

بررسی نتایج نمونه برداری و آنالیز به روش ژئوشیمیایی BLEG در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه رود (شمال باختری ایران)

مریم امامی جعفری^{۱*}، محمود مهرپر تو^۲، افشین اکبریور^۳ و بهنام شمسی^۴

^۱ کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
^۲ استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
^۳ دکترا، گروه اکتشافات ژئوشیمیایی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
^۴ کارشناسی ارشد، گروه اکتشافات ژئوشیمیایی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۱۵

چکیده

روش BLEG یکی از روش های جدید به کار گرفته شده در بررسی های اکتشاف ژئوشیمیایی طلا است. این روش کمک زیادی در مکان یابی بسیاری از نهشته های طلا با عیار پایین کرده است. تغییر چشمگیر روش BLEG نسبت به روش های رایج اکتشافات ژئوشیمیایی، استفاده از حجم زیادی از نمونه بدون توجه به اندازه آنها و تراکم پایین نمونه برداری است. به منظور هم سنجی داده های حاصل از BLEG با روش رسوبات آبراهه ای، ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه رود در حوضه زمین شناسی آذربایجان که نقشه زمین شناسی و اکتشافات ژئوشیمیایی پیشتر در آن انجام شده بود، برگزیده شد. محدوده مورد بررسی با گستره ای در حدود ۱۸۵۰ کیلومتر مربع در منتهی الیه شمال باختری ایران در استان آذربایجان شرقی واقع است، این محدوده در ناحیه کوهستانی در شمال باختر شهرستان اهر واقع شده است. واحدهای زمین شناسی تشکیل دهنده منطقه بیشتر شامل واحدهای سنگ آهکی و فلیش گونه کرتاسه بالایی، توده های نفوذی با سن الیگوسن و رخساره های آتشفشانی- رسوبی ائوسن است. سنگ های نفوذی الیگوسن مهم ترین واحد آذرین منطقه مورد بررسی هستند. در این بررسی ۱۶۸ نمونه BLEG و ۱۰۳ نمونه رسوب آبراهه ای (Silt Sample) مورد آنالیز و بررسی قرار گرفت. دامنه مقادیر عیار طلا در نمونه های BLEG از ۰/۱ تا ۲۰ ppb و در نمونه های رسوب آبراهه ای از ۳ تا ۴۵۹ ppb است. نتایج به دست آمده از برداشت و بررسی نمونه ها به روش ژئوشیمیایی BLEG نشان دهنده چهار محدوده با بی هنجاری درجه یک است که شامل (۱) محدوده انیق- قره چیلر؛ (۲) محدوده نمق؛ (۳) محدوده اشتوبین و (۴) محدوده آندریان یا میوه رود است. آنالیز نمونه های رسوبات آبراهه ای برداشت شده نشان دهنده بالا بودن عناصر مس و طلا در نمونه ها است. بررسی همبستگی عناصر در رسوبات آبراهه ای برداشت شده از منطقه انیق- قره چیلر نشان دهنده همبستگی نسبتاً بالای طلا با عناصر آرسنیک، مس و سرب است. مس نیز با مولیبدن همبستگی بالایی نشان می دهد. این موضوع با کانه زایی موجود در منطقه همخوانی دارد.

کلیدواژه ها: روش BLEG، روش رسوب آبراهه ای، سیه رود، طلا، آذربایجان شرقی، انیق- قره چیلر.

*نویسنده مسئول: مریم امامی جعفری

E-mail: maryam_91666@yahoo.com

۱- پیش نوشتار

به منظور بررسی کارآمدی روش BLEG در محدوده مورد بررسی و مقایسه آن با روش رسوبات آبراهه ای، ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه رود در حوضه زمین شناسی آذربایجان که نقشه زمین شناسی و اکتشافات ژئوشیمیایی پیشتر در آن انجام شده بود، برگزیده شد. روش BLEG می تواند در پی جویی و اکتشاف طلا در نواحی با مقیاس ناحیه ای با تراکم نمونه برداری کم، بسیار مؤثر و کارساز باشد و بر پایه نتایج آن برنامه ریزی برای ادامه عملیات اکتشافی را بدون نگرانی و ریسک بالا دنبال کرد.

ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه رود با گستره ای در حدود ۱۸۵۰ کیلومتر مربع در منتهی الیه شمال باختری ایران در استان آذربایجان شرقی در ناحیه ای کوهستانی در شمال باختر شهرستان اهر واقع شده است (شکل ۱). این ورقه در طول جغرافیایی خاوری ۴۶° ۰۰' تا ۴۶° ۳۰' و عرض جغرافیایی شمالی ۳۸° ۳۰' تا ۳۹° ۰۰' قرار گرفته است. به سبب وجود مناطق دگرسان شده گسترده و توانایی معدنی، ناحیه مورد بررسی از دیرباز مورد توجه کاوشگران و زمین شناسان بوده است. وجود توده های نفوذی در حاشیه جنوبی رودخانه ارس و منتهی الیه شمال باختری ورقه، از بخش سیه رود تا روستای قره چیلر در خاور منطقه همراه با فعالیت های آتشفشانی و نیمه ژرف در زمان های متفاوت و فعالیت و تأثیر محلول های گرمایی در مناطق گوناگون این ناحیه سبب تشکیل پاره ای معادن و اندیس های معدنی شده است. مناطق کانی سازی خوبی از کانسارهای سولفور و کربناتی مس و آهن در توده های نفوذی واقع در باختر روستای نوجه مهر و پیرامون توده نفوذی بزرگ قولان در منطقه مورد بررسی به شکل های پراکنده (رگه- رگچه ای، اسکارن و شبکه ای)

به همراه فلزات با ارزش طلا و آنتیموان، مولیبدن و دیگر فلزات تشکیل شده است (مهرپر تو و خان ناظر، ۱۳۷۶).

۲- زمین شناسی عمومی

منطقه مورد بررسی از دیدگاه نبوی (۱۳۵۵) در زون البرز- آذربایجان واقع می شود و در بخش بندی های زمین شناسی ایران (Stöcklin, 1986) در زون ایران مرکزی قرار دارد. از دیدگاه آقناباتی (۱۳۸۳) منطقه مورد بررسی در پهنه رسوبی- ساختمانی ایران مرکزی قرار دارد.

ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه رود از نظر سنگ شناسی بسیار متنوع و شامل سه بخش است. سنگ های آتشفشانی بیشتر با ترکیب آندزیتی، توده های نفوذی شامل گابرو، دیوریت و گرانودیوریت و سنگ های آذرآواری شامل توف های سیلیسی؛ این سه بخش را سنگ های کربناتی در بر می گیرند. سن این مجموعه به طور کلی کرتاسه بالایی- پالئوسن است.

زون البرز- آذربایجان از زون های پویای ماگماتیسیم به ویژه در طی زمان سنوزویک بوده است. بازتاب این فعالیت ها به شکل سنگ های نفوذی و نیمه آتشفشانی و گاه آتشفشانی است که اوج آن در ائوسن و الیگوسن بوده و باتولیت قره داغ یکی از مهم ترین توده های نفوذی مربوط به الیگوسن- میوسن است (شکل ۲). تعلق سنگ های نفوذی تشریری کمان ماگمایی ارسباران به توده های نفوذی سری I مرتبط با زون فرورانش حاشیه قاره (مگنتیتی) با حضور معمول کانی های مافیک هورنبلند،

۴- نتایج آنالیز نمونه‌ها به روش BLEG

در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه‌رود از چهار رنگ آبی، زرد، نارنجی و قرمز به ترتیب برای مقادیر زمینه، آستانه، بی‌هنجاری درجه ۲ و بی‌هنجاری درجه ۱ استفاده شده است: ۰/۱-۱/۱ ppb برای جامعه زمینه، ۲/۷۷-۱/۱ ppb برای جامعه آستانه، ۴/۸۳-۲۰/۰ ppb برای جامعه بی‌هنجاری درجه ۲، ۴/۸۳-۲۰/۰ ppb را به عنوان جامعه بی‌هنجاری درجه ۱ در نظر گرفته شده است.

نتایج به‌دست آمده از برداشت و بررسی نمونه‌ها به روش ژئوشیمیایی BLEG نشان‌دهنده چهار محدوده با بی‌هنجاری درجه یک است که شامل (۱) محدوده انبق- قره‌چیلر، (۲) محدوده نمق، (۳) محدوده اشتوبین و (۴) محدوده آندریان یا میوه‌رود است.

