

بررسی میزان فرسایش کانسار اسکارن انجرد در شمال غرب

اهر به وسیله هاله عناصر فوق و تحت کانساری

اردشیر هزارخانیⁱ؛ سعید باقری فرⁱⁱ؛ امید اصغریⁱⁱⁱ

چکیده

یکی از کم هزینه ترین روشهای بررسی میزان فرسایش یک کانسار، استفاده از وضعیت هاله عناصر فوق کانساری و تحت کانساری است. در این پژوهش، تلاش شده تا با استفاده از نرم افزارهای مناسب و پردازش داده های لیتوژئوشیمیایی و گمانه های موجود، حداکثر اطلاعات مربوط به میزان و گستردگی فرسایش کانسار اسکارن انجرد در شمال غرب اهر به طور کمی مشخص گردد. با تعیین میزان، شدت و مکان یابی قله های هاله های ضربی و مرکب، نحوه فرسایش و میزان اثرگذاری آن بر این کانسار به خوبی مشخص شده است. هاله عناصر فوق کانساری و تحت کانساری در جنوب غربی منطقه مورد مطالعه بسیار شدید است، که نشان از اثر نه چندان زیاد فرسایش در این قسمت دارد. به عبارت دیگر، با وجود فرسایش، پیکره اصلی کانسار متاثر نشده و کانسار از بین نرفته است. در بررسی هاله مرکب، وجود یک قله مشخص در سمت شمال غرب علاوه بر جنوب غرب منطقه، تأیید شده است. همچنین با بررسی وضعیت هاله های فوق در گمانه های موجود در منطقه، مشخص شد که امکان کانی سازی در عمق بیشتر وجود ندارد، به طوری که تنها در عمق کمتر از ۸۰ متر، کانی سازی اقتصادی را می توان انتظار داشت. در مجموع می توان اذعان کرد که ادامه اکتشاف در دو منطقه شمال غرب و جنوب غرب اهمیت بیشتری دارد.

کلمات کلیدی

انجرد، اسکارن، عناصر فوق کانساری، تحلیل کلاستری، فرسایش، هاله مرکب ضربی، لیتوژئوشیمی

The Investigation of Enjerd Skarn Ore Deposit Weathering Values, in Northwestern Ahar, by Applying the Upper and Lower Elemental Haloes

Ardeshir Hezarkhani; Saeed Bagherifar; Omid Asghari

ABSTRACT

One of the less expensive methods to investigate the ore deposit weathering surface is to investigate the geochemical haloes exact positions. The following research is a try to apply the sufficient computer software too quantitatively, processing the litho-geochemical data from the available drill cores to find the development values of the maximum weathering from the Anjerd skarn, northwestern Ahar. By identifying the amount, magnitude and the location of complex and the multiple haloes, it is possible to find the weathering effects within this ore deposit. The upper and downer elemental haloes in the southwestern part of the deposit is very intense, which is corresponded to the low alteration effects, in other words it is possible to say that the alteration could not effect the ore main body and most part of the deposit is intact and preserved. In complex haloes investigation, it is showed that there is an intact ore body toward the northwestern, in addition to that of southwestern part of the studies area. It is also proved that there is no chance of ore formation within the deep part of the area, and the only economic ore formation could happen

i - دانشیار دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر

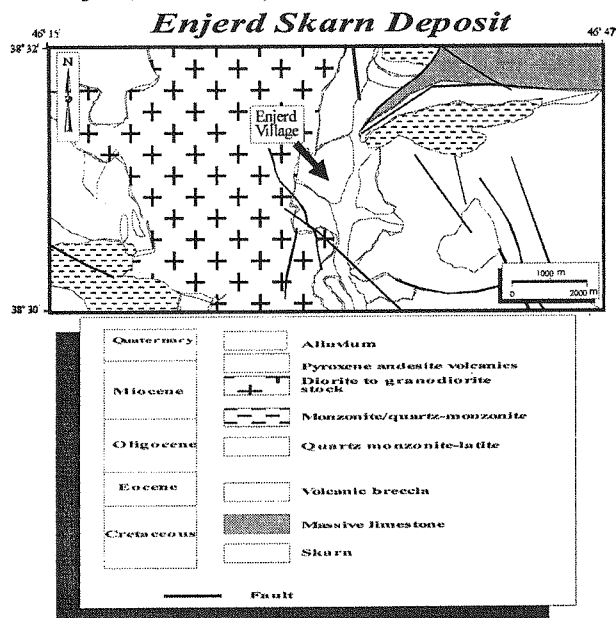
ii - دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر

iii - دانشجوی دکترای اکتشاف معدن دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر

in the maximum depth of 80 meters. In general, it is concluded that the continuing the mineral exploration activities within the studied area could be more satisfying if it is in two locations of northwestern and the southwestern of the main studies area.

KEYWORDS

Enjerd, Skarn, Top ore deposit Elements, Weathering, Cluster Analysis, Erosion



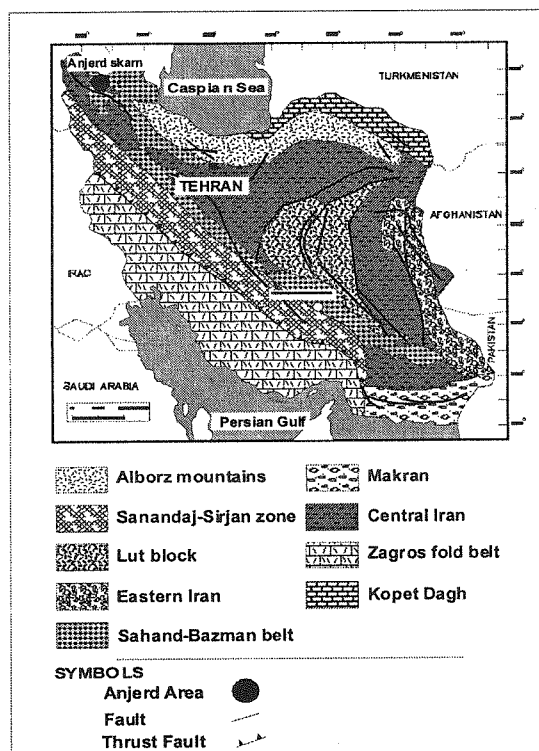
شکل (۲): نقشه زمین‌شناسی کانسار انجرد [۶].

۲- روش شناسی

تجربه نشان داده است که اگر ترکیبی از مقادیر یک گروه از عناصر معرف بجای مقدار یک عنصر خاص به کار گرفته شود هاله‌های ژئوشیمیایی در اطراف توده‌های کانساری بهتر مشخص می‌گردند. این ترکیب مقادیر به دو طریق صورت می‌پذیرد: ترکیب جمعی و ترکیب ضربی. هاله‌های ترکیبی از طریق جمع یا ضرب ساده مقدار عناصر، که در مقابل میانگین مقدار زمینه شان نرمالیزه شده‌اند به دست می‌آید. در این حالت هاله‌ها از طریق بزرگی کل حداقل مقدار آنومالی عناصر معرف، یعنی همان کل حد آستانه ای این عناصر مشخص می‌شوند. در مقایسه با هاله‌های یک عنصری، هاله‌های مرکب جمعی به مراتب چشمگیرترند. به علاوه، اثرات خطاهای تصادفی در آنها به حداقل کاهش می‌یابد و بدین دلیل، هاله‌های مرکب نسبت به سیمای ساختمانی - زمین‌شناسی مرتبط با نهشته‌های کانساری رابطه نزدیکتری را نشان می‌دهند. به آسانی قابل درک است که هاله‌های مرکب بزرگتر و مشخص تر از هریک هاله‌های ساده مربوط به یک عنصر است [۷]. اگر بجای جمع این مقادیر، آنها را در یکدیگر ضرب کنیم هاله‌های مرکب ضربی حاصل می‌شوند. روش ضربی از نظر صرف وقت به روش جمعی ترجیح داده می‌شود، زیرا ضرورت تعیین

