نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۳۴۹-۳۳۸

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 4, Winter 2011, p. 338-349

اندازه گیری و شبیه سازی کیفی رودخانه کر با استفاده از مدل QUAL2K

مسعود نوشادی*[۱] و محمد رضا حاتمی زاده[۲]

چکیده

رودخانه کر یکی از منابع مهم تأمین آب استان فارس در قسمت جنوبی ایران بوده و واحدهای بـزرگ صـنعتی، کـشاورزی و مـسکونی متعـددی در حاشیه این رودخانه قرار دارند. لذا انجام تحقیقاتی جامع پیرامون آلودگی‌های آن و استفاده از ابزارهای مدیریتی همچـون مـدل‌هـای ریاضـی بـه منظـور پیش‌بینی وضعیت کیفی آب این رودخانه و پیشگیری از آلودگی فزاینده آن امری ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق کیفیت آب رودخانه کر از طریق نمونه‌برداری و آنالیز آزمایشگاهی بعد از سد درودزن تا قبل از دریاچه‌های طشک و بختگان بررسی شده و سپس مدل QUAL2K بـرای شـبیه‌سـازی کیفیت آب رودخانه کر مورد استفاده قرار گرفته و واسنجی شده است. به منظور تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری و همچنین منابع آلوده کننده رودخانه کر مسیر رودخانه از زیر سد درودزن تا دریاچه بختگان پیمایش گردید و ۱۲ ایستگاه نمونه‌برداری تعیین شد. برای مقایسه مقـادیر شـبیه‌سـازی شـده توسـط مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده از روش‌های آماری استفاده گردید تا میزان اعتبار مدل مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از ویژگی‌های آماری جـذر مربعات خطا (RMSE)، شاخص تطابق (d) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) استفاده گردید. نتایج نشان می‌دهد که دقت شبیه سازی در ماه‌های کم آب بیشتر از ماه های پرآب است که دلیل آن افزایش روان‌آب‌در ماه‌های پراب می باشد. این روان‌آب‌ها غیر متمرکز بـوده و در نتیجـه پـیش بینـی آنهـا توسط مدل به خوبی صورت نمی‌گیرد. بیشترین دقت شبیه‌سازی مربوط به آمونیوم و سپس به ترتیب نیترات، هدایت الکتریکی، BOD، pH، ارتوفسفات و DO می‌باشد.

واژه های کلیدی: QUAL2K ، رودخانه کر، واسنجی، شبیه‌سازی، کیفیت آب

مقدمه

در بسیاری از مناطق دنیا، رایج‌ترین منابع آب مورد استفاده جهـت مصارف مختلف (آشامیدن، صنعت، کشاورزی و غیره) رودخانه‌هـا مـی باشند. لذا هنگامیکه یک آلاینده خطرناک شیمیایی توسـط واحـدهای صنعتی یا کشاورزی به یک رودخانه وارد گردد ، اثرات زیان آوری بـر کیفیت آب پایین دست آن خواهد داشت. بنابراین مطالعه‌ای جـامع در طول کل رودخانه و منابع آلوده کننده آن از اهمیت ویـژه‌ای برخـوردار می‌باشد. رودخانه کر از شریان‌های حیاتی پر آب دائمی فـارس اسـت که از شـمال غربـی اسـتان و از بلنـدی‌هـای سلـسله جبـال زاگـرس سرچشمه گرفته و به سمت جنوب شرقی جریان پیدا مـی‌کنـد. طـول رودخانه از سرچشمه تا دریاچه بختگان ۲۸۰ کیلـومتر اسـت. در دهـه چهل بـر روی ایـن رودخانـه سـد خـاکی درودزن بـه گنجـایش ۹۹۳ میلیون متر مکعب احداث گردید. رودخانه بعد از سد در منطقه رامجرد، جریان یافته و پس از پیوسـتن رودخانـه مـائین بـه آن بـا گذشـتن از حاشیه شهر مرودشت و یکی شدن با رودخانه سیوند در محل پل خان به سوی بند امیر پیش رفته و در نهایت به دریاچه بختگان می‌ریزد.

مدل‌سازی کیفی رودخانه یکی از ابزارهای کم هزینـه و مهـم در بررسی مشکلات و بررسی راه حل‌ها در جهت بهبـود وضـعیت کیفـی رودخانه می‌باشد. مـدل بایـد تمـام خـصوصیاتی کـه در یـک مـسئله ضروری به نظر می‌رسد را دارا باشد. امروزه متخصصین محیط زیست برای انجام آزمایشات خـود در محـل و یـا در آزمایـشگاه از مـدلهای فیزیکی بهره می‌گیرند تا بتوانند اختلافات ناشی از فرایندهای مزاحم و نامربوط به موضوع تحقیق خود را حذف نمایند. امـا اکوسیـستم هـای آبی خارج از آزمایشگاه بسیار بزرگتـر و پیچیـده‌تـر هـستند. لـذا بهـره گیری از مدلهای ریاضی امری اجتناب ناپذیر می‌باشـد. انتخـاب مـدل مناسب بستگی به هدف مطالعات و پروژه مورد نظر دارد. بهترین معیار جهت انتخاب مدل، انتخاب ساده‌ترین مدل است که در مـسئله مـورد نظر کاربرد قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. مدل QUAL2K یک مـدل یک بعدی است که رودخانه را در طول خود از نظر کیفی شبیه‌سـازی می‌کند. در رابطه با قابلیت مدل در تعریف فرایندهای مختلف سیـستم واقعی و نیز در نظر گرفتن انواع پارامترها و موجودات زنده در مدل، در حال حاضر مدل QUAL2K را می‌توان به عنـوان جـامع‌تـرین مـدل

۱- استادیار بخش مهندسی آب ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(* نویسنده مسئول: Email:noshadi@shirazu.ac.ir)
۲- کارشناس ارشد آبیاری

Archive of SID
www.SID.ir

معرفی نمود (EPA, 2004) . در این تحقیق با استفاده از این مدل پارامترهای کیفی در طول رودخانه کر شبیه‌سازی و براساس داده های اندازه گیری شده واسنجی گردیده است.

بارنول[1] و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی مدل QUAL2E-UNCAS را برای شبیه‌سازی اکسیژن محلول رودخانه‌ها در شرایط جریان پایدار مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق به طور خلاصه، تعدادی از کاربردهای این مدل بازبینی شده‌و قابلیت آنالیز عدم قطعیت را شرح داده و در مورد اهمیت داده‌های صحرایی در پیش‌بینی مدل بحث شده‌است.

رولک[2] و همکاران (۱۹۹۹) برای ارزیابی تأثیرات فاضلاب ورودی به رودخانه ساوا از مدل QUAL2E که توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده تهیه شده‌است استفاده کردند. به همین منظور فاضلابها و مواد آلی قابل تجزیه که به رودخانه ساوا ریخته می‌شدند، مورد بررسی قرار گرفت و مدل مذکور توسط اندازه‌گیری‌های صحرایی و آزمایشگاهی متعدد واسنجی و اصلاح شد و آنالیز حساسیت نیز برای فاکتورهای بسیار مهمی که روی غلظت اکسیژن محلول آب رودخانه تأثیر داشتند، انجام شد. از نتایج مدل چنین استنباط شد که در شرایط دبی کم در فصل تابستان فاضلاب ورودی به رودخانه بایستی تصفیه شده تا نیاز اکسیژن خواهی بیوشیمیایی آن به کمتر از ۳۰ میلی گرم در لیتر برسد.

