

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره چهار، تیرماه ۱۴۰۰ (صفحات ۱۰۶-۹۷)

آلودگی خاک به برخی فلزات سنگین و رابطه این فلزات با ویژگی های خاک های

منطقه ی سراسکند

رامین سلماسی *

raminsalmasi@yahoo.com

حمیدرضا پیروان ^۲

تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: تجزیه نمونه های آب سطحی و قنات های موجود در منطقه سراسکند در استان آذربایجان شرقی، غلظت های چندین برابر بالاتر از میزان مجاز آن برخی فلزهای سنگین را در این نمونه ها نشان داده است. از آنجایی که خاک های کشاورزی منطقه از این منابع آبیاری می شوند، آلودگی این خاک ها به فلزهای سنگین و ارتباط میزان این آلاینده ها با ویژگی های خاک هدف پژوهش حاضر را تشکیل داد.

روش بررسی: بعد از برداشت ۲۱ نمونه خاک منطقه، آزمایش های دانه بندی و EC، CEC، pH، OC و عناصر آلومینیوم، آرسنیک، باریم، بریلیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، نیکل، سرب، قلع، وانادیم و روی بر روی این نمونه ها انجام گرفت. سپس از نرم افزار SPSS برای تعیین ضرایب همبستگی بین عناصر و ویژگی های نمونه های خاک و انجام آنالیز خوشه ای بهره گیری شد.

یافته ها: میانگین غلظت عناصر آلومینیوم، آرسنیک، باریم، بریلیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، نیکل، سرب، قلع، وانادیم و روی به ترتیب ۱۱۰/۵۲ و ۱۱۶/۳۸، ۵/۷۶، ۳۴/۸۱، ۶۰/۰۰، ۷۲۶/۶۷، ۴۰۵۲۳/۸۱، ۴۹/۱۹، ۸۵/۰۵، ۲۰/۱، ۵۲/۸۰، ۴۸۷/۲۴، ۱۲۷/۹۵، ۶۷۱۹۰/۴۸، میلی گرم بر لیتر به دست آمد. عناصر باریم، کبالت، آهن، نیکل و آنتیموان همبستگی منفی با هدایت الکتریکی خاک نشان دادند. کبالت، کروم و نیکل همبستگی مثبت و روی همبستگی منفی با ظرفیت تبادل کاتیونی داشتند. آلومینیوم همبستگی مثبت و مس همبستگی منفی با کربن آلی داشت.

بحث و نتیجه گیری: غلظت بالای آلومینیوم وجود مقادیر بالای کانی های آلومینوسیلیکاته را در خاک های منطقه نشان دادند. وجود معادن آهن و منگنزدار در اطراف منطقه اجرای طرح، بالا بودن میزان این دو عنصر را تایید می نماید. همبستگی پایین و منفی ذرات رس با بیشتر عناصر اندازه گیری شده در این پژوهش، می تواند به ناهمگنی نمونه های خاک مربوط باشد که دارای مقادیر گوناگون رس و فلزات می باشند. برای تفکیک بین خاستگاه زمین شناختی و انسانی فلزهای اندازه گیری شده این طرح، لزوم اجرای پژوهش های دیگر ایجاب می نماید.

واژه های کلیدی: فلزات سنگین، منطقه سراسکند، زمین های کشاورزی.

۱ - استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۲ - دانشیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران

Soil Pollution to Some Heavy Metals and Their Relation with Soil Properties in Sareskand, East Azarbayjan

Ramin Salmasi ^{1*}

raminsalmasi@yahoo.com

Hamidreza Pyrowan ²

Admission Date: June 4, 2018

Date Received: September 3, 2017

Abstract

Background and Objectives: Analyses of surface and groundwater samples in Sareskand region in east Azarbayjan showed some heavy metal concentrations several time higher than standard ones.

Due to irrigation of the agricultural lands with these waters, heavy metal pollution of the soils and relationship between pollutant concentrations and the soil properties were goals of this research.

Method: Particle size distribution, EC, CEC, pH, OC, and Al, As, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sn, Va, and Zn analyses of 21 soil samples were done. SPSS software were used to correlation coefficients between the metal concentrations and the soil properties to cluster analysis.

Findings: Mean concentrations of Al, As, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sn, Va, and Zn of the soil samples were 67190.48, 127.95, 487.24, 1.80, 20.52, 85.05, 49.19, 40523.81, 726.67, 60.00, 34.81, 5.76, 116.38, and 110.52 mg/Kg soil respectively. Ba, Co, Fe, Sb, and Ni showed negative correlation with soil EC. Cobalt, Cr, and Ni high positive and Zn negative correlation with CEC were shown. Aluminum negative and Cu had positive correlation with organic carbon.

Discussion and Conclusion: The high Al concentrations showed abundant aluminosilicates in the soils. Existence of Fe and Mn mines in around of the region, emphasis high concentrations of these two metals. Negative correlations between clay and OC of the soil samples with some metals related to heterogeneity of soil samples. Other researches are necessary to determine geologic and anthropogenic sources of these metals.

Key Words: Heavy Metals, Sarskand Region, Agricultural Lands.

