ارزیابی ریسک اکولوژیکی آلودگی فلزات سنگین در خاکهای سطحی (مطالعه موردی: منطقه امیر آباد بیرجند)

محمدحسین صیادی اناری [۱]، لیدا خطیب [۲]، عاطفه خسروی [۳]
۱- عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی بیرجند، ۲- کارشناس ارشد دانشکده کشاورزی بیرجند، ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تحقیقات تهران

چکیده
هدف از این مطالعه ارزیابی ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین Cr، Zn ، Cu ، Cd ، Pb در خاک سطحی منطقه امیر آباد بیرجند می باشد. نمونه برداری از عمق ۲۰ سانتی متری از سطح خاک در ۱۶ ایستگاه با کاربری های مختلف صورت گرفت. سپس غلظت کل عناصر در عصاره های تهیه شده با دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. ابتدا شاخص آلودگی و سپس ارزیابی ریسک اکولوژیکی برای هر عنصر محاسبه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که خاکهای سطحی با کاربری جاده- مسکونی دارای ریسک اکولوژیکی خیلی زیاد (۷۲/۱۳۷۰) و قابل توجه(۰۴/۵۰۵)، با کاربری کشاورزی و دامپروری دارای ریسک متوسط و زمین های بایر دارای ریسک کم می باشند. مقایسه نتایج این تحقیق با استانداردهای جهانی بیانگر این است که خاک های با کاربری مسکونی- جاده از لحاظ بهداشتی خطرناک می باشند. مدیریت ضعیف، توسعه جمعیت و تکنولوژی سبب افزایش آلودگی شده و پالایش خاک های آلوده باید به طور مستمر ادامه یابد.
واژه های کلیدی: آلودگی خاک، کاربری زمین، فلزات سنگین، ریسک اکولوژی

مقدمه
ارزیابی ریسک اکولوژیک عبارت است از فرآیند ارزیابی احتمال اثرات اکولوژیکی مضر که ممکن است در نتیجه قرار گرفتن در معرض تماس با یک یا چند آلاینده بوجود آید. این فرایند برای ارزیابی سیستماتیک و سازماندهی داده ها، اطلاعات، فرضیات و عدم قطعیت به منظور پیش بینی و درک روابط متقابل بین آلاینده ها و اثرات اکولوژیکی آنها بکار می رود، بطوریکه برای تصمیم گیری زیست محیطی مفید واقع شود. با وجود اینکه فلزات سنگین از اجزا تشکیل دهنده پوسته زمین هستند و به طور طبیعی در همه اکوسیستم ها نیز حضور دارند ، غلظت شان به طور قابل ملاحظه ای توسط فعالیت های انسانی می تواند افزایش یابد" sayyed and sayyadi ۲۰۱۱". از این رو توجه بسیاری از محققین در دو دهه اخیر به بررسی اثرات نامطلوب فلزات سنگین بر روی اکوسیستم های گوناگون جلب شده است.

مواد و روش‌ها
منطقه مورد مطالعه
منطقه مورد مطالعه در ضلع غربی شهر بیرجند و ۵ کیلومتری جاده بیرجند-کرمان در استان خراسان جنوبی واقع شده است. فعالیت های کشاورزی و دامپروری، فعالیت های شهری، وجود تعمیرگاه ها و کار گاه های کوچک و نیز وجود یکی از شاهراه های اصلی استان خراسان جنوبی در کنار این ناحیه مسکونی از منابع بالقوه آلاینده های هستند که محیط زیست را تهدید می کنند. همچنین وجود شهرک های صنعتی در بالا دست باد از دیگر منابع انسانی آلوده کننده محیط زیست محسوب می شوند "Rezaei et al., ۲۰۱۴".

