سال چهارم، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۲۳ تا ۳۰
نشریه آب و توسعه پایدار

2018, Vol.4, No.2, Pages 23 to 30
Journal of Water and Sustainable Development

ارزیابی کیفیت آب تالاب بین‌المللی انزلی با استفاده از شاخص‌های کیفی

مریم فلاح[۱*]، سیما فاخران[۲]

۱، ۲- به ترتیب کارشناسی‌ارشد محیط زیست و استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: maryam.fallah85@gmail.com)
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۰۶

چکیده

تالاب‌ها اکوسیستم‌های با ارزشی هستند که از کارکردهای بسیار متنوعی به منظور حفاظت از تنوع زیستی، ارزش‌های طبیعی، اقتصادی و اجتماعی متعدد، برخوردار هستند. اهمیت تالاب‌ها بویژه در مناطق خشك و نیمه خشك مانند ایران بیشتر است. تالاب‌ها از طرق مختلف می‌توانند اثرات تغییر اقلیم را کاهش دهند، بنابراین زوال و نابودی تالاب‌ها اثرات تغییر اقلیم را تشدید می‌نماید. در حال حاضر تالاب بین‌المللی انزلی تحت تأثیر انواع استرس‌ها و آلاینده‌های محیطی از قبیل ورود پساب‌های‌صنعتی، کشاورزی و شهری، حضور گونه‌های غیربومی، تغییرکاربری و تغذیه‌گرایی قرار گرفته است. به همین دلیل نیاز به بررسی تغییرات مکانی و زمانی آلاینده‌ها با استفاده از شاخص‌های کیفی از مهمترین مولفه‌های مطالعات کیفی‌آب است. با توجه به اهمیت بین‌المللی و اثر زیست‌محیطی تالاب انزلی در توسعه پایدار، در این مطالعه به پایش‌کیفی این اکوسیستم با استفاده از داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌های فصلی صورت‌گرفته طی سال ۱۳۹۳ در ۱۰ ایستگاه با استفاده از شاخص‌های کیفی NSFWQIa و NSFWQIm و OWQI پرداخته شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از شاخص‌های مختلف، اکثر ایستگاه‌ها در طبقه متوسط تا بسیار بد قرار گرفته‌اند. آلوده‌ترین ایستگاه در شاخص‌های NSFWQIm و NSFWQIa و OWQI به ترتیب نوخاله، تالاب شرق و پیربازار در فصل تابستان بود. نتایج آنالیز واریانس، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p < ۰/۰۵$) بین شاخص‌های ذکرشده و فصول مختلف است. از یک طرف معنی‌دار بودن همبستگی (در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱) پارامترهایی BOD_5، فسفات، دمای آب و اکسیژن محلول با شاخص‌های کیفی و از طرف دیگر مقایسه مقادیر کل شاخص‌ها، نشان داد که شرایط خوبی از نظر کیفیت آب حاکم نبوده و نیاز به چاره‌اندیشی و اعمال سیاست‌های مدیریتی جهت بهبود وضعیت این اکوسیستم منحصربه فرد، بیش از هر زمانی ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: آلاینده، تالاب، شاخص کیفی، تغییراقلیم، گونه‌های غیربومی.

Assessment of the Water Quality of the Anzali International Wetland using Qualitative Indices

M. Fallah[1*], S. Fakheran[2]

1, 2- Msc in Natural Resources & Associate Professor of Natural Resources, Natural Resources Department, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*(Corresponding Author Email: maryam.fallah85@gmail.com)
Received: 25-12-2016
Accepted: 26-04-2017

Abstract

Wetlands are valuable ecosystems that have a variety of functions to protect biodiversity, natural values, economic and social values. The importance of wetlands, especially in arid and semi-arid regions such as Iran, is higher. Wetlands can reduce the effects of climate change in different ways. Hence, the degradation of wetlands will intensify the climate change impacts. At the moment, the Anzali international wetland is under the impact of environmental stresses and pollutants such as the entry of the industrial, agricultural, and urban effluents, the presence of non-native species, changes in the purpose of usage, and eutrophication. Therefore, the need to study the spatial and temporal variations of pollutants using qualitative indicators is one of the most important factors in water quality studies. In this study, due to the importance of the Anzali wetland and its environmental impact on sustainable development, an ecosystem quality survey was conducted using the data from seasonal sampling which took place in the year 1393 at 10 stations using NSFWQIa, NSFWQIm, and OWQI qualitative indices. Based on the results of the various indices, most stations are categorized in having middle to very bad levels. During the summer season, the most polluted stations according to the NSFWQIm, NSFWQIa, and OWQI indices were Nokhale, East of wetlands, and Pirbazar, respectively. The variance analysis showed a significant difference ($p < 0.05$) between the mentioned indices and different seasons. The significant correlation (at 0.05 and 0.01) of parameters such as BOD5, phosphate, water temperature, and dissolved oxygen with qualitative indices on the one hand, and comparison of the total values of indices, on the other hand, showed a bad condition for the water quality and the need for remediation and implementation of management policies in order to improve the status of this unique ecosystem.

Keywords: Contaminant, Wetland, Quality indices, Climate change, Alien species.

