اکتشاف طلا بر اساس داده‌های ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای با استفاده از آنالیز فاکتوری در ناحیه علیشار، استان مرکزی

امیرحسین ذوالفقاری[۱]، سیدافشین مجیدی سیدبیگلو*[۲]، محمدرضا هزاره[۳]، نیما نظافتی[۴]، احمد خاکزاد[۵]

۱و۲- دانش آموخته ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- استادیار گره زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد

۴- استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه ازاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۵- دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

(عهده دار مکاتبات - afhinmajidi@yahoo.com)*

چکیده

محدوده مورد مطالعه برگهٔ ۱:۵۰،۰۰۰ علیشار در شمال‌غربی استان مرکزی، شمال‌غربی شهر ساوه و در نزدیکی بخش رازقان واقع گردیده است. در این محدوده تعداد ۱۷۰ نمونه ژئوشیمیایی از رسوبات آبراهه‌ای در سایز ۸۰ مش برداشت شده است. روش مطالعه، بررسی غنی‌شدگی عنصر طلا و عناصر ردیاب آن با استفاده از روش آنالیز فاکتوری (عاملی) داده‌های نرمال به روش همبستگی پیرسون (Pearson) و در نهایت رسم نقشه آنومالی فاکتورهای مربوط به طلا و عناصر ردیاب بوده است. در نتیجه با استفاده از روش آنالیز فاکتوری چهار منطقه آنومال به جهت اکتشاف طلا معرفی گردید که منطقه چهارم به دلیل در برگرفتن هر سه فاکتور اهمیت بسزایی در مقایسه با سه منطقه دیگر دارد و در شمال برگه واقع گردیده است. لیتولوژی‌های دربرگیرندهٔ این منطقه شامل گرانودیوریت، مونزونیت و ایگنمبرایت‌هایی با ترکیب اسیدی تا حد واسط می‌باشند که این سنگ‌ها توسط لیتولوژی‌هایی رسوبی از قبیل ماسه‌سنگ، شیل، سنگ آهک و علاوه بر آن توف‌ها احاطه شده است.

واژگان کلیدی: *فاکتور آنالیز، ژئوشیمی رسوبات آبراهه، همبستگی پیرسون، دورفل، علیشار.*

۱- مقدمه

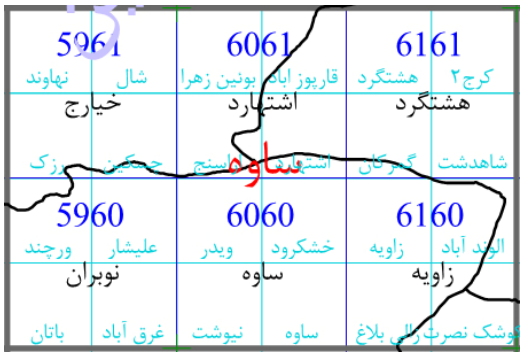
استفاده جهانی از ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای نشان داده است که از این روش می‌توان به جهت اکتشاف نواحی مستعد و پتانسیل‌های کانساری استفاده کرد و همچنین از اطلاعات پایه موجود در رابطه با زمین‌شناسی، گسترش واحدها، مفاهیم ساختاری و تکتونیک نیز می‌توان به جهت کسب نتایج بهتر، از این روش اکتشافی بهره جست. بنیادی‌ترین پیش فرض در مطالعات ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای این است که رسوبات آبراهه‌ای معرف محصول هوازدگی و فرسایش در بالادست محل نمونه است که با مطالعه آن می‌توان منطقه بالادست هر نمونه را از نظر غنی‌شدگی عناصر گوناگون بررسی نمود.

نمونه‌برداری و آنالیز سیستماتیک نمونه‌های آبراهه‌ای در روش ژئوشیمی آبراهه‌ای یک روش معمول در اکتشافات کانساری، هم در مقیاس ناحیه‌ای و هم در عملیات تفصیلی در اغلب نقاط می‌باشد که در طی عملیات اکتشافی در منطقه علیشار نیز این موضوع رعایت شده است.

