

اکتشافات ژئوشیمیایی مس و طلا رسوبات آبراهه‌ای و کانی سنگین در فیروزان نهاوند

وحید رجعتی^۱، محمد یزدی^۲، مهرداد بهزادی^۳، مهرداد موحدی^۴

۱- دانش آموخته دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران

۲- دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران

۳- استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران

۴- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۵/۱ تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۱۰/۳۰

چکیده

منطقه مورد مطالعه در شمال شهر فیروزان نهاوند و در زون سندج-سیرجان واقع شده است. سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه شامل داسیت، آندزیت، کوارتزآندزیت و توف بخش اعظم رخنمون‌های سنگی منطقه را تشکیل می‌دهند. توده‌های نفوذی با جنس گرانیت و گرانودیوریت در این مجموعه نفوذ کرده‌اند. نتایج به دست آمده از پردازش داده‌های تجزیه شیمیایی نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای در منطقه نشان می‌دهد که آنومالی‌های شناسایی شده عمدتاً متعلق به عناصر Zn, Pb, Fe, Sb, As, Ag, Au می‌باشد. عمده کانی‌های سنگین فلزی شناسایی شده شامل مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، ماریت، الیزیت، پیریت، پیریت اکسیدشده، گالن، اسفالریت، مس طبیعی، آزوریت، باریت، پیرولولزیت، ایلمنیت، اسفن، روتیل، آنتاز و لوکوکسن می‌باشد که عمدتاً در ارتباط تنگاتنگ با مناطق آنومالی ژئوشیمیایی بودند. کنترل آنومالی‌های ژئوشیمیایی از طریق تجزیه ۱۸ نمونه مینرالیزه برداشت شده از محدوده آنومالی‌ها انجام گرفت که نتایج آن برای عناصر Fe, Zn, Pb, Cu, Ag, Au عبار قابل ملاحظه‌ای نشان داد. در نهایت، تلفیق کلی یافته‌های حاصل از تجزیه شیمیایی، مطالعات کانی سنگین و مینرالوگرافی منتهی به شناسایی دو محدوده آنومالی در غرب منطقه گردید.

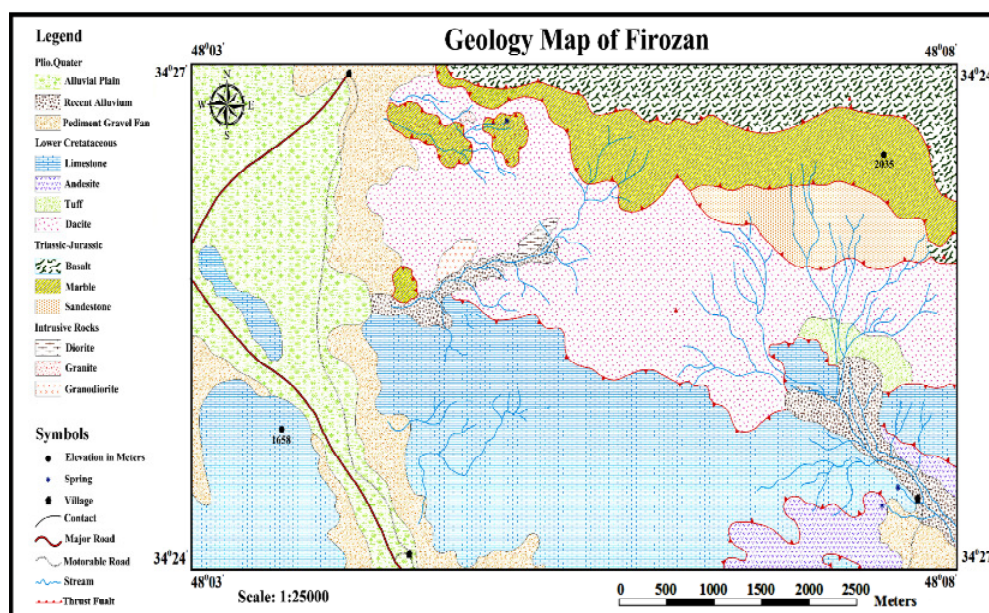
واژگان کلیدی: اکتشافات ژئوشیمیایی، رسوبات آبراهه‌ای، کانی سنگین، فیروزان، سندج-سیرجان