نمونه گیری
نمونه برداری خاک بصورت یک شبکه منظم از عمق ۰-۲۰ سانتی متری در ۱۶ ایستگاه با کاربری های مختلف و در هر ایستگاه ۵ نمونه با ۳ تکرار صورت گرفت. پس از اختلاط ۵ نمونه از هر محدوده یک نمونه مرکب ۵/۱ کیلو گرمی تهیه شد. موقعیت جغرافیایی نقاط با استفاده از دستگاه موقعیت یاب جهانی تعیین شد. نمونه را پس از هوا خشک شدن از الک ۲میلی متری گذرانده و جهت تعیین غلظت فلزات سنگین سرب، مس، روی، کبالت و کروم با اسید کلرید و اسید نیتریک عصاره گیری شد و غلظت کل عناصر سمی به وسیله دستگاه جذب اتمی قرائت گردید.

محاسبه ریسک اکولوژیکی
برای بدست آوردن ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین مورد مطالعه از فرمول زیر استفاده گردید "Hakanson,۱۹۸۰"

(۱)

(۲)

(۳)

در این فرمول ها ، غلظت فلز نمونه برداری شده و مقادیر زمینه فلزات را نشان می دهد. PI شاخص آلودگی، Er ریسک اکولوژیکی هر عنصر و RIریسک اکولوژیکی مجموع عناصر را نشان می دهد.

Tr در فرمول شماره (۲) شاخص سمی بودن فلزات سنگین می باشد که این مقادیر توسط هاکانسون (۱۹۸۰) به ترتیب برای کادمیم، مس, سرب، کروم و روی اعداد ۳۰، ۵، ۵، ۲ و ۱ تعیین شده اند.

پس از محاسبه ریسک اکولوژیکی هر عنصر و بدست آوردن ریسک اکولوژیک کل با استفاده از جدول شماره ۱ به تجزیه تحلیل نتایج می پردازیم.

جدول شماره ۱ : گروه های محدوده تغییرات RI و میزان ریسک اکولوژیکی

میزان ریسک اکولوژیکی	مقادیر RI
ریسک اکولوژیکی کم	RI <۱۵۰
ریسک اکولوژیکی متوسط	۱۵۰ RI <۳۰۰
ریسک اکولوژیکی قابل توجه	۶۰۰ RI<۳۰۰
ریسک اکولوژیک خیلی زیاد	۶۰۰ RI

جهت محاسبه مقادیر زمینه فلزات در مطالعات مختلف، مقادیر محاسبه شده فلز ات سنگین از مطالعات پیشین را به عنوان مقدار زمینه انتخاب می کنند(۱۱). این مقادیر در جدول شماره ۴ اورده شده است.

برای بررسی میزان ریسك اکولوژیکی ایستگاه های نمونه برداری مقادیر RI و Er ، با استفاده از رابطه شماره (۲) محاسبه و نتایج در جدول شماره(۳) نشان داده شده است.

نتایج و بحث

ورود فلزات سمی از طریق فعالیت های انسانی باعث آلودگی بسیاری از خاک ها شده است. در جدول شماره ۲ مقایسه ای بین میانگین غلظت عناصر در منطقه مورد مطالعه و میانگین غلظت این عناصر در پوسته زمین آورده شده است. مشاهده می شود همه عناصر مورد مطالعه بجز کروم دارای غلظتی بالاتر از متوسط غلظت فلزات سنگین در پوسته زمین می باشند.

جدول ۲ : متوسط غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه و در پوسته زمین (میلی گرم بر کیلوگرم)

	مس	کادمیوم	سرب	کروم	روی
خاک سطحی در مطالعه حاضر	۱۵/۶۰	۵۳/۱	۵۹/۴۶	۷۹/۶۳	۰۹/۹۴
پوسته زمین(۱۲)	۵۰	۲/۰	۱۴	۱۰۰	۷۵

برای ارزیابی ریسک اکولوژیک آلودگی خاک با استفاده از فاکتور آلودگی از رابطه ۱ استفاده می شود که در آن از غلظت فلزات سنگین در پوسته زمین برای غلظت زمینه استفاده می گردد. سطوح آلودگی با استفاده از فاکتور آلودگی خاک را می توان بر طبق جدول ۳ بر اساس شدت آلودگی بین ۱-۶ دسته تقسیم بندی کرد "Bhuiyana et al., ۲۰۱۰".