منجمی و کریمی (۱۳۷۷) مشخصات آلودگی رودخانه کر را در محدوده پل‌خان تا دریاچه بختگان بررسی نمودند. نتایج دو دوره نمونه‌برداری این تحقیق نشان می‌دهد که مقدار نیتروژن در رودخانه نسبتاً زیاد می‌باشد و همچنین تغییرات نیاز زیستی به اکسیژن روند کاهشی دارد که نشان‌دهنده خودپالایی رودخانه است.

ملچینگ [3] و همکاران (۱۹۹۶) به بیان روشهایی برای محاسبه داده‌های مورد نیاز که منجر به کاهش عدم قطعیت در پیش بینی مدل QUAL2E می‌شوند، پرداختند. علاوه بر آن در این طرح پیش-بینی عدم قطعیت برای پارامترهای اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)، آمونیاک و کلروفیل آ، مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به منظور شناسایی موقعیت رودخانه کر، حوضه آبریز این رودخانه، زمین‌های کشاورزی، راههای دسترسی به رودخانه، مراکز جمعیتی اطراف رودخانه و موقعیت کارخانه های موجود و منابع آلاینده نقطه ای آنها (فاضلاب ها، زهکش ها و ...) بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ تعیین گردید. برای شبیه‌سازی کیفی رودخانه کر دبی، شیب طولی رودخانه بین هر ایستگاه، ضریب مانینگ، عرض کف، شیب دیواره، فاصله بین هر کدام از ایستگاه‌ها، دمای متوسط هوا، دمای نقطه شبنم، دمای آب، سرعت باد، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، نیتروژن (نیترات و نیتریت)، فسفر (غیر آلی)، BOD، pH، تعداد روزهای ابری، درصدی از رودخانه که در اثر کوه‌ها و پوشش گیاهی زیر سایه قرار گرفته اند و اینکه آیا در کف رودخانه جلبک وجود دارد یا نه؟ مورد نیاز مدل می‌باشد که براساس بازدید های محلی در زمان های مختلف این شاخص ها تعیین گردیدند [۵]. از بین این پارامترها دمای آب، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، نیتروژن (نیترات، نیتریت و آمونیوم)، BOD، pH در محل و یا در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند، ضریب مانینگ با توجه به وضعیت بستر و جداره رودخانه و مسیر رودخانه براساس بازدیدهای صحرایی منطقه و همچنین با مقایسه عکسهای رودخانه با عکسهای مرجع بین ۰/۰۲۸ تا ۰/۰۳۵ انتخاب شد (Chow et al., 1988). بقیه پارامترها با توجه به آمار ایستگاه‌های هواشناسی و نقشه برداری‌های صورت گرفته تعیین گردیدند.

بر اساس اطلاعات بدست آمده از مطالعات مقدماتی و شناسایی رودخانه و تعیین محل‌های برداشت آب و دفع فاضلاب به رودخانه کر، ۱۲ ایستگاه نمونه برداری بر روی رودخانه کر از محل پایین دست سد درودزن تا دریاچه بختگان (به طول ۱۸۷ کیلومتر) انتخاب گردید (شکل۱). از این ایستگاهها به طور ماهیانه نمونه برداری گردید و آزمایشات کیفی مورد نیاز انجام شد. ایستگاه‌های مورد مطالعه به نحوی انتخاب گردیدند که نتایج بدست آمده از هر ایستگاه بتواند شاخص گویایی از وضعیت بالادست خود بوده و اثر ورود منابع آلاینده را در مقایسه با ایستگاه‌های پایین دست روشن نماید. برای مدل‌سازی، مسیر رودخانه به ۱۹ بازه[4] تقسیم‌بندی شد.

با توجه به اینکه کیفیت آب رودخانه تحت تاثیر دبی و درجه حرارت می‌باشد برای تعیین ماه بحرانی از نظر کیفیت آب در رودخانه تحلیل فراوانی دبی در شرایط کم آبی (دبی با احتمال وقوع ۹۰ درصد EPA, 1986) انجام شد و ماه مرداد به عنوان ماه کم آبی انتخاب گردید. علاوه بر ماه مرداد، به منظور شناسایی پارامترهای کیفی آب در دیگر ماههای سال و روند تغییرات آن در طول سال، ماه اسفند نیز به عنوان ماه پرآبی انتخاب و شبیه‌سازی در این ماه نیز انجام گردید.

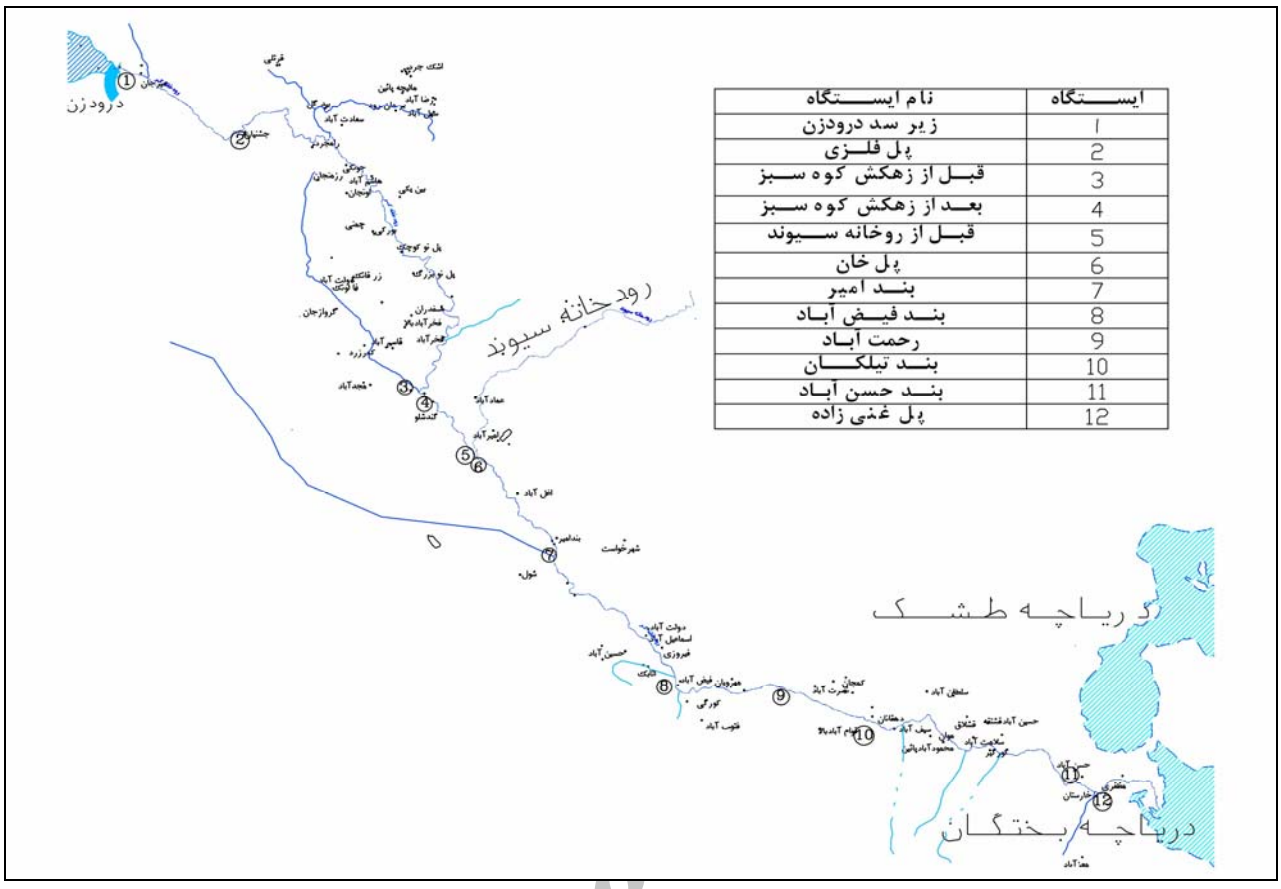
برای مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل در مقابل مقادیر اندازه‌گیری شده از روش‌های آماری استفاده گردید تا میزان اعتبار مدل مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از ویژگی‌های آماری جذر مربعات خطا (RMSE)، شاخص تطابق (d) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) استفاده گردید.

