

بررسی پتانسیل‌های معدنی شمال ساغند

مریم فرمهینی فراهانی*^۱، ایرج رساء^۲

۱- استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۲- دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه شهید بهشتی

(*عهده دار مکاتبات- farahani.m@yahoo.com)

چکیده

منطقه اکتشافی شمال ساغند در شمال شرقی شهرستان یزد واقع شده است. به منظور مطالعه پتانسیل‌های معدنی منطقه، بر اساس روش‌های ژئوشیمیایی، ۱۴۰ نمونه از رسوبات آبراهه‌ای تحت آنالیز شیمیایی ۲۱ عنصری قرار گرفتند. پس از حصول اطمینان از نتایج آنالیز به کمک نمودار کنترلی تامپسون و محاسبه خطای نسبی و استاندارد، اقدام به محاسبه پارامترهای آماری داده‌های خام گردید. بدین وسیله مشخص شد که اکثر عناصر شامل بیش از یک جامعه آماری بوده و چولگی مثبت نشان می‌دهند این مسئله در نمودارهای میله‌ای و Q-Q نیز نمایان بود به همین دلیل به منظور همگن نمودن جوامع آماری اقدام به محاسبه مقادیر شاخص غنی شدگی گردید و چون پس از این مرحله نیز جوامع هنوز ناهمگنی نشان می‌دادند به روش لگاریتم سه پارامتری داده‌ها را نرمال کردیم سپس به کمک روش‌های آماری دو متغیره از جمله اسپیرمن و پیرسون میزان همبستگی عناصر محاسبه شد. بر اساس نتایج آنالیز خوشه‌ای مشخص شد که منطقه دارای یک پی سنگ بازیک بوده که در مراحل بعدی تحت تأثیر محلول‌های هیدروترمال و توده‌های نفوذی اسیدی و حدواسط واقع شده است. همچنین بر اساس روش تجزیه عاملی متوجه شدیم که عناصر مورد بررسی تحت تأثیر ۴ فاکتور می‌باشند به طوری که عناصر Cr, Ni, Cu, Sb, Co, V, Mn تحت تأثیر فاکتور اول Ba و Fe متاثر از فاکتور دوم، Au, W و Mo تحت تأثیر فاکتور سوم و Bi, Ti متاثر از فاکتور چهارم می‌باشند. سپس با استفاده از روش حد آستانه‌ای به اضافه مقادیری از انحراف معیار برای عناصر W و Bi آنومالی قطعی و برای عناصر Pb, Ag, Ti آنومالی احتمالی بدست آمد که این مسئله با روش حاصل ضرب P.N. نیز مورد تایید قرار گرفت. سپس نقشه‌های ژئوشیمیایی تک عنصری و نقشه‌های هاله‌های مرکب منطقه (بر اساس نتایج آنالیز فاکتوری) ترسیم گردیدند.

واژگان کلیدی: شمال ساغند، پتانسیل معدنی، آنومالی.

۱- مقدمه

ناحیه اکتشافی در بخش شمال غربی برگه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ ساغند (شمال شرقی شهرستان یزد) واقع شده و دارای مشخصات جغرافیایی ۵۵° ۱۵' - ۵۵° ۵۵' طول شرقی و ۳۳° ۰۰' - ۳۲° ۴۵' عرض شمالی می‌باشد. این منطقه که تحت عنوان ورقه ۵۰۰۰۰ : ۱ شمال ساغند معرفی می‌گردد مساحتی حدود ۶۲۵ km² دارد. آب و هوای منطقه، کویری (گرم و خشک)، با میزان بارندگی سالیانه حدود ۷۰ میلی‌متر است. در منطقه رودخانه‌ای روان دیده نمی‌شود و اغلب رودخانه‌های موجود تنها در هنگام ریزش باران، آب در آن‌ها روان می‌گردد. از لحاظ ژئومورفولوژی ناحیه مورد نظر شامل ارتفاعات و دشتهایی با روند شمال شرق - جنوب غرب می‌باشد که این روند در تطابق و هماهنگی با گسل‌های محصور کننده ناحیه فوق است. شکل ظاهری کوه‌ها در مناطقی که از سنگ‌های آهکی و دولومیتی تشکیل شده خشن و صخره‌ساز و در نواحی شیل‌های کرتاسه و سنگ‌های دگرگونی ملایم و یا به صورت کلوته‌ها می‌باشند

(کلوت چاپدونی). در محدوده سنگ‌های رسوبی مارنی و ماسه سنگی میوسن توپوگرافی ملایم و به صورت تپه‌های کم ارتفاع و به هم چسبیده با سیستم آبراه‌های رشته‌ای است.

