

اکتشافات ژئوشیمی رسوبات آبراهه های ورقه یک صد هزارم زمین‌شناسی علی‌آباد، گلستان

ایرج رساء^۱، محمدهادی نظام‌پور^۲

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی

۲- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

منطقه علی‌آباد واقع در شمال ایران دارای اندیس‌های معدنی کوچکی می‌باشد. اکتشاف رسوبات آبراهه‌ای در راه بررسی احتمال وجود پتانسیل‌های معدنی پوشیده در این منطقه به کار گرفته شد. پس از طراحی شبکه نمونه‌برداری با روش ثقل توپولوژیکی تعداد ۶۳۹ نمونه در اندازه ۸۰ < مش برداشت و پس از آماده‌سازی در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور آنالیز گردید. پس از اطمینان از دقت مناسب آنالیزها، با مقایسه جفت نمونه‌های مشابه، بر روی آن‌ها پردازش‌های آماری تک و چند متغیره اعمال گردید. هم‌زمان با روش آماری K-Mean Cluster تأثیر منفی غنی‌شدگی طبیعی سنگ‌های بالادست نمونه‌ها حذف شد. نتایج حاصله نوع روابط میان عناصر را مشخص نمود. نقشه‌های پراکنندگی عناصر در محیط Surfer 8 با روش Class Post Map ترسیم شد. با توجه به همراهی عناصر پاراژنز، انطباق با ساختارهای تکتونیکی و توده‌های آذرین زیر سطحی و وجود سنگ‌شناسی مستعد کانه‌سازی در بالادست نمونه‌ها، ۲۰ منطقه که اغلب جهت سرب، روی و مس آنومال بوده و نکارمن و الستان محل اصلی تمرکز آن‌ها می‌باشد برای کنترل صحرائی معرفی گردیدند.

واژگان کلیدی: اکتشافات ژئوشیمیایی، علی‌آباد

مقدمه

با تکیه و استفاده از برداشت و آنالیز نمونه‌های رسوبات آبراهه ای را می‌توان اولین مرحله از اکتشافات سیستماتیک در نظر گرفت. چنین اکتشافاتی در ایران در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و بر پایه نقشه‌های زمین‌شناسی هم مقیاس آن‌ها صورت می‌پذیرد. در اکتشافات آبراهه‌ای بنیادی‌ترین پیش فرض آن است که رسوب موجود در محل نمونه‌برداری معرف محصولات هوازدگی و فرسایش واحدهای سنگی

کشف منابع جدید و اقتصادی عناصر با ارزش که در اقتصاد و صنعت امروزی بشر نقش ایفا می‌کنند، نیازمند برنامه‌ریزی و طراحی گام به گام سلسله فعالیت‌هایی است که می‌توانند هر یک در نزدیک‌تر شدن به محدوده‌های امید بخش، اکتشافات گران را یاری دهند. پس از پی جویی که بر اساس یک‌سری پیش‌فرض‌ها و تجربیات زمین‌شناسی طراحی و انجام می‌گردد و چندان نظام‌مند نیست، اکتشافات ناحیه‌ای

قابل تقسیم می‌شود که بخش البرزی با چشم‌انداز صخره‌ای و مرتفع بیشترین بخش منطقه را پوشانده است.

زمین‌شناسی

این منطقه دارای تنوع سنگ‌شناسی از سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی است. قدیمی‌ترین واحد سنگی این منطقه سری دگرگونی شسیت گرگان می‌باشد که بر اساس مطالعات پالینو مورفی سن دونین بالای را نشان می‌دهد [۱]. جدیدترین واحد زمین‌شناسی منطقه را نیز آبرفت‌ها و خاک‌های برجای عهد حاضر تشکیل می‌دهند. اسپیلیت‌ها و توف‌ها از مهم‌ترین واحدهای آذرین منطقه‌اند که در برگه‌های ۱:۵۰۰۰۰ ابرسج و علی‌آباد کتول بیشترین پراکندگی را دارند.

روش تحقیق

آنچه در این مقاله به عنوان پایه بررسی برای حضور پتانسیل‌های معدنی در منطقه مورد استفاده قرار گرفت، نتایج آنالیزهای نمونه‌های برداشتی از رسوبات آبراه‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی و توپوگرافی است.

در انتخاب و تشخیص نواحی دارای احتمال کانه‌سازی، باید به گونه‌ای عمل شود تا نواحی امید بخش تا حد امکان محدود شوند. مرکز ثقل توپولوژیکی چنین امکانی را در اختیار می‌گذارد [۴]. وجود برخی عوارض و پدیده‌های زمین‌شناختی چون گسل‌های ناحیه‌ای، توده‌های نفوذی و نیمه عمیق، محیط‌های دگرسانی و موارد مشابه باعث افزایش احتمال حضور کانه‌سازی می‌شوند [۳].

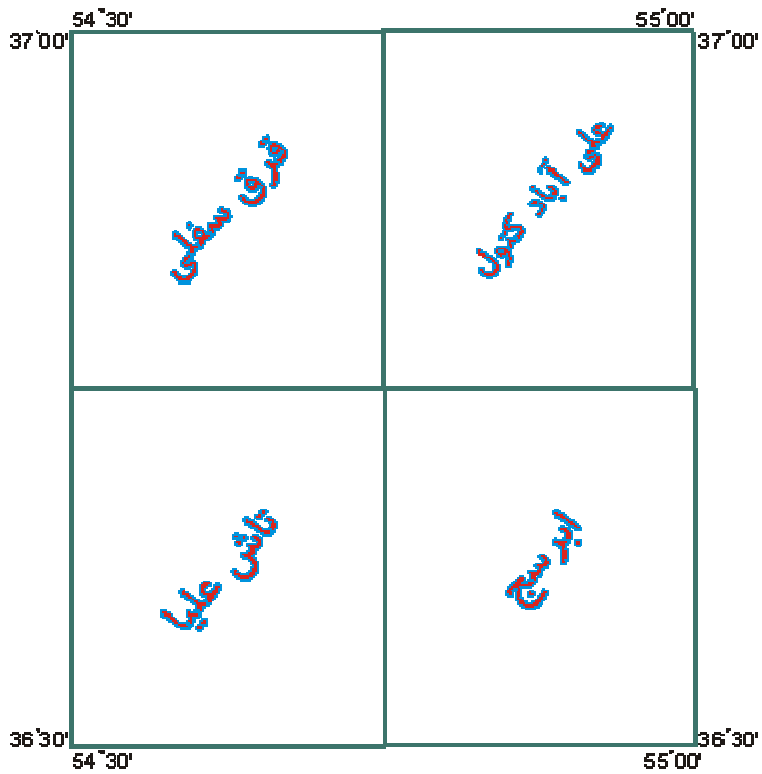
موجود در بالا دست می‌باشد [10]. با توجه به مزایا و اطلاع از نقاط ضعف این روش اکتشافی و با در نظر داشتن این که اکتشافات آبراه‌ای می‌تواند تا حد زیادی در روشن شدن روند کانه‌سازی و خصوصیات آن مفید باشد، از آن به عنوان ابزاری در جهت شناخت پتانسیل اصلی معدنی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ علی‌آباد استفاده گردید.