۱- مقدمه

منطقه انجرد در ۳۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان اهر (در استان آذربایجان شرقی) و در شمال شرق معدن مس سونگون و با مختصات طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۷ دقیقه و ۲۰ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳۱ دقیقه و ۱۲ ثانیه واقع شده است (شکل های (۱) و (۲)). قدیمی ترین سنگ‌ها مربوط به کرتاسه فوقانی است و متعاقب آنها، توف‌ها، ولکانیک‌ها و ایگنمبریت‌های مربوط به ائوسن تشکیل شده‌اند. توده عظیم باتولیتی شیورداغ (با جنس دیوریت/گرانودیوریت تا کوآرتز مونزونیت و با سن الیگوسن) در بین سنگ‌های قبلی نفوذ کرده است [۱]-[۴]



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین‌شناسی منطقه انجرد [۶].
در حین و پس از این نفوذ، حرارت و محلول‌های هیدروترمال صادره از آن، سبب تولید اسکارن در کنتاکت با آهک‌های کرتاسه شده. تشکیلات مهم منطقه انجرد عبارتند از: تشکیلات کرتاسه، توده‌های ائوسن، توده نفوذی الیگوسن، اسکارن، واحد بازالتی کوآرتز، رسوبات رودخانه‌ای و آبرفتی (شکل ۲).

کند. در این گونه موارد لازم است با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره به کاهش تعداد بعدها در فضای مورد بررسی پرداخت، به طوری که نتایج این ابعاد جدید (متغیرهای جدید) با تعدادی به مراتب کمتر از حالت قبل، بتواند بخش اعظم تغییرپذیری داده‌ها را تشریح کنند. به عنوان مثال در ژئوشیمی اکتشافی می‌توان تغییرپذیری همزمان چندین عنصر (متغیر) را برای کشف دقیق‌تر آنومالی‌های احتمالی آنها مورد بررسی قرار داد.

جدول (۲): نتایج تحلیل نمونه های سنگی انجرد، بر حسب ppm

No	X	Y	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Ag	Fe
1	135	135	86	11	48	22	56	1.1	13000
2	163	135	72	13	32	14	9	0.5	29000
3	190	148	2444	24	101	16	21	1.3	28000
4	225	143	13	7	28	5	11	0.5	5000
5	215	125	66	9	52	14	14	0.5	34000
6	280	125	116	11	51	11	25	1.1	11000
7	264	113	32	9	47	16	39	0.5	35000
8	310	128	26	6	6	1	9	0.5	2000
9	320	110	97	5	5	6	32	0.5	2000
10	125	175	214	11	27	17	14	0.5	36000
11	168	175	98	8	14	16	27	0.4	22000
12	180	178	1815	8	31	16	23	0.5	15000
13	192	148	2444	24	309	10	76	21	9000
14	230	170	2445	4	51	14	21	0.5	13000
15	298	171	327	4	9	1	8	0.5	27000
16	158	207	2952	14	25	5	6	1.4	24000
17	207	238	15	1	11	5	9	0.5	15000
18	136	280	42	10	19	9	14	0.5	13000
19	155	267	41	4	7	1	4	0.5	13000
20	130	320	50	18	20	13	51	1.8	23000
21	137	342	13	25	12	11	12	4.5	2000
22	123	353	31	6	25	7	1	0.5	21000
23	153	317	78	5	9	5	6	0.5	9000
24	178	340	1603	6	18	11	21	1.2	21000
25	157	342	391	25	22	11	19	3.1	7000
26	198	334	31	8	15	11	8	1.3	78000
27	153	366	17	16	16	10	31	21	3000
28	170	368	30	22	14	11	15	3.2	3000
29	200	385	30	11	12	10	8	0.5	27000
30	235	393	13	6	23	12	9	0.5	31000
31	204	373	63	10	8	8	20	1.8	9000
32	275	388	44	10	12	9	35	0.5	13000

مقدار زمینه برای هر عنصر معرف و سپس نرمال کردن مقدار غلظت این عناصر در نمونه های انتخابی را از بین می‌برد. در عمل، اگر عنصری که در بنای یک هاله مرکب ضربی شرکت دارد، به علت عدم حساسیت کافی در روش تجزیه‌ای که به کار گرفته شده، قابل اندازه گیری نباشد می‌توان به طور اختیاری مقداری برابر نصف حد حساسیت آن روش تجزیه ای را برای آن عنصر خاص در نظر گرفت.

