

## ارزیابی غلظت فلزات سنگین در تالاب میقان اراک

فائزه فاضلی<sup>۱\*</sup>، ساجده شعبانی‌فرد جهرمی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۷

تاریخ تصویب: ۹۴/۳/۱۸

### چکیده

تالاب‌ها از اکوسیستم‌های حساس کره زمین محسوب می‌شوند. تالاب میقان از جمله آخرین حلقه‌های اکولوژیک دشت اراک است. ورود فاضلاب به این تالاب منجر به تغییرات اکولوژیکی در منطقه شده است. به دلیل نقش گسترده‌ای که این تالاب در حفظ حیات اکولوژیکی و زیست محیطی اطراف خود دارد، نیازمند توجه است. این تحقیق با هدف بررسی غلظت عناصر  $Al, Fe, Ni, Cu, Cr, Zn$  به روش اسپکترومتر جذب اتمی و برخی عوامل فیزیکی و شیمیایی در ۸ ایستگاه تالاب میقان در سه فصل تابستان، پاییز و زمستان سال ۱۳۹۱ انجام شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان  $Al, Fe, Ni, Cu, Cr, Zn$  به ترتیب مربوط به ایستگاه کنار جاده، وسط جزیره ۲، کنار جاده، وسط جزیره ۱ و ۲، خروجی شرکت املاح ۱ و محل برخورد کانال‌ها، حداکثر میزان

<sup>۱</sup> دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی (نویسنده مسئول): fazeli@srttu.edu

<sup>۲</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی؛ sajedehtshabanifard@gmail.com

*Fe, Ni, Cu, Cr, Zn* در فصل تابستان و حداکثر *Al* در پاییز می باشد. در فصل تابستان همبستگی بین روی با *COD*، آهن با کروم و *COD*، کروم با نیکل و *COD*، مس با نیکل و *COD*، نیکل با *COD*، در پاییز، آهن با *COD* و *BOD*، کروم با مس و نیکل، مس با نیکل و *COD*، نیکل با *COD* و در زمستان، آهن با *COD* و *BOD*، کروم با نیکل، مس با *pH*، *COD* با *BOD* وجود داشت. به طور کلی به نظر می رسد ایستگاه های تالاب در مقایسه با ایستگاه های تصفیه خانه در تمام فصول، بخصوص در تابستان غلظت بالاتری از فلزات سنگین را دارا بوده است. این نتیجه در مقایسه با استانداردهای ملی سازمان محیط زیست بدست آمده است.

#### واژه های کلیدی: فلزات سنگین، BOD، COD، تالاب میقان اراک

همچنین افزایش تحقیقات بیولوژیکی، شیمیایی، فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی از جمله این تلاش ها می باشند. با این وجود برای حفظ ارزش تالابها در قرن ۲۱ سرمایه گذاری بیشتری لازم است (دستجردی و همکاران، ۱۳۸۵). آلودگی آب انحراف از پاکیزگی است. آب ماده ای است که به طور وسیع در همه جا گسترده و حلال خوبی است و به طور طبیعی هرگز به صورت کاملاً خالص یافت نمی گردد. حتی در غیر آلوده ترین نواحی جغرافیایی، آب باران شامل گازهای  $O_2$  و  $CO_2$  و  $N_2$  محلول در آن است و همچنین گرد و غبار یا دیگر ذرات معلق در اتمسفر به صورت تعلیق در آب حمل می شوند (کاظمی نژاد، ۱۳۸۹). توسعه صنایع و افزایش بی رویه جمعیت

#### مقدمه

تالابها به عنوان غنی ترین اکوسیستمها، دارای بیش ترین تنوع زیستی می باشند که از تک سلولی ها تا تکامل یافته ترین موجودات در آنها زندگی می کنند (سنجر، ۱۳۸۹). ارزش های گوناگون تالابها و اهمیت آنها در تامین نیازهای بشر سبب شده است که موسسات بین المللی متعددی در ارتباط با ویژگی های آنها به تحقیق بپردازند (حیدری و همکاران، ۱۳۹۰). فواید تالابها برای بشر از یک سو و اثرات سوء احتمالی ناشی از تخریب آنها از سوی دیگر، سبب شده است که در دهه های اخیر تلاش های زیادی به منظور حفظ تالابها صورت گیرد. ایجاد شبکه های ارتباطی وسیع، افزایش متخصصان در سطح آموزش عمومی و

مکان و شرایط خاص روشنی نماید (فعال، ۱۳۸۷).

نتایج مطالعات مختلف در طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۱ در کشورهای از قبیل ژاپن، روسیه، آمریکا و لهستان بر روی منابع آب این کشورها حکایت از اهمیت موضوع دارد (پیری، ۱۳۸۹). در بررسی که بر روی سرنوشت فلزات سنگین مس (Cu)، روی (Zn)، سرب (Pb)، کروم (Cr) و کادمیوم (Cd) در تالاب‌های طبیعی و شهری روآندا (۲۰۱۱) صورت گرفت، مشخص شد که غلظت Cu، Zn، Cr پایین‌تر از استاندارد جهانی آب آشامیدنی و Pb و Cd بالاتر از استاندارد جهانی آب آشامیدنی بود (Christian and Sekomo, 2011). دستجردی و همکاران (۱۳۸۵) بر روی تجمع فلزات سنگین در آب تالاب گاوخونی تحقیقی انجام دادند. نتایج آن‌ها مشخص کرد که غلظت فلزات سنگین در بعضی نقاط از مقادیر استاندارد ملی سازمان محیط زیست مربوط به آب آشامیدنی و آب مناسب کشاورزی نیز بیش تر است (دستجردی و همکاران، ۱۳۸۵). تالاب کویری میقان از جمله آخرین حلقه‌های اکولوژیک حوضه آبریز دشت اراک است که تمامی آب‌های سطحی منطقه و آب‌های حاصل از نزولات جوی به این تالاب وارد می‌شود. این تالاب در حال حاضر یکی از مهم ترین سایت‌های زمستان‌گذرانی درنای