معرفی منطقه مورد مطالعه

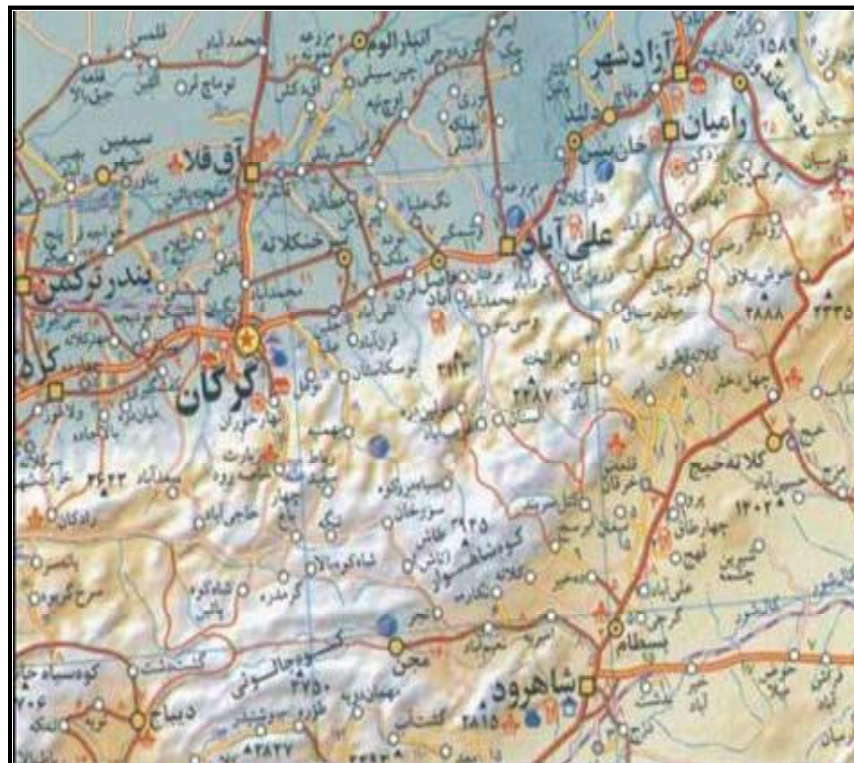
محدوده مورد مطالعه در شرق و شمال شرق استان گلستان و شمال شرق استان سمنان، بین طول‌های $36^{\circ} 30'$ تا $37^{\circ} 00'$ شمالی واقع شده است. علاوه بر علی‌آباد کتول، روستاهای تاش‌علیا، قرق سفلی، ابرسج و قره‌آباد در این محدوده قرار می‌گیرند. شکل ۱ موقعیت این ورقه را در کشور و هم‌چنین برگه‌های ۱:۵۰۰۰۰ تشکیل دهنده آن‌را نشان می‌دهد. دسترسی به ناحیه مطالعاتی از طریق جاده گرگان علی‌آباد و یا جاده‌ی تهران شاهرود و موجن میسر می‌باشد (شکل ۲).

اقلیم و زمین‌ریخت‌شناسی

آب و هوای منطقه معتدل و مرطوب خزری است که به سمت جنوب منطقه و با فاصله گرفتن از دشت گرگان از میزان بارندگی‌ها کاسته می‌شود و تفاوت دمایی فصول مختلف افزایش می‌یابد. بارندگی نسبتاً مناسب باعث ایجاد جنگل‌های متراکم در بخش‌های شمالی و کم‌تراکم‌تر در بخش‌های جنوبی شده است. از نظر زمین‌ریخت‌شناسی منطقه مورد مطالعه به سه بخش البرزی، کوهپایه‌های لسی و پست و دشت‌گون



شکل ۱- موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ منطقه



شکل ۲- راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه، مقیاس ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰

نسبت به مقدار سنسورد دستگاه برای ۵۰٪ و ۹۵٪ رسم می‌گردد که این عمده‌ترین مزیت این نسل از نمودارهای تامپسون- هواردت نسبت به نسل‌های پیشین است که خطوط ۹۰٪ و ۹۹٪ در آن‌ها کاملاً ثابت بود. این شناوری بر اساس حد پایینی آشکارسازی دستگاه بوده و لذا در مورد عناصر حساسی مانند طلا که نمودارهای قبلی خطاهای نامتعارف می‌داد دیگر وجود نخواهد داشت [۷]. دو خط یاد شده توسط فرمول‌های ذیل محاسبه و ترسیم می‌گردند [۲]:

$$P_{50} = 0/954 \left(\frac{C_L}{3} + BC \right) \quad (1)$$

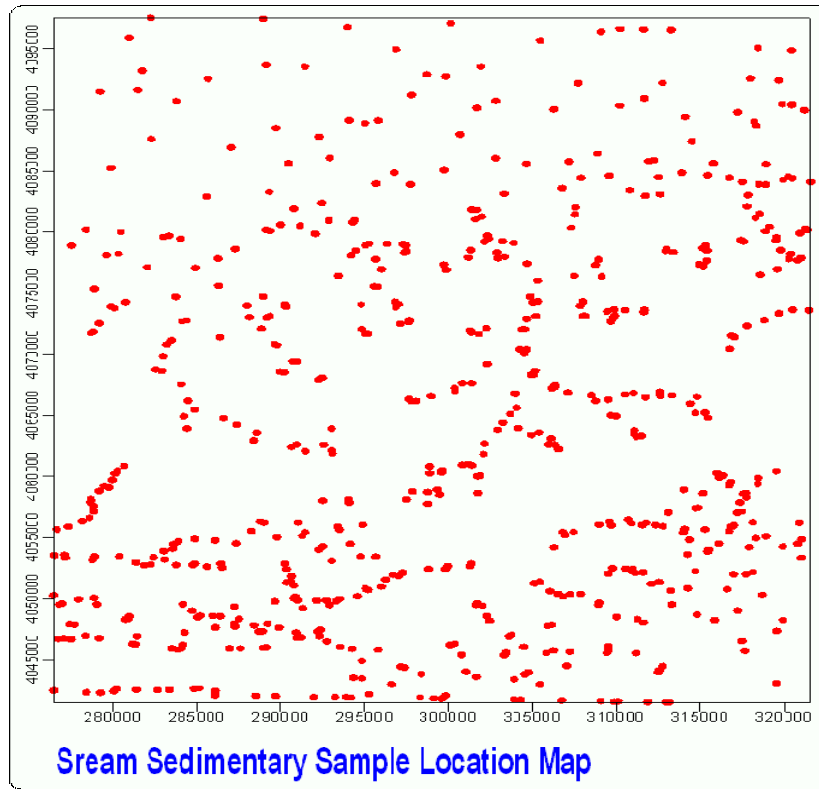
$$P_{95} = 2/772 \left(\frac{C_L}{3} + BC \right) \quad (2)$$

در این فرمول‌ها C و یا به عبارتی FFPC (Fitness For Propose Criteria) است که مجموعه‌ای از اعداد ثابت را شامل می‌شود تا منحنی که ایجاد می‌گردد در محدوده‌ای مناسب تعیین خطا برای عنصر مورد نظر به دست آید و از ایجاد نمودارهای با طول محور عمودی و یا افقی بیش از اندازه پرهیز گردد. CL حد آشکارسازی پایینی دستگاه است و B بر اساس سطح اعتماد مورد نظر تعیین می‌شود که با توجه به متعارف بودن سطح اعتماد ۹۵٪ در بررسی‌های ژئوشیمیایی عدد ۰/۰۵ در این فرمول‌ها قرار داده شد. سپس نقاط مربوط به هر نمونه بر روی نمودار ایجاد ترسیم می‌گردد. در صورتی که غالب نمونه‌ها زیر خط ۵۰٪ و ۹۵٪ از آنها زیر خط ۹۵٪ قرار گیرد، خطای آنالیز در حد مجاز یعنی ۱۰٪ برآورد می‌گردد. بر اساس نتایج حاصله عناصر Th, Sm, Sb, Cr و اکسید Mg دارای خطای بالا بوده (شکل ۴) و لذا از مراحل پردازش حذف گردیدند.

