

بررسی ژئوشیمی رسوبات آبراهه ای و کانی سنگین در منطقه قره گول

(شمال باختری استان اردبیل)

دکتر علی امامعلی پور^{۱*}؛ حسنیه نظری^۲؛ مسعود اسمعیل زاده^۳

۱- دانشیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه ارومیه

۲ و ۳- دانشجوی دکتری مهندسی معدن (اکتشاف)، دانشگاه ارومیه

* نویسنده مسئول: a.imamalipour@urmia.ac.ir

چکیده

مطالعات ژئوشیمیایی محدوده قره گول در استان اردبیل در منطقه‌ای به وسعت ۳۰ کیلومترمربع در مقیاس ۱: ۲۵,۰۰۰ با برداشت نمونه‌های ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای انجام شده است. در محدوده قره گول مجموعه ای از واحدهای سنگی آذرآواری توسط نفوذ واحدهای سنگی پلوتونیک تحت تاثیر قرار گرفته اند. در این محدوده توده های گرانیتی و ریوداسیتی در سنگ های آذرآواری نفوذ نموده و دگرسانی و کانه زایی در مقیاس ضعیف ایجاد شده است. تعداد ۶۹ نمونه رسوبات آبراهه‌ای با ابعاد کوچکتر از سرند ۸۰ مش و تعداد ۷ نمونه کانی‌سنگین از محدوده برداشت گردیده و مورد آنالیز ۳۱ عنصری قرار گرفته‌اند. بر اساس نتایج بررسی‌های ژئوشیمیایی، عناصر آرسنیک، آهن، منگنز و روی ناهنجاری نشان می‌دهند. در مطالعات چند متغیره عناصر متحرک مس، استرانسیوم و روی در یک شاخه قرار گرفتند و این امر حاکی از تحرک بالای این عناصر در محیط ژئوشیمیایی منطقه است. طی برداشت‌های صحرایی تعداد ۱۴ نمونه در دو مرحله از این منطقه برداشت شد. ۷ نمونه سری اول دارای کانی‌سازی نیستند ولی در سری دوم نمونه‌ها، کانی‌سازی مس، طلا و عناصر همراه مشاهده می‌شود که شایسته بررسی و مطالعه بیشتر است. شواهدی چون حضور حضور توده نفوذی و فازهای متعدد نفوذ در منطقه، دگرسانی وسیع با حضور مناطق کانی‌های رسی، دگرسانی سیلیسی و اکسید آهنی، کانی‌سازی مس به صورت سولفیدی و اکسیدی، حضور رگچه‌های سیلیسی به صورت استوک و رک و موازی، حضور رگه سیلیسی- سولفیدی و نتایج ژئوشیمیایی که حاکی از حضور مس، طلا و عناصر همراه است، نشانگر استعداد بالای منطقه برای کانی‌سازی است.

کلیدواژه: مطالعات ژئوشیمیایی، قره گول، رسوبات آبراهه ای، کانی سنگین، ناهنجاری

Investigation of the geochemistry of heavy sediments and sediments in the Qara Gol Region (Northwest of Ardabil province)

Dr. Ali Imamali Pour^{*1}, Hosnie Nazari², Masoud Esmailzadeh³

1- Associate Professor of Mining Engineering, Urmia University

2,3 - PhD student of mining engineering (exploration), Urmia University

¹: a.imamalipour@urmia.ac.ir

²: nazarihosnie@yahoo.com

³: m.esmailzadeh69@gmail.com

Abstract

Geochemical studies of Qara Gol range in Ardabil province in an area of 30 km² in a scale of 25,000: 1 have been carried out with the removal of geochemical samples of sediments of waterways. In the Qara Gol range, a series of lignite units is influenced by the influence of plutonic rock units. In this area, granite and rhyodacitic masses penetrate the igneous rocks, and low-level alteration and mineralization have been created. A total of 69 samples of sediments with smaller mesh sizes of 80 mesh and 7 heavy mineral samples were taken from the range and analyzed by 31 elements. Based on the results of geochemical studies, arsenic, iron, manganese and zinc anomalies are indicated. In multivariate studies, moving elements of copper, strontium and zinc were placed in a branch, indicating the high mobility of these elements in the geochemical environment of the region. During harvest, 14 specimens were taken in two stages of this area. The first 7 series of the first series do not contain mineralization, but in the second series of samples, the mineralization of copper, gold and co-elements is observed, which deserves further study. Evidence such as the presence of intrusive masses and multiple phases of penetration in the region, extensive alteration with clay minerals, silica alteration and iron oxide, copper mineralization in the form of sulfide and oxide, the presence of silica veins in the form of flow and parallel, the presence of streaks Silica-sulfide and the results of geochemistry indicating the presence of copper, gold, and elements, reflect the high potential of the region for mineralization.

