شاپا چاپی: ۲۲۵۱-۷۴۸۰
شاپا الکترونیکی: ۲۲۵۰-۷۴۰۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال یازدهم
شماره سه
بهار ۱۴۰۱

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۸/۰۳

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۹/۲۷

صفحات: ۴۶-۳۱

مدل‌سازی کیفی برای مدیریت بهره‌برداری از جریان آب در رودخانه‌ها

سپیده سهامی[۱]، علیرضا شکوهی[۲*]، بهناز ختار[۳] و فربد چهرزاد[۴]

۱) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد منابع آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
۲) استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
۳) دانشجوی دوره دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
۴) کارشناس اکولوژی آب- شرکت مهندسین مشاور آسراب، تهران، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: shokoohi@eng.ikiu.ac.ir

چکیده:

زمینه و هدف: ارزیابی واکنش رودخانه‌ها به تغییرات طبیعی و دست‌کاری‌های ایجاد شده توسط بشر در طبیعت، از اهمیت بالایی در مدیریت کیفیت آب رودخانه برخوردار است. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی اثرات منفی مدیریت کمی بدون مدیریت کیفی جریان است. در این راستا با شبیه‌سازی کیفیت آب در سناریوهای بهره‌برداری از رودخانه مبتنی بر سیاست‌های محیط زیستی، منجمله تخصیص حداقل جریان، کاهش کیفیت و فاصله گرفتن شرایط کیفی جریان از استانداردهای پرورش آبزیان با در نظر گرفتن عوامل کیفی و آلودگی‌های ناشی از توسعه جوامع شهری حاشیه رودخانه‌ها پرداخته می‌شود.

روش پژوهش: پژوهش حاضر روی رودخانه آزاد رود در منطقه سروآباد استان کردستان انجام شد. در این راستا با اندازه‌گیری پارامترهای کمی و کیفی در دو دوره ماهانه، مدل کیفی QUAL2KW واسنجی و اعتبارسنجی شد. در بخش اول مطالعه با تغییر دبی جریان بر اساس سناریوهای تخصیص جریان در روش تنانت، وضعیت کیفی رودخانه در طول ۲۲ کیلومتر شبیه‌سازی شد و در بخش دوم مقادیر پارامترهای کیفی در سناریوهای مختلف مدیریت جریان با مقادیر استاندارد مورد قبول برای پرورش آبزیان (ماهی) مقایسه شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج به‌دست آمده، در حالی که دبی حداقل زیست‌محیطی بر اساس روش تنانت برای رودخانه مورد مطالعه m^3/sec ۱/۱ می‌باشد، دبی کیفی بحرانی یعنی حداقل دبی قابل‌قبول از نظر کیفی برای ماه اسفند و فروردین به ترتیب ۷/۷ و ۱۰ مترمکعب بر ثانیه برآورد شد. بررسی‌ها نشان داد که سناریوی ضعیف تنانت برای تخصیص حداقل جریان زیست‌محیطی برای تأمین الزامات کیفی رودخانه به‌هیچ‌وجه مناسب نمی‌باشد.

نتایج: نتایج نشان داد که تخصیص جریان به روش مرسوم و بدون در نظر گرفتن شرایط کیفی رودخانه امکان‌پذیر نمی‌باشد و می‌تواند به شرایط زیست‌محیطی رودخانه آسیبی جدی وارد نماید. این مطالعه نشان داد که عدم احتساب شرایط کیفی در زمان تخصیص جریان، سبب می‌شود که سلامت اکولوژیکی جریان از دست رفته و رودخانه از استاندارد لازم برای آبزی‌پروری برخوردار نباشد.

کلیدواژه‌ها: مدیریت کمی و کیفی، سناریوهای زیست‌محیطی جریان، سلامت اکولوژیکی رودخانه، مدل QUAL2KW

10.30495/WSRCJ.2022.19231

مقدمه

مدیریت جامع منابع آب (IWRM) نمی‌تواند بدون لحاظ کردن مدیریت کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی به اهداف خود دست یابد (Tharme, 2003). محیط‌زیست دارای ظرفیت خودپالایی طبیعی و قابلیت انعطاف نسبت به کمبودهای آبی است؛ اما وقتی این کمبودها از حد مشخصی تجاوز نمودند، تنوع زیستی از دست می‌رود، معیشت تحت تأثیر قرار می‌گیرد، منابع غذایی طبیعی (ماهی‌ها) در معرض خطر قرار گرفته و همچنین منجر به هزینه‌های بالای تصفیه و احیای مجدد می‌شود (IWMI, 2004). بر اساس همین مختصری که بیان شد می‌توان دریافت که تعیین جریان بهینه‌ای که باید همواره در داخل رودخانه جریان داشته باشد تا اکوسیستم رودخانه حفظ گردد و لذا تعیین مقدار حداکثر برداشت از آب‌های سطحی به‌منظور حفظ کمیت و درعین‌حال کیفیت قابل‌قبول از اهمیت بسزایی برخوردار است. بنابراین در تعیین جریان زیست‌محیطی مورد نیاز رودخانه باید هر دو عامل کمیت و کیفیت را در نظر گرفت و در این نقیصه هیچ تفاوتی میان انواع روش‌های تعیین جریان زیست‌محیطی از روش‌های هیدرولوژیکی گرفته تا روش‌های جامع‌نگر وجود ندارد. درصورتی‌که جریان زیست‌محیطی برآورد شده شرایط کیفی رودخانه را تضمین نکند، دسترسی به جریانی که اکوسیستم را در شرایط طبیعی حفظ کند دست‌نیافتنی می‌باشد (Wang et al., 2007). رودخانه با توجه به توان خودپالایی تا اندازه‌ای باعث کاهش بار آلودگی‌های وارد شده به رودخانه می‌شود، اما با افزایش آلودگی این قابلیت طبیعی رودخانه از دست می‌رود. ازاین‌رو در مدیریت رودخانه‌ها علاوه بر کمیت و میزان دبی، پارامترهای کیفی نیز از مؤلفه‌های حائز اهمیت بوده که می‌بایست به‌دقت مورد بررسی واقع شود.

با وجود مشکلات جهانی مانند تغییر آب و هوا که منجر به خشک‌سالی‌های مکرر و سایر ناهنجاری‌های آب و هوایی شده است، حفاظت از محیط‌زیست آبی همواره و بخصوص در دو دهه اخیر در دستور کار اکثر کشورها و ارگان‌های بین‌المللی قرار داشته است؛ اما متأسفانه بسیاری از کشورهای در حال توسعه هنوز از توانایی فنی و نهادی برای ایجاد شیوه‌ها و سیاست‌های تخصیص آب با در نظر گرفتن سلامت اکولوژیکی و حفظ محیط زیست آبی برخوردار نیستند. احداث و بهره‌برداری از سدها همواره به‌عنوان یکی از راه‌های دسترسی به آب مدنظر بوده است. طبق ارزیابی‌های انجام‌شده، کشور ایران به علت برداشت‌های بیش‌ازحد مجاز از منابع آب‌های سطحی و عدم توجه به حفظ اکوسیستم‌های پایین‌دست به‌عنوان یک منطقه دارای تنش آبی شناخته می‌شود (Smakhtin et al., 2004). این امر، با توجه به رشد روزافزون جمعیت و تخلیه فاضلاب خام به داخل رودخانه‌های کشور، بر مشکلات مدیریت کیفی منابع آب سطحی در سطح کشور می‌افزاید و لزوم توجه به مباحث کیفی در کنار مسائل کمی و تأمین آب کافی را گوشزد می‌نماید.

تحقیقات منتشر شده‌ای که دقیقا منطبق بر هدف پژوهش حاضر باشد وجود ندارد ولی برخی از مقالات که هر کدام به بخشی از موارد مورد نظر در این تحقیق اشاره نموده باشند در دو بخش بین رشته‌ای و شبیه‌سازی کیفی در اینجا ذکر می‌گردند.

در تحقیقی اثر منابع آلاینده روی کیفیت آب رودخانه شفا رود مورد بررسی قرار گرفت. هدف از انجام این تحقیق تعیین منابع آلاینده رودخانه، تعیین نقاط بحرانی رودخانه از نظر آلودگی و بررسی اثر عوامل هیدرولیکی رودخانه بر روی توزیع متغیرهای کیفی در این رودخانه بود. در این تحقیق از مدل Qual2kw استفاده شد. نبود داده‌های کمی و کیفی منابع غیر نقطه‌ای سبب شد تا تنها منابع آلاینده‌ی نقطه‌ای در شبیه‌سازی در نظر گرفته شود. پس از کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل، تحلیل حساسیت نشان داد که مدل بیشترین حساسیت را به نرخ هوادهی، دمای آب و دبی سرشاخه دارد. در سناریوی افزایش جریان بالادست به میزان ۵۰ درصد، کیفیت آب رودخانه در تمام فصول در محدوده‌ی استاندارد قرار گرفت

