ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پساب آبزی‌پروری بر جوامع کفزی مطالعه موردی: تالاب گمیشان، استان گلستان

- **فخریه شیرودمیرزایی***: گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **رسول قربانی**: گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **سیدعباس حسینی**: گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **فرخ پرافکنده‌حقیقی**: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، صندوق‌پستی: ٦١١٦- ١٤١٥٥
- **حسن نصرالله‌زاده‌ساروی**: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران، صندوق‌پستی: ٩٦١

تاریخ دریافت: آبان ١٣٩٦ تاریخ پذیرش: بهمن ١٣٩٦

چکیده

آبزی‌پروری از جمله فعالیت‌های انسانی است که توسعه کنترل‌نشده آن بر محیط زیست اطراف، اثرات منفی دارد و پایش زیستی یکی از راه‌های بررسی آن است. در این مطالعه، اثرات محیط زیستی پساب مزارع پرورش میگو بر اجتماع کفزیان تالاب گمیشان بررسی شد. جهت نمونه‌برداری از جوامع کفزی، ٦ ایستگاه تعیین و نمونه‌ها به‌صورت ماهانه و به‌مدت یک‌سال جمع‌آوری شدند و از پنج شاخص جهت بررسی وضعیت کیفی تالاب گمیشان استفاده گردید. نتایج نشان داد که میانگین کفزیان برابر با ٣١٩٣٤ تعداد در مترمربع و بیش‌ترین فراوانی مربوط به خانواده Pyrgulidae بود. مصب رودخانه گرگان‌رود بیش‌ترین فراوانی را در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان داد. مقایسه تراکم در ماه‌های مختلف نیز بیش‌ترین فراوانی را در سه ماه نخست سال نشان داد و با آغاز فصل تابستان، تراکم کاهش یافت. با شروع خروج پساب مزارع پرورش میگو از شهریور، میانگین فراوانی روند صعودی در پیش گرفت، ولی در چهار ماه پایان سال، از فراوانی آن‌ها مجدداً کاسته شد. بررسی مقادیر شاخص مارگالف و شانون-وینر در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف نشان‌دهنده آلودگی در این تالاب بود. با محاسبه شاخص سیمپسون مشخص شد با افزایش آلودگی در تالاب در کنار کاهش حجم آب، توزیع کفزیان رو به یکنواخت‌تر شدن است. شاخص پیلو با میانگین ٠/٤، تفاوت معنی‌داری در بین ایستگاه‌ها و ماه‌های مختلف نمونه‌برداری نشان نداد. بررسی شاخص پراکنش نیز لکه‌ای بودن پراکنش کفزیان را تایید نمود. در مجموع، کیفیت آب در تالاب گمیشان نامطلوب ارزیابی شد و ضرورت اعمال سیاست‌های مدیریتی کارآمد به‌منظور بهبود کیفیت آب در این تالاب بین‌المللی مشخص گردید.

کلمات کلیدی: اثرات محیط‌زیستی، پساب، آبزی‌پروری، بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی، تالاب گمیشان

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:f.shmirzaie@yahoo.com

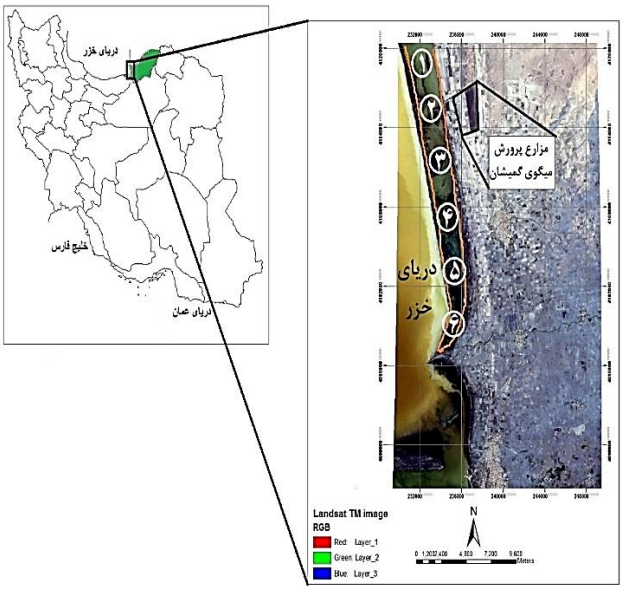
مقدمه

عوامل آلاینده و استرس‌زا باعث آشفتگی و تغییر در منابع آبی شده و بر کیفیت آب تاثیر می‌گذارند و ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و زیستی آن را تغییر می‌دهند (Karr، ۱۹۹۸). آبزی‌پروری از جمله فعالیت‌های انسانی است که توسعه کنترل‌نشده آن بر محیط زیست منابع آبی اطراف آن، اثرات منفی دارد (Boyd و Massaut، ۱۹۹۹) و در سال‌های اخیر، به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، به‌طور فزاینده گسترش یافته است. تقاضای روبه‌رشد جهانی برای غذا در کنار کاهش منابع غذایی دریایی باعث شده است که سیستم‌های پرورش دریایی متراکم و نیمه‌متراکم سریعاً توسعه یابند. معمولاً در این کشورها، قوانین مدون و لازم‌الاجرا جهت آبزی‌پروری و مدیریت پساب آن وجود ندارد و به‌جای آن، منفعت اقتصادی و دست‌یابی به حداکثر سود درنظر گرفته می‌شود (Castello و همکاران، ۲۰۰۸). پساب این مزارع، غنی از مواد مغذی ازجمله فسفات، ترکیبات نیتروژنی و مواد آلی است (Clark، ۱۹۹۵).وقتی میزان موادمغذی به‌واسطه پساب‌مزارع پرورشی در منابع آبی افزایش می‌یابد، احتمال وقوع شکوفایی فیتوپلانکتونی بیش‌تر و فرآیند یوتریفیکاسیون تسهیل می‌شود و همه گونه‌های پرورشی به‌همراه محیط آبی اطراف آن در معرض خطر قرار می‌گیرند (Burford و همکاران، ۲۰۰۳). به‌طورکلی، پتانسیل آلودگی پساب مزارع پرورش میگو در مقایسه با پساب شهری و روستایی کم‌تر است، اما به‌دلیل تخلیه حجم قابل‌توجهی از پساب‌های رقیق‌نشده، در نهایت مسئله آلودگی آب بروز کرده و گاهاً به معضلی بحرانی و غیرقابل جبران تبدیل می‌شود. درصورتی‌که آب دریافت‌کننده دوباره به‌عنوان آب ورودی مزارع در فصل‌های بعدی پرورش مورد استفاده مجدد قرار گیرد، خطر آلودگی آب جدی‌تر خواهدبود (Thomas، ۱۹۹۸). آمریکا، استرالیا و تایلند ازجمله کشورهای پیشگام در زمینه مطالعه اثر پساب مزارع پرورش میگو بر محیط‌های آبی اطراف هستند. در این مطالعات، اهمیت اقدامات‌مدیریتی‌جهت‌بهبود کیفیت‌پساب‌استخرهای پرورشی بیش از پیش مشخص گردید و پیشنهاداتی در این زمینه ارائه شد، از جمله کاهش مصرف پروتئین و استفاده از منابع غذایی که نیتروژن و فسفر قابل هضم و جذب ایجاد نمایند، چرخش پساب پیش از ورود به محیط‌های طبیعی به‌منظور رسوب مواد آلی و مواد جامد معلق، استفاده از جلبک‌ها و دوکفه‌ای‌ها جهت مصرف مواد غذایی هدررفته در مزارع پرورشی (Samocha و Lawrence، ۱۹۹۵؛ Smith، ۱۹۹۶؛ Sansanayuth و Phadungchep، ۱۹۹۶؛ Dierbery و Kiattisimkal، ۱۹۹۶). پایش زیستی ابزاری مفید برای تعیین اثرات محیط‌زیستی پساب مزارع پرورشی است (Chen و همکاران، ۲۰۰۸). جوامع زیستی با فراهم کردن یک مقیاس بوم‌شناختی برای هر گونه آشفتگی، تاثیر عوامل‌مختلف تنش‌زا را بر منابع‌آبی مشخص می‌کند و تغییرات جامعه زیستی را در ارتباط با آشفتگی‌های ایجادشده نشان می‌دهند (Barber و همکاران، ۱۹۹۹؛ Fries و Bowels، ۲۰۰۲). بزرگ بی‌مهرگان کفزی به‌دلیل داشتن خصوصیات خاص، بیش‌تر از سایر جانوران آبزی مانند جلبک و ماهی در ارزیابی بوم‌شناختی منابع آبی مورد توجه و استفاده قرار می‌گیرند (Rosenberg و همکاران، ۱۹۹۹). استفاده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان شاخص‌های‌زیستی ارزیابی‌آلودگی در منابع آبی بر این فرض استوار است که در مناطق فاقد آلاینده، تنوع کفزیان بیش‌تر بوده و گونه‌های غیرمقاوم و حساس غالب هستند و برعکس، در مناطق آلوده، تنوع کم‌تر بوده و غالب گونه‌های منطقه را گونه‌های مقاوم تشکیل می‌دهند (Davies، ۲۰۰۱). تالاب بین‌المللی گمیشان منبع آب دریافت‌کننده پساب مزارع پرورش میگو در این منطقه است. با توجه به سیاست و رویکرد افزایش تولید میگو در این منطقه، پساب این مزارع قاعدتاً بر ساختار اکولوژیک این تالاب تاثرگذار خواهد بود. از این‌رو در پژوهش حاضر، به‌منظور تعیین میزان تاثیرگذاری پساب مزارع میگو پایش زیستی این تالاب با استفاده از شاخص‌های زیستی و جمعیتی بزرگ بی‌مهرگان کفزی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

