

بررسی آلودگی خاک و رسوبات بادی به برخی از فلزات سنگین در دشت شهرکرد

صفورا میرباقری*، مهدی نادری، محمد حسن صالحی و جهانگرد محمدی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۶)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی آلودگی خاک و رسوبات بادی به فلزات سنگین در دشت شهرکرد انجام گرفت. ۲۰ تله رسوب گیر هشت جهته ساخته و در کاربری‌های مرغزار زهکشی شده، کشاورزی آبی و مراتع در فصل تابستان ۱۳۹۵ نصب شدند. ۶۲ نمونه خاک سطحی نیز به صورت تصادفی از منطقه جمع‌آوری شدند. رسوبات بادی به سه کلاس اندازه‌ای کوچک‌تر از ۵۰، ۵۰-۲۵۰ و ۲۵۰-۵۰۰ میکرون تقسیم و غلظت کل فلزات سنگین سرب، روی، کادمیم و نیکل به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. برای تعیین وضعیت آلودگی رسوبات از شاخص‌های زمین‌انباشتگی، فاکتور آلودگی و فاکتور غنی‌شدگی استفاده شد. نتایج نشان دادند که بیشترین مقدار رسوب تجمع‌یافته به ترتیب مربوط به جهت غرب (۱/۸۶ گرم)، جنوب (۱/۶۹ گرم) و جنوب غرب (۱/۴۷ گرم) است. روند میانگین عناصر سنگین در سه کلاس اندازه رسوبات و خاک‌ها عبارتست از: کادمیم > سرب > نیکل > روی. نتایج همچنین نشان دادند که غلظت فلزات سنگین در نمونه خاک‌ها و رسوبات، پایین‌تر از حد مجاز در دیگر کشورهاست. شاخص زمین‌انباشتگی نشان داد رسوبات در محدوده غیر آلوده قرار داشتند. بر اساس فاکتور آلودگی کلیه رسوبات در کلاس آلودگی کم طبقه‌بندی شد ولی فاکتور غنی‌شدگی نشان داد که در برخی اراضی غنی‌شدگی حداقل و متوسط وجود داشتند.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، رسوب بادی، تله رسوبگیر، فاکتور غنی‌سازی، فاکتور آلودگی

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: safoora.mirbagheri@yahoo.com

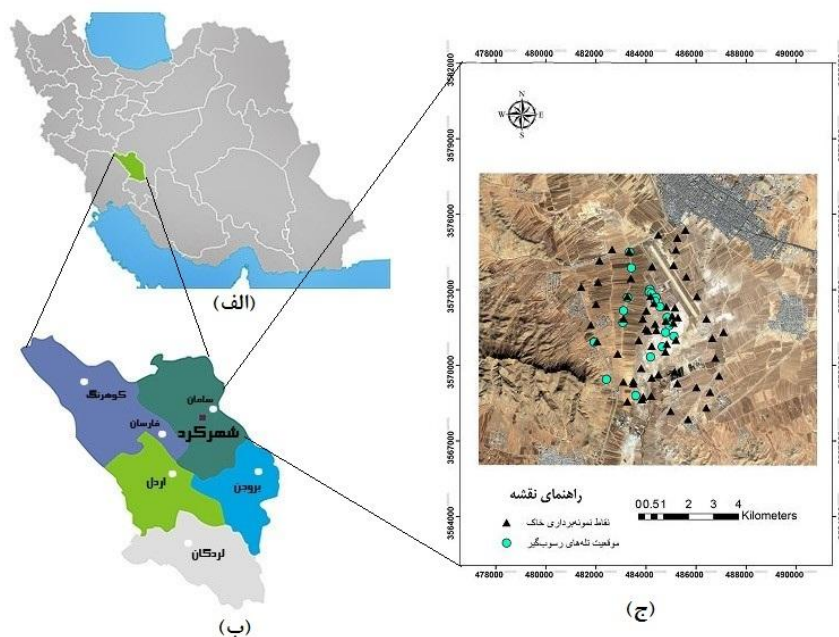
مقدمه

یکی از مهم‌ترین پدیده‌های جوی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، فرسایش خاک توسط باد است که از جمله مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی در این مناطق محسوب می‌شود (۷). ارتباط نزدیکی بین توزیع اندازه ذرات رسوب با فرایندهای انتقال ذرات وجود دارد (۱۳). فرایندهای انتقال ذرات شامل خزش، جهش و تعلیق است. رفاهی (۲۳) برای فرایندهای خزش، جهش و تعلیق، به ترتیب دامنه اندازه ۰/۵-۲ میلی‌متر، ۰/۵-۰/۵ میلی‌متر و کوچک‌تر از ۰/۰۵ میلی‌متر گزارش کرد. جهش اصلی‌ترین مکانیسم تحرک ذرات خاک و تولید فرسایش و غبار است (۲۷).

یکی از متداول‌ترین ابزارها در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی کنترل فرسایش بادی، استفاده از تله‌های رسوب‌گیر است (۶). عظیم‌زاده و همکاران (۳) با استفاده از تله رسوب‌گیر BSNE مقدار فرسایش و حداکثر ظرفیت انتقال رخدادهای فرسایش بادی و متوسط تلفات خاک را با توجه به جهت وزش باد را در اراضی آیش دشت یزد- اردکان به دست آوردند.

نمونه‌گیر (BSNE (Big Spring Eight Number) برای اولین بار توسط فرایر (۱۱) طراحی شد به صورتی که ذرات معلق و جهشی را در ارتفاعات مختلف از سطح زمین و در جهت‌های گوناگون نمونه‌گیری می‌کند. قائمی‌نیا (۱۳) موفق به طراحی و ساخت رسوب‌گیر EDST (Eight Directional Sand Trap) شد که با توجه به سرعت‌های مختلف باد در تمام جهت‌های اصلی و فرعی، ذرات جهشی و خزشی را تا ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر جمع‌آوری می‌کند. نتایج مطالعات سان و همکاران (۲۸) روی ۳۶ نمونه خاک سطحی با کاربری‌های متفاوت در هفت ناحیه از شن‌یانگ چین نشان داد که غلظت کل کادمیم، سرب، مس و روی بیش از حد مجاز آنها در خاک است و همبستگی بالا بین عناصر سنگین در خاک حاکی از منبع مشترک آلودگی است. بن‌هدیا و هادجل (۵) در منطقه‌ای نفت‌خیز از الجزایر آلودگی خاک را به عناصر Cu, Ni, Mn, Pb و Zn ارزیابی و غلظت مس، منگنز، سرب و روی را بیش از

