



## داده کاوی برپایه مطالعات آماری ژئوشیمیایی در اندیس پلی متال یارالوجه، شمال غرب اهر

محمد سبحان مبشری\*<sup>1</sup>، سید غفور علوی<sup>2</sup>، وارطان سیمونز<sup>3</sup>

<sup>1</sup> دانشجوی دکتری زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران  
msmobasheri1377@gmail.com

<sup>2</sup> استادیار زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران  
ghafour\_alavi@tabrizu.ac.ir

<sup>3</sup> دانشیار زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران  
simmonds\_vartan@yahoo.co.uk

### چکیده

مناطق امیدبخش اندیس یارالوجه به عنوان بخشی از زون فلززایی ارسباران در حدود 40 کیلومتری شمال غرب شهرستان اهر، استان آذربایجان شرقی واقع شده است. در این ناحیه با تکیه بر داده کاوی و مطالعات آماری و همبستگی های ژئوشیمیایی سعی بر تشخیص روابط ژئیتیکی عناصر موثر و دخیل بر کانی سازی شده است. رخداد کانی سازی طلای اپی ترمال در منطقه مطالعاتی عموماً در ارتباط با توده های نفوذی نیمه عمیق فلسیک (داسیتی - تراکی آندزیتی) و سنگ های ولکانیکی با دگرسانی فیلیک می باشد. در نواحی مرکزی روستای یارالوجه شامل محدوده ای به وسعت یک کیلومترمربع این کانی سازی به شکل قوی و در مناطق غربی و شرقی روستا به سبب عملکرد ضعیف تر سیالات هیدروترمال با توجه به شواهد بدست آمده از مطالعات ژئوشیمیایی به صورت محدود تری این کانی سازی مشاهده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعات آماری دو متغیره و چند متغیره عناصر طلا، سرب، روی، نقره، کادمیوم و گوگرد، به صورت پارائنز عمل کرده و با یکدیگر همبستگی خوبی را در مطالعات ژئوشیمیایی نشان می دهند. علاوه بر این با توجه به مطالعات آماری صورت گرفته بر روی داده های لیتوژئوشیمیایی برداشت شده از دو محدوده غربی و شرقی، به نظر می رسد عناصر طلا، سرب، روی، نقره، آرسنیک، کادمیم و آنتیموان از همبستگی خوبی برخوردارند و ب صورت پارائنز در محدوده عمل کرده اند. هم یافتی این عناصر در مطالعات آماری دو متغیره و چند متغیره می تواند حاکی از احتمال حضور چندین توده کانی سازی پورفیری مس از نوع غنی از طلا، با بقایای سیستم های اپی ترمال فوقانی در محدوده مطالعاتی می باشد.

واژگان کلیدی: یارالوجه، داده کاوی، کانی سازی اپی ترمال، مطالعات آماری دو و چند متغیره، ژئوشیمیایی



## مقدمه

حدوده یارالوجه در شمال شرق شهرستان اهر واقع شده و برای دسترسی به منطقه از طریق اهر، بعد از طی مسیر آسفالته حدود 35 کیلومتر تا روستای انجرد و پس از طی حدود 10 کیلومتر به سمت شمال در جاده خاکی می‌توان به محدوده یارالوجه دسترسی پیدا کرد. از نظر زمین‌شناسی ساختاری محدوده در زون ایران مرکزی- البرز غربی واقع شده و در کمربند فلززایی ارسباران قرار دارد. واحدهای زمین‌شناسی در منطقه مورد مطالعه شامل: سنگ‌های آذرآواری، توف‌های محیط خشکی، گدازه‌ها، دایک‌ها و استوک‌های نیمه عمیق کوچک ائوسن و ائو-اولیگوسن با ترکیب سنگ‌شناسی آن‌ها عمدتاً شامل توف و سنگ‌های ولکانیک و ساب‌ولکانیک با ترکیب آندزیت، تراکی آندزیت، داسیت و آندزیت بازالت می‌باشد.

مطالعات کانی‌شناسی نشان‌دهنده سیستم کانه‌زایی رگه - رگچه‌ای در این منطقه می‌باشد. کانه‌زایی در منطقه به صورت رگه - رگچه‌ای در داخل شکستگی‌ها و زون‌های گسلی و به میزبانی سنگ‌هایی با ترکیب حدواسط و با سن ائوسن صورت گرفته است. رفتار برخی از عناصر، تحت شرایط حاکم بر محیط، نسبت به یکدیگر وابستگی و ارتباط متقابل نشان می‌دهد.

رفتار برخی از عناصر، تحت شرایط حاکم بر محیط، نسبت به یکدیگر وابستگی و ارتباط متقابل نشان می‌دهند. شناخت ارتباط و وابستگی‌های ژنتیکی که میان دو عنصر یا دو دسته از عناصر وجود دارد، می‌تواند در تفسیر دقیق‌تر شرایط موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی به کار رود. از محیط‌های تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی محیط رسوبات رودخانه‌ای می‌باشد که در شرایط آب و هوایی گوناگون قابل نمونه‌برداری بوده و به عنوان یک روش مستقل و مفید برای تشخیص نواحی با پتانسیل بالای معدنی استفاده می‌شوند (حسنی پاک، 1381). در مطالعات اکتشافی برای بالا بردن ضریب اطمینان و کاستن از خطاهایی که به دلایل فراوانی، می‌توانند در مراحل مختلف کار بروز نمایند، سعی بر این است که در حد امکان تعداد بیشتری از همبستگی‌های موجود میان عناصر بررسی گردد. در مواردی که تعداد زیادی از داده‌های ژئوشیمیایی را برای عناصر مختلف و متعدد در اختیار داریم، یکی از روش‌های مناسب برای تعیین همبستگی میان داده‌ها، تشکیل ماتریس همبستگی برای داده‌های موجود است. روش‌های آماری چند متغیره امکان تحلیل همزمان چند متغیر را فراهم می‌کنند. در تحلیل داده‌ها زمانی که تعداد متغیرها به بیش از دو یا سه متغیر افزایش می‌یابد، بررسی روابط بین آن‌ها صرفاً از طریق تحلیل‌های چند متغیره میسر می‌باشد. روش‌های متعدد و متنوعی در تحلیل چند متغیره داده‌ها موجود می‌باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به تحلیل خوشه‌ای، تحلیل مولفه‌های اصلی، تحلیل کنونیکال و ... اشاره نمود. در این روش‌ها سعی بر آن است تا بر اساس تحلیل داده‌ها و ارتباط بین متغیرهای مختلف نمونه‌های یک دسته داده بدست آمده از منطقه، روابط ژنتیکی بین متغیرها را مورد ارزیابی قرار داد (حسنی پاک و شرف‌الدین، 1380). هدف از مطالعات آماری ژئوشیمیایی در این منطقه پی‌بردن به روابط و همبستگی‌های ژنتیکی موجود میان عناصر موجود، موثر و دخیل بر کانی‌سازی اپی‌ترمال در این ناحیه می‌باشد.

