



فصلنامه علوم محیطی، دوره پانزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶

۶۱-۷۶

تخمین آلودگی فلزات سنگین رسوبات تالاب پریشان با استفاده از شاخص‌های سنجش آلودگی

هیوا علمی زاده، سعید فرهادی* و مریم رزمی

گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۳۱

علمی زاده، ه.، س. فرهادی و م. رزمی. ۱۳۹۶. تخمین آلودگی فلزات سنگین رسوبات تالاب پریشان با استفاده از شاخص‌های سنجش آلودگی. فصلنامه علوم محیطی. ۱۵(۱): ۶۱-۷۶.

سابقه و هدف: تالاب پریشان از جمله اکوسیستم‌های با ارزش جهان است که از نظر اکولوژیکی دارای اهمیت بسزایی دارد و در چند سال اخیر به دلیل خشکسالی‌های پی‌درپی به صورت کامل خشک شده است. فلزات سنگین از جمله مهمترین منابع آلاینده محیط زیست به شمار می‌روند که زمان ماندگاری آنها در رسوبات بسیار زیاد است. همچنین این فلزات اثرات زیان‌آوری بر اکوسیستم‌های آبی دارند و رسوبات هم به‌عنوان منشأ و هم به‌عنوان محلی برای ذخیره این عناصر محسوب می‌شوند. از اینرو کسب اطلاعات درباره این فلزات مهم است.

مواد و روش‌ها: هدف از این پژوهش برآورد آلودگی رسوبات تالاب پریشان به فلزات سنگین مس، آهن، منگنز و روی با استفاده از شاخص غنی‌سازی، شاخص انباشت ژئوشیمیایی، درجه آلودگی و شاخص جامع فاکتور آلودگی است. در این بررسی، تعداد ۴۰ نمونه رسوب با وزن ۲۰۰ گرم از منطقه به‌صورت سیستماتیک برداشت شد و پس از هضم اسیدی و فیلتر کردن برای قرائت غلظت فلزات سمی آزاد شده در هر نمونه، از دستگاه جذب اتمی شعله مدل AAS کمپانی ترمو انگلستان استفاده شد. در این تحقیق به دلیل عدم وجود استاندارد خاص برای آلودگی خاک در کشورمان، از استانداردهای موجود در دیگر کشورها استفاده شد. میانگین غلظت فلزات مورد بررسی در منطقه کمتر از حداکثر غلظت (mg/kg) قابل قبول برای کشورهای لهستان، کانادا و استرالیا است.

نتایج و بحث: میزان تغییرات خصوصیات pH و هدایت الکتریکی (Ec) به ترتیب در دامنه ۷/۲-۷/۹ و ۲/۴-۳/۴ محاسبه شد و غلظت فلزات سنگین نیز بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در بیشتر نمونه‌ها به ترتیب فراوانی شامل منگنز (۷۱/۳-۱۸/۲)، آهن (۲۶/۴-۶/۳)، روی (۱۵/۲-۳/۸)، مس (۱۳/۸-۳/۵) به‌دست آمد. غلظت زمینه برای فلزات منگنز، مس، آهن و روی به ترتیب ۹۵۰، ۵۰، ۴۱۰۰۰ و ۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. شاخص‌های زمین‌انباشتی، فاکتور آلودگی و شاخص جامع فاکتور آلودگی برای تعیین میزان آلودگی منطقه استفاده شدند که شاخص زمین‌انباشتی برای همه فلزات کمتر از صفر به‌دست آمد که نشان‌دهنده غیرآلوده بودن منطقه است. در ادامه شاخص فاکتور آلودگی برای اکثر نمونه‌ها در طبقه بدون آلودگی قرار گرفت، و فاکتور آلودگی برای تمام فلزات مورد بررسی مقداری کمتر از یک را نشان داد به طوری که تمام داده‌ها در طبقه بدون آلودگی قرار گرفتند. همچنین نتایج نشان داد که عناصر منگنز، مس، آهن و روی منشأ زمین‌شناسی و کشاورزی دارند و غلظت فلزات در خاک به منشأ طبیعی آنها ارتباط داده شد.

* Corresponding Author. E-mail Address: sfarhadi1989@gmail.com

نتیجه‌گیری: در نهایت می‌توان بیان کرد که منطقه مورد بررسی کمترین ریسک آلودگی را نسبت به فلزات سنگین دارد. در واقع می‌توان گفت که فلزات مس، آهن، منگنز و روی در این منطقه منشأ زمین‌شناسی دارند و در طی فرایندهای طبیعی زمین‌شناسی و از طریق چشمه‌های ورودی به این تالاب تغییر می‌کنند.

کلمات کلیدی: شاخص زمین‌انباشتگی، فاکتور آلودگی، فلزات سنگین، تالاب پریشان.

مقدمه

فلزات سنگین از جمله مهمترین منابع آلاینده محیط زیست به شمار می‌روند که زمان ماندگاری آنها در رسوبات بسیار زیاد است. این عناصر معمولاً توسط فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی از آب به رسوبات منتقل می‌شوند. این فرآیندها شامل تبادل یونی، رسوب‌گذاری، جذب، هیدرولیز، تشکیل کمپلکس و انعقاد هستند (Ullah *et al.*, 2017). توزیع فلزات سنگین در محیط‌های آبی توسط فرآیندهای تبادل مواد کنترل می‌شود که تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی یا طبیعی هستند (Carman *et al.*, 2007). تغییرات مکانی محتویات فلزات سنگین در خاک سطحی کشاورزی ممکن است تحت تأثیر مواد خاک مادری و منابع انسانی باشد به عبارت دیگر این فلزات به‌طور طبیعی در خاک وجود دارند اما در اثر فعالیت‌های انسانی هم، به خاک افزوده می‌شوند. در حقیقت فعالیت‌های انسانی ممکن است منجر به تجمع بیشتر فلزات سنگین در خاک شود (Yalcin *et al.*, 2007). آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی ممکن است منجر به بی‌نظمی در ساختار خاک، دخالت در رشد گیاه و حتی آسیب به سلامت انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی شود (Lee *et al.*, 2006). از آنجا که فلزات سنگین اثرات زیان‌آوری روی اکوسیستم‌های آبی دارند (Gay and Maher, 2003) و رسوبات هم به‌عنوان منشأ و هم به‌عنوان محلی برای ذخیره این عناصر محسوب می‌شود (Farkas *et al.*, 2007) کسب اطلاعات درباره قابلیت دسترسی زیستی فلزات مهم است. (Bhuiyana *et al.* 2010) آلودگی فلزات سنگین را در خاک‌های کشاورزی با استفاده از چندین شاخص، فاکتور غنی‌شدگی، شاخص زمین‌انباشتگی و شاخص بار آلودگی^۱، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان از غنی‌شدگی معنی‌دار خاک‌ها با فلزات تیتانیوم، منگنز، روی، سرب، آرسنیک، آهن، استرانسیم و آنتیموان حاصل از ورودی از فعالیت‌های معدنی بود. Khodakarami (2009) غلظت ۱۴ فلز سنگین در کاربری‌های مختلف در بخشی از استان همدان بررسی کرد، نتایج این تحقیق نشان داد که عامل اصلی موثر بر افزایش غلظت عناصر کروم، مس، نیکل و روی در منطقه مورد بررسی، ساختار زمین‌شناسی است. (Mousavi *et al.* 2013) غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس، نیکل، کروم و کبالت را در ۱۷ نمونه خاک سطحی اطراف کارخانه سیمان توسط دستگاه ICP-OES اندازه‌گیری کردند. براساس نتایج به‌دست‌آمده و مقایسه آنها با استانداردهای موجود و نیز با استفاده از معیارهای ضریب غنی‌شدگی، شاخص آلودگی و شاخص زمین‌انباشتگی مشخص کردند که کارخانه سیمان تاکنون از نظر داشتن این فلزات، آلودگی خاصی را روی خاک سطحی مناطق اطراف خود ایجاد نکرده است. با توجه با اهمیت آگاهی از میزان غنی‌شدگی فلزات سنگین در خاک‌ها بررسی‌های متعددی در کشور صورت گرفته است. برخورداری منطقه مورد بررسی تالاب پریشان از پتانسیل بالا برای تولیدات کشاورزی و متعاقباً تأثیر فعالیت‌های کشاورزی، نظیر استفاده از کودهای شیمیایی مختلف بر کیفیت خاک، گیاه و نهایتاً سلامت انسان لزوم انجام این پژوهش را به منظور بررسی میزان

