

بررسی پراکنش آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های سرپانتینیتی منطقه ویرانی، شمال

غرب مشهد

محمد ابراهیم فاضل ولی پور^{۱*}، رحیم دبیری^۲

^{۱*} - استادیار گروه زمین شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

^۲ - دانشیار گروه زمین شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: dr.ef.valipour@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴

چکیده

منطقه ویرانی در شمال غرب مشهد، استان خراسان رضوی قرارداد. وجود سنگ‌های اولترا مافیک در منطقه می‌تواند در آلودگی خاک به فلزات سنگین نقش داشته باشد. در این مقاله میزان و نحوه توزیع فلزات سنگین در رسوبات منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. برای دستیابی به این هدف، نتایج تجزیه شیمیایی ۲۰ نمونه خاک با دستگاه ICP-MS مورد بررسی و تفسیر قرار گرفت. تمام نمونه‌ها خواص فیزیکوشیمیایی (اسیدیته، میزان ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی) تقریباً مشابهی دارند. عامل اصلی توزیع فلزات سنگین در خاک تغییرات کانی شناسی است. کانی‌هایی با شبکه بازتر مانند سرپانتین و تالک در خاک‌های سرپانتینیتی عامل اصلی آزادسازی فلزات سنگین در خاک هستند. شاخص زمین انباشت خاک‌های سرپانتینیتی، آلودگی متوسط برای نقره و بدون آلودگی تا آلودگی متوسط برای کروم، نیکل و کبالت نشان داد. ضریب آلودگی نقره بیش از ۳ و ضریب آلودگی کروم، نیکل، آرسنیک و سرب بیش از ۱ است. نقره، آرسنیک و آنتیموان، غنی‌شدگی زیاد و کروم، نیکل و سرب، غنی‌شدگی متوسط نشان می‌دهند. کبالت با نیکل و کروم همبستگی خوب و مثبت نشان می‌دهد که حاکی از منشا مشترک آن‌ها و مرتبط با واحدهای سنگی اولترامافیک منطقه است. این فلزات در شمال غرب و بخش‌هایی از غرب، دارای آلودگی بالایی می‌باشند.

کلمات کلیدی

"ویرانی"، "مشهد"، "خاک سرپانتینیتی"، "فلزات سنگین"، "آلودگی".

۱- مقدمه

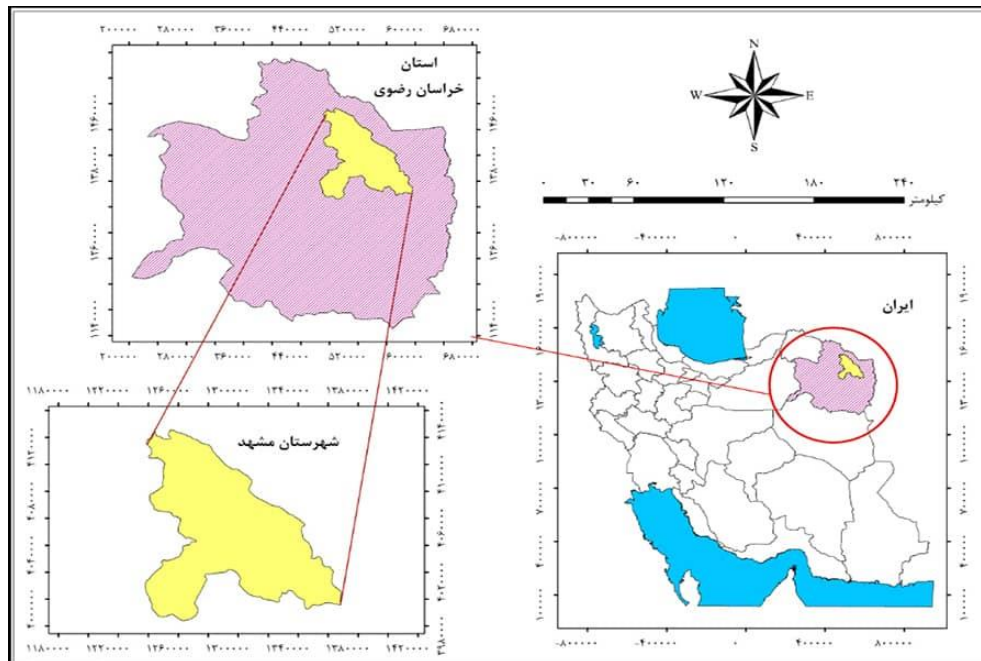
کبالت را دارا می‌باشند (Oze et al, 2004). بنابراین می‌توان افیولیت-ها را به عنوان یکی از مهمترین آلاینده‌های طبیعی نام برد. در ایران به دلیل وجود مناطق افیولیتی متعدد، پتانسیل آلودگی محیط زیستی نیز وجود دارد که خود لزوم توجه به آسیب‌های ناشی از عناصر آلاینده را ضروری می‌نماید. در ارتباط با بررسی تاثیرات ناشی از وقوع هوازدگی بویژه سرپانتینیتی شدن سنگ‌های اولترا مافیک، مطالعاتی در ایران صورت گرفته است. قاسمی دهنوی (۱۳۹۹) به ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های سرپانتینیتی شده هرسین-صحنه کرمانشاه پرداخت و نتیجه گرفت که عناصر کروم، کبالت و نیکل تمرکز زیادی در خاک منطقه دارند و عناصر نیکل و کروم با اختلاف نسبت به دیگر عناصر، آلودگی بالایی را نشان می‌دهند. شمشیری و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی آلودگی خاک‌ها در منطقه افیولیتی رباط سفید پرداختند و مشخص گردید که خاک‌های منطقه به فلزات منگنز و نیکل آلوده است. فاضل ولی پور و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی ژئوشیمیایی و زیست محیطی فلزات سنگین در منطقه رباط سفید پرداخت و بدین نتیجه رسید که غلظت فلزات سنگین کبالت، کروم، نیکل و منگنز به دلیل وجود خاک‌های سرپانتینیتی مشتق شده از سنگ‌های اولترامافیک در این منطقه بالاست. افیولیت‌های موجود در مناطقی از قبیل نیریز، بافت (Whitechurch et al, 2013)، ریفیعی و همکاران، (۱۳۹۳) وجود دارند که نقش مهمی در آلودگی و تجمع عناصر در خاک‌های این مناطق دارند (Agard et al, 2011). با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در یکی از زون‌های افیولیتی ایران قرار دارد و از ویژگی‌های بارز این مناطق وجود سنگ‌های اولترامافیک و خاک‌های سرپانتینیتی شده با غلظت بالایی فلزات سنگین می‌باشد که در آلودگی خاک‌های زراعی ناشی از آنها نقش مهمی دارند، هدف از انجام این

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌هایی هستند که به دلیل سمیت و پایداری در محیط زیست و نگرانی از نظر سلامت عمومی حائز اهمیت هستند (بابایی و همکاران، ۱۳۹۷). این فلزات به دلیل تهدیداتی که می‌تواند متوجه سلامت انسان کند بسیار مهم هستند. آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین به علت سمیت و تجزیه ناپذیری یک مشکل جدی تلقی می‌شود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵) و به دلیل خاصیت تجمع پذیری و سرطان زایی می‌توانند مشکلات متعدد بهداشتی و زیست محیطی ایجاد کنند (Hadia et al, 2018). فلزات سنگین از قبیل سرب، روی، کروم، کادمیوم و شبه فلز آرسنیک به دلیل دارا بودن خاصیت سمی و تجمع زیستی از مهمترین آلاینده‌ها محسوب می‌شوند و از نظر سمیت و پایداری، به خطرناک‌ترین گروه‌ها تعلق دارند و با توجه به ماندگاری بالا و تجمع در بافت جانداران از اهمیت اکولوژیکی و بیولوژیکی زیادی برخوردارند (Li et al, 2019). افزایش غلظت این عناصر اثرات منفی زیادی بر سلامت انسان دارد و بیشتر از طریق هضم، تنفس و جذب پوستی صورت می‌گیرد (Rehman et al, 2018). جنس سنگ بستر خاک در ایجاد آلودگی‌های محیط زیست (زمین زاد) نقش اساسی دارد. در واقع تمرکز فلزات در خاک بسته به نوع سنگ مادر، کانی‌سازی و شرایط تشکیل خاک در مناطق مختلف متفاوت است (Coleman, 1997). وجود بخش‌های اولترامافیک در توالی‌های افیولیتی، تشکیل سرپانتین، خاک‌های سرپانتینیتی و رسوبات کواترنر در مناطقی که این نوع سنگ‌ها رخنمون دارند را به دنبال دارد. خاک‌های حاصل از هوازدگی سنگ‌های اولترامافیک و عمدتاً سرپانتین‌های حاصل از این سنگ‌ها در مقایسه با خاک‌های غیرسرپانتینیتی دارای تمرکز بیشتری از عناصر کروم، نیکل و

