Vol. 9, No. 1, Spring and Summer 2023, pp. 207 - 226 ISSN (Print): 2538-449X ISSN(Online): 2981-1619

Research Article
OPEN ACCESS
Kharazmi Journal of Earth Sciences
Journal homepage https://gnf.khu.ac.ir

Determining the water quality of the Tajan River (Sari City) to select the release station for economic fish juveniles of the Caspian Sea (2022)

Hassan Nasrollahzadeh Saravi[1,*], Nima Pourang[2], Reza Safari[3], Mohammad Ali Afraei Bandpei[3], Asieh Makhlough[4], Mohammad Javad Nematollahi[5], Mahdieh Baloei[4], Mohammad Kardar Rostami[6], Ahad Ahmadnezhad Chehreh[6]

1. Associate Prof., Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran
2. Prof., Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3. Assistant Prof., Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran
4. M.Sc., Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran
5. Assistant Prof., Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran
6. B.Sc., Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

Article info

Article history
Received: 24 May 2023
Accepted: 23 August 2023

Keywords:
Physicochemical, Water Quality Index, Choosing a release station, Tajan River, Sari.

Abstract

Globally, rivers are under tremendous anthropogenic stress caused by stream fragmentation, land use changes, and regulation and water quality has been widely declined. In a review of studies, the integrity of flowing water systems largely depends on their natural dynamic characteristics, which sustain habitat. In this study, the physical and chemical factors of the Tajan River water, which is the habitat of various fishes and where the release of some economic fishes of the Caspian Sea takes place, are investigated in 7 stations during the year 2022. The results of the physical and chemical parameters such as water temperature, pH, electrical conductivity, total suspended solids, turbidity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, ammonium, nitrite, nitrate, phosphate, water quality index and comprehensive pollution index were recorded as 14.50-32.00 °C, 6.48-12.24, 562-10020 µs/cm, 2.35-185.71 mg/l, 1.8-328 NTU, 1.01-14.11, 0.58-16.05, 2.39-50.21, 0.020-1.028, 0.005-0.771, 0.49-58.56, 0.010-1.610 mg/l, 17.0-75.0 and 1.20-7.33, respectively. Based on the principal component analysis, the biochemical oxygen demand, nitrite, nitrate, and phosphate variables are in the first component, which is more important in the Tajan River. Also, based on the step-by-step regression analysis of the water quality index, the most effective variable was recorded biochemical oxygen demand, turbidity, and phosphate, and according to the comprehensive pollution index, the water quality of this river was dependent on the variables of phosphorus, phosphate, and nitrate. Finally, based on the physical and chemical parameters and various water use indicators, the Tajan River is unsuitable for fish life. Based on various indicators, station one (placed in a separate group in the cluster test) compared to other stations has more suitable conditions for releasing fish juveniles.

DOI http://doi.org/10.22034/KJES.2023.9.1.106511
***Corresponding author:** Hassan Nasrollahzadeh Saravi; **E-mail:** hnsaravi@gmail.com
How to cite this article: Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourang, N., Safari, R., Afraei Bandpei, M.A., Makhlough, A., Nematollahi, M.J., Baloei, M., Kardar Rostami, M., Ahmadnezhad Chehreh, A., 2023. Determining the water quality of the Tajan River (Sari City) to select the release station for economic fish juveniles of the Caspian Sea (2022). Kharazmi Journal of Earth Sciences 9(1), 207- 226. http://doi.org/10.22034/KJES.2023.9.1.106511

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

Introduction

Rivers are of special importance as part of the natural and national wealth of our country. Rivers have aquatic animals that are of global importance from an economic point of view and are part of the country's heritage reserves. Preservation and protection of the survival of rivers and their fishes for the use of future generations is a universal duty, but unfortunately, due to the conditions that have arisen, including the construction of water dams and the entry of urban and industrial sewage and agricultural toxins, the rivers have been removed from their natural structure.

Changes in the study of the biological status and the release of white fish, carp, and carp resulting from artificial reproduction in the Tajan River showed that the release time of each species was different. In this way, the juveniles of the carp fish were released into the Tajan River from the 20th of May, the white fish from the beginning of July, and the carp from the end of August. Of course, the release of the fish depends on the conditions of Shahid Rajaei Center in terms of weather conditions, water input, and keeping and feeding fish is different at different years, which may be done a little earlier or later (Afraei Bandpei, 2023). In the present study, the aim is to investigate the water quality and various indicators to determine the appropriate place to release the economic juveniles of the Caspian Sea in Tajan River.

Material and methods

The current research was conducted at 7 stations along the Tajan River from the Sari small dam to the estuary of the river. Sampling was done in 2022 for seven months from the surface water of the Tajan River. The equipment, the sampling method, and the examination of various parameters are performed based on standard methods.

Among the different methods that have been offered for the WQI index in the world. In this system, according to the values of relevant parameters (nitrate, ammonium, phosphate, percentage of oxygen saturation, pH, EC, total hardness, BOD_5, COD, and the total number of fecal form), a new numerical index (i) is extracted from the graphs or standard formulas. Then by inserting the above numbers in the relevant formulas and according to the constant weight coefficient (wi) of each of the parameters. The obtained WQIIR is between 0 and 100.

The single-factor evaluation index is calculated, where Mi represents the concentration of the water quality parameter and Si represents the standard threshold of each parameter. The Comprehensive Pollution Index (CPI) is determined; when the value of PI<1, the water quality is in the range of the surface water quality standards (Mishra et al., 2015). On the other hand, if the PI value is >1, it indicates that the water quality exceeds the standards threshold; hence, the water is polluted (Yan et al., 2015).

In this study, the data were transferred based on the ranking process, and then their normality was confirmed by the Shapiro-Wilk test and Q-Q diagram drawing (Nasiri, 2009). For statistical analysis, parametric tests (stepwise regression, PCA, cluster analysis, Pearson correlation) and one-sample t-tests were used to compare with the standard on normalized data. Data analysis was done using SPSS version 11.5 and MVSP (Version 3.1) statistical programs. Also, all means are given with standard error (SE).

Results and discussion

The results of the physical and chemical parameters such as water temperature, pH, electrical conductivity, total suspended solids, turbidity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand,

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

ammonium, nitrite, nitrate, phosphate, water quality index and comprehensive pollution index were recorded as 14.50-32.00 °C, 6.48-12.24, 562-10020 µs/cm, 2.35-185.71 mg/l, 1.8-328 NTU, 1.01-14.11, 0.58-16.05, 2.39-50.21, 0.020-1.028, 0.005-0.771, 0.49-58.56, 0.010-1.610 mg/l, 17.0-75.0 and 1.20-7.33, respectively. In the current research, 54% of the DO% data was more than 100%, which indicates the almost proper mixing of air and river water at the time of sampling. Comparing the results obtained from the present research with the maximum permissible limit, we find that the concentration of dissolved oxygen is significantly 2 to 3 times the minimum permissible ($p<0.05$, One-sample t-test). So, the Tajan River is classified in class I (good quality = no pollution) based on the annual mean amount of dissolved oxygen. The concentration of BOD_5 in all stations was significantly higher than the maximum permissible limit ($p<0.05$, one-sample t-test). Also, the maximum mean concentration of BOD_5, like COD, is located in the downstream stations of the river, and 28% of the obtained data on BOD_5 exceeded the standard limits. By comparing the mean concentration of BOD_5 with the classification of surface water, it can be seen that the water quality of this river is in class IV (unsuitable quality = moderate pollution). During the release of sturgeon, white, and carp juveniles, the chemical oxygen demand (COD) of the river at station 7 is inappropriate based on the threshold standard. Also, the monthly changes of the BOD_5 were dependent on the amount of water in the upper reaches of the river and the monthly rainfall, and except for May (in class IV) were below the standard.

Clabby et al. (1992) reported that in unpolluted waters, the concentration of nitrite nitrogen reaches less than 0.030 mg/l, accordingly, Tajan River water is considered as highly polluted water in comparison to this classification. In station 7, in all months (except for November 2022), the concentration of ammonium was below the permissible limit, while the concentration of nitrite in this station was recorded as much higher than the standard in all months (except for May 2023). The results of phosphorus concentration in different stations and months were higher than the above limit. Also, the annual mean phosphorus concentration (0.253±0.200) was significantly higher than the limit of the American clean rivers by almost 3.6 times ($p < 0.05$, one-sample t-test). In station 7 (fish release station), like other stations, there were more than clean and unpolluted rivers, but in May, August, and November, the phosphate concentration of this station was higher than the American rivers' standard limit.

Based on the principal component analysis (PCA), the BOD_5, nitrite, nitrate, and phosphate variables are in the first component, which is more important in the Tajan River. Also, based on the step-by-step regression analysis of the water quality index, the most effective variable was recorded as BOD_5, turbidity, and phosphate, and according to the comprehensive pollution index, the water quality of this river was dependent on the variables of phosphorus, phosphate, and nitrite. Finally, based on the physical and chemical parameters, as well as various water use indicators, the Tajan River is not suitable for fish life. Based on various indicators, station one (it was placed in a separate group in the cluster test) compared to other stations has more suitable conditions for releasing fish juveniles.

