

مطالعه تغییرات فصلی خودپالایی رودخانه کارون

سمیه مقیمی نژاد^۱، کیومرث ابراهیمی*^۲، رضا کراچیان^۲

^۱ گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

^۲ دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۵ تیر ۱۳۹۴
بازنگری: ۲۰ شهریور ۱۳۹۵
پذیرش: ۳ آبان ۱۳۹۴
ارائه آنلاین: ۱۵ آذر ۱۳۹۵

کلمات کلیدی:

QUAL₂Kw
توان خودپالایی
مدل‌سازی
رودخانه کارون
آلاینده‌های ورودی

چکیده: مطالعات ظرفیت خودپالایی رودخانه، اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه حداکثر بار آلودگی قابل تحمل در رودخانه را فراهم می‌کند. در مقاله حاضر به مطالعه تغییرات فصلی پدیده خودپالایی رودخانه کارون پرداخته شده است. برای این منظور در طول ۱۱۳ کیلومتر از رودخانه متغیرهای کیفی BOD، DO، نیترات و کلیفرم با استفاده از مدل QUAL₂Kw شبیه‌سازی و مطالعه گردید. داده‌های سال ۱۳۸۹ به دلیل کفایت مورد نیاز به منظور واسنجی و صحت‌سنجی استفاده گردید. همچنین زمان‌های بحرانی پدیده خودپالایی رودخانه برای پارامترهای BOD، نیترات و کلیفرم مطالعه و بررسی گردید. سپس سه حالت کاهش ۳۰ درصدی دبی و یا غلظت جریان آلاینده‌های ورودی به رودخانه و افزایش ۳۰ درصدی جریان رودخانه در بالادست برای بهبود کیفیت کاربری آب رودخانه، در ماه‌هایی که استاندارد کاربری ارضاء نشده بود، بررسی گردید. نتایج نشان می‌دهد که کاهش ۳۰٪ غلظت آلاینده‌های ورودی برای نیترات در ماه‌های دی و بهمن و برای BOD در تمام ماه‌ها بجز مهر ماه که بیشتر از حد استاندارد کاربری بوده‌اند، بیشترین تاثیر را در بهبود مقدار این متغیرهای کیفیت آب داشته است. برای متغیر کلیفرم ۵۳۰٪ کاهش غلظت آلاینده‌های ورودی رودخانه‌های دز و گرگر به رودخانه کارون و آلاینده‌های ورودی در بازه ملاثانی تا اهواز بیشترین تاثیر بهبود مقدار کلیفرم را داشته است.

۱- مقدمه

کمترین آن برای پارامتر نیترات رخ داده است. علت اصلی پایش قابل توجه کلیفرم، محاسبه تابش نور آفتاب در مدل می‌باشد [۲]. مهرداد و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از مدل QUAL₂E به بررسی کیفیت و خودپالایی پتانسیل رودخانه تجن در حوضه آبریز دریای خزر پرداختند. آن‌ها با بررسی پارامتر کل جامدات محلول به این نتیجه رسیدند که در فصل‌های زمستان و پاییز رودخانه کیفیت قابل قبولی دارد، اما در فصل‌های بهار و تابستان کیفیت رودخانه تنزل پیدا می‌کند و این به علت کاهش دبی رودخانه برای مصارف کشاورزی است. همچنین ایشان نتیجه گرفتند که آلاینده‌های غیرنقطه‌ای سهم بیشتری در تنزل کیفیت آب رودخانه تجن دارند [۳]. فان^۱ و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی تحت عنوان مدل‌سازی با رویکردی ابتکاری با استفاده از ترکیب HEC-۵ و QUAL₂K برای شناسایی اثر جزر و مدی بر شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه نشان دادند که ترکیب این دو مدل برای شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه‌های جزر و مدی نتیجه قابل قبولی برای شبیه‌سازی خصوصیات کیفی آب خصوصاً در رودخانه‌های آلوده خواهد داشت [۴]. کامارگو^۲ و همکاران (۲۰۱۰)، از مدل QUAL₂Kw در حوضه کوچک Karstic در برزیل برای پیش‌بینی کیفیت آب مورد استفاده قرار

میزان بار آلاینده‌های قابل تحمل برای رودخانه‌های مختلف، بر حسب عوامل زمانی و مکانی و همچنین نوع و شدت بار مواد زاید، متفاوت است. با توجه به تنوع و تعدد منابع آلاینده و همچنین متغیر بودن توان خودپالایی رودخانه‌ها، اعمال استاندارد تخلیه پساب، به تنهایی کافی نمی‌باشد و علاوه بر آن، متناسب کردن میزان بارگذاری مواد زاید با توان خودپالایی یک رودخانه، بر اساس وضعیت اقلیمی، هیدرولوژیکی، هندسی و همچنین شرایط اقتصادی، اجتماعی، سیاسی بر اساس استانداردهای کیفیت آب و کاربری آن امری ضروری است [۱]. روابط پیچیده میان بار آلاینده‌ها و کیفیت آب با مدل‌های ریاضی به بهترین وجه توصیف می‌شود. عظیمی و همکاران (۱۳۸۹) قدرت خودپالایی رودخانه سفید رود را مورد ارزیابی قرار دادند. این ارزیابی برای چهار پارامتر کیفی NO₃، COD، BOD و کلیفرم انجام شد. پس از واسنجی مدل کیفی Qual₂kw با استفاده از داده‌های مشاهداتی در یک دوره یک ساله، شبیه‌سازی ظرفیت خودپالایی دو بازه رودخانه در سرآب و پایاب سد سفید رود انجام شد. درصدهای خودپالایی بدست آمده نشان دهنده‌ی آن است که بیشترین میزان خودپالایی برای پارامتر کلیفرم و

1 Fan
2 Camargo R

*نویسنده عهده‌دار مکاتبات: EbrahimiK@ut.ac.ir

کیفی در تیرماه ۱۳۷۸ به عنوان گرمترین ماه سال و حداقل آبدهی ماهانه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق ایشان بیانگر نامطلوب بودن غلظت اکسیژن محلول و فراتر از حد استاندارد پارامترهای BOD و COD بوده و در تیرماه وضعیتی آلوده کننده‌ای برای رودخانه کارون ایجاد می‌کند [۹]. کارآموز و همکاران (۲۰۰۴) برای بررسی شاخص کیفیت آب رودخانه کارون، طبقه‌بندی با استفاده از روش C-mean و طرح خوشه‌بندی فازی را ارائه دادند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که کیفیت آب در بازه‌ی گرگر-بند قیر و بازه‌ی بین دارخوین و خلیج فارس که تحت تاثیر خلیج فارس می‌باشد وضعیت بحرانی است [۱۰]. باقریان مرزونی و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از مدل QUAL2K کیفیت آب رودخانه کارون را بررسی کردند. در این مطالعه، با توجه به پارامترهای کیفیت و با توجه به استانداردهای کیفیت آب سناریوهای مختلف تعریف شد و دو پارامتر BOD و DO را به‌عنوان پارامتر شاخص برای ارزیابی این سناریوها انتخاب کردند. ایشان مدل را با استفاده از داده‌های بهار ۲۰۱۲ و اسنچی و با استفاده از داده‌های بهار و زمستان ۲۰۱۳ صحت‌سنجی و اعتبارسنجی کردند. سپس از نتایج مدل برای اتخاذ تصمیمات مدیریتی برای شرایط بحرانی استفاده کردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که با تغییر در محل ورود آلاینده‌ها به رودخانه می‌توان به اهداف زیست محیطی دست یافت [۱۱].

تاکنون اکثر تحقیقات گذشته به بررسی پارامترهای کیفی DO، BOD و COD پرداخته‌اند ولی تعیین زمان بحرانی توان خودپالایی این پارامترها و تأثیر تغییرات فصلی آن بر کیفیت آب مؤثر تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابر این هدف از انجام مقاله حاضر: ۱) بررسی پارامترهای کیفی DO، BOD، نیترات، کلیفرم و تغییرات فصلی این پارامترها و زمان بحرانی پدیده خودپالایی در مورد متغیرهای DO، BOD، نیترات و کلیفرم و ۲) بررسی کیفیت کاربری آب با استفاده از نتایج شبیه‌سازی و ارائه سناریوهای متصور ممکن برای بهبود کیفیت کاربری آب رودخانه در صورتی که استاندارد کاربری ارضاء نشود، می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه کارون بزرگترین حوضه آبریز رودخانه‌ای در ایران است که در جنوب غرب کشور واقع شده است. در امتداد رودخانه کارون چند شهر واقع شده که مهم‌ترین آن‌ها شهر اهواز مرکز استان خوزستان است [۱۲]. آلودگی آب رودخانه کارون به دلیل افزایش برداشت آب از رودخانه و تخلیه‌ی فاضلاب به این رودخانه زندگی آبیان را به خطر انداخته است. علاوه بر این استانداردهای کیفیت آب آشامیدنی و کیفیت زیست محیطی آب‌های جاری در بسیاری از موارد نقص شده است [۱۰]. سهم آلودگی آب از بخش صنعت در منطقه مورد مطالعه حدود ۲۳ درصد است. این مقدار از ۱۲ تا ۶۰ درصد در مکان و فصل‌های متفاوت متغیر است [۱۳]. وضعیت فعلی کیفیت آب سیستم رودخانه کارون در مقایسه با استانداردهای کیفیت

