

بررسی تراکم فلزات سنگین و تعیین همبستگی بین آن‌ها با ویژگی‌های خاک در توابع شهرستان هشترو، استان آذربایجان شرقی

آزیتا بهبانی نیا^{۱*}

azitabehbahani@yahoo.com

رامین سلماسی^۲

تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۱۸

چکیده

زمینه و هدف: مقادیر بالای فلزات سنگین در آب‌های سطحی و زیرزمینی روستاهای اطراف شهرستان هشترو، باعث می‌شود که خاک‌های پذیرنده این منابع آبی، با فلزات سنگین آلوده گردند. تعیین میزان کل فلزات سنگین در خاک‌های روستاهای آلوده اطراف شهرستان هشترو و تعیین رابطه احتمالی بین عناصر و نیز بین ویژگی‌های خاک و عناصر اهداف این مقاله را در بر می‌گیرند.

روش بررسی: پس از انجام بررسی‌های صحرایی و نمونه‌برداری از خاک‌های منطقه و تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و نیز فلزات سنگین در آن‌ها، تجزیه و تحلیل‌های لازم بر اساس تعیین ضرایب همبستگی بین عناصر و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک و نیز آنالیزخوشه‌ای انجام گرفت.

یافته‌ها: مس با کربن آلی و آلومینیوم، کروم، منگنز با درصد رس نمونه‌های خاک همبستگی مثبت داشته‌اند. در طبقه‌بندی یافته‌های بدست آمده این پژوهش با استفاده از آنالیز خوشه‌ای، ۵ شاخه اصلی تشکیل شدند که با یافته‌های تعیین ضرایب همبستگی همخوانی نشان دادند.

بحث و نتیجه‌گیری: دامنه کم اسیدیته خاک‌های مورد آزمایش، باعث شد که ارتباط ضعیفی بین میزان فلزات سنگین خاک و اسیدیته بدست آید. جذب ترجیحی مس توسط جزء آلی خاک، علت همبستگی بالای این عنصر با مواد آلی خاک می‌باشد. همبستگی مثبت بین برخی فلزات و میزان رس و مواد آلی نمونه‌های خاک دلالت بر این می‌کند که مواد آلی و رس خاک‌ها با تثبیت فلزات، خطر رها شدن آن‌ها را به محیط زیست کاهش می‌دهند. پژوهش‌های دیگری لازم است انجام گیرد تا منشأ ناشی از فعالیت‌های زمین‌شناختی و انسانی فلزات اندازه‌گیری شده این طرح را تعیین نماید.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، آنالیز خوشه‌ای، محیط زیست، ویژگی‌های خاک

۱- استادیار، گروه محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن* (مسئول مکاتبات)

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، تبریز.

Investigation on Heavy Metals Concentrations and Determination of Their Relations with Soil Properties around Hashtrood Town, East Azerbaijan Province

Azita Behbahaninia^{1*}

behbahani@riau.ac.ir

Ramin Salmasi²

Abstract

Background and Objective: Arsenic pollution in Hashtrood city was reported. Primary experiments of the stream water samples showed several times concentrations than standard. Total Contents of heavy metal in the soils of polluted villages of Hashtrood city and determining the relationships of these metals and soil properties are the goals of this research.

Method: After field investigations and the soil sampling and analysis of soil physic-chemical properties and heavy metals, correlation coefficients and cluster analysis of data were determined.

Findings: Cu with OC and Al, Cr, and Mn with clay percentages of soil samples had positive correlation. Five main clusters were determined with cluster analysis that were in agreement with correlation coefficients.

Discussion and Conclusion: Low range of the soil pHs causes low correlation between soil heavy metals and pH. Selective adsorption of Cu by soil organic component is the reason of high correlation of this metal with soil organic matter. Positive correlations between clay and OC of the soil samples with some metals indicate that these 2 soil components with metals fixing, reduce their release into environment. Other researches are necessary to determine geology and anthropogenic sources of these metals.