شهرها و روستاها موجب می‌شود تا میزان زیادی فاضلاب شهری و صنعتی که دارای ترکیبات شیمیایی مختلف مخصوصاً عناصر سنگین هستند، وارد اکوسیستم‌های آبی شود. آلودگی اکوسیستم‌های آبی به فلزات سنگین می‌تواند از طریق بررسی آب مورد تایید قرارگیرد. تجمع بالای فلزات سنگین در آب می‌تواند منجر به تغییرات اکولوژیک جدی شود. از میان مواد آلاینده وارد شده به محیط آبی، فلزات سنگین به علت اثرات سمی و پتانسیل تجمع زیستی در بسیاری از گونه‌های آبی، قابل توجه هستند (خسروی و همکاران، ۱۳۹۰). فلزات سنگین به طور طبیعی در سطوح مختلف زمین و آب‌ها وجود دارند، اگر میزان این فلزات بیش‌تر از میزان طبیعی شود، با توجه به ثبات شیمیایی، تجزیه‌پذیری ضعیف و داشتن قدرت تجمع زیستی، در بدن موجودات زنده تبدیل به آلاینده‌های مضر می‌شوند. در اکوسیستم‌های آبی، آلودگی آب توسط فلزات سنگین یک نوع عمده از آلاینده‌هاست که سبب تنش در جوامع حیاتی می‌شوند (Altingda and Yigiti, 2005). بررسی کیفیت آب یک اکوسیستم آبی می‌تواند اولین و شاید مهم ترین گام در اعمال یک مدیریت صحیح کیفی به منظور رفع معضل آلودگی آن باشد، زیرا دیدگاه فرد را نسبت به روند و چگونگی تغییرات آلودگی در هر زمان و

که تاکنون چنین پژوهشی در مورد تالاب میقان صورت نگرفته است، این تحقیق از نوآوری برخوردار است.

### مواد و روش‌ها

#### محل‌های نمونه‌برداری

تالاب میقان در مرکز ایران و در فاصله ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شهر اراک با مختصات ۲۰° و ۴۲' و ۴۹° الی ۲۰° و ۵۰' طول شرقی و ۰۷° و ۰۰' الی ۳۴° و ۲۰' عرض شمالی واقع شده است. این تالاب یکی از مرتفع‌ترین نقاط شوره زار ایران است که میانگین ارتفاع آن به ۱۶۷۰ متر از سطح دریای آزاد می‌رسد و به صورت مثلث متساوی‌الساقین است که شمال و غرب آن را ساق‌ها و جنوب و شرق آن را قاعده مثلث تشکیل می‌دهد. حداکثر طول آن ۱۱ کیلومتر و حداکثر عرض آن ۱۶ کیلومتر می‌باشد. کل حوضه کویر میقان بالغ بر ۵۴۸۱/۳۳۹ کیلومتر مربع است که مساحت حوضه آبگیر آن در مواقع سیلابی متغیر است و سطح آب تالاب تا ۱۴۰ سانتی‌متر هم می‌رسد و میزان بارندگی سالیانه ۱۹۶/۵ میلی‌متر می‌باشد. بیش‌ترین میزان بارش در فصل زمستان و اوایل بهار و در تابستان کمترین میزان بارندگی ثبت شده است. گونه‌های جانوری این تالاب شامل درنای خاکستری، آرتمیا، خوتکا، فلامینگو و گونه‌های گیاهی آن شامل

خاکستری در کشور محسوب می‌گردد. علی‌رغم اهمیت تالاب میقان، در صورت خشک شدن و تغییرات احتمالی کاربری آن، این تالاب می‌تواند به کانون تولید گرد و غبار مبدل شود. امروز این تالاب در طبقه بندی‌های حفاظتی ملی و بین‌المللی قرار نگرفته و به همین دلیل می‌تواند با تهدیدات جدی مواجه گردد که از آن جمله می‌توان به تغییر کاربری اراضی، تخلیه پساب صنعتی و شهری تصفیه خانه اراک و تخلیه پساب کارخانه املاح به تالاب اشاره نمود. از طرفی، تالاب میقان تحت تاثیر افزایش جمعیت و صنعتی بودن شهر اراک قرار گرفته است. آلودگی‌های انسانی و غیر انسانی وارد شده به تالاب میقان در نهایت منجر به افزایش میزان آلاینده‌های آلی و معدنی به ویژه فلزات سنگین در آب شده است. لذا وجود عناصر سنگین و سمی می‌تواند تهدید جدی برای حیات تالاب به حساب آید.

با توجه به مسائل فوق و اهمیت پایش منابع آبی از نظر میزان فلزات سنگین، این مطالعه با هدف پایش کیفی و اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین روی (Zn)، کروم (Cr)، نیکل (Ni)، مس (Cu)، آهن (Fe)، آلومینیم (Al) و همچنین اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و pH به صورت فصلی در نقاط مختلف تالاب میقان انجام شد. با توجه به آن

سطح آب در سه نوبت در سه هفته متوالی طی هر فصل انجام شد و نمونه‌های آب با ثبت دقیق مختصات نقاط با استفاده از GPS برداشت شد.

در این پژوهش غلظت فلزات سنگین (Al, Fe, Ni, Cu, Cr, Zn) با دستگاه اسپکترومتر جذب اتمی سری SOLLARS از کمپانی Thermo Electron ساخت کشور سوئیس، غلظت COD توسط دستگاه اسپکترومتر DR5000 ساخت کشور ایتالیا و غلظت BOD توسط دستگاه BOD متر دیجیتال مدل Lovibond ساخت کشور آمریکا بر اساس کتاب روش‌های استاندارد (APHA, 1998) بررسی ارتباط بین غلظت فلزات سنگین مذکور، BOD، COD و pH با استفاده از ضریب همبستگی انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین، BOD، COD و pH در نمونه‌های آب، با استفاده از نرم‌افزار SPSS و JMP نسخه ۲۱ انجام شد.

### نتایج

نتایج اندازه‌گیری میانگین غلظت فلزات سنگین (Al, Fe, Ni, Cu, Cr, Zn)، BOD، COD و pH در سه فصل تابستان، پاییز و زمستان در جدول ۱ و ۲ و محدوده قابل قبول آلاینده‌های ورودی به منابع آب‌های سطحی بر اساس استاندارد ملی سازمان حفاظت

آتریپلکس و قره‌داغ می‌باشد. وجود معدن سولفات سدیم، فرودگاه، تصفیه خانه شهر اراک، شرکت املاح معدنی ایران، دامداری‌ها، مرغداری‌ها، روستاها و زمین‌های کشاورزی در داخل محدوده از معضلات کانون‌های زیستی پیرامون منطقه محسوب می‌شود. تصفیه‌خانه اراک نیز در ۷ کیلومتری شمال اراک و ۶/۵ کیلومتری از جاده کمربندی، با مساحت بالغ بر ۱۵۲ هکتار در کویر میقان قرار گرفته است (انصاری و همکاران، ۱۳۸۹).

