ارزیابی و سنجش آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب گندمان

چکیده

اکوسیستم تالاب‌ها ازجمله آثار طبیعی و گردشگری هر کشور به شمار می‌روند. این اکوسیستم‌ها دارای ویژگی‌های بوم‌شناختی ویژه‌ای بوده که به دلیل شرایط خاص آب‌وخاک، تالاب‌ها دارای تنوع زیستی منحصربه‌فرد می‌باشد. تالاب گندمان یکی از تالاب‌های بااهمیت و اکوسیستم‌های غنی در استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد. کم‌توجهی به وضعیت این تالاب باعث ایجاد مشکلات و چالش‌هایی در این اکوسیستم شده است. یکی از این مشکلات ورود پساب‌های کشاورزی به محیط تالاب و درنتیجه آلودگی تالاب به فلزات سنگین می‌باشد. رسوبات به‌عنوان اصلی‌ترین جاذب آلاینده‌ها دارای اهمیت بسیاری می‌باشند. بدین منظور مطالعه حاضر به‌منظور سنجش فلزات سنگین سرب، کادمیوم، مس و روی در رسوبات ورودی و خروجی تالاب انجام‌شده است. تعداد ۲۴ نمونه رسوب از ورودی‌های گاوکش و قلعه ارمنی و خروجی اشکفت زلیخا در دو فصل تابستان و پاییز سال ۱۳۹۷ برداشت گردید. پس از مشخص شدن میزان عناصر در رسوبات جهت تعیین شدت آلودگی از شاخص انباشت ژیوشیمیایی مولر و جهت بررسی حد مجاز آلودگی عناصر در رسوبات از استاندارد کیفیت رسوب آمریکا (NOAA)، کیفیت رسوب کانادا (ISQGs) و استاندارد محیط‌زیست کانادا استفاده شد. نتایج شاخص انباشت ژیوشیمیایی مولر نشان داد رسوبات تالاب ازنظر عنصر کادمیوم در متوسط تا زیاد قرار داشته ولی ازنظر عناصر سرب، مس و روی در طبقه غیر آلوده قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین عناصر رسوبات نشان داد که دو شاخص کیفیت رسوب کانادا و شاخص محیط‌زیست کانادا میزان کادمیوم رسوبات تالاب را بالاتر از حد مجاز تشخیص داده ولی ازنظر سایر عناصر رسوبات تالاب دارای آلودگی نمی‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تی تک نمونه نیز تائید کننده نتایج شاخص‌های استاندارد کیفیت رسوب می‌باشد.

واژگان کلیدی: استاندارد کیفیت رسوب آمریکا، استاندارد کیفیت رسوب کانادا، استاندارد محیط‌زیست کانادا، فلزات سنگین، آلودگی رسوبات.

مصطفی انصاری‌نیا[۱]

مجید صادقی‌نیا[۲ و ۳*]

محمدجواد قانعی[۲ و ۳]

یعقوب ایرانمنش[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

۲. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

۳. عضو پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

۴. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران.

***مسئول مکاتبات:**

msadeghinia@ardakan.ac.ir

کد مقاله: ۱۴۰۰۰۱۰۷۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۳

این مقاله پژوهشی و برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

مقدمه

تالاب‌ها ازجمله مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی به شمار می‌آیند که از گذشته تا حال نقش مهمی در توسعه جوامع اطراف خود داشته که هیچ جایگزینی نیز نداشته و امروزه به‌عنوان منبع درآمدی برای افراد به‌ویژه در مناطق محروم محسوب می‌شود (ایرانمنش و همکاران، ۱۳۹۶). تالاب‌ها از آثار طبیعی و گردشگری هر کشور به شمار می‌رود و علاوه برجذب گردشگران داخلی و خارجی، مکان‌هایی بی‌نظیر هستند که ازلحاظ ویژگی‌های بوم‌شناختی منحصربه‌فرد بوده و به‌آسانی از سایر اکوسیستم‌ها قابل‌تفکیک می‌باشند (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۶). آب‌وخاک این

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

اکوسیستم شرایط خاص خود را دارند و این شرایط امکان رویش هر گیاه و زیست هر جانوری را میسر نمی‌سازد و از طرف دیگرگونه‌های زیستی بی‌نظیری را که بعضاً در هیچ‌یک از زیستگاه‌های طبیعت یافت نمی‌شوند را پرورش می‌دهد (شهرام و کرمی تیلکو، ۱۳۹۶). علی‌رغم اینکه تالاب‌ها به‌عنوان غنی‌ترین اکوسیستم‌ها بوده و دارای بیشترین تنوع زیستی هستند، ولی تحت تأثیر تهدیدهای متعددی چون آلودگی‌ها، تجزیه و تخریب زیستگاه‌ها، تغییرات اقلیمی و بهره‌برداری و تهاجم گونه‌ها قرار می‌گیرند (نوروزی و رضایی‌منش، ۱۳۹۹). توسعه گسترده فعالیت‌های انسانی و صنایع مقادیر زیادی از آلاینده‌ها شامل فلزات سنگین را وارد محیط‌زیست می‌کند (Yeh *et al.*, ۲۰۲۰). فلزات سنگین از راه‌های مختلف وارد محیط‌زیست می‌شوند. این آلاینده‌ها به هوا، خاک و درنهایت اکوسیستم‌های آبی وارد می‌شوند (Azami and Taban, ۲۰۱۸). وفور آلاینده‌ها، سمیت و پایداری آن‌ها در اکوسیستم‌های آبی، توجه مجامع علمی جهانی را به خود جلب کرده است. فلزات سنگین موجود در اکوسیستم‌های آبی منشأ طبیعی و یا انسانی دارند. منشأ طبیعی آن از هوازدگی خاک‌ها و سنگ‌ها، فرسایش محیط، آتش‌سوزی اکوسیستم‌های طبیعی و فعالیت‌های آتش‌فشانی حاصل می‌شود (Yang *et al.*, ۲۰۱۵). منشأ انسانی نیز از تخلیه پساب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی و تخلیه مواد زائد کشاورزی و معدن‌کاوی و سایر فعالیت‌های انسانی دیگر حاصل می‌شود (Shang *et al.*, ۲۰۱۵). مطالعات متعدد انجام‌شده نشان از بالاتر بودن غلظت برخی از عناصر سنگین در رسوبات و درنتیجه موجودات محیط‌های آبی داشته و این امر ناشی از انباشتگی این آلاینده‌ها در سیستم‌های اکولوژیکی در طول زمان دارد (محمدی‌گلنگش و همکاران، ۱۳۹۸؛ Sunderland, ۲۰۰۸). فلزات سنگین در بافت‌ها و اندام‌های موجودات تجمع پیداکرده و برای سلامتی موجودات و انسان خطرناک هستند (Kukrer, ۲۰۱۷). تأثیر این عناصر بسته به غلظت عناصر سنگین در بدن موجودات، نقش زیستی عناصر و نوع موجود زنده متفاوت خواهد بود (Mendes *et al.*, ۲۰۱۷). بیش از ۹۰ درصد فلزات سنگین واردشده به اکوسیستم‌های آبی به ذرات معلق متصل شده و یا در رسوبات تجمع پیدا می‌کنند. بنابراین رسوبات نقش مهمی در ارزیابی آلودگی فلزات ایفا می‌کنند. به‌طور نسبی کلیه آلودگی‌های تجمع یافته در رسوبات، به‌جز فلزات سمی (Naile *et al.*, ۲۰۱۰) به‌تدریج تجزیه‌شده و از بین می‌روند و تنها عناصر سنگین هستند که در رسوبات تجمع یافته و تقریباً در محیط باقی می‌مانند. از طرفی فلزات در فازهای مختلف کانی‌شناسی در رسوب توزیع گشته و بدین ترتیب تحرک و قابلیت دسترسی زیستی آن‌ها می‌تواند به اشکال مختلف ذرات رسوب بستگی داشته باشد (Gismera *et al.*, ۲۰۰٤). اثر آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های مختلفی مانند محیط‌های رسوبی به ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی محیط، مشارکت شیمیایی عناصر و تأثیر متقابل این عناصر با محیط وابسته است (جمشیدی‌زنجانی و همکاران، ۱۳۹۲).