## روش تحقیق

برای به دست آوردن ماتریس همبستگی، داده‌های خام (نتایج آزمایشات ICP-AES گرفته شده از گمانه‌های اکتشافی نواحی مرکزی، غربی و شرقی یارالوجه) را به محیط نرم افزار SPSS انتقال داده و در آن جا ضرائب همبستگی، سطوح معنی‌دار بودن و تعداد نمونه‌هایی که در ضریب همبستگی فوق شرکت نموده‌اند به روش



پیرسون و اسپیرمن مستقل از نوع تابع توزیع متغیر مورد محاسبه قرار گرفت. برای محاسبه ضریب همبستگی به روش اسپیرمن از مقادیر خام داده ها بعد از جایگزینی داده های خارج از ردیف استفاده شد و برای محاسبه ضریب همبستگی پیرسون از مقادیر نرمال شده داده ها استفاده گردید. ضریب همبستگی میان دو متغیر بین 1- و 1 متغیر است (Lepeltier, 1969). پارامترهای یاد شده (توسط رابطه (1)) قابل محاسبه است.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

در تحلیل خوشه ای با بررسی همبستگی های موجود بین نمونه ها و متغیرهای مختلف و بر اساس بیشترین شباهت، اقدام به مرتبط نمودن متغیرهای موجود می کنیم. در هر مرحله، بالاترین شباهت ها یا همبستگی های موجود بین متغیرها مبنای دسته بندی (خوشه بندی) اولیه خواهد شد و به این ترتیب در هر مرحله از تعداد متغیرها کاسته خواهد شد و به جای آن یک دسته متغیر معرفی می گردد. مراحل محاسباتی دسته بندی یا خوشه بندی تا مرحله ای ادامه می یابد تا کلیه متغیرها در یک خوشه، دسته بندی گردند (حسینی پاک و شرف الدین، 1380).

#### یافته ها

در ابتدای امر از روی گمانه های اکتشافی حفر شده در ناحیه های مرکزی، غرب و شرق روستای یارالوجه نمونه برداری و جهت آنالیز ICP-AES به آزمایشگاه های مربوطه ارسال و نتایج مورد داده کاوی و تحلیل قرار گرفت. به علت اهمیت بخش مرکزی با توجه به کانه سازی غنی تر داده های این بخش ذکر شده است (جدول 1).  
جدول 1. نتایج آنالیز ICP.AES انجام شده بر روی نمونه های برداشت شده از بخش مرکزی (اطراف روستا).

4 acid digestion + ICP-AES.															
Depending on the sample matrix, not all elements are quantitatively extracted by 4 acid digestion.															
Sample No.	Element	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	Ga
	Det. Limit	1	0.01	5	10	1	5	0.01	1	1	1	1	1	0.01	10
	Unit	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
BH7-D-0-1	11-284	<1	8.00	145	608	<1	<5	2.16	103	39	10	35	66	6.16	<10
BH7-D-2-3	11-285	<1	7.94	147	587	<1	<5	0.34	5	26	6	18	37	7.17	<10
BH7-D-4-5	11-286	<1	9.38	197	878	<1	<5	0.33	10	49	3	39	52	5.49	<10
BH7-D-6-7	11-287	<1	8.57	264	722	<1	<5	0.22	5	48	3	36	73	5.03	<10
BH7-D-8-9	11-288	<1	9.13	283	1281	<1	<5	0.21	4	73	3	70	51	3.63	<10
DY1-19-3	11-289	<1	9.47	70	688	<1	<5	0.57	9	27	45	20	96	7.20	<10
DY1-19-8	11-290	<1	9.01	29	1243	2	<5	1.24	<1	102	21	66	32	2.93	13

4 acid digestion + ICP-AES.															
Depending on the sample matrix, not all elements are quantitatively extracted by 4 acid digestion.															
Sample No.	Element	In	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc
	Det. Limit	10	0.01	1	1	0.01	10	1	0.01	1	10	2	0.01	5	1
	Unit	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
BH7-D-0-1	11-284	<10	2.75	14	9	0.84	487	7	0.44	24	1813	335	0.52	12	34
BH7-D-2-3	11-285	<10	3.37	8	5	0.52	421	6	0.15	9	615	201	0.16	19	32
BH7-D-4-5	11-286	<10	3.56	21	7	0.48	400	6	0.45	10	1074	99	0.91	15	31
BH7-D-6-7	11-287	<10	3.35	18	8	0.40	261	5	0.31	9	938	35	1.06	17	31
BH7-D-8-9	11-288	<10	4.93	34	10	0.38	292	5	0.58	12	1241	63	0.92	20	22
DY1-19-3	11-289	<10	2.29	8	10	0.33	7981	6	3.01	26	994	132	0.02	<5	35
DY1-19-8	11-290	<10	3.69	51	8	1.03	1768	4	2.69	64	1468	38	0.01	<5	23



4 acid digestion + ICP-AES.											
Depending on the sample matrix, not all elements are quantitatively extracted by 4 acid digestion.											
Sample No.	Element	Sn	Sr	Th	Ti	Tl	U	V	W	Zn	Zr
	Det. Limit	10	1	20	0.01	10	10	1	10	2	1
	Unit	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
BH7-D-0-1	11-284	<10	830	<20	0.29	<10	<10	216	<10	682	77
BH7-D-2-3	11-285	<10	376	<20	0.22	<10	<10	189	<10	329	16
BH7-D-4-5	11-286	<10	850	<20	0.20	<10	<10	176	<10	568	35
BH7-D-6-7	11-287	<10	533	<20	0.23	<10	<10	178	<10	414	33
BH7-D-8-9	11-288	<10	854	<20	0.16	<10	<10	90	<10	456	72
DY1-19-3	11-289	<10	452	<20	0.28	<10	<10	255	<10	2514	27
DY1-19-8	11-290	<10	944	<20	0.30	<10	<10	69	<10	1595	61

#### مطالعه آماری دو متغیره (آنالیز همبستگی عناصر در بخش مرکزی یارالوجه)

در جدول های (2) و (3) ضریب همبستگی میان عناصر مورد مطالعه آورده شده است. لازم به ذکر است علامت (\*\*\*) به معنای ضریب همبستگی در سطح اعتماد 99 درصد و (\*) به معنای ضریب همبستگی در سطح اعتماد 95 درصد می باشد. بالاترین همبستگی به روش (اسپیرمن) مربوط به عناصر Cr-Ni به مقدار 0/921 بعد از آن ها به ترتیب عناصر Fe-V (0/846)، Pb-Zn (0/762)، Co-Fe (0/732)، As-Cd (0/711)، Ti-Co (0/711)، Ti-Fe (0/704)، Pb-Cd (0/674) از قرابت خوبی با یکدیگر در سطح اعتماد 99٪ برخوردارند. بیشترین همبستگی منفی بین دو عنصر Mo-Cr (-0/513) و As-Ni (-0/511) می باشند. بالاترین همبستگی عنصر طلا در منطقه به ترتیب با عناصر As (0/557)، Cd (0/519) می باشد. طلا با عناصر Li, Mg, Ni همبستگی منفی برقرار کرده است. همبستگی های مثبت میان عنصر طلا و عناصر نامبرده می تواند نشان دهنده کانی سازی درجه حرارت پایین تا متوسط در ناحیه مورد بررسی باشد. عنصر مس با عناصر As, Mo, Mn, V همبستگی حدود 0/5 برقرار کرده است. عنصر روی در محاسبه همبستگی به روش (پیرسون) به ترتیب با عناصر Pb (0/788)، Ag (0/587)، Fe (0/557)، Ti (0/540)، Co (0/550) در قرابت خوبی می باشند. عنصر سرب با عناصر Zn, Cd, As, Ag, Mn در هر دو روش پیرسون و اسپیرمن همبستگی های خوبی برقرار کرده است.



