

ارزیابی صنایع ماسه شویی و آبرزی پروری بر کیفیت آب (مطالعه موردی: رودخانه محمدآباد گرگان)

سحر طبیبیان^{۱*}، جابر اعظمی^۲، حمیدرضا مقصودلو^۳، 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 آبرزی پروری و تولید مصالح ساختمانی سبب کاهش سلامت آب می شود. در مطالعه‌ی حاضر، پراسنجه‌های کیفی آب رودخانه محمدآباد کتول گرگان سنجش و با استانداردهای آب سطحی مقایسه گردید. این رودخانه در کنترل سیلاب، تامین آب کشاورزی فاضل آباد و حفظ تعادل اکولوژیک منطقه اهمیت زیادی دارد. دمای آب، کدورت، جامدات محلول، شوری، فسفات، نترات، نیتريت، آمونیاک، اکسیژن محلول و pH در محل و مقدارهای اکسیژن خواهی زیستی و کلی فرم مدفوعی با انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه در ۱۲ ایستگاه مرتبط با موقعیت صنایع ماسه شویی و آبرزی پروری سنجش شدند. در امتداد این رودخانه ۳ صنعت ماسه شویی و ۴ استخر آبرزی پروری 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 قرار داشتند. نتایج شاخص کیفی آب‌های سطحی ایران (IRWQI) به ترتیب در ایستگاه‌ها از بالادست به پایین دست رودخانه، 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 آبرزی پروری و صنایع ماسه شویی 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.

مقدمه

امروزه تولید پروتیین سالم و توسعه آبریز پروری به دلیل 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 به طور معمول به دلیل رقابت‌های استانی در حال افزایش است؛ اما توجه به اصول توسعه پایدار و شرایط محیط زیست رودخانه با مطالعه ارزیابی اثرات آبریز پروری لازم است. در واقع، امروزه، آبریز پروری در روستاها نیز به عنوان یک صنعت درآمذای خرد مطرح شده است (Hosseinjani et al., 2019). در صورت عدم توجه به توان اکولوژیک و عدم ارزیابی، اکوسیستم‌های آبی دچار آسیب خواهند شد به طوری 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 آبریز پروری شده است که هر دو این صنایع سبب برهم خوردن 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 آبریز 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 آبریز 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 آبریز پروری در کشور ۲/۲ درصد را به خود اختصاص می‌دهد (حسین جانی و همکاران، ۱۳۹۹).

برای ارزیابی صنایع مختلف در حاشیه رودخانه از مهم‌ترین پراسنجه‌های کیفی آب استفاده می‌شود که برخی از مهم‌ترین این پراسنجه‌ها، 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 ۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر 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 به راحتی به عنوان مواد غذایی توسط میکروارگانیسم‌های طبیعی مورد استفاده قرار بگیرند.

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 نترات از جمله پراسنجه‌های کیفی آب محسوب می‌شود که به‌طور عمده 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 نترات (بیش از مقدارهای سفارش شده در استانداردها) اثرات نامطلوبی بر سلامتی انسان و بیماری‌های گوارشی دارد (WHO, 2008). افزایش فضولات حیوانی، زباله‌های شهری، کودهای نترات‌دار و فاضلاب‌های خانگی از جمله منابع ورود نترات به آب‌های سطحی هستند. مقدار نترات‌ها که آخرین مرحله اکسیداسیون ترکیب‌های از ته محسوب می‌شوند در آب نباید از ۵ میلی گرم در لیتر بر حسب یون نترات بیش‌تر باشد. شناسایی ماکروبیوتوزها و تهیه چک لیست گونه‌ها در هر اکوسیستم علاوه بر این که 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 شمالی کشور (گیلان، مازندران، گلستان) بیش از ۱۰ رودخانه 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). در این میان رودخانه‌ها نخستین منابعی هستند که به دلیل توسعه زیاد ماسه شویی، کشاورزی و آبریز 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

