

ارزیابی داده‌های زمین‌شناسی - ژئوشیمی اکتشافی اندیس مس علیشار جهت تعیین الگو و تیپ کانه‌زایی

مرضیه قایدامینی هارونی¹، هاشم باقری²، هوشنگ اسدی هارونی³، احمدرضا مختاری⁴، فریمه آیتی⁵

1- کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان

2- استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان

3- استادیار، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان

4- استادیار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان

5- استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، ج.ا.ایران

(دریافت: اردیبهشت 1393 پذیرش: اسفند 1393)

چکیده

اندیس مس علیشار با پتانسیل بالای مس - طلا در استان مرکزی و کمربند ارومیه دختر قرار دارد. واحدهای زمین‌شناسی منطقه شامل گدازه آندزیتی، تراکی آندزیتی - آندزیتی بازالتی، توف آندزیتی - آندزیتی بازالتی و توف ریولیتی - داسیتی است. دگرسانی‌های هیدروترمال همچون فیلیک، پروپیلیتیک، رسی و سیلیسی شدن (سنگ‌های سیلیسی آهن‌دار برشی شده) حامل اکسیدها و هیدرو اکسیدهای آهن (هماتیتی شدن، گوتیتی شدن) و کانه‌زایی مس و کم و بیش طلا در این مجموعه به چشم می‌خورد. همبستگی بالای مس و آهن با حضور کالکوپیریت و همبستگی بالای طلا و آرسنیک و بیسموت، با جانشینی آن در کانی‌های سولفیدی مس و بیسموت و آرسنوپیریت تطابق دارد. آنالیز آماری چند متغیره نشان از حضور سه مرحله اصلی کانه‌زایی در منطقه دارد. اولین مرحله از عناصر مس، طلا، نقره، بیسموت، منگنز، کبالت و روی، مرحله دوم از آهن و آنتیموان و آخرین مرحله از آرسنیک، کادمیوم و مولیبدن غنی‌شدگی نشان می‌دهد. ترکیب سنگ میزبان، نوع کانه‌ها و دگرسانی‌ها، محیط تکتونیکی و نتایج ژئوشیمیایی همچون حضور کانه‌های آهن، مس و طلا، همبستگی بالای این عناصر با یکدیگر و بالا بودن غلظت این عناصر نسبت به سایر عناصر نشان از شباهت این اندیس با کانسارهای IOCG دارد.

کلمات کلیدی

دگرسانی، همبستگی، مس علیشار، زون ارومیه-دختر

1- مقدمه

زمین شناسی 1:100000 خیارج [7] و 1:100000 نوبران [8] قرار دارد (شکل 1). در شکل 2 نقشه 1:10000 منطقه مشاهده می شود. واحدهای زمین شناسی منطقه عمدتاً شامل گدازه آندزیتی، تراکی آندزیتی - آندزیتی بازالتی، توف آندزیتی - آندزیتی بازالتی و توف ریولیتی - داسیتی است. از دیگر واحدهای زمین شناسی موجود می توان به حضور ایگنمبریت در اطراف محدوده و همچنین توده های نفوذی گرانودیوریت و مونزودیوریت - کوارتز مونزودیوریت (الگیو - میوسن) اشاره نمود.

عمده کانی های تشکیل دهنده این واحدهای سنگی شامل پلاژیوکلاز، ارتوکلاز، پیروکسن و کوارتز به همراه کانی های فرعی و کانی های حاصل از دگرسانی همچون کلسیت، کلریت، اپیدوت، سرپسیت و غیره است. تحت تأثیر محلول های گرمابی، انواع دگرسانی ها همچون فیلیک، پروپیلیتیک، رسی و سیلیسی شدن (خصوصاً سنگ های سیلیسی آهن دار برشی شده)، رخداد اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن (هماتیتی شدن، گوتیتی شدن) و کانه زایی مس (اکثرأ در ارتباط با پوشش سیلیسی موجود در منطقه) در این مجموعه به چشم می خورد. دگرسانی سیلیسی به میزان فراوان و به صورت رگه و رگچه در محدوده و در اطراف رگه های مینرالیزه وجود دارد و محیط مناسبی برای کانی سازی طلاست. این دگرسانی بیشتر در امتداد شکستگی های کششی که کانه زایی در آن ها رخ داده است، قرار گرفته است. مقادیر زیاد سیلیس در محدوده منجر به تشکیل یک پوشش سیلیسی در منطقه شده است. ماده معدنی اکثراً در ارتباط با توده های سیلیسی موجود در منطقه است. حضور گسل های متعدد با روندهای مختلف در منطقه شرایط را برای عبور سیالات و ایجاد دگرسانی و نیز کانه زایی فراهم می کند. با بررسی مقاطع صیقلی، زون های تشخیص داده شده در اندیس معدنی علیشار شامل سه زون اکسید (مرحله هوازگی)، سوپرزن (غنی شدگی ثانویه) و هیپوژن (کانی سازی اولیه) و کانی های موجود عمدتاً شامل کالکوپریت، پیریت، کالکوسیت، مگنتیت، هماتیت، گوئیتیت و مالاکیت است. مطالعات سیالات درگیر از یک طرف نشان داد که سیالات کانسار ساز از نواحی کم عمق منشأ گرفته و کانه زایی این اندیس در نواحی کم عمق رخ داده است و از طرفی این اندیس در محدوده کانسارهای تیپ TennantCreek استرالیا قرار می گیرد [9] که این

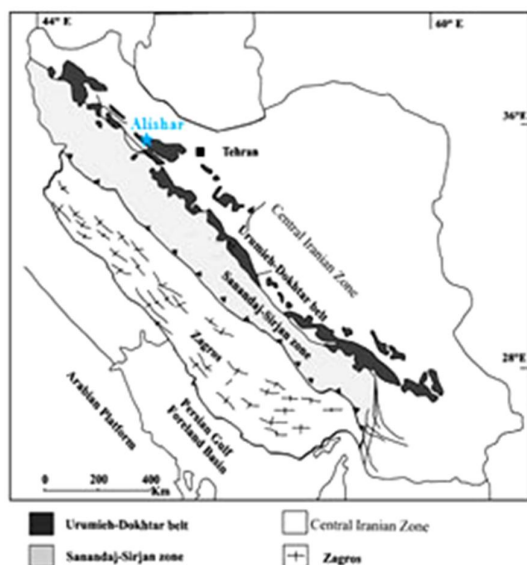
اندیس علیشار با پتانسیل بالای مس و طلا واقع در استان مرکزی بین طول جغرافیایی $49^{\circ}48'$ و $49^{\circ}54'$ و عرض جغرافیایی $35^{\circ}29'$ و $35^{\circ}31'$ از لحاظ تقسیم بندی زمین شناسی ایران در کمربند ارومیه - دختر قرار گرفته است. کمربند ارومیه - دختر در ارتباط با فرورانش صفحه ای اقیانوسی نئوتتیس و برخورد صفحه ای عربی به صفحه ای ایران و در زمان میوسن میانی تشکیل شده است [1-3]. این کمربند بخش مهمی از منابع مس ایران را در بر می گیرد که اندیس مس علیشار نیز یکی از آن ها است.

بررسی ها نشان می دهد که خصوصیات اندیس علیشار با خصوصیات کانسارهای نوع اکسید آهن - مس - طلا (IOCG)¹ شباهت زیادی نشان می دهد. نخستین بار در ایران کانی سازی مس و طلا همراه با اکسیدهای آهن توسط کریم پور و مظلومی [4] معرفی و مورد توجه قرار گرفت. این کانسارها توسط هیتزمن و همکاران [5]، به عنوان دسته مهمی از کانه زایی گرمابی در محیط های پوسته قاره ای معرفی شده اند. این گروه از ذخایر دارای مگنتیت یا هماتیت (اسپیکولاریت) گرمابی با مقادیر قابل توجهی کالکوپریت هستند. زون های دگرسانی در این کانسارها عمدتاً شامل دگرسانی سدیک، پتاسیک، سرسیتیک و سیلیسی هستند [5]. توده های نفوذی مرتبط با کانسارهای IOCG بیشتر شامل دیوریت تا گرانودیوریت است [6]. ریفت های قاره ای و کمان های ماگمایی حاصل از سیستم های کششی از محیط های اصلی تشکیل این نوع کانسارها هستند. هدف این پژوهش تعیین تیپ و نحوه ی تشکیل و مدل زایشی اندیس با استفاده از مطالعات ژئوشیمیایی و سایر بررسی های زمین شناسی است. با استفاده از شواهد موجود می توان اندیس علیشار را به عنوان یک اندیس اکسید آهن از نوع IOCG در قسمت میانی کمربند ارومیه - دختر معرفی نمود.

2- زمین شناسی منطقه

منطقه علیشار با وسعت حدود 1/5 کیلومتر مربع بر روی کمربند ارومیه - دختر و در مرز میان دو نقشه

داده های موجود، الگوی کانه زایی و تیپ اندیس مس
علیشار مشخص گردید.



