نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۵۱۰-۱۵۰۰

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1500-1510

ارزیابی و شبیه‌سازی کیفی رودخانه تالار با استفاده از مدل QUAL2KW

سیده‌زهره هاشمی[۱]، محمدعلی غلامی سفیدکوهی[۲*]، میرخالق ضیاتبار احمدی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۱۷

چکیده

افزایش تقاضای آب، بروز خشک‌سالی و تغییرات اقلیمی، گسترش منابع آلاینده علاوه بر تهدید اکوسیستم آبی، تامین نیاز آب شرب و کشاورزی اراضی پایاب را تحت تاثیر قرار می‌دهد. هدف از این پژوهش، شناخت وضعیت کیفی آب رودخانه تالار به‌منظور بررسی اثر استفاده از آب این رودخانه برای آبیاری اراضی پایین‌دست می‌باشد. بر این اساس، با استفاده از مدل شبیه‌سازی عددی کیفی QUAL2KW، روند تغییر پارامترهای مهم کیفی آب نظیر اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی کربنی ($CBOD_u$)، اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، نیترات (NO_3^-) و فسفات (PO_4^{3-}) در رودخانه تالار استان مازندران بررسی شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی کیفی رودخانه تالار نشان داد که مدل QUAL2KW برآورد مناسبی از شرایط کیفی رودخانه ارایه می‌دهد. دقیق‌ترین شبیه‌سازی با کم‌ترین خطای میانگین مربعات (۰/۰۱۷) و میانگین مربعات خطای (۰/۱۳۹) میلی‌گرم بر لیتر مربوط به پارامتر pH در ماه بهمن بود. هم‌چنین کم‌ترین دقت در شبیه‌سازی پارامتر $CBOD_u$، در ماه آبان با ضریب تغییر خطای میانگین مربعات (۰/۴۵) و میانگین مربعات خطای (۴/۵) میلی‌گرم بر لیتر برآورد شد. بیش‌ترین تغییرات افزایشی در روند نمودارها، در خروجی شهرهای قایم‌شهر و کیاکلا رخ داد که می‌تواند ناشی از تاثیر ورود فاضلاب و شیرابه‌ی زباله این دو شهر به رودخانه تالار باشد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب، مدل شبیه‌سازی، منابع آلاینده، واسنجی

مقدمه

امروزه توسعه جوامع شهری، کشاورزی، صنعتی اهمیت توجه به کیفیت منابع آبی موجود را علاوه بر کمیت این منابع، نمایان ساخته است (وزارت نیرو ، ۱۳۸۸ ؛ قربانی و همکاران، ۱۳۹۶). هم‌چنین محدودیت منابع آب، ارزان بودن قیمت آب، عدم مدیریت صحیح کشاورزی، ورود آلاینده‌های صنعتی، شهری و کشاورزی هم‌چنین نبود یا ناکارایی سامانه‌های کنترل و نظارت بر آلودگی آب و توجه به تغییرات اقلیمی و اقتصادی – اجتماعی، منابع آبی در سراسر جهان در مرحله‌ی بحرانی بوده و مشکل کمبود و آلودگی آن برای جهانیان مسایل زیادی را به وجود آورده است (وزارت نیرو ، ۱۳۸۸). ورود زه‌آب کشاورزی و پس‌آب‌های شهری به رودخانه، به‌عنوان منابع آب برگشتی قابل دسترس در مناطقی که با کمبود آب آبیاری مواجه می‌باشند، از اهمیت خاصی برخوردار است (قادری و همکاران، ۱۳۹۵؛ Zheng et al., 2004). نگرانی اصلی استفاده مجدد از این منابع جدید، کیفیت آن می‌باشدکه علاوه بر تامین سلامت اکوسیستم زنده رودخانه‌ها، نوع گیاه قابل کشت در پایین‌دست و حاصل‌خیزی خاک را تعیین می‌کند (وزارت نیرو ، ۱۳۸۸؛ Ouyang et al., 2006). در ایران با بروز خشک‌سالی و اهمیت تامین منابع آبی و حفاظت و بهره‌برداری از آن مورد توجه قرار گرفته است (کارآموز و کراچیان، ۱۳۸۷). با توجه به حجم بالای زه‌آب‌ها در کشور (بالغ بر ۳۰ میلیارد مترمکعب) و سهم حدود ۸۷ درصدی بخش کشاورزی در تولید آن، بررسی کیفی منابع آب و تخمین پارامترهای موثر بر کیفیت آب ضرورت دارد. از آن‌جا که پایش کیفی آب رودخانه‌ها مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد می‌باشد، استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی عددی کیفی آب با توجه به هزینه نسبتا ارزان استفاده از این مدل‌ها و قابلیت بالای آن‌ها در زمینه تشخیص، ارزیابی و پیش‌بینی شرایط کیفی آب در شرایط موجود و آینده، به ابزار مناسب و کارآمد در تعیین و ارزیابی اثرات پارامترهای مختلف در مدیریت کیفی پیکره‌های آبی تبدیل شده است (کارآموز، ۱۳۸۷؛ خواجه‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). بر این اساس پژوهش‌های متعددی به‌منظور شبیه‌سازی کیفی آب رودخانه‌ها انجام شد.

رزاقیان و همکاران (۱۳۹۴)، وضعیت کیفی رودخانه قره‌سو واقع در کرمانشاه را با اعمال سناریوی احداث تصفیه‌خانه و کاهش پنجاه درصدی بار آلودگی، توسط مدل QUAL2KW شبیه‌سازی نمودند.

۱- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(* - نویسنده مسئول: (Email: magholamis@yahoo.com

نتایج نشان داد که در یک بازه معین بعد از شهر کرمانشاه، به‌دلیل قدرت خود پالایی رودخانه و افزایش ضریب هوادهی، مقدار اکسیژن محلول بهبود می‌یابد. شکری و همکاران (۱۳۹۴)، به بررسی پارامترهای آمونیوم (NH_4^+) و نیترات (NO_3^-) روی رودخانه گرگر در استان چهارمحال و بختیاری توسط مدل QUAL2KW پرداختند. نتایج نشان داد اهم منابع و مراکز آلاینده رودخانه گرگر را می‌توان فاضلاب‌های روستاهای مسیر، پساب‌ها و فاضلاب‌های ماهی‌سراها، حوضچه‌های پرورش ماهی و زهکش‌های کشاورزی دانست. بوستانی و گوهرکانی (۱۳۹۳) روند تغییرات کیفیت آب رودخانه بشار واقع در شهر یاسوج را با مدل QUAL2K شبیه‌سازی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد، مقدار نوسان‌های اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی (BOD) این رودخانه در شهریورماه بیش‌تر از اسفندماه می‌باشد و روند تغییر غلظت EC در طول رودخانه تقریبا یکسان برآورد شد. هم‌چنین ظرفیت خودپالایی مناسب رودخانه می‌تواند علت مقدار بالای اکسیژن محلول (DO) در این رودخانه باشد. محمدی گل‌افشانی و همکاران (۱۳۹۱)، با استفاده از مدل WASP[1] به شبیه‌سازی رودخانه تالار پرداختند. نتایج نشان از انطباق مناسب بین داده‌های شبیه‌سازی شده و واقعی دارد. روند تغییرات پارامتر DO در طول مسیر صعودی و در مواردی ثابت بود، در صورتی‌که پارامتر BOD روندی ثابت و حتی افزایشی را در طول رودخانه طی کرد. پژوهش اخیر نشان داد که ورود فاضلاب‌های ناشناخته، از علل ثابت نگه‌داشتن مقدار BOD محسوب می‌شود. شهریاری و همکاران (۱۳۹۰)، از مدل ریاضی QUAL2KW برای شبیه‌سازی کیفی رودخانه کارون استفاده کردند. شبیه‌سازی با دو فرضیه انتقال آب، برای تیرماه انجام شد. نتایج شبیه‌سازی نشان‌دهنده وضعیت آلوده و نامطلوب رودخانه در ماه‌های خشک و کم‌آب بود.