جدول ۳ : طبقه بندی مقادیر فاکتور آلودگی

درجه الودگی	مقدار فاکتور
بدون الودگی	۰
بدون الودگی تا الودگی متوسط	۱
الودگی متوسط	۲
الودگی متوسط تا قوی	۳
الودگی قوی	۴
الودگی قوی تا خیلی قوی	۵
الودگی خیلی قوی	۶

نتایج فاکتور آلودگی نشان می دهد که اکثر نمونه ها در طبقه بندی آلودگی متوسط یا بدون آلودگی قرار دارند. اما در برخی از کاربری ها خصوصا مسکونی- جاده شاخص فاکتور آلودگی بسیار بالا نشان می دهد. در تحقیقی که شهبازی و همکاران (۱۳۹۱) در

شهرستان نهاوند با استفاده از فاکتور آلودگی انجام دادند نشان داد که فلزات سنگین مس، روی و کروم دارای آلودگی هستند. همچنین لیو و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که غلظت فلزات سنگین سرب، روی، مس ، کروم و کادمیوم در خاک در حال افزایش است و فاکتور آلودگی آنها رو به روز افزایش می یابد.

ارزیابی ریسک اکولوژیک فلزات سنگین

جدول ۵ نتایج غلظت فلزات سنگین در خاکهای سطحی را به همراه نتایج ریسک اکولوژی آنها را نشان می دهد.

عنصر سرب دارای میانگین غلظت ۵۹/۴۶ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد و میانگین غلظت این عنصر نسبت به میانگین غلظت در پوسته زمین بالاتر است و در تمامی ایستگاه ها به استثنا ایستگاه های ۲ و ۳ غلظت سرب از میانگین غلظت در پوسته زمین بالاتر است(جدول ۲و ۵). سرب معمولا از فعالیتهای معدن کاری، ذوب فلزات، سیستم فاضلاب، و دود خودروها ناشی از سوختن بنزین به محیط زیست اضافه می شوند. استفاده از کود وسموم کشاورزی نیز سبب افزایش سرب به خاک می شوند. صنایع باطری سازی، مهمات سازی، لحیم کاری، آلیاژ و رنگدانه از دیگر منابع رها سازی سرب به محیط زیست می باشد"Sayadi et al. ۲۰۰۸".

جدول ۵: غلظت عناصر بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم و ریسک اکولوژیکی نقاط نمونه برداری شده