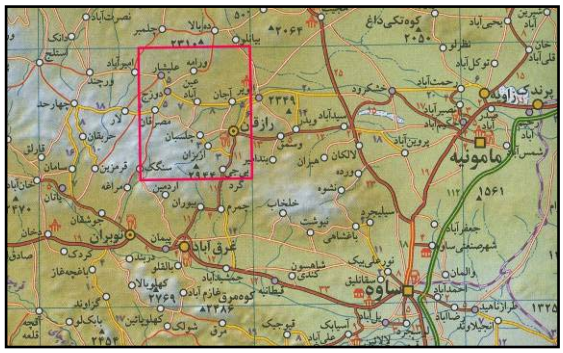
در این مقاله سعی شده با استفاده از داده‌های ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای و پردازش آماری داده‌های حاصل از آن با استفاده از روش تجزیه و تحلیل آنالیز فاکتوری، غنی‌شدگی یا به عبارتی هاله ژئوشیمیایی عنصر طلا و عناصر ردیاب آن را در منطقه مورد مطالعه معرفی نمود.

۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی

ناحیه مورد مطالعه در چهارگوش ۱:۵۰،۰۰۰ علیشار در شمال‌غربی استان مرکزی قرار دارد. محدوده این برگه بین طول‌های جغرافیایی ´۴۵ °۴۹ و ´۰۰ °۵۰ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ´۱۵ °۳۵ و ´۳۰ °۳۵ شمالی واقع شده است (شکل ۱). مهمترین راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه جاده اصلی قم- ساوه- نوبران است که دسترسی بیشتر توسط راه‌های بین روستایی امکان‌پذیر می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۱: موقعیت چهارگوش ۱:۵۰۰۰۰ علیشار در میان برگه ۱:۲۵۰،۰۰۰ ساوه



شکل۲: راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه (کادر قرمز رنگ)

۳- زمین‌شناسی ناحیه‌ای

برگه ۱:۵۰،۰۰۰ علیشار در زون ولکانوسدیمنتری ارومیه- دختر واقع شده است که از لحاظ لیتولوژی به چهار گروه تقسیم می‌شود که شامل واحدهای ائوسن، الیگومیوسن، پلیوکواترنر و واحدهای کواترنر می‌باشد.

واحدهای ائوسن شامل لیتولوژی‌هایی از ریولیت، ریوداسیت، توف‌های ریولیتی، شیل، ایگنمبرایت، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، آهک میکریتی نومولیت‌دار، گدازه‌های بازالتی و آندزیت است. واحدهای الیگومیوسن شامل لیتولوژی‌هایی از مونزونیت، کوارتز مونزونیت، مارن، سنگ‌آهک و میکرودیوریت کوارتزدار می‌باشد. واحدهای پلیوکواترنر متشکل از کنگلومرا، ماسه‌سنگ و مارن هستند و واحدهای کواترنر تشکیل یافته از رسوبات رودخانه‌ای، مخروط افکنه و آبرفت‌های عهد حاضراند (خلعتبری جعفری و علائی مهابادی، ۱۳۷۹).

۴- روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری به عنوان انتخاب بهینه و برداشت جزء معرف از یک جامعه تعریف می‌گردد. طبیعی است که در پروژه‌های اکتشافی حقیقت یک پدیده کانی‌سازی را تا برداشت آخرین قطعه کانی‌سازی نمی‌توان با قطعیت کامل ابراز نمود. بنابراین نمونه‌برداری نیز به عنوان یک پدیده احتمال‌پذیر همراه با ضریبی از خطا و سطحی از اعتبار معرفی می‌شود. در طی نمونه‌برداری در محدوده مورد مطالعه سه پارامتر زیر رعایت گردید:

۱ - تعیین بهترین و مناسب‌ترین محیط نمونه‌برداری برای عناصر مورد جستجو.

۲ - رعایت نکات فنی نمونه‌برداری به منظور برداشت معروف‌ترین آن‌ها.

۳ - طراحی شبکه نمونه‌برداری.

در پروژه‌های اکتشاف ژئوشیمیائی رسوبات آبراهه‌ای در مقیاس ناحیه‌ای چگالی نمونه‌برداری پیشنهادی برای طراحی اولیه بر مبنای یک نمونه آبراهه‌ای برای هر ۲/۵ تا ۳ کیلومتر مربع مناسب می‌باشد.