Conclusion

The result of this study showed that the water quality of the Tajan River (Sari) is

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

strongly influenced by the amount of rainfall and discharge of the Shahid Rajaei Dam and various domestic and industrial effluents. So that the level of pollution is high in the downstream of the river. The results showed that the water use of the Tajan River is not suitable and favorable for fish life. Also, based on the single-factor evaluation index as well as the comprehensive index of water pollution in most stations, it indicates severe pollution due to the high levels of three variables: total phosphorus, phosphate, and nitrite. Among the 10 water quality index parameters, nitrate, turbidity, and chemical oxygen demand parameters have the highest regression coefficient and impact on Tajen River water quality. In addition, the water quality index (WQIIR) of station 7 shows that the quality is relatively poor to very poor in May, July, and August, which indicates that this site is not suitable for the release of economic juveniles.

References

Afraei Bandpei, M.A., 2023. Study on living condition of *Rutilus kutum*, Carp, and *Acipenser Persicus* released from artificial reproduction in the Tajan River. Iranian Fisheries Science Research Institute, 153 pp. In Persian.

Clabby, K.J., Bowman, J.J., Lucey, J., McGarrigle, M.L., Toner, P.F., 1992. Water Quality in Ireland 1987-1990. Environmental Research Unit, Dublin.

Mishra, S., Kumar, A., Shukla, P., 2015. Study of Water Quality in Hindon River Using Pollution Index and Environmetrics, India. Desalination and Water Treatment 57, 19121-19130.

Nasiri, R., 2009. SPSS17 step by step tutorial. Nashar Gostar Cultural Center. Tehran, 344 p. In Persian.

Yan, Ch.A., Zhang, W., Zhang, Zh., Liu, Y., Deng, C., Nie, N., 2015. Assessment of Water Quality and Identification of Polluted Risky Regions Based on Field Observations & GIS in the Honghe River Watershed, China. POLS ONE, 1-13.

CRediT authorship contribution statement

Hassan Nasrollahzadeh Saravi	Project administration, Writing - Original Draft
Nima Pourang	Conceptualization
Reza Safari	Data Curation
Mohammad Ali Afraei Bandpei	Data Curation
Asieh Makhlough	Formal analysis
Mohammad Javad Nematollahi	Writing - Review & Editing
Mahdieh Baloei	Methodology
Mohammad Kardar Rostami	Sampling
Ahad Ahmadnezhad Chehreh	Sampling

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

جلد ۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۲، صفحه ۲۰۷ تا ۲۲۶ شاپا چاپی: ۴۴۹x- ۲۵۳۸ شاپا الکترونیکی: ۱۶۱۹-۲۹۸۱

مقاله پژوهشی

دسترسی آزاد

مجله علوم زمین خوارزمی

Journal homepage https://gnf.khu.ac.ir

تعیین کیفیت آب رودخانه تجن (شهرستان ساری) به منظور انتخاب ایستگاه رهاسازی بچه ماهیان اقتصادی دریای خزر (سال ۱۴۰۱)

حسن نصراله زاده ساروی[۱]، نیما پورنگ[۲]، رضا صفری[۳]، محمد علی افرائی بندپی[۳]، آسیه مخلوق[۴]، محمد جواد نعمت‌الهی[۵]، مهدیه بالوئی[۴]، محمد کاردر رستمی[۶]، احد احمدنژادچهره[۶]

۱. دانشیار ، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۲. استاد، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳. استادیار، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۴. کارشناس ارشد، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۵. استادیار، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۶. کارشناس، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۳

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱

واژه های کلیدی

پارامترهای فیزیکوشیمیایی، شاخص کیفیت آب ، انتخاب محل رهاسازی، رودخانه تجن، ساری.

چکیده

در سطح جهان، رودخانه‌ها تحت تنش انسانی فوق‌العاده ناشی از تکه‌تکه شدن جریان، تغییرات کاربری اراضی و مقررات قرار دارند که موجب کاهش کیفیت آب شده است. مروری بر مطالعات یکپارچگی نشان میدهد که سیستم‌های آب جاری تا حد زیادی به ویژگی دینامیکی طبیعی آنها بستگی دارد که به نوبه خود در حفظ زیستگاه نقش دارد. در این مطالعه عوامل فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه تجن که زیستگاه ماهیان مختلف بوده و رهاسازی برخی ماهیان اقتصادی دریای خزر در آن صورت می‌گیرد، در ۷ ایستگاه طی سال ۱۴۰۱ مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب براساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری گردید. تغییرات دمای آب، pH، هدایت الکتریکی، کل موادجامد معلق، کدورت، اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن‌خواهی شیمیایی، آمونیم، نیتریت، نیترات، فسفات، شاخص کیفیت آب و شاخص جامع آلودگی به ترتیب برابر ۱۴/۵۰-۳۲/۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۶/۴۸-۱۲/۲۴، ۵۶۲-۱۰۰۲۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، ۲/۳۵-۱۸۵/۷۱ میگروگرم بر لیتر، ۱/۸-۳۲۸/۰ NTU، ۱۴/-۱۱ ۱/۰۱، ۰/۱۶-۵۸/۰۵، ۲/۵۰-۳۹/۲۱، ۰/۱-۰۲۰/۰۲۸، ۰/۰-۰۰۵/۷۷۱، ۰/۵۸-۴۹/۵۶، ۰/۱-۰۱۰/۶۱۰ میلی‌گرم بر لیتر، ۰/۰-۱۷/۷۵ و ۱/۲۰-۷/۳۳ ثبت شد. براساس آزمون تحلیل مولفه اصلی متغیرهای اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، نیتریت، نیترات و فسفات در مولفه اول بوده که دارای اهمیت بیشتری در رودخانه تجن می‌باشند. همچنین براساس آزمون رگرسیون گام به گام در میان ۱۱ پارامتر شاخص کیفیت آب موثرترین متغیرها، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، کدورت و فسفات تعیین شد. همچنین، براساس شاخص جامع آلودگی کیفیت آب این رودخانه به متغیرهای فسفرکل، فسفات و نیتریت وابسته بوده است. در نهایت براساس پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و همچنین شاخص‌های مختلف کاربری آب رودخانه تجن برای زیست ماهیان و بچه ماهیان مناسب و مطلوب نیست. براساس شاخص‌های مختلف، ایستگاه یک (در آزمون کلاستر ایستگاه‌ها در گروه مجزا قرار گرفت) در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها دارای شرایط مناسب‌تری جهت رهاسازی بچه ماهیان بوده است.

DOI http://doi.org/10.22034/KJES.2023.9.1.106511

***نویسنده مسئول:** حسن نصراله زاده ساروی hnsaravi@gmail.com

استناد به این مقاله: نصراله زاده ساروی، ح.، پورنگ، ن.، صفری، ر.، افرائی ، م.ع.، مخلوق ، آ.، نعمت الهی ، م.ج.، بالوئی ، م.، کاردر رستمی ، م.، احمدنژادچهره ، ا. (۱۴۰۲) تعیین کیفیت آب رودخانه تجن (شهرستان ساری) به منظور انتخاب ایستگاه رهاسازی بچه ماهیان اقتصادی دریای خزر (سال ۱۴۰۱)، ایران. مجله علوم زمین خوارزمی. جلد ۹، شماره ۱، صفحه ۲۰۷ تا ۲۲۶.
http://doi.org/10.22034/KJES.2023.9.1.106511

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

مقدمه

رودخانه‌ها به‌عنوان بخشی از ثروت‌های طبیعی و ملی کشورمان از اهمیت خاصی برخوردارند. رودخانه‌ها دارای آبزیانی می‌باشند که از نظر اقتصادی اهمیت جهانی دارند و جزء ذخایر موروثی کشور به شمار می‌آیند. حفظ و حراست از بقاء رودخانه‌ها و ماهیان آن جهت استفاده آیندگان یک وظیفه همگانی است اما متأسفانه ساخت سدهای آبی و ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی و سموم کشاورزی، رودخانه‌ها را از ساختار طبیعی خارج ساخته و ضمن برهم زدن اکوسیستم، ذخایر آبزیان را به شدت تهدید و از بین برده است. مطالعات متعددی بر روی ارزیابی کیفی رودخانه‌های کشور انجام شده است. کاظم‌نژاد و همکاران (Kazemnejad et al., 2010) گزارش کردند که در رودخانه سردآبرود شاخص‌های کیفی دما، pH، اکسیژن محلول، BOD5، آمونیم، کربنات، TDS و TSS دو ایستگاه ۷ و ۸ در تمامی مشخصه‌های کیفی براساس استانداردهای موجود آلوده بودند. زمانی و همکاران (Zamani et al., 2015) به بررسی شاخص مطلوبیت زیستگاهی سیاه ماهی در رودخانه طالقان پرداختند که نتایج نشان داد رودخانه طالقان برای گونه سیاه‌ماهی زیستگاهی با کیفیت بسیار عالی است. نادری جلودار و همکاران (Naderi Jolodar et al., 2016) به بررسی اهمیت رودخانه تجن در حفاظت از گونه‌های ماهیان حوزه جنوبی دریای خزر پرداختند. نتیجه این تحقیق نشان داد که، اکوسیستم دریاچه پشت سد شهید رجایی و بالا دست آن، شرایطی را فراهم نموده که احتمالاً امکان معرفی و زیست برخی از گونه‌های در معرض خطر انقراض نظیر سس ماهیان به عنوان ذخیره‌گاه ژنتیکی برای حفظ تنوع زیستی وجود دارد. عبدالله‌پور و همکاران (Abdollahpour et al., 2018) شاخص مطلوبیت زیستگاهی گاوماهی (*Ponticola cyrius*) در رودخانه تجن (محدوده سد شهید رجایی تا دوراهی تاکام) را بررسی کردند. نتایج نشان داد که مطلوب‌ترین زیستگاه برای گاوماهی کورا، ایستگاه دوم (ناحیه بالادست) بود. در مطالعه‌ای مشخص شد روند احتمال حضور ماهی در رودخانه چالوس افزوده خواهد شد و بر عکس با افزایش عوامل فیزیکی و ساختاری مثل دمای آب، عرض رودخانه و فاصله از مبدأ و همچنین با افزایش غلظت متغیرهای کیفی آب مثل افزایش میزان شوری، مواد مغذی (مثل نیترات و فسفات)، اکسیژن خواهی شیمیایی و مواد جامد معلق به تدریج از احتمال حضور ماهی کاسته می‌شود (Zarkami et al., 2018). در رودخانه تجن با تنوع نسبتاً خوب ماهیان (۲۵ گونه) به نظر می‌رسد که توزیع گونه‌های ماهی در طول زمان به دلیل انحراف در پارامترهای محیطی متفاوت است. از یکی دو دهه قبل در رودخانه تجن، مطالعات کمی در مورد نوع در دسترس بودن و تنوع گونه‌های ماهی انجام شده است، اما هنوز هم احتمالات زیادی برای دریافت گونه‌های ماهی در این رودخانه وجود دارد (Afraei Bandpei, 2023). در سال آبی ۱۴۰۰-۱۴۰۱، دبی بالادست در منطقه ریگ چشمه برابر ۳/۷۵ مترمکعب بر ثانیه و در پایین دست در منطقه کردخیل برابر ۱/۲۲ مترمکعب بر ثانیه بوده است و همچنین میزان میانگین بارندگی در سال ۱۴۰۱ حوضه آبریز تجن برابر ۱۹/۸ میلی-