در شکل ۴ مناطق بی‌هنجار طلا به روش ژئوشیمیایی BLEG در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه‌رود آورده شده است. سه منطقه نخست، در درون باتولیت قره‌داغ واقع شده است. بخش عمده باتولیت مزبور، دارای ترکیب سنگ‌شناسی گرانودیوریت و کوارتز-مونزونیت است. واحد گرانودیوریتی یادشده، سنگ دربرگیرنده کانی‌سازی در این منطقه است. منطقه میوه‌رود در جنوب ورقه در میان واحدهای سنگی بسیار سبتر با تناوبی از ماسه‌سنگ، شیل، سیلستون، مارن و سنگ‌آهک مارنی پالئوسن قرار گرفته که دایک‌هایی با ترکیب گرانودیوریتی تا دیوریتی با سن ائوسن-الیگوسن در آنها نفوذ کرده است (عین‌علی، ۱۳۸۵).

۴-۱. منطقه انبق- قره‌چیلر

منطقه انبق- قره‌چیلر در مرکز توده نفوذی اردوباد (قولان) قرار گرفته است. نمونه‌های ۴۹ و ۵۱ به ترتیب با ۱۶/۸۸ ppb و ۱۸/۸ ppb در مسیر بین روستای انبق- قره‌چیلر واقع شده است. کانی‌سازی در منطقه شامل رگه‌های کوارتزی و زون‌های دگرسانی در درون توده گرانودیوریتی است. گستره این منطقه حدود ۸۰ کیلومتر مربع است.

۴-۲. منطقه نمق

روستای نمق در گوشه شمال‌خاوری ورقه سیه‌رود قرار گرفته است. این منطقه نیز همانند منطقه انبق- قره‌چیلر در درون توده نفوذی اردوباد قرار دارد. بیشترین مقدار طلای ثبت‌شده متعلق به نمونه SBL-6 به مقدار ۲۰ ppb در نزدیکی روستای نمق و در این محدوده واقع شده است. گستره این منطقه حدود ۲۰ کیلومتر مربع است.

۴-۳. منطقه اشتوبین

در بالادست حوزه آبریز محدوده نمق، در نزدیکی روستای اشتوبین بی‌هنجاری کوچکی در بین رسوبات دگرگونی دونین و کواترنری به‌دست آمده است که گستره‌ای در حدود ۴ کیلومتر مربع را شامل می‌شود. نمونه شماره ۱ با میزان طلای ۱۲/۶ ppb در نزدیکی روستای اشتوبین و در این محدوده قرار گرفته است.

۴-۴. منطقه میوه‌رود (آندریان)

در جنوب محدوده و در محل اندیس طلای آندریان یا آندرجان نمونه شماره ۱۱۱ با میزان طلای ۱۴ ppb در باختر محدوده مورد بررسی با برونزد واحدهای رسوبی ماسه‌سنگی- مارنی و سنگ‌آهکی مشخص شده است. گستره این منطقه حدود ۶ کیلومتر مربع است.

۵- کنترل بی‌هنجاری

در مرحله کنترل صحرایی، با این پیش‌فرض که شمال‌خاوری ورقه در محدوده دره قولان با برونزد سنگ‌های آذرین نیمه‌ژرف نسبت به دیگر نقاط ورقه که تحت پوشش سنگ‌های رسوبی ماسه‌سنگی و سنگ‌آهکی هستند و همچنین کارهای اکتشافی گذشته (Movahed aval & Khalighi, 1970؛ برنا و جان‌نثاری، ۱۳۷۲؛ قدیرزاده و همکاران، ۱۳۷۹؛ مختاری، ۱۳۸۷) که وجود کانه‌زایی مس، طلا و مولیبدن را در بخش شمال‌خاوری یعنی توده نفوذی قولان تأیید می‌کنند تراکم نمونه‌ها در نقاط یادشده بیشتر در نظر گرفته شد. ۳ محدوده بی‌هنجار طلا واقع در

بیوتیت و همچنین به‌طور فرعی تر ارتوز و کلینوپیروکسن در آنها مشخص می‌شود (حسن‌پور، ۱۳۸۹).

توده‌های نفوذی منطقه، بخشی از باتولیت قره‌داغ هستند که گستره‌ای نزدیک به ۵۰۰ کیلومتر مربع را شامل می‌شوند. رگه‌های کوارتزی و زون‌های کانی‌سازی درون باتولیت قره‌داغ، یکی از مهم‌ترین مناطق امیدبخش در ارتباط با کانی‌سازی طلا، مس، مولیبدن و نقره در ورقه سیه‌رود است. باتولیت قولان (قره‌داغ) در فاصله هوایی ۷۰ کیلومتری شمال تبریز و ۱۵ کیلومتری شمال‌خاور خاروانا و ۲۰ کیلومتری خاور سیه‌رود واقع شده است. این باتولیت دربرگیرنده طیفی از سنگ‌های نفوذی شامل دیوریت، کوارتز دیوریت، کوارتز مونزونیت، کوارتز مونزونیت، گرانودیوریت و مونزوگرانیت و حتی بخش‌های کوچکی با ترکیب گابرو به‌ویژه در پیرامون شمال توده (حوالی روستای نمق) است. دایک‌های آپلیتی تا میکروگرانیتی در راستاهای گوناگون این توده را قطع کرده‌اند (علوی‌نایینی و همکاران، ۱۳۷۱).

۳- روش‌شناسی

روش‌های ژئوشیمیایی اکتشاف طلا شامل سه روش نمونه‌برداری رسوبات آبراه‌ای (Stream Sediment)، روش کانی سنگین (Heavy Mineral) و روش کل طلای استحصال شده به طریق فروشویی (BLEG; Bulk Leaching Extractable Gold) است.

۳-۱. روش BLEG

روش BLEG، روش الکت ژئوشیمیایی (Chemical sieve method) و در مواقعی BCL (Bulk Cyanide Leach) (Mazzucchelli, 1997) نیز نامیده می‌شود. این روش در آغاز دهه هشتاد میلادی در استرالیا گسترش پیدا کرد (Mazzucchelli, 1987 & 1997; Sharpe, 1988; Elliott & Towsey, 1989; Radford, 1996).

نمونه‌های برداشت شده به روش BLEG، نمونه‌های رسوب آبراه‌ای یا خاک هستند. در این روش مقدار زیادی از نمونه (معمولاً ۲ کیلوگرم) در محلول سیانید سدیم یا پتاسیم سرد هضم می‌شود. این انحلال بسته به سنجش مورد نظر در آزمایشگاه و روش‌های مربوطه، بین یک تا چند روز زمان نیاز دارد. طلا در یک فرایند تغییر انحلالی به صورت محلول آلی درآمده و سپس آنالیز می‌شود.

۳-۲. طراحی و نمونه‌برداری

کارهای اکتشافی صورت گرفته در این ورقه به منظور بررسی کانی‌سازی‌هایی از طلا و مس، معیار مناسبی برای به‌کارگیری روش BLEG در این محدوده است. کار اکتشاف با طراحی ۲۵۰ نمونه یا به عبارتی ۱ نمونه به ازای هر ۸ کیلومتر مربع آغاز و مرحله عملیات صحرایی با برداشت ۱۶۸ نمونه پایان گرفت (شکل ۳). نمونه‌ها در آزمایشگاه BLEG (انحلال سیانیدی) مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی واقع در کرج آماده‌سازی و مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت. برای آگاهی از چگونگی آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها به امامی‌جعفری و همکاران (۱۳۹۱) مراجعه شود.

۳-۳. پردازش داده‌ها

یکی از ویژگی‌های روش BLEG پردازش‌های آماری ساده‌تر داده‌ها است. در روش BLEG تنها برای عنصر طلا (و گاه نقره و مس) تجزیه شیمیایی صورت می‌گیرد و پردازش تک‌متغیره بدون خطا انجام می‌پذیرد. همچنین معیار کلی برای جدایش جامعه بی‌هنجاری از زمینه در روش BLEG با سطح اطمینان بالاتری انجام شده که خود موجب سادگی روش و کاهش خطا می‌شود.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها به روش BLEG برای عنصر طلا دامنه‌ای از ۰/۱ تا ۲۰ ppb را نشان می‌دهد. در جدول ۱ پارامترهای آماری عنصر طلا خلاصه شده است.