جدول 2: ضرایب همبستگی عناصر به روش پیرسون به وسیله نرم افزار SPSS برای عناصر بخش مرکزی یارالوجه.

		Correlations																									
Au	Pearson Correlation	1																									
	Sig. (2-tailed)																										
	N	250																									
Ag	Pearson Correlation	.289(**)	1																								
	Sig. (2-tailed)	0																									
	N	250	250																								
As	Pearson Correlation	-.357(**)	-.232(**)	1																							
	Sig. (2-tailed)	0	0																								
	N	250	250	250																							
Ba	Pearson Correlation	-0.031	0.038	0.087	1																						
	Sig. (2-tailed)	0.625	0.551	0.17																							
	N	250	250	250	250																						
Cd	Pearson Correlation	.519(**)	-.377(**)	.513(**)	0.05	1																					
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0.427																						
	N	250	250	250	250	250																					
Co	Pearson Correlation	0.042	-.393(**)	0.048	0.045	0.061	1																				
	Sig. (2-tailed)	0.509	0	0.453	0.477	0.336																					
	N	250	250	250	250	250	250																				
Cr	Pearson Correlation	-0.11	.193(**)	-.465(**)	-0.014	-.168(**)	.471(**)	1																			
	Sig. (2-tailed)	0.083	0.002	0	0.831	0.008	0																				
	N	250	250	250	250	250	250	250																			
Cu	Pearson Correlation	.245(**)	.248(**)	.548(**)	0.077	.259(**)	.394(**)	-.217(**)	1																		
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0.228	0	0	0.001																			
	N	250	250	250	250	250	250	250	250																		
Fe	Pearson Correlation	.202(**)	-.328(**)	.269(**)	0.084	.148(*)	-.739(**)	0.12	.423(**)	1																	
	Sig. (2-tailed)	0.001	0	0	0.186	0.019	0	0.058	0																		
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250																	
Li	Pearson Correlation	-.182(**)	0.024	.231(**)	-0.031	-.137(*)	0.031	-.142(*)	.424(**)	-0.081	1																
	Sig. (2-tailed)	0.004	0.709	0	0.622	0.03	0.625	0.025	0	0.201																	
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250																
Mg	Pearson Correlation	-.279(**)	-0.013	-.377(**)	.138(*)	-.265(**)	-.564(**)	.596(**)	0.034	.292(**)	-0.028	1															
	Sig. (2-tailed)	0	0.834	0	0.032	0	0	0	0.596	0	0.659																
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250															
Mn	Pearson Correlation	-.188(**)	.406(**)	.422(**)	-.129(*)	.274(**)	-.554(**)	-0.051	.601(**)	.590(**)	.198(**)	0.052	1														
	Sig. (2-tailed)	0.003	0	0	0.041	0	0	0.421	0	0	0.002	0.409															
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250														
Mo	Pearson Correlation	-.318(**)	0.034	.570(**)	-0.034	.228(**)	-.127(*)	-.467(**)	.461(**)	0.019	.145(*)	-.431(**)	.181(**)	1													
	Sig. (2-tailed)	0	0.596	0	0.595	0	0.045	0	0	0.771	0.022	0	0.004														
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250													
Ni	Pearson Correlation	-.150(*)	.129(*)	-.499(**)	-0.05	-.216(**)	.395(**)	.923(**)	-.158(*)	-0.07	-0.002	.559(**)	-0.102	-.406(**)	1												
	Sig. (2-tailed)	0.017	0.042	0	0.435	0.001	0	0	0.012	0.272	0.971	0	0.109	0													
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250												
Pb	Pearson Correlation	-.446(**)	-.576(**)	-.462(**)	0.024	-.592(**)	.262(**)	-0.08	-.249(**)	.391(**)	-0.072	-.242(**)	.444(**)	.181(**)	-.164(**)	1											
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0.7	0	0	0.205	0	0	0.258	0	0	0.004	0.009												
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250											
Sb	Pearson Correlation	.238(**)	0.091	.401(**)	-.173(**)	.154(*)	0.076	-.277(**)	.348(**)	.307(**)	.143(*)	-.251(**)	.306(**)	.407(**)	-.299(**)	.265(**)	1										
	Sig. (2-tailed)	0	0.151	0	0.006	0.015	0.23	0	0	0	0.024	0	0	0	0	0											
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250										
Ti	Pearson Correlation	0.042	.447(**)	-0.079	0.009	0.049	.771(**)	.547(**)	.209(**)	.715(**)	-0.054	.497(**)	.331(**)	-.268(**)	.395(**)	.217(**)	-0.015	1									
	Sig. (2-tailed)	0.51	0	0.213	0.886	0.444	0	0	0.001	0	0.391	0	0	0	0	0.001	0.81										
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250									
V	Pearson Correlation	.169(**)	.256(**)	.322(**)	0.117	.157(*)	-.543(**)	-0.111	-.454(**)	.888(**)	0.003	.151(*)	.552(**)	0.096	-.289(**)	.396(**)	.325(**)	.509(**)	1								
	Sig. (2-tailed)	0.008	0	0	0.066	0.013	0	0.079	0	0	0.957	0.017	0	0.13	0	0	0	0									
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250								
Zn	Pearson Correlation	.285(**)	.587(**)	.230(**)	0.103	.473(**)	-.550(**)	.251(**)	.278(**)	.557(**)	-0.072	.163(**)	.508(**)	-0.089	-.147(*)	.788(**)	0.091	.540(**)	.455(**)	1							
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0.105	0	0	0	0	0	0.259	0.01	0	0.159	0.02	0	0.15	0	0								
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250							
Elements		Au	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Ti	V	Zn							

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



جدول 3: ضرایب همبستگی عناصر به روش اسپیرمن به وسیله نرم افزار SPSS برای عناصر بخش مرکزی یارالوجه.