گستره مورد بررسی در شمال خاوری ایران و ۱۵ کیلومتری شمال غرب مشهد و در حد فاصل عرض‌های جغرافیایی ۲۲° ۳۶' تا ۲۴° ۳۶' شمالی و طول‌های جغرافیایی ۲۲° ۵۹' تا ۲۵° ۵۹' شرقی در استان خراسان رضوی واقع شده است (شکل ۱).

پژوهش بررسی وضعیت آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های سرپانتینیته شده منطقه ویرانی می‌باشد.

۲- روش انجام تحقیق محدوده مورد مطالعه



شکل ۱- موقعیت شهر مشهد واقع در استان خراسان رضوی.

فاکتورهای ژئوشیمیایی مهم برای توصیف غلظت عناصر در هر منطقه به شمار می‌آید (Muller, 1969). می‌توان آن را از رابطه

$$Igeo = \log_2 \left[\frac{Cn}{1.5Bn} \right] \quad (1)$$

محاسبه نمود، که در این رابطه Cn غلظت عنصر مورد مطالعه در نمونه خاک، Bn غلظت عنصر مورد مطالعه در مقدار زمینه (متوسط شیل جهانی) و ضریب ۱.۵ برای حذف تاثیر سنگ‌شناسی است. ضریب آلودگی را می‌توان به منظور بیان وضعیت آلودگی محیط نسبت به یک عنصر خاص استفاده نمود (Abraham and Parker, 2008). محاسبه ضریب آلودگی برای نمونه‌های مورد مطالعه از روش Hakanson (۱۹۸۰) و بر پایه رابطه $Cf = (C0.Cn)$ صورت گرفت. در این رابطه Cf ضریب آلودگی، C0 غلظت عنصر در نمونه مورد بررسی و Cn غلظت عنصر در شیل میانگین به عنوان مرجع می‌باشد. یکی از رایج‌ترین رویکردها برای ارزیابی میزان آلودگی خاک به فلزات سنگین، محاسبه ضریب غنی‌شدگی فلزات سنگین در منطقه است. این ضریب برای بیان میزان تاثیر عوامل خارجی بر خاک است. در این روش میزان فلزات سنگین مورد مطالعه به فلز منبایی نظیر آهن، آلومینیوم، اسکاندیم، تیتان و منگنز نرمالیزه می‌شود (Binggan and Linsheng, 2010). علت انتخاب این فلزات به عنوان مبنای این است که تصور می‌شود میزان غلظت این فلزات در خاک مستقل از غلظت فلزات دیگر بوده و تاثیری از آنها نمی‌پذیرد (Salomons et al, 1984). ضریب غنی‌شدگی از رابطه زیر بدست می‌آید (Loska et al, 1995).

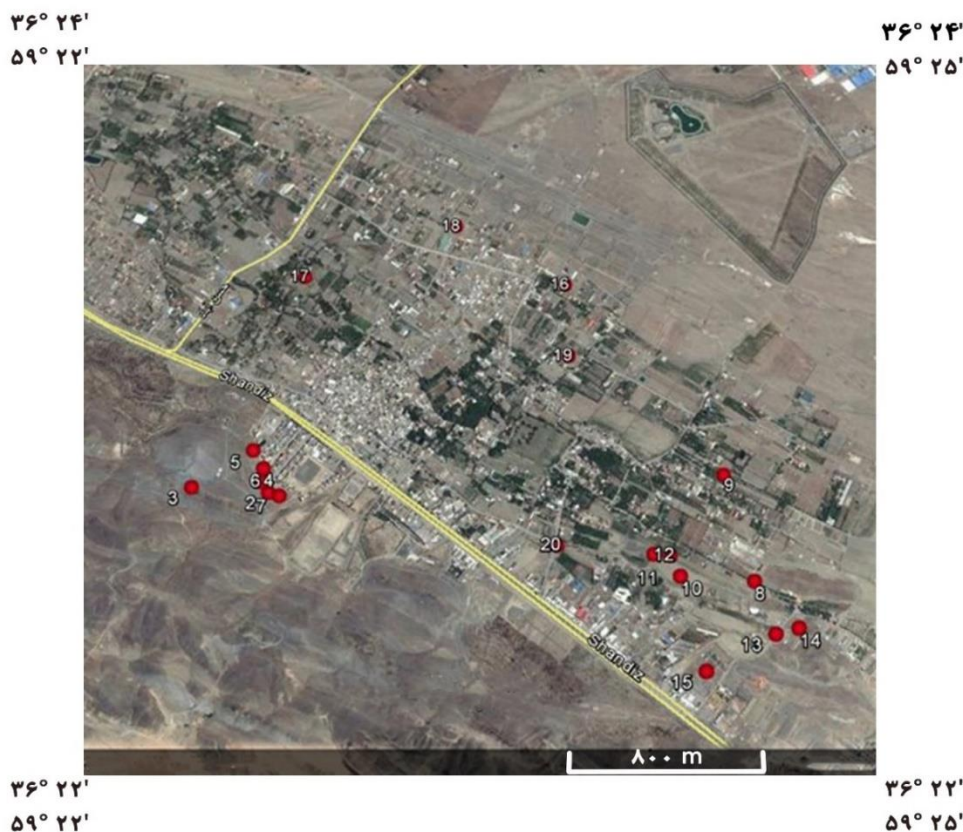
مواد و روش‌ها

در مرحله مطالعات صحرایی ضمن بازدید از منطقه و ثبت مشاهدات، به منظور تعیین آلودگی فلزات سنگین و بررسی خواص شیمیایی، ۲۰ نمونه خاک از عمق ۱۰ تا ۳۰ سانتیمتری و از هر نمونه حدود ۴ کیلوگرم برداشت گردید (شکل ۲). نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی تمیز جمع‌آوری شد. در هر نمونه خاک پارامترهای PH، میزان کربن (TOC) و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) برای شناخت بهتر ترکیب خاک و تفسیر ژئوشیمیایی مورد استفاده قرار گرفتند. PH نمونه‌های خاک با استفاده از آب و MKCL ۱٪ نسبت ۱ به ۵،۲ محلول خاک اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری PH نمونه‌ها با PH متر مدل UB-5 انجام شد. TOC با روش Walkley-Black انجام شد که خاک را با اسید سولفوریک غلیظ و بی‌کرومات مجاور کرده و پس از اتمام واکنش، بی‌کرومات باقی‌مانده با فروآمنیوم سولفات عیارسنجی شد (Walkley and Black, 1934). برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری استفاده گردید. فلزات سنگین با دستگاه ICP-MS در شرکت زر آزما تعیین گردید. جهت آماده‌سازی نمونه‌ها ابتدا ۱ گرم از پودر نمونه در حد سیلت در اسید نیتریک همراه با اسید فلوریدریک حل شد. محلول در ظرف تفلون به میزان ۶۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد تا به طور کامل تبخیر شود و نمونه خشک گردد. سپس نمونه در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول HNO_3 ۴ درصد حل گردید. برای تعیین و تفسیر میزان آلودگی نمونه‌های خاک مورد مطالعه، با توجه به غلظت عناصر، از فاکتور غنی‌شدگی، شاخص زمین‌انباشت و فاکتور آلودگی استفاده شده است. فاکتور زمین‌انباشت از

