

# Environmental Impacts of Aras River Pollution

## ARTICLE INFO

### Article Type

Original Research

### Authors

Safizadeh E.<sup>1</sup> MA,  
Karimi D.<sup>\*2</sup> PhD,  
Ghafarzadeh HR.<sup>2</sup> PhD,  
Poorhashemi SA.<sup>1</sup> PhD

### How to cite this article

Safizadeh E, Karimi D, Ghafarzadeh HR, Poorhashemi SA. Environmental Impacts of Aras River Pollution. Geographical Researches. 2020;35(2):167-176.

<sup>1</sup>Department of Environmental Law, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Department of Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

### \*Correspondence

Address: Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch of Islamic Azad University, End of Shahid Sattari Highway, Tehran, Iran. Postal Code: 1477893855.

Phone: +98 (21) 44279100

Fax: +98 (21) 44212533

d-karimi@srbiau.ac.ir

### Article History

Received: March 01, 2020

Accepted: June 17, 2020

ePublished: June 17, 2020

## ABSTRACT

**Aims & Backgrounds** The purpose of this study is to investigate the environmental impacts of Aras River pollution.

**Methodology** First, the physicochemical properties of river water were measured in the vicinity of industrial zones. This is an applied survey carried out through sampling and laboratory experiments. Sampling was performed from mid-2018 to mid-2019 and at selected stations. Three water samples were taken at each station. Atomic absorption spectroscopy. The concentrations of Nitrate, Nitrite, and TDS were measured with a spectrophotometer. Calcium, Sodium, and Potassium concentrations were measured using Flame Photometer and the remainder were measured by professional devices. All sampling process was repeated four times and the average number was recorded for each station.

**Findings** The results showed that the lowest recorded electrical conductivity was 0.789 while the highest was 2.346 ds / m, unsuitability of soil, and water for irrigation. The measured total solids content was 1211 mg / l indicates a moderate limitation in terms of salinity. The average recorded pH was 8.17, which is within the national permitted range and standard of the World Health Organization. The concentration of Nitrate and Nitrite is more than the maximum amount of the permitted range. The concentration of Potassium is in the standard range. According to the obtained mean (64 mg / l), the concentration of Calcium and Cadmium is within both national permitted range and international standard range, eith64mg/l, and 0.8 µg/l, respectively. While that of Lead (µg / l 0.09) is just within the standard range.

**Conclusion** Discharge of agricultural, industrial, and municipal wastewater into the river in upper parts of the study area is the biggest threat to the lower parts environment.

**Keywords** Environmental Pollution; Physico-Chemical Properties; Heavy Metals; Aras River

## CITATION LINKS

[Abraham GMS, Parker RJ; 2008] Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree ...; [Cool G, et al; 2010] Evaluation of the vulnerability to contamination of drinking water systems ...; [Forsythe DP; 2012] Human rights in international ...; [Guo Y, et al; 2009] Heavy metal contamination from electronic waste recycling ...; [Huang J, et al; 2014] E-waste disposal effects on the aquatic environment ...; [Imanpour Namin J, et al; 2011] Heavy metals Cu, Zn, Cd, Pb, in tissue. liver of *Esox lucius* and sediment from ...; [Ishay MR; 2008] The history of human rights: From ancient ...; [Jhajharia D, et al; 2011] Trends in reference evapotranspiration in humid ...; [Manikannan R, et al; 2011] Seasonal variations of physics- chemical properties ...; [Mohammadkhani H, Gholampoor Enayat T; 2015] Investigation of phytoplankton in the Caspian sea ...; [Qihang W, et al; 2015] Heavy metal contamination of soil and water in the vicinity ...; [Peng JF, et al; 2009] The remediation of heavy metals contaminated ...; [Rao GS, Rao, GN; 2010] Study on groundwater quality in greater Visakhapatnam ...; [Rostamabadi A, Jalali S; 2014] Water resources management in new legal ...; [Simeonov V, et al; 2004] Chemometric quality assessment of surface waters ...; [Song Q, Li J; 2014] Environmental effects of heavy metals derived from ...; [Steinberg GM, et al; 2012] Best practices for human rights and humanitarian ...; [United States Environmental Protection Agency; 2007] National recommended water quality ...; [Virginie B; 2016] National sovereignty over natural resources, environmental ...; [Wang J, et al; 2013] Assessment of the potential ecological risk of heavy metals ...; [World Health Organization; 2017] Guidelines for drinking-water ...

## جنبه‌های محیط زیستی آلودگی‌های محیطی رودخانه ارس

### ابراهیم صفی زاده MA

گروه حقوق محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

### داریوش کریمی\* PhD

گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

### حمیدرضا غفارزاده PhD

گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

### سیدعباس پوره‌اشمی PhD

گروه حقوق محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

### چکیده

**اهداف و زمینه‌ها:** هدف از این تحقیق، بررسی ابعاد محیط زیستی مرتبط با آلودگی‌های رودخانه ارس است.

**روش‌شناسی:** در ابتدا ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آب رودخانه در مجاورت با صنایع سنجش شد. در ادامه با بررسی قوانین و اسناد فرادستی در خصوص جنبه‌های حقوقی و محیط زیستی آن بحث گردید. این تحقیق از نوع کاربردی و به‌روش پیمایشی و از طریق نمونه‌برداری و انجام مطالعات آزمایشگاهی انجام شده است. نمونه‌برداری از اوایل سال ۱۳۹۷ تا اواسط سال ۱۳۹۸ و در ایستگاه‌های منتخب انجام شد. در هر ایستگاه ۳ نمونه آب برداشت شد. اندازه‌گیری فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی انجام و غلظت نیترات، نیتريت و کل مواد جامد با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. غلظت کلسیم، سدیم و پتاسیم با دستگاه Flame Photometer و مابقی موارد نیز با دستگاه‌های تخصصی سنجش شدند. تمامی نمونه‌برداری‌ها چهاربار تکرار شدند و عدد میانگین برای هر ایستگاه اعلام شد.

**یافته‌ها:** نتایج بیانگر آن بوده است که کمترین میزان هدایت الکتریکی در نمونه‌های اندازه‌گیری شده ۰/۷۸۹ و بیشترین آنها ۲/۳۴۶ ds/m است که نشانگر محدودیت بالای خاک و آب برای آبیاری گیاهان است. کل مواد جامد نیز با ۱۲۱ mg/l نشانگر محدودیت متوسط برای شوری است. درباره pH میانگین ثبت شده ۸/۱۷ است که در محدوده مجاز ملی و استاندارد سازمان بهداشت جهانی است، نیترات و نیتريت، بالاتر از محدوده مجاز قرار دارند. پتاسیم، در محدوده استاندارد قرار دارد. کلسیم، با توجه به میانگین حاصله (۶۴ mg/l) می‌توان عنوان نمود که این پارامتر در محدوده مجاز و استاندارد قرار دارد. سرب (۰/۰۹ µg/l) در محدوده استاندارد قرار دارد. کادمیوم (µg/l) ۰/۸، نیز در محدوده مجاز و استاندارد قرار دارد.

**نتیجه‌گیری:** ورود فاضلاب کشاورزی، صنعتی و شهری در بالادست منطقه مطالعاتی، بزرگ‌ترین تهدید برای محیط زیست پایین‌دست به شمار می‌رود.

