ارزیابی و پهنه‌بندی اکوسیستم رودخانه‌ی حفاظت‌شده هراز بر اساس فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب و شاخص‌های زیستی بزرگ بی‌مهرگان کف زی

چکیده

هدف از این مطالعه، ارزیابی اکوسیستم رودخانه و پهنه‌بندی آن با استفاده از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب و توزیع جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف زی در رودخانه هراز در ایران است. در این مطالعه، جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف زی در امتداد جریان رودخانه در سال ۱۳۹۴ در ۹ ایستگاه با سه تکرار با استفاده از سوربر سمپلر (30.5×30.5 cm2) نمونه‌گیری شد. برای ارزیابی بیولوژیکی کیفیت آب از شاخص‌های زیستی BMWP، ASPT و Hilsenhoff استفاده شد. فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب و همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی در نرم‌افزار GIS نیز تهیه گردید. در مطالعه حاضر، ۵ خانواده از راسته Diptera به نام های Chironomidae، Simuliidae، Tipulidae، Limnoidae و Culicidae شناسایی شد که دارای بیشترین تعداد خانواده در مقایسه با سایر راسته‌ها بود. خانواده Chironomidae تنها خانواده‌ای بود که در همه ایستگاه‌ها مشاهده شد و بیشترین فراوانی را در ایستگاه‌های ۲ و ۳ و کمترین فراوانی را در ایستگاه‌های ۵ و ۶ داشت. محاسبه نتایج نشان داد که شرایط کیفیت آب از ایستگاه ۱ تا ۶ مناسب (به‌خصوص ایستگاه‌های ۵ و ۶) و میزان قابل‌توجهی از آلودگی آلی در ایستگاه‌های ۷ و ۸ موجود بود و همچنین کیفیت آب ایستگاه ۹ نسبتاً ضعیف بود که نشان می‌دهد که شرایط رودخانه در این ایستگاه نامطلوب است.

واژگان کلیدی: کیفیت آب، بزرگ بی‌مهرگان کف زی، خود پالایی، پهنه‌بندی، رودخانه هراز.

غلامرضا بناگر [۱*]
حسین رحمانی [۲]
حسین علی‌پور [۳]
سجاد رستمی [۴]
لقمان خداکرمی [۵]

۱. گروه محیط‌زیست، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران.
۲. دانشیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران.
۴. مسئول محیط‌زیست معاونت خدمات شهری شهرداری اصفهان، اصفهان، ایران.
۵. دانشجوی دکترای محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

***مسئول مکاتبات:**
Gholam_banagar@yahoo.com

کد مقاله: ۱۴۰۰۰۳۰۹۱۳
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۶
این مقاله پژوهشی و برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

مقدمه

شهرنشینی، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی با همه مزایایی که در افزایش تولید داشته است، همواره با آثار مخرب خود از طریق ایجاد آلاینده‌ها و پساب‌ها، سلامت اکوسیستم‌ها به‌ویژه آب‌های سطحی را به خطر می‌اندازد (Karr,1998). آلودگی آب رودخانه‌ها را در حقیقت می‌توان شاخص آلودگی محیط‌زیست در اثر فعالیت‌های انسانی به شمار آورد، زیرا رودخانه‌ها تنها منابع آبی هستند که مسیر طولانی را از میان شهرها، روستاها و مناطق صنعتی و کشاورزی طی می‌کنند. (Sharma and chowdhari, 2011). ازاین‌رو سه نوع آلودگی شامل آلاینده‌های صنعتی ناشی از کارخانجات و صنایع، آلودگی کشاورزی حاصل از سموم کشاورزی مورداستفاده در مزارع کشاورزی و آلودگی شهری شامل فاضلاب‌های خانگی و

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

شهری وجود دارند که وارد رودخانه‌ها می‌شوند (قانع ساسان سرایی،۱۳۸۳). برای تعیین کیفیت آب‌ها از شاخص‌های متعددی بر اساس ارزیابی شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی استفاده می‌شود که به دلیل محدودیت اطلاعات به‌دست‌آمده ازلحاظ زمان و مکان، اکولوژیست‌های آب جاری برای تعیین کیفیت محیطی نهرها و رودخانه‌ها از موجودات آبزی به‌عنوان شاخص کیفی آب استفاده می‌کنند و عکس‌العمل‌های آن‌ها را نسبت به شرایط محیطی در نظر می‌گیرند (Kenny *et al*., 2009)

بی‌مهرگان کف زی به‌عنوان یکی از مؤثرترین گروه‌ها برای ارزیابی زیستی بوده و امروزه از اساسی‌ترین اجزای بیولوژیک نهرها هستند که به کمک و با استفاده از ترکیب جمعیت آن‌ها و تکیه بر گروه‌های شاخص، می‌توان شرایط کیفی نهرها را مشخص کرد (Reynoldson, 1992, Foomani *et al*., 2020). بردباری گونه‌های بی‌مهرگان کف زی در برابر آلودگی اغلب به ویژگی زندگی و رفتارهای تغذیه‌ای آن‌ها بستگی دارد (Gawad, 2019). استفاده از بی‌مهرگان کف زی بر این فرض استوار است که نهرها و رودخانه‌هایی که در فشار آلودگی هستند، تنوع کمتری دارند و گونه‌های مقاوم به آلودگی غالب‌اند. جانداران مذکور ازنظر مقاومت در برابر شدت آلودگی و کاهش اکسیژن با یکدیگر متفاوت‌اند و در خصوص بعضی از گونه‌ها این تفاوت فاحش‌تر است، به‌طوری‌که برخی از گونه‌ها در آب‌هایی کاملاً تمیز و عاری از هرگونه آلودگی و بعضی در آب‌هایی با آلودگی زیاد قادر به ادامه حیات هستند (Aura *et al*., 2010).

مطالعات بیولوژیکی مختلفی توسط برخی محققان بر روی رودخانه‌های مختلف در ایران انجام‌شده است. جلیلی و همکاران (۱۳۸۹) به منظور بررسی فون ماکروبنتیک بخش جنوب غربی تالاب انزلی، نمونه‌برداری‌هایی را طی چهارفصل انجام دادند. نتایج ایشان نشان داده است که تنوع و فراوانی ماکروبنتوزها در بهار و پائیز بیشترین و در تابستان و زمستان کمترین مقدار بوده است. نصیر احمدی و همکاران (۱۳۹۱) در پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه هراز بر اساس شاخص NSFWQI در حدفاصل خروجی آب از سد لار تا ورودی آب به دریای خزر در ۷ ایستگاه مختلف، پارامترهای کیفی آب را بررسی کردند. در طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه زارمرود (ساری- مازندران) با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف که توسط عظیمی و همکاران (۱۳۹۴) انجام گردید، ۴ شاخه، ۶ رده، ۱۲ راسته و ۲۷ خانواده از ماکروبنتوزها شناسایی شدند. عباسپور و همکاران (۱۳۹۳) به‌منظور ارزیابی زیستی رودخانه چشمه کیله تنکابن، ساختار جمعیتی و زی‌توده‌ای درشت بی‌مهرگان کف زی به‌صورت ماهانه طی دوازده نوبت و با سه تکرار نمونه‌برداری انجام دادند. Chen و همکاران (۲۰۱۰) در هنگ گنگ مطالعه‌ای را بر روی جوامع ماکروبنتوز انجام دادند. نتایج ایشان نشان داد که بیشترین فراوانی جوامع ماکروبنتوز در فصل تابستان و کمترین فراوانی در فصل پاییز و زمستان بوده است. Azrina و همکاران (۲۰۰۶) اثر فعالیت‌های انسانی بر تنوع بزرگ بی‌مهرگان کف زی در رودخانه لنگت مالزی را موردبررسی قراردادند. نتایج بررسی ایشان داد که شاخص‌های غنا و تنوع بزرگ بی‌مهرگان آبزی تحت تأثیر اکسیژن محلول، دما، دانه‌بندی رسوبات بستر قرارداد. Taban و همکاران (۲۰۲۰) کیفیت آب رودخانه‌های حفاظت‌شده جاجرود و کرج را با استفاده از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و شاخص‌های زیستی مورد ارزیابی قراردادند. نتایج ایشان نشان داد که منابع آلودگی نقطه‌ای (باغات، رستوران‌ها و روستاها) و منابع غیر نقطه‌ای (فعالیت‌های گردشگری و منطقه تفریحی) بیشترین تأثیر منفی را بر اکوسیستم این دو رودخانه دارند.

با توجه به اهمیت رودخانه هراز در حوضه جنوبی دریای خزر و وجود فعالیت کارگاه‌های پرورش ماهی در مسیر رودخانه، برداشت بی‌رویه شن و ماسه، ورود پساب‌های کشاورزی، شهری و روستایی که باعث افزایش ورود آلاینده‌ها و کاهش کیفیت و بر هم خوردن تعادل اکوسیستم این رودخانه شده است، هدف بنیادی مطالعه حاضر، تعیین کیفیت رودخانه هراز در ایستگاه‌های مطالعاتی با استفاده از بی‌مهرگان کف زی بر اساس شاخص‌های زیستی و شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب است؛ اما نتایج این تحقیق می‌تواند در ارائه برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی رودخانه برای بهره‌برداری از آب رودخانه و تصمیم‌گیری مطلوب به مدیران کمک کند.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

مواد و روش‌ها

رودخانه هراز یکی از رودخانه‌های پرآب حوضه جنوبی دریای خزر با حجم آبدهی ۶۶۷/۸۶ میلیون مترمکعب از مجموع ۷ رودخانه مهم استان مازندران محسوب می‌شود که از دامنه شرقی کوه پالون‌گردن سرچشمه گرفته و تا پلور، رودخانه لار و ازآن‌پس هراز نامیده می‌شود (نصیر احمدی و همکاران، ۱۳۹۱) (شکل ۱).

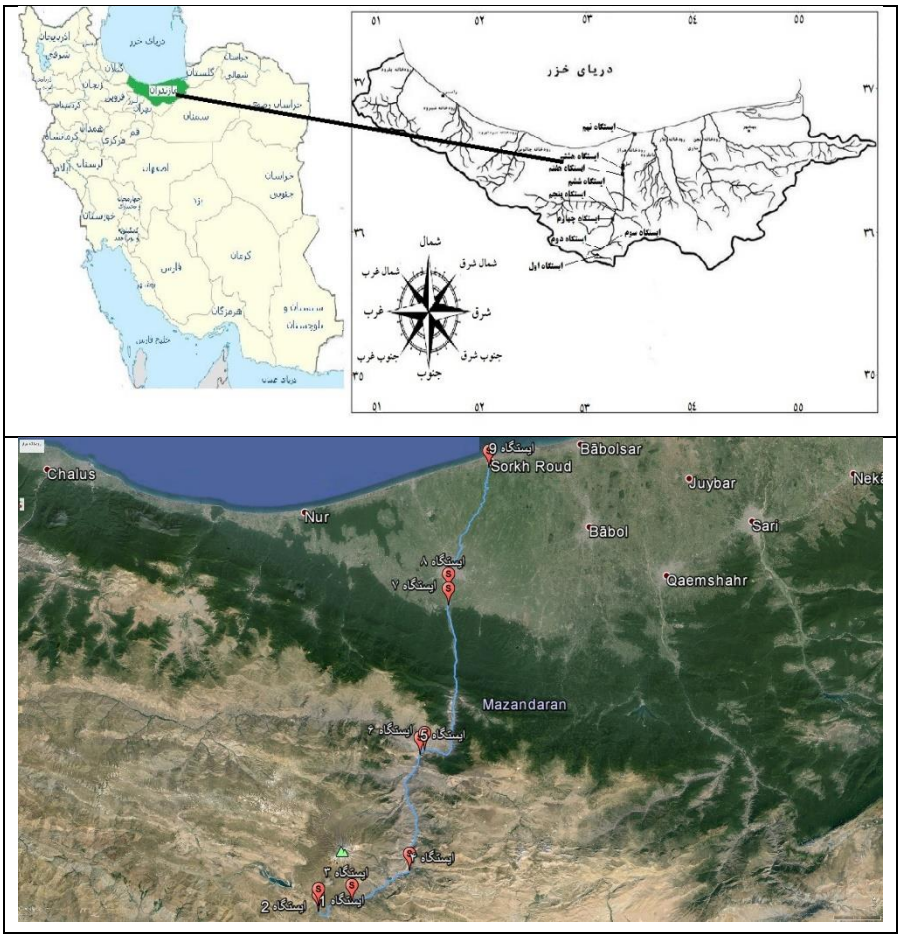
به‌منظور دستیابی به اطلاعات موردنیاز در ارزیابی محیط‌زیستی رودخانه هراز، عملیات نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان آبزی به مدت یک سال (۱۳۹۴) و طی ۴ فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان در ۹ ایستگاه و ۳ تکرار توسط سوربرسمپلر با ابعاد ۳۰/۵ × ۳۰/۵ سانتیمتر مربع و با چشمه‌های تور ۳۶۰ میکرون، در کناره‌ها و وسط رودخانه انجام شد (ردایی و همکاران، ۱۳۹۵). محتویات درون توری قیفی پس از شستشو به ظروف پلاستیکی منتقل و با فرمالین ۴٪ تثبیت گردید. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده جهت شناسایی به آزمایشگاه منتقل گردیدند. نمونه‌ها پس از جداسازی با استفاده از کلید شناسایی معتبر و به کمک لوپ تا پایین‌ترین سطح ممکن شناسایی شدند (Edmondson, ؛Pennak, 1953 .(Techet *et al*., 2000؛ Needham, 1976؛1959

ایستگاه‌های نمونه‌برداری (جدول ۱) براساس ارتفاع از سطح دریا، دسترسی به رودخانه، عوامل انسان‌ساخت، پوشش گیاهی و مطالعات گذشته در سرشاخه‌های مختلف رودخانه هراز به شرح زیر انتخاب شد: ایستگاه ۱: اولین ایستگاه در منطقه کوهستانی لار قرار دارد. در بالادست این ایستگاه هیچ‌گونه منطقه مسکونی و ... وجود ندارد. تنها عامل تأثیرگذار در این منطقه برخی فعالیت‌های دامداری و گردشگری است. ایستگاه ۲: ایستگاه شماره ۲ در منطقه پلور قرار دارد. در بالادست این ایستگاه، مناطق مسکونی، خدماتی و ...وجود دارد اما این ایستگاه قبل از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان واقع‌شده است. ایستگاه ۳: سومین ایستگاه در منطقه امامزاده علی بعد از اولین کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان واقع‌شده است. سرشاخه پرآب لاسم در بالادست این منطقه، وارد رودخانه هراز می‌شود. ایستگاه ۴: ایستگاه شماره ۴ در منطقه وانا، بعد از ایستگاه‌های متعدد پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان قرارگرفته است. ایستگاه ۵: این ایستگاه، کمی بالاتر از دوراهی بلده، قبل از ورودی رودخانه نور (بزرگ‌ترین سرشاخه رودخانه هراز) واقع‌شده است. در این منطقه فعالیت‌های راه‌سازی انجام‌گرفته است. ایستگاه ۶: ایستگاه ۶ در منطقه دوراهی بلده، بعد از ورودی رودخانه نور (بزرگ‌ترین سرشاخه رودخانه هراز) واقع‌شده است. در این منطقه نیز فعالیت‌های راه‌سازی انجام‌گرفته است. ایستگاه ۷: هفتمین ایستگاه در منطقه جلگه‌ای، قبل از سد انحرافی هزار سنگر آمل واقع‌شده است. ایستگاه ۸: ایستگاه ۸ در کمربندی شهر آمل و بعد از سد انحرافی هزار سنگر آمل واقع‌شده است. ایستگاه ۹: این ایستگاه بافاصله ۳ کیلومتری از مصب رودخانه هراز در قسمت جنوبی شهر سرخ‌رود واقع‌شده است.

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های موردمطالعه در رودخانه هراز

ایستگاه	عرض شمالی	طول شرقی
ایستگاه اول	۳۵°۵۰'۰۱"N	۵۲°۰۳'۴۲"E
ایستگاه دوم	۳۵°۵۰'۴۹"N	۵۲°۰۳'۵۴"E
ایستگاه سوم	۳۵°۵۱'۴۶"N	۵۲°۰۸'۴۷"E
ایستگاه چهارم	۳۵°۵۵'۳۳"N	۵۲°۱۶'۳۱"E
ایستگاه پنجم	۳۶°۰۸'۱۶"N	۵۲°۱۷'۴۷"E
ایستگاه ششم	۳۶°۰۸'۴۲"N	۵۲°۱۷'۵۴"E
ایستگاه هفتم	۳۶°۲۴'۰۴"N	۵۲°۲۱'۵۱"E
ایستگاه هشتم	۳۶°۲۵'۵۸"N	۵۲°۲۱'۴۲"E
ایستگاه نهم	۳۶°۳۹'۴۷"N	۵۲°۲۶'۶۰"E

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]



شکل ۱: نقشه ایستگاه‌های موردمطالعه در رودخانه هراز.

از بین شاخص‌های ارزیابی کیفیت آب، شاخص سیستم امتیازی BMWP (جدول ۲) مورداستفاده قرار گرفت. از مزایای این سیستم امتیازی این است که به منبع آبی خاص، یا منطقه جغرافیایی ویژه‌ای اختصاص ندارد (شهبازی ناصرآباد و همکاران، ۱۳۹۵). در استفاده از این شاخص، برای هر یک از بی‌مهرگان کف زی شناسایی‌شده امتیازی بین ۰ تا ۱۰ داده شد، امتیاز هر خانواده منعکس‌کننده حساسیت هر خانواده می‌باشد که بالاترین امتیاز مربوط به بی‌مهرگانی است که در ایستگاه‌هایی فاقد آلودگی و کمترین امتیاز مربوط به ایستگاه‌های آلوده می‌باشد. این شاخص بر اساس حضور یا عدم حضور هر خانواده در هر ایستگاه می‌باشد. طبق فرمول زیر (رابطه ۱) امتیاز شاخص BMWP برای هر ایستگاه برابر است با مجموع امتیازات همه خانواده‌هایی که در آن ایستگاه حضور دارند (Hawkes, 1998).

رابطه ۱:

$$BWMP = \sum BN$$

جدول ۲: طبقات کیفی آب رودخانه به روش BMWP (Hawkes, 1998).

کیفیت آب	طبقه‌بندی کیفی	BMWP
آب‌های تمیز	خیلی خوب	بیشتر از ۱۰۰
آب‌های باکیفیت مشکوک به آلودگی	خوب	۷۱-۱۰۰
آب با آلودگی متوسط	متوسط	۴۱-۷۰

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

کیفیت آب	طبقه‌بندی کیفی	BMWP
آب با آلودگی شدید	بد	۱۱-۴۰
آب با آلودگی خیلی شدید	خیلی بد	۰-۱۰

شاخص زیستی ASPT (جدول ۳) یکی دیگر از روش‌های متداول در بررسی کیفیت آب بر اساس مقاومت گروه‌های مختلف بی‌مهره نسبت به آلاینده‌ها می‌باشد. این روش در سطح خانواده‌ها ارزیابی‌شده و به هر خانواده که کمترین مقاومت را در برابر آلودگی آب دارد بیشترین امتیاز داده می‌شود (رابطه ۲) (Hawkes, 1998).

رابطه ۲:

$$ASPT=\frac{\sum Bn}{N}$$

B: امتیاز BMWP در سطح خانواده، n: فراوانی هر خانواده و N: کل تعداد افراد خانواده در هر ایستگاه می‌باشد.

جدول ۳: طبقات کیفی آب رودخانه به روش ASPT (Hawkes, 1998).

کیفیت آب	طبقه‌بندی کیفی	ASPT
آب‌های تمیز	خیلی خوب	بیشتر از ۷
آب‌های باکیفیت مشکوک به آلودگی	خوب	۶-۶/۹
آب با آلودگی متوسط	متوسط	۵-۵/۹
آب با آلودگی شدید	بد	۴-۴/۹
آب با آلودگی خیلی شدید	خیلی بد	کمتر از ۳/۹

جهت شاخص زیستی هیلسنهوف (Hilsenhoff,1988)، ارزیابی کیفیت آب در هر ایستگاه از رایج‌ترین شاخص‌های زیستی (رابطه ۳) (HFBI) (جدول ۴) استفاده می‌شود. در این روش آب‌ها ازنظر آلودگی به مواد در ۷ طبقه قرارگرفته و از فرمول ذیل استفاده می‌شود:

رابطه ۳:

$$HFBI = \frac{\sum(X_i t_i)}{n}$$

X_i: تعداد افراد در هر گروه، ti ارزش تحمل به آلودگی در آن گروه و n تعداد کل افراد می‌باشند.

جدول ۴: ارزیابی رودخانه با استفاده از شاخص‌های زیستی هیلسنهوف در سطح خانواده (Hilsenhoff, 1988).

درجه آلودگی	کیفیت آب	HFBI
آلودگی آب وجود ندارد	عالی	۰ – ۳/۷۵
امکان آلودگی بسیار اندک	خیلی خوب	۳/۷۶-۴/۲۵
احتمال مقدار آلودگی	خوب	۴/۲۶-۵
آلودگی نسبتاً قابل‌ملاحظه	مناسب	۵/۰۱-۵/۷۵
آلودگی قابل‌ملاحظه	نسبتاً ضعیف	۵/۷۶-۶/۵۰
آلودگی بسیار قابل‌ملاحظه	ضعیف	۶/۵۱ – ۷/۲۵
آلودگی شدید	بسیار ضعیف	۷ /۲۶ – ۱۰

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شامل کدورت،TDS، هدایت الکتریکی، شوری، درجه حرارت، pH و اکسیژن محلول توسط دستگاه‌های دیجیتال، سنجش شده در هر ایستگاه و در طی چهار فصل (سال ۱۳۹۴) اندازه‌گیری شد. برای سنجش کدورت، TDS، هدایت الکتریکی، شوری و درجه حرارت از دستگاه Water checker مدل Sension5 ساخت شرکت Hach آمریکا و برای سنجش پارامترهای pH و اکسیژن محلول از دستگاه Water checker ساخت شرکت Aqualytic آلمان، مدل AL15 استفاده گردید.

در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی در نرم‌افزار GIS با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ (Kriging)، در مرحله اول پس از تهیه نقشه وکتوری از محل موردمطالعه و تعیین مقیاس (وسعت چهار جهت اصلی منطقه مورد مطالعه) توسط دستور Clip محل موردمطالعه جدا از نقشه اصلی جدا گردید. سپس نقاط نمونه‌برداری که توسط GPS ثبت و مشخصات طول و عرض جغرافیایی نقاط مشخص بود را وارد GIS نموده و با استفاده از دستور Georefrence اطلاعات توصیفی در GIS مکانمند گردید. سپس نقشه نقاط تهیه‌شده را با نقشه محل موردمطالعه از طریق روی‌هم گذاری مقایسه و دقت و صحت نقاط و موقعیت آن‌ها موردبررسی قرار گرفت (نقاط ثبت‌شده توسط دستگاه GPS با خطای کمتر از پنج‌متر ثبت گردیده است)

در مرحله بعد اطلاعات توصیفی برداشت‌شده یا به‌دست‌آمده در هر نقطه (مکان نمونه‌برداری) را وارد جدول توصیفی نقاط کرده و نقشه توزیع غلظت‌های موردمطالعه از طریق درون‌یابی کریجینگ و کوکریجینگ انجام گرفت در طول انجام درون‌یابی، مدل‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت و درنهایت مدلی از درون‌یابی که کمترین خطا و بیشترین دقت رو دارا بود انتخاب و نقشه درون‌یابی غلظت‌های موردمطالعه بر اساس آن تهیه گردید. در مرحله بعد نقشه درون‌یابی بر روی مرز محدوده موردمطالعه قرارگرفته و با استفاده از گزینه fitmap نقشه درون‌یابی غلظت‌ها با مرز منطقه موردمطالعه fit گردید و نقشه خروجی تهیه گردید.

نتایج

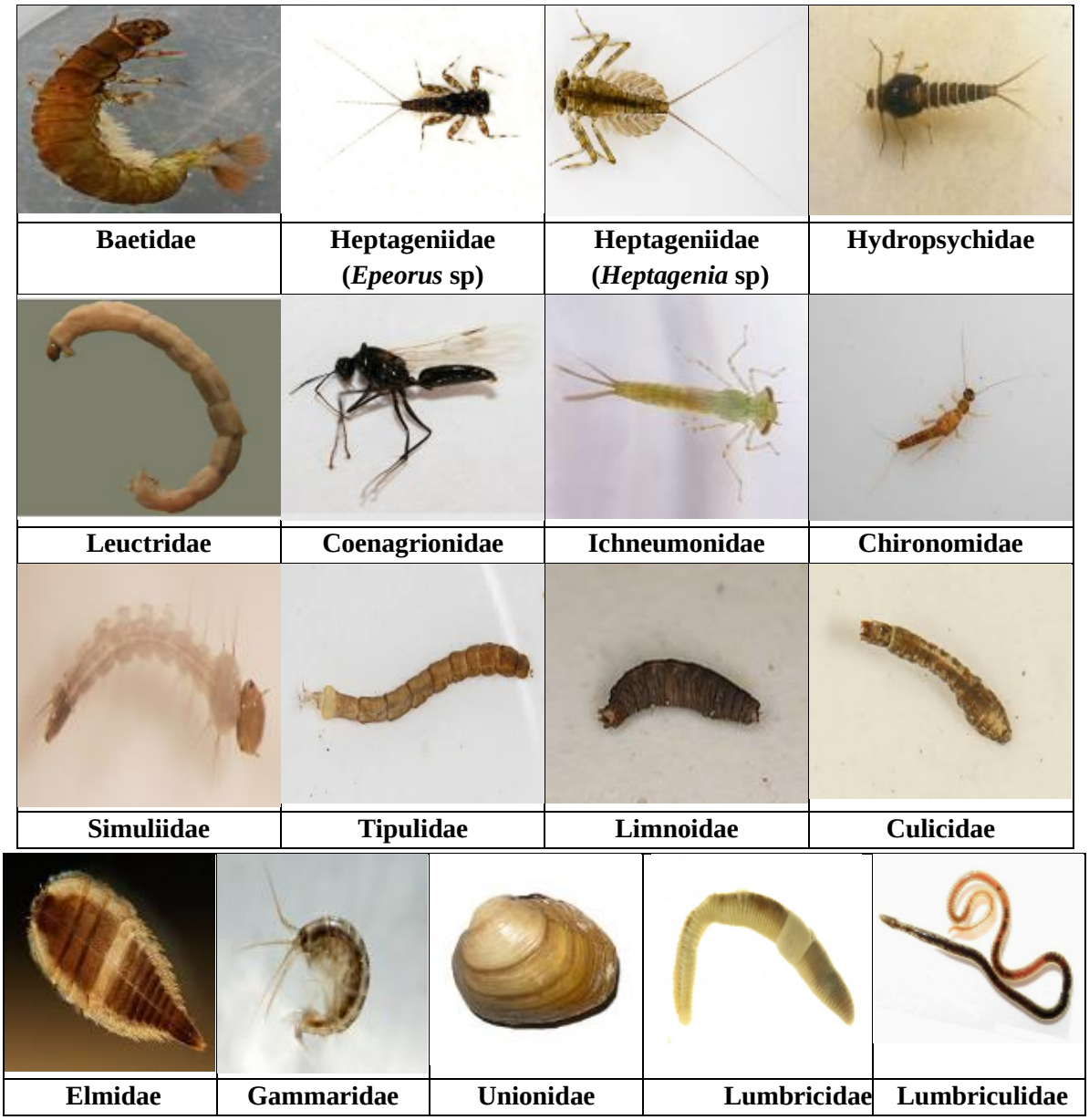
بی‌مهرگان کف زی شناسایی‌شده به ۳ شاخه، ۴ رده، ۱۱ راسته، ۱۶ خانواده و ۱۶ جنس تعلق دارند. بیشترین فراوانی بی‌مهرگان کف زی شناسایی‌شده به ترتیب متعلق به راسته‌های Ephemeroptera، Trichoptera و Diptera می‌باشند. جنس .Hydropsyche sp از خانواده Hydropsychidae بیشترین فراوانی را تشکیل دادند. خانواده Chironomidae در تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی دیده شد. از شاخه Arthropoda، رده Insecta شامل راسته‌های Diptera (۵ خانواده)، Ephemeroptera (دو خانواده)، Trichoptera (یک خانواده)، Plecoptera (یک خانواده)، Odonata (یک خانواده)، Hymenoptera (یک خانواده) و Coleoptera (یک خانواده) و رده Crustacea شامل راسته Amphipoda (یک خانواده) شناسایی شدند. از شاخه Annelida، رده Oligochaeta شامل راسته‌های Haplotaxida (یک خانواده) و Lumbriculida (یک خانواده) شناسایی شدند؛ و درنهایت از شاخه Mollusca، رده Bivalvia (شامل راسته Unionoida (یک خانواده)) شناسایی شدند (جدول ۴).

جدول ۵: سیستماتیک بی‌مهرگان کف زی شناسایی‌شده در رودخانه هراز (سال ۱۳۹۴).

Phylum	Class	Order	Family
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae
			Heptageniidae
		Trichoptera	Hydropsychidae
		Plecoptera	Leuctridae
		Odonata	Coenagrionidae
		Hymenoptera	Ichneumonidae
		Diptera	Chironomidae
			Simuliidae

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

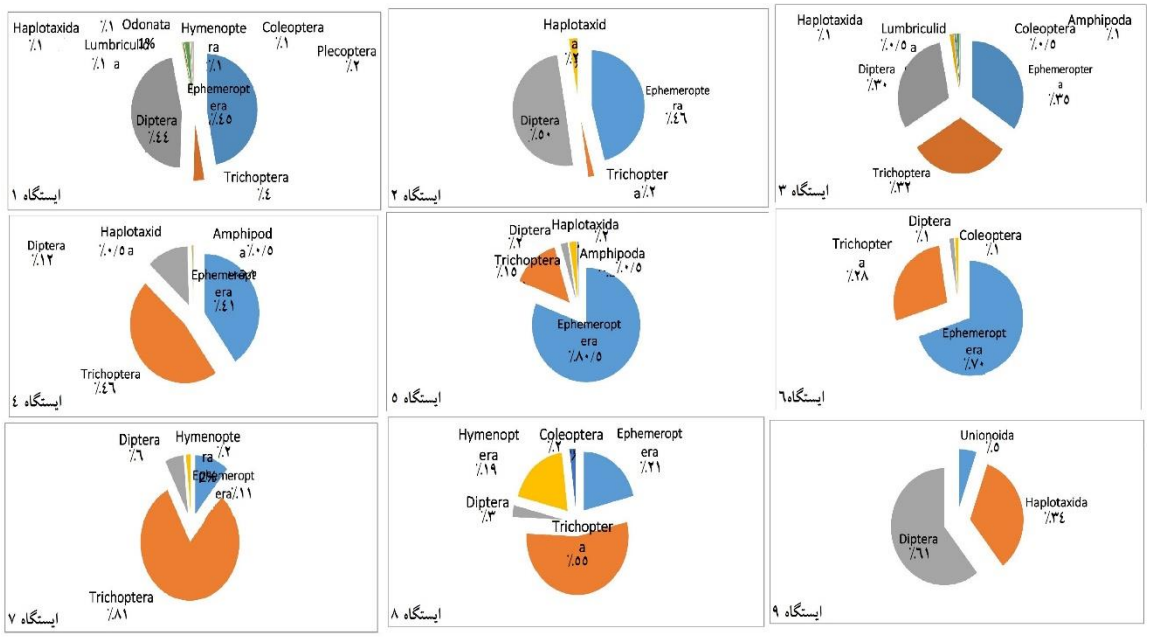
Phylum	Class	Order	Family
			Tipulidae
			Limnoidae
			Culicidae
		Coleoptera	Elmidae
	Crustacea	Amphipoda	Gammaridae
Mollusca	Bivalvia	Unionoida	Unionidae
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbricidae
		Lumbriculida	Lumbriculidae



شکل ۲: تصاویر خانواده‌های بزرگ بی‌مهرگان کف زی شناسایی‌شده در رودخانه هراز (سال ۱۳۹۴).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

Ephemeroptera در ایستگاه‌های ۱، ۳، ۵ و ۶ جمعیت غالب این ایستگاه‌ها بودند و همچنین در ایستگاه‌های ۲ و ۹ Diptera جمعیت غالب را تشکیل داد. Trichoptera در ایستگاه‌های ۴، ۷ و ۸ بیشترین تعداد را در مقایسه با سایر راسته‌ها به خود اختصاص داد. ترکیب جمعیت بی‌مهرگان کف زی در ایستگاه‌های مختلف در شکل ۲ نمایش داده است.



شکل ۳: درصد فراوانی بی‌مهرگان کف زی شناسایی‌شده در ایستگاه‌های مختلف رودخانه هراز بر اساس راسته در سال ۱۳۹۴.

در این بررسی یک شاخص زیستی در سطح خانواده (BMWP) برای هر یک از ایستگاه‌های مطالعاتی در مدت بررسی، محاسبه گردید. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به‌طور متوسط، حداقل مقدار شاخص زیستی در فصل زمستان در ایستگاه ۹ مطالعاتی برابر ۷ و حداکثر مقدار آن در فصول تابستان و پاییز در ایستگاه ۳ مطالعاتی برابر ۱۲۰ بوده است. بر اساس شاخص زیستی BMWP، کیفیت آب در ایستگاه‌های مختلف در ۴ طبقه کیفی خیلی بد، بد، متوسط و خوب قرار دارند.

جدول ۶: شاخص زیستی BMWP بی‌مهرگان کف زی در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه هراز (سال ۱۳۹۴).

	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	ایستگاه ۷	ایستگاه ۸	ایستگاه ۹
بهار	۱۴	۳۰	۶۱	۵۴	۱۰۰	۵۰	۴۶	۴۶	۸
تابستان	۷۳	۶۶	۱۲۰	۷۵	۵۶	۴۲	۲۱	۲۸	۱۲
پاییز	۱۱۹	۸۵	۱۲۰	۱۱۲	۶۲	۸۷	۳۰	۳۹	۱۳
زمستان	۴۶	۵۴	۶۲	۷۴	۷۴	۷۹	۵۵	۴۶	۷
میانگین	۶۳	۵۸/۷۵	۹۰/۷۵	۷۸/۷۵	۷۳	۶۴/۵	۳۸	۳۹/۷۵	۱۰
طبقه کیفی	متوسط	متوسط	خوب	خوب	خوب	متوسط	بد	بد	خیلی بد

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

همچنین یک شاخص زیستی در سطح خانواده (ASPT) برای هر یک از ایستگاه‌های مطالعاتی در مدت بررسی، محاسبه گردید.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به طور متوسط، حداقل مقدار شاخص زیستی در فصل زمستان در ایستگاه ۹ مطالعاتی برابر ۱/۴ و حداکثر مقدار آن در فصل زمستان در ایستگاه ۶ مطالعاتی برابر ۸/۳۷ بوده است. بر اساس شاخص زیستی ASPT، کیفیت آب در ایستگاه‌های مختلف در ۴ طبقه کیفی خیلی بد، بد، متوسط و خوب قرار دارند.

جدول ۷: شاخص زیستی ASPT بی‌مهرگان کف زی در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه هراز (سال ۱۳۹۴).

	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	ایستگاه ۷	ایستگاه ۸	ایستگاه ۹
بهار	۲/۸	۵	۵/۲۵	۵/۳	۶/۹۳	۷/۱۷	۷/۱	۵/۳۴	۲
تابستان	۵/۴۷	۶/۵۶	۵/۹۴	۶/۱۶	۵/۵۹	۵/۰۸	۴/۸۹	۴/۹۶	۲/۶۶
پاییز	۵/۹۷	۴/۰۲	۵/۲۸	۵/۳۱	۵/۰۴	۶/۲۰	۵	۴/۹۸	۲
زمستان	۷/۱۶	۲/۴۴	۵/۲۲	۵/۸۴	۸/۲۵	۸/۳۷	۵/۱۰	۶	۱/۴
میانگین	۵/۳۵	۴/۵۰	۵/۴۲	۵/۶۵	۶/۴۵	۶/۷۰	۵/۵۲	۵/۳۲	۲/۰۲
طبقه کیفی	متوسط	بد	متوسط	متوسط	خوب	خوب	متوسط	متوسط	خیلی بد

در این بررسی یک شاخص زیستی در سطح خانواده (هیلسنهوف) برای هر یک از ایستگاه‌های مطالعاتی در مدت بررسی، محاسبه گردید.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به طور متوسط، حداقل مقدار شاخص زیستی در فصل زمستان در ایستگاه ۱ مطالعاتی برابر ۳/۶۶ و حداکثر مقدار آن در فصل بهار در ایستگاه ۹ مطالعاتی برابر ۸ بوده است. بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف، کیفیت آب در ایستگاه‌های مختلف در ۴ طبقه کیفی بسیارضعیف، مناسب، خوب و خیلی خوب قرار دارند.

جدول ۸: شاخص زیستی هیلسنهوف بی‌مهرگان کف زی در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه هراز (سال ۱۳۹۴).

	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	ایستگاه ۷	ایستگاه ۸	ایستگاه ۹
بهار	۵/۴	۴/۶	۴/۰۳	۳/۹۹	۴/۰۶	۴/۳۵	۴/۱	۴/۲۸	۸
تابستان	۵/۵۴	۴/۸۳	۵/۶۴	۴/۴۵	۴/۰۷	۴	۴/۱۲	۴	۷/۶۶
پاییز	۴/۷۸	۴/۷۳	۴/۷۲	۴/۶۷	۳/۹۶	۴/۵۱	۴/۲	۴/۶۳	۶/۷۵
زمستان	۳/۶۶	۷/۵۹	۴/۴۲	۴/۲۱	۴/۰۳	۳/۹۸	۴/۱۸	۴/۵۲	۶/۸
میانگین	۴/۸۵	۵/۴۴	۴/۷۰	۴/۳۳	۴/۰۳	۴/۲۱	۴/۱۵	۴/۳۶	۷/۳۰
طبقه کیفی	خوب	مناسب	خوب	خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب	بسیار ضعیف

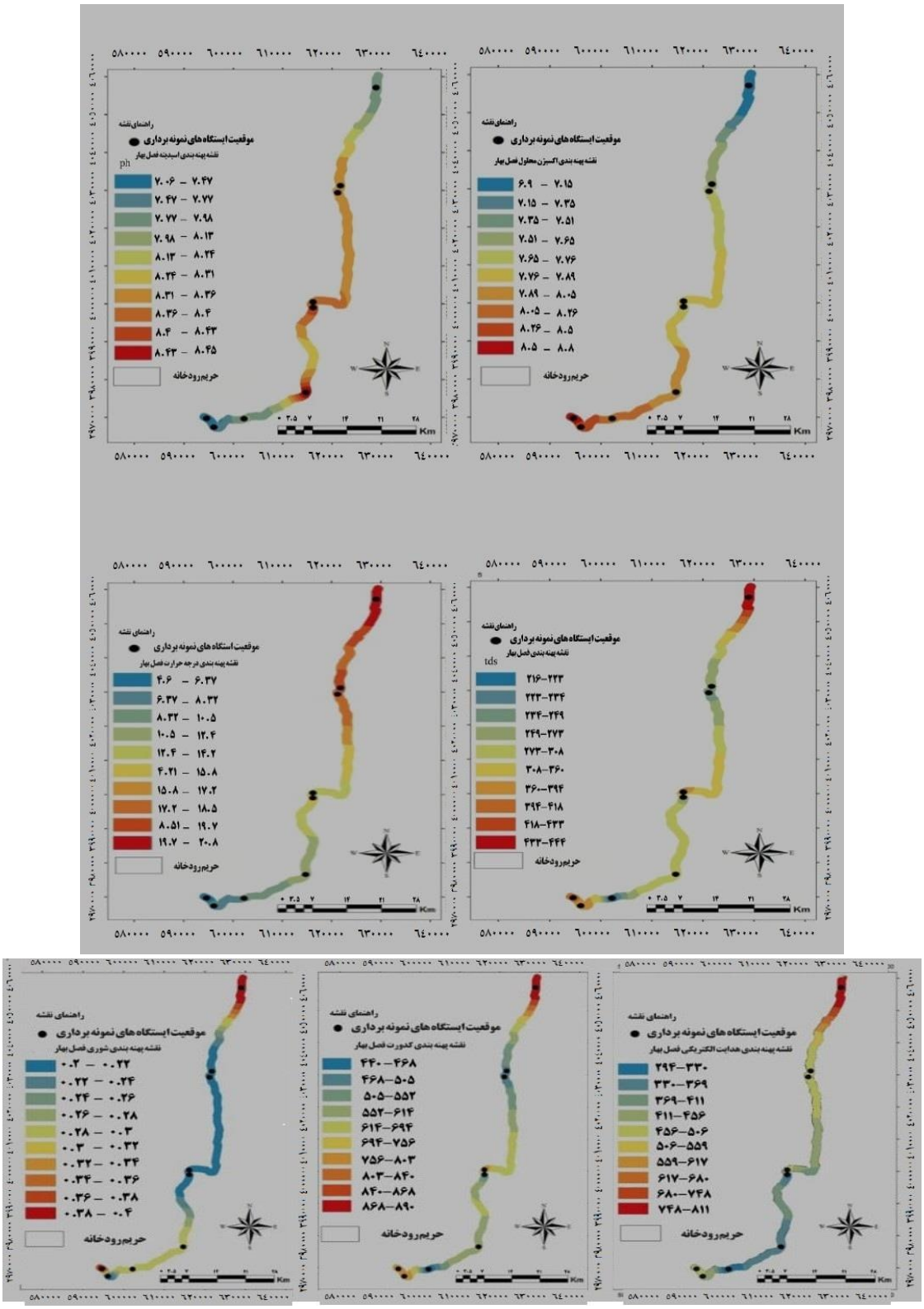
کریجینگ یک روش برآورد زمین‌آماری است که بر پایه میانگین متحرک وزنی استوار است. به‌طوری‌که می‌توان گفت این روش بهترین برآورد کننده خطی ناریب می‌باشد (محمدی، ۱۳۸۵). شرط ناریب بودن در سایر روش‌های تخمین، نظیر روش چندجمله‌ای و وزن دهی معکوس فاصله نیز اعمال می‌شود، ولی ویژگی کریجینگ آن است که در عین ناریب بودن، واریانس تخمین نیز در کمترین مقدار می‌باشد. بنابراین کریجینگ همراه هر تخمین، مقدار خطای آن را نیز می‌دهد که با استفاده از این ویژگی منحصربه‌فرد آن می‌توان قسمت‌های واجد خطای زیاد که برای کاهش خطابه داده‌های بیشتری نیاز دارند را مشخص نمود. یکی از شروط اساسی جهت به‌کارگیری روش های زمین‌آماری، داشتن توزیع نرمال در داده‌ها می‌باشد. در صورتی که نمودار توزیع داده های موردمطالعه از توزیع نرمال تبعیت نکنند باید از کریجینگ غیرخطی استفاده نمود

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

و یا با استفاده از روش‌های تبدیل داده‌ها توزیع متغیر مورد نظر را تبدیل به نرمال نزدیک نمود (حسنی پاک، ۱۳۸۶). در این تحقیق از روش کریجینگ با مدل‌های کروی، گوسی و نمایی جهت پهنه‌بندی متغیرهای مورد مطالعه استفاده‌شده است.

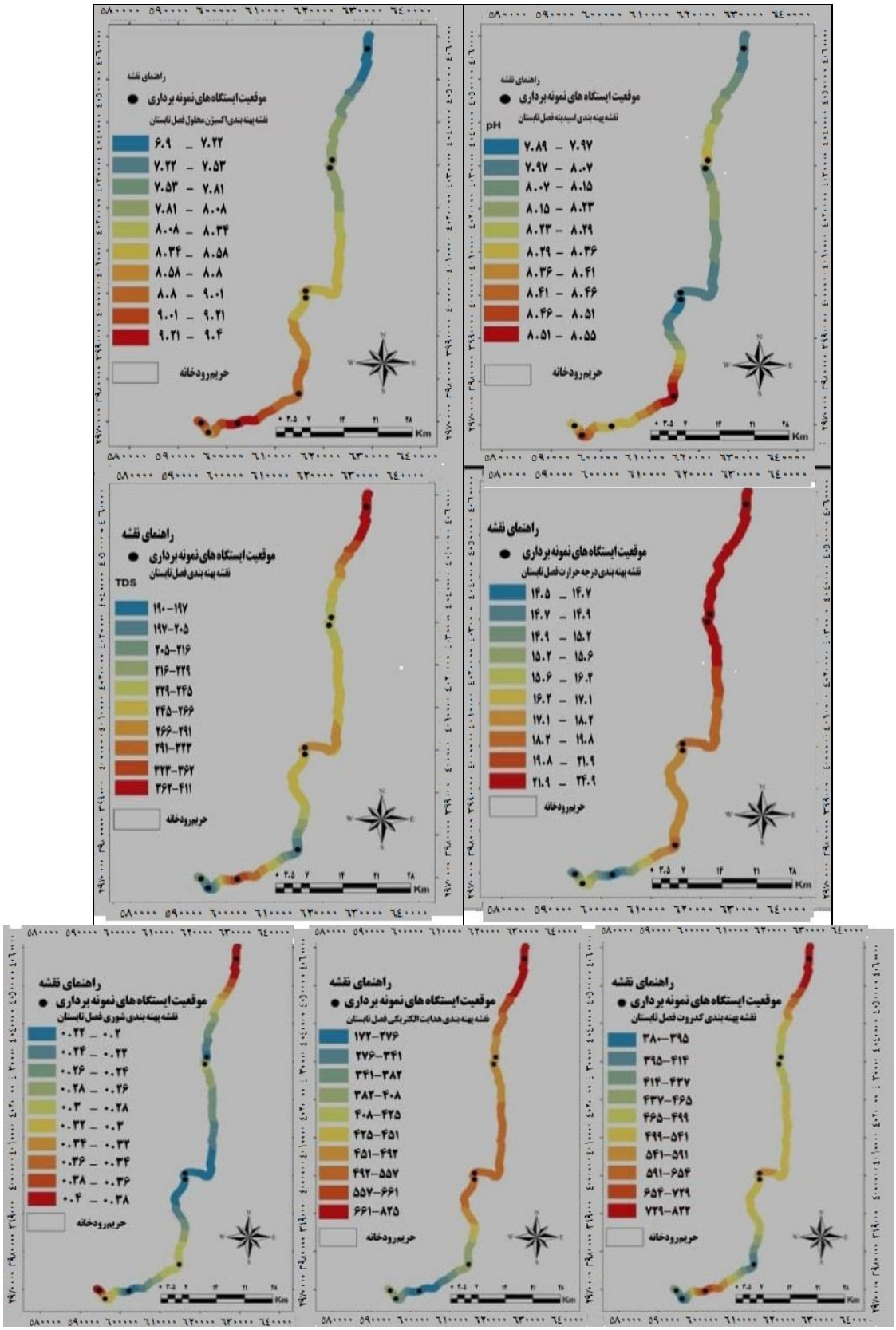
جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی متغیرهای موردمطالعه از نرم‌افزار GIS10.1 استفاده‌شده است، متغیرهای مورد مطالعه با استفاده از تغییر نما مدل های بهینه آن‌ها برازش داده و کنترل اعتبار تغییر نما با استفاده از کریجینگ جک – نایف برای برازش صحت تخمین روش‌های میانیابی استفاده شد. این روش بر این مبنا استوار است که هر بار یکی از نقاط معلوم حذف‌شده و سپس مقدار آن نقطه از روی نقاط مجاور برآورد می‌گردد. (محمدی، ۱۳۸۵). در این مطالعه از مدل‌های مختلف کریجینگ به دلیل داشتن دقت بالا و خطای کمتر بهترین تخمینگر برای پهنه‌بندی متغیرهای مورد مطالعه استفاده شد. روش مناسب زمین در برآورد یک متغیر، به نوع متغیر و عوامل منطقه‌ای تأثیرگذار بستگی دارد و نمی‌توان روش منتخب در یک منطقه را به سایر مناطق تعمیم داد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]



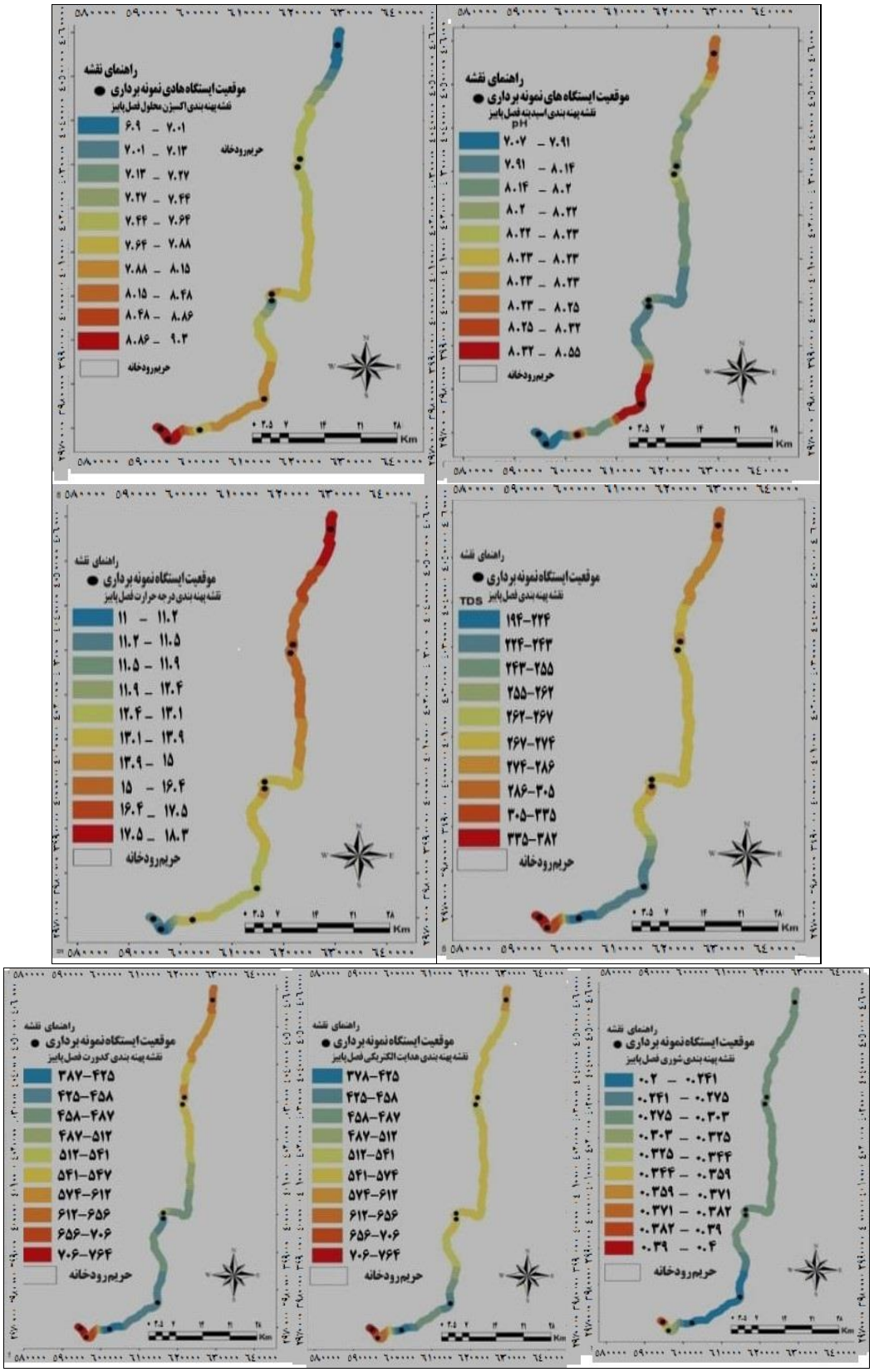
شکل ۴: پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه هراز در بهار ۱۳۹۴ با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]



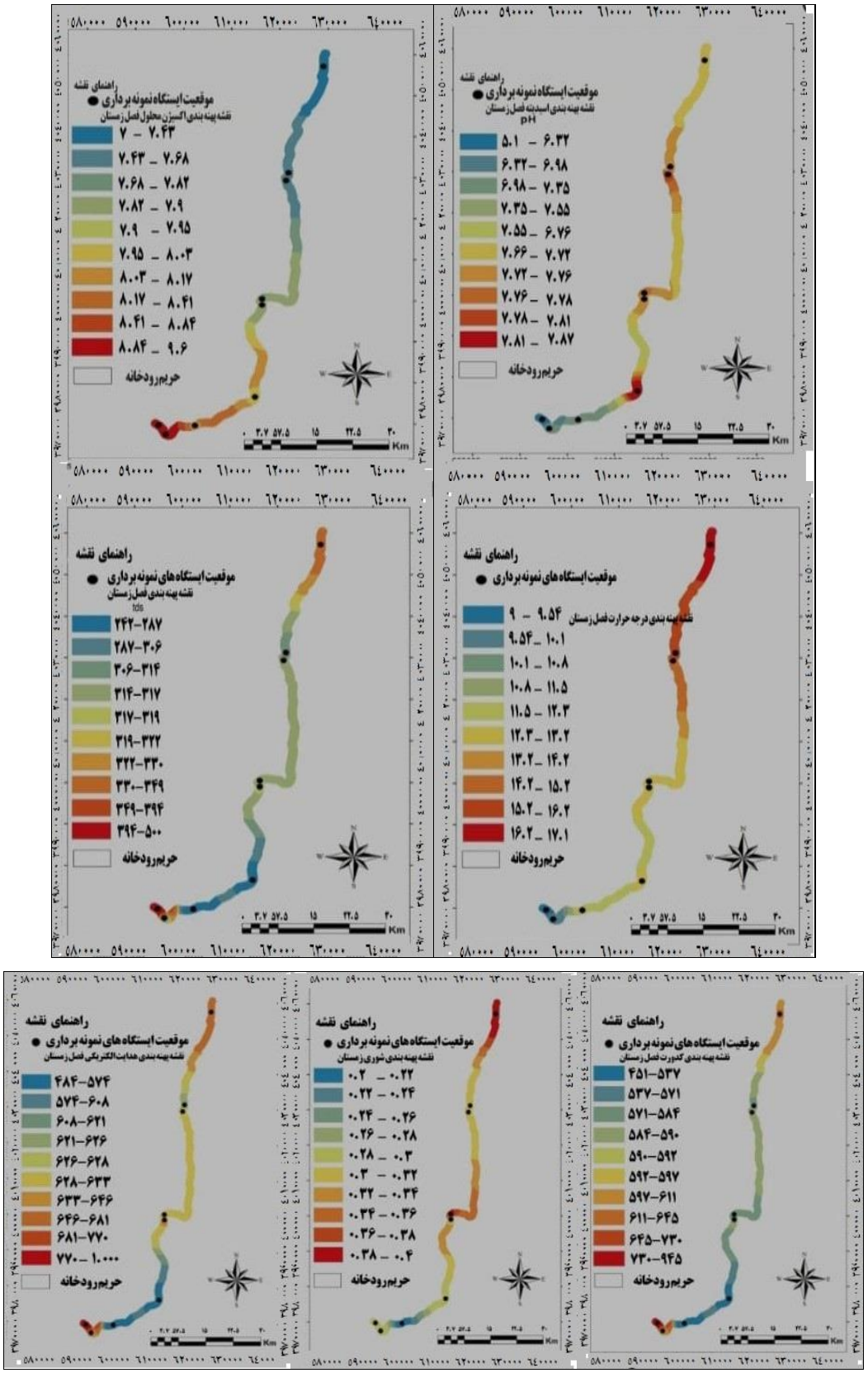
شکل ۵: پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه هراز در تابستان ۱۳۹۴ با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]



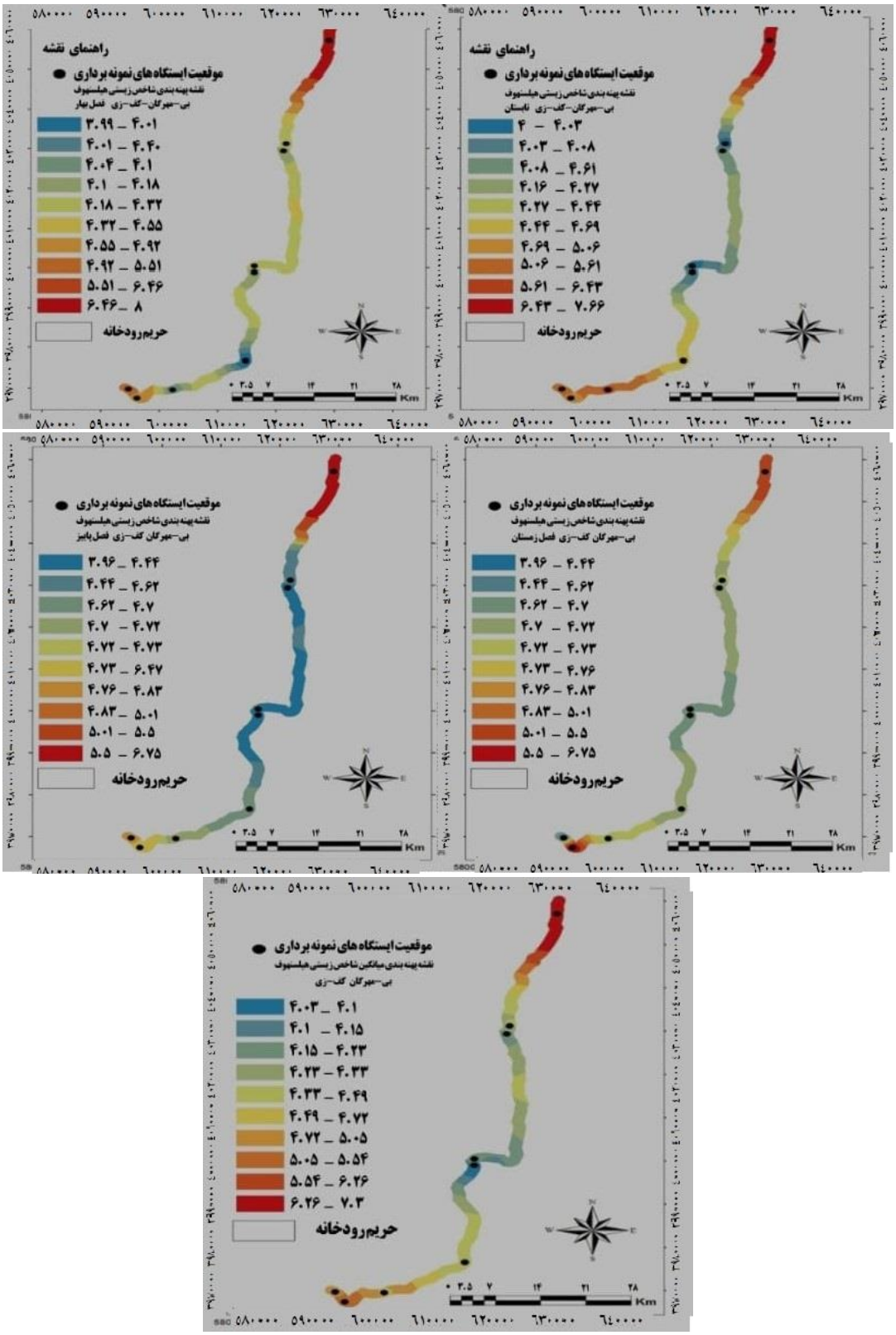
شکل ۶: پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه هراز در پاییز ۱۳۹۴ با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]



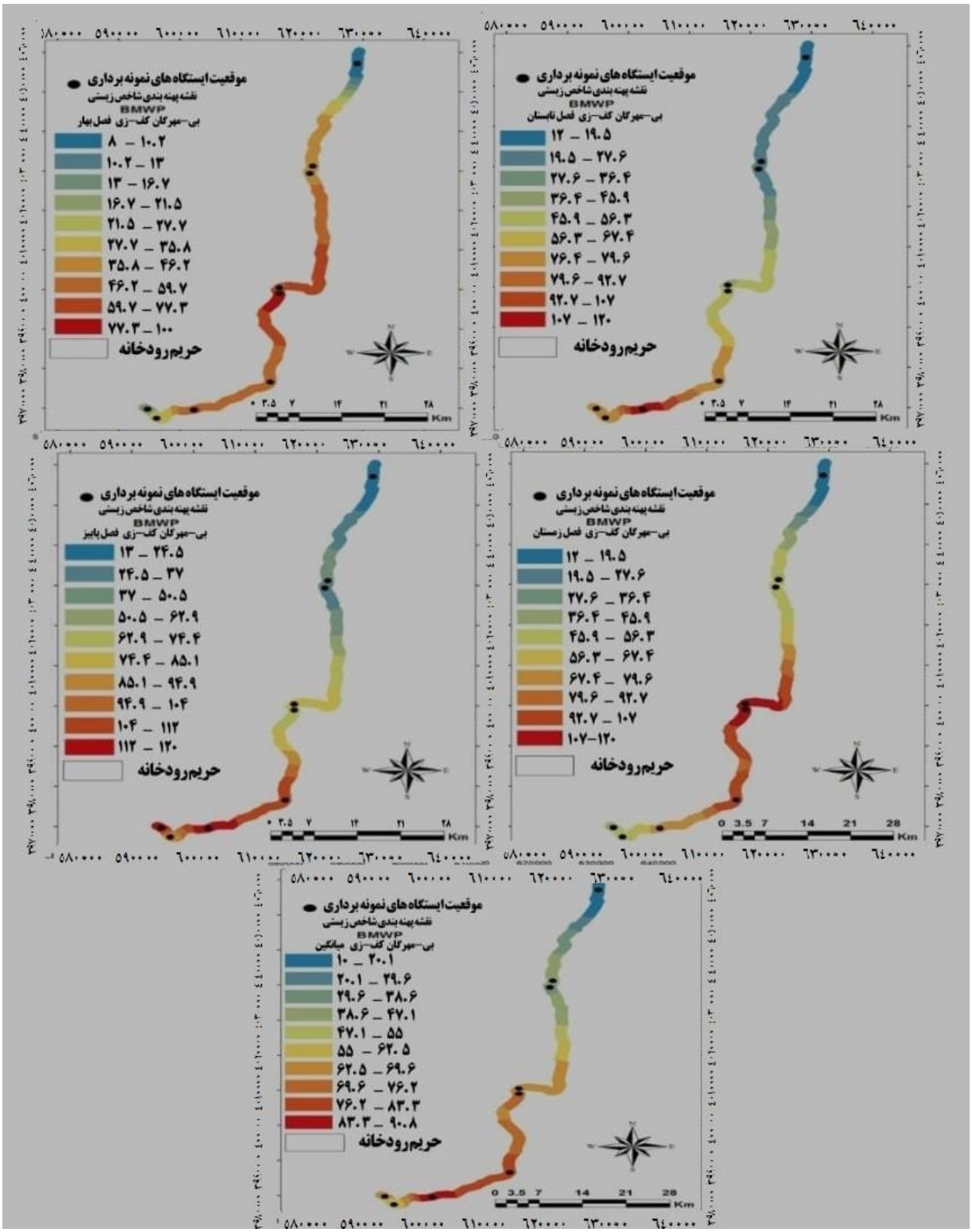
شکل ۷: پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه هراز در زمستان ۱۳۹۴ با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]



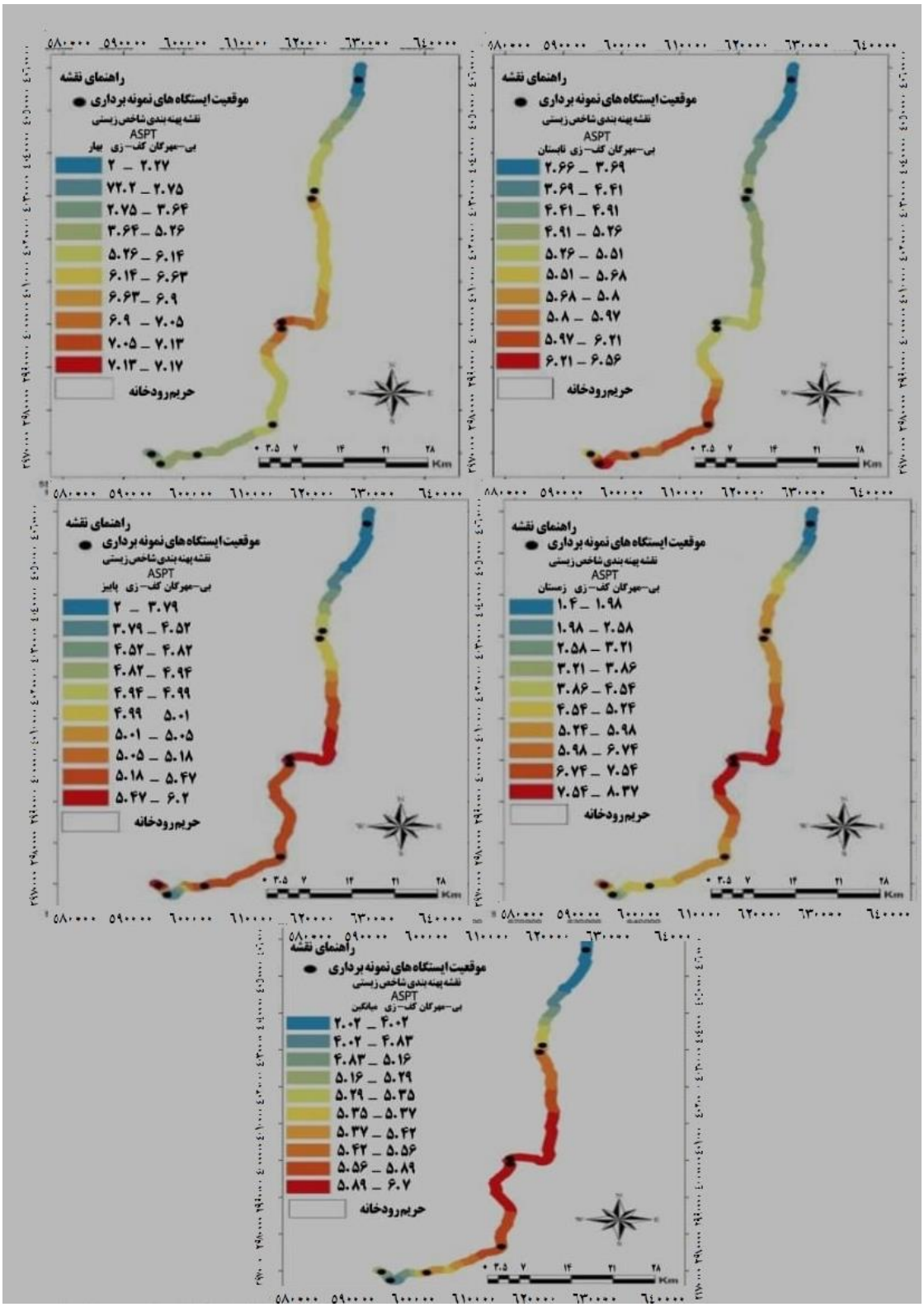
شکل ۸: پهنه‌بندی شاخص زیستی هیلسنهوف در رودخانه هراز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]



شکل ۹: پهنه‌بندی شاخص زیستی BMWPدر رودخانه هراز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]



شکل ۱۰: پهنه‌بندی شاخص زیستی ASPTدر رودخانه هراز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که توزیع و فراوانی کلیه گونه‌های جانوری و گیاهی در طبیعت نتیجه اثر متقابل مشخصه‌های مختلف محیطی است. این نکته در مورد کف زیان رودخانه نیز صدق می‌نماید. عوامل مؤثر در رودخانه‌ها شامل ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب، دبی و سرعت آب، عمق آب و جنس بستر می‌باشد. به قطع این شرایط بر فراوانی و تنوع کف زیان بسیار مؤثر هستند (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۹). پساب کارگاه‌های پرورش ماهی یکی از عوامل مؤثر در تغییر و ساختار جمعیت بی‌مهرگان کف زی می‌باشد که باعث افزایش گروه‌های مقاوم و کاهش گروه‌های حساس می‌شوند (نادری و همکاران، ۱۳۹۰). بیشترین میزان فراوانی گونه‌های بزرگ بی‌مهرگان کف زی در ایستگاه‌های ۳ و ۴ مشاهده گردید که مربوط به خانواده Hydropsychidae بود که می‌تواند به دلیل ورود مواد غذایی توسط پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در قبل و بعدازاین ایستگاه‌ها باشد. از طرفی خانواده Hydropsychidae در مقایسه با خانواده Baetidae نسبت به مواد آلی ناشی از فعالیت کارگاه پرورش ماهی مقاوم‌تر می‌باشند. (نادری و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین قانع ساسان سرایی (۱۳۸۳) گزارش نموده که کارگاه‌های پرورش قزل‌آلا در رودخانه چافرود گیلان سبب کاهش گروه‌های حساس و افزایش گروه‌های مقاوم شامل Diptera (عمدتاً خانواده‌های Simulidae و Chironomidae) گردید. در بررسی حاضر نیز میزان ماکروبنتوزهای مقاوم به آلودگی‌های آلی در پایین‌دست کارگاه‌های پرورش ماهی بیشتر از مناطق دیگر بوده‌اند.

جعفری و همکاران در سال ۱۳۹۰ ساختار جمعیتی کف زیان بزرگ رودخانه کسلیان مازندران را موردبررسی قراردادند. در این تحقیق ۳۱ خانواده از کف زیان بزرگ شناسایی شد. افراد متعلق به سه راسته Diptera، Ephemeroptera و Trichoptera در همه ایستگاه‌ها غالب بودند. بررسی ایشان نشان داد فراوانی خانواده Chironomidae به علت ورود آلودگی شهری در دو ایستگاه افزایش فراوانی داشته است. همچنین نتایج نشان داد در راسته Trichoptera خانواده Hydropsychidae دارای بیشترین فراوانی بوده است. پذیرا و همکاران (۱۳۸۷) اثر برخی عوامل محیطی بر تنوع زیستی ماکروبنتوزهای رودخانه‌های دالکی و حله بوشهر را به مدت ۱۴ ماه و در هفت ایستگاه موردبررسی قراردادند. بیشترین تنوع زیستی در ماه‌های گرم سال (تیر و مرداد) قرار داشت. بیشترین فراوانی نسبی مربوط به راسته Ephemeroptera و Diptera بود. در بررسی امکان تأثیر جامعه کف زیان رودخانه طالقان روی تعیین کیفیت آب که توسط مهدوی و همکاران (۱۳۸۹) صورت گرفت، به‌طورکلی ۱۳ خانواده متعلق به ۶ راسته مورد شناسایی قرار گرفت که همه آن‌ها شامل لارو حشرات بودند. راسته‌های Ephemeroptera، Trichoptera و Diptera در همه‌جا غالب بودند. بررسی انجام‌شده گویای وضعیت سالم آب رودخانه بوده که در حال حاضر در معرض خطر جدی نیست. در مطالعه حاضر نیز مجموعاً ۱۶ خانواده متعلق به ۱۱ راسته از کف زیان بزرگ شناسایی گردید. بیشترین فراوانی نیز به ترتیب متعلق به راسته‌های Ephemeroptera، Trichoptera و Diptera بوده است. خانواده Chironomidae نیز در تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی دیده شد. خانواده‌های Hydropsychidae، Heptageniidae و Baetidae به‌جز در ایستگاه ۹ در سایر ایستگاه‌ها قابل‌رؤیت بودند. این موضوع نشان‌دهنده تنوع بالای رودخانه هراز در مقایسه با رودخانه‌های مورداشاره می‌باشد. از طرف دیگر نشان‌دهنده آن است که عوامل محیطی بر تنوع زیستی ماکروبنتوزهای رودخانه هراز تأثیرگذار بوده است.

بر اساس شاخص زیستی BMWP، میانگین کیفیت آب در چهارفصل در ایستگاه‌های ۳، ۴ و ۵ خوب، ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۶ متوسط، ایستگاه‌های ۷ و ۸ بد و ایستگاه ۹ خیلی بد برآورد شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به‌طور متوسط، حداقل مقدار شاخص زیستی در فصل زمستان در ایستگاه ۹ مطالعاتی برابر ۷ و حداکثر مقدار آن در فصول تابستان و پاییز در ایستگاه ۳ مطالعاتی برابر ۱۲۰ بوده است. بر اساس طبقه‌بندی کیفی BMWP امتیاز بالای ۱۰۰ در محدوده آب‌های تمیز (خیلی خوب) قرار می‌گیرد که ایستگاه ۱ با امتیاز ۱۱۹، ایستگاه ۴ با امتیاز ۱۱۲ و ایستگاه ۳ با امتیاز ۱۲۰ در فصل پاییز و ایستگاه ۳ با امتیاز ۱۲۰ در فصل تابستان در این محدوده قرار گرفتند. راسته Ephemeroptera معمولاً نشانگر سلامت آب‌ها می‌باشند که از این راسته، خانواده Heptageniidae و Baetidae که تا ایستگاه ۶ دارای تعداد بیشتری بودند، با شاخص زیستی BMWP تقریباً همخوانی دارند. نکته مهم اینکه میانگین هیچ‌کدام از ایستگاه‌های نه‌گانه در ۴ فصل در محدوده آب‌های تمیز (خیلی خوب) قرار

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

نگرفت. با افزایش بار آلودگی میزان اکسیژن محلول دارای نوساناتی می‌شود که این خود بسته به میزان آلودگی باعث حذف گروه‌های حساس و نیمه حساس به آلودگی خواهد شد، درنتیجه گروه‌های مقاوم به آلودگی غالب خواهند شد (محمدی روزبهانی و همکاران، ۱۳۹۲). بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف (Hilsenhoff)، میانگین کیفیت آب در چهارفصل در ایستگاه‌های ۵، ۶ و ۷ خیلی خوب، ایستگاه‌های ۱، ۳، ۴ و ۸ خوب، ایستگاه ۲ مناسب و ایستگاه ۹ بسیار ضعیف برآورد شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به‌طور متوسط، حداقل مقدار شاخص زیستی در فصل زمستان در ایستگاه ۱ مطالعاتی برابر ۳/۶۶ و حداکثر مقدار آن در فصل بهار در ایستگاه ۹ مطالعاتی برابر ۸ بوده است. بر اساس طبقه‌بندی کیفی هیلسنهوف امتیاز صفر تا ۳/۷۵ در محدوده آب‌های بدون آلودگی (عالی) قرار می‌گیرد که ایستگاه ۱ با امتیاز ۳/۶۶ در فصل زمستان در این محدوده قرار می‌گیرد. نکته مهم اینکه میانگین هیچ‌کدام از ایستگاه‌های نه‌گانه در ۴ فصل در محدوده آب‌های بدون آلودگی (عالی) قرار نگرفت. در اکوسیستم‌های آبی، میزان آلودگی آلی، می‌تواند در یک محدوده مکانی یا زمانی خاص ایجادشده و باعث تغییر گردد و این تغییرات، هرچند اندک باشد، توسط جوامع بی‌مهره ساکن بستر، با کمک ساختارهای جمعیتی آن‌ها به‌خوبی نمایان می‌شود (قانع و همکاران، ۱۳۸۵، Gültekin *et al.*, 2019). این امر به‌نوبه خود می‌تواند باعث تغییر در تنوع موجودات و کاهش یا افزایش مقدار عددی شاخص‌های مختلف شود. این نتیجه‌گیری با یافته‌های قانع و همکاران در سال ۱۳۸۵ در ارزیابی رودخانه چافرود همخوانی دارد. بر اساس شاخص زیستی ASPT، میانگین کیفیت آب در چهارفصل در ایستگاه‌های ۵ و ۶ خوب، ایستگاه‌های ۱، ۳، ۴، ۷ و ۸ متوسط، ایستگاه ۲ بد و ایستگاه ۹ خیلی بد برآورد شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به‌طور متوسط، حداقل مقدار شاخص زیستی در فصل زمستان در ایستگاه ۹ مطالعاتی برابر ۱/۴ و حداکثر مقدار آن در فصل زمستان در ایستگاه ۶ مطالعاتی برابر ۸/۳۷ بوده است. بر اساس طبقه‌بندی کیفی ASPT امتیاز بالای ۷ در محدوده آب‌های تمیز (خیلی خوب) قرار می‌گیرد که ایستگاه ۱ با امتیاز ۷/۱۶، ایستگاه ۵ با امتیاز ۸/۲۵ و ایستگاه ۶ با امتیاز ۸/۳۷ در فصل زمستان و ایستگاه ۷ با امتیاز ۷/۱ و ایستگاه ۶ با امتیاز ۷/۱۷ در فصل بهار در این محدوده قرار گرفتند. نکته مهم اینکه میانگین هیچ‌کدام از ایستگاه‌های نه‌گانه در ۴ فصل در محدوده آب‌های تمیز (خیلی خوب) قرار نگرفت. Malvandi و همکاران (۲۰۲۰) کیفیت آب رودخانه‌های دهبار، زشک و کنگ در مشهد را با استفاده از شاخص‌های بیولوژیکی و شاخص‌های تنوع مورد ارزیابی قراردادند. بر اساس یافته‌های ایشان بیشترین تنوع بزرگ بی‌مهرگان کف زی در بهار مشاهده شد. به‌طورکلی کیفیت آب رودخانه‌ها در ایستگاه‌های بالادست خوب نبود. شاخص‌های تنوع از بالادست به پایین‌دست کاهش می‌یافت و شاخص‌های بیولوژیکی کاهش مشابهی را در کیفیت آب از بالادست به پایین‌دست نشان دادند.

محاسبه نتایج ناشی از شاخص‌های زیستی BMWP/ASPT و هیلسنهوف و همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی (شکل‌های ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰) نشان داد که شرایط کیفیت آب در ایستگاه‌های ۵ و ۶ از سایر ایستگاه‌ها مناسب‌تر است و همچنین کیفیت آب ایستگاه ۹ نسبت به سایر ایستگاه‌ها بسیار ضعیف می‌باشد. به عبارتی می‌توان گفت که ایستگاه‌های ۵ و ۶ که دهها کیلومتر از استخرهای پرورش ماهی فاصله گرفته‌اند به دلیل خود پالایی مناسب آب در طی مسیر، مجدداً به وضعیت خوب بازگشته‌اند؛ اما پس از رسیدن رودخانه به منطقه جلگه‌ای و ورود انواع پساب‌های صنعتی، خانگی و کشاورزی، موجب آلودگی رودخانه به‌خصوص در ایستگاه ۹ گردیده است. Aazami و همکاران (۲۰۲۰) آلودگی رودخانه محمدآباد در استان گلستان را با استفاده از شاخص‌های زیستی BMWP/ASPT و FBI در جمعیت بی‌مهرگان کف زی مورد ارزیابی قراردادند. ایشان در نتایج خود بیان کردند که شاخص‌های FBI و BMWP / ASPT برای ارزیابی سلامت رودخانه توسط جمعیت بی‌مهرگان کف زی مناسب هستند.

در بررسی کیفی رودخانه تجن ساری با استفاده از ترکیب جمعیت بی‌مهرگان کف زی و شاخص BMWP که توسط شکری و همکاران (۱۳۹۳) صورت گرفت، مشخص گردید که ترکیب جمعیت بی‌مهرگان کف زی، شاخص‌های فراوانی، درصد EPT و BMWP در بعضی از ایستگاه‌های موردمطالعه ایشان که تحت تأثیر عوامل استرس‌زا و فعالیت‌های انسانی قرار داشته، در وضعیت کیفی مناسبی قرار ندارند. میررسولی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی تأثیر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر روی بزرگ بی-مهرگان کف زی رودخانه زرین گل در استان گلستان، ۱۴ راسته و ۸۱ گروه (جنس و خانواده) از بزرگ بی‌مهرگان کف زی شناسایی کردند. نتایج

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

نشان داد در ایستگاه‌های بعد از مزارع پرورش ماهی غنای EPT، غنای EPT/CHIR و شاخص تنوع شانون کاهش یافتند. بررسی شاخص‌ها نشان داد که در ایستگاه‌های بعد از مزارع پرورش ماهی نسبت به ایستگاه‌های قبل از مزارع پرورش ماهی تنوع بزرگ بی‌مهرگان و فراوانی خانواده‌های حساس به آلودگی، کاهش و خانواده‌های مقاوم به آلودگی، افزایش‌یافته است که نشانگر کاهش کیفیت آب بود.

فراوانی بی‌مهرگان کف زی افزایش قابل‌توجهی را از ایستگاه ۱ به ۳ تجربه کرده و سپس در ایستگاه آخر کاهش نشان داده است که ظاهراً به جریان آب بستگی دارد. در دو ایستگاه اول گروه‌های خاصی از بی‌مهرگان کف زی هستند که می‌توانند در شرایط محیطی مختلف از قبیل دما، اکسیژن محلول و کمبود مواد غذایی وجود داشته باشند. تراکم بی‌مهرگان کف زی بعد از ایستگاه سوم به سمت ورودی رودخانه کاهش‌یافته که می‌تواند به دلیل تغییر بستر از سنگ‌فرشی به شن و گل، همچنین تغییراتی که در دیگر پارامترهای زیست‌محیطی و عوامل استرس‌زای انسانی مانند مزارع ماهی، شهرنشینی، کشاورزی، معادن شن و ماسه و سد باشد.

با توجه به ارزیابی کیفی رودخانه هراز در این مطالعه، ایستگاه‌های ۱ تا ۶ دارای شرایط مناسب و نشان‌دهنده توانایی خود پالایی رودخانه در این ایستگاه‌ها بوده است (به‌خصوص ایستگاه‌های ۵ و ۶). وضعیت مناسب ایستگاه‌های ۵ و ۶ را می‌توان خصوصاً در نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص ASPT مشاهده نمود؛ اما ارزیابی ایستگاه‌های ۷ و ۸ و به‌خصوص ایستگاه ۹ تحت شرایط استرس‌زا و فعالیت‌های انسانی قرار داشته و نشان‌دهنده شرایط نامطلوب رودخانه در این ایستگاه می‌باشد که نیاز به مدیریت مطلوب‌تری بر اساس توان خود پالایی رودخانه هراز دارد. همچنین بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی، با افزایش میزان درجه حرارت آب در ایستگاه‌های جلگه‌ای (ایستگاه‌های ۷ و ۸ و ۹)، میزان اکسیژن محلول کاهش‌یافته است و برعکس با کاهش میزان درجه حرارت آب در ایستگاه‌های بالادست و کوهستانی (ایستگاه‌های ۱ تا ۶)، میزان اکسیژن محلول آب افزایش‌یافته است و این موضوع نشان‌دهنده شرایط مناسب در ایستگاه‌های ۱ تا ۶ می‌باشد. Jindal و همکاران (۲۰۲۱) تحقیقی را بر روی رودخانه Beas، یکی از شاخه‌های اصلی رودخانه سند در منطقه هیمالیا میانی، برای ارزیابی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و میکروبیولوژیکی در طول فصول مختلف انجام دادند. نتایج ایشان نشان داد در بین ایستگاه‌های موردنظر همگنی مشاهده نشد و نتیجه‌گیری شد که هر ایستگاه به دلیل موقعیت جغرافیایی، ارتفاع، کاربری اراضی در حوضه آبریز و مهم‌تر از همه ماهیت دخالت‌های انسانی دارای روندهای متفاوتی بود. این مطالعه همچنین نشان داد که تداخلات انسانی نه‌تنها پارامترهای فیزیکی و شیمیایی رودخانه را تغییر داده، بلکه حیات بی‌مهرگان کف زی را نیز مختل کرده است.

بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص‌های ASPT، BMWP و هیلسنهوف، توانایی بالای رودخانه را در خود پالایی نشان می‌دهد. ولی همچنان پساب مزارع پرورش ماهی به‌عنوان معضل اصلی کیفیت آب منطقه موردمطالعه، مطرح می‌باشند. با توجه به اینکه پساب کلیه کارگاه‌ها و همچنین فاضلاب‌های رستوران‌ها، روستاها و واحدهای صنعتی حاشیه رودخانه به‌طور مستقیم وارد اکوسیستم رودخانه می‌گردند، لذا پیشنهاد می‌گردد کلیه این واحدها از سیستم‌های مجهز به تصفیه پساب و فاضلاب استفاده نمایند یا در صورت امکان به سیستم دفع فاضلاب شهری متصل گردند، همچنین پیشنهاد می‌گردد، اداره حفاظت محیط‌زیست شهرستان و استان نظارت مؤثر بر فعالیت واحدهای مذکور داشته باشند. ازآنجایی‌که این تحقیق با توجه به امکانات موجود در سطح محدودی انجام‌یافته است، لذا پیشنهاد می‌گردد به‌منظور مدیریت بهتر رودخانه، تحقیقات کامل‌تری در مورد کیفیت شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی پساب‌های حاصل از کارگاه‌های پرورش ماهی و زمین‌های کشاورزی و اثر آن‌ها بر رودخانه هراز طی چند سال به‌طور مستمر و در فصول مختلف سال انجام گیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران انجام‌گرفته است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

منابع

پذیرا، ع.، امامی، م.، کوه‌گردی، ا.، وطن‌دوست، ص. و اکرمی، ر.، ۱۳۸۷. اثر برخی عوامل محیطی بر تنوع زیستی ماکروبنتوزهای رودخانه‌های دالکی و حله بوشهر، شیلات، ۲ (۴): صفحات ۳۱-۲۲.

جعفری، ع.، کرمی، م.، عبدلی، ا.، اسماعیلی ساری، ع. و مرتضایی فریزهندی، ق.، ۱۳۹۰. ساختار جمعیتی کف زیان بزرگ رودخانه کسلیان-مازندران. مجله شیلات. ۵ (۲): صفحات ۱۱۲-۱۰۱.

جلیلی، م.، نگارستان، ح. و صفاییان، ش.، ۱۳۸۹. بررسی فون ماکروبنتیک بخش جنوب غربی تالاب انزلی و ارتباط آن‌ها با مواد آلی بستر. مجله اقیانوس‌شناسی. ۱ (۴): صفحات ۱۹-۱۱.

حسنی پاک، ع. ا.، ۱۳۸۶. زمین‌آمار (ژئواستاتیستسک). انتشارات دانشگاه تهران. تهران، ایران. ۳۲۸ ص.

ردایی، ف.، رحمانی، ح.، حق‌پرست، س. و رکابی، م. ۱۳۹۵. اثر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا بر شاخص‌های زیستی و تنوع‌گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف زی در حوضه رودخانه چالوس، استان مازندران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری - دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰۰ ص.

شکری، م.، احمدی، م. ر.، رحمانی، ح. و کامرانی، ا.، ۱۳۹۳. بررسی کیفی رودخانه تجن ساری با استفاده از ترکیب جمعیت بی‌مهرگان کف زی و شاخص BMWP، محیط‌زیست جانوری، ۶ (۴): صفحات ۲۳۰-۲۲۱.

شهبازی ناصرآباد، س.، پور باقر، ه.، ایگدری، س.، دانه‌کار، ا. و رجایی، م.، ۱۳۹۵. مقایسه شاخص‌های زیستی BMWP و ASPT با اندیکس‌های تنوع زیستی به‌منظور ارزیابی کیفی رودخانه‌های موقتی (مطالعه موردی: رودخانه خیرودکنار)، نشریه محیط‌زیست طبیعی، ۶۹ (۲): صفحات ۴۶۷-۴۳۹.

عباسپور، ر.، هدایتی‌فرد، م.، علیزاده ثابت، ح.ر.، حسن‌زاده، ح. و مسگران کریمی، ج.، ۱۳۹۳. برآورد شاخص‌های زیستی و کیفی آب رودخانه چشمه‌کیله تنکابن با استفاده از بزرگ بی‌مهرگان کف زی و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب، علوم و مهندسی محیط‌زیست، ۱ (۲): صفحات ۷۳-۵۹.

عظیمی، آ.، امیرنژاد، ر.، نصراله‌زاده ساروی، ح. و سلیمانی رودی، ع.، ۱۳۹۴. طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه زارمرود (ساری- مازندران) با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف، اکو بیولوژی تالاب، ۷ (۲۳): صفحات ۴۸-۲۳.

قانع ساسان‌سرایی، احمد. ۱۳۸۳. شناسایی ساختار جمعیت ماکروبنتوزهای رودخانه چافرود در استان گیلان با توجه به برخی عوامل کیفی آب (در محدوده روستای اورمان ملال). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ۹۸ ص.

قانع، ا.، احمدی، م.، اسماعیلی، ع. و میرزاجانی، ع. ر.، ۱۳۸۵. ارزیابی زیستی رودخانه چافرود (استان گیلان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوز. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دهم. شماره اول. صفحات ۲۴۷-۲۵۲.

محمدی، جهانگرد. ۱۳۸۵. پدومتری آمار مکانی. انتشارات پلک، تهران، ایران. ۴۵۴ ص.

محمدی روزبهانی، م.، روغنی‌زاده‌گان، ن. و دهقان مدیسه، س.، ۱۳۹۲. بررسی کیفیت آب‌رودخانه دز با استفاده از شاخص BMWP. مجله اکو بیولوژی تالاب. سال پنجم. شماره ۱۸. صفحات ۶۶-۵۵.

مهدوی، م.، بذرافشان، ا.، جوانشیر، آ.، موسوی ندوشنی، ر. و باباپور، م.، ۱۳۸۹. بررسی امکان تأثیر جامعه کف‌زیان رودخانه طالقان روی تعیین کیفیت آب، نشریه محیط‌زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۳ (۱): صفحات ۹۱-۷۵.

میررسولی، ا.، نظامی، ش.، خارا، ح. و قربانی، ر.، ۱۳۹۱. بررسی تأثیر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر روی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه زرین‌گل، مجله توسعه آبزی‌پروری، ۶ (۲): صفحات ۹۲-۸۱.

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، ۶۴ (۲): صفحات ۱۷۶-۱۶۳.

نادری جلودار، م.، هدایتی‌فر، م.، نادری، س. و باقرپور، ح.، ۱۳۹۶. تغییرات غنا و تراکم فون ماکروبنتوزهای منطقه پلور رودخانه هراز تحت تأثیر پساب خروجی کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان . نشریه اکو بیولوژی تالاب. سال نهم. شماره ۳۴. صفحات ۱۱۵-۱۰۱.

نصیراحمدی، ک.، یوسفی، ذ. و ترسلی، ا.، ۱۳۹۱. پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه هراز بر اساس شاخص NSFWQI، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۲ (۹۲): صفحات ۷۱-۶۴ .

Aura, C. M., Raburu, P. O. and Hermann, J., 2010. Macroinvertebrates' community structure in Rivers Kipkaren and Sosiani, River Nzoia basin, Kenya. Journal of Ecology and the Natural Enviroment, 3(2): 39-46 pp.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

Aazami, J., Maghsodlo, H., Mira, S. S. 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.

Azrina, M.Z., Yap, C.K., Rahim Ismail, A., Ismail, A. and Tan, S. G., 2006. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. Ecotoxicology and Environmental safety, 64(3): 337-347.

Chen, K., Tian, S. and Jiao, J. J., 2010. Macrobenthic community in Tolo harbour, Hong Kong and its relations with heavy metals. Estuaries and coasts, 33(3): 600-608.

Edmondson, W. T., 1959. Freshwater Biology. John Wiley and Sons. Inc, U.S.A. 1248p.

Foomani, A., Gholizadeh, M., Harsij, M. and Salavatian, S., 2020. River health assessment using macroinvertebrates and water quality parameters: A case of the Shanbeh-Bazar River, Anzali Wetland, Iran. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 19 (5): 2274-2292.

Gawad, S. S. A., 2019. Using benthic macroinvertebrates as indicators for assessment the water quality in River Nile, Egypt, Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(1): 206-219.

Gültekin, Z., Hellmann, C., Rahmi Aydin, R. and Winkelmann, C., 2019. Possible indices for the assessment of ecological stream quality based on macroinvertebrates in Euphrates tributaries (Turkey), Journal of Freshwater Ecology, 34(1): 783-806,

Hawkes, H. A., 1998. Origin and development of the biological monitoring working party score system. Water Research, 32(3): 964-968.

Hilsenhoff, W. L., 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. J. N. Am. Benthol. Soc. 7(1): 65-68pp.

Jindal, R., Chawla, Ch., Singh, D., Shoshta, A. and Kaur, S., 2021. Biomonitoring and Water Quality Evaluation of River Beas in Mid Himalayan Zone, India. Current Applied Science and Technology. 22 (5): 1-13

Karr, J. R., 1998. Rivers as Sentile: Using the Biology of Rivers to Guide Landscape Management, final report for USEPA, 28p.

Kenny, M. A., Sutton-Grier, A. E., Smith, R. F. and Gresens, S. E., 2009. Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality: The e intersection of science and policy. Journal of Terrestrial Arthropod, 2: 99-128.

Malvandi, H., Moghanizade, R. and Abdoli, A., 2021. The use of biological indices and diversity indices to evaluate water quality of rivers in Mashhad, Iran. Biologia. 76: 959–971

Needham, J. G., 1976. A guide the study of freshwater biology. Holden Sanfrancisco. 107p.

Pennak, R. W., 1953. Freshwater Invertebrates of the United States. The Ronald Press Company. New York. 796p.

Reynoldson, T. B., 1992. An overview of the assessment of aquatic ecosystem health using bentic invertebrates. Journal of aquatic ecosystem health, I: 295-308.

Sharma, K. K. and Chowdhary, S., 2011. Macroinvertebrates assemblages as biological indicators of pollution in a Central Himalayan River, Tawi (J&K). International Journal of Biodiversity and Conservation. 3(5): 167-174.

Taban, P., Abdoli, A., Khorasani, N. and Aazami, J., 2020. Assessment the effects of physiochemical parameters on water ecological quality using indices based on macro-invertebrates communities in the Karaj and Jajrood Rivers. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 19 (4):1871-1888

Techet, H., Richoux, P., Oumaud, M. and Usseglio, P. P., 2000. Invertebrates EduDouce. Systematique, Biologie, Ecologie. NRS Editions, Paris. 275p.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]