متغیرها و میزان وابستگی بین آنها ضریب همبستگی پیرسون محاسبه و مورد استفاده قرار گرفت. آماره‌های توصیفی غلظت فلزات سنگین خاک منطقه مورد مطالعه به صورت حداقل، حداکثر، میانگین، میانه و انحراف استاندارد نیز به کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزارهای Excel, Spss و GIS انجام شد.

$$EF = \frac{\frac{CX1}{Cref1}}{\frac{CX2}{Cref2}} \quad (2)$$

در این رابطه EF ضریب غنی شدگی، CX1 غلظت عنصر بررسی شده، Cref1 غلظت عنصر مبنا، CX2 غلظت عنصر در محیط مبنا (پوسته زمین)، Cref2 غلظت عنصر مبنا در پوسته زمین است. در این مطالعه تیتان به عنوان عنصر مبنا انتخاب شد، زیرا غلظت این عنصر تغییرات اندکی در نمونه‌های خاک دارد. همچنین برای تعیین نوع رابطه میان



شکل ۲- موقعیت منطقه ویرانی و نقاط برداشت نمونه‌های خاک در Google Earth

(Pb)، نقره (Ag)، آنتیموان (Sb)، کادمیوم (Cd)، روی (Zn)، مس (Cu)، تیتان (Ti) و مولیبدن (Mo) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در جدول (۲) آماره‌های توصیفی غلظت فلزات سنگین خاک منطقه مورد مطالعه به صورت حداقل، حداکثر، میانگین، میانه و انحراف معیار حاصل از ۲۰ نمونه خاک برداشت شده از منطقه ارائه شده است. در مقایسه انجام شده بین میانگین غلظت‌های بدست آمده از عناصر در جدول (۲) می‌توان مشاهده نمود که روند تغییرات فلزات سنگین در خاک‌های سرپانتینی منطقه ویرانی مشهود بصورت $Al > Fe > Ti > Mn > Cr > Ni > Zn > Cu > Pb > Co > As > Sb > Mo > Ag > Cd$ می‌باشد. روند این تغییرات را می‌توان تا حدود زیادی به واحدهای سنگی منطقه مرتبط دانست. وجود کانی‌هایی مانند سرپانتین و کلریت حاصل دگرسانی کانی‌های البوین و پیروکسن سنگ‌های اولترامافیک منطقه و نیز هوازگی شیبست‌های دگرگونی منطقه می‌تواند در تمرکز Fe و Al نقش داشته باشند. وجود Ti را می‌توان احتمالاً به اکسیدهای آهن دار مانند ایلمنت نسبت داد. خاک‌های سرپانتینی که حاوی نیکل، کروم و کبالت هستند، می‌توانند در ساختار کانی‌های سیلیکاتی مانند سرپانتین،

۳- نتایج

نتایج اندازه‌گیری خواص فیزیکوشیمیایی خاک منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است. مقادیر PH تمام نمونه‌ها خنثی تا نسبتاً قلیایی (۷/۸۵-۷/۷۱) است. محتوای مواد آلی (۰/۸۴۲-۱/۰۹۷) درصد و ظرفیت تبادل کاتیونی (۱۲/۳۲-۱۳/۸۸ meq/100gr) می‌باشد. با توجه به درصد رس، سیلت و ماسه بافت خاک از نوع لومی می‌باشد. اسیدیته و میزان PH نقشی به سزا در انحلال پذیری و میزان دسترسی فلزات سنگین در خاک ایفا می‌کنند. (Echevarria et al, 2006). در منطقه مورد مطالعه خاک‌های سطحی دارای PH نسبتاً یکنواخت بوده و تغییرات محسوسی در میزان اسیدیته آنها دیده نمی‌شود. میزان مواد آلی و CEC نیز در تمام نمونه‌های خاک تقریباً مشابه‌اند. بنابراین می‌توان گفت که خاک‌های مورد بررسی در شرایط فیزیکوشیمیایی مشابه تشکیل شده‌اند و این عوامل تاثیر چشمگیری در تنوع ترکیبی و توزیع فلزات سنگین نداشته‌اند. با توجه به غلظت عناصر در خاک منطقه عناصر کروم (Cr)، کبالت (Co)، نیکل (Ni)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، آلومینیم (Al)، آرسنیک (As)، سرب

تالک و کلریت و کانی‌های اکسیدی مانند کرومیت، مگنتیت و انواع هیدروکسیدها (به نسبت کمتر) جای بگیرند. مقاومت این کانی‌ها در مقابل انحلال و آزادسازی فلزات سنگین متفاوت است، طوریکه کانی‌های سیلیکاتی سرپانتین، تالک و کلریت با شبکه بازتر در آزادسازی فلزات سنگین بهتر عمل می‌کنند ولی مقاومت کانی‌های اکسیدی در مقابل انحلال و آزادسازی فلزات بیشتر است. در بین کانی‌های اکسیدی نیز معمولاً گروه آبدار سریعتر فلزات سنگین را آزاد می‌کنند. تمرکز منگنز در خاک منطقه را می‌توان بیشتر به کودهای حیوانی که در عمق خاک قرار می‌گیرند و نیز تولیدات متابولیسمی میکروارگانیسم‌ها بخصوص میکروارگانیسم‌های غیرهوازی نسبت داد که در فعال شدن منگنز در خاک نقش دارند. مقادیر زیاد انحراف استاندارد نشان دهنده گستره تغییرات وسیع غلظت‌های فلزات سنگین در خاک منطقه است که این موضوع برای فلزات آهن، منگنز، نیکل، آلومینیم و کروم نشان داده شد. نتایج شاخص زمین انباشت برای نمونه‌های خاک منطقه در جدول (۳) ارائه شده است. نتایج نشان داد که نقره با شدت آلودگی متوسط در رده ۲ ($1 < I_{geo} < 2$)، کروم، نیکل و کبالت با شدت آلودگی متوسط تا بدون آلودگی در رده ۱ ($0 < I_{geo} < 1$) و مابقی عناصر در محدوده بدون آلودگی در رده صفر ($I_{geo} < 0$) قرار می‌گیرند. واحدهای اولترا مافیک و سرپانتینیت که به لحاظ سنگ شناسی می‌توانند منشا این فلزات باشند، بیشتر در بخش‌های شمال غرب و غرب منطقه گسترش دارند، لذا در این قسمت‌ها آلودگی بیشتری نشان می‌دهند ولی در بخش‌های دیگر منطقه به دلیل گسترش کم یا نبود این واحدهای سنگی، دارای آلودگی کم یا

فاقد آلودگی هستند. از طرفی آزاد نشدن این فلزات در خاک و ماندن آنها در سنگ‌های اولترا مافیک می‌تواند دلیلی بر کاهش آلودگی خاک از این فلزات حتی در قسمت‌های شمال غرب منطقه باشد. در جدول (۴) ضریب آلودگی در منطقه مورد مطالعه برای عناصر مورد بررسی ارائه شده است. نقره دارای آلودگی قابل توجه ($3 < Cf < 6$)، عناصر کروم، نیکل، آرسنیک، سرب و منگنز دارای آلودگی متوسط ($1 < Cf < 3$) و سایر عناصر دارای آلودگی کم ($Cf < 1$) می‌باشند. براساس ضریب غنی شدگی ارائه شده توسط Sutherland (۲۰۰۵)، پنج سطح آلودگی قابل تفکیک است و طبق نظر Hernandez et al (۲۰۰۳)، مقدارعامل غنی شدگی بین ۵۰ تا ۲ به عنوان اثر زمین زاد و مقادیر بیش از ۲ به عنوان اثر انسان زاد تلقی می‌گردد. نتایج حاصل از محاسبه ضریب غنی شدگی و میانگین آن برای عناصر مورد بررسی خاک‌های سرپانتینیتی منطقه در جدول (۵) نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده عناصر نقره، آرسنیک، آنتیموان دارای غنی شدگی قابل توجه، عناصر کروم، نیکل و سرب دارای غنی شدگی متوسط و سایر عناصر غنی شدگی بسیار ضعیف دارند. با توجه به اینکه هوازدگی سنگ‌های اولترامافیک تاثیر مهمی در ترکیب فلزات سنگین خاک‌های منطقه دارد (Mazhari, 2013, Mazhari and Sharifian Atar, 2015) و گسترش این سنگ‌ها در بخش شمال غرب و نقاطی از غرب بیشتر است و میزان آلودگی در این بخش‌ها بیشتر از نقاط دیگر است. محدوده کوچکی در بخش جنوبی منطقه از این فلزات غنی است.

