

## Research Paper

# A Modelling Approach for Flooding Effects on Water Quality of Zarjoob River Using HEC-RAS

Hassan Pourfallah Koushali <sup>1</sup>,Reza Mastuori <sup>2\*</sup>,Mohammadreza Khaledian <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. hpoorfallah@yahoo.com

<sup>2</sup> Department of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. Corresponding Author: Email: r-mastouri@iau-arak.ac.ir, Tel: +98-912-288-0171

<sup>3</sup> Department of Water Eng., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; Rasht, Iran, khaledian@guilan.ac.ir



10.22125/IWE.2023.173356

Received:

October 27, 2021

Accepted:

December 27, 2021

Available online:

June 25, 2023

**Keywords:** Dissolved oxygen, HEC-RAS, Flood, Pollution load, Urban River

## Abstract

Floods have direct impacts on the organisms of rivers and indirect impacts on ecosystems of rivers. In this study we perform a water quality model of the zarjoob river by Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS) model, specifically for Carbonaceous Biochemical Oxygen Demand (CBOD), Dissolved oxygen (DO) and nitrite (No<sub>2</sub>) based on the hydrodynamic simulation for normal and flood condition to determine the extent of pollution loading in the river. Results showed that trend of dissolved oxygen in flood conditions was reversed compared to dry conditions and showed a slight increase along the river. Downstream of zarjoob river on flood condition, whenever the BOD decreased, DO concentrations increased from 5.5 mg/L to 6.2 mg/L, indicating that water quality was not as sensitive to variations of the BOD as expected.

## 1. Introduction

A significant cause of groundwater and river contaminations is urban stormwater runoff. Guilan coastal area and Zarjoob River provide numerous benefits for the province, including fishing, fish reproduction, recreation, and navigation. Regarding the water pollution effect on the sustainable development of the Guilan province, attention to monitoring and limiting the pollution resources is highly increasing.

## 2. Materials and Methods

### Site description and data acquisition

Sampling stations were chosen at the center of the river in a central geographical position and rainy conditions. Fig 1 shows the lower reaches of the Zarjoob River and the location of sampling site 1 (Behdan), sampling site 2 (Sazman Ab), where the observations were conducted. Zarjoob river has a total length of approximately 24.5 km and a total catchment area of nearly 165 km<sup>2</sup>. The annual mean discharge at S1 is 5.6 m<sup>3</sup>/s and situated within reach at 1 km from the mouth of the Zarjoob River. The river water level is constantly monitored for the total flood control information system of the Guilan regional water authority at S1 and S2. Table 1 shows the hydraulic data of the Zarjoob River and the water leveling gauging stations.

\* **Corresponding Author: Reza Mastuori**

**Address:** Department of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.

**Email:** r-mastouri@iau-arak.ac.ir,

**Tel:** +98-912-288-0171

### Quantity and quality data

Hydraulic data: At the boundary conditions, the water flows of Behdan(s1) station was 0.117 m<sup>3</sup>/s. Moreover, the water level in the downstream was -4 m, and the monitoring coefficient was generally determined to be 0.025. Cross-sectional area, flow, velocity, and height were measured in tow stations (Table 1). The average annual rainfall in Rasht is between 1,300 and 1,500 mm, which is a characteristic of the humid regions of Iran

Qualitative data: The transportation coefficient in the model was 100 m<sup>2</sup>/s, and the region's height was 37.2 m. Aeration and disintegration coefficients were applied to various parameters.

### 3. Results

The results showed that in the dry period, highest DO concentration was in the up-stream station with 6.8 mg/L, while the lowest concentration was observed in the first station on down-stream with 4.1 mg/L; the DO difference between the two stations was 3.7 mg/L that was substantial variation. The decomposition of organic matter by bacteria requires dissolved oxygen that leads to oxygen depletion. In this case, the model and interpolated data showed that the highest DO was in the upstream stations. This trend on rainy conditions was reversed so dissolved oxygen there a small increase and high flows exhibited a positive impact, as expected intuitively owing to dilution impacts.

### 4. Discussion and Conclusion

The primary objective of this research was to determine a storm effect on water quality and pollution loads in an urban river through the categorization of two phases: flood and non-flood.

Based on the results:

1. The use of the HEC-RAS model, which includes water quality model, was in good agreement with measured data and allows decision-making in river quality management. Although the model is able to predict the trend of pollutants for practical applications, but must be calibrated previously.
2. The trend of dissolved oxygen in flood conditions was reversed compared to dry conditions and showed a slight increase along the river.
3. It can be determined that rain events are important environmental factors, which have a positive effect on aeration, raising the dissolved oxygen content of the zarjoob river except for nitrite.

### 5. Six important references

- 1) Mallin, M. A., Johnson, V. L., & Ensign, S. H. (2009). Comparative impacts of stormwater runoff on water quality of an urban, a suburban, and a rural stream. *Environmental monitoring and assessment*, 159(1), 475-491.
- 2) Potasznik, A., & Szymczyk, S. (2015). Magnesium and calcium concentrations in the surface water and bottom deposits of a river-lake system. *Journal of Elementology*, 20(3).
- 3) Hayashi, H., Tasaki, M., Uchiyama, N., & Morita, M. (2013). Water quality and pollution load during flood and non-flood periods in an urban tidal river. *NOVATECH 2013*.
- 4) Dojiri, M., Yamaguchi, M., Weisberg, S. B., & Lee, H. J. (2003). Changing anthropogenic influence on the Santa Monica Bay watershed. *Marine Environmental Research*, 56(1-2), 1-14.
- 5) Álvarez-Cabria, M., Barquín, J., & Peñas, F. J. (2016). Modelling the spatial and seasonal variability of water quality for entire river networks: Relationships with natural and anthropogenic factors. *Science of the Total Environment*, 545, 152-162.
- 6) Guo, Y., & Adams, B. J. (1998). Hydrologic analysis of urban catchments with event-based probabilistic models: 1. Runoff volume. *Water Resources Research*, 34(12), 3421-3431.

## مدل سازی اثرات سیلاب بر کیفیت آب رودخانه زرجوب با استفاده از مدل HEC-RAS

حسن پورفلاح کوشالی<sup>۱</sup>، رضا مستوری<sup>۲\*</sup> محمدرضا خالدیان<sup>۳</sup>

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۷/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۶

مقاله پژوهشی

### چکیده

سیل تاثیرات مستقیم بر ارگانیزم های رودخانه ها و تاثیرات غیرمستقیم بر اکوسیستم رودخانه ها دارد. در این مطالعه ما یک مدل کیفیت آب بر روی رودخانه زرجوب را با استفاده از نرم افزار HEC-RAS، با تمرکز بر پارامترهای اکسیژن کربن بیوشیمیایی اکسیژن (CBOD)، اکسیژن محلول (DO) و نیتريت (No2) بر اساس شبیه سازی هیدرودینامیکی برای شرایط عادی و رخداد سیل تشکیل دادیم که نتایج نشان داد، روند اکسیژن محلول در شرایط سیل در مقایسه با شرایط خشک معکوس شده و افزایش در امتداد رودخانه ناچیز می باشد. پایین دست رودخانه در شرایط سیل، هر زمان که BOD کاهش می یابد، غلظت DO از ۵.۵ میلی گرم در لیتر به ۶.۲ میلی گرم در لیتر افزایش می یابد، که نشان می دهد کیفیت آب آنطور که انتظار می رفت به تغییرات BOD حساس نبود. این مطالعه نشان داد که رویدادهای بارانی عوامل محیطی مهمی هستند که بر هوادهی تأثیر مثبت می گذارند، که باعث افزایش محتوای اکسیژن محلول در رودخانه زرجوب به جز نیتريت می شود. این مقاله اولین گزارش استفاده خلاقانه از مدل HEC-RAS بدون کمک همراه با مدلهای تجزیه و تحلیل کیفی مانند Qual2K، WASP، ... برای شبیه سازی کیفیت آب در یک رودخانه شهری است.

