

مدلسازی اکسیژن محلول (DO) و سایر پارامترهای کیفی رودخانه کارون در بازه شوشتر- ملاثانی

محسن بصیریان^۱، هادی معاضد^۲

۱- مربی، دانشگاه آزاد واحد رامهرمز، mohsen7400@Gmail.com

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۱۱

چکیده

امروزه مدل‌های شبیه‌سازی کیفی رودخانه‌ها کاربرد گسترده‌ای در برنامه‌ریزی و شبیه‌سازی سیاست‌های مدیریتی سیستم‌های رودخانه‌ای دارند. مدل WASP6 با استفاده از ابزارهای ریاضی چون روش اجزاء محدود، معادلات حاکم بر فرآیندهای شیمیایی و بیولوژیکی را حل می‌نماید. در این تحقیق مهمترین پارامترهای کیفی آب از جمله اکسیژن محلول، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی و نیترات در رودخانه کارون در بازه شوشتر-ملاثانی با استفاده از نرم‌افزار WASP6 مدلسازی گردید. اولین هدف از انجام این تحقیق، آشنایی با مدل WASP6 و معرفی توانایی‌های آن، بدست آوردن ضرایب نرخ مناسب برای شبیه‌سازی پارامترهای کیفی توسط این مدل و ارزیابی پارامترهای مهم کیفی از قبیل اکسیژن محلول و اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی می‌باشد. تقارب نتایج مشاهداتی با نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های صورت گرفته در بازه زمانی اردیبهشت ۸۵ لغایت بهمن همان سال در بازه مورد مطالعه نشان می‌دهد، محدوده‌های انتخاب شده برای ضرایب نرخ‌ها از دقت قابل قبولی برخوردار می‌باشند. مهمترین ضرایب بدست آمده شامل ضریب نرخ هوادهی حدود 0.35 ± 0.1 ، ضریب نرخ زوال BOD حدود $0.05 \pm$ و ثابت نرخ نیتریفیکاسیون حدود $0.8 \pm$ تا $1.0 \pm$ نتایج بدست آمده از مدلسازی‌ها نشان داد، نرم افزار WASP6 جهت مدلسازی اکسیژن محلول، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، آمونیاک و نیترات از قدرت پیش‌بینی قابل قبولی برخوردار می‌باشد و می‌توان مدل WASP6 را به عنوان یک نرم افزار مدلساز کیفیت آب توصیه نمود.

واژه های کلیدی: مدلسازی، اکسیژن محلول، پارامترهای کیفی، کارون، WASP

مقدمه

توانایی‌ها جهت مدل کردن تأثیر ورود آلوده کننده‌ها و فاضلابها به داخل رودخانه‌ها ایجاد شده است [۲]. انتقال یک آلاینده در آب، منحصرأ توسط جریان آب (جریان توده‌ای) و سوار بر آن صورت نمی‌گیرد، بلکه بسته به غلظت آن، این آلاینده در درون توده آب جاری به جنبش درآمده و به علت فرآیندهای پخشیدگی و انتشار طولی در آب نیز جابه‌جا و پخش می‌شود. منظور از جریان توده‌ای یک آلاینده مخلوط شده با آب، انتقال آن همراه با جریان آب است.

توسعه مدل‌های کیفی آب همزمان با افزایش درک پدیده‌های بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی صورت می‌گیرد. بدون فهم این فرآیندها امکان فرموله کردن مدل‌ها، و بدون تهیه مدل امکان بررسی میزان تأثیر ورود مواد آلوده کننده به رودخانه‌ها وجود ندارد. مروری بر تحقیقات ۱۰۰ سال گذشته نشان دهنده بهبود فهم فرآیندهای بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی در رودخانه‌ها بوده و افزایش قابل توجهی در

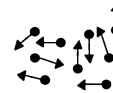
پیش‌بینی عمومی از وضع آبی و پیش‌بینی خاص در یک مکان معین.

اکسیژن محلول و پارامترهای مربوط به آن بوسیله برنامه EUTRO مدلسازی می‌گردند. فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی بسیاری می‌توانند بر انتقال و واکنش‌های بین مواد مغذی، مواد کربن‌دار و اکسیژن محلول در محیط آبی مؤثر باشند. چهار معادله مختلف در مدل WASP6 قابل انتخاب می‌باشند که عبارتند از: معادلات استریتر فلپس، معادلات استریتر فلپس اصلاح شده، معادلات خطی کامل توازن DO و معادلات غیر خطی توازن DO.