Keywords: Heavy metals, Cluster analysis, Environment, soil properties

1- Assistant Professor(Research member),Rodehen Islamic Azad University ,Environmental Department
*(Corresponding Author)

2- Member of the Science Board, Agricultural and Natural Resource Centre, Tabriz, East Azerbaijan

مقدمه

آلودگی خاک ها و محیط های آبی یک مشکل جدی و در حال گسترش می باشد. فلزات سنگین زیست تخریب پذیر نیستند، بنابراین گیاهان رشد یافته در خاک های حاوی مقادیر بالای این فلزات، آن ها را در خود انباشت می کنند و علاوه بر کاهش محصول گیاهان، برای سلامتی انسان و حیوانات زیان آور می باشند (۱ و ۲). همچنین اگر این فلزات حرکت سریعی در خاک داشته باشند، می توانند با آلودگی آب های زیرزمینی - بویژه در مناطقی با سطح بالای آب زیرزمینی - زیان های دیگری را متوجه مصرف کنندگان شان نمایند (۳).

میزان فلزات موجود در خاک از دو منبع اصلی طبیعی یا زمین زاد ناشی از هوازدگی زمین شناختی سنگ ها در طی تشکیل خاک، و بشرزاد ناشی از آلودگی نقطه ای و پخش شده می باشد (۴ و ۵). میزان آلودگی خاک توسط فلزات سنگین از هر دو منبع و بدنبال آن جذب توسط گیاهان به چند عامل بستگی دارد. اسیدیته، مواد آلی، نوع و غلظت سایر یون ها و میزان کانی های رسی خاک از جمله این عوامل بشمار می روند.

در سراسر جهان، پژوهش های زیادی بر روی آلودگی خاک ها به فلزات سنگین انجام گرفته است:

حاجی زاده و همکاران (۶) به منظور ارزیابی میزان آلاینده های عناصر سنگین در خاک های منطقه فیروزآباد شاهرود، نمونه های خاک منطقه را مطالعه کردند. مقایسه غلظت عناصر سنگین نمونه های خاک منطقه با استانداردهای موجود در خاک های طبیعی نشان داد که در اغلب موارد غلظت عناصر سنگین از غلظت آن ها در خاک های طبیعی بیشتر و در مورد عناصر Cr و Ni درجه آلاینده گی آن ها در بعضی نقاط در حد خیلی زیاد بود. طلائی (۷) نقش مناطق معدنی شمال مشگین شهر بر میزان آلودگی منابع آب و خاک به عنصر آرسنیک را بررسی نمود. مقایسه مقادیر به دست آمده از آب های منطقه با استانداردهای جهانی عناصر نشان گر افزایش چند ده برابری این عنصر در آب های سطحی و زیرسطحی منطقه بود. بررسی غلظت عناصر سنگ ها در این منطقه معدنی نشان داد که غلظت

آرسنیک در اکثر نمونه ها از متوسط آن بالاتر است. با توجه به غلظت زیاد این عنصر در محیط های سنگی و خاکی منطقه آلوده بودن آن ها به این عنصر سمی، از منبع مواد معدنی و سنگ های دگرسان شده مورد توجه بوده و امکان ورود بیش از حد استاندارد آن را به چرخه زیست محیطی از جمله آب های سطحی و زیرزمینی می توان توجیه نمود. در پژوهش انجام گرفته توسط لاکاتسو (۸)، بر روی خاک ها و سبزی های اطراف فعالیت های معدنکاری در منطقه ای از کشور رومانی، آلودگی خاک ها و سبزیجات منطقه توسط فلزات Pb, Cd, Cu, Zn مشخص شد و با توجه به مصرف اهالی منطقه از رستنی ها، مخاطراتی پیشگویی شد که با نتایج آزمایش بیماری آن منطقه همخوانی داشت. آزمایش های بعدی وجود ناراحتی های عصبی و کبدی را در بین اهالی اثبات کرد که ناشی از سمیت عناصر سنگین بوده است. چائوشنگ (۹)، طی مطالعه ای در ایرلند به شناسایی آلاینده ها و الگوی فاصله ای آن ها در خاک های منطقه گالوی پرداخته است. در این مطالعه روش های GIS و آمار چند متغیره برای طبقه بندی و شناسایی عناصری که توسط فعالیت های بشر تحت تأثیر قرار می گیرند، مورد استفاده قرار گرفته اند. تجزیه خوشه ای (CA) و تجزیه مؤلفه های اصلی (PCA) عناصر را در دو گروه طبقه بندی کردند: گروه اول بطور غالب از منبع طبیعی منشاء گرفته اند، و گروه دوم تحت تأثیر فعالیت های بشر بودند. غلظت های نسبتاً بالای Cu, Pb و Zn تاثیرات مهم آلودگی ترافیک را نشان دادند و غنی شدگی عنصر As به سوختن زغال و تورب برای گرم کردن منزل نسبت داده شد. تائوچن و همکاران (۱۰)، میزان عناصر نادر موجود در خاک های ناحیه ای در چین را بررسی کرده و به روش آنالیز چند متغیره عناصر آلاینده (As, Cd, Cu, Hg, Pb و Zn) را از عناصر غیر آلاینده (Cr, Co, Mn, Ni) جدا کردند. همبستگی قابل توجهی که بین عناصر غیر آلاینده با Al_2O_3 و Fe_2O_3 ، SiO_2 در کل خاک ها یافت شد، نشان داد منبع این عناصر توسط فاکتورهای تشکیل خاک کنترل می شوند. از طرفی همبستگی نسبتاً ضعیف عناصر آلوده کننده با یکدیگر و

