فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال نهم، شماره ۳۰، بهار ۱۳۹٤

ارزیابی آلودگی رسوبات تالاب امیرکلایه با استفاده از تحلیل های ژئوشیمیایی

مریم زارع خوش اقبال[۱] ومریم السادات سجادی نسب[۲]

۱- استادیار، گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آستارا، آستارا، ایران m.zare@iau-astara.ac.ir
۲- استادیار، گروه معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سواد کوه، سواد کوه، ایران

تاریخ پذیرش : ۹۲/۱۱/۲۹ تاریخ تصویب: ۹۳/۹/۸

چکیده

آلودگی اکوسیستم های آبی توسط فلزات سنگین یک مسئله جهانی و یکی از مهمترین معضلات اکوسیستم های آبی از جمله تالاب ها است. به همین دلیل بررسی آلودگی تالاب امیرکلایه به عنوان هدف اصلی این تحقیق مدنظر قرار گرفت. در تحقیق حاضر این تالاب از نظر منشا آلودگی، ضریب آلودگی، ضریب بار آلودگی، فاکتور غنی شدگی و شاخص زمین انباشتگی عناصر مورد مطالعه قرار گرفت تا توزیع فلزات سنگین در رسوبات منطقه مورد مطالعه، ارزیابی شو د. بدین منظور ۱۲ نمونه از رسوبات سطحی تالاب از مکان هایی که معرف کل تالاب باشد، جمع آوری گردید و غلظت عناصری مانند آلومینیم، آهن، منیزیم، فسفر، آرسنیک، کادمیم، کبالت، کروم، مس، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب،وانادیم و روی در رسوبات اندازه گیری شد. سپس به روش های آماری مانند ضریب همبستگی پیرسون، تحلیل خوشه ای و تحلیل عاملی، منشاء طبیعی یا انسان زاد این عناصر تعیین گردید. در این تحقیق عناصر آرسنیک، کادمیم، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب دارای ضریب آلودگی بیش از یک یعنی آلوده هستندکه می تواند به مصرف بالای کود در اراضی کشاورزی مربوط باشد و تالاب امیرکلایه به استثنای آلودگی نسبت به کودهای کشاورزی تالاب نسبتاً پاکیزه ای است و فاقد آلودگی ناشی از فاضلاب های خانگی و صنعتی است.

واژگان کلیدی: تالاب امیرکلایه، آلودگی، ژئوشیمیایی، غنی شدگی، شاخص زمین انباشتگی، تحلیل های آمار.

مقدمه

آلودگی اکوسیستم های آبی توسط فلزات سنگین یک مسئله جهانی است. درکشورهای جهان سوم فقدان تجهیزات حساس برای ردیابی و پایش آلودگی آب، این آلودگی ها را بیشتر در معرض دید قرار داده است. از بین اکوسیستم های آبی، تالاب ها به علت ویژگی های خاص اکولوژیکی، دارای اهمیت زیادی هستند و حفظ و نگهداری آنها جزوء اولین اولویت های زیست محیطی است(Bai et al, 2011). ورود آلاینده های مختلف مانند کودهای شیمیایی، فاضلاب ها و شوینده ها سبب آلودگی محیط های تالابی می شود (Brix , 1994). این آلودگی ها به تدریج در آب و رسوبات ذخیره می شوند و با تغذیه توسط موجودات آبزی در چرخه غذایی انسان قرار گرفته و باعث ایجاد مشکلات در سلامتی او می شود از طرفی این آلودگی های‌می تواند طبیعی به عبارتی ناشی از سنگ شناسی منطقه باشد (Lacerda et al, 2011). یک منطقه بدون وجود هیچ نوع آلودگی انسان زاد می تواند به علت زمین شناسی خود دارای مقادیر بالایی از فلزات سنگین باشد (Qian et al, 2012). آلودگی های طبیعی و انسانزاد تالاب ها شوند و باعث آلودگی آب و رسوبات تالابی گردند. با توجه به اهمیت اکوسیستم های آبی و آلودگی آنها با عناصر سنگین، تعیین منشاء عناصر و بررسی وضعیت آلودگی رسوبات تالاب امیرکلایه هدف اصلی این پژوهش است و در راه نیل به این اهداف از تجلیل های آماری و ژئوشیمیایی استفاده شده است.

مواد و روش ها

منطقه جغرافیایی مورد مطالعه

تالاب امیرکلایه به علت دارا بودن اکوسیستم بی نظیر برای زیست پرندگان مهاجر در سال ۱۳٤۳ در فهرست تالاب های بین المللی رامسر قرار گرفت. این تالاب با مساحتی حدود ۱۰۸۵ هکتاردر ۱۲ کیلومتری شمال شهرستان لنگرود در استان گیلان و در جنوب غرب دریای خزر واقع شده است. عمق متوسط آن در بخش شرقی از ۱/۵ تا ۳/۵ متر تغییر می کند و بخش شرقی پوشیده از نیزار است. کل آبی که وارد تالاب می شود در حدود ۱۵/۵ میلیون متر مکعب می باشد. از ویژگی های دیگر تالاب این است که برخلاف دیگر تالاب های استان رودخانه‌ای به آن وارد نمی شود و مقدار بار ورودی به آن ناچیز است.