(Nazari, 2005). در تحقیقی دیگر شبیه‌سازی روند تغییرات کیفی رودخانه کرخه و تحلیل عدم قطعیت با استفاده از مدل Qual2k مورد بررسی قرار گرفت. بررسی داده‌های کیفیت آب نشان داد که کیفیت آب رودخانه در پایین‌دست به دلیل ورود منابع آلاینده خانگی و کشاورزی کاهش می‌یابد. در این تحقیق مقادیر بارهای گسترده (فسفر و نیتروژن) با استفاده از اطلاعات حوضه برآورد شد، اما در خصوص نحوه‌ی توزیع مکانی و زمانی آن و مقدار آب برگشتی اعمال شده در مدل توضیحاتی ارائه نشده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که کیفیت آب در فصول خشک، به علت ورود منابع نقطه‌ای و در فصل‌تر به‌واسطه‌ی ورود بارهای گسترده به شدت کاهش می‌یابد (Torabi Meybodi, 2012). در یک پژوهش مدل Qual2kw برای مدل‌سازی کیفیت آب و مدیریت رودخانه‌ی باگماتی مورد استفاده قرار گرفت. هدف اصلی این مطالعه بررسی اثر کنترل آلاینده‌ها، افزایش جریان (رویکرد ترقیق) و هوادهی موضعی بر کیفیت آب رودخانه بود. به‌منظور انجام این تحقیق EC، Q، TEM، BOD، NO3، NH3، organic N،inorganic N، DO، organic P، inorganic N، TSS، pH، COD و ALK اندازه‌گیری شد. پس از کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل، شبیه‌سازی رودخانه تحت سناریوهای مختلف صورت گرفت. نتایج نشان داد که هوادهی موضعی گزینه‌ی مؤثری برای حفظ حداقل اکسیژن محلول در طول رودخانه است و ترکیب سه راهکار برای حفظ سلامت کیفیت آب رودخانه مناسب می‌باشد (Kannel et al., 2011). در تحقیقی دیگر شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه گرگر واقع در استان خوزستان با استفاده از مدل Qual2k انجام شد. در این تحقیق ٤ متغیر کیفیت آب (NO3، NH4، DO و CBOD) را شبیه‌سازی و حساسیت مدل اکسیژن محلول رودخانه بررسی گردید. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که مدل، دقت مناسبی برای شبیه‌سازی متغیرهای مورد نظر در این رودخانه را دارد و بیشترین حساسیت را به ترتیب به دبی سرشاخه و دبی منابع آلاینده نقطه‌ای نشان می‌دهد (Rafiee et al., 2014). در پژوهشی دیگر با ذکر فاضلاب‌های ورودی روستا، پساب‌ها و فاضلاب‌های مزارع و حوضچه‌های پرورش ماهی و زهکش‌های کشاورزی در طول رودخانه به‌عنوان منابع آلاینده، پارامترهای کیفی آمونیوم و نیترات در رودخانه گرگر با استفاده از مدل QUAL2KW به خوبی شبیه‌سازی شد (Shokri et al., 2015). آنالیز حساسیت و تحلیل عدم قطعیت داده‌های کیفی در رودخانه یامونا در هند مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این آنالیز نشان داد که مقادیر DO، BOD، TC و TN نسبت به جریان بالادست و کمیت و کیفیت آلاینده‌های نقطه‌ای حساس هستند و تحلیل عدم قطعیت با استفاده از روش مونت کارلو نشان داد که داده‌های ورودی مطابق با وضعیت معمول رودخانه شبیه‌سازی خوبی داشتند (Allam et al., 2016) توان خودپالایی و نقش اکسیژن محلول در کیفیت آب رودخانه کر با استفاده از نرم‌افزار QUAL2K در بازه پایین‌دست سد درودزن تا دریاچه طشتک- بختگان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین اکسیژن محلول شبیه‌سازی شده در ماه اسفند به ترتیب برابر ۵/۵۹ و ۸/۲۵ میلی‌گرم در لیتر در پل خان و پل شهید غنی زاده بوده است (Khodam mohammadi and boustani, 2016).

بررسی وضعیت سلامت اکوسیستم رودخانه‌های کشور چین، با توجه به معیارهای برنامه‌ریزی ملی منابع آب این کشور مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش، رودخانه به سه بخش ترمیم زیستگاه، کیفیت و پوشش گیاهی تقسیم شد. بررسی‌ها نشان داد که می‌توان کیفیت آب، زیستگاه و پوشش گیاهی رودخانه را با تأمین جریانی برابر با ۱۸ درصد متوسط آورد سالانه، ترمیم نمود. در این تحقیق برای ارزیابی کیفیت آب فقط غلظت COD موجود در آب رودخانه و حد مجاز آن مورد بررسی قرار گرفت (Yang et al., 2014). برای تأمین کارایی نیروگاه برقابی و در عین‌حال حفظ اکوسیستم رودخانه هالدی‌زن در ترکیه با رعایت اصول مدیریت یکپارچه، از روش‌های

هیدرولوژیکی تنانت و تسمن جهت بررسی تأثیر اتخاذ جریان‌های زیست‌محیطی پیشنهادی استفاده شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که برقراری جریان پیشنهادی روش تسمن و همچنین پیشنهادهای روش تنانت (برای شرایط خوب اکوسیستم) می‌توانند با تخصیص ۲۰٪ متوسط جریان سالانه در دوره خشک و ٤۰٪ متوسط جریان سالانه در دوره مرطوب، جریان موردنیاز برای حفظ کارایی نیروگاه را تأمین کنند(Karakoyun et al., 2016). در پژوهشی دیگر اثر منابع آلاینده روی کیفیت آب رودخانه زرینه‌رود و دستیابی به استانداردهای کیفیت آب برای حیات آبزیان از مدل QUAL2KW مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس سه دوره نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۵ مدل هیدرولیک و کیفیت آب رودخانه، واسنجی و صحت‌سنجی گردید. نتایج نشان داد بیشترین سهم در آلودگی رودخانه مربوط به منابع آلاینده غیرنقطه‌ای مانند زباله‌ها و فضولات انباشته شده در ساحل رودخانه زرینه‌رود می‌باشد. همچنین اجرای اقدامات کنترل از مبدأ تعریف شده در فصول مختلف سال مانند محدود نمودن مقدار BOD فاضلاب کارخانه قند و ... می‌تواند شرایط مطلوب کیفیت آب برای حیات آبزیان را فراهم کند (Biglari et al., 2018). در تحقیقی به‌منظور ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه از روش‌های هیدرولوژیکی تنانت و تگزاس استفاده شد. روش تگزاس با توجه به رژیم تاریخی رودخانه اصلاح شد. نتایج نشان داد که جریان مناسب زیست‌محیطی در روش تگزاس اصلاح‌شده ۵۰٪، در روش تگزاس ٤۷٪ و در روش تنانت ٤۰ تا ٦۰٪ آورد سالانه رودخانه می‌باشد. یکی از نتایج مهم تحقیق این بود که در صورت استفاده از دو روش تگزاس و تگزاس اصلاح‌شده می‌توان به نتایجی قابل مقایسه با نتایج روش‌های شبیه‌سازی زیستگاه و جامع دست‌یافت (Khatar and Shokoohi, 2020). در پژوهشی دیگر ظرفیت بار آلودگی یک رودخانه با استفاده از دو مدل HEC-RAS و QUAL2K مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش برای مدیریت کیفیت آب رودخانه سه بازه زمانی (بلندمدت، میان مدت و کوتاه مدت)، برای کنترل کیفیت آب و دو استراتژی کاهش فاضلاب در نظر گرفته شد. این مطالعه ظرفیت بار آلودگی را کمی‌سازی کرده و یک سیستم حداکثر بار روزانه (TMDL) را بر اساس معیارهای کیفیت آب مربوطه با استفاده از مدل‌سازی کیفیت آب ایجاد کرد (Fan et al., 2020). همچنین کیفیت آب رودخانه کوچک آکاکی (LAR) با استفاده از مدل QUAL2Kw بررسی شد. در این مطالعه سناریوهای مختلف با هدف انتخاب رویکردهای بهبود کیفیت آب و کاهش بار آلودگی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد با مدیریت و کنترل منابع آلودگی از طریق به‌کارگیری بهترین شیوه‌های مدیریتی و اقدامات درون جریانی، می‌توان به هدف ارتقای کیفیت آب رودخانه، حفاظت از آبزیان و کاهش آلودگی دست یافت (Angello et al., 2021).

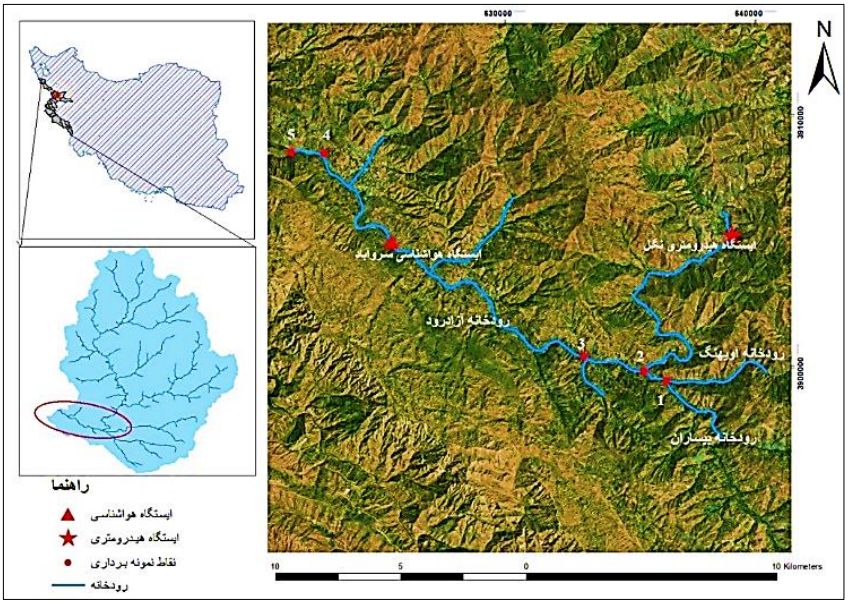
هدف اصلی این پژوهش که برای اولین بار ارائه می‌گردد ارزیابی توانایی خودپالایی رودخانه با توجه به میزان دبی رودخانه و تحت بار آلودگی نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای وارده بر آن و تخصیص جریان لازم برای حفظ اکوسیستم رودخانه می‌باشد. جهت انجام این مطالعه از مدل QUAL2KW برای شبیه‌سازی کیفی آب و برای تعیین کمیت جریان از سناریوهای روش تنانت در مدیریت زیست‌محیطی رودخانه ایده‌برداری شد. مطالعه در بخش اول به ارزیابی سلامت اکولوژیکی رودخانه با فرض آنکه برقراری شرایط زیست ماهی‌ها به معنی سلامت رودخانه است می‌پردازد و در بخش دوم با اعمال سناریوهای برداشت آب و لذا کاهش جریان بر اساس نسخه متداول زیست‌محیطی تخصیص جریان، اثرات ناشی از کمبود جریان بر وضعیت کیفی رودخانه از سرآب تا پایاب را بررسی می‌نماید. لذا به‌طور خلاصه در این مطالعه برای نشان دادن اهمیت و تقدم ملاحظات کیفی بر مسائل کمی در مدیریت جریان رودخانه‌ها با استفاده از مدل کیفیت آب QUAL2KW، از یک‌طرف به بررسی تغییر وضع کیفی موجود رودخانه مورد مطالعه در صورت