می‌شود که تمامی کانی‌ها به شدت دگرسان شده‌اند (شکل ۹) و عمدتاً دگرسانی سربستی، رسی و سیلیسی شدن را تحمل کرده‌اند.

۸- بحث

روش BLEG یکی از روش‌های نسبتاً جدید به کار گرفته شده در اکتشاف ژئوشیمیایی طلا است. این روش برای تعیین عیار بسیاری از نمونه‌های طلا با عیار پایین سودمند است (Beeson, 1995). تفاوت چشمگیر این روش نسبت به روش‌های رایج ژئوشیمیایی، استفاده از حجم زیاد نمونه بدون توجه به اندازه آنها و تراکم پایین نمونه‌برداری است (هر ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر یک نمونه) در حالی که در روش‌های رایج اکتشافات ژئوشیمیایی از یک اندازه ویژه برای آنالیز استفاده می‌شود و تراکم نمونه‌برداری نیز بالا است (هر ۱ تا ۳ کیلومتر یک نمونه). مزیت تراکم پایین نمونه‌برداری افزون بر کاهش هزینه و وقت سبب می‌شود بی‌هنجاری‌هایی که در نتیجه کانه‌زایی طلا در یک محیط نابارور رخ داده‌اند یا مناطقی که به طور محلی حد زمینه بالایی دارند، حذف شوند (Leduc & Itard, 2003).

در منطقه‌ای با گستره منطقه مورد بررسی (یعنی ۱۸۵۰ کیلومتر مربع) ۱۶۸ نمونه BLEG برداشت شده است (با توجه به این نکته که بخشی از منطقه به سبب قرار گرفتن در کشورهای جمهوری آذربایجان و جمهوری ارمنستان امکان نمونه‌برداری وجود نداشت) که تقریباً به ازای هر ۸ کیلومتر یک نمونه برداشت شده است. در حالی که در نمونه‌برداری رسوبات آبراهه‌ای که توسط علوی‌نایینی و همکاران (۱۳۷۱) انجام گرفته است شمار ۱۲۴۱ نمونه رسوب آبراهه‌ای برداشت شده است که تقریباً تراکم نمونه‌برداری به ازای ۱ نمونه در ۱/۵ کیلومتر مربع است. در بررسی علوی‌نایینی و همکاران (۱۳۷۱) هیچگونه آثاری از طلا در اکتشافات چکشی، بررسی‌های کانی سنگین و ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای به دست نیامده است. ولی همان‌طور که در نقشه مناطق بی‌هنجار طلا (شکل ۴) دیده می‌شود، ۴ محدوده بی‌هنجار طلا به روش BLEG در ورقه سیه‌رود معرفی شده است که نشان از توانایی روش BLEG در آشکارسازی مناطق بی‌هنجار طلا با صرف هزینه و زمان بسیار کمتری دارد.

۹- نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از برداشت و بررسی نمونه‌های BLEG نشان‌دهنده چهار محدوده با بی‌هنجاری درجه ۱ است که شامل موارد زیر است:

- منطقه ائیتق- قره‌چیلر در مرکز توده نفوذی اردوباد (قولان) قرار گرفته است. کانی‌سازی در منطقه شامل رگه‌های کوارتزی و زون‌های دگرسانی در درون توده گرانودیوریتی است.

- روستای نمق در گوشه شمال خاوری ورقه سیه‌رود قرار گرفته است. این منطقه نیز همانند منطقه ائیتق- قره‌چیلر در درون توده نفوذی اردوباد قرار دارد. بیشترین مقدار طلای ثبت شده متعلق به نمونه SBL-6 به مقدار ۲۰ ppb در نزدیکی روستای نمق و در این محدوده واقع شده است.

- در بالادست حوزه آبریز محدوده نمق، در نزدیکی روستای اشتوبین بی‌هنجاری کوچکی در بین رسوبات دگرگونی دوزین و کواترنری به دست آمده است که گستره‌ای در حدود ۴ کیلومتر مربع را شامل می‌شود.

- در جنوب محدوده و در محل اندیس طلای آندریان یا آندرجان نمونه شماره ۱۱۱ با میزان طلای ۱۴ ppb در باختر محدوده مورد بررسی با پروتزد واحد‌های رسوبی ماسه‌سنگی- ماری و سنگ‌آهکی مشخص شده است.

پراکندگی طلا در درون رگه‌های سیلیسی نسبت به زون‌های گرانیتی دگرسان شده بیشتر و همچنین میزان طلا در زون‌های گرانیتی دگرسان شده از زون‌های گرانیتی دگرسان نشده بیشتر است.

شمال باختر ورقه سیه‌رود (منطقه ائیتق- قره‌چیلر، منطقه نمق و منطقه اشتوبین) با طراحی ۱۰۳ نمونه تحت اکتشافات رسوبات آبراهه‌ای قرار گرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه ICP-MS سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ارسال شد. تجزیه شیمیایی نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای برداشت شده نشان‌دهنده بالا بودن عناصر مس و طلا در نمونه‌ها است. در جدول ۲ پارامترهای آماری داده‌های خام برخی از عناصر نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای آورده شده است.

نتایج به دست آمده از برداشت و بررسی نمونه‌ها به روش ژئوشیمیایی رسوب آبراهه‌ای نشان‌دهنده دو محدوده با بی‌هنجاری درجه یک طلا است که شامل (۱) محدوده ائیتق- قره‌چیلر (۲) محدوده نمق است (شکل ۵). همچنین نقشه مناطق بی‌هنجار برای عنصر مس نیز تهیه شد (شکل ۶). نتایج به دست آمده کاملاً با محدوده‌های بی‌هنجار طلا مطابقت دارد که این موضوع با کانه‌زایی موجود در منطقه همخوانی دارد.

۶- همبستگی طلا با عناصر دیگر

دامنه تغییرات غلظت طلا در رسوبات آبراهه‌ای در منطقه مورد بررسی از ۳ ppb تا ۴۵۹ ppb در نوسان است. طلا با عناصر آرسنیک، مس و سرب همبستگی نسبتاً بالایی نشان می‌دهد. همچنین دامنه تغییرات غلظت مس در رسوبات آبراهه‌ای از ۳۷/۲ ppm تا ۱۵۶۲ ppm در نوسان است. مس با عناصر مولیبدن همبستگی بالایی نشان می‌دهد. این موضوع با کانه‌زایی موجود در منطقه همخوانی دارد.

بر پایه جدول ۳، طلا با عناصر مس و آرسنیک همبستگی بالا و با عناصر مولیبدن و سرب همبستگی نسبتاً بالا و با عناصر روی، بیسموت، قلع و تنگستن همبستگی منفی نشان می‌دهد.

۷- اکتشافات چکشی

به منظور اکتشافات چکشی منطقه ائیتق- قره‌چیلر (بزرگ‌ترین منطقه معرفی شده بی‌هنجار طلا در منطقه مورد بررسی) انتخاب شد. منطقه کانه‌زایی ائیتق- قره‌چیلر در فاصله هوایی حدود ۸۵ کیلومتری شمال- شمال خاوری تبریز و حدود ۲۵ کیلومتری شمال خاور بخش خاروانا واقع شده است. طلا در کانسار قره‌چیلر در دو زون مشخص ردیابی می‌شود. مهم‌ترین بخش طلا در رگه‌های سیلیسی به همراه دیگر عناصر قرار دارد. می‌توان طلا را در زون‌های گرانیتی دگرسان و خرد شده به ویژه در پیرامون رودخانه قره‌چیلر و در واحد گرانیت پیریت‌دار ردیابی کرد.

پس از شناسایی مناطق بی‌هنجار طلا در محدوده مورد بررسی با استفاده از روش BLEG و کنترل این مناطق با استفاده از روش رسوبات آبراهه‌ای، ۶ نمونه کانسنگ در اکتشافات چکشی از منطقه ائیتق- قره‌چیلر برداشت شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری طلا در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی آماده‌سازی و آنالیز شد. در جدول ۴ عیار طلا (بر حسب ppb) و منطقه برداشت نمونه‌ها خلاصه شده است.