روش کار

برای بررسی آلودگی، از رسوبات تالابی در بخش های مختلف توسط گراب نمونه برداری شده و پس از انجام آنالیز و تعیین غلظت عناصر مختلف، تحلیل نتایج در دو مرحله اجرا شد. ابتدا با استفاده از روش های آماری مانند ضریب همبستگی پیرسون، آنالیز خوشه ای و تحلیل عاملی منشاء انسان زاد یا طبیعی عناصر تعیین شد. در مرحله بعدی برای پی بردن به ماهیت ژئوشیمیایی رسوبات و شناسایی آلودگی ها در تالاب از متدها و روش های خاص این کار مانند تعیین ضریب آلودگی، ضریب بار آلودگی، فاکتور غنی شدگی و شاخص زمین انباشتگی منطقه (Sun et al, 2010 , Chen et al, 2010) استفاده شده و وضعیت آلودگی رسوبات تالاب مشخص گردید.

برداشت اطلاعات میدانی

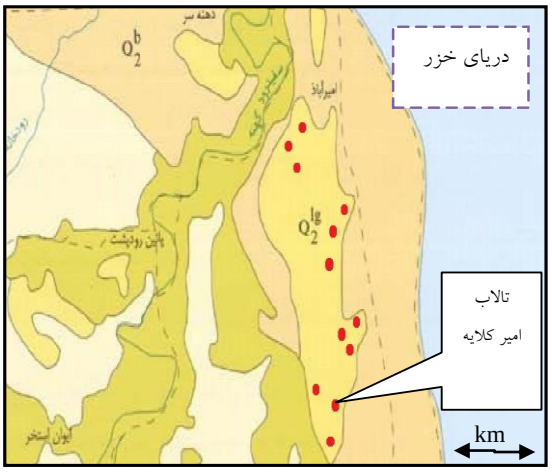
۱۲ نمونه از رسوب سطحی در دو بخش تالابی و خروجی تالاب در اسفند ۹۲ بوسیله گراب برداشته شد (شکل ۱). نمونه ها ی هوا خشک با استفاده از روش الک تر دانه بندی و ذرات زیر ٦۳ به عنوان نمونه هدف تعیین شد. نمونه های تفکیک شده برای آنالیزهای تعیین غلظت در بسته های جداگانه قرار گرفت. نمونه ها پس از آماده سازی مورد آنالیز قرار گرفت. در این تحقیق نمونه های رسوب جهت آنالیز برای تعیین غلظت عناصر اصلی (P, Al ,Fe ,Mg,Mn) و بعضی از عناصر کمیاب (Ag, S As ,Cd ,Cr ,Co ,Cu ,Mo ,Ni,Pb ,V, Zn,) به آزمایشگاه زرآزما ارسال گردید. در آزمایشگاه فن یا روش ICP-OESبه روشME-02 مورد استفاده قرار گرفت. این روش به طور قابل ملاحظه ای برای تجزیه عناصر فرعی و ایزوتوپی به دلیل حد قرائت پایین و دقت بسیار بالایی که دارد مورد پذیرش قرار گرفته است. این روش برای تجزیه عناصر فرعی متعدد در یک محلول واحد مورد پذیرش قرار گرفته است. برای آماده سازی نمونه ها جهت این آنالیز بخشی از نمونه های برداشته شده در ظروف جداگانه ای قرار گرفت و پس از خشک شدن به صورت bulk در هوای آزاد، پودر و آماده آنالیز شد.

عمل آنالیز توسط انحلال پودر حاصل از هر نمونه درسه اسید نیتریک، پرکلریک، اسیدفلوریک و عصاره گیری در اسید کلریک انجام و سپس غلظت عناصر مورد نظر توسط دستگاه OES-ICP تعیین شد. برای به دست آوردن شاخص هایی مانند ضریب آلودگی، بار آلودگی، و شاخص زمین انباشتگی از ده نمونه ازعمق ۳۰ سانتی متری خاک های حاشیه تالاب که فاقد هر نوع کاربری کشاورزی، صنعتی و سایر کاربری ها باشد، استفاده شد.

پس از مخلوط نمودن، یک نمونه به عنوان نمونه زمینه، تجزیه و نتایج آن در تحلیل های بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل های آماری

پس از اندازه گیری غلظت های عناصر، بین آن ها در نرم افزار SPSS همبستگی پیرسون(Chen et al, 2010) برقرار شد و با استفاده از معنی دار و یا بی معنا بودن همبستگی ها در سطح ۹۵ درصد و ضرایب همبستگی بدست آمده اقدام به تحلیل نتایج از بخش تالاب خواهد شد. ضریب همبستگی پیرسون ارتباط بین چگونگی توزیع عناصر



شکل ۱- ایستگاه های نمونه برداری از رسوبات تالابی

مختلف را نشان می دهد به طوری که اعداد مثبت نشانه ارتباط مستقیم و اعداد منفی نشانه دهنده ارتباط معکوس است. سطح a=0.05 معنی دار فرض شده است (Sun et al, 2010). هرگاه سطح معنی دار در جدول ضریب همبستگی کمتر یا برابر a باشد فرضیه یکسان بودن منابع آلاینده پذیرفته می شود(Sakan et al, 2009).

سپس برای درک روابط آماری و تعیین منشاء انسان زاد و طبیعی عناصر از آنالیز خوشه ای استفاده شده است. روش Statistical Clustering Multi – Variate در نرم افزار SPSS برای تحلیل خوشه ای به کار گرفته شد(Bhuiyan et al, 2010 & Rubio et al, 2000).

از میانگین داده های درون گروهی به عنوان روش آنالیز خوشه ای و شناسایی خروجی ها و از ضریب مشابهت پیرسون برای ارزیابی ارتباط بین غلظت عناصر و برای تعیین گروه فلزات سنگین با منشاء طبیعی در کل رسوبات تالابی از آنالیز تحلیل عاملی در غلظت داده ها استفاده شد.

ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی

رسوبات در مسیر خود از سنگ مادر در ارتفاعات حوزه آبخیز تا تالاب وقایع مختلفی را پشت سر می گذارند. ضریب آلودگی با استفاده از فرمول (۱) به دست می آید (Adomako et al, 2008) که در آن غلظت فلز در هر نمونه بر غلظت در زمینه که حاصل نمونه برداری در خاک های بدون کاربری حاشیه تالاب است بدست می آید:

$$CF = \frac{\text{C sample}}{\text{C background}} \qquad (۱)$$

که در آن CF ضریب آلودگی، C sample غلظت عنصر در نمونه، C background غلظت عنصر در نمونه زمینه است. اگر CF>1 باشد، نشان دهنده وجود آلودگی در رسوبات و اگر CF<1 باشد به این معنی است که آلودگی عنصری وجود ندارد.

ضریب بار آلودگی از فرمول (۲) محاسبه می شود:

$$PLI=\sqrt[n]{CF1 * CF2 * CF3 * \dots \dots CFn} \qquad (۲)$$

اگر PLI بیش از عدد یک باشد نشان دهنده آلودگی رسوب است(Charkhabi et al, 2006).

تعیین حد زمینه و محاسبه فاکتور غنی شدگی

بررسی مکانی محتوی فلزات سنگین رسوبات و مقایسه این غلظت ها با خط مبنای (Base Line Value) غیر آلوده، اولین کلید درک انتقال و نهشتگی فلزات سنگین آلوده کننده در سیستم های آبی ساحلی‌است. یک نمونه مرجع ژئوشیمیایی به غلظت نرمال یک عنصر در یک زمین لم یزرع و تهی یا در خاک بدون اثر انسانی اطلاق می شود (Kaushik et al, 2003). توانایی رسوبات برای نگهداری فلزات سنگین به خصوصیات فیزیکی آنها مانند اندازه دانه، و ترکیب کانی شناسی آنها بستگی دارد. تمرکز بالای برخی از فلزات سنگین، به انواع سنگ های حوزه آبخیز وابسته است و بنابراین در بعضی از نواحی تمرکز بالای فلزات سنگین شاید غیر عادی نباشد.

برای این گونه تفسیرها به فاکتور غنی شدگی (EnrichmentFactor) نیازمندیم (Zhang et al, 2007). یکی از روش های مورد استفاده در تعیین فاکتور غنی شدگی روش نرمالیز است (Sakan et al, 2014) جهت نرمالیز کردن معمولاً از عناصری چون Fe، Al، Mn، Sc

وTi استفاده می شود. در این تحقیق نیز از عنصر آهن(بدلیل ماهیت ژئوشیمیایی و تغییرات بسیار ناچیزی که در محیط از خود نشان می دهد) به عنوان مرجع استفاده شد(Suthar et al, 2009). از ترکیب زمینه منطقه مورد مطالعه که قبلاً محاسبه شده به عنوان نمونه مرجع استفاده شد و سپس ضریب غنی شدگی از فرمول (۳) یعنی روش نرمالیز کردن توسط غلظت آهن نمونه محاسبه می شود:

$$\mathbf{EF}=(X_1/Fe_1)/=(X_2/Fe_2) \qquad (۳)$$

X1: غلظت عنصر در نمونه

X2: غلظت عنصر در پوسته زمین

EF: غنی شدگی عنصر

Fe_1: غلظت آهن در نمونه

Fe_2: غلظت آهن در پوسته زمین

تعیین شاخص زمین انباشتگی

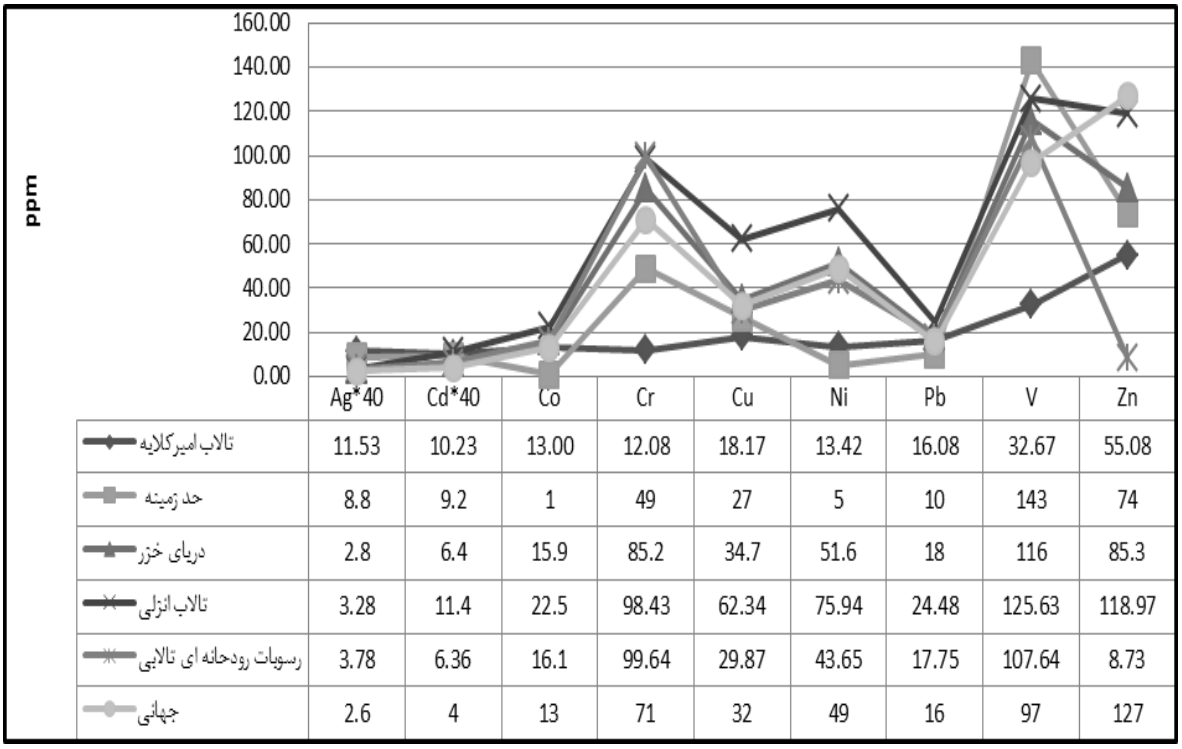
فاکتور زمین انباشتگی برای عناصر مختلف در رسوبات با استفاده از فرمول (٤) زیر بدست می آید.