اعمال سناریوهای زیست‌محیطی پرداخته می‌شود و از طرف دیگر اثر تغییر شرایط کیفی در سناریوهای مختلف تخصیص بر انحراف از شرایط استاندارد آبزی‌پروری به‌عنوان شاخص سلامت اکولوژیکی رودخانه مورد بحث قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه سیروان طولانی‌ترین رودخانه استان کردستان است که در جنوب غربی استان کردستان جریان دارد. جریان‌های تشکیل‌دهنده سیروان از ارتفاعات هزارخانی غرب همدان، دامنه‌های شمالی ارتفاعات شاهوار و دامنه‌های جنوبی کوه‌های چهل‌چشمه نشأت می‌گیرند. دو سرشاخه مهم گاوه‌رود و قشلاق در محلی به‌نام هادی‌آباد در جنوب سنندج به هم رسیده و سپس با شاخه‌ی مهم دیگری به‌نام آزادرود یا چم گوره در منطقه سروآباد تلاقی پیدا کرده و سیروان اصلی شکل می‌گیرد. رژیم آبی سیروان دائمی بوده و از منابع برف و باران تغذیه می‌شود. بازه مورد مطالعه در این تحقیق از ابتدای رودخانه آزاد تا محل تلاقی این رودخانه با رودخانه سیروان با طول تقریبی ۲۲ کیلومتر می‌باشد. حوضه آبریز رودخانه آزادرود (چم گوره) با مساحتی در حدود ۲۱۹۷/۷ کیلومترمربع، بین طول‌های جغرافیایی ´۳۱ °۴۶ تا ´۵۵ °۴۶ و عرض‌های جغرافیایی ´۱۰ °۳۵ تا ´۳۶ °۳۵ که در محدوده استان کردستان می‌باشد، واقع گردیده است. (شکل ۱) موقعیت جغرافیایی حوضه چم‌گوره را نشان می‌دهد. ایستگاه هیدرومتری مورد استفاده ایستگاه نگل (دارای ۳۴ سال آمار) و نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک فعال در این بازه ایستگاه هواشناسی سروآباد (داده‌های متوسط ماهانه در سال ۲۰۱۷) می‌باشد. در این پژوهش نمونه‌برداری‌های کیفی از پنج نقطه با توزیع یکنواخت در سراسر طول رودخانه و در ماه‌های March و April سال ۲۰۱۷ صورت گرفت. از داده‌های ماه March برای واسنجی و از داده‌های April برای صحت‌سنجی مدل کیفیت استفاده گردید. فعالیت‌های کشاورزی که آب موردنیاز خود را از رودخانه آزادرود برداشت می‌نمایند کاربری عمده اراضی اطراف رودخانه را در بازه مطالعاتی تشکیل می‌دهد. مراکز سکونتی شهری و روستایی، فعالیت کشاورزی و دامداری و آب برگشتی از مزارع کشاورزی، از منابع آلاینده‌ی رودخانه در این منطقه بشمار می‌روند. آب برگشتی از کلیه این مصرف‌کنندگان اکثرا به شکل مستقیم به رودخانه تخلیه می‌گردد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه مطالعاتی

جدول ۱. مشخصات آماری دبی ماهانه‌ی رودخانه آزادرود (m3/sec)

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
میانگین	۰/۲۳	۲/۱۲	۵/۲۲	۷/٤۵	۱۱/۳۵	۳۰/۲۲	٤۱/٤	۲۰/۱	٤/۸٦	۱/۱۷	۰/۳۷	۰/۱۸	۱۰/۳۸
میانه	۰/۲	۱/۳۲	۳/۲۷	٤/٤	۹	۲۲/٦	۳٦	۱۷/۲۵	٤	۰/۹۸	۰/۲۷	۰/۱۳	۹
ماکزیمم	۰/۹۵	۱۰/٦	۳٤	٤۱	۳۹/۵	۱۸	۱۵	۸/۵	۱۹/۲	٤/۲۸	۱/۵۳	۰/٦۸	۳۱/٤۳

داده‌های موردنیاز

• **جریان طبیعی ماهانه و سالانه رودخانه آزادرود در منطقه مطالعاتی**

مشخصات آماری دبی ماهانه‌ی رودخانه آزادرود در (جدول ۱) آورده شده است.

• **داده‌های هواشناسی**

برای تأمین داده‌های هواشناسی لازم برای مدل‌سازی کیفی، داده‌های متوسط ماهانه‌ی ایستگاه هواشناسی سروآباد در سال ۲۰۱۷ که هم‌زمان با دوره آماربرداری کیفی است مورد استفاده قرار گرفت. این اطلاعات در (جدول ۲) قابل مشاهده می‌باشد.

مدل QUAL2KW

مدل کیفی QUAL2KW که برای اولین بار توسط Pelletier و Chapra (۲۰۰۶) ارائه شد، در میان مدل‌های موجود برای شبیه‌سازی کیفی رودخانه مدل نسبتا جامعی برای شبیه‌سازی کیفیت محسوب می‌شود. این مدل برای یافتن مقادیر بهینه ضرایب و نرخ‌های تغییر پارامترهای کیفی در مرحله واسنجی از الگوریتم کمک می‌گیرد. این الگوریتم در شبیه‌سازی و واسنجی مدل باعث افزایش سرعت شده و از انتخاب ضرایب نامناسب جلوگیری می‌کند (Pelletier and Chapra, 2006). در این مدل برای تعیین غلظت پارامترهای کیفی، از حل عددی معادله جابجایی- پخش در رودخانه استفاده می‌شود. با بررسی داده‌های در دسترس و موردنیاز برای شبیه‌سازی کیفی رودخانه موردنظر و نیاز به استفاده از سناریوسازی، مدل QUAL2KW برای رسیدن به اهداف تحقیق مناسب تشخیص داده شد.

واسنجی و صحت سنجی مدل کیفیت آب

هدف از واسنجی مدل، تعیین مقادیر پارامترهای مدل برای کم کردن اختلاف بین نتایج مدل‌سازی و مقادیر مشاهده‌ای می‌باشد. در واسنجی خودکار با توجه به حدود مشخص پارامترها، مدل بهترین مقدار آن را، در جهت بیشترین تطابق میان مقادیر مشاهداتی و مدل‌سازی، انتخاب می‌کند. در این تحقیق از روش واسنجی خودکار به روش الگوریتم ژنتیک که در خود مدل تعبیه شده است استفاده به عمل آمد. برای واسنجی مدل از داده‌های به‌دست‌آمده از نمونه‌برداری در ماه March و برای صحت سنجی از داده‌های به‌دست‌آمده از نمونه‌برداری در ماه April استفاده شد.

سناریوهای شبیه‌سازی کیفی رودخانه

پس از واسنجی و صحت‌سنجی مدل کیفی رودخانه و بررسی عملکرد آن، وضعیت کیفی رودخانه برای سناریوهای مختلف تخصیص جریان شبیه‌سازی می‌شود. فرض اساسی و روشی که برای انجام تحقیق استفاده شد آن است که: شرایط موجود از نظر میزان آلاینده‌های

جدول ۲. داده‌های هواشناسی ایستگاه سروآباد (سال ۲۰۱۷)

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
نقطه شبنم (°C)	۲/۱٦	۱/۲۳	۰	۰	۰	۰/۱۸	۰	۰	٦/۱۰	٦/۹۱	۵/٤۲	۲/۱۲
سرعت باد (m/s)	۱/۷	۱/۳۵	۱/۲۲	۱/۳۱	۱/٦٤	۱/۱۲	۲/۲۱	۱/۸۷	۱/۸۳	۱/۸	۱/۸	۱/۸
دمای هوا (°C)	۱۵/٤	۷/۹۸	۳	۰/۳	۲/۳٤	۷/۲۱	۱۲/۵	۱۷/٤	۲۳	۲۵/۸	۲٦/٤	۲۱/٤
درصد ابرناکی (%)	۱/۷	۲/۷٤	۳/۲۲	۳/٤	۳/۵	۳/۳۵	۳/۲	۲/۲	۰/٦	۰/۵۵	۰/۵	۰/٤۹

ورودی به رودخانه در آینده ثابت می‌ماند ولی بهره‌برداری از رودخانه گسترش پیدا کرده و به‌طور مرتب در گزینه‌های مختلف، با انحراف جریان رودخانه تا ۱۰٪ آورد سالانه (بدون توجه به زمستان یا تابستان بودن فصل) دبی رودخانه کاهش می‌یابد. مقدار کاهش دبی عملا با توجه به سناریوهای زیست‌محیطی تعریف شده در روش تنانت و به‌منظور پوشش طیفی کامل از تغییرات کیفیت رودخانه در مقابل جریان می‌باشد و لذا از جریان رودخانه به‌طور متوالی و در گام‌های ده درصدی کم کرده و این کار تا جریان زیست‌محیطی حداقل تنانت ادامه می‌یابد. به‌منظور شبیه‌سازی اثرات هر کدام از سناریوهای تخصیص بر وضعیت کیفی رودخانه غلظت هر یک از پارامترهای کیفی مؤثر (مواد مغذی و اکسیژن خواهی بیوشیمیایی) شبیه‌سازی می‌شود. بر اساس خروجی مدل در هر سناریو، شدت جرمی متغیرهای کیفی با استفاده از رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌گردد.

$$Q_m = C_i \times Q_i \qquad (۱)$$

در این رابطه Q_m شدت جرمی متغیر کیفی موردنظر، C_i غلظت در تاریخ مشخص i و Q_i دبی جریان در همان تاریخ i است. با تقسیم شدت جرمی مربوط به هر متغیر در زمان موردنظر به جریان زیست‌محیطی، غلظت متغیر کیفی موردنظر محاسبه خواهد شد (Biglari, 2017).