DOI: 10.22067/jwsd.v4i2.61307

مقدمه

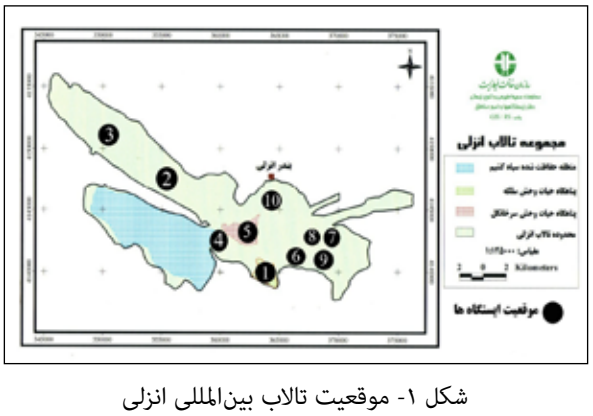
مطالعات ارزش اقتصادی تالاب‌ها نشانگر آن است که یك تالاب در شرایط مساوی حدود ۱۰ برابر جنگل‌ها و ۲۰۰ برابر زمین‌های زراعی، ارزش اقتصادی دارد. علاوه بر آن تنظیم آب و هوا، جلوگیری از سیل، حفاظت از تنوع گیاهی و جانوری، زیبایی و جاذبه‌های بصری ذاتی تالاب، جاذبه‌های توریستی و ایجاد فضایی برای زندگی پرندگان مهاجر و مکانی غنی برای بررسی‌های تحقیقاتی و علمی متخصصین و دانشمندان از مهمترین موضوعات وجود یك تالاب است (وزارت نیرو، ۱۳۹۰). تالاب انزلی در سال ۱۳۵۴ در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر به ثبت رسید و همچنین سازمان بین‌المللی حیات پرندگان این تالاب را به عنوان زیستگاه با اهمیت برای پرندگان تشخیص داده است (Zubakava، ۱۹۹۳). در حال حاضر برنامه‌های کوتاه‌مدت نه چندان علمی مانند معرفی گونه‌های غیربومی، به هم‌زدن تعادل ورودی و خروجی تالاب، احداث جاده و کنارگذر، زهکشی و تغییرکاربری، تصرفات غیرقانونی زمین‌ها، تالاب انزلی را به شاخص تالاب‌های در حال فرو افت شدید در منطقه ساحلی شمال ایران تبدیل کرده است (اسماعیلی،۱۳۷۸). تالاب انزلی هم اکنون در فهرست تالاب‌های سیاه مونترو[1] قرار گرفته است و بر اساس آن کشور ایران موظف به احیای مجدد سایت و جلوگیری از تغییرات اکولوژیک آن است (بشارتی، ۱۳۸۵). برای مدیریت کیفیت آب و برنامه‌ریزی جهت حفاظت و جلوگیری از تخریب منابع آب، شاخص‌های کیفی آب تدوین شده‌اند، شاخص‌های کیفی آب، یکی از روش‌های ساده و دور از پیچیدگی ریاضی و آماری برای بیان ساده‌ی شرایط کیفی آب هستند. شناسایی دقیق کمیت و کیفیت منابع آلاینده، تعیین وضعیت کیفی و ارایه مدل مناسب جهت بررسی تغییرات مکانی و زمانی آلاینده‌ها از مهمترین مولفه‌های مطالعات کیفی آب است (Nasirian، ۲۰۰۷).

مواد و روش‌ها

• منطقه مورد مطالعه

تالاب انزلی در جنوب غرب دریای خزر و در استان گیلان در طول جغرافیایی "۲۰ و '۱۴ و°۴۹ تا "۴۵ و '۳۶ و°۴۹ شرقی و عرض جغرافیایی "۳۰ و '۲۲ و°۳۷ تا "۸ و '۳۲ و°۳۷ شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). مساحت تالاب انزلی در سال ۱۳۸۵ با استفاده از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای IRS-Pan، ۱۶۸ کیلومتر مربع برآورد شده است (وزارت نیرو، ۱۳۹۰). حدود ۵۴٪ آن را جنگل و مرتع، ۲۳٪ اراضی کشاورزی، ۸٪ محیط‌های آبی و بقیه را مناطق انسان ساخت و تأسیسات زیربنائی تشکیل می‌دهد. حداکثر عمق این تالاب ۳/۵ متر و متوسط عمق آن بیش از یک متر است (بشارتی، ۱۳۸۵).

با استفاده از شاخص‌های کیفی آب هم می‌توان تغییرات کیفی آب را در طول زمان یک ایستگاه مورد پایش قرار داد و هم می‌توان از این شاخص‌ها برای نشان‌دادن تغییرات کیفی آب در طول اکوسیستم آبی با مقایسه منابع آبی در نقاط مختلف یک کشور و یا جهان استفاده نمود (Shultz، ۲۰۱۱). شاخص NSFWQI[2] سازمان بهداشت ملی آمریکا که در سال ۱۹۷۰ توسط براون و همکارانش ارایه گردید، یکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها برای ارزیابی کیفیت آب است (Landwehr و Deininger، ۱۹۷۶). اورگان (OWQI)[3] شاخص کیفی در ایالت اورگان و در ابتدا توسط یك گروه بررسی کننده مسایل کیفی زیست محیطی در سال ۱۹۷۹ برای ارزیابی شرایط و روند کیفی آب ایجاد گردید (Cude، ۲۰۰۱). مطالعاتی پیرامون وضعیت کیفی منابع آبی در ایران با استفاده از شاخص‌های کیفی شده است که می‌توان به مطالعات بصیر و نوابی در بند قیر اهواز (۱۳۸۸)، میرزایی و همکاران (۱۳۸۴) در رودخانه جاجرود، نیکونهاد (۱۳۸۵) در سد مخزنی کرخه، جمشیدیان و علوی‌مقدم (۱۳۸۵)، سمرقندی و همکاران (۱۳۹۲) در سد مخزنی اکباتان، شمسایی و همکاران (۱۳۸۴) در رودخانه‌های کارون و دز اشاره کرد که شاخص‌کیفی NSFWQI را به عنوان مناسب‌ترین شاخص جهت ارزیابی کیفیت آب معرفی کرده‌اند. از مطالعات صورت گرفته بر روی تالاب انزلی، می‌توان به مطالعات آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (JICA) (۲۰۰۵)، کیمبال و کیمبال (۱۹۷۴)، میرزاجانی و همکاران (۱۳۸۸)، درویش‌صفت و همکاران (۱۳۷۸)، Nezami (۱۹۹۳)، نظامی (۱۳۷۴)، رازدار و همکاران (۱۳۸۷)، احمدزاده و همکاران (۱۳۹۲) اشاره نمود. با توجه به مطالب ذکرشده و نظر به نقش و جایگاه تالاب‌ها در اکوسیستم‌های آبی، در تحقیق حاضر به بررسی وضعیت کیفی تالاب بین‌المللی انزلی با استفاده از شاخص NSFWQIa، NSFWQIm و OWQI در سال ۱۳۹۳ پرداخته و نتایج بدست آمده مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۱- موقعیت تالاب بین‌المللی انزلی

