

Assessment of water quality in the flow of channels in the west Tehran watershed using the IRWQIsc index

S. Minookadeh¹, M. Esmaili Bidhendi^{2*}, Z. Charrahy³ and S.M. Hosseini⁴

Extended Abstract

Introduction:

Urban rivers are important components of surface water resources, and their quality can be affected by urban development, land-use changes, increased impervious surfaces, human activities, and surface runoff. These factors can introduce various pollutants into surface water systems and consequently alter water quality along the river course. In addition, changes in hydrological conditions between dry and wet periods can affect the transport and distribution of pollutants and, ultimately, water quality. Therefore, assessing water quality during different periods and investigating its spatial and temporal variations are essential for understanding surface water conditions and supporting appropriate pollution management and control strategies. The West Tehran watershed is an important area for surface runoff generation and transport due to extensive urban development, intensive human activities, and the presence of the main Kan, Hesarak, Farahzad, and Darakeh rivers. These rivers pass through mountainous and urban areas and eventually enter the surface runoff collection and conveyance network and the Western Tehran flood diversion channel. Therefore, assessing their water quality under dry and wet conditions can provide an appropriate representation of surface water quality in the watershed. This study aimed to assess the water quality of the main rivers in the West Tehran watershed using the Iranian Surface Water Quality Index (IRWQIsc) to compare water quality between dry and wet periods, and to investigate dominant patterns of co-variation among water quality parameters using Principal Component Analysis (PCA).

Materials and Methods:

The study area included the main rivers of the West Tehran watershed, namely the Kan, Hesarak, Farahzad, and Darakeh rivers, as well as the Western Tehran flood diversion channel. Ten sampling stations were established within the study area. Sampling was conducted during two periods: August 2025, representing the dry period, and February 2026, representing the wet period. Due to the absence of flow in the Hesarak River at stations 3S and 4S, these stations had no samples available for analysis during either period. Consequently, data from eight active sampling stations were analyzed. Water quality parameters were selected based on the requirements of the IRWQIsc and included BOD₅, COD, pH, electrical conductivity (EC), turbidity, dissolved oxygen (DO), nitrate, total ammonium, phosphate, total hardness, and fecal coliforms. Samples were collected using the grab sampling method, transferred to the laboratory, and analyzed using the designated analytical methods and laboratory equipment. The IRWQIsc was then calculated for each station, and water quality was classified according to the descriptive categories of the index. This index integrates 11 physical, chemical, and microbiological parameters into a single numerical value representing the overall status of surface water quality. For statistical analysis, the normality of the index data was assessed using the Shapiro–Wilk test. Because the data followed a normal distribution, a paired t-test was used to compare the mean IRWQIsc values between the dry and wet periods. In addition, PCA was performed to identify dominant patterns of co-variation among water quality parameters and reduce the dimensionality of the dataset.

Results and Discussions:

The IRWQIsc results indicated a considerable difference in water quality between the dry and wet periods. During the dry period, IRWQIsc values ranged from 12.09 to 50.81; the highest value was observed at station 1S (50.81), while the lowest was recorded at station 10S (12.09). The mean IRWQIsc was 38.55, and water

1- PhD candidate, Faculty of Environment, Alborz Campus, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Assistant Professor of Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

3- Assistant Professor of Department of Human Geography and Planning, University of Tehran, Tehran, Iran

4- Professor, Physical Geography Department, University of Tehran, Tehran, Iran

* Corresponding Author: esmaeilb@ut.ac.ir

Received: 2009/08/08

Accepted: 2010/11/11

quality was predominantly classified as moderate to relatively poor. During the wet period, IRWQIsc values ranged from 10.64 to 40.96; the highest value was observed at station 2S (40.96), while the lowest was recorded at station 10S (10.64). The mean IRWQIsc was 29.46, and water quality was predominantly classified as relatively poor to very poor. Comparison of the two periods showed that the mean IRWQIsc was 38.55 during the dry period and 29.46 during the wet period, and the difference was statistically significant ($p = 0.0207$). Therefore, water quality during the wet period was poorer than during the dry period. Station 10S showed the lowest index value in both periods, indicating poorer water quality in the downstream section of the flow system after it passed through urban areas. PCA results also revealed differences in the co-variation structure of water quality parameters between the two periods. During the dry period, the first three principal components collectively explained 85.9% of the total variance, with the first, second, and third components accounting for 38.2%, 26.5%, and 21.2%, respectively. During the wet period, the first three principal components collectively explained 84.8% of the total variance, while the contribution of the first component increased to 47.3%. In this component, COD, BOD₅, NH₄⁺, PO₄³⁻, and turbidity showed more prominent contributions. This change indicated that, during the wet period, a greater proportion of the variability in water quality parameters was organized along a common component. Overall, the decrease in mean IRWQIsc during the wet period and the increased contribution of the first PCA component indicated that the change in water quality between the two periods was accompanied by a change in the contribution pattern of water quality parameters. However, because of the limited number of samples and the lack of direct data on meteorological conditions, discharge, and pollutant sources, interpretation of the factors responsible for these variations should be considered exploratory. Therefore, the observed variations cannot be attributed to a specific pollutant source.