پس از بررسی کامل منطقه مورد مطالعه، ۸ نقطه یا ایستگاه برای نمونه‌گیری انتخاب شد. به علت محدودیت‌های موجود در طی تحقیق حداقل تعداد ایستگاه در هر منطقه که از نظر آماری معنی‌دار باشد در نظر گرفته شد. ایستگاه‌ها شامل سه ایستگاه در تصفیه خانه (کانال لجن فعال، کانال برکه تثبیت و محل برخورد کانال‌ها)، دو ایستگاه در جزیره تالاب به فاصله ۵۰۰ متر از یک دیگر (وسط جزیره ۱ و وسط جزیره ۲)، دو ایستگاه مربوط به کارخانه املاح به فاصله ۵۰۰ متر از یک دیگر (خروجی شرکت املاح ۱ و خروجی شرکت املاح ۲) و یک ایستگاه مربوط به جاده ای که از میان تالاب میقان عبور می‌کند و کارخانه املاح سولفات سدیم از آن تردد می‌کند. نمونه برداری در ۳ فصل تابستان، پاییز و زمستان سال ۱۳۹۱، از

نتایج میانگین غلظت آهن در ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که حداکثر غلظت آهن  $3/9$  میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به ایستگاه خروجی شرکت املاح  $1$  می‌باشد و حداقل غلظت آن  $0/009$  میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به کانال لجن فعال بود (جدول ۱). بر اساس جدول ۳ استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری برای آهن  $2$  میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. بر اساس جدول ۱ نتایج میانگین غلظت نیکل در ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که حداکثر غلظت نیکل  $6/5$  میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به ایستگاه وسط جزیره  $1$  و وسط جزیره  $2$  و حداقل غلظت آن  $0/0009$  میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به ایستگاه کانال لجن فعال بود. بر اساس جدول ۳ استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری برای نیکل  $2$  میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. حداکثر غلظت مس نیز مربوط به ایستگاه وسط جزیره  $1$  با  $1/5$  میلی‌گرم بر لیتر و حداقل آن مربوط به ایستگاه لجن فعال با غلظت  $0/0009$  میلی‌گرم بر لیتر بود. بر اساس جدول ۳ استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی برای مس  $1$  میلی‌گرم بر لیتر و برای مصارف کشاورزی و آبیاری  $0/2$  میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

محیط زیست در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس جدول ۱، حداکثر میانگین غلظت روی  $1/5$  میلی‌گرم بر لیتر مربوط به نمونه ایستگاه کنار جاده و حداقل میزان غلظت آن  $0/009$  میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به ایستگاه کانال برکه تثبیت بود. بر اساس جدول ۳ استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری برای روی  $2$  میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. حداکثر غلظت آلومینیوم  $1/5$  میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به نمونه ایستگاه محل برخورد کانال‌ها و حداقل غلظت آن  $0/0009$  میلی‌گرم بر لیتر مربوط به ایستگاه وسط جزیره  $1$  و خروجی شرکت املاح  $1$  بود. بر اساس جدول ۳ استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری برای آلومینیوم  $5$  میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. نتایج جدول ۱ همچنین نشان می‌دهد که حداکثر میانگین غلظت کروم  $5/5$  میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به ایستگاه وسط جزیره  $2$  و حداقل آن  $0/0009$  میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به ایستگاه کانال برکه تثبیت بود. بر اساس جدول ۳ استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری  $2$  میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.



جدول ۲- نتایج اندازه‌گیری میانگین غلظت BOD (میلی‌گرم بر لیتر)، COD (میلی‌گرم بر لیتر) و pH در سه فصل تابستان، پاییز و زمستان

COD		BOD		pH		عنصر ایستگاه
۱۲۰	تابستان	۴۶	تابستان	۷/۹۵	تابستان	کانال برکه تثبیت
۹۵	پاییز	۵۱	پاییز	۸/۱۸	پاییز	
۶۸	زمستان	۱۱۴	زمستان	۶/۷	زمستان	
۱۳۶	تابستان	۱	تابستان	۷/۹۵	تابستان	کانال لجن فعال
۲۱	پاییز	۵	پاییز	۷/۷۹	پاییز	
۱۰	زمستان	۲۰	زمستان	۳	زمستان	
۱۲۷	تابستان	۱۷	تابستان	۷/۸	تابستان	محل برخورد کانال‌ها
۹۰	پاییز	۱۵	پاییز	۸/۳۸	پاییز	
۴۳	زمستان	۵۴	زمستان	۶/۹	زمستان	
۱۹۶۸	تابستان	-	تابستان	۹/۲	تابستان	خروجی شرکت املاح ۱
۲۶۰۰	پاییز	۱۶۰۰	پاییز	۷/۹	پاییز	
۱۷۰۰	زمستان	۳۱۸۰	زمستان	۷	زمستان	
۳۲۰۰	تابستان	-	تابستان	۹/۲	تابستان	خروجی شرکت املاح ۲
۳۰۸۰	پاییز	۱۷۰۰	پاییز	۷/۹	پاییز	
۲۰۰۰	زمستان	۳۴۰۰	زمستان	۷	زمستان	
۵۷۲۴	تابستان	-	تابستان	۸/۹	تابستان	وسط جزیره ۱
۱۹۹	پاییز	۸۳	پاییز	۱۳	پاییز	
۱۰۴	زمستان	۲۳۲	زمستان	۷	زمستان	
۵۷۰۰	تابستان	-	تابستان	۸/۱	تابستان	وسط جزیره ۲
۹۹۷	پاییز	۹۰	پاییز	۸	پاییز	
۱۶۰	زمستان	۲۵۴	زمستان	۸	زمستان	
۵۹۱۶	تابستان	-	تابستان	۸/۱	تابستان	کنار جاده
۲۰۸	پاییز	۹۷	پاییز	۸/۷۵	پاییز	
۷۵	زمستان	۱۸۴	زمستان	۷/۸	زمستان	



جدول ۳- استاندارد خروجی فاضلاب (واحد: mg/l به جز pH)

ردیف	مواد آلوده‌کننده	تخلیه به آب‌های سطحی	مصارف کشاورزی و آبیاری
۱	Zn	۲	۲
۲	Fe	۳	۳
۳	Cr	۲	۲
۴	Cu	۱	۰/۲
۵	Al	۵	۵
۶	Ni	۲	۲
۷	pH	۶/۵-۸/۵	۶-۸/۵
۸	BOD	۳۰ (لحظه‌ای ۵۰)	۱۰۰
۹	COD	۶۰ (لحظه‌ای ۱۰۰)	۲۰۰

میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به کانال لجن فعال و در فصل زمستان بود. بر اساس جدول ۳ استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی برای COD ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای مصارف کشاورزی و آبیاری ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

در جداول ۴ تا ۶ نتایج تجزیه همبستگی ساده در فصول تابستان، پاییز و زمستان را نشان می‌دهند.

