



## پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های مافیک و اولترامافیک شرق امامزاده هاشم (جنوب گیلان)

مژگان صلواتی\*، رضا فهیم‌گیلانی

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ایران

دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۹/۱۲، پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۲۷

### چکیده

در شرق امامزاده هاشم در جنوب استان گیلان و در بین پوشش جنگلی انبوه، توده‌های مافیک و اولترامافیکی در بین سنگهای واحد شمشک (ژوراسیک) قابل مشاهده است. کومولاهای اولترامافیک شامل کلینوپيروکسنیت، کلینوپيروکسنیت‌های پلاژیوفور و الیون-کلینوپيروکسنیت هستند و سنگهای مافیک با توجه به کانیهای تشکیل دهنده به انواع گابروها، الیون-گابرو، بیوتیت-گابرو، گابروهای آمفیبول‌دار تفکیک می‌شوند. بر اساس داده‌های ژئوشیمیایی، سنگهای مورد مطالعه دارای ماهیت تولییتی بوده و در نمودارهای تشخیص جایگاههای تکتونیکی در محیط قوس قرار می‌گیرند. الگوی REE نرمال شده به کندریت غنی‌شدگی LREE را نسبت به HREE نشان می‌دهد. تهی‌شدگی از عناصر Ti, Zr, Nb در نمودارهای عنکبوتی نرمالیز شده این سنگها به گوشته اولیه و مورب مشاهده می‌شود که از مشخصه‌های ماگماهای جزایر قوسی می‌باشد. همچنین غنی‌شدگی از عناصر LILE و تهی‌شدگی از عناصر HFSE نیز نشان‌دهنده ماگمای مناطق قوس فرورانش می‌باشند. با توجه به نشانه‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی می‌توان توده‌های مافیک و اولترامافیک شرق امامزاده هاشم را به‌عنوان بخشی از سکانس افیولیتی جنوب دریای خزر دانست که در یک سیستم تکتونیکی سوپراسابداکشن تشکیل شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پترولوژی، ژئوشیمی، گابرو، اولترامافیک، امامزاده هاشم

### مقدمه

توده‌های مافیک و اولترامافیک مختلفی در مناطق گوناگون استان گیلان رخنمون دارند که غالباً، به دلیل شرایط سخت مطالعاتی و نبود رخنمون مناسب تاکنون به دور از مطالعات زمین‌شناسی قرار گرفته‌اند. در شرق امامزاده هاشم در جنوب گیلان سنگهای آذرینی از جنس توده‌های گابرویی در بین رسوبات تریاس رخنمون دارند. این توده‌ها اولین بار با نام کلی گابرو و گاهی مونزونیت در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ رشت معرفی شده‌اند [۱] ولی تاکنون از لحاظ پترولوژیکی مطالعات دقیقی بر روی آنها انجام نشده است. لذا در این نوشتار تلاش شده است تا با استفاده از آنالیزهای ICP-MS به بررسی ویژگیهای ژئوشیمیایی توده‌های نفوذی مورد مطالعه پرداخته و محیط تکتونیکی مناسبی همخوان با داده‌های ژئوشیمیایی ارائه شود.

### روش مطالعه

به‌منظور مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری با استفاده از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ رشت- قزوین [۲]، نقشه ۱:۳۰۰۰۰۰ راههای گیلان (البرز غربی) [۳] و عکسهای هوایی، نمونه‌برداری از نمونه‌های سنگی به مدت ۱۳ روز در تابستان ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در سه مرحله انجام شد، پس از تهیه مقاطع نازک و مطالعات میکروسکوپی، تعداد ۹ نمونه پودر سنگ جهت آنالیز شیمی به مؤسسه SGS تورنتو کانادا ارسال شد. آنالیز عناصر اصلی به‌روش ICP انجام شد و سپس با استفاده از نرم‌افزارهای IGPET و GCDKIT به تفسیر داده‌ها پرداخته شد.

### زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه به وسعت ۵/۵ کیلومتر مربع با مختصات ۳۹° ۳۹' تا ۴۹° ۴۵' طول جغرافیایی شرقی ۳۷° ۰۰' تا ۳۷° ۰۳'

این سنگها دارای بافت آدکومولا هستند و در تمامی آنها بلورهای نیمه خودشکل کالینوپیروکسن از نوع دیوپسید با ابعاد ۴ تا ۸ میلی‌متر فاز کومولوس و الیوین و پلاژیوکلاز فاز اینترکومولوس سنگ را تشکیل می‌دهند (شکل ۳ الف). در این سنگها دو نسل الیوین قابل تشخیص است: ۱- به صورت بلورهای ادخال محبوس در کالینوپیروکسن ۲- به صورت بلورهای اینترکومولوس در فضای بین پیروکسن‌ها. بلورهای ادخال الیوین عموماً گردشده هستند و این مسأله نشانه تقدم تبلور این الیوین‌ها نسبت به پیروکسن‌های میزبان آنهاست (شکل ۳ ب). به دنبال تبلور الیوین اولیه و کاهش Mg محیط اتاقک ماگمایی، شرایط جهت تبلور پیروکسن مهیاتر می‌گردد و در نتیجه پیروکسن‌ها به صورت کانیهای نیمه شکل‌دار متبلور می‌شوند. در نهایت از مذاب باقی‌مانده به دلیل کاهش نسبی Ca و افزایش Fe و Mg مجدداً بلورهای الیوین اینترکومولوس متبلور می‌شوند. ترتیب تبلور کانیها در این سنگها عبارت است از: الیوین نسل اول (محبوس در کالینوپیروکسن) + کالینوپیروکسن (کومولوس) + الیوین نسل دوم و پلاژیوکلاز (اینترکومولوس). تقریباً در تمامی نمونه‌ها الیوین‌ها به شدت سرپانتینی شده‌اند. در گابروهای لایه‌ای تنوع سنگ‌شناسی اساساً نتیجه تغییر در نسبت فراوانی سه کانی الیوین، پلاژیوکلاز و کالینوپیروکسن و حضور و یا عدم حضور کانیهای اپک می‌باشد و همین امر سبب شده تا ملاگابروهای تیره به صورت بین لایه‌ای در جوار آنورتوزیت‌ها دیده شوند. این سنگها حاوی بیش از ۶۵ درصد پلاژیوکلاز کومولوس، ۱۵ تا ۲۵ درصد الیوین کومولوس و اینترکومولوس، ۵ تا ۱۵ درصد کالینوپیروکسن (دیوپسید)، حدود ۱۰ درصد آمفیبول قهوه‌ای رنگ و کمتر از ۳ درصد کانیهای اپاک هستند. آنورتوزیت‌ها به صورت لایه‌های نازک به ضخامت چند سانتی‌متری در منطقه حضور دارند. بافت آنورتوزیت کومولاست و مقدار کمی آمفیبول و یا کالینوپیروکسن اینترکومولوس در بین پلاژیوکلازهای کومولوس متبلور شده‌اند. از لحاظ کانی‌شناسی بیش از ۹۰ درصد این سنگها از پلاژیوکلاز و کمتر از ۵ درصد کالینوپیروکسن با ترکیب دیوپسید و کانیهای اپاک عموماً از نوع اکسیدهای آهن و به مقدار کمتر سولفیدهای ثانویه تشکیل شده‌اند. کانی اسفن در بیشتر بخشهای گابروهای لایه‌ای دیده می‌شود. گابروهای توده‌ای مزولوکرات هستند و از لحاظ بافتی تنوع بسیار زیادی دارند. تغییرات بافتی این

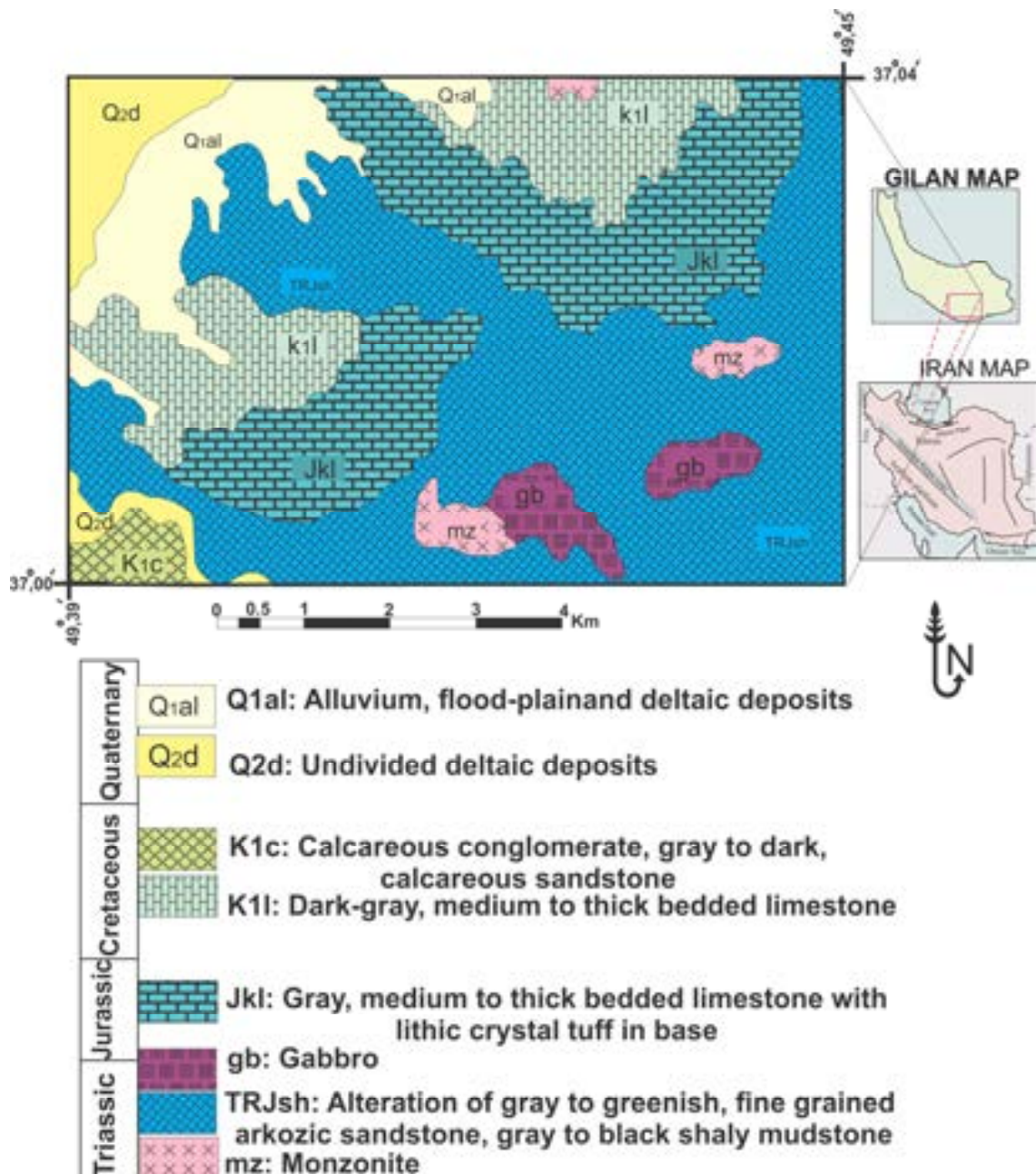
عرض جغرافیایی شمالی در زون ساختاری گرگان-رشت قرار دارد و بخشی از فرونشست دریای خزر را شامل می‌شود [۴]. از شمال به شهر رشت و از جنوب به بخش شمالی ارتفاعات رشته کوه البرز محدود می‌شود. در تقسیم‌بندی افتخارنژاد [۵] قسمت اعظم منطقه به نام فرونشست دریای خزر معرفی شده است. از ویژگیهای بارز منطقه مورد مطالعه می‌توان به پوشش گیاهی انبوه و جنگلی اشاره کرد که دسترسی به رخنمونهای سنگی را با مشکل مواجه می‌کند. گابروهای منطقه مورد مطالعه، توده‌های سنگی هستند که در ابعاد گوناگون در زیر پوشش گیاهی و در بین رسوبات تریاس منطقه به سختی قابل دیدن می‌باشند (شکل ۱ و ۲). گابروها به دو صورت توده‌ای و لایه‌ای حضور دارند که البته حجم گابروهای لایه‌ای نسبت به گابروهای توده‌ای به مراتب کمتر است و با لایه‌بندی ریتمیک ماگمایی خود در حد چند سانتی‌متر، به صورت رخنمونهایی، در امتداد برشهای رودخانه‌ای منطقه قابل مشاهده می‌باشند (شکل ۲). عامل ظهور لایه‌بندی در این توده‌ها ناشی از اختلاف فراوانی مدال کانیها، تفاوت در اندازه کانیها و تغییر ترکیب آنهاست. گابروهای توده‌ای بر روی گابروهای لایه‌ای رخنمون دارند. این سنگها عموماً درشت‌دانه بوده و بافت همگن نشان می‌دهند و تقریباً در تمامی بخشها به طور گسترده در حد رخساره شیبست سبز دگرگون شده و تا حدود زیادی اورالیتی و اپیدوتی شده‌اند.