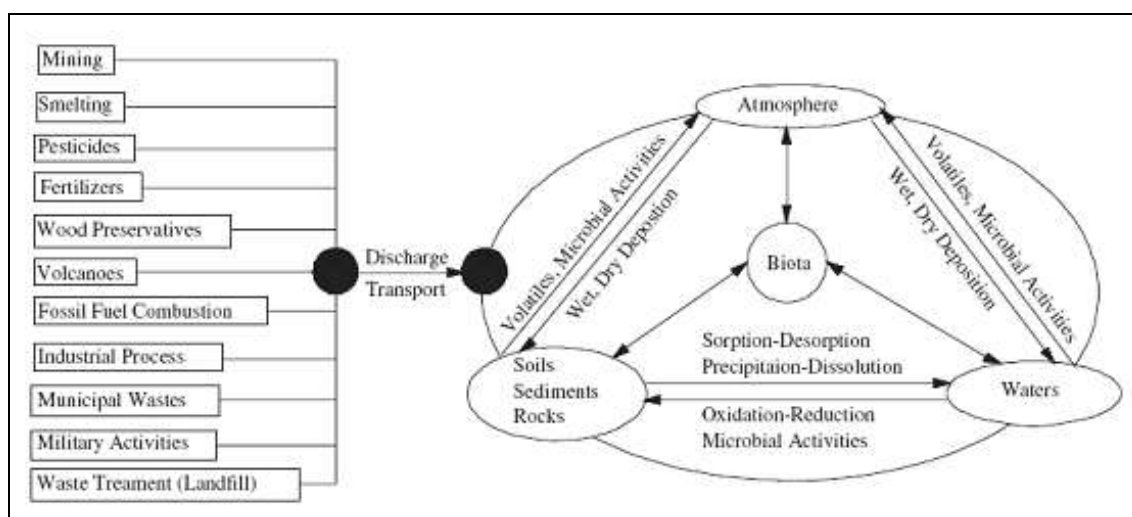
1- Research Assistant Professor of Agricultural and Natural Research Center, East Azarbayjan, Research, Education, and Extention Organization, Tehran, Iran. **(Corresponding Author)*

2- Research Associate Professor of Soil Conservation and Watershed, Research, Education, and Extention Organization, Tehran, Iran.

مقدمه

باعث کاهش کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش فعالیت زیستی و دستیابی زیستی مواد مغذی خاک می‌شوند، بلکه تهدیدی جدی برای سلامتی انسان و امنیت زیست‌محیطی از طریق ورود به زنجیره‌ی غذایی و نفوذ به آب‌های زیرزمینی به‌شمار می‌روند. از این‌رو آلودگی خاک‌ها با فلزات سنگین تبدیل با توجه به اثرات آن در به‌خطر افتادن سلامتی انسان‌ها، سمیت گیاهان و اثرات طولانی‌مدت که بر حاصلخیزی خاک می‌گذارد، تبدیل به یک بحران جهانی شده است (۲). نمودار ساده شده ی چرخه‌ی فلزات سنگین در شکل ۱ نشان داده شده است.

فلزات سنگین، باران‌های اسیدی و مواد آلی مهمترین آلاینده‌های خاک بشمار می‌روند که از این بین، فلزات سنگین در سالیان اخیر بدلیل ویژگی‌های آلاینده‌گی‌شان در خاک مورد توجه بسیار قرار گرفته‌اند (۱). میزان فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی ممکن است تحت تاثیر مواد مادری خاک باشد، به‌عبارت دیگر این فلزات به‌طور طبیعی در خاک وجود دارند. از سوی دیگر در اثر فعالیت‌های انسانی نیز ممکن است به‌خاک افزوده شوند. در حقیقت فعالیت‌های انسانی می‌تواند به انباشت بیشتر فلزات در خاک منجر شوند. آلودگی فلزات سنگین نه‌تنها



شکل ۱- نمودار چرخه‌ی فلزات سنگین (۲)

Figure 1. Diagram of heavy metals recycling (2)

در حد خیلی زیاد بود. در این منطقه غنی شدگی بسیار شدیدی برای عناصر Zn, Ni, Co, Mg, Ca, Fe, Mn, Cr وجود داشت. این میزان بالای عناصر به غلظت بسیار بالای آن‌ها در سنگ‌های مناطق اولترامافیکی و آزاد شدن آنها در طی هوازدگی برمی‌گردد. البته به علت بارندگی کم منطقه، اثر آب-شویی نیز ناچیز بوده که این امر می‌تواند در بالا بودن غلظت عناصر مذکور نقش داشته باشد. غلظت‌های بسیار پائین P, Pb و Al در سنگ‌های مناطق افیولیتی، باعث غنی شدگی ضعیف این عناصر در خاک‌های این منطقه شده است. در طبقه‌بندی صورت گرفته، اکثر نمونه‌های این منطقه از نظر میزان Cr و

