



The Dez River Water Quality Evaluation in the Most Critical Section and Drought Conditions by HEC-RAS

Ali Mohammad Golabini¹, Ali Afrous^{2✉}, Mehdi Asadilour³, Ali Asareh⁴, Hosein Fathian⁵

1. Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran, Email:

golabini1346@gmail.com

2. Corresponding Author, Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz,

Iran, Email: ali.afrous@gmail.com

3. Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran, Email:

mehdi.asadilour@gmail.com

4. Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran, Email:

ali_assareh_2003@yahoo.com

5. Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran, Email:

fathian.h58@gmail.com

Article Info

ABSTRACT

Article type: Research Article

Article history:

Received: Dec. 20, 2021

Revised: Dec. 13, 2022

Accepted: Dec. 17, 2022

Published online: Jan. 22, 2022

Keywords:

Dez River,
HEC-RAS model,
simulation,
Water quality.

It is necessary to use mathematical models to determine the river's response to pollutants. These models are able to simulate the effect of existing and future pollutants and facilitate related decisions. In this study, the water quality of Dez River and its main feeding drains were extracted and analyzed through sampling and laboratory analysis from Dez diversion dam downstream of Loreh drainage during seven months from March to September 2018. The results of the measured samples were compared with those of the simulated values through the HEC-RAS model. The river path was investigated in the study period and seven sampling stations were determined along the river and six stations at the point of drainage into the river to determine the sampling stations, as well as the sources of pollution of Dez River. The results indicated the lack of self-purification of DO, BOD, NO₃, NO₂ parameters in Dez River during seven months of 2018 due to the inflow of drains and lower river discharge in this period. Also, the base on NSFQI index, in drought seasons the first half of the river quality index is less than 68, that indicates average quality, and in the second half of the river, the quality index is less than 50 (poor quality). This decreasing trend of NSFQI quality index is consistent with the trend of qualitative variables of HEC-RAS simulation and indicates the lack of relative self-purification of the river during the study period.

Cite this article: Golabini, A. M., Afrous, A., Asadilour, M., Asareh, A., & Fathian, H. (2023). The Dez River Water Quality Evaluation in the Most Critical Section and Drought Conditions by HEC-RAS, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53 (11), 2643- 2654. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.335542.669165>

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.335542.669165>



ارزیابی کیفیت آب رودخانه دز در بحرانی ترین مقطع و در شرایط خشکسالی با استفاده از مدل HEC-RAS

علی محمد گلایینی^۱، علی افروس^۲، مهدی اسدی لور^۳، علی عصاره^۴، حسین فتحیان^۵۱. گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، ایمیل: golabini1346@gmail.com۲. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، ایمیل: ali.afrous@gmail.com۳. گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، ایمیل: mehdi.asadilour@gmail.com۴. گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، ایمیل: ali_assareh_2003@yahoo.com۵. گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، ایمیل: fathian.h58@gmail.com

اطلاعات مقاله چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۹/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۲۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۱/۱

واژه‌های کلیدی:

رودخانه،

شبیه‌سازی هیدرولیکی و کیفی آب،

شاخص ملی کیفیت،

HEC-RAS.

برای تعیین واکنش رودخانه بر ورود آلاینده‌ها استفاده از مدل‌های ریاضی ضروری است. این مدل‌ها قادرند اثر آلاینده‌های موجود و آتی را شبیه‌سازی نموده و تصمیم‌گیری‌های مرتبط را تسهیل می‌نمایند. در این مطالعه به منظور بررسی کیفیت آب رودخانه دز در جنوب غربی ایران و شبیه‌سازی اثر زهکش‌های اصلی تغذیه‌کننده آن بر کیفیت رودخانه از مدل هیدرولیکی HEC-RAS استفاده شد. در این راستا مسیر رودخانه از محل سد انحرافی تا پایین‌دست زهکش لوره (بحرانی‌ترین بازه رودخانه دز از نظر آبدهی) پیمایش و هفت ایستگاه نمونه‌برداری در طول رودخانه و شش ایستگاه در محل ورود زهکش‌ها به رودخانه شناسایی و نمونه‌برداری کیفی طی یک دوره هفت ماهه از اسفند ماه ۱۳۹۶ تا شهریور ماه ۱۳۹۷ برداشت و آنالیز شد. نمونه‌های کیفی اندازه‌گیری شده با مقادیر شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل HEC RAS و شاخص کیفیت استاندارد NSFQI مقایسه شد. نتایج شبیه‌سازی به دست آمده بیانگر عدم خودپالایی پارامترهای کیفی در این بازه رودخانه دز طی دوره زمانی هفت ماهه مورد مطالعه، به دلیل ورود زهاب‌ها و دبی پایین رودخانه می‌باشد. همچنین در این بازه زمانی که مصادف با شرایط خشکسالی رودخانه بوده، نتایج آنالیز پارامترهای اندازه‌گیری شده توسط شاخص NSFQI حاکی از آن است که در نیمه اول بازه رودخانه شاخص کیفیت کمتر از ۶۸ و بیانگر کیفیت متوسط بوده و در نیمه دوم بازه رودخانه شاخص کیفیت کمتر از ۵۰ و بیانگر کیفیت بد می‌باشد. این روند کاهشی شاخص کیفیت، با روند متغیرهای کیفی شبیه‌سازی با مدل HEC-RAS هم‌خوانی داشته و حاکی از عدم خودپالایی نسبی رودخانه در بازه مورد مطالعه می‌باشد.

استناد: گلایینی، علی محمد، افروس، علی، اسدی لور، مهدی، عصاره، علی، فتحیان، حسین، (۱۴۰۱) ارزیابی کیفیت آب رودخانه دز در بحرانی‌ترین مقطع و در شرایط خشکسالی با استفاده از مدل HEC-RAS، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۳ (۱۱)، ۲۶۴۳-۲۶۵۴.



<https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.335542.669165>

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.335542.669165>

مقدمه

به‌طور معمول قابل پذیرش است که پایین آمدن کیفیت رودخانه‌ها عمدتاً توسط ساختار زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی حوضه‌های آبخیزداری واکنش‌های شیمیایی موجود در حوضه آبخیز و همچنین نوع کاربری‌های زمین و فعالیت‌های انسانی کنترل می‌شود (Alexakis 2008, Loukas 2010, Melidis et al. 2007 and Tsakiris et al. 2009). همچنین تأثیر سدها بر رژیم حرارتی رودخانه‌ها در فصل تابستان و برای ارزیابی کارایی نسبی از ابزار مدل‌سازی برای تخمین دمای آب در پایین‌دست سدها استفاده می‌شود (Beaupre et al. 2020). وضعیت نامناسب کیفیت آب رودخانه دز نشان‌دهنده ورود آلاینده‌ها از جمله کارخانه‌های صنعتی و زهکش‌های کشاورزی اطراف این رودخانه می‌باشد. مدل‌سازی کیفی رودخانه‌ها، یکی از ابزارهای کم‌هزینه و موثر در بررسی مشکلات بوده و راه‌حلی در جهت بهبود وضعیت کیفی رودخانه است (Hoseini et al. 2017). مدل HEC-RAS علاوه بر توانایی شبیه‌سازی هیدرولیکی رودخانه، متغیرهای کیفی آب شامل دما، جلبک، اکسیژن‌خواهی زیست‌شیمیایی^۱، اکسیژن محلول^۲، آمونیاک، نیتريت، نیترات، نیتروژن آلی، فسفات و فسفر آلی را مدل می‌کند.

