Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 49, No. 1, Spring 2026, p. 43-58

Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

Research Paper

EXTENDED ABSTRACT

Evaluation of temporal-spatial changes of water quality characteristics of Abbas-Abad River using the QUAL2Kw simulator model

A. Noorali[1], S. Marofi[2*] and O. Babamiri[3]

1- PhD student, Department of Water Sciences Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2- Corresponding Author, Professor, Department of Water Sciences Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. (marofi@basu.ac.ir)*
3- PhD, Department of Water Sciences Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 24 August 2024
Revised: 05 December 2024
Accepted: 21 December 2024
Available online: 05 May 2026

Keywords:
Agricultural effluents, Abbas-Abad River, QUAL2Kw, Wastewater, and Water quality parameters

TO CITE THIS ARTICLE:

Noorali, A., Marofi, S., Babamiri, O. 2026. 'Evaluation of temporal-spatial changes of water quality characteristics of Abbas-Abad River using the QUAL2Kw simulator model', *Irrigation Sciences and Engineering*, 49(1), pp. 43-58. doi: 10.22055/jise.2024.47846.2134.

Abstract

Rivers, as vital arteries of surface water, play an important role in providing various water consumption needs. Population growth and vast urbanization carry out a significant increase in the production of sewage and urban effluents, thus resulting in a decreasing river water quality rate. In this study, the impact of the agriculture wastewater sector (gardens), villages, restaurants, and tourist sites of the study area on the Abbas-Abad River water quality was investigated using the QUAL2Kw model. The modeling result of the period 2021-2022 showed any increase in pollutant flow realized by the agriculture sector and restaurant wastewaters increased the biochemical oxygen demand value of the river, especially in spring and summer. As a result, the amount of dissolved oxygen along the river, especially in the downstream sections (the end of considered river reach), decreased. Additionally, the river water illustrated an alkaline condition (high pH rate), and increased electrical conductivity (because of lack of sedimentation of dissolved and suspended solids) along the river. Although the nitrate rate was increased along the river during spring and summer, it did not also exceed the standard level for surface waters. The results of this research indicate a need to establish quality management of the river to have a safe environmental balance development that prevents the pollutant rate of the river, ensuring a sustainable trend in its self-purification value.

Introduction

Rivers are essential for providing water, yet population growth and urban expansion can exacerbate water pollution. Water quality simulation models assist in managing pollution by mimicking natural processes and elucidating the relationship between water supply and demand, resulting in improved water quality and resource conservation (Farkhani, 2021). In this regard, Chapra and Pelletier, (2003) introduced the QUAL2Kw water quality simulation model, which is a stable and user-friendly one-dimensional model. This model can simulate over 15 parameters of water quality and river flow, such as dissolved oxygen (DO), chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), electrical conductivity (EC), nitrate (NO_3), ammonium (NH_4), phosphate (PO_4), temperature (T), and pH. Numerous studies have utilized this model to simulate water quality in various rivers.

Babamiri et al., (2021) conducted a study using the QUAL2Kw model to assess the quality status and self-purification capacity of the Abbas-Abad River. The study involved simulating six parameters (COD, BOD, DO, PO_4, NO_3, and NH_4) using the model and comparing the results with field observations. The sensitivity analysis revealed that the oxidation rate, nitrification rate, and denitrification rate were the most influential parameters on water quality. Additionally, the study found that river flow had the greatest impact on the river's self-purification capability. A study was conducted to identify the sources of pollution in the Zarine-Rood River and to explore various pollution control scenarios to meet water quality standards for the preservation of fish life. Many studies have used the QUAL2Kw model to simulate the quality parameters of rivers, and the results show that this model has good accuracy in simulation (Pashazade Laleh et al., 2021; Babamiri and Dinpashoh, 2023; Noorali et al., 2026).

This research aims to assess the tempo-spatial variations in the qualitative characteristics of the Abbas-Abad River. Utilizing hydrometric and hydraulic information, along with measured qualitative data, the river's water quality was simulated with the QUAL2Kw numerical model. The study examined the temporal and spatial changes in DO, BOD, NO_3, EC, temperature (T), and pH.

Methodology

This study focused on the Mountainous River of Abbas-Abad in Hamedan province, Iran. To evaluate the qualitative condition of the Abbas-Abad River, the QUAL2Kw model was used, and data related to eight polluting sources entering the river were identified. These sources included six agricultural drainages and two restaurant wastewater in the downstream area of Abbas-Abad. Information about six sampling stations along the river was also utilized. The first station, located upstream of the river, is more affected by natural conditions, with no agricultural activities or sewage entering the area. Fig. (1) shows the location of pollutant sources and sampling stations in the GIS environment, while Table. (1) displays the qualitative characteristics of polluting sources. Stations 3 and 4 are affected by agricultural activities, while stations 2, 5, and 6 are exposed to wastewater from restaurants and, to some extent, agricultural activities. Table. (2) shows the geographic coordinates of the sampling stations along the Abbas-Abad River (Noorali et al., 2024; Babamiri et al., 2026).

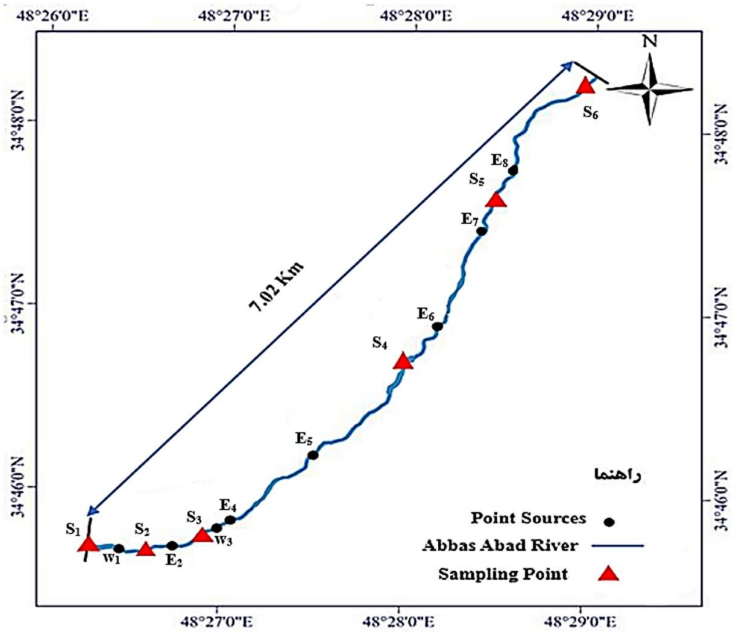


Fig. 1- Location of point source pollutants and sampling stations

Table 1- The average qualitative data of the pollutant sources entering the Abbas-Abad River

	Point sources	Distance* (Km)	Q (l/s)	BOD (mg/l)	DO (mg/l)	NO_3 (µg/l)	EC (µs/cm)
Agricultural effluents	E_2	5.60	125	9.25	4.13	1240	98.30
	E_4	4.38	150	29.43	3.85	2422	235.75
	E_5	3.55	6	10.35	2.12	1420	124.55
	E_6	2.50	403	25.75	3.52	4420	442.70
	E_7	1.86	255	23.78	3.21	4224	523.60
	E_8	0.2	152	22.86	3.10	5843	549.25
Wastewater of restaurants	W_1	6.08	10	10	4.98	1490	110.25
	W_3	5.20	250	55	2.97	3977	324.22

*Distance from upstream of the river

Table 2- Geographical location of sampling stations

Monitoring stations	Distance* (Km)	Geographical Coordinates	
		Latitude	Longitude
S_1	7.03	34°46’00”	48°26’00”
S_2	6.14	34°46’02”	48°26’20”
S_3	5.25	34°46’09”	48°26’53”
S_4	4.23	34°46’15”	48°27’12”
S_5	1.86	34°47’57”	48°28’00”
S_6	0.0	34°47’46”	48°28’34”

*Distance from upstream of the river

The model was run using available data for the spring of 2021, and model calibration was performed using auto-calibration and a genetic algorithm in the modern version of QUAL2Kw. Auto-calibration was carried out for 100 populations and 85 iterations of the genetic algorithm. To evaluate the accuracy of the numerical modeling results and determine their error, the root mean square error (RMSE), minimum mean square error (MSE), mean absolute error (MAE), and standard error (SE) indicators were used (Eq.s 1 to 4). The small value of the criteria indicates a more accurate simulation of real conditions (Rafiee et al., 2014).

$$RMSE = \sqrt{\frac{(Y_m - \bar{Y}_p)^2}{n}} \quad (1)$$

$$MSE = \sum_{i=1}^{n} \frac{(Y_p - Y_m)^2}{n} \quad (2)$$

$$MAE = \sum_{i=1}^{n} \frac{|Y_m - Y_p|}{n} \quad (3)$$

$$SE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(Y_m - Y_p)^2}}{\bar{Y}_m} \quad (4)$$

Where Ym is the observed value, $\bar{Y}m$ is the average observed value, Yp is the predicted value, $\bar{Y}p$ is the average predicted value.