در سطوح ملی و بین‌المللی شمار زیادی از پژوهش‌ها در زمینه بررسی وجود و منشأ فلزات سنگین در منابع آب و خاک و مطالعه بیماری‌های مرتبط با این فلزات انجام شده است: حاجی زاده و همکاران (۳) به منظور ارزیابی میزان آلاینده‌گی عناصر سنگین در خاک‌های منطقه افیولیتی فیروزآباد شاهرود، نمونه‌های خاک منطقه را مطالعه کردند. مقایسه غلظت عناصر سنگین نمونه‌های خاک منطقه با استانداردهای موجود در خاک‌های طبیعی نشان داد که در اغلب موارد غلظت عناصر سنگین از غلظت عناصر سنگین در خاک‌های طبیعی بیشتر و در مورد عناصر Cr و Ni درجه آلاینده‌گی آن‌ها در بعضی نقاط

خاک‌های فلوریدای آمریکا، همبستگی بالایی بین غلظت این عنصر و وجود سنگ آهک، مارن، پیت و رسوبات فسفاته در خاک مشاهده کردند. استفاده از آفت کش‌های حاوی آرسنیک مانند آرسنات سدیم و نیز مواد حفاظتی چوب مانند آرسنات کروماته مس از منابع انسانی آلودگی خاک های منطقه به این عنصر بشمار می روند. چائوشنگ (۹)، طی مطالعه‌ای در ایرلند به شناسایی آلاینده‌ها و الگوی فاصله‌ای آن‌ها در خاک‌های منطقه گالوی پرداخته است. در این مطالعه روش‌های GIS و آمار چند متغیره برای طبقه‌بندی و شناسایی عناصری که توسط فعالیت‌های بشر تحت تأثیر قرار می‌گیرند، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برای بیشتر عناصر مطالعه شده توزیع‌های کج شده مشاهده شد. تبدیل Box-Cox در نرمال کردن داده‌ها با مقادیر چولگی کوچک مؤثر بود. تجزیه خوشه‌ای و تجزیه مؤلفه‌های اصلی عناصر را در دو گروه طبقه‌بندی کردند: گروه اول بطور غالب از منبع طبیعی منشاء گرفته‌اند، و گروه دوم تحت تأثیر فعالیت‌های بشر بودند. غلظت‌های نسبتاً بالای Cu, Zn و Pb تأثیرات مهم آلودگی ترافیک را نشان دادند و غنی‌شدگی عنصر As به سوختن زغال و تورب برای گرم کردن منزل نسبت داده شد. تائو و همکاران (۱۰)، میزان عناصر نادر موجود در خاک‌های ناحیه‌ای در چین را بررسی کرده و به روش آنالیز چند متغیره عناصر آلاینده (As, Cu, Cd, Hg, Zn و Pb) را از عناصر غیرآلاینده (Mn, Co, Cr, Ni) جدا کردند. همبستگی قابل توجهی که بین عناصر غیرآلاینده با SiO_2 و Al_2O_3 , Fe_2O_3 در کل خاک‌ها یافت شد، نشان داد منبع این عناصر توسط فاکتورهای تشکیل خاک کنترل می‌شوند. از طرفی همبستگی نسبتاً ضعیف عناصر آلوده کننده با یکدیگر و تغییرپذیری فاصله‌ای بیشتر عناصر آلوده‌کننده نشان داد که غنی‌شدگی و ناهمگنی فاصله‌ای‌شان توسط ورودی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی تحت تأثیر قرار گرفته است. بروکس (۱۱)، تحرک آرسنیک را در آب‌های زیرزمینی منطقه‌ای در کشور سوئد بررسی نمود. در این مطالعه شرایط مناسب برای غلظت‌های افزایش یافته آرسنیک از طریق همبستگی بین شیمی آب زیرزمینی، زمین‌شناسی و غلظت آرسنیک تعیین شدند. غلظت آرسنیک بین زیر حد تشخیص

Ni در حد زیاد تا خیلی زیاد، برای Mn کم و برای Pb و Zn در حد خاک‌های طبیعی هستند. طلائی (۴) به بررسی نقش مناطق معدنی شمال مشگین شهر بر میزان آلودگی منابع آب و خاک به عنصر آرسنیک پرداخته است. مقایسه مقادیر به دست آمده از آب‌های منطقه با استانداردهای جهانی عناصر نشان گر افزایش چند ده برابری این عنصر در آب‌های سطحی و زیر سطحی منطقه بود. مقایسه مقادیر این عنصر در نمونه‌های آب رودخانه‌ها، چشمه‌ها و چاه‌های منطقه نشان داد که تمام نمونه‌ها دارای غلظت بیش از حد استاندارد بودند. اگر مقادیر استاندارد این عنصر ۰/۰۱ ppm فرض شود مقدار آرسنیک نمونه‌ها از ۲۴ تا ۱۱۳۰ برابر افزایش نشان می‌دهند. بررسی غلظت عناصر سنگ‌ها در این منطقه معدنی نشان می‌دهد که غلظت آرسنیک در اکثر نمونه‌ها از متوسط آن بالاتر است. با توجه به غلظت زیاد این عنصر در محیط‌های سنگی و خاکی منطقه می‌توان آلوده بودن آن‌ها را به این عنصر بسیار سمی، از منبع مواد معدنی و سنگ‌های دگرسان شده مورد توجه قرار داده و امکان ورود بیش از حد استاندارد آن را در چرخه زیست محیطی از جمله آب‌های سطحی و زیرزمینی توجیه کرد. سلماسی و استادرحیمی (۵) همبستگی مثبت برای آلومینیوم و منفی برای سرب با سولفات کلسیم را گزارش نمودند. در پژوهش انجام گرفته توسط لاکاتسو و همکاران (۶)، بررسی خاک‌ها و سبزی‌های اطراف فعالیت‌های معدنکاری در منطقه‌ای از کشور رومانی، آلودگی خاک‌ها و سبزیجات منطقه توسط فلزات Pb, Cd, Cu, Zn مشخص شد و با توجه به مصرف اهالی منطقه از رستنی‌ها، مخاطراتی پیشگویی شد که با نتایج آزمایش بیماری آن منطقه همخوانی داشت. آزمایش‌های بعدی وجود ناراحتی‌های عصبی و کبدی را در بین اهالی اثبات کرد که ناشی از سمیت عناصر سنگین بوده است. ماگالس (۷)، در پژوهشی میزان و گسترش آلودگی As را در خاک‌ها و رسوبات حومه فعالیت‌های صنعتی در برزیل بررسی کرده‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده، این پژوهشگران احتمال دادند که ماهیان رودخانه و چهارپایان منطقه، ممکن است به وسیله آرسنیک آلوده شده و بدین وسیله سلامتی ساکنین منطقه به مخاطره بیفتد. چن (۸)، در ارزیابی غلظت‌های زمینه آرسنیک در