پارامترهای کیفی خودپالایی، پاتوژن، BOD, NO_3^-, DO در طول ۱۱۳ کیلومتر از رودخانه‌ی کارون تحت سناریوهای افزایش آلودگی، کاهش آلودگی و افزایش جریان (تغییر ۳۰ درصدی در هرکدام) در رودخانه مورد بررسی قرار گرفت (Moghimi Nejad et al., 2018). نتایج نشان داد، کاهش نیترات در ماه‌های ژانویه و فوریه و کاهش BOD برای هر ماه به جز ماه اکتبر تا ۳۰٪، تاثیر مثبتی بر کیفیت آب رودخانه داشت. کاهش ۳۰ درصدی میزان فاضلاب حاوی پاتوژن‌ها بیش‌ترین تاثیر را بر کیفیت آب رودخانه داشت. شارما و همکاران، پارامترهایی نظیر DO, TN, CBODf و کلیفرم کل در رودخانه یومانای هند مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که پیش-بینی‌های DO، CBODf، TN، و TC نسبت به جریان آب بالادست و ورودی‌های نقطه‌ای بسیار حساس هستند. تجزیه و تحلیل عدم قطعیت با استفاده از شاخص مونت کارلو نشان داد که داده‌های ورودی مطابق با شرایط رودخانه شبیه‌سازی شده است (Sharma et al., 2017). آلام و همکاران به‌منظور بررسی امکان استفاده مجدد از آب زهکشی به بررسی زهکش غربی دلتای نیل در کشور مصر با ترکیب مدل شبیه‌سازی QUAL2KW و شاخص‌های کمی و کیفی پرداختند. پارامترهای فسفات کل (TP)، نیترات کل (TN) و کل مواد جامد محلول (TDS) منطبق بر استاندارد مصر بوده و می‌توان در بخش‌های مختلف از آن استفاده کرد (Allam et al., 2015). کالبورگی و همکاران در بررسی رودخانه گاتاپرابها در هندوستان با استفاده از مدل QUAL2K، به این نتیجه رسیدند که به جز در مواردی خاص، دقت مدل مناسب بوده و رابطه خوبی بین داده‌های واقعی و داده‌های شبیه‌سازی شده وجود دارد. هم‌چنین مقادیر SE مربوط به پارامترهای BOD و DO در مرحله صحت‌سنجی به ترتیب ۱/۴۱ و ۰/۲۸ به‌دست آمد (Kalburgi et al., 2015). احمد راشد و السید با به‌کارگیری مدل QUAL2K در کانال اسماعیلیه ورودی به دریاچه تمساح در حوضه آبریز مصر و بررسی برخی پارامترهای کیفی آب دریافتند که این مدل ابزار مناسبی برای ارزیابی مقایسه‌ای برنامه‌های بهبود کیفیت منابع آب به ویژه در پارامترهای کیفیت نمک و آب که جزو شاخصه‌های اصلی استفاده مجدد از زه‌آب در کشاورزی هستند، می‌باشد. هم‌چنین کاهش تخلیه زه‌آب‌ها به کانال باعث کاهش بار آلودگی ورودی به دریاچه می‌گردد و ممکن است به حفظ فعالیت گیاهان و جانداران کمک کند (Rashed and El-sayed., 2014).

ژانگ و همکاران توسط مدل QUAL2K پارامترهایی مثل اکسیژن محلول، اکسیژن‌خواهی شیمیایی، نیترات و فسفر آلی در دریاچه تایهو در چین را بررسی کردند. سناریوی پشگیری از ورود آلاینده‌ها به رودخانه نسبت به کنترل این مواد در دریاچه مناسب‌تر ارزیابی شد و پیشنهاد شد تا ابزارهای لازم برای کنترل آلودگی در درازمدت روی رودخانه نصب شود (Zhang et al., 2014). الیوریا و همکاران در بررسی پارامترهای نیترات و فسفات رودخانه سرتیمار[2] پرتغال، با استفاده از مدل QUAL2KW به این نتیجه رسیدند که برای حفظ تعادل رودخانه از لحاظ مواد مغذی می‌بایست بارهای آلاینده واقعی نیتروژن و فسفات، ۵ تا۱۰ برابر کاهش یابد (Oliveira et al., 2011). برداشت‌های روزافزون آب از یک‌سو و ورود پساب های شهری، صنعتی و کشاورزی به رودخانه از سوی دیگر و گسترش منابع آلاینده در مسیر رودخانه تالار، نگرانی در استفاده مجدد از این منابع آب در پایین‌دست را به دنبال دارد. به نظر می‌رسد که ورود منابع آلاینده به‌عنوان عامل محدودکننده مصرف آب برای بخش کشاورزی در مسیر رودخانه باشد و بار آلایندگی رودخانه در ایام کشاورزی از ماه‌های دیگر بیش‌تر باشد. شناخت وضعیت کیفی آب

