Research Paper

Investigating the Risk of Surface Soil Contamination with Arsenic and Cadmium Elements Using Pollution Indicators in Talar Basin of Mazandaran

Aref Saberi[1] GhorbanVahabzade Kebriya[2*] Seyed Mohammad Hojjati [3] Seyed Ramazan Mosavi[4]

[1] Ph.D. student of Watershed Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. Aref.saberi@yahoo.com.
[2*] Associate Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. Gh.vahabzadeh@sanru.ac.ir.
[3] Professor, Department of Forest Sciences, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Sari, Iran. S_m_hodjati@yahoo.com
[4] Assistant Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Sari, Iran, Srmmousavi@gmail.com.

10.22125/IWE.2023.173365

Received:
July 8, 2022
Accepted:
November 18, 2022
Available online:
June 25, 2023

Keywords:
Watershed, accumulation land index, heavy metals, enrichment factor, fee mining.

Abstract

In this study, with the aim of protecting and preventing the pollution of water resources and soil at the edge of mining areas, three indicators of pollution factor, degree of pollution or modified pollution factor, accumulation land were used to determine the concentration of two elements, cadmium and arsenic, in the mining area of Sawad Koh province. Fifty-three samples from the area, including 45 samples of agricultural topsoil and eight samples of riverside sediment, were collected to analyze the site. The samples prepared in a dry environment were brought into the lab and subjected to ICP-MS analysis using a 75-micron sample size. According to the pollution factor, cadmium and arsenic levels in agricultural soil have low pollution, which has a CF value of 1. Cadmium has a low pollution status, and arsenic with a CF = 6 has a low to medium status, according to the concentrations of elements in the riverside sediment. According to the modified pollution degree index (mCd), the region's agricultural soil and sediment have extremely low or low pollution levels. In other words, the mCd values for the two elements cadmium and arsenic are in the very low degree of pollution ($0 \leq mCd \leq 1.5$). According to the findings of the soil accumulation index for two elements, agricultural soil has a non-polluted or low-pollution status. In other words, the index value is between 0 and 1. The area falls into the low to medium pollution category in terms of two elements, according to the principal component analysis (PCA) results.

* **Corresponding Author:** GhorbanVahabzade Kebriya
Address: Responsible author: Associate Professor, Department of Watershed Management Science and Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
Email: gh.vahabzadeh@sanru.ac.ir
Tel: 09111165437

1. Introduction

In today's world, due to the increase in population and the industrialization of societies, soil is considered as one of the important parts of the environment that has the ability to purify and supply food, which is at risk. Due to the accumulation of many pollutants on the soil surface, the pollution of this source is considered a serious threat to human health (Chen et al. 2013, Moqtadari et al. 2019). Along with the increasing growth of industry and technology, the introduction of environmental pollutants, especially heavy metals into the soil, has caused the growing concern of the world community regarding the possible dangers of soil pollution. Therefore, understanding the spatial distribution pattern of pollutants and identifying the factors affecting it and determining possible sources of pollution are among the most basic goals of environmental pollution studies (Safari et al. 2016).

2. Materials and Methods

According to the conditions of the region and the distribution of agricultural lands, 45samples of surface soils of agricultural use at a depth of 5-15 cm and ۸sediment samples were prepared in the downstream areas. The collected soil after separating the rubble-rock was kept in closed plastic bags with a special code and its location was recorded by GPS device. In order to analyze and measure the concentration of heavy elements in the collected samples, the ICP-MS method was used in the size of ۷۰microns. According to the presence of various elements measured in the soil of the region and the compounds present in it, two metals Cd and As were selected for evaluation and analysis.

Pollution factor

relation (1) $$CF_{metal} = \frac{C_{metal}}{C_{background}}$$

relation (2) $$mcd = \frac{\sum_{i=1}^{n} Ci}{n}$$

Accumulation land index.

relationship (3) $$I_{geo} = \log_2 C_n / 1.5B_n$$

3. Results

The amounts of cadmium and arsenic in the surface soil of agricultural lands showed that these soils have a low level of contamination. However, the amount of elements measured in the sediment of the river bank has a low pollution status, but it has arsenic. Therefore, the agricultural soil has not shown pollution for these elements, but the sediment contains arsenic amounts higher than the permissible limit. In general, arsenic values are higher than cadmium values in both cases (As>Cd).

Based on the obtained results and the calculation of modified pollution degree index (mCd), it was determined that the agricultural soil of the region has a very low or low pollution status, in other words, the amount of mCd. For two elements, cadmium and arsenic, it is in the category 0≤mCd≤1.5. This index for sediment also shows that the obtained index values for these two elements are in the category of 0≤mCd≤1.5. Table (6) also shows the values obtained for each of the elements based on the mCd index.

Each of the previous two indicators showed which category the region is in in terms of pollution. In other words, it was determined that the area has moderate sediment pollution and low pollution in the soil of agricultural land for arsenic element based on the CF index, but this situation had another result in the mCd index, so that the area has a very low and insignificant pollution status for both soil conditions.

The pca results are shown in figure (6). Based on this diagram, it can be said that the elements have little pollution in the region. According to the results of the graph in Figure (6) in the CF indicators, the amount of cadmium in the second zone does not have a proper correlation in terms of showing pollution, that is, the distribution of cadmium and arsenic in the second and third zones is low.

4. Discussion and Conclusion

The pollution factor index showed that the area has a low pollution status according to Hankson's table with values. However, the values of the elements measured in the riverside sediment showed that arsenic has higher values than cadmium and it is in the middle class in terms of pollution. These arsenic changes are caused by human operations in the upstream areas, which caused the entry and distribution of this element. Shakri et al. (2015), Qashlaghi and Rostami (2016), Faqiri et al. (2018), Marshpour et al. Modified pollution degree index (mCd) for agricultural soil and sediment showed that two elements are in the low pollution class. In other words, they are in the 0≤mCd≤1.5 class. They have a very low or low level of pollution, in other words, the mCd value. For two elements, cadmium and arsenic, it is in the category 0≤mCd≤1.5. This index for sediment also shows that the obtained index values for these two elements are in the class of 0≤mCd≤1.5. The presence of sand washing factories in the upstream can be a factor for element changes based on that method. Motamedi et al. (2019) found the existence of a cement factory and human factors and changes in nature as the main reason for the element changes of cadmium and arsenic based on the indicators. Introduced existing. Qashlaqi et al. (2016), Faqiri et al. (2019), Marshpour et al. (2021) and finally Motamedi et a.. The results of the main components also show that these elements are highly related to each other in soil and sediment.

5. Six important references

1) Dehghani S. Naderi M. Mohammadi J. Karimi A. 2021. Evaluation of contamination of surface soil particles with heavy metals in different uses of Baghan watershed in Bushehr province, Iranian Journal of Soil and Water Research,.52(7),1765-1778
2) Faqiri F. Hjiahmadi D. Amanallahi J. Ghorbani F. 2019.Assessment of ecological hazard potential and origin of heavy metals lead, arsenic, cadmium and zinc in water and surface sediments of Gheshlagh river in Sanandaj. Environmental Science and Technology,.22(40),83-96
3) Shakeri A. NasiriMovayli H. Rastegarimehr M. 2020. Evaluation of Heavy Metal Contamination in Agricultural Soil Irrigated by Khiavachai-Meshginshahr River, Ardabil Province, Journal of New Findings in Geology7(1),249-246
4) Shakeri A. Shakeri R. Mehrabi B.2015. Investigation of chromium, nickel, arsenic and cadmium in water, sediment and fish of Shahid Rajaei Dam in Mazandaran, northern Iran, Environmental Studies, .41(73),13-24
5) Wang Y. Wu Sh. Yan D. Li F. Chengcheng W. Min Ch. Wenyu S. 2020. Determining and mapping the spatial mismatch between soil and rice cadmium (Cd) pollution based on a decision tree model. Environmental Pollution, 265: 115029.
6) Merikhpoor H. Rastani B. Cheragi M. 2021. Investigation of heavy element accumulation and qualitative indicators of sediments in Malayer Dam, Practical Research:.9(2),130-149

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره پنجاه و دو . تابستان ۱۴۰۲

ارزیابی آلودگی خاک‌های زراعی به عناصر آرسنیک و کادمیوم با استفاده از شاخص-های آلودگی در حوضه تالار مازندران

عارف صابری[۱]، قربان وهابزاده کبریا[۲]، سیدمحمد حجتی[۳]، سید رمضان موسوی[۴]

تاریخ ارسال ۱۴۰۱/۰۴/۱۷
تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۸/۲۷.
مقاله پژوهشی استخراج از رساله دکتری

.