مجاز بوده به نحوی که بیشتر اهالی با معضل بیماری ناشی از افزایش این عناصر مواجه هستند. آزمایشات اولیه نمونه های آب چشمه های منطقه نیز مقادیر برخی فلزات را چندین برابر بالاتر از میزان مجاز آن را نشان داد. همچنین این آلودگی ممکن است کاهش محصولات کشاورزی و یا ایجاد عوارض خاصی در دامها را در پی داشته باشد، که به دلیل نبود آگاهی، علت آن تشخیص داده نشده باشد با این وجود مربوط به همین آلودگی با فلزات سنگین باشد. در رابطه با میزان آلودگی به فلزات سنگین در خاک های این حوضه تا کنون پژوهشی انجام نشده است. در این راستا مقاله حاضر تهیه شده است تا به بررسی این موضوع بپردازد که با توجه به آلودگی آب های منطقه به فلزات سنگین، آیا خاک های منطقه نیز تحت تاثیر این آلودگی هستند یا خیر. در صورتی که پاسخ مثبت است میزان این فلزات با کدام ویژگی های خاک همبستگی نشان می دهند.

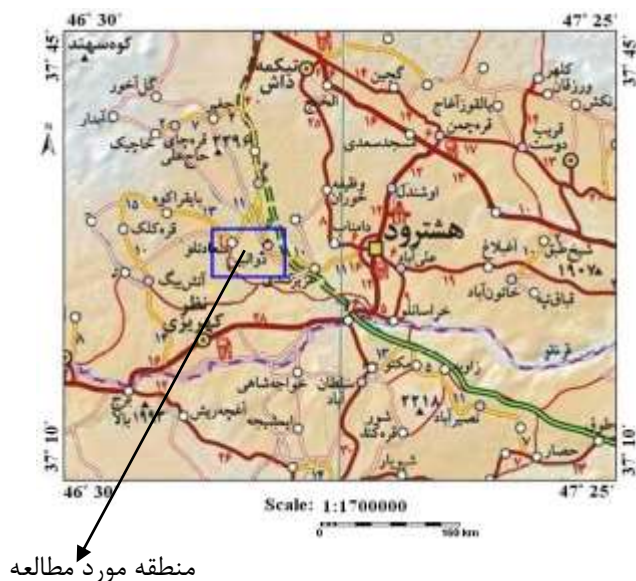
روش بررسی

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بین طولهای $46^{\circ}48'00''$ تا $46^{\circ}55'00''$ شرقی و عرضهای $25^{\circ}00'$ تا $27^{\circ}30'00''$ شمالی در ۲۰ کیلومتری غرب هشترود در جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این منطقه جزء شهرستان هشترود محسوب می شود. روستاهای ذوالبین، سعادتلو، قوپوز و قزللو در محدوده مورد مطالعه قرار دارند (شکل ۱).

$(0.5 \mu\text{g/L}) <$ و $300 \mu\text{g/L}$ متغیر است. غلظت آرسنیک چاه ها با گروه سنگ بستر مخصوص خودشان ارتباط داشتند و داده های آماری برای غلظت آرسنیک در هر گروه محاسبه شدند. آنالیزهای آماری نشان دادند که آب زیرزمینی دارای میزان آرسنیک بالا با سنگ آتشفشانی قلیایی همبستگی دارند، در حالیکه غلظت پایین آرسنیک با سنگ های رسوبی ارتباط دارد. ماگالس (۷)، در پژوهشی میزان و گسترش آلودگی As را در خاکها و رسوبات حومه فعالیت های صنعتی در برزیل بررسی نمود. با توجه به نتایج به دست آمده، وی احتمال داد که ماهیان رودخانه و چهارپایان منطقه ممکن است به وسیله آرسنیک آلوده شده و بدین وسیله سلامتی ساکنین منطقه به مخاطره بیفتد. هنس و همکاران (۱۲)، توزیع و رفتار آرسنیک را در خاکها و آب های مجاور معدن طلا-آرسنیک مطالعه کردند. نتایج نشان دادند که افزایش غلظت آرسنیک توسط pH قلیایی غالب در آب های سطحی و زیرزمینی و نیز حضور فازهای جامد ثانویه (اکسی-هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم، رس ها و کانی های کربناته) بوده است. توزیع آرسنیک در خاکها و رسوبات توسط چرخش آب های کم عمق و سطحی غنی از آرسنیک توسط خزش ثقلی مواد باطله یا انتقال به صورت اجزاء معلق در آب بیشتر تحت تاثیر قرار می گیرد.

