اندازه‌گیری و شبیه‌سازی اکسیژن محلول در رودخانه زاینده‌رود*

احمدرضا رهسپار[۱]، مهدی حاجیان‌نژاد[۲]، محمدمهدی امین[۳]، اکبر حسن‌زاده[۴]

چکیده

مقدمه: رودخانه زاینده‌رود تنها رودخانه حوزه مرکزی ایران است که دارای آب شیرین دایمی می‌باشد. این رودخانه اهمیت بسیاری در تأمین آب آشامیدنی، حفظ حیات صنعتی استان و تأمین آب کشاورزی دارد. قسمت بالا دست این رودخانه (بالا دست بند چم‌آسمان) به دلیل تأمین آب شرب از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین با توجه به رشد صنایع، افزایش جمعیت و عوامل متعدد تأثیرگذار بر کیفیت منابع آب، مدیریت این منبع نیاز به ابزارای قدرتمند و به روز دارد. استفاده از مدل‌های کمی و کیفی مانند مدل MIKE ۱۱ می‌تواند ابزاری کارآمد جهت مدیریت این شریان حیاتی محسوب شود.

روش‌ها: در این مطالعه به منظور شبیه‌سازی کمی و کیفی رودخانه زاینده‌رود، از حد فاصل سد تنظیمی تا پل کله از نرم‌افزار ۱۱ MIKE که یک مدل کیفیت آب با هسته هیدرودینامیک می‌باشد، استفاده شده است. بدین منظور در مدت پنج ماه از چهار ایستگاه هیدرومتری نمونه‌برداری به عمل آمد و میزان اکسیژن محلول، pH، BOD یک روزه، سه روزه، پنج روزه و هفت روزه، NH_4، NO_3، فسفات و دما اندازه‌گیری شد. دیگر داده‌های مورد نیاز مدل شامل داده‌های مورفولوژیک و هیدرولوژی و هواشناسی از سازمان آب منطقه‌ای اصفهان و اداره هواشناسی شهرکرد تهیه و به مدل معرفی گردید. در مرحله بعد ضمن واسنجی مدل، دقت مدل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج همبستگی پیرسون نشان داد نتایج مدل و نتایج میدانی از همبستگی مناسبی برخوردار است و ضریب همبستگی در اکثر پارامترها از ۰/۹ بیشتر است. در انتها وضعیت رودخانه در ۲۵ سال آینده تحت دو سناریو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد غلظت فسفات، BOD_5، COD، NH_4، NO_3 در رودخانه زاینده‌رود، از سد تنظیمی تا پل کله از استاندارد مجاز آب‌های سطحی بالاتر می‌باشد.

یافته‌ها: نتایج پیش‌بینی مدل جهت ۲۵ سال آینده، گویای این مطلب است که با توجه به روند رو به رشد جمعیت و صنایع، ورود آلاینده‌ها به این شریان حیاتی افزایش می‌یابد و در نتیجه غلظت آلاینده‌ها در رودخانه زیادتر می‌شود و این افزایش نه تنها محیط زیست آبی را به خطر می‌اندازد بلکه تصفیه آب رودخانه به منظور تأمین آب آشامیدنی توسط تصفیه‌خانه بابا شیخعلی را نیز با مشکل مواجه می‌سازد.

نتیجه‌گیری: نتایج مشاهدات مؤید آن است که غلظت اکسیژن محلول جهت محیط زیست آبی مناسب است اما این مقدار اکسیژن محلول به منظور مهاجرت و تخم‌ریزی ماهیان، کافی نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اکسیژن محلول، شبیه‌سازی، ۱۱ MIKE، زاینده‌رود.

نوع مقاله: *تحقیقی*

دریافت مقاله: ۸۹/۲/۲۷ *پذیرش مقاله: ۸۹/۳/۲۹*

* این مقاله حاصل پایان‌نامه دانشجویی در مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و شبکه بهداشت داراب، شیراز، ایران.

۲- دانشیار مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسؤول)