پس از اینکه آنومالی‌های ژئوشیمیایی در سطح، کشف و تعیین حدود شد، مساله مهم باقیمانده، تعیین سطح فرسایش کانسار خواهد بود. یکی از کاربردهای عملی زون‌بندی هاله‌های اولیه، شناسایی عناصر موجود و تمایز میان هاله‌های تشکیل‌شده در بالا و پایین توده‌های معدنی و ارزیابی تراز فرسایش توده‌های معدنی با استفاده از هاله‌های مرکب است. استفاده از پارامترهای هاله‌های ترکیبی برای ارزیابی تراز فرسایش آنومالی‌های ژئوشیمیایی اعتبار بیشتری دارد، زیرا هاله‌های مرکب به دلیل داشتن اندازه بزرگتر، نتایج معتبرتری را در بردارند. همچنین این هاله‌ها نسبت به اثر نمونه‌برداری یا خطاهای تجزیه‌ای، کمتر از هاله‌های تک‌عنصری حساسیت نشان می‌دهند. در ارزیابی سطح فرسایش کانسار انجرد، از هاله‌های مرکب ضربی عناصر استفاده شد (جداول (۱) و (۲)).

جدول (۱): نتایج تحلیل گمانه شماره یک بر حسب ppm

Depth	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Ag	Fe
10	9400	7	95	171	45	4.9	12000
20	7700	7	105	36	63	9.4	18000
30	374000	8	444	140	275	47.7	53000
40	25000	9	316	140	212	42.8	41000
50	698	10	24	7	15	2.2	9000
60	618	10	30	5	17	2	11000
70	5000	9	81	65	56	9.9	18000
80	80	15	36	18	44	1.1	23000
90	55	26	408	19	48	1.6	32000
100	46	17	27	17	20	1.4	33000
110	16	10	27	12	10	1.1	37000
120	126	31	249	18	10	2	40000
130	223	8	24	19	5	1.2	20000

۳- مطالعات آماری

به منظور بررسی عناصر پاراژنر و مشاهده همبستگی و تشابه درون گروهی، از آمار چند متغیره و به طور خاص از تحلیل خوشه‌ای کمک گرفته شد.

روش‌های چند متغیره امکان تحلیل آماری همزمان چندین متغیر را فراهم می‌کنند. مسائل مربوط به یک، دو و حتی سه متغیر را می‌توان تصور کرد و یا به‌طور گرافیکی نمایش داد، ولی گاهی در مسایل اکتشافی با یک فضای ۱۰ و یا حتی ۲۰ متغیره روبرو هستیم که بررسی روابط بین آنها را دشوار می‌-

۳-۱- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای (کلاستر)

در تحلیل خوشه‌ای، هدف دست یافتن به ملاکی برای طبقه بندی هر چه مناسب‌تر متغیرها و یا نمونه‌ها براساس تشابه هرچه بیشتر درون‌گروهی و اختلاف هرچه بیشتر بین گروهی است. این خصوصیت به ما کمک می‌کند که بتوانیم متغیرها و نمونه‌ها را به صورت خوشه‌هایی که حداکثر تشابه ممکن را درون خود و حداکثر اختلاف را بین خود دارند رده‌بندی کنیم. برای تعیین عناصر فوق کانساری و نیز تحت کانساری از

شباهت درون گروهی آنها استفاده شد و با استفاده از تحلیل خوشه ای به تفکیک آنها پرداخته شد [8].