### پتروگرافی

در مطالعات میکروسکوپی، بخشهای تیره گابروهای لایه‌ای از کانیهای کالینوپیروکسن و الیوین به‌عنوان کانی اصلی و به مقدار کمتر کانیهای اپک و در برخی از نمونه‌ها همراه با پلاژیوکلاز تشکیل شده است و اساساً شامل کالینوپیروکسنیت (الیوین کالینوپیروکسنیت و کالینوپیروکسنیت پلاژیوکلازدار) می‌باشند که در روی زمین از یکدیگر قابل تفکیک و نقشه‌برداری نیستند. بر اساس مدال سنگ در کالینوپیروکسنیت‌ها، کالینوپیروکسن‌ها، از نوع دیوپسید عموماً بیش از ۸۵ درصد سنگ را تشکیل می‌دهند و در برخی نمونه‌ها علاوه بر کالینوپیروکسن حضور ۵ تا ۱۵ درصد الیوین و یا پلاژیوکلاز سبب ایجاد کالینوپیروکسنیت‌های پلاژیوکلازدار و الیوین کالینوپیروکسنیت شده است.

عمده‌ترین کانیهای سازنده گابروهای توده‌ای عبارتند از پیروکسن از نوع دیوپسید، پلاژیوکلاز و آمفیبول از نوع هورنبلند قهوه‌ای و یا اکتینولیت‌های سبز رنگ ناشی از دگرسانی هیدروترمال پیروکسن‌ها. الیون نیز در این سنگها دیده می‌شود. گابروهای توده‌ای معمولاً نظیر انواع لایه‌ای به‌طور پراکنده حاوی بلورهای سولفید آهن هستند.

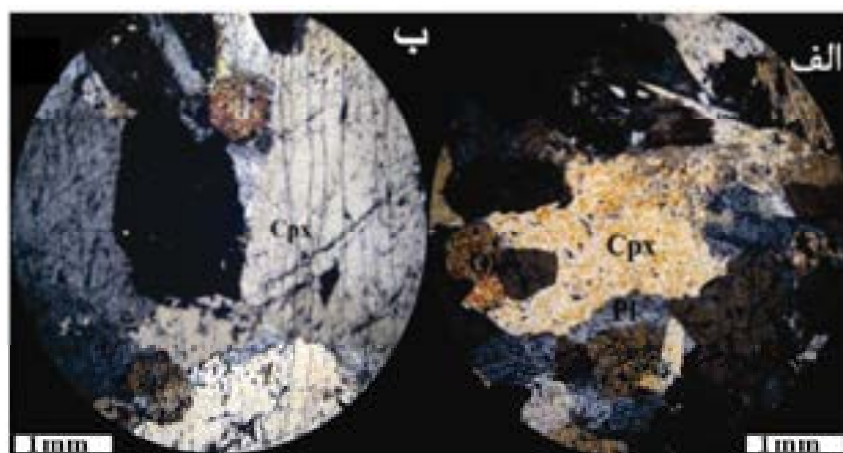
سنگها از انواع پگماتوئیدی تا دانه‌ریز در مقیاسهای مختلف میکروسکوپی، نمونه دستی تا رخنمونهای صحرایی قابل مشاهده هستند. گابروهای توده‌ای ریزدانه اغلب بافت اینترستال را همراه با بافت گلمروپورفیری ناشی از تجمعات منطقه‌ای کلینوپيروكسن‌ها نشان می‌دهند. این واحد تنوع سنگ‌شناسی چندانی نشان نمی‌دهد و با تغییر فراوانی چهار کانی الیون، پلاژیوکلاز، کلینوپيروكسن و آمفیبول، انواع الیون گابرو، گابرو و هورنبلندگابرو در آنها دیده می‌شود.



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی منطقه شرق امامزاده هاشم



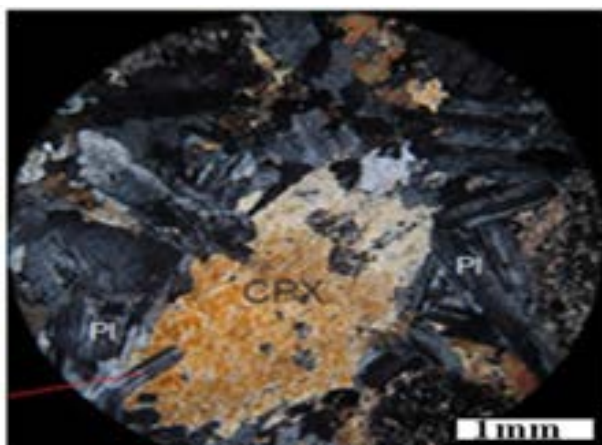
شکل ۲. رخنمونهای گابروهای الف) لایه‌ای و ب) توده‌ای منطقه شرق امامزاده هاشم



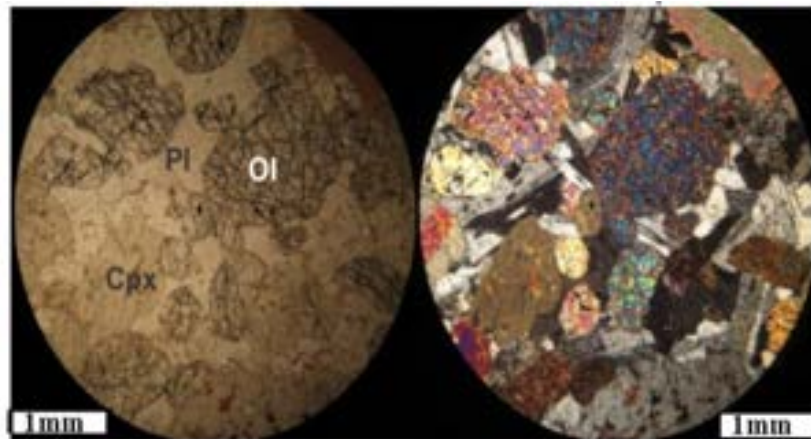
شکل ۳. بافت آدکومولا و کلینوپیروکسن‌های کومولوس به‌همراه پلاژیوکلاز و الیوین‌های اینترکومولوس، ب) الیوین‌های نسل اول به‌صورت گردشده، در XPL

الیوین‌دار به دو صورت گردشده در داخل پیروکسن (شکل ۵) و یا به صورت اینترکومولوس که فضای بین سایر بلورهای کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز را پر کرده است، دیده می‌شوند.

بافت غالب این سنگها اینترگرانولار است با این حال در بعضی از نمونه‌ها در داخل پیروکسن بلورهای پلاژیوکلاز به‌صورت پوئی‌کلیتیک دیده می‌شوند (شکل ۴). الیوین‌ها اساساً سرپانتینیتی شده و مانند سنگهای ترامافیک در گابروهای



شکل ۴. بافت ساب‌افیتیک در گابروها در نور XPL

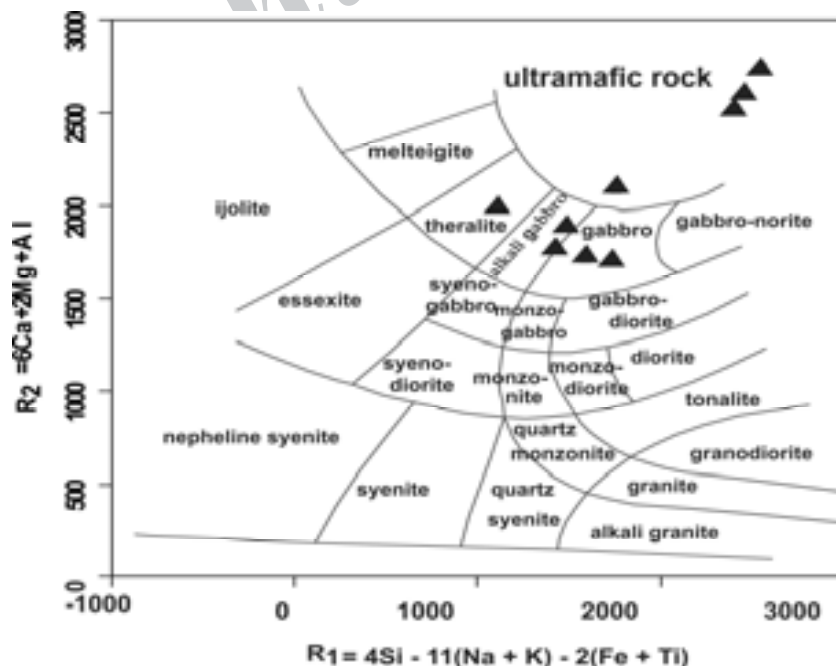


شکل ۵. الیون‌های نسل اول به‌صورت گردشده و اینترکومولوس در بین کومولوس‌های پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن، تصویر سمت راست در نور XPL و تصویر سمت چپ در نور PPL.

