فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال نهم، شماره ۳۰، بهار ۱۳۹٤

تجزیه و تحلیل ژئوشیمیائی رسوبات آبراهه‌ای به‌منظور بررسی میزان غنی‌شدگی و توزیع عناصر سمی و بالقوه سمی در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ پاریز

مهدی طاهری[۱] و رضا منصف[۲]

۱-دانشجوی کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان.
۲- استادیار گروه زمین‌شناسی، واحد استهبان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان
تاریخ پذیرش : ۹۲/۳/۷ تاریخ تصویب: ۹٤/۱/۲۸

چکیده

تعیین منشاهای احتمالی برخی عناصر بالقوه سمناک و نحوه پراکندگی آن‌ها در رسوبات سطحی منطقه پاریز با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره و شاخص زمین‌انباشت از اهداف اصلی این پژوهش به‌شمار می‌روند. در این مطالعه ۲۱۸ نمونه از رسوبات منطقه پاریز در استان کرمان به منظور بررسی ۸ عنصر بالقوه سمی مس، مولیبدن، کبالت، نیکل، آرسنیک، کروم، سرب و روی برداشت و در آزمایشگاه سازمان زمین-شناسی و اکتشافات معدنی کشور با دستگاه ICP-MS تجزیه گردید. نتایج تجزیه‌ها با به‌کارگیری ضریب همبستگی اسپیرمن، تحلیل مولفه‌های اصلی، ضریب غنی‌شدگی و نقشه‌های پهنه‌بندی خطر عناصر با استفاده از شاخص زمین‌انباشت در منطقه مطالعاتی تفسیر شدند. دو الگوی اصلی برای شدت آلودگی و منشا احتمالی عناصر تعیین شدند. الگوی اول شامل عناصر روی، کروم، نیکل و کبالت است که آلودگی خاصی را نشان نمی‌دهند و از آمیزه‌های رنگین و رسوبات آتشفشانی منشا گرفته‌اند. عناصر مس، مولیبدن، آرسنیک و سرب در گروه دوم قرار می‌گیرند و آلودگی بالایی در منطقه ایجاد کرده‌اند. منشا این عناصر احتمالا واحدهای سنگ‌شناختی گرانودیوریتی، داسیتی و شیل‌های موجود در منطقه است. با توجه به آلودگی شدید این عناصر اطراف نواحی معدن‌کاری مس سرچشمه می‌توان گفت که گسترش آن‌ها وابسته به فعالیت‌های بشر بوده‌است.

واژگان کلیدی: عناصر بالقوه سمناک، رسوبات، تحلیل مولفه‌های اصلی، شاخص زمین‌انباشت، معدن‌کاری.

مقدمه

اصطلاح "فلزات سنگین" برای مدت زمان طولانی به گروهی از فلزات و نافلزات با جرم اتمی بیش از ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، به‌ویژه فلزات واسطه همچون سرب، کادمیم و جیوه اطلاق می‌شد که دارای پتانسیل سمناکی برای موجودات زنده باشند (Kemp, 1998) با این حال نام‌های دیگری برای این گروه پیشنهاد شده‌اند که عبارتند از: فلزات سمناک، فلزات کمیاب و عناصر بالقوه سمناک، با توجه به اینکه برخی عناصر این گروه نافلز هستند بنابراین شایسته است به آن‌ها عناصر بالقوه سمناک گفته‌شود (Duffus, 2002). غلظت کل عناصر بالقوه سمناک در رسوبات برابر است با مجموع غلظت آزادشده ازکانی‌های موجود در واحدهای سنگی (منشا زمین‌زاد) و ورودی حاصل از فعالیت‌های بشر (منشا انسان‌زاد). در مقیاس جهانی منشا زمین‌زاد عامل اصلی تعیین‌کننده غلظت کل عناصر بالقوه سمناک در رسوبات است. عناصر بالقوه سمناک طی تفریق ماگما در ساختمان بلورین کانی‌های اولیه به‌صورت عنصر اصلی یا جایگزین وارد، و طی فرآیندهای هوازدگی به محیط زیست آزاد می‌شوند (Alloway, 2013). فعالیت‌هایی همچون معدن‌کاری، کشاورزی، ذوب فلز و تولید انرژی با تسریع

