

بررسی آنومالی‌های ژئوشیمیایی در مجموعه افیولیتی نورآباد (شمال غرب لرستان)

احمد احمدی خلجی^{۱*}، مسعود کیانی^۲ و زهرا طهماسبی^۱

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات

نویسنده مسئول: khalagi@khayam.ut.ac.ir *

دریافت: ۹۳/۵/۱۵ پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۱

چکیده

مجموعه افیولیتی نورآباد به عنوان بخش جنوبی افیولیت کرمانشاه در زون زاگرس مرتفع قرار می‌گیرد. زون زاگرس مرتفع دارای سه زیربخش شامل آهک بیستون، مجموعه افیولیتی و رادیولاریت‌های باختران است. در این میان، مجموعه افیولیتی از پایین به بالا شامل پریدوتیت‌های سرپنتینی، گابروهای لایه‌ای، گابروهای ایزوتروپ، پلاژیوگرانیت، مجموعه دایک‌های صفحه‌ای، گدازه‌های بازالتی، آندزیت و سنگ‌های رسوبی است. طبق مطالعات پتروگرافی، کانی‌های اولیه مجموعه افیولیتی از قبیل اولوین، پلاژیوکلاز و پیروکسن به کانی‌های ثانویه از قبیل سرپنتین، آمفیبول، کلریت، سریست و اکسیدهای آهن تجزیه شده‌اند. همچنین کانه‌های فلزی در این سنگ‌ها شامل کالکوپریت، بورنیت، مالاکیت، آزوریت و تیتانومگنتیت است. در این سنگ‌ها دگرسانی‌های مختلفی نظیر سرپنتینی، اپیدوتی، سیلیسی، سریستیک، ژئولیتی، کلریتی و کربناتی رخ داده است. نتایج تجزیه‌های ژئوشیمیایی مجموعه افیولیتی نورآباد گویای وجود تمرکز نسبتاً بالای عناصر Cu, Ti, Mn, Ni, Cr و Ag است.

واژه‌های کلیدی: آنومالی ژئوشیمیایی، مجموعه افیولیتی نورآباد، زون زاگرس مرتفع

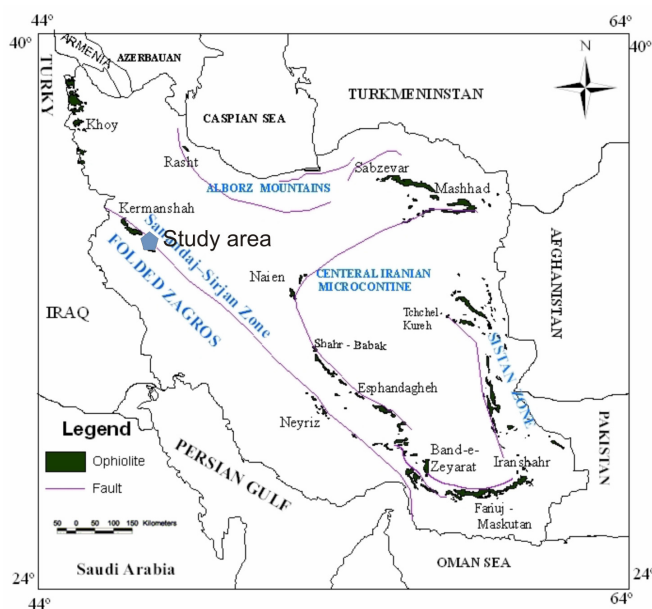
مقدمه

به طور کلی ذخایر فلزی که به همراه مجموعه‌های افیولیتی تشکیل می‌شوند شامل ذخایر عناصر گروه پلاتین و کرومیت در سنگ میزبان الترامافیک، ذخایر آهن و تیتان در سنگ میزبان مافیک، کانسارهای مس در میزبان سنگ‌های آتشفشانی مافیک و حد واسط (بازالت، دولریت و آندزیت)، کانسارهای منگنز و کبالت در واحد رادیولاریتی و کانسارهای نیکل و کبالت در میزبان سنگ‌های لاتریتی هستند. با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از مجموعه‌های افیولیتی از این واحدهای سنگی تشکیل شده‌اند، لذا رخداد کانی‌سازی این عناصر در افیولیت‌ها امری طبیعی است. در سراسر جهان حدود ۱۵۰ مجموعه افیولیتی وجود دارد [۶] که ۱۰ درصد از این مجموعه‌های افیولیتی در کشور ایران است (شکل ۱). افیولیت‌های ایران به چهار گروه تقسیم‌بندی شده‌اند [۲۵] که شامل افیولیت‌های زاگرس، افیولیت‌های شمال غربی ایران، افیولیت‌های اطراف خرده قاره ایران مرکزی [۲۶] و افیولیت‌های دامنه شمالی البرز، هستند. در میزبان این افیولیت‌ها ذخایر فلزی متعددی از قبیل کرومیت (شامل ذخایر کرومیتی اسفندقه و فاریاب و کانسارهای کرومیت گفت و فرومد در سبزواری)، منگنز (شامل کانسار چاه باشه در

نابین، معدن بنسپورت (یا بنسپورد) در سبزواری و معدن آب بند در فارس) و مس (شامل کانسارهای مس شیخ عالی و احمدآباد در استان هرمزگان) مورد شناسایی قرار گرفته که تعدادی از آن‌ها در حال بهره‌برداری است. در این میان، افیولیت کرمانشاه به عنوان بخشی از افیولیت‌های زاگرس به صورت رخنمون‌های پراکنده‌ای در شهرهای الشتر و نورآباد [۸]، صحنه [۵ و ۹]، هرسین [۲، ۱۲ و ۳]، کرمانشاه [۱۸] و [۱۵] و کامیاران [۱۱] برنورد دارد. نخستین مطالعات علمی در خصوص مجموعه‌های آذرین- دگرگونی افیولیت کرمانشاه توسط معین وزیری [۱۰] انجام گرفته است. Delaloye and Desmons [۱۷] براساس سن‌سنجی‌های $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ سن معادل $81/4 \pm 3/8$ و $86/3 \pm 7/8$ میلیون سال را به ترتیب برای سنگ‌های لوکوکرات و سنگ‌های دیابازی منطقه صحنه گزارش کرده‌اند. حقیقی [۵] مجموعه افیولیتی صحنه را مورد مطالعه قرار داده و مجموعه بازالت‌های این ناحیه را اغلب متعلق به بازالت‌های بستر اقیانوس (OFB) معرفی کرده است. Ghazi and Hassanipak [۱۸] ژئوشیمی مجموعه افیولیتی کرمانشاه را با تأکید بر مجموعه بازالتی آن مورد مطالعه قرار داده و دو گروه بازالت آلکالن (OIB) و ساب آلکالن (IAB) را

منگنز موجود در این رادیولاریت‌ها را مرتبط با به زون گسترش کف اقیانوس نئوتتیس معرفی کرده است. همانطور که مشاهده می‌شود اغلب مطالعات انجام شده بر روی مجموعه افیولیتی کرمانشاه غالباً از دیدگاه پترولوژیکی و ژئوشیمی سنگ‌های آذرین صورت گرفته است. از آنجایی که تاکنون مطالعات جامعی از دیدگاه اکتشافی و بررسی آنومالی‌های ژئوشیمیایی بر روی بخش‌های مختلف مجموعه افیولیتی نورآباد انجام نشده لذا در این پژوهش سعی شده است خصوصیات لیتوژئوشیمیایی، توالی‌های سنگی و همبستگی عناصر مختلف کانه‌ساز در این مجموعه مورد بررسی قرار گیرد. با استفاده از این نتایج می‌توان به نحوه پراکنش عناصر مختلف در منطقه و دستیابی به یک الگوی اکتشافی مستدل دست یافت.

از یکدیگر تفکیک کرده‌اند. احمدی [۱] با بررسی بازالت‌های کامیاران، سنگ‌های ساب آکالن افیولیت کرمانشاه را از نوع بازالت‌های پشته‌های میان‌اقیانوسی (MORB) می‌داند. مرادپور [۹] با بررسی افیولیت صحنه آن را حاصل یک ماگمای تولیتی کف اقیانوس (PMORB یا EMORB) دانسته است. Allahyari و همکاران [۱۵] با مطالعه سکانس مافیک و الترامافیک افیولیت کرمانشاه نشان داده‌اند که لرزولیت، ورلیت و گابروهای این مجموعه افیولیتی در زمان تریاس- کرتاسه در زون گسترش اقیانوس نئوتتیس که بین صفحات ایران- عربی قرار داشته شکل گرفته و دارای شواهد ژئوشیمی مرتبط با پشته‌های میان اقیانوسی هستند. کریمی [۷] به بررسی و مطالعه اندیس‌های منگنز در رادیولاریت‌های جنوب غرب نورآباد (اندیس منگنز روستای سرمه) پرداخته و



شکل ۱. نقشه واحدهای تکتونیکی و پراکندگی افیولیت‌های ایران [۲۵].