**کلیدواژه‌ها:** آلودگی محیطی، ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، فلزات سنگین، رودخانه ارس، رعایت حق‌آبه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۸

\*نویسنده مسئول: d-karimi@srbiau.ac.ir

### مقدمه

به‌طور کلی وجود منابع آب سالم و عاری از آلودگی پیش‌نیاز

ضروری و اساسی برای حفظ محیط زیست و رشد و توسعه است. به‌علت روند رو به رشد افزایش جمعیت، گسترش مراکز صنعتی، توسعه بافت‌های شهری و روستایی و فعالیت‌های انسانی، تولید پساب صنعتی، زه‌آب‌های کشاورزی و انواع فاضلاب‌های بیمارستانی، خانگی و تخلیه آنها به منابع آبی پذیرنده، بدون رعایت موازین و ملاحظات حفاظت از محیط‌زیست منابع آبی، کیفیت منابع آب را به شدت مورد تهدید قرار می‌دهد. در ۲۸ ژوئیه سال ۲۰۱۰ مجمع عمومی سازمان ملل در قطعنامه RES/A/۶۶/۲۹ با رأی موافق، بدون مخالف، ۴۱ رأی ممتنع و ۲۹ غایب اعلام نمود که برخورداری از آب آشامیدنی سالم و تمیز و بهداشتی برای برخورداری کامل از زندگی حق ضروری انسان‌ها است. طبق مصوبه میثاق اقتصادی اجتماعی سازمان ملل آب و امکانات بهداشتی برای هر فرد برای استفاده شخصی و خانگی (شستن لباس، آماده‌سازی مواد غذایی و بهداشت شخصی و خانگی) باید به‌طور مداوم و کافی در دسترس است [Steinberg et al, 2012]. میزان آب کافی شامل بین ۵۰ و ۱۰۰ لیتر آب در برای هر فرد در هر روز تعیین شده تا اطمینان حاصل شود که بسیاری از نیازهای اساسی برآورده و نگرانی‌های بهداشتی به وجود نمی‌آیند. بسیاری از مردم که در طبقه‌بندی افراد فاقد دسترسی به آب تمیز قرار دارند در حدود ۵ لیتر در روز (یک‌دهم مقدار متوسط روزانه کشورهای ثروتمند) آب سالم دسترس هستند [WHO, 2017]. در سال ۲۰۰۶ طبق گزارش برنامه توسعه سازمان ملل به‌دلیل بحران جهانی آب، سطح بحران آب در برخی از کشورها در حد فراتر از کمبود یعنی (حدود ۲ لیتر آب سالم سرانه در روز برای آماده‌سازی مواد غذایی) تعیین شده است. در سال ۲۰۰۳ نیاز اساسی آب آشامیدنی یک زن شیرده که درگیر در فعالیت فیزیکی است به‌طور متوسط ۷/۵ لیتر در روز اعلام شده بود [USEPA, 2007].

ضرورت زندگی اجتماعی بشر نیازمند مدیریت بهینه منابع و مهار پیش از بحران کمبود منابع است که مسئله "آب" و به دنبال آن "آلودگی منابع آبی" از عمده‌ترین چالش‌های فراروی زندگی بشر، خصوصاً کشور ایران است. این چالش‌ها در آینده می‌توانند در سطوح کلان عرصه‌های نظم عمومی خدمات اجتماعی را تهدید کنند و لذا نیازمند حضور و مداخله و نظارت دولت است به استناد ماده یک آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب ۱۳۷۳/۲/۱۸ آلودگی، تغییر مواد محلول یا معلق یا تغییر درجه حرارت و دیگر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب در حدی که آن را برای مصرفی که برای آن مقرر است مضر یا غیر مفید سازد. آلودگی، به‌طور کلی به معنای واردشدن یا واردکردن مواد زیانبار، سمی یا انرژی (گرمایی یا صوتی) در محیط زیست انسان، حیوان یا گیاه، در اندازه‌های بیش از حد مجاز و بیرون از توان زیستی آنهاست که سبب مخاطره‌آمیزشدن منابع زیستی و به‌خطرافتادن زندگی و سلامتی جانداران شود [Rostamabadi & Jalali, 2014]. کیفیت آب رودخانه از نگرانی‌های مهم محیط زیستی و بهداشتی

سنگین به هر عنصر شیمیایی فلزی که دارای چگالی نسبتاً زیادی باشد و همچنین در غلظت‌های پایین سمی باشند، اطلاق می‌شود. فلزات سنگین از عناصر سازنده پوسته زمین هستند و دچار تخریب و یا فرسایش نمی‌شوند. این فلزات که از جمله آلاینده‌های زیست‌محیطی هستند، در اندازه بسیار کم، از طریق غذا، آب آشامیدنی و یا هوا وارد بدن ما می‌شوند و می‌توانند مسمومیت‌های مزمن و بعضاً حاد خطرناکی را ایجاد نماید [Jhajharia et al, 2011]. فلزات سنگین در محیط‌های آبی بسیار پایداری دارند [Imanpour Namin et al, 2011]. با توجه به اهمیت فلزات سنگین در محیط‌های آبی، تعیین میزان غلظت این فلزات در محیط‌هایی همچون رودخانه‌های آب شیرین ضروری است [Qihang et al, 2015]. در خصوص میزان فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی و همچنین پیامدهای ناشی از آنها، مطالعات متعددی در سطح جهان صورت گرفته است که از آن جمله به موارد زیر می‌توان اشاره داشت:

گروهی از محققان، غلظت‌های جیوه، کادمیوم، نیکل، سرب، مس و آرسنیک را در نمونه‌های جمع‌آوری شده از رودخانه لیانژیانگ بررسی کردند نتایج نشان داد غلظت فلزات سنگین در فصل بارندگی زیاد و در فصل خشک کم است. غلظت مس در آب‌های سطحی ناحیه ۲/۴ تا ۱۳۱ برابر غلظت مرجع بود و پس از مس به ترتیب نیکل، کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک بیشترین غلظت را داشتند. با وجود این، در مقایسه با استاندارد زیست‌محیطی چین، ابتدا کادمیوم و سپس جیوه و سرب و مس به‌عنوان مضرترین عناصر شناخته شدند. غلظت مس در نمونه‌های رسوبی ۳/۲ تا ۴۲۹ برابر غلظت مرجع بود و پس از مس به ترتیب نیکل، جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک بیشترین غلظت را داشتند [Guo et al, 2009]. عده‌ای دیگر از کارشناسان، بررسی اثرات دفع پسماندهای الکتریکی بر محیط‌های آبی در آکرای غنا را انجام دادند. نتایج نشان داد که مقدار فلزات سنگینی مانند سرب، کادمیوم، مس و روی در نمونه‌های آبی بسیار زیاد است. همچنین، روش‌های قدیمی بازیافت پسماندهای الکتریکی نیز منجر به آزادسازی این فلزات سنگین می‌شود. سرعت فلزات سنگین و آلاینده‌های آزاد شده از پسماندهای الکتریکی که به رسوبات می‌چسبند و از این طریق وارد محیط‌های آبی می‌شوند به‌شدت به pH بستگی دارد [Huang et al, 2014]. در تحقیقی دیگر، تأثیرات محیطی فلزات سنگین آزاد شده از بازیافت پسماندهای الکتریکی در چین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر آن بود که چهار نوع فلز سنگین مس، سرب، کادمیوم و کروم از پسماندهای الکتریکی آزاد شدند. برای محافظت از محیط باید عملیات بازیافت پسماندهای الکتریکی را که منجر به آزادسازی فلزات سنگین در محیط می‌شوند کنترل کرد [Song & Li, 2014].