1- Water quality analysis simulation program

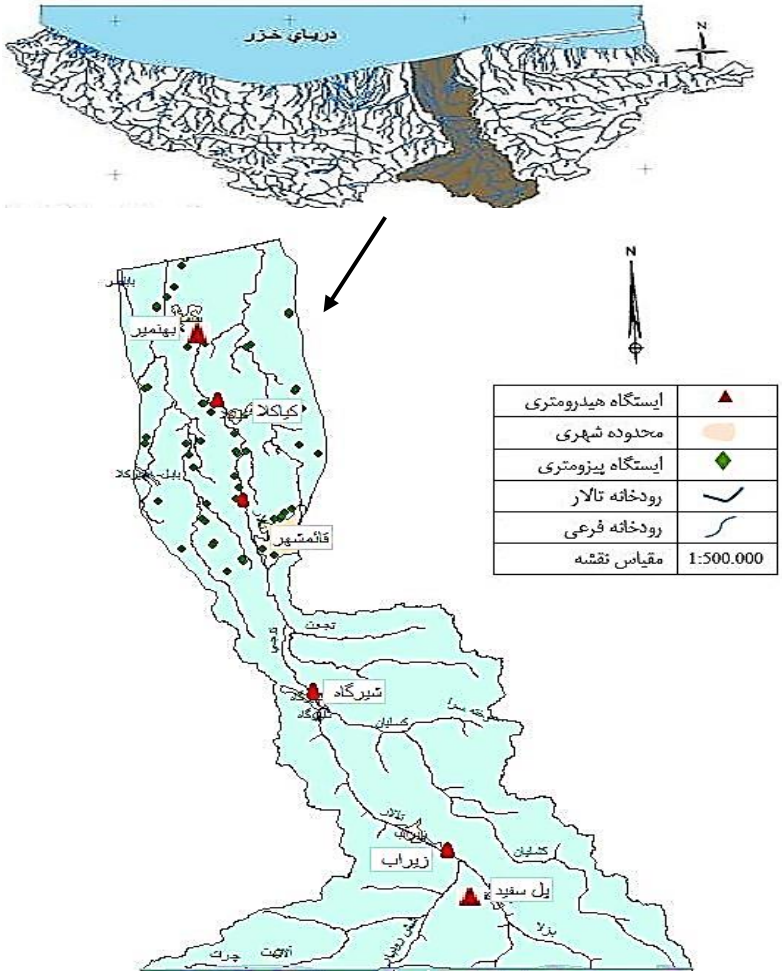
2- Certima

رودخانه تالار و بررسی امکان استفاده از این رودخانه برای آبیاری اراضی پایین‌دست و بخش‌های دیگر در فصول پرباران از اهداف اصلی انجام این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه‌ی تالار در استان مازندران از ارتفاعات سوادکوه سرچشمه می‌گیرد و در بخش مرکزی از کوهستان خارج و پس از مشروب نمودن دشت، جلگه میانی و ساحلی اطراف، به دریای مازندران (خزر) می‌ریزد. رودخانه دارای آب دایم بوده و عمق آن در مواقع بارندگی حتی تا ۶ متر می‌رسد. تالار دارای رژیم برفی – بارانی است متوسط آورد سالانه رودخانه معادل ۴۵۲ میلیون مترمکعب آب، تخمین زده می‌شود. بر اساس اطلاعات موجود به منظور تامین نیاز آبی گیاهان کشت شده (کشت غالب برنج) سالیانه ۹۲ میلیون مترمکعب از آب این رودخانه به منظور مصارف کشاورزی برداشت می‌شود (مهندسین مشاور شرکت مطالعاتی آب و خاک کشور ، ۱۳۸۸). محدوده‌ی پژوهش در این رودخانه از ایستگاه هیدرومتری و کیفی پل‌سفید تا ایستگاه بهنمیر به طول تقریبی ۸۷ کیلومتر، شامل ایستگاه‌های اندازه‌گیری پل‌سفید، زیرآب، شیرگاه، قایم‌شهر، کیاکلا، بهنمیر می‌باشد. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های موردنظر را نشان می‌دهد.

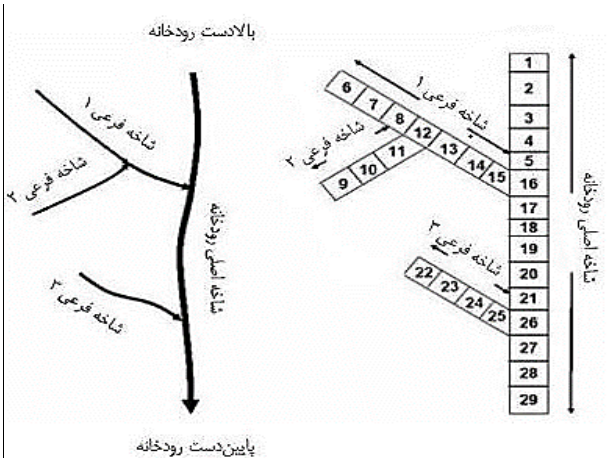


شکل ۱- موقعیت رودخانه اصلی و فرعی، شهرها و ایستگاه‌های اندازه‌گیری مستقر در طول رودخانه تالار

مدل QUAL2KW

به‌منظور شبیه‌سازی کیفی رودخانه تالار از مدل QUAL2KW استفاده شد. ورودی‌های این مدل به صورت ماکرو در اکسل نوشته می‌شود. هم‌چنین امکان استفاده از دو زبان فرترن و ویژوال بیسیک برای اجرای برنامه وجود دارد (عاشق‌معلا، ۱۳۹۴)، اما از آن‌جایی که برنامه فرترن سریع‌تر از ویژال بیسیک اجرا می‌شود، در این پژوهش از این برنامه استفاده شد. در این مدل علاوه بر شبیه‌سازی یک‌بعدی جریان در حالت ماندگار و غیریکنواخت، رودخانه‌ها به عنوان یک دسته از ناحیه‌ها تصور می‌شوند (کارآموز و کراچیان،۱۳۸۷؛ عاشق‌معلا، ۱۳۹۴؛ EPA, 2006). بطورکلی این مدل رودخانه را به عنوان

مجموعه‌ای از نواحی با خصوصیات جغرافیایی و هیدرولیکی یکسان در نظر می‌گیرد (سارنگ و همکاران، ۱۳۸۶؛ Chapra et al., 2006؛ Seok Soon and Lee 2002). شکل ۲ ساختار تقسیم‌بندی بازه‌های رودخانه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- تقسیم‌بندی و شماره‌گذاری در بازه‌های اصلی و فرعی رودخانه‌ها در مدل

در طول رودخانه، با فرض اختلاط کامل برای هر المان، موازنه‌ی جریان رودخانه در حالت جریان پایدار طبق رابطه‌ی ۱ صورت می‌پذیرد.

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{out,i} \quad (۱)$$

که در آن: Q_{i-1}= میزان جریان خروجی از بازه‌ی i-1 (m^3)، $Q_{in,i}$= جریان ورودی از تمامی منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای به بازه‌ی i (m^3)، Q_i= میزان جریان خروجی از بازه‌ی i (m^3)، $Q_{out,i}$= جریان خروجی از تمامی منابع به بازه‌ی i (m^3).

معادله یک بعدی انتقال جرم، جابجایی – انتشار به عنوان معادله اساسی و حاکم بر مدل QUAL2KW می‌باشد. برای هر پارامتر کیفی (C) این معادله به صورت رابطه ۲ نوشته می‌شود.

$$\frac{dc_i}{t} = \frac{Q_{i-1}}{V_i} C_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i} C_i - \frac{Q_{ab,i}}{V_t} C_i + \frac{E_{i-1}}{V_i}(C_{i-1}-C_i) + \frac{E_i}{V_i}(C_{i+1}-C_i) + \frac{W_i}{V_i} + S_i \quad (۲)$$