واژه های کلیدی: اکسیژن محلول، HEC-RAS، سیل، بار آلودگی، رودخانه شهری، رودخانه زرجوب

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران hpoorfallah@yahoo.com

<sup>۲</sup> گروه مهندسی عمران، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران، نویسنده مسئول: r-mastouri@iau-arak.ac.ir تلفن: ۰۹۱۲۲۸۸۰۱۷۱

<sup>۳</sup> گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، khaledian@guilan.ac.ir



## مقدمه

یکی از عوامل مهم آلودگی آب های زیرزمینی و رودخانه ها ، رواناب های طوفان شهری است. منطقه ساحلی گیلان و رودخانه زرجوب مزایای بی شماری از جمله ماهیگیری ، تکثیر ماهی ، تفریح و دریاوردی را برای استان به همراه دارد. با توجه به تأثیر آلودگی آب بر توسعه پایدار استان گیلان ، توجه به نظارت و محدودیت منابع آلودگی به شدت در حال افزایش است. این اولین مطالعه ای است که تأثیرات دوگانه سیلاب و رواناب شهری بر کیفیت آب رودخانه شهری زرجوب را زیر نظر دارد . رودخانه ها با منشأ طبیعی ، بارهای آلاینده را از منابع انسانی منتقل می کنند ، و پیوند طبیعی بین دریاها و حوضه ها هستند. مناطق شهری ، در میان فعالیتهای مختلف انسانی در حوزه های آبخیز خود ، دارای بیشترین تأثیرات ثابت و فراوان بر کیفیت آبهای سطحی هستند (مالین ، ۲۰۰۹ ؛ پوتاسنیک ، ۲۰۱۵). در طول طوفان ها ، جریان آلوده از طریق سیستم فاضلاب ترکیبی به این رودخانه ها سرازیر می شود که می تواند منجر به آلودگی رودخانه شود (هایاشی ، ۲۰۱۳). طوفان ها منجر به تغییرات قابل توجهی در رفتار جریان آب و محیط در این رودخانه ها می شوند و باعث بدتر شدن محیط رودخانه ها می شوند. به منظور حفظ محیط مطلوب رودخانه ، ارزیابی بارهای آلودگی ناشی از طوفان ها و ارائه اقدامات اصلاحی مناسب ضروری است (هایاشی ، ۲۰۱۱).

به نظر می رسد رواناب مستقیم از سطوح شهری و تخلیه فاضلاب ، که به تصفیه خانه فاضلاب (WWTP) متصل نیست ، نه تنها برای ارزشهای اکولوژیکی اکوسیستم های آبی تهدیدی جدی است ، بلکه تأمین آب با کیفیت مورد نیاز را دچار مشکل می کند. (کاووال و همکاران ۲۰۱۲ ، بریون و همکاران ۲۰۱۵ ، گوتکوفسکا و همکاران ۲۰۱۶). منبع آلودگی غیرمستقیم ، مانند رواناب شهری ، یکی از دغدغه های اصلی آلودگی محیط زیست در دهه ۱۹۷۰ بود. در تحقیقات دیگری ، تجزیه و تحلیل شیمیایی ثابت کرد که علاوه بر منبع اصلی کاهش کیفیت آب که آلودگی های انسانی است ، بلکه سطح بالایی از غلظت آلاینده ها در "اولین بارش" جاری در جاده یا ترکیدن آب لوله های فاضلاب مستقیماً در پی باران یا

طوفان وجود دارد. این امر به ویژه در مورد آلاینده های بسیار محلول ، از جمله ترکیبات آلی ، مواد مغذی و همچنین فلزات یونی صادق است (دورچین ، ۲۰۱۰). محققان پیشین رودخانه سوییت بروک در سوئد از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۵ بررسی کرده و کیفیت آب رودخانه را تحت تأثیر سیل شهری قرار گرفته بود ، تجزیه و تحلیل کردند. آنها وضعیت مطلوب کیفیت آب پایه را به جز در مواردی گزارش کردند که نشان دهنده محدودیت بالای نیتريت و به ویژه فسفر بود. سطوح بالای روی نیز با افزایش عمق آب گزارش شد. نتایج بررسی رودخانه در محیط های سیلاب شهری نیز افزایش کلروفیل کل را نشان داد (کرافت، ۲۰۰۶). نتایج مطالعات آنها نشان داد که غلظت آلاینده ها از شمال به جنوب افزایش یافته و بیشترین میزان آلودگی فلزات سنگین مربوط به روی است ، در حالی که نیکل کمترین میزان را دارد . همچنین ، رواناب شهری با شرایط خطرناک و نامنی همراه است ، مانند شکوفا شدن جلبک ها در زیستگاه دریایی و نشان داده شده است که بر سلامت انسان تأثیر می گذارد (دوجیری ، ۲۰۰۳). علاوه بر این ، تحقیقات مختلف ارتباط بین رواناب شهری و غلظت باکتری های مدفوعی (بای و همکاران، ۲۰۰۳) را نشان می دهد به نوعی که در خلیج سانتا مونیکا بیش از نیمی از خرابی های کیفیت آب با وقوع باران مرتبط است . در طول بارندگی ، به ویژه مواد آلی ، مواد مغذی معدنی ، حجم زیاد آب و همچنین زباله های روی کانال ، تأثیر رواناب شهری بر کیفیت آب ساحل را تشدید می کند. (بهندرام ، ۲۰۱۲). الوارز و همکاران (۲۰۱۶) سه متغیر مهم کیفیت آب (دما ، نیتروژن و محتوای فسفات) را در سال های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۵ به عنوان پارامترهای تغییر آب و هوا در رودخانه های شمال اسپانیا مورد مطالعه قرار داد . نتایج مطالعات آنها نشان داد که غلظت فسفات در طول کم آبی در تابستان افزایش می یابد. علاوه بر این ، آنها دریافتند که غلظت نیترات بستگی به کاربری بالادست زمین دارد که در زمستان به دلیل حجم رواناب و همچنین زهکشی زمینهای بالادست افزایش می یابد. با این حال ، اکثر این مطالعات به جریان آب رودخانه ، کیفیت آب و مکانیسم های انتقال مواد در طول دوره ها پرداخته اند. تعداد کمی کیفیت آب را بین سیل جزر و مد و مراحل غیر سیل مقایسه کرده اند.

مقیاس سیلاب و ویژگیهای کاربری زمین استفاده کرد) (Nihei, 2009). محققان مختلفی نیز در ایران به تحلیل کیفیت آب رودخانه ها با مدل QUAL2Kw پرداختند. (آریایی نژاد و همکاران، ۱۳۹۶ و بیگری و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعه حاضر به منظور تحلیل کیفیت آب رودخانه زرجوب بر اساس مشاهدات میدانی در دوره های سیل و غیر سیل در محدوده دسترسی به رودخانه شهری (رودخانه زرجوب، ایران)، که به عنوان منابع پذیرنده زهکشی شهری در نظر گرفته شد، انجام شد.

### مواد و روش ها

#### توضیحات سایت و کسب اطلاعات ایستگاه های نمونه برداری

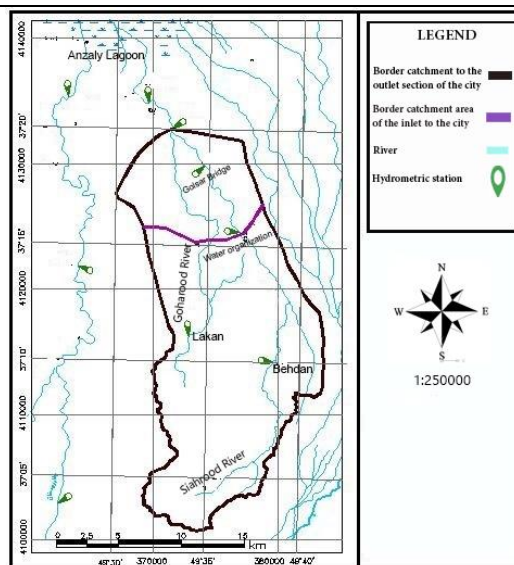
محل های نمونه برداری در مرکز رودخانه در موقعیت جغرافیایی مرکزی و شرایط بارانی انتخاب شدند. شکل ۱ قسمتهای پایینی رودخانه زرجوب و محل نمونه برداری ۱ (بهدان)، محل نمونه برداری ۲ (سازمان آب) را نشان می دهد، جایی که مشاهدات انجام شده است. طول رودخانه زرجوب تقریباً ۲۵ کیلومتر و مساحت حوضه آبریز آن تقریباً ۱۶۵ کیلومتر مربع است. میانگین دبی سالانه در ایستگاه بهدان ۵.۶ متر مکعب بر ثانیه است و در فاصله ۱ کیلومتری دهانه رودخانه زرجوب واقع شده است. سطح آب رودخانه به طور مداوم برای سیستم اطلاعات کنترل سیلاب های کل منطقه ای گیلان در S1 و S2 کنترل می شود. جدول ۱ داده های هیدرولیکی رودخانه زرجوب و ایستگاه های اندازه گیری سطح آب را نشان می دهد.