$$\mathbf{I_{geo}}=\mathrm{Log_2}(Cn/1.5bn) \qquad (۴)$$

که در آنcn غلظت عنصر در رسوب و bn غلظت حد زمینه را نشان می دهد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها نشان داد که غلظت فلزات در بخش کوچکتر از ٦٣ میلی متر بسیار متغیر است و گستره آن برای عناصر به همراه متغیرهای آماری نمونه ها در جدول ۱ آمده است. با استفاده از داده های غلظت ابتدا به بررسی منشاء عناصر در رسوبات و سپس بررسی وضعیت آلودگی در رسوبات تالابی پرداخته خواهد شد. برای بررسی آلودگی شاخص هایی مانند ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی، فاکتور غنی شدگی و شاخص زمین انباشتگی مورد نیاز است که با استفاده از غلظت عناصر مختلف اندازه گیری شد. از مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوبات دریای خزر و استانداردهای جهانی، رسوبات تالاب انزلی به عنوان تالابی با شرایط مشابه و همچنین رسوبات رودخانه ای دیده می شود که غلظت فلزات سنگین در رسوبات تالاب امیرکلایه عمدتاً کمتر از سایر موارد غیر از حد زمینه خود تالاب است (شکل۲).



	Ag*40	Cd*40	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
تالاب امیرکلایه	11.53	10.23	13.00	12.08	18.17	13.42	16.08	32.67	55.08
حد زمینه	8.8	9.2	1	49	27	5	10	143	74
دریای خزر	2.8	6.4	15.9	85.2	34.7	51.6	18	116	85.3
تالاب انزلی	3.28	11.4	22.5	98.43	62.34	75.94	24.48	125.63	118.97
رسوبات رودخانه ای تالابی	3.78	6.36	16.1	99.64	29.87	43.65	17.75	107.64	8.73
جهانی	2.6	4	13	71	32	49	16	97	127

شکل ۲- مقایسه غلظت عناصر در رسوبات دریای خزر و استانداردهای جهانی، رسوبات تالاب انزلی که به عنوان تالابی با شرایط مشابه (Zare Khosh eghbal et al.2013)

در مطالعات زیست محیطی به ویژه زمانی که توزیع ژئوشیمیایی عناصر درمحیط، حاصل ترکیبی از عوامل انسانی و طبیعی باشد، تعیین منشاء آلودگی ضرورت دارد. در این تحقیق ابتدا منشاء عناصر توسط روش های آماری تعیین خواهد شد و سپس به محاسبه ضریب آلودگی ضریب بار آلودگی و فاکتورغنی شدگی و شاخص زمین انباشتگی اقدام می گردد.

نتایج همبستگی پیرسون

نتایج برقراری همبستگی پیرسون نشان می دهد آلومینیم با کبالت (R=0.867)، کروم (R=0.939) مس (R=0.912) آهن(R=0.778)، منیزیم(R=0.824)، نیکل (R=0.899)، وانادیم(R=0.931) و روی (R=0.848) همبستگی مثبت دارد (جدول ۲).

جدول ۱- متغیرهای آماری فلزات سنگین در رسوبات مورد مطالعه بر حسب mg/kg

عنصر	دامنه	میانگین	میانه	انحراف معیار
Al	۲۳٦۷-٤۰۷۹۸	۱٥٦۳۹/۳	۱٤۹٦۱/٥	۱۲۲۸۸/۳
Fe	۱۸۳۹-۳۳۸۷٤	۱٦۱۷٤/٦	۱۲۳۹۳/٥	۱۱۰۱۷/۹
Mg	۸۸۱۳-۱٤۲٥۰	۱۰۹٤۳/٥	۱۱۰۸٥	۱٥۱۰
P	٥۱۱-۱٦٤۲	۱۱۷۱/۸	۱۲۲٤/٥	۳۲٥/۷
As	۲/٥-۲۹/۸	۱۲/٦	۱۰/۹	۸/۸
Cd	۰/۲۲-۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰
Co	۱۳-۲	٦/۱	٤	٤
Cr	٤۷-۱	۱۲/۱	۷/٥	۱۳/۳
Cu	۳۰-۸	۱۸/۲	۱٦/٥	۷/۲
Mn	٥۱۱-۲٤٥۰	۱۲۸٦	۱۱۱۰	٥۷۹/۱
Mo	۰/۹۲-۲/٥۲	۱/۸	۱/۸	۰/٦
Ni	۲۱-٥	۱۳/٤	۱۳	٥/۲
Pb	۹٥-٥	۱٦/۱	۸	۲٥/۲
V	٤-۱۳٦	۳۲/۷	۱٦	۳۹/٥
Zn	۳۹-۷۲	٥٥/۱	٥۲	۱۱

همبستگی بالای آلومینیم با عناصر می تواند منشاء طبیعی کبالت، کروم، مس ،آهن، منیزیم، نیکل، وانادیم و روی را نشان دهد. چون سنگ ها و رسوبات تولید کننده این عناصر هستند، به عبارتی این عناصر منشاء انسانی ندارند.