فلزات سنگین از جمله مهمترین منابع آلاینده محیط زیست به شمار می‌روند که زمان ماندگاری آنها در رسوبات بسیار زیاد است. این عناصر معمولاً توسط فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی از آب به رسوبات منتقل می‌شوند. این فرآیندها شامل تبادل یونی، رسوب‌گذاری، جذب، هیدرولیز، تشکیل کمپلکس و انعقاد هستند (Ullah *et al.*, 2017). توزیع فلزات سنگین در محیط‌های آبی توسط فرآیندهای تبادل مواد کنترل می‌شود که تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی یا طبیعی هستند (Carman *et al.*, 2007). تغییرات مکانی محتویات فلزات سنگین در خاک سطحی کشاورزی ممکن است تحت تأثیر مواد خاک مادری و منابع انسانی باشد به عبارت دیگر این فلزات به‌طور طبیعی در خاک وجود دارند اما در اثر فعالیت‌های انسانی هم، به خاک افزوده می‌شوند. در حقیقت فعالیت‌های انسانی ممکن است منجر به تجمع بیشتر فلزات سنگین در خاک شود (Yalcin *et al.*, 2007). آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی ممکن است منجر به بی‌نظمی در ساختار خاک، دخالت در رشد گیاه و حتی آسیب به سلامت انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی شود (Lee *et al.*, 2006). از آنجا که فلزات سنگین اثرات زیان‌آوری روی اکوسیستم‌های آبی دارند (Gay and Maher, 2003) و رسوبات هم به‌عنوان منشأ و هم به‌عنوان محلی برای ذخیره این عناصر محسوب می‌شود (Farkas *et al.*, 2007) کسب اطلاعات درباره قابلیت دسترسی زیستی فلزات مهم است. (Bhuiyana *et al.* 2010) آلودگی فلزات سنگین را در

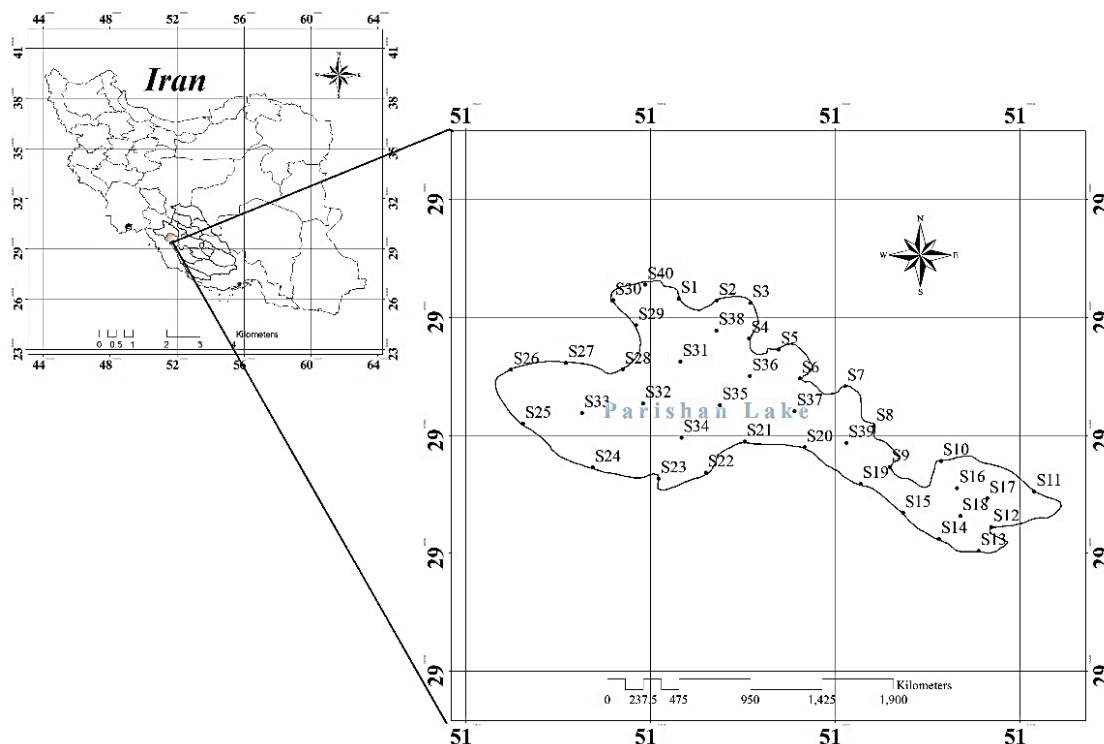
پی‌درپی به صورت کامل خشک شده است. این تالاب که یکی از تالاب‌های دائمی و آب شیرین کشور است، در میان سلسله جبال زاگرس، در فاصله ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان کازرون و ۱۲۵ کیلومتری غرب شیراز (مرکز استان فارس) ما بین $25^{\circ} 25' 51''$ و $29^{\circ} 43' 50''$ طول جغرافیایی و $25^{\circ} 22' 25''$ و $29^{\circ} 27' 40''$ عرض جغرافیایی واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد ۸۲۰ متر است. وسعت حوضه آبریز آن، با بیشترین مساحت در اردیبهشت ماه، در حدود ۴۱/۸۷ کیلومتر مربع برآورد شده است و کمترین وسعت را در فصل پاییز دارد. عمق متوسط این تالاب ۲/۵ - ۲ متر است. عمده آب این تالاب از طریق چشمه‌هایی که از طرف شمال و شمال شرقی به درون آن وارد می‌شوند، تأمین می‌گردد. در تقسیم‌بندی مناطق، این تالاب جزء منطقه حفاظت‌شده محسوب می‌شود (Dehghani., 2007).