در ایران تالاب‌ها و اکوسیستم‌های آبی به‌منزله سرمایه‌های باارزشی هستند که علاوه بر ایجاد محیطی فرح‌بخش و زندگی‌آفرین برای جوامع اطراف آن، با حفظ و بهره‌برداری منطقی از آن‌ها، اهداف لازم و کارکردهای باارزش آن‌ها مانند تنظیم جریان‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی در محیط پیرامون، تعدیل میکروکلیمای منطقه، میزبانی و حفظ نسل پرندگان آبزی مهاجر و ساکن و بهره‌برداری معقول و حفظ نسل ماهیان، تأمین منابع آب کشاورزی و تعلیف پایدار دام برای ساکنان و نگهبانان مجاور تالاب‌ها تأمین می‌گردد. همچنین تأمین صنایع‌دستی درآمدزای وابسته به تالاب و گردشگری که بیشتر احساس می‌گردد، برآورده خواهد شد (اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۹۷).

استان چهارمحال و بختیاری به دلیل کوهستانی بودن و داشتن منابع آبی قابل‌توجه از قبیل رودخانه‌ها، جویبارها و چشمه‌سارهای متعدد و پراکنش کوچک و بزرگ، دائمی و غیردائمی شرایط مناسبی برای شکل‌گیری رویشگاه‌های ماندابی دارد. این رویشگاه‌ها ازنظر تنوع زیستی و زیباشناختی دارای اهمیت محیط زیستی بوده و همچنین نقش حیاتی در بعد اقتصادی زندگی مردم‌دارند. تالاب گندمان از مهم‌ترین رویشگاه‌های ماندابی این استان است که به لحاظ جاذبه گردشگری و تنوع زیستی اهمیت فراوان دارد. این تالاب در زمره یکی از ۱۰ تالاب برتر معرفی‌شده است. با توجه به وسعت محدوده تالاب گندمان، وجود تنوع گونه‌های گیاهی، پرندگان، ماهی‌ها، دوزیستان و فیتوپلانکتون‌ها اهمیت این بوم‌سازگان طبیعی را دوچندان کرده است (ایرانمنش و همکاران، ۱۳۹۶). البته باوجود ظرفیت‌های بالای زیستی تالاب گندمان، معضلات متعددی نیز حیات آن را با چالش روبرو کرده است. چرای بی‌رویه دام، توسعه اراضی کشاورزی مجاور تالاب، تعرض به زمین‌های تالاب به‌منظور توسعه اراضی کشاورزی یکی دیگر از تهدیدات تالاب گندمان است. این مسئله ضمن کاهش تنوع زیستی در تمام سطوح زنجیره غذایی تالاب، موجب ورود

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

سموم و کودهای مختلف کشاورزی به سطح تالاب شده و می‌تواند حیات این اکوسیستم طبیعی را با اختلال مواجه کند (ایرانمنش و همکاران، ۱۳۹۶). ورود سموم و کودهای کشاورزی باعث ایجاد معضلات عمده‌ای مانند ورود فلزات سنگین به تالاب گندمان شده است.

غضبان و زارع‌خوش‌اقبال (۱۳۸۸) برای بررسی وضعیت آلودگی تالاب انزلی به فلزات کادمیوم، روی و سرب، از اعماق مختلف تالاب نمونه‌برداری نمودند. نتایج نشان داد که غلظت بیشتر فلزات سنگین از سطح به عمق کاهش می‌یابد. مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوبات تالاب با رسوبات دریای خزر و میانگین جهانی نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی، بالاتر است.

خزایی و پورخباز (۱۳۹۱) نمونه‌برداری از رسوبات سطحی تالاب انزلی را با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار انجام دادند. نتایج نشان داد که غلظت فلزات مس و کادمیوم رسوبات تالاب در مقایسه با مقادیر پوسته زمین و رسوبات جهانی بالاتر می‌باشد. بر اساس شاخص انباشت ژیوشیمیایی نیز آلودگی تالاب به عنصر کادمیوم تائید شد.

کرباسی و ولوی (۱۳۸۹) در تحقیقی که به بررسی آلودگی فلزات سنگین سرب، کلسیم، نیکل، جیوه، آهن، آرسنیک، سرب در رسوبات تالاب بامدژ استان خوزستان پرداخته و به این نتیجه رسیدند که بر اساس شاخص ژیوشیمیایی مولر، محیط تالاب ازنظر آلودگی به فلزات آرسنیک، نیکل و سرب در طبقه آلودگی بسیار کم تا متوسط و ازنظر آلودگی به فلزات آهن و روی در طبقه بدون آلودگی و ازنظر آلودگی به فلز کادمیوم در طبقه آلودگی متوسط تا زیاد و ازنظر آلودگی به جیوه در طبقه آلودگی بسیار شدید قرار می‌گیرد.

خسروی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی آلودگی فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، جیوه، روی و مس) در رسوب سه بخش تالاب انزلی پرداختند. نتایج نشان داد که بخش شرقی تالاب بیشترین آلودگی را دارد که متأثر از فعالیت‌های متنوع انسانی می‌باشد.

سبحان‌اردکانی و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی غلظت عناصر آهن، سرب، کادمیوم در رسوبات تالاب میقان با استفاده از شاخص ژیوشیمیایی مولر پرداختند. نتایج نشان داد که بر طبق شاخص مولر، رسوبات تالاب میقان ازنظر آلودگی به هر چهارعنصر سنگین در درجه آلودگی صفر و در رده غیر آلوده طبقه‌بندی می‌شود.

میرزایی و سلگی (۱۳۹۴) به بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات رودخانه زاینده‌رود پرداختند. نتایج حاکی از میزان بالای کادمیوم بیشتر از استانداردهای جهانی به دلیل صنایع آبکاری و فعالیت‌های کشاورزی در ایستگاه‌های بالادست دارد.

دهقانی و دست‌افکن (۱۳۹۵) به ارزیابی شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب تیاب و کلاهی استان هرمزگان پرداختند. نتایج حاصل از شاخص انباشت ژیوشیمیایی مولر نشان داد این تالاب در وضعیت آلودگی متوسط قرار دارد. در ضمن با توجه به غلظت فلزات سنگین و شاخص‌های آلودگی، نتیجه گرفتند که آلودگی کادمیوم می‌تواند در ارتباط با آلودگی‌های نفتی و انسان‌ساخت می‌باشد.

چراغعلی (۱۳۹۶) در ارزیابی زیست‌محیطی فلزات سنگین سرب، کادمیوم، روی و مس در رسوبات بستر تالاب گندمان به این نتیجه رسید که بر اساس نتایج شاخص فاکتور آلودگی در فصل تابستان، سرب در کلاس آلودگی متوسط، کادمیوم در کلاس آلودگی بسیار بالا و مس در کلاس آلودگی پایین قرار دارد. در این تحقیق مشخص شد که آلودگی‌های متفاوت بوده و نتایج فصل پاییز در مورد فلزات سرب، کادمیوم و مس کاملاً با نتایج تابستان مطابقت دارد.

علی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) به تعیین غلظت روی، کادمیوم و سرب در آب سطحی، رسوب و میگوی روخانه‌ای شرق در تالاب آلاگل پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تالاب آلاگل به‌وسیله فلزات سنگین به‌ویژه سرب و کادمیوم تهدید می‌شود.

جهان‌تیغ و جهان‌تیغ (۱۳۹۸) ژیوشیمی رسوبات ناشی از سیلاب‌های ورودی به تالاب هامون را موردبررسی قراردادند. در این تحقیق با استفاده از شاخص ژیوشیمیایی مولر به طبقه‌بندی آلودگی عناصر مختلف پرداخته شد. نتایج نشان داد که رسوبات این تالاب با منشأ کشور افغانستان بوده و ازنظر اکثر عناصر سنگین در درجات مختلفی از آلودگی قرار دارند.

پاینده و ولایت‌زاده (۱۳۹۸) با استفاده از شاخص‌های آلودگی به تعیین فلزات سنگین کبالت، کروم، منگنز، سلنیوم و مولیبدن در رسوبات تالاب هورالعظیم استان خوزستان پرداختند. نتایج نشان داد که سلنیوم به‌عنوان مهم‌ترین آلاینده فلزی نسبت به کبالت، کروم و منگنز و مولیبدن می‌باشد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

ولایت‌زاده و کوشافر (۱۳۹۸) به ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در آب و رسوبات سطحی تالاب ناصری خرمشهر پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که آلودگی رسوبات تالاب ناصری در رده آلودگی کم بوده است.

Avila-Perez و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی رسوبات یک تالاب در مکزیک نشان دادند که تمام عناصر به‌جز کادمیوم فاقد آلودگی بوده و غلظت آن‌ها در رسوبات، پایین‌تر از غلظت زمینه‌ای بوده است.