چکیده

حفاظت از منابع آب و خاک می تواند نقش مهمی در سلامت ساکنان حاشیه مناطق معدنی دارد. طوریکه فلزات سنگین در این منابع می‌توانند مشکلات زیادی برای کمیت و کیفیت محصولات تولیدی منطقه و سلامت انسان به همراه داشته باشد. برای این منظور از سه شاخص فاکتور آلودگی، درجه آلودگی یا فاکتور آلودگی اصلاح شده، زمین انباشتگی برای تعیین غلظت دو عنصر کادمیوم و آرسنیک در منطقه معدنی سواد کوه استان استفاده شد. برای ارزیابی منطقه در کل ۵۳ نمونه از منطقه تهیه شد که شامل ۴۵ نمونه خاک سطحی زراعی و ۸ نمونه رسوب حاشیه رودخانه هستند. نمونه‌های تهیه شده در محیط خشک به محیط آزمایشگاه انتقال داده شد سپس بر اساس روش ICP-MS در سایز ۷۵ میکرون آنالیز شدند. فاکتور آلودگی نشان داد که مقادیر کادمیوم و آرسنیک موجود در خاک زراعی دارای آلودگی کم با مقدار $CF < 1$ هستند. همچنین مقادیر عناصر در رسوب حاشیه رودخانه نشان داد که کادمیوم دارای وضعیت آلودگی کم و آرسنیک با مقدار $6 \leq CF$ دارای وضعیت کم تا متوسط است ($As > Cd$). شاخص درجه آلودگی اصلاح شده (mCd) نیز نشان داد که خاک زراعی و رسوب منطقه در وضعیت آلودگی بسیار پایین یا پایین هستند؛ به عبارتی مقدار mCd برای دو عنصر کادمیوم و آرسنیک در طبقه درجه بسیار پایین از آلودگی($0 \leq mCd \leq 1.5$) قرار دارند. نتایج شاخص زمین‌انباشتگی برای دو عنصر نشان داد که این شاخص در خاک زراعی دارای وضعیت غیر آلوده یا آلودگی کم است. یعنی مقدار شاخص کمتر از صفر و یک واقع شده است. نتایج تجزیه مولفه اصلی (pca) نشان داد که منطقه از لحاظ آلودگی دو عنصر در طبقه آلودگی کم تا متوسط قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: حوزه آبخیز، شاخص زمین انباشت، فلزات سنگین، فاکتور غنی‌شدگی، معدن کارمزد.

[۱] دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری **Email:** gh.vahabzadeh@sanru.ac.ir(نویسنده مسول)
۲ دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری **Email:** aref.saberi@yahoo.com
۳ استاد گروه علوم جنگل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. **Email:** s.hojati@sanru.ac.ir
۴ استادیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری **Email:** srmmousavi@gmail.com

مقدمه

در دنیای امروز با توجه به افزایش جمعیت و صنعتی شدن جوامع، خاک به عنوان یکی از بخش‌های مهم زیست-محیطی که توانایی تصفیه و تامین مواد غذایی را دارد محسوب می‌شود که در معرض خطر است. به دلیل انباشته شدن بسیاری از آلاینده‌ها در سطح خاک، آلودگی این منبع تهدید جدی برای سلامت انسان بشمار می‌آیند (چن و همکاران ۲۰۱۳، مقتدری و همکاران ۲۰۱۹). کیفیت خاک، به توانایی خاک به منظور کارکردهای یک اکوسیستم با حفظ حاصلخیزی، کیفیت محیط‌زیست و تقویت سلامتی گیاهان و موجودات زنده تعریف می‌کنند. هرگونه تغییر مدیریتی و انجام عملیات کشاورزی و صنعتی بر روی آن می‌تواند تاثیر منفی بر کیفیت داشته باشد (آزاد بخت و همکاران ۲۰۲۰). همگام با رشد روزافزون صنعت و فناوری، ورود آلاینده‌های زیست‌محیطی و در صدر آن‌ها فلزات سنگین به خاک‌ها، موجب نگرانی رو به رشد جامعه جهانی در رابطه با خطرات احتمالی آلودگی خاک شده است (لاکشمی و همکاران، ۲۰۲۱، ام. لی و همکاران، ۲۰۲۱، راتیکا و همکاران، ۲۰۲۰، یانگ و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین درک الگوی توزیع مکانی آلاینده‌ها و شناسایی عوامل موثر بر آن و تعیین منابع احتمالی ایجاد آلودگی، از اساسی‌ترین اهداف مطالعات آلودگی‌های زیست‌محیطی به شمار می‌روند (صفری و همکاران ۲۰۱۶). تجمع فلزات سنگین در خاک، ترکیب و عملکرد خاک را از بین می‌برد (ونگ و همکاران ۲۰۲۰) و تبدیل فلزات سنگین در سیستم‌های خاک به طور جدی از رشد محصولات زراعی جلوگیری می‌کند و سلامت انسان را از طریق زنجیره غذایی به خطر می‌اندازد (جاروپ ۲۰۰۰، گال و همکاران ۲۰۱۵، رحمان و همکاران ۲۰۱۷). بنابراین آلودگی خاک چه ناشی از عوامل طبیعی و چه انسانی، کیفیت محیط‌زیست را کاهش می‌دهد (شاکری و همکاران، ۱۴۰۰؛ وو و همکارن، ۲۰۲۲). از طرفی تشدید و گسترش فعالیت‌های انسانی ناشی از رشد صنعتی، آلودگی های زیست‌محیطی را افزایش داده و سلامت انسان و اکوسیستم را تهدید می‌کند. این آلودگی‌ها و اثرات منفی آن زمانی افزایش می‌یابد که ترکیبات معدنی (فلزات، متالوئیدها و غیره) در کنار هم باشند و منجر به موقعیت‌های خطرناک و غیرقابل پیش‌بینی ناشی از سمیت هر ترکیب و برهم‌کنش بین ترکیبات و ارگانیسم‌های خاک شود (باتی و دولان ۲۰۱۳). پس وجود هر آلاینده‌های آلی و غیر آلی در خاک یک مشکل گسترده است، زیرا بیش از یک سوم سایت‌های آلوده حاوی بیش از یک نوع آلاینده هستند (پلتی و همکاران ۲۰۱۴). ولی پیچیدگی محیطی منجر به تفاوت در توزیع فضایی آلودگی فلزات سنگین در خاک می-شود. چنین تفاوت‌های فضایی به طور جدی بر ایمنی و سلامتی انسان تأثیر می گذارد و می‌تواند بر مدیریت و کنترل منطقه‌ای تأثیر بگذارد (ونگ و همکاران ۲۰۲۰). آلودگی فلزات سنگین در خاک به دلیل تنوع گسترده منابع، سمیت پایدار، زیست تخریب‌ناپذیری و خواص تجمع زیستی همیشه یک موضوع زیست محیطی بوده است (قریشی و همکاران ۲۰۱۶، مهار و همکاران ۲۰۱۶، مازورک و همکاران ۲۰۱۷، دایی و همکاران ۲۰۱۸). برخلاف مواد آلی که در نهایت به مواد ساده‌تر و معمولاً خوش‌خیم‌تر تجزیه می‌شوند، بیشتر فلزات سنگین به طور طبیعی تجزیه نمی‌شوند و بنابراین مستعد تجمع و تبدیل به ترکیبات متیل سمی‌تر هستند که به شدت بر عملکرد و کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد (ناگاجیوتی و همکاران ۲۰۱۰، لویم و همکاران ۲۰۱۸، آدیمالا ۲۰۱۹). پس فلزات سنگین برخلاف سایر آلاینده‌ها (بیشتر آلاینده های آلی)، مشکل-ساز هستند، زیرا آن‌ها نسوز و قدرت تجزیه پایینی دارند (چاوودهاری و همکاران ۲۰۱۸) و می‌توانند در بافت‌های زنده تمرکز و انباشته شوند (لی و همکاران ۲۰۲۰، باستا و همکاران ۱۹۹۸). بنابراین در میان بسیاری از آلاینده‌ها، فلزات سنگین یک موضوع داغ و دشوار در تحقیقات زیست-محیطی محسوب می‌شوند (انبوسلوان و همکاران ۲۰۱۸، توث و همکاران ۲۰۱۶، لی و همکاران ۲۰۲۰). منبع این فلزات در خاک را می‌توان از دو عامل زمین‌شناختی سنگ‌ها در طی تشکیل خاک و دخالت‌های انسان در عرصه‌های طبیعی دانست (مریان و همکاران ۲۰۰۴، اسمدلی ۲۰۰۴، بهبهانی‌نیا و همکاران ۲۰۱۶). مطالعات متعددی در داخل و خارج از کشور در ارتباط با آلودگی فلزات سنگین انجام شده است از جمله سلگی و همکاران (۲۰۱۵) غلظت فلزات سنگین (مس، سرب و کادمیوم) را در ۲۴ نمونه جمع‌آوری