مقدار زمینه گزارش کردند و دلیل آن را بهره‌برداری از منابع نفتی منطقه در طی ۵۰ سال گذشته و افزایش روند صنعتی شدن و شهرنشینی در منطقه گزارش کردند. تانگ و همکاران (۲۹) توزیع اندازه ذرات معلق موجود در غبار شهر پکن و ارتباط آن با سطح زمین را بررسی و گزارش کردند که اندازه ذرات معلق، تا حدود زیادی توسط ویژگی‌های خاک و نیروی محرکه باد تعیین می‌شود و ذرات بزرگ‌تر با توجه به شکنندگی بیشتر، از دوام و پایداری کمتری برخوردارند. وانگ و همکاران (۳۰) فلزات سنگین در نمونه‌های غبار فصلی شهر پکن چین را بررسی و مشخص کردند که غلظت عناصر در فصول مختلف، متفاوت است و بالاترین غلظت مربوط به فصل بهار بود. لی و همکاران (۲۰) در پژوهشی روی توزیع مکانی ۱۷۰ نمونه غبار در چین گزارش کردند که الگوی توزیع مکانی مس، سرب، کروم و روی مشابه بوده و نیز غلظت این فلزات در جاده‌های با تراکم بالای ترافیک، بالاست. اسماعیل‌پورفرد و همکاران (۹) آلودگی غبار منتشر شده از معدن سرب و روی گوشفیل در سه کیلومتری جنوب غرب سپاهان‌شهر اصفهان را بررسی کردند و نتیجه را این چنین گزارش کردند که غلظت عناصر روی، سرب و کادمیم در غبار رسوب‌یافته در اطراف معدن حداکثر است. در پژوهش‌های زیست‌محیطی از شاخص‌های محاسباتی مانند شاخص زمین‌انباشتگی، فاکتور غنی‌شدگی و فاکتور آلودگی برای شناخت منشأ و شدت آلودگی فلزات سنگین در خاک‌ها، رسوبات و غبارات اتمسفری استفاده می‌شود. احمدی دوآبی و همکاران (۱) غلظت نیکل، روی، مس، کروم، منگنز و آهن و وضعیت سطوح آلودگی آنها را در غبارات اتمسفری استان کرمانشاه بررسی کردند میزان شاخص زمین‌انباشتگی و فاکتور غنی‌شدگی برای نیکل، روی و مس و به‌میزان کمتری کروم، نشان از آلودگی این فلزات داشت که دلیل آن را فعالیت‌های صنعتی و ترافیک دانستند و میزان پایین این شاخص‌ها برای منگنز و آهن حاکی از عدم آلودگی غبار به این عناصر بود. سلمان‌پور (۲۵) وضعیت آلودگی خاک‌ها به عناصر سنگین در منطقه قلعه بهمن (شرق دریاچه بختگان) را



شکل ۱. الف) منطقه مورد مطالعه در کشور، ب) استان چهارمحال و بختیاری و ج) موقعیت تله‌های رسوب‌گیر و نقاط نمونه‌برداری خاک

طول جغرافیایی $51^{\circ} 50'$ تا $46^{\circ} 50'$ شرقی و عرض جغرافیایی $32^{\circ} 14'$ تا $32^{\circ} 19'$ شمالی قرار دارد (شکل ۱). بخش قابل توجهی از دشت شهرکرد شامل مرغزاری است که در گذشته پوشش گیاهی متنوعی داشته و در حال حاضر به دلیل چرای بی‌رویه دام‌ها، زهشکی برای احداث فرودگاه و عدم وجود تدابیر مدیریتی صحیح به منطقه‌ای خشک و فرسایش‌پذیر تبدیل شده است که در فصل‌های خشک در معرض فرسایش بادی قرار می‌گیرد به همین دلیل این منطقه برای مطالعه انتخاب شد. میانگین ارتفاع منطقه از سطح دریا 2050 متر است. بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهرکرد در یک دوره‌ی آماری 60 ساله (سال‌های 1334 تا 1393)، میانگین بارندگی و دمای سالانه منطقه به ترتیب 320 میلی‌متر و $12/5$ درجه سلسیوس است. جهت باد غالب فصل تابستان، شرقی است (شکل ۲). کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه نیز دارای کاربری‌های کشاورزی، مرتع و مرغزار است (۲۴).

نمونه‌برداری رسوبات بادی و خاک

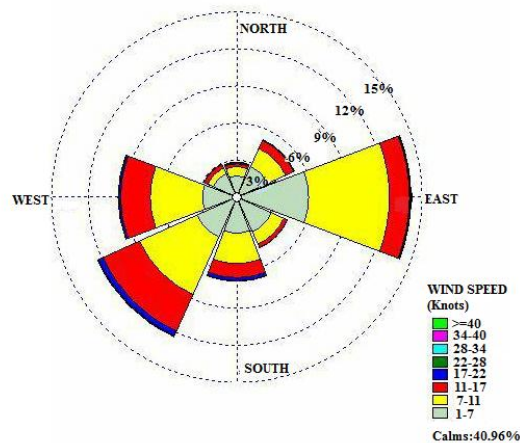
نمونه‌برداری رسوبات بادی با استفاده از تله‌های رسوب‌گیر ۸ جهته از جنس لوله پی‌وی‌سی (PVC) به ارتفاع 30 سانتی‌متر

مورد بررسی قرار داد. روند تغییرات شاخص زمین‌انباشتگی و فاکتور غنی‌شدگی نشان داد که عناصر Fe ، Mg ، Co ، Cr ، Ni ، Mn از مواد مادری به ارث رسیده درحالی که روند افزایشی عناصر از سطح به عمق خاک در خاک‌های مخروط افکنه پس از تشکیل آن در اثر فعالیت‌های انسانی و نوع کاربری اتفاق افتاده است. در دهه‌های اخیر تخریب پوشش گیاهی، چرای فشرده، برداشت بی‌رویه از چاه‌ها، کاهش بارندگی، وجود خشکسالی در کل استان چهارمحال و بختیاری مشهود است. همچنین زهشکی مرغزار شهرکرد برای احداث فرودگاه، این منطقه را از یک مرداب با تنوع گیاهی به کانون تولید گرد و غبار و رسوبات بادی تبدیل کرده و مشکلات اجتماعی و زیست‌محیطی را به وجود آورده است. این مطالعه به منظور پاسخ به پرسش‌های زیر مطرح شد (۱) آلودگی رسوبات بادی به برخی عناصر سنگین در چه حدی است و (۲) در غیر این صورت از کدام جهت جغرافیایی وارد منطقه می‌شوند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه 6091 هکتار از اراضی جنوب غربی دشت شهرکرد، استان چهارمحال و بختیاری است که در حد فاصل



شکل ۲. گلباد فصل تابستان منطقه مورد مطالعه (۲۴)



شکل ۳. نمونه‌ای از تله رسوب‌گیر

۵- سانتی‌متر در مرتع و مرغزار) به‌صورت تصادفی از کاربری‌های منطقه جمع‌آوری شد.