ضرایب همبستگی به دست آمده بین عناصر آلاینده در فصل تابستان (جدول ۴) نشان می‌دهند که همبستگی بین روی و COD (۰/۷۴)، آهن و کروم (۰/۷۲)، آهن و COD (۰/۷۲)، کروم و نیکل (۰/۸۳) و کروم و COD (۰/۸۱) در سطح ۵٪ معنی‌دار و همسو و بسیار قوی بودند. همبستگی مس با نیکل (۰/۸۷) و COD (۰/۸۰) و نیکل با COD (۰/۸۴) نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار و همسو و بسیار قوی بودند.

بر اساس نتایج بدست آمده در جدول ۲ حداکثر میزان pH مربوط به ایستگاه خروجی شرکت املاح ۲ و در فصل پاییز و حداقل میزان آن مربوط به کانال لجن فعال و در فصل زمستان بود. بر اساس جدول ۳ استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی برای pH ۶/۵-۸/۵ و برای مصارف کشاورزی و آبیاری ۶-۸/۵ می‌باشد. بر اساس جدول ۲ حداکثر BOD ۳۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و در فصل زمستان و مربوط به خروجی شرکت املاح ۲ و حداقل آن ۱ میلی‌گرم بر لیتر و در فصل تابستان و مربوط به کانال لجن فعال بود. بر اساس جدول ۳ استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی برای BOD ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای مصارف کشاورزی و آبیاری ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. بر اساس جدول ۲ حداکثر میزان COD ۵۹۱۶ میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به ایستگاه کنار جاده و در فصل تابستان و حداقل آن ۱۰

جدول ۴- نتایج تجزیه همبستگی ساده در فصل تابستان

BOD	COD	pH	Ni	Al	Cu	Cr	Fe	Zn	
-۰/۳۵ ns	۰/۷۴ *	-۰/۱۳ ns	۰/۳۲ ns	۰/۰۸ ns	۰/۳۶ ns	۰/۵۳ ns	۰/۶۳ ns	۱	Zn
-۰/۵۲ ns	۰/۷۵ *	۰/۱۵ ns	۰/۶۷ ns	-۰/۵۷ ns	۰/۶۳ ns	۰/۷۲ *	۱		Fe
-۰/۴۲ ns	۰/۸۱ *	-۰/۲۲ ns	۰/۸۳ *	۰/۰۰۱ ns	۰/۵ ns	۱			Cr
-۰/۴۳ ns	۰/۸۰ *	-۰/۰۲ ns	۰/۸۷ *	-۰/۵۵ ns	۱				Cu
۰/۳ ns	-۰/۲ ns	-۰/۵ ns	۰/۳ ns	۱					Al
-۰/۴۵ ns	۰/۸۴ **	-۰/۱۵ ns	۱						Ni
-۰/۳۳ ns	۰/۰۰۸ ns	۱							pH
-۰/۵ ns	۱								COD
۱									BOD

ns, \*, \*\* به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی دار و معنی دار در سطح ۵۰ درصد می باشد.

جدول ۵- نتایج تجزیه همبستگی ساده در فصل پاییز

BOD	COD	pH	Ni	Al	Cu	Cr	Fe	Zn	
۰/۵ ns	-۰/۶ ns	-۰/۳ ns	-۰/۷ ns	۰/۷ ns	ns -۰/۴۶	-۰/۶ ns	-۰/۴ ns	۱	Zn
۰/۸۲ *	۰/۷۶ *	۰/۰۹ ns	-۰/۰۰۹ ns	-۰/۳ ns	-۰/۳ ns	-۰/۲ ns	۱		Fe
-۰/۲ ns	ns -۰/۰۵	ns -۰/۱۸	۰/۹۳ **	-۰/۴ ns	۰/۹۴ **	۱			Cr
-۰/۳ ns	-۰/۲ ns	-۰/۲ ns	۰/۹۳ **	-۰/۳ ns	۱				Cu
-۰/۲ ns	-۰/۴ ns	-۰/۱ ns	-۰/۴ ns	۱					Al
۰/۰۲ ns	۰/۱ ns	ns -۰/۰۷	۱						Ni
۰/۶۳ ns	۰/۶۵ ns	۱							pH
۰/۹۷ **	۱								COD
۱									BOD

ns, \*, \*\* به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی دار و معنی دار در سطح ۵۰ درصد می باشد.

جدول ۶- نتایج تجزیه همبستگی ساده در فصل زمستان

BOD	COD	pH	Ni	Al	Cu	Cr	Fe	Zn	
۰/۳ ns	۰/۲ ns	۰/۰۲ ns	۰/۳ ns	-۰/۲ ns	-۰/۱ ns	۰/۳ ns	۰/۲ns	۱	Zn
۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۰۷ ns	-۰/۲ ns	-۰/۴ ns	۰/۲ ns	ns -۰/۱۴	۱		Fe
-۰/۱ ns	ns -۰/۰۹	۰/۰۵ ns	۰/۹۷**	-۰/۰۵ ns	۰/۳ ns	۱			Cr
۰/۳ ns	۰/۲ ns	۰/۹۴**	۰/۲ ns	-۰/۴ ns	۱				Cu
-۰/۰۵ ns	-۰/۴ ns	-۰/۶ ns	-۰/۴ ns	۱					Al
-۰/۳ ns	-۰/۲ ns	۰/۴ ns	۱						Ni
۰/۱ ns	۰/۱ ns	۱							pH
۰/۹۹**	۱								COD
۱									BOD

ns, \*, \*\* به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

### بحث

در مطالعه‌ای که رجایی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی غلظت فلزات سنگین در گرگانرود انجام دادند مشخص شد که غلظت فلز روی در مصب رودخانه از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه بیش تر بود که دلیل آن ورود پساب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی، صنایع و فاضلاب خانگی به تالاب عنوان شد. در مطالعه‌ای که دستجردی و همکاران (۱۳۸۵) بر روی غلظت فلزات سنگین تالاب گاوخونی انجام دادند، مشخص شد که میزان Zn بطور قابل ملاحظه‌ای در آخرین ایستگاه نمونه برداری (۲ کیلومتر بعد از کوه سیاه) نسبت به بقیه ایستگاه‌ها افزایش داشت. این ایستگاه در واقع آخرین نقطه توقف آب و تراکم آلودگی‌ها بود (دستجردی و همکاران،

در فصل پاییز، همبستگی آهن با COD (۰/۷۶) و BOD (۰/۸۲) در سطح ۵٪ معنی‌دار و همسو و بسیار قوی مشاهده شد. همبستگی کروم با مس (۰/۹۴)، نیکل (۰/۹۳)، همبستگی مس با نیکل (۰/۹۳)، COD با BOD (۰/۹۷) در سطح ۱٪ معنی‌دار و همسو و بسیار قوی بودند (جدول ۵). در فصل زمستان، همبستگی آهن با COD و BOD (۰/۹۹)، کروم با نیکل (۰/۹۷)، همبستگی مس با pH (۰/۹۴) و در نهایت همبستگی COD با BOD (۰/۹۹) در سطح ۱٪ معنی‌دار و همسو و بسیار قوی مشاهده شدند (جدول ۶).

