مطالعه ژئوشیمی اکتشافی طلا و عناصر وابسته آن در محدوده جنوب باختر سقز، استان کردستان

فانوس محمدی [۱]، صمد علیپور [۲*] و محمود غضنفری [۳]

[۱] کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۲] دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۳] کارشناسی ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۶/۱۸

چکیده

محدوده مورد مطالعه در شمال باختر استان کردستان و در بخش شمال باختری پهنه سنندج- سیرجان قرار دارد. از این محدوده ۳۵۱ نمونه آبراهه‌ای از ۳ محدوده متفاوت با فاصله‌های مختلف ازهم برداشت و توسط دستگاه ICP-MS تجزیه شد. پس ازتحلیل و پردازش نتایج حاصل از داده‌های ژئوشیمیایی و تعیین شاخص غنی‌شدگی برای طلا و عناصر وابسته آن، نقشه پراکندگی و بی‌هنجاری این عناصر رسم شد. حد غنی‌شدگی برای عنصر طلا ۱ تا ۹۹ برابر است و برای عناصر وابسته W، Bi، Ba، B، Zn، Pb، As و Ag به ترتیب: (۳- ۱)، (۱۹- ۱)، (۳- ۱)، (۳- ۱)، (۶- ۱)، (۲- ۱)، (۷- ۱)، (۴- ۱) برابر را نشان می‌دهد. با تلفیق نقشه‌های بی‌هنجاری طلا وعناصر وابسته و نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه و همچنین ساختارهای زمین‌ساختی منطقه، یک الگوی ژئوشیمیایی از مناطق پتانسیل‌دار طلا و عناصر وابسته آن ارائه شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که شاخص غنی‌شدگی طلا در منطقه‌ای به وسعت ۳۶ کیلومترمربع از حد زمینه بالاتر قرار می‌گیرد، و همچنین حد شاخص غنی‌شدگی تا ۱۹ برابر برای عنصر As نشان از رابطه نزدیک این عنصر به‌عنوان معرف برای طلا در این محدوده است. افزایش نسبی حد غنی‌شدگی برای دیگر عناصر وابسته یادشده حد قابل توجهی دارد. ارتباط بی‌هنجاری با زمین‌ساخت منطقه نشان می‌دهد که گسل‌های پهنه‌های برشی منطقه نقش مهمی در تمرکز کانی‌زایی داشته‌اند.

کلیدواژه‌ها: ژئوشیمی اکتشافی، طلا، سنندج- سیرجان، سقز، شاخص غنی‌شدگی

***نویسنده مسئول:** صمد علیپور
E-mail: s.alipour@urmia.ac.ir

۱- پیش‌گفتار

منطقه مورد مطالعه در طول جغرافیایی °۴۶ تا ″۳۰، ′۱۸، °۴۶ و عرض جغرافیایی °۳۶ تا ′۱۶، °۳۶ قرار دارد و از نظر تقسیم‌بندی ساختاری ایران در منطقه جنوب باختر سقز در بخش شمال باختری پهنه سنندج- سیرجان قرار گرفته است (آقانباتی، ۱۳۸۳). راه ارتباطی منطقه، جاده آسفالته سقز- بانه است. منطقه جنوب باختر سقز در محور کانه‌زایی سقز- سردشت قرار دارد. در این محور ۷ محدوده اکتشافی طلا وجود دارد که ۳ محدوده آن قلقله، کرویان و قبغلوچه در جنوب باختر سقز، در محدوده این مطالعه قرار دارند (علی‌یاری، ۱۳۸۵). از مهم‌ترین مطالعات انجام شده در این ناحیه طی یکی دو دهه گذشته، می‌توان به اکتشافات چکشی (برنا و بدخشان، ۱۳۷۶) و سیستماتیک (ابوالمعالی و همکاران، ۱۳۷۷) در محدوده برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ سقز اشاره کرد. با توجه به بررسی‌های انجام شده، پهنه سنندج- سیرجان دارای پتانسیل بالای طلای نوع پهنه‌های برشی است (راستگویی‌مقدم،۱۳۸۴ و رشیدنژادعمران، ۱۳۸۱). همچنین باتوجه به مطالعات پیشین که در محدوده‌های کرویان، قلقله به صورت پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد کار شده است وجود طلای نوع پهنه‌های برشی و شکنا تثبیت شده است (علی‌یاری، ۱۳۸۵). بنابراین محدوده مورد مطالعه در جنوب باختر سقز به عنوان یک منطقه پتانسیل‌دار طلا، مورد مطالعه جدی قرارگرفت و هدف از این پژوهش تلفیق نقشه بی‌هنجاری حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی اکتشافی طلا و عناصر وابسته آن با نقشه زمین‌شناسی و ساختاری منطقه برای تشخیص یک الگوی پراکندگی مناطق پتانسیل‌دار طلا و عناصر پاراژنز آن است.

۲- زمین‌شناسی منطقه

برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ سقز در کناره شمال باختری نوار دگرگونی سنندج- سیرجان قرار دارد. واحدهای سنگی منطقه شامل ردیفی از سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین تا ترشیری همراه با رسوبات کواترنری و یک سری از توده‌های نفوذی که دارای تغییرات زمانی پرکامبرین تا ترشیری‌اند، می‌باشند. محدوده مورد مطالعه که یک‌چهارم برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ سقز را شامل می‌شود از نظر زمین‌شناسی از قدیم به جدید شامل واحدهای سنگی دگرگونی‌های پرکامبرین (گنایس، شیست، میکاشیست و متاریولیت)، نهشته‌های شیلی و ماسه‌سنگی سازند کهر، توده گرانیتی تموته، نهشته‌های ماسه‌سنگی سرخ و سنگ‌آهک‌های ستبرلایه پرمین، رسوبات شیل و ماسه‌سنگی نازک‌لایه ژوراسیک، نهشته‌های آهکی کرتاسه با تناوبی از شیل، سیلت و دولومیت به همراه افق مرمری، توده دیوریتی کرتاسه، توده گابرویی ائوسن و همچنین پادگانه‌های آبرفتی و مخروط‌افکنه‌های جوان و انباشته‌های کنونی بستر رودخانه است (باباخانی، ۱۳۸۲). نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه به همراه ساختارهای مهم زمین‌ساختی و مؤثر در کانی‌سازی در شکل ۲ نشان داده شده است.