آنالیزهای آزمایشگاهی

به‌منظور بررسی آلودگی فلزات سنگین در بخش‌های اندازه مختلف رسوبات بادی، از سری الک ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۰۵ میلی‌متر عبور داده شدند. نمونه‌های خاک هوا خشک از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند، سپس غلظت کل فلزات سنگین سرب، روی، کادمیم و نیکل نمونه‌های رسوب و خاک، پس از هضم توسط اسید نیتریک ۵ نرمال عصاره‌گیری (۲) و به‌وسیله دستگاه جذب اتمی (Atomic Absorption Spectrometry) اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۲۳ استفاده شد.

انجام شد. در هر نقطه هشت لوله به قطر پنج سانتی‌متر در راستای هشت جهت اصلی و فرعی جغرافیایی روی سرامیک داخل خاک نصب شد که هرکدام دارای مخزن جداگانه برای ذخیره رسوبات آن جهت بودند. در پشت هر لوله سوراخ‌هایی به اندازه ۰/۵ سانتی‌متر برای عبور جریان هوا در لوله تعبیه شد که اجازه عبور هوا را داده ولی با استفاده از پوششی از جنس پلاستیک از عبور ذرات جلوگیری می‌کنند (شکل ۳). ۲۰ تله در منطقه به روش تصادفی در کاربری‌های موجود (مرغزار، کشاورزی و مرتع) به‌علت حرکت دام در منطقه و محدودیت زمانی صرفاً در یک بازه زمانی سه ماهه تابستان (از اول تیر تا آخر شهریورماه ۱۳۹۶) نصب شد و درنهایت نمونه‌ها به‌صورت تجمعی از این تله‌ها جمع‌آوری شدند. برای تعیین غلظت فلزات سنگین در خاک منطقه، ۶۲ نمونه خاک سطحی (۲۵- سانتی‌متر در کشاورزی و

جدول ۱. کلاس‌های مختلف شاخص زمین انباشتگی

کلاس	ضریب زمین‌انباشت	کیفیت خاک
۰	کمتر از صفر	غیرآلوده
۱	۰-۱	از غیرآلوده تا آلودگی متوسط
۲	۱-۲	آلودگی متوسط
۳	۲-۳	از آلودگی متوسط تا خیلی آلوده
۴	۳-۴	خیلی آلوده
۵	۴-۵	از خیلی آلوده تا به‌شدت آلوده
۶	>۵	به‌شدت آلوده

جدول ۲. درجه‌های آلودگی بر اساس فاکتور آلودگی (هانکینسون، ۱۹۸۰)

درجه آلودگی	مقادیر فاکتور آلودگی
آلودگی کم	<۱
آلودگی متوسط	۱-۳
آلودگی قابل توجه	۳-۶
بسیار زیاد	≥۶

محاسبه شاخص‌های آلودگی

از شاخص زمین‌انباشتگی (I_{geo}) به منظور مشخص کردن وضعیت آلودگی استفاده شد که با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$I_{geo} = \log_2 \left[\frac{C_n}{1.5 B_n} \right] \quad (1)$$

که در این معادله، C_n غلظت عنصر در نمونه رسوب و یا خاک مورد مطالعه و B_n غلظت زمینه است. مولر (۲۸) ۷ کلاس برای این شاخص تعیین کرده است (جدول ۱). برای تعیین غلظت زمینه از میانگین فلزات سنگین در کاربری مرتع مطالعه حاضر استفاده شد.

همچنین فاکتور آلودگی (Contamination factor) برای بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین تعیین شد (۱۵) که بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CF = C_m / C_n \quad (2)$$

در این رابطه C_m غلظت عنصر در نمونه رسوب و C_n غلظت

همان عنصر در زمینه است. چهار کلاس بر اساس میزان فاکتور آلودگی تعریف شده است (جدول ۲). فاکتور غنی‌شدگی (EF) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۲۵):

$$EF = \frac{(C_n / C_{ref})_{sample}}{(B_n / B_{ref})_{background}} \quad (3)$$

که در این رابطه C_n غلظت عنصر در نمونه مورد مطالعه و C_{ref} غلظت عنصر مرجع در نمونه مورد مطالعه است. B_n و B_{ref} به ترتیب غلظت عنصر مورد نظر و مرجع در زمینه (خاک یا پوسته زمین) هستند. مقادیر فاکتور غنی‌شدگی در پنج کلاس قرار می‌گیرند که در جدول ۳ آورده شده است.

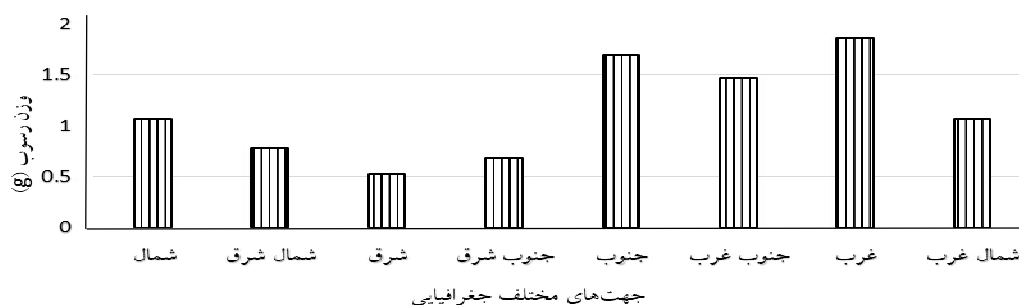
نتایج و بحث

مقدار رسوبات بادی در جهت‌های مختلف جغرافیایی

میانگین مقدار رسوبات تجمع‌یافته در ۲۰ تله رسوب‌گیر در جهت‌های مختلف جغرافیایی در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳. طبقات فاکتور غنی‌شدگی (۱۸)