برخی از نمونه های کمیاب از مطالعات در مورد کیفیت آب در رودخانه های جزر و مدی شهری کوچک در طول دوره طوفان گزارش شده است. مطالعه بر روی رودخانه نیهونباشی نشان داد که غلظت اکسیژن محلول (DO) به طور قابل توجهی تحت تأثیر رابطه نفوذ آب شور و رواناب بارندگی در این رودخانه است (کوره، ۲۰۰۸). علاوه بر این، تسوچیا رسوب آلاینده ها را در محدوده جزر و مدی رودخانه مگورو بر اساس مشاهده عمقی مواد جامد معلق (SS) در طول طوفان شناسایی کرد (تسوشیا، ۱۹۸۹). پیش از این، فرآیندهای مدیریت آب طوفان متصل به LID روی کنترل رویداد شدید متمرکز شده بود تا پتانسیل سیل را کاهش دهد، در حالی که یک دوره بازگشت خاص معیار اصلی طراحی LID برای مناطق مشخص بود (گو و همکاران، ۱۹۹۸). تا کنون، بار آلودگی سرریزهای فاضلاب ترکیبی (CSO) در طول دوره طوفان از طریق نظارت بر پارامترهای کیفیت آب و توسعه چندین ابزار برنامه ریزی برای مدیریت CSO (شرودر، ۱۹۹۸) مورد مطالعه قرار گرفته است.

با این حال، هیچ یک از این مطالعات منابع جزر و مدی را به عنوان آبهای پذیرنده فرض نکرده اند. در مورد آلودگی های وارد شده به جزر و مد یا مناطق دریایی، مطالعاتی انجام شده است، از جمله یک نظرسنجی که در آن زمان نمی توانست یک ارزیابی کلی برای دهانه رودخانه انجام دهد (ایالات متحده. آژانس حفاظت از محیط زیست، ۱۹۸۲)، و تحقیق دیگری که از معادله LQ برای مشخص کردن ویژگیهای بار آلودگی برای هر رودخانه بر اساس

جدول (۱): داده های هیدرولیکی رودخانه زرچوب، رشت.

ایستگاه	فاصله از بالادست (km)	(UTM) مختصات	دبی اندازه گیری شده (m <sup>3</sup> /s)	ارتفاع (m)	سرعت (m/s)
(S1) بالادست (بهدان)	۰	۳۷۹۹۶۳-۴۱۱۴۶۳۹	۰.۱۱	۱۹.۸	۰.۳
(S2) میانی (سازمان آب)	۱۳.۸۰	۳۷۶۹۴۲-۴۱۲۴۴۸۴	۲.۸۱	۳.۵۸	۰.۸



شکل (۱): محل نقاط نمونه برداری روی رودخانه زرچوب.

### روش نمونه برداری

مشاهدات میدانی بین اسفند ۱۳۹۶ تا مرداد ۱۳۹۷ انجام شد و بارش باران در ابتدای دوره انجام شد. جریان، سرعت جریان و کیفیت آب کنترل شد. در همین حال، از آب رودخانه در مرکز رودخانه پایین دست S1 نمونه برداری شد. برای اندازه گیری جریان و سرعت جریان از دبی سنج استفاده شد. نمونه گیری برای اندازه گیری و ارزیابی غلظت DO، NO<sub>2</sub>، BOD و همچنین دمای آب در رودخانه زرچوب انجام شد. برای این منظور، دو ایستگاه در امتداد رودخانه انتخاب شدند. انتخاب محل های نمونه گیری بر اساس وجود منابع آلودگی، توزیع مواد، تجهیزات و سهولت دسترسی به محل نمونه گیری بود. پس از هر رویداد، نمونه های آب در اسرع وقت برای اندازه گیری اجزای شیمیایی مربوط به کیفیت آب شهری، از جمله DO، BOD و NO<sub>2</sub>، به آزمایشگاه آب انتقال داده شد. در این آزمایشگاه، کلیه

روشهای تحلیلی مطابق روشهای استاندارد برای آزمایش آب و فاضلاب انجام شد (APHA، ۱۹۹۸)

### داده های کمی و کیفی

-داده های هیدرولیک: در شرایط مرزی، جریان آب ایستگاه بهدان (S1) ۰.۱۱ متر مکعب بر ثانیه بود. علاوه بر این، سطح آب در پایین دست ۴- متر بود و ضریب مانینگ به طور کلی ۰.۰۲۵ تعیین شد. سطح مقطع، جریان، سرعت و ارتفاع در ایستگاه های هیدرومتری اندازه گیری شد (جدول ۱). متوسط بارندگی سالانه در رشت بین ۱۳۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی متر است که از ویژگی های مناطق مرطوب ایران است

-داده های کیفی: ضریب حمل و نقل در مدل ۱۰۰ متر مربع بر ثانیه و ارتفاع منطقه ۳۷.۲ متر بوده است. ضرایب هوادهی و تجزیه به پارامترهای مختلف اعمال شد.

کالیبراسیون مدل ، ضریب مناطق مختلف رودخانه کمی تغییر کرد تا سطح واقعی آب با سطح آب مدل مطابقت داشته باشد.

-ماژول کیفی: داده های کیفی برای دو ایستگاه در مسیر رودخانه زرچوب اندازه گیری شد. داده ها شامل بار آلودگی منابع آلاینده ورودی در اشکال نقطه ای و غیر نقطه ای است (جدول ۲).

-شرایط مرزی: در شرایط مرزی مدل ، ۰ و ۲۵ کیلومتر در طول مسیر رودخانه به عنوان مرز باز انتخاب شد. غلظت پارامترهای اولیه در جدول ۲ ارائه شده است.

- ماژول هیدرودینامیکی: داده های هیدرودینامیکی ایستگاه های یدک کش در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به پوشش گیاهی و وضعیت منطقه ، ضریب زبری برابر ۰.۰۲۵ برای مدل انتخاب شد. با این حال ، برای

جدول(۲): داده های کیفیت آب به دست آمده از ایستگاه های پایش در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۷

پارامتر	واحد	اسفند ۱۳۹۶		فروردین ۱۳۹۷		اردیبهشت ۱۳۹۷		خرداد ۱۳۹۷		تیر ۱۳۹۷		مرداد ۱۳۹۷	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
T	C	۲۴.۲	۲۴.۵	۲۴	۲۴.۵	۲۴.۷	۲۵.۱	۲۵	۲۵.۵	۲۶	۲۷	۲۶.۸	۲۷.۹
DO	mg/l	۶	۳.۸	۵.۴	۴	۴.۵	۴	۵.۸	۵.۳	۵.۴۸	۵.۳	۵.۴۸	۵.۳۱
NO3	mg/l	۴.۴۷	۳.۵	۳۴	۱۳.۳۸	۵.۴۹	۵.۸۴	۳۶.۱	۱۲.۹۱	۵۹.۹	۲۸.۰۹	۴.۴۷	۱.۶۲
NO2-	mg/l	--	--	--	--	۰.۰۵	۰.۲۵	۰.۴۶	۰	۰.۵۹	۰.۰۱۲	--	--
PO4 -	mg/l	--	---	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۱۵	۰.۴۱	۰.۳۸	۰.۳۴	۰.۵	۰.۳۶	۰.۴۷	۰.۲۳
BOD	mg/l	۵	۱۶	۵	۱۶	۲۵	۱۰	۶	۱۸	۵	۱۰	۱۱	۱۵
COD	mg/l	--	--	--	--	۳۱	۱۹	۱۸	۴۴	۳۷	۴۵	۸۸	۱۹
TSS	mg/l	--	--	--	--	۴۲	۲۴	۷۹	۶۶	۳۲	۱۱۶	۲۶	۶۸
Pb	mg/l	۳.۳۴	۳.۴۵	۰.۰۷	۰.۰۷۸	۰.۰۰۷	۰.۰۰۳	--	--	--	--	--	--
Cu	mg/l	۰	۰	۰.۲۴	۰.۶۶	۰	۰	--	--	--	--	--	--
Zn	mg/l	۰.۲۷	۰.۲۱	۰.۵۱	۰.۶۱	۰.۰۰۲	۰.۰۰۳	--	--	--	--	--	--

### توضیحات مدل

پارامترهای کیفیت آب را با توجه به زمان و مکان شبیه سازی و پیش بینی می کند و در نهایت ابزارهای خروجی نتایج شبیه سازی شده را در قالب سری های زمانی یا نمودارهای مکانی در اختیار کاربر قرار می دهد (راهنمای HEC-RAS 2015) پارامترهای مواد مغذی: پارامترهای مواد مغذی شامل ثابتهای سرعت واکنشهای فیزیکی و شیمیایی بین جلبکها ، نیتروژن ، فسفر ، DO ، CBOD و رسوبات است. این ثابت های نرخ ، نرخ منبع یا اصطلاح

مدل کیفیت آب HEC-RAS از روشهای عددی صریح برای حل معادلات پراکندگی فرورفتگی یک بعدی استفاده می کند. این مدل دارای سه پارامتر برای مدل سازی کیفیت آب رودخانه است. ورود داده های کیفیت آب ، منوی تجزیه و تحلیل کیفیت آب و در نهایت ابزارهای خروجی. ورودی داده های کیفیت آب می تواند تمام پارامترهای کیفیت مورد بررسی را در قالب سری های زمانی وارد کند. منوی تجزیه و تحلیل کیفیت آب سپس تغییرات



مدل است و می تواند دید کافی از لزوم جمع آوری داده های بیشتر برای بهبود تخمین برخی بارها، شرایط اولیه، یا نرخ های زوال و غیره فراهم آورد. در این تحقیق تاثیر ضریب زوال اکسیژن خواهی بیوشیمیایی کربنی، ثابت اکسیژن خواهی رسوب، ضریب تضعیف غبار و ضریب پخش بر غلظت اکسیژن محلول و تاثیر ضریب تضعیف غبار بر پارامتر دما در رودخانه زرجوب با استفاده از مدل HEC-RAS 5.0.5 بررسی می شود.