Results and Discussion

The RMSE, MSE, MAE, and SE errors indicate acceptable results for model calibration, with the best values for the pH being 0.063, 0.004, 0.032, and 0.008, respectively. Model validation using summer season data also shows satisfactory results, with the most favorable RMSE, MSE, MAE, and SE values related to the DO at 0.26, 0.06, 0.22, and 0.03 mg/l, respectively.

The findings suggest that pollution entering the river during summer from agricultural and restaurant sewage discharge is greater than in spring. The model output indicates unsuitable DO levels downstream of the river in both seasons, pointing to an increase in pollution and a decrease in the river's self-purification ability. However, the NO_3 concentration along the river does not

exceed the standard input level for surface waters, including rivers (10 mg/l), despite showing an increasing trend in both seasons.

Conclusion

This research identifies the polluting sources of the Abbas-Abad River and to assess its quality during different seasons of 2021-2022. For this purpose, the QUAL2Kw model was used to evaluate the river's quality condition. Meteorological data, hydraulic and hydrological properties from the six sampling stations records (2021), were analyzed. Additionally, eight points of pollutant sources entering the river were considered in the model. The results of the model's calibration and validation demonstrate the QUAL2Kw model's capability in assessing river quality. The river simulation results (2021-2022) indicate that the pollution rates from agricultural and restaurant wastewater have increased the BOD levels during spring and summer. Consequently, the levels of the DO along the river, especially at the end of the river flow, have decreased. Additionally, the river water exhibits an alkaline (pH) condition. The EC rate has also shown a rising trend due to the lack of settling of dissolved and suspended solids in the water. Although the NO_3 levels have increased during the spring and summer, they did not exceed the standard value for surface water (10 mg/l).

Conflict of Interest

The authors declared no any conflicts of interest concerning the research, authorship, and publication of this article. Confirmation.

Funding

The financial support of this research has been provided by Researcher Funding Budget (Grant). we hereby thank Bu-Ali Sina University Vice Chancellor of Research from for their support.

Data Availability Statements

The datasets generated and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Authors' contribution

First Author: Atefe Noorali, Collection and analysis of data, Methodology implementation, Original draft writing, Software using, Interpretation of results and Final manuscript version providing.

Second Author: Safar Marofi, Manuscript review, Control and Validation of the research results, Edition of the final manuscript.

Third Author: Omid Babamiri, Collection and analysis of data, Software handling, Interpretation of the results.

Acknowledgments

The authors wish to express their sincere gratitude to the staffs and officials of the Regional Water Company and Meteorology Organization of Hamedan Province for their essential support and necessary information of the research.

References

1- Babamiri, O. and Dinpashoh, Y., 2023. Uncertainty Analysis of River Water Quality Based on Stochastic Optimization of Waste Load Allocation Using the Generalized Likelihood Uncertainty Estimation Method. *Water Resources Management*, pp.1-23. Doi:10.1007/s11269-023-03704-9.

2-Babamiri, O., Noorali, A. and Marofi, S., 2026. Optimized Modeling of Pollution Load Allocation in a Mountainous River of Semiarid Basin Based on Bankruptcy Rules: A Case Study of the Abbas-Abad River, Iran. Journal of Water Resources Planning and Management, 152(5), p.05026006.

3- Babamiri, O., Vanaei, A., Guo, X., Wu, P., Richter, A., Ng, K.T., 2021. Numerical Simulation of Water Quality and Self-Purification in a Mountainous River Using QUAL2KW. *Journal of Environmental Informatics*, 37(1). Doi: 10.3808/jei.202000435.

4- Chapra, S.C., Pelletier, G.J. and Tao, H., 2003. QUAL2K: A modeling framework for simulating river and stream water quality: Documentation and user's manual. *Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA*, *25*, p.121.

5- Farkhani, S., 2021. Investigating the Quality Status of Haraz River Using Numerical Modeling. *Iran-Water Resources Research*, *17*(1), pp.262-276. (In Persian).

6- Noorali, A., Marofi, S. and Babamiri, O., 2024. Evaluation of temporal-spatial changes of water quality characteristics of Abbas-Abad River using the QUAL2Kw simulator model. *Water and Irrigation Management*. (In Persian). Doi: 10.22059/jwim.2024.369706.1127.

7- Noorali, A., Babamiri, O. and Marofi, S., 2026. Uncertainty assessment of mountainous river water quality parameters using the generalized likelihood uncertainty estimation method. *Hydrological Sciences Journal*, *71*(1), pp.152-165.

8- Pashazadeh Laleh, Z., Jafari, H. and Vaezihir, A., 2021. Qualitative assessment of the Aji-Chay River (Tabriz Plain) based on the specific user's quality indices. *Irrigation and Water Engineering*, *11*(4), pp.344-367. Doi:10.22125/IWE.2021.133769.

7- Rafiee, M., Akhond Ali, A.M., Moazed, H., Lyon, S.W., Jaafarzadeh, N. and Zahraie, B., 2014. A case study of water quality modeling of the Gargar River, Iran. *Journal of Hydraulic Structures*, *1*(2), pp.10-22. (In Persian). Doi: 10.22055/JHS.2014.10533.

© 2026 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

علوم و مهندسی آبیاری جلد ۴۹، شماره‌ی ۱، بهار ۱۴۰۵، مقاله پژوهشی، ص. ۵۸-۴۳

ارزیابی تغییرات زمانی-مکانی مشخصه‌های کیفی آب رودخانه عباس‌آباد با استفاده از مدل شبیه‌ساز QUAL2Kw

عاطفه نورعلیئی[۱]، صفر معروفی[۲*] و امید بابامیری[۳]

۱- دانشجوی دوره دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.

۲*- نویسنده مسئول، استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران. (marofi@basu.ac.ir)

۳- دانش‌آموخته دوره دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۳ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۱۵ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱ انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/۱۵

چکیده

رودخانه‌ها به‌عنوان شریان‌های حیاتی آب‌های سطحی، نقش مهمی در تأمین نیازهای مختلف مصرف آب دارند. رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی باعث افزایش قابل توجهی در تولید فاضلاب و پساب شهری می‌شود که در نتیجه نرخ کیفیت آب رودخانه کاهش می‌یابد. در این تحقیق تأثیر بخش فاضلاب کشاورزی (باغ‌ها)، روستاها، رستوران‌ها و موقعیت گردشگری منطقه مورد مطالعه بر کیفیت آب رودخانه عباس‌آباد با استفاده از مدل QUAL2Kw مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مدل‌سازی دوره ۱۴۰۱-۱۴۰۰ نشان داد که افزایش جریان آلاینده توسط بخش کشاورزی و فاضلاب رستوران‌ها باعث افزایش اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی رودخانه به‌ویژه در فصول بهار و تابستان شده است. در نتیجه میزان اکسیژن محلول در طول رودخانه، به‌ویژه در بخش‌های پایین‌دست (بازه انتهای رودخانه در نظر گرفته شده) کاهش یافت. علاوه بر این، آب رودخانه یک وضعیت قلیایی (میزان pH بالا) و افزایش هدایت الکتریکی (به‌دلیل عدم رسوب مواد جامد محلول و معلق) در طول رودخانه را نشان می‌دهد. اگرچه میزان نیترات در طول رودخانه در فصل بهار و تابستان افزایش یافت، اما از حد استاندارد آب‌های سطحی نیز فراتر نرفت. نتایج این تحقیق بیانگر ایجاد مدیریت کیفیت رودخانه به‌منظور برقرار کردن تعادل زیست‌محیطی ایمن است که از میزان آلاینده رودخانه جلوگیری کرده و روند پایدار میزان خودپالایی آن را تضمین کند.

کلیدواژه‌ها: پساب‌های کشاورزی، پارامترهای کیفی آب، رودخانه عباس آباد، فاضلاب، مدل QUAL2Kw.