دگرگونی شدید مجموعه دگرگونی پرکامبرین و مرز ناهمساز آنها با نهشته‌های پرکامبرین- کامبرین زیرین و نیز فعالیت ماگمایی شدید همزمان با زمین‌ساخت توده نفوذی نشان‌دهنده جنبش‌های کوهزایی- زمین‌ساختی اواخر پرکامبرین در منطقه است (باباخانی، ۱۳۸۲). قرارگیری رسوبات آواری ژوراسیک روی نهشته‌های دولومیتی تریاس و چین‌خوردگی شدید این رسوبات و همچنین دگرگونی ضعیف آنها آثاری از جنبش‌های خشکی‌زایی و کوهزایی سیمرین پیشین و پسین در منطقه است. مهم‌ترین عناصر ساختمانی در ناحیه، شکستگی‌های اصلی و چین‌خوردگی‌ها هستند. به‌گونه‌ای که همبری بیشتر واحدهای سنگی گسلی است. در مجموع بر پایه روندهای موجود، ۳ سامانه شکستگی حاکم بر منطقه است:

۱- روند شمال باختر- جنوب خاور که به موازات روند اصلی زاگرس بوده و شامل گسل‌های راندگی اصلی در منطقه است.

۲- روند شمال خاور- جنوب باختر که شکستگی‌ها و گسل‌های بسیاری را در بر می‌گیرد. اختصاص داده است. این سامانه گسلی از نوع وارون با مؤلفه چپ‌گرد است.

۳- شبکه گسل‌هایی که از روند خاصی پیروی نمی‌کنند و در پیرامون ساختمان‌های حلقوی (به احتمال زیاد توده‌های نفوذی)، دیده می‌شوند. این گسل‌ها، در برخی موارد دارای روند شمالی- جنوبی هستند (باباخانی، ۱۳۸۲).

بر پایه مطالعات انجام شده روی نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سقز، در گستره منطقه مورد مطالعه آثار مواد معدنی فلزی طلا، جیوه، آرسنیک، آنتیموان مشخص شده است (باباخانی، ۱۳۸۲).

بررسی‌های ژئوشیمیایی در محدوده برگه آلوت بی‌هنجاری‌های قابل توجه طلا را درون پهنه‌های برشی گسلی سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین نشان داده است که با توجه به گسترش زیاد این سنگ‌های دگرگونی در محدوده مورد مطالعه، پی‌جویی طلا در پهنه‌های میلونیتی در این سنگ‌های دگرگونی توجیه‌پذیر است. کانه‌زایی جیوه نیز درون رگه‌های نازک کلسیتی و سیلیسی کوچک در واحدهای سنگی کرتاسه رخ داده است (باباخانی، ۱۳۸۲).

۳- روش پژوهش

برای طراحی شبکه نمونه‌برداری بر پایه تجربیات پیشین (Bees & Gregorian, 1977; Germane Milo & Fletcher, 1999; Hale & Plant, 1994) برای موارد مشابه، ابتدا طرح کلی آبراهه‌های ناحیه با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ میرده و عکس‌های هوایی ناحیه رسم شد (شکل ۱)، سپس باتوجه به زهکشی و پراکندگی آبراهه‌های منطقه، طراحی نمونه‌برداری به روش آبراهه‌ای انجام و توسط GPS (سامانه موقعیت‌یاب مکانی) موقعیت آنها یادداشت شد. در برداشت نمونه‌ها افزون بر توجه به میزان توسعه‌یافتگی آبراهه‌ها، وضعیت سنگ‌شناختی، دگرسانی‌ها و پتانسیل کانی‌سازی در واحدها و همچنین وضعیت همبری‌های زمین‌شناسی و گسل‌ها سعی شد تا همراه با پراکندگی مناسب، به محل‌هایی که از دید زمین‌شناسی و زمین‌ساختی مهم‌تر هستند، وزن بیشتری داده شود. در هنگام نمونه‌برداری سعی شد تا از برداشت مواد آلی و محل‌هایی که امکان آلودگی وجود دارد، اجتناب شده و نمونه تا حد امکان از ژرفای ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متری مرکز آبراهه‌ها و در محل مناسب از نظر اندازه ذرات (سیلت و رس) با استفاده از الک ۸۰- مش برداشت شود. با این روش ۳۵۱ نمونه برداشت و برای تجزیه شیمیایی ۲۲ عنصر به آزمایشگاه ارسال شد. برای تعیین مقدار Au از روش AAS و برای اندازه‌گیری مقادیر بقیه عناصر از روش ICP-MS استفاده شد.

۴- یافته‌ها و پردازش داده‌ها

پس از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها، ابتدا دقت تجزیه با استفاده از روش‌های ترسیمی و نیز روش‌های محاسباتی (Govett, 1983) تعیین شده که مقادیر حاصل، دقت قابل قبولی داشته‌اند. در اکتشافات ژئوشیمیایی به روش رسوبات آبراهه‌ای، صرف نظر از مؤلفه آلودگی شیمیایی تغییرپذیری از حالت عادی دو مؤلفه سین‌ژنتیک و اپی‌ژنتیک دارد که مؤلفه سین‌ژنتیک در ارتباط با فرایندهای سنگ‌زایی و مؤلفه اپی‌ژنتیک در ارتباط با فرایندهای کانی‌سازی اقتصادی بوده و به عنوان یک مؤلفه مفید اکتشافی شناخته می‌شود. ممکن است مقدار زمینه یک سنگ از یک ناحیه به یک ناحیه دیگر تغییر کند و نیز ممکن است مؤلفه سین‌ژنتیک (تغییرات سنگ‌شناسی) چنان قوی باشد که اثر مؤلفه اپی‌ژنتیک را محو کند (حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۰). بنابراین برای از بین بردن اثر مؤلفه سین‌ژنتیک، با قرار دادن نقشه نمونه‌برداری روی نقشه زمین‌شناسی، سنگ‌های بالادست هر نمونه ژئوشیمیایی که در تولید رسوب آبراهه‌ای مربوط به هر نمونه نقش داشته‌اند، تفکیک و در قالب جوامع سنگی رده‌بندی شدند. پس از تفکیک و رده‌بندی جوامع سنگی، مقدار زمینه محلی که در واقع مقدار میانه مربوط به هر جامعه است، محاسبه شد و سپس با تقسیم یافته‌های خام مربوط به هر یک از عناصر در هر جامعه بر مقدار زمینه محلی، مقادیر شاخص غنی‌شدگی سنگ به دست آمد.