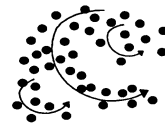
مواد و روش‌ها

رودخانه کارون پس از اتصال چهار شاخه اصلی (خرسان، آب ونک، آب کیار و بازفت)، در جهت عمومی جنوب شرقی-شمال غربی جریان می‌یابد. سد انحرافی گتوند در ابتدای دشت خوزستان روی رودخانه کارون احداث شده که محل آبیگری منطقه عقیلی و گتوند می‌باشد. از این نقطه به بعد، رودخانه در دشت خوزستان در امتداد جنوب جریان یافته و در حواشی شهر شوشتر از ساحل چپ رودخانه‌های کوچک شور و بهلول کارون از ارتفاعات شمال و جنوب مسجدسلیمان سرچشمه می‌گیرند، به یکدیگر پیوسته و به کارون متصل می‌گردند. در فاصله ۱۰ کیلومتری جنوب این محل رودخانه به دو شاخه بنام‌های شطیط و گرگر تقسیم می‌شود و جزیره‌ای به طول ۵۰ کیلومتر بین دو شاخه رودخانه تشکیل می‌شود. پس از اتصال رودخانه با دز مسیر رودخانه اندکی به سمت جنوب غربی متمایل شده، سپس از شهر اهواز و عبور از مسیری به طول تقریبی ۱۹۰ کیلومتر، در ناحیه دلتا تشکیل دو رودخانه حفار و بهمنشیر را می‌دهد. رودخانه حفار در فاصله ۷۰ کیلومتری خلیج فارس به اروندرود متصل می‌شود و بهمنشیر به خلیج فارس می‌ریزد. طول رودخانه در جلگه خوزستان حدود ۲۵۰ کیلومتر می‌باشد.

پخشیدگی فرآیندی است که در اثر شیب غلظت و حرکت ملکول‌ها و برخورد آنها با یکدیگر و تغییر مسیر پیش می‌آید. فرآیند پخشیدگی به دو نوع پخشیدگی ملکولی (شکل ۱) و پخشیدگی متلاطم (شکل ۲) تقسیم می‌شود [۳].



شکل ۱- انتشار ملکولی (حرکت تصادفی ذرات)



شکل ۲- انتشار متلاطم (اختلاط متلاطم ذرات)

برنامه شبیه‌سازی آنالیز کیفیت آب (WASP6) نسخه ارتقاء یافته برنامه WASP اصلی می‌باشد. این مدل به کاربر کمک می‌کند که به تفسیر و تخمین اثرات وقایع طبیعی و آلودگی‌های دست‌ساز برای حصول به تصمیمات منطقی در زمینه مدیریت آلودگی‌های مختلف بپردازد. مدل WASP6 یک مدل با ساختار دینامیکی برای محیط‌های آبی می‌باشد که فرآیندهای متغیر زمانی همانند جابجایی، پراکندگی، بار جرم‌های نقطه‌ای و پخشی و شرایط مرزی در برنامه اصلی را در نظر می‌گیرد. معادله‌ای که بوسیله مدل WASP6 حل می‌گردد، بر اساس اصل بقای جرم می‌باشد. در برنامه WASP6 از دیدگاه لاگرانژی، یعنی دنبال کردن یک ذره آب از نقطه ورود به صورت مکانی و زمانی تا نقطه انتها بصورتی که میزان جرم در مکان و زمان ثابت باقی بماند، استفاده شده است [۵].

اولین گام در بکار بردن یک مدل بررسی مشکلاتی است که بایستی مورد حل قرار گیرند. یک مدل کیفی بایستی بیان‌کننده سه موضوع اصلی باشد که عبارتند از وضعیت موجود کیفی آب،

مدل WASP6 برای شرایط ماندگار و غیرماندگار قابل اجرا می‌باشد، بطوریکه مقادیر سرعت و عمق مورد استفاده در مدل برای هر یک از شرایط مختلف متفاوت می‌باشد. برای شرایط ماندگار سرعت و عمق ثابت بوده و بصورت مقادیر مشخصه به مدل داده می‌شوند و برای شرایط غیر ماندگار باید مقادیر سرعت و عمق را به صورت توابعی به فرم aQb بدست آورد، که در آن Q مقدار دبی و ضرایب a و b مقادیر مورد استفاده در مدل می‌باشند. این ضرایب از مطالعات مهندسی مشاور دز آب استخراج و در جدول (۱) ارائه شده است [۴].