مقدمه

منطقه مورد مطالعه بخشی از ورقه یکصد هزارم نهاوند است که بین طول‌های جغرافیایی $48^{\circ} 03'$ تا $48^{\circ} 08'$ خاوری و عرض‌های جغرافیایی $34^{\circ} 24'$ تا $34^{\circ} 27'$ شمالی قرار دارد. از نظر تقسیمات زمین‌شناسی و ساختمانی ایران این منطقه متعلق به زون سندج-سیرجان است [۴]. سنگ‌های آتشفشان کرتاسه شامل داسیت، آندزیت، کوارتزآندزیت و توف بخش اعظم رخنمون‌های سنگی منطقه را تشکیل می‌دهند. توده

پروپلیتی و در مناطق خاص دگرسانی آرژیلیتی در منطقه قابل مشاهده است. با توجه به این که این منطقه بر مبنای اکتشافات قبلی ناحیه ای انجام شده در ناحیه نهند اولویت اول اکتشافی بوده، لذا برای اکتشافات دقیق در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ اقدام به نمونه برداری از رسوبات آبراهه‌ای و کانی‌سنگین از منطقه شد [۳]. همچنین جهت کنترل آنومالی‌ها از مناطق با احتمال کانی‌سازی، نمونه مینرالیزه برداشت شد.

های نفوذی با جنس گرانیت و گرانودیوریت در این مجموعه نفوذ کرده‌اند. متابازالت‌ها و مرمیت‌های تریاس- ژوراسیک به همراه آهک‌های نازک‌لایه اربیتولین دار کرتاسه‌پیشین دیگر رخنمون‌های سنگی منطقه را تشکیل می‌دهند (شکل ۱). محیط تکتونوماگمایی سنگ‌های آذرین خروجی قوس آتشفشانی حاشیه قاره می‌باشد [۶]. همچنین به لحاظ تکتونیکی ارتباط واحدها در اکثر موارد به صورت گسله می‌باشد. دگرسانی‌های سیلیسی، کلریتی،



تصویر ۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ فیروزان

روش نمونه برداری و تجزیه شیمیایی

در این محدوده با توجه به توپوگرافی مرتفع سعی گردیده است ضمن رعایت دانسیته نمونه‌ها که ۶ تا ۷ نمونه در کیلومتر مربع است، عامل انتشار واحدهای سنگی، محل توده‌های نفوذی و خروجی، شبکه گسله و زون‌های کانی‌سازی شده نیز در طراحی شبکه

یکی از مراحل مهم و اساسی هر فاز اکتشافی، طراحی نقاط نمونه برداری است و از آن جا که روش‌های استفاده شده در مراحل بعدی هزینه‌های زیادی دارند پس ضروری است طراحی بادقت زیاد انجام پذیرد [۵].

چون Au و Ag با توجه به ارزش بالایی که در اکتشاف دارند نمی‌توان به سادگی گذشت لذا در تفسیر بایستی محتاط بود. سپس با توجه به این که بخشی از داده‌ها به صورت سنسورد گزارش شده بود و از آن جا که داده‌های سنسورد در کار پردازش آماری اختلال ایجاد می‌نماید اقدام به تخمین مقادیر سنسورد گردید. داده‌های خام عناصر Hg, B, Te دارای بیش از ۵۰٪ داده سنسورد بودند، لذا از مسیر پردازش حذف شدند؛ در حالیکه در مورد عناصر Th, Sn, Sb, S, Nb, Cs, Ce, Cd, Au, Y, W تعداد داده‌های سنسورد کمتر از ۱۰٪ کل داده‌ها بود و به روش جایگزینی ساده تصحیح شدند [۲]. پارامترهای آماری داده‌های خام محاسبه شد که با توجه به نتایج میانگین برخی عناصر مثل آهن (۳۹۰۰۰ ppm) و سرب (۷۱ ppm) از مقدار کلارک جهانی آن‌ها در رسوب آبراهه‌ای زیاد بود [۱۰]. همچنین بیشینه عناصری مثل طلا (۱۶ ppb)، نقره (۲/۵ ppm) و روی (۴۸۲ ppm) بالا بود. پس از این مرحله مقادیر خارج از رده طبق آزمون دورفل شناسایی و جایگزین گردید [۱۴]. از آن جا که اکثر محاسبات آماری به جز روش‌های غیر پارامتری نیازمند توزیع داده‌های نرمال است، لذا مقادیر به دست آمده از تجزیه توسط نرم افزار SPSS به روش سه پارامتری نرمال شد [۲]. در مرحله بعد برای تعیین ارتباط پاراژنتیکی بین عناصر از ضرایب همبستگی عناصر به روش پیرسون [۱۲]، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و تجزیه و تحلیل عاملی [۱] برای داده‌های نرمال شده استفاده شد. نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون (جدول ۱) نشانگر عدم همبستگی طلا با سایر عناصر می‌باشد که می‌تواند با توزیع مستقل این عنصر در منطقه مرتبط باشد. میان سرب و روی و مس همبستگی بسیار بالایی دیده می‌شود که در