## نتایج و بحث

### تغییرات سرعت و دبی جریان

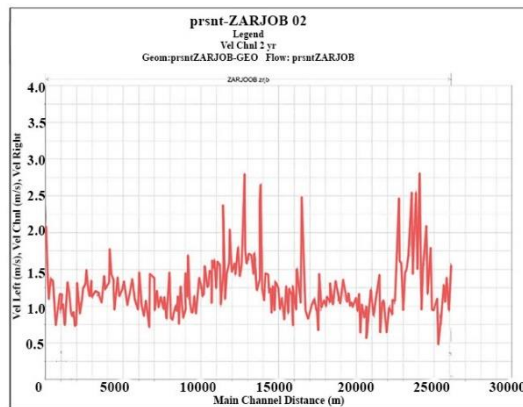
شکل های ۲ و ۳ نتایج حاصل از مدل سازی سرعت جریان و سطح آب رودخانه زرجوب را نشان می دهد که بیشترین سرعت ۲/۸ متر بر ثانیه و کمترین ۰/۵ متر بر ثانیه تغییرات سرعت بوده که شرایط توپوگرافیک و هندسی رودخانه مانند باز شدگی مقاطع در سیلابدشت و یا انقباض در مقاطع سازه های تداخلی مانند پل ها در این امر دخیل بوده است.

سینک (S) را در معادله جابه جایی-پراکندگی کنترل می کنند:  
معادله (۱):

$$\frac{\partial(\nabla\phi)}{\partial t} = -\frac{\partial(Q\phi)\Delta x}{\partial x} + \frac{\partial(\gamma A\partial\phi)\Delta x}{\partial x} \pm S$$

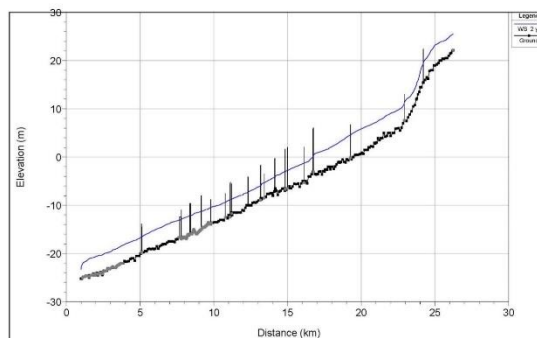
جایی که  $V =$  حجم سلول کیفیت آب (m<sup>3</sup>)،  $\Phi =$  دمای آب (C) یا غلظت  $Q =$  (kg/m<sup>3</sup>) جریان (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)،  $\gamma =$  ضریب پراکندگی تعریف شده توسط کاربر (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)،  $A =$  سطح مقطع (m<sup>2</sup>) منابع/سینک ها (kg s<sup>-1</sup>) اما مطالعه فعلی ما بر اساس شبیه سازی کیفیت آب DO و CBOD است. تحلیل حساسیت مدل<sup>۴</sup>

هنگام مدل سازی ثوابت و ضرایب زیادی وجود دارد که بر نتایج خروجی تاثیر زیادی می گذارند. در بسیاری از مواقع ممکن است این ضرایب و ثوابت با مقادیر واقعی خود در محیط اختلاف داشته باشند ولی به هنگام مدل سازی به دلیل تعدیل سایر مقادیر در مدل، خروجی مدل با شرایط مرزی انطباق ظاهری داشته باشد. تحلیل حساسیت ابزاری برای ارزیابی میزان تاثیر گذاری عوامل مختلف بر خروجی



شکل (۲): سرعت جریان در طول رودخانه





شکل (۳): پروفیل سطح آب در طول رودخانه

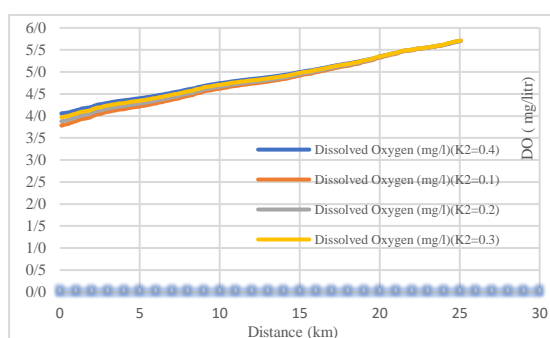
#### ضریب K4 (ضریب اکسیژن خواهی رسوب)

یکی دیگر از ضرایب مهم مورد استفاده در نرم افزار HEC-RAS ضریب K4 یا ضریب اکسیژن خواهی رسوب می باشد. که این ضریب در معادله مربوط به اکسیژن محلول به کار رفته است. همانطور که در شکل ۵ آمده است. افزایش یا کاهش در مقادیر این ضریب، در نمودار مربوط به اکسیژن محلول تغییراتی را ایجاد می کند. با توجه به اینکه ضریب K4 رابطه عکس با اکسیژن محلول در معادله مربوطه دارد افزایش این ضریب باعث جهش نمودار به سمت پایین و کاهش آن باعث جهش نمودار به سمت بالا می شود.

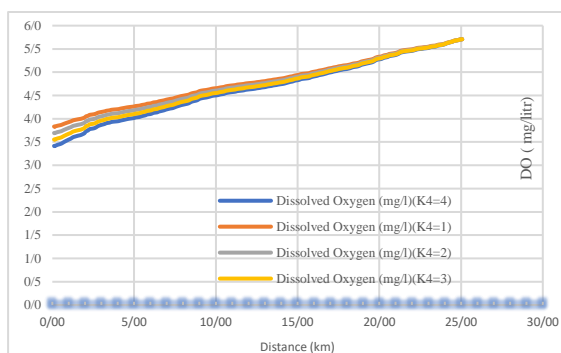
#### ضرایب موثر در تحلیل حساسیت متغیر کیفی اکسیژن محلول

##### ضریب K2 (ضریب اکسیژن خواهی)

یکی از ضرایب مهم مورد استفاده در نرم افزار HEC-RAS ضریب K2 یا همان زوال خواست اکسیژن بیوشیمیایی می باشد که با توجه به ارتباط این ضریب با اکسیژن محلول با تغییر آن در مقادیر مختلف حساسیت مدل به آن سنجدیده میشود. همانطور که در شکل ۴ آمده است افزایش یا کاهش در مقادیر این ضریب، در نمودار مربوط به اکسیژن محلول تغییراتی را ایجاد می کند.



شکل (۴) تحلیل حساسیت اکسیژن محلول بر اساس پارامتر K2 (day<sup>-1</sup>)



شکل (۵): . تحلیل حساسیت متغیر کیفی اکسیژن محلول در طول مسیر رودخانه زرجوب نسبت به پارامتر  $k_4$  (day<sup>-1</sup>)

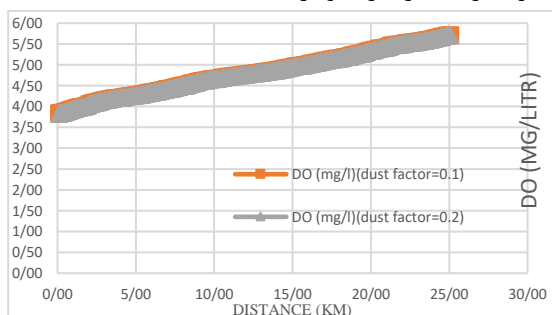
#### -ضریب DUST (ضریب تضعیف غبار)

یکی دیگر از ضرایب مورد استفاده در نرم افزار HEC-RAS برای کالیبره کردن پارامتر اکسیژن محلول ضریب تضعیف غبار می باشد. که بازه تغییرات آن بین ۰ تا ۰/۲ می باشد. همانطور که در شکل ۶ نیز مشخص است افزایش یا کاهش در مقادیر این پارامتر تغییرات زیادی را در نمودار

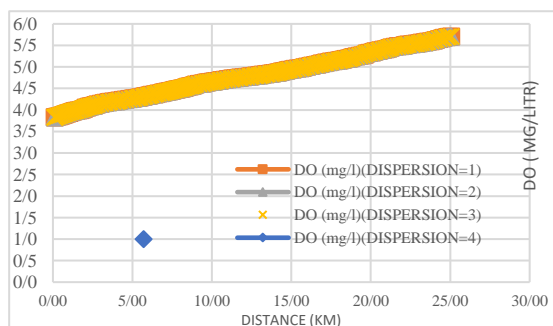
مربوط به اکسیژن محلول ایجاد نمی کند. در شکل زیر تغییرات اکسیژن محلول به ازای مقادیر مختلف این پارامتر آمده است.