تجمع فلزات سنگین به‌عنوان یکی از آلاینده‌های مهم ناشی از این گونه فعالیت‌ها در خاک سطحی، بیش از پیش آشکار می‌سازد. با توجه به این مهم این تحقیق با هدف تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین آهن، مس، منگنز و روی در تالاب پریشان با استفاده از معیارهای شاخص زمین‌انباشتگی، فاکتور آلودگی و شاخص جامع فاکتور آلودگی و همچنین ارزیابی وضعیت آلودگی خاک منطقه مورد بررسی به این فلزات انجام گرفت. در بسیاری از بررسی‌ها برای تعیین سطوح آلودگی از این شاخص‌ها استفاده شده است (Liu et al., 2005; Gong et al., 2009).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

تالاب پریشان از جمله اکوسیستم‌های با ارزش جهان است که از نظر اکولوژیکی دارای اهمیت بسزایی دارد و در چند سال اخیر به دلیل خشکسالی‌های



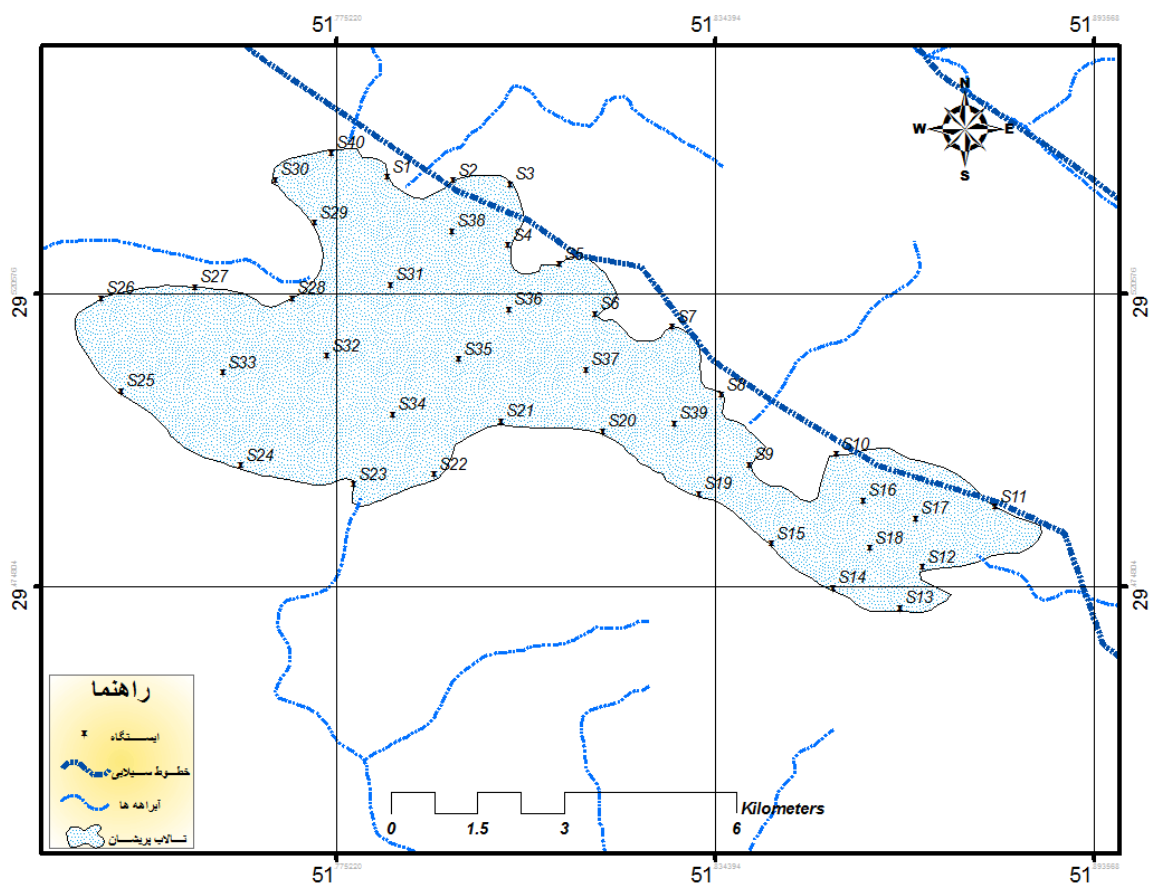
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی

Fig. 1- Study area location

نمونه برداری خاک و آنالیز نمونه های خاک

نمونه برداری از رسوبات تالاب پریشان در عمق ۱۵ سانتی متری و در ۴۰ ایستگاه در فواصل ۷۰۰ متر در آبان ماه ۱۳۹۲ انجام شد. موقعیت جغرافیایی نقاط مورد بررسی نیز توسط دستگاه GPS ثبت شد (شکل ۲). نمونه ها در ۴۰ ایستگاه جمع آوری (جدول ۱) و سپس در ظروف پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شد و در دمای ۱۲۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. رسوبات خشک شده توسط هاون سنگی خرد شد. برای به دست آوردن دانه بندی مختلف ذرات، رسوبات پس از نرم شدن از الک های به شماره مش ۲۰، ۳۵، ۴۵، ۵۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۳۰ (به ترتیب: ۰/۸۴۱، ۰/۵، ۰/۳۵۴، ۰/۲۹۷، ۰/۲۵، ۰/۲۱، ۰/۱۲۵، ۰/۰۶۳ میلی-متر) عبور داده شد. هضم اسیدی در ریزدانه های

مختلف با افزودن ۱۶ میلی لیتر اسید (۴ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۱۲ میلی لیتر اسید کلریدریک ۳۷ درصد) به یک گرم رسوب انجام گردید. برای کامل شدن هضم اسیدی نمونه ها به مدت ۶ الی ۷ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد بر روی حمام شن قرار گرفت. پس از اتمام زمان لازم به هریک از نمونه ها ۴ میلی لیتر اسید پرکلریک ۷۰-۷۲ درصد افزوده شد. بعد از تبخیر ۳ میلی لیتر از اسید (بطوری که حدود یک میلی لیتر محلول در ارلن باقی بماند) حرارت قطع و حجم نمونه ها توسط آب مقطر به ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. در ادامه هر نمونه پس از فیلتر شدن، به باکس های مخصوص منتقل شد. برای قرائت غلظت فلزات سمی آزاد شده در هر نمونه، از دستگاه جذب اتمی شعله مدل AAS کمپانی ترمو^۲ انگلستان استفاده شد.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه های نمونه برداری

Fig. 2- Location of sampling stations

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و نزدیک‌ترین روستا به ایستگاه
 Table 1. The location of sampling stations and the closest village to the station