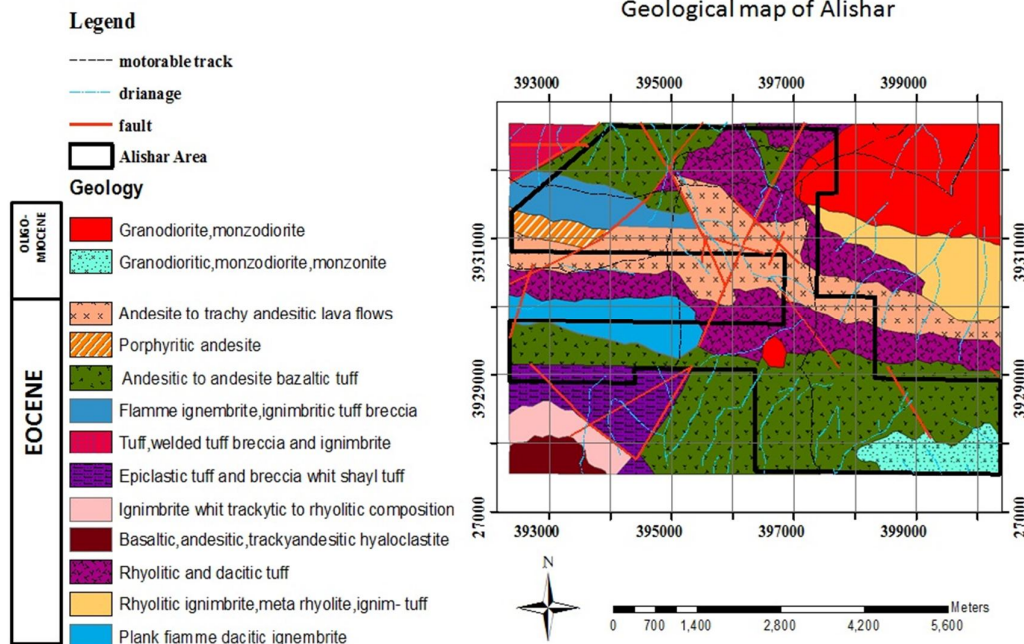
شکل 1: موقعیت منطقه در زون ارومیه-دختر [11]

کانسارها خود از نوع کانسارهای اکسید آهن-مس-طلا-
بیسموت هستند [10].

3- روش انجام پژوهش

در گام نخست و پس از بررسی های صحرایی، دگرسانی های منطقه به روش سنجش از دور (تصاویر Aster) مشخص گردید. جهت تهیه نقشه زمین شناسی، از نقشه ی زمین شناسی 1:100000 نوبران و 1:100000 (تصاویر) استخراج استفاده گردید. پس از انجام نمونه برداری صحرایی و مطالعه مقاطع نازک و صیقلی، جهت بررسی های ژئوشیمیایی، بر روی حدود 23 نمونه در آزمایشگاه زراژما (تهران) تجزیه ی ژئوشیمیایی ICP_OES انجام گردید. توسط نرم افزار SPSS.16، تحلیل های آماری بر روی نمونه ها انجام و پارامترهای آماری و نمودارهای فراوانی توزیع آماری عناصر مورد تحلیل قرار گرفت. برای تعیین فازهای مختلف کانه زایی از آزمون آماری چند متغیره PCA و آنالیز خوشه ای استفاده شد و نهایتاً بر اساس کلیه

Geological map of Alishar



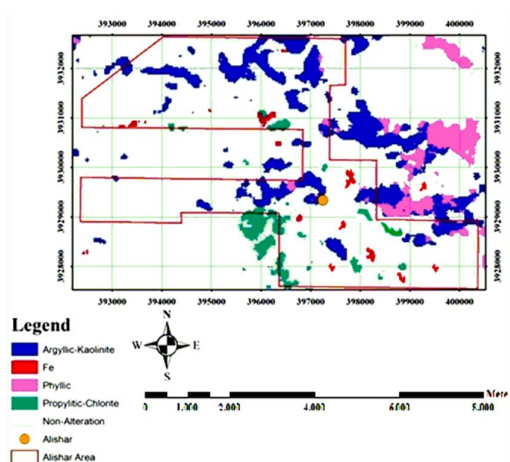
شکل 2: نقشه زمین شناسی 1:10000 منطقه علیشار اقتباس از [7 و 8]

کائولینیتی شدن)، پروپیلیتیک، رخداد اکسیدها و هیدرو
اکسیدهای آهن (هماتیتی شدن، گوئیتی شدن) و
دگرسانی فلیک (سرپست، کوارتز، پیریت) است که ظاهراً
توسط محلول های دما متوسط به وقوع پیوسته اند. سیلیسی

4-دگرسانی

دگرسانی های مشاهده شده در منطقه به ترتیب فراوانی
شامل دگرسانی های سیلیسی شدن، رسی شدن

دگرسانی با استفاده از روش نقشه بردار زاویه طیفی را در محدوده مورد مطالعه نشان می دهد.



شکل 3: نقشه نهایی زون های دگرسانی با استفاده از روش نقشه بردار زاویه طیفی

5- ژئوشیمی اکتشافی

جهت انجام مطالعات ژئوشیمیایی اکتشافی از 23 نمونه سنگی از محدوده مورد مطالعه استفاده گردید. نمونه ها در امتداد یک دره گسلی و از قسمت جنوبی محدوده که از دگرسانی کمتری برخوردار بود برداشت و مورد آنالیز ICP-OES قرار گرفتند (جدول 1).

شدن به میزان فراوان و به صورت رگه و رگچه در داسیت ها و مونزونیت های محدوده و در اطراف رگه های کانهدار وجود دارد و محیط مناسبی برای کانی سازی طلا است. این دگرسانی بیشتر با امتداد شکستگی های کشتی کانده زایی شده منطبق است. مقادیر زیاد سیلیس در محدوده نشانگر اشباع بودن محلول های هیدروترمال از سیلیس است که منجر به تشکیل یک پوشش سیلیسی در منطقه شده است. کائولینیتی شدن بیشتر در فلدسپات های آلکان و با شدت کمتری در پلاژیوکلازها به چشم می خورد. دگرسانی پروپیلیتیک تحت تأثیر محلول های غنی از Fe, Mg, Ca و Al و با pH قلیایی - خنثی و نسبت سیال به سنگ پایین رخ می دهد. بیشتر پلاژیوکلازها و پیروکسن ها تبدیل به کلریت، اپیدوت و کلسیت شده اند که از کانی های شاخص دگرسانی پروپیلیتیک هستند. واکنش های اکسیداسیون و احیا، ترکیبات آهن و ترکیبات گوگردی را تحت تأثیر قرار داده و منجر به رخداد دگرسانی هماتیته و گوئیتیته در محدوده شده است. دگرسانی فیلیک که در نتیجه کاهش aK^+/aH^+ و یا کاهش درجه حرارت مربوط به سیال گرمایی حادث می شود، در نتیجه فروشت کلسیم، سدیم و منیزیم از کانی های آلومینوسیلیکاته و توسط جایگزینی اکثر سیلیکات های سنگ ساز از قبیل پلاژیوکلاز توسط سرسیت و کوارتز همراه با میزان های متغیری از پیریت مشخص می شود [۱۲،۳]. شکل 3 نقشه نهایی زون های

جدول 1: نتایج تجزیه نمونه های اندیس مس علیشار (طلا به ppb سایر عناصر به ppm)

Sample	Au	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Y
Ash 01	5	0/25	25960	17/2	170	1	0/37	15171	14
Ash 02	6	0/33	16064	725/1	130	0/7	0/62	10727	7
Ash 03	52	0/27	7292	65/3	228	0/4	0/7	9040	4
Ash 04	17	0/45	12623	72/8	72	0/7	0/45	2858	9
Ash 05	163	0/41	22407	320/4	149	0/8	0/65	3098	15
Ash 06	7	0/31	21857	75/4	177	4	0/64	1424	14
Ash 07	17	0/36	24629	54/9	341	0/9	0/44	2857	21
Ash 08	4416	0/43	45346	49/9	245	1/5	0/76	2058	30
Ash 09	23	0/3	33390	40/3	160	3/6	0/6	3193	19
Ash 10	4	0/32	32129	18/5	3857	0/6	0/36	13291	16
Ash 11	6	0/34	23195	6/5	422	0/7	0/62	5272	21
Ash 12	5	0/23	19724	7/8	1567	1/1	0/35	61882	27
Ash 13	4	0/26	22490	22/4	230	0/4	0/36	932	6
Ash 14	4	0/17	72072	14/4	998	1/3	0/40	1687	14

ادامه جدول 1: نتایج تجزیه نمونه های اندیس مس علیشار (طلا به ppb سایر عناصر به ppm)

Sample	Au	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Y
Ash 15	19	0/25	40482	2/43	444	0/9	0/49	1446	14
Ash 16	14	1/4	13839	66/51	62	1/1	0/49	2341	8
Ash 17	29	0/29	24972	49/86	127	1/6	0/68	2252	11
Ash 18	5	0/19	69294	9/27	460	1/4	0/46	19143	17
Ash 19	47	0/19	17452	114/66	50	0/6	0/47	2958	3
Ash 20	5	0/22	63716	5/85	390	1/5	0/43	18494	15
Ash 21	5	0/17	56127	2/52	318	1/4	0/42	9975	16
Ash 22	58	0/2	33748	117	333	1/3	0/58	2862	9
Ash 23	7	0/25	27805	8/37	52	1/3	0/48	3138	12

Sample	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Yb
Ash 01	0/26	13	7	7	5477	12980	11993	5	15	13/9
Ash 02	3/2	2	81	14	3944	134127	885	3	21	13/7
Ash 03	0/26	1	113	7	348	170569	538	2	12	13/3
Ash 04	0/4	8	37	8	13473	89020	572	5	20	12/5
Ash 05	1/6	18	74	26	25014	140979	1211	10	22	21/2
Ash 06	0/28	5	106	8	634	155634	1318	5	20	18/6
Ash 07	1/5	8	83	8	4267	81927	5109	6	19	15/9
Ash 08	2/2	10	97	23	20961	125234	11776	6	22	27/3
Ash 09	0/26	10	103	6	758	138366	3637	6	37	23/3
Ash 10	0/27	21	14	6	98	23188	9237	11	11	15/7
Ash 11	0/25	18	82	5	2164	187431	8262	13	9	22/6
Ash 12	0/9	19	7	6	13	15820	6775	9	19	27/3
Ash 13	0/25	41	0.5	8	38	13788	2628	23	7	12/3
Ash 14	0/4	44	2	9	19	66364	27829	25	3	1/7
Ash 15	0/25	24	20	8	105	62271	16941	13	12	1/9
Ash 16	1/6	8	170	20	1988	105528	2293	5	23	1/3
Ash 17	0/27	17	96	8	2002	128520	7175	10	23	1/6
Ash 18	0/24	43	19	23	122	49777	27582	25	15	2/2
Ash 19	0/7	6	24	10	1397	108717	672	4	34	0/9
Ash 20	0/25	41	17	29	112	45906	26783	23	18	2
Ash 21	0/25	47	14	36	46	56028	29844	26	11	2/3
Ash 22	0/5	48	3	209	282	59776	15201	25	20	1/2
Ash 23	0/23	10	40	26	675	180511	673	6	17	1/9