نمونه‌های ژئوشیمی از بستر آبراهه‌ها و با استفاده از جزء زیر الک ۸۰ مش برداشت شده است که خود در واقع نوعی آماده سازی مقدماتی نیز تلقی می‌شود. وزن نمونه برداشت شده حدود ۱۵۰ گرم است. رخدادهای قابل توجه در

صحرا از جمله دگرسانی، کانی‌سازی، گسل‌های بزرگ، معادن قدیمی و فعال نیز قابل توجه‌اند و بصورت شرح مختصری یادداشت می‌گردد. شماره نمونه‌ها بصورت رنگ اسپری، در محل مشخص می‌شوند تا در مراحل کنترل ناهنجاری و بازدیدهای بعدی، محل نمونه‌ها مشخص باشد (حسنی‌پاک و شرف الدین،۱۳۸۰).

۵- روش آنالیز

در طی مرحله نمونه‌برداری تعداد ۱۷۰ نمونه برداشت شد که از لحاظ ۴۱ عنصر مذکور در زیر در آزمایشگاه استرالیایی AMDL مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند که عنصر Au به روش Fire Assay و بقیه عناصر به روش ICP و به تفکیک نوع عنصر و کلارک آن با روش‌های MS و OES اندازه‌گیری شدند.

Ag, Al, As, Au, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Sn, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr

۶- پردازش و روش نرمال‌سازی داده‌ها

با توجه به استفاده از روش آماری به جهت مطالعه داده‌های منطقه مورد مطالعه سه فرایند شامل تخمین داده‌های سنسورد، حذف مقادیر خارج از ردیف و تابع لاگ نرمال صورت گرفت که شرح آن به ترتیب خواهد آمد.

۶-۱- تخمین داده‌های سنسورد

جایگزینی و تخمین داده‌های سنسورد با روش‌های مختلفی انجام می‌شود که از جمله این روش‌ها می‌توان به روش بیشترین درست‌نمایی کوهن (Cohen Maximum Likelihood)، روش ترسیمی و روش‌های جایگزینی ساده اشاره کرد. روش‌های جایگزینی ساده شامل جایگزینی نصف و یا ۳/۴ حد حساسیت برای مقادیر کوچکتر از (<) و ۴/۳ حد حساسیت برای مقادیر بزرگتر از (>) حد حساسیت دستگاهی می‌باشد.

در این مقاله از روش جایگزینی ساده استفاده شد که سه عنصر B, Hg, Re به دلیل اینکه تمام مقادیر آن‌ها از حد تشخیص دستگاه آنالیزور کمتر بودند حذف شدند (جدول ۱).

جدول ۱: عناصر حذف شده در طی مرحله تخمین داده‌های سنسورد

Elements	No. of Censored	Total Sample	Percent%	Detection Limit	Replaced Value
B	170	170	100	<10	--
Hg	170	170	100	<0.01	--
Re	170	170	100	<0.001	--

۶-۲- حذف مقادیر خارج از ردیف (Outliers)

اکثر جوامع آماری که در این مقاله با آن‌ها سر و کار داریم، غیر نرمال بوده و دارای چولگی مثبت هستند. اینگونه جوامع دارای مقادیر پرعیاری در کرانه سمت راست توزیع هستند که به جامعه زمینه یا جامعه‌ای با عیار میانگین اضافه شده‌اند. این مقادیر غیر عادی بالا در واقع آنومالی‌ها (درمقیاس ناحیه‌ای) و یا پیکره‌های کانسنگ پرعیار (درمقیاس محلی) را شامل می‌شوند.

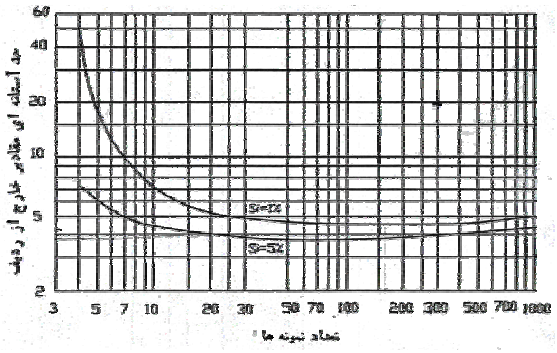
مقادیر پرعیار در صورتی‌که غیر قابل قبول تشخیص داده شوند، به عنوان مقادیر خارج از رده یا باید از بین داده‌ها حذف گردند و یا تصحیح شوند. اکثر روش‌های بکار گرفته شده بدین منظور زمینه تئوری ندارند و فقط به عنوان روش‌های تجربی مورد استفاده قرار می‌گیرند. روش بکار گرفته شده در این مقاله، استفاده از روش نموداری