موقعیت جغرافیایی		نزدیک‌ترین روستا closest village	کد Code نمونه Sample	موقعیت جغرافیایی		نزدیک‌ترین روستا closest village	کد Code نمونه Sample
عرض Latitude	طول Longitude			عرض Latitude	طول Longitude		
29.50	51.811	کنار خشک Konar Khoshk	S21	29.537	51.783	زوالی Zewail	S1
29.495	51.794	حسین‌آباد Hossein Abad	S22	29.537	51.794	زوالی Zewail	S2
29.492	51.776	حسین‌آباد Hossein Abad	S23	29.537	51.805	زوالی Zewail	S3
29.496	51.755	سیف‌آباد Seif Abad	S24	29.525	51.805	پریشان Parishan	S4
29.508	51.74	سیف‌آباد Seif Abad	S25	29.537	51.815	پریشان Parishan	S5
29.757	51.757	تهمویی Tahmoei	S26	29.516	51.821	هلاک Helak	S6
29.52	51.742	تهمویی Tahmoei	S27	29.508	51.834	هلاک Helak	S7
29.519	51.757	تهمویی Tahmoei	S28	29.494	51.842	دهپاگاه Dehpagah	S8
29.525	51.776	ایازآباد Ayaz Abad	S29	29.496	51.895	قلا ت نیلو Ghalat Nilo	S9
29.534	51.772	ایازآباد Ayaz Abad	S30	29.487	51.882	قلعه میرزا Ghalee Mirzaei	S10
29.521	51.786	تهمویی Tahmoei	S31	29.481	51.874	قلعه نارنجی Ghalee Naranji	S11
29.514	51.779	تهمویی Tahmoei	S32	29.473	51.869	نرگس‌زار Narges Zar	S12
29.508	51.769	سیف‌آباد Seif Abad	S33	29.476	51.859	کوشک‌خانی Koshk Khani	S13
29.514	51.777	حسین‌آباد Hossein Abad	S34	29.48	51.85	کوشک‌خانی Koshk Khani	S14
29.517	51.788	حسین‌آباد Hossein Abad	S35	29.484	51.841	کنار خشک Konar Khoshk	S15
29.514	51.794	پریشان Parishan	S36	29.486	51.862	قلا ت نیلو Ghalat Nilo	S16
29.518	51.795	پریشان Parishan	S37	29.486	51.87	قلا ت نیلو Ghalat Nilo	S17
29.514	51.81	هلاک Helak	S38	29.482	51.865	کوشک‌خانی Koshk Khani	S18
29.504	51.824	هلاک Helak	S39	29.491	51.861	کنار خشک Konar Khoshk	S19
29.542	51.768	ایازآباد Ayaz Abad	S40	29.497	51.822	کنار خشک Konar Khoshk	S20

شاخص‌های ارزیابی

نیز به ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های مورد اشاره در رسوب و در پوسته زمین هستند. دسته‌بندی سطح آلودگی رسوبات براساس مقادیر کمی، مقادیر فاکتور آلودگی در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- طبقه‌بندی مقادیر فاکتور آلودگی
Table 2. Classification of contamination factor values

مقدار EF EF Value	کلاس Class	کیفیت رسوب Sediment quality
<1	0	بدون آلودگی Unpolluted
1-3	1	بدون آلودگی تا آلودگی متوسط unpolluted to moderately polluted
3-5	2	آلودگی متوسط Moderately polluted
5-10	3	آلودگی متوسط تا شدید Moderately polluted to strongly polluted
10-25	4	آلودگی شدید Strongly polluted
25-50	5	آلودگی شدید تا خیلی شدید strongly polluted to extremely polluted
>50	6	شدیداً آلوده Extremely polluted

جدول ۳- راهنمای برآورد شدت آلودگی

رسوبات و مواد معلق از شاخص I_{geo}

Table 3. Guide estimate the intensity of sediment and suspended solids pollution

مقدار I _{geo} I _{geo} value	کلاس Class	کیفیت رسوب Sediment quality
0>	0	بدون آلودگی Unpolluted
0-1	1	بدون آلودگی تا آلودگی متوسط unpolluted to moderately polluted
1-2	2	آلودگی متوسط Moderately polluted
2-3	3	آلودگی متوسط تا شدید Moderately polluted to strongly polluted
3-4	4	آلودگی شدید Strongly polluted
4-5	5	آلودگی شدید تا خیلی شدید strongly polluted to extremely polluted
>5	6	شدیداً آلوده Extremely polluted

درجه آلودگی^۵: معیاری جامع برای اندازه‌گیری آلودگی است که براساس انتگرال‌گیری از سری داده‌های

ارزیابی وضعیت آلودگی رسوبات به روش‌های مختلف اعم از مقایسه آن با غلظت‌های زمینه‌ای منطقه در رسوبات عمقی، یا مقایسه نسبی آن با میزان غلظت متوسط عناصر در بافت‌های خاکی و سنگی حوزه رسوبی منطقه، نسبت به شرایط جاری آن انجام می‌گیرد. در بررسی حاضر با توجه به عدم اطلاعات جامع از سابقه غلظت عناصر فوق در رسوبات تالاب پریشان و همچنین عدم استانداردها و خطوط راهنمای غلظت عناصر در منطقه، برای بررسی میزان تجمع و غنی شدن رسوبات از فلزات سنگین و نیز تعیین وضعیت حال حاضر آلودگی رسوبات به این آلاینده‌ها از روابط ضریب غنی‌سازی عناصر، شاخص انباشتگی ژئوشیمیایی فلزات در رسوبات و نیز شاخص آلودگی رسوبات، براساس غلظت متوسط این فلزات در پوسته زمین، استفاده شده است.

شاخص غنی‌سازی^۶: عامل غنی‌سازی به عنوان

شاخصی متداول برای ارزیابی آثار فعالیت‌های انسانی در تجمع فلزات سنگین در رسوبات به میزانی بالاتر از سطح پیشین و غیرآلوده آنها در منطقه شناخته می‌شود (Dickinson *et al.*, 1996; Salomons *et al.*, 1984). این شاخص با نشان دادن کمیت نرمال مقادیر مشاهده شده از غلظت فلز سنگین نسبت به غلظت فلز مرجع (آهن) در نمونه رسوبات، ابزاری مناسب برای نشان دادن روند ژئوشیمیایی تغییر غلظت این فلزات در منطقه‌ای بزرگ و نیز میزان تجمع هر یک در منطقه، در اختیار محققان قرار خواهد داد. به این ترتیب ضریب غنی‌سازی که معرف وضعیت آلودگی رسوبات محیط‌های آبی به فلزات سنگین است از طریق رابطه زیر برآورد می‌شود:

$$EF = \frac{(C_M/C_S)_x}{(C_M/C_S)_c} \quad (1)$$

که در آن CM: غلظت فلز سنگین مورد نظر؛ CS:

غلظت عنصر آهن (به عنوان عناصر مرجع زمینی)؛ C, x

Abraham (2008) رابطه اصلاح‌شده درجه آلودگی را به صورت زیر تعریف کرده است:

$$mC_d = \frac{\sum_{i=1}^n C_f^i}{n} \quad (5)$$

که در آن Cf عامل آلودگی و n تعداد مشخصه‌های مورد بررسی هستند. رابطه فوق به این ترتیب می‌تواند تعداد متنوعی از فلزات سنگین را بدون محدودیت مورد بررسی و مطالعه قرار داد. طبق رابطه عمومی این شاخص، به دلیل فرایند میانگین‌گیری فوق تاثیرات منفرد مقادیر انباشستگی آلاینده‌ها در نتیجه نهایی از الگوی عمومی آلودگی در منطقه، مستهلک و مخفی شده و از بین خواهد رفت. Abraham (2008) دسته‌بندی سطح آلودگی رسوبات براساس مقادیر کمی، شاخص اصلاح‌شده درجه آلودگی را به صورت جدول (۴) ارائه کرده است.

