوکریست حدود ۵ تا ۲۵ درصد حجمی سنگ را تشکیل می‌دهد و عموماً به سرپانتین دگرسان شده‌اند. پلاژیوکلازها با فراوانی حدود ۱۵ تا ۴۵ درصد حجمی سنگ و با اندازه حدود ۰/۱ تا ۰/۴ میلی‌متر اصلی‌ترین کانی زمینه می‌باشند. علاوه بر آن گاهی نیز به صورت میکروفنوکریست و فنوکریست (با اندازه تقریبی ۰/۶ تا ۱ میلی‌متر) در سنگ مشاهده می‌گردند. پلاژیوکلازهای زمینه بافت تیر آهنی، گل کمربندی و اسفرولیتی را از خود نشان می‌دهند. کانی‌های اپک آهن-تیتان‌دار به وفور در متن سنگ حضور دارند. در گدازه‌های بالشی سنگ‌های آلکالن، حفرات توسط ژئولیت و کلسیت پر شده و بافت آمیگدالوئید را ایجاد نموده است. بازالت‌های ساب آلکالن حاوی کانی‌های کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و به ندرت الیوین به همراه کانی‌های سولفیدی می‌باشند.

از لحاظ کانی‌شناسی گدازه‌های بالشی حاوی پلاژیوکلاز فراوان، کلینوپیروکسن و کانی‌های اپک در زمینه دانه ریز میکرولیتی یا شیشه‌ای می‌باشند. عموماً درشت بلورهای پلاژیوکلاز اندازه‌ای بین ۰/۴ تا ۲ میلی‌متر نشان می‌دهند در

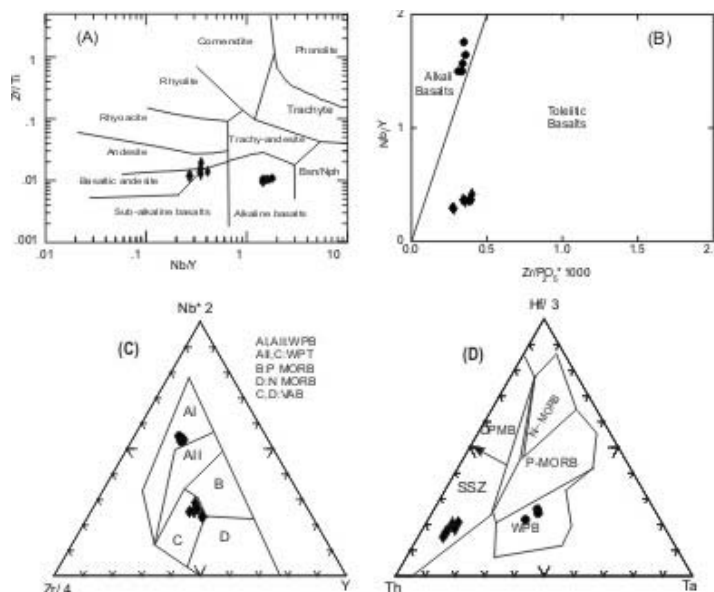
حالی که کلینوپیروکسن‌ها عموماً بزرگتر از ۲/۵ میلی‌متر هستند و از نظر فراوانی کمتر از درشت بلورهای پلاژیوکلاز هستند. در گدازه‌های با بافت پورفیری درصد‌های متفاوتی از پلاژیوکلازهای پورفیری در زمینه‌ای عموماً اینترگرانولار بسیار ریز دانه واجد میکروولیت‌های کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز و ندرتاً شیشه‌ای قرار دارند. میکروولیت‌های کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز ساخت‌های دم پرستویی و تیرآهنی نشان می‌دهند. در بازالت‌های نسبتاً سالم ترکیب پلاژیوکلاز در حد آندزین-لابرادوریت است. پیروکسن‌ها از نوع کلینوپیروکسن دیوپسید تا اوژیت می‌باشند. کلینوپیروکسن‌ها در هر دو شکل فنوکریست و ریز بلورهای زمینه‌ای در سنگ حضور دارند. حضور الیوپن در این سنگ‌ها به صورت درشت بلور چندان متداول نیست، اما کلینوپیروکسن به صورت گسترده‌ای حضور دارد. به طور کلی میزان کانی الیوپن در بازالت‌ها بسیار اندک است و عموماً در گدازه‌های بالشی دیده می‌شوند و تماماً به سرپانتین و آنتی گوریت تجزیه شده‌اند. کانی‌های اپک از نوع اکسیدهای آهن و تیتان در بازالت‌ها به وفور یافت می‌شود. حفرات پر شده از کوارتز و زئولیت به صورت بافت بادامکی در چند نمونه خصوصاً در بخش‌های بالاتر مجموعه مشاهده می‌شوند.