اعمال گردد. در مجموع ۸۸ نمونه رسوب آبراهه‌ای برداشت شد. نمونه‌ها به مقدار ۲۰۰ تا ۳۰۰ گرم از الک ۶۰- مش عبور داده شدند و پس از کنترل و بسته بندی به بخش نمونه کوبی سازمان زمین شناسی کشور ارسال و در آن جا پس از طی مراحل آماده‌سازی تا اندازه ۲۰۰ مش هر نمونه پودر و ۱۰۰ گرم از آن به عنوان شاهد و مابقی برای تجزیه به آزمایشگاه تجزیه عنصری سازمان زمین شناسی کشور ارسال شد. کلیه نمونه‌ها برای ۴۳ عنصر به روش ICP و برای طلا به روش Fire Assay تجزیه گردیدند. همچنین به منظور کنترل دقت تجزیه‌ها ۱۰ نمونه تکراری از بین نمونه‌های فوق به صورت تصادفی انتخاب و تجزیه شد. با توجه به اینکه همپوشانی اطلاعاتی حاصل از دو روش اکتشاف ژئوشیمی آبراهه‌ای و کانی‌سنگین می‌تواند به دید واقعی تر از محیط اکتشافات کمک کند ۳۸ نمونه کانی‌سنگین به گونه‌ای که حداکثر پوشش را در منطقه ایجاد نماید برداشت گردید. نمونه‌ها پس از کنار زدن مواد سطحی از عمق ۱۰ سانتیمتر به پائین با الک ۲۰ مش و در حجم ۵ تا ۷ لیتر در محل تمرکز رسوبات دانه درشت برداشته شدند و پس از لاک شویی به آزمایشگاه سازمان زمین شناسی کشور ارسال شد و در آن جا پس از مطالعات در هر یک از کانی‌های سنگین مشاهده شده به صورت ppm گزارش شد.

بحث

پس از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها ابتدا دقت تجزیه‌ها با استفاده از روش ترسیمی [۱۳] و روش محاسباتی [۸] مورد بررسی قرار گرفت که خطای تجزیه برای تمامی عناصر به جز Zn, S, Mo, Cr, Be, Ag, Au و W مورد تایید قرار گرفت با این حال از برخی عناصر هم

منطقه (تصویر ۲) سه گروه اصلی از عناصر را که بیانگر ارتباط پاراژنزی بین آن‌ها است، نشان داد که در خوشه اول عناصر S, As, Fe, Cd, Cu, Zn, Pb, W Sn, Ag, Ba, Mo, Sb ارتباط نزدیک دارند. احتمالاً این عامل در ارتباط با کانی‌سازی سرب و روی می‌باشد. خوشه دوم شامل عناصر Co, Cr, Mg, Ni مرتبط با واحدهای سنگی منطقه و خوشه سوم تنها شامل عنصر Au است که مجدداً عدم همبستگی این عنصر با سایر عناصر و توزیع مستقل آن را نشان می‌دهد.