در قوانین برخی از کشورها همانند فرانسه، مجارستان، چک اسلواکی، کنترل آلودگی آب را به‌عنوان بخشی از کل مسائل مربوط به آب تلقی می‌شود، در حالی که کشورهایی نظیر سوئیس، هلند،

است زیرا که یکی از منابع عمده آب شیرین موجود برای مصرف انسان است [Simeonov et al, 2004]. آلودگی آب مهم‌ترین تهدید برای کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به شمار می‌آید. فعالیت‌های صنعتی در مقیاس بزرگ و تولید انواع ترکیبات شیمیایی باعث کاهش کیفیت محیط زیست در سطح جهانی شده است [Cool et al, 2010]. با نگرش به محدودبودن آب شیرین در سراسر جهان و نقش فعالیت‌های انسانی در کاهش کیفیت آب، حفاظت از این منابع آب به‌عنوان اولویت اصلی در قرن ۲۱ در نظر گرفته شده است [USEPA, 2007]. امروزه محافظت از منابع آب، اولویت نخست سازمان‌های زیست محیطی است. دسترسی به آب‌های شیرین غیرآلوده یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های فراروی بشر در سالین پیش‌رو خواهد بود. در سال ۲۰۰۳ حدود ۱/۲ میلیارد نفر در جهان به آب شرب پاکیزه دسترسی نداشته‌اند و احتمالاً در نیمه قرن اخیر حدود ۲ تا ۷ میلیارد نفر در کشورهای کم آب جهان زندگی خواهند کرد [Cool et al, 2010]. کیفیت آب سطحی داده‌های مهمی در مورد منابع موجود برای حمایت از زندگی در این اکوسیستم فراهم می‌کند [Manikannan et al, 2011]. ترکیب فیزیکی شیمیایی آب‌های سطحی تحت تأثیر عوامل و پارامترهای گوناگونی نظیر عوامل طبیعی (بارندگی، زمین‌شناسی منطقه، آب و هوا و توپوگرافی) و عوامل انسانی (فاضلاب‌های شهری، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی) است. افزایش آلودگی آب‌های سطحی نه تنها کیفیت آب را کاهش می‌دهد، بلکه موجب تهدید سلامت انسان، برهم خوردن توازن اکوسیستم‌های آبی و همچنین مختل شدن توسعه اقتصادی و رفاه اجتماعی می‌شود. اکوسیستم‌های آبی به‌طور طبیعی دریافت‌کننده نهایی فلزات سنگین هستند [Peng et al, 2009]. برخی از فلزات برای انسان سرطان‌زا هستند. در فصل بارش در اثر ورود رواناب کشاورزی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی غلظت این عناصر در آب می‌تواند به حد بالایی برسد [Guo et al, 2009]. بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب، شاخص مناسبی برای تعیین قابلیت مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، صنعت، خدمات و شستشو و نظافت است [WHO, 2017]. افت کیفی منابع آب از بسیاری جهات بر منابع طبیعی دیگر نیز تأثیر می‌گذارد، از جمله باعث کاهش تولیدات کشاورزی، به‌هم ریختن ساختار خاک، تغییر شرایط اقلیمی و ایجاد مشکلات برای سلامتی انسان‌ها می‌شود.

ورود مواد آلاینده به اکوسیستم‌های آبی، هم عرصه‌های طبیعی را با خطر مواجه می‌کند و هم سلامت ساکنان اطراف محل آلودگی را تهدید می‌کند. مواد آلوده‌کننده‌ای که از فعالیت‌های معدن‌کاوی و پساب‌های حاوی فلزات سنگین وارد محیط می‌شوند، به خاک و سفره آب‌های زیرزمینی نفوذ کرده و بر سلامت منطقه و مردم تأثیرات منفی بر جای می‌گذارند. بی‌توجهی به چنین آلودگی‌هایی، نه تنها موجب به خطر افتادن سلامت مردم محلی، بلکه موجب به خطر افتادن سلامت بخش بزرگی از جامعه خواهد شد. فلزات

ارزیابی آثار زیست‌محیطی پیش از آغاز فعالیت یا طرحی که ممکن است آثار زیانبار زیست‌محیطی درخور توجه به بار آورد، باید آثار زیست‌محیطی که از اجرای طرح مذکور حاصل می‌شود، ارزیابی شود تا توسعه، حداقل زیان‌های جانبی را داشته است و پایداری را تضمین کند؛ بنابراین ارزیابی زیست‌محیطی به انجام‌دادن طرح‌ها و تدوین راه‌کارهای لازم برای کاهش زیان‌های جانبی حاصل از اجرای طرح‌ها کمک کرده و در مجموع امتیاز اجرای طرح را بیشتر می‌کند [Forsythe, 2012].

**ب) تعقیب و رسیدگی:** یعنی در صورت تخلف از مقررات، دادگاه‌های داخلی و بین‌المللی باید مجازات‌های کم و بیش سنگینی را برای کشتی‌های مجرم و دولت متبوع در نظر گیرند.

**پ) جبران پولی خسارت وارده:** یعنی کشتی مجرم و دولت متبوع وی باید خسارت وارده به پلاژها، ماهی‌ها، خرچنگ‌ها و پرندگان آلوده یا از بین رفتن را نقداً جبران نمایند.

بررسی‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که با احداث سدهای متعدد در مسیر رودخانه ارس به‌عنوان رودخانه‌ای بین‌المللی که از کشورهای مختلف عبور کرده و در پایین‌دست وارد مرزهای ایران می‌شود، منجر به کاهش حجم آب دریافتی از یک سو و دریافت آبی با کاهش کیفیت شده است. ورود مواد شیمیایی سمی به رودخانه در اثر توسط فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی کشورهای بالادست می‌تواند سلامت و نیز فعالیت‌های اقتصادی ساکنان استان آذربایجان را مورد مخاطره قرار داده و اکوسیستم‌های این استان را با خطر نابودی مواجه کند. به این دلیل ضروری است تا در خصوص شرایط موجود رودخانه ارس کند و کاوی شده و با توجه به آراء دادگاه‌های بین‌المللی، ادعای آتی و احتمالی ایران در این خصوص مورد بررسی قرار گیرد. یکی از مشکلات و نقایصی که در قانون وجود دارد قوانین مربوط به مبحث آلودگی آب‌ها و پراکندگی تدوین مقررات مربوط به آن است.

با توجه به آن که حوضه آبریز ارس، سه استان شمال غربی کشور را پوشش می‌دهد و منبع آبی مهمی برای این منطقه به شمار می‌رود و نظر به تعدد و تنوع فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی در حاشیه این رودخانه، در این تحقیق ویژگی‌ها و خصوصیات فیزیکی شیمیایی این رودخانه مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از انجام این تحقیق، تعیین پارامترها، غلظت عناصر و فلزات سنگین و در نهایت سنجش و ارزیابی وضع موجود رودخانه ارس از طریق مقایسه با استانداردهای ملی و بین‌المللی است.

## روش‌شناسی

### معرفی منطقه مطالعاتی

این تحقیق از نوع کاربردی و به‌روش پیمایشی و از طریق نمونه‌برداری و انجام مطالعات آزمایشگاهی صورت گرفته است. در بخش نخست، اقدام به اندازه‌گیری و سنجش بار آلودگی رودخانه ارس شد. سپس، با مراجعه به اسناد حقوقی و قوانین و مقررات موجود، در خصوص جنبه‌های مربوط به حقوق محیط زیست