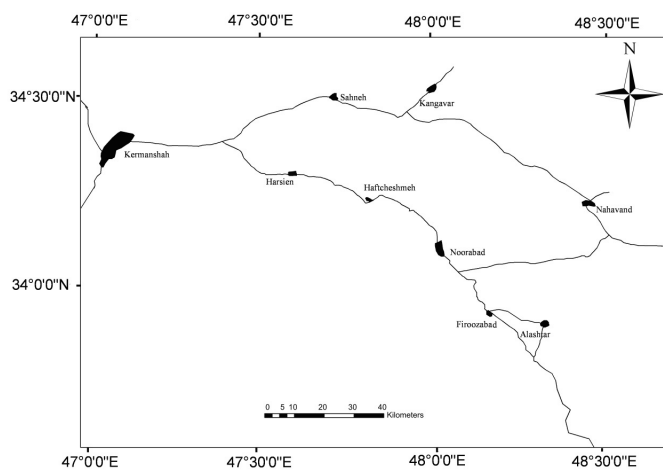
دایک‌های صفحه‌ای، گدازه‌های بازالتی، آندزیت و سنگ‌های رسوبی شامل رادیولاریت‌ها، آهک‌های کرتاسه، آهک‌های پلاژیک میوسن و کنگلومرای بختیاری است. پریدوتیت‌های سرپانتینی شامل دونیت، هارزبورژیت و لرزولیت هستند که به رنگ سبز تا خاکستری دیده می‌شوند و در محل شکستگی‌های آن‌ها رگچه‌های آزیست تشکیل شده است. گابروهای لایه‌ای زیر گابروهای ایزوتروپ قرار می‌گیرند و با پلاژیوگرانیت‌ها مرز گسله دارند. گابروهای ایزوتروپ بر روی گابروهای لایه‌ای و زیر دایک‌های صفحه‌ای قرار می‌گیرند. این گابروها شدیداً گسل خورده و تکتونیزه هستند و دارای مرز گسله با آهک‌های دگرگون شده می‌باشند. دایک‌های

زمین‌شناسی

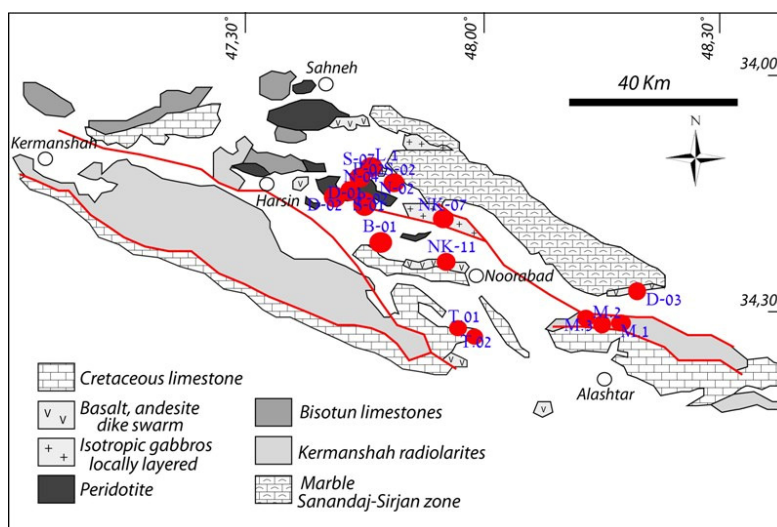
منطقه مورد مطالعه در مختصات $33^{\circ} 45'$ تا $34^{\circ} 20'$ عرض شمالی و $47^{\circ} 30'$ تا $48^{\circ} 15'$ طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۲). این محدوده شامل رخنمون سنگ‌های افیولیتی است که با روند شمال غربی- جنوب شرقی در بخش شمالی زون زاگرس مرتفع (زاگرس رانده) قرار دارد. سنگ‌های این زون شامل آهک بیستون، رادیولاریت و مجموعه افیولیتی است که همگی بر روی زاگرس چین‌خورده رانده شده‌اند [۱۸ و ۱۴]. بر اساس نقشه زمین‌شناسی منطقه [۱۶]، واحدهای لیتولوژی ناحیه مورد مطالعه شامل پریدوتیت‌های سرپانتینی، گابروهای لایه‌ای، گابروهای ایزوتروپ، مجموعه

میکروفسیل‌های موجود در آن‌ها، سن آلبین تا سنومانین دارند [۲۴]. آهک بیستون شامل یک سری از سنگ‌های آهکی با رنگ هوازده کرم تا رنگ تازه خاکستری است که دارای سن تریاس بالایی-کرتاسه زیرین می‌باشد [۲۴]. آهک‌های ژوراسیک-کرتاسه بر اثر دگرگونی به مرمر تبدیل شده‌اند. آهک‌های میوسن با رنگ کرم بر روی توده‌های پریدوتیتی قرار دارند و دارای ماکروفسیل‌های دو کفه‌ای، مرجان و میکروفسیل می‌باشند. با توجه به سن این میکرو فسیل‌ها، سن آن‌ها میوسن می‌باشد. کنگلومرای بختیاری به پلیوسن شامل قلوه‌سنگ‌هایی از سنگ‌های آهکی، چرت، گرانیت، آندزیت و سنگ‌های دگرگونی و میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ بوده که شدیداً چین خورده است (شکل ۳).

صفحه‌ای در شمال‌غرب و جنوب‌شرق نورآباد به صورت جزیی توسط گدازه‌های بازالتی پوشیده شده‌اند. گدازه‌های بازالتی به دو صورت بازالت‌های اسپیلیتی و گدازه‌های بالشی دیده می‌شوند. در این بازالت‌ها آثار شدیدی از گسل خوردگی دیده می‌شود. آندزیت‌ها در جنوب شهر صحنه (شمال رودخانه گاماسیاب) [۲۴] و جنوب‌شرقی نورآباد (جنوب روستای فرهادآباد) قرار دارند [۱۳]. در این آندزیت‌ها آثار گسل خوردگی شدید مشهود است. رادیولاریت‌ها دارای رنگ قرمز تا قهوه‌ای بوده و در آن‌ها آثار کانی‌سازی منگنز دیده می‌شود. آهک‌های کرتاسه شامل سنگ‌های آهکی مربوط به آب‌های عمیق با لایه بندی منظم و رنگ هوازده روشن هستند. این سنگ‌ها شبیه به بخش آب‌های ژرف سازند رسوبی سروک می‌باشند [۲۰] و با توجه به



شکل ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن.



شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه نورآباد (بر گرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کرمانشاه [۱۶] و با تغییرات ناچیز از کیانی [۸]). محل برداشت نمونه‌ها در آن نشان داده شده است.

روش مطالعه

طی مطالعات صحرایی انجام شده تعداد ۹۰ نمونه سنگی از مجموعه افیولیتی مورد مطالعه برداشت شد و به منظور انجام مطالعات پتروگرافی، تعداد ۷۰ مقطع میکروسکوپی تهیه شد و با میکروسکوپ پلاریزان نوع Olympus مورد مطالعه قرار گرفتند. پس از مطالعات پتروگرافی، به منظور تعیین غلظت عناصر اصلی، کمیاب و نادرخاکی مجموعاً تعداد ۶۰ نمونه سنگی به روش‌های ICP-OES و ICP-MS در آزمایشگاه‌های LABWEST استرالیا و SGS کانادا مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. همچنین تعداد ۳ نمونه سنگی از لیتولوژی‌های حاوی منگنز به منظور بررسی عناصر اصلی توسط تجزیه دستگاهی XRF در سازمان زمین‌شناسی کشور مورد تجزیه قرار گرفت. تعداد ۲۰ نمونه معرف از تجزیه‌های شیمیایی انجام شده در جدول ۱ آورده شده و همچنین موقعیت نمونه‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است. علاوه بر این، به منظور تعیین آنومالی‌های عناصر کانه‌ساز و بررسی عناصر ردیاب منطقه، نمودارهای فراوانی عناصر توسط نرم‌افزارهای Iqpet و Excel رسم شد. همچنین نقشه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر نیکل، کروم، مس، آرسنیک، نقره و کبالت نیز توسط نرم‌افزار Surfer 8 رسم شده است.

خصوصیات صحرایی و پتروگرافی

در این بخش خصوصیات صحرایی و پتروگرافی مجموعه‌ی افیولیتی مورد مطالعه از پایین به بالا مورد بررسی قرار گرفته است. کانی‌های فلزی در سنگ‌های افیولیتی ناحیه مورد مطالعه شامل پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، مالاکیت، آزوریت، کوولیت، تیتانومگنتیت، پیرولولزیت و پسیلوملان است. این کانی‌ها در بخش فوقانی سکناس افیولیتی (شامل سنگ‌های آتشفشانی و رادیولاریتی) تشکیل شده‌اند (شکل ۴). در این بخش کانی‌های سولفیدی بر اثر فرآیندهای سوپرژن به کانی‌های ثانویه تبدیل شده‌اند. کانی‌های منگنز شامل پیرولولزیت و پسیلوملان در واحد رادیولاریتی به صورت رگه‌ای در این سنگ‌ها تشکیل شده‌اند [۴]. در ادامه به شرح واحدهای سنگی پرداخته شده است.