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

متر بوده که نسبت به سال ۱۳۹۹ (۹۱/۱ میلی‌متر) کاهش شدیدی را نشان می‌دهد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، ۱۴۰۱). کیفیت آب رودخانه تجن (ساری) به شدت تحت تاثیر میزان بارش و آبدهی سد شهید رجایی، کاهش دبی آب رودخانه و پساب‌های خانگی و صنعتی مختلفی که در اطراف آن می‌باشد. تغییرات در بررسی وضعیت زیستی و رهاسازی بچه ماهیان سفید، کپورو قره‌برون حاصل از تکثیر مصنوعی در رودخانه تجن نشان داد که زمان رهاسازی هر یک از گونه‌ها متفاوت بوده است. بطوری که بچه ماهیان قره‌برون از بیستم اردیبهشت، بچه ماهیان سفید از اوایل تیر، بچه ماهیان کپور از اواخر مرداد به رودخانه تجن رهاسازی شدند. البته رهاسازی بچه ماهیان بسته به شرایط کارگاه شهید رجایی سمسکنده از نظر شرایط آب و هوایی، ورودی آب، هزینه نگهداری و خوراک ماهی در سال‌های مختلف متفاوت می‌باشد که ممکن است کمی زودتر یا دیرتر اقدام شود (Afraei Bandpei, 2023). از آنجایی که سالانه در مصب این رودخانه (ایستگاه ۷) تعداد ۳ تا ۵ میلیون بچه ماهی اقتصادی دریای خزر (خاویاری، کپور و سفید) رهاسازی می‌گردد بنابراین بررسی کیفیت آب این رودخانه بسیار با اهمیت است. در مطالعه حاضر، هدف بررسی کیفیت آب و شاخص‌های مختلف جهت تعیین محل مناسب رهاسازی بچه ماهیان اقتصادی دریای خزر در رودخانه تجن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و ایستگاه‌ها

تحقیق حاضر در ۷ ایستگاه در امتداد رودخانه تجن از سد انحرافی-ساری تا مصب رودخانه صورت گرفت (شکل ۱).

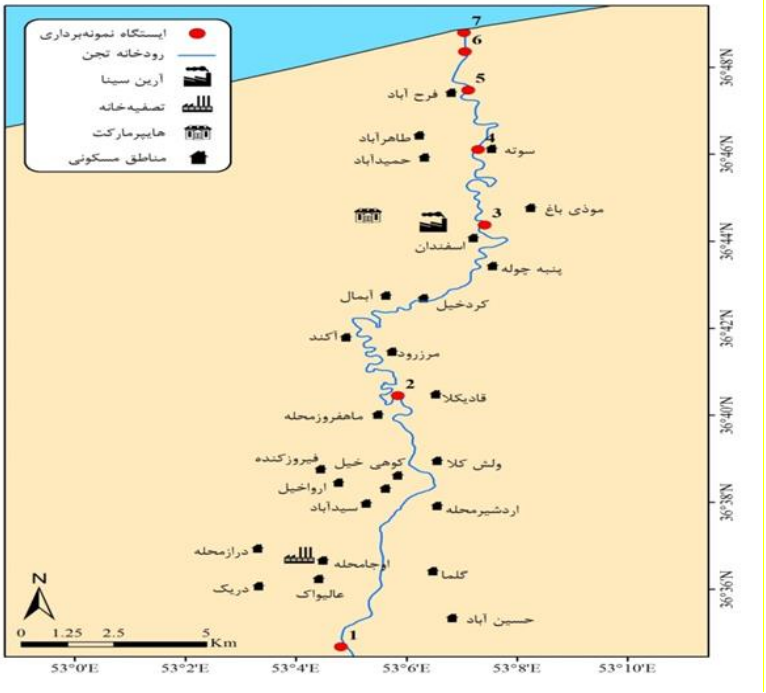
نمونه‌برداری در سال ۱۴۰۱ و طی هفت ماه از آب سطحی رودخانه تجن انجام شد (جدول ۱). شایان ذکر است، به دلیل اینکه در ایستگاه ۷ سالانه چندین میلیون بچه ماهی سفید رهاسازی می‌گردد، در متن مقاله این ایستگاه مورد تاکید قرار گرفته است.

آنالیز پارامترهای شیمی آب

تجهیزات، روش نمونه‌برداری و بررسی پارامترهای مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است.

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری رودخانه تجن-ساری (سال ۱۴۰۱)

Fig. 1. The location of the sampling stations at the Tajan River-Sari (2022)

جدول ۱- تجهیزات، روش‌های نمونه‌برداری و بررسی پارامترهای مختلف

Table 1. Instruments, sampling methods and evaluation of different variables

پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب	تجهیزات مورد استفاده	روش بررسی (منبع)
دمای آب	ترمومتر معمولی	-
pH	pH متر پرتابل (WTW 320) با دقت ۰/۰۱	-
اکسیژن محلول (DO)	بطری وینکلر	اکسیژن محلول (DO) با روش وینکلر (Winkler) اندازه‌گیری شد (APHA, 2017).
اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD5)	بطری وینکلر	اکسیژن محلول (DO) با روش وینکلر (Winkler) اندازه‌گیری شد (APHA, 2017).
اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)	دستگاه هضم	روش هضم دی کرومات و پرمنگنات (APHA, 2017)
کدورت (NTU)	کدورت سنج AQUALYTIC مدل AL450T-IR	روش انکسار پرتوی نوری
کل مواد معلق (TSS)	ترازو Sartorius مدل TE313S با دقت ۰/۰۰۱	2540D (APHA, 2017) ؛ فیلتر سلولزی استات ۰/۴۵ میکرومتر
هدایت الکتریکی (EC)	TDS /CONDUCTIVITY METER مدل (WTW3110)	4500E (APHA, 2017)
مواد جامد محلول (TDS)	TDS /CONDUCTIVITY METER مدل (WTW3110)	4500E (APHA, 2017)
سختی کل (TH)	تیتراسیون	2340 C(APHA, 2017) روش کمپلکسومتری
ازت آمونیومی (NH4+/N)	اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۲۰)	روش رنگ سنجی ایندو فنل (indophenol)(APHA, 2017 *et* Sapozhnikov *al*., 1988).

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

گاز آمونیاک (NH3)	محاسباتی	$UnIonised\ Ammonia\ \left(\frac{mg}{l}NH3\right) = \frac{Total\ Ammonia\ (\frac{mgN}{l} * \frac{17}{14})}{1+10\{0.09018_{\frac{2729.92}{273.15+Temp°C}}pH\}}$
آمونیاک تام (TAN)		NH4+NH3=TAN
ازت نیتریتی (NO_2-/N)	اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۲۰)	روش سولفانیل و نفتیل آمین (4500, B(APHA, 2017
ازت نیتراتی (NO_3-/N)	اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۲۰)	روش ستون کاهشی کادمیم (4500, E(APHA, 2017
ازت کل (TN/N)	اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۲۰)	روش هضم پرسولفات-بوریک اسید (APHA, 2017)
فسفر کل (TP/P)	اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۲۰)	روش هضم پرسولفات (APHA, 2017)