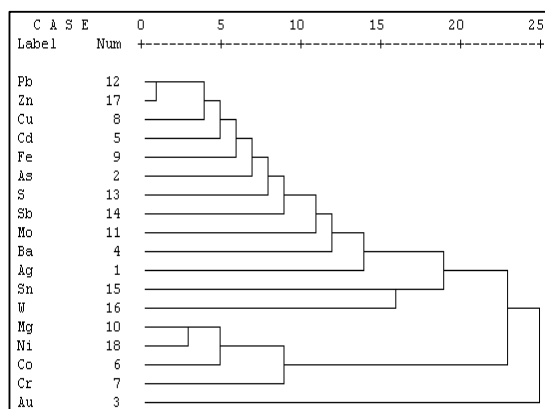
رگه‌های پلی‌متال پاراژنر همدیگر هستند. باریم نیز با سرب و روی همبستگی قوی نشان می‌دهد و در ذخایر سرب و روی یک نشانگر است و یکی از پاراژنرهای سرب شناخته شده است. همبستگی عناصر (کروم-نیکل) و (منیزیم- کروم) و (نیکل- منیزیم) را می‌توان در ارتباط با عوامل لیتولوژیک دانست. دندوگرام خوشه‌ای، عناصر را بر اساس شباهت تغییرپذیری و میزان همبستگی در قالب گروه‌هایی طبقه‌بندی می‌کند و باعث کاهش تراکم داده‌ها می‌شود. دندوگرام خوشه‌ای ترسیم شده برای عناصر در این

جدول ۱- نتایج ضریب همبستگی عناصر به روش پیرسون

| Eement | Ag | As | Au | Ba | Cd | Sb | Cu | Pb | Zn | Mo | S | Sn | W | Ni | Cr | Fe | Mg |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|----|
| Ag | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| As | 0.63 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Au | -0.39 | -0.50 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Ba | 0.37 | 0.35 | -0.19 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Cd | 0.36 | 0.84 | -0.55 | 0.31 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Sb | 0.18 | 0.62 | -0.15 | 0.46 | 0.66 | 1 | | | | | | | | | | | |
| Cu | 0.22 | 0.66 | -0.40 | 0.48 | 0.83 | 0.82 | 1 | | | | | | | | | | |
| Pb | 0.59 | 0.77 | -0.52 | 0.65 | 0.84 | 0.65 | 0.81 | 1 | | | | | | | | | |
| Zn | 0.48 | 0.69 | -0.43 | 0.62 | 0.81 | 0.73 | 0.87 | 0.96 | 1 | | | | | | | | |
| Mo | 0.57 | 0.74 | -0.60 | 0.32 | 0.68 | 0.25 | 0.42 | 0.62 | 0.46 | 1 | | | | | | | |
| S | 0.42 | 0.74 | -0.30 | 0.28 | 0.76 | 0.65 | 0.64 | 0.67 | 0.63 | 0.49 | 1 | | | | | | |
| Sn | -0.07 | 0.09 | 0.16 | 0.63 | 0.18 | 0.71 | 0.52 | 0.39 | 0.49 | -0.13 | 0.23 | 1 | | | | | |
| W | -0.20 | -0.27 | 0.00 | 0.37 | -0.12 | 0.19 | 0.13 | 0.06 | 0.00 | -0.14 | 0.56 | 0.00 | 1 | | | | |
| Ni | 0.09 | 0.46 | -0.28 | -0.43 | 0.56 | 0.10 | 0.32 | 0.17 | 0.18 | 0.30 | 0.40 | -0.37 | -0.40 | 1 | | | |
| Cr | 0.13 | 0.25 | -0.32 | -0.21 | 0.34 | -0.22 | 0.08 | 0.11 | 0.05 | 0.46 | 0.11 | -0.41 | 0.04 | 0.71 | 1 | | |
| Fe | 0.56 | 0.78 | -0.42 | 0.54 | 0.75 | 0.59 | 0.76 | 0.82 | 0.81 | 0.48 | 0.64 | 0.34 | -0.04 | 0.41 | 0.29 | 1 | |
| Mg | 0.06 | 0.32 | -0.12 | -0.45 | 0.35 | 0.04 | 0.18 | 0.02 | 0.04 | 0.09 | 0.33 | -0.32 | -0.30 | 0.91 | 0.65 | 0.39 | 1 |

جدول ۲- مولفه‌های چرخش‌یافته تحت تابع وریمکس

دورانی متعامد (Varimax)