- پریدوتیت

سنگ‌های پریدوتیتی بیش‌ترین حجم و دگرسان‌ترین بخش سنگ‌های آذرین مجموعه افیولیتی ناحیه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده و شامل هارزبورژیت، دونیت و لرزولیت می‌باشند. این سنگ‌ها به صورت چندین توده‌ی کوچک و

بزرگ و به رنگ سبز تا خاکستری دیده می‌شوند (شکل ۵). کانی‌های تشکیل‌دهنده این سنگ‌ها شامل اولیوین، کلینوپیروکسن، ارتوپیروکسن و کرم-اسپینل است که تحت فرآیندهای دگرسانی به کانی‌های گروه سرپنتین تجزیه شده‌اند. پریدوتیت‌ها طی افزایش شدت دگرسانی به لاریت تبدیل شده و اغلب دارای بافت گرانولار و غربالی هستند (شکل ۶ الف).

- گابرو

این سنگ‌ها در شمال غرب شهر نورآباد قرار گرفته‌اند و به صورت ۸ توده کوچک و بزرگ با وسعت تقریبی ۴۰ کیلومتر مربع گسترش دارند. این واحد شامل تروکتولیت، اولیوین گابرو و گابرو لایه‌ای است. کانی‌های اصلی و فرعی شامل اولیوین، پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن، آمفیبول و کانی‌های کدر بوده که تحت تأثیر دگرسانی به سرپنتین، سوسوریت و اکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند. این گابروها دارای بافت‌های گرانولار، پوییکلیتیک و ارتوکومولا هستند (شکل ۶ ب).

- پلاژیوگرانیت

واحد پلاژیوگرانیتی در جنوب روستای مله کبود واقع در شمال غربی نورآباد رخنمون دارد. این واحد به صورت یک توده کوچک سفید رنگ بوده که با گابروهای لایه‌ای دارای مرز گسله است. کانی‌های اصلی و فرعی آن شامل پلاژیوکلازهای سوسوریتی و اپیدوتی شده، کوارتز و آمفیبول است. این سنگ‌ها دارای بافت گرافیکی و گرانولار هستند (شکل ۶ پ).

- دایک‌های دیابازی

دایک‌های دیابازی دارای حجم گسترده و پراکنده‌ای بوده که در سطح تازه دارای رنگ سبز و در سطح هوازه دارای رنگ قهوه‌ای هستند. سنگ‌های دیابازی دارای کانی‌های اصلی پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و کانی‌های پیریت و تیتانومگنتیت هستند (شکل ۴ پ و ت). کانی‌های فرعی عبارتند از کلریت، زئولیت، پرهنیت، اکسیدهای آهن و سرپسیت که حفرات و شکستگی‌های سنگ‌ها را پر کرده‌اند. این سنگ‌ها دارای بافت‌های دولریتی، اینترگرانولار و پوییکلیتیک می‌باشند (شکل ۶ ت).

- گدازه‌های بازالتی

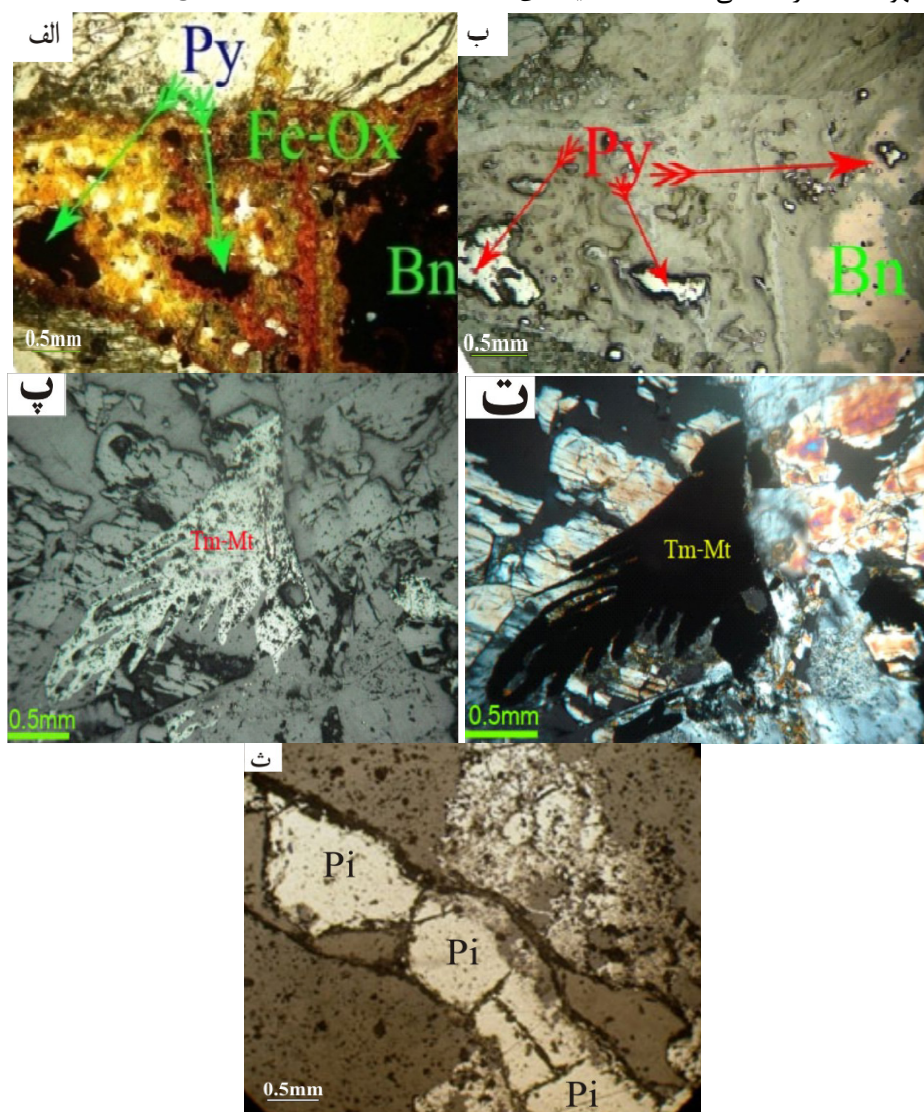
گدازه‌های بازالتی به صورت بازالت‌های اسپیلیتی و گدازه‌های بالشی اغلب در غرب و جنوب شهر نورآباد رخنمون دارند. کانی‌های اصلی این سنگ‌ها شامل پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و کانی‌های کدر و کانی‌های فرعی شامل آمفیبول

تکتونیکی بیش‌تر است دگرسانی‌های سربستیک، پروپلیتیک و آرژلیک دیده می‌شود. در برخی مناطق بر اثر فعالیت‌های سوپرژن، کانی‌های سولفیدی هوازده شده و دگرسانی هماتیتی و لیمونیتی به صورت گوسن در قسمت فوقانی سنگ‌های آندزیتی تشکیل شده است. در این سنگ‌ها کانی‌سازی مالاکیت و آزوریت دیده می‌شود. آندزیت‌ها دارای کانی‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن بوده که اغلب به کانی‌های دگرسان سوسوریت، اپیدوت، کلریت، کلیست و کوارتز تجزیه شده‌اند (شکل ۴ الف و ب). بافت‌های پورفیری، گلوپورفیری و بادامکی مهم‌ترین بافت‌های مشاهده شده در آندزیت‌ها است (شکل ۶ ج).

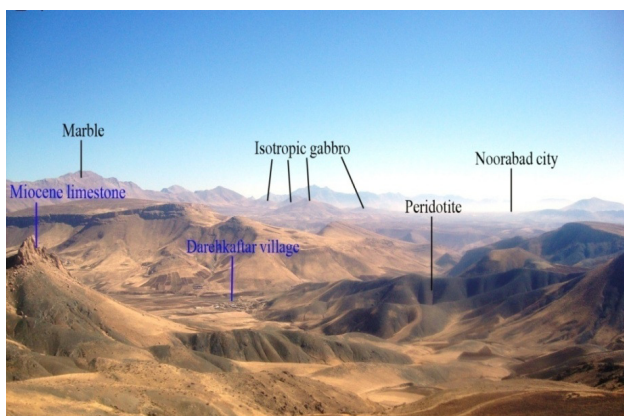
(اکتینولیت)، کلسیت و کلریت هستند. به طور کلی بازالت‌ها دارای بافت‌های میکرولیتیک پورفیری، اینترسرتال، هیالوپورفیری و بادامکی می‌باشند (شکل ۶ ث).