۳-۲- خوشه نگار

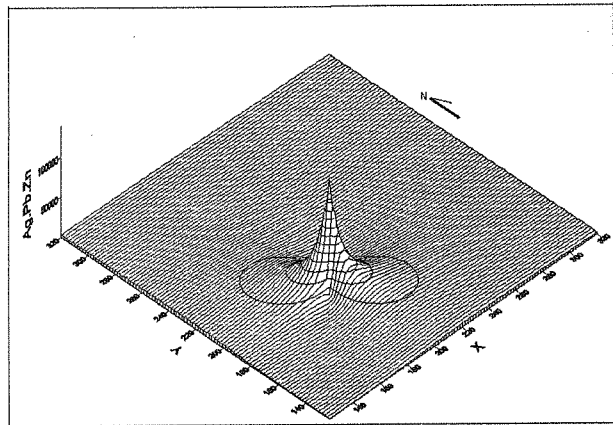
معمولاً نتیجه حاصل از محاسبات تحلیل خوشه ای را به صورت یک نمودار سلسله مراتبی به نام خوشه نگار یا دندوگرام نمایش می دهند. دندوگرام یک ساختار سلسله مراتبی است که نحوه اتصال نمونه ها و یا متغیرها را به یکدیگر نشان می دهد. بعد از رسم دندوگرام کاربر می تواند با توجه به شباهت مورد نظر، قسمت های مختلفی از آن را بعنوان یک گروه طبقه بندی کند.

براساس این دندوگرام نیز، همبستگی بین عناصر Pb, Ag و Zn به عنوان عناصر فوق کانساری و Co, Cu و Ni به عنوان عناصر تحت کانساری کاملاً مشهود است و در دو گروه مجزا قابل تفکیک اند (شکل ۳).

سه عنصر Ag, Pb و Zn، عناصر فوق کانساری (تمایل به تمرکز در بالای کانسار دارند) و عناصر Ni, Co و Cu، عناصر تحت کانساری هستند [5]. در صورتی که فرسایش، ضعیف و کم ژرفا باشد، هاله های فوق کانساری، معرف توده معدنی اصلی خواهد بود، به نحوی که این توده در بالاترین تراز فرسایش قرار خواهد داشت. در صورتی که فرسایش کامل بوده و توده معدنی از بین رفته باشد، تنها هاله های تحت کانساری که زیر توده معدنی تشکیل می شوند، وجود خواهند داشت.

در حالت بینابین، هر دو هاله فوق کانساری و تحت کانساری وجود دارند. هاله ترکیبی عناصر فوق کانساری Ag, Pb و Zn در منطقه مورد مطالعه، ضمن انطباق با زونهای اسکارنی، تراکم شدیدی را در جنوب منطقه نشان می دهد. این تراکم با روند شمالی-جنوبی، بر زون اسکارنی دره علی جواد و دره شرقی آن منطبق است (شکل ۴).

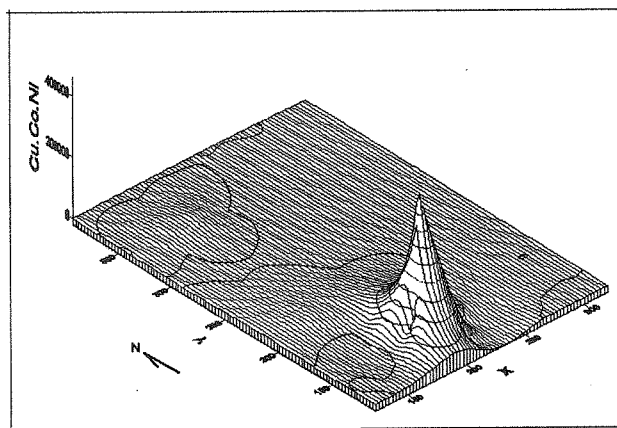
وجود مقدار حداکثر هاله ضربی در این محدوده با توجه به نقشه های ژئوشیمیایی تک عنصری و شواهد زمین شناسی و صحرایی، دور از انتظار نیست، چراکه منطقه مورد مطالعه، اسکارنی است و در نتیجه تاثیر محلولهای هیدروترمال، کانه زائی مس مشخص شده است [6]. و به همین دلیل، وجود مواد معدنی در عمق فرسایش، بعید است.



