ارزیابی صنایع ماسه‌شویی و آبزی‌پروری بر کیفیت آب (مطالعه موردی: رودخانه محمدآباد گرگان)

سحر طبیبیان [۱*]، جابر اعظمی [۲]، حمیدرضا مقصودلو [۲و۳]، عباسعلی زمانی [۲]، سید سحاب میرا [۳]

۱- گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، ،تهران، ایران

۲- گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳- کارشناس اداره کل حفاظت محیط زیست استان گلستان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۲۰

چکیده

توسعه آبزی‌پروری و تولید مصالح ساختمانی سبب کاهش سلامت آب می شود. در مطالعه‌ی حاضر، پراسنجه‌های کیفی آب رودخانه محمدآبادکتول گرگان سنجش و با استانداردهای آب سطحی مقایسه گردید. این رودخانه در کنترل سیلاب، تامین آب کشاورزی فاضل‌آباد و حفظ تعادل اکولوژیک منطقه اهمیت زیادی دارد. دمای آب، کدورت، جامدات محلول، شوری، فسفات، نیترات، نیتریت، آمونیاک، اکسیژن محلول و pH در محل و مقدارهای اکسیژن‌خواهی زیستی و کلی فرم مدفوعی با انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه در ۱۲ ایستگاه مرتبط با موقعیت صنایع ماسه‌شویی و آبزی‌پروری سنجش شدند. در امتداد این رودخانه ۳ صنعت ماسه‌شویی و ۴ استخر آبزی‌پروری وجود دارد که فقط پراسنجه‌های شوری و کدورت در یک ایستگاه بیش از حد استاندارد بود و سایر پراسنجه‌ها در تمام ایستگاه‌ها در محدوده‌ی استاندارد قرارداشتند. نتایج شاخص کیفی آب‌های سطحی ایران (IRWQI) به ترتیب در ایستگاه‌ها از بالادست به پایین‌دست رودخانه، ۷۹/۲، ۷۷، ۷۷/۳، ۷۷/۷، ۶۲، ۷۰/۷، ۷۳/۶، ۷۴/۲، ۷۹/۲، ۷۷/۴، ۷۹/۹ و ۸۳ بود که در محدوده کیفی خوب و بیانگر توان خودپالایی بالای رودخانه است. اگرچه آبزی‌پروری و صنایع ماسه‌شویی بر کیفیت آب رودخانه تاثیرگذار بوده است اما شرایط محیط فیزیکی رودخانه از جمله جنس بستر و نقش مهم شرایط اکولوژیکی در خودپالایی رودخانه، این اثرات را تعدیل کرده است.

کلمات کلیدی: آلودگی، پساب، شاخص کیفی آب، رودخانه.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). *s.tabibian@damavand.tpnu.ac.ir*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

مقدمه

امروزه تولید پروتیین سالم و توسعه آبزی پروری به‌دلیل اهمیت و نقش ویژه آن در پویایی اجتماعی، افزایش اشتغال، کاهش وابستگی، خودکفایی اقتصادی و اجتماعی از اولویت‌های دولت است (Aazami, 2017) و تمایل به افزایش سطح تولید به‌طورمعمول به‌دلیل رقابت‌های استانی در حال افزایش است؛ اما توجه به اصول توسعه پایدار و شرایط محیط زیست رودخانه با مطالعه ارزیابی اثرات آبزی پروری لازم است. در واقع، امروزه، آبزی‌پروری در روستاها نیز به عنوان یک صنعت درآمدزای خرد مطرح شده است (Hosseinjani *et al*., 2019). در صورت عدم توجه به توان اکولوژیک و عدم ارزیابی، اکوسیستم‌های آبی دچار آسیب خواهند شد به‌طوری که امروزه بسیاری از رودخانه‌ها از شرایط بهداشتی سالم برخوردار نیستند (Mohseni-bandpey *et al*., 2014). از سوی دیگر رشد شهرنشینی و تغییر فرهنگ جامعه سبب افزایش برداشت شن و ماسه رودخانه‌ها جهت ساخت و سازها و افزایش طرح‌های آبزی‌پروری شده است که هر دو این صنایع سبب برهم‌خوردن یکپارچگی اکولوژیک رودخانه می‌گردد. در همین راستا نخستین تاثیرات تغییرات کاربری اراضی حاشیه رودخانه‌ها، تغییرات کیفیت آب رودخانه است که با تغییر پراسنجه‌های کیفی زنجیره‌ای از تغییرات اکولوژیکی در محیط اتفاق خواهد افتاد (Aazami, 2017). قابل ذکر است با توجه به وجود منابع آبی متعدد هم‌چون دریاچه‌ها، مخازن، رودخانه‌ها و نوار ساحلی، استفاده از فناوری‌های موجود در صنعت آبزی پروری در قفس می‌تواند بخشی از دغدغه‌های موجود در تولید و توسعه را مرتفع نماید. بر اساس آمار سازمان FAO در سال ۲۰۱۶ پرورش آبزیان در قفس ۳۵ درصد از کل تولید آبزی پروری در جهان را به خود اختصاص داده است که در ایران نیز با توجه به ورود این فناوری و فعالیت‌های نوپا در کشور، بر اساس آمار شیلات ایران در سال ۱۳۹۵ مقدار ۱۰۱۶۲ تن ماهی در کشور از این صنعت تولید و گزارش گردیده است که نسبت به تولید کل آبزی پروری در کشور ۲/۲ درصد را به خود اختصاص می‌دهد (حسین‌جانی و همکاران، ۱۳۹۹).

برای ارزیابی صنایع مختلف در حاشیه رودخانه از مهم‌ترین پراسنجه‌های کیفی آب استفاده می‌شود که برخی از مهم‌ترین این پراسنجه ها، در این جا آورده شده است. هدایت الکتریکی معیاری از توان آب برای هدایت جریان الکتریکی است که با کل غلظت مواد یونیزه شده در آب (آنیون‌ها و کاتیون‌ها) و دمای آب مرتبط است. به عبارتی هدایت الکتریکی به نوعی میزان املاح محلول در آب را منعکس می‌سازد. حد مطلوب هدایت الکتریکی برای رودخانه‌های آب شیرین کم‌تر از ۱۰۰۰میکروزیمنس بر سانتی‌متر است (Islam *et al*., 2015). حیات آبزیان به کمینه مقدار غلظت اکسیژن محلول در آب بستگی دارد. ماهی، بیش از سایر جانداران و باکتری کم‌تر از تمام آبزیان به اکسیژن محلول نیاز دارد. این پراسنجه مهم کیفی آب، تابعی از دما و فشار جزیی اکسیژن موجود در محیط است، هم‌چنین به مواد موجود در آب هم بستگی دارد (Aazami *et al*., 2018). میزان اکسیژن پراسنجه دیگری است که برای تجزیه زیستی مواد آلی آلوده در آب نیاز است. مواد قابل تجزیه، موادی هم‌چون نشاسته، چربی‌ها، پروتیین‌ها، الکل‌ها، اسیدها، آلدییدها و استرها هستند که می‌توانند به‌راحتی به عنوان مواد غذایی توسط میکروارگانیسم‌های طبیعی مورد استفاده قرار بگیرند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