در مطالعه‌ای سنجش پارامترهایی نظیر درجه حرارت، کل جامدات معلق، pH، کدورت، BOD، DO، NO₃، PO₄ در نه ایستگاه هیدرومتری رودخانه‌های کارون، کرخه و دز انجام شد و آنالیز پارامترهای اندازه‌گیری شده با توجه به شاخص NSFQI حاکی از آن بود که در هر سه رودخانه شاخص کیفیت کل در شش ماهه اول در حد فاصل کمتر از ۵۰ بیانگر کیفیت بد بوده و در شش ماهه دوم در حد فاصل بیشتر از (۵۰) بیانگر کیفیت متوسط است (Karimi et al. 2014). همچنین بررسی وضعیت کیفی آب رودخانه دز با استفاده از شاخص کیفیت NSFQI نشان داد بیشترین میزان شاخص کیفیت آب مربوط به ایستگاه بالادست چم‌گلگ در شهریورماه با ۵۷/۴۵ و کمترین مقدار آن مربوط به ایستگاه خروجی تصفیه‌خانه در مردادماه با ۲۸/۹۵ بوده است (Janian et al. 2015). کیفیت آب رودخانه کارون در سال‌های ۸۶ و ۸۷ از بازه ملاثانی تا کوت امیر توسط شاخص کیفیت آب (NSFWQI) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شاخص کیفیت آب، در رده بد بوده و در این بازه کارون، مورد تهدید جدی است (Heydarinia et al. 2011). تغییرات فصلی پدیده خودپالایی رودخانه کارون بررسی و نتایج مطالعات نشان‌دهنده کاهش ۳۰٪ غلظت نیترات ورودی در ماه‌های دی و بهمن و BOD در تمام ماه‌ها، بیشترین تأثیر را در بهبود مقدار این متغیرهای کیفیت آب داشت (Moghimi nejad et al. 2017). در مطالعه‌ای دیگر وضعیت کیفی آب رودخانه کارون در بازه بند قیر تا اهواز با استفاده از مدل QUAL2K شبیه‌سازی و نتایج تحقیق آنها نشان داد که میزان آمونیوم و نیترات در پایین‌دست رودخانه افزایش یافته است و مدل QUAL2K از دقت خوبی برای شبیه‌سازی برخوردار است (Harati et al. 2014). تغییرات میزان جریان بر کیفیت آب رودخانه کارون با مدل ریاضی QUAL2KW بررسی شد و نتایج شبیه‌سازی وضعیت نامطلوب رودخانه در ماه‌های خشک و کم آب را نشان داد (Shahriari et al. 2011). شبیه‌سازی کیفی مؤلفه‌های آمونیوم و نیترات در طول رودخانه گرگر با استفاده از مدل QUAL2KW برای سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ مطالعه و نتایج تطابق خوب این مدل با واقعیت را نشان داد. نتایج مشخص نمود فاضلاب روستاها، حوضچه‌های پرورش ماهی و زهکش‌های کشاورزی، مهمترین منابع و مراکز آلوده کننده این رودخانه بود (Shokri et al. 2016). در طول سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵ شاخص کیفیت آب رودخانه‌های جگوار۳ و آتیبایا۴ در کشور برزیل مورد بررسی قرار گرفته و کیفیت آنها در فصول خشک و بارانی، به‌صورت یکسان متوسط و بد تعیین شد (Ramus et al. 2016). کاربرد مدل کیفیت آب QUAL2KW در حوضه رودخانه‌های کوچک و پاسخ رودخانه سرتیما ۵ کشور پرتغال به بارگذاری‌های متفاوت نیتروژن و فسفر مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که برای کاهش آلودگی‌های حاصل از بارگذاری نیتروژن و فسفر به ترتیب ۵ و ۱۰ دوره لازم است تا کلاس این رودخانه از یوتروفیک ۶ به مزوفیک ۷ تغییر کند (Oliver et al. 2011). در تحقیق دیگری وضعیت کیفیت آب رودخانه دز با استفاده از شاخص کیفیت آب ایران محاسبه شده و نتایج آن در یک دوره هشت ساله نشان داد که مقادیر این شاخص از ۸۵ تا ۷۰/۱ متغیر بوده و از خیلی خوب به خوب کاهش یافته است. در این تحقیق، شبیه‌سازی برخی از پارامترهای کیفیت آب (DO، EC،

1. Biological or Biochemical Oxygen Demand
2. Dissolve Oxygen
3. Jaguari
4. Atibaia
5. Certima
6. Eutrophic
7. Mesophytic

برای ارزیابی و پیش بینی کیفیت آب در آینده پیشنهاد شد (Abdeveis et al. 2020). وضعیت کیفی آب رودخانه باهیما ۱ در کشور هند با استفاده از مدل HEC RAS شبیه سازی شد. در این بررسی مدل هیدرولیک حالت پایدار همراه با مدل کیفیت برای رودخانه توسعه داده شده است. نتایج شبیه سازی شده مدل با اطلاعات مشاهده ای مؤلفه های نیترات، جلبک و دما در سال ۲۰۱۷ مورد ارزیابی قرار گرفته و کارایی مدل، تایید و واسنجی شد (Faralgatti et al. 2020). در مطالعه دیگری، روند پارامترهای کیفیت آب رودخانه سیردریا ۲ (قزاقستان) با استفاده از آزمون من کندال ۳ و رگرسیون خطی انجام شد. نتایج تجزیه و تحلیل روند در فواصل زمانی سالانه نشان داد که قبل از سال ۱۹۴۰، کانی سازی آب ۰/۴ تا ۰/۶ گرم در لیتر بود و آب آن بی کربنات کلسیم بود، در حال حاضر با افزایش حجم یون های سولفات، شاخص کانی سازی سه برابر شده است (Bissenbayeva et al. 2020).

هدف از این مطالعه، شبیه سازی تغییرات کیفی رودخانه دز با در نظر گرفتن ورود آلاینده های مختلف از جمله کارخانه های صنعتی، زهکش های کشاورزی و شهری با استفاده از نرم افزار HEC-RAS و بررسی شرایط کیفی این رودخانه توسط شاخص ملی کیفیت آب (NSFWQI) ۴ می باشد. رودخانه دز، رودخانه ای طولانی است که از رشته کوه های زاگرس سرچشمه می گیرد. این رودخانه در مسیر خود از استان خوزستان و شهر دزفول می گذرد. در بازه بعد از سد انحرافی دز تا محل تقاطع به رودخانه کارون، عمده ترین تخلیه کننده در این بازه زهکش های شبکه آبیاری دز می باشند که در ۶ محل، زهاب ۹۰۰۰۰ هکتار اراضی کشاورزی و پساب کارخانجات نیشکر و کاغذ پارس را به این بازه تخلیه می کنند. بر اساس بازدیدهای میدانی، مطالعات مقدماتی و شناسایی رودخانه، موقعیت زهکش های اصلی که زهاب های کشاورزی، پساب کارخانه های صنعتی و شهری را به رودخانه دز تخلیه می نمایند، شناسایی و ۶ ایستگاه نمونه برداری بر روی زهکش های D1 تا D6 و ۷ ایستگاه نمونه برداری بر روی رودخانه دز از محل پایین دست سد انحرافی دز تا پایین دست زهکش لوره به طول ۸۵ کیلومتر انتخاب شد (شکل ۱). از این ایستگاه ها به طور ماهانه از اسفندماه ۱۳۹۶ تا شهریور ۱۳۹۷ نمونه برداری و آزمایشات کیفی لازم انجام شد. برای شبیه سازی کیفی رودخانه دز پارامترهای دمای آب (T)، کل املاح محلول (TDS)، اکسیژن محلول (DO)، فسفات (PO4)، نیترات (NO3)، نیتريد (NO2)، آمونیوم (NH4)، pH و اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) در محل و یا در آزمایشگاه اندازه گیری شد.