جدول ۱- نتایج ارزیابی خواص فیزیکی شیمیایی خاک سرپانتینیتی منطقه ویرانی (شمال غرب مشهد)

sampel	PH	% TOC	% Clay	% Silt	% Sand	Meq/100gr CEC
1	7.71	0.89	18	36	46	12.52
2	7.74	0.953	14	42	44	13.10
3	7.82	0.866	17	48	35	12.47
4	7.85	1.037	15	39	46	12.32
5	7.75	0.901	5	36	59	13.48
6	7.76	0.938	23	49	28	12.49
7	7.72	0.919	17	42	41	12.83
8	7.73	0.865	16	34	50	13.04
9	7.83	1.097	18	34	48	13.87
10	7.77	0.855	21	47	32	12.36
11	7.71	0.932	14	30	56	12.93
12	7.75	0.879	19	45	36	13.15
13	7.78	0.842	22	48	30	13.30
14	7.72	0.873	14	46	40	12.68
15	7.77	0.918	25	47	28	13.24
16	7.8	0.874	17	37	46	13.88
17	7.77	0.961	13	37	50	13.46
18	7.85	0.895	19	31	50	14.03
19	7.79	0.984	13	35	52	12.88
20	7.77	0.843	15	55	30	12.84
Min	7.71	0.842	5	30	28	12.32
Max	7.85	1.097	25	55	59	14.02
Average	7.76	0.916	16.75	40.9	42.35	13.04

جدول ۲- آماره‌های توصیفی غلظت فلزات سنگین نمونه‌های خاک سرپانتینیتی منطقه ویرانی (شمال غرب مشهد) (بر حسب mg/kg).

sample	Zn	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Ti	Ag	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
1	88	1243	1.01	58	19	1	4409	0.31	65253	12.4	0.23	19	77	71	37319
2	70	821	0.99	87	13	1.08	3737	0.24	51760	14.8	0.23	17	126	48	30991
3	75	806	0.99	126	18	1.16	3859	0.33	54471	17.2	0.23	19	203	46	33144
4	87	1188	1	62	21	0.98	4506	0.35	63756	12.7	0.25	19	95	57	37316
5	88	1355	1.13	80	22	1.18	4863	0.28	62926	12	0.23	23	137	58	41254
6	66	737	1.20	67	15	0.87	3388	0.24	41927	15.6	0.23	15	103	44	27526
7	66	732	0.98	70	15	0.98	3445	0.23	5896	11.6	0.21	15	109	36	14071
8	179	766	0.81	98	21	1.11	4328	0.37	63121	17.4	0.23	17	159	39	34965
9	88	787	1.09	90	22	1	4319	0.36	65890	16.2	0.25	16	135	33	35112
10	89	830	0.94	88	23	1.15	4467	0.37	66581	17.5	0.25	17	118	34	35199

11	91	837	1.04	75	23	1.07	4769	0.31	69206	14.6	0.24	15	97	34	36105
12	87	820	0.89	76	34	1.11	4477	0.42	67750	15.4	0.23	16	96	33	34475
13	88	943	1.15	112	19	0.99	4365	0.36	64395	15.8	0.26	20	149	42	36416
14	79	940	1.07	525	17	1	3736	0.37	46267	23	0.22	42	618	60	43617
15	74	690	1.03	186	16	0.93	3886	0.27	55148	15.4	0.23	22	262	36	34400
16	95	874	1.02	55	30	0.91	4530	0.32	68556	13.3	0.24	15	75	34	36344
17	101	882	0.98	61	23	0.97	4563	0.30	70167	12.2	0.24	16	90	37	35856
18	86	789	1.04	54	22	1.15	4465	0.36	65655	13.1	0.23	14	76	32	33576
19	99	827	1.09	59	25	1.14	4303	0.35	65855	10.8	0.24	14	82	35	34378
20	85	779	1.03	97	22	0.97	4257	0.33	60674	17.9	0.23	16	136	33	32888

جدول ۳- نتایج محاسبه شاخص زمین انباشت (Igeo) خاک سرپانتینی منطقه ویرانی (شمال غرب مشهد).