ضریب بالای همبستگی عناصر آرسنیک با گوگرد (R=0.904) و با کادمیم (R=0.829) وهمچنین با مولیبدن (R=0.817) و سرب (R=0.704) حمل این عناصر را در فاز سولفیدی نشان می دهد.

همبستگی بالای آهن با نیکل(R=0.824)، وانادیم (R=0.822) وروی (R=0.856) می تواند انتقال نیکل، وانادیم و روی را به وسیله جذب توسط اکسید آهن آبدار را نشان دهد.

نتایج تحلیل خوشه ای در رسوبات

ضرایب همبستگی عناصر سنگین در رسوبات تالاب امیرکلایه به منظور تفسیر آماری رابطه عناصر سنگین با یکدیگر و منشاء یابی آنها مورد استفاده قرار گرفته است. سپس ضرایب همبستگی به دندوگرام آنالیز خوشه‌ای تبدیل شده و به ضرایب تشابه تغییر نام داده است. نتایج دندوگرام در شکل ۳ نمایش داده شده است.قرار گرفتن

عناصر با آلومینیم در یک گروه نشانگر منشاء طبیعی این عناصر است. نتایج آنالیز خوشه ای در رسوبات نشان داد که غیر از P ,Mo, S Cd ,As ,Mn ,Ag بقیه فلزات سنگین منشاء طبیعی فقط عناصر اخیر منشاء انسان زاد دارند، همبستگی نزدیک آرسنیک با گوگرد انتقال گوگرد در فاز سولفیدی را نشان می دهد (Pekey, 2006).

قرار گیری عناصری مانند آرسنیک، فسفر، منگنز، مولیبدن، گوگرد، نقره، کادمیم در یک شاخه می تواند در اثر آلودگی این بخش از تالاب بر اثر استفاده از کودهای شیمیایی و علف کش ها در اراضی کشاورزی به خصوص مزارع برنج باشد(Müller et al, 2008).

جدول ۲ – نتایج همبستگی پیرسون بین عناصر در رسوبات

	Ag	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	P	P
Ag	۱													
Al	-۰/۴	۱												
As	۰/۰۸	۰/۰۵۵	۱											
Cd	۰/۱۷	۰/۰۶۲	۰/۸۲	۱										
Co	-۰/۵۳	*۰/۸۶	۰/۲۸	۰/۰۶	۱									
Cr	-۰/۵۸	*۰/۹۳	۰/۱۳	۰/۰۷	*۰/۸۷	۱								
Cu	*-۰/۵۶	*۰/۹۱	۰/۳۲	۰/۲۷	*۰/۹۴	*۰/۸۴	۱							
Fe	-۰/۵۴	*۰/۷۷	۰/۵۳	۰/۳۷	*۰/۹۵	*۰/۷۷	*۰/۹۲	۱						
Mg	-۰/۲۳	*۰/۸۴	۰/۱۴	۰/۰۹	*۰/۷۳	*۰/۶۹	*۰/۸۱	**۰/۶۲	۱					
M	*۰/۷۸	-۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۱۶	-۰/۱۴	۰/۱۸	۱				
M	۰/۲۳	-۰/۱۵	*۰/۸۱	*۰/۷۵	-۰/۱	-۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۱۵	-۰/۲۱	۰/۰۲	۱			
Ni	*-۰/۵۹	*۰/۸۹	۰/۲۴	۰/۲۳	*۰/۸۹	**۰	*۰/۹۳	**۰/۸۲	*۰/۷	۰/۲۶	۰/۱۲	۱		
P	۰	۰/۲۹	*۰/۶۵	*۰/۶	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۴۳	۰/۴۳۶	۰/۲۱	۰/۰۲	*۰/۷۴	/۵۵	۱	
Pb	-۰/۱	۰/۴۲	**۰/۷	۰/۴۴	*۰/۶۳	۰/۵	۰/۵۱۳	۰/۶۲۸	۰/۴۸	۰/۱۱	۰/۴۸	/۵۳	/۴۸	۱

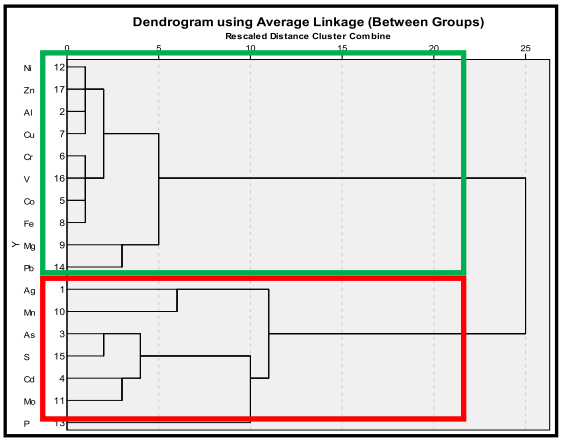
*. Correlation is significant at the 0/05 level (2-tailed).**. Correlation is significant at the 0/01 level (2-tailed).