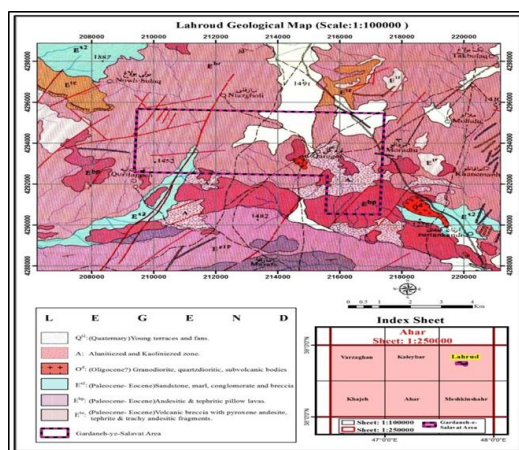
Keywords: Geochemical studies, Qara Gol, stream sediment, heavy mineral, anomalies

مقدمه

منطقه مورد مطالعه قره گول واقع در بخش شمال باختری استان اردبیل است. محدوده قره گول ما بین طول‌های جغرافیایی " ۲۲/۹۹° ۳۹' ۴۷° - ۵۴/۵۱' ۴۴° و عرض‌های جغرافیایی " ۴۳/۸۵' ۴۳° ۳۸° - ۴۳/۳' ۴۵' ۳۸° قرار گرفته است. محدوده مطالعاتی قره گول در چهار گوش زمین‌شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ اهر و برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ لاهرود واقع شده است (شکل ۱). محدوده مطالعاتی قره گول در ناحیه مرکزی برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ لاهرود قرار دارد و منطقه‌ای کوهستانی و بر روی واحدهای سنگی آتشفشانی سخت با سطوح ناهموار و ستیغ‌های بلند قرار دارند. روند بلندی‌ها با روند ساختمانی محدوده که خاوری- باختری است مطابقت دارد. اختلاف ارتفاع در این محدوده برابر با ۱۷۹۰ متر است. مطالعات ژئوشیمیایی محدوده قره گول در استان اردبیل در منطقه‌ای به وسعت ۳۰ کیلومترمربع در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ با برداشت نمونه‌های ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای انجام شده است.

یکی از محیط‌های تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی، محیط رسوبات رودخانه‌ای است که تحت شرایط آب و هوایی گوناگون قابل نمونه‌برداری هستند. استفاده از ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای یک روش مستقل و مفید برای تشخیص نواحی با پتانسیل بالای معدنی می‌باشد. در واقع بنیادی‌ترین پیش‌فرض در این روش این است که یک رسوب آبراهه‌ای معرف ترکیب شیمیایی محصولات هوازدگی و فرسایش در بالا دست محل نمونه‌برداری می‌باشد. تعداد ۶۹ نمونه رسوبات آبراهه‌ای با ابعاد کوچکتر از سرند ۸۰ مش و تعداد ۷ نمونه کانی سنگین از محدوده برداشت گردید. نمونه‌های ژئوشیمیایی مورد آنالیز ۳۱ عنصری قرار گرفت (آقانباتی، ۱۳۸۳).

نمونه‌های کانی سنگین نیز بعد از آماده‌سازی مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج مطالعه نمونه‌های کانی سنگین گسترش ضعیفی از کانه‌های مس (مس طبیعی)، اسفن و مارتیت را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت محدوده مطالعاتی قره گول بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ لاهرود (تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