Conclusion:

The results demonstrated that the combined application of IRWQIsc and PCA provided an integrated assessment of surface water quality and revealed both the seasonal water quality status and dominant patterns of variation among water quality parameters in the West Tehran watershed. Nevertheless, because of the limited number of samples and the absence of direct meteorological, hydrological, and pollutant-source data, the factors influencing these variations should be interpreted as exploratory and probable. Future studies involving more sampling events, simultaneous discharge and rainfall measurements, and direct identification of pollutant sources are recommended to improve understanding of water quality variations in the rivers of West Tehran.

Keywords: Principal Component Analysis (PCA); Seasonal Variations; Urban Rivers; Water Quality; Urban Pollution Source

Author Contributions:

Sanaz Minookadeh: Data collection and preliminary data analysis, field sampling, laboratory procedures, and preparation of the initial manuscript.

Mehdi Esmaeili Bidhandi (Corresponding Author): Scientific supervision, editing and reviewing the manuscript, statistical analysis, and review of the discussion and conclusions.

Zabihollah Chaharrah: Scientific supervision, editing and reviewing the manuscript, and evaluation of the results, statistical analyses, and statistical tests.

Seyed Mousa Hosseini: Statistical analysis, preparation of the study area map, and editing and reviewing the manuscript.

Data Availability Statement:

The data used in this study were obtained through field sampling and are part of the first author's doctoral dissertation. The data are available upon reasonable request by contacting the corresponding author via email.

Funding:

The authors would like to express their sincere appreciation to all institutions and individuals who contributed to the data collection, field sampling, and laboratory analyses. The authors also sincerely

acknowledge the scientific contributions and consultations provided by all researchers and specialists who played a role in completing this study.

Ethical Considerations:

This study did not involve any intervention involving human or animal subjects and was conducted in accordance with research ethics principles and scientific standards. All research activities complied with applicable national and regional environmental regulations.

How to cite this paper:

Minookadeh, S., Esmaili Bidhendi, M., Charrahi, Z.A., Hosseini, S.M., (2026). Assessment of Water Quality in the Flow of Channels in the West Tehran Watershed Using the IRWQIsc Index. Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery. 35: 1-24. <https://dx.doi.org/10.2203>.

Copyright:

© Authors, Published by Journal of Research in Mechanics of Agricultural Machinery. This is an open-access article distributed under the CC-BY (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Citation: این قسمت توسط دفتر مجله تکمیل خواهد شد.



ارزیابی کیفیت جریان آب کانال‌های حوضه آبریز غرب تهران با استفاده از شاخص IRWQI

ساناز مینوکده^۱، مهدی اسماعیلی بیدهندی^{۲*}، ذبیح‌الله چهارراهی^۳ و سید موسی حسینی^۴

چکیده

ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌های شهری یکی از الزامات مهم مدیریت منابع آب و کنترل آلودگی در حوضه‌های شهری است. هدف از این پژوهش، ارزیابی کیفیت جریان آب کانال‌های حوضه آبریز غرب تهران و بررسی تغییرات آن در دو دوره خشک و تر است. از ۱۰ ایستگاه تعیین شده در هر دوره، در مرداد و بهمن ۱۴۰۴، به دلیل خشک بودن رودخانه حصارک در محدوده ایستگاه‌های S_3 و S_4 ، هشت نمونه قابل بررسی بود. روش پژوهش شامل اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب و محاسبه شاخص $IRWQI_{sc}$ ، آزمون Shapiro-Wilk برای بررسی نرمال بودن داده‌ها، آزمون t زوجی برای مقایسه شاخص بین دو دوره و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای شناسایی الگوهای هم‌تغییری پارامترها بود. با توجه به نتایج، میانگین $IRWQI_{sc}$ در دوره خشک $38/55$ و در دوره تر $29/46$ به‌دست آمد و تفاوت دو دوره از نظر آماری معنی‌دار بود ($p=0/0207$). در PCA ، سه مؤلفه نخست به‌ترتیب در دوره خشک و تر $85/9$ و $84/8$ درصد واریانس کل را تبیین کردند. نتایج نشان داد کیفیت آب در دوره تر نامطلوب‌تر بوده و تغییرات مشاهده‌شده در ساختار پارامترها می‌تواند با تغییر شرایط و منابع مؤثر بر کیفیت آب مرتبط باشد؛ با این حال، تعیین منشأ قطعی این تغییرات به داده‌های هواشناسی، هیدرولوژیکی و اطلاعات مستقیم منابع آلاینده نیاز دارد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تغییرات فصلی، رودخانه‌های شهری، کیفیت آب، منابع آلاینده شهری
ارجاع: این قسمت توسط دفتر مجله تکمیل خواهد شد.