بلژیک، این مسئله را جدا از دیگر مسائل آب بررسی می‌کنند. ضرورت پیشگیری و کاهش آلودگی آب، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های بسیاری از کشورهای اروپایی است و به تدریج با گذشت زمان، قوانین بسیاری پیرامون حفاظت از محیط زیست یا کنترل آلودگی آب وضع شده است. امروزه کمتر کشوری یافت می‌شود که درباره جلوگیری از آلودگی آب‌ها قانونی خاص یا عام وضع نکرده باشد. "قانون کنترل آلودگی" ۱۹۷۴ انگلستان، "قانون سیاست ملی محیط زیست" ۱۹۷۰ ایالات متحده آمریکا، "قانون بنیادی محیط زیست" ۱۹۷۶ ونزوئلا و "قانون بنیادی کنترل آلودگی محیط زیست" ۱۹۷۰ ژاپن نمونه‌هایی از این قوانین هستند. به‌صورت کلی آرای حقوقی مباحث محیط زیست بر اصول مانند استفاده منصفانه، اصل احتیاط، اصل پیشگیری و اصل عدم سوءاستفاده استوار است. اصل احتیاط یکی از اصول مهم و بنیادین حقوق بین‌الملل محیط زیست است این اصل در برخی از اسناد حقوقی زیست‌محیطی از جمله منشور جهانی سازمان ملل در مورد طبیعت ۱۹۸۲ و اعلامیه ریو ۱۹۹۲ مورد شناسایی قرار گرفته است که در حقیقت به معنای اتخاذ احتیاط در مواقعی است که پیامد زیانبار یک فعالیت با قطعیت علمی همراه نیست. ماده ۱۵ کنفرانس ریو به‌منظور حفظ محیط زیست، مواردی را بیان کرده که آنها را می‌توان به اصل احتیاطی در حفاظت از محیط زیست تعبیر کرد:

کلیه کشورها موظف‌اند ضوابط و معیارهای پیشگیری را به‌طور جامع مورد استفاده قرار دهند. در این بند توجه به توان هر دولت نشانگر مسئولیت مشترک اما متفاوت دولت‌هاست.

کلیه کشورها موظف‌اند در جاهایی که خطر جدی بوده یا مسائل و مشکلات ناشناخته باعث زیان شد را مورد بررسی قرار دهند.

چشم‌پوشی از اعمال ضوابط به‌دلیل پرهزینه‌بودن آن قابل قبول نیست [Ishay, 2008].

مبارزه علیه آلودگی آب‌ها که هم جنبه بین‌المللی و هم جنبه داخلی به خود گرفته است، شامل سه مرحله است:

**الف) اصل پیشگیری؛** در کنار اصل احتیاط یک مفهوم ایجاد شده که هنوز به اصل تبدیل نشده است و آن مفهوم پیشگیری است. تفاوت آن با اصل احتیاط وجود قطعیت است که با وجود قطعیت علمی پیشگیری از آسیب و آلودگی ضروری می‌نماید [Virginie, 2016]. پیشگیری/جلوگیری عبارت است از مجموعه اقداماتی که در ذهن تصور می‌کنیم تا با عملی‌نمودن آنها مانع از بروز حوادث و یا کاهش خسارات شویم. ضوابط و مقررات زیست‌محیطی باید علل نابودی محیط زیست را پیش‌بینی کرده و از آنها جلوگیری کنند. به‌طور تقریب همه اسناد حقوق بین‌الملل محیط زیست اصل جلوگیری از تخریب محیط زیست را به‌عنوان یک حقیقت، واقعیت بخشیده‌اند که بیشتر آنها راجع به آلودگی دریاها، آب‌های داخلی، هوا یا حفاظت از منابع زنده است. اصل جلوگیری مستلزم استفاده از فنون ویژه از قبیل تجزیه و تحلیل احتمال خطر و پس از آن ارزیابی پیامدهای به‌جا مانده از فعالیت‌های انجام‌یافته است.

ضریب بار آلودگی نیز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$PLI = \sqrt[n]{CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times \dots \times CF_n} \quad (2)$$

C: ضریب آلودگی؛ n: تعداد فلزات؛ C<sub>background</sub>: غلظت عنصر در نمونه زمینه؛ C<sub>sample</sub>: غلظت عنصر در نمونه برداشت شده است.

CF>1، نشان دهنده وجود آلودگی در رسوبات است.

CF<1، به معنی عدم آلودگی است.

در صورتی که PLI نزدیک به ۱ باشد، نشان‌دهنده این است که بار یا غلظت فلزات سنگین نزدیک به غلظت زمینه و اگر بیش از ۱ باشد، نشان‌دهنده این است که رسوب آلوده است [Wang et al, 2013].

### آنالیز آماری

به منظور بررسی چگونگی توزیع داده‌ها از نرم‌افزار SPSS.18 و برای تعیین همبستگی از آزمون اسپیرمن استفاده شد. همچنین آنالیز همبستگی دومتغیره برای توصیف ارتباط بین پارامترها به کار برده شد. ضریب همبستگی بالا (نزدیک +۱ و -۱) به معنی همبستگی بالا بین دو جفت متغیر است و مقادیر نزدیک به صفر بیانگر عدم ارتباط بین دو متغیر در یک سطح معنی‌دار P < ۰/۰۵ است. به‌طور صریح می‌توان گفت، پارامترهایی که r بزرگ‌تر از ۰/۷ نشان می‌دهند، به‌صورت همبستگی قوی، r بین ۰/۵ تا ۰/۷ همبستگی متوسط و r کوچک‌تر از ۰/۵ همبستگی ضعیف در نظر گرفته می‌شوند. همبستگی قوی بین عناصر، مشخص‌کننده منابع ورودی مشابه یا رفتار ژئوشیمیایی مشابه یون‌ها است.

### تحلیل داده‌ها

به منظور تحلیل و تفسیر نتایج، از مقایسه تطبیقی داده‌ها با جداول استاندارد آلاینده‌ها استفاده شد. جدول ۲ استاندارد آلاینده‌ها و پارامترها را نشان می‌دهد. رودخانه ارس یکی از رودخانه مهم ایران است، که در نوار مرزی شمال غرب کشور ایران واقع شده است. این رودخانه از ارتفاعات مین گول در جنوب ارزروم در کشور ترکیه سرچشمه می‌گیرد و با گذشتن از سه کشور ایران، ارمنستان و آذربایجان با طی مسافت ۱۰۷۲ کیلومتر به رودخانه کورا در آذربایجان و سپس به دریای خزر می‌ریزد. رودخانه ارس دارای مواد بستری درشت دانه با شیب به نسبت زیاد، عمق کم و برخی موارد عرض زیاد، عموماً در حوزه میانی و یا منطقه کوهستانی قرار دارد. وسعت حوضه آبریز ارس، ۱۰۲۰۰۰ کیلومتر مربع بوده که ۴۱٪ آن (۳۹۴۷۸ کیلومتر مربع) مربوط به اراضی کشور ایران است. مرتفع‌ترین نقطه در این حوضه قله سبلان با ۴۸۱۱ متر و پست‌ترین آن با ارتفاع ۲۰ متر در محل خروجی رودخانه ارس واقع در مرز ایران و جمهوری آذربایجان قرار دارد. حوضه آبریز رود ارس در ایران، ۲۲٪ وسعت حوضه آبریز دریای خزر را تشکیل می‌دهد [Mohammadkhani & Gholampoor Enayat, 2015]. رژیم آبی این رودخانه به‌طور عمده ناشی از ذوب برف و همچنین جریان‌های به‌دست‌آمده از بارندگی و وجود چشمه‌های طبیعی متعدد است. حداکثر دبی اندازه‌گیری‌شده رودخانه ارس در سال‌های معمولی ۱۱۰۰ متر مکعب در ثانیه در محل سد ارس و

تحلیل صورت گرفت. نمونه‌برداری از اوایل سال ۱۳۹۷ تا اواسط سال ۱۳۹۸ و در ایستگاه‌های منتخب انجام گرفت. این مناطق براساس بازدیدهای صورت‌گرفته و همچنین مطالعه اسناد، مدارک و گزارش‌ها به‌عنوان کانون‌های پراکنش آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی در نظر گرفته شدند. به علاوه به جهت اطمینان از انتخاب مناسب، با مراجعه به سازمان‌های ذی‌ربط نظیر منابع طبیعی، اداره کل محیط زیست، شیلات و آب منطقه‌ای در خصوص هر یک از ایستگاه‌های منتخب بررسی و تایید نهایی صورت گرفت. جدول ۱، نام و مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱) نام سدهای مورد مطالعه در حوضه آبریز ارس (تا سال ۱۳۹۸)

