



بررسی توزیع ژئوشیمیایی طلا در رسوبات آبراهه‌ای ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر با استفاده از روش BLEG

فاطمه جهانگیریار^۱، وارطان سیمونز^{۲*}، محسن مؤذن^۳، مرتضی گل‌رسان^۱، احمد رواقی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوشیمی، دانشکده علوم طبیعی، گروه علوم زمین، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- استادیار زمین‌شناسی اقتصادی، مرکز تحقیقات علوم پایه دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- استاد پترولوژی، دانشکده علوم طبیعی، گروه علوم زمین، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۴- کارشناسی ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال باختری- تبریز، ایران

* عهده‌دار مکاتبات: simmonds_vartan@yahoo.co.uk

دریافت مقاله: ۹۲/۲/۲۶ پذیرش مقاله: ۹۲/۵/۲۵

چکیده

منطقه مورد مطالعه در شمال باختری ایران در محدوده ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر واقع است. واحدهای آتشفشانی انوسن بخش وسیعی از منطقه را می‌پوشاند و توده‌های گرانیتی-گرانودیوریتی و گرانیت قلیایی اولیگوسن در آنها نفوذ کرده و دگرسانی‌های گرمایی و کانه‌زایی مس-طلا در آنها ایجاد شده است. با توجه به حساسیت بسیار بالای روش BLEG (۰/۸ ppb) برای طلا و امکان ردیابی سریع این عنصر در رسوبات آبراهه‌ای، این روش برای مطالعه توزیع ژئوشیمیایی طلا و زون‌های بی‌هنجار آن در ورقه اهر انتخاب شد. تعداد ۴۲۲ نمونه از رسوبات آبراهه‌ای برداشت و مقدار طلای آنها به روش Fire assay تجزیه شیمیایی شد. پس از پردازش داده‌ها، ۵ زون بی‌هنجاری طلا در نیمه شمالی و بخش مرکزی محدوده و گوشه جنوب شرقی ورقه اهر شناسایی شدند. مطالعات صحرایی نشان می‌دهد که این بی‌هنجاری‌ها در ارتباط با توده‌های نفوذی گرانیت قلیایی و گرانیت اولیگوسن و زون‌های دگرسان حاصل از سیال‌های گرمایی مربوطه هستند.

واژه‌های کلیدی: رسوبات آبراهه‌ای، روش BLEG، اهر، طلا، بی‌هنجاری

۱- مقدمه

روش سنتی مطالعه رسوب آبراهه‌ای، برداشت مقدار زیادی نمونه (معمولاً ۵-۲۰ کیلوگرم) به جای برداشت نمونه‌هایی با اندازه ذرات مشخص است. همچنین در این روش، تنها ذرات ریزدانه و آزاد طلا (< 2 میلی‌متر) در محلول سیانید قابل انحلال هستند و ذرات محصور توسط کانی‌های دیگر حل نمی‌شوند. (Liang et al., 1980).

از سوی دیگر، دانه‌های درشت طلا نیز تنها به صورت سطحی دچار انحلال می‌شوند (Bheemalingeswara, 2010) و بنابراین مقدار طلای به دست آمده توسط این روش، تا حدودی کمتر از روش سنتی مطالعه رسوبات آبراهه‌ای است. با این وجود، مزیت بزرگ BLEG در برابر روش سنتی، حساسیت بسیار بالای آن و امکان ردیابی مقادیر جزئی طلا (حتی در حد ۰/۸ ppb) در فواصل بسیار دور از مرکز کانه‌زایی است، که این امر، روش BLEG را در پروژه‌های اکتشاف ناحیه‌ای به روشی بسیار سودمند تبدیل کرده است. نمونه معروف کاربرد مؤثر BLEG، اکتشاف ذخیره بزرگ مس-طلا پورفیری Batu Hijau در یک منطقه مرطوب جنگلی در اندونزی است (Meldrum et al., 1994).

یکی از روش‌های نوین برای شناخت کانسارهای طلا بویژه کانسارهای پنهان این فلز، روش BLEG (کل طلای استحصال شده با روش شستشوی شیمیایی) است. ابعاد نمونه‌های آن کمتر از ۲ میلی‌متر بوده و حجم نمونه آن بالاست. BLEG معمولاً در شناسایی حوضه‌های آبریز با مقادیر غیرعادی طلا و ردیابی سریع منشأ آن در مناطق فاقد داده‌های اکتشافی به کار می‌رود. این روش به منظور بهبود کیفیت داده‌های به دست آمده از نمونه‌های رسوب آبراهه‌ای و اندازه‌گیری دقیق محتوای طلای دانه‌ریز این نمونه‌ها توسط شرکت‌های استرالیایی و آمریکایی توسعه یافت و به طور وسیعی در اکتشاف ذخایر طلا استفاده شد (Radford, 1996). در این روش، محلول قلیایی سیانید سدیم برای استحصال طلا از نمونه‌های رسوب آبراهه‌ای و خاک به کار می‌رود. فرق این روش با

باختری به گسل تبریز-سلطانیه، از شرق به گسل اردبیل-میانه و از سمت شمال شرق، به فروافتادگی نزدیک گسل شرقی-غربی مغان محدود می‌شود (قربانی، ۱۳۸۶). ادامه این منطقه فلزایی در شمال به زون فلزایی قفقاز کوچک می‌رسد.