- آندزیت

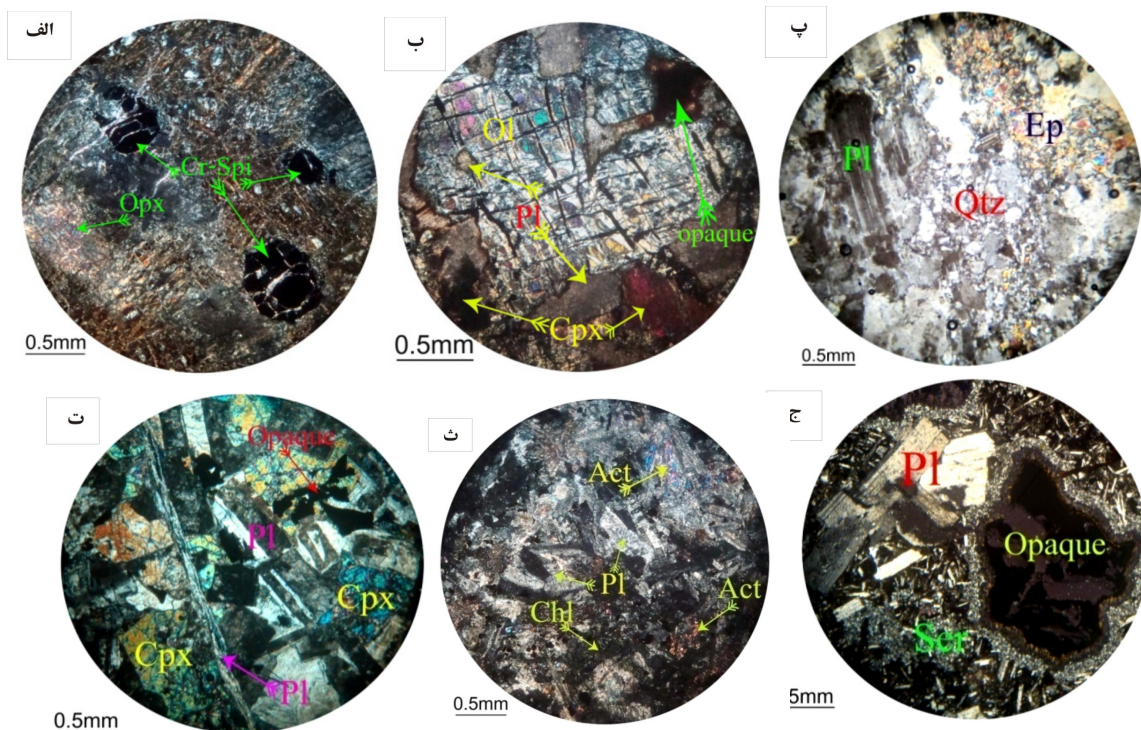
سنگ‌های آندزیتی ناحیه مورد مطالعه در جنوب شرق شهر نورآباد رخنمون دارند. این سنگ‌ها به عنوان واحد میزبان کانی‌سازی مس دارای دگرسانی‌های شدیدی در مناطق کانی‌سازی هستند. شواهد صحرایی نشان می‌دهد که این سنگ‌ها در حین تشکیل و جایگزینی شدیداً دچار شکستگی شده به گونه‌ای که آثار گسل خوردگی و تکتونیکی بر روی آن‌ها کاملاً مشهود است. در مناطقی که شدت فعالیت‌های



شکل ۴. تصاویر میکروسکوپی کانی‌های فلزی منطقه شامل، الف و ب) تبدیل شدن بورنیت (Bn) و پیریت (Py) به اکسیدهای آهن (Fe-Ox)، پ و ت) کانی تیتانومگنتیت (Tm-Mt) در سنگ‌های دیابازی، ث) کانه‌سازی منگنز (پیرولولزیت، Pi) به صورت رگه‌ای در سنگ‌های رادیولاریتی (تصاویر الف و ت در نور عبوری و باقی تصاویر در نور بازتابی).



شکل ۵. تصویر صحرایی از واحدهای سنگی مجموعه افیولیتی نورآباد (دید به سمت شرق).



شکل ۶. تصاویر میکروسکوپی عبوری از کانی‌های مختلف مجموعه افیولیتی نورآباد شامل، الف) کانی‌های کروم-اسپینل (Cr-Spi) در زمینه‌ای از ارتوپروکسن‌های (Opx) سرپنتینی شده، ب) اولیوین (Ol)، پلاژیوکلاز (Pl) و کلینوپروکسن (Cpx) در گابرو (تروکتولیت) که به ترتیب به سرپنتین، سوسوریت و اکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند، پ) بافت گرانولار در پلاژیوگرانیت که در آن پلاژیوکلازهای اپیدوتی (Ep) شده در زمینه کوارتز (Qtz) قرار دارند، ت) بافت اینترگرانولار در دیاباز که فضای بین پلاژیوکلاز توسط کلینوپروکسن و کانی‌های کدر (Opaque) اشغال شده است، ث) بافت اینترسرتال در بازالت‌های اسپیلیتی که در آن فضای بین بلورهای پلاژیوکلاز توسط اکتینولیت (Act)، کلریت (Chl) اشغال شده است، ج) پر شدن فضای خالی حفرات سنگ‌های آندزیتی توسط سریسیت (Ser) و کانی کدر.

سنگ‌ها کانه‌سازی منگنز به صورت پیرولولزیت و پسیلوملان دیده می‌شود (شکل ۴ ث).

آنومالی‌های ژئوشیمیایی

به منظور تعیین میزان عناصر کانه‌ساز و بررسی عناصر ردیاب، نمودارهای فراوانی و نقشه‌های پراکندگی ژئوشیمیایی

-رادیولاریت

واحد رادیولاریتی بیشترین حجم را در میان سنگ‌های مجموعه افیولیتی نورآباد تشکیل داده که از شرق نورآباد تا کرمانشاه گسترش داشته و با رنگ سبز تا قرمز مایل به قهوه‌ای مشخص می‌شوند. در بعضی مناطق در درون این

ت) در سنگ‌های دیابازی مورد مطالعه به فراوانی مشاهده شده است که می‌توان میزان بالای این عنصر را به حضور این کانی‌ها مرتبط دانست (شکل ۶ ت و ث).

– منگنز

هیستوگرام فراوانی منگنز برای ۶۳ نمونه سنگی مورد مطالعه نشان می‌دهد که مقادیر کمینه و میانگین اکسید این عنصر به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۵۴ درصد و بیش‌ترین مقدار اکسید این عنصر برابر با ۱۶/۷۱ درصد است (شکل ۷ ت). در نقشه توزیع ژئوشیمیایی این عنصر مشاهده می‌شود که بیش‌ترین تمرکز این عنصر در سنگ‌های رادیولاریتی شرق ناحیه مورد مطالعه است (شکل ۸ ت). در این ناحیه کانی‌سازی منگنز (پیرولوزیت و پسیلوملان) به صورت رگه‌ای در سنگ‌های رادیولاریتی کاملاً مشهود است (شکل ۴ ث).

– مس

مس دارای فراوانی تقریبی ۰/۷ تا ۶۹۰۰ ppm در ناحیه مورد مطالعه بوده (شکل ۷ ث) که کمترین مقدار مربوط به سنگ‌های پریدوتیتی و بیش‌ترین میزان آن مربوط به سنگ‌های آندزیتی است. نقشه پراکندگی این عنصر نیز تأیید کننده این موضوع می‌باشد به نحوی که در این نقشه مشاهده می‌شود بیش‌ترین مقدار مس مربوط به سنگ‌های آندزیتی جنوب نورآباد می‌باشند (شکل ۹ الف). در این سنگ‌ها، کانه‌سازی مس هم به صورت هیپوزن (کالکوپریت و بورنیت) و هم به صورت سوپرزن (کولیت، ملاکیت و آزوریت) دیده می‌شود. کانی‌های مس به همراه کانی‌های ثانویه حفرات سنگ‌های آندزیتی را پر کرده است (شکل ۶ ج).

– کبالت

مقادیر کمینه و میانگین این عنصر به ترتیب ۲ و ۳۶/۵ ppm و بیش‌ترین میزان این عنصر با ۱۱۱ ppm در سنگ‌های پریدوتیتی می‌باشد که در حد زمینه این عنصر در سنگ‌های الترامافیک است (شکل ۷ ج). در نقشه پراکندگی کبالت مشاهده می‌شود که بیش‌ترین تمرکز این عنصر در شمال غربی ناحیه مورد مطالعه و در سنگ‌های الترامافیک و مافیک می‌باشد (شکل ۹ ب). این الگوی پراکندگی شبیه پراکندگی نیکل و کروم در این ناحیه می‌باشد.

– آرسنیک

در بیش‌تر نمونه‌ها مقدار آرسنیک از ۰/۵ ppm کمتر می‌باشد و بیش‌ترین تمرکز آرسنیک مربوط به سنگ‌های آندزیتی می‌باشد. در این سنگ‌ها، میزان آرسنیک به ppm ۶/۵ می‌رسد (شکل ۷ چ). پراکندگی این عنصر هم تأیید

برای عناصر نیکل، کروم، مس، آرسنیک، نقره و کبالت با تعداد ۶۰ نمونه سنگی تجزیه شده ترسیم شده است. جهت مقایسه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر مورد مطالعه با میزان کلارک و عیار اقتصادی عناصر مهم همراه افیولیت‌ها به جدول ۳ رجوع شود.

– نیکل

در هیستوگرام فراوانی عنصر نیکل برای ۶۰ نمونه از سنگ‌های مورد مطالعه مقادیر کمینه و میانگین این عنصر به ترتیب ۶ و ۴۴۷/۵ ppm و بیش‌ترین مقدار نیکل در سنگ‌های مورد مطالعه با ۲۶۶۶ ppm مربوط به سنگ‌های پریدوتیتی است. این هیستوگرام دارای چولگی مثبت است (شکل ۷ الف). با توجه به اینکه در مقاطع مطالعه شده اثری از کانی‌های کدر نیکل‌دار مشاهده نشده است به احتمال زیاد این عنصر در ساختمان اولیوین و کانی‌های کدر دیگر جانشین عناصر منیزیم و آهن شده است. بر اساس نقشه پراکندگی، بیش‌ترین تمرکز این عنصر در شمال غربی ناحیه مورد مطالعه در سنگ‌های پریدوتیت و تا حدودی گابرو قرار دارد (شکل ۸ الف).