شکل ۲- نمودار آنالیز خوشه‌ای عناصر

| Rotated Component Matrix | | | |
|--------------------------|-----------|--------|--------|
| Component | Component | | |
| | 1 | 2 | 3 |
| Sb | 0.927 | -0.062 | -0.059 |
| Cu | 0.898 | 0.164 | 0.176 |
| Zn | 0.859 | -0.030 | 0.375 |
| Pb | 0.787 | -0.050 | 0.553 |
| Fe | 0.772 | 0.249 | 0.405 |
| Cd | 0.751 | 0.367 | 0.438 |
| S | 0.731 | 0.208 | 0.246 |
| Sn | 0.685 | -0.411 | -0.289 |
| As | 0.669 | 0.228 | 0.452 |
| Ba | 0.550 | -0.541 | 0.365 |
| Ni | 0.192 | 0.938 | 0.113 |
| Mg | 0.130 | 0.922 | -0.045 |
| Cr | -0.143 | 0.794 | 0.435 |
| Co | 0.480 | 0.703 | 0.246 |
| Mo | 0.259 | 0.166 | 0.844 |
| Au | -0.167 | -0.188 | -0.736 |
| Ag | 0.261 | -0.125 | 0.715 |
| W | 0.068 | -0.213 | -0.020 |

همچنین نتایج مطالعات نمونه‌های کانی‌سنگین نشان داد که کانی‌های شناسایی شده در این نمونه‌ها به دو گروه کانی‌های سنگ‌ساز (زیرکن، آپاتیت، گارنت، پیروکسن، آمفیبول، اپیدوت، بیوتیت، الیون، آندالوزیت، استارولیت، سیلمانیت و کربنات) و کانی‌های مرتبط با نهشته‌های کانی‌سازی شده (مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، مارتیت، الیژیست، پیریت، اکسیدپیریت، گالن، اسفالریت، مس طبیعی، آزوریت، باریت، روتیل، آنتاز و لوکوکسن) تقسیم شدند. از آن‌جا که تحرک یک ذره کانی‌سنگین نسبت به یون‌ها کمتر است و اگر ترکیبی از مقادیر یک گروه از کانی‌های معرف، به جای مقدار یک کانی خاص به کار گرفته شود، در مقایسه با هاله‌های تک کانی هاله‌های مرکب جمعی به مراتب بزرگتر و چشم گیرترند. به علاوه اثرات خطاهای تصادفی در آن‌ها کاهش می‌یابد، بنابراین مجموعه‌ای از کانی‌ها بر اساس نوع عنصر به عنوان یک گروه در نظر گرفته شد به عنوان مثال کانی‌های عناصر سرب و روی به عنوان یک گروه یا کانی‌های اکسید آهن به عنوان یک گروه در نظر گرفته شد و پس از پردازشهای آماری و رسم هیستوگرام‌های گروه‌ها، نقشه پراکندگی گروه کانی‌ها به روش درصد کانیایی ترسیم شد. این نقشه‌ها انطباق خوبی را با مناطق آنومال ژئوشیمیایی نشان دادند؛ به عنوان مثال در بخش غربی منطقه که آنومالی سرب و روی داشتیم در نمونه‌های کانی‌سنگین درصد بالای از کانی‌های گالن و اسفالریت مشاهده شد. جهت کنترل آنومالی‌های ژئوشیمیایی از مناطق با احتمال کانی‌سازی ۱۸ نمونه مینرالیزه به صورت چپ برداشت شد.