ردیف	نام ایستگاه/عنوان سد	استان	نام رودخانه
۱	بابا احمد	آذربایجان غربی	بابا احمد
۲	آق زمان	اردبیل	خارج بستر قره‌سو
۳	انار	اردبیل	خارج بستر انارچای
۴	اینالو	اردبیل	چشمه اطراف
۵	بیگ باغلو	اردبیل	بیگ باغلو
۶	چوخو رزمی	آذربایجان شرقی	زنوزچای
۷	زنوز	آذربایجان شرقی	زنوزچای
۸	شیخ احمد	اردبیل	شیخ احمدچای

ظروف نمونه‌برداری از جنس پلیمر ۱ لیتری در نظر گرفته شد که قبل از نمونه‌برداری به‌طور کامل مورد شستشو قرار گرفتند. نمونه‌ها از فاصله ۲ متری لبه آب و ۲۰ سانتی‌متری عمق رودخانه برداشت شدند. در هر ایستگاه ۳ نمونه آب برداشت شد. یکی برای اندازه‌گیری فلزات سنگین، یکی برای اندازه‌گیری نیترات، نیتریت، EC، TDS، BOD و دیگری هم برای اندازه‌گیری مواد معدنی نظیر Na، Ca، K. نمونه مربوط به فلزات سنگین با استفاده از اسید نیتریک غلیظ تا pH کمتر از ۲ اسیدی شد تا از رسوب احتمالی کاتیون‌ها و رشد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری شود و همچنین جذب سطحی به وسیله دیواره‌های ظرف به حداقل برسد. در ادامه، نمونه‌ها به آزمایشگاه معتمد منتقل شدند. اندازه‌گیری فلزات سنگین آهن (Fe)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، کرم (Cr)، مس (Zn)، منگنز (Mn)، کبالت (Co)، توسط دستگاه جذب اتمی انجام شد. همچنین غلظت نیترات، نیتریت و کل مواد جامد (TDS) با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. غلظت کلسیم (Ca)، سدیم (Na) و پتاسیم (K) با دستگاه Flame Photometer و مابقی موارد نیز با دستگاه‌های تخصصی سنجش شدند. تمامی نمونه‌برداری‌ها چهاربار تکرار شدند و عدد میانگین برای هر ایستگاه اعلام شد.

### ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی

ضریب آلودگی از نسبت غلظت عنصر از نمونه برداشت‌شده به غلظت همان عنصر در نمونه زمینه به‌دست می‌آید [Abraham & Parker, 2008].

$$CF = \frac{C_{sample}}{C_{background}} \quad (1)$$

مکعب در محل سد ارس و نزدیک به ۲۵۰ متر مکعب در ثانیه در محل سد انحرافی میل مغان گزارش شده است. عمده مصرف آب رودخانه مربوط به کشاورزی و دامپروری است.

۱۶۰۰ متر مکعب در ثانیه در محل سد انحرافی میل مغان و حداقل دبی رودخانه در سال‌های خشک در محل سد ارس ۳۲ متر مکعب در ثانیه گزارش شده است. دبی متوسط این رودخانه ۱۸۳ متر

جدول ۲) استانداردهای کیفی پارامترهای آب (سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی) [WHO, 2017]

پارامتر / استاندارد	استاندارد سازمان بهداشت جهانی	حد مجاز ملی	حد مطلوب ملی
نیترات (میلیگرم بر لیتر)	۵۰	۵۰	۷۰
نیتريت (میلیگرم بر لیتر)	۰/۵	۰/۵	۱
pH	۶/۵ - ۸/۵	۷ - ۸/۵	۶/۵ - ۹
کل مواد جامد	۱۴۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰
سدیم (میلیگرم بر لیتر)	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
پتاسیم (میلیگرم بر لیتر)	۱۲	۱۲	۱۴
کلسیم (میلیگرم بر لیتر)	۲۰۰	۲۰۰	۳۵۰
سرب (میکروگرم بر لیتر)	۱۰	۱۰	۲۰
کادمیوم (میکروگرم بر لیتر)	۳	۳	۵
آهن (میلیگرم بر لیتر)	۳۰۰	۳۰۰	۴۰۰
منگنز (میلیگرم بر لیتر)	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰

## یافته‌ها

در ایستگاه شماره ۱ (سد بابااحمد) و بیشترین میزان ۰/۹۸ میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه شماره ۷ (سد زنوز) اندازه‌گیری شده است، میانگین آن ۰/۶۷ بوده است. در خصوص هدایت الکتریکی (EC)، کمترین میزان اندازه‌گیری شده ۷۸۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و در ایستگاه شماره ۲ (آق‌زمان) و بیشترین میزان متعلق به ایستگاه زنوز با ۲۳۶۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده است و میانگین ۱۶۴۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده است.

نتایج حاصل از پارامترهای فیزیکی شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه از پایین دست سدهای منتخب رودخانه ارس در جدول ۳ ارائه شده است. براساس یافته‌های پژوهش، دامنه غلظت نیترات (NO<sub>3</sub>) ۲۶ تا ۷۱۷ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۳۲۳ بوده است. بیشترین میزان نیترات در ایستگاه شماره ۷ (سد زنوز) و کمترین میزان نیترات در ایستگاه شماره ۱ (سد بابااحمد) ثبت شده است. در مورد نیتريت (NO<sub>2</sub>)، کمترین میزان آن ۰/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر

جدول ۳) آماره توصیفی پارامترهای فیزیکی شیمیایی نمونه‌های استخراج شده از پایین دست سدهای مورد مطالعه در رودخانه ارس

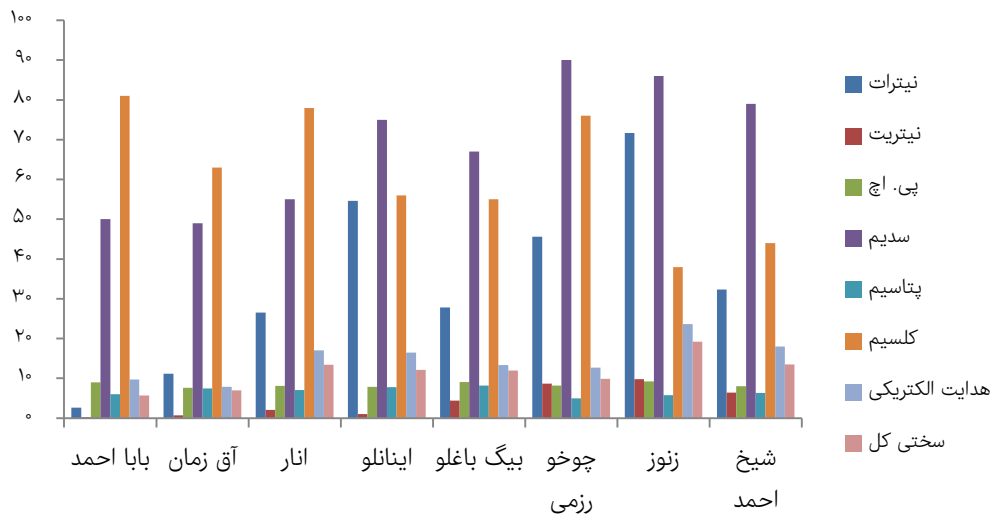
پارامتر	واحد	تعداد نمونه	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
نیترات (NO <sub>3</sub> )	mg/L	۴	۲۶	۷۱۷	۳۲۳	۱۸۷/۶۴
نیتريت (NO <sub>2</sub> )	mg/L	۴	۰/۰۲	۰/۹۸	۰/۶۷	۰/۴۵
هدایت الکتریکی (EC)	μS/cm	۴	۷۸۹	۲۳۶۴	۱۶۴۵	۳۴۵/۶۶
pH	-	۴	۷/۶۴	۹/۲۳	۸/۱۷	۰/۴۳
سدیم (Na)	mg/L	۴	۴۹	۹۰	۶۷	۱۱/۱
پتاسیم (K)	mg/L	۴	۵/۸	۸/۲	۷/۵	۰/۵۶
کلسیم (Ca)	mg/L	۴	۳۸	۸۱	۶۴	۱۱/۴۶
کل مواد جامد (TDS)	mg/L	۴	۵۶۸	۱۹۲۰	۱۳۱۱	۴۶۹/۰۷
سرب (Pb)	μg/L	۴	۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۹	۲۳/۲
کادمیوم (Cd)	μg/L	۴	۰/۰۲	۱/۷۸	۰/۸	۱۵/۱۱
مس (Cu)	μg/L	۴	۰/۶	۲۹/۱	۱۱/۷	۵/۹۷
منگنز (Mn)	μg/L	۴	۶/۷	۸۸/۱۶	۷/۹	۱۸/۶۳
کرم (Cr)	μg/L	۴	۹/۶۶	۳۸/۲۶	۱۲/۴۵	۹/۶۷
کبالت (Co)	μg/L	۴	۱۲/۷۸	۱۸۱/۳۶	۵۷/۸۹	۳۴/۷۴
آهن (Fe)	μg/L	۴	۷/۶	۲۹۲/۳۱	۸۸/۹۲	۸۷/۱۷
روی (Zn)	μg/L	۴	۱/۹	۶۹/۸۷	۱۱/۸۷	۱۱/۵۳