آمار و اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: اطلاعات هیدرومتری، اطلاعات مقاطع رودخانه، اطلاعات کیفی و آلاینده‌های ورودی در منطقه طرح می‌باشد. اطلاعات جمع‌آوری شده را می‌توان در چهار گروه تقسیم بندی نمود. آمار و اطلاعات جریان روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری واقع بر رودخانه، اطلاعات مربوط به مقاطع برداشت شده از رودخانه در مسیر جریان، اطلاعات کیفی مربوط به آلاینده‌ها و جریان‌های جانبی ورودی به رودخانه کارون، آمار و اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های مونیتریگ رودخانه کارون.

محاسبه سرعت و عمق آب

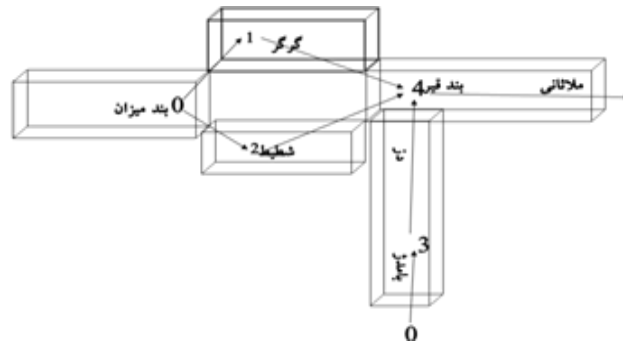
جدول ۱ - متوسط ضرایب هیدرولیکی در بازه‌های مختلف در وضع موجود [۴]

مانینگ	ضریب		توان		محدوده مطالعاتی
	عمق	توان	سرعت	توان	
۰/۰۳	۰/۲	۲/۷	۰/۲	۰/۶۵	کارون
۰/۰۴	۰/۲۲	۱/۳	۰/۴	۱/۷۳	دز

جریان را می‌دهند که تحت عنوان Flow Function به سیستم معرفی شدند. منابع آلاینده در این محدوده زهکشهای اراضی کشاورزی و صنایع موجود در منطقه می‌باشند، تخلیه آنها به رودخانه در قطعه ۱ و ۲ صورت می‌گیرد که مقدار بار ورودی از این زهکشها بین ۰/۷۵ تا ۸/۵ متر مکعب بر ثانیه و در ماههای مختلف متغییر بوده، و جزء اطلاعات مورد نیاز است. پس از تکمیل اطلاعات ورودی، کار شبیه سازی توسط زیر مدل Eutro انجام گرفت.

شبیه سازی کیفی رودخانه کارون توسط مدل WASP6

ساختار مدل شبیه‌سازی WASP6 به گونه‌ای است که در ابتدا باید مسیر رودخانه مورد نظر قطعه بندی شود. بمنظور سادگی کار، فاصله بین ایستگاه‌ها به عنوان قطعه در نظر گرفته شد. بنابراین بازه شوشتر - ملاثانی به ۴ قطعه به شرح شکل (۳) تقسیم بندی گردید. نامگذاری قطعات به ترتیب عبارتند از: ۱-شطیط ۲-گرگر ۳-دز ۴-کارون. محاسبه حجم هر قطعه، سرعت متوسط آب و عمق متوسط گام بعدی در محاسبات بودند. سری زمانی دبی‌های ثبت شده از هر ایستگاه تشکیل تابعی از



شکل ۳ - قطعه بندی رودخانه کارون

شرایط اولیه

نیترات (NO_3)، آمونیاک (NH_3) و دما (T) در آغاز دوره‌های شبیه‌سازی تعیین گردید. در جدول (۲) ارائه شده است.

منظور از شرایط اولیه، معرفی اولین غلظت آلاینده در شروع دوره مدلسازی در محدوده تحت مطالعه می‌باشد. غلظت پارامترهای اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن بیوشیمیایی مورد نیاز (BOD)،

جدول ۲ - مقادیر استفاده شده جهت شرایط اولیه [۴]

نام شاخه نام ایستگاه	تاریخ	DO	BOD	No3	po4	NH3
شطوط و گرگر بند میزان	۸۵/۰۲/۲۰	۸/۱۴	۲/۲۲	۹	۰/۰۰۶۸	۰/۸۲
دز بامدژ	۸۵/۰۲/۱۷	۶/۰۶	۱/۲	۸/۲	۰/۰۰۶۷	۱
کارون بزرگ بند قیر	۸۵/۰۲/۲۰	۵/۸۸	۱/۳	۱۰/۷	۰/۰۱۷	۰/۹

ثابت‌ها و نرخ‌های مورد استفاده جهت

شبیه‌سازی در نرم افزار WASP6

در همه مدلسازها انتخاب ضرایب مناسب جهت کالیبراسیون مدل، یک امر اساسی تلقی می‌گردد که بدون انجام آن، نتایج جنبه واقعی و قابل استفاده نخواهند داشت. در ذیل، ثابت‌ها و نرخ‌های مورد استفاده که از بررسی‌های طولانی مدت در بازه شوشتر-ملاثنانی برای نرم افزار WASP6 بدست آمده‌اند بصورت کامل در جدول (۳) آورده شده است.