شکل (۴): هاله مرکب ضربی عناصر Zn و Pb, Ag

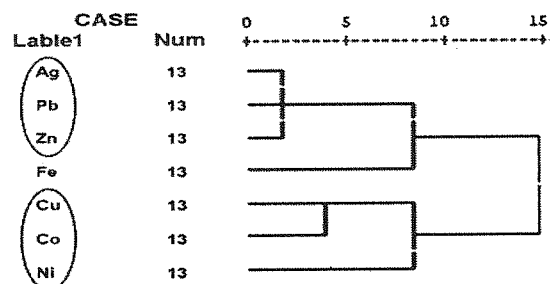
هاله ضربی Co, Ni, Cu، وسعت و شدت بیشتری را در جنوب منطقه نشان می دهد. این هاله نیز با روند شمالی-جنوبی، بر زون اسکارنی شرق دره علی جواد منطبق است (شکل ۵).

هاله ترکیبی عناصر تحت کانساری، وسیع تر از سایر هاله ها بوده و با زونهای اسکارنی شمال غرب و جنوب غرب منطقه انجرد، پوشش مکانی جالبی نشان می دهد.



شکل (۵): هاله مرکب ضربی عناصر Ni و Co, Cu

با مقایسه دو هاله مرکب ضربی فوق می توان دید که در جنوب غرب (شرق دره علی جواد)، هم هاله عناصر فوق کانساری و هم تحت کانساری را داریم. پس می توان گفت که فرسایش تا حدی عمل نموده و قسمت فوقانی کانسار را تخریب کرده، ولی توده معدنی از بین نرفته است. بنابراین، احتمال می رود در صورت وجود کانسار در این محدوده بخصوص برای مس،

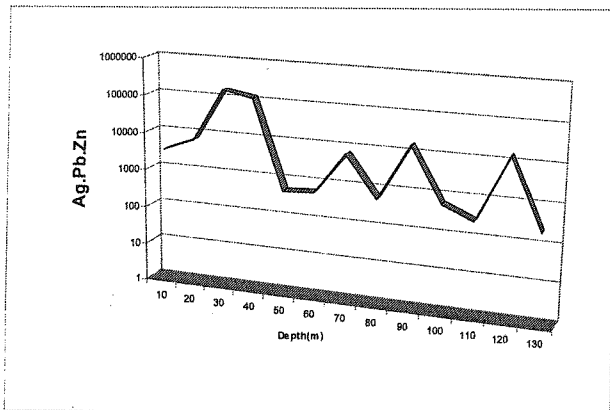


شکل (۳): دندوگرام حاصل از تحلیل خوشه ای عناصر فوق و تحت کانساری. همانگونه که دیده می شود عناصر Ag, Pb و Zn به عنوان عناصر فوق کانساری و Co, Cu, Ni به عنوان عناصر تحت کانساری کاملاً قابل تفکیک هستند.

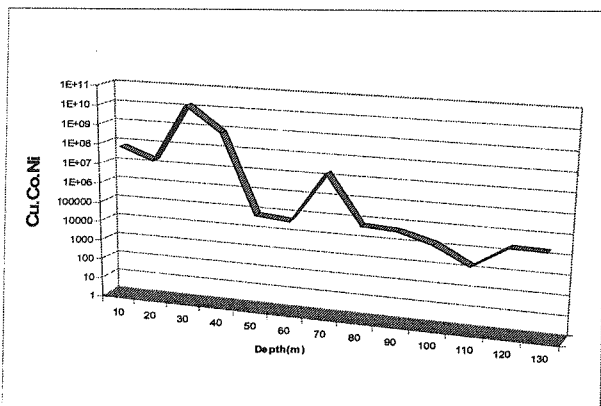
کانسار در سطح و نزدیک به آن قرار گرفته و عمق چندانی نداشته باشد که این امر از لحاظ اقتصادی بسیار حائز اهمیت است.