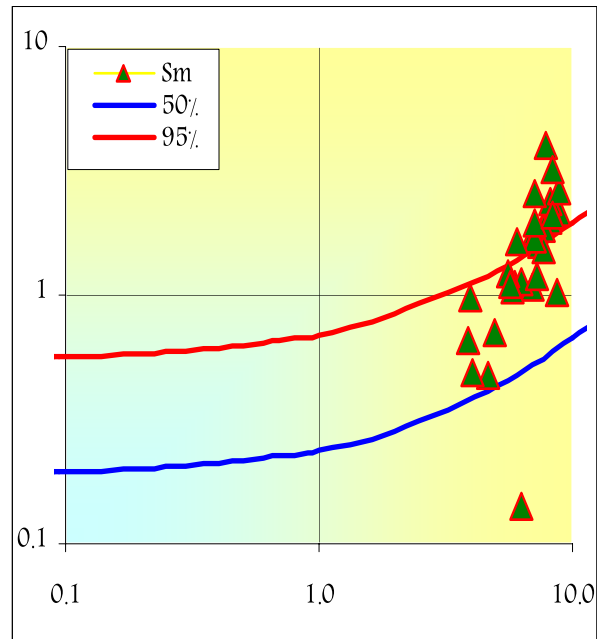
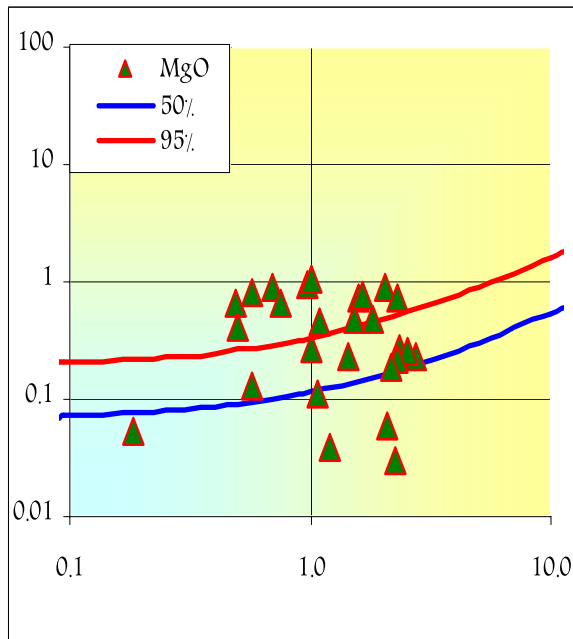
لذا قبل از طراحی با مشخص گردیدن این عوارض بر روی نقشه، چگالی برداشت در اطراف آن‌ها افزایش یافت. نمونه‌برداری برای شناخت عوارض یاد شده انجام پذیرفت. با لحاظ کلیه موارد فوق و با در نظر گرفتن آن که برخی نقاط با توجه به صعب‌العبور بودن مناطق و یا تراکم پوشش گیاهی قابل برداشت نبوده، نهایتاً ۶۳۹ نمونه برداشت گردید (شکل ۳).

نمونه از رسوبات آبراهه‌ای در اندازه ۸۰ < مش و به میزان ۲۰۰ گرم برداشت گردید و پس از انتقال به آزمایشگاه، مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها شامل خشک کردن، حذف مواد آلی، و پودر کردن به اندازه‌ی ۲۰۰ < مش انجام پذیرفت. پس از نگهداری نیمی از نمونه‌ها به عنوان شاهد، مابقی آن جهت آنالیز عناصر Co, Cr, Cu, Mn, Ag, Bi و Cd توسط دستگاه AAS-Flame، توسط دستگاه AAS-VGS، اکسیدهای اصلی و عناصر La, Ce, Ba, Th, Sr, S, Ni, Sm, Nb, توسط دستگاه XRD-ED عناصر Mo و W به روش پالروگراف و طلا با روش Aquei Regia به آزمایشگاه ارسال گردید.

قبل از آغاز پردازش داده‌ها، اطمینان از سلامتی آن‌ها ضروری است. در این پروژه از نمونه‌های کنترلی برای تعیین دقت آنالیزها استفاده گردید. لذا تعداد ۳۰ نمونه انتخاب و به صورت کاملاً محرمانه کدگذاری و برای آنالیز به همراه نمونه‌های اصلی به آزمایشگاه ارسال گردید. جهت مقایسه و تعیین درصد خطا از روش ترسیمی و به عبارتی نمودار تامپسون- هواردت استفاده گردید [۲]. در این نمودارها مقدار میانگین دو نمونه مشابه بر روی محور افقی و قدر مطلق تفاضل بر روی محور عمودی پیاده می‌شود. توجه گردد که محورهای نمودارهای یاد شده دارای مقیاس لگاریتمی هستند. در دستگاه مختصات دو خط مایل و شناور



شکل ۳- جانمایی نقاط نمونه برداری آبراهه‌ای در منطقه‌ی علی‌آباد



شکل ۴- نمودارهای کنترل خطا برای دو عنصر دارای خطای نامتعارف در ورقه ۱:۱۰۰/۰۰۰ علی‌آباد

$$kurt: r_2 = (e^{s^2} + 1)^4 + 2(e^{s^2})^3 + 3(e^{s^2})^2 - 6 \quad (6)$$

انحراف معیار استاندارد واقعی نیز از طریق محاسبه جزر واریانس حاصله به دست می‌آید. در فرمول‌های فوق (s^2) میزان واریانس در حالت لگاریتمی و μ میزان میانگین در چنین حالتی است.

در قریب به اتفاق کارهای انجام شده در کشور این فرمول‌ها بر روی داده‌های لگاریتم طبیعی حاصل اعمال نشده و آن چه گزارش می‌شود غالباً برای خوانندگان که اغلب چندان به مفاهیم ریاضی آشنا نیستند، نامفهوم می‌باشد [6]. بر اساس داده‌های حاصله، که در جدول ۱ آورده شده است، بیشترین مقدار چولگی مثبت به ترتیب مربوط به عناصر طلا، باریم، سرب و مس و بیشترین انحراف استاندارد را عناصر منگنز، روی، استرانسیوم و سدیم دارند. این مقادیر چه در زمینه‌ی چولگی و چه انحراف از استاندارد بیش از هر چیز به دلیل بالا بودن مقادیر زمینه و یا قرارگیری بیشتر نمونه‌ها در محدوده داده‌های پایین‌تر از حدود سنسورد است که عامل به هم خوردن تابع توزیع و بالا رفتن پارامترهای پراکندگی می‌شود.

یکی دیگر از پارامترهای مهم در تشخیص احتمال حضور ناهنجاری‌ها، تعیین ضریب تغییرات یا C.V است که با درصد بیان و از تقسیم انحراف معیار بر میانگین حاصل می‌شود [4]. بر این اساس عناصر طلا، نیوبیوم، توریوم، سدیم، قلع، استرانسیوم و اکسید منگنز دارای بیشترین تغییرات در منطقه هستند.

پردازش نتایج آنالیز نمونه‌ها

پردازش داده‌های ژئوشیمیایی فاز مستقلی را در بین فازهای مختلف عملیات اکتشافی تشکیل می‌دهد و چنانچه به طریق مناسبی صورت پذیرد موجب تسهیل فاز تحلیل داده‌ها می‌گردد. قبل از آغاز پردازش آماری بر روی داده‌های خام می‌بایستی این داده‌ها آماده و یک فاز پیش پردازش بر روی آن‌ها اعمال گردد. این فاز شامل مراحل ذیل است:

الف) تهیه فایل رایانه‌ای مورد نظر در محیط نرم افزار MS Excel 2007

ب) جانشینی داده‌های خارج از حدود سنسورد پایین و بالا با روش ساده و کوهن [4]
ج) حذف داده‌های خارج از رده.
د) نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از تبدیل لگاریتم طبیعی ساده و چند پارامتری.

پس از انجام مراحل فوق، داده‌های ایجاد شده در محیط نرم‌افزار SPSS15 مورد پردازش آماری تک متغیره قرار گرفتند. با توجه به اعمال تبدیل لگاریتمی بر روی بسیاری از داده‌ها، نتایج حاصله باید به گونه‌ای به مقادیر واقعی تبدیل گردند تا با سایر عناصر که بدون تبدیل، نرمال بوده‌اند قابل مقایسه باشند. این چنین تبدیلی‌هایی جهت پارامترهای میانه، بیشینه و کمینه به صورت تبدیل ساده عکس لگاریتم طبیعی ($\exp(x)$) بوده و برای پارامترهای میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی به صورت ذیل تعریف می‌شود [8]:

$$\mu = E(X) = \exp\left(\mu + \frac{1}{2}Q^2\right)^2 \quad (3)$$

$$\text{Var} = e^{s^2} (1 - e^{s^2}) e^{2\mu} \quad (4)$$

$$\text{Skew}: r_i = (e^{s^2} + 2)\sqrt{e^{s^2} - 1} \quad (5)$$

اکتشافات ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌های ورقه یک صد هزارم زمین‌شناسی علی‌آباد، گلستان