۶- ژئوشیمی

آنالیز سنگ‌های بازالتی منطقه جنوب املش موید وجود دو نوع سنگی متفاوت است (جدول ۱). مشابه با مطالعات پتروگرافی آنالیز، بر اساس سنگ کل این سنگ‌ها به دو گروه مجزا آلکان و ساب آلکان قابل تفکیک می‌باشند. تفاوت اصلی بین آن‌ها نسبت CaO/MgO می‌باشد به طوری که این نسبت در سنگ‌های آلکان (۱/۹) تا (۲/۵) بیشتر از سنگ‌های ساب آلکان (۱/۱ تا ۱/۴) می‌باشد. بازالت‌های آلکان دارای مقادیر نسبتاً پایینی از عدد منیزیمی (Mg\# ۲۱/۸ تا ۲۶/۱) و مقادیر بسیار بالایی از اکسید تیتانیم (TiO_2 ۳/۱ wt % تا ۳/۴) و اکسید فسفر (P_2O_5 ۰/۵۰ wt % تا ۰/۶۰) که ناشی از تبلور کانی‌های تیتان اوژیت، اکسیدهای آهن و تیتان و آپاتیت می‌باشد. در حالی که انواع ساب آلکان مقادیر نسبتاً پایین‌تری از اکسید تیتانیم (TiO_2 ۰/۸ wt % تا ۱/۱) و اکسید فسفر (P_2O_5 ۰/۲ wt % تا ۰/۲۵) بوده و مقادیر بالاتری از عدد منیزیمی (Mg\# ۳۲/۱ wt % تا ۵۰/۵) را نشان می‌دهند. هر دو نوع بازالت‌ها به طور وسیع تحت تأثیر آلتراسیون کف اقیانوسی قرار گرفته‌اند که سبب تحرک و ورود و خروج بعضی از عناصر اصلی در سنگ شده است.

با اینکه نمونه‌های مورد استفاده در مطالعات ژئوشیمیایی همگی با دقت زیاد از سنگ‌های سالم انتخاب شده‌اند با این وجود مقادیر نسبتاً بالای LOI این سنگ‌ها مبین تأثیر آلتراسیون کف اقیانوسی بر روی آن‌ها است به همین جهت برای اجتناب از تأثیر دگرسانی هیدروترمال بستر اقیانوس بر روی ترکیب شیمیایی این سنگ‌ها و در نتیجه بروز اغتشاش در رده‌بندی سنگ‌ها که در تماس با آب‌های نفوذی دریا بوده‌اند، از فراوانی عناصر کمیاب و کم تحرک زیر کونیم، تیتانیم، نیوبیوم و ایتریم نیز برای نامگذاری و تعیین محیط تکتونیکی سنگ‌های یاد شده استفاده شده است. در رده‌بندی Winchester و Floyd (۱۹۷۷) که بر حسب تغییرات Zr/Ti در برابر Nb/Y ترسیم شده است، سنگ‌های مورد مطالعه در دو محدوده مجزا سنگ‌های آلکان و ساب آلکان واقع شده و هر دو گروه در میدان سنگ‌های بازالتی تا آندزیتی قرار گرفته‌اند (شکل ۲). همچنین بر روی نمودار دو تایی Nb/Y در برابر $\text{Zr/P}_2\text{O}_5$ وجود دو گروه سنگی به وضوح قابل تشخیص است. در نمودارهای سه تایی Zr-Nb-Y (Meschede, 1986) گروهی از سنگ‌ها نماینده سنگ‌های قوس و گروه دیگر مبین سنگ‌های درون صفحه‌ای می‌باشند. همچنین بر روی نمودار سه تایی Th-Hf-Ta (Wood, 1980) نمونه‌های موید وجود دو نوع متفاوت سنگی می‌باشند به طوری که نمونه‌ها در دو محدوده متفاوت سنگ‌های درون صفحه‌ای و سنگ‌های نسبتاً غنی از توریم وابسته به محیط‌های فروروانشی (SSZ) قرار گرفته‌اند. الگوی پراکندگی فراوانی عناصر نادر خاکی نیز در این سنگ‌ها موید وجود دو گروه سنگی متفاوت می‌باشد.