مقدمه

افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی به افزایش آلودگی منابع آبی، از جمله رودخانه‌ها، منجر می‌شود. استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی کیفیت آب به‌عنوان ابزاری مؤثر برای مدیریت و کنترل آلودگی منابع آبی می‌باشد. این مدل‌ها با تحلیل فرآیندهای طبیعی و هیدرولوژیکی مرتبط با سیستم‌های منابع آب، به ما امکان می‌دهند تا تعاملات بین عرضه و تقاضای آب را به شکل بهتری درک کرده و راهکارهایی برای کنترل و کاهش آلودگی شناسایی کنیم. این روش‌ها می‌توانند به بهبود کیفیت آب و حفاظت از منابع آبی کمک شایانی کنند (Farkhani, 2021). به‌منظور کنترل منابع آلاینده ورودی به رودخانه‌ها و کیفیت آب آن‌ها استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی کیفیت آب می‌تواند مفید باشد (Herbay et al., 1983). در همین راستا مدل شبیه‌ساز کیفی آب QUAL2Kw توسط Chapra et al (2003) ارائه شده است. این مدل یک‌بعدی، پایدار و کاربرپسند بوده و قادر است بیش از ۱۵ پارامتر کیفی آب و جریان رودخانه را شبیه‌سازی کند، از جمله اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و بیوشیمیایی (COD و BOD)، هدایت الکتریکی (EC)، نیترات (NO_3)، آمونیوم (NH_4)، فسفات (PO_4)، دما (T)، اسیدیته (pH) و غیره. تحقیقات فراوانی در زمینه شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه‌های مختلف با بهره‌گیری از این مدل صورت گرفته است.

Chen et al., (2018) با استفاده از مدل QUAL2Kw به شبیه‌سازی DO رودخانه Boulder Creek در ایالت کلرادو آمریکا پرداختند. همچنین در این مطالعه، تحلیل‌های حساسیت‌سنجی برای شناسایی تأثیرگذارترین فرآیندها بر DO صورت گرفت، که هوادهی رودخانه و نیتریفیکاسیون به‌عنوان مهمترین فرآیندها بر DO شناخته شده‌اند. فتوسنتز نیز برای این پارامتر تأثیرگذار بوده و فرآیند تنفس نیز با اثرات نسبتاً کوچک بر DO معرفی شد. در تحقیقی با استفاده از مدل QUAL2Kw، تغییرات فصلی خودپالایی رودخانه کارون و تغییرات غلظت DO، نیترات و کلیفرم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که غلظت نیترات در فصل زمستان به‌دلیل استفاده از کودهای نیتراته برای رشد گیاهان و ورود پساب این آلاینده به رودخانه، بیشتر از سایر فصل‌ها است (Nezad et al., 2018). طی مطالعه‌های Iqbal et al., (2018) کیفیت چهار رودخانه در چهار منطقه اقلیمی مختلف (گرمسیری، معتدل، سرد و خشک) را در آسیا با استفاده از مدل عددی QUAL2Kw بررسی کردند. براساس نتایج مدل‌سازی و شاخص کیفیت آب، نتایج نشان داد که رودخانه Yamuna در هند (اقلیم خشک) دارای کیفیت آب ضعیفی است، در حالی‌که رودخانه‌های Bagmati در نپال (اقلیم گرم) و Galing در مالزی (اقلیم معتدل) دارای کیفیت متوسط هستند و با حرکت به سمت پایین دست، میزان DO آن‌ها کاهش می‌یابد. از سوی دیگر،

میزان DO در رودخانه Nacdong واقع در کره جنوبی (اقلیم سرد)، به‌دلیل نرخ بالای هوادهی، با حرکت به پایین دست افزایش می‌یابد و دارای کیفیت مناسب است. در تحقیق دیگری، با شناسایی منابع آلاینده رودخانه زرینه‌رود، از سناریوهای مختلف کنترل آلودگی‌های این رودخانه برای دستیابی به استانداردهای کیفیت آب برای حفظ زندگی ماهیان مورد مطالعه قرار گرفت. به‌منظور انجام این کار، مدل کیفی QUAL2Kw برای داده‌های سال ۱۳۹۵ اجرا و صحت‌سنجی شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که آلودگی به مواد مغذی باعث شده تا در برخی از فصول سال و بازه‌های زمانی، شرایط کیفیت آب برای حیات ماهیان مناسب نباشد (Biglari et al., 2019). Bui et al., (2019) برای مدل‌سازی کیفیت آب رودخانه Cao در ویتنام، از مدل QUAL2Kw استفاده کردند. به‌دلیل نقص اطلاعات در دسترس، خروجی‌های مدل هیدرولوژیکی SWAT برای برخی از ورودی‌های مدل فوق استفاده شد. پارامترهای DO، BOD، COD، نیترات کل (TN) و فسفر کل (TP) در این مطالعه شبیه‌سازی شدند و طی دو دوره در سال ۲۰۱۴ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که مدل‌سازی با مشاهدات، هم‌خوانی خوبی دارد.

در تحقیقی برای مدل‌سازی کیفی رودخانه Skudai در مالزی از مدل عددی QUAL2Kw استفاده شد. شبیه‌سازی‌ها تحت سه سناریوی تخلیه آلاینده به این رودخانه صورت گرفت. نتایج نشان دادند که کیفیت آب رودخانه در بیشتر ایستگاه‌ها، براساس شاخص کیفیت آب، در گروه سه (نسبتاً آلوده و آلوده) قرار دارد. این ایستگاه‌ها توسط مناطق مسکونی، صنایع، کارگاه‌ها و رستوران‌ها احاطه شده‌اند و همین موضوع منجر به کاهش کیفیت آب رودخانه گشته‌اند (Kamal et al., 2020). تحقیقی توسط Babamiri et al., (2021) با استفاده از مدل QUAL2Kw انجام شد تا وضعیت کیفی رودخانه عباس‌آباد و ظرفیت خودپالایی آن ارزیابی شود. در این مطالعه، شش پارامتر COD، BOD، DO، PO_4، NO_3 و NH_4 با استفاده از مدل مذکور شبیه‌سازی شده و سپس نتایج آن با مشاهدات میدانی مقایسه شدند. نتایج آنالیزهای حساسیت‌سنجی نشان داد که نرخ اکسیداسیون، نرخ نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون به‌عنوان پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب شناسایی شدند. همچنین، آبدهی رودخانه بیشترین تأثیر را بر قدرت خودپالایی رودخانه دارد. در پژوهشی به‌منظور بررسی کیفیت آب رودخانه هراز و شناسایی تأثیر منابع آلاینده بر روی کیفیت آب رودخانه مذکور از مدل شبیه‌ساز QUAL2Kw استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش تخلیه آلاینده‌های کارگاه‌ها و کارخانجات اطراف به رودخانه مذکور، میزان BOD افزایش یافته است و رودخانه از کیفیت نامطلوبی برخوردار می‌باشد (Farkhani, 2018; Abdeveis et al., 2020). مطالعه‌های زیادی با استفاده از مدل عددی QUAL2Kw به‌منظور شبیه‌سازی پارامترهای کیفی رودخانه‌ها انجام شده است و نتایج نشان می‌دهد مدل مذکور در شبیه‌سازی، دارای دقت مطلوبی می‌باشد (Pashazade Laleh et al., 2021; Babamiri and Dinpashoh, 2023; Noorali et al., 2026).

هدف از این تحقیق، ارزیابی تغییرات زمانی-مکانی مشخصه‌های کیفی رودخانه تند سرشاخه الوند می‌باشد. در این خصوص با استفاده از اطلاعات هیدرومتری و هیدرولیکی و داده‌های کیفی اندازه‌گیری شده رودخانه، وضعیت کیفیت آب رودخانه با استفاده از مدل عددی QUAL2Kw شبیه‌سازی شد. در این مطالعه تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای DO، BOD، NO_3، هدایت الکتریکی (EC)، دما (T) و اسیدیته (pH) مورد بررسی قرار گرفتند.