ارزیابی دقت مدل‌ها

همان‌طور که گفته شد واسنجی مدل به صورت خودکار با استفاده از الگوریتم ژنتیک (GA) بر اساس تعیین مقادیر پارامترهای مدل برای کم کردن اختلاف بین نتایج مدل‌سازی و مقادیر مشاهده‌ای صورت می‌گیرد. برای ارزیابی نتایج از شاخص‌های پرکاربرد خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، درصد میانگین مطلق خطا (MAPE) و نش- ساتکلیف (معادلات ۲، ۳ و ٤) استفاده شد.

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i^{obs}-O_i^{sim})^2}{n}} \qquad (۲)$$

$$\mathrm{MAPE} = \frac{100}{n}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}|O_i^{obs}-O_i^{sim}|}{\sum_{i=1}^{n}O_i^{obs}}} \qquad (۳)$$

$$\mathrm{NS} = 1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i^{obs}-O_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i^{obs}-\bar{O})^2} \qquad (۴)$$

در معادلات فوق n = تعداد کل داده‌ها، O_i^{obs} = مقدار مشاهداتی، O_i^{sim} = مقدار شبیه‌سازی، $\bar{O}$ = میانگین مقادیر مشاهداتی می‌باشند.

روش تنانت

در سال ۱۹۷٦ دونالد تنانت برای تعیین جریان زیست‌محیطی موردنیاز ماهی‌ها روشی معروف به روش مونتانا یا بنام آنچه که مرسوم‌تر است، روش تنانت را معرفی نمود. این روش درصدی از متوسط جریان سالیانه را برای تعیین وضعیت اکولوژیکی رودخانه بر حسب میزان صدمه وارد بر زیستگاه ماهیان مورد استفاده قرار می‌دهد. تنانت از بررسی ۵۸ مقطع عرضی در ۱۱ رودخانه در مونتانا، نبراسکا و وایومینگ نتیجه گرفت که ۱۰ درصد متوسط جریان سالیانه، حداقل جریان برای بقای کوتاه‌مدت ماهی‌ها می‌باشد.

جدول ۳. دبی‌های پیشنهادی روش مونتانا (تنانت)- تمام دبی‌ها درصدی از دبی متوسط هستند (Tennant, 1976)

سناریوهای مدیریت زیست‌محیطی رودخانه		
توصیف	شهریور- بهار	اسفند- مهر
ماکزیمم	۲۰۰	۱۰۰
محدوده بهینه	٦۰-۱۰۰	٦۰-۱۰۰
عالی	٦۰	٤۰
بسیار خوب	۵۰	۳۰
خوب	٤۰	۲۰
عادلانه	۳۰	۱۰
ضعیف	۱۰	۱۰
تخریب شدید	۰-۱۰	۰-۱۰

جدول ۴. محدوده استاندارد پارامترهای کیفیت آب برای حیات آبزیان (ماهی‌ها) (Biglari et al., 2018)

DO (mg/l)	BOD (mg/l)	EC (µm/cm)	PH	TEMP (°C)	NO3 (mgN/l)	NH4 (mgN/l)	NH3 (mgN/l)	Organic N (mgN/l)	TN (mgN/l)	organic P (mgP/l)	inorganic P (mgP/l)	TP (mgP/l)	ALK (mgcaco3/l)
>٦	<٦	<۵۰۰۰	٦-۹	<۳۰	<۱۰/۱٦۱	<۰/۷۷	<۰/۰۲٤	–	<۵	-	-	<۰/۵	۵۰-۳۰۰

جدول ۵. نتایج واسنجی و صحت سنجی مدل QUAL2KW

پارامتر	کالیبراسیون			صحت‌سنجی		
	RMSE	MAPE	NS	RMSE	MAPE	NS
EC(µs/cm)	۱۵/۷۸	۵/۷۵	۰/٦۹	۱٦/۷۷	۵/٦۹	۰/٦۷
Do(mg/l)	۰/۳۸	٤/۸۰	۰/٤۱	۰/۱٦	۲/۹۵	۰/۵
Fast CBOD(mg/l)	۱/۹۸	۳۱/۵۱	۰/٤٤	۰/۵۹	۱۰	۰/۵٤
organic N(µg N/l)	٦۰۸٦	۱۷/۵۷	۰/۱۳	۸۲٦/۸	٦/۸٦	۰/۷۸
NH4(µg N/l)	۱۳/۳۳	۷/۲۵	۰/۸۷	۵۸/۱۷	۱۵/۷۷	۰/٤۱
No3(µg N/l)	۱۹۸۹	۱٦/٦۹	۰/۲۲	۲٦٦	۸/۱٤	۰/۳۷
organic P(µg P/l)	۳۲۱/۷	۲۷/۷	۰/۳۸	۵۰	۱۰/٤	۰/٤٤
inorganic P(µg P/l)	۲٦/۲۲	۲۱/۱٦	۰/۳۸	٤	۱۰/۳	۰/٤۸
Alk(mg caco3/l)	۱۵/۵	۷/۱۱	۰/٤۷	۱۰/۳	۵/۹۲	۰/٤۹
PH	۰/۲۵	۳/۹	۰/٤۸	۰/۳٦	٤/٤۱	۰/٤۵
TN(µg N/l)	۸۰۹۷	۱۷/۸	۰/۰۹	۱۰٦۱	۷	۰/٦
TP(µg p/l)	۳٤۵	۲۰/۵	۰/۲۹	۵۳/۹	۱۰/۳	۰/٤۱

مقایسه کیفیت آب با مقادیر استاندارد متغیرهای کیفیت آب برای آبزیان (ماهی‌ها)

برای ارزیابی وضعیت سلامت اکولوژیکی رودخانه در این مطالعه از استاندارد مورد استفاده برای تعیین و تضمین سلامت ماهی‌ها به‌عنوان سرشاخه هرم وابستگان به رودخانه استفاده شد و غلظت متغیرهای کیفیت آب رودخانه در سناریوهای مختلف با حدود تعریف شده در این استاندارد مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. در این راستا یک دبی بحرانی به‌عنوان حداقل دبی که باید در رودخانه در جریان باشد تا کمینه استاندارد تعریف شده برای حیات آبزیان تأمین گردد، در نظر گرفته می‌شود. در (جدول ٤) محدوده استاندارد توصیه‌شده پارامترهای کیفی برای حیات آبزیان (ماهی‌ها) ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌گردد برای پارامترهای نیتروژن آلی، فسفر آلی و غیرآلی مقادیر استاندارد برای آبزی‌پروری تعریف نشده است.

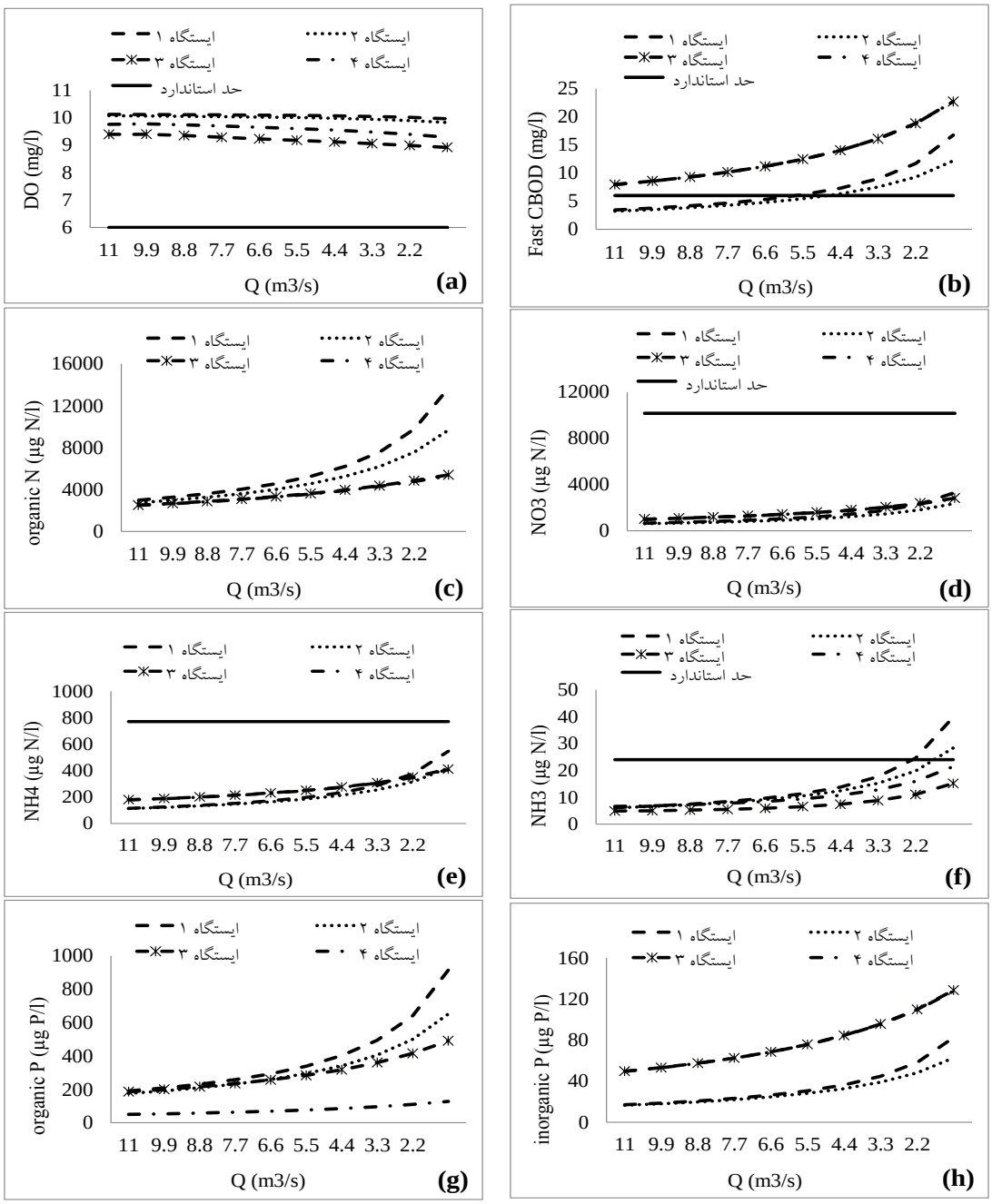
نتایج و بحث

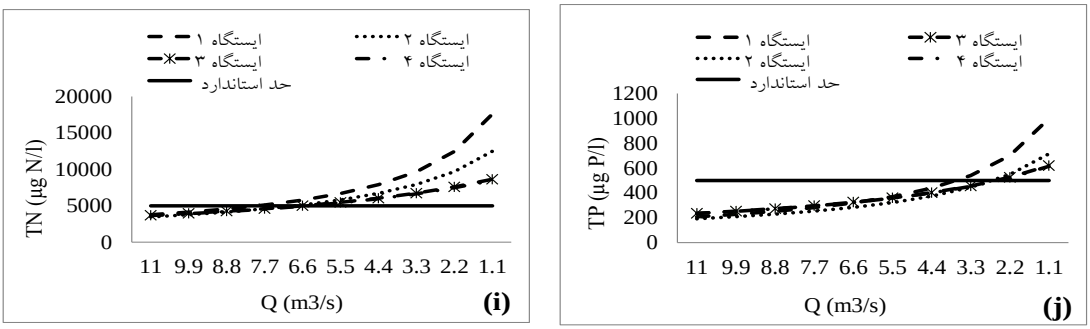
با توجه به داده‌های در دسترس، از داده‌های ثبت شده در فروردین و اردیبهشت ماه ۲۰۱۷ به‌ترتیب برای واسنجی و صحت سنجی استفاده شد. در (جدول ۵) مقادیر شاخص‌های خطا بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در دو دوره‌ی واسنجی و صحت‌سنجی ارائه شده است. در ارزیابی کلی و با بررسی همه معیارهای ارزیابی در کنار هم می‌توان گفت که مدل در شبیه‌سازی پارامترهای مهم کیفی در مرحله واسنجی و برای کلیه پارامترها در مرحله صحت‌سنجی شده عملکرد مناسبی دارد. در گام دوم و پس از واسنجی و صحت سنجی مدل، برای هرکدام از سناریوهای مختلف (بر اساس نتایج نمونه‌برداری‌های برداشت‌شده از رودخانه در سال ۲۰۱۷)، شبیه‌سازی کیفی انجام شد. به‌عنوان مثال (جدول ٦) نتایج حاصل از شبیه‌سازی کیفی برای جریانی معادل ۱۰٪ دبی متوسط سالانه که معادل حداقل جریان زیست‌محیطی در روش تنانت است را نشان می‌دهد.

برای ارزیابی وضعیت کیفی رودخانه در شرایط برداشت آب، دبی جریان از ۱۰۰ تا ۱۰ درصد میانگین سالانه مشاهده شده کاهش داده شد و سپس به ازای هر دبی، پارامترهای کیفی شبیه‌سازی شده و در نهایت با مقدار مجاز برای حیات آبزیان مقایسه گردیدند. (شکل ۲) نتایج شبیه‌سازی رودخانه در شرایط گوناگون تخصیص جریان را نشان می‌دهد. محور افقی، دبی جریان محتمل (که از میانگین سالانه رودخانه سروآباد شروع و تا ۱۰٪ دبی میانگین سالانه ادامه یافته) و محور عمودی غلظت شبیه‌سازی شده در هر ایستگاه را نشان می‌دهد.

جدول ۶. متغیرهای کیفی محاسبه‌شده در سرشاخه و نقاط نمونه‌برداری

ماه /ایستگاه	سرشاخه		نی‌آباد		پایین‌دست نی‌آباد		پایین‌دست سروآباد		انتهای سرشاخه	
	اسفند	فروردین	اسفند	فروردین	اسفند	فروردین	اسفند	فروردین	اسفند	فروردین
Q (m3/sec)	۱/۱	۱/۱	۲/٤٤	۵/۱۲	۳/۳۳	۱۵/٤	۵/۳٦	۱٤	۵	۱۰
BOD5(mg/l)	۳۰	۳۳/۳	۱٦/٦	۸/۱٦	٦	٦/۸	۲۰	۱۳	۲٤	۱۲
Organic N (µg N/l)	۲٤۵۵۹	۱۹۱۹۵۵	۱۷۳۱۱	٤۷۱٤۲	۹۵۷۵	۱۸۰٦۷	۷٤۹۹	۲۳٦۸٦	۵٤۱۳۱	۲٤۷۵٦
NH4 (µg N/l)	۸۰۰	۲۲۲۲	۵۰۵	۵٤۷	٤۷۷	۲٤۸	٤۲۷	۲٦۲	٦۰٤	۵۳۱
No3(µg N/l)	۵۲۱٦	۵۱۵۷۷	۳۷۵۲	۱۲۹۸٤	۲۰۷۲	٤۸۲۱	۱۹۲۵	٦۲۹۹	۱٤۸۷۲	٦۵۷۱
Organic P (µg P/l)	۲۰۰۰	۳۵۵۵	٦۹۲	۹۰۷	۷۸۷	۲۸۵	۱٦٤	۳۵۸	۲٤۵٦	۷٦٤
Inorganic P (µg P/l)	۱۰۰	۲۲۲	٦٦	۹۵/۲٤	٤۳	۳۲/۳	۱۸/۵	٤۵/٦	۲٦۳	۷۸