جدول ۱- نتایج پردازش آماری تک متغیره بر روی داده‌های خام

	Mean	Median	Std. Deviation	Variance	Skewness	Kurtosis	Minimum	Maximum	C.V%
SiO ₂	63.679	63.12	7.0963	50.3573	-0.178	-0.199	41.8	79	11.14386
Y	23.2816	23.325	3.8659	14.9449	-0.332	0.644	13.5	35.37	16.60496
Al ₂ O ₃	14.4968	13.69	3.2422	10.512	1.193	0.625	7.48	215	22.36494
Co	16.08685	15.5825	4.38126	19.19544	1.517	4.401	3.524	39.328	27.23504
K ₂ O	2.1081	2.03	0.6223	0.3873	0.979	1.725	0.71	4.78	29.51947
Fe ₂ O ₃	5.6443	5.605	1.6752	2.8064	0.488	2.569	1.42	12.86	29.6795
Ni	35.46421	33.7065	10.85513	117.8338	0.859	1.424	12.316	79.645	30.60869
Zr	163.99	123.8	52.577	2764.366	1.24	1.159	123.8	376.1	32.0611
CaO	8.3575	10.02	2.8753	8.2671	-1.385	0.377	0.46	10.02	34.40383
Bi	22.3765	21.96	7.7675	60.3343	0.404	-0.097	6.19	47.25	34.71276
Ba	82.3166	80.7	28.9571	838.511	21.595	495.933	80.7	765.55	35.17772
Zn	101.2075	95.98385	37.282366	1389.975	1.668	5.621	22.7965	330.6207	36.83756
Mo	1.1191	1.05	0.4298	0.1847	0.945	1.22	0.5	3.06	38.40586
W	0.8258	0.73	0.3186	0.1015	1.089	0.952	0.13	2	38.58077
Cd	1.18046	1.133	0.45585	0.2078	0.836	1.046	0.32	3.296	38.6163
Pb	29.0042	27	11.7848	138.8816	5.96	48.565	13.63	156.18	40.63136
Hf	3.263	3.055	1.3926	1.9394	1.404	3.058	1.87	107	42.67852
Ag	1.7301	1.738	0.73984	0.54736	0.264	-0.5	0.111	3.885	42.76285
Cu	21.6776	20.119	9.45955	89.48306	6.168	88.333	6.386	167.578	43.63744
TiO ₂	0.7621	0.7	0.3427	0.1174	1.125	1.773	0.17	1.73	44.96785
Mn	558.7138	494.6135	280.93582	78924.93	1.725	3.753	121.866	2005.18	50.2826
Sr	234.65	204.235	145.393	21139.14	1.711	3.152	31.1	700	61.96165
Sn	19.0906	17.99	12.416	154.1577	0.375	-1.126	1.5	38.7	65.03724
Ce	110.0292	93.835	76.7311	5887.666	0.707	-0.604	12.67	25.6	69.73703
Nb	5.27946	2.625	4.90252	24.03469	1.774	2.048	2.625	24.31	92.86025
Au	0.4521	0.28	0.4784	0.2288	4.643	30.951	0.28	5	105.8173

جدول ۲- پردازش آماری تک متغیره بر روی ضرایب غنی‌شدگی

	Mean	Median	Std. Deviation	Variance	Skewness	Kurtosis	Minimum	Maximum	C.V
SiO ₂	0.999	1	2.76E-02	7.60E-04	-0.242	0.674	0.891	1.076	2.757
Al ₂ O ₃	1	1	0.1	1.05E-02	1.066	6.789	1	2	10
Y	0.99	1	0.1453	2.11E-02	-0.371	0.792	0.540	1.469	14.6
Bi	1.01	1	0.19006	3.61E-02	0.652	1.615	0.452	1.8149	18.7
Cd	1.02	1	0.2121	4.50E-02	0.847	1.733	0.406	1.926	20.7
Co	1.02	1	0.2305	5.32E-02	0.878	3.139	0.197	2.273	22.55
K ₂ O	1.0487	1	0.2567	6.59E-02	1.273	2.183	0.47	2.047	24.48
Ag	1.031	1	0.2538	6.45E-02	0.792	1.97	0.1865	2.205	24.6
Ni	1.0196	1	0.2652	7.04E-02	0.789	2.02	0.3329	2.300	26.0
Fe ₂ O ₃	1.02	1	0.27	7.23E-02	3.234	36.539	0	4	26.47
CaO	1.012	1	0.29700	8.82E-02	3.224	17.96	0.2675	3.2684	29.32
W	1.056	1	0.32406	0.105019	0.932	1.71	0.1538	2.7659	30.67
Hf	1.049	1	0.33159019	0.109952	0.931	1.663	0.34375	2.58578	31.59
Zr	1.14	1	0.38	0.15	1.577	3.349	1	3	33.33
Cu	1.023	1	0.34126	0.116463	6.228	89.393	0.3792	6.2798	33.35
TiO ₂	1.054	1	0.35195	0.123869	1.86	11.511	0.25	4.1764	33.38
Sn	1.07	1	0.36	0.13	2.415	10.37	0	3	33.6
Ba	1.02	1	0.36	0.13	21.595	495.933	1	9	35.2
Mo	1.04	1	0.40278	0.162233	1.019	1.391	0.4291	2.7058	38.5
Zn	1.074	1	0.43189	0.186535	3.275	20.222	0.333	5.3230	40.17
Pb	1.074	1	0.4422	0.195615	6.413	54.762	0.565	6.0115	41.1
Mn	1.10	1	0.49476	0.244791	2.314	8.662	0.2594	4.2644	44.90
Sr	1.1249	1	0.5777	0.3337	2.404	7.702	0.22	4.28	51.35
Ce	1.061	1	0.55037	0.302918	1.996	6.678	0.1725	4.2748	51.8
Nb	1.66	1	1.57	2.45	2.34	4.809	0	9	94.5
Au	1.61	1	1.71	2.92	4.643	30.951	1	18	106.2

جدول ۳- شرح ویژگی ناهنجاری ژئوشیمیایی، عنصر مس به عنوان نمونه‌ای از جداول تهیه شده

ردیف ناهنجاری	موقعیت جغرافیایی	نام برگه ۱:۵۰۰۰	نمونه‌های محدودی ناهنجاری به همراه عیار عنصر (ppm)	مساحت ناهنجاری (Km ^۲)	انطباق با ناهنجاری ژئوشیمیایی عناصر		انطباق با ناهنجاری آتالیز فاکتوری	سنگ‌های بالادست و اطراف نمونه	انطباق با ساختارهای زمین‌شناسی و توده‌های مغناطیسی کم عمق
					عناصر آنومال بر پایه‌ی داده‌های خام	عناصر آنومال بر پایه‌ی ضرایب غنی‌شدگی			
۱	۱۹ کیلومتری شمال غرب تاش علیا	تاش علیا	TA-443 (30.76) TA-444 (35.60) TA-446 (33.86) TA-726 (38.53)	۷	W*, Cu, Ag, Ni, Cr, Co*	W, Cu, Ba*, Ni*	همراهی با فاکتور شماره‌ی و همراهی ضعیف با فاکتور شماره‌ی ۵۲	سنگ آهک، دیاباز، توف، سنگ‌های تخریبی و رسوبات کواترن	تمرکز نسبی گسل‌های نرمال
۲	۸ کیلومتری شمال غرب تاش علیا	تاش علیا	TA-475 (18.56) TA-476 (20.09)	۲/۵	Cu, Ni, Cr	-	-	توف و سنگ‌های تخریبی	-
۳	۲-۶ کیلومتری جنوب شرق ابرسج	ابرسج	AB-565 (17.38) AB-567 (18.21) AB-569 (17.44) AB-582 (22.89)	۱۲/۸	Cu, Co, Ni*, Ba*, Pb, Nb*	-	همراهی با فاکتور شماره‌ی ۳ و ۵	رسوبات کواترن	تمرکز نسبی گسل‌های نرمال
۴	۸ کیلومتری شمال تاش علیا	تاش علیا	TO-465 (27.17)	۰/۵	Cu, Ba*, Ni*	Ba*	-	سنگ‌های تخریبی، آهک و دیاباز	تمرکز نسبی گسل‌های نرمال
۵	۷ کیلومتری شمال شرق تاش علیا	تاش علیا	TO-468 (45.48)	۲/۸۷	-	Cu, Ba*, Ni*	-	سنگ‌های تخریبی، آهک و دیاباز	تمرکز نسبی گسل‌های نرمال
۶	۴ کیلومتری شمال تاش علیا	تاش علیا	TO-470 (43.99) TO-472 (39.71)	۳/۲۸	-	Cu, Ba*	-	نگ‌های تخریبی سنگ‌های کربناته	تمرکز نسبی گسل‌های نرمال
۷	۰/۵ کیلومتری شمال ابرسج	ابرسج	AB-572 (167.57)	۱/۷۵	Pb*, Au, Co	Cu, Ag, Ba, Pb	همراهی ضعیف با فاکتور شماره‌ی ۵	اسبیلیت، بازالت، آندزیت پورفیری و سنگ‌های تخریبی	تمرکز گسل‌های نرمال و بر روی توده‌های آتشفشانی
۸	۸/۵ کیلومتری شمال شرق ابرسج	ابرسج	AB-554 (40.86) AB-555 (35.34) AB-556 (39.44)	۴/۰۶	Sn	Cu, Co, Ba	-	اسبیلیت، بازالت، آندزیت پورفیری و سنگ‌های تخریبی	تمرکز گسل‌های نرمال و نزدیک توده‌های آتشفشانی
۹	۶/۵ کیلومتری شمال ماهیان	علی آباد	AK-123 (44.30)	۱/۱۲	Ni, Cr*, Co	Cu, Ni, Ba*, Co, Cr	همراهی ضعیف با فاکتور شماره‌ی ۲	شیست‌سبز، متادیاباز	تمرکز گسل‌های نرمال و نزدیک توده‌های آتشفشانی