روابط RMSE، d و MAE عبارتند از:

1- Barnwell
2- Drolc
3- Melching
4- Reach

Archive of SID

www.SID.ir



ایستگاه	نام ایستگاه
1	زیر سد درودزن
2	پل فلزی
3	قبل از زهکش کوه سبز
4	بعد از زهکش کوه سبز
5	قبل از روخانه سیوند
6	پل خان
7	بند امیر
8	بند فیض آباد
9	رحمت آباد
10	بند تیلکان
11	بند حسن آباد
12	پل غنی زاده

شکل ۱ - مسیر رودخانه کر از زیر سد درودزن تا دریاچه بختگان همراه با ایستگاه‌های نمونه‌برداری در طول مسیر

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i - o_i)}{n}\right]^{0.5} * \frac{100}{\overline{o}} \qquad (۱)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|p_i'| + |o_i'|)^2} \qquad p_i' = p_i - \overline{o} \qquad (۲)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|p_i - o_i|}{n} \qquad (۳)$$

در این روابط o و p به ترتیب مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده، $\overline{o}$ و $\overline{p}$ میانگین مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی شده و n تعداد نمونه‌ها است. مقادیر این پارامتر ها برای همه اندازه‌گیری‌ها و شبیه‌سازی‌ها محاسبه شده است. حد پایین RMSE صفر بوده و مقدار این پارامتر بیانگر این است که مقادیر پیش‌بینی شده چقدر از مقادیر مشاهده‌شده انحراف دارد. d نیز بیانگر عملکرد مدل بوده و مقدار آن بین صفر و یک می‌باشد که هرچه به یک نزدیک‌تر باشد بهتر است. میانگین قدر مطلق خطا نیز بیانگر مقدار متوسط خطا بوده و هر چه کمتر باشد نشان دهنده دقت بیشتر مدل می‌باشد.

در هر ایستگاه ۳ نمونه در ظروف مختلف برای تعیین اکسیژن محلول، پارامترهای میکروبی (کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی) و پارامترهای شیمیایی (نیترات، نیترات و ...) برداشت گردید. در هر ایستگاه دمای آب به همراه درجه حرارت محیط نیز توسط دماسنج اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

با استفاده از مدل نرم‌افزاری QUAL2K، شبیه‌سازی آب رودخانه در ماههای مرداد و اسفند ۱۳۸۴ که دو ماه کم آب و پر آب برای رودخانه کر می‌باشد، انجام شده و پس از واسنجی مدل، شبیه‌سازی در شرایط بحرانی انجام گرفت. برای محاسبه دبی بحرانی در رودخانه کر از داده‌های ۳۷ سال آماری در ایستگاه پل خان استفاده شده و تحلیل فراوانی دبی در شرایط کم آبی (دبی با احتمال وقوع ۹۰ درصد) انجام شد (شکل ۲). در تحلیل‌های آماری، معمولاً دبی جریان را به صورت دبی‌های متوسط هفت روزه در نظر می‌گیرند. از آنجایی که دبی روزانه در رودخانه کر اندازه‌گیری نمی‌شود، لذا از داده‌های ماهانه

Archive

www.SID.ir

در سال‌های مختلف استفاده شد که ماه مرداد با دبی ۴/۲ متر مکعب در ثانیه ماه بحرانی می‌باشد. شبیه‌سازی در ماه‌های مرداد و اسفند ۸۴ به عنوان ماه‌های کم آب و پر آب صورت گرفت و ضرایب واسنجی مدل محاسبه گردید که در جدول ۱ آورده شده است.

شبیه‌سازی رودخانه مستلزم داشتن پارامترهایی نظیر مشخصات هیدرولیکی و هندسی رودخانه، هواشناسی منطقه، ضرایب سینتیکی و اطلاعات کمی و کیفی و موقعیت جغرافیایی منابع ورودی به رودخانه می‌باشد که اغلب این پارامترها اندازه گیری و یا جمع آوری شده اند. یکی از مشکلات در واسنجی مدل عدم اطلاعات کافی از کمیت و کیفیت برخی از جریان‌های نفوذی و ورودی به رودخانه و موقعیت آنها می‌باشد که در نتایج مدل ایجاد خطا می‌کند. بنابراین مناطقی از رودخانه که امکان ورود فاضلاب به رودخانه در آن وجود دارد وارد مدل گردید تا نتایج مدل بهبود یابد.

نتایج شبیه‌سازی در ماه مرداد و اسفند ۸۴ برای پارامترهای هدایت الکتریکی، آمونیوم، ارتوفسفات، نیترات، اکسیژن محلول، pH و BOD در شکل‌های ۳ تا ۱۶ آورده شده است.

در شکل۳ و ۴ میزان هدایت الکتریکی در طول مسیر رودخانه در شرایط مختلف نشان داده شده است. مهمترین آلاینده رودخانه کر از نظر شوری زهکش آهوچر است که سهم بالایی در آلودگی رودخانه داشته که این مسئله نیز در پیش‌بینی مدل کاملاً مشهود می‌باشد (جهش نمودار پیش‌بینی شده توسط مدل در کیلومتر ۷۰). در ایستگاه آخر (پل شهید غنی‌زاده) به دلیل نزدیک بودن این ایستگاه به دریاچه بختگان و پس‌زدگی آب این دریاچه به رودخانه کر، شوری آب رودخانه به شدت بالا می‌رود که این مسئله در اکثر نمونه برداری‌ها مشاهده گردیده است. از آنجا که مقدار دقیق پس‌زدگی آب دریاچه به رودخانه مشخص نمی‌باشد لذا نمی‌توان آن را به عنوان یک منبع آلودگی به مدل معرفی نموده و بنابراین مشاهده می‌گردد که در ایستگاه آخر مقدار پیش‌بینی شده مدل با داده اندازه‌گیری شده همخوانی ندارد. برای مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل در مقابل مقادیر اندازه‌گیری شده از پارامترهای آماری جذر مربعات خطا (RMSE)، شاخص تطابق (d) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) استفاده گردید. مقادیر این پارامتر ها در بالای هر شکل آورده شده است. مقدار d در مرداد ماه برابر ۰/۷۶۶ و برای اسفند ماه نیز ۰/۵۷۵ می‌باشد. مقادیر RMSE در مردادماه ۵۵/۱۳ و در اسفند ماه ۶۵/۴۲ و همچنین MAE در مرداد ۴۶۳ و در اسفند ۵۴۰ محاسبه گردید که نشان دهنده پیش‌بینی بهتر مدل در مرداد ماه نسبت به اسفند ماه می‌باشد که دلیل این مطلب می تواند به مقدار رواناب در ماه های اسفند و مرداد بر گردد. آلودگی های ناشی از رواناب به عنوان یک منبع غیر متمرکز آلودگی هستند و مدل ها به سختی می توانند آنرا پیش بینی کنند. با توجه به کمی رواناب در مرداد نسبت به اسفند، پیش بینی مدل در مرداد بهتر انجام شده است. با توجه به پارامترهای آماری ارائه شده به طور کلی پیش‌بینی مدل برای EC نسبتاً خوب بوده است.