Email: mkhiadani@yahoo.com

۳- دانشیار مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

۴- مربی، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir

مقدمه

شبیه‌سازی کمی و کیفی منابع آب به منظور مدیریت منابع آب و ارزیابی اثرات تخلیه پساب‌ها به منابع پذیرنده، در دهه‌های اخیر به طور چشم‌گیری رواج یافته است. در این راستا از روابط ریاضی و عددی بهره گرفته شده است و روش‌های شبیه‌سازی کیفی منابع آب بهبود یافته است (۲، ۱). به منظور شبیه‌سازی کیفی منابع آب از مدل‌های نرم‌افزاری استفاده می‌شود. مدل‌های نرم‌افزاری ترکیبی از اجزا، روابط و خصوصیات سیستم منابع آب هستند که به شکلی مناسب در کنار هم قرار گرفته‌اند تا رفتار سیستم را به طور ساده و روشن، مورد بررسی و ارزیابی قرار دهند و به کمک آن، آینده سیستم را پیش‌بینی نمایند (۱). مدل‌های کیفی منابع آب، توانایی‌های بسیاری جهت بررسی کیفیت آب منابع از آلاینده‌های متداول تا سموم و همچنین از جریانات یک بعدی آرام تا جریانات چند بعدی دینامیک را دارا هستند (۳). مطالعات کیفی بسیاری را می‌توان توسط این مدل‌ها، شبیه‌سازی نمود. در مدل‌سازی کیفی رودخانه‌ها، هدف اصلی تعیین ارتباط بین مشخصات هیدرولیکی، شیمیایی و بیولوژیکی یک سیستم رودخانه‌ای است (۴). یکی از شبیه‌سازی‌های مهم کیفی رودخانه‌ها، شبیه‌سازی اکسیژن محلول می‌باشد. فرایندهای حاکم بر شبیه‌سازی اکسیژن محلول شامل انتشار و پراکندگی، تابش خورشیدی، اکسیژن محلول اشباع، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی مواد کربنی، اکسیژن‌خواهی مواد نیتروژنی، تأثیر ترکیبات فسفر، فتوسنتز، تنفس و بازدمش می‌باشند. مدل‌های کامپیوتری بسیاری به منظور شبیه‌سازی کمی و کیفی منابع آب در اختیار مهندسان و تحلیل‌گران کنترل کیفیت منابع آب قرار گرفته است که هر کدام از این مدل‌ها دارای قابلیت‌های خاصی می‌باشند و بسته به نیاز و امکانات موجود، نسبت به انتخاب مدل مناسب اقدام می‌شود (۵). هدف از این مطالعه، شبیه‌سازی اکسیژن محلول رودخانه زاینده‌رود از حد فاصل سد تنظیمی تا پل کله با استفاده از نرم‌افزار MIKE ۱۱ که یک مدل کیفیت آب با هسته هیدرودینامیک است، بود. آب رودخانه زاینده‌رود به طور عمده در پنج بخش کشاورزی، صنعتی، شهری (شرب)، تفریحی و تغذیه آب زیرزمینی کاربرد دارد. منطقه مورد مطالعه این تحقیق، شاخه اصلی زاینده‌رود که بین طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۷ دقیقه و عرض‌های ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۳ دقیقه واقع شده است، بود. قسمت اعظم سطح این حوضه را کوه‌ها و ارتفاعات صعب العبور تشکیل داده است (۶). سطح مورد نظر در این مطالعه فاصله بین سد تنظیمی تا پل کله بود. تفاوت این قسمت از رودخانه با پایین دست آن، در این است که آب رودخانه در تمامی سال‌های گذشته جریان داشته است و هیچ‌گاه صفر نشده است و انتظار می‌رود آب این بخش از رودخانه، آلودگی بسیار ناچیز داشته باشد و استانداردهای مجاز آب‌های سطحی را تأمین نماید.

روش‌ها

مدل MIKE ۱۱ یک ابزار کاملاً دینامیک است و قابلیت شبیه‌سازی یک بعدی برای آنالیز، طراحی، مدیریت و راهبری سیستم‌های رودخانه‌ای پیچیده را دارا می‌باشد. این نرم‌افزار دارای چهار ویرایشگر شامل شبیه‌سازی، شبکه رودخانه، سطح مقطع‌ها، شرایط مرزی است و همچنین دارای ۶ مدول شامل هیدرودینامیک (HD)، انتشار و پراکندگی، کیفیت آب (WQ)، رواناب و بارندگی (RR)، انتقال رسوب (ST)، پیش‌بینی سیلاب (FF) می‌باشد که اطلاعات ورودی توسط ویرایشگرها در مدول‌ها به کار گرفته می‌شوند (۷).

معادلات جریان به کار رفته در مدول هیدرودینامیک ۱۱ MIKE از معادلات پیوستگی و حرکت استخراج شده است و در نرم‌افزار به کار برده شده است (۷). (معادلات ۱ و ۲)

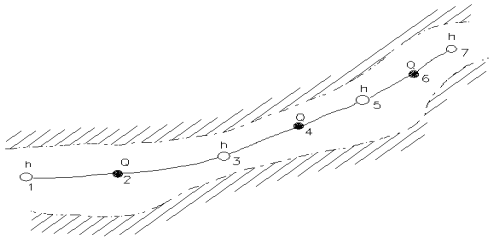
$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=q \qquad (۱)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial\left(\alpha Q^2/A\right)}{\partial x}+gA\frac{\partial A}{\partial x}+\frac{gQ|Q|}{C^2AR}=0 \qquad (۲)$$

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir

در این رابطه Q دبی، A سطح مقطع جریان، q جریان فرعی، C ثابت زبری شزی، R شعاع مقاومت یا هیدرولیکی، α ضریب تصحیح انرژی جنبشی می‌باشند. با توجه به معادلات دیفرانسیلی و با استفاده از روش تفاضل محدود، عمق جریان (H point) و دبی جریان (Q point) در محل گره‌ها محاسبه می‌شود. در شکل ۱ شماتیک گره‌بندی رودخانه در مدل MIKE ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. شماتیک گره‌بندی رودخانه در مدل MIKE ۱۱ (۷)

معادله انتشار و پراکندگی به کار گرفته شده در مدل MIKE ۱۱ به شکل معادله ۳ است. این معادله دو مکانیسم انتقال توده‌ای و انتقال به صورت انتشار را در نظر می‌گیرد (۷).

$$\frac{\partial AC}{\partial C}+\frac{\partial QC}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial x}\left(AD\frac{\partial C}{\partial x}\right)=-AKC+C_2q \qquad (۳)$$

در این رابطه C غلظت ماده، D ثابت انتشار، A سطح مقطع، K ثابت تجزیه خطی، C_2 غلظت منبع یا خروجی، q دبی جریان فرعی، x مختصات و t زمان می‌باشند.