کلاس	فاکتور غنی‌شدگی	درجه غنی‌شدگی
۱	< ۲	حداقل غنی‌شدگی
۲	۲-۵	غنی‌شدگی متوسط
۳	۵-۲۰	غنی‌شدگی قابل توجه
۴	۲۰-۴۰	غنی‌شدگی زیاد
۵	۴۰ ≤	غنی‌شدگی بسیار زیاد



شکل ۴. میانگین مقدار رسوبات تجمع یافته در ۲۰ تله رسوب‌گیر در جهت‌های مختلف جغرافیایی

کلاس اندازه دیگر در سایر جهت‌ها تفاوت معنی‌داری نشان نداد. سرب در جهت شرق در کلاس اندازه ذرات ۲۵۰-۵۰ میکرون به صورت معنی‌داری بیشتر بود. میانگین غلظت نیکل در کلاس ۲۵۰-۵۰ میکرون در جهت‌های شرق، غرب، جنوب، شمال شرق و جنوب غرب نسبت به دو کلاس اندازه ذرات دیگر، به صورت معنی‌داری بیشتر و میانگین غلظت روی نیز در کلاس ۲۵۰-۵۰ میکرون در جهت جنوب، شرق، غرب، شمال شرق و جنوب غرب به صورت معنی‌داری بیشتر از دو کلاس اندازه ذرات دیگر به دست آمد. در مورد کادمیم، میانگین غلظت این فلز در کلاس ذرات ۲۵۰-۵۰ میکرون در جهت‌های جنوب، غرب و شمال شرق به صورت معنی‌داری بیشتر از کلاس ذرات کمتر از ۵۰ میکرون بود و کلاس ۲۵۰-۵۰ میکرون در این جهت‌ها با این دو کلاس تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در جهت جنوب غرب نیز میانگین غلظت کادمیم در کلاس ۲۵۰-۵۰ میکرون نسبت به دو کلاس اندازه ذرات به‌طور معنی‌داری بیشتر بود.

بیشترین مقدار رسوب تجمع یافته در تابستان، مربوط به جهت‌های غرب، جنوب و جنوب غربی منطقه است (شکل ۴). با توجه به گلباد فصل تابستان منطقه (شکل ۲)، بیشترین سرعت باد در منطقه (۱۷-۲۲ نات) فقط در همین سه جهت مشاهده می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد فرسایش‌پذیری خاک‌های منطقه توسط باد در سرعت‌های بالای ۱۷ نات افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، سرعت باد نسبت به جهت باد غالب در تابستان (شرقی) نقش بیشتری در فرسایش خاک‌های منطقه دارد.

مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در گروه ذرات رسوب بادی

در جدول ۴ مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین رسوبات در جهت‌های مختلف آورده شده است. بیشترین غلظت عناصر سنگین صرف نظر از اندازه، در جهت‌هایی مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار رسوب را دارند. میانگین غلظت سرب به جز در جهت شرق در کلاس ۲۵۰-۵۰ میکرون با این مقدار در دو

جدول ۴. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین کلاس‌های اندازه ذرات رسوبات در جهت‌های مختلف

اندازه ذرات				
عنصر سنگین	جهت جغرافیایی	>۵۰ میکرون	۲۵۰-۵۰۰ میکرون	۵۰۰-۲۵۰ میکرون
سرب	شمال	۱/۴۳ ^a	۰/۹۴ ^a	۰/۰۷ ^a
	جنوب	۱/۰۵ ^a	۳/۰۷ ^a	۰/۶۹ ^a
	شرق	۰ ^a	۰/۹۴ ^b	۰ ^a
	غرب	۱/۷۶ ^a	۳/۵۹ ^a	۱/۷۶ ^a
	شمال شرق	۰ ^a	۰/۹۴ ^a	۰/۶۳ ^a
	جنوب شرق	۱/۴۳ ^a	۲/۰۸ ^a	۰/۶۹ ^a
	شمال غرب	۱/۵۱ ^a	۳/۳۳ ^a	۲/۰ ^a
	جنوب غرب	۳/۱۸ ^a	۳/۸۹ ^a	۲/۴۱ ^a
نیکل	شمال	۲/۲۵ ^a	۸/۴۸ ^a	۵/۸۸ ^a
	جنوب	۲/۱۵ ^a	۲۱/۱۷ ^b	۸/۱۹ ^a
	شرق	۰ ^a	۸/۴۵ ^b	۰ ^a
	غرب	۳/۳۸ ^a	۱۶/۹۵ ^b	۷/۴۴ ^a
	شمال شرق	۰ ^a	۶/۱۰ ^b	۱/۶۸ ^{ab}
	جنوب شرق	۲/۳۱ ^a	۹/۵۵ ^a	۳/۸۲ ^a
	شمال غرب	۲/۲۲ ^a	۹/۴۸ ^a	۷/۲۶ ^a
	جنوب غرب	۵/۲۶ ^a	۲۱/۵۵ ^b	۶/۰۷ ^a
روی	شمال	۵/۴۶ ^a	۱۳/۱۵ ^a	۸/۹۲ ^a
	جنوب	۴/۷۶ ^a	۲۵/۵۹ ^b	۱۴/۱۱ ^{ab}
	شرق	۰ ^a	۱۲/۳۶ ^b	۰ ^a
	غرب	۶/۳۸ ^a	۲۳/۵۰ ^b	۹/۶۹ ^a
	شمال شرق	۰ ^a	۹/۳۳ ^b	۲/۵۶ ^{ab}
	جنوب شرق	۴/۹۳ ^a	۱۲/۸۸ ^a	۵/۸۴ ^a
	شمال غرب	۴/۲۱ ^a	۱۵/۰۵ ^a	۹/۹۷ ^a
	جنوب غرب	۱۰/۸۷ ^a	۲۶/۵۵ ^b	۸/۵۱ ^a
کادمیم	شمال	۰/۰۲ ^a	۰/۰۵ ^a	۰/۰۴ ^a
	جنوب	۰/۰۶ ^a	۰/۱۱ ^b	۰/۵۳ ^{ab}
	شرق	۰/۰۱ ^{ab}	۰/۴۳ ^b	۰ ^a
	غرب	۰/۰۱ ^a	۰/۰۸ ^b	۰/۰۴ ^{ab}
	شمال شرق	۰ ^a	۰/۰۴ ^b	۰/۰۲ ^{ab}
	جنوب شرق	۰/۰۱ ^a	۰/۰۴ ^a	۰/۰۱ ^a
	شمال غرب	۰/۰۲ ^a	۰/۰۶ ^a	۰/۰۳ ^a
	جنوب غرب	۰/۰۱ ^a	۰/۱۱ ^b	۰/۰۱ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف تفاوت معنی داری در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD ندارند.