از طرفی بایستی ذکر گردد که بر خلاف انتظار مقدار شوری در فصول کم ابی و پر ابی تقریبا برابر می باشد و انتظار می رفت که به دلیل دبی بالا در رودخانه در فصول پر آبی مقدار شوری کم باشد که البته بایستی به این نکته نیز توجه داشت که به همان نسبت که دبی در ماه های پراب در رودخانه بیشتر می باشد مقدار روان آب های زهکش ها که عامل شوری رودخانه هستند نیز زیاد بوده که این عامل باعث ایجاد یک تعادل در شوری اب رودخانه در دو فصل می باشد. در ضمن دبی رودخانه در فصل زمستان به وسیله سد بالادست (درودزن) کنترل می گردد و مانع سیلابی شدن رودخانه و در نتیجه کاهش EC می شود و در فصل تابستان اب ذخیره شده پشت سد آزاد می گردد و در نتیجه مقدار EC نوسانات زیادی ندارد.

در شکل‌های ۵ و ۶ تغییرات نیتروژن آمونیاکی در طول رودخانه در شرایط مختلف آمده است. مقدار نیتروژن آمونیاکی تا قبل از مجتمع پتروشیمی (کیلومتر ۸۳) خیلی کم بوده (۱۰۰ میکرو گرم بر لیتر) ولی با ورود فاضلاب مجتمع پتروشیمی به رودخانه کر مقدار آن به شدت افزایش یافته (بیش از ۸۰۰۰ میکرو گرم بر لیتر) و به نظر می‌رسد عامل اصلی آلودگی نیتروژنی در رودخانه کر فاضلاب مجتمع پتروشیمی باشد. لازم به ذکر است که جهت تعیین مقدار بار آلودگی مجتمع پتروشیمی با داشتن مقادیر نیتروژن آمونیاکی در قبل و بعد از مجتمع پتروشیمی و همچنین دبی فاضلاب مجتمع پتروشیمی مقدار بار آلودگی نیتروژن آمونیومی مجتمع پتروشیمی تعیین گردید. با ورود رودخانه سیوند به رودخانه کر در کیلومتر ۸۳ و رقیق شدن آب این رودخانه مقدار نیتروژن آمونیاکی به مقدار جزئی کاهش یافته و همچنین این روند با ورود زهکش آهوچر در کیلومتر ۷۰ نیز مشاهده می‌گردد(در حدود ۷۰۰۰ میکرو گرم بر لیتر). در بعد از ورود زهکش آهوچر به دلیل اینکه منبع مشخص آلودگی به مدل وارد نگردید، مدل مقدار آن را ثابت در نظر گرفته است. اما در ایستگاه آخر (پل شهید غنی‌زاده) همانطور که در شکل ۵ و ۶ نیز مشاهده می‌گردد مقدار نیتروژن آمونیاکی اندازه‌گیری شده کاهش یافته (۱۰۰ میکرو گرم بر لیتر) ولی مدل نتوانسته این کاهش را پیش‌بینی نماید. همانطور که در شکلها مشاهده می‌گردد مدل مقدار نیتروژن آمونیومی را به مقدار جزئی کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده پیش‌بینی می‌کند که به دلیل ورود زه‌آب‌های غیرمتمرکزکشاورزی به رودخانه کر بوده که در مدل در نظر گرفته نشده و این مسئله در فصل زمستان و با ورود زه‌آب‌های کشاورزی مشهودتر است. شاخص تطابق (d)، مقادیر جذر مربعات خطا (RMSE) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) برای مرداد ماه به ترتیب ۰/۹۱۵، ۴۲/۳ و ۱/۵۰ و برای اسفندماه به ترتیب ۰/۷۷۶، ۸۲/۴۷ و ۰/۹۲۶ می‌باشد. بنابراین بطور کلی شبیه‌سازی مربوط به NH_4 توسط مدل در حد بسیار خوبی صورت گرفته و نتایج شبیه سازی در مردادماه بهتر از اسفند ماه بوده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- ضرایب سینتیکی مورد استفاده در مدل برای رودخانه کر

پارامتر	مقدار	واحد	علامت
استوکیومتری:			
Carbon	40	gC	Gc
Nitrogen	7.2	gN	gN
Phosphorus	1	gP	gP
Dry weight	100	gD	gD
Chlorophyll	1	gA	gA
اکسیژن:			
Reaeration model	Dobbins –O'Connor & data *	1/day	
Temperature correction	1.024		q_a
O_2 for carbon oxidation	2.69	gO_2/gC	r_{oc}
O_2 for NH4 nitrification	4.57	gO_2/gN	r_{on}
نیاز اکسیژن خواهی بیولوژیکی کربنی:			
Oxidation rate	0.23 & data**	/d	k_{dc}
Temperature correction	1.047		q_{dc}
نیتروژن آلی:			
Hydrolysis	0.2	/d	k_{hn}
Temperature correction	1.07		q_{hn}
Settling velocity	0.1	m/d	v_{on}
نیترات:			
Denitrification	0	/d	k_{dn}
Temperature correction	1.07		q_{dn}
فسفر آلی:			
Hydrolysis	0.2	/d	k_{hp}
Temperature correction	1.07		q_{hp}
Settling velocity	0.1	m/d	v_{op}
اسیدیته:			
Partial pressure of carbon dioxide	347	ppm	p_{CO2}
آمونیوم:			
Nitrification	1 & data***	/d	Kna
Temperature correction	1.07		Qna

* مقادیر ضریب هوادهی مجدد در فاصله سد درودزن تا بند امیر و همچنین در پایین دست بندها توسط مدل (روش O'Connor-Dobbins) محاسبه گردیده و در ادامه مسیر از داده‌های اسلامی (۱۳۷۷) استفاده گردید.

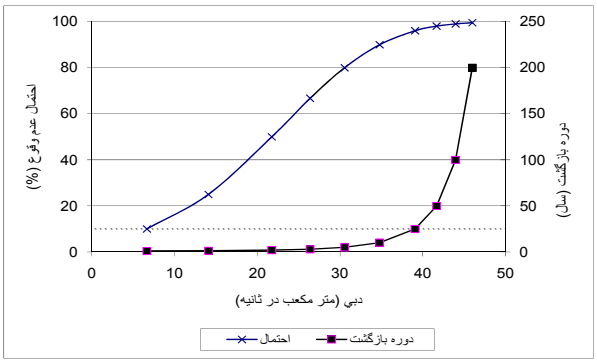
** از داده‌های اسلامی (۱۳۷۷) و مقادیر پیش فرض مدل(۰/۲۳) استفاده گردیده است.

*** از داده های عطایی (۱۳۸۱) و مقادیر پیش فرض مدل (۱) استفاده گردیده است.

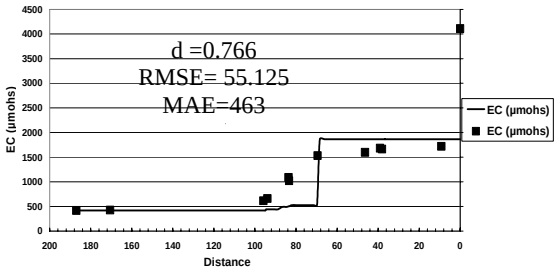
شکل‌های ۷ و ۸ تغییرات نیترات را در طول رودخانه کر در شرایط مختلف نشان می‌دهد. با ورود فاضلاب مجتمع پتروشیمی به رودخانه کر مقدار نیترات در رودخانه به شدت افزایش یافته است. برای محاسبه مقدار نیترات ورودی به رودخانه کر توسط مجتمع پتروشیمی با مشخص بودن دبی رودخانه و مقدار نیترات در قبل و بعد از مجتمع پتروشیمی و دبی ورودی فاضلاب مجتمع پتروشیمی مقدار آن تعیین شد (۳۹۲ میلی گرم بر لیتر). در بعد از مجتمع پتروشیمی و با ورود رودخانه سیوند در کیلومتر ۸۳ به رودخانه کر در ماه مرداد مقدار نیترات اندکی افزایش یافته (افزایش ۰/۵ میلی گرم بر لیتر) و این روند با ورود زهکش آهوچر در کیلومتر ۷۰ نیز وجود دارد (افزایش ۰/۲ میلی گرم بر لیتر).