در الگوهای پراکندگی نرمالایز شده نسبت به کندریت در هر دو گروه سنگی غنی شدگی بارزی از عناصر نادر خاکی سبک (LREE) دیده می‌شود (شکل A,B ۳) به طوری که مقادیر (ave) (LaN/YbN) در سنگ‌های آلکالن حدود $10/27$ و در سنگ‌های ساب آلکالن $6/7$ می‌باشد و این در حالیست که هر دو گروه سنگی به طور بسیار مشخصی از عناصر نادر خاکی سنگین (HREE) تهی شدگی نشان می‌دهند.



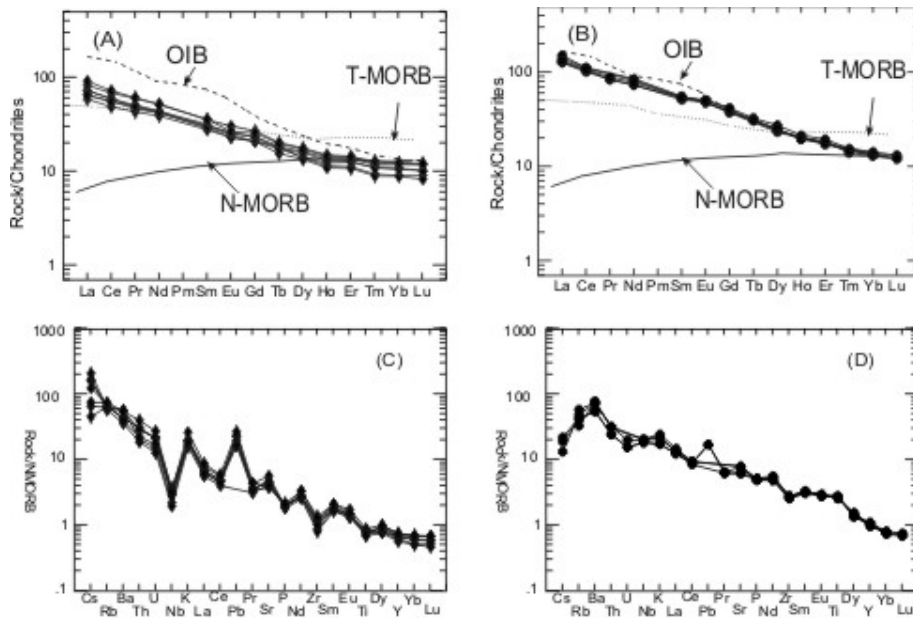
شکل ۲: طبقه بندی ژئوشیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه در نمودار پیشنهادی: (A) و (B) (Winchester, and Floyd, 1977)، (C) (Meschede, 1986) و (D) (Wood, 1980).

جهت مقایسه الگوهای پراکندگی مورب نرمال (N-MORB)، مورب حد واسط (T-MORB) و بازالت‌های جزایر اقیانوسی (OIB) نیز ارائه شده است (Sun and McDonogh, 1989). بر اساس این طرح‌ها سنگ‌های گروه آلکالن عموماً در نزدیکی طرح‌های بازالت‌های جزایر اقیانوسی قرار می‌گیرند این در حالیست که سنگ‌های گروه ساب آلکالن دقیقاً در نزدیکی سنگ‌های مورب حد واسط (T-MORB) واقع می‌گردند. در الگوی پراکندگی عناصر ناسازگار این سنگ‌های بر اساس نمودارهای عنکبوتی که نسبت به مورب (MORB) نرمالایز شده‌اند (شکل C,D ۳)، نیز تفاوت‌های بارزی در هر دو گروه سنگی قابل مشاهده است. در سنگ‌های ساب آلکالن تهی‌شدگی شدید از عناصر تیتانیوم، تالیوم، نیوبیوم و زیرکونیم مشاهده می‌شود و سنگ‌های آلکالن غنی شدگی بارزی از تیتانیوم و باریوم و تهی شدگی از زیرکونیم و روییدیم را به نمایش می‌گذارند. این تفاوت‌ها مبین وجود دو منبع مختلف برای تشکیل این سنگ‌ها است. در سنگ‌های ساب آلکالن تهی شدگی‌های نیوبیوم، تالیوم، تیتانیوم، زیرکونیم و هافنیم مبین تشکیل در محیط قوس است. Gill (۱۹۸۱) و Wilson (۱۹۸۹) معتقدند که آنومالی‌های منفی تایم و نیوبیوم از خصوصیات سنگ‌های ماگماهای قوس مناطق فرورانش می‌باشند.