– کروم

بر اساس هیستوگرام فراوانی، مقادیر کمینه و میانگین این عنصر به ترتیب ۲ و ۲۳۳ ppm و بیش‌ترین مقدار کروم با ۲۲۳۹ ppm مربوط به سنگ‌های پریدوتیتی می‌باشد و برای ۶۰ نمونه سنگی مورد مطالعه دارای چولگی مثبت است (شکل ۷ ب). این آنومالی را می‌توان به حضور کانی‌های کروم-اسپینل موجود در این سنگ‌ها مرتبط دانست (شکل ۶ الف). در نقشه پراکندگی این عنصر مشاهده شد که بیش‌ترین تمرکز کروم در سنگ‌های پریدوتیتی و در شمال غربی منطقه است (شکل ۸ ب). روند پراکندگی ژئوشیمیایی کروم منطبق با پراکندگی ژئوشیمیایی عنصر نیکل است.

– تیتانیوم

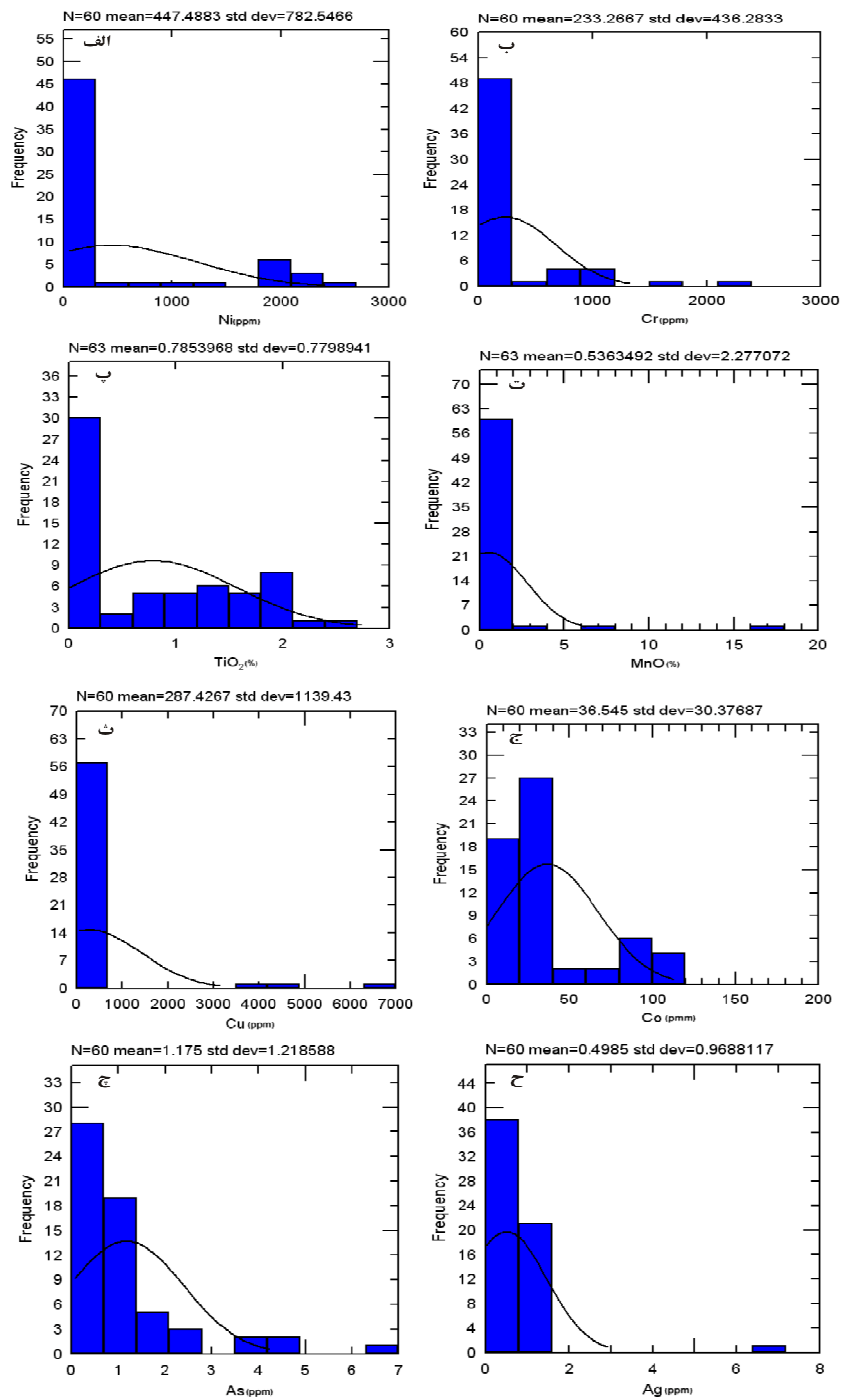
در هیستوگرام فراوانی مربوط به عنصر تیتانیوم برای ۶۳ نمونه یک چولگی مثبت مشاهده شد (شکل ۷ پ). مقادیر کمینه و میانگین اکسید این عنصر به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۸ درصد و بیش‌ترین مقدار اکسید این عنصر با ۲/۴۸ درصد مربوط به سنگ‌های دیابازی و در درجه بعدی مربوط به سنگ‌های بازالتی است (شکل ۷ پ). طبق نقشه توزیع ژئوشیمیایی، بیش‌ترین تمرکز این عنصر در سنگ‌های آتشفشانی جنوب نورآباد است (شکل ۸ پ). با توجه به مقاطع مورد مطالعه، کانی‌های تیتانومگنتیت (شکل ۴ پ و

آتشفشان‌ها به ویژه سنگ‌های آندزیتی جنوب نورآباد می‌باشد (شکل ۹ ت). با توجه به این که عنصر نقره، فاز مستقلی تشکیل نداده و در نمونه‌های مورد مطالعه همبستگی متوسط تا ضعیف با عنصر مس نشان می‌دهد (جدول ۲) لذا به نظر می‌رسد که در شبکه کانی‌های مس‌دار، جایگزین عنصر مس شده است [۲۲].

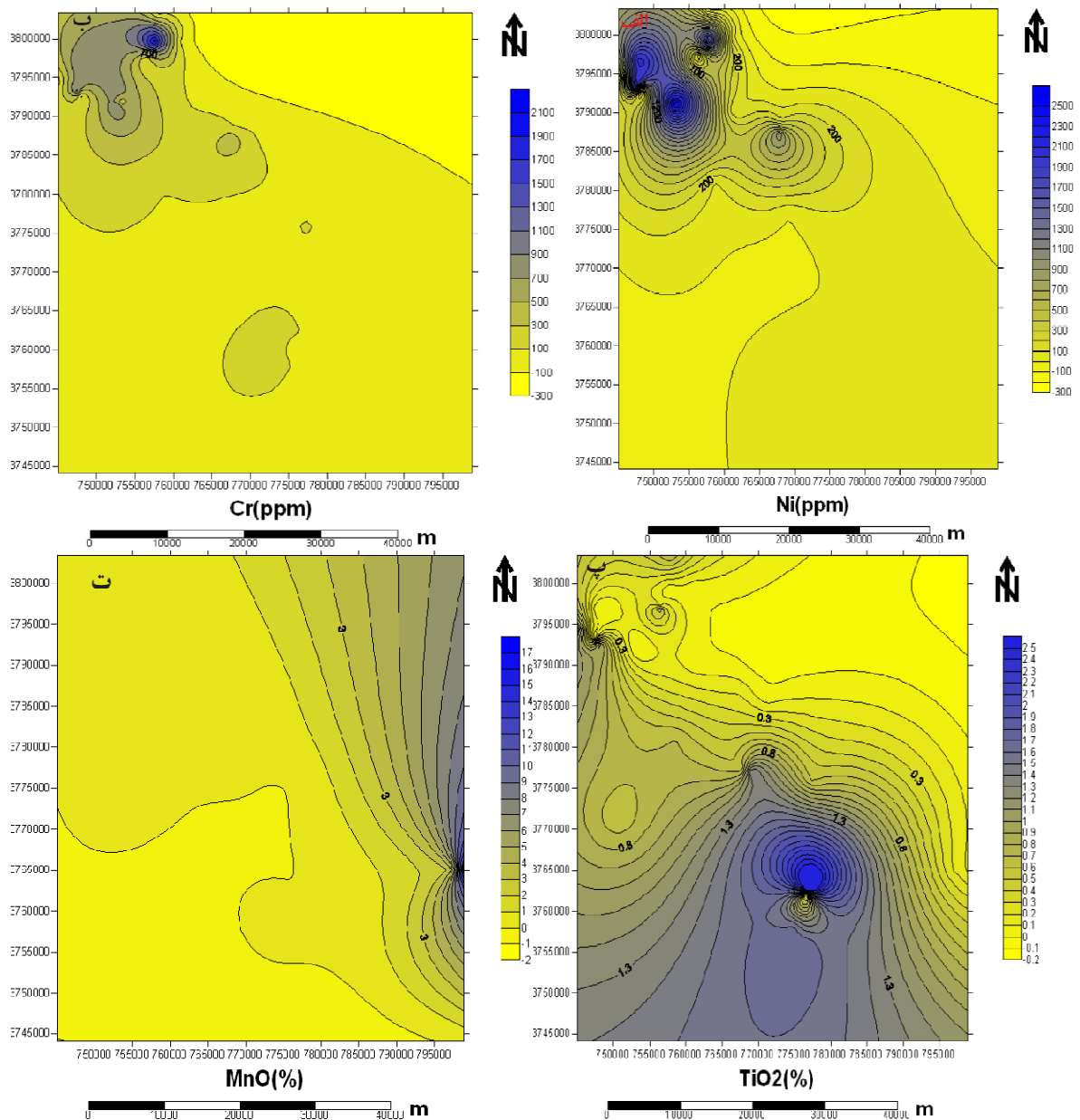
کننده این موضوع می‌باشد که سنگ‌های آندزیتی دارای بیش‌ترین تمرکز این عنصر می‌باشند (شکل ۹ پ).