Archive of SID

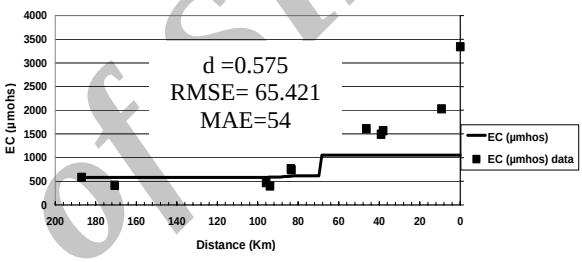
www.SID.ir



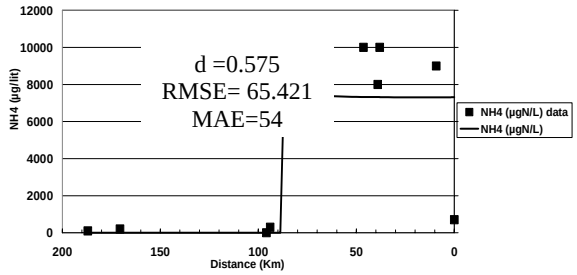
شکل ۲- رابطه دبی و دوره برگشت در ایستگاه پل خان



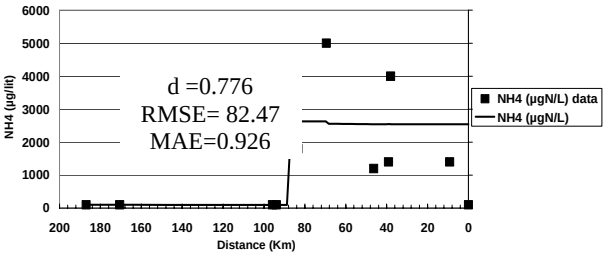
شکل ۳- تغییرات هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (مرداد ۱۳۸٤)



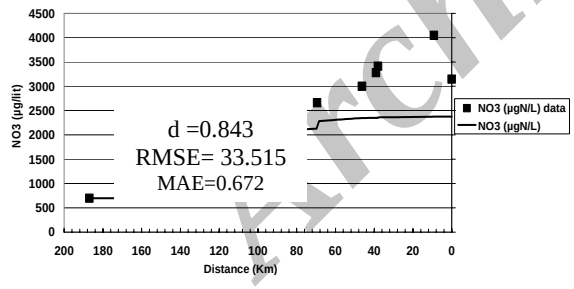
شکل ٤- تغییرات هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (اسفند ۱۳۸٤)



شکل ٥- تغییرات NH4 اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (مرداد ۱۳۸٤)



شکل ٦- تغییرات NH4 اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (اسفند ۱۳۸٤)



شکل ۷- تغییرات نیترات اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (مرداد ۱۳۸٤)

در ماه اسفند با ورود رودخانه سیوند مقدار نیترات افزایش نداشته ولی با ورود زهکش آهوچر این افزایش بسیار زیاد شده است(۶ میلی گرم بر لیتر). زهکش آهوچر زهکش اصلی منطقه است و به دلیل شستشوی نیترات از اراضی کشاورزی و زیاد بودن رواناب در این ماه، مقدار نیترات در این زهکش افزایش قابل توجهی یافته است. البته مدل به دلیل اینکه این آلودگی غیرمتمرکز است، نتوانسته این افزایش را به خوبی شبیه سازی کند.

در فصل تابستان مطابق شکل های ۷ و ۸ در نزدیکی سد درودزن غلظت نیتروژن نیتراتی کمتر از فصل زمستان می باشد ولی در فواصل دورتر این غلظت در دو فصل تقریبا برابر است. دلیل این

Archive of SID

www.SID.ir

مسئله به تاثیر روان اب های سطحی بر روی اراضی کشاورزی و نقش ان در غلظت نیتروژن نیتراتی در رودخانه بر می گردد. در فصل تابستان در فواصل نزدیک به سد حجم روان اب ورودی به رودخانه و در نتیجه غلظت نیتروژن نیتراتی کمتر بوده ولی در فواصل دورتر این حجم و غلظت افزایش می یابد. از طرف دیگر در فصل زمستان سیلاب های رودخانه توسط سد کنترل گردیده و مقدار اب ورودی به رودخانه بسیار ناچیز و صرفا برای اهداف زیست محیطی می باشد. بنابراین سیلاب های زمستانی در کاهش غلظت نیتروژن نیتراتی تاثیری نداشته و عامل کنترل کننده اصلی روان اب های سطحی هستند که در فصل زمستان به مراتب از تابستان بیشتر بوده و در نتیجه باعث افزایش غلظت به ویژه در اطراف سد شده است. از طرف دیگر در زمستان دبی زهکش های ورودی که حاوی مقادیر بالای نیترات است افزایش می یابد. لذا رقیق شدن نیترات در رودخانه براساس افزایش دبی در این ماه ها مشهود نمی باشد.

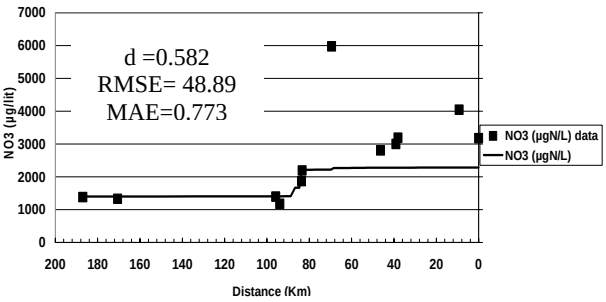
مقدار d در مرداد و اسفند ماه بترتیب ۰/۸۴۳ و ۰/۵۸۲، RMSE در مرداد و اسفند ماه ۳۳/۵۲ و ۴۸/۸۹ و MAE در مرداد و اسفند ماه ۰/۶۷۲ و ۰/۷۷۳ می‌باشد. بنابراین بطور کلی شبیه‌سازی مربوط به نیترات توسط مدل در حد خوبی صورت گرفته و نتایج شبیه سازی در مرداد ماه بهتر از اسفند ماه بوده که عامل آن در نظر نگرفتن روان‌آب‌ها در اسفند ماه می‌باشد.