بحث

اکتشافات ژئوشیمیایی

در اکتشافات ژئوشیمیایی نخستین گام طراحی شبکه نمونه برداری می باشد. به منظور طراحی شبکه نمونه برداری و انجام عملیات نمونه برداری از اطلاعات موجود، استفاده گردید. با استفاده از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ لاهرود، نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵,۰۰۰ رقومی منطقه، تصویر ماهواره ای ماهواره Virtual Earth، شبکه های نمونه برداری در منطقه طراحی گردید. در طراحی شبکه نمونه برداری مواردی هم چون حداکثر یکنواختی توزیع نمونه ها و متناسب بودن تعداد نمونه ها با مساحت حوضه آبریز لحاظ می گردد. در هنگام طراحی شبکه نمونه برداری اطلاعات اولیه هم چون محل توده های نیمه عمیق، محل واحدهای سنگی که پتانسیل کانی زایی بیشتری دارند و محل گسل ها و تراست های بزرگ بر روی نقشه منعکس شده و چگالی شبکه های نمونه برداری در آبراهه های منشعب از این پدیده نسبت به سایر مناطق، بیشتر منظور گردید تا در صورت وجود کانی سازی احتمالی بتوان به ثبت دقیق آن کمک کرد. با اعمال تمام معیارهای فوق در مجموع با طراحی ۷۵ نمونه در مساحت ۳۰ کیلومتر مربعی، تراکم نمونه ها به ۲/۵ نمونه در هر کیلومتر مربع می رسد. علاوه بر نمونه های رسوبات آبراهه ای، تعداد ۷ نمونه کانی سنگین با دانسیته یک دهم نمونه های ژئوشیمی طراحی شد.

در نهایت ۶۹ نمونه رسوبات آبراهه ای و ۷ نمونه ی کانی سنگین برداشت شد. تمامی نمونه ها در محل نمونه برداری با استفاده از سرنده ۸۰ مش سرنده شده و قسمت کوچکتر از ۸۰ مش به وزن ۳۰۰-۴۰۰ گرم جهت آماده سازی و آنالیز به آزمایشگاه ارسال گردید. نمونه های کانی سنگین نیز پس از انتقال به محل مناسب شسته شده و مراحل آماده سازی و مطالعات آزمایشگاهی را گذرانده است.

عملیات آماده سازی، شامل خردایش و تقسیم نمونه ها به دو بخش نمونه مورد آزمایش و نمونه بایگانی، در پایگاه آماده سازی نمونه ها انجام گردید و نیمی از نمونه ها جهت آنالیز عناصر به روش Fire Assay برای عنصر Au و روش ICP-MS برای عناصر دیگر به آزمایشگاه ارسال گردید. برای تعیین صحت و دقت آزمایشگاه تعداد ۴ عدد نمونه ی تکراری انتخاب شده اند و برای محاسبه خطا، از دو روش محاسباتی و نمودار تامسون - هوارث استفاده شده است. به منظور کنترل خطای آنالیز تعداد ۳۰ نمونه از نمونه های آنالیز شده برای آزمایشگاه ارسال و آنالیز گردید. محاسبه خطای این نمونه ها نشانگر وضعیت نسبتا مناسب خطای آنالیز به ویژه برای طلا و فلزات پایه می باشد. به طوری که خطای آنالیز مس در حدود ۱۰ درصد، سرب ۲۰ درصد و روی ۱۲ درصد است. در مرحله بعد مقادیر سنسورد تصحیح گردید. روش های مختلفی برای تخمین مقادیر سنسورد وجود دارد که هم برای داده های سنسورد شده از بالا و هم

برای داده‌های سنسورد شده از پایین مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه، از روش جایگزینی ساده استفاده شده است. در ضمن در میان داده‌های موجود، داده‌های سنسورد شده از بالا وجود ندارد. عناصر نقره، کادمیوم، آنتیموان، برلیوم و بیسموت دارای ۱۰۰٪ داده‌های سنسورد می‌باشند که مسلماً قابل پردازش نیستند. عناصر طلا، آرسنیک، مولیبدن و سرب نیز از آنجاییکه به ترتیب دارای ۹۹، ۸۶، ۹۶ و ۲۹٪ داده سنسورد می‌باشند، از پردازش‌های ژئوشیمیایی حذف می‌گردد. داده‌های سنسورد عناصر کبالت، کروم، لیتیوم، نیکل، گوگرد و اسکاندیوم نیز به دلیل داشتن میزان قابل قبول، جایگزین شده‌اند. لازم به توضیح است مقادیر عنصر طلا عمدتاً پائین تر از حد تشخیص دستگاه آنالیز بوده است. جهت محاسبه پارامترهای آماری پس از ذخیره داده‌های خام در نرم افزار Excel و جایگزینی داده‌های سنسورد، از نرم افزار SPSS بهره جسته ایم.