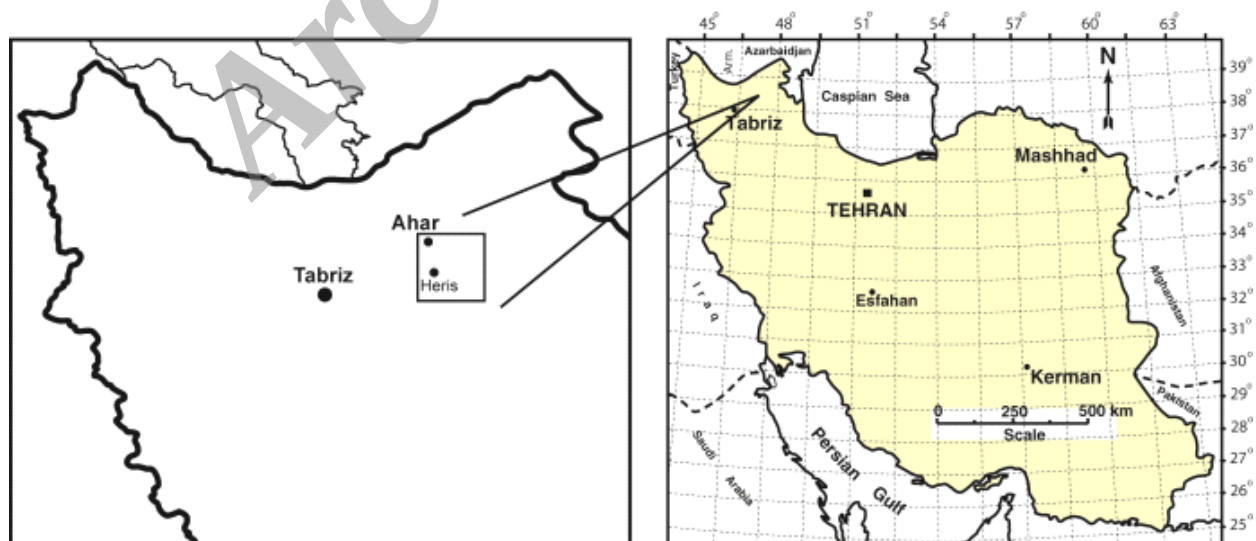
در ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر (شکل ۲)، (مهدوی و امینی فضل، ۱۳۶۷)، گسترده‌ترین واحد سنگی در محدوده مورد مطالعه، سنگ‌های آتشفشانی ائوسن با ترکیب آندزیتی، آندزیت پیروکسن‌دار، تراکی آندزیتی و گاه تراکییتی پورفیری، آندزیت‌بازالت با دگرسانی کائولینیتی و آلونیتی و به مقدار کمتر گدازه‌های اولیوین بازالتی همراه با توف‌های اسیدی به شدت سیلیسی و سریسیتی‌شده، ایگنمبریت با ترکیب داسیتی تا ریوداسیتی، و توفیت (E^V) هستند که در داخل آنها گاه عدسی‌های آهکی نازک‌لایه حاوی فسیل نومولیت (E^I) مشاهده می‌شود.

از نظر چینه‌شناسی، این واحدها بر روی سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت تا تراکی آندزیت پورفیری و سنگ‌های آذرآوری مانند توف و آگلومرا؛ P^V) و رسوبی (مارن گچ‌دار، ماسه‌سنگ آهکی و آهک‌های خاکستری؛ P^S) پالئوسن و سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت پورفیری، آندزیت بازالت و اولیوین بازالت همراه با برش آتشفشانی و توفیت؛ K^V) و رسوبی (کنگلومرای قاعده‌ای، ماسه‌سنگ، شیل و مارن K^S و سنگ آهک فسیل‌دار K^I) کرتاسه پسین، به‌عنوان قدیمی‌ترین واحدهای سنگی منطقه قرار می‌گیرند.