مقایسه غلظت فلزات سنگین نمونه‌های رسوب و خاک با مقادیر استاندارد

برای تعیین میزان آلایندگی فلزات سنگین در محیط زیست باید غلظت به دست آمده با یک استاندارد مشخص سنجیده شود. با توجه به عدم وجود استاندارد فلزات سنگین در غبار و رسوب، تفسیر نتایج بر اساس فلزات سنگین در خاک انجام می‌شود (۲۲). جدول ۵ میانگین مقادیر غلظت عناصر سنگین نمونه‌های رسوب و خاک را همراه با حداکثر غلظت مجاز برخی کشورها و اتحادیه اروپا نشان می‌دهد که بیانگر عدم وجود آلودگی در خاک و رسوبات است. اگرچه حدود استاندارد فلزات سنگین در خاک کاربری‌های مختلف برای ایران نیز توسط افیونی و همکاران ارائه شده است، اما با توجه به اینکه بخش مورد توجه از دشت شهرکرد شامل مرغزار است که در کاربری‌های ارائه شده توسط افیونی و همکاران وجود ندارد، در این پژوهش از استانداردهای کشورهای دیگر استفاده شد.

غلظت فلزات سنگین خاک

خلاصه آماری فلزات سنگین موجود در خاک منطقه در جدول ۶ ارائه شده است. ضریب تغییرات فلزات سنگین مورد مطالعه در هر سه کاربری کمتر از ۵۰ درصد است که نشان‌دهنده تغییرات همگن و عدم وجود تغییرات خیلی زیاد در منطقه مورد مطالعه بوده و بیانگر محدود بودن عوامل دخیل در تغییرات آنها است (۳). غلظت کادمیم به دلیل ناچیز بودن (کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی) قابل اندازه‌گیری نبوده است. تغییرات غلظت فلزات سنگین در کاربری‌های موجود در منطقه مورد مطالعه از روندی مشابه رسوبات به صورت روی < نیکل < سرب پیروی می‌کند. روند تغییرات نیکل و روی مشابه و به صورت اراضی کشاورزی < مرتع < مرغزار است. تغییرات سرب نیز به صورت مرتع < کشاورزی < مرغزار است. بیشترین غلظت نیکل در کشاورزی با میانگین ۳۵/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین غلظت نیکل در مرغزار با میانگین ۲۳/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم دیده می‌شود. بیشترین غلظت روی با میانگین ۴۶/۰۸ میلی‌گرم بر

کیلوگرم در کشاورزی و کمترین آن با میانگین ۴۱/۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در مرغزار مشاهده می‌شود. در مورد سرب نیز بیشترین غلظت آن در کاربری مرتع با میانگین ۱۹/۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین غلظت آن در کاربری مرغزار با میانگین ۱۸/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

محاسبه شاخص‌های زمین‌انباشتگی، فاکتور آلودگی و فاکتور غنی‌شدگی

در جدول ۷ مقادیر شاخص زمین‌انباشتگی و فاکتور آلودگی رسوبات ارائه شده است. بر اساس طبقه‌بندی مولر (۲۱) (جدول ۱) میانگین شاخص زمین‌انباشتگی برای فلزات نیکل، روی، کادمیم و سرب در تمام جهت‌های جغرافیایی بر اساس میانگین کاربری مرتع مطالعه حاضر در محدوده غیر آلوده قرار می‌گیرد. بر اساس جدول ۲ فاکتور آلودگی نیکل، روی، سرب و کادمیم بر اساس میانگین مرتع مطالعه حاضر در تمام جهت‌ها، در کلاس آلودگی کم قرار دارد. مقادیر فاکتور غنی‌شدگی در جدول‌های ۸ و ۹ ارائه شده است.

سرب نمونه‌های رسوب به جز در جهت جنوب تله شماره ۶ و در جهت غرب تله شماره ۵ و جنوب غرب تله ۵ و ۱۰ و جنوب شرق تله ۱۰ که دارای درجه غنی‌شدگی متوسط هستند، بقیه جهت‌ها دارای حداقل غنی‌شدگی هستند. با توجه به نتایج جداول غنی‌شدگی بیشترین مقدار سرب از جهت‌های غرب، جنوب و جنوب غرب وارد منطقه مورد مطالعه شده است که با نتایج قنوتی (۱۴) در حوضه آبخیز گهرباران واقع در غرب این منطقه، مبنی بر وجود سرب مطابقت دارد اما گزارشی از وجود منبع آلوده‌کننده مشخص در این منطقه موجود نیست که مستلزم مطالعات بیشتر است. همچنین غلظت فلز روی در نمونه‌های رسوب، در جهت شمال در تله‌های شماره ۶، ۷ و ۱۷، در جهت غرب در تله‌های ۵، ۶، ۷ و ۱۰، در جهت جنوب شرق تله ۱۰، شمال غرب ۶، ۷ و ۸ و در جهت جنوب غرب تله‌های ۵، ۶، ۷ و ۱۰ دارای درجه غنی‌شدگی متوسط و در مابقی تله‌ها و جهت‌ها دارای حداقل غنی‌شدگی هستند.