Au	Correlation Coefficient	1																			
	Sig. (2-tailed)	.																			
	N	250																			
Ag	Correlation Coefficient	.264(**)	1																		
	Sig. (2-tailed)	0	.																		
	N	250	250																		
As	Correlation Coefficient	-.561(**)	.194(**)	1																	
	Sig. (2-tailed)	0	0.002	.																	
	N	250	250	250																	
Ba	Correlation Coefficient	-0.054	0.04	0.043	1																
	Sig. (2-tailed)	0.392	0.525	0.5	.																
	N	250	250	250	250																
Cd	Correlation Coefficient	.631(**)	.361(**)	.711(**)	-0.012	1															
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0.847	.															
	N	250	250	250	250	250															
Co	Correlation Coefficient	0.059	.405(**)	0.086	0.04	.167(**)	1														
	Sig. (2-tailed)	0.353	0	0.177	0.534	0.008	.														
	N	250	250	250	250	250	250														
Cr	Correlation Coefficient	-.140(*)	.194(**)	-.490(**)	-0.015	-.278(**)	.413(**)	1													
	Sig. (2-tailed)	0.026	0.002	0	0.812	0	0	.													
	N	250	250	250	250	250	250	250													
Cu	Correlation Coefficient	.261(**)	.183(**)	.537(**)	0.072	.408(**)	.368(**)	-.314(**)	1												
	Sig. (2-tailed)	0	0.004	0	0.259	0	0	0	.												
	N	250	250	250	250	250	250	250	250												
Fe	Correlation Coefficient	.214(**)	.343(**)	.293(**)	0.071	.299(**)	.732(**)	0.077	.419(**)	1											
	Sig. (2-tailed)	0.001	0	0	0.263	0	0	0.228	0	.											
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250											
Li	Correlation Coefficient	-.140(*)	0.005	.217(**)	-0.07	-0.029	0.022	-.147(*)	.395(**)	-0.093	1										
	Sig. (2-tailed)	0.027	0.933	0.001	0.267	0.648	0.725	0.02	0	0.142	.										
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250										
Mg	Correlation Coefficient	-.262(**)	0.024	-.409(**)	.161(*)	-.276(**)	.526(**)	.599(**)	0.016	.277(**)	-0.065	1									
	Sig. (2-tailed)	0	0.704	0	0.011	0	0	0	0.796	0	0.304	.									
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250									
Mn	Correlation Coefficient	.199(**)	.338(**)	.428(**)	.164(**)	.364(**)	.554(**)	-0.079	.480(**)	.568(**)	.187(**)	0.058	1								
	Sig. (2-tailed)	0.002	0	0	0.009	0	0	0.215	0	0	0.003	0.363	.								
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250								
Mo	Correlation Coefficient	.336(**)	0.041	.588(**)	-0.094	.405(**)	-.127(*)	-.513(**)	.469(**)	0.022	.237(**)	-.485(**)	.174(**)	1							
	Sig. (2-tailed)	0	0.517	0	0.137	0	0.044	0	0	0.726	0	0	0.006	.							
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250							
Ni	Correlation Coefficient	-.161(*)	0.121	-.512(**)	-0.046	-.336(**)	.319(**)	.921(**)	-.242(**)	-0.115	0.004	.555(**)	-.134(*)	-.437(**)	1						
	Sig. (2-tailed)	0.011	0.055	0	0.467	0	0	0	0	0.069	0.946	0	0.035	0	.						
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250						
Pb	Correlation Coefficient	-.452(**)	.522(**)	.528(**)	-0.036	.574(**)	.305(**)	-0.071	.256(**)	.412(**)	-0.001	-.196(**)	.446(**)	.211(**)	-.149(*)	1					
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0.566	0	0	0.265	0	0	0.991	0.002	0	0.001	0.018	.					
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250					
Sb	Correlation Coefficient	.275(**)	0.088	.431(**)	-.169(**)	.297(**)	0.074	-.294(**)	.333(**)	.297(**)	.181(**)	-.274(**)	.286(**)	.424(**)	-.311(**)	.299(**)	1				
	Sig. (2-tailed)	0	0.166	0	0.007	0	0.245	0	0	0	0.004	0	0	0	0	.					
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250					
Ti	Correlation Coefficient	0.038	.490(**)	-0.074	-0.026	0.077	.711(**)	.513(**)	0.11	.704(**)	-0.092	.480(**)	.306(**)	-.257(**)	.327(**)	.242(**)	-0.015	1			
	Sig. (2-tailed)	0.554	0	0.245	0.684	0.226	0	0	0.082	0	0.147	0	0	0	0	0	0.812	.			
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250			
V	Correlation Coefficient	.212(**)	.246(**)	.392(**)	0.113	.356(**)	.494(**)	-.207(**)	.463(**)	.846(**)	0	0.076	.520(**)	.140(*)	-.373(**)	.419(**)	.329(**)	.463(**)	1		
	Sig. (2-tailed)	0.001	0	0	0.074	0	0	0.001	0	0	1	0.231	0	0.027	0	0	0	0	.		
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250		
Zn	Correlation Coefficient	.238(**)	.564(**)	.234(**)	0.084	.474(**)	.546(**)	.232(**)	-.214(**)	.512(**)	-0.072	.177(**)	.490(**)	-0.089	-.140(*)	.752(**)	0.08	.520(**)	.374(**)	1	
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0.188	0	0	0	0.001	0	0.256	0.005	0	0.162	0.027	0	0.21	0	0	.	
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	
Elements		Au	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Ti	V	Zn	
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).																					
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).																					



### آنالیز خوشه‌ای (بخش مرکزی یارالوجه)

یکی از روش‌های آنالیز روابط ژنتیکی چند متغیره، آنالیز خوشه‌ای است که هدف آن تفسیر ساختار ماتریس واریانس - کوواریانس مجموعه‌ای از داده‌های چند متغیره می‌باشد. در برخی از شیوه‌های محاسباتی این روش، ماتریس ضرایب همبستگی دو متغیره (فواصل اقلیدوسی تشابه یا عدم تشابه محاسبه شده برای دو به دو متغیره‌ها) مبنای کار قرار می‌گیرد. شناخت همبستگی‌های ژنتیکی بین عناصر، اطلاعات لازم را در جهت تفسیر هر چه صحیح‌تر داده‌های ژنوتیپیمیایی در اختیار می‌گذارد و در تفسیر و تشخیص نوع نهشته از ناهنجاری‌های بی‌اهمیت و گمراه‌کننده کاربرد زیادی دارد (Davis, 2002).

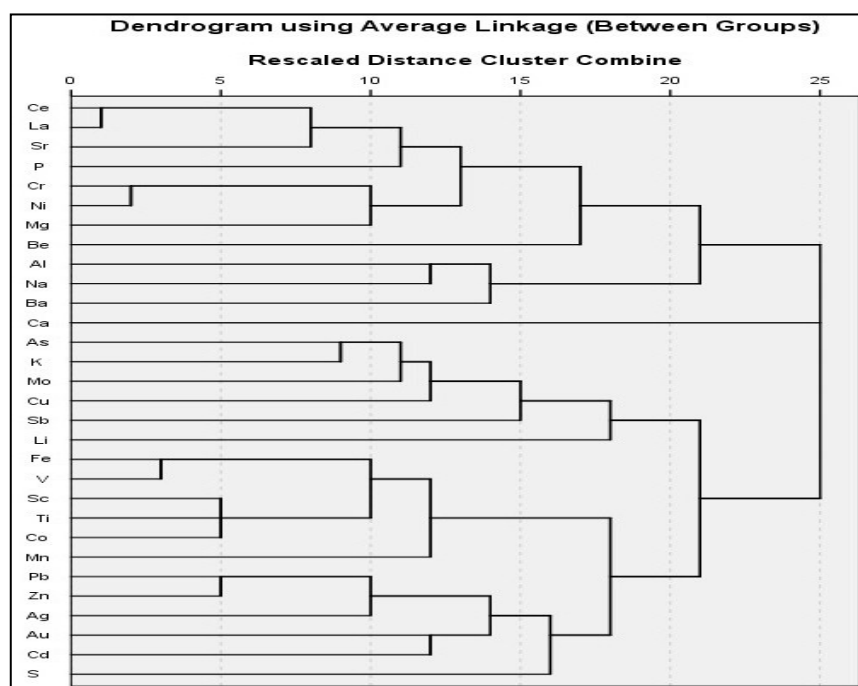
طبقه‌بندی عبارت است از قرار دادن نمونه‌ها در داخل گروه‌های کم و بیش همگن، به طوری که روابط بین گروه‌ها مشخص باشد. هدف از تحلیل خوشه‌ای دست‌یافتن به ملاکی برای طبقه‌بندی هر چه مناسب‌تر متغیره‌ها و یا نمونه‌ها بر اساس تشابه هر چه بیشتر درون گروهی و اختلاف هر چه بیشتر بین گروهی است. تحلیل خوشه‌ای با برقراری ارتباط بین مجموعه‌ای از متغیره‌های به ظاهر بی‌ارتباط، به شناخت یک مدل فرضی بین آن‌ها اقدام کرده و به کاهش ابعاد متغیره‌ها می‌پردازد. باتوجه به این که بررسی‌های آماری شرط نرمال بودن را با خود دارند دو نوع تجزیه و تحلیل در این رابطه مد نظر قرار داده می‌شود (حسنی پاک، 1377):