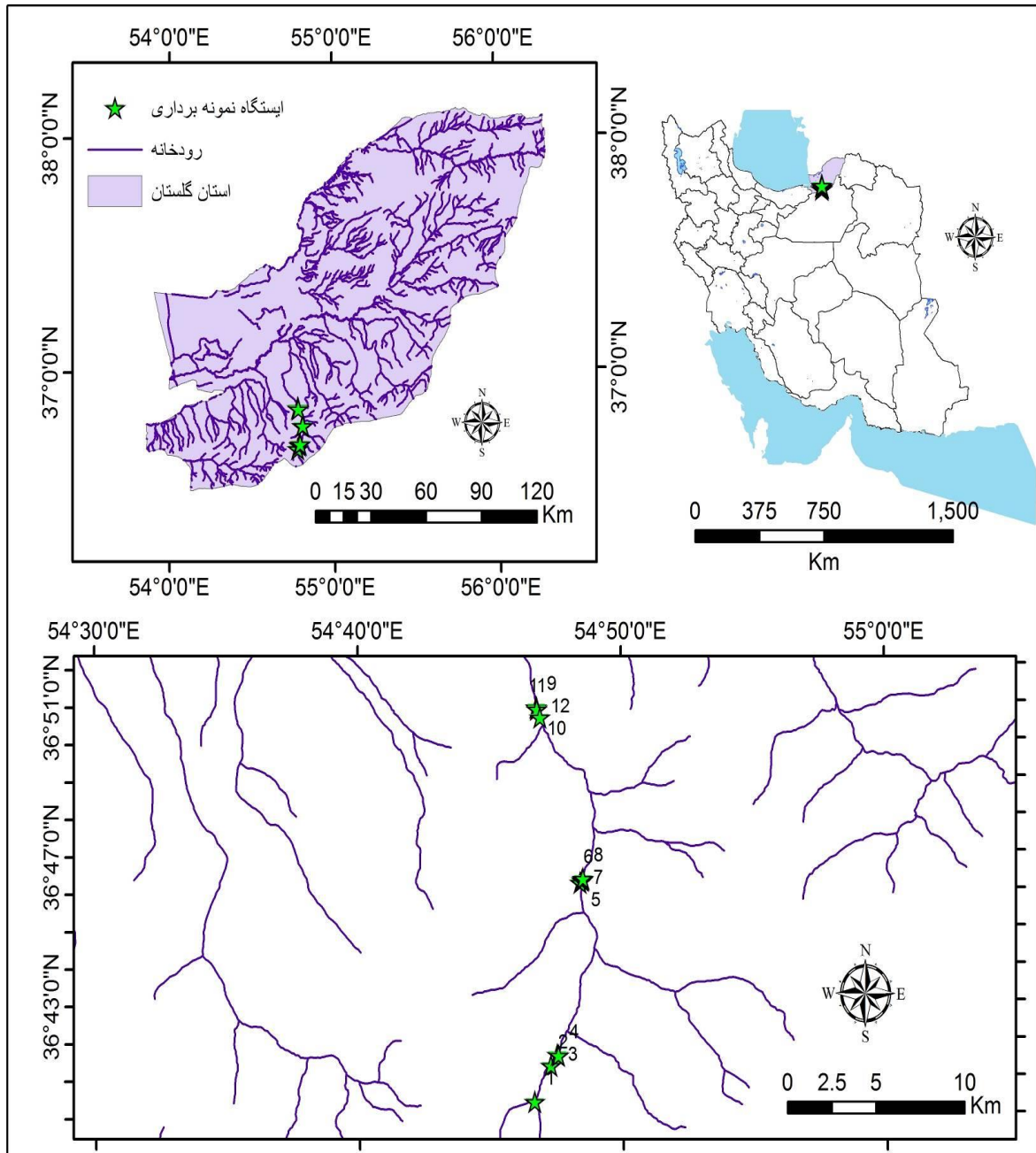
تعیین و ارزیابی توان خودپالایی این اکوسیستم مطالعه‌ای صورت نگرفته است. این رودخانه از رودخانه‌های دایمی و مهم شمال کشور است. نتایج بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر جریان رودخانه مذکور بیانگر تأثیر این اکوسیستم در هدایت رواناب به‌ویژه در زمستان با بیش‌ترین حجم رواناب بوده است (Niromandfard *et al.*, 2018).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

مواد و روش‌ها (منطقه مورد مطالعه)