همان‌طور که در جدول ۴ آمده است پراکندگی طلا در درون رگه‌های سیلیسی نسبت به زون‌های گرانیتی دگرسان شده بیشتر و همچنین میزان طلا در زون‌های گرانیتی دگرسان شده از زون‌های گرانیتی دگرسان نشده بیشتر است. کارهای پیشین انجام گرفته (Movahed aval & Khalighi, 1970؛ برنا و جان‌ناری، ۱۳۷۲؛ قدیرزاده و همکاران، ۱۳۷۹؛ مختاری، ۱۳۸۷) در منطقه نیز مهم‌ترین سیمای کانه‌زایی در منطقه را رگه‌های سیلیسی و زون‌های دگرسانی معرفی کرده است. رگه‌های سیلیسی زیادی در مسیر بین روستای ائیتق تا قره‌چیلر رخ داده است که میزان عیار طلا در این رگه‌ها بالا است (شکل ۷). در سطح بیشتر رگه‌ها در منطقه، کانی‌های ثانویه مالاکیت و آزوریت در نتیجه دگرسانی در سطح سنگ‌های منطقه به وجود آمده است (شکل ۸). در بررسی مقاطع نازک نمونه‌ها، بیوتیت، پلاژیوکلاز و فلدسپار آلکال دیده

چکشی، بررسی های کانی سنگین و ژئوشیمی رسوبات آبراهه ای به دست نیامده است. ولی همان طور که در نقشه مناطق بی هنجار طلا (شکل ۴) دیده می شود، ۴ محدوده بی هنجار طلا به روش BLEG در ورقه سیه رود معرفی شده است که نشان از توانایی روش BLEG در آشکار سازی مناطق بی هنجار طلا با صرف هزینه و زمان بسیار کمتری دارد.

سپاسگزاری

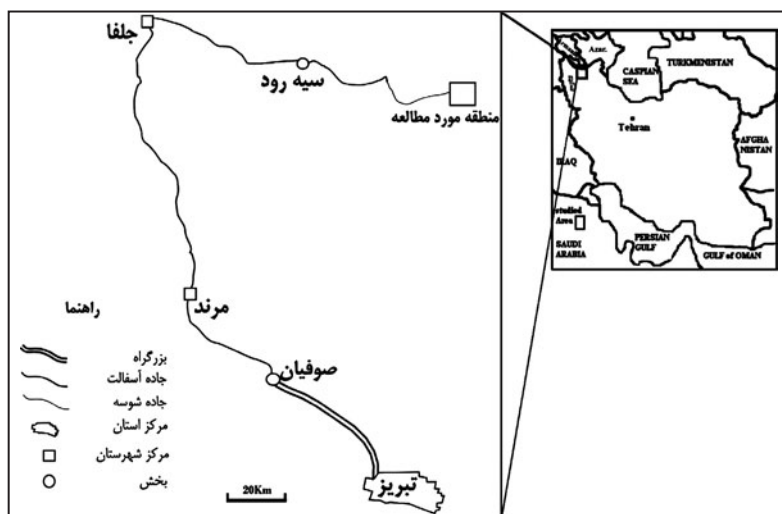
نویسندگان از همکاری اساتید گرامی آقایان دکتر علی اصغر مختاری، دکتر بهزاد مهرابی، مهندس محسن نجاران و مهندس جعفر صبوری در بهبود این نوشتار سپاسگزاری ویژه می نمایند.

نتایج به دست آمده از برداشت و بررسی نمونه ها به روش ژئوشیمیایی رسوب آبراهه ای نشان دهنده دو محدوده با بی هنجاری درجه یک طلا و دو محدوده با بی هنجاری درجه یک مس است.

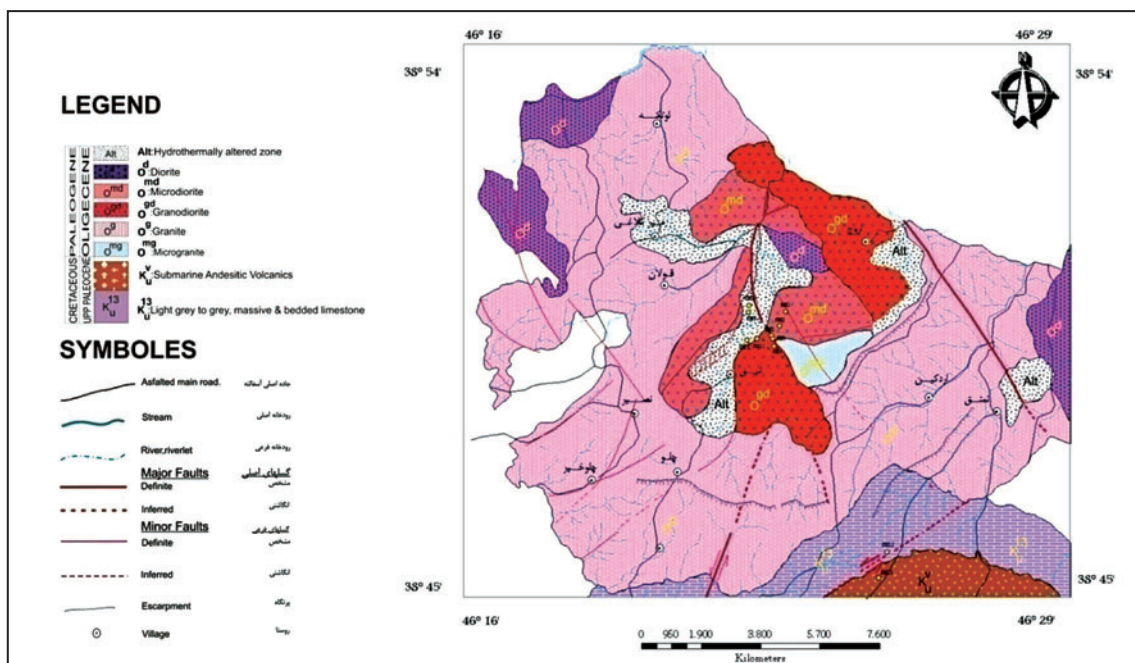
بر پایه جدول ۳، طلا با مس و آرسنیک همبستگی بالایی نشان می دهد. همچنین مس با مولیبدن همبستگی بالایی نشان می دهد که این موضوع با کانه زایی های موجود در منطقه همخوانی دارد.

بی هنجاری های به دست آمده توسط روش BLEG همخوانی گسترده ای با کارهای انجام گرفته در گذشته (Movahed aval & Kalighi, 1970، برنا و جان نثاری، ۱۳۷۲؛ قدیرزاده و همکاران، ۱۳۷۹؛ مختاری، ۱۳۸۷) در این منطقه دارد.