دورفل (Doerffel) است (شکل ۳). این آزمون برای تشخیص مقادیر خارج از ردیف برای داده‌هایی با گسترش زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. دورفل نموداری برای تعیین حد آستانه‌ای مقادیر خارج از ردیف تهیه کرده است که شکل زیر آن‌را نشان می‌دهد. این نمودار برای دو سطح معنی‌دارِ پنج درصد و یک درصد تهیه شده است.

برای انجام آزمون مقادیر خارج از ردیف، ابتدا داده‌ها را به صورت صعودی مرتب نموده و میانگین و انحراف معیار داده‌ها بدون درنظر گرفتن بزرگترین مقدار داده‌ها محاسبه می‌شود. سپس بزرگترین مقدار داده‌ها (X_A) در صورتیکه در رابطه زیر صدق کند، یک مقدار خارج از ردیف درنظر گرفته می‌شود:

$$X_A \geq \overline{X} + S.g$$

که در آن g حد آستانه‌ای مقادیر خارج از ردیف است که از نمودار دورفل بدست می‌آید. این کار تا آنجا انجام می‌گیرد که این رابطه دیگر صادق نباشد. بنابراین آخرین مقدار محاسبه شده به جای تمامی مقادیر خارج از ردیف جایگزین می‌گردد. جدول ۲ تعداد نمونه‌های خارج ردیف و مقدار جانشینی برای تمامی عناصر در جامعه آماری داده‌های مربوط به ناحیه علیشار را به طور کامل نشان می‌دهد (حسنی‌پاک و شرف الدین،۱۳۸۰).



شکل۳: نمودار دورفل

جدول ۲: تعداد مقادیر خارج از رده و مقدار جانشینی آن‌ها برای عناصر مختلف

Element	Ag	As	Au	Bi	Cu	Mn	Mo	Pb	Sb	Zn
No. of Outleir	--	5	4	--	3	2	2	2	1	1
Outleir %	--	2.94	2.35	--	1.76	1.18	1.18	1.18	0.59	0.59
Replacement Value	--	46	0.009	--	88.2	2400	4	50.5	4	219

۶-۳- تابع لاگ نرمال

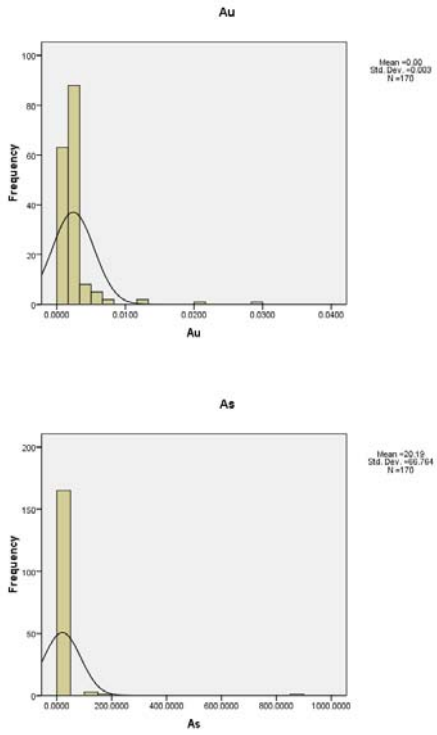
پس از تعیین مقادیر خارج از ردیف و اصلاح آن‌ها، جامعه آماری تا حدود زیادی به نرمال نزدیک می‌گردد ولی هنوز تا نرمال شدن به شکل واقعی فاصله زیادی دارد. اکثر روش‌های آماری فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها را به همراه دارند. در مسائل اکتشافی با داده‌هایی سروکار داریم که کمتر اتفاق می‌افتد شرایط نرمال بودن را داشته باشند. با توجه به مطالب فوق‌الذکر، برای نزدیک ساختن توزیع داده‌ها به نرمال از تبدیل لگاریتمی، برای تمام عناصر استفاده می‌شود (حسنی‌پاک و شرف الدین،۱۳۸۰). که در این مقاله هم این عمل صورت گرفته و هیستوگرام داده‌های خام و نرمال به همراه جدول پارامترهای آماری آن‌ها (جداول ۳و۴) در زیر آمده است.