۲- زمین شناسی و چینه شناسی منطقه

بر اساس تقسیم بندی نبوی (۱۳۵۵) و همچنین نوگل سادات (۱۳۶۷) منطقه ساغند جزئی از زون ایران مرکزی محسوب می‌شود. در قسمت جنوب شرقی محدوده شمال ساغند جزئی از کمپلکس چاپدونی (از قدیمی ترین سنگ‌های دگرگون یافته ایران مرکزی با سن پرکامبرین) برونزد دارد که شامل مجموعه‌ای از توده‌های گرانودیوریتی آناتکسی، گنیس چشمی میگماتییتی، گنیس میگماتییتی فلدسپات دار، گنیس تیره بیوتیت آمفیبول دار و واحدهای آمفیبولیتی است. توده‌های کربناته دگرگون شده مربوط به پالئوزوئیک زیرین به وسعت بسیار کم در محدوده جنوب شرقی منطقه رخنمون دارند. بیشترین قسمت‌های منطقه توسط سنگ‌های رسوبی دوران دوم پوشیده شده است. تناوبی از شیل و ماسه سنگ خاکستری - سبز رنگ با آثار گیاهی و ماسه سنگ‌های کوارتزیتی مربوط به ژوراسیک در قسمت‌های غربی منطقه برونزد دارند. محدوده وسیعی از منطقه شمال ساغند با تناوبی از شیل و مارن و شیل سیلتی و ماسه سنگ مربوط به کرتاسه (شیل‌های بیابانک) پوشیده شده است. در غرب کلوت چاپدونی و حد فاصل سنگ‌های دگرگونی چاپدونی و گسل چاپدونی تناوبی از شیل، توف و ماسه سنگ با سن ائوسن رخنمون دارد. گدازه‌ها و برش‌های ولکانیکی تراکی آندزیتی و داسیتی با سن ائوسن زیرین - میانی بصورت بسیار محدود در شرق منطقه دیده می‌شود. ردیف‌های ستبری از مارن، ماسه سنگ و کنگلو مرا به رنگ زرد، سبز و قرمز گچ دار در محدوده غرب و جنوب غرب منطقه با سن میوسن زیرین - میانی دیده شده واحدی متشکل از توف و گدازه داسیتی با سن میوسن به صورت توده‌ای کوچک در جنوب غرب منطقه به چشم می‌خورد (باباخانی و مجیدی، ۱۳۷۴). یادگانه‌های قدیم رودخانه با سن کواترنر در محدوده شمال شرق و در غرب و مرکز منطقه دیده می‌شود تپه‌های ماسه‌ای بلند به صورت محدود در شمال شرق منطقه رخنمون دارد. رسوبات آبرفتی دشت با جنس رس، سیلت، ماسه و کنگلومرا قسمت وسیعی از جنوب منطقه را پوشش داده است و در دیگر نقاط نیز کم و بیش دیده می‌شود. آبرفت‌های جوان رودخانه‌ای (رس، ماسه، کنگلومرا) به صورت محدوده‌هایی در جنوب و شرق شمال ساغند رخنمون دارند. کفه‌های رسی و رسی نمکی بصورت محدود در جنوب غرب منطقه وجود دارند. علاوه بر واحدهای چینه‌ای ذکر شده توده گرانیتهی صورتی رنگ مربوط به فاز کوهزایی لارامید بصورت محدود در شرق و جنوب شرق شمال ساغند مشاهده می‌شود (باباخانی و مجیدی، ۱۳۷۴).

۲-۱- دگرگونی در منطقه

کمپلکس چاپدونی در شرق و مجاور گسل امتداد لغز چاپدونی واقع شده این مجموعه در آغاز بر اثر یک فاز دگرگونی حرارت بالا (آبوکوما) در رخساره کم فشار آمفیبولیت تحت تأثیر قرار گرفته که سرانجام به ذوب آناتکسی منجر شده سپس یک فاز دگرگونی برگشتی درجه پایین در رخساره شیت سبز بر آنان اثر کرده است (باباخانی و مجیدی، ۱۳۷۴).

۲-۲- زمین شناسی ساختاری و تکتونیک منطقه

منطقه مورد بررسی از نظر ساختاری بخشی از ایران مرکزی است. کهن‌ترین واحدهای شناخته شده در منطقه مربوط به کمپلکس چاپدونی بوده که در شرق گسل چاپدونی واقع شده گسل مذکور راستا لغز با راستای شمال، شمال غرب، جنوب - جنوب بوده و مرز غربی سنگ‌های دگرگون شده کمپلکس چاپدونی و سنگ‌های شیلی بیابانک را مشخص می‌کند (باباخانی و مجیدی، ۱۳۷۴).

در ساختار کلی می‌توان منطقه را به سه بخش تقسیم کرد. یکی بخش دگرگونه کمپلکس چاپدونی در شرق و جنوب شرق منطقه، بخش دوم در غرب گسل واقع شده که از مزوزوئیک به بعد فرونشینی داشته و ردیف‌های ضخیمی از سنگ‌های رسوبی ژوراسیک و کرتاسه در آن نهشته شده و بیشترین قسمت منطقه را پوشش داده‌اند. در کنار دو بخش مذکور قسمت‌های قابل توجهی از منطقه نیز توسط رسوبات آبرفتی و ماسه بادی کوتاه‌تر پوشیده شده است (فرمهبینی فراهانی، ۱۳۸۱).