جدول ۱: پارامترهای آماری داده‌های خام رسوبات آبراهه‌ای محدوده قره گول پس از جایگزینی داده‌های سنسورد

Statistics Parameter of Gardaneh Salavat Stream Sediment Sample												
Element	Al	Ca	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg	
N	Valid	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mean	8.69	7.04	55.06	54.17	56.13	75.77	8.84	2.83	33.59	14.97	3.43	
Median	9.00	7.50	56.00	52.00	36.00	73.00	8.50	2.80	34.00	15.00	3.40	
Mode	9.40	7.90	53.00	47.00	7.50	52.00	7.60	3.40	38.00	7.50	3.80	
Std. Deviation	1.35	1.90	8.35	11.78	93.27	21.80	1.93	.80	5.43	4.94	1.33	
Variance	1.83	3.61	69.67	138.86	8700.00	475.24	3.71	.65	29.48	24.40	1.77	
Coefficient of Variation	21.07	51.21	126.54	256.35	15499.62	627.23	42.02	22.81	87.75	163.01	51.51	
Skewness	-1.11	-.40	-1.09	-.08	4.56	.93	.86	.06	-1.00	.09	.93	
Kurtosis	1.61	.38	3.46	3.78	21.98	2.33	2.13	-.35	1.80	-1.00	3.45	
Minimum	4.30	2.00	20.00	7.50	7.50	37.00	3.60	1.10	13.00	7.50	.60	
Maximum	10.90	12.20	71.00	91.00	558.00	162.00	15.90	4.60	42.00	24.00	9.00	
Percentiles	25	7.90	5.80	50.00	47.00	16.00	59.50	7.55	2.20	30.50	11.00	2.65
	50	9.00	7.50	56.00	52.00	36.00	73.00	8.50	2.80	34.00	15.00	3.40
	75	9.60	8.40	61.00	61.00	53.00	90.50	9.90	3.40	38.00	19.00	4.20
Element	Mn	Na	Ni	P	S	Sc	Sr	Ti	V	Y	Zn	
N	Valid	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mean	2616.48	2.08	47.89	.20	.15	25.14	798.58	.74	271.87	27.45	131.41	
Median	2543.00	2.10	32.00	.20	.13	25.00	789.00	.71	256.00	28.00	124.00	
Mode	2445.00	2.40	29.00	.20	.08	17.00	687.00	.66	210.00	27.00	127.00	
Std. Deviation	418.59	.46	85.94	.03	.06	6.93	206.21	.18	84.95	2.97	33.66	
Variance	175214.08	.21	7384.83	.00	.00	48.00	42521.39	.03	7216.56	8.81	1133.24	
Coefficient of Variation	6696.56	10.00	15419.98	.56	2.42	190.95	5324.63	4.20	2654.42	32.10	862.40	
Skewness	-.27	-.07	6.71	-2.20	.93	.45	.47	.23	1.46	-3.55	2.75	
Kurtosis	2.38	-.02	48.55	11.65	.52	.95	1.12	1.56	3.58	21.47	10.19	
Minimum	1040.00	.90	7.50	.02	.08	7.50	311.00	.19	162.00	9.00	96.00	
Maximum	3500.00	3.20	692.00	.26	.34	49.00	1428.00	1.29	635.00	32.00	300.00	
Percentiles	25	2445.00	1.80	26.00	.19	.10	20.00	673.50	.66	208.00	27.00	111.00
	50	2543.00	2.10	32.00	.20	.13	25.00	789.00	.71	256.00	28.00	124.00
	75	2794.50	2.40	39.50	.22	.18	30.00	930.00	.86	319.00	29.00	141.00

پس از محاسبه پارامترهای آماری عناصر مذکور، نمودارهای آماری آنها نظیر هیستوگرام و P-P Plot برای تمامی عناصر ترسیم شده است. ضمن انجام این مرحله مقادیر خارج از ردیف طبق نمودار BoxPlot شناسایی و جایگزین گردیدند. لازم به اشاره دارد که با توجه به لزوم محاسبه تابع نرمال F، برای آنالیز همبستگی پیرسون و آنالیز خوشه‌ای، مقادیری که به عنوان مقادیر خارج از ردیف در نظر گرفته شده، فقط در این دو آنالیز جایگزین خواهند شد. همچنین در مبحث جداسازی جامعه ناهنجاری از زمینه، محاسبه مقادیر و انحراف استاندارد بدون در نظر گرفتن مقادیر خارج از رده انجام خواهد شد و هیچگونه جایگزینی در محاسبه آن‌ها به کار نخواهد رفت (حسنی پاک، ۱۳۸۰).

در این پروژه برای نرمال کردن داده‌ها در مرحله اول سعی شده است که با جایگزینی مقادیر خارج از رده داده‌ها نرمال شود و برای داده‌هایی که توزیع لگاریتمی دارند از تبدیل لگاریتمی استفاده شده است. برای هر عنصر در هر حالت مقدار تابع F محاسبه شده است و برای داده‌هایی که مقدار F به حداقل برسد آن داده‌ها نزدیک به نرمال فرض شده و در پردازش‌های بعدی به عنوان داده‌های نرمال از آنها استفاده می‌شود.