افزایش این عنصر مواجه هستند. عوارض بیماری های عصبی نیز در منطقه بوفور دیده شده است. در رابطه با میزان آلودگی به آرسنیک و فلزات احتمالی همراه آن در خاک های این منطقه تا کنون کاری انجام نشده است. در این راستا مقاله حاضر با اهداف زیر تهیه شده است:

- تعیین میزان کل فلزات آرسنیک، سرب، نیکل، آنتیموان، باریم، بریلوم، روی، مس، آلومینیوم، آهن، کبالت و کروم در خاک های روستاهای آلوده اطراف شهرستان هشتگرد
- تعیین رابطه احتمالی بین عناصر و نیز بین ویژگی های خاک و عناصر

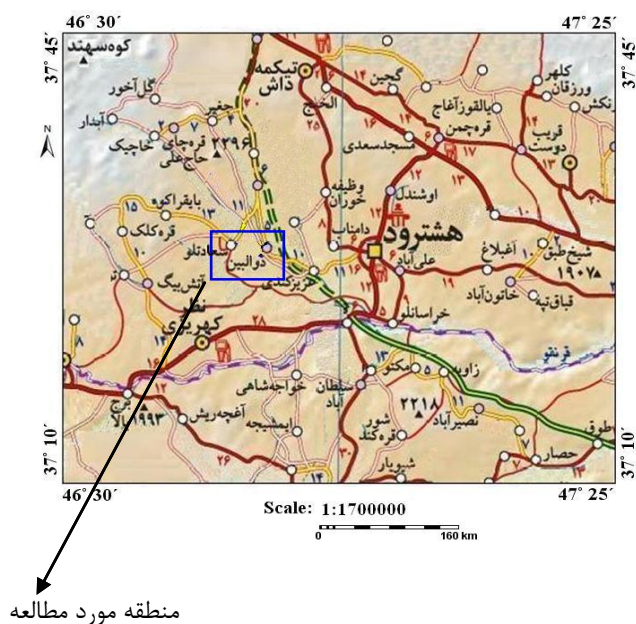
روش بررسی

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بین طول های $46^{\circ} 48' 00''$ تا $46^{\circ} 55' 00''$ شرقی و عرض های $37^{\circ} 25' 00''$ تا $37^{\circ} 30' 00''$ شمالی در ۲۰ کیلومتری غرب هشتگرد در جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این منطقه جزء شهرستان هشتگرد محسوب می شود. روستاهای ذوالبین، سعادتلو، قوپوز و قزلو در محدوده مورد مطالعه قرار دارند (شکل ۱).

تغییرپذیری فاصله ای بیشتر عناصر آلوده کننده نشان داد که غنی شدگی و ناهمگنی فاصله ای شان توسط ورودی های ناشی از فعالیت های انسانی تحت تأثیر قرار گرفته است. ماگالهایس (۱۱)، در پژوهشی میزان و گسترش آلودگی آرسنیک را در خاک ها 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. هانس و همکاران (۱۲)، توزیع و رفتار آرسنیک را در خاک ها 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.