کروم عنصری است سمی و سمیت آن به اشکال شیمیایی آن بستگی دارد، به طوری که کروم شش ظرفیتی سمی تر از کروم سه ظرفیتی می باشد. فاکتور های زیستی و غیر زیستی که سبب افزایش کروم شش ظرفیتی می شود، می توانند باعث افزایش سمیت این عنصر در آب گردد. در تحقیقی که رجایی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی غلظت فلزات سنگین آب آشامیدنی مخزن چاه استان سیستان و بلوچستان انجام دادند مشخص شد که غلظت کروم در مخزن ذخیره آب شماره ۱ از سه مخزن مورد مطالعه بالاتر از حد استاندارد بود که علت آن علاوه بر خصوصیات زمین شناسی منطقه مربوط به فعالیت کشاورزی اطراف مخزن مذکور است. نتایج بررسی دستجردی و همکاران (۱۳۸۵) بر روی غلظت فلزات سنگین در آب تالاب گاوخونی مشخص کرد که مقدار غلظت Cr در ایستگاه آب زهکش سجزی به مقدار قابل توجهی بیش تر از مقدار مربوط به ایستگاه آب پل ورزنه بود. این محققین بیان کردند که علاوه بر جریان زاینده رود و آلودگی های مربوط به آن، جریان آلاینده دیگری نیز که همان آب زهکش سجزی است به منطقه تالاب گاوخونی وارد شده و با ورود این جریان در ابتدای تالاب، آلودگی آب رودخانه بیش تر می گردد (دستجردی و همکاران، ۱۳۸۵). در تحقیق حاضر غلظت کروم در ایستگاه های

(۱۳۸۵). در مطالعه حاضر نیز بالاترین مقدار Zn در ایستگاه کنار جاده که آخرین نقطه توقف آب و تراکم آلودگی هاست، مشاهده شد.

گازهای دی اکسید گوگرد و تری اکسید گوگرد در هوا به مرور زمان با رطوبت و آب باران ترکیب شده و موجب تولید یون های هیدروژن می گردند. یون های هیدروژن پس از نفوذ به خاک موجب آزاد سازی آلومینیوم می شوند (سالاری و مظفری، ۲۰۱۰). در نتیجه با توجه به صنعتی بودن شهر اراک و وجود ترکیبات سولفوری در پساب تصفیه خانه و وجود Al در دو ایستگاه کانال برکه تثبیت و ایستگاه لجن فعال و آمیختن این دو کانال به یک دیگر، میزان Al در ایستگاه محل برخورد کانال ها بالاترین مقدار خود را داشت. در تحقیقی که سالاری و همکاران (۱۳۹۰) بر روی تغییرات غلظت آلومینیوم در برخی مناطق صنعتی کرمان انجام دادند مشخص شد که میزان آلومینیوم پساب صنعتی در دو ناحیه مس سرچشمه و صنایع مس باهنر در مقایسه با سایر نواحی و افزایش معنی داری داشت که وجود پساب صنعتی و دود متصاعد شده (ترکیبات سولفوری) از نواحی صنعتی مذکور موجب افزایش تدریجی آلومینیوم در این دو ناحیه شده است (سالاری و مظفری، ۲۰۱۰).

نیکل در منطقه موجود نمی‌باشد، احتمال می‌رود که غلظت نیکل موجود در آب مربوط به ویژگی‌های زمین‌شناسی باشد. بر اساس تحقیق دست‌جمعی و همکاران (۱۳۸۵) بر روی غلظت فلزات سنگین در آب، گیاه و خاک تالاب گاوخونی مشخص شد که غلظت Ni در آب بند شاخ کنار به طور معنی‌داری بیش‌تر از میانگین غلظت آن در برکه‌های واقع در انتهای زاینده‌رود و برکه دیگری که مستقل از تالاب گاوخونی می‌باشد، بود. در این منطقه آب زهکش‌های کشاورزی، که در اثر اجرای عملیات کشاورزی مانند استفاده از علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی فسفات‌ها حاوی مقادیری از فلزات سنگین است وارد جریان رودخانه شده و سبب افزایش غلظت این فلز در محل آب‌بند شاخ کنار می‌گردد. در تحقیق حاضر نیز غلظت فلز نیکل در ایستگاه‌های وسط جزیره ۱ و ۲ بیش‌تر از بقیه ایستگاه‌ها که اطراف تالاب و مربوط به استفاده از علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی باشد که وارد جریان آب تالاب می‌گردد.

مس یکی از عناصر رایج در طبیعت است که بر اثر پدیده‌های طبیعی در محیط زیست به مقدار فراوان یافت می‌شود. بسیاری از ترکیبات مس در رسوبات یا ذرات خاک ته‌نشین شده می‌چسبند. معمولاً پس از فعالیت‌های کشاورزی ترکیبات محلول در آب

داخل تالاب به مقدار قابل توجهی بیش‌تر از ایستگاه‌های مربوط به تصفیه‌خانه بود که احتمال می‌رود این افزایش غلظت علاوه بر خصوصیات زمین‌شناسی منطقه، مربوط به پساب خروجی شرکت املاح و پساب کشاورزی باشد که پس از ورود به تالاب باعث افزایش غلظت Cr در ایستگاه‌های داخل تالاب می‌شود.

در تحقیقی که بابایی و همکاران (۱۳۸۷) بر روی تاثیر پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری بر میزان آلاینده‌های معدنی تالاب انزلی انجام دادند، مشخص شد که میزان Fe در ایستگاه‌های بخش شرقی تالاب نسبت به بقیه ایستگاه‌ها بیش‌تر بود و علت آن ورود پساب شهر صنعتی رشت به بخش شرقی گزارش شد. در تحقیق حاضر غلظت آهن در ایستگاه خروجی شرکت املاح ۱ که به خروجی پساب شرکت املاح نزدیک‌تر است، بیش‌تر بود که علت آن می‌تواند مربوط به نزدیک بودن دو محل مذکور باشد.