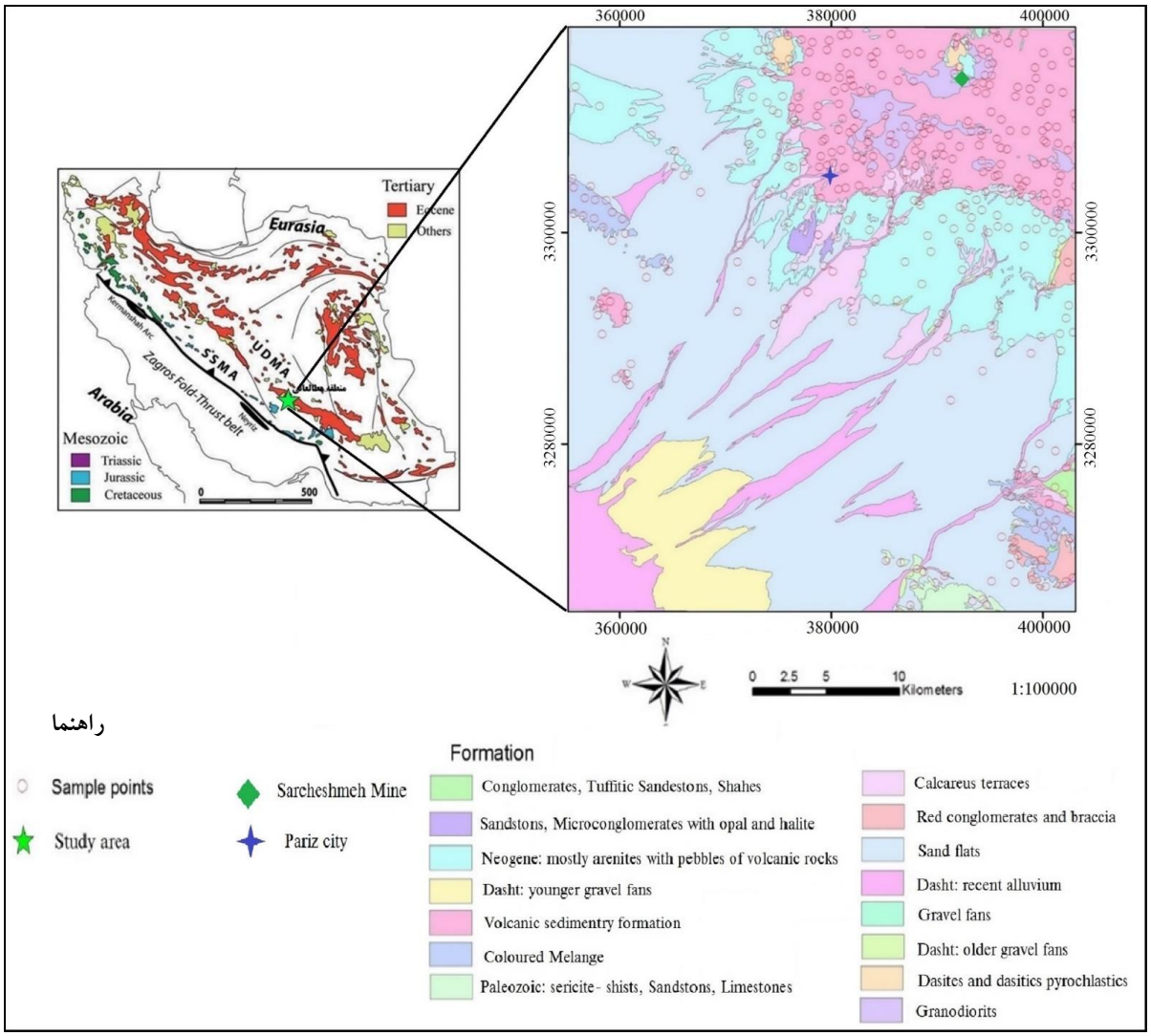
آهنگ هوازدگی به رهاسازی عناصر در طبیعت منتهی می‌شوند. یکی از راه‌های تفکیک منشا انسان‌زاد و زمین‌زاد عناصر در محیط زیست استفاده از آزمون‌هـای آماری همچـون ضریب همبـستگی و تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) است. این روش‌ها عناصر دارای رفتار ژئوشیمیایی و روند تغییرات مشابه را تعیین می‌کنند. تاکنون در مطالعات متعددی از آمار چند متغیره به منظور بررسی منابع ورود عناصر سنگین در رسوبات، خاک های مناطق شهری، صنعتی و کشاورزی استفاده شده است. به عنوان مثال لی و همکاران (Li et al. 2014) به بررسی توزیع و منشاهای احتمالی عناصر بالقوه سمناک سرب، روی، کروم و نیکل در رسوبات آبرفتی شمال‌غرب چین پرداختند. غلظت این عناصر بیش از مقدار زمینه محلی بوده و به سمت نواحی صنعتی افزایش نشان داده-است. آزمون‌های آماری چند متغیره و ضریب همبستگی، منشا انسان‌زاد این عناصر را تایید کرده‌است. شافی و همکاران (Shafie et al. 2014) با برداشت نمونه‌های رسوب سطحی از ۲۲ ایستگاه نمونه‌برداری در رودخانه لانگات مالزی، غلظت کل ٤ فلز سنگین سرب، مس، روی و کادمیم را در آن‌ها اندازه‌گیری کردند. این پژوهشگران با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی و آنالیز خوشه‌ای، منشا انسان‌زاد و زمین‌زاد را برای این عناصر تشخیص دادند. اسماعیلی و همکاران با اندازه‌گیری غلظت ۷ عنصر بالقوه سمناک در ۱۰۵ نمونه خاک کشاورزی اصفهان به بررسی منشا آن‌ها پرداختند. این محققان با اجرای آزمون ضریب همبستگی، تحلیل عاملی و ضریب غنی‌شدگی منشا نیکل، کبالت، کروم، آهن و آلومینیم را زمین‌زاد؛ و منشا سرب، روی و کادمیم را انسان‌زاد معرفی کردند. تقی پور و همکاران در سال ۱۳۸۹ با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، تجزیه مولفه‌های اصلی و همچنین زمین آمار به بررسی منبع کنترل کننده عناصر سنگین در خاک سطحی بخشی از استان همدان پرداختند. آن‌ها نشان دادند که غلظت کروم، کبالت و نیکل در ارتباط با مواد مادری بوده که شامل سنگ‌های شیل در منطقه مورد مطالعه است غلظت مس بطور مشترک به وسیله فعالیت‌های انسانی و مواد مادری کنترل می‌شود و غلظت سرب و روی به وسیله فعالیت‌های انسانی تغییر می‌کند.