Obiakor و همکاران (۲۰۱۳) درزمینهٔ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و توزیع فلزات سنگین در ستون آب‌های شیرین اثرات متقابل فصل، مکان و احتمال خطر بیماری در آبزیان تحقیق نمودند. طبق مطالعات آن‌ها میزان هدایت الکتریکی در فصول خشک نسبتاً بالاتر است، این در حالی است که برای فصول مرطوب تفاوت معنی‌داری در هدایت الکتریکی وجود ندارد. تغییر فصول، تأثیر زیادی بر میزان تجمع فلز روی در آب نسبت به عناصر کادمیوم، کروم و نیکل دارد. اکسیژن محلول آب در هر دو فصل دارای تفاوت معنی‌دار مثبت است.

Kanda و همکاران (۲۰۱۷) به ارزیابی ریسک پتانسیل رودخانه شاموا (Shamva) در زیمبابوه پرداختند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد با توجه به شاخص‌های استاندارد آلودگی، محدوده موردمطالعه دارای آلودگی عناصر سنگین نیستند. ازجمله مطالعات صورت گرفته در ارتباط با آلودگی فلزات سنگین می‌توان به مطالعاتی مانند دادالهی سهراب و همکاران (۱۳۹۰)، حبیبی و همکاران (۱۳۹۱)، هاشمی و همکاران (۱۳۹۱)، سعادتمند و همکاران (۱۳۹۵)، طباطبایی و همکاران (۱۳۹۶)، حق‌شناس و همکاران (۱۳۹۶)، حق‌شناس و همکاران (۱۳۹۷)، Lemly and Richardson (۱۹۹۷)، Melegy و همکاران (۲۰۰۹)، Zheng و همکاران (۲۰۱۰) و Bai و همکاران (۲۰۱۱) اشاره نمود.

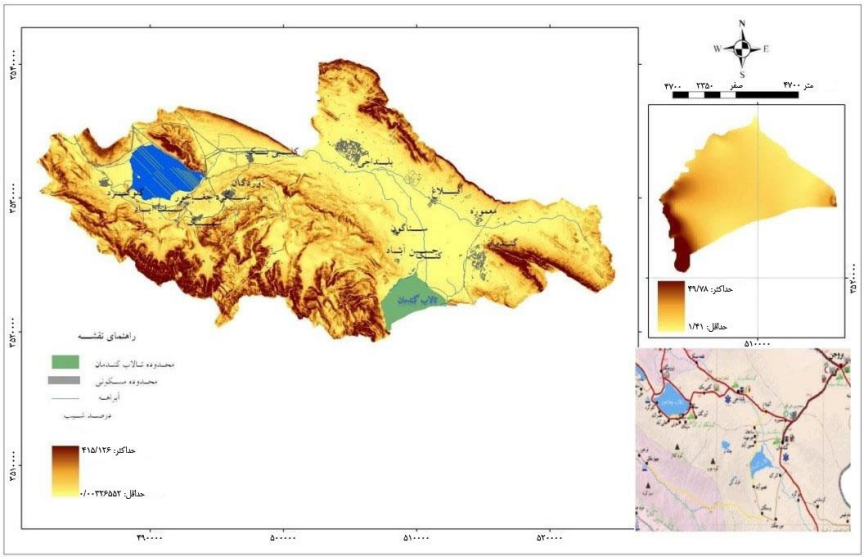
با توجه به مطالب عنوان‌شده و نظر به اینکه تالاب گندمان به‌عنوان یکی از اکوسیستم‌های طبیعی و بااهمیت منطقه می‌باشد، مطالعه حاضر به‌منظور دستیابی به اطلاعات کمی میزان آلودگی رسوبات ورودی و خروجی تالاب انجام گردید. نظر به توسعه کشاورزی و همچنین وجود ۱۰ حلقه چاه کشاورزی در منطقه و استفاده کشاورزان از کودها و سموم شیمیایی و ورود هرزآب زمین‌های کشاورزی به تالاب، خطر اکولوژیکی برخی از فلزات سنگین در رسوبات احساس شده که نیاز به سنجش و پایش تالاب به‌صورت دائمی ضروری به نظر می‌رسد. اندازه‌گیری و بررسی آلودگی رسوبات ورودی و خروجی تالاب جهت ارائه راهکارهای مدیریتی و به حداقل رساندن خطرات زیست‌محیطی می‌تواند در حیات تالاب و موجودات زنده مستقر در تالاب مؤثر باشد. لذا در این مطالعه با نمونه‌گیری از رسوبات ورودی و خروجی تالاب، از طریق روش انباشت ژیوشیمیایی مولر طبقه آلودگی آن تعیین‌شده و سپس میزان آلودگی رسوبات با روش‌های استاندارد کیفیت رسوب آمریکا (National Oceanic and Atomspheric Administration: NOAA)، استاندارد کیفیت رسوب کانادا (Interim Sediment Quality Guidelines: ISQGs) و استاندارد محیط‌زیست کانادا (Ontario Ministry of Environment Screening Level Guidelines) مورد مقایسه قرارگرفته است.

مواد و روش‌ها

تالاب گندمان در ۳۷ کیلومتری جنوب غربی بروجن و ۹۰ کیلومتری جنوب شهرکرد با مساحت حدود ۱۲۰۰ هکتار (در حال حاضر با توجه به تصرف‌های انجام‌شده مساحت حدود ۹۸۰ هکتار) در استان چهارمحال و بختیاری واقع‌شده است (ایرانمنش و همکاران، ۱۳۹۶). نزدیک‌ترین شهر به تالاب، شهر گندمان می‌باشد که به فاصله ۴ کیلومتری از آن قرارگرفته است. این تالاب با میانگین ارتفاع ۲۲۱۵ متر از سطح دریا در عرض‌های جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۷ دقیقه واقع‌شده است (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹۴) (شکل ۱). تالاب گندمان در دسته تالاب‌های دریاچه‌ای فصلی با آب شیرین (طبق طبقه‌بندی اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی) می‌باشد. اقلیم محدوده تالاب سرد و نیمه‌خشک، با متوسط بارندگی سالانه ۵۵۶/۱ میلی‌متر (ایستگاه کلیماتولوژی امام قیس) می‌باشد. پوشش گیاهی تالاب باوجود وسعت کم از تنوع قابل‌ملاحظه‌ای برخوردار است. با توجه به ظرفیت بالای زیستی

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

تالاب، متأسفانه در حال حاضر این تالاب با معضلات متعددی چون چرای بی‌رویه، توسعه اراضی کشاورزی مجاور و ورود سموم و کودهای کشاورزی به تالاب و آتش‌سوزی درگیر می‌باشد (ایرانمنش و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل ۱: نقشه موقعیت تالاب‌ها، شهرها و روستاهای هم‌جوار تالاب گندمان (سال ۱۳۹۷).

در این تحقیق با بازدیدهای میدانی ورودی و خروجی تالاب شناسایی‌شده و در طی دو فصل متوالی (تابستان و پاییز ۱۳۹۷) نمونه‌برداری انجام شد. منبع اصلی تغذیه گر آب تالاب سه چشمه اصلی به نام‌های گل‌کوچک، گل گپ و چشمه پنیری می‌باشد که در طول مسیر با ورود هرزآب کشاورزان به چشمه درنهایت از دونقطه ورودی گاوکش و قلعه ارمنی (جدول ۱) وارد تالاب شده و تنها از یک نقطه موسوم به اشکفت زلیخا خارج می‌شود.

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های برداشت نمونه رسوب (سال ۱۳۹۷).

ایستگاه	ورودی گاوکش	ورودی قلعه ارمنی	خروجی اشکفت زلیخا
طول جغرافیایی	۵۰۹۴۹۹	۵۱۲۱۷۱	۵۰۹۸۹۴
عرض جغرافیایی	۳۵۲۳۷۷۳	۳۵۲۲۰۸۶	۳۵۲۱۵۳۵

به‌منظور بررسی خصوصیات و ارزیابی فلزات سنگین تعداد ۲۴ نمونه به‌صورت تصادفی از بستر تالاب گندمان برداشت شد. رسوبات نمونه‌برداری شده تحت شرایط کنترل‌شده و دور از نور مستقیم و گرمای محیط و درون یخدان محتوی یخ به آزمایشگاه منتقل و در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری و مورد آزمایش فلزات سنگین قرار گرفتند. نمونه‌های رسوب در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرارگرفته و خشک شدند. سپس نمونه‌های رطوبت‌گیری شده با استفاده از هاون چینی پودر شده و سپس از الک ۶۳ میکرون عبور داده شدند. یک گرم از هر نمونه رسوب با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن شد و به داخل ارلن منتقل گردید. به ارلن ۲۰ میلی‌لیتر محلول اسید نیتریک مرک ۶۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه اضافه گردید. به‌منظور مخلوط شدن بهتر، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت زیر هود قرار داده شدند. این مخلوط به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد واقعی در هات‌پلیت گرما داده شد. محلول شفاف پس از سرد شدن آماده فیلتر بوده که پس از خنک شدن ظرف،

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

محلول آماده‌سازی شده در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری با آب مقطر ۲ بار تقطیر و با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف‌شده و به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سرب، کادمیوم، روی و مس موجود در هر نمونه با استفاده از دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی سیستم شعله اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، غلظت فلزات در نمونه شاهد نیز اندازه‌گیری شد و از مقادیر به‌دست‌آمده برای نمونه‌ها کسر گردید. کلیه مراحل نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌های رسوب در این تحقیق، با استفاده از روش‌های استاندارد بین‌المللی برگرفته از مرجع جهانی استاندارد APHA ۲۰۰۵ صورت گرفت. محاسبه نهایی غلظت فلزات برای نمونه‌ها از طریق رابطه ۱ انجام گردید.