۳- روش و هدف از مطالعه در محدوده مورد بررسی

امروزه یکی از مؤثرترین تکنیک‌های اکتشافی در مقیاس ناحیه‌ای، روش‌های ژئوشیمیایی می‌باشد. این روش‌ها در مقیاس‌های اکتشافی مختلف به خوبی قادر به کشف هاله‌های اولیه و ثانویه کانسارها هستند. هاله‌های ثانویه با توجه به توسعه یافتگی آن‌ها در امر اکتشاف مقدماتی کاربرد مؤثری دارند. یکی از روش‌های بررسی هاله‌های ثانویه، بررسی رسوبات آبراهه‌ای می‌باشد که با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و ژئومورفولوژی کشور ایران، این روش تکنیک کارآمدی می‌باشد. در این تحقیق نیز از این روش برای یافتن کانی‌سازی‌های احتمالی استفاده شده و در نهایت با تخمین محل آنومالی‌ها و تعیین نواحی امید بخش جهت مطالعات تکمیلی خاتمه پیدا می‌کند. در پروژه‌های اکتشافات ژئوشیمیایی آبراهه‌ای در مقیاس ناحیه‌ای، چگالی نمونه‌برداری برای طراحی اولیه، یک نمونه برای هر ۲/۵ تا ۳ کیلومتر مربع مناسب می‌باشد. البته عواملی همچون توده‌های نفوذی و ولکانیک شکستگی‌های اصلی و فرعی منطقه، وجود زون‌های دگرسانی در طراحی شبکه تأثیر بسزایی داشت برای توزیع بهینه نمونه‌ها طراحی اولیه بر اساس مرکز ثقل توپولوژیکی شبکه آبراهه‌ای صورت پذیرفت در این طرح با توجه به یکسانی نسبی پوشش سنگی ۱۴۰ نمونه از منطقه برداشت شد. در هر نقطه نمونه‌برداری حداقل ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم از جزء زیر ۸۰ مش (مناسب‌ترین اندازه دانه‌ها برای برداشت نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای) رسوبات برداشته شد این نمونه‌ها، بوسیله الک کردن به صورت تر در محل نمونه‌برداری به دست آمدند سپس برای تهیه زیر نمونه‌های آزمایشگاهی به وزن ۳۰۰ میلی‌گرم، نمونه‌های آبراهه‌ای بوسیله پودرکننده حلقوی تا زیر ۲۰۰ مش پودر گردیدند. در این پروژه ۲۱ عنصر مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت.

نمونه‌ها از نظر عناصر Fe_2O_3 ، Sr ، V ، Ba ، Sn ، Co ، Sb ، As ، Cu ، Bi ، Ag ، Cr ، Pb ، Zn ، TiO₂ ، MnO در ایران و به روش XRF مورد آنالیز قرار گرفتند و جهت آنالیز سه عنصر W ، Au ، Mo به چین فرستاده شدند. در آنجا Au به روش ES (اسپکترومتری نشری) و W ، Mo به روش پلاروگراف مورد تجزیه قرار گرفتند. جهت اطلاع از صحت آنالیزها، ۱۱ نمونه تکراری به آزمایشگاه فرستاده شد. در مرحله بعد به منظور بررسی وضعیت دقت آنالیزها از دیاگرام کنترل تاسون استفاده شد. سپس میزان خطای نسبی و خطای استاندارد برای تمام عناصر محاسبه گردید. و بدین ترتیب مشخص شد که تمام عناصر به جز کروم و بیسموت از خطای نسبی آنالیز کمی برخوردارند (شکل ۱ و جدول ۱).

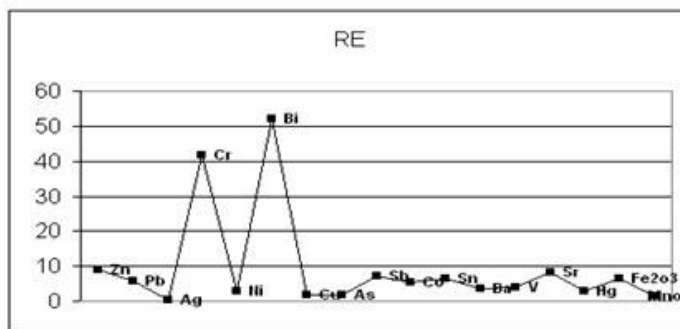
به منظور تجزیه و تحلیل آماری متغیرهای ژئوشیمیایی، هیستوگرام عددی و نمودار تجمعی هر یک از عناصر ترسیم و پارامترهای آماری محاسبه گردید. در مجموع مشخص شد که تمام عناصر دارای ناهماهنگی در توزیع فراوانی هستند که این خود از پدیده‌های مختلفی همچون تغییرات لیتولوژی در ناحیه منشأ رسوبات آبراهه‌ای، فرایندهای کانی‌سازی و دیگر عوامل زمین‌شناسی ناشی می‌شود. همچنین مقدار چولگی محاسبه شده برای دو عنصر W و Bi عدد مثبت و بزرگی بود. این مقدار برای عنصر Bi ۵/۴۹۳+ و برای W معادل ۸/۹۲۷+ می‌باشد. در مرحله بعد به منظور حذف اثرات لیتولوژیکی کل جامعه نمونه‌برداری را به جوامع همگن تقسیم نموده بدین منظور تیپ سنگ‌های موجود در منطقه تحت پوشش مشابه‌سازی قرار گرفت. بر اساس درصد تشکیل دهنده سنگ بالادست نمونه‌های ژئوشیمیایی، ۸۲ درصد جامعه نمونه‌برداری را جامعه تک سنگی ۱۷ درصد دو سنگی و ۱ درصد جوامع سه سنگی را تشکیل داده‌اند. در ادامه برای توجیه لزوم جدایش جوامع سنگی برای نمونه‌های ناحیه مورد مطالعه از آزمون Anova