نتایج تجزیه و تحلیل عاملی کل رسوبات تالابی

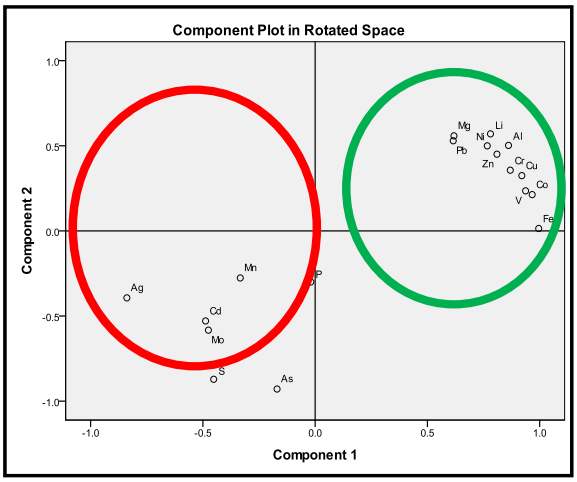
تجزیه و تحلیل عاملی بین مجموعه ای از متغیرها رابطه خاصی را تحت یک مدل فرضی برقرار می کند و یکی از اهداف اصلی آن کاهش تعداد داده هاست. بنابراین پس از تجزیه و تحلیل عاملی، تعداد فاکتورها کمتر خواهد شد و در واقع هدف اصلی آن در تفسیرهای ژئوشیمیایی تعیین متغیرهای کنترل کننده اصلی در بین یک سری داده ژئوشیمیایی است.

یعنی پس از یک تجزیه و تحلیل عاملی می توان گروه عناصری که با هم تغییر کرده و ممکن است بیان کننده یک پاراژنز یا یک منشاء باشند مشخص کرد. تعداد ستون های جدول حاصل از تحلیل عاملی نشان دهنده تعداد فاکتورهاست. برای بدست آوردن مجموعه عناصری که در هر فاکتور جای می گیرند باید در هر ستون عناصری را که امتیاز عاملی آنها بالاست (معمولاً بیش از ۰/٦) انتخاب نموده و در یک گروه طبقه بندی نمود. چرخش باعث می شود تا نتایج چرخش داده‌ها به منظور انتخاب هرچه بهتر عناصری که با همدیگر تغییر می کنند در خروجی نمایش داده شود (شکل ٤).

پس از تعیین منشاء طبیعی و انسان زاد عناصر به بررسی آلودگی عناصر پرداخته خواهد شد. نتایج محاسبه ضریب آلودگی و غلظت میانگین در جدول ۳ آمده است. در این تحقیق مقدار ضریب بار آلودگی یا PLI برابر ۰/۷ و بنابراین رسوبات تالاب امیرکلایه غیر آلوده است.



شکل ۳- دندوگرام تجزیه خوشه ای در رسوبات



شکل ٤- نتیجه تحلیل عاملی درکل رسوبات تالابی(زارع، ۱۳۹۲)

جدول ۳- غلظت میانگین و ضریب آلودگی فلزات سنگین دررسوبات مورد مطالعه بر حسب mg/kg

عنصر	غلظت میانگین	ضریب آلودگی
As	۱۲/٦	۱/۲
Cd	۰/۳	۱/۱
Co	٦/۱	۰/٤
Cr	۱۲/۱	۰/۲
Cu	۱۸/۲	۰/۷
Mn	۱۲۸٦	۲/۲
Mo	۱/۸	۱/۳
Ni	۱۳/٤	۰/۵
Pb	۱٦/۱	۱/٦
V	۳۲/۷	۰/۲
Zn	۵۵/۱	۰/۷
Fe	۱٦۱۷٤/٦	۰/۵

جدول ٤-مقادیر فاکتور غنی شدگی فلزات سنگین برای رسوبات منطقه مورد مطالعه

عنصر	فاکتورغنی شدگی	طبقه بندی فاکتور غنی شدگی
As	۳/۹۲	متوسط
Cd	۰/۳۱	فاقد غنی شدگی
Co	۱/۰۹	کم
Cr	۰/٤۳	فاقد غنی شدگی
Cu	۱/۳	کم
Mn	۸/٦٤	متوسط تا شدید
Mo	٤/۲۵	متوسط
Ni	۰/٦۱	فاقد غنی شدگی
Pb	۳/۲۰	متوسط
V	۰/۵۸	فاقد غنی شدگی
Zn	٤/۱۸	متوسط

جدول ۵- راهنمای Igeo براساس طبقه بندی مولر

محدوده Igeo	درجه آلودگی(مولر)	شدت آلودگی(مولر)
۰-۱	۱	غیر آلوده
۱-۲	۲	متوسط
۲-۳	۳	متوسط
۳-٤	٤	شدید
٤-۵	۵	شدید
۵-٦	٦	بسیار شدید

جدول ٦ – مقادیر شاخص زمین انباشتگی(Igeo) فلزات

عنصر	شاخص زمین انباشتگی	شدت آلودگی منطقه
AS	۰/۱۷	غیرآلوده تا کمی آلوده
Cd	<۰	غیرآلوده
Co	۰/۲	غیرآلوده تا کمی آلوده
Cr	۰/۱۳	غیرآلوده تا کمی آلوده
Cu	۰/۱۲	غیرآلوده تا کمی آلوده
Ni	۰/۱۳	غیرآلوده تا کمی آلوده
Fe	۰/۰٦	غیرآلوده تا کمی آلوده
Mn	۰/۰۷	غیرآلوده تا کمی آلوده
Mo	۰/۲	غیرآلوده تا کمی آلوده
Pb	۰/۱۷	غیرآلوده تا کمی آلوده
V	۰/۰۹	غیرآلوده تا کمی آلوده
Zn	۰/۰۹	غیرآلوده تا کمی آلوده

نتایج تعیین حد زمینه و محاسبه فاکتور غنی شدگی

مقادیر فاکتور غنی شدگی بصورت زیر طبقه بندی می شود(Sakan et al, 2009):

اگر EF<1 غنی شدگی وجود ندارد، EF:1-3 غنی شدگی کم، EF:3-5 غنی شدگی متوسط، EF: 5-10 غنی شدگی متوسط تا شدید، EF: 10-25 غنی شدگی شدید خواهد بود. در این تحقیق مقادیر فاکتور غنی شدگی فلزات سنگین برای رسوبات منطقه پس از محاسبه در جدول ٤ آمده است.