شهرستان پاریز در ایالت فلززایی ارومیه–دختر و در نزدیکی معادن مس سرچشمه و طلای دره‌زار قرار دارد. این معادن با آشفتگی‌های شدید زیست‌محیطی پتانسیل آلودگی بالایی از نظر عناصر بالقوه سمناک برای منطقه درپی داشته‌اند. از این‌رو با توجه به اثرات زیان‌بار این عناصر بر سلامت موجودات زنده به‌ویژه انسان، تعیین منشاهای احتمالی و نواحی پرخطر آن‌ها در محدوده مطالعاتی اهمیت ویژه‌ای دارد. اهداف این مطالعه، اندازه‌گیری، منشایابی و پهنه‌بندی خطر ۸ عنصر بالقوه سمناک مس، مولیبدن، نیکل، کروم، کبالت، سرب، آرسنیک و روی با استفاده از آزمون‌های ضریب همبستگی، تحلیل مولفه‌های اصلی و شاخص زمین‌انباشت بوده‌است.

منطقه مطالعاتی

شهر پاریز در مختصات جغرافیایی به طول ″۹٤′۷٤°۵۵ شمالی و عرض ″۳۳′۸۷°۲۹ شرقی و در ۵۵ کیلومتری شمال سیرجان قرار دارد. این شهر در فاصله ۳۲ کیلومتری معدن مس سرچشمه قرار دارد. اقلیم این ناحیه، معتدل نیمه‌خشک در نواحی کوهستانی و گرم‌وخشک در نواحی دشتی است. طبق آمار ایستگاه باران سنجی سعادت آباد، مقدار بارندگی سالانه این منطقه ۱۸۸/۵ میلی‌متر است. محدوده مطالعاتی در کمربند آتشفشانی ارومیه– دختر و در حاشیه جنوبی پهنه ایران مرکزی واقع شده است (شکل۱). مطالعات سنگ‌شناختی و ژئوشیمیائی نشان می‌دهد که کمربند آتشفشانی ارومیه– دختر به‌طور عمده از سنگ‌های کالک آلکالن مرتبط با فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای ایران تشکیل شده‌است (Berberian, 1982). واحدهای سنگ‌شناختی این کمربند شامل توده‌های ضخیم آتشفشانی و آذرآواری است که از سهند تا بزمان گسترش یافته‌اند.

فعالیت‌های ماگمایی این واحدهای سنگی با فاز کوهزایی آلپی- هیمالیایی ارتباط دارند (Ghorbani, 2004). سنگ‌های آذرین نفوذی این ایالت عبارتند از: دیوریت و گرانیت و سنگ‌های آذرین بیرونی ترکیب بازالتی- ریولیتی دارند. کانسارهای بزرگ مس پورفیری، آهن ماگمایی، طلای اپی‌ترمال، منگنز آتشفشان‌زاد، سرب، روی و باریت هیدروترمال در این واحدهای سنگی ایجاد شده‌اند (Ghorbani 2004, 2013). سنگ‌های آتشفشانی در منطقه مطالعاتی شامل توف، بازالت و آندزیت می‌شوند. گرانودیوریت و مونزونیت، توده‌های نفوذی این ناحیه هستند. واحدهای رسوبی واقع در منطقه مطالعاتی شامل ماسه‌سنگ و به مقدار کم سنگ آهک است. رسوبات نئوژن شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ در بخش‌های جنوبی منطقه گسترش یافته و در نهایت، رسوبات کواترنری به‌صورت مخروط افکنه، تراس‌های رودخانه‌ای و رسوبات بستر آبراهه‌ای توسعه پیدا کرده‌اند.



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی و نقشه زمین‌شناسی به همراه نقاط نمونه‌برداری

روش تحقیق

در این پژوهش پس از نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای منطقه مطالعاتی، غلظت ۸ عنصر بالقوه سمناک سرب، روی، مس، مولیبدن، کروم، کبالت، نیکل و آرسنیک در آن‌ها اندازه‌گیری شد. چگالی نمونه برداری در امتداد آبراهه‌های اصلی، یک نمونه برای هر ۵۰ تا ۱۰۰ متر انتخاب شد. از محل‌های نزدیک به انشعاب آبراهه‌های

اصلی به فرعی نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌برداری از رسوبات حتی الامکان از وسط آبراهه‌ها انجام گرفت برای اینکه نمونه‌ها معرف ناحیه آبریز باشند. به‌طور معمول ۵۰ گرم رسوب برای مقاصد تجزیه‌ای کافی است. در مکان‌هایی که رسوبات درشت‌دانه بودند مقدار بیشتری نمونه برداشت شد. برداشت نمونه با دست و یا یک وسیله پلاستیکی مناسب از زیر بخش فوقانی لایه رسوبی انجام گرفت (حسنی پاک، ۱۳۸۷).

در مجموع ۲۱۸ ایستگاه نمونه‌برداری در منطقه انتخاب، و سعی شد تا پراکندگی محل برداشت نمونه با توجه به منابع زمین‌زاد و انسان‌زاد عناصر و محیط‌های مهم ژئوشیمیایی باشد. نمونه‌ها در یک پاکت کاغذی قرار گرفتند و پس از انتقال به آزمایشگاه در کوره خشک شدند.حدود ۵ گرم نمونه رسوب همگن و الک شده توسط الک شماره ۲۳۰ (قطر کمتر از ٦۳ میکرومتر)، به‌منظور تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارسال گردید. در این آزمایشگاه، نمونه‌ها پس از یکنواختی و آسیاب، توسط ترکیبی از اسید نیتریک، اسید فلوریدریک، محلول تیزاب و پرکلریک به طور کامل هضم و به‌وسیله روش جذب اتمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) غلظت عناصر مولیبدن، کبالت، سرب، روی، مس، آرسنیک، نیکل و کروم در آن‌ها تعیین گردید. در تمام مراحل آزمایشات، از محلول‌های آزمایشگاهی خالص استفاده و تمامی ظروف قبل از استفاده توسط اسید و آب مقطر دوبار شسته شدند. آزمون‌های آماری با نرم‌افزار SPSS بر روی داده‌های حاصل از تجزیه رسوبات اجرا شدند. ابتدا نرمال‌بودن داده‌ها بررسی، سپس آزمون ضریب همبستگی پیرسون و تحلیل مولفه‌های اصلی بر روی آن‌ها پیاده شدند.