Sample	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Zn
Ash 01	1702	800	1/12	442	< 1	0/5	232	7	127	42
Ash 02	765	1753	68/7	376	< 1	11	894	66	107	158
Ash 03	696	858	51/4	365	< 1	23	284	64	108	136
Ash 04	540	478	32/9	333	< 1	5	542	37	111	147
Ash 05	678	1197	23/4	380	< 1	6	708	60	109	223
Ash 06	571	3798	22	355	< 1	23	379	48	111	490
Ash 07	955	5892	47/6	372	< 1	16	323	25	116	374
Ash 08	2035	4085	13/4	380	< 1	21	896	39	122	491
Ash 09	2560	2970	34/4	410	< 1	23	936	43	111	368

ادامه جدول 1: نتایج تجزیه نمونه های اندیس مس علیشار (طلا به ppb سایر عناصر به ppm)

Sample	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Zn
Ash 10	5202	579	1/3	11041	12	12	285	181	125	22
Ash 11	3893	2784	1/65	2789	< 1	0/5	152	57	115	84
Ash 12	1282	1347	1/15	1272	< 1	0/5	147	24	122	76
Ash 13	196	18	6/6	448	< 1	0/5	367	36	99	33
Ash 14	2539	60	7/7	1573	< 1	3	390	43	120	33
Ash 15	1343	344	20	586	< 1	10	299	7	505	160
Ash 16	812	14721	14/7	328	< 1	33	221	8	965	920
Ash 17	1272	3227	68/3	326	< 1	25	361	9	857	841
Ash 18	10033	1251	1/19	9119	< 1	25	761	20	614	101
Ash 19	540	568	20/5	239	< 1	5	407	11	444	70
Ash 20	9827	1060	1/3	8027	< 1	30	707	20	616	101
Ash 21	6566	973	1/33	4797	< 1	22	637	37	1196	130
Ash 22	2279	205	20/9	363	< 1	5	1153	17	5003	13
Ash 23	734	932	1/14	216	< 1	10	408	11	491	263

Sample	S	Sb	Sc	Sn	Sr	Th	Ti	U	V	Zr
Ash 01	2004	1/11	5/7	NA	< 2	5/4	1184	2/6	51	129
Ash 02	617	11/5	4/5	NA	3	5/2	698	4/3	64	31
Ash 03	1222	7/7	3/7	NA	< 2	5/4	202	5/1	69	22
Ash 04	535	1/14	3/1	NA	< 2	4	397	3/1	40	25
Ash 05	916	1/16	7/1	NA	6	5/3	948	3/5	111	42
Ash 06	447	1/2	5/1	NA	5	5/7	953	3/9	58	68
Ash 07	1137	1/08	4	NA	7	6/3	1004	2/3	45	78
Ash 08	3786	1/16	12/8	NA	3	6/2	1933	3/6	86	118
Ash 09	773	1/1	8/1	NA	5	5/5	1722	3/9	63	62
Ash 10	3488	1/03	7/1	NA	218	28/5	1366	2/8	74	23
Ash 11	105	9/4	5/7	NA	4	7/1	624	4/4	43	63
Ash 12	900	0/97	6/2	NA	14	15	784	3/8	19	242
Ash 13	3677	1/03	2	NA	38	6/8	587	1/5	12	187
Ash 14	754	1/09	10/1	2/9	65	45/5	1449	2/5	103	14
Ash 15	524	1/09	5	2/9	42	7/3	1023	1/3	27	66
Ash 16	658	1/09	3/1	3/1	181	4/6	422	2/2	33	17
Ash 17	684	1/24	3/5	3/8	35	5/6	506	2/1	18	34
Ash 18	879	1/13	11/9	3/3	255	12	5109	2/7	181	66
Ash 19	1035	1/03	2/8	3	26	4/9	596	1/8	37	18
Ash 20	557	1/01	11/1	3/3	235	11/5	5000	2/7	175	75
Ash 21	980	0/97	8/8	3/6	164	12/4	7168	1/9	277	76
Ash 22	2047	1/16	4/8	3/1	386	12/3	672	2	43	79
Ash 23	391	1/11	3/9	4/2	26	5/4	781	2/3	44	45

6- تجزیه و تحلیل آماری داده ها

آماري با استفاده از نرم افزار SPSS شده است که نتایج آن در جدول 2 مشاهده می شود. با توجه به مقادیر موجود در جدول مشاهده می شود که میانگین، مد و میانه در اکثر عناصر با یکدیگر اختلاف بالایی نشان می دهند که این

به منظور تعیین نوع تابع توزیع و چگونگی توزیع مقادیر متغیرهای اندازه گیری شده، اقدام به محاسبه پارامترهای

نشان از غیر نرمال بودن، باز و بی نظم بودن توزیع غلظت های عناصر در محل نمونه برداری در محدوده مورد نظر است. با توجه به وجود چولگی و اختلاف زیاد میانه و میانگین در پارامترهای آماری داده های اولیه مشخص می شود که توزیع آماری طلا، آرسنیک، کلسیم، کادمیوم، مس، آهن، منیزیوم، منگنز، مولیبدن، سرب، گوگرد و روی غیر نرمال است و توزیع آماری نقره، بیسموت، کبالت، نیکل و آنتیموان نزدیک به نرمال است. در داده های مربوط به عناصر مختلف در این اندیس مشاهده می شود که عناصر

بیسموت، کبالت، آهن، مولیبدن، نیکل و گوگرد دارای چولگی ناچیز مثبت و مابقی عناصر چولگی مثبت بالا دارند و از توزیع چوله تری برخوردارند. تمامی عناصری که چولگی مثبت پایین دارند، به جز عنصر مولیبدن، از کشیدگی منفی و مابقی عناصر از کشیدگی مثبت بالا برخوردارند. وجود چولگی و تیزی در داده ها حاکی از غیر نرمال بودن تابع توزیع اکثر عناصر مورد بررسی در نمونه های مورد مطالعه است.

جدول 2: پارامترهای آماری داده های خام (غیر نرمال) در سنگ های کانه زا اندیس علیشار (طلا ppb و بقیه عناصر ppm)

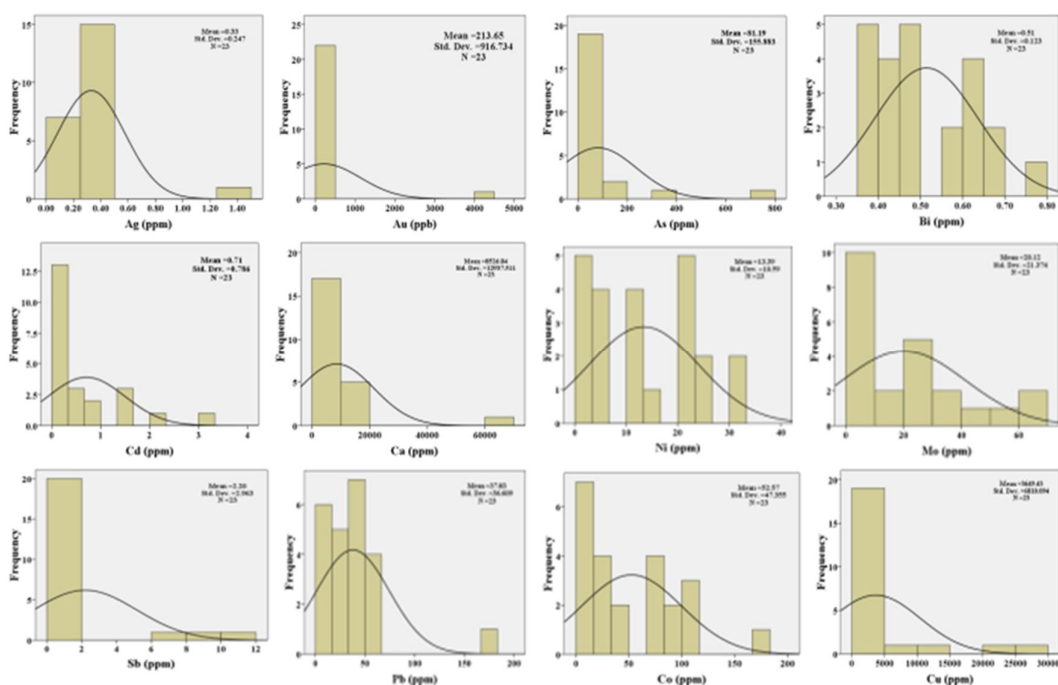
حداکثر	حداقل	تیزی	چولگی	مد	میانه	میانگین	
4416	3	23	5	4	7	214	Au
1	0	18	4	0	0	0	Ag
725	2	14	4	2	40	81	As
1	0	-1	0	0	0	1	Bi
61882	932	14	3	932	3098	8526	Ca
3	0	4	2	0	0	1	Cd
170	0	0	1	7	37	53	Co
181	7	11	3	7	36	38	Pb
25014	13	5	2	13	675	3649	Cu
187431	12980	-1	0	12980	89020	93585	Fe
10033	196	3	2	540	1282	2479	Mg
14721	18	12	3	18	1060	2170	Mn
69	1	0	1	1	15	20	Mo
33	1	-1	0	0	11	13	Ni
3786	105	0	1	105	908	1454	S
12	1	5	3	1	1	2	Sb
920	13	3	2	33	136	229	Zn