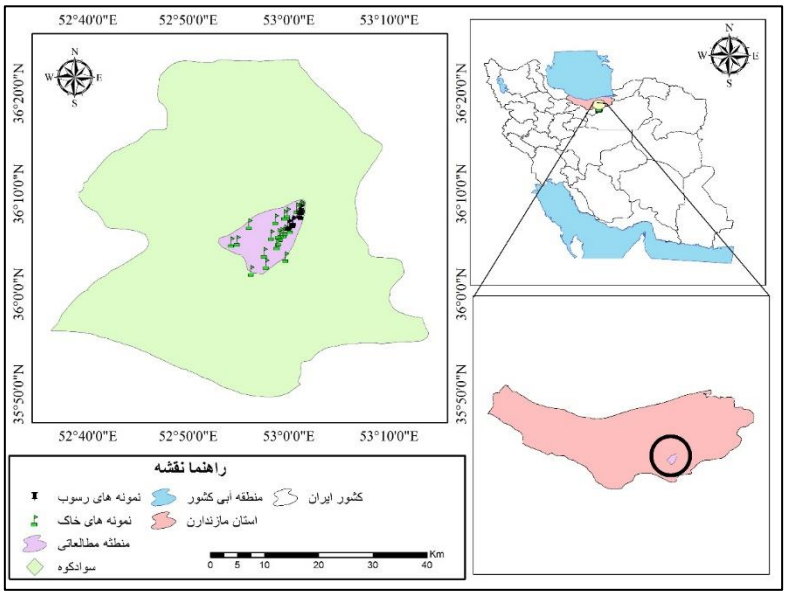
شده در محدوده شهر بجنورد برای ارزیابی خطرات بهداشتی ناشی از فلزات سنگین را بررسی کردند و مشاهده کردند که متوسط در معرض قرار گرفتن روزانه عناصر مس، روی، سرب و کادمیوم برای کودکان ۵-۱ ساله به ترتیب برابر است با $3/11\ 10^{-4}$، $11/3\ 10^{-4}$، $6/98\ 10^{-5}$ و $1/53\ 10^{-6}$ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز بدست آمد که تهدیدی برای کودکان وجود ندارد. صفری و همکاران (۲۰۱۶) ۸۵ نمونه از خاک سطحی برای ارزیابی وضعیت عناصر سرب، کادمیوم، روی، نیکل و مس در منطقه شهرک صنعتی روی زنجان به کمک شاخص بار آلودگی پرداختند و نشان دادند که خاک منطقه تحت کنترل فعالیت انسان قرار دارد. بطور کلی غلظت کل فلزات سنگین روی، سرب و کادمیوم در خاک‌های منطقه نسبتاً بالا و از ۱۴۰/۵ درصد برای کادمیوم تا ۱۸۵/۶ درصد برای سرب متغییر است. سیستانی و همکاران (۲۰۱۷) برای منشاءیابی آلودگی فلزات سنگین خاک‌های مجاور صنایع فولاد کرمان ۶۰ نمونه از خاک سطحی تهیه کردند و با آنالیز توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (ASS) وضعیت آلودگی را با شاخص‌های (PI[1])، (Ipoll[2])، (PLI)[3]، و (Cp)[4] نشان دادند که غلظت سرب و روی حداکثر مقدار خود بودند و بطور کلی نیاز به اصلاحات شدید ندارد. دهقانی و همکاران (۲۰۲۱) برای ارزیابی آلودگی خاک سطحی حوزه آبخیز باغان استان بوشهر به برخی فلزات سنگین (Cd، Mn، Ni، Pb، Zn، Cu و Fe) در کلاس‌های مختلف اندازه ذرات خاک (کمتر از ۲۰۰۰ و ۶۳ میکرون) و کاربری‌های مختلف با استفاده از شاخص‌های ژیوشیمیایی فاکتور آلودگی (CF)، زمین انباشت (Igeo) و بار آلودگی (PLI) نشان دادند که افزایش معنی‌دار غلظت کل Cu، Cd و Fe با کوچکتر شدن اندازه ذرات خاک در کاربری‌های مختلف اراضی مشاهده شد. شاکری و همکاران (۲۰۲۱) نیز با ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک کشاورزی آبیاری شده با آب رودخانه خیاوچای- مشگین شهر، استان اردبیل، غلظت عناصر (As، Co، Cr، Cu، Fe و ...) با استفاده از طیف‌سنج جرمی پلاسمای جفت شده الایی اندازه‌گیری کردند و نشان دادند که شاخص غنی‌شدگی برای آرسنیک در خاک منطقه زیاد است که به نظر می‌رسد. لی و همکاران (۲۰۲۰) برای ارزیابی آلودگی خاک کشاورزی به عنصر مس ۱۷۳۱ نمونه در سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۶ در چین تهیه کردند و مشاهده کردند که ۲۱/۰۲ درصد از محل‌های نمونه‌برداری شده دارای مس زیادی هستند و مقدار آن از ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (GB۲۰۱۸-۱۵۶۱۸) فراتر رفت. ونگ و همکاران (۲۰۲۰) برای ارزیابی فلزات سنگین در خاک‌های کاربری‌های مختلف با رگرسیون منطقه‌ای و نقشه خودسازمان‌دهی نشان دادند که غلظت‌های متوسط کادمیوم، کروم، مس، سرب و روی در خاک سطحی همگی از مقادیر پس‌زمینه محلی مربوطه در زمین‌های زراعی مسطح و خاک منطقه توسعه‌یافته بیشتر است. وو و همکاران (۲۰۲۲) نیز وجود وجود و گسترش مناطق معدنی در برخی از استان‌های چین را عاملی برای گسترش عناصر سنگین و آلودگی خاک معرفی کردند. با توجه به تحقیقات صورت گرفته در زمینه آلودگی منابع خاک، وجود غلظت بالای عناصر سنگین در خاک باعث ایجاد مشکلاتی برای سلامتی انسان می‌شود. در تحقیق حاضر سعی شده است که غلظت دو عنصر را در خاک و رسوب با استفاده از شاخص‌های فاکتور آلودگی، زمین انباشتگی و خطر بلقوه بررسی کرده و وضعیت آلودگی را در خاک اراضی کشاورزی و رسوب حاشیه معدن ذغال‌سنگ البرز مرکزی در منطقه شیرگاه استان مازندارن مشخص کنیم. بطور کلی وجود تونل‌های برداشت ذغال و وجود باطله در منطقه و پراکنش اراضی کشاورزی در حاشیه معدن باعث شد تا وضعیت برخی عناصر سنگین در خاک کاربری کشاورزی بررسی گردد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

معدن ذغالسنگ البرز مرکزی در حوزه آبخیز رودخانه تالار در شهرستان‌های سوادکوه و قائمشهر استان مازندران در بخش مرکزی سلسه جبال البرز و ۵ کیلومتری شهرستان شیرگاه با طول‌های "۴۵ ´۰ °۵۳ تا "۱۰ ´۱ °۵۳ شرقی و عرض‌های "۳۸ ´۷ °۳۶ تا "۳۸ ´۸ °۳۶ شمالی واقع شده است. شرایط توپوگرافی منطقه به گونه‌ای است که

[1] . Pollution indexc
[2]. Pollution Intensity index
[3] . Pollution load index
[4] . Potential contamination index

حداکثر ارتفاع ۱۴۱۰ متر و حداقل ۶۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

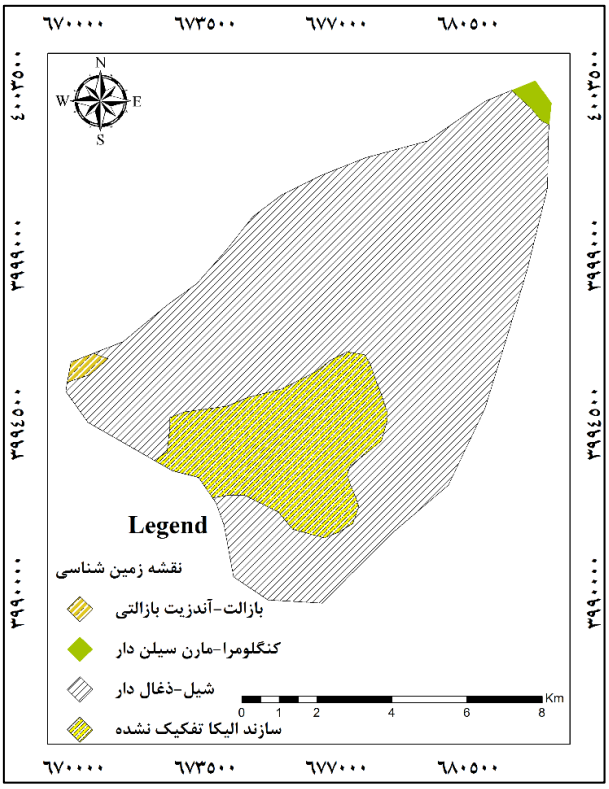


شکل ۱-موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

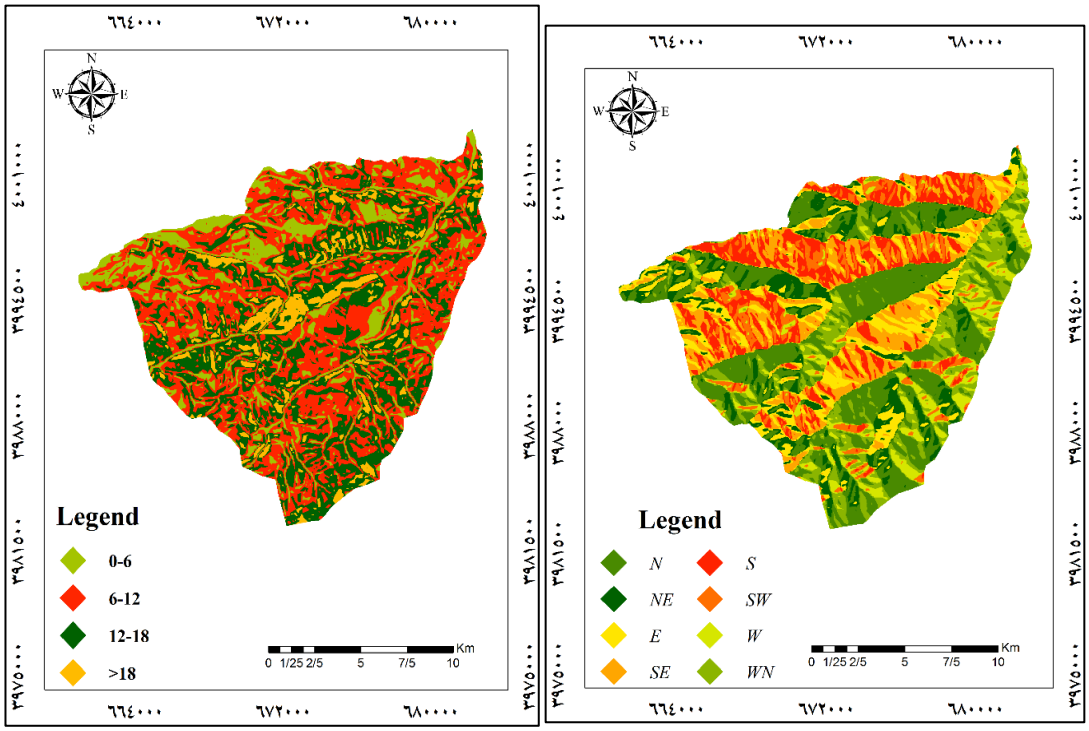
برداشت و آنالیز نمونه‌های خاک

کارمزد از لحاظ زمین‌شناسی در سری میانی کارمزد شامل تناوبی از ماسه‌سنگ‌های درشت‌دانه، کنگلومرای ریزدانه، ماسه‌سنگ‌های ریزدانه خاکستری همراه با لایه‌های شیل و آرژیلیت با سن واحد سنگی تریاس بالایی تا ژوراسیک زیرین، لایه‌های ذغال‌دار و کنگلومرا متغییر است (یزدی، ۱۳۸۲). بر اساس شکل (۲) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشتر منطقه لایه شیل و ذغال‌دار است.