ضریب غنی‌شدگی (EF) برای تفکیک منشا زمین‌زاد و انسان‌زاد عناصر بالقوه سمناک در محیط‌های طبیعی استفاده می‌شود (Selvaraj et al., 2004).

در این روش با به‌کارگیری عناصر مرجع مانند آلومینیم، آهن، منگنز، تیتانیم، اسکاندیم، لیتیم، سزیم و قلع به بررسی منشا عناصر بالقوه سمناک پرداخته می‌شود. نرمال‌سازی ژئوشیمیایی به‌وسیله عناصر موجب کاهش تاثیر اندازه ذرات و کانی‌شناسی رسوبات بر تغییرپذیری عناصر بالقوه سمناک می‌گردد (Zhang and Shan, 2008). انتخاب زمینه ژئوشیمیایی نیز در تفسیر داده‌ها نقش دارد و به‌طور معمول از شیل میانگین یا پوسته قاره‌ای بالایی به‌عنوان زمینه استفاده می‌شود.

در این مطالعه با استفاده از پوسته قاره‌ای بالایی در جایگاه زمینه ژئوشیمیایی، ضریب غنی‌شدگی محاسبه شد. ضریب غنی‌شدگی از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$EF=\frac{(Cx/Cref)sample}{\left(\frac{Cx}{Cref}\right)upper\ crust}$$

در اینجا (C_x/C_{ref})sample، نسبت غلظت عنصر x به غلظت یک عنصر مرجع در نمونه رسوب؛ و (C_x/C_{ref})upper crust نشان‌دهنده غلظت عنصر x به غلظت عنصر مرجع در پوسته قاره‌ای بالایی است.

بر اساس تغییر غلظت بسیار اندک قلع؛ مقدار پایین این عنصر در تمامی نمونه‌ها؛ تحرک ژئوشیمیایی پایین و با توجه به استفاده از آن به‌عنوان عنصر مرجع در مطالعات پیشین (Johnson et al. 2011).

از آن در جایگاه عنصر مرجع برای محاسبه ضریب غنی‌شدگی استفاده شد. براساس رده‌بندی (Birch, 2008) اگر $EF\leq1$ باشد نمونه رسوب نسبت به عنصر بالقوه سمناک فاقد غنی‌شدگی، $1<EF\leq3$، غنی‌شدگی کم، $3<EF\leq5$، غنی‌شدگی متوسط، $5<EF\leq10$، غنی‌شدگی نسبتا شدید، $10<EF\leq25$، غنی‌شدگی شدید و $25<EF\leq50$، غنی‌شدگی خیلی شدید است. شاخص زمین‌انباشت (I_{geo}) به‌وسیله مولر در سال ۱۹۷۹ معرفی شد (Müller, 1979).در مطالعه عناصر کمیاب در رسوب و خاک به‌کار گرفته شده‌است (Amin et al. 2009& Singh et al. 2005). کیفیت رسوبات منطقه مطالعاتی با استفاده از شاخص زمین‌انباشت محاسبه شد. جدول ۱ دسته‌بندی شدت آلودگی رسوبات به عناصر بالقوه سمناک بر اساس معادله مولر را نشان می‌دهد.

$I_{geo}=(\log_2 C_n/1.5\ B_n)$

C_n= غلظت عنصر در رسوب

B_n= مقدار زمینه ژئوشیمیایی عنصر یا مقدار آن در شیل میانگین

جدول ۱- دسته‌بندی شدت آلودگی رسوبات بر اساس شاخص زمین‌انباشت

I_{geo}	دسته آلودگی	کیفیت رسوب
کمتر از صفر	۰	غیرآلوده
۰-۱	۱	غیرآلوده تا آلودگی متوسط
۱-۲	۲	آلودگی متوسط
۲-۳	۳	آلودگی متوسط تا بالا
۳-٤	٤	آلودگی بالا
٤-٥	٥	آلودگی بالا تا بسیار بالا
٥-٦	بیش از ٥	آلودگی بسیار بالا

بحث و نتایج

مشخصه‌های آماری غلظت کل عناصر مورد بررسی در ۲۱۸ نمونه رسوب در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲ بیشترین میانگین مربوط به عنصر مس و کمترین میانگین مربوط به عنصر مولیبدن است. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنف و شپیرو- ویلک نشان داد که غلظت‌های تمامی عناصر از تابع توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند. از این‌رو از ضریب همبستگی اسپیرمن برای بررسی ارتباط بین متغیرها استفاده شد (جدول ۳). مقادیر بالای ضریب همبستگی بین عناصر نشان دهنده یکسان بودن منبع انتشار آن‌ها است (WHO, 2006). ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین سه عنصر نیکل، کبالت و کروم نشانگر منشا یکسان آن‌ها است. با توجه به رفتار ژئوشیمیایی این عناصر ضمن تبلور ماگما، ممکن است از رسوبات آتشفشانی و آمیزه‌های رنگین با ترکیب هارزبورژیت، دونیت، سرپانتینیت، دیاباز، گدازه‌های بالشی و گابرو منشا گرفته باشند. براساس وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین سرب، مس، آرسنیک و مولیبدن می‌توان گفت که منشا آن‌ها، واحدهای سنگ‌شناختی داسیتی، گرانودیوریتی و شیل‌های موجود در منطقه است. مقدار KMO به‌دست آمده (KMO=0.788) در تحلیل مولفه‌های اصلی نشان می‌دهد که داده‌های موجود برای انجام PCA مناسب هستند زیرا این مقدار بیش از ۰/۷ است. نتایج حاصل از تجزیه مولفه‌های اصلی در جدول ٤ مشاهده می‌شود. دو مولفه اول بعد از چرخش توانسته اند ٦۹ درصد از کل واریانس‌ها را تبیین کنند. مقدار بار عناصر سنگین ارتباط میان آن‌ها و مولفه‌ها را نشان می‌دهد. به ترتیب در مولفه اول:

مس>سرب>مولیبدن>آرسنیک

و در مولفه دوم:

کبالت>نیکل>کروم>روی

قرار گرفته‌اند. این ترتیب قرار گیری از اهمیت خاصی برخوردار است و نشان‌دهنده میزان تأثیرگذاری و کنترل‌کنندگی هر مولفه در هر عنصر است. عناصری که بیشترین بار هر یک از مولفه‌ها را تشکیل داده‌اند، از نظر فضایی در کنار یگدیگر قرار گرفته‌اند و به این طریق این فلزات به احتمال زیاد از لحاظ منابع کنترل‌کننده و رفتار ژئوشیمیایی یکسان هستند. نتیجه این آزمون مشابه با ضریب همبستگی است. مقایسه غلظت یک عنصر در رسوب نسبت به عنصر مرجع در بررسی مقدار غنی‌شدگی یا تهی‌شدگی عنصر در طبیعت به‌کار می‌رود. شکل ۳ مقادیر ضریب غنی‌شدگی برای ۸ عنصر مورد بررسی در منطقه نسبت به غلظت عنصر در پوسته قاره‌ای بالایی را نشان می‌دهد. نقشه‌های پهنه‌بندی آلودگی عناصر با استفاده از شاخص زمین‌انباشت (I_{geo}) برای منطقه مطالعاتی تهیه شدند. (شکل‌های۲ و۳). غلظت عناصر در شیل میانگین به اساس عناصر سرب، مس، آرسنیک و مولیبدن در نزدیکی عنوان مقدار زمینه ژئوشیمیایی برای محاسبه این شاخص استفاده شد. بر این معدن مس سرچشمه که در بخش‌های شمالی نقشه قرار دارد، آلودگی بالایی را نشان می‌دهند. از این‌رو معدن‌کاری مس در منطقه مطالعاتی با آزادسازی این عناصر از گرانودیوریت‌ها و داسیت‌ها و تسریع هوازدگی این‌سنگها

جدول ۲- خلاصه آماری غلظت عناصربرحسب (mg/Kg) در رسوبات منطقه مطالعاتی

عنصر	حداقل	حداکثر	میانگین	واریانس	چولگی	کشیدگی
روی	۲۷	۳۸۱	۹۷/۳۰۲۸	۲۱۳۱/۳۳٦	۲/۷۵۷	۱۲/۳۲۷
سرب	۲	۳۸۹	۳٦/۵	۲۹۷۰/۰۰۲	۳/۹۰۵	۱۸/۱٦٤
کروم	۲۰	۵۷۵	۹۳/٦٦۰٦	٤۵۲۳/۸۵۷	۳/۱۵۰	۱۵/۳۰٤
نیکل	٦	۲٦۱	۵۸/۵۲۲۹	۲۰۷۵/۲۱۸	۲/۱۷٤	۵/۱۸۸
مس	۱۸	۱۲۰۰	۱۱٦/۵٤۵۹	۲۷٤۱۹/۳۱۸	٤/۰۹٤	۱۹/۸۰۲
آرسنیک	۱۵	۱۸۰	۳۳/۱۲۸٤	٤۰۳/٦۳۳	۳/٦۸۲	۱۹/۸۱٤
کبالت	۸	۱۰۵	۲۷/۵۷۳٤	۲۸۷/٤۲۵	۱/۷۳٦	۳/۳۰۲
مولیبدن	۱	۵۲	۳/۰۸۲٦	۲٦/٦٤۸	۵/۹۲۷	٤٤/۳٦۱

موجب بروز آلودگی بالای آن‌ها شده‌است. عناصر کروم، نیکل، کبالت و روی در منطقه آلودگی نشان نمی‌دهند. منشا این عناصر زمین‌زاد است و احتمالا از آمیزه‌های رنگین و رسوبات آتشفشانی آزاد شده‌اند. این نتایج تاییدکننده آزمون‌های آماری ضریب همبستگی و تحلیل مولفه‌های اصلی هستند. غنی‌شدگی بالای عناصر در نمونه‌های نزدیک به معدن مس سرچشمه دیده می‌شود. از این رو معدن‌کاری مس سرچشمه به غنی‌شدگی عناصر آرسنیک، مولیبدن، مس و سرب در منطقه مطالعاتی منجر شده است. همانطور که مشاهده می‌شود عناصر آرسنیک، مولیبدن، مس و سرب غنی‌شدگی بالا و عناصر روی، کروم، کبالت و نیکل غنی‌شدگی پایینی نشان می‌دهند

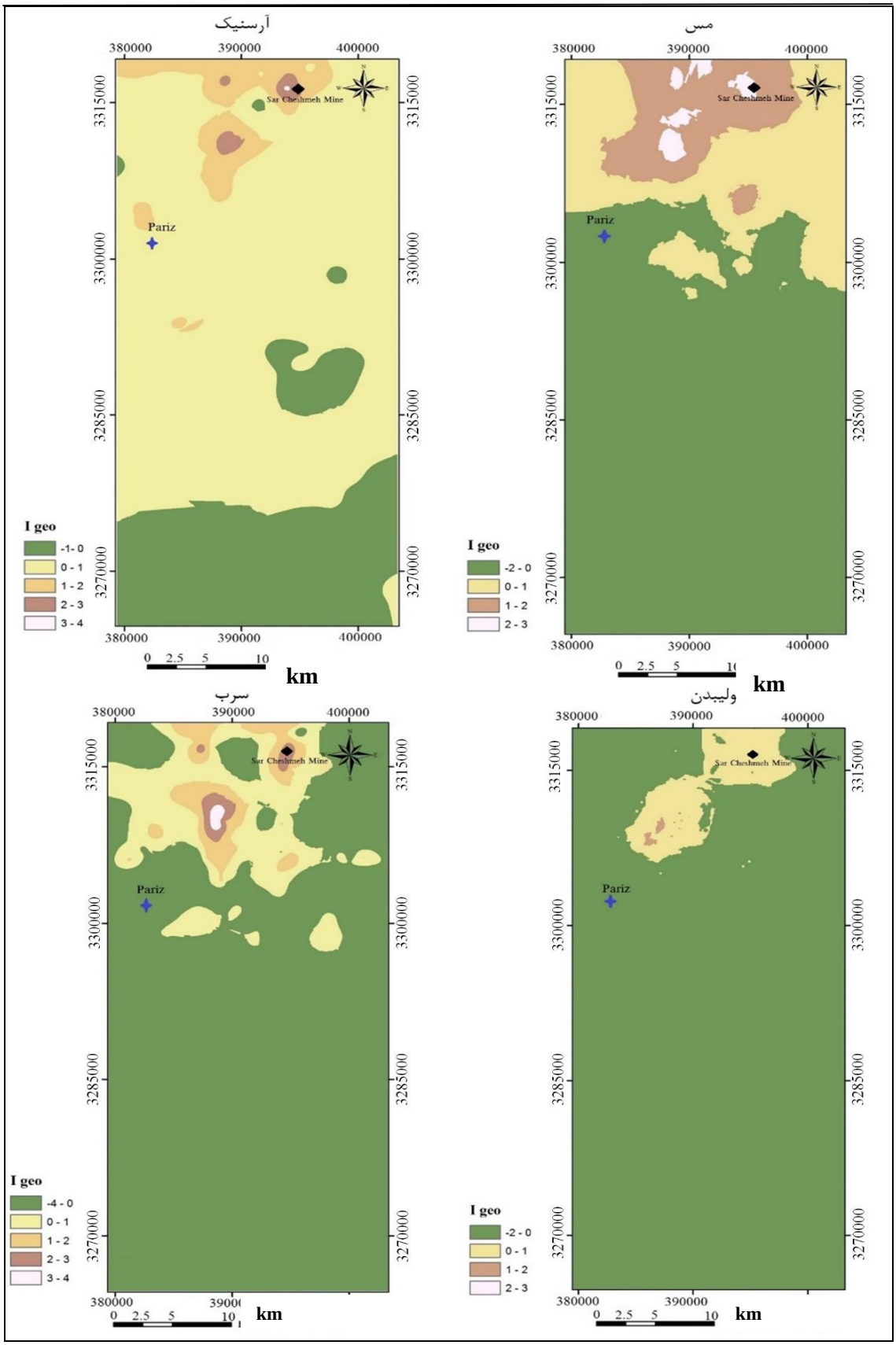
جدول ۳- بار عامل چرخش‌یافته عناصر برای دو مولفه اول

عناصر	مولفه اول	مولفه دوم
روی	۰/٤۰۱	۰/٦۲۸
سرب	۰/۷۸٤	۰/٤٤۰
کروم	-۰/۱٤٦	۰/۷٦۸
نیکل	۰/۳۰۸	۰/۸۳۹
مس	۰/۸٤۷	۰/۲۱۸
آرسنیک	۰/۷۰۲	۰/۲٦۳
کبالت	۰/۳۳۸	۰/۸۵۵
مولیبدن	۰/۷۵۸	- ۰/۰۷۸

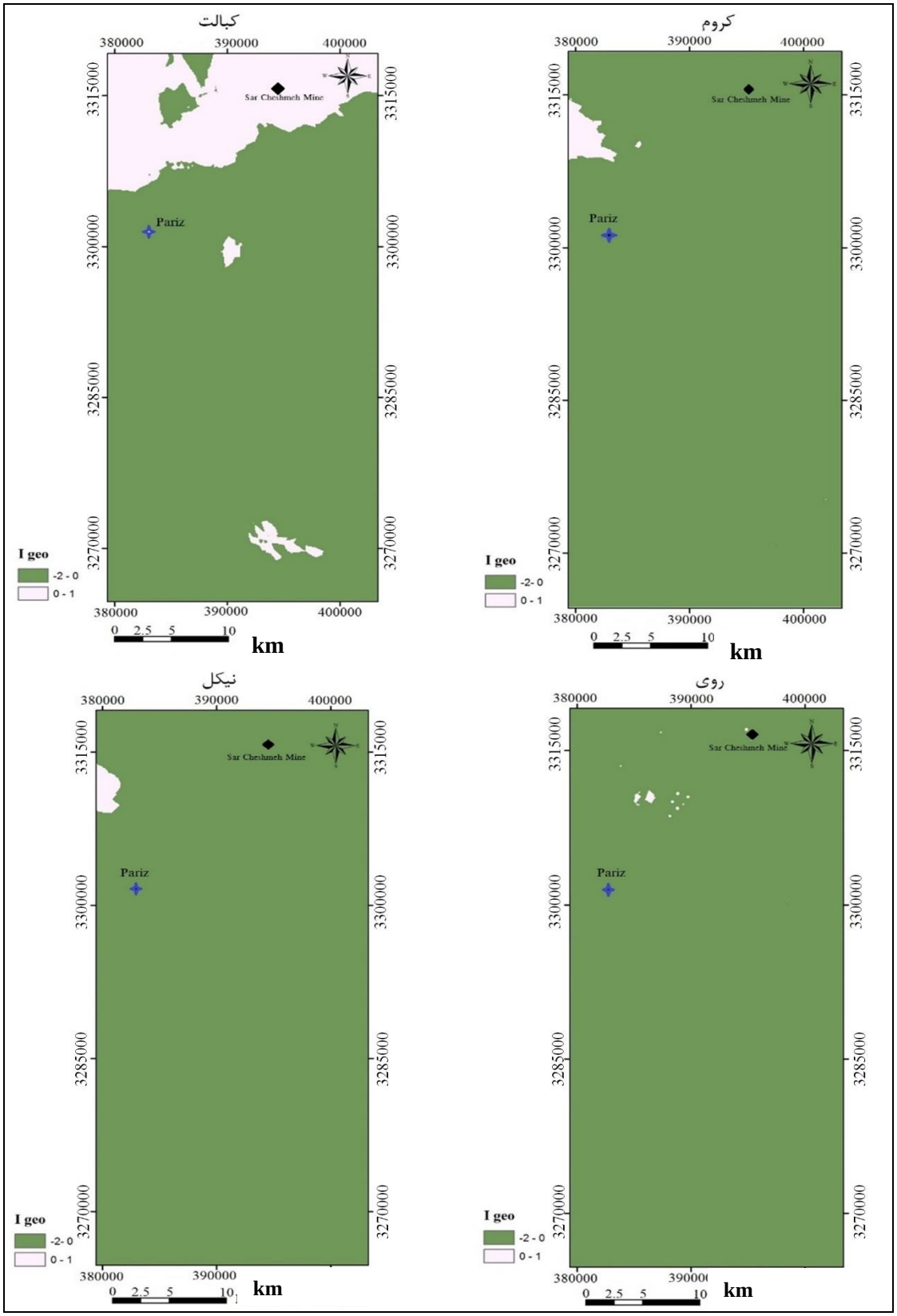
جدول ٤- ضریب همبستگی اسپیرمن بین عناصر مورد بررسی در منطقه

	روی	سرب	کروم	نیکل	مس	آرسنیک	کبالت	مولیبدن
روی	۱							
سرب	۰/۵۱۱**	۱						
کروم	۰/۳۷٤**	۰/۲۰۱**	۱					
نیکل	۰/۵۰۸**	۰/۳۵۳**	۰/۵۳۳**	۱				
مس	۰/٤۷۲**	۰/۷٦٦**	۰/۲۵۳**	۰/۵۷۱**	۱			
آرسنیک	۰/۱۰۷	۰/۵۲۲**	-۰/۰۸۳	۰/۲۰۱**	۰/۵٤٤**	۱		
کبالت	۰/٦۲۵**	۰/۳۵۲**	۰/٦۱۰**	۰/۸٤۱**	۰/۵۲۹**	۰/۰۷۰	۱	
مولیبدن	۰/۲۲۱**	۰/۲۹۷**	۱۲۵	۱۰۲	۰/۳۹۸**	۰/۲۱۳**	۰/۱٤۷**	۱

**- در سطح یک درصد معنی‌دار است.



شکل ٤- نقشه‌های پهنه‌بندی آلودگی عناصر آرسنیک، مس، سرب و مولیبدن بر اساس شاخص زمین‌انباشت



شکل ۵- نقشه‌های پهنه‌بندی آلودگی عناصر کبالت، کروم، نیکل و روی بر اساس شاخص زمین‌انباشت

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آزمون‌های تحلیل مولفه‌های اصلی، ضریب همبستگی و ضریب غنی‌شدگی نشان‌دهنده ۲ الگوی اصلی برای منشا و رفتار ژئوشیمیایی عناصر است. با توجه به قرارگیری عناصر آرسنیک، مس، سرب و مولیبدن در یک گروه می‌توان گفت که منشا آن‌ها از گرانودیوریت، داسیت و شیل‌های موجود در منطقه است. پهنه‌بندی آلودگی با استفاده از شاخص زمین‌انباشت نشان می‌دهد که این عناصر آلودگی بالایی در بخش‌های شمالی منطقه مطالعاتی یعنی در نزدیکی معدن مس سرچشمه ایجاد کرده‌اند. از این‌رو عامل انسان‌زاد در گسترش آلودگی این عناصر در منطقه تاثیر زیادی داشته‌است. عناصر کبالت، کروم، نیکل و روی در الگوی دیگری از نظر آزمون‌های آماری ضریب همبستگی اسپیرمن، تحلیل مولفه‌های اصلی و شدت آلودگی شاخص زمین‌انباشت قرار می‌گیرند. نبود آلودگی این عناصر در منطقه مطالعاتی بیانگر منشا زمین‌زاد آن‌ها است. این عناصر ممکن است از رسوبات آتشفشانی و آمیزه‌های رنگین با ترکیب هارزبورژیت، دونیت، سرپانتینیت، دیاباز، گدازه‌های بالشی و گابرو منشا گرفته باشند. بنابراین فعالیت‌های معدن‌کاری با آشفتگی‌های شدید زیست‌محیطی موجب گسترش آلودگی عناصر آرسنیک، مس، سرب و مولیبدن در رسوبات منطقه مطالعاتی شده‌است.