شکل ۹ و ۱۰ میزان ارتوفسفات را در رودخانه کر در شرایط مختلف نشان می‌دهد. میزان ارتوفسفات در رودخانه کر روند افزایشی را نشان می‌دهد. از علل افزایش میزان ارتوفسفات ورود فاضلاب‌های شهری، روستایی، کشاورزی و رواناب‌های سطحی می‌باشد. در مرداد ۸۴ وجود ارتوفسفات در ایستگاه اول (زیر سد درودزن) به دلیل ورود رواناب‌های کشاورزی در بالادست سد درودزن بوده و این مقدار تا قبل از ورود فاضلاب مجتمع پتروشیمی تقریباً ثابت می‌باشد. با ورود فاضلاب مجتمع پتروشیمی (کیلومتر ۹۰) مقدار ارتوفسفات در رودخانه اندکی افزایش یافته (افزایش ۲/۵ میکرو گرم بر لیتر) و با ورود رودخانه سیوند (کیلومتر ۸۳) مقدار ارتوفسفات افزایش بیشتری می‌یابد (افزایش ۷/۵ میکرو گرم بر لیتر). روند افزایش مقدار ارتوفسفات با ورود زهکش آهوچر (کیلومتر ۷۰) ادامه داشته و این مقدار به ۱۹ میکرو گرم بر لیتر رسیده و این مقدار تا انتهای مسیر ثابت می‌ماند. البته مقدار ارتوفسفات مجتمع پتروشیمی به دلیل مشخص نبودن مقدار آن برابر مقدار استاندارد تخلیه به رودخانه در نظر گرفته شد و مقادیر زهکش آهوچر و فاضلاب شهر مرودشت با نمونه برداری و تعیین آن در آزمایشگاه به مدل وارد گردید. چنین شرایطی برای اسفندماه نیز مشاهده می‌گردد. در اسفند ماه به دلیل ورود ارتوفسفات از زمینهای کشاورزی به رودخانه مقدار اندازه‌گیری شده با داده‌های پیش‌بینی شده مدل متفاوت می‌باشد. از طرف دیگر طبق گفته اهالی محلی فاضلاب‌های مجتمع پتروشیمی و تصفیه‌خانه مرودشت در گاهی موارد بدون تصفیه به رودخانه کر تخلیه می‌شوند که می‌تواند دلالت بر اختلاف زیاد بین پیش‌بینی مدل و داده‌های اندازه‌گیری شده باشند. شاخص تطابق (d)، مقادیر جذر مربعات خطا (RMSE) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) از داده‌های اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده توسط مدل برای مرداد ماه به ترتیب ۰/۵۳، ۱۳۷/۸ و ۰/۰۰۷ و برای اسفندماه به ترتیب ۰/۵۴، ۱۲۴/۲ و ۰/۰۱۳ به دست آمد. بنابراین بطور کلی شبیه‌سازی مربوط به PO4 توسط مدل در حد خوبی صورت گرفته است.

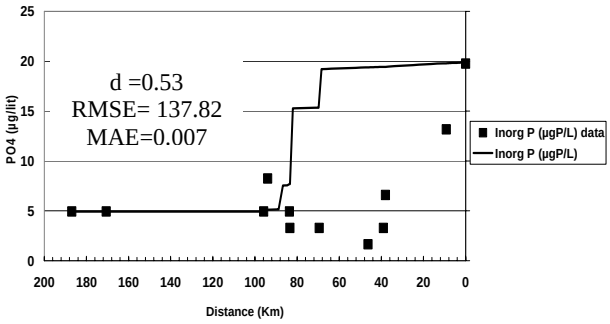
شکل‌های ۱۱ و ۱۲ تغییرات BOD_5 را در طول رودخانه در شرایط مختلف نشان می‌دهند. میزان BOD_5 در مرداد ۱۳۸۴ به علت نفوذ فاضلاب‌های شهری و روستایی و ورود آب مازاد کشاورزی دارای نوساناتی بین۱/۴ تا ۶ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. مقدار BOD_5 موجود در ایستگاه اول که در زیر سد درودزن واقع شده به دلیل ورود رواناب‌های کشاورزی در بالادست سد درودزن بوده که هر چه به سمت پایین‌دست می‌رویم مقدار آن کاهش یافته تا اینکه با ورود فاضلاب مجتمع پتروشیمی مقدار آن افزایش می‌یابد و در مرداد به ۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد. با ورود رودخانه سیوند به رودخانه کر مقدار این آلاینده اندکی افزایش یافته و ۵/۵ میلی گرم بر لیترشده و بعد از پل خان مقدار آن اندکی کاهش یافته و به ۵ میلی گرم بر لیتر رسیده است. با ورود زهکش آهوچر در کیلومتر ۷۰ مقدار BOD_5 افزایش جزئی یافته (۶ میلی گرم بر لیتر) و سپس در ادامه مسیر رودخانه دوباره روند کاهشی مشاهده می‌گردد (در حدود ۴ میلی گرم بر لیتر). همانطور که در شکل ۱۰ نیز مشاهده می‌گردد همخوانی مناسبی بین داده‌های اندازه‌گیری شده با داده‌های پیش‌بینی شده مدل مشاهده می‌گردد. اختلاف اندک بین نتایج آزمایشگاهی و نتایج مدل را می‌توان به علت تفاوت زمان نمونه‌برداری از آب رودخانه با نمونه‌برداری از منابع آلاینده و مشخص نبودن آلاینده‌های مختلف در طول مسیر رودخانه دانست. ضمناً برای واسنجی مدل از ضرایب محاسبه شده در تحقیق اسلامی(۱۳۷۷) در پایین دست پل خان تا پل شهید غنی‌زاده استفاده گردید. همچنین در اسفندماه شرایط مشابهی نسبت به مرداد ماه مشاهده می‌گردد ولی در شرایط بحرانی با ورود رودخانه سیوند و فاضلاب‌تصفیه‌خانه مرودشت مقدار BOD_5 شدیداً افزایش یافته و به ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نیز می‌رسد. شاخص تطابق (d)، مقادیر جذر مربعات خطا (RMSE) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) برای مرداد ماه به ترتیب ۰/۷۴۵، ۳۷/۰۸ و ۱/۰۷ و برای اسفندماه به ترتیب ۰/۵۷، ۴۲/۱۷ و ۰/۸۵۷ به دست آمد. بنابراین بطور کلی شبیه‌سازی مربوط به BOD_5 توسط مدل در حد خوبی صورت گرفته و نتایج شبیه سازی در مردادماه بهتر از اسفند ماه بوده است.

Archive of SID

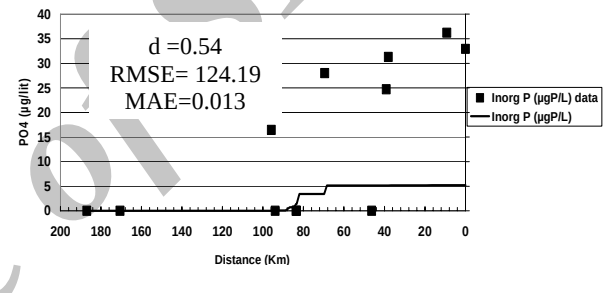
www.SID.ir



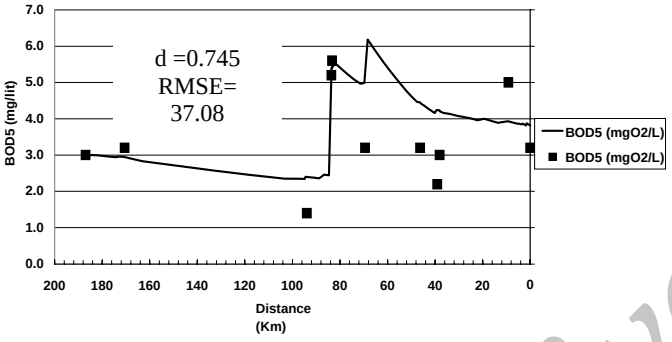
شکل ۸- تغییرات نیترات اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (اسفند ۱۳۸٤)



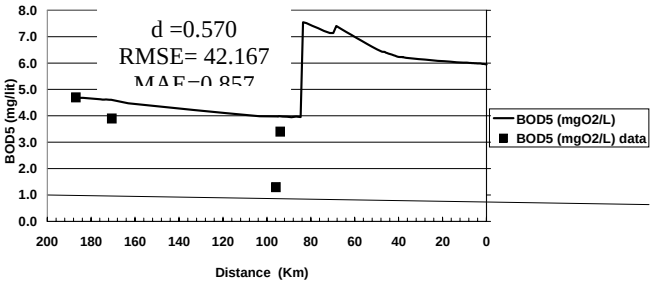
شکل ۹- تغییرات ارتوفسفات اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (مرداد ۱۳۸٤)