از نظر این محققین غنی‌شدگی از عناصر ناسازگار (LILE) سرب، سزیم، باریوم و روییدیم همراه با تهی‌شدگی نسبی از عناصر ناسازگار (HFSE) نیوبیوم، تیتانیوم، تالیوم، زیرکونیم و هافنیم در گدازه‌های مناطق قوس معمول می‌باشد. از دیدگاه پتروژنتیک آنومالی منفی در نیوبیوم شاخص ماگماهای جزایر قوسی است و می‌تواند به تفریق نسبی نیوبیوم با توریوم و سزیم نسبت داده شود زیرا نیوبیوم در اثر آب زدایی (Dehydration) یا ذوب بخشی صفحه فرورانده شده ترجیحاً داخل آمفیبول و فازهای فرعی نظیر تیتانیت و روتیل باقی می‌ماند (Pearce, 1996).

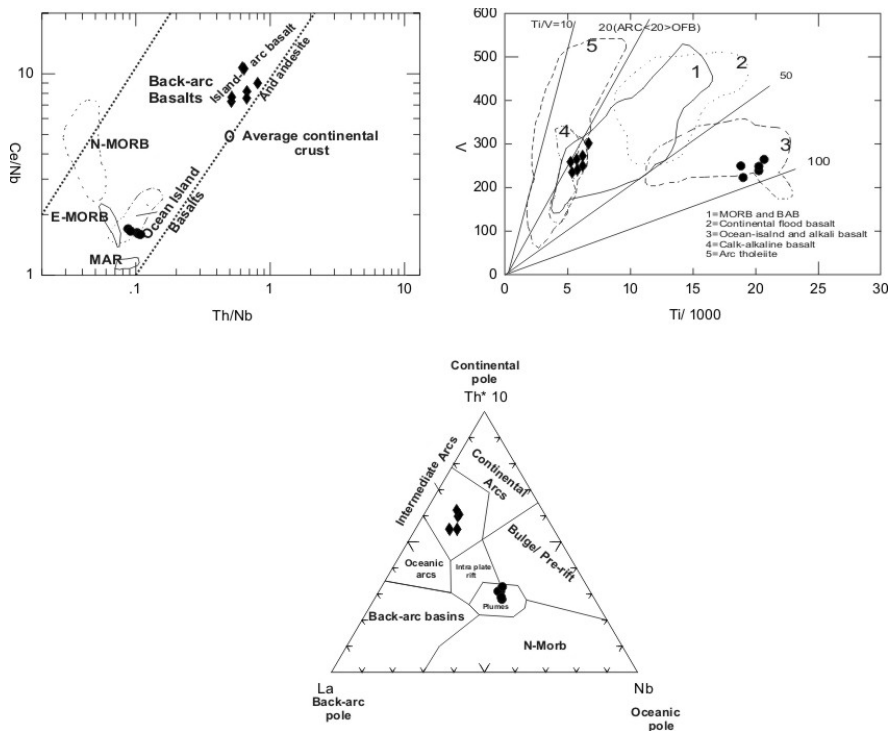
جدول ۱: نتایج آنالیز ژئوشیمیایی سنگ‌های آتشفشانی مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر به روش و به روش طیف سنجی جرمی نشری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) ($Fe_2O_3^*$ مبین آهن کل است)