تالاب گمیشان در امتداد جنوبی‌ترین قسمت‌ساحل‌شرقی دریای خزر قرار گرفته است. این تالاب، ازسمت غرب به‌وسیله باریکه ماسه‌ای که در امتداد خط ساحلی دریای خزر تشکیل گردیده، از این دریا جدا شده است. این باریکه، نسبت به سطح آب ارتفاع کمی دارد و در چندین نقطه گسسته شده و این دو محیط آبی را با یکدیگر مرتبط کرده است. با درنظر گرفتن این‌که رودخانه پرآبی به تالاب گمیشان نمی‌ریزد، تقریباً تمام آب آن از دریای خزر تامین می‌شود (ریاضی، ۱۳۸۰). لذا، هرگونه آلودگی در تالاب، در نهایت به دریای خزر راه یافته و اکوسیستم دریای خزر را به‌صورت غیرمستقیم تحت تاثیر قرار می‌دهد. مزرعه‌پرورش‌میگوی‌گمیشان‌نیز‌درحدود موقعیت جغرافیایی '۰، '۱۵،"۴۵ طول شرقی و '۰، '۱۵،"۳۷ عرض شمالی و در حدود ۱۷ کیلومتری شمال شهر گمیشان از توابع شهرستان بندر ترکمن در جنوب‌شرقی دریای خزر واقع شده است. این مزارع، به‌عنوان

نخستین مرکز پرورش میگو در سه استان ساحلی این دریا در سال ۱۳۷۲ تاسیس شدند، اما فعالیت رسمی این مزارع، از سال ۱۳۸۹ جهت پرورش گونه به‌صورت نیمه‌متراکم آغاز شد. از آن پس هر سال، میزان تولید این مزارع در نتیجه، میزان تولید پساب آن‌ها رو به افزایش است (اداره کل شیلات استان گلستان، ۱۳۸۲) (شکل ۱). لازم به ذکر است که در طول دوره ۹۰ تا ۱۲۰ روزه پرورش، هیچ گونه خروجی از مزارع پرورشی صورت نمی‌گیرد و تنها در پایان دوره پرورشی، یعنی شهریور و مهر، پساب مزارع پرورشی از طریق کانال خروجی در تالاب گمیشان آزاد می‌شود. انتخاب تعداد ایستگاه‌های نمونه‌برداری با توجه به هدف برنامه پایش و منابع موجود (اعم از منابع مالی، زمانی و انسانی)انجام پذیرفت.هم‌چنین،محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری‌با توجه به عمق، ثبات ستون آبی، نزدیکی به منابع زمینی آلودگی و تبادلات آبی تعیین گردید، به‌طوری‌که کل مناطق مختلف تالاب را در برگیرند. بدین منظور، تعداد ۶ ایستگاه نمونه‌برداری در تالاب گمیشان درنظر گرفته شد (شکل ۱) که موقعیت هر یک از آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی تالاب گمیشان، مزارع پرورش میگو و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان کفزی طی یک‌سال به‌صورت ماهانه و با استفاده از اکمان گرب با سطح مقطع ۱۵×۱۵ سانتی‌متر انجام شد. در هر ایستگاه، نمونه‌های برداشت‌شده در همان محل نمونه‌برداری، توسط الک آزمایشگاهی با اندازه چشمه ۶۰ میکرون و با کمک آب تالاب شست‌وشو داده شد. محتویات باقی‌مانده به ظروف پلاستیکی‌درب‌دارمنتقل وتوسط فرمالین ۴ درصدتثبیت‌شدند. سپس، نام و شماره ایستگاه و نیز تاریخ نمونه‌برداری روی ظروف درج گردید و جهت جداسازی، شمارش و شناسایی به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه،به‌دلیل گلی‌بودن‌نمونه‌ها،نمونه‌ها مجدداًدرالک ۶۰ میکرون با آب شسته شدند. در نهایت، محتویات الک به‌داخل سینی تشریح تخلیه و جداسازی بزرگ بی‌مهرگان کفزی بادقت انجام‌گرفت. پس از جداسازی،این موجودات با کمک لوپ آزمایشگاهی‌و اطلس بی‌مهرگان دریای خزر (بیرشتین و همکاران، ۱۹۶۸) به‌عنوان کلید شناسایی در حد خانواده شناسایی شدند. پس از شمارش بزرگ بی‌مهرگان کفزی، برای‌به‌دست آوردن تراکم آن‌ها، تعداد در واحد سطح (در هر مترمربع) برای هر ایستگاه و در تمام ماه‌های نمونه‌برداری به‌دست آمد.

جدول ۱: مختصات جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری شده در تالاب گمیشان

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	پاسگاه مختوم‌قلی	″۲۱ ′۲۰ °۳۷	″۱۲ ′۵۸ °۵۳
۲	کانال ورودی مجتمع پرورش میگوی گمیشان	″۴۱ ′۱۶ °۳۷	″۵۵ ′۵۷ °۵۳
۳	کانال خروجی مجتمع پرورش میگوی گمیشان	″۷ ′۱۳ °۳۷	″۲۴ ′۵۹ °۵۳
۴	کانال سرریز تالاب آلاگل به تالاب گمیشان	″۵۳ ′۸ °۳۷	″۴ ′۰ °۵۴
۵	انتهای کانال زهکش اصلی شهر گمیشان	″۳۸ ′۳ °۳۷	″۵۴ ′۱ °۵۴
۶	مصب گرگان‌رود	″۲۶ ′۵۸ °۳۶	″۵۵ ′۵۹ °۵۳

برای بررسی تنوع و غنای گونه‌ای، غالبیت، یکنواختی و نحوه پراکنش بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی از شاخص‌های ذیل استفاده گردید:

شاخص مارگالف: (رابطه ۱): $R_i = S - 1/Ln(N)$

که در آن، Ri = شاخص مارگالف، S = تعداد کل گونه‌ها، N = فراوانی کل گونه‌ها (Margalef، ۱۹۶۸).

Ros و Cardell (۱۹۹۱) بیان کردند که اگر مقدار شاخص مارگالف کم‌تر از ۴ باشد، یعنی نوعی آلودگی در محیط وجود دارد، اما Bellan-Santini (۱۹۸۰) معتقد است که درصورتی‌که مقدار این شاخص از ۲/۰۵ کم‌تر باشد، درمحیط دچار نوعی آلودگی است.