غلظت نیکل در محیط زیست به علت مصرف سوخت‌های فسیلی ناشی از نیروگاه‌ها، معادن، پالایشگاه‌ها، سوزاندن مواد زائد و پساب بیمارستانی است. در تحقیقی که رجایی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی غلظت فلزات سنگین مخازن آب سیستان و بلوچستان انجام داده اند مشخص شد با توجه به آن که پارامترهای فوق برای وجود

افزایش میزان بارندگی و افزایش دبی آب است، و بالاترین میزان کیفیت مشاهده می‌شود.

نتایج این پژوهش همچنین نشان دادند که حداکثر میزان فلز Al در فصل پاییز و حداقل آن در فصل تابستان بود. در تحقیقی که رازدار (۱۳۸۹) بر روی میزان فلزات سنگین تالاب امیر کلایه انجام دادند مشخص شد که غلظت فلزات سنگین Al در فصل زمستان به علت افزایش رواناب های سطحی و زهکش های کشاورزی که نتیجه آن شست و شوی آلاینده ها و خاک دارای Al و انتقال آن ها به آبراهه ها و آب تالاب می باشد، از مقادیر بالاتری برخوردار می باشد.

بر اساس تحقیقی که دستجردی و همکاران (۱۳۸۵) بر روی pH و غلظت فلزات سنگین تالاب گاوخونی انجام دادند، مشخص شد که pH در ایستگاه های نمونه برداری رو به افزایش است و از آن جا که جریان آلاینده های ناشی از فعالیت های انسانی، به طور مداوم به سوی تالاب ادامه دارد، غلظت پارامتر مورد بررسی حتی در زمان پر آبی تالاب گاوخونی از مقادیر استاندارد بیشتر است. به نظر می رسد بالا بودن میزان pH در فصل پاییز در پژوهش حاضر نیز علی رغم پایین بودن میزان بارندگی می تواند مربوط به فعالیت های انسانی ناشی از عملیات کشاورزی، صنعتی و شهری دانست.

مس، در محیط آزاد می شوند و مس هم از طریق منابع طبیعی و هم در اثر فعالیت های بشری، در محیط پراکنده می شود (پیری، ۱۳۸۹). بر این اساس، بالا بودن غلظت مس در ایستگاه وسط جزیره ۱ را در تحقیق حاضر می توان در ارتباط با قدرت تبادل آن با ذرات خاک و رسوبات دانست. استفاده از کودهای کشاورزی نیز می تواند یکی دیگر از دلایل بالا بودن غلظت مس در این ایستگاه باشد. چنانچه بر اساس تحقیق پیری (۱۳۸۹) مشخص شد که غلظت مس موجود در تالاب از حد استاندارد بیش تر بود که احتمالاً کودهای کشاورزی و وزش بادهای ۱۰۱ روزه، منابع ورود مس به تالاب بوده اند.

با توجه به نتایج این پژوهش، حداکثر میزان فلزات سنگین Ni, Cu, Cr, Zn در فصل تابستان، و حداکثر میزان Fe در فصل پاییز و حداقل میزان این فلزات در فصل زمستان مشاهده شدند. در تحقیقی که فعال (۱۳۸۷) بر روی منابع آلاینده و کیفیت آب تالاب شادگان انجام داد، مشخص شد که افزایش میزان فلزات سنگین Ni, Fe, Cu, Cr, Zn در فصل تابستان به دلیل تبخیر آب و کاهش بسیار شدید منابع ورودی آب و در فصل پاییز به دلیل ورود املاح و فلزات سنگین از طریق پساب های کشاورزی بالاتر است. همچنین مشخص شد که در فصل زمستان علت کم بودن میزان این فلزات در تالاب به دلیل

در تحقیقی که فعال در سال ۱۳۸۷ بر روی کیفیت آب تالاب شادگان انجام داد، در دو فصل پاییز و بهار (پرآبی و کم‌آبی) نمونه‌برداری انجام شد و BOD, COD را اندازه‌گیری کرد. نتایج تحقیق وی نشان داد که COD در طی چند سال اخیر افزایش چشم‌گیری داشته است. همچنین pH تحت تاثیر تغییرات فصلی و یک سری عوامل طبیعی نوساناتی داشته و در حد قلیایی خیلی ضعیف است. از سویی تغییرات پارامتر BOD از روند خاصی تبعیت نمی‌کند. وی معتقد است که در فصل پاییز، بارندگی منجر به رقیق شدن آلاینده‌ها شده که می‌تواند باعث کاهش در مقدار اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی شود (پیری، ۱۳۸۹). در تحقیق حاضر به نظر می‌رسد بالا بودن BOD و pH در ایستگاه خروجی شرکت املاح ۲ در رابطه با افزایش بارش در فصل پاییز و زمستان باشد.

بر اساس نتایج جدول ۳ تا ۵ عنصر کروم با نیکل در هر سه فصل و کروم با مس فقط در فصل تابستان همبستگی معنی‌دار دارد. مقادیر بالای ضریب همبستگی فلزات سنگین نشان‌دهنده یکسان بودن منبع انتشار این عناصر می‌باشد.

نعیمی مرنندی و همکاران (۱۳۹۲) در تعیین منشأ برخی فلزات سنگین در منطقه نوب آهن اصفهان پژوهشی انجام دادند. طی این تحقیق

در تحقیق Xiaoyun و همکاران (۲۰۱۲) بر روی مدیریت کیفیت آب در دو فصل کم‌آبی و پرآبی بر روی رودخانه Pear چین، مشخص شد که میزان پارامترهای pH, BOD, COD در فصل کم‌آبی بسیار بالاتر از فصل پرآبی بود. کیفیت آب رودخانه در فصل کم‌آبی تحت تاثیر فاضلاب خانگی و فاضلاب صنعتی است، در حالی که در فصل پرآبی، فاضلاب کشاورزی و دامپروری فاکتورهای اصلی آلودگی آب هستند.

نافع و همکاران (۱۳۸۹) بر روی تغییرات کیفی آب رودخانه عباس‌آباد در شهر همدان تحقیق کردند. در این تحقیق BOD, COD pH از طریق چهار ایستگاه نمونه‌برداری در طی دو سال به صورت ماهیانه تعیین مقدار گردید. براساس این تحقیق مشخص شد که میزان BOD با حرکت به سمت پایین رودخانه افزایش می‌یابد که علت این افزایش به دلیل تخلیه برخی فاضلاب‌های انسانی به رودخانه است. همچنین مشخص شد که مقدار COD در فصل تابستان به شدت افزایش یافته است که علت آن کم‌آبی رودخانه و افزایش بار آلودگی ناشی از تخلیه فاضلاب‌های شهری است. بالا بودن COD در فصل تابستان در تالاب میقان نیز می‌تواند به دلیل فرآیند کم‌آبی و از سویی مسئله تخلیه پساب فاضلاب شهری باشد.