Alkaline rocks					Subalkaline rocks							Sample No.
SM22	SM21	SM25	SM24	SM23	JA-3	JA-2	JA-1	S55	S54	S33	S30	
48.9	48.1	48.7	46.5	46.5	50.0	51.3	45.6	52.2	48.3	46.35	54.2	SiO ₂
3.4	3.4	3.16	3.13	3.4	1.09	0.97	1.24	1.16	1.38	0.99	0.94	TiO ₂
15.1	15.2	14.7	13.35	13.7	10.65	16.05	13.65	17.6	16.4	12.22	16.65	Al ₂ O ₃
12.3	13	12.2	13.7	14.8	9.12	9.28	11.40	9.07	10.85	10.64	8.75	Fe ₂ O ₃
0.2	0.2	0.13	0.22	0.3	0.16	0.14	0.20	0.14	0.17	0.18	0.15	MnO
3.6	3.8	3.4	4.8	4.7	10.30	4.97	7.98	3.26	5.26	11.7	3.45	MgO
8.1	8.9	8.6	9.6	9.7	15.10	6.95	11.00	6.08	8.73	9.55	4.02	CaO
3	3	2.9	2.6	2.7	1.94	4.10	2.35	3.98	3.24	1.54	3.9	Na ₂ O
1.7	1.5	1.6	1.2	1.2	0.59	2.28	1.86	3.12	1.78	1.4	4.7	K ₂ O
0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.27	0.21	0.29	0.29	0.38	0.25	0.26	P ₂ O ₅
2.6	2.1	2	2.2	2.3	0.90	3.74	4.42	3.2	3.41	4.9	2.51	LOI
99.5	99.6	98.2	98	99.8	100.5	100.0	100.0	100.1	99.9	99.72	99.53	Total
460	485	456	333	348	150.0	527	290	463	345	295	690	Ba
69	68	65.9	62.1	64.8	36.4	38.8	43.9	51.6	38.7	36	52	Ce
37	33	35.1	42.7	42	40.0	29.7	43.0	26.3	35.6	41	19	Co
27	50	50	40	30	710	90	260	40	50	363	20	Cr
-	-	0.1	0.15	0.1	0.85	0.53	1.07	0.93	0.36	-	-	Cs
-	-	44	105	109	24	63	116	78	43	-	-	Cu
6.1	5.9	6.3	6.9	6.3	4.61	3.57	3.97	3.83	3.83	3.7	4.45	Dy
2.9	2.8	2.9	3.2	3.1	2.38	1.87	2.03	2.2	2.02	1.9	2.5	Er
2.8	2.8	2.9	2.9	2.8	1.65	1.48	1.69	1.61	1.59	1.48	1.53	Eu
-	-	22.9	23.4	25.7	14.3	17.0	17.3	21.2	18.8	-	-	Ga
7.9	7.7	8.3	8.6	7.8	5.57	4.50	5.16	5.03	4.33	4.3	5.15	Gd
-	-	5.4	5.3	5.6	2.1	2.5	2.7	3.4	2.8	-	-	Hf
-	-	1.1	1.2	1.1	0.88	0.69	0.73	0.72	0.68	-	-	Ho
36	33.5	31.6	30.1	30.5	16.6	21.6	21.1	24.9	18.8	17.5	26.5	La
-	-	0.3	0.3	0.3	0.29	0.25	0.25	0.27	0.25	-	-	Lu
47	46	45.3	41.4	42.3	9.6	8.1	9.7	11.4	12.4	5.4	9.8	Nb
40	38.5	36.8	34.1	34.6	21.7	19.6	23.5	26.3	19.8	19	26.5	Nd
24	21	22	46	48	100	21	79	26	19	131	10	Ni
-	-	5	<5	5	7	5	<5	9	4.99	-	-	Pb
-	-	8.5	8	8	4.89	4.73	5.62	6.22	4.87	-	-	Pr
32	18	26.7	23.9	22.4	13.8	48.3	53.6	98.1	42	39	144	Rb
8.5	8.3	8.2	8.2	7.8	5.25	4.27	5.10	5.38	4.47	4.7	5.4	Sm
690	700	662	536	553	326	500	377	915	662	319	532	Sr
-	-	2.7	2.6	2.5	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	-	-	Ta
-	-	1.1	1.2	1.2	0.82	0.65	0.75	0.72	0.67	-	-	Tb
3.8	3.6	3.8	2.9	2.8	1.13	3.64	4.02	4.73	2.78	2.6	6.5	Th
-	-	0.4	0.4	0.4	0.31	0.25	0.26	0.3	0.27	-	-	Tm
-	-	0.9	0.7	0.7	0.27	0.79	1.07	1.29	0.73	-	-	U
250	240	224	251	266	198	224	282	222	238	312	180	V
30	28	25.8	27.6	28.2	22.4	18.3	19.1	20.6	18.6	19.5	25.5	Y
2.3	2.2	2.2	2.4	2.2	1.98	1.69	1.77	1.9	1.7	1.65	2.35	Yb
-	-	150	160	154	107	81	97	98	102	-	-	Zn
200	200	194	187	183	58	90	95	117	109	77	130	Zr



