

## بررسی تراکم و شناسایی جوامع بی مهرگان کفزی دریاچه سد کمال صالح اراک

- علی لطفی\*: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- مژگان زارع شهرکی: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۶

### چکیده

جوامع بزرگ بی مهرگان کفزی در رسوبات کف بستر اکوسیستم‌های آبی ساکن هستند و می‌توانند به‌عنوان شاخص برای ارزیابی کیفیت محیط‌های آبی استفاده شوند. به‌منظور ارزیابی جوامع کفزی دریاچه سد کمال صالح استان مرکزی، نمونه‌برداری به‌صورت فصلی در ۵ ایستگاه انجام گردید. نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار رسوب با ابعاد  $20 \times 20$  سانتی‌متر انجام شد. درجه حرارت آب سطح دریاچه کمینه  $7/6$  و بیشینه  $21/2$  درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب در فصل زمستان و تابستان و غلظت اکسیژن محلول در آب‌های سطحی دریاچه طی دوره بررسی با میانگین  $8/07 \pm 1/5$  میلی‌گرم در لیتر در محدوده کمینه  $6/44$  میلی‌گرم بر لیتر و بیشینه  $10/12$  میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب در فصول تابستان و زمستان در نوسان بود. بیشینه عمق آب در فصل زمستان برابر  $18/2$  و کمینه آن در پاییز برابر  $14$  متر و میانگین آن برابر  $16/8$  متر اندازه‌گیری شد. در این مطالعه جنس‌هایی از خانواده‌های *Naididae*، *Chironomidae*، *Viviparidae*، *Valvatidae*، *Coenagrionidae* و *Lymnaeidae* مشاهده شد. جنس غالب در تمام فصول نمونه‌برداری و در تمامی ایستگاه‌ها توبیفیکس گزارش شد. بیشینه تراکم کفزی مشاهده شده  $115/64 \pm 18/39$  (تعداد در متر مربع) و کمینه آن  $34/22 \pm 13/63$  به‌ترتیب در بهار و پاییز گزارش شد. مقدار شاخص تنوع در دریاچه سد کمال صالح در محدوده حداکثر  $0/88$  و حداقل  $0/29$  متغیر بود. بررسی شاخص تنوع شانون نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این شاخص به‌ترتیب در بهار و زمستان بوده است. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین میزان شاخص غالبیت سیمپسون به‌ترتیب در پائیز و زمستان و میزان شاخص غنای مارگالف به‌ترتیب در تابستان و زمستان بود. تنوع کم جانوران کفزی دریاچه را می‌توان به عدم بستر مناسب برای استقرار و کمبود مواد مغذی به‌دلیل جوان بودن دریاچه نسبت داد. به‌نظر می‌رسد ساختار بستر، میزان مواد مغذی و فشار چرا از عوامل مؤثر بر سکنی‌گزینی کفزیان در دریاچه سد کمال صالح اراک می‌باشند.

**کلمات کلیدی:** سد کمال صالح، بزرگ بی مهرگان کفزی، کیفیت آب، ارزیابی



## مقدمه

دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، تالاب‌ها، آبگیرها، آب‌بندان‌ها و آب‌های زیرزمینی همواره نقش مهمی را در فعالیت‌های کشاورزی هم‌چون تولید آبزیان، دامداری، نیازمندی‌های اصلی انسان و حفظ تنوع زیستی به‌عهده دارند (وئوقی، ۱۳۸۴). به‌طوری‌که در اکوسیستم‌های آب‌ساکن، کفزیان نقش مهمی را در انتقال تولیدات اولیه و رسوبات آلی (دتریئوس) به سطوح بالاتر زنجیره غذایی ایفا می‌کنند. هم‌چنین مدت زیادی است که از آن‌ها به‌عنوان شاخص‌های بیولوژیک به‌منظور ارزیابی آلودگی و تخریب ناشی از فعالیت‌های انسان استفاده می‌شود. ترکیب جمعیت کفزیان ارتباط تنگاتنگ و نزدیکی با شرایط زیستگاهی دارد (Geoffrey و همکاران، ۲۰۰۱؛ Lasinio و همکاران، ۲۰۱۷)، به‌طوری‌که عوامل فیزیکی و شیمیایی یا هر دو می‌توانند اثراتی مستقیم بر جمعیت آن‌ها داشته باشند (Heino, ۲۰۰۰؛ Li و همکاران، ۲۰۱۷). حضور یا عدم‌گونه‌ای خاص از کفزیان، قابلیت کلاسه‌بندی کیفی آب‌ها را فراهم می‌کند، و با توجه به این‌که تغییرات ساختاری در ترکیب گونه‌ای آن‌ها به آهستگی اتفاق می‌افتد، امکان ردیابی استرس‌های محیطی وارد به اکوسیستم‌های آبی در آن‌ها بیش‌تر فراهم می‌باشد. این ارگانسیم‌ها به‌خصوص در برابر آلودگی‌های آلی واکنش بهتری از خود نشان می‌دهند (Hilsenhoff, ۱۹۸۸). ماکروژئوبنتوزها بسته به نوع، اندازه و تراکم‌شان از طریق تغذیه و حفاری بستر، در مخلوط کردن رسوبات نقش مهمی دارند. از سوی دیگر بافت ذرات و اجزاء رسوب به‌همراه باکتری‌های تجمع یافته در آن به‌طور غیرمستقیم نقش مهمی در تغذیه برخی از ماهیان ایفا می‌کنند (Gardner, ۱۹۹۳؛ پروندی و همکاران، ۱۳۹۵).