جدول ۵. مقایسه غلظت فلزات سنگین رسوبات و خاک مورد مطالعه با حداکثر غلظت مجاز خاک بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم

کشور	سرب	روی	نیکل	کادمیم
چین*	۲۷	۷۴	۲۷	۰/۰۹۷
اتحادیه اروپا**	۳۰۰	۳۰۰	۷۵	۳
استرالیا***	۱۰۰	۳۰۰	۶۰	۱
رسوب مطالعه حاضر	۱/۶	۹/۷۸	۶/۶۵	۰/۰۳۴
خاک مطالعه حاضر	۱۹/۱۱	۴۵/۶۵	۳۰/۹۵	-

*جیانگ و همکاران (۱۷)، ** اتحادیه اروپا (۱۰) و *** کارلون (۸)

جدول ۶. خلاصه آماری فلزات سنگین اندازه گیری شده خاک در کاربری های مختلف

کاربری	متغیر	تعداد	میانگین (mg/kg)	میانگین (mg/kg)	انحراف معیار	ضریب تغییرات %	چولگی	کشیدگی	حداقل (mg/kg)	حداکثر (mg/kg)
مرغزار	Ni	۲۲	۲۳/۰۷	۲۳/۹۳	۱۱/۱۲	۴۸/۱۸	۰/۰۶	-۱/۳۹	۶/۹۰	۴۲/۸۰
	Pb	۲۲	۱۸/۶۵	۱۹/۴۸	۳/۴۴	۱۸/۴۵	-۲/۴۰	۵/۷۷	۸/۰۵	۲۲/۵۵
	Zn	۲۲	۴۱/۹۳	۴۴/۵۸	۱۱/۵۸	۲۷/۶۱	-۰/۴۱	-۰/۷۹	۲۱/۴۰	۵۹/۰۵
کشاورزی	Ni	۲۹	۳۵/۴۵	۳۵/۰۵	۱۳/۱۵	۳۷/۱۱	۰/۰۳	-۰/۴۲	۱۰/۳۰	۶۰/۰۰
	Pb	۲۹	۱۹/۳۳	۲۰/۲۰	۳/۵۵	۱۸/۳۷	-۱/۸۱	۲/۸۷	۹/۴۰	۲۳/۰۰
	Zn	۲۹	۴۸/۰۶	۴۶/۵۵	۸/۸۵	۱۸/۴۰	-۰/۳۷	۰/۶۵	۲۳/۸۵	۶۴/۸۰
مرتع	Ni	۱۱	۳۴/۸۷	۳۴/۹۰	۱۱/۴۸	۳۲/۹۳	۰/۳۰	-۱/۳۹	۲۱/۰۰	۵۳/۷۵
	Pb	۱۱	۱۹/۴۷	۲۱/۲۵	۵/۱۲	۲۶/۳۱	-۱/۶۶	۱/۴۸	۸/۸۰	۲۳/۶۰
	Zn	۱۱	۴۶/۷۵	۵۰/۵۵	۸/۸۱	۱۸/۸۴	-۰/۸۸	۰/۷۵	۲۸/۰۰	۵۹/۲۵

جدول ۷. مقادیر فاکتور آلودگی و شاخص زمین انباشتی فلزات سنگین اندازه گیری شده رسوبات در جهت های مختلف جغرافیایی

جهت های جغرافیایی	Igeo				CF	
	نیکل	روی	کادمیم	سرب	نیکل	روی
شمال	-۲/۸۳	-۲/۳۹	-	-۵/۰۵	۰/۲۴	۰/۲۸
شمال شرق	-۳/۳۲	-۲/۹۴	-	-۵/۰۵	۰/۱۷	۰/۲۰
شرق	-۲/۸۳	-۲/۴۷	-	-۵/۰۵	۰/۲۴	۰/۲۶
جنوب شرق	-۲/۶۴	-۲/۴۷	-	-۳/۸۳	۰/۲۷	۰/۲۸
جنوب	-۱/۴۷	-۱/۴۷	-	-۳/۱۸	۰/۶۱	۰/۵۵
جنوب غرب	-۱/۴۷	-۱/۳۹	-	-۲/۸۳	۰/۶۲	۰/۵۷
غرب	-۱/۷۸	-۱/۵۵	-	-۳/۰۵	۰/۴۹	۰/۵۰
شمال غرب	-۲/۶۴	-۲/۲۵	-	-۳/۱۸	۰/۲۷	۰/۳۲

جدول ۸. مقادیر فاکتور غنی‌شدگی در جهت‌های اصلی

شماره تله	شمال			جنوب			شرق			غرب		
	سرب	روی	نیکل	سرب	روی	نیکل	سرب	روی	نیکل	سرب	روی	نیکل
۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۸۵	۰/۰۰	۱/۷۵	۰/۵۰	۰/۸۹	۱/۰۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۲۱	۱/۰۳	۰/۸۲
۵	۰/۱۱	۱/۸۱	۱/۸۲	۰/۱۰	۰/۰۱	۲/۴۸	۰/۰۴	۱/۰۰	۰/۹۰	۲/۰۹	۱/۸۰	۲/۱۱
۶	۱/۷۵	۲/۹۹	۱/۶۲	۲/۲۱	۰/۰۱	۴/۶۷	۰/۰۰	۰/۶۵	۰/۶۷	۲/۵۲	۲/۲۳	۱/۸۷
۷	۰/۳۶	۲/۸۱	۱/۸۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۶۰	۰/۰۳	۰/۷۷	۰/۵۸	۲/۰۴	۱/۸۱	۰/۰۹
۸	۰/۰۲	۱/۵۶	۲/۱۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۲/۲۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۶۹	۲/۳۰	۰/۰۵
۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۸	۰/۰۰	۱/۴۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۰	۰/۱۳	۰/۸۶	۰/۷۵	۱/۸۳	۰/۰۱	۴/۲۷	۰/۱۳	۰/۹۵	۰/۷۳	۲/۰۰	۱/۴۹	۱/۳۸
۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۷۸	۰/۴۳	۰/۱۸
۱۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۸	۰/۸۰	۰/۰۶
۱۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۰	۰/۰۱	۱/۵۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۴	۱/۶۲	۰/۱۷
۱۷	۰/۱۹	۲/۰۲	۲/۵۲	۰/۲۵	۰/۰۰	۱/۷۱	۰/۲۹	۱/۱۶	۱/۵۰	۱/۹۳	۲/۵۴	۰/۱۴
۱۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۰۰	۱/۶۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۱۵	۱/۸۹	۰/۳۷
۱۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۲/۹۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۱	۱/۴۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده است در کلاس غنی‌شدگی متوسط و بقیه اعداد در کلاس حداقل غنی‌شدگی قرار دارند.