امروزه در سطح جهانی مقدار این شاخص در طی پنج روز را به‌عنوان استاندارد انتخاب کرده و آن را به‌صورت BOD_5 نشان می‌دهند (Debels *et al.*, 2005). یون نیترات از جمله پراسنجه‌های کیفی آب محسوب می‌شود که به‌طورعمده به‌صورت محلول در محیط‌زیست وجود دارند و به‌طور طبیعی از اکسیداسیون ترکیب‌های نیتروژن‌دار توسط میکروارگانیسم‌ها در آب، خاک و در مقدارهای کم توسط تخلیه الکتریکی مانند رعد و برق تولید می‌گردد. مصرف آب حاوی غلظت زیاد نیترات (بیش از مقدارهای سفارش شده در استانداردها) اثرات نامطلوبی بر سلامتی انسان و بیماری‌های گوارشی دارد (WHO, 2008). افزایش فضولات حیوانی، زباله‌های شهری، کودهای نیترات‌دار و فاضلاب‌های خانگی از جمله منابع ورود نیترات به آب‌های سطحی هستند. مقدار نیترات‌ها که آخرین مرحله اکسیداسیون ترکیب‌های ازته محسوب می‌شوند درآب نباید از ۵ میلی‌گرم در لیتر بر حسب یون نیترات بیش‌تر باشد. شناسایی ماکروبنتوزها و تهیه چک لیست گونه‌ها در هر اکوسیستم علاوه بر این‌که بیانگر پویایی یک اکوسیستم است، می‌تواند در برنامه‌های پایش و مدیریت اکوسیستم‌های آبی نقش مهمی داشته باشد. در منطقه مورد مطالعه نیز شناسایی آن‌ها انجام شده است، اما ارتباط تراکم آن‌ها و هم‌چنین تغییرات تعداد، تنوع و ساختار جمعیتی آن‌ها با شرایط فیزیکی و شیمیایی اکوسیستم بررسی نشده است. در سه استان استان شمالی کشور (گیلان، مازندران، گلستان) بیش از ۱۱۰رودخانه همیشگی و غیر همیشگی وجود دارد که به دریای خزر می‌ریزد و میزان بارش‌ها به سمت جنوب شرق دریای خزر (استان گلستان) کم‌تر می‌شود (Aazami *et al.*, 2015) در حالی که تراکم جمعیت انسانی تغییر نمی‌کند؛ بنابراین وجود مرکزهای پر جمعیت استان شرقی کشور و تمایل به ویلاسازی در استان‌های شمالی به‌ویژه گلستان سبب نیاز بیش‌تر به برداشت شن و ماسه از رودخانه به همراه تولید بیش‌تر مواد غذایی شده است (Abdoli *et al.*, 2008). دراین میان رودخانه‌ها نخستین منابعی هستند که به دلیل توسعه زیاد ماسه شویی، کشاورزی و آبزی پروری آلوده می‌شوند و تغییرات آن‌ها می‌تواند شاخصی برای آلودگی‌های محیط زیست باشد گرچه توان خود پالایی رودخانه‌ها با توجه به شیب، دانه‌بندی رسوبات، دبی آب و سایر شرایط هیدرولیکی رودخانه‌ها متفاوت است. به‌نظر می‌رسد بیش‌ترین تغییرات کیفی آب در رودخانه به‌واسطه فعالیت‌های انسانی حاشیه رودخانه که مهم‌ترین آن‌ها آلودگی پساب کشاورزی به صورت غیر نقطه‌ای و آلودگی استخرهای پرورش ماهی به صورت نقطه‌ای باشد اما اثرات برداشت شن و ماسه در استان‌های شمالی کشور بر سلامت آب رودخانه بسیار محسوس است (Aazami *et al.*, 2015). مطالعات در اکوسیستم‌های شمال ایران، بیانگر برداشت بی‌رویه از شن و ماسه، تخریب زیستگاه‌های آبزیان، تغییر کانال اصلی رودخانه، آلودگی آب ناشی از مصرف شوینده‌ها در استخرهای پرورش ماهیان و آلودگی‌های آلی ناشی از تغذیه و پرورش ماهی است که باید به طور مستمر جهت استمرار خدمات اکولوژیکی این اکوسیستم‌ها، پایش و مطالعه شوند. ارزیابی کیفیت شیمیایی و فیزیکی منابع آب شهرهای بندر ترکمن، بندر گز و کردکوی در استان گلستان انجام شده است (Mohammadi *et al.*, 2016) اما درخصوص ارزیابی سلامت کیفی آب رودخانه محمدآباد کتول استان گلستان با استفاده از شاخص‌های کیفی آب و مقایسه با استانداردها جهت

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

تعیین و ارزیابی توان خودپالایی این اکوسیستم مطالعه‌ای صورت نگرفته است. این رودخانه از رودخانه‌های دایمی و مهم شمال کشور است. نتایج بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر جریان رودخانه مذکور بیانگر تاثیر این اکوسیستم در هدایت رواناب به‌ویژه در زمستان با بیش‌ترین حجم رواناب بوده است (Niromandfard *et al.*, 2018). بنابراین در این مطالعه از دو شاخص کیفی آب به منظور ارزیابی سلامت کیفی آب، ارزیابی اثرات آبزی‌پروری و تعیین توان خودپالایی رودخانه محمدآباد گرگان استفاده شد. اهمیت رودخانه مذکور در کنترل سیلاب های فصلی (Tabarifard, 2005)، تامین آب کشاورزی برخی از روستاهای فاضل آباد، تغذیه آب زیرزمینی و هم‌چنین زیستگاه بسیاری از موجودات زنده از جمله ماکروبنتوزهای مفید برای حفظ تعادل اکولوژیک در منطقه است.

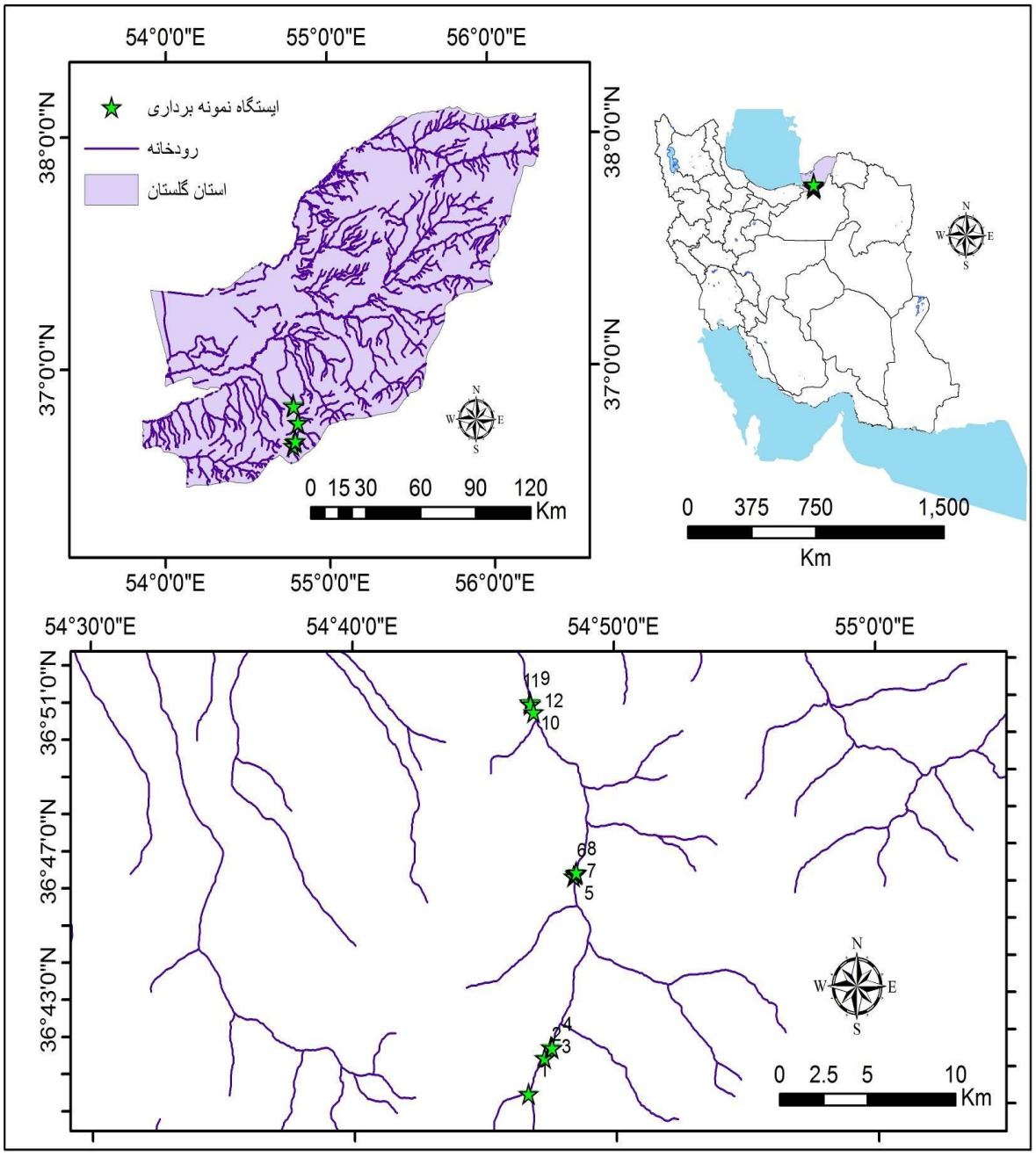
مواد و روش ها (منطقه مورد مطالعه)