• روش کار

در سال ۱۳۹۳ از ۱۰ ایستگاه زیرپل بندرانزلی، سرخانکل، پیربازار، سیاه درویشان، نوخاله، هندخاله، تالاب شرق، خروجی تالاب شرق و تالاب غرب-آبکنار و ماه روزه در هر فصل نمونه‌برداری صورت گرفت. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در جدول (۱) آمده است.

• اندازه‌گیری پارامترهای آب

پارامترهای درجه حرارت آب و هوا به کمک دماسنج جیوه‌ای، pH توسط pHمتر دیجیتال Metrohm مدل ۷۴۴۰، هدایت الکتریکی به وسیله EC متر دیجیتال JEN WAY مدل ۴۳۱۰، اکسیژن محلول به روش وینکلر، NO_3 و PO_4 به روش رنگ‌سنجی و به ترتیب با استفاده از اسپکتوفتومتری JASCO مدل V-۵۳۰ و اسپکتوفتومتری JEN WAY مدل ۶۴۰۰، BOD_5 با استفاده از انکوباتور VELP-FTC901 به روش اکسیژن باقی‌مانده پس از ۵ روز به وسیله دستگاه اکسیژن‌سنج، کدورت به وسیله دستگاه کدورت‌سنج DRT-15CE، کلیفرم مدفوعی به روش MPN[۴] لوله‌ای با ضریب رقت ۱ به ۱۰۰ و جامدات محلول با روش استاندارد اندازه‌گیری گردید (APHA، ۱۹۹۲).

جدول ۱- طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه تالاب بین‌المللی انزلی

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	هندخاله	۳۶۳۱۷۰	۴۱۴۰۱۹۱
۲	تالاب غرب (آبکنار)	۳۵۸۹۷۷	۴۱۴۵۲۴۰
۳	تالاب غرب (ماه روزه)	۳۵۹۳۴۴	۴۱۴۵۲۳۲
۴	سیاه‌درویشان	۳۶۰۶۴۵	۴۱۴۴۴۱۱
۵	سرخانکل	۳۶۰۹۰۳	۴۱۴۰۱۹۱
۶	نوخاله	۳۶۷۲۶۷	۴۱۴۰۶۷۶
۷	تالاب شرق	۳۶۷۶۵۲	۴۱۴۲۶۸۶
۸	خروجی تالاب شرق	۳۶۶۴۵۸	۴۱۴۲۹۸۹
۹	پیربازار	۳۶۷۴۱۳	۴۱۴۰۶۴۶
۱۰	زیر پل بندر انزلی	۳۶۴۲۵۷	۴۱۴۷۳۹۹

• محاسبه شاخص کیفی

NSFWQI با استفاده از منحنی‌های معیار مناسب که برای هر یک از ۹ پارامتر وجود دارد، زیرشاخص آن پارامتر را استخراج کرده و به همراه وزن هر پارامتر با استفاده از رابطه (۱)، شاخص کیفیت آب در ایستگاه‌های مختلف محاسبه می‌شود (جدول ۲). براساس گروه‌بندی امتیازهای کلی شاخص (جدول ۳) می‌توان ایستگاه‌های مورد نظر را از نظر وضعیت کیفی طبقه‌بندی نمود (Deininger و Landwehr، ۱۹۷۶).

جدول ۲- فاکتورهای وزنی شاخص NSFWQI (Deininger و Landwehr، ۱۹۷۶)

پارامتر	فاکتور وزنی
اکسیژن محلول	۰/۱۷
کلیفرم مدفوعی	۰/۱۵
pH	۰/۱۲
BOD۵	۰/۱۰
نیترات	۰/۱۰
فسفات	۰/۱۰
دما	۰/۱۰
کدورت	۰/۰۸
جامدات کل	۰/۰۸

جدول ۳- گروه‌بندی امتیاز کلی شاخص NSFWQI (Deininger و Landwehr، ۱۹۷۶)

مقدار عددی شاخص	تعریف
۰-۲۵	بسیار بد
۲۶-۵۰	بد
۵۱-۷۰	متوسط
۷۱-۹۰	خوب
۹۱-۱۰۰	عالی

$$\text{NSFWQIa} = \sum_{i=1}^{n} WiQi$$
$$\text{NSFWQIm} = \prod_{i=1}^{n} Qi \,\hat{}\, Wi \qquad (۱)$$

Qi و Wi به ترتیب زیرشاخص و فاکتور وزنی هر پارامتر است.

شاخص OWQI از رابطه زیر بدست می‌آید و طبقه‌بندی آن در جدول (۴) آورده شده است.

$$\text{OWQI} = \frac{\text{n}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} {}^{1}/_{\text{SI}_i}{}^{2}}} \qquad (۲)$$

SIi مقدار زیرشاخص هر پارامتر و n تعداد زیرشاخص‌های استفاده شده در شاخص می‌باشد (Cude، ۲۰۰۱).