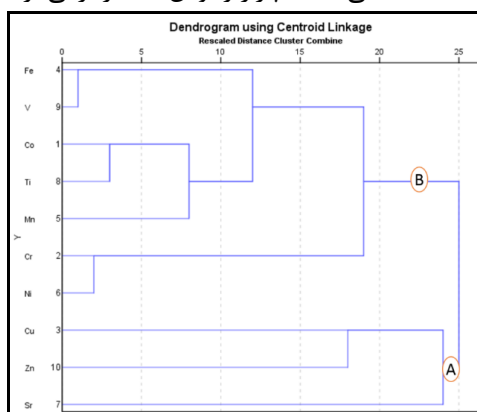
عناصر مس، آهن، نیکل، استرانسیوم و تیتانیوم با جایگزین کردن مقادیر خارج از رده، توزیع نرمال پیدا کرده‌اند ولی توزیع عناصر کروم، وانادیوم و روی لاگ نرمال بوده و پس از ترسیم لگاریتمی نرمال شده‌اند. همچنین پر واضح است که عناصر کبالت و منگنز در حالت خام، توزیع نرمال دارند. هیستوگرام عناصر پس از نرمال سازی، بر این ادعا صحه می‌گذارد.

جدول ۲: پارامترهای آماری عناصر به صورت خام (پس از جایگزینی داده های سنسورد) و پس از نرمال سازی

Statistics Parameter of Gardaneh Salavat Stream Sediment Sample (RAW DATA)											
Element	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn	
N	Valid	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	54.2	56.1	75.8	8.8	2616.5	47.9	798.6	.7	271.9	131.4	
Median	52.0	36.0	73.0	8.5	2543.0	32.0	789.0	.7	256.0	124.0	
Mode	47.0	7.5	52.0	7.6	2445.0	29.0	687.0	.7	210.0	127.0	
Std. Deviation	11.8	93.3	21.8	1.9	418.6	85.9	206.2	.2	85.0	33.7	
Variance	138.9	8700.0	475.2	3.7	175214.1	7384.8	42521.4	0	7216.6	1133.2	
Coefficient of Variation (%)	25.64	15499.6	627.2	42.0	6696.6	15420.0	5324.6	4.2	2654.4	862.4	
Skewness	-.1	4.6	.9	.9	-.3	6.7	.5	.2	1.5	2.7	
Kurtosis	3.8	22.0	2.3	2.1	2.4	48.5	1.1	1.6	3.6	10.2	
Minimum	7.5	7.5	37.0	3.6	1040.0	7.5	311.0	.2	162.0	96.0	
Maximum	91.0	558.0	162.0	15.9	3500.0	692.0	1428.0	1.3	635.0	300.0	
Percentiles	25	47.0	16.0	59.5	7.6	2445.0	26.0	673.5	.7	208.0	111.0
	50	52.0	36.0	73.0	8.5	2543.0	32.0	789.0	.7	256.0	124.0
	75	61.0	53.0	90.5	9.9	2794.5	39.5	930.0	.9	319.0	141.0
F (RAW)	3.9	31.1	4.2	3.9	2.9	62.0	2.1	2.0	6.5	15.7	
Statistics Parameter of Gardaneh Salavat Stream Sediment Sample (Normal Data)											
Element	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn	
N	Valid	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0
Mean	54.2	3.4	75.2	8.8	2616.5	33.9	790.7	0.74	5.6	4.8	
Median	52.0	3.6	73.0	8.5	2543.0	32.0	789.0	0.71	5.5	4.8	
Mode	47.0	2.0	52.0	7.6	2445.0	29.0	1141.0	0.66	5.3	5.2	
Std. Deviation	11.8	0.7	20.0	1.8	418.6	10.9	186.4	0.17	0.3	0.2	
Coefficient of Variation (%)	138.9	21.3	398.4	3.2	175214.1	118.6	34761.2	0.03	5.1	3.5	
Variance	256.4	0.5	26.5	20.4	6696.6	32.1	23.6	22.97	0.1	0.0	
Skewness	-.1	-0.5	0.3	0.4	-.3	0.5	-0.1	-0.02	0.5	0.6	
Kurtosis	3.8	-0.7	-0.4	0.5	2.4	0.1	-0.3	1.03	0.0	-0.2	
Minimum	7.5	2.0	37.0	3.6	1040.0	7.5	311.0	0.19	5.1	4.6	
Maximum	91.0	4.5	123.0	13.0	3500.0	58.0	1141.0	1.13	6.4	5.2	
Percentiles	25	47.0	2.8	59.5	7.6	2445.0	26.0	673.5	0.66	5.3	4.7
	50	52.0	3.6	73.0	8.5	2543.0	32.0	789.0	0.71	5.5	4.8
	75	61.0	4.0	90.5	9.9	2794.5	39.5	930.0	0.86	5.8	4.9
F (Normal)	3.9	1.7	1.0	1.3	2.9	1.2	0.5	1.06	1.1	1.4	