رودخانه محمدآباد یکی از سرشاخه‌های اصلی و پرآب رودخانه گرگانرود بوده که از ارتفاعات تمبران، زرجو، گندی، و.... شهرستان علی‌آباد کتول سرچشمه و پس از عبور از غرب شهر فاضل‌آباد در حوالی روستای عطاآباد به رودخانه جعفرآباد متصل و سپس درحوالی روستای سقریلقی به گرگان‌رود می پیوند. مساحت حوزه ۴۲۰ کیلومترمربع و رودخانه اصلی درحدود ۲۵ کیلومتر است که آورد سالانه این رودخانه ۴۳ میلیون مترمکعب بوده، آبدهی متوسط سالانه رودخانه ۱/۴۶ متر مکعب در ثانیه و دبی ویژه آن ۳/۴۱ لیتر بر ثانیه در کیلومتر مربع محاسبه شده است Abbasi *et al.*, (2013). در این حوضه ۱۳روستا، چندین واحد تولیدی شن وماسه، پرورش ماهیان سردآبی، دامداری، مرغداری، حدود ۳۰۰ هکتاراراضی کشاورزی وجود دارد که درطول مسیر از آب رودخانه محمدآباد استفاده می‌شود. با توجه به معیارهای استاندارد نمونه‌برداری از جمله موقعیت قرارگیری استخرها، دسترسی، نوع کاربری اراضی، پراکندگی در امتداد رودخانه و هدف مطالعه، ۱۲ ایستگاه نمونه‌برداری در شهریورماه ۱۳۹۶ انتخاب و پراسنجه‌های کیفی آب اندازه‌گیری شد. لازم به‌ذکر است که در شهریورماه از یک طرف بیش‌ترین نیاز آبی وجود دارد و از طرف دیگر به‌دلیل کمبود بارش‌ها در ماه‌های قبلی، کم‌ترین میزان دبی طبیعی آب سطحی وجود دارد؛ بدیهی است در روزهای آغاز پاییز با شروع رگبارها و بارش‌ها میزان دبی طبیعی آب افزایش و از طرف دیگر به‌دلیل عدم امکان کشاورزی، برداشت آب کاهش می‌یابد؛ بنابراین زمان بحرانی برای مطالعه‌های سلامت اکولوژیکی رودخانه ها به‌دلیل کم‌ترین دبی طبیعی و بیش‌ترین تاثیر فعالیت های انسانی، در روزهای پایانی تابستان است Parvandi *et al.*, (2016). بدیهی است اگر در این شرایط بحرانی، وضعیت آب مناسب باشد، در سایر زمان‌ها نیز شرایط رودخانه سالم است. هم‌چنین ایستگاه شاهد در مطالعات کیفی آب، ایستگاهی فاقد فعالیت‌های انسانی بوده یا کم‌ترین تاثیر را از فعالیت‌های انسانی داشته است (Aazami *et al.*, 2015; Aazami *et al.*, 2018). نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ و شکل ۱ به ترتیب از بالادست به پایین دست آمده است. نمونه‌برداری از آب بر اساس استاندارد ایران شماره ۲۳۴۷ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، دستورالعمل نمونه‌برداری پراسنجه‌های کیفیت آب سازمان حفاظت محیط زیست و روش نمونه‌برداری آب جهت آزمایش میکروبی، فیزیکی و شیمیایی ماخذ

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

استانداردهای ۹۴۱۲ و ۴۲۰۸ سازمان استاندارد ملی ایران انجام شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه در رودخانه محمدآباد کتول گرگان

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه در رودخانه محمدآباد گرگان

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	y	x
۱	شاهد بالاست	۴۰۶۰۹۱۲	۳۰۱۳۶۳
۲	ورودی پرورش ماهی مقسم	۴۰۶۲۶۶۳	۳۰۲۳۳۰
۳	خروجی آنی مقسم	۴۰۶۳۱۸۶	۳۰۲۷۰۲
۴	خروجی ۵۰ متری مقسم	۴۰۶۳۱۴۹	۳۰۲۷۸۳
۵	ورودی پرورش ماهی ابراهیمی شاهد دوم	۴۰۷۱۶۶۵	۳۰۴۲۵۶
۶	خروجی آنی ابراهیمی	۴۰۷۱۷۷۳	۳۰۴۳۶۶
۷	خروجی ۵۰ متری ابراهیمی	۴۰۷۱۸۰۳	۳۰۴۴۰۰
۸	خروجی ۱۰۰ متری ابراهیمی	۴۰۷۱۸۴۶	۳۰۴۴۲۰
۹	ورودی سنگ شکن مقدسی	۴۰۸۰۴۰۷	۳۰۲۰۳۶
۱۰	خروجی آنی مقدسی	۴۰۸۰۳۵۱	۳۰۲۰۷۰
۱۱	خروجی ۵۰ متری مقدسی	۴۰۸۰۲۸۹	۳۰۲۰۷۶
۱۲	خروجی ۱۰۰متری مقدسی	۴۰۷۹۸۹۹	۳۰۲۲۴۲

سنجش پراسنجه‌های کیفی

اندازه گیری پراسنجه‌های منتخب فیزیکی و شیمیایی که در تعیین شاخص کیفی آب وجود دارند، در سه تکرار، با استفاده از دستورالعمل استاندارد APHA انجام گردید (APHA, 1995). دمای آب، کدورت، جامدات محلول، هدایت الکتریکی، فسفات، نیترات، نیتریت، آمونیاک، اکسیژن محلول و میزان pH توسط دستگاه سنجنده چند متغیر و مقدار اکسیژن خواهی زیستی و تعداد کلی‌فرم مدفوعی با انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه اداره کل محیط زیست استان گلستان اندازه‌گیری شدند.

۱)شاخص بنیاد ملی آب امریکا (National Sanitation Foundation Water Quality Index; NSFWQI)، نخستین شاخص علمی تعیین کیفیت آب دنیا است و براساس وزن‌دهی به ۹ پراسنجه فیزیکی و شیمیایی آب محاسبه می‌گردد؛ هرچند با تعیین ۶ پراسنجه از پراسنجه‌های منتخب در این شاخص می‌تواند به ارزیابی کیفی آب بسنده کرد (Bharti, 2011). ۹ پراسنجه فیزیکی و شیمیایی شامل، BOD، TDS، pH، DO، کدورت، دما، نیترات، فسفات و تعداد کلی‌فرم مدفوعی استفاده می‌شود. در صورت امکان پذیر نبودن محاسبه کلی‌فرم، میزان کلی‌فرم را می‌توان به‌صورت میانگین ارزش عددی میزان فسفات، نیترات و DO در نظر می‌گیرند. سپس براساس محاسبه‌گر نرم افزاری، مقدار عددی شاخص از برآیند نتایج پراسنجه‌های کیفی بدست آمد.

