

تعیین وضعیت تغذیه‌گرایی دریاچه سد اکباتان با استفاده از شاخص کارلسون

عبدالله طاهری تیزرو^۱، مریم قشقایی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۲

چکیده

سد اکباتان همدان بر روی رودخانه آبشینه قرار دارد و هدف آن تامین آب شرب و کشاورزی همدان است. با توجه به اهمیت کیفیت آب پشت سدها، هدف این تحقیق بررسی وضعیت تغذیه‌گرایی آب دریاچه سد اکباتان می‌باشد. در این تحقیق فصل خشک سال (تابستان) به عنوان زمان بحرانی که دما و نور بیشتری در محیط فراهم است برای بررسی میزان تغذیه‌گرایی آب پشت سد انتخاب شده است. تعداد ۱۲ ایستگاه در نقاط مختلف دریاچه سد اکباتان مشخص و نمونه‌برداری از این نقاط صورت گرفت. در این مطالعه پارامترهای pH، دما، دیسک سکی، نیترات، فسفات و کلروفیل اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از شاخص کارلسون میزان تغذیه‌گرایی در نقاط مختلف دریاچه این سد تخمین زده شد. همچنین پهنه‌بندی پارامترهای کیفی و شاخص کارلسون با استفاده از GIS انجام گرفت. شاخص کارلسون در نقاط مختلف دریاچه بین ۳۵/۷ تا ۵۰/۷ تغییر می‌کند. با توجه به مقدار به دست آمده برای این شاخص، دریاچه در نقاط ورودی بیشتر در معرض تغذیه‌گرایی قرار دارد. همچنین فسفر عامل کنترل تغذیه‌گرایی این سیستم می‌باشد. نتایج نشان داد در نقطه شماره یک که نزدیک به بدنه سد قرار دارد شاخص کارلسون از سایر نقاط کمتر و در وضعیت الیگوتروفیک دارد. نقطه شماره ۱۱ که در شاخه سمت چپ ورودی به دریاچه سد قرار دارد در وضعیت یوتروفیک است. سایر نقاط حالت مزوتروفیک را نشان می‌دهند. این تحقیق نشان داد دریاچه سد مخزنی اکباتان پتانسیل مغذی شدن را دارد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه‌گرایی، سد اکباتان، شاخص کارلسون، کیفیت آب.

^۱ دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، ۰۹۱۸۱۱۹۰۰۵۲، tizro@yahoo.com (مسئول مکاتبه)

^۲ کارشناسی ارشد، دانشجوی دکترا مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران،

maryam_ghashghaie@yahoo.com، ۰۹۱۹۰۲۴۵۶۸۵

مقدمه

منابع آب شیرین اهمیت زیادی برای جامعه و محیط زیست اطراف خود دارند. گذشته از تامین آب شرب شهرها و روستاها این منابع کاربردهایی از جمله صنعت، کشاورزی، آبی‌پروری و تفریحی دارند که همگی نیاز به آب با استاندارد کافی دارند. دریاچه‌های طبیعی و مخازن سدها عمدتاً به دلیل هندسه و ویژگی‌های جریان پتانسیل بیشتری برای آلودگی دارند. از آنجا که مواد مغذی در این سیستم‌های آبی فرصت ماندگار شدن دارند شرایط شکل‌گیری پدیده تغذیه‌گرایی در مقایسه با رودخانه‌ها بیشتر است. مطالعات بسیاری در مورد تغذیه‌گرایی مخازن سدها انجام شده است. این مطالعات عمدتاً سرآغاز شناخت و آشنایی بیشتر با کیفیت آب موجود در این اکوسیستم‌ها می‌باشد که در نهایت می‌تواند به راهکارهای عملی جهت بهبود کیفیت این منابع ارزشمند بیانجامد.

افزایش پتانسیل تغذیه‌گرایی باعث افزایش توده جلبک‌ها در سیستم‌های آبی از جمله دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، تالاب‌ها، بخش ساحلی دریاها و مخازن می‌شود (Camargo, 2005; Kurz, 2005). نیتروژن و فسفر از جمله مواد مغذی هستند که در رشد جلبک‌ها و افزایش کلروفیل *a* تاثیر مستقیم دارند (Smith, 2003). براساس نسبت تغذیه‌گرایی در یک پیکره آبی نیتروژن یا فسفر می‌تواند عامل محدودکننده رشد جلبک باشد. در مطالعه‌ای که Li et al., 2015 روی مخزن Yuqiao در شمال چین انجام دادند، فسفر عامل کنترل‌کننده تغذیه‌گرایی در این مخزن شناخته شد.

این پدیده مصارف و کاربردهای آب را محدود می‌کند. به طور مثال جلبک‌ها مسیر لوله‌های مکش و تجهیزات فیلتراسیون را در تصفیه‌خانه‌ها سد می‌کنند. باعث بدبو و بد طعم شدن آب و حتی بروز بیماری‌های ناشی از آب می‌شوند (Domagalski et al., 2007; Smith et al., 2005).