پارامترهای مهم و تاثیر گذار در مدلسازی کیفی آب در بازه مورد مطالعه عبارتند از: تابع زمانی سرعت آب، تابع زمانی دمای آب، تابع زمانی دمای هوای محیط، و تشعشعات خورشیدی ورودی به رودخانه.

جدول ۳- مقادیر ثابت و کالیبره شده مدل [۱/۵]

منبع	مقدار توصیه شده	مقدار به کار گرفته شده	واحد	نام	نماد
افیونی و عرفان نژاد (۱۳۷۹)	۰/۴۶ تا ۰/۶۹	۰/۵۵	day-1	ضریب نرخ بازدمش	K2
کمیته تحقیقات در زمینه مهندسی بهداشت (۱۹۶۰)	۱/۰۲۴	۱/۰۲۴	-	ضریب تصحیح دما برای بازدمش	θ
US EPA (1979) خور پوتوماک مهندسین مشاور دز آب (۱۳۸۰) رودخانه کارون	۰/۱۶ تا ۰/۰۵ ۰/۰۵	۰/۰۵	day-1	نرخ زوال CBOD	Kd
چن (۱۹۷۰) کریم و لاولیس (۱۹۷۳)	۱/۰۴۷ ۱/۰۵	۱/۰۵	-	ضریب تصحیح دما برای زوال CBOD	θ
مهندسین مشاور دز آب (۱۳۸۰) رودخانه کارون	۰/۲	۰/۲	day-1	نرخ زوال NBOD	Kn
شارما و اهلرت (۱۹۷۷) استراتون (۱۹۶۶)	۱/۰۶۹ ۱/۰۸۷۶	۱/۰۸	-	ضریب تصحیح دما برای اکسیداسیون آمونیاک	θ
استراتون (۱۹۶۶) شارما و اهلرت (۱۹۷۷)	۱/۰۵۷۶ ۱/۰۴۷	۱/۰۵	-	ضریب تصحیح دما برای اکسیداسیون نیتريت	θ

(R2)، متوسط خطای مطلق (MAE) و ضریب عملکرد (Cp) محاسبه گردید.

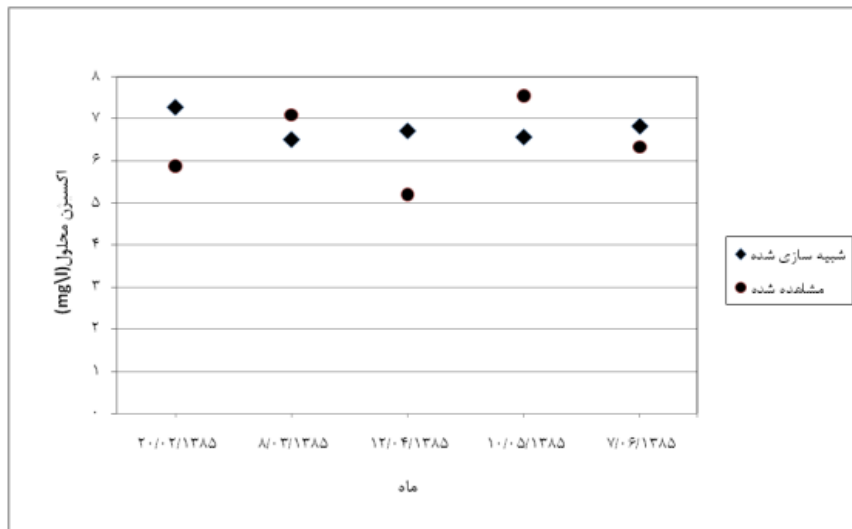
برای واسنجی مدل WASP6 از داده‌های مشاهداتی مربوط به پنج ایستگاه در ۵ ماه اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور مربوط به سال ۱۳۸۵ استفاده شد. کالیبراسیون مدل با توجه به داده‌های موجود و پارامترهای شبیه‌سازی شده در انتهای هر دوره انجام پذیرفت. سپس برای اطمینان از دقت مدل، نتایج حاصله بوسیله آنالیز آماری مورد آزمون قرار گرفت. ضرایب همبستگی، میانگین متوسط خطا و ضریب عملکرد برای هر پارامتر در طول رودخانه محاسبه شد. در ذیل، نتایج واسنجی مدل بصورت نمودارهایی در برابر داده‌های مشاهداتی و آنالیز آماری آنها در جداول زیر آورده شده است.