#### ژئوشیمی

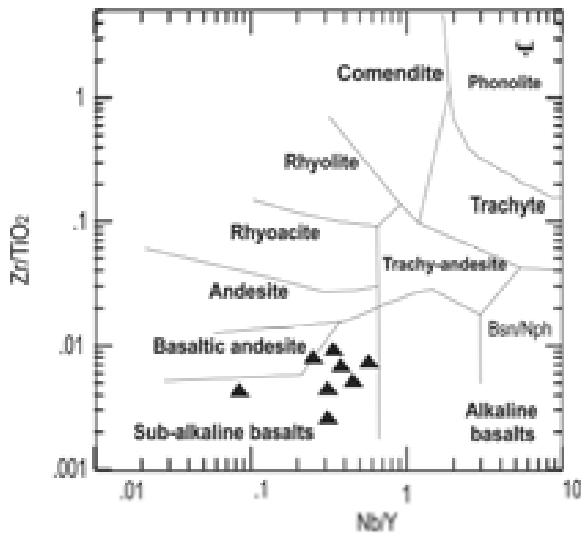
از ۶ تا ۱۹، CaO از ۹ تا ۱۶، Na<sub>2</sub>O از ۰/۵ تا ۳ درصد، #Mg از ۵۱ تا ۷۷ می‌باشند. همچنین عناصر کمیاب نیز تغییراتی را نشان می‌دهند که عبارتند از: Ba: ۵۰-۵۶۰، Rb: ۵-۷۳، Sr: ۱۱۰-۱۴۸، Zr: ۱-۱۳، Nb: ۱-۱۳، Ni: ۳۱-۲۹۳، Y: ۸-۳۴ پی‌پی‌ام. بر اساس طبقه‌بندی دولاروش و همکاران [۶]، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده گابرو و اولترامافیک‌ها قرار می‌گیرند (شکل ۶).

تعداد ۹ عدد از سالمترین نمونه‌های سنگی منطقه پس از مطالعات میکروسکوپی انتخاب و پس از خرد و آسیاب کردن در کارگاه آماده‌سازی جهت انجام آنالیز شیمیایی به مؤسسه SGS، تورنتو، کانادا، به‌روش ICP ارسال گردیدند، نتایج حاصل در جدول ۱ ارائه شده است. سنگهای مورد مطالعه دارای تغییرات ترکیبی شامل: SiO<sub>2</sub> از ۴۶ تا ۴۹ درصد وزنی، Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> از ۶ تا ۱۶، Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* (آهن کل) از ۹ تا ۱۶، MgO

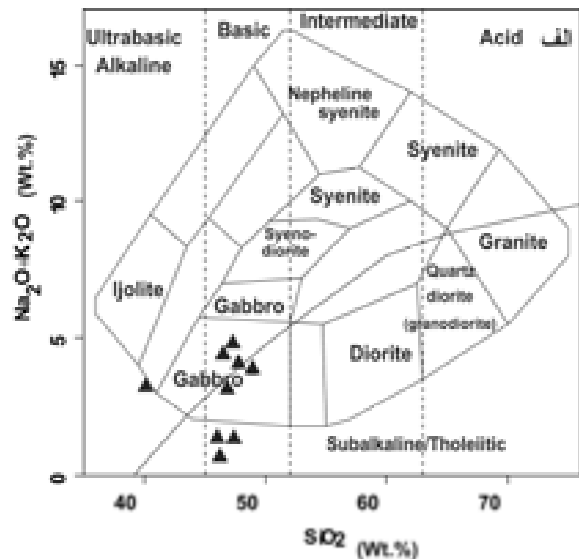


شکل ۶. تعیین موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم بر روی نمودار ژئوشیمیایی دولاروش و همکاران [۶]

شده است، سنگهای مورد مطالعه در قلمرو بازالت تا آندزی-بازالتها و در محدوده سنگهای ساب‌آلکان قرار می‌گیرند (شکل ۷).



در نمودار مجموع آلکالی‌ها در برابر سیلیس [۷]، بیشتر نمونه‌ها در محدوده گابروها قرار می‌گیرند. همچنین در روی نمودار Nb/Y در برابر Zr/Ti [۷] که بر اساس عناصر کم‌تحرک به جهت اجتناب از تأثیر دگرسانی هیدروترمال رسم



شکل ۷. رده‌بندی شیمیایی سنگهای منطقه شرق امامزاده هاشم با استفاده از (الف) نمودار پیشنهادی ویلسون [۷]، (ب) نمودار Zr/TiO<sub>2</sub>-Nb [۸].

که در این سنگها دیده می‌شود که این ویژگی از مشخصه‌های ماگماهای جزایر قوسی است (شکل ۱۱) [۱۴]. همچنین غنی‌شدگی از عناصر LILE (Cs, Rb, Pb, Ba) و تهی‌شدگی از عناصر HFSE (Nb, Zr, Hf) نشان‌دهنده ماگمای مناطق قوس فرورانش می‌باشند [۱۴].

بر اساس نمودارهای عنکبوتی پیشنهادی پیرس [۱۳] که نسبت به MORB و سان و مک دونوف [۱۲] که نسبت به کندریت و گوشته اولیه نرمالایز شده‌اند، تهی‌شدگی نسبی از عناصر Zr و Ta, Ti و تهی‌شدگی شدید در عنصر Nb مشاهده می‌شود. گیل [۱۵] و ویلسون [۱۴] معتقدند آنومالی‌های منفی Nb و Zr از خصوصیات سنگهای ماگماهای قوس مناطق فرورانش می‌باشند. از نظر این محققان غنی‌شدگی از عناصر LILE (Rb, Ba, Cs, Pb) همراه با تهی‌شدگی نسبی از عناصر HFSE (Hf, Zr, Ti, Ta, Nb) در گدازه‌های مناطق قوس معمول می‌باشد. این خصوصیات ژئوشیمیایی مشابه با سنگهای تشکیل‌شده در حاشیه صفحات همگرا [۱۶، ۱۷] و [۱۸] و تولیت‌های زون‌های فرورانشی می‌باشند [۱۹] و [۲۰].

بر اساس نمودارهای سیلیس در برابر FeO<sub>T</sub>/MgO و Y در برابر Zr [۹] سنگهای مورد بررسی غالباً در سری تولیتی با آهن بالا با تمایل به سری تدریجی قرار می‌گیرند (شکل ۸). این مسأله ناشی از تبلور زیاد آمفیبول است که سبب تغییر ماهیت ماگمای تولیتی به سمت کالکوالکان می‌شود [۹].

بر روی نمودارهای Ti/Y در مقابل Nb/Y [۱۰] و Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در برابر AN [۱۱] نیز تمامی نمونه‌ها در محدوده تولیتی قرار می‌گیرند (شکل ۹).

در روی نمودارهای عنکبوتی که نسبت به کندریت، گوشته اولیه [۱۲] و مورب [۱۳] نرمالایز شده‌اند (شکل‌های ۱۰ و ۱۱)، الگوی پراکندگی فراوانی عناصر نادر خاکی این سنگها کاملاً با هم موازی بوده، از عناصر نادر خاکی سبک (LREE) غنی‌شدگی و در عوض از عناصر نادر خاکی سنگین (HREE) تهی‌شدگی نشان می‌دهند. آنومالی مثبت Eu در بعضی از نمونه‌ها با تبلور پلاژیوکلاز در آنها هماهنگ است این در حالی است که نمونه‌های دارای آمفیبول آنومالی منفی از Eu نشان می‌دهند.

تهی‌شدگی از عناصر Nb و Ti در نمودارهای عنکبوتی نرمالایز شده به گوشته اولیه و مورب دیگر ویژگی ژئوشیمیایی است

جدول ۱. نتایج آنالیزهای MS-ICP و ICP-ES سنگهای مافیک منطقه شرق امامزاده هاشم، مقادیر عناصر اصلی بر حسب % و عناصر کمیاب و نادر خاکی بر حسب ppm

Sample	SRF 102	SRF 106	SRF 107	SRF 113	DF 102	2SRF 103	SRF 105	2SRF 105	2SRF 106
SiO <sub>2</sub> (%) Wt	۴۷/۹	۴۷/۳	۴۸/۹	۴۰/۴	۴۶/۷	۴۶/۷	۴۷/۴	۴۶	۴۶/۲
TiO <sub>2</sub>	۱/۸۲	۲/۲۱	۱/۴۶	۲/۸۵	۱/۴۷	۱/۴۵	۰/۷۹	۰/۴	۰/۶۷
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۲	۱۴/۹	۱۱/۷	۱۵/۱	۱۶/۶	۱۶/۵	۶/۱۵	۱۴/۷	۷/۲۲
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۱۵
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	۱۴/۲	۹/۸۹	۱۴/۳	۱۵/۹	۱۲/۴	۱۰/۲	۱۰/۹	۹/۰۳	۱۱/۵
MnO	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲	۰/۱۶	۰/۲۱
MgO	۸/۹۹	۷/۴۷	۹/۳۸	۸/۲۹	۶/۷۵	۷/۳۷	۱۸/۹	۱۴/۱	۱۷/۱
CaO	۹/۶۲	۱۰/۴	۹/۴۵	۱۲/۳	۱۳/۳	۱۱/۳	۱۴/۴	۱۴/۵	۱۶/۴
Na <sub>2</sub> O	۲	۲/۷	۲	۲/۴	۲/۲	۲/۶	۰/۸	۰/۹	۰/۵
K <sub>2</sub> O	۲/۰۹	۲/۰۲	۱/۷۵	۰/۹۷	۰/۹۷	۱/۸۳	۰/۵۷	۰/۴	۰/۱۸
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۱	۱/۵	۰/۲۱	۰/۵۱	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۳
LOI	۱/۰۹	۲	۱/۰۶	۰/۹۲	۰/۶۵	۱/۶۶	۱/۴۷	۰/۸۷	۱/۳۳
Total	۱۰۰/۴۵	۹۹/۵۷	۱۰۰/۶۸	۱۰۰/۸۱	۱۰۱/۴۳	۱۰۰/۳۳	۱۰۱/۹۲	۱۰۱/۱۹	۱۰۱/۴۹
Ni(ppm)	۷۹	۸۷	۷۹	۳۱	۴۵	۷۶	۲۹۳	۲۱۴	۲۲۹
Co	۴۶/۸	۳۴	۴۶/۱	۴۹/۲	۴۲/۴	۲۹/۸	۶۳/۸	۵۶/۷	۶۴/۳
Rb	۶۱/۱	۷۳	۵۱	۱۶/۳	۲۵/۳	۵۷/۷	۱۴/۲	۱۲/۱	۵/۶
Cs	۱/۶	۱/۹	۱/۶	۰/۴	۰/۸	۱/۵	۰/۷	۰/۶	۰/۳
Ba	۵۶۰	۴۵۰	۴۰۰	۲۷۰	۲۶۰	۳۶۰	۸۰	۱۰۰	۵۰
Sr	۲۷۰	۵۴۰	۲۷۰	۶۶۰	۶۵۰	۷۱۰	۱۱۰	۴۲۰	۱۹۰
Ta	۰/۹	۱	۰/۸	۰/۹	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۰/۵	۰/۵
Nb	۱۲	۱۳	۱۰	۱۳	۶	۹	۴	۲	۱