ایستگاه	فلزات / کاربری	سرب		مس		روی		کروم		کادمیوم			
		غلظت gk/gm	Er	غلظت gk/gm	Er	غلظت gk/gm	Er	غلظت gk/gm	Er	غلظت gk/gm	Er	RI	ریسک اکولوژیکی
۱	دامپروری	۴/۱۹	۹/۶	۱۱/۱۶۵	۵/۱۶	۵۰/۳۴۶	۶۲/۴	۷/۸۱	۶۳/۱	۳/۱	۱۹۵	۶۵/۲۲۴	متوسط
۲	بایر	۹/۱۳	۹۵/۴	۱/۱۷	۷/۱	۳۳	۴۴/۰	۴۲/۱۵	۳۱/۰	۰۵/۰	۵/۷	۹/۱۴	کم
۳	بایر	۲/۱۲	۳۵/۴	۴/۱۱	۱۵/۱	۷۹/۲۴	۳۳/۰	۱۱/۲۰	۴/۰	۶/۰	۹۰	۲۳/۹۶	کم
۴	بایر	۴/۱۵	۵/۵	۷/۱۱	۱۵/۱	۲/۲۱	۲۸/۰	۶۳/۲۲	۴۵/۰	۸۲/۰	۱۲۳	۳۸/۱۳۰	کم
۵	بایر	۳۳/۱۷	۲/۶	۶/۲۰	۰۵/۲	۲۳/۱۸	۲۴/۰	۲۵/۳۴	۶۸/۰	۳۶/۰	۵۴	۱۷/۶۳	کم
۶	فضای اموزشی	۱۷/۲۸	۰۵/۱۰	۳/۱۹	۹۵/۱	۶۶/۵۶	۷۵/۰	۷/۹۵	۱۹/۱	۷/۱	۲۵۵	۹۴/۲۶۸	متوسط
۷	جاده	۸۲/۶۲	۴۵/۲۲	۵۸/۴۱	۱۵/۴	۲/۱۲۵	۶۷/۱	۱۴/۲۳	۴۶/۰	۶۹/۰	۵/۱۰۳	۲۳/۱۳۲	کم
۸	جاده	۱۴/۶۵	۲۵/۲۳	۵/۳۷	۷۵/۳	۰۴/۹۳	۲۴/۱	۴۵/۶۷	۳۵/۱	۴۴/۰	۶۶	۵۹/۹۵	کم
۹	مسکونی- جاده	۹۰/۱۰۹	۲۵/۳۹	۷/۲۲۶	۵/۲۲	۰۴/۱۱۸	۵۷/۱	۳۴/۱۸۶	۷۲/۳	۹۲/۲	۴۳۸	۰۴/۵۰۵	قابل توجه
۱۰	مسکونی- جاده	۶۴/۱۶۶	۵/۵۹	۶۱/۲۰۲	۲۵/۲۰	۵۸/۱۲۲	۶۳/۱	۰۳/۱۹۲	۸۴/۳	۵۷/۸	۵/۱۲۸۵	۷۲/۱۳۷۰	خیلی زیاد
۱۱	مسکونی-کشاورزی	۳۷/۴۵	۲/۱۶	۰۳/۴۸	۸/۴	۹۸/۱۱۲	۵۲/۱	۶۷/۶۴	۲۹/۱	۵۹/۱	۵/۲۳۸	۳۱/۲۶۲	متوسط
۱۲	کشاورزی	۲۴/۵۸	۸/۲۰	۲۹/۳۰	۳	۱۰/۸۰	۰۷/۱	۸/۵۶	۱۴/۱	۴۶/۰	۶۹	۰۱/۹۵	کم
۱۳	مسکونی- کشاورزی	۷۵/۴۹	۱۵/۱۷	۲۷/۳۶	۶/۳	۳۹/۱۰۵	۴۱/۱	۶۰/۳۶	۷۳/۰	۰۱/۱	۵/۱۵۱	۹۹/۱۷۴	متوسط
۱۴	مسکونی-کشاورزی	۴۴/۳۳	۹/۱۱	۵۳/۴۲	۴۵/۴	۱۲۷	۶۹/۱	۹۲/۳۶	۷۴/۰	۹۳/۰	۵/۱۳۹	۲۸/۱۵۸	متوسط
۱۵	کشاورزی	۲۰/۲۲	۹/۷	۴۵/۲۴	۴۵/۲	۵۵/۶۸	۹۱/۰	۷۳/۸۸	۷۷/۱	۴۶/۱	۲۱۹	۰۳/۲۳۲	متوسط
۱۶	کشاورزی	۵۷/۲۵	۱۵/۹	۲۲/۲۷	۷/۲	۱۷/۵۲	۶۹/۰	۴۰/۳۴	۶۸/۰	۵۱/۱	۵/۲۲۶	۷۲/۲۳۹	متوسط

عنصر مس دارای میانگین غلظت ۱۵/۶۰میلی گرم بر کیلوگرم می باشد و میانگین غلظت این عنصر نسبت به میانگین غلظت در پوسته زمین بالاتر است اما تنها در ایستگاه های ۱ و ۱۰ غلظت مس از میانگین غلظت در پوسته زمین بالاتر است(جدول ۲و ۵).

بعلت غلظت بسیار بالایمس در همین ۲ ایستگاه غلظت متوسط کل را بالا برده که حتی از متوسط پوسته زمین هم بیشتر مـی شـود. مس بطور گسترده در کابل های الکتریکی، انواع آلیاژها، رنگدانه ها، وسایل پخت و پز، لوله هـا و کارخانجـات شـیمیایی، کـوره ذوب فلزات و کود و سموم شیمیایی استفاده می شود که می تواند برخی از منابع آلوده کننده محیط زیست به این عنصر باشند.