جدول ۹. مقادیر فاکتور غنی‌شدگی در جهت‌های فرعی

شماره تله	شمال شرقی			جنوب شرقی			شمال غربی			جنوب غربی		
	سرب	روی	نیکل	سرب	روی	نیکل	سرب	روی	نیکل	سرب	روی	نیکل
۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۸۹	۰/۳۸	۰/۷۵	۰/۸۹
۵	۰/۱۵	۰/۹۲	۰/۸۴	۰/۰۹	۰/۷۹	۰/۸۰	۰/۱۹	۱/۹۶	۱/۹۹	۲/۶۲	۳/۰۰	۳/۱۸
۶	۱/۴۴	۱/۷۳	۱/۲۷	۱/۲۲	۱/۹۶	۱/۴۱	۱/۷۹	۲/۳۱	۲/۱۴	۱/۷۳	۲/۷۲	۲/۲۰
۷	۰/۰۰	۱/۰۳	۱/۰۸	۰/۰۵	۰/۷۴	۰/۵۹	۲/۶۸	۲/۸۲	۲/۱۹	۱/۸۴	۲/۸۹	۱/۹۳
۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۸۹	۱/۲۳	۱/۶۲	۲/۱۶	۲/۳۰	۰/۰۱	۱/۵۹	۲/۲۲
۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۵	۱/۱۱	۰/۰۰
۱۰	۰/۰۵	۰/۷۰	۰/۷۳	۲/۶۱	۳/۲۴	۲/۱۹	۰/۱۰	۰/۷۹	۰/۷۳	۲/۶۹	۳/۲۵	۲/۱۸
۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۷۷	۰/۴۳
۱۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۴۰	۱/۱۸	۱/۸۹
۱۷	۰/۰۰	۰/۸۳	۱/۱۱	۰/۴۱	۱/۰۲	۱/۵۸	۰/۰۳	۱/۸۰	۲/۳۱	۰/۱۵	۰/۹۱	۱/۴۱
۱۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۹۵	۱/۷۴
۱۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۵	۱/۱۶	۲/۰۷
۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۳	۱/۵۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده است در کلاس غنی‌شدگی متوسط و بقیه اعداد در کلاس حداقل غنی‌شدگی قرار دارند.

کودهای فسفره و پتاسیمی را عامل اصلی تجمع فلزات سنگین مس، روی، کادمیم، سرب و آرسنیک در خاک‌های کشاورزی یونان بیان کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار رسوبات تجمع یافته در جهت‌های غرب، جنوب و جنوب غرب منطقه مورد مطالعه بود. بیشترین غلظت فلزات سنگین در سه کلاس اندازه ذرات ۲۵۰-۵۰۰، ۵۰-۲۵۰، و ذرات کوچکتر از ۵۰ میکرون نیز در این جهت‌ها مشاهده شد. روند تغییرات غلظت فلزات سنگین در خاک و در رسوب بادی به صورت روی < نیکل < سرب < کادمیم به دست آمد. خاک و رسوبات بادی غلظتی کمتر از حدود استاندارد نشان دادند. محاسبه شاخص زمین‌انباشتگی برای فلزات نشان داد خاک‌ها در محدوده غیر آلوده قرار داشتند. بر اساس فاکتور آلودگی کلیه خاک‌ها در کلاس آلودگی کم طبقه‌بندی شدند ولی فاکتور غنی‌شدگی نشان داد که در برخی اراضی غنی‌شدگی حداقل و متوسط وجود داشتند که نشان‌دهنده ورود آلاینده از خارج از دشت بودند.

بیشترین مقدار روی نیز از جهت‌های شمال، شمال غرب، غرب و جنوب غرب وارد منطقه شده است. غلظت نیکل در نمونه‌های رسوب، در جهت شمال تله‌های ۸ و ۱۷، در جهت جنوب تله‌های ۵، ۶، ۸، ۱۰، ۱۹، در جهت غرب تله‌های ۶، ۸ و ۱۷، در جنوب شرق تله شماره ۱۰، شمال غرب تله‌های ۶، ۷ و ۸ و جنوب غرب تله‌های ۵، ۶، ۸ و ۱۰ دارای درجه غنی‌شدگی متوسط و مابقی دارای حداقل غنی‌شدگی هستند. بیشترین مقدار نیکل از جهت‌های غرب، جنوب و جنوب غرب وارد منطقه شده است. لازم به ذکر است که تله‌های مذکور که در کلاس درجه غنی‌شدگی متوسط قرار دارند به‌جز تله ۱۷ و ۱۹ (کشاورزی) در کاربری مرغزار قرار داشته‌اند. با توجه به وجود زمین‌های کشاورزی در اطراف منطقه مورد مطالعه احتمال می‌رود که فلزات سنگین وارد شده به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی، سموم و آفت‌کش‌ها باشد (۱۶). میزان ورود آلاینده‌ها از طریق کودهای شیمیایی بستگی به نوع کود مصرفی، میزان مصرف و سابقه کشت‌وکار دارد. شهبازی و همکاران (۲۶) نیز با بررسی غلظت برخی عناصر سنگین در خاک سطحی در شهر نهاوند نتیجه گرفتند که عناصر کادمیم، سرب و مس منشأ زمین‌شناسی دارند اما مصرف بالای کود در کشاورزی نیز، در تجمع این عناصر در خاک بی‌تأثیر نبوده است. کلپرتزیس (۱۹) استفاده طولانی‌مدت از کودهای شیمیایی، آفت‌کش، قارچ‌کش،

منابع مورد استفاده

- Ahmadi Doabi, Sh., M. Afyuni, H. Khademi and M. Karami. 2016. Statistical Analysis of Heavy Metal Contamination in Atmospheric Dusts of Kermanshah Province, Iran. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 20(76): 29-43. (In Farsi).
- Ajay, A. and O.F. Kamson. 1983. Determination of lead in roadside dust in Lagos city by atomic absorption spectrophotometer. *Environment International* 9: 397- 400.
- Azimzadeh Esmaili Kandi, B. 2012. Spatial Analysis and Monitoring of Some Heavy Metals in Surface Soil of a Part of Mazandaran Province. MSc. Thesis. Isfahan University of Technology (In Farsi).
- Azimzadeh, H., Montazer Ghaem, M., Torabi Mirzaei, F. and M. Tajamolian . 2009. Measurement of Yield in Yazd City Using Sediment Trap. In: Proceeding of the Second National Conference on Wind Erosion. Yazd University. (In Farsi).
- Benhadya, M. and M. Hadjel. 2014. Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in surface soils of Hassi Messaoud. Algeria. *Environmental Earth Sciences* 71: 1473-1486.
- Blanco-Canqui, H and R. Lal. 2008. Principles of soil conservation and management. Springer.
- Borrelli, P. Lugato., E. Montanarella, L. and P. Panagos. 2017. A new assessment of soil loss due to wind erosion in European agricultural soils using a quantitative spatially distributed modelling approach. *Land Degradation & Development* 28(1): 335-344.