L.O.I. = Loss-on-ignition; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* = as FeO total

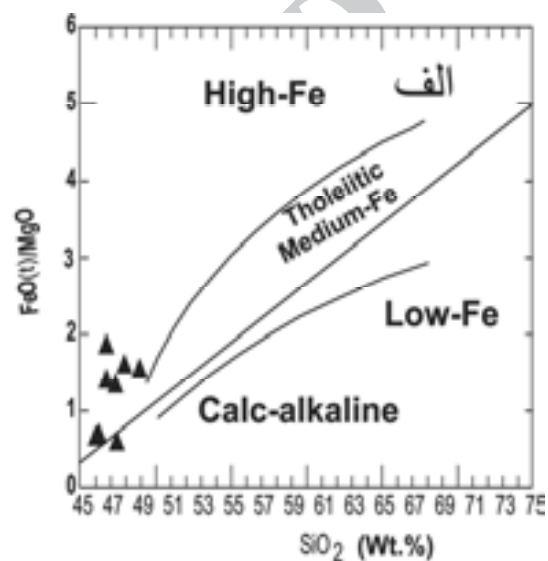
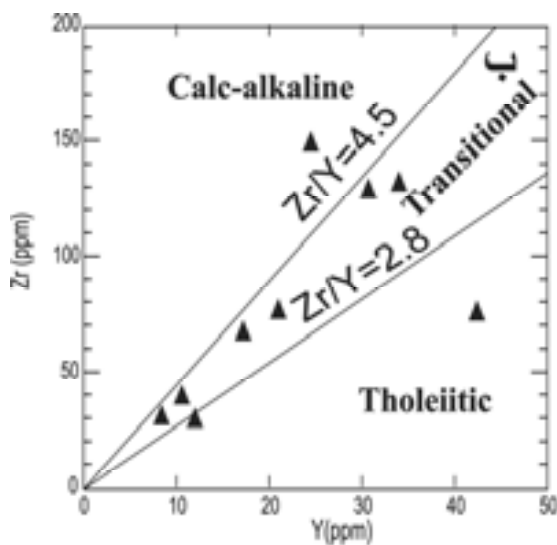
ادامه جدول ۱. نتایج آنالیزهای MS-ICP و ICP-ES سنگهای مافیک منطقه شرق امامزاده هاشم، مقادیر عناصر اصلی بر حسب % و عناصر کمیاب و نادر خاکی بر حسب ppm

Sample	SRF 102	SRF 106	SRF 107	SRF 113	DF 102	2SRF 103	SRF 105	2SRF 105	2SRF 106
Hf	۴	۴	۴	۳	۲	۲	۱	۱	۱
Zr	۱۳۱	۱۴۸	۱۲۸	۷۴/۷	۶۶/۳	۷۵/۵	۳۸/۶	۲۹/۸	۲۸/۶
Y	۳۴	۲۴/۵	۳۰/۷	۴۲/۴	۱۷/۲	۲۱	۱۰/۶	۸/۴	۱۲
Th	۴/۷	۴/۵	۳/۴	۱/۵	۱/۸	۲/۸	۱/۷	۱/۱	۰/۹
U	۱/۳۹	۱/۴۳	۱/۲۷	۰/۶۲	۰/۴۷	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۲۹	۰/۴۷
La	۲۲	۳۵	۲۱/۵	۳۳/۹	۱۲/۹	۲۴/۸	۷/۶	۴/۸	۳/۹
Ce	۴۹	۵۷/۸	۴۷/۴	۷۴/۱	۲۷	۵۲/۳	۱۶/۲	۱۱/۱	۹/۶
Pr	۶/۷۵	۷/۱۷	۶/۴۵	۱۰/۵	۳/۷۸	۶/۶۱	۲/۱۸	۱/۵۷	۱/۶۴
Nd	۲۸/۵	۳۰/۹	۲۷/۱	۴۷/۶	۱۶/۷	۲۷/۸	۹/۴	۶/۹	۸/۵
Sm	۶/۷	۶/۳	۶/۳	۱۱/۲	۱/۴	۵/۶	۲/۳	۱/۶	۲/۶
Eu	۱/۳۱	۱/۹۷	۱/۲۷	۳/۱۸	۱/۳۴	۱/۸	۰/۷۸	۰/۶۵	۰/۸۲
Gd	۶/۵۶	۵/۸۶	۵/۹۵	۱۰/۸	۳/۶۹	۵/۱۷	۲/۲۹	۱/۷	۲/۹۲
Tb	۱/۰۸	۰/۹۱	۱	۱/۵۷	۰/۶۳	۰/۷۷	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۴۴
Dy	۶/۲۵	۴/۹۹	۵/۸۷	۸/۶۲	۳/۲۷	۴/۱	۲/۳	۱/۶۳	۲/۷۱
Ho	۱/۲۶	۰/۹۲	۱/۱۶	۱/۷	۰/۶۴	۰/۸۱	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۴۶
Er	۳/۵۱	۲/۴۶	۳/۳۷	۴/۴۲	۱/۷۸	۲/۱۶	۱/۰۸	۰/۸۳	۱/۳۳
Tm	۰/۴۵	۰/۳۲	۰/۴۶	۰/۵۴	۰/۲۲	۰/۳۱	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۱۴
Yb	۳/۱	۱/۹	۲/۹	۳/۲	۱/۶	۱/۸	۰/۹	۰/۸	۱
Lu	۰/۴۲	۰/۲۷	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۲۲
Cu	۱۰۶	۱۰۶	۱۱۱	۱۴۰	۷۵	۴۱	۴۰	۳۲	۴۴
Ga	۱۸	۲۲	۱۷	۲۳	۲۱	۲۰	۹	۱۳	۹
Mo	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
Sn	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱
Tl	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵



ادامه جدول ۱. نتایج آنالیزهای MS-ICP و ICP-ES سنگهای مافیک منطقه شرق امامزاده هاشم، مقادیر عناصر اصلی بر حسب % و عناصر کمیاب و نادر خاکی بر حسب ppm

Sample	SRF 102	SRF 106	SRF 107	SRF 113	DF 102	2SRF 103	SRF 105	2SRF 105	2SRF 106
V	۳۰۹	۳۲۵	۲۴۹	۵۴۱	۴۹۲	۲۴۲	۲۰۸	۱۴۱	۲۵۴
W	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
Zn	۱۰۳	۶۴	۱۰۶	۹۵	۹۸	۷۸	۸۶	۵۲	۵۸



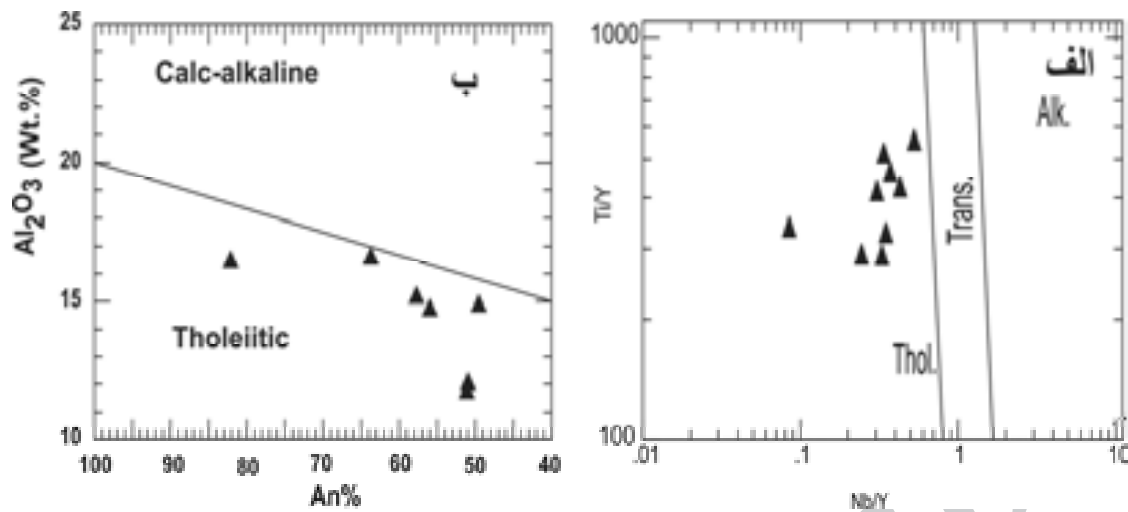
شکل ۸. تعیین ماهیت ماگمای سنگهای منطقه شرق امامزاده هاشم بر روی نمودارهای الف) سیلیس در برابر FeO/MgO (ب) Y در برابر Zr

زون فرورانشی قرار می‌گیرند (شکل ۱۴ پ). سنگهای مورد مطالعه بر روی نمودارهای TiO<sub>2</sub> در مقابل Zr [۲۵]، Zr/Y در مقابل Zr [۲۶] و Ti در برابر Zr [۲۷] طیفی از محدوده MORB (N-MORB) تا سنگهای مرتبط با جزایر قوسی را نشان می‌دهند [۱۶]. بر روی نمودار تغییرات عنصر سازگار Ni در برابر MgO [۲۳] سنگهای مورد مطالعه در محدوده مشترک حوضه‌های پشت قوس و مورب قرار می‌گیرند. (شکل ۱۵).

در محیطهای حوضه‌های پشت قوس در مراحل اولیه بازشدگی به‌علت تأثیر سیالات متصاعده و نقش رسوبات در ژنز آنها ویژگیهای ژئوشیمیایی سنگهای قوس نمایان‌تر است در حالی که با عریض‌تر شدن حوضه پشت قوس نقش این تأثیرات کمتر شده و ترکیب ماگما شبیه به موربهای پشت‌های میان‌اقیانوسی می‌گردد [۱۴، ۲۸ و ۲۹].