دادند. در این مطالعه مشکلات زیست محیطی در حال ظهور در منطقه به دلیل عدم وجود زیرساخت‌های اساسی از جمله تاسیسات تصفیه‌خانه فاضلاب را بررسی کردند. آن‌ها هدف اندازه‌گیری و واسنجی و اعتبارسنجی مدل پیش بینی کیفیت آب و ارزیابی ظرفیت‌های حوضه کوچک Karstic برای جذب بارهای آلودگی غیر نقطه‌ای را دنبال کردند. در این بررسی مدل به شایستگی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، و جنبه‌های هیدرولیک حوضه Fidalgo را بیان کرد. پارامترهای pH، EC، TDS، TP، کلیاتیت و E.coli به‌عنوان نزدیک‌ترین مقادیر شبیه‌سازی برای دوره بارانی معرفی شدند. برای دوره خشک، بهترین شبیه‌سازی برای pH، EC، TDS، TP و کلیاتیت بدست آمد. در نهایت نتیجه گیری شد که حفاظت از منابع آب در این منطقه باید بهبود یابد و با توجه به اتخاذ اقدامات پیشگیرانه از جمله حفاظت از خاک در معرض و کاهش هجوم مواد مغذی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و دام باید انجام شود [۵]. باتینو^۱ و همکاران (۲۰۱۰)، مطالعه‌ای با هدف ارزیابی کیفیت آب از حوضه‌ی آبریز کوچک رودخانه Canha و واسنجی مدل QUAL2K با انجام دادند. در این مطالعه پنج متغیر از کیفیت آب شامل درجه حرارت، اکسیژن محلول، pH، هدایت الکتریکی و کدورت و همچنین جریان و سرعت، در هشت ایستگاه نمونه برداری از سپتامبر ۲۰۰۶ تا ژوئیه ۲۰۰۷ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق مذکور نشان داد که غلظت اکسیژن محلول در طول دوره نمونه برداری بیش از نیم میلی‌گرم بر لیتر بوده و کمترین غلظت متغیرهای مورد مطالعه در سراب معرفی شد. همچنین نتیجه‌گیری شد که میزان بارندگی مرتبط با کاربری اراضی برای نتایج به دست آمده مهم بوده و مشخصات حوضه، همانند شیب زیاد، به طور عمده بر غلظت اکسیژن محلول اثر گذار بوده است و اگر QUAL2K دارای برخی محدودیت‌ها است استفاده از آن برای مدیریت منابع آب و مقاصد آینده توصیه شده است [۶]. ژانگ^۲ و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از مدل QUAL2K کیفیت آب حوضه دریاچه تایهو^۳ را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که کیفیت آب این دریاچه تحت تاثیر تخلیه فاضلاب‌ها و پساب در رودخانه هنگکی^۴ که نهایتاً به دریاچه تایهو جریان می‌یابد است [۷].

رودخانه کارون به عنوان تأمین کننده آب مورد نیاز ۱۶ شهر، چندین روستا، هزاران هکتار اراضی کشاورزی و چندین نیروگاه برق‌آبی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. شمسائی و همکاران (۱۳۸۴) وضعیت کیفی رودخانه کارون را در بازه شهر اهواز با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب مورد تحلیل قرار دادند و نتایج تحقیق ایشان نشان داد که رودخانه در فصل تابستان بدترین و در فصل زمستان بهترین شرایط کیفی را داراست [۸]. بنی سعید و همکاران (۱۳۸۶) میزان آلودگی و همچنین توان خودپالایی رودخانه کارون را در بازه گرگر با کاربرد مدل QUAL2E و استفاده از نتایج آزمایش‌های

1 Bottino F

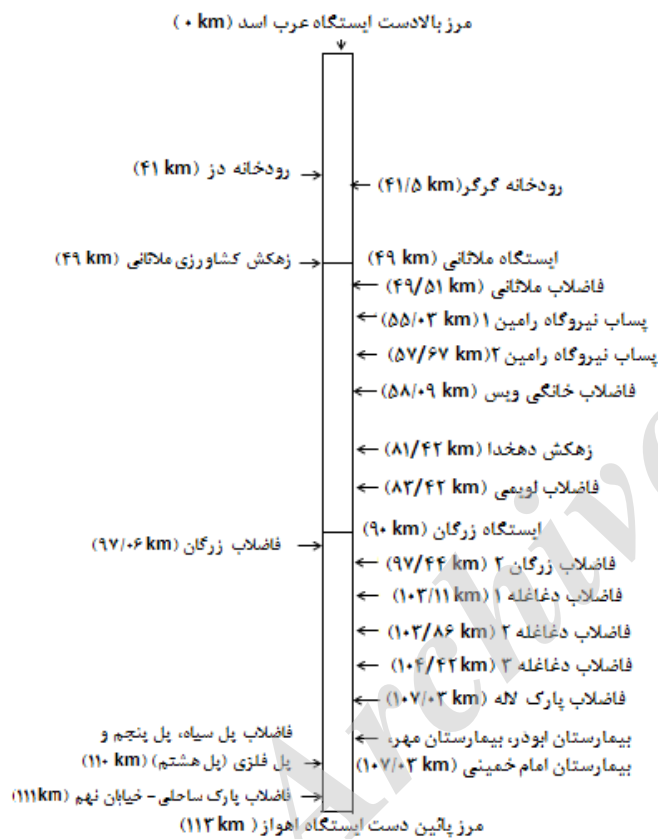
2 Zhang R

3 Taihu

4 Hongqi

۲-۳- روش تحقیق

با توجه به ایستگاه‌های هیدرومتری موجود، رودخانه کارون به چهار محدوده تقسیم‌بندی شد و مشخصات سطح مقطع هر محدوده به مدل داده شد و برای حل معادلات عددی از روش اویلر روش نیوتن-رافسون برای مدل سازی و شبیه‌سازی pH استفاده شد. با توجه به تاثیر پارامترهای هیدرولیکی مانند سرعت در سرنوشت و انتقال آلودگی‌ها، به منظور شبیه‌سازی سرعت از رابطه‌ی مانینگ^۲ در set up مدل استفاده گردید. طول محدوده مطالعاتی انتخاب شده از رودخانه کارون برابر با ۱۱۳ کیلومتر بوده و همان‌گونه که شکل ۲ نشان می‌دهد در مسیر این رودخانه دو شاخه فرعی و ورودی آلاینده نقطه‌ای به درون سیستم وارد می‌شوند.

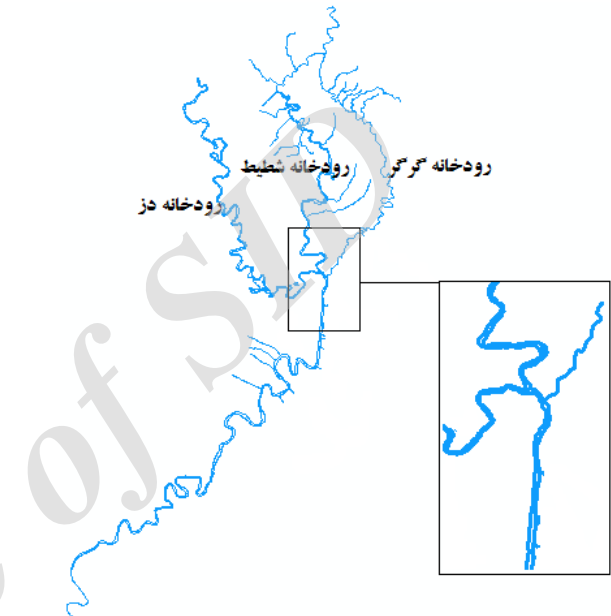


شکل ۲: شماتیک بازه‌بندی و جانمایی ورودی‌ها به رودخانه کارون

Fig. 2. Intervals and entrance locations of Karun River

برای ۱۲ ماه سال ۹۰-۸۹ تمامی اطلاعات از سازمان آب و برق خوزستان و شرکت منابع آب ایران جمع‌آوری شده و برای هر ماه نسبت به اجرای مدل اقدام شد. جزئیات مربوط به مقدار حداکثر و حداقل مقدار پارامترهای کیفی و جریان سال ۹۰-۸۹ قبل از شبیه‌سازی در جدول ۱ و ۲ آمده است.

آب نگران‌کننده است [۱۴]. شکل ۱ منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در مقاله حاضر با بررسی شبکه رودخانه‌ای و وجود چهار ایستگاه هیدرومتری به بررسی کیفیت آب این زیرحوضه پرداخته شد. در شاخه اصلی رودخانه کارون از رودخانه شطیط تا اهواز پس از وارد شدن دو شاخه فرعی به رودخانه در محدوده ۴۱ کیلومتر رودخانه بارهای آلودگی نقطه‌ای موجود باعث افزایش آلودگی در این منطقه و کاهش میزان اکسیژن محلول می‌شود. شرایط حیاتی رودخانه کارون و همچنین آلودگی‌های اشاره شده نیاز به یک مدل کیفی برای پیش‌بینی کیفیت آینده رودخانه را ضروری می‌سازد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی

Fig. 1. Case study location

۲-۲- ابزار مدل سازی

نرم‌افزار Qual2k نرم‌افزاری برای مدل‌سازی کیفیت آب‌های سطحی به منظور استفاده در پروژه‌های زیست محیطی است. این مدل کیفیت آب‌های سطحی که توسط چاپرا^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۶ توسعه یافته است، ویرایش مدرنی از مدل معروف کیفیت آب رودخانه‌ها یعنی Qual2e است که در سال ۱۹۸۷ توسط برون و بارنول^۲ ارائه گردیده بود. این مدل رودخانه را بصورت یک بعدی، همراه با جریان دائمی غیر یکنواخت شبیه‌سازی می‌کند و می‌تواند اثر بارگذاری را، هم بصورت نقطه‌ای و هم غیر نقطه‌ای در نظر بگیرد. این مدل قادر است تا ۱۵ پارامتر کیفی آب را شبیه‌سازی کند و به منظور تعیین غلظت پارامترهای کیفی، به حل عددی معادله جابجایی-انتشار (Advection-Dispersion) در رودخانه می‌پردازد [۱۷-۱۵].

1 Chapra

2 Brown and Barnwell

3 Manning

می‌توان صحت عملکرد مدل را برای شرایط جدید بررسی نموده و میزان اطمینان به مدل واسنجی شده را برآورد نمود [۱۸]. برای صحت سنجی از داده‌های دو ماه پائیز ۸۹ استفاده شده است.

سپس با استفاده از پارامترهای مجذور متوسط مربعات خطا (RMSE) و خطای نسبی (SE) مقایسه‌ای میان نتایج شبیه‌سازی با مدل QUALYKw در مقابل داده‌های مشاهداتی انجام شده است. رابطه این معیارها در روابط ۱ و ۲ ذکر شده است.