جدول ۲- طبقات کیفی آب مطابق با شاخص NSFWQI

طبقه	مقدار شاخص	معادل توصیفی
۱	کم‌تر از ۲۵	خیلی بد
۲	۲۵-۴۹	بد
۳	۵۰-۶۹	متوسط
۴	۷۰-۹۰	خوب
۵	>۹۰	خیلی خوب

۲)شاخص کیفی منابع آب سطحی ایران (Iranian Water Quality Index for Surface Water; IRWQI) نیز با الگوبرداری از شاخص بالا، برای ارزیابی کیفی آب استفاده شده است. تفاوت این

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

شاخص‌ها در وزن دهی پراسنجه‌های کیفی است و از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود (Bharti, 2011):

$$IRWQI_{SC} = [\prod_{i=1}^{n} I_i^{W_i}]^{\frac{1}{\gamma}}$$

W_i: وزن پراسنجه i ام

$$\gamma = \sum_{i=1}^{n} W_i$$

n: تعداد پراسنجه‌ها، I_i: مقدار شاخص برای پراسنجه i ام منحنی رتبه‌بندی (جهت اطلاع از جزییات بیش‌تر رجوع شود به راهنمای محاسبه شاخص کیفیت منابع آب ایران، ۱۳۹۸).

هدف از شاخص کیفی منابع آب سطحی ایران، تعیین و ارزیابی کیفیت منابع آب سطحی با توجه به شرایط ایران بوده است؛ به طوری که شاخص مذکور بتواند فهم مناسب تری از کیفیت منابع آبی ایران ارایه دهد. مطابق دستورالعمل شاخص مذکور، در صورتی که تعداد پراسنجه‌های اندازه گیری شده کم‌تر از یازده پراسنجه باشد، رابطه بالا قابل استفاده است و نیازی به هیچ‌گونه تصحیحی ندارد (اگر چه بهتر است دست‌کم ۶ پراسنجه از پراسنجه‌های جدول۳ برای کاربرد این شاخص سنجش شود).

جدول ۳: پراسنجه‌های فیزیکی و شیمیایی منتخب برای شاخص کیفی آب ایران

ردیف	پراسنجه فیزیکی و شیمیایی	وزن پراسنجه اصلی	توضیحات
۱	تعداد کلی فرم مدفوعی (Number of coliform bacteria)	۰/۱۴۰	برحسب MPN/100ml
۲	BOD_5	۰/۱۱۷	میلی‌گرم بر لیتر
۳	نیترات	۰/۱۰۸	میلی‌گرم بر لیتر
۴	اکسیژن محلول	۰/۰۹۷	درصد اشباع
۵	هدایت الکتریکی	۰/۰۹۶	میکروزیمنس بر سانتی‌متر
۶	COD	۰/۰۹۳	میلی‌گرم بر لیتر
۷	آمونیوم	۰/۰۹۰	میلی‌گرم بر لیتر
۸	فسفات	۰/۰۸۷	میلی‌گرم بر لیتر
۹	کدورت	۰/۰۶۲	NTU
۱۰	سختی کل	۰/۰۵۹	میلی‌گرم بر لیتر کلسیم کربنات
۱۱	pH	۰/۰۵۱	–

برای محاسبه مقدار عددی شاخص مذکور از محاسبه‌گر تدوین شده آن در سازمان محیط زیست استفاده گردید (راهنمای محاسبه شاخص کیفیت منابع آب ایران ۱۳۹۸). هم‌چنین برای تعیین معادل توصیفی شاخص، از جدول ۴ استفاده می‌شود.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

جدول ۴: طبقات کیفیت آب به روش $IRWQI_{SC}$

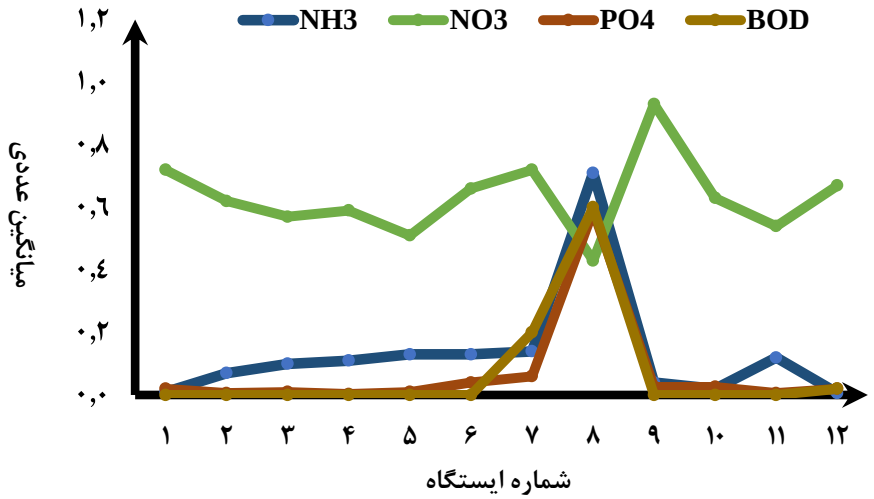
طبقه	مقدار شاخص	معادل توصیفی	رنگ
۱	کم‌تر از ۱۵	خیلی بد	بنفش
۲	۱۵-۲۹	بد	قرمز
۳	۳۰-۴۴	به‌نسبت بد	نارنجی
۴	۴۵-۵۵	متوسط	زرد
۵	۵۵-۷۰	به‌نسبت خوب	سبز
۶	۷۰-۸۵	خوب	ابی روشن
۷	بیش‌تر از ۸۵	بسیار خوب	آبی تیره

تجزیه و تحلیل آماری

جهت تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین نتایج، از نرم‌افزارهای SPSS, Excel و R استفاده شد. تمام آنالیزهای آماری در سطح ۹۵ درصد انجام شده است. از آزمون همبستگی پیرسون با توجه به نرمال بودن داده‌ها جهت بررسی ارتباط پراسنجه‌های کیفی استفاده شد و آزمون One-Sample T Test برای مقایسه نتایج با استانداردهای مربوطه انجام شده است. درضمن جهت مقایسه نتایج پراسنجه‌ها بین ایستگاه‌ها، از آزمون آماری دانکن و من وایتنی استفاده گردید، بدین صورت که ایستگاه‌های بالادست یا ورودی صنایع مورد مطالعه (۱، ۲، ۵ و ۹) در یک طبقه و ایستگاه‌های خروجی یا پایین دست در طبقه دیگری مرتب و تغییرات بین آن‌ها مطالعه شد.