Sampling location	Alias	x	y	height(m)
Dez Dam	Dez	253236.3	3584662.0	118
Balarood Drain	D1	251671.3	3582327.1	83
Balarood Drain + Dez	Dez+D1	251639.7	3582199.2	76
Sakhiri Drain	D2	250249.1	3580889.8	66
Sakhiri Drain + Dez	Dez+D2	250011.5	3580445.0	65
Kaghizpars Drain	D3	249472.6	3578929.1	47
Kaghizpars Drain + Dez	Dez+D3	249410.9	3578399.5	46
Augirob Drain	D4	249226.7	3578146.5	44
Augirob Drain + Dez	Dez+D4	249201.7	3577792.9	44
Nishekar Drain	D5	248726.1	3574938.6	44
Nishekar factory Drain + Dez	Dez+D5	248784.4	3574679.4	40
Loreh Drain	D6	249457.7	3573116.6	34
Loreh Drain + Dez	Dez+D6	249047.1	3572224.7	32

ایستگاه های نمونه سنجی کیفی در طول بازه مورد مطالعاتی موقعیت ۱. شکل

مواد و روش ها

جهت انجام شبیه سازی کیفی، ابتدا اقدام به شبیه سازی هیدرولیکی جریان شد. بدین ترتیب در ابتدا نقشه هندسه مقاطع عرضی رودخانه در شرایط موجود، از طریق سازمان آب و برق استان خوزستان تهیه شد. از طریق نرم افزار ArcGIS نسخه 10.2 مقاطع به صورت فایل

Kml وارد محیط Google Earth Pro شد. در این مرحله، خط قعر رودخانه و خطوط سیلاب دشت‌های چپ و راست ترسیم شد. در نهایت برای بدست آوردن سایر ویژگی‌های جریان، نقشه مورد نظر به نرم‌افزار HEC-RAS وارد شد. دبی جریان ماهانه در یک دوره ۴۲ ساله (۱۳۹۸-۱۳۵۶) به‌عنوان ورودی در محل سد انحرافی دز وارد مدل شد. تحلیل هیدرولیکی با توجه به شیب کم رودخانه در بازه مطالعاتی و دوره نمونه‌برداری کیفی جریان از نوع زیربحرانی یکنواخت تشخیص داده شد. از آنجایی که کیفیت آب رودخانه تحت تاثیر دبی و درجه حرارت می‌باشد و با توجه به اینکه دوره زمانی مورد مطالعه مصادف با خشکسالی و در طول ماه‌های گرم سال انجام گرفته است لذا شرایط بحرانی بر مطالعات کیفی حاکم شد. در طول دوره نمونه‌برداری مقدار آبدهی رودخانه در محل سد انحرافی دز بین ۰/۳ تا ۱۸۳ مترمکعب بر ثانیه و با میانگین ۳۰ متر مکعب بر ثانیه بوده است.

مزیت مدل HEC-RAS استفاده شده در این مطالعه انجام شبیه‌سازی هیدرولیکی و کیفی به‌طور همزمان با استفاده از هندسه رودخانه و تاثیر وضعیت بستر، جداره و مسیر رودخانه بر اساس پروفیل‌های طولی و عرضی بر فرآیندهای شبیه‌سازی است. بخش تحلیل کیفی نرم‌افزار به کاربر امکان انجام تحلیل کیفیت آب رودخانه را می‌دهد. وجود قسمت انتقال-انتشار امکان مدل‌سازی دمای آب را نیز به نرم‌افزار HEC-RAS اضافه کرده است. این قسمت جدید با استفاده از طرح عددی صریح برای حل معادله یک بعدی انتقال-انتشار با استفاده از رویکرد حجم کنترل و با در نظر گرفتن انرژی حرارتی کاربرد دارد. همچنین امکان مدل‌سازی انتقال مجموعه محدودی از ترکیبات و موارد موثر بر کیفیت آب را ممکن ساخته است.

برای بررسی و مدل‌سازی میزان و سرعت واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی در طول رودخانه اقدام به تبدیل رودخانه به سلول‌های کیفی شد. میزان ورودی و خروجی هر یک از پارامترهای مورد بررسی به هر یک از سلول‌های کیفی از معادله پراکنش - جذب ۲ استفاده شد. مدل HEC-RAS به حل عددی رابطه (۱) در هر یک از سلول‌ها می‌پردازد.

رابطه (۱)

$$\frac{\partial}{\partial t}(V\theta) = \frac{\partial}{\partial x}(Q\theta)\Delta x + \frac{\partial}{\partial x}\left(\Gamma A \frac{\partial \theta}{\partial x}\right)\Delta x \pm S$$

در این رابطه V : حجم هر سلول کیفی آب (m^3)، θ : درجه حرارت ($^{\circ}C$) یا غلظت (kg/m^3)، Q : بده جریان (m^3/s)، Γ : ضریب پراکنش معرفی شده از سوی کاربر (m^2/s)، A : سطح مقطع عرضی (m^2)، S : تغییرات ذخیره (kg/s) می‌باشد.

میزان واکنش برخی از پارامترهای کیفی رودخانه به شدت به میزان دما بستگی دارد. تغییرات دما در مدل شبیه‌ساز با استفاده از معادله (۲) نمایش داده شده است:

رابطه (۲)

$$K_t = K_{20}\theta^{(T-20)}$$

در این رابطه K_t ضریب تاثیر در دمای t ($^{\circ}C$) و θ ضریب تصحیح دما می‌باشد. در مدل HEC-RAS برای شبیه‌سازی هر یک از پارامترهای کیفی رابطه‌های بیلان کیفی ارائه شده است و به‌عنوان نمونه برای شبیه‌سازی تقاضای اکسیژن بیولوژیکی مواد کربن‌دار ۳ از رابطه (۳) استفاده شده است. اکسیژن بیولوژیکی مواد کربن‌دار یک پارامتر ثابت می‌باشد.

رابطه (۳)

$$CBOD_{(sources.sinks)} = -K_1CBOD_{(oxidation)} - K_3CBOD_{(settling)}$$

ضریب K_1 ، نرخ اکسیژن زدایی، توسط کاربر تعیین شده و وابسته به دما می‌باشد. این مقدار در نرم‌افزار به‌صورت پیش فرض ۰/۰۲ در نظر گرفته شده است. K_3 : نرخ کاهش CBOD بر اثر ته نشینی است. مقدار این ضریب به صورت پیش فرض ۰ در نظر گرفته شده است. دامنه تغییرات آن از ۰/۳۶- تا ۰/۳۶ می‌باشد.

واسنجی و صحت‌سنجی مدل

پس از وارد کردن تمامی اطلاعات جمع‌آوری شده در مرحله واسنجی، مدل برای اسفند ماه ۱۳۹۶ اجرا شد. سپس مقادیر شبیه‌سازی شده با مقادیر مشاهداتی (مقادیر ثبت شده در ایستگاه‌های نمونه برداری) مقایسه شد. تغییر ضرایب و پارامترهای کیفی مدل به نحوی که اختلاف بین داده‌های مشاهداتی و اطلاعات شبیه‌سازی شده حداقل شود، از اهداف واسنجی مدل بود. در نرم‌افزار HEC-RAS کالیبراسیون به دو صورت دستی و خودکار انجام می‌شود. قبل از عمل کالیبراسیون ابتدا می‌بایستی دبی جریان واسنجی شود که این کار از طریق ضریب مانینگ انجام شد. پس از واسنجی مدل به روش خودکار، با استفاده از اطلاعات کیفی مرداد ماه ۱۳۹۷ مدل شبیه‌ساز مورد صحت‌سنجی قرار گرفت بدین صورت که ضرایب بدست آمده در مرحله قبلی را ثابت در نظر گرفته و مدل را با داده‌های

مشاهداتی جدید اجرا و میزان تطابق داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده بررسی شد. برای ارزیابی خطا از روش‌های آماری استفاده شد تا میزان اعتبارمدل مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از ویژگی‌های آماری ضریب همبستگی (R)، میانگین قدر مطلق خطا (MAD) و جذر مربعات خطا (RMSE) و آزمون F استفاده شده است. روابط این معیارها بشرح ذیل است.

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این روابط A_t و F_t به ترتیب مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده و n تعداد نمونه‌ها است. مقادیر این پارامترها برای همه اندازه‌گیری‌ها و شبیه‌سازی‌ها محاسبه شده است. ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) نسبت به داده‌های پرت حساس است. کوچک‌تر بودن این شاخص دلیلی بر دقت بالاتر تخمین‌ها و یا اختلاف کم بین مقادیر واقعی و مقادیر تخمین زده شده است. معمولاً از معیار MAD برای تدقیق میزان برآورد استفاده می‌شود. در ادامه از آزمون F برای مقایسه واریانس (پراکندگی) مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده پارامترهای کیفی استفاده شد. در جدول (۱) نتایج آنالیز آماری ارائه شده است. بر اساس آزمون F اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین نتایج حاصل از مدل و نتایج واقعی وجود نداشت.