استفاده گردید. در مرحله بعد با محاسبه میانگین و ترسیم نمودارهای ستونی، زمینه محلی عناصر در هر یک از جوامع سنگی و جامعه کلی مورد مقایسه قرار گرفت. سپس شاخص غنی شدگی عناصر را محاسبه کرده و با انتقال فایل حاوی جامعه شاخص غنی شدگی به نرم افزار SPSS پارامترهای آماری آن‌ها را محاسبه و هیستوگرام فراوانی و نمودار جعبه‌ای عناصر را ترسیم نمودیم. مقایسه هیستوگرام‌ها و پارامترهای آماری مربوط به جامعه شاخص غنی شدگی با جامعه داده‌های خام بیانگر این مطلب است که در برخی موارد شکل تابع توزیع همگن‌تر شده و اثرات ناهمگنی که بصورت جوامع آماری مختلف در هیستوگرام‌ها مشاهده می‌شد تا حدودی از بین رفته و هموارتر شده و حتی در مورد عنصرهای Ni، Co، As، Cu، Sr، Sb، Mn تابع تقریباً نرمال شده است. برخی ناپیوستگی‌ها در توابع توزیع عناصری مانند (Co، Sb، Cr، Zn، Sr) تا حد قابل توجهی از بین رفته و به شکل پیوسته در آمده است. البته در توابع توزیع برخی از عناصر حتی بعد از مرحله محاسبه شاخص غنی شدگی وجود جوامع آماری مختلف مشهود است. این امر نشان می‌دهد که وجود ناهمگنی در توزیع این عناصر صرفاً ناشی از عوامل لیتولوژیکی نبوده و عوامل کانی‌سازی احتمالی در این ناهمگنی مؤثر بوده است جهت بررسی نحوه انتشار متغیرهای ژئوشیمیایی اقدام به رسم نقشه‌های محتوا و انتشار (دو بعدی و سه بعدی) و هر یک از متغیرها گردید (شکل ۲).

جدول ۱: مقادیر خطای نسبی و خطای استاندارد آنالیز شیمیایی نمونه‌ها

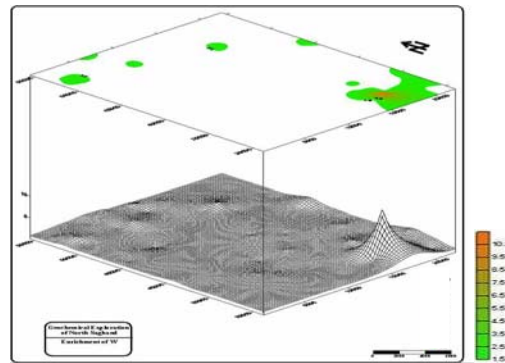
عنصر	میانگین	پراش	انحراف معیار	ضریب اطمینان	خطای نسبی	خطای استاندارد
Zn	53.4076	5.8898	2.4269	4.7567	8.9064	1.4342
Pb	26.7160	0.6008	0.7751	1.5193	5.6867	0.4581
Ag	0.1104	0.0000	0.0001	0.0002	0.1928	0.0001
Cr	26.1968	31.0304	5.5705	10.9182	41.6774	3.2920
Ni	132.3186	3.3517	1.8307	3.5883	2.7118	1.0819
Bi	0.2039	0.0029	0.0541	0.1061	52.0273	0.0320
Cu	126.3412	1.1065	1.0519	2.0617	1.6318	0.6216
As	1.1639	0.0001	0.0117	0.0229	1.9661	0.0069
Sb	8.5767	0.0976	0.3124	0.6122	7.1381	0.1846
Co	53.3742	2.2616	1.5039	2.9476	5.5225	0.8887
Sn	2.0902	0.0046	0.0678	0.1328	6.3557	0.0401
Ba	920.0277	304.2080	17.4416	34.1855	3.7157	10.3073
V	214.0098	18.2805	4.2756	8.3801	3.9158	2.5267
Sr	656.5728	742.2995	27.2452	53.4005	8.1332	16.1009
Hg	0.0158	0.0000	0.0002	0.0005	2.9927	0.0001
Fe ₂ O ₃	4.2480	0.0203	0.1424	0.2791	6.5705	0.0842
MnO	0.1730	0.0000	0.0012	0.0024	1.3686	0.0007

CI(Confidence Interval) S(Standard Deviation) انحراف معیار
RE(Relative Error) SE(Standard Error) خطای استاندارد



شکل ۱: نمودار درصد خطای نسبی عناصر (محور طولی مبین عناصر تحت بررسی و محور عرضی درصد خطا را نشان می‌دهد)

مقدار میانگین روی در منطقه شمال ساغند معادل ۵۵/۳۲ گرم در تن بوده مقدار میانگین سرب منطقه، ۲۷/۶۳ ppm بوده (دو برابر کلارک پوسته‌ای) و بیشترین مقدار مربوط به نمونه ۷۱۴ با سنگ با لا دست FGS با غلظت ۴۰/۵۷ گرم در تن می‌باشد که یک آنومالی احتمالی در منطقه محسوب می‌شود. مقدار میانگین نقره در شمال ساغند معادل ۰/۱۱ ppm بوده و بیشترین مقدار گزارش شده مربوط به نمونه ۷۱۴ با مقدار ۰/۱۱۶۵ ppm (آنومالی احتمالی در منطقه) می‌باشد. مقدار میانگین کروم در منطقه ۲۴/۴۴ ppm می‌باشد.