همه متغیرهای آماری عناصر شامل رسم نمودارهای ستونی (هیستوگرام) فراوانی، میانگین، میانه، مد، انحراف معیار، پراش، کمینه و بیشینه جوامع هر عنصر و رسم نقشه‌های پراکندگی عناصر صورت گرفت، مقدار زمینه محلی که متناسب با مقدار میانه است محاسبه و سپس با تقسیم داده‌های اندازه‌گیری شده مربوط به طلا و عناصر ردیاب آن بر مقدار زمینه محلی، مقادیر شاخص غنی‌شدگی برآورد شد (حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۰؛ Lovett, 1983). در نهایت ضرایب همبستگی برای عناصر مختلف به روش اسپیرمن برای یافته‌های بهنجار شده، محاسبه شد (جدول ۱). بر پایه نتایج به دست آمده از این جدول، بیشترین میزان همبستگی میان عناصر Au-Ag, Au-B, Au-Bi, Au-Zn, Au-W, As-B, As-Pb, As-W, Ag-B, Ag-Bi, Ag-Zn, Ag-W, B-Bi, B-Pb, B-W, Bi-Zn, Bi-W, Zn-W دیده می‌شود.

نمودار ستونی پراکندگی فراوانی عناصر نشان می‌دهد که بیشتر عناصر به‌ویژه عنصر طلا و عناصر پاراژنز آن دارای چولگی مثبت هستند، بنابراین وجود مناطق بی‌هنجاری طلا و عناصر پاراژنز ممکن می‌شود. حد غنی‌شدگی برای عنصر طلا ۹۹-۱ برابر (نسبت به مقدار زمینه ۱/۲۸ ppm) محاسبه شد و برای دیگر عناصر وابسته W، Bi، Ba، B، Zn، Pb، As و Ag این حد غنی‌شدگی به ترتیب (۳-۱)، (۱۹-۱)، (۳-۱)، (۳-۱)، (۶-۱)، (۲-۱)، (۷-۱)، (۴-۱) برابر را نسبت به مقدار زمینه‌شان که در جدول ۲ آورده شده است، نشان می‌دهد. آرسنیک به دلیل تحرک‌پذیری بالایی که نسبت به طلا در برابر عوامل محیطی چون ریخت‌شناسی و توپوگرافی منطقه، غلظت و رقت محلول‌های حامل، اسیدی و قلیایی بودن محیط دارد، به عنوان عنصر ردیاب طلا معرفی شده است (Haffer, 2008) و چون آرسنیک متحرک‌تر از عنصر آنتیموان است، بر آنتیموان ارجحیت داده شده است (Yilmaz, 2003)، که حد شاخص غنی‌شدگی تا ۱۹ برابر برای عنصر آرسنیک (نسبت به مقدار زمینه ۱۳/۹۵ ppm) نشان از رابطه نزدیک این عنصر به عنوان معرف برای طلا در این محدوده دارد. نقشه‌های دارای بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی برای طلا و عناصر وابسته آن بر پایه محاسبات آماری یادشده رسم شد. نمونه‌های این نقشه‌ها در شکل‌های ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ آورده شده است. از مقایسه سامانه‌های گسلی منطقه (شکل ۲) با نقشه‌های بی‌هنجاری این عناصر نشان داد که بی‌هنجاری‌ها در راستای این شکستگی‌ها و ساختارهای زمین‌ساختی شکل گرفته‌اند. بنابراین تصور می‌شود که گسل‌های پهنه‌های برشی منطقه نقش مهمی در تمرکز کانی‌زایی داشته‌اند.

بررسی پژوهشگران مختلف نشان می‌دهد که عناصری مانند As, Bi, Be و Ag می‌توانند به عنوان ردیاب مناسبی برای اکتشاف کانسارهایی مانند رگه‌ای طلا و نقره به کار روند. این عناصر، همچنین در اکتشاف کانسارهای چندفلزی Pb, Zn, Cu, Au, Ag و Co نیز اهمیت دارند. عناصری مانند B و W نیز در برخی از کمربندهای کانه‌دار به‌ویژه در کانسارهای طلا، از خود غنی‌شدگی نشان می‌دهند (Bees & Gregorian, 1977; Evensong, 1980; Peters, 1987; Rose et al., 1979). با توجه به شباهت کامل داده‌ها و شواهد صحرایی با الگوی یادشده، گسترش بی‌هنجاری‌های اشاره شده در منطقه جنوب باختر سقز، می‌تواند وجود کانسارهای رگه‌ای Au, Ag را محتمل سازد که حد غنی‌شدگی بالای As و Au نیز در محدوده مورد مطالعه می‌تواند از این مدل پیروی کند و وجود رگه‌های سیلیسی در این ناحیه این ارتباط احتمالی را تأیید می‌کند.

۵- نتیجه‌گیری

- بررسی‌های انجام شده و نقشه بی‌هنجاری‌های طلا و عناصر ردیاب آن، نشان می‌دهد که شاخص غنی‌شدگی طلا در منطقه‌ای به وسعت ۳۶ کیلومترمربع از حد زمینه بالاتر قرار می‌گیرد.

- شاخص غنی‌شدگی برای عناصر Ag, Pb, Zn, Ba, B, Bi, W و As به ترتیب در مناطقی به وسعت (۲۵ و ۱۲ کیلومتر مربع)، (۵ محدوده به وسعت‌های ۳۰، ۳۰، ۹، ۹ و ۶کیلومتر مربع)، (۵ محدوده به وسعت‌های ۳۰، ۱۶، ۱۵، ۱۰ و ۳ کیلومتر مربع)، (۷ محدوده به وسعت‌های ۲۸، ۱۲، ۱۰، ۱۰، ۹ و ۸ کیلومتر مربع)، (۳ محدوده به وسعت‌های ۱۲، ۹ و ۴ کیلومتر مربع)، (۴ محدوده به وسعت‌های ۲۵، ۲۵، ۲۰ و۶

کیلومتر مربع)، (۳ محدوده به وسعت‌های ۱۶، ۱۲و ۳ کیلومتر مربع) و (۵ محدوده به وسعت‌های ۱۲، ۶، ۶، ۶ و ۴ کیلومتر مربع) از حد زمینه بالاتر قرار می‌گیرد.