یافته‌ها

نتایج آنالیز شیمیایی پارامترهای کیفی رودخانه دز در مقاطع مختلف بعد از ورود زهکش مربوط به مردادماه ۱۳۹۷ در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین آنالیز آماری برای برآورد دقت مدل در تخمین مقادیر پارامترهای کیفی در انتهای جدول ارائه شده است.

جدول ۱. نتایج و آنالیز آماری برخی از نمونه‌های کیفی در طول رودخانه دز (میلی‌گرم بر لیتر)

TDS		DO		NO ₃		BOD		Sampling location
sim	obs	sim	obs	sim	obs	sim	obs	
۲۹۳	۲۹۳	۶/۸۰	۶/۸۰	۵/۳۰	۵/۳۰	۴/۹۰	۴/۹۰	Dez
۳۰۶	۳۲۹	۴/۶۰	۵/۲۰	۵/۷۰	۶/۱۷	۵/۵۰	۵/۸۰	Dez+D1
۳۰۸/۵	۳۳۵	۴/۴۰	۴/۳۰	۵/۷۰	۵/۶۰	۷/۹۰	۷/۲۰	Dez+D1+D2
۳۴۳	۳۶۸	۳/۴۰	۳/۷۰	۵/۸۰	۶/۱۲	۱۲/۹۰	۱۱/۸۰	Dez+D1+D2+D3
۳۴۶	۳۴۰	۳/۸۰	۴/۱۰	۵/۵۳	۵/۴۵	۱۲/۷۰	۱۳/۴۰	Dez+D1+D2+D3+D4
۳۵۹	۳۹۲	۲/۸۰	۲/۴۰	۵/۵۴	۵/۴۰	۱۳/۷۰	۱۴/۳۰	Dez+D1+D2+D3+D4+D5
۴۳۲	۴۸۹	۳/۱۰	۳/۰۰	۵/۷۳	۵/۶۰	۱۴/۰۰	۱۴/۶۰	Dez+D1+D2+D3+D4+D5+D6
۲۹/۸۳		۰/۳۲		۰/۲۳		۰/۶۵		RMSE
۲۴/۳۶		۰/۲۶		۰/۱۸		۰/۵۷		MAD
۰/۹۴		۰/۹۵		۰/۵۷		۰/۹۷		RSQ
۰.۴۸ ^{n.s.}		۰.۸۶ ^{n.s.}		۰.۱۱ ^{n.s.}		۰.۹۱ ^{n.s.}		F test

^{n.s.} Non-significant; * significant at the five percent level; ** significant at the one percent level

D1: لوره زهکش D2: نیسکر زهکش D3: آق‌رود زهکش D4: پارس‌کاغذ زهکش D5: سخوی زهکش D6: بالارود زهکش

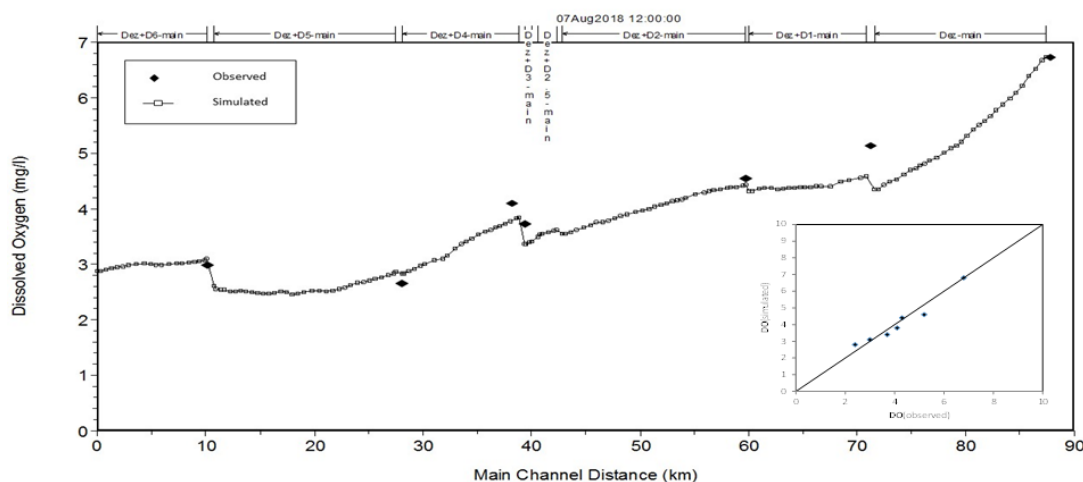
بررسی میزان اکسیژن محلول در طول بازه مطالعاتی بر اساس نتایج مدل HEC-RAS

تغییرات پارامتر اکسیژن محلول شبیه‌سازی شده توسط مدل HEC-RAS و مقایسه آن با نتایج واقعی در ماه مرداد سال ۱۳۹۷ در شکل (۲) ارائه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود مقدار مؤلفه اکسیژن محلول از سراب سد انحرافی دز، روند کاهشی نشان می‌دهد. به‌صورتی که طبق پیش‌بینی مدل، به‌تدریج و با شیب تقریباً ثابتی در ۱۷ متر قبل از ورودی زهکش شماره ۱ به پایین‌ترین مقدار خود (۵/۱ میلی‌گرم در لیتر) می‌رسد. در ادامه، با ورود زهکش بالارود (D1)، اکسیژن محلول رودخانه دز به مقدار جزئی افزایش می‌یابد. سپس با یک مقدار تقریباً ثابت تا انتهای مسیر Dez+D1 پیش می‌رود. با ورود زهکش سخیری (D2) در ۳۰ کیلومتر ۳۰، مقدار اکسیژن محلول معادل ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافته و سپس با شیب نسبتاً کمی رو به کاهش است. با ورود زهکش کارخانه کاغذپارس (D3) که حاوی پساب صنعتی است، روند موجود تغییر یافته به‌طوری‌که در مقطع Dez+D3 مقدار اکسیژن محلول با کاهش ۰/۵ میلی‌گرم در

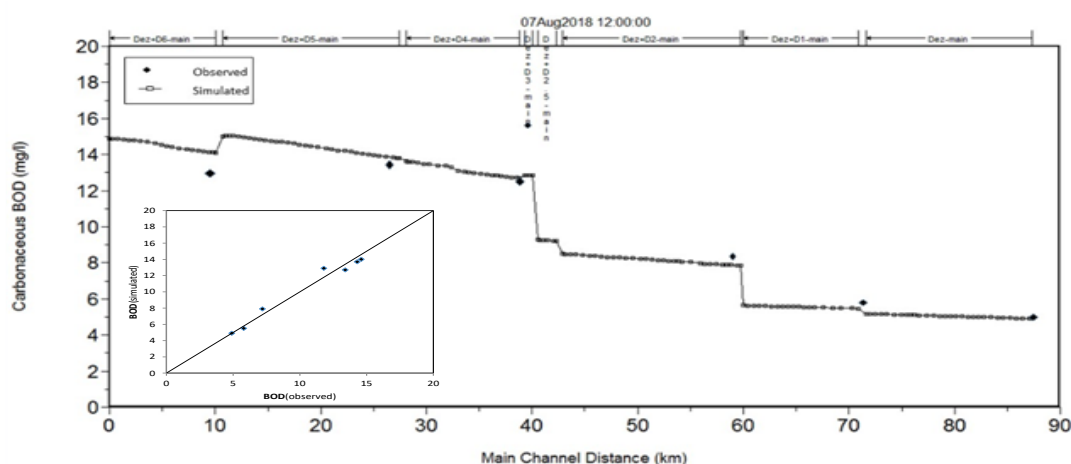
لیتر مواجه می‌شود. این روند کاهشی علیرغم ورود جریان زهکش کشاورزی عجیبر در ۵/۵ کیلومتر از انتهای بازه به رودخانه، که در ابتدا توأم با مقداری افزایش است اما در نهایت موجب افت زیاد مؤلفه اکسیژن محلول در مقطع Dez+D4 می‌شود. باتوجه به شرایط هیدرولیکی، کاهش سرعت جریان و تأثیرات ناشی از ورود رسوبات پساب صنعتی زهکش کاغذ پارس D3 در مقطع Dez+D4 شیب کاهش مؤلفه اکسیژن محلول تندتر است. در ادامه با ورود زهکش کارخانه نیشکر هفت تپه D5 در ۶۱/۷ کیلومتر به مقطع Dez+D5 روند کاهشی اکسیژن محلول تشدید می‌گردد. در واقع این مقطع، بحرانی‌ترین مقطع در بازه مورد مطالعه است. به‌طور کلی، مقادیر اندازه‌گیری شده انطباق خوبی با نمودار شبیه‌سازی شده توسط مدل داشته و مقادیر R، MAD و RMSE نیز به ترتیب برابر با ۰/۸۷، ۰/۵۲ و ۰/۶۳ بوده است.