میزان بالای آرسنیک در روستاهای اطراف شهرستان هشتگرد واقع در استان آذربایجان شرقی گزارش شده است (۱۳). بر اساس این گزارش، در نمونه های مو و ناخن گرفته شده از ساکنین حوزه آبخیز این منطقه، میزان آرسنیک بالاتر از حد مجاز بوده به نحوی که بیشتر اهالی با معضل بیماری ناشی از



منطقه مورد مطالعه

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Fig 1- Situation of the study area

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، pH، CEC، OC و $CaSO_4$ (بلاک ۱۹۶۵، یج ۱۹۶۵) و فلزات سنگین با دستگاه ICP-OES بر روی نمونه‌های خاک انجام گرفت.

یافته‌ها

بر اساس گزارش مؤسسه تحقیقات خاک و آب (۱۶)، خاک‌های محدوده مورد مطالعه جزء واحد فیزیوگرافی فلات‌های پست و بلند طبقه‌بندی شده است.

محاسبات آماری

تعیین پارامترهای آماری

پارامترهای آماری مربوط به داده‌های خام غلظت فلزات سنگین در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. کاربرد آزمون کولموگرو-اسمیرنوو نشان داد که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردارند.

پس از مطالعات دفتری و جمع‌آوری اطلاعات پایه، کارهای انجام شده قبلی و تهیه نقشه‌های رقومی پایه، بررسی-های صحرایی 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 اطراف روستای قوپوز و ۲ نمونه در نزدیکی روستای قزلار از افق

جدول ۱- پارامترهای آماری داده‌های خام (غلظت‌ها بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)

Table 1- Statistical parameters of raw data (concentrations in mg/kg)

عنصر	متوسط	میانه	انحاف استاندارد	چولگی	کشیدگی	کمینه	بیشینه
آلومینیوم	۶۷۱۹۰/۴۸	۶۷۰۰۰/۰۰	۷۷۸۸/۵۸	-۰/۵۸	۰/۳۸	۴۸۰۰۰/۰۰	۷۹۰۰۰/۰۰
آرسنیک	۱۲۷/۹۵	۳۷/۰۰	۲۷۸/۷۰	۳/۹۹	۱۶/۷۶	۱۲/۰۰	۱۲۸۷/۰۰
باریم	۴۸۷/۲۴	۴۸۶/۰۰	۷۵/۰۵	۰/۳۲	۴/۰۶	۳۰۱/۰۰	۱۱۳/۰۰
بریلیوم	۱/۸۰	۱/۸۰	۰/۱۷	۱/۴۸	۲/۷۴	۱/۶۰	۲/۳۰
کبالت	۲۰/۵۲	۲۱/۰۰	۳/۱۲	-۰/۶۰	-۰/۳۶	۱۴/۰۰	۲۵/۰۰
کروم	۸۵/۰۵	۹۰/۰۰	۳۲/۲۰	-۰/۸۳	۰/۹۵	۳۱/۰۰	۰/۱۱
مس	۴۹/۱۹	۴۸/۰۰	۱۲/۰۷	-۰/۵۳	۰/۳۲	۱۹/۰۰	۰/۷۳
آهن	۴۰۵۲۳/۸۱	۴۰۰۰۰/۰۰	۳۵۸۶/۳۵	۱/۱۳	۳/۵۵	۳۳/۰۰	۵۱/۰۰
منگنز	۷۲۶/۶۷	۷۷۰/۰۰	۲۱۲/۰۵	-۰/۷۳	۰/۱۰	۲۵/۰۰	۱۰۷۰/۰۰
نیکل	۶۰/۰۰	۶۷/۰۰	۱۷/۵۲	-۰/۴۰	-۱/۳۳	۳۰/۰۰	۸۵/۰۰
سرب	۳۴/۸۱	۱۷/۰۰	۵۹/۵۸	۳/۶۵	۱۳/۶۵	۱۳/۰۰	۲۷۱/۰۰
قلع	۵/۷۶	۵/۰۰	۴/۷۳	۴/۳۰	۱۹/۱۱	۳/۰۰	۲۶/۰۰
وانادیم	۱۱۶/۳۸	۱۱۵/۰۰	۱۱/۳۲	۰/۹۹	۱/۰۸	۹۹/۰	۱۴۴/۰
روی	۱۱۰/۵۲	۹۳/۰۰	۴۳/۵۸	۲/۹۰	۹/۸۹	۷۵/۰۰	۲۷۳/۰۰

به منظور درک بهتر روابط و همبستگی بین عناصر و برخی ویژگی های فیزیکی- شیمیایی نمونه های خاک، ماتریس ضرایب همبستگی بین عناصر و این ویژگی ها به دست آمد که نتایج آن در جدول ۲ می باشد. براساس نتایج این جدول مقدار ۰/۴۳۵ به بالا معنی دار 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 ۱۰ نشان داده شدند، به عنوان همبستگی شدید در نظر گرفته شدند.