شکل ۲-نقشه زمین‌شناسی

وضعیت منطقه از لحاظ توپوگرافی (شیب و جهت) بررسی شد و در شکل (۳) نشان داده شد. در این اشکال منطقه دارای ۱۲-۶ درصد و جهت غالب شمال و شمال غربی در برخی نقاط دامنه‌های جنوبی است.

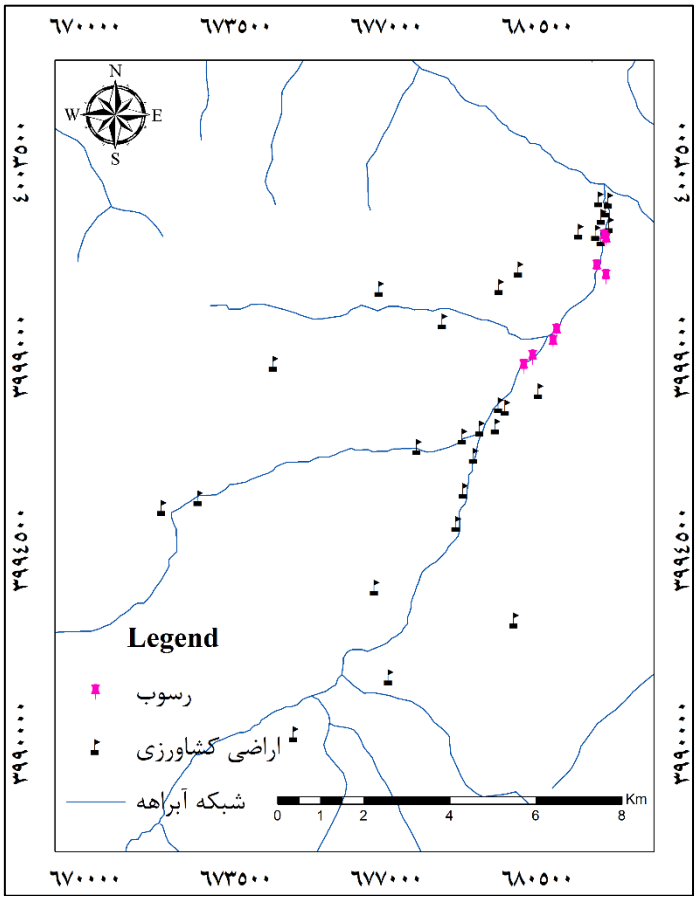


شکل (۳):نقشه زمین‌شناسی

با توجه به وضعیت شیب و جهت و پراکنش کاربری زراعی در منطقه مطالعه نمونه‌های خاک و رسوب تهیه شد.طوری‌که ۴۵ نمونه از خاک‌های سطحی زراعی در عمق ۱۵-۵ سانتی‌متری و ۸ نمونه رسوب در مناطق پایین‌دست برداشت تهیه شد. خاک‌های جمع‌آوری شده پس جداسازی قلوه‌سنگ در پلاستیک‌های سربسته همراه کد مخصوص نگهداری شد و موقعیت مکانی آن توسط دستگاه GPS ثبت گردید (شکل ۴). جهت آنالیز و اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های جمع‌آوری شده از روش ICP-MS در سایز ۷۵ میکرون استفاده شد. با توجه به وجود عناصر مختلف اندازه‌گیری شده در خاک منطقه و ترکیبات موجود در آن دو فلز Cd و As جهت ارزیابی و آنالیز انتخاب شدند. موقعیت پراکنش نقاط نمونه‌برداری شده در شکل (۲) نشان داده شده است.

جدول(۱):وضعیت آماری عناصر اندازه‌گیری شده در خاک و رسوب

پارامتر / وضعیت	خاک		رسوب	
آماری	As	Cd	As	**Cd**
مجموع	10/3	13/9	۶۴	**۴/۲**
میانگین	0/4	0/6	۸	**۰/۵**
حداکثر مقدار پارامتر	0/49	0/91	۱۱	**۰/۹**
حداقل مقدار پارامتر	0/1	0/1	۵	**۰/۱**



شکل (۲): نقاط نمونه‌برداری شده خاک زراعی کشاورزی و رسوب

فاکتور آلودگی

این فاکتور وضعیت آلایندگی خاک به عناصر سنگین را تعیین می‌کند. با استفاده از فاکتور آلودگی می‌توان مقدار عناصر را نسبت به محیط طبیعی خود سنجید و میزان آلودگی خاک را تعیین کرد. هانکسون (1980) با استفاده از رابطه (۱) آلایندگی عناصر را با استفاده از این فاکتور بررسی کرد:

رابطه (۱) $$CF_{metal} = \frac{C_{metal}}{C_{background}}$$

فاکتور آلودگی در رابطه بالا که غلظت هر فلز (Cmetal) را به مقدار غلظت آن فلز در حالت طبیعی (Cbackground) را نشان می‌دهد. غلظت ماده مرجع مقدار میانگین آن نسبت به میانگین جهانی عناصر موجود در پوسته زمین است (عظیم‌زاده و همکاران، ۲۰۱۴). جدول (۲) طبقه‌بندی هانکسون را برای فاکتور آلودگی و ارزیابی آلایندگی فلزات سنگین نشان می‌دهد (بزی و همکاران، ۲۰۱۷).

جدول(۲):طبقات آلودگی فلزات سنگین بر اساس فاکتور آلودگی (CF)

دامنه تغییرات فاکتور آلودگی	شدت آلودگی
$CF < 1$	آلودگی کم
$1 \le CF < 3$	آلودگی متوسط
$3 \le CF < 6$	آلودگی زیاد
$6 \le CF$	آلودگی بسیار زیاد

درجه آلودگی اصلاح شده (mCd)[1]

شاخص درجه آلودگی اصلاح شده برای اولین بار توسط آبراهین و پارکر در سال ۲۰۰۸ تهیه و استفاده گردید. این شاخص امکان ارزیابی آلودگی کل خاک را به فلزات سنگین تهیه می‌کند. محاسبه مقدار محتوای فلزات سنگین برای برآورد شاخص بارآلودگی اصلاح شده مورد نیاز است (حمزه‌نزاد تقلید آباد و خداوردیلو ۲۰۲۰) رابطه (۲) نحوه محاسبه و جدول (۳) مقادیر mcd را نشان می‌دهد

رابطه (۲) $$mcd = \frac{\sum_{i=1}^{n} Ci}{n}$$

در این رابطه n تعداد فلزات سنگین و Ci غلظت فلزات سنگین را نشان می‌دهد

جدول (۳): طبقه‌بندی درجه آلودگی اصلاح شده mcd (کوالسکا ۲۰۱۸)

محدوده شاخص mCd	وضعیت آلودگی
$\mathbf{0 \le mCd \le 1.5}$	درجه بسیار پایین از آلودگی
$\mathbf{1.5 \le mCd \le 2}$	درجه پایین آلودگی
$\mathbf{2 \le mCd \le 4}$	درجه متوسط از آلودگی
$\mathbf{4 \le mCd \le 8}$	درجه بالا از آلودگی
$\mathbf{8 \le mCd \le 16}$	درجه بسیار بالا از آلودگی
$\mathbf{16 \le mCd \le 32}$	به شدت آلوده
$\mathbf{mCd \ge 32}$	آلودگی با درجه فوق العاده

[1] Modified degree of contamination.

شاخص زمین انباشتگی

شاخص زمین‌انباشتگی آلودگی، مقدار غلظت فعلی و قبلی را برای تعیین درجه آلایندگی خاک تعیین می‌کند. شاخص زمین‌انباشت آلودگی اولین دفعه توسط (مولر ۱۹۷۹) استفاده شد.

رابطه (۳) $$I_{geo} = \log_2 C_n / 1.5B_n$$

در رابطه بالا I_{geo} شاخص زمین انباشتگی، C_n غلظت اندازه‌گیری شده از عنصر n در خاک و همچنین B_n مقدار غلظت زمینه است. مقدار ثابت ۱/۵ به منظور کاهش تاثیر فعالیت انسانی و همچنین آنالیز نوسانات طبیعی در مقدار ماده موجود در محیط‌زیست است که برای شاخص ۶ طبقه در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول(۴):طبقات شاخص زمین انباشتگی (مولر ۱۹۷۹)