روابط ریاضی به کار رفته در مدول کیفیت آب نرم‌افزار MIKE ۱۱، از قالب‌هایی مشخص به منظور شبیه‌سازی کیفیت آب در رودخانه‌ها بهره می‌برند و این قالب‌ها شامل بررسی باکتری‌ها در خروجی فاضلاب‌روها و دیگر منابع آلاینده منابع آب، بقای باکتری‌ها تحت تأثیر شرایط مختلف محیطی، تغییرات اکسیژن محلول که تحت تأثیر مواد آلی، آمونیاک و دیگر مواد اکسیژن‌خواه قرار می‌گیرند، همچنین انتشار، تجزیه و واکنش‌های داخلی بین مواد مغذی معدنی از قبیل آمونیاک، نیتریت، نیترات و فسفات، ارزیابی پتانسیل اتریفیکاسیون در منابع آب در نتیجه سطوح مختلف مواد مغذی و کلروفیل a، تجزیه شیمیایی مواد و ارزیابی اثرات آن‌ها در غلظت‌های مختلف می‌باشند (۷). الگوی بررسی تغییرات اکسیژن محلول با توجه به موازنه جرمی اکسیژن، در چهار سطح در مدل به کار گرفته شده است. سطح اول توصیف ساده اکسیژن، سطح دوم حالت توسعه یافته (تجزیه BOD به صورت سه جز محلول، معلق، رسوب و یا یکی از آن‌ها)، سطح سوم فرایندهای اکسیژن و مواد مغذی (تجزیه BOD به صورت سه جز محلول، معلق، رسوب و یا یکی از این فرایندها به همراه نیتریفیکاسیون) و سطح چهارم فرایندهای اکسیژن، مواد مغذی و کلروفیل همراه با نیتریفیکاسیون می‌باشد. به ازای هر یک از این اجزا، روابط ریاضی مربوط به آن شامل بازدمش، نیتریفیکاسیون، فتوسنتز، تنفس در سطوح مختلف، تجزیه BOD، اکسیژن مورد نیاز رسوب، پتانسیل محدودیت مواد مغذی در عمل فتوسنتز و سطح اشباع شده اکسیژن در مدل به کار برده شده است. در این مطالعه به منظور شبیه‌سازی کمی وکیفی رودخانه زاینده‌رود در حد فاصل بین سد تنظیمی زاینده‌رود تا پل کله توسط نرم‌افزار MIKE ۱۱، ابتدا داده‌های مورفولوژیک شامل مقاطع عرضی رودخانه زاینده‌رود به تعداد ۳۰۲ مقطع به مدل معرفی گردید. داده‌های مورفولوژیک و هیدرولوژی رودخانه، از طریق سازمان آب منطقه‌ای در اختیار این مطالعه قرار گرفت. جریان خروجی از سد تنظیمی به عنوان مرز بالا دست مدل و منحنی اشل دبی ایستگاه هیدرومتری پل کله به عنوان مرز پایین دست، به مدل معرفی شد. سپس با تغییر ضریب زبری در طول رودخانه، مدل از لحاظ هیدرولیکی کالیبره شد. جهت اطمینان از کالیبراسیون هیدرولیکی مدل، نتایج عمق جریان حاصل از مدل MIKE ۱۱ با عمق جریان در مشاهدات میدانی مقایسه شد. در ادامه داده‌های میدانی مورد نیاز مدل جهت کالیبراسیون کیفی مدل، با نمونه‌برداری و اندازه‌گیری غلظت‌های BOD (یک روزه، سه روزه، پنج روزه و هفت روزه)، آمونیوم، نیترات، فسفات و اکسیژن