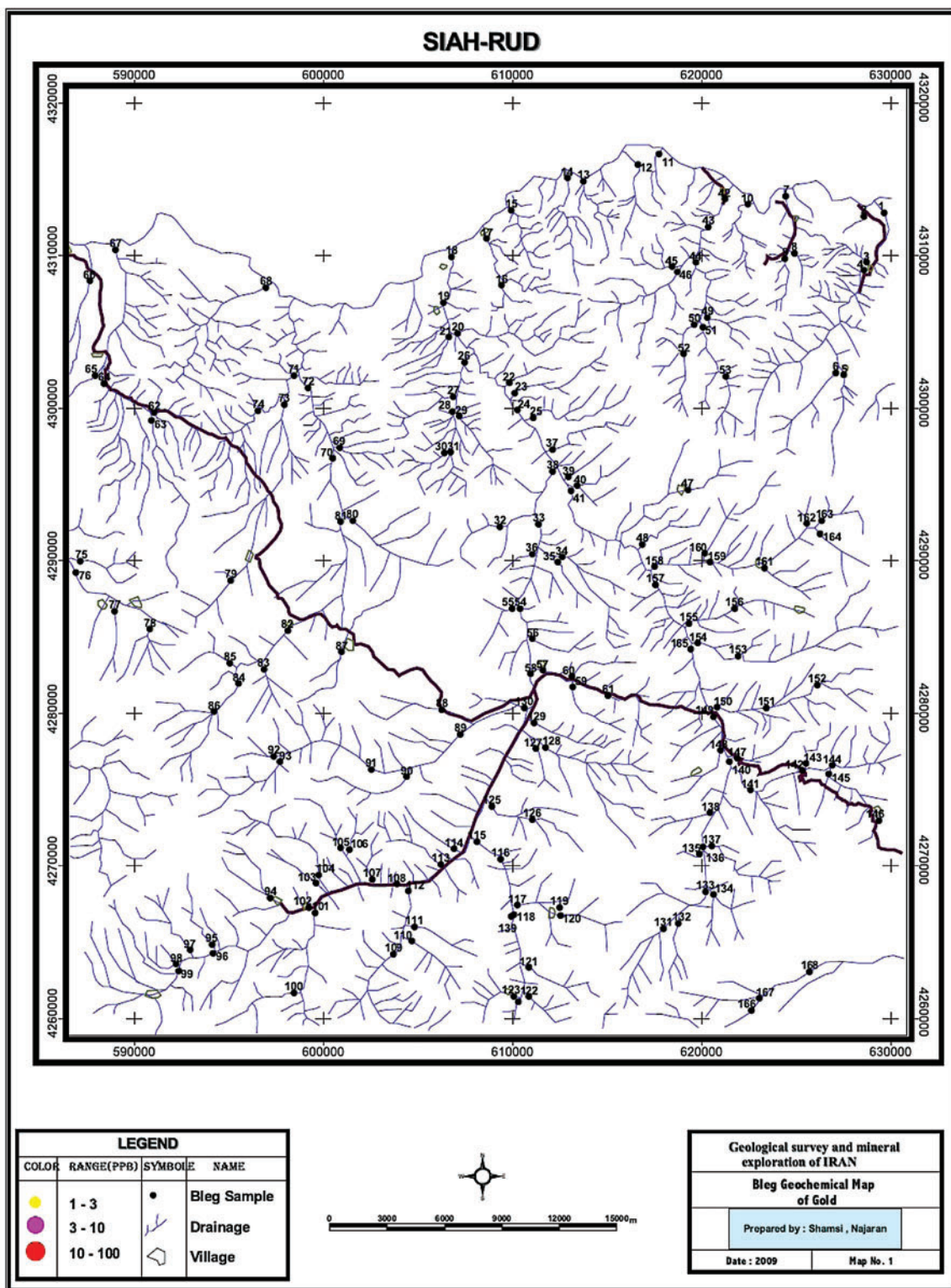
در بررسی علوی نایینی و همکاران (۱۳۷۱) هیچگونه آثاری از طلا در اکتشافات



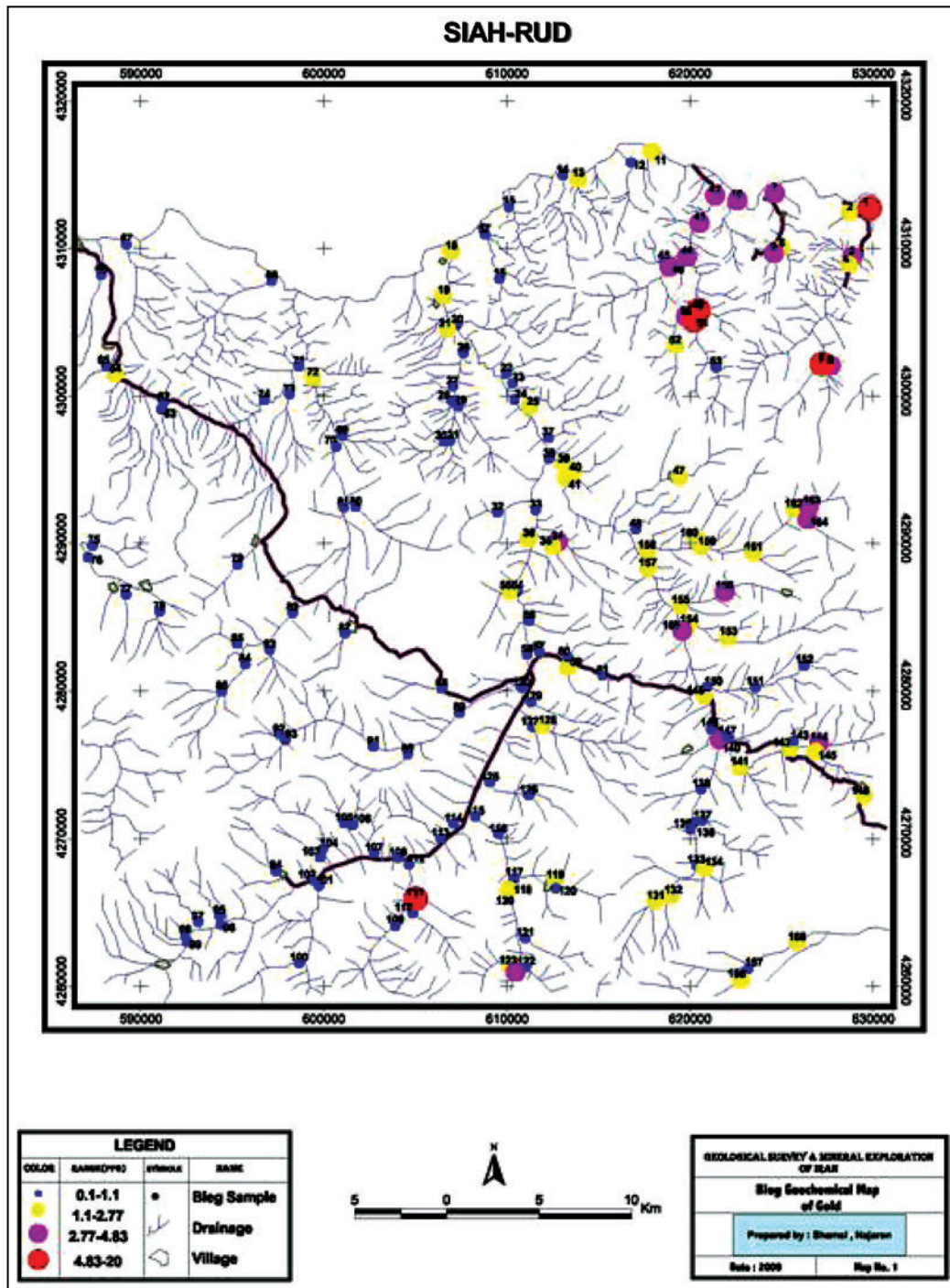
شکل ۱- راه های دسترسی از طریق شهرستان جلفا و محدوده مورد بررسی (بر گرفته از اطلس راه های ایران، ۱۳۸۶).



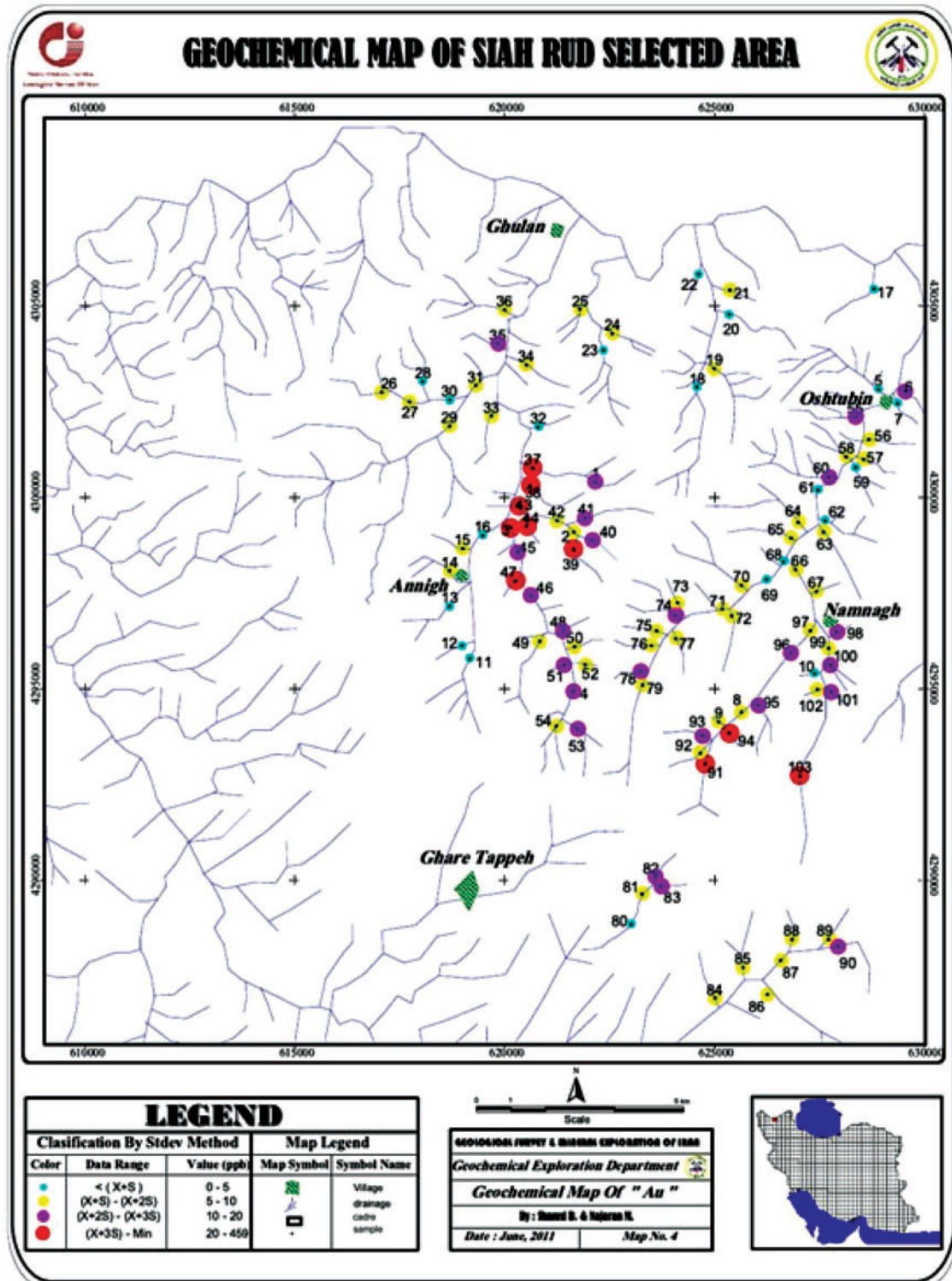
شکل ۲- باتولیت قره داغ واقع در گوشه شمال خاوری ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه رود (بر گرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه رود، مهرپرتو، ۱۳۷۶).