۱- تجزیه و تحلیل نوع R-Mode: در این روش تعیین بستگی‌های بین پارامتری متغیره‌ها (غلظت عناصر) مد نظر است. بنابراین با استفاده از این روش عناصر اصلی موجود در یک مجموعه ژنوتیپیمیایی شناخته می‌شوند.  
۲- تجزیه و تحلیل نوع Q-Mode: هدف از این بررسی، تعیین و ارزیابی همبستگی‌های موجود بین نمونه‌های مختلف (برحسب تغییر متغیره‌ها، مانند آنالیز و ترکیب شیمیایی سنگ‌ها) می‌باشد. در این روش نمونه‌های مشابه در گروه‌های مختلف قرار می‌گیرند.

الگوریتم‌های مختلفی برای خوشه‌بندی متغیره‌ها وجود دارد که به طور خلاصه عبارتند از روش اتصال نزدیکترین همسایگی، روش دورترین همسایگی، روش اتصال میانگین. از آن‌جا که روش اتصال میانگین، حدواسط روش کمترین همسایگی و دورترین همسایگی است لذا نتایج آن معمولاً مناسب می‌باشند (Swan et al., 1995). دندوگرام ساختار سلسله‌مراتبی نمونه‌ها و یا متغیره‌ها را بر اساس معیار شباهت بین آن‌ها نشان می‌دهد. در این نمودار یک مقیاس خطی افقی در بالا قرار دارد که متناظر با درجه شباهت متغیره‌های مورد بررسی می‌باشد. در این آنالیز می‌توان نمونه‌ها یا متغیره‌ها را در کلاس‌هایی گروه‌بندی نمود که متغیره‌های مشابه در یک کلاس قرارگیرند. این روش باید کاملاً عددی باشد و تعداد کلاس‌های آن مشخص نباشد. آنالیز خوشه‌ای بنا به دلایل زیادی امروزه در مبحث تجزیه و تحلیل داده‌ها کاربرد دارد از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: الف) تجزیه خوشه‌ای می‌تواند در پیدا کردن گروه‌های واقعی مؤثر باشد. ب) تجزیه خوشه‌ای می‌تواند برای کاهش داده‌ها مفید واقع گردد.



تجزیه خوشه ای می تواند گروه های غیر قابل انتظاری را ایجاد نماید و در این صورت نتایج حاصل، بیانگر روابط جدیدی خواهد بود که باید مورد بررسی قرار گیرد. برای تحلیل نمودار خوشه ای از خط جدایش با درجه شباهت 18 استفاده شد که در آن کلیه عناصر به 5 شاخه اصلی تقسیم بندی می شوند (شکل 1).



شکل 1: نمودار شاخه ای عناصر مورد مطالعه در منطقه مرکزی یارالوجه.

هم یافتی عناصر Cs, La, Sr, P, Cr, Ni, Mg, Be, Al, Ba در دو شاخه ابتدایی در نمودار شاخه ای مربوط به فعالیت های سنگ زایی در منطقه بوده و حائز اهمیت اکتشافی نیست. با نظر بر دندوگرام بدست آمده نتایج جالب توجهی به دست آمده به طوریکه در شاخه آخر عناصر Pb, Zn, Ag, Au, Cd, S با درجه شباهت نسبتا خوبی در حدود 5-16 با یکدیگر قرار گرفته اند. در این شاخه دو عنصر سرب و روی با درجه انطباق بالا (حدود 5) و عنصر نقره با قرابت حدود 10 با آن ها قرار گرفته است و عناصر Au, Cd, S با درجه شباهت کمتر قرار می گیرند. با توجه به نتایج به دست آمده در بخش های قبل، همیافتی این عناصر می تواند حاکی از کانی سازی اپی ترمال در منطقه مورد مطالعه باشد که لازم است مورد بررسی های بیشتر قرار گیرد. عناصر Cu, As, Mo, K با درجه شباهت حدود 12 در یک شاخه قرار گرفته اند و عناصر آنتیموان و لیتیم به قرابت پایین تر به این شاخه متصل شده اند. عناصر Fe, V, Ti, Sc, Co, Mn با هم در یک گروه قرار قرار گرفته اند (شکل 1).

#### مطالعه آماری دو متغیره (آنالیز همبستگی عناصر در بخش غربی)

عنصر طلا به ترتیب با عناصر Cd (0/531)، Pb (0/519) بیشترین همبستگی مثبت و با عناصر Ba, Cr, Ni همبستگی منفی برقرار کرده است. عنصر نقره دارای بیشترین همبستگی به ترتیب با عناصر Pb, Zn, Cu, As, Cd، Au می باشد (جدول 4).



جدول 4: ضرایب همبستگی عناصر به روش پیرسون به وسیله نرم افزار SPSS برای عناصر بخش غربی یارالوجه