که در آن: C_i= غلظت پارامتر کیفی در المان i (g/m^3)، V_i= حجم المان i (m^3)، t= زمان (d)، E_i= ضریب انتشار بین المان i و i-1 (m^3/d)، Q_i= دبی جریان المان i (m^3/d)، W_i= بارگذاری خارجی پارامترکیفی به المان i (g/d)، S_i= تولید و مصرف پارامتر کیفی در اثر واکنش‌ها و مکانیسم انتقال جرم در المان i ($g/m^3/d$) (۳). با استفاده از مدل شبیه‌سازی عددی کیفی (QUAL2KW)، روند تغییرات پارامترهای مهم کیفی آب نظیر اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی (CBODu)، اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، نیترات (NO_3^-) و فسفات (PO_4^{3-}) بررسی شد. بدین منظور میانگین داده‌های موجود ماهانه از سال ۱۳۹۴-۱۳۶۰ در شش ایستگاه شرکت آب منطقه‌ای و محیط زیست استان در طول رودخانه به مدل وارد شد. واسنجی مدل براساس میانگین داده‌های سی و چهار ساله ماه کم‌آب (تیرماه) و به روش خودکار انجام شد. صحت‌سنجی مدل بر اساس داده‌های ماه پرآب (آبان و بهمن) در یک دوره‌ی شش ماهه از سال آبی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ انجام یافت. به‌علت عدم وجود اطلاعات در ماه‌های دیگر و مصرف آب سطحی در بخش‌های دیگر مانند شرب و صنعت در فصول پرآب (تاخیر بین زمان مصرف کود و سموم در زمین‌های کشاورزی در تابستان و نشت و تاثیر آن بر منابع آبی به‌علت بارش در پاییز و زمستان) از این دو ماه استفاده شد. برای ارزیابی شبیه‌سازی مدل از شاخص‌های (RMSE)[1] و (CVRMSE)[2] استفاده شد.

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum(O_i - P_i)^2}}{N} \quad (۳)$$

$$CVRMSE = \frac{RMSE}{\sum(Oi)/N} \quad (۴)$$

که در آن: RMS= مجذور میانگین مربعات خطا و Q_i= داده‌های واقعی و P_i= داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل، N= تعداد مشاهدات (ایستگاه‌ها) و CVRMSE= ضریب تغییرات مجذور میانگین مربعات خطا می باشد (کارآموز و کراچیان، ۱۳۸۷؛ Chapra et al., 2006).

نتایج و بحث

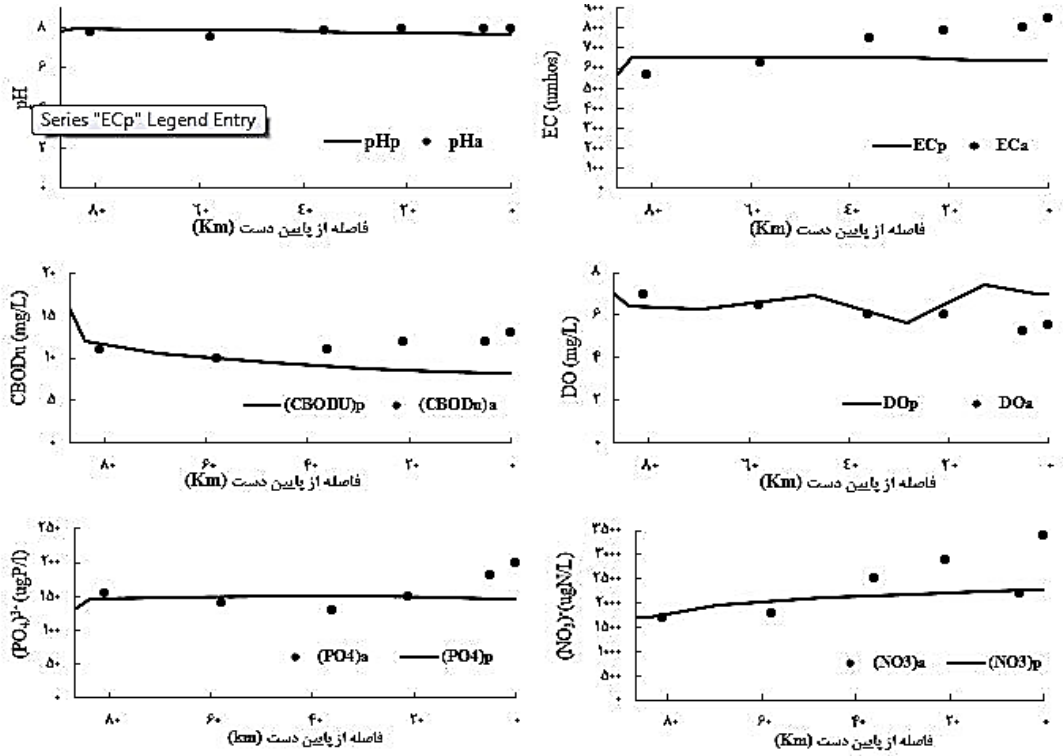
جدول ۱ مقادیر میانگین داده‌های بیشینه، متوسط و کمینه

1- Root-Mean-Square error
2- Coefficient of variation RMSE

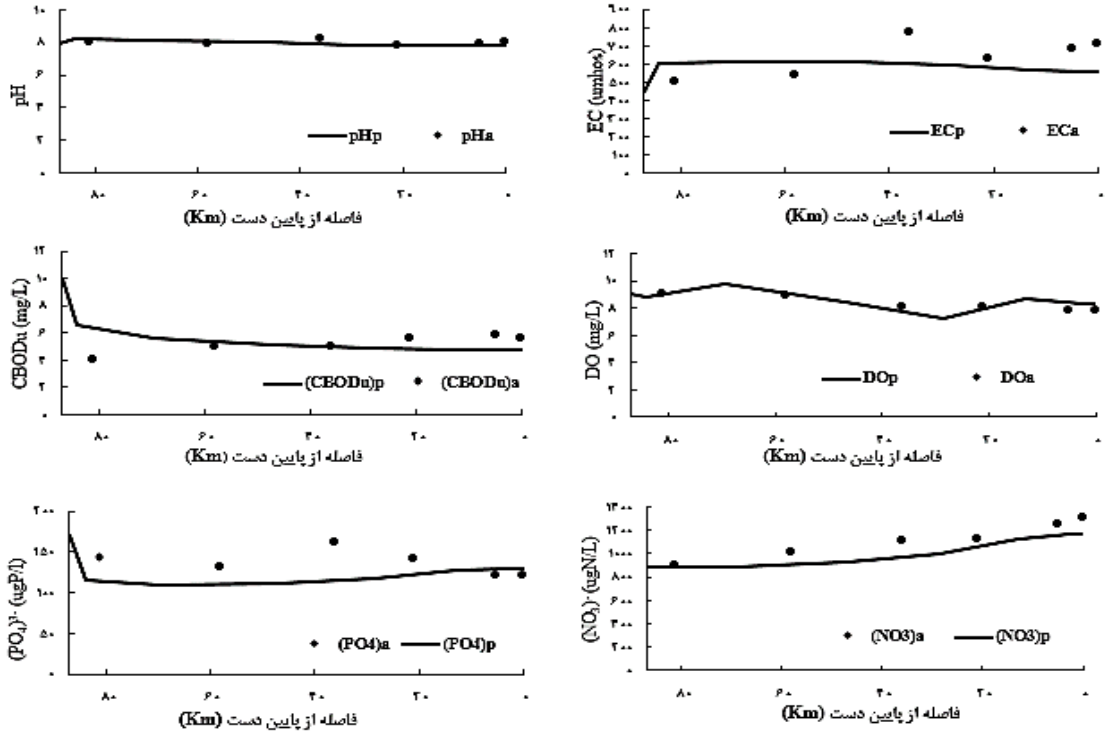
پارامترهای تاثیرگذار مدل را نشان می‌دهد. شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب روند تغییرات مقادیر غلظت پارامترها در طول مسیر رودخانه تالار طی ماه‌های آبان و بهمن را نشان می‌دهند.