در این مطالعه پس از مشخص نمودن پارامترهای آماری برای بهتر مشخص شدن چگونگی توزیع عناصر در منطقه اقدام به رسم نمودارهای فراوانی عناصر شد (شکل 4). نمودارهای فراوانی آهن، منیزیوم، مولیبدن و گوگرد بیانگر یک جمعیت، نمودار فراوانی طلا، نقره، کلسیم، سرب، مس، منگنز، آنتیموان و روی نشان دهنده دو جمعیت، نمودار فراوانی آرسنیک، بیسموت و کبالت نمایانگر سه جمعیت و نمودار فراوانی کادمیوم و نیکل چهار جمعیتی بودن این عناصر در سنگ های کانه زای اندیس علیشار است. توزیع نرمال داده ها را به وسیله روش تبدیل لگاریتمی ساده نرمال کرده و با استفاده از پارامترهای آماری (جدول 3) و نمودارهای فراوانی (شکل 5) مورد

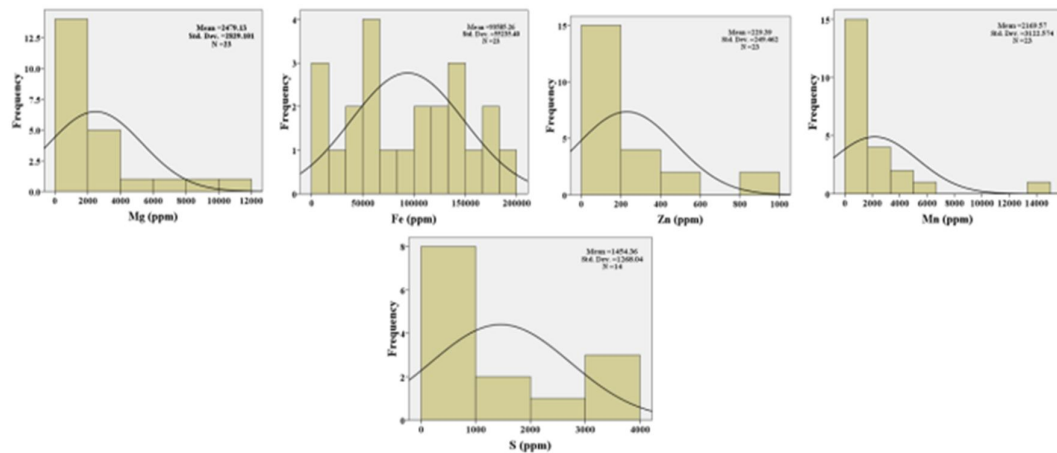
آزمون قرار دادیم. بعد از این مرحله تقریباً تمام داده ها نرمال یا نزدیک به نرمال شدند، بنابراین توزیع همه عناصر را نرمال فرض کردیم و پس از این مرحله بررسی های مورد نظر را بر روی داده های نرمال انجام دادیم. با توجه به جدول (3) مشاهده می شود که مقادیر میانگین، میانه و مد در داده های نرمال شده نسبت به داده های غیر نرمال کاهش پیدا کرده و این مقادیر تقریباً با یکدیگر برابرند که این نشان از نرمال شدن تابع توزیع غلظت این عناصر است. میزان چولگی در تمام عناصر در محدوده 2 تا -2 قرار دارد. میزان کشیدگی به جز نقره در محدوده 2 تا -2 قرار دارد. این نتایج نشان از نرمال شدن داده های غلظت عناصر دارد.

جدول 3: پارامترهای آماری داده‌های نرمال شده

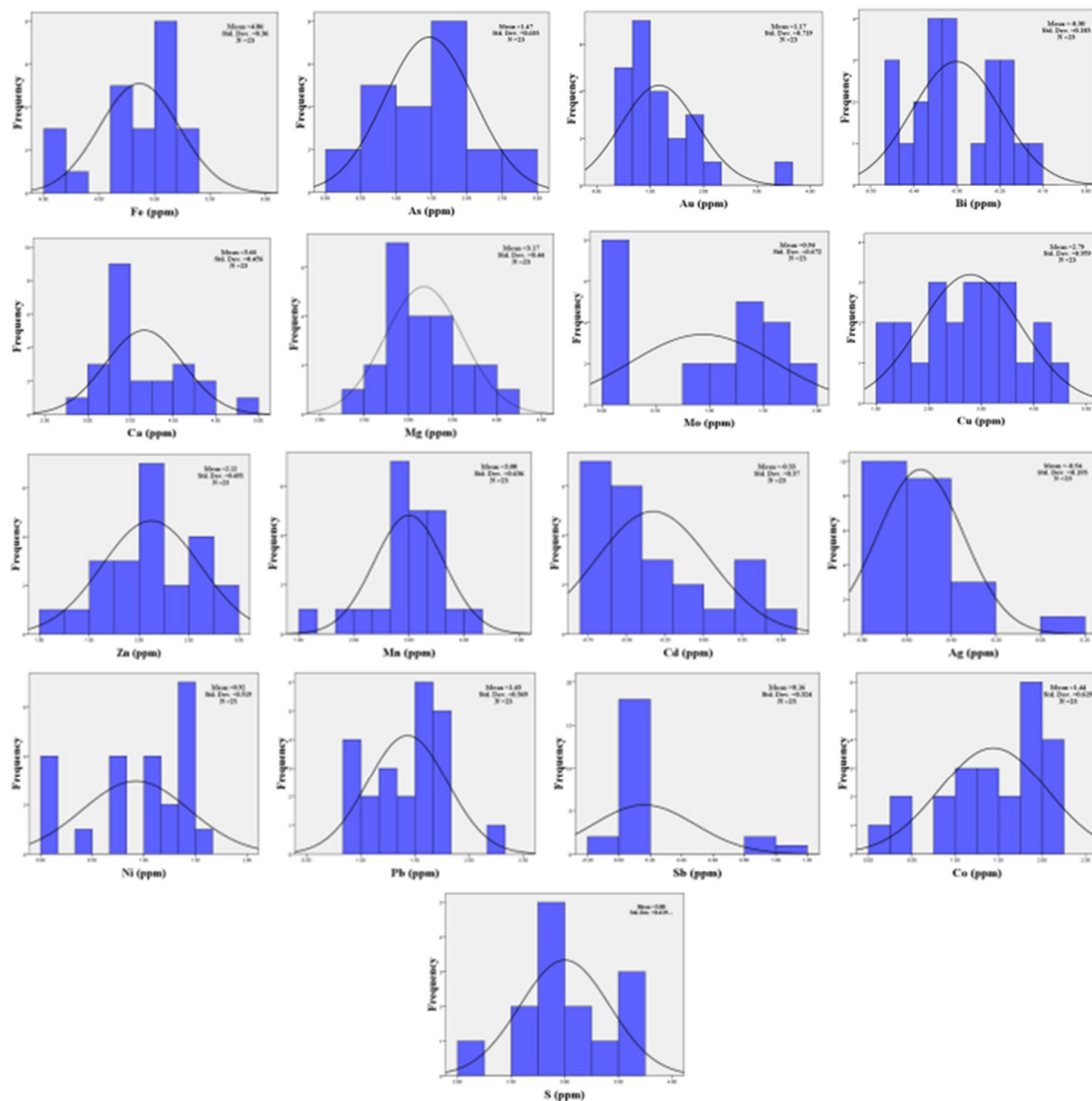
حداکثر	حداقل	تیزی	چولگی	مد	میانه	میانگین	
0/56	-0/32	-0/05	0/58	-0/22	-0/07	0/01	Au
0/15	-0/77	6/50	2/01	-0/60	-0/57	-0/54	Ag
2/86	0/39	-0/24	0/17	0/39	1/61	1/47	As
-0/12	-0/46	-1/22	0/13	-0/44	-0/32	-0/30	Bi
4/79	2/97	0/00	0/75	2/97	3/49	3/66	Ca
0/51	-0/64	-0/29	1/09	-0/60	-0/57	-0/33	Cd
2/23	0/00	-0/14	-0/82	0/85	1/57	1/44	Co
2/26	0/85	-0/38	0/02	0/85	1/56	1/43	Pb
4/40	1/11	-0/94	-0/03	1/11	2/83	2/79	Cu
5/27	4/11	-0/06	-0/97	4/11	4/95	4/86	Fe
4/00	2/29	-0/32	0/33	2/73	3/11	3/17	Mg
4/17	1/26	1/80	-0/93	1/26	3/03	3/00	Mn
1/84	0/05	-1/61	-0/28	0/11	1/17	0/94	Mo
1/52	0/00	-0/63	-0/80	0/00	1/04	0/92	Ni
3/58	2/02	1/13	-0/55	2/02	2/96	3/00	S
0/03	-2/36	1/03	0/84	-1/89	-1/34	-1/24	Sb
2/96	1/11	-0/48	-0/16	1/52	2/13	2/12	Zn



شکل 4: نمودارهای فراوانی مقادیر اولیه عناصر در سنگ‌های کانه‌زای اندیس علیشار



شکل 4: نمودارهای فراوانی مقادیر اولیه عناصر در سنگ های کانه زای اندیس علیشار



شکل 5: نمودارهای فراوانی مقادیر نرمال شده عناصر در سنگ های کانه زای اندیس علیشار

7- ضریب همبستگی و ارتباط ژئوشیمیایی بین عناصر

وضعیت توزیع و پراکندگی عناصر مختلف در واحدهای سنگی یک کانسار و بررسی ارتباط و وابستگی این عناصر با یکدیگر، از مهم ترین موارد در بررسی های ژئوشیمیایی جهت تشخیص فرایندهای مؤثر در تشکیل کانسار

است [13]. شناخت ارتباط متقابل بین عناصر می تواند در درک شرایط محیطی، تفسیر دقیق از محیط های ژئوشیمیایی، درک بهتر کانه زایی منطقه و حتی در معرفی مناطق نهایی کمک شایانی بنماید. در اندیس علیشار به منظور تعیین ارتباط بین عناصر در سنگ های کانه زا، ضرایب همبستگی در ماتریس همبستگی این عناصر به روش پیرسون گردید (جدول 4).