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir

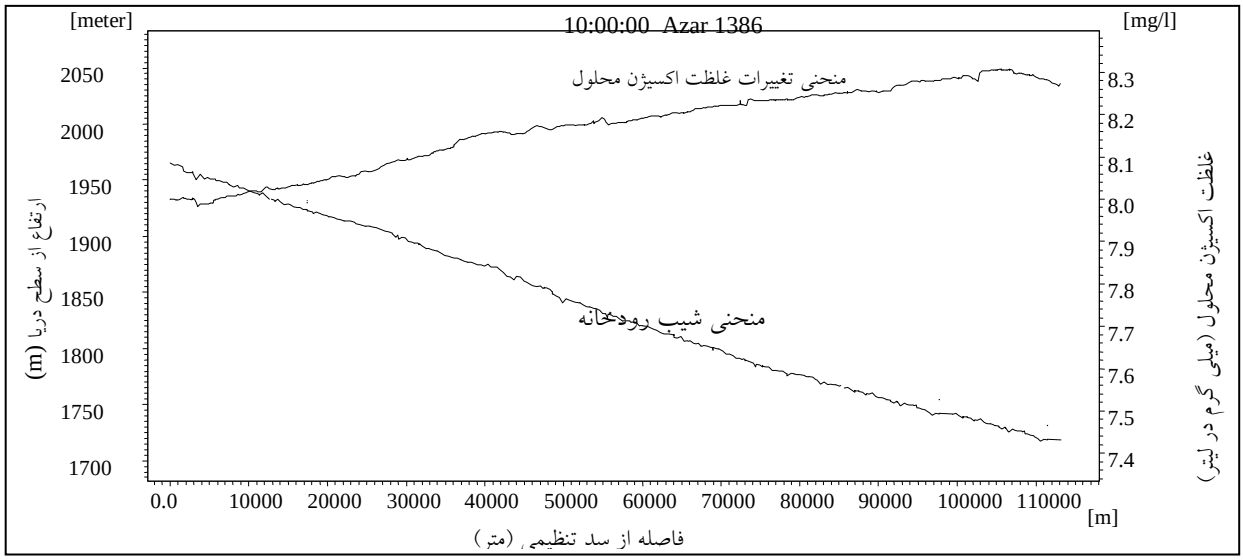
محلول رودخانه زاینده‌رود در ایستگاه‌های هیدرومتری شامل ایستگاه سد تنظیمی، پل زمان‌خان، بند چم‌آسمان و پل کله تهیه شدند. در مرحله بعد مدل با یک یا دو سری نتایج آزمایشگاهی در بازه مورد نظر، از لحاظ کیفی تنظیم و راه‌اندازی شد. سپس پارامترهای مدل، طوری تعدیل شد که نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل، با مقادیر اندازه‌گیری شده در حد قابل قبولی همخوانی داشته باشند (کالیبراسیون مدل). در ادامه، آنالیز حساسیت با استفاده از نمونه‌برداری جدید انجام شد و مقادیر پیش‌بینی مدل در دو ایستگاه نمونه‌برداری میانی، با نتایج میدانی در این دو ایستگاه مقایسه شد. به منظور نمونه‌برداری از رودخانه زاینده‌رود، با توجه به این که این رودخانه از جمله رودخانه‌های کم عرض و کم عمق می‌باشد (۹، ۸) و امکان برداشت نمونه به صورت دستی وجود دارد (به خصوص در ماه‌های دی، بهمن و اسفند با توجه به کم آبی رودخانه)، نمونه‌برداری به صورت ماهیانه و در ماه‌های آذر، دی، بهمن، اسفند۱۳۸۶ و فروردین ۱۳۸۷ به مدت ۵ ماه انجام شد. متغیرهای فیزیکوشیمیایی شامل درجه حرارت، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (به صورت یک روزه، سه روزه، پنج روزه و هفت روزه) به منظور تعیین ضریب K_{BOD}، نیترات، فسفات، pH و آمونیاک به صورت NH_4 مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در این مطالعه، اکسیژن محلول در محل نمونه‌برداری، توسط دستگاه DO متر مدل ۱۵۵ YS اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری BOD، طبق دستورالعمل ذکر شده در کتاب روش استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب انجام شد و جهت اندازه‌گیری اکسیژن محلول، از روش وینکلر و همچنین دستگاه DO متر مدل ۱۵۵ YS پرتابل استفاده شد که از این دو روش نتایج یکسانی به دست آمد (۱۱، ۱۰). جهت اندازه‌گیری pH، در محل نمونه‌برداری از دستگاه پرتابل (Corning pH meter Model No 5) استفاده شد. اندازه‌گیری یون فسفات، NH_4 و NO_3 از دستگاه DR ۵۰۰۰ ساخت شرکت هک استفاده شد که این روش مورد تأیید USEPA و منطبق بر دستورالعمل کتاب روش استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب می‌باشد (۱۲). هدایت الکتریکی و درجه حرارت توسط دستگاه هدایت‌سنج مدل ۴۴۶۰۰ ساخت شرکت HACH، در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین دبی جریان رودخانه در این طرح، همزمان با برداشت نمونه آب از رودخانه، مقادیر اشل رودخانه قرائت شد و با کمک منحنی‌های اشل دبی رودخانه زاینده‌رود که توسط سازمان آب منطقه‌ای تهیه شده بود، میزان جریان آب برآورد شد. ضرایب به کار رفته در مدل شامل ضریب نیتریفیکاسیون برابر ۱/۰۸۸، نرخ واکنش نیتریفیکاسیون برابر ۰/۱، ضریب هوادهی مجدد ۱/۰۸ و ضریب دمای تنفس ۱/۰۶ طی کالیبراسیون مدل تعیین گردیدند (۱۳). جهت تعیین سرعت تجزیه مواد آلی (K_{BOD})، مقدار BOD روزهای اول و سوم و پنجم و هفتم اندازه‌گیری شد و سپس طبق روش گرافیکی توماس مقدار آن برآورد گردید. سپس BOD نهایی در هر ایستگاه تعیین شد و به مدل معرفی گردید. در ادامه جمعیت روستاهای حاشیه رودخانه زاینده‌رود طی ۲۵ سال آینده برآورد شد و سپس طی دو سناریو وضعیت آینده رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. در سناریوی اول به فرض این که به جمعیت فعلی روستاهای حاشیه زاینده‌رود تعداد ۵۰۰۰۰ نفر افزوده شود، میزان رواناب ناشی از این جمعیت برآورد شد. در سناریوی دوم فرض بر این شد که فاضلاب شهر سامان و روستاهای تابعه آن جمع آوری و به تصفیه‌خانه منتقل شود و ضمن این که این تصفیه‌خانه دارای فرایندهای فعلی تصفیه‌خانه جنوب اصفهان باشد، پساب این تصفیه‌خانه همانند پساب تصفیه‌خانه جنوب، به رودخانه وارد شود. رواناب‌های ناشی از دو سناریو هر کدام به طور جداگانه به مدل وارد شد و شرایط کیفی آینده رودخانه پیش‌بینی و مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها

در طول دوره مطالعه، دبی جریان رودخانه در ایستگاه سد تنظیمی از ۵۶/۴۹ مترمکعب بر ثانیه در فروردین ماه تا ۱۴/۴ مترمکعب بر ثانیه در اسفند ماه تغییر نمود. پایین‌ترین دمای آب در بهمن ماه در ایستگاه سد تنظیمی برابر ۳ درجه سانتیگراد و بالاترین درجه حرارت مربوط به اسفند ماه در بند چم‌آسمان برابر ۱۴/۱ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]
www.mui.ac.ir