جدول ۴- طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص OWQI (Chessman، ۱۹۹۵)

مقدار عددی شاخص	تعریف
کمتر از ۶۰	خیلی بد
۶۰-۷۹	بد
۸۰-۸۴	متوسط
۸۵-۸۹	خوب
۹۰-۱۰۰	عالی

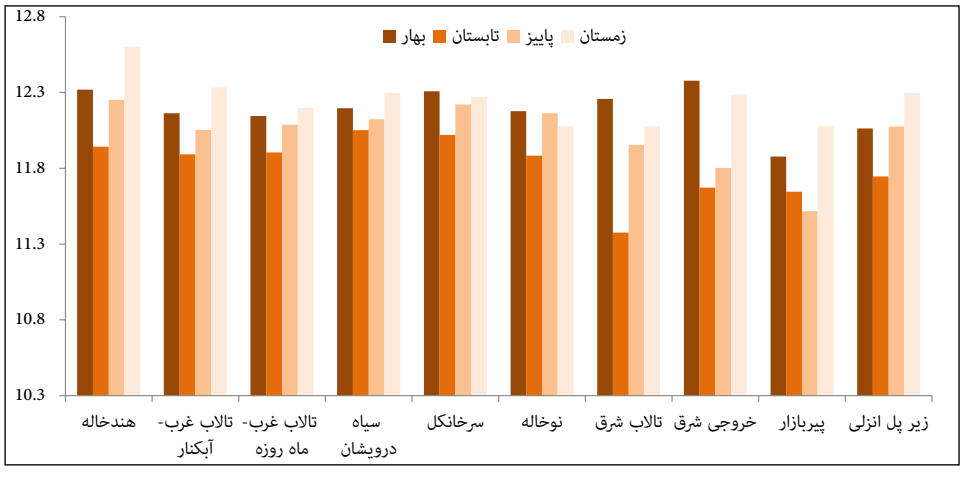
• آنالیز آماری

نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنف[5] و همگن‌بودن واریانس‌ها با آزمون لون[6] مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور بررسی تفاوت‌های زمانی از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه[7] بین ایستگاه‌های مختلف استفاده شد. ارزیابی احتمال معنی‌دار بودن میانگین داده‌ها با آزمون دانکن[8] در سطح اطمینان ۹۵٪ ($p<0/05$) تعیین گردید. همبستگی بین پارامترها و شاخص‌های کیفی نیز به وسیله ضریب پیرسون[9] صورت گرفت. آنالیز آماری داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS16 انجام شد.

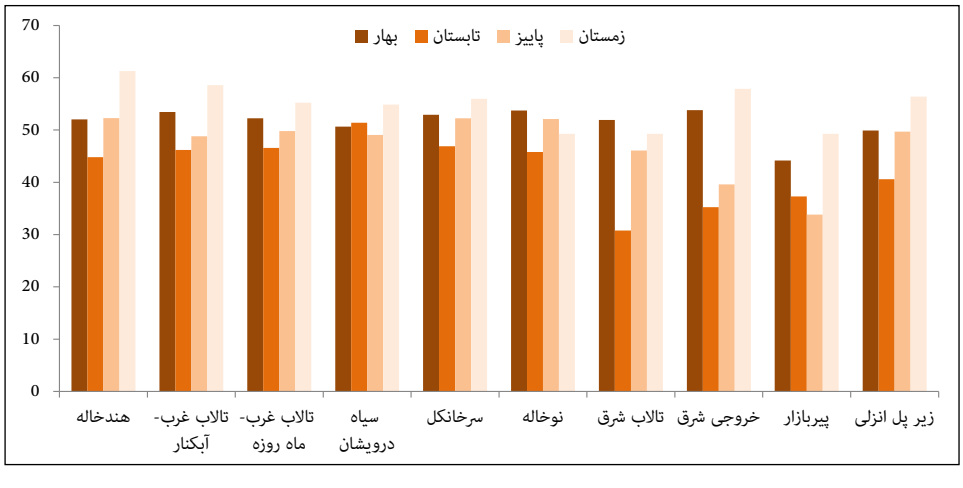
نتایج

همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، شاخص NSFWQIm در کلیه ایستگاه‌ها در طول سال ۱۳۹۳ در محدوده ۱۱/۳۷ -۱۲/۵۹ می‌باشد و با مراجعه به جدول (۳) کلیه ایستگاه‌ها در دسته‌بندی بسیار بد قرار داشتند. همین شاخص با فرمول حاصل جمع‌بندی وزنی NSFWQIa فرق کرده و در محدوده ۳۰/۷۸-۶۱/۲۷ (دسته‌بندی متوسط تا بد) قرارگرفت (شکل ۳).

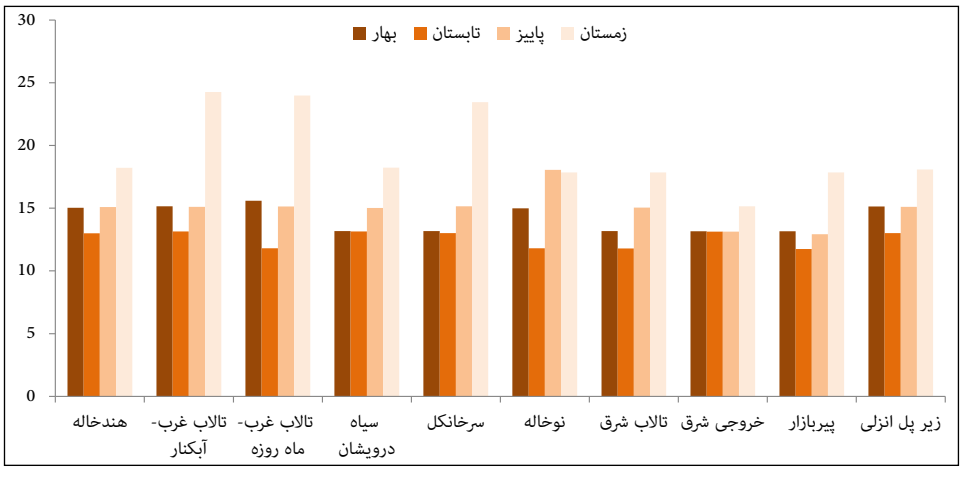
در مورد شاخص OWQI هم مقادیر آن (۱۱/۷۹-۲۴/۲۶) در اکثر ایستگاه‌ها در محدوده خیلی بد قرار داشت (شکل ۴). در مجموع کیفیت آب ایستگاه‌های نواحی غرب وضعیت بهتری با توجه به مقادیر شاخص NSFWQIa و NSFWQIm و OWQI داشتند. نتایج آنالیز واریانس وجود اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$) در شاخص‌های مذکور بین ایستگاه‌های مختلف را نشان نداد، اما بین فصول مختلف و مقادیر شاخص برخی ایستگاه‌ها، اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$) را نشان داد.