#### محیط تکتونیکی

به‌منظور تعیین محیط تکتونوماگمایی تشکیل این سنگها از نمودارهای تکتونیکی استفاده شده است بر اساس نمودار Nb/Th در مقابل Y [۲۱] این سنگها در محیط قوس (سوپراسابداکشن) تشکیل شده‌اند (شکل ۱۲). در روی نمودار AFM [۱۱] که بر اساس عناصر Na<sub>2</sub>O -FeO\*-MgO رسم شده است کومولاهای لایه‌ای غنی از Mg در محدوده کومولاهای الترامافیک و مافیک وابسته به قوس و سنگهای گابرویی در محدوده سنگهای غیر کومولایی وابسته به قوس قرار می‌گیرند (شکل ۱۳). در نمودارهای مثلثی Th-Hf/3- Nb/16 [۲۲] و La-Th\*10-Nb [۲۳] تقریباً کلیه نمونه‌ها در محدوده بازالت‌های قوس از نوع قوسهای حدواسط قرار می‌گیرند (شکل ۱۴ الف و ب). همچنین بر روی نمودار La/Yb در مقابل Th/Ta [۲۴] نمونه‌ها در قسمت بازالت‌های



شکل ۹. الف) موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار Nb/Y در مقابل Ti/Y [۱۰]، ب) موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار  $Al_2O_3$  در برابر AN [۱۱]

#### ماهیت منشأ

از مهمترین عواملی که بر روی ترکیب و ماهیت سنگها تأثیرگذار است دگرسانی، آلودگی پوسته‌ای و نقش عوامل فرورانشی است؛ به همین جهت این عوامل از جمله مواردی هستند که همواره در مباحث ژئوشیمی جهت تعیین ماهیت منشأ مورد بررسی قرار می‌گیرند.

وجود آنومالی مثبت عناصر بزرگ یون مانند K, Ba و Sr مبین وجود سیال آبدار در منشأ سنگهایی است که از یک پوسته اقیانوسی فرورانده شده خارج می‌شوند [۳۰]. همچنین ترکیب سنگ کل همانند ماگماهای مافیک مرتبط با فرورانش غالباً فقیر از P و Ti است [۳۱]. وجود این آنومالی‌ها در سنگهای آذرین درونی شرق امامزاده هاشم، دلیل بر تأثیر مواد خارج‌شده از سیال خروجی از تخته فرورانده شده است.

غنی‌شدگی یا تهی‌شدگی از عناصر HFSE می‌تواند مشخص‌کننده ماهیت منشأهای مانتویی باشد که ممکن است توسط خروج مذاب اولیه در محیط حوضه‌های پشت کمان [۳۲] یا در موقعیت کمان فقیر شده باشند [۳۳]. مقادیر پایین عناصر HFSE (نظیر Nb, Y, Zr, Ti) می‌تواند شاهدهی از خروج مذاب اولیه از گوه مانتویی، یا نقش سیالات فرورانشی و یا آلیش با گوشته لیتوسفری باشد [۳۲]. در نمونه‌های مورد مطالعه پایین بودن HFSE با توجه به نمودارهای پیرس و

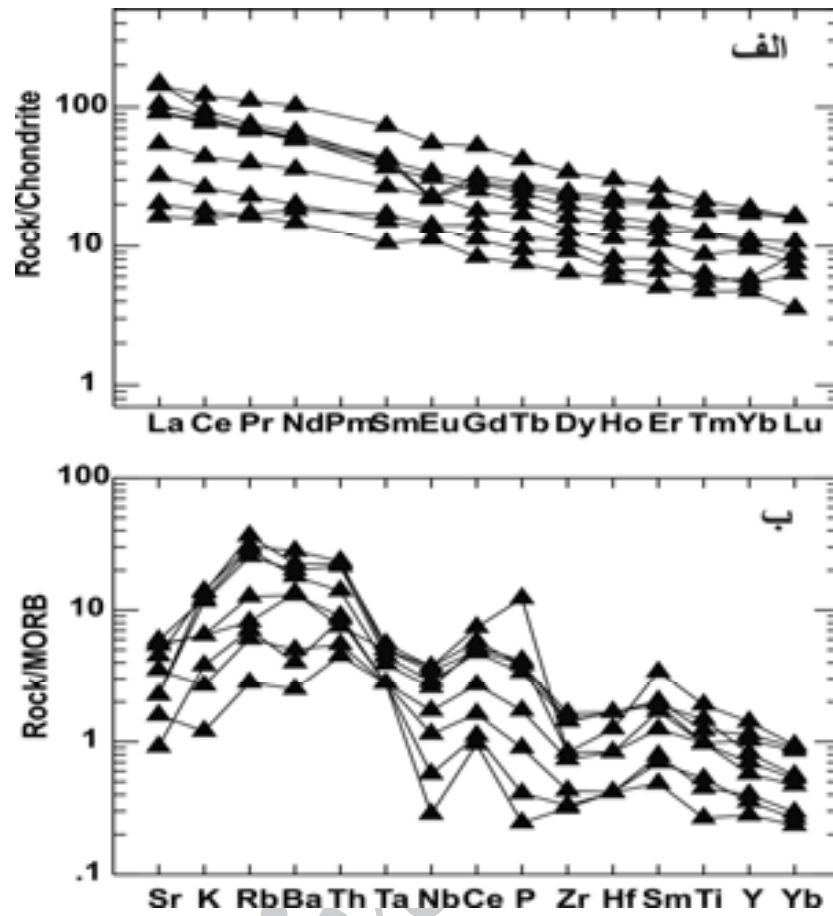
همکاران [۳۴] ناشی از نقش عوامل فرورانشی (سیالات منتج از گوه فرورونده) می‌باشد.

نمونه‌های مورد مطالعه دارای HFSE پایین و LILE بالا (بالا بودن نسبتهای LILE/HFSE) هستند که به‌ترتیب بیانگر ذوب‌شدگی پدیدوتیت گوه تهی‌شده و مشارکت سیالات منتج از ورقه [۱۳] یا ذوب آبدار [۳۴] است که از مشخصه‌های زون سوپراسابداکشن می‌باشد.

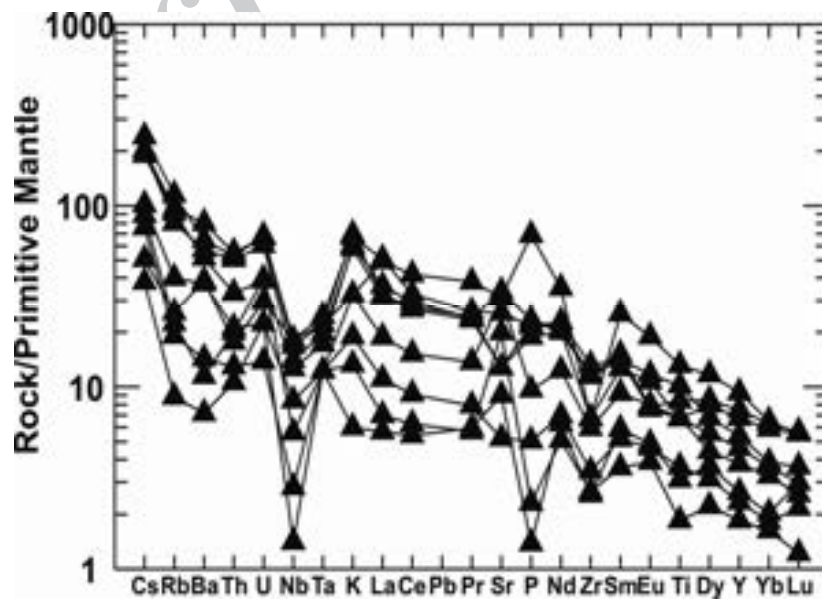
نقش عوامل فرورانش و سهم نسبی گوه مانتویی را می‌توان به کمک نسبت عناصر کمیاب به عنصر ناسازگار Yb مشخص نمود [۱۰، ۳۴ و ۳۵].

در مورد نمونه‌های مورد مطالعه این مورد در شکل ۱۵ به کمک نمودارهای La/Yb, Th/Yb, Zr/Yb و Nd/Yb در مقابل Nb/Yb نشان داده شده است. نقش عوامل فرورانش برای عناصر La, Th و Nd به کمک نمودارهای پیرس و همکاران [۳۴] قابل توصیف است (شکل‌های ۱۵ ب، پ و ت). در این نمودارها میزان نقش عوامل فرورانش توسط خطوط موازی با روند گوشته مشخص می‌گردد.

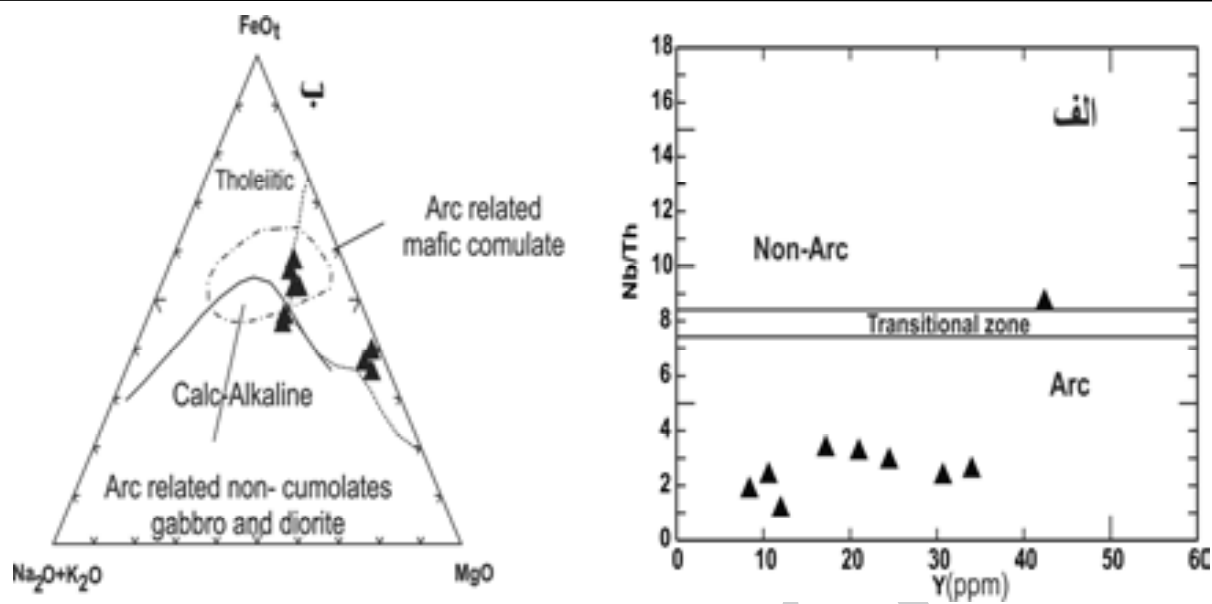
نمودارها نشان می‌دهند که نقش عوامل فرورانش برای این عناصر به‌ترتیب عبارت است از حدود ۶۰ تا ۹۰ درصد برای Th، ۵۰ تا ۷۵ درصد برای La و حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد برای Nd.