نمودارهای مدل WASP6 در مرحله واسنجی

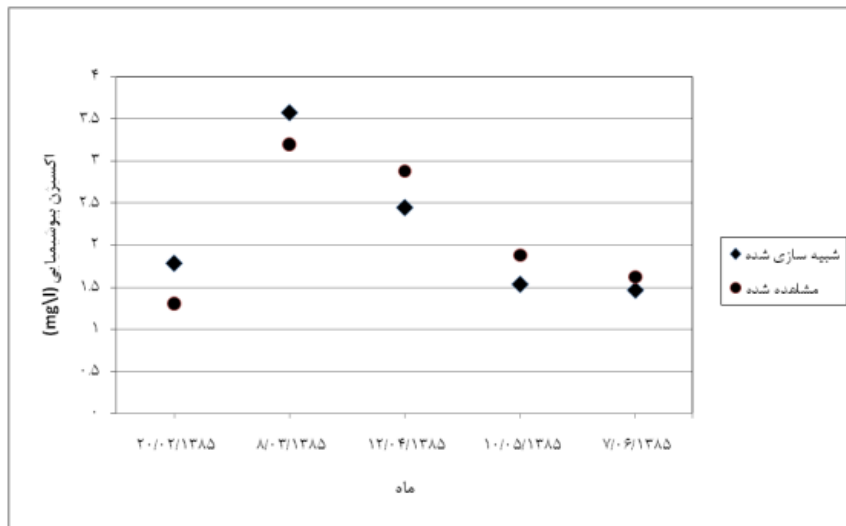
هدف از واسنجی، تطبیق پارامترها بگونه‌ای می‌باشد که جوابهای مدل با مشاهدات (در یک حالت بهینه) مطابقت نماید. دو روش کلی برای ارزیابی کیفیت واسنجی وجود دارد: ارزیابی فرضی و ارزیابی واقعی. ارزیابی فرضی برپایه یک مقایسه بصری شبیه سازی، توسط داده‌ها می‌باشد. این کار معمولاً شامل نمودارهای یک مجموعه زمانی مجزا برای هر یک از متغیرها می‌باشد. مدل کننده پارامترها را تعدیل می‌کند تا زمانی که مطمئن شود تطابق بین خروجی مدل و داده از نظر ظاهری کافی باشد. در مقابل، روش واقعی بر پایه اندازه‌گیری عددی چگونگی تطابق می‌باشد (معمولاً اندازه‌گیری خطا). بعد از پذیرش چنین اندازه‌گیری، پارامترها تا زمان دستیابی به بهترین مقدار (معمولاً حداقل خطا) تعدیل می‌شوند. ارزیابی دقت هر یک از مدلها ضریب همبستگی

جدول ۴ - آنالیز آماری نتایج مدل WASP6 در مرحله واسنجی برای شاخه کارون

Cp	MAE (mg/l)	R2	SIM (mg/l)	MEAS (mg/l)	پارامترهای کیفی
۱/۶۴۱	۰/۹۹۷	۰/۵۴۰	۶/۷۷۷	۶/۴۱۶	DO
۰/۲۶۱	۰/۳۵۹	۰/۸۸۰	۲/۱۵۸	۲/۱۷۶	BOD
۰/۴۴۲	۰/۱۹۶	۰/۸۹۳	۰/۸۵۰	۱/۰۴۶	NH4
۰/۱۶۸	۰/۷۰۵	۰/۹۹۱	۶/۷۷۹	۶/۸۸۱	NO3



نمودار ۱- تغییرات اکسیژن محلول (DO) در مرحله واسنجی برای مدل شاخه کارون



نمودار ۲- تغییرات اکسیژن بیوشیمیایی (BOD) مورد نیاز در مرحله واسنجی برای مدل شاخه کارون