عنصر کادمیوم دارای میانگین غلظت ۵۳/۱ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد و میانگین غلظت این عنصر نسبت به میـانگین غلظـت در پوسته زمین بالاتر است و در تمامی ایستگاه ها به اسـتثنا ایسـتگاه ۲ غلظـت کـادمیوم از میـانگین غلظـت در پوسـته زمیـن بـالاتر اسـت(جـدول ۲و ۵).کـادمیوم از کارخانجـات تولیـد بـاطری، رنگـدانه، جـواهر آلات و مـواد آبکـاری وارد محیـط زیسـت مـی شـود. کارخانجات پلاستیک، سرامیک و شیشه نیز از دیگر منابع آلاینـده کـادمیوم در محیـط زیسـت اسـت" Gowd SS, Govil Pk, ۲۰۰۸". بیماریهای مزمن کلیوی، قلبی عروقی، کم خونی، سیستم تنفسی، سرطان پرستات و..... از برخی عوارض آلودگی کـادمیوم اسـت" Siegel FR,۲۰۰۷".

عنصر روی دارای میانگین غلظت ۰۹/۹۴ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد و میانگین غلظت این عنصر نسبت به میانگین غلظت در پوسته زمین بالاتر است اما در ایستگاه های ۲الی ۶ و ۱۵، ۱۶ غلظت روی از میانگین غلظت در پوسته زمین کمتر اسـت(جـدول ۲و ۵). عنصر روی برای رشد انسان، حیوان و گیاه لازم و ضروری است. در اغلب سنگهای آهکی یافت می شود. کود و سموم شیمیایی و رنگدانه ها روی را به محیط زیست اضافه می کنند و در انواع آلیاژها از جمله برنز و برنج نیز روی کـاربرد دارد" Romic M, Romic D,۲۰۰۳". کم خونی، درد ماهیچه ها، سکته مغزی و .....از عوارض ازدیاد عنصر روی می باشد Roa MS, Gopalkrishnan R ۲۰۰۱, ".

عنصر کروم دارای میانگین غلظت ۷۹/۶۳میلی گرم بر کیلوگرم می باشد و میانگین غلظت این عنصر نسبت به میانگین غلظـت در پوسته زمین کمتر است اما در ایستگاه های ۹ و ۱۰ غلظت کروم از میانگین غلظت در پوسته زمین بیشتر است(جدول ۲و ۵). منـابع عمده کروم توسط انسان کارخانجات نساجی، دباغی، داروها و فلزات می باشد. رنگدانه هـای حـاوی کـروم، ترکیبـات نفـتی، روغـن، گریس نیز حاوی مقداری کروم هستند که در صورت استفاده وارد محیط زیست می شود "Kumar S, et al۲۰۰۸.". کروم عنصری لازم برای متابولیسم چربیها و پروتئین هاست اما در غلظت های بالا و کروم شش ظرفیتی ممکنه به کبد و کلیه ها آسیب بزنـد "Krish na AK, Govil PK۲۰۰۴".

جدول شماره ۵ نشان حاصل از محاسبه ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در خاک سطحی با کـاربری های مختلـف را نشـان مـی دهد. خاک موجود در کاربری دامپروری و کشاورزی دارای ریسک اکولوژیک (RI) متوسط است و همانگونه که ریسـک اکولوژیـک هـر عنصر (Er) نشان می دهد آلاینده مسئول عنصر کادمیوم می باشد. زمینهای با کـاربری جـاده و بـدون کـاربری خاصـی (بـایر) دارای ریسک اکولوژیک کمی می باشـند. زمینهـای بـا کـاربری جـاده-مسـکونی (ایسـتگاه هـای شـماره ۹ و ۱۰) بـه ترتیـب دارای ریسـک اکولوژیک قابل توجه و خیلی زیاد می باشند که بترتیب کادمیوم>سرب>مس>کروم >روی بیشترین نقش را بر عهده دارند.