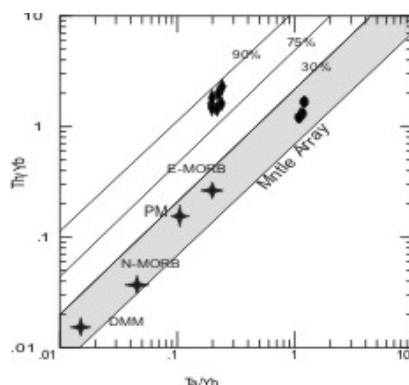
شکل ۳: فراوانی عناصر نادر خاکی موجود در سنگ‌های بازالتی مورد مطالعه که نسبت به کندریت (Sun and McDonogh, 1989) و (A,B) MORB (Pearce, 1983) (C,D) نرمالایز شده است

در سنگ‌های آلکالن هم غنی شدگی از عناصر نادر خاکی سبک (LREE)، عناصر ناسازگار HFSE و عناصر ناسازگار LILE و تهی شدگی مشخص عناصر نادر خاکی سنگین (HREE) نشان‌دهنده تشکیل این سنگ‌ها در محیط درون صفحات اقیانوسی است.



شکل ۴: ترکیب سنگ‌های بازالتی منطقه بر روی نمودارهای تعیین محیط تکتونیکی

در همه محیطها بازالت‌های ساب آکالن نشان دهنده محیط سوپراسابداکشن و بازالت‌های آکالن موید مشخصات پلوم بوده و در محیط جزایر اقیانوسی قرار می‌گیرند (شکل ۴).



شکل ۵: سنگ‌های منطقه مورد مطالعه بر روی نمودار پیشنهادی (Pearce, 1983)

جهت تعیین دقیق محیط تکتونیکی و محیط تشکیل بازالت‌های مورد مطالعه نمونه‌های مورد نظر بر روی نمودارهای مختلف تکتونیکی قرار گرفتند. در روی نمودار تغییرات Th/Yb در مقابل Ta/Yb (Pearce, 1983)، نمونه‌های سنگ‌های آکالن مطالعه شده نزدیک قلمرو گوشته واقع می‌شوند (شکل ۵) که مبین آلودگی پوسته‌ای بسیار ناچیز این سنگ‌ها است. در حالی که سنگ‌های ساب آکالن تحت تأثیر تهی شدگی تالیوم و غنی شدگی از توریم ناشی از زون‌های فرورانش به دور از این خط قرار می‌گیرد. در این نمودارها میزان نقش عوامل فرورانش توسط خطوط موازی با روند گوشته مشخص می‌گردد. بر این اساس نقش عوامل فرورانش برای توریم حدود ۷۵ تا ۹۰ درصد برای سنگ‌های ساب آکالن می‌باشد.

۷- بحث

افیولیت‌های ایران بخشی از کمربند افیولیتی تتیسی خاورمیانه می‌باشند که به دلیل موقعیت جغرافیایی منحصر به فردشان دارای اهمیت می‌باشند (شجاعت و همکاران، ۲۰۰۳). مجموعه‌های افیولیتی ایران از لحاظ سنی به دو گروه: الف) وابسته به ریفت‌زایی پالئوتتیس (پالئوزوئیک) و ب) وابسته به ریفت‌زایی نئوتتیس (مزوزوئیک) تقسیم شده‌اند. مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر یکی از بهترین و کاملترین مجموعه‌های افیولیتی مربوط به کرتاسه پایانی ایران است که در امتداد یال شمالی رشته کوه البرز رخمون یافته است. سنگ‌های مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر خصوصیات ژئوشیمیایی مشابه با افیولیت‌های مرتبط با زون‌های فرورانش را نشان می‌دهند. علاوه بر سنگ‌های مرتبط با زون‌های فرورانش در داخل مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر سنگ‌های دیگری نیز با ترکیب آکالن دیده می‌شود. خصوصیات ژئوشیمیایی این سنگ‌ها مبین وجود یک پلوم درون اقیانوسی همزمان با تشکیل مجموعه افیولیتی در منطقه است. همراهی توده‌های تولیتی و آکالن در تعداد زیادی از مجموعه‌های افیولیتی محیط‌های سوپراسابداکشن گزارش شده است (Bağci and Parlak, 2007; Beccaluva and et al., 2004; Nicholson and et al., 2000). در این مجموعه‌ها سنگ‌های تولیتی با سنگ‌های آکالنی همراه شده‌اند که مشخصات درون صفحه‌ای نشان می‌دهند (Bağci and Parlak, 2007; Beccaluva and et al., 2004; Nicholson and et al., 2000; Malpas and et al., 1992; Lippard and et al., 1986). مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر دارای ماهیت سوپراسابداکشن است. با توجه به این که برخی از گدازه‌های بالشی موجود در منطقه نیز ماهیت آکالن دارند و همچنین اثری از تزریق سنگ‌های آکالن در داخل سنگ‌های آهکی واقع بر روی