بررسی میزان اکسیژن‌خواهی زیست شیمیایی (BOD)

تغییرات پارامتر BOD در ماه مرداد سال ۱۳۹۷ در شکل (۳) نشان داده شده است. این نمودار بیانگر افزایش مرحله‌ای BOD از ابتدای مسیر تا انتهای رودخانه می‌باشد. در برخی از نقاط رودخانه با تخلیه زهکش‌های کشاورزی و زهکش پساب صنعتی کارخانه کاغذپارس میزان BOD روند کاهشی و سپس افزایش می‌یابد. در مجموع همانند اکسیژن محلول، نتایج از عدم خودپالایی رودخانه در این بازه رودخانه دارد. مقدار اندازه‌گیری شده BOD در مقطع Dez+D3 از مقدار شبیه‌سازی شده بیشتر است. علت آن را می‌توان ناشی از بالا بودن میزان BOD در زهکش کاغذپارس و کوتاه بودن طول این مقطع جهت خودپالایی رودخانه دانست. مقادیر اندازه‌گیری شده از مقطع تخلیه زهکش کارخانه کاغذپارس تا انتهای بازه مورد مطالعه نشان از کاهش BOD در طی مسیر و خودپالایی نسبی رودخانه را دارد. اما به‌طور کلی مقادیر اندازه‌گیری شده انطباق مناسبی با شبیه‌سازی توسط مدل داشته و مقادیر R، MAD و RMSE نیز به ترتیب برابر با ۰/۹۰، ۱/۹۵ و ۲/۷۲ بوده است.



شکل ۲. تغییرات DO اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده در مدل HEC RAS مرداد ماه ۱۳۹۷



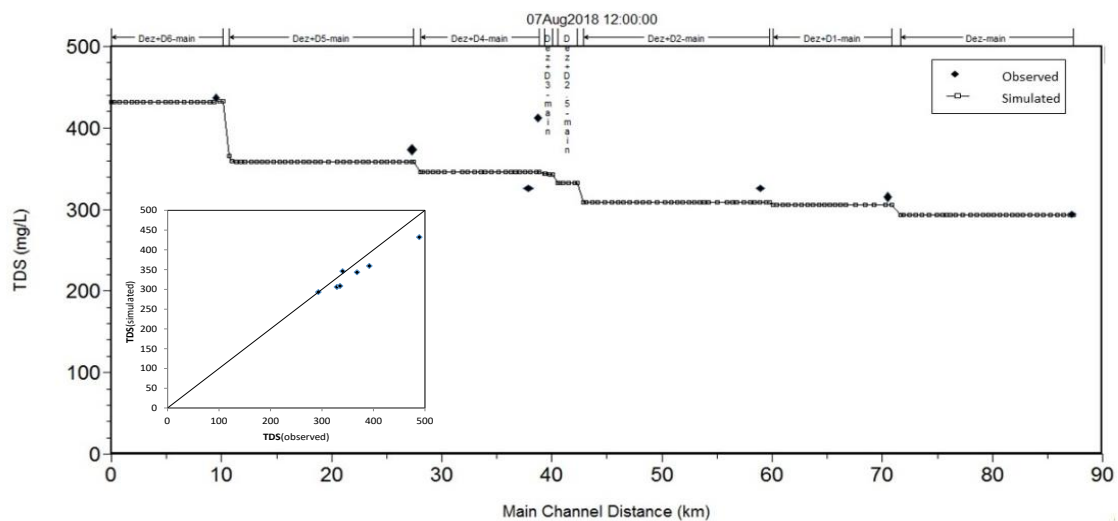
شکل ۳. تغییرات BOD اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده در مدل HEC RAS مردادماه ۱۳۹۷

بررسی میزان کل جامدات محلول (TDS) و میزان نیترات (NO₃)

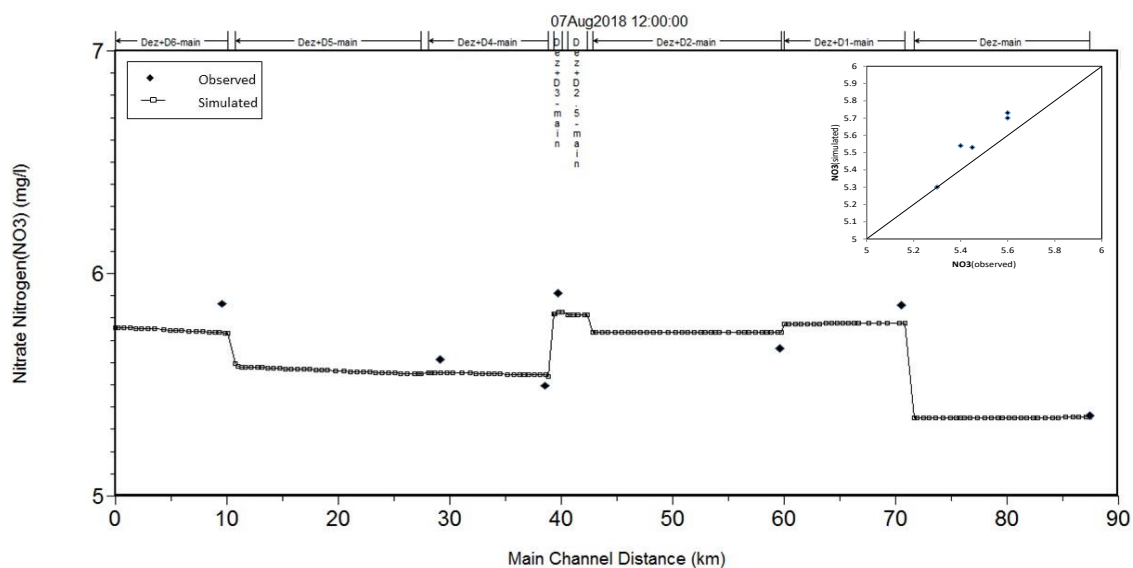
طبق پیش بینی مدل TDS در شکل (۴)، از ابتدای بازه مطالعاتی (سد انحرافی دز) تا انتهای مسیر ۸۵ کیلومتری، از ۲۸۰ میلی گرم در لیتر به ۴۴۰ میلی گرم در لیتر افزایش می یابد. روند شبیه سازی شده به شکل پلکانی است و با تخلیه هر یک از زهکش ها به مقاطع مربوطه در رودخانه، ابتدا افزایش یافته سپس در طول آن مقطع ثابت می ماند. البته نسبت افزایش در مقاطعی که زهکش های اراضی نیشکر به رودخانه تخلیه می شوند بترتیب Dez+D6، Dez+D3، Dez+D5 از میزان افزایش بیشتری برخوردار هستند. با توجه به نیاز آبی نیشکر و حجم بالای شستشوی املاح خاک در عملیات آبیاری که به زهکش های مربوطه تخلیه می شوند این زهکش ها دارای مقادیر قابل توجهی TDS می باشند. مقدار اندازه گیری شده در مقطع Dez+D3 نسبت به مقدار شبیه سازی شده دارای اختلاف قابل توجه است. علت آن را می توان به وجود بیش از ۱۰ زهکش فرعی و پراکنده در محدوده اراضی نیشکر هفت تپه و حد فاصل زهکش های D2 تا D3، مرتبط دانست که امکان سنجش مؤلفه های کیفی و کمی آنها با امکانات موجود میسر نبوده است. مقادیر R، MAD، RMSE به ترتیب برابر با ۰/۴۹، ۵۴/۷ و ۹۲/۹ بوده است. مؤلفه TDS جزو گزینه های اختیاری مدل HEC-RAS می باشد.