شکل ۲: در این نقشه محدوده‌های ناهنجاری تنگستن در منطقه شمال ساغند به صورت سه بعدی و دو بعدی مشخص شده

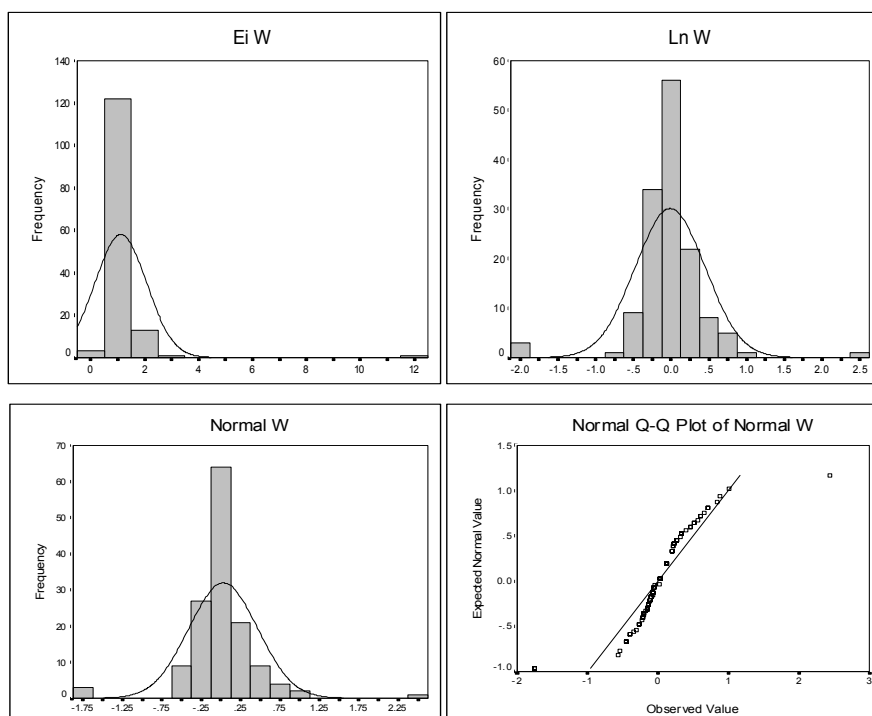
میانگین مقادیر گزارش شده برای نیکل در منطقه ۱۱۷/۰۰۸ گرم در تن می‌باشد که نسبت به کلارک آن در پوسته بطور قابل توجهی بیشتر است. غلظت میانگین بیسموت در شمال ساغند ۰/۱۷۲ ppm بوده و بیشترین غنی‌شدگی مربوط به نمونه ۶۹۲ با سنگ بالا دست FGS و مقدار ۰/۶ ppm (آنومالی قطعی) می‌باشد. مقدار میانگین غلظت Cu در منطقه معادل ۱۱۷/۴۹ ppm بوده همچنین غلظت میانگین حاصله برای آرسنیک در منطقه معادل ۱/۱۲ ppm می‌باشد. میانگین غلظت Sb در منطقه ۷/۹ گرم در تن بوده میانگین غلظت Co در منطقه ۴۸/۰۹ گرم در تن می‌باشد. متوسط غلظت Sn در شمال ساغند ۲/۴۷ گرم در تن بوده متوسط غلظت Ba در منطقه ۹۵۸/۵۶ گرم در تن (دو برابر کلارک پوسته‌ای) می‌باشد. میانگین وانادیم در منطقه ۱۹۸/۷۹ گرم در تن بوده و میانگین استرانسیوم در شمال ساغند ۶۳۴/۲۵ گرم در تن می‌باشد. مقدار میانگین جیوه در منطقه به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته کلارک آن ۰/۰۸ و مقدار میانگین منطقه ۰/۱۶۶ گرم در تن است. میانگین غلظت Fe₂O₃ در شمال ساغند ۴/۵۸ درصد می‌باشد. متوسط غلظت MnO در منطقه ۰/۱۶۲ درصد محاسبه شده میانگین غلظت TiO₂ در شمال ساغند ۰/۷۴۷ درصد بوده و بیشترین غنی‌شدگی مربوط به نمونه ۷۱۴ با مقدار ۱/۴۸۵ درصد می‌باشد (آنومالی احتمالی). میانگین غلظت طلا در منطقه ۰/۸۸ ppb بوده و به مقدار قابل توجهی از کلارک پوسته‌ای بیشتر است متوسط غلظت W در منطقه اکتشافی ۱/۱۸۹ ppm بوده که بیشترین غلظت مربوط به نمونه ۵۷۷ با سنگ بالا دست G و غلظت ۱۱/۵ ppm می‌باشد (که به عنوان آنومالی قطعی در منطقه محسوب می‌شود) و بالاخره غلظت میانگین Mo در منطقه ۰/۹۴۶ گرم در تن محاسبه شده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده مشخص شد که حد زمینه محلی عناصری همچون Au ، Ba ، Ni ، Co Pb در منطقه نسبت به کلارک پوسته‌ای غنی‌شدگی نشان داده و جیوه به مقدار قابل توجهی در منطقه تهی‌شدگی نشان می‌دهد. در مرحله بعدی کار، در محیط SPSS با روش تبدیل لگاریتمی سه پارامتری توابع توزیع داده‌های جامعه شاخص غنی‌شدگی را نرمال کردیم (البته در این مرحله نیز تابع توزیع عناصری که آنومالی داشتند کاملاً نرمال نشد) (جدول ۲ و شکل ۳).