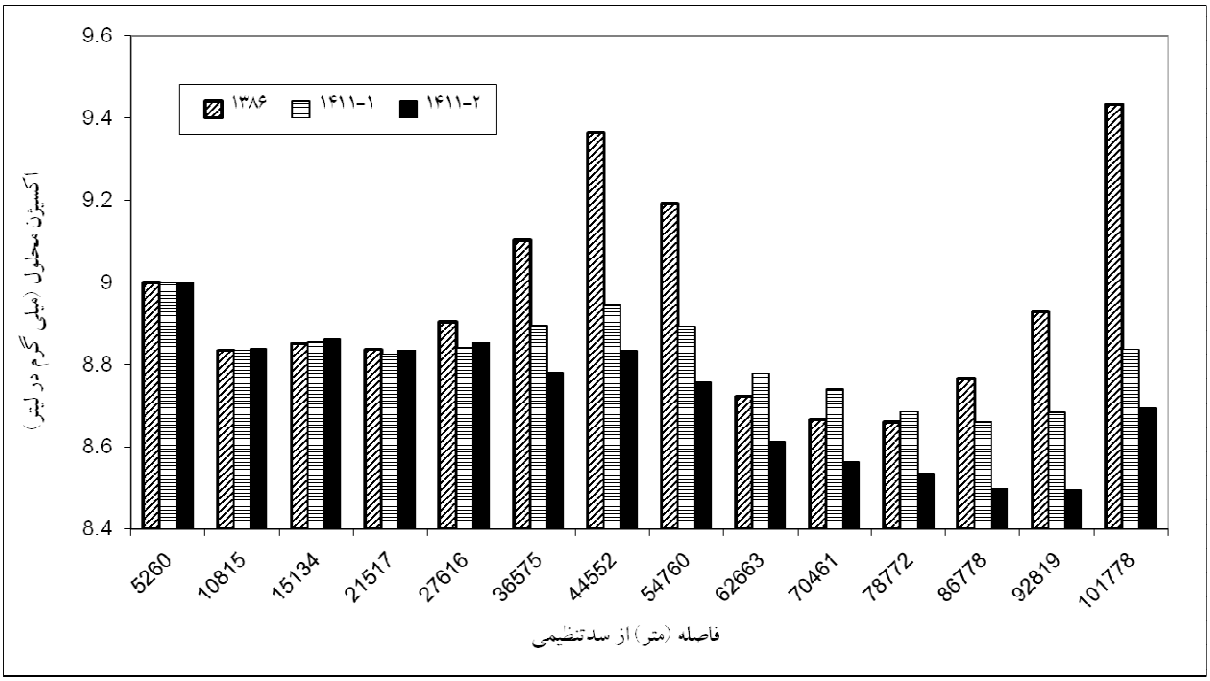
پایین‌ترین میزان اکسیژن محلول در آذر ماه و در ایستگاه پل کله، برابر ۷/۵ میلی‌گرم در لیتر و بالاترین میزان اکسیژن محلول در بند چم‌آسمان و پل زمان‌خان در دی ماه برابر ۱۰/۲ میلی‌گرم در لیتر تعیین شد. پایین‌ترین میزان آمونیوم در چهار ایستگاه، مربوط به پل کله برابر ۰/۰۴ میلی‌گرم در لیتر در دی ماه و بالاترین میزان آمونیوم در اسفند ماه مربوط به سد تنظیمی برابر ۰/۳۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. آزمون آنالیز واریانس نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری در میانگین غلظت آمونیوم در حداقل ۲ ماه از ماه‌های مختلف مورد مطالعه وجود دارد ($P = ۰/۰۰۱$). آزمون دانکن نشان داد که میانگین مقادیر آمونیوم در اسفند ماه با بقیه ماه‌ها متفاوت است و در گروه جداگانه‌ای قرار می‌گیرد. کمترین غلظت BOD_5 مربوط به آذر ماه در ایستگاه سد تنظیمی برابر ۲/۲ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین مقدار مربوط به پل کله برابر ۸/۸ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. غلظت BOD_5 در هر چهار ایستگاه، در اسفند ماه نسبت به بقیه ماه‌ها بالاتر بود. آزمون آنالیز واریانس به همراه آزمون دانکن این مطلب را تأیید می‌نمایند ($P = ۰۰۰$). جهت اطمینان از نتایج شبیه‌سازی، عمق جریان در رودخانه حاصل از نتایج میدانی و مدل، در سه ایستگاه هیدرومتری سد تنظیمی، پل زمان‌خان و پل کله با هم مقایسه شدند که عمق به دست آمده با یکدیگر از هم‌خوانی مطلوبی برخوردار بودند. میزان همبستگی نتایج در شبیه‌سازی کیفی بدین صورت بود که در ایستگاه پل زمان‌خان ضریب همبستگی پیرسون بین نتایج مدل و نتایج آزمایش‌های مربوط به اکسیژن محلول برابر ۰/۹۴ و در ایستگاه بند چم‌آسمان این ضریب برابر ۰/۸۷ تعیین شد. نمودار شماره ۱، منحنی تغییرات اکسیژن محلول به همراه شیب بستر در طول رودخانه را نشان می‌دهد. در ایستگاه پل زمان‌خان ضریب همبستگی پیرسون، بین نتایج مدل و نتایج آزمایش‌های مربوط به درجه حرارت آب برابر ۰/۹۳ و در ایستگاه بند چم‌آسمان ضریب همبستگی برابر ۰/۹۲ تعیین شد. میزان همبستگی غلظت آمونیوم، BOD و نیترات بین نتایج مدل و نتایج میدانی در دو ایستگاه پل زمان‌خان و بند چم‌آسمان در حد مطلوبی (بیش از ۰/۹) به دست آمد. نمودارهای ۲ تا ۴ وضعیت فعلی رودخانه را با وضعیت آینده رودخانه در دو سناریوی یاد شده، نشان می‌دهند. نمودار ۲ نشان می‌دهد که غلظت اکسیژن محلول در مقاطع مختلف به سمت پایین دست، به صورت نامحسوسی با کاهش اکسیژن محلول تحت تأثیر هر دو سناریو قرار دارد که در آن تأثیر ورود پساب به صورت نقطه‌ای بیشتر خواهد بود.