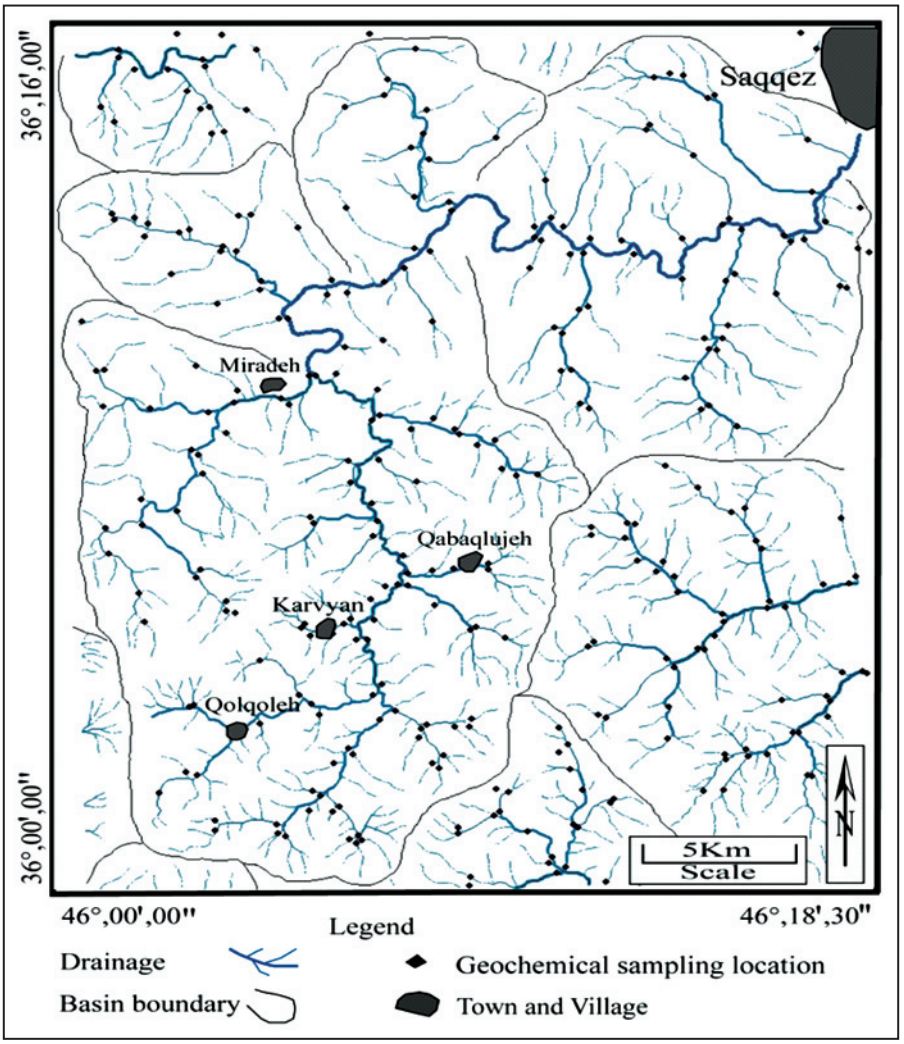
– با توجه به حد بالای شاخص غنی‌شدگی Au و As، آرسنیک می‌تواند به عنوان معرف طلا در مناطق مشابه باشد.

– نتایج حاصل از انطباق نقشه بی‌هنجاری‌های نهایی با نقشه ساختارهای زمین‌ساختی نشان داد که بیشتر بی‌هنجاری‌های به دست آمده منطبق بر پهنه‌های برشی و شکستگی‌ها هستند. بنابراین در به وجود آمدن بی‌هنجاری‌های بالا، احتمالاً شکستگی‌ها و گسل‌ها نقش بسیار مؤثری ایفا کرده‌اند. از این رو پهنه‌های با شکستگی بالا، اهمیت اکتشافی بالایی دارند.

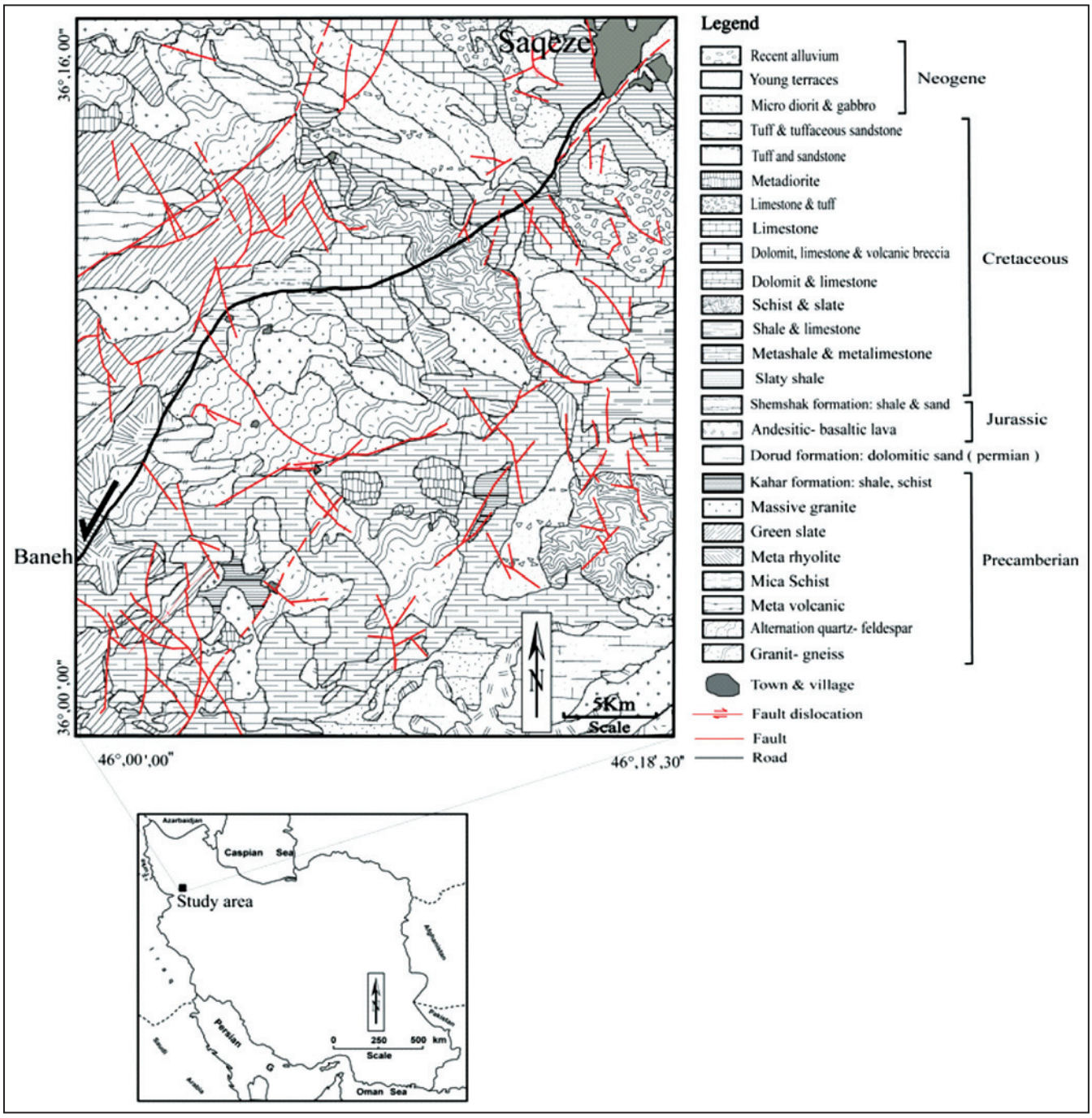
– با توجه به وسعت محدوده‌های بی‌هنجاری سرب و روی در منطقه احتمالاً محدوده مورد مطالعه پتانسیل کانسارهای چندفلزی را نیز دارد؛ از این رو نیاز به پی‌جویی‌های دقیق‌تری در محدوده مورد مطالعه است.