رودخانه محمدآباد یکی از سرشاخه‌های اصلی و پرآب رودخانه گرگان‌رود بوده که از ارتفاعات تمبران، زرگو، گندی، و.... شهرستان علی‌آباد کتول سرچشمه و پس از عبور از غرب شهر فاضل‌آباد در حوالی روستای عطاآباد به رودخانه جعفرآباد متصل و سپس در حوالی روستای سقریلقی به گرگان‌رود می‌پیوندد. مساحت حوزه ۴۲۰ کیلومتر مربع و رودخانه اصلی در حدود 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 ۱۳ روستا، چندین واحد تولیدی شن و ماسه، پرورش ماهیان سردآبی، دامداری،

مرغداری، حدود ۳۰۰ هکتار اراضی کشاورزی وجود دارد که در طول 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 رودخانه‌ها به‌دلیل کم‌ترین دبی طبیعی و بیش‌ترین تأثیر فعالیت‌های 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 تأثیر 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 مآخذ

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



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه محمدآباد کنول گرگان

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه محمدآباد گرگان

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	y	x
۱	شاهد بالاست	۴۰۶۰۹۱۲	۳۰۱۳۶۳
۲	ورودی پرورش ماهی مقسم	۴۰۶۲۶۶۳	۳۰۲۳۳۰
۳	خروجی آبی مقسم	۴۰۶۳۱۸۶	۳۰۲۷۰۲
۴	خروجی ۵۰ متری مقسم	۴۰۶۳۱۴۹	۳۰۲۷۸۳
۵	ورودی پرورش ماهی ابراهیمی شاهد دوم	۴۰۷۱۶۶۵	۳۰۴۲۵۶
۶	خروجی آبی 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 آبی مقدسی	۴۰۸۰۳۵۱	۳۰۲۰۷۰
۱۱	خروجی ۵۰ متری مقدسی	۴۰۸۰۲۸۹	۳۰۲۰۷۶
۱۲	خروجی ۱۰۰ متری مقدسی	۴۰۷۹۸۹۹	۳۰۲۲۴۲

سنجش پراسنجه‌های کیفی

اندازه‌گیری 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، نترات، نیتريت، آمونیاک، اکسیژن محلول و میزان pH توسط دستگاه سنجنده چند متغیر و مقدار اکسیژن خواهی زیستی و تعداد کلی فرم مدفوعی با انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه اداره کل محیط زیست استان گلستان اندازه‌گیری شدند.

(۱) شاخص بنیاد ملی آب آمریکا (National Sanitation Foundation Water Quality Index; NSFQWI)، 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، نترات، فسفات و تعداد کلی فرم مدفوعی استفاده می‌شود. در صورت امکان پذیر نبودن محاسبه کلی فرم، میزان کلی فرم را می‌توان به صورت میانگین ارزش عددی میزان فسفات، نترات و DO در نظر می‌گیرند. سپس براساس محاسبه گر نرم افزاری، مقدار عددی شاخص از برآیند نتایج پراسنجه‌های کیفی بدست آمد.

جدول ۲- طبقات کیفی آب مطابق با شاخص NSFQWI

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

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

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

W_i : وزن پراسنجه i ام

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

n : تعداد پراسنجه‌ها، I_i : مقدار شاخص برای پراسنجه i ام منحنی رتبه‌بندی (جهت اطلاع از جزئیات 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 ارائه 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 هیچ گونه تصحیحی ندارد (اگر چه بهتر است دست کم ۶ پراسنجه از پراسنجه‌های جدول ۳ 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	بر حسب MPN/100ml
۲	BOD ₅	۰/۱۱۷	میلی گرم بر لیتر
۳	نیترات	۰/۱۰۸	میلی گرم بر لیتر
۴	اکسیژن محلول	۰/۰۹۷	درصد اشباع
۵	هدایت الکتریکی	۰/۰۹۶	میکروزیمنس بر سانتی متر
۶	COD	۰/۰۹۳	میلی گرم بر لیتر
۷	آمونیم	۰/۰۹۰	میلی گرم بر لیتر
۸	فسفات	۰/۰۸۷	میلی گرم بر لیتر
۹	کدورت	۰/۰۶۲	NTU
۱۰	سختی کل	۰/۰۵۹	میلی گرم بر لیتر کلسیم کربنات
۱۱	pH	۰/۰۵۱	-

برای محاسبه مقدار عددی شاخص مذکور از محاسبه گر 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.

