

## ارزیابی وضعیت کیفی آب دریاچه های سدهای بزرگ با استفاده از شاخص WQI و TSI ( مطالعه موردی دریاچه سد دز )

### چکیده

دریاچه سدها از پیکره های آبی انسان ساز می باشند که تحت تأسی رودخانه ها قرار می گیرند. سد دز بر روی رودخانه دز در استان خوزستان یکی از بزرگترین سدهای ایران است که وظیفه کنترل سیلاب، آبیاری اراضی، ذخیره آب و تولید انرژی را بر عهده دارد. در مطالعه میدانی پارامترهای فیزیکوشیمیایی EC، نیترات، آمونیوم، فسفات، کدورت، TS، قلیائیت، کلیفرم، دما، DO، BOD، کلروفیل آ و عمق سنجی در پنج ایستگاه برای سال آبی ۹۰-۸۹ اندازه گیری شد. با استفاده از شاخص کیفی آب و شاخص وضعیت تروفیک، کیفیت آب ایستگاه های مختلف بررسی و با استفاده از تحلیل های GIS سعی گردید ایستگاه های با وضعیت مشابه در یک گروه طبقه بندی گردند. تهیه بازه های کیفی تصحیح گویان را در برنامه ریزی ها کمک می نماید. نتایج نشان داد بیشترین و بهترین شاخص کیفی آب مخزن با مقدار ۶۱ برای ایستگاه دوم تقریباً در وسط مخزن در دی ماه است و کمترین آن در ایستگاه ورودی به مخزن با مقدار ۴۶ در فروردین ماه است. همچنین شاخص وضعیت تروفیک دریاچه در حالت مزوتروفیک و یوتروفیک در بهار و تابستان متغیر است ولی در بقیه فصول وضعیت نسبتاً ثابتی دارد. علت این تغییرات به هم خوردن سیستم لایه بندی دمایی است. همچنین خطر تغذیه گرای، در صورت عدم کنترل منابع آلاینده ورودی، کیفیت آب دریاچه را تهدید می نماید. بروز تغذیه گرای در مخزن سبب ایجاد محدودیت هایی در کاربری آب شده و سبب تولید مواد سمی، بو و تغییر رنگ می گردد.

**واژگان کلیدی:** شاخص کیفیت، سد دز، مخزن، شاخص تروفیک، پهنه بندی.

امی حسین جاوید<sup>۱</sup>

سرخ احمد می باقری<sup>۲</sup>

آرزو کریمیان<sup>۳\*</sup>

۱. دکتری مهندسی محیط زیست، دانشیار دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران  
۲. دکتری مهندسی عمران، استاد دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی تهران  
۳. دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

\* نویسنده مسئول مکاتبات

karimian67@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۲۲

کد مقاله: ۱۳۹۳۰۳۰۱۰۸

این مقاله برگرفته از پایان نامه دکتری

است.

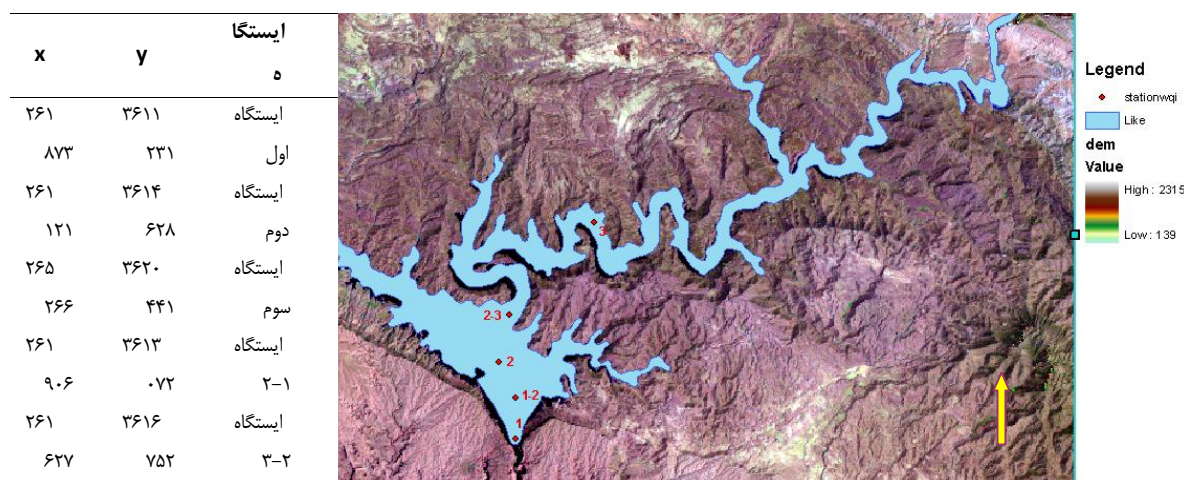
### مقدمه

مخازن سدها یکی از مهم ترین منابع تأمین آب کشور می باشند. محدوده مطالعاتی دریاچه سد مخزنی دز در استان خوزستان است. بخش اصلی حوزه آبریز دز در استان خوزستان با مساحت ۱۷۴۳۰ کیلومتر مربع و طولی معادل ۵۱۵ کیلومتر قرار دارد (افشین، ۱۳۶۹). این سد با ارتفاع ۲۰۳ متر و حجم ذخیره ۳/۳ میلیارد مترمکعب و طول دریاچه ۶۵ کیلومتر از سال ۱۳۴۲ جهت کنترل سیلاب های بالادست و آبیاری بخش های زیادی از اراضی شمال خوزستان و تولید برق و ذخیره آب مورد بهره برداری قرار گرفت. با توجه به افزایش جمعیت و صنایع و همچنین طرح مهم آبرسانی که وظیفه تأمین آب شرب شهرهای شوش، اهواز، دشت آزادگان، شادگان و آبادان و خرمشهر را بر عهده خواهد داشت بررسی وضعیت کیفی آب آن از اهمیت به سزایی برخوردار است (وزارت نیرو، ۱۳۸۵). شکل ۱ وضعیت ایستگاه ها و



موقعیت سد را در منطقه نشان می‌دهد. هدف از این مطالعه تهیه نقشه پهنه‌بندی کیفی آب مخزن سد در به‌عنوان یک منبع مهم آبی در خوزستان است. تاکنون تحقیق کاملی جهت بررسی کیفی آب انجام نگردیده است. ذخیره آب در مقیاس زیاد همراه با افزایش زمان‌ماند و تحت اثر فرایندهای بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی امکان تغییر کیفیت آن وجود دارد. همچنین فعالیتهای کشاورزی و صنعتی همراه با ورود و انتقال مواد مغذی و سموم به درلچه‌ها محیطی فعال جهت ازواع فعالیتهای میکروارگانیزم‌ها فراهم می‌نماید (وزارت نیرو، ۱۳۹۰).

مطالعه مخزن سد بوکان بر روی رودخانه زرینه رود در استان کردستان برای مدت یک سال و بر اساس پارامترهای کیفی نشان داد که به دلیل ورود مداوم فاضلاب شهر سقر این مخزن دچار کمبود زحمات محیطی از نوع تغذیه گرای گزیده و در صورت عدم توجه به روند کنونی ورود آلاینده‌ها بل کاهش کیفیت آب به‌صورت ایجاد بو و تغییر رنگ مواجه خواهد شد و آب شرب شهر سقر با مشکل مواجه می‌گردد (سارنگ، ابریشمی، تجربی، ۲۰۰۱). در بررسی کیفیت آب مخزن سد گیلار برای مدت شش ماه مقدار فسفات و نترات به ترتیب ۰/۴۷ و ۵۶ تن در ورودی تخمین زده شد. مهم‌ترین منابع آلاینده تأثیرگذار در این کاهش کیفیت ورود انواع فاضلاب‌های انسانی، کشاورزی و اثرات زمینی‌شناسی منطقه مطالعاتی است (شاملو و نصیری و ندافی، ۱۳۸۲). بررسی تأثیر تغییر کاربری زمین در حوضه سد امیرکبیر نشان داد که تغییر کاربری صنعتی، کشاورزی و شهری می‌تواند بر کیفیت شیمیایی و میکروبیولوژیک آب تأثیر گذاشته و کیفیت آن را به‌شدت کاهش دهد (هاشمی، ۱۳۸۷). بیان مواد مغذی و بررسی آن با NSFQI برای پارامترهای اکسیژن مورد درلچه بیوشیمیایی، کلیرم، کدورت، هدایت ویژه الکتریکی، کل جامدات محلول pH در هشت ایستگاه انتخابی و برای فصول بهار و تابستان در دریاچه سد آیدغوش انجام شد. طبقه‌بندی به‌دست‌آمده شاخص کیفیت را خوب تعیین نمود و نشان داد که بیان مواد مغذی مانند نترات، فسفات در ورودی بیشتر از خروجی است (شکوهی، علیپور و حسین زاده، ۱۳۹۰). در تحقیقی دیگر در مکزیکو پارامترهای نیتروژن، فلوراید، کلراید، کل جامدات، فسفر، pH به‌صورت ماهانه از محل ده ایستگاه در دو عمق یک متر و دو متر اندازه‌گیری شدند. نتایج بررسی آن‌ها با شاخص WQI نشان داد که اگرچه مقدار شاخص به‌دست‌آمده خوب است ولی بسیار متغیر بوده و آب آن برای شرب قابل اطمینان نیست براین تصفیه پیشرفته ضروری است (Rubioarias et al., 2012) کیفیت آب به‌صورت آماری در مخازن سه‌گانه جورج بر اساس اندازه‌گیری‌های میدانی برای یک دوره دوساله انجام شد. کیفیت آب در سه کلاس قرار گرفت. کلاس یک وضعیت مطلوب، کلاس دو برای سال‌های بارانی در نظر گرفته‌شده که وضعیت کیفیت آب به دلایل ورود آلاینده‌ها و رسوبات فراوان کاهش می‌یابد و کلاس سه نیز برای وضعیت نامطلوب هنگام ورود مواد مغذی به مخزن تعیین شد. این مخازن جهت جلوگیری از کاهش کیفیت نیاز به کنترل دارند (Chuanqi and Wang, 2009). بررسی‌ها نشان داد که سن دریاچه و کاربری‌های زمین‌های اطراف بر وضعیت تغذیه گرای و کیفیت آب درلچه‌های مصنوعی در کانزاس تأثیر داشته و درلچه‌ها را به‌شدت متمایل به وضعیت تغذیه گرای و افت کیفیت می‌کند (Carney, 2010). برای شناسایی وضعیت کیفیت دریاچه چوهاو از شاخص TSI استفاده شد. تحلیل نتایج نشان داد که در شرق دریاچه وضعیت مزوتروف بوده درحالی‌که در غرب دریاچه به علت ورود مقادیر زیاد انواع آلاینده صنعتی و فاضلاب های شهری وضعیت یوتروف یا هایپر یوتروف است (Huibin et al., 2011).



شکل ۱: وضعیت کلی منطقه مطالعاتی، موقعیت و مختصات ایستگاه‌ها در دریاچه سد دز.

برای مطالعه پس از بازدید میدانی و بر اساس امکانات موجود و ناحیه بندی طولی انجام شد. سعی گردید ایستگاه‌های انتخابی تحت عوامل تأثیرگذاری همچون جرطن‌های سیلابی نبوده و همواره قابل دسترسی باشند. با توجه به شکل مخزن و فاصله ورودی و خروجی تعداد پنج ایستگاه نمونه برداری (یکی در ورودی مخزن و دیگری در نزدیکی تاج سد و سه ایستگاه دیگر در فاصله بین آن‌ها) انتخاب گردیدند. اندازه‌گیری ماهانه پارامترها در سال آبی ۹۰-۸۹ انجام شد. برای پارامترهای عمق سچی دیسک، هدایت الکتریکی، دما، کدورت، اکسیژن محلول و pH از دستگاه‌های پرتابل استفاده شد و سایر پارامترها تحت شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل و اندازه‌گیری شدند (Eaton, Clesceri and Rice, 2005). محل نقاط ایستگاه‌های انتخابی توسط دستگاه GPS ثبت گردید و به نقشه تعلق داده شد در محیط GIS انتقال یافت. بانک اطلاعاتی از داده‌ها، مقادیر محاسبه شده شاخص‌های WQI (Water Quality Index) و TSI (Trophic State Index) در محیط GIS تهیه و به نقشه متصل گردید. سیستم GIS کمک می‌کند طارزیابی و تحلیل کامل تری ارائه شده و امکان پهنه‌بندی و همپوشانی اطلاعاتی فراهم گردد. از شاخص‌های موجود جهت بررسی وضعیت کیفی آب، شاخص WQI از جنبه کیفی و شاخص TSI از جنبه وضعیت تغذیه‌گرایی دریاچه انتخاب گردیدند. زیرا این شاخص‌ها دربرگیرنده وضعیت نسبتاً واقعی آب بوده و تقریباً تمامی شرایط را شامل می‌گردند، از طرفی کار با این شاخص‌ها و نحوه محاسبه آن‌ها ساده بوده و نمونه‌برداری پارامترهای آن‌ها نیاز به تجهیزات پیشرفته ندارد. مشخصه‌های انتخابی در این شاخص‌ها و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها ساده و مقرون به صرفه است و نیاز به تجهیزات بسیار پیچیده ندارد و یکی از معمول‌ترین روش‌های ارزیابی آلودگی منابع آب بوده که تأثیر همزمان پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی را نشان می‌دهند. در معادله ۱ ضرایب مؤثر در رابطه شاخص WQI ارائه شده است.

$$WQI = \sum W_i Q_i \quad \text{رابطه ۱}$$

WQI = شاخص کیفیت آب که مقدار آن از صفر تا ۱۰۰ متغیر است.

$W_i$  = وزن یا درجه اولویت عامل از صفر تا ۱ (جدول)

$Q_i$  = کیفیت پارامتر از صفر تا ۱۰۰ (منحرف‌های شاخص)

اطلاعات با توجه به درجه اولویت یا وزن استخراج می‌شوند. و با استفاده از منحرف‌های مربوطه، با یکدیگر ترکیب و ارائه می‌گردند. نظام شاخص کیفیت آب نیازمند ارائه رابطه‌ای قطعی بین مقادیر متفاوت هر مشخصه آزمایشگاهی و میزان کیفی است که می‌توان بر اساس تغییرات آن مشخصه را به آب نسبت داد. از طریق شاخص کیفیت می‌توان وضعیت یک ایستگاه از مخزن سد را در طی چند ماه با کیفیت آب در ایستگاه‌های مختلف مقایسه و مورد بررسی قرارداد. مقیاس درجه بندی از ۰ تا ۱۰۰ و با تعریف کیفیت بسیار خوب تا بسیار بد در پنج کلاس طبقه بندی می‌گردد. بسته به مقدار محاسبه شده شاخص در یکی از این کلاس‌ها قرار می‌گیرد (Brian, 2001).

برای ارزیابی دریاچه سد دز از نظر سطح تغذیه گرایی از شاخص TSI کارلسون استفاده شده است. مقیاس TSI از ۰ تا ۱۰۰ تقسیم شده و بر اساس پارامترهای فسفر کل (TP)، کلروفیل آ (Chl-a) و عمق دیسک سچی (SD) و یا نیتروژن کل (TN) محاسبه می شود. در زیر معادلات بکار رفته در این شاخص ارائه گردیده است. بر اساس این شاخص وضعیت دریاچه در پنج وضعیت اولیگوتروفیک، مزوتروفیک، بوتروفیک، هایپربوتروفیک طبقه بندی می گردد (Carlson, 2003).

$$\text{TSIs} = 60 - 14/4 \ln(\text{SD}) \quad \text{رابطه ۲:}$$

SD = شفافیت صفحه سچی (متر)

شاخص وضعیت تروفیک برحسب غلظت کلروفیل

$$\text{TSIc} = 9/81 \ln(\text{CHL}) + 30/6 \quad \text{رابطه ۳:}$$

CHL = غلظت کلروفیل برحسب میکروگرم در لیتر

شاخص وضعیت تروفیک برحسب غلظت فسفر کل

$$\text{TSIp} = 14/2 \ln(\text{TP}) + 4/15 \quad \text{رابطه ۴:}$$

TP = غلظت فسفر کل برحسب میکروگرم در لیتر

$$\text{Total(TSI)} = \frac{(\sum \text{TSIc} + \text{TSIp} + \text{TSIs})}{3} \quad \text{رابطه ۵:}$$

## نتایج

برای بررسی و صحت سنجی داده ها در ایستگاه های مختلف از نمودار جعبه ای استفاده شد تحلیل آماری نشان داد که میانه داده های پنج ایستگاه یکسان روده ولی متقارن به نظر می رسند. همچنین از آزمون کراسکال-والیس برای آزمون تفاوت بین ایستگاه ها استفاده شد و با توجه به نتایج تفاوت بین ایستگاه ها از نظر پارامتر دمای سطحی و DO و همچنین سایر پارامترها اختلاف در حد یک درصد معنی دار می باشد ولی این اختلاف برای پارامترهای BOD, PO4, TS و Turbidity معنی دار نبود. نهایتاً بررسی های آماری داده ها و صحت سنجی آنها برای تمام ایستگاه ها انجام شد. جدول ۱ نتایج پنج ایستگاه را برای آزمون کراسکال -والیس نشان می دهد. همچنین جهت بررسی کلی نتایج به دست آمده از پایش های ماهانه در ایستگاه های مختلف به صورت میانگین سالانه در جدول ۲ ارائه شد. بیشترین مقدار میانگین سالانه پارامتر اکسیژن محلول در ایستگاه دوم و بیشترین مقدار هدایت الکتریکی، فسفات، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و کل جامدات در ایستگاه سوم دیده می شود. تغییرات پارامتر کلروفیل آ برای ایستگاه های مختلف در یک سال در شکل ۲ نشان داده شده است. محدوده این تغییرات بین ۶۱-۴۶ قرار دارد. شاخص تروفیک بر اساس پارامترهای شفافیت، TP و کلروفیل آ محاسبه و نتایج آن در ایستگاه های مختلف در شکل ۳ نشان داده شد. ایستگاه ۱ در آبان با مقدار ۶۳ بیشترین و ایستگاه ۲ در اسفند کمترین مقدار شاخص را داشتند. در نهایت با استفاده از تحلیل های سیستم GIS، لایه های مختلف اطلاعاتی تهیه شده و با ترکیب و همپوشانی آنها پهنه بندی نهایی برای شاخص WQI و TSI ترسیم شد. این پهنه بندی بر اساس روش درون لایه در GIS به دست آمد. در شکل های ۳ و ۴ وضعیت نهایی پهنه بندی را با استفاده از رنگ های مختلف و در چهار طبقه نشان می دهد.

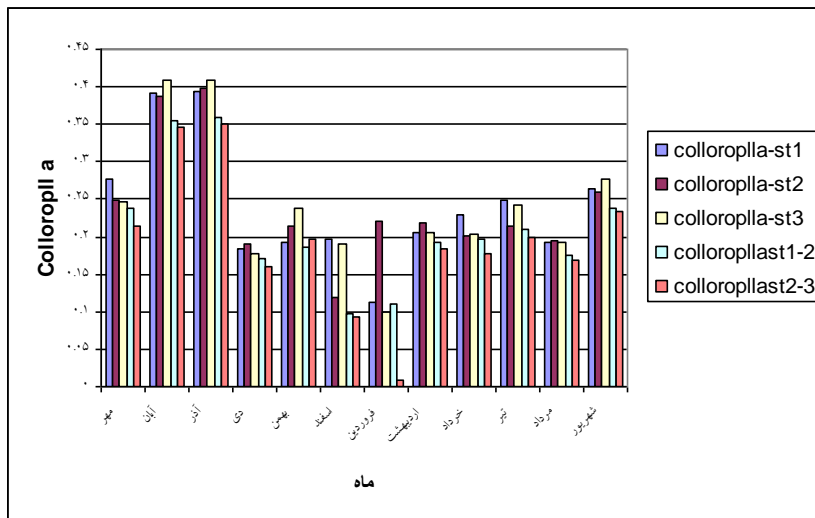
جدول ۱: نتایج آزمون کراسکال والیس در مقایسه ماهها در ایستگاههای مختلف.

Turbidity	TS	TP	PO4	NO3	BOD	colloroplla	pH	EC	DO	دمای سطحی	مقدار در ایستگاه
۷۲/۶۶۸	۷۲/۸۷۰	۴۷/۲۸۰	۵۰/۹۶۹	۵۵/۲۱۹	۶۷/۷۵۴	۷۲/۳۹۶	۴۲/۸۷۸	۴۰/۳۹۱	۵۷/۶۵۰	۴۸/۲۹۸	آماره کای اسکور-1
/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	- p مقدار (Sig)
۶۳/۵۹۶	۶۷/۱۹۵	۵۱/۱۲۰	۴۶/۷۶۰	۳۱/۸۵۹	۶۳/۴۴۲	۷۱/۵۳۳	۵۰/۸۹۰	۳۷/۹۳۹	۶۲/۹۶۷	۴۷/۶۸۴	آماره کای اسکور-2
/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	- p مقدار (Sig)
۱۷/۳۱۹	۱۶/۸۶۸	۱۷/۴۵۲	۱۲/۴۷۰	۱۵/۷۳۵	۱۸/۰۸۶	۲۵/۲۹۳	۱۳/۹۰۰	۲۴/۱۳۵	۲۳/۳۹۵	10.341	آماره کای اسکور-3
۰/۹۹۰	۰/۱۱۲	۰/۰۹۵	۰/۳۳۹	۰/۱۵۲	۰/۰۸۰	**/۸۸۸	۰/۲۳۹	*/۰۱۲	*/۱۶۰	.500	- p مقدار (Sig)
۷۱/۰۳۴	۷۱/۸۹۰	۵۰/۹۰۷	۵۰/۸۹۷	۵۵/۰۱۹	۶۹/۰۱۷	۷۳/۸۲۲	۵۰/۶۶۷	۳۹/۲۰۴	۵۷/۷۳۹	45.832	آماره کای اسکور-1-2
/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	- p مقدار (Sig)
۶۶/۶۲۵	۶۶/۳۶۵	۳۰/۲۹۶	۳۶/۵۱۹	۳۳/۱۳۵	۶۵/۲۳۲	۷۵/۴۳۸	۳۴/۶۹۶	۴۵/۵۶۱	۶۶/۹۱۱	46.271	آماره کای اسکور-2-3
/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	/.....	- p مقدار (Sig)

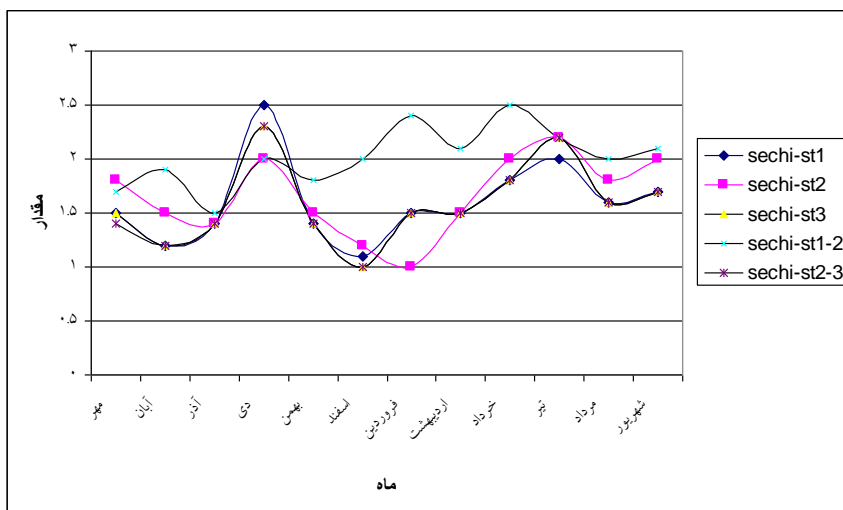
داشتن \* نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح پنج درصد و داشتن \*\* نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح یک درصد است

جدول ۲: میانگین سالانه پارامترها در ایستگاههای مختلف.

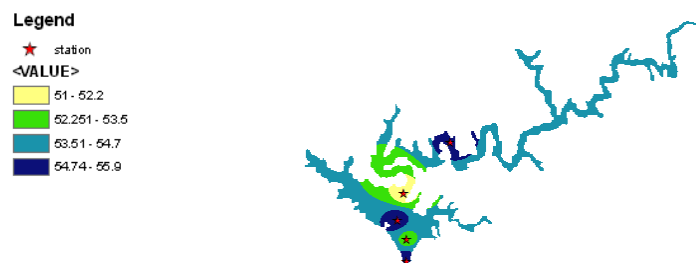
TS	Turbidity	Fecal Coliform	TP	PO4	NO3	BOD	pH	EC	DO	دمای سطحی	نام ایستگاه
mg/L	NTU	#/100 mL	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	stnd units	µmhos/cm	mg/L	° C	
۳۹۷	۱۴۵	۳	۰/۱	۰/۴	۷/۷	۲/۴	۸/۳	۴۷۷	۷/۸	۲۴	ایستگاه ۱
۴۴۲	۱۹۹	۳	۰/۱	۰/۲	۷/۴	۲/۴	۸/۳	۴۸۳	۷/۹	۲۵	ایستگاه ۲
۴۴۶	۱۹۵	۸	۰/۲	۰/۲	۷/۶	۲/۷	۸/۲	۴۹۶	۷/۸	۲۵	ایستگاه ۳
۳۸۱	۱۵۶	۷	۰/۱	۰/۲	۶/۸	۲/۲	۷/۶	۴۳۶	۷/۲	۲۲	ایستگاه ۱-۲
۳۸۶	۱۷۳	۵	۰/۱	۰/۲	۶/۵	۲/۲	۷/۲	۴۲۶	۶/۸	۲۱	ایستگاه ۲-۳



شکل ۲: وضعیت تغییرات پارامتر کلروفیل آ در ماهها و ایستگاههای مختلف.



شکل ۳: وضعیت سچی دیسک در ماهها و ایستگاههای مختلف.



شکل ۴: پهنه بندی کیفی دریاچه سد دز برای شاخص WQI.



شکل ۵: پهنه‌بندی کیفی دریاچه سد دز برای شاخص TSI.

### بحث و نتیجه‌گیری

از ترکیب داده‌های میدانی و سالی اطلاعات به‌دست‌آمده از وضعیت دریاچه سد دز می‌تواند نتیجه گرفت که شاخص کیفیت آب در همه ایستگاه‌ها در بازه نسبتاً خوب با حداقل مقدار ۴۶ و حداکثر مقدار ۶۱ قرار گرفته است. بنابراین استفاده از این آب جهت استفاده آب شرب نیاز به تصفیه پیشرفته دارد ولی برای انواع مقاصد تفریحی، پرورش انواع آبزیان و گونه‌های مقاوم و کشاورزی مناسب است. ایستگاه ۲ و ایستگاه ۱-۲ فقط در دی‌ماه در وضعیت نامناسب قرار گرفتند و دیگر ایستگاه‌ها تغییر زیادی نداشتند. مقدار عددی شاخص در فصل بهار نسبت به فصول دیگر بهتر است. همچنین مشاهده می‌گردد که ایستگاه ورودی به مخزن، ایستگاه شماره سه در پارامترهای جامدات معلق، کلیفرم، کدورت، نیترات، BOD و EC وضعیت پایین‌تری نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارد. این ایستگاه در انتهای تری بخش دریاچه سد دز بر روی رودخانه دز قرار گرفته است. همچنین حجم اصلی دبی ورودی به دریاچه را تأمین می‌کند. با توجه به دریافت دبی از شاخه‌های فرعی متعدد، فرسایشی بودن منطقه حوزه آبریز، قطع درختان و کاهش پوشش گیاهی، کاهش‌های بارندگی سالیان اخیر و افزایش مقدار دریافتی آلاینده‌ها از مناطق روستایی، زه آب‌های کشاورزی و مناطق صنعتی در بالادست وضعیت کیفیت آب این ایستگاه را متغیر و نامناسب نموده است. البته در بعضی موارد جریانات معکوس و رسوبی موجود در دریاچه سد دز بر کیفیت پارامترهای بعضی ایستگاه‌ها تأثیرگذار هستند. بنابراین در بهره‌برداری از دریاچه باید مدنظر قرار گرفته و پایدارترین محل انتخاب گردد. یکی از عوامل محدودکننده در مصرف آب وجود عوامل میکروبی است که با توجه به نتایج نمونه‌برداری منبع آلودگی میکروبی مهمی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشاهده نشد. مقدار کلیفرم مدفوعی بین ۹/۴ تا ۲/۲ بوده و معری‌دار نیست ولی این منبع آبی می‌تواند تحت تأثیر آلودگی ناشی از فاضلاب جزیره تفریحی دز قرار گیرد. و بر کاربری آن اثر گذارد. در مطالعه‌ای بر روی سد دوکان با شاخص WQI و استفاده از نتایج آزمایشگاهی به علت افزایش آلودگی در ایستگاه‌های مختلف کیفیت آب دریاچه در طبقه نامناسب قرار گرفته و از آن جهت آبیاری اراضی کشاورزی استفاده می‌گردد (Alobaidy, 2010). در ایستگاه‌های موجود بر روی دریاچه سد دز منبع آلاینده مهمی دیده نشد و در اکثر موارد کیفیت آب مناسب است. همچنین نتایج حاصل از بررسی رسوبات و جامدات معلق با مقدار ۷۱۴-۲۸۲ مگ‌گرم در لیتر نشان داد که بار رسوبی وارده به مخزن به دلیل فرسایش زیاد اراضی و از بین رفتن پوشش گیاهی زیاد بوده و حجم مفید مخزن را کاهش داده است. غلظت جامدات معلق در فصل بهار نسبت به فصول دیگر به علت وجود جریانات فصلی و سیلابی و جنس خاک منطقه بیشتر است افزایش مواد معلق باعث کاهش عمق رؤیت دیسک سکی می‌گردد. در دریاچه زایری در نیجر نیز به علت کدورت زیاد آب در بسیاری از نواحی شاخص کیفیت آب نامناسب گردیده است. که می‌تواند با کنترل فعالیت‌های کشاورزی و جنگل‌زدایی آن را بهبود بخشد (Adakole and Abolud, 2008). در دریاچه سد دز جریانات رسوبی و سیلابی بر کیفیت اثر می‌گذارند. هدایت الکتریکی در بهار به علت سیستم لایه‌بندی دمایی تغییر می‌کند ولی در بقیه فصول تغییرات خاصی ندارد. در دریاچه‌ها و مخازن پشت سدها در اثر ورود مواد مغذی و سایر شرایط مناسب جمعیت ماکروفیت‌ها یا فیتوپلانکتون‌ها افزایش یافته و در نتیجه متابولیسم سلولی افزایش می‌یابد و چنانچه آب خاصیت بافری داشته باشد تغییرات زیادی در مقدار pH ایجاد نمی‌شود. ولی در برخی سیستم‌های یوتروفیک تغییرات pH مشاهده شده است با توجه به شاخص تروفیک به‌دست‌آمده از

دریاچه سد دز، وضعیت این دریاچه در حالت مزوتروفیک و یوتروفیک قرار دارد. در فصل بهار بر اثر نوسانات و لایه بندی حرارتی ایجاد شده در حالت مزوتروفیک قرار گرفته و وضعیت کیفیت آب خوب است ولی در فصل پاییز به علت کاهش اثر پارامترها به سمت وضعیت یوتروفیک و مغذی شدن پیش می رود. مغذی شدن می تواند مشکلات زیادی همچون ایجاد بو، طعم، کاهش زیبایی و گرفتگی سریع فیلترهای آب را فراهم نماید. بررسی نمونه برداری های میدانی سه ساله ۲۰۰۶-۲۰۰۹ دریاچه مانسی گانگ هند با استفاده از شاخص وضعیت تروفیک (TSI) وضعیت دریاچه را در سال ۲۰۰۶ در وضعیت الیگوتروف، سال ۲۰۰۸ مزوتروف و سال ۲۰۰۹ یوتورتروف نشان داد و این تغییرات نشانه افزایش ورود آلاینده ها به دریاچه است (Sharma et al., 2010). همچنین شاخص TSI کارلسون برای یک دوره نمونه برداری یک ساله ۲۰۰۳-۴ دریاچه یویات ترکیه برای پارامترهای TP و SD و کلروفیل آ این دریاچه را به دلایل ورود مقادیر زیاد مواد مغذی در وضعیت یوتروفیک قرارداد (Ayse et al., 2009). دریاچه سد دز در بهار به علت وضعیت بهتر آب در وضعیت مزوتروفیک قرار می گیرد ولی در تابستان به علت تبخیر و کاهش دبی ورودی و افزایش دریافت زه آب های کشاورزی بالادست در حالت یوتروفیک قرار می گیرد. بنابراین بهترین راه جلوگیری از مغذی شدن آب دریاچه، کاهش ورود آلاینده به آن هاست. در نهایت نیز تحلیلهای به دست آمده از همپوشانی ها در محیط GIS، ایستگاه های دارای وضعیت مشابه را در یک طبقه قرارداد. پهنه بندی ارائه شده برای شاخص WQI نشان دارد که ایستگاه ۳-۲ وضعیت متفاوت تری نسبت به سایر ایستگاه ها دارد ولی بقیه ایستگاه ها در طبقه بندی نزدیکی قرار گرفته اند. همچنین برای شاخص TSI نیز ایستگاه های ۱-۲ و ۱-۳ و ۱ در یک طبقه و ایستگاه های ۱ و ایستگاه ۳ نیز در یک طبقه قرار گرفتند.

نتایج به دست آمده از مطالعات پایش و تجزیه و تحلیلهای آن ها نشان داد که در صورت عدم کنترل آلاینده ها و تداوم ورود آن ها به دریاچه سد دز خطر تغذیه گرایی وجود دارد. بنابراین داشتن برنامه پایش منظم و تهیه بانک اطلاعاتی داده ها ضروری است و می تواند برنامه ریزان را جهت تصمیم گیری های بهتر کمک نماید. همچنین بررسی سریع هرگونه تغییر در کوتاه ترین زمان فراهم می شود. ایستگاه شماره ۳ در ابتدا به علت تغییرات زیاد پارامترها مناسب نیست. ایستگاه شماره ۱ در نزدیکی تاج سد به علت اینکه مواد زائد زیادی در سطح آب تجمع دارند نتایج درستی ارائه نمی دهد ولی ایستگاه های شماره ۱-۲ و ۲-۳ و ۳-۲ را می تواند به عنوان ایستگاه های مناسب انتخاب کرد. راهکارهای پیشگیرانه و کنترلی همچون ایجاد تصفح خانه های فاضلاب در مراکز بالادست جهت کاهش انواع آلاینده و مواد مغذی و اجرای برنامه های آبخیزداری و کنترل فرسایش و تله اندازی رسوبات قبل از ورود به مخزن، نیازی ضروری می باشد.

## سپاسگزاری

از کارشناسان سازمان آب و برق خوزستان جهت کمک علمی و تهیه اطلاعات تشکر و قدردانی می گردد.

## منابع

- افشین، ی.، ۱۳۶۹. رودخانه های ایران، انتشارات شرکت مهندسین مشاور جاماب، وزارت نیرو.
- دستورالعمل اجرایی پایش کیفیت آب مخازن پشت سدها، ۱۳۹۰. نشریه شماره ۵۵۱- وزارت نیرو.
- سارنگ، ا.، تجربی، م. و ابریشمی، ا.، ۱۳۸۰. شیخ سازی کیفی مخزن سدبوکان، مجله آب و فاضلاب، شماره (۱) ۳۷، صفحات ۵-۲.
- شاملو، ا.، نصیری، ص. و ندافی، ک.، ۱۳۸۲. بررسی کیفیت آب مخزن سد گیلارو، مجله آب و فاضلاب، (۵۱) ۱۵، صفحات ۲۷-۲۲.
- شکوهی، ر.، حسین زاده، ی. و روشنائی، ج.، ۱۳۹۰. بررسی کیفیت آب دریاچه سد آیدغوش با استفاده از شاخص کیفیت آب و بیان مواد مغذی، فصلنامه علمی پژوهشی سلامت و محیط، شماره (۴) ۴، صفحات ۴۵۰-۴۳۹.
- طرح جامع آبرسانی و تامین آب، ۱۳۸۵، سازمان آب و برق خوزستان، وزارت نیرو.
- هاشمی، ح.، ۱۳۸۷. ارزیابی تاثیر کاربری اراضی بر کیفیت آب رودخانه کرج، پروژه تحقیقاتی، دانشگاه شهید بهشتی.

Adakole, J. and Abolud, D., 2008. Assessment of Water Quality of A Man -Made Lake in Zaria, Nigeria, Proceedings of the 12th World Lake conference, 1372-1382.



- Alobaidy, J., 2010.** Application of Water Quality Index for Assessment of Dokan Lake Ecosystem, Kurdistan Region, Iraq, *Journal of Water Resource and Protection*, 2(1), 792-798.
- Ayse, E., Nihan, O., Arzu, T., Fatma, O. and Huseyin, S., 2009.** Evaluation of trophic state of lake Uluabat, Turkey, *Journal of Environmental Biology*, 30(5), 757-760.
- Brian, O., 2001.** Available from, <http://www.water-research.net/watrqualindex/waterqualityindex.htm>
- Carlson, R., 2003.** A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography Research Center, University of Minnesota*, 22: 361-369.
- Carney, E., 2010.** Relative influence of lake age and watershed land use on trophic state and water quality of artificial lakes in Kansas, *Journal of Lake Reservoir Management*, 2(2), 199-207
- Chuanqi, L. and Wang, W., 2009.** Assessment of the Water Quality near the Dam Area of Three Gorges Reservoir Based on Bayes, *Proceedings of the 1st International Conference on Information Science and Engineering*, 145-148.
- Eaton, A., Clesceri, L. and Rice E., 2005.** *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Washington DC: American Water Works Association (AWWA).
- Huibin, Y., Beidou, X., Jinyuan, J., Marie, J., Hailong, W. and Dinglong, L., 2011.** Environmental heterogeneity analysis, assessment of trophic state and source identification in Chaohu Lake, China, *Journal of Environmental Science and Pollution Research*, 18(8), 1333-1342.
- Rubioarias, H., Contrerascaraveo, M., Quintana, R., Saucedoteran, R. and Pinalesmunguia, A., 2012.** An overall Water Quality Index (WQI) for a man-made aquatic reservoir in Mexico, *International Journal of Environmental Research Public Health*, 9(5), 1687-1698.
- Sharma, M., Kumar, A. and Rajvanshi, S., 2010.** Assessment of Trophic State of Lakes: A Case of Mansi Ganga Lake in India, *Journal of HYDRO NEPAL*, 6(1), 65-72.
- Yang, H., Shen, Z. and Wang, W., 2007.** Water quality characteristics along the course of the Huangpu River, *Journal of Environmental Sciences*, 19(10), 1193-1198.