۷- آنالیز فاکتوری

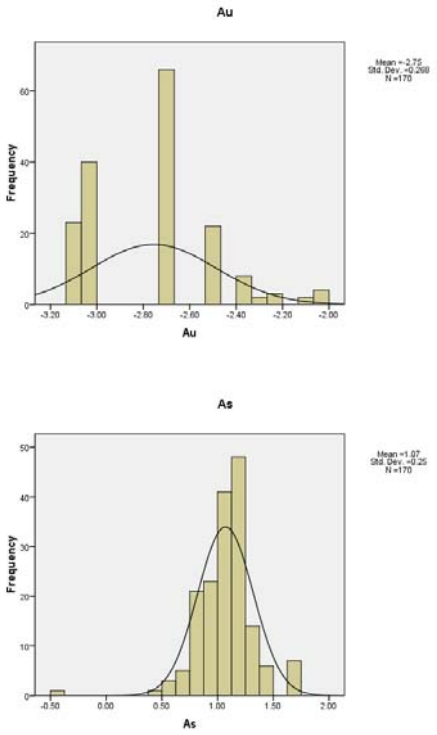
این روش تکنیکی است برای یافتن ترکیبات خطی از متغیرهای اولیه همبسته که تشکیل یک دستگاه محور مختصات جدید را بدهند. این ترکیبات خطی، فاکتور نامیده می‌شوند (حسنی‌پاک و شرف الدین،۱۳۸۰) که این آنالیز دارای خواص زیر می‌باشد:

- بخش اعظمی از تغییرپذیری می‌تواند به وسیله تعداد محدودی از متغیرهای جدید توجیه شود.
- متغیرهای جدید که محصول ترکیب خطی متغیرهای اولیه هستند، بین خود همبستگی نشان نمی‌دهند.

هیستوگرام داده‌های خام طلا و آرسنیک



هیستوگرام داده‌های نرمال طلا و آرسنیک



شکل ۴: هیستوگرام داده‌های خام و نرمال عناصر طلا و آرسنیک

جدول ۳: پارامترهای آماری داده‌های خام

Elements	Ag	As	Au	Bi	Cu	Mn	Mo	Pb	Sb	Zn
Sample Num	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
Mean	0.06	20.19	0.00	0.22	28.89	974	1.66	22.10	1.48	81.97
Median	0.05	11.95	0.00	0.20	25.20	909	1.50	18.75	1.30	74.75
Std. Deviation	0.05	66.76	0.00	0.12	16.09	411	0.67	22.97	0.76	34.76
Variance	0.00	4457	0.00	0.01	259	169240	0.45	527.83	0.57	1208
Skewness	0.85	11.79	6.11	1.47	2.24	2.38	2.40	11.21	2.00	1.58
Kurtosis	0.32	147	46.71	3.02	6.95	11.72	10.25	137.97	6.12	3.10
Minimum	0.01	0.38	0.00	0.08	8.00	304	0.40	8.70	0.40	26.80
25%	0.01	8.68	0.00	0.10	18.28	688	1.20	15.70	1.00	59.78
75%	0.09	15.83	0.00	0.30	33.83	1190	1.90	23.33	1.80	94.58
Maximum	0.25	855	0.03	0.70	106	3680	5.90	305	5.70	222

اگر متغیرهای اولیه همبسته نباشند، دلیلی برای بکارگیری این روش وجود ندارد، نتیجه این آنالیز برای داده‌های محدوده مورد مطالعه در جدول ۵ آورده شده است. البته حالات مختلفی از این آنالیز مورد آزمون قرارگرفته است که نهایتاً داده‌های موجود در این جدول مورد پذیرش قرار گرفته است.