در هر سه فصل و کروم با مس فقط در فصل تابستان همبستگی معنی دار دارد. غضبان و خوش اقبال (۱۳۹۰) بیان می‌دارند که عنصر آهن عموماً از فرسایش فیزیکوشیمیایی سنگ مادر یا خاک به وجود می‌آیند و همبستگی بالای این عنصر با فلزات سنگین دیگر نشانگر منشأ طبیعی فلزات سنگین است. در تحقیق حاضر عنصر آهن در فصل تابستان با عنصر کروم همبستگی معنی دار دارد.

بزی و همکاران (۱۳۹۱) بر روی منشأ آلودگی‌های زیست محیطی در رسوبات ساحلی خلیج گواتر پژوهش انجام دادند. آن‌ها همبستگی زیاد بین فلزات سنگین ( Zn, Fe, Cu, Cr, Ni) را گزارش کردند و بیان کردند دلیل این امر عدم تنوع منابع آلودگی در منطقه می‌باشد که مهم‌ترین آن آلودگی‌های ناشی از ریختن زباله و فاضلاب انسانی و صنعتی است. دلیل دیگر این همبستگی زیاد یکنواختی ترکیب ژئوشیمیایی واحدهای زمین‌شناسی منطقه مشخص گردید.

در تحقیقی که خداکرمی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی غلظت فلزات سنگین در خاک‌های حوزه آبخیز استان همدان انجام دادند، بیان کردند که همبستگی بالا بین عناصر می‌تواند ناشی از ورود این عناصر از طریق فعالیت‌های کشاورزی و پساب صنعتی،

ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کروم با نیکل و کروم با مس مشاهده شد و دلیل همبستگی مثبت و بالا بین این عناصر را منشأ یکسان آن‌ها بیان کردند. Facchinelli و همکاران (۲۰۱۲) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین غلظت کروم و نیکل در خاک‌های سطحی ایتالیا گزارش و منشأ احتمالی آن‌ها را در ارتباط با مواد مادری بیان کردند.

ضرایب همبستگی محاسبه شده در رسوبات رودخانه کر توسط کریمی و قاسم‌پور (۱۳۹۱) نشان می‌دهد که عناصر نیکل و کروم با سایر عناصر همبستگی مثبتی داشته‌اند که بیانگر منبع آزادسازی و انتقال یکسان در شرایط نسبتاً مشابه در طول مسیر رودخانه است.

نتایج آنالیز همبستگی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی استان همدان نشان می‌دهد که عناصر کروم و نیکل در سطح معنی‌دار ۹۹٪ با هم همبستگی دارند که نشان‌دهنده منبع مشترک این عناصر می‌باشد. در بسیاری از مطالعات نیز همبستگی معنی‌دار بین این دو فلز حاکی از منبع مشترک آن‌ها می‌باشد. مدنی مبارکه و همکاران (۱۳۸۹) معتقدند که همبستگی بالای بین نیکل و کروم به شباهت آن‌ها در انتقال و تجمع این فلزات نیز اشاره دارد. در تحقیق حاضر عنصر کروم با نیکل



ورود از طریق اتمسفر و یا از طریق مواد مادری خاک باشد.

در تحقیقی که حمزه و زریسیفی (۲۰۱۰) بر روی ژئوشیمی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی خلیج گواتر انجام دادند، بیان کردند که غلظت پایین فلزات سنگین علت اصلی نداشتن ارتباط معنی دار با دیگر عناصر است. همچنین در این تحقیق همبستگی بالای بین کروم با نیکل و مس مورد توجه قرار گرفت. در تحقیق حاضر نیز می توان گفت فلز Zn به دلیل غلظت پایین، با هیچ کدام از فلزات سنگین دیگر همبستگی معنی دار ندارد.

شرایط طبیعی حاکم بر تالاب میقان به گونه ای است که تبخیر و تعرق به ویژه در تابستان گاهی تالاب را تا حد خشکی مطلق پیش می برد و سبب می شود که غلظت مواد نمکی و سایر آلاینده ها به حداکثر برسد. با توجه به ضرایب همبستگی بدست آمده در این پژوهش حداقل بین دو ایستگاه و بیشتر، بین همه عوامل مورد بررسی تفاوت معنی دار وجود داشته است. مسلم است که وقتی چنین شرایط طبیعی بر تالاب حاکم است، ورود انواع مواد آلاینده شهری، کشاورزی و صنعتی هم وضعیت اسف باری ایجاد خواهد کرد و در نهایت افزایش غلظت آلاینده ها با سایر عوامل تهدید تالاب دست به دست هم داده و صدمات جبران ناپذیری بر اکولوژی، بیولوژی و اقتصاد منطقه وارد می کند.

همچنین عوامل مورد بررسی در این پژوهش نشان می دهد در مواقع پرآبی تالاب بیش ترین کیفیت و در مواقع کم آبی کمترین کیفیت را دارد که می توان با تمهیداتی از جمله تعیین حقایق بیشتر در فصل تابستان، کم آبی تالاب در فصل خشک را جبران نمود. در این صورت خودپالایی تالاب نیز در تمامی فصول انجام می گردد و از افزایش مواد آلی و مضر در تالاب جلوگیری می شود و به این ترتیب آلودگی مشاهده شده در کل ایستگاه ها را می توان به حداقل رساند. با توجه به نتایج حاصل، به نظر می رسد عامل اصلی آلودگی تالاب میقان پساب های شهری و کشاورزی ناشی از فعالیت های کشاورزی در حاشیه تالاب باشد. از آن جا که در تحقیق حاضر غلظت فلزات سنگین در ایستگاه های مربوط به تصفیه خانه کمتر از ایستگاه های داخل تالاب می باشد، می توان گفت علت آن به واسطه جنس تشکیلات زمین شناسی خاک منطقه است.

با توجه به اهمیت تالاب میقان در اقلیم منطقه و نیز ویژگی های زیست محیطی آن و نیز با در نظر داشتن نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده روی آب منطقه، لزوم بهره برداری صحیح از منابع آب تغذیه کننده تالاب، جلوگیری از مصرف بی رویه آب در این حوزه، جلوگیری از آلوده شدن آب های ورودی به تالاب، انتقال آب سالم به میزان

کافی جهت احیای آن، کنترل طرح‌های صنعتی و کشاورزی در حاشیه تالاب، بررسی بیش از پیش شرایط زیست محیطی آن و نیز اثر عوامل آلاینده بر گونه‌های زیستی تالاب، برنامه‌ریزی‌های لازم نظیر اختصاص منابع مالی برای توسعه پایدار

تالاب احساس می‌گردد. علاوه بر این باید در جهت افزایش دانش و ارتقاء آگاهی عمومی در خصوص تالاب‌ها و ارزش‌ها و فواید استفاده صحیح از آن‌ها اقدامات لازم انجام گیرد.