بالاترین فاکتور غنی شدگی مربوط به منگنز با مقدار ۸/٦٤ است. مولیبدن با غنی شدگی ٤/۲۵ در مرتبه بعدی و روی، آرسنیک و سرب به ترتیب با مقادیر ٤/۱۸ – ۳/۹۲ رتبه‌های بعدی را به خود اختصاص می دهند. غنی شدگی بالای این عناصر در مواردی مانند منگنز، مولیبدن می تواند به مصرف بالای کود در اراضی کشاورزی مربوط باشد(Müller et al, 2008).

آرسنیک هم احتمالاً از سموم کشاورزی ناشی شده است(Chiang et al, 2010).

نتایج تعیین شاخص زمین انباشتگی

از مقایسه مقادیرشاخص زمین انباشتگی عناصر در رسوبات تالاب امیرکلایه با شاخص های مولر(جدول ۵) به این نتیجه می رسیم که:

اولاً شدت آلودگی عناصر در رسوبات تالاب امیرکلایه برای تمامی عناصر در رده غیر آلوده در محدوده ۰-۱ با درجه آلودگی ۱ قرار می گیرد(جدول ٦) و ثانیاً ترتیب شاخص مولر در عناصر انتخابی به شکل زیر است:

Mo>As>Pb>Cr>Ni>Cu>V>Zn>Mn>Fe>Cd

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر از تحلیل های آماری برای تعیین منشاء انسان زاد عناصر استفاده شد. ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که عناصرکبالت، کروم، مس، آهن، منیزیم، نیکل، وانادیم و روی دارای منشاء طبیعی هستند. نتایج آنالیز خوشه ای و تحلیل عاملی مشخص نمود که منشاء سرب، نیکل، مس، روی، وانادیم، کروم و کبالت طبیعی و ناشی از زمین شناسی منطقه است در حالی که کادمیم، مولیبدن، منگنز، نقره و آرسنیک منشاء انسان زاد دارند و از فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی ناشی شده اند (Chiang et al.2010). برای بررسی آلودگی شاخص هایی مانند ضریب آلودگی و شاخص بار آلودگی، فاکتور غنی شدگی و شاخص زمین انباشتگی مورد استفاده قرار گرفت. مطابق نتایج عناصر آرسنیک، کادمیم، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب دارای ضریب آلودگی بیش از یک یعنی آلوده هستند. مقدار PLI یعنی ضریب بار آلودگی برابر ۰/۷و بنابراین رسوبات تالاب امیرکلایه غیر آلوده است(Bourennane et al.2010). بالاترین فاکتورهای غنی شدگی مربوط به منگنز و مولیبدن است که می تواند به علت مصرف بالای کود در اراضی کشاورزی مربوط باشد(Zong-jun 2010). غنی شدگی بالای آرسنیک نیز احتمالاً از سموم کشاورزی ناشی شده است(Zong-jun 2010). شاخص زمین انباشتگی ژئوشیمیایی نشان داد که هیچ یک از فلزات سنگین در محدوده آلودگی قرار ندارند و تالاب امیرکلایه به استثنای آلودگی نسبت به کودهای کشاورزی تالاب نسبتاً پاکیزه ای است و فاقد آلودگی ناشی از فاضلاب های خانگی و صنعتی است. با این وجود غنی شدگی عناصر ناشی از مصرف بیش از حد کودهای کشاورزی و آفت کش ها در رسوبات تالابی(Zare Khosh eghbal et al, 2013) مستلزم توجه و مدیریت مصرف صحیح مواد حاوی این عناصر در شالیزارهای برنج اطراف تالاب است.

منابع

-Adomako, D., et al.,(2008), "Determination of toxic elements in waters and sediments from River Subin in the Ashanti Region of Ghana", Environmental Monitoring and Assessment,. 141(1-3): pp 165-175.

arroyo Carrasco wetlands, Montevideo, Uruguay", Geochimical Brasiliensis,. 12(1).

-Qian, Y., et al.,(2012), " A geochemical study of toxic metal translocation in an urban brownfield wetland"Environmental Pollution,., 166: pp 23-30.

-Rubio, B., M. Nombela, and F. Vilas,(2000), "Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria de Vigo(NW Spain): an assessment of metal pollution", Marine Pollution Bulletin,. 40(11): pp 968-980.

- Rai, P.K., (2008),"Heavy metal pollution in aquatic ecosystems and its phytoremediation using wetland plants: an ecosustainable approach", International journal of phytoremediation, 10(2): p. 133-160.

-Sakan, S.M., et al., (2009), " Assessment of heavy metal pollutants accumulation in the Tisza river sediments", Journal of environmental management,. 90(11): p. 3382-3390.

-Pekey, H.,(2006), " The distribution and sources of heavy metals in Izmit Bay
surface sediments affected by a polluted stream", Marine Pollution Bulletin,. 52(10): pp 1197-1208.