Sample	Zn	Ti	Sb	Pb	Ni	Mo	Mn	Fe	Cu	Cr	Co	Cd	As	Al	Ag
1	-۰/۶۹	-۰/۶۴	-۰/۱۷	-۰/۶۵	۰/۸۱	-۰/۹۵	-۰/۰۳	-۰/۹۲	-۰/۰۷	-۰/۸۱	-۰/۵۸	-۰/۹۶	-۰/۶۵	-۰/۸۸	۱/۵۶
2	-۰/۰۲	-۰/۸۸	-۰/۰۵	-۰/۲۰	۰/۲۳	-۰/۹۸	-۰/۶۳	-۰/۱۹	-۰/۴۹	۰/۱	-۰/۴۴	-۰/۹۶	-۰/۳۹	-۰/۲۱	۱/۸۸
3	-۰/۹۲	-۰/۸۳	-۰/۹۵	-۰/۷۳	۰/۳۰	-۰/۹۸	-۰/۶۶	-۰/۰۹	-۰/۵۵	-۰/۵۸	-۰/۵۸	-۰/۹۶	-۰/۱۸	-۰/۱۴	۱/۶۵
4	-۰/۷۱	-۰/۶۱	-۰/۲۰	-۰/۵۱	۰/۷۲	-۰/۹۶	-۰/۱۰	-۰/۹۲	-۰/۳۴	-۰/۵۰	-۰/۵۸	-۰/۸۴	-۰/۶۱	-۰/۹۱	۱/۷۳
5	-۰/۶۹	-۰/۵۰	-۰/۹۳	-۰/۴۴	۰/۳۵	-۰/۷۹	-۰/۰۸	-۰/۷۸	-۰/۲۱	-۰/۰۲	-۰/۳	-۰/۹۶	-۰/۰۷	-۰/۴۴	۱/۴۱
6	-۰/۱۱	-۰/۰۲	-۰/۳۷	-۰/۱	۰/۶۰	-۰/۷۰	-۰/۷۹	-۰/۳۶	-۰/۶۱	-۰/۳۹	-۰/۹۲	-۰/۹۶	-۰/۳۲	-۰/۵۱	۱/۱۸
7	-۰/۱۱	-۰/۱	-۰/۲۰	-۰/۱	-۰/۵۴	-۰/۹۹	-۰/۸۰	-۰/۳۳	-۰/۹	-۰/۳	-۰/۹۲	-۰/۹۶	-۰/۷۵	-۰/۳۵	۱/۳۲
8	-۰/۳۲	-۰/۶۷	-۰/۰۲	-۰/۵۱	۰/۵۸	-۰/۲۷	-۰/۳۷	-۰/۹۲	-۰/۷۹	-۰/۲۳	-۰/۴۴	-۰/۹۶	-۰/۶۱	-۰/۹۲	۱/۸۱
9	-۰/۶۹	-۰/۶۷	-۰/۱۷	-۰/۴۴	۰/۱۸	-۰/۸۴	-۰/۶۹	-۰/۰۱	-۰/۰۳	-۰/۲۲	-۰/۸۳	-۰/۸۴	-۰/۲۶	-۰/۸۶	۱/۷۷
10	-۰/۶۸	-۰/۶۲	-۰/۹۶	-۰/۳۸	۰/۲۱	-۰/۰۵	-۰/۶۲	-۰/۱	-۰/۹۹	-۰/۱۹	-۰/۷۴	-۰/۸۴	-۰/۱۵	-۰/۸۵	۱/۸۱
11	-۰/۶۴	-۰/۵۳	-۰/۰۷	-۰/۳۸	۰/۴۴	-۰/۹۱	-۰/۶۰	-۰/۹۷	-۰/۹۹	-۰/۴۷	-۰/۹۲	-۰/۹	-۰/۴۱	-۰/۸۵	۱/۵۶
12	-۰/۶۹	-۰/۶۲	-۰/۰۲	۰/۱۸	۰/۴۲	-۰/۱۳	-۰/۶۳	-۰/۰۴	-۰/۰۳	-۰/۴۹	-۰/۸۳	-۰/۹۶	-۰/۳۴	-۰/۸۲	۲
13	-۰/۷۱	-۰/۶۶	-۰/۱۸	-۰/۶۵	۰/۱۳	-۰/۷۶	-۰/۴۳	-۰/۹۶	-۰/۶۸	-۰/۱۴	-۰/۵۱	-۰/۷۹	-۰/۳	-۰/۸۹	۱/۷۷
14	-۰/۸۵	-۰/۸۸	-۰/۱۷	-۰/۸۲	۲/۳۶	-۰/۸۶	-۰/۴۴	-۰/۶۹	-۰/۱۷	۲/۱۹	-۰/۵۵	-۰/۰۳	-۰/۳۳	-۰/۳۷	۱/۸۱
15	-۰/۹۴	-۰/۸۲	-۰/۲۷	-۰/۹۰	۰/۵۸	-۰/۹۲	-۰/۸۸	-۰/۰۴	-۰/۹	-۰/۹۵	-۰/۳۷	-۰/۹۶	-۰/۲۴	-۰/۱۲	۱/۳۶
16	-۰/۵۸	-۰/۶۰	-۰/۳۰	.	۰/۸۹	-۰/۹۳	-۰/۵۴	-۰/۹۶	-۰/۹۹	-۰/۸۴	-۰/۹۲	-۰/۹	-۰/۵۵	-۰/۸	۱/۶
17	-۰/۴۹	-۰/۵۹	-۰/۲۱	-۰/۳۸	۰/۷۴	-۰/۹۹	-۰/۵۳	-۰/۹۸	-۰/۸۶	-۰/۵۸	-۰/۸۳	-۰/۹	-۰/۶۷	-۰/۷۷	۱/۵۱
18	-۰/۷۲	-۰/۶۲	-۰/۹۶	-۰/۴۴	۰/۹۱	-۰/۹۱	-۰/۶۹	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۸۳	۱/۰۲	-۰/۹۶	-۰/۵۷	-۰/۸۷	۱/۷۷
19	-۰/۵۲	-۰/۶۸	-۰/۹۸	-۰/۲۶	۰/۷۹	-۰/۸۴	-۰/۶۲	-۰/۰۴	-۰/۹۴	-۰/۷۲	۱/۰۲	-۰/۹	-۰/۸۵	-۰/۸۶	۱/۷۳
20	-۰/۷۴	-۰/۶۹	-۰/۲۱	-۰/۴۴	۰/۷۴	-۰/۹۲	-۰/۷۱	-۰/۰۱	۱/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۸۳	-۰/۹۶	-۰/۱۲	-۰/۹۸	۱/۶۵

جدول ۴- نتایج محاسبه ضریب آلودگی (Cf) و میانگین ضریب آلودگی خاک سرپانتینی منطقه ویرانی (شمال غرب مشهد).

فاکتور آلودگی (CF)															
Zn	Ti	Sb	Pb	Ni	Mo	Mn	Fe	Cu	Cr	Co	Cd	As	Al	Ag	sample
0.92	0.95	0.66	0.95	0.85	0.38	1.46	0.79	1.57	0.85	1	0.76	0.95	0.81	4.42	S1
0.73	0.81	0.72	0.65	1.27	0.38	0.96	0.65	1.06	1.4	0.89	0.76	1.13	0.64	3.42	S2
0.78	0.83	0.77	0.9	1.85	0.38	0.94	0.7	1.02	2.25	1	0.76	1.32	0.68	4.71	S3
0.91	0.97	0.65	1.05	0.91	0.38	1.39	0.79	1.26	1.05	1	0.83	0.97	0.79	5	S4
0.92	1.05	0.78	1.1	1.17	0.43	1.59	0.87	1.28	1.52	1.21	0.76	0.92	0.78	4	S5
0.69	0.73	0.58	0.75	0.98	0.46	0.86	0.58	0.97	1.14	0.78	0.76	1.2	0.52	3.42	S6
0.69	0.74	0.65	0.75	1.02	0.37	0.86	0.29	0.8	1.21	0.78	0.7	0.89	0.07	3.28	S7
1.88	0.94	0.74	1.05	1.44	0.31	0.9	0.74	0.86	1.76	0.89	0.76	1.33	0.78	5.28	S8
0.92	0.93	0.66	1.1	1.32	0.41	0.92	0.74	0.73	1.5	0.84	0.83	1.24	0.82	5.14	S9
0.93	0.97	0.76	1.15	1.29	0.36	0.97	0.74	0.75	1.31	0.89	0.83	1.34	0.83	5.28	S10
0.95	1.03	0.71	1.15	1.1	0.4	0.98	0.76	0.75	1.07	0.78	0.8	1.12	0.86	4.42	S11
0.92	0.97	0.74	1.7	1.11	0.34	0.96	0.73	0.73	1.06	0.84	0.76	1.18	0.84	6	S12
0.91	0.94	0.66	0.95	1.64	0.44	1.1	0.77	0.93	1.65	1.05	0.86	1.21	0.8	5.14	S13
0.83	0.81	0.66	0.85	7.72	0.41	1.1	0.92	1.33	6.86	2.21	0.73	1.76	0.57	5.28	S14
0.77	0.84	0.62	0.8	2.73	0.39	0.81	0.72	0.8	2.91	1.15	0.76	1.18	0.68	3.85	S15
1	0.98	0.6	1.5	0.8	0.39	1.02	0.77	0.75	0.83	0.78	0.8	1.02	0.85	4.57	S16
1.06	0.99	0.64	1.15	0.89	0.37	1.03	0.75	0.82	1	0.84	0.8	0.93	0.87	4.28	S17
0.9	0.97	0.76	1.1	0.79	0.4	0.92	0.71	0.71	0.84	0.73	0.76	1	0.82	5.14	S18
1.04	0.93	0.76	1.25	0.86	0.41	0.97	0.72	0.77	0.91	0.73	0.8	0.83	0.82	5	S19
0.89	0.92	0.64	1.1	1.42	0.39	0.91	0.69	0.73	1.51	0.84	0.76	1.37	0.75	4.71	S20
0.932	0.915	0.688	1.05	1.558	0.39	1.0325	0.7215	0.931	1.6315	0.9615	0.779	1.1445	0.729	4.617	Average
1.88	1.05	0.78	1.7	7.72	0.46	1.59	0.87	1.57	6.86	2.21	0.86	1.76	0.87	6	Max
0.69	0.73	0.58	0.65	0.79	0.31	0.81	0.29	0.71	0.83	0.73	0.7	0.83	0.07	3.28	Min

جدول ۵- نتایج محاسبه ضریب غنی‌شدگی (EF) و میانگین ضریب غنی‌شدگی خاک سرپایتینیتی منطقه ویرانی (شمال غرب مشهد).