#### -ضریب DISPERSION (ثابت پخش)

دیگر ضریب مورد استفاده در نرم افزار HEC-RAS ضریب ثابت پخش می باشد. که تغییرات در این ضریب در نمودار مربوط به اکسیژن محلول تغییرات زیادی را ایجاد نمی کند. همانطور که در شکل ۷ مشخص شده است.



شکل (۶): تحلیل حساسیت متغیر کیفی اکسیژن محلول در طول مسیر رودخانه زرجوب نسبت به ضریب تضعیف غبار



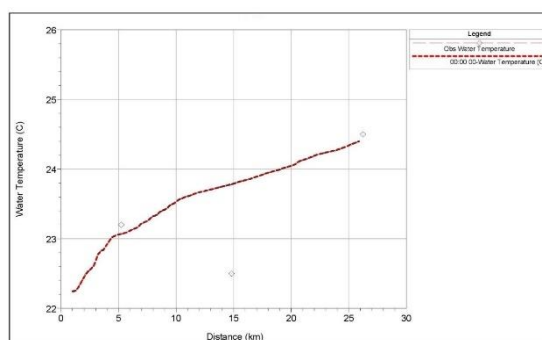
شکل (۷): حساسیت اکسیژن محلول در طول مسیر رودخانه زرجوب نسبت به ضریب ثابت پخش

#### نتایج کالیبراسیون مدل

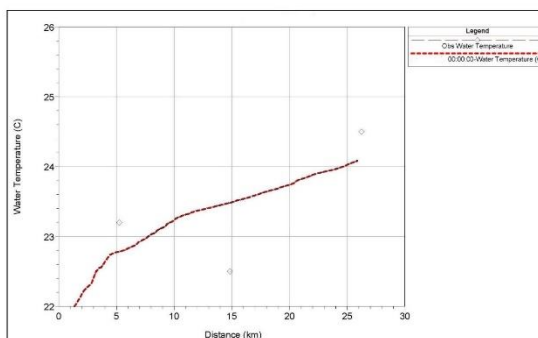
#### متغیر دما

شکل ۸ نتایج کالیبراسیون مدل در مورد متغیر کیفی دما در رودخانه زرجوب در آبان ماه را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص شده است در این ماه از سال تغییرات پارامتر دما در این رودخانه به دلیل نوسانات سرعت باد روندی نزولی و صعودی پیدا کرده است. همچنین نتایج حاصل از کالیبراسیون نشان دهنده انطباق قابل قبول داده های واقعی بوده است. با توجه به این که در نرم افزار HEC-

شکل ۸ نتایج کالیبراسیون مدل در مورد متغیر کیفی دما در رودخانه زرجوب در آبان ماه را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص شده است در این ماه از سال تغییرات پارامتر دما در این رودخانه به دلیل نوسانات سرعت باد روندی نزولی و صعودی پیدا کرده است. همچنین نتایج حاصل از کالیبراسیون نشان دهنده انطباق قابل قبول داده های واقعی بوده است. با توجه به این که در نرم افزار HEC-



شکل (۸): (الف) نتایج قبل از کالیبراسیون مدل نسبت به متغیر دما (آبان ماه)

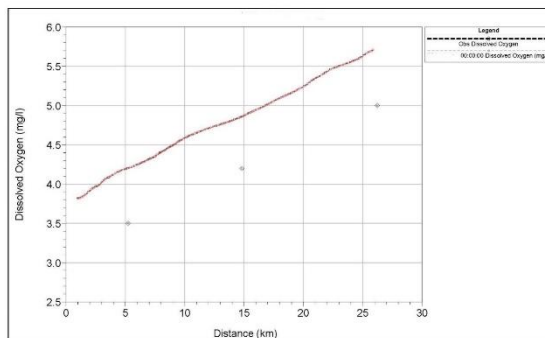


شکل (۸): (ب) نتایج بعد از کالیبراسیون مدل در متغیر دما رودخانه زرجوب (آبان ماه)

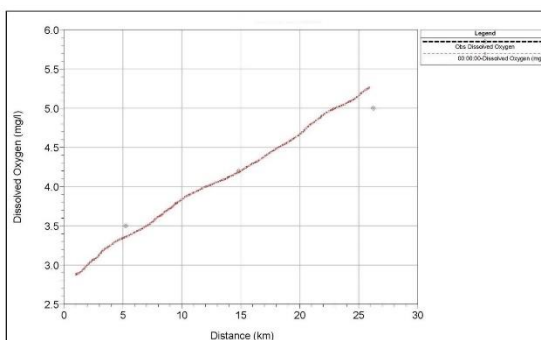
صنعتی روند نزولی داشته و با افت نسبی حدود ۲ میلی گرم بر لیتر مواجه شده است. همانطور که در شکل ۹ نشان داده شده است نمودار شبیه سازی جهش پیدا کرده است و با داده های واقعی انطباق قابل قبولی پیدا کرده است. بعد از کالیبره شدن توسط ضرایب  $k_2, k_4, \text{Dust}, \text{Dispersion}$  نمودار به سمت پایین

### متغیر اکسیژن محلول

اکسیژن محلول رودخانه زرجوب- آبان ماه شکل ۹ نتایج کالیبراسیون مدل در مورد متغیر کیفی اکسیژن محلول در رودخانه زرجوب را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص شده است، تغییرات متغیر اکسیژن محلول در این رودخانه به دلیل ورود انواع آلاینده ها و مصرف کنندگان اکسیژن چون زهکش و فاضلاب شهری و



شکل (۹): الف) نتایج قبل از کالیبراسیون مدل نسبت به متغیر اکسیژن محلول (آبان ماه)



شکل (۹): ب) نتایج بعد از کالیبراسیون مدل نسبت به متغیر اکسیژن محلول (آبان ماه)

کالیبراسیون در نزدیک کردن جوابهای حاصل از شبیه سازی و داده های واقعی نقش مهمی داشته است. در جدول زیر مقادیر نهایی به کار رفته در فرآیند کالیبراسیون نشان داده شده است.

با توجه به تحلیل حساسیت مدل، اقدام به کالیبراسیون آن جهت انطباق هرچه بیشتر داده های شبیه سازی شده با داده های واقعی شد و نتایج نشان دهنده انطباق مناسب داده ها بود. بنابراین مشخص شد

جدول (۳): مقادیر نهایی به کار رفته در فرآیند کالیبراسیون مدل

پارامتر	K2(day-1)	K4=Sediment Oxygen demand (g/m2. day-1)	Dust Coefficient	Dispersion Coefficient
مقدار	۰.۲	۳	۰.۱	۳

همچنین از داده های شوری، دما و اکسیژن محلول در طی مراحل مختلف تأیید مدل استفاده شد که در زیر نتایج تأیید مدل متغیرهای مورد نظر آمده است.

#### -متغیر شوری

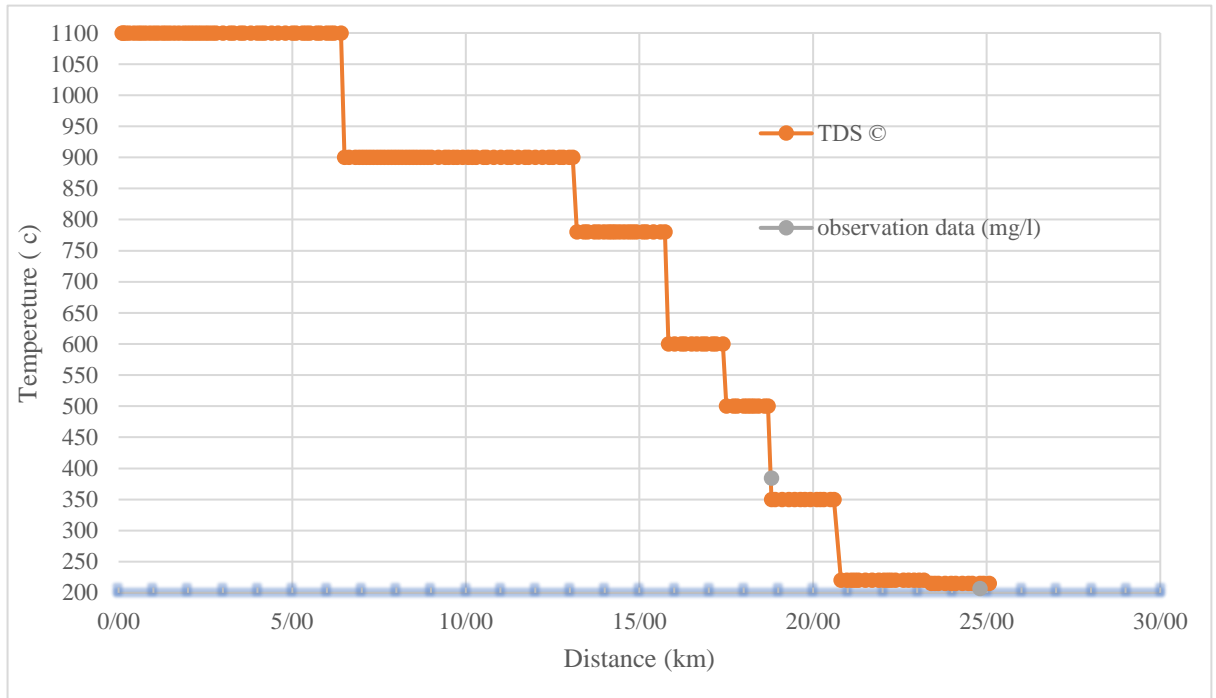
نتایج حاصل از تأیید مدل متغیر کیفی شوری در شکل ۱۰ نشان داده شده است. در این شکل متغیر شوری در طول مسیر رودخانه به سمت پایین دست و داخل شهر رشت به شکل پله ای روندی صعودی داشته که این به