سپاسگزاری

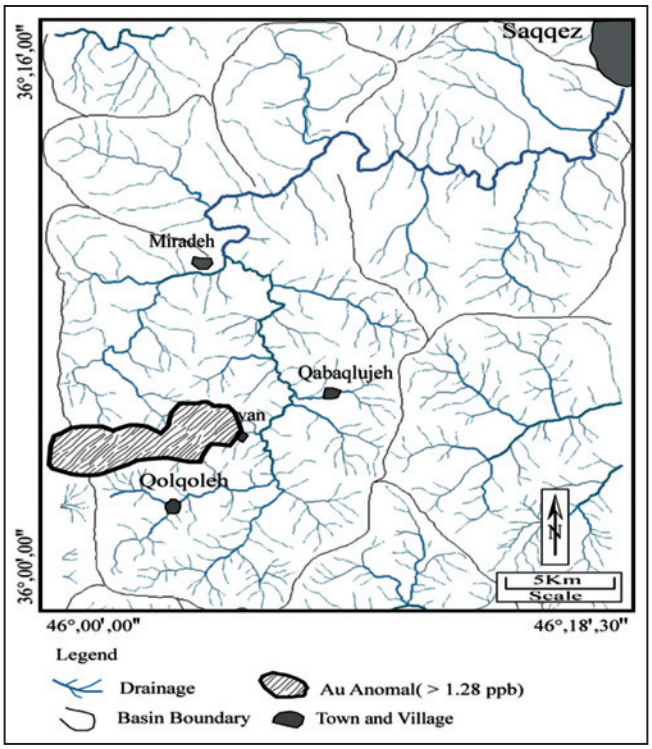
نویسندگان از حمایت‌های معاونت تحصیلات تکمیلی دانشگاه ارومیه و سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و نیز از نظرات داوران محترم مجله سپاسگزاری می‌کنند.



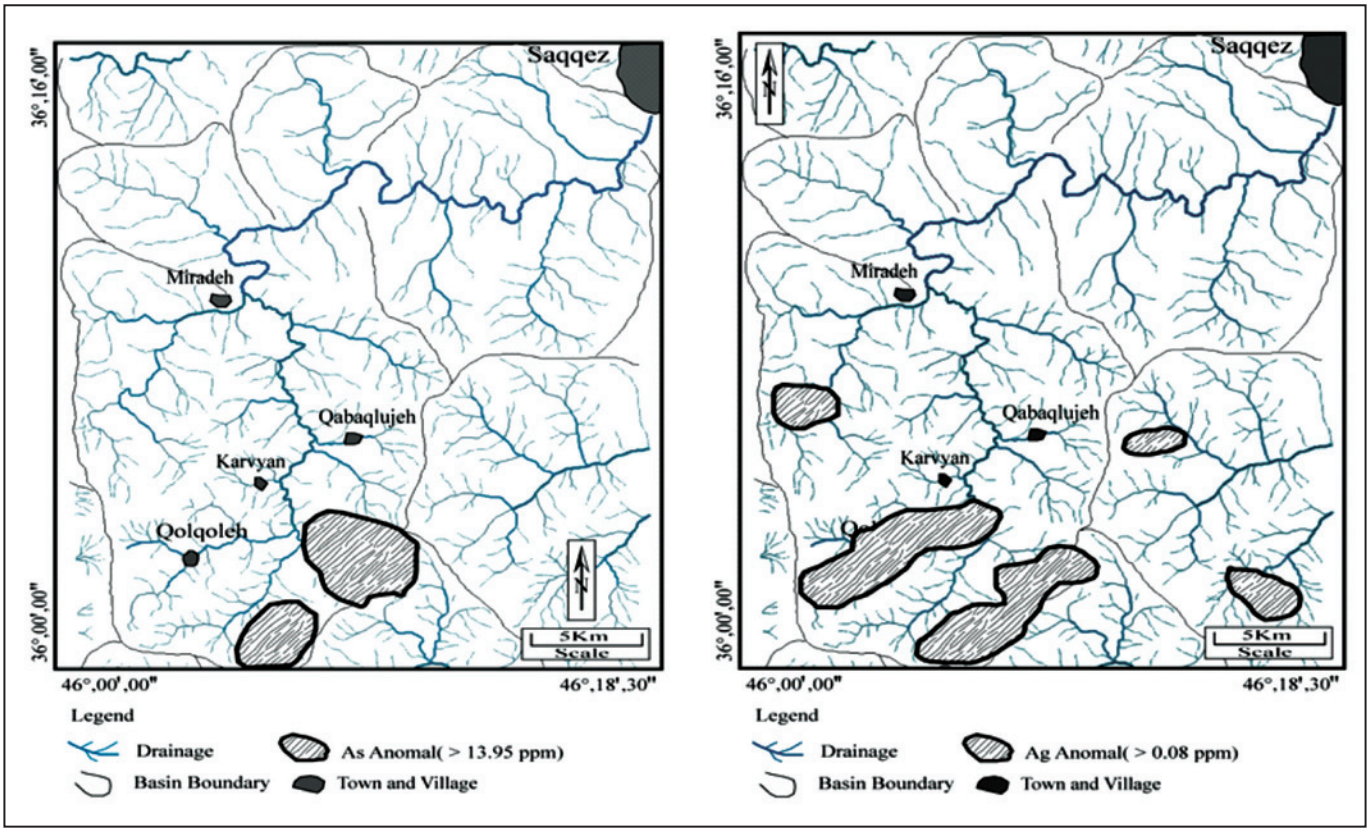
شکل ۱– نقشه شبکه آبراهه‌ای و محل‌های نمونه‌برداری در منطقه جنوب باختر سقز