از طرفی با توجه به اینکه مس جزء عناصر تحت‌کانساری می‌باشد و دیگر عناصر این گروه ترکیبی (Co.Ni) شدت زیادی در منطقه ندارند، عامل اصلی ایجاد هاله مذکور، عنصر مس بوده و برای ادامه کارهای اکتشافی، مفید ارزیابی می‌شود.

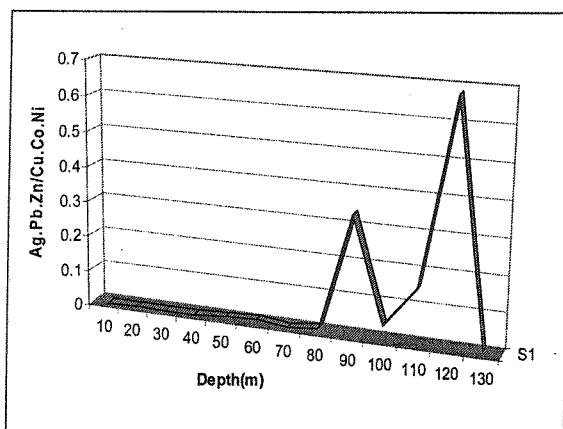
نشان می‌دهد (شکل (۷)). در مورد هاله مرکب تحت‌کانساری، همان طور که دیده می‌شود، با افزایش عمق، کاهش شدیدی نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای جداگانه عناصر تحت‌کانساری، و تغییرات تقریباً یکنواخت عناصر Ni و Co، این حالت می‌تواند ناشی از کاهش مقدار مس باشد (شکل (۸)).



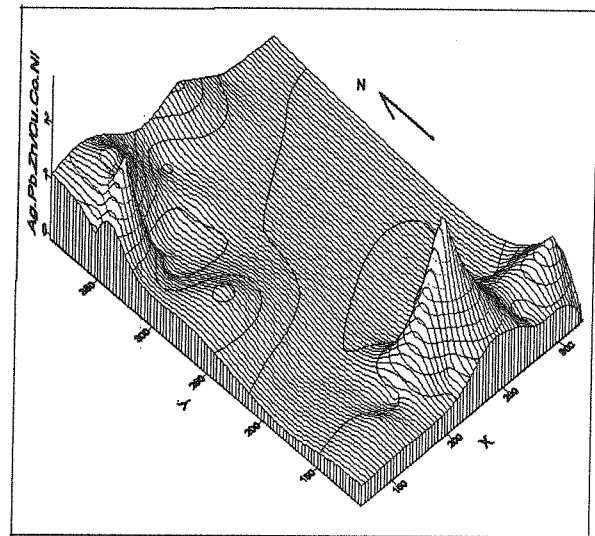
شکل (۷): تغییرات هاله عناصر فوق‌کانساری در گمانه



شکل (۸): تغییرات هاله عناصر تحت‌کانساری در گمانه



شکل (۹): تغییرات هاله عناصر فوق‌کانساری به عناصر تحت‌کانساری در گمانه



شکل (۶): هاله ترکیبی $\frac{Ag . Pb . Zn}{Cu . Co . Ni}$

ع- هاله ترکیبی عناصر فوق‌کانساری به عناصر تحت‌کانساری

برای بررسی بیشتر و بهتر از نسبت هاله مرکب عناصر فوق‌کانساری به عناصر تحت‌کانساری استفاده می‌کنیم. ترسیم نسبت هاله‌های مرکب در دو محدوده، افزایش زیادی نشان می‌دهد (شکل (۶)). تراکم در دو قسمت شمال‌غرب دره معدن، منطبق بر زون اسکارنی و منطقه دوم، در جنوب منطقه در شرق دره علی‌جواد، بیشتر است. فرسایش در دو محدوده فوق، عملکرد چندانی نداشته و مناطق مذکور نسبت به سایر قسمت‌ها از فرسایش کمتری برخوردار هستند. بنابراین، توده معدنی احتمالی، در عمق نیز از فرسایش مصون مانده است.