شبیه سازی نیترات نشان می دهد که از ابتدای بازه تا قسمت Dez+D3، روند افزایشی و ثابت در هر مقطع رودخانه وجود دارد. به دلیل کشت ذرت در اراضی شبکه دز، زهکش های D1 و D2 متاثر از عملیات کوددهی نیتروژنی در اراضی مربوطه شده، لذا افزایش ناگهانی مقدار نیترات در بازه های Dez+D1 و Dez+D2 مشاهده می شود. در مقطع Dez+D3، نیز با توجه به تخلیه پساب زهکش صنعتی کاغذپارس، نیترات به مقدار ۰/۱۵ میلی گرم در لیتر افزایش می یابد. سپس با تخلیه زهکش عجیبر در مقطع Dez+D4، ۰/۳۴ میلی گرم در لیتر کاهش می یابد. علت آن نوع الگوی کشت بوده که میزان کوددهی در اراضی تحت پوشش زهکش عجیبر را کاهش داده است. مقادیر اندازه گیری شده در تمامی مقاطع رودخانه بجز مقطع Dez+D2 و Dez+D4 بیشتر از مقادیر شبیه سازی شده می باشند. این موضوع می تواند ناشی از فاصله زمانی متناوب نمونه گیری ها باشد. مقدار اندازه گیری شده در مقطع Dez+D3 به علت عدم امکان سنجش کیفی جریان های حدفاصل زهکش های D2 تا D3 بالاتر از مقدار شبیه سازی می باشد. به طور کلی، مقادیر اندازه گیری شده انطباق نسبتاً مناسبی را با نمودار شبیه سازی شده توسط مدل داشته و مقادیر R، MAD و RMSE نیز به ترتیب برابر با ۰/۶۱، ۳/۲۴ و ۴/۳ بوده است. شکل (۵) تغییرات NO₃ شبیه سازی شده و اندازه گیری شده را در مرداد ماه ۱۳۹۷ نشان می دهد.

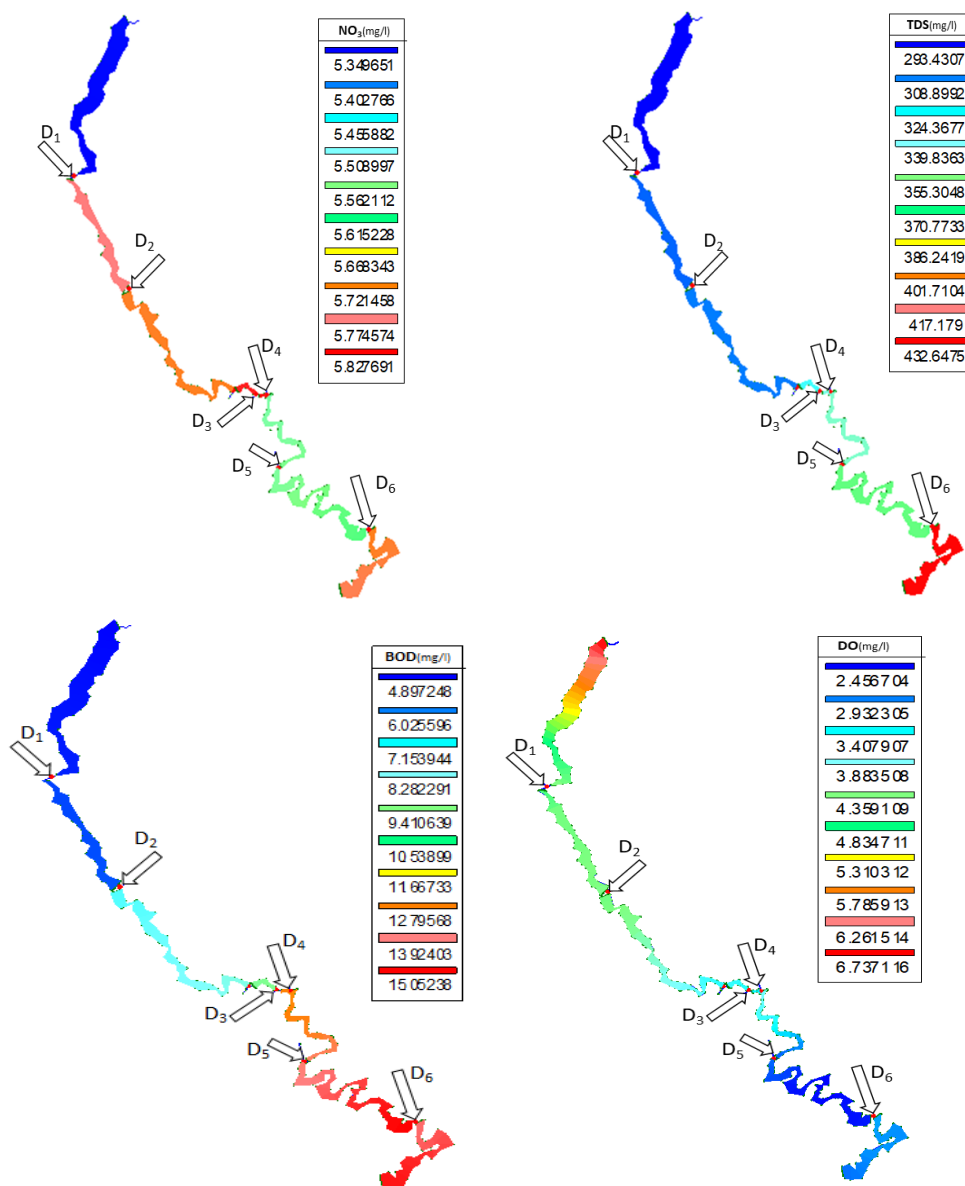
تغییرات مکانی هر یک از آلاینده های شبیه سازی شده توسط مدل در شکل (۶) ارایه شده است همانگونه که مشاهده می شود با ورود زهکش ها وضعیت کیفی رودخانه دز در بازه مطالعاتی کاهش می یابد.



شکل ۴. تغییرات TDS اندازه گیری و شبیه سازی شده در مدل HEC-RAS مرداد ماه ۱۳۹۷



شکل ۵. تغییرات نیترات اندازه گیری و شبیه سازی شده در مدل HEC-RAS مرداد ماه ۱۳۹۷



شکل ۶. تغییرات مکانی متغیرهای کیفیت رودخانه در مرداد ماه ۱۳۹۷ با مدل HEC-RAS



نتایج حاصل از شاخص کیفیت آب NSFQI

شاخص ملی کیفیت آب در سال ۱۹۷۰ با حمایت سازمان بهداشت ملی آمریکا توسط براون و همکارانش ارائه شد (Brown et al, 1970). این افراد در ابتدا حدود ۳۵ عامل آلودگی را معرفی و سپس بر اساس نظر افراد متخصص حدود ۹ عامل را برای ایجاد شاخص اصلی انتخاب کردند. که این عوامل عبارتند از: اکسیژن خواهی زیست- شیمیایی، اکسیژن محلول، کلیفرم مدفوعی، نیترات، pH، تغییرات درجه حرارت، کل مواد جامدات معلق، فسفات کل و کدورت می‌باشند. استفاده از این شاخص بسیار متداول بوده و برای طبقه‌بندی کیفی منابع آب سطحی از لحاظ آشامیدن، شاخصی کامل و جامع محسوب می‌شود که با به کارگیری آن می‌توان دید مناسبی در مورد کیفیت آب رودخانه‌ها به دست آورد (Liou, 2003). این شاخص را می‌توان با استفاده از رابطه (۶) محاسبه نمود:

$$NSFWQI = \sum W_i \cdot I_i$$

رابطه ۶)

در این رابطه: I_i = زیر شاخص I_i ، W_i = ضریب وزنی شاخص I_i می‌باشد. در این روش برای محاسبه شاخص نهایی هر یک از زیر شاخص‌های به دست آمده از منحنی‌های مربوطه در عامل وزنی خود ضرب شده و از حاصل جمع آن‌ها طبق رابطه (۶) مقدار شاخص نهایی به دست می‌آید. جدول (۲) طبقه‌بندی شدت آلودگی و جدول (۳) عوامل وزنی شاخص کیفیت آب را ارائه می‌دهد.