در این پروژه برای بیان ارتباط ژنتیکی بین عناصر از ضرایب همبستگی عناصر مختلف، تجزیه و تحلیل خوشه ای و آنالیز فاکتوری استفاده شد. نتایج حاصل از محاسبه ضریب همبستگی عناصر به روش پیرسون و اسپیرمن گویای این مطلب می باشد.

بر اساس دندروگرام ترسیم شده زیر، عناصر به ۲ خوشه اصلی A و B تقسیم شده‌اند؛ بدین ترتیب که عناصر مس، روی و استرانسیوم در خوشه A جای گرفته اند و بقیه عناصر نظیر کروم، نیکل، منگنز، تیتانیوم، کبالت، آهن و وانادیوم نیز در گروه B. این جایگیری ارتباطیست منطقی که به پاراژنز بودن عناصر برمی گردد.



شکل ۲: نمودار آنالیز خوشه‌ای رسوبات آبراهه ای قره گول

جهت انجام آنالیز فاکتوری از امکانات نرم افزار SPSS در محیط Windows بهره جسته ایم. در ابتدا باید میزان اعتبار تجزیه عاملی بر روی مقادیر شاخص غنی شدگی نرمال را بررسی کنیم. در این راه از آزمون های KMO Bartlett بهره می‌گیریم. هر چه مقدار KMO به یک نزدیکتر باشد دلالت بر تأیید بیشتر تجزیه عاملی دارد که با توجه به مقدار KMO معادل ۰,۷۸۴ در حد متعادلی می باشد و انجام آنالیز فاکتوری را تأیید می‌نماید (جدول ۳).

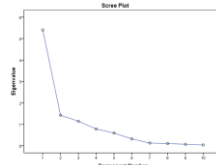
جدول ۳: مقدار پارامتر KMO در داده‌های محدوده قره گول

KMO and Bartlett's Test			
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy .		.784	
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	642.095	
	df	45	
	Sig.	.000	

برای نشان دادن مقادیر ویژه نسبت به تعداد مولفه‌ها نمودار صخره‌ای مقادیر ویژه نیز ترسیم گردیده است. در جدول ۳ بالاترین مقدار ویژه مربوط به مولفه اول و برابر با ۵/۴۰۶ و کمترین آن مربوط به مولفه دهم و بمیزان ۰/۰۳۶ می باشد. بر اساس جدول مقادیر ویژه (جدول ۴) ۳ فاکتور توانسته ۸۰٪ واریانس و تغییرات عمومی محیط ژئوشیمیایی را توجیه کند. در محدوده مورد مطالعه پس از انتخاب سه مولفه اول مقادیر خام هر مولفه نسبت به عنصر و مقادیر تبدیل یافته هر مولفه و ضرایب امتیازی هر مولفه محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۴: جدول مقادیر ویژه ، واریانس و واریانس تجمعی هر مولفه، همراه با مقادیر مشارکت هر مولفه

Total Variance Explained									
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.406	54.056	54.056	5.406	54.056	54.056	3.933	39.326	39.326
2	1.423	14.230	68.286	1.423	14.230	68.286	2.513	25.127	64.453
3	1.144	11.443	79.729	1.144	11.443	79.729	1.528	15.276	79.729
4	.779	7.794	87.524						
5	.592	5.925	93.448						
6	.319	3.187	96.636						
7	.127	1.269	97.905						
8	.105	1.048	98.952						
9	.068	.685	99.637						
10	.036	.363	100.000						



جدول ۵: جدول مقادیر تبدیل یافته هر مولفه و ضرایب امتیازی (فاکتورها)

	Rotated Component Matrixa		
	Component		
	1	2	3
Mn	.89	.13	-.01
Fe	.88	.37	.09
V	.81	.37	.22
Ti	.77	.41	.40
Co	.74	.57	.00
Zn	.55	-.15	-.50
Ni	.26	.91	-.07
Cr	.23	.90	.15
Sr	.01	-.12	.82
Cu	-.37	-.22	-.60