د- بررسی هاله‌های مرکب در گمانه

با استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی در گمانه شماره ۱ که تنها گمانه حفر شده در منطقه است و نمونه‌های بدست آمده از آن آنالیز شده‌اند، به بررسی هاله‌های مرکب در عمق می‌پردازیم. هاله مرکب فوق‌کانساری حاصل از عناصر Ag، Pb و Zn با افزایش عمق در نوسان بوده، اما یک کاهش کلی را

Salvi, S., & Williams-Jones, A.E., 1997. Fluid inclusion volatile analysis by gas chromatography: application of a wide-bore porous-polymer capillary column to the separation of organic and inorganic compounds, *Canadian Mineralogist*, v. 35, p. 1391-1414.

Peters, W.C. Exploration and Mining Geology. New York, Santa Barbara, Toronto: Wiley, 1978

Beus, A.A.; and Grigorian, S.V. Geochemical Exploration Methods for Mineral Deposits. Trans. By R.T. Schneider, ed. By A.A. Lvinson, Illinois: Applied Publishing 1988

۸- زیر نویس

1 - Dendogram

- [۶] برای شناسایی بهتر تغییرات عناصر، از نسبت عناصر فوق‌کانساری به تحت‌کانساری استفاده می‌شود. در شکل (۹) مشخص است که با افزایش عمق، این نسبت افزایش یافته و همانطور که قبلاً گفته شد، این امر به علت کاهش بارز مس در عمق است. از طرفی، افزایش این نسبت به طرف عمق، احتمال وجود هر گونه مواد معدنی در اعماق بیشتر را رد می‌کند.
- [۷] توجه به این نکته لازم است که در صورت وجود کانی‌سازی در عمق، نسبت عناصر فوق‌کانساری به عناصر تحت‌کانساری، به طرف عمق کاهش می‌یابد.
- [۸]

۶- نتیجه گیری

انجرد، یک معدن تیپ اسکارنی است و به لحاظ آب و هوایی در گذشته، شرایط مناسبی برای فرسایش داشته است. با بررسی هاله عناصر فوق‌کانساری و تحت‌کانساری، فرسایش نسبتاً شدید منطقه و در نتیجه، حذف قسمتی از کانسار مشخص شد. به نظر می‌رسد فرسایش در قسمت شمال‌غربی شدیدتر باشد، چراکه هاله عناصر تحت‌کانساری در این قسمت، افزایش ناچیزی را نشان می‌دهد. بررسی همین هاله‌ها در گمانه حفر شده در منطقه نیز، نتایج فوق را تأیید می‌نماید. در این گمانه، وضعیت هاله‌ها چنان است که احتمال کانی‌سازی در عمق بیش از ۸۰ متر را رد می‌کند. بنابر این، انتظار وجود یک کانسار اسکارنی کامل مانند آنچه در سونگون گزارش شده است، در این ناحیه ممکن نیست.

۷- مراجع

- [۱] هزارخانی، اردشیر (۱۳۸۲)، ژئوشیمی اسکارنه‌های انجرد و ارتباط آن با کانی‌زائی اقتصادی مس در آذربایجان ایران، نشریه امیرکبیر، سال پانزدهم/د-۵۷/ (علوم پایه و مهندسی کاربردی) زمستان ۱۳۸۲
- [۲] Berberian, M., 1976 Contribution to the Seismotectonics of Iran (Part 2). Geological Survey of Iran Report no. 39, 516 p.
- [۳] Berberian, M., 1983 The Southern Caspian: A compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust, *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 20 p.p. 163-183.
- [۴] Mehrpartov, M., 1993 Contribution to the geology, geochemistry, ore genesis and fluid inclusion investigations on Sungon Cu-Mo porphyry deposit, northwest of Iran, Ph.D thesis, Hamburg Univ., Hamburg, 245 p.
- [۵] Stocklin, J., 1974 Structural correlation of the alpine ranges between Iran and central Asia, *Memoir Hors Service Society Geologique France*, v. 8, p.p. 333-353