رابطه ۱:
$$\text{میزان فلز در رسوب (میلی‌گرم بر لیتر)} = \frac{\text{حجم نمونه} \times \text{عدد حاصل از دستگاه}}{\text{گرم خشک ماده}}$$

هدف از تعیین استانداردهای کیفیت رسوب، در حقیقت حفاظت از اکوسیستم‌های آبی و تعیین سطح سلامت رسوب ازلحاظ میزان فلزات، مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و ترکیبات آلی می‌باشد. این استانداردها تا سال ۱۹۷۶ جهت تعیین ظرفیت آب‌های آزاد دریاها و اقیانوس‌ها جهت انتقال توده‌های لایروبی و تعیین بار ترکیبات منتقل‌شده به کار گرفته می‌شد؛ اما امروزه برای تمام جنبه‌های رسوبات به کار گرفته می‌شود. رسوبات با توجه به استانداردهای ارائه‌شده در سه سطح زیر ارزیابی می‌شوند (مورکی، ۱۳۸۷).

الف) حد بدون اثر (No Effect Level): حدی که ترکیبات شیمیایی، اثری بر موجودات ساکن رسوبات نداشته و ترکیبات شیمیایی به زنجیره غذایی منتقل نشده و اثری بر کیفیت آب ندارد.

ب) پایین‌ترین حد اثر (The Lowest Effect Level): حدی از آلودگی که اثر خاصی بر جوامع بیولوژیک ندارد.

ج) شدیدترین حد اثر (The Sever Effect Level): آلودگی شدید را نشان می‌دهد که سلامت موجودات را به خطر می‌اندازد.

به‌منظور تعیین شدت آلودگی رسوبات از روش‌های زیر استفاده شد:

روش ژیوشیمیایی مولر: این روش از روش‌های رایج ارزیابی آلودگی رسوبات می‌باشد. در این روش نسبت لگاریتم غلظت عناصر فلزی در رسوبات ریزدانه عهد حاضر به غلظت همان عناصر در رسوبات قدیمی‌تر سنجیده می‌شود (میرزایی و سلگی، ۱۳۹۴). این شاخص اولین بار در سال ۱۹۷۹ توسط مولر ارائه گردید. محاسبه این شاخص از طریق اندازه‌گیری غلظت‌های آلودگی حال حاضر یک عنصر و مقایسه آن با غلظت‌های قبل از صنعتی شدن در رسوبات می‌باشد که از طریق رابطه ۲ به دست می‌آید.

رابطه ۲:
$$Igeo = \log_2 [Cn/ 1.5Bn]$$

در این رابطه، Igeo: شاخص تجمع ژیوشیمیایی (شاخص شدت آلودگی در رسوبات)، Cn: غلظت ماده آلاینده در رسوبات با قطر کمتر از ۶۳ میکرون برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم، Bn: غلظت ماده آلاینده در سنگ شیل یا غلظت اولیه عناصر درزمانی که آلودگی وجود نداشته است برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم و ضریب ۱/۵ نیز به‌منظور تصحیح غلظت اولیه رسوبات به دلیل تأثیر عوامل زمینی اعمال‌شده است (Zhang *et al.*, ۲۰۱۲).

مولر ۷ کلاس مختلف را برای طبقه‌بندی این شاخص عنوان کرد. کلاس ۶ بالاترین کلاس آلودگی می‌باشد که مقادیر عناصر حداقل ۱۰۰ برابر مقادیر مرجع می‌باشند. جدول ۲ کلاس‌های طبقه‌بندی شاخص تجمع ژیوشیمیایی مولر را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

جدول ۲: درجه‌بندی سطح آلودگی رسوبات بر اساس شاخص تجمع ژیوشیمیایی مولر (Muller, ۱۹۷۹).

وضعیت آلودگی (محدوده مولر)	درجه آلودگی	مقادیر Igeo
غیر آلوده	صفر	کمتر تا مساوی صفر
از غیر آلوده تا آلودگی متوسط	۱	صفر تا ۱
آلودگی متوسط	۲	۱ تا ۲
آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد	۳	۲ تا ۳
آلودگی زیاد	۴	۳ تا ۴
آلودگی زیاد تا به‌شدت آلوده	۵	۴ تا ۵
به‌شدت آلوده	۶	بیشتر از ۵

روش‌های استاندارد کیفیت رسوب آمریکا، استاندارد کیفیت رسوب کانادا و استاندارد محیط‌زیست کانادا: در شاخص کیفیت رسوب آمریکا دو خطر آلودگی رسوبات با فلزات بیان‌شده است که به‌صورت (Effects Range Low) ERL حدی که در آن کمتر از ۱۰ درصد جوامع بیولوژیک درخطر بوده و (Effects Range Median) ERM حدی که کمتر از ۵۰ درصد جوامع بیولوژیک درخطرند ارائه‌شده است.

استاندارد کیفیت رسوب کانادا در دو سطح اثر قابل‌تحمل (Thershold Effect Level: TEL) و سطح اثر زیان‌بار (Probable Effect Level: PEL) می‌باشد.

استاندارد محیط‌زیست کانادا نیز در دو سطح اثر، شامل حداقل سطح اثر (The Lowest Effect Level: LEL) و شدیدترین حد اثر (The Sever Effects Level: SEL) می‌باشد. جدول (۳) سطوح آلودگی را در سه استاندارد موردبررسی نشان می‌دهد (حق‌شناس و همکاران، ۱۳۹۷).

جدول ۳: استاندارد کیفیت رسوب آمریکا، کیفیت رسوب کانادا و محیط‌زیست کانادا (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم).

استاندارد کیفیت رسوب	سطح اثر	سرب	کادمیوم	روی	مس
کیفیت رسوب آمریکا	ERL	۴۶/۷	۱/۲	۱۵۰	۳۴
	ERM	۲۱۸	۹/۶	۴۱۰	۲۷۰
کیفیت رسوب کانادا	TEL	۳۵	۰/۶	۱۲۳	۳۵/۷
	PEL	۹۱/۳	۳/۵۳	۳۱۵	۱۹۷
محیط‌زیست کانادا	LEL	۳۱	۰/۶	۱۲۰	۱۶
	SEL	۲۵۰	۹	۲۷۰	۱۱۰

از ویرایش ۲۴ نرم‌افزار SPSS جهت بررسی آماری داده‌ها استفاده شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها در نرم‌افزار با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف بررسی گردید. جهت مقایسه آلودگی رسوبات از آزمون t تک نمونه نیز استفاده شد.

نتایج

خلاصه اطلاعات آماری داده‌های نمونه‌برداری شده در جدول ۴ ارائه‌شده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

جدول ٤: میانگین عناصر سنگین رسوبات (میلی‌گرم بر کیلوگرم) به تفکیک فصل (سال ۱۳۹۷).

فصل	رسوبات	سرب	کادمیوم	روی	مس
تابستان	ورودی	۸/۸۷ ± ۱/۶۹	۰/۹۷ ± ۰/۱۹	۴/۸۰ ± ۲/۷۲	۲/۱۷ ± ۱/۲۱
	خروجی	۹/۳۹ ± ۱/۳۵	۰/۸۰ ± ۰/۱۲	۳/۷۲ ± ۱/۰۹	۲/۲۸ ± ۰/۷۶
پاییز	ورودی	۸/۹۱ ± ۱/۹۱	۰/۹۱ ± ۰/۱۲	۱/۳۷ ± ۰/۲۵	۲/۰۷ ± ۰/۵۰
	خروجی	۹/۹۱ ± ۲/۰۲	۱/۱ ± ۰/۲۹	۰/۸۹ ± ۰/۱۸	۱/۶۸ ± ۰/۴۴

نتایج حاصل از اندازه‌گیری بار فلزات سنگین نمونه رسوبات برداشت‌شده در دو فصل تابستان و پاییز، با استفاده از روش ژیوشیمیایی مولر به شرح زیر به دست آمد (جدول ۵).