مقدمه

به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ایجاد کرده است. در کشورهایی مانند ایران که با محدودیت منابع آب و افزایش تقاضا مواجه‌اند، پایش مستمر و ارزیابی دقیق کیفیت آب از اهمیت استراتژیک برخوردار است. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که توسعه سریع شهرنشینی، افزایش سطوح نفوذناپذیر و تغییر کاربری اراضی، از مهم‌ترین عوامل تشدید آلودگی جریان‌های سطحی در محیط‌های شهری محسوب می‌شوند و می‌توانند موجب انتقال گسترده آلاینده‌های

آب به عنوان بنیادی‌ترین منبع طبیعی، نقشی حیاتی در پایداری اکوسیستم‌ها، توسعه اقتصادی، امنیت غذایی و سلامت انسان ایفا می‌کند. با این حال، در چند دهه اخیر، کیفیت منابع آب به‌طور فزاینده‌ای تحت تأثیر فشارهای ناشی از رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی، توسعه صنعتی و تغییرات کاربری اراضی قرار گرفته است (McGrane, 2016; Ragab and Prudhomme, 2025; Nti et al., 2021; Bagheri Lotfabad et al., 2025). این روند نه تنها به افت سطح کیفی منابع آبی منجر شده، بلکه چالش‌های چشمگیری را در مسیر مدیریت پایدار منابع آب،

۱- کاندیدای دریافت دکتری، دانشکده محیط‌زیست، پردیس البرز، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استادیار، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه جغرافیای انسانی و برنامه‌ریزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۴- استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: esmaeilib@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: (همان تاریخ نامه دریافت مقاله) تاریخ پذیرش: (همان تاریخ نامه دریافت مقاله)

ضروری است. شاخص‌های کیفیت آب (Water Quality Indices - WQIs) ابزارهایی کارآمد برای تبدیل داده‌های متعدد و متغیر به یک شاخص عددی واحد و قابل تفسیر ارائه می‌دهند (Debels et al., 2005; Iraga, 2007). این شاخص‌ها با تلفیق پارامترهای مختلف، تصویری جامع از وضعیت کیفی آب فراهم ساخته و امکان مقایسه شرایط مختلف زمانی و مکانی و تبدیل داده‌های پیچیده کیفی به مقادیر قابل تفسیر را فراهم می‌کنند و در سال‌های اخیر به‌طور گسترده در مدیریت منابع آب شهری و پایش زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Abbasi & Abbasi, 2012; Sutadian et al., 2016).

در میان شاخص‌های متعدد، شاخص متداول کیفیت آب ایران (IRWQI) به عنوان یک شاخص بومی و تطابق‌یافته با شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی، هیدرولوژیکی، منابع آلاینده و زیست‌محیطی کشور به صورت رسمی توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران در سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۵ در قالب دستورالعمل‌های ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی منتشر و استفاده شد (Ebraheim et al., 2020; Fathi et al., 2022). ساختار این شاخص به گونه‌ای است که تغییرات جزئی در پارامترهای کیفی را منعکس کرده و تصویری دقیق از وضعیت آلودگی ترسیم می‌کند.