شاخص های ارزیابی کیفیت آب

در میان روش‌های مختلفی بررسی کیفیت آب از شاخص WQI در جهان استفاده می‌گردد. در این سیستم با توجه به مقادیر پارامترهای مربوطه (نیترات، آمونیوم، فسفات، درصد اشباع اکسیژن، pH، EC، سختی کل، BOD5، COD و تعدادکلی فرم مدفوعی) شاخص عددی جدیدی (i) از روی نمودارها و یا فرمول های استاندارد استخراج می‌گردد و سپس با جاگذاری اعداد فوق در فرمول‌های مربوطه و با توجه به ضریب ثابت وزنی (wi) هر یک از پارامترها یک عدد به عنوان شاخص کیفیت آب ارائه می‌گردد. عدد بدست آمده که بین ۰ تا ۱۰۰ قرار می‌گیرد (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۵)، منبع آبی را در یکی از ۷ کلاس کیفی طبقه‌بندی می کند: کمتر از ۱۵ (خیلی بد)، ۲۹/۹ -۱۵ (بد)، ۴۴/۹-۳۰ (نسبتاً بد)، ۵۵-۴۵ (متوسط)، ۷۰-۵۵/۱ (نسبتاً خوب)، ۸۵-۷۰/۱ (خوب) و بیشتر از ۸۵ (بسیار خوب) (Nguyễn et al., 2013). اعداد آورده شده در فرمول بیانگر شاخص وزنی هر یک از پارامترها است.

$$WQI=[i\ BOD_5^{\ 0.117} \times i\ Nitrate^{\ 0.108} \times i\%\ saturated\ O_2^{\ 0.097} \times iEC^{\ 0.096} \times iCOD^{\ 0.093} \times iPhosphate^{\ 0.087} \times ipH^{\ 0.051} \times iColi.^{\ 0.14} \times iTurbit.^{\ 0.062} \times iNH_4^{0.090}]$$

شاخص ارزیابی تک عاملی (Single Factor Evaluation Index=SFEI) و شاخص جامع آلودگی (Comprehensive pollution index=CPI)

شاخص ارزیابی تک عاملی با معادله زیر محاسبه می گردد به طوری که Mi بیانگر غلظت پارامتر کیفیت آب و Si نشان‌دهنده حدمجاز استاندارد هر پارامتر می‌باشد:

$$\text{Single Factor Evaluation Index (SFEI=PI)} = Mi/Si$$

در شاخص جامع آلودگی (CPI) هنگامی که مقدار PI<1 است، کیفیت آب با استانداردهای کیفیت آب سطحی مطابقت دارد (Mishra et al.,

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

2015). از سوی دیگر، اگر مقدار PI>1 باشد، نشان می‌دهد که کیفیت آب از استانداردها فراتر رفته است. از این رو، آب آلوده است (Yan et al., 2015) (جدول ۲).

$$\text{Comprehensive water pollution index (CPI)} = 1/n \sum_{i=1}^{n} Mi/Si$$

جدول ۲- مقادیر CPI و طبقه‌بندی و توصیف کیفیت آب رودخانه

Table 2. The CPI values and classification and description of river water quality

مقادیر CPI CPI values	کیفیت آب/طبقه بندی/دسته بندی Water quality/Classification /Categories	توصیف وضعیت کیفت آب Description of status of Water quality
۰-۰/۲۰	۱ (Category 1)	تمیز (Clean)
۰/۲۱-۰/۴۰	۲ (Category 2)	نیمه تمیز (Sub clean)
۰/۴۱-۱/۰۰	۳ (Category 3)	کمی آلوده (Slightly polluted)
۱/۰۱-۲/۰۰	۴ (Category 4)	نیمه آلوده (Medium plluted)
≥۲/۰۱	۵ (Category 5)	خیلی آلوده (Heavily polluted)

تحلیل آماری

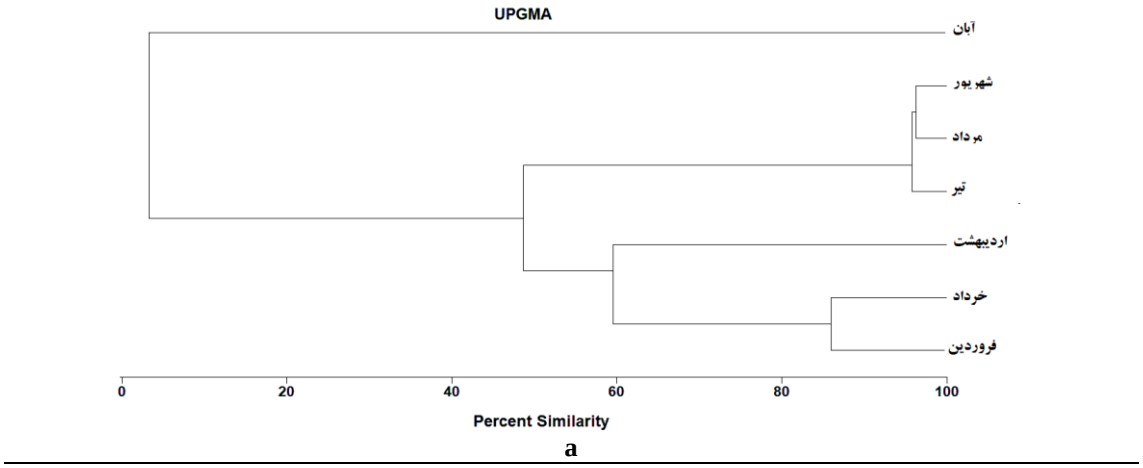
در این مطالعه داده‌ها را بر اساس فرایند رتبه‌بندی انتقال داده و سپس با آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) و رسم نمودار Q-Q نرمال بودن آن تایید گردید (Nasiri, 2009). برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون‌های پارامتریک (Stepwise regression، PCA، Cluster analysis، Pearson correlation) و همچنین آزمون تی تک نمونه‌ای (One-sample t test) جهت مقایسه با استاندارد بر روی داده‌های نرمال شده استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها در برنامه‌های آماری SPSS نسخه ۱۱/۵ و MVSP1 (Version 3.1) انجام گردید. در ضمن تمام میانگین‌ها به همراه خطای استاندارد (SE) آورده شده است.

نتایج و بحث

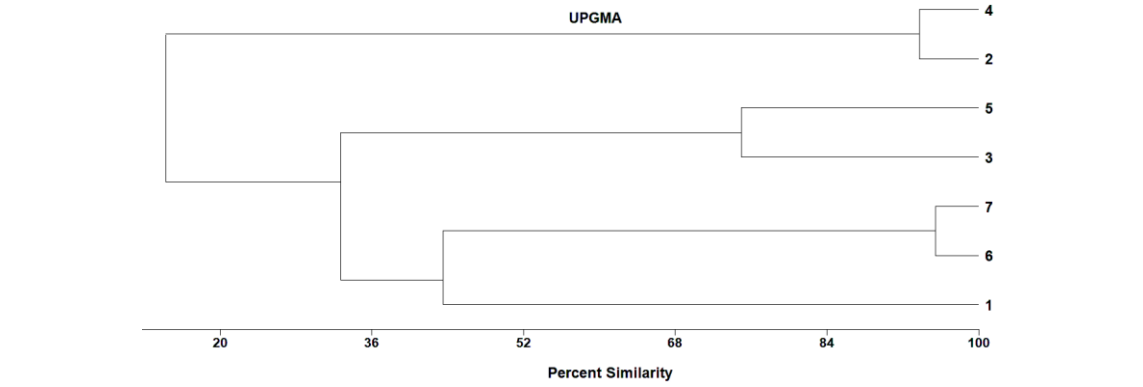
آزمون کلاستر براساس متغیرهای موثر بر کیفیت آب رودخانه تجن نشان داد که ماه‌ها به دو گروه فروردین، تیر و مرداد (گروه اول)، اردیبهشت، خرداد، شهریور و آبان (گروه دوم) تفکیک گردیدند و ایستگاه‌ها نیز به دو گروه ایستگاه ۱ ، ۲، ۳ و ۶ (گروه اول) و ایستگاه ۴، ۵، ۷ (گروه دوم) تفکیک شدند (شکل ۲).

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]



a



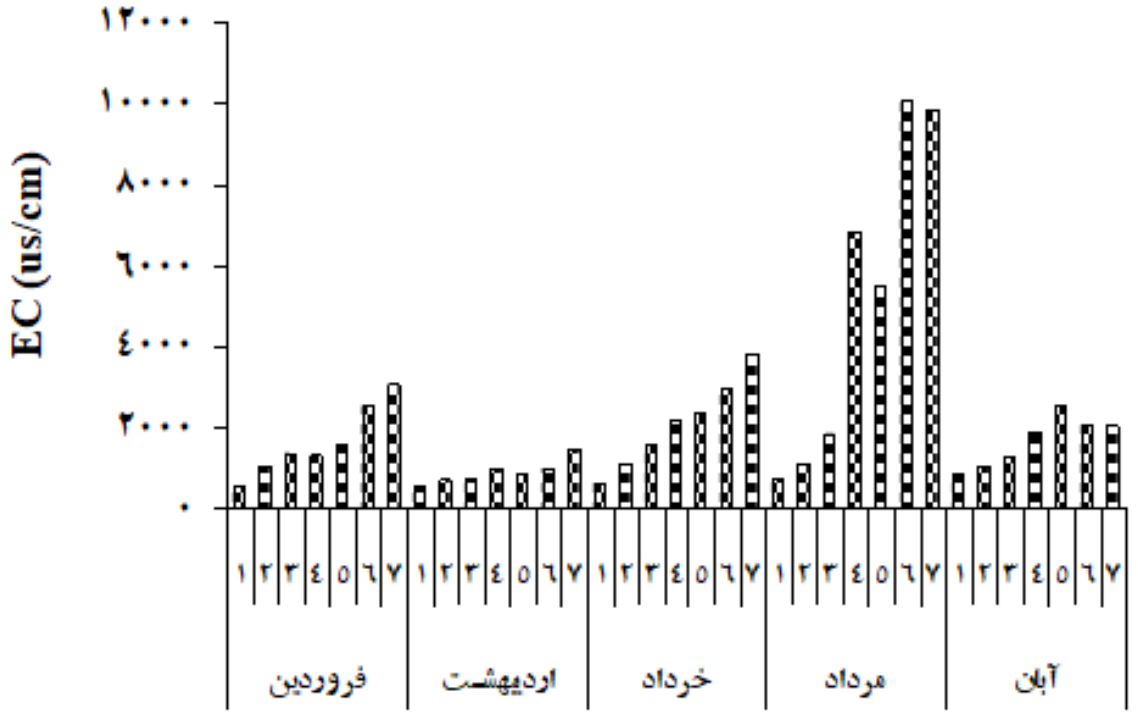
b

شکل۲- آنالیز کلاستر پارامترهای شاخص کیفیت آب در ماه‌ها (a) و ایستگاه‌های (b) مختلف در رودخانه تجن-ساری (سال ۱۴۰۱).
Fig. 2. Cluster analysis of water quality at different months (a) and stations (b) in Tajan River (Sari) (2022)