گدازه‌های بالشی و یا حتی واحدهای جوانتر دیده نمی‌شود، به نظر می‌رسد که این سنگ‌ها همزمان با مجموعه افیولیتی تشکیل شده باشند. مدل‌های تکتونیکی گوناگونی برای همراهی سنگ‌های آلکان با مجموعه‌های افیولیتی ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به حضور یک پلوم در محل تشکیل افیولیت (Tankut and et al., 1998)، بالآمدگی باقی مانده‌ی یک فلات قاره‌ای در میان سیستم افیولیتی (Galoyan and et al., 2007) فرورانش یک پشته اقیانوسی (Bağci and Parlak, 2007)، ماگماتیسیم تأخیری حاصل از پنجره آستونسفری که از خلال شکستگی تخته فرورنده (Slab breakoff) خارج شده است (Bağci and Parlak, 2007; Shervais, 1982) اشاره نمود. به هر حال انتخاب هر یک از مدل‌های فوق علاوه بر این که نیازمند جمع‌آوری اطلاعات ایزوتوپی جامع از سنگ‌های مورد مطالعه می‌باشد، مستلزم تکمیل اطلاعات تکتونیکی و زمین شناسی ناحیه‌ای از مناطق اطراف نیز است و لذا داده‌های موجود در مقاله حاضر برای ارائه یک مدل جامع کافی نمی‌باشد.

۸- نتیجه گیری

با توجه به کلیه داده‌های حاصل از مطالعات صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی سنگ‌های آتشفشانی منطقه جنوب املش (شرق گیلان) نتایج زیر حاصل شده است:

- ۱- مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر (شرق گیلان)، از لحاظ توالی سنگ‌شناسی ردیف پیوسته‌ای از پوسته اقیانوسی را داراست که از قاعده به سمت رأس توالی به ترتیب از گابروهای لایه‌ای، گابروهای توده‌ای، مجموعه کوچکی از دایک‌های ورقه‌ای، گدازه‌های بالشی زیر دریایی و آهک‌های پلاژیک رویی تشکیل شده است.
- ۲- سنگ‌های بازالتی منطقه بر اساس مطالعات پتروگرافی به دو گروه اصلی بازالت‌های آلکان و بازالت‌های ساب آلکان تقسیم می‌شوند.
- ۳- سنگ‌های آلکان از لحاظ ترکیب کانی شناسی حاوی کانی‌های کلینوپیروکسن تیتان اوژیت، پلاژیوکلاز، الیوین، اکسیدهای آهن و تیتان و آپاتیت می‌باشند در حالی که سنگ‌های ساب آلکان شامل کانی‌های کلینوپیروکسن (دیوپسید تا اوژیت)، پلاژیوکلاز، به عنوان کانی‌های اصلی می‌باشند که ندرتاً با الیوین و کانی‌های سولفیدی همراه شده‌اند.
- ۴- الگوی پراکندگی عناصر نادر خاکی در هر دو گروه سنگی منطقه حکایت از غنی شدگی آن‌ها از عناصر نادر خاکی سبک (LREE) دارد. این در حالیست که تهی شدگی بارزی از عناصر تیتانیم، نیوبوم، زیرکونیوم و فسفر در سنگ‌های ساب آلکان و غنی شدگی مشخصی از تیتانیم در سنگ‌های آلکان قابل مشاهده است.
- ۵- مقایسه ترکیب ژئوشیمیایی بازالت‌های ساب آلکان با بازالت‌های شناخته شده دنیا، نشان می‌دهد که این سنگ‌ها عموماً اختصاصات ژئوشیمیایی بازالت‌های پشت قوس را دارا می‌باشند و در یک پشته در حال گسترش در یک حوضه حاشیه‌ای و در بالای یک زون فرورانش به وجود آمده‌اند. این در حالیست که سنگ‌های آلکان مبین خصوصیات جزایر اقیانوسی و بازالت‌های نوع OIB می‌باشند.