حذف تأثیر مؤلفه سین ژنتیک

تفاوت عیاری میان نمونه‌های اخذ شده در هر منطقه‌ای می‌تواند حاصل دو مؤلفه‌ی اصلی سین ژنتیک، و به عبارت دیگر متأثر از تفاوت عیاری طبیعی میان واحدهای سنگی رخنمون یافته در آن منطقه، بوده و یا از مؤلفه‌ی اپی ژنتیک و مرتبط با فرآیندهای کانی‌سازی تأثیر گرفته باشد. واضح است که آن‌چه در اکتشافات واجد اهمیت است نوع دوم تغییرات عیاری است [8]؛ هر چند ذخایری وجود دارند که به صورت سین ژنتیک ایجاد می‌گردند، اما تعداد این ذخایر اندک بوده و به علاوه آن‌ها نیز در کل واحد پراکنده نبوده و غالباً بخش‌های کوچکی از آن را در بر می‌گیرند [9] و لذا بعید به نظر می‌رسد که آنومالی حاصل از چنین کانه‌سازی‌هایی نیز با اعمال این روش حذف گردند.

برای حذف تأثیر سنگ بالادست به صورت متعارف از نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی هم مقیاس استفاده می‌شود [6]. با استفاده از این نقشه‌ها ابتدا حوضه آبریز هر نمونه مشخص و سپس با تفکیک نمونه‌ها به گروه‌های مختلف بر اساس واحدهای سنگی بالادست آن‌ها، مقادیر عیاری را به گونه‌ای نرمال می‌نمایند که تنها اثرات ناشی از سخت‌شدگی‌های ثانویه باقی بماند. ورقه‌ی علی‌آباد فاقد نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی بود و باید از یک روش دیگر برای حذف این تغییرات بهره گرفت. در چنین مواردی استفاده از روش آماری K-Mean Cluster را برای تفکیک نمونه‌های برداشتی به گروه‌های مختلف و بر پایه تفاوت عیاری عناصر اصلی، که تحت تأثیر سنگ‌شناسی بالادست می‌باشند، مفید است [11]. تعداد گروه‌هایی که بر این اساس و با روش سعی و خطا در منطقه

علی‌آباد مشخص گردید ۸ عدد بود. پس از تفکیک گروه‌های هشت‌گانه و به جهت حذف مؤلفه سین-ژنتیک در مورد هر عنصر هر یک از داده‌ها را بر مقدار میانه، که به عنوان مقدار زمینه در نظر گرفته می‌شود، تقسیم تا کل داده‌ها نرمال شوند [۴]. مقدار حاصل را که اصطلاحاً شاخص غنی‌شدگی می‌گویند دارای مدل ریاضی ذیل است:

$$e_i = \frac{C_i}{C_m} \quad (7)$$

در این فرمول e_i شاخص غنی‌شدگی C_i غلظت عنصر مورد نظر در نمونه i ام از جامعه تحت بررسی و بالاخره C_m مقدار زمینه است که معادل میانه جامعه مورد نظر در نظر گرفته می‌شود. شاخص غنی‌شدگی تا حدود زیادی مستقل از تغییرات لیتولوژی است. بنابراین پس از محاسبه‌ی غنی‌شدگی برای جوامع مختلف می‌توان آن‌ها را با هم ادغام کرده و تحت یک جامعه مورد بررسی قرار داد.

بررسی آماری داده‌های شاخص غنی‌شدگی

همان‌گونه که در مورد داده‌های خام عمل گردید، پارامترهای آماری داده‌های شاخص غنی‌شدگی محاسبه و ضرایب تغییرات آن‌ها به دست آمد. در این میان بالاترین ضریب تغییرات مربوط به عناصر استرانسیوم، سدیم، توریم، اکسید منگنز، نیوبوم و طلا بود (جدول ۲). دو عنصر آخر، یعنی طلا و نیوبوم نیز بالاترین مقدار میانگین را در میان شاخص‌های غنی‌شدگی دارند. در مقابل غالب اکسیدها به همراه عناصری مانند ایتیریم، بیسموت، کادمیوم، کبالت، آنتیموان و باریم میانگین نزدیک یک دارند و تقریباً هیچ نوع غنی‌شدگی و یا تهی‌شدگی شاخصی را از خود نشان نمی‌دهند.

تعداد ابعاد و یا متغیرها استفاده شد. ضریب KMO که به عنوان معیاری برای تشخیص قابلیت اعمال این روش برای داده‌ها مطرح است. شاخص غنی‌شدگی برای نمونه‌های علی‌آباد ۰/۸۷۴ است که آن را در رده مناسب قرار می‌دهد [۵]. به علاوه تمامی عناصر تحت پردازش دارای شاخص مشارکت یک و یا نزدیک به آن هستند که نشانگر آن است که تمام عناصر تقریباً صد در صد ماهیت ژئوشیمی خود را در تجزیه و تحلیل عاملی نشان می‌دهند. با توجه آن که ۶ عامل اول، با درصد تجمعی واریانسی نزدیک ۶۰٪، کل تغییر پذیری جامعه را توجیه می‌کنند، این شش عامل مورد بحث و تفسیر قرار می‌گیرند. این تفاسیر با توجه به موقعیت نمونه‌های دارای بیشترین بار فاکتوری و نقشه زمین‌شناسی حاصل گردیده و به صورت ذیل ارائه می‌گیرد.

عامل اول

شامل عناصر Sb و تا حدی Sn و Cl, Bi, Ag می‌باشد. پراکندگی اصلی این عامل در مرز جنوب شرق برگه ۱:۵۰۰۰۰ تا ش علیا بوده و پراکندگی ناچیزی نیز در سایر برگه‌ها دارد. سازندهای اصلی این مناطق انواع تخریبی‌ها، شیل‌های ژوراسیک و مقادیری کربنات و حتی شیست نیز می‌باشد.

عامل دوم

دربر دارنده عناصر Cr و Ni بوده و توزیع عمده آن در مرکز برگه ۱:۵۰۰۰۰ علی‌آباد و تا حدودی غرب برگه ۱:۵۰۰۰۰ تا ش علیا می‌شود. واحدهای سنگی تخریبی در اسپلیت‌ها، توف و آهک پوشش اصلی این منطقه هستند.