جدول ۵: مقادیر شاخص ژیوشیمیایی مولر به تفکیک فصل (سال ۱۳۹۷).

فصل	ورودی / خروجی	سرب		کادمیوم		روی		مس	
		Igeo	آلودگی	Igeo	آلودگی	Igeo	آلودگی	Igeo	آلودگی
تابستان	ورودی گاوکش	۰/۴۸	غیر آلوده	۲/۲۴	متوسط تا زیاد	۰/۹۳	غیر آلوده	−۱/۰۳	غیر آلوده
	ورودی قلعه ارمنی	۰/۱۰	غیر آلوده	۲	متوسط تا زیاد	۰/۱۷	غیر آلوده	−۰/۷۸	غیر آلوده
	خروجی اشکفت زلیخا	۰/۳۸	غیر آلوده	۱/۸۳	متوسط	۰/۲۳	غیر آلوده	−۰/۸۳	غیر آلوده
پاییز	ورودی گاوکش	۰/۲۷	غیر آلوده	۲	متوسط تا زیاد	−۱/۳۱	غیر آلوده	−۱/۱۱	غیر آلوده
	ورودی قلعه ارمنی	۰/۳۵	غیر آلوده	۲/۰۵	متوسط تا زیاد	−۱/۱۳	غیر آلوده	−۰/۸۴	غیر آلوده
	خروجی اشکفت زلیخا	۰/۴۶	غیر آلوده	۲/۲۹	متوسط تا زیاد	−۱/۸۳	غیر آلوده	−۱/۲۷	غیر آلوده

جداول ۶، ۷ و ۸ نتایج مقادیر عناصر سنگین رسوبات را با استانداردهای کیفیت رسوب آمریکا، کانادا و محیط‌زیست کانادا نشان می‌دهد.

جدول ٦: مقایسه عناصر سنگین رسوبات با استاندارد کیفیت رسوب آمریکا به تفکیک فصل (سال ۱۳۹۷).

فصل	ورودی / خروجی	سرب		کادمیوم		روی		مس	
		میانگین	آلودگی	میانگین	آلودگی	میانگین	آلودگی	میانگین	آلودگی
تابستان	ورودی گاوکش	۱۰/۰۳	ERL	۱/۰۶	ERL	۶/۰۵	ERL	۱/۹۸	ERL
	ورودی قلعه ارمنی	۷/۷۲	ERL	۰/۹	ERL	۳/۵۶	ERL	۲/۳۶	ERL
	خروجی اشکفت زلیخا	۹/۳۹	ERL	۰/۸	ERL	۳/۷۲	ERL	۲/۲۸	ERL
پاییز	ورودی گاوکش	۸/۶۷	ERL	۰/۹	ERL	۱/۲۸	ERL	۱/۸۷	ERL
	ورودی قلعه ارمنی	۹/۱۶	ERL	۰/۹۳	ERL	۱/۴۵	ERL	۲/۲۶	ERL
	خروجی اشکفت زلیخا	۹/۹۱	ERL	۱/۱	ERL	۰/۸۹	ERL	۱/۶۸	ERL

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

جدول ۷: مقایسه عناصر سنگین رسوبات با استاندارد کیفیت رسوب کانادا به تفکیک فصل (سال ۱۳۹۷).

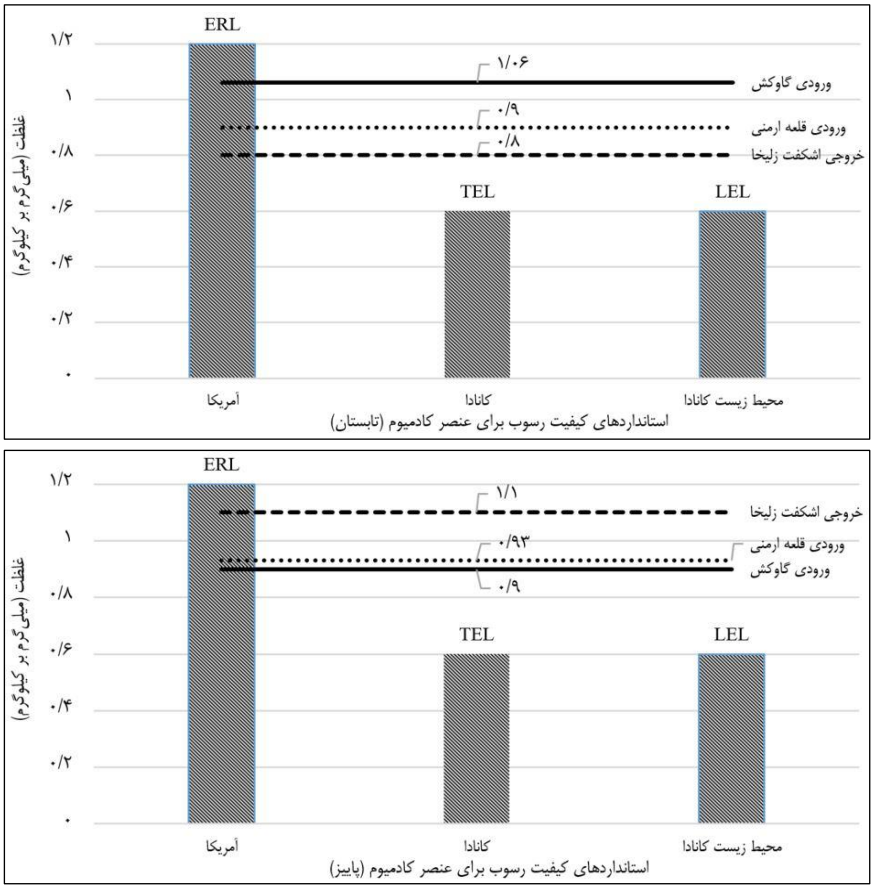
فصل	ورودی / خروجی	سرب		کادمیوم		روی		مس	
		میانگین	آلودگی	میانگین	آلودگی	میانگین	آلودگی	میانگین	آلودگی
تابستان	ورودی گاوکش	۱۰/۰۳	TEL	۱/۰۶	PEL	۶/۰۵	TEL	۱/۹۸	TEL
	ورودی قلعه ارمنی	۷/۷۲	TEL	۰/۹	PEL	۳/۵۶	TEL	۲/۳۶	TEL
	خروجی اشکفت زلیخا	۹/۳۹	TEL	۰/۸	PEL	۳/۷۲	TEL	۲/۲۸	TEL
پاییز	ورودی گاوکش	۸/۶۷	TEL	۰/۹	PEL	۱/۲۸	TEL	۱/۸۷	TEL
	ورودی قلعه ارمنی	۹/۱۶	TEL	۰/۹۳	PEL	۱/۴۵	TEL	۲/۲۶	TEL
	خروجی اشکفت زلیخا	۹/۹۱	TEL	۱/۱	PEL	۰/۸۹	TEL	۱/۶۸	TEL

جدول ۸: مقایسه عناصر سنگین رسوبات با استاندارد محیطزیست کانادا به تفکیک فصل (سال ۱۳۹۷).

فصل	ورودی / خروجی	سرب		کادمیوم		روی		مس	
		میانگین	آلودگی	میانگین	آلودگی	میانگین	آلودگی	میانگین	آلودگی
تابستان	ورودی گاوکش	۱۰/۰۳	LEL	۱/۰۶	SEL	۶/۰۵	LEL	۱/۹۸	LEL
	ورودی قلعه ارمنی	۷/۷۲	LEL	۰/۹	SEL	۳/۵۶	LEL	۲/۳۶	LEL
	خروجی اشکفت زلیخا	۹/۳۹	LEL	۰/۸	SEL	۳/۷۲	LEL	۲/۲۸	LEL
پاییز	ورودی گاوکش	۸/۶۷	LEL	۰/۹	SEL	۱/۲۸	LEL	۱/۸۷	LEL
	ورودی قلعه ارمنی	۹/۱۶	LEL	۰/۹۳	SEL	۱/۴۵	LEL	۲/۲۶	LEL
	خروجی اشکفت زلیخا	۹/۹۱	LEL	۱/۱	SEL	۰/۸۹	LEL	۱/۶۸	LEL

با توجه به جدول‌های ۶، ۷ و ۸ تنها عنصر کادمیوم در هر سه شاخص موردبررسی بالاتر از سطح پایین آلودگی می‌باشد. شکل ۲ وضعیت عنصر سنگین کادمیوم رسوبات را در ورودی‌های گاوکش و قلعه ارمنی و خروجی اشکفت زلیخا را در دو فصل تابستان و پاییز نسبت به استانداردهای کیفیت رسوب نشان می‌دهد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]



شکل ۲: مقایسه میزان آلودگی عنصر کادمیوم با شاخص‌های کیفیت رسوب (سال ۱۳۹۷).