نقره

بیش‌تر نمونه‌ها دارای مقدار کمتری از ۱ ppm نقره می‌باشند ولی در یک نمونه برداشت شده از داخل گوسن سنگ‌های آندزیتی مقدار این عنصر به ۷ ppm می‌رسد (شکل ۷ ح). در نقشه پراکندگی بیش‌ترین تمرکز این عنصر در سنگ‌های



شکل ۷. هیستوگرام فراوانی عناصر کانه‌ساز در مجموعه افیولیتی نورآباد شامل: (الف) نیکل، (ب) کروم، (پ) اکسید تیتانیوم، (ت) اکسید منگنز، (ث) مس، (ج) کبالت، (چ) آرسنیک، (ح) نقره.



شکل ۸. نقشه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر کانه‌ساز در مجموعه افیولیتی نورآباد شامل، (الف) نیکل، (ب) کروم، (پ) اکسید تیتانیوم، (ت) اکسید منگنز.

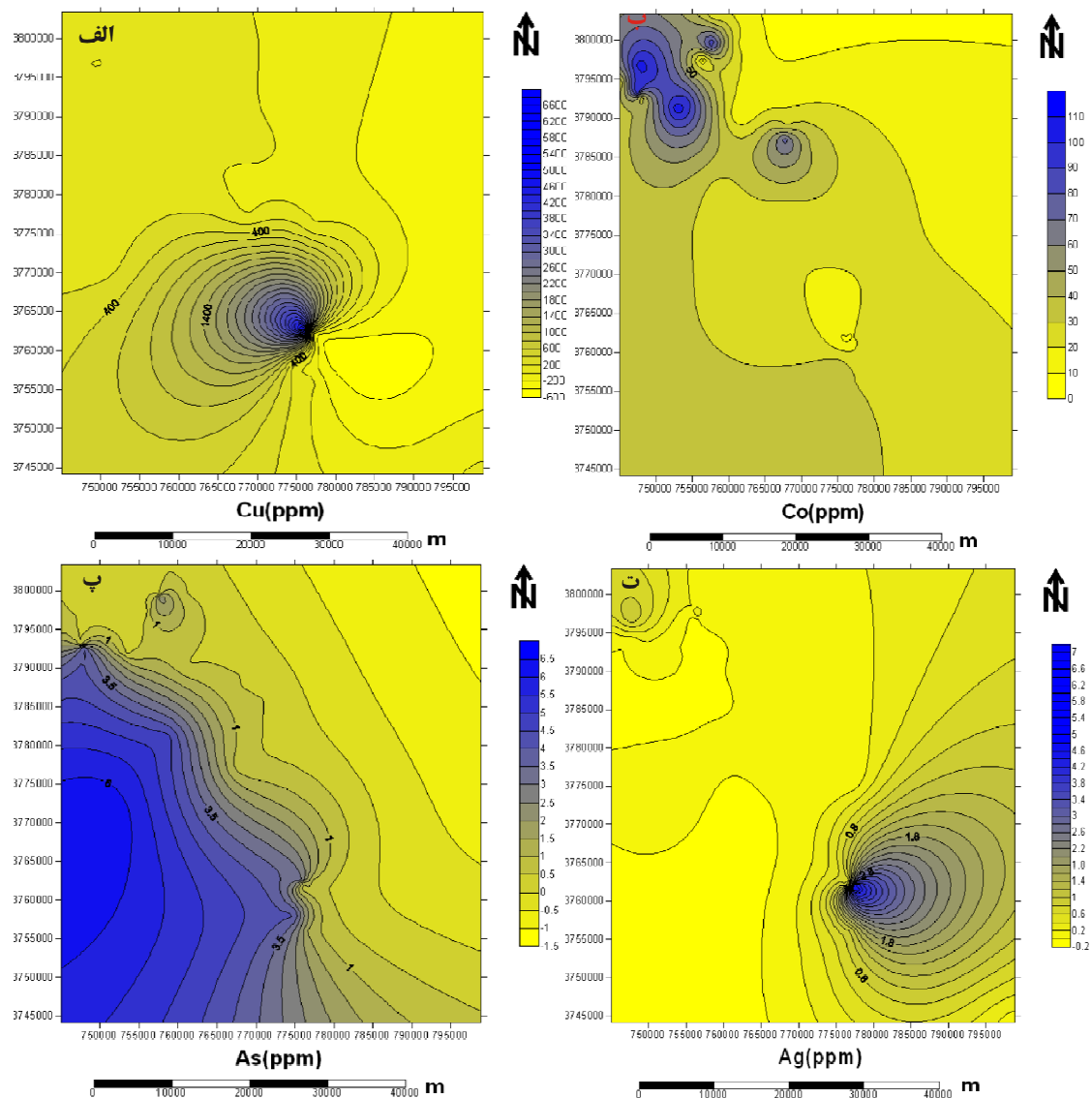
ضرایب همبستگی

به منظور پی بردن به ارتباط ژئوشیمیایی و زایشی بین عناصر مورد بررسی، ضرایب همبستگی به روش اسپیرمن برای این عناصر محاسبه شد (جدول ۲). استفاده از همبستگی اسپیرمن برای عناصر با توزیع نرمال مزیت دارد [۲۳]. در این جدول مشاهده می‌شود که عناصر دارای سه الگوی همبستگی می‌باشند. گروه اول عناصر شامل کروم، نیکل و کبالت می‌باشند. این عناصر در ماگما و سنگ‌های ناحیه مورد مطالعه به صورت سازگار عمل کرده و نسبت به هم دارای

ضریب همبستگی مثبت و بالا می‌باشند به گونه‌ای که بالاترین همبستگی در این میان مربوط به عناصر نیکل و کبالت (۰/۸) می‌باشد. این همبستگی می‌تواند به علت رفتار ژئوشیمیایی مشابه این عناصر باشد به صورتی که این عناصر در مراحل اولیه تفریق ماگمایی می‌توانند به جای هم دیگر در شبکه کانی‌های فرومنیزین سنگ‌های الترامافیک قرار گیرند [۲۱ و ۱۱]. عناصر گروه دوم شامل مس، تیتانیوم، نقره و آرسنیک می‌باشند. این عناصر با هم دارای همبستگی مثبت و با عناصر گروه اول دارای همبستگی منفی می‌باشند

می‌تواند به یکسان نبودن رفتار ژئوشیمیایی آن‌ها مربوط باشد. گروه سوم تنها شامل عنصر منگنز می‌باشد که رفتاری حد واسط از خود نشان می‌دهد به گونه‌ای که با تمام عناصر دارای همبستگی مثبت و تنها به نیکل دارای همبستگی منفی می‌باشد. همچنین این عنصر دارای همبستگی تقریباً بهتری با عناصر گروه دوم می‌باشد.

به صورتی که در بین کل عناصر پایین‌ترین همبستگی بین نیکل (گروه اول) و تیتانیوم (گروه دوم) ($-0/601$) مشاهده می‌شود. نقشه پراکندگی این عناصر در ناحیه مورد مطالعه هم تأیید کننده این رفتار ناسازگار می‌باشد به گونه‌ای که تمرکز این عناصر از سنگ‌های الترامافیک به سمت سنگ‌های مافیک تا حد واسط جنوب ناحیه مورد مطالعه افزایش می‌یابد. همبستگی مثبت ولی پایین این عناصر



شکل ۹. نقشه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر کانه‌ساز در مجموعه افیولیتی نورآباد شامل: (الف) مس، (ب) کبالت، (پ) آرسنیک، (ت) نقره.

جدول ۱. نتایج تجزیه شیمیایی سنگ کل از نمونه‌های معرف در مجموعه افیولیتی نورآباد (nd - مقادیر ثبت نشده).