روش کار

منطقه مورد مطالعه

رودخانه عباس‌آباد با ارتفاع ۳۳۱۲ متر از ارتفاعات الوند سرچشمه می‌گیرد و در ۱۲ کیلومتری جنوب‌غربی شهر همدان واقع شده، و به سمت شمال جریان دارد. حوضه آبریز این رودخانه ۱۸ کیلومتر طول و تقریباً ۴۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. موقعیت جغرافیایی این حوضه بین عرض جغرافیایی ´۴۶ °۳۴ تا ´۴۸ °۳۴ و طول جغرافیایی ´۴۸ °۲۷ تا ´۲۹ °۴۸ قرار دارد. ارتفاع متوسط حوضه از سطح دریا حدود ۲۶۰۰ متر است و میانگین دما و بارش سالانه به‌ترتیب ۱۱/۳ درجه سانتی‌گراد و ۳۱۷/۷ میلی‌متر می‌باشد (Noorali et al., 2024). در شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

در این تحقیق مقادیر DO، BOD، NO_3، EC، T، pH و آبدهی جریان در فصل‌های بهار و تابستان ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به‌منظور ارزیابی تغییرات زمانی مقادیر داده‌های کیفی آب رودخانه در نظر گرفته شد. ضمناً شش ایستگاه نمونه‌برداری (پایش) در طول رودخانه عباس‌آباد، در نظر گرفته شد که در شکل (۲) و جداول (۱) و (۲) ویژگی‌ها و موقعیت‌های آن‌ها آورده شده‌اند. منابع آلودگی در منطقه مورد بررسی شامل پساب‌های رستوران‌ها و ویلاهایی است که در کنار رودخانه عباس‌آباد قرار دارند و فاضلاب خود را به درون رودخانه می‌ریزند. (Babamiri et al., 2026) همچنین زه‌آب‌های کشاورزی حاوی مقادیر بالایی از عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر، باقی‌مانده سموم و آفت‌کش‌ها، و گاهی اوقات عوامل بیماری‌زا هستند. منابع اصلی آلودگی در منطقه مورد بررسی، پساب‌های کشاورزی اطراف رودخانه عباس‌آباد هستند که به درون رودخانه رها می‌شوند. در این رابطه دو منبع آلاینده نقطه‌ای ناشی از فاضلاب مسکونی و شش منبع آلودگی ناشی از زه‌آب‌های بخش کشاورزی در مدل‌سازی (QUAL2Kw) مربوطه در نظر گرفته شد.

ایستگاه پایش اول در بالادست رودخانه واقع شده و بیشتر تحت تأثیر شرایط طبیعی است و می‌توان گفت که فعالیت‌های کشاورزی و ورود فاضلاب در این محدوده وجود ندارد. ایستگاه‌های پایش دو و سه در معرض فاضلاب رستوران‌ها و تا حدی فعالیت‌های کشاورزی و ایستگاه‌های پایش چهار، پنج و شش تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی می‌باشند.

DOI: 10.22055/jise.2024.47846.2134

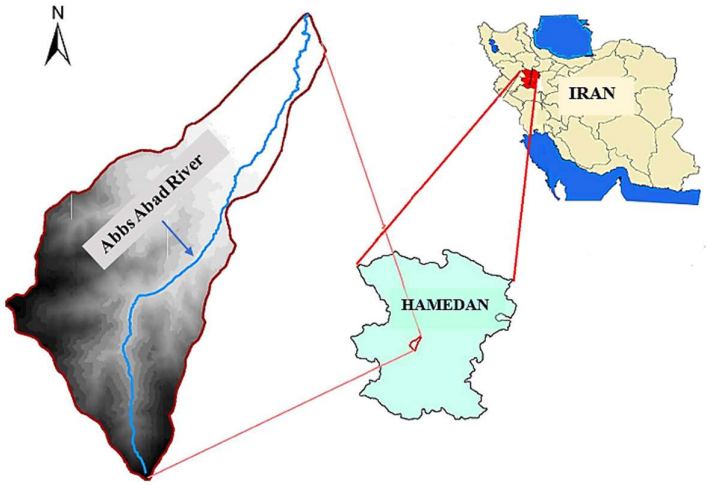


Fig. 1- Location of the Abbas-Abad River basin
شکل ۱- موقعیت حوضه آبریز رودخانه عباس‌آباد

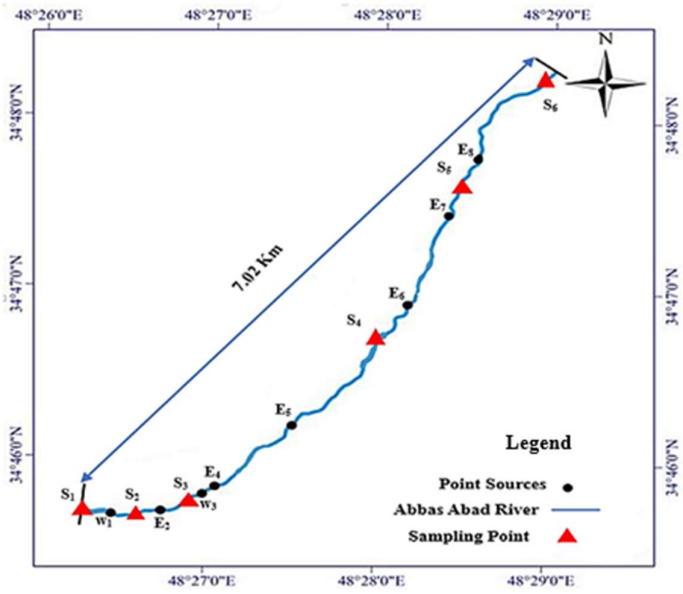


Fig. 2- Location of point source pollutants and sampling stations
شکل ۲- موقعیت منابع آلاینده نقطه‌ای و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

جدول ۱- میانگین داده‌های کیفی منابع آلوده‌کننده ورودی به رودخانه کوهستانی عباس‌آباد

Table 1- The average qualitative data of the pollutant sources entering the Abbas-Abad River

	Point sources	Distance* (Km)	Q (L/s)	BOD (mg/L)	DO (mg/L)	NO_3 (µg/L)	EC (µs/cm)
Agricultural effluents	E_2	5.60	125	9.25	4.13	1240	98.30
	E_4	4.38	150	29.43	3.85	2422	235.75
	E_5	3.55	6	10.35	5.12	1420	124.55
	E_6	2.50	403	25.75	3.52	4420	442.70
	E_7	1.86	255	23.78	3.21	4224	523.60
	E_8	0.2	152	22.86	3.10	5843	549.25
Wastewater of restaurants	W_1	6.08	10	10	4.98	1490	110.25
	W_3	5.20	250	55	2.97	3977	324.22

*Distance from upstream of the river

جدول ۲- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

Table 2- Geographical location of sampling stations

Monitoring Stations	Distance* (Km)	Geographic Coordinates	
		Latitude	Longitude
S_1	7.03	34°46’00”	48°26’00”
S_2	6.14	34°46’02”	48°26’20”
S_3	5.25	34°46’09”	48°26’53”
S_4	4.23	34°46’15”	48°27’12”
S_5	1.86	34°47’57”	48°28’00”
S_6	0.0	34°47’46”	48°28’34”

*Distance from upstream of the river

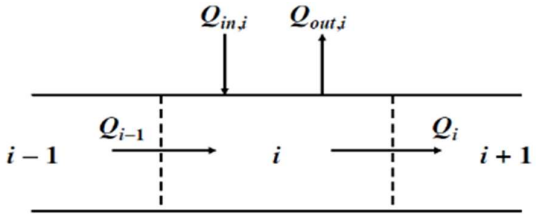


Fig. 3- Current balance in the element

شکل ۳- نمایش مؤلفه‌های بیلان جرم

مدل عددی QUAL2Kw

مدل QUAL-II، که توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا تهیه شده، در حقیقت نسخه‌ای پیشرفته‌ای از مدل QUAL-I است که پیشتر توسط سازمان توسعه آب تگزاس ارائه شده بود. مدل QUAL2Kw، که آخرین ویرایش در سری مدل‌های QUAL به‌شمار می‌رود، امروزه به‌عنوان یکی از بهترین ابزارها برای مدل‌سازی پارامترهای کیفیت آب در رودخانه‌ها شناخته می‌شود. این مدل قادر است معادله‌های مرتبط به رودخانه‌ها را در شرایط متفاوت، دائمی و غیردائمی، به‌طور دقیق حل کند و پارامترهای متنوعی نظیر اکسیژن محلول، دما، اسیدیته، فسفر، نیتروژن و جلبک‌ها را در شبکه‌های رودخانه‌ای شبیه‌سازی نماید. علاوه‌براین، مدل می‌تواند رودخانه‌ها را به بازه‌های مختلف تقسیم کرده و منابع آلودگی نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای را در هر بازه به خوبی مدیریت کند. در این مدل، برای هر بخش، تعادل هیدرولیکی بر مبنای جریان، تعادل حرارتی بر مبنای دما و تعادل جرم بر مبنای غلظت مواد، اعمال می‌شود (Chapra et al., 2003).