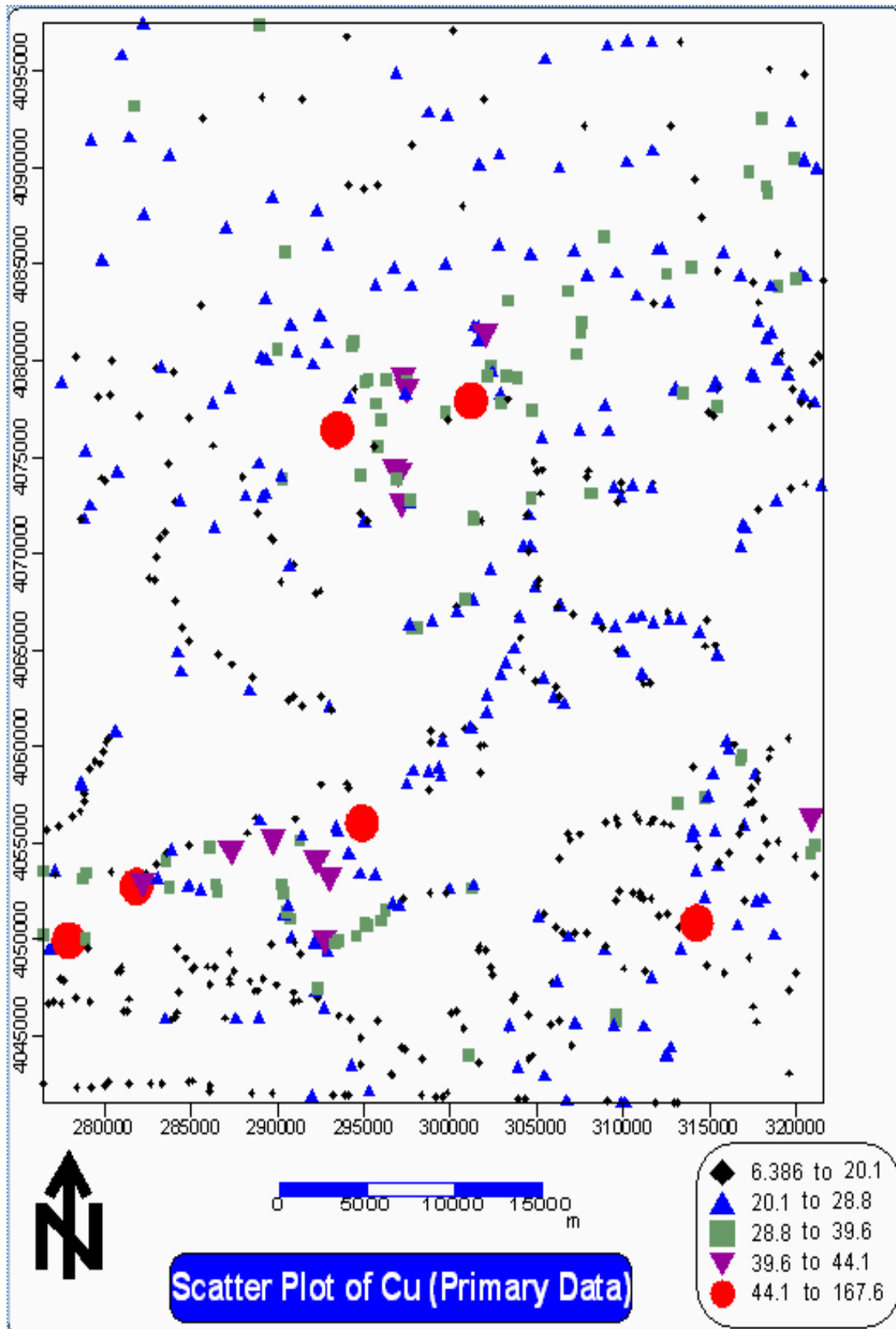
روش‌های آماری که برای جداسازی و تشخیص مناطق آنومال از حد زمینه، توسعه یافته‌اند، هر یک دارای محاسن و معایبی هستند. یکی از روش‌هایی که برای تفکیک مناطق آنومال از سایر نواحی استفاده می‌گردد، برآورد حد آستانه‌ای براساس میانه و انحراف از استاندارد است. در این روش حد آستانه‌ای را برابر مقدار میانه به اضافه ۲ برابر انحراف معیار در نظر می‌گیرند. نمونه‌هایی که عیاری میان این حد تا مقدار میانه به علاوه سه برابر انحراف از استاندارد دادند را آنومالی ممکن و بیش از آن را آنومالی احتمالی می‌نامند.

شرط استفاده از این روش برای به‌دست آوردن آنومالی‌ها، نرمال بودن توزیع داده‌ها می‌باشد. لذا این روش بر روی بهترین حالت نرمال‌شدگی عناصر و یا ضرایب غنی‌شدگی آن‌ها اعمال گردید. تهیه نقشه‌های پراکندگی برای عناصر آنالیزی در منطقه علی‌آباد از طریق نرم افزار Surf8 و با روش Class Post Map صورت پذیرفت که نهایتاً باعث ایجاد نقشه‌های Scatter Plot گردید که به صورت نقطه‌ای جایگاه نمونه‌های آنومال را نشان می‌دهد. چنین نقشه‌هایی برای داده‌های خام و هم چنین شاخص‌های غنی‌شدگی تهیه گردید. نمونه‌ای از این نقشه‌ها جهت عنصر مس در شکل ۵ و ۶ آورده شده است.

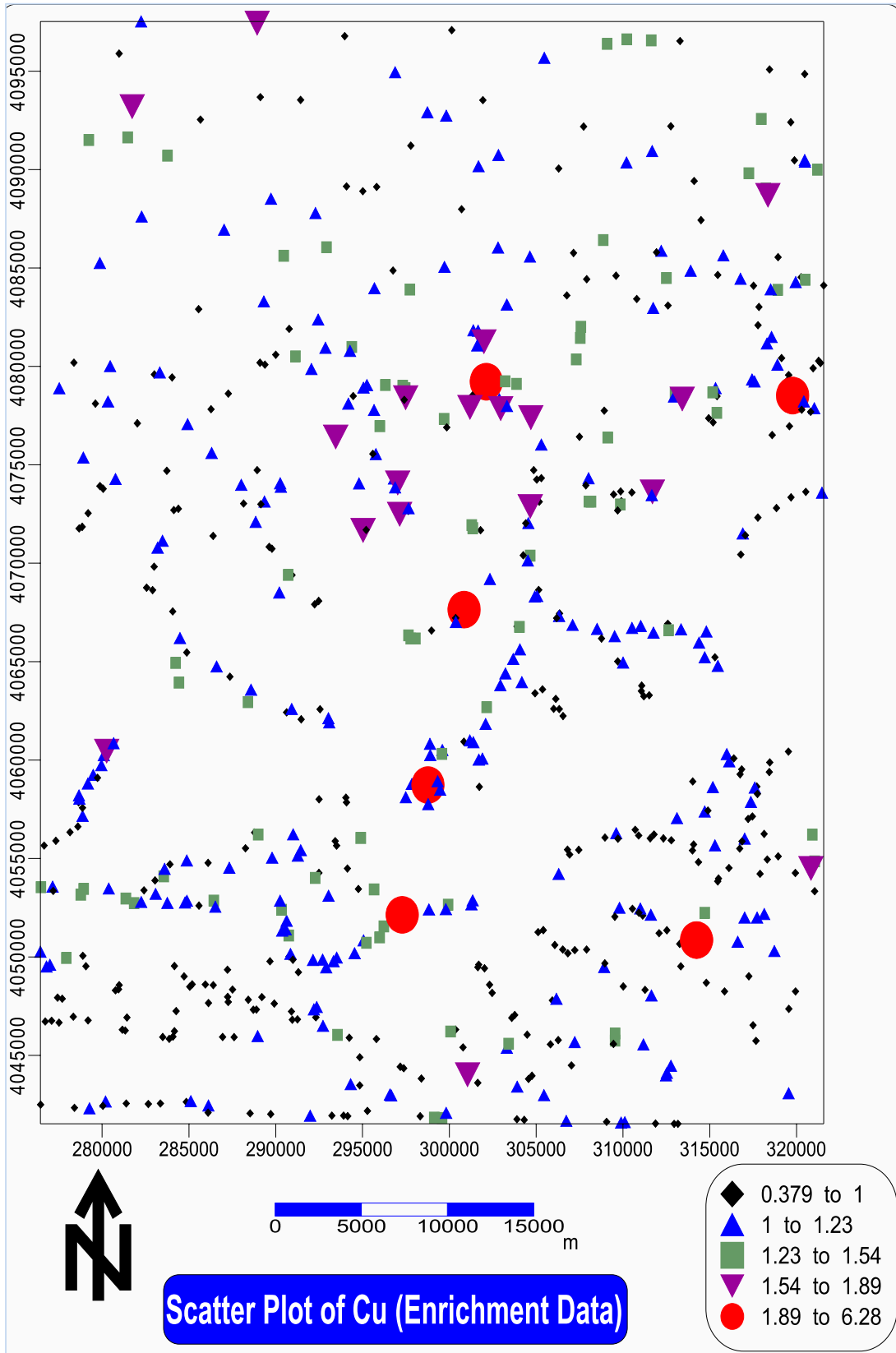
ارتباط عناصر با استفاده از روش مبتنی بر مقادیر