	Andesite	Andesite	Basalt	Basalt	Basic dike	Basic dike	Plagiogranite	Plagiogranite	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Peridotite	Peridotite	Peridotite
Sample no.	T-01	T-02	B-01	NK-11	D-02	D-03	P-01	P-02	N-02	N-04	NK-07	S-01	S-02	S-07
SiO ₂ (wt%)	59.7	57.2	50.4	51.2	51.7	49.2	72.55	76.35	47.67	47.23	48.8	40.3	39.46	40.34
TiO ₂	0.08	0.26	0.7	1.41	1.18	0.61	0.27	0.15	0.59	0.44	0.1	0.01	0.04	0.03
Al ₂ O ₃	12.96	9.07	12.89	10.5	14.35	13.17	15.83	13.64	15.1	14.25	13.15	0.95	2.43	1.71
Fe ₂ O ₃	8.81	11.88	9.78	15.9	9.35	11.2	1.58	1.13	10.66	10.14	5.82	6.82	6.88	8.28
MnO	0.08	0.13	0.1	0.13	0.14	0.2	0.02	0.01	0.08	0.05	0.1	0.07	0.11	0.12
MgO	5.59	3.96	5.71	4.1	6.32	6.15	0.78	0.35	11.16	11.74	21.42	43.78	43.42	42.36
CaO	6.97	9.66	14.84	10.42	10.51	12.29	5.46	3.59	11.65	11.87	7.25	0.83	0.2	0.37
Na ₂ O	2.68	2.25	2.15	2.6	2.29	3.78	3.26	2.96	1.42	1.5	1.82	0.01	0.01	0.01
K ₂ O	0.3	0.87	0.11	0.46	0.28	0.4	0.02	0.01	0.3	0.06	0.04	0.01	0.01	0.01
P ₂ O ₅	0.47	0.33	0.13	0.46	0.32	0.2	0.03	0.02	0.22	0.16	0.02	0.01	0.01	0.02
LOI	2.5	2.78	2	2.2	2.2	2.4	1.6	1.3	1.94	1.85	1.8	6.34	6.76	6.47
Total	100.15	98.39	98.81	99.39	98.65	99.59	101.42	99.5	100.79	99.3	100.32	99.13	99.32	99.7
Ag (ppm)	0.01	0.02	0.01	0.05	0.11	0.08	0.35	0.28	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
As	1	1.5	4.7	0.7	1	6.5	1.4	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5
Ba	12.8	22.9	49.5	6.3	31	131.4	3.6	2	28.5	6	17.9	0.4	5.9	2.8
Be	0.8	0.9	0.3	0.9	0.7	0.4	2.2	1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Bi	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cd	0.05	0.05	0.2	0.13	0.18	0.32	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
Co	26.8	26.6	25.2	23.6	29.9	34.1	2.7	2.1	16.8	13.5	62.7	90.9	93.3	85.5
Cr	66	46	107	2	3	74	5	2	74	111	254	924	2239	1608
Cs	0.6	1.1	0.1	0.1	0.1	0.7	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cu	4500	6900	60.9	33.7	161.6	89.5	7.8	10.6	36	14.8	22.5	3.7	25.7	25.9
Hg	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
In	0.06	0.06	0.03	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Li	40.4	20.6	19.9	6.4	6.9	10.5	1.9	0.8	5	2	4.2	0.7	1.7	2.9
Mo	0.4	0.5	0.4	0.7	0.5	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3
Nb	0.5	0.5	0.5	1.7	4.2	1.2	25.2	19.9	0.6	0.5	0.5	1.2	0.5	0.5
Ni	45.8	34.8	91.9	6.3	26.3	50.6	44.6	14.3	45.6	46.7	724	1945	1855.5	2047.8
Pb	1.3	19.4	1	2.8	2.3	6.4	2.8	0.5	1.9	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3
Rb	6	23.7	1.9	3	8.8	7.9	0.1	0.1	5.9	0.8	0.5	0.1	0.1	0.3
Re	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
S	50	50	198	223	50	817	50	50	50	50	156	174	101	50
Sb	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	1.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sc	19	22	14	10	18	17	3	1	11	13	5	7	11	9
Se	0.34	0.26	0.27	0.55	0.5	0.43	1.76	0.88	0.31	0.2	0.07	0.06	0.08	0.13
Sn	2.1	1.5	5.4	1.9	1.2	1.2	0.7	0.4	0.8	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2
Sr	20.5	40.9	98.9	26.6	33.4	97.5	366.4	38.2	44.9	34.3	75.9	1.5	5.8	2.8
Te	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Th	2.15	1.59	0.18	0.67	2.68	0.27	9.91	9.86	0.26	0.2	0.03	0.04	0.02	0.11
Tl	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
U	0.46	0.35	0.11	0.17	0.66	0.1	0.77	0.82	0.06	0.05	0.02	0.02	0.02	0.29
V	222	190	101	187	190	161	7	4	103	95	50	60	96	80
W	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Y	27.15	17.29	15.67	34.21	23.38	18.15	165.95	87.71	23.68	12.91	2.1	0.64	1.49	1.09
Zn	36.4	22.7	52	114.3	106.1	136.2	4	2.4	26	15.6	28.6	26	42.6	35.8
Zr	8	15	44	48	91	13	10	4	4	7	3	1	1	2
La	25.47	16.06	2.52	11.71	17.8	7.96	76.82	27.2	4.94	4.39	0.42	0.08	0.06	0.94
Ce	58.08	36.92	7.95	30.13	38.99	19.11	158.58	59.88	15.34	13	1.32	0.18	0.13	1.27
Pr	7.39	4.75	1.36	4.4	4.88	2.6	22.1	7.5	2.42	2.04	0.21	0.05	0.05	0.17

Nd	33.97	22.44	7.79	22.28	22.38	13.1	95.54	32.52	13.24	10.98	1.18	0.11	0.14	0.68
Sm	7.77	5.34	2.5	6.03	5.42	3.48	22.31	8.44	4.04	3.3	0.39	0.02	0.07	0.13
Eu	1.95	1.68	0.97	1.92	1.88	1.3	2.05	1.02	1.41	1.16	0.25	0.02	0.03	0.06
Gd	9.33	6.66	3.78	8.37	7.01	4.8	29.19	11.98	5.71	4.67	0.6	0.05	0.16	0.16
Tb	1.39	0.98	0.64	1.32	1.07	0.74	5.02	2.22	0.94	0.79	0.1	0.02	0.04	0.04
Dy	8.09	5.64	4.06	8.31	6.7	4.66	32.22	15.16	6	4.89	0.63	0.03	0.28	0.19
Ho	1.84	1.27	0.98	2.01	1.57	1.05	7.71	3.73	1.43	1.16	0.16	0.02	0.08	0.05
Er	4.83	3.13	2.63	5.33	4.2	2.79	21.23	10.28	3.83	3.08	0.42	0.05	0.23	0.15
Tm	0.84	0.54	0.49	0.97	0.77	0.48	3.99	1.95	0.69	0.56	0.08	0.05	0.05	0.05
Yb	4.55	2.91	2.66	5.32	4.19	2.58	21.93	11.01	3.64	2.97	0.43	0.06	0.28	0.19
Lu	0.68	0.46	0.66	0.85	0.67	0.4	3.46	1.75	0.56	0.48	0.07	0.02	0.04	0.03

ادامه جدول ۱

	Laterite	Laterite	Radiolarite	Manganese Radiolarite	Manganese Radiolarite	Manganese Radiolarite
Sample no.	L.1	L.2	C.1	M.1	M.2	M.3
SiO ₂ (wt%)	77.3	57.9	81.5	62.25	78.31	86.38
TiO ₂	0.38	0.43	0.03	0.08	0.17	0.19
Al ₂ O ₃	5.99	4.94	0.58	1.78	3.8	4.08
Fe ₂ O ₃	5.21	4.4	0.68	15.28	6.1	2.76
MnO	0.3	0.14	10	16.71	7.09	3
MgO	2.15	3.88	0.33	0.31	0.53	0.61
CaO	0.51	12.7	0.5	0.3	0.53	0.47
Na ₂ O	0.1	0.1	0.1	0.1	0.18	0.21
K ₂ O	1.38	1.03	0.12	0.16	0.65	0.66
P ₂ O ₅	0.09	0.1	0.04	0.09	0.18	0.16
Cr ₂ O ₃	0.02	0.1	0.01	nd	nd	nd
LOI	3.28	5.43	14.4	2.72	2.2	1.28
Total	98.2	98.9	100.1	99.78	99.74	99.8
Ag (ppm)	1	1	1	nd	nd	nd
Ba	480	150	120	nd	nd	nd
Co	6.5	17.7	27.3	nd	nd	nd
Cs	0.1	2.3	2	nd	nd	nd
Cu	25	60	39	nd	nd	nd
Ga	8	9	8	nd	nd	nd
Hf	1	2	2	nd	nd	nd
Mo	30	2	2	nd	nd	nd
Nb	1	10	9	nd	nd	nd
Ni	35	78	398	nd	nd	nd
Rb	1.8	44.2	31.5	nd	nd	nd
Sn	1	1	1	nd	nd	nd
Sr	500	40	150	nd	nd	nd
Ta	0.5	0.7	0.7	nd	nd	nd
Th	0.3	5.1	3.1	nd	nd	nd
Tl	0.5	0.5	0.5	nd	nd	nd
U	0.63	0.81	0.4	nd	nd	nd
V	161	51	58	nd	nd	nd
W	2	2	1	nd	nd	nd
Y	2.5	19.4	11.7	nd	nd	nd
Zn	20	73	44	nd	nd	nd
Zr	6.7	93	70.3	nd	nd	nd
La	3.6	25.1	16	nd	nd	nd
Ce	5.3	51.4	28.9	nd	nd	nd

Pr	0.75	6.13	3.44	nd	nd	nd
Nd	3	23.5	13.1	nd	nd	nd
Sm	0.5	5.1	2.5	nd	nd	nd
Eu	0.11	1.2	0.65	nd	nd	nd
Gd	0.49	4.68	2.36	nd	nd	nd
Tb	0.08	0.76	0.37	nd	nd	nd
Dy	0.41	4.22	2.19	nd	nd	nd
Ho	0.1	0.82	0.44	nd	nd	nd
Er	0.23	2.24	1.2	nd	nd	nd
Tm	0.05	0.31	0.15	nd	nd	nd
Yb	0.2	1.8	1.1	nd	nd	nd
Lu	0.15	0.37	0.16	nd	nd	nd

جدول ۲: محاسبه ضریب همبستگی عناصر کانه‌ساز به روش اسپیرمن.