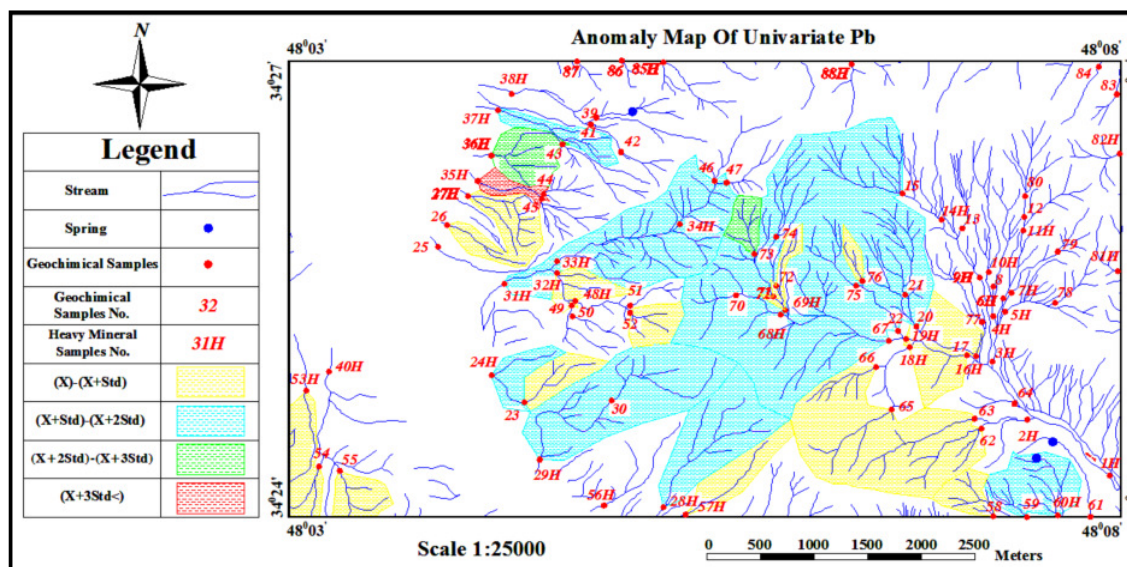
در ادامه مطالعه به منظور تحلیل بهتر بر روی داده‌های نرمال شده، تجزیه و تحلیل عاملی انجام گردید. در ابتدا برای مشخص نمودن صحت و تایید تجزیه عاملی، از ضریب اطمینان دترمینان (KMO) استفاده شد که با توجه به معیارها مقدار مناسبی (۰/۷۹) را نشان داد. برای تعیین تعداد عامل‌ها، درصد واریانس و درصد تجمعی هر مولفه محاسبه شد و نمودار صخره‌ای مولفه‌ها نیز ترسیم گردید. نتایج حاصل نشان داد که ۳ عامل اول با درصد تجمعی واریانسی نزدیک به ۸۰٪ می‌توانند معرف تقریبی کل جامعه باشند. لذا این ۳ عامل خام تحت تابع وریمکس دورانسی متعامد (Varimax) دوران داده شدند (جدول ۲).

مقادیر چرخش یافته بالای ۰/۵ در هر عامل چرخش یافته ملاک انتخاب عناصر هر عامل است؛ بنابراین عامل اول شامل عناصر S, Cd, Fe, Zn, Cu, Sb, Ba, As, Sn بوده که احتمالاً در ارتباط با کانی‌سازی سرب و روی در منطقه می‌باشد. عامل دوم شامل عناصر Co, Cr, Mg, Ni بوده و یک عامل سنگ‌ساز و متاثر از سنگ‌های منطقه است. عامل سوم شامل عناصر Ag, Mo, Pb بوده و احتمالاً مرتبط با هاله‌های ژئوشیمیایی است. در نهایت برای تفکیک بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی مقادیر میانه (X) و انحراف معیار (S) محاسبه و مقدار $X+1S$ به عنوان زمینه، مقادیر مابین $X+1S$ و $X+2S$ به عنوان محدوده آستانه، مقادیر مابین $X+2S$ و $X+3S$ به عنوان آنومالی ممکن و مقادیر بالاتر از $X+3S$ به عنوان آنومالی احتمالی طبقه‌بندی گردید [۹] و در نهایت نقشه‌های تک متغیره برای ۴۱ عنصر و ۳ عامل ترسیم شد (تصویر ۳).

نتایج پردازش‌ها و نقشه‌ها نشان داد که آنومالی‌های شناسایی شده عمدتاً متعلق به عناصر Zn, Pb, Fe, Sb, As, Ag, Au می‌باشد.

این نمونه‌های سنگی نیز برای ۴۳ عنصر به روش ICP و برای طلا به روش Fire Assay تجزیه گردیدند. نتایج این تجزیه‌ها (جدول ۳) و قیاس آن‌ها [7] نشان می‌دهد برخی نمونه‌ها عقیم و برخی نمونه‌ها غنی شده می‌باشند. نمونه‌ها غنی‌شدگی عناصر Fe, Zn, Pb, Cu, Au, Ag را نشان می‌دهند؛ به عنوان مثال مقادیر

۲۳۵ ppb، ۲۳۰۰۰ ppm، ۱۷۷۰ ppm، ۱۱۵۰۰ ppm و ۱۳۵۰۰۰ ppm به ترتیب برای عناصر طلا، مس، سرب، روی و آهن حاصل شد. از این نمونه‌ها مقاطع صیقلی نیز تهیه شد که کانی‌های مگنتیت، هماتیت، مالاکیت، کولیت، پیریت، کالکوپیریت و گالن در آن‌ها مشاهده شد.