۹- سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از طرح پژوهشی "پترولوژی، ژئوشیمی و پتروژنز سنگ‌های بازالتی منطقه اشکورات" می‌باشد که با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان انجام شده است، لذا بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

۱۰- منابع

۱. افتخارنژاد ج.، ۱۳۵۹، "تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه‌های رسوبی" نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲.
۲. زعیمنیا، ف.؛ کنعانیان، ع. و صلواتی، م.، ۱۳۸۷، "همراهی گابروهای آلکالن و ساب آلکالن در مجموعه افیولیتی املش، شمال ایران" شانزدهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران، ص ۱۱۷-۱۲۲.
۳. صلواتی، م.، ۱۳۸۷، "پترولوژی و ژئوشیمی مجموعه افیولیتی شرق گیلان"، رساله دکتری، دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم، ۲۳۰ صفحه.
۴. نبوی، م.ح.، ۱۳۵۵، "دیباچه ای بر زمینشناسی ایران" انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۰۹ صفحه.
5. Bağcı, U. and Parlak, O., 2007, "Petrology of the Tekirova (Antalya) ophiolite (Southern Turkey): evidence for diverse magma generations and their tectonic implications during Neotethyan-subduction." *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*.
6. Beccaluva, L.; Coltorta, M.; Giuntab, G. and Siena, F., 2004, "Tethyan vs. Cordilleran ophiolites: a reappraisal of distinctive tectono-magmatic features of supra-subduction complexes in relation to the suprasubduction mode." *Tectonophysics*. 393, 163-174.
7. Galoyan, G.; Rolland, Y.; Sosson, M.; Corsini, M. and Melkonyan, R., 2007, "Evidence for superposed MORB, oceanic plateau and volcanic arc series in the Lesser Caucasus (Stepanavan, Armenia)." *C. R. Geoscience*. 339, 482-492.
8. Gill, J.B., 1981, "Orogenic andesites and plate tectonics." Springer, Berlin. 43-489.
9. Lippard, S.J.; Shelton, A.W. and Gass, I.G., 1986, "The ophiolites of northern Oman." *Geol. Soc. London Mem.* 11, 178.
10. Malpas, J.; Xenophontos, C. and Williams, D., 1992, "The Aiya Varvara Formation of S.W. Cyprus: a product of complex collisional tectonics." *Tectonophysics*. 212, 193-211.
11. Nicholson, K.N.; Black, P.M. and Picard, C., 2000, "Geochemistry and Tectonic significance of Tangihua ophiolite complex, New Zealand." *Tectonophysics*. 321, 1-5.
12. Meschede, M., 1986, "A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram" *Chem. Geol.* 56, 207-218.
13. Pearce, J.A., 1996, "A user's guide to basalt discrimination diagrams, In: Wyman, D. A., (Ed), Trace Element Geochemistry of Volcanic rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration." Geological Association of Canada, Short Course Notes, No.12, p.79-113.
14. Pearce, J.A., 1983, "Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (Eds.), *Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva*." Cheshire, UK, pp. 230-249.]
15. Salavati, M., 2008, "Petrology, Geochemistry and Mineral chemistry of extrusive alkali rocks of the Southern Caspian Sea ophiolite, Northern Alborz, Iran: evidence of alkaline magmatism in Southern Eurasia" *Journal of Applied Sciences*., 8, 2202-2216.
16. Shervais, J.W., 1982, "Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas." *Earth and Planetary Science Letters*. 59, 101-118.
17. Shojaata, B.; Hassanipak, A.A.; Mobasher, K. and Ghazi, A.M., 2003, "Petrology, geochemistry and tectonics of the Sabzevar ophiolite, North Central Iran" *Journal of Asian Earth Sciences*. 21, 1053-1067.
18. Sun, S.S. and McDonogh, W.F., 1989, "Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: implication for mantle composition and processes," in: *Magmatism in Ocean Basins*, Ed by A. D. Saunders and M. J. Norry, Geological Society of London Special Publication. 313-345.
19. Tankut, A.; Dile, Y. and önen, P., 1998, "Petrology and geochemistry of the Neo-Tethyan volcanism as revealed in the Ankara melange, Turkey." *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 85, 265-284.
20. Wilson, M., 1989. "Igneous Petrogenesis." Unwin Hyman, London.
21. Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977, "Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements" *Chemical Geology*. 20, 325-342.
22. Wood, D.A., 1980, "The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province" *Earth and Planetary Science Letters*. 50, 11-30.