جدول ۴- درجه‌بندی سطح آلودگی رسوبات بر

مبنای شاخص mCd

Table 4. gradation the level of sediment pollution based on the mCd index

محدوده شاخص mD _a Range of mD _a Index	کیفیت رسوب Sediment quality	ردیف Row
< 1.5 mD _a	درجه بسیار پایین از آلودگی Very low degree of pollution	1
1.5 < mD _a < 2	درجه پایین از آلودگی low degree of pollution	2
2 < mD _a < 4	درجه متوسط از آلودگی Moderate degree of pollution	3
4 < mD _a < 8	درجه بالا از آلودگی High degree of pollution	4
8 < mD _a < 16	درجه بسیار بالا از آلودگی Very High degree of pollution	5
16 < mD _a < 32	شدت بسیار بالا از آلودگی Too High degree of pollution	6
mD _a ≥ 32	آلودگی با درجه مافوق Super degree of pollution	7

شاخص جامع فاکتور آلودگی: برای بررسی کمیت ریسک آلودگی و آگاهی از پتانسیل آلودگی در منطقه شاخص جامع ترکیب شده Nemerlo استفاده شد معادله

۴ فلز ویژه (مس، روی، آهن، منگنز) محاسبه می‌شود. این روش که توسط Hakanson (1980) ارائه شده است. محاسبه شاخص آلودگی نیازمند میانگین‌گیری از حداقل ۵ داده از رسوبات سطحی در سطح منطقه برای برآورد میانگین غلظت آلاینده در هر ناحیه است. این غلظت میانگین از آلاینده طبق رابطه زیر با سطح مرجع و پایه رسوبات دست‌نخورده، یا بکر مقایسه خواهد شد.

$$C_f = M_x / M_b \quad (3)$$

که در آن M_x و M_b به ترتیب غلظت میانگین آلاینده در رسوبات آلوده و رسوبات پایه، یا رسوبات مربوط به قبل از صنعتی شدن است. Hakanson (1980) بر اساس شاخص‌های تعریف شده برای چهار فلز سنگین فوق، هشت احتمال برای آلودگی ارائه داده است. وی همچنین پیشنهاد کرده است که مجموع عددی عوامل آلودگی فوق طبق رابطه زیر می‌تواند به خوبی مبین درجه آلودگی کلی رسوبات منطقه باشد.

$$C_d = \sum_{i=1}^8 C_f^i \quad (4)$$

به این ترتیب طبق مطالعات Hakanson شاخص Cd به عنوان مجموع عوامل آلودگی برای ۴ آلاینده فوق در منطقه، به نحو مناسبی الگوی عمومی آلودگی منطقه به آلاینده‌های فوق را نشان خواهد داد. این شاخص منحصراً برای ۴ آلاینده فوق ابداع شده است، بنابراین آنالیز مقدار همه این آلاینده‌ها در توسعه دقیق شاخص فوق ضروری تلقی می‌شود. محدودیت تعداد آلاینده‌های درگیر در این شاخص و الزام بررسی همه آنها در توسعه شاخص فوق، اصلی‌ترین محدودیت‌های روش اصلاح شده درجه آلودگی برای محاسبه میزان کلی آلودگی رسوبات از روابط Hakanson (1980) در سطح وسیع است. روش اصلاح شده درجه آلودگی علاوه بر آن که محدودیت اصلی روش فوق را در تعداد مشخص از آلاینده‌های مورد بررسی ندارد بلکه، فقط به حداقل ۳ داده از آلاینده چه در رسوبات سطحی، و یا عمقی برای مقایسه با غلظت پایه آن در رسوبات، نیازمند است.

نتایج و بحث

توصیف آماری غلظت فلزات سنگین و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نمونه‌های برداشت شده در جدول ۶ آمده است. میانگین غلظت منگنز در منطقه ۳۱/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد، میانگین غلظت فلزات مس، آهن و روی به ترتیب ۷/۲۲، ۱۲/۷۲ و ۷/۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد.

با توجه به غلظت فلزات سنگین و غلظت عنصر آهن به‌عنوان مرجع زمینی دسته‌بندی مقادیر فاکتور آلودگی برای منطقه مورد بررسی به دست آمد که در جدول ۷ و ضریب غنی‌سازی برای هر ایستگاه نمونه‌برداری در منطقه مورد بررسی در جدول ۸ نشان داده شده است.

طبقه‌بندی سطح آلودگی رسوبات و مواد معلق براساس مقادیر کمی و شاخص انباشت ژئوشیمیایی فلزات در رسوبات تالاب پریشان در جدول (۹) ارائه شده است.

مقادیر شاخص اصلاح‌شده درجه آلودگی برای فلزات موجود در تالاب پریشان در جدول (۱۰) ارائه شده است.

بر اساس مقادیر استاندارد تعریف شده برای مقدار اندازه‌گیری شده فلزات در هر نمونه خاک و غلظت زمینه فلز مرجع مقدار شاخص جامع فاکتور آلودگی برای منطقه مورد بررسی محاسبه شد (جدول ۱۱).

(۶). مزیت این شاخص نسبت به شاخص‌های دیگر دارد این است که در این شاخص ریسک آلودگی به همه فلزاتی که مورد بررسی قرار می‌گیرد در منطقه مشخص می‌شود. بر اساس این شاخص کیفیت خاک در ۵ سطح طبقه‌بندی می‌شود (جدول ۵).

$$P = \sqrt{\frac{(\frac{C_i}{S_i})_{max}^2 + (\frac{C_i}{S_i})_{avg}^2}{2}} \quad (۶)$$

P، مقدار به دست آمده شاخص جامع فاکتور آلودگی برای هر نمونه، C_i مقدار اندازه‌گیری شده فلز در هر نمونه خاک، i هر عنصر و S_i مقدار مرجع فلز (غلظت زمینه).