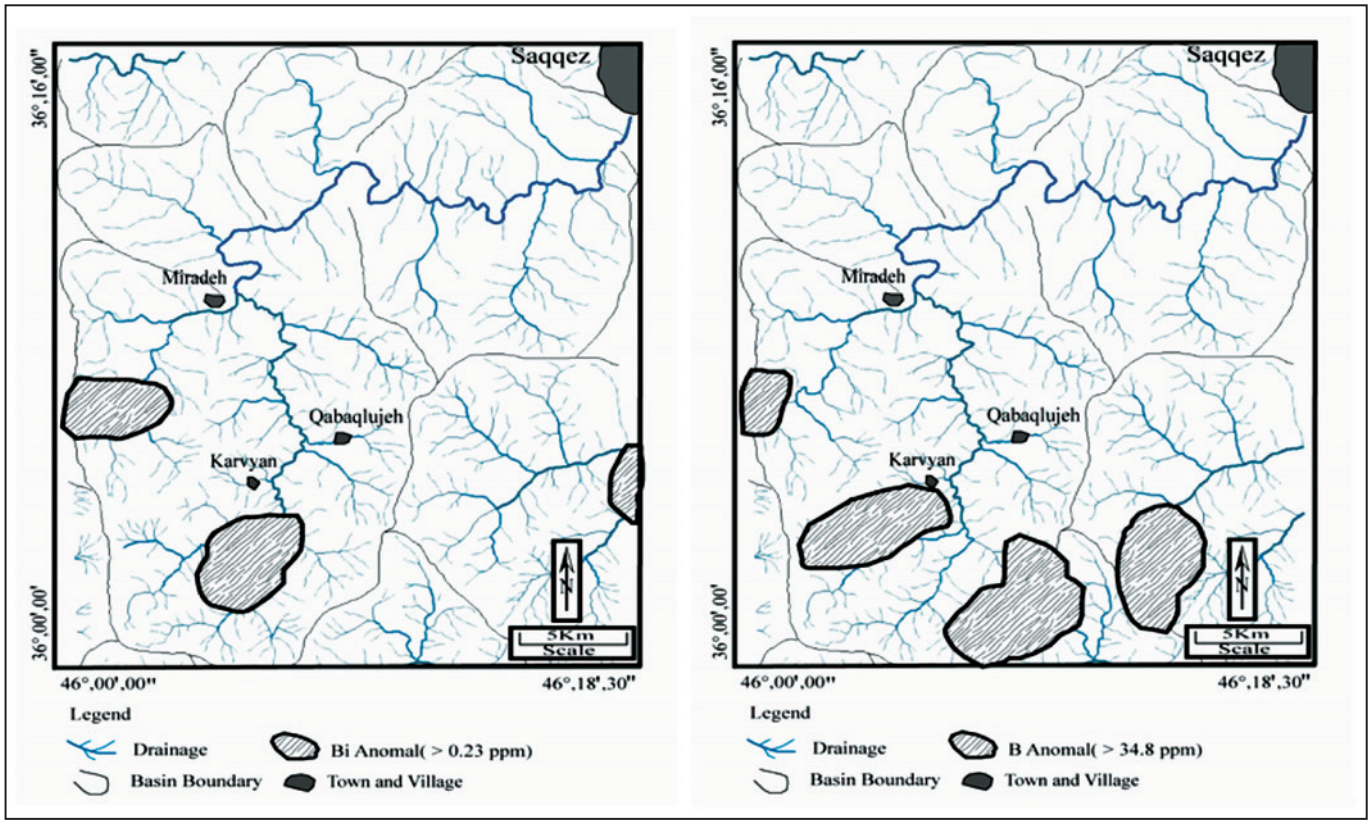
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی و ساختارهای زمین‌ساختی محدوده مورد مطالعه. نقشه زمین‌شناسی پایه از باباخانی (۱۳۸۲).



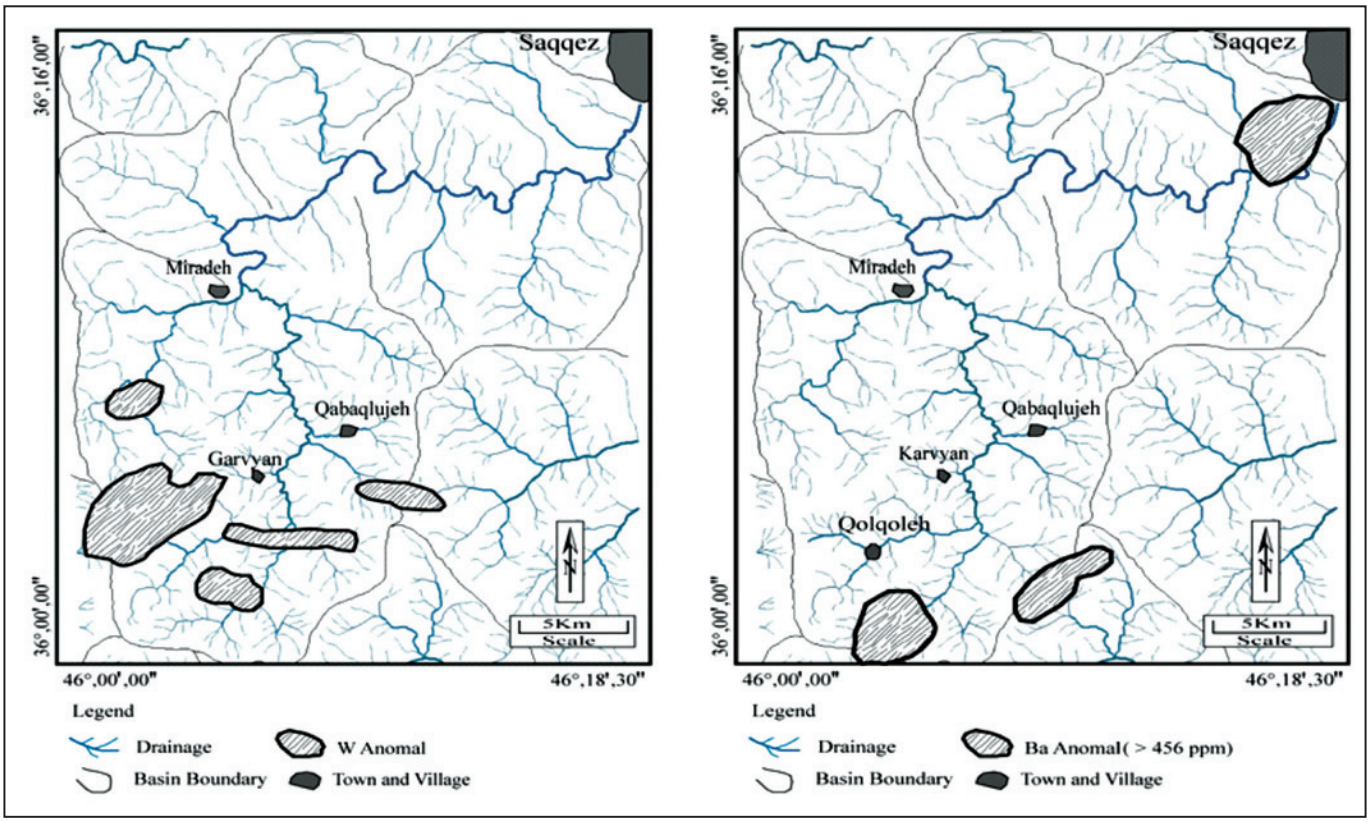
شکل ۳- نقشه محدوده بی‌هنجاری‌های نهایی طلا در محدوده مورد مطالعه