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	به نسبت بد	نارنجی
۴	۴۵-۵۵	متوسط	زرد
۵	۷۰-۵۵	به نسبت خوب	سبز
۶	۸۵-۷۰	خوب	ابی روشن
۷	بیشتر از ۸۵	بسیار خوب	آبی تیره

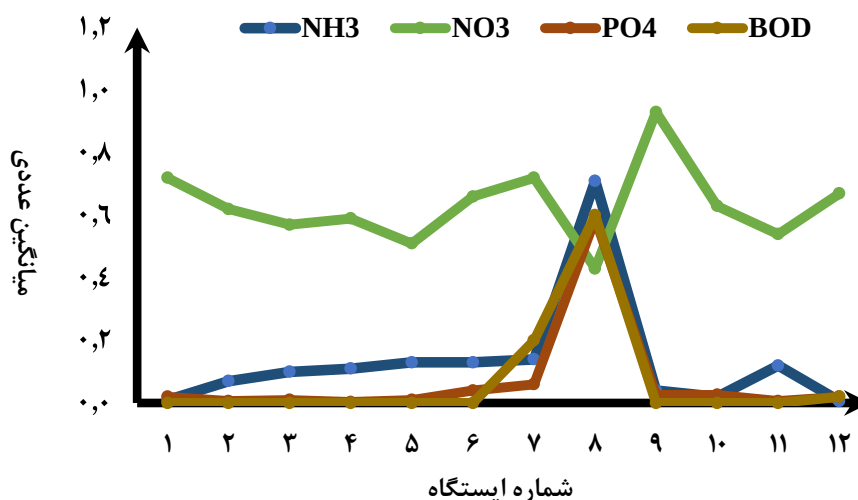
تجزیه و تحلیل آماری

جهت تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین نتایج، از نرم افزارهای 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 داده ها جهت بررسی ارتباط پراسنجه های کیفی استفاده شد و آزمون One-Sample T Test برای مقایسه نتایج با استانداردهای مربوطه انجام شده است. درضمن جهت مقایسه نتایج پراسنجه ها بین ایستگاه ها، از آزمون آماری دانکن و من وایتنی استفاده گردید،

بدین صورت که ایستگاه های بالادست یا ورودی صنایع مورد مطالعه (۱، ۲، ۵ و ۹) در یک طبقه و ایستگاه های خروجی یا پایین دست در طبقه دیگری مرتب و تغییرات بین آنها مطالعه شد.

نتایج

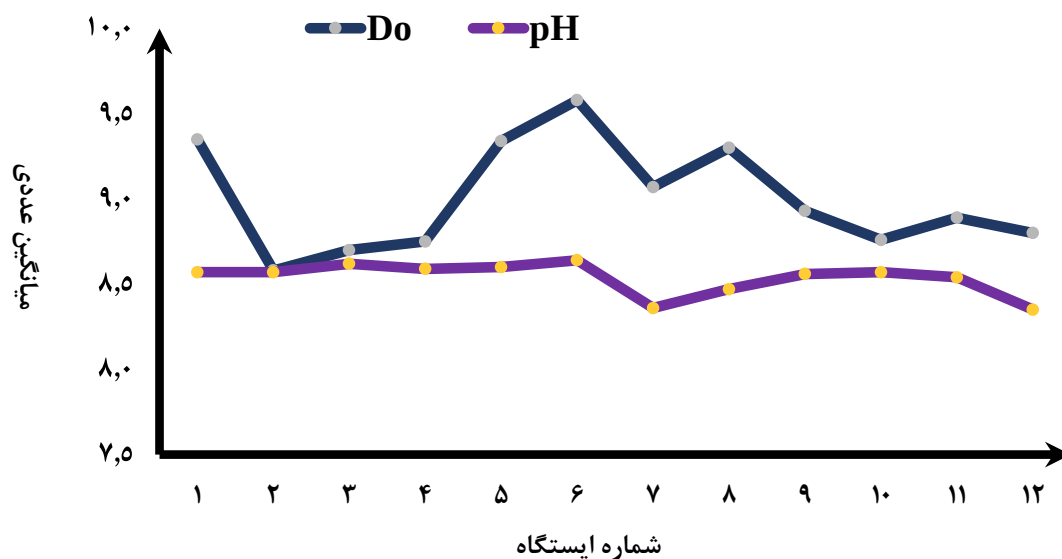
روند تغییرات مقدار NH_3 ، BOD ، PO_4 ، NO_3 در همه ایستگاه در محدوده غیرقابل سنجش تا ۰/۹ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده که همگی در زیر محدوده استاندارد قرار دارند (شکل ۲).