رشد بیش از حد جلبک‌ها و گیاهان آبی کاهش

اکسیژن محلول را در پی خواهد داشت (Arheimer et al., 2004; Zhang, 2007). این مساله می‌تواند منجر به مرگ ماهی‌ها و کاهش تنوع گونه‌های زیستی شود. همچنین نوع خاصی از جلبک‌های سبز- آبی تولید شده در محیط مخازن برای ماهی‌ها و انسان‌ها سمی هستند (Guraung, 2007; CHapra, 1997). گذشته از این مسائل مصارف صنعتی آب محدود می‌شود زیرا بسیاری از صنایع برای فرایند تولید نیاز به آبی با کیفیت بسیار بالا دارند و مساله تغذیه‌گرایی کیفیت آب موجود در مخازن را بسیار تنزل می‌دهد (Domagalski et al., 2007).

بسیاری از محققین به مطالعه پدیده تغذیه‌گرایی و فعل و انفعالات مواد مغذی با فیتوپلانکتون‌ها پرداخته‌اند. در این مطالعات نقش مواد مغذی در تولید فیتوپلانکتون‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. در مطالعات دیگری نیز ارتباط مواد مغذی موجود در پیکره آبی را با مقدار جلبک‌ها و گیاهان آبی تعیین کرده‌اند. از جمله (Kangas and Syri, 2002; Carmichael et al., 2004) که تاثیر مقدار نیتروژن را بر روی تولید و رشد جلبک‌ها بررسی کرده‌اند. Sharma et al., 2010 شاخص TSI را برای مطالعه وضعیت تغذیه‌گرایی دریاچه Mansi Ganga در هند استفاده کردند. تحقیقات آنها نشان داد این دریاچه در سال ۲۰۰۶ در وضعیت الیگوتروفیک بوده است و در سال ۲۰۰۸ به حالت مزوتروفیک رسیده است که تنزل سریع کیفیت آب این دریاچه را نشان می‌دهد. Mahesh et al., 2014 تغذیه‌گرایی دریاچه شهر Chikmagalur را بررسی نمودند. آنها با استفاده از شاخص کارلسون میزان تغذیه‌گرایی دریاچه را مشخص کردند. سپس با استفاده از GIS توزیع مکانی شاخص TSI را بررسی کردند.

درايران نیز مطالعات بسیاری در زمینه تغذیه‌گرایی دریاچه‌ها، تالاب‌ها و مخازن سدها صورت گرفته است. جاوید و همکاران (۱۳۹۰) وضعیت کیفی دریاچه سد

شاخص مغذی شدن کارلسون برای ارزیابی میزان غنی شدگی سیستم استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

همدان یکی از شهرهای غربی و کوهستانی ایران و مرکز استان همدان است. این شهر در دامنه کوه الوند، در ارتفاع ۱۸۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است و از شهرهای سردسیر ایران به شمار می‌آید. آب و هوای همدان مختلف و اوضاع جوی منطقه از لحاظ حداقل و حداکثر دما و باران در فصول سال متغیر است. یکی از مهم‌ترین سرشاخه‌های رودخانه دائمی قره‌چای، رودخانه آبشینه است که به نام‌های رودخانه همدان و سیمینه‌رود نیز معروف است. سرشاخه‌های این رودخانه از دامنه‌های شمالی پربرف کوه الوند سرچشمه می‌گیرند و در پایان وارد سد اکباتان (آبشینه) می‌شوند. سد اکباتان مهم‌ترین سد استان همدان است که در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر همدان بر روی رودخانه آبشینه (یلفان) پائین‌تر از محل تلاقی رودخانه‌های یلفان و ابرو واقع شده است. این سد در عرض جغرافیایی $34^{\circ} 45'$ شمالی و طول جغرافیایی $48^{\circ} 36'$ شرقی قرار دارد. حداکثر سطح مخزن $1/75$ کیلومتر مربع می‌باشد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی این سد را نشان می‌دهد.

دز را با استفاده از شاخص WQI و TSI مطالعه کردند. این تحقیق نشان داد شاخص تغذیه‌گرایی دریاچه سد دز در بهار و تابستان متغیر اما در سایر فصل‌ها نسبتاً ثابت است. منوری و همکاران (۱۳۹۰) وضعیت تغذیه‌گرایی مخزن سد کرج را در سال ۸۹ به صورت ماهانه بررسی کردند. در این مطالعه رابطه بین تراکم فیتوپلانکتون‌ها و مواد مغذی در عمق‌های مختلف مشخص شد. این مطالعه نشان داد که بیشترین مقدار فیتوپلانکتون در سطح دریاچه سد کرج و در مردادماه ۱۳۸۹ بوده است. جلیل زاده و همکاران (۱۳۹۲) طی مطالعه‌ای میزان کلروفیل سدهای کرج، طالقان و لتیان را بررسی نمودند. براساس یافته‌های این تحقیق وضعیت تغذیه‌گرایی این سدها در فصل‌های بهار و تابستان مزوتروفیک و در پاییز و زمستان الیگوتروفیک تعیین شد.