باقری و عبدالملکی (۱۳۸۱) به بررسی پراکنش و توده زنده بی‌مهرگان کفزی دریاچه ارس پرداختند. در این مطالعه گروه غالب دریاچه ارس رده کم‌تاران (Oligochaeta) گزارش شدند که در تمامی سال مشاهده شده و بیش‌ترین فراوانی را به‌خود اختصاص دادند. خانواده شیرونومیده بعد از کم‌تاران گروه غالب بعدی بود. خانواده‌های گاماریده و میزیده دارای فراوانی کم‌تری نسبت به گروه‌های مذکور بودند. آن‌ها بیان کردند تغذیه ماهیان، نوع بستر، میزان مواد آلی و دمای آب از مهم‌ترین عوامل تغییر در جمعیت بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌ها و فصول مختلف می‌باشند. صلواتیان و همکاران (۱۳۹۱) به مطالعه فون جانوران آبی دریاچه پشت سد لار پرداختند. در این بررسی ۱۲ راسته در ۹۸ جنس و گونه شناسایی گردید، راسته دوبالان (Diptera) در سال ۱۳۸۷ با فراوانی ۶۷۶ عدد در مترمربع و در سال ۱۳۸۸ با فراوانی ۷۶۷ عدد در مترمربع غالب بود. یوسف زاد و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی توان تولید موجودات کفزی جهت آبی‌پروری در

دریاچه گلابر زنجان پرداختند. در این مطالعه بیش‌ترین فراوانی شیرونومیده و توبیفسیده به‌ترتیب ۹۱۰/۴۲ و ۷۷۰/۸۳ عدد در مترمربع بوده است. آن‌ها بیان کردند، با توجه به نتایج حاصله و مقایسه آن با شرایط اقلیمی منطقه، هم‌چنین با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب، رشد و تولید ماهیان گرمابی در دریاچه گلابر در مدت زمانی کوتاه از سال (نیمه دو فروردین تا اواسط مهرماه) بهینه می‌باشد. در مطالعه Saranj و همکاران (۲۰۰۹) بر دریاچه Kishore Sagar رده کم‌تاران (Oligochaeta) به‌عنوان فراوان‌ترین گروه از کفزیان گزارش شد. Lucca و همکاران (۲۰۱۰) بزرگ بی‌مهرگان کفزی دریاچه گرمسیری Caçó در برزیل را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که تغییرات در غنای گونه‌ای، تنوع و تراکم گونه‌های کفزی در این دریاچه بیش‌تر به تغییرات فصلی مرتبط بوده و تمام پارامترهای ذکر شده در دوران خشکی نسبت به دوران بارندگی‌ها بیش‌تر گزارش شد. خانواده شیرونومیده جز اصلی جامعه کفزی این دریاچه بوده و تقریباً ۵۰ درصد کل فون بنتیک را به‌خود اختصاص داد. سد کمال صالح از بزرگ‌ترین سدهای استان مرکزی است که با هدف تامین آب شرب شهرهای اراک و شازند و صنایع بزرگ اراک در ۷۴ کیلومتری جنوب‌غربی این شهر و ۴۶ کیلومتری جنوب شازند و بر روی یکی از سرشاخه‌های رودخانه دز احداث شده است. این سد از نوع سنگریزه‌ای و دارای هسته رسی با حجم ذخیره آب ۱۱۰ میلیون مترمکعب، دارای تاجی به عرض ۱۲ متر و ارتفاع سد ۸۰ متر می‌باشد. میانگین جریان ورودی سالانه سد معادل ۱۰۰/۹۵ میلیون مترمکعب است. حوضه آبخیز سد کمال صالح با مساحت ۶۵۵ کیلومترمربع، از زیرحوضه‌های دز بوده که در بخش سربند واقع در جنوب‌غرب استان مرکزی و شمال‌شرق استان لرستان قرار دارد و جزء سرشاخه‌های اصلی رودخانه تیره لرستان به‌حساب می‌آید. در طی این بررسی شناسایی ساختار جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی دریاچه سد و مطالعه پراکنش و تراکم آن‌ها، به‌همراه بررسی برخی از فاکتورهای فیزیکی شیمیایی آب مورد بررسی قرار گرفتند.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق با توجه به معیارهای مهمی مانند شکل و بستر، وسعت دریاچه سد کمال صالح (شکل ۱) و عمق متفاوت آب، تعداد ۵ ایستگاه از ابتدای دریاچه تا نزدیک تاج سد انتخاب گردید. موقعیت ایستگاه‌ها با استفاده از دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS) مشخص گردید (جدول ۱). نمونه‌برداری در ۴ مرحله و در طی فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان سال ۱۳۹۴ انجام شد. نمونه‌برداری از کفزیان در هر ایستگاه با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار رسوب (اکمن) با ابعاد



این شاخص و سایر شاخص‌ها طبق فرمول‌های زیر محاسبه شد (پروندی و همکاران، ۱۳۹۵؛ زارع، ۱۳۹۳؛ Shannon و Weaver، ۱۹۶۳):