در ادامه برای بررسی نتایج میزان آلودگی کادمیوم از روش آماری t تک نمونه استفاده شد. جدول ۹ نتایج حاصل از آزمون را نشان می‌دهد.

جدول ۹: نتایج آزمون t تک نمونه غلظت عنصر کادمیوم به تفکیک فصل (سال ۱۳۹۷).

فصل	منابع	ورودی تالاب			خروجی تالاب		
		رسوب آمریکا	رسوب کانادا	محیط‌زیست کانادا	رسوب آمریکا	رسوب کانادا	محیط‌زیست کانادا
تابستان	درجه آزادی	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
	میانگین اندازه‌گیری شده	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
	مقدار استاندارد	۱/۲	۰/۶	۰/۶	۱/۲	۰/۶	۰/۶
	عدد t	-۴/۲۱**	۶/۸۶**	۶/۸۶**	-۱۱/۷۰**	۵/۸۹**	۵/۸۹**
پاییز	درجه آزادی	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
	میانگین اندازه‌گیری شده	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱
	مقدار استاندارد	۱/۲	۰/۶	۰/۶	۱/۲	۰/۶	۰/۶
	عدد t	-۸/۳۰**	۹/۰۷**	۹/۰۷**	-۱/۲۱^{ns}	۶/۱۰**	۶/۱۰**

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و ns عدم تفاوت معنی‌دار

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

مقایسه میانگین کادمیوم نمونه‌ها با مقادیر کادمیوم در روش‌های استاندارد در تمامی موارد به‌جز در رسوبات خروجی درروش کیفیت رسوب آمریکا نشان می‌دهد که در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در مورد رسوبات ورودی تالاب مشاهده می‌شود که درروش کیفیت رسوب آمریکا در سطح ۰/۰۱ مقدار کادمیوم رسوبات کمتر از ۱/۲ بوده و درنتیجه مطابق این استاندارد رسوبات ورودی دارای آلودگی کمتر از ERL می‌باشد. ولی در استاندارد کیفیت رسوب کانادا و محیط‌زیست کانادا مقادیر کادمیوم نمونه‌ها در سطح ۰/۰۱ بیشتر از میزان استاندارد (۰/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بوده و مطابق استانداردها رسوبات ورودی دارای کادمیوم بیش از سطح TEL و LEL می‌باشند. این شرایط برای هر دو فصل تابستان و پاییز و برای رسوبات ورودی و خروجی تالاب برقرار می‌باشد. همچنین با توجه به نتایج جدول (۹) مقایسه کادمیوم نمونه‌ها با مقادیر کامیوم در روش کیفیت رسوب آمریکا نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری وجود نداشته و در سطح ERL نمی‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه اهمیت آب و تأثیر آن بر پیشرفت جوامع در زمینه‌های صنعتی و کشاورزی کاملاً بارز و مشخص است. یکی از اولویت‌های جوامع علمی، بررسی تأثیر آلاینده‌ها، سمیت و ماندگاری آن‌ها در اکوسیستم‌های آبی بوده که توسعه فعالیت‌های انسانی، فلزات سنگین را در مقادیر زیاد وارد محیط‌زیست پیرامون کرده است (Yeh *et al.*, ۲۰۲۰). با توجه به محدودیت‌های افزایش جمعیت و کاهش منابع آبی، بررسی و کنترل کمیت و کیفیت منابع آبی می‌تواند جوامع را در رویارویی با بحران آب که در آینده‌ای نه‌چندان دور گریبان گیر بشر خواهد شد یاری کند. آنچه در حال حاضر بیش از هر چیز باید توجه بشر به آن معطوف شود آلودگی محیط‌زیست به فلزات سنگین می‌باشد (Mao *et al.*, ۲۰۱۹؛ Siddiqui and Pandey, ۲۰۱۹). بر همین اساس در این تحقیق پتانسیل خطر اکولوژیک فلزات سنگین سرب، کادمیوم، مس و روی در تالاب گندمان موردبررسی قرار گرفت.

بر اساس نتایج شاخص ژیوشیمیایی مولر تمامی عناصر به‌جز کادمیوم در فصل‌های تابستان و پاییز دارای مقادیر کمتر از یک بوده و درنتیجه در کلاس غیر آلوده قرار می‌گیرند. ولی عنصر کادمیوم هم در فصل تابستان و پاییز در کلاس آلودگی متوسط تا زیاد قرار دارد. همچنان که قبلاً نیز گفته شد در اکوسیستم‌های آبی موجودات زنده فراوانی در تماس با رسوبات بوده و به‌نوعی یک مسیر مهم در مواجهه موجودات با آلاینده‌ها می‌باشند. امروزه استانداردهایی برای سنجش آلودگی رسوبات تدوین گردیده که از آن‌ها جهت درجه‌بندی رسوبات آلوده و نیز پیش‌بینی احتمال بروز اثرات سوء زیستی در آبزیان که در تماس با این رسوبات قرار دارند استفاده می‌شود؛ اما در این مورد بعضی محققین معتقدند میزان غلظت عناصر می‌بایست با یک استانداردی شناخته‌شده مقایسه شود که در حقیقت بهترین نوع مقایسه می‌تواند مقایسه با استانداردهای موجود در همان منطقه باشد (حق‌شناس و همکاران، ۱۳۹۷). در این مطالعه به دلیل نبود استاندارد خاص تعیین‌کننده آلودگی از استانداردهای موجود در دیگر کشورها استفاده شد. در استفاده از این شاخص‌ها باید احتیاط نموده، زیرا تفاوت‌هایی در خصوصیات و یا فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی بین غلظت آن‌ها در محل و زمان‌های مختلف وجود دارد و درواقع میانگین غلظت آن‌ها بسته به نوع فلز و محل اندازه‌گیری کمتر یا بیشتر بوده است (حق‌شناس و همکاران، ۱۳۹۶؛ Haritonidis and Mela, ۱۹۹۵). در این تحقیق از شاخص‌های استاندارد کیفیت رسوب آمریکا، استاندارد کیفیت رسوب کانادا و استاندارد محیط‌زیست کانادا به‌عنوان متداول‌ترین شاخص‌های مورداستفاده در تحقیقات مختلف استفاده شد. شاخص‌های مذکور در حقیقت برای روشن‌تر شدن وضعیت آلاینده‌های اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شود (Qu *et al.*, ۲۰۱۸). نتایج حاصل از مقایسه میانگین غلظت عناصر با شاخص‌های ذکرشده نشان داد غلظت عنصر کادمیوم نسبت به غلظت‌های تعریف‌شده در استاندارد کیفیت رسوب کانادا و استاندارد محیط‌زیست کانادا بیشتر بوده است. ضمن اینکه در استاندارد کیفیت رسوب آمریکا نیز این مقدار نزدیک به حد آستانه آن می‌باشد. بررسی انجام‌شده با آزمون t تک نمونه نیز تأییدکننده این نتایج می‌باشد. در مورد آلودگی عناصر سرب، مس و روی نیز با توجه به نتایج حاصل از

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

شاخص‌ها غلظت این عناصر را کمتر از استانداردها تخمین می‌زنند که نشان می‌دهد هنوز در رابطه با آلودگی این عناصر جای نگرانی وجود ندارد، هرچند که می‌بایست پایش رسوبات ازنظر آلودگی به‌طور مداوم و مستمر صورت گیرد.

در مورد غلظت فلز کادمیوم و تأثیر آن در آلودگی رسوبات نتایج این تحقیق شبیه به نتایج تحقیق‌هایی مانند غضبان و زارع‌خوش‌اقبال (۱۳۸۸)، خزایی و پورخباز (۱۳۹۱)، کرباسی و ولوی (۱۳۸۹)، میرزایی و سلگی (۱۳۹۴)، دهقانی و دست‌افکن (۱۳۹۵)، چراغعلی (۱۳۹۶)، علی‌پور و همکاران (۱۳۹۶)، جهان‌تیغ و جهان‌تیغ (۱۳۹۸) و Avila-Perez و همکاران (۱۹۹۹) بوده که نشان می‌دهد عنصر کادمیوم از عناصر اصلی آلودگی رسوبات می‌باشد. پساب‌های سنگین از طریق پساب‌های کشاورزی و رواناب‌های شهری وارد اکوسیستم‌های رودخانه‌ای و تالابی می‌شوند (Aazami and Taban, ۲۰۱۸؛ Al-Khatib *et al.*, ۲۰۱۹). در حال حاضر با توجه به توسعه کشاورزی در اراضی حاشیه تالاب عامل اصلی آلودگی رسوبات تالاب گندمان به عنصر کادمیوم ناشی از فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد.