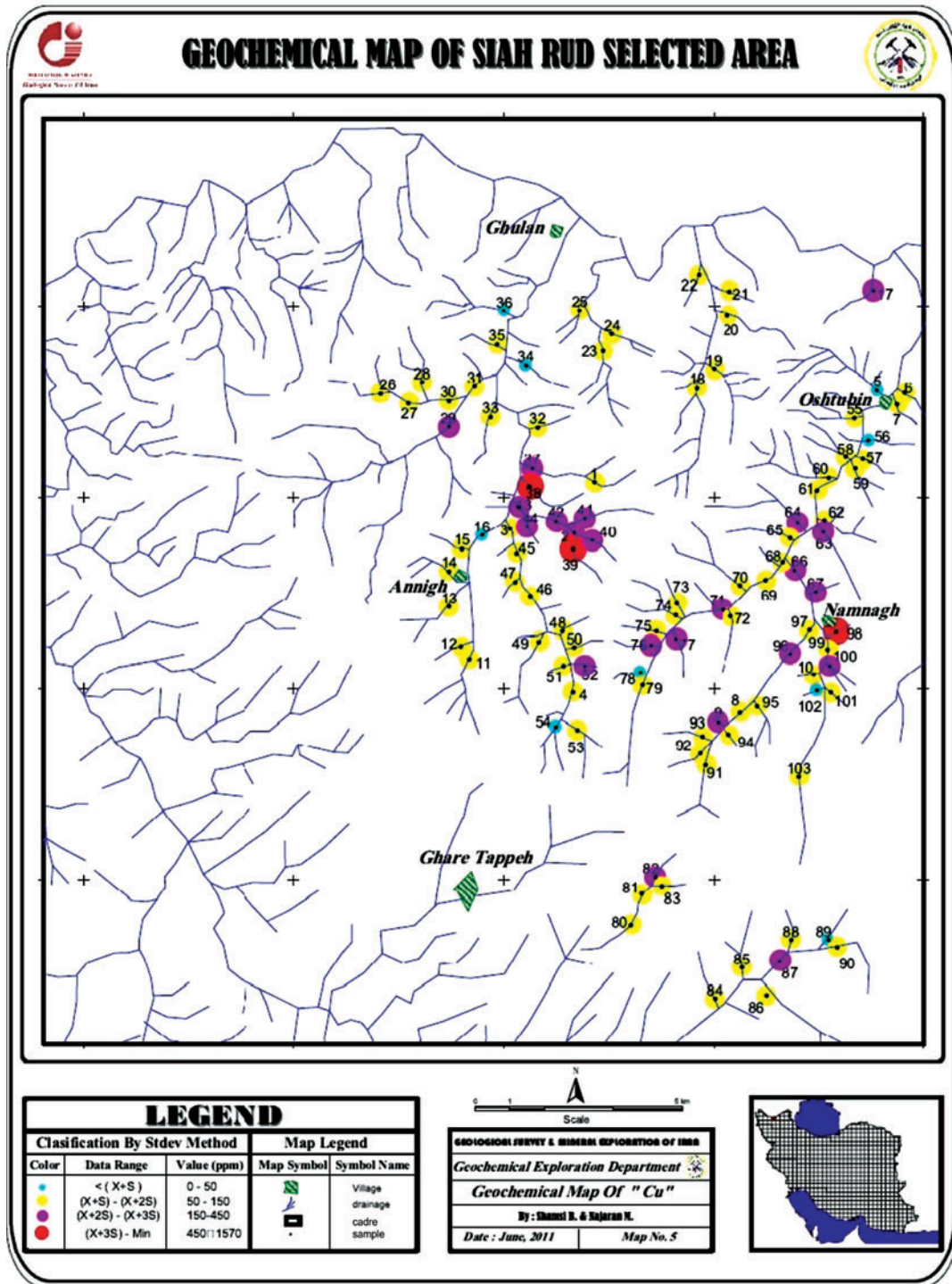
شکل ۳- شبکه نمونه برداری نمونه های BLEG در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیهرود.



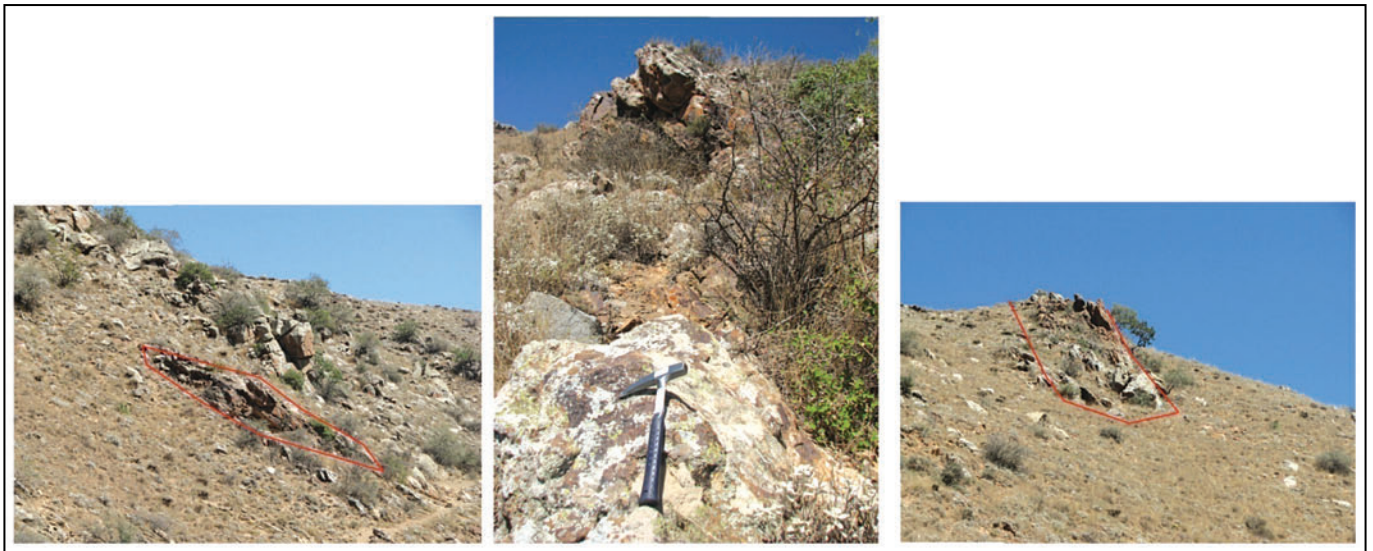
شکل ۴- نقشه مناطق بی‌هنجار طلا به روش ژئوشیمیایی BLEG در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیهرود.