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{si} - Y_{oi})^2}{N}}}{\bar{Y}} \quad (1)$$

$$SE = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(Y_{ti} - Y_{mi})^2}{N} \right]^{0.5} \quad (2)$$

در فرهنگ متداول امروزی در زمینه قدرت خودپالایی رودخانه، ظرفیت بارگذاری^۲ (LC) یا حداکثر بار کل روزانه (TMDL^۳)، بیشترین مقدار بار آلاینده قابل تحمل توسط یک رودخانه است به شرط آن که استانداردهای کیفیت آب رعایت شود. سهم‌بندی بار مواد زاید (WLA^۴) بخشی از حداکثر بار کل روزانه است که به یک منبع آلودگی نقطه‌ای فعلی یا آبی تخصیص داده می‌شود. مجموع سهم‌بندی بار مواد زاید برای منابع نقطه‌ای (WLA) و سهم‌بندی بار برای منابع غیرنقطه‌ای (LA^۵) به اضافه حاشیه ایمنی (MOS^۶) معادل ظرفیت خودپالایی یا TMDL (معادله ۳) است [۱].

$$LC = TMDL = WLA + LA + MOS \quad (3)$$

در خصوص مقادیر بار آلودگی ورودی به پیکره‌های آبی، بار آلودگی از تعریف حاصل ضرب دبی جریان آلاینده در غلظت آلاینده از هر واحد صنعتی / کشاورزی تعریف می‌گردد (Qw.Cw).

$$\bar{C} = \frac{Q_r C_r + Q_w C_w}{Q_r + Q_w} \quad Q_w \ll Q_r \rightarrow \bar{C} = \frac{Q_w C_w + Q_r C_r}{Q_r} \quad (4)$$

$$\bar{C} = \frac{Q_r C_r + Q_w C_w}{Q_r + Q_w} \quad Q_w \ll Q_r; \text{if } C_r \approx 0 \Rightarrow \bar{C} = \frac{Q_w C_w}{Q_r}$$

کاربری تعیین شده برای رودخانه کارون کلاس دو تامین آب برای مصرف آشامیدنی است. این کلاس برای منابعی از آب است که نیازمند تصفیه کامل (انعقاد، ته‌نشینی، فیلتراسیون، گند زدائی و غیره) برای فراهم

- 1 Assimilative Capacity
- 2 Loading Capacity
- 3 Total Maximum Daily Load
- 4 Waste Load Allocation
- 5 Load Allocation
- 6 Margin of Safety

جدول ۱: مشخصات آماری جریان رودخانه کارون سال ۸۹-۹۰

Table 1. Statistical properties of the Karun River current year 89-90

مشخصات آماری	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
دبی	۱۰۰	۵۰۰	۲۸۱/۷۵	۱۱۲/۱۳
(m ³ /s)	(su)	(w)		

جدول ۲: مشخصات آماری متغیرهای کیفیت آب در سال ۸۹-۹۰ رودخانه کارون (داده‌های مشاهداتی سازمان آب و برق خوزستان)

Table 2. Statistical properties of water quality in 2010-2011 for Karun River (data collected by Khuzestan Power and Water Corporation)

پارامتر	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار
DO(mg/l)	۸/۲۳۶ (W)	۶/۵۴۵ (Su)	۷/۴۶۷	۰/۴۹۸
BOD(mg/l)	۴/۰۳۶ (Su)	۲/۳۶ (a)	۳/۲۸	۰/۵۱۲
NO _x (mg/l)	۱۲/۰۷ (W)	۷/۱۷۵ (a)	۸/۰۱۶	۱/۳۰۴
Pathogens(cfu/۱۰۰ml)	۱/۱ (a)	۰/۰۱۵ (a)	۰/۵۰۹	۰/۴۲۴
TEMP(deg C)	۳۱ (Su)	۱۳/۷۵ (W)	۲۳/۰۵	۵/۳۹۳

توضیح جدول: علائم S، su، a و W به ترتیب نشان دهنده‌ی مقدار پارامتر مورد نظر در فصل‌های بهار، تابستان، پائیز و زمستان می‌باشد. منظور از شبیه‌سازی کیفی آب رودخانه در واقع تخمین تغییرات پارامترهای کیفی آب رودخانه (تا جای امکان به صورت دقیق) است به نحوی نتایجی که مدل می‌دهد با نتایجی که بصورت واقعی در رودخانه وجود دارد، مشابه باشد. برای اینکه نتایج مدل بر داده‌ها منطبق شود نیاز داریم تا کالیبراسیون انجام دهیم. برای کالیبراسیون (واسنجی) از داده‌های ۶ ماه اول سال ۸۹ استفاده شده است. پس از واسنجی، مدل باید صحت‌سنجی شود. روشی که برای صحت‌سنجی نتایج یک مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد، به صورت زیر می‌باشد:

با در اختیار داشتن یک مجموعه اطلاعات اندازه‌گیری شده، آن‌ها به دو زیر مجموعه برای استفاده در بخش واسنجی و صحت‌سنجی تقسیم می‌شوند، به طوری که بخش اعظم آن برای قسمت اول مورد استفاده قرار گیرد. پس از واسنجی مدل با اطلاعات اندازه‌گیری شده، می‌توان مدل را با استفاده از باقی مانده اطلاعات اندازه‌گیری شده، صحت‌سنجی نمود. یعنی بدون تغییر دادن پارامترهای واسنجی، مدل با شرایط جدید اجرا می‌شود. سپس با مقایسه نتایج به دست آمده از مدل و مقادیر اندازه‌گیری شده

۳- نتایج و بحث

با توجه به توضیحات ارائه شده در ادامه به بررسی نتایج شبیه سازی مدل پرداخته شده است. در جدول ۳ مقایسه ای میان نتایج شبیه سازی با مدل QUAL2Kw و داده های مشاهداتی انجام شده است. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص می شود که تمام پارامترهای کیفی دارای کمترین مقدار خطای نسبی و مجذور متوسط مربعات خطا را دارند. نتایج واسنجی ماه فروردین سال ۸۹ و صحت سنجی ماه های آبان و دی در جدول ۴ و شکل های ۳ تا ۵ ارائه شده است.

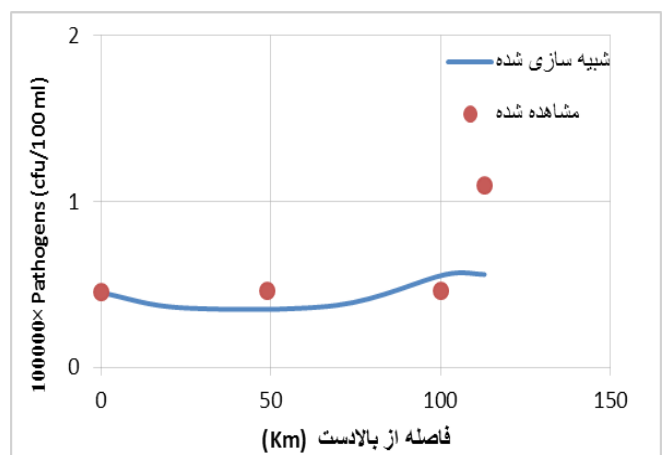
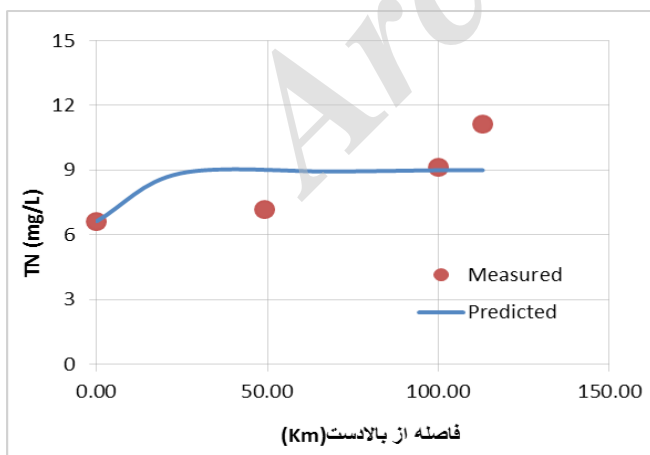
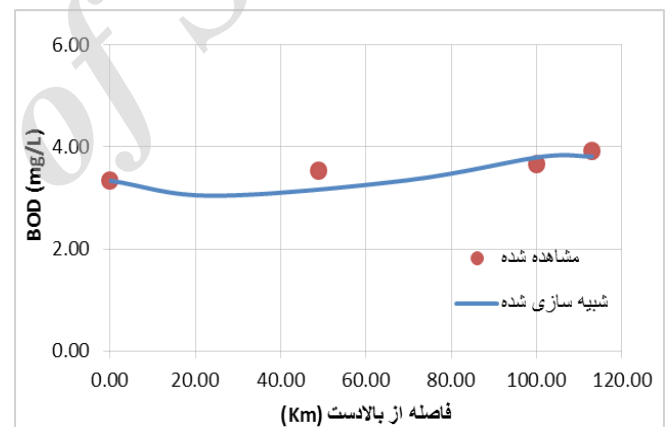
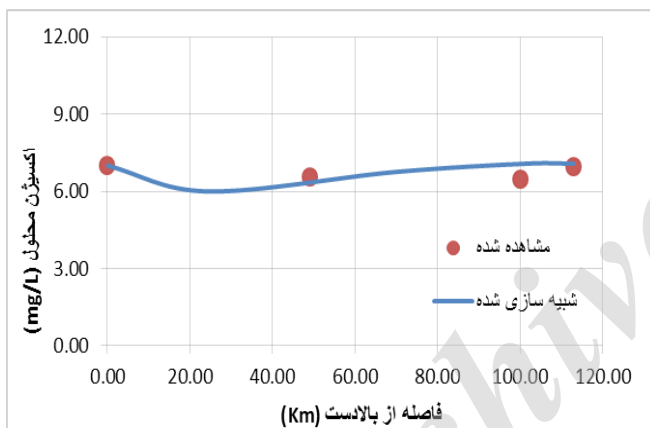
لازم به ذکر است که داده های میدانی توسط نقاط مربعی شکل نمایش داده شده اند و نمودار پیوسته نتایج شبیه سازی است. این نمودار پیوسته باید تا جای امکان نزدیک به نقاط مربع شکل (داده های واقعی) باشد تا شبیه سازی مناسبی انجام شده باشد. همانطور که در اشکال ۳ تا ۵ نشان داده شده است نتایج شبیه سازی با داده های پایش انطباق مناسبی دارد. این انطباق نشان دهنده واسنجی و صحت سنجی مناسب مدل است

کردن آب شرب اند. حد استاندارد و حاشیه ایمنی در جدول ۳ برای پارامترهای مختلف ارائه شده و در نتایج شبیه سازی مشخص شده اند.

جدول ۳: استاندارد کاربری کلاس آب آشامیدنی رود کارون (۱۹ و ۲۰)

Table 3. Drinking water usage class standards for Karun River

کلیرم	نیترات	BOD	DO	تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر
میلی گرم بر لیتر	میلی گرم بر لیتر	میلی گرم بر لیتر	میلی لیتر	میلی لیتر
۵۰۰۰	۱۰	۳	۵	حد استاندارد کاربری
۵۰۰	۱	۰/۳	۰/۵	حاشیه ایمنی
۴۵۰۰	۹	۲/۷	۴/۵	حد استاندارد کاربری در نظر گرفته شده



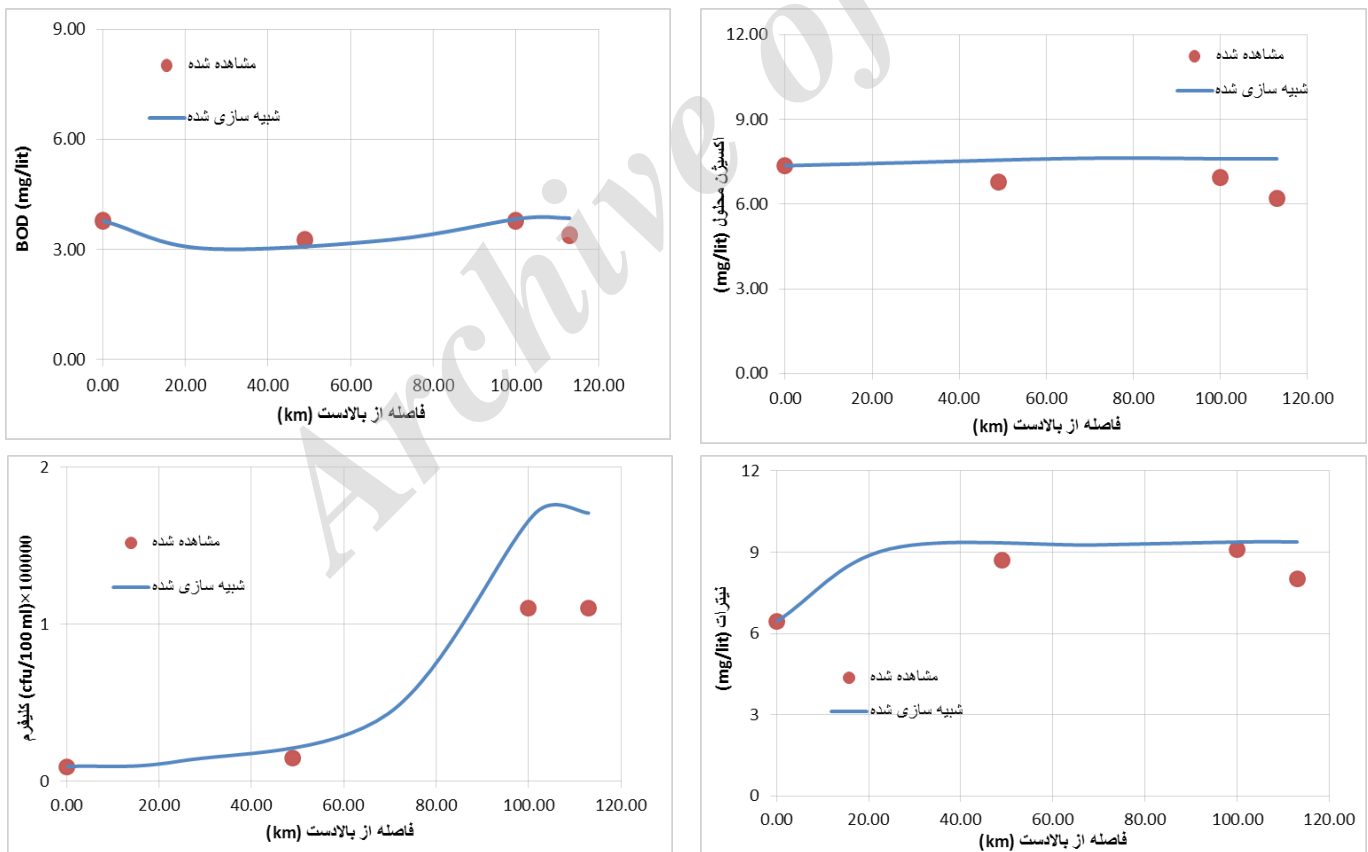
شکل ۳: پارامترهای واسنجی فروردین ۱۳۸۹ رودخانه کارون

Fig. 3. Calibration parameters of March 2010 for Karun River

جدول ۴: پارامترهای آماری به دست آمده از نتایج شبیه سازی مدل QUAL2Kw در مقابل داده های مشاهداتی

Table 4. Statistical parameters of QUAL2Kw simulated data compared to observed data

RMSE				SE				سال ۸۹
DO	BOD	NO _x	Pathogens	DO	BOD	NO _x	Pathogens	
۰/۰۳۸۴	۰/۰۲۹	۰/۱۲۷	۰/۴۵۹	۰/۰۸۸	۰/۰۶۴	۰/۲۳۶	۰/۱۰۹	فروردین
۰/۰۷۹	۰/۰۷۳	۰/۰۶۶	۰/۱۵۸	۰/۱۶۲	۰/۱۹۵	۰/۱۵۱	۰/۲۰۱	اردیبهشت
۰/۰۹۲	۰/۰۶۹	۰/۱۱۱	۰/۵۸۶	۰/۲۷۸	۰/۰۶۸	۰/۳۰۲	۰/۷۰۵	خرداد
۰/۰۹۵	۰/۰۹۵	۰/۱۶۳	۰/۵۵۹	۰/۱۷۶	۰/۰۹۵	۰/۳۸۱	۰/۰۸۱۷	تیر
۰/۰۸۷	۰/۰۷۹	۰/۲۱۷	۰/۳۷۹	۰/۱۸	۰/۱۳۹	۰/۵۲	۰/۳۴	مرداد
۰/۱۳۳	۰/۰۶۱	۰/۰۶۸	۰/۲۹۴	۰/۲۶۲	۰/۱۸۳	۰/۱۱۷	۰/۷۳۴	شهریور
۰/۸۷	۰/۲۱۶	۰/۸۹۷	۰/۴۴۱	۰/۲۰۸	۰/۱۲۹	۰/۰۵۹۹	۰/۴۸۳	آبان
۰/۰۶۱	۰/۰۸	۰/۱۰۱	۰/۷۷	۰/۱۵۱	۰/۰۷۵	۰/۳۰۳	۲/۶۵	آذر

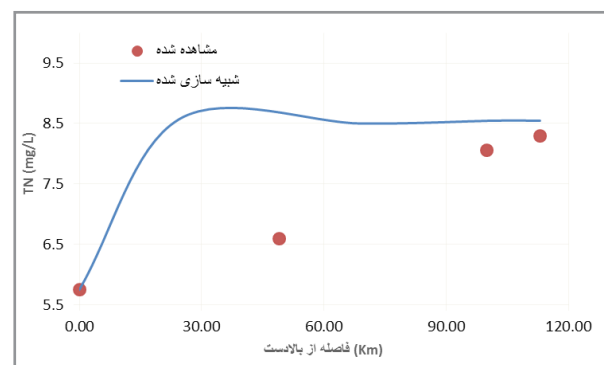
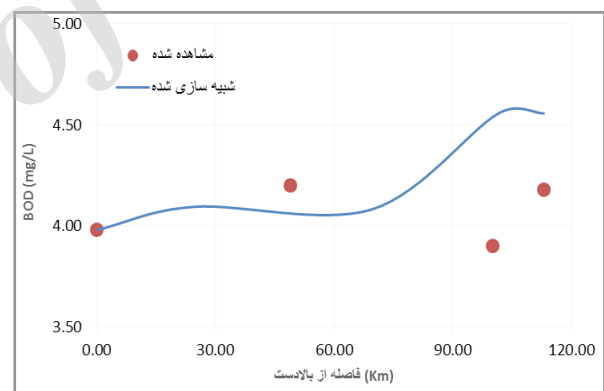
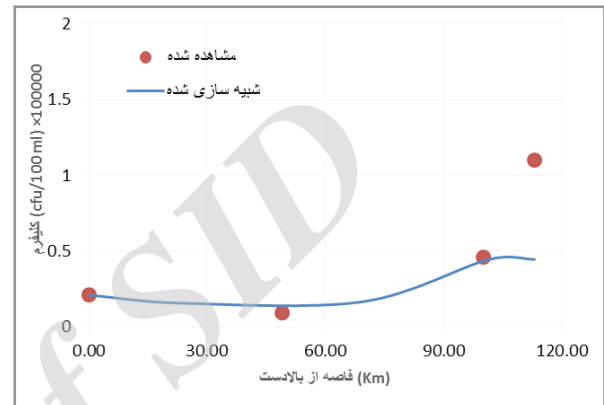
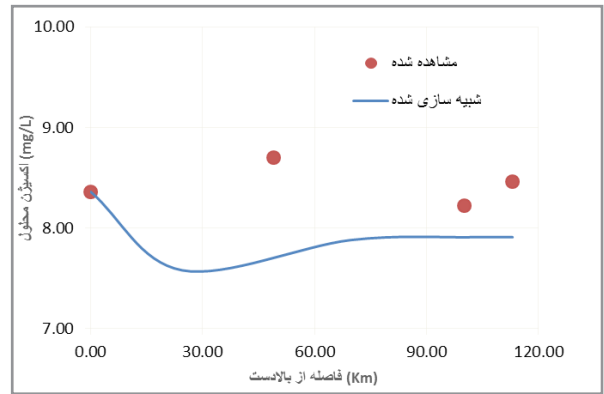


شکل ۴: پارامترهای صحت سنجی آبان ۱۳۸۹ رودخانه کارون

Fig. 4. Validation results of Karun River's water quality variables, October 2010

برای بررسی اثر تخلیه پساب و فاضلاب بر کیفیت آب رودخانه کارون تغییرات متغیرهای کیفی BOD، کلیفرم و نیترات مد نظر قرار گرفت. با استفاده از معادله ۳ قدرت خودپالایی BOD، کلیفرم و نیترات برای سال ۸۹-۹۰ محاسبه شد و نتایج در جدول ۵ و نمودار ۶ ارائه شده است. ظرفیت بارگذاری ظرفیتی است که مجموع بار آلاینده به صورت نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای به رودخانه وارد شده است و ظرفیت مازاد ظرفیتی بار آلاینده‌هایی است که با وارد شدن به رودخانه استاندارد کیفیت آب نقض نمی‌گردد.

با توجه به جدول ۵، رودخانه کارون برای متغیر کیفی BOD در ماه اردیبهشت بیشترین بارگذاری آلاینده‌های ورودی برای این متغیر را داشته و بیشترین قدرت خودپالایی را در ماه اردیبهشت با مقدار $344/54$ تن در روز دارد و در ماه مهر کمترین بارگذاری آلاینده‌ها با مقدار $150/79$ تن در روز را داشته و با این که کمترین قدرت خودپالایی را در ماه مهر با مقدار $169/78$ تن در روز دارد ولی ظرفیت مازاد $18/98$ تن در روز را برای خودپالایی BOD در این ماه را دارد. قدرت خودپالایی رودخانه کارون برای متغیر کیفی نیترات در ماه اردیبهشت با مقدار $940/71$ تن در روز بیشترین مقدار است که بیشترین بارگذاری برای این متغیر در ماه اردیبهشت با مقدار $704/35$ تن در روز بوده است و در ماه مهر با مقدار $333/13$ تن در روز کمترین قدرت خودپالایی را دارد. مقدار غلظت نیترات در ماه بهمن بیشتر از حد استاندارد کاربری است و رودخانه کارون در ماه دی و مهر به ترتیب به $61/36$ و $63/24$ تن در روز توان خودپالایی این متغیر را دارد که نسبت به سایر ماه‌ها قدرت خودپالایی کمتری دارد. رودخانه کارون برای متغیر کیفی کلیفرم در ماه اسفند با مقدار $730/75$ ده میلیارد تن در روز بیشترین مقدار قدرت خودپالایی را دارد و در ماه مهر با مقدار $270/004$ کمترین قدرت خودپالایی را دارد. غلظت متغیر کیفی کلیفرم در ماه‌های دی و اسفند بیشتر از حد استاندارد کاربری است و در ماه‌های آبان، بهمن و فروردین از کیلومتر ۷۰ بیشتر از حد استاندارد کاربری است. با توجه به جدول ۵ و شکل ۶ به طور متوسط توان خودپالایی رودخانه برای BOD و نیترات در فصل بهار و زمستان که مقدار دبی در این فصل‌ها زیاد است میزان خودپالایی بیشتر است و قدرت خودپالایی رودخانه در حذف آلودگی کلیفرم در ماه‌های دی و اسفند به دلیل سرعت و دبی بالای جریان آب رودخانه و در ماه‌های گرم به دلیل تابش نور آفتاب قابل توجه است. بررسی دقیقتر نتایج نشان می‌دهد انتقال نقش موثرتری در حذف کلیفرم نسبت به واکنش دارد که این نتیجه مشابه نتایج شبیه‌سازی عظیمی ۱۳۸۹ بر رودخانه سفید رود با اجرای مدل Qual2kw می‌باشد.



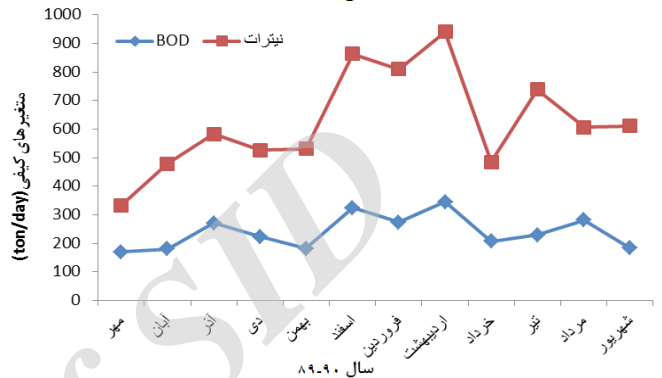
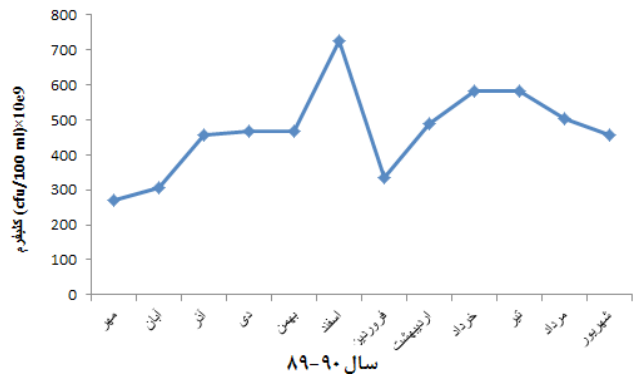
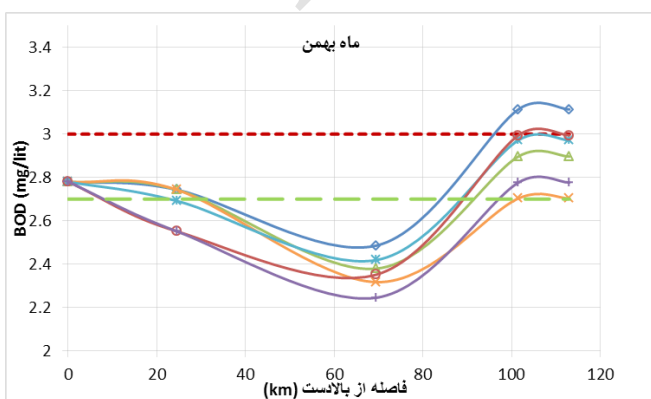
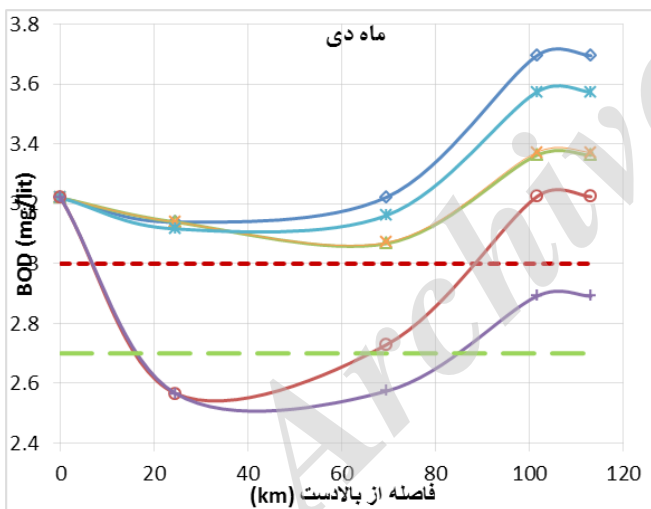
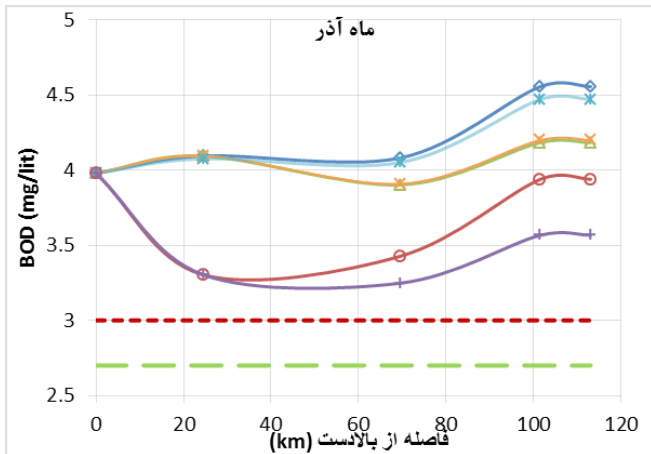
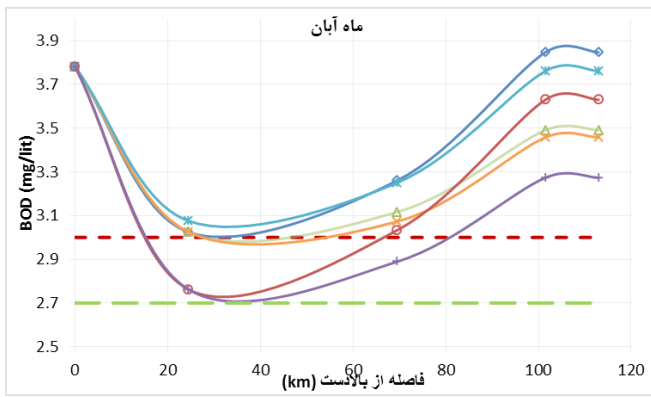
شکل ۵: پارامترهای صحت سنجی آذر ۱۳۸۹ رودخانه کارون

Fig. 5. Validation results of Karun River's water quality variables, November 2010

جدول ۵: قدرت خودپالایی متغیرهای کیفی رودخانه کارون سال ۹۰-۸۹

Table 5. Self-purification potential of Karun River for qualitative variables in 2010-2011

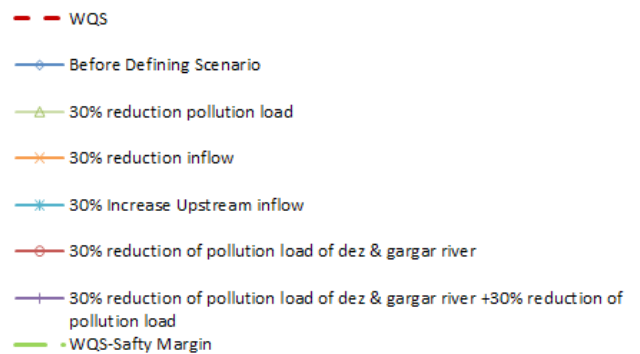
کلیفرم			نیترات			BOD		
ده میلیارد تعداد	تن در روز	تن در روز	کلیفرم	نیترات	BOD	ده میلیارد تعداد	تن در روز	تن در روز
ماه فروردین سال ۹۰			ماه مهر سال ۹۰					
۲۶۱/۵۵	۶۴۰/۹۴۹	۲۷۳/۹۴	ظرفیت بارگذاری	۱۴۶/۱۹	۲۷۶/۷۶	۱۵۰/۷۹	ظرفیت بارگذاری	۱۵۰/۷۹
۷۲/۰۷۳	۱۶۸/۱۷	۰	ظرفیت مازاد	۱۲۳/۸	۶۱/۳۶	۱۸/۹۸	ظرفیت مازاد	۱۸/۹۸
۳۳۳/۶۲	۸۰۹/۱۲	۲۷۳/۹۴	قدرت خودپالایی	۲۷۰/۰۰۴	۳۳۳/۱۳	۱۶۹/۷۸	قدرت خودپالایی	۱۶۹/۷۸
ماه اردیبهشت سال ۹۰			ماه آبان سال ۸۹					
۳۷۷/۵۵	۷۰۴/۳۵	۳۴۴/۵۴	ظرفیت بارگذاری	۱۵۸/۲۵	۳۶۸/۸۲	۱۸۰/۲۸	ظرفیت بارگذاری	۱۸۰/۲۸
۱۱۱/۳۴	۲۳۶/۳۶	۰	ظرفیت مازاد	۱۴۶/۶۹	۱۰۹/۲۲	۰	ظرفیت مازاد	۰
۴۸۸/۸۹	۹۴۰/۷۱	۳۴۴/۵۴	قدرت خودپالایی	۳۰۴/۹۴	۴۷۸/۰۳	۱۸۰/۲۸	قدرت خودپالایی	۱۸۰/۲۸
ماه خرداد سال ۹۰			ماه آذر سال ۸۹					
۱۸۱/۶۹	۳۳۱/۷۹	۲۰۶/۹۳	ظرفیت بارگذاری	۲۶۷/۸۲	۴۰۹/۵۸	۲۷۰/۶۶	ظرفیت بارگذاری	۲۷۰/۶۶
۳۹۹/۸۵	۱۵۳/۳۸	۰	ظرفیت مازاد	۱۸۷/۷۴	۱۷۳/۱۳	۰	ظرفیت مازاد	۰
۵۸۱/۵۴	۴۸۵/۱۷	۲۰۶/۹۳	قدرت خودپالایی	۴۵۵/۵۶	۵۸۲/۷۲	۲۷۰/۶۶	قدرت خودپالایی	۲۷۰/۶۶
ماه تیر سال ۹۰			ماه دی سال ۸۹					
۲۴۱/۴۸	۲۲۳/۹۴	۲۲۹/۰۷	ظرفیت بارگذاری	۴۵۹/۱۸	۴۶۲/۷۸	۲۲۳/۱۸	ظرفیت بارگذاری	۲۲۳/۱۸
۳۳۹/۲۲	۵۱۴/۶۱	۰	ظرفیت مازاد	۸/۰۵۲	۶۳/۲۴	۰	ظرفیت مازاد	۰
۵۸۰/۷	۷۳۸/۵۶	۲۲۹/۰۷	قدرت خودپالایی	۴۶۷/۲۴	۵۲۶/۰۲	۲۲۳/۱۸	قدرت خودپالایی	۲۲۳/۱۸
ماه مرداد سال ۹۰			ماه بهمن سال ۸۹					
۵۰۲/۰۷	۳۶۷/۸۵	۲۸۰/۲۷	ظرفیت بارگذاری	۳۵۵/۵۵	۵۳۰/۴۹	۱۵۹/۴	ظرفیت بارگذاری	۱۵۹/۴
۰	۲۳۸/۱۸	۰	ظرفیت مازاد	۱۱۳/۴۱	۰	۲۱/۵۷	ظرفیت مازاد	۲۱/۵۷
۵۰۲/۰۷	۶۰۶/۰۲۹	۲۸۰/۲۷	قدرت خودپالایی	۴۶۸/۹۷	۵۳۰/۴۹	۱۸۰/۹۸	قدرت خودپالایی	۱۸۰/۹۸
ماه شهریور سال ۹۰			ماه اسفند سال ۸۹					
۱۸۹/۳۸	۱۶۱/۸۴	۱۸۲/۸۶	ظرفیت بارگذاری	۷۰۳/۵۶	۶۴۰/۶۹	۳۲۳/۳۷۵	ظرفیت بارگذاری	۳۲۳/۳۷۵
۲۶۹/۱۷	۴۴۸/۲۵	۰	ظرفیت مازاد	۲۷/۱۹	۲۲۲/۲۸	۰	ظرفیت مازاد	۰
۴۵۸/۵۵	۶۱۰/۰۹	۱۸۲/۸۶	قدرت خودپالایی	۷۳۰/۷۵	۸۶۲/۹۷	۳۲۳/۳۷۵	قدرت خودپالایی	۳۲۳/۳۷۵

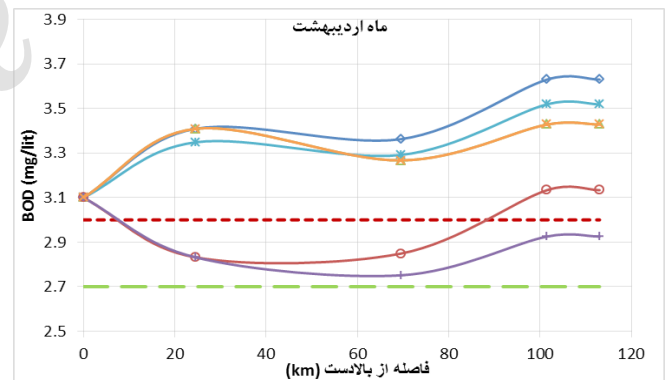
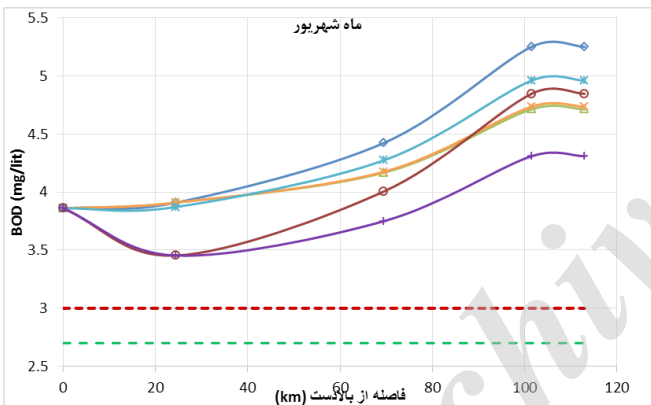
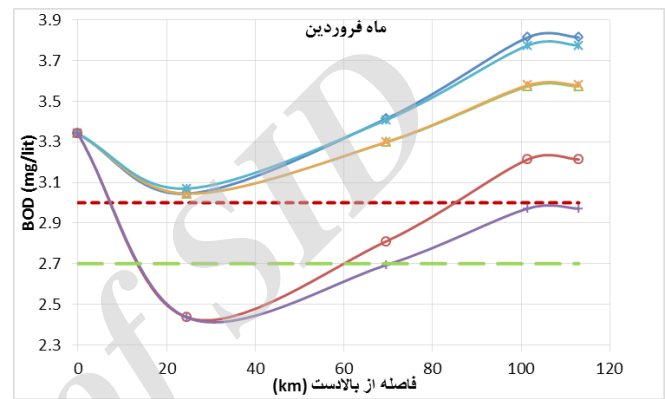
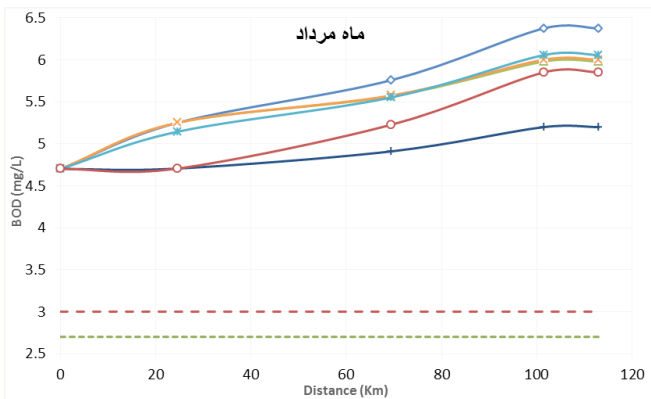
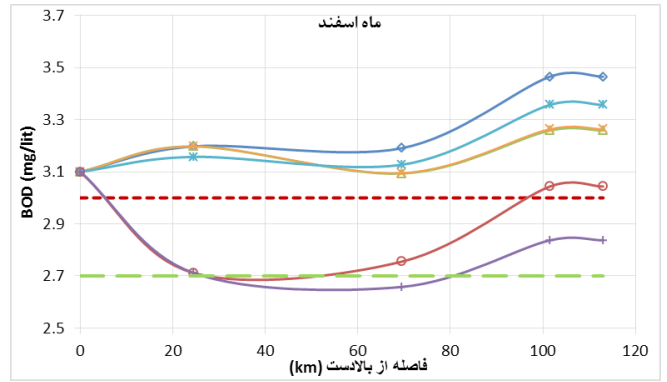
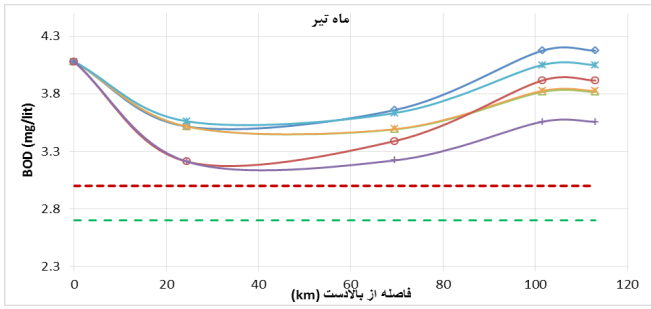


شکل ۶: قدرت خودپالایی متغیرهای کیفی رودخانه کارون سال ۸۹-۹۰

Fig. 6. Karun river self-purification potential for qualitative parameters

با توجه به نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی متغیرهای کیفی رودخانه کارون سال ۸۹-۹۰، سه شرایط ۳۰٪ کاهش جریان بار آلاینده‌های ورودی به رودخانه، ۳۰٪ کاهش غلظت بار آلاینده‌های ورودی، افزایش ۳۰٪ جریان در بالادست و کاهش ۳۰٪ بار آلاینده‌های ورودی از شاخه‌های فرعی رودخانه دز و گرگر به رودخانه کارون برای بهبود کیفیت کاربری آب رودخانه برای متغیرهای کیفیت آب در ماه‌هایی که استاندارد کاربری ارضاء نشده، مورد بررسی قرار گرفته است.





شکل ۷: شبیه سازی BOD تحت شرایط افزایش جریان در بالادست، کاهش جریان و غلظت بار آلاینده های ورودی رودخانه کارون سال ۸۹-۹۰

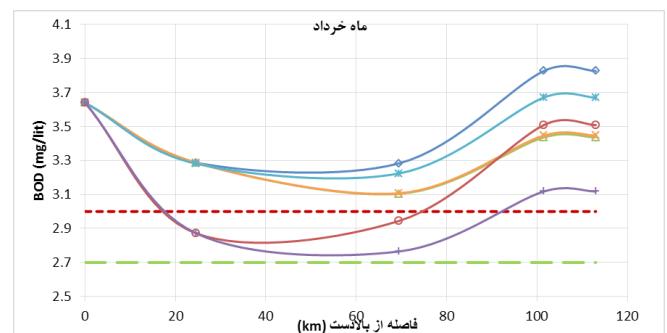
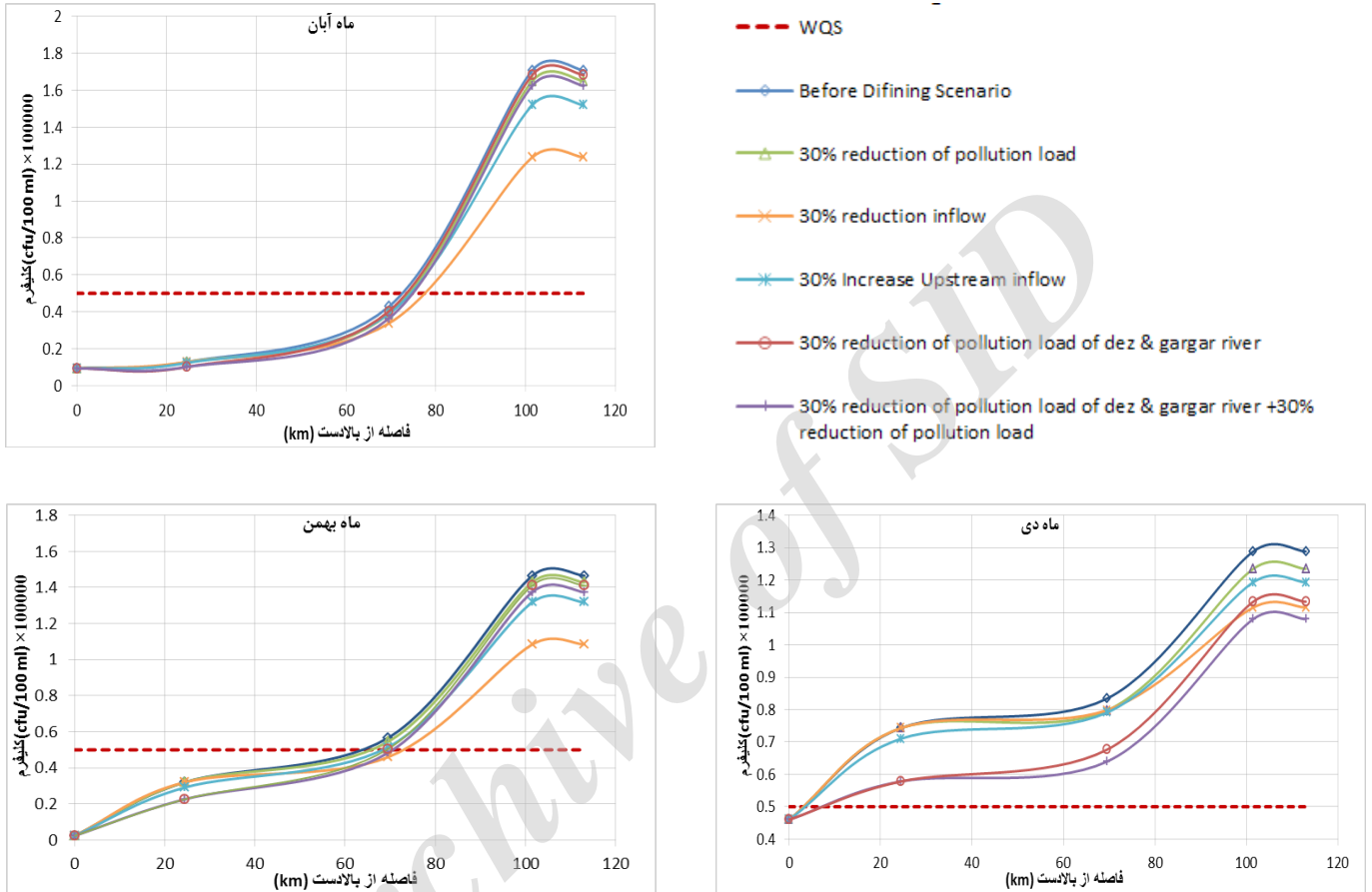


Fig. 7. Modelling BOD in situations of increasing flow rate in Karun River upstream, decreasing flow rate and concentration of entering pollutants 2010-2011

با توجه به شکل ۷ مقدار متغیر کیفی BOD، به جز در ماه مهر در سایر ماه ها بیشتر از حد استاندارد کاربری است. با کاهش ۳۰٪ بار آلاینده های ورودی از رودخانه های دز و گرگر به رودخانه کارون، وضعیت خودپالایی این متغیر کیفی بهبود می یابد که در ماه های آبان، دی، اسفند، فروردین و

متغیر کیفی نشده‌اند اما باعث بهبود شرایط کیفی رودخانه برای خودپالایی BOD شده‌اند. در ماه بهمن کاهش ۳۰٪ جریان آلاینده‌های ورودی در بازه ملاثانی تا اهواز تاثیر زیادی بر بهبود قدرت خودپالایی رودخانه برای این متغیر کیفی داشته است که از کیلومتر ۸۰ از بالادست به حد استاندارد رسیده است. در سایر ماه‌ها تاثیر کاهش ۳۰٪ جریان آلاینده‌ها و کاهش ۳۰٪ بار آلاینده‌های ورودی تاثیر یکسانی بر بهبود مقدار BOD دارند.

اردیبهشت مقدار BOD بهبود زیادی پیدا کرده و به حد مجاز رسیده است که با ورود آلاینده‌ها در بازه ملاثانی تا اهواز باعث افزایش این متغیر کیفی شده و از کیلومتر ۸۰ از بالادست بیشتر از استاندارد کاربری است که با کاهش ۳۰٪ بار آلاینده‌های ورودی از رودخانه‌های دز و گرگر به رودخانه کارون و آلاینده‌های ورودی در بازه ملاثانی تا اهواز، استاندارد کاربری را ارضاء کرده است. در سایر ماه‌ها هرچند باعث به حد استاندارد رسیدن مقدار این



شکل ۸: شبیه‌سازی کلیفرم تحت شرایط افزایش جریان در بالادست، کاهش جریان و غلظت بار آلاینده‌های ورودی رودخانه کارون سال ۹۰-۸۹

Fig. 8. Modelling Pathogens in situations of increasing flow rate in Karun River upstream, decreasing flow rate and concentration of entering pollutants 2010-2011

به رودخانه کارون و افزایش جریان در بالادست رودخانه تا کیلومتر ۸۰ تاثیر یکسانی بر بهبود مقدار کلیفرم داشته‌اند و از کیلومتر ۸۰، ۳۰٪ کاهش جریان آلاینده‌های ورودی، افزایش جریان در بالادست و کاهش آلاینده‌های ورودی در بازه ملاثانی تا اهواز به ترتیب در بهبود مقدار کلیفرم تاثیر داشته‌اند. ۳۰٪ کاهش غلظت آلاینده‌های ورودی رودخانه‌های دز و گرگر به رودخانه کارون و آلاینده‌های ورودی در بازه ملاثانی تا اهواز بیشترین تاثیر بهبود مقدار کلیفرم را داشته است. در ماه‌های آبان، بهمن و اسفند کاهش ۳۰٪

همان‌طور که از شکل ۸ مشاهده می‌شود، در ماه‌های آبان، دی، بهمن و اسفند غلظت زمینه تاثیر قابل توجه‌ای بر روی کیفیت آب رودخانه داشته بطوریکه غلظت کلیفرم در ماه‌های آبان، بهمن و اسفند از کیلومتر ۸۰ از ایستگاه عرب اُسد بالاتر از استاندارد کاربری بوده و مناسب برای ورود بار آلاینده نیست و در ماه دی با اینکه شرایط اعمال شده برای بهبود مقدار کلیفرم رودخانه، مقدار این متغیر کیفی بیشتر از حد استاندارد کیفی است. ۳۰٪ کاهش غلظت آلاینده‌های ورودی، کاهش جریان آلاینده‌های ورودی

این آلاینده به رودخانه غلظت نیترات بیشتر از فصل‌های دیگر است و این فصل مناسب برای ورود آلاینده‌ها به رودخانه کارون نیست. کاهش ۳۰٪ آلاینده‌های ورودی از رودخانه‌های دز و گرگر به رودخانه کارون و آلاینده‌های ورودی در بازه ملاثانی تا اهواز تاثیر زیادی در کاهش مقدار نیترات داشته‌اند به طوری که در ماه بهمن مقدار این متغیر کیفی تا رسیدن به حد استاندارد کاربری بهبود یافته است. در ماه دی افزایش ۳۰٪ جریان در بالادست تاثیر بیشتری نسبت به ۳۰٪ کاهش غلظت یا جریان آلاینده‌های ورودی در بازه ملاثانی تا اهواز در بهبود مقدار نیترات داشته است. با توجه به معادله (۴) و شکل ۷ تا ۹ کاهش درصدی هر یک از مقادیر غلظت یا دبی واحد صنعتی/کشاورزی، تاثیر یکسانی دارد مگر اینکه دبی جریان واحد صنعتی در مقابل دبی جریان رودخانه، عدد قابل توجهی باشد.