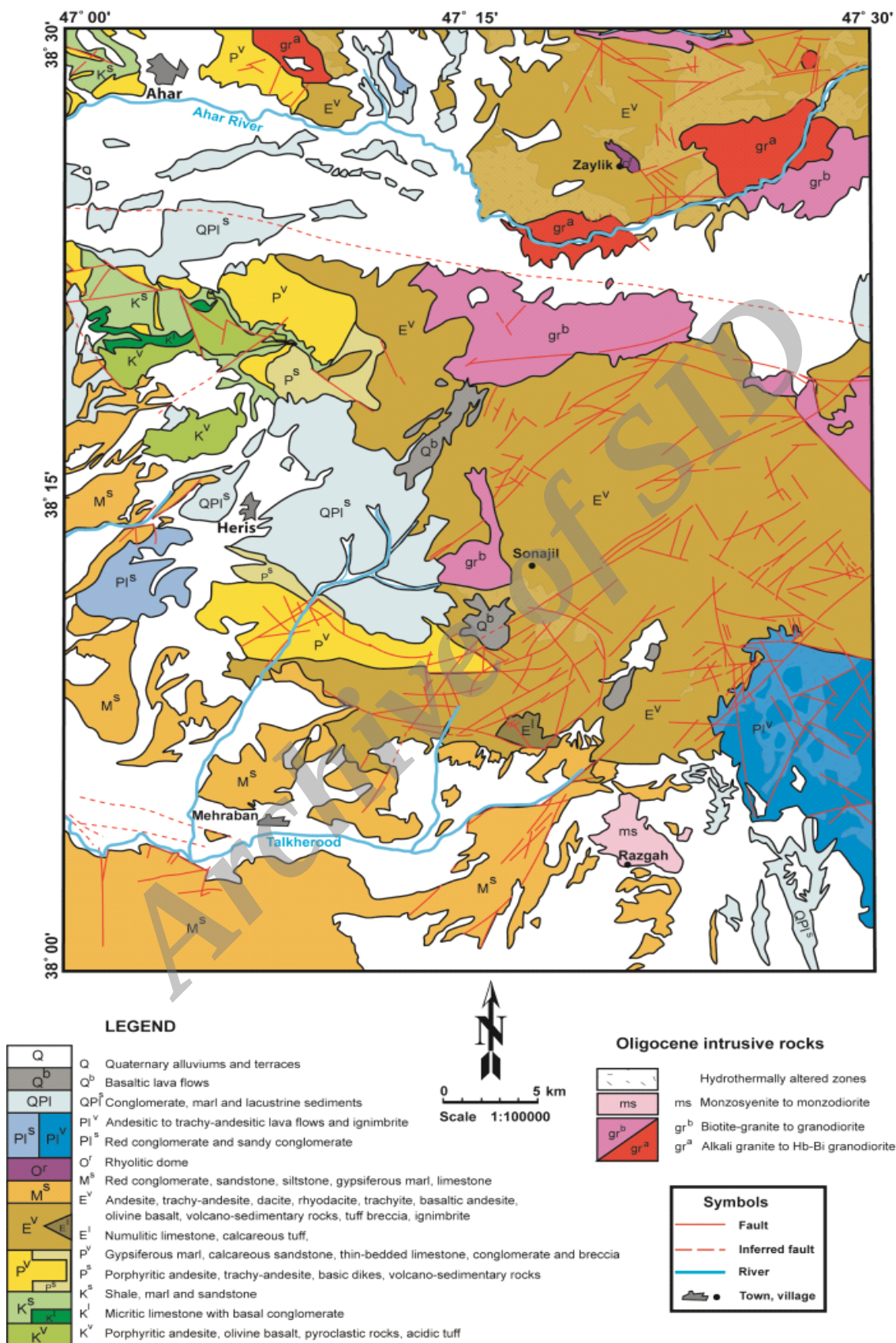
با توجه به قرارگیری منطقه مورد مطالعه در این تحقیق در زون فلزایی اهر-جلفا و رخداد فعالیت‌های آتشفشانی، پلوتونیسم و دگرسانی در این زون که منجر به تشکیل کانسارهای مهمی چون مس پورفیری سونگون (Calagari, 1997)، کانسار مس سوناجیل (حسین‌زاده، ۱۳۸۷)، اسکارن مزرعه (Mollaei et al., 2009) و بسیاری معادن و نشانه‌های معدنی دیگر در منطقه شده است، به نظر می‌رسد که پتانسیل منطقه از نظر کانه‌زایی طلا نیز اهمیت دارد. بنابراین در این مقاله سعی شده است با بررسی توزیع ژئوشیمیایی طلا در رسوبات آبراهه‌ای نمونه‌برداری شده به روش BLEG و پردازش آماری داده‌های به‌دست آمده، مناطق دارای بی‌هنجاری طلا در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ جهت اکتشافات تفصیلی، مطالعه و شناسایی شود.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی عمومی منطقه

منطقه مورد مطالعه در ۱۱۰ کیلومتری تبریز، مرکز استان آذربایجان شرقی، بین طول جغرافیایی 47° تا $47^{\circ} 30'$ شرقی و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 15'$ تا $30'$ شمالی قرار دارد و کل مساحت نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر را شامل می‌شود (شکل ۱). این منطقه از نظر تقسیمات زمین‌شناسی-ساختمانی ایران (نبوی، ۱۳۵۵)، در زون البرز-آذربایجان واقع شده است. راه دسترسی به ناحیه مورد مطالعه، جاده آسفalte تبریز-اهر است. جاده‌های بستان‌آباد-مهربان-اهر و اهر-مشگین‌شهر از دیگر راه‌های ارتباطی به این منطقه هستند. منطقه فلزایی اهر-جلفا از نظر زمین‌شناسی از جنوب و جنوب



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی ساده‌شده ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر، (برگرفته از مهدوی و امینی فضل، ۱۳۶۷)

براساس مقایسه داده‌ها با یک مقدار ثابت (غالباً ۳ ppb) صورت می‌گیرد. به همین دلیل نیاز به جایگزینی مقادیر سنسورد نیست چرا که این مقادیر خود به خود در محدوده زمینه قرار گرفته و حذف می‌شوند (Otterman and de San Miguel, 1995). در هر حال اگر هر پردازش دیگری انجام شود، صرفاً به منظور بررسی‌های جانبی روش بوده و در اصول روش، تغییری ایجاد نخواهد کرد. در این تحقیق، از ۴۲۲ نمونه‌ای که برای تجزیه به روش BLEG برداشت و تجزیه شد، ۵۵ نمونه دارای مقادیر کمتر از ۱ ppb (حد حساسیت دستگاه) بوده و ۱۵ نمونه نیز به علت پایین بودن وزن (کمتر از ۲۰۰۰ گرم) و سایر مشکلات، تجزیه نشدند.

۴-۲- پردازش‌های آماری متناسب با ماهیت داده‌ها

برای بررسی آماری داده‌های به دست آمده، جدول پارامترهای آماری عنصر طلا، هیستوگرام فراوانی و پراکندگی غلظت در کل جامعه آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS رسم شد (جدول ۱ و شکل ۳). در روش BLEG بر خلاف روش سنتی مطالعه ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای، نیاز به جدایش مقادیر خارج از رده و بهنجارسازی داده‌ها و سایر پردازش‌های دیگر نیست و ملاک جدایش بی‌هنجاری از زمینه برای مشخص شدن محدوده‌های بی‌هنجار، مقدار ۳ ppb است چرا که اگر بخشی از غلظت‌ها به علت واقع شدن در محدوده خارج از رده، از فرایند پردازش آماری حذف شوند مستقیماً سبب حذف محدوده‌های بی‌هنجار خواهند شد.

۴-۳- معرفی مناطق دارای بی‌هنجاری طلا

با بررسی نتایج تجزیه نمونه‌های برداشت شده مشخص شد که ۷۰ نمونه از ۴۲۲ نمونه تجزیه شده، مقادیر بالای ۳ ppb دارند که طبق پردازش صورت گرفته به عنوان جامعه بی‌هنجاری لحاظ شده و معرف ۵ زون بی‌هنجاری در سطح منطقه می‌باشند (شکل ۴). به منظور کنترل این بی‌هنجاری‌ها، بازدید صحرایی از موقعیت آنها انجام گرفت که مؤید وجود کانی‌سازی در این مناطق بود و ۸۵ نمونه سنگی و کانه‌زایی شده از این مناطق برداشته و مطالعه ماکروسکوپی و میکروسکوپی بر روی آنها انجام شد. موقعیت و مشخصات هر یک از این زون‌ها به شرح زیر است:

۴-۳-۱- زون اول

این بی‌هنجاری در ناحیه شرق و غرب شهرستان اهر واقع است. از نظر زمین‌شناسی، واحدهای تشکیل دهنده این محدوده شامل توده نفوذی گرانیات قلیایی به سن اولیگوسن، گدازه‌های بازالت آندزیتی سیلیسی‌شده، داسیتی و آندزیتی همراه با سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی ائوسن و مارن، ماسه سنگ و آهک کرتاسه پسین است. البته بخش زیادی از این منطقه نیز توسط رسوبات آبرفتی کواترنری پوشیده شده است.

واحدهای اولیگوسن شامل گنبدیهای ریولیتی (O^r)، برش و ایگنمبریت داسیتی و چندین توده نفوذی بزرگ با ترکیب گرانیتی تا گرانودیوریتی و بافت دانه‌ای هستند که براساس ویژگی‌های سنگ‌نگاری، به دو گروه بیوتیت- هورنبلند گرانیات (gr^b) و گرانیات قلیایی (gr^a) تقسیم می‌شوند. واحدهای میوسن رسوبی بوده (M^s) و شامل کنگلومرای قرمز رنگ با میان لایه‌هایی از مارن، تناوب مارن‌های ژئوپس دار، آهک مارنی و ژئوپس است که بویژه در بخش جنوبی و جنوب غربی ورقه اهر رخمون دارند و لایه‌های چین خورده با ساختارهای تاقیدیسی و ناودیسی مشخص تشکیل داده‌اند. واحدهای پلیوسن با کنگلومرای قرمز رنگ قاعده‌ای و کنگلومرای ماسه‌ای (PI^s) مشخص می‌شوند و نهشته‌های پلیو- پلیستوسن نیز که در بخش غربی منطقه و به طور کلی در دشت اهر رخمون دارند (QPI^s) شامل کنگلومرای با جورشدگی ضعیف و گردشدگی نه چندان خوب به همراه سیلتستون و افق‌هایی از ژئوپس و توف‌های بنفش رنگ است.

در نهایت، واحدهای کواترنری شامل نهشته‌های آبرفتی متشکل از ریگ و ماسه‌های ریزدانه به صورت پادگانه‌های آبرفتی و مخروط‌افکنه نمود یافته‌اند و رخمون‌های محدودی از گدازه‌های بازالتی و واحدهای پومیس مرتبط با آن (Q^v) در سطح محدوده یافت می‌شوند.

۳- روش تحقیق

طراحی شبکه نمونه‌برداری این پژوهش، با توجه به دگرسانی‌ها و اندیس‌های معدنی موجود و واحدهای زمین‌شناسی منطقه، گسل‌های موجود و در نهایت الگوی شبکه آبراهه‌ها انجام شد و در نهایت ۴۲۲ محل برای نمونه‌برداری به روش BLEG در سطح ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر انتخاب شدند. در ادامه، از هر محل نمونه‌برداری، از تقریباً ۴۰ نقطه با فواصل مشخص در طول و عرض آبراهه نمونه سیلت برداشته شد و پس از الک کردن با مش ۴۰، ۲/۵ کیلوگرم نمونه جمع‌آوری شد. پس از بسته‌بندی و کدگذاری، نمونه‌های BLEG به آزمایشگاه مرکز تحقیقات فراوری مواد معدنی ایران در کرج ارسال و محتوای طلای آنها به روش Fire Assay تجزیه شدند بعد از دریافت نتایج تجزیه، داده‌های به دست آمده پردازش و مناطق دارای بی‌هنجاری مشخص شدند.

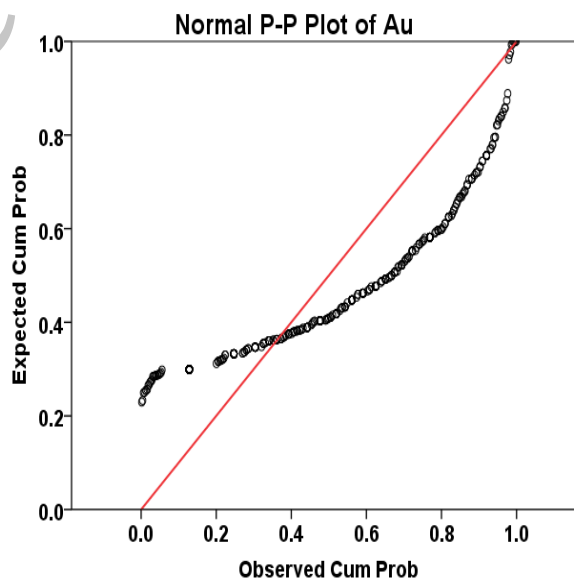
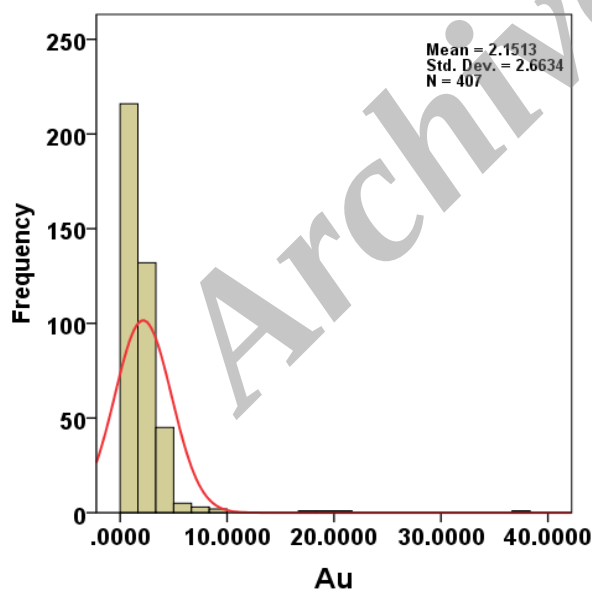
۴- بحث و بررسی

۴-۱- بررسی داده‌های سنسورد و غیر سنسورد

در روش BLEG با توجه به تک متغیر بودن داده تجزیه (فقط عنصر طلا)، انجام محاسبات آماری در شناسایی زون‌های بی‌هنجار لازم نیست و جدایش جامعه بی‌هنجار از زمینه بدون محاسبه درصد فراوانی و صرفاً

جدول ۱- محاسبه پارامترهای آماری داده‌های خام برای عنصر طلا بر حسب ppb

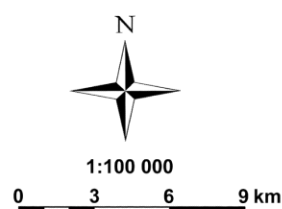
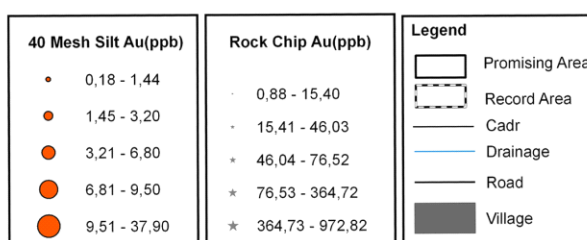
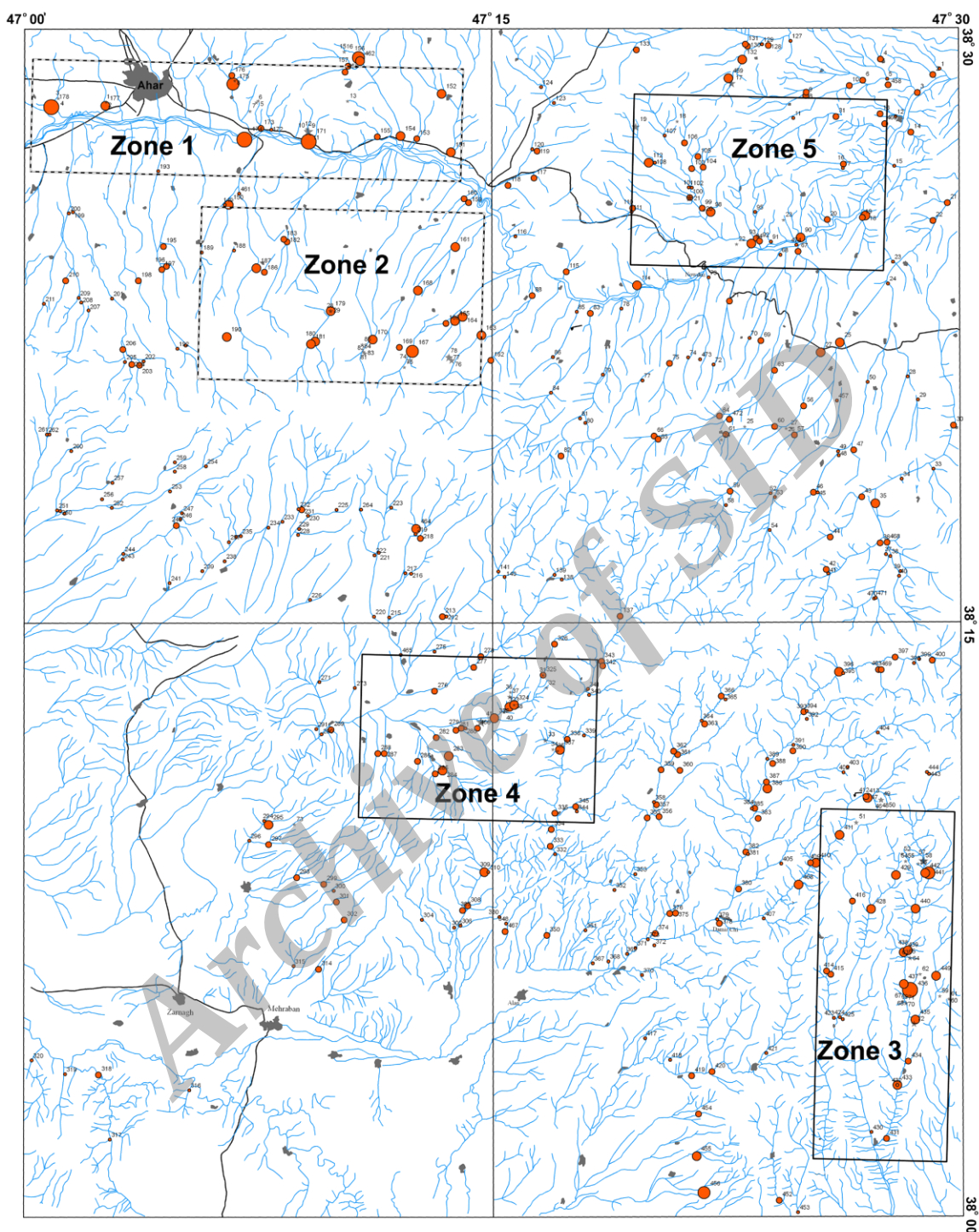
تعداد نمونه	عنصر	
	تعداد کل	Au
۰	حذف شده	۴۰۷
میانگین		
۲/۱۵۱۳		
میانه		
۱/۵۴		
مد		
۰/۷۵		
انحراف معیار		
۲/۶۶		
واریانس		
۷/۰۹		
کج شدگی		
۸/۲۲		
خطای کج شدگی		
۰/۱۲		
کشیدگی		
۹۲/۶۹		
خطای کشیدگی		
۰/۲۴		
کمینه		
۰/۱۸		
بیشینه		
۳۷/۹۰		
مجموع		
۸۷۵/۵۶		



شکل ۳- هیستوگرام فراوانی طلا در منطقه اهر

به‌دست آمده از ۱۶ نمونه سنگی برداشته شده از این زون و رگه سیلیسی موجود در آن ۸۵۰ ppb است. با این توصیف، این زون یکی از مناطق امیدبخش بی‌هنجار طلا معرفی می‌شود که به احتمال زیاد، توده نفوذی گرانیت قلیایی منشأ این کانی‌سازی است.

در این زون یک رگه سیلیسی در مزر توده نفوذی گرانیت قلیایی اولیگوسن و سنگ‌های آتشفشانی ائوسن به ضخامت ۱/۵ متر و به طول ۱ کیلومتر دیده شد که حاوی اکسید آهن و کانه‌زایی سرب، روی، مس و طلاست (شکل ۵ا). ۱۰ نمونه بی‌هنجار طلا در این منطقه واقع شده‌اند. مقدار حداکثر طلا در این نمونه‌ها ۱۹/۴۵ ppb است. بیشترین مقدار طلای



شکل ۴- موقعیت زون‌های بی‌هنجار شناسایی‌شده به روش BLEAG برای عنصر طلا در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر



شکل ۵- عکس‌های صحرایی از آثار کانی‌سازی در محل زون‌های بی‌هنجار، در محدوده ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر. (a) نمایی از رگه سیلیسی دارای کانه‌زایی سرب، روی و طلا (دید به سمت شمال)، (b) نمایی از زون اسکارنی دارای اپیدوت و سیلیس، (c) نمایی از زون اسکارنی دارای کانه‌زایی مالاکیت و مس خالص، (d) نمایی از رخنمون زون دگرسانی فیلیک در شمال روستای شیر مردان، (e) نمایی از دگرسانی آرژیلیک در منطقه سوناجیل (دید به سمت شمال غرب)، (f) نمایی از رگه سیلیسی حاوی کانه‌زایی مس در منطقه، (g) نمایی از کانه‌زایی مالاکیت و آزوریت در محدوده ساریلار (دید به سمت غرب)

شد (شکل ۵c). در این نمونه‌ها بیشترین مقدار طلا ۲۳۵ ppb است.

۴-۳-۲- زون دوم

۴-۳-۳- زون سوم

این بی‌هنجاری منطبق بر شمال کوه قوشه‌داغ در شمال شرق هریس (جنوب شرق اهر) است. واحدهای زمین‌شناسی موجود در منطقه شامل حاشیه غربی یک توده نفوذی بزرگ بیوتیت گرانیتی به سن اولیگوسن، سنگ‌های آندزیتی- تراکی آندزیتی و داسیتی همراه با سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی پالئوسن و انوسن است. ۱۳ نمونه بی‌هنجار طلا در این زون قرار گرفته که بیشترین مقدار طلای به‌دست آمده از آنها ۶/۸۸ ppb است. در این زون، یک رگه سیلیسی در داخل سنگ‌های آتشفشانی با امتداد بیش از ۵۰ متر و عرض ۳ متر مشاهده شد. همچنین در نزدیکی این رگه، زون اسکارنی برشی حاوی کانی‌های اپیدوت، گارنت، کلسیت و سیلیس نیز مشاهده شد (شکل ۵b). برای کنترل بی‌هنجاری و یافتن آثار کانی‌سازی، ۱۳ نمونه سنگی نیز از این زون برداشت شده است. با توجه به وجود کانی‌های مالاکیت، کالکوپیریت و مس خالص، بیشترین مقدار مس برابر با ۷/۴ درصد در این زون مشاهده

این بی‌هنجاری منطبق بر شمال کوه قوشه‌داغ در شمال شرق هریس (جنوب شرق اهر) است. واحدهای زمین‌شناسی موجود در منطقه شامل حاشیه غربی یک توده نفوذی بزرگ بیوتیت گرانیتی به سن اولیگوسن، سنگ‌های آندزیتی- تراکی آندزیتی و داسیتی همراه با سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی پالئوسن و انوسن است. ۱۳ نمونه بی‌هنجار طلا در این زون قرار گرفته که بیشترین مقدار طلای به‌دست آمده از آنها ۶/۸۸ ppb است. در این زون، یک رگه سیلیسی در داخل سنگ‌های آتشفشانی با امتداد بیش از ۵۰ متر و عرض ۳ متر مشاهده شد. همچنین در نزدیکی این رگه، زون اسکارنی برشی حاوی کانی‌های اپیدوت، گارنت، کلسیت و سیلیس نیز مشاهده شد (شکل ۵b). برای کنترل بی‌هنجاری و یافتن آثار کانی‌سازی، ۱۳ نمونه سنگی نیز از این زون برداشت شده است. با توجه به وجود کانی‌های مالاکیت، کالکوپیریت و مس خالص، بیشترین مقدار مس برابر با ۷/۴ درصد در این زون مشاهده

شناسایی سریع تر زون های بی هنجار انتخاب شد. ۴۲۲ نمونه به این روش از شبکه آبراهه ای موجود برداشت شده و محتوای طلای آنها آنالیز شد. پس از پردازش نتایج به دست آمده، ۷۰ نمونه بی هنجار در قالب ۵ زون شناسایی شدند. بررسی نقشه زمین شناسی و کنترل صحرایی این زون ها نشان می دهد که بی هنجاری طلا در آنها ارتباط تنگاتنگی با توده های نفوذی گرانیت قلیایی-گرانیتی تا گرانودیوریتی اولیگوسن و دگرسانی های گرمابی و رگه- رگچه های سیلیسی مرتبط با آنها دارد که کانسار مس- پورفیری سوناجیل در بخش مرکزی ورقه، شاهی بر این مدعاست.

تقدیر و تشکر

بخشی از این پژوهش توسط دانشگاه تبریز حمایت مالی شده است. از سردبیر و داوران علمی مجله برای راهنمایی ها و نظرات بسیار سازنده شان متشکریم.

مراجع

- حسین زاده، ق.، ۱۳۸۷، "مطالعات زمین شناسی، ژئوشیمی، سیالات در گیر، کانی سازی، دگرسانی و ژنز کانسار مس پورفیری سوناجیل، شرق هریس (استان آذربایجان شرقی)" رساله دکتری، دانشگاه تبریز، ۲۱۴ صفحه.
- مهدوی، م. ع. امینی فضل، ع.، ۱۳۶۷، "نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر" انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- قربانی، م.، ۱۳۸۶، "زمین شناسی اقتصادی ذخایر معدنی و طبیعی ایران" نشر آری زمین، ۵۱۵ صفحه.
- نبوی، ح.، ۱۳۵۵، "دیاپایه ای بر زمین شناسی ایران" سازمان زمین شناسی کشور، ۱۰۹ صفحه.
- Bheemalingeswara, K., 2010, "Use of bulk sample and hot acids in stream sediment survey for gold", *Earth Science India*, 3, P.115-123.**
- Calagari, A.A., 1997, "Geochemical, stable isotope, noble gas and fluid inclusion studies of mineralization and alteration at Sungun porphyry copper deposit, East-Azarbaidjan, Iran: Implication for genesis", *Unpublished Ph.D. Thesis, Manchester University, Manchester*, P.537.**
- Liang Pan, K., Overstreet, W.C., Robinson, K., Hubert, K.E., Crenshaw, G.L., 1980, "Equivalent uranium and selected minor elements in magnetic concentrates from the Candle Quadrangle, Soloman Quadrangle and elsewhere in Alaska", *United States Geological Survey Professional Papers*, 1135, P.1-108.**
- Meldrum SJ, Aquino RI, Burke RJ, Suyadi A, Irianto B, Clarke DS, 1994, "The Batu Hijau porphyry copper-gold deposit", *Sumbaua Island, Indonesia. J Geochem explor* 50: P.203-220.**
- Mollaei, H., Yaghubpur, A.M., Sharifiyan Attar, R., 2009, "Geology and Geochemistry of Skarn deposits in the northern part of Ahar batholith, East Azarbayjan, NW Iran", *Iranian Journal of Earth Science* 1, P.15-34.**
- Otterman, D.W., and de San Miguel, G.F., 1995, "The discovery and development of the Mt McClure gold deposits, in New Generation Gold Mines: Case Histories of Discovery", *Conference Proceedings 27-28 November, Perth, Western Australia, (Australian Mineral Foundation: Adelaide)*, 3.1-3.15.**
- Radford, N. 1996, "BLEG sampling in gold exploration: an Australian view", *Explore*, 92, P.8-10.**

دگرسانی های سیلیسی و آرژلیک و آثار کانه زایی مس (شمال شالو)، این زون نیز یکی از نقاط بسیار امیدبخش برکه اهر است (شکل ۵d).

۴-۳-۴- زون چهارم

این بی هنجاری منطبق بر محدوده روستاهای سوناجیل و اینچه در مرکز برکه اهر است. واحدهای تشکیل دهنده این منطقه شامل توده نفوذی هورنبلند بیوتیت گرانیتی تا گرانودیوریتی اولیگوسن، سنگ های آندزیتی پیروکسن دار همراه با توف برشی و ایگنمبریت به سن ائوسن هستند که زون های دگرسانی گرمابی در آنها به چشم می خورند. در این منطقه ۹ نمونه بی هنجار واقع شده که بیشترین مقدار طلا در آنها ۴/۹ ppb است. لازم به ذکر است که در این محدوده، کانه زایی مس پورفیری شناسایی شده و زون های دگرسانی های فلیک و آرژلیک و رگه- رگچه های سیلیسی در توده نفوذی و سنگ های میزبان شکل گرفته اند (شکل ۵e و ۵f). از این منطقه ۱۱ نمونه کانه زایی شده برداشت شده که بیشترین مقدار طلا در این نمونه ها ۶۳۲ ppb معرفی می شود.

۴-۳-۵- زون پنجم

این بی هنجاری در بخش شمال شرقی ورقه اهر، در حوالی روستای زیلیک و بویژه شرق آن واقع است. از نظر سنگ شناسی، این محدوده متشکل از سنگ های گرانیت قلیایی و بیوتیت گرانیتی اولیگوسن و سنگ های آندزیتی، تراکی آندزیتی و داسیتی ائوسن همراه با آثار دگرسانی های گرمابی شامل دگرسانی های سیلیسی، آرژلیک و آلونیتی است. ۱۵ نمونه بی هنجار در این زون قرار می گیرند. بیشترین مقدار طلا در این نمونه ها ۴/۷۵ ppb است. براساس عملیات کنترل صحرایی، کانه زایی مس و طلا در این محدوده در ارتباط با رگه های سیلیسی است (شکل ۵g) که خود حاکی از نقش توده های نفوذی گرانیتی در این محدوده به عنوان عامل کانه زایی است. مقدار طلا در ۱۱ نمونه کانه زایی شده برداشت شده از این زون به ۳۶۵ ppb نیز می رسد.

نتیجه گیری

در مبحث اکتشافات ژئوشیمیایی، پردازش داده های ژئوشیمیایی یکی از مهم ترین و پیچیده ترین بخش ها به شمار می رود، چرا که تعداد زیادی نمونه برای افزون بر ۴۰ عنصر تجزیه شده و بررسی های آماری آن جز با تکیه بر نرم افزارهای تخصصی و محاسبات پیچیده ریاضی امکان پذیر نیست. اما در روش BLEG، بخش عمده ای از این مباحث مطرح نبوده و کار ساده تر است. اولاً نمونه ها صرفاً برای عنصر طلا تجزیه شده و پردازش تک متغیره، بسیار ساده و بدون خطا انجام می شود. همچنین معیار کلی برای جدایش جامعه بی هنجاری از زمینه در روش BLEG به صورت مطلق بوده (غالباً ۳ ppb) که خود موجب سادگی روش و کاهش خطا می شود. به هر حال اگر هر پردازش دیگری انجام گیرد صرفاً به منظور بررسی جانبی روش است و در اصول روش تغییری ایجاد نخواهد شد. با توجه به وجود شواهد دگرسانی های گرمابی و رگه- رگچه های سیلیسی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر، و نیز جایگیری چندین توده نفوذی گرانیتی تا گرانودیوریتی با پتانسیل کانه زایی بالا برای فلزات پایه در این محدوده که کانسار مس- پورفیری سوناجیل مثال بارز آن است، پی جویی طلا در رسوبات آبراهه ای این محدوده به منظور شناسایی زون های بی هنجار مدنظر قرار گرفت و برای این منظور، روش BLEG به علت مزایای آن، از جمله سهولت تجزیه و