	Ni	Cr	Ti	Mn	Cu	Co	Ag	As
Ni	۱							
Cr	۰/۵۸۵	۱						
Ti	-۰/۶۰۱	-۰/۴۵۹	۱					
Mn	۰/۱۰۳	-۰/۱۲۹	۰/۲۳۹	۱				
Cu	-۰/۲۲۳	-۰/۲۰۸	۰/۶۲۷	۰/۳۱۱	۱			
Co	۰/۸۲۹	۰/۵۰۳	-۰/۴۴۱	۰/۳۱۱	-۰/۱۳۱	۱		
Ag	-۰/۴۰۱	-۰/۳۱۲	۰/۷۷۱	۰/۲۵۶	۰/۴۷۸	-۰/۲۳۳	۱	
As	-۰/۲۹۶	-۰/۰۳۲	۰/۳۱۱	۰/۲۶۵	۰/۳۵۶	-۰/۱۸۶	۰/۳۰۶	۱

جدول ۳: میزان کلارک و عیار اقتصادی عناصر مهم همراه افیولیت‌ها [۴].

عنصر	کلارک %	عیار اقتصادی %
تیتانیوم	۰/۵	۱/۵-۰/۷
منگنز	۰/۱	۳۱
کروم	۰/۰۱	۳۰
نیکل	۰/۰۰۸	۱
مس	۰/۰۰۵	۰/۵-۴
کیالت	۰/۰۰۲	۰/۴-۲

بیشترین تمرکز است. این عناصر دارای ویژگی‌های ژئوشیمیایی مشابه است. عناصر تیتانیوم، مس، نقره و آرسنیک نسبت به هم دارای پراکندگی و رفتار ژئوشیمیایی مشابه هستند به گونه‌ای که تمرکز این عناصر در سنگ‌های مافیک و حدواسط آتشفشانی افزایش می‌یابد. به طور کلی می‌توان گفت که ناحیه مورد مطالعه برای عناصر نیکل، کروم، تیتانیوم، منگنز، مس و نقره دارای آنومالی‌های ژئوشیمیایی هستند.

منابع

- [۱] احمدی، م (۱۳۸۰) بررسی پترولوژیکی مجموعه بازالتی کامیاران، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۲۰۵ ص.
- [۲] اللهیاری، خ، پورمغافی، م، خلعت‌بری جعفری، م (۱۳۹۱) سنگ‌شناسی و ژئوشیمی گدازه‌های بالشی محدوده

نتیجه‌گیری

سنگ‌های مجموعه افیولیتی نورآباد در شمال غربی لرستان شامل پریدوتیت، گابرو، پلاژیوگرانیت، دایک‌های دیابازی، بازالت، آندزیت و رادیولاریت است. در این سنگ‌ها دگرسانی‌های مختلفی نظیر سرپانتینی، اپیدوتی، سیلیسی، سربیسیتیک، ژئولیتی، کلریتی، کربناتی و اکسیدهای آهن رخ داده است. کانه‌سازی در بخش‌های مختلف این سنگ‌ها شامل کانی‌های کروم اسپینل، کانی‌های کدر آهن-تیتانیوم (تیتانومگنتیت)، بورنیت، کالکوپیریت، مالاکیت، آزوریت، اکسیدهای آهن و کانی‌های منگنز می‌باشد. متوسط عیار عناصر شامل نیکل ۴۴۷/۵ ppm، کروم ۲۳۳ ppm، کیالت ۳۶/۵ ppm، مس ۷۰۷ ppm، آرسنیک ۱/۷ ppm، نقره ۰/۲۴ ppm، منگنز ۱/۹۲ درصد و تیتانیوم ۰/۸۷ درصد است. در سنگ‌های الترامافیک عناصر کروم، نیکل و کیالت دارای

- [۱۳] نادری، م. (۱۳۹۱) ژئوشیمی، زمین‌شناسی اقتصادی و کانه‌زایی اندیس مس در ناحیه فرهاد آباد، جنوب شرق نورآباد، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد، ۹۳ ص.
- [14] Agard, P., Omrani, L., Jolivet, L., Mouthereau, F (2005) Convergence history across Zagros (Iran): constraints from collisional and earlier deformation, *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 94: 401-419.
- [15] Allahyari, K., Sacchan, E., Pourmoafi, M., Beccaluva, L., Masoudi, F (2010) Petrology of mantle peridotites and intrusive mafic rocks from the Kermanshah Ophiolitic Complex (Zagros Belt, Iran): implications for the geodynamic evolution of the Neo-Tethyan oceanic branch between Arabia and Iran, *Ofioliti* 35: 71-90.
- [16] Braud, J., (1978), Geological Map of Kermanshah, 1/250000 scale, Geological Survey of Iran.
- [17] Delaloye, M., Desmons, J (1980) Ophiolites and mélange terranes in Iran: A geochronological study and its paleotectonic implications, *Tectonophysics*, 68: 83-111.
- [18] Ghazi, A.M., Hassanipak, A.A (1999) Geochemistry of subalkaline and alkaline extrusive from the Kermanshah ophiolite, Zagros Suture Zone, western Iran: implications on Tethyan plate tectonics, *Journal of Asian Earth Sciences* 17: 319-332.
- [19] Gocht, W.R., Zantop, H., Eggert, R.G., (1988), *International Mineral Economics*, Springer – Verlag, p.271.
- [20] James, J.A., Wynd, J.G (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 49: 2182-2245.
- [21] Mason, B., Moore, C.B (1982) Principles of geochemistry, John, Wiley and Sons. Inc., 344p.
- [22] Ramdohr, P (1980) The ore mineral and their intergrowths, 1207 Page. Pergamon, Oxford, England.
- [23] Rollinson, H.R (1993) Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Longman Scientific & Technical, p.352.
- [24] Shahidi, M., Nazari, H (1997) Geological map of Harsin, 1/100.000 scale. Geological survey of Iran.
- [25] Stocklin, J (1974) Possible ancient continental margin in Iran, In: Burke, C.A., Drake, C.L. (Eds.). *The Geology of Continental Margins*, Springer, New York, pp. 873-887.
- [26] Takin, M (1972) Iranian geology and continental drift in the Middle East, *Nature* 235: 147-150.
- هرسین، افیولیت کرمانشاه، باختر ایران، فصلنامه علوم زمین سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۸۴، ص ۱۸۹-۱۹۰.
- [۳] ترکیان، ا.، دارایی‌زاده، ز.، آلیانی، ف.، نقره‌بیان، م (۱۳۹۲) کاربرد داده‌های ژئوشیمی دایک‌های دیابازی افیولیت کرمانشاه (منطقه صحنه هرسین) در تعیین جایگاه زمین-ساختی آن‌ها، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۲، ص ۳۳۱-۳۴۲.
- [۴] حسن‌نژاد، د (۱۳۹۲) کانی‌شناسی، ژئوشیمی و نحوه تشکیل منگنز در ناحیه تملیه (شرق شهر فیروز آباد – استان لرستان)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد، ۲۲۳ ص.
- [۵] حقیقی، ن (۱۳۷۴) بررسی صحرایی و پتروگرافی سکانس افیولیتی صحنه، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان ۹۶ ص.
- [۶] درویش‌زاده، ع (۱۳۸۱) زمین‌شناسی پوسته اقیانوسی (پترولوژی و دینامیک درونی)، انتشارات دانشگاه تهران (تالیف رنه موری و تیری ژوتو)، ۵۶۹ ص.
- [۷] کریمی، ر (۱۳۸۷) بررسی زمین‌شناسی اقتصادی ناحیه منگنزدار سورمه – غرب نورآباد لرستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد، ۱۴۹ ص.
- [۸] کیانی، م. (۱۳۹۰) ژئوشیمی، زمین‌شناسی اقتصادی و پتروژنز مجموعه افیولیتی در محور الشتر – کرمانشاه، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد واحد خرم آباد، ۱۹۵ ص.
- [۹] مرادپور، ن (۱۳۸۴) بررسی پتروگرافی و ژئوشیمی افیولیت صحنه، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۴۸ ص.
- [۱۰] معین‌وزیری، ح (۱۳۴۹) مطالعه پتروگرافی توده آذرین مروارید (بین سنندج و کرمانشاه)، پایان‌نامه کارشناسی-ارشد، دانشگاه تهران، ۱۵۵ ص.
- [۱۱] معین‌وزیری، ح.، احمدی، ع (۱۳۸۳) پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین، انتشارات دانشگاه تربیت معلم، ۵۴۷ ص.
- [۱۲] موسوی س. ا.، آلیانی، ف.، معانی‌جو، م.، سپاهی‌گرو، ع. ا. (۱۳۹۲) سنگ‌شناسی و ژئوشیمی گدازه‌های بالشی و سنگ‌های مافیک، حدواسط و فلسیک وابسته به آن در دنباله افیولیتی صحنه – هرسین (شمال‌شرق کرمانشاه)، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۲، ص ۲۶۶-۲۵۳.