ضریب غنی‌شدگی (EF)														نمونه
Zn	Ti	Sb	Pb	Ni	Mo	Mn	Cu	Cr	Co	Cd	As	Al	Ag	
1.68	1.34	6.69	1.95	1.03	0.9	1.75	1.72	1.03	1.01	1.54	9.22	1.07	5.93	S1
1.61	1.37	8.71	1.61	1.87	1.06	1.39	1.4	2.03	1.09	1.85	13.26	1.02	5.53	S2
1.61	1.32	8.74	2.08	2.53	0.99	1.27	1.26	3.06	1.14	1.73	14.41	1.01	7.11	S3
1.66	1.37	6.56	2.16	1.1	0.89	1.67	1.38	1.27	1.01	1.67	9.45	1.05	6.69	S4
1.52	1.33	7.15	2.05	1.29	0.91	1.72	1.27	1.66	1.11	1.39	8.08	0.93	4.84	S5
1.71	1.39	7.9	2.09	1.62	1.45	1.4	1.45	1.87	1.08	2.08	1.81	0.93	6.22	S6
3.35	2.78	17.41	4.1	3.31	2.32	2.73	2.32	3.87	2.13	3.73	22.89	0.25	11.67	S7
3.65	1.4	7.93	2.31	1.86	0.77	1.15	1.01	2.27	0.97	1.64	13.82	1.11	7.55	S8
1.79	1.39	7.12	2.4	1.7	1.03	1.17	0.85	1.92	0.91	1.78	12.81	1.15	7.32	S9
1.8	1.44	8.16	2.51	1.66	0.89	1.24	0.87	1.67	0.96	1.77	13.81	1.163	7.5	S10
1.8	1.5	7.4	2.45	1.38	0.96	1.22	0.85	1.34	0.83	1.66	11.23	1.17	6.13	S11
1.82	1.47	8.04	3.79	1.46	0.86	1.25	0.87	1.39	0.92	1.66	12.4	1.2	8.7	S12
1.7	1.36	6.79	2	2.05	1.05	1.36	1.04	2.04	1.098	1.78	12.05	1.08	7.06	S13
1.29	0.97	5.73	1.49	8.02	0.81	1.13	1.25	7.08	1.92	1.26	14.64	0.65	6.05	S14
1.53	1.28	6.75	1.78	3.6	0.99	1.05	0.95	3.8	1.27	1.67	12.43	0.98	5.6	S15
1.86	1.41	6.25	3.17	1	0.93	1.26	0.85	1.03	0.82	1.65	10.16	1.16	6.28	S16
2.01	1.44	6.76	2.46	1.13	0.91	1.29	0.93	1.25	0.89	1.67	9.45	1.2	5.97	S17
1.82	1.51	8.56	2.52	1.07	1.03	1.23	0.86	1.13	0.83	1.71	10.83	1.2	7.65	S18
2.05	1.42	8.29	2.79	1.14	1.05	1.26	0.92	1.19	0.81	1.74	8.72	1.17	7.27	S19
1.84	1.47	7.37	2.57	1.96	1.04	1.24	0.91	2.06	0.97	1.74	15.11	1.13	7.16	S20
1.905	1.448	7.9155	2.414	2.039	1.042	1.389	1.148	2.148	1.0884	1.786	11.83	1.0312	6.912	Average
3.65	2.78	17.41	4.1	8.02	2.32	2.73	2.32	7.08	2.13	3.73	22.89	1.2	11.67	Max
1.29	0.97	5.73	1.49	1	0.77	1.05	0.85	1.03	0.81	1.26	1.81	0.25	4.84	Min

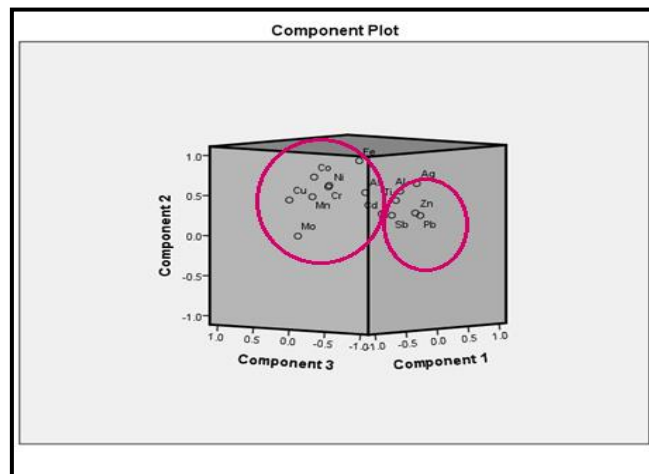
۴- تحلیل آماری

پس از انجام آنالیزهای شیمیایی به منظور بررسی نحوه ارتباط عناصر با یکدیگر و نیز تعیین منشا آنها، نتایج بدست آمده تحت آنالیزهای آماری قرار گرفتند. جهت بررسی همبستگی عناصر مورد مطالعه از آنالیز همبستگی پیرسون استفاده شد، که نتایج آن در جدول (۶) نشان داده شده است. این نتایج حاکی از آن است که همبستگی بالایی بین آهن با (آلومینیم $r=0.766$ ، کبالت $r=0.505$ ، منگنز $r=0.519$ ، نقره $r=0.530$ ، کروم با (آرسنیک $r=0.760$ ، کبالت $r=0.941$ ، نیکل $r=0.993$)، آلومینیم با (تیتان $r=0.810$ ، نقره $r=0.582$ ، کادمیوم $r=0.669$)، کبالت با (نیکل $r=0.943$ ، مس $r=0.563$)، تیتان با (نقره $r=0.48$ ، کادمیوم $r=0.539$)، آرسنیک با (مس $r=0.627$ ، نیکل $r=0.752$)، منگنز با (تیتان $r=0.492$ ، مس $r=0.783$)، نقره با (سرب $r=0.644$) و مولیبدن با (روی $r=0.560$) برقرار است. همبستگی معنی دار سه فلز کروم، نیکل و کبالت نشانه ای بر منشا مشترک این فلزات و نیز شباهت در انتقال و تجمع آنها است (Detemmerman et al, 2003, Acosta et al, 2010). به نظر می‌رسد افزایش غلظت نیکل موجود در خاک‌های مورد مطالعه، می‌تواند به دلیل افزایش غلظت این فلز در سنگ‌های

اولترامافیک باشد. خاک‌های اولترامافیکی که از آهن و منیزیم غنی می‌باشند، به دلیل ماهیت شیمیایی و ساختاری خود از پایداری مناسبی برخوردار نبوده و آب‌های جاری می‌تواند به عنوان عامل مهمی در پخش عناصر آلاینده در منطقه نقش داشته باشد.

آنالیز خوشه‌ای

آنالیز خوشه‌ای یک روش آماری چند متغیره از ضرایب همبستگی است و برای دستیابی به ضرایب تشابه و رسم دندوگرام از آن استفاده می‌شود. نتایج حاصل از نمودار خوشه‌ای در شکل ۳ نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که عناصر به دو خوشه عمده تقسیم می‌شوند. خوشه اول یا خوشه A که خود به دو زیر خوشه A1 که شامل عناصر کروم، نیکل، کبالت و آرسنیک و نیز زیر خوشه A2 که شامل عناصر منگنز، مس و مولیبدن است، تقسیم می‌شود. خوشه دوم یا خوشه B که خود به دو زیر خوشه B1 که شامل عناصر نقره، سرب، آلومینیم، تیتان، آهن و کادمیوم و نیز زیر خوشه B2 که شامل عناصر روی و آنتیموان است، تقسیم می‌گردد. قرار گرفتن عناصر کروم، نیکل و کبالت در یک زیر خوشه به وضوح از هم منشا بودن این سه عنصر و نیز غلظت بالای آنها در سنگ‌های اولترامافیک یا پریدوتیتی منطقه حکایت می‌کند. این موضوع از جدول (۶) که بیانگر همبستگی مثبت این عناصر با یکدیگر است را آشکار می‌سازد.