شاخص شانون- وینر: (رابطه ۲): $H'=-\sum_{i=1}^{n}P_i\log P_i$

که در آن، Pi با فرمول ni/N محسابه گردید و H´ = مقدار شاخص شانون، ni = تعداد افراد گونه i، n = کل تعداد افراد در نمونه، Pi = نسبت افراد یافت شده از گونه i (Shannon و Wiener، ۱۹۶۴).

Welch (۱۹۹۲) و Molvaer و همکاران (۱۹۹۷) مقیاس‌هایی را جهت تعیین میزان آلودگی محیطی بااستفاده از شاخص شانون ارائه نموده‌اند. Welch(۱۹۹۲) الگوی خود را جهت ارزیابی آلودگی محیطی به‌صورت جدول ۲ بیان نمود. تقسیم‌بندی Molvaer و همکاران (۱۹۹۷) جهت تعیین ارتباط شاخص شانون با سطوح مختلف اکولوژیکی نیز در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲: الگوی معرفی شده توسط Welch (۱۹۹۲) جهت تعیین میزان آلودگی منطقه با استفاده از شاخص شانون

شاخص شانون	نتیجه
H<۱	منطقه با آلودگی بالا
۱< H <۳	منطقه با آلودگی متوسط
H>۳	منطقه فاقد آلودگی

جدول ۳: الگوی معرفی شده توسط Molvaer و همکاران (۱۹۹۷) جهت تعیین میزان آلودگی منطقه با استفاده از شاخص شانون

شاخص شانون	نتیجه
>۴	وضعیت عالی
۳-۴	وضعیت خوب
۲-۳	وضعیت متوسط
۱-۲	وضعیت ضعیف
۰-۱	وضعیت بد

شاخص سیمپسون: (رابطه ۳): $D=\sum_{i=1}^{S}\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$

که، ni = تعداد افراد گونه i، S = تعداد جنس شناسایی‌شده، N = تعداد کل ارگانیسم‌های در تمامی جنس‌ها (اجتهادی و همکاران، ۱۳۸۷).

شاخص پیلو: (رابطه ۴): $J'=\frac{H'}{H'_{\max}}=\frac{H'}{LnS}$

که در آن، H' = مقدار شاخص شانون، S = تعداد تاکسون در نمونه (Pielou, 1969).

شاخص پراکنش: جهت بررسی نحوه پراکنش بزرگ بی‌مهرگان تالاب گمیشان از شاخص پراکنش استفاده شد. این شاخص از تقسیم واریانس بر میانگین به‌دست می‌آید. درصورتی‌که واریانس بیش‌تر از میانگین باشد، پراکنش لکه‌ای و وقتی‌که واریانس کوچک‌تر از میانگین باشد، پراکنش یکنواخت است. در حالتی هم که واریانس و میانگین برابر باشند، پراکنش تصادفی است (ریاضی، ۱۳۸۱).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، با استفاده ازنرم‌افزار آماری SPSS (V. 16) انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف در سطح اطمینان ۵ درصد سنجیده شد. به‌منظور بررسی اختلاف بین ایستگاه‌ها و تاکسون‌های مختلف، از آنالیز واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید. ترسیم نمودارها نیز در Excel ۲۰۱۶ انجام شد.

نتایج

در بررسی نمونه‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی صید شده در ایستگاه‌های مختلف تالاب گمیشان، در مجموع تعداد ۱۰ خانواده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی متعلق به ۷ رده و ۹ راسته به شرح جدول ۴ شناسایی شدند.

جدول ۴: بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی‌شده در تالاب گمیشان

شاخه	رده	راسته	خانواده
Mollusca	Bivalvia	Cardiida	Scrobiculariidae
			Cardiidae
		Mytilida	Mytilidae
	Gastropoda	Littorinimorpha	Pyrgulidae
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae
	Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae
	Hexanauplia	Sessilia	Balanidae
Annelida	Polychaeta	Terebellida	Ampharetidae
		Phyllodocida	Nereidae
	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae

در تمامی ایستگاه‌های نمونه‌برداری به جز ایستگاه ۶، هر ده خانواده بزرگ‌بی‌مهره‌ی کفزی شناسایی شده در تالاب گمیشان در نمونه‌های مورد بررسی حضور داشتند. چهار خانواده آمفارتیده، توبیفیسیده، نرئیده و بالانیده در ایستگاه ۶ مشاهده نشدند. خانواده پیرگولیده بیشترین فراوانی این موجودات در تمامی ایستگاه‌ها را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

جدول ۵: فراوانی بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی (تعداد در مترمربع) شناسایی‌شده در تالاب گمیشان در ایستگاه‌های مختلف

خانواده/ ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
Scrobiculariidae	BC۲۴۰/۵ b	C۴۷۷/۳ bc	AB۱۱۴/۷ a	E۳۳۴۴/۸ d	D۱۸۴۶/۳ cd	B۷۷/۷ a
Mytilidae	A۲۵/۹ ab	A۱۸/۵ a	AB۱۱۱ abc	BC۱۳۳/۲ bc	BC۶۲۱/۶ c	A۷/۴ a
Pyrgulidae	D۷۹۴۰/۲ b	E۱۵۶۷۳/۲cd	E۱۰۶۷۰/۸ bc	F۳۵۰۶۱/۲ d	E۷۷۰۶۳/۶ d	D۲۱۹۷/۸ a
Chironomidae	ABC۱۹۶/۱ a	BC۲۰۷/۲ ab	CD۱۰۲۱/۲ abc	E۳۲۱۹ c	D۲۱۱۶/۴ c	CD۱۱۸۰/۳ bc
Gammaridae	AB۳۱۸/۲ ab	A۵۱/۸ a	A۱۲۲/۱ a	CD۱۲۵۴/۳ b	CD۱۲۷۶/۵ b	B۱۲۲/۱ ab
Cardiidae	C۱۸۴۶/۳ a	C۶۵۱/۲ a	D۶۵۱/۲ a	DE۹۰۲/۸ a	CD۸۸۰/۶ a	C۸۶۲/۱ a
Ampharetidae	BC۵۸۲۷/۵ bc	D۵۵۱۶/۷ c	BCD۲۴۶۷/۹ bc	CD۱۸۷۵/۹ bc	BC۸۵۱ b	A۰ a
Tubificidae	AB۱۲۹/۵ bc	BC۴۸۴/۷ c	A۹۹/۹ abc	A۴۸/۱ ab	B۳۹۵/۹ bc	A۰ a
Nereidae	ABC۱۱۴/۷ c	A۵۵/۵ b	ABCD۱۸۵ bc	AB۵۵/۵ bc	B۱۱۱ bc	A۰ a
Balanidae	A۲۵/۹ ab	B۳۲۵/۶ b	ABC۱۴۴/۳ b	AB۳۸۱/۱ ab	A۷/۴ a	A۰ a

*حروف کوچک مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در ایستگاه‌های مختلف و حروف بزرگ در خانواده‌های مختلف است.

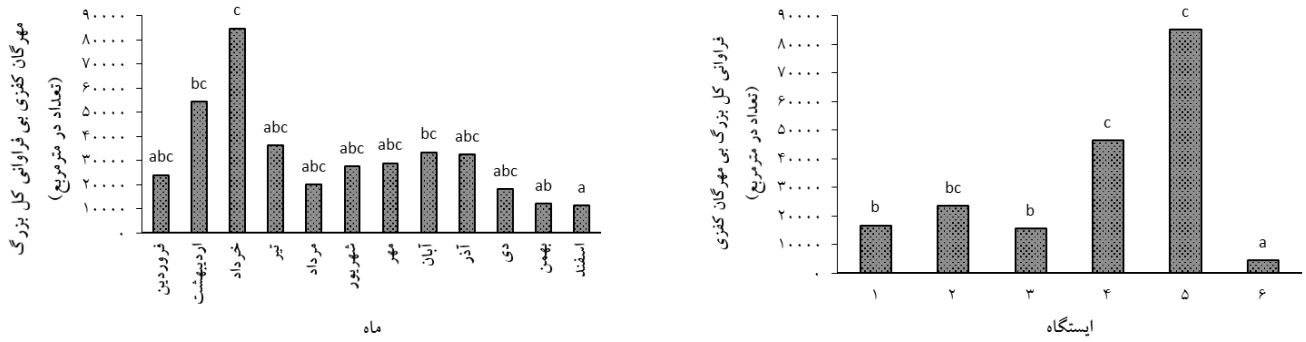
جدول ۶، فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی (تعداد در مترمربع) شناسایی‌شده در تالاب گمیشان در ماه‌های مختلف را نشان می‌دهد. طبق این جدول، از ماه شهریور تا دی، هر ده خانواده‌ی بزرگ بی‌مهره شناسایی شده در تالاب گمیشان در نمونه‌های مورد بررسی حضور داشتند و در خرداد ماه، کم‌ترین میزان تنوع در خانواده‌های بزرگ بی‌مهره مشاهده شد (عدم حضور خانواده‌های نرئیده و بالانیده). بیش‌ترین فراوانی خانواده‌های اسکروبیکولاریده، میتیلیده، پیرگولیده و کاردیده در خرداد ماه و کم‌ترین فراوانی خانواده‌های پیرگولیده، شیرونومیده، آمفارتیده و توبیفیسیده در اسفندماه مشاهده گردید. در بین ده خانواده شناسایی‌شده در تالاب گمیشان، بیش‌ترین فراوانی در تمامی ماه‌ها در خانواده پیرگولیده دیده شد.

شکل ۲، فراوانی کل بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده در تالاب گمیشان در ایستگاه‌ها و ماه‌های مختلف را نشان می‌دهد. براساس آن، بیش‌ترین فراوانی این موجودات در خرداد ماه (به‌میزان ۸۴۸۴۸/۴ تعداد در مربع) و کم‌ترین فراوانی در اسفند ماه (به‌میزان ۱۱۲۹۲/۴ تعداد در مترمربع) می‌باشد. هم‌چنین، بیش‌ترین فراوانی این موجودات در ایستگاه ۵ (فراوانی کل: ۸۵۱۷۰/۳، درصد فراوانی: ۴۴/۵ درصد) و کم‌ترین فراوانی در ایستگاه ۶ (فراوانی کل: ۴۴۴۷/۴، درصد فراوانی: ۲/۳ درصد) مشاهده شد. پنج شاخص مارگالف، شانون-وینر، سیمپسون، پیلو و پراکنش برای جمعیت بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی تالاب گمیشان محاسبه گردید که نتایج آن در جداول ۷ و ۸ نشان داده شده است. براساس جدول ۷، در مقایسه مقادیر شاخص مارگالف مشخص شد که در بین ایستگاه‌های مختلف، کم‌ترین مقدار این شاخص در ایستگاه ۶ به‌دست آمد که با سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار داشت ($P<0/05$). براساس مقادیر محاسبه شده شاخص شانون-وینر، بیش‌ترین مقدار این شاخص در ایستگاه ۱ و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه ۵ مشاهده گردید. میانگین شاخص سیمپسون نیز در کل ایستگاه‌های نمونه‌برداری برابر با ۰/۵ به‌دست آمد و تنها در ایستگاه شماره ۵ اختلاف معنی‌دار با سایر ایستگاه‌ها مشاهده شد ($P<0/05$). در مقایسه مقادیر میانگین شاخص پیلو در بین ایستگاه‌های مختلف مشخص شد که این شاخص، مانند شاخص شانون - وینر، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری وجود ندارد ($P>0/05$). بررسی شاخص پراکنش هم‌لکه‌ای بودن پراکنش بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی تالاب گمیشان در تمامی ایستگاه‌ها را بدون هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P>0/05$) (جدول ۷).

جدول ۶: فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی(تعداد در مترمربع) شناسایی‌شده در تالاب گمیشان در ماه‌های مختلف

ماه / خانواده	Scrobiculariidae	Mytilidae	Pyrgulidae	Chironomidae	Gammaridae	Cardiidae	Ampharetidae	Tubificidae	Nereidae	Balanidae
فروردین	A۱۷۳۹ bc	ABC۲۵۹ b	AB۱۸۹۵۱/۴ d	AB۴۳۶/۶ bc	AB۲۴۴/۲ bc	DEF۱۷۰۹/۴ cd	A۱۸۵ ab	A۰ a	ABC۶۶/۶ ab	BC۴۲۹/۲ ab
اردیبهشت	A۲۱۹۷/۸ bc	BC۴۰۷ bc	AB۴۶۱۰۹/۴ e	ABC۱۸۴۲/۶ cd	B۵۱۰/۶ cd	EF۲۴۹۳/۸ de	A۶۰۶/۸ ab	AB۱۴۸ ab	AB۷/۴ a	A۰ a
خرداد	A۲۷۴۵/۴ bcd	C۵۹۲ bc	BY۲۹۷۱/۴ e	ABC۱۸۹۴/۴ cd	B۱۰۶۵/۶ bcd	F۳۸۹۹/۸ de	AB۱۲۲۱ ab	B۴۵۸/۸ bc	A۰ a	A۰ a
تیر	A۵۴۷/۶ bcd	AB۱۴۰/۶ a	AB۲۵۹۷۴ e	ABC۳۷۰ bcd	AB۱۲۵/۸ ab	BCD۵۵۵ cd	C۸۳۶۲ de	AB۵۹/۲ ab	BC۱۴۰/۶ abc	AB۷/۴ a
مرداد	A۲۳۶/۸ cd	AB۱۰۳/۶ ab	AB۱۳۷۰۴/۸ f	A۲۸۱/۲ bcd	A۲۲/۲ ab	ABC۲۱۴/ de	BC۵۳۴۲/۸ ef	BY۴ bcd	ABC۷۴ abc	A۰ a
شهریور	A۷۷۷ bc	ABC۱۰۳/۶ a	AB۲۰۵۷۹/۴ d	ABC۴۴۴ bc	AB۱۶۲/۸ a	BCD۷۱۷/۸ bcd	BC۴۲۹۵/۶ cd	ABA۱/۴ a	BC۲۳۶/۸ ab	AB۲۹/۶ a
مهر	A۵۴۷/۶ cd	ABC۳۷ a	AB۱۹۳۴۳/۶ e	C۱۹۹۸ de	AB۸۹۵/۴ abcd	ABC۲۲۲ abc	BC۵۴۱۶/۸ de	B۳۲۵/۶ abcd	ABC۵۱/ abc	ABC۵۱/۸ ab
آبان	A۵۳۲/۸ abc	ABC۵۹/۲ a	AB۲۴۴۷۱/۸ d	CY۴۹۲/۸ cd	AB۱۳۶۱/۶ ab	ABC۱۷۰/۲ bc	BC۲۶۴۹/۲ bcd	B۶۵۸/۶ abc	ABC۵۱/۸ a	AB۲۹/۶ a
آذر	A۵۴۷/ bcd	ABC۴۴/۴ a	AB۲۳۳۷۶/۶ e	C۳۰۱۱/۸ de	AB۱۳۶۱/۶ abcd	ABC۱۳۳/۲ abcd	BC۳۳۸۹/۲ cde	B۴۲۹/۲ abc	ABC۵۹/۲ ab	ABC۵۹/۲ ab
دی	A۵۱۰/۶ cd	AB۱۴/۸ a	AB۱۳۹۶۳/۸ e	BC۱۳۶۹ de	ABF۴۴ abc	A۱۸۵ bcd	BC۱۳۵۴/۲ cd	ABA۱/۴ ab	ABC۵۱/۸ ab	ABC۹۶/۲ ab
بهمن	A۷۰۳ cde	A۱۴/۸ ab	AB۹۸۱۹/۸ f	ABC۵۹۲ ef	AB۵۹/۲ abcd	AB۳۶۲/۶ de	A۱۵۵/۴ abc	A۰ a	ABCA۱/۴ abcde	BC۲۲۹/۴ bcde
اسفند	A۱۱۱۷/۴ cde	ABC۵۹/۲ abc	AY۹۴۷/۶ e	A۱۴۸ bcd	A۳۷ ab	CDE۹۲۵ de	A۰ a	A۰ a	C۲۲۲ cd	C۸۳۶/۲ cde

*حروف کوچک مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در خانواده‌های مختلف و حروف بزرگ در ماه‌های مختلف است.



الف) ب)

شکل ۲: فراوانی کل بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی‌شده در تالاب گمیشان، الف) در ایستگاه‌ها مختلف، ب) در ماه‌های مختلف

جدول ۷: مقادیر شاخص‌های زیستی برای بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی‌شده در تالاب گمیشان در ایستگاه‌های مختلف

شاخص زیستی /ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	کل
مارگالف	۰/۹b	۰/۸ b	۰/۹ b	۰/۸ b	۰/۷ b	۰/۶ a	۰/۸
شانون-وینر	۱/۲ a	۱ a	۱/۱ a	۰/۹ a	۰/۵ a	۱/۲ a	۰/۹
سیمپسون	۰/۳ a	۰/۵ ab	۰/۵ a	۰/۵ ab	۰/۸ c	۰/۳ ab	۰/۵
پیلو	۰/۵ a	۰/۴ a	۰/۴ a	۰/۴ a	۰/۲ a	۰/۶ a	۰/۴
شاخص پراکنش	۱/۷ a	۲/۱ a	۲/۱ a	۲/۳ a	۲/۸ a	۱/۶ a	۲/۲
	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای

براساس جدول ۸، مقدار شاخص زیستی مارگالف، مقادیر بسیار کمی را در ماه‌های مختلف در تالاب گمیشان نشان داد (کم‌تر از ۱) و تنها بین ماه‌های آذر و بهمن، اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید (P<۰/۰۵). مقدار شاخص زیستی شانون-وینر نیز در تمامی

ماه‌ها کوچک‌تر مساوی ۱ بود و هم‌چون شاخص‌های سیمپسون و پیلو، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین ماه‌های نمونه‌برداری مشاهده نگردید($P>0/05$). براساس مقادیر شاخص سیمپسون در ماه‌های مختلف در تالاب گمیشان، بیش‌ترین مقدار این شاخص در ماه خرداد و کم‌ترین مقدار آن در ماه مهر مشاهده گردید. شاخص پیلو هم از مقدار ۰/۳ تا ۰/۵ متغیر بود. بررسی شاخص پراکنش در خانواده‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی تالاب گمیشان در ماه‌های مختلف نیز نشان داد که نوع پراکنش در تمام ماه‌ها از نوع لکه‌ای بود و در بین ماه‌های مختلف نمونه‌برداری، فقط بین ماه‌های بهمن و اسفند اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($P<0/05$) (جدول ۸).

جدول ۸: مقادیر شاخص‌های زیستی برای بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی‌شده در تالاب گمیشان در ماه‌های مختلف

شاخص زیستی/ ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	کل
مارگالف	۰/۸^{ab}	۰/۷^{ab}	۰/۶^{ab}	۰/۸^{ab}	۰/۸^{ab}	۰/۸^{ab}	۰/۸^{ab}	۰/۸^{ab}	۰/۸^{b}	۰/۹^{ab}	۰/۸ ^{a}	۰/۷^{ab}	۰/۸
شانون-وینر	۰/۸ ^{a}	۰/۶ ^{a}	۰/۸ ^{a}	۰/۸ ^{a}	۰/۸ ^{a}	۰/۸ ^{a}	۱ ^{a}	۱ ^{a}	۱ ^{a}	۰/۹ ^{a}	۰/۷ ^{a}	۱ ^{a}	۰/۹
سیمپسون	۰/۶ ^{a}	۰/۷ ^{a}	۰/۷ ^{a}	۰/۵ ^{a}	۰/۵ ^{a}	۰/۵ ^{a}	۰/۴ ^{a}	۰/۵ ^{a}	۰/۵ ^{a}	۰/۶ ^{a}	۰/۶ ^{a}	۰/۵ ^{a}	۰/۵
پیلو	۰/۴ ^{a}	۰/۳ ^{a}	۰/۳ ^{a}	۰/۳ ^{a}	۰/۳ ^{a}	۰/۳ ^{a}	۰/۴ ^{a}	۰/۴ ^{a}	۰/۴ ^{a}	۰/۴ ^{a}	۰/۳ ^{a}	۰/۵ ^{a}	۰/۴
شاخص پراکنش	۲/۴^{ab}	۲/۶^{ab}	۲/۶^{ab}	۲/۲^{ab}	۲/۲^{ab}	۲/۳ ^{ab}	۲ ^{ab}	۲/۲^{ab}	۲/۲^{ab}	۲/۳^{ab}	۲/۵^{b}	۲/۱ ^{a}	۲/۲
	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای	لکه‌ای

بحث

نتایج حاصل از شناسایی و شمارش بزرگ بی‌مهرگان کفزی در تالاب گمیشان در پژوهش حاضر نشان داد که میانگین کل این جوامع کفزی در تالاب گیشان برابر با ۳۱۹۳۴ تعداد در مترمربع بود. تقریباً در تمام ماه‌های سال، فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه ۶ کم‌تر از سایر ایستگاه‌ها مشاهده شد که احتمالاً نشان‌دهنده نامساعد بودن شرایط محیطی از جمله انباشت رسوبات در قسمت‌های جنوبی تالاب، اکسیژن کم، غلظت زیاد مواد مغذی، عمق کم و غیره می‌باشد. هم‌چنین ایستگاه ۵ بیش‌ترین تراکم این جانوران را نسبت به سایر ایستگاه‌ها داشت که می‌تواند به‌دلیل ورود مواد مغذی حاصل از گرگان‌رود و نیز پساب صنعتی، کشاورزی و شهری، تلاقی آب تالاب با آب دریای خزر و رقیق شدن مواد موجود در آن و در نتیجه، بهبود شرایط محیطی باشد. از طرفی، کم شدن تراکم در ایستگاه‌های بعدی را می‌توان به کم‌تر بودن مواد مغذی ازجمله مواد معلق و مواد آلی نسبت داد. براساس نتایج مطالعات پیشین، برگ گیاهان و دتریتوس ناشی از آن‌ها غذای اصلی لارو حشرات آبزی است. در نتیجه، هر جایی از پهنه‌های آبی که دارای پوشش گیاهی است،احتمالاً لارو این حشرات فون غالب آن منطقه را تشکیل می‌دهند. در ایستگاه ۵، حضور گیاهان آبزی با رنگ تیره در بستر این منطقه به‌وضوح قابل مشاهده است. در نتیجه، یکی از علل افزایش فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در این ایستگاه را می‌توان به وجود گیاهان آبزی در آن نسبت داد که با نتایج سایر پژوهش‌های مرتبط ازجمله Loch و همکاران (۱۹۹۶)، Pipan (۲۰۰۰)، Pillay (۲۰۰۷)، Hardie (۲۰۰۳)، NaderiJolodar و همکاران (۲۰۱۱) و طیبی و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد. بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که جهت جریان آب در داخل محدوده تالاب گمیشان از بالا به پایین می‌باشد. به‌دلیل کم‌عمق بودن تالاب نیز، جریان آب قادر به برهم زدن املاح بستر تالاب بوده و در نتیجه میزان کدورت آب بسیار بالا می‌باشد. جهت جریان عمومی آب در خارج از تالاب برعکس بوده و از پایین به بالا است. بررسی تصاویر ماهواره‌ای ورود رودخانه گرگان‌رود به دریای خزر نشان می‌دهد که رسوبات حمل شده توسط رودخانه، همراه با جریانات آب دریا به سمت بالا حرکت می‌کنند. این جریان در حاشیه تالاب نیز ادامه می‌یابد و تقریباً پس از طی حدود ۱۳ کیلومتر از طول تالاب، جریان به سمت مرکز دریا منحرف می‌شود و جریان حاشیه ساحل (که در داخل تالاب نیز ادامه دارد) بر آن غلبه می‌نماید و از فاصله ۱۳ کیلومتر به بعد جریان از بالا به پایین می‌شود (شرکت مهندسین مشاور سبزاندیش پایش، ۱۳۸۹).

آن‌چه که مسلم است، جریانات تالاب گمیشان از طریق تاثیر بر عوامل فیزیکی- شیمیایی آب بر جوامع زیستی تالاب ازجمله فون کفزی اثرگذار است. نتایج بررسی تراکم بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ماه‌های مختلف نشان داد که در سه ماه نخست سال (فصل بهار) تراکم کفزین بیش‌تر از سایر ماه‌ها است و با آغاز فصل تابستان، فراوانی جوامع کفزی کاهش یافت. یکی از علل این امر، به چرخه زندگی بی‌مهرگان کفزی مربوط می‌شود، زیرا با شروع فصل تابستان برخی خانواده‌ها مانند شیرونومیده، مهاجرت عمودی به سطح انجام داده و به موجودات بالغ تبدیل می‌شوند (Kornijow، ۱۹۹۲؛ قانع‌ساسان سرایی و همکاران، ۱۳۸۵). علاوه بر این، این کاهش فراوانی در فصل تابستان، با وجود تکثیر اغلب بنتوزها و رشد افراد جوان، به‌دلیل مصرف آن‌ها توسط ماهیان بنتوزخوار می‌باشد که به‌دلیل کاهش دما در فصول سرد سال، میل به تغذیه در آن‌ها کاهش پیدا کرده بود (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱). روند کاهش فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی تا مرداد ماه ادامه یافت و با شروع خروج پساب مزارع پرورش میگو در ماه‌های شهریور، مهر و آبان، میانگین فراوانی این موجودات روند صعودی در پیش گرفت. ورود پساب این مزارع به تالاب گمیشان در این ماه‌ها، مقدار موادمغذی قابل‌دسترس برای بسیاری از گروه‌های بی‌مهره کفزی را افزایش داد و احتمالاً با بهبود شرایط زیست برای این موجودات و کاهش رقابت بین گروه‌ها، باعث افزایش تراکم آن‌ها شد. پس از آن، با کاهش دما در چهار ماه پایان سال، کاهش مجدد فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در تالاب گمیشان مشاهده شد، که احتمالاً به‌دلیل کاهش دما، کاهش مواد مغذی، کاهش میل به تغذیه در جانوران کفزی‌خوار و نیز کاهش شدید عمق آب در تالاب گمیشان و خشک شدن تالاب در برخی قسمت‌های آن است. تالاب گمیشان تحت تاثیر نوسانات آب دریای خزر است، به گونه‌ای که در شش ماه دوم سال، پس‌روی و کاهش آب در تالاب گمیشان مشهود هست. سپس با افزایش‌دما درفصل دما، پیش‌روی آب رخ می‌دهدو بیش‌ترین میزان آب در فصل تابستان در این تالاب دیده می‌شود (اونق، ۱۳۷۰؛ بساط‌نیا، ۱۳۹۰؛ شیرودمیرزایی؛ ۱۳۹۱).

به‌منظور ارزیابی کیفیت زیستی بستر تالاب گمیشان که متاثر از پساب مزارع پرورش میگو است، در این مطالعه از پنج شاخص زیستی عددی مارگالف، شانون- وینر، سیمپسون، پیلو و پراکنش استفاده شد. در جدول ۹، نتایج پژوهش حاضر با نتایج سایر مطالعات که در مورد جوامع کفزی تالاب گمیشان انجام شده، مقایسه شده است. با توجه به این‌که دوره نمونه‌برداری در پژوهش حاضر با پژوهش ریاضی (۱۳۸۱) مشابه است، مقایسات صحیح‌تری را می‌توان بین نتایج این دو مطالعه انجام داد. بررسی نتایج سایر محققین، هر چه مقدار عددی شاخص مارگالف بیش‌تر باشد، حاکی از آن است که اکوسیستم آبی از لحاظ زیستی از سلامت بالاتری برخوردار است (شیرودمیرزایی، ۱۳۹۱). براساس هر دو طبقه‌بندی Ros و Cardell (۱۹۹۱) و Bellan-Santini (۱۹۸۰)، تالاب گمیشان در تمامی ایستگاه‌ها و در تمامی ماه‌ها دچار آلودگی است که این نتیجه با نتیجه ریاضی (۱۳۸۰) مطابقت دارد.

کاربرد شاخص‌های تنوع در فرابینی کیفیت آب بر این فرض استوار است که ساختار اجتماعات کفزی همراه با آشفتگی‌های محیطی تغییر می‌کند. زیرا برخی گونه‌ها بیش از سایرین تحت فشار قرارمی‌گیرند(Stephens و Farris، ۲۰۰۴).شیرودمیرزایی (۱۳۹۱) در مطالعه خود بیان نمود که شاخص شانون-وینر در میان شاخص‌های هتروژنیتی، حساسیت بیش‌تری را در تالاب گمیشان نشان داده است. از این‌رو، شاخص شانون-وینر جهت سنجش وضعیت کیفی این تالاب برای جوامع کفزی انتخاب شد. نتایج به‌دست آمده از مقادیر این شاخص در تالاب گمیشان نشان داد که براساس الگوی Welch (۱۹۹۲)، ایستگاه‌های ۴ و ۵ دارای آلودگی بالا و سایر ایستگاه‌ها دارای آلودگی متوسط هستند. براساس الگوی Molvaer و همکاران (۱۹۹۷) نیز، ایستگاه‌های ۴ و ۵ در وضعیت بد و سایر ایستگاه‌ها در وضعیت ضعیف قرار می‌گیرند. علاوه بر این مشخص گردید که هم براساس الگوی Welch (۱۹۹۲) و هم براساس الگوی Molvaer و همکاران (۱۹۹۷)، کل تالاب در تمامی ماه‌های سال دارای وضعیت بد بوده و آلودگی در آن در طبقه بالا قرار دارد. به‌طورکلی، میانگین پایین مقدار شاخص شانون- وینر در منطقه مطالعه در تمامی ایستگاه‌ها و ماه‌ها، نشان از تنوع پایین، وضعیت بد و آلودگی زیاد در منطقه مطالعاتی دارد. از منابع آلاینده تالاب می‌توان به پساب مزارع و زمین‌های کشاورزی، پساب کارگاه پرورش میگو و فاضلاب‌های شهری اشاره نمود. به‌دنبال افزایش جمعیت شهرها و روستاهای اطراف، رشد فعالیت‌های کشاورزی و نیز روند رو به رشد تولیدات مزارع پرورش میگو، میزان تولید آلاینده‌ها در هر سال بیش‌تر شده و از سوی دیگر، کاهش عمق تالاب گمیشان در سال‌های اخیر کاملاً مشهود بوده است. افزایش آلاینده‌ها در کنار کاهش عمق تالاب در سال‌های اخیر باعث افزایش مقدار شاخص شانون از ۰/۳ در مطالعه ریاضی (۱۳۸۰) به ۰/۹ در پژوهش حاضر شده است (جدول ۹).

شاخص سیمپسون ازجمله شاخص‌های غالبیت محسوب می‌شود (اجتهادی و همکاران، ۱۳۸۷). شاخص سیمپسون درجه غالبیت را نشان می‌دهد و بیش‌تر برای تعیین غالبیت بین جمعیت گونه‌ها به‌کار برده می‌شود. مقدار این شاخص می‌تواند بیانگر این باشد که دو فرد را که به‌طور اتفاقی از یک نمونه برگزیده شده‌اند، چقدر احتمال دارد که متعلق به یک گونه باشند. معمولاً هر چه غالبیت یک گونه بیش‌تر باشد، این مقدار به سمت یک میل می‌کند و برعکس، هر چه توزیع فراوانی افراد بین گونه‌ها یکنواخت‌تر باشد، این مقدار به سمت صفر میل می‌کند (رهبری، ۱۳۸۴). براساس جدول ۹، از سال ۱۳۸۰ تا کنون، توزیع فراوانی گونه‌های بزرگ بی‌مهره کفزی در تالاب گمیشان رو به یکنواخت‌تر شدن است. در واقع، افزایش بار آلودگی در تالاب در کنار کاهش حجم آب، احتمالاً باعث حذف گونه‌های حساس به آلودگی و افزایش تراکم گونه‌های مقاوم به آلودگی شده است.

از میان شاخص‌های یکنواختی، در این مطالعه شاخص پیلو انتخاب و محاسبه گردید. چرا که حساسیت بیش‌تر این شاخص نسبت به سایر شاخص‌های یکنواختی در منطقه مورد مطالعه قبلاً ثابت شده بود (شیرودمیرزایی، ۱۳۹۱). دامنه تغییر این شاخص بین صفر تا یک است،به‌طوری‌که هرچه منطقه ازنظر تنوع و فراوانی موجودات همگن‌تر باشد، شاخص پیلو به یک نزدیک‌تر خواهد بود. در این مطالعه، بیش‌ترین میزان شاخص پیلو یا به‌عبارت دیگر، بیش‌ترین میزان همگنی در ایستگاه‌های ۶ و ۱ مشاهده گردید. علت این افزایش همگنی و یکنواختی را احتمالاً می‌توان در دور بودن این ایستگاه‌ها از آشفتگی‌های دریا، تاثیرپذیری کم‌تر این ایستگاه‌ها از پیش‌روی و پس‌روی‌های آب دانست که نتیجه آن، ایجاد یک محیط پایدارتر، با ثبات‌تر و دارای تنش‌های محیطی کم‌تر نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشد.

بررسی شاخص پراکنش نیز نشان داد که در تمام ایستگاه‌ها و ماه‌های نمونه‌برداری، چه در پژوهش حاضر و چه در پژوهش‌های ریاضی (۱۳۸۰) و بساط‌نیا (۱۳۹۰)، پراکنش بزرگ بی‌مهرگان کفزی به‌صورت لکه‌ای می‌باشد. در پراکنش لکه‌ای عوامل تولیدمثلی، زیستی و تغذیه‌ای نقش دارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مساعد بودن شرایط تنها در برخی مناطق بستر تالاب باعث پراکنش لکه‌ای شده است و از این حیث، تالاب گمیشان برای فون کفزی دارای شرایط مساعد و یکسان در همه قسمت‌ها و مناطق آن نیست (شیرودمیرزایی، ۱۳۹۱). به‌عبارت دیگر، در پراکنش لکه‌ای، افراد متعلق به هر یک از انواع بی‌مهرگان کفزی به‌صورت گروهی و در بخش‌هایی از بستر تالاب گمیشان دارای تجمع نسبی بیش‌تری هستند.

براساس جدول ۹، خانواده Pyrgulidae در تمام پژوهش‌های انجام شده در تالاب گمیشان از آن به‌عنوان فراوان‌ترین خانواده در میان بزرگ بی‌مهرگان کفزی یاد شده است. با توجه به این‌که این گونه در سواحل دریای خزر حضور اندکی دارد، تراکم زیاد آن در منطقه تالاب گمیشان را می‌توان از ویژگی‌های این منطقه به‌شمار آورد (شیرودمیرزایی، ۱۳۹۱).

جدول ۹: مقایسه نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در مورد فون کفزی تالاب گمیشان با پژوهش حاضر

منابع	تعداد ایستگاه	دوره نمونه‌برداری	فراوانی		شاخص‌ها				
			کم‌ترین	بیش‌ترین	مارگالف	شانون-وینر	سیمپسون	پیلو	پراکنش
ریاضی (۱۳۸۰)	۶	یک سال-ماهانه	Hirudinea	Pyrgulidae	۰/۷۵	۰/۳	۰/۸	-	لکه‌ای
بساط‌نیا (۱۳۹۰)	۵	از تیر تا آذر-ماهانه	Balanidae	Pyrgulidae	۰/۸۷	۰/۸	-	۰/۴۲	-
شیرودمیرزایی (۱۳۹۱)	۴	بهار و تابستان-فصلی	Nereidae	Pyrgulidae	۱/۴۸	۰/۵۳	-	۰/۴۸	لکه‌ای
تجری و همکاران (۱۳۹۲)	۳	از مهر تا آذر-ماهانه	Planorbidae	Pyrgulidae	-	-	-	-	-
پژوهش حاضر	۶	یک سال-ماهانه	Nereidae	Pyrgulidae	۰/۸	۰/۹	۰/۵	۰/۴	لکه‌ای

کاهش چشمگیر فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه ۳ که پساب‌خروجی مزارع پرورش میگو را دریافت می‌کند، در کنار اطلاعاتی که از شاخص‌های زیستی محاسبه شده در این مطالعه به‌دست می‌دهند، نشان از تاثیر منفی این پساب بر این جوامع زیستی است. آلودگی‌هایی که توسط پساب این مزارع در تالاب گمیشان ایجاد می‌شود، هم‌زمان با افزایش سالانه میزان تولید میگو در این مزارع، افزایش می‌یابد و این مشکل محیط‌زیستی، زمانی بحرانی‌تر می‌شود که روند رو به کاهش حجم آب تالاب گمیشان هم درنظر گرفته شود. بی‌شک، جوامع زیستی، ازجمله کفزیان به‌عنوان یکی از حلقه‌های اولیه چرخه غذایی در پهنه‌های آبی، تحت تاثیر این بار آلودگی قرار خواهند گرفت. بررسی جهت جریان‌ها داخل و خارج تالاب گمیشان، نشان می‌دهد که آلودگی در داخل تالاب باقی نمانده و در نهایت وارد دریای خزر خواهد شد و اثرات زیان‌باری را هم بر جوامع زیستی و خصوصیات فیزیکی- شیمیایی آب دریای خزر خواهد گذاشت.

در این پژوهش، شاخص‌های زیستی با تاکید بر گروه‌های بزرگ بی‌مهره کفزی تفاوت کیفی آب را در ایستگاه‌ها و ماه‌های مختلف به خوبی نشان دادند. با توجه به سیر تحولات منفی و ناخوشایند تالاب گمیشان، در صورت ادامه روند شرایط کنونی، یک‌پارچگی و موجودیت این تالاب با خطرات جبران‌ناپذیری روبه‌رو خواهد شد. مدیریت صحیح و اتخاذ تصمیمات درست بر مبنای توسعه پایدار، یکی از عواملی است که می‌تواند تهدیدات پساب‌های مزارع پرورشی را به‌حداقل برساند. به‌نظر می‌رسد که انجام مطالعات بیش‌تر در مورد سایر آلاینده‌هایی که در نهایت وارد تالاب گمیشان می‌شوند و تاثیر توامان آن‌ها در تالاب و نیز درنظر گرفتن نقش دریای خزر به‌عنوان مقصد نهایی آلودگی‌های تالاب گمیشان امری ضروری است.

منابع

۱. **اجتهادی، ح.؛ سپهری، ع. و عکافی، ر.، ۱۳۸۷.** روش‌های اندازه‌گیری تنوع زیستی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۲۸ صفحه.

۲. **اداره کل شیلات استان گلستان. ۱۳۸۲.** ارزیابی اثرات زیست محیطی مجتمع پرورش میگوی گمیشان. ۲۹صفحه.

۳. **اونق، م.، ۱۳۷۰.** نظرات مختلف درباره بالا آمدن سطح آب دریای خزر. اطلاعات، تیرماه، شماره ۱۹۳۷۵-۱۹۳۷۱.

۴. **بساط‌نیا، ن. ۱۳۹۰.** اثر پساب استخرهای پرورش آبزیان بر تنوع و فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی تالاب گمیشان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته شیلات. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۷۷ صفحه.

۵. **بیرشتین، ی. آ.؛ وینوگرادوف، ل.گ.؛ کونداکوف، ن.ن.؛ کوون، م.س.؛ آستاخوف،ت.و. ورومانوف،ن.ن.، ۱۹۶۸.** اطلس بی‌مهرگان دریای خزر. مترجم: لودمیلاد دلیناد و فضه نظری. مرکز تحقیقات شیلات ایران. ۶۱۰ صفحه.

۶. **خیرآبادی، و.، ۱۳۹۳.** تغییرات فصلی جامعه فیتوپلانکتونی و ارتباط آن با فاکتورهای فیزیکو-شیمیایی آب در تالاب بین‌المللی گمیشان در استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته مهندسی شیلات، دانشگاه زابل. ۹۶ صفحه.

۷. **رهبری، ک.، ۱۳۸۴.** مطالعه تأثیر برخی از پارامترهای زیست محیطی بر روی اجتماعات ماکروبنتیک در رودخانه کارون از بازه ملاثانی تا داروخوین. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته محیط زیست. واحد علوم وتحقیقات اهواز. ۷۲ صفحه.

۸. **ریاضی، ب.، ۱۳۸۰.** بررسی ساختار بوم‌سازگان تالاب گمیشان. پایان‌نامه دکتری رشته مدیریت محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۲۱۴ صفحه.

۹. **ریاضی، ب.، ۱۳۸۱.** بررسی بی‌مهرگان کفزی در تالاب گمیشان. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۵، شماره ۲، صفحات ۲۱۱ تا ۲۲۳.

۱۰. **شرکت مهندسین مشاور سبزاندیش پایش (ساپ). ۱۳۸۹.** مطالعات ارزیابی اثرات زیست محیطی پرورش میگوی وانامی در مجتمع گمیشان. ۲۳۸صفحه.

۱۱. **شیرودمیرزایی، ف.، ۱۳۹۱.** بررسی مرز بخش ساحلی تالاب گمیشان براساس فون کفزی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته شیلات. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۳۸ صفحه.

۱۲. **طیبی، ل.؛ پورباقر، ه.؛ فرحمند، ح.؛ رفیعی، غ. و میرواقفی، ع.، ۱۳۹۵.** استفاده از تحلیل تشخیصی برای بررسی اثرات اکولوژیک پساب کارگاه تکثیر و پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان بر ساختار جوامع بنتیک (مطالعه موردی: رودخانه گاماسیاب). مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۲، صفحات ۲۲۱ تا ۲۳۴.

۱۳. **قانع‌ساسان‌سرایی، ا.؛ احمدی، م.ر.؛ اسماعیلی، ع. و میرزاجانی، ع.، ۱۳۸۵.** ارزیابی زیستی رودخانه چافرود استان گیلان با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوز. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۰، شماره ۱، صفحات ۲۴۷ تا ۲۵۸.

۱۴. **وثوقی، غ. و مستجیر، ب. ۱۳۷۱.** ماهیان آب شیرین. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۱۷ صفحه.

۱۵. **Barbour, M.T.; Grritsen, J.; Synder, B.D. and Stribling, J.B., 1999.** Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadable Rivers, Environmental protection agency, office of water, Washington D.C.

۱۶. **Bellan-Santini, D., 1980.** Relationship between populations of amphipods and pollution. Journal of Marine Pollution Bulletin. Vol. 11, pp: 224-227.

۱۷. **Boyd, C.E. and Massaut, L. 1999.** Risks associated with the use of chemicals in pond aquaculture. Aquacultural Engineering. Vol. 20, pp: 113-132.

۱۸. **Burford, M.A.; Constanzo, S.D.; Dennison, W.C.; Jackson, C.J.; Jones, A.B.; Mckinnon, A.D.; Preston, N.P. and Trott, L.A., 2003.** A synthesis of dominant ecological processes in intensive shrimp ponds and adjacent coastal environments in NE Australia. Marine Pollution Bulletin. Vol. 46, pp: 1456-1469.

۱۹. **Castello, J.P.; Poersch, L.; Vasconsellos, M.C.; Cavalli, R.O. and Wasielesky, W.J., 2008.** Rearing shrimps in Pens: a predictive model for impact assessment. Estuaries and Coasts. Vol. 31, pp: 215-222.

۲۰. **Chen, Q.H.; Xu, R. L.; Tam, N.F.; Cheung, S.G. and Shin, P.K., 2008.** Use of ciliates (Protozoa: Ciliophora) as bioindicator to assess sediment quality of two constructed mangrove sewage treatment belts in Sothern China. Marine Pollution Bulletin. Vol. 57, pp: 689-694.

۲۱. **Clark, J.R., 1995.** Coastal zone management handbook. Lewis Publishers. 720 p.

۲۲. **Davies, A., 2001.** The use and limits of various methods of sampling and interpretation of benthic macroinvertebrates. Journal of Limnology. Vol. 60, pp: 1-6.

۲۳. **Dierbery, F.E. and Kiattisimkal, W., 1996.** Issues, impacts and implications of shrimp aquaculture in Thailand. Environmental Management, Vol. 20, 18 p.

۲۴. **Fries, L.T. and Bowels, D.E., 2002.** Water quality and macroinvertebrates community structure associated with a sport fish hatchery outfall, North American Journal of Aquaculture. Vol. 64, pp: 257-266.

۲۵. **Hardie, S.A., 2003.** Current Status of the Macroinvertebrate communities in Lakes Crescent and Sorell. Inland Fisheries Service, Hobart. 39 p.

۲۶. **Karr, J.R., 1998.** Rivers as sentile: Using the Biology of Rivers to Guide Landscape Management. Final Report for USEPA. 28 p.

۲۷. **Kornijow, R., 1992.** Seasonal migration by larvae of an epiphytic Hydrobiology. Agriculture University, Akademika Lubin Poland. Vol. 13, pp: 920-950.

۲۸. **Loch, D.D.; West, J.L. and Perlmutter, D.G., 1996.** The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. Aquaculture. Vol. 147, pp: 37-55.

۲۹. **Margalef, R., 1968.** Perspectives in Ecological Theory, Chicago, University of Chicago Press. 111 p.

۳۰. **Molvaer, J.; Knutzen, J.; Magnusson, J.; Rygg, B.; Skei, J. and Sørensen, P., 1997.** Classification of Environmental Quality in Fjords and Coastal Waters. SFT guidelines. Vol. 97, pp: 30-36.

۳۱. **Naderi Jolodar, M.; Abdoli, A.; Mirzakhani, M.K. and Sharifi Jolodar, A., 2011.** Benthic macroinvertebrates in the Haraz River to the trout farms effluent. Iranian Journal of Natural Resources. Vol. 64, pp: 163-175.

۳۲. **Pielou, E.C., 1969.** The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of theoretical biology. Vol. 13, pp: 131-144.

۳۳. **Pillay, T.V.R., 2007.** Aquaculture and the environment. Former programmed. Fishing News Books, Blackwell Publishing, Ltd. 189 p.

۳۴. **Pipan, T., 2000.** Biological assessment of stream water quality-the example of the Reka River (Slovenia). SAZU.

۳۵. **Ros, J.D. and Cardell, M.J., 1991.** La diversidad específica y otros descriptors de contaminación orgánica en comunidades bentónicas marinas, Actas del Symposium sobre Diversidad Biológica. Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid. pp: 219-223.

۳۶. **Rosenberg, D.M.; Davies, I.J.; Cobb, D.G. and Wiens, A.P., 1999.** Protocols for measuring Biodiversity: Benthic

macroinvertebrates in Freshwaters. Department of fisheries and Oceans, Freshwater Institute, Winnipeg, Manitoba. 42 p.

۳۷. **Samocha, T.M. and Lawrence, A.L., 1995.** Shrimp farms, effluent waters, Environmental impact and potential treatment methods. Corpus Christi, Texas. 25 p.

۳۸. **Sansanayuth, P. and Phadungchep, A., 1996.** Shrimp pond effluent pollution problems and treatment by constructed wetlands. Water Quality International. Elsevier Science Ltd. Thailand. 6 p.

۳۹. **Shannon, C.E. and Wiener, W., 1964.** The mathematical Theory of Communication. Urbana, USA, University of Illinois Press.

۴۰. **Smith, P.T., 1996.** Characterisation of effluent from Prawn ponds on the Clarence River. Pacon Conference, Australia. 11 p.

۴۱. **Stephens, W.W. and Ferris, J.L., 2004.** Instream community assessment of aquaculture effluents. Aquaculture. Vol. 231, pp: 149-162.

۴۲. **Thomas, P.C., 1998.** Current and emerging trends in aquaculture. Daya Publication House, Delhi, India. pp: 370-384.

۴۳. **Welch, E.B., 1992.** Ecological effect and waste water. 2nd edition. Chapman & Hall. 425 p.