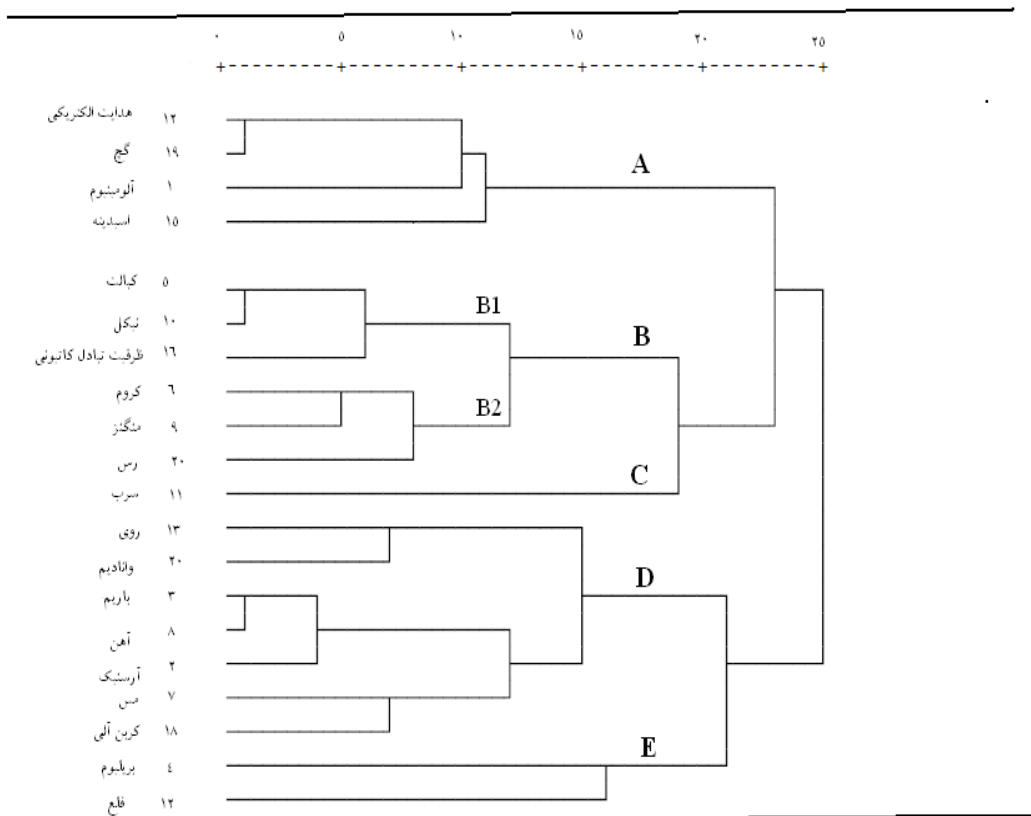
جدول ۲ - ماتریس ضرایب همبستگی بین عناصر و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به روش اسپرمن