جدول ۱- مقادیر میانگین ماهانه بیشینه، متوسط و کمینه پارامترهای تاثیرگذار بر کیفیت رودخانه

پارامتر	ایستگاه	Tw °c	Q m3/s	DO mg/l	CBODu mg/l	EC µmhos/cm	NO3- mgN/l	T.P mgP/l	pH
بیشینه	پل‌سفید	۲۲	۶	۹	۱۱	۱۲۸۰	۲۸۰۰	۱۵۴	۸
	زیرآب	۲۴	۶/۴	۸/۹	۱۰	۱۳۰۵	۱۸۰۰	۱۶۰	۸/۴
	شیرگاه	۲۳	۹	۸	۱۱	۱۵۷۲	۳۳۰۰	۱۹۰	۸/۱۶
	قایم‌شهر	۳۰	۱۳/۹	۸	۱۲	۱۶۵۰	۴۳۰۰	۲۲۰	۷/۹
	کیاکلا	۲۹	۱۴	۷/۸	۱۲	۱۴۷۶	۵۶۰۰	۲۳۰	۸
	بهنمیر	۳۰	۱۴	۷/۸	۱۳	۱۵۰۰	۵۷۰۰	۲۹۰	۸/۱
متوسط	پل‌سفید	۱۲/۵	۳/۴	۸	۸	۷۲۰	۱۷۰۰	۱۳۵	۷/۸
	زیرآب	۲۰	۵	۷/۸	۷/۵	۷۵۰	۱۴۰۰	۱۵۰	۸
	شیرگاه	۱۶	۸	۷/۶	۷	۱۰۵۰	۲۲۰۰	۱۶۰	۷/۸
	قایم‌شهر	۲۱	۹	۷/۸	۸	۱۲۰۰	۲۲۵۰	۱۸۰	۷/۷
	کیاکلا	۲۱	۱۰	۶/۵	۸/۵	۱۳۲۰	۳۴۰۰	۱۸۵	۸
	بهنمیر	۲۰	۱۱	۷/۵	۹	۱۱۰۰	۳۵۰۰	۲۰۵	۸
کمینه	پل‌سفید	۱۳	۱/۱۵	۷	۴/۵	۵۰۰	۸۹۰	۱۰۰	۷/۷
	زیرآب	۱۴	۳/۶	۶/۵	۵	۵۳۲	۱۰۰۰	۱۳۰	۷/۵۴
	شیرگاه	۱۱	۴/۲	۶	۵	۷۵۰	۱۱۰۰	۱۳۰	۷/۶
	قایم‌شهر	۱۴	۴/۶	۶	۵/۵	۶۲۳	۱۱۲۰	۱۴۰	۷/۶
	کیاکلا	۱۲	۵	۵/۲۷	۵/۸	۶۸۰	۱۲۵۰	۱۲۰	۷/۹
	بهنمیر	۱۰	۵	۵/۵	۵/۵	۷۰۵	۱۳۰۰	۱۲۰	۷/۹۶



شکل ۳- روند تغییرات غلظت پارامترهای کیفی رودخانه تالار در ماه آبان



شکل ٤- روند تغییرات غلظت پارامترهای کیفی رودخانه تالار در ماه بهمن

تغییرات pH

بر اساس استاندارد کیفیت آب محیط زیست، مقدار مجاز pH برای مصرف کشاورزی رودخانه‌ها بین (۸/۵-۶/۵) می‌باشد (کارآموز و کراچیان،۱۳۸۷). روند تغییرات غلظت pH در طول مسیر رودخانه تالار در ماه‌های پرآب (آبان و بهمن) تقریبا ثابت می‌باشد و در هر دو ماه مورد بررسی، مقداری بیش‌تر از ۸/۱ ثبت نشده‌است که تفاوت زیادی بین مقادیر اندازه‌گیری شده (واقعی) در این دو ماه وجود ندارد. با ورود رودخانه از قسمت کوهستانی به قسمت هموار و دشت، با بیش‌ترین سطح زیرکشت در مسیر رودخانه، میزان pH در حد استاندارد باقی‌ماند. مقدار خطاهای استاندارد محاسبه شده در ماه بهمن برای پارامتر pH، برابر RMSE=۰/۱۳۹ و CVRMSE=۰/۰۱۷ می‌باشد. در خروجی شهر قایم‌شهر (کیلومتر ۳۲) تفاوت اندکی بین داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده وجود دارد که می‌تواند ناشی از ورود منابع آلاینده نظیر پساب کارگاه‌های متعدد باشد. کم‌ترین RMSE و CVRMSEدر ماه آبان از میان پارامترهای بررسی شده که نشان‌دهنده‌ی شبیه‌سازی مناسب مدل می‌باشد در این ماه اتفاق افتاد.

تغییرات EC

مدل، روند نمودار غلظت EC را نزولی و در برخی موارد ثابت نشان داد. در ماه پرآب (آبان) بارندگی املاح و مواد آلاینده‌ی موجود در خاک را که از تابستان به‌علت نبود باران کافی در خاک مانده‌است، شسته و وارد رودخانه می‌کند به‌همین علت انحلال و انتقال مواد آلاینده از منابع مختلف مانند زباله‌های شهری به رودخانه راحت‌تر رخ می‌دهد که تاثیر آن بر روند شبیه‌سازی پارامترهایی چون EC نمایان می‌شود. EC_a مقدار واقعی EC و EC_p مقدار شبیه‌سازی شده‌ی پارامتر توسط مدل می‌باشد.