نتایج

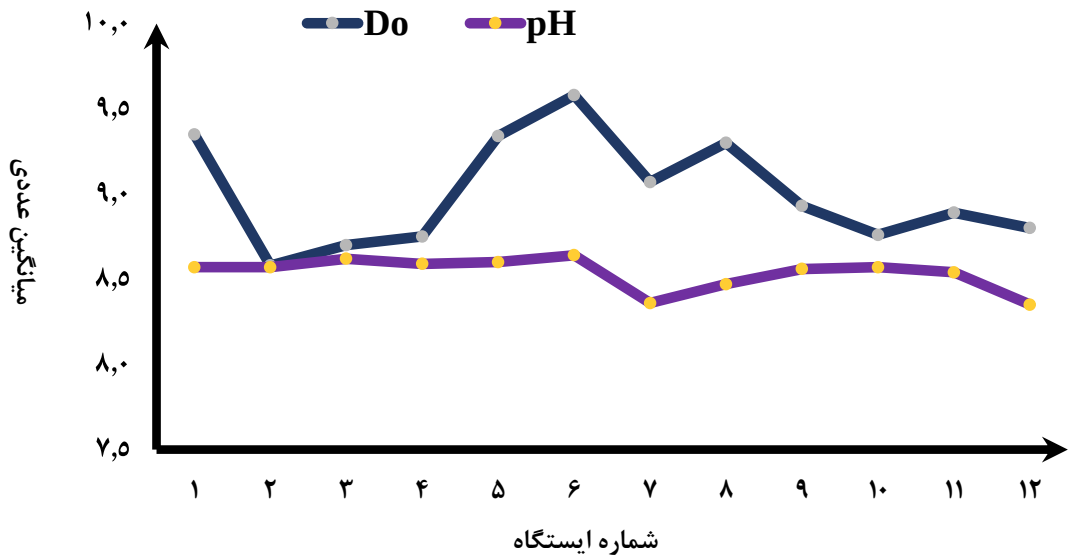
روند تغییرات مقدار BOD, PO_4, NO_3 و NH_3 در همه ایستگاه در محدوده غیرقابل سنجش تا ۰/۹ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده که همگی در زیر محدوده استاندارد قرار دارند (شکل ۲).



شکل ۲: بررسی تغییرات پراسنجه‌های کیفی اکسیژن زیستی، نیتروژنی و فسفر در رودخانه محمدآباد کتول گرگان

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

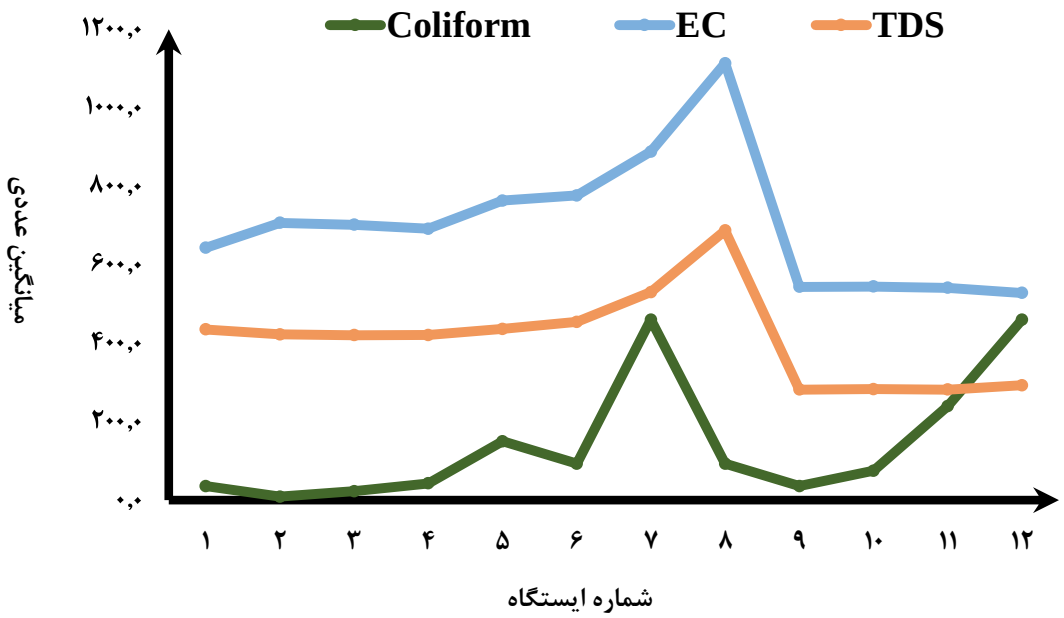
میزان pH نمونه‌های آب در کل ایستگاه‌ها در محدوده خنثی قرار داشت و تنها در ایستگاه شماره هفت اندکی کاهش داشته است ولی همه ایستگاه‌ها در محدوده مجاز و طبیعی (۹-۶/۵) و هم‌چنین مقدار اکسیژن محلول در آب در همه ایستگاه‌ها بالاتر از ۸/۵ میلی‌گرم بر لیتر است که بیانگر شرایط کیفی مناسب رودخانه است (شکل ۳).



شکل ۳: بررسی تغییرات پراسنجه‌های کیفی اکسیژن محلول در آب و pH در رودخانه محمدآباد کتول گرگان

همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، مقایسه میانگین نتایج با استانداردهای مجاز نشان دادند که مقدار شوری آب (EC) و هم‌راستا با آن مقدار TDS در ایستگاه شماره ۸ در خروجی با فاصله ۱۰۰ متری از استخر پرورش ماهی، بیش از حد مجاز است ($P< 0.05$). میزان کلی‌فرم مدفوعی نیز در ایستگاه‌های ۷ و پایین‌دست (۱۱ و ۱۲) به‌دلیل اثرات فعالیت‌های انسانی بالاتر از استاندارد آب شرب با تصفیه مقدماتی (۱۰ واحد) و حتی آب کشاورزی برای تولید محصولات خام (۲۰۰ واحد سنجش MPN/100ml)، مطابق با استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست امریکا بود ($P<0.05$). بین ایستگاه‌های ورودی به صنایع مورد مطالعه و خروجی آن‌ها، از نظر مقدار pH و کلی فرم مدفوعی، اختلاف معنی داری وجود دارد ($P<0.05$) و بین سایر پراسنجه‌های مورد مطالعه، اختلاف معنی دار آماری وجود نداشت.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]



شکل ۴: بررسی تغییرات پراسنجه‌های کیفی هدایت الکتریکی، جامدات محلول و کلی‌فرم مدفوعی در رودخانه محمدآباد کتول گرگان

همان‌طور که در شکل‌های ۲ تا ۴ و جدول ۵ دیده می‌شود همبستگی پراسنجه‌های EC و TDS بسیار زیاد است که در اکوسیستم های آب سطحی، این ضریب همیشه مثبت و قوی است. همبستگی ترکیب‌های نیتروژنی و فسفری با هم‌دیگر نیز زیاد است که بیانگر این است که منابع آلودگی رودخانه، هم‌زمان هر دو آلودگی را وارد اکوسیستم می‌کنند و از طرف دیگر، این ترکیب‌ها به خوبی قابل تبدیل به هم‌دیگر هستند.

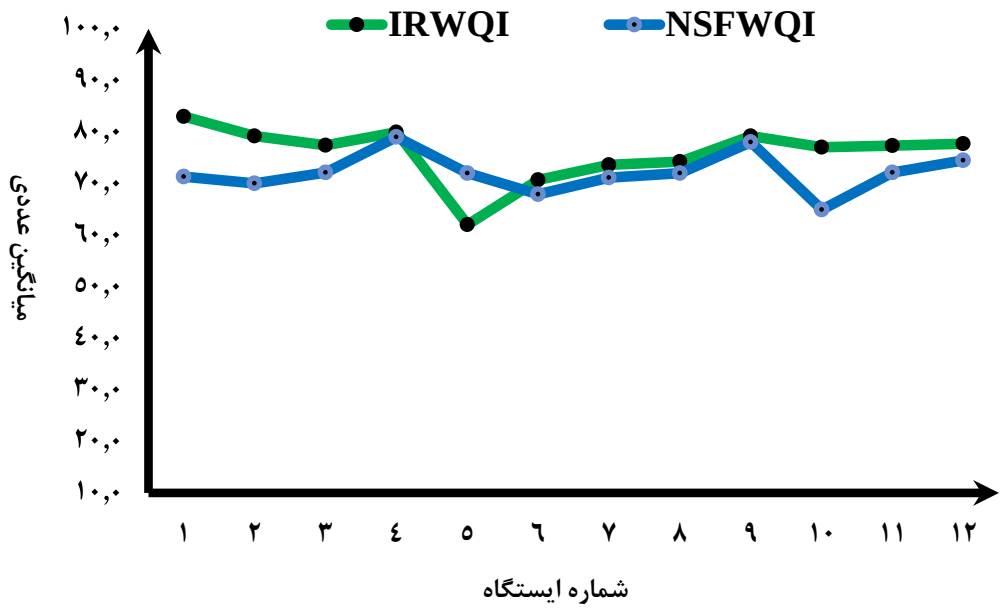
جدول ۵: همبستگی پراسنجه‌های کیفی آب رودخانه محمدآباد کتول گرگان