شکل ۳- نمونه‌ای از نقشه آنومالی‌های تک متغییره عناصر (سرب)

جدول ۳- نتایج تجزیه نمونه‌های مینرالیزه برای برخی از عناصر

| Firozan | Ag | As | Au | Ba | Cd | Cu | Fe | Mg | Mn | Mo | Pb | S | Sb | Sn | W | Zn |
|---------|------|------|-----|------|------|-------|--------|-------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|
| UNITS | ppm | ppm | ppb | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| NF-02A | 0.22 | 8.2 | 10 | 230 | 0.2 | 37.7 | 33500 | 17000 | 691 | 0.8 | 15.8 | 440 | 1 | 1.8 | 1.5 | 84.9 |
| NF-02M | 1.11 | 1.7 | 2 | 13.5 | 0 | 8.2 | 1720 | 3320 | 40 | 0.6 | 8.8 | 870 | 0.8 | 0 | 0 | 23.2 |
| NF-11A | 0.41 | 6.6 | 7 | 631 | 0 | 28.4 | 22600 | 8560 | 750 | 1 | 30.1 | 80 | 2.1 | 1.7 | 0.7 | 86.3 |
| NF-11M | 0.05 | 12.8 | 2 | 33.3 | 0.3 | 7.1 | 6440 | 3860 | 214 | 0.4 | 10.6 | 690 | 6.2 | 0 | 0.2 | 31.2 |
| NF-32M | 4.25 | 8.4 | 1 | 8.3 | 1.4 | 1450 | 167000 | 409 | 210 | 6.2 | 367 | 120 | 3 | 0.5 | 51.2 | 1030 |
| NF-33M | 22.4 | 49.9 | 15 | 23.3 | 1.9 | 1220 | 132000 | 864 | 300 | 9.1 | 1200 | 480 | 6.2 | 0.2 | 23.7 | 1850 |
| NF-34M1 | 0.79 | 4.5 | 0 | 682 | 0.8 | 235 | 25800 | 12300 | 3700 | 2.1 | 860 | 0 | 2.4 | 1.9 | 4.6 | 1510 |
| NF-34M2 | 5.59 | 112 | 7 | 119 | 6.5 | 238 | 142000 | 1030 | 98 | 73 | 575 | 1350 | 4.8 | 1.5 | 4.4 | 1420 |
| NF-34M3 | 0.41 | 5.2 | 4 | 67 | 0 | 14.3 | 4720 | 340 | 137 | 3.7 | 59.4 | 70 | 7.6 | 0.9 | 2.1 | 18.1 |
| NF-34M4 | 0.56 | 5.9 | 2 | 598 | 0.4 | 21.2 | 13600 | 735 | 198 | 5.2 | 44.6 | 0 | 1.3 | 1.7 | 5.7 | 116 |
| NF-34M5 | 0.59 | 5.8 | 3 | 563 | 0 | 46.1 | 12600 | 3280 | 157 | 2.5 | 56.9 | 160 | 1.6 | 3.1 | 2.4 | 63.7 |
| NF-34M6 | 6.36 | 4.1 | 2 | 47.4 | 0 | 167 | 6710 | 219 | 165 | 54.9 | 483 | 150 | 6.5 | 0.3 | 1 | 63.2 |
| NF-34M7 | 27.1 | 69.4 | 16 | 17.6 | 1.4 | 980 | 135000 | 422 | 243 | 17.7 | 611 | 520 | 5.9 | 0.5 | 18.5 | 1200 |
| NF-34M8 | 21.4 | 29.7 | 6 | 71.7 | 27.4 | 23000 | 64800 | 2860 | 2930 | 4.7 | 1430 | 1960 | 3 | 0.5 | 5.8 | 6390 |
| NF-34M9 | 11.7 | 44.1 | 9 | 204 | 113 | 9360 | 87700 | 4460 | 0 | 8.6 | 1770 | 480 | 2.7 | 0.3 | 14.5 | 11500 |
| NF-39M1 | 1.66 | 32 | 235 | 2400 | 0.4 | 45.7 | 19200 | 1200 | 2290 | 3.2 | 23.1 | 570 | 4.7 | 0.6 | 6.2 | 291 |
| NF-39M2 | 12.3 | 2.9 | 4 | 78.2 | 0.2 | 23.1 | 10800 | 832 | 483 | 0.5 | 71.9 | 170 | 2 | 0.5 | 0.9 | 83.5 |
| NF-39M3 | 9.99 | 164 | 264 | 517 | 0.8 | 764 | 34600 | 854 | 2080 | 19.9 | 655 | 410 | 10.1 | 0.7 | 6 | 415 |

