مجله بوم شناسی آبزیان

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

تأثیر برخی فاکتورهای فیزیکی زیستگاه بر ریخت‌شناسی *Baetis vernus* در طول رودخانه کرج

هانیه صوفی[۱]، جواد رمضانی[۳،۱*]، محمدرضا رحمانی[۳،۱]، مهنا علیجانی گنجارودی[۱]، باقر نظامی بلوچی[۳،۲]

[۱] گروه محیط زیست دریایی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، البرز

[۲] گروه محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، البرز

[۳] گروه تنوع زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۹/۱۱/۱۱
اصلاح: ۱۴۰۰/۰۲/۱۳
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷

کلمات کلیدی:
اکوسیستم
تفاوت ریختی
Baetidae
Ephemeroptera

چکیده

عوامل محیطی به‌عنوان نیرویی قدرتمند در شکل‌دهی ریخت موجودات اثر می‌گذارند. هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر برخی فاکتورهای فیزیکی زیستگاه بر تغییرات ریختی *Baetis vernus* در امتداد رودخانه کرج می‌باشد. نمونه‌برداری در دو فصل پاییز (۱۳۹۷) و بهار (۱۳۹۸) توسط کیک‌نت با چشمه تور ۵۰۰ میکرون در ۱۰ ایستگاه (سه تکرار)، با ثبت ۱۱ متغیر محیطی انجام گرفت. شناسایی گونه با تفکیک جنسیت (نر و ماده) انجام شد. ۴۲ ویژگی ریختی بر روی ۳۰ نمونه (نر و ماده) در هر ایستگاه با استفاده از گراتیکول اندازه‌گیری شد. پس از انجام آنالیزهای آماری بر روی داده‌ها، نتایج نشان داد تغییرات فاکتورهای محیطی دما (پاییز)، عمق (بهار) و ارتفاع (پاییز و بهار) اختلاف معنی‌دار داشتند ($p<۰/۰۵$). همچنین مؤثرترین متغیرهای محیطی بر الگوی تغییرات ریختی، دما، عرض و دبی در فصل پاییز و دما، سرعت جریان آب، دبی، شوری و EC در فصل بهار بودند. به نظر می‌رسد نوسانات این فاکتورهای محیطی با تأثیر بر شرایط زیستگاه عامل تغییرات ریختی گونه *Baetis vernus* (تغییرات صفات حرکتی و غیرحرکتی با تغییر شرایط زیستگاه) در طول رودخانه کرج باشد. تحلیل‌ها در خصوص دوریختی جنسی گونه *Baetis vernus* نشان داد صفات بین دو جنس نر و ماده تفاوت نداشتند.

مقدمــه

حشرات آبزی دارای پنج راسته می‌باشند (Ward, 1992). لارو این حشرات حدود یک تا سه سال در آب زندگی می‌کنند و در این دوره بیش از ۲۰ تا ۲۵ بار پوست‌اندازی می‌کنند (Ghaly and Alkoaik, 2009; Mohammadian, 2005). لارو حشرات در تأمین غذای ماهی‌ها و آبزیان (Solanki and Shukla, 2017)، جابه‌جایی و چرخش مواد غذایی در اکوسیستم آبی و تبدیل مواد آلی به مواد معدنی (Shokat *et al*., 2010; Mohammadi Roozbahani *et al*., 2010)، انتقال عوامل بیماری‌زا (Dehghani *et al*., 2005) پایش سلامت یک اکوسیستم و درک وضعیت بوم‌شناختی اکوسیستم معین و سنجش نحوه پاسخگویی آن اکوسیستم به استرس (Abowei and Ukoroije, 2012) نقش اساسی دارند. از آنجا که حشرات آبزی در مراحل

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: jramezani@gmail.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

لاروی تحرک ندارند نسبت به تغییرات کیفیت آب و رسوبات واکنش نشان می‌دهند و مطالعه آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است (Dehghan Madiseh *et al*., 2012).

مطالعات ریخت‌شناسی نقش مهمی در مطالعات زیستی دارد. برخی از فرآیندهای زیستی (بیماری، نمو، سازگاری به فاکتورهای محیطی و جغرافیایی و غیره) سبب ایجاد گروه‌های متفاوت شکلی و یا گوناگونی‌های تکاملی طولانی‌مدت می‌شود. شکل بدن یکی از عواملی است که مستقیماً بر صفات مهمی از قبیل بهره‌وری تغذیه، عملکرد حرکتی، آسیب‌پذیری در مقابل شکارچیان و موفقیت تولیدمثل اثر می‌گذارد (Wood and Bain, 1995; Page and Swofford, 1984; Page, 1983). آنالیز شکل بدن یک نگرش برای فهم علل گوناگون تغییرات، تنوع و تغییرات ریختی است. درک فرایندهای منجر به تکامل صرفاً با یافتن روابط ریخت‌شناسی و شرایط بوم‌شناختی که منجر به سازش می‌شود، امکان‌پذیر است (Siemers and Schnitzler, 2004).

تفاوت‌های ریختی می‌تواند نتیجه عوامل ژنتیکی، محیطی یا اثرات متقابل هر دو باشد (Wootton, 1990; Cadrin, 2000; Garcia *et al*., 1994). با توجه به رابطه میان اندازه بدن موجودات آبزی با محیط فیزیکی اطراف آن‌ها، با تعیین این ویژگی می‌توان اطلاعاتی در خصوص الگوهای فراوانی و تنوع، تعامل در شبکه‌های غذایی و تأثیر شکار کسب کرد (Edmunds and Waltz, 1996). سازگاری ریختی حشرات آبزی با محیط به این صورت است که گروهی که در شن‌های بستر زندگی می‌کنند بدنی باریک داشته و آبشش‌ها در پشت قرار دارند؛ درحالی‌که حشرات آبزی متعلق به جویبارها، بدن پهن و پاهای چسبنده دارند (Mohammadian, 2005). ارتفاع نیز یک عامل محیطی مؤثر در ریخت‌شناسی می‌باشد. افراد موجود در ارتفاعات بالا معمولاً بدن باریک‌تری نسبت به افراد ارتفاعات پایین دارند (Shuai *et al*., 2017).

از نظر ریخت‌شناسی بین دو جنس نر و ماده در گونه‌های حشرات آبزی (مثل خانواده Carabidae) تفاوت وجود دارد. به‌عنوان مثال در گونه *Ceroglossus chilensis* ناحیه شکمی در ماده‌ها (به دلیل وجود تخم)، شکل پرونوتوم در نرها (Benítez, 2013) و گونه *Rhagophthalmus ohbai* چشم‌های جنس نر و ماده به لحاظ ریختی متفاوت هستند (Lau and Meyer-Rochow, 2006).

گونه *Baetis vernus* از خانواده Baetidae در آب‌های جاری زندگی می‌کند و نسبت به آلودگی حساس است (Johnson, 2009). این گونه در رودخانه مهم و حفاظت شده کرج شناسایی شده است. رودخانه کرج، جزو رودخانه‌های دائمی می‌باشد که ۲۲/۳درصد حوزه آن به شاخه‌های فرعی تعلق دارد. رژیم کلی این رودخانه برفی– بارانی است. رودخانه کرج ضمن تأمین آب شرب نواحی اطراف، تعدیل آب و هوا و ایجاد مناطق گردشگری، دارای گونه‌های متعدد آبزیان مثل گونه منحصر به فرد قزل‌آلای خال قرمز می‌باشد. حفاظت از این رودخانه به دلیل کارکردهای مهم آن ضروری می‌باشد (Khatami *et al*., 2007). در این رودخانه تغییر در فاکتورهای محیطی نظیر سرعت جریان و عمق آب (به دلیل وجود سد امیرکبیر) از یک‌سو و از سوی دیگر ورود پساب‌های اماکن تفریحی، سبب تغییر در کیفیت آب (Shokripour and Ashja Ardalan, 2017) و در نهایت ریخت موجودات می‌شود (Haas *et al*., 2011; Langerhans and Reznick, 2010; Nacua *et al*., 2010; Dahl and Peckarsky, 2003; Shahbazi Naserabad *et al*., 2014). تغییرات در فاکتورهای محیطی (آلودگی‌های انسانی و تغییرات طبیعی) می‌تواند سبب تغییر در چرخه زندگی شود (Jarjees and Merritt, 2002). در چرخه زندگی *Baetis vernus* لاروها همانند لاروهای گونه‌های دیگر این راسته پس از پوست‌اندازی‌های متعدد، طی دو تا سه سال با تشکیل بال بالغ می‌شوند و قبل از زمان بلوغ لاروی که آماده بالغ شدن می‌شود جثه بزرگ‌تری نسبت به گذشته خود دارد (Kaleka *et al*., 2019). با تغییر در جثه (افزایش زودهنگام جثه) در چرخه زندگی و زمان بلوغ تغییر ایجاد می‌شود. از طرفی بلوغ لارو حشرات آبزی (به‌عنوان غذای آبزیان) با بلوغ گونه‌های شکارچی ارتباط دارد (Dahl and Peckarsky, 2003). بررسی این تغییرات می‌تواند اهداف مدیریتی صحیح در راستای حفاظت از اکوسیستم (به خصوص در مورد گونه‌های آفت) را محقق سازد (Shahbazi Naserabad *et al*., 2014; Nacua *et al*., 2010). بنابراین این مطالعات برای درک وضعیت بوم‌شناختی رودخانه مهم کرج ضرورت دارد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

با وجود اهمیت بسیار زیاد لارو حشرات آبزی و سازش‌های ریخت‌شناسی آن‌ها، مطالعات محدودی در زمینه ویژگی‌های ریختی این موجودات صورت گرفته است و عمدتاً در خصوص تفاوت فنوتیپی در پاسخ به تنش خشکی و آلودگی (Shahbazi Naserabad *et al*., 2014) می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر تعدادی از فاکتورهای فیزیکی زیستگاه بر تغییرات ریختی گونه *Baetis vernus* در رودخانه کرج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

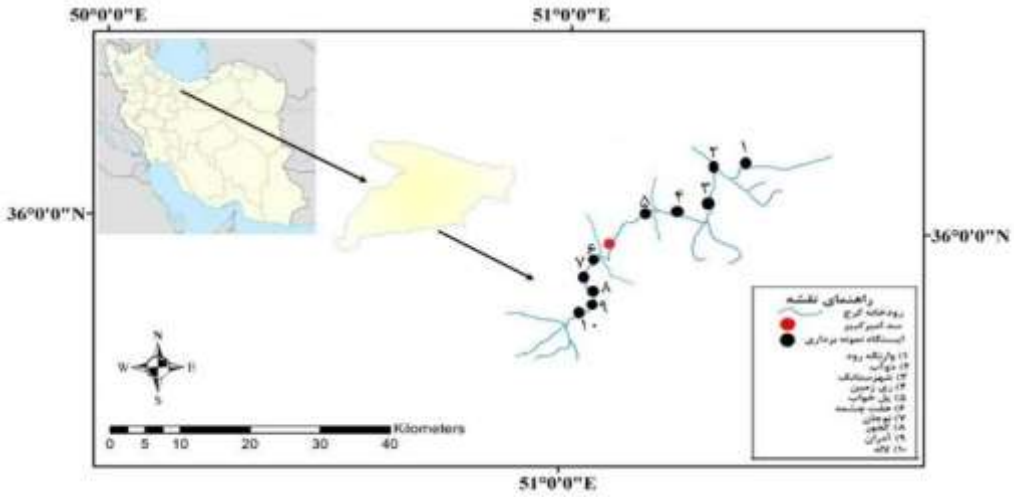
نمونه‌برداری از منطقه مورد مطالعه: رودخانه کرج در کوه‌های البرز بین ´۰۲ °۵۱ تا ´۳۵ °۵۱ شرقی و ´۰۲ °۳۵ تا ´۱۱ °۳۶ شمالی واقع شده است. این رودخانه با طول ۷۵ کیلومتر، در مسیر خود شاخه‌های متعددی دارد که شاخه‌های اصلی آن ولایت رود، شهرستانک، نشتارود، مورود و سیرا است (Khatami *et al*., 2007). نمونه‌برداری از رودخانه در ۱۰ ایستگاه با فاصله حدود ۶ کیلومتر (با ۳ تکرار در هر ایستگاه) در محدوده ۱۰ متری هر ایستگاه (که پوشش‌دهنده جریانات مختلف، بسترهای متفاوت و غیره بود) از بالادست به پایین‌دست رودخانه در پاییز ۱۳۹۷ و بهار ۱۳۹۸ انجام شد (شکل ۱). در تعیین ایستگاه‌های نمونه-برداری، عواملی از قبیل تغییرات شیب، سرعت جریان آب، امکان دسترسی به ایستگاه‌ها و تأثیر کاربری‌های اطراف (سد، رستوران‌ها و غیره) در نظر گرفته شد. فصل پاییز طبق تجربیات و مطالعات صورت گرفته (Bagheri Tavani and Jamalzadeh, 2015). بیشترین تنوع و نمونه را دارد و معمولاً گونه‌های موجود در فصول دیگر در این فصل وجود دارند. در فصل بهار برعکس فصل پاییز جمعیت جوامع کفزی محدود و کمترین میزان نمونه را دارد (Parvandi *et al*., 2016; Shokripour and Ashja Ardalan, 2017). لذا با مطالعه در این دو فصل به دلیل تفاوت جمعیت به خوبی می‌توان تأثیرات متغیرهای محیطی بر جوامع کفزی را بررسی نمود. تعداد ۱۱ فاکتور محیطی در دو فصل نمونه‌برداری (سه تکرار در هر ایستگاه)، اندازه‌گیری شد که شامل عرض رودخانه، عمق آب، ارتفاع، دمای آب، شوری، مقاومت، هدایت الکتریکی[۱]، میزان کل مواد جامد محلول[۲]، سرعت جریان، دبی و جنس بستر بود. عرض رودخانه در سه نقطه (ابتدا، انتها و وسط) از هر ایستگاه با متر اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان عرض رودخانه در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری سرعت جریان آب در هر ایستگاه از روش جسم شناور استفاده شد. دبی از حاصل‌ضرب سطح مقطع (عرض × عمق) در سرعت جریان آب در ضریب جنس بستر (ماسه‌ای و شنی ۰/۹ و قلوه‌سنگی و سخت ۰/۸) محاسبه گردید (Alizadeh, 2015). فاکتورهای دما، شوری، EC و TDS با استفاده از دستگاه Lovibond مدل Con 200 اندازه‌گیری شدند. جهت تعیین جنس بستر در یک کوادرات ۱ × ۱ متر (با چهار تکرار تصادفی) درصد ترکیبات بافت بستر (شن، قلوه سنگ و غیره) و با استفاده از رابطه (۱) تعیین گردید (Jowett and Richardson, 1990; Jowett *et al*., 2008). عدد نهایی بیان‌کننده اندازه ذرات بستر می‌باشد. با توجه به رابطه میان میزان اکسیژن محلول با اندازه ذرات بستر (Pazira *et al*., 2009) محاسبه جنس بستر به خصوص در مورد گونه‌های با مقاومت کم می‌تواند سازش با شرایط محیطی را به خوبی منعکس نماید. به دلیل اهمیت محاسبه این شاخص، با توجه به این که داده‌های بستر کیفی می‌باشد با استفاده از این رابطه از حالت کیفی به کمی تغییر می‌کنند و در آنالیزها به صورت کمی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

$$0.07 \times \%\text{boulder} + 0.06 \times \%\text{cobble} + 0.05 \times \%\text{gravel} + 0.04 + \%\text{fine gravel} + 0.03 \times \%\text{sand} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

نمونه‌برداری از کفزیان با استفاده از تور نمونه‌برداری D شکل کیک نت (D-shaped Kick net) با چشمه تور ۵۰۰ میکرون (سطح ۰/۰۵۲ مترمربع) انجام شد. در هر ایستگاه با قرار دادن تور نمونه‌برداری در خلاف جهت جریان آب و برهم زدن و اختلاط بستر با استفاده از پا به مدت ۳۰ ثانیه در ۱۰ نقطه با شدت جریان آب متفاوت به‌صورت تصادفی، نمونه‌برداری انجام شد (Stark *et al*., 2001). نمونه‌های جمع‌آوری شده در الکل ۹۶ درصد تثبیت و به ظروف پلاستیکی منتقل شدند.

[۱] EC
[۲] TDS

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در طول رودخانه کرج

فعالیت‌های آزمایشگاهی: پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه با استفاده از لوپ و الک دارای مش ۵۰۰ میکرون (۰/۵ میلی-متر) مراحل جداسازی و تفکیک بی‌مهرگان انجام و به ظروف مخصوص و متعلق به همان ایستگاه نمونه‌برداری حاوی الکل منتقل شد. در آزمایشگاه پس از شناسایی گونه *Baetis vernus* به کمک کلیدهای شناسایی (Burian *et al*., 2018; Gattolliat and Nieto, 2009) و با توجه به الگوهای چشم و لکه‌های شکمی نمونه‌ها (Pescador and Richard, 2004) تفکیک دو جنس نر و ماده انجام شد. سپس ۴۲ ویژگی ریختی (جدول ۱) بر روی ۳۰ نمونه در هر ایستگاه به کمک گراتیکول اندازه‌گیری شد (شکل ۲). گونه *Baetis vernus* برای اولین بار در ایران و در رودخانه کرج شناسایی شده است (Bojková *et al*., 2018).

جدول ۱. صفات ریختی اندازه‌گیری شده در *Baetis vernus*

صفات ریختی					
۱	طول بدن	۱۵	طول پرونوتوم	۲۹	طول بال
۲	حداقل عرض بدن	۱۶	عرض پرونوتوم	۳۰	عرض بال
۳	حداکثر عرض بدن	۱۷	طول مزونوتوم	۳۱	فاصله پای اول تا پای دوم
۴	طول سر	۱۸	عرض مزونوتوم	۳۲	فاصله پای دوم تا پای سوم
۵	عرض سر	۱۹	فاصله چشم مرکب	۳۳	فاصله سر تا بال
۶	بند اول پای اول	۲۰	طول شکم	۳۴	فاصله سر تا پرونوتوم
۷	بند دوم پای اول	۲۱	حداقل عرض شکم	۳۵	فاصله سر تا مزونوتوم
۸	بند سوم پای اول	۲۲	حداکثر عرض شکم	۳۶	فاصله چشم ساده
۹	بند اول پای دوم	۲۳	طول آبشش ۳	۳۷	فاصله سر تا پای اول
۱۰	بند دوم پای دوم	۲۴	عرض آبشش ۳	۳۸	فاصله سر تا پای دوم
۱۱	بند سوم پای دوم	۲۵	طول آبشش ۵	۳۹	فاصله سر تا پای سوم
۱۲	بند اول پای سوم	۲۶	عرض آبشش ۵	۴۰	فاصله پای اول تا انتها بدن
۱۳	بند دوم پای سوم	۲۷	فاصله شاخک‌ها	۴۱	فاصله پای دوم تا انتها بدن
۱۴	بند سوم پای سوم	۲۸	فاصله عرضی دم	۴۲	فاصله پای سوم تا انتها بدن

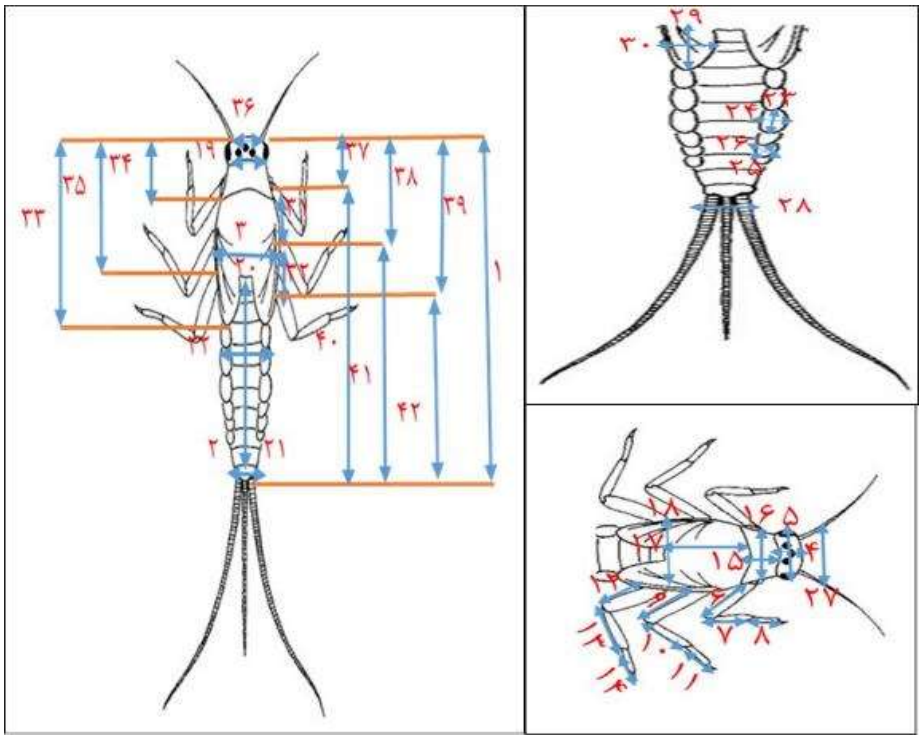
استانداردسازی اندازه صفات به‌منظور حذف اثر رشد غیرهمسان (Allometric) با استفاده از رابطه (۲) انجام پذیرفت (Elliott *et al*., 1995).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

$$Ms = Mo \times \left(\frac{ls}{lo}\right) b \quad \text{(رابطه ۲)}$$

که در آن Ms اندازه استاندارد شده، Mo طول صفت اندازه‌گیری شده، ls طول استاندارد کل نمونه‌ها، lo طول استاندارد نمونه و b شیب خط رگرسیون بین logMo و loglo است.



شکل ۲. تصویر ابعاد ریختی اندازه‌گیری شده گونه *Baetis vernus*

تجزیه و تحلیل داده‌ها: جهت تعیین تفاوت تغییرات فاکتورهای محیطی بین ۱۰ ایستگاه از تجزیه واریانس ANOVA با سطح معنی‌داری (p<۰/۰۵) استفاده شد. به منظور سنجش دوریختی جنسی از روش تحلیل چند متغیره عامل‌های اصلی (PCA) استفاده گردید. تحلیل تغییرات کلی ریختی (Morphology overall) جمعیت‌های *Baetis vernus* به‌وسیله آنالیزهای CLUSTER با تست Similarity Profile Analysis (SIMPROF) و Discriminant Function Analysis (DFA) انجام پذیرفت. به‌منظور بررسی ارتباط بین متغیرهای محیطی با تغییرات ریختی و همچنین درک مؤثرترین متغیر(های) محیطی تفسیرکننده الگوی تغییرات ریختی، از آنالیزهای BEST و LINKTREE استفاده شد. نمودار الگوی تغییرات صفات ریختی با کمک نرم‌افزار Excle2013 تهیه شد. تحلیل‌های مربوط به ANOVA، PCA و DFA توسط نرم‌افزارSPSS نسخه ۲۶ و تست‌های SIMPROF، BEST و LINKTREE با کمک نرم‌افزار Primer 6.1 انجام شد.

نتایـج

تغییرات فاکتورهای محیطی در طول رودخانه کرج

نتایج تجزیه و تحلیل فاکتورهای محیطی (مقادیر سه تکرار در هر ایستگاه اختلاف معنی‌دار نداشتند و میانگین تکرارها برای هر ایستگاه لحاظ شد) نشان داد در فصل پاییز، فاکتورهای ارتفاع (F=۲۹/۰۴، p<۰/۰۰۰۱) و دمای آب (p<۰/۰۰۴ ، F=۱۳/۸۸) و در فصل بهار، ارتفاع (F=۲۹/۰۴، p<۰/۰۰۰۱) و عمق آب (F=۸/۴۱، p<۰/۰۱) در امتداد شیب ارتفاع اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۲).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

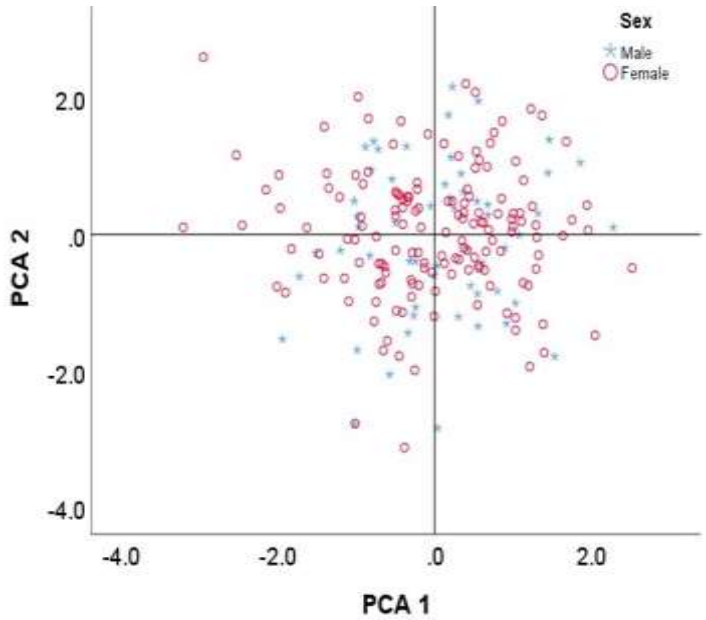
جدول ۲. تغییرات فاکتورهای محیطی در فصل پاییز و بهار

فاکتور محیطی	پاییـــز			بهـــار		
	$\bar{x} \pm SE$	F	p	$\bar{x} \pm SE$	F	p
عرض (m)	۵/۱±۰/۷۳	۰/۲۵	۰/۷۸	۱۶/۲۴±۱/۹۳	۰/۱۱	۰/۸۹
عمق (m)	۰/۶±۰/۰۳	۰/۸۶	۰/۴۶	۰/۷۹±۰/۰۷	۸/۴۱	**۰/۰۱***
ارتفاع (m)	۱۸۱۵/۶±۱۰۶/۲۷	۲۹/۰۴	**۰/۰۰۰۰۱***	۱۸۱۵/۶±۱۰۶/۲۷	۲۹/۰۴	**۰/۰۰۰۰۱***
دمای آب (ºC)	۸/۰۵±۱/۱۸	۱۳/۸۸	**۰/۰۰۴***	۱۲/۶۷±۰/۷	۲/۸۴	۰/۱۲
سرعت جریان (m/s)	۱/۰۹±۰/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۹۹	۱/۸۱±۰/۱۴	۰/۸۱	۰/۴۸
دبی (m^3/s)	۶/۴۴±۰/۷۴	۰/۲۲	۰/۸	۲۳/۵۵±۵/۵۰	۰/۹۴	۰/۴۳
جنس بستر	۴/۷۳±۰/۱۲	۰/۰۰۱	۰/۹۹	۴/۸۵±۰/۱۱	۰/۳۸	۰/۶۹
مقاومت (Kohm)	۴/۶۷±۰/۳	۲/۳۵	۰/۱۶	۵/۵۳±۰/۲۱	۳/۲۷	۰/۰۹
شوری (gr/L)	۰/۱۵±۰/۰۱	۱/۱۸	۰/۳۶	۰/۱±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۱
EC (µs/cm)	۲۱۹/۸±۱۱/۵۲	۱/۸۴	۰/۲۲	۱۶۹/۸±۴/۹۱	۱/۴۵	۰/۲۹
TDS (mg/L)	۲۲۶/۸±۹/۹۹	۲/۱۱	۰/۱۹	۱۷۷/۴۴±۹/۲	۲/۰۵	۰/۱۹

*میانگین اختلاف در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

تغییرات ریخت‌شناسی گونه *Baetis vernus*

نتایج بررسی دوریختی جنسی نشان داد دو جنس نر و ماده گونه *Baetis vernus* به لحاظ ریختی تفاوتی ندارند (شکل ۳). الگوی تغییرات اندام‌های حرکتی (FMH[۳]) در طول رودخانه نشان داد (خط‌چین‌های نشان‌دهنده شیب تغییرات) اندازه این اندام‌ها با افزایش ارتفاع (بالادست رودخانه) با شیب کندی کاهش داشته؛ درحالی‌که اندازه طول بدن (Total length) با شیب بیشتری افزایش داشته است. به عبارت دیگر، در بالادست رودخانه طول بدن بیشتر اما اندازه اندام‌های حرکتی کوچک‌تر بود. همچنین حداقل عرض بدن، عرض سر و عرض پرونوتوم با افزایش ارتفاع افزایش، اما عرض آبشش ۳ و ۵ با افزایش ارتفاع کاهش داشتند (شکل ۴).

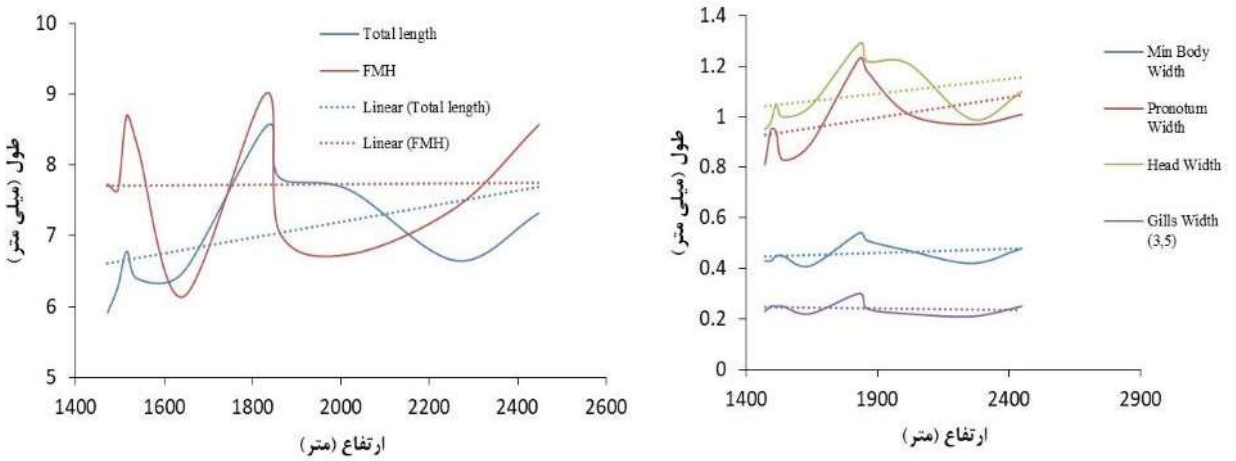


شکل ۳. سنجش دوریختی جنسی از روش تحلیل چند متغیره عامل‌های اصلی (PCA)

[۳] Average Fore leg, Mid leg and Hind leg

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

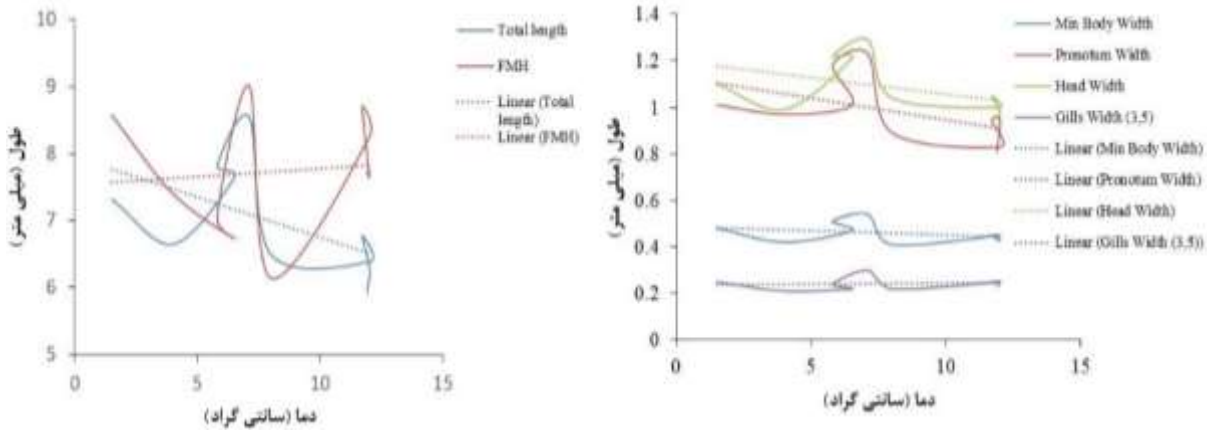


شکل ۴. الگوی تغییرات صفات طول بدن (Total length)، میانگین اندازه پاها (FMH)، حداقل عرض بدن، عرض پرونوتوم، عرض سر و عرض آبشش ۳ و ۵ در امتداد شیب ارتفاع

الگوی تغییرات صفات در دماهای مختلف نشان داد (خط‌چین‌های نشان‌دهنده شیب تغییرات) اندازه‌ی طول بدن با افزایش دما، کاهش اما اندازه‌ی اندام‌های حرکتی با افزایش دما افزایش داشت. حداقل عرض بدن، عرض پرونوتوم و عرض سر با افزایش دما کاهش، درحالی‌که عرض آبشش ۳ و ۵ با افزایش دما افزایش داشت (شکل ۵).

الگوی تغییرات صفات در سرعت جریان‌های مختلف نشان داد (خط‌چین‌ها نشان‌دهنده شیب تغییرات) اندازه صفات با افزایش سرعت جریان کاهش داشته است (شکل ۶).

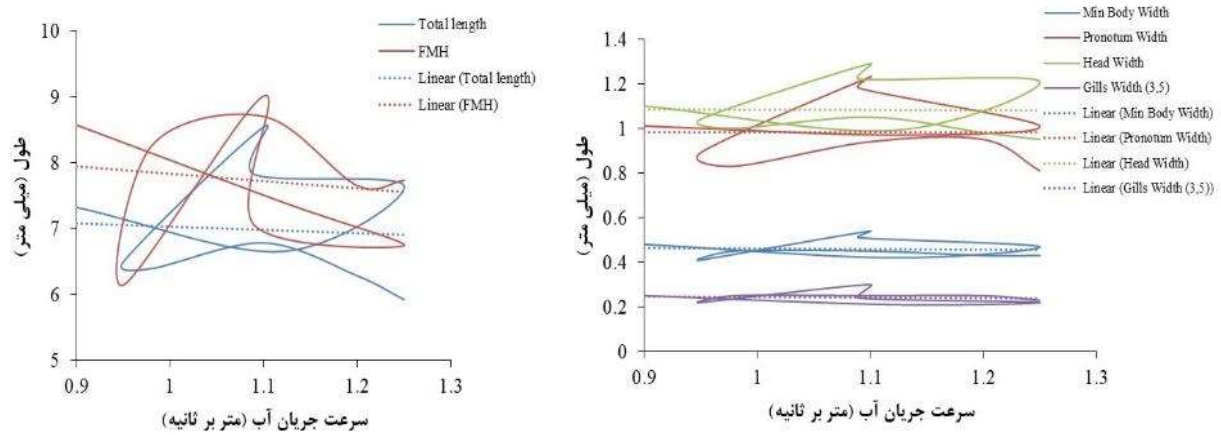
نتایج خوشه‌بندی ایستگاه‌ها بر اساس شباهت ریختی (SIMPROF) نشان داد ترتیب قرارگیری ایستگاه‌ها در هر دسته در بهار و پاییز کاملاً متفاوت می‌باشد. در پاییز ایستگاه‌های وارنگه‌رود، شهرستانک، ری‌زمین، دوآب، پل‌خواب و هفت‌چشمه در یک گروه، کجور یک گروه و نوجان، آدران و لاله در یک گروه قرار گرفتند. درحالی‌که در فصل بهار ایستگاه لاله در یک گروه، ایستگاه‌های وارنگه‌رود و دوآب در یک گروه، پل‌خواب و ری‌زمین در گروه دیگر و آدران، کجور و نوجان یک گروه شدند. ایستگاه‌های مربوط به هر دسته فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند، اما هر دسته با دسته دیگر دارای اختلاف معنی‌دار است (شکل ۷). نتایج کلی آنالیز DFA تفاوت بسیار زیاد بین ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد (عدد صفر حاکی از عدم وجود همانندی بین یک گروه با سایر گروه‌ها است). در فصل پاییز ایستگاه‌ها با درصد بالای ۸۰ در گروه خود دسته‌بندی شدند (جدول ۳). نتایج این آزمون نشان از جدایی کامل (صد درصد) ایستگاه‌ها در فصل بهار دارد (جدول ۴).



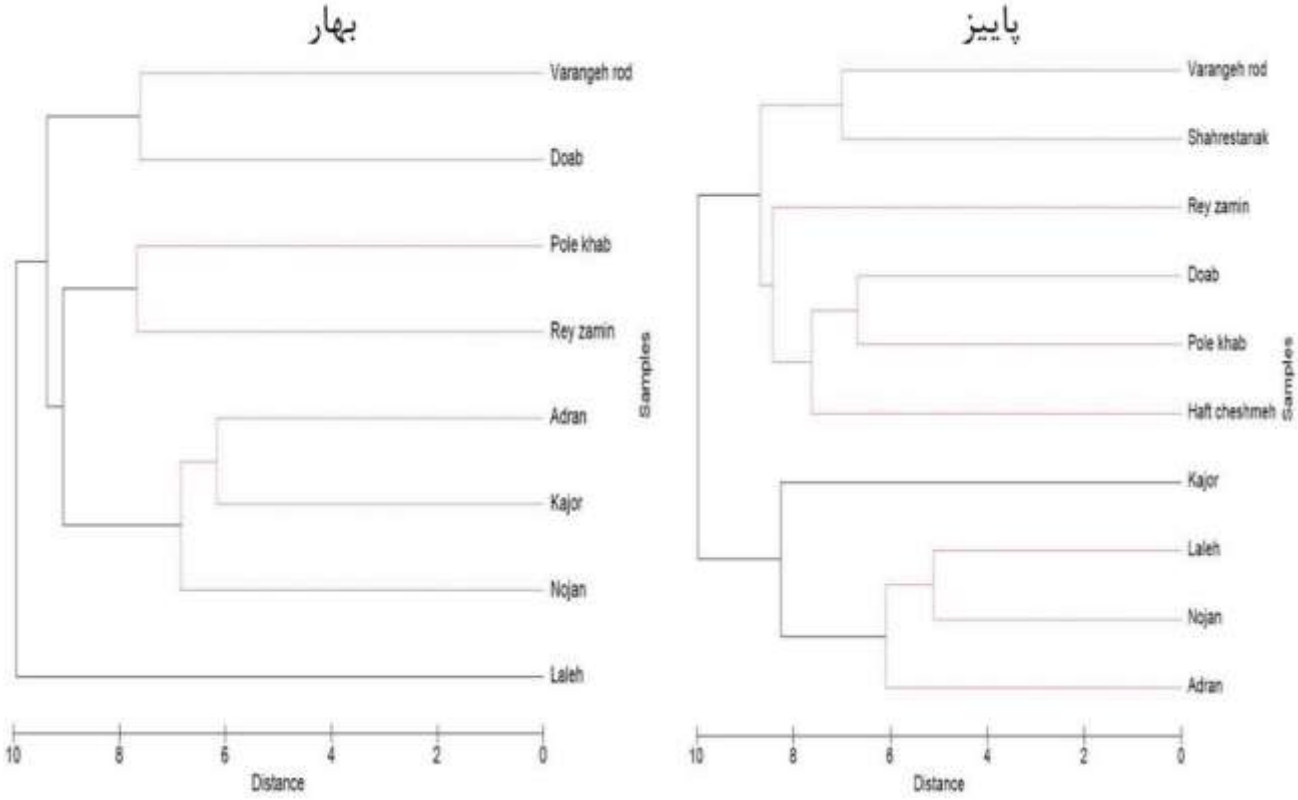
شکل ۵. الگوی تغییرات صفات طول بدن (Total length)، میانگین اندازه پاها (FMH)، حداقل عرض بدن، عرض پرونوتوم، عرض سر و عرض آبشش ۳ و ۵ در دماهای مختلف

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]



شکل ۶. الگوی تغییرات صفات طول بدن (Total length)، میانگین اندازه پاها (FMH)، حداقل عرض بدن، عرض پرونوتوم، عرض سر و عرض آبشش ۳ و ۵ در سرعت جریان‌های مختلف



شکل ۷. شباهت ریختی جمعیت‌های *Baetis vernus* در ایستگاه‌ها در فصل پاییز و بهار با استفاده از تست SIMPROF (خط‌چین قرمز نشانه عدم معنی‌داری و خطوط مشکی نشانه‌ی معنی‌داری هستند)

تأثیر فاکتورهای محیطی بر روی ریخت‌شناسی *Baetis vernus*

نتایج مؤثرترین فاکتورهای محیطی در شکل‌گیری تغییرات ریختی نشان داد در فصل پاییز دمای آب، عرض رودخانه و دبی جزو فاکتورهای مؤثر و بیشترین میزان همبستگی (P_w =۰ /۴۹۲) مربوط به دمای آب (جدول ۵) بود، درحالی‌که در فصل بهار دمای آب، سرعت جریان آب، دبی، شوری و EC در گروه فاکتورهای مؤثر و بیشترین میزان همبستگی مربوط به دمای آب، سرعت، دبی و شوری بوده است (P_w =۰ /۵۶۵).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

جدول ۳. درصد گروه‌بندی تحلیل تشخیصی صفات ریختی جمعیت‌های *Baetis vernus* در فصل پاییز

	پیش‌بینی عضویت در گروه										
ایستگاه	وارنگه‌رود	دوآب	شهرستانک	ری‌زمین	پل‌خواب	هفت‌چشمه	نوجان	کجور	آدران	لاله	جمع
وارنگه‌رود	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
دوآب	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
شهرستانک	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
ری‌زمین	۰	۸/۳	۰	۹۱/۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
پل‌خواب	۰	۵/۹	۰	۰	۸۸/۲	۵/۹	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
هفت‌چشمه	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
نوجان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸۶/۲	۳/۴	۰	۱۰/۳	۱۰۰
کجور	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶/۷	۸۶/۷	۰	۶/۷	۱۰۰
آدران	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸۴/۲	۱۵/۸	۱۰۰
لاله	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳/۷	۰	۹۶/۳	۱۰۰

جدول ۴. درصد گروه‌بندی تحلیل تشخیصی صفات ریختی جمعیت‌های *Baetis vernus* در فصل بهار

	پیش‌بینی عضویت در گروه										
ایستگاه	وارنگه‌رود	دوآب	ری‌زمین	پل‌خواب	نوجان	کجور	آدران	لاله	جمع
وارنگه‌رود	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
دوآب	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
ری‌زمین	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
پل‌خواب	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
نوجان	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰
کجور	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰
آدران	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰
لاله	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۵. مؤثرترین متغیرهای اکولوژیک در ایجاد تغییرات ریختی *Baetis vernus* در فصل پاییز و بهار

	پاییـــز			بهـــار		
تعداد متغیر	ترکیب متغیرهای BEST	همبستگی (*Pw*)	تعداد متغیر	ترکیب متغیرهای BEST	همبستگی (*Pw*)
۱	دمای آب	۰/۴۹۲	۳	دمای آب_ سرعت جریان_ دبی	۰/۵۶۵
۲	عرض_ دمای آب	۰/۴۱۲	۴	دمای آب_ سرعت جریان_ دبی_ شوری	۰/۵۶۵
۳	دمای آب_ دبی	۰/۳۸۵	۴	دمای آب _ سرعت جریان_ دبی_ EC	۰/۵۶۱

در فصل پاییز متغیرهای دسته A (دمای آب، ارتفاع) با اختلاف قابل‌توجه (π =۰/۷ ، p<۰/۰۰۱) سبب جدایی ایستگاه‌های وارنگه‌رود، دوآب، شهرستانک، ری زمین، پل خواب و هفت چشمه از ایستگاه‌های دیگر شدند (جدول ۶). همچنین، متغیرهای دسته B (دمای آب، جنس بستر) سبب جدایی ایستگاه کجور از نوجان، آدران و لاله شده‌اند (π =۰/۱۴ ، p<۰/۰۰۷) (شکل ۸). در فصل بهار متغیرهای دسته A (دبی، عرض، سرعت آب، ارتفاع) (π =۰/۶۴، p<۰/۰۰۱) با تفاوت گروهی کمتری نسبت به پاییز (B = ۷۹/۴٪) سبب جدایی ایستگاه کجور از بقیه ایستگاه‌ها شدند (جدول ۶). متغیرهای دسته B (دمای آب،

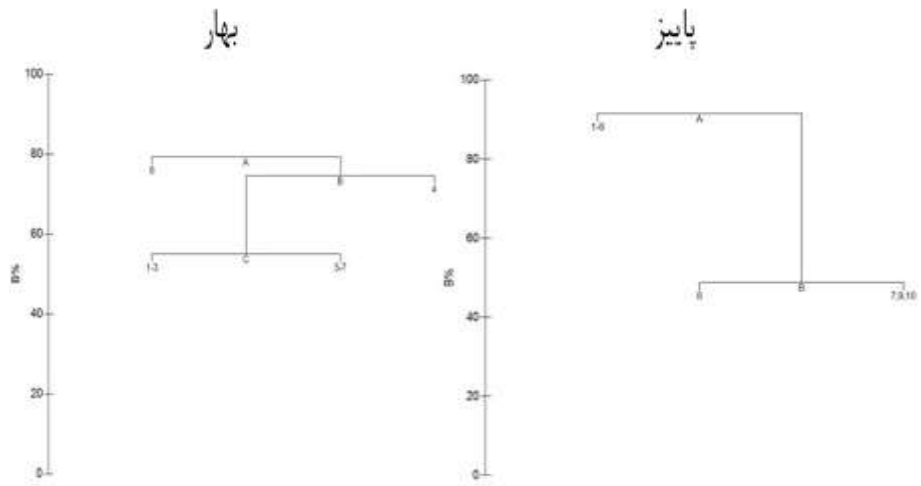
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

مقاومت) سبب جدایی ایستگاه ری‌زمین از بقیه ایستگاه‌ها شد ($p<۰/۰۰۱$ ، $\pi =۰/۶۵$). همچنین متغیرهای دسته C (عمق، ارتفاع) سبب جدایی ایستگاه‌های کجور، ری‌زمین، وارنگه‌رود، دوآب و شهرستانک از پل‌خواب، هفت‌چشمه و نوجان ($p<۰/۰۰۱$ ، $\pi =۰/۵۸$) شده‌اند (شکل ۸).

جدول ۶. جداسازی ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس آزمون LINKTREE در فصول پاییز و بهار

فصل	گروه	متغیر	LHS (RHS)	π	*P*	R	B (%)
پاییز	A	دمای آب یا ارتفاع	-۱/۳۳E-۲(>۰/۹۷۲) < >-۰/۵۱۴(<-۰/۷۳۷)	۰/۷	۰/۰۰۱	۰/۷۳	۹۱/۵
بهار	A	دبی یا عرض یا سرعت جریان یا ارتفاع	>۲/۲(<۰/۹۲۱) >۱/۴۳(<۰/۹۴۱) >۱/۴۶(<۰/۹۶۶) <-۱/۰۲(>-۰/۸۹۴)	۰/۶۴	۰/۰۰۱	۰/۵۱	۷۹/۴
پاییز	B	جنس بستر یا دمای آب	>۰/۹۴۱(<۰/۸۱۲) <۰/۹۷۲(>۱/۰۲)	۰/۱۴	۰/۰۰۷	۱	۴۸/۸
بهار	B	دمای آب یا مقاومت	<۰/۵۵۱(>۱/۵۴) >-۰/۲۴۳(<-۰/۶۳۲)	۰/۶۵	۰/۰۰۱	۰/۶	۷۴/۷
بهار	C	عمق یا ارتفاع	<-۰/۳۱۹(>۰/۸۷۳) >۰/۱۳۵(<-۰/۷۳۷)	۰/۵۸	۰/۰۰۱	۰/۷	۵۵/۱



شکل ۸. جدایی ایستگاه‌های مورد مطالعه (۱- وارنگه‌رود، ۲- دوآب، ۳- شهرستانک،۴- ری‌زمین، ۵- پل‌خواب، ۶- هفت‌چشمه، ۷- نوجان، ۸- کجور، ۹- آدران، ۱۰- لاله) توسط متغیرهای دسته A (دمای آب ، ارتفاع)، دسته B (دمای آب، جنس بستر) در فصل پاییز و متغیرهای دسته A (دبی، عرض، سرعت آب، ارتفاع)، دسته B (دمای آب، مقاومت) و دسته C (عمق، ارتفاع) در فصل بهار

بحث

تفاوت‌های ریختی به‌عنوان یک منبع گران‌بها در خصوص پویایی در سیستم‌های بوم‌شناختی بایستی مورد توجه قرار گیرد (Farre *et al.*, 2013). علاوه بر پویایی در سیستم‌های اکولوژیکی، برای شناسایی گونه‌ها و اقدامات مدیریتی در خصوص آن‌ها در کنار استفاده از نشانگرهای مولکولی، صفات ریختی نیز از اهمیت زیادی برخوردارند (Demandt and Bergek, 2009).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

شباهت و تفاوت ریختی می‌تواند تحت تأثیر فواصل جغرافیایی باشد زیرا شباهت ریختی بالای جمعیت‌های نزدیک از لحاظ جغرافیایی، نتیجه پارامترهای زیستگاهی و بوم‌شناختی مشابه‌اند (Cicek *et al*., 2016). تفاوت ریختی گونه *Baetis vernus* در طول رودخانه کرج یک روند تغییرات تدریجی بر اساس تغییرات مکان[4] را به نمایش می‌گذارد که در جهت ایجاد سازگاری با شرایط محیطی می‌باشد. تغییرات صفات (صفات حرکتی و غیرحرکتی) در طول رودخانه اختلاف معنی‌دار داشت. احتمالاً این اختلاف متأثر از فاکتورهای محیطی باشد، زیرا تمام صفات حتی مواردی که عملکرد کلیدی ندارند می‌توانند در بین جمعیت‌ها بر اثر فاکتورهای محیطی تفاوت نشان دهند (Kerfoot and Schaefer, 2006). تغییرات محیطی بر الگوی رشد گونه *Baetis vernus* نیز تأثیرگذار بوده است. الگوی رشد Total length از بالادست به پایین‌دست رودخانه (کاهش ارتفاع و افزایش دما) کاهش داشته است که با توجه به کاهش اکسیژن (Gonçalves *et al*., 2011) از بالادست به پایین‌دست (رودخانه) و رابطه مستقیم میزان اکسیژن با الگوی رشد (Ng *et al*., 2015) قابل توجیه است. اندازه عرض سر نیز در این گونه از بالادست به پایین‌دست رودخانه کاهش داشته که احتمالاً متأثر از تغییرات جنس بستر است. با توجه به کاهش اندازه بستر از بالا به پایین می‌توان این تغییر را نوعی سازش ریختی برای جلوگیری از شسته شدن توسط آب و بهره‌مندی از فضای زیستی بیشتر دانست؛ زیرا در فضای زیستی بیشتر، سر فرصت رشد بیشتری دارد (Anderson and Wallace, 2008). الگوی تغییرات عرض بدن و Pronotum از بالا به پایین رودخانه کاهش داشته که علت آن را می‌توان کاهش سطح برای جذب آلودگی دانست (Shahbazi Naserabad *et al*., 2014)؛ زیرا در اطراف رودخانه (پایین‌دست)، اماکن تفریحی اثرات مخرب بر سلامت رودخانه دارند. جمعیت‌های Chironomidae به دلیل مقاومت به آلودگی در اماکن آلوده جمعیت مطلوبی داشته (Wilham and Dorris, 1996) و در پایین‌دست (منطقه آلوده) رودخانه نسبت به بالادست فراوان‌ترند (Shokripour and Ashja Ardalan, 2017). البته دما و تغذیه نیز در شکل‌گیری ریخت Pronotum مؤثرند (Taravati *et al*., 2009). عرض آبشش‌ها در بین جمعیت‌ها از بالا به پایین افزایش داشته است. معمولاً در جریان‌های سریع آب، آبشش‌ها باریک‌تر می‌شوند (Gonçalves *et al*., 2011). نتایج این مطالعه نشان داد که عرض آبشش در پایین‌دست (ارتفاع کمتر) افزایش داشته است. موجودات برای کاهش احتمال شسته شدن توسط آب استراتژی‌هایی نظیر مسطح کردن بدن برای قرارگیری زیر سنگ‌ها را در پیش می‌گیرند (Anderson and Wallace, 2008) و احتمالاً این استراتژی مانع از اصطکاک آبشش با آب و کاهش اندازه آبشش است. الگوی تغییرات پاها (FMH) افزایش اندازه در طول رودخانه (از بالا به پایین) را نشان می‌دهد. عمق آب و دما بیشترین همبستگی را با صفات عملکردی نشان می‌دهند (Meyer *et al*., 2015). در ایستگاه‌های پایین‌دست رودخانه دما بیشتر از بالادست بوده و با توجه به ارتباط مستقیم دما با رشد (Andre' *et al*., 2009) می‌توان گفت بخشی از این افزایش ناشی از دمای بالا است. همچنین افزایش عمق آب و انعطاف‌پذیری ریختی به این افزایش (عمق) در جهت افزایش رشد (Oron *et al*., 2018) می‌تواند علت دیگری برای این الگوی رشد باشد. به‌علاوه از بالا به پایین رودخانه با افزایش آلودگی‌ها و ایجاد استرس سبب افزایش رشد اندام‌های عملکردی می‌شود (Franken *et al*., 2008).

الگوی تغییرات ریختی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نیز متأثر از تغییرات محیطی بود. با وجود ضعیف بودن تست SIMPROF نسبت به DFA، نتایج این دو آزمون از یک قاعده پیروی می‌کردند. در فصل بهار با توجه به سیل سال ۱۳۹۸ (دو ماه قبل از نمونه‌برداری) و شسته شدن نمونه‌ها فراوانی *Baetis vernus* کاهش پیدا کرده و احتمالاً نتایج DFA (جدایی ۱۰۰٪) در این فصل به دلیل فراوانی پایین *Baetis vernus* باشد. در فصل پاییز جدایی ایستگاه‌های قبل از سد، اختلاف معنی‌دار نداشته است. ایستگاه هفت چشمه بلافاصله بعد از سد قرار دارد و با ایستگاه‌های بالادست در یک گروه قرار گرفته‌اند، زیرا سد شرایطی مشابه بالادست ایجاد کرده است. همین نتیجه در آزمون DFA نیز دیده می‌شود و هفت چشمه مانند وارنگه رود ۱۰۰٪ در گروه خود قرار دارد. اما در پایین‌دست با توجه به کاهش ارتفاع و افزایش عمق و شیب جریان (Fangmin *et al*., 2018; Brown, 2000; Quist *et al*., 2004; Brunger-Lipsey *et al*., 2005)، دما، کدورت و آلودگی نیز بیشتر می‌شود و این تغییرات با آشفتگی در میزان اکسیژن همراه است (Jacobsen, 2008) نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از ایستگاه نوجان تا

[4] Cline

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

لاله بین جمعیت‌های *Baetis vernus* شباهت ریختی وجود دارد. در واقع سد به‌عنوان یک عامل فیزیکی، اکوسیستم رودخانه را تحت تأثیر قرار داده و سبب شده که در طول رودخانه دو زیستگاه مشابه هم ایجاد شود (بالادست تا میانه و میانه تا پایین‌دست) (Li *et al*., 2013). ایستگاه لاله (کم‌ترین ارتفاع) در فصل بهار بیشترین میزان عمق آب را داشته که سبب تأثیر بر سرعت جریان (Mahon, 1984) و جنس بستر (Fangmin *et al*., 2018; Cummins and Lauff, 1969) و نهایتاً تغییرات ریختی بسیار زیاد شده است. به همین دلیل با وجود فاصله جغرافیایی نزدیک از سایر ایستگاه‌های پایین‌دست جدا شده است. ایستگاه کجور با وجود فاصله جغرافیایی نزدیک از بقیه ایستگاه‌ها جدا شده که دلیل اصلی تفاوت‌های ریختی را می‌توان از سازگاری‌های بنتوزها با شرایط متفاوت زیستگاهی (Shahbazi Naserabad *et al*., 2014) دانست. با توجه به این که *Baetis vernus* نسبت به آلودگی حساس است احتمال می‌رود که شرایط محیطی منطقه موجب تفاوت‌های ریختی شده باشد. این ایستگاه با توجه به نزدیکی به اماکن تفریحی نسبت به سایر ایستگاه‌ها بیشتر تحت تأثیر عوامل انسانی قرار می‌گیرد. به نظر می‌رسد آلودگی می‌تواند به شدت روی ویژگی‌های ریختی گونه‌های حساس تأثیر بگذارد و سیکل زندگی را تغییر دهد.

به‌طورکلی شرایط محیطی رودخانه‌ها به دو صورت طبیعی (مانند سیل) و انسان‌ساخت (مانند سد) سبب تغییر بر سیکل زندگی زیستمندان می‌شود. تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر سبب تغییرات در شرایط طبیعی آب‌های جاری شده است که بررسی تأثیر این تغییرات از اقدامات ضروری برای حفاظت از رودخانه است. عوامل انسان‌ساخت نظیر سد و آلودگی نیز بر روی سیکل زندگی و ریخت‌شناسی تأثیرگذارند. با توجه به حساسیت بالای گونه *Baetis vernus* به شرایط محیطی و تغییرات مداوم محیط اطراف (طبیعی و انسان‌ساخت) می‌توان نتیجه گرفت انعطاف‌پذیری ریختی این گونه احتمالاً متأثر از تغییرات شرایط محیطی زیستگاه آن بوده است.

منابـع

Abowei, J.F.N., Ukoroije, B.R. 2012. The Identification, Types, Taxonomic Orders, Biodiversity and Importance of Aquatic Insects. British Journal of Pharmacology and Toxicology. 3(5): 218-229.

Alizadeh, A. 2015. Principles of applied Hydrology. 40th edition. Imam Reza International University Press. 815p. (in Persian)

Anderson, N.H., Wallace, J.B. 2008. Habitat, life history, secondary production, and behavioral adaptations of aquatic insects. An introduction to the aquatic insects of North America. pp. 38-58.

Andre', J., Grist, E.P.M., Semmens, J., Pecl, G. 2009. Effects of temperature on energetics and the growth pattern of benthic octopuses. Journal of Marine Ecology Progress Series. 374: 167-179.

Bagheri Tavani, M., Jamalzadeh, H. 2015. Ecological and biological indices of macrobenthos in the estuary of Shirud River. Journal of Marine Biology, Islamic Azad University of Ahvaz. 6(23): 81-96. (in Persian)

Benítez, A. 2013. Sexual Dimorphism Using Geometric Morphometric Approach. Intech. pp. 35-50.

Brown, L.R. 2000. Fish communities and their associations with environmental variables, lower San Joaquin River Drainage, California. Journal of Environmental Biology of Fishes. 57: 251-269.

Bojková, J., Sroka, P., Soldán, T., Imanpour Namin, J., Staniczek, A.H., Polášek, M., Hrivniak, L., Abdoli, A., Godunko, R.J. 2018. Initial commented checklist of Iranian mayflies, with new area records and description of *Procloeon caspicum* sp. n. (Insecta, Ephemeroptera, Baetidae). Journal of Zoo Keys. 749: 87-123.

Brunger-Lipsey, T.S., Hubert, W.A., Rahel, F.J. 2005. Relationships of elevation, channel slope and stream width to occurrences of native fishes at the Great Plains-Rocky Mountains interface. Journal of Freshwater Ecology. 20: 695-705.

Burian, S., Erasmus, D.J., Sherimpton, C.M., Currie, D.C., Giberson, D.J., Huber, D.P.W. 2018. First records of *Baetis vernus* Curtis (Ephemeroptera: Baetidae) in North America, with morphological notes. Journal of the Entomological Society of British Columbia. 115: 3-24.

Cadrin, S.X. 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks. Journal of Reviews in Fish Biology and Fisheries Reviews. 10: 91-112.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

Cicek, T., Unlu, E., Bılıcı, S., Uysal, E. 2016. Morphological differences among the *Garra variabilis* populations (Cyprinidae) in Tigris River system of South East Turkey. Journal of Survey in Fisheries Sciences. 3(1): 9-20.

Cummins, K.W., Lauff, G.H. 1969. The influence of substrate particle size on the microdistribution of stream macrobenthos. Journal of Hydrobiologia. 34: 145-181.

Dahl, J., Peckarsky, B.L. 2003. Developmental responses to predation risk in morphologically defended mayflies. Journal of Oecologia. 137(2): 188-194.

Dehghan Madiseh, S., Esmaily, F., Marammazi, J., Koochak Nejad, Gh. 2012. Benthic invertebrate community in Khur-e-Mussa creeks in northwest of Persian Gulf and the application of the AMBI. Iranian Journal of fisheries Sciences. 11(3): 460-474.

Dehghani, R., Almasi, H., Asadi, M.A. 2005. Fauna of aquatic insects of Kashan. Journal of Feyz. 8(4): 24-29. (in Persian)

Demandt, M.H., Bergek, S. 2009. Identification of cyprinid hybrids by using geometric morphometrics and microsatellites. Journal of Applied Ichthyology. 25(6): 695-701.

Edmunds, G.F., Waltz, R.D. 1996. Ephemeroptera. An Introduction to the Aqautic Insects of North America. Kendal/Hunt Publishing Company, Iowa. pp. 126-163.

Elliott, N.G., Haskard, K., Koslow, J.A. 1995. Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of Southern Australia. Journal of Fish Biology. 46: 202-220.

Fangmin, Sh., Shixiao, Y., Sovan, L., Xinhui, L. 2018. Habitat effects on intra-species variation in functional morphology: Evidence from freshwater fish. Journal of Original Research. 8: 10902-10913.

Farre, M., Tuest, V.M., Maynou, F., Recasens, L., Lombarte, A. 2013. Geometric morphology as an alternative for measuring the diversity of fish assemblages. Journal of Ecological Indicators. 29: 159-166.

Franken, J.M., Gardeniers, J.P., Beijer, J.A.J., Peeters, T.H.M. 2008. Variation in stonefly (*Nemoura cinerea* Retzius) growth and development in response to hydraulic and substrate conditions. Journal of the North American Benthological Society. 27(1): 176-185.

Garcia, A., Palomera, I., Liorzou, B., Giovanardi, O., Pla, C. 1994. Final Report: Northwestern Mediterranean Anchovy: Distribution, biology, fisheries and biomass estimation by different methods. Commission of the European Communities. 61p.

Gattolliat, J.L., Nieto, C. 2009. The family Baetidae (Insecta: Ephemeroptera): synthesis and future challenges. Journal of Aquatic Insects. 31(1): 41-62.

Ghaly, A.E., Alkoaik, F.N. 2009. The yellow mealworm as a novel source of protein. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4(4): 319-331.

Gonçalves, I.C., Cid, B., Mortati, A.F., Quesado, L.B., Nessimian, J. 2011. Relative size of gills of *Cloeodes jaragua* Salles & Lugo-Ortiz, 2003 (Ephemeroptera, Baetidae) on pool and riffle areas of streams at the Atlantic Rainforest. Journal of Biota Neotropica. 11(2): 217-220.

Haas, T.C., Blum, M.J., Heins, D.C. 2011. Morphological responses of a stream fish to water impoundment. Journal of Biology Letter. 6: 803-806.

Jacobsen, D. 2008. Tropical high-altitude streams. In: Tropical Stream Ecology. San Diego: Academic Press. pp. 219-256.

Jarjees, E.A., Merritt, D.J. 2002. Development of Trichogrammaaustralicum Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Helicoverpa (Lepidoptera: Noctuidae) host eggs. Australian Journal of Entomology. 41: 310-315.

Johnson, P.D. 2009. Sustaining America's Aquatic Biodiversity Aquatic Insect Biodiversity and Conservation. In: Sustaining America's Aquatic Biodiversity. Fisheries and Wildlife. pp.1-8.

Jowett, I.G., Richardson, J. 1990. Microhabitat preferences of benthic invertebrates in a New Zealand River and the development of in-stream flow-habitat models for *Deleatidium* spp. New Zealand Journal of Marine and Fresh Water Research. 24(1): 19-30.

Jowett, I.G., Hayes, J.W., Duncan, M.J. 2008. A guide toinstream habitat survey methods and analysis. NIWA Science and Technology Series. 121p.

Kaleka, A., Kaur, N., Kour Bali, G. 2019. Larval Development and Molting. In: Edible Insects. Intech Open. pp. 1-20.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

Kerfoot, J.R., Schaefer, J.F. 2006. Ecomorphology and habitat utilization of Cottus species. Journal of Environmental Biology of Fishes. 76(1): 1-13.

Khatami, S.H., Riyazi, B., Modiri Asari, S.A. 2007. Assessing the quality of Karaj River based on diversity families of macroinvertebrates. Journal of Environmental Science and Technology. 9(1): 71-78. (in Persian)

Langerhans, R.B., Reznick, D.N. 2010. Ecology and Evolution of Swimming Performance in Fishes: Predicting Evolution with Biomechanics. In: Fish Locomotion: an eco-ethological perspective. Oxford. pp. 200-248.

Lau, T.F.S., Meyer-Rochow, V.B. 2006. Sexual dimorphism in the compound eye of *Rhagophthalmus ohbai* (Coleoptera: Rhagophthalmidae): I. Morphology and Ultrastructure. Journal of Asia-Pacific Entomology. 9(1): 19-30.

Li, J., Dong, S., Peng, M., Yang, Z., Liu, S., Li, X., Zhao, C. 2013. Effects of damming on the biological integrity of fish assemblages in the middle Lancang-Mekong river basin. Journal of Ecological Indicators. 34(1): 94-102.

Mahon, R. 1984. Divergent structure in fish taxocenes of north temperate stream. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 41(2): 330-350.

Meyer, K.S., Sweetman, A.K., Young, C.M., Renaud, P.E. 2015. Environmental factors structuring Arctic megabenthos—a case study from a shelf and two fjords. Journal of Marine Science. 2: 1-14.

Mohammadi Roozbahani, M., Nabavi, S.M.B., Farshchi, P., Rasekh, A. 2010. Studies on the benthic macroinvertebrates diversity species as bio- indicators of environmental health in Bahrekan Bay (Northwest of Persian Gulf). African Journal of Biotechnology. 9(51): 8763-8771.

Mohammadian, H. 2005. Insecta: Ephemeroptera of Iran. 1nd edition. Shabpareh. 296 p. (in Persian)

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.

Ng, B., Keating-Bitonti, C., Payne, J. 2015. The Effects of Oxygen Concentration on Benthic Foraminiferal Growth and Size. American Geophysical Union. ED41A-0836 p.

Oron, S., Abramovich, S., Almogi-Labin, A., Woeger, J., Erez, J. 2018. Depth related adaptations in symbiont bearing benthic foraminifera: New insights from a field experiment on *Operculina ammonoides*. Scientific Reports. 8: 1-11.

Page, L.M. 1983. Handbook of darters. TFH Publications. 271 p.

Page, L.M., Swofford, D.L. 1984. Morphological correlates of ecological specialization in darters. Journal of Environmental Biology of Fishes. 11: 139-159.

Parvandi, Sh., Abdoli, A., Hashemi, H. 2016. Biological assessment Jajrood River using the macrobenthos community structure. Journal of Aquatic Ecology. 6(1): 20-32. (in Persian)

Pazira, A., Emami, M., Koohgardi, A., Vatandoost, S., Akrami, R. 2009. The effect of the environmental parameters on biodiversity of macrobentose in Dalaki and Helle river of Boushehr. Journal of Fisheries. 2(4): 65-70. (in Persian)

Pescador, M.L., Richard, B.A. 2004. Guide to the mayfly (Ephemeroptera) Nymphd of Florida. Department of Environmental Protection Division of Water Resource Management Tallahassee. 173 p.

Quist, M.C., Hubert, W.A., Rahel, F.J. 2004. Elevation and stream-size thresholds affect distributions of native and exotic warmwater fishes in Wyoming. Journal of Freshwater Ecology. 19: 227-236.

Shahbazi Naserabad, P., Pourbagher, H., Egderi, S., Rajaei, M. 2014. The phenotypic plasticity of the aquatic invertebrate *Caenis latipennis* in response to environmental conditions in the Kheirood Kenar River. Journal of Aquatic Ecology. 4(1): 18-28. (in Persian)

Shokat, P., Nabavi, S.M.B., Savari, A., Kochanian, P. 2010. Ecological quality of Bahrekan coast, by using biotic indices and benthic communities. Journal of Transitional Waters Bulletin. 4(1): 25-34.

Shokripour, Z., Ashja Ardalan, A. 2017. Identify and evaluate the diversity of macrobenthos in Karaj River. Journal of Animal Researches. 29(4): 442-453. (in Persian)

Shuai, F., Yu, S., Lek, S., Li, X. 2017. Habitat effects on intra-species variation in functional morphology: Evidence from freshwater fish. Journal of Original Research. 8(22): 10902-10913.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]

Siemers, B.M., Schnitzler, H.U. 2004. Echolocation signals reflect niche differentiation in five sympatric congeneric bat species. Journal of Nature. 429(6992): 657-661.

Solanki, R., Shukla, A. 2017. Aquatic insects for biomonitoring freshwater ecosystems: a report. International Journal of Science and Research. 6(2): 2056-2058.

Stark, J.D., Boothroyd, L., Harding, J., Scarsbrook, M. 2001. Protocol for sampling macroinvertebrates in wadeable streams. New Zealand Macroinvertebrate Working Group Report No.1 Prepared for the Ministry for the Environment. Sustainable Management Fund Project No. 5103. 57p.

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(2): 81-89.

Ward, J.V. 1992. Aquatic Insect Ecology, Part 1: Biology and habitat. Wiley. 456 p.

Wilham, J.L., Dorris, T.C. 1996. Biological parameters for water quality criteria. Bioscience. 18(6): 477-481.

Wood, B.M., Bain, M.B. 1995. Morphology and microhabitat use in stream fish. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 52(7): 1487-1498.

Wootton, R. 1990. Ecology of Teleost Fishes. 1st edition. Springer Netherlands. XII, 404 p.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.6.3]