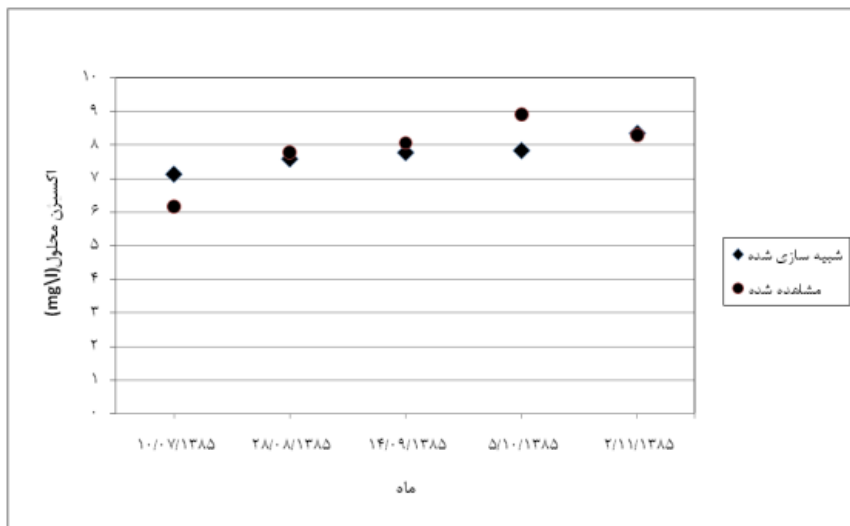
خطای محاسبه شده در شبیه‌سازی هر پارامتر در سراسر رودخانه، برای آمونیاک کمترین مقدار و به ترتیب برای اکسیژن بیوشیمیایی مورد نیاز، نیترات و

با توجه به جدول فوق مقدار ضریب همبستگی برای نیترات، آمونیاک، اکسیژن بیوشیمیایی مورد نیاز و اکسیژن محلول به ترتیب کاهش یافته، و متوسط

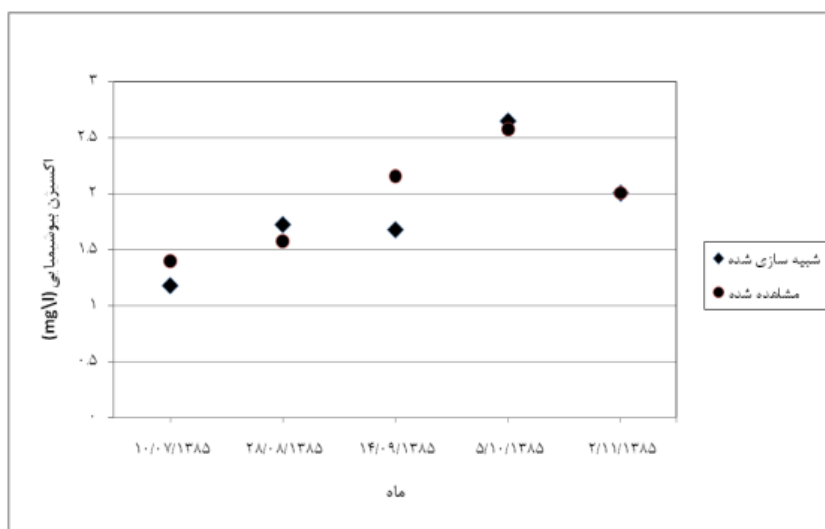
ماههای مهر، آبان، آذر، دی و بهمن سال ۱۳۸۵ انجام شد. سپس نتایج حاصل از مدل با داده‌های مشاهداتی در نمودارهای ذیل مقایسه شد تا کارایی مدل در شبیه‌سازی پارامترهای کیفی مشخص شود. در ادامه با انجام آنالیز آماری دقت مدلها، مقدار خطا و عملکرد مدل در شبیه‌سازی انجام شده مورد بررسی شد که نتایج حاصل در جداول زیر ارائه شده است.

اکسیژن محلول بیشترین مقدار را داشته است. مقدار ضریب عملکرد در واقع بیانگر چگونگی عملکرد شبیه‌سازی انجام شده است؛ هرچه این ضریب به صفر نزدیکتر باشد حاکی از عملکرد بهتر شبیه‌سازی انجام شده می‌باشد که بترتیب نترات، اکسیژن بیوشیمیایی مورد نیاز، آمونیاک و اکسیژن محلول بهترین عملکرد را نشان دادند.