موازنه جریان

موازنه جرم، پارامترها و مؤلفه‌های کیفی مدل در رابطه (۲) آورده شده است:

$$\frac{dc_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_i}c_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i}c_i - \frac{Q_{out,,i}}{V_i}c_i + \frac{E'_{i-1}}{V_i}(c_{i-1} - c_i) + \frac{E'_i}{V_i}(c_{i+1} - c_i) + \frac{W_i}{V_i} + S_i \qquad (۲)$$

که در آن W_i بارگذاری خارجی پارامتر کیفی وارد بر المان i، C_i غلظت پارامتر کیفی در المان i، Q_i میزان جریان خروجی از المان i به المان i+1، Q_{i-1} میزان جریان خروجی از المان i-1، $Q_{out,i}$ کل جریان خروجی از المان i به‌صورت نقطه‌ای و

موازنه جریان

برای هر بازه زمانی و المان مشخص، موازنه جریان رودخانه در حالت جریان پایدار مطابق با رابطه (۱) است (Chapra et al., 2003).

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{out,i} \qquad (۱)$$

که Q_i میزان جریان خروجی از بازه i، Q_{i-1} میزان جریان خروجی از بازه i-1، $Q_{in,i}$ جریان ورودی از تمامی منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای به بازه i، $Q_{out,i}$ جریان خروجی از تمامی منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای از بازه i می‌باشد (شکل ۳).

غیرنقطه‌ای، V_i حجم المان i، E_i ضریب پخش حجمی بین المان i و i+1 و S_i شیب کف در المان i می‌باشد (Chapra et al., 2003).

داده‌های مورد نیاز مدل‌سازی

به‌منظور اجرای مدل، هفت کیلومتر از طول رودخانه، با توجه به شرایط هیدرولیکی منطقه، جنس بستر و ضریب زبری آن، به ۱۲ بازه با طول‌های مختلف تقسیم شد (شکل ۴). در هر بازه مشخصات هندسی از قبیل شیب دیواره‌ها، شیب طولی رودخانه، رقوم ارتفاعی کف، عرض کف و غیره در محیط نرم‌افزار AutoCAD 2018 ترسیم و وارد مدل شد (Chapra et al., 2008; Noorali et

DOI: 10.22055/jise.2024.47846.2134

al., 2024). بازه‌های رودخانه، محل ورود منابع آلاینده‌ی نقطه‌ای و محل برداشت آب از رودخانه در شکل (۴) نشان داده شده‌اند. داده‌های هیدرولیکی مورد نیاز شامل دبی، سرعت و عمق جریان بوده و با توجه به ذوزنقه‌ای بودن مسیر رودخانه، براساس معادله مانینگ، عمق و سرعت جریان محاسبه گردید. با توجه به جنس بستر رودخانه و دیواره‌های آن، ضریب مانینگ ۰/۰۳ در نظر گرفته شد. پارامترهای هواشناسی مورد نیاز برای شبیه‌سازی شامل دمای هوا، دمای نقطه شبنم، سرعت باد، پوشش ابر و سطح سایه‌انداز بوده که مقادیر متوسط بلندمدت آن در جدول (۳) آورده شده است. لازم به ذکر است، داده‌های هواشناسی مذکور از اداره کل هواشناسی استان همدان دریافت شدند.

کالیبراسیون مدل

پس از اجرای مدل با داده‌های مربوط به فصل بهار سال ۱۴۰۰، کالیبراسیون آن برای این فصل صورت گرفت. در نسخه مدرن QUAL2Kw، کالیبراسیون مدل از طریق اتوکالیبراسیون (به‌صورت اتوماتیک یا خودکار) و با بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک انجام می‌شود که قادر است تطابق نتایج مدل را با داده‌های اندازه‌گیری شده به بهینه‌ترین حالت برساند. اتوکالیبراسیون برای یک جمعیت ۱۰۰ نفره و با ۸۵ تکرار الگوریتم ژنتیک اجرا شد. محدوده مجاز تغییرات بیشینه و کمینه پارامترها در کالیبراسیون مدل کیفیت آب رودخانه، مقادیر پیش‌فرض مدل در نظر گرفته شد.

ارزیابی دقت مدل

به‌منظور ارزیابی دقت نتایج مدل‌سازی عددی و تعیین میزان خطای آن، از شاخص‌های میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE)، حداقل میانگین مربعات خطا (MSE)، میانگین خطای مطلق (MAE) و خطای استاندارد (SE) استفاده شده است (رابطه‌های ۳، ۴، ۵ و ۶). هر چه مقادیر شاخص‌های مذکور به صفر نزدیک‌تر باشند، دقت مدل در شبیه‌سازی شرایط واقعی بیشتر است (Kannel et al., 2007; Rafiee et al., 2014).

$$RMSE = \sqrt{\frac{(Y_m - \bar{Y}_p)^2}{n}} \quad (۳)$$

$$MSE = \sum_{i=1}^{n} \frac{(Y_p - Y_m)^2}{n} \quad (۴)$$

$$MAE = \sum_{i=1}^{n} \frac{|Y_m - Y_p|}{n} \quad (۵)$$

$$SE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(Y_m - Y_p)^2}}{\bar{Y}_m} \quad (۶)$$

که Y_m مقدار مشاهداتی، $\bar{Y}_m$ میانگین مقدار مشاهداتی، Y_p مقدار پیش‌بینی شده، $\bar{Y}_P$ میانگین مقدار پیش‌بینی شده، می‌باشند.

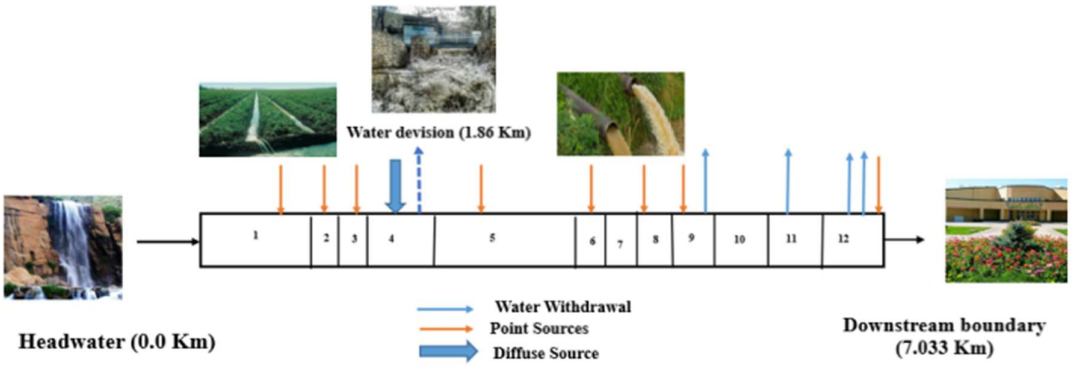


Fig. 4- The considered reaches of the Abbas-Abad River for QUAL2Kw modeling
شکل ٤- بازه‌بندی رودخانه عباس‌آباد برای شبیه‌سازی توسط مدل QUAL2Kw

جدول ۳- میانگین پارامترهای هواشناسی ایستگاه عباس‌آباد
Table 3- Average meteorological parameters of the Abbas-Abad station

Air temperature (°C)	Dew point temperature (°C)	Wind speed (m/s)	Cloud cover (%)	Shader surface (%)
13.3	4.30	3.10	30	70

نتایج و بحث

نتایج کالیبراسیون مدل

نتایج مقادیر به‌دست آمده برای پارامترهای کالیبره شده در جدول (۴) و همچنین نتایج شاخص خطاهای RMSE، MSE، MAE و SE برای پارامترهای مختلف در جدول (۵) نشان داده شده‌اند. به‌طور کلی شاخص خطاهای محاسبه شده برای پارامترهای BOD، DO، NO_3، EC، pH و T نشان‌دهنده نتایج قابل قبولی برای کالیبراسیون مدل می‌باشند. بهترین مقادیر RMSE، MSE، MAE و SE، به‌ترتیب مربوط به پارامتر pH، با مقادیر ۰/۰۶۳، ۰/۰۰۴، ۰/۰۳۲ و ۰/۰۰۸ می‌باشند.

شکل (۵) روند تغییرات مقادیر DO و BOD را در طول رودخانه در فصل بهار نشان می‌دهد. چنانچه مشاهده می‌گردد، مقدار BOD در بالادست رودخانه به‌دلیل پایین بودن مقدار آلاینده‌ها، اندک بوده و با پیشروی رودخانه و ورود آلاینده‌های بیشتر، مقدار آن روندی افزایشی می‌یابد. همچنین به تبع آن مقدار DO در بالادست رودخانه به‌دلیل فقدان یا پایین بودن آلاینده‌های ورودی، زیاد می‌باشد و با پیشروی جریان و افزایش نرخ آلاینده‌های ورودی به رودخانه، دارای روندی کاهشی می‌گردد.