مطالعات متعددی در ایران و سایر کشورها نشان داده‌اند که شاخص IRWQI ابزاری مؤثر در شناسایی روندهای تغییر کیفیت آب و تحلیل اثرات فعالیت‌های انسانی است. یافته‌های این پژوهش‌ها بیانگر کاهش محسوس کیفیت آب به‌ویژه در بخش‌های پایین‌دست رودخانه‌ها و مجاورت مراکز شهری و کشاورزی است (Vatanpour et al., 2020; Roshani-Sefidkouhi et al., 2025). این افت کیفیت عمدتاً ناشی از افزایش بار آلودگی و ورود ترکیبات مختلف آلاینده است. همچنین IRWQI توانایی مؤثری در تشخیص نوسانات فصلی دارد و می‌تواند تفاوت‌های بین دوره‌های خشک و مرطوب را با دقت آشکار سازد.

علی‌رغم پیشرفت‌های چشمگیر در سنجش و مدل‌سازی کیفیت آب، پژوهش‌های جامع در خصوص ارزیابی کیفی جریان‌های سطحی شهری با تمرکز بر تغییرات فصلی و بهره‌گیری از شاخص‌های بومی مانند IRWQI هنوز محدود است. این خلأ در کلان‌شهرهایی نظیر تهران، که با آهنگ سریع شهرنشینی، تراکم بالای جمعیت و گسترش فعالیت‌های صنعتی روبه‌رو هستند، اهمیت مضاعفی می‌یابد. در چنین شرایطی، جریان‌های سطحی

آلی، مواد مغذی، فلزات سنگین و آلاینده‌های میکروبی به رودخانه‌ها شوند (Paul & Meyer, 2001; Walsh et al., 2005; Derakhshan-Babaei et al., 2021). رودخانه‌ها از اساسی‌ترین اجزای سامانه‌های هیدرولوژیکی به شمار می‌آیند و به‌عنوان منبع اصلی تأمین آب برای مصارف شرب، کشاورزی، صنعتی و نیازهای زیست‌محیطی استفاده می‌شوند. با این حال، این منابع به‌طور مداوم در معرض ورود آلاینده‌ها از منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای قرار دارند. فعالیت‌هایی نظیر تخلیه فاضلاب شهری، دفع پساب‌های صنعتی، رواناب کشاورزی و فرسایش خاک، موجب ورود ترکیبات مغذی، فلزات سنگین، مواد آلی و ذرات معلق به آب‌های سطحی می‌شود (Sharma et al., 2023; Chorol & Gupta, 2023; Mustapha et al., 2012). حضور این آلاینده‌ها موجب تغییر در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب شده و اثرات منفی قابل توجهی بر سلامت انسان و اکوسیستم‌های آبی بر جای می‌گذارد (Mohsenifar et al., 2025).

در این میان، رواناب شهری یکی از مهم‌ترین مسیرهای انتقال آلاینده‌ها به آب‌های سطحی محسوب می‌شود. در مناطق شهری، منابع آلاینده شامل خودروها، صنایع، فعالیت‌های ساختمانی و فاضلاب‌های پراکنده بوده که از طریق رواناب وارد شبکه‌های آب سطحی می‌شوند. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که نوع و الگوی کاربری اراضی نقش قابل توجهی در تعیین کیفیت جریان‌های سطحی دارد؛ کاربری‌های شهری و کشاورزی معمولاً بیشترین بار آلودگی را ایجاد می‌کنند، در حالی که کاربری‌های طبیعی مانند جنگل‌ها و فضاها سبز می‌توانند اثرات تعدیل‌کننده‌ای داشته باشند (Ross & Randhir, Zakizadeh et al., 2022; Maure et al., 2021; Muluye et al., 2024).

کیفیت آب حاصل برهم‌کنش پیچیده‌ای از عوامل طبیعی و انسانی است. این عوامل در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف به‌صورت هم‌زمان بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند. یکی از ابعاد کلیدی این تغییرات، نوسانات فصلی است که نقش تعیین‌کننده‌ای در غلظت و توزیع آلاینده‌ها ایفا می‌کند (Nasrollahzadeh Saravi et al., 2025). در دوره‌های خشک، کاهش جریان و افزایش تبخیر معمولاً غلظت آلاینده‌ها را افزایش می‌دهد، در حالی که در دوره‌های تر، بارش و رواناب موجب شست‌وشو و انتقال آلاینده‌ها از سطح زمین به آب‌های سطحی می‌شود (Das, 2025). درک این الگوهای فصلی برای مدیریت مؤثر منابع آب ضروری است.