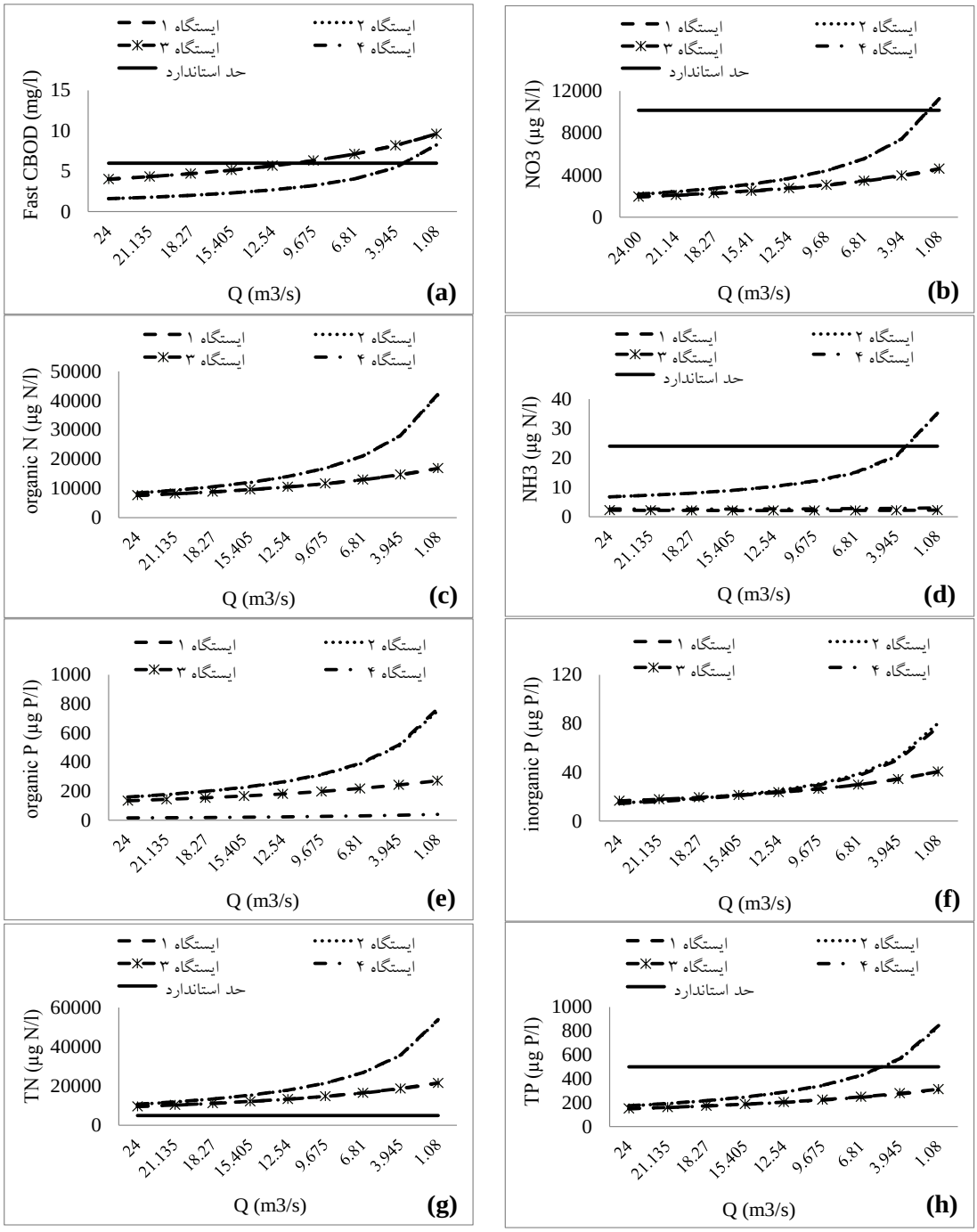




شکل ۲. شبیه‌سازی کیفی رودخانه در ماه اسفند در شرایط دبی متغیر

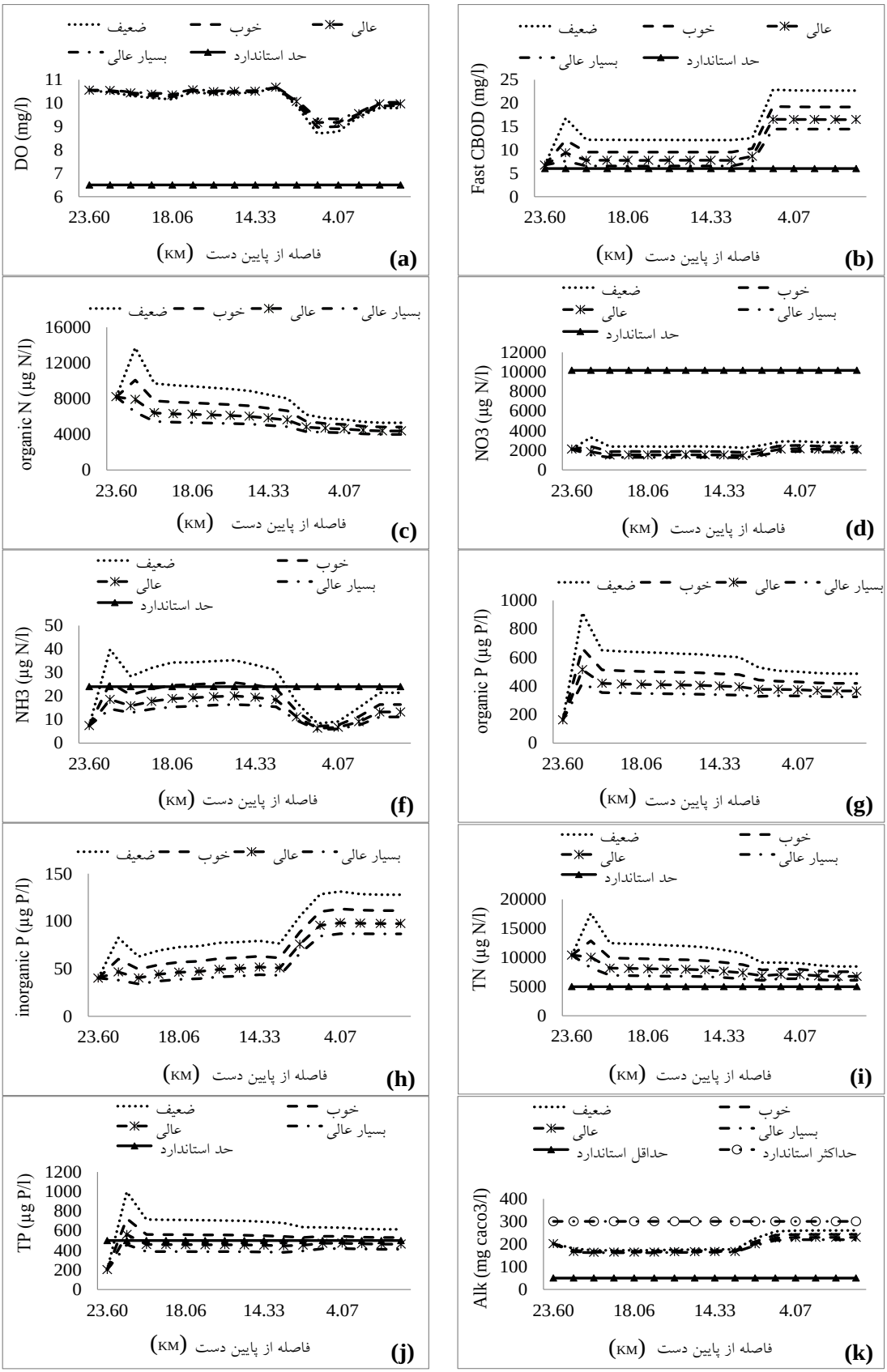
همان‌طور که در (شکل ۲) مشاهده می‌شود، پارامترهای DO، NH4، NO3 و همین‌طور قلیائیت، pH و هدایت الکتریکی در محدوده‌ی استاندارد حیات آبزیان (ماهی‌ها) قرار دارند. در (شکل ۲– b) مشاهده می‌شود که غلظت BOD در دبی‌های بالاتر از شش مترمکعب بر ثانیه در ایستگاه‌های ۱ و ۲ در محدوده‌ی استاندارد می‌باشند ولی در صورت کم شدن دبی تا مقدار حداقل جریان زیست‌محیطی تنانت در همین ایستگاه‌ها، مقدار BOD از محدوده‌ی مجاز عبور می‌کند. نکته قابل توجه آن است که با کم شدن جریان، تغییرات BOD در کلیه ایستگاه‌ها و بخصوص در ایستگاه‌های پایین‌دست بسیار چشم‌گیر است. در (شکل ۲– c) مشاهده می‌شود با کم شدن مقدار دبی، روند غلظت نیتروژن آلی افزایشی است. مقادیر این پارامتر برای دبی‌های کمتر از هفت مترمکعب بر ثانیه (دبی حداقل زیست‌محیطی در روش تنانت ۱/۱ مترمکعب بر ثانیه است) تغییرات زیادی را نشان می‌دهد. در ایستگاه ۱ نیز، کاهش جریان به‌اندازه مقدار دبی حداقل (دبی ۱۰٪) باعث افزایش سریع غلظت نیتروژن آلی شده است. غلظت پارامتر NH3 مطابق (شکل ۲– f) در همه ایستگاه‌ها با کم شدن جریان روندی افزایشی را نشان می‌دهد، با این تفاوت که در ایستگاه‌های ۱ و ۲ که در قسمت علیای رودخانه قرار دارند، فقط کاهش جریان تا مقدار دبی حداقل باعث تجاوز از حد استاندارد شده است. مطابق (شکل ۲– i) مقدار غلظت پارامتر نیتروژن کل در دبی حدودی ٦/٦ مترمکعب بر ثانیه و مطابق (شکل ۲– j) پارامتر فسفر کل در دبی ۳/۳ مترمکعب بر ثانیه برای همه ایستگاه‌ها از حد استاندارد فراتر رفته است. در ایستگاه‌های بالادست کاهش مقدار دبی و در ایستگاه‌های پایین‌دست، علاوه بر کاهش دبی، ورود فاضلاب و افزایش غلظت مواد مغذی سبب تجاوز از حد استاندارد کیفی می‌باشد. غلظت بالای پارامتر TN باعث افزایش شدید جلبک‌ها و سایر فیتوپلانکتون‌ها می‌شود و روی زیستگاه‌های اکولوژیکی موجودات دیگر تأثیر می‌گذارد (Bibo et al., 2015). همان‌طور که ملاحظه می‌گردد افزایش آلودگی سبب بروز شرایط بحرانی، به‌مراتب بالاتر از آن چیزی شده است که در روش تنانت به‌عنوان شرایط مناسب نامیده می‌شود. با بررسی نتایج ماه اسفند مشاهده می‌شود دبی بحرانی ۷/۷ مترمکعب بر ثانیه برای بسیاری از متغیرها با این قید که از مقدار استاندارد فراتر نروند، مناسب می‌باشد.

مجددا با اعمال همه شرایط محیطی متوسط منطقه برای ماه فروردین، شبیه‌سازی کیفی رودخانه در این ماه صورت گرفت. نتایج مربوط به فروردین ماه در (شکل ۳) قابل مشاهده می‌باشد. ملاحظه می‌شود که غلظت پارامتر BOD در این ماه با کاهش تا مقدار دبی ٤ مترمکعب بر ثانیه در بالادست (در مقابل دبی ۵/۵ مترمکعب بر ثانیه در اسفند ماه) و تا دبی ۱۰ مترمکعب بر ثانیه در پایین‌دست (در مقابل ۱۱ مترمکعب بر ثانیه در اسفند ماه) برای حیات آبزیان (ماهی‌ها) مناسب می‌باشد. به‌طور کلی در ماه فروردین برای همه‌ی پارامترهای کیفی دبی ۱۰ مترمکعب بر ثانیه، به‌عنوان دبی بحرانی شناسایی شد درحالی‌که برای اسفند ماه دبی بحرانی در حدود ۸ مترمکعب بر ثانیه به‌دست آمد.



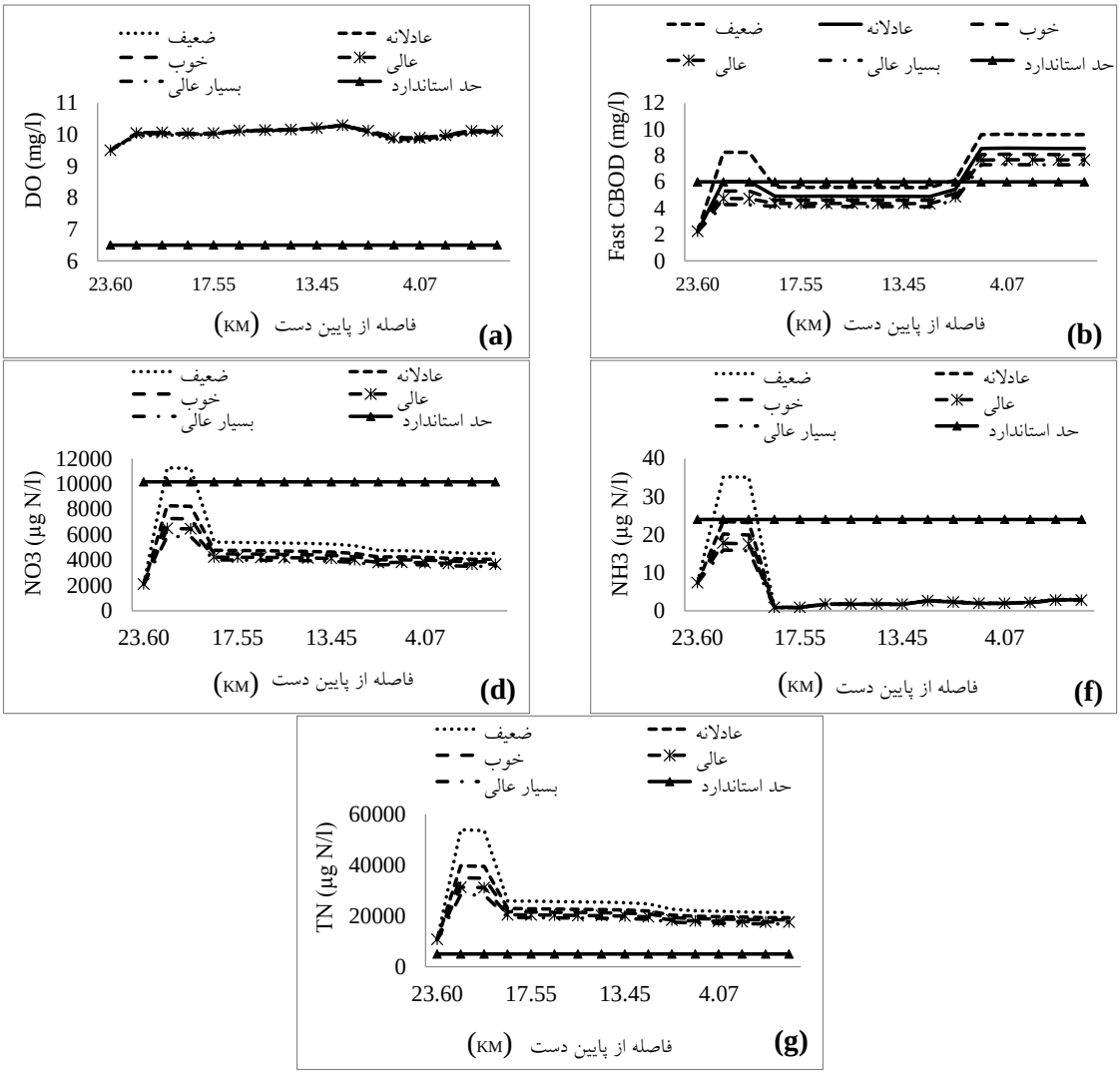
شکل ۳. شبیه‌سازی کیفی رودخانه در ماه فروردین در شرایط دبی متغیر

با توجه به نتایج فوق و شناختی که از اهمیت میزان دبی در سلامت کیفی رودخانه به‌دست آمد، این بار دقیقا با اعمال میزان دبی زیست‌محیطی بر اساس سناریوهای تعریف شده توسط تنانت در هر ایستگاه، تغییرات میزان پارامترهای کیفی مهم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله به صورت نمایش تغییرات مکانی پارامتر کیفی در مقابل یک جریان زیست‌محیطی خاص در (شکل ٤- a) تا (شکل ٤- k) ارائه شده است. در اینجا نیز مقدار مناسب پارامتر از نظر استاندارد آبزی‌پروری آورده شده است.



شکل ۴. مقایسه‌ی سناریوهای جریان زیست‌محیطی تنانت در ماه اسفند

(شکل ٤- a) نشان می‌دهد در انتهای رودخانه پارامتر DO کاهش یافته است که نتیجه ورود مواد مغذی در این بازه می‌باشد. آلودگی مواد مغذی می‌تواند غلظت اکسیژن محلول DO را از طریق افزایش تنفس گیاهان آبزی و متابولیسم میکروارگانیسم‌ها کاهش دهد (Kannel et al., 2007). آنچه که در (شکل ٤- b) ملاحظه می‌شود مؤید نتایج به‌دست آمده از (شکل‌های ۲- b و ۳- a) می‌باشد. هر سه شکل مزبور نشان می‌دهند که در انتهای رودخانه پارامتر BOD به میزان چشم‌گیری افزایش یافته است. مطالعات میدانی این مسئله را تأیید و علت آن را ورود حجم قابل توجهی از مواد مغذی توسط فاضلاب‌های شهری و روستایی به‌دست می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود اعمال جریان زیست‌محیطی تنها در سناریوی عالی نزدیک به حد مجاز می‌باشد. در (شکل ٤- f) مشاهده می‌شود که پارامتر NH3 برای سناریوی ضعیف تنانت همواره نامناسب بوده و تنها در پایین‌دست محدوده مجاز را رعایت کرده است. بر اساس آنچه که در (شکل ٤- i) مشاهده می‌شود پارامتر نیتروژن کل نیز همانند BOD در همه سناریوهای جریان زیست‌محیطی از حد استاندارد کیفیت آب برای آبزیان فراتر می‌باشد و تنها برای سناریوی مدیریت عالی نزدیک به مقادیر استاندارد می‌باشد. مطابق (شکل ٤- g) و (شکل ٤- j) فسفر کل و فسفر آلی روندی مشابه یکدیگر دارند. از نظر پارامتر فسفر کل، سناریوی عالی به‌طور کامل در طول رودخانه در محدوده



شکل ۵. مقایسه‌ی سناریوهای جریان زیست‌محیطی

استاندارد می‌باشد. در کل براساس نتایج بدست آمده می‌توان گفت که سناریوی خوب، با اختلاف ناچیز با حدود استاندارد، به‌عنوان حداقل جریان مناسب در وسط رودخانه (به‌عنوان معرف کل بازه مطالعاتی) قابل تعریف است. نظیر این شبیه‌سازی برای ماه فروردین نیز صورت گرفت. همان‌طور که در (شکل ٤- b) مشاهده می‌شود پارامتر BOD در سناریوی ضعیف در دو مقطع رودخانه از محدوده‌ی استاندارد خارج شده است. در بازه‌ی ابتدایی، رودخانه به دلیل کم شدن دبی تا مقدار حداقل جریان زیست‌محیطی (تنانت ۱۰٪) با ازدیاد غلظت مواجه شده که دور از انتظار نیست. همچنین در انتهای رودخانه، این جریان تأثیر خود را بر غلظت منابع آلاینده گذاشته است. تمامی این سناریوها (غیر از سناریوی ضعیف) الزامات کیفی برای حیات آبزیان (ماهی‌ها) در بالادست را تأمین می‌کنند ولی در پایین‌دست رودخانه مقادیر بیش از محدوده استاندارد را نشان می‌دهند.

تنانت در ماه فروردین

همان‌طور که در (شکل ۵- d) و (شکل ۵- f) مشاهده می‌شود در بازه‌ی ابتدایی رودخانه کم شدن جریان تأثیر قابل‌توجهی بر میزان غلظت پارامترهای نیترات و NH3 داشته است. بر این اساس در سناریوی ضعیف تنانت پارامترهای نیترات و NH3 فقط در بازه‌ی ابتدایی از محدوده‌ی استاندارد فراتر رفته و در بقیه سناریوها حد مجاز را رعایت کرده است. از نظر نیتروژن کل رودخانه اساسا در وضعیت مناسبی نیست و همانند ماه اسفند در فروردین ماه نیز مطابق (شکل ۵- g) هیچ‌یک از سناریوها، توانایی تأمین الزامات کیفی برای حیات آبزیان (ماهی‌ها) را ندارد.