شکل ۲: بررسی تغییرات پراسنجه های کیفی اکسیژن زیستی، نیترژنی و فسفر در رودخانه محمدآباد کتول گرگان

اکسیژن محلول در آب در همه ایستگاه‌ها بالاتر از ۸/۵ میلی گرم بر لیتر است که بیانگر شرایط کیفی مناسب رودخانه است (شکل ۳).

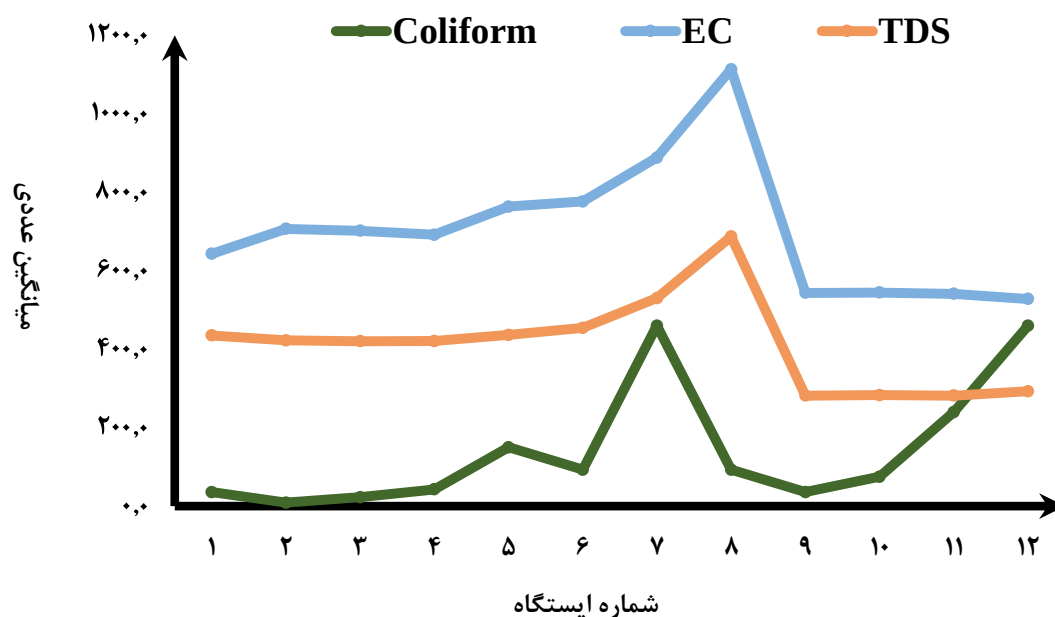
میزان pH نمونه‌های آب در کل ایستگاه‌ها در محدوده خنثی قرار داشت و تنها در ایستگاه شماره هفت اندکی کاهش داشته است ولی همه ایستگاه‌ها در محدوده مجاز و طبیعی (۶/۵-۹) و همچنین مقدار



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

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.

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 کلی فرم مدفوعی نیز در ایستگاه‌های ۷ و پایین دست (۱۱ و ۱۲) به دلیل اثرات فعالیت‌های انسانی بالاتر از استاندارد آب شرب با تصفیه مقدماتی (۱۰ واحد) و



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

نیتروژنی و فسفوری با هم دیگر 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 هم دیگر هستند.