لذا نظر به این‌که تالاب از شمار زیادی از اجزای فیزیکی، بیولوژیکی و یا شیمیایی تشکیل‌شده و آب، خاک، گیاه و مواد غذایی معرف این اجزا هستند که در پیوند با یکدیگر در یک سیستم یکپارچه می‌باشند، بنابراین کنترل و مدیریت آلودگی آب ورودی تالاب مقدم بوده و می‌تواند در اثربخشی فرآیند حیات تالاب اثربخشی بیشتری را داشته باشد. اهمیت مدیریت تالاب‌ها زمانی بیشتر می‌شود که بدانیم تالاب‌ها در تغذیه آبخوان‌ها، کنترل سیلاب‌ها، حفظ مواد رسوبی و مغذی، پاک‌سازی و تصفیه آب‌ها از آلودگی‌ها، تضمین چرخه زیستی هزاران گونه آبزی و پایداری شیلات کشورها نقش اساسی و غیرقابل‌انکار دارند. مهم‌تر اینکه امروزه تالاب‌ها را به خاطر کارکردهایی که در چرخه هیدرولوژیکی و شیمیایی نظیر جذب مواد سمی، هضم آلودگی‌ها از مواد نیتراته و فسفره دارند، به‌عنوان "کلیدهای طبیعت" نام‌گذاری کرده‌اند (مجنونیان، ۱۳۹۱،۱۳۷۸).

منابع

اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۹۷. برنامه مدیریت جامع تالاب بین‌المللی تالاب بین‌المللی چغاخور. ۸۲ ص.

ایرانمنش، ی. شیرمردی، ح. ع. و جهانبازی گوجانی، ح.، ۱۳۹٦. تالاب «گندمان» یکی از زیباترین تالاب‌های پرنده‌نگری ایران. طبیعت ایران، (۴)۲: صفحات ۹۱-۸۲.

پاینده، خ. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۸. تعیین فلزات سنگین کبالت، کروم، منگنز، سلنیوم و مولیبدن در رسوبات تالاب هورالعظیم استان خوزستان با استفاده از شاخص‌های آلودگی. نشریه علمی اکو بیولوژی تالاب، (۴۰)۱۱: صفحات ۹۶-۸۳.

جمشیدی‌زنجانی، ا. و سعیدی، م.، ۱۳۹۲. ارزیابی آلودگی و پهنه‌بندی کیفی رسوبات سطحی تالاب انزلی بر اساس نتایج شاخص‌های سنجش آلودگی فلزات سنگین. محیط‌شناسی، ۳۹ (۴): صفحات ۱۷۰-۱۵۷.

جهان‌تیغ، م. و جهان‌تیغ، م.، ۱۳۹۸. بررسی ژئوشیمی رسوبات ناشی از سیلاب‌های ورودی به تالاب هامون. نشریه علمی اکو بیولوژی تالاب، (۳۸)۱۱: **صفحات** ۹۶-۸۱.

چراغعلی، ک.، ۱۳۹٦. ارزیابی زیست‌محیطی فلزات سنگین سرب، کادمیوم، روی و مس در رسوبات بستر تالاب گندمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آلودگی محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان). ۵۵ ص.

حبیبی، س.، صفاهیه، ع.، و زانوسی، ح. پ.، ۱۳۹۱. تعیین سطح ناپاکی رسوبات ساحلی استان بوشهر نسبت به فلزات سنگین (Cd، Ni، Pb، Cu). علوم و فنون دریایی، (۴)۱۱: صفحات ۹۵-۸۴.

حق‌شناس، آ.، حاتمی‌منش، م.، صادقی، م.، میرزایی، م. و محمدی‌بردکشکی، ب.، ۱۳۹۷. سنجش و ارزیابی ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، مس و روی) در رسوبات مناطق ساحلی استان بوشهر. مهندسی بهداشت محیط، (۴)۵: صفحات ۳۷۴-۳۵۹.

حق‌شناس، آ.، حاتمی‌منش، م.، میرزایی، م.، میرسنجری، م. م. و حسین‌خضری، پ.، ۱۳۹٦. سنجش و ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در رسوبات سطحی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس. طب جنوب، (۵)۲۰: صفحات ۴۶۹-۴۴۸.

خزایی، ط. و پورخباز، ع.، ۱۳۹۱. بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی با اندازه‌های متفاوت (مطالعه موردی تالاب انزلی). اکو بیولوژی تالاب، (۱۱)۳: صفحات ۵۶-۴۷.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

خسروی، م.، بهرامی‌فر، ن. و قاسمپوری، س. م.، ۱۳۹۰. بررسی آلودگی فلزات سنگین (Cd، Pb، Hg، Zn و Cu) در رسوب سه بخش تالاب انزلی. اکو بیولوژی تالاب، (۲)۴: صفحات ۲۳۲-۲۲۳.

دادالهی سهراب، ع. ثقیلی، م. و خیرور، ن.، ۱۳۹۰. غلظت فلزات سنگین نیکل، کادمیوم، سرب و مس در جلبکها و رسوبات مناطق ساحلی استان هرمزگان (بندرعباس و بندرلنگه). شیلات ایران، (۱)۲۰: صفحات ۴۲-۳۱.

دهقانی، م. و دست افکن، س.، ۱۳۹۵. ارزیابی شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب بین‌المللی تیاب و کلاهی استان هرمزگان. بوم‌شناسی آبزیان، (۱)۶: صفحات ۹۲-۸۲.

سازمان حفاظت محیطزیست، ۱۳۹٤. طرح مطالعه جامع تالاب گندمان به‌منظور دستیابی به پروژه‌های احیای تالاب. انتشارات سازمان حفاظت محیطزیست، جلد ۴. ۱۱۸ ص.

سبحان‌اردکانی، س.، جمشیدی، ک. و نیازی، ع.، ۱۳۹۳. ارزیابی غلظت عناصر آهن، سرب، کادمیوم و مس در رسوب با استفاده از شاخص ژئوشیمیایی مولر (مطالعه موردی: تالاب میقان). اکو بیولوژی تالاب، (۲۰)۶: صفحات ۷۸-۶۷.

سعادتمند، م.، دادالهی سهراب، ع.، رونق، م. ت. و خزاعی، س. ح.، ۱۳۹۵. بررسی ۳ فلز سنگین (Pb، Cu، Ni) در آبشش ماهی صافی موجدار (*Siganus javus*) و رسوبات سواحل استان بوشهر. زیست‌شناسی دریا، (۳۱)۸: صفحات ۹۱-۷۹.

شهرام، ا. و کرمی‌تیلکو، ش.، ۱۳۹٦. مدیریت راهبردی تالاب‌ها از طریق شناسایی و کاربرد شاخص‌های نظارتی. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیطزیست، تهران، ایران. ۸ ص.

طباطبایی، ا.، گندمکار، م.، اسکندری، ص. و طباطبایی، ا.، ۱۳۹٦. بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و فلزات سنگین خاک تالاب بند علیخان ورامین و تأثیرات زیست‌محیطی. مطالعات علوم محیطزیست، (۳)۲: صفحات ۴۸۴-۴۷۶.

علی‌پور، ح.، کریمی، غ.، مرتضوی، ث. و حسن‌پور، م.، ۱۳۹٦. ارزیابی زیست‌محیطی آلودگی روی، کادمیوم و سرب در آب، رسوب و میگوی رودخانه‌ای شرق (*Macrobrachium nipponense* De Haan, ۱۸٤۹) در تالاب آلاگل. زیست‌شناسی دریا، (۳۳)۹: صفحات ۸۲-۷۳.

غضبان، ف. و زارع‌خوش‌اقبال، م.، ۱۳۸۸. بررسی منشأ آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی (شمال ایران). محیط‌شناسی، (۵۷)۳۷: صفحات ۵۶-۴۵.

کرباسی، ع. و ولوی، ش.، ۱۳۸۹. تعیین آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب بامدژ با استفاده از شاخص ژیوشیمیایی- مولر. محیط‌شناسی، (۵۴)۳۶: صفحات ۱۰-۱.

مجنونیان، ه. ۱۳۹۱. مقدمه‌ای بر حفاظت و مدیریت تالاب‌ها. اداره کل حفاظت محیطزیست البرز. ۳۴۸ ص.

مجنونیان، ه.، ۱۳۷۸. تالاب‌ها، طبقه‌بندی و حفاظت تالاب‌ها (ارزش‌ها و کارکردها). سازمان حفاظت محیطزیست. ۱۷۰ ص.**محمدی‌گلنگش، م.، کوپی، م. و بانی، ع.، ۱۳۹۸.** توانایی تجمع فلزات سنگین در پوسته دوکفه‌ای*Cerastoderma lamarcki* در سواحل جنوب غربی دریای خزر، استان گیلان. پژوهش‌های جانوری، (۲)۳۲: صفحات ۱۴۱-۱۲۹.