Au	Pearson Correlation	1.00																			
	Sig. (1-tailed)																				
	N	250																			
Ag	Pearson Correlation	.393**	1.00																		
	Sig. (1-tailed)	0.00																			
	N	250	250																		
As	Pearson Correlation	.474**	.654**	1.00																	
	Sig. (1-tailed)	0.00	0.00																		
	N	250	250	250																	
Ba	Pearson Correlation	-.176**	.343**	.179**	1.00																
	Sig. (1-tailed)	0.00	0.00	0.00																	
	N	250	250	250	250																
Cd	Pearson Correlation	.531**	.483**	.673**	0.01	1.00															
	Sig. (1-tailed)	0.00	0.00	0.00	0.45																
	N	250	250	250	250	250															
Co	Pearson Correlation	-0.05	0.00	0.00	.198**	.111*	1.00														
	Sig. (1-tailed)	0.22	0.48	0.50	0.00	0.04															
	N	250	250	250	250	250	250														
Cr	Pearson Correlation	-0.06	-.112*	-0.08	-0.01	-0.04	.495**	1.00													
	Sig. (1-tailed)	0.18	0.04	0.09	0.46	0.27	0.00														
	N	250	250	250	250	250	250	250													
Cu	Pearson Correlation	0.07	.603**	.343**	.452**	.334**	0.07	-0.04	1.00												
	Sig. (1-tailed)	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.25													
	N	250	250	250	250	250	250	250	250												
Fe	Pearson Correlation	-.113*	0.02	0.02	.249**	.134*	.938**	.401**	.125*	1.00											
	Sig. (1-tailed)	0.04	0.40	0.39	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02												
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250											
Li	Pearson Correlation	-0.01	-0.02	-0.05	-0.05	0.00	0.05	.123*	-0.07	0.04	1.00										
	Sig. (1-tailed)	0.43	0.37	0.21	0.22	0.50	0.21	0.03	0.15	0.25											
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250										
Mg	Pearson Correlation	-0.10	.360**	.116*	.263**	.177**	0.09	0.01	.705**	.150**	-0.05	1.00									
	Sig. (1-tailed)	0.07	0.00	0.03	0.00	0.00	0.07	0.41	0.00	0.01	0.22										
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250									
Mn	Pearson Correlation	0.07	0.08	.124*	.129*	.185**	.435**	0.06	0.07	.518**	-0.07	0.06	1.00								
	Sig. (1-tailed)	0.14	0.10	0.03	0.02	0.00	0.00	0.16	0.12	0.00	0.14	0.17									
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250								
Mo	Pearson Correlation	0.08	-0.04	-0.05	-0.06	-.162**	.127*	.111*	-.297**	0.08	0.07	-.549**	0.01	1.00							
	Sig. (1-tailed)	0.11	0.26	0.22	0.16	0.01	0.02	0.04	0.00	0.11	0.13	0.00	0.41								
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250							
Ni	Pearson Correlation	-0.04	-.125*	-0.10	0.04	-0.02	.669**	.868**	-0.09	.544**	.172**	-0.03	.139*	.156**	1.00						
	Sig. (1-tailed)	0.25	0.02	0.06	0.28	0.36	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.33	0.01	0.01							
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250						
Pb	Pearson Correlation	.519**	.670**	.659**	0.04	.666**	-0.05	-0.09	.274**	-0.04	-0.01	-0.09	.107*	0.07	-.118*	1.00					
	Sig. (1-tailed)	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.24	0.08	0.00	0.25	0.43	0.09	0.05	0.15	0.03						
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250					
Sb	Pearson Correlation	0.02	.251**	.266**	.171**	.279**	0.10	-0.03	.431**	.141*	-0.03	.376**	0.08	-.262**	0.00	.115*	1.00				
	Sig. (1-tailed)	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.34	0.00	0.01	0.35	0.00	0.12	0.00	0.50	0.04					
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
Ti	Pearson Correlation	-0.08	-0.03	-0.03	.185**	0.08	.940**	.553**	0.06	.902**	.218**	0.10	.348**	.111*	.705**	-0.09	0.09	1.00			
	Sig. (1-tailed)	0.12	0.33	0.31	0.00	0.11	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.08	0.07				
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250			
V	Pearson Correlation	-.118*	0.00	-0.01	.225**	0.10	.865**	.253**	0.09	.908**	.225**	.123*	.445**	0.08	.397**	-0.05	.150**	.872**	1.00		
	Sig. (1-tailed)	0.03	0.48	0.45	0.00	0.06	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.03	0.00	0.11	0.00	0.22	0.01	0.00			
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250		
Zn	Pearson Correlation	.364**	.656**	.679**	.265**	.738**	.110*	-0.04	.699**	.163**	-0.04	.569**	.165**	-.331**	-0.07	.586**	.339**	0.08	.113*	1.00	
	Sig. (1-tailed)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.27	0.00	0.01	0.26	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.10	0.04		
	N	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	
		Au	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Ti	V	Zn	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).  
\* . Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).

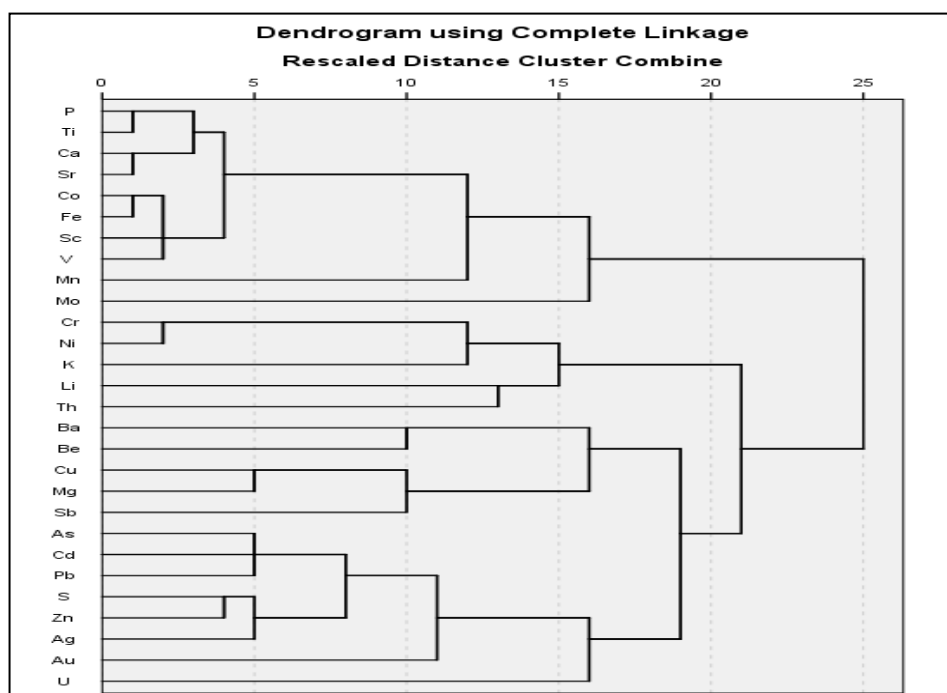
عنصر مس در نمونه های برداشت شده در از بخش غربی منطقه با عناصر Zn (0/699)، Mg (0/699)، Ag (0/603)



همبستگی نسبتاً خوبی برقرار کرده است لازم به ذکر است که هیچگونه همبستگی بین این عنصر و طلا به ثبت نرسیده است. دو عنصر سرب و روی با یکدیگر همبستگی در حدود 0/5 برقرار کرده اند و با عناصر Cd, As, Ag تطابق خوبی بین 0/5 تا 0/6 نشان می دهند (جدول 4). به نظر می رسد که همبستگی مثبت بین عناصر Au, Ag, Cd, As, Pb ناشی از کانی سازی اپی ترمال در منطقه مورد مطالعه باشد.

#### آنالیز خوشه ای (بخش غربی)

برای تحلیل نمودار خوشه ای از خط جدایش با درجه شباهت 18 استفاده شد که در آن کلیه عناصر به 4 شاخه اصلی تقسیم بندی می شوند. عناصر سنگ ساز منطقه در شاخه ای یک و دوم قرار دارند. در شاخه اول عناصر P, Ti, Ca, Co, Fe, Sc, V با درجه تشابه بسیار بالا (حدود 4) قرار گرفته اند و دو عنصر مولیبدن و منگنز با انطباق کمتر در حدود 12 تا 16 به آن ها متصل شده اند. در گروه دوم عناصر Cr, K, Tr, Li قرار دارند. عناصر Cu, Sn, Mg, Ba, Be با یکدیگر در شاخه سوم قرار گرفته اند. عنصر مولیبدن با انطباق بسیار پایین در گروه اول قرار گرفته است. عناصر Au, Ag, As, Cd, Zn, S, Pb با درجه انطباق بالایی (حدود 11) در یک شاخه با یکدیگر در گروه چهارم قرار گرفته اند و عنصر اورانیوم با انطباق کمتر به آن ها متصل شده است (شکل 2).



شکل 2: نمودار شاخه ای عناصر مورد مطالعه در منطقه غربی یارالوجه.