رشد	گنج	کربن آلی	ظرفیت تبادل کاتیونی	اسیدینه	هدامت الکتریکی	روی	وانادیم	فلج	سرب	نیکل	منگنز	آهن	مس	کروم	کیالت	برلیوم	باریم	آرسنیک	آلومینیوم	منغیر
۰.۴۳۷*	۰.۵۱۹*	-۰.۱۴۹۴*	۰.۳۸۰	۰.۴۱۴	۰.۲۱۰	۰.۱۹۷	۰.۰۰۷	۰.۳۱۹	-۰.۱۱۵	-۰.۱۰۸	۰.۴۱۴	۰.۸۸۹	-۰.۱۵۰۷*	۰.۱۳۱	۰.۲۰۶	۰.۱۸۴	۰.۱۵۹	۰.۴۳۸*	۱	آلومینیوم
-۰.۴۱۳	-۰.۱۴۵	۰.۱۸۴	-۰.۱۲۲	۰.۱۹۵	-۰.۱۵۲	۰.۲۵۷	-۰.۱۴۱	-۰.۴۰۶	-۰.۲۸۹	۰.۲۴۰	۰.۵۱۷	-۰.۱۶۴	۰.۱۶۴۳**	-۰.۳۳۸	۰.۳۸۵	-۰.۱۵۰۸*	۰.۱۶۲	۱	آرسنیک	
۰.۲۷۴	-۰.۲۶۹	۰.۱۷۰	۰.۳۱۸	۰.۵۷۳**	۰.۶۷۳**	۰.۲۰۰	۰.۲۳۵	۰.۳۷۶	۰.۲۱۹	۰.۳۲۲	۰.۴۰۲	۰.۶۵۱**	۰.۲۴۸	۰.۰۲۷	۰.۴۷۰*	۰.۱۵۹	۱	۱	باریم	
۰.۳۰۵	۰.۰۰۹	-۰.۱۴۴	-۰.۱۲۳	۰.۱۹۸	۰.۰۴۳	۰.۱۱۰	۰.۱۳۴	-۰.۱۶۳	۰.۰۰۰	-۰.۱۷۳	-۰.۳۴۰	-۰.۱۶۰	-۰.۲۰۵	-۰.۱۷۳	-۰.۲۲۹	۱	۱	۱	برلیوم	
۰.۰۸۶	-۰.۳۷۵	۰.۰۰۶	۰.۵۵۵**	۰.۳۸۸	-۰.۱۶۴**	-۰.۲۵۳	۰.۰۰۴	-۰.۴۰۰	۰.۱۴۷	۰.۱۵۹**	۰.۲۶۳*	۰.۳۵۰	۰.۱۵۰	۰.۵۵۵**	۱	۱	۱	۱	کیالت	
۰.۵۴۷*	۰.۲۶۷	۰.۰۰۶	۰.۵۵۵**	۰.۱۸۸	۰.۴۲۶	-۰.۲۴۹*	۰.۱۹۹	۰.۳۵۹	۰.۴۱۷	۰.۶۷۳**	۰.۵۸۴**	۰.۱۵۷	۰.۲۴۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	کروم
-۰.۱۶۴۷**	۰.۳۱۰	۰.۴۷۹	۰.۱۴۶	۰.۱۶۵	۰.۰۳۶	۰.۶۲۱**	۰.۲۲۹	۰.۳۵۷	۰.۰۳۰	۰.۰۲۴۸	۰.۳۲۴	۰.۱۴۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	مس
۰.۱۹۰	۰.۰۶۸	۰.۱۳۱	۰.۱۶۸	۰.۳۱۸	-۰.۴۵۱*	۰.۱۰۵	۰.۵۵۰**	۰.۳۱۹	۰.۱۴۵	۰.۲۵۷	۰.۱۸۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	آهن
۰.۵۶۷**	۰.۰۳۴	۰.۰۴۵	۰.۲۶۷	۰.۰۳۸	۰.۰۷۷	۰.۴۸۷*	۰.۰۵۴	-۰.۰۰۵	۰.۲۳۹	۰.۵۵۸**	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	منگنز
۰.۲۶۲	۰.۲۴۷	۰.۱۳۴	۰.۱۶۰**	-۰.۱۹۳	-۰.۴۴۶۷*	-۰.۴۷۷*	-۰.۱۲۵	-۰.۱۶۱	۰.۱۸۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	نیکل
۰.۰۰۹۴	۰.۴۷۰*	-۰.۰۷۵	۰.۳۷۸	-۰.۲۲۴	-۰.۱۸۷	۰.۱۸۶	۰.۱۹۱	۰.۲۴۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	سرب
-۰.۲۰۲	-۰.۳۵۵	-۰.۱۵۳	۰.۰۵۰	۰.۴۶۵*	۰.۴۹۰*	۰.۲۴۲	۰.۴۸۹*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	قلج
-۰.۳۳۲	-۰.۲۰۲	۰.۳۸۰	-۰.۳۷۹	۰.۴۳۴*	-۰.۰۵۹	۰.۵۳۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	ولادیم
۰.۴۴۶*	-۰.۱۹۶	-۰.۰۱۶	-۰.۴۴۳*	-۰.۳۶۲	۰.۲۰۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	روی
۰.۳۲۶	۰.۲۶۳	-۰.۰۵۹	-۰.۴۷۷*	۰.۳۲۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	هدامت الکتریکی
۰.۴۹۵	۰.۳۷۰	-۰.۲۶۴	-۰.۰۶۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	اسیدینه
۰.۲۴۲	۰.۲۵۷	۰.۲۸۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	ظرفیت تبادل کاتیونی
۰.۲۶۰	۰.۳۵۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	کربن آلی
۰.۱۰۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	گنج