چوخورزی و میانگین ۶۷ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. در مورد پتاسیم (K) نیز، کمترین میزان ۵/۸ میلی‌گرم بر لیتر متعلق به سد بابااحمد و بیشترین میزان ۸/۲ میلی‌گرم بر لیتر متعلق به سد زنوز است، میانگین این پارامتر ۷/۵ بوده است.

در خصوص pH کمترین میزان ۷/۶۴ متعلق به سد آق‌زمان و بیشترین میزان متعلق به سد زنوز با ۹/۲۳ و میانگین نیز ۸/۱۷ بوده است. در مورد سدیم (Na) نیز کمترین میزان ۴۹ میلی‌گرم بر لیتر متعلق به سد آق‌زمان و بیشترین میزان ۹۰ متعلق به سد

سد بابا احمد اندازه‌گیری شده است، میانگین این پارامتر ۶۴ بوده است.

همچنین؛ در مورد کلسیم (Ca)، کمترین میزان ۳۸ میلی‌گرم بر لیتر متعلق به سد زوز و بیشترین میزان ۸۱ میلی‌گرم بر لیتر در



نمودار ۱) مقایسه‌ای پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های منتخب (۱۳۹۷-۹۸)

از سوی دیگر، میان نترات، نیتريت، سدیم، کلسیم، پتاسیم، کل مواد جامد همبستگی وجود دارد. ولیکن پارامتر pH دارای هیچگونه همبستگی با سایر پارامترها نبود. از آنجا که شوری آب تابعی از دو پارامتر هدایت الکتریکی و کل مواد جامد است، به نحوی که هدایت الکتریکی کمتر از ۰/۷۵ ds/m محدودیتی برای رشد گیاهان ایجاد نمی‌کند و محدوده بین ۰/۷-۳ ds/m نشانگر محدودیت متوسط و نرخ بالاتر از ۳ ds/m نشانگر محدودیت زیاد است، با مقایسه نتایج تحقیق مشخص می‌شود، کمترین میزان هدایت الکتریکی در نمونه‌های اندازه‌گیری شده ۰/۷۸۹ و بیشترین آنها ۲/۳۴ ds/m است که در اصل نشانگر محدودیت بالای خاک و آب برای آبیاری گیاهان است.

کل مواد جامد (TDS) با کمترین میزان ۵۶۸ میلی‌گرم بر لیتر در سد بابا احمد و بیشترین میزان در سد زوز با ۱۹۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شده است. نمودار ۱ دامنه تغییرات و بیشترین و کمترین میزان غلظت پارامترها را در ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. ماتریس همبستگی به‌دست‌آمده در جدول ۴ نشان داده شده است. مطابق این جدول بین پارامترهای هدایت الکتریکی (EC) کل مواد جامد (TDS) و فلزات سنگین همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. از سوی دیگر، میان پارامتر آهن (Fe) و هدایت الکتریکی (EC) همبستگی در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. همچنین میان پارامترهای کلسیم و پتاسیم در سطح ۰/۰۱ همبستگی وجود دارد.

جدول ۴) نتایج آنالیز همبستگی پیرسون پارامترهای اندازه‌گیری شده در منطقه مطالعاتی (۱۳۹۷-۹۸)

پارامترها	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	EC	pH	Na	K	Ca	TDS	Pb	Cd	Cu	Mn	Cr	Co	Fe	Zn
NO <sub>3</sub>	۱															
NO <sub>2</sub>	* ۰/۷۱	۱														
EC	۰/۳۶	۰/۱۷	۱													
pH	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۴۲	۱												
Na	۰/۴۸	۰/۴۷	* ۰/۷۹	-۰/۲۳	۱											
K	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۰۰	* ۰/۶۶	۱										
Ca	۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۸۱	۱									
TDS	۰/۵۷	۰/۵۹	۱	-۰/۲۶	* ۰/۷۹	۰/۱۸	۰/۱۱	۱								
Pb	۰/۴۶	۰/۳۲	۰/۰۰	-۰/۶۳	۰/۴۲	۰/۱۲	۰/۲۶	۰/۷۹	۱							
Cd	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۰	-۰/۴۳	۰/۲۶	۰/۵۳	۰/۳۴	۰/۷۸	۰/۴۲	۱						
Cu	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۰	-۰/۳۲	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۰۸	۰/۵۳	۰/۲۹	۱					
Mn	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۰	-۰/۳۲	۰/۱۱	* ۰/۶۷	-۰/۲۱	۰/۸۳	* ۰/۶۹	۰/۵۵	۰/۰۵	۱				
Cr	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۰۰	-۰/۳۱	۰/۰۲	۰/۱۴	-۰/۲۳	۰/۸۴	۰/۵۸	* ۰/۶۸	۰/۳۶	۰/۲۵	۱			
Co	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۰۰	-۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۴۱	۰/۱۲	۰/۷۹	* ۰/۶۹	۰/۵۸	۰/۴	۰/۱۹	۰/۳۷	۱		
Fe	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۸	* ۰/۶۴	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۱	
Zn	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵۳	۰/۰۱	۰/۷۹	۰/۳۲	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۴۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۱

راهنما: ♦ همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ / \* همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

حاصله در سطح منطقه مطالعاتی ( $7/0 \text{ mg/l}$ ) می‌توان عنوان نمود که این پارامتر در محدوده مجاز و استاندارد قرار دارد. در خصوص کلسیم، می‌توان عنوان نمود که استاندارد سازمان بهداشت جهانی و حد مجاز ملی برای این پارامتر،  $200 \text{ mg/l}$  و حد مطلوب ملی  $350 \text{ mg/l}$  تعیین شده است. با توجه به میانگین حاصله در سطح منطقه مطالعاتی ( $64 \text{ mg/l}$ ) می‌توان عنوان نمود که این پارامتر در محدوده مجاز و استاندارد قرار دارد. حتی حد بیشینه منطقه ( $83 \text{ mg/l}$ ) نیز در محدوده مجاز قرار دارد. در خصوص فلزات سنگین؛ در مورد عنصر سرب، استاندارد سازمان بهداشت جهانی و حد مجاز ملی برای این پارامتر،  $10 \mu\text{g/l}$  و حد مطلوب ملی  $20 \mu\text{g/l}$  تعیین شده است. با توجه به میانگین حاصله در سطح منطقه مطالعاتی ( $0/09 \mu\text{g/l}$ ) می‌توان عنوان نمود که این پارامتر در محدوده مجاز و استاندارد قرار دارد. حتی حد بیشینه منطقه ( $0/2 \mu\text{g/l}$ ) نیز در محدوده مجاز قرار دارد. در خصوص فلزات سنگین؛ در مورد عنصر کادمیوم، استاندارد سازمان بهداشت جهانی و حد مجاز ملی برای این پارامتر،  $3 \mu\text{g/l}$  و حد مطلوب ملی  $05 \mu\text{g/l}$  تعیین شده است. با توجه به میانگین حاصله در سطح منطقه مطالعاتی ( $0/8 \mu\text{g/l}$ ) می‌توان عنوان نمود که این پارامتر در محدوده مجاز و استاندارد قرار دارد. حتی حد بیشینه منطقه ( $1/78 \mu\text{g/l}$ ) نیز در محدوده مجاز قرار دارد. در خصوص آهن، می‌توان عنوان نمود که استاندارد سازمان بهداشت جهانی و حد مجاز ملی برای این پارامتر،  $300 \text{ mg/l}$  و حد مطلوب ملی  $400 \text{ mg/l}$  تعیین شده است. با توجه به میانگین حاصله در سطح منطقه مطالعاتی ( $7/9 \text{ mg/l}$ ) می‌توان عنوان نمود که این پارامتر در محدوده مجاز و استاندارد قرار دارد. حتی حد بیشینه منطقه ( $88 \text{ mg/l}$ ) نیز در محدوده مجاز قرار دارد. در خصوص منگنز، می‌توان عنوان نمود که استاندارد سازمان بهداشت جهانی و حد مجاز ملی برای این پارامتر،  $400 \text{ mg/l}$  و حد مطلوب ملی  $400 \text{ mg/l}$  تعیین شده است. با توجه به میانگین حاصله در سطح منطقه مطالعاتی ( $88/92 \text{ mg/l}$ ) می‌توان عنوان نمود که این پارامتر در محدوده مجاز و استاندارد قرار دارد. حتی حد بیشینه منطقه ( $292 \text{ mg/l}$ ) نیز در محدوده مجاز قرار دارد. در نهایت آنکه هیچ یک از فلزات سنگین مورد مطالعه در محدوده طرح، از استاندارد در نظر گرفته شده فراتر نبودند. متأسفانه عدم رعایت ملاحظات محیط زیستی و بهداشتی منجر به ایجاد و انتشار آلودگی در رودخانه ارس شده است. این مورد برخلاف مفاد کنوانسیون هلسینکی (۱۹۹۶)، کنوانسیون بوداپست (۱۹۹۸) است. اعلامیه استکهلم (۱۹۹۲)، کنفرانس سازمان ملل متحد (۱۹۷۷) به مشارکت، توزیع، استفاده، اداره و بهره‌برداری منصفانه و معقول منابع آبی مشترک اشاره دارد. همچنین؛ وضعیت فعلی؛ با اصل ۱۵ کنفرانس ریو (۱۹۹۲) که اشاره بر «اصل احتیاط» در مراودات بین‌المللی دارد و اصل ۱۷ که بر «پیشگیری» از آلودگی محیط زیست دلالت دارد نیز در تضاد است. نتایج مستخرج از این تحقیق، با برخی تحقیقات داخلی مشابهت دارد. البته باید یادآور

از سوی دیگر، کل مواد جامد نیز به‌عنوان پارامتر دوم اثرگذار بر شوری آب مطرح است. بر این اساس، در صورت کم‌تر بودن نرخ اندازه‌گیری‌شده از  $450 \text{ mg/l}$  نشانگر عدم محدودیت و محدوده بین  $450-2000 \text{ mg/l}$  نشان‌دهنده محدودیت متوسط و بالاتر از  $2000 \text{ mg/l}$  نشانگر محدودیت شدید است. نتایج نشان می‌دهد که میانگین اندازه‌گیری‌شده برای این پارامتر در منطقه مطالعاتی،  $1211 \text{ mg/l}$  است که نشانگر محدودیت متوسط برای شوری است. البته نتایج حاکی از آن است که به استثنای سد بابااحمد، سایر مناطق دارای محدودیت متوسط به بالا برای این پارامتر هستند. به علاوه حد مجاز ملی برای این پارامتر  $1000 \text{ mg/l}$  و حد مطلوب ملی  $1500 \text{ mg/l}$  است که میانگین حاصل ( $1211 \text{ mg/l}$ ) از این محدوده فراتر بوده است. همچنین؛ در خصوص pH میانگین ثبت‌شده برای محدوده مطالعاتی  $8/17$  است که در محدوده مجاز ملی و استاندارد سازمان بهداشت جهانی است، ولیکن در ۲ نقطه (بیگ باغلو و زوز) از محدوده مطلوب و مجاز ملی فراتر بوده است.

### بحث

نتایج حاصل را از چند جنبه می‌توان مورد بحث قرار داد. یکی از دیدگاه ایجاد آلودگی‌های محیطی است. با بررسی نتایج می‌توان عنوان نمود که میزان سدیم، پتاسیم و نیترات تقریباً در تمامی ایستگاه‌ها بالا بوده است. با توجه به وجود همبستگی بین نیترات و نیتریت، و یکسان بودن منابع آنها و تبدیل نیترات به نیتریت طی فرآیند شیمیایی می‌توان نتیجه گرفت بالا بودن غلظت این متغیرها به دلیل استفاده بی‌رویه از سموم و کودهای شیمیایی استفاده‌شده در کشاورزی و همچنین ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی می‌تواند باشد. در مورد هدایت الکتریکی و کل مواد جامد نزدیک بودن متغیرهای تاثیرگذار بر این دو متغیر می‌تواند نشان دهنده یکسان بودن منابع تاثیرگذار بر آنها باشد که بیشترین آن آلودگی ناشی از ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی است. از آنجا که سدیم یکی از عوامل اصلی شکل‌گیری هدایت الکتریکی است [Rao & Rao, 2010] همبستگی میان سدیم و هدایت الکتریکی ناشی از تاثیر مستقیم سدیم بر میزان هدایت الکتریکی است. در مورد نیترات، حد مجاز سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی  $50 \text{ mg/l}$  است که میانگین محدوده مطالعاتی دارای  $323 \text{ mg/l}$  بوده است و نیز در مورد نیتریت، حد مجاز سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی عدد  $0/5 \text{ mg/l}$  است که میانگین اندازه‌گیری‌شده  $0/77 \text{ mg/l}$  است. هر دو مورد بیانگر بالاتر بودن از حد مجاز است که طبیعتاً جهت استفاده به‌عنوان آب شرب و یا آبیاری برای کشاورزی مستلزم به کارگیری روش‌های تصفیه است.

در خصوص پتاسیم، می‌توان عنوان نمود که استاندارد سازمان بهداشت جهانی و حد مجاز ملی برای این پارامتر،  $12 \text{ mg/l}$  و حد مطلوب ملی  $14 \text{ mg/l}$  تعیین شده است. با توجه به میانگین



**سهم نویسندگان:** ابراهیم صفی‌زاده (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی (۴۰٪)؛ داریوش کریمی (نویسنده دوم)، پژوهشگر کمکی/نگارنده بحث اصلی (۲۰٪)؛ حمیدرضا غفارزاده (نویسنده سوم)، تحلیلگر آماری (۲۰٪)؛ سیدعباس پورهاشمی (نویسنده چهارم)، تحلیلگر آماری (۲۰٪).