نتیجه گیری

بیشترین گسترش آنومالی‌های ژئوشیمیایی در منطقه مربوط به عناصر Zn, Pb, Fe, Sb, As, Ag, Au می‌باشد و نقشه‌های کانی‌سنگین انطباق خوبی را با مناطق آنومال ژئوشیمیایی نشان دادند.

همچنین نمونه‌های مینرالیزه غنی‌شدگی عناصر Zn و Cu, Au, Ag, Pb را نشان می‌دهند. در مقاطع صیقلی از این نمونه‌ها کانی‌های مگنتیت، هماتیت، مالاکیت، کولیت، پیریت، کالکوپیریت و گالن مشاهده شد. در نهایت با تلفیق مطالعات ژئوشیمی، کانی‌سنگین، نمونه‌های مینرالیزه و روابط صحرائی بخش غربی منطقه جهت اکتشافات لیتوژئوشیمیایی سیستماتیک برای عناصر سرب و روی و عناصر پاراژنز پیشنهاد می‌گردد که به نظر می‌رسد کانه‌زایی در آن در ارتباط با توده‌های نفوذی است. زمان تاثیر محلول‌های گرمابی نیز پس از جایگیری توده می‌باشد، چون به وضوح سنگ‌های توده را نیز دگرسان کرده است.

منابع

- ۶- یوسف زاده، م.، معین وزیری، ح.، محجل، م. (۱۳۸۳)، مطالعه پتروگرافی، ژئوشیمی و محیط نکتونوماگمایی سنگ‌های آتشفشانی منطقه نهاوند، مجموعه مقالات ششمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه کرمان، ص ۵۱۳-۵۰۹.
- 7-Ginzburg, I.I., (1960); Principles of Geochemical Prospecting, 1st English edition, Pergamon Press, New York and London, 311p.
- 8-Govett G.J.S., (1983), Statistical Data Analysis in Geochemical Prospecting, Hand book of Exploration Geochemistry, Elsevier, Amsterdam, v.2, 461 p.
- 9-Hawkes, H.E., Webb, J.S., (1962); Geochemistry in mineral exploration, Harper and Row publishing, New York and Evanston.
- 10-Levinson A.A., (1974), Introduction of Exploration Geochemistry, Applied publishing Ltd., Calgary, 924 p.
- 11-Sanford, F., Pierson, T., Crovelli, R.A., (1993); an Objective Replacement Method for Censord Geochemical Data, Journal of Mathematical Geology, V. 27, 59-79 pp.
- 12-Swam, A.R.H., Sandilands, M., (1995); Introduction to Geochemical Data Analysis, Blackwell Science, Cambridge, 446 p.
- 13-Thomson, M., Howarth R., (1978); A New Approach to The Estimation of Analytical Precision, Journal of Geochemical Exploration, V. 9, 23-30 pp.
- 14-Wellmer, F.W., (1998); Statistical Evolution in Exploration for Mineral Deposits, Springer Verlage, New York, 379 p.
- ۱- حسنی پاک، ع.ا. (۱۳۸۳)، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۰۱ ص.
- ۲- حسنی پاک، ع.ا.، شرف‌الدین، م. (۱۳۸۰)، تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران، ۹۸۷ ص.
- ۳- مهندسین مشاور کانی کاوان شرق. (۱۳۸۳)، گزارش اکتشاف ژئوشیمیایی-کانی‌سنگین در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ نهاوند، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۳۵ ص.
- ۴- نبوی، م. ح. (۱۳۵۵)، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۹ ص.
- ۵- یزدی، م. (۱۳۸۱)، روش‌های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۰ ص.