مورکی، ن.، ۱۳۸۷. مطالعه برخی فاکتورهای اکولوژیک (جانوران ماکروبنتیک، آب و رسوب) خور جعفری در منطقه پتروشیمی ماهشهر- خلیج‌فارس. پایان‌نامه دکتری شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی. ۱۴۵ ص.

میرزایی، م. و سلگی، ع.، ۱۳۹٤. بررسی غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، مس، منگنز، نیکل، سرب و روی) در رسوبات رودخانه زاینده‌رود. پژوهش در بهداشت محیط، (۴)۱: صفحات ۲۶۵-۲۵۱.

نوروزی، ح. و رضایی‌منش، م.، ۱۳۹۹. استفاده از شاخص‌های زیستی BMWP و ASPT به‌منظور ارزیابی کیفیت آب تالاب هشیلان (کرمانشاه، ایران). نشریه علمی اکو بیولوژی تالاب، (۴۲)۱۲: صفحات ۶۴-۴۷.

هاشمی، س. ج.، ریاحی بختیاری، ع.، و لک، ر.، ۱۳۹۱. منشأ یابی و پراکنش فلزات سرب، مس، روی، نیکل، کروم و وانادیم در رسوبات سطحی سواحل دریای خزر. دانشگاه علوم پزشکی مازندران، (۱)۲۳: صفحات ۵۰-۳۶.

ولایت‌زاده، م. و کوشافر، آ.، ۱۳۹۸. ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در آب و رسوبات سطحی تالاب ناصری (خرمشهر). دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، (۲)۱۸: صفحات ۱۶۸-۱۵۷.

Aazami, J. and Taban, P., ۲۰۱۸. Monitoring of Heavy Metals in Water, Sediment and Phragmites australis of Aras River along the Iranian-Armenian Border**.** Iranian Journal of Toxicology**,** ۱۲(۲): ۱-٦.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

Al-Khatib, I. A., Arafeh, G. A., Al-Qutob, M., Jodeh, S., Hasan, A. R., Jodeh, D. and van der Valk, M., ۲۰۱۹. Health Risk Associated with Some Trace and Some Heavy Metals Content of Harvested Rainwater in Yatta Area, Palestine. Water, ۱۱(۲): ۲۳۸.

APHA, ۲۰۰۵. Standard methods for the examination of water and wastewater. ۲۱st edition. American Public Health Association, Washington DC.

Avila-Perez P., Balcazar, M., Zarazua-Ortega, G., Barcelo-Quintal, I. and Diaz-Delgado, C., ۱۹۹۹. Heavy metal. Concentrations in water and bottom sediments of a Mexican reservoir. Science of the Total Environment, ۲۳۴(۱–۳): ۱۸۵–۱۹۶.

Bai, J., Cui, B., Chen, B., Zhang, K., Deng, W., Gao, H. and Xiao, R., ۲۰۱۱. Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from a typical plateau lake wetland, China. Ecological Modeling, ۲۲۲(۲): ۳۰۱-۳۰۶.

Gismera, M. J., Lacal, J., Silva, P., Garcia, R., Sevilla, M. T. and Procopio, J. R., ۲۰۰۴. Study of metal fractionation in River sediments. A comparison between kinetic and sequential extraction procedures. Environmental Pollution, ۱۲۷(۲): ۱۷۵-۱۸۲.

Haritonidis, S. and Malea, P., ۱۹۹۵. Seasonal and local variation of Cr, Ni and Co concentrations in Ulva rigida C. Agardh and Enteromorpha linza (Linnaeus) from Thermaikos Gulf, Greece. Environmental Pollution, ۸۹(۳): ۳۱۹–۳۲۷.

Kanda, A., Ncube, F. and Takura, R., ۲۰۱۷. Potential ecological risk assessment of a stream in Shamva, Zimbabwe. Environment, Earth and Ecology, ۱(۱): ٦۷-۸۰.

Kukrer, S., ۲۰۱۷. Pollution, source and ecological risk assessment of trace elements in surface sediments of Lake Aktaş, NE Turkey. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, ۲۳(۷): ۱٦۲۹-۱٦٤٤.

Lemly, A. D. and Richardson, C. J., ۱۹۹۷. Guidelines for risk assessment in wetlands. Environmental Monitoring and Assessment, ٤۷: ۱۱۷-۱۳٤.

Mao, G., Zhao, Y., Zhang, F. Liu, J. and Huang, X., ۲۰۱۹. Spatiotemporal variability of heavy metals and identification of potential source tracers in the surface water of the Lhasa River basin. Environmental Science and Pollution Research, ۲٦: ۷٤٤۲–۷٤٥۲.

Melegy, A. A., Cveckova, V., Krcmova, K. and Rapant, S., ۲۰۰۹. Environmental risk assessment of some potentially toxic elements in EI-Tabbian region (Cairo, Egypt). Environmental Earth Sciences, ٦۱: ٤۲۹-٤۳۹.

Mendes, M. P., Salomao, A. L. S., Niemeyer, J. C. and Marques, M., ۲۰۱۷. Ecological Risk Assessment in a Tropical Wetland Contaminated with Gasoline: Tier ۱. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, ۲۳(٥): ۹۹۲-۱۰۰۷.

Muller, G., ۱۹۷۹. Scwermetalle in den Sedimenten des Rheins: Veranderungen seit ۱۹۷۱. Oberrheingebiet.

Naile, J. E., Khim, J. S., Wang, T., Chen, C., Luo, W., Kwon, B., Park, J., Koh, C., Jones, P. D., Lu, Y. and Giesy, J. P., ۲۰۱۰. Per fluorinated compounds in water, sediment, soil and biota from estuarine and coastal areas of Korea. Environmental Pollution, ۱٥۸(٥): ۱۲۳۷-۱۲٤٤.

Obiakor, M., Okonkwo, J. C., Ezenonyejiaku, C. D. and Ezenwelu, C. O., ۲۰۱۳. Physicochemical and Heavy Metal Distribution in Freshwater Column: Season- Location Interaction Effects and Public Health Risk. Journal of Life Science and Biomedicine, ۳(٤): ۳۰۸-۳۱۷.

Qu, L., Huang, H., Xia, F., Liu, Y., Dahlgren, R. A., Zhang, M. and Mei, K., ۲۰۱۸. Risk analysis of heavy metal concentration in surface waters across the rural-urban interface of the Wen-Rui Tang River, China. Environmental pollution, ۲۳۷: ٦۳۹-٦٤۹.

Shang, Z., Ren, J., Tao, L. and Wang, X., ۲۰۱٥. Assessment of heavy metals in surface sediments from Gansu section of Yellow River, China. Environmental Monitoring and Assessment, ۱۸۷(۳): ۷۹.

Siddiqui, E. and Pandey, J., ۲۰۱۹. Assessment of heavy metal pollution in water and surface sediment and evaluation of ecological risks associated with sediment contamination in the Ganga River: a basin-scale study. Environmental Science and Pollution Research, *26: 10926–10940.*

Sunderland, E. M., ۲۰۰۸. Reconciling models and measurements to assess trends in atmospheric mercury deposition. Environmental Pollution, ۱٥٦(۲): ٥۲٦-٥۳٥.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

Yang, X., Duan, J., Wang, L., Li, W., Guan, J., Beecham, S. and Mulcahy, D., ۲۰۱۵. Heavy metal pollution and health risk assessment in the Wei River in China. Environmental Monitoring and Assessment, ۱۸۷(۳): ۱۱۱.

Yeh, G., Hoang, H., Lin, C., Bui X. T., Tran, H. T., Shern, C. C. and Vu, C. T., ۲۰۲۰. Assessment of heavy metal contamination and adverse biological effects of an industrially affected river. Environmental Science and Pollution Research, https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۱۳۵٦-۰۲۰-۰۷۷۳۷-۰

Zhang, W., Liu, X., Cheng, H., Zeng, E. Y. and Hu, Y., ۲۰۱۲. Heavy metal pollution in sediments of a typical mariculture zone in South China. Marine Pollution Bulletin, ٦٤(٤): ۷۱۲-۷۲۰.

Zheng, L. G., Liu, G. J., Kang, Y. and Yang, R. K., ۲۰۱۰. Some potential hazardous trace elements contamination and their ecological risk in sediment of western Chaohu Lake, China. Environmental Monitoring and Assessment, ١٦٦: ۳۷۹-۳۸٦.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2024-05-18]