## منابع

- انصاری، ا.، ریاضی، ب. و کرمی، م. (۱۳۸۹). ارزیابی زیستگاه زمستان گذرانی درنای معمولی در تالاب میقان اراک. اولین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران. سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور. اراک.
- بابایی، ه.، خداپرست، ح. و شوندشت، ج. (۱۳۸۷). تاثیر پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری بر میزان آلاینده‌های معدنی تالاب بین‌المللی انزلی. اولین همایش ملی تالاب‌های ایران، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز.
- بزی، ع.، رضایی، ح. و الیاس پور، ن. (۱۳۹۱). منشا آلودگی‌های زیست محیطی در رسوبات ساحلی خلیج گواتر. اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران. چابهار.
- پیری، ح. (۱۳۸۹). بررسی غلظت عناصر سنگین نیکل، مس، کادمیوم، جیوه، سرب، در تالاب‌هامون. همایش ملی تالاب‌های ایران، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز.
- حمزه، م. و زریسفی، ا. (۱۳۸۹). مطالعه هیدروژئوشیمی برخی عناصر سمی در پساب کارخانه زغالشویی زرنند. زمین‌شناسی کاربردی. (۶) ۳: ۱۸۲-۱۹۴.
- حیدری، ا.، فوهر، ن. و یوکی، ن.ک. (۱۳۹۰). بررسی عملکرد تالاب‌ها تحت تاثیر کاربری اراضی بالادست، (مطالعه موردی: هیگاشی هیروشیما- ژاپن)، محیط زیست طبیعی، شماره (۱) ۶۴: ۱۵-۲۴.
- خداکرمی، ل.، سفیانیان، ع. و. میرغفاری، ن. (۱۳۹۰). کاربرد سنجش از دور چند زمانی در تعیین سطح زیر کشت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. (۱۵) ۵۸: ۲۱۵-۲۳۱.

- خسروی، م.، بهرامی فر، ن. و قاسم پوری، م. (۱۳۹۰). بررسی آلودگی فلزات سنگین در رسوب سه بخش تالاب انزلی. سلامت و محیط. ۴(۲): ۲۲۳-۲۳۲.
- خوش اقبال، م. (۱۳۹۰). بررسی منشأ آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی. محیط شناسی. ۳۷(۵۷): ۴۵-۵۶.
- دستجردی، م.، شنبه زاده، س. و ذهب صنیعی، ا. (۱۳۸۵). بررسی غلظت فلزات سنگین در آب، خاک و گیاهان تالاب گاوخونی. تحقیقات نظام سلامت ۲(۱): ۱-۶.
- رازدار، ب. (۱۳۸۹). بررسی کیفیت آب تالاب امیرکلاهی از نظر میزان فلزات سنگین. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشگاه تهران. تهران.
- رجایی، ق.، جهان تیغ، ح. و میر، ع. (۱۳۹۰). بررسی غلظت فلزات سنگین در مخازن آب چاه های نیمه استان سیستان و بلوچستان. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. ۹۰(۲۲): ۹۰-۱۰۵-۱۱۲.
- سالاری، ح.، مظفری، ح. و کلانتری، خ. (۱۳۹۰). بررسی زیست محیطی تغییرات غلظت فلز سمی آلومینیوم در مناطق صنعتی. علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۳(۱): ۲۳-۳۷.
- سنجر، ف. (۱۳۸۹). بررسی ارزش های زیست محیطی تالاب‌ها. همایش ملی مقابله با بیابان زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران، استان مرکزی. اراک.
- غضبان، ف. و خوش اقبال، م. (۱۳۹۰). بررسی منشأ آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی. محیط شناسی ۳۷(۵۷): ۴۵-۵۶.
- فعال، ز. (۱۳۸۷). بررسی منابع آلاینده و کیفیت آب تالاب شادگان بر اساس نظام شاخص کیفیت آب. اولین همایش ملی تالاب‌های ایران، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز.
- کاظمی‌نژاد، پ. (۱۳۸۹). آلودگی تالاب‌ها و چالش های ناشی از آن و بررسی آلاینده تالاب هورالعظیم. دومین همایش ملی تالاب‌های ایران، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز.
- کریمی، م. و قاسمپور، م. (۱۳۹۱). توزیع ژئوشیمیایی و میزان آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه کر. زمین شناسی کاربردی. ۸(۲): ۱۳۳-۱۴۵.

مدنی مبارکه، ا.، سفیانیان، ع.، میرغفاری، ن. و خداکرمی، ل. (۱۳۸۹). تعیین توزیع مکانی آهن، کبالت و وانادیوم در خاک سطحی استان همدان. همایش ملی ژئوماتیک. سازمان نقشه برداری کشور. تهران.

نافع، م.، هاشمی، م.، قادری، ف. و ریاحی خرم، م. (۱۳۸۹). ارزیابی تغییرات کیفی آب رودخانه عباس آباد در شهر همدان. همایش ملی سلامت، محیط زیست و توسعه پایدار. دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس.

نعیمی مرندی، س.، ایوبی، ش. و عظیم زاده، ب. (۱۳۹۲). تعیین منشاء برخی فلزات سنگین با استفاده از آمار چند متغیره و زمین آمار در منطقه صنعتی نوب آهن اصفهان، جلد (۳) ۲۷: ۵۶۰-۵۶۹.

Altingda, A. and Yigiti, S. (2005). Assessment of Heavy metals concentrations in the food web of lake Beysehir. Turkey Chemosphere 60 (2): 522-556.

American public Health Association (APHA). (1998). Standard methods for examination of water and wastewater. p: 150-346.

Christian, B. and Sekomo, E. (2011). Fate of heavy metals in urban natural wetland: The Nyabugogo Swamp (Rwanda). Water, Air, Soil pollutant Journal 214(1-4): 321-333.

Facchinelli A., Sacchi E. and Mallen L. 2001. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. Environmental Pollution, 114:313-324.

Xiaoyun, F., Baoshan, C., Kejiang, Z. and Zhiming, Z. (2012). Water quality management based on division of dry and wet seasons in Pear river delta, China. CLEAN: Soil, Air, Water Journal 40(4): 338 -393.