همان‌طور که در شکل‌های ۲ تا ۴ و جدول ۵ دیده می‌شود همبستگی پراسنجه‌های EC و TDS بسیار زیاد است که در اکوسیستم‌های آب سطحی، این ضریب همیشه مثبت و قوی است. همبستگی ترکیب‌های

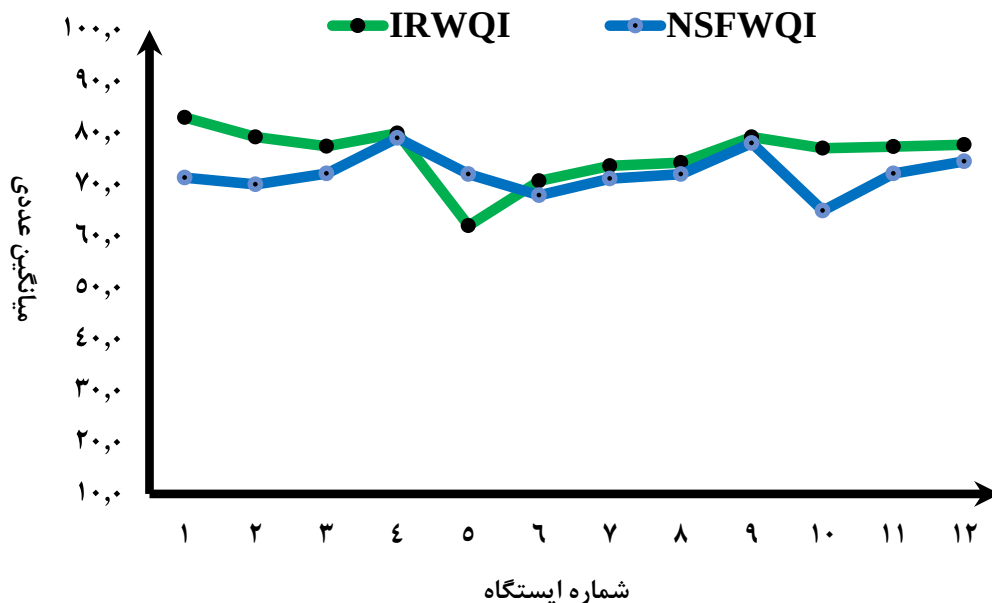
جدول ۵: همبستگی پراسنجه‌های کیفی آب رودخانه محمدآباد کتول گرگان

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*

است و هر دو شاخص، بیانگر شرایط به نسبت مطلوب کیفیت آب این رودخانه هستند (شکل ۵).

روند تغییرات شاخص کیفیت آب آمریکا (NSFWQI) و شاخص ایرانی کیفیت آب سطحی (IRWQI_{sc}) در رودخانه مذکور به‌طور تقریبی یکسان



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

بحث

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 آبرزی پروری کاهش یافته و موازی با آن، میزان BOD و کلی فرم افزایش دارد که بیانگر ورود

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 صعب‌العبور قرار دارد که امکان توسعه کاربری‌های کشاورزی یا صنایع تبدیلی هم‌چون آبرزی پروری گسترده یا گردشگری وسیع وجود ندارد؛ بنابراین نتایج به‌طور 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

آلودگی‌های آلی هرچند اندک از آبریز پروری مقسم به رودخانه محمدآباد است. اختلاف معنی دار بین ترکیب‌های از ته و فسفاته بین ایستگاه‌های قبل و بعد از آبریز پروری اثبات شده است (Ghorbani *et al.*, 2019). در حاشیه رودخانه در محدوده مطالعاتی، به دلیل 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 به طوری که که از ایستگاه ۵ به سمت ایستگاه‌های ۷ و ۸ میزان شوری آب، جامدات، محلول در آب، کلی فرم و ترکیب‌های غذایی (نیتروژن و فسفر) افزایش و میزان اکسیژن محلول در آب کاهش یافته است که ارزیابی اثرات استخرهای پرورش ماهی در رودخانه‌های دیگر استان شمالی این نتایج را تایید می‌کند (Mazaheri *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، به خوبی ارایه شده و بدیهی است هم‌راستا با افزایش

مقدار ترکیب‌های مغذی (نیتروژن و فسفر)، میزان شوری و جامدات محلول در آب 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 کلی فرم‌ها ارتباط معنی داری 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. همان‌طور که 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 هم‌راستا 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،