* در سطح ۰.۰۵ معنی دار ** در سطح ۰.۰۱ معنی دار

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).

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



شکل ۲ - نمودار آنالیز خوشه‌ای براساس داده‌های عنصری و ویژگی‌های نمونه‌های خاک

Fig 2- Cluster analysis diagram with basis of elemental data and properties of soil samples

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین فراوانی عناصر از روند زیر تبعیت می‌کند:



بالا بودن مقدار عنصر آلومینیوم با نتایج آزمایشات اشعه ایکس سازمان زمین شناسی تبریز همخوانی دارد. این نتایج وجود مقادیر بالای کانی‌های آلومینوسیلیکاته را در خاک‌های منطقه نشان دادند. وجود معادن آهن و منگنز در اطراف منطقه اجرای طرح، بالا بودن میزان این دو عنصر را

در منطقه تایید می‌نماید. یافته‌های این پژوهش نیز نشانگر بالا بودن آرسنیک در خاک‌های منطقه می‌باشند. براساس نتایج جدول ۲ (جدول ماتریس ضرایب همبستگی) عناصر باریوم و کبالت همبستگی منفی شدید، و آهن و نیکل و آنتیموان همبستگی منفی متوسطی با هدایت الکتریکی خاک دارند. یافته‌های مایکو و همکاران (۱۷) نیز همبستگی منفی معنی‌دار بین هدایت الکتریکی خاک و عناصر کبالت، آهن و نیکل را نشان داد. در مجموع ارتباط ضعیفی بین میزان فلزات سنگین خاک و اسیدیته بدست آمد (بجز برای عناصر باریوم و مس). این نتایج با نتایج تیوم و همکاران (۱۸) برای خاک‌های کاتالونیا در اسپانیا و مانتا و همکاران (۱۹) برای خاک‌های

رس خاک ها، فلزات را تثبیت می کنند و خطر رها شدن آن ها را به محیط زیست کاهش می دهند.

پژوهش های دیگری لازم است تا بین منشا زمین زاد و بشرزاد فلزات اندازه گیری شده این طرح تفکیک صورت گیرد. به این جهت که این موضوع در مواقعی که تصمیم گیری روی پاک سازی خاک یا آگاهی از محدودیت های خاک آلوده مورد نیاز است، اهمیت ویژه ای در ارزیابی خطر این فلزات دارد.

منابع

1. Brooks R, 1983. Biological methods of prospecting for minerals. Wiley, New York.
2. 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.
3. 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.
4. Merian, E., Anke M., Inhat M., and Stoepler, M., 2004. Elements and their compounds in the environment. Wiley VCH, Weinheim, Germany.
5. Smedley P, 2004. Arsenic occurrence in groundwater in South and East Asia – Scale, causes and mitigation. Technical Report, Vol. II, The World Bank, Report no. 31303.

۶. حاجی زاده، هادی؛ کرمی، غلامحسین؛ سعادت، سعید؛ ۱۳۸۴. ارزیابی میزان آلاینده های عناصر سنگین در خاکهای منطقه افیولیتی فیروزآباد شاهرود، سازمان زمین شناسی کشور، بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین شناسی، سازمان زمین شناسی کشور.