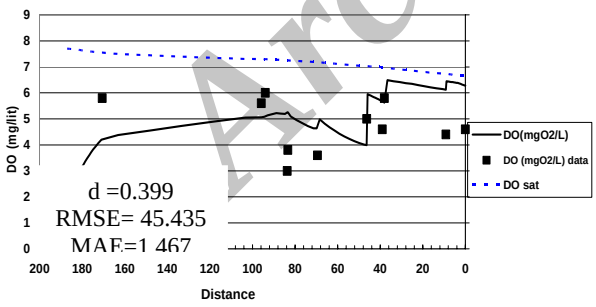
شکل ۱۰- تغییرات ارتوفسفات اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (اسفند ۱۳۸٤)



شکل ۱۱- تغییرات BOD_5 اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (مرداد ۱۳۸٤)



شکل ۱۲- تغییرات BOD_5 اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (اسفند ۱۳۸٤)



شکل ۱۳- تغییرات DO اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (مرداد ۱۳۸٤)

Archive of SID

www.SID.ir

شکل‌های ۱۳ و ۱۴ میزان اکسیژن محلول پیش‌بینی شده توسط مدل، اکسیژن محلول اشباع و همچنین مقادیر اندازه‌گیری شده در مرداد و اسفند ماه را در رودخانه نشان می‌دهد. میزان اکسیژن محلول در رودخانه‌ها به عوامل متعددی از جمله دمای آب، میزان هوادهی مجدد، بار آلی موجود و یا ورودی به رودخانه بستگی دارد. همانطورکه در شکل ۱۳ مشاهده می‌گردد میزان اکسیژن محلول در ایستگاه اول (زیر سد درودزن) خیلی پایین بوده که می‌تواند به دلیل ماندگاری زیاد آب رودخانه در مخزن سد و مصرف اکسیژن محلول باشد. ولی بلافاصله با هوادهی مجدد در رودخانه مقدار اکسیژن محلول افزایش یافته (حدود ۶ میلی گرم بر لیتر) که این امر نیز توسط مدل پیش‌بینی گردیده است. با ورود فاضلاب های مجتمع پتروشیمی، رودخانه سیوند و فاضلاب‌تصفیه‌خانه مرودشت میزان اکسیژن محلول بعد از پل خان کاهش یافته و در مرداد ماه به ۴ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. اما ایجاد تلاطم در زیر دست بند امیر (کیلومتر ۷۰) در مسیر رودخانه کر باعث افزایش مقدار اکسیژن محلول می‌گردد. با ورود زهکش‌آهوچر در بعد از بند امیر مقدار اکسیژن محلول به روند کاهشی خود ادامه داده تا اینکه در محل بند فیض‌آباد (کیلومتر ۴۶) مقدار اکسیژن محلول افزایش ناگهانی یافته است و به ۶ میلی گرم بر لیتر می‌رسد. ولی با ورود فاضلاب‌های روستایی به رودخانه و مصرف اکسیژن محلول، روند کاهشی اکسیژن محلول تا بند تیلکان ادامه داشته تا اینکه در محل بند تیلکان (کیلومتر ۳۹) و همچنین بند حسن آباد (کیلومتر۹) افزایش چشمگیری مشاهده می‌گردد (۶/۵ میلی گرم بر لیتر) که نشان از ظرفیت بالای خودپالایی در رودخانه کر دارد. در ماه پر آبی به دلیل دبی بالا و دمای پایین آب مشکل کمبود اکسیژن مشاهده نمی‌گردد و در تمام طول رودخانه مقدار آن بالای ۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. البته بایستی اشاره گردد که مدل مقدار افزایش اکسیژن محلول در بعد از بندها را مقداری بیش از واقعیت در نظر می‌گیرد، چون مدل قسمت پایین‌دست بند را به صورت عمودی در نظر می‌گیرد که در عمل اینچنین نبوده و پایین دست بندهای موجود در رودخانه دارای شیب ملایمی می‌باشند که آب از روی آن‌ها سرریز می‌نماید. شاخص تطابق (d)، مقادیر جذر مربعات خطا (RMSE) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) از داده‌های اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده توسط مدل برای مرداد ماه به ترتیب ۰/۳۹۹، ۴۵/۴۴ و ۱/۴۶۷ و برای اسفندماه به ترتیب ۰/۵۳۱، ۱۴/۷۵ و ۰/۸۵۷ به دست آمد. بنابراین شبیه‌سازی در حد خیلی خوب صورت نگرفته و شبیه‌سازی این پارامتر توسط مدل در اسفندماه بهتر از مرداد ماه بوده است.

شکل‌های ۱۵ و ۱۶ تغییرات pH را در طول رودخانه در شرایط مختلف نشان می‌دهد. برای تعیین میزان pH توسط مدل معادلات تعادل، موازنه جرم و الکترون خنثایی که در آنها کربن غیر آلی عامل تعیین کننده ای می‌باشد بکار می‌رود. pH رودخانه کر عموماً قلیایی می‌باشد و در تمام فصول تقریبا یکسان است. علت اختلاف بین نتایج اندازه گیری شده و نتایج مدل، عدم اطلاع کافی از تغییرات فشار گاز کربنیک در طول رودخانه می‌باشد که در تعیین و تغییر pH موثر می باشد. مقدار d در مرداد و اسفند ماه اندازه‌گیری شده بترتیب ۰/۵۹۷ و ۰/۲۴، RMSE در مرداد و اسفند بترتیب ۱۴/۱ و ۱۲/۹۷ و MAE در مرداد و اسفند بترتیب ۰/۸۵۱ و ۰/۸۵۲ می‌باشد. بنابراین شبیه‌سازی در حد نسبتا خوبی صورت گرفته و نتایج شبیه سازی در مرداد ماه بهتر از اسفند ماه بوده است.

نتیجه‌گیری

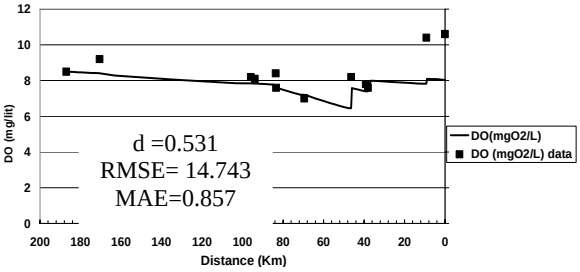
منابع آلودگی رودخانه کر مراکز جمعیتی، فعالیتهای کشاورزی و صنعتی و رواناب‌های ناشی از بارندگی می‌باشند. در ماه‌های کم آب صنایع اطراف رودخانه به عنوان منابع اصلی آلودگی رودخانه کر محسوب می‌شوند و در ماه های پرآب رواناب های کشاورزی و زهکش ها عامل اصلی الودگی محسوب می شوند. با توجه به آنالیزهای انجام شده و شبیه‌سازی پارامترهای کیفی رودخانه، کیفیت آب رودخانه کر جهت کشاورزی از کیفیت مناسبی برخوردار نمی‌باشد. بخصوص در قسمت‌های انتهایی رودخانه که مقدار EC به علت پس‌زدگی آب دریاچه به داخل رودخانه به شدت افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به نمونه‌برداری های انجام شده از رودخانه کر مشاهده می‌شود که میزان pH در طول رودخانه در اکثر مواقع بیش از ۷ بوده و حالت بازی دارد.

مقادیر ارتوفسفات به دلیل برگشت زه‌آب‌های کشاورزی به داخل رودخانه افزایش یافته که به دلیل مصرف بیش از اندازه کودهای فسفره در این منطقه می‌باشد. مقادیر نیترات و آمونیوم با ورود فاضلاب مجتمع پتروشیمی به داخل رودخانه به شدت افزایش یافته و با ورود زهکش آهوچر با دبی بالا مقدار آن زیادتر شده و روند آن در طول رودخانه به دلیل ورود زهکش‌های متعدد در پایین‌دست رودخانه تقریباً ثابت می‌ماند ولی در ایستگاه آخر (پل شهید غنی‌زاده) به دلیل کاهش زیاد سرعت آب و ایجاد حالت ماندابی مقدار آن کاهش می‌یابد.