در ایران نیز میزان بالای فلزات سنگین در برخی از روستاهای استان های کشور از جمله کردستان و آذربایجان شرقی (منطقه سراسکند) گزارش شده است (۱۳، ۱۴، ۱۵). بر اساس گزارش شبکه بهداشت روستای گوپوز از توابع شهرستان هشترود (۱۶)، در نمونه های گرفته شده از ساکنین حوزه آبخیز این منطقه (فرنقوچای)، میزان برخی فلزات سنگین بالاتر از حد



منطقه مورد مطالعه

شکل ۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 2. Location of studied area

اطراف روستای قوپوز و ۲ نمونه در نزدیکی روستای قزلار از افق خاک قهوه‌ای تشکیل شده بر روی سنگ بسترهای نمونه‌برداری شده، برداشت شد.

نمونه‌های خاک بعد از هوا خشک و کوبیده شدن، از غربال ۲ میلی متری عبور داده شده، برای انجام آزمایش‌ها به آزمایشگاه ارسال شدند. آزمایش‌های دانه بندی و EC، CEC، pH، OC و CaSO_4 (۱۷) و فلزات سنگین با دستگاه ICP-OES بر روی نمونه‌های خاک انجام گرفت.

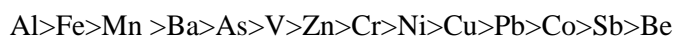
یافته‌ها

نتایج تجزیه‌ی نمونه‌های خاک برای عناصر آلومینیوم، آرسنیک، باریوم، بریلیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، نیکل، سرب، قلع، وانادیم و روی اندازه‌های میانگین آن‌ها را به ترتیب ۶۷۱۹۰/۴۸، ۱۲۷/۹۵، ۴۸۷/۲۴، ۱/۸۰، ۲۰/۵۲، ۸۵/۰۵، ۴۹/۱۹، ۴۰۵۲۳/۸۱، ۷۲۶/۶۷، ۶۰/۰۰، ۳۴/۸۱، ۵/۷۶، ۱۱۶/۳۸ و ۱۱۰/۵۲ میلی‌گرم بر لیتر نشان داد. کاربرد آزمون کولموگرو-اسمیرنوو نشان داد که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردارند. بر پایه‌ی این یافته‌ها، میانگین فراوانی عناصر از روند زیر پیروی می‌کند:

پس از مطالعات دفتری و جمع‌آوری اطلاعات پایه، کارهای انجام شده قبلی و تهیه نقشه‌های رقومی پایه، بررسی‌های صحرائی و نمونه‌برداری از خاک‌های منطقه براساس وضعیت دسترسی انجام شد. در زیر به شرح مراحل نمونه‌برداری و چگونگی جمع‌آوری، حفاظت و ذخیره نمونه‌ها پرداخته شده است.

نمونه برداری از خاک‌های منطقه

در این پژوهش با توجه به در دست داشتن نقشه طبقه‌بندی خاک‌ها انتخاب محل نقاط نمونه‌برداری به صورت هوشمندانه و در یک شبکه منظم انجام گرفت. با توجه به نقشه، موقعیت نقاط نمونه‌برداری تعیین و در دستگاه GPS وارد شد. براساس شبکه طراحی شده و نقاط نمونه‌برداری ثبت شده در دستگاه GPS، مسیر برداشت نمونه و محل دقیق نمونه‌ها مشخص شد. در یکی از ایستگاه‌های نمونه برداری، سنگ مادر طبقات قرمز نئوژن بود که روی آن خاک تشکیل نشده بود در نتیجه دو نمونه از سنگ بستر (یک نمونه از بخش شیلی و یک نمونه از بخش مارنی) آن برداشت شد. علاوه بر ۱۶ نمونه خاک که مطابق با شبکه طراحی شده نمونه‌برداری شدند، ۳ نمونه در



مقدار ۰/۴۳۵ به بالا معنی‌دار در نظر گرفته شد. عناصر با ضریب همبستگی بین ۰/۴۳۵ تا ۰/۵۴۹ که با علامت * در جدول ۱۰ نشان داده شدند، به عنوان همبستگی متوسط و عناصر با ضریب همبستگی ۰/۵۵ به بالا که با علامت ** در جدول ۱ نشان داده شدند، به عنوان همبستگی شدید در نظر گرفته شدند.