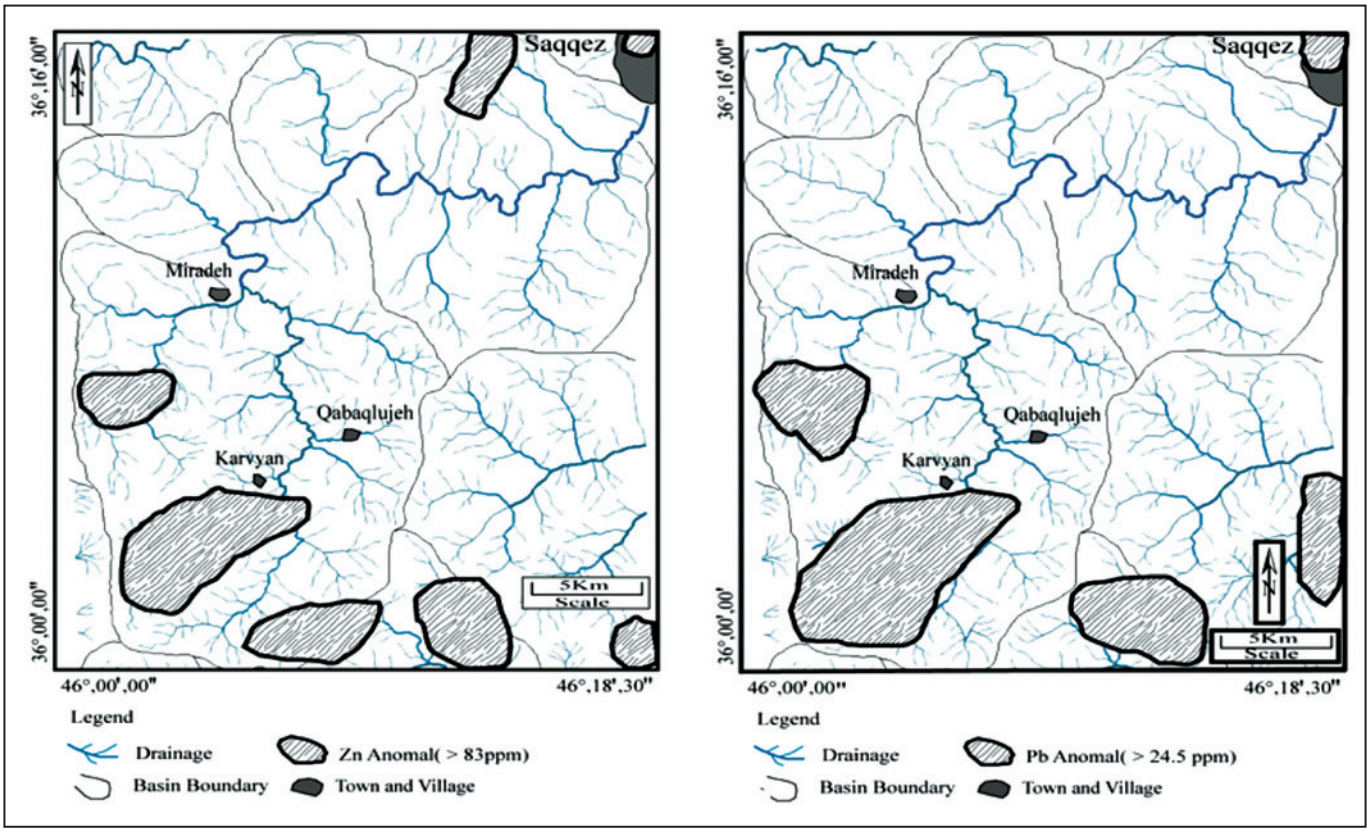
شکل ۴- نقشه محدوده بی‌هنجاری‌های نهایی نقره و آرسنیک در منطقه جنوب باختر سقز



شکل ۵- نقشه محدوده بی‌هنجاری‌های نهایی بور و بیسموت در محدوده مورد مطالعه



شکل ۶- نقشه محدوده بی‌هنجاری‌های نهایی باریم و تنگستن در منطقه جنوب باختر سقز



شکل ۷- نقشه محدوده بی‌هنجاری‌های نهایی سرب و روی در محدوده مورد مطالعه

جدول ۱- ضرایب همبستگی (محاسبه شده با روش اسپیرمن (Spearman) (Rullinson (1993)

	Au	As	Ag	B	Ba	Bi	Pb	Zn	W
Au	۱	۰/۳۳۴	۰/۷۹۵	۰/۶۱۷	۰/۲۳۷	۰/۷۴۳	۰/۲۳۵	۰/۵۲۹	۰/۶۳۳
As	۰/۳۳۴	۱	۰/۲۹۷	۰/۴۶۰	۰/۰۰۳	۰/۴۳۸	۰/۴۷۴	۰/۲۱۸	۰/۴۴۵
Ag	۰/۷۹۵	۰/۲۹۷	۱	۰/۴۹۴	۰/۲۳۵	۰/۶۹۸	۰/۲۰۴	۰/۵۸۱	۰/۶۷۶
B	۰/۶۱۷	۰/۴۶۰	۰/۴۹۴	۱	۰/۱۶۰	۰/۶۷۲	۰/۴۵۴	۰/۲۹۲	۰/۶۱۴
Ba	۰/۲۳۷	۰/۰۰۳	۰/۲۳۵	۰/۱۶۰	۱	۰/۲۷۹	۰/۰۱۶	۰/۰۷۲	۰/۳۱۲
Bi	۰/۷۴۳	۰/۴۳۸	۰/۶۹۸	۰/۶۷۲	۰/۲۷۹	۱	۰/۳۶۲	۰/۷۵۷	۰/۴۴۱
Pb	۰/۲۳۵	۰/۴۷۴	۰/۲۰۴	۰/۴۵۴	۰/۰۱۶	۰/۳۶۲	۱	۰/۱۳۲	۰/۳۶۲
Zn	۰/۵۲۹	۰/۲۱۸	۰/۵۸۱	۰/۲۹۲	۰/۰۷۲	۰/۷۵۷	۰/۱۳۲	۱	۰/۴۹۴
W	۰/۶۳۳	۰/۴۴۵	۰/۶۷۶	۰/۶۱۴	۰/۳۱۲	۰/۴۴۱	۰/۳۶۲	۰/۴۹۴	۱