منابع

- **تقی پور، م.، ایوبی، ش.، و خادمی، ح.، (۱۳۸۹)**، "تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی غلظت کل نیکل و مس در خاک های سطحی اطراف همدان به روش زمین آمار"، مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک. جلد ۱۷.شماره۲. ص۸۷-۶۹.

- **حسنی پاک، ع.، (۱۳۸۷)**، "اصول اکتشافات ژئو شیمیایی"، انتشارات دانشگاه تهران. ۶۱۵ ص.

-Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monie, P., Meyer, B., Wortel, R. (2011), "Zagros orogeny: a subduction-dominated process", Geol. Mag. 148: 5–6. pp. 692–725.

-Alloway, B. G. (2013), "Heavy Metals in Soils", Third Edition, Springer Science+Business Media Dordrecht.

-Amin, B., Ismail, A., Arshad, A., Yap, C. K. Kamarudin, M. S. (2009), "Anthropogenic impacts on heavy metal concentrations in the coastal sediments of Dumai, Indonesia", Environ Monit Assess,148:291–305.

-Berberian, F., Muir. I. D., Pankhurst. R.J., Berberian. M. (1982), "Late Cretaceous and early Miocene Andean type plutonic activity in the northern Makran and centeral Iran", Journal of Geological Society of London, Vol: 139, p: 605-614.

-Birch, G. F., Olmos, M. A. (2008), "Sediment-bound heavy metals as indicators of human influence and biological risk in coastal water bodies", ICES J Mar Sci, 65:1407–13.

-Duffus, J. (2002), "Heavy Metals – A meaningless term", Pure and Applied Chemistry, 74, 793–807.

-Esmaeili, A., Moore, F., Keshavarzi, B., Jaafarzadeh, N., Kermani, M. (2014), "A geochemical survey of heavy metals in agricultural and background soils of the Isfahan industrial zone, Iran", Catena 121: 88–98.

-Ghorbani, M. (2004), "Volcanology basics with a view on Iran volcanoes", Pars (arian zamin) geology research center, 356 p.

-Ghorbani, M. (2013), "The Economic Geology of Iran", Springer Science+Business Media Dordrecht.

-Johnson, C.C., Demetriades, A., Locutura, J., Ottesen, R.T. (2011), "Mapping the chemical environment of urban areas", John Wiley & Sons, Ltd.

-Singh, K. P., Malik, A., Sinha, S., Singh, V. K., Murthy, R. C. (2005), "Estimation of source of heavy metal contamination in sediments of Gomti river (India) using principal component analysis". Water Air Soil Pollut, 166:321–41.

-Turekian, K. K., Wedepohl, K. H. (1961), "Distribution of the elements in some major units of the earth's crust", Geol Soc Am Bull, 72:175–92.

-WHO, (2006), "Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide– Global update 2005 – Summary of risk assessment", World Health Organization, Geneva, Switzerland, 22 pp.

-Zhang, H., Shan, B. (2008), "Historical records of heavy metal accumulation in sediments and the relationship with agricultural intensification in the Yangtze–Huaihe region", China. Sci Total Environ, 399:113–20.

-Kemp, D. D. (1998), "The environment dictionary", London: Routledge.

-Li, P., Qian, H., Howard, K. W. F., Wu, J. (2014), "Heavy metal contamination of Yellow River alluvial sediments, northwest China", Environ Earth Sci, DOI 10.1007/s1266-014-3628-4.

-Müller, G. (1979), "Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins-Veränderungen seit 1971", Umschau, 79:778–83.

-Selvaraj, K., Ram Mohan, V., Szefer, P. (2004), "Evaluation of metal contamination in coastal sediments of the Bay of Bengal, India: geochemical and statistical approaches", Mar Pollut Bull, 49:174–85.

-Shafie, N. A., Aris, A. Z., Haris, H. (2014), "Geoaccumulation and distribution of heavy metals in the urban river sediment", International Journal of Sediment Research 29: 368-377.

Geochemical analysis of stream sediments to study the enrichment and distribution patterns of toxic and potentially toxic elements in 1:100000 Pariz

Mehdi Taheri[1], Reza Monsef[2]
1-Master Student in Department of Geology, Estahban Branch, Islamic Azad University, Estahban, Iran
2- Assistant Professor in Department of Geology, Estahban Branch, Islamic Azad University, Estahban, Iran

Abstract

The main objective of this study is to determine the possible sources and spatial distribution of some PTEs in surficel sediments of Pariz region in Kerman province by means of statistical multivariate analysis, enrichment factor and Geo-accumulation index. In the following survey, 8 PTEs "Cu, Pb, As, Mo, Cr, Co, Zn and Ni" from Pariz region have been analyzed using ICP-MS instrument in Geological Survey of Iran (GSI). The results of the analyses have been studied using Spearman correlation coefficient, Principal Component Analysis (PCA) and PTEs distribution map using Geo-accumulation index. Two main scenarios have been identified for pollution intensity and sources of these PTEs. The first scenario consists of Zn, Cr, Co and Ni elements which does not demonstrate obvious pollution patterns, originated mainly from Coloured Mélange and volcanic sediments. While Cu, Mo, As and Pb are classified in second group and cause high pollution in the region. The possible sources for the PTEs in the second group is probably Granodiorites and Dasites rocks and shales existed in the geological formation of ~~in~~ the study area. The substantial pollution of the second-group elements in the vicinity of Sar Cheshmeh Copper mine and Dareh Zar Gold mine demonstrate the anthropogenic source of these elements distribution.

KeyWords: Potentially Toxic Elements (PTEs), Sediments, Principal Components Analysis (PCA), Geoaccumulation Index, Mining