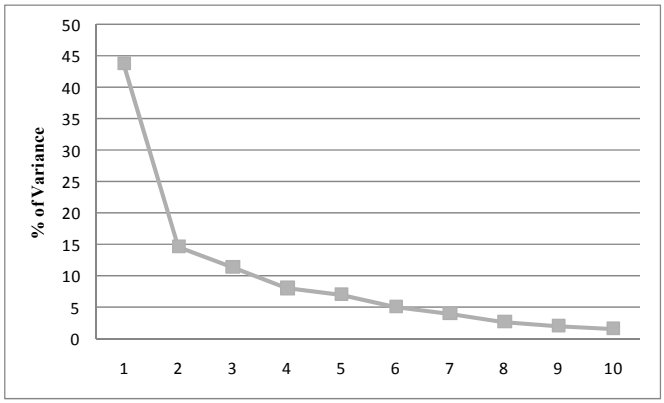
جدول ۴: پارامترهای آماری داده‌های نرمال

Element	Ag	As	Au	Bi	Cu	Mn	Mo	Pb	Sb	Zn
Sample Num	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
Mean	-1.45	1.07	-2.75	-0.72	1.41	2.96	0.19	1.29	0.13	1.88
Median	-1.30	1.08	-2.70	-0.70	1.40	2.96	0.18	1.27	0.11	1.87
Std. Deviation	0.49	0.25	0.27	0.23	0.20	0.16	0.15	0.16	0.19	0.17
Variance	0.24	0.06	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03
Skewness	-0.39	-1.05	0.48	-0.08	0.37	-0.05	0.19	2.50	0.38	0.27
Kurtosis	-1.36	7.29	-0.09	-0.43	0.10	0.08	1.20	16.00	-0.11	0.50
Minimum	-2.15	-0.43	-3.12	-1.12	0.90	2.48	-0.40	0.94	-0.40	1.43
25%	-2.15	0.94	-3.00	-1.00	1.26	2.84	0.08	1.20	0.00	1.78
75%	-1.05	1.20	-2.70	-0.52	1.53	3.08	0.28	1.37	0.26	1.98
Maximum	-0.60	1.66	-2.05	-0.15	1.95	3.38	0.60	2.48	0.60	2.35

لازم به ذکر است که آنالیز برای ۱۰ عنصر کانساری و ردیاب به جهت درک نحوه همبستگی آن‌ها انجام گردیده است. در جدول ۶ نیز می‌توان واریانس پوشش دهنده به وسیله هر فاکتور و واریانس کل تحت پوشش آورده شده است. فایل ورودی این آنالیز مقادیر لگاریتمی نتایج بوده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد در نهایت یک مدل ۳ فاکتوری با پوشش ۶۹/۵۲ درصد واریانس و برای ۱۰ عنصر مورد قبول واقع گردیده است.

جدول ۵: آنالیز فاکتوری عناصر

Rotated Component Matrixa			
Element	1	2	3
Zn	0.893	0.086	0.105
Pb	0.796	0.033	0.104
As	0.756	0.209	0.037
Mn	0.692	0.466	0.183
Cu	0.619	0.405	0.383
Bi	-0.059	0.846	0.182
Sb	0.260	0.797	-0.068
Mo	0.365	0.789	0.071
Ag	0.015	0.144	0.808
Au	0.230	-0.023	0.716



جدول ۶: واریانس پوشش دهنده هر فاکتور

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	4.38	43.75	43.75	4.38	43.75	43.75	3.12	31.23	31.23
2	1.46	14.57	58.32	1.46	14.57	58.32	2.43	24.28	55.51
3	1.13	11.32	69.64	1.13	11.32	69.64	1.41	14.13	69.64
4	0.80	8.03	77.67						
5	0.70	6.99	84.66						
6	0.50	5.02	89.68						
7	0.40	4.03	93.71						
8	0.27	2.65	96.37						
9	0.20	2.01	98.38						
10	0.16	1.62	100						

۸- نتایج حاصل از آنالیز فاکتوری

بر اساس داده‌های موجود در جدول آنالیز فاکتوری (جدول ۵) و واریانس پوشش‌دهنده هر فاکتور (جدول ۶) و بررسی پاراژنزی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی عناصر تشکیل دهنده هر فاکتور، سه فاکتور تأثیرگذار در منطقه مورد مطالعه رخ داده است که شرح آن را در زیر آمده است.