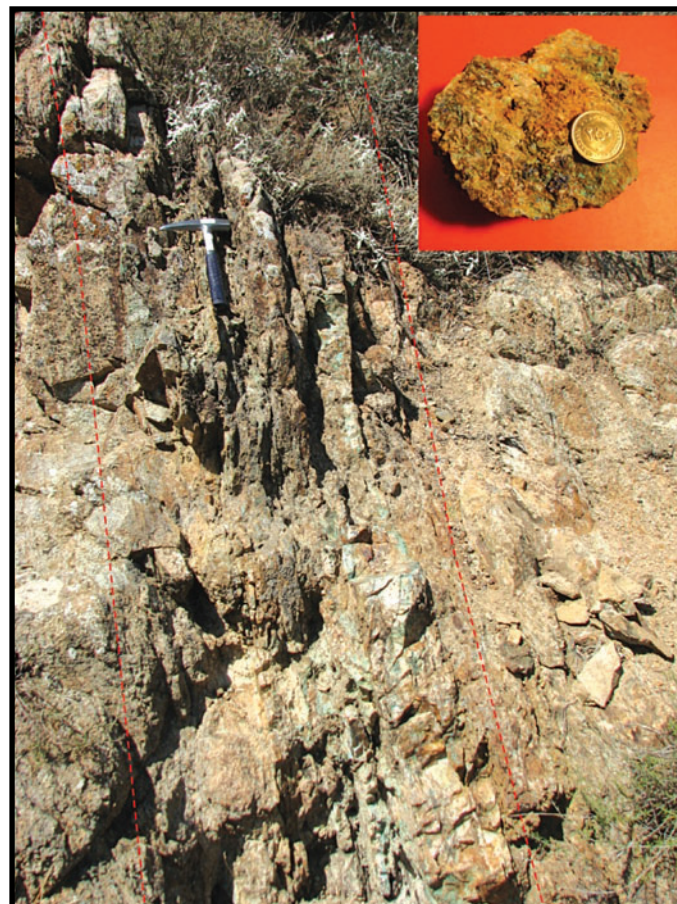
شکل ۵- نقشه مناطق بی‌هتجار طلا به روش ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای.



شکل ۶- نقشه مناطق بی‌هنجار مس به روش ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای.

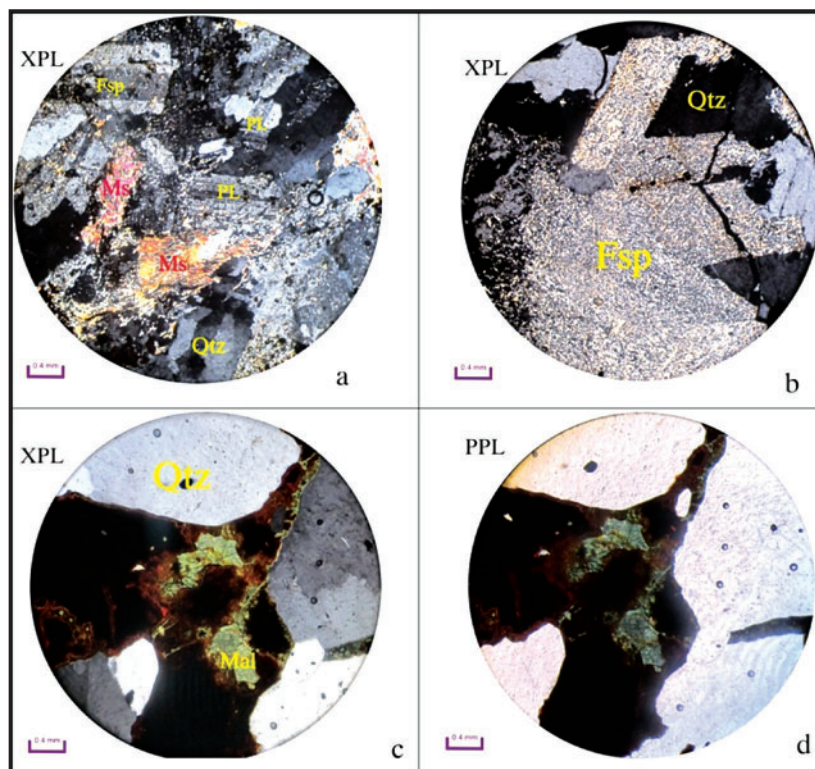


شکل ۷- شماری از رگه های سیلیسی در مسیر مالروی روستای انیق- قره چیلر (دید به سوی شمال خاور).



شکل ۸- نما و نمونه دستی از رگه سیلیسی در مسیر روستای انیق- قره چیلر (کانی های ثانویه مالاکیت و آزوریت در سطح رگه قابل مشاهده است).

شکل ۹- الف) بیوتیت به فنزیت (نوعی مسکوویت) دگرسان شده است. کانی‌های کوارتز، پلاژیوکلاز با ماگل پلی‌سنستیک و فلدسپار پتاسیم با ماگل کارلسباد؛ ب) بلورهای خودشکل فلدسپار پتاسیم که دگرسانی سریستی و رسی شدن را متحمل شده‌اند؛ پ و ت) ملاکیت که بین کوارتزها جانشین شده است.



جدول ۱- داده‌های آماری نمونه‌های BLEG در منطقه مورد بررسی.

طلا		عنصر
لگاریتمی	خام	داده‌ها
۱۶۸	۱۶۸	تعداد
-۶/۲۱	۰/۱	کمینه
۳/۰۰	۲۰	بیشینه
-۰/۳۱	۱/۶۴	متوسط
-۰/۳۸	۰/۶۸	میانه
-۰/۵۳	۰/۲۴	مد
۱/۴۴	۲/۹	انحراف معیار
-۱/۳۳	۴/۵	چولگی
۵/۱۶	۲۳/۰۵	کشیدگی

جدول ۲- پارامترهای آماری داده‌های خام برخی از عناصر رسوبات آبراه‌ای برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه‌رود.

عنصر داده	طلا	نقره	آرسنیک	باریم	بیسموت	مس	مولیبدن	سرب	آنتیموان	قلع	تنگستن	روی
تعداد	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳
کمینه	۳	۱/۱	۰/۴	۱۵۲/۵	۲۶/۸	۳۷/۲	۰/۱	۰/۲	۲/۹	۵/۲	۰/۳	۲۹/۵
بیشینه	۴۵۹	۴/۰۷	۳۶/۵	۹۶۳/۷	۱۳۲/۵	۱۵۶۲	۱۵/۵	۳۵/۹	۱۳/۸	۲۵/۲	۳۳/۵	۱۵۸/۶
متوسط	۹	۰/۱	۸/۳	۴۲۴/۹	۶۰/۶	۷۹/۳	۰/۷	۱۶/۱	۷/۲	۱۲/۱	۵/۷	۷۰/۶
میانه	۱۵/۲۱	۰/۱۲	۱۰/۲۹	۴۳۷/۶۵	۶۱/۶۸	۱۳۷/۷۳	۱/۹۹	۱۵/۸۲	۷/۴۸	۱۲/۵۴	۶/۲۲	۷۵/۳۵
مد	۶	۰/۱	۴/۶	۱۷۰/۲	۶۶/۸	۴۳/۴	۰/۲	۱۰/۲	۶/۵	۱۲	۰/۵	۷۰/۴
انحراف معیار	۴۵/۰۸	۰/۰۶	۷/۹۴	۱۸۳/۵۳	۲۲/۸۳	۱۸۰/۸۶	۳/۴۲	۷/۸۶	۱/۷۹	۴/۳۵	۵/۶۶	۲۰/۹۷
واریانس	۲۰۳۲/۱۱	۰/۰۰۳	۶۳/۰۶	۳۳۶۸۵/۳۱	۵۲۱/۱۴	۳۲۷۱۰/۰۶	۱۱/۷۳	۶۱/۷۷	۳/۲۲	۱۸/۹۲	۳۲/۰۰	۴۳۹/۹۱
چولگی	۹/۵۵	۳/۷۶	۱/۴۹	۰/۵۵	۰/۹۶	۵/۴۶	۲/۵۷	۰/۲۶	۰/۵۸	۰/۸۲	۲/۷۳	۱/۰۳
کشیدگی	۹۴/۵۹	۱۵/۷۳	۲/۳۰	-۰/۰۷	۱/۳۱	۳۸/۵۱	۵/۹۹	-۰/۳۵	۱/۲۶	۱/۱۲	۹/۷۲	۲/۲۵

جدول ۳- ضرایب همبستگی برخی عناصر نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای وره ۱:۱۰۰۰۰۰:اسیه‌رود.