بالا بودن مقدار عنصر آلومینیوم با نتایج آزمایشات اشعه ایکس سازمان زمین شناسی همخوانی دارد. این نتایج وجود مقادیر بالای کانی‌های آلومینوسیلیکاته را در خاک‌های منطقه نشان دادند. وجود معادن آهن و منگنزدار در اطراف منطقه اجرای طرح، بالا بودن میزان این دو عنصر را در منطقه تأیید می‌نماید. به منظور درک بهتر روابط و همبستگی بین عناصر و برخی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی نمونه‌های خاک، ماتریس ضرایب همبستگی بین عناصر و این ویژگی‌ها بدست آمد که نتایج آن در جدول ۱ می‌باشد. براساس نتایج این جدول

جدول ۱- ماتریس ضرایب همبستگی بین عناصر و ویژگی‌های خاک به روش اسپیرمن

Table 1. Matrix of correlation coefficient between elements and soil properties by Spearman

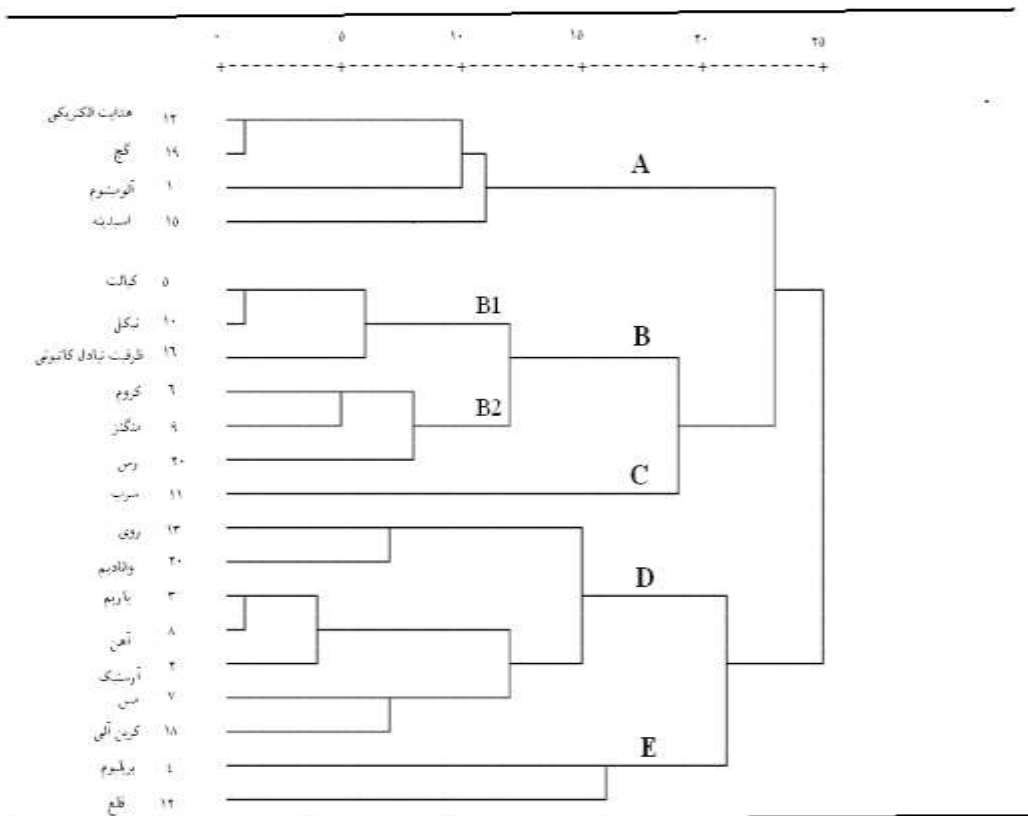
Var.	Al	AS	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	V	Zn	EC	pH	CEC	OC	CaSO4	Clay
Al	1	-.403*	-.259	.143	-.206	.131	-.507*	.089	-.414	-.108	-.115	-.219	-.002	-.197	-.210	-.414	-.280	-.404*	.519*	.437*
AS		1	.262	-.508*	-.385	-.338	-.643**	.164	-.517*	-.340	-.389	.046	.141	-.620**	.152	-.195	-.022	.143	-.145	-.483
Ba			1	-.159	.470*	.027	-.428	.651**	-.042	.322	.219	.376	.295	.300	-.672**	-.572**	.318	.170	-.269	-.374
Be				1	.219	.173	-.205	-.160	.340	.173	.000	.263	.134	-.110	-.043	-.198	.123	-.144	.009	.205
Co					1	-.595**	-.150	.350	-.463*	-.559**	.147	.400	.094	-.253	-.640**	-.288	.365**	.096	-.375	.086
Cr						1	-.480	.057	-.584**	-.672**	.417	.259	-.199	-.439*	-.426	.188	.556**	-.096	-.267	.547*
Cu							1	.231	-.324	-.248	.030	.327	.229	-.621**	-.036	-.650**	-.146	.479*	-.310	-.647**
Fe								1	.187	.257	.145	.319	.550**	.105	-.451*	-.318	.168	-.131	.068	-.390
Mn									1	.598**	.239	.005	.054	-.482*	-.077	-.038	.267	-.045	.034	.567**
Ni										1	.189	.161	-.123	-.477*	-.467*	-.193	.760**	.134	-.247	.262
Pb											1	.241	.091	.186	-.187	-.224	.278	-.075	-.470*	.092
Sb												1	-.409*	.347	-.490*	-.465*	.030	-.153	-.335	-.402
V													1	.531*	-.059	-.484*	-.379	-.380	.045	-.232
Zn														1	.300	-.362	-.443*	-.076	-.196	-.446*
EC															1	.328	-.477*	-.059	.263	.226
pH																1	-.068	-.324	.370	.495*
CEC																	1	.280	-.257	.242
OC																		1	-.358	-.260
CaSO4																			1	.104
Clay																				1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