نتیجه‌گیری

به‌منظور پیش‌بینی کیفیت آب رودخانه در شرایط برداشت جریان، شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه با استفاده از مدل‌های کیفی ضروری می‌باشد. در رودخانه مورد مطالعه شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه با استفاده از مدل کیفی QUAL2KW انجام شد و پس از واسنجی و صحت‌سنجی مدل، با بررسی سناریوهای مدیریت کمی جریان براساس ملاحظات زیست‌محیطی، دبی بحرانی کیفی برای تضمین حفظ حداقل شرایط استاندارد سلامت اکولوژیکی انتخاب شد. پس از آن با اجرای سناریوهای مختلف کاهش جریان در دو ماه اسفند و فروردین، وضعیت بیولوژیکی رودخانه از طریق مقایسه وضعیت کیفی رودخانه در دبی‌های مختلف با استانداردهای آبزی‌پروری مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه نشان داده شد که جریانی از رودخانه که تضمین‌کننده سلامت رودخانه از حیث زندگی آبزیان باشد تنها با تقدم مدیریت کیفی بر مدیریت کمی قابل تعیین است. درحالی‌که روش تنانت حداقل جریان زیست‌محیطی رودخانه مورد مطالعه را ۱/۱ مترمکعب بر ثانیه به‌دست می‌دهد دبی کیفی بحرانی برای ماه اسفند و فروردین به ترتیب ۷/۷ و ۱۰ مترمکعب بر ثانیه به‌دست آمد. نتیجه به‌دست آمده در پژوهش حاضر مبنی بر عدم کفایت جریان حداقل زیست‌محیطی تنانت برای حفظ سلامت رودخانه منطبق با نتایج به‌دست آمده در یک پژوهش در رودخانه صفارود در شمال ایران است که برای ارزیابی انعطاف‌پذیری و اثربخشی روش تنانت برای حفاظت زیستگاه رودخانه صورت گرفته بود (Shokoohi and Hong, 2011). Naderi و همکاران (2021) نیز به این نتیجه دست یافت که برآورد نیاز آبی اکولوژیکی قابل‌قبول با روش تنانت با کمبود جریان در فصول تابستان مواجه می‌شود. دست‌یافته‌های این تحقیق نشان داد که درحالی‌که برای سناریوی عالی تنانت نیز وضعیت رودخانه در پارامترهای BOD و نیتروژن کل برای ماه اسفند و فروردین از نظر کیفی نزدیک به حالت بحرانی می‌باشند، سناریوی ضعیف تنانت به‌منظور تأمین الزامات کیفی رودخانه به‌هیچ‌وجه مناسب نمی‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده نباید در حال حاضر هیچ‌گونه مجوزی برای برداشت از آب رودخانه سروآباد داده شود مگر آنکه از ورود مستقیم فاضلاب مناطق مسکونی اطراف رودخانه و همین‌طور جریان‌های برگشتی کشاورزی جلوگیری به عمل آید. در جمع‌بندی و نتیجه‌گیری نهایی می‌توان گفت که اولا به‌منظور پیش‌بینی کیفیت آب رودخانه در شرایط تخصیص جریان، شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه با استفاده از مدل‌های کیفی ضروری می‌باشد و ثانیا تعیین جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها با استفاده از روش تنانت و کلیه روش‌های دیگری که تاکنون بر اساس مقادیر کمیت جریان بنا شده‌اند از کفایت لازم برای تعیین جریان زیست‌محیطی برخوردار نمی‌باشند و تعیین این جریان و ارائه سناریوهای زیست‌محیطی باید با در نظر گرفتن هر دو عامل کمیت و کیفیت جریان صورت پذیرد.

References

Allam, A., Tawfik, A., Yoshimura, C., & Fleifle, A. (2016). Simulation- based optimization framework for reuse of agricultural drainage water in irrigation. Journal of Environmental Management, 172, 82-96.

Angello, Z.A., Behailu, B.M., & Tranckner, J. (2021). Selection of Optimum Pollution Load Reduction and Water Quality Improvement Approaches Using Scenario Based Water Quality Modeling in Little Akaki River, Ethiopia. Water, 13, 584.

Biglari, M.R. (2017). Simulation of river water quality in the conditions of providing environmental flow. [Thiess for the Degree of Master of Science (M.Sc.), Tarbiat Modares University]. [In Persian]

Biglari, M.R., Sima, S., and Saadatpour, M. (2018). Modeling and Management of the River Water Quality for Aquatic Habitat Health Using a Source Control Approach (Case Study: Zarrineh- rud River). Iran-Water Resources Research, 14(5), 54-70. [In Persian]

Cao, B., Li, C., Liu, Y., Zhao, Y., Sha, J., & Wang, Y. (2015). Estimation of contribution ratios of pollutant sources to a specific section based on an enhanced water quality model. Environmental Science and pollution Research, 22 (10), 7569-7581.

Fan, Ch., Chen, K., & Huang, Y. (2020). Model- based carrying capacity investigation and its application to total maximum daily load (TMDL) establishment for river Water quality management: Acase study in Taiwan. Journal of Cleaner Production.

International Water Management Institute (IWMI). (2004). IWMI Annual report 2003-2004. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI), 49p.

Kannel, P.R., Lee, S., Lee, Y.S., Kanel, S., & Pelletier, G. (2007). Application of automated QUAL2Kw for water quality modeling and management in the Bagmati River, Nepal. ecological modeling, 202(3), 503-517.

Karakoyun, Y., Yumurtaci, Z., & Dönme, A. (2016). Environmental flow assessment for energy generation.sustainability employing different hydraulic evaluation methods: Çambaşi hydropower plant case study in Turkey. Clean Technologies and Environmental Policy, 18(2), 583–591.

Khatar, B., and Shokoohi, A. (2020). Evaluating and modifying the Texas Method as a Hydrologic Method for prescribing Ecological Regime in perennial Rivers. Journal of Protection of Water and Soil Resources, 9 (3), 31- 46. [In Persian]

Khodam Mohammadi, M.M., Boustani, F. (2016). Evaluation of self- Purification Potency and the role of dissolved oxygen in the Kor River Water Quality (Case study: Downstream of Doroodzan Dam to Tashk-Bakhtegan Lake). Journal of Water Resources Engineering, 9(30), 87-96. [In Persian]

Naderi, M.H., Arab, N., Jahandideh, O., Salarijazi, M., & Arab, A. (2021). Estimation of Optimal Release Flow Range from Jamishan Dam Considering the Optimal Instream Ecological Water Demand for Conservation the Habitat Potential of the Dinavar River. Journal of Water and Soil, 35(2), 203- 225. (In Persian)

Nazari, H. (2005). Analysis of contaminant Source Effects on Shafarood River in Gilan [AThesis for the Degree of Master of Science (M.Sc.), Tarbiat Modares University]. [In Persian]

Pelletier, G., & Chapra, S. (2006). QUAL2KW theory and documentation (version 5.1). A modeling framework for simulating river and stream water quality. retrieved 10 May 2005 from: htto://www.ecy.wa.gov/orograms/eap/models.

Shokri, S., Hooshmand, A., & Moazed, H. (2015). Qualitative Simulation of Ammonium and Nitrate in the Gregor River using the QUAL2KW Model. Journal of Wetland Ecobiology, 6(23), 57-68. [In Persian]

Shokoohi, A., & Hong, Y. (2011). Using hydrologic and hydraulically derived geometric parameters of perennial rivers to determine minimum water requirements of ecological habitats (case study: Mazandaran Sea Basin- Iran). Hydrological Processes, 25(22), 3490- 3498.

Smakhtin, V., Revenga, C., & Döll, P. (2004). A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity. Water International, 29(3), 307–317.

Rafiee, M., Ali, A., Mohammad, A., Moazed, H., Lyon, S.W., Jaafarzadeh, N. , & Zahraie, B. (2014). A Case Study of Water Quality Modeling of the Gargar River, Iran. Journal of Hydraulic Structures, 1(2), 10-22.

Tennant, D. (1976). Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation, and environmental resources. American Fisheries Society.Bethesda MD, 2, 359–373.

Tharme, RE. (2003). A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River Research and Applications, 19(5–6), 397- 441

Torabi Meybodi, A. (2012). Mathematical Simulation Model Of Quality Process Change In Karkhe River And Sensitivity Analysis [AThesis for the Degree of Master of Science (M.Sc.), K.N.Toosi University of Technology]. [In Persian]

Wang, X., Zhang, Y., & Liu, C. (2007). Water quantity-quality combined evaluation method for rivers' water requirements of the Instream environment in dualistic water cycle: A case study of Liaohe River Basin. Journal of Geographical Sciences, 17(3), 304–316.

Yang, T., Iu, J., Chen, Q., Zhang, J., & Yang, Y. (2014). environmental flow assessment for improvement of ecological integrity in the Haihe River Basin, China. Ecotoxicology, 23(4), 506–517.

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 11
No. 3
Spring 2022

Received:
2021-10-25

Accepted:
2021-12-18

Pages: 31-46

Qualitative Modeling for Managing Water Allocation in Rivers

Sepideh Sahami[1], Alireza Shokoohi [2*], Behnaz Khatar[3] and Fabod Chehrzad[4]

1) MSc. Graduated Student of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
2) Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
3) Ph.D. Student of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
4) Water Ecology Specialist, ASARAB Consulting Engineers.
*Corresponding author email: shokoohi@eng.ikiu.ac.ir

Abstract:

Background and Aim: Evaluating the response of rivers to natural changes and man-made manipulations are of great importance in managing river water quality. The main purpose of this study is to evaluate the negative effects of quantitative management without qualitative management of river flow. In this regard, by simulating water quality in river exploitation scenarios based on environmental policies, including minimum flow allocation, reduction of flow quality from aquaculture standards, taking into account the quality factors and pollution caused by the development of marginal urban communities, will be discussed.

Method: The present study, which should be omitted was conducted on the Azadrud River in the Sarvabad region of Kurdistan Province. In this regard, by measuring quantitative and qualitative parameters in two monthly periods, the QUAL2KW quality model was calibrated and validated. In the first part of the study, the quality of the river along 22 km was simulated by changing the flow rate based on flow allocation scenarios in the Tenant method, and in the second part, the values of qualitative parameters in different flow management scenarios were compared with the accepted standard values for aquaculture (fish).

Results: Based on the results, while the minimum environmental discharge according to the Tenant method for the studied river is 1.1 m^3/sec, the critical quality discharge for March and April were estimated at 7.7 and 10 m^3/sec, respectively. The study showed that the poor tenant scenario is not suitable for allocating the minimum environmental flow to meet the quality requirements of the river at all.

Conclusion: The results showed that the conventional flow allocation method, i.e., without considering the quality conditions of the river, is not suitable and can cause serious damage to the environmental conditions of the river. This study showed that ignoring the quality conditions at the time of flow allocation causes the ecological health of the stream to be lost and the river to not meet the required standard for aquaculture.

Keywords: Ecological health of the river, Flow environmental scenarios, QUAL2KW model, Quantitative and qualitative management

10.30495/WSRCJ.2022.19231