شکل ۴- نمودار سه بعدی تحلیل مولفه اصلی خاک سرپانتینیتی منطقه ویرانی (شمال غرب مشهد)

۵- بحث و نتیجه گیری

حاصل از تحلیل مولفه اصلی نیز عناصر را در دو مولفه جداگانه قرار داد. در هر مولفه عناصری با منشا مشترک قرار گرفتند. نتایج ژئوشیمیایی خاک‌های سطحی منطقه بیانگر میزان نسبتا بالای کروم و نیکل در آنهاست. این غلظت بالا حاصل خاستگاه زمین زاد به واسطه دگرسانی و هوازدگی سنگ‌های اولترامافیک و سرپانتینیت‌ها می‌باشد. ورود نیکل به دستگاه گردش خون از طریق محصولات کشاورزی، تنفس و یا مصرف آبهای زیرزمینی دارای مقادیر بالای نیکل می‌تواند سبب تخریب اندامهای درونی بدن، اختلال در سیستم دفاعی بدن، ابتلا به انواع سرطان‌های خون و مغز استخوان، عفونت‌های موضعی، التهاب گردد و همچنین عنصر کروم، مشکلات عصبی، گوارشی، آسیب‌های کبدی، کلیوی، تیش قلب، آسیب‌های پوستی و سرطان ریه را دنبال دارد. خواص فیزیکی شیمیایی از قبیل اسیدیت، مواد آلی و تبدلات کاتیونی خاک تاثیر زیادی در توزیع فلزات نداشته‌اند. روشهای بیولوژیک مانند گیاه پالایی، جلوگیری از کاشت گیاهان برگی نظیر کلم و کاهو، جلوگیری از چرای دام و کاشت درختان مقاوم و سرپانتین دوست در منطقه سبب کاهش اثرات منفی فلزات سنگین در خاک می‌گردد.

نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده بر روی خاک‌های سرپانتینیتی حاصل از سنگ‌های اولترامافیک منطقه ویرانی (شمال غرب مشهد) در استان خراسان رضوی، نشان می‌دهد که این خاکها دارای غلظت‌های نسبتا بالایی از برخی فلزات سنگین مانند کروم، نیکل، کبالت، منگنز، آهن را دارا هستند. مقادیر زمین انباشت خاک‌های مورد بررسی نشان داد که عنصر نقره با شدت آلودگی متوسط و عناصر کروم، نیکل و کبالت در رده شدت آلودگی متوسط تا بدون آلودگی قرار دارند. فاکتور ضریب آلودگی بیانگر آلودگی قابل توجه نقره و همچنین آلودگی متوسط کروم، نیکل، آرسنیک، سرب و منگنز در خاک منطقه است. ضریب غنی‌شدگی نشان داد که عناصر نقره، آرسنیک و آنتیموان غنی‌شدگی قابل توجه و عناصر کروم، نیکل و سرب غنی‌شدگی متوسط را دارا می‌باشند. نتایج حاصل از آنالیز هم بستگی خوشه‌ای حاکی از تقسیم بندی عناصر به دو خوشه اصلی و دو زیر خوشه می‌باشد. عناصری که دارای ارتباط ساختاری و منشا مشترک بودند را در یک زیرخوشه و خوشه به یکدیگر ارتباط داد. نتایج

منابع

- بابایی، ح، خدایمی، و.ن. ۱۳۹۷. بررسی آلودگی زیست محیطی خاک‌های اطراف معدن سرب و روی مهدی آباد یزد، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، انتشار آنلاین.
- رفیعی، ب،، موقق، ع، کریم خانی، و، صادقی فر، م. ۱۳۹۳. پراکندگی فلزات سنگین در رسوبات سطحی خروجی تالاب انزلی، شمال ایران، مجله رسوب شناسی کاربردی، دوره ۲، شماره ۴، ص ۱۵-۱.
- شمشیری، س، محمودی قزایی، م.ح، ابریشم چی، پ. ۱۳۹۶. ارزیابی آلودگی خاک‌های افیولیتی منطقه رباط سفید، مجله پژوهش‌های محیط زیست، سال ۸، شماره ۱۵، ص ۱۷۸-۱۶۵.
- فاضل ولی پور، م. ا، فاضل ولی پور، ب، دبیری، ر. ۱۳۹۷. ارزیابی ژئوشیمی و زیست محیطی فلزات سنگین در خاک منطقه رباط سفید (جنوب مشهد)، فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست، سال ۱۲، شماره ۴۲، ص ۴۵-۶۰.
- قاسمی دهنوی، ا. ۱۳۹۹. ارزیابی آلودگی فلزات سنگین خاک‌های سرپانتینیتی منطقه هرسین - صحنه کرمانشاه، مجله رسوب شناسی کاربردی، دوره ۸، شماره ۱۰۴، ص ۹۳-۱۰۶.
- مرادی، ق، میرزایی، ر. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات مکانی فلزات سنگین گرد و غبار خیابانی شهر کاشان، فصلنامه سلامت و محیط زیست، دوره ۹، شماره ۴، ص ۴۵۶-۴۴۳.
- Abraham, G. M., and S., Parker. 2008. Assessment of heavy Metal enrichment factors and the degree of contamination in marin sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand, environmental monitoring and assessment. 136 (1): 227-238..

- Acosta, J., Faz, A., and S, Martinez.2010. Identification of heavy metal sources by multivariable analysis in a typical Mediterranean city (SE Spain), Environmental Monitoring assessment.169(1): 519-530.
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monie, P., Meyer, B., and R, Wortel.2011. Zagros orogeny: a subduction-dominated process. *agazine*.148: 692-725...
- Allahyari, K., Saccani, E., Rahimzadeh, B., and O, Zeda.2014. Mineral chemistry and petrology of highly magnesium ultramafic cumulates from the Sarve- Abad (Sawlava) ophiolites (Kurdistan, NW Iran): new evidence for boninitic magmatism in intra- oceanic fore arc setting in the Neo- Tethys between Arabia and Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*.79: 312- 328...
- Binggan, W., and Y, Linsheng.2010. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal*. 94 (2): 99- 107...
- Coleman, R. G. 1977. *Ophiolites: Ancient oceanic lithosphere* Berlin. Germany. Springer Verlag, 1999, 229 P.
- De Temmerman, L., Vanongeval, L., Boon, W., Hoenig, M., and M, Geypens. 2003. Heavy metal content of Arable soils in northern Belgium, water, and amp, soilpollution.148(1):61-76.
- Echevarria, G., Massoura, S.T., Sterckeman, T., Becquer, T., Schwartz, C., and J.L. Morel.2006. Assessment and control of the bioavailability of nickel in soils, *Environmental Toxicology and Chemistry*.25: 643-651.
- Hadia, F., and A, Ambreen.2018. Heavy metal pollution-A mini review. *Journal of Bactreriology and Mycology*. 6(3): 179-189.
- Hakanson, L .1980. An ologocal risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach. *Water Research*. 14: 975- 1001.
- Hernandez, L., probst, A., Probst, J.L., et al .2003. Heavy metal distribution in some French forest soil, evidence for atmospheric contamination, *Sci Total Environ*.312:195-219.
- Li, C., Zhou, K., Qin, W., Tian, C., Qi, M., Yan, X., and W, Han. 2019. Areview on heavy metals contamination in soil: effects, sources, and remediation techniques, *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*.28(4):380-394.
- Loska, K., Chebual, J., Pleczar, J., Wiechla, D., and J, Kwapulinski.1995. Use of environment and contamination factors togheder with geoaccumulation indexes to elevate the content of Cd, Cu and Ni in the Rybink water reservoir in Poland, *Water, Air and Soil pollution*.93:347-365.
- Mazhari, S.A., Mazloumi Bajestani, A.R., and R, Sharifian Attar.2013. Geochemical investigation of Davarzan Surface soils, west of Sabzevar, NE Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences* .5:45-53.
- Mazhari, S.A., and R, Sharifian Attar. 2015. Rare earth elements in surface soils of the Davarzan area, NE of Iran. *Geoderma Regional*. 5:25-33.
- Miller, N., and C, Miller.2000. *Statistics and chemometrics for analytical chemistry*, Pearson Education, Englewood Cliffs, New Jersy.228p.
- Muller, G .1969. Index of geoaccumulation in the sediments of the Rhine River. *Geo Journal*. V. 2: 108-118.
- Oze, C., Fendorf, S. k., Bird, D., and R, Coleman.2004. Chromium geochemistry of serpentine soils, *International Geology Review*,2004.46:97-126.
- Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I., and M.S.H, Akash.2018. Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *Journal of cellular biochemistry*. 119(1): 157- 184.
- Saccani, E., Allahyari, K., Beccaluva, L., and G, Bianchini.2013. Geochemistry and petrology of the Kermanshah ophiolites (Iran): implication for the interaction between passive rifting, oceanic accretion, and OIB- type components in the southern Neo-Tethys Ocean, *Gondwana Research*.24:392-412.
- Salomons, W., and U, Förstner. 1984. *Metals in the hydrocycle*. Springer, Berlin Heidelberg Tokyo.
- Sutherland, R. A (2000) Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*.39 (6): 611-627.
- Walkley, A., and I.A, Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci*. 63: 251-263.
- Whitechurch, H., omrani, J., Agard, P., Humbert, F., Montigny, R., and L, Jplivet.2013. Evidence for Paleocene- Eocene evolution of the foot of the Eurasian margin (Kermanshah ophiolite, SW Iran) from back-Arc to arc: implications for regional geodynamics and obduction, *Lithos*.182:11-32.