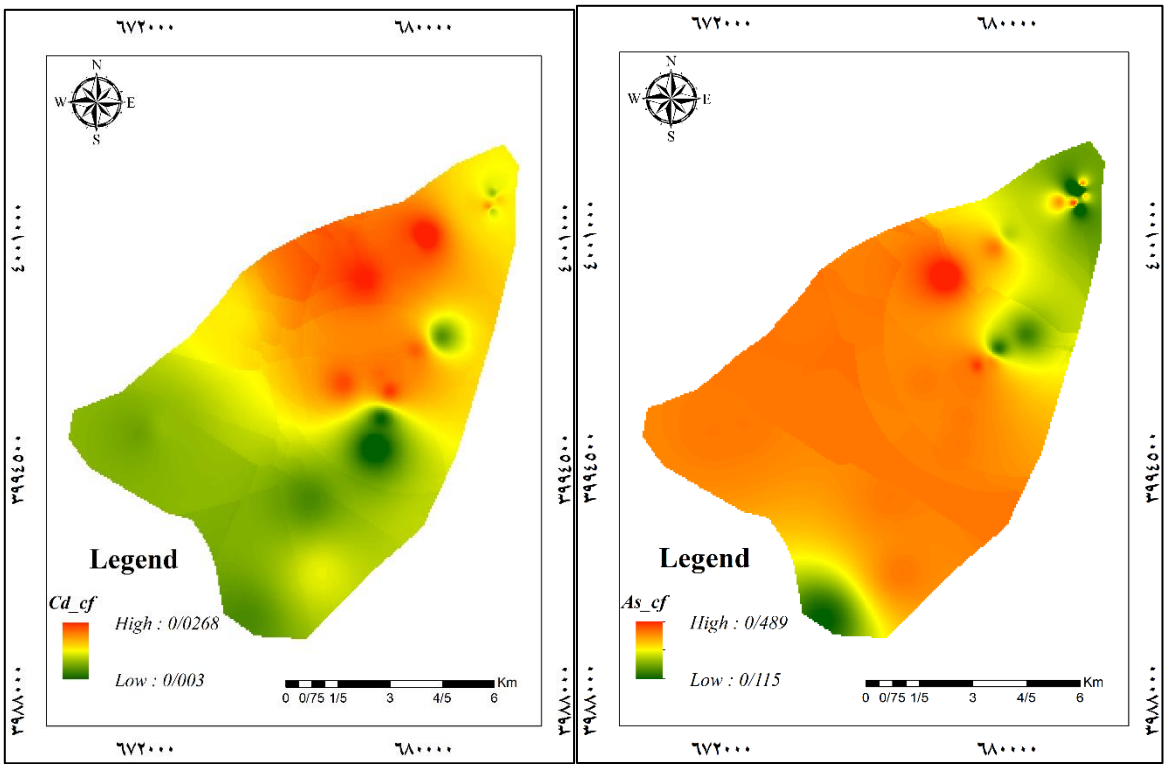
درجه آلودگی	شاخص زمین انباشتگی	طبقه
غیر آلوده	<۰	۰
غیر آلوده تا کمی آلوده	۱-۰	۱
کمی آلوده	۲-۱	۲
کمی آلوده تا خیلی آلوده	۳-۲	۳
خیلی آلوده	۴-۳	۴
خیلی آلوده تا شدیداً آلوده	۵-۴	۵
شدیداً آلوده	5<	۶

تحلیل مولفه‌های اصلی

یکی از انواع آنالیزهای چند متغیره است که به طور وسیعی در مطالعات آلودگی رسوب، آب و خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد (لوسکا ویچلا ۲۰۰۳، کوکرر و همکاران، ۲۰۱۴). رایج‌ترین نوع PCA برای تفسیر نتایج و مولفه‌های آلودگی روش Varimax Rotation است که با استفاده از نرم افزارهای R و Spss قابل محاسبه است.

نتایج

نتایج آنالیز نمونه‌های خاک و رسوب نشان داد که مقادیر کادمیوم و آرسنیک موجود در خاک سطحی اراضی کشاورزی دارای وضعیت آلودکی کم با مقدار $CF<1$ هستند. اما مقادیر عناصر اندازه‌گیری شده در رسوب حاشیه رودخانه دارای وضعیت آلودکی کم و آرسنیک دارای مقدار $6 \leq CF$ است. بنابراین خاک کشاورزی برای این عناصر آلودگی نشان نداده است اما رسوب دارای مقادیر آرسنیک بیشتر از حد مجاز است. بصورت کلی مقادیر آرسنیک در هر دو حالت بیشتر از مقادیر کادمیوم است ($As > Cd$). بر اساس جدول (۵) حداکثر مقدار شاخص CF نشان می‌دهد که مقادیر آرسنیک در رسوب بیشتر از زمین زراعی است. مقادیر کادمیوم در هر دو نوع حالت رسوب و زراعی مقادیر کم و از لحاظ آلودگی کم خطر هستند. شکل (۳) نیز پراکنش مقادیر هریک از عناصر بر اساس شاخص CF را نشان می‌دهد. بر اساس نقشه آرسنیک نشان می‌دهد که این عنصر نسبت به کادمیوم دارای پراکنش بیشتری است درحالی که کادمیوم در دامنه شمال‌غرب منطقه بیشتر پراکنش داشته است.



شکل (۳): توضیح فضایی عناصر کادمیوم و آرسنیک بر اساس شاخص CF

جدول (۵):مقادیر متوسط عناصر آرسنیک و کادمیوم بر اساس شاخص CF در زمین زراعی و رسوب

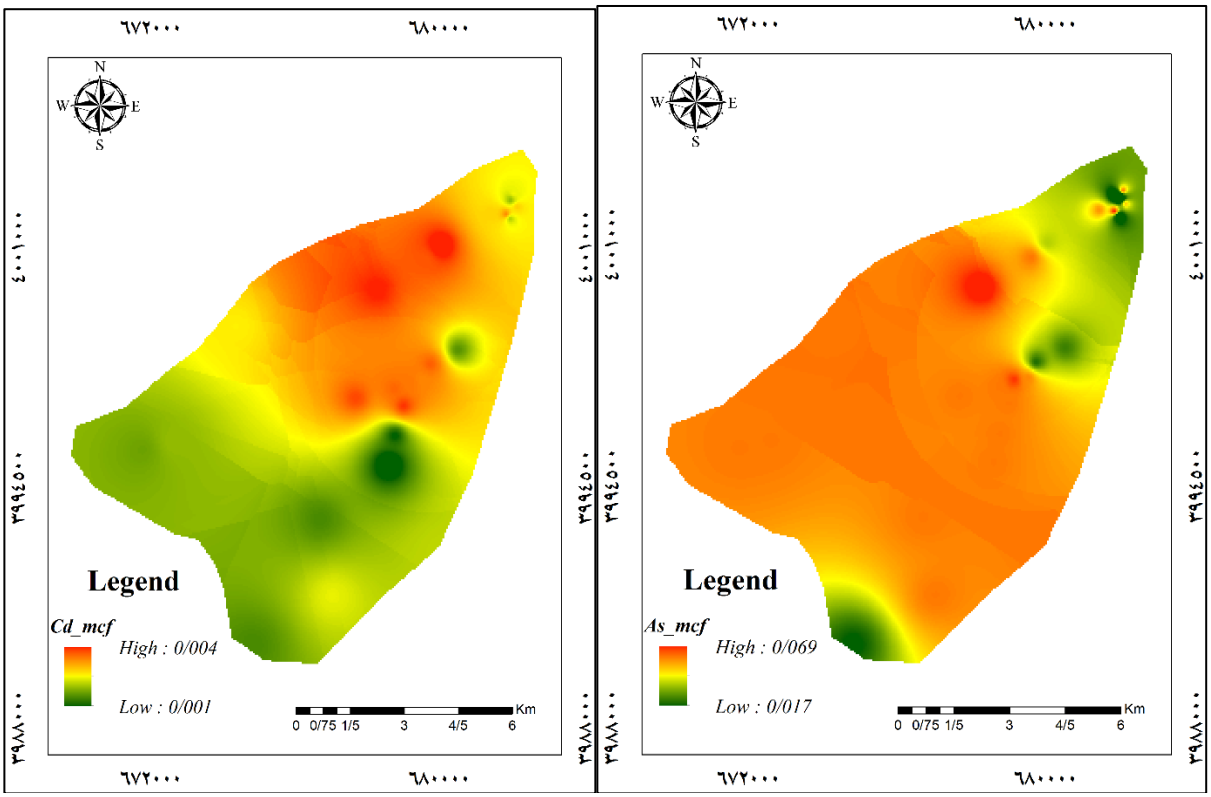
رسوب		زراعی	
Cd	As	Cd	As
0/12	64	0/02	0/41

بر اساس نتایج بدست آمده و محاسبه شاخص درجه آلودگی اصلاح شده (mCd) مشخص گردید که خاک زراعی منطقه دارای وضعیت آلودگی بسیار پایین یا پایین هستند به عبارتی مقدار mCd. برای دو عنصر کادمیوم و آرسنیک در طبقه $0 \leq mCd \leq 1.5$ قرار دارد. این شاخص برای رسوب نیز نشان می‌دهد که مقادیر شاخص بدست آمده برای این دو عنصر در طبقه $0 \leq mCd \leq 1.5$ قرار دارد. جدول (۶) نیز مقادیر بدست آمده برای هریک از عناصر بر اساس شاخص mCd امده است.

جدول (۶):مقادیر متوسط عناصر آرسنیک و کادمیوم بر اساس شاخص mCd در زمین زراعی و رسوب

رسوب		زراعی	
Cd	As	Cd	As
0/05	1/14	0/05	۰/۱

وضعیت پراکنش هریک از عناصر بر اساس شاخص mCd در شکل (۴) نشان داده شده است. بر اساس نقشه شکل (۴) آرسنیک پراکنش بیشتری نسبت به کادمیوم دارد.

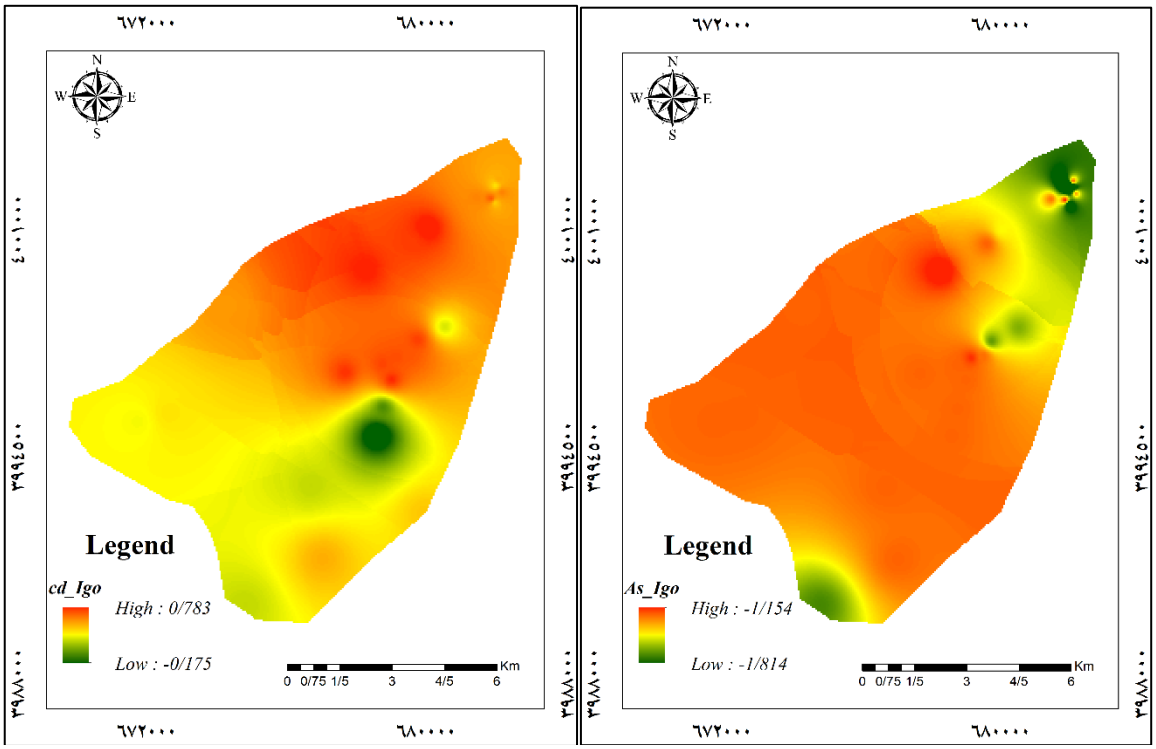


شکل (۴): توضیح فضایی عناصر کادمیوم و آرسنیک بر اساس شاخص mCd

هریک از دو شاخص قبل نشان دادند که منطقه از لحاظ آلودگی در چه طبقه‌ای قرار گرفته است. بعبارتی مشخص شد منطقه برای عنصر آرسنیک بر اساس شاخص CF دارای آلودگی متوسط رسوب است و آلودگی کم در خاک اراضی زراعی، ولی این وضعیت در شاخص mCd نتیجه‌ای دیگه داشت طوری که منطقه دارای وضعیت آلودگی خیلی کم و ناچیز برای هر دو حالت خاک زراعی و رسوب است. برای رسیدن به نتیجه مطولب‌تر شاخص زمین‌انباشتگی آلودگی برای دو عنصر محاسبه شد و نتیجه نشان داد که این شاخص در خاک زراعی دارای وضعیت غیر آلوده یا آلودگی کم است. یعنی مقدار شاخص کمتر از صفر و یک واقع شده است. در جدول (۷) مقادیر متوسط هریک از عناصر بر اساس شاخص Igeo را نشان می‌دهد. بر اساس جدول فوق مشخص شد که مقادیر این شاخص در حالت خاک زراعی کمتر از مقادیر آن در رسوب است. بر اساس شکل (۵) عنصر آرسنیک دارای پراکنش بیشتر از کادمیوم است؛ بطور کلی وضعیت آلودگی این شاخص برای هر دو عنصر کم است اما پراکنش فضایی آن برای شاخص آرسنیک بیشتر است.

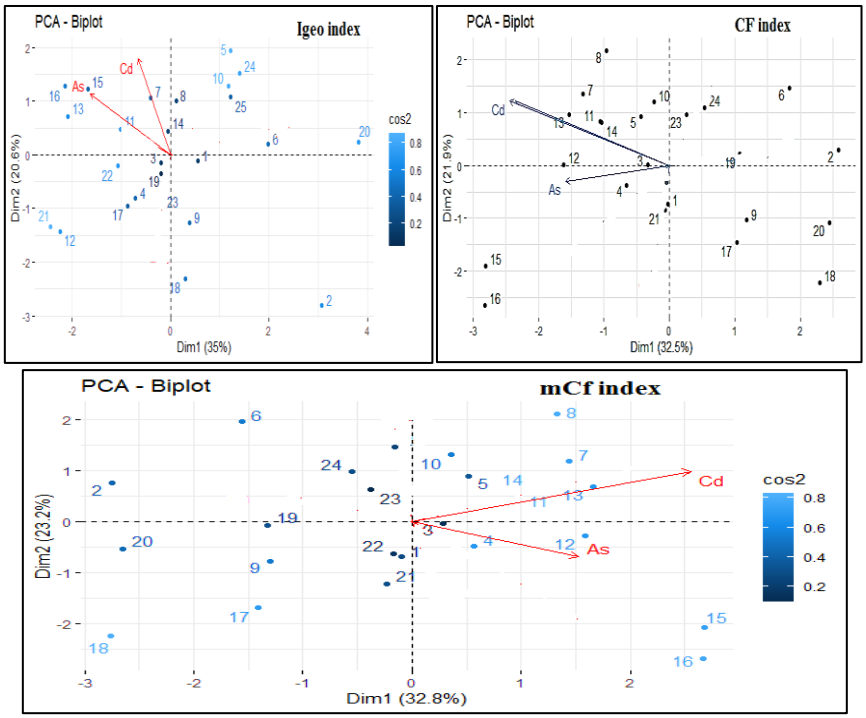
جدول (۷):مقادیر متوسط عناصر آرسنیک و کادمیوم بر اساس شاخص Igeo در زمین زراعی و رسوب

رسوب		زراعی	
Cd	As	Cd	As
0/46	0/04	0/52	-1/25



شکل (۵):توضیح فضایی عناصر کادمیوم و آرسنیک بر اساس شاخص Igeo

نتایج pca در شکل (۶) نشان داده است. بر اساس این نمودار می‌توان گفت که عناصر دارای آلودگی کمی در منطقه هستند. بر اساس نتایج نمودار شکل (۶) در شاخص-های CF مقدار کادمیوم در ناحیه دو دارای همبستگی مناسبی از لحاظ نمایش آلودگی نیست بعبارتی پراکنش کادمیوم و آرسنیک در ناحیه دو و سه به صورت کم است. این پارامترها برای شاخص Igeo نیز نشان داد پراکنش عناصر در ناحیه دو و دارای همبستگی متوسطی با آلودگی است. شاخص mCF کادمیوم و آرسنیک در ناحیه اول و دوم دارای همبستگی مثبت هستند و با افزایش عوامل انسانی و مقادیر آلودگی نیز قابل افزایش است.



شکل (۶):پراکنش عناصر بر اساس روش pca

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی وضعیت اراضی کشاورزی و رسوب آورده توسط جریان رودخانه در مناطق صنعتی و معدنی اهمیت زیادی دارد. زیرا این عناصر امکان دارد وارد چرخه غذایی شوند و به سلامتی انسان صدمه بزنند (۲۰۲۲). از طرفی با حفاظت از منابع آب و خاک می‌توان نقش مهمی در سلامت ساکنان حاشیه مناطق معدنی ایفا کرد. و از بروز مشکلات احتمالی در صورت وجود فلزات سنگین در این منابع جلوگیری کرد. لازم است که با استفاده از شاخص‌های مختلف برآورد آلودگی وضعیت سلامتی عناصر نسبت به مقدار جهانی آن سنجیده شود. در این تحقیق دو عنصر کادمیوم و آرسنیک برای بررسی وضعیت منطقه بر اساس سه شاخص فاکتور آلودگی، درجه آلودگی یا فاکتور آلودگی اصلاح شده، زمین انباشتگی بررسی شد. ۴۵ نمونه خاک زراعی و ۸ نمونه رسوب در آزمایشگاه بر اساس روش ICP-MS در سایز ۷۵ میکرون آنالیز شد. برای تهیه نمونه‌ها از وضعیت توپوگرافی منطقه و زمین‌شناسی آن بررسی شد. بر اساس نقشه‌های تهیه شده از شیب و جهت شیب توپوگرافی منطقه دارای شیب ۱۲-۶ درصد و جهت غالب شمال و شمال غربی در برخی نقاط دامنه‌های جنوبی است. پس از تهیه نمونه‌ها ابتدا با استفاده از نرم‌افزار spss 21 وضعیت نرمال بودن داده‌های کادمیوم و آرسنیک بررسی شد و نتایج نشان دارای وضعیت نرمالی (Pvalue> 0/5)هستند. پس از آن با استفاده از روش کریجینگ (ساده و کروی) نقشه پراکنش عناصر تهیه شد. بر اساس نتایج بدست آمده دو عنصر با مدل کریجینگ کروی دارای بیشترین همبستگی و کمترین مقدار خطا است. بنابراین به عنوان مدل مناسب در تهیه نقشه استفاده گردد. محققانی همچون خوش‌اقبال و همکاران (۲۰۱۱)، امینی و همکاران (2005)، دیانی و همکاران (۲۰۰۹) و یانگ و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. نقشه زمین‌شناسی تهیه شده از منطقه نشان داد که منطقه مطالعه در سری میانی کارمزد شامل تناوبی از ماسه‌سنگ-های درشت‌دانه، کنگلومرای ریزدانه، ماسه‌سنگ‌های ریزدانه خاکستری همراه با لایه‌های شیل و آرژیلیت با سن واحد سنگی تریاس بالایی تا ژوراسیک زیرین، لایه‌های ذغال‌دار و کنگلومرا متغییر است. (یزدی، ۱۳۸۲) منطقه کارمزد را از لحاظ زمین‌شناسی بررسی کردند و نشان دادند که این منطقه دارای لایه‌های ذغالی، شیل و ... است. به عبارتی یک عامل در پراکنش عناصر در اراضی کشاورزی و رسوب حاشیه رودخانه وجود لایه‌های زمین‌شناسی است که باعث پراکنش آلودگی می‌شود؛ افشاری و خادمی (۱۳۹۵) بیان کردند که وجود لایه‌های زمین‌شناسی عاملی

برای تغییرات غلظت کادمیوم است. باقری و همکاران (۱۳۹۰) وجود سازندهای زمین‌شناسی و شرایط اقلیمی مناطق بالادست نقش مهمی در مقدار تغییرات فلزات سنگینن دارد. نتایج ارزیابی عناصر بر اساس سه شاخص انتخابی (CF، Mcf و Igo) نشان داد که منطقه دارای وضعیت آلودکی کم طبق جدول هانکسون با مقدار $CF<1$ از لحاظ فاکتور آلودکی هستند. اما مقادیر عناصر اندازه-گیری شده در رسوب حاشیه رودخانه نشان داد که آرسنیک مقادیر بالاتری نسبت به کادمیوم دارد و از لحاظ آلودگی در طبقه متوسط قرار دارد. این تغییرات آرسنیک ناشی از عملیات‌های انسانی در مناطق بالادست است که باعث ورود و پراکنش این عنصر شده است. همانطور که شاکری و همکاران (۲۰۱۵) در سد شهید رجایی مازندارن نشان دادند که دستکاری انسان در بالادست عاملی برای تغییر غلظت عناصر بر اساس روش Cf می‌شود. قشلاقی و رستمی (۲۰۱۶) نیز یکی از علت افزایش عناصر در رسوبات رودخانه را فعالیت انسانی و تجمع لایه‌های رس در بالا دست معرفی کردند. وو و همکاران (۲۰۲۲) وجود صنایع و استفاده از کدها را عاملی برای آلودگی خاک کشاورزی معرفی کردند. فقیری و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان کردند که آرسنیک در منطقه تحت تاثیر وضعیت زمین‌شناسی قرار می‌گیرد ولی کادمیوم تحت تاثیر اراضی کشاورزی است. مریخ‌پور و همکاران (۲۰۲۱) نیز یکی از عوامل اصلی تغییرات آرسنیک عوامل انسان‌زاد و مصارف کودهای شیمیایی است. شاخص درجه آلودگی اصلاح شده (mCd) برای خاک زراعی و رسوب نشان داد که دو عنصر در طبقه آلودگی کم قرار دارند. به عبارتی در طبقه $0 \leq mCd \leq 1.5$قرار دارند. دارای وضعیت درجه آلودگی بسیار پایین یا پایین هستند به عبارتی مقدار mCd. برای دو عنصر کادمیوم و آرسنیک در طبقه $0 \leq mCd \leq 1.5$ قرار دارد. این شاخص برای رسوب نیز نشان که مقادیر شاخص بدست آمده برای این دو عنصر در طبقه $0 \leq mCd \leq 1.5$ قرار دارد. وجود کارخانه‌های ماسه‌شویی در بالادست می‌تواند عاملی برای تغییرات عنصر بر اساس ان روش باشد رحمان و همکاران (۲۰۲۲) پساب‌های صنعتی و مواد شیمیایی کشاورزی از مناطق بالادست را عاملی برای آلودگی و تجمع فلزات سنگین در اب و خاک معرفی کردند. معتمدی و همکاران (۲۰۱۹) وجود کارخانه سیمان و عوامل انسانی و تغییرات در طبیعت را دلیل اصلی تغییرات عنصر کادمیوم و آرسنیک بر اساس شاخص‌ها موجود معرفی کردند. هرچه از بالادست به سمت پایین حوزه آبخیز پیش برویم مقادیر عناصر تغییر پیدا می‌کرد و هرچند از لحاظ شاخص درجه آلودگی اصلاح شده (mCd) دارای آلودکی کم هستند. شاخص زمین-انباشتگی آلودگی برای دو عنصر نشان داد که در خاک زراعی دارای وضعیت غیر آلوده یا آلودگی کم است. یعنی مقدار شاخص کمتر از صفر و یک است. قشلاقی و همکاران (۲۰۱۶)، فقیری و همکاران (۲۰۱۹)، مریخ‌پور و همکاران (۲۰۲۱) و در نهایت معتمدی و همکاران (۲۰۱۹) تغییرات کادمیوم را به دلیل عوامل انسانی و کشاورزی و درنهایت زمین‌شناسی منطقه مربوط می‌دانند. نتایج مولفه‌های اصلی نیز نشان می‌دهد که این عناصر دارای ارتباط زیادی با همدیگر در خاک و رسوب هستند که مریخ‌پور و همکاران (۲۰۲۱) نیز این عامل را در تحقیق خود نشان دادند. بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که منطقه از لحاظ آلودگی بر اساس شاخص زمین انباشت و درجه آلودگی اصلاح شده دارای آلودگی کم یا خیلی کم است، ولی شاخص فاکتور آلودگی نشان داد که آرسنیک در رسوب وضعیت متوسطی برای ازنظر آلودگی است نشان می‌دهد. بنابراین یکی از علت اصلی تغییرات آرسنیک در مرحله اول سازندهای زمین‌شناسی و در ادامه عوامل انسانی که باعث ورود آلودگی به داخل رودخانه و در نهایت اراضی کشاورزی آبی است. یکی از علت‌های بررسی عناصر سنگین در خاک و ارزیابی محیطزیستی وجود مشکلات نمونه-برداری در کاربری‌های مختلف باهم است. دیگری هزینه و وقت زیاد در ارزیابی و آنالیز اطلاعات است. استفاده از دو عنصر آرسنیک و کادمیوم همراه همراه شاخص‌های مختلف در خاک و رسوب کمتر بررسی شده است. بنابراین با نمونه-برداری در خاک زراعی و رسوب وضعیت منطقه مطالعه بررسی شد.

تقدیر و تشکر

با سپاس از شرکت‌های البرز مرکزی و تهیه و تولید مواد معدنی ایران (ایمپاسکو) بخاطر همکارهای لازم جهت تهیه و آزمایش نمونه‌ها.

منابع

افشاری، ع.، و خادمی، ح. ۱۳۹۵. الگوی پراکنش مکانی برخی فلزات سنگین (Cu, Zn, Pb, Co,Cr, Ni, Mn, Fe و Cd) در اراضی مرکزی استان زنجان. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸(۴): ۱۴۵-۱۶۲.

آزادبخت، ز.، بهشتی، آ.ع.، کهریزی، د.، و کرمی، ح. ۱۳۹۹. تأثیر آلودگی کادمیم و سرب بر کیفیت زیستی خاک و رشد گیاه کلزا، (Brassica napus) ، تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۱ (۱): ۲۳۰-۲۱۷.

باقری، ح.، و شارمد، ت.، و خیرآبادی، و.، و درویش بسطامی، ک.، و باقری، ز. ۱۳۹۰. سنجش و ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه گرگان رود. اقیانوس شناسی، ۲(۵): ۳۵-۳۹.

بزی، ف.، رضایی، م.ر.، و صیادی‌اناری، م.ح. ۱۳۹۶. بررسی آلودگی خاک به فلزات سنگین با استفاده از شاخص فاکتور آلودگی در محل دفن زباله شهری زاهدان. مجله محیط‌زیست و مهندسی آب، ۳(۲): ۱۸۰-۱۷۰.

پاینده، خ. و ولایت‌زاده، م. ۱۳۹۸. فلزات سنگین کبالت، کروم، منگنز، سلنیوم و مولیبدن در رسوبات تالاب هورالعظیم استان خوزستان با استفاده از شاخص‌های آلودگی. نشریه علمی اکوبیولوژی تالاب-دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۱۱ (۴۰): ۹۶-۸۳.

حمزه‌نژادتقلیدآباد، ر.، و خداوردیلو، ح. ۱۳۹۹. ارزیابی کمی فلزات سنگین در خاک. تحقیقات کاربردی خاک، ۸ (۲): ۵۲-۳۷.

خوش‌اقبال، م.ز.، غضبان، ف.، شریفی، ف.، و خوشروتهرانی، ک.۱۳۹۰. استفاده از زمین آمار و GIS برای پهنه بندی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی. مجله زمین، ۶(۱۹):۳۳-۴۹

دهقانی، س.، نادری، م.، محمدی، ج. ، و کریمی، ا. ۱۴۰۰. ارزیابی آلودگی اجزای ذرات خاک سطحی به فلزات سنگین در کاربری های مختلف حوضه آبخیز باغان استان بوشهر. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۲ (۷): ۱۷۷۸-۱۷۶۵.

شاکری، ع.، نصیری مویلی، ه.، و رستگاری‌مهر، م. ۱۴۰۰. ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک کشاورزی آبیاری شده با آب رودخانه خیاوچای- مشگین شهر، استان اردبیل. نشریه یافته‌های نوین در زمین‌شناسی، ۷ (۱): ۲۶۰-۲۴۹.

شاکری، ع.، و شاکری، ر.، و مهرابی، ب. ۱۳۹۴. بررسی آلودگی عناصر کروم, نیکل, آرسنیک و کادمیوم در آب, رسوب و ماهی سد شهید رجایی مازندران, شمال ایران. محیط شناسی, ۴۱(۱ (۷۳), ۱۳-۲۴.

صفری، ی.، دلاور، م.ا.، اسفندیارپور بروجنی، ع.، صالحی، م.ح.، و اولیایی، ح.ر. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت فلزات سنگین در منطقه شهرک صنعتی روی زنجان به کمک شاخص بار آلودگی. نشریه خاک و تولید پایدار، ۶ (۲): ۱۳۳-۱۱۹.

فقیری, ف.، حاجی احمدی، د.، امان‌اللهی، ج.، و قربانی،ف. ۱۳۹۸. ارزیابی پتانسیل خطر اکولوژیک و منشاء یابی فلزات سنگین سرب، آرسنیک، کادمیوم و روی درآب و رسوبات سطحی رودخانه قشلاق سنندج .فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست ۳۵-۱۹(۳)۲۱

فقیری، ف.، حاجی‌احمدی، د.، امان‌الهی، ج.، و قربانی، ف. ۱۳۹۸. ارزیابی پتانسیل خطر اکولوژیک و منشاءیابی فلزات سنگین سرب، آرسنیک،کادمیوم و روی درآب و رسوبات سطحی رودخانه قشلاق سنندج. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۱ (۳): ۳۵-۲۲. ۱۱ (۴۰): ۸۳-۹۶.

قشلاقی، ا.، و رستمی، ش. ۱۳۹۵. آلودگی و گونه سازی فلزات سنگین در رسوبات بستر رودخانه سیاهرود (منطقه قائم‌شهر - استان مازندران). پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۳۲ (۲): ۷۳-۹۰.

مریخ‌پور، ه.، رستانی، ب.، و چراغی، م. ۱۴۰۰. بررسی انباشت عناصر سنگین و شاخص‌های کیفی رسوبات در سد کلان ملایر. تحقیقات کاربردی: ۹ (۲): ۱۴۹-۱۳۰.

معتمدی، م.، و بهبهانی نیا، آ.، و فرساد، ف. (۱۳۹۸). رویکرد تطبیقی آلودگی فلزهای سنگین در آب و رسوب های رودخانه ها (مطالعه موردی: رودخانه شاهرود). علوم محیطی, ۱۷(۱):۱۵۵-۱۷۴.

مقتدری، ط.، محمودی، ش.، شاکری، ع.، و مسیح‌آبادی، م.ح. ۱۳۹۸. ارزیابی آلودگی، ریسک سلامت و شاخص ریسک اکولوژیک عناصر بالقوه سمی در خاکهای سطحی (منطقه مورد مطالعه: بخش مرکزی شهرستان بندرعباس). نشریه حفاظت آب و خاک، ۸ (۴): ۶۳-۵۲.

Abrahim G.M.S., and Parker R.J. 2008. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. Environmental Monitoring and Assessment, 136: 227–238.

Amini, M., Afyuni, M., Khademi, H., Abbaspour, KC., and Schulin, R. 2005. Mapping risk of cadmium and lead contamination to human health in soils of Central Iran. Science of the Total Environment,347(13):64-77.

Azim zadeh B. and Khademi H. 2014. Estimate to assess contamination concentrations of some heavy metals in soil surface areas of the province Mazandaran. J. Soil Water (Agri. Sci. Technol.), 27(3), 548-559 [In Persian].

Batty, L. C., and Dolan, C. 2013. The Potential Use of Phytoremediation for Sites With Mixed Organic and Inorganic Contamination. Critical Reviews in Environmental Science and Technology , 43, 3: 217-259.

Chen, X., Lu, X., Li, L.Y. and Yang, G. 2013. Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in urban topsoil from inside the Xi'an second ring road, NW China. Environ Earth Science, 68:1979-88.

Dayani, M., Mohammadi, J., Naderi, M.,2008. Geostatistical Analysis of Pb, Zn and Cd concentration in soil of Sepahanshahr suburb (south of Esfahan). Journal of Water and Soil و ۲۳(۴): ۶۷-۷۶(in Persian).

Gall, J., Boyd, R. and Rajakaruna, N. 2015. Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a 433 review[J]. Environmental Monitoring & Assessment,187:201-222.

Hakanson, L. 1980. Ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach. Water Res., 14, 975-1001

Jarup, L.2000. Hazards of heavy metal contamination[J]. British Medical Bulletin, 56:307-317.

Kükrer, S., Şeker, S., Abacı, Z.T. and Kutlu, B. 2014. Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of northern littoral zone of Lake Çıldır, Ardahan, Turkey. Environmental monitoring and assessment, 186: 3847-57

Lakshmi, D., Akhil, D., Kartik, A.K., Gopinath, K.P., Arun, J., Bhatnagar, A., Rinklebe, J. ,Kim, W., and Muthusamy, G. 2021. Artificial intelligence (AI) applications in adsorption of heavy metals using modified biochar. Science of The Total Environment, 801: 149623.

Liu, SH., Wang, P., Wang. CH., Chen, J., Wang, X., Hu, B., and Yuan, Q. 2021. Ecological insights into the disturbances in bacterioplankton communities due to emerging organic pollutants from different anthropogenic activities along an urban river. Science of The Total Environment, 796: 148973.

Loska, K., and Wiechuła, D. 2003. Application of principal component analysis for the estimation of source of heavy metal contamination in surface sediments from the Rybnik Reservoir. Chemosphere, 51: 723-33.

Marta, A., Polti Roberto, O., García María J. Amoroso Carlos, M. 2009. Bioremediation of chromium (VI) contaminated soil by Streptomyces sp. MC1. Journal of Basic Microbiology's, 49,3:285-292.

Rafael, G., LacalleJuan, D., AparicioUnai ArtetxeErik UrionabarrenetxeaMarta, A., PoltiManuel SotoCarlos GarbisuJose M. Becerril. 2020. Gentle remediation options for soil with mixed chromium (VI) and lindane pollution: biostimulation, bioaugmentation, phytoremediation and vermiremediation. Heliyon 6 : e04550.

Rahman, M., AkhterRima, S., Saha, S.K., Saima, J., Hossain, Md., S. Tamisra NathTanni, T.N., AbuBakar, M., and Siddique, A.M. 2022. Pollution evaluation and health risk assessment of heavy metals in the surface water of a remote island Nijhum Dweep, northern Bay of Bengal. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 18: 100706.

Rathika, R., Khalifa, Y.Z., Srinivasan, P., Praburaman, L., Kamala-Kannan, S.,Selvankumar, T., WoongKim, W., and Govarthanan, M. 2020. Effect of citric acid and vermi-wash on growth and metal accumulation of Sorghum bicolor cultivated in lead and nickel contaminated soil. Chemosphere, 243: 125327.

Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I.. 2017. Prevalence of Exposure of Heavy Metals and Their 477 Impact on Health Consequences[J]. Journal of Cellular Biochemistry,119:157-184.

Wang, Y., Wu, Sh., Yan, D., Li, F., Chengcheng, W., Min,Ch., and Wenyu, S. 2020. Determining and mapping the spatial mismatch between soil and rice cadmium (Cd) pollution based on a decision tree model. Environmental Pollution, 265, Part B: 115029.

Wu, G., Wang, L., Yang, R., Hou, W., Zhang, SH., Guo, X., and Zhao, W. 2022. Pollution characteristics and risk assessment of heavy metals in the soil of a construction waste landfill site. Ecological Informatics, 70: 101700.

Wu, Y., Li, X., Yu, L., Wang, T., Wang, J., and Liu, T. 2022. Review of soil heavy metal pollution in China: Spatial distribution, primary sources, and remediation alternatives. Resources, Conservation and Recycling, 181: 106261.

Yang, P., Mao, R., Shao, H., and Gao, Y. 2009.An investigation on the distribution of eight hazardous heavy metals in the suburban farmland of China. Journal of Hazardous Materials, 167(1–3):1246-51.

Evaluation Agricultural Soil Contamination with Arsenic and Cadmium Elements Using Pollution Indicators in Talar Basin of Mazandaran

Aref Saberi, Ghorban[1] Vahabzadeh Kebriya[2], Seyed Mohammad Hojjati[3], Seyed Ramzan Mousavi[4]

Abstract

The locals' health in mining sites can significantly benefit from the protection of water and soil resources. These heavy metal sources can negatively impact human health and the amount and quality of goods produced in the area. For this reason, the concentration of two elements, cadmium, and arsenic, in the Savad Kouh mining area of the province was calculated using three indices: pollution factor, degree of pollution or modified pollution factor, and accumulation of land. Fifty-three samples from the area, including 45 samples of agricultural topsoil and eight samples of riverside sediment, were collected to analyze the site. The samples prepared in a dry environment were brought into the lab and subjected to ICP-MS analysis using a 75-micron sample size. According to the pollution factor, cadmium and arsenic levels in agricultural soil have low pollution, which has a CF value of 1. Cadmium has a low pollution status, and arsenic with a CF = 6 has a low to medium status, according to the concentrations of elements in the riverside sediment. According to the modified pollution degree index (mCd), the region's agricultural soil and sediment have extremely low or low pollution levels. In other words, the mCd values for the two elements cadmium and arsenic are in the very low degree of pollution ($0 \leq mCd \leq 1.5$). According to the findings of the soil accumulation index for two elements, agricultural soil has a non-polluted or low-pollution status. In other words, the index value is between 0 and 1. The area falls into the low to medium pollution category in terms of two elements, according to the principal component analysis (PCA) results.

Keywords: Watershed, Accumulation land index, Heavy metals, Enrichment factor, Karmozd mining.

[1] PhD student in Watershed Management Science and Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, Email: gh.vahabzadeh@sanru.ac.ir Corresponding Author
[2] Responsible author: Associate Professor, Department of Watershed Management Science and Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran Email: aref.saberi@yahoo.com
[3] Professor of the whole Department of Forest Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran Email: s.hojati@sanru.ac.ir

[4] Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran Email: srmmousavi@gmail.com