AS	0.17																			
Ag	-0.01	0.12																		
Bi	-0.11	-0.11	-0.03																	
Cu	0.25	0.03	0.00	-0.05																
Mo	0.07	0.27	0.21	-0.34	0.25															
Pb	0.10	0.19	-0.22	0.32	0.05	-0.22														
Sb	-0.12	0.02	0.16	-0.08	-0.08	0.16	-0.22													
Sn	-0.01	-0.11	-0.08	0.94	0.01	-0.42	0.40	-0.5												
W	-0.09	-0.06	0.13	0.08	0.01	0.22	-0.28	0.21	-0.12											
Zn	-0.16	-0.07	0.05	0.48	0.06	-0.25	0.12	0.33	0.46	0.10										
	Au	As	Ag	Bi	Cu	Mo	Pb	Sb	Sn	W										

جدول ۴- غلظت طلا اندازه‌گیری شده در ۶ نمونه چکشی برداشت شده از منطقه انیق- قره‌چیلر.

توضیحات	طلا (ppb)	شماره نمونه
واحد گرانودیوریتی در دره انیق- قره‌چیلر	۱۲۳	SM1
رگه کوارتزی در کف دره انیق- قره‌چیلر با بافت متراکم	۷	SM2
واحد میکرودیوریتی در دره انیق- قره‌چیلر	۸۱	SM3
مرز بین واحد میکرودیوریت و گرانودیوریت	۱۱۷	SM4
واحد گرانودیوریتی به شدت دگرسان شده	۲۰۳	SM6
رگه سیلیسی در مسیر مالروی روستای انیق- قره‌چیلر با بافت اسفنجی و حفرهای	۸۹۵۶	SM10

کتابنگاری

- آقانیاتی، س.ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ رویه.
- اطلس راه‌های ایران، ۱۳۸۶- مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی.
- امامی جعفری، م.، مهرپرتو، م.، اکبرپور، ا. و شمسی، ب.، ۱۳۹۱- بررسی کارآمدی روش BLEG در اکتشاف کانسارهای طلا، مجله سازمان نظام مهندسی معدن، شماره ۱۶، رویه ۱۳ تا ۲۰.
- برنا، ب. و جان‌ناری، م.، ۱۳۷۲- گزارش اکتشافی طلا در مناطق قره‌چیلر و قره‌دره و بررسی طلا در زون‌های آرسنیک‌دار سیه‌رود و دستجرد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۲۶ رویه.
- حسن‌پور، ش.، ۱۳۸۹- متالوژنی و کانی‌زایی مس و طلا در زون ارسباران (آذربایجان خاوری)، پایان‌نامه دکترا، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- علوی‌نایینی، م.، ر.، طاووسی، ح. و باستانی، ح.، ۱۳۷۱- اکتشافات ژئوشیمیایی- کانی‌های سنگین در وره ۱:۱۰۰۰۰۰:اسیه‌رود، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۱۸ صفحه.
- عین‌علی، م.، ۱۳۸۵- ژئوشیمی، کانی‌شناسی، دگرسانی و ژنز کانسار طلا در واحدهای دگرگونی- متاسوماتیکی منطقه خاروانا (آذربایجان شرقی)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- قدیرزاده، ا.، حیدری، ر.، حاج‌نوروزی، م.، خداپنده، ع.ا. و مهرپرتو، م.، ۱۳۷۹- طرح مطالعات اکتشافی طلای اپی‌ترمال و مس و مولیبدن پورفیر زون ارسباران (مرحله شناسایی)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۶ صفحه به انضمام ۷۶ صفحه پیوست.
- مختاری، ع.ا.، ۱۳۸۷- پتروژنی، ژئوشیمی و پتروژنز باتولیت قره‌داغ (خاور سیه‌رود- آذربایجان شرقی) و هاله اسکارنی آن، با نگرشی بر کانی‌سازی مرتبط با توده‌ی نفوذی، پایان‌نامه دکترا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۴۶ صفحه.
- مهرپرتو، م. و خان‌ناظر، ن.، ۱۳۷۶- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰:اسیه‌رود، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- مهرپرتو، م.، ۱۳۷۶- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰:اسیه‌رود، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نوی، م.، ح.، ۱۳۵۵- دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۰۹ صفحه.

References

- Beeson, R., 1995- A drainage sediment geochemical orientation study at Boddington, Western Australia. *J. Geochemical Exploration*, vol.54, pp. 63-71.
- Elliott, S. M. & Towsey, C. A., 1989- Regional drainage geochemical gold exploration techniques used in Queensland, Australia. North Queensland Gold '89 Conference, Townsville, QLD, pp.51-61.
- Leduc, C. & Itard, Y., 2003- Low sampling density exploration geochemistry for gold in arid & tropical climates: comparison between conventional geochemistry and BLEG. Vol.3, pp.121-131.
- Mazzucchelli, R. H., 1987- Gold in stream sediments in meaningful sampling in gold exploration. *Aust. Inst. Geol. Bull.*7, pp.85-100.
- Mazzucchelli, R. H., 1997- Geochemical Exploration in Areas affected by tropical weathering- an industry perspective, In "Proceeding of Exploration 97: Fourth Decennial International on Mineral Exploration" edited by: A.G Gubins, pp.315-322.
- Movahed aval, M. & Khalighi, M., 1970- Geological prospection in Chamtal-Dozal-Gulan area (Northern west Iran). P.18.
- Radford, N., 1996- BLEG sampling in gold exploration: an Australian view. *Explore*, Vol. 92, pp.8-10.
- Sharpe, W. V., 1988- BLEG: a geochemical tool in the Great Sandy Desert. Second Decennial International Conference. *Prospecting in Arid Terrain*, Perth, pp.117-119.
- Stöcklin, J., 1986- Structural history and tectonics of Iran; a review, *American Association of Petroleum Geology Bulletin*, Vol. 52, No.7, pp. 1229-1258.

Studying the Results Sampling and Analysis by Using the BLEG Geochemical Method in 1:100000 Siah Rud Sheet (NW Iran)

M. Emami Jafari ^{1*}, M. Mehrpartou ², A. Akbarpoor ³ & B. Shamsi ⁴

¹M.Sc., Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

³ Ph. D., Geochemical Exploration Group, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

⁴ M.Sc., Geochemical Exploration Group, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2013 January 15

Accepted: 2013 November 06

Abstract

BLEG method is one of modern methods used for gold geochemical exploration studies. The method has helped to locate many low grade gold deposits. The significant change of the method compared to common geochemical exploration methods is to use of large volumes of samples regardless of their size and low density of sampling. In order to evaluate the efficiency of the BLEG geochemical method with stream sediment method, 1:100000 Siah Rud sheet was chosen in geological region of Azarbaijan in a district that geological map and geochemical exploration has already been carried out. The study area is 1850 km², located in a mountainous area of northwest Iran in the Eastern-Azarbaijan province (NW of Ahar city). The rock units of the area consist mainly of the Upper Cretaceous limestone and flysch complex, Oligocene intrusive bodies and Eocene volcanic-sedimentary rocks. The Oligocene intrusive bodies are the most important igneous unit in the area. In this project, 168 BLEG samples and 103 stream sediment samples (silt samples) were prepared and studied. The range gold values in BLEG samples are from 0.1 to 20 ppb, and in the stream sediment samples from 3 to 459 ppb. The results of sampling and analysis present four districts with high anomalous degrees: 1) Anigh-Ghareh Chilar district, 2) Namnegh district, 3) Eshtobin district, and 4) Andrian or Mive Rud district. Analysis of the stream sediment samples represents high value of Cu and Au. Correlation of the elements in stream sediments taken from the Anigh-Ghareh Chilar district represents high correlation of gold with arsenic, copper and lead elements. Copper also shows a high correlation with molybdenum, which is in accordance with mineralization of this area.

Keywords: BLEG Method, Sample Sediment Method, Siah Roud, Gold, East Azarbaijan, Anigh-Gharachilar.

For Persian Version see pages 195 to 206

*Corresponding author: M. Emami Jafari; E-mail: Maryam_91666@yahoo.com