#### نتایج صحت سنجی مدل (Validation)

پس از کالیبره کردن مدل، میبایست نتایج حاصل از شبیه سازی نرم افزار را با یک سری از داده های اندازه گیری شده فصول دیگر یا داده های طولانی مدت مقایسه نمود تا پس از اعتبار سنجی بتوان اطمینان لازم از صحت نتایج مدل حاصل نمود. در مورد رودخانه زرجوب نیز به منظور اعتبار سنجی مدل از آمار و ارقام رودخانه زرجوب که در خرداد ۹۷ وجود داشت استفاده شده است.

انطباق قابل قبول داده های شبیه سازی با داده های واقعی بوده است

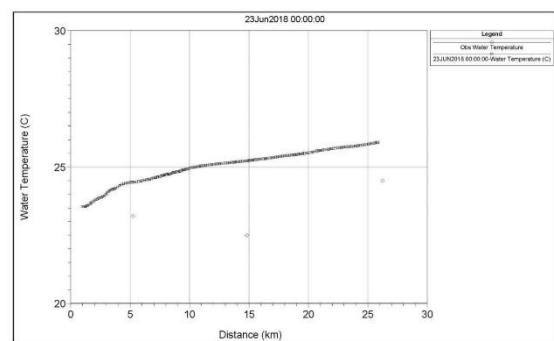
علت ورود انواع آلاینده ها اعم از شهری، صنعتی در مسیر رودخانه و برداشت آب جهت مصارف کشاورزی مزارع اطراف رودخانه بوده است هم چنین نتایج نشان دهنده



شکل (۱۰): تایید مدل بر اساس متغیر شوری رودخانه زرجوب با داده های خرداد ۹۷

#### -متغیر دما

نتایج حاصل از تأیید مدل برای متغیر کیفی دما در شکل ۱۱ نشان داده شده است. در این شکل دمای رودخانه در مسیر داخل شهر رشت روندی نزولی داشته است و در بخش های میانی دارای شیب ملایم تری بوده که نتایج حاکی از انطباق نسبتاً قابل قبول داده های شبیه سازی با داده های واقعی بوده است.



شکل (۱۱): تایید مدل بر اساس متغیر دما با داده های خرداد ۹۷

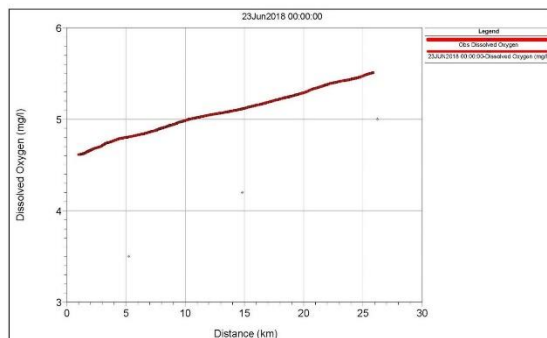
#### -متغیر اکسیژن محلول

نتایج حاصل از تأیید مدل متغیر کیفی اکسیژن محلول در شکل ۱۲ نشان داده شده است. در این شکل، متغیر اکسیژن محلول در کل بازه روندی نزولی داشته است که این نزول به علت ورود انواع آلاینده های شهری به رودخانه و همچنین عدم ورود جریان جدید و مصرف اکسیژن توسط مصرف کننده های اکسیژن بوده، و در



دست بوده که احتمالاً به دلیل عدم شناسایی دقیق  
آلاینده های ورودی و یا غیر نقطه ای در پایین دست  
محدوده بوده است.

بخش عمده ای از طول رودخانه میزان اکسیژن محلول از  
استانداردهای موجود کمتر بوده است. نتایج نیز نشان  
دهنده انطباق نسبی بهتر داده های شبیه سازی شده با  
داده های واقعی در بالادست رودخانه نسبت به پایین

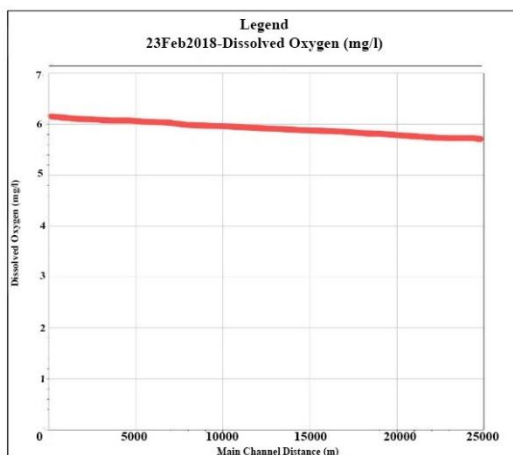


شکل (۱۲): تایید مدل بر اساس متغیر اکسیژن محلول با داده های خرداد ۹۷

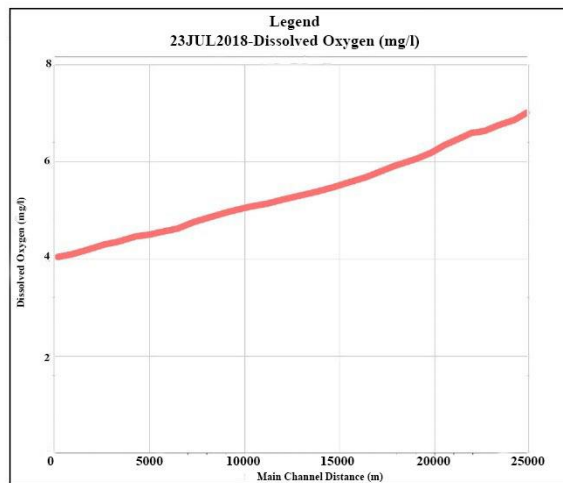
اکسیژن می شود. در این مورد، مدل و داده های درون  
یابی نشان داد که بیشترین DO در ایستگاه های  
بالادستی بوده است. این روند در شرایط بارانی معکوس  
شد، بنابراین اکسیژن محلول در آنجا افزایش جزئی و  
جریانهای زیاد تأثیر مثبتی را نشان داد، همانطور که به  
طور شهودی به دلیل اثرات رقیق کننده انتظار این موضوع  
می رفت. بنابراین، تأثیر مستقیم رواناب طوفان شهری بر  
شرایط اکسیژن محلول در آبهای دریافت کننده، قابل  
توجه بود. با این حال، اثرات ثانویه بر تعادل اکسیژن  
محلول در آبهای دریافت کننده می تواند به دلیل  
اتروفیکاسیون، غنی سازی مواد مغذی و همچنین نیاز به  
اکسیژن رسوب مهم باشد (USEPA)، (۱۹۷۴).