نمودار ۱: تغییرات DO در طول رودخانه زاینده‌رود از سد تنظیمی تا پل کله در آذر ماه (نتایج مدل)

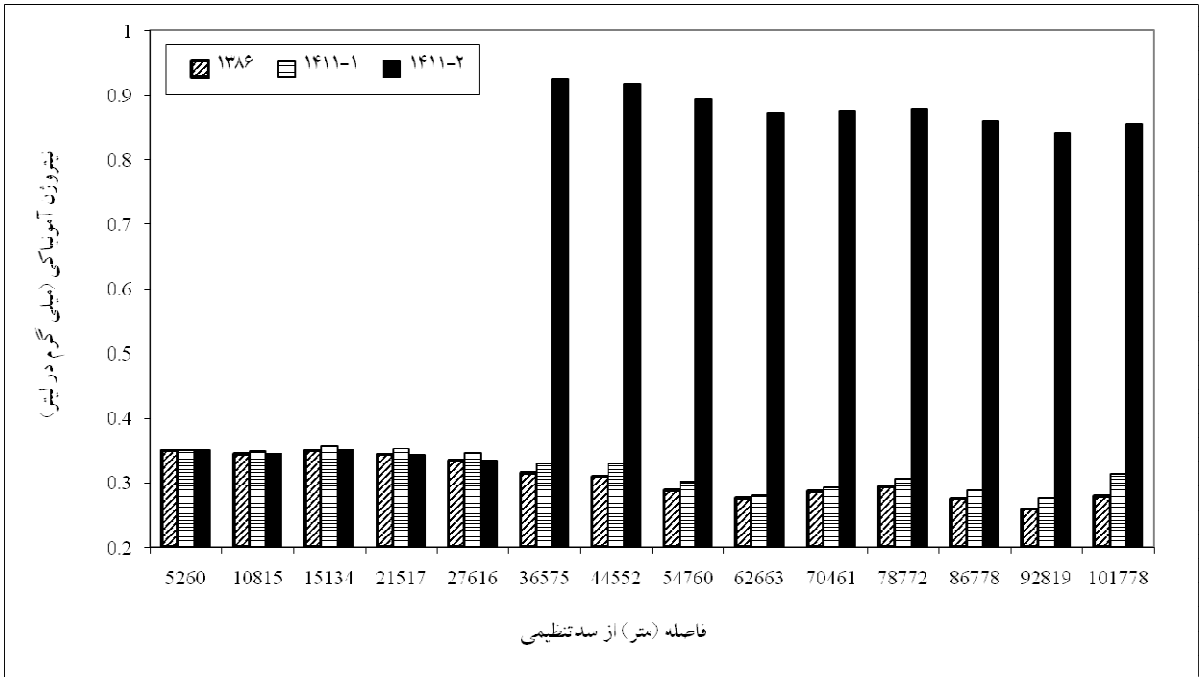
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir



نمودار ۲: مقایسه غلظت اکسیژن محلول در اسفند سال ۱۳۸۶ و سال ۱۴۱۱

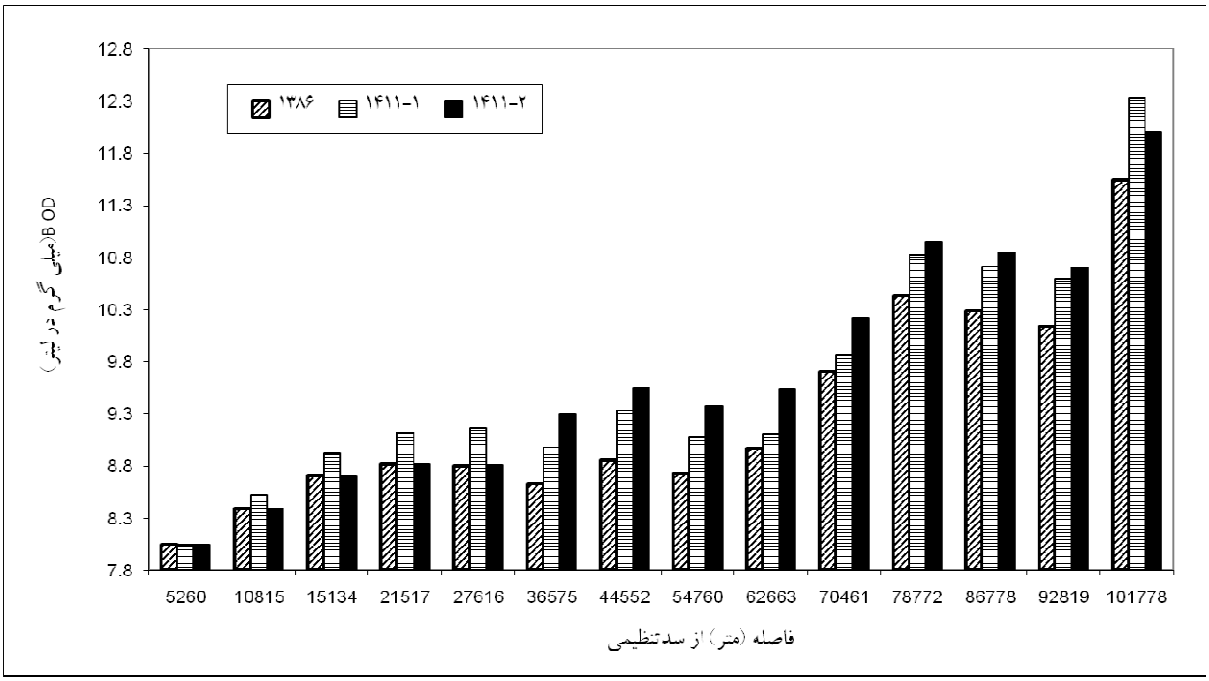
(۱-۱۴۱۱: افزایش آلاینده به صورت غیر نقطه‌ای و ۲-۱۴۱۱: ورود پساب تصفیه‌خانه شهر سامان و روستاهای تابعه آن از کیلومتر ۳۵)



نمودار ۳: مقایسه غلظت نیتروژن آمونیاکی در اسفند سال ۱۳۸۶ و سال ۱۴۱۱

(۱-۱۴۱۱: افزایش آلاینده به صورت غیر نقطه‌ای و ۲-۱۴۱۱: ورود پساب تصفیه‌خانه شهر سامان و روستاهای تابعه آن از کیلومتر ۳۵)

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]
www.mui.ac.ir



نمودار ۴: مقایسه غلظت BOD در اسفند سال ۱۳۸۶ و سال ۱۴۱۱

(۱-۱۴۱۱: افزایش آلاینده به صورت غیر نقطه‌ای و ۲-۱۴۱۱: ورود پساب تصفیه‌خانه شهر سامان و روستاهای تابعه آن از کیلومتر ۳۵)

بحث

مقدار اکسیژن محلول رودخانه نشان می‌دهد که بی‌توجهی به ورود آلاینده‌ها موجب کاهش اکسیژن محلول به غلظتی کمتر از ۸/۵ میلی‌گرم در لیتر خواهد رسید که می‌تواند عمل مهاجرت و تخم‌ریزی گونه‌های آب سرد و شیرین را با خطر مواجه سازد. البته این مقدار اکسیژن جهت حیات آبزیان کافی است. نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهند که در بهمن و اسفند ماه مقدار BOD_5 از ۵ میلی‌گرم در لیتر بالاتر است و با توجه به دسته‌بندی آب‌ها، در این ماه‌ها رودخانه زاینده‌رود در حد فاصل سد تنظیمی تا پل کله در حد آلودگی متوسط محسوب می‌شود (۱۵، ۱۴). مقدار آمونیوم در رودخانه به خصوص در خروجی سد تنظیمی نشان می‌دهد که در بالا دست سد، پساب‌های آلوده وارد رودخانه می‌شوند. غلظت فسفات بر حسب فسفر در اکثر رودخانه‌های غیر آلوده برابر ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (۱۶)؛ که این مقدار بر حسب فسفات برابر ۰/۰۳ می‌باشد در حالی که در رودخانه زاینده‌رود در حد فاصل سد تنظیمی تا پل کله در بسیاری موارد نمونه‌برداری، غلظت فسفات از ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر تجاوز می‌کند و مؤید آلوده بودن رودخانه است. فسفات با این غلظت می‌تواند در عمل انعقاد شیمیایی کدورت آب در تصفیه‌خانه آب اختلال ایجاد نماید (۱۷). در سناریوی اول آمونیوم تغییر نامحسوسی خواهد داشت اما وقتی پساب تصفیه‌خانه از کیلومتر ۳۵ وارد رودخانه می‌شود در حالی که این تصفیه‌خانه عمل نیتریفیکاسیون در فرایند تصفیه نداشته باشد، افزایش زیاد غلظت آمونیوم پس از ورود پساب به رودخانه مشاهده می‌شود و مدل نشان می‌دهد که روند خودپالایی رودخانه در خصوص آمونیوم بسیار کند می‌باشد. این یک زنگ خطر است و در صورتی که تصمیم به احداث تصفیه‌خانه‌ای در طول مسیر رودخانه گرفته شود، نیاز به واحد نیتریفیکاسیون در تصفیه‌خانه فاضلاب مورد نظر می‌باشد. روند افزایش BOD در هر سه حالت به صورت یکسان می‌باشد. نکته قابل توجه این است که این مقدار BOD، رودخانه زاینده‌رود را جز رودخانه‌های آلوده قرار می‌دهد. با توجه به این که برداشت آب، جهت تصفیه‌خانه آب بابا شیخعلی در این بازه از رودخانه زاینده‌رود صورت می‌گیرد؛ بی‌توجهی به کنترل

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir

آلاینده‌ها، روند فرایندهای متداول در تصفیه‌خانه آب بابا شیخعلی پاسخ‌گوی عمل تصفیه نخواهد بود. به کارگیری یک مدل توانمند در پیش‌بینی وضعیت آینده چنین رودخانه‌هایی که خطر احداث صنایع و رشد فعالیت‌های کشاورزی از جمله پرورش ماهی و ... می‌رود، بسیار اهمیت دارد. مدل MIKE ۱۱ با داشتن قابلیت شبیه‌سازی هیدرولیکی قوی نسبت به سایر مدل‌ها در شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه‌هایی که تغییرات دبی زیاد داشته و کیفیت آب تا حد زیادی از عوامل هیدرولیکی تأثیر می‌پذیرد، مدل مناسبی است. این مدل با توجه به تغییرات زیاد دبی، بستر شنی و سنگی، شیب زیاد و عمق کم رودخانه زاینده‌رود در حد فاصل سد تنظیمی تا پل کله کارایی خوبی دارد. علاوه بر این، مدل MIKE ۱۱ به همه جوانب شبیه‌سازی کیفی آب نیز توجه دارد و با توجه به امکانات و داده‌های موجود، می‌توان سطح شبیه‌سازی مورد نظر را انتخاب نمود. نتایج مدل نشان می‌دهد که بهتر است در آینده پساب تصفیه‌خانه‌های شهری و روستایی به رودخانه رها نشود و در صورتی که نیاز به رها شدن پساب بود، حتماً فرایند نیتریفیکاسیون به فرایندهای تصفیه فاضلاب اضافه شود.