نمودارهای مدل WASP6 در مرحله صحت‌یابی
 پس از واسنجی مدل WASP6، کار صحت‌یابی مدل با داده‌های مشاهداتی پنج ایستگاه، مربوط به



نمودار ۵ - تغییرات اکسیژن محلول (DO) در مرحله صحت‌یابی مدل برای شاخه کارون



نمودار ۶ - تغییرات اکسیژن بیوشیمیایی (BOD) مورد نیاز در مرحله صحت‌یابی مدل شاخه کارون

جدول ۵- آنالیز آماری نتایج مدل WASP6 در مرحله صحت یابی برای شاخه کارون

Cp	MAE (mg/l)	R2	<u>SIM</u> (mg/l)	<u>MEAS</u> (mg/l)	پارامترهای کیفی
۰/۵۲۹	۰/۵۱۹	۰/۷۸۴	۷/۷۲۴	۷/۸۴۴	DO
۰/۳۴۹	۰/۱۸۴	۰/۸۸۲	۱/۸۴۵	۱/۹۴۶	BOD
۰/۶۳۰	۰/۱۰۸	۰/۷۷۰	۰/۸۷۷	۰/۹۱۷	NH4
۱/۹۴۱	۰/۷۱۸	۰/۵۱۱	۵/۷۶۷	۵/۳۵۴	NO3

شده می‌توان دریافت که کمترین میزان DO به مقدار ۵/۲ Mg/Lit در تیرماه از شاخه کارون و بیشترین مقدار DO به مقدار ۹/۹۴ Mg/Lit در بهمن ماه از شاخه گرگر اتفاق افتاده است. در حالت کلی وضعیت اکسیژن محلول مناسب می‌باشد.

پارامتر اکسیژن بیوشیمیایی به عنوان شاخصی برای تعیین میزان آلودگی آب می‌باشد و معمولاً برای فاضلاب بکار می‌رود. در هر حال در صورت بالا بودن آن در آب رودخانه نیز می‌توان به بررسی و تحلیل علل وقوع آن پرداخت. برطبق استاندارد برای حفظ و بقای آبزیان در رودخانه BOD نباید از ۵Mg/Lit بیشتر شود. با توجه به نمودارهای حاصل از شبیه‌سازی، نشانگر مناسب بودن این پارامتر در تمام فصول برای هر چهار بخش می‌باشد.

آمونیاک برای موجودات آبی خصوصاً انواع موجودات آبی خصوصاً انواع موجودات بزرگتر آب مثل ماهی در غلظت‌های به مقدار کم تا ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر سمی می‌باشند، زیرا ملکول NH3 دارای شکل با اثرات سمی بوده و در PH بالا مؤثرتر می‌باشد. نیتروفیکاسیون، اکسیداسیون آمونیاک به نترات در آب دریافت کننده می‌تواند بعنوان یک عامل عمده اکسیژن خواهی بکار برده شود. چنانچه عمل اکسیژن خواهی نیتروژنه به وسیله تصفیه خانه‌ها به مقدار کم کاهش یابد، نیتروفیکاسیون می‌تواند شدیداً منابع اکسیژن آبهای سطحی را تقلیل دهد. مقدار مجاز این پارامتر ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر توصیه شده است. با

با توجه به جدول فوق مقدار ضریب همبستگی برای اکسیژن بیوشیمیایی مورد نیاز، بیشترین مقدار و برای اکسیژن محلول، آمونیاک و نترات به ترتیب کاهش یافته است. میانگین خطای مطلق که ناشی از خطای متوسط رخ داده در شبیه‌سازی هر پارامتر می‌باشد به ترتیب برای آمونیاک، اکسیژن بیوشیمیایی مورد نیاز، اکسیژن محلول و نترات کمترین خطا را داشته و ضریب عملکرد در شبیه‌سازی انجام شده برای اکسیژن بیوشیمیایی مورد نیاز و اکسیژن محلول کمترین مقدار، و برای آمونیاک و نترات به ترتیب بیشترین مقدار را داشته است.

اکسیژن محلول برای حفظ و بقای موجودات آبزی و گوارائی آب مورد نیاز است. این میزان برای اکثر آبزیان ۲ Mg/Lit و برای ماهیها ۴Mg/Lit باشد. بهر حال وجود مقادیر کافی محلول در نمونه‌ها می‌تواند حاکی از عدم آلودگی میکروبی رودخانه می‌باشد. با توجه به مباحث ذکر شده و بررسی نتایج حاصل از مدل، در حالت جریان غیرماندگار تغییرات اکسیژن محلول در این نمودارها به صورتی است که با حرکت به سمت ماههای سرد میزان اکسیژن محلول در آب رودخانه کارون افزایش یافته و آب از لحاظ کیفی وضعیت بهتری پیدا می‌کند ولی در ماههای گرم سال با افزایش دما و کاهش دبی رودخانه، تأثیر آلاینده‌های در آب قابل ملاحظه‌تر بوده و سبب کاهش میزان اکسیژن محلول آب می‌گردد. از مقایسه مقادیر DO بازه‌های شبیه‌سازی

نتیجه گیری

بطور کلی، در سالهای اخیر در زمینهای کشاورزی اطراف رودخانه کارون زهکشهای مختلف حفر گردیده که آب آنها در نهایت وارد رودخانه می گردد. همچنین بر اثر شخم در جهت شیب، به زیر آب رفتن زمینهای مجاور رودخانه در فصل بارندگی و مصرف بی رویه کود و سموم از عوامل دیگری است که منجر به آلودگی روزافزون رودخانه می گردد.