شکل ۲- مقادیر شاخص NSFWQIm در فصول مختلف در تالاب انزلی در سال ۱۳۹۳



شکل ۳- مقادیر شاخص NSFWQIa در فصول مختلف در تالاب انزلی در سال ۱۳۹۳



شکل ۴- مقادیر شاخص OWQI در فصول مختلف در تالاب انزلی در سال ۱۳۹۳

در جدول (۵) مقادیر همبستگی پیرسون برای شاخص‌های NSFWQIa، NSFWQIm و OWQI آورده شده است. نتایج حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در برخی پارامترهای دخیل در کیفیت آب با شاخص‌های مختلف می‌باشد.

جدول ۵- مقادیر همبستگی پیرسون پارامترهای مختلف برای شاخص‌های NSFWQIm، NSFWQIa و OWQI

ایستگاه	NSFWQIa	NSFWQIm	OWQI
کدورت	-۰/۹۸	-۰/۱۵۹	-
دمای آب	*-۰/۴۳۹	*-۰/۴۹۵	** -۰/۷۱۴
pH	-۰/۰۸۷	-۰/۱۲۹	* -۰/۴۸۷
TDS	-۰/۳۵۰	-۰/۴۰۲	*-۰/۴۳۳
اکسیژن محلول	** ۰/۷۷۱	** ۰/۷۶۶	۰/۳۶۲
BOD_5	** -۰/۶۶۳	** -۰/۶۳۳	-۰/۴۰۲
نیترات	-۰/۱۴۶	۰/۱۹۰	-۰/۲۸۶
فسفات	**-۰/۶۱۹	**-۰/۵۷۳	*-۰/۴۰۹

*همبستگی در سطح ۰/۰۵ **همبستگی در سطح ۰/۰۱

در جدول (۶) نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های کیفی در سال۱۳۹۳به تفکیک هر شاخص آورده شده است.

جدول ۶- نتایج سالانه شاخص‌های کیفی

ایستگاه	NSFWQIa	NSFWQIm	OWQI
هندخاله	۴۹/۱۴	۱۲/۰۴	۱۵/۳۳
تالاب غرب (آبکنار)	۵۱/۷۶	۱۲/۱۱	۱۶/۹۱
تالاب غرب (ماه روزه)	۵۰/۹۵	۱۲/۰۸	۱۶/۶۲
سیاه‌درویشان	۵۱/۴۹	۱۲/۱۶	۱۴/۸۹
سرخانکل	۵۱/۹۹	۱۲/۲۰	۱۶/۱۹
نوخاله	۴۱/۱۳	۱۱/۷۷	۱۳/۹۱
تالاب شرق	۴۴/۵۰	۱۱/۹۱	۱۴/۴۶
خروجی تالاب شرق	۴۶/۶۲	۱۲/۰۳	۱۳/۶۴
پیربازار	۵۰/۲۲	۱۲/۰۷	۱۵/۶۷
زیر پل بندر انزلی	۵۲/۶۰	۱۲/۱۹	۱۵/۳۳

بحث

آلودگی همواره به عنوان مهم‌ترین عامل در کاهش عمر تالاب انزلی مطرح بوده است (ثابت رفتار، ۱۳۷۳). آلوده‌ترین ایستگاه‌ها در شاخص NSFWQIa به ترتیب نوخاله (۳۰/۷۸)، خروجی تالاب شرق (۳۵/۲۴) و پیربازار (۳۷/۲۹) بودند. همچنین در مورد شاخص NSFWQIm، ایستگاه‌های تالاب‌شرق (۱۱/۳۷)، پیربازار (۱۱/۶۵)، خروجی تالاب شرق (۱۱/۶۷) و در شاخص OWQI، ایستگاه‌های پیربازار (۱۱/۷۴)، تالاب شرق (۱۱/۷۸) و نوخاله (۱۱/۸۰) آلوده‌ترین بودند. معنی‌دار بودن همبستگی (در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱) پارامترهایی مانند: BOD_5، فسفات، دمای آب و اکسیژن محلول با شاخص‌های کیفی NSFWQIa و NSFWQIm و OWQI حاکی از ارتباط بین این پارامترها با شرایط کیفی تالاب و اثرگذاری در آلودگی تالاب انزلی است که