در تحقیقاتی که توسط باقری مرزونی و همکاران (۲۰۱۴)، شمسائی و همکاران (۱۳۸۴) و کارآموز و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی کیفیت آب رودخانه کارون پرداخته شده است وضعیت بحرانی رودخانه را گزارش داده‌اند و رودخانه در فصل زمستان بیشترین توان خودپالایی را داشته و در فصل تابستان توان خودپالایی کمتر بوده است. در این تحقیق با تحلیل متغیرهای کیفی BOD، کلیفرم و نیترات فصلی بر آن این نتیجه دریافت شد که رودخانه کارون برای متغیرهای کیفیت آب در فصل زمستان از توان خودپالایی بالایی برخوردار است و در فصل تابستان توان خودپالایی کم می‌شود.

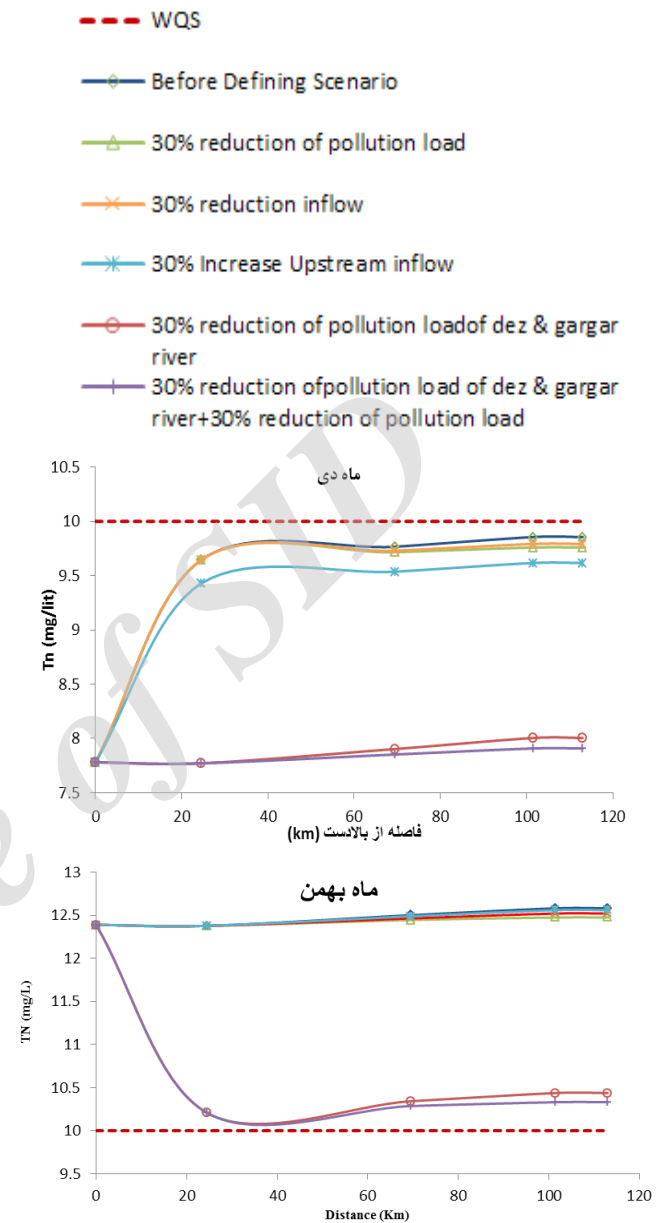
۴- نتیجه‌گیری

نتایج شبیه‌سازی صورت گرفته برای متغیرهای کیفی BOD، کلیفرم و نیترات نشان می‌دهد که غلظت نیترات در فصل زمستان به دلیل استفاده از کودهای نیترا ته برای رشد گیاهان و ورود پساب این آلاینده به رودخانه بیشتر از سایر فصل‌ها است و این فصل مناسب برای ورود آلاینده‌ها به رودخانه کارون نیست. رودخانه کارون بیشترین خودپالایی را برای کلیفرم در ماه اسفند دارد اما به طور کلی در ماه‌های گرم سال به دلیل از بین رفتن کلیفرم در اثر نور خورشید این متغیر در حد استاندارد کاربری است. کاهش ۳۰٪ غلظت آلاینده‌های ورودی از رودخانه‌های دز و گرگر به رودخانه کارون و آلاینده‌های ورودی در بازه ملاثانی تا اهواز در ماه‌هایی که این متغیرهای کیفی بیشتر از حد استاندارد کیفی بوده‌اند بیشترین تاثیر را در بهبود مقدار متغیرهای کیفی BOD و نیترات داشته است. ۳۰٪ کاهش غلظت آلاینده‌های ورودی رودخانه‌های دز و گرگر به رودخانه کارون و آلاینده‌های ورودی در بازه ملاثانی تا اهواز بیشترین تاثیر بهبود مقدار کلیفرم را داشته است.

سپاسگزاری

این تحقیق و تهیه مقالات مربوط با پشتیبانی دانشگاه تهران و شرکت سهامی آب و برق خوزستان انجام شده است که بدینوسیله قدرانی می‌شود.

جریان آلاینده‌های ورودی به رودخانه در بازه ملاثانی تا اهواز و سپس ۳۰٪ افزایش جریان در بالادست بیشترین تاثیر را در بهبود مقدار کلیفرم داشته‌اند.



شکل ۹: شبیه‌سازی نیترات تحت شرایط افزایش جریان در بالادست، کاهش جریان و غلظت بار آلاینده‌های ورودی رودخانه کارون سال ۸۹-۹۰

Fig. 9. Modelling Nitrate in situations of increasing flow rate in Karun River upstream, decreasing flow rate and concentration of entering pollutants 2010-2011

همان‌طور که از شکل ۹ مشاهده می‌شود، در ماه دی غلظت نیترات در طول مسیر افزایش یافته و در محدوده بحرانی نزدیک به استاندارد کاربری است و غلظت نیترات در ماه بهمن بیشتر از حد مجاز بوده است. در فصل زمستان به دلیل استفاده از کودهای نیترا ته برای رشد گیاهان و ورود پساب

- quality zoning: a case study of Karoon and Dez River system, (2004).
- [11] M.M. BAGHERIAN, A.M. Akhoundali, H. Moazed, N. Jaafarzadeh, J. Ahadian, H. Hasoonizadeh, Evaluation of Karun River Water Quality Scenarios Using Simulation Model Results, (2014).
- [12] M. Afkhami, M. Shariat, H.N.E. JAFARZADEH, H. Ghadiri, N.R. NABIZADEH, Developing a water quality management model for Karun and Dez Rivers, (2007).
- [13] M. Karamouz, A master plan for water pollution reduction of Karoon River in the province of Khuzestan, Khuzestan Department of Environment, (2002).
- [14] M. Karamouz, R. Kerachian, M. Akhbari, B. Hafez, Design of river water quality monitoring networks: a case study, Environmental Modeling & Assessment, 14(6) (2009) 705.
- [15] L.C. Brown, T.O. Barnwell, The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: documentation and user manual, US Environmental Protection Agency. Office of Research and Development. Environmental Research Laboratory, 1987.
- [16] S. Chapra, G. Pelletier, H. Tao, Documentation and Users Manual QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.11, Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA, (2008) 109.
- [17] S.C. Chapra, G. Pelletier, H. Tao, QUAL2K: A modeling framework for simulating river and stream water quality: Documentation and users manual, Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA, (2003).
- [18] Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision, Guideline for Application of Physical and Mathematical Models in River Engineering, Islamic Republic of Iran, 2012.
- [19] United States Environmental Protection Agency (EPA), Technical Guidance Manual for Developing Total Maximum Daily Loads. Book II: Streams and Rivers. Part 1: Biochemical Oxygen Demand/Dissolved Oxygen and Nutrients/Eutrophication, 1995.
- [20] WWF – Pakistan through consultation with stakeholders, National Surface Water Classification Criteria and Irrigation Water Quality Guidelines for Pakistan, 2007.
- [1] Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision, Guideline Manual For Assimilative Capacity Studies in Rivers, Islamic Republic of Iran, 2009.
- [2] G.A. Azimi M, Hashemi S, Barekatin S, Jafari Gol F Investigation of self-purification With the help of the results of qualitative simulation (study area: Sefidrood river), in: National Water Conference with Clean Water Approach, University of Water and Power Industry (Shahid Abbaspour), 2009. [In Persian]
- [3] N. Mehrdadi, M. Ghobadi, T. Nasrabadi, H. Hoveidi, Evaluation of the quality and self purification potential of Tajan river using QUAL2E model, Journal of Environmental Health Science & Engineering, 3(3) (2006) 199-204.
- [4] C. Fan, C.-H. Ko, W.-S. Wang, An innovative modeling approach using Qual2K and HEC-RAS integration to assess the impact of tidal effect on River Water quality simulation, Journal of Environmental Management, 90(5) (2009) 1824-1832.
- [5] R.d.A. Camargo, M.L. Calijuri, A.d.F. Santiago, E.d.A.d. Couto, Water quality prediction using the QUAL2Kw model in a small karstic watershed in Brazil, Acta Limnologica Brasiliensia, 22(4) (2010) 486-498.
- [6] F. Bottino, I.C. Ferraz, E.M. Mendiondo, M.d.C. Calijuri, Calibration of QUAL2K model in Brazilian micro watershed: effects of the land use on water quality, Acta Limnologica Brasiliensia, 22(4) (2010) 474-485.
- [7] R. Zhang, X. Qian, X. Yuan, R. Ye, B. Xia, Y. Wang, Simulation of water environmental capacity and pollution load reduction using QUAL2K for water environmental management, International journal of environmental research and public health, 9(12) (2012) 4504-4521.
- [8] M. Shamsaei, S. Oraei Zare, A. Srang, Investigation of quality and zoning of Karun and Dez river, in: Water and Wastewater Isfahan, 2005. [In Persian]
- [9] J.N. Bani Saeid N, Hashemi H and Tavasoli A Investigation of Karun water quality in GarGar reach by Qoual2k, in: Third National Congress of Civil Engineering, Tabriz University of Tabriz, Department of Civil Engineering, 2008. [In Persian]
- [10] M. Karamouz, N. Mahjouri, R. Kerachian, River water

برای ارجاع به این مقاله از عبارت زیر استفاده کنید:

Please cite this article using:

S. Moghimi Nezad, K. Ebrahimi, R. Kerachian, Investigation of Seasonal Self-purification Variations of Karun River, Iran. *Amirkabir J. Civil Eng.*, 49(4) (2018) 621-634.

DOI: 10.22060/ceej.2016.866



Archive of SID