8. Carlon, C., M. D'Alessandro and F. Swartjes. 2007. Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization. European Commission, Joint Research Centre, Ispra, European Soil Data Centre (ESDAC).
9. Esmaeilpourfard, N., J. Givi and A. Davoudian. 2015. Contamination of Soil, Water, Plant and Dust by Zinc, Lead and Cadmium in Southwest Isfahan. *Journal of Water and Soil* 29 (2): 441-452. (In Farsi).
10. European Union. 2002. Heavy metals in wastes, European commission on environment. <http://www.ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/heavymetalsreport.pdf>
11. Fryer, D. and R. Payne. 1986. Being unemployed: A review of the literature on the psychological experience of unemployment. *International review of Industrial and Organizational Psychology* 1(1), pp.235-277.
12. General Directorate of Natural Resources of Chahar Mahal and Bakhtiari Province. 1391. Volume III Geological Survey. (In Farsi).
13. Ghaemynya, A.S. 2013. Introduction and Evaluation of Capabilities and Limitations of Wind Erosion Sediment Trap (EDST Eight Directional Sand Trap). *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research* 2: 372-356. (In Farsi).
14. Ghnnavati Behbahani, Z. 2016. Determination of soil erosion and annual sediment load in Gaharbaran watershed (Chaharmahal va Bakhtiari). MSc. Thesis. University of Shahrekord. (In Farsi).
15. Hakanson, L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research* 14: 975-1001.
16. Hu, Y. Wang, D. Wei, L. and B. Song. 2014. Heavy metal contamination of urban topsoils in a typical region of Loess Plateau, China. *Journal of Soils and Sediments* 14(5): 928-935.
17. Jiang, Y. Chao, S. Liu, J. Yang, Y. Chen, Y. Zhang, A. and H. Cao. 2017. Source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil for a township in Jiangsu Province, China. *Chemosphere* 168: 1658-1668.
18. Kartal, Ş. Aydın, Z. and S. Tokaloğlu. 2006. Fractionation of metals in street sediment samples by using the BCR sequential extraction procedure and multivariate statistical elucidation of the data. *Journal of Hazardous Materials* 132(1): 80-89.
19. Kelepertzis, E. 2014. Accumulation of heavy metals in agricultural soils of Mediterranean: insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. *Geoderma* 221: 82-90.
20. Li, H.H. Chen, L.J. Yu, L. Guo, Z.B. Shan, C.Q. Lin, J.Q. Gu, Y.G. Yang, Z.B. Yang, Y.X. Shao, J.R. and X.M. Zhu. 2017. Pollution characteristics and risk assessment of human exposure to oral bioaccessibility of heavy metals via urban street dusts from different functional areas in Chengdu, China. *Science of the Total Environment* 1076-1084.
21. Müller, G. 1969. Index of geoaccumulation in the sediments of the Rhine River. *Geojourna* 2: 108-118.
22. Namazi, N. M.H. Salehi and J. Mohammadi. 2015. Spatial and Temporal Variability of Some of Heavy Metals in Aerosols of Lenjanat Region, Esfahan. *Journal of Water and Soil* 29(1): 114-125. (In Farsi).
23. Refahi, H. GH. 2006. Soil Erosion by Water and Conservation. Tehran University. Tehran.
24. Salehi Chaliche, N. 2015. Estimation of wind erosion in south of Shahrekord using different models. MSc. Thesis. University of Shahrekord. (In Farsi).
25. Salmanpour, A. 2015. Digital Evaluation of Some Soil Quality Indicators on the Southeast Side of Bakhtegan Lake in Fars Province. PhD. Thesis. University of Shahrekord. (In Farsi).
26. Shahbazi, A. A. R. Soffianian, R. Afraz and L. Khodakarami. 2011. The spatial distribution of heavy metals cadmium, copper and lead in soil and sources of these metals (Case study: Nahavand city). *Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science* 2 (2): 97-109. (In Farsi).
27. Shao, Y. and M.R. Raupach. 1993. Effect of saltation bombardment on the entrainment of dust by wind. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 98(7):12719-12726.
28. Sun Y. Zhou Q. Xie X. and Liu R. 2010. Spatial sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang, China. *Journal of Hazardous Materials* 174(1): 455-462.
29. Tang, R. Ma, K. Zhang, Y. and Q. Mao. 2013. The spatial characteristics and pollution levels of metals in urban street dust of Beijing, China. *Applied Geochemistry* 35: 88-98.
30. Wang, R. Zou, X. Cheng, H. Wu, X. Zhang, C. and L. Kang. 2015. Spatial distribution and source apportionment of atmospheric dust fall at Beijing during spring of 2008-2009. *Environmental Science and Pollution Research* 22(5): 3547-3557.

Study of Soils and Aeolians Pollution to Heavy Metals in Shahrekord Plain

S. Mirbagheri*, M. Naderi, M. H. Salehi and J. Mohammadi¹

(Received: March 1-2018 ; Accepted: January 6-2019)

Abstract

Rivers are one of the most important source of water supply for drinking and farming purposes. Zard River is one of the surface water resources of Khuzestan province. The purpose of this study is to evaluate the quality of the river water and to observe the trend of changes in the water quality of this river in the Mashin station during the period of 1997-2015 by using the Man-Kendal, Spearman, variance analysis statistical methods and the least significant difference (LSD) and cluster analysis. LSD test shows SAR, Na, Cl, pH parameters up to 2010 (before Jare dam construction) were significant at 95% confidence level compared to 2015 (year of control). No changes were made after dam construction. According to Mann-Kendal non-parametric test, pH, Ca and SO₄ have a significant upward trend to the 0.037, 0.393 and 0.376 respectively, the variables Cl, SAR, Na and temperature have a significant decreasing trend to the -0.387, -0.417, -0.386 and -0.1 respectively. Also Spearman test shows that the dam improved the quality of river water regarding to salinity. Variance analysis show that pH, SAR, Na, Cl, Ca and SO₄ have significant difference. Cluster analysis classified the qualitative data before the construction of the dam in three clusters and after the construction of the dam were divided into two clusters where TDS variable was less distant than other variables. As a result, the quality of the irrigation water is changed downward and the TDS is more similar to the other variables compared.

Keywords: Salinity; Cluster Analysis; Mann Kendall; Spearman; Irrigation

1. Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran.

*: Corresponding Author, Email: safoora.mirbagheri@yahoo.com