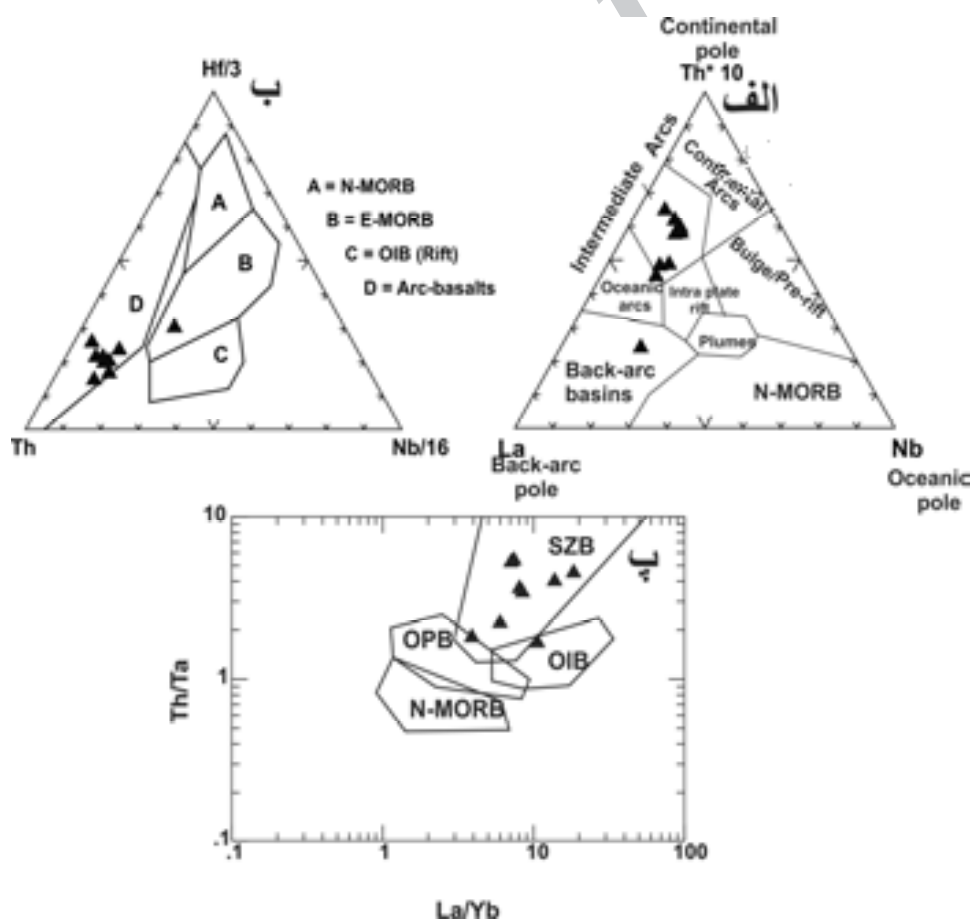
شکل ۱۰. موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودارهای عنکبوتی نرمالایز شده نسبت به الف) کندریت [۱۲] و ب) مورب [۱۳]



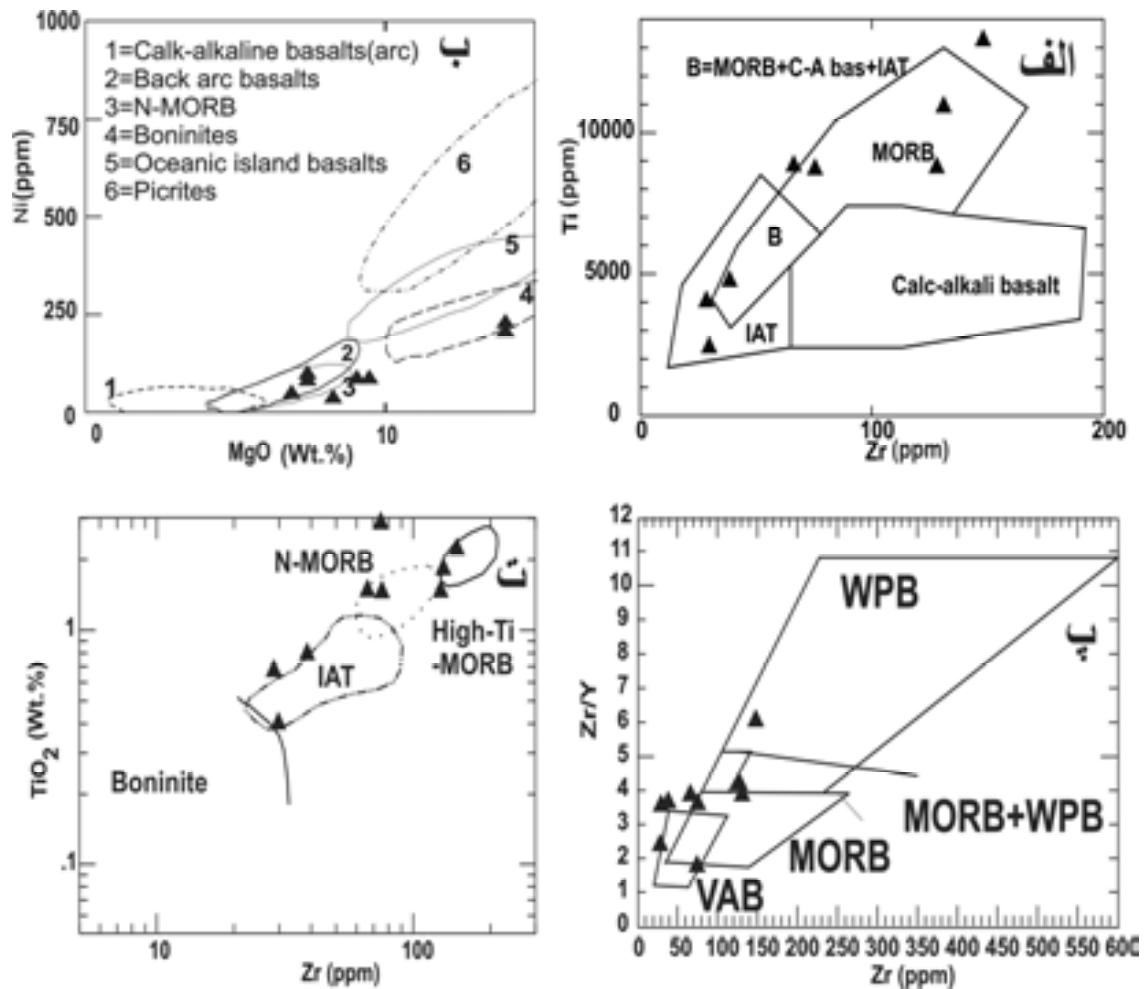
شکل ۱۱. تهی‌شدگی از عناصر Nb و Ti در نمودار [۱۲]



شکل ۱۲. الف) موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار Nb/Th در مقابل Y و ب) موقعیت نمونه‌ها بر روی نمودار AFM



شکل ۱۳. الف) موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار مثلثی La-Th-Nb [۲۰] ، ب) نمودار مثلثی Th-Hf/3-Ta [۲۱] و پ) نمودار La/Yb در مقابل Th/Ta [۱۹]



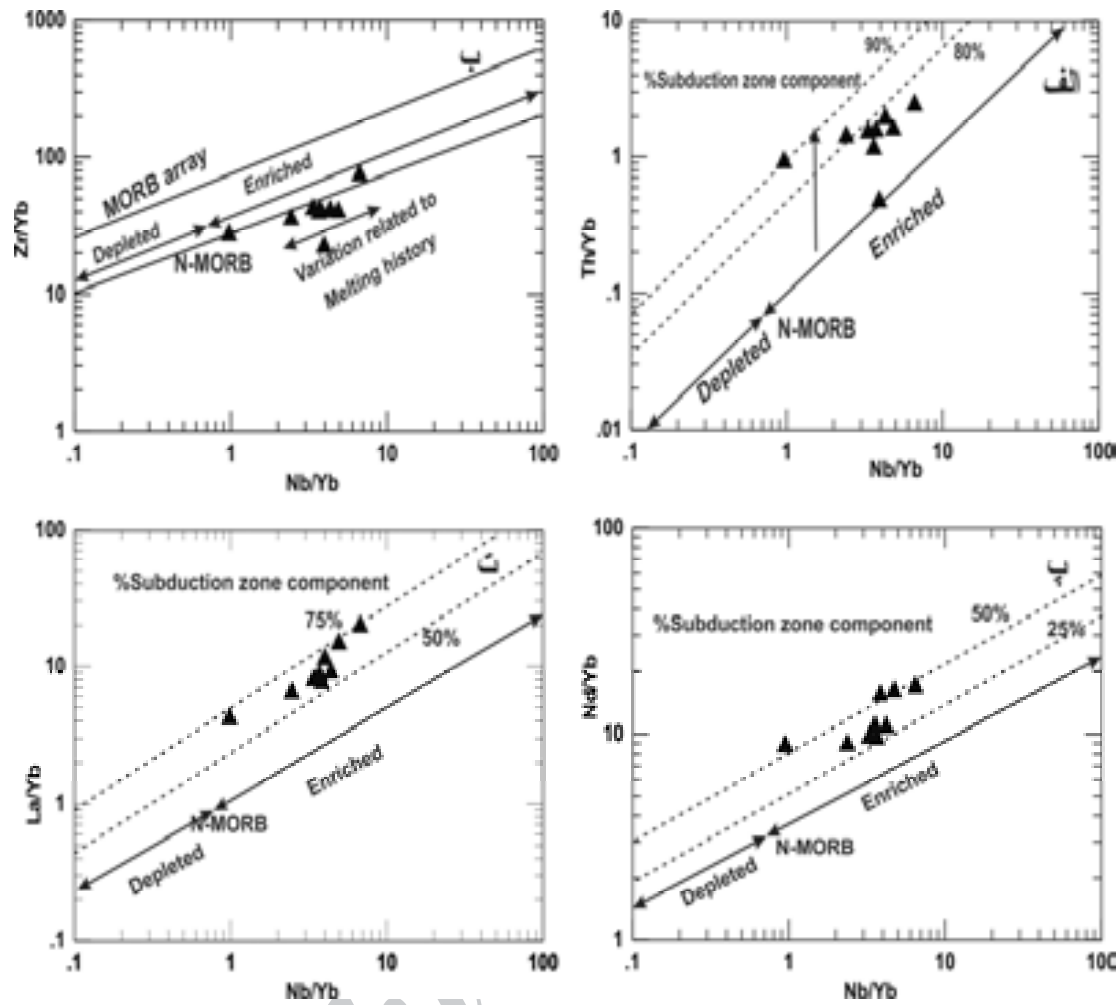
شکل ۱۴. الف) موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار Ti در برابر Zr [۲۷] (ب) نمودار تغییرات عنصر سازگار Ni در برابر MgO [۲۸] (پ) نمودار Zr/Y در مقابل Zr [۲۶]، (ت) نمودار TiO<sub>2</sub> در مقابل Zr [۲۵]

تبلوربخشی و یا ذوببخشی (همراه با پیروکسن و پلاژیوکلاز به‌عنوان فازهای بلوری غالب یا باقی‌مانده) عمل می‌کنند، بنابراین تغییرات منشأ و آلودگی آن را به‌خوبی نشان می‌دهند [۳۷]. فرآیندهای مربوط به غنی‌شدگی داخل صفحه‌ای همراه با غنی‌شدگی مساوی از Th و Ta هستند، در حالی که فرآیندهای فرورانشی دارای Th می‌باشند و کمی Ta دارند [۳۸]. کلیه سنگهای مورد مطالعه در مسیر تقریباً موازی با روند گوشته قرار دارند، اما غنی‌شدگی اندکی از Th/Yb را نشان می‌دهند و در قلمرو سنگهای مربوط به قوس ولکانیکی قرار می‌گیرند. سنگهای مورد مطالعه روندی بین روندهای ناشی از نقش عوامل فرورانش و روند ناشی از نقش آلودگی پوسته‌ای نشان می‌دهند (شکل ۱۶).