سیسیلی همخوانی دارد که علت آن را دامنه کم اسیدیته خاک های مورد آزمایش خود ابراز داشته اند. نمونه های خاک پژوهش حاضر نیز دامنه کمی از اسیدیته 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، نشان گر پیوند قوی مس با مواد آلی می باشد. مک لارن و همکاران (۲۰) نشان دادند مس فلزی است که بطور ترجیحی جذب جزء آلی خاک می گردد. نتایج اسپکترمتری ایکس ری و رزونانس اسپین الکترون نشان داده است (۲۱) که مس، سرب و روی کمپلکس های داخل صفحه ای (Inner sphere surface complexes) با مواد آلی خاک تشکیل می دهند. آلومینیوم همبستگی مثبت و سرب همبستگی منفی با $CaSO_4$ نشان می دهند. طبق گفته برادل، همبستگی بالای فلزات و درصد رس خاک به ریزی مساحت این ذره و در نتیجه سطح ویژه بالای آن مربوط می شود که باعث بالا رفتن جذب سطحی یون های فلزی توسط ذرات رس می شود. یافته های 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 می باشد. این همبستگی پایین و منفی بدست آمده می تواند به ناهمگنی نمونه های خاک مربوط باشد که دارای مقادیر گوناگون رس و فلزات می باشند. زاید و تری (۲۲) و کوپولو و همکاران (۲۳) جذب کروم توسط کانی های رسی در پژوهش خود را گزارش کردند. تمایل زیاد عنصر روی برای جذب بر روی رس ها و سطوح سزکویی اکسید ها توسط لینزی (۲۴) گزارش شده است. یافته های بدست آمده از آنالیز خوشه ای این پژوهش (شکل ۲) با یافته های آنالیز همبستگی میزان فلزات سنگین و ویژگی های فیزیکی- شیمیایی (جدول ۴) نمونه های خاک همخوانی دارد. همبستگی مثبت بین برخی فلزات و میزان رس و مواد آلی نمونه های خاک دلالت بر این می کنند که غلظت های فلز توسط ویژگی های خاک کنترل می شوند. همچنین این یافته ها نشان می دهند که مواد آلی و

14. Black C A, 1965. Methods of soil analysis, Part 2, 2ed edition, Agronomy Mono. 9, SA., Madison WI.
15. Page A L, 1965. Methods of soil analysis, Part 1, 2ed edition, Agronomy Mono. 9, SA., Madison WI.
۱۶. موسسه حفاظت خاک و آب، ۱۳۷۹. مطالعات خاک شناسی و طبقه بندی هشترده، استان آذربایجان شرقی.
17. 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.
18. Tume P, Bech J, and Logan, L. 2006. Trace elements in natural surface soils in Sant client. Ecol. Eng., 27: 145-152.
19. 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.
20. 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.
21. Lund l J, Betty E E, Page A L, Elliot R A, 1981. Occurrence of high Cd levels in soil and its accumulation by vegetation. J. Environ. Qual. 10: 551-556.
22. Zayed A M, & Terry N. 2003. Chromium in the environment: factors affecting biological remediation. Plant Soil, 249: 139-156.
23. Covelo E F Vega F A Andrade M L, 2007. Simultaneous sorption and
۷. طلائی، علیرضا؛ ۱۳۸۶. بررسی نقش مناطق معدنی شمال مشگین شهر بر میزان آلودگی خاکها به عنصر آرسنیک، دهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه تهران، قطب علمی و گروه مهندسی علوم خاک.
8. Lacatusu, R.,. Soil-plant-man relationship in heavy metal polluted areas in Romania. App Geochemistry, 1996; 11:105-107.
9. Chaosheng Zhang, 2006, Using multivariate analyses and GIS to identify pollutants and their spatial patterns in urban soils in Galway, Ireland, Environmental Pollution 142, 501-511.
10. Tao Chen, Xingmei Liu, Muzhi Zhu, Keli Zhao, Jianjun Wu, Jianming Xu, Panming Huang, 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.
11. Magalhaes, V.F. 2007. As concentration and distribution in Engenho Inlet, Sepetiba Bay, Brazil, Water, Air and Soil pollution, 18:83-91.
12. Hans-Rudolf Pfeifer, Anne Häussermann Jean-Claude Lavanchy, Werner Halter, 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.
۱۳. مسافری، محمد، تقی پور، حسن، ۱۳۸۸. بررسی میزان آرسنیک در آب آشامیدنی، یک مثال موردی. مجله سلامت و محیط. جلد ۱، ص. ۱۹-۲۸.

Chemical equilibria in soils. John Wiley and sons, NewYork, United States.

desorption of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in acid soils. J. Hazardous mat. 147: 862-870. 24- Lindsay W L, 1979.