پارامترهای فیزیکوشیمیایی مانند دمای آب سطحی، pH، EC، کدورت، اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی شیمیایی و بیوشیمیایی، آمونیم، نیتریت، نیترات، فسفات در آب رودخانه تجن در ایستگاه‌های مختلف به صورت دوره‌ای ثبت شد. نوسان دمای آب رودخانه به عوامل اکولوژیکی مختلفی مانند تابش خورشیدی، تبخیر، ورود آب شیرین و سرمایش بستگی دارد (Ficke et al., 2007) که در رودخانه تجن تغییرات دمایی نیز مشاهده گردید.

کرمی مقدم (Karmi Moghadam, 2006) در بررسی تغییرات دبی رودخانه گرگانرود در روند تاثیرپذیری پارامترهای کیفی آب، بیان نمود که با تغییر دبی رودخانه، غلظت مواد محلول (میزان هدایت الکتریکی به عناصر محلول در آب بستگی دارد) در آب دستخوش تغییر می‌گردد. لذا در طول دوره‌های پر آبی و کم آبی، پارامترهای کیفی آب متغیر می‌باشد. براساس شکل ۳، تغییرات هدایت الکتریکی آب نشان می‌دهد که ماه اردیبهشت با کمترین مقدار EC و ماه مرداد با بیشترین EC آب رودخانه تجن متغیر بوده است. به بیان دیگر، می‌توان اظهار نمود که در این دو ماه کمترین و بیشترین دبی آب در رودخانه تجن ثبت گردید.

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]



شکل ۳- تغییرات هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف در رودخانه تجن-ساری (سال ۱۴۰۱)

Fig. 3. The mean fluctuation of EC (µS/cm) at different months and stations in Tajan River-(Sari) (2022)

غلظت اکسیژن محلول (DO) که معیار مهمی برای کیفیت آب و متابولیسم رودخانه است، در زمان و مکان بسیار متفاوت است (Zhi et al., 2023). طبق تحقیقات مختلف در فصل گرما اکسیژن محلول و درصد اشباعیت اکسیژن محلول حداقل و در فصل سرما حداکثر مقدار را داراست (Ravindra et al., 2003). البته طغیان و تلاطم رودخانه نیز حداکثر و حداقل غلظت فصلی اکسیژن محلول و درصد اکسیژن محلول را نیز سبب خواهد شد. در تحقیق حاضر ۵۴ درصد از داده‌های درصد اشباعیت اکسیژن محلول بیش از ۱۰۰ درصد بوده است که بیانگر اختلاط تقریباً مناسب هوا با آب رودخانه در زمان نمونه‌برداری است. مقایسه نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر و حداکثر حد مجاز جدول ۲ نشان می‌دهد که غلظت اکسیژن محلول بطور معنی‌داری ۲ تا ۳ برابر حداقل مجاز می‌باشد (One-sample t test ،p<۰/۰۵). به طوری که در طبقه‌بندی جدول ۳ رودخانه تجن براساس میزان میانگین سالانه اکسیژن محلول در کلاس I (کیفیت خوب= بدون آلودگی) قرار گرفته است.

اندازه‌گیری سطح آلودگی آلی براساس پارامترهای مختلفی از قبیل اکسیژن خواهی بیوشیمیایی و شیمیایی از منشاء غیر نقطه‌ای (non-point source) از قبیل مزارع، صنایع و پساب‌های خانگی برای تعیین کیفیت آب لازم و ضروری است (Maitera et al., 2010). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که غلظت COD تنها در ایستگاه‌های بالادست رودخانه تجن (ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳) به طور معنی‌داری کمتر از حداکثر مجاز بوده است (جدول ۲) و میانگین سالانه تقریبا ۱/۲

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

برابر بیشتر از حد مجاز ثبت گردید (p<۰/۰۵، One-sample t test). همچنین حداکثر میانگین مقدار COD در ایستگاه های ۵، ۶ و ۷ ثبت گردید زیرا این ایستگاه‌ها در پایین دست رودخانه (با تجمع آلاینده‌های متفاوت در این قسمت از روخانه) قرار گرفته است و همچنین ۴۷ درصد از داده‌های بدست آمده COD بیش از استاندارد جدول ۲ ثبت گردید. شایان ذکر است بیشترین مقدار میانگین مقدار COD در فصل تابستان (مرداد و شهریور) بوده است. مقایسه میانگین مقدار COD با طبقه‌بندی آب‌های سطحی در جدول ۳ نشان می‌دهد که آب این رودخانه براساس این پارامتر در کلاس III (کیفیت مناسب=آلودگی کم) قرار گرفته است.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مقدار BOD5 در تمام ایستگاه به طور معنی‌داری بیش از حداکثر مجاز بوده است (جدول ۲) (p<۰/۰۵، One-sample t test). همچنین حداکثر میانگین مقدار BOD5 همانند COD در ایستگاه‌های پایین دست رودخانه ثبت شده است. همچنین در ۲۸ درصد از داده‌های بدست آمده BOD5 بیش از استاندارد جدول ۲ ثبت گردید. با مقایسه میانگین مقدار BOD5 با طبقه‌بندی آب‌های سطحی در جدول ۳ می‌توان دریافت که کیفیت آب این رودخانه براساس این پارامتر در کلاس IV (کیفیت نامناسب=آلودگی متوسط) قرار گرفته است. در زمان‌های رهاسازی بچه ماهیان خاویاری، سفید و کپور، اکسیژن خواهی شیمیایی (COD) رودخانه در ایستگاه ۷ براساس استاندارد جدول ۲ نامناسب است. همچنین تغییرات ماهانه اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD5) بستگی به میزان آبدهی بالادست رودخانه و بارندگی های ماهانه دارد و به غیر از ماه اردیبهشت (در کلاس IV) کمتر از استاندارد بوده است.

آلودگی رودخانه‌ها با مواد مغذی فسفر و نیتروژن یکی از مشکلات کشورهای مختلف می‌باشد که سبب کاهش کیفیت آب مورد نیاز موجودات زنده شده است. عوامل مختلفی از قبیل کودهای کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و همچنین پساب‌های خانگی سبب افزایش فسفر و نیتروژن در روخانه‌ها می‌شود (EPA, 2013, 2014).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که غلظت آمونیم در تمام ایستگاه‌ها و ماه‌ها بطور معنی‌داری کمتر از حداکثر مجاز بوده است (جدول ۲) (p<۰/۰۵، One-sample t test). نیتریت یونی است که به دلیل ناپایداری طی فرایند احیاء به آمونیم و یا طی فرایند اکسیداسیون تبدیل به نیترات می‌گردد (CEC, 1978). بنابراین در خصوص نیتریت با توجه با پایدار نبودن آن نیز غلظتی بسیار بیشتر از حد مجاز در این تحقیق داشته است. کلبی و همکاران (Clabby et al., 1992) گزارش کردند که در آب‌های غیر آلوده میزان غلظت ازت نیتریتی به کمتر از ۰/۰۳ میلی‌گرم برلیتر می‌رسد. بر این اساس آب رودخانه تجن در مقایسه با این طبقه‌بندی جزوه آب‌های با آلودگی زیاد محسوب می‌گردد. در ایستگاه ۷ در تمام ماه‌ها (به غیر از ماه آبان ۱۴۰۱) غلظت آمونیم کمتر از حدمجاز بوده، در صورتی که غلظت نیتریت در این ایستگاه در همه ماه‌ها (به غیر از ماه اردیبهشت ۱۴۰۲) خیلی بیش از استاندارد ثبت

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

گردید. تغییرات pH آب در این تحقیق در دامنه ۶/۸-۹۸/۱۵ متغیر بوده است و در مقایسه با محدوده جدول ۲ در کلاس I (کیفیت خوب) قرار دارد. همچنین در همه ایستگاه‌ها pH آب در محدوده حد مجاز آبزیان بوده است.