ویژه

در روش مبتنی بر مقادیر ویژه با استفاده از مقادیر ویژه و بردارهای ویژه جهت‌یابی با حداکثر تغییرپذیری شناسایی می‌شود. روش تجزیه و تحلیل عاملی (Factor Analysis) به عنوان روشی در جهت کاهش



شکل ۵- نقشه پراکندگی توزیع داده‌های خام مس در منطقه اکتشافی علی‌آباد



شکل ۶- نقشه پراکندگی توزیع ضرایب غنی‌شدگی مس در منطقه اکتشافی علی‌آباد

عامل سوم

Co و تا حدودی Ni این عامل را می‌سازند. ۲/۵ درصد بالای مقادیر این فاکتور، منطبق بر مرز میان برگه‌های ۱:۵۰۰۰۰ علی‌آبادکنول و قرق سفلی و تا حدودی شرق ابرسج است و با حضور شیست‌های سبز، واحدهای تخریبی کرتاسه و آبرفت‌های کواترنر همراهی می‌شود.

عامل چهارم

Zn تنها عنصر این عامل است و مناطق آنومال آن منطبق با واحدهای تخریبی یا آهک‌های دولومیتی و توف موجود در شمال برگه ۱:۵۰۰۰۰ علی‌آباد و جنوب غرب برگه ابرسج مطابقت دارد.

عامل پنجم

این عامل تک عنصری، توزیع Pb را توجیه می‌کند و بیش‌ترین تمرکز آن در نوار جنوبی برگه‌های ۱:۵۰۰۰۰ تا شمال‌علیا و ابرسج است. البته در شمال‌غرب برگه ۱:۵۰۰۰۰ تا شمال‌علیا و مرکز برگه ۱:۵۰۰۰۰ علی‌آباد نیز آنومالی‌هایی از آن در خود دارند که غالباً با پوشش واحدهای تخریبی توف‌ها تا حدودی آهک‌ها همراه هستند.

عامل ششم

ششمین و آخرین عامل نسبتاً مهم برگه علی‌آباد Mn می‌باشد که در شمال ورقه مورد مطالعه و مقداری نیز در جنوب غرب برگه ۱:۵۰۰۰۰ ابرسج وجود دارد که با رسوبات کواترنر و مقداری توف همراه است.

نتیجه‌گیری

بررسی پارامترهای آماری تک متغیره به ویژه مقایسه پارامترهای مرکزی نشان دهنده‌ی عدم غنی‌شدگی نه چندان قوی نمونه‌های برداشتی است. با این وجود

نباید مطلب یاد شده به این تفسیر منتج گردد که امیدی به کانه‌سازی در منطقه وجود ندارد. اصولاً در مناطقی مانند علی‌آباد که میزان بارش بالا است و رودخانه و آبراهه‌های دائمی وجود دارد، شستشو و تحرک بالای عناصر باید در نتیجه‌گیری لحاظ گردد. لذا حضور و غنی‌شدگی کم‌رنگ برخی عناصر می‌تواند نشانه‌ای از کانه‌سازی‌های با اهمیت در نواحی بالادست باشد. این موضوع به ویژه برای عناصر متحرک Zn، Pb و As بیشتر نمود می‌یابد. توجه گردد که عناصر دارای ضریب غنی‌شدگی (C.V) بالا در این ورقه همگی در زمره‌ی عناصر کم تحرک می‌باشند.

در معرفی نواحی امید بخش سعی گردید تا کلیه‌ی اطلاعات جهت شناسایی و برخی نواحی امیدبخش بهره گرفته شود و لذا برای هر عنصر جداولی طراحی گردیده که در آنها موقعیت جغرافیایی نام برگه ۱:۵۰۰۰۰، مساحت ناهنجاری به همراه عناصر دارای آنومالی آورده شد (جدول ۴). در این جداول ضمن مشخص گردیدن سنگ‌های بالادست بر پایه نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان و مشاهدات صحرائی، ناهنجاری‌های تجزیه و تحلیل با نواحی آنومالی انطباق برقرار شد و موفقیت فضایی آن با ساختارهای زمین‌شناسی و توده‌های مغناطیسی کم‌عمق که از نقشه ژئوفیزیکی استخراج و مقایسه گردیده است.

جدول ۴- تشریح خصوصیات نواحی آنومالی استخراجی در ناحیه علی آباد

ردیف	موقعیت جغرافیایی	مساحت ناهنجاری (Km ²)	انطباق با ناهنجاری ژئوشیمیایی		انطباق با ساختارهای زمین شناسی و توده های مغناطیسی کم عمق
			عناصر	انطباق با ناهنجاری آنالیز فاکتوری	
۱	۶ کیلومتری جنوب شرق ابرسج	۵/۰۲	Pb, Ni*, Co, Cu, Ba*	همراهی با فاکتور شماره ۳	تمرکز گسل های نرمال و بر روی توده های آتشفشانی
۲	۱۴ کیلومتری جنوب غرب ابرسج	۹/۸۸	Pb, Zn, Co	همراهی با فاکتور شماره ۴ و ۵	تمرکز نسبی گسل های نرمال و بر روی توده های آتشفشانی
۳	۱۲/۵ کیلومتری جنوب غرب ابرسج	۰/۷۵	Pb, Zn*, Cr, Co*	همراهی با فاکتور شماره ۱ و همراهی با فاکتور شماره ۲	تمرکز نسبی گسل های نرمال و بر روی توده های آتشفشانی
۴	۱۶ کیلومتری شمال غرب تاش علیا	۹/۳۷	Pb, Zn	همراهی ضعیف با فاکتور شماره ۴	تمرکز گسل های نرمال
۵	۵/۵ کیلومتری شمال ابرسج	۰/۷۵	Pb*, Au, Co	همراهی ضعیف با فاکتور شماره ۵	تمرکز نسبی گسل های نرمال
۶	۱۹ کیلومتری شمال غرب تاش علیا	۷	W*, Cu, Ag, Ni, Cr, Co*	همراهی با فاکتور شماره ۱ و همراهی ضعیف با فاکتور شماره ۵۲	تمرکز نسبی گسل های نرمال
۷	۶-۲ کیلومتری جنوب شرق ابرسج	۱۲/۸	Cu, Co, Ni*, Ba*, Pb, Nb*	همراهی با فاکتور شماره ۳ و ۵	تمرکز نسبی گسل های نرمال
۸	۰/۵ کیلومتری شمال ابرسج	۱/۷۵	Pb*, Au, Co	همراهی ضعیف با فاکتور شماره ۵	تمرکز گسل های نرمال و بر روی توده های آتشفشانی
۹	۱۹ کیلومتری شمال غرب تاش علیا	۷	W*, Cu, Ag, Ni, Cr, Co*	همراهی با فاکتور شماره ۱ و همراهی ضعیف با فاکتور شماره ۵۲	تمرکز نسبی گسل های نرمال
۱۰	۶-۲ کیلومتری جنوب شرق ابرسج	۱۲/۸	Cu, Co, Ni*, Ba*, Pb, Nb*	همراهی با فاکتور شماره ۳ و ۵	تمرکز نسبی گسل های نرمال
۱۱	۰/۵ کیلومتری شمال ابرسج	۱/۷۵	Pb*, Au, Co	همراهی ضعیف با فاکتور شماره ۵	تمرکز گسل های نرمال و بر روی توده های آتشفشانی
۱۲	۶-۲ کیلومتری جنوب شرق ابرسج	۱۲/۸	Cu, Co, Ni*, Ba*, Pb, Nb*	همراهی با فاکتور شماره ۳ و ۵	تمرکز نسبی گسل های نرمال
۱۳	۰/۵ کیلومتری شمال ابرسج	۱/۷۵	Pb*, Au, Co	همراهی ضعیف با فاکتور شماره ۵	تمرکز گسل های نرمال و بر روی توده های آتشفشانی
۱۴	۸ کیلومتری جنوب غرب تاش علیا	۱/۸۱	Nb, Sb, Bi	-	تمرکز نسبی گسل های نرمال
۱۵	۶/۵ کیلومتری شمال ماهیان	۱/۱۲	Ni, Cr*, Co	همراهی ضعیف با فاکتور شماره ۳	تمرکز گسل های نرمال و نزدیک توده های آتشفشانی
۱۶	۱۵ کیلومتری جنوب غرب تاش علیا	۱/۳	Sn, Sb, Ag, Bi	-	تمرکز گسل های نرمال
۱۷	۷ کیلومتری جنوب تاش علیا	۳/۴۴	Sn, Sb, Ag, Bi, Au	همراهی با فاکتور شماره ۱	-
۱۸	۷/۵ کیلومتری جنوب شرق تاش علیا	۲/۸	Sn, Mo, Ag	همراهی با فاکتور شماره ۱	تمرکز نسبی گسل های نرمال و نزدیک توده های آتشفشانی
۱۹	۴ کیلومتری جنوب شرق تاش علیا	۲/۴۴	Sn, Ag, Bi	همراهی با فاکتور شماره ۱ و ۵	تمرکز نسبی گسل های نرمال و نزدیک توده های آتشفشانی
۲۰	۷/۵ کیلومتری جنوب تاش علیا	۱/۴۴	Au, Ag, Sb, Bi, Sn	همراهی با فاکتور شماره ۱	تمرکز گسل های نرمال و بر روی توده های آتشفشانی