بر اساس مندرجات جدول، در فاکتور اول که ۳۹٪ تغییر پذیری محیط را توجیه می‌کند، عناصر آهن، تیتانیوم، وانادیوم، روی، کبالت و منگنز قرار گرفته‌اند که این امر می‌تواند به علت پارائز بودن آنها باشد. عناصر نیکل و کروم در فاکتور دوم قرار گرفته‌اند. این فاکتور ۲۵٪ تغییرپذیری محیط را توجیه می‌کند. فاکتور سوم با توضیح حدود ۱۵٪ تغییرات بر روی عنصر استرانسیوم گشوده شده است. پس از انجام عملیات پردازش داده‌ها باید داده‌های به دست آمده را به صورت نقشه درآورد تا امکان بررسی جغرافیایی داده‌ها فراهم شود و ارتباط فضایی بین ناهنجاری‌های عناصر مختلف و حضور کانه‌های با ارزش در نمونه‌های کانی سنگین مشخص شود. در راستای رسیدن به این هدف، محدوده بالادست تمامی ۶۹ نمونه به صورت یک چند ضلعی ترسیم شده است و مقدار عیار نمونه‌ها به چند ضلعی‌های ذکر شده نسبت داده شده است. برای رسم نقشه‌ها جهت جداسازی جامعه آنومالی از زمینه، روش محاسبه میانگین به علاوه ضرایبی از انحراف معیار (Rose Method) به کار گرفته شده است. در جدول زیر حد آستانه ناهنجاری برای ۱۰ عنصر مورد پردازش محاسبه شده است. همچنین مقادیر ناهنجاری درجه ۱ تا ۳ نیز به تفکیک در جدول قرار داده شده است.

جدول ۶: حد آستانه ناهنجاری برای عناصر مختلف

	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
Unit	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	(ppm)	(ppm)
Normalization Method	Raw	Ln	Outlier	Outlier	Raw	Outlier	Outlier	Outlier	Ln	Ln
X	54.2	40.7	75.2	8.8	2616.5	33.9	790.7	0.7	271.4	128.2
S	11.8	34.4	20.0	1.8	418.6	10.9	186.4	0.2	79.0	21.8
X+S	66.0	75.1	95.2	10.6	3035.1	44.8	977.1	0.9	350.5	150.0
X+2S	77.7	109.4	115.1	12.4	3453.6	55.7	1163.6	1.1	429.5	171.8
X+3S	89.5	143.8	135.1	14.2	3872.2	66.6	1350.0	1.3	508.5	193.6

پس از رسم نقشه‌های عناصر مختلف با روش ذکر شده در بالا می‌توان پراکندگی عناصر را در منطقه مورد مطالعه مشاهده نمود و ارتباط بین نمونه‌های پرعیار با همدیگر و میزان تجمع یا پراکندگی آنها در منطقه مشخص خواهد گردید. همبستگی ژئوشیمیایی عناصر کانسازسازی چون مس و روی مشاهده می‌شود و نتایج ضعیف عناصر طلا، آرسنیک، آنتیموان، سرب و نقره در نمونه هادیده می‌شود. انطباق مشخصی بین زون‌های دگرسانی و ناهنجاری رسوبات آبراه‌ای مشاهده می‌شود. در مطالعات کانی سنگین، مقادیر ناهنجاری کانی‌های مس و روی با حضور توده نفوذی و دگرسانی‌های منطقه انطباق دارد. کنترل ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی و کانی‌های سنگین نشانگر حضور ناهنجاری‌ها ضعیفی می‌باشند، اگرچه دگرسانی وسیعی در منطقه شکل گرفته است. یکی از مسائل و مشکلات اکتشاف در منطقه حضور قشر خاک بر روی رخنمون‌های سنگی است که باعث کم اثر شدن اکتشافات ژئوشیمیایی شده است. در منطقه جنوب غربی نقشه در حاشیه توده نفوذی کانی سازی مس و طلا در ارتباط با زون‌های دگرسانی مورد توجه قرار گرفت.