### تغییرات دمای آب و اکسیژن محلول (DO) با طبقه بندی مراحل سیل و غیر سیل

شکل ۱۳. نمودار شماتیک گسترش غلظت اکسیژن  
محلول را در طول ۲۴ کیلومتری رودخانه زرجوب نشان  
می دهد (خروجی مدل توسط نویسندگان اصلاح شده  
است). نتایج نشان داد که در دوره خشکی (بدون بارش)  
، بیشترین غلظت DO در ایستگاه بالادست با ۶.۸ میلی  
گرم در لیتر بود، در حالی که کمترین غلظت در ایستگاه  
جریان پایین دست با ۴.۱ میلی گرم در لیتر مشاهده شد.  
تفاوت DO بین دو ایستگاه ۳.۷ میلی گرم در لیتر بود که  
تفاوت نسبتاً قابل توجهی بود. تجزیه مواد آلی توسط  
باکتری ها به اکسیژن محلول نیاز دارد که منجر به کاهش



شکل (۱۳): (الف) تغییرات غلظت اکسیژن محلول طول رودخانه (رخداد سیل)

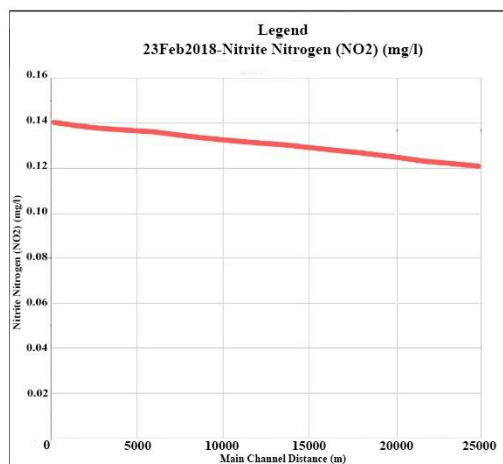


شکل ۱۳: (ب) تغییرات غلظت اکسیژن محلول طول رودخانه (بدون سیل)

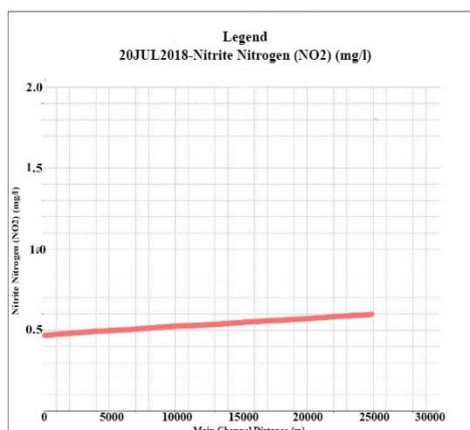
یافت ، و پس از آن نوسانات جزئی در محدوده کمتر از ۰.۱ میلی گرم در لیتر بود. تجمع  $NO_2$  ادامه داشت تا جایی که در پایین دست به حداکثر ۰.۱۴ میلی گرم در لیتر رسید. تفاوت معنی داری در مقدار نیتريت بين اولین (۰.۱۲ میلی گرم در لیتر) و آخرین ایستگاه ها (۰.۱۴ میلی گرم در لیتر) وجود نداشت. رشد گیاهان جلبکی ممکن است با غلظت بالای نیتريت تقویت شود. جلبک ها عناصر اصلی هستند که در پایداری اکوسیستم آبی ضروری هستند. نیتريت در غلظت های بالا ممکن است منجر به جزر و مد قرمز یا مناطق مرده شود ، که اکوسیستم دریایی را غیرمتعادل کند. (بهاندرام ۲۰۱۱)

### تغییرات در غلظت های نیتريت ( $NO_2$ ) و اکسیژن بیوشیمیایی (BOD)

( شکل ۱۴ الف و ب ) افزایش حجم غلظت نیتريت پس از یک رویداد بارندگی و تغییرات غلظت نیتريت ( $NO_2$ ) را نشان می دهد. غلظت  $NO_2$  به سرعت در شرایط غیر سیلابی ( تیر ماه) کاهش یافت. تفاوت معنی داری در مقدار غلظت  $NO_2$  بین ۰+۰ کیلومتر در ۰.۴۸ میلی گرم در لیتر و ۲۴+۰۰ کیلومتر در ۰.۶۲ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. آلاینده نیتريت به تدریج در حالت سیل بین ۰+۰ کیلومتر و ۰+۲۴ کیلومتر در اسفند ماه افزایش



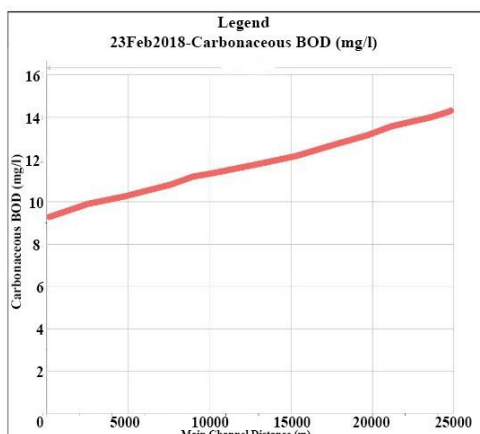
شکل (۱۴): (الف). تغییرات نیتريت در طول رودخانه (در خدادسیل)



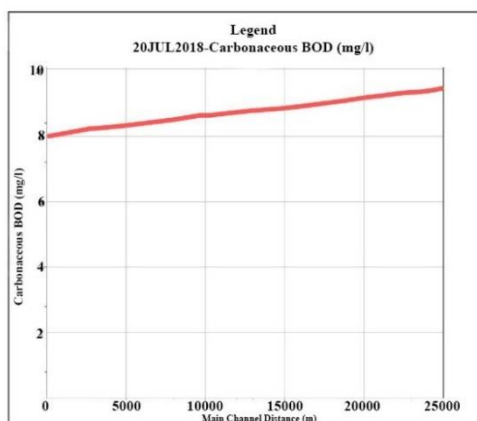
شکل (۱۴): (ب). تغییرات نیتريت در طول رودخانه (بدون سيل)

بين ۰+۰+۰ كيلومتر و ۰۰+۲۴ كيلومتر باقی می ماند. کاهش تدریجی تا ۸ میلی گرم در لیتر در مرحله غیر سيل مشاهده می شود.

شکل ۱۵ تغییر غلظت BOD را نشان می دهد. روند BOD در هر دو حالت دارای روند یکسان است و در شرایط سیلابی ( اسفند ماه ) ؛ در حدود ۱۵ میلی گرم در لیتر در بالادست و ۹.۱ میلی گرم در لیتر در پایین دست



شکل (۱۵): (الف) BOD. در طول رودخانه (در رخداد سيل) تغییر می کند





#### شکل (۱۵): (ب) BOD. در طول رودخانه تغییر می کند (بدون سیل)

بر شرایط اکسیژن محلول قابل توجه است. با این حال، اثرات ثانویه بر تعادل اکسیژن محلول در آبهای دریافت کننده می تواند به دلیل اتروفیکاسیون، غنی سازی مواد مغذی و همچنین تقاضای اکسیژن رسوبی قابل توجه باشد (ایالات متحده، آژانس حفاظت از محیط زیست، ۱۹۸۲). چنین سطح بالای DO ناشی از اکسیژن در رواناب یا هوادهی از طریق سطح آب رودخانه به دلیل شوک ناشی از افزایش سرعت جریان ناشناخته است (هایاشی، ۲۰۱۳). با این حال، تأثیر سولفیدهایی که از تأثیر تجزیه مواد آلی رخ می دهد، مشخص شده است (الیس، ۱۹۹۶)، و لازم است تأثیر احتمالی چنین موادی را نیز در نظر بگیریم.

اگرچه تغییرات در مقادیرهای NO<sub>2</sub>، BOD و DO طول رویداد بارندگی تحت مطالعه تا حدودی رفتار متفاوتی را در بالادست و پایین دست نشان می دهد، اما غلظت بالای BOD در مرحله سیل نشان دهنده منطقی بودن تمرکز در این شرایط است. ارزیابی خروجی آلاینده های ناشی از بارش به رودخانه های شهری اساساً حاکی از این بوده که منشاء آلودگی اولیه یا شوک در مرحله سیل میتواند روانابها باشند.

#### تغییر در اکسیژن محلول (DO) در شرایط آب و هوایی خشک و مرطوب

در مطالعه حاضر، تغییرات DO در هر فاز در امتداد رودخانه محاسبه می شود (شکل ۱۳). در حالت خشک در ایستگاه اول به دلیل موقعیت بالادست آن، میزان اکسیژن محلول در سطح استاندارد (۷.۵ میلی گرم در لیتر) است. با این حال، در فاصله ۲۳ کیلومتری شیب اکسیژن محلول، کاهش می یابد، از ایستگاه ۲ (۱۳.۵۰ کیلومتر) مقدار قابل توجهی از فاضلاب شهری به رودخانه می ریزد و به ۵.۵۲ میلی گرم در لیتر، در ایستگاه ۲ تا ایستگاه ۳ می رسد. به دلیل تخلیه فاضلاب در منطقه پایین دست، اکسیژن محلول به طور مداوم تخلیه می شود و در نهایت، به ۵.۳۰ میلی گرم در لیتر (۵.۶۰ کیلومتر) می رسد. در ماه اسفند، به دلیل دبی زیاد رودخانه و تبخیر و تعرق کمتر و همچنین دمای پایین آب در مدل، پیش بینی می شود که میزان اکسیژن محلول در رودخانه به میزان قابل توجهی افزایش یابد اما در مقادیر انداه گیری شده مشاهده نشد. این به دلیل اثرات منابع غیر نقطه ای و همچنین تخلیه رواناب از زمین های کشاورزی اطراف و بارندگی ها است که عوامل غیر قابل اندازه گیری هستند، به طوری که در شرایط بارانی، اکسیژن محلول در رودخانه روند نسبتاً خطی بین ۵.۸ و ۶.۲ میلی گرم در لیتر دارد. به نظر می رسد تأثیر مستقیم رواناب شهری در آبهای دریافت کننده

#### نتیجه گیری

هدف اصلی این تحقیق تعیین اثر طوفان بر کیفیت آب و بارهای آلودگی در رودخانه شهری از طریق طبقه بندی دو مرحله سیل و غیر سیل بود. بر اساس نتایج: - استفاده از مدل HEC-RAS، که شامل مدل هیدرودینامیکی کیفیت آب است، با داده های اندازه گیری شده مطابقت خوبی داشت و امکان تصمیم گیری در مدیریت کیفیت رودخانه را فراهم می آورد. اگرچه مدل قادر به پیش بینی روند آلاینده ها برای کاربردهای عملی است، اما باید قبلاً کالیبره شود.