سپس برای شناخت همبستگی آماری داده‌های نرمال از روش پیرسون و اسپیرمن استفاده شد. در این مرحله برای عناصری همچون Cu - Cr ، Sb - Cu ، Ni - Co ضریب همبستگی بالای ۰/۸۵ (نشان دهنده ۷۲٪ تغییرات مشترک) بدست آمد. همچنین در این کار تحقیقی از روش‌های آماری چند متغیره مانند روش‌های آنالیز خوشه‌ای و آنالیز فاکتوری استفاده شد. برای بیان چگونگی ارتباط گروه‌های عناصر با یکدیگر از روش اتصال بین گروهی استفاده شد. نتیجتاً دندروگرام داده‌های نرمال شده، دو گروه اصلی را جدا نمود که بیانگر ارتباط پائیزی بین متغیرها می‌باشد گروه اول شامل عناصر Cu ، Mn ، Ni ، Cr ، V ، Co ، Sb ، As ، Sr ، Bi و Mo بوده و گروه دوم شامل عناصر W ، Au ، Ag ، Ti ، Zn ، Pb ، Hg ، Sn ، Fe Ba می‌باشد.

با توجه به شکل اندروگرام و با عنایت به ضرایب همبستگی می‌توان گفت که منطقه مورد مطالعه دارای یک پی‌بازی می‌باشد که در مراحل بعدی تحت تأثیر محلول‌های هیدروترمال واقع شده است.

جدول ۲: پارامترهای عددی، لگاریتمی و نرمال شاخص غنی شدگی W در برگه ۵۰۰۰۰: ۱ شمال ساغند

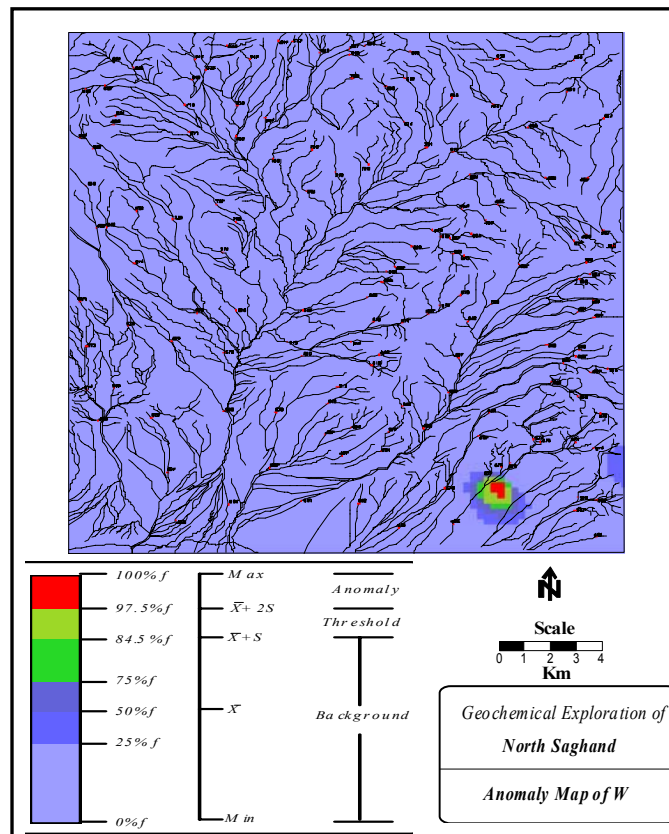
		Statistics		
N	Valid	EI W	LNW	NORMALW
	Missing	1.40	1.40	1.40
Mean		1.11556	-1.31E-02	2.876E-02
Median		1.00000	.0000	3.672E-02
Std. Deviation		.96073	.4625	.4363
Variance		.92300	.2139	.1904
Skewness		9.261	-.398	.000
Std. Error of Skewness		.205	.205	.205
Kurtosis		99.616	11.164	11.008
Std. Error of Kurtosis		.407	.407	.407
Minimum		.136	-1.99	-1.75
Maximum		11.500	2.44	2.45
Percentiles	25	.83636	-.1787	-.1349
	50	1.00000	.0000	3.672E-02
	75	1.18182	.1671	.1982