References

1. James A. An Introduction to water quality modelling. New Jersey: Wiley; 1993.
2. French RH, McCutcheon SC. Water Quality Modeling: Transport and surface exchange in rivers. New York: CRC Press; 1990.
3. Hosseini Abari H. Zayande Rood a Limited Source in Esfahan Region. Journal of Water and Wastewater 1969; 3(4).
4. Karammoz M, Kerachian R. Water Resources Systems Quality Management and Programming. Tehran: Amir Kabir University Press; 2008.
5. Rauch W, Henze M, Koncsos L. River Water Quality Modeling. Proceedings of the 19th Biennial Conference of the International Association on Water Quality; 1998 Jun 21-26; Vancouver (BC), Canada; 1998.
6. Esfahan Water Authority. Plan for Tranferring Water to Iran Central Plattue [Online]. 2006; Available from: URL: www.abfa-esfahan.com/
7. DHI Software. MIKE 11. A Modelling System for Rivers and Channels. Reference Manual [Online]. 2007; Available from: URL; http://www.hydroeurope.org/jahia/webdav/site/hydroeurope/shared/Teams2011/team1/Manuals/Mike_11_ref.pdf /
8. Eaton AD, Franson MA, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard methods for the examination of water & wastewater. Washington (DC): American Public Health Association; 2005.
9. Bartram J, Ballance R, United Nations Environment Programme, World Health Organization. Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. London: E & FN Spon; 1996.
10. Torkian A. Guide to Water Chemistry Experiments. Isfahan: University of Medical Sciences Publications; 1993.
11. Viessman W, Hammer MJ. Water supply and pollution control. 5th ed. New York: HarperCollins College Publishers; 1993.
12. HACH. DR 5000. USER MANUAL. Loveland: HACH Company; 2008.
13. Jorgensen SE, International Society for Ecological Modelling. Handbook of environmental data and ecological parameters. New York: Pergamon Press; 1979.
14. Forozande Shahraki K. Treatment Principle and Water Resource Improvement [Online]. 2002; Available from: URL: www.mehdifalah.blogfa.com/
15. Amirbeigi H. Environmental Principle. Tehran: Andishe Rafie Publication; 2002.
16. Chapman DV. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments, and water in environmental monitoring. New York: Taylor & Francis; 1996.
17. Peavy SH, Rowe DR, Chobanollous G. Enviromental Engineering. Trans. Keynejad MA, Ebrahimi S. Tabriz: Sahand University Press; 1999.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir

Measurement and simulation of dissolved oxygen in Zayande Roud River*

Ahmad Reza Rahsepar[1], Mehdi Hajian Nejad[2], Mohammad Mehdi Amin[3], Akbar Hasanzadeh[4]

Abstract

Background: Zayandeh-Roud River is the only perennial River in the central basin of Iran that has fresh water. Water from this source is used for drinking, industrial and agricultural purposes. Drinking water is extracted from upstream portion (upstream of Chamaseman Dam) of Zayandeh-Roud River and therefore its quality is very important. Due to growth of population, industry and other factors, its management needs powerful tools such as MIKE model 11 to be able to simulate water quality and quantity.

Methods: In this research MIKE model 11 was used to simulate water quality and quantity in Zayandeh-Roud River from Tanzimi Dam to Kalleh Bridge (120 Km distance). For this purpose samples were taken at four hydrometery stations along the River during five months. At each sampling location DO, pH, EC, $BOD_{1, 3, 5, 7}$, NH_4, NO_3, PO_4^{3-}, COD and temperature were measured. Then the model was calibrated and its accuracy was investigated. The model results and measurements were statistically compared and their correlation was determined using Pearson correlation test. Also water quality in Zayandeh-Roud River was simulated under two scenarios for the next 25 years. Pearson correlation indicated an appropriate correlation (approximately r = 0.9) between the model results and the field measurements.

Findings: The findings of this research revealed that the concentration of PO_4^{3-}, BOD, COD, and NH_4. NO_3 from Tanzimi Dam to Kalleh Bridge station exceeds surface water standards. The findings for the next 25 years scenarios indicated that due to the population and industries growth, some parameters' concentration will be increased. This will affect both Zayandeh-Roud ecosystem and purifying drinking water by Baba Shekhali Water Treatment Plant.

Conclusion: Also the findings indicated that although DO is within the standard level but it may affect some type of fish production and migration.

Key words: DO, Simulation, MIKE 11, Zayanderoud

* This article derived from master thesis by Isfahan University of Medical Sciences.

1- MSc Student of Environmental Health, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences and Darab Health Center, Shiraz, Iran.
2- Associate Professor, Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran. (Corresponding Author)
Email: mkhiadani@yahoo.com
3- Associate Professor, Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
4- Instructor, Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir