

## اکتشاف ژئوشیمیایی و مطالعه کانی‌های سنگین منطقه هیر، شمال خاور قزوین

سعیده سنماری\*<sup>۱</sup>، سید ناصر موسوی<sup>۲</sup>

۱- استادیار دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

۲- کارشناس ارشد، سازمان صنایع و معادن، قزوین

\*Senemari2004@yahoo.com

دریافت: ۹۰/۶/۱۵ پذیرش: ۹۰/۷/۲۵

## چکیده

ناحیه هیر در جنوب جواهرده در شمال خاوری استان قزوین قرار دارد. نتایج اولیه حاصل از اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای منجر به شناسایی بی‌هنجاری‌هایی از عناصر مختلف گردید. کنترل بی‌هنجاری‌ها از طریق مطالعه کانی‌های سنگین در رسوبات رودخانه‌ای و هم-چنین مطالعه نمونه‌های دگرسان شده در برون‌زدگی‌های منطقه صورت گرفت. مهم‌ترین کانی‌های سنگین شناسایی شده در منطقه شامل پیریت، باریت، سلسنتین، اورپیمنت، آلگار، مس طبیعی، سرب طبیعی، کانی‌های روی، گالن، روتیل، زیرکن، سینابر، شلتیت، استینیت است. کانی‌های سنگین فلزی شناسایی شده با مناطق دگرسان شده در ناحیه مورد مطالعه انطباق دارند. براساس مطالعات کانی‌شناسی این دگرسانی‌ها شامل دگرسانی‌های آرژیلیتی، کائولینیتی، لیمونیتی و هماتیتی است. بررسی یافته‌های حاصل از تجزیه شیمیایی، مطالعه کانی‌های سنگین و نمونه‌های دگرسان شده از منطقه منجر به شناسایی ۹ محدوده بی‌هنجاری شد. تنها یک محدوده آنومالی (زردچال) برای بررسی‌های بیشتر معرفی گردید.

واژه‌های کلیدی: اکتشافات ژئوشیمیایی، کانی‌های سنگین، قزوین، هیر

## مقدمه

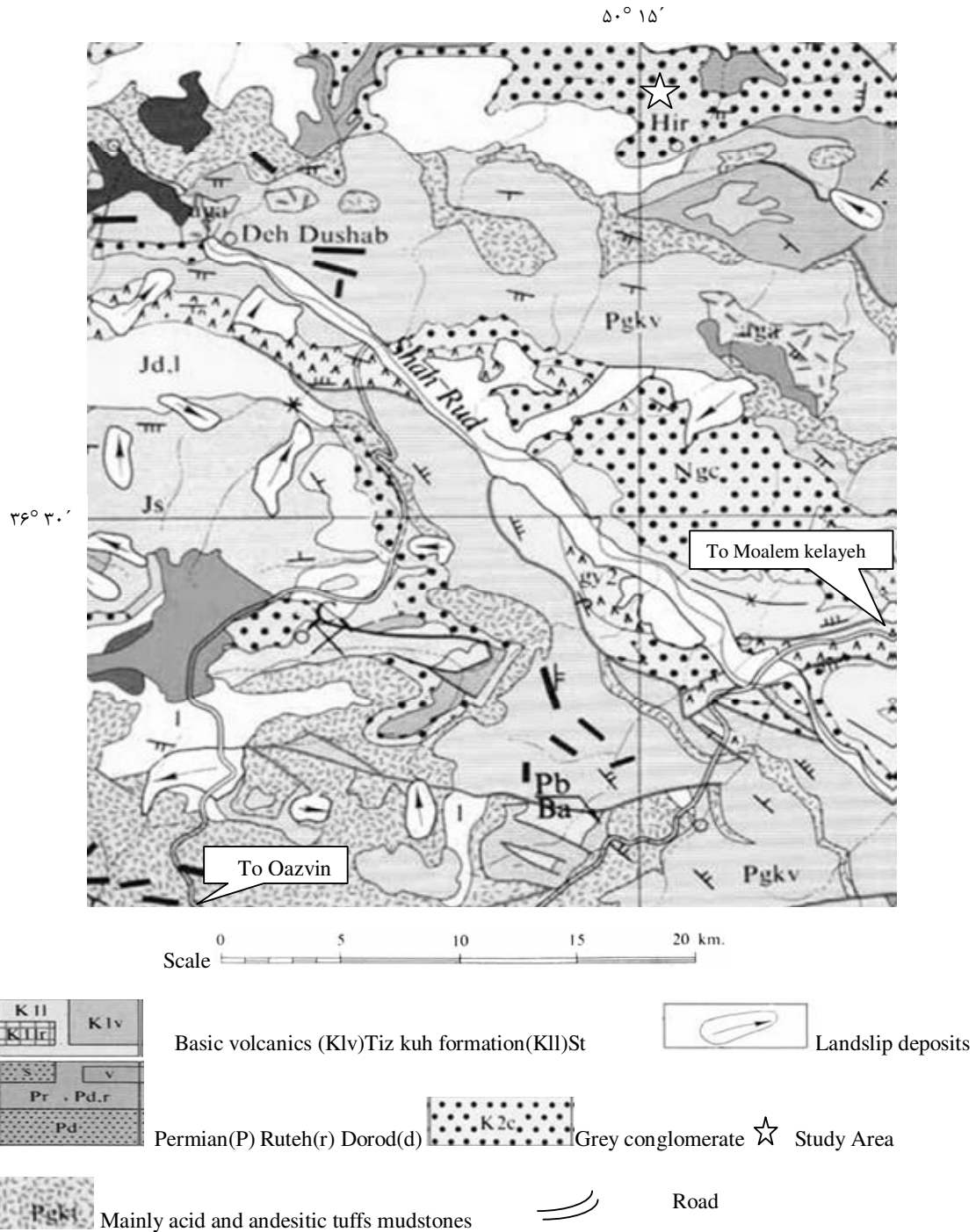
منطقه مورد مطالعه در شمال خاوری استان قزوین بین طول‌های جغرافیایی ۰۰' ۵۰° و ۳۰' ۵۰° و عرض‌های جغرافیایی ۴۵' ۳۶° و ۳۰' ۳۶° قرار دارد. این ناحیه از نظر تقسیم‌بندی زون‌های زمین‌شناسی بخشی از زون البرز باختری است [۱]. مطالعه زمین‌شناسی اولیه این ناحیه، مربوط به مطالعاتی است که در خلال تهیه نقشه زمین‌شناسی قزوین و نیز تهیه نقشه زمین‌شناسی جواهرده انجام گرفته است. مطالعه حاضر نیز ارائه یافته‌های حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی، مطالعه کانی‌های سنگین و نمونه‌های دگرسان شده از ناحیه هیر (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰) به وسعت تقریبی ۵۰ کیلومتر مربع است که منجر به شناسایی ۹ محدوده ناهنجاری در این ناحیه گردید. این محدوده از نظر این که به صورت آمیزه‌ای از توده‌های نیمه عمیق، سنگ‌های آتشفشانی با دگرسانی آشکار لیمونیتی، هماتیتی در معرض دید می‌باشد حائز اهمیت است. در واقع هدف از انجام این مطالعه، بررسی ارتباط ناهنجاری‌های به دست آمده با پتانسیل مواد معدنی به ویژه عناصری مانند طلا و یا عناصر پاراژنز آن در ناحیه مورد نظر و معرفی مناطق امید بخش در منطقه است.

## زمین‌شناسی منطقه

زمین‌شناسی منطقه محدوده مورد مطالعه بخش بسیار کوچکی با مساحت تقریبی ۱۷ کیلومتر مربع از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ قزوین است که توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در سال ۱۹۸۵ تهیه شده است. راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه از طریق جاده معلم کلایه به رازمیان بعد از طی ۵۰ کیلومتر می‌باشد (شکل ۱). بارزترین واحدهای سنگی ناحیه مورد مطالعه از قدیم به جدید شامل سنگ‌های پالئوزوئیک بالایی است که در اثر عملکرد گسل‌های بزرگ در منطقه با جهت شمال باختری- جنوب خاوری برون‌زد پیدا کرده و به شدت چین خورده‌اند. بخشی از سازندهای پالئوزوئیک بالایی در منطقه، سازندهای دورود و روته است. از نمونه‌های دوران دوم یا مزوزوئیک نیز بخش بالایی سازند الیکا وجود دارد که از دولومیت‌های کرم رنگ به سن تریاس زیرین و میانی تشکیل شده است. هم‌چنین رخنمون‌هایی از رسوبات ژوراسیک پایینی تا میانی، کرتاسه زیرین و کرتاسه بالایی نیز دیده می‌شود [۴]. از سازندهای برون‌زد شده در دوران سوم می‌توان به سازند فجن، زیارت و سنگ آهک‌های توفی و مارنی با سن ائوسن پیشین و سنگ‌های آذر آواری مانند توف و نیز آگلومرا اشاره کرد. سنگ‌های نفوذی کم

آتشفشانی ائوسن قرار گرفته است. رسوبات کواترنری نیز به صورت مخروطه افکنه و یا رسوبات آبرفتی در منطقه مشاهده می‌شوند [۱].

عمق با ترکیب آندزیت و بازالت در داخل سنگ‌های ائوسن نفوذ کرده‌اند که سن آنها بعد از ائوسن است. همچنین در دامنه جنوبی رشته کوه البرز، کنگلومرای توده‌ای خاکستری رنگی وجود دارد که بر روی مجموعه سنگ‌های



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در شمال خاور قزوین

## روش مطالعه و نمونه‌برداری

نتایج در جدول یک، حد قابل ثبت برای عناصر بر حسب گرم در تن و برای بقیه عناصر نظیر Al, Mg, K, S, Ti, Ca, Fe, Na, به صورت درصد آورده شده است. هم-چنین به منظور کنترل دقت آزمایش و تعیین خطای اندازه‌گیری آنالیزهای شیمیایی، اقدام به انتخاب نمونه‌های تکراری از طریق تقسیم ۱۵ نمونه خردایش شده زیر ۲۰۰ مش گردید. این نمونه‌ها که پس از پودر شدن تا حد ۲۰۰ مش تهیه و مورد آنالیز تکراری قرار گرفتند، خطای مرحله آنالیز را در حد قابل قبول منعکس ساختند. لازم به ذکر است که برای این‌که بتوان قضاوت عادلانه‌ای در مورد صحت و دقت آنالیز عناصر مورد مطالعه نمود حداقل غلظت عنصر مورد بررسی در حدود ۱۰ الی ۱۵ برابر حد حساسیت دستگاه در نظر گرفته شد. از آنجائی‌که خطای نمونه تکراری و خطای قابل قبول و مجاز در امور اکتشافی برای عناصر ۱۰٪ ارزیابی می‌شود مشاهده شد که در عناصر Al, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Sc, Sr, Te, Th, Ti, U, V, Y, Zn, Zr, As دقت مورد نظر وجود داشت.

در طراحی شبکه نمونه‌برداری منطقه و در محدوده ۱:۲۵۰۰۰ هیر، محل ۲۶۲ نمونه آبراهه‌ای که حداکثر سازگاری را با همبرهای مهم زمین‌شناسی (چینه‌ای و سنگی)، مناطق با گسلش بالا، اطراف توده‌های نفوذی و خروجی، زون‌های دگرسان شده بعد از فعالیت‌های ماگمایی مشخص گردید. هر نمونه ژئوشیمیایی حاوی حدوداً ۳۰۰ گرم رسوبات آبراهه‌ای با اندازه کوچک‌تر از ۸۰- مش می‌باشد که بعد از الک کردن داخل کیسه تمیزی ریخته و شماره‌گذاری گردید. همزمان با برداشت نمونه‌های ژئوشیمیایی، تعداد ۱۳۰ نمونه کانی سنگین به طور مستقل از آبرفت‌های گسترش یافته در محدوده رخساره‌های سنگی برداشت شد. در برداشت نمونه‌های کانی سنگین سعی گردید تا محل نقاط نمونه‌برداری در مرز جدایش ارتفاعات با نقاط پست طراحی گردد تا به علت کم شدن ناگهانی سرعت آب به بیش‌ترین تجمع کانی‌های سنگین دست یافت. کلیه نمونه‌های ژئوشیمیایی در آزمایشگاه Als-Chemex کانادا در اندازه ۲۰۰- مش و به صورت پودری آماده‌سازی شد. جهت تعیین مقادیر عناصر، از روش ICP برای تجزیه شیمیایی استفاده شد.

جدول ۱- حد حساسیت‌های رعایت شده برای عناصر (عناصری که با درصد مشخص نشده‌اند بر حسب گرم در تن می‌باشند).

Element	Au	Ag	Al	As	B	Ba	Be
Detection Limit	۰,۰۰۱-۱۰	۰,۰۱-۱۰۰	۰,۰۱-۱۵%	۰,۱-۱۰۰۰۰	۱۰-۱۰۰۰۰	۱۰-۱۰۰۰۰	۰,۰۵-۱۰۰
Element	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs
Detection Limit	۰,۰۱-۱۰۰۰۰	۰,۰۱-۱۵%	۰,۰۱-۵۰۰	۰,۰۲-۵۰۰	۰,۱-۱۰۰۰۰	۱-۱۰۰۰۰	۰,۰۵-۵۰۰
Element	Cu	Fe	Ga	Ge	Hf	Hg	In
Detection Limit	۰,۲-۱۰۰۰۰	۰,۰۱-۱۵%	۰,۰۵-۱۰۰۰۰	۰,۰۵-۵۰۰	۰,۰۲-۵۰۰	۰,۰۱-۱۰۰۰۰	۰,۰۰۵-۵۰۰
Element	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na
Detection Limit	۰,۰۱-۱۰%	۰,۲-۱۰۰۰۰	۰,۱-۵۰۰	۰,۰۱-۱۵%	۵-۱۰۰۰۰	۰,۰۵-۱۰۰۰۰	۰,۰۱-۱۰%
Element	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Re	S
Detection Limit	۰,۰۵-۵۰۰	۰,۲-۱۰۰۰۰	۱۰-۱۰۰۰۰	۰,۲-۱۰۰۰۰	۰,۱-۵۰۰	۰,۰۰۱-۵۰	۰,۰۱-۱۰%
Element	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Ta	Te
Detection Limit	۰,۰۵-۱۰۰۰۰	۰,۱-۱۰۰۰۰	۰,۲-۱۰۰۰	۰,۲-۵۰۰	۰,۲-۱۰۰۰۰	۰,۰۱-۵۰۰	۰,۰۱-۵۰۰
Element	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y
Detection Limit	۰,۲-۵۰۰	۰,۰۰۵-۱۰%	۰,۰۲-۱۰۰۰۰	۰,۰۵-۱۰۰۰۰	۱-۱۰۰۰۰	۰,۰۵-۱۰۰۰۰	۰,۰۵-۵۰۰
Element	Zn	Zr					
Detection Limit	۲-۱۰۰۰۰	۰,۵-۵۰۰					

## کنترل کیفیت آنالیزهای شیمیایی

برای محاسبه خطای آنالیز شیمیایی ابتدا از روش دیاگرامی کنترل تامسون- هوارث (۱۹۷۶) و سپس از روش خطاگیری نسبی استفاده گردید [۱۵،۱۴،۲]. در روش تامسون عناصری که مقدار غلظت آن‌ها به حد حساسیت دستگاه آنالیز کننده نزدیک است توسط هیچ کدام از روش‌های خطاگیری قادر به تعیین دقت واقعی آن‌ها نبودیم، لذا حداقل غلظت عنصر مورد نظر حدوداً بین ۱۰ تا ۱۵ برابر حد حساسیت دستگاه در نظر گرفته شد. بر پایه نمودارهای کنترلی تامسون عناصر Au, Ag, B, Ge, In, S, Se, Sn, Te, Tl, W عیاری بیش از ۱۰ برابر حد حساسیت دستگاه داشته و لذا در دقت آنالیز این عناصر نمی‌توان به دقت قضاوت کرد. در مورد عناصر Hf, Hg نیز خطا در حد قابل قبول نبود. در مورد سایر عناصر Al, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Sc, Sr, Te, Th, Ti, U, V, Y, Zn, Zr, As دقت مورد نظر وجود داشت. در این مطالعه عناصر تیتانیوم و جیوه به علت این‌که دارای کمتر از ۲ درصد مقادیر خارج از حدود آشکارسازی (نمونه سنسورد) می‌باشند، مقادیر خارج از حدود آشکارسازی آن‌ها با ۳/۴ برابر حد حساسیت دستگاه در مرز پائینی جایگزین گردید. سایر عناصر مانند برم، رنیوم، تانتالیوم به خاطر یکنواختی داده‌های غیر سنسورد و عدم تغییرات از پردازش حذف شدند (جدول ۲). مقادیر خارج از حدود آشکارسازی برای عناصر طلا، تلوریوم، تنگستن، گوگرد با روش بیش‌ترین درست‌نمایی کوهن مورد محاسبه و جایگزینی صورت گرفت [۲۱].

## کنترل بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی

جهت کنترل بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی علاوه بر بررسی‌های سنگی و دگرسانی، مطالعه بر روی نمونه‌های مربوط به کانی‌های سنگین در رسوبات آبراهه‌ای صورت گرفت. محل نقاط نمونه‌برداری در مرز جدایش ارتفاعات با نقاط پست تعیین گردید. در این مطالعه مقدار کانی سنگین برداشت شده از رسوبات آبرفتی حدود ۱۰-۵ کیلوگرم نمونه الک شده (۸۰-مش) از عمق ۱۰ سانتی‌متری است. در مکان‌هایی که محل نمونه‌برداری خیس بود مقدار

حجمی نمونه به ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم از رسوبات دانه درشت افزایش یافت. در محدوده مورد مطالعه با توجه به گسترش رخمون‌های سنگی و با توجه به تنوع خصوصیات زمین‌شناسی، تکتونیکی، سنگ‌شناسی و چینه‌شناسی تعداد ۱۳۰ نمونه از آبرفت‌ها در محدوده رخساره‌های سنگی و به روش کانی سنگین برداشت گردید. نمونه‌های کانی سنگین برداشت شده پس از انجام عمل گل‌شویی، لاوک شویی شده و سپس در مرحله بعدی بروفورم‌گیری و در نهایت جدایش با آهنربا با بارهای مغناطیسی معین به روی آن‌ها انجام شد. در پایان این مرحله، نمونه‌ها به ۳ بخش کانی‌های دارای خاصیت مغناطیسی شدید (AA)، متوسط (AV) و کانی‌های فاقد خاصیت مغناطیسی (NM) تقسیم‌بندی شد. در نهایت با استفاده از میکروسکوپ بینوکولار، مطالعه بخش‌های سه‌گانه نمونه‌های آماده‌سازی شده انجام گردید. کانی‌های شناسایی شده در نمونه‌ها به دو دسته کانی‌های سنگ‌ساز (نظیر کانی‌های پیروکسن، آمفیبول، اپیدوت، گارنت) و کانی‌های کانسارساز (نظیر کانی‌های حاوی طلا و نقره، کانی‌های سینابر، استینیت، زیرکن، روتیل، رآلگار، اورپیمان، باریت، سلسیتین و کانی‌های وابسته به خانواده عناصر مس، سرب و روی) تقسیم شدند. در مورد توزیع کانی‌های سنگ‌ساز و کانی‌هایی که از درصد فراوانی زیادی در طبیعت برخوردار هستند نتایج به صورت کمی ارائه شد. در حالی که نتایج به دست آمده از مطالعه برخی کانی‌ها که توزیع آن‌ها در طبیعت از فراوانی بسیار پائینی برخوردار است، به صورت کیفی می‌باشد. داده‌های کیفی در مورد کانی‌هایی که حاوی طلا، نقره، پلاتین و یا کانی‌های سینابر و استینیت صورت گرفت. در مورد برخی از کانی‌ها به دلیل بالا بودن تعداد ذرات (بیش از ۳۰ ذره) می‌توان مقدار آن را به صورت کمی و کیفی محاسبه نمود ولی در اکثر نمونه‌ها به علت کم بودن تعداد ذرات، غلظت این کانی‌ها به صورت کیفی (تعداد ذرات مشاهده شده در نمونه) بیان شده است. کانی‌های کانسارساز که از نظر اقتصادی مهم هستند عمدتاً در نمونه‌هایی دیده می‌شوند که در بالا دست آن‌ها مناطق دگرسانی و کانی‌سازی پراکنده و یا رگه معدنی دیده می‌شود [۱۷،۱۶].

جدول ۲- مقادیر خارج از حدود آشکارسازی (روش بیش‌ترین درست‌نمایی کوهن) (مقادیر سنسورد عناصر طلا، گوگرد، تلوریم و تنگستن با روش بیش‌ترین درست‌نمایی کوهن محاسبه و جایگزین گردید. عناصر بر، رنیوم و تانتالیوم به دلیل یکنواختی داده‌های غیرسنسورد و عدم تغییرات از ادامه پردازش‌ها حذف گردید. عناصر جیوه و تیتانیوم به دلیل آن‌که کمتر از ۲٪ داده‌های آن‌ها سنسورد گزارش گردید با ۳/۴ حد حساسیت دستگاه در مرز پایینی جایگزین گردیدند).