نتیجه گیری

بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی ساختاری ایران، منطقه مورد مطالعه در پهنه ساختاری البرز (باختری) قرار گرفته است. واحدهای مهم منطقه شامل مجموعه سنگ‌های ائوسن می‌باشد. بررسی نقشه منطقه نشان می‌دهد تنوع سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری قابل ملاحظه است. واحدهای ائوسن شامل آگلومرا، برش آتشفشانی، توف و آندزیت می‌باشد. این واحدها توسط دو نسل از توده‌های نفوذی و دایک‌های مرتبط بریده شده است. در بخش میانی و خاوری نقشه توده‌ای نسبتاً بزرگ با ترکیب گرانیت تا گرانودیوریت به درون مجموعه ائوسن نفوذ کرده است و در حاشیه آن توده‌ای نفوذی و دایک‌ها نفوذ کرده است. در این منطقه دو نوع دایک قابل مشاهده است. دایک‌های قدیمی‌تر از نوع دایک بازیک هستند، در حالیکه دایک‌های گروه دوم از نوع گرانیتی و منشعب از توده اصلی می‌باشند. نفوذ توده‌ها باعث تشکیل

دگرسانی در مجموعه سنگ‌های ائوسن شده است. مهم‌ترین انواع دگرسانی مشاهده شده در منطقه شامل دگرسانی آرژیلیکی و سیلیسی می‌باشند که با درجات مختلف سنگ‌ها را متأثر نموده‌اند. علاوه بر این دگرسانی پیریتی و اکسیدهای آهن ناشی از هوازدگی پیریت در منطقه گسترش دارد. کنترل کانی‌سازی‌ها حاکی از وجود کانی‌سازی مس و طلا به همراه عناصر همراه می‌باشد. از نظر ساختاری گسل‌های اصلی منطقه روند شمال باختری- جنوب خاوری دارند. همچنین گسل‌های با همین روند راست لغز نیز دیده می‌شوند. گسل‌های معکوس و رانده قسمت باختری محدوده دارای روند خاور- شمال خاور هستند و اغلب گسل‌های کوچک می‌باشند.

طی مطالعات ژئوشیمیایی، تعداد ۶۹ نمونه رسوبات آبراهه‌ای و ۷ نمونه کانی سنگین برداشت و پس از تجزیه نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای و مطالعه کانی سنگین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بررسی نتایج نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای حاکی از حضور ناهنجاری‌های ضعیف تا متوسط عناصر کانسار ساز است. بیشینه مقدار عنصر مس ۱۶۲ گرم در تن است و مقدار بیشینه روی ۳۰۰ گرم در تن است. همبستگی ژئوشیمیایی عناصر کانسارسازی چون مس و روی مشاهده می‌شود و نتایج ضعیف عناصر طلا، آرسنیک، آنتیموان، سرب و نقره در نمونه هادیده می‌شود. انطباق مشخصی بین زون‌های دگرسانی و ناهنجاری رسوبات آبراهه‌ای مشاهده می‌شود. در مطالعات کانی سنگین، مقادیر ناهنجار کانی‌های مس و روی با حضور توده نفوذی و دگرسانی‌های منطقه انطباق دارد. کنترل ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی و کانی‌های سنگین نشانگر حضور ناهنجاری‌ها ضعیفی می‌باشند، اگرچه دگرسانی وسیعی در منطقه شکل گرفته است. یکی از مسائل و مشکلات اکتشاف در منطقه حضور قشر خاک بر روی رخنمون‌های سنگی است که باعث کم اثر شدن اکتشافات ژئوشیمیایی شده است. در منطقه جنوب غربی نقشه در حاشیه توده نفوذی کانی‌سازی مس و طلا در ارتباط با زونهای دگرسانی مورد توجه قرار گرفت. مهم‌ترین ویژگی‌های این زون که باعث توجه ویژه به این منطقه جهت ادامه اکتشافات شده است، به شرح ذیل است.

- حضور توده نفوذی و فازهای متعدد نفوذ در منطقه
 - دگرسانی وسیع با حضور مناطق کانی‌های رسی، دگرسانی سیلیسی و اکسید آهنی
 - کانی‌سازی مس به صورت سولفیدی و اکسیدی
 - حضور رگچه‌های سیلیسی به صورت استوک و رک و موازی
 - حضور رگه سیلیسی- سولفیدی
 - نتایج ژئوشیمیایی که حاکی از حضور مس، طلا و عناصر همراه است.
- با توجه به موارد مذکور، به نظر می‌رسد حضور توده ساب و لکانیک در نزدیک سطح محتمل است و ادامه اکتشافات توجیه پذیر است. این شواهد همگی به حضور یک سیستم پورفیری مس (+ / - طلا) اشاره دارد.

منابع

- پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور (WWW. NGDIR.IR)
- سایت سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (WWW. GSI.IR)
- آقاباتی، ع. (۱۳۸۳)، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- حسینی پاک، ع. ا. (۱۳۸۰)، تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران