مجله علمی – پژوهشی
مهندسی عمران مدرس
دوره ۲۴، شماره ۱، سال ۱۴۰۳
صفحات ۱۱۳ تا ۱۲۵

ارزیابی کیفیت آب رودخانه کارون در محدوده شهر اهواز بر اساس استانداردهای موجود

مهسا شفیعی[۱] محمد عزیزی پور*[۲] حسین ساسانی[۲] افشین تکدستان[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استادیار دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز

*azizipour@scu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۷/۲۷

چکیده

با توجه به نرخ افزایش جمعیت و به دنبال آن افزایش حجم پساب‌های شهری و صنعتی، کیفیت آب در دسترس بشر به شدت در معرض تهدید قرار گرفته است. تحقیق حاضر با استفاده از توسعه یک مدل شبیه‌سازی، به بررسی و ارزیابی تغییرات کیفیت آب رودخانه کارون در محدوده شهری اهواز با استفاده از استانداردهای موجود پرداخته است. پس از تهیه مدل، واسنجی و درستی‌آزمایی آن، تغییرات کیفیت رودخانه در محدوده مورد مطالعه در فصول مختلف سال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج شبیه‌سازی کیفیت رودخانه در فصول سال حاکی از وابستگی شدید متیغرهای کیفی رودخانه به فصل سال است، به طوری‌که در فصل تابستان (خشک‌ترین فصل سال) و پاییز (مرطوب‌ترین فصل سال) تغییرات اکسیژن محلول در طول بازه مورد مطالعه به ترتیب برابر ۴۹ درصد و ۱۵ درصد بوده است. مقایسه شرایط موجود در رودخانه با استانداردهای ملی و بین‌المللی حاکی از آن است که به جز فصل پائیز که رودخانه بیشترین دبی عبوری را تجربه می‌کند، وضعیت کیفیت آب در رودخانه، اکثر استانداردهای موجود را تامین نمی‌کند. سناریوی آخر مدلسازی رودخانه در این تحقیق به این پرسش پاسخ می‌دهد که اگر همه پساب‌های ورودی به رودخانه در طول محدوده مورد مطالعه، استانداردهای موجود تخلیه پساب را رعایت کنند، آیا شرایط کیفیت رودخانه به حالت مطلوب خواهد رسید؟ نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که پاسخ این پرسش منفی است و حتی با وجود رعایت حداقل استانداردهای موجود توسط صنایع و آلاینده‌های ورودی به رودخانه، کیفیت رودخانه در شرایط مطلوب قرار نمی‌گیرد. این امر مبین اهمیت در نظر گرفتن شرایط خاص هیدرولیکی هر رودخانه و همچنین اثر تغییرات زمانی بر کیفیت رودخانه در بروزرسانی استانداردهای موجود است.

واژگان کلیدی: کیفیت آب رودخانه، تخلیه پساب، مدلسازی کیفی، QUAL2KW.

۱- مقدمه

رفاه انسان و پایداری محیط‌زیست نه تنها به آب کافی بلکه، به آب باکیفیت مناسب نیز بستگی دارد. علی‌رغم پیشرفت‌های گسترده دهه‌های اخیر در زمینه تامین آب شرب، دسترسی به آب آشامیدنی سالم همچنان در بالاترین اولویت و به عنوان یک چالش جهانی مهم باقی‌مانده است [1]. علاوه بر نیاز شرب، نیاز به آب باکیفیت مناسب در حوزه‌های دیگر مانند کشاورزی، اکوسیستم‌ها و صنایع مختلف نیز وجود دارد. کیفیت آب یک

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

عامل مهم تعیین‌کننده کمبود آب است و زمانی رخ می‌دهد که تأثیر مجموع همه استفاده‌کنندگان بر عرضه یا کیفیت آب تأثیر بگذارد تا جایی که تقاضای همه بخش‌ها، ازجمله محیط‌زیست، نتواند به‌طور کامل برآورده شود [2].

امنیت آب به معنای تأمین کافی آب آشامیدنی سالم و همچنین جریان پایدار آب باکیفیت مناسب برای کشاورزی، صنعت و اکوسیستم است. اما تعیین ویژگی‌های آب باکیفیت مناسب، یکی از مهم‌ترین سوالاتی است که مدیران آب با آن روبرو هستند. به عنوان یک اصل پذیرفته شده در بین متخصصان، لزوم کیفیت آب با توجه به نوع کاربری در سطح وسیعی متغیر است [3] که همین موضوع پیچیدگی مدیریت منابع آب با در نظر گرفتن محدودیت‌های کیفیت آب را دوچندان می‌کند. مسئله کاهش کیفیت منابع آبی، بسیاری از کشورهای دنیا را وادار نموده تا شیوه‌های مدیریتی خود در زمینه منابع آب را مورد تجدیدنظر و بازنگری قرار دهند که همین قضیه منجر به تغییرات اساسی درزمینه مدیریت منابع آب در سطح جهانی شده است [4]. ایران نیز از این قاعده مستثنی نبوده و با توجه به مشکلات فراوان در حوزه کیفیت منابع آب، نیازمند نوآوری‌های مفید در مواجهه با این معضلات است. به منظور تصمیم گیری بهتر در زمینه مدیریت کیفیت منابع آب سطحی، باید در نظر داشت که نه تنها شرایط رودخانه‌ها با یکدیگر متفاوت است، بلکه شرایط هر رودخانه نیز با توجه به تغییرات فصلی و دوره‌های تر و خشک سال، میزان آب برداشتی و ... در زمان‌های مختلف، متفاوت می‌باشد [5]. با توجه به اهمیت موضوع کیفیت آب بر سلامت انسان و دیگر جانداران، تاکنون تحقیقات وسیعی در این زمینه انجام شده است. چودهاری و همکاران در پژوهشی روی رودخانه سانگای سلانگور، با تعریف شاخص کیفیت آب، وضعیت کیفیت آب رودخانه را با استفاده از مدل QUAL2K شبیه‌سازی نمودند. نتایج شبیه‌سازی آنها برای رویکردهای مختلف نشان داد که در صورت رعایت استانداردهای تخلیه فاضلاب به رودخانه، می‌توان سطح BOD و NH_3 را تا حد زیادی کاهش داد[6]. کانل و همکاران در پژوهشی روی رودخانه باگماتی در نپال با استفاده از مدل QUAL2KW، سناریوهای مختلف مدیریت کیفیت آب در رودخانه مزبور را بررسی کرده و نشان دادند که ترکیب اکسیژن‌دهی موضعی در رودخانه، مدیریت پساب‌های ورودی به رودخانه و همچنین تنظیم دبی جریان نقش تعیین کننده‌ای در تامین استانداردهای کیفیت آب دارد [7]. شعبانی و همکاران میزان آلودگی رودخانه زاینده‌رود را از نظر میزان فسفات و pH مورد بررسی قرار دادند و بدین منظور غلظت پارامترهای مذکور با مقادیر استاندارد آن‌ها در آب مورد استفاده برای مصارف مختلف شرب و کشاورزی مقایسه شد [8]. رستمی و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی کیفی تعدادی از رودخانه‌های ایران با استفاده از شاخص NSFWQI پرداختند که نتایج نشان داد که کیفیت آب بیشتر رودخانه‌های مورد مطالعه در محدوده متوسط و بد طبقه‌بندی می‌شود [9]. قنبری عدیوی و حسونی‌زاده در تحقیقی به بررسی پارامترهای کمی و کیفی رودخانه کارون و مشکلات ناشی از ورود آلاینده‌ها به رودخانه پرداختند. آن‌ها پارامترهای کیفی مختلفی را برای رودخانه‌های مختلف استان خوزستان مقایسه کردند و دریافتند که کیفیت آب رودخانه‌های مختلف این استان به دلیل طرح‌های انتقال آب باکیفیت بالا از سرشاخه‌ها، خشک‌سالی و تغییر اقلیم کاهش یافته است و در صورت عدم جامع نگری به این طرح‌ها، باعث خسارات جبران‌ناپذیری به پایین‌دست حوضه‌ها می‌شود [10]. بیگلری و همکاران در پژوهشی علاوه بر شناسایی منابع آلاینده، به بررسی رویکردهای مختلف کاهش و کنترل آلودگی‌های رودخانه زرینه‌رود، برای دستیابی به استانداردهای کیفیت آب برای حیات آبزیان پرداختند. با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده، رودخانه مذکور در محیط QUAL2KW شبیه‌سازی شده و سپس واسنجی و درستی‌آزمایی صورت گرفت و نتایج نشان داد که کنترل آلودگی در مبدا نسبت به افزایش جریان رودخانه، تاثیر بیشتری در بهبود متغیرهای کیفیت آب رودخانه دارد [11]. آهور در پژوهشی با بهره‌گیری از مدلQUAL2KW و با در نظر گرفتن بارهای آلودگی نقطه‌ای و استفاده از مدل تجارت در بحرانی‌ترین شرایط رودخانه خرم رود در طول یک سال، شبیه‌سازی لازم برای این رودخانه را انجام داد [12]. متیو و همکاران در تحقیقی به بررسی کیفیت آب گل‌آلود رودخانه

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

بوستون با استفاده از مدل QUAL2K پرداختند. تجزیه وتحلیل آب این رودخانه با استفاده از این مدل نشان داد که کیفیت آب رودخانه کم‌تر تحت تأثیر بارش و محل ورودی فاضلاب قرار می‌گیرد [13]. کوری و همکاران برای مطالعه اثر دفع پساب بر روی کیفیت آب رودخانه کارانجا، مدل یک بعدی حالت ماندگار، با قابلیت کالیبراسیون خودکار، برای شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه توسعه داده و با توجه به سناریوهای شبیه‌سازی مختلف، راهکارهایی برای بهبود وضعیت کیفیت آب رودخانه پیشنهاد دادند [14]. گوپتا و همکاران از مدل QUAL2KW برای شبیه‌سازی تغییرات اکسیژن محلول در رودخانه کشیپرا در هند استفاده کردند. آنها همچنین سهم هر یک از ورودی‌های فاضلاب به رودخانه در تغییرات اکسیژن محلول را بررسی نمودند [15]. جمال‌زاده و همکاران با استفاده از مدل Qual2kw، تغییرات اکسیژن محلول و BOD را در رودخانه دز شبیه‌سازی نموده و نتیجه‌گیری کردند که این متغیرهای کیفی در بازه‌هایی از رودخانه شرایط بحرانی دارد به گونه‌ای که حیات جانداران رودخانه را تهدید می‌کند [16]. سردا و سرگیر، کارایی استانداردهای رایج در مدیریت کیفیت آب رودخانه گوداواری در هند را بررسی کردند. نتایج نشان داد که که اکسیژن محلول در قسمت‌هایی از رودخانه از استانداردهای موجود تخطی نموده و راهکار اکسیژن‌دهی را برای حل این مشکل پیشنهاد نمودند [17]. رفیعی و همکاران با استفاده از مدل Qual2k تغییرات کیفیت آب رودخانه گرگر را بررسی نموده و نتیجه‌گیری نمودند که علیرغم عدم وجود داده کافی برای شبیه‌سازی کیفیت آب این رودخانه، به نظر می‌رسد که این مدل قابلیت شبیه‌سازی کیفیت آب در این رودخانه را دارد [18]. اهرت و پارک در پژوهشی اثر تغییرات دما بر اکسیژن محلول را بررسی کرده و نشان دادند که رودخانه‌های با دبی زیاد، حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات اکسیژن محلول با دما دارند [19]. ژانگ و همکاران تغییرات کیفیت رودخانه‌ها در حوضه آبریز دریاچه تاهو را با استفاده از مدل Qual2k شبیه‌سازی نموده و با استفاده از این مدل شبیه‌سازی و در نظر گرفتن سناریوهای مختلف، راهکار بهینه برای مدیریت کیفیت آب این حوضه را ارائه نمودند [20]. بیو و همکاران با تلفیق مدل Qual2k و مدل سوات، راهکاری برای شبیه‌سازی کیفیت آب در حوضه‌های فاقد آمار ارائه داده و نشان دادند که روش پیشنهادی آنها در شبیه‌سازی کیفت آب رودخانه کائو در ویتنام از دقت خوبی برخوردار است [21]. با توجه به اهمیت تغییرات اکسیژن محلول و همچنین میزان اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی در رودخانه‌ها، پیشرفت‌های صورت گرفته در مدلسازی تغییرات BOD و COD در رودخانه‌ها برای مدیریت کیفیت آب توسط [22] بررسی شده و راهکارهایی برای حل چالش‌های موجود ارائه شد. [23] به بررسی و مدلسازی کیفیت آب رودخانه آبای در اتیوپی پرداخته و نتیجه‌گیری کردند که با توجه به تخلیه آلاینده‌های مختلف به رودخانه، کیفیت آب رودخانه مذکور در حد قابل قبول نیست. [24] با استفاده از تحلیل‌های آماری چندمتغیره، تغییرات زمانی–مکانی کیفیت آب رودخانه هان در کره جنوبی را ارزیابی کردند. مدلسازی اثر فعالیت‌های انسانی بر کمیت و کیفیت آب در رودخانه زرینه با استفاده از مدل SWAT توسط [25] انجام شد. [26] کیفیت آب رودخانه قره سو در استان کرمانشاه را با استفاده از مدل Qual2KW و چند مدل دیگر پیش بینی نمود.

علیرغم تحقیقات فراوانی که در زمینه مدلسازی کیفیت آب درودخانه‌ها انجام شده است، تاکنون تحقیقات اندکی در سطح کشور در زمینه ارزیابی وضعیت کیفی رودخانه‌ها بر اساس استانداردهای ملی و بین‌المللی انجام شده است. سوال اصلی که در این پژوهش به آن پرداخته شده این است که آیا اگر تمامی پساب‌های ورودی به رودخانه‌ها حداقل استاندارد تخلیه پساب را رعایت کنند، آیا وضعیت کیفیت آب رودخانه، استانداردهای موجود را تامین خواهد کرد؟ به منظور پاسخ به این پرسش، در این پژوهش، وضعیت کیفیت آب در رودخانه کارون در محدوده شهری اهواز مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور، مدل عددی QUAL2KW برای شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه در محدوده مطالعه توسعه داده شد. سپس با استفاده از داده‌های برداشت‌شده، واسنجی[1] و درستی‌آزمایی[2] مدل انجام شد. در ادامه، با استفاده از این مدل تغییرات کیفی

1- Calibration
2- Validation

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

رودخانه در طول سال و در فصول مختلف و همچنین اثرات تغییرات دبی روی متغیرهای کیفی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، مقدار متغیرهای کیفی رودخانه در محدوده مطالعاتی با استانداردهای موجود ملی و بین‌المللی مقایسه شد و در نهایت یک سناریوی مدلسازی تعریف شد که بر اساس آن، کلیه پساب‌های ورودی به رودخانه کمترین استاندارد تخلیه پساب را رعایت می‌کنند. با این شرایط مدلسازی، تغییرات کیفیت آب در طول رودخانه شبیه‌سازی شده و نتایج بیانگر آن است که حتی در این شرایط، در بیشتر فصول سال (به جز فصل پاییز) کیفیت آب رودخانه استانداردهای بین‌المللی را تامین نمی‌کند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مطالعاتی

رودخانه کارون بزرگترین و طولانی‌ترین رودخانه کشور است که از استان چهارمحال و بختیاری سرچشمه گرفته و در نهایت وارد استان خوزستان می‌شود. پس از اتصال رودخانه دز، رودخانه کارون بزرگ تشکیل شده که پس از گذر از چندین شهر به خلیج فارس می‌ریزد. با توجه به وجود صنایع مختلف که در کنار این رودخانه احداث شده و تخلیه آلاینده‌های صنعتی و همچنین زهاب‌های کشاورزی در طول مسیر رودخانه، یکی از بزرگترین معضلات رودخانه کارون، آلودگی این رودخانه است که اکوسیستم این رودخانه را به شدت تهدید می‌کند. علاوه بر آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی، به دلیل عبور این رودخانه از میان مراکز جمعیتی، در بخش‌هایی از مسیر این رودخانه، فاضلاب‌های شهری نیز به رودخانه تخلیه می‌شود.

جدول (۱) مشخصات صنایع آلاینده در محدوده مورد مطالعه در فصل بهار [29]

Parameter / Industry	Flow	Downstream Distance	EC	pH
Unit	m^3/s	Km	µmhos	s.u.
Khuzestan Steel	0.9	19.8	3464	8.12
Oxin Steel	0.4	20.28	-	7.6
Kavian Steel	0.35	5.08	7460	7.58
Ahvaz Pipe Mills	0.05	23.45	4410	7.04
Ahvaz Rolling & Pipe Mills	0.15	5.75	1733	7.51
Sepanta	0.12	6.25	2026	7.91
Iran Carbon	0.12	23.08	2990	7.61
Parameter / Industry	CBO D_{fast}	DO	N-NO3	T
Unit	mgO2/L	mg/L	µgN/L	C°
Khuzestan Steel	65.7	3.99	787.5	21
Oxin Steel	11.68	4.3	-	25
Kavian Steel	13.724	4.69	607.5	27
Ahvaz Pipe Mills	49.348	3.97	1327	18.4
Ahvaz Rolling & Pipe Mills	-	2	45	27
Sepanta	18.98	1.8	225	29.3
Iran Carbon	29.784	5.48	1035	25.7

Table 1. Characteristics of industrial effluents in during the spring season [24]

به همین دلیل یکی از بحرانی‌ترین بازه‌های رودخانه کارون از نظر کیفیت آب، بازه‌ای است که این رودخانه از میان محدوده شهری اهواز عبور می‌کند. با توجه به اهمیت اطلاع از روند تغییرات کیفیت آب رودخانه کارون در این بازه، در این مطالعه این قسمت از رودخانه که حدود ۶۸۷/۵۷ هکتار را پوشش می‌دهد، مورد بررسی قرار گرفته است. محدوده مورد مطالعه به طول ۴۵ کیلومتر در شکل (۱) نشان داده شده است [27,28].

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

شکل (۱) منطقه مطالعاتی و موقعیت تخلیه پساب شهری و آلاینده‌های صنعتی

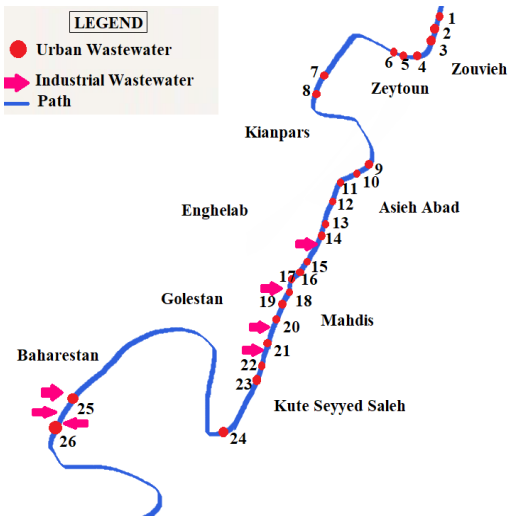

Fig. 1. Study area and location of urban industrial effluents

همان‌گونه که در این شکل نمایش داده، در محدوده مورد مطالعه ۲۶ نقطه تخلیه فاضلاب شهری و پساب بیمارستانی و ۷ مورد تخلیه آلاینده‌های صنعتی در رودخانه وجود دارد که در این مطالعه در نظر گرفته شده است. در شکل (۱) نقاط قرمز رنگ مبین محل تخلیه پساب شهری است. همچنین محل تخلیه آلاینده‌های صنعتی با نقاط صورتی رنگ نشان داده شده است و جدول (۱) مشخصات متغیرهای کیفی پساب صنایع آلاینده که وارد رودخانه کارون می‌شود را ارائه می‌دهد.

به منظور شبیه‌سازی تغییرات دبی جریان رودخانه، داده‌های دبی روزانه سال ۱۳۹۷ در نظر گرفته شد. دلیل انتخاب این سال، تغییرات شدید رژیم جریان در این سال است که در آن

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,\,i} - Q_{out,\,i} \qquad (2)$$

$$Q_{in,\,i} = \sum_{j=1}^{npsi} Q_{ps,\,i,\,j} + \sum_{j=1}^{psi} Q_{nps,\,i,\,j} \qquad (3)$$

۲-۲- مدل شبیه‌ساز QUAL2KW

مدل QUAL2KW [30, 31] هم‌اکنون به‌طور گسترده‌ای برای شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه‌ها مورد استفاده پژوهشگران قرار می‌گیرد و قادر است بیش از سی متغیر کیفی را در رودخانه‌هایی که اختلاط کامل افقی و عمودی در آن‌ها صورت می‌گیرد، شبیه‌سازی کند. این مدل از یک برنامه اصلی که به وسیله زیر برنامه‌های مختلف پشتیبانی می‌شود، تشکیل شده است و شامل اندرکنش‌های اصلی چرخه غذایی، تولید جلبک، اکسیژن‌خواهی کف‌زی‌ها، مصرف اکسیژن کربنی، نیترات‌زایی و نیترات‌زدایی، بازدمش اتمسفری و آثار آن‌ها روی رفتار اکسیژن محلول است. این مدل علاوه بر شبیه‌سازی یک‌بعدی جریان در حالت ماندگار و غیریکنواخت، می‌تواند ترکیبی از شاخه‌های اصلی و فرعی رودخانه و عواملی چون تخلیه فاضلاب‌ها و همچنین جریان‌های افزایشی را در برگیرد [32].

مدل QUAL2KW برای محاسبه غلظت متغیرهای کیفی (به‌غیراز pH) از معادله یک‌بعدی انتقال – انتشار که به شکل رابطه (۱) نوشته می‌شود، استفاده می‌کند.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial\left(A_X \cdot D_L \cdot \frac{\partial C}{\partial X}\right)}{A_X \cdot \partial X} - \frac{\partial(A_X \cdot \overline{U} \cdot C)}{A_X \cdot \partial X} + \frac{dC}{dt} + \frac{S}{V} \qquad (1)$$

در این معادله V، A، C، U، S، D، X و t به ترتیب حجم المان، مساحت سطح مقطع المان، غلظت متغیر کیفی، سرعت متوسط، چشمه و چاه، ضریب پخش طولی، فاصله در امتداد طول و زمان است.

مدل QUAL2KW برای حل معادله (۱) از روش تفاضل محدود استفاده می‌نماید. به این منظور، ابتدا بازه مطالعاتی در رودخانه به زیربازه‌های کوچک‌تر تقسیم‌بندی می‌شود که در این تقسیم‌بندی، شرایط هیدرولیکی (شیب طولی، عرض کف، شیب دیواره‌ها و ...) در طول هر بازه ثابت در نظر گرفته می‌شود. هر بازه یک المان محاسباتی نامیده می‌شود که مدل در وسط هر المان یک گره محاسباتی تشکیل می‌دهد. برای هر المان محاسباتی موازنه جریان در حالت ماندگار و با استفاده از روابط (۲، ۳ و ٤) انجام می‌شود.

$$Q_{out,\,i} = \sum_{j=1}^{pai} Q_{pa,\,i,\,j} + \sum_{j=1}^{npai} Q_{npa,\,i,\,j} \qquad (4)$$

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

$Q_{in,i}$:کل جریان ورودی از منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای به المان i (m^3/d)

$Q_{out,i}$: کل جریان خروجی از منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای به عنصر i (m^3/d)

Q_i : میزان جریان خروجی از عنصر i به عنصر i+1 (m^3/d)

Q_{i-1} : میزان جریان خروجی از عنصر i-1 (m^3/d)

در روابط (۲ تا ٤)، ps و nps به ترتیب مبین منابع نقطه‌ای و منابع غیرنقطه‌ای هستند.

شبیه‌سازی دمای آب در طول مسیر رودخانه با استفاده از معادله (۵) انجام می‌شود که به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$\frac{dT_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_i}T_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i}T_i - \frac{Q_{out.j}}{V_i}T_i + \frac{E'_{i-1}}{V_i}(T_{i-1} - T_i) + \frac{E'_i}{V_i}(T_{i+1} - T_i) + \frac{W_{h.i}}{\rho_w C_{pw} V_i}\left(\frac{m^3}{10^6 cm^3}\right) + \frac{J_{a.i}}{\rho_w C_{pw} H_i}\left(\frac{m}{100cm}\right) + \frac{J_{s.i}}{\rho_w C_{pw} H_i}\left(\frac{m}{100cm}\right) \quad (5)$$

در این معادله T_i دمای عنصر i ، t زمان، Q دبی، V حجم، E'_i ضریب پخش حجمی بین عناصر i و i+1، $W_{h,i}$ میزان درجه حرارت خالص ورودی از منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای، ρ_w چگالی آب، C_{pw} گرمای ویژه آب، $J_{a,i}$ شار حرارتی عبوری بین آب‌وهوا و $J_{s,i}$ شار حرارتی عبوری بین آب و رسوب می‌باشند.

برای شبیه‌سازی pH در مدل QUAL2KW از معادلات (٦ و ۷) استفاده می‌شود که این معادلات با استفاده از یکی از روش‌های برنت[1]، نیوتون رافسون[2] و یا تصنیف[3] حل می‌شود.

$$[H^+]^4 + (K_1 + Alk)[H^+]^3 + (K_1K_2 + AlkK_1 - K_w - K_{1C_T})[H^+]^2 + (AlkK_1K_2 - K_1K_w - 2K_1K_2C_T)[H^+] - K_1K_2K_w = 0 \quad (6)$$

$$pH = -\log_{10}[H^+] \quad (7)$$

در این معادلات، $[H^+]$ غلظت یون هیدروژن (برحسب مول بر لیتر)، K_1، K_2 و K_3 اعداد ثابت در دمای معلوم برحسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم، Alk، قلیایت و C_T کربن غیرآلی کل هستند.

3- Brent's method
4- Newton Raphson Method
5- Bisection Method

۳- تجزیه و تحلیل نتایج

قبل از به‌کارگیری مدل برای شبیه‌سازی، لازم است که واسنجی و درستی‌آزمایی مدل، انجام شود. در این مرحله به منظور ارزیابی دقت جواب‌ها لازم است که مقادیر به دست آمده از حل عددی را با مقدار اندازه‌گیری شده در تعدادی از نقاط محدوده مورد مطالعه تطبیق داد. در این تحقیق از جذر میانگین مربعات خطای نرمال[4] به عنوان معیار واسنجی و درستی‌آزمایی مدل استفاده شد. به این منظور پارامترهای قابل تنظیم مدل به گونه‌ای تغییر داده شده که میزان NRMSE متغیرهای مختلف حداقل شود. پس از انجام واسنجی، در مرحله درستی‌آزمایی، دقت مدل تهیه شده در شبیه‌سازی متغیرهای هیدرولیکی و کیفی با استفاده از NRMSE مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول (٦) خلاصه مقادیر NRMSE برای متغیرهای مختلف و در هر دو مرحله واسنجی و درستی‌آزمایی را نشان می‌دهد.

جدول (۲) مقدار NRMSE برای متغیرهای مختلف شبیه‌سازی در مراحل واسنجی و درستی‌آزمایی

Parameter	Calibration%	Validation%
Flow	0.2	0.18
Velocity	0.35	0.21
Depth	0.04	0.07
Tempreture	0.44	0.28
Electric Cunductivity	0.65	0.63
pH	0.37	0.63
Alkanity	0.55	0.46
Dissolved Oxygen	0.11	0.05
$CBOD_{fast}$	0.11	0.22
Organic Nitrogen	0.22	0.06
Ammonia Nitrogen	0.21	0.12
Nitrate Nitrogen	0.55	0.25

Table 2. NRMSE for different variables in calibration and validation

با اطمینان از درستی مدل‌سازی و با انجام واسنجی و درستی‌آزمایی، به بررسی تغییرات زمانی متغیرهای کیفی رودخانه در طول سال پرداخته شد و کفایت استانداردهای

3- Normalized Root Mean Squared Error (NRMSE)

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

حفاظت کیفی رودخانه با در نظر گرفتن رویکردهای متفاوت، مورد بررسی قرار گرفت.

۱-۳- بررسی تغییرات زمانی متغیرهای کیفی رودخانه در طول سال

شکل (۲) تغییرات دبی جریان در طول بازه مورد مطالعه و در فصول مختلف سال را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل نشان داده شده، در بالادست بازه مطالعاتی دبی جریان در بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب برابر ۱۸۷، ۱۱۰، ۲٤٦، ۱۳۸ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد و در طول مسیر، روند افزایشی داشته است. تغییرات افزایشی دبی جریان در طول مسیر رودخانه ناشی از تخلیه پساب شهری و صنعتی در طول مسیر رودخانه است.

تغییرات مقدار اکسیژن محلول در فصل‌های مختلف سال در شکل (۳) ترسیم شده است. همان گونه که از این شکل به خوبی بر می‌آید، مقدار دبی رودخانه تاثیر زیادی بر مقدار اکسیژن محلول در طول مسیر رودخانه دارد. در فصل تابستان که دبی در کم‌ترین مقدار خود یعنی ۱۱۰ مترمکعب بر ثانیه بوده است، در بازه مطالعاتی اکسیژن محلول بیش‌تر از بقیه فصول و حدود ٤۹ درصد کاهش یافته و همین‌طور در فصل زمستان که پس از فصل تابستان کم‌ترین دبی جریان یعنی ۱۳۸ مترمکعب بر ثانیه را دارد، مجددا اکسیژن محلول حدود ۳۰ درصد کاهش یافته است. حتی با وجود این‌که اکسیژن محلول اولیه در نقطه بالادست بازه مطالعاتی، در فصل تابستان و زمستان بیش‌تر از پاییز و بهار بوده، دبی کم‌تر موجب کاهش شدید اکسیژن محلول رودخانه شده است. این در حالی است که تغییرات اکسیژن محلول در فصل پاییز و بهار (که دبی رودخانه به مراتب بیشتر است)، به طرز قابل توجهی کمتر بوده است. به طوریکه در فصل بهار تغییرات اکسیژن محلول در بازه مورد مطالعه حدود ۱۸ درصد و در فصل پاییز این عدد در حدود ۱۲ درصد بوده است.

شکل ۲. تغییرات دبی جریان در طول رودخانه در فصل‌های مختلف سال

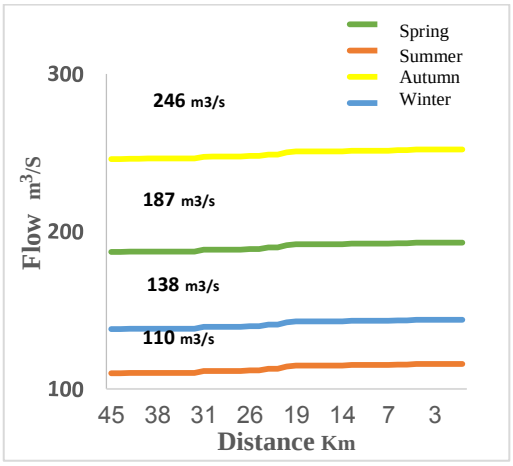

Fig. 2. Variation of Flow discharges along the river in different seasons

شکل ۳. تغییرات اکسیژن محلول در طول رودخانه در فصل‌های مختلف سال

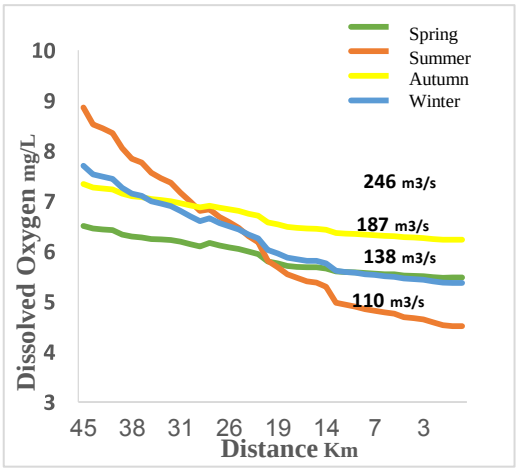

Fig. 3. Variation of dissolved oxygen along the river in different seasons

اثر تغییرات دبی جریان در فصول مختلف سال بر تغییرات اکسیژن‌خواهی کربنی سریع تجزیه شونده در طول رودخانه در فصل‌های مختلف سال در شکل (٤) نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که کاهش دبی جریان در فصول مختلف سال، موجب افزایش شدیدتر میزان اکسیژن‌خواهی شده است. در فصل پاییز که دبی، بیش‌ترین میزان را در میان سایر فصل‌های سال دارد، با وجود این که با مقادیر بیش‌تری در بالادست شروع می‌شود اما، در مسیر رودخانه تغییرات کم‌تری

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

نسبت به سایر فصل‌ها تجربه کرده و در انتها در پایین‌دست به کم‌ترین مقدار در مقایسه با بقیه فصل‌ها رسیده است. با وجود این‌که مقدار اکسیژن‌خواهی در بالادست در فصل پاییز و زمستان، تقریبا مشابه است، اما در کیلومتر ۱۸ و مقدار بیشینه این متغیر، در فصل زمستان با دبی ۱۳۸ متر مکعب بر ثانیه اکسیژن‌خواهی حدود ۲۰ درصد نسبت به فصل پاییز با دبی ۲٤٦ متر مکعب بر ثانیه افزایش یافته است. هم‌چنین در فصل تابستان با کم‌ترین دبی یعنی ۱۱۰ متر مکعب بر ثانیه، میزان اکسیژن‌خواهی در طول مسیر به بیش‌ترین مقدار در مقایسه با سایر فصل‌ها رسیده است.

شکل ٤. تغییرات CBOD سریع تجزیه شونده در طول رودخانه در فصول مختلف سال

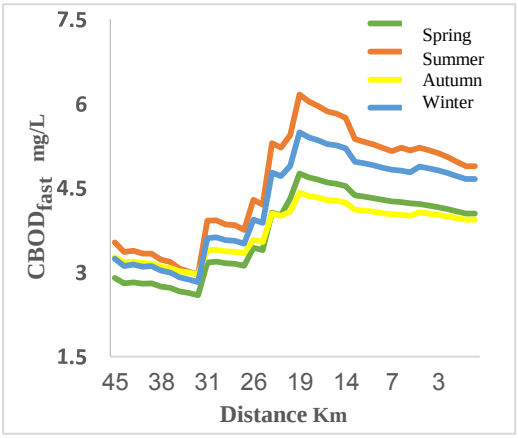

Fig. 4. Variation of $CBOD_{fast}$ along the river in different seasons

۲-۳- ارزیابی کیفیت آب رودخانه با استانداردهای موجود

به منظور بررسی وضعیت کیفیت آب رودوخانه کارون نسبت به استانداردهای موجود، در این بخش مقدار DO و BOD در طول محدوده مورد مطالعه رودخانه با استاندارد ملی حفاظت کیفی رودخانه‌ها [33] و استانداردهای بین‌المللی EQS، WHO، EPA، UK، DOE، WJP و IDN [34]، مقایسه شده است. شکل (۵) به مقایسه مقادیر اکسیژن محلول و مقادیر بیان شده به عنوان کمترین مقدار اکسیژن محلول در استاندارد ملی مربوط به حفاظت کیفیت آب رودخانه پرداخته است. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود، در قسمت قابل‌توجهی از محدوده مورد مطالعه و در فصول مختلف سال، استاندارد لازم کلاس AA و A که به ترتیب مربوط به منابع آب کلاس یک (آب‌هایی که با عملیات پاک‌سازی ساده مانند فیلتراسیون، قابل تصفیه هستند) و منابع آب کلاس دو (آب‌هایی که با عملیات پاک‌سازی نرمال نظیر رسوب‌گذاری و فیلتراسیون تصفیه می‌شوند و آب‌هایی که زیستگاه آبزیان با حساسیت بالا هستند) رعایت نشده، یعنی تنها با وجود پیش‌تصفیه و تصفیه پیشرفته برای مصارف شرب قابل قبول است. البته با توجه به اینکه استاندارد کلاس B (میزان اکسیژن محلول بالاتر از ۵ میلی‌گرم‌برلیتر) رعایت شده، این بازه از رودخانه از نظر میزان اکسیژن محلول برای آبزیان مقاوم مناسب است. لازم به ذکر است که علاوه بر میزان اکسیژن محلول، مقدار BOD استاندارد نیز باید به عنوان یک متغیر کیفی تاثیرگذار رعایت شود.

شکل ۵ مقایسه CBOD با مقادیر توصیه شده در استاندارد مربوط به حفاظت کیفی رودخانه ایران

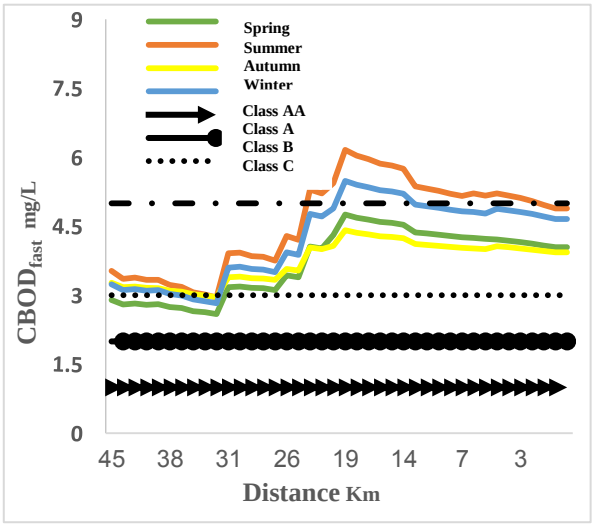

Fig. 5. Comparison of $CBOD_{fast}$ with recommended values in Iran water quality protection standard

شکل (٦) نشان می‌دهد که مقادیر اکسیژن‌خواهی تقریبا در کل محدوده مورد مطالعه و همه‌ی فصول سال، بالاتر از حدود استاندارد کلاس‌های AA، A و B است. این موضوع در فصل تابستان حالت جدی‌تری نیز به خود می‌گیرد که در آن، میزان اکسیژن‌خواهی از استاندارد کلاس C که مربوط به مصارف صنعتی و ماهی‌های مقاوم است نیز فراتر رفته است. طبق

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

استاندارد ذکر شده، در این حالت شرایط کیفی آب در مجموع برای مصارف شرب و حیات بسیاری آبزیان مناسب نیست و تنها گونه‌های بسیار مقاوم در این شرایط کیفی زنده می‌مانند.

شکل ٦. مقایسه اکسیژن محلول با مقادیر توصیه‌شده در استاندارد مربوط به حفاظت کیفی رودخانه

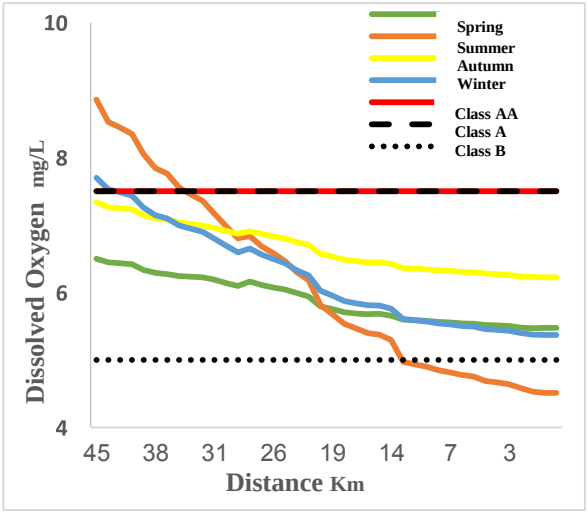

Fig. 6. Comparison of DO with recommended values in Iran water quality protection standard

شکل (۷) به مقایسه مقادیر اکسیژن محلول و مقادیر بیان شده به عنوان کمترین مقدار اکسیژن محلول در استانداردهای بین‌المللی کیفیت آب رودخانه پرداخته است. مقایسه نمودار اکسیژن محلول در فصول مختلف سال و مقادیر استانداردهای بین‌المللی بیانگر این امر است که تقریبا استاندارد EPA در طول بازه مورد مطالعه و برای هیچ کدام از فصول سال رعایت نشده است. هم‌چنین استاندارد EQS تنها برای بازه محدودی از بالادست رودخانه در فصل تابستان تامین شده است. فصل پاییز با دبی بیش‌تر، شرایط بهتری دارد و تقریبا ۸۰ درصد مسیر رودخانه در حدود استاندارد UK و DOE قرار دارد. استانداردهای IDN، WJP و WHO با مقدار ٦ میلی گرم بر لیتر، تقریبا در نیمی از مسیر بالادست رودخانه رعایت شده‌اند. در کل، به جز در فصل پاییز، شرایط رودخانه مناسب نیست و در سه فصل دیگر در حدود پایین‌تر از این استاندارد قرار دارد. در فصل تابستان با کم‌ترین دبی، در پایین‌دست رودخانه میزان اکسیژن محلول ۲۵ درصد کمتر از سهل‌گیرانه‌ترین استاندارد (٦ میلی‌گرم بر لیتر) است.

شکل (۷) مقایسه اکسیژن محلول با مقادیر توصیه‌شده در استانداردهای مختلف کیفیت آب رودخانه

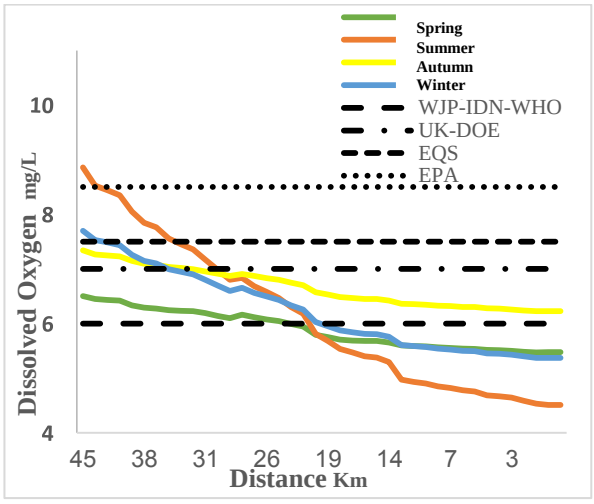

Fig.7. Comparison of DO with recommended values in Iran water quality protection standard

شکل (۸) مقایسه $CBOD_{fast}$ با مقادیر توصیه شده در استانداردهای مختلف کیفیت آب رودخانه

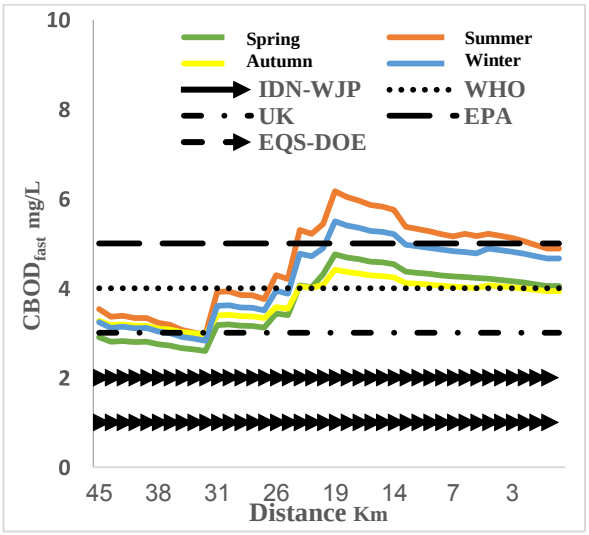

Fig. 8. Comparison of $CBOD_{fast}$ with recommended values in different water quality standards

در شکل (۸) مقایسه CBOD با مقادیر توصیه‌شده در استانداردهای مختلف کیفیت آب رودخانه ارائه شده است. در این مورد، شرایط رودخانه نسبت به استانداردهای EQS، DOE، IDN و WJP مورد بررسی قرار گرفته است. شرایط جاری رودخانه کارون در محدوده مورد مطالعه به شکلی است که مقدار اکسیژن‌خواهی در طول این بازه و در تمام فصول سال از مقدار استانداردهای مذکور تخطی کرده است. این میزان

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

تخطی از استاندارد در حوالی کیلومتر ۱۸ از بالادست و در حوالی منطقه کوت عبدالله اوج می‌گیرد و تا پایین‌دست ادامه دارد. در مجموع، بررسی و مقایسه شرایط موجود کیفی دو متغیر اکسیژن محلول و اکسیژن‌خواهی با استانداردهای مختلف کیفیت آب رودخانه، بیانگر شرایط نامناسب کیفیت آب در فصول مختلف سال می‌باشد.

۳-۳- ارزیابی استانداردهای موجود برای تامین شرایط کیفی مطلوب

این سناریوی مدلسازی برای پاسخ به این پرسش مطرح شده که آیا در صورت رعایت حداقل استاندارد تخلیه پساب توسط صنایع آلاینده، کیفیت آب رودخانه شرایط و ضوابط استانداردهای بین‌المللی را تامین می‌کند یا خیر؟ به این منظور، مدلسازی کیفیت رودخانه با این فرض انجام شده که همه پساب‌های ورودی به رودخانه کارون در محدوده مورد مطالعه، قبل از تخلیه به رودخانه با استفاده از تصفیه خانه‌های غیرمتمرکز، حداقل استاندارد تخلیه پساب به آب‌های سطحی را رعایت کرده‌اند. با تغییر بار غلظت ورودی آلاینده ها به رودخانه بر اساس این فرض، مجددا مدسازی کیفیت رودخانه در بازه مورد مطالعه انجام شد. سپس شرایط کیفیت آب رودخانه با استانداردهای بین‌المللی موجود مقایسه شده است. شکل (۹) تغییرات اکسیژن محلول در دو حالت شرایط موجود و استفاده از تصفیه خانه‌های غیرمتمرکز و رعایت استاندارد تخلیه پساب به آب‌های سطحی را نشان می‌دهد. مقایسه نمودارها نشان داد که علیرغم اینکه میزان اکسیژن محلول در پایین‌دست رودخانه حدود ۳۰ درصد افزایش یافته، حتی وجود تصفیه خانه‌های غیرمتمرکز و رعایت حداقل استاندارد تخلیه پساب به آب‌های سطحی، نتوانسته باعث تامین شرایط کیفی بر اساس استانداردهای بین‌المللی شود.

شکل (۱۰) نیز بیانگر پارامتر متغیر اکسیژن‌خواهی در دو حالت شرایط موجود و فرض رعایت استاندارد تخلیه پساب به آب‌های سطحی است. مقایسه نمودارها نشان می‌دهد که میزان اکسیژن‌خواهی در طول رودخانه دست‌خوش تغییرات بسیار شده و روند کاهشی داشته تا جایی که، در کیلومتر ۱۸ رودخانه حدود ۴۸ درصد کاهش یافته است و این روند کاهشی تا پایین‌دست ادامه یافته است. مقایسه شرایط رعایت استاندارد با معیارها نشان می‌دهد که استاندارد WHO تأمین شده و میزان اکسیژن‌خواهی پایین‌تر از آن قرار گرفته است، به این معنی که کیفیت آب برای حفظ حیات آبی و مصرف شرب در صورت تصفیه مناسب، قابل قبول است. هم‌چنین در حدود ۹۰ درصد طول رودخانه حدود استاندارد UK و کلاس B بسیار نزدیک به مزر مجاز رعایت شده است اما کلاس AA یعنی مصرف شرب با تصفیه معمولی تأمین نشده است.

شکل (۹) مقایسه تغییرات پارامتر اکسیژن محلول در دو حالت شرایط موجود و رعایت استاندارد

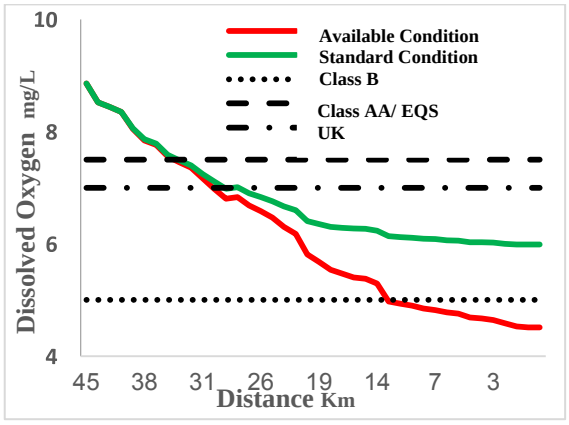

Fig. 9. DO variation along the river in both current and standard conditions

نتایج مدسازی این سناریوی شبیه سازی (حداقل در مورد مطالعه این تحقیق) نشان می‌دهد که رعایت استاندارد تخلیه پساب به تنهایی نمی‌تواند ضامن شرایط مطلوب کیفیت آب رودخانه باشد. به منظور نیل به شرایط کیفی مطلوب در رودخانه، لازم است تغییرات دبی در فصول مختلف سال، شرایط هیدرولیکی رودخانه که بر ظرفیت خودپالائی آن اثرگذار است، و همچنین موقعیت تخلیه کننده های پساب به رودخانه مورد توجه قرار گیرد. البته لازم به ذکر است که برای رسیدن به نتیجه قطعی در این خصوص، نیاز به مطالعات تکمیلی روی طیف وسیعی از رودخانه ها با شرایط مختلف است.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

شکل ۱۰ مقایسه تغییرات پارامتر $CBOD_{fast}$ در دو حالت شرایط موجود و رعایت استاندارد

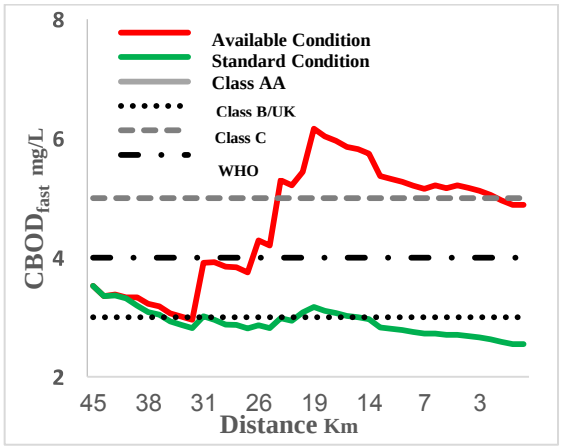

Fig. 10. $CBOD_{fast}$ variation along the river in both current and standard conditions

نتیجه‌گیری

در این تحقیق تغییرات کیفیت آب رودخانه کارون در محدوده شهری اهواز با در نظر گرفتن منابع آلاینده شهری و صنعتی مهم مورد بررسی قرار گرفت که به این منظور ازمدل QUAL2KW استفاده شد. نتایج شبیه‌سازی کیفی در این بازه از رودخانه، مبین وابستگی متغیرهای کیفی رودخانه به فصول مختلف سال است. این امر را می‌توان به دو مورد تغییرات زمانی دبی رودخانه در فصول سال و همچنین تغییرات شدید دما نسبت داد. نتایج شبیه‌سازی کیفی نشان داد که در فصل تابستان میزان اکسیژن محلول در بازه مطالعاتی حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد در حالی که این میزان برای فصل پاییز فقط ۱۲ درصد است. مقایسه متغیرهای کیفی مورد مطالعه در این تحقیق با استانداردهای موجود ملی و بین‌المللی نشان دهنده وضعیت کیفی نامناسب رودخانه کارون در محدوده شهری اهواز است.

به منظور بررسی اثر تصفیه پساب ورودی به رودخانه کارون، یک سناریوی شبیه‌سازی تعریف شد با این فرض که همه پساب ورودی به رودخانه (اعم از پساب صنعتی و شهری) در محدوده مطالعه، پس از رعایت حداقل استاندارد به رودخانه کارون تخلیه می‌شود. نتایج نشان داد که با وجود بهبود نسبی کیفیت آب رودخانه در محدوده مورد مطالعه، حتی پس از رعایت حداقل استاندارد تخلیه پساب توسط صنایع آلاینده، وضعیت متغیرهای کیفی رودخانه در برخی از بازه‌های رودخانه و در برخی فصول، حداقل استانداردهای بین‌المللی را تامین نمی‌کند.

نتایج ارائه شده در این پژوهش مبین آن است که اتخاذ استاندارد یکسان برای همه رودخانه‌ها و در همه شرایط منجر به نتیجه مطلوب کیفیت آب رودخانه نخواهد شد. بلکه لازم است که در تدوین و به روز رسانی استانداردهای جدید، به شرایط فصلی و جغرافیایی رودخانه‌ها، توپوگرافی منطقه که بر هیدرولیک رودخانه تاثیرگذار است، و همچنین ظرفیت خودپالائی رودخانه توجه ویژه شود.

مراجع

1- WHO (World Health Organisation) & UNICEF, Progress in sanitation and drinking water, Geneva: WorldHealth Organisation Press, 2013.
2- Organisation of the UN, Guidelines for the Safe Use ofWastewater, Excreta and Greywater, Geneva: WorldHealth Organisation Press, vols. 1-4, 2006.
3- Enderlein, U.S., Enderlein, R.E. & Williams, W.P, WaterQuality Requirements. In: Water Pollution Control – A guide tothe use of Water Quality Management Principles, London: United Nations Environment Program and World Health Organisation, 1997.
4- Bagherzadeh, A., Pirouz, B., Sabet raftar, O., 2009 Effects of urban, industrial and agricultural polluting sources on the water quality of Goharrood river in Rasht city-Gilan province, 8th international seminar on river engineering, (In Persian).
5- Shahriari, F., Javadifar, N., Akhundali, M., 2019 Investigation of the effect of changes in the flow rate on the water quality of the Karun River using the Qual2kw model from Mulathani to Farsiat, 5th National Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering, (In Persian).
6- Chowdhury, M.S.U., et al., 2018 Assessment of pollution and improvement measure of water quality parameters using scenarios modeling for Sungai Selangor Basin. Sains Malaysiana, 47(3): p. 457-469.
7- Kannel, P.R., et al., Application of automated QUAL2Kw for water quality modeling and management in the Bagmati River, Nepal. ecological modelling, 2007. 202(3-4): p. 503-517.
8- Shabani, M., et al., 2016 Investigating the trend of phosphate and pH changes in the course of the Zayandeh Rood River", the third international conference on environment and natural resources, (In Persian).
9- Rostami, M., Vahidi, H., 2017 Qualitative comparative assessment of Iran's river runoff using qualitative NSFWQI index method", 2nd National Conference on Modern Researches in Agricultural Engineering, Environment and Natural Resources, (In Persian).

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

10- Qanbari, K., Hassounizadeh, M., 2015 Investigation of quantitative and qualitative parameters of the Karun River and problems caused by the entry of pollutants into the rivers, 10th International Seminar on River Engineering, (In Persian).
11- Bigleri, M., Sima, S., Saadatpour, M., 2015 Simulation of river water quality in critical conditions and the effectiveness of management measures (case study: Zarineh River), Congress of Science and Engineering of Water and Wastewater in Iran, (In Persian).
12- Ahour, M., 2011 Qualitative management of the river system using intelligent theories with the approach of pollution discharge permit trading, Master's thesis, Department of Civil Engineering, Faculty of Technical Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Shahrivar, (In Persian).
13- Mathew, M., Yao, Y., Cao, Y., Shodhan, K., Ghosh, I., Bucci, V., ... & Hellweger, F. L. 2011 Anatomy of an urban waterbody: A case study of Boston's MuddyRiver. Environmental pollution, 159(8), 1996-2002.
14- Kori, B. B., Shashidhar, T., and Mise, S. 2013, Application of automated QUAL2Kw for water quality modeling in the river Karanja, India. Global Journal Of Bio -Science And Biotechnology, 2(2), 193-203.
15- Gupta, R. C., Gupta, A. K., & Shrivastava, R. K. 2013, Water Quality Modelling of a Stretch of River Kshipra (India). Nature Environment and Pollution Technology, 12(3), 511.
16- Jamalizadeh, S. F, Rabieifar, H,. Afrous A, Hosseini A and Ebrahimi, H., 2022, Modeling DO and BOD5 Changes in the Dez River by Using QUAL2Kw. Pollution 8(1) 15-35.
17- Sarda, p and Sadgir, p. 2015, Water Quality Modeling and Managementof Surface Water using Soft Tool. International Journal of Science, Engineering and Technology Research, 9(4) 2988-2992.
18- Rafiee, M., Akhond Ali1, M., Moazed, H., Lyon, W., Jaafarzadeh, B., 2013, A Case Study of Water Quality Modeling of the Gargar River, Iran. Journal of Hydrauic Structures.
19- Eheart, J.W., and Park, H., 1989, Effects of Temperature Variation on Critical Stream Dissolved Oxygen, Water Resources Research, 25(2), pp. 145-151.
20- Zhang, R., Qian, X., Li, H., Yuan, X., & Ye, R. 2012, Selection of optimal river water quality improvement programs using QUAL2K: A case study of Taihu Lake Basin, China. Science of the Total Environment, 431, 278-285.
21- Bui, H. H., Ha, N. H., Nguyen, T. N. D., Nguyen, A. T., Pham, T. T. H., Kandasamy, J., & Nguyen, T. V. 2019, Integration of SWAT and QUAL2K for water quality modeling in a data scarce basin of Cau River basin in Vietnam. Ecohydrology & Hydrobiology, 19(2), 210-223.
22- Lung, W. S. (2023). Progression of river BOD/DO modeling for water quality management. Water Environment Research, 95(4), e10864.
23- Hishe, T. G., Teka, A. H., Tolosa, A. T., Ayane, K. F., & Birhane, B. S. (2022). Modeling on comprehensive evaluation of water quality status for Abay River, Ethiopia. Modeling Earth Systems and Environment, 8(1), 523-528.
24- Cho, Y. C., Choi, H., Yu, S. J., Kim, S. H., & Im, J. K. (2021). Assessment of spatiotemporal variations in the water quality of the Han River Basin, South Korea, using multivariate statistical and APCS-MLR modeling techniques.
Agronomy, 11(12), 2469.
25- Golzari, S., Abyaneh, H. Z., Dinan, N. M., Delavar, M., & Wagner, P. D. (2022). Modeling the effects of human influences on water quality and quantity in the Zarrineh River Basin, Iran. Journal of Hydro-environment Research, 40, 51-63.
26- Fatemi, A. (2022). A survey of modeling for water quality prediction of Gharasou River, Kermanshah, Iran. Environmental Earth Sciences, 81(3), 66.
27- Iran's Urban Planning and Architecture Studies and Research Center, Khuzestan Province Program and Budget Organization, "Khuzestan Province Environmental Investigations Natural Resources Report - Khuzestan Province Study Studies", Volume 9, 2013.
28- Organization of Industry, Mining and Trade of Khuzestan province, Evaluation of industrial and sanitary treatment plants of large industrial units in Ahvaz metropolitan area, 2017.
29- Iran Urban Planning and Architecture Studies and Research Center, Provincial Program and Budget Organization Khuzestan, "Report on natural resources of environmental surveys of Khuzestan province – studies Amayesh of Khuzestan Province", Volume 9, 2013.
30- Chapra, S.C., Pelletier, G.J. and Tao, H., QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.11. USA: Documentation and User's Manual. Civil and Environmental Engineering Department, Tufts University, Medford, 2008.
31- Chapra, S.C., Surface Water-quality Modeling. 1997: McGraw-Hill.
32- Shokri, S., 2019, Application of Qual2kw model in quality monitoring of surface water resources, first edition, Tehran, Sabura Publications.
33. Yasumoto, M.A., 1997 Classification of water quality standards, Vol. I.
34. Sulthonuddin, I., Hartono, D.M., & Utomo, S. W. 2018 Water Quality Assessment of Cimanuk River in West Java Using Pollution Index. E3S Web of Conferences.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]

Assessment of Water Quality in the Karun River of Ahvaz City According to Existing Standards

M Shafie[1], M Azizipour[1], H Sasani[1], A Takdastan[2]

1 Faculty of Civil Engineering and Architecture, Shahid Chamran Unicersity of Ahvaz, Iran
2 Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz

Email: azizipour@scu.ac.ir

Abstract

Water quality management is a growing concern on a global scale, given the escalating challenges posed by urbanization and industrialization. The consequences of water contamination are manifold, impacting not only human health but also the broader ecosystem. As such, the assessment and management of water quality within natural water bodies, such as rivers, are of paramount importance.

The Karun River, situated in the urban area of Ahvaz, exemplifies a vital case study in the context of urbanization and its impact on water quality. This river serves as a primary source of water for the local population, making it indispensable for various domestic, industrial, and agricultural purposes. The population surge and industrial expansion in Ahvaz have led to a substantial increase in the volume of wastewater discharged into the Karun River. This heightened wastewater input, characterized by a complex mixture of pollutants, has had a profound impact on the river's water quality.

To address these concerns, this research embarked on the development of a simulation model. This model was designed to simulate the dynamic behavior of the Karun River's water quality, taking into account the diverse range of contaminants introduced by urban and industrial activities. The model's robustness and reliability were ensured through a calibration process, involving the adjustment of model parameters to closely match observed data, followed by a meticulous validation process to confirm its predictive accuracy.

Subsequently, the research set out to examine the seasonal variations in water quality within the Karun River. The results unveiled a striking seasonality in water quality parameters. Notably, during the dry summer season, when water flow decreases, the river experienced a substantial 49% reduction in dissolved oxygen levels, indicative of severe oxygen depletion. Conversely, during the wetter autumn season, the decline in dissolved oxygen was less pronounced at 15%, largely attributed to increased river flow and dilution effects.

Comparisons with both national and international water quality standards exposed a disconcerting reality. With the exception of the autumn season, during which higher flow rates provided some relief, the Karun River consistently fell short of meeting established water quality benchmarks. This discrepancy emphasized the need for more comprehensive and adaptable water quality management strategies.

The research's most critical scenario addressed a fundamental question: Could adherence to existing effluent discharge standards lead to the desired water quality state in the river? Unfortunately, the findings demonstrated that even under ideal conditions where all effluents entering the river met regulatory standards, the river's water quality remained far from optimal. This underscores the complexity of the issues at hand and highlights the imperative of considering dynamic hydraulic conditions and temporal variations in water quality assessments.

The findings of this research stress the need for immediate, adaptive measures to safeguard water quality, encompassing a holistic approach that considers not only discharge standards but also seasonal dynamics. Furthermore, this research underscores the universal significance of accounting for temporal and seasonal factors in water quality management and the necessity of regularly revising and updating water quality standards to address the ever-evolving environmental landscape.

Keywords: River Water Quality, Numerical Modeling, Wastewater, QUAL2KW.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-03-20]

[DOI: 10.22034/24.1.113]