براساس ساختار مدل QUAL2Kw کیلومتراژ جریان رودخانه از مبدا (بالادست) به سمت انتهای جریان (پایین‌دست) در نظر گرفته شد. بدین‌سان که کیلومتراژ مبدا جریان، معادل هفت و کیلومتراژ نقطه پایانی بازه مورد بررسی، صفر در نظر گرفته شد. بنابراین، با حرکت به سمت پایین‌دست رودخانه، تا پیش از کیلومتراژ ششم جریان، تغییرات DO نشان‌دهنده کیفیت مطلوب آب رودخانه می‌باشد و از این نقطه به بعد، افت محسوسی در مقدار DO آب پدیدار می‌شود که این امر به‌دلیل ورود پساب‌های کشاورزی و فاضلاب رستوران‌های حاشیه رودخانه می‌باشد. همچنین وضعیت کیفی رودخانه بر اساس مقدار BOD تا قبل از کیلومتراژ پنج مطلوب بوده و از این نقطه به بعد تا انتهای رودخانه مقدار BOD افزایش یافته است. با توجه به مقادیر DO و BOD، می‌توان دریافت که در حدود ۱/۵ کیلومتر انتهایی مسیر کیفیت آب رودخانه تحت شرایط بهره‌برداری نامطلوب قرار داشته که می‌بایست با اعمال تدابیر مدیریتی شاخص‌های کیفی آن ارتقا یابد. نتایج به‌دست آمده از روند تغییرات BOD و DO در طول رودخانه در فصل بهار با نتایج تحقیقات Farkhani, (2021) و Venae et al., (2018) مطابقت دارد. همچنین شکل (۵) نتایج حاصل از مدل‌سازی برای تغییرات pH و دمای آب را در طول رودخانه عباس‌آباد نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد مقدار نوسانات pH در محدوده‌ی ۸-۷/۷۶ نشان‌دهنده وضعیت قلیایی رودخانه مذکور می‌باشد. با فاصله گرفتن از بالادست رودخانه، کاهش ارتفاع و افزایش دمای هوا، دمای آب رودخانه نیز افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج تحقیقات Emami Ghara et al., (2023) و Farkhani, (2021) مطابقت دارد.

همچنین این شکل روند تغییرات غلظت NO_3 و EC در طول رودخانه عباس‌آباد را نشان می‌دهد. تغییرات غلظت NO_3 مانند BOD بوده و از کیلومتراژ ششم تا انتهای بازه رودخانه (کیلومتراژ صفر) به دلیل ورود زه‌آب‌های کشاورزی، دارای روندی افزایشی می‌باشد. نتایج روند تغییرات NO_3 در طول رودخانه در فصل بهار با نتایج Zallaghi و Afrous (2019) مطابقت دارد. براساس نتایج مدل‌سازی، با حرکت به سمت پایین‌دست رودخانه مقدار پارامتر EC نیز افزایش یافته، که نشان می‌دهد در طول رودخانه با افزایش دبی در فصل بهار میزان جامدات محلول و معلق در طول رودخانه ته‌نشین نشده‌اند و بیشتر به صورت معلق در آب می‌باشند. نتایج روند تغییرات پارامتر EC طی فصل بهار در طول رودخانه با نتایج تحقیق Rafiee و Azari (2020) مطابقت دارد، اما با نتایج تحقیق Emami Ghara et al., (2023) مغایرت دارد.

جدول ٤- پارامترهای کالیبره شده در مدل‌سازی کیفی رودخانه عباس‌آباد

Table 4- Parameters calibrated for qualitative modeling of the Abbas-Abad River

Parameters		Value	Unit	Limits	
				Mini	Max
Fast BOD	Oxidation rate	0	1/day	0	5
Ammonium	Nitrification	0	1/day	0	10
	Denitrification	0.316	m/d	0	2

جدول ۵- نتایج کالیبراسیون پارامترهای مدل

Table 5- Calibration results of the model parameters of spring

	Water Temperature (°C)	pH	EC (µs/cm)	NO_3 (µg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
RMSE	0.99	0.063	8.05	91.79	0.84	0.61
MSE	0.87	0.004	64.90	8425.68	0.70	0.38
MAE	0.72	0.032	6.11	73.41	0.63	0.48
SE	0.07	0.008	0.07	0.06	0.11	0.06

DOI: 10.22055/jise.2024.47846.2134

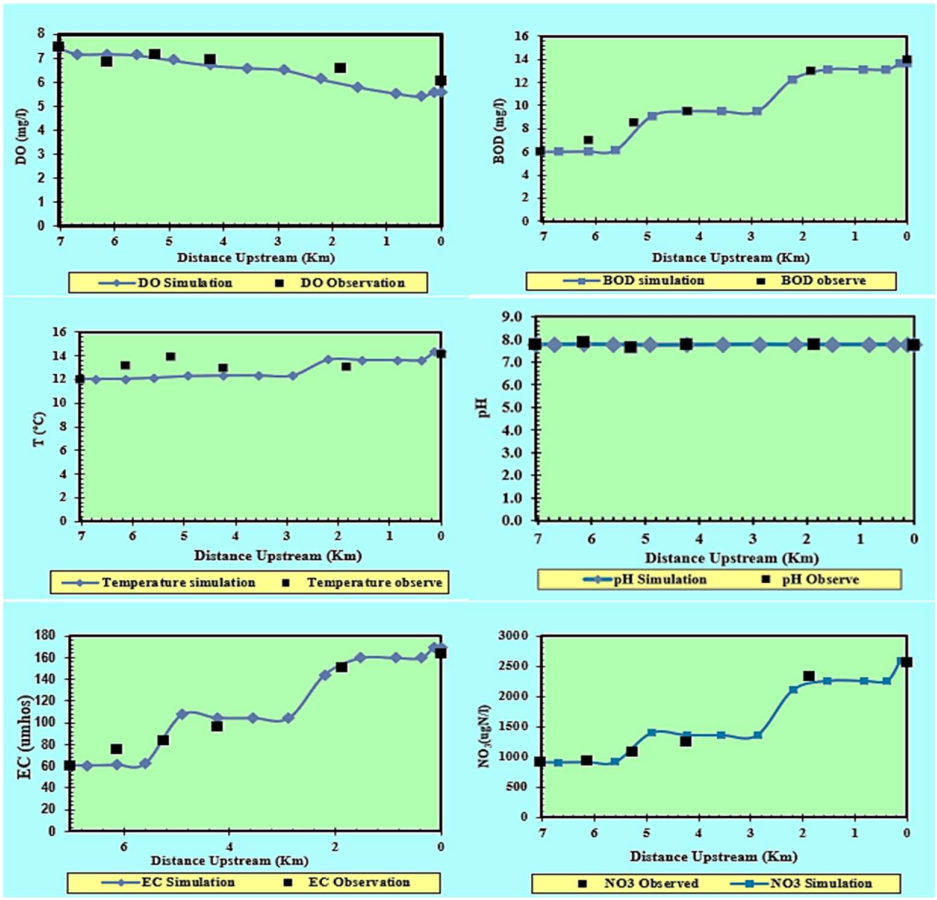


Fig. 5- Variations in the river water quality parameters during spring period
شکل ۵- روند تغییرات پارامترهای کیفی در طول رودخانه عباس‌آباد در فصل بهار

صحت‌سنجی مدل

به‌منظور صحت‌سنجی نتایج مدل، تمامی پارامترهای کالیبره شده ثابت نگه داشته شده و مدل برای داده‌های فصل تابستان اجرا گردید. نتایج شاخص خطاهای RMSE، MSE، MAE و SE برای پارامترهای مختلف در جدول (۶) نشان از نتایج قابل قبولی برای صحت‌سنجی مدل می‌باشد. بهترین مقادیر برای RMSE، MSE، MAE و SE مربوط به پارامتر DO به‌ترتیب، با مقادیر ۰/۲۶، ۰/۰۶، ۰/۲۲ و ۰/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. همچنین نتایج صحت‌سنجی مدل برای پارامترهای مختلف این فصل در شکل (۶) نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می‌گردد مدل به‌خوبی روند تغییرات زمانی-مکانی را نشان داده است.

همان‌طور که در شکل (۶) مشاهده می‌گردد تغییرات DO و BOD در فصل تابستان تقریباً تا کیلومتراژ سوم نشانگر کیفیت مناسب آب رودخانه می‌باشد، یعنی می‌توان گفت در این بازه مقدار آلودگی ورودی به رودخانه بسیار کم و در حد ناچیز است. اما از کیلومتراژ سوم تا انتهای بازه رودخانه (کیلومتراژ صفر) به‌دلیل ورود پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌ها مقدار BOD افزایش یافته و به تبع آن مقدار DO کاهش یافته است. نتایج تغییرات DO و BOD در فصل تابستان در طول رودخانه با نتایج تحقیقات Noorali et al., (2024) و Farkhani, (2021) مطابقت دارد.