- از بین پارامترهای مورد مطالعه رودخانه کارون در بازه شوشتر-ملاثانی قرار گرفته پارامترهای اکسیژن محلول (DO) و اکسیژن بیوشیمیایی مورد نیاز (BOD) در وضعیت مطلوب ولی پارامترهای آمونیاک و نیترات بیشتر از حد مجاز می باشد.

- مدل WASP6 در این تحقیق از دقت خوبی برخوردار بود و حالت جریان غیر ماندگار را علی رغم داده های اندک موجود توانست بخوبی برای بازه شوشتر-ملاثانی شبیه سازی نماید.

- در مدل WASP6 عامل عمده وجود خطا، معلوم نبودن ضرایب سینتیکی و استفاده از مقادیر پیش فرض آنها، و از طرف دیگر خطا در آنالیز نمونه های برداشتی از آب رودخانه می باشد.

- مدل WASP6 یک مدل قابل دسترس برای عموم بوده، لذا از این جهت مزیت عمده ای نسبت به مدل های تجاری دارد. این مدل علاوه بر دسترس بودن قابلیت نصب بر روی هر نوع کامپیوتر شخصی را داشته و جهت اجرای مدل به اطلاعات بسیار زیادی نیاز ندارد.

بررسی نمودارهای حاصل از مدل مشاهده می گردد که در نمودارها مقدار آمونیاک بالاتر از حد مجاز می باشد. مقدار بالای آمونیاک از اثر روانابهای سطحی و یا زهکش های موجود در منطقه بوده است. بطور کلی آب رودخانه در شاخه شطیط در ماه شهریور بیشترین مقدار آمونیاک $1/4 \text{ Mg/Lit}$ را در بند قیر دارا بوده است.

نیترات بعنوان یکی از مهمترین پارامترها در تعیین آلودگی آب به آلاینده ها بخصوص کودهای شیمیایی و فاضلاب است. نیترات علاوه بر کودهای شیمیایی و فاضلابها از منابعی همچون مواد زائد حیوانات و تجزیه بیولوژیکی جانداران وارد منابع آب می شود. این منابع ممکن است مستقیماً در رودها تخلیه شوند یا ممکن است به طریق زه آب سطحی باشد. در وفور منابع غذایی ناشی از تجزیه باکتریایی، مواد مغذی معدنی (خصوصاً نیتراتها) افزایش می یابند و موجب رشد سریع جلبکها می گردد. رشد جلبکها موجب بوجود آمدن شرایط بی هوازی در آب شده و شرایط تجزیه بی هوازی توسط باکتریها باعث ایجاد محیطی نامناسب در رودخانه می گردد. وجود نیترات در آب شرب برای اطفال خطر آفرین می باشد. میزان نیترات قابل قبول در آب بایستی کمتر از $2/4$ میلی گرم در لیتر باشد. با بررسی نمودارهای حاصل میزان نیترات از میزان مجاز بستر می باشد. بیشترین مقدار نیترات در اردیبهشت ماه از شاخه شطیط به مقدار $2/11$ میلی گرم در لیتر و کمترین مقدار نیترات در مهرماه از شاخه گرگر به مقدار $3/75$ میلی گرم در لیتر بوده است.

منابع

۱. افیونی، م. و عرفان نژاد، م.، ۱۳۷۹، آلودگی محیط زیست-آب-خاک-هوا، نشر ارکان اصفهان.
۲. فرامرزی، م.، مدل ریاضی یک بعدی انتقال آلودگی در کانالهای مرکب، پایان نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی کشاورزی، ۱۳۸۲.
۳. محمودیان شوشتری، م.، اصول جریان مجاری باز، انتشارات دانشگاه چمران اهواز، ۱۳۸۷.
۴. مهندسی مشاور دز آب، بررسی تعیین مدل کیفی رودخانه کارون، وزارت نیرو سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۷۹.
5. Anonymouse, Water Quality Analysis Simulation Program (WASP), Users Manual, US Environmental Protection Agency, 2001.