جدول ۲- مقادیر محاسبه شده میانه (Median)، میانگین(X)، انحراف معیار (S)، (X+S)، (X+2S)، (X+3S) برای عناصر مختلف در نمونه های ژئوشیمیایی ناحیه جنوب باختر سقز

	Au	As	Ag	B	Ba	Bi	W	Zn	Pb
Median	۱/۲۸	۱۳/۹۵	۰/۰۸	۳۴/۸	۴۵۶	۰/۲۲۷۳	۳	۸۳	۲۴/۵
X	۵/۸۶	۳۰/۲۶	۰/۰۸۵۴	۴۲/۱۳	۴۶۰	۰/۲۷۵۸	۳/۳۸	۸۸/۵۲	۲۶/۹۸
S	۴۰/۹۲۱۳	۳۹/۲۰۴۱	۰/۰۳۲۵	۲۶/۳۱۴۶	۱۳۵/۸۶۳۳	۰/۱۹۳۷	۱/۲۹۴۶	۲۶/۲۸۳۰	۹/۶۰۷۰
(X+S)	۴۶/۷۸	۶۹/۴۶۲	۰/۱۱۸	۶۸/۴۴	۵۹۶/۲۶	۰/۴۶۹۵	۴/۶۷۴	۱۱۴/۸	۳۶/۵۸
(X+2S)	۸۷/۷۱	۱۰۸/۶۷	۰/۱۵۰۴	۹۴/۷۶	۷۳۲/۱۲	۰/۶۶۳۲	۵/۹۷	۱۴۱/۱	۴۶/۱۹
(X+3S)	۱۲۸/۶۲	۱۴۷/۸۷	۰/۱۸۲۹	۱۲۱/۰۷۴	۸۶۷/۹۸	۰/۸۵۶۹	۷/۲۶۳۴	۱۶۷/۳۷	۵۵/۸

کتابنگاری

آقانباتی، س. ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.

باباخانی، ع.، حریری، ع. و فرجندی، ف.، ۱۳۸۲- نقشه و شرح نقشه زمین‌شناسی ورقه سقز با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

حسنی‌پاک، ع. ا. و شرف‌الدین، م.، ۱۳۸۰- تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران.

حسنی‌پاک، ع. ا.، ۱۳۸۴- نمونه‌برداری معدنی (اکتشافات، استخراج، فرآوری)، انتشارات دانشگاه تهران.

راستگوی‌مقدم، غ. ر.، راستاد، ا.، رشیدنژاد عمران، ن. و محجل، م.، ۱۳۸۴- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و فابریک کانه‌زایی طلا در کانسار زرترشت، زون سنندج- سیرجان (جنوب غرب سبزواران، استان کرمان)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.

رشیدنژاد عمران، ن.، ۱۳۸۱- پترولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های متاولکانو- سدیمنتری و پلوتونیک منطقه موته (جنوب دلیجان) با نگرشی ویژه به خاستگاه و کانی‌سازی طلا، رساله دکتری، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه تربیت‌مدرس، ۴۰۴ ص.

علی‌یاری، ف.، ۱۳۸۵- کانی‌شناسی، ژئوشیمی و فابریک کانه‌زایی طلا در پهنه‌های برشی قلقله، جنوب غرب سقز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس.

References

Bees, A. A. & Gregorian, S. V., 1977- Geochemical exploration method for mineral deposits. Translated by R.T. Schneider Ed. by A. A Levinson, Lilia's Applied Publishing, 924p.

Evensong, A. A., 1980- Introduction to exploration geochemistry, second edition, Department of geology and geophysics, university of Calgary, Calgary, Alberta, Canada.

Germane Milo, Jr. & Fletcher, W. K., 1999- "Dispersion of gold and associated elements in stream sediments under semi arid conditions, northeast Brazil"; Journal of Geochemical Exploration.

Haffer, L. & Craw, D., 2008- Processes of attenuation of dissolved arsenic downstream from historic gold mine sites, Elsevier, 286p.

Hale, M. & Plant, J. A., 1994- Handbook of Exploration Geochemistry, Vol. 6, Elsevier science B.V, Amsterdam.

Lovett, G. J., 1983- Handbook of Exploration Geochemistry (Statistical Data Analysis in Geochemical Prospecting), Amsterdam, Elsevier, 461p.

Peters, W. C., 1987- Exploration and Mining Geology. John Wiley & Sons Ltd, 704p.

Rollinson, H., 1993- Using geochemical data: evalution, presentation, interpretation, Longman scientific and technical.

Rose, A. W., Hawkes, H. E. & Webb, J. S., 1979- Geochemistry in mineral exploration. Academic Press, New York. 657p.

Thompson, M. & Howarth, R., 1978- "A new approach to the estimation of analytical precision"; Journal of Geochemical Exploration, Elsevier Scientific publishing company.

Yilmaz, H., 2003- Geochemical exploration for gold in western turkey; Journal of Geochemical Exploration, 80, 117-135p.

Geochemical Exploration for Au and Paragenetic Elements in N.W. of Saqqez, Kurdistan Province, Iran

F. Mohammadi [1], S. Alipour [2*] & M. Ghazanfari [3]

[1] M.Sc., Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Urmia, Urmia, Iran
[2] Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Urmia, Urmia, Iran
[3] M.Sc., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

Received: 2012 May 19 Accepted: 2012 September 08

Abstract

Gold as a strategic element has a strong exploration potential in Kurdistan County. This investigation for gold has carried out in N.W. Sanandaj-Siirjan geological zone. 351 samples has been taken from drainages and analyzed by ICP-MS in Canada for 22 elements. Based on results, anomaly map and enrichment ratio for gold and related paragenetic elements have been prepared. The result indicate an enrichment factor of 1-99 times for gold and 1-3, 1-19, 1-3, 1-3, 1-6, 1-2, 1-7, and 1-4 for elements Ag, As, Pb, Zn, B, Ba, Bi and W, respectively. Data resulted to a distribution pattern for Au and other elements such as. Gold anomaly is recognize in 36 Km^2 associated up to 19 times enrichment for As. Therefore As is a good indicator element for Au her and in similar environments. Tectonically gold showed a very strong relation with breccias zones and par genetic minerals.

Keywords: Exploration Geochemistry, Gold, Sanandaj-Sirjan, Saqqez, Enrichment Factor

For Persian Version see pages 209 to 216

*Corresponding author: S. Alipour; E-mail: s.alipour@urmia.ac.ir