Archive of SID

(DOI): 10.22092/ISFJ.2020.123099 ۲۹(٤) ۱٤۷-۱۵۹ مجله علمی شیلات ایران

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

مقاله علمی–پژوهشی:

محاسبه و بکارگیری شاخص کیفیت آب در آبهای ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر

حسن نصراله زاده ساروی*[۱]، آسیه مخلوق[۱]، فریبا واحدی[۱]، علی عابدینی[۲]، کامران عقیلی[۳]، عبداله نصراله تبار[۱]

*hnsaravi@gmail.com

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، مازندران، ساری.

۲- پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، گیلان، انزلی.

۳- مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، گلستان، گرگان.

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۹

چکیده

شاخص کیفیت آب ابزاری است که داده های حاصل از آنالیز پارامترهای موثر در کیفیت آب را ادغام و با ارائه یک عدد نهایی درک کیفیت آب را برای عموم آسان می نماید. با توجه به اهمیت و کاربرد شاخص کیفیت آب در تصمیم‌گیری واحدهای فعال و اجرایی در حفاظت و بهره‌وری، مطالعه حاضر برای نخستین بار با اهداف تعیین پارامترهای محیطی با اهمیت در کیفیت آب، تعیین وزن پارامترهای موثر (هر یک از پارامترهای موثر بر شاخص کیفیت آب) دریای خزر صورت گرفت تا امکان دسترسی به اطلاعات اختصاصی و لازم برای محاسبه شاخص کیفیت آب را در این اکوسیستم آبی فراهم نماید. داده‌های بدست آمده (w_i و q_i) برای محاسبه شاخص کیفیت آب دریای خزر در سال ۹۸-۱۳۹۷ بکار گرفته شدند. با استفاده از نتایج آزمون مولفه اصلی بر داده‌های دراز مدت سال‌های ۹۸-۱۳۸۲ (۹۲۰ نمونه)، ۹ پارامتر با اهمیت (کدورت، کلروفیل-آ، BOD_5، COD، pH، %DO، NO_3 ، NH_4 و PO_4)، برای تعیین شاخص کیفیت آب انتخاب شدند و وزن آنها بدست‌آمد. محاسبه شاخص فرعی (q_i) هر پارامتر بر اساس استانداردها، الزامات کیفیت آب ساحلی در اکوسیستم های دریایی و داده های مرجع دریای خزر صورت گرفت. در نهایت با محاسبه میانگین هندسی، مقادیر شاخص کیفیت آب در آبهای ساحلی دریای خزر (WQIcs) بدست آمد. بکارگیری این فرمول در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷ نشان داد که WQIcs در محدوده ۹۱-۷۰ (کیفیت متوسط) و ۶۹-۳۵ (کیفیت بد) بترتیب شامل ۷۴ و ۲۶ درصد از نتایج شد. در بین ۹ پارامتر مذکور، مقادیر نیترات و فسفات (عوامل موثر بر افزایش تغذیه‌گرایی) بیشترین تاثیر را بر کاهش شاخص کیفیت آب نشان دادند.

لغات کلیدی: شاخص کیفیت آب، وزن پارامترهای موثر، زیر شاخص، دریای خزر، ایران

*نویسنده مسئول

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

مقدمه

کیفیت آب در محیط‌های ساحلی با توسعه اقتصادی مرتبط با فعالیت‌های انسانی مانند گردشگری، شیلات (صید و صیادی)، آبزی‌پروری و کشاورزی تاثیر می‌پذیرد. این اقدامات باعث ایجاد تغییراتی در ساختار اکولوژیک، عملکردها و پویایی‌ها اکوسیستم‌ها می‌شود (UNESCO, 2010; Michalak, 2016). در این راستا صنعتی شدن کشورهای حاشیه دریای خزر، تخلیه انواع فاضلاب‌ها به دریای خزر یا منابع آبی منتهی به دریای خزر، آلودگی‌های بیولوژیک و موجودات مهاجم، حمل و نقل دریایی، وقوع تصادفات کشتی‌های نفت‌کش، عملیات اکتشاف و حفاری چاه‌های نفت در دریا، از دلایل مهم کاهش کیفیت آب دریای خزر بخصوص در دهه‌های اخیر، محسوب می‌شوند. از سویی، صنعت پرورش ماهی نیز در دریای خزر از اوایل دهه ۱۳۹۰ به طور جدی مورد توجه قرار گرفته و فعال گردیده است (فارابی، ۱۳۹۶). فعالیت‌های پرورش ماهی از سویی بر تغییر شرایط محیطی موثر است و در عین حال موفقیت این صنعت به شرایط مناسب کیفیت آب (پارامترهای شیمیایی و بیولوژیک محیط) بستگی دارد. حفاظت همراه با پایداری در بهره‌وری، مستلزم داشتن برنامه‌ای مدون در فعالیت‌های مرتبط با دریای خزر می‌باشد. تنوع منابع موثر بر کیفیت آب، توضیح وضعیت اکوسیستم را برای تصمیم گیری واحدهای فعال و مجریان با دشواری روبرو می‌سازد. اگرچه هر یک از فعالیت‌های مذکور تحت نظارت ارگان های تخصصی و مربوطه صورت می‌پذیرد، اما در نهایت تلفیق نتایج بدست آمده برای بیان کلی کیفیت آب نقش کاربردی موثری خواهد داشت. شاخص کیفیت آب ابزاری است که داده‌های حاصل از آنالیز پارامترهای موثر در کیفیت آب را ادغام می‌نماید و با ارائه یک عدد نهایی درک کیفیت آب و مسایل مربوط به آنرا آسان می‌نماید (Nguyen *et al.*, 2013) بطوریکه، به عنوان یک ابزار مدیریتی، نمای کلی از محیط زیست اکوسیستم آبی را در قالب تعاریف ساده‌ای از قبیل خوب، بد و متوسط، ارائه می‌دهد (CEQGs, 2001; Muthulakshmi *et al.*, 2013). شاخص کیفیت آب عموماً در آبهای سطحی و رودخانه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است (Nguyen *et al.*, 2013). بکارگیری این شاخص در مصب‌ها و آبهای ساحلی و بخصوص با استفاده از اوزان و زیرشاخص‌های مختص اکوسیستم ساحلی معدود بوده است.

El-Iskandarani و همکاران (۲۰۰۴) به منظور تعیین چارچوب‌های تعیین کننده نقاط آلوده تا غیرآلوده در سواحل دریای مدیترانه، پارامترهای شاخص کیفیت آب شامل NH_4، NO_2، NO_3، نیتروژن کل، PO_4، فسفر کل و Si که از روش آزمون مولفه اصلی استفاده نمودند.

Nguyenو همکاران (۲۰۱۳) شاخص کیفیت آب را در خلیج Ha Long (ویتنام)، مطابق با خصوصیات آبهای ساحلی و ارزیابی کیفیت آب و تعیین کاربری مسائل مربوط به حفاظت منطقه ساحلی را مورد توجه قرار دادند.

Muthulakshmi و همکاران (۲۰۱۳) وزن پارامترهای با اهمیت و زیر شاخص های آن را به منظور محاسبه شاخص کیفیت آبهای ساحلی Kalpakkam (هند) را تعیین نمودند. Vishnupriya Sowjanya و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند، کیفیت آبهای ساحلی Visakhapatnam (خلیج بنگال و هند) بر اساس شاخص کیفیت آب تفاوت چندانی با نتایج مقایسه با استانداردها نداشته است.

در ایران سازمان بهداشت محیط، وزن پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک را بر اساس اهمیت و نقش آنها در کیفیت آب منابع غیر دریایی (رودخانه، آبهای سطحی، ...) تعیین نموده‌است (سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۹۵، https://www.doe.ir) و در دستورالعمل تعیین شاخص کیفیت آب بکار گرفته است. انتخاب پارامترها و اوزان نامناسب در تعیین شاخص کیفیت آب دریا ممکن است نتایج منطقی و منطبق بر شواهد میدانی را به همراه نداشته باشد (Sharifian, 1990) و تصمیم گیری‌های اجرایی را دچار اختلال نماید. زیرا پارامترهای موثر بر تغییر کیفیت آب در اکوسیستم‌های مختلف (ساحلی، رودخانه و ...) دارای اهمیت یکسان نیستند (Nguyen *et al.*, 2013). همچنین دریای خزر یک دریاچه همگن نیست و تقریباً سه منطقه (شمالی، میانی و جنوبی) با خصوصیات

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

فیزیکوشیمیایی و زیستی متفاوت در آن تشخیص داده شده است. سه دهه سابقه مطالعات حوزه ایرانی دریای خزر (واقع در منطقه جنوبی) نشان می‌دهد که پارامترهای زیستی و غیرزیستی دارای طیف نسبتاً گسترده‌ای از تغییرات زمانی و مکانی بوده‌اند بطوری‌که بر اساس تجزیه و تحلیل آماری نتایج حاصله، شدت تاثیر پارامترهای کیفیت آب ثابت و یکنواخت نبوده و به زمان و مکان نمونه‌برداری بستگی دارد (Nasrollahzadeh Saravi *et al.*, 2008; نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲). لذا، با در نظر گرفتن تفاوت‌های پایه‌ای بین اکوسیستم‌های دریایی با سایر بدنه‌های آبی و نیز شرایط اختصاصی اکوسیستم، لازم است که تعیین وزن پارامترها بر اساس اطلاعات منطقه صورت پذیرد. با توجه به اهمیت و کاربری شاخص کیفیت آب در فعالیت‌های مربوط به دریای خزر، بخصوص در فعالیت‌های پرورش ماهی، مطالعه حاضر برای نخستین بار براساس داده دراز مدت در حوزه ایرانی دریای خزر انجام گردید تا فقدان اطلاعات مورد نیاز در این زمینه را تامین نماید. لذا، اهداف این تحقیق شامل: تعیین پارامترهای محیطی با اهمیت در کیفیت آب، تعیین وزن (w_i) پارامترهای موثر بر شاخص کیفیت آب، تعیین زیر شاخص‌ها (q_i) مطابق با محدوده مجاز هر یک از پارامترهای موثر بر شاخص کیفیت آب، تعیین تغییرات زمانی و مکانی شاخص کیفیت آب در دریای خزر و مقایسه نتایج شاخص کیفیت آب بر اساس وزن‌های مطالعه حاضر با سایر مطالعات است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه پارامترهای مورد نیاز برای تعیین کیفیت آب در سه گروه اصلی شامل: ۱-وضعیت اکسیژن و عوامل موثر بر تغییر آن (درصد اشباعیت اکسیژن، COD و BOD_5)، ۲-وضعیت یوتریفیکاسیون یا پرغذایی (فرم‌های مختلف ازت، فسفر و کلروفیل-آ)، و ۳-کاهش سلامت اکوسیستم ناشی از کاهش نفوذ نور (کدورت)، مورد بررسی قرار گرفتند (Panda and Pattnayak, 2013; Nguyen *et al.*, 2013). محاسبه WQI_{CS}[1] براساس میانگین هندسی وزنی و طبق معادله ۱ انجام شد (Nguyen *et al.*, 2013).

$$WQI_{cs} = \left(\prod_{1}^{n} q_i^{w_i}\right)^{1/\sum_{1}^{n} w_i}$$

معادله ۱)

w_i (زیرشاخص وزن)، از تقسیم بارعاملی هر پارامتر بر مجموع مقدار ویژه در آزمون مولفه اصلی PCA[2]، بدست می‌آید (Panda and Pattnayak, 2013). شایان ذکر است، به منظور فراگیر نمودن و اعتباربخشی وزن‌های بدست آمده، این آزمون بر داده‌های دراز مدت پیشین[3] (۹۲۰ نمونه آب، سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۳، ۱۳۸۴، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸) در دریای خزر در هشت نیم‌خط در اعماق مختلف (۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ متر) انجام شد (شکل ۱). q_i (زیرشاخص هر پارامتر): برای یکسان نمودن واحد پارامترهای مختلف، مقدار زیر شاخص برای هر پارامتر (۱۰۰-۱) تعیین گردید. این مقادیر بر اساس محدوده‌های ارائه شده در مقررات فنی کیفیت آب ساحلی و استانداردها و معیارهای کیفیت آب دریایی و ساحلی ASEAN، تایلند، اندونزی، ژاپن، استرالیا، سایر منابع (Nguyen, *et al.*, Muthulakshmi *et al.*, 2013; 2013)، داده‌های مرجع دریای خزر و تجارب کارشناسی در اکوسیستم مورد مطالعه، تعیین گردیده‌است. مقادیر بدست آمده از معادله ۱، در پنج طبقه کیفی عالی (۱۰۰-۹۷)، خوب (۹۶-۹۲)، متوسط (۹۱-۷۰)، بد (۶۹-۳۵) و خیلی بد (۳۴-۱)، تعریف می‌شوند. آب در طبقه عالی الی متوسط برای حیات انواع آبزیان و پرورش ماهی مناسب در نظر گرفته می‌شود.

مقادیر بدست‌آمده از w_i (شاخص وزن هر پارامتر) و q_i (زیرشاخص هر پارامتر)، در معادله WQIcs برای نمونه‌های حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۹۸-۱۳۹۷ بکارگرفته شدند. همچنین به منظور مقایسه، شاخص کیفیت آب دریای خزر بر اساس پارامترها و وزن‌های ارائه

[1] Water Quality Index of Caspian Sea

[2] Principal Component Analysis

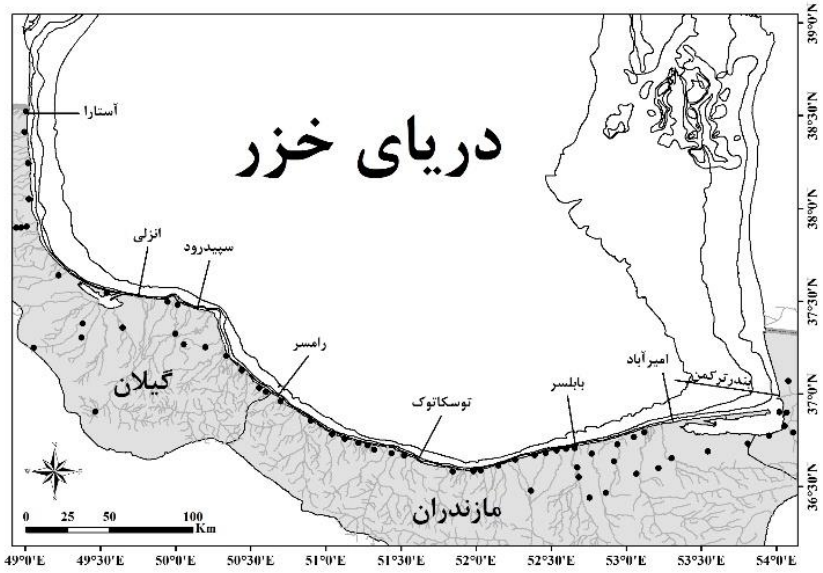
[3] Retrospective studies

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

شده در خلیج Ha Long (Nguyen *et al.*, 2013) نیز محاسبه شد. نمونه‌برداری در امتداد هشت نیم خط (Transect) بندرترکمن، امیرآباد، رامسر، نوشهر (توسکاتوک)، بابلسر، امیرآباد، سفیدرود، انزلی و آستارا (شکل ۱) بکار گرفته شد. جمع‌آوری نمونه‌ها با دستگاه نسکین در لایه‌های سطحی در اعماق ۵، ۱۵ و ۳۰ متر انجام گردید. اندازه‌گیری پارامترها بر اساس روش‌های استاندارد صورت گرفت (Sapozhnikov APHA, 2005 ;*et al.*, 1988). آزمون پارامتریک (ANOVA) و در صورت لزوم آزمون تکمیلی Duncan (دانکن)، آزمون خوشه‌ای (Cluster Analaysis) و آزمون مولفه اصلی (PCA) برای داده‌های نرمال‌شده (انتقال یافته‌داده از طریق لگاریتم/رتبه بندی) انجام گردید (نصیری، ۱۳۸۸).



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در هشت نیم‌خط حوزه جنوبی دریای خزر
Figure 1: Map of sampling stations in eight transects of the southern Caspian Sea basin

نتایج

برای محاسبه شاخص کیفیت آب‌های ساحلی دریای خزر (WQIcs)، ابتدا آزمون PCA بر داده‌های فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک درازمدت انجام شد (جداول ۱ و ۲). در آزمون PCA نتایج آزمون‌های شایستگی برای ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها مثبت بود، یعنی آزمون کیزرمایر(KMO) برابر۰/۶۶ و آزمون بارتلت (Barttlet) اختلاف معنی‌دار نشان داد ($p<0/01$). در آنالیز مولفه‌های اصلی ۹ متغیر بر اساس منحنی سنگریزه‌ای[1] و مقدار ویژه[2] بیشتراز واحد به سه مولفه (PC) با ۶۷/۲ درصد ازکل واریانس کاهش یافت. مولفه یک (PC_1)، دو (PC_2) و سه (PC_3) به ترتیب ۲۹/۵، ۱۹/۸ و ۱۸/۰ درصد از کل واریانس را شامل شده‌است. پارامترهای دارای بارعاملی[3] بیش از ۰/۵ به‌عنوان پارامترهای با اهمیت (کدورت، کلروفیل-آ، BOD_5، COD_{Mn}، pH، درصد اشباعیت اکسیژن، NO_3/N، NH_4/N و PO_4/P) در این اکوسیستم تعیین شدند. مقادیر حاصل از تقسیم بارعاملی هر پارامتر بر مجموع مقدار ویژه در آزمون PCA (شاخص وزن هر پارامتر، w_i) در جدول ۱ ارائه شده‌است. جدول ۲، مقادیر qi (زیرشاخص هر پارامتر) را در طبقات مختلف نشان می‌دهد.

[1] Scree plot
[2] Eigenvalue
[3] Loading factor

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

جدول ۱: وزن های پارامترهای با اهمیت در آزمون مولفه اصلی (PCA) برای محاسبه شاخص کیفیت آب حوزه جنوبی دریای خزر (طی سال‌های ۹۸-۱۳۸۲)

Table 1- Weights of important parameters in the principal component analysis (PCA) for calculating the water quality index of the southern Caspian Sea basin (2003-2019)

مولفه ها	مقدار ویژه کل	مقدار ویژه نسبی	متغیرها	بارعاملی	بارعاملی نسبی	وزن هر متغیر(w_i)
۱	۹/۰۰	۱/۰۰	NH_4/N	۰/۷۵۴	۰/۰۸۴	۰/۱۱۲
۱			NO_3/N	۰/۵۷۹	۰/۰۶۴	۰/۰۸۵
۱			BOD_5	۰/۸۸۴	۰/۰۹۸	۰/۱۳۱
۱			Chl-a	۰/۸۹۳	۰/۰۹۹	۰/۱۳۲
۲			pH	۰/۷۴۶	۰/۰۸۳	۰/۱۱۱
۲			DO%	۰/۶۲۰	۰/۰۶۹	۰/۰۹۲
۲			Turbidity	۰/۷۶۹	۰/۰۸۵	۰/۱۱۳
۳			DIP/P	۰/۷۴۹	۰/۰۸۳	۰/۱۱۱
۳			COD_{Mn}	۰/۷۵۸	۰/۰۸۴	۰/۱۱۲
کل	۹/۰۰	۱/۰۰			۰/۷۴۹	۱/۰۰

جدول ۲: مقادیر زیر شاخص (q_i) برای هر پارامتر در حوزه جنوبی دریای خزر (طی سال‌های ۹۸-۱۳۸۲)

Table 2: The values of sub index (qi) for each parameter in the southern Caspian Sea basin (2003-2019)

q_i	کلروفیل (mg/m^3)	کدورت (NTU)	pH	COD (mg/l)	BOD_5 (mg/l)	%DO	PO_4^{-3}/P (mg/l)	NH_4^+/N (mg/l)	NO_3^-/N (mg/l)
۱۰۰	≤۱/۴	≤۱۸	≥۷	≤۳	<۱	۱۰۰	≤۰/۰۱۵	≤۰/۱	≤۰/۰۱
۶۷	۳	۷۰	۷ و ۸/۵	۴	۳/۲	۱۴۰ و ۶۵	۰/۰۴۵	۰/۳	۰/۰۱۲
۳۴	۱۰	۱۰۰	۹/۵	۲۵	۱۰	۴۰	۰/۰۸۰	۰/۵	۰/۰۲۶
۱	>۲۰	>۱۴۰	>۹/۵	>۵۰	>۲۰	۲۰	>۰/۵۰	>۱	>۰/۰۵۱

به منظور بکارگیری مقادیر بدست آمده qi و wi و محاسبه شاخص کیفیت آب، داده‌های مربوط به سال ۹۸-۱۳۹۷ مورد استفاده قرار گرفت. در جدول ۳ تغییرات پارامترهای مورد مطالعه درحوزه جنوبی دریای خزر طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۷ ارائه شده است. بررسی آماری نشان داد میانگین تمام پارامترها (بجز یون آمونیم) بین فصول مختلف اختلاف معنی‌داری داشته‌اند (ANOVA-۰/۰۵ test, p<). اما در نواحی مختلف (غربی، مرکزی و شرقی) و نیم خط ها فقط میانگین پارامترهای BOD_5، NH_4/N و PO_4/P اختلاف معنی‌داری نشان داد.

شکل ۲، آزمون خوشه‌ای بین پارامترهای شاخص کیفیت آب در فصول و مناطق مختلف نشان می‌دهد. این پارامترها اگرچه در سه منطقه بیش از ۹۵درصد با هم شباهت داشتند ولی مناطق شرقی و مرکزی با هم در یک گروه و جدا از منطقه غربی قرار گرفتند. این پارامترها فصول مختلف بجز پاییز و زمستان را در گروه‌های جداگانه قرار داد.

شکل ۳، مقادیر شاخص کیفیت آب را در دوره نمونه‌برداری نشان می‌دهد. میزان شاخص کیفیت آب در هیچ یک از نمونه‌ها، بیش از ۹۱ (کیفیت عالی و خوب) و کمتر از ۳۵ (خیلی بد) بدست نیامد. شاخص کیفیت دارای حداکثر درصد فراوانی مقادیر بالا (۹۱-۷۰، متوسط) و پایین (۶۹-۳۵، بد) بترتیب در فصول تابستان (۳۵ درصد)، زمستان و بهار (۴۰ درصد) بوده‌است. به طور کلی، حدود ۷۴ و ۲۶ درصد از نمونه‌ها بترتیب در گروه‌های متوسط و بد طبقه‌بندی شدند. میانگین اعداد شاخص کیفیت آب (طبقه کیفی) آن در پاییز، زمستان، بهار و تابستان بترتیب ۷۰ (متوسط)، ۶۶ (بد-متوسط)، ۵۲ (بد)

www.SID.ir

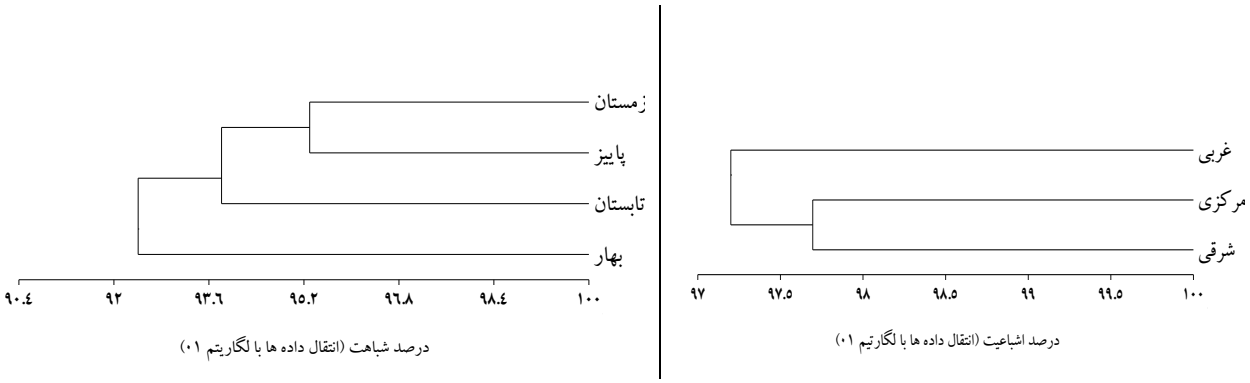
Archive of SID

و ۸۰ (متوسط) بدست‌آمد. بررسی آماری مقادیر شاخص کیفیت آب بیانگر اختلاف معنی‌دار بین فصول بوده است (ANOVA-test, p<۰/۰۵) و آزمون دانکن (Duncan test) فصل تابستان با فصول زمستان و بهار را تفکیک کرد. مقایسه آماری شاخص مذکور در بین مناطق مختلف اختلاف معنی‌دار نشان نداد (p>۰/۰۵) و میانگین آن در هر سه ناحیه در طبقه متوسط جای گرفت.

جدول ۳: آمار توصیفی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک در حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Table 3: Descriptive statistics of physicochemical and biological parameters in the southern Caspian Sea basin

	دمای آب (°C)	pH	کدورت (NTU)	DO%	BOD_5 (mg/l)
میانگین (±SE)	۱۹/۳۲±۰/۷۱	۸/۵۶±۰/۱۶	۹/۱۰±۰/۴۳	۹۸±۲	۴/۰۵±۰/۱۶
حداقل-حداکثر	۸/۶۰-۳۰/۰۰	۷/۷۷-۸/۹۷	۱/۷۵-۱۸/۳۰	۵۸-۱۴۷	۰/۸۸-۷/۵۱
	COD_{Mn} (mg/l)	NH_4/N (mg/l)	NO_3/N (mg/l)	PO_4/P (mg/l)	کلروفیل-آ (mg/l)
میانگین (±SE)	۴/۹۹±۰/۳۶	۰/۰۳۹±۰/۰۰۴	۰/۰۳۴±۰/۰۰۵	۰/۰۰۷±۰/۰۰۱	۲/۵۴±۰/۴۰
حداقل-حداکثر	۰/۶۰-۱۹/۲۰	۰/۰۱۰-۰/۳۱۵	۰/۰۰۹-۰/۲۷۶	۰/۰۳۲-۰/۰۰۱	۰/۴۱-۲۶/۳۱



شکل ۲: نمودار خوشه‌ای بین پارامترهای شاخص کیفیت آب در فصول و مناطق مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Figure 2: Cluster diagram between water quality index parameters at different seasons and regions in the southern Caspian Sea basin (2018-2019)

مقایسه شاخص کیفیت آب دریای خزر بر اساس اوزان و پارامترهای حاصل از حوزه ایرانی دریای خزر (WQI1) و اکوسیستم آبی دیگر (ویتنام-خلیج Ha Long،WQI2) در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طوری که انتظار می‌رود، روند تغییرات فصلی شاخص کیفیت آب در دو نمودار مذکور مشابه هست. ولی میانه WQI1 نسبت به WQI2، در فصول مختلف پایین تر و دارای محدوده تغییرات کمتری است.

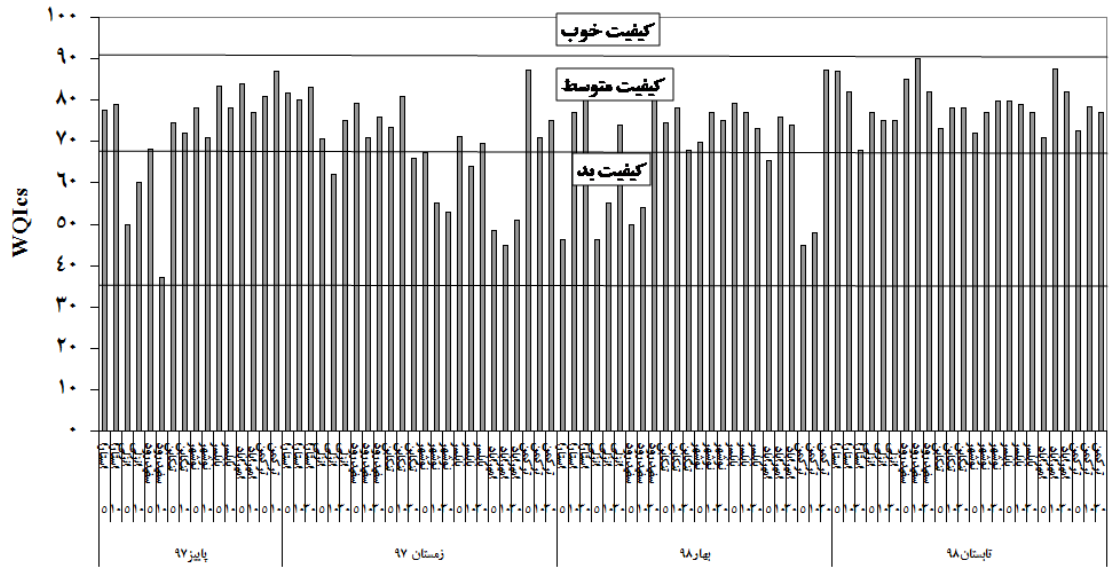
مشخصات زمانی و مکانی کیفیت آب طبق دو روش فوق (WQI1و WQI2) در جدول ۴ ارائه شده‌است. طبق این جدول کیفیت آب براساس WQI1، از بد الی متوسط و بر اساس WQI2، از خوب الی متوسط تغییر نشان دادند.

www.SID.ir

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

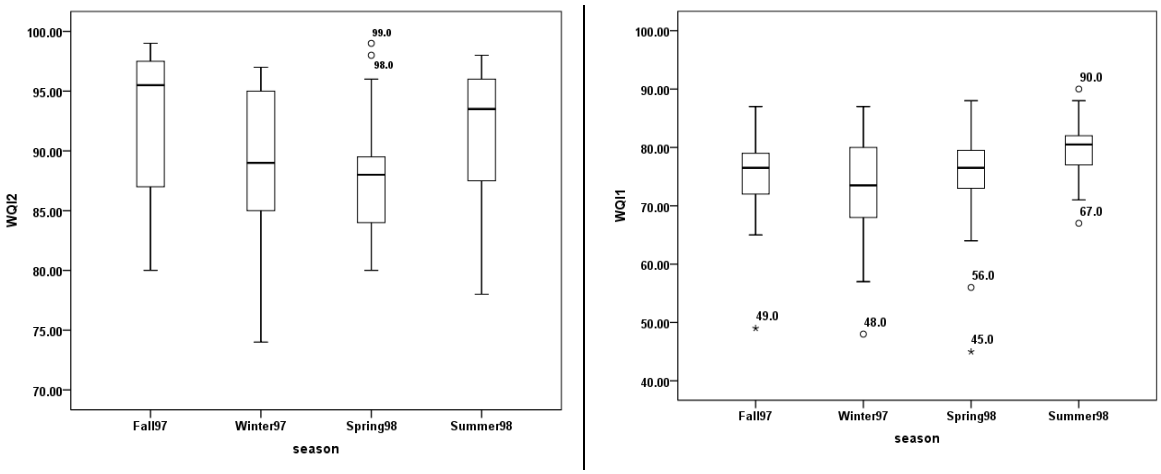
Archive of SID

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021



شکل ۳: مقادیر شاخص کیفیت آب در نیم‌خط‌ها، اعماق و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Figure 3: Water quality index values at different transects, depths and seasons in the southern Caspian Sea basin (2018-2019)



شکل ۴: نمودار جعبه‌ای تغییرات فصلی شاخص کیفیت آب حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

(WQI1: پارامترها و وزن‌ها بر اساس مطالعات گذشته نگر (Retrospective studies) دریای خزر: پارامترها و وزن‌ها بر اساس مطالعه Nguyen و همکاران (۲۰۱۳)

Figure 4: Box plot of seasonal variation on water quality index parameters in the southern Caspian Sea basin (2018-2019)

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

جدول ۴: مقایسه کیفیت آب بر اساس دو روش مختلف در تعیین شاخص کیفیت آب در حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Table 4: Comparison of water quality based on the two different methods of water quality indices in the southern Caspian Sea basin (2018-2019)

WQI2	WQI1			WQI2	WQI1	
طبقه بندی کیفیت آب		نواحی	فصل	طبقه بندی کیفیت آب		عمق
خوب	متوسط	شرق	پاییز	متوسط	بد- متوسط	۵
متوسط	متوسط	مرکزی		متوسط	متوسط	۱۰
متوسط	بد-متوسط	غرب		متوسط	متوسط	۳۰
خوب	بد	شرق	زمستان			فصل
متوسط	بد- متوسط	مرکزی		متوسط	متوسط	پاییز
متوسط	متوسط	غرب		متوسط	بد- متوسط	زمستان
متوسط	بد- متوسط	شرق	بهار	متوسط	بد	بهار
متوسط	متوسط	مرکزی		خوب	متوسط	تابستان
متوسط	بد	غرب				
متوسط	متوسط	شرق	تابستان			
خوب	متوسط	مرکزی				
خوب	متوسط	غرب				

WQI1و WQI2: علامات اختصاری مشابه با زیرنویس شکل ۴

بحث

مقایسه نتایج پارامترهای فیزیکوشیمیایی با جداول استاندارد و حد مجاز نشان می‌دهد که میانگین اکثر پارامترهای کیفیت آب در محدوده حد مجاز است، فقط میانگین COD (۴/۹۹ میلی‌گرم در لیتر) بیش از حد مجاز (۳ میلی‌گرم در لیتر) بود. بررسی آماری اطلاعات درازمدت و در دسترس (طی سال‌های مختلف در دهه‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰) در حوزه ایرانی دریای خزر نشان داد که اولویت‌بندی پارامترهای کیفیت آب از جنبه تغذیه‌گرایی و وضعیت اکسیژن بترتیب (کلروفیل-آ، آمونیوم، نیترات و فسفر) و (BOD_5، DO% و COD_{Mn}) می‌باشد. کلروفیل-آ بعنوان شاخصی برای تولیدات اولیه نه تنها در مولفه اول جای گرفت، بلکه بالاترین بار عاملی را بدست آورد. نیتروژن و فسفر مهم‌ترین مواد مغذی مورد نیاز برای رشد موجودات زنده می‌باشند. لذا، تولیدات اولیه نقش عمده‌ای در هدایت چرخه‌های نیتروژن و فسفر در دریاها و اقیانوس‌ها ایفاء می‌کند (Gruber, 2008). این نقش و اهمیت در نتایج آزمون PCA در مطالعه حاضر نیز مشخص گردید. این مواد مغذی در آب و پس از آن انباشت آن در رسوبات، پتانسیل اکوسیستم در جهت کاهش کیفیت آب محسوب می‌شود. بررسی رشد و تکثیر برخی جلبک‌های سمی و مضر از قبیل *Pseudonitzschia seriata* همبستگی معنی‌دار با مواد مغذی رسوبات سطحی دریای خزر نشان داد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۴).

هر اکوسیستم علاوه بر شرایط مشترک با سایر منابع آبی دارای شرایط فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک اختصاصی هست. بنابراین، ارزیابی وضعیت سلامت اکوسیستم و تنوع سالم زیستی، یک چالش بزرگتر از طبقه بندی برای تعیین نوع مصرف منبع آبی مورد نظر است (Davis, 2006). به عبارت دیگر، تعریف و طبقه بندی کیفیت آب از دیدگاه حیات آبزیان نیاز به یک رویکرد متفاوت دارد. برای مثال، در دریای خزر ترکیبات نیتروژنی در مقایسه با فسفر به عنوان عامل محدودکننده رشد و تکثیر جلبکی دارای اهمیت است. این بدان معناست که اگر ترکیبات نیتروژنی بخصوص نیترات در محیط افزایش یابد، فرصت بسیار مناسبی برای رشد و تکثیر و حتی شکوفایی جلبکی فراهم می‌شود. لذا، با توجه به پیشینه داده‌های دریای خزر (مطالعه حاضر، جدول ۲) و مراجع (McPherson *et al.*, 1999; Nasrollahzadeh Saravi *et al.*, 2018) غلظت

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

۰/۰۱۲-۰/۰۱۴ میلی‌گرم در لیتر به عنوان حداکثر مقدار نیترات (بر حسب نیتروژن) برای طبقات عالی و خوب (سلامت اکوسیستم و زیست آبزیان) تعیین گردید. در حالی که بر اساس محدوده غالب استانداردها برای آبزی‌پروری مقدار مجاز نیترات چندین برابر مقدار مذکور (حدود ۷ میلی‌گرم در لیتر) بیان شده‌است (FAO/WHO, 2006).

میانگین اعداد شاخص کیفیت آب (طبقه کیفی) آن در پاییز، زمستان، بهار و تابستان بترتیب ۷۰ (متوسط)، ۶۶ (بد-متوسط)، ۵۲ (بد) و ۸۰ (متوسط) بدست‌آمد. طبق تعاریف، کاربری در طبقه متوسط شامل گردشگری، تفریحی بدون تماس مستقیم با آب، بنادر و ناوبری، استفاده صنعتی) و در طبقه بد شامل بنادر و ناوبری، استفاده صنعتی و نیز موارد بدون نیاز به آب با کیفیت خوب، می‌باشد (Nguyen *et al.*, 2013). تغییرات اقلیمی از قبیل گرمایش جهانی و افزایش سیلاب‌ها با اثر بر خواص فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک اکوسیستم آبی سبب تغییر کیفیت آب می‌شوند (El-Jabi *et al.*, 2014). در مطالعه حاضر، وقوع سیلاب‌ها بخصوص در فصل بهار و بخش شرقی حوزه جنوبی دریای خزر بشدت بر کاهش کیفیت آب اثر گذاشت.

استفاده از شاخص کیفیت آب دارای مزایای کاربردی و مدیریتی هست، ولی دارای معایبی از قبیل از دست دادن اطلاعات متغیرهای منفرد و عدم درک روابط بین متغیرها و فراگیر نبودن قابلیت انتقال این شاخص به انواع مختلف اکوسیستم می‌باشد. با در نظر گرفتن این معایب، مشخص می‌شود که برای تجزیه و تحلیل دقیق محیط زیست و توضیح رویدادها و روابط بین آنها، تجزیه و تحلیل تغییرات پارامترها نیز لازم می‌باشد (CEQGs, 2001). بنظر می‌رسد، الزاماً نتایج بدست آمده از شاخص کیفیت آب منطبق بر تجزیه و تحلیل مبتنی بر پارامترها نیست. چنانکه بر اساس آزمون خوشه‌ای پارامترهای فیزیکوشیمیایی فصل تابستان همانند نتیجه آزمون آماری شاخص کیفیت در گروه جداگانه‌ای از سایر فصول قرار گرفت. اما این نتایج این دو آزمون، در بین مناطق مشابه نبوده است. در همین راستا به عقیده Narayanan و همکاران (۲۰۱۵) محدوده کاربرد و استفاده از WQI شامل مقایسه کیفیت آب مکانها یا مناطق جغرافیایی مختلف و ارائه چشم انداز به مدیران برای تخصیص بودجه و تعیین اولویت‌های پروژه‌های مربوطه، ارزیابی عملکرد و رعایت استانداردها و معیارهای مراکز دارای فعالیت‌های مرتبط با منبع آبی و تعیین روند تخریب یا بهبود اکوسیستم می‌باشد.

انتخاب پارامترها (Tanjung *et al.*, 2019) و اوزان برای هر اکوسیستم در قابلیت کاربری مقدار شاخص کیفیت آب با ارزش می‌باشد. چنانکه طبق شکل (۴)، مقادیر شاخص کیفیت بر اساس پارامترها و اوزان مختص دریای خزر، کم‌تر از روش دوم بدست آمد که بیانگر اهمیت انتخاب پارامتر و وزن‌دهی در قضاوت کیفیت آب در هر منطقه است. طبق مطالعه Nguyên و همکاران (۲۰۱۳) پارامترهای NO_3، NO_2 در محاسبه WQI برای آبهای ساحلی قابل چشم‌پوشی است. آنها بیان داشتند که پارامترهای NO_3، NO_2 در محاسبه WQI برای آبهای ساحلی قابل چشم پوشی است. زیرا NO_2 به دلیل فعالیت جزر و مد در منطقه ساحلی زیاد نیست و به راحتی براساس فرایند اکسیداسیون به NO_3 تبدیل می‌شود. وقتی جلبک NO_3 را در غلظت بالا مصرف می‌کند، با بروز شکوفا شدن جلبکی در محیط نمایان می‌گردد. بنابراین، کلروفیل-آ در برآورد وضعیت کیفیت تروفیک آب کفایت می‌کند در حالی که براساس آزمون مولفه اصلی بر داده‌های درازمدت دریای خزر علاوه بر کلروفیل، پارامتر NO_3 نیز با قرار گرفتن در مولفه اول با بار عاملی ۰/۶ دارای اهمیت بوده است. این امر با توجه به تحقیقات پیشین در دریای خزر نیز مورد تایید قرار می‌گیرد. زیرا بررسی داده‌های فیتوپلانکتون و مقادیر کلروفیل در دریای خزر نشان داد که هر چند افزایش فیتوپلانکتون با کلروفیل دارای همبستگی مثبت هست ولی به دلیل تفاوت در اندازه، شکل و محتویات کلروفیلی گونه‌های مختلف فیتوپلانکتون، این ارتباط خطی ساده نیست بطوری‌که نقطه دارای حداکثر میزان فیتوپلانکتون بر حداکثر میزان کلروفیل منطبق نمی‌گردد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶). بدین ترتیب، بکارگیری صرفاً کلروفیل

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

به عنوان نماینده‌ای در تعیین کیفیت آب از منظر وضعیت فیتوپلانکتون و شکوفایی در همه اکوسیستم ها قابل تعمیم نیست و کفایت نمی‌کند. بررسی مشخصات زمانی و مکانی کیفیت آب بر اساس پارامترها و اوزان مختلف (جدول ۴) نشان داد که طبق محاسبات WQI1،در عمق ۵ متر و فصل زمستان کیفیت آب بد- متوسط و در بهار کیفیت بد می‌باشد در حالی که طبق فرمول WQI2 در تمامی این موارد کیفیت آب «متوسط» است. این موارد نشان می‌دهد که محاسبه شاخص کیفیت آب طبق پارامترهای اکوسیستم دریای خزر دارای قدرت تفکیک بیشتری در تعیین کیفیت آب این اکوسیستم در مقایسه با محاسبه این شاخص طبق سایر مراجع است و کاربری آن بخصوص تحت شرایط قهری محلی[1] همچون شستشوی زمین تحت تاثیر بارندگی‌ها و وقوع سیلاب (Rubio-Cisneros *et al.*, 2018) و فعالیت‌های انسانی (انباشتگی مواد غذایی و نیز مواد حاصل از سوخت و ساز سلولی ماهیان در اطراف سایت های پرورش ماهی) (Jhingran, 1987) دارای اهمیت است. در مطالعه Eljaiek-Urzola و همکاران (۲۰۱۹) نیز بر اهمیت انتخاب پارامتر تاکید شد. آنها در تحقیق خود در محل اسکله، غلظت روغن[2] را برای تعیین شاخص کیفیت آب مهم دانستند. لذا، در صورتی که پارامتر خاصی به علت معینی دارای تغییرات معنی‌داری باشد، در نظر گرفتن آن برای تعیین شاخص کیفیت آب مهم است. برای مثال، می‌توان به درجه حرارت در محل تخلیه آب خنک کننده‌های نیروگاه اشاره نمود.

به توجه به نکات مذکور، در اکوسیستم ساحلی دریای خزر کیفیت سالانه بر اساس WQI1 (۶۶)، در وضعیت بد-متوسط و بر اساس WQI2 (۸۵) در طبقه متوسط قرار گرفت. از عوامل شناخته شده در کاهش کیفیت آب طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۷ وقوع سیلاب‌های شدید بخصوص در اواخر زمستان و اوایل بهار بوده است. Nguyên و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه خود کیفیت آب را با فرمول‌های متفاوت محاسبه و مقایسه نمودند. آنها نیز نتیجه‌گیری نمودند که شدت اثر پارامترها در برخی فرمول‌ها کاهش یا افزایش می‌یابد و در نهایت بر میزان شاخص کیفیت اثر می‌گذارد. به این دلیل مقایسه مقادیر شاخص‌های کیفیت (بررسی روند کیفیت در یک مکان یا مقایسه مکان‌های مختلف) هنگامی منطقی است که بر اساس پارامترهای یکسان صورت گرفته باشد (CEQGs, 2001). در مجموع، ارائه شاخص کیفیت آب در این مطالعه (مختص دریای خزر) دارای ارزش و اهمیت کاربردی می‌باشد. زیرا ماهیان قادر به جدا کردن محل زندگی خود از محل دفع مواد دفعی خود نیستند و اثرات کاهشی برکیفیت آب را درسیستم تولید تشدید می‌نمایند که به کاهش رشد ماهی و افزایش شیوع بیماری‌ها منجر می‌شود. بدین ترتیب، همراه با روند رو به رشد صنعت پرورش ماهی در دریای خزر، آگاهی از کیفیت آب به اندازه میزان تسهیلات تولید و سود آوری در مدیریت سیستم پرورش ماهی اهمیت دارد (Sidoruk and Cymes, 2018).

در این مطالعه، شاخص کیفیت آب مطابق با ماهیت و طبیعت منطقه ساحلی در حوزه جنوبی دریای خزر ارائه گردید. این شاخص شامل ۹ زیر شاخص مبتنی بر نه پارامتر فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک (کدورت، کلروفیل-آ، BOD_5، CODMn، pH، درصد اشباعیت اکسیژن، NO_3/N، NH_4/N و PO_4/P) می‌باشد و از تابع میانگین هندسی وزنی برای تعیین شاخص کیفیت آب استفاده شد. طبق نتایج WQIcs در مطالعه حاضر، محیط آبی حوزه جنوبی دریای خزر در نواحی و فصول مختلف عمدتاً در گروه‌های بد-متوسط و متوسط قرار داشته است (بجز در فصل بهار که به علت وقوع سیلاب کیفیت آن تا طبقه «بد» تنزل یافت). به علت انطباق نتایج شاخص کیفیت آب با سایر شواهد می‌توان بیان نمود که WQIcs یک روش مناسب برای تعیین کیفیت آب برای حفاظت، اقدامات مدیریتی و جلوگیری از تخریب اکوسیستم ساحلی و ارزیابی اثر فعالیت‌های انسانی از قبیل پرورش ماهی بر دریا و مقایسه کیفیت آب در زمان‌ها و مناطق مختلف می‌باشد. با این‌حال با انجام پایش‌های تکمیلی در ایستگاه‌ها و زمان‌هایی با شرایط مختلف محیطی، می‌توان فرمول شاخص کیفیت آب را به طور دوره‌ای به منظور

[1] Local forcing functions
[2] Oil and grease

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

تعیین پایه پارامترهای با اهمیت در هر منطقه یا فصل مورد بازبینی و اصلاح قرار داد.

منابع

سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۹۵. استاندارد کیفیت آب‌های ایران. معاونت محیط زیست انسانی دفتر آب وخاک. ۱۴ صفحه، WWW.doe.ir/portal/file/?878240/استاندارد - کیفیت-آبهای-ایران.pdf.

فارابی، س.م. و. ۱۳۹۶. بررسی و امکان سنجی معرفی ماهیان بومی و غیر بومی برای پرورش ماهی در قفس در منطقه جنوبی دریای خزر. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۸۳ ص.

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، کیهان ثانی، ع.ر. و خداپرست، ن.، ۱۳۹۴. مطالعه همبستگی بین مواد مغذی رسوب و شکوفایی جلبکی و تاثیر آن بر صنعت آبزی‌پروری ماهیان دریایی، پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور، اهواز.

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی ح.، اسلامی، ف.، کیهان‌ثانی، ع.ر و واحدی، ف. ۱۳۹۶. بررسی تولیدات اولیه با تاکید بر کلروفیل-آ و وزن تر فیتوپلانکتون در ساحل جنوبی دریای خزر-منطقه گهرباران، مجله علمی شیلات ایران، ۲۶ (۲):۱۲۱-۱۳۰.

نصراله زاده ساروی، ح.، پورغلام، غ.ر.، واحدی، ف.، مخلوق، آ. و صفوی، س.ا. ۱۳۹۱. روند تغییرات ماکرونوترینت مواد مغذی آب در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر. اقیانوس شناسی، ۳ (۱۱): ۴۳-۵۳.

نصراله زاده ساروی، ح. ۱۳۹۲. هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۹). انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۲۲۴ ص.

نصیری، ر.، ۱۳۸۸. آموزش گام به گام SPSS17. تهران: مرکز فرهنگی نشر گستر. ۳۴۴ ص.

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard method for examination of water and wastewater. American public health association publisher, 18thedition, Washington, USA.1113P.

FAO/WHO, 2006. Committee on Food Additives. *Technical Report Series* No. 776. Geneva.

CEQGs (Canadian Environmental Quality Guidelines), Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001. *Excerpt from Publication* No. 1299; ISBN 1-896997-34-1.

Davies, J.M., 2006. Application and tests of the Canadian water quality index for assessing changes in water quality in lakes and rivers of central North America lake and reservoir management. *Lake and Reservoir Management*, 22(4):308-320. DOI: 10.1080/07438140609354365.

El-Iskandarani, M., Nasr, S., Okbah, M., Jensen, A., 2004. Principal components analysis for quality assessment of the Mediterranean coastal water of Egypt. *Modelling, Measurement and Control*, C65 (40575): 69-83.

El-Jabi, N., Caissie, D. and Turkkan, N., 2014. Water Quality Index Assessment under Climate Change. *Journal of Water Resource and Protection*, 6: 533-542. DOI: 10.4236/jwarp.2014.66052.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

Eljaiek-Urzola, M., Romero-Sierra, N., Segrera-Cabarcas, L., Valdelamar-Martínez, D. and Quiñones-Bolaños, E., 2019. Oil and Grease as a Water Quality Index Parameter for the Conservation of Marine Biota. *Journal Water*, 11(856): 20pp. DOI: 10.3390/w11040856.

Gruber, N., 2008. The marine nitrogen cycle: overview and challenges. In: Capone, D.G., Bronk, D.A., Mulholland, M.R., Carpenter, E.J. (Eds.), Nitrogen in the Marine Environment, second ed. San Diego, CA, Academic Press, pp.1-50.

Jhingran, V.G., 1987. Introduction to aquaculture, United Natons Development Programme Food and Agriculture Organization of the United Nations Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research Progect RAF/82/009.

McPherson, C., Chapman, P., Vigers, G. and Ong K.S., 1999. ASEAN Marine Environmental Quality Criteria-Working Group (AMEQC-WG), ASEAN-Canada Cooperative Programme on Marine Science-PhaseII (CPMS-II). EVS Environment Consultants Ltd. and Department of Fisheries Malaysia Publisher. Canada, 373 P.

Michalak, A.M., 2016. Study role of climate change in extreme threats to water quality. *Nature*, 535:349–350. DOI: org/10.1038/536396b.

Muthulakshmi, A.L., Usha Natesan, Deepthi, K., Vincent A. Ferrer, Venugopalan, V.P., Narasimhan, S.V., 2013. Assessment of water quality through indices around Kalpakkam, Southeast coast of India. *Archives of Environmental Science*, 7:23-32. ISSN: 2688-948X.

Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z. B., Foong S.Y., Makhlough, A., Vahedi, F., Varedi, E., Unesipour, H. Nasrollahtabar, A., Olumi, Y., and Roohi, A., 2008. Multivariate statistical analysis of water chemistry and phytoplankton characteristics in the southern Caspian Sea. International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT).

Nasrollahzadeh Saravi H., Pourang N., Foong S.Y., Makhlough A., 2018. Eutrophication and trophic status using different indices: A study in the Iranian coastal waters of the Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* (In press). DOI: 10.22092/ijfs.2018.117717.

Narayanan, RM., Sharmila, KJ. And Ramalingam, M., 2015. Development of integrated marine Water Quality Index – A GIS approach. *Ocean Research*, 1(1):27-33.

Nguyen, N.T.T., Kim Loan, D. and Chu Hoi, N., 2013. Development of Water Quality Index for Coastal Zone and Application in the H-Long Bay. *Journal of Earth and Environmental Sciences*, 29(4):43-52. ISSN: 2577-0640

Panda, A. and Pattnayak, N., 2013. Coastal Water Pollution Index (CWPI) –a tool for assessing coastal water quality along the North East Coast of India. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 4(6): 6p. ISSN: 2229-5518.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

Rubio-Cisneros, N.T., Herrera-Silveira, J., Morales-Ojeda, S., Moreno-Báez, M., Montero, J. and Pech-Cárdenas, M., 2018. Water quality of inlets' water bodies in a growing touristic barrier reef Island ''Isla Holbox'' at the Yucatan Peninsula. *Regional Studies in Marine Science*, 22:112-124. DOI: 10.1016/g.rsma.2018.06.006.

Sapozhnikov, V.N., Agativa, A.E., Arjanova, N.V., Nalitova, E.A., Mardosova, N.V., Zobarowij, V.L. and Bandarikov, E.A., 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow, Russia.

Sharifian, M., 1990. Assessment of surface water quality by an index system in Anzali basin, Proceedings of the Beijing Symposium, The Hydrolopcal Basis for Water Resources Management, IAHS Publ. no. 197, 163-171P.

Sidoruk, M. and Cymes, I., 2018. Effect of Water Management Technology Used in Trout Culture on Water Quality in Fish Ponds. *Water*, 10(9):1264, 14P. DOI: 10.3390/w10091264.

Tanjung, R.H., Hamuna, R. and Alianto, B., 2019. Assessment of water quality and pollution index in coastal waters of Mimika, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 20(2), 87–94. DOI: 10.12911/229989 93/95266.

UNESCO. 2010. The Shades of Blue: Upgrading Coastal Resources for the Sustainable Development of the Caribbean SIDS. Kingston, Jamaica.

Vishnupriya Sowjanya, I., Pavan B.V. and Raja Sekhar, P.S., 2015. Assessment of Coastal Water Quality through Weighted Arithmetic Water Quality Index around Visakhapatnam, Bay of Bengal, India. International Journal of Innovative Research in Science. *Engineering and Technology*, 4(12): 11775-11781. DOI:10.15680/IJIRSET.2015.0412016.

www.SID.ir

Archive of SID

Computing and application of water quality index in coastal waters of the southern Caspian Sea basin

Nasrollahzadeh Saravi, H.[1*], Makhlough, A.[1], Vahedi, F.3, M.[1], Abedini, A.[2], Aghili, K.[3], Nasrollahtabar, A.[1],

*hnsaravi@gmail.com

1-Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran
2-National Inland Water Aquaculture Center, Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Guilan, Iran
3- Inland Aquatic Reserves Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

Downloaded from isfj.ir at 8:28 +0330 on Saturday January 23rd 2021

Abstract

Water quality index is a tool that integrates data of effective factors on water quality. The final result of the index provides simple understanding of water quality for general people. Regarding the importance and application of water quality index in decision making of active and executive units in conservation and exploitation, the present study was conducted for the first time in the southern of Caspian Sea. The aims of paper are to determine: the environmental parameters which are important in water quality, determining weight (w_i) of parameters affecting water quality index and sub-indices (q_i) of each important parameters of Caspian Sea water quality index (WQIcs). This research will provide the specific and necessary information and data for calculating the water quality index in this aquatic ecosystem. The provided w_i and q_i were applied for water quality index calculating of the Caspian Sea data in 2018-2019. Using Principal Component Analysis results on long-term data 2003-2019 years (920 water samples), 9 important parameters (turbidity, chlorophyll-a, BOD_5, COD, pH, DO%, NO_3, NH_4 and PO_4) were determined for WQIcs and indicator weighting (w_i) of each parameter was determined. The sub-index (q_i) of each parameter was calculated based on standards threshold, coastal water quality requirements in marine ecosystems and reference value data of Caspian Sea. Finally, by calculating the geometric mean, the value of water quality index in the Caspian coastal waters was obtained. The application of this formula in 2018-2019 showed that 74 and 26% of WQIcs were in the range of 70-91 (medium class) and 35-69 (bad class), respectively. Among the 9 parameters mentioned above, nitrate and phosphorus (the factors of trophic enrichment) had the greatest effect on decreasing water quality index.

Keywords: Water Quality Index, Weight of important parameters, Sub-index, Caspian Sea, Iran

*Corresponding author

www.SID.ir