- روند اکسیژن محلول در شرایط سیل در مقایسه با شرایط خشک معکوس شد و افزایش کمی را در امتداد رودخانه نشان داد.

- می توان تعیین کرد که رویدادهای باران از عوامل مهم محیطی هستند که تأثیر مثبتی بر هوادهی دارند و میزان اکسیژن محلول در رودخانه زرجوب را به جز نیتريت افزایش می دهند.

- این مقاله اولین گزارش از استفاده خلاقانه از مدل HEC-RAS بدون کمک مدل‌های تجزیه و تحلیل کیفی مانند Qual2K، WASP،... برای شبیه سازی کیفیت آب در رودخانه شهری ایران است.

- پایین دست رودخانه زرجوب در شرایط سیل، هر زمان که BOD کاهش می یابد، غلظت DO از ۵.۵ میلی گرم در لیتر به ۶.۲ میلی گرم در لیتر افزایش می یابد، که نشان می دهد کیفیت آب آنطور که انتظار می رفت به تغییرات BOD حساس نبود.

## منابع

آریایی نژاد، ر.، و سرائی تبریزی، م.، و بابازاده، ح. (۱۳۹۸). مدل سازی کیفیت آب رودخانه با استفاده از مدل Kw2QUAL (مطالعه موردی: رودخانه شاهرود). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۷(۲۱) (پیاپی ۸۶)، ۱-۱۳  
بیگلری، م.، و سیما، س.، و سعادت پور، م. (۱۳۹۷). مدل سازی و مدیریت کیفیت آب رودخانه با رویکرد کنترل آلودگی در مبدا به منظور تامین سلامت آبزیان (مطالعه موردی: زرینه رود). تحقیقات منابع آب ایران، ۱۴(۵)، ۵۴-۷۰

Álvarez-Cabria, M., Barquín, J., & Peñas, F. J. (2016). Modelling the spatial and seasonal variability of water quality for entire river networks: Relationships with natural and anthropogenic factors. *Science of the Total Environment*, 545, 152-162.

Bay, S., Jones, B. H., Schiff, K., & Washburn, L. (2003). Water quality impacts of stormwater discharges to Santa Monica Bay. *Marine Environmental Research*, 56(1-2), 205-223.

Brion, N., Verbanck, M. A., Bauwens, W., Elskens, M., Chen, M., & Servais, P. (2015). Assessing the impacts of wastewater treatment implementation on the water quality of a small urban river over the past 40 years. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(16), 12720-12736.

Bhandaram, U., Guerra, A., Robertson, B., et al. (2011). Effect of Urban Runoff on Water Quality Indicators in Ballona Creek.

Dorchin, A., & Shanas, U. (2010). Assessment of pollution in road runoff using a *Bufo viridis* biological assay. *Environmental Pollution*, 158(12), 3626-3633.

Dojiri, M., Yamaguchi, M., Weisberg, S. B., & Lee, H. J. (2003). Changing anthropogenic influence on the Santa Monica Bay watershed. *Marine Environmental Research*, 56(1-2), 1-14.

Hayashi, H., Tasaki, M., Uchiyama, N., & Morita, M. (2013). Water quality and pollution load during flood and non-flood periods in an urban tidal river. *NOVATECH 2013*.

Hayashi, H., Kohsaka, N., Ishizuka, Y. (2011). Pollutant Load for Flood and Non-Flood Periods in Urban Small Tidal River, Proceeding of Japan-Korea Special Workshop on Impact assessment and Control of Combined Sewer Overflow. The 4th IWA-ASPIRE Conference Exhibition: Tokyo, Japan. Ellis, J. B., Hvitved-Jacobsen, T. (1996). Urban drainage impacts on receiving waters. *Journal of hydraulic research*, 34(6), 771-783.

Gotkowska-Płachta, A., Gołaś, I., Korzeniewska, E., Koc, J., Rochwerger, A., & Solarski, K. (2016). Evaluation of the distribution of fecal indicator bacteria in a river system depending on different types of land use in the southern watershed of the Baltic Sea. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(5), 4073-4085

Guo, Y., & Adams, B. J. (1998). Hydrologic analysis of urban catchments with event-based probabilistic models: 1. Runoff volume. *Water Resources Research*, 34(12), 3421-3431.

Krafft A. The effect of urban runoff on the water quality of the Sweetbriar Brook, Ampthill, UK. 2006.

Kaushal, S. S., & Belt, K. T. (2012). The urban watershed continuum: evolving spatial and temporal dimensions. *Urban Ecosystems*, 15(2), 409-435.

KURE, S., WATANABE, A., TADA, N., & YAMADA, T. (2008). A STUDY ON SPATIAL DISTRIBUTION OF WATER QUALITY IN TIDAL AREA OF URBAN RIVERS. *PROCEEDINGS OF HYDRAULIC ENGINEERING*, 52, 1105-1110.



Nihei, Y., Takioka, K., Sakai, K., et al. (2009). Effect of large-scale flooding on water quality of Tokyo Bay. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)*, 65(1), 1016-1020

Mallin, M. A., Johnson, V. L., & Ensign, S. H. (2009). Comparative impacts of stormwater runoff on water quality of an urban, a suburban, and a rural stream. *Environmental monitoring and assessment*, 159(1), 475-491.

Potasznik, A., & Szymczyk, S. (2015). Magnesium and calcium concentrations in the surface water and bottom deposits of a river-lake system. *Journal of Elementology*, 20(3).

Rouault, P., Schroeder, K., Matzinger, A., Sonnenberg, H., Heinzmann, B., Pawlowsky-Reusing, E., & Von Seggern, D. (2010). Development of a planning instrument for CSO management-Cooperation of research, water utility and public water authority in the city of Berlin. *NOVATECH 2010.TSUCHIYA*,

M., & IZUMI, K. (1989, February). Water Quality Movement and Behavior of Sediment in Meguro Tidal River. In *PROCEEDINGS OF THE JAPANESE CONFERENCE ON HYDRAULICS (Vol. 33, pp. 637-642)*. Japan Society of Civil Engineers.

Urbona, B. R. (1998). *Urban Runoff Quality Management*. ASCE. United States. Environmental Protection Agency. Water Planning Division. (1982). Results of the nationwide urban runoff program. Water Planning Division

United States. Environmental Protection Agency. Office of Water Planning. (1974). *National Water Quality Inventory: 1974 Report to the Congress (Vol. 2)*. United States Environmental Protection Agency, Office of Water Planning and Standards.



## A Modelling Approach for Flooding Effects on Water Quality of Zarjoob River Using HEC-RAS

Hassan Pourfallah Koushali<sup>1</sup>, Reza Mastouri<sup>2</sup> †, Mohammadreza Khaledian<sup>3</sup>

### Abstract

Floods have direct impacts on the organisms of rivers and indirect impacts on ecosystems of rivers. In this study we perform a water quality model of the zarjoob river by Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS) model, specifically for Carbonaceous Biochemical Oxygen Demand (CBOD), Dissolved oxygen (DO) and nitrite (No<sub>2</sub>) based on the hydrodynamic simulation for normal and flood condition to determine the extent of pollution loading in the river. Results showed that trend of dissolved oxygen in flood conditions was reversed compared to dry conditions and showed a slight increase along the river. Downstream of zarjoob river on flood condition, whenever the BOD decreased, DO concentrations increased from 5.5 mg/L to 6.2 mg/L, indicating that water quality was not as sensitive to variations of the BOD as expected. This study showed that rainy events were important environmental factors positively affecting aeration, which raised the dissolved oxygen content of the Zarjoob River except for nitrite. This paper is the first report of the innovative use of HEC-RAS model Without the help of accompanying qualitative analysis models such as Qual2K, WASP ... to simulate water quality in an urban river.

**Keywords:** Dissolved oxygen, HEC-RAS, Flood, Pollution load, Urban River, Zarjoob River

---

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.hpoorfallah@yahoo.com

<sup>2</sup> Department of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. Corresponding Author: Email: r-mastouri@iau-arak.ac.ir, Tel: +98-912-288-0171

<sup>3</sup> Department of Water Eng., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; Rasht, Iran, khaledian@guilan.ac.ir