

## استفاده از شاخص‌های اکولوژیک بزرگ بی‌مهرگان کف زی به منظور سنجش کیفی آب رودخانه کردان استان البرز شهرستان کرج

### چکیده

هدف از انجام مطالعه حاضر سنجش و ارزیابی کیفی رودخانه کردان شهرستان کرج با استفاده از بزرگ بی‌مهرگان کف زی و شاخص‌های اکولوژیک می‌باشد. نمونه‌برداری از کف زیان و رسوب ۱۰ ایستگاه در چهارفصل سال (پاییز و زمستان ۱۳۹۵ و بهار و تابستان ۱۳۹۶) با استفاده از نمونه‌بردار بستر (سوربر) با مساحت ۱۴۴ اینچ مربع و به‌طور هم‌زمان سنجش متغیرهای محیطی با به‌کارگیری سنجنده میدانی هوریا U10 انجام گرفت. بافت بستر رودخانه با غالبیت دانه‌بندی ذرات با قطر ۲ تا ۴ میلی‌متر و ۱ تا ۲ میلی‌متر همراه بود. ۲۶ گونه، جنس و مراحل لاروی حشرات آبی متعلق به ۱۶ خانواده شناسایی شدند. غالب‌ترین گروه‌های بی‌مهره کف زی در چهارفصل زودمیران، دو بالان، موی بالان و جور پایان بودند. سنجش شاخص BMWP معرف شرایط خوب رودخانه کردان در چهارفصل سال بود، درحالی‌که شاخص ASPT شرایط نامناسب زیست‌محیطی را در فصول پاییز و زمستان نشان داد. بر اساس مدل ولج، شاخص شانون ( $H'$ ) شرایط میانه را از نظر آلودگی در منطقه مورد مطالعه نشان داد، به‌استثنای ایستگاه ۲ فصل پاییز که با میزان  $H' = 4/24$  غیر آلوده بودن این ایستگاه را نشان داد. آنالیز همبستگی بین تراکم بی‌مهرگان کف زی و نوع بستر، ارتباطی معنی‌دار را با ذرات رسوبی ۲ میلی‌متر نشان داد. عمق کم و کاهش دبی رودخانه کردان در فصول بهار و تابستان و همچنین ورود فاضلاب‌های روستایی و کشاورزی از مهم‌ترین عوامل کاهش کیفی و تنوع بی‌مهرگان کف زی منطقه مورد مطالعه به شمار می‌روند.

**واژگان کلیدی:** بزرگ بی‌مهرگان کف زی، شاخص‌های اکولوژیک، کیفیت آب، رودخانه کردان.

### اعظم قمی<sup>۱</sup>

سید محمدباقر نبوی<sup>۲\*</sup>

ابراهیم رجب‌زاده قطرمی<sup>۳</sup>

۱. کارشناسی ارشد آلودگی‌ها، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. دانشیار گروه زیست‌شناس دریا، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.
۳. استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

### \*مسئول مکاتبات:

nabavishiba@yahoo.com

کد مقاله: ۱۴۰۰۳۰۸۹۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۳۰

این مقاله پژوهشی و برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

### مقدمه

آب‌های جاری جزء حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین سیستم‌های اکولوژیک بشمار می‌روند که فشارهای گسترده ناشی از فعالیت‌های انسانی را در یک مقیاس جهانی تجربه کرده‌اند. ورود آلاینده‌های با منشأ کشاورزی، صنعتی، شهری و روستایی موجب شده است تا کیفیت بسیاری از رودخانه‌ها در دهه‌های گذشته به شدت کاهش یابد. بر همین اساس مطالعات شاپوری و همکاران (۱۳۸۹)، مسگران کریمی و همکاران (۱۳۹۱)، ممبینی و نبوی (۱۳۹۱)، شکری و همکاران (۱۳۹۴) و کرمی و همکاران (۱۳۹۶) نشان داده‌اند که وضعیت کیفی رودخانه‌های مورد مطالعه در ایران مانند گرگان رود، رودخانه دو هزار تنکابن، جراحی، تجن و گاماسیاب از وضعیت مطلوب زیست‌محیطی برخوردار نمی‌باشند. پیشنهاد مطالعات در سایر نقاط جهان نیز مانند Santos de Menezes و Concalves (۲۰۱۱)، Visinskiene و Bernotiene (۲۰۱۲) و Zeybek و همکاران (۲۰۱۴) روندهای مشابهی از کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها در مناطق مورد مطالعات را با استفاده از شاخص‌های اکولوژیک و بی‌مهرگان کف زی نشان داده‌اند. شاخص‌های اکولوژیک از مهم‌ترین تکنیک‌های ارزیابی رودخانه‌ها به شمار می‌روند که در دهه‌های اخیر در بسیاری از نقاط جهان به کار گرفته شده‌اند. این شاخص‌های کیفی، معرف و نمایانگر نوسانات اجتماعات کف زی ناشی از آلاینده‌های زیست‌محیطی در مسیر رودخانه‌ها



به شمار می‌روند. اگرچه بسیاری از گروه‌های زیستی مانند ماهیان نیز به‌عنوان نشانگر شرایط زیست‌محیطی بکار گرفته می‌شوند، اما تنوع و تغییرات فصلی بزرگ بی‌مهرگان کف زی موجب شده است تا در بسیاری از مطالعات سنجش کیفی، از آن‌ها به‌عنوان شاخص‌ها و نشانگرهای وضعیت کیفی اکوسیستم‌های رودخانه‌ای استفاده شود. ازجمله مطالعات انجام‌شده در این زمینه می‌توان به مطالعات Wang و همکاران (۲۰۲۰) بر روی بررسی تأثیر شهرسازی بر روی کیفیت آب و ساختار جمعیت ماکروبتوزها در رودخانه Fenhe در چین، Aazami و همکاران (۲۰۲۰) ارزیابی سلامت اکوسیستم رودخانه با استفاده از ماکروبتوزها در رودخانه محمدآباد در ایران، Brysiewica و همکاران (۲۰۲۰)، بررسی تأثیر اجزاء غیر هوازی فاضلاب بر روی تنوع جمعیت ماکروبتوزها در منابع آبی هلند و مطالعه Goncharov و همکاران (۲۰۲۰) بر روی ارزیابی اکولوژیک آب‌های دریاچه Selenga در Baikal با استفاده از جمعیت‌های ماکروبتوز رودخانه اشاره کرد. هدف از مطالعه حاضر سنجش کیفی آب رودخانه کردان (دشت قزوین) با استفاده از شاخص‌های اکولوژیک، اجتماعات کف زی و مدل ولج (Welch, 1992) می‌باشد. رودخانه کردان پرآب‌ترین رودخانه استان البرز به شمار می‌رود. وجود روستاهای متعدد در مسیر رودخانه، اراضی حاصلخیز و نیاز به مصارف شرب و کشاورزی منطقه، نشان‌دهنده اهمیت این رودخانه می‌باشد. از آنجایی که حفظ سلامت این اکوسیستم و اجتماعات انسانی وابسته به آن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است، لذا انجام این مطالعه می‌تواند گامی مؤثر در جهت حفظ سلامت و پایداری این زیست‌بوم ارزشمند باشد.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در رودخانه کردان در بخش غربی رودخانه کرج و در شمال شرق دشت قزوین (استان البرز) در ماه‌های آذر و اسفند ۱۳۹۵ و اردیبهشت و تیرماه ۱۳۹۶ انجام گرفت. از ۱۰ ایستگاه و از هر کدام تعداد ۳ نمونه (تکرار) از بستر با استفاده از نمونه‌بردار بستر (سوربر) برای شناسایی بزرگ بی‌مهرگان کف زی و یک نمونه جهت دانه‌بندی رسوبات برداشت و در ظروف پلی‌اتیلنی با درج مشخصات در کنار یخ تا ارسال به آزمایشگاه نگهداری شدند (شکل ۱ و جدول ۱). نمونه‌های بزرگ بی‌مهرگان کف زی پس از تثبیت با فرمالین ۴ درصد در فیلد، در آزمایشگاه با محلول رز بنگال ۱ گرم در لیتر رنگ‌آمیزی و سپس عمل جداسازی (توسط الک ۵۰۰ میکرون) و شمارش آن‌ها با استفاده از استریو میکروسکوپ انجام گرفت. شناسایی گونه‌ها با توجه به ساختارهای مورفولوژیک و استفاده از کلیدها و اطلس‌های بنتوزهای رودخانه‌ای Clliford (۱۹۹۱) و Buchard (۲۰۰۴) انجام پذیرفت. به‌منظور مشخص نمودن وضعیت کیفی آب از شاخص‌های BMWP، ASPT، H'، λ و مقیاس Welch استفاده گردید. سنجش متغیرهای محیطی (اکسیژن محلول، شوری، دما و pH) به‌طور هم‌زمان در فیلد و با ۳ تکرار برای هر پارامتر و با استفاده از سنجنده‌ی کالیبره شده‌ی هوریا U10 انجام گرفت. با توجه به وضعیت بستر رودخانه که غالباً صخره‌ای، سنگلاخی، قله‌سنگی، سنگ‌ریزه‌ای و ماسه‌ای درشت‌دانه بود، لذا در هر ایستگاه مقداری از رسوبات بستر برداشت و سپس با استفاده از الک‌های استاندارد معرفی شده توسط Wentworth (۱۹۲۲) بافت بستر در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

سیستم امتیازدهی BMWP و ASPT (WMO, 1988) یکی از متداول‌ترین روش‌های ارزیابی کیفیت بیولوژیک آب‌های جاری است که مورد تأیید سازمان بین‌المللی استاندارد ISO-BMWP (۱۹۷۹) قرار گرفته است، در جداول ۲ و ۳ و ۴ و ۵ روش‌های محاسباتی سیستم‌های امتیازدهی نشان داده شده است. روش محاسبه BMWP/ASPT از رابطه ۱ و ۲ به دست می‌آید:

$$BMWP = \sum B.N$$

رابطه ۱:

B= امتیاز BMWP در سطح خانواده

N= تعداد افراد خانواده

$$ASPT = \frac{\text{میزان شاخص BMWP در هر ایستگاه}}{\text{تعداد کل خانواده های موجود در هر ایستگاه}}$$

رابطه ۲:

روش امتیازدهی به خانواده‌های ماکروبتنوزی بر اساس استانداردهای تعریف‌شده توسط WMO (۱۹۸۸) و Wright و همکاران (۱۹۹۳) در جداول ۲ و ۳ ارائه شده‌اند.

همان‌طور که گفته شد در این مطالعه علاوه بر شاخص‌های BMWP و ASPT، از دو شاخص تنوع‌گونه‌ای شانون ( $H'$ ) و غالبیت گونه‌ای سیمپسون ( $\lambda$ ) و مدل ولج (جدول ۴) جهت ارزیابی کیفی رودخانه کردن استفاده گردید. شاخص تنوع شانون از رابطه ۳ محاسبه گردید:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i) \ln P_i \quad \text{رابطه ۳:}$$

$P_i$  = فراوانی نسبی  $i$  امین تاکسون در جامعه

$S$  = تعداد کل تاکسون‌ها در جامعه

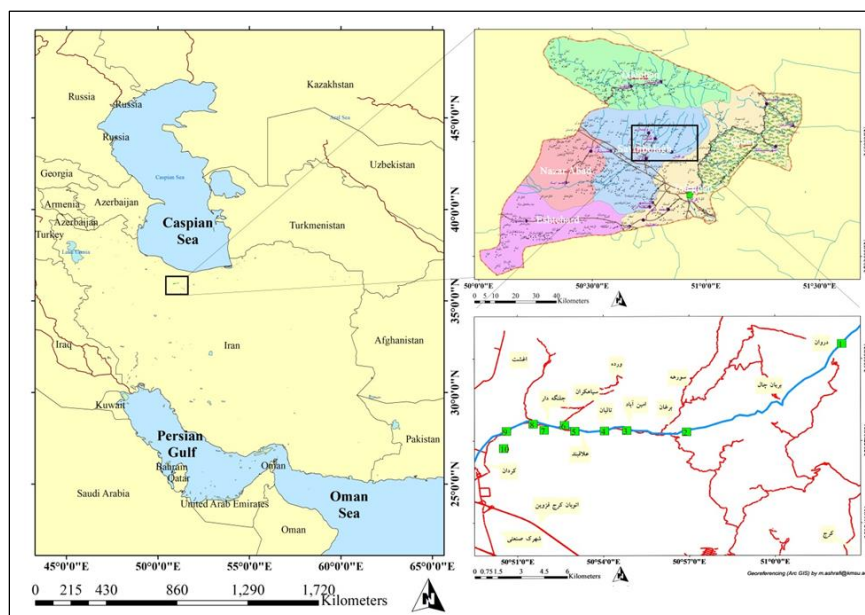
شاخص غالبیت سیمپسون ( $\lambda$ ) نیز از رابطه ۴ محاسبه گردید:

$$\lambda = 1 - \sum_{i=1}^S (P_i)^2 \quad \text{رابطه ۴:}$$

$P_i$  = فراوانی نسبی  $i$  امین تاکسون در جامعه

$S$  = تعداد کل تاکسون‌ها در جامعه

برای تعیین شاخص‌های  $H'$  و  $\lambda$  از برنامه Primer5 استفاده گردید. کلیه نمودارها با استفاده از برنامه Excel2007 ترسیم گردید. جهت بررسی رابطه همبستگی بین گروه‌های بزرگ بی‌مهرگان کف زی و متغیرهای محیطی از آزمون پیرسون استفاده شد.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه کردن.

### جدول ۱: موقعیت جغرافیایی و نوع بستر در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه کردان.

| نوع بستر           | طول جغرافیایی     | عرض جغرافیایی     | نام ایستگاه     | شماره ایستگاه |
|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------|
| قلوه سنگ-سنگ ریزه  | " ۵۱.۰۲ ' ۲۰/۳۴ " | " ۳۶.۰۰ ' ۳۲/۶۱ " | دروان بالادست   | ۱             |
| قلوه سنگ-سنگ ریزه  | " ۵۰.۵۶ ' ۵۴/۶۳ " | " ۳۵.۵۷ ' ۱۹/۵۷ " | برغان بالادست   | ۲             |
| سنگ ریزه-ماسه درشت | " ۵۰.۵۴ ' ۴۹/۱۱ " | " ۳۵.۵۷ ' ۲۲/۶۷ " | امین‌آباد       | ۳             |
| قلوه سنگ-سنگ ریزه  | " ۵۰.۵۴ ' ۰۲/۹۱ " | " ۳۵.۵۷ ' ۲۲/۰۲ " | تالیان          | ۴             |
| سنگ ریزه-ماسه درشت | " ۵۰.۵۳ ' ۰۰/۵۵ " | " ۳۵.۵۷ ' ۲۱/۴۷ " | علاقیند         | ۵             |
| ماسه درشت-سنگ ریزه | " ۵۰.۵۲ ' ۳۸/۷۳ " | " ۳۵.۵۷ ' ۳۴/۳۸ " | سیاه کران       | ۶             |
| سنگ ریزه-ماسه درشت | " ۵۰.۵۱ ' ۵۶/۲۶ " | " ۳۵.۵۷ ' ۲۳/۶۱ " | روستا           | ۷             |
| سنگ ریزه-ماسه درشت | " ۵۰.۵۱ ' ۳۳/۲۱ " | " ۳۵.۵۷ ' ۳۷/۰۷ " | تقاطع جاده اغشت | ۸             |
| سنگ ریزه-ماسه درشت | " ۵۰.۵۰ ' ۳۶/۹۱ " | " ۳۵.۵۷ ' ۲۱/۴۷ " | جاده کردان      | ۹             |
| قلوه سنگ-سنگ ریزه  | " ۵۰.۴۹ ' ۹۱/۱۶ " | " ۳۵.۵۶ ' ۴۴/۰۹ " | پل کردان        | ۱۰            |

### جدول ۲: نحوه امتیازدهی به خانواده‌های بزرگ بی‌مهرگان کف زی (BMWP) بر اساس استانداردهای تعریف‌شده توسط (WMO (۱۹۸۸).

| امتیازها | Families                                                                                     | Common Name   |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| ۱۰       | Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae                                                 | Mayflies      |
|          | Ephemereillidae, Potamanthidae, Ephemeridae                                                  |               |
|          | Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae                                                      | Stoneflies    |
| ۹        | Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae                                                         | River Bug     |
|          | Aphelocheidae,                                                                               |               |
|          | Phryganeidae, Molannidae, Beraidae,                                                          | Caddisflies   |
| ۸        | Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae,                                                       |               |
|          | Sericostomatidae                                                                             |               |
|          | Astacidae                                                                                    | Crayfish      |
| ۷        | Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, orduliidae, Libellulidae        | Dragonflies   |
|          | Psychomyidae, Philoptamiidae                                                                 | Caddiflies    |
|          | Caenidae                                                                                     | Mayflies      |
| ۶        | Nemouridae                                                                                   | Stoneflies    |
|          | Rhyacophilidae, Polycentropidae, Limnephilidae                                               | Caddiflies    |
|          | Neritidae, Viviparidae, Ancvlidae                                                            | Snails        |
| ۵        | Hydroptilidae                                                                                | Caddiflies    |
|          | Unionidae                                                                                    | Mussels       |
|          | Corophiidae, Gammaridae                                                                      | Shrimps       |
| ۴        | Platycnemididae, Coenagriidae                                                                | Dragonflies   |
|          | Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae | Water Bugs    |
|          | Haliplidae, Hygrobiidae, Dystiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodidae,        | Water Beetles |
| ۳        | Dryopidae, Elminthidae, Chysomelidae, Curculionidae                                          |               |
|          | Hydropsychidae                                                                               | Caddisflies   |
|          | Tipulidae                                                                                    | Crane flies   |
| ۲        | Simuliidae                                                                                   | Blackflies    |
|          | Planardiidae, Dendrocoelidae                                                                 | Flatworms     |
|          | Betidae                                                                                      | Mayflies      |
| ۱        | Sialidae                                                                                     | Alderflies    |

| امتیازها | Families                                         | Common Name |
|----------|--------------------------------------------------|-------------|
| ۳        | Piscicolidae                                     | Leeches     |
|          | Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Planorbidae | Snails      |
|          | Sphaeriidae                                      | Cockles     |
| ۲        | Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae        | Leeches     |
|          | Asellidae                                        | Hoglouse    |
|          | Chironomidae                                     | Midges      |
| ۱        | Oligochaeta (whole class)                        | Worms       |

جدول ۳: طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص زیستی BMWP (۲۰۰۲, Mandaville).

| Site | ASPT        | Biological Class | Remark    |
|------|-------------|------------------|-----------|
| A    | $\geq 0.89$ | A                | Very Good |
| B    | 0.77-88     | B                | Good      |
| C    | 0.66-76     | C                | Fair      |
| D    | $< 0.66$    | D                | Bad       |

بر اساس نظر Wright و همکاران (۱۹۹۳)

ASPT  $\geq 0.89$  = A (خیلی خوب); ASPT =  $0.77-88$  = B (خوب);

ASPT =  $0.66-76$  = C (ضعیف); ASPT  $< 0.66$  = D (بد)

جدول ۴: جدول استاندارد شاخص ASPT (Wright و همکاران، ۱۹۹۳).

| میزان عددی شاخص شانون | طبقه کیفی آب                    |
|-----------------------|---------------------------------|
| ۳-۵                   | آب‌های تمیز                     |
| ۱-۳                   | آب‌های با آلودگی یا استرس متوسط |
| ۱ و کمتر از یک        | آب‌های با آلودگی یا استرس زیاد  |

جدول ۵: طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص زیستی BMWP (Mandaville, 2002).

| توضیح                             | طبقه کیفی | امتیاز کلی شاخص |
|-----------------------------------|-----------|-----------------|
| آلودگی شدید                       | خیلی بد   | ۱۰-۰            |
| آلوده یا تحت تأثیر قرار گرفته     | بد        | ۴۰-۱۱           |
| به‌طور متوسط تحت تأثیر قرار گرفته | متوسط     | ۷۰-۴۱           |
| مقداری تحت تأثیر قرار گرفته       | خوب       | ۱۰۰-۷۱          |
| غیر آلوده                         | خیلی خوب  | $> 100$         |

## نتایج

مطالعه بافت رسوبات در ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان می‌دهد که ترکیب عمده رسوبات بر اساس مقیاس استاندارد Wentworth (۱۹۲۲) قله‌سنگی همراه با سنگ‌ریزه و به‌تدریج در ایستگاه‌های میانه منطقه مورد مطالعه دانه‌ریز تر شده، به‌طوری‌که در ایستگاه‌های ۵ تا ۹ با غالبیت ذرات سنگ‌ریزه و ماسه درشت (ذرات با قطر ۱ تا ۲ میلی‌متر) همراه بود. نتایج نوع بستر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در رودخانه کردان در

جدول ۱ ارائه شده است. در بررسی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف زی در فصول چهارگانه جمعاً ۲۶ گونه و جنس یا مراحل لاروی متعلق به ۱۶ خانواده شناسایی شدند که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده‌اند.

جدول ۶: گونه‌ها، جنس‌ها و مراحل لاروی بزرگ بی‌مهرگان کف زی (تعداد در سانتی‌متر مربع رسوب) شناسایی شده در رودخانه کردان در چهار فصل سال (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

| گونه‌ها، جنس‌ها و لاروها                        | خانواده         | تعداد در ۵۰/۲۵ سانتی‌متر مربع |      |        |       |
|-------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------|------|--------|-------|
|                                                 |                 | تابستان                       | بهار | زمستان | پاییز |
|                                                 |                 | ۱۳۹۶                          | ۱۳۹۶ | ۱۳۹۵   | ۱۳۹۵  |
| <i>Sphaeromopsis persicolpos</i>                | Sphaeromatidae  | ۵۷                            | ۱۵۷  | ۱۲۵    | ۹۷    |
| <i>Heptagenia</i> sp.                           | Heptageniidae   | ۸۴                            | ۶۶   | ۴۲     | ۸۷    |
| <i>Pseudiron</i> sp.                            | Heptageniidae   | ۱۳                            | ۱۳   | ۵      | ۹     |
| <i>Bibiocephala</i> sp.                         | Blephariceridae | ۱                             | ---  | ۲۰۱    | ۸۷    |
| <i>Rhithrogena</i> sp.                          | Heptageniidae   | ۵۱                            | ۴۴   | ۱۲۷    | ۶۲    |
| <i>Hydropsyche instabilis</i><br>(Curtis, 1834) | Hydropsychidae  | ۵۶                            | ۱۴۰  | ۲      | ۳۲۲   |
| <i>Rhyacophila</i> sp.                          | Rhacophilidae   | ۴                             | ۴۴   | ۲۴     | ۱۳    |
| <i>Anthomiidae</i> larva                        | Anthomiidae     | ۴۲                            | ۲۴   | ۱۳۴    | ۱۷۳   |
| <i>Chironomus</i> sp.                           | Chironomidae    | ۶۵                            | ۴۴   | ۶۵     | ۸۹    |
| <i>Leptoceridae</i> larva                       | Leptoceridae    | ۶۰                            | ۵۵   | ۲۵     | ۲۷    |
| <i>Scimyzidae</i> larva                         | Scimyzidae      | ۳۶                            | ۱۳   | ---    | ۱۰    |
| <i>Simulium</i> sp.                             | Simuliidae      | ۱۷۴                           | ۱۶۸  | ۳۸     | ۸۷    |
| <i>Diptera</i> larva                            | ----            | ---                           | ---  | ۵      | ۳۴    |
| <i>Lumbriculus</i> sp.                          | Lumbriculidae   | ۷۷                            | ۲۷   | ۴۴     | ۱۱۰   |
| <i>Gammarus</i> sp.                             | Gammaridae      | ۲                             | ۱۲۰  | ---    | ۲     |
| <i>Culicidae</i> pupa                           | Culicidae       | ---                           | ---  | ---    | ۱     |
| <i>Nemacheilus frenatus atrenatus</i>           | Balitoridae     | ---                           | ---  | ۸      | ---   |
| <i>Helicopsyche</i> sp.                         | Helicopsychidae | ۴۳                            | ---  | ۳۴     | ---   |
| <i>Helichus</i> sp.                             | Dryopidae       | ---                           | ۱    | ---    | ---   |
| Unknown aquatic larva sp.1                      | ----            | ۱۷                            | ۲    | ---    | ---   |
| Unknown aquatic larva sp.2                      | ----            | ---                           | ۳۱   | ---    | ---   |
| Unknown aquatic larva sp.3                      | ----            | ۵                             | ---  | ---    | ---   |
| Unknown aquatic larva sp.4                      | ----            | ---                           | ---  | ۴      | ---   |
| Total                                           |                 | ۷۸۷                           | ۹۴۹  | ۸۸۳    | ۱۲۱۰  |

امتیازات بیولوژیک (مقادیر BMWP) و همچنین مقادیر ASPT بر اساس منابع WMO (۱۹۸۸)، ISO-BMWP (۱۹۹۸)، جدول Wright و همکاران (۱۹۹۳)، Mandaville (۲۰۰۲) در جداول ۳، ۴ و ۵ ارائه شده‌اند. بر اساس جدول Wright و همکاران (۱۹۹۳) کمترین مقادیر ASPT در دو فصل بهار و تابستان ۹۶ و بیشترین مقادیر در فصول پاییز و زمستان ۹۵ به دست آمد. مقادیر به دست آمده از سنجش ASPT

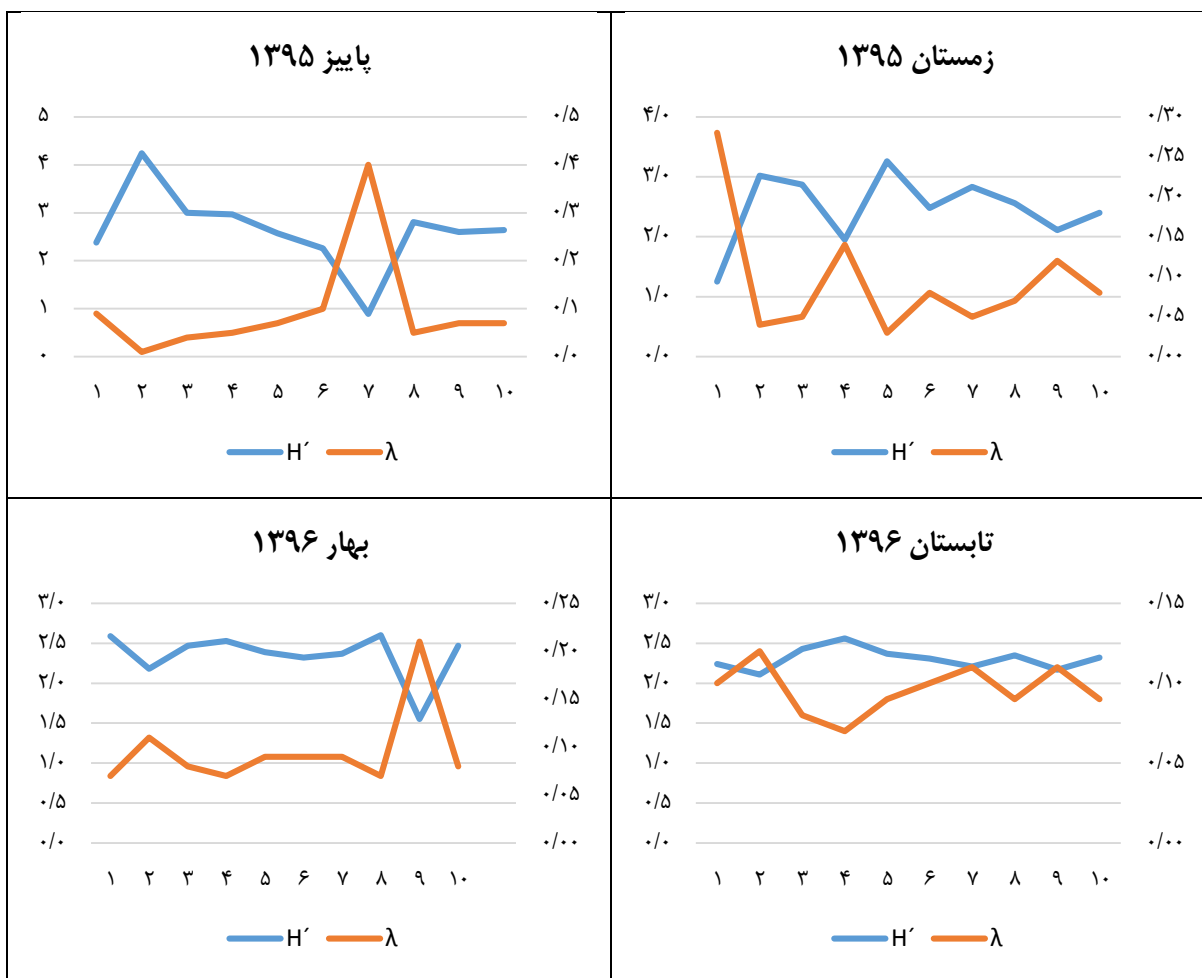
نشان داد که منطقه مورد مطالعه بر اساس جدول Wright در فصول بهار و تابستان ۹۶ با مقادیر ۰/۵۸ و ۰/۶۰ معرف شرایط نامساعد زیست محیطی و در فصول پاییز و زمستان ۹۵ با میزان ۰/۹۰ از شرایط خیلی خوب زیست محیطی برخوردار بوده‌اند. با توجه به جدول Mandaville (۲۰۰۲) و مقادیر به دست آمده از سنجش شاخص BMWP، منطقه مورد مطالعه در چهار فصل نمونه برداری شده در طبقه خوب قرار می‌گیرد.

### جدول ۷: امتیازات بیولوژیک بر حسب خانواده‌ها و مقادیر محاسبه شده BMWP و ASPT

در چهار فصل سال (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

| مقادیر ASPT |             |             |             | مقادیر BMWP |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| پاییز ۹۵    | زمستان ۹۵   | بهار ۹۶     | تابستان ۹۶  | پاییز ۹۵    | زمستان ۹۵   | بهار ۹۶     | تابستان ۹۶  |
| ۳           | ۳           | ۳           | ۳           | ۳           | ۳           | ۳           | ۳           |
| ۸           | ۸           | ۸           | ۸           | ۸           | ۸           | ۸           | ۸           |
| ۸           | ۸           | ۸           | ۸           | ۸           | ۸           | ۸           | ۸           |
| ۱۰          | ۱۰          | ۸           | ۱۰          | ۱۰          | ۸           | ۸           | ۱۰          |
| ۸           | ۸           | ۵           | ۸           | ۸           | ۵           | ۵           | ۸           |
| ۵           | ۵           | ۷           | ۵           | ۷           | ۵           | ۷           | ۵           |
| ۷           | ۷           | ۳           | ۷           | ۳           | ۷           | ۳           | ۷           |
| ۳           | ۳           | ۳           | ۳           | ۳           | ۳           | ۳           | ۳           |
| ۳           | ۳           | ۱۰          | ۳           | ۱۰          | ۳           | ۱۰          | ۳           |
| ۱۰          | ۱۰          | ۳           | ۱۰          | ۳           | ۱۰          | ۳           | ۱۰          |
| ۳           | ۳           | ۶           | ۳           | ۶           | ۳           | ۶           | ۳           |
| ۶           | ۶           | ۲           | ۶           | ۲           | ۶           | ۲           | ۶           |
| ۲           | ۲           | ۶           | ۲           | ۶           | ۲           | ۶           | ۲           |
| ۶           | ۶           | ۵           | ۶           | ۵           | ۶           | ۵           | ۶           |
| ۲           | ۲           | ۱۰          | ۲           | ۱۰          | ۲           | ۱۰          | ۲           |
| جمع کل = ۸۶ | جمع کل = ۸۸ | جمع کل = ۷۷ | جمع کل = ۸۶ | جمع کل = ۸۶ | جمع کل = ۸۸ | جمع کل = ۷۷ | جمع کل = ۸۶ |

مقادیر به دست آمده از سنجش شاخص‌های زیستی ( $H'$ ) و ( $\lambda$ ) در چهار فصل نمونه برداری در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده از سنجش شاخص‌های  $H'$  و  $\lambda$  نشان داد که بیشترین مقادیر عددی  $H'$  به ترتیب در ایستگاه‌های ۲ فصل پاییز ( $H'=4/24$ )، ایستگاه ۵ فصل زمستان ( $H'=3/26$ )، ایستگاه ۲ فصل زمستان ( $H'=3/02$ ) و ایستگاه ۳ فصل پاییز ( $H'=3$ ) به ثبت رسید. بیشترین مقادیر عددی شاخص  $\lambda$  نیز به ترتیب در ایستگاه‌های ۷ فصل پاییز ( $\lambda=0/40$ ) و ایستگاه ۱ فصل زمستان بود (شکل ۲).



شکل ۲: نتایج شاخص‌های شانون ( $H'$ ) و سیمپسون ( $\lambda$ ) در ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه کردان در چهار فصل سال (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

نتایج آنالیز آزمون پیرسون بین تراکم بزرگ بی‌مهرگان کف زی و متغیرهای محیطی در چهار فصل نمونه‌برداری در جدول ۸ نشان داده شده است.

**جدول ۸: نتایج آنالیز آزمون پیرسون بین تراکم بزرگ بی مهرگان کف زی و متغیرهای محیطی در منطقه مورد مطالعه رودخانه کردان (۱۳۹۵-۱۳۹۶).**

|            |                |                        |                              |
|------------|----------------|------------------------|------------------------------|
| پاییز ۹۵   | r value=۰/۶۷*  | ذرات با قطر ۲ میلی متر | تراکم                        |
|            | r value=۰/۶۶** | دما (درجه سانتی گراد)  | شوری (میلی گرم/لیتر)         |
| زمستان ۹۵  | r value=۰/۴۸   | ذرات با قطر ۲ میلی متر | تراکم                        |
|            | r value=۰/۷۹** | دما (درجه سانتی گراد)  | شوری (میلی گرم/لیتر)         |
| بهار ۹۶    | r value=۰/۶۷*  | ذرات با قطر ۲ میلی متر | تراکم                        |
|            | r value=۰/۹۳** | دما (درجه سانتی گراد)  | شوری (میلی گرم/لیتر)         |
|            | r value=۰/۹۷** | دما (درجه سانتی گراد)  | اکسیژن محلول (میلی گرم/لیتر) |
| تابستان ۹۶ | r value=۰/۹۰** | ذرات با قطر ۲ میلی متر | تراکم                        |
|            | r value=۰/۹۰** | شوری mg/L              | اکسیژن محلول (میلی گرم/لیتر) |
|            | r value=۰/۹۷** | دما (درجه سانتی گراد)  | اکسیژن محلول (میلی گرم/لیتر) |

\*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

\*\*Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

نتایج سنجش متغیرهای محیطی در جدول ۹ ارائه شده است بر این اساس بیشترین و کمترین مقادیر اکسیژن محلول به ترتیب در فصول پاییز ۹۵ (ایستگاه ۸) و تابستان ۹۶ (ایستگاه ۹) و با میزان  $۸/۲ \pm ۰/۵۰$  و  $۶/۱ \pm ۰/۳۸$  (میلی گرم/لیتر) اندازه گیری شد. میزان شوری نوساناتی بین  $۰/۰۲۶$  (ایستگاه ۱ زمستان ۹۵) تا  $۰/۰۸$  میلی گرم/لیتر (ایستگاه ۷ پاییز) را نشان داد. پارامتر دما به دلیل تغییرات فصلی بیشترین نوسانات را به ثبت رساند، با بیشترین و کمترین مقادیر در ایستگاه های ۸ و ۹ و  $۱۰$  فصل تابستان با میزان  $۱۶/۹ \pm ۰/۲۸$  و ایستگاه های ۱ و ۲ فصل زمستان با میزان  $۳/۶ \pm ۱/۰۲$  درجه سانتی گراد. میزان pH سنجش شده در ایستگاه های نمونه برداری شده نوساناتی بین  $۷/۰ \pm ۳/۲۵$  در ایستگاه های ۹ و ۱۰ فصل پاییز و ایستگاه ۳ فصل زمستان تا  $۸/۹ \pm ۰/۴$  در ایستگاه ۱ فصل بهار را به ثبت رساند.

جدول ۹: میانگین نتایج سنجش متغیرهای محیطی ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه کردان در فصول نمونه‌برداری (۱۳۹۵-۱۳۹۶).

| شماره ایستگاه | اکسیژن محلول (میلی گرم/لیتر) |               |              |              | شوری (میلی گرم/لیتر) |                |                |               | دما (درجه سانتی‌گراد) |              |               |               | pH           |              |              |               |
|---------------|------------------------------|---------------|--------------|--------------|----------------------|----------------|----------------|---------------|-----------------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|               | پاییز                        | زمستان        | بهار         | تابستان      | پاییز                | زمستان         | بهار           | تابستان       | پاییز                 | زمستان       | بهار          | تابستان       | پاییز        | زمستان       | بهار         | تابستان       |
| ۱             | ۷/۴<br>±۰/۳۰                 | ۸/۱<br>±۰/۲۱  | ۸/۱<br>±۰/۳۶ | ۷/۱<br>±۰/۳۱ | ۰/۰۳<br>±۰/۰۱        | ۰/۰۲۶<br>±۰/۰۱ | ۰/۰۴<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۳<br>±۰/۰۱ | ۷/۳<br>±۰/۵۱          | ۳/۶<br>±۱/۱  | ۱۴/۳<br>±۰/۶۹ | ۱۵/۲<br>±۰/۴۸ | ۸/۱<br>±۰/۳۰ | ۸/۱<br>±۰/۲۷ | ۸/۹<br>±۰/۴۰ | ۸/۱۹<br>±۰/۲۶ |
| ۲             | ۷/۵<br>±۰/۳۱                 | ۸/۰۱<br>±۰/۱۹ | ۸/۰<br>±۰/۳۲ | ۷/۳<br>±۰/۲۵ | ۰/۰۴<br>±۰/۰۱        | ۰/۰۳۴<br>±۰/۰۱ | ۰/۰۳<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۵<br>±۰/۰۱ | ۷/۵<br>±۰/۴۶          | ۳/۶<br>±۰/۹۵ | ۱۴/۲<br>±۰/۰۶ | ۱۶/۱<br>±۰/۳۲ | ۸/۰<br>±۰/۲۸ | ۷/۷<br>±۰/۲۳ | ۸/۱<br>±۰/۲۴ | ۸/۱۳<br>±۰/۲۴ |
| ۳             | ۷/۷<br>±۰/۳۳                 | ۷/۳۸<br>±۰/۱۴ | ۷/۹<br>±۰/۲۷ | ۷/۴<br>±۰/۲۹ | ۰/۰۵<br>±۰/۰۱        | ۰/۰۴<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۳<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۴<br>±۰/۰۱ | ۷/۴<br>±۰/۴۱          | ۴/۷<br>±۰/۸۴ | ۱۴/۲<br>±۰/۵۸ | ۱۶/۳<br>±۰/۲۸ | ۷/۹<br>±۰/۲۹ | ۷/۳<br>±۰/۲۹ | ۷/۹<br>±۰/۲۲ | ۷/۹۱<br>±۰/۲۲ |
| ۴             | ۷/۶<br>±۰/۲۵                 | ۷/۷۶<br>±۰/۱۳ | ۷/۵<br>±۰/۲۰ | ۷/۰<br>±۰/۳۱ | ۰/۰۴<br>±۰/۰۱        | ۰/۰۳<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۵<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۴<br>±۰/۰۱ | ۷/۹<br>±۰/۲۷          | ۵/۰<br>±۰/۷۱ | ۱۵/۱<br>±۰/۴۱ | ۱۵/۸<br>±۰/۳۶ | ۸/۲<br>±۰/۳۰ | ۷/۹<br>±۰/۲۱ | ۷/۸<br>±۰/۲۲ | ۷/۷۷<br>±۰/۲۳ |
| ۵             | ۷/۵<br>±۰/۲۸                 | ۷/۷۲<br>±۰/۱۲ | ۷/۶<br>±۰/۲۱ | ۷/۱<br>±۰/۱۷ | ۰/۰۷<br>±۰/۰۱        | ۰/۰۲<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۵<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۳<br>±۰/۰۱ | ۸/۲<br>±۰/۲۱          | ۶/۱<br>±۰/۵۵ | ۱۵/۱<br>±۰/۳۹ | ۱۶/۲<br>±۰/۱۷ | ۸/۱<br>±۰/۲۶ | ۷/۷<br>±۰/۲۳ | ۸/۱<br>±۰/۲۳ | ۸/۱۲<br>±۰/۲۵ |
| ۶             | ۷/۴<br>±۰/۴۱                 | ۷/۵<br>±۰/۱۲  | ۷/۵<br>±۰/۱۷ | ۶/۹<br>±۰/۴۱ | ۰/۰۴<br>±۰/۰۱        | ۰/۰۴<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۴<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۵<br>±۰/۰۱ | ۸/۵<br>±۰/۱۹          | ۶/۳<br>±۰/۵۶ | ۱۵/۲<br>±۰/۳۵ | ۱۶/۹<br>±۰/۴۱ | ۷/۷<br>±۰/۲۱ | ۷/۸<br>±۰/۲۳ | ۷/۹<br>±۰/۲۵ | ۷/۹۵<br>±۰/۱۹ |
| ۷             | ۷/۷<br>±۰/۴۴                 | ۷/۳۹<br>±۰/۱۳ | ۷/۳<br>±۰/۱۱ | ۶/۷<br>±۰/۲۵ | ۰/۰۸<br>±۰/۰۱        | ۰/۰۵<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۶<br>±۰/۰۰۷ | ۰/۰۵<br>±۰/۰۱ | ۸/۶<br>±۰/۲۱          | ۶/۰<br>±۰/۶۱ | ۱۵/۴<br>±۰/۲۶ | ۱۶/۸<br>±۰/۳۰ | ۷/۳<br>±۰/۲۳ | ۸/۳<br>±۰/۲۳ | ۷/۶<br>±۰/۱۹ | ۷/۶۳<br>±۰/۱۲ |
| ۸             | ۸/۲<br>±۰/۵۰                 | ۷/۶۱<br>±۰/۰۶ | ۷/۰<br>±۰/۰۸ | ۶/۲<br>±۰/۱۸ | ۰/۰۶<br>±۰/۰۱        | ۰/۰۷<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۷<br>±۰/۰۰۴ | ۰/۰۷<br>±۰/۰۱ | ۸/۸<br>±۰/۲۴          | ۷/۱<br>±۰/۵۹ | ۱۶/۱<br>±۰/۰۸ | ۱۶/۹<br>±۰/۲۷ | ۷/۷<br>±۰/۲۰ | ۸/۲<br>±۰/۲۰ | ۷/۷<br>±۰/۱۲ | ۷/۷۰<br>±۰/۱۳ |
| ۹             | ۷/۹<br>±۰/۴۵                 | ۷/۶۴<br>±۰/۰۶ | ۷/۲<br>±۰/۰۵ | ۶/۱<br>±۰/۳۸ | ۰/۰۷<br>±۰/۰۱        | ۰/۰۷<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۷<br>±۰/۰۰۵ | ۰/۰۶<br>±۰/۰۱ | ۸/۵<br>±۰/۱۵          | ۷/۲<br>±۰/۶۴ | ۱۶/۰<br>±۰/۰۵ | ۱۶/۹<br>±۰/۴۱ | ۷/۸<br>±۰/۲۳ | ۷/۹<br>±۰/۱۰ | ۷/۴<br>±۰/۱۳ | ۷/۳۹<br>±۰/۰۴ |
| ۱۰            | ۷<br>±۰/۱۰                   | ۷/۷۷<br>±۰/۱۲ | ۷/۱<br>±۰/۰۶ | ۶/۳<br>±۰/۱۹ | ۰/۰۵<br>±۰/۰۱        | ۰/۰۶<br>±۰/۰۱  | ۰/۰۸<br>±۰/۰۰۳ | ۰/۰۷<br>±۰/۰۱ | ۸/۲<br>±۰/۲۱          | ۷/۰<br>±۰/۶۳ | ۱۵/۹<br>±۰/۰۶ | ۱۶/۹<br>±۰/۱۶ | ۷/۳<br>±۰/۲۳ | ۷/۷<br>±۰/۲۴ | ۷/۵<br>±۰/۰۴ | ۷/۴۸<br>±۰/۱۰ |

## بحث و نتیجه گیری

رودخانه‌ها اکوسیستم‌های پویا و ارزشمندی هستند که ضمن حفظ بخش مهمی از تنوع زیستی در کره زمین، طیف گسترده‌ای از نیازهای جوامع انسانی مانند آب آشامیدنی، مواد پروتئینی، کشاورزی، صنعتی و حمل‌ونقل را نیز تأمین می‌کنند. بر همین اساس حفظ پایداری و سلامت رودخانه‌ها برای انسان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. رودخانه‌ها دامنه گسترده‌ای از بی‌مهرگان را در خود جای داده‌اند که امروزه از آن‌ها به‌عنوان شاخص‌ها و نشانگرهای کیفی آب استفاده می‌کنند. اگرچه در ارزیابی‌های اکولوژیک از شاخص‌های متعددی استفاده می‌شود، اما در بیشتر مطالعات امروزه ایران و جهان از بی‌مهرگان کف زی در سطوح خانواده، جنس یا گونه، فراوانی و یا ترکیب تاکسونومیک به شکل امتیازدهی به خانواده‌های مقاوم به آلودگی و یا گروه‌های حساس استفاده می‌کنند (مسگران کریمی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ممینی و نبوی، ۱۳۹۱؛ وثوقی و همکاران، ۱۳۹۳؛ شکری و همکاران، ۱۳۹۴؛ شیرچی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Kamali؛ ۱۳۹۴؛ Esmaeeli (۲۰۰۹)، Timm و همکاران (۲۰۰۸)، Spyra و همکاران (۲۰۱۷)). بر همین اساس در مطالعه حاضر علاوه بر شاخص‌های BMWP و ASPT از دو شاخص تنوع و غالبیت گونه‌ای شانون ( $H'$ ) و سیمپسون ( $\lambda$ ) نیز استفاده گردید.

در این مطالعه غالب گروه‌های بزرگ بی‌مهرگان جمع‌آوری‌شده به حشرات آبزی یا مراحل لاروی آن‌ها تعلق داشتند. بسیاری از مطالعات انجام‌شده در رودخانه‌ها نیز چنین روندی را نشان داده‌اند مانند تحقیقات Kamali و Esmaeeli (۲۰۰۹) در رودخانه لاسم؛ نادری جلودار و همکاران (۱۳۹۰) در رودخانه هراز؛ شیرچی‌سالی و همکاران (۱۳۹۴) در رودخانه جاجرد؛ Hynes (۱۹۷۷) و Pipan (۲۰۰۰) در رودخانه Rek. در مطالعه حاضر ۱۶ خانواده از بزرگ بی‌مهرگان کف زی شناسایی شد که مشابه با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش یداللهی و همکاران (۱۳۸۹) در رودخانه سنبل‌رود با ۱۴ خانواده می‌باشد. اگرچه برخی از پژوهش‌ها مانند بررسی‌های انجام‌شده توسط کاظمی (۱۳۸۲) در رودخانه طالقان در غرب تهران با ۳۴ خانواده و بسیاری از رودخانه‌های نیکاراگوئه با میانگین ۳۸ خانواده (Fenoglio et al., 2003) نمونه‌هایی از تفاوت در ساختارهای فون کف زیان رودخانه‌ای به شمار می‌رود. عوامل متعددی مانند سلامت و عدم وجود منابع آلاینده، تنوع زیستگاه‌ها، منابع غذایی و ساختار بستر در افزایش یا کاهش تنوع زیستی رودخانه‌ها ایفای نقش می‌کنند.

گونه‌ها و جنس‌های (order: Trichoptera) *Hydropsyche instabilis* (Curtis, 1834) (order: Rithrogena sp.) (order: Ephemeroptera) *Heptagenia* sp. (order: Diptera) *Anthomiidae* larva (order: Amphipoda) *Bibiocephala* sp. (order: Diptera) *Simulium* sp. (order: Lumbriculida) *Lumbriculus* sp. persiculus (Khalaji-Pirbalouty and Wagele, 2009) و (order: Diptera) *Chironomus* sp. غالب‌ترین گروه‌های فون بسترزیان رودخانه کردان در منطقه مورد مطالعه در چهار فصل نمونه‌برداری را به خود اختصاص داده بودند. بر اساس مطالعات Buchard (۲۰۰۴) حضور گروه‌هایی مانند زودمیران (Mayflies) یا Ephemeroptera و بهاره‌ها (Stonflies) یا Plecoptera و موی‌بالان (Caddisflies) یا Trichoptera که مقاومت کمی در برابر آلودگی دارند در یک رودخانه نشان‌دهنده سلامت و نبود آن‌ها نشانه آلودگی آب‌ها به شمار می‌روند. حضور نمایندگانی از گروه‌های حساس به آلودگی در منطقه مورد مطالعه مانند *H. instabilis* (Tricopeta) *Ritrogena* sp. (Ephemeropeta) و (Ephemeroptera) *Heptagenia* sp. مؤید شرایط نسبتاً مناسب زیست‌محیطی رودخانه کردان در فصول نمونه‌برداری به شمار می‌رود. اگرچه به‌طور هم‌زمان نمایندگانی از گروه‌های مقاوم به آلودگی مانند *Simulium* sp. (True flies) از دوبالان (Diptera)، *Chironomus* sp. از دوبالان (Diptera)، *Lumbriculus* sp. از کرم‌های کم تار (Lumbriculida) و *Anthomiidae* larva می‌تواند نشانه استرس‌های منطقه‌ای یا آلودگی در نقاطی از بدنه رودخانه باشد. به‌عنوان مثال میزان عددی کم شاخص تنوع گونه‌ای شانون ( $H'$ ) در ایستگاه ۷ (فصل پاییز ۹۵)، ایستگاه ۱ (فصل زمستان ۹۵) و ایستگاه ۹ (فصل بهار ۹۶) با

مقادیر ۰/۸۹، ۱/۲۵ و ۱/۵۵ که معرف شرایط نامناسب زیست‌محیطی است می‌تواند ناشی از ورود فاضلاب‌های روستایی و یا سایر آلاینده‌ها به رودخانه باشد.

طی دوره تحقیق در رودخانه کردان بیشترین فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کف زی در دو فصل زمستان ۹۵ و بهار ۹۶ مشاهده و به ثبت رسید. مطالعات علمی Aazami و همکاران (۲۰۲۰) و وثوقی و همکاران (۱۳۹۳) در رودخانه‌های زادمرو (ساری-مازندران) و رودخانه کلارود (استان مازندران) و Sharma و همکاران (۲۰۰۴) نیز با نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر مطابقت دارد.

طبقه‌بندی کیفیت آب منطقه مورد مطالعه رودخانه کردان بر اساس شاخص زیستی BMWP (جدول ۵) در چهار فصل نمونه‌برداری با امتیازهای کلی ۸۶ (فصل پاییز ۹۵)، ۸۸ (فصل زمستان ۹۵)، ۷۷ (فصل بهار ۹۶) و ۸۶ (فصل تابستان ۹۶) در طبقه خوب با مقداری تحت تأثیر قرار گرفته، جا گرفت. دبی (۱۱/۶۴ میلیون مترمکعب در سال) و عمق کم (۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) رودخانه همراه با ورود فاضلاب‌های روستایی، زهاب‌های کشاورزی و همچنین تغییرات فصلی متغیرهای محیطی همراه با سیکل زندگی گروه‌های مختلف بزرگ بی‌مهرگان کف زی، تغذیه از آن‌ها توسط سایر آبزیان و حتی پرندگان از جمله عواملی هستند که بر ساختار اجتماعات تأثیرگذارند. این عوامل تأثیرگذار بر ساختارهای اجتماعات کف زیان رودخانه‌ها، توسط محققین زیادی مورد تأیید قرار گرفته است (شاپوری و همکاران (۱۳۸۹)؛ ممبینی و نبوی (۱۳۹۱)؛ وثوقی و همکاران (۱۳۹۳)؛ عظیمی و همکاران (۱۳۹۴)؛ شکری و همکاران (۱۳۹۴)، Fenoglio و همکاران (۲۰۰۲)، Sharma و همکاران (۲۰۰۴)، Docile و همکاران (۲۰۱۵)). بر اساس جدول Wright و همکاران (۱۹۹۳) کمترین مقادیر سنجش شده ASPT با ارقام عددی ۰/۵۸ و ۰/۶۰ در دو فصل بهار و تابستان ۹۶ به دست آمد که معرف شرایط نامساعد زیست‌محیطی در منطقه مورد مطالعه است و مقادیر ASPT در دو فصل پاییز و زمستان با میزان عددی ۰/۹۰ نشان‌دهنده شرایط خیلی خوب زیست‌محیطی است (جدول ۷).

شاخص‌های اکولوژیک شانون ( $H'$ ) و سیمپسون ( $\lambda$ ) از کاربردی‌ترین شاخص‌های کیفی در بدنه‌های آبی به شمار می‌روند که در مطالعه حاضر نیز از آن‌ها استفاده شده است. نتایج به‌دست‌آمده از سنجش این دو شاخص (شکل ۲) و با توجه به الگوی مدل Welch (۱۹۹۲) (جدول ۴) به‌استثنای ایستگاه‌های ۲ (فصل پاییز ۹۵) با میزان عددی  $H' = 4/22$ ، ایستگاه ۲ (فصل زمستان ۹۵) با میزان عددی  $H' = 3/02$  و ایستگاه ۵ (فصل زمستان ۹۵) با میزان عددی  $H' < 3/26$  که در طبقه کیفی آب‌های تمیز قرار می‌گیرند، سایر ایستگاه‌ها (به‌استثنای ایستگاه‌های ۷ پاییز ۹۵، ایستگاه ۱ زمستان ۹۵ و ایستگاه ۹ فصل بهار ۹۵) که شرایط آب‌های نسبتاً آلوده را دارند) در طبقه کیفی آب‌های با آلودگی یا استرس متوسط قرار دارند. محققین زیادی مانند ممبینی و نبوی (۱۳۹۱) در رودخانه جراحی (استان خوزستان) و Keci و همکاران (۲۰۱۷) در رودخانه Ishmi آلبانی نتایج مشابهی را در مناطق مورد مطالعات خود در خصوص شاخص شانون ( $H'$ ) گزارش نموده‌اند. دو شاخص تنوع‌گونه‌ای شانون ( $H'$ ) و غالبیت گونه‌ای سیمپسون ( $\lambda$ ) به علت اینکه تصویر آینه‌ای یکدیگر هستند از مقبولیت علمی زیادی در بین محققین برخوردار هستند. بر این اساس هنگامی که شاخص شانون به سمت حداکثر رقم عددی خود یا ۵ نزدیک می‌شود، شاخص غالبیت به سمت صفر نزدیک می‌شود و بالعکس (شاخص شانون بین ۵-۰ و شاخص سیمپسون بین ۱-۰ در نوسان هستند). (شکل ۲).

ساختار بستر از مهم‌ترین پارامترهای محیطی رودخانه‌ها به شمار می‌رود که در پراکنش بی‌مهرگان کف زی نقشی اساسی دارد و توسط بسیاری از محققین مانند Beauger و همکاران (۲۰۰۶) و Duan و همکاران (۲۰۰۸) مورد تأکید و تأیید قرار گرفته است. نتایج آنالیز آزمون پیرسون بین تراکم بزرگ بی‌مهرگان کف زی و بافت بستر در منطقه مورد مطالعه نیز چنین روندی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در جدول ۸ نشان داده شده است در کلیه فصول ارتباطی مثبت و معنی‌دار در سطح  $P < 0.05$  بین تراکم بزرگ بی‌مهرگان کف زی و ذرات رسوبی با قطر ۲ میلی‌متر به ثبت رسیده است. همچنین در پاییز ( $r \text{ value} = 0/66^{**}$ ) و زمستان ۹۵ ( $r \text{ value} = 0/79^{***}$ ) ارتباطی مثبت و معنی‌دار در سطوح  $P < 0/01$  بین پارامترهای دما و شوری مشاهده شد. این ارتباط همچنین در بهار ۹۶ بین دما و شوری در سطح  $P < 0/01$  با میزان  $r \text{ value} = 0/93^{***}$  به دست آمد. طی یک فرایند طبیعی با افزایش دما و به‌ویژه در رودخانه‌های کم‌عمق مانند رودخانه کردان، شوری افزایش یافته و میزان اکسیژن محلول آب کاهش پیدا می‌کند. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر (جدول ۹) به‌وضوح این روند را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که در دو فصل بهار و تابستان

۹۶ که میزان دما افزایش محسوسی را نشان می‌دهد موجب کاهش نسبی میزان اکسیژن محلول در آب شده و نتایج آنالیز آزمون پیرسون نیز ارتباط منفی و معنی‌دار  $r \text{ value} = 0.97^{**}$  در سطح  $P < 0.01$  را بین اکسیژن محلول و دمای آب سنجش نموده است.

بر اساس مطالعات Buchard (۲۰۰۴) حضور قابل‌ملاحظه گونه‌ها و افراد ۳ راسته بهاره‌ها (Plecoptera stoneflies)، زودمیران (Ephemeroptera or Mayflies) و موی بالان (Trichoptera or Caddisflies) در رودخانه‌ها از شاخص‌های آب‌های غیره آلوده به شمار می‌روند.

نتایج مطالعه حاضر نیز با غالبیت نسبی گونه‌های زودمیران و موی‌بالان در منطقه مورد مطالعه رودخانه کردان همراه بوده است که در مجموع شرایط نسبی خوبی را نشان داده، اما حضور دوبالان و کرم‌های کم‌تار که معرف گونه‌های مقاوم به آلودگی به شمار می‌روند نشان‌دهنده نوعی از استرس‌ها یا آلودگی‌ها است که می‌تواند ناشی از فعالیت‌های انسانی باشد. البته باید توجه داشت که رودخانه‌های با دبی و عمق کم مانند رودخانه کردان به شدت تحت تأثیر آلودگی‌های حاشیه رودخانه هستند. با ورود هرگونه آلاینده‌ای به سرعت بر کیفیت آب تأثیرگذار بوده و احتمال مرگ‌ومیر و جابجایی شماری از بی‌مهرگان (به‌ویژه لاروهای حشرات آبی) را به همراه دارد و می‌تواند نتایج محقق را در زمان نمونه‌برداری، در بخش‌های پذیرنده آلاینده تحت تأثیر قرار دهد. انجام مطالعات پایش لیمنولوژیک در کل رودخانه کردان و حذف منابع آلاینده رودخانه مانند فاضلاب‌های روستایی و زهاب‌های کشاورزی می‌تواند در پایداری و حفظ کیفیت مطلوب آن نقشی اساسی ایفا نماید.

## منابع

- شاپوری، م.، ذوالریاستین، ن. و آذرباد، ح.، ۱۳۸۹. ارزیابی سریع کیفیت آب رودخانه گرگان رود بر پایه شاخص‌های زیستی. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال پنجم، شماره سوم، صفحات ۱۲۹-۱۱۵.
- شکری، م.، رحمانی، ح. و احمدی، م. ر.، ۱۳۹۴. ارزیابی گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف زی به‌عنوان شاخص کیفی آب رودخانه تجن. مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۲۸، شماره ۱، صفحات ۶۱-۵۲.
- شیرچی‌ساسی، ز.، عبدلی، الف. و هاشمی، س. ح.، ۱۳۹۴. ارزیابی کارایی شاخص‌های زیستی یگانه و چندگانه بزرگ بی‌مهرگان کف زی برای تعیین کیفیت آب (مطالعه موردی: رودخانه جاجرود). محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۸ شماره ۱، صفحات ۹۳-۸۳.
- کاظمی، ر.، ۱۳۸۲. مطالعه هیدرولوژی و اکولوژیک فون کف زیان رودخانه طالقان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۷۵ ص.
- کرمی، م.، میردار هریجانی، ج.، قرانی، الف. و پوریا، م.، ۱۳۹۶. بررسی کیفیت آب رودخانه گاماسیاب با استفاده از شاخص‌های زیستی BMWP و ASPT. مجله بوم‌شناسی آبریان، دوره ۷ شماره ۱، صفحات ۳۸-۲۹.
- مسگران کریمی، ج.، آذری تاکامی، ق.، خارا، ح. و عباسپور، ر.، ۱۳۹۱. تعیین تنوع و فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کف زی رودخانه دو هزار تنکابن با استفاده از شاخص‌های زیستی. مجله آبریان و شیلات، سال سوم، شماره ۱۱، صفحات ۳۹-۲۷.
- ممبینی، ش. و نبوی، س. م. ب.، ۱۳۹۱. مطالعه ساختار اجتماعات ماکروبتیک به‌عنوان شاخص‌های آلاینده‌ی در رودخانه جراحی (محدوده مقبره سید عاشور تا ورودی شهر شادگان). علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره چهاردهم، شماره یک، صفحات ۱۲۵-۱۱۷.
- نادری جلودار، م.، عبدلی، ا.، میرزاخانی، م. ک. و شریفی جلودار، ر.، ۱۳۹۰. پاسخ بزرگ بی‌مهرگان کف زی رودخانه هراز به پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۴ شماره ۲، صفحات ۱۷۶-۱۶۳.
- وثوقی، ع. و وطن‌دوست، ص. و بابازاده، م.، ۱۳۹۳. بررسی کیفیت آب رودخانه کلارود (استان مازندران) با استفاده از ماکروبتوزها. فصلنامه علوم تکتیر و آبی‌پروری، سال دوم، شماره پنجم، صفحات ۷۲-۵۹.
- یداللهی، س.، شاپوری، م.، کمالی، الف. و اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۹. بررسی امکان تأثیر جوامع کف زیان رودخانه سنبل رود روی تعیین کیفیت آب در منطقه سوادکوه. مجله علمی پژوهشی زیست‌شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، دوره ۲، شماره ۴، صفحات ۵۲-۴۷.

- Aazami, J., Maghsodlo, H. and Valikhani, H., 2020.** Health evaluation of riverine ecosystems using aquatic macroinvertebrates: a case study of the Mohammad- Abad River, Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17: 2637-2644.
- Beauger, A., Lair, N., Reyes-Marchant, P. and Peiry, J. L., 2006.** The distribution of macroinvertebrate assemblages in a rich of the River Allier (France) in relation to riverbed characteristics. *Hydrobiologia*, 571: 63-76.
- Brysiewica, A., Wolska, M., Czerniejewski, P. and Wojciechowska, A., 2020.** Impact of selected abiotic components on the variability of macrobenthic community structure in small watercourses. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29: 17-25.
- Buchard, R. W., 2004.** Guide to aquatic invertebrates of the upper Midwest Waters. Water Resources Center. University of Minnesota, ST Paul, MN, 208 pp.
- Clifford, H. F., 1991.** Aquatic Invertebrates of Alberta. Alberta, published by the University of Alberta Press, 117 pp.
- Concalves, F. B. and Santos de Menezes, M., 2011.** A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Parana state, Southern Brazil. *Neotropical Journal*, 3: 51-58.
- Docile, T. N., Figueiro, R. Azevedo, L. H. G. and Nessimian, J. L., 2015.** Water pollution and distribution of the blackfly (Diptera: Simuliidae) in the Atlantic Forest, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, 63: 1-10.
- Duan, X., Wang, Z. and Tian, S., 2008.** Effect of streambed substrate on macroinvertebrate biodiversity. *Front. Master in Environmental Science and Engineering*, 2: 122-128.
- Fenoglio, S., Badino, G. and Bona, F., 2003.** Benthic macroinvertebrate communities as indicators of river environment quality: an experience in Nicaragua. *Revista De Biologia Tropical*, 50: 1125-1131.
- Goncharov, A. V., Baturina, N. S., Maryinsky, V. V., Kaus, A. K. and Chalov, S. R., 2020.** Ecology assessment of the Selenga River basin, the main tributary of Lake Baikal, using aquatic macroinvertebrate communities as bioindicators. *Journal of Great Lakes Research*, 46: 53-61.
- Hynes, H. B., 1970.** The ecology of Running Water, University of Toronto Press, Canada, 555 pp.
- ISO-BMWP, 1979.** Assessment of Biological Quality of Rivers by a macroinvertebrate Score. ISO. ISO/TC 147/SCS/N5, International Organization for Standarization, Geneva.
- Kamali, M. and Esmaeeli Sari, A., 2009.** Biological assessment of Lasem River (Amol City, Mazandaran province) by using benthic macroinvertebrate population structure. *Journal of Environmental Sciences* 3, 10-19.(in Persian).
- Karami, M., Mirdar-Harjani, J., Gharaei, A. and Pouria, M., 2017.** Assessment of GAMWP and ASPT River water quality using biological indices. *Journal of Aquatic Ecology*, 7: 38-29.
- Keci, E., Pepa, B., Paparisto, A. and Duka, S., 2017.** Biodiversity indices and nutrient load assessment in Ishmi River, Albania. *European Water*, 58: 251-256.
- Mandaville, S. M., 2002.** Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters: Taxa Tolerance Value, Metrics, and Protocols. Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax, 48 pp.
- Mesgaran Karimi, J., Azari Takami, S., Karami, H., Khara, H. and Abbaspour, R., 2012.** Determination of large diversity and abundance of invertebrates in the river by the use of biological indices. *Journal of Aquatic and Fisheries*, 3: 39-27.
- Mombeini, S. H. and Nabavi, S. M. B., 2012.** Study of the structure of macrobenthic communities as the emission indexes in the surgical river (Seyed Ashoor tomb to the entrance of Shadegan). *Environmental Science and Technology*, 14: 125-117
- Pipan, T., 2000.** Biological Assessment of Stream Water Quality-The example of the Reka River System, Korea. *Korean Journal Ecology*, 21:759-770.
- Shapouri, M., Zolrstein, N. and Azarbud, H., 2010.** Rapid assessment of the water quality of Gargunrud River based on biological indices. *Journal of Natural Resources Science and Technology*, 5:129-115.
- Sharma, R.C., Bhanot, G. and Singh, D., 2004.** Aquatic macroinvertebrate Diversity in Nada Devi Biosphere Reserve, India. *Environmentalist*, 24: 211-221.

**Shirchi Sasy Mankan, Z., Abdoli, A. and Hashemi, S. H., 2015.** Evaluation of the efficiency of large and multiple unique biological indices for determining water quality (case study: Jajrood River). *Natural environment, natural resources of Iran*, 68: 93-83.

**Spyra, A., Kubika, J. and Strzelec, M., 2017.** The use of Biological Indices for the Assessment of the River Quality (Ruda River Poland). *Ecological Chemistry and Engineering*, 24: 285-298.

**Timm, H., Mardi, K. and Mols, T., 2008.** Macroinvertebrates in Estonian streams: the effects of habitat, season, and sampling effort on some common metrics of biological quality. *Estonian Journal of Ecology*, 57:37-57.

**Visinskiene, G. and Bernotiene, R., 2012.** The use of benthic macroinvertebrate families for river quality assessment in Lithuania. *Central European Journal of Biology*, 7: 741-758.

**Wang, L., Li, H., Dang, J., Zhao, Y. and Qiao, P., 2020.** Effects of Urbanization on water Quality and Macrobenthos community structure in the Fenhe River, Shanxi Province, China. *Environmental Behavior and Effects of Pollutants in water*, pp.1-9.

**Welch, E. B., 1992.** *Ecological effect and waste water*-2<sup>nd</sup> edi Chapman and Hall, 425 pp.

**Wentworth, C. K., 1922.** A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, 3: 377-392.

**WMO, 1988.** *Manual on Water Quality Monitoring*. WMO Operational Hydrology Report No.27, WMO Publication No.680. World Meterology Organization.

**Wright, J. F., Furse, M. T., Armitage, P. D. and Moss, D., 1993.** New procedures for identifying Running-water Sites Subject to Environmental Stress and for Evaluating Sites for Conservation, Based on the Macro-Invertebrate Funa. *Arch Hydrobiologia*, 127: 319-326.

**Zeybek, M., Kalyoncu, H., Karakas, B. and Ozgul, S., 2014.** The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Degirmendere stream (Isparta, Turkey). *Turkish Journal of zoology*, 38: 603-613.

