مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

بررسی انعطاف پذیری ریختی بی‌مهره آبزی *Caeins* (Ephemeroptera: Caenidae) *latipennis* در پاسخ به شرایط محیطی در مسیر رودخانه خیرودکنار

سعید شهبازی ناصرآباد، هادی پورباقر*، سهیل ایگدری، معین رجایی

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۳/۰۳/۱۲
اصلاح: ۹۳/۰۴/۲۹
پذیرش: ۹۳/۰۵/۰۲

کلمات کلیدی:
بزرگ بی‌مهره کفزی
انعطاف‌پذیری ریختی
شرایط محیطی
Caeins latipennis

چکیده

انعطاف پذیری ریختی، قابلیت یک موجود به تغییر ریخت در پاسخ به شرایط محیطی می باشد. این مطالعه با هدف بررسی فرآیند انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت بی‌مهره آبزی *Caenis latipennis* با استفاده از آنالیز outline به اجرا درآمد. پس از نمونه برداری از کفزیان در دو ایستگاه مطالعاتی در مسیر بالادست و پایین دست رودخانه خیرودکنار و سپس شناسایی تا حد گونه، از نمونه‌ها با استفاده از لوپ مجهز به دوربین دیجیتال عکسبرداری انجام شد. خط سیر پیرامونی بر روی تصاویر با لندمارک گذاری (نشانه گذاری اختصاصی) و استفاده از نرم افزار TpsDig2 تعیین گردید. سپس داده‌ها به نرم افزار R منتقل شدند و با پکیج Momocs مورد آنالیز قرار گرفتند. چهار ضریب فوریه استخراج شده، در آنالیز PCA مورد بررسی بیشتر قرار گرفت تا امتیازهای حاصله در دو ایستگاه در هر فصل از نمونه برداری مورد بررسی قرار گیرد. برای ارزیابی وجود اختلاف معنی‌دار بین هارمونیک outline های دو ایستگاه از آزمون MANOVA استفاده شد. نتایج حاصل از آنالیز ریخت سنجی هندسی، تفاوت شکل بدن بین این دو گروه را اثبات کرد به این معنی که شکل بدن نمونه‌های دو ایستگاه به طور معنی داری متفاوت بودند. مطالعه حاضر نشان داد که *C. latipennis* انعطاف پذیری ریختی نسبت به شرایط محیطی نشان داده و ممکن است بتواند به عنوان شاخص شرایط زیستگاه به کار رود.

مقدمه

فعالیت‌های انسانی (فاضلاب صنعتی، هرزآب‌های خانگی) باعث می‌شوند که مواد آلی در رسوبات تجمع پیدا کنند. مواد آلی در رسوبات دارای نقش مهمی بر روی جوامع بنتیک هستند. از جمله مهمترین اثر آنها تغییر در ساختار غذایی و زی‌توده جوامع بنتیک می باشد (Grebmeier *et al*., 1988). تأثیر آلاینده ها بر موجودات با توجه به نوع و حجم ورودی آنها متفاوت است. این اثرات در بالاترین سطوح موجب از بین رفتن فون و فلور منطقه شده و در مقادیر کم موجب حذف گونه های حساس از منطقه و حضور فراوان گونه های مقاوم می شود (Muniz *et al*., 2005; Galbrand *et al*., 2007).

آنالیز شکل (shape analysis)، دارای نقش کلیدی در بسیاری از مطالعات زیستی می‌باشد. انواعی از فرآیندهای زیستی (بیماری یا آسیب، نمو و توسعه آنتوژنیکی، سازگاری به فاکتورهای محیطی و جغرافیایی) سبب ایجاد گروه‌های متفاوت شکلی از افراد و یا گوناگونی‌های تکاملی طولانی مدت می‌شود. تفاوت در شکل، سبب نقش‌های عملکردی متفاوت و مشخص به

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: poorbagher@ut.ac.ir

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1393.4.1.3.7]

وسیله بخش‌های مشابه و همچنین پاسخ‌های متفاوت به فشارها و نیروهای انتخابی یکسان می‌شود. آنالیز شکل یک نگرش برای فهم علل گوناگون تغییرات و تنوع و تغییرات مورفولوژیکی است (Dwivedi and Dubey, 2013).

ریخت سنجی هندسی نقش بسیار مهمی را در انواع بسیاری از مطالعات زیست شناسی خصوصاً در زمینه سیستماتیک و اکولوژی ایفا می‌کند (Aytekin *et al.*, 2007). این نوع ریخت سنجی به عنوان یک مطالعه آماری از اشکال زیستی و تغییرات شکل در میان جمعیت‌های مختلف تعریف شده است (Bookstein, 1997) و نسبت به روش‌های سنتی که بر ابعاد طولی موجود استوار است، قابلیت بیشتری برای نشان دادن تفاوت شکل‌های زیستی دارد (Rohlf and Marcus, 1993). شکل یک موجود زنده پایدار بوده و وراثت پذیری بالایی دارد. بنابراین، بررسی تشابهات شکلی موجود می‌تواند به عنوان روش دقیقی نسبت به اندازه، برای بررسی روابط نسبت شناسی و نیز روند تغییرات شکل در فرم‌های زیست شناسی مورد استفاده قرار گیرد (Rohlf and Marcus, 1993; Guill *et al.*, 2003).

عوامل محیطی به عنوان نیرویی قدرتمند در شکل‌دهی ریخت موجودات در طی فرآیند فردزایی (تکامل فردی) شناخته شده است (Costa and Cataudell, 2007). شکل بدن نه تنها انعکاس دهنده ویژگی‌های ژنتیکی است بلکه می تواند منعکس کننده وضعیت محیط زندگی و زیستگاه موجودات نیز باشد (Guill *et al.*, 2003). به عنوان مثال، ماهیانی که در آب جاری مثل رودخانه زیست می کنند دارای بدنی دوکی شکل و ماهیان آب‌های ساکن دارای بدنی پهن و فشرده از دو طرف هستند (Haas *et al.*, 2011; Ostrand *et al.*, 2001).

گونه *Caeins latipennis* از خانواده Caenidae و از راسته Ephemeroptera (یک روزه‌ها) می‌باشد. این نوع حشرات دارای دگردیسی ناقص بوده و مراحل زندگی آنها شامل سه مرحله تخم، پوره‌ای و حشره کامل می‌باشد (Taylor and Kennedy, 2006). در این مطالعه مرحله پوره‌ای این خانواده که دارای فراوانی بالایی می‌باشند (Miyazaki and Lehmkuhl, 2011)، تحت بررسی ریخت‌شناسی قرار داده شد. این جنس در مناطق رسوبی و همچنین مناطق گل آلود آب‌های جاری و ساکن یافت می‌شوند (Thorp and Rogers, 2010; Clifford, 1991).

مقایسه ریختی به عنوان یک ابزار مفید برای تفکیک گروهها و ساختارهای زیستی شبیه به هم می باشد، که در سالهای گذشته برای توسعه مطالعات تاکسونومی و انعطاف پذیری ریختی [1] مورد استفاده قرار گرفته است. به دلیل آنکه تاکنون بررسی مشابهی بر روی بزرگ بی‌مهرگان کفزی (Macroinvertebrates) صورت نگرفته بود، مطالعه حاضر بر آن شد تا از این موجودات برای بررسی این روابط اکولوژیکی استفاده نماید. به دلیل تفاوت در میزان حساسیت گونه های مختلف بنتوز و همچنین وجود و عدم وجود آنها در شرایط زیستگاهی مختلف، گونه *C. latipennis* از خانواده Caenidae که به فراوانی در طول رودخانه خیرودکنار یافت می‌شد انتخاب گردید. علاوه بر این، تشخیص گونه‌های این خانواده نیز با دقت و ضریب اطمینان بالاتری همراه بود، لازمه این نوع ریخت شناسی هندسی تشخیص تا حد گونه و اطمینان از آن از یک سو و دارا بودن شکل آناتومیک مورد نیاز بررسی، از سوی دیگر می‌باشد. از این‌رو وجود تغییرات مورفولوژیک بی مهره آبزی مورد نظر در نواحی آلوده و غیرآلوده رودخانه خیرودکنار که پیشینه تحقیقاتی کاملی از آن در اختیار داشتیم با استفاده از ریخت سنجی هندسی بر پایه خط سیر پیرامونی [2] مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه می‌تواند گامی نخست برای درک بهتر انعطاف پذیری ریختی در ماکروبنتوزها باشد.

یکی از ویژگی‌های مهم چنین پروژه‌هایی استفاده از آنها برای تعیین شاخص‌های اکولوژیک و آلودگی بوده و به طور کلی از نتایج حاصل از تحقیقات هیدرولوژیک می‌توان در زمینه شناخت موجودات زنده یک اکوسیستم آبی و استفاده از آنها در تخمین شاخص‌های تنوع زیستی و همچنین قضاوت درباره وضعیت اکولوژیکی آب‌ها به ویژه از نقطه نظر زیست محیطی و به دست آوردن یک شناسنامه اکولوژیکی از منطقه مورد پژوهش استفاده نمود.

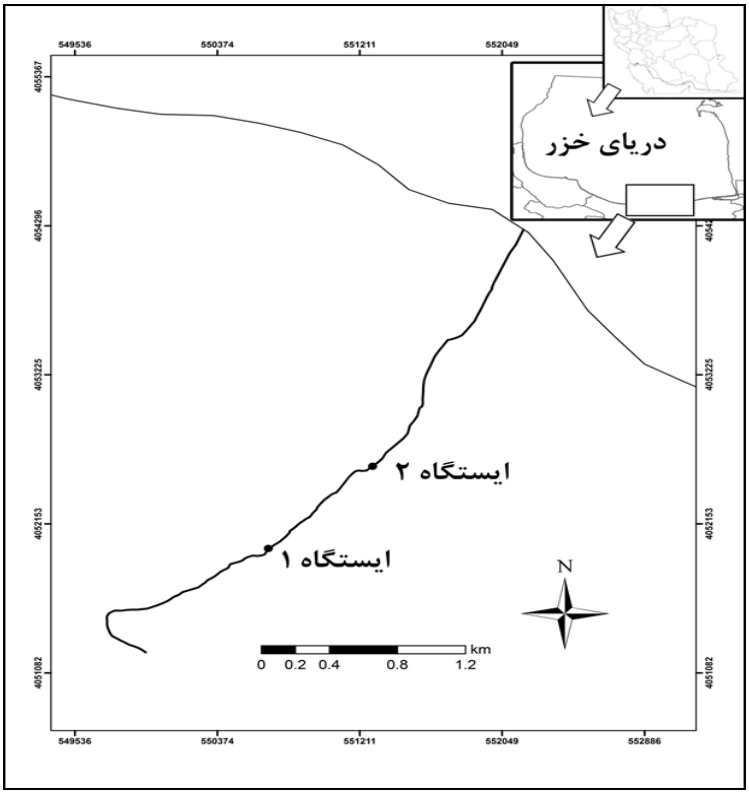
1. Phenotype plasticity
2. Outline

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1393.4.1.3.7]

مواد و روش‌ها

نمونه برداری از رودخانه خیرودکنار در شهرستان نوشهر در استان مازندران انجام شد (شکل۱). از آنجایی که این رودخانه در فصل تابستان دچار کم آبی شدید یا بی آبی می‌گردد، جزو رودخانه های فصلی به شمار می‌رود. این رودخانه از به هم پیوستن چند آبراهه از ارتفاعات شمالی رشته کوه البرز تشکیل شده و پس از عبور از منطقه جنگلی خیرودکنار وارد جلگه خیرود شده و پس از طی مسیری کوتاه به دریای خزر می‌پیوندد. این رودخانه یکی از شاخه های آبی فصلی بوده که دارای طول تقریبی ۱۰ کیلومتر است. بخش اعظم آن، حدود ۷ کیلومتر از مسیر رودخانه در منطقه جنگلی و بخش کوچکی از آن، حدود ۳ کیلومتر در ناحیه جلگه ای واقع شده و روستای نجارده در کنار آن قرار گرفته است (دژکام، ۱۳۸۹).



شکل۱. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه خیرودکنار

به طور کلی در این پژوهش بر اساس موقعیت جغرافیایی و شرایط اکولوژیک حاکم بر اکوسیستم رودخانه، دو ایستگاه، که یکی از آنها در بالا دست رودخانه که هیچ منبع آلوده کننده ای پیرامون آن وجود نداشت و دیگری در کنار روستای نجارده بوده و آلودگی‌های زیادی به این ناحیه وارد می‌شد (نوربخش سامانی، ۱۳۹۰)، انتخاب گردید. ایستگاه ۲ در کنار مناطق مسکونی قرار داشت و بر خلاف ایستگاه ۱ بار آلودگی زیادی مانند فاضلاب‌های انسانی و حیوانی و کودهای کشاورزی به آن وارد می‌شد (شکل ۱). در طی چهارماه (اسفند ۱۳۹۱، فروردین، اردیبهشت و خرداد ۱۳۹۲) که رودخانه دارای آب بود به طور ماهانه از بی مهره‌گان کفزی رودخانه نمونه برداری گردید.

نمونه برداری از کفزیان با استفاده از دستگاه سوربر[3] به ابعاد ۳۵×۳۵ سانتی متر و چشمه تور ۲۰۰ میکرون با برداشتن سنگ از بستر و تمیز کردن سطوح آن با برس نرم انجام گرفت. در این روش نمونه گیری، سطح سوربر در بستر رودخانه قرار گرفت و فردی که نمونه ها را جمع می‌کرد پشت سوربر در خلاف جهت جریان آب ایستاد و کلیه سنگ‌های موجود در بستر جریان آب را در سطح سوربر با استفاده از فرچه نرمی تمیز نمود. با این روش تمام موجودات بنتیک احتمالی به انتهای سوربر هدایت گردید. پس از آن تمام سطوح و انتهای تور در چارچوب سوربر شسته شدند و نمونه‌های جمع آوری شده به ظروف پلاستیکی

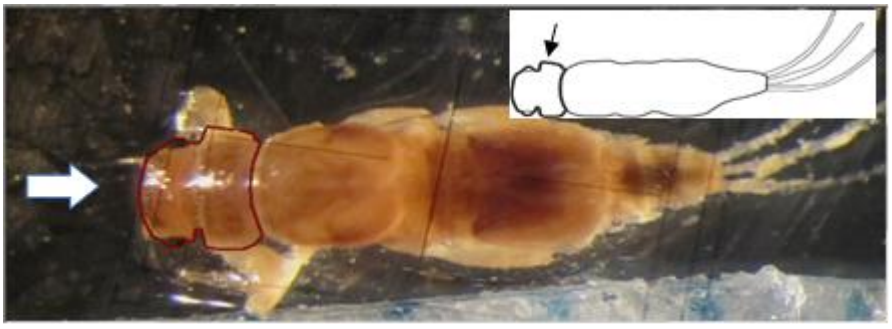
3. surber sampler

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1393.4.1.3.7]

منتقل گردید. نمونه ها در ۲۰۰ میلی لیتر آب و ۱۳ میلی لیتر فرمالین ۴٪ قرار گرفته و جهت شناسایی به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه برداری در هر ایستگاه با سه تکرار صورت پذیرفت. در آزمایشگاه ابتدا کلیه محتویات ظروف در الک با چشمه ۵۰ میکرون خالی و پس از شستشوی کامل با آب، سنگریزه‌های درشت و برگ‌ها را جدا نموده و نمونه‌های بنتوز در پتری دیش جهت شناسایی زیر لوپ تخلیه گردید.

در میان گونه‌های جمع آوری شده، ابتدا ماکروبنتوز هدف جدا شده و سپس شناسایی بنتوز مورد نظر تا پایین ترین رده ممکن (ابتدا جنس و سپس گونه) انجام گرفت. برای شناسایی فون کفزیان از کلیدهای معتبر (Clifford, 1991; Gerber and Gabriel, 2002) استفاده شد و گونه *Caenis latipennis* برای انجام این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. سپس در آزمایشگاه از سطح پشتی نمونه‌ها با استفاده از لوپ مجهز به دوربین دیجیتال Cannon با قدرت تفکیک ۸ مگا پیکسل، عکس برداری شده و یک خط سیر پیرامونی توسط نرم افزار TpsDig2 بر روی قسمت‌های Pronotum (اولین صفحه خلفی ناحیه سینه‌ای) و Head (ناحیه سر موجود) قرار داده شد (شکل ۲). داده‌های مستخرج از نقاط نشانه گذاری شده ابتدا با استفاده از آنالیز پروکراست[4] تصحیح گردید، تا اثر ویژگی‌های غیر شکل نظیر سایز، چرخش و جا به جایی نمونه‌ها حذف گردد (Klingenberg, 1998). سپس داده‌ها به نرم افزار R منتقل شدند و با پکیج Momocs مورد آنالیز قرار گرفتند. برای تعیین تعداد هارمونیک از قدرت تجمعی هارمونیک استفاده شد (شکل ۳). چهار ضریب فوریه استخراج شده، در آنالیز PCA مورد بررسی بیشتر قرار گرفت تا تفکیک امتیازهای حاصله در دو ایستگاه در هر فصل از نمونه برداری مشخص گردد. برای ارزیابی وجود اختلاف معنی دار بین هارمونیک outline های دو ایستگاه از آزمون تحلیل واریانس چند متغیره MANOVA استفاده شد. به منظور اطمینان از وجود تفاوت در شرایط محیطی و پارامترهای فیزیکوشیمیایی دو ایستگاه مورد مطالعه، سرعت جریان آب با جسم شناور و همچنین نمونه برداری از آب رودخانه به منظور ثبت و تعیین پارامترهای فیزیکوشیمیایی انجام گرفت. این سنجه های شیمیایی به وسیله دستگاه Palin Test در محل رودخانه اندازه‌گیری و ثبت شدند. فاکتورهایی همچون درجه حرارت آب ،(TDS (ppm، EC (µS)، Turbidity (FTU)، NO_2، NO_3^-، PO_4^{---}، NH_3، NH_4^+، $CaCO_3$، $HCO3^-$ و CO_3^{--} اندازه گیری شدند. جهت یافتن تفاوت آماری بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب بین دو ایستگاه از t-test با نمونه های مستقل[5] در نرم افزار SPSS15 استفاده شد.



شکل ۲. خط سیر پیرامونی رسم شده اطراف قسمت Pronotum و Head توسط نرم افزار TpsDig2

نتایـج

آنالیز آماری پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب وجود تفاوت معنی دار در پارامترهای اسیدیته (pH)، کل جامدات محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، کربنات کلسیم ($CaCO_3$)، بی کربنات ها (HCO_3^-) و کربنات‌ها (CO_3^{--}) را در دو ایستگاه مورد مطالعه نشان داد (جدول ۱)، همچنین پارامترهای درجه حرارت، کدورت آب، نیتریت، نیترات و فسفات آب در دو ایستگاه تفاوت معنی

4. Generalised Procrustes Analysis
5. Independent sample t-test

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1393.4.1.3.7]

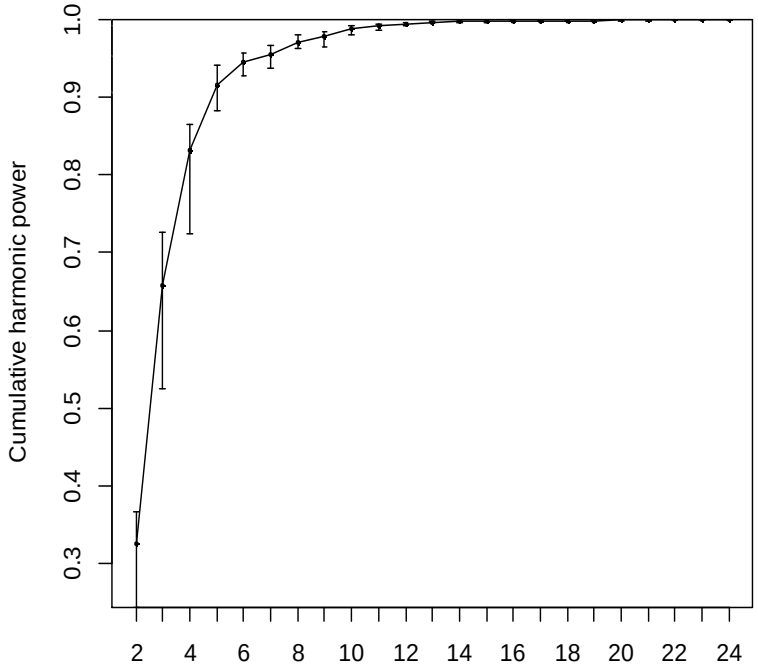
داری را نشان ندادند (جدول ۱). بنابر نتایج بالا می‌توان چنین اذعان نمود که شرایط محیطی دو ایستگاه مورد مطالعه از نظر برخی پارامترها با هم متفاوت بوده است.

نتایج حاصل از آنالیز ریخت سنجی هندسی، تفاوت شکل بدن بین این دو گروه را اثبات کرد. به این معنی که شکل بدن در نمونه‌های دو ایستگاه به طور معنی داری متفاوت بودند ($P<0.001$). همچنین آنالیز PCA توانست دو گروه مورد مطالعه را از نظر شکل بدن کاملاً از یکدیگر متمایز نماید. نتایج در چهار ماه مطالعه این تفاوت را نشان داد (شکل۴). نتایج آزمون MANOVA بر روی ۹ هارمونیک اول مستخرج از outline ها نشان داد که اختلاف معنی داری بین شکل نمونه‌های دو ایستگاه در ماه‌های نمونه برداری شده وجود دارد (جدول ۲).

جدول ۱. مقادیر متوسط (میانگین ± انحراف معیار) پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب ایستگاه‌های مورد مطالعه در ماه‌های مختلف

پارامترهای فیزیکو شیمیایی	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	t	P
pH	۷/۲۸ ± ۰/۳۰	۶/۹۳ ± ۰/۰۴	۳/۹۷۴	۰/۰۰۲
Tempearture (°C)	۱۲/۳۵ ± ۴/۸۱	۱۲/۷۹ ± ۴/۲۳	-۰/۲۳۴	۰/۸۱
TDS (ppm)	۱۸۰/۸۳ ± ۵/۲۳	۲۰۵/۸۳ ± ۱۸/۶۹	-۴/۴۶۱	۰/۰۰۱
EC (µS)	۳۵۲/۸۳ ± ۹/۹۱	۴۰۰/۷۵ ± ۳۲/۵۳	-۴/۸۸۰	۰/۰۰۲
Turbidity (FTU)	۱۳/۱۶ ± ۱۷/۲۹	۷ ± ۷/۵۵	۱/۱۳۲	۰/۲۶
NO_2	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۲	۰/۰۰۶ ± ۰/۰۰۶	۰/۴۳۲	۰/۶۷
NO_3^-	۱/۰۱ ± ۰/۴۵	۱/۶۳ ± ۱	-۱/۹۴۲	۰/۰۶۵
PO_4^{---}	۰/۰۷ ± ۰/۰۵	۰/۰۷ ± ۰/۰۵	-۰/۳۴۹	۰/۷۳
NH_3	۰/۰۹ ± ۰/۱۱	۰/۲۶ ± ۰/۲۹	-۱/۹۰۵	۰/۰۷
NH_4^+	۰/۱ ± ۰/۱۱	۰/۲۸ ± ۰/۳۰	-۱/۹۲۹	۰/۰۶
$CaCO_3$	۱۶۶/۶۶ ± ۳۲/۲۸	۱۹۸/۳۳ ± ۸/۸۷	-۳/۲۷۶	۰/۰۰۳
HCO_3^-	۲۰۳/۷۵ ± ۳۹/۴۹	۲۴۱/۶۶ ± ۱۱/۱۴	-۳/۲۰۱	۰/۰۰۴
CO_3^{--}	۱۰۰ ± ۱۸/۸۲	۱۱۸/۷۵ ± ۴/۸۲	-۳/۳۴۱	۰/۰۰۳

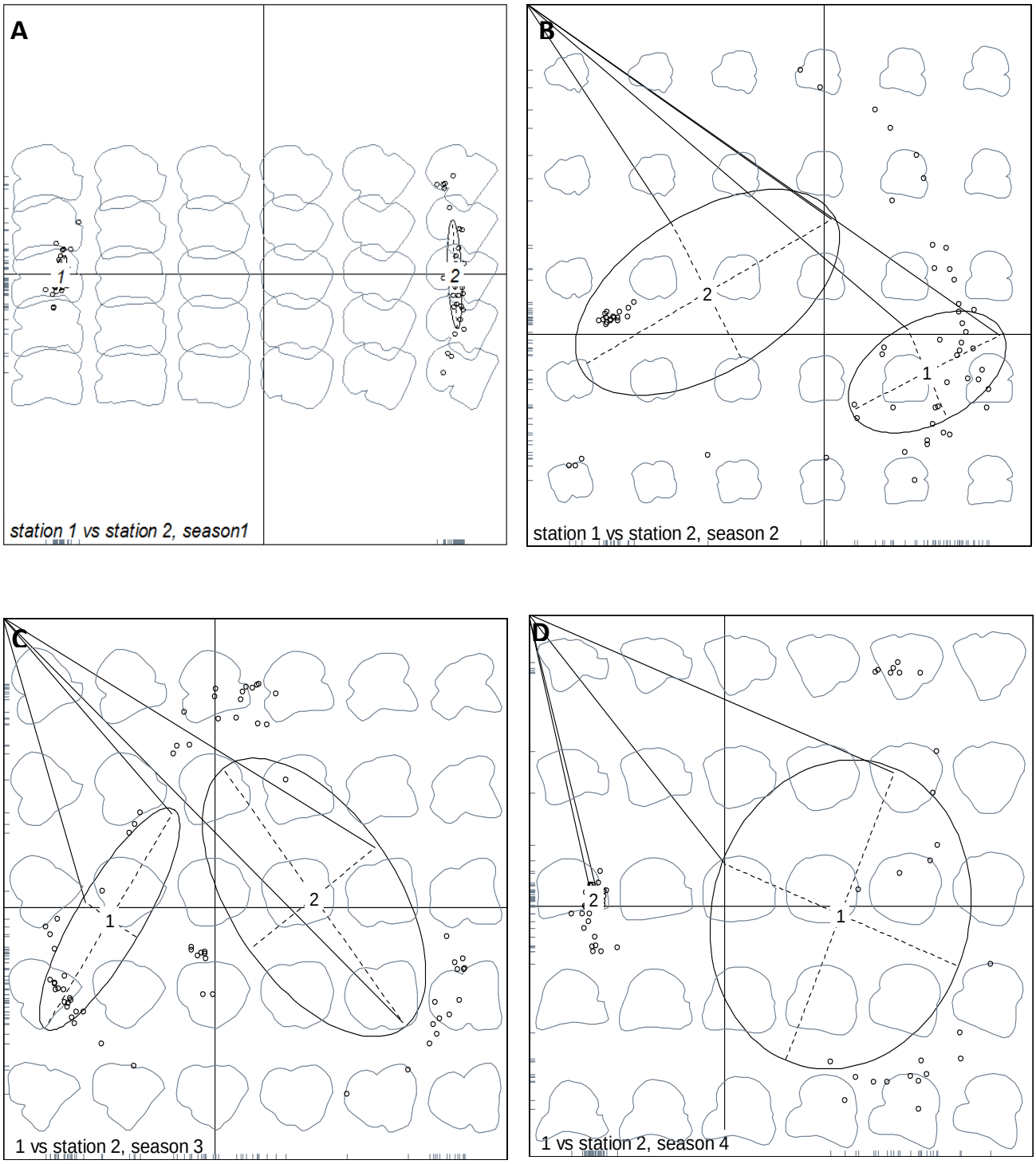
* درجه آزادی کلیه آزمون ها ۲۲ بود.



شکل۳. قدرت تجمعی لندمارک که برای تعیین تعداد هارمونیک برای ماه اسفند استفاده گردید

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1393.4.1.3.7]



شکل ۴. پراکنش امتیازهای حاصل از PCA برای نمونه‌های ایستگاه‌های ۱ و ۲ در اسفند (A)، فروردین (B)، اردیبهشت (C) و خرداد (D).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1393.4.1.3.7]

جدول ۲. آنالیز MANOVA بین دو ایستگاه برای تعیین اختلاف معنی دار در ۹ هارمونیک اول Outline نمونه ها

ماه		df	Hotelling-Lawley	approx_F	num_Df	den_Df	Pr (>F)
اسفند	اثر ایستگاه‌ها	1	276209	4932.3	56	1	0.01131
	باقیمانده			56			
فروردین	اثر ایستگاه‌ها	1	1535.2	76.762	60	3	0.002055
	باقیمانده			62			
اردیبهشت	اثر ایستگاه‌ها	1	3865.6	181.2	64	3	0.0005702
	باقیمانده			66			
خرداد	اثر ایستگاه‌ها	1	36684	611.39	60	1	0.03213
	باقیمانده			60			

بحث

نتایج بررسی حاضر نشان داد که شکل قسمت‌های ارزیابی شده بدن جمعیت‌های مطالعه شده تغییر یافته است و این امر، جدایی ریختی وابسته به زیستگاه را در جمعیت‌های بنتوز رودخانه خیرودکنار آشکار می سازد. در بسیاری از مطالعات نیز سازگاری به زیستگاه‌های متفاوت دلیل تفاوت شکل بدن بیان شده است (Robinson and Wilson, 1994; Hendry *et al*., 2002; McGuigan *et al*., 2003; Haas *et al*., 2011; Nacua *et al*., 2010; Langerhans *et al*., 2010).

طبق پژوهش نوربخش در سال ۱۳۹۰ بر روی رودخانه خیررودکنار مشخص شد که خانواده Caenidae در مناطق بالادست روستای نجارده وجود ندارند و به سمت پایین رودخانه بر تعداد آنها افزوده می‌شود. همچنین این پژوهش با استفاده از آنالیز RAD[6] مشخص نمود که خانواده Caenidae با خانواده شیرونومیده، فاکتورهای محیطی EC، TDS، دما و تعداد باکتری‌های آب و رسوبات رابطه مستقیم دارند، و با pH و نیترات رابطه معکوس دارند. در رودخانه کن نیز همین رابطه به اثبات رسیده بود (نوربخش سامانی، ۱۳۹۰). همانطور که بارها در منابع مختلف از جمله (Giller and Malmqvist, 1998) ذکر شده است شیرونومیده از گونه‌های مقاوم به آلودگی بوده و سازگاری‌های مختلف سبب تحمل زیستی آنها شده است، وجود رابطه مستقیم فراوانی آنها با خانواده Caenidae نیز می‌تواند تأیید کند که این خانواده نیز از گونه های مقاوم یکروزه‌ها (Ephemeroptera) می‌باشد. هرچند بعضی از منابع نیز این موضوع را مستقلاً خود گزارش داده‌اند (Giller and Malmqvist, 1998; Taylor and Kennedy, 2006).

با توجه به تفاوت‌های ویژگی محیطی رودخانه می‌توان دلیل اصلی تفاوت‌های ریختی را به دلیل سازگاری‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی با شرایط زیستگاهی متفاوت دانست. مطالعه نوربخش سامانی در سال ۱۳۹۰ نشان می‌دهد که بعضی از خانواده‌های راسته Ephemeroptera مانند Caenidae که شاخص آب‌های راکد و تمیز می‌باشند، هم در شرایط آلوده و هم در شرایط غیرآلوده وجود داشته اند و دلیل خود را برای این موضوع سازگار شدن با شرایط آلودگی و بالا رفتن قدرت تحمل‌شان بیان می‌کند.

ایستگاه اول این پژوهش در بالا دست رودخانه و در پایین منطقه جنگلی در نظر گرفته شد، تعداد باکتری‌های کمتری در این منطقه گزارش شده اند و نیز بار آلودگی آن بسیار پایین بود (نوربخش سامانی، ۱۳۹۰). ایستگاه دوم این مطالعه جنب روستای نجارده قرار داشت و فاضلاب های خانگی، کشاورزی و حیوانی به این ایستگاه وارد می‌شد، همچنین مطالعه (نوربخش سامانی،

6. redundancy

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1393.4.1.3.7]

۱۳۹۰) نیز گزارش داده بود که بیش‌ترین تعداد باکتری و بیش‌ترین آلودگی باکتریایی در این ایستگاه وجود دارد، و نیز در این ایستگاه کم‌ترین میزان تنوع گونه‌ای وجود داشت. در پژوهش حاضر نیز در ایستگاه ۲ نسبت به ایستگاه ۱ شیرونومیده نسبت به راسته یکروزه‌ها افزایش غیرمتعارفی داشت به طوری که سنجه ساختار جمعیتی EPT/CHIR در ایستگاه ۱ برابر ۵/۸ و در ایستگاه ۲ نیز ۱/۵ محاسبه شد، که این موضوع خود آلوده بودن ایستگاه دوم و استرس محیطی آن را اثبات می‌کند (Barbour *et al*., 1999). بنابراین می‌توان عنوان کرد که گونه‌های دو ایستگاه کاملاً متفاوت، از نظر فاکتورهای محیطی و آلودگی مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین سرعت جریان آب از عوامل مهم سازگاری ریختی موجودات بنتیک می‌باشد، جریان آب طیف وسیعی از سازگاری‌های حشرات را به منظور کم کردن احتمال از جا کنده شدن فیزیکی و نیز بهره مند شدن از مزایای جریان آب به کار می‌گیرد (Statzner, 2008). عریض کردن و مسطح نمودن بدن برای قرارگیری در زیر سنگ‌ها و مقاومت در برابر جریان آب از مثال‌های آن می‌باشد (Huryn *et al*., 2008). در مطالعه حاضر سرعت جریان در ایستگاه ۱ نسبت به ایستگاه ۲ کمتر بود.

به طور کلی تفاوت‌های شکلی *Caenis latipennis* مشاهده شده در هر دو ایستگاه را می‌توان به این گونه بیان کرد: در ایستگاهی که آلودگی محیطی به وفور قابل مشاهده بود، قسمت Pronotum این گونه کم عرض تر مشاهده شد که دلیل آن را می‌توان کاهش سطح جهت کاهش دریافت آلودگی توسط ساختارهای حساس واقع شده در این ناحیه توجیه کرد، همچنین سر موجود (Head) در این ایستگاه عریض‌تر شده بود. با توجه به وجود ساختارهای درشت تر در بستر ایستگاه ۲ به نسبت ایستگاه ۱، نمونه‌های واقع در این ایستگاه از فضای زیستی بیشتری بهره‌مند بوده و سر آنها رشد بیشتری دارد. این فضای زیستی وسیع به خاطر کوچکتر بودن ساختارهای بستر ایستگاه ۱ وجود نداشته و با کاهش میزان لایه‌ی آب مرده در زیر سنگ‌های بستر موجودات این ناحیه باید ساختارهای کوچکتری داشته باشند تا توانایی زیستن در این بستر را به دست آورند. بنابراین ناحیه سر عریض‌تر، این امکان را برای افزایش اصطکاک با سوبسترا و حفظ موقعیت موجود به وجود آورده بود. در ایستگاه دوم که آلودگی به مراتب بیشتر مشاهده شد، شدت جریان آب نیز بیشتر از ایستگاه دیگر بود. بنابراین می‌توان عریض شدن سر بنتوز را نوعی انعطاف پذیری ریختی برای جلوگیری از شسته شدن توسط آب برشمرد. این ویژگی در یک‌روزه هایی نظیر Heptagemidae، Caenidae، Perlidae گزارش شده است (Huryn *et al*., 2008)، به طوری که بیان می‌کند چرخه زندگی طولانی مدت این حشرات در مرحله پوره ای باعث اختصاصی شدن بعضی از این سازگاری های مورفولوژیکی می‌شود. حشرات بالغ یکروزه ها عمر کوتاهی دارند اما پوره ها (Nymph) با ۲ تا ۳ سال عمر آنرا جبران نموده اند و در این مدت طولانی تا ۲۷ بار پوست اندازی می‌کنند (Taylor and Kennedy, 2006; Giller and Malmqvist, 1998). تغییر ریختی دیگر به این صورت قابل مشاهده بود که چشم‌های موجود در منطقه آلوده نسبت به منطقه تمیز بیرون زدگی کمتری داشت، که می‌توان دلیل آن را کاهش سطح تماس با آلودگی در منطقه تمیز رودخانه دانست. از آنجا که نمونه های هردو ایستگاه به طور تصادفی شامل هردو جنس نر و ماده بود تفاوت های داده ها را نمی توان ناشی از تفاوت های بین دو جنس قلمداد کرد.

به طور کلی تاکنون هیچ گونه مطالعه قابل استنادی در مورد تغییرات ریختی حشرات آبزی در برابر شرایط محیطی مختلف صورت نگرفته است، بیشتر مطالعات بر پایه تغییرات و سازگاری‌های رفتاری در برابر این شرایط متغیر بوده است. تنها یافته محققان در این زمینه، پذیرفتن تغییرات فنوتیپی در حشراتی است که در معرض تنش‌های خشکی قرار گرفته بودند، این یافته عنوان می‌دارد که وقتی حشرات آبزی در برابر رژیم‌های تنش خشکی قرار گرفتند، انعطاف پذیری ریختی در آنها مشاهده شد (Harrison *et al*., 2008). اما این مطالعات در موجودات دیگر مانند صدف و روزن داران (Márquez *et al*., 2010; Pati and Dadikyan, 1973; Booke, 1981; Wooton, 1991; Patra, 2012) و به خصوص در ماهیان پیشرفت چشمگیری داشته است (Helland *et al*., 2009; Lopez-Romero *et al*., 2012).

به طور کلی از روش ریخت سنجی هندسی (خط سیر پیرامونی و یا لندمارک) حتی می‌توان برای اهدافی همچون شناسایی گونه نیز استفاده نمود (Demandt and Bergek, 2009). اختلاف مورفولوژی یک منبع گران‌بها از اطلاعات در مورد فرآیندهای مهم پویایی در سیستم‌های اکولوژیکی می‌باشد (Farre *et al*., 2013). در ضمن شکل موجود به شدت با طبقه‌بندی تاکسونومیکی آن در ارتباط است و تاکسونومی می‌تواند به عنوان نماینده‌ای برای پیوستگی فیلوژنتیک استفاده شود (Zelditch *et al*., 2012).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1393.4.1.3.7]

محققان تاکید می‌کنند که علاوه بر اهمیت مطالعات تنوع مورفولوژیکی به عنوان یک رویکرد برای تمایز ذخایر فنوتیپی، تنوع فنوتیپی جمعیت نشان دهنده تاریخچه تکاملی خود می‌باشد. فشارهای مختلف انتخابی می‌تواند موجب حفظ فنوتیپ‌های مختلف شود و آنالیزهای مورفولوژیکی نیز برای نشان دادن این تفاوت‌های تطبیقی مفید هستند (Cadrin, 2000). گونه های مختلف حشرات آبزی اغلب دارای سازگاری مورفولوژیکی و رفتاری هستند که منحصر به زیستگاه زندگی شان بوده و بنابراین منعکس کننده شکل پذیری فنوتیپی قابل توجهی از حشرات می‌باشد (Ward, 1992).

Bhattacharya و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که تنوع گونه‌ای و فراوانی شیرونومیده‌ها در مناطق آلوده صنعتی نسبت به مناطق مرجع که آلودگی ندارند بسیار کمتر می‌باشد. آنها همچنین نشان دادند که میزان بدشکلی در شیرونومیده ها و لاروهای حاصل از آنها در مناطق آلوده بسیار بیشتر از مناطق غیر آلوده می‌باشد و این بدشکلی با افزایش غلظت فلزات سنگین همبستگی مثبت داشت.

مطالعه ریخت سنجی هندسی با کاربرد روش خط سیر پیرامونی در گونه‌های مربوط به جنس *Erodiontes* از خانواده Tenebrionidae که از سوسکها (دوبالان) می‌باشند نشان داد که فاکتورهای محیطی نظیر دما و تغذیه باعث ایجاد تفاوت مشخص در اندازه pronotum دو گونه *E.pfaundleri* و *E.aelleni* شده است (Taravati *et al*., 2009). این مطالعه نیز نتایج تحقیق حاضر را تایید می‌کند.

مطالعه تنوع فنوتیپی با استفاده از روش مطالعه حاضر (خط سیر پیرامونی) در بین جمعیت‌های مگس شنی فلبوتوموس از خانواده Psychodidae و راسته Diptera در سه رشته کوه مهم جنوب ترکیه نشان داد که هیچ تفاوت آماری مهمی در مورفولوژی بال در همه گونه های مورد بررسی و در هر دو جنس افراد محلی یافت نشده است، این نتایج نشان می دهد که موانع برای متوقف کردن رانش ژنی میان پشه محلی کافی نبوده است (Aytekin, 2007).

تفاوت های مشاهده شده در دو ایستگاه مورد مطالعه علاوه بر آلودگی و شدت جریان آب، ممکن است که تحت تاثیر دسترسی به مواد غذایی نیز باشد (Johnson, 1987)، به طور کلی این گروه از ماکروبنتوزها در گروه تغذیه‌ای gathering collectors قرار می‌گیرند (Taylor and Kennedy, 2006). با توجه به اینکه تفاوت های شکلی تحت تاثیر عوامل مختلفی می‌باشد لذا به نظر می‌رسد مطالعه در مورد سایر جنبه های زیست شناسی این موجودات از جمله روابط شکار و شکارگری، استرس های محیطی، آلاینده ها و غیره می‌تواند در درک بهتر علل و عوامل موثر بر تفاوت های شکلی مفید باشد. در مجموع می‌توان گفت نتیجه این پژوهش می‌تواند سرآغازی برای مطالعات بیشتر در محدوده های زمانی و مکانی گسترده‌تر، چرایی و چگونگی این تغییرات و همچنین مطالعات جامع و دقیقی در مورد سازگاری‌های مختلف این حشرات آبزی در یک بخش بزرگ باشد.

منابـع

دژکام، س. ۱۳۸۹. شناسایی بی‌مهرگان آبزی رودخانه خیررودکنار. پایان نامه کارشناسی. دانشگاه تهران. دانشکده منابع طبیعی. گروه شیلات. ۴۳ص.

نوربخش سامانی، ن. ۱۳۹۰. بررسی رابطه بین شاخص‌های زیستی بی‌مهرگان آبزی ماکروبنتیک و شاخص‌های بهداشتی باکتریولوژیک رودخانه‌ها. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. دانشکده منابع طبیعی. گروه شیلات. ۷۰ ص.

Aytekin, A.M., Alten, B., Caglar, S.S., Ozbel, Y., Kaynas, S., Simsek, F.M., Belen, A. 2007. Phenotypic variation among local populations of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in southern Turkey. Journal of Vector Ecology. 32(2): 226-234.

Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers. USEPA, Washington. 408 p.

Bhattacharya, G., Sadhu, A.K., Mazumdar, A., Majumdar, U., and Chaudhuri, P.K. 2006. Assessment of impact of heavy metals on the communities and morphological deformities of chironomidae larvae in the river Damodar (India, West Bengal). Acta Hydrobiologica (Cracow). 8: 21-32.

Booke, H.E. 1981. The conundrum of the stock concept-Are nature and nurture definable in fishery science?. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 38: 1479-1480.

Bookstein, F.L. 1997. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge University Press. 435 p.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1393.4.1.3.7]

Cadrin, S.X. 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks.Reviews in Fish Biology and Fisheries. 10(1): 91-112.
Clifford, H.F. 1991. Aquatic invertebrates of Alberta: An illustrated guide. University of Alberta. 538 p.
Costa, C., Cataudella, S. 2007. Relationship between shape and trophic ecology of selected species of Sparids of the Caprolace coastal lagoon (Central Tyrrhenian sea). Environmtal Biology of Fish. 78: 115-123.
Dadikyan, M.G. 1973. Variability of the Armenian riffle minnow (*Alburnoides bipunctatus* eichwaldi (Filippi)) in relation to the altitude at which it occurs. Journal of Ichthyology. 13: 68-78.
Demandt, M.H., Bergek, S. 2009. Identification of cyprinid hybrids by using geometric morphometrics and microsatellites. Journal of Applied Ichthyology. 25(6): 695-701.
Dwivedi, A.K., Dubey, V.K. 2013. Advancements in morphometric differentiation: a review on stock identification among fish populations. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 23(1): 23-39.
Farre, M., Tuest, V.M., Maynou, F., Recasens, L., Lombarte, A. 2013. Geometric morphology as an alternative for measuring the diversity of fish assemblages. Ecological Indicators. 159-166.
Galbrand, C., Lemieux, I.G., Ghaly, A.E., Côté, R., Verma, M. 2007. Assessment of constructed wetland biological integrity using aquatic macroinvertebrates. Online Journal of Biological Sciences. 7(2): 52-65.
Gerber, A., Gabriel, M.J.M. 2002. Aquatic Invertebrates of South African Rivers Field Guide. 149 p.
Giller, P.S., Malmqvist, B. 1998. The biology of streams and rivers. Oxford University Press. 296 p.
Grebmeier, J.M., McRoy, C.P., Feder, H.M. 1988. Pelagic-benthic coupling on the shelf of the northern Bering and Chukchi seas. 1. Food supply source and benthic biomass. Marine ecology progress series. Oldendorf, 48(1): 57-67.
Guill, J.M., Hood, C.S., Heins, D.C. 2003. Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). Ecology of Freshwater Fish. 12: 134–140.
Haas, T.C., Blum M.J., Heins, D.C. 2011. Morphological responses of a stream fish to water impoundment. Biology Letter. 6: 803-806.
Harrison, S.S., Dobson, M., Lancaster, J., Briers, R.A. 2008. Evolutionary drivers and the ecological traits of adult aquatic insects. In Aquatic Insects: Challenges to Populations: Proceedings of the Royal Entomological Society's 24th Symposium. 250 pp.
Helland, I.P., Vøllestad, L.A., Freyhof, J., Mehner, T. 2009. Morphological differences between two ecologically similar sympatric fishes. Journal of Fish Biology. 75(10): 2756-2767.
Hendry, A.P., Taylor, E.B., McPhail, J. D. 2002 Adaptive divergence and the balance between selection and gene flow: lake and stream stickleback in the misty system. Evolution. 56: 1199-1216.
Huryn, A.D., Wallace, J.B., Anderson, N.H. 2008. Habitat, life history, secondary production, and behavioral adaptations of aquatic insects. An introduction to the aquatic insects of North America. 4th edition. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, 55-103.
Johnson, R.K. 1987. Seasonal variation in diet of *chironomus plumosus* (L) and *C. anthracinus* (Zett) (Diptera: Chironomidae) in mesotrophic Lake Erken. Freshwater Biological. 17: 525-535.
Klingenberg, C.P. 1998. Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society. 73(01): 79-123.
Langerhans, R.B., Reznick, D.N. 2010. Ecology and evolution of swimming performance in fishes: predicting evolution with biomechanics. In: Fish locomotion: an ecoethological perspective (eds. Domenici, P. and Kapoor, B.G.). Science Publishers Inc, Enfield. 200-248 p.
Lopez-Romero, F., Zuniga, G., Martínez-Jeronimo, F. 2012. Asymmetric patterns in the cranial skeleton of zebrafish (*Danio rerio*) exposed to sodium pentachlorophenate at different embryonic developmental stages.Ecotoxicology and environmental safety. 84: 25-31.
Márquez, F., Robledo, J., Peñaloza, G.E., Van der Molen, S. 2010. Use of different geometric morphometrics tools for the discrimination of phenotypic stocks of the striped clam *Ameghinomya antiqua* (Veneridae) in north Patagonia, Argentina. Fisheries Research. 101(1): 127-131.
McGuigan, K., Franklin, C.E., Moritz, C., Blows, M.W. 2003. Adaptation of rainbow fish to lake and stream habitats. Evolution. 57: 104-118.
Miyazaki, R., Lehmkuhl, D.M. 2011. Insects of the Saskatchewan River System in Saskatchewan. 119-157 pp.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1393.4.1.3.7]

Muniz, P., Venturini, N., Pires-Vanin, A., Tommasi, L. R., Borja, A. 2005. Testing the applicability of Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the America Atlantic region. Marine Pollution Bulletin. 50: 624-637.

Nacua, S.S., Dorado, E.L., Torres, M.A.J., Demayo, C.G. 2010. Body shape variation between two populations of the white goby, *Glossogobius giuris*. Research Journal of Fisheries and Hydrobiology. 5: 44-51.

Ostrand, K.G., Wilde, G.R., Strauss, R.E., Young, R.R. 2001. Sexual dimorphism in *plains minnow*, Hybognathus placitus. Copeia. 2001(2): 563-565.

Pati, P., Patra, P.K. 2012. Benthic foraminiferal responses to coastal pollution: a review. International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences. 2: 42-56.

Robinson, B.W., Wilson, D.S. 1994. Character release and displacement in fishes: a neglected literature. American Nature. 144: 596–627.

Rohlf, F.J., Marcus L.F. 1993. A revolution in morphometrics. Trends in Ecology and Evolution. 8: 129-132.

Statzner, B. 2008. How views about flow adaptations of benthic stream invertebrates changed over the last century. International Review of Hydrobiology. 93(4-5): 593-605.

Taravati, S., Darvish, J., Mirshamsi, O. 2009. Geometric morphometric study of two species of the psammophilous genus Erodiontes (Coleoptera: Tenebrionidae) from the Lute desert, Central Iran. Iranian Journal of Animal Biosystematics. 5: 81-89.

Taylor, J.M., Kennedy, J.H. 2006. Life history and secondary production of *Caenis latipennis* (Ephemeroptera: Caenidae) in Honey Creek, Oklahoma. Annals of the Entomological Society of America. 99(5): 821-830.

Thorp, J.H., Rogers, D.C. (Eds.). 2010. Field Guide to Freshwater Invertebrates of North America: Access Online via Elsevier. 274 p.

Ward, J.V. 1992. Aquatic insect ecology. 1. Ecology and habitat. John Wiley & Sons, Inc. 438 p.

Wooton, R.J. 1991. Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall Ltd., London. 386 p.

Zelditch, M.L., Swiderski, D.L., Sheets, H.D. 2012. Geometric morphometrics for biologists: a primer. Academic Press. 488 p.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1393.4.1.3.7]