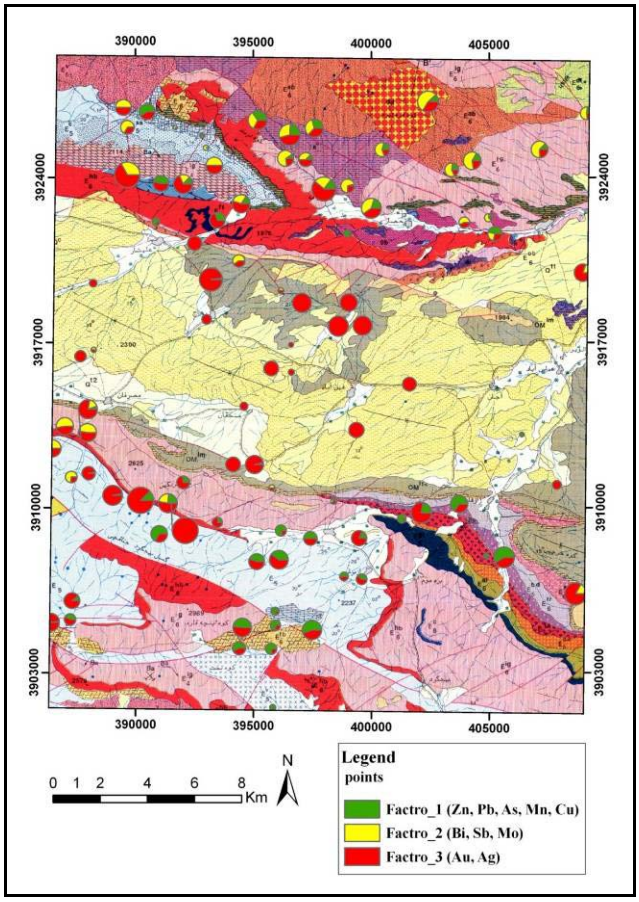
- **فاکتور اول:** این فاکتور متشکل از عناصر Zn, Pb, As, Mn, Cu است که در واقع عناصر ردیاب دما پایین طلا محسوب می‌شوند. واریانس پوشش‌دهنده این فاکتور ۳۱/۲۳٪ می‌باشد.
- **فاکتور دوم:** این فاکتور با پوشش واریانس ۲۴/۲۸٪ متشکل از عناصر Bi, Sb, Mo می‌باشد که این عناصر ردیاب‌های دما بالای طلا محسوب می شوند.
- **فاکتور سوم:** این فاکتور متشکل از عناصر Au, Ag است که در اصل، مورد هدف اکتشافی در طی مطالعه صورت گرفته می‌باشند. واریانس پوشش دهنده این فاکتور۱۴/۱۳٪ بوده و باید اشاره کرد که این فاکتور بیشترین همبستگی را با عنصر Cu در فاکتور اول نشان می‌دهد.

۹- نتیجه‌گیری

پس از مطالعه و تفسیر جدول آنالیز فاکتوری، نقشه آنومالی فاکتورهای طلا و عناصر ردیاب آن در منطقه علیشار (شکل ۵) به وسیله نرم افزار Arc Gis به صورت نقشه نقطه‌ای (Symbol Map) ترسیم گردید. همانگونه که از نقشه آنومالی‌های تهیه شده مشخص است (شکل ۵) از لحاظ اکتشاف طلا و نقره که فاکتور سوم آنالیز مورد بحث را تشکیل می‌دهند منطقه مورد مطالعه را به ۴ بخش با توجه به حضور فاکتورهای تأثیرگذار تقسیم نمود که عبارتند از:

- منطقه اول متشکل از تک فاکتور سوم است. تک فاکتور سوم بیشتر در قسمت مرکزی نقشه قابل ملاحظه است. حدوث تک فاکتور سوم بیشتر در واحدهای OM^{im} (تناوبی از مارن و سنگ آهک با عدسی‌های ماسه سنگ و کنگلومرا)، $PL\text{-}Q^{C}$ (تناوبی از کنگلومرا، ماسه سنگ و مارن) و Q^{t1} (پادگانه آبرفتی و مخروط افکنه‌های قدیمی) مشاهده می‌گردد.
- منطقه دوم ترکیبی از فاکتور سوم و دوم است. واحدهای دربرگیرنده این منطقه شامل واحد الیگومیوسن (تناوبی از مارن و سنگ آهک با عدسی‌های ماسه سنگ و کنگلومرا)، واحد E_6^{c} (کنگلومرا، ماسه سنگ، شیل و مارن قرمز رنگ)، واحد E_6^{ig} (مجموعه‌ای ایگنمبرایتی با ترکیب تراکیتی- داسیتی و ریولیتی)، واحد E_5 (کنگلومرای ریزدانه، ماسه‌سنگ، شیل و بگونه‌ای محلی مارن و آهک میکریتی نومولیت‌دار، توف سبز داسیتی- ریوداسیتی، گدازه و توف‌های آندزیتی)، واحد E_5^{ss} (تناوبی از ماسه سنگ و شیل با عدسی‌هایی از سنگ آهک دولومیت دار)، E_4^{ig} (ایگنمبرایت با ترکیب ریوداسیتی تا ریولیتی)، Q^{t1} (پادگانه آبرفتی و مخروط افکنه‌های قدیمی) می‌باشند.
- منطقه سوم ترکیبی از فاکتور سوم و فاکتور اول است. واحدهای در برگیرنده این منطقه شامل واحد E_5^{gt} (داسیت و ریو داسیت)، E5 (کنگلومرای ریز دانه، ماسه سنگ، شیل و بگونه‌ای محلی مارن و آهک میکریتی نومولیت‌دار، توف سبز داسیتی- ریوداسیتی، گدازه و توف‌های آندزیتی)، E_6ta (بازالت، تراکی آندزیت و آندزیت)، E_6tr (تراکی آندزیت)، E_6^{bd} (برش و داسیت)، E_6^{tb} (ریولیت، ریوداسیت، برش و توف)، Q^{al} (آبرفت‌های جوان) می‌باشند.
- منطقه چهارم شامل هر سه فاکتور یعنی فاکتورهای سوم و دوم و اول است. این منطقه مهمترین منطقه نسبت به سه منطقه قبلی است چرا که عنصر طلا با تمامی عناصر ردیاب در این منطقه وجود دارد. واحدهای در برگیرنده این منطقه شامل واحد gd (گرانودیوریت، مونزونیت و مونزودیوریت)، E_6^{ig} (مجموعه‌ای ایگنمبرایتی با ترکیب تراکیتی- داسیتی و ریولیتی)، E_4^{ig} (ایگنمبرایت با ترکیب ریوداسیتی تا ریولیتی)، E_5^{ss} (تناوبی از ماسه سنگ

و شیل با عدسی‌هایی از سنگ آهک دولومیت‌دار)، E_6^{br} (توف و برش اپی کلاستیک با توف شیلی)، E_6^{ab} (الیوین بازالت) می‌باشد.



شکل ۵: نقشه آنومالی فاکتورهای طلا و عناصر ردیاب آن در منطقه علیشار

۱۰- سپاسگزاری

از آقایان دکتر افشار ضیاءظریفی، مهندس پیام سودی‌شعار، مهندس علیرضا فضائیل، آقای دکتر محمدرضا جعفری و بویژه از آقایان مهندس امیر خیرآبادی، مهندس مهدی احدی و مهندس احسان آشوری که در طی مطالعه صورت گرفته صمیمانه همراه و همکاری صبور بودند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

۱۱- منابع

۱. حسنی‌پاک، ع. ا.، ۱۳۷۰، اصول اکتشافات ژئوشیمیائی، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. حسنی‌پاک، ع. ا. و شرف‌الدین، م.، ۱۳۸۰، تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران.
۳. حسنی‌پاک، ع. ا.، ۱۳۸۰، نمونه‌برداری معدنی، انتشارات دانشگاه تهران.
۴. حسنی‌پاک، ع. ا.، ۱۳۷۷، زمین آمار، انتشارات دانشگاه تهران.
۵. خلعتبری جعفری، پ، م. و علائی مهابادی، س.، ۱۳۷۹، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ نوبران.
۶. نوگل سادات، آ.آ.؛ هوشمندزاده، آ.؛ لطفی، م.؛ بهروزی، آ. و ناظر، ن. خ.، ۱۳۶۳، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰،۰۰۰ ساوه.