Variable	Au	Ag	Al (%)	As	B	Ba	Be	Bi	Ca (%)	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe (%)	Ga	Ge	Hf	Hg	In	
	(ppm)																					
Detection Limit.	0.001	0.01	0.01(%)	0.1	10	10	0.05	0.01	0.01(%)	0.01	0.02	0.1	1	0.05	0.2	0.01(%)	0.05	0.05	0.02	0.01	0.005	
Number of Censord Samples	102	-----	-----	-----	197	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	3	
Number Of Uncensord Samples	160	262	262	262	65	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	259	262
Number of Total Samples	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262
Replacement Value	0.0007	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.0075	
Variable	Mo	Na (%)	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Re	S (%)	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Ta	Te	Th	Ti (%)	Tl	U	V	
	(ppm)																					
Detection Limit.	0.05	0.01(%)	0.05	0.2	10	0.2	0.1	0.001	0.01(%)	0.05	0.1	0.2	0.2	0.2	0.01	0.01	0.2	0.005(%)	0.02	0.05	1	
Number of Censord Samples	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	144	31	-----	-----	-----	-----	-----	232	15	-----	1	-----	-----	-----	
Number Of Uncensord Samples	262	262	262	262	262	262	262	118	231	262	262	262	262	262	30	247	262	261	262	262	262	
Number of Total Samples	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	
Replacement Value	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.009	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.008	-----	0.00375	-----	-----	-----	

### دگرسانی

دگرسانی غالب در منطقه دگرسانی‌های آرژیلیتی، کائولینیتی، لیمونیتی و بعضاً هماتیتی است. دگرسانی هماتیتی در سیستم‌های کانه‌زایی قلع-وانادیم مشاهده شد. این دگرسانی در ارتباط با کانه‌زایی طلا نیز ذکر شده است [۱۹]. هم‌چنین جایگزینی قشرهای نازک آهن در درزه‌ها و متن سنگ مشاهده می‌شود که دگرسانی کائولینیتی و لیمونیتی شدن را به صورت پهناهای کوچک در بدنه سنگ‌های به شدت تکتونیزه و برشی شده می‌توان مشاهده کرد (شکل ۲). دگرسانی آرژیلیتی نیز در اثر هیدرولیز سیلیکات‌های آلومینیوم‌دار در محیط اسیدی ایجاد می‌شود. از نظر شیمیایی دگرسانی آرژیلیتی در شرایط اسیدیته و حضور آب در محیط تشکیل می‌شود. این دگرسانی هنگامی گسترش می‌یابد که صعود بخارهای حاصل از سرد شدن توده‌های نفوذی، اسیدیته را افزایش دهد و با برخورد بخارها با آب‌های جوی سبب شسته شدن سنگ‌ها در اطراف توده شده و در نهایت موجب تشکیل زون دگرسانی شود.

### ارزیابی مطالعات، شناسایی محدوده‌های ناهنجار

با بررسی نتایج حاصل از پردازش یافته‌های تجزیه، مطالعه کانی‌های سنگین، نمونه‌های کانی‌سازی و دگرسان شده در منطقه هیر، ۹ محدوده ناهنجار شناسایی شد (شکل ۳). با بررسی‌ها و مطالعات صورت گرفته از بین این ۹ محدوده ناهنجار، تنها محدوده امید بخش، محدوده یکم (زردچال) است که در جنوب باختری زرد کوه قرار دارد. این محدوده با مساحت ۶ کیلومتر مربع در مجاورت روستای زرد چال قرار گرفته است. از نظر زمین‌شناسی نیز منطقه مورد مطالعه از واحدهای پیروکلاستیکی حدواسط و به صورت توفیت، آگلومرا، برش و آبرفت تشکیل شده است. در این محدوده در مرحله اول ۳۶ نمونه ژئوشیمیایی و ۵ نمونه کانی سنگین برداشت گردید (جدول ۳ و ۴). این محدوده به لحاظ دارا بودن ناهنجاری عناصر مس، روی، باریوم، کادمیوم، بیسموت، آهن و منگنز جزء محدوده های ناهنجار ژئوشیمیایی محسوب می‌شود. در مطالعه کانی‌های سنگین نیز ناهنجاری کانی‌های سینابر، گالن، استیبینیت، سروزیت و سرب طبیعی مشخص شد. در این محدوده توده نیمه عمیق با ترکیب اسیدی تا حدواسط در

چال است [۲۰،۱۸]. بررسی محققان نشان می‌دهد که عناصری مانند بیسموت، آرسنیک، آنتیموان و نقره می‌توانند به عنوان ردیاب مناسب برای اکتشاف کانسارهایی مانند کانسارهای طلا و نقره به کار روند [۱۳،۱۲،۵]. هم-چنین عناصری مانند Se, B, W, Tl و S در برخی از کمربندهای کانه‌دار به ویژه در کانسارهای طلا از خود غنی‌شدگی نشان می‌دهند [۳].