جدول ۲. طبقه‌بندی شدت آلودگی رودخانه براساس شاخص ملی کیفیت آب

مقدار شاخص	طبقه	وضعیت آب
۹۱-۱۰۰	A	خیلی خوب
۷۱-۹۰	B	خوب
۵۱-۷۰	C	متوسط
۲۶-۵۰	D	بد
۰-۲۵	E	خیلی بد

جدول ۳. عوامل وزنی شاخص ملی کیفیت آب

متغیرها	فسفر کل Total Phosphate	مجموع املاح محلول TSS	اسیدیته pH	نیترات NO ₃	کلیفرم Fecal Coliform	اکسیژن محلول DO	اکسیژن خواهی بیولوژیکی BOD	کدورت Turbidity
فاکتور وزنی	۰/۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۰۸

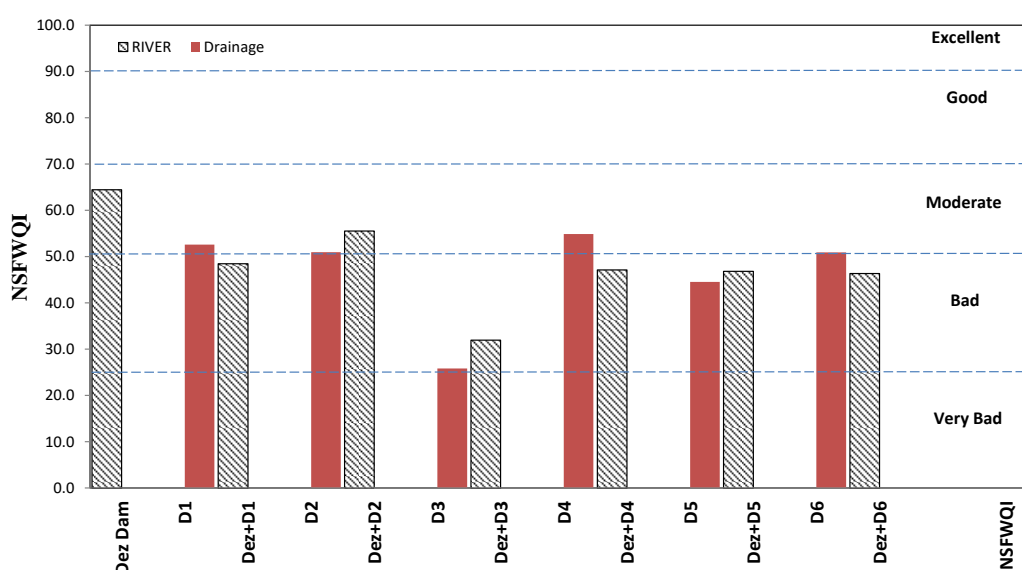
در ابتدای بازه رودخانه دز بلافاصله بعد از سد انحرافی، بیشترین کیفیت آب بر اساس شاخص کیفیت NSFQI در اردیبهشت ماه با شاخص ۶۸/۳ (کلاس متوسط) و کمترین آن مربوط به مردادماه با شاخص ۵۸/۸ (کلاس متوسط) محاسبه شده است. به همین ترتیب در بازه Dez+D1، بیشترین کیفیت آب در اردیبهشت ماه ۱۳۹۷ با شاخص ۵۷/۳ (کلاس متوسط) و کمترین آن مربوط به ماه اسفند ۱۳۹۶ با شاخص ۵۳ (کلاس متوسط) است. جدول (۴) مقادیر شاخص ماهانه کیفیت آب NSFQI در شش ایستگاه زهکش تخلیه شونده و هفت ایستگاه رودخانه دز ارائه شده است. شش زهکش تخلیه شونده در مسیر این بازه رودخانه، در کل دارای منشاء آلودگی کشاورزی، دامی و فاضلاب روستایی بوده، مضافاً اینکه در زهکش‌های D3 و D5 پساب صنعتی نیز وجود دارد. مقادیر شاخص ماهانه کیفیت آب NSFQI چهار ایستگاه زهکش D1، D2، D4 و D6 در دامنه ۴۹ تا ۵۶ می‌باشد که در کلاس C یا متوسط قرار گرفته و شاخص کیفیت زهکش D3 در دامنه ۲۲ تا ۲۹ و زهکش D5 در دامنه ۴۳ تا ۴۷ بوده که در کلاس D یا بد قرار می‌گیرند.

شکل (۷) میانگین شاخص بررسی شده طی هفت ماه خشک سال در هر بازه رودخانه و زهکش‌های ورودی را نشان می‌دهد. بر اساس شکل ارائه شده ایستگاه سد انحرافی دز دارای بهترین کیفیت و ایستگاه Dez+D3 پایین ترین کیفیت آب را بین ایستگاه‌های رودخانه داشته است. روند کلی این نمودار از ابتدا تا انتهای بازه رودخانه نشان دهنده کاهش شاخص کیفیت آب می‌باشد.

این روند کاهشی با روند کلی نتایج بررسی کیفیت آب رودخانه دز توسط عبدویس و همکاران با شاخص IRWQI و مدل QUAL2K در سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۰۷ نزدیک می‌باشد. هر چند در مقادیر متغیرها و شاخص بدست آمده، اختلاف وجود دارد که با توجه به متفاوت بودن آبدی رودخانه، متغیرهای کیفی و زمان نمونه برداری در طول شبانه روز که از مقادیر دما مشخص است این تفاوت، معمول می‌باشد.

جدول ۴. مقادیر ماهانه شاخص ملی کیفیت آب در ایستگاه‌های زهکش‌ها و رودخانه دز

Dez+ D ₆	D ₆	Dez+ D ₅	D ₅	Dez+ D ₄	D ₄	Dez+ D ₃	D ₃	Dez+ D ₂	D ₂	Dez+ D ₁	D ₁	Dez Dam	ماه
۴۴/۰	۴۶/۷	۴۴/۴	۴۳/۵	۴۵/۵	۵۱/۰	۳۳/۵	۲۲/۰	۵۷/۸	۴۹/۰	۵۳/۰	۵۶/۶	۶۶/۸	اسفندماه ۱۳۹۶
۴۳/۷	۵۵/۵	۵۴/۴	۴۳/۲	۴۸/۷	۶۴/۰	۳۱/۲	۲۸/۸	۵۸/۰	۵۲/۴	۵۴/۰	۵۰/۸	۶۲/۵	فروردین ماه ۱۳۹۷
۵۰/۵	۶۱/۶	۴۳/۰	۴۰/۴	۴۹/۷	۵۹/۰	۳۲/۶	۲۷/۸	۵۷/۰	۵۱/۰	۵۳/۰	۵۲/۷	۶۸/۳	اردیبهشت ماه ۱۳۹۷
۴۹/۵	۴۹/۵	۴۶/۰	۴۶/۰	۴۹/۵	۵۲/۰	۳۱/۴	۲۶/۰	۵۶/۰	۵۵/۳	۵۷/۰	۵۲/۴	۶۸/۰	خرداد ماه ۱۳۹۷
۴۹/۰	۴۷/۰	۴۷/۰	۴۴/۵	۴۱/۷	۵۴/۰	۲۹/۵	۲۱/۵	۵۳/۰	۴۹/۰	۵۷/۰	۵۴/۰	۶۶/۰	تیرماه ۱۳۹۷
۴۳/۸	۴۶/۰	۴۶/۰	۴۷/۰	۴۶/۰	۵۱/۰	۳۰/۷	۲۵/۶	۵۲/۶	۵۱/۰	۵۶/۵	۵۲/۰	۵۸/۸	مرداد ماه ۱۳۹۷
۴۴/۰	۵۰/۰	۴۷/۰	۴۷/۰	۴۹/۰	۵۳/۰	۳۵/۰	۲۹/۰	۵۴/۳	۴۹/۰	۵۶/۵	۴۹/۵	۶۱/۰	شهریورماه ۱۳۹۷