Parameter	DO	pH	T	NO_3	NO_2	NH_4	NH_3	PO_4	BOD	Coliform	EC
pH	۰/۱۱	۱/۰۰									
T	−۰/۳۱	۰/۰۴	۱/۰۰								
NO_3	−۰/۰۷	−۰/۰۹	۰/۱۹	۱/۰۰							
NO_2	۰/۴۷	−۰/۵۷**	۰/۰۸	−۰/۰۹	۱/۰۰						
NH_4	۰/۳۳	−۰/۱۲	−۰/۱۹	−۰/۵۸*	۰/۱۵	۱/۰۰					
PO_4	۰/۳۳	−۰/۲۶	−۰/۲۰	−۰/۴۶	۰/۲۰	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۱/۰۰			
BOD	۰/۳۰	−۰/۴۳	−۰/۲۴	−۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۹۲**	۰/۹۴**	۰/۹۶**	۱/۰۰		
Coliform	۰/۰۲	−۰/۸۶**	۰/۱۹	۰/۰۵	۰/۷۳**	−۰/۱۴	−۰/۰۷	−۰/۰۵	۰/۱۳	۱/۰۰	
EC	۰/۴۷	−۰/۱۶	−۰/۵۰	−۰/۴۸	۰/۳۱	۰/۷۸**	۰/۸۵**	۰/۷۹**	۰/۸۸**	۰/۰۰	۱/۰۰
TDS	۰/۴۸	−۰/۱۳	۰/۶۸**	−۰/۴۶	۰/۲۴	۰/۷۵**	۰/۸۰**	۰/۷۵**	۰/۷۹**	−۰/۰۶	۰/۹۸**

معنی‌داری در** ۰/۰۵ و * ۰/۰۱

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

روند تغییرات شاخص کیفیت آب آمریکا (NSFWQI) و شاخص ایرانی کیفیت آب سطحی ($IRWQI_{sc}$) در رودخانه مذکور به‌طور تقریبی یکسان است و هر دو شاخص، بیانگر شرایط به نسبت مطلوب کیفیت آب این رودخانه هستند (شکل ۵).



شکل ۵: روند تغییرات شاخص های کیفی آب رودخانه محمداباد کتول گرگان

بحث

در رودخانه‌ی محمد آباد کتول اختلاف شیب از ایستگاه نخست به آخرین ایستگاه بسیار زیاد است و از طرف دیگر بخش زیاد اصلی رودخانه در نواحی کوهستانی و صعب العبور قرار دارد که امکان توسعه کاربری‌های کشاورزی یا صنایع تبدیلی هم‌چون آبزی پروری گسترده یا گردشگری وسیع وجود ندارد؛ بنابراین نتایج به طور کلی بیانگر وضعیت به‌نسبت مطلوب شرایط کیفی این رودخانه است. ایستگاه نخست در بالاترین نقطه اکوسیستم با عدم امکان دسترسی انتخاب گردید و پراسنجه‌های کیفی آب در شرایط بسیار مطلوب قرار دارد که این نتایج با سایر رودخانه‌های شمال و نتایج مطالعات اعظمی و همکاران ۲۰۱۵ و بسطامی و همکاران ۲۰۱۲ تطابق دارد (Aazami *et al.*, 2015; Bastami *et al.*, 2012). ایستگاه دوم در ورودی پرورش ماهی(مقسم) انتخاب شد که به دلیل سنگلاخی بودن بستر، دارای کیفیت بالایی است، گرچه مقدار اکسیژن محلول در آب، کاهش یافته است اما مقایسه نتایج با استانداردهای محیطی، بیانگر عدم وجود آلودگی در این ایستگاه است. شرایط سنگلاخی سبب افزایش جریان‌های تندآبی شده و خودپالایی رودخانه را به شدت تقویت می‌کند (Sadeghi *et al.*, 2015) میزان اکسیژن محلول در آب که مهم‌ترین پراسنجه برای حیات آبزیان است با فعالیت‌های آبزی پروری کاهش یافته و موازی با آن، میزان BOD و کلی فرم افزایش دارد که بیانگر ورود

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

آلودگی‌های آلی هرچند اندک از آبزی پروری مقسم به رودخانه محمدآباد است. اختلاف معنی‌دار بین ترکیبات ازته و فسفاته بین ایستگاه‌های قبل و بعد از آبزی پروری اثبات شده است (Ghorbani *et al.*, 2019). در حاشیه رودخانه در محدوده مطالعاتی، به‌دلیل وجود بستر سنگلاخی و شیب، امکان توسعه کشاورزی وجود نداشته است، بنابراین میزان ورود مواد غذایی (ترکیب‌های نیتروژن و فسفر) در زیر محدوده استاندارد است. در مورد اثرات محیط زیستی پرورش ماهی دوم نیز نتایج به خوبی بیانگر تغییرات پراسنجه‌ها کیفی است به‌طوری‌که که از ایستگاه ۵ به سمت ایستگاه‌های ۷و۸ میزان شوری آب، جامدات، محلول در آب، کلی فرم و ترکیب‌های غذایی (نیتروژن و فسفر) افزایش و میزان اکسیژن محلول درآب کاهش یافته است که ارزیابی اثرات استخرهای پرورش ماهی در رودخانه‌های دیگر استان شمالی این نتایج را تایید می‌کند (Mazaheri Kohanestani *et al.*, 2014). هشتمین ایستگاه محل تردد بسیاری از دام‌های محلی و هم‌چنین روستاییان بوده و به دلیل موقعیت قرارگیری، پساب کشاورزی نیز به آن اضافه می‌شود و از طرف دیگر شکل هیدرولیکی رودخانه به گونه‌ای است که عمق آب بسیار کم و سطح آب زیاد بود، میزان جامدات محلول در آب و در پی آن میزان شوری افزایش یافته است و اختلاف معنی داری با استاندارد هدایت الکتریکی (۱۰۰۰) و جامدات محلول (۵۰۰ میلی گرم در لیتر) نشان داده است. به عبارت دیگر، عرض رودخانه نسبت به سایر ایستگاه‌ها بسیار بیش‌تر است که در این محدوده عریض هم رشد جلبکی دیده شد. بنابراین از نظر سلامت کیفی آب توسط شاخص‌های مورد مطالعه نیز، این کاهش کیفیت، به‌خوبی ارایه شده و بدیهی است هم‌راستا با افزایش مقدار ترکیب‌های مغذی (نیتروژن و فسفر)، میزان شوری و جامدات محلول درآب افزایش خواهد داشت، به طوری که ممکن است از حد مجاز پیشنهاد شده نیز بیش‌تر شود (Mazaheri Kohanestani *et al.*, 2014).

تعداد کلی فرم‌های مدفوعی ناشی از خروجی استخر پرورش ماهی (ایستگاه ۷) افزایش یافته و اختلاف معنی داری با سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه دارد که بیانگر آلودگی آلی آن است. قیاسی و همکاران ۱۳۹۲ با مطالعه اثرات پرورش آبزیان بر جوامع میکروبی، نتیجه‌گیری کردند که تعدد کوددهی و حجم پرورش با تعداد کلی‌فرم‌ها ارتباط معنی‌داری داشته و در فصل‌های گرم سال، بیش‌ترین افزایش آلودگی‌های آلی وجود دارد؛ در نتیجه اگر فصل گرم سال مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرد و شاخص‌های کیفی آب رودخانه مناسب باشد؛ می‌توان با احتمال بالا نتیجه‌گیری نمود که در سایر زمان‌های سال نیز، شرایط اکولوژیکی رودخانه در وضعیت مناسبی است (قیاسی و همکاران ۱۳۹۲). براساس نتایج شاخص‌های کیفی و هم‌چنین روند تغییرات پراسنجه‌های مورد مطالعه، شرایط هیدرولیکی رودخانه به شدت بر خود پالایی و بهبود کیفیت اکولوژیکی تاثیرگذار بوده است. همان‌طورکه در مطالعات مشابه بیان شده است هرچه دانه‌بندی ذرات بستر رودخانه درشت‌تر باشد و از طرف دیگر شکل هندسی رودخانه دارای پیچ و خم‌های بیش‌تر باشد، توان خود پالایی رودخانه و هم راستا با آن سلامت کیفی آب رودخانه بالاتر می‌رود (Aazami *et al.*, 2015). بیش‌ترین تاثیری که ماسه شویی بر رودخانه مورد مطالعه، داشته است تغییر جامدات محلول در آب است که از طریق آن نیز، سبب افزایش شوری آب خواهد شد (Aazami *et al.*, 2015). این پراسنجه،

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

گرچه فقط در ایستگاه ۸ از حد مجاز بالاتر بوده، اما در سایر ایستگاه‌ها نیز به میزان نزدیک به حد استاندارد است و در واقع اگر آب رودخانه برای مصرف شرب در نظر گرفته شود از حد مجاز مربوطه (۲۵ میلی‌گرم در هر لیتر آب)، به شدت فاصله دارد. به هر حال لازم است با مدیریت صحیح و استفاده از آب برگشتی در صنایع ماسه شویی به صورت سیستم‌های بسته به کاهش اثرات بهداشتی آن‌ها تلاش کرد. رابطه منفی pH و میزان کلی‌فرم نیز بیانگر آن است که بیش‌تر منابع آلودگی رودخانه مورد مطالعه از نوع صنایع آلودگی آلی بوده و فعالیت‌های صنعتی زیادی در منطقه وجود ندارد. بدیهی است دلیل اصلی تغییرات زیاد pH درآب‌های سطحی به‌دلیل فعالیت‌های صنعتی هم‌چون صنایع فلزی، اسیدی و تولید رنگ است (Mohammadi *et al*., 2016) که در محدوده مطالعاتی از رودخانه علی‌آباد کتول گرگان، این نوع فعالیت‌های انسانی وجود ندارد. این نتیجه که با افزایش میزان جامدات محلول در آب، میزان شوری آب بالا می‌رود که با نتایج مطالعه‌های مشابه نیز هم‌خوانی دارد و هم‌راستا با افزایش میزان این دو، میزان اکسیژن خواهی زیستی نیز بالا رفته است که به خوبی بیانگر وجود منابع آلودگی آلی و مشترک ناشی از فعالیت‌های آبزی پروری و دامداری هم‌راستا با توسعه شهری است که سبب افزایش آلودگی‌های آلی آب شده و به تناسب آن، افزایش نیاز اکسیژن به تجزیه مواد آلی نیز افزایش خواهد داشت (Aazami *et al*., 2018; Abbaspour *et al*., 2014; Tavakoli *et al*., 2018). افزایش جامدات محلول در آب سبب جذب نور خورشید و نگه داشتن آن در آب شده و به شدت کاهش اکسیژن محلول در آب می انجامد Ahmadi *et al*., 2012)، نتایج همبستگی‌هایی آب و میزان جامدات محلول در آب نیز تایید کننده این ادعا است. قابلیت انحلال و تبدیل ترکیب‌های مختلف نیتروژن در آب سبب همبستگی‌های قوی ترکیب‌های نیتروژن با هم‌دیگر است؛ قابل ذکر است ورود ترکیب‌های نیتروژن به آب‌های سطحی و هم‌چنین افزایش میزان ترکیب‌های فسفاته عامل‌های اصلی پر غذایی جلبکی و کاهش شدید سلامت کیفی آب‌ها است که خوشبختانه در رودخانه مذکور هیچ‌کدام از پراسنجه‌های نیتروژنی و فسفاته بیش از حد استاندارد نبودند (Jamshidi *et al*., 2010). با افزایش میزان جامدات محلول در آب و هم‌چنین شوری، میزان اکسیژن‌خواهی زیستی افزایش یافته است که براساس مقایسه این نتایج با مطالعات مشابه، می‌توان به نقش تاثیرات انسانی و صنایع مورد اشاره به‌ویژه ماسه‌شویی‌های حریم رودخانه در کاهش کیفیت آب و نابودی تعادل اکولوژیکی زیستگاه‌های آبزیان پی برد. با توجه به شاخص‌های کیفی آب به‌کار رفته تمام ایستگاه‌ها در طبقات کیفی خوب قرار دارند. بنابراین در حال حاضر به نظر می‌رسد کیفیت آب رودخانه محمد آباد مناسب باشد اما باید تدابیر مدیریتی پیش‌گیری و حفظ سلامت این اکوسیستم ارزشمند را در نظر داشت. به عبارت دیگر، گرچه آبزی پروری و صنایع ماسه‌شویی بر کیفیت آب رودخانه تاثیرگذار بوده است اما شرایط محیط فیزیکی رودخانه از جمله جنس بستر و شرایط اکولوژیکی که در خودپالایی رودخانه نقش مهم دارند، این اثرات را تعدیل کرده است. مقایسه نتایج این مطالعه با مطالعه‌های مشابه در اکوسیستم‌های رودخانه‌ی شمال کشور، نشان داد که شرایط اکولوژیکی این رودخانه به‌دلیل وجود سیمای طبیعی‌تر و عدم تغییرات شدید حریم رودخانه جهت توسعه کاربری‌های مرسوم در اکوسیستم‌های دیگر از

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

جمله کشاورزی، دامداری‌های متمرکز و غیره دارای شرایط مطلوب‌تری است.

وجود اختلاف ارتفاع و شیب‌های به‌نسبت تند در اکوسیستم رودخانه‌ی محمدآباد کتول در کنار عدم امکان دسترسی زیاد و عدم امکان توسعه کشاورزی در حاشیه‌ی این رودخانه سبب شده است تا هنوز برخلاف وضعیت نامطلوب بسیاری از اکوسیستم آب‌های سطحی شمال کشور، این رودخانه در حال حاضر از سلامت کیفی به‌نسبت مطلوبی برخودار باشد. قابل ذکر است، توسعه آبزی پروری اگر با توجه به توان اکولوژیک رودخانه‌ها انجام شود، می‌تواند با کم‌ترین اثرات بهداشتی، گامی موثر در راستای تولید و اشتغال باشد اما در بسیاری از رودخانه‌های شمالی ایران هم‌چون رودخانه هراز یا تجن برخلاف رودخانه مورد مطالعه این فعالیت سبب کاهش شدید و معنی‌دار کیفیت آب شده است. اثرات معنی‌دار صنایع ماسه شویی در رودخانه تجن بر سلامت اکولوژیکی آب و تغییرات جوامع آبزیان به‌ویژه ماکروبنتوزها گزارش شده است (Aazami *et al*., 2015) اگرچه در رودخانه مذکور، اثرات زیادی مشاهده نگردیده است، اما برداشت‌های شن وماسه در بستر رودخانه‌های شمالی فقط در صورت ضرورت و استفاده از سیستم به‌روز و بسته برای حفظ شرایط سالم رودخانه مذکور پیشنهاد می‌گردد. هم‌چنین لازم است با مطالعه‌های زیستی به‌ویژه تغییرات جامعه‌ی ماهیان و ماکروبنتوزهای رودخانه مورد مطالعه، نسبت به ارزیابی زیستی آن‌ها و تهیه نقشه‌های تغییرات مکانی آن‌ها اقدام نمود. هم‌چنین، بررسی تغییرات کاربری اراضی در رودخانه علی‌آباد کتول و ارزیابی تاثیرات آن بر کیفیت آب رودخانه هم‌راستا با بررسی ویژگی‌های دقیق هیدرولیکی و هیدرولوژیکی (از جمله، شیب، دبی، سرعت جریان آب، عمق، دانه‌بندی رسوبات، ارزیابی اثرات فرسایش رسوب) پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می دانیم از زحمات کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