براساس نتایج جدول ۱ (جدول ماتریس ضرایب همبستگی) عناصر باریم و کبالت همبستگی منفی شدید، و آهن و نیکل و آنتیموان همبستگی منفی متوسطی با هدایت الکتریکی خاک دارند. یافته‌های مایکو و همکاران (۱۸) نیز همبستگی منفی معنی‌دار بین هدایت الکتریکی خاک و عناصر کبالت، آهن و نیکل را نشان داد.

برای تعیین همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و میزان فلزات نمونه‌های خاک و طبقه‌بندی آن‌ها از روش آنالیز خوشه‌ای استفاده شده است. با توجه به این فرض که تعداد خوشه‌های مورد نیاز جهت گروه‌بندی مشاهدات خاک‌های منطقه مشخص نیست، از فرمان خوشه‌بندی سلسله مراتبی استفاده شده است. در طبقه‌بندی یافته‌های بدست آمده این پژوهش ۵ شاخه اصلی تشکیل شدند (شکل ۲).



شکل ۳ - نمودار آنالیز خوشه‌ای براساس داده‌های عنصری و ویژگی‌های نمونه‌های خاک
Figure 3. Cluster analysis with elemental data and soil samples properties

به ریزی مساحت این ذره و در نتیجه سطح ویژه بالای آن مربوط می‌شود که باعث بالا رفتن جذب سطحی یون‌های فلزی توسط ذرات رس می‌شود. یافته‌های این پژوهش نشان دادند که میزان رس خاک فقط همبستگی مثبت با عناصر آلومینیوم، کروم و منگنز دارد و همبستگی این ویژگی با سایر عناصر پایین و در برخی موارد منفی می‌باشد. این همبستگی پایین و منفی بدست آمده می‌تواند به ناهمگنی نمونه‌های خاک مربوط باشد که دارای مقادیر گوناگون رس و فلزات می‌باشند. زاید (۲۴) و کوولو و همکاران (۲۵) جذب کروم توسط کانی‌های رسی در پژوهش خود را گزارش کردند. تمایل زیاد عنصر روی برای جذب بر روی رس‌ها و سطوح سزکویی اکسیدها توسط لیندزی (۲۶) گزارش شده است. یافته‌های بدست آمده از آنالیز خوشه‌ای این پژوهش (شکل ۳) با یافته‌های آنالیز همبستگی میزان فلزات سنگین و ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی (جدول ۱) نمونه‌های خاک همخوانی دارد.

در مجموع ارتباط ضعیفی بین میزان فلزات سنگین خاک و اسیدپتید بدست آمد (بجز برای عناصر باریم و مس). این نتایج با نتایج تیوم و همکاران (۱۹) برای خاک‌های کاتولونیا در اسپانیا و مانتا و همکاران (۲۰) برای خاک‌های سیسیلی همخوانی دارد که علت آن را دامنه کم اسیدپتید خاک‌های مورد آزمایش خود ابراز داشته‌اند. نمونه‌های خاک پژوهش حاضر نیز دامنه کمی از اسیدپتید داشتند. عناصر کبالت، کروم و نیکل همبستگی مثبت بالا و روی همبستگی منفی با CEC دارند. آلومینیوم همبستگی منفی و مس همبستگی مثبت با کربن آلی داشت. همبستگی مس با کربن آلی، نشان‌گر پیوند قوی مس با مواد آلی می‌باشد. مک‌لارن و همکاران (۲۱) نشان دادند مس فلزی است که بطور ترجیحی جذب جزء آلی خاک می‌گردد. نتایج اسپکترمتری X-ray و رزونانس اسپین الکترون نشان داده است که مس، سرب و روی کمپلکس‌های داخل صفحه‌ای با مواد آلی خاک تشکیل می‌دهند (۲۲). طبق گفته جیل (۲۳) همبستگی بالای فلزات و درصد رس خاک

نتیجه‌گیری

همبستگی مثبت بین برخی فلزات و میزان رس و مواد آلی نمونه‌های خاک دلالت بر این می‌کنند که غلظت فلزات به وسیله‌ی ویژگی‌های خاک کنترل می‌شوند. همچنین این یافته‌ها نشان می‌دهند که مواد آلی و رس خاک‌ها، فلزات را تثبیت می‌کنند و خطر رها شدن آن‌ها را به محیط زیست کاهش می‌دهند. لازم است پژوهش‌های دیگری انجام گیرد تا بین منشا زمین‌زاد و بشرزاد فلزات اندازه‌گیری شده این طرح تفکیک صورت گیرد. از این جهت که این موضوع در مواقعی که تصمیم‌گیری روی پاک‌سازی خاک یا آگاهی از محدودیت‌های خاک آلوده مورد نیاز است، اهمیت ویژه‌ای در ارزیابی خطر این فلزات دارد.