بررسی حاضر باعث حصول برخی نتایج، به عنوان تجربه قابل کاربرد در نواحی اکتشافی مشابه، گردید. این نتایج به صورت ذیل قابل خلاصه می‌باشد.

الف) در ورقه‌هایی که دارای آب و هوای متفاوت می‌باشند، مانند ورقه علی‌آباد که در بخش شمالی بارندگی به مراتب بیش از بخش‌های پایین است، باید اندازه‌ی مناسب برداشت از رسوبات آبراه‌ای در دستور کار قرار گیرد. در صورت لزوم در دو بخش این اندازه برداشت‌ها می‌تواند متفاوت بوده و حتی راهبرد اکتشاف متفاوت باشد. به طور مسلم اگر قرار به استفاده از داده‌های مشابه باشد نمی‌توان امیدی به یافت هاله‌های مهمی از عناصر متحرک در اطراف ناهنجاری‌های احتمالی داشت.

ب) با توجه به آن که نرمال بودن شرط لازم انجام پردازش ژئوشیمیایی بوده [۶] و تفسیر داده‌ها بر پایه بهترین حالت نرمال شدن می‌باشد، باید با استفاده از فرمول‌های خاص مقادیری که پس از اعمال تبدیلات خاص ایجاد شده‌اند به وضع طبیعی بازگردانده شوند و سپس تفاسیر باید بر پایه آن‌ها انجام پذیرد. این مورد مقایسه پراکندگی میان عناصر را ممکن و به علاوه امکان تفسیر مکانیزم پراکندگی عناصر را فراهم می‌آورد.

ج) حذف تأثیر سنگ بستر با روش آماری K-Mean Cluster امکان پذیر می‌باشد. اعمال این روش باعث می‌گردد تا اولاً تعداد نواحی آنومال که بر اساس مقایسه با نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان، غالباً به نظر کاذب و در ارتباط با واحدهای شیلی هستند کاهش می‌یابد. به علاوه نقاط آنومال پراکندگی کمتری داشته و متمرکز بیشتری می‌یابند. از همه مهم‌تر بین نواحی

آنومال عناصر مختلف به‌ویژه انواع پاراژنرها هم‌خوانی بیشتری پیدا می‌شود.

پیشنهادات

بر پایه اطلاعات فوق پیشنهاد می‌گردد تا در نواحی بیست‌گانه معرفی شده به عنوان آنومالی، اکتشاف به روش پی‌جویی و چکشی انجام پذیرد. از نکات مهم در اولویت‌بندی نواحی قابل کنترل صحرایی، وجود پاراژنرهای معنادار از عناصر آنومال بود. زیرا از نظر علمی رخداد کانه‌سازی اغلب منحصر به یک عنصر خاص نبوده و مجموعه‌ای از عناصر افزایش عیاری نشان می‌دهند [۳]. شایان ذکر است آنچه در این پی‌جویی باید مدنظر باشد نه صرفاً رگه و یا آثار معدنی، بلکه هر پدیده‌ای است که می‌تواند عیار غیرمتعارف عناصر را در محدوده آنومال توجیه کند.

به لحاظ علمی نیز آن‌گونه که مشخص گردید، حذف تأثیر سنگ بالادست امری ضروری در میان مراحل پردازش ژئوشیمیایی می‌باشد. روش K-Mean Cluster روش مطمئن و ساده‌ای جهت یافت نمونه‌هایی که جامعه سنگی مشابهی در بالادست خود دارند، پیشنهاد می‌شود. به علاوه به واسطه پوشش وسیع جنگلی به نظر می‌رسد در نواحی آنومال مانند دره السستان در شمال شرقی مرکز محدوده‌ی مورد بررسی اکتشاف خاک نیز بتواند ابزاری مناسب در جهت شناسایی پتانسیل‌های معدنی مناسب کمک نماید.

نتایج فوق پیدایش منابع با ارزش مس، سرب و روی در منطقه را محتمل می‌نماید و می‌توان اکتشافات بزرگ مقیاس با تکیه بر این عناصر را در دستور کار قرار داد.

منابع

- 9- Agol, V, (1972). A course of Mineralogy, peace publishers, Moscow, 641P.
- 10- Andrew, R.L., (1984). The geochemistry of selected base-metal gossans, Southern Africa. J. Geochem. Explor. 22, 161–192.
- 11- Rassa, Iraj., Nezampour, Mohammad Hadi., (2008). Jafarzadeh, Mehdi (under press), Omission the effect of Syngenetic component on stream geochemical anomalies with K-Means cluster statistical method, a case study in Aliabad area, North Iran. 20th Nordic Euro Symposium. Denmark, January.
- ۱- آقابانی، ع، (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.
- ۲- بخارایی، س، (۱۳۸۶). اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر پلی متال و کانی‌های سنگین در محدوده روستاهای شمس‌آباد، شاهان دشت و سنگلده (محور شرقی رودخانه هراز)، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۴۱۰ صفحه.
- ۳- حسینی پاک، ع ا، (۱۳۸۱). اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۰۸۰، ۶۱۵ صفحه.
- ۴- حسینی پاک، ع ا، شرف‌الدین، م (۱۳۸۰). تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۵۳۶، ۹۸۷ صفحه.
- ۵- قلی‌زاده، ک، (۱۳۸۲). اکتشافات ژئوشیمیایی نیمه تفصیلی و مطالعات اقتصادی منطقه کفوت (شمال غرب بم)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، ۱۵۹ صفحه.
- ۶- کریم‌زاده ثمرین، ع، (۱۳۸۱). کاربرد داده‌های ژئوشیمیایی، تألیف هاگ رولینسون، چاپ انتشارات دانشگاه تبریز، شماره ۴۴۲، ۵۵۷ صفحه.
- ۷- نظام‌پور، م ه، (۱۳۸۴). ژئوشیمی، دورسنجی و سنگ‌شناسی جهت تأمین خاستگاه کانه‌زایی‌ها در منطقه خونی نائین، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، ۵۵۴ صفحه.
- ۸- نیک‌منش، م ا، (۱۳۸۵). اکتشافات ژئوشیمیایی در برگی‌ی رونیز (فارس)، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، ۳۱۹ صفحه.