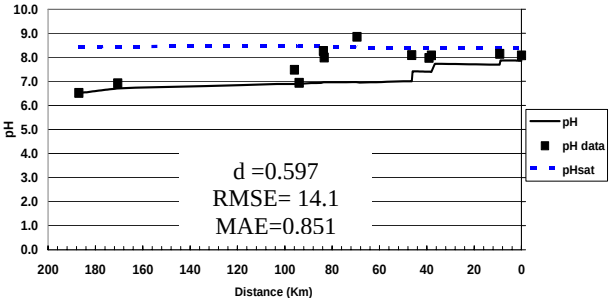
با توجه به شیب زیاد رودخانه در اوایل مسیر و وجود بندهای متعدد در طول مسیر رودخانه، این رودخانه از هوادهی مناسب و ظرفیت خودپالایی بالایی برخوردار می‌باشد. همچنین از منابع BOD رودخانه کر می‌توان به فاضلاب‌های روستایی، فاضلاب‌های کشاورزی، فاضلاب‌مجتمع پتروشیمی، رودخانه سیوند، زهکش آهوچر و مخصوصاً فاضلاب تصفیه‌خانه مرودشت که در بعضی اوقات بدون تصفیه به داخل رودخانه کر وارد می‌گردد اشاره کرد.

Archive of SID

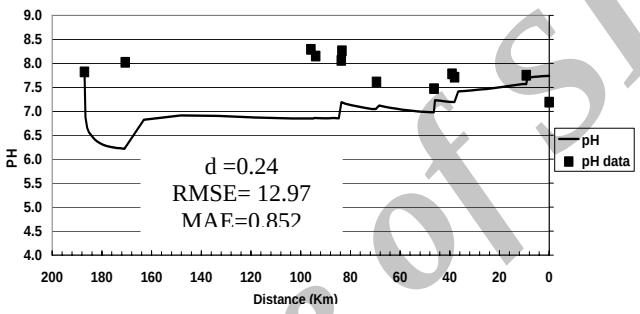
www.SID.ir



شکل ۱۴- تغییرات DO اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (اسفند ۱۳۸۴)



شکل ۱۵- تغییرات pH اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (مرداد ۱۳۸۴)



شکل ۱۶- تغییرات pH اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در طول رودخانه کر، (اسفند ۱۳۸۴)

نتایج شبیه‌سازی‌های صورت گرفته برای پارامتر های مختلف نشان می‌دهد که مدل بهترین شبیه سازی را برای پارامتر آمونیوم انجام داده است. دقت شبیه‌سازی پارامترها بعد از آمونیوم بترتیب نیترات، هدایت الکتریکی، BOD، pH، ارتوفسفات و DO می‌باشد.

نتایج شبیه‌سازی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که در ماه‌های کم آبی دقت شبیه‌سازی بیشتر بوده و مقدار d برای تمام پارامترها بجز اکسیژن محلول که برابر ۰/۴ به دست آمد، بین ۰/۵۳ تا ۰/۹۲ متغیر می‌باشد ولی در ماه‌های پرآب به دلیل در نظر گرفته نشدن آب‌های برگشتی از زمین‌های کشاورزی به داخل رودخانه، بعضی از پارامترهای پیش‌بینی شده توسط مدل کمتر از مقادیر واقعی بوده و مقادیر d نسبت به مرداد ماه کمتر بوده و بجز برای pH که مقدار d برابر ۰/۲۴ می‌باشد، برای بقیه پارامترها مقدار آن بین ۰/۵۳ تا ۰/۷۸ می‌باشد.

همچنین کیفیت بهتر رودخانه در یک سری از پارامترها در فصل زمستان را می توان به دبی رودخانه در این فصل ارتباط داد که به دلیل دبی بالا غلظت آلاینده ها تا حدودی کاهش می یابد.

مراجع

اسلامی, ا. (۱۳۷۷). بررسی کیفیت آب و تعیین ضریب خودپالایی رودخانه کر. پایان نامه کارشناسی ارشد (منتشر نشده)، بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی. دانشگاه شیراز. ۱۸۵ ص.

عطایی، ج. (۱۳۸۱). تغییرات نیتروژن در رودخانه کر و تأثیر آن بر بیلان اکسیژن محلول رودخانه. پایان نامه کارشناسی ارشد (منتشر نشده). بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی. دانشگاه شیراز. ۱۹۲ ص.

منجمی, پ. و ی. کریمی. (۱۳۷۷). مطالعات زیست محیطی حوضه رودخانه‌های کر و سیوند. دانشکده مهندسی. دفتر همکاری‌های علمی و مشاوره ای. دانشگاه شیراز. با همکاری اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس. ۱۳۶ ص.

Barnwell, T. O., L. C. Brown and R. C. Whittemore.

Archive of SID

www.SID.ir

EPA, (2004). "Stream Water Quality Model (QUAL2K) ",[Online], <.http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/index.html>, [2005-09-13].

EPA, (1986). "Handbook stream sampling for waste load allocation application", Eastern Research Group, Inc., Cambridge.

O'Connor, D. J. and W .E. Dobbins. 1958. Mechanism of Reaeration in Natural Streams. Trans. ASCE. 123: 641-684.

Melching, C. S. and W. E. Yoon. (1996)." Key Source of Uncertainty in QUAL2E model of Passaic river". Water Resource Planning and Management. 122(2): 105-113.

(2004). "Importance of Field Data in Stream Water Quality Modeling Using QUAL2E-UNCAS". Journal of Environmental Engineering. 130(6): 643-647.

Chapra, S. C. and G. J. Pelletier. (2003). "QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality: Documentation and User Manual". Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University. 121p.

Chow, V. T., D. R. Maidment, and L. W. Mays. (1988). "Applied Hydrology", New York, McGraw-Hill. 592p.

Drolc, A. and J. Z. Koncan. (1999). "Calibration of QUAL2E model for the Sava River (Slovenia)" . Water Science and Technology. 40(10): 111-118.

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۲۰
تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۱

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 4, Winter 2011, p. 338-349

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۳۴۹-۳۳۸

Determination and Simulation of Water Qualty in The Kor River Using Qul2k Model

M. Nooshadi*[1] M. R. Hatami Zadeh[2]

Abstract

Kor River is one of the important water resources of Fars province in southern part of Iran. many big industrial, agricultural and residential departments ,are near this river. Therefore, implement of integrated researches about its pollution and using management tools such as mathematical models for simulation of water quality of this river and prediction of water quality or future are necessary. In this research quality of Kor River after Doroodzan dam up to Tashk and Bakhtegan lakes was determine according to the measured data Qual2k model was calibrated and then water quality of this river was simulated. For determination of sampling stations and also pollution sources for Kor river, 12 sampling stations were determined from the below of Doroodzan dam up to Bakhtegan lake. For evaluation of QUAL2K model, some statistical parameters including d (index of agreement), RMSE (Root mean square error), and MAE (mean absolute error) were determined. According to this research, the prediction of low flow duration was better than high flow duration because runoff in low flow was lower than high flow. The runoff is nonpoint source pollution, therefore this model can not predict that with good accuracy. Most accuracy prediction was for Ammonia and then for Nitrate, EC, BOD, pH, orthophosphate and DO, respectively.

Keywords: QUAL2K, Kor River, Calibration, Simulation, Water quality

Archive of SID

1,2- Assistant Professor& M. Sc. Dept. Of Water Engineering, College of Agriculture, Shiraz Univercity Respectively
(*- Corresponding Author Email: noshadi@shirazu.ac.ir)

www.SID.ir