$$H' = -\sum P_i \times \ln P_i$$

$P_i$  = تعداد افراد گونه  $i$  به تعداد کل افراد،  $H'$  = شاخص تنوع شانون وینر

شاخص تنوع سیمپسون:  $D = 1 / \sum (P_i)^2$

$P_i$  = فراوانی نسبی آمین تاکسون در جامعه،  $D$  = شاخص تنوع سیمپسون

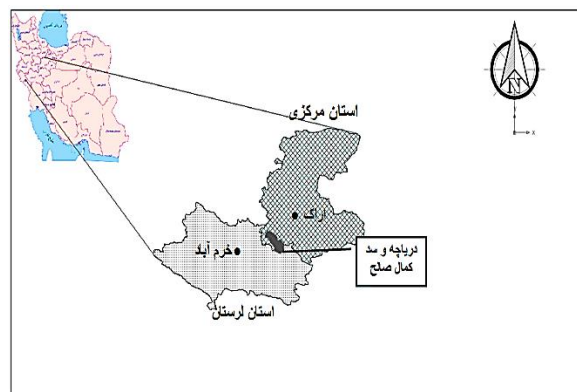
شاخص تنوع مارگالف:  $M = s - 1 / \ln N$

$S$  = تعداد تاکسون،  $N$  = تعداد کل افراد،  $M$  = شاخص تنوع مارگالف جهت انجام آنالیزهای آماری و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SPSS (نسخه ۱۶) و Excel ۲۰۱۰ استفاده شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها (آزمون کلموگروف-اسمیرنف)، جهت مشاهده اختلاف معنی‌دار بین میانگین داده‌ها از آزمون ANOVA، سپس آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن استفاده شد.

## نتایج

نوسانات درجه حرارت و غلظت اکسیژن محلول در دریاچه سد کمال صالح طی مدت مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. در مدت بررسی، درجه حرارت آب سطح دریاچه کمینه ۷/۶ و بیشینه ۲۱/۲ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در فصل زمستان و تابستان نوسان داشت. در این مطالعه، میانگین دمای آب سطحی دریاچه سد کمال صالح ۱۴ درجه سانتی‌گراد و آب‌های عمقی دریاچه ۹/۷ درجه سانتی‌گراد برآورد گردید. غلظت اکسیژن محلول در آب‌های سطحی دریاچه طی دوره بررسی با میانگین  $10.7 \pm 1.5$  میلی‌گرم در لیتر در محدوده کمینه ۶/۴۴ میلی‌گرم بر لیتر و بیشینه ۱۰/۱۲ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب در فصول تابستان و زمستان در نوسان بود. بیشینه عمق آب در فصل زمستان برابر ۱۸/۲ و کمینه آن در پاییز برابر ۱۴ متر و میانگین آن برابر ۱۶/۸ متر اندازه‌گیری شد. در این مطالعه ۶ راسته و جنس‌هایی از ۸ خانواده *Valvatidae*، *Viviparidae*، *Chironomidae*، *Naididae*، *Coenagrionidae* و *Lymnaeidae* شناسایی شد. جنس غالب در تمام مراحل نمونه‌برداری *Tubifex* بود که در تمام فصول نمونه‌برداری و تمام ایستگاه‌ها حضور داشت. جداول ۳ تا ۶ میانگین تراکم (تعداد در متر مربع) مشاهده شده در ایستگاه‌های مختلف را نشان می‌دهد. مقایسه تراکم کفزیان در فصول مختلف نشان داد که بیش‌ترین میزان تراکم در فصل بهار و کم‌ترین میزان در فصل پائیز وجود داشته است و تفاوتی بین فصول تابستان و زمستان از نظر تراکم کفزیان وجود نداشته است (شکل ۲).

۲۰×۲۰ سانتی‌متر انجام شد. در هر ایستگاه ۳ نمونه رسوب برداشته شد. نمونه‌های رسوب به ساحل انتقال یافت و به کمک الک استاندارد شماره ۲۰ شستشو داده شد. نمونه‌های کفزی جمع‌آوری شده به ظروف مخصوص نمونه انتقال داده شد و با فرمالین ۴٪ تثبیت گردید. در نهایت نمونه‌ها برای شناسایی به آزمایشگاه منتقل شد و پس از شستشوی مجدد و تفکیک در آزمایشگاه به کمک کلیدهای شناسایی موجود در حد جنس مورد شناسایی قرار گرفت (James و Thorpalan، ۱۹۹۱؛ Rosenberg و Resh، ۱۹۹۴؛ Mandawille، ۲۰۰۰؛ محبوبی صوفیانی و نادری، ۱۳۷۹). برای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌برداری از آب در هر ایستگاه با استفاده از بطری نمونه‌برداری نانس در عمق‌های مشخص شده در جدول ۱ صورت گرفت. از داماسنج جیوه‌ای برای اندازه‌گیری دما و اکسیژن محلول به روش وینکلر اندازه‌گیری شد.



شکل ۱: موقعیت سد کمال صالح اراک

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریاچه

ایستگاه	سد کمال صالح		
	عرض جغرافیایی (درجه شمالی)	طول جغرافیایی (درجه شرقی)	میانگین عمق سالانه
۱	۳۷°۹۲'۲۲	۳۴°۵۷'۲۳	۳/۷۵
۲	۳۷°۶۲'۲۲	۳۴°۱۵'۱۰	۱۷/۵
۳	۳۷°۵۲'۲۵	۳۴°۵۰'۱۸	۴/۱۲
۴	۳۷°۱۱'۲۴	۳۴°۶۴'۱۳	۱۵/۵
۵	۳۷°۴۵'۲۲	۳۳°۷۹'۹۷	۴۰/۲۵

از شاخص‌های تنوع می‌توان برای ارزیابی سه جنبه از ساختار جامعه شامل تعداد گونه‌ها، تعداد کل ارگانیسم‌های موجود از هر گونه یا فراوانی و یکنواختی در فراوانی نسبی به صورت یکسانی استفاده کرد. سه شاخص شانون-وینر، سیمپسون و مارگالف کاربرد بیش‌تری دارند. در شاخص شانون با افزایش تعداد و توزیع یکنواخت تاکسون‌ها (یکنواختی) در بین جامعه، میزان شاخص شانون-وینر افزایش می‌یابد.