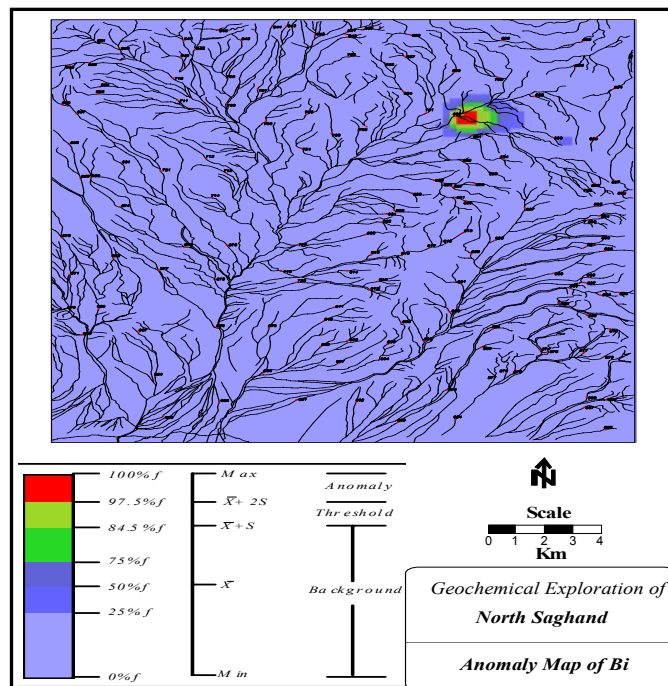
شکل ۳: هیستوگرام فراوانی عددی، لگاریتمی و نرمال شاخص‌های غنی شدگی برای عنصر تنگستن

سپس از روش فاکتور آنالیز جهت آشکارسازی روابط پنهانی بین متغیرها استفاده شد (این کار با تست $K_{mo}=0/843$ مورد تأیید قرار گرفت) بدین روش چهار عامل فاکتوری مشخص گردید. فاکتور اول بیشتر متأثر از عناصر $W, Au, Cr, Ni, Cu, Sb, Co, V, Mn$ بوده، فاکتور دوم متأثر از Fe, Ba ، فاکتور سوم تحت تأثیر W, Mo و بالاخره فاکتور چهارم تحت تأثیر عناصر Ti و Bi می‌باشد. در این پروژه برای تعیین آنومالی‌ها از روش حد آستانه‌ای و روش P.N استفاده گردید. در روش حد آستانه‌ای داده‌ها را بصورت نرمال استاندارد در آوریم مقادیر ما بین ۱ تا ۲ را مقادیر حد آستانه در نظر گرفته مقادیر بین ۲ تا ۳ مقادیر آنومالی ممکن داده‌های بین ۳ تا ۴ به عنوان آنومالی احتمالی و اعداد بزرگتر از ۴ به عنوان آنومالی قطعی در نظر گرفته شد. با استفاده از روش P.N جامعه آنومالی که در مرحله قبل تعیین شده بود، مورد پالایش قرار گرفت.

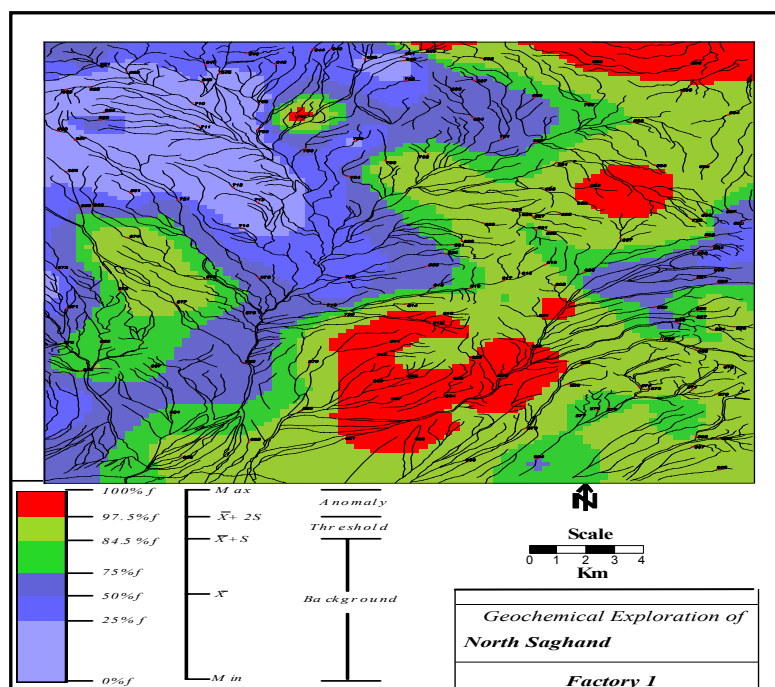
سپس نقشه‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای برای تمام عناصر ترسیم گردید و مناطق آنومالی، حد آستانه و زمینه برای تمام متغیرها در روی نقشه مشخص شد. سپس نقشه P.N و نقشه‌های فاکتوری ترسیم گردیدند (شکل‌های ۴، ۵ و ۶).



شکل ۴: نقشه ژئوشیمیایی آنومالی W در برگه ۱:۵۰۰۰۰ شمال ساغند (به روش حدآستانه‌ای)



شکل ۵: نقشه ژئوشیمیایی آنومالی Bi در برگه ۱:۵۰۰۰۰ شمال ساغند (به روش حدآستانه‌ای)



شکل ۶: نقشه فاکتوری ۱ در منطقه شمال ساغند، در این نقشه نواحی مستعد برای عناصر متأثر از فاکتور اول به رنگ قرمز مشخ است

۴- نتیجه گیری

بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی و محاسبات آماری در منطقه تحت بررسی مشخص شد که حد زمینه محلی عناصر سرب، تیتانیوم، کبالت، نیکل، باریم و طلا نسبت به میانگین پوسته‌ای غنی شدگی نشان می‌دهد حال آنکه از نظر عناصر جیوه و بیسموت عکس این مسئله صادق می‌باشد. همچنین با اعمال آنالیز خوشه‌ای بر داده‌های نرمال متوجه شدیم که عناصر مورد بررسی در دو گروه اصلی قرار می‌گیرند که گروه اول شامل عناصر مس، مولیبدن، کروم، نیکل، وانادیوم، کبالت، آنتیموان، آرسنیک و منگنز می‌باشد و عناصر سرب، روی، طلا، تیتانیوم، قلع، نقره و تنگستن در گروه دوم قرار می‌گیرند، نکته قابل توجه اینکه بیشترین ضریب انطباق و همبستگی بین متغیرهای مس، نیکل، کبالت، کروم، منگنز، وانادیوم و آنتیموان برقرار است. همچنین بر اساس دندروگرام ترسیم شده مشخص شد که احتمالاً منطقه تحت بررسی دارای یک پی بازیگ بوده که در مراحل بعدی تحت تاثیر محلول‌های هیدروترمال و توده‌های نفوذی اسیدی و نیمه اسیدی واقع شده است. بر اساس تجزیه فاکتوری مشخص شد که متغیرهای ژئوشیمیایی مورد مطالعه، تحت تاثیر ۴ فاکتور می‌باشند که در این بین، تاثیر فاکتور اول از بقیه بیشتر بوده و عناصر Cu, Cr, Ni, Co, Sb, V, Mn تحت تاثیر آن هستند. بر اساس روش حد آستانه‌ای به اضافه مقادیری از انحراف معیار برای عناصر تنگستن و بیسموت آنومالی قطعی و برای عناصر سرب، نقره و تیتانیوم آنومالی احتمالی بدست آمد سپس به کمک روش حاصل ضرب P.N. وجود آنومالی برای عناصر مذکور مورد تایید قرار گرفت و در نهایت نواحی آنومالی منطقه در نقشه‌های تک عنصری و هاله‌های مرکب، جهت بررسی‌های دقیق‌تر معرفی گردیدند.

منابع

۱. باباخانی، ع. و مجیدی، ج.، ۱۳۷۴. شرح نقشه زمین شناسی برگه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ ساغند.
۲. حسنی پاک، ع. و شرف الدین، م.، ۱۳۸۰. تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران، صفحات ۳۷۵-۹۰، ۳۹۹ - ۴۰۴، ۴۱۴-۵۳۸، ۵۳۹

۳. حسنی‌پاک، ع.، ۱۳۶۲. اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، مرکز نشر دانشگاهی، صفحات ۱۳-۲۰، ۱۴۷، ۲۵۰-۳۶۴.
۴. حسنی‌پاک، ع.، ۱۳۷۱. نمونه‌برداری معدنی، انتشارات دانشگاه تهران.
۵. حسنی‌پاک، ع.، ۱۳۷۷. زمین‌آمار، انتشارات دانشگاه تهران، صفحات ۴-۷، ۲۴-۴۳.
۶. فرمهینی‌فراهانی، م.، اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک بر گره ۵۰۰۰۰:۱ شمال ساغند، ۱۳۸۱. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران شمال، صفحه ۲۴-۲۰۴.
۷. مدنی، ح.، ۱۳۷۳. مبانی زمین‌آمار، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صفحات ۶-۱۷، ۲۸.
۸. مُر، ف. و شرفی، ع.، ۱۳۷۶. اصول ژئوشیمی، مرکز نشر دانشگاه شیراز، صفحات ۲۱۱-۲۲۱، ۲۲۷-۲۷۸.
۹. یزدی، م.، ۱۳۸۱. روش‌های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی صفحات ۳-۲۸، ۳۴-۴۲.
10. Barnes, H.L., 1979. *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, second ed., 798p.
11. Govett, 1985. *exploration geochemistry, Statistical data analysis in geochemical prospecting, V.2*, Elsevier sci, Pub. Co.
12. Rose, A.M. and Burt, D.M., 1979. *Hydrothermal Alteration*, p. 173-235.
13. Cheng, Q.; Agterberg, F.P. and Cartar, G.F., 1996. A spatial analysis method for geochemical anomaly separation, *Journal of geochemical exploration*, p. 175-194.
14. Sillitoe, R.H., 2003. Linkages between volcano tectonic setting, ore-fluid compositions, and epithermal precious-metal deposits, p.315-343.