سد اکباتان یکی از مخازن تامین آب شرب شهر همدان است که پتانسیل تغذیه‌گرایی دارد (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۰) و غلظت عناصر مغذی در آن قابل توجه است (سمرقندی و همکاران، ۱۳۹۲). در این مطالعه وضعیت تغذیه‌گرایی مخزن سد اکباتان در تیرماه سال ۹۳ (فصل خشک) بررسی می‌شود. با توجه به اینکه تابستان فصل بحرانی از نظر رشد جلبک‌ها می‌باشد (دما و نور بیشتری در محیط فراهم است) این مطالعه در فصل تابستان انجام شد. در این تحقیق از



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی سد اکباتان همدان

نمونه‌برداری‌ها از سطح دریاچه و عمق ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. پارامترهای مورد مطالعه در این تحقیق عبارتند از دما، دیسک سکی، pH، فسفات کل، نیترات کل و کلروفیل a. دما و دیسک سکی در محل نمونه‌برداری و پارامتر pH توسط pH متر در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. فسفات کل و نیترات کل با استفاده از روش استاندارد متد اندازه‌گیری شد. همچنین غلظت کلروفیل a در نمونه‌ها با استفاده از روش (روش چینی) به دست آمد.

در تحقیق حاضر از شاخص تغذیه‌گرایی کارلسون (Carlson, 1977) به منظور تعیین وضعیت تغذیه‌گرایی مخزن استفاده شد. این شاخص با استفاده از سه پارامتر کیفی آب شامل کلروفیل a (Chl a , $\mu\text{g l}^{-1}$)، دیسک سکی (SD m) و فسفات کل (TP $\mu\text{g l}^{-1}$) (Yang et al., 2011) مطابق روابط (۱) تا (۳) محاسبه می‌شود:

$$\text{TSI}_{\text{chl}} = 9.81 \ln(\text{chl}) + 30.6 \quad (1)$$

$$\text{TSI}_{\text{SD}} = 60 - 14.4 \ln(\text{SD}) \quad (2)$$

$$\text{TSI}_{\text{TP}} = 14.42 \ln \text{TP} + 4.15 \quad (3)$$

مقدار TSI کل نیز از میانگین TSI_{chl} ، TSI_{SD} و TSI_{TP} به دست می‌آید.

سد اولیه با هدف تامین آب شرب شهر همدان و حق‌آبه کشاورزی با قدرت تنظیم سالیانه ۱۷ میلیون مترمکعب از آب رودخانه آبشینه در سال ۱۳۴۲ به بهره‌برداری رسید. علیرغم اینکه متوسط رواناب رودخانه در محل محور سد اکباتان، با ۲۱۳ کیلومتر مربع وسعت حوضه و ۵۰۵ میلیمتر متوسط بارش سالیانه، حدود ۵۵ میلیون مترمکعب می‌باشد، فقط ۳۱ درصد از آن توسط سد اکباتان تنظیم و به مصرف می‌رسد. با توجه به انباشته شدن رسوبات در مخزن سد که منجر به کاهش میزان ذخیره سد شده بود پس از مطالعه و بررسی در سال ۱۳۸۷ طرح افزایش ارتفاع سد به میزان ۲۵ متر اجرا شد.

روش کار

برای نمونه‌برداری از مخزن سد اکباتان پس از بازدیدهای میدانی ۱۲ نقطه برای نمونه برداری تعیین شد که مختصات دقیق این نقاط به هنگام نمونه‌برداری با استفاده از GPS ثبت گردید. سعی شد تا نقاط مشخص شده در سطح دریاچه پراکندگی خوبی داشته باشند به نحوی که در نقاط ورودی به مخزن، راستای محور طولی مخزن و همچنین سایر نقاط مخزن ایستگاه‌هایی برای نمونه‌برداری تعیین شد (شکل ۲). مشخصات نقاط نمونه‌برداری در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل (۲): محل نقاط نمونه‌برداری در مخزن سد اکباتان

جدول (۱): مشخصات نقاط نمونه برداری

شماره ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	شماره ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۴۸° ۳۶' ۰۶۷"	۳۴° ۴۵' ۲۱/۸۴"	۷	۴۸° ۳۵' ۵۶/۳۳"	۳۴° ۴۵' ۱۰/۲۱"
۲	۴۸° ۳۵' ۵۸/۴۱"	۳۴° ۴۵' ۱۸/۹۶"	۸	۴۸° ۳۶' ۳/۹۶"	۳۴° ۴۵' ۴/۱۵"
۳	۴۸° ۳۶' ۱۰/۰۳"	۳۴° ۴۵' ۱۸/۹۶"	۹	۴۸° ۳۶' ۱۱/۰۷"	۳۴° ۴۵' ۲/۴۲"
۴	۴۸° ۳۶' ۱۲/۳۲"	۳۴° ۴۵' ۱۳/۰۱"	۱۰	۴۸° ۳۶' ۸/۹۸"	۳۴° ۴۴' ۲۱/۸۴"
۵	۴۸° ۳۶' ۴/۲۵"	۳۴° ۴۵' ۱۵/۵۴"	۱۱	۴۸° ۳۵' ۵۴/۷۵"	۳۴° ۴۴' ۲۱/۸۴"
۶	۴۸° ۳۵' ۵۰/۱۴"	۳۴° ۴۵' ۱۰/۱۳"	۱۲	۴۸° ۳۶' ۱۸/۱۱"	۳۴° ۴۴' ۲۴/۶۰"

میله‌ای آن‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است. دایستگاه‌های مختلف با توجه به نمودار میله‌ای دما در سطح دریاچه می‌توان گفت تغییرات دمایی محسوسی در نقاط مختلف سطح دریاچه مشاهده نمی‌شود.

محدوده تغییرات پارامتر pH در ایستگاه‌ها بین ۶/۲ تا ۷/۲ می‌باشد. تغییرات فسفات کل در ایستگاه‌های یک تا ۱۲ نیز قابل مشاهده است که واحد آن میلی‌گرم بر لیتر و مقدار آن از ۰/۰۲ تا ۰/۰۴ تغییر می‌کند. دیسک سکی با کدورت رابطه عکس دارد. بنابراین ایستگاه‌هایی که مقدار دیسک سکی در آنها بیشتر است شفافیت بیشتر و کدورت کمتر در نقطه اندازه‌گیری را نشان می‌دهند. نمودار میله‌ای تغییرات نیترات در ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد که مقدار غلظت نیترات چندین برابر غلظت فسفات است و این مقایسه در نمودار میله‌ای تغییرات نسبت تغذیه‌گرایی یا N/P مشخص است. واضح است که عامل محدود کننده تغذیه‌گرایی در این سیستم فسفر می‌باشد.

نمودار تغییرات کلروفیل در ایستگاه‌های مختلف نیز در شکل ۳ ارائه شده است که واحد آن میکروگرم بر لیتر ($\mu\text{g/l}$) است. مقدار TSI کل برای ایستگاه‌های نمونه برداری بصورت جداگانه محاسبه شده است. نمودار میله‌ای مربوط به ISI کل در شکل ۳ ارائه می‌شود. براساس رابطه کارلسون مقادیر TSI_{TP} ، TSI_{SD} و $\text{TSI}_{\text{chl a}}$ برای همه ایستگاه‌های اندازه‌گیری تعیین شد. شکل ۴ نمودار راداری مربوط به این سه پارامتر را برای ۱۲ ایستگاه مورد مطالعه نشان می‌دهد. این نمودار امکان مقایسه این پارامترها را در ایستگاه‌های مختلف به خوبی نشان می‌دهد.

براساس مقدار شاخص کارلسون وضعیت دریاچه‌ها از نظر تغذیه‌گرایی شامل الیگوتروفیک، مزوتروفیک و یوتروفیک و هایپر یوتروفیک می‌باشد.

الیگوتروفیک $\text{TSI} < 40$

مزوتروفیک $40 < \text{TSI} < 50$

یوتروفیک $50 < \text{TSI} < 70$

هایپر یوتروفیک $70 < \text{TSI} < 100$

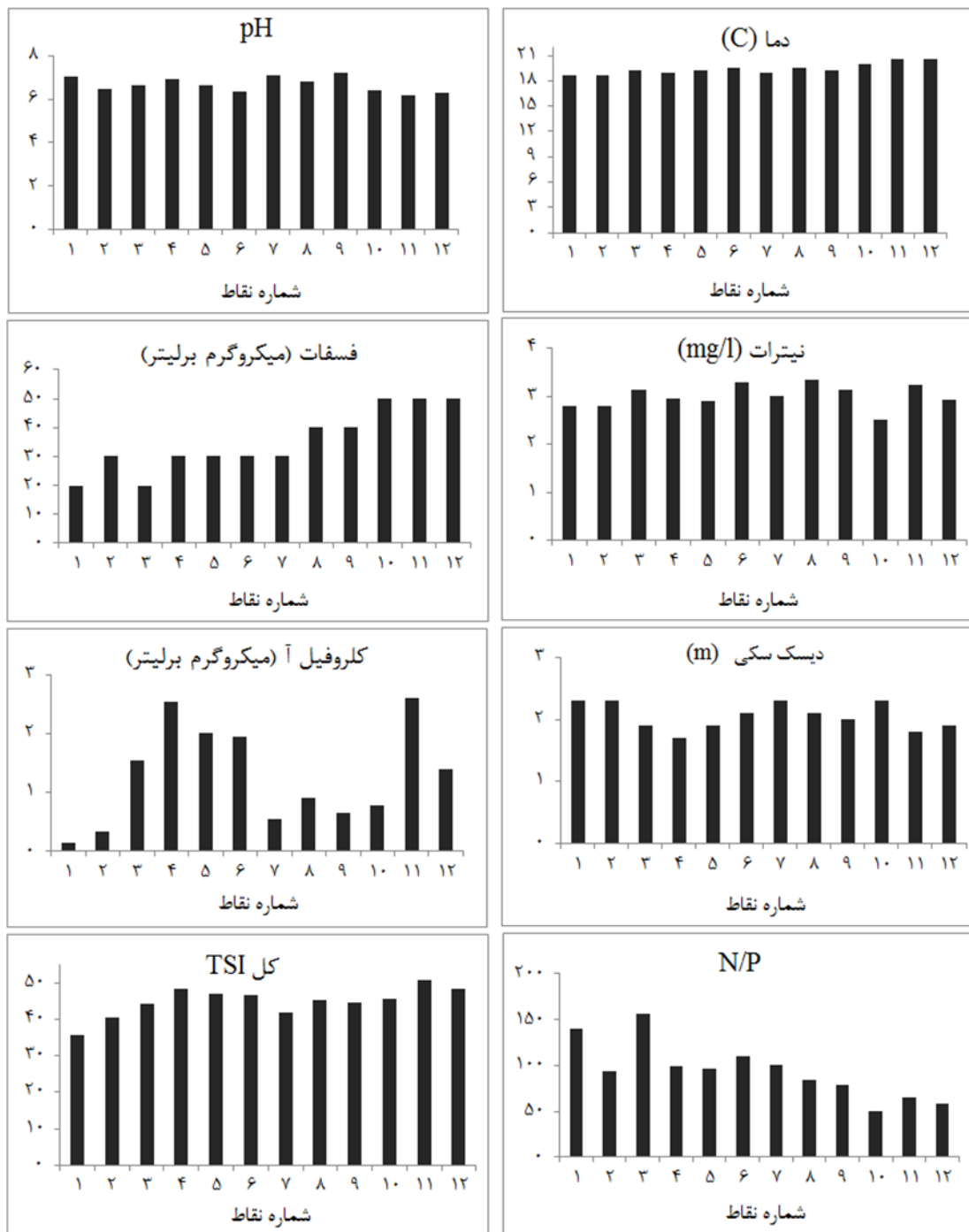
بر اساس مقدار به دست آمده این شاخص (۰ تا ۱۰۰) سیستم‌های آبی به ۷ حالت: الیگوتروفیک (۰-۳۰)، مزوتروفیک خفیف (۳۰-۴۰)، مزوتروفیک (۴۰-۵۰)، مزوتروفیک حاد (۵۰-۶۰)، یوتروفیک (۶۰-۷۰)،

هایپر یوتروفیک (۷۰-۸۰) و هایپر یوتروفیک حاد (۸۰-۱۰۰) قابل دسته‌بندی هستند (ابراهیم‌پور و همکاران، ۱۳۹۱).

در این تحقیق از سه پارامتر دیسک سکی، فسفات و کلروفیل a برای محاسبه شاخص کارلسون استفاده شده است. پارامترهای اندازه‌گیری شده در بخش نتایج ارائه می‌شود.

نتایج و بحث

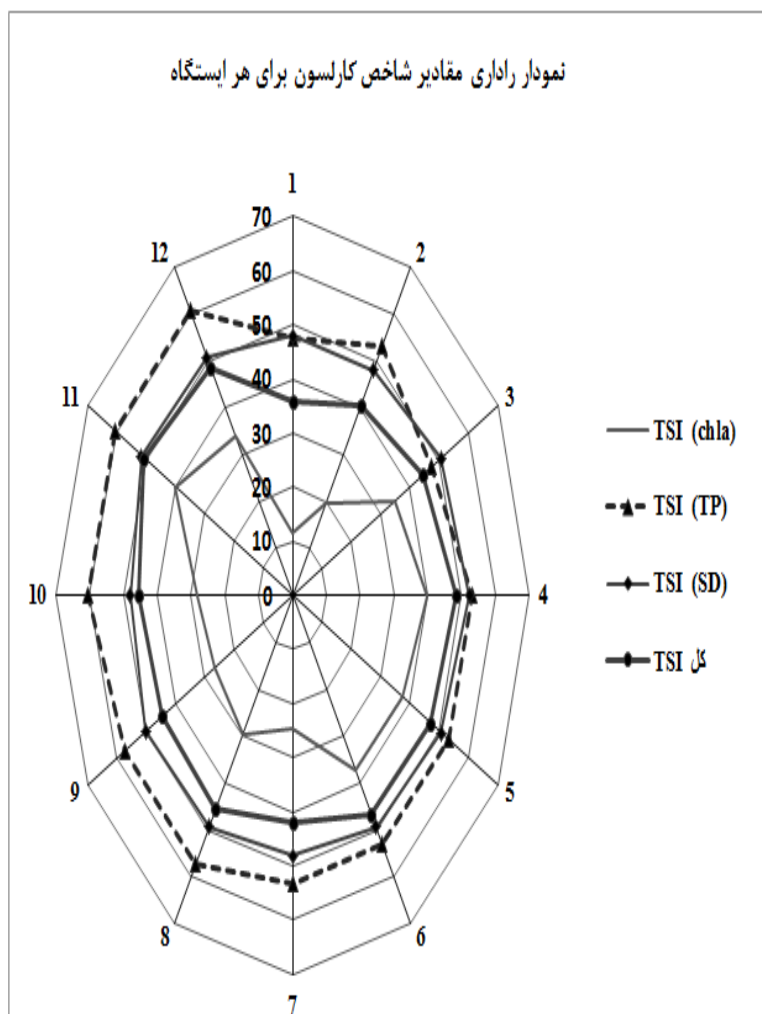
پس از آنالیز نمونه‌ها، نمودار میله‌ای پارامترهای دما، pH، نیترات کل، فسفات کل، دیسک سکی و کلروفیل آ ترسیم شد که در شکل ۳ ارائه شده است. این نمودارها تغییرات پارامترهای کیفی آب مخزن سد اکباتان را در ایستگاه‌های اندازه‌گیری دریاچه سد نشان می‌دهند. همچنین نسبت تغذیه‌گرایی (N/P) و TSI کل برای این ۱۲ ایستگاه محاسبه شد که نمودار



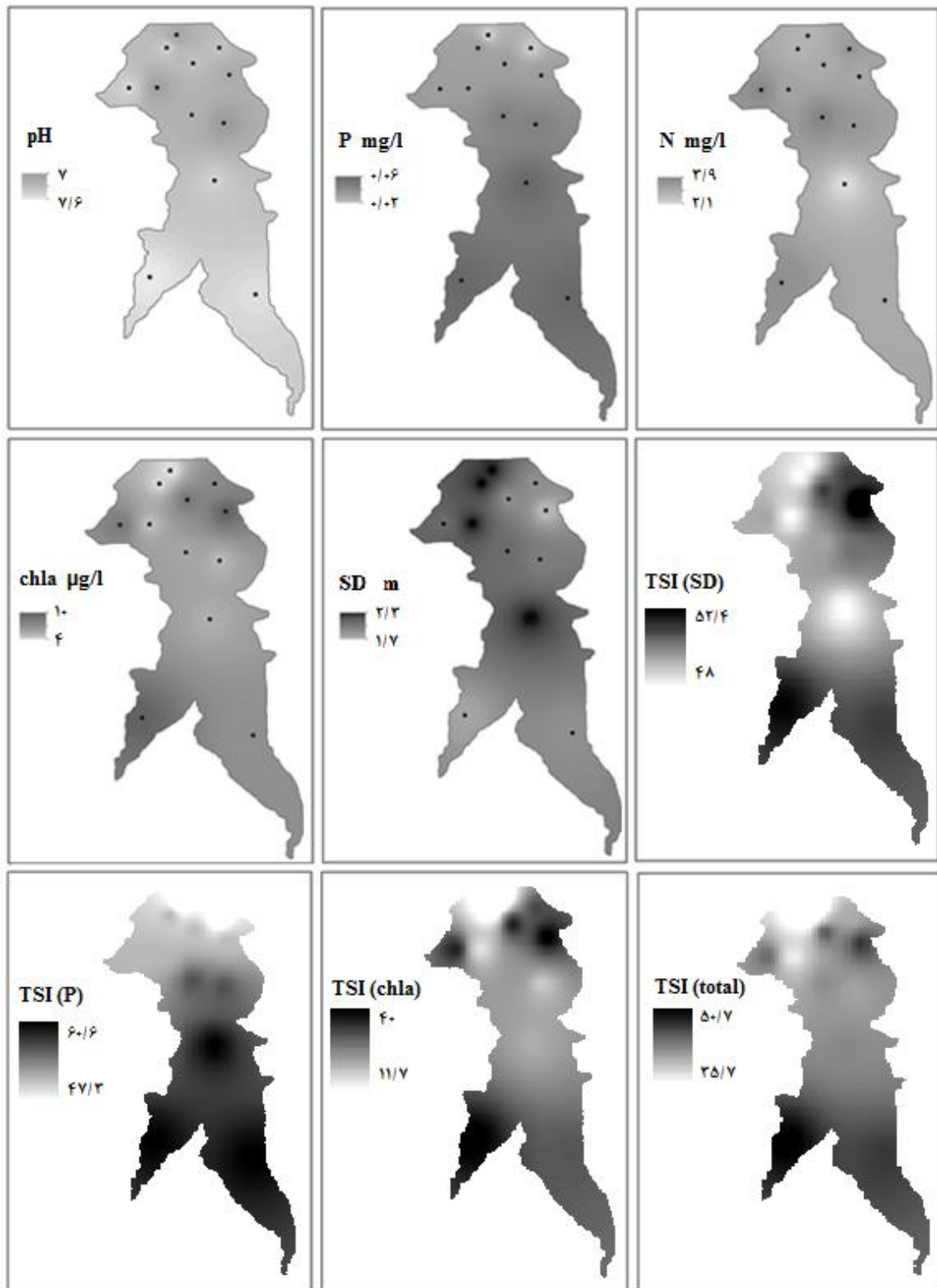
شکل (۳): نمودار میله‌ای تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده، نسبت N/P و شاخص TSI در ایستگاه‌ها

همچنین پهنه‌بندی پارامترهای کیفیت آب دریاچه سد اکباتان با استفاده از روش عکس فاصله‌ها (IDW) در GIS اجرا شده است که در شکل ۵ ارائه می‌شود. پهنه‌بندی پارامترها و شاخص‌های کیفی آب دریاچه سد اکباتان امکان مقایسه بصری تغییرات مکانی این

پارامترها و شاخص‌ها را میسر می‌سازد. شاخص TSI رابطه متقابل بین پارامترهای کیفی را نشان می‌دهد که برای تعریف وضعیت کیفی اکوسیستم آبی و کنترل رشد فیتوپلانکتون استفاده می‌شوند.



شکل (۴): نمودار راداری شاخص کارلسون برای کلروفیل a، فسفات کل و دیسک سکی



شکل (۵): پهنه‌بندی پارامترهای کیفی و شاخص تغذیه‌گرایی دریاچه سد اکباتان

نتیجه گیری

محدوده تغییرات pH بین ۶/۲ تا ۷/۲ به دست آمد. براساس نسبت تغذیه‌گرایی عامل محدود کننده تغذیه‌گرایی در این سیستم فسفر است. همبستگی بین غلظت کلروفیل با پارامترهای نیترات و فسفات کل بسیار کم می‌باشد. کلروفیل و دیسک سکی همبستگی منفی نشان دادند و مقدار I^2 ۰/۷۳ به دست آمد. براساس شاخص کارلسون به دست آمده برای نقاط نمونه‌برداری همه نقاط بجز ایستگاه شماره ۱۱ وضعیت مزوتروفیک دارند اما ایستگاه شماره ۱۱ از مرز مزوتروفیک گذشته و حالت یوتروفیک دارد. نتایج نشان می‌دهد که این مخزن پتانسیل بالایی برای مغذی شدن دارد. باتوجه به اینکه تامین آب شرب شهر همدان از جمله اهداف سد مخزنی اکباتان می‌باشد، ضروری است که مورد پایش منظم قرار گیرد تا با اعمال سیاست‌های مدیریتی در حوضه بالادست از کاهش کیفیت آب مخزن جلوگیری شود.

در مطالعات گذشته که مربوط به مخزن سد اکباتان می‌باشد، فصل خشک سال (تابستان) به عنوان زمان بحرانی که دریاچه سد مغذی‌ترین حالت را دارد تعیین شده است. در این مطالعه ۱۲ ایستگاه در دریاچه سد مشخص و نمونه‌برداری از این ایستگاه‌ها در تیرماه ۹۳ (فصل خشک) انجام گرفت. پارامترهای اندازه‌گیری شامل دما، pH، دیسک سکی، نیترات کل، فسفات کل و کلروفیل a بود. پس از آنالیز آزمایشگاهی، نمودار تغییرات پارامترهای مختلف در ایستگاه‌های اندازه‌گیری ترسیم شد. مقدار فسفات کل در نقاط ورودی به مخزن بیشتر از سایر نقاط می‌باشد. نیترات کل تغییرات زیادی در نقاط مختلف نشان نداد. تغییرات غلظت کلروفیل a نیز در نقاط ورودی به مخزن سد و نقطه شماره چهار که نزدیک بدنه سد قرار دارد بیشتر از سایر نقاط می‌باشد. همچنین

منابع

- ابراهیم‌پور، ص.، ح. محمدزاده، ا. نادری و آ. آذرپیکان. ۱۳۹۱. ارزیابی یوتروفیکاسیون و تغذیه‌گرایی دریاچه‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی دریاچه تالابی زریبار). شانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، شیراز، انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه شیراز، http://www.civilica.com/Paper-SGSI16-SGSI16_448.html
- جاوید، ا. ح.، س. ا. میرباقری، و آ. کریمیان. ۱۳۹۳. ارزیابی وضعیت کیفی دریاچه سد دز با استفاده از شاخص WQI و TSI، مجله سلامت و محیط، شماره ۷(۲)، ص ۱۴۲-۱۳۳.
- جلیل‌زاده، ا.، م. سلیمی و پ. روزبه‌نیا. ۱۳۹۲. شناسایی و اندازه‌گیری مقدار کلروفیل‌های a و b در سدهای کرج، طالقان و لتیان با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC/UV-VIS). آب و فاضلاب، شماره ۴، ص ۲۶-۲۱.
- سمرقندی، م.، ر. ک. ویسی، ا. ابویی مهریزی، پ. کاسب و ع. دانایی. ۱۳۹۲. بررسی کیفیت آب دریاچه سد مخزنی اکباتان شهرستان همدان با بهره‌گیری از شاخص کیفی NSFQI. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، شماره ۵(۱)، ص ۶۹-۶۳.
- منوری، س. م.، ج. نوری و ن. سهراب‌نیا. ۱۳۹۰. اثر تجمع فیتوپلانکتون‌ها بر کیفیت آب سد کرج. آب و فاضلاب، شماره ۲، ص ۳۰-۱۹.
- نوروزی، ج.، ا. جهانی، ح. جلوخانی و ع. قاسمی. ۱۳۹۰. بررسی و ارزیابی کیفی مخزن آب شرب سد اکباتان همدان. کنفرانس بین‌المللی آب و فاضلاب، اردیبهشت ۱۳۹۰، تهران.

Arheimer, B., G. Torstensson, and H. B. Wittgren. 2004. Landscape planning to reduce coastal eutrophication: agricultural practices and constructed wetlands. *Landscape and Urban Planning*, 67: 205–215.

Camargo, J. A., A. Alonso and M. Puente. 2005. Eutrophication downstream from small reservoirs in mountain rivers of Central Spain. *Water Research*, 39: 3376-3384.

Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. *LimnolOceanogr*, 22: 361–369.

Carmichael, R. H., B. Annett and I. Valiela. 2004. Nitrogen loading to Pleasant Bay, Cape Cod: application of models and stable isotopes to detect incipient nutrient enrichment of estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, 48: 137–143.

Chapra Steven C. (1997). *Surface Water Quality Modeling*. Mc Graw-Hill, PP: 519-643.

Domagalski, J., C. Lin, Y. Luo, J. Kang, S. Wang, L. R. Brown and M. D. Munn. 2007. Eutrophication study at the Panjiakou-Daheiting Reservoir system, Northern Hebei Province, People's Republic of China: chlorophyll-a model and sources of phosphorus and nitrogen. *Agricultural water management*, 94: 43-45.

Gurung, R. P. 2007. Modeling of Eutrophication in Roxo Reservoir, Alentejo, Portugal- A System Dynamic Based Approach. Msc Thesis.

Hiscock, J. G., C. S. Thourot and J. Zhang. 2003. Phosphorus budget—land use relationships for the northern Lake Okeechobee watershed. Florida. *Ecological Engineering*, 21: 63-47.

Kangasa, L. and S. Syri. 2002. Regional nitrogen deposition model for integrated assessment of acidification and eutrophication. *Atmospheric Environment*, 36: 1111–1122.

Kurz, I., C. Coxon, H. Tunney and D. Ryan. 2005. Effects of grassland management practices and environmental conditions on nutrient concentrations in overland flow. *Journal of Hydrology*, 304: 35-50.

Li X., Y. Xu, G. Zhao, C. Shi, Z. L. Wang and Y. Wang. 2015. Assessing threshold values for eutrophication management using Bayesian method in Yuqiao Reservoir, North China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187-195. DOI 10.1007/s10661-015-4399-4

Mahesh, S., H. Srikantha, S. M. Kumar and S. Vathsala. 2014. Eutrophication Assessment for the Dantaramakki Lake of Chikmagalur City Using GIS Technique. *International Journal of ChemTech Research*, 6(1): 440-449.

Sharma, M. P., A. Kumar and S. Rajvanshi. 2010. Assessment of Trophic State of Lakes: A Case of Mansi Ganga Lake in India. *Hydro Nepal*, 6: 65-72.

Smith V. H. 2003. Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems: a global problem. *Environ Sci Pollut Res Int*, 10(2): 126-39.

Smith, D. R., B. E. Haggard, E. A. Warnemuende and C. Huang. 2005. Sediment phosphorus dynamics for three tile fed drainage ditches in Northeast Indiana. *Agricultural Water management*, 71: 19-32.

Zhang, J., S. M. Liu, J. L. Ren, Y. Wu and G. L. Zhang. 2007. Nutrient gradients from the eutrophic Changjiang (Yangtze River) Estuary to the oligotrophic Kuroshio waters and re-evaluation of budgets for the East China Sea Shelf. *Progress in Oceanography*, 74: 449-478.

Determining the eutrophication state of Ekbatan Dam Lake using Carlson index

Abdollah Taheri Tizro¹, Maryam Ghashghaie²

Abstract

Ekbatan dam in Hamedan is located on Abshine river. The purpose of this dam is to supply potable and agriculture water for Hamedan. With respect to water quality importance of reservoirs the study aims to investigate eutrophication state of Ekbatan Dam Lake. In this research a dry season (summer) was chosen to study the quality of water behind the dam as temperature and light is received more by the environment. 12 stations were selected in different points of Ekbatan Dam lake and sampling was accomplished. In this study pH, temperature secchi disk, nitrate, phosphate and chlorophyll-a were measured. Then using Carlson index the rate of eutrophication was estimated for all points. Also quality zonation was done using GIS. Carlson index varies between 35.7 and 50.7 in different stations of the lake. Based on the estimated values of this index, stations located at the entrance of the lake show more eutrophic situation. Also phosphorous is the limiting nutrient in this system. Results show that Carlson index at station one which is near to dam body is lower in comparison with other points and it is recognized as oligotrophic. Station 11 which is located on the left branch of the lake input is eutrophic. This research showed that Ekbatan reservoir has the potential of eutrophication.

Key Words: Carlson Index, Ekbatan Dam, Eutrophication, Water Quality.

¹ Associate Professor, Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran, 09181190052, tizro@yahoo.com (Corresponding Author).

² PhD student, Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran, 09190245685, maryam_ghashghaie@yahoo.com.