	Au	Ag	As	Bi	Ca	Cd	Co	Pb	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	S	Sb	Zn
Au	1																
Ag	0/353	1															
As	0/53 **	0/388	1														
Bi	0/69 **	0/264	0/496 *	1													
Ca	-0/43 *	0	0	0	1												
Cd	0/46 *	0/496 *	0/64 **	0/257	0	1											
Co	0/47 *	0/59 **	0/358	0/69 **	0	0/319	1										
Pb	0	0	0/226	0/133	0/131	0/088	0/071	1									
Cu	0/63 **	0/56 **	0/61 **	0/56 **	0	0/488 *	0/65 **	0	1								
Fe	0/51 *	0/288	0/384	0/81 **	0	0/208	0/77 **	0/099	0/508*	1							
Mg	0	0	0	0	0/520 *	0	0	0/104	0	0	1						
Mn	0/281	0/56 **	0/186	0/458 *	0/178	0/374	0/86 **	0	0/515*	0/490 *	0/151	1					
Mo	0/65 **	0/319	0/72 **	0/60 **	0	0/414 *	0/438 *	0/035	0/457*	0/54 **	0	0/156	1				
Ni	0/227	0/231	0/126	0/425 *	0	0/072	0/59 **	0/008	0/132	0/49 *	0/251	0/53 **	0/315	1			
S	0/15	0	0/013	0	0	0/101	0	0	0	-0/56 *	0	0	0	0/132	1		
Sb	0/153	0/133	0/329	0/65 **	0/116	0/191	0/452 *	0/282	0/335	0/55 **	0	0/278	0/334	0	-0/61 *	1	
Zn	0/384	0/57 **	0/193	0/53 **	0	0/296	0/83 **	0	0/488*	0/61 **	0	0/76 **	0/42 *	0/61 **	0	0/179	1

مقایسه همبستگی ها نشان می دهد که:

ناشی از حضور آن ها در کانی های سولفیدی و اکسیدی سنگ های کانه دار منطقه است.
2. آرسنیک با کادمیوم، مولیبدن و مس و طلا با بیسموت دارای ضریب همبستگی مثبت و معنی دار است. با توجه به این که آرسنیک، کادمیوم و مولیبدن در محیط های قلیایی به صورت محلول حضور دارند،

1. مس با طلا، نقره، آرسنیک، بیسموت، کبالت، کادمیوم، آهن، منگنز، مولیبدن و روی دارای ضریب همبستگی مثبت و معنی داری است. همبستگی مس و آهن با حضور کالکوپیریت در مطالعات مینرالوگرافی تطابق دارد و لذا مشخص می شود که همبستگی بین این عناصر

همبستگی بین عناصر مذکور نشان دهنده ی حمل این عناصر توسط محلول های گرمابی با ماهیت قلیایی است که با توجه به وجود پوشش سیلیسی وسیع بر روی منطقه مورد مطالعه و همچنین حضور رگه های سیلیسی، می توان اذعان کرد که عناصر آرسنیک، کادمیوم و مولیبدن در طی تغییر ماهیت محلول های گرمابی (در اثر تماس با سنگ های اسیدی و حدواسط منطقه)، در رگه های سیلیسی منطقه ته نشین شده اند.

3. طلا با آرسنیک، بیسموت، مس و مولیبدن، کادمیوم، آهن و کبالت دارای ضریب همبستگی مثبت و معنی دار و نیز با کلسیم دارای ضریب همبستگی منفی و معنی داری است. همبستگی بالای طلا با آرسنیک و بیسموت، احتمالاً به دلیل جانشینی طلا در کانی هایی مثل آرسنوپیریت ها و کانی های سولفیدی مس و بیسموت است. همبستگی منفی کلسیم را می توان به لیتولوژی اسیدی تا حدواسط سنگ میزبان (کوارتز مونزونیت و ریوداسیت) و به این دلیل که طلا در مناطقی که سیلیس بالا و کلسیم پایین دارند، مثل رگه های سیلیسی تمرکز یافته است، نسبت داد.

4. آهن با بیسموت، کبالت، مولیبدن، آنتیموان، روی، منگنز، نیکل، طلا و مس دارای همبستگی مثبت و معنی دار و با گوگرد دارای همبستگی منفی و معنی دار است. همبستگی مثبت نیکل و منگنز می تواند به دلیل جانشینی این عناصر به جای آهن در کانی های سولفیدی آهن دار نظیر پیریت باشد. همبستگی منفی گوگرد با آهن نیز به دلیل تبدیل شدن کانی های سولفیدی به اکسیدهای آهن است.

8- تعیین روابط ژئوشیمیایی عناصر با استفاده از روش های آماری چند متغیره

روش های آماری چند متغیره کاربرد فراوانی در مطالعات اکتشافی و بررسی الگوی ژئوشیمیایی عناصر دارد. برای تعیین فازهای مختلف کانه زایی از آنالیز چند متغیره Principal Component Analysis (PCA) استفاده شد. برای درک روابط عناصر مختلف در نمونه های برداشت شده، آنالیز مولفه های اصلی انجام گرفت که نتایج آن در جدول های (5 و 6) آورده شده است. بر طبق این آنالیز، عناصر مختلف به پنج مؤلفه اصلی تقسیم شده اند که در ردیف 1 تا 5 جدول به آن اشاره شده است. بر طبق جدول

5 مشاهده می شود که بیشترین مقدار واریانس متعلق به مؤلفه اول است. این مؤلفه به تنهایی نزدیک به 32 درصد از تغییر پذیری را به خود اختصاص داده است. مؤلفه های دوم، سوم، چهارم و پنجم به ترتیب 17/06، 15/22، 11/6 و 10/01 درصد از تغییر پذیری را به خود اختصاص داده اند. از آنجا که میزان واریانس مؤلفه های بعدی بسیار پایین است لذا پنج فاکتور اول در نظر گرفته شده است. عناصر مربوط به این مؤلفه ها در جدول 6 ذکر شده اند. نتایج حاصله به شرح زیر است: گروه اول که شامل مؤلفه اول PCA است در بردارنده ی عناصر مس، طلا، نقره، بیسموت، منگنز، کبالت، روی و آهن است (شکل 6). با توجه به حضور عناصر اصلی کانه زای در این مؤلفه می توان رخداد کانه زایی در منطقه را مرتبط با این مؤلفه در نظر گرفت. رخداد شست و شوی اسیدی و هوازدگی باعث خروج گوگرد از ساختمان کانی ها و کاهش میزان گوگرد در این گروه شده است. این کمبود به تبدیل کانه های پیریت و کالکوپیریت به اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن مرتبط است که در مناطق سطحی مشاهده می شود. با این وجود به نظر می رسد محلول های دما پایین تا متوسطی که باعث ته نشینی عناصر موجود در مؤلفه اول شده اند حاوی کمپلکس های سولفیدی بوده اند و با توجه به دمای تشکیل این رگه های اکسیدی و سولفیدی و حضور مقادیر بالای این عناصر در زون پروپیلیتیک، به نظر می رسد کمپلکس های کلریدی نیز در انتقال و نهشت این عناصر مؤثر بوده اند [10]. بنابراین می توان گفت محلول های حمل کننده عناصر کانسار ساز خاصیت حدواسط تا اسیدی داشته اند و بار خود را نیز در یک محیط اسیدی - اکسیدان برجای گذاشته اند. مؤلفه دوم آزمون PCA شامل عناصر آهن و آنتیموان است (شکل 6). این مؤلفه نیز همانند مؤلفه اول اما به میزان بسیار زیادتر کاهش گوگرد نشان می دهد. دلیل فقدان گوگرد و فراوانی آهن در این مؤلفه غالب بودن شرایط اکسیداسیون است. آهن موجود در منطقه در طی مرحله هوازدگی از کانه های سولفیدی مس و آهن آزاد شده و تشکیل مقادیر زیادی گوئیت و هماتیت اسپیکولار را داده اند. مؤلفه سوم از عناصر آرسنیک، کادمیوم و مولیبدن تشکیل شده است (شکل 6). این سه عنصر در شرایط اسیدی در محیط باقی می ماند و در شرایط قلیایی از محیط شسته می شوند. حضور این عناصر

در نمونه‌های برداشت شده حاکی از تغییر خاصیت محلول‌های کانه‌ساز از اسیدی به قلیایی است. مؤلفه چهارم شامل عناصر سرب و نیکل و مؤلفه پنجم آزمون شامل عنصر کلسیم می‌باشند. حضور کلسیم در مؤلفه پنجم نیز نشان دهنده‌ی قلیایی بودن محیط ته‌نشین کننده‌ی عناصر است.

جدول 5: اطلاعات مربوط به آزمون مؤلفه‌های اصلی در اندیس مس علیشار

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	7/44	43/79	43/79	7/44	43/79	43/79	5/40	31/79	31/79
2	2/47	14/55	58/35	2/47	14/55	58/35	2/90	17/06	48/85
3	1/83	10/77	69/12	1/83	10/77	69/12	2/59	15/22	64/07
4	1/52	8/96	78/08	1/52	8/96	78/08	1/97	11/60	75/67
5	1/29	7/60	85/68	1/29	7/60	85/68	1/70	10/01	85/68
6	0/81	4/79	90/47						
7	0/64	3/75	94/22						
8	0/57	3/33	97/55						
9	0/22	1/29	98/84						
10	0/14	0/83	99/67						
11	0/03	0/19	99/86						
12	0/02	0/14	100						
13	2/53	1/49	100						
14	5/63	3/31	100						
15	-3/92	-2/31	100						
16	-1/32	-7/79	100						
17	-2/08	-1/23	100						
Extraction Method: Principal Component Analysis.									

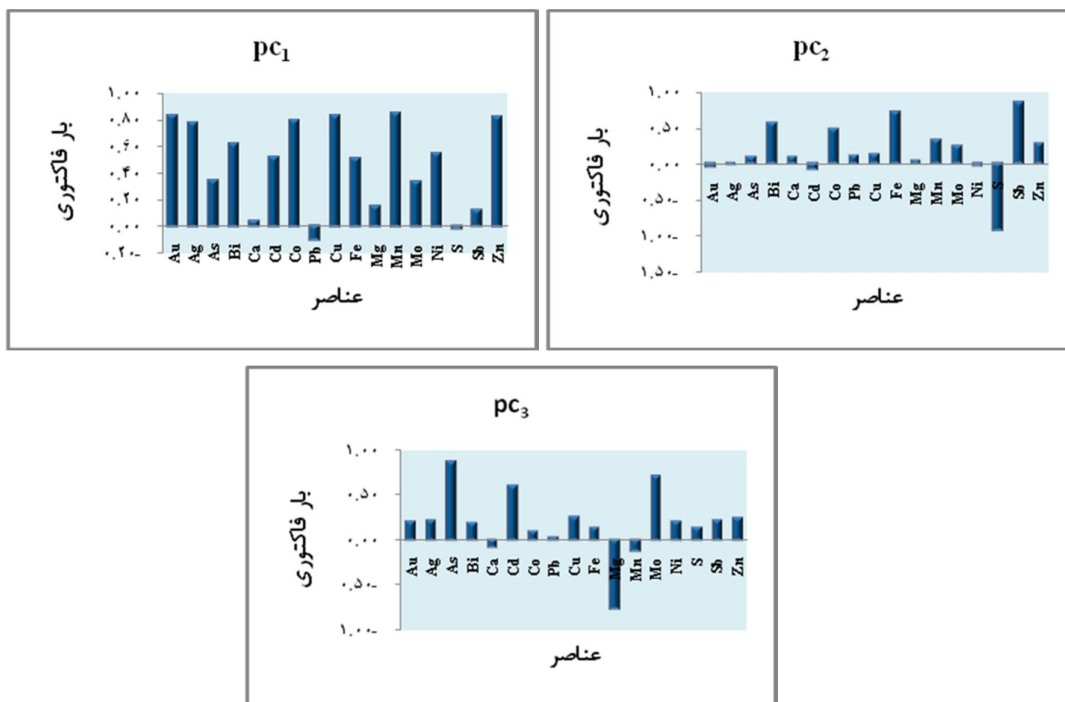
نشان دادند [10]. از آن جایی که عناصر مس، طلا و بیسموت در دمای بالاتر از این گستره دمایی حمل می‌شوند لذا ظاهراً دمای تشکیل کانه‌های سولفیدی حاوی این عناصر نیز بالاتر از دمای سیالات کانسارساز در سنگ‌های حاوی رگه‌های کوارتزی بوده است. لذا می‌توان مراحل کانسارسازی در اندیس مس علیشار را با توجه به مطالعات زمین‌شناسی و بررسی‌های صحرایی، مطالعات کانه نگاری، پتروگرافی و سیالات درگیر [10] کم و بیش به صورت زیر پیشنهاد نمود:

9- مراحل کانه زایی در اندیس علیشار

برای توضیح مراحل ته‌نشست گروه‌های ذکرشده در بالا، از دمای محلول‌های حمل کننده‌ی این عناصر استفاده می‌گردد. برای تعیین محدوده دمایی محلول‌های اسیدی تشکیل دهنده رگه‌ها و رگچه‌های کوارتز، از مطالعات سیالات درگیر موجود در کانی کوارتز استفاده گردید. این مطالعات دمای سیالات را 200 تا 300 درجه سانتی‌گراد

جدول 6: بردارهای ویژه پنج مؤلفه اول در اندیس مس علیشار

	Rotated Component Matrixa				
	Component				
	1	2	3	4	5
Au	0/821	-0/036	0/201	0/124	-0/190
Ag	0/771	-0/006	0/218	-0/035	0/098
As	0/336	0/098	0/869	0/199	0/116
Bi	0/616	0/555	0/190	0/300	-0/109
Ca	0/036	0/087	-0/086	0/054	0/934
Cd	0/511	-0/069	0/606	0/048	0/179
Co	0/789	0/480	0/090	0/294	0/104
Pb	-0/103	0/109	0/023	0/841	0/137
Cu	0/829	0/127	0/248	-0/384	0/229
Fe	0/505	0/718	0/134	0/376	-0/188
Mg	0/149	0/035	-0/759	0/256	0/427
Mn	0/841	0/329	-0/119	0/126	0/187
Mo	0/327	0/242	0/702	0/307	-0/350
Ni	0/541	-0/031	0/197	0/729	-0/122
S	-0/017	-0/916	0/135	0/104	0/046
Sb	0/117	0/845	0/216	0/069	0/330
Zn	0/812	0/270	0/246	0/121	-0/378

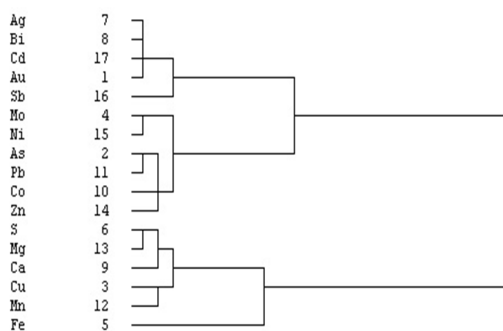


شکل 6: نمایش آماری وزن عناصر در مؤلفه اول، دوم و سوم

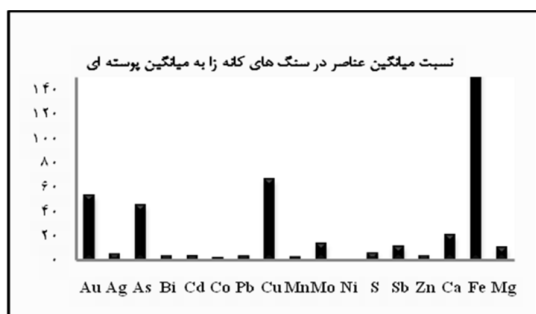
اساس نقشه شکل 2 و پی جویی های صحرایی و تفریق این توده ها و تجمع سیالات و محلول های گرمابی اسیدی (با

در مرحله اول با نفوذ توده های گرانودیوریتی تا مونزودیوریتی به درون توالی های سنگی در منطقه (بر

روش عناصر به سه دسته تقسیم شده‌اند که خود دلیلی دیگر بر سه مرحله ای بودن کانه‌زایی در اندیس مس علیشار است. به منظور بررسی میزان غنی شدگی عناصر در این اندیس، میانگین عناصر نسبت به مرجع میانگین پوسته‌ای تعیین شد [14]. طبق نمودار شکل 8 مشخص شد همه عناصر نسبت به میانگین پوسته‌ای غنی شدگی نشان می‌دهند. اما عناصر فلزی مهم آهن، مس و طلا بیشترین غنی شدگی را نشان می‌دهند.



شکل 7: نمودار آنالیز خوشه‌ای در سنگ‌های کانه‌زا اندیس مس علیشار



شکل 8: میزان غنی شدگی عناصر در سنگ‌های کانه‌زا نسبت به میانگین پوسته‌ای

به دلیل حضور کانه‌های آهن، مس و طلا و بالا بودن غلظت این عناصر نسبت به سایر عناصر موجود و همبستگی بالای این عناصر با یکدیگر و همچنین حضور سه گروه کانی سازی بر اساس آنالیزهای PCA و خوشه‌ای، می‌توان استنباط نمود که این اندیس مشابهت ژئوشیمیایی زیادی با ماهیت ژئوشیمیایی عناصر در کانسارهای اکسید آهن-مس-طلا (IOCG) دارد.

توجه به حضور رگه‌های کوارتزی با انواع کمپلکس‌های حاوی عناصر کالکوفیل [10] در سطوح بالایی این توده‌های نفوذی، فشار بخار سیالات باعث به حرکت در آمدن این محلول‌ها در امتداد مناطق ضعیفی [9] همچون غسل خوردگی‌ها و درز و شکاف‌ها شده می‌شود. با به حرکت در آمدن این محلول‌های اسیدی و برخورد آن‌ها با توالی‌های سنگی منطقه و اختلاط این محلول‌ها با آب‌های جوی، دمای این محلول‌ها به شدت پایین می‌آید (بر اساس نتایج مطالعات سیالات درگیر) و ماهیت محلول‌ها نیز به علت کاهش فشار در شکستگی‌ها و خروج گازهای فرار [10] و برخورد با توالی‌های آهکی موجود در منطقه، به قلیایی تغییر می‌نماید. بنابراین محلول‌ها شروع به ته‌نشینی عناصر اولیه خود مانند مس، طلا و بیسموت (به صورت سولفیدی) و سایر عناصر دما بالا که در محیط اسیدی محلول هستند [9]، می‌نماید. در مرحله بعدی در پی افزایش میزان سیالات قلیایی، این محلول‌ها عناصری مانند آرسنیک و مولیبدن را که در محیط قلیایی محلول هستند [9]، به همراه کادمیوم از توالی سنگ‌هایی مانند ولکانیک‌های منطقه شسته و به سطح آورده‌اند. به نظر می‌رسد عناصری مثل آهن و آنتیموان که در مؤلفه دوم حضور دارند در مرحله‌ای بعد از دو مرحله کانه‌زایی که در بالا ذکر شد به وجود آمده‌اند. آهن در طول مراحل هوازگی و دگرسانی‌های بعدی توسط محلول‌های هیدروترمال به میزان زیادی به وجود آمده است.

10- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای

در تحلیل خوشه‌ای، هدف دست یافتن به ملاکی برای طبقه‌بندی هر چه مناسب‌تر متغیرها و یا نمونه‌ها بر اساس تشابه هر چه بیشتر درون گروهی و اختلاف هر چه بیشتر بین گروهی است. به منظور بررسی دقیق نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلی، آنالیز خوشه‌ای روی مقادیر عناصر در سنگ‌های کانه‌زا صورت گرفت (شکل 7). در آنالیز خوشه‌ای، عناصر و یا متغیرهای آماری بر اساس میزان همبستگی آماری به خوشه‌ها و شاخه‌هایی تقسیم می‌شوند که بیانگر میزان ارتباط آن‌ها با یکدیگر است. در اینجا از روش آماری بین گروهی برای رسم نمودارهای خوشه‌ای استفاده شده است و فواصل بین خوشه‌ها نیز با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون مرتب شده‌اند. بر اساس این

11- نحوه تشکیل اندیس مس علیشار

بر طبق مطالعات زمین شناسی و ژئوشیمیایی صورت گرفته و همچنین مطالعات کانه نگاری و سیالات در گیر [10] خصوصیات اندیس علیشار با خصوصیات کانسارهای نوع اکسید آهن- مس- طلا (IOCG) شباهت زیادی نشان می دهند. همانگونه که ذکر گردید، این کانسارها به عنوان دسته مهمی از کانه زایی گرمابی در محیط های پوسته قاره ای معرفی شده اند. کانسارهای IOCG تعریفی گسترده از یک مدل کانی سازی در یک خانواده کلی را ارائه می دهند. اعضای این گروه از ذخایر دارای مگنتیت یا هماتیت (اسپیکولاریت) گرمابی با مقادیر قابل توجهی کالکوپریت هستند. ریفتهای قاره ای و کمان های ماگمایی حاصل از سیستم های کششی از محیط های اصلی تشکیل این نوع کانسارها هستند. کانسارهای زمان پروتروزوئیک عمدتاً در ریفتهای تشکیل شده اند و کانسارهای جوان تر در حواشی قاره ای و کمان های ولکانیکی نوع آند جای گرفته اند [15].

کانسارهایی IOCG تشکیل شده در ریفتهای درون قاره، حاوی عناصر La, Ce, U, P, REE و کانسارهای واقع در زون فرورانش حاشیه قاره فاقد این عناصر هستند. کانسارهای IOCG در مقایسه با کانسارهای مس پورفیری دارای سولفید کمتر، آهن بیشتر، سرب و روی کمتر و طلای بیشتر هستند. این کانسارها بین 1 تا 5 درصد از تولید جهانی مس و طلا را به خود اختصاص داده اند. کانسارهای این خانواده علاوه بر مس و طلا ممکن است غنی شدگی ناچیزی از عناصر Ni-U-Mo-Co-LREE- Ag و در برخی موارد As-B-Th نشان دهند [6 و 16]. در کانسارهای نوع آهن دار، کانی های مگنتیت، هماتیت سیدریت، آپاتیت از جمله کانی های عمده هستند و نسبت Fe به Ti بیش از دیگر معادن آهن است. در کانسارهای مس و طلا دار (IOCG) علاوه بر کانی های فوق، کالکوپریت، بورنیت، پیریت، پیروتیت، کمی کالکوسیت و مقادیر کمتری از دیژنیت، مولیدنیت، کوولیت، مس و نقره طبیعی، طلا، آرسناتهای Ni و Co وجود دارند. تنوع سنگ شناسی این توده ها زیاد است و در کانسارهای مختلف جنس سنگ ها از گرانیات تا گابرو گزارش شده است [5 و 15]. این کانسارها در ارتباط مستقیم با توده های نفوذی

آذرین نوع I و A هستند [6]. کانی های مس و طلا در متن اکسیدهای آهن به صورت پراکنده و یا رگه های ریز فضاهای خالی را پر کرده اند. هماتیت از اسپیکولار تا توده ای تغییر می یابد و جانشینی هماتیت به جای مگنتیت اکثراً دیده می شود. بر طبق هیتزمن عمده ترین دگرسانی هایی که در کانسارهای IOCG روی می دهد، آلتراسیون سدیک (آلبیتی)، پتاسیک و سریسیتی است. دگرسانی های سیلیسی، سریسیتی، پروپیلیتیک و رسی (به میزان کمتر) حاصل از فعالیت های سوپرژن در بخش سطحی تر بسیاری از این نوع کانسارها گزارش شده است. مقایسه ویژگی های اندیس علیشار با ذخایر IOCG در جدول 7 آورده شده است.

آنالیز نمونه های برداشت شده از محل رگه ها حضور مقادیر زیاد عناصر آهن، مس، طلا و نقره را نشان می دهد که همگی از عناصر فراوان در کانسارهای IOCG هستند. همچنین میزان عناصر مولیدن، بیسموت و کبالت نیز در این اندیس بالا است. این عناصر در بسیاری از کانسارهای اکسید آهن- مس- طلا به میزان زیاد تشکیل می شوند. در نمودارهای زیر میزان مس و طلای اندیس علیشار با برخی از مهم ترین کانسارهای اکسید آهن- مس- طلا در نقاط مختلف دنیا مقایسه شده است (شکل 9).

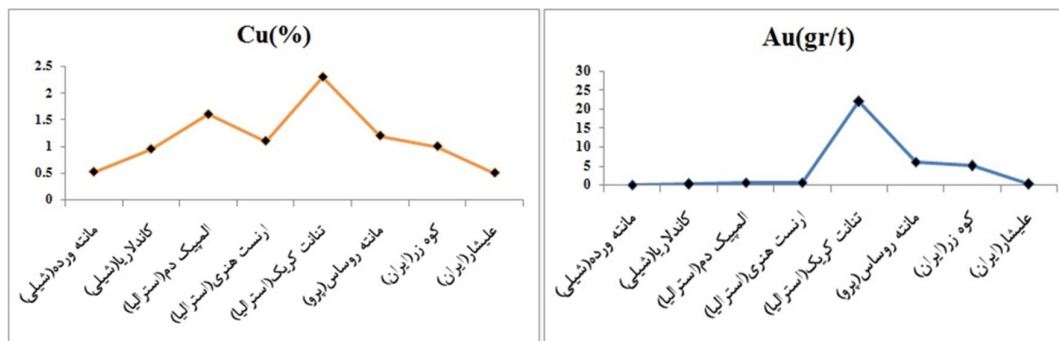
با توجه به مطالعات صورت گرفته از جمله مطالعات صحرایی جهت تهیه نقشه زمین شناسی (شکل 2)، سنجش از دور جهت تعیین دگرسانی ها (شکل 3) و مطالعات ژئوشیمیایی و آماری (جدول های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و شکل های ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲) و همچنین با توجه به قرارگیری اندیس علیشار در کمربند ماگمایی ارومیه دختر، مراحل شکل گیری این اندیس را می توان این گونه دانست:

الف) سیستم های گسلی و درز و شکاف های موجود در منطقه کمک به جایگیری توده های نفوذی در محدوده و افزایش سهولت حرکت سیالات کانه دار در منطقه نموده است.

ب) به نظر می رسد حضور توده های نفوذی (مونزونیت و گرانودیوریت) در عمق و تبلور آن ها باعث ایجاد فاز سیال غنی از آب و مواد فرار و سیلیس شده است. همچنین این توده های نفوذی به عنوان یک موتور حرارتی عمل کرده و باعث گرم شدن سیالات شده اند. ایجاد سیستم گرمابی و حرکت سیالات از طریق سیستم های درز و شکاف باعث

افزایش شستو شوی فلزات و غنی شدگی هر چه بیشتر آن ها

ضمن عبور محلول ها از درون سنگ های مسیر عبور شده اند.



شکل 9: الف و ب، نمودار مقایسه میزان مس و طلائی اندیس علیشار با میزان مس و طلائی برخی کنسارهای مهم IOCG

جدول 7: مقایسه کانه زایی اندیس علیشار با ذخایر اکسید آهن - مس - طلا (IOCG)

ویژگی	اندیس علیشار	ذخایر اکسید آهن - مس - طلا
کانه شناسی	هماتیت (اسپیکولاریت)، کالکوپیریت و به میزان کمتر مگنتیت	کانه های اصلی هماتیت، مگنتیت و کالکوپیریت است و انواعی که در ریفت درون قاره ای هستند دارای مقادیری از کانه های اورانیم و خاکی های نادر می باشند.
سنگ شناسی و سری ماگمایی	آندزیت تا تراکی آندزیت، توف های ریوداسیتی و نفوذی های مونزونیتی	معمولاً سنگ های ماگمایی به ویژه آتشفشانی، انواعی که در آند هستند دارای سنگ های آتشفشانی از نوع توف، لاهای آندزیتی، بازالتی و آندزیت بازالتی با سری ماگمایی تولیتی و کالک آلکالن همراه با سنگ های رسوبی کربناتی
دگرسانی	سریسیتی، سیلیسی، پروپیلیتیک و جانشینی هماتیت در سطح	در عمق زیاد دگرسانی سدیک، در عمق کم پتاسیک و در سطح سریسیتی و سیلیسی شدن همراه با متاسوماتیسم اکسیدهای آهن
عناصر مهم در کمان آتشفشانی	Fe, Cu, Au ± Ag ± Bi	Fe, Cu, Au, Ag
پاراژنز	اول فاز سولفیدی و بعد فاز اکسیدی	معمولاً اول فاز اکسیدی و بعد فاز سولفیدی، اما در بعضی مانند کنسار ایلویز اول فاز سولفیدی و بعد فاز اکسیدی
محیط تکتونیکی	قوس ماگمایی	ریفت درون قاره ای و شرایط کششی درون قوس ماگمایی
عمق تشکیل	کم	معمولاً کمتر از یک کیلومتر
سن تشکیل	بعد از ائوسن	پروتروزوئیک تا پلیوسن
ارتباط با توده نفوذی	نامشخص	مشکوک و غیر واضح
کنترل ساختاری	قوی	قوی

ج) سیالات با دما و شوری متوسط ضمن نزدیک شدن به سطح زمین و عبور از سنگ های آتشفشانی منطقه و اختلاط با آب های جوی و در نتیجه کاهش بیشتر دما، باعث دگرسانی سنگ ها شده و بنابراین نسبت کاتیون ها در سیال افزایش و غلظت یون هیدروژن کاهش می یابد. در این وضعیت به علت کاهش دما و افزایش pH، کانه های پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت ته نشین می شوند. در پی افزایش

اختلاط سیالات با یکدیگر و تغییر ماهیت سیالات و محیط ته نشین، کانه زایی مراحل بعدی یعنی سوپرژن و هوازدگی رخ داده است. اکثر کانه های حاوی عناصر فلزی مهم در شرایط قلیایی و اکسیدان شکل گرفته اند. به عقیده کریمپور و مظلومی [4] ضرورت ندارد که محلول کانه دار اشباع از املاح باشد. این موضوع توسط [16] نیز تأیید شده است. به طور کلی سریسیتی شدن، سیلیسی شدن و ته نشینی مس

پیریت و مگنتیت به میزان کمتر به همراه کانی هایی چون کالکوسیت نشان از شباهت کانیاپی این اندیس با کانسارهای IOCG دارد.

2- بر اساس مطالعات سنگ شناسی، آندزیت، تراکی آندزیت، توف های ریولیتی و ریوداسیتی، سنگ میزبان کانه زایی صورت گرفته در منطقه هستند که با ماهیت سنگ شناسی کانسارهای IOCG هم خوانی دارند.

3- دگرسانی های موجود (حضور دگرسانی های اکسیدی و هیدرواکسیدی آهن، رسی، سریسیتی، پروپیلیتیک و سیلیسی) نیز با دگرسانی های کانسارهای IOCG شباهت نشان می دهد.

4- در منطقه گسل های متعدد در مقیاس ناحیه ای با روندهای مختلف وجود دارند که شرایط را برای عبور سیال فراهم می کند و به عنوان کنترل کننده های ساختاری در کانه سازی عمل کرده اند.

5- مطالعات ژئوشیمیایی حاکی از وجود غنی شدگی بالای عناصر آهن، مس و طلا است. این عناصر به خوبی با یکدیگر همبستگی نشان می دهند.

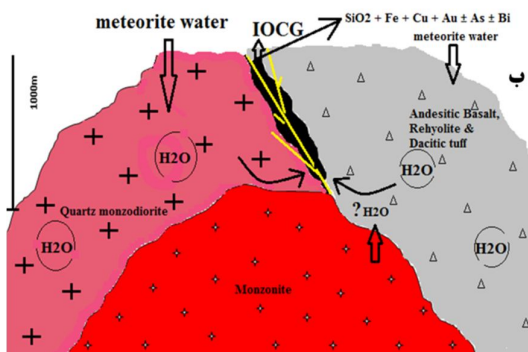
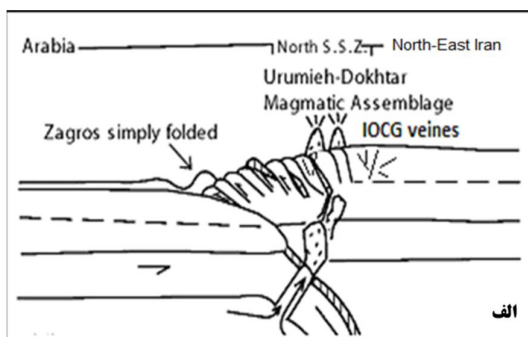
6- نتایج انجام آنالیز PCA و آنالیز خوشه ای بر روی داده ها، حاکی از وجود سه دسته کانی زایی در منطقه است.

13- مراجع

- [1] Alavi, Mehdi; 1994; "Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran, new data and interpretations", Tectonophysics, Vol. 229, pp. 211-238.
- [2] Omrani, Jafar; Agard, Philip; Whitechurch, Hubert; Benoit, Mathieu; Proureau, Gaëlle; Jolivet, Laurant; 2008; "Arc- magmatism and subduction history beneath the Zagros mountain", Iran, A new report of Adakites and geodynamic consequences, Lithos, Vol. 106, pp. 380-398.
- [3] Stampfli, Gérard M; Borel, Gilles; 2002; "A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic iso-chrones", Earth and Planetary Science Letters, Vol. pp. 196, 17-33.
- [4] Karimpour, Mohammad hasan; Mazloumi, Alireza; 1999; "Gold prospecting at Kuh-E-Zar. Zarmehr company report".
- [5] Hitzman, Murray; Oreskes, Naomi; Einaudi, Marco; 1992; "Geological characteristics and tectonic setting of proterozoic iron-oxide (Cu-U-Au-REE) deposits", Precambrian Research, Vol. 58, 241-287.
- [6] Pollard, Peter; 2000; "Evidence of a magmatic fluid and metal source for iron oxide Cu-Au

به صورت کالکوپیریت، همه در پاسخ به سرد و رقیق شدگی رخ می دهند.

در شکل 10 الف موقعیت کانسارهای IOCG در پشت کمان آتشفشانی ارومیه - دختر در حاشیه زون فرورانش نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعه بر روی منطقه و توضیح نحوه تشکیل احتمالی این اندیس و قرارگیری آن در زمره کانسارهای اکسید آهن - مس - طلا، یک مدل شماتیکی از نحوه تشکیل اندیس علیشار در شکل 10 ب آورده شده است.



شکل 10: الف: موقعیت ذخایر IOCG زون ارومیه - دختر با تغییرات از [17]. ب: مدل شماتیکی از نحوه تشکیل اندیس علیشار

12- نتیجه گیری

اندیس مس علیشار واقع در استان مرکزی از نظر ژئودینامیکی در امتداد زون فرورانش و بر روی کمان ماگمایی ارومیه - دختر واقع شده است. مطالعات نشان از شباهت ژئوشیمیایی این اندیس با کانسارهای IOCG دارد. از جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود:

1- در مطالعه مقاطع صیقلی، مشاهده گرد همایی کانی های کالکوپیریت و هماتیت اسپیکولار به میزان زیاد و

mineralization", In: hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold and related deposits, A global perspective, (Ed. Porter, T.M.), Australian mineral foundation, Adelaide, Vol. 1, pp. 27-41.

[7] اقلیمی، ب؛ 1380؛ "نقشه‌ی زمین‌شناسی 1:100000

خیارج"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی.

[8] خلعت‌بری جعفری، مرتضی؛ علایی مهابادی، سلیمان؛

1379، "نقشه‌ی زمین‌شناسی 1:100000 نوبران"، سازمان

زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی.

[9] Pirajno, Franco; 2009; "Hydrothermal Processes and Mineral Systems", Geological Survey of Western Australia, Springer.

[10] قایدامینی هارونی، مرضیه؛ 1392؛ "ژئوشیمی و مدل

زایشی اندیس مس عیشار در استان مرکزی"، پایان نامه

کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

[11] Mohajjel, Mohammad; Fergusson, Christopher. L; Sahandi, Mohammad. Reza; 2003; "Cretaceous-tertiary convergence and continental collision", Sanandaj-Sirjan zone, western Iran, Journal of Asian Earth Science, Vol. 21, pp. 397-412.

[12] Shinohara, Hiroshi; and Hedenquist, Jeffrey; 1997, "Constraints on magma degassing beneath the Far Southeast Porphyry Cu-Au deposits", Philippines. Journal of Petrology Vol. 3, pp. 1741-1752.

[13] Barnes, Hubert Lloyd; 1997; "Geochemistry of hydrothermal ore deposits", 3rd edition, John Wiley and Sons, New York.

[14] Taylor, Stuart Ross; McLennan, Scott. M., 1985; "The continental crust composition and evolution", Blackwell Scientific Publication, Carlton. Journal of Asian Earth Sciences xx, 1-11 pp.

[15] Oreskes, Naomi; Hitzman, Murray; 1993; "A model for the origin of Olympic Dam type deposits", in mineral deposit modeling, Geological Association of Canada, Special Paper, Vol. 40, pp. 615-633.

[16] Siltoe, Richard; 2003; "Iron oxide-copper-gold deposits: An Andean view", Mineral Deposita, Vol. 38, pp. 787-812.

[17] Ghasemi, Abbas; Talbot, Christopher; 2005; "A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan zone (Iran)", Journal of Asian Earth Sciences, Vol. 2, pp. 1-11.

Evaluation of geological and geochemical exploration data of Alishar copper index and determination of its mineralization type

M. Gaedamini Harooni¹, H. Bagheri², H. Asadi Harooni³, A. Mokhtari^{4*}, F. Ayati⁵

1- MSc. of Economic Geology, Dept. of Geology, Isfahan University, Iran

2- Assistant Professor, Dept. of Geology, Isfahan University, Iran

3- Assistant Professor, Dept. of Mining Engineering, Isfahan University of Technology, Iran

4- Assistant Professor, Dept. of Mining Engineering, Isfahan University of Technology, Iran

5- Assistant Professor, Dept. of Geology, Payame Noor University, I.R. Iran

* Corresponding Author: ar.mokhtari@cc.iut.ac.ir

(Received: April 2013, Accepted: March 2015)

Abstract

Alishar index with high potential to Cu-Au mineralization is located in Urumieh-Dokhtar magmatic belt and in Arak province. Geological units of the area consists mainly of andesitic, Trachyandesitic-basaltic andesite lava, andesite to basaltic andesite tuff and rhyolitic to dacitic tuff which is affected by hydrothermal solutions so the igneous rock units display some kinds of alterations such as phyllic, propylitic, argilic and silicic alterations as well as iron oxide (hematite, goethite) and copper mineralization. Plentiful silicified and mineralized veins and veinlets is a favorable environment for gold mineralization. High correlation between Cu and Fe can be explained by the presence of chalcopyrite and correlation between Au, As and Bi are attributed to substitutions in Cu, Bi minerals and arsenopyrite. Multivariate statistical analyses have demonstrated three stages in mineralization in the area. The first stage shows: Cu, Au, Ag, Bi, Mn, Co and Zn; the second stage includes: Fe, Sb and the last stage comprises as, Cd and Mo enrichment. The evidences comprising host rock composition, ore minerals, alteration types, tectonic regime, geochemical analysis results and high correlation between Fe, Cu and Au and also elevation in concentration of these elements demonstrates that Alishar mineralization is similar to IOCG.

Keywords

Alteration, Correlation, Alishar Copper, Urumieh Dokhtar Zone