نتیجه گیری

میانگین غلظت عناصر سرب، مس، روی و کادمیوم در خاکهای سطحی منطقه مورد مطالعه بالاتر از میانگین غلظت این عناصر در پوسته زمین می باشد اما کروم دارای غلظتی کمتر از متوسط غلظت فلزات سنگین در پوسته زمین بود که نشان دهنده وجود فلـزات سنگین در خاک با منشا انسانی می باشد. نتایج فاکتور آلودگی نشان داد که اکثر نمونه ها در طبقه بنـدی آلـودگی متوسـط یـا بـدون آلودگی قرار دارند. اما در برخی از کاربری ها خصوصاً مسکونی-جاده شـاخص فـاکتور آلـودگی بسـیار بـالا نشـان مـی دهـد. مطـالعه شاخص ریسک اکولوژیک نشان داد که زمینهای با کاربری جـاده-مسـکونی دارای ریسـک اکولوژیـک قابـل تـوجه و خیلـی زیـاد مـی باشند. با توجه به مدرنیزه شدن و افزایش جمعیت میزان آلودگیها از جمله فلزات سنگین به محیط زیسـت و خـاک اضـافه مـی شـود، ضروری است که خاکهای آلوده پالایش شوند و پایش فلزات سنگین به طور مستمر ادامه یابد.

منابع

Sayadi MH, Torabi S, Geochemistry of soil and human health : A Review, Poll Res. ۲۰۱۱; ۲۸ (۲) : ۲۵۷-۲۶۲

Hakanson,L. ۱۹۸۰. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water Research, Vol. ۱۴, Pp. ۹۷۵-۱۰۰۱.

Sayadi MH, Sayyed MRG. Comparative assessment of baseline concentration of the heavy metals in the soils of Chitgar industrial area Tehran (Iran) with the comprisable reference data. Environmental Earth Sciences ۲۰۱۱; ۶۳:۱۱۷۹-۱۱۸۸.

Sayadi MH, Sayyed MRG, Suyash Kumar. Short-term accumulative signatures' of heavy metal in river bed sediments, Tehran Iran. Environmental Monitoring and Assessment ۲۰۱۰; ۱۶۲: ۴۶۵-۴۷۳

Gowd SS, Govil P K, Distribution of heavy metals in surface water of Ranipet industrial area in Tamil Nadu, India." Environmental monitoring and assessment, ۲۰۰۸; ۱۳۶: ۱۹۷-۲۰۷.

Siegel FR, Environmental Geochemistry of potentially Toxic Metals, translate by More F, Rashtmanesh F, ۲۰۰۷; Pp. ۱۵۵.

Romic M, Romic D, Heavy metal distribution in agricultural topsoils in urban area. Environmental Geology, ۲۰۰۳; ۴۳: ۷۹۵-۸۰۵.

Roa MS, Gopalkrishnan R, Venkatesh BR, Medical geology an emerging field in environmental science. National symposium on role of Erath Sciences. Integrated and related Societal issues. ۲۰۰۱; ۶۵:۲۱۳-۲۲۲.
Pais I, Benton Jones J, The Handbook of Trace Elements, St. ۱۹۹۷.
Kumar S, Shirke KD, Pawar NJ, GIS-based colour compostations and overlays to delineate heavy metal contamination zones in the shallow alluvial aquifers, Ankaleshwar industrial estate, south Gujarat, India. Environ Geol, ۲۰۰۸; ۵۴: ۱۱۷-۱۲۹.
Krishna AK, Govil PK, Heavy metal contamination of soil around Pali industrial area, Rajestan, India. Environmental Geology, ۲۰۰۴; ۴۷: ۳۸-۴۴.

Abstract

The aim of this study is to assess the ecological risk of heavy metals such as Pb, Cd, Cu, Zn andCr on surface soil of Amirabad locale, Birjand. Soil sampling has been performed from ۱۶stations of various usages in the depth of ۲۰ cm. The concentrations of aforementioned metalswere then measured using an atomic absorption system. Pollution index calculation andecological risk assessment were performed for each element. The results showed that the surfacesoil of road-residential, agricultural and animal husbandry usage and wastelands have ecologicalrisks of high-level (۱۳۷۰/۷۲), considerable level (۵۰۵/۰۴), average level and low level respectively. Comparingthe results of this paper with universal standards indicate that the soil in road and residentiallands are highly contaminated with heavy metals. Mismanagement, population growth andtechnology development have been the main cause of this soil contamination and this requires aconsistent soil decontamination process.