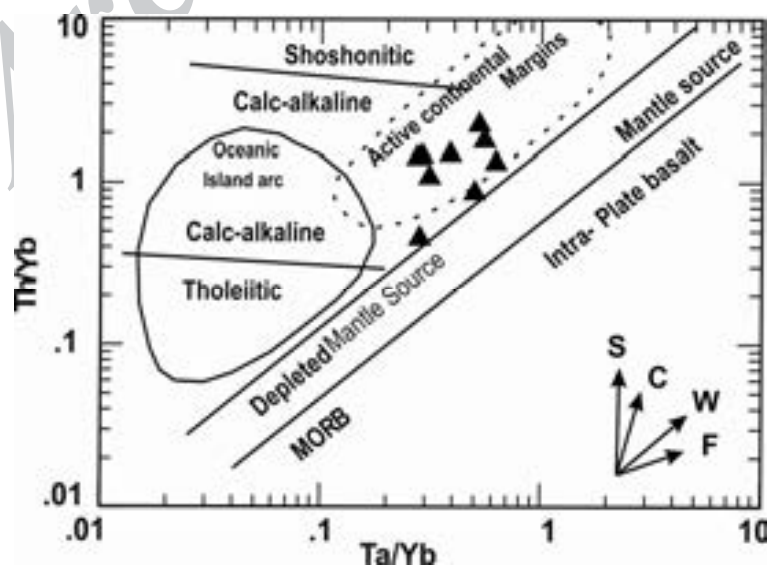
شکل ۱۵ نشان می‌دهد که علاوه بر نقش بارز عوامل فرورانش عوامل مربوط با آلودگی پوسته‌ای نیز در تکوین این سنگها مؤثر بوده است. نمودار شکل ۱۵ نشان می‌دهد که نقش عوامل آلودگی پوسته‌ای در سنگهای پایین توالی ناچیز بوده در حالی که این عوامل به همراه عوامل فرورانش در سنگهای بالایی توالی نقش به‌سزایی دارند.

ترکیب سنگهای ماگمایی در این موقعیت تکتونیکی هم توسط متشکله‌های سیال منتج‌شده از ورقه فرورونده (پوسته بازالتی و رسوبات پلاژیک) و هم آلیش پوسته‌ای کنترل می‌شود [۳۶].

نمودار نسبت Th/Yb در مقابل Ta/Yb [۱۳] مدلی برای تعیین غنی‌شدگی منشأ، آلیش با مواد پوسته‌ای یا فرورانشی است. نسبت های Th/Yb و Ta/Yb عموماً مستقل از



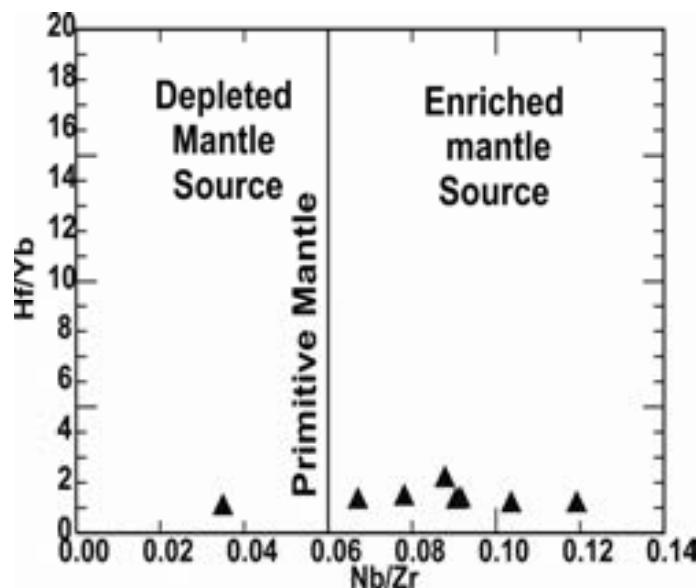
شکل ۱۵. نقش عوامل فرورانش توسط خطوط موازی با روند گوشته در نمودارهای  $Zr/Yb$  و  $Th/Yb$ ،  $La/Yb$  و  $Hf/Yb$  در مقابل  $Nb/Yb$



شکل ۱۶. موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار پیشنهادی پیرس [۱۰]: بردارها و روندهای ایجاد شده توسط غنی‌شدگی ناشی از فرورانش (S)، آلودگی پوسته‌ای (C)، غنی‌شدگی درون صفحه‌ای (W) و تبلور تفریقی (F) را نشان می‌دهند.

در نمونه‌های مورد مطالعه ۷/۸ تا ۳۷/۷ در تغییر است که نشان از آلودگی پوسته‌ای در این سنگهاست که در توافق با بررسیهای صحرایی نیز می باشد. بررسی نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار Hf/Yb در مقابل Nb/Zr (شکل ۱۷) نشان از یک منبع گوشته‌ای غنی شده برای آنهاست [۴۱].

برای تعیین نقش آلودگی پوسته‌ای در ترکیب سنگها از نسبتهای عنصری و نمودارهای مختلفی استفاده می‌شود. برای مثال سنگهای بازالتی که تحت تأثیر آلودگی پوسته‌ای قرار گرفته باشند، دارای نسبتهای  $La/Nb > 1.5$  و  $La/Ta > 22$  می‌باشند [۳۹ و ۴۰]. مقادیر این نسبتهای عنصری به ترتیب



شکل ۱۷. موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار Hf/Yb در مقابل Nb/Zr [۳۶]

تولثیت به محیطهای بازشدگی قاره‌ای نسبت داده شده‌اند [۴۳]. توده‌های مافیک و الترامافیک مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر در شرق گیلان دو ماهیت جداگانه آلکالن مرتبط با ماگماتیسزم OIB و تولثیت مرتبط با محیط سوپراسابداکشن در یک منطقه پشت قوس را نشان می‌دهند [۴۴].

توده‌های گابرویی مورد مطالعه در این پژوهش از لحاظ موقعیت صحرایی بسیار نزدیک به توده‌های مافیک و الترامافیک مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر در شرق گیلان است، این در حالی است که به لحاظ ترکیب و ماهیت ژئوشیمیایی و سنگ‌شناختی نیز مشابهت بسیار زیادی بین این دو گروه دیده می‌شود و هر دو مشخصات بارز محیطهای سوپراسابداکشن را نشان می‌دهند. بنابراین با توجه به موقعیت صحرایی و تشابهات سنگ‌شناختی و ژئوشیمیایی توده‌های مورد بررسی با توده‌های شرق گیلان می‌توان مجموعه توده‌های مافیک شرق امامزاده‌هاشم در جنوب گیلان را با

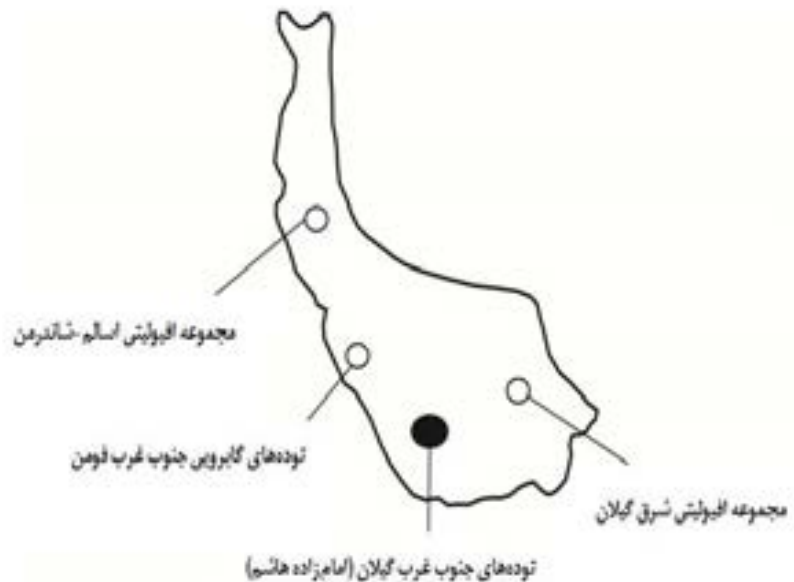
#### بحث

در استان گیلان و در ارتفاعات شمالی رشته کوه البرز تاکنون مجموعه‌های گابرویی و الترامافیک متعددی با سنهای مختلف گزارش شده است (شکل ۱۸):

- ۱- توده‌های الترامافیک و مافیک مجموعه افیولیتی شاندرمن [۴۲] با سن پالئوزوئیک در غرب گیلان
  - ۲- توده‌های مافیک و الترامافیک جنوب غرب فومن [۴۳] با سن بعد از ژوراسیک در غرب گیلان
  - ۳- توده‌های مافیک و الترامافیک مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر [۴۴] با سن کرتاسه فوقانی در شرق گیلان.
- حاصل این تحقیق هم‌ارائه، شناسایی و بررسی ماهیت مجموعه‌های مافیک جنوب استان گیلان بوده‌است. از بین توده‌های یادشده توده‌های الترامافیک مجموعه افیولیتی اسالم- شاندرمن دارای ماهیت MORB هستند [۴۲]. توده‌های مافیک جنوب غرب فومن با دو ماهیت آلکالن و

مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر در شرق گیلان مرتبط دانست و آنها را بخشی از توده‌های الترامافیک و مافیک

مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر در نظر گرفت.



شکل ۱۸. پراکنندگی توده‌های مافیک و الترامافیک در استان گیلان

Ti, Nb, Zr, Ta می‌باشد که از خصوصیات سنگهای ماگماهای قوس مناطق فرورانش می‌باشد. با توجه به نمودارهای متمایزکننده محیط تکتونیکی، سنگهای مورد مطالعه به محیط پشت قوس بر روی یک زون فرورانش تشکیل شده تعلق دارند.