#### مطالعه آماری دو متغیره (آنالیز همبستگی عناصر در بخش شرقی)

با توجه به همبستگی های بدست آمده در مطالعات آماری دو متغیره در بخش شرقی، طلا در این بخش به نظر می رسد مانند یک متغیر مستقل عمل کرده و دارای همبستگی های پایینی با سایر عناصر است. عنصر مس به ترتیب با

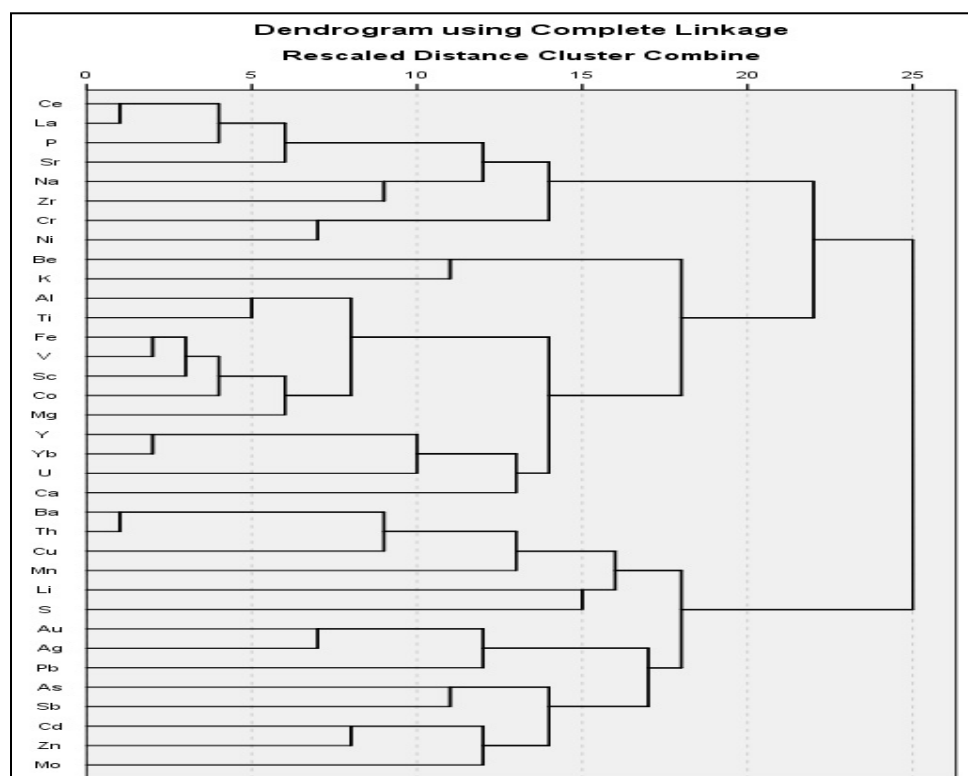




### آنالیز خوشه ای (بخش شرقی)

با توجه به شکل نمودار شاخه ای بدست آمده از مطالعات آماری چند متغیره بخش شرقی و با در نظر گرفتن خط جدایش 18 می توان عناصر را بر اساس درجه شباهت به 5 گروه اصلی تقسیم کرد. بیشترین انطباق مربوط به گروه سوم و عناصر Al, Ti, Fe, V, Sc, Co, Mg می باشد. این عناصر با درجه انطباق حدود 6 با یکدیگر قرار دارند که همیافتی آن ها ناشی از فعالیت های سنگ زایی در منطقه می باشد. عناصر Au, Ag, Pb Zn, Mo Cd, Sb در شاخه آخر با درجه انطباق 8 الی 18 قرار دارند. پاراژنز این عناصر را می توان به رخداد های کانی سازی اپی ترمال در منطقه مرتبط دانست. عناصر Cu, Ba, Tr, Mn, Li, S با یکدیگر در یک شاخه و در گروه چهارم قرار گرفته اند(شکل

3).



شکل 3: نمودار شاخه ای عناصر مورد مطالعه در منطقه شرقی یارالوجه.

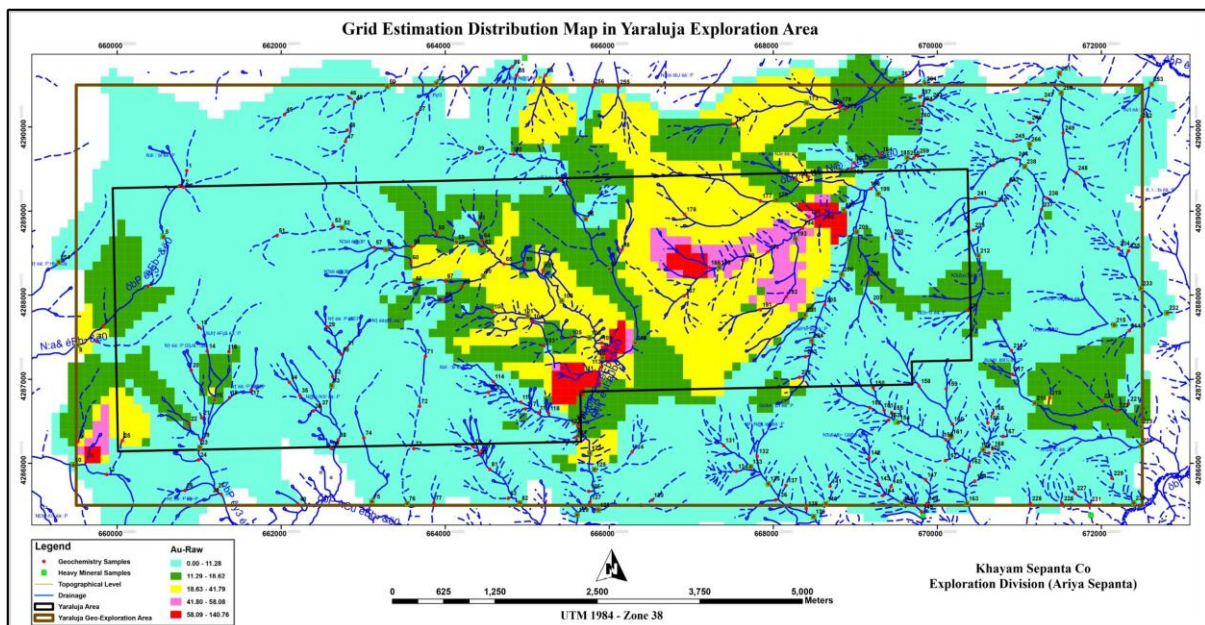
### رسم نقشه پراکندگی غلظت طلا و مس با استفاده از تکنیک تخمین شبکه ای

یکی از راه های درک ارتباط بین داده ها و اطلاعات بررسی شده در یک پروژه اکتشافی، ترسیم نقشه است. نقشه ها به صورت نمادین، حاصل مراحل داده پردازی، تحلیل و تخمین مناسب داده ها بوده و کمک بسیار موثری در درک ارتباطات بین اجزای موجود و تعبیر و تفسیر نتایج و نهایتاً طراحی بهینه فاز بعدی می کنند. داده های رسوبات آبراهه ای بنا به طبیعتی که دارند می توانند فقط معرف بخشی از حوضه آبریز باشند که در بالادست آنها واقع است در نتیجه پیوستگی خود را به نوعی از دست می دهند.