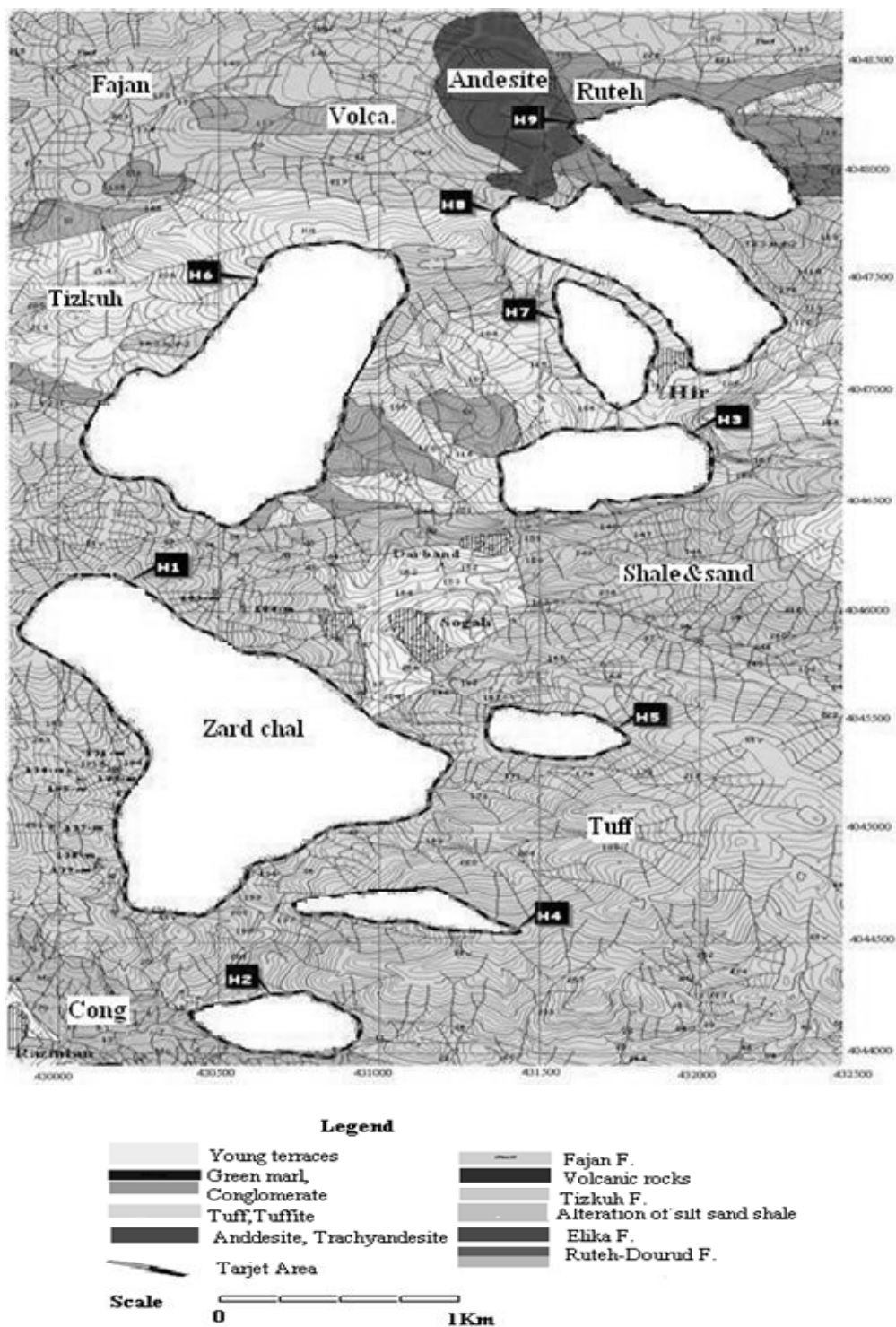
موقعیت جنوب غرب منطقه وجود دارد که وسعتی حدود ۲×۳/۵ کیلومتر را دگرسان کرده است. آلتراسیون در این قسمت از نوع آلتراسیون آرژیلی، پروپلیتی، هماتیتی و لیمونیتی است که نمونه‌هایی از آن برداشت شد. حضور کانی‌های پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت، سرب طبیعی، منگنز و سینابر به عنوان شاهدهی دال بر حضور کانه‌زایی طلا در منطقه و خصوصاً در اطراف توده نیمه عمیق زرد



شکل ۲- نمایی از آلتراسیون پروپلیتی سولفیددار، آنومالی امید بخش

جدول ۳- نمونه‌های کانی سنگین محدوده اول (مرحله کنترل ناهنجاری)

Row	Sample Number	Coordinate (WGS 84)				Situation	Observed Minerals
		Universal Transverse Mercator					
		Zone	X	Y	Z		
1	101-H	39	430791	4046650	1344m	زرد کوه	پیریت (۰/۰۸ گرم در تن)
2	102-H	39	430866	4046652	1281m	زرد کوه	سرب طبیعی (۱قطعه)
3	104-H	39	430382	4045686	1227m	سوگانه	در این نمونه کانی با اهمیت مشاهده نشده است
4	105-H	39	431739	4047825	1171m	سوگانه	در این نمونه کانی با اهمیت مشاهده نشده است
5	106-H	39	431742	4048256	1195m	سوگانه	در این نمونه کانی با اهمیت مشاهده نشده است
6	109-H	39	430509	4046250	1199m	زرد کوه	پیریت (۱/۱۱ گرم در تن)، شلیت (۲قطعه)
7	110-H	39	430567	4045962	1190m	زرد کوه	در این نمونه کانی با اهمیت مشاهده نشده است
8	113-H	39	431260	4045303	1017m	زرد کوه	پیریت (۷/۷۵ گرم در تن)