با توجه به این‌که خصوصیات ژئوشیمیایی و محیطهای تکتونیکی سنگهای گابروئیت شرق امامزاده هاشم شباهت بسیار زیادی به مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر دارد و از آنجایی‌که فاصله چندانی با هم ندارد این سنگها با مجموعه افیولیتی مزبور مرتبط بوده و به‌عنوان بخشی از این مجموعه افیولیتی در نظر گرفته شده است.

#### قدردانی

این تحقیق با حمایت و پشتیبانی مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان انجام و به اتمام رسیده است. بدین‌وسیله از همکاری ارزنده آن معاونت قدردانی می‌گردد.

#### نتیجه‌گیری

توده‌های مافیک شرق امامزاده هاشم در جنوب گیلان بخشی از توده‌های نفوذی مافیک دامنه‌های البرز را تشکیل می‌دهند. این توده‌ها بر اساس مطالعات سنگ‌نگاری و صحرایی به دو صورت گابروهای لایه‌ای و گابروهای توده‌ای رخنمون دارند. توده‌های لایه‌ای دارای دو بخش تیره و روشن می‌باشند. بخشهای تیره بر اساس مطالعات سنگ‌نگاری با کانیهای اصلی کلینوپیروکسن و بیوین گاهی همراه با پلاژیوکلاز و کانیهای تیره دارای بافت کومولایی بوده و بر اساس تغییر مدال کانیها به انواع کلینوپیروکسنیت، الیوین کلینوپیروکسنیت و کلینوپیروکسنیت‌های پلاژیوکلازدار تقسیم می‌شوند. گابروهای توده‌ای با بافت غالب اینترگرانولار و گاهی پوئی‌کلیتیک (ساب‌افتیک) دارای کانیهای اصلی پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن می‌باشند. بر اساس داده‌های ژئوشیمیایی ماهیت سنگهای مورد مطالعه ساب‌آلکان تولیتی است.

روند تغییرات عناصر نادرخاکی در سنگهای منطقه بر روی نمودارهای عنکبوتی نرمالایز شده به گوشته اولیه و مورب حاکی از غنی‌شدگی آنها از LREE ها و تهی‌شدگی از عناصر



## منابع

- Magmatism in Ocean Basins, Geological Society of London Special Publication 24 (1989) 313-345.
- [13] Pearce J. A., "Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In *Continental basalts and mantle xenoliths*" Edited by C. J. Hawkesworth and M. J. Norry. Shiva Publishing, Nantwich U.K. (1983) 272 p.
- [14] Wilson M., "Igneous petrogenesis", Unwin Hyman London. (1989) 466 P.
- [15] Gill J. B., "Orogenic andesites and plate tectonics" Springer, Berlin (1981) 390 p.
- [16] Hawkesworth C. J., Gallagher K., Hergt J. M., McDermott F., "Mantle and slab contributions in arc magmas", *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 21 (1993) 175-204.
- [17] Saunders A. D., Norry M. J., Tarney J., "Fluid influence on the trace element compositions of subduction zone magmas. In: *Tarney J., Pickering K. T., Knipe R. J., Dewey J. F. (Eds.), The Behavior and Influence of Fluids in Subduction Zones*", The Royal Society, London (1991) 335 p.
- [18] Arth J. G., "Behavior of trace elements during magmatic processes—a summary of theoretical models and their applications", *Journal of research of the U.S. Geological Survey* 4 (1976) 41-47.
- [19] Melzer S., Wunder B., "Island-arc basalt alkali ratios: Constraints from phengite-fluid partitioning experiments", *Geology* 28 (2001) 583-586.
- [20] Cruciani G., Franceschelli M., Marchi M., Zucca M., "Geochemistry of metabasites from NE Sardinia, Italy: nature of the protoliths, magmatic trend, and geotectonic setting", *Mineralogy and Petrology* 74 (2002) 25-47
- [21] Jenner G. A., Dunning G. R., Malpas J., Brown, M., Brace, T., "Bay of Islands and Little Port complexes, revisited age, geochemical and isotopic evidence confirm suprasubduction-zone origin", *Canadian Journal of Earth Sciences* 28 (1991) 1635-1652.
- [22] Wood D. A., "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 (1980) 11-30.
- [۱] خبازنیاغ، صادقی، ع. ر.، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رشت"، سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۸۲).
- [2] Annells R. N., Arthurtoun R. S., Bazley R. A. and Davies R. G., "Explanatory text of the Qazvin and Rasht Quadrangles map 1:250,000". Geological Survey of Iran (1975).
- [۳] مؤسسه گیتاشناسی، "نقشه راهنمای البرز غربی (گیلان)"، مقیاس ۱:۳۰۰۰۰۰، شماره ۱۴۴
- [۴] نبوی م. ح.، "دیباجه‌ای بر زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۵۵) ۱۰۹ ص.
- [۵] افتخارنژاد ج.، "تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه‌های رسوبی"، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲ (۱۳۵۹) ص ۱۹-۲۸.
- [6] De La Roche H., Leterrier J., Grande Claude P., Marchal M., "A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagrams and major element analyses- its relationships and current nomenclature" *Chemical Geology* 29 (1989) 183-210.
- [7] Cox K. G., Bell J. D., Pankhurst R. J., "The interpretation of igneous rocks" George Allen and Unwin Ltd., London (1979) 450 p.
- [8] Winchester J. A., Floyd P. A., "Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements" *Chemical Geology* 20 (1977) 325-342.
- [9] Ross P., Bédard J. H., "Magmatic affinity of modern and ancient sub-alkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams", *Canadian Journal of Earth Sciences* 46 (2009) 823-839.
- [10] Pearce J. A., "Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In *Orogenic andesites and related rocks*", Edited by R.S. Thorpe. John Wiley and Sons, Chichester, U.K. (1982) 274 p.
- [11] Irvine T. N., Baragar W. R. A., "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks", *Canadian Journal of Earth Sciences* 8 (1971) 523-548.
- [12] Sun S. S., McDonogh W. F., "Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: implication for mantle composition and processes" In: Saunders A. D. and Norry M. J. (Eds.)

- and Petrology Journal of Geology 84 (1983) 293–309.
- [34] Pearce J. A., Baker P. E., Harvey P. K., Luff I. W., "Geochemical evidence for subduction fluxes, mantle melting and fractional crystallization beneath the South Sandwich island arc", Journal of Petrology 36 (1995) 1073–1109.
- [35] Peate D. W., Pearce J. A., Hawkesworth C. J., Colley H., Edwards C. M. H., Hirose K., "Geochemical variations in Vanuatu arc lavas: the role of subducted material and a variable mantle wedge composition", Journal of Petrology 38 (1997) 1331–1358.
- [36] Tatsumi Y., Kogiso T., "The subduction factory: its role in the evolution of the Earth's crust and mantle. In: Larter, R.D., Leat, E.T. (Eds.), *Intra-oceanic Subduction Systems: Tectonic and Magmatic Processes*", Geological Society of London, Special Publication 219 (2003) 55–80.
- [37] Aldanmaza E., pearcea J. A., thirlwallb M. F., Mitchell j. g., "Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia Turkey", Journal of Volcanology and Geothermal Research 102 (2000) 67-95.
- [38] Saccani E., Photiades A., Beccaluva L., "Petrogenesis and tectonic significance of Jurrasic IAT magma types in the Lellinde ophiolites as deduced from the Rhodiani ophiolites (Pelegonian zone, Greece)", Lithos 104 (2008) 71-78.
- [39] Hart W. K., WoldeGabrie G., Walter R. C., Mertzman S. A., "Basaltic volcanism in Ethiopia: constraints on continental rifting and mantle interactions", Journal of Geophysical Research 94 (1989) 7731-48.
- [40] Abdel-Fattah M., Abdel-Rahman A. M., Nassar P. E., "Cenozoic Volcanism in the Middle East: Petrogenesis of alkali basalts from northern Lebanon", Geological Magazine 141 (2004) 545-563.
- [41] John T., Scherer E. E., Haase K., Schenk V., "Trace element fractionation during fluid-induced eclogitization in a subducting slab: trace element and Lu-Hf-Sm-Nd isotope systematics", Earth and Planetary Science Letters 227 (2004) 441–456.
- [42] Berberian M., "The southern Caspian: A compression floored by a trapped modified
- [23] Monnier C., "Mécánismes d'accrétion des domaines océaniques arrière-arc et géodynamique de l'Asie du Sud-Est, Petrologie et géochimie des ophiolites d'Indonésie", These de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale (1996) 605 p.
- [24] Cabanis B., Lecolle M., "Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8: Un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de mélange et / ou de contamination crustale", C.R. Acad. Sci.Ser. II 309 (1989) 2023-2029.
- [25] Capedri S., Venturelli G., Bocchi G., Dostal J., Garuti G., Ross, A., "The geochemistry and petrogenesis of an ophiolite sequence from Pindos, Greece", Contributions to Mineralogy and Petrology 74 (1980) 189-200.
- [26] Pearce J. A., Norry M. J., "Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks", Contributions to Mineralogy and Petrology 69 (1979) 33–47.
- [27] Pearce I. A., Cann J. R., "Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses", Earth and Planetary Science Letters 19 (1973) 290-300.
- [28] Juteau T., Maury R., "The Oceanic Crust, from accretion to mantle recycling", Springer (1999) 390 p.
- [۲۹] درویش‌زاده ع.، "آشفشانها و رخساره‌های آشفشانی"، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۸۳) ۵۹۶ ص.
- [30] Juteau T., Maury R., "Geologie de la Croute oceanique: Petrologie et dynamique endogens", Springer (1997) 569 p.
- [31] Kocak K., Isik F., Arslan M., Zedef V., "Petrological and source region characteristics of ophiolitic hornblende gabbros from the Aksaray and Kayseri regions, central Anatolian crystalline complex, Turkey", Journal of Asian Earth Science 25 (2005) 883–891.
- [32] Woodhead J. D., Eggins S., Gamble J., "High field strength and transition element systematic in island arc and back-arc basin basalts: evidence for a multiphase melts extraction and a depleted mantle wedge", Earth and Planetary Science Letters 114 (1993) 491–504.
- [33] Grove T. L., Bryan W. B., "Fractionation of pyroxene–phyric MORB at low pressure: an experimental study", Contributions to Mineralogy

*oceanic crust*", Canadian Journal of Earth Sciences 20 (1983) 163-183.

[۴۳] کوثری ع، امامی م.ه.، حق‌نظر، م.، "تعیین جایگاه زمین‌شناسی توده‌های مافیک و اولترامافیک ماسوله با استفاده از شواهد سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی"، دهمین همایش انجمن

زمین‌شناسی ایران (۱۳۸۵).

[۴۴] صلواتی م.، "پترولوژی و ژئوشیمی مجموعه فیولیتی شرق گیلان"، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه اصفهان، (۱۳۸۷) ۲۴۱ ص.

Archive of SID