جدول ۲: میانگین فصلی برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب سد کمال صالح (± خطای استاندارد)

فاکتورهای فیزیکی شیمیایی	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
دمای آب	۲۰.۵±۰.۳۱	۲۱.۳±۰.۳۷	۷.۳±۰.۱۲	۷.۶±۰.۱۶
اکسیژن محلول	۸.۰۴±۰.۳۴	۶.۴±۰.۶۴	۷.۶۸±۰.۱۷۶	۱۰.۱۳±۰.۱۰۶
میانگین عمق	۱۵.۴±۶.۳۲	۱۷.۳±۶.۴۷	۱۴±۵.۶	۱۸.۲±۸.۳۱

واحدها: دما، درجه سانتی‌گراد؛ اکسیژن محلول، میلی‌گرم بر لیتر؛ عمق، متر

جدول ۳: میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) کفزیان سد کمال صالح در فصل بهار

راسته	خانواده	جنس	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	-	-	۶۴	-	-
Odonata	Coenagrionidae	<i>Coenagrion</i> sp.	-	-	۸۵/۳۳	-	-
Tubificida	Naididae	-	۴۲/۶۷	۳۷/۳۳	۵/۳۳	۲۱/۳۳	۱۰/۶۷
Tubificida	Tubificidae	<i>Tubifex</i> sp.	۲۱۳/۳۳	۲۱۸/۶۷	۶۴	۲۰۸	۲۸۸
Haplotaxida	Lumbricidae	-	-	-	-	-	۱۶۰

جدول ۴: میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) کفزیان سد کمال صالح در فصل تابستان

راسته	خانواده	جنس	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	-	-	۴۲/۶۷	-	-
Heterobranchia	Viviparidae	<i>Viviparus</i> sp.	۳۷/۳۳	۲۶/۶۷	-	-	-
Tubificida	Valvatidae	<i>Valvata</i> sp.	۵/۳۳	۵۳/۳۳	-	-	-
Tubificida	Naididae	-	۱۶	۳۳/۳۷	۲۱/۳۳	-	۱۰/۶۷
Pulmonata	Tubificidae	<i>Tubifex</i> sp.	۶۴	۳۳/۳۷	۲۱/۳۳	۲۳۴/۶۷	۴۸
Pulmonata	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> sp.	-	-	۳۲	-	-

جدول ۵: میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) کفزیان سد کمال صالح در فصل پاییز

راسته	خانواده	جنس	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	۲۱/۳۳	۲۱/۳۳	-	۱۰/۶۷	۲۶/۶۷
Heterobranchia	Valvatidae	<i>Valvata</i> sp.	-	-	-	-	۵۳/۳۳
Tubificida	Naididae	-	۱۶	۲۱/۳۳	۲۱/۳۳	۵/۳۳	۱۰/۶۷
Tubificida	Tubificidae	<i>Tubifex</i> sp.	۴۸	۲۰۲/۶۷	۱۶	۲۶/۶۷	۲۱/۳۳

جدول ۶: میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) کفزیان سد کمال صالح در فصل زمستان

راسته	خانواده	جنس	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	۱۰/۶۷	۱۶	-	۱۶	-
Heterobranchia	Valvatidae	<i>Valvata</i> sp.	-	۵/۳۳	۱۰/۶۷	۱۶۰	-
Tubificida	Tubificidae	<i>Tubifex</i> sp.	۶۴	۸۰	۱۰/۶۷	۴۲/۶۷	۹۶

و زمستان است. شاخص غنای مارگالف نیز به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار در تابستان و زمستان بود (شکل ۳).

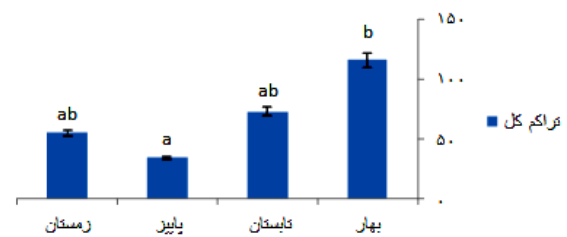
بررسی شاخص تنوع شانون نشان داد که بهار بیشترین تنوع و زمستان کمترین تنوع گونه‌ای را داشته است هم‌چنین شاخص غالبیت سیمپسون نشان‌دهنده بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در پاییز



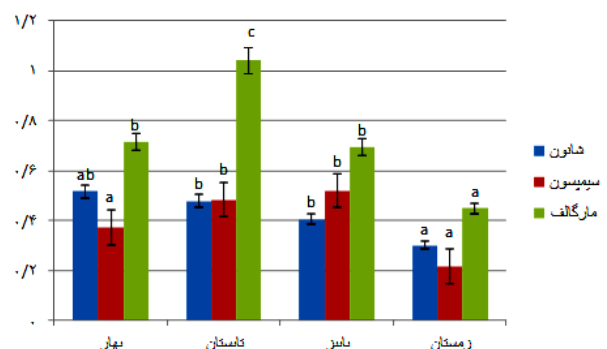
نتیجه افزایش فعل و انفعالات متابولیکی اکسیژن خواه، افزایش شدت تنفس و افزایش سرعت تجزیه مواد آلی باشد. در مطالعه مشابهی حمیدی منفرد (۱۳۹۱) کمترین میزان اکسیژن محلول را در دریاچه سدزاینده رود در تابستان و بیشترین آن را در اواسط بهار گزارش کرد. در مجموع براساس یافته‌های این تحقیق به نظر می‌رسد روند تغییرات غلظت اکسیژن محلول در دریاچه سد کمال صالح بیش‌تر تحت تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی از جمله درجه حرارت و تلاطم آب می‌باشد. تغییرات فصلی موجودات کفزی با توجه به نتایج به دست آمده (شکل ۲)، نشان می‌دهد که فراوانی بی‌مهرگان کفزی در فصول بهار و تابستان به مراتب بیش‌تر از فصول پاییز و زمستان می‌باشد، چرا که در این فصول فعالیت‌های حیاتی از قبیل تغذیه و تولیدمثل افزایش یافته، بنابراین فراوانی و پراکنش آن‌ها نیز زیاد خواهد شد. دلیل اصلی کاهش زی توده و فراوانی کفزیان در زمستان و پاییز کاهش دمای آب و کاهش نرخ تغذیه و رشد و نمو در آن‌ها می‌باشد. از طرف دیگر مکانیسم مؤثری که تراکم جمعیت کفزیان را کنترل می‌کند، فشار شکارگری توسط ماهی‌ها و بی‌مهرگان شکارچی می‌باشد (Margalef, ۱۹۸۳).

راسته Oligochaete که یکی از خانواده‌های آن Tubificidae است، بیش‌ترین فراوانی را در کلیه فصول سال و در تمامی ایستگاه‌ها داشت. این خانواده به دلیل این که لاشه خوار است و از مواد آلی گیاهان پوسیده تغذیه می‌کند، در بسترهای خاکی که حاوی مقدار قابل توجهی از مواد آلی و یا کمینه دارای یک لایه دیتریتی هستند، بیش‌تر دیده می‌شوند. برای آن‌ها دیتریتهای ریزبافت، جلبک‌ها و سایر موجودات کوچک (به‌عنوان غذا) دارای اهمیت هستند. مقادیر کم اکسیژن و حتی برای مدت کوتاه نبود اکسیژن در کف لجنی را تحمل می‌کنند. از طرفی همبستگی شدید بین فراوانی کفزیان و اندازه دانه‌بندی رسوبات کم‌تر از ۳۸ میکرون (سیلت)، ۳۸-۶۳ میکرون و ۱۲۵-۶۳ میکرون علت اصلی جایگاه‌های طبیعی کرم‌های توبیفیکس می‌باشد (Kaster و همکاران، ۱۹۸۴). برخی مطالعات بیان می‌کنند که تعداد کم‌تاران با یوتریفیکاسیون افزایش می‌یابد. هم‌چنین در مطالعه باقری و همکاران (۱۳۸۱) کفزیان غالب دریاچه کم‌تاران بودند که بیشینه فراوانی را به خود اختصاص دادند، ایشان بیان کردند تراکم زیاد کم‌تاران به دلیل بالا بودن مواد آلی در دریاچه سد ارس می‌باشد. از طرف دیگر در مطالعه‌ای که یوسف زاد و همکاران (۱۳۹۳) روی بررسی توان تولید موجودات کفزی جهت آبی‌پروری در دریاچه گلابر زنجان انجام دادند، نیز گروه غالب کفزیان توبیفیسیده و شیرونومیده برآورد گردید. یافته‌های این تحقیق با برخی محققین دیگر نیز هم‌خوانی داشت (Sarang و همکاران، ۲۰۰۸؛ میرزاجانی و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه Lucca و همکاران (۲۰۱۰) Naididae از نظر تراکم عددی در میان گروه کم‌تاران، در هر دو مرحله نمونه‌برداری غالب بود. Alves

تراکم کل



شکل ۲: تراکم کل (تعداد در مترمربع) کفزیان در طول مدت مطالعه حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است ( $p > 0.05$ ).



شکل ۳: شاخص‌های شانون، سیمیسون و مارگالف در فصول مختلف نمونه‌برداری حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است ( $p > 0.05$ ).

## بحث

حضور موجودات زنده در یک اکوسیستم تصادفی نیست و مجموعه‌ای از عوامل زیست محیطی است که حضور و فراوانی گونه‌ها را تعیین می‌کند. بزرگ بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان شاخص زیستی منابع آبی محسوب می‌شوند و عواملی نظیر اکسیژن محلول، دمای آب و میزان آلودگی بر جوامع آن‌ها تأثیر محسوس را نشان داده و زی توده آن‌ها نیز عمدتاً تابعی از مواد آلی بستر و جریان آب رودخانه می‌باشد (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰). با توجه به موقعیت دریاچه سد کمال صالح و قرار داشتن در منطقه کوهستانی، اختلاف دمایی بین فصول مختلف آن مشاهده می‌شود. مسلماً این موضوع از نظر زیستی بسیار مهم است. زیرا تعداد محدودی از موجودات آبی می‌توانند چنین اختلاف دمای زیادی را در فصل‌های مختلف سال تحمل کنند و با شرایط محیطی چنین دریاچه‌ای سازگار شوند (سبک‌آرا، ۱۳۸۵). تحقیقات مشابه نشان داده است که دمای آب در اکوسیستم‌های طبیعی به موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی منطقه مرتبط بوده و عواملی مانند بارندگی، رطوبت و پوشش ابری بر روی آن اثرگذار است (Salmaso, ۲۰۰۳). کاهش اکسیژن محلول مشاهده شده در فصل تابستان می‌تواند تحت تأثیر عواملی از جمله افزایش دمای آب و در



مشاهده کردند. حلزون‌های آب شیرین خانواده Lymnaeidae بیش‌تر در آب‌های غنی از کلسیم حضور دارند. اغلب در آب‌های کم عمق، جایی که دما بالاست و مواد غذایی بیش‌تری موجود است، حضور دارند. اگرچه گونه‌هایی شناخته شده اند که در آب‌های عمیق دریاچه‌ها حضور دارند. این حلزون‌ها در آب‌های کم تولید (الیگوتروف)، میان تولید (مزوتروف) و پر تولید (بیوتروف) زندگی می‌کنند. این گروه از نرم‌تنان عموماً به راحتی به دریاچه‌ها و برکه‌ها وارد و در بخش‌هایی که گیاه آبرزی و سایر گونه‌های شکم‌پایان فراوان نباشند، اجتماعات بزرگ تشکیل می‌دهند. این جنس در فصل تابستان و در ایستگاه ۳ گزارش شد که ورودی یک رودخانه دائمی بوده و دارای عمق کمی است (Dillon, 2000). شاخص شانون در واقع مدلی است که تنوع گونه‌ها را به صورت فرمول محاسبه می‌نماید. هر قدر مقدار شانون کم‌تر باشد، نشان‌دهنده کم بودن تنوع گونه‌ای است. مقدار شاخص تنوع در دریاچه سد کمال صالح در محدوده حداکثر 0/88 و حداقل 0/29 متغیر است. تنوع کم جانوران کفزی دریاچه را می‌توان به عدم بستر مناسب برای استقرار و کمبود مواد مغذی به دلیل جوان بودن دریاچه گزارش کرد. Jegadeesan و Ayyakkannu (1992) در بررسی خود در آب‌های ساحلی به این نتیجه رسیدند که تنوع جانوران کفزی در تابستان نسبت به بهار و پاییز کم‌تر می‌باشد. آن‌ها در تحلیل خود به این نکته اشاره نمودند که کاهش تنوع در تابستان در بسترهای ماسه‌ای به مراتب بیش‌تر از بسترهای گلی است، زیرا بسترهای ماسه‌ای در معرض تلاطم و فرسایش بیش‌تری هستند. در تحقیق جلیلی و همکاران (1388) در بررسی فون ماکروبنیتیک بخش جنوب‌غربی تالاب انزلی نیز مشخص گردید در تابستان از میزان گل و لای رسوبات بستر کاسته و میزان ماسه رسوب افزایش نشان داشت، در نتیجه میزان تنوع جانوران کفزی در تابستان نسبت به بهار و پاییز کاهش نشان می‌دهد.

شاخص سیمپسون درجه غالبیت را نشان می‌دهد و بیش‌تر برای تعیین غالبیت بین جمعیت گونه‌ها به کار برده می‌شود. مقدار این شاخص می‌تواند بیانگر این باشد که، دو فرد را که به طور اتفاقی از یک نمونه برگزیده شده‌اند، چقدر احتمال دارد که متعلق به یک گونه باشند. معمولاً هر چه غالبیت یک گونه در اجتماع بیش‌تر باشد، این مقدار به سمت ۱ میل می‌کند و برعکس هر چه توزیع فراوانی افراد بین گونه‌ها یکنواخت‌تر باشد، این مقدار به سمت صفر میل می‌کند. این شاخص در مورد اجتماعاتی به کار می‌رود که بتوان تمام افراد آن اجتماع را شمارش کرد (رهبری، 1384). نتیجه شاخص سیمپسون در منطقه مورد مطالعه در زمستان بیش‌تر به سمت صفر میل می‌کند. بنابراین توزیع فراوانی افراد بین گونه‌ها یکنواخت می‌باشد. هر چه کیفیت آب و زیستگاه در محل مورد بررسی بهتر باشد، مقدار شاخص مارگالف افزایش می‌یابد. عمدتاً شاخص غنای گونه‌ای یک

و De Lucca (2000) بیان کردند که جنس‌های خانواده Naididae در میان رسوبات شنی یا دارای پوشش گیاهی زندگی می‌کنند. دریاچه Lucca نیز دارای هر دو بستر گیاهی و شنی بوده و این دلیلی برای فراوانی بالای نایدیده‌ها بیان شد. در مطالعه حاضر نیز نایدیده‌ها در همه ایستگاه‌ها و در تمام فصول به جز زمستان مشاهده شد. در مطالعه Lonkar و Kedar (2014) که روی تنوع درشت بی‌مهرگان کفزی سه دریاچه شهر Nagpur انجام شد، کلاس‌های غالب شاخه Annelida، کم‌تاران و زالوها گزارش شدند. ایشان بیان کردند که این سه دریاچه دارای یوتروفیکاسیون مصنوعی و طبیعی است و به لحاظ وضعیت تروپی، هایپر تروف و مزوتروف طبقه‌بندی شدند و بیان کردند که تنوع بالای موجودات کفزی، مربوط به دریاچه غنی از مواد آلی بوده است.

پراکنش زمانی موجودات متأثر از ویژگی‌های زیستی آن‌هاست و این دلیل بر کاهش حضور آن‌ها در بستر می‌باشد، به طوری که بیان شد شیرونومیده‌ها در پاییز و زمستان در ایستگاه‌های بیش‌تری حضور داشتند. فراوانی این موجودات در بستر متأثر از چرخه حیاتی آن‌ها است. از طرفی با کاهش دما رشد کفزیان کاهش می‌یابد و از آنجایی که لارو حشرات جمعیت‌های غالب کفزیان را تشکیل می‌دهند، بالغ نمی‌شوند و این می‌تواند دلیلی برای حضور بیش‌تر لاروهای شیرونومیده در پاییز و زمستان باشد (Gulati و Kornijow, 1992؛ زارع، 1393). بسیاری از منابع اشاره نموده‌اند که جلبک‌ها و به خصوص دیاتومه‌ها، غذای عمده اکثر حشرات به خصوص شیرونومیده را تشکیل می‌دهند. بین لاروهای حشرات و دیاتومه‌ها رابطه مکانی و زمانی مشخص وجود دارد، به طوری که در دوره افزایش دیاتومه‌ها در یک مکان مشخص، جمعیت حشرات کفزی نیز در همان دوره و مکان افزایش می‌یابد (Storey, 1986؛ Pinder (1977) و Williams (1981) گزارش نمودند که حداکثر تعداد شیرونومیده در دریاچه Tandoi Brook دقیقاً هم‌زمان با حداکثر تراکم دیاتومه‌ها در بهار است.

بقایای گیاهی در باتلاق‌ها، مرداب‌ها و ساحل دریاچه‌ها زیستگاه‌های مناسبی برای لارو سنجاقک‌ها (Coenagrionidae) هستند. این جنس در فصل بهار در ایستگاه ۳ مشاهده شد و این ایستگاه ورودی رودخانه بوده و به دلیل عمق کم و احتمالاً حضور پوشش گیاهی حضور لارو این جنس دیده شد (Covich و Thorp, 2010). حلزون‌های خانواده Valvatidae در دریاچه‌ها و رودخانه‌هایی با آب سرد و تمیز حضور دارند به ویژه در مکان‌هایی که پوشش گیاهی وجود داشته باشد. در مطالعه Tall و همکاران (2008) در ارزیابی زیستی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در زیستگاه‌های تالابی دریاچه Saint-Pierre، رده‌های مختلفی از سخت‌پوستان و نرم‌تنان را در زیستگاه‌های رودخانه‌ای گزارش کردند در حالی که شیرونومیده و کم‌تاران را در مناطق دریاچه‌ای



۶. زارع، م.، ۱۳۹۳. ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد زاینده رود براساس شاخص‌های زیستی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۹۳ صفحه.
۷. صلواتیان، م.؛ عبدالله پوربی‌ریا، ح.؛ نظام‌بلوچی، ش.؛ مکارمی، م. و پورغلامی‌مقدم، م.، ۱۳۸۹. ترکیب گونه‌ای و تعیین تراکم فیتوپلانکتونی در دریاچه پشت سد لار. مجله علمی تخصصی تالاب‌دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال ۲، شماره ۳، صفحات ۲۶ تا ۳۸.
۸. محبوبی‌صوفیانی، ن. و نادری، غ.ر.، ۱۳۷۹. کلید شناسایی بی‌مهرگان نهرها و رودخانه‌ها. جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۱ صفحه.
۹. میرزاجانی، ع.ر.؛ عباسی، ک.؛ سبک‌آرا، ج.؛ مکارمی، م.؛ عابدینی، ع. و صیادبورانی، م.، ۱۳۸۹. لیمنولوژی دریاچه الیگو مزوتروف تهیم در استان زنجان. مجله زیست‌شناسی ایران. جلد ۲۵، شماره ۱، صفحات ۷۴ تا ۸۹.
۱۰. یوسف‌زاد، ا.؛ نظامی‌بلوچی، ش.؛ خارا، ح. و میرزاجانی، ع.ر.، ۱۳۹۳. بررسی توان تولید موجودات کفزی جهت ارزی‌پروری در دریاچه گلبر زنجان. نشریه توسعه ارزی‌پروری. سال ۸، شماره ۱، صفحات ۸۳ تا ۹۳.

۱۱. Alves, R.G. and Lucca, J.V., 2000. Oligochaeta (Annelida: Clitellata) como indicador de poluição orgânica em dois córregos pertencentes à Bacia do Ribeirão do Ouro Araraquara (São Paulo, Brasil). Brazilian Journal of Ecology. Vol. 4, No. 1-2, pp: 112-117.
۱۲. Dillon, J.R., 2000. The ecology of freshwater mollusks. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 532 p.
۱۳. Gardner, T.J., 1993. Grazing and the distribution of sediment particle sizes in artificial stream systems. USA. Hydrobiologia. Vol. 252, No. 2, pp: 127-132.
۱۴. Geoffrey, R.S.; Vaala, D.A. and Haley, A.D., 2001. Distribution and abundance of macroinvertebrates within two temporary ponds. Hydrobiologia. Vol. 497, pp:161-167.
۱۵. Heino, J., 2000. Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. Hydrobiologia. Vol. 418, No. 1, pp: 229-242.
۱۶. Hilsenhoff, W.L., 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Journal of the North American Benthological Society. Vol. 7, No. 1, pp: 65-68.
۱۷. Lonkar, S.S. and Kedar, G.T., 2014. Macrozoobenthic diversity of three urban lakes of Nagpur, Central India. International Journal of Advanced Research. Vol. 2, No. 4, pp: 1082-1090.
۱۸. James, H.J. and Thorpalan, A.P., 1991. Ecology and classification of North American Freshwater invertebrates. Academic Press. San Diego. USA. 1703 p.
۱۹. Kaster, J.L.; Klump, J.V.; Meyer, J.; Krezoski, J. and Smith, M.E., 1984. Comparison of defecation rates of *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede (Tubificidae) using two different methods. Hydrobiologia. Vol. 111, No. 3, pp: 181-184.

اکوسیستم گویای وضعیت محیط از لحاظ شرایط مناسب زیست آن‌ها می‌باشد، زیرا شرایط محیطی مطلوب محیطی موجب افزایش حضور گونه‌های می‌شود. این شاخص نشان‌دهنده شرایط محیطی مناسب زیست در تابستان است.

همان‌طور که از نتایج درج‌دول ۳ تا ۶ دیده می‌شود نمونه‌های متعددی از خانواده‌های مختلف شناسایی شدند از طرفی فراوانی موجودات کفزی دارای وضعیت یکسان نیست و به‌علاوه در فصول مختلف در تمام ایستگاه‌ها تغییرات قابل ملاحظه‌ای در کل این اکوسیستم مشاهده شد. همان‌طور که در جداول ۳ تا ۶ مشخص شده است، موجودات کفزی غالب دریاچه، کرم‌های کم‌تار از دو خانواده Naididae و Tubificida بود که بیش‌ترین حضور و فراوانی را به‌خود اختصاص دادند. تراکم زیاد این کفزیان هم‌چنین در مکان‌هایی با رسوبات آلی زیاد می‌باشد، اما در مورد این دریاچه نیاز به مطالعه میزان مواد آلی بستر است تا موضوع کاملاً روشن گردد.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر خود را از شرکت آب منطقه‌ای مرکزی برای فراهم کردن بودجه و امکانات لازم برای انجام این تحقیق اعلام می‌دارند.

## منابع

۱. احمدی، م.ر.؛ کرمی، م. و کاظمی، ر.، ۱۳۷۹. تعیین زی‌توده و برآورد تولید در رودخانه‌های آغشت و کردان. مجله منابع طبیعی ایران. سال ۵۳، شماره ۱، صفحات ۳ تا ۲۰.
۲. باقری، س.ع.ش.، ۱۳۸۱. بررسی پراکنش و تعیین توده زنده بی‌مهرگان کفزی دریاچه ارس. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۱، شماره ۴، صفحات ۱ تا ۱۰.
۳. پروندی، ش.؛ عبدلی، ا. و هاشمی، س.ح.، ۱۳۹۵. ارزیابی زیستی رودخانه جاجرود با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبن‌توزها. نشریه علمی بوم‌شناسی آبزیان. سال ۶، شماره ۱، صفحات ۲۰ تا ۳۲.
۴. جلیلی، م.؛ نگارستان، ح. و صفاییان، ش.، ۱۳۸۸. بررسی فون ماکروبن‌تیک بخش جنوب‌غربی تالاب انزلی و ارتباط آن‌ها با مواد آلی بستر. مجله اقیانوس‌شناسی. سال ۱، شماره ۴، صفحات ۱۱ تا ۱۹.
۵. رهبری، ک.، ۱۳۸۴. مطالعه تأثیر برخی از پارامترهای زیست محیطی بر روی اجتماعات ماکروبن‌تیک در رودخانه کارون از بازه ملاتانی تا داروخوین، پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات اهواز. صفحات ۴۷ تا ۵۲.



۲۰. **Lasinio, G.J.; Pollice, A.; Marcon, É. and Fano, E.A., 2017.** Assessing the role of the spatial scale in the analysis of lagoon biodiversity. A case-study on the macrobenthic fauna of the Po River Delta. *Ecological Indicators*. Vol. 80, pp: 303-315.
۲۱. **Li, B.; Li, X.; Bouma, T.J.; Soissons, L.M.; Cozzoli, F.; Wang, Q.; Zhou, Z. and Chen, L., 2017.** Analysis of macrobenthic assemblages and ecological health of Yellow River Delta, China, using AMBI & M-AMBI assessment method. *Marine Pollution Bulletin*.
۲۲. **Margalef, R., 1983.** *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega. 1009 p.
۲۳. **Mandawille, S.M., 2002.** Benthic macroinvertebrates in freshwaters taxa tolerance values, metrics and protocols. Chapter III. Project H-1. (Nova Scotia Soil & Water conservation Society of Metro Halifax). 120 p.
۲۴. **Pinder, L.C.V., 1977.** The Chironomidae and their ecology in chalk stream. Annual Report, Freshwater Biological Association. Vol. 4, pp: 62-69
۲۵. **Rosenberg, D.M. and Resh, V.H., 1994.** Fresh water biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Wiley. New York. 1993 p.
۲۶. **Salmaso, N.; Morabito, G.; Mosello, R.; Garibaldi, L.; Simona, M.; Buzzi, F. and Ruggiu, D., 2003.** A synoptic study of phytoplankton in the deep lakes south of the Alps (lakes Garda, Iseo, Como, Lugano and Maggiore). *Journal of Limnology*. Vol. 62, No. 2. pp: 207- 227.
۲۷. **Sarang, N. and Sharma, L.L., 2009.** Macrobenthic fauna as bioindicator of water quality in Kishore Sagar Lake, Kota (Rajasthan) India 13th Conference Wuhan 2009 Conference Papers.
۲۸. **Shannon, C.E. and Weaver, W., 1963.** The Mathematical theory of communications. University of Illinois Press. Urbana, USA. ۶۶۷ P.
۲۹. **Storey, A.W., 1986.** Population dynamics, production and ecology of three species of epiphytic Chironomid. Ph. D thesis. University of Reading. UK.
۳۰. **Tall, L.; Méthot; G. Armellin, A. and Pinel-Alloul, B., 2008.** Bioassessment of Benthic Macroinvertebrates in Wetland Habitats of Lake Saint-Pierre (St. Lawrence River). *Journal of Great Lakes Research*. Vol. 34. pp: 599-614.
۳۱. **Thorp, J.H. and Covich, A.P., 2010.** Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Elsevier Inc. Boston. pp: 587-657.
۳۲. **Williams, K.A., 1981.** Population dynamics of epiphytic Chironomid larvae in a chalk stream. Ph. D thesis. University of Reading. UK.