جدول ۲- مقایسه غلظت حد مجاز پارامترهای محیطی با نتایج تحقیق حاضر در ایستگاه‌ها و ماه‌های مختلف رودخانه تجن-ساری (سال ۱۴۰۱)

Table 2. Comparison of threshold concentration of environmental parameters with the present study at different stations and months in Tajan River (Sari) (2022)

	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD5 (mg/l)	NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)
ایستگاه ۱	۸/۲۰±۳/۹۰	۴/۸۶±۲/۹۶	۳/۴۶±۲/۶۳	۰/۰±۱۲۸/۰۶۲	۰/۰±۰۲۶/۰۲۰
ایستگاه ۲	۸/۵۵±۴/۰۵	۱۱/۲۷±۵/۱۳	۶/۷۴±۴/۶۶	۰/۰±۳۶۵/۱۸۱	۰/۰±۲۸۱/۱۶۳
ایستگاه ۳	۸/۲۱±۴/۴۳	۸/۸۵±۲/۹۹	۴/۶۸±۳/۲۱	۰/۰±۱۴۹/۰۸۷	۰/۰±۱۳۲/۰۹۶
ایستگاه ۴	۸/۰۱±۶/۲۸	۱۶/۰۳±۱۰/۸۷	۴/۴۱±۲/۱۱	۰/۰±۰۹۹/۰۶۱	۰/۰±۲۰۶/۱۹۶
ایستگاه ۵	۸/۰۶±۴/۴۱	۲۶/۴۹±۱۵/۶۳	۴/۴۵±۱/۸۹	۰/۰±۰۷۹/۰۵۵	۰/۰±۱۱۷/۱۰۰
ایستگاه ۶	۶/۵۱±۲/۹۹	۲۴/۹۱±۱۸/۳۱	۵/۷۷±۲/۸۵	۰/۰±۳۳۹/۳۰۰	۰/۰±۱۴۴/۱۰۱
ایستگاه ۷	۸/۳۲±۳/۳۷	۲۳/۰۱±۱۳/۳۵	۳/۹۴±۲/۲۸	۰/۰±۲۲۴/۲۰۲	۰/۰±۱۴۳/۱۱۶
فروردین ۱۴۰۱	۱۰/۱۸±۱/۱۷	۱۵/۵۹±۱۲/۶۵	۴/۷۱±۲/۸۹	۰/۰±۱۳۱/۰۸۸	۰/۰±۱۱۲/۱۱۰
اردیبهشت ۱۴۰۱	۱/۷۹±۰/۸۴	۸/۳۲±۰/۱۷	۹/۱۲±۳/۳۵	۰/۰±۲۴۹/۲۰۱	۰/۰±۱۱۲/۱۰۰
خرداد ۱۴۰۱	۱۲/۲۱±۱/۸۳	۱۹/۲۹±۸/۵۶	۴/۹۵±۲/۲۸	۰/۰±۰۹۷/۰۷۸	۰/۰±۰۵۵/۰۴۵
تیر ۱۴۰۱	۱۰/۰۸±۳/۳۷	۱۳/۸۹±۴/۹۴	۲/۷۸±۰/۵۸	۰/۰±۰۸۲/۰۰۴	۰/۰±۱۲۸/۰۱۷
مرداد ۱۴۰۱	۸/۴۵±۳/۰۹	۲۶/۵۲±۲۰/۸۹	۲/۷۸±۱/۵۳	۰/۰±۱۱۶/۰۳۱	۰/۰±۰۹۹/۰۲۹
شهریور ۱۴۰۱	۹/۷۹	۲۴/۷۰	۴/۰۳	۰/۲۹۴	۰/۲۱۷
آبان ۱۴۰۱	۶/۱۱±۲/۲۱	-	۲/۸۲±۱/۵۹	۰/۰±۴۴۵/۳۶۹	۰/۰±۳۵۴/۲۳۳
میانگین سالانه	۸/۰۲±۳/۹۱	۱۷/۳۲±۱۳/۱۳	۴/۶۹±۳/۲۷	۰/۰±۲۴۵/۲۰۰	۰/۰±۱۶۹/۱۴۹
غلظت مجاز (MAC*)	>۴-۶**	۱۵	۳/۰ (۶/۰)	۰/۴۷	۰/۰۶۲ (۲/۵۱)

*Note: Maximum allowable concentrations (MAC) (GEF, 2006). **For aquaculture, drinking water and recreation.

جدول ۳- طبقه بندی استاندارد و حد مجاز برخی پارامترهای محیطی در آب‌های سطحی جهت حفظ موجودات زنده

Table 3. Classification of standard and threshold values of some environmental parameters in surface water to protected biota (Vowels and Connel, 1980; UNECE, 1994)

	Class I	Class II	Class III	Class IV	Class V
DO (mg/l)	۷<	۶-۷	۴-۶	۳-۴	<۳
COD (mg/l)	<۳	۳-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	>۳۰
BOD5 (mg/l)	<۱	۱-۳	۳-۵	۵-۱۰	>۱۰
pH	۶/۹-۵/۰	۶/۳-۶/۵	۶/۰-۶/۳	۵/۳-۶/۰	<۳/۵

در رودخانه‌های تمیز و عاری از آلودگی میزان فسفر به کمتر از ۰/۰۲۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد و میزان حد مجاز رودخانه‌های آمریکا برابر ۰/۰۷ میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته شده است (Anon, 2000). نتایج غلظت فسفر در ایستگاه‌ها و ماه‌های مختلف از میزان حد مجاز فوق بیشتر بوده است. همچنین میانگین سالانه غلظت فسفر (۰/۰±۲۵۳/۲۰۰) بطور معنی‌داری تقریبا ۳/۶ برابر از حد مجاز رودخانه‌های آمریکا بیشتر بوده است (One-sample t test ،p<۰/۰۵). در ایستگاه ۷ (محل رهاسازی ماهیان) همانند ایستگاه‌های دیگر از رودخانه‌های تمیز و عاری از آلودگی بیشتر بوده است. اما در ماه‌های اردیبهشت، مرداد و آبان غلظت فسفات این ایستگاه از میزان حد مجاز رودخانه‌های آمریکا بیشتر بوده است. شایان ذکر است که غلظت مواد مغذی در رودخانه‌ها در زمان بارش به دلیل

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

رواناب کشاورزی مملو از کود و سموم کشاورزی و در زمان کم بارش به دلیل کم شدن آب و بالا رفتن غلظت مواد مغذی تغییراتی را نشان می‌دهد که افزایش مقدار فسفات در زمان پر آبی (اردیبهشت و آبان) و کم آبی (مرداد) را توجیه خواهد کرد.

در بررسی سالانه پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه تجن در آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) تغییرات شاخص KMO برابر۰/۵۰ بوده است. در نتایج آزمون Barttlet نیز اختلاف معنی‌دار بود. درآنالیز مولفه‌های اصلی، ۱۸ متغیر پارامترهای محیطی بر اساس منحنی سنگریزه‌ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بیشتر از واحد، به شش مولفه (PC) با ۸۱/۰ درصد ازکل واریانس کاهش یافته است. مشارکت متغیرهای مختلف در جدول ۴ شرح داده شده است. مولفه یک به تنهائی ۲۴/۳ درصد از کل واریانس را شامل اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، نیتریت، نیترات و فسفات شده است. در مولفه دوم دمای آب و ازت کل و آلی با بار عاملی قوی ۱۷/۳ درصد از کل واریانس دارا بوده است (جدول ۴). واریانس مولفه‌های سه تا شش از ۱۲ تا ۷ درصد از کل واریانس را شامل شدند. در این چهار مولفه بقیه متغیرهای محیطی مشارکت داشته‌اند.

جدول ۴- طبقه‌بندی پارامترهای محیطی براساس آزمون مولفه اصلی در رودخانه تجن-ساری (سال ۱۴۰۱)

Table 4. Classification of environmental parameters based on principal component analysis in Tajan River (Sari) (2022)

	Component					
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Temp. water (C)		-۰/۸۷۱				
pH						-۰/۶۱۹
DO (mg/l)					-۰/۷۳۶	
BOD5 (mg/l)	۰/۴۱۵			-۰/۵۸۳		
COD_{Cr} (mg/l)						۰/۸۱۶
EC (us/cm)					-۰/۷۱۸	
TSS (g/l)					۰/۸۲۸	
NTU					۰/۶۱۲	
NO2 (mg/l)	۰/۸۵۱					
NH4mg/l			۰/۸۹۳			
NH3 (mg/l)			۰/۸۴۸			
NO3 (mg/l)	۰/۸۸۵					
TNN (mg/l)		۰/۶۸۳				
DON (mg/l)		۰/۹۱۴				
PO4 (mg/l)	۰/۶۵۴					
DOP (mg/l)				۰/۷۴۶		
TPP (mg/l)				۰/۸۱۷		
Fecalco. (CFU)			۰/۶۷۳			

نتایج به دست آمده از محاسبه شاخص ارزیابی تک عاملی و نیز شاخص جامع آلودگی آب برای ۷ ایستگاه رودخانه تجن در ماه‌های مختلف سال ۱۴۰۱ در جدول ۵ نشان داده است. اعداد مربوط به CPI برای ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که ایستگاه ۱ در این بازه زمانی در محدوده آلودگی متوسط قرار گرفته است و بقیه ایستگاه‌ها در آلودگی شدید می‌باشند. براساس جدول ۵ افزایش غلظت فسفر کل و نیتریت سبب شده است که ایستگاه ۱ در طبقه کیفیت آب متوسط قرار گیرد. در ایستگاه‌های دیگر آلودگی‌های شدید به دلیل بالا بودن سه متغیر فسفر کل، فسفات و نیتریت بوده است. در آزمون

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

مولفه اصلی نیز دو متغیر فسفات و نیتریت با قرار گرفتن در مولفه اول با دارا بودن واریانس بالا دارای اهمیت بوده است که در شاخص CPI نیز دلیل آلودگی شدید آب رودخانه تجن را سبب شده است. به بیان دیگر متغیرهای مولفه اول با متغیرهای شاخص CPI تقریباً منطبق بوده است.

جدول ۵- تغییرات شاخص‌های ارزیابی تک عاملی و شاخص جامع آلودگی آب (CPI) در ایستگاه‌های مختلف در رودخانه تجن- ساری (سال ۱۴۰۱)

Table 5. The fluctuation of single factor evaluation and comprehensive pollution indices at different stations in Tajan River (Sari) (2022)

ایستگاه ها / پارامترها	PI (pollution index)							حدمجاز / استاندارد
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	
pH	۱/۰۸	۱/۱	۱/۰۴	۱/۰۳	۱/۱۴	۱/۱۲	۱/۰۳	۶/۵-۹/۰
TSS (mg/l)	۲	۱/۶۸	۲/۵۶	۱/۵۶	۱	۲/۱۲	۲	۲۵
Turbidity (NTU)	۱/۱۹	۰/۸	۲/۰۷	۰/۴۶	۰/۴	۰/۶	۱/۰۶	۵۰
DO (mg/l)	۱/۶۴	۱/۷۱	۱/۶۴	۱/۶	۱/۶۱	۱/۳	۱/۶۶	۵
BOD5 (mg/l)	۱/۱۵	۲/۲۵	۱/۵۶	۱/۴۷	۱/۴۸	۱/۹۲	۱/۳	۳
COD (mg/l)	۰/۲۴	۰/۵۶	۰/۴۴	۰/۸	۱/۳	۱/۲۴	۱/۱۵	۲۰
TP (mg/l)	۳/۵	۳۲/۹	۱۷/۸	۹/۵۳	۵/۸۴	۵/۸۴	۶	۰/۰۶۵
$PO4^{3-}$ (mg/l)	۰/۷	۱۷/۶	۴/۸	۵/۴	۲/۶	۲/۸	۱/۷	۰/۱۰
NH4/N (mg/l	۰/۱۳	۰/۳۶	۰/۱۵	۰/۰۹۷	۰/۰۷۷	۰/۳۳	۰/۲۲	۰/۷۸
NH3/N (mg/l)	۰/۲	۰/۵۳	۰/۲۳	۰/۱	۰/۱	۰/۴	۰/۳	۰/۰۳
NO2/N (mg/l)	۲/۶۶	۲۸/۳	۱۳/۳	۲۱	۱۲	۱۴/۶۶	۱۴/۳۳	۰/۰۰۳
NO3/N (mg/l)	۰/۰۶۲	۰/۵۹	۰/۴۹۷	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۲	۱۰/۲
CPI	۱/۲	۷/۳۳	۳/۸۳	۳/۵۹	۲/۳	۲/۷	۲/۵۶	
Water quality class	Medium polluted (IV)	Heavily polluted (V)	Heavily polluted (V)	Heavily polluted (V)	Heavily polluted (V)	Heavily polluted (V)	Heavily polluted (V)	

شکل ۴ میانگین (SE±) ماهانه شاخص کیفیت آب (WQIIR) برای ۷ ایستگاه رودخانه تجن و میانگین(SE±) ایستگاهی آن را نشان می‌دهد. طبق این شکل حداکثر مقدار WQIIR در ماه فروردین و حداقل مقدار آن در ماه آبان بود. ایستگاه ۲ و ۱ نیز به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار WQIIR را در بین ایستگاه‌ها داشتند. در ضمن میانگین کل WQIIR، ۴۵/۲±۶/۵ به دست آمد. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین WQIIR در ماه‌ها و ایستگاه‌ها مختلف معنی‌داری بوده است (P<۰/۰۵). آزمون دانکن نشان داد که ایستگاه‌های نمونه‌برداری به دو گروه ایستگاه ۱ و سایر ایستگاه‌ها تفکیک شدند.

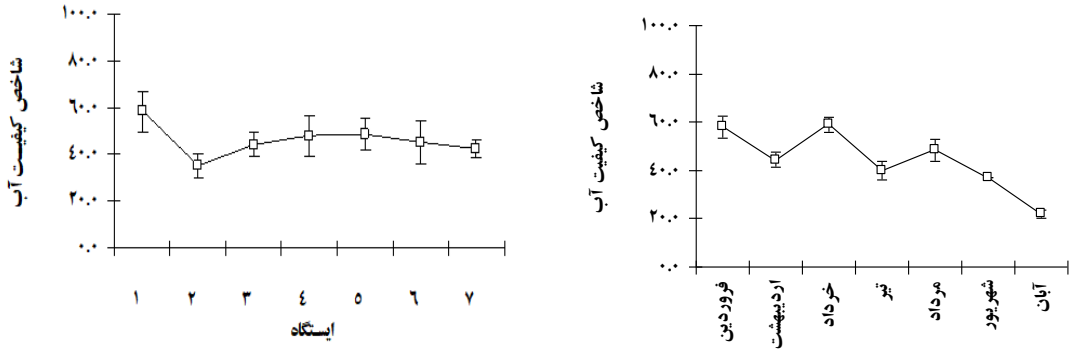
نتایج مقادیر شاخص کیفیت آب را در محدوده ۷۵-۱۷ نشان داد. ۲۶ درصد از کل داده ها و نیز میانگین کل این شاخص بیانگر کیفیت نسبتاً خوب آب رودخانه تجن در ماه های فروردین، خرداد و مرداد بود. پایین ترین کیفیت آب رودخانه تجن (کیفیت بد) ۲۱ درصد از داده‌ها را شامل شد که مربوط به ماه‌های اردیبهشت و آبان بود. شاخص کیفیت آب ایستگاه ۷ نشان میدهد که کیفیت نسبتا بد تا بد در ماه های اردیبهشت، تیر و مرداد میباشد که بیانگر این است که این مکان برای رهاسازی مناسب و مطلوب نمی باشد.

نتایج رگراسیون گام به گام (Stepwise regression) نشان داد که از بین ۱۰ پارامتر مورد

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

استفاده در محاسبه شاخص کیفیت آب، غلظت نیترات با دارا بودن ضریب رگراسیون معنی دار ($p<0/05$) بالا بیشترین تاثیر را بر کیفیت آب رودخانه تجن در کل ایستگاه‌ها نشان داد. نکته قابل ذکر آن است که این ضریب تاثیر ($ß=-0/72$) بود. ضریب تاثیر معنی دار کدورت ($ß=-0/47$) و اکسیژن خواهی شیمیایی ($ß=-0/33$) نیز بر کاهش شاخص کیفیت آب مشاهده شد. احتمالاً اثرات مواد آلی (شامل مواد متابولیتی و باقیمانده مواد غذایی) در پساب شهری سبب افزایش فسفات و تنزل کیفیت آب شده‌است.

میانگین WQIIR (۴۶) در کل ایستگاه‌ها و حتی ایستگاه ۷ (محل رهاسازی بچه ماهیان) طبق تقسیم‌بندی (EPA-US, 1978)، بیانگر آن است که آب رودخانه تجن، در هیچ کدام از طبقه‌بندی شکل ۵ قرار نمی‌گیرد. طبق هوس و الیس (House and Ellis, 1987) نیز کاربری آب رودخانه تجن برای زیست ماهیان مناسب و مطلوب نیست.

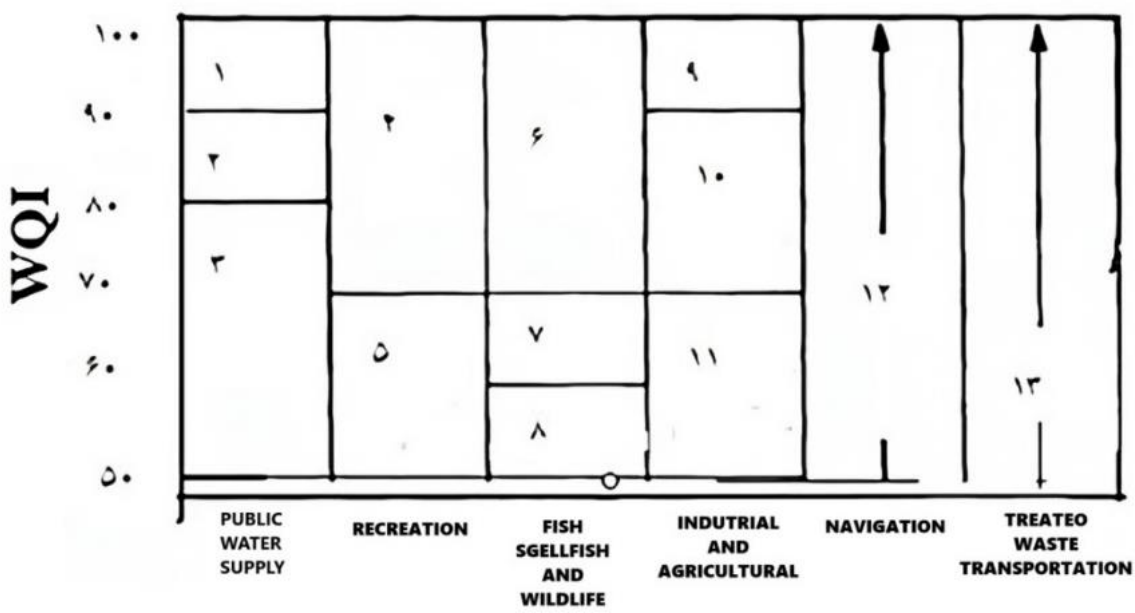


شکل ۴- تغییرات میانگین (±SE) شاخص کیفیت آب (WQIIR) در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف در رودخانه تجن-ساری (سال ۱۴۰۱)

Fig. 4. The mean fluctuation of water quality index (WQIIR) at different months and stations in Tajan River-(Sari) (2022)

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]



شکل ۵- بیان کیفیت آب برای مصارف گوناگون (EPA-US, 1978). مصارف عمومی: ۱-تصفیه آب ضروری نیست. ۲- کمی تصفیه آب نیاز است. ۳-افزایش نیاز به تصفیه آب، تفریحی. ۴-مناسب برای ورزش های آبی. ۵- آلوده ولی همچنان دارای شمارش میکربی قابل قبول، پرورش ماهی و صدف و حیات وحش. ۶-مناسب برای انواع ماهی. ۷- بحرانی برای قزل آلا. ۸- مشکوک برای ماهیان حساس، کشاورزی و صنعت. ۹- تصفیه آب (تصفیه آب ضروری نیست)، ۲-اگر کمی تصفیه آب صورت بگیرد برای صنایع وابسته به آب نیاز است، ۳-عدم نیاز به تصفیه آب (برای صنایع معمولی قایقرانی و انتقال)،۱۰ و ۱۱- قابل قبول

Fig. 5. Statement of water quality for various uses (EPA-US, 1978). General uses: 1. water treatment is not necessary 2. A little water treatment is needed, 3. increasing the need for water treatment, recreational, 4. Suitable for water sports, 5. polluted but still has an acceptable microbial count, fish farming and oysters and wildlife, 6. suitable for all kinds of fish, 7. critical for salmon, 8. questionable for sensitive fish, agriculture and industry, 9. water treatment (water treatment is not necessary), 2. A little water treatment for related industries Water quality is needed, 3. No need for water treatment for normal boating and transportation industries), 10 and 11. acceptable

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

نتیجه گیری

کیفیت آب رودخانه تجن (ساری) به شدت تحت تاثیر میزان بارش و آبدهی سد شهید رجایی و پساب‌های خانگی و صنعتی اطراف می‌باشد. نتیجه این مطالعه نشان داد که در پایین دست رودخانه میزان آلودگی زیاد می‌باشد. نتایج کلی نشان داد که کاربری آب رودخانه تجن برای زیست ماهیان مناسب و مطلوب نیست. همچنین براساس شاخص ارزیابی تک عاملی و نیز شاخص جامع آلودگی آب در اکثر ایستگاه‌ها بیانگر آلودگی‌های شدید می‌باشد که به دلیل بالا بودن سه متغیر فسفر کل، فسفات و نیتریت بوده است. از میان ۱۰ پارامتر شاخص کیفیت آب، پارامترهای نیترات، کدورت و اکسیژن خواهی شیمیایی بیشترین ضریب رگراسیون و تاثیر را بر کیفیت سنجی آب رودخانه تجن داشته اند. در ضمن شاخص کیفیت آب (WQIIR) ایستگاه ۷ نشان می‌دهد که کیفیت نسبتاً بد تا بد در ماه‌های اردیبهشت، تیر و مرداد می‌باشد که بیانگر این است که این مکان برای رهاسازی مناسب و مطلوب نمی‌باشد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور (وزارت جهاد کشاورزی) اجرا گردید. بر خود لازم می‌دانیم که از پرسنل بخش اکولوژی در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر برای نمونه برداری و آنالیز نمونه‌ها سپاسگزاری نماییم.

References

Anon., 2000. National Nutrient Guidance for Rivers and Streams. U.S. EPA. http://www.epa.gov/ost/criteria/nutrient/guidance/rivers/index.html (accessed February, 2003).

Abdollahpour, Z., Rahmani, H., Abdolli, A., Janikhalili, Kh., 2018. Investigation of the desirability index of *cyrius ponticola* habitat in Tajan river (Shahid Rajaei Dam to Takam Junction). Journal of Aquatic Ecology 10(1), 1-13.

APHA., 2005. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater, American Public Health Association, Seventeenth Edition. 1113P.

Afraei Bandpei, M.A., 2023. Study on living condition of *Rutilus kutum*, Carp, and *Acipenser Persicus* released from artificial reproduction in the Tajan River. Iranian Fisheries Science Research Institute, 153 pp. In Persian.

Clabby, K.J., Bowman, J.J., Lucey, J., McGarrigle, M.L., Toner, P.F., 1992. Water Quality in Ireland 1987-1990. Environmental Research Unit, Dublin.

Environmental Protection Organization, 2015. Iran's water quality standard. Vice President of Human Environment department, Soil and Water office. 14 pages. WWW.doe.ir/portal/file/?878240

EPA., 2013. National Rivers and Streams Assessment 2008–2009: A Collaborative Survey (Draft). Washington, DC: Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency (28 February 2013). Available: http://goo.gl/HHa3PH [accessed 29 October 2014].

EPA., 2014. Nutrient Pollution>The Problem [website]. Washington, DC: Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency (updated 16 March 2014). Available: http://www2.epa.gov/nutrientpollution/problem [accessed 29 October 2014].

EPA-US (Environmental Protection Agency of United States)., 1978. Water quality indices: A survey of indices used in the United States, Washington, D.C.20460, and USA.

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]

Ficke, A.D., Myrick, C.A., Hansen, L.J., 2007. Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. Reviews in Fish Biology and Fisheries 17(4), 581-613.

GEF., 2006. Water Quality in the Kura-Aras River Basin, RER/03/G41/A/1G/31: Reducing Trans-boundary Degradation of the Kura-Aras River Basin, 45p.

House, M.A., Ellis, J.B., 1987.The Development of Water Quality Indices for Operational Management. Water Science and Technology 19(9), 145-154.

Karmi Moghadam, A., 2006. Investigating the role of changes in the discharge of the Gorganrud River in the process of influencing the chemical bases of its water quality. 7th International Seminar on River Engineering.

Kazemnejad, F., Safaei, H., Pasha, M. Kazem Nejad, A., 2010. Investigating the pollutants sources of Sardabroud River. Sciences and techniques of natural resources, 5(2), 101-110. In Persian.

Maitera O. N., Ogugbuaja V.O., Barminas J. T., 2010. An assessment of the organic pollution indicator levels of River Benue in Adamawa State, Nigeria. Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology 2(7), 110-116.

Mishra, S., Kumar, A., Shukla, P., 2015. Study of Water Quality in Hindon River Using Pollution Index and Environmetrics, India. Desalination and Water Treatment, 57, 19121-19130.

Mazandaran Regional Water Company, 2022. Report on the status of water resources in Mazandaran province. 16 p. In Persian.

Naderi Jolodar, M., Rouhi, A. Prafkandeh Haghighi, F., 2016. The importance of Tajan River in the protection of fish species in the southern basin of the Caspian Sea. Journal of Aquatic Caspian Sea 1(2), 25-34. In Persian.

Nasiri, R., 2009. SPSS17 step by step tutorial. Nashar Gostar Cultural Center. Tehran, 344 p. In Persian.

Nguyễn, T.T., Đồng K.L., Nguyễn, C.H., 2013. Development of Water Quality Index for Coastal Zone and Application in the Hạ Long Bay. Journal of Earth and Environmental Sciences, 29 (4):43-52.

Ravindra, Kh., Meenakshi, A., Rani, M., Kaushik, A., 2003. Seasonal variations in physico-chemical characteristics of River Yamuna in Haryana and its ecological best-designated use. Journal of Environmental Monitoring, 5, 419-426.

Sapozhnikov, V.N., Agativa, A.E., Arjanova, N.V., Nalitova, E.A., Mardosova, N.V., Zobarowij, V.L., Bandarikov, E.A., 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow, Russia. 75pp.

Vowels, P.D., Connel, D.W., 1980. Experiments in Environmental Chemistry. Pergamen Press, New York, 78 p.

UNECE., 1994. Standard Statistical Classification of Surface Freshwater Quality for the Maintenance of Aquatic Life. In: Readings in International Environment Statistics, United Nations Economic Commission for Europe, United Nations, New York and Geneva.

Zamani Faradonbeh, M., Eigdari, S., Zarei, N., 2015. Investigating the habitat desirability index of black fish (Capoeta gracilis, Keyserling, 1861) in Taleghan River. Fisheries (Natural Resources of Iran) 68(3), 409-419. In Persian.

Zarkami, R., Guderzi, P. & Saharkhaiz, M. 2018. Assessing the habitat desirability of red spotted salmon (*Salmo trutta fario*) in Chalus River using generalized linear model. Fisheries 74, (1)152-139.

Zhi, W., Ouyang, W., Shen, Ch., Li, L., 2023. Temperature outweighs light and flow as the predominant driver of dissolved oxygen in US rivers. Nature Water 1, 249–260.

Yan, Ch.A., Zhang, W., Zhang, Zh., Liu, Y., Deng, C., Nie, N., 2015. Assessment of Water Quality and Identification of Polluted Risky Regions Based on Field Observations & GIS in the Honghe River Watershed, China. POLS ONE, 1-13.

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/KJES.2023.9.1.106511]