The study of the distribution of heavy metals contamination in serpentinite soils in the Virani area, Northwest of Mashhad

M.E. Fazel Valipour^{1*} and R. Dabiri²

*1- Assist. Professor, Department of Geology, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran,

2- Assoc. Professor, Department of Geology, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

*Email Address: dr.ef.valipour@gmail.com

Abstract

Introduction

Heavy metals contamination of soils is one of the main environmental problems. Heavy metals are considered one of the most dangerous groups of pollutants because of their toxicity and stability. The biological and ecological importance of heavy metals is due to their characteristics, toxicity, persistence, and bioaccumulation. Heavy metal pollution not only directly affects the physical and chemical properties of the soil, but also reduces biological activity and access to nutrients in the soil and poses a serious threat to human health. The concentration of heavy metals in the soil varies depending on the type of parent rock, mineralization and soil formation conditions in different areas. Soils from ultramafic rocks and mainly serpentinites from these rocks have a higher concentration of chromium, nickel and cobalt metals than non-serpentinite soils. Therefore, ophiolites can be named as one of the most important natural pollutants. The Virani area is located in Khorasan Razavi province, 15 km northwest of Mashhad. The purpose of this study is to investigate the status of heavy metal contamination in serpentinite soils resulting from the ophiolite complex of Mashhad.

Methodology

In the present study, 20 soil samples (10-30 cm depth) were collected and the concentration of arsenic, cadmium, nickel, cobalt, copper, chromium, zinc, manganese, molybdenum, lead, antimony, titanium, silver, aluminium and iron were measured using atomic absorption spectrophotometry. To prepare the samples, first 1 g of the sample powder was dissolved in nitric acid along with fluoric acid. The solution was heated in a Teflon dish at 60 ° C until completely evaporated and the sample dried. The sample was then dissolved in 100 ml of 4% HNO₃ solution. Also, some other soil properties including PH, organic carbon, cation exchange capacity and soil texture proportions were measured. The pH of soil samples was measured using water and KCL 1 with a ratio of 1 to 5.2 soil solution. PH soil of the samples was measured by PHmeter model UB-5, organic carbon was performed by the Walkley-Black method, which adjacent the soil with concentrated sulfuric acid and bichromate, and after the reaction, the remaining bichromate was calibrated with ferroammonium sulfate, and soil texture by hydrometric method. Based on geochemical data, index of enrichment factor (EF), geoaccumulation (I_{geo}), contamination factor (CF) and statistical analysis (cluster and principal component analysis) calculated for evaluating contamination in this area. The Pearson correlation has used to find the association between the studied elements. The statistical analysis and modeling were performed in SPSS, GIS and Excel software's environment.

Conclusion

The results of measuring the physicochemical properties of the soil of the region showed that the value of PH all samples are neutral to relatively alkaline and varies from 7.71 to 7.85. The studied samples show that the value of EC from 12.32 to 13.88 and organic carbon 0.842 to 0.971 percent. The soil samples were classified loam. Considering the relatively uniform PH in all samples and the similarity of organic carbon and cation exchange capacity in all samples, it can be concluded that the soil of the region is formed under similar physicochemical conditions and these factors have no effect on the distribution of heavy metals. The results of heavy metal analysis showed that aluminum has the highest

concentration and cadmium has the lowest concentration in the soils of the region. The trend of changes in the concentration of heavy metals in the soil of the region can be more related to the rock units of the region. Serpentinite soils containing nickel, chromium and cobalt can be found in the structure of silicate minerals such as serpentine, talc and chlorite, as well as oxide minerals such as chromite, magnetite and various hydroxides. These minerals work better with heavy metals in the release of heavy metals. The calculated enrichment factor (EF) values vary 1.042 to 11.83. The results demonstrate than in the soil of the study area some heavy metals such silver, arsenic and antimony higher enrichment, chromium, nickel, lead moderate enrichment and zinc, copper, cadmium, iron, molybdenum, cobalt, titanium, aluminium, manganese are enriched to a minor degree. The results geoaccumulation index (I_{geo}) than in the soil of the study area some heavy metals such silver moderate polluted, chromium, nickel, cobalt moderately polluted to un-polluted and cadmium, iron, zinc, copper, lead, titanium, antimony, molybdenum, aluminium, manganese, arsenic are un-polluted. The spread of ultramafic and serpentinite rocks in the western and northwestern parts of the region has caused more pollution in these areas. The calculated contamination factor (CF) change from 0.39 to 4.617, indicates that the soil samples changes from low contamination to strong contamination. The samples are extremely polluted with silver. The contamination values of chromium, nickel, arsenic, lead, manganese are moderately contamination and zinc, copper, iron, aluminium, cadmium, titanium, antimony, cobalt are low contamination. The Pearson correlation has used to find the association between the studied elements. There is a high positive correlation between the chromium, nickel and cobalt elements. Investigation of the cluster analysis (CA) relationships between potentially toxic elements in the soils showed that the studied elements could divided in to two main cluster. The first and second branch can be divided into two sub-branches based on the branch weight and similarities. The cluster graph shows that chromium, nickel and cobalt were highly correlated with each other, indicating the same origin of the metals in the soils. To ensure, principal component analysis (PCA) was applied to find metal sources in the soils. These results show the geochemical behaviors and sources of chromium, nickel and cobalt are different from other elements. The elements can be originated from the mafic and ultramafic rocks in the western and northwestern if the area and the presence of these elements in the soil can attributed to their lithological origin. The entry of nickel into the circulatory system through agricultural products, respiration or consumption of groundwater with high levels of nickel can cause damage to internal organs, disorders of the body's defense system, various cancers of the blood and bone marrow, local infections, inflammation and chromium, Followed by neurological, digestive problems, liver damage, kidney damage, heart palpitations, skin damage and lung cancer. Biological methods such as phytoremediation, prevention of leafy crops such as cabbage and lettuce, prevention of livestock grazing and planting of resistant and serpentine tree is the region reduce, the negative effects of heavy metals in the soil.

Keywords

Virani; Mashhad; Serpentinite soils; Heavy metals; Pollution