منابع

۱. حسین‌جانی ع، صیادبورانی م، ولی‌پور ع، احمدنژاد م، ۱۳۹۹. مروری بر وضعیت و الزامات توسعه پرورش ماهی در قفس در ایران و جهان. نشریه توسعه آبزی پروری. ۱۴ (۱)، ۲۵-۳۷.

۲. راهنمای محاسبه شاخص کیفیت منابع آب ایران ۱۳۹۸، اداره کل حفاظت محیط زیست، http://www.doe.ir/Portal/File/ShowFile.aspx?ID=7e4ae7eb-c32f-4c44-bf0d-9c87d789c237

۳. قیاسی م، پورغلام ر، نصراله زاده ح، زاهدی آ، بینائی م، ۱۳۹۲. مقایسه فلور میکروبی و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در استخر پرورش کپور ماهیان کوددهی شده با شیرابه کود گاوی و کود شیمیایی. نشریه توسعه آبزی پروری، ۴، ۶۷-۷۶.

4. Aazami, J., Esmaili-Sari, A., Abdoli, A., Sohrabi H., Van den Brink P. J., 2015. Monitoring and assessment of water health quality in the Tajan River, Iran using physicochemical, fish and macroinvertebrates indices. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 13(1), 20- 29.
5. Aazami, J., 2017. Biotic Macroinvertebrate Indices to Ecological Health Assessment of Aquatic Ecosystems. Scientific Journal Management System in Persian, 63, 1-15.
6. Aazami, J., Moradpour, H., Zamani A., Kianimehr N., 2018. Ecological quality assessment of Kor River in Fars Province

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

using macroinvertebrates indices. International Journal of Environmental Science and Technology, 16(11), 6935-6944.
7. Abbasi, V., Kamali, A., Ghorbani R., and Nabavi S., 2013. The use of multi metric index for pollution detection by use of geographic information system. Global Journal of Environmental Research, 7(1), 13-16.
8. Abbaspour, R., Hassanzadeh, H., Alizadeh, S. H., Hedayatifard M., and Mesgaran K. J., 2014. Water quality assessment of cheshmekileh river with using community of macrobenthic invertebrates and physicochemical factors of water. Journal of Aquaculture Development, 7(4),43-56.
9. Abdoli, A., Rasooli P., Mostafavi H., 2008. Length–weight relationships of Capoeta capoeta capoeta Gueldenstaedt, 1772 in the Gorganrud River, south Caspian Basin. Journal of Applied Ichthyology, 24(1), 96-98.
10. Ahmadi, H., Malekian A., Abedi R., 2012. The most Appropriate Statistical Method for Suspended Sediment Estimation of Rivers Case Study: Roodak Station of the Jajrood Basin. Environmental Erosion Researches, 2(5), 78-88.
11. APHA, A., 1995. WPCF, Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, DC Standard Method, 320.
12. Bastami, K. D., Bagheri, H., Haghparast, S., Soltani, F., Hamzehpoor A., Bastami M. D., 2012. Geochemical and geo-statistical assessment of selected heavy metals in the surface sediments of the Gorgan Bay, Iran. Marine Pollution Bulletin, 64(12), 2877-2884.
13. Bharti, N. K., 2011. Water quality indices used for surface water vulnerability assessment. International Journal of Environmental Sciences 2(1), 1-10.
14. Debels, P., Figueroa, R., Urrutia, R., Barra R., Niell X., 2005. Evaluation of water quality in the Chillán River Central Chile using physicochemical parameters and a modified water quality index.

Environmental Monitoring and Assessment, 110(1-3), 301-322.
15. Ghorbani, R., Norouzrajabi, A., Abdi, O., Nabavi E., 2019. Effect of Qezel Kosar rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) farm effluent on some abiotic and biotic characteristics in Daryasar River, Mazandaran Province. Journal of Aquaculture Development, 13 (2),139-154.
16. Hosseinjani A., Babaei H., Sadeghinejad masouleh E., Sayad Borani M., 2019. The Small-Scale aquaculture in the rural water reservoir (A case study in Zanjan province-Ijruod city) . Journal of Aquaculture Development, 13 (2), 51-64.
17. Islam, M. S., Ahmed, M. K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun M., Islam M. K., 2015. Heavy metal pollution in surface water and sediment: a preliminary assessment of an urban river in a developing country. Ecological Indicators, 48, 282-291.
18. Jamshidi, M., Tajrishy, M., Maghrebi M., 2010. Modeling of point and non-point source pollution of nitrate with SWAT in the Jajrood river watershed, Iran. International Agricultural Engineering Journal 19(2), 23-31.
19. Mazaheri Kohanestani, Z., Ghorbani, R., Hajimoradloo A., Naeimi A., 2014. The effect of trout farm effluents on the water quality parameters of Zaringol Stream Golestan, Iran based on NSFWQI and WQI indexes. Environmental Resources Research, 1(2), 191-201.
20. Mohammadi, A. A., Yousefi, M., Mardani M., Faraji H., 2016. Evaluation of Physical and Chemical Quality of Groundwater in Northern Cities of Golestan Province Bandar Torkaman, Kordkoy, Bandar-e Gaz in 2005-2010. Journal Of Neyshabur University Of Medical Sciences, 4(1), 41-49.
21. Mohseni-bandpey, A., Majlessi M., Kazempour A., 2014. Evaluation of Golgol river water quality in Ilam province based on the National Sanitation Foundation Water Quality Index NSFWQI. Journal of Health in the Field, 1(4),45-53.
22. Niromandfard, F., Zakerinia M., Yazerloo B., 2018. Investigating the Effect of

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]

Climate Change on River Flow Using IHACRES Rainfall-Runoff Model. Irrigation Sciences and Engineering 413,117-135.
23. Parvandi, S., Abdoli A., Hashemi H., 2016. Biological assessment Jajrood River using the Macrobenthos community structure. Journal of Aquatic Ecology, 6(1), 20-32.
24. Sadeghi, M., Bay, A., Bay, N., Soflaie, N., Mehdinejad M. H., Mallah M., 2015. The survey of Zarin-Gol River water quality in Golestan Province using NSF-WQI and $IRWQI_{SC}$. Journal of Health in the Field 3(3), 27-33.
25. Tabarifard, N., 2005. Utilization of Statistical Distributions in Prediction of Flood's Time of Occurrence." Scientific-Research Quarterly of Geographical Data SEPEHR, 1352, 19-23.
26. Tavakoli, F., Mohammadi-Rouzbahani M., Sobhan-Ardekani S., 2018. Survey of the River Water Quality Using Water Quality IndicesCase Study Aligoodarz River. Journal of Environmental Science and Technology Article in press.
27. WHO, 2008. Guidelines for drinking-water quality: second addendum. Vol. 1, Recommendations, World Health Organization.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.2.7.7]