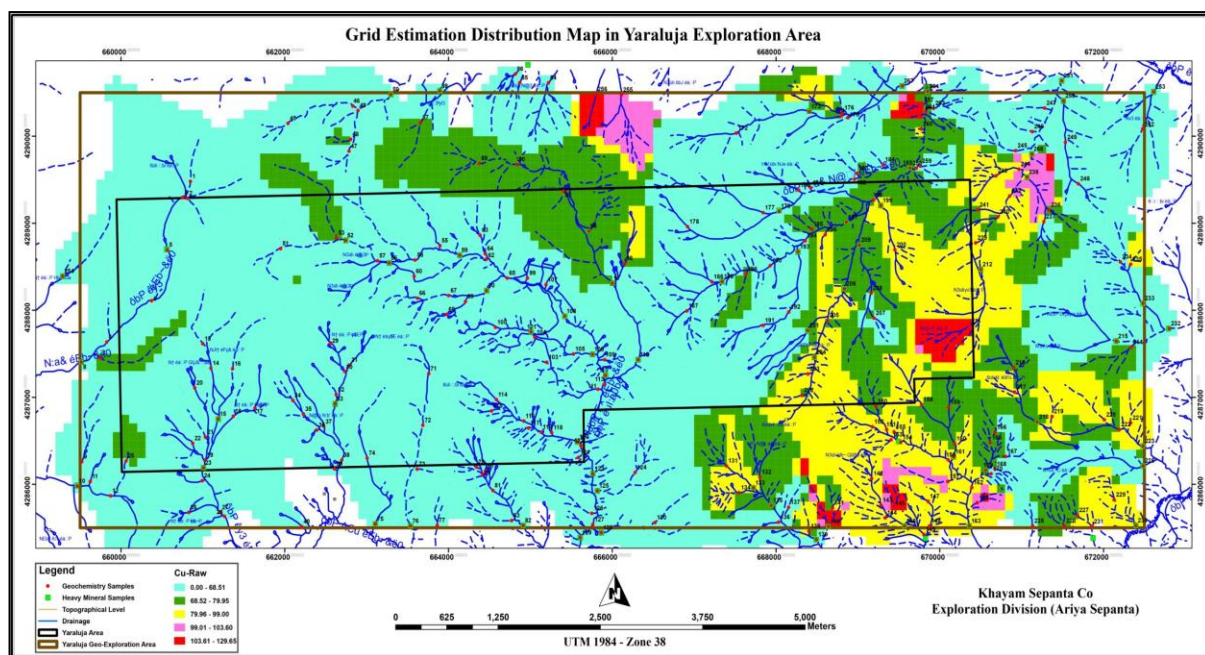


برای درون یابی چنین داد‌هه‌ای جهت داری لازم است اولاً مرز حوضه آبریز مربوط به آن‌ها در نظر گرفته شود ثانیاً جهت‌ی که نمونه و یا داده‌ها می‌تواند در برون یابی شرکت کند مشخص شود. این روش ترسیم نقشه، روش تخمین شبکه‌ای نامیده می‌شود. در این روش ابتدا نقشه مورد نظر به وسیله شبکه‌ای از سلول‌های هم‌بعد پوشانده می‌شود. ابعاد شبکه بستگی به مقیاس برداشت‌ها، دقت مورد نیاز و امکانات سخت‌افزار (حافظه) دارد. پس از انداختن شبکه بر روی نقشه برای هر نمونه مرز حوضه آبریز بالادست آن با رسم قطاع مشخص می‌شود کمان انتهایی قطاع بالاترین قسمت حوضه آبریز مربوطه را می‌پوشاند و دو ضلع آن باید حتی الامکان منطبق بر رأس الخط دو طرف حوضه آبریز در بالادست نمونه مربوطه باشد (حسنی پاک و شرف‌الدین، 1380).

بر این اساس نقشه پراکندگی غلظت عناصر با استفاده از روش تخمین شبکه‌ای ترسیم گردیده است. حد جدایش آنومالی‌ها بدین صورت است که مقادیر متناظر با 50 درصد فراوانی تجمعی برابر میان  $x$ ، 84٪ فراوانی برابر  $x+s$  یعنی مقدار زمینه و 97/5٪ برابر  $x+2s$  حدآستانه‌ای در نظر گرفته می‌شود. مقادیر بین  $x+2s$  و  $x+3s$  می‌توانند به عنوان آنومالی‌های ممکن و مقادیر بزرگتر از  $x+3s$  تحت عنوان آنومالی‌های احتمالی طبقه‌بندی می‌شوند (شکل 4 و 5).



شکل 4: نقشه پراکندگی غلظت عنصر طلا در ناحیه یارالوجه.



شکل 5: نقشه پراکندگی غلظت عنصر مس در ناحیه یارالوجه.

در تحلیل این نقشه ها میزان غلظت هر متغیر با حدود زمینه غلظت مربوطه در رسوبات مقایسه می گردد و سپس از بین عناصر مختلف آن دسته از عناصر که دارای شدت غلظتی بالاتر از حد زمینه در رسوبات آبراهه ای بوده مشخص می گردند. نقشه پراکندگی عناصر طلا و مس در مطالعات ژئوشیمیایی آبراهه ای می باشند (شکل های 4 و 5).

### نتیجه گیری

با توجه به مطالعات آماری صورت گرفته بر روی داده های ژئوشیمیایی برداشت شده از دو محدوده غربی و شرقی، به نظر می رسد عناصر طلا، سرب، روی، نقره، آرسنیک، کادمیم و آنتیموان از همبستگی خوبی برخوردارند و به صورت پارائنز در محدوده عمل کرده اند. همیافتی این عناصر در مطالعات آماری دو متغیره و چند متغیره می تواند حاکی از احتمال حضور چندین توده کانی سازی پورفیری مس از نوع غنی از طلا، با بقایای سیستم های اپی ترمال فوقانی در محدوده مطالعاتی می باشد. با توجه به نقش ههای آنومالی های ژئوشیمیایی، غلظت عناصر با اهمیت در نمونه های ژئوشیمی در بخش غربی نقشه، پراکندگی غلظت عناصر طلا، کادمیم، آرسنیک، آنتیموان، نقره، سرب، روی، گوگرد و تا حدودی مس و مولیبدن از همپوشانی بسیار خوبی با یکدیگر برخوردارند.

### سپاسگزاری

با تشکر از شرکت خیام سپنتا که در مسیر مطالعه منطقه یارالوجه کمک های شایانی انجام دادند.



## مراجع

- حسنى پاك، (1377). زمين آمار، انتشارات دانشگاه تهران، شماره 2389، 314 ص.
- حسنى پاك، شرف الدين، (1380). تحليل داده هاى اکتشافى، انتشارات دانشگاه تهران، شماره 2536، 977 ص
- حسنى پاك، (1381). اصول اکتشافات ژئوشيميايى، انتشارات دانشگاه تهران، شماره 2080، ص 615.
- Lepeltier. C., (1969). A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation, *Economic geology*, 538-550.
- Davis, J. C. (2002). *Statistics and Data Analysis in Geology* (3rd ed.). New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Swan, A. R. H., Sandilands M., Meccabe, P., (1995). *Introduction to geological data analysis*. Blackwell Science, Cambridge, 446p.