جدول ۵- مقادیر استاندارد شده شاخص جامع

فاکتور آلودگی

Table 5. Standard values of Comprehensive index of contamination factor

سطح آلودگی Contamination Level	شاخص جامع آلودگی Comprehensive index of contamination	کلاس Class
عالی Great	$P \leq 0.7$	کلاس یک Class One
پاک Clean	$0.7 < P \leq 1$	کلاس دو Class Two
آلودگی کم low pollution	$1 < P \leq 2$	کلاس سه Class Three
آلودگی متوسط Moderate pollution	$2 < P \leq 3$	کلاس چهار Class Four
آلودگی زیاد High pollution	$P > 3$	کلاس پنج Class Five

جدول ۶- آنالیزهای آماری پارامترهای خاک و فلزات سنگین

Table 6. Statistical analysis of soil and heavy metals parameters

	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Skewness	Kurtosis	C.V.
pH	7.22	7.86	7.53	0.18	0.001	-0.80	0.02
EC	2.42	34	10.28	7.64	1.53	1.96	0.74
%Clay	3.80	62.80	17.52	13.12	2.28	5.57	0.75
Zn(mg/kg)	3.82	15.21	7.13	3.88	0.97	-0.47	0.54
Fe(mg/kg)	6.29	26.43	12.72	6.35	1.13	-0.11	0.50
Cu(mg/kg)	3.51	13.76	7.22	3.17	0.98	-0.24	0.44
Mn(mg/kg)	18.15	71.26	31.58	14.58	1.23	0.37	0.46

جدول ۷- شاخص فاکتور غنی‌سازی (EF)
Table 7. The Enrichment Factor Index (EF)

Station	Mn	Fe	Cu	Zn	Station	Mn	Fe	Cu	Zn
S1	0.15	1.00	0.46	0.35	S21	0.12	1.00	0.41	0.22
S2	0.11	1.00	0.68	0.21	S22	0.11	1.00	0.40	0.20
S3	0.11	1.00	0.42	0.24	S23	0.12	1.00	0.41	0.20
S4	0.10	1.00	0.63	0.22	S24	0.11	1.00	0.54	0.22
S5	0.07	1.00	0.45	0.14	S25	0.12	1.00	0.54	0.22
S6	0.14	1.00	0.50	0.29	S26	0.09	1.00	0.44	0.25
S7	0.08	1.00	0.41	0.32	S27	0.12	1.00	0.50	0.22
S8	0.11	1.00	0.37	0.39	S28	0.10	1.00	0.46	0.24
S9	0.09	1.00	0.45	0.30	S29	0.09	1.00	0.44	0.23
S10	0.09	1.00	0.53	0.22	S30	0.13	1.00	0.59	0.23
S11	0.12	1.00	0.49	0.25	S31	0.11	1.00	0.64	0.22
S12	0.12	1.00	0.56	0.23	S32	0.10	1.00	0.50	0.23
S13	0.13	1.00	0.50	0.28	S33	0.09	1.00	0.44	0.24
S14	0.09	1.00	0.39	0.22	S34	0.11	1.00	0.77	0.20
S15	0.11	1.00	0.40	0.25	S35	0.09	1.00	0.41	0.24
S16	0.10	1.00	0.42	0.26	S36	0.11	1.00	0.40	0.24
S17	0.11	1.00	0.37	0.20	S37	0.12	1.00	0.51	0.21
S18	0.12	1.00	0.45	0.22	S38	0.10	1.00	0.45	0.25
S19	0.13	1.00	0.43	0.24	S39	0.14	1.00	0.59	0.24
S20	0.12	1.00	0.38	0.22	S40	0.12	1.00	0.55	0.22
					Mean	0.11	1.00	0.46	0.25

جدول ۸- ضریب غنی‌سازی فلزات سنگین در نمونه‌های رسوبات
Table 8. The coefficient of enrichment of heavy metals in sediment samples

ایستگاه Station	Mn	Cu	Fe	Zn	ایستگاه Station	Mn	Cu	Fe	Zn
S1	-1.76	-1.22	-3.99	-1.54	S21	-1.75	-1.15	-3.88	-1.63
S2	-1.79	-0.94	-3.88	-1.66	S22	-1.76	-1.14	-3.86	-1.66
S3	-1.29	-0.64	-3.37	-1.09	S23	-1.74	-1.14	-3.85	-1.66
S4	-1.81	-0.97	-3.87	-1.64	S24	-1.78	-1.05	-3.89	-1.65
S5	-1.70	-0.85	-3.61	-1.56	S25	-1.77	-1.04	-3.88	-1.64
S6	-1.25	-0.63	-3.44	-1.07	S26	-1.39	-0.67	-3.42	-1.11
S7	-1.73	-0.97	-3.70	-1.29	S27	-1.76	-1.06	-3.87	-1.63
S8	-1.70	-1.14	-3.81	-1.31	S28	-1.54	-0.80	-3.57	-1.29
S9	-1.71	-0.97	-3.73	-1.36	S29	-1.36	-0.64	-3.39	-1.12
S10	-1.82	-0.98	-3.81	-1.57	S30	-1.78	-1.05	-3.93	-1.67
S11	-1.50	-0.84	-3.63	-1.34	S31	-1.81	-0.98	-3.89	-1.65
S12	-1.75	-1.04	-3.89	-1.64	S32	-1.80	-1.06	-3.87	-1.60
S13	-1.52	-0.87	-3.68	-1.33	S33	-1.39	-0.64	-3.38	-1.11
S14	-1.85	-1.14	-3.84	-1.60	S34	-1.74	-0.83	-3.83	-1.63
S15	-1.52	-0.92	-3.63	-1.34	S35	-1.35	-0.65	-3.37	-1.10
S16	-1.36	-0.67	-3.40	-1.09	S36	-1.46	-0.85	-3.56	-1.29
S17	-1.78	-1.18	-3.86	-1.66	S37	-1.74	-1.06	-3.87	-1.66
S18	-1.75	-1.10	-3.86	-1.62	S38	-1.52	-0.82	-3.57	-1.28
S19	-1.45	-0.85	-3.59	-1.31	S39	-1.74	-1.05	-3.93	-1.65
S20	-1.74	-1.18	-3.87	-1.64	S40	-1.76	-1.03	-3.88	-1.63

جدول ۹- شاخص انباشت ژئوشیمیایی (Igeo) فلزات سنگین در نمونه‌های رسوبات
Table 9. geochemical accumulation index (Igeo) of heavy metals in sediment samples

ایستگاه Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Zn	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
Fe	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
Cu	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
Mn	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
ایستگاه Station	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Zn	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
Fe	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
Cu	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
Mn	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0

جدول ۱۰- شاخص اصلاح شده درجه آلودگی در ۵ ناحیه موجود در محدوده مورد بررسی
Table 10. Modified degree of pollution index in 5 areas in the study area

مرکز Centre (S31-S39)	غرب West (S26-S30, S40)	جنوب South (S15, S19-S25)	شرق East (S11-S14, S15, S16-S18)	شمال North (S1-S10)	ناحیه Region عناصر Elements
0.06	0.07	0.04	0.06	0.07	C _f (Zn)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C _f (Fe)
0.20	0.22	0.14	0.17	0.19	C _f (Cu)
0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	C _f (Mn)
0.08	0.08	0.05	0.07	0.07	mC _d

جدول ۱۱- مقادیر محاسبه شده شاخص جامع فاکتور آلودگی
Table 11. Calculated values of Comprehensive index of contamination factor