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 میلی گرم 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 کلی فرم نیز بیانگر آن است که بیش تر 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 در آب‌های سطحی به دلیل 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 آبریز 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 می‌انجامد (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 فسفات عامل‌های اصلی پر غذایی جلبکی و کاهش شدید سلامت کیفی آب‌ها است که خوشبختانه در رودخانه مذکور هیچ کدام از پراسنجه‌های نیتروژنی و فسفات بیش از حد استاندارد نبودند (Jamshidi et al., 2010). با افزایش میزان جامدات محلول در آب و هم‌چنین شوری، میزان اکسیژن خواهی 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 آبریزان پی برد. با توجه به شاخص‌های کیفی آب به کار رفته تمام ایستگاه‌ها در طبقات کیفی خوب قرار دارند. بنابراین در حال حاضر به نظر می‌رسد کیفیت آب رودخانه محمدآباد مناسب باشد اما باید تدابیر مدیریتی پیش‌گیری و حفظ سلامت این اکوسیستم ارزشمند را در نظر داشت. به عبارت دیگر، گرچه آبریز 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 به دلیل وجود سیمای طبیعی تر و عدم تغییرات شدید حریم رودخانه جهت توسعه کاربری‌های مرسوم در اکوسیستم‌های دیگر از

جمله کشاورزی، دامداری های متمرکز و غیره دارای شرایط مطلوب تری است.

وجود اختلاف ارتفاع و شیب های به نسبت تند در اکوسیستم رودخانه ی محمدآباد کتول در کنار عدم امکان دسترسی زیاد و عدم امکان توسعه کشاورزی در حاشیه ی این رودخانه سبب شده است تا هنوز برخلاف وضعیت نامطلوب بسیاری از اکوسیستم آب های سطحی شمال کشور، این رودخانه در حال حاضر از سلامت کیفی به نسبت مطلوبی برخوردار باشد. قابل ذکر است، توسعه آبریز پروری اگر با توجه به توان اکولوژیک رودخانه ها انجام شود، می تواند با کم ترین اثرات بهداشتی، گامی موثر در راستای تولید و اشتغال باشد اما در بسیاری از رودخانه های شمالی ایران هم چون رودخانه هراز یا تجن برخلاف رودخانه مورد مطالعه این فعالیت سبب کاهش شدید و معنی دار کیفیت آب شده است. اثرات معنی دار صنایع ماسه شویی در رودخانه تجن بر سلامت اکولوژیکی آب و تغییرات جوامع آبریزان به ویژه ماکروبتوزها گزارش شده است (Aazami et al., 2015) اگرچه در رودخانه مذکور، اثرات زیادی مشاهده نگردیده است، اما برداشت های شن و ماسه در بستر رودخانه های شمالی فقط در صورت ضرورت و استفاده از سیستم به روز و بسته برای حفظ شرایط سالم رودخانه مذکور پیشنهاد می گردد. هم چنین لازم است با مطالعه های زیستی به ویژه تغییرات جامعه ی ماهیان و ماکروبتوزهای رودخانه مورد مطالعه، نسبت به ارزیابی زیستی آن ها و تهیه نقشه های تغییرات مکانی آن ها اقدام نمود. هم چنین، بررسی تغییرات کاربری اراضی در رودخانه علی آباد کتول و ارزیابی تاثیرات آن بر کیفیت آب رودخانه هم راستا با بررسی ویژگی های دقیق هیدرولیکی و هیدرولوژیکی (از جمله، شیب،

دبی، سرعت جریان آب، عمق، دانه بندی رسوبات، ارزیابی اثرات فرسایش رسوب) پیشنهاد می گردد.

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. حسین جانی ع، صیادبورانی م، ولی پور ع، احمدنژاد م، ۱۳۹۹. مروری بر وضعیت و الزامات توسعه پرورش ماهی در قفس در ایران و جهان. نشریه توسعه آبریز 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 آبریز 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

- Environmental Monitoring and Assessment, 110(1-3), 301-322.
15. Ghorbani, R., Norouzrajab, 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. Hosseini 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-Ijrud 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 NSFQI 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 NSFQI. *Journal of Health in the Field*, 1(4), 45-53.
 22. Niromandfard, F., Zakerinia M., Yazerloo B., 2018. Investigating the Effect of 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* 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.

- 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 Indices Case 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.
 - 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 Macroenthos 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