**منابع مالی:** این مقاله برگرفته از رساله دکتری تخصصی در زمینه حقوق محیط زیست است که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و توسط تیم تحقیق انجام شده است. تمامی هزینه‌های این رساله بر عهده نفر اول بوده است.

## منابع

- Abraham GMS, Parker RJ (2008). Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree contamination in marine sediments from Tamaki, Estuary, Auckland, New Zealand. *Environmental Monitoring and Assessment*. 136:227-238.
- Cool G, Rodriguez M, Bouchard Ch, Levallois P, Jerin F (2010). Evaluation of the vulnerability to contamination of drinking water systems for rural regions in Que'bec, Canada. *Journal of Environmental Planning and Management*. 53(5):615-638.
- Forsythe DP (2012). *Human rights in international relations*. 3<sup>rd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Guo Y, Huang C, Zhang H, Dong Q (2009). Heavy metal contamination from electronic waste recycling at Guiyu, Southeastern China. *Journal of Environmental Quality*. 38(4):1617-1626.
- Huang J, Nkrumah P, Anim D, Mensah E (2014). E-waste disposal effects on the aquatic environment: Accra, Ghana. In: Whitacre D, editor. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Berlin: Springer, Cham. 229:19-34
- Imanpour Namin J, Mohammadi M, Heydari S, Monsefrad F (2011). Heavy metals Cu, Zn, Cd, Pb, in tissue. liver of *Esox lucius* and sediment from the Anzali international lagoon- Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 9(1):1-8.
- Ishay MR (2008). *The history of human rights: From ancient times to the globalization era*. 2<sup>nd</sup> ed. Berkeley: University of California Press.
- Jhajharia D, Dinpashoh Y, Kahya E, Singh VP, Fakheri-Fard A (2011). Trends in reference evapotranspiration in humid region of northeast India. *Hydrological Processes*. 26(3):421-435.
- Manikannan R, Asokan S, Samsoor-Ali AM (2011). Seasonal variations of physics- chemical properties of the great Vedaranyam swamp, point Calimeter wildlife sanctuary, South-east coast of India. *African Journal of Environmental Sciences and Technology*. 5(9):673-681.
- Mohammadkhani H, Gholampoor Enayat T (2015). Investigation of phytoplankton in the Caspian sea basin (Gorgan Bay). *Journal of New Technologies in Aquaculture Development*. 11(4):15-30.
- Peng JF, Song YH, Yuan P, Cui XY, Qiu GL (2009). The remediation of heavy metals contaminated sediment. *Journal of Hazard Materials*. 161(2-3):633-640.
- Qihang W, Leung j, Xinhua G, Shejun Ch, Xuexia H, Haiyan L, et al (2015). Heavy metal contamination of soil and water in the vicinity of an abandoned e-waste recycling site: Implications for dissemination of heavy metals. *Science of The Total Environment*. 506-507:217-225.
- Rao GS, Rao, GN (2010). Study on groundwater quality in greater Visakhapatnam city, Andhra Pradesh (India).

شد که تحقیقات گذشته دقیقاً با اهداف و روش مورد استفاده در این تحقیق مشابه نبوده و بنابراین امکان مقایسه نتایج نیز به سادگی امکان‌پذیر نیست. ولیکن؛ می‌توان چنین عنوان نمود که یافته‌های [Imanpour Namin et al, 2011] تا حدی با نتایج حاضر مطابقت دارد. طی سال‌های اخیر ورود پساب‌های مختلف از بالادست (از جمله ارمنستان) مانند فاضلاب‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی موجب شده تا آلودگی‌های شیمیایی و میکروبی خطرناک وارد رودخانه ارس شده و مشکلات عدیده محیط‌زیستی برای بخش‌های مختلف کشاورزی و بهداشتی منطقه به خصوص شهر جلفا شود. ارمنستان و آذربایجان بیش از ۷۰٪ مصرف آب شیرین خود را صرف کشاورزی می‌کنند در حالی‌که گرجستان میزان آب شیرین بیشتری را صرف فعالیت صنعتی می‌نماید. بدیهی است که کیفیت آب ارس در مسیر عبور خود از این کشورها پذیرای آلودگی‌های شیمیایی سموم کشاورزی و کودهای شیمیایی، فاضلاب‌های انسانی و نیز آلودگی‌های صنعتی می‌شود. از سوی دیگر، برداشت بیش از حد منابع آبی و تاثیر کاهش حق‌آبه و آلودگی رودخانه ارس بر محیط زیست منطقه را نمی‌توان نادیده گرفت که مغایر با اصل ۱۲۱ اعلامیه اجلاس ملل متحد برای محیط‌زیست، مبنی بر عدم حق برهم زدن تعادل طبیعت و محیط است. از یک سو، آشکار است که میزان حق‌آبه (برداشت آب در منابع بالادست) به درستی رعایت نشده است. به طوری که سهم یک میلیارد و ۸۵۰ میلیون متر مکعب در سال ایران از رود ارس، با احداث سدهای متعدد در مسیر رود در کشورهای بالادست، تغییر اقلیم و کاهش میزان بارندگی از نظر میزان آب ورودی و نیز کیفیت آب رود ارس در اثر فعالیت‌های انسانی در حوضچه کورا- ارس از منظر مردم کشور پایین‌دست نه‌تنها می‌تواند کیفیت زندگی و معاش مردم شمال غربی ایران را مورد تهدید قرار دهد، بلکه می‌تواند بر تنوع زیستی، جنگل‌زدایی و تخریب سرزمین این حوزه آبی تاثیر گذارد.

## نتیجه‌گیری

آلودگی ورودی از بالادست به رودخانه ارس بدون شک می‌تواند بهداشت و معیشت مردم پایین‌دست و نیز اکوسیستم منطقه را تحت تاثیر قرار داده و آثار زیانباری برای اراضی کشاورزی منطقه برجای گذارد. چرا که آب رودخانه ارس منبع تأمین آب کشاورزی و آشامیدنی بسیاری از شهرهای استان‌های آذربایجان شرقی، غربی و اردبیل آذربایجان است. در این خصوص، پایبندی به تعهدات بین‌المللی و نظارت بیشتر بر منابع اصلی انتشار آلودگی از سوی دولت‌های ذی‌نفع به‌عنوان یک الزام مطرح است.

**تشکر و قدردانی:** موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

**تأییدیه اخلاقی:** موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

**تعارض منافع:** موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

- United States Environmental Protection Agency [Internet]. National recommended water quality criteria. United State Environmental Protection Agency. [Published 2007, 23 May]. Washington, D.C: USEPA Publications.
- Virginie B (2016). National sovereignty over natural resources, environmental challenges and sustainable development. In: Morgera E, Kulovesi K, editors. Research Handbook on International Law and Natural Resources.
- Wang J, Liu W, Yang R, Zhang L (2013). Assessment of the potential ecological risk of heavy metals in reclaimed soils at an open cast coal mine. Disaster Advances. 6(S3):366-377.
- World Health Organization (2017). Guidelines for drinking-water quality. 4<sup>rd</sup> ed. Geneva: WHO Press.
- Journal of Environment Science Engineering, 52(2):137-146.
- Rostamabadi A, Jalali S (2014). Water resources management in new legal order. 1<sup>st</sup> ed. Tehran: Amirkabir University Publications. [in Persian]
- Simeonov V, Simeonova P, Tsitouridou R (2004). Chemometric quality assessment of surface waters two case studies. Chemical and Engineering Ecology. 11(6):449-469.
- Song Q, Li J (2014). Environmental effects of heavy metals derived from the e-waste recycling activities in China: a systematic review. Waste Management. 34(12):2587-2594.
- Steinberg GM, Herzberg A, Berman J (2012). Best practices for human rights and humanitarian NGO fact-finding. Leiden: Brill | Nijhoff Publisher.