همسو با مطالعات آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (JICA) (۲۰۰۵)، کیمبال و کیمبال (۱۹۷۴)، میرزاجانی و همکاران (۱۳۸۸)، درویش صفت و همکاران (۱۳۷۸)، Nezami (۱۹۹۳)، نظامی (۱۳۷۴) بوده و نشان‌دهنده وضعیت بحرانی تالاب می‌باشد. فاضلاب خانگی، مناطق مسکونی مجاور، پساب صنایع غذایی و دامداری‌ها که بدون هیچ تصفیه‌ای وارد رودهای مرتبط با تالاب انزلی می‌شوند (JICA، ۲۰۰۵)، همچنین گستردگی حوزه تالاب، تنوع کاربری در حوزه و در نتیجه وارد شدن مواد آلی و غیر آلی به تالاب از مهمترین دلایل کاهش کیفیت آب تالاب انزلی و تشدید روند تغذیه‌گرایی محسوب می‌شوند که در این خصوص سه منبع عمده مواد مغذی شامل:کودهای استفاده شده در بخش کشاورزی، فاضلاب‌های خانگی و ضایعات دامی را می‌توان نام برد (ساکی‌زاده، ۱۳۸۳). Kazi و همکاران در سال ۲۰۰۹، با استفاده از تکنیک‌های آماری مختلف از جمله PCA کیفیت آب دریاچه مانچار در پاکستان را مورد ارزیابی قرار داده و از جمله عوامل موثر در وخیم‌تر شدن شرایط کیفی آب را فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و فاضلاب‌های شهری دانستند.Samantray و همکاران در سال ۲۰۰۹، با استفاده از شاخص NSFWQI کیفیت رودخانه‌های ماهاندی و آتاوابانکی در ناحیه پارادیپ هندوستان را بررسی نمودند که برای این شاخص چهار پارامتر pH، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و کلیفرم مدفوعی اندازه‌گیری شد. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که کیفیت آب بر اساس شاخص مورد استفاده به دلیل فعالیت‌های انسانی و صنایع کاهش یافته است. Hsu و همکاران (۲۰۱۱) در دو تالاب حفاظت شده در تایوان پارامترهای کیفی آب و گیاهان منطقه را مورد بررسی قرار داده و مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده تنوع زیستی در تالاب‌های حفاظت شده را کیفیت آب، مساحت تالاب و پوشش گیاهی دانستند. Hassler در سال ۲۰۰۴ بیان نمود، که کیفیت آب رودخانه‌های کالیفرنیا تحت تأثیر توسعه‌ی کشاورزی و فعالیت‌های دامداری و دامپروری به شدت آلوده می‌باشد. به طوری که این اقدامات باعث کاهش‌کیفیت‌آب اکثر رودخانه‌ها در این ایالت شده است. مهمترین مساله‌ای که در ساختار توابع جمع‌بندی زیرشاخص‌ها باید به آن توجه شود، مشکل ناحیه ابهام و تاریکی است. وجود ناحیه ابهام در یك شاخص به این مفهوم است که شاخص کلی وضعیت ضعیف زیست‌محیطی را نشان می‌دهد، بدون آنکه هیچ کدام از زیرشاخص‌های آن به مرحله ضعیف رسیده باشند. مساله تاریکی نیز زمانی رخ می‌دهد که حداقل یکی از شاخص‌ها شرایط ضعیف زیست‌محیطی را نشان دهد، ولی شاخص کلی این شرایط ضعیف را نشان ندهد. در رابطه NSFWQI دو تابع جمع‌بندی برای محاسبه شاخص ارائه شده است. تابع جمع وزنی خطی (NSFWQIa) دارای مشکل تاریکی است، به همین دلیل تابع ضرب وزنی (NSFWQIm) نیز ارائه شده است (Landwehrو Deininger، ۱۹۷۶). منحنی‌ها و روابط تعیین زیرشاخص‌ها در شاخص OWQI همانند NSFWQI، بر اساس نظرات اساتید فن به صورت توابع تغییر شکل لگاریتمی بوجود آمده است؛ با این تفاوت که کلیه پارامترها از اثر و اهمیت یکسانی برخوردار است (Cude، ۲۰۰۱). شاخص کیفی OWQI تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه را در محدوده‌ی کیفی بسیار بد قرار داده است. در این شاخص به این دلیل که هر یك از پارامترهای هشت‌گانه فاقد ضریب وزنی بوده، اثر یکسانی در محاسبه‌ی شاخص نهایی دارند که خود می‌تواند از اشکالات این شاخص باشد. با توجه به تأثیر یکسان پارامترها، پایین‌بودن یك یا دو زیر شاخص منجر به افت شدید شاخص نهایی می‌شود. در این روش پارامترهای با ارزش‌کم و پارامترهای با ارزش بالا به یك مقدار روی عدد نهایی شاخص تأثیر دارند. درمقایسه با شاخص NSFWQI، شاخص OWQI به دلیل اینکه به همه‌ی پارامترها وزن یکسانی می‌دهد از ارزش کمتری برخوردار است، از آنجایی که شاخص NSFWQI برای هر پارامتری یک وزن خاص را در نظر می‌گیرد و در محاسبه‌ی نهایی شاخص منظور می‌شود، یك شاخص مناسب‌تر برای ارزیابی آب تالاب انزلی می‌باشد که با نتایج محققین دیگر نیز مطابقت دارد (شمسایی و همکاران، ۱۳۸۴؛ نیکونهاد، ۱۳۸۵؛ بصیر و نوابی، ۱۳۸۵؛ میرزایی و همکاران، ۱۳۸۴؛ جمشیدیان و علوی مقدم، ۱۳۸۵ و سمرقندی وهمکاران، ۱۳۹۲). در مورد مقادیر شاخص‌ها و مقایسه آن در ایستگاه‌های مختلف، بین فصل‌ها و مقادیر شاخص اختلاف معنی‌دار وجود داشت. همچنین با بررسی مقادیر شاخص‌های مختلف مشاهده شد، در فصل‌های پاییز و زمستان بطور نسبی مقادیر شاخص‌ها افزایش پیدا می‌کنند. بهترین ایستگاه‌ها از نظر کیفیت آب در شاخص NSFWQIa و OWQI به‌ترتیب هندخاله (۶۱/۲۷)، تالاب غرب-آبکنار (۲۶/۲۴) در فصل زمستان بود و نسبتاً ایستگاهای غربی وضعیت بهتری نسب به ایستگاه‌های شرقی داشتند. در NSFWQIm همه ایستگاه‌ها کیفیت خیلی بد داشت. سمرقندی و همکاران در سال ۱۳۹۲، بر روی سد مخزنی اکباتان شهرستان همدان به منظور بررسی کیفیت آب دریاچه از شاخص کیفی NSFWQI استفاده کردند. آب موجود در دریاچه در ماه‌های سرد سال کیفیت مناسب‌تری نسبت به ماه‌های‌گرم سال داشت و مهمترین آلودگی دریاچه میزان بالای کلیفرم مدفوعی بیان شد (سمرقندی و همکاران، ۱۳۹۲). در بین ایستگاه‌ها، تالاب شرق و پیربازار کمترین مقدار را در شاخص‌های مورد بررسی داشت. طی مطالعه افراز (۱۳۷۵) نیز درصد آلودگی در رودخانه پیربازار بسیار بالاتر از رودخانه‌های دیگر بوده، زیرا قسمت اعظم فعالیت‌های صنعتی درحوزه آبخیز پیربازار متمرکز بوده و کل فاضلاب شهر رشت و پساب‌های کشاورزی محدوده آن از طریق این رودخانه به تالاب حمل می‌شود

(افراز، ۱۳۷۵)؛ به طوری که در سال۱۳۶۶، ۹۵ تن نیترات توسط رودخانه پیربازار به تالاب حمل گردید (مهندسین مشاور یکم، ۱۳۶۷). طبق جدول (۷) اکثر ایستگاه‌ها در طول سال براساس شاخص‌های NSFWQIm و OWQI در دسته بسیار بد و طبق شاخص NSFWQIa در محدوده بد تا متوسط قرار می‌گیرند و نشان‌دهنده وضعیت بحرانی تالاب انزلی است. رازدار و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی کیفیت آب تالاب انزلی با استفاده از شاخص کیفی WQI در سال ۱۳۸۶پرداختند. نتایج آن‌ها در مدت زمان مشابه نشان داد که به جز پیربازار، سیاه درویشان و زیرپل انزلی که در وضعیت متوسط قرار گرفتند، در اکثر ایستگاه‌ها وضعیت آب تالاب انزلی خوب بود (رازدار و همکاران، ۱۳۸۷). آن‌ها همچنین در ارزیابی یکساله خود اکثر ایستگاه‌ها را در وضعیت متوسط قرار دادند. مطالعاتی هم که توسط احمدزاده و همکاران (۱۳۹۲) در سال‌های ۱۳۷۱- ۱۳۷۴- ۱۳۷۷ و ۱۳۸۱ در تالاب انزلی انجام دادند وضعیت تالاب را با استفاده از شاخص کیفی WQI در حد متوسط ارزیابی کردند (احمدزاده و همکاران، ۱۳۹۲). بررسی همبستگی مقادیر پارامترهایی از قبیل فسفات، نیترات، BOD_5، TDS و کلیفرم مدفوعی نیز نشان‌دهنده افزایش میزان آن‌ها طی سال‌های اخیر است که با توجه به اثر آن‌ها با ضریب وزنی خود در نتایج نهایی هر شاخص محسوس است.

نتیجه‌گیری

بنابراین می‌توان عوامل تخریب‌کننده تالاب را در سه دسته شیمیایی، فیزیکی و اکولوژی طبقه‌بندی نمود که عوامل اکولوژی مانند ورود گونه‌ی غیر بومی آزولا، شیمیایی مانند ورود بی‌رویه پساب‌های شهری و کشاورزی و فیزیکی مانند ورود زباله‌های بدون تفکیک و بازیافت نشده به حوزه تالاب می‌تواند از مهم‌ترین علل تخریب تالاب باشند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که باید به طور مداوم پایش کیفیت آب و بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر روی کیفیت آب تالاب انجام شود تا از نابودی تالاب در آینده‌ای نزدیک جلوگیری شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از اداره کل حفاظت محیط زیست شهرستان انزلی به دلیل همکاری صمیمانه در طول این تحقیق سپاسگزاری می‌نماییم.

پی‌نوشت

1- Montreux
2- National Sanitation Foundation Water Quality Index
3- Oregon Water Quality Index
4- Most Probable Number
5- Kolmogorov-Smirnov
6- Leven test
7- One-way ANOVA
8-Duncan
9-Pearson

منابع

افراز، ع.ر. ۱۳۷۵. طبقه‌بندی رودخانه‌های ورودی به تالاب انزلی با استفاده از منحنی شاخص کیفیت آب، مجله علمی شیلات ایران، ۵(۱): ۱-۱۷.
اسماعیلی، ح. ۱۳۷۸. مناطق تحت مدیریت اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان گیلان، اداره کل حفاظت محیط زیست گیلان، رشت. ۲۱۰ صفحه.
احمدزاده لایقی، ت.، اکبرزاده، ا. و جاوید، ا. ۱۳۹۲. بررسی کیفیت آب تالاب انزلی براساس شاخص کیفی WQI. دومین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، ۱-۱۳.
بشارتی، ن. ۱۳۸۵. تهدید سلامت تالاب انزلی توسط مخاطرات زیست محیطی ناشی از آلاینده‌ها، طب جنوب، ۴(ویژه نامه کنگره سراسری طب ودریا): ۸۶-۷۶.
بصیر، م. و نبوی، م. ۱۳۸۸. مطالعه کیفیت آب رودخانه کارون از بند قیر تا اهواز با استفاده از WQI و بکارگیری نرم افزار GIS. اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب، زابل، ۱۳۲-۱۴۰.
ثابت‌رفتار، ك. ۱۳۷۳. تجزیه و تحلیل (فرکانت) اثرات زیست محیطی آزولا بر اکوسیستم آبی تالاب انزلی. دانشگاه تهران، پایان‌نامه جهت اخذ مدرك کارشناسی ارشد.
جمشیدیان، ز. علوی مقدم، م. ۱۳۸۵. بررسی ارزیابی کیفیت آب با شاخص(WQI).اولین کنفرانس بین‌المللی مهندسی بهداشت.تهران.
درویش صفت، ع.ا.، جمال‌زاده فلاح، ف. و نظامی بلوچی، ش. ۱۳۷۸. بررسی وضعیت تروفی تالاب انزلی با استفاده از GIS. محیط‌شناسی، (۲۳): ۱-۱۰.
رازدار، ب.، قویدل، آ. و ذوقی، م.ج. ۱۳۸۷. بررسی کیفیت آب تالاب انزلی با استفاده از شاخص کیفی WQI، مجموعه مقالات همایش ملی، الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب، ۴۵۷-۴۶۵.

ساکی‌زاده، م. ۱۳۸۳. بررسی و منشأیابی منابع آلاینده حوزه آبخیز رودخانه سیاهرود در استان گیلان، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۱۰ صفحه.

سمرقندی، م.، ویسی، ک.، ابوی مهریزی، ا.، کاسب، پ. و دانایی، ع. ۱۳۹۲. بررسی کیفیت آب دریاچه سد مخزنی اکباتان شهرستان همدان با بهره‌گیری از شاخص کیفی NSFWQI، مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، ۵(۱): ۶۳-۶۹.

شمسایی، ا.، زارع، ص. و سارنگ، ا. ۱۳۸۴. بررسی تطبیقی شاخص‌های کیفی و پهنه‌بندی کیفی رودخانه کارون و دز، نشریه آب و فاضلاب، ۵۵: ۳۹-۴۸.

کیمبال، ک. و کیمبال، س. ۱۹۷۴. مطالعات لیمنولوژی تالاب انزلی. سازمان حفاظت محیط زیست و شرکت شیلات ایران. ترجمه طرح احیای تالاب انزلی جهادسازندگی گیلان. ۱۱۴ صفحه.

میرزاجانی، ع. خداپرست، ح. بابایی، ه. عابدینی، ع. و دادی قندی، ع. ۱۳۸۸. روند فراغنی شدن تالاب انزلی با استفاده از اطلاعات ده ساله ۱۳۷۱-۱۳۸۱. محیط‌شناسی، ۳۵(۵۲): ۶۵-۷۴.

نظامی، ش. ۱۳۷۴. بررسی تعداد باکتریوپلانکتون‌های تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران، (۴)۱: ۲۱-۳۲.

مهندسان مشاور یکم. ۱۳۶۷. مطالعات گام اول طرح جامع احیاء تالاب انزلی، جلد هفتم، لیمنولوژی، ۳۱۸ صفحه.

میرزایی، م. نظری، ع. و یاری، ع. ۱۳۸۴. پهنه‌بندی کیفی رودخانه جاجرود، محیط‌شناسی، ۳۱(۳۷): ۱۷-۲۶.

نیکونهاد، ع. ۱۳۸۵. تأثیر سد مخزنی کرخه بر کیفیت آب ورودی با استفاده از شاخص‌های کیفی. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. ۱۱۰ صفحه.

وزارت نیرو. ۱۳۹۰. مطالعات تعیین حد بستر و حریم تالاب انزلی(گزارش زیست‌محیطی)، شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۰ صفحه.

APHA. 1992. Standard method for examination of water and wastewater.18 the edition. American.

Chessman B. 1995, Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates: A procedure based on habitat-specific sampling, family level identification, and a biotic index, Australian Journal of Ecology, 20: 122-129.

Cude C. 2001. Oregon water quality index: A tool for evaluating water quality management effectiveness. Journal of the American Water Resources Assessment, 37: 125–137.

Hassler M. 2004. Animal grazing effects on runoff water quality in a semiarid grassland. Journal of Environmental Quality, 21: 102- 105.

Hsu CB., Hsieh HL., Yang L., Wu SH., Chang JS., Hsiao SC., Su HC., Yeh CH., Ho YS. and Lin H.J. 2011. Biodiversity of constructed wetlands for wastewater treatment. Journal of Ecological Engineering, 37(10): 1533-1545.

Japan International Cooperation Agency (JICA). 2005. Integrated management for Anzali wetland. Department of Envieonment of Iran.Tehran, 182 p. (In Persian).

Kazi TG., Arain MB., Jamali MK., Jalbani N., Afridi HI., Sarfraz RA., Baig JA, Shah AQ. 2009. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. Ecotoxicology and Environmental Safety, 72: 301-309.

Landwehr JM. and Deininger RA. 1976. A comparison of several water quality indexes. Journal of Water Pollution Control Federation, 48(5): 947-954.

Nasirian MA. 2007. New water quality index for environmental contamination contributed by mineral processing: A case study of amang (tin tailing) processing activity. Journal of applied sciences, 7(20): 2977-2987.

Nezami Sh.A. 1993. Nutrient load community structure and metabolism in the eutrophying Anzali lagoon Iran. Ph.D. Thesis L. Kusseuth university and fish culture Research Institute. Debrecen- szaruas Hungary. P. 197.

Shultz MT. 2001. A critique of EPA's index of watershed indicators. Journal of Environmental Management, 62(4): 429-442.

Samantray P., Mishra BK., Panda CR. and Rout SP. 2009. Assessment of water quality index in Mahanadi and Athavabanki rivers and Taldana canal in Paradip area.India. Journal of Human Ecology, 26: 153-161.

Zubakava VA. 1993 .The Caspian sea level oscillations in the geological past and its forecast. Russian Meteorology and Hydrology of journal, 8: 65-70.