Reference

- Brannon, J. M., and W. H. Patrick. (1987), "Fixation, transformation, and mobilization in sediments", *Environmental Science and Technology*. 21(5): 450-459.
 - Polemio, M., N., (1982), "Soil contamination by metals. A survey in industrial and rural areas of Sonthem Italy", *The Science of Total Environment* 25: 71-79.
 - Hajizade, H., Karami, G., and Seadat, S., 2005. Pollution assessment of heavy metals in soils of Firozabad-Shahrod effiyolit region, 24th geology conference, Geological organization. (In Persian)
 - Talaei, E., 2007. Study of role of north Meshkinshahr regions on soil pollution to arsenic. 10th congress of Iranian soil science, Tehran University. (In Persian)
 - Salmasi, R., and Ostadrahimi, A., 2016. Evaluation of soil pollution to heavy metals. *Environmental geology*, V. 4, pp. 24-29.
- Lacatusu, R., (1996), "Soil-plant-man relationship in heavy metal polluted areas in Romania", *App Geochemistry*, 11:105-107.
 - Magalhaes, V., F., (2007), "As concentration and distribution in Engenho Inlet, Sepetiba Bay, Brazil", *Water, Air and Soil pollution*, 18: 83-91.
 - Chen, M., Lena, Q., M., Harris, W., G., (1999), "Baseline concentrations of 15 trace elements in Florida surface soils", *J. Env. Quail.*, 28: 1173-1181.
 - Chaosheng, Z., (2006), "Using multivariate analyses and GIS to identify pollutants and their spatial patterns in urban soils in Galway, Ireland", *Environmental Pollution* 142, 501-511.
 - Tao, C., Xingmei, L., Muzhi, Z., Keli, Z., J., W., J., X., Panming, H., (2008), "Identification of trace element sources and associated risk assessment in vegetable soils of the urban-rural transitional area of Hangzhou, China", *Environmental Pollution*, 151, 67-78.
 - Brooks, R., (1983), "Biological methods of prospecting for minerals", Wiley, New York.
 - Hans-Rudolf, P., Anne Häussermann L., Werner, H., (2007), "Distribution and behavior of arsenic in soils and waters in the vicinity of the former gold-arsenic mine of Salanfe, Western Switzerland", *Journal of Geochemical Exploration* 93, 121-134.
 - Darvishzade, A., 2015. Iranian geology, Amir Kabir pub. Gorbani, M. 2005. Iranian geology: An, As, Hg. Iranian geology
 - Mosaferi, M., and Tagipoor, H., 2009. Study of as concentration in drinking

21. McLaren, R., G., Williams, J., G., Swift, R., S., (1983), "The adsorption of Cu by soil samples from Scotland at low equilibrium concentrations", *Geoderma*, 31: 97-106.
22. Merian, E., Anke, M., Inhat, M., Stoepler, M., (2004), "Elements and their compounds in the environment", Wiley VCH, Weinheim, Germany.
23. Gil, C., Boluda, R., Ramos, J., (2004), "Determination and evaluation of Cd, Pb, and Ni in greenhouse soils of Almeria (Spain)", *Chemosphere*, 55: 1027- 1034.
24. Zayed, A., M., Terry, N., (2003), "Chromium in the environment: factors affecting biological remediation," *Plant Soil*, 249: 139-156.
25. Covelo, E., F., Vega, F., A., Andrade, M., L., (2007), "Simultaneous sorption and desorption of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in acid soils," *J. Hazardous mat.*, 147: 862-870. 24-28
26. Lindsay, W., L., (1979), "Chemical equilibria in soils", John Wiley and sons, NewYork, United States.
- water: a case study. *Health and Environment journal*. V. 1, pp. 19-28.
15. Hossien pour fiezi, M. A., 2015. Epidemiological investigation between heavy metals and prevalence of diseases in Mayan and gopouz villages in east azarbayjan, Science and Technology Park of east Azarbayjan, Tabriz University.
16. Black, C., A., (1965), "Methods of soil analysis, Part 2", 2ed edition, *Agronomy Mono.* 9, SA., Madison WI.
17. Page, A., L., (1965), "Methods of soil analysis, Part 1", 2ed edition, *Agronomy Mono.*, 9, SA., Madison WI.
18. Mico, C., Recatala, L., Peris, M., Sanchez, J., (2006), "Assessing heavy metal sources in agricultural sources of an European Mediterranean area by multivariate analysis", *Chemosphere*, 65, 863-872.
19. Tume, P., Bech, J., Logan, L., (2006), "Trace elements in natural surface soils in Sant client", *Ecol. Eng.*, 27: 145-152.
20. Manta, D., S., Angelone, M., Bellanca, A., Neri, R., Sprovieri, M., (2002), "Heavy metals in urban soils: a case study from a city of Palermo (Sicily), Italy", *Sci. Tot. Environ.*, 30, 229-243.