همچنین در شکل (۶)، تغییرات pH و دمای آب را در طول رودخانه نشان می‌دهد، که مقادیر اندازه‌گیری شده به مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل بسیار نزدیک بوده که ناشی از صحت و درستی برآورد مدل برای داده‌های مربوط به فصل تابستان می‌باشد. نتایج صحت‌سنجی روند تغییرات pH و دمای آب در طول رودخانه با نتایج تحقیقات Rafiee و Azari (2020) و Farkhani, (2021) مطابقت دارد.

اگرچه در فصل تابستان میزان غلظت EC تقریباً دو برابر فصل بهار (۱۰۰ الی ۳۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) می‌باشد اما هم‌چنان تغییرات آن در طول رودخانه دارای روندی افزایشی است. با کاهش دبی در این فصل، مقدار جامدات محلول و معلق در آب رودخانه تسبت به فصل بهار بیشتر ته‌نشین شده‌اند و همین عامل مسبب افزایش میزان غلظت EC در طول رودخانه می‌گردد. نتایج صحت‌سنجی روند تغییرات غلظت EC در طول رودخانه با نتایج Rafiee و Azari (2020) مطابقت دارد، اما با نتایج تحقیق Farkhani, (2021) مغایرت دارد. مقدار تغییرات NO_3 نیز در

فصل تابستان بیشتر از فصل بهار می‌باشد. چنانچه در شکل (۶) مشاهده می‌گردد که تغییرات NO_3 در طول رودخانه دارای روندی افزایشی بوده و حتی مقدار ماکزیمم آن در طول رودخانه عباس‌آباد (برای آب‌های سطحی از جمله رودخانه‌ها با توجه به مقدار استاندارد آن ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) خطرناک نبوده است. می‌توان گفت دلیل افزایش مقدار NO_3 در طول رودخانه، افزایش فعالیت‌های کشاورزی، مصرف کودهای ازته و همچنین افزایش میزان تبخیر در فصل تابستان نسبت به بهار می‌باشد که این نتایج با نتایج تحقیق Babamiri et al., (2020) مغایرت دارد.

بنابراین، به‌عنوان یک ایده کلی از شرایط طبیعی، زیستی، اقتصادی و مدیریتی حوضه آبریز رودخانه و مناطق همجوار جریان اصلی آن، با توجه به دستاوردهای این تحقیق قابل ذکر است که مناطق کشاورزی و زیستی موجود در منطقه تأثیر به‌سزایی در آلوده نمودن منطقه عباس‌آباد همدان داشته‌اند به‌گونه‌ای که این رودخانه علی‌رغم واقع شدن در منطقه‌ای کوهستانی، خوش آب و هوا و ییلاقی، متاسفانه به‌دلیل مدیریت نامطلوب ناشی از شرایط اقتصادی منطقه که تمایل به تغییر کاربری بیشتر و گسترش پیش از پیش تفریح‌گاه‌ها و مناطق توریستی می‌باشد وضعیت زیست‌محیطی آن را به لبه‌ی بحرانی نیل داده است. لذا به‌منظور پرهیز از وجود چنین شرایطی ایجاد یک مدیریت جامع مشتمل بر بخش کشاورزی و جلوگیری از توسعه امکانات توریستی و تفریحی منطقه، باید به گونه‌ای باشد که از ورود بیشتر آلاینده‌ها به رودخانه جلوگیری به‌عمل آمده و یک تعادل پایدار از نظر حجم آلاینده‌های ورودی به وجود آید و خودپالایی طبیعی رودخانه از گسترش نرخ آلاینده‌ها جلوگیری نماید.

جدول ٦- نتایج صحت‌سنجی پارامترهای مدل

Table 6- Validation of the model parameters of summer period

	BOD (mg/L)	DO (mg/L)	NO_3 (µg/L)	EC (µs/cm)	pH	Water Temperature (°C)
RMSE	1.09	0.26	120.91	14.50	0.30	1
MSE	1.20	0.06	14620.78	210.25	0.09	1
MAE	0.90	0.22	79.22	12.95	0.24	0.96
SE	0.08	0.03	0.06	0.08	0.04	0.06

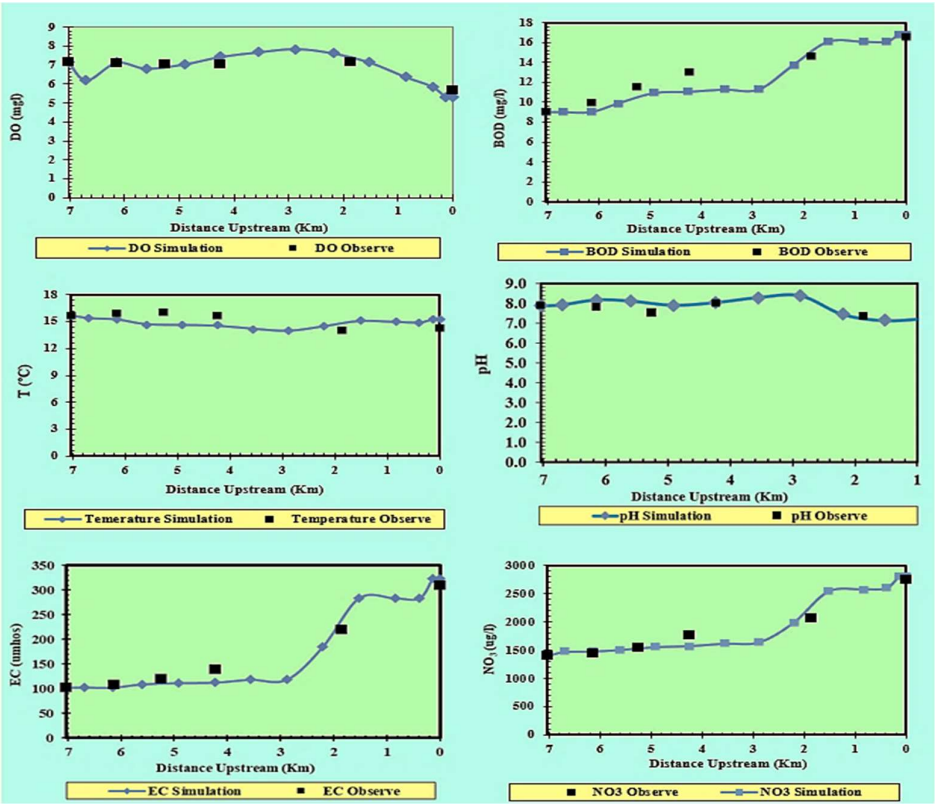


Fig. 6- Variations in the Abbas-Abad River quality parameters during summer season

شکل ٦- روند تغییرات پارامترهای کیفی در طول رودخانه عباس‌آباد در فصل تابستان

 DOI: 10.22055/jise.2024.47846.2134

نتیجه‌گیری

به‌منظور تحقق اهداف تحقیق تغییرات کیفی زمانی-مکانی رودخانه عباس‌آباد و داده‌های هواشناسی ایستگاه عباس‌آباد و داده‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی شش ایستگاه هیدرومتری (سال ۱۴۰۰) مورد استفاده و آنالیز قرار گرفتند. با استفاده از مدل QUAL2Kw آلاینده‌های مختلف ورودی به رودخانه بررسی گردیدند. نتایج کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل، نشان از توانمند بودن و دقت مدل QUAL2Kw در بررسی وضعیت و تغییرات کیفی زمانی-مکانی رودخانه می‌باشد. براساس یافته‌های این تحقیق، بالا بودن pH، نشان‌دهنده شرایط قلیایی آب رودخانه می‌باشد. همچنین میزان آلودگی ورودی به رودخانه در فصل تابستان به‌دلیل تخلیه پساب‌های کشاورزی و فاضلاب رستوران‌ها بیشتر از فصل بهار است. افزایش میزان DO در فصل‌های بهار و تابستان در پایین‌دست رودخانه نشان‌دهنده وضعیت نامناسب رودخانه می‌باشد. بدان معنی که در پایین‌دست رودخانه مقدار آلودگی ورودی به آن افزایش یافته و ضریب خودپالایی رودخانه کاهش می‌یابد. اگرچه غلظت NO_3 در دو فصل بهار و تابستان در طول رودخانه روندی افزایشی داشته، اما ماکزیمم غلظت NO_3 در پایین‌دست رودخانه نسبت به مقدار استاندارد ورودی به آب‌های سطحی از جمله رودخانه‌ها (۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) مقدار قابل توجهی نمی‌باشد و با افزایش آن دارای وضعیت نگران‌کننده‌ای نخواهد بود. بنابراین بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، پیشنهاد می‌گردد اقدامات مدیریتی بیشتری به‌منظور کنترل منابع آلاینده ورودی به رودخانه صورت گیرد تا کیفیت آب آن در حد مطلوب و استاندارد محیط‌زیست کشور حفظ گردد.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

منابع مالی

حمایت های مالی این تحقیق از محل اعتبار پژوهشی صورت گرفته است. بدینوسیله از حمایت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا تقدیر می‌شود.

دسترسی به داده‌ها

مجموعه داده‌های تولید شده و یا تحلیل شده در طول مطالعه حاضر، در صورت درخواست معقول، از نویسنده مسئول در دسترس هستند.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: عاطفه نورعلیئی، جمع‌آوری و آنالیز داده‌ها، انجام مواد و روش‌ها، نگارش اولیه مقاله، اجرای نرم‌افزار، بررسی نتایج و نگارش نهایی مقاله.

نویسنده دوم: صفری معروفی، بررسی اولیه مقاله، بررسی نتایج و بررسی نگارش نهایی مقاله.

نویسنده سوم: امید بابامیری، جمع‌آوری و آنالیز داده‌ها ، اجرای نرم‌افزار، بررسی نتایج.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از مسئولان و کارکنان شرکت آب منطقه‌ای و اداره کل هواشناسی استان همدان، برای ارائه برخی از اطلاعات ضروری و حمایت معنوی از این تحقیق تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

1- 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*, pp.892-903. Doi:10.1134/S0097807820050188.

2- Babamiri, O. and Dinpashoh, Y., 2023. Uncertainty Analysis of River Water Quality Based on Stochastic Optimization of Waste Load Allocation Using the Generalized Likelihood Uncertainty Estimation Method. *Water Resources Management*, pp.1-23. Doi:10.1007/s11269-023-03704-9.

3- Babamiri, O., Marofi, S., and Azari, A., 2020. An investigation into self-purification and modeling of changes in nitrogen and phosphor along Dez River (The distance between Dez Dam and Band-Ghir Bridge). *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(3), 301-315. Doi: 10.22034/jest.2020.31130.3948.

4- Babamiri, O., Vanaei, A., Guo, X., Wu, P., Richter, A. and Ng, K.T., 2021. Numerical Simulation of Water Quality and Self-Purification in a Mountainous River Using QUAL2KW. *Journal of Environmental Informatics, 37(1).* Doi: 10.3808/jei.202000435.

5- Babamiri, O., Noorali, A. and Marofi, S., 2026. Optimized Modeling of Pollution Load Allocation in a Mountainous River of Semiarid Basin Based on Bankruptcy Rules: A Case Study of the Abbas-Abad River, Iran. *Journal of Water Resources Planning and Management*, *152*(5), p.05026006.

6- Biglari, M.R., Sima, S. and Saadat pour, M., 2019. Modeling and management of the river water quality for aquatic life using a source control approach (case study: The Zarrineh River). *Iran-Water Resources Research*, *14*(5), pp.57-70. (In Persian).

7- Bui, H.H., Ha, N.H., Nguyen, T.N.D., Nguyen, A.T., Pham, T.T.H., Kandasamy, J. and Nguyen, T.V., 2019. Integration of SWAT and QUAL2K for water quality modeling in a data scarce basin of Cau River basin in Vietnam. *Ecohydrology & Hydrobiology*, *19*(2), pp.210-223. Doi: 10.1016/j.ecohyd.2019.03.005.

8- Chen, Q.S., Xie, X.H., Du, Q.Y. and Liu, Y., 2018. October. Parameters sensitivity analysis of DO in water quality model of QUAL2K. In *IOP Conference series: earth and environmental science* (Vol. 191, No. 1, p. 012030). IOP Publishing. Doi:10.1088/1755-1315/191/1/012030.

9- Chapra, S. C., Pelletier, G. J. and Tao, H., 2008. *QUAL2K: A modeling framework for simulating river and stream water quality, version 2.11: Documentation and user's manual.* Civil and Environmental Engineering Department, Tufts University, Medford, MA, 109.

10- Chapra, S.C., Pelletier, G.J. and Tao, H., 2003. *QUAL2K*: *A modeling framework for simulating river and stream water quality: Documentation and user's manual*. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA, 25, p.121.

11- Emami Ghara, F., Fazloula, R., and Khoshravesh, M., 2023. Investigating trends of qualitative changes of Neka River using the QUAL2Kw in the downstream of Gelevard Dam. *Irrigation and Water Engineering*, 14(1), 266-283. Doi: 10.22125/iwe.2023.369028.1686.

12- Farkhani, Sh., 2021. Investigating the Quality Status of Haraz River Using Numerical Modeling. *Iran-Water Resources Research*, *17*(1), pp.262-276. (In Persian).

13- Farkhani, Sh., 2018. Qualitative modeling of Haraz River using QUAL2K model. In: *Proc. of Conference on Civil engineering, Architecture and Urbanism of the Islamic Countries, 16-17 May, Tabriz, Iran*. (In Persian).

14- Herbay, J.P., Smeers, Y. and Tyteca, D., 1983. Water quality management with time varying river flow and discharger control. *Water Resources Research, 19(6)*, pp.1481-1487. Doi:10.1029/WR019i006p01481.

15- Iqbal, M.M., Shoaib, M., Farid, H.U. and Lee, J.L., 2018. Assessment of water quality profile using numerical modeling approach in major climate classes of Asia. *International journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(10), p.2258. Doi:10.3390/ijerph15102258.

16- Kamal, N.A., Muhammad, N.S. and Abdullah, J., 2020. Scenario-based pollution discharge simulations and mapping using integrated QUAL2K-GIS. *Environmental Pollution*, *259*, p.113909. Doi: 10.1016/j.envpol.2020.113909.

17- Kannel, P.R., Lee, S., Kanel, S.R., Lee, Y.S. and Ahn, K.H., 2007. Application of QUAL2Kw for water quality modeling and dissolved oxygen control in the river Bagmati. *Environmental Monitoring and Assessment*, *125*, pp.201-217. Doi:10.1007/s10661-006-9255-0.

18- Nezad, S.M., Ebrahimi, K. and Kerachian, R., 2018. Investigation of seasonal self-purification variations of Karun River, Iran. *Amir Kabir J Civil Eng.*, *49*(4), pp.621-634. Doi:10.22060/ceej.2016.866.

19- Noorali, A., Babamiri, O. and Marofi, S., 2026. Uncertainty assessment of mountainous river water quality parameters using the generalized likelihood uncertainty estimation method. *Hydrological Sciences Journal*, 71(1), pp.152-165. https://doi.org/10.1080/02626667.2025.2589354

20- Noorali, A., Marofi, S. and Babamiri, O., 2024. The impact of implementing a water treatment plant on the quality and pollution levels of the Abbas-Abad mountainous River. *Journal of Water and Irrigation Management.* (In Persian). Doi: 10.22059/jwim.2024.369706.1127.

21- Pashazadeh Laleh, Z., Jafari, H. and Vaezihir, A., 2021. Qualititaive assessment of the Aji-Chay River (Tabriz plain) based on the specific use's quality indices. *Irrigation and Water Engineering*, *11*(4), pp.344-367. Doi:10.22125/IWE.2021.133769.

22- Rafiee, N., and Azari, A., 2020. Evaluating the Effects of Constructing Urban and Agricultural Wastewater Treatment Plants on Improvement of Quality and Contamination Trends of Dez River. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 50(98), 33-41. Doi: 10.22034/ceej.2020.11125.

23- Rafiee, M., Akhond-Ali, A.M., Moazed, H., Lyon, S.W., Jaafarzadeh, N. and Zahraie, B., 2014. A case study of water quality modeling of the Gargar River, Iran. *Journal of Hydraulic Structures*, *1*(2), pp.10-22. (In Persian). Doi: 10.22055/JHS.2014.10533.

24- Venae, A., Marofi, S. and Azari, A., 2018. Investigating the self-remediation of the mountainous area of the Abbas Abad River in Hamedan. *Journal of Environment, 43(4)*, 727–742. (In Persian).

25- Zallaghi, M., and Afrous, A., 2019. Qualitative simulation of nitrate and phosphate along the Dez River using QUAL2KW model. *Journal of Soil and Water Research*, 50(90), 2099-2111.