تغییرات DO

روند تغییرات DO در طول رودخانه در هر دو ماه نوسانی - کاهشی می‌باشد و مدل نیز توانسته است برآورد مناسبی از این پارامتر داشته باشد. این روند در کیلومتر ۷۰ و ۸۲ به علت ورود سرشاخه‌های تجون و شش‌رودبار به رودخانه‌ی تالار و شیب‌دار بودن بستر رودخانه در این قسمت، افزایشی می‌باشد. میزان اکسیژن محلول در ماه آبان در این دو مقطع به ترتیب ۰/۶۱ و ۰/۶۴ و در ماه بهمن ۹/۶ و ۸/۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و مقادیر شاخص در ماه بهمن برابر با RMSE=۰/۶۸، CVRMSE=۰/۰۲۳ به‌دست آمد. در ادامه غلظت DO با ورود رودخانه به پهنه‌ی دشت و کم شدن تدریجی شیب بستر و ورود آلاینده‌های شهری و صنعتی، روندی کاهشی به خود می‌گیرد اما پس از عبور از محدوده‌ی شهری کیاکلا و بهنمیر تغییر روند می‌دهد. DO و CBODu به عنوان فاکتورهای مهم مرتبط با شرایط زندگی جانداران آبزی و تعیین میزان آلودگی در کیفیت آب اهمیت پیدا می‌کند. با توجه به نمودارهای شبیه‌سازی شده می‌توان نتیجه

گرفت طی ماه‌های مورد بررسی، DO روندی نوسانی کاهشی و CBODu دارای روندی نوسانی افزایشی می‌باشد که این امر حکایت از ورود منابع آلاینده ناشناخته در مسیر رودخانه، بالاخص در پایین‌دست، دارد که میزان تغییرات CBODu را در طول رودخانه ثابت نگه داشته است. اما با این حال میزان این دو پارامتر در هیچ‌یک از ماه‌ها از حدود استاندارد معرفی شده کم‌تر نمی‌باشد. بارش زیاد در ماه‌های آبان و بهمن و فعال بودن معادن شن و ماسه در حاشیه رودخانه و ورود پساب این معادن به رودخانه می‌تواند از دلایل موثر بر این امر باشد.

تغییرات $CBOD_u$

نمودار شبیه‌سازی غلظت اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی کربنی با حرکت به سمت پایین‌دست روندی تقریبا ثابت دارد اما مقادیر واقعی دارای روندی افزایشی در طول مسیر رودخانه می‌باشد. مقدار RMSE و CVRMSE در ماه آبان به ترتیب 4/5 (mg/l) و ۰/۴۵ و در ماه بهمن 1/23 (mg/l) و ۰/۱۷۸ می‌باشد. چنان‌چه مشخص است اختلاف بین مقادیر شبیه‌سازی شده و واقعی در ماه آبان بیش‌تر از ماه بهمن می‌باشد. در شرایط واقعی رودخانه، عواملی مانند میزان دمای آب، میزان دبی رودخانه و غیره متغییر می‌باشد در صورتی‌که شبیه‌سازی در مدل برای بازه‌های انتخابی با فرض ثابت در نظر گرفتن این مقادیر از ابتدا تا انتهای بازه انجام می‌شود که می‌تواند از عوامل موثر در ایجاد این اختلاف باشد. هم‌چنین ورود منابع ناشناخته آلاینده به رودخانه در ایجاد این روند موثر می‌باشد. در هر حال غلظت $CBOD_u$ برای ماه‌های آبان و بهمن از محدوده‌ی استاندارد آب رودخانه‌ها تجاوز نمی‌کند. روند تغییرات این پارامتر از میان‌دست (قایم‌شهر) تا پایین‌دست (بهنمیر) که بیش‌ترین سطح زیر کشت کشاورزی را در مسیر رودخانه‌ی تحت پوشش خود دارد نشان‌دهنده‌ی آن است که پارامتر $CBOD_u$ عامل محدود کننده‌ای برای آبیاری اراضی کشاورزی پایین‌دست نمی‌باشد.

تغییرات NO_3^-

تغییرات غلظت -NO3 در طول رودخانه از بالادست به پایین-دست روندی افزایشی دارد. این روند تا خروجی شهرهای قایم‌شهر و کیاکلا باقی است ولی در ادامه نرخ تغییرات کاهش می‌یابد. مقدار RMSE و CVRMSE در ماه آبان به ترتیب 450 (mgN/l) و ۰/۲ و در ماه بهمن 94 (mgN/l) و ۰/۰۸ می‌باشد. علت اختلاف موجود بین نمودار داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده در آبان ورود منابع آلاینده نامشخص در طول مسیر می‌باشد. با توجه به عدم رونق بخش کشاورزی در ماه بهمن روند افزایشی نمودارهای شبیه‌سازی شده حفظ شد که می‌تواند به‌علت تاثیرپذیری غلظت نیترات رودخانه از ورود پساب‌های صنعتی و شهری در خروجی شهرهای قایم‌شهر و کیاکلا باشد. بطور کلی می‌توان گفت مدل توانایی مناسبی برای شبیه‌سازی پارامتر نیترات، دارا می‌باشد. هر چند روند تغییرات در طول مسیر رودخانه افزایشی می‌باشد، اما از محدوده استاندارد آب‌های سطحی تجاوز نکرد که نشان دهنده‌ی توان مناسب رودخانه، در پالایش غلظت نیترات در ماه‌های مورد بررسی دارد. تغییرات ورود منابع آلاینده صنعتی که به صورت منابع نقطه‌ای به مدل وارد شد نقش موثری در روند نمودارها ایجاد نکرد.

تغییرات PO_4^{3-}

نتایج شبیه‌سازی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری طی سه ماه، روند افزایشی تغییرات غلظت PO_4^{3-} از ایستگاه پل‌سفید تا بهنمیر را نشان می‌دهد. اگرچه در بحرانی‌ترین حالت، بیش‌ترین میزان PO_4^{3-} در ماه آبان برابر ۰/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر و در ماه بهمن ۰/۱۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد، استفاده از آب این رودخانه در مسیر رودخانه محدودیتی برای اهداف کشاورزی ایجاد نمی‌نماید. نرخ تغییرات شبیه‌سازی شده‌ی پارامتر نیترات در ماه‌های مورد بررسی افزایشی بوده در صورتی‌که تغییرات شبیه‌سازی شده در پارامتر فسفات کل، روندی نوسانی – کاهشی دارد. نرخ افزایشی روند تغییرات نیترات در طول مسیر رودخانه، در ماه رونق کشاورزی و در ماه عدم رونق کشاورزی (کشت برنج)، نشان‌دهنده‌ی آن می‌باشد که بخش کشاورزی نقش موثری در افزایش نیترات در طول مسیر رودخانه ندارد. برخلاف آن روند تغییرات فسفات کل در ماه رونق کشاورزی افزایشی و در دو ماه دیگر روندی کاهشی – ثابت دارد. با توجه به اختلاف روند موجود در تغییرات این دو پارامتر (نیترات و فسفات) در ماه‌های مورد بررسی، می‌توان گفت که پارامتر فسفات بیش‌تر از نیترات تحت تاثیر بخش کشاورزی در پایین‌دست قرار می‌گیرد. اما در نهایت استفاده از آب این رودخانه در مسیر، محدودیتی برای اهداف کشاورزی ایجاد نمی‌کند. جدول ۲ و ۳ به ترتیب مقادیر آماره‌های کیفی در آبان و بهمن را نشان می‌دهد. به طور کلی ملاحظه می‌شود که مدل توانسته است با دقت مناسب پارامترهای مذکور را شبیه‌سازی نماید.

مقدار خطاهای استاندارد محاسبه شده در ماه بهمن برای پارامتر pH برابر RMSE=۰/۱۳۹، CVRMSE=۰/۰۱۷ و در پارامتر DO برابر RMSE=۰/۶۸، CVRMSE=۰/۰۲۳ می‌باشد. در این بین، بهترین شبیه‌سازی در ماه بهمن، در پارامترهای DO و pH انجام شد، و می‌توان گفت به طور نسبی دقت مدل در شبیه‌سازی پارامتر CBODu کم‌تر از سایر پارامترها می‌باشد. در این بین، مدل دقیق‌ترین شبیه‌سازی را در ماه بهمن، برای پارامتر DO و pH انجام داده است.