S10	S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	Station Elements
0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	Mn
0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	Cu
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fe
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	Zn
S20	S19	S18	S17	S16	S15	S14	S13	S12	S11	Station Elements
0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mn
0.1	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	Cu
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fe
0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	Zn
S30	S29	S28	S27	S26	S25	S24	S23	S22	S21	Station Elements
0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mn
0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	Cu
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fe
0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Zn
S40	S39	S38	S37	S36	S35	S34	S33	S32	S31	Station Elements
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	Mn
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	Cu
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fe
0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	Zn

جدول ۱۲- میانگین غلظت فلزات سنگین در پوسته زمین و انواع عمده سنگها (mg/kg)

Table 12. Average concentrations of heavy metals in the earth's crust and the main types of rocks (mg/kg)

عنصر Elements	پوسته زمین Earth's crust (mg/kg)	رسوبات (mg/kg)	سنگ‌های آذرین (mg/kg)			سنگ‌های رسوبی (mg/kg)		
			Igneous rocks			Sedimentary rocks		
			اولترامافیک Ultramafic	مافیک Mafic*	گرانیت Granitic	سنگ‌آهک Lime stone	ماسه‌سنگ Sand stone	شیل Shales*
Zn	120(>1000)	75	58	100	52	20	30	120(>1000)
Fe	-	41000	-	-	-	-	-	-
Cu	39(>300)	50	42	90	13	5.5	30	39(>300)
Mn	850	950	1040	1500	400	620	460	850

* سنگ‌های اولترامافیک را اولترابازیک نیز می‌نامند، به‌عنوان مثال، دونیت، پریدوتیت و سرپانتین سنگ‌های مافیک نیز، سنگ‌های آذرین پایه نامیده می‌شوند، مانند، بازالت، شیل و همچنین رس.

* Ultramafic rocks are also called 'ultrabasic' (e.g. dunite, peridotite and serpentine), Mafic rocks are also called 'basic igneous rocks' (e.g. basalt). 'Shale's' also include clays.

فراوانی نرمال یک عنصر در یک زمین لم‌یزرع و تهی یا در خاک بدون اثر فعالیت‌های انسانی گفته می‌شود (McGrath *et al.*, 1995). غلظت زمینه برای فلزات منگنز، مس، آهن و روی به ترتیب ۹۵۰، ۵۰، ۴۱۰۰۰ و ۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. میزان شاخص زمین انباشتگی نشان داد مقادیر فلزات سنگین برای تمامی نمونه‌ها زیر صفر می‌باشد که نشان‌دهنده غیرآلوده بودن منطقه است، در نتیجه غلظت فلزات سنگین در خاک با منشأ طبیعی آنها ارتباط داده شد. نتایج فاکتور آلودگی نشان داد اکثر نمونه‌ها در طبقه بدون آلودگی قرار دارند، و مقدار فاکتور آلودگی در منطقه مورد بررسی برای تمام فلزات مورد بررسی کمتر از یک و در کلاس با کمترین آلودگی قرار می‌گیرند. (Liu *et al.* 2005) مقدار شاخص بار آلودگی، غنی‌شدگی و فاکتور آلودگی را در پنج فلز Zn، Cu، Cr، Cd و Pb محاسبه کردند. نتایج شاخص غنی‌شدگی نشان داد که غلظت هر فلز در خاک در مقایسه با سطوح زمینه روند افزایشی را داشته (EF) بزرگ تر از ۱)، شاخص فاکتور آلودگی نشان از آلودگی فلزات در ۲۰ سال گذشته داشت، همچنین مقادیر شاخص بار آلودگی تجمع فلزات در ۲۰ سال گذشته را نشان داد. شاخص جامع فاکتور آلودگی براساس شاخص جامع فاکتور آلودگی داده‌ها در کلاس اول قرار گرفتند، باتوجه به عدم وجود پساب صنعتی و کشاورزی ورود به این تالاب نتایج بررسی نشان داد که عامل اصلی موثر بر

با توجه به تعریف‌های پایه موجود از شاخص‌های فوق و براساس نتایج اندازه‌گیری‌های به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های مختلف ناحیه مورد بررسی، در این تحقیق مقادیر ضریب غنی‌سازی، شاخص انباشت ژئوشیمیایی و درجه آلودگی فلزات فوق در رسوبات تالاب پریشان با استفاده از غلظت‌های هر یک در شیل و پوسته زمین به عنوان غلظت‌های زمینه‌ای، محاسبه شد. اعداد مربوط به غلظت هر یک از عناصر مورد بررسی در شیل و پوسته زمین در جدول (۱۲) ارائه شده است.

برای تعیین میزان آلاینده‌های خاک به عناصر سنگین بایستی میزان غلظت عناصر در منطقه با یک استاندارد شناخته‌شده مقایسه شود. بهترین نوع مقایسه، مقایسه با استانداردهای موجود برای همان منطقه است، در این بررسی به دلیل عدم وجود استاندارد خاص برای آلودگی خاک در کشورمان، از استانداردهای موجود در دیگر کشورها استفاده شد. میانگین غلظت فلزات مورد بررسی در منطقه کمتر از حداکثر غلظت (mg/kg) قابل قبول برای کشورهای لهستان، کانادا و استرالیا است (Singh *et al.*, 1994). در نتیجه می‌توان گفت در حال حاضر آلودگی از نظر این فلزات در منطقه وجود ندارد. برای به دست آوردن غلظت زمینه، از میانگین ۴۰ نمونه خاک که به طور تصادفی از مناطقی که تحت هیچ نوع فعالیت کشاورزی قرار نداشتند و در بستر زمین شناسی آبرفتی بودند استفاده شد. اصطلاح زمینه ژئوشیمیایی به‌عنوان

نشان داد نمونه‌ها در طبقه بدون آلودگی قرار دارند. شاخص جامع فاکتور آلودگی نشان داد که منطقه مورد بررسی کمترین ریسک آلودگی را نسبت به فلزات سنگین دارد. در واقع می‌توان گفت که فلزات مورد بررسی در این منطقه منشأ زمین‌شناسی دارند و طی فرایندهای طبیعی زمین‌شناسی و از طریق چشمه‌های ورودی به این تالاب تغییر می‌کنند.

پی‌نوشت‌ها

- ¹ Pollution Loading Index (PLI)
- ² Termo
- ³ Enrichment Factor (EF)
- ⁴ Geochemical Accumulation Index (I_{geo})
- ⁵ Contamination Degree (Cd)
- ⁶ Shales

Abraham, 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. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*. 136, 227–238.

Bhuiyana, M.A.H., Parvez, L., Islam, M.A., Dampare, S.B. and Suzukia, S., 2010. Heavy metal pollution of coal mine-affected agricultural soils in the northern part of Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials*. 173, 384–392.

Carman, C.M., Li, X.D., Zhang, G., Wai, O.W.H. and Li, Y.S., 2007. Trace metal distribution in sediments of the Pearl River estuary and the surrounding coastal area: South China. *Journal of Environmental Pollution*. 147, 311–323.

Dehghani, A., 2005. Ecosystems of Parishan wetland. Role of October, Tehran.

Dickinson, W.W., Dunbar, G.B. and McLeod, H., 1996. Heavy metal history from cores in

افزایش غلظت عناصر کروم، مس، نیکل و روی در منطقه مورد بررسی، ساختار زمین‌شناسی است.

نتیجه‌گیری

میانگین غلظت فلزات سنگین مس، آهن، منگنز و روی در منطقه مورد بررسی کمتر از حداکثر غلظت قابل قبول در زمین‌های کشاورزی برای سایر کشورها بود. می‌توان گفت منطقه از نظر این فلزات تا حدودی غیرآلوده است. مقادیر شاخص زمین‌انباشتگی در تمامی نمونه‌ها کمتر از صفر بود که نشان‌دهنده غیرآلوده بودن منطقه است. در نتیجه غلظت فلزات سنگین در خاک به منشأ طبیعی آنها ارتباط داده می‌شود. نتایج فاکتور آلودگی

منابع

Wellington Harbor, New Zealand. *Journal of Environmental Geology*. 27, 59–69.

Farkas, A., Erratico, C. and Vigano, L., 2007. Assessment of the environmental significance of heavy metal pollution in surficial sediments of river Po. *Journal of Chemosphere*. 68(4), 761–768.

Gay, D. and W. Maher., 2003. Natural variation of Copper, Zinc, Cadmium and Selenium concentrations in Bembicium nanum and their potential use as a bio-remediator of trace metals. *Journal of Water Research*. 37, 2173–2185.

Gong, M., Bi, X.Y., Ren, L.M., Wang, L., Ma, Z.D., Bao, Z.Y. and Li, Z.G., 2009. Assessing heavy-metal contamination and sources by GIS-based approach and multivariate analysis of urban-rural topsoil's in Wuhan, central China. *Journal of Environmental Geochemistry and Health*. 32(1), 59–72.

Hakanson, L. Ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach.

Journal of Water Research; 1980; 14, 975–1001

Khodakarami, L., 2009. Evaluation of non-point sources of pollution in agriculture using RS and GIS. M.Sc. Thesis. Esfahan University of Technology, Iran.

Lee, C.S., Li, X. and Shi, W., 2006. Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics. *Journal of Science of the Total Environment*, 356(1–3), 45–61.

Liu, W., Zhao, J., Ouyang, Z., Söderlund, L. and Liu, G., 2005. Impacts of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing, China. *Journal of Environment International*. 31(6), 805–812.

McGrath, S.P., Chaudri, A.M. and Giller, K.E., 1995. Long term effects of metals in sewage sludge on soils, micro-organisms and plants. *Journal of Industrial Microbiology*. 14(2), 94-104.

Mousavi, M.H., Purnia, M. And Amiri, F., 2013. Distribution of heavy metals in agricultural soils around factory of Karoon Cement, South-East Masjed Soleiman. *Journal of geochemistry*. 3, 215-226.

Muller, G., 1969. Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River. *Journal of Geochemical Exploration*. 2, 108-118.

Salomons, W. and Forstner. U., 1984. Metals in the hydro cycle. New York, Springer-Verlag, P. 333.

Singh, B.R. and Steinnes, E., 1994. Advances in soil science, Soil processes and water quality, Soil and water Contamination by heavy metals. CRC Press. INC.

Ullah, H., Noreena Fozia, S., Rehman, A., Waseem, A., Zubair, S., Adnana, M. and Ahmad, I., 2017. Comparative study of heavy metals content in cosmetic products of different countries marketed in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Arabian Journal of Chemistry*. 10(1), 10-18

Yalcin, M.G., Battaloglu, R. and Ilhan, S., 2007. Heavy metal sources in Sultan Marsh and its neighborhood, Kayseri, Turkey. *Journal of Environmental Geology*. 53, 399-415.

Zhong, A.P., Guo. S.H., Li. F.M., Li, G. and Jiang, K. X., 2006. Impact of anions on the heavy metals release from marine sediments. *Journal of Environmental Sciences*. 18(6), 1216-1220.





Environmental Sciences Vol.15 / No.1 / Spring 2017

61-76

Estimates of heavy metals pollution in parishan wetland sediments using pollution indices

Heeva Elmizadeh, Saeid Farhadi* and Maryam Razmi

Environmental Group, Natural Resources Department, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology, Khuzestan, Iran

Received: June 20, 2016

Accepted: June 13, 2017

Elmizadeh, H., Farhadi, S. and Razmi, M., 2017. Estimates of Heavy Metals Pollution in Parishan Wetland Sediments using Pollution Indices. *Environmental Sciences*. 15(1): 61-76.

Introduction: Parishan wetland is one of the most valuable and ecologically important ecosystems in the world which has completely dried up in recent years due to successive droughts (Dehghani, 2007). Considering that heavy metals are among the most important pollutants of the environment, their survival time is high in sediments (Ullah *et al.*, 2017). Also, these metals have harmful effects on aquatic ecosystems, and sediments are both a source of and a place to store these elements. Acquiring information about these metals is important (Bhuiyana *et al.*, 2010).

Materials and methods: The purpose of this study was to estimate the level of contamination of Parishan wetland sediments with the heavy metals copper, iron, manganese and zinc using the enrichment index, geochemical accumulation index, degree of contamination and the comprehensive pollution factor index. In this study, 40 sediment samples with a weight of 200 g were systematically harvested. After acid digestion and filtering to read the concentration of toxic metals liberated in each sample, an AAS atomic absorption device by the Thermo Company (UK) was used. In this study, because of the lack of any specific standard for soil contamination in our country, standards from other countries were used. The average concentration of the metals studied in the region is lower than the maximum acceptable concentration (mg / kg) for the countries of Poland, Canada and Australia.

Results and discussion: The changes in pH and electrical conductivity (Ec) were calculated in the range of 2.7-9.2 and 4.2-34, respectively, and the concentration of heavy metals based on mg/kg was found in most samples including manganese (2.18-3.71), iron (3.6-4.26), zinc (2.15-8.3) and copper (5.3-8.13), respectively. The background concentration for manganese, copper, iron and zinc was 950, 50, 41000 and 75 mg/kg, respectively. The geochemical accumulation index, the pollution factor and the comprehensive pollution factor

* Corresponding Author. *E-mail Address:* sfarhadi1989@gmail.com

index were all used to determine contamination levels in the area. The geochemical accumulation index was less than zero for all metals, which shows the non-contamination class of the area. In addition, the factor of contamination index for most of the samples was in the class unpolluted, and the contamination factor for all metals was less than one, so that all data were placed in the non-contaminated class. The results also showed that the elements of manganese, copper, iron and zinc have a geological and agricultural origin, while the concentration of metals in the soil was related to their natural origin.

Conclusion: Finally, it can be stated that the studied area has the lowest risk of contamination with heavy metals. In fact, it can be said that the copper, iron, manganese and zinc found in this region have a geological origin and they change through the natural processes of geology and through springs in the wetland.

Acknowledgement: We would like to thank Khorramshahr University of Marine Science and Technology for supporting this work under research grant contract No.75.

Keywords: Geochemical Accumulation Index, Contamination factor, Heavy metals, Parishan wetland.