شکل ۷. تغییرات میانگین شاخص کیفیت NSFQI در هر بازه رودخانه و زهکش مرتبط

نتیجه‌گیری

با شبیه‌سازی تغییرات مؤلفه‌های کیفی رودخانه دز که توأم با خشکسالی و با استفاده از مدل شبیه ساز HEC-RAS انجام شد. مشخص گردید که رودخانه قادر به خودپالایی نبوده است ضمناً عدم خودپالایی و آلودگی کیفی در مقاطع Dez+D3، Dez+D4 و Dez+D5 شدیدتر است. زهکش D3 بیشترین بار آلودگی را به این بازه تخلیه می‌نماید. کاهش DO و افزایش آلاینده‌های NO₂، NO₃، TDS و BOD و عدم توانایی رودخانه در خودپالایی آن (به ویژه در ماه‌های کم‌آبی و بحرانی)، از مشکلات فعلی و آینده این رودخانه خواهد بود. همچنین بر اساس نتایج آنالیز شاخص NSFQI، حاکی از آن است که در نیمه اول بازه رودخانه از سد انحرافی دز تا ایستگاه Dez+D3 شاخص کیفیت در حد فاصل کمتر از ۶۸ بیانگر کیفیت متوسط بوده و در نیمه دوم بازه رودخانه از Dez+D3 تا انتهای Dez+D6 شاخص کیفیت در حد فاصل کمتر از ۵۰، بیانگر کیفیت بد می‌باشد. این روند کاهشی شاخص کیفیت NSFQI با روند متغیرهای کیفی شبیه‌سازی HEC-RAS همخوانی داشته و حاکی از ورود آلودگی در قسمت‌های مختلف رودخانه و عدم خودپالایی نسبی رودخانه در بازه مورد مطالعه را دارد. تا به امروز مدل‌های مختلف شبیه‌سازی کیفی بدون در نظر گرفتن مقاطع عرضی و شبیه‌سازی هیدرولیکی انجام شده است در این مطالعه برای نخستین بار شبیه‌سازی کیفی بر پایه شبیه‌سازی هیدرولیکی انجام شده است که سایر مدل‌های شبیه‌ساز کیفی قادر به انجام این کار نبوده‌اند تغییرات مؤلفه‌های کیفی ارایه شده موید این مسئله می‌باشد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"



REFERENCES

- Alexakis, D. (2008). Geochemistry of stream sediments as a tool for assessing contamination by Arsenic, Chromium and other toxic elements: East Attica region, Greece. *European Water*, 21/22, 57-72.
- Abdeveis, s., Sedghi, H., Hassonizadeh, H. and Babazadeh. H. (2020). Application of Water Quality Index and Water Quality Model QUAL2K for Evaluation of Pollutants in Dez River, Iran. *Water Resources* 47(4):892-903.
- Bissenbayeva, s., Abuduwaili, J., Issanova, G. and Samarkhanov, K. (2020). Characteristics and Causes of Changes in Water Quality in the Syr Darya River, Kazakhstan. *Water Resources* 47, 904-912.
- Beaupre L., St-Hilaire A., Daigle A & Bergeron N. (2020) Comparison of a deterministic and statistical approach for the prediction of thermal indices in regulated and unregulated river reaches: case study of the Fourchue River (Québec, Canada). *Water Quality Research Journal*, 223, 35-45.
- Brown RM, McLelland NJ, Deininger RA, Tozer RG.(1970). A water quality index do we dare? *Water and Sewage Works*. 339-34.
- Harati Z. & Moazed H. (2014). Qualitative Simulation along the Ahvaz Karun River In the Bandaqir-Ahvaz interval Using the Qual2Kw Model. The first national conference on water, humans and land. Esfahan Iran. (In Farsi)
- Harati,Z., Moazed, H . (2014). Evaluation of water salinity of Karun river for use in irrigation in Malasani-Ahvaz interval. The first national conference on water, humans and land. Esfahan Iran. (In Farsi)
- Heidarinia M., Moazed H. & Hosseini Zarei, N. (2008). Classification of Karun River quality in the period from Malasani to Kot Amir using the index NSFQI, 8th International Seminar on River Engineering, Ahvaz Shahid Chamran University, 456-467.
- Hoseini P. & Hoseini Y. (2017). Changes in Self-Purification Capacity of the Ahvaz Karun River in 2008 and 2014 using QUAL2Kw Model. *Amirkabir J. Civil Eng.*, 49(1), 35-45.
- Hydrologic Engineering Center. (2016). HEC-RAS user manual. <http://www.hec.usace.army.mil/>.
- Karimi gashnei A., Salaridaragi M. (2014). Qualitative classification of river water (Case study: Karun, Dez and Karkheh rivers). *Journal of Environment and Development*, 5(10), 29-38. (In Farsi)
- Janian S., Mehrjouyan H. & Zakir Mushfaq M. (2015). Water Quality Monitoring and Analysis Using Index (NSFWQI) (Case Study: Dez River - Dezful City Area), 10th International River Engineering Seminar, Ahvaz, <https://civilica.com/doc/677325>
- Liou, SM., Losl, H., (2003). Application of twostage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. *Journal Water Res.* No(37). pp:1406-1416.
- Loukas A. (2010). Surface water quantity and quality assessment in Pinios River, Thessaly, Greece. *Desalination*. 250, 266-273.
- Melidis P., Akrotos C.S., Tsihrintzis V.A. & Trikilidou E. (2007). Characterization of rain and roof drainage water quality in Xanthi, Greece. *Environ Monit Assess*, 127, 15-27.
- Moghimi Nezaad S., Ebrahimi K & Kerachian R., (2018) Investigation of Seasonal Self-purification Variations of Karun River, Iran. *Amirkabir J. Civil Eng.*, 49(4), 621-634.
- Office of Deputy for Strategic Supervision. (2009). Guideline Manual for Assimilative Capacity Studies in Rivers No. 481," Vice presidency for strategic planning and supervision. (In Farsi)
- Oliveir B., Bola J., Nadais H. & Arroja, L. (2011). Application of Qual2Kw model as a tool for water quality management, Certima River as a case study, *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(10), 197-210.
- Shahriali F., Gavadifar N. & Akhondali, A.M. (2011). Investigation of flow rate changes on water quality of Karun river using QUAL2KW model. Fifth National Conference and Specialized Environmental Exhibition, Tehran, Iran. (In Farsi)
- Shokri S., Hooshmand A. R. & Moazed H. (2016). Qualitative Simulation of Ammonium and Nitrate along the Gargar River Using the Qual2Kw Model. *Journal of Wetland Ecology*, 6(23), 57-68. (In Farsi)
- Taralgatti P.D., Pawar R.S., Pawar G.S., Nomaan M.H. & Limkar C.R. (2020). Water Quality Modeling of Bhima River by using HEC-RAS Software. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)* ISSN: 2249 – 8958.
- Tsakiris G., Spiliotis M., Paritsis S. & Alexakis D. (2009). Assessing the water potential of karstic saline springs by applying a fuzzy approach: The case of Almyros (Heraklion, Crete). *Desalination*, 237, 54-64.
- Ramos MA, de Oliveira ES, Pião AC, de Oliveira Leite DA, de Angelis DD. (2016). Water quality index (WQI) of Jaguari and Atibaia rivers in the region of Paulínia, São Paulo, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*.;188(5):1-4.