جدول ۲- شاخص‌های ارزیابی پارامترهای کیفی رودخانه‌ی تالار در ماه آبان

شاخص ارزیابی	pH	EC (umhos)	NO_3^- (mgN/l)	PO_4^{3-} (mgP/l)	CBODu (mg/l)	DO (mg/l)
RMSE	۰/۱۷	۱۳۱	۴۵۰	۲۲	۴/۵	۰/۸
CVRMSE	۰/۰۲۳	۰/۳۳۸	۰/۲	۰/۱۴	۰/۴۵	۰/۰۰۲۴

جدول ۳- شاخص‌های ارزیابی پارامترهای کیفی رودخانه‌ی تالار در ماه بهمن

شاخص ارزیابی	pH	EC (umhos)	NO_3^- (mgN/l)	PO_4^{3-} (mgP/l)	CBODu (mg/l)	DO (mg/l)
RMSE	۰/۱۳۹	۱۱۵	۹۴	۲۱	۱/۲۳	۰/۶۸
CVRMSE	۰/۰۱۷	۰/۳۳۵	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۱۷۸	۰/۰۲۳

بررسی روند تغییر غلظت پارامترهای کیفی (DO, BODu, pH) PO_4^{3-}, NO_3^-, EC, در رودخانه‌ی تالار نشان از انطباق مناسب بین داده‌های واقعی و شبیه‌سازی دارد. استفاده از آب رودخانه در پایین‌دست آن، به‌منظور مصارف کشاورزی محدودیتی ندارد. در رودخانه تالار با حرکت به سمت پایاب، تغییرات غلظت pH روندی ثابت داشت هر چند که در این مسیر روند EC افزایشی بود. بیش‌ترین تغییرات این پارامترها، در خروجی شهرهای قایم‌شهر و کیاکلا اتفاق افتاد که می‌تواند به علت ورود شیرابه‌های فاضلاب شهری و پساب واحدهای صنعتی در این مسیر باشد. طی ماه‌های مورد بررسی، DO روندی نوسانی کاهشی و $CBOD_u$ دارای روندی نوسانی افزایشی است که این امر نشان از ورود منابع آلاینده ناشناخته در مسیر رودخانه، بالاخص در پایین‌دست، دارد که میزان تغییرات $CBOD_u$ را در طول رودخانه ثابت نگه داشته است. روند تغییرات NO_3^- و PO_4^{3-} در طول رودخانه افزایشی بوده که بیش‌ترین مقدار NO_3^- و PO_4^{3-} در تیرماه و به ترتیب مربوط به ایستگاه بهنمیر و ایستگاه قایم‌شهر می‌باشد. با عبور رودخانه از منطقه کوهستانی و گذر از شهرهای صنعتی و اراضی کشاورزی که معمولا در میان‌دست و پایین‌دست قرار دارند و ورود منابع آلاینده‌ی شهری و کشاورزی روند افزایشی غلظت NO^{3-} و PO_4^{3-} ادامه می‌یابد. از آن‌جا که مقدار آن‌ها حتی در ماه‌های بحرانی کم‌آب از حدود استاندارد معرفی شده فراتر نمی‌رود، خود نشان از قدرت رودخانه در کنترل غلظت PO_4^{3-} و NO_3^- دارد. این نتیجه با یافته‌ی پژوهش محمدی گل افشانی و همکاران (۱۳۹۱) بر رودخانه تالار با مدل WASP که مشتمل بر انطباق مناسب بین داده‌های شبیه‌سازی شده و واقعی و ثابت ماندن مقدار BOD در مسیر رودخانه به علت ورود فاضلاب‌های ناشناخته می‌باشد، مطابقت می‌کند. هم‌چنین عملکرد مناسب مدل در شبیه‌سازی پارامترهای موردنظر و امکان استفاده از آب رودخانه در پایین‌دست با پژوهش‌های (بوستانی و گوهرکانی، ۱۳۹۳؛ رزاقیان و همکاران، ۱۳۹۴، Kalburgi et al., 2015 و Rashed and El-sayed., 2014) مطابقت داشت. به نظر می‌رسد شناخت مکان‌های بحرانی که بار آلودگی بیش‌تری را وارد رودخانه می‌کنند، نصب ایستگاه‌های پایش در قبل و بعد از این مناطق به ارزیابی دقیق‌تر شرایط کمک نماید.

نتیجه‌گیری

یافته‌ها نشان داد، علی‌رغم وجود منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در مسیر رودخانه تالار مطابق توصیه‌های موجود عامل محدودکننده در تامین آب شرب و کشاورزی در پایین‌دست وجود ندارد. بر خلاف فرض اولیه رودخانه قادر به حفظ کیفیت آب در پارامترهای بررسی شده حتی در فصل کم‌آبی می‌باشد. به‌طور کلی انطباق بین داده‌های مشاهداتی و داده‌های شبیه‌سازی شده در حد قابل قبول بوده و می‌توان گفت که مدل Qual2kw برآورد مناسبی را از تغییرات پارامترهای انتخاب شده در طول مسیر رودخانه ارایه می‌دهد. در رودخانه تالار با حرکت به سمت پایاب، تغییرات غلظت pH روندی ثابت داشت اما روند EC افزایشی بود و ورود منابع آلاینده شهری و کشاورزی در طول رودخانه سبب تداوم روند افزایشی غلظت NO_3^- و PO_4^{3-} می‌باشد. از آن‌جا که مقدار آن‌ها حتی در ماه‌های بحرانی کم‌آب از حدود استاندارد معرفی شده فراتر نمی‌رود، خود نشان از قدرت رودخانه در کنترل غلظت مواد آلاینده دارد. بیش‌ترین تغییرات در روند نمودارها در خروجی شهرها در پایین‌دست اتفاق می‌افتد که می‌تواند ناشی از ورود شیرابه‌های فاضلاب شهری و واحدهای صنعتی در این مسیر باشد. در این راستا ایجاد ایستگاه‌های اندازه‌گیری کیفی بیش‌تر در طول مسیر رودخانه، اطلاعات دقیق از شرایط منابع ورودی غیرنقطه‌ای، به‌خصوص منابع آلاینده و استفاده از شاخص‌های کیفی و مدیریتی به صورت هم‌زمان برای دست‌یابی به مدیریت یک‌پارچه به منظور تصمیم‌گیری مناسب، لازم به‌نظر می‌رسد.

منابع

بوستانی،ف.، گوهرگانی،ا. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی کیفیت آب رود بشار در محدوده‌ی شهر یاسوج با استفاده از مدل شبیه‌سازی QUAL2K. مجله‌ی مهندسی منابع آب. ۲۳: ۹۸-۸۱.

مهندسین مشاور شرکت مطالعاتی آب و خاک کشور .۱۳۹۱. مطالعات مرحله اول طرح زهکشی اراضی محدوده سیاه‌رود تالاررود – گزارش هیدرولوژی.