-Sakan, S., et al.,(2014), " Evaluation of sediment contamination with heavy metals: the importance of determining appropriate background content and suitable element for normalization", Environmental geochemistry and health,: pp 1-17.

-Suthar, S., et al.,(2009), " Assessment of metals in water and sediments of Hindon River, India: Impact of industrial and urban discharges" Journal of hazardous materials,. 171(1): pp 1088-1095.

-Sun, Y., et al.,(2010), " Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang, China", Journal of hazardous materials,. 174(1): pp 455-462.

-Zare Khosheghbal, M., et al.,(2013), " An investigation of sediment pollution in the anzali wetland", Polish Journal of Environmental Studies,. 22(1).

-Yi, Y., Yang, Z and Zhang, S., (2011), "Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin",Environmental Pollution, 159(10): pp 2575-2585.

-Zhang, L., et al.,(2007), "Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China", Marine Pollution Bulletin,. 54(7): pp 974-982.

-Zhang, T., et al.,(**2012**), " Application of constructed wetland for water pollution control in China during 1990–2010", Ecological Engineering,. 47: pp 189-197.

-Zong-jun, G.,(2010), " Heavy Metal Pollution Status of Vegetable Cultivation in Yutai, Shandong and Study on the Selective Cultivation [J]", Journal of Anhui Agricultural Sciences,. 7: pp 139.

-Bai, J., et al., (2011), " Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from a typical plateau lake wetland, China", Ecological Modelling. 222(2): pp 301-306.

-Bai, J., et al.,(2011), "Assessment of heavy metal pollution in wetland soils from the young and old reclaimed regions in the Pearl River Estuary, South China", Environmental Pollution,. 159(3): pp 817-824.

-Bhuiyan, M.A., et al.,(2010), " Heavy metal pollution of coal mine-affected agricultural soils in the northern part of Bangladesh" ,Journal of hazardous materials,. 173(1): pp 384-392.

-Bourennane, H., et al.,(2010)," Mapping of anthropogenic trace elements inputs in agricultural topsoil from Northern France using enrichment factors" Geoderma,. 157(3): pp 165-174.

-Brix, H., (1994), "Use of constructed wetlands in water pollution control: historical development, present status, and future perspectives", Water Science and Technology,. 30(8): pp 209-224.

-Çevik, F., et al.,(**2009**), " An assessment of metal pollution in surface sediments of Seyhan dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses", Environmental Monitoring and Assessment,. 152(1-4): pp 309-317.

-Cheng, S.,(2003), " Heavy metal pollution in China: origin, pattern and control", Environmental Science and Pollution Research,. 10(3): p. 192-198.

-Charkhabi, A. and M. Sakizadeh, (2006), "Assessment of spatial variation of water quality parameters in the most polluted branch of the Anzali
wetland, Northern Iran. Polish Journal of Environmental Studies,. 15(3): pp 395-403.

-Chen, X., et al.,(2010), " Heavy metal concentrations in roadside soils and correlation with urban traffic in Beijing, China", Journal of hazardous materials,. 181(1): pp 640-646.

-Chiang, K.Y., et al.,(2010)," Arsenic and lead (beudantite) contamination of agricultural rice soils in the Guandu Plain of northern Taiwan" Journal of hazardous materials,. 181(1): pp 1066-1071.

-Kaushik, A., et al.,(**2009**), " Heavy metal contamination of river Yamuna, Haryana, India: assessment by metal enrichment factor of the sediments", Journal of hazardous materials,. 164(1): pp 265-270.

-Lu, X., et al., (2010), "Multivariate statistical analysis of heavy metals in street dust of Baoji, NW China", Journal of hazardous materials,. 173(1): pp 744-749.

-Müller, B., et al.,(2008)," How polluted is the Yangtze river? Water quality downstream from the Three Gorges Dam", Science of the total environment,. 402(2): pp 232-247.

-Lacerda, L., et al.,(2011), " Trace metal concentrations and geochemical partitioning in

Evaluation of pollution in Amir-kalayeh wetland sediment using geochemical analyses

Maryam Zare Khosh Eghbal[1], Maryam Alsadat Sajady Nasab[2]

1-Assistant Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, Astara Branch, Astara.
2- Assistant Professor, Department of Mining, Islamic Azad University, Savadkuh Branch, Savadkuh.

Abstract

The pollution of aquatic ecosystems by heavy metals is a global issue and one of the main problems in aquatic ecosystems, including wetlands. For this reason, examining the pollution in Amir-Kalayeh wetland was considered as the main goal of this study. In the current research, this wetland was studied in terms of the origin of the contamination, contamination factor, pollution load index, enrichment factor, and geo-accumulation index of elements to evaluate the distribution of heavy metals in the sediments of the area under study. For this purpose, 12 samples were taken from the surface sediments of the wetland from locations that represent the whole wetland and the concentrations of elements such as Al, Fe, Mg, P, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, V and Zn in the sediments were measured. Then, using statistical methods such as Pearson correlation coefficient, cluster analysis and factor analysis, the natural or anthropogenic origin of these elements were determined. According to the results, As, Cd, Mn, Mo, Ni, And Pb have contamination factors over one, which means they have contaminated the area. that is probably caused by agricultural pesticides and Amir-Kalayeh wetland, except for the pollution by agricultural fertilizers, is a fairly clean wetland, with no pollution from domestic and industrial wastes.

Keywords: Amir-Kalayeh wetland, pollution, geochemical, enrichment, geo-accumulation index, statistical analyses.