شکل ۳- محدوده ۹ آنومالی شناخته شده (H1 تا H9) در ناحیه‌ی مورد مطالعه (محدوده‌ی امید بخش زردچال در جنوب منطقه نشان داده شده است)

جدول ۴- تجزیه برخی عناصر با اهمیت نمونه‌های مینرالیزه محدوده اول (مرحله کنترل ناهنجاری)

Row	Sample	Au	Ag	As	Bi	Cd	Cu	Hg	Mn	Mo	Pb	Sb	W	Zn	Fe	K	Mg
	No.	ppm													(%)		
1	101-m	<0.001	<0.2	8	<2	<0.5	37	<1	485	2	18	2	<10	95	3.63	0.25	0.75
2	102-m	0.004	<0.2	9	<2	<0.5	32	<1	<5	2	24	<2	<10	14	0.37	0.04	<0.01
3	103-m	<0.001	<0.2	62	<2	<0.5	32	1	134	16	16	<2	<10	79	4.14	0.11	0.28
4	104-m	<0.001	<0.2	2	2	<0.5	39	2	181	3	5	<2	<10	21	4.85	0.12	0.38
5	105-m	<0.001	<0.2	4	<2	<0.5	21	<1	372	8	7	2	<10	62	3.61	0.1	1.34
6	106-m	<0.001	<0.2	6	2	<0.5	27	<1	473	4	6	<2	<10	42	3.37	0.05	1.12
7	107-m	0.001	<0.2	10	<2	1.9	91	<1	8130	3	5	3	<10	220	5.21	0.07	1.73
8	108-m	<0.001	<0.2	11	<2	<0.5	73	<1	1240	2	8	4	<10	104	4.59	0.06	1.11
9	110-m	<0.001	<0.2	65	<2	<0.5	40	<1	352	2	4	3	<10	27	3.75	0.05	0.91
10	111-m	0.001	<0.2	34	2	<0.5	55	<1	220	2	5	<2	<10	110	4.81	0.09	1.55
11	112-m	<0.001	<0.2	33	<2	<0.5	20	<1	312	3	10	<2	<10	40	3.89	0.05	0.81
12	113-m	<0.001	<0.2	34	2	<0.5	34	<1	567	2	7	2	<10	31	3.57	0.08	0.42
13	114-m	<0.001	<0.2	25	<2	<0.5	18	<1	156	2	7	<2	<10	21	3.09	0.07	0.53
14	115-m	<0.001	<0.2	11	<2	<0.5	38	<1	2290	2	4	<2	<10	56	2.73	0.06	0.68
15	116-m	0.001	<0.2	4	<2	<0.5	67	<1	889	3	166	7	<10	76	4.52	0.07	1.39
16	117-m	<0.001	<0.2	3	<2	<0.5	6	<1	386	3	2	<2	<10	50	2.45	0.28	0.86
17	118-m	<0.001	<0.2	22	<2	<0.5	7	<1	96	2	5	4	<10	22	2.36	0.09	0.17
18	119-m	<0.001	<0.2	41	<2	<0.5	21	<1	108	2	8	4	<10	29	4.55	0.09	0.57
19	120-m	<0.001	<0.2	29	<2	<0.5	21	<1	242	2	5	<2	<10	23	3.82	0.1	1.11
20	121-m	<0.001	<0.2	5	2	<0.5	48	<1	222	2	11	<2	<10	50	5.34	0.08	0.64
21	122-m	<0.001	0.2	9	<2	<0.5	54	<1	209	2	12	<2	<10	33	3.56	0.15	0.37
22	123-m	<0.001	0.2	151	<2	1.2	45	<1	2480	2	13	3	<10	472	3.69	0.04	0.23
23	124-m	<0.001	<0.2	5	<2	<0.5	32	<1	598	2	3	<2	<10	63	4.06	0.06	1.1
24	125-m	<0.001	<0.2	2	<2	<0.5	14	<1	200	2	2	2	<10	29	3.5	0.07	0.37
25	126-m	<0.001	<0.2	7	<2	<0.5	19	<1	295	2	12	2	<10	16	3.52	0.08	0.54
26	127-m	<0.001	<0.2	3	<2	<0.5	24	<1	264	3	3	2	<10	27	3.5	0.07	0.25
27	128-m	<0.001	<0.2	15	<2	1.2	49	<1	763	2	4	<2	<10	92	3.54	0.06	1.15
28	129-m	<0.001	0.3	<2	<2	<0.5	41	<1	602	2	6	<2	<10	28	3.47	0.19	1.36
29	130-m	0.001	0.2	39	2	<0.5	53	<1	275	2	6	5	<10	25	4.01	0.13	0.12
30	131-m	<0.001	<0.2	4	<2	<0.5	28	<1	744	3	<2	<2	<10	48	3.48	0.12	1.33
31	132-m	<0.001	<0.2	4	<2	<0.5	15	<1	98	7	3	<2	<10	25	4.55	0.38	0.75
32	133-m	<0.001	<0.2	22	2	<0.5	26	<1	1665	2	8	2	<10	14	4.5	0.16	0.57
33	134-m	<0.001	<0.2	2	2	<0.5	25	<1	1700	4	12	<2	<10	58	3.61	0.08	1.82
34	135-m	<0.001	<0.2	2	2	<0.5	22	<1	218	1	6	<2	<10	37	2.76	0.18	1.18
35	136-m	<0.001	<0.2	3	<2	<0.5	24	<1	198	1	5	3	<10	51	2.46	0.18	1.2
36	137-m	<0.001	<0.2	17	<2	<0.5	16	<1	71	1	16	2	<10	21	2.42	0.24	0.53
37	138-m	0.001	<0.2	<2	2	<0.5	84	<1	665	<1	6	<2	<10	67	4.64	0.17	2.4
38	139-m	<0.001	<0.2	4	2	<0.5	32	<1	208	2	9	<2	<10	45	2.54	0.08	0.87



### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از اکتشافات ژئوشیمیایی در چهار گوش هیر سبب تفکیک ۹ محدوده ناهنجاری شد که از بین این ۹ محدوده تنها محدوده یکم جزء مناطق امید بخش بود. بیش‌ترین گسترش این ناهنجاری‌ها مربوط به عناصر روی، مس، باریوم، کادمیوم، بیسموت، آهن و منگنز است که به عنوان ردیاب‌های خوب در اکتشاف ذخایر مورد استفاده قرار می‌گیرند. هم‌چنین نتایج حاصل از مطالعات کانی‌های سنگین، سبب شناسایی کانی‌های سنگ‌ساز (نظیر کانی‌های پیروکسن، آمفیبول، اپیدوت، گارنت) و کانسار ساز (نظیر کانی‌های حاوی طلا و نقره، کانی‌های سینابر، استیبینیت، زیرکن، روتیل، رآلگار، اورپیمان، باریت، سلسنتین و کانی‌های خانواده عناصر مس، سرب و روی) گردید. منشا کانی‌های مذکور، عمدتاً زون‌های دگرسانی و زون‌هایی با کانی‌سازی‌های مختلف است. نتایج حاصل از مطالعات بر روی دگرسانی‌های منطقه سبب شناسایی دگرسانی‌های کائولینیتی، لیمونیتی، هماتیتی و آرژیلی شد. هم‌چنین نتایج آنالیزهای انجام شده و نیز حضور کانی‌های پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت، سرب طبیعی، منگنز و سینابر بیانگر شواهدی دال بر حضور کانه‌زایی طلا در منطقه و خصوصاً در اطراف توده نیمه عمیق در منطقه زرد چال است. این محدوده هم در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و هم در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از محدوده زرد چال از نواحی امید بخش می‌باشد.

### منابع

- [۶] نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ جواهرده، شماره برگه ۶۰۶۳، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [۷] نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ رازمیان، شماره برگه IIISE ۶۰۶۳، سازمان نقشه‌برداری کشور.
- [۸] نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ هیر، سازمان نقشه‌برداری کشور.
- [۹] نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ هیر، شماره ۶۰۶۳، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- [۱۰] نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ قزوین، شماره ۶۰۶۳، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [۱۱] نقشه ژئوفیزیک هوایی ۱:۲۵۰۰۰ قزوین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [۱۲] هادی‌زاده، ح (۱۳۸۳) اکتشافات ژئوشیمیایی از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی در محدوده برگه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ برندق (شیت ماسوله ۱:۱۰۰۰۰۰)، ۱۴۷.
- [۱۳] هادی‌زاده، ح (۱۳۸۵) اکتشافات ژئوشیمیایی و مطالعات کانی‌های سنگین در رسوبات رودخانه‌ای در برگه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ برندق شمال شرق زنجان ایران. فصل‌نامه علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۱۵-۱۰۲.
- [۱۴] یزدی، م (۱۳۸۱) روش‌های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۰.
- [۱۵] یزدی، م. خاکزاد، ا. موحدی، م. و چیت‌گری، ا (۱۳۸۵) اکتشافات ژئوشیمیایی در منطقه طوطی‌زار کاشان با نگرشی ویژه بر طلا، مس و تنگستن. نشریه علمی پژوهشی دانشکده علوم زمین، ۱۶، ۹۷-۱۰۷.
- [16] Beus, A. A., and Grigorian, S. V (1977) Geochemical exploration method for mineral deposits.
- [17] Translated by R. T. Schneider Ed. by A. A Levinson, Illiais Applied Publishing, 924.
- [18] Levinson, A. A (1980) Introduction of exploration geochemistry. Applied publishing Ltd., Wilmette, Illinois, 924.
- [19] Peters, W.C (1987) Exploration and Mining Geology. John Wiley & Sons Ltd, 704.
- [20] Pirajno, F (1992) Hydrothermal Mineral deposits. Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist.
- [21] Rose, A. W., and Hawkes, H. E., Webb, J. S (1979) Geochemistry in mineral exploration. Academic Press, New York, 657.
- [22] Sanford, F., Pierson T., and Crovelli, R. A (1993) An objective replacement method for censord geochemical data. Mathematical Geology, 27, 59-79.

- [۱] آقابیاتی، س. ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶.
- [۲] حسنی‌پاک، ع. ا. و شرف‌الدین، م (۱۳۸۰) تحلیل داده‌های اکتشافی. انتشارات دانشگاه تهران، ۹۸۷.
- [۳] حسنی‌پاک، ع (۱۳۸۱) اکتشافات ژئوشیمیایی. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم.
- [۴] خسرو تهرانی، خ (۱۳۸۲) چینه‌شناسی و رخدادهای زمین‌شناسی. انتشارات دانشگاه تهران، شماره انتشار ۲۰۱۷.
- [۵] کریم‌پور، م. ح، ملک‌زاده، آ، حیدریان، م. ر (۱۳۸۴) اکتشاف ذخایر معدنی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۶۰۸ صفحه.