وزارت نیرو، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور. ۱۳۸۸. راهنمای مطالعات ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها، نشریه ۴۸۱. معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها.

خواجه‌پور،م.ا.، کریمی،ل.، شیاسی ارانی،م و انصاری،ح. ۱۳۹۲. بررسی تغذیه‌گرایی مخازن سدها با استفاده از مدل CE-QUAL-W2 (مطالعه موردی: سد شیرین‌دره بجنورد، استان خراسان شمالی). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۸. ۱: ۱۰۷-۹۶.

رزاقیان،ف.، سبزی‌پور،ب و سارنگ،ا. ۱۳۹۴. مدل‌سازی کیفی رودخانه قره‌سو محدوده شهرستان کرمانشاه با مدلQUAL2KW. دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز.

سارنگ، امین.، شمسایی، ا.، ابریشم‌چی، ا و مکنون،ر. ۱۳۸۶، مدیریت کیفیت آب رودخانه ها با آلاینده های جمع پذیر، سومین کنگره ملی مهندسی عمران، تبریز، دانشگاه تبریز، دانشکده فنی – مهندسی عمران.

شکری،س.، هوشمند،ع و معاضد،ه. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی کیفی آمونیوم و نیترات در طول رودخانه گرگر با استفاده از Qual2kw. فصل‌نامه علمی پژوهشی اکوبیولوژیکی تالاب دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۲۳: ۶۸-۵۷.

شهریاری،ف.، جوادی‌فر،ن و آخوندعلی،ع.م.۱۳۹۰. بررسی تاثیر تغییرات میزان جریان بر کیفیت آب رودخانه کارون با استفاده از مدل QUAL2KW. پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.

عاشق معلا،م. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی کیفی رودخانه با مدل .QUAL2KW. انتشارات تالاب.

قادری،ک.، حسین‌زاده،م. ۱۳۹۵. تخمین ضریب پراکندگی طولی آلاینده‌ها در رودخانه‌های طبیعی با استفاده از رویکرد هوشمند داده‌محور. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۰. ۵: ۵۹۳-۵۸۱.

قربانی،م.ا.، دهقانی،ر. ۱۳۹۶. مقایسه روش‌های شبکه عصبی بیزین، شبکه عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی بیان ژن در تحلیل کیفیت آب رودخانه‌ها (مطالعه موردی: رودخانه بالخلوچای). نشریه مدیریت آبخیز. ۱۵. ۸: ۲۴-۱۵.

کارآموز،م.، کراچیان.ر.۱۳۸۷. برنامه‌ریزی و مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب، (چاپ دوم). انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

محمدی گل‌افشانی،ن.، موسوی،ع.ا و بوستانی،ف.۱۳۹۱. ارزیابی کیفی سیستم‌های رودخانه‌ای به‌وسیله مدل رایانه‌ای WASP7 مطالعه موردی رودخانه تالار. همایش ملی مهندسی آب و فاضلاب، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی کرمان.

Allam,A., Fleifile,A., Tawfik,A., Yoshimura,C.H and El-Saadi,A. 2015. A simulation-based suitability index of the quality and quantity of agricultural drainage water for reuse in irrigation. Science of the Total Environment. 536:79-90.

Chapra,S.C., Pelletier,G.J and Tao,H. 2006. QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.04, Documentation and User Manual. Civil and Environmental Engineering Dep., Trufts University, Medford, MA, USA.

EPA Stream Water Quality Model QUAL2KW .2006. http://www.Epa.gov/athens/wwqtsc/index.html

Kalburgi,P.B., Sarema,R.N and Deshannavar,U.B. 2015. Development and Evaluation of BODتDO Model for River Ghataprabha near Mudhol (India), using QUAL2K. International Journal of Engineering and Manufacturing. 5: 15-25.

Oliveria,B.J., Bola,P., Quinteiro,H and Nadais,L. 2011. Application of Qual2KW model as at tool for water quality management: Certima River as a case study. Environmental Monitoring and Assessment. 10: 6197-6210.

Ouyang,Y., Nkedi-Kizza,P., Wu,Q.T., Shinde,D., Huang,C.H. 2006. Assessment of seasonal variations in surface water quality. Water research. 40. 20: 3800-3810.

Rashed,R., El-sayed,E.A. 2014. Simulating Agricultural Drainage Water Reuse Using QUAL2K Model, Case Study of the Ismailia Canal catchment Area, Egypt. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 5.140: 1-9

Moghimi Nezad,S., Ebrahimi,k., Kerachian,R. 2018. Investigation of Seasonal Self-purification Variations of Karun River, Iran. Amirkabir Journal of Civil Engineering. 49.4: 193-196.

Seok Soon,P., Lee,Y.S., 2002. A water quality modeling

pollution load reduction using to Qual2kw for water environmental management. International Journal of Environment Research and public Health. 9.11: 4504-4521.

Zheng,L., Changsheng,C.H., Zhang,F.Y. 2004. Development of water quality model in the Satilla River Estuary, Georgia. Journal of Ecological modeling. 3.178: 457-482.

study of the Nakdong River, Korea. Ecological Modelling. 152.7: 65ت75.

Sharma,D., Kansal,A., Pelletier,G. 2017. Water quality modeling for urban reach of Yamuna river, India (1999ت2009), using QUAL2Kw. Applied Water Science. 7:1535ت1559.

Zhang,R.X., Qian,X., Yuan,R., Ye,B., Wang,Y. 2014. Simulation of water environmental capacity and

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1500-1510

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۵۱۰-۱۵۰۰

Evaluation and Simulation of Talar River Quality by Using QUAL2KW Model

S. Z. Hashemi[1], M. A. Gholami Sefidkouhi[2*], M. Ziatabar Ahmadi[3]

Recived: May.30, 2018 Accepted: Sep.08, 2018

Abstract

Increasing of water demand, drought and climate changes, the development of contaminated resources, in addition to the threat of the ecosystem, affects the supply of drinking water and agriculture. The use of QUAL2KW as a qualitative numerical simulations model, water quality parameters changing such as dissolved oxygen (DO), biological oxygen ($CBOD_u$), acidity (pH), electrical conductivity (EC), nitrate (NO_3^-) and phosphate (PO_4^{3-}) had studied in Talar River. The accuracy of predicted DO and pH parameters is better than the others. The most accurate simulation was occurred with the lowest coefficient of variation mean square error (0.017) and mean square error (0.139 mg/l) of pH parameter in February and also lowest accuracy in the simulation with maximum coefficient of variation mean square error (0.45) and mean square error (4.5 mg/l) of BOD_u parameter in November and most changes in the trend chart occurred in Ghaemshahr and Kiakola output Which could be due to the impact of the waste water coming from the two cities into the river. In general, the results of the river's simulation showed that the qualitative model QUAL2KW gives proper estimation of the river's quality conditions

Keywords: Calibration, Pollution sources, Simulation model, Water quality

1- M.Sc. Graduated, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Associate professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3 -Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(*- Corresponding Author Email: magholamis@yahoo.com)