به دلیل پیچیدگی داده‌های مرتبط با پارامترهای کیفی آب، استفاده از ابزارهای تحلیلی مناسب برای ارزیابی و تفسیر آن‌ها

شهری می‌تواند به‌عنوان یکی از منابع اصلی آلودگی، نقش تعیین‌کننده‌ای در افت کیفیت آب‌های سطحی ایفا کند. حوضه آبریز غرب تهران یکی از مهم‌ترین زیرحوضه‌های شهری کلان‌شهر تهران محسوب می‌شود که به دلیل توسعه سریع شهری، تغییر در الگوهای کاربری و ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی، افزایش سطوح نفوذناپذیر، تمرکز فعالیت‌های انسانی و وجود رودخانه‌های مهم از با اهمیت‌ترین کانون‌های تولید جریان‌های سطحی و انتقال آلاینده‌های شهری در تهران به شمار می‌رود. از این رو، انجام مطالعات سیستماتیک برای ارزیابی وضعیت کیفی آب و شناسایی منابع آلودگی در این منطقه ضروری است.

مواد و روش‌ها

با توجه به هدف اصلی این پژوهش که ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها در حوضه آبریز غرب تهران با استفاده از شاخص بومی IRWQI در دو فصل خشک و تر می‌باشد؛ شکل ۱ مدل مفهومی این مطالعه را نشان می‌دهد که به سه مرحله تقسیم شده است: (۱) پیش‌پردازش داده‌ها شامل تعیین نقاط نمونه‌برداری و پارامترهای اندازه‌گیری بر اساس شاخص IRWQI و داده‌های نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای؛ (۲) انجام

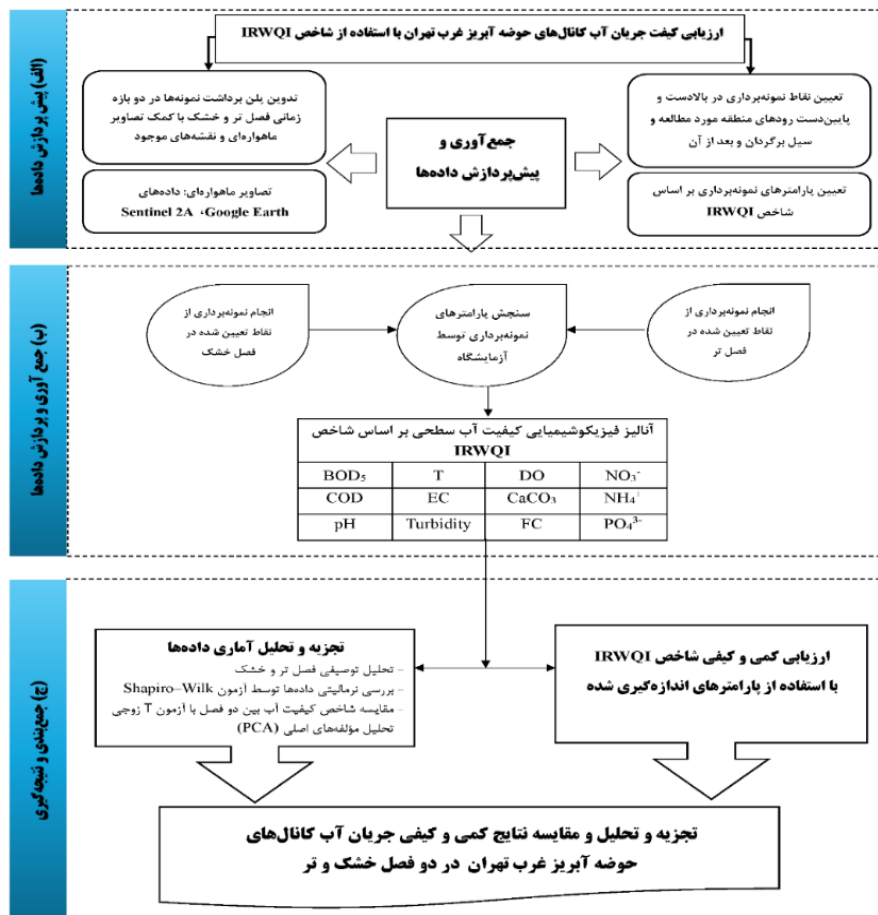
بر این اساس، هدف از پژوهش حاضر ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها در حوضه آبریز غرب تهران با استفاده از شاخص بومی IRWQI در دو فصل خشک و تر می‌باشد. این تحقیق با انجام نمونه‌برداری از رودخانه‌های اصلی حوضه و اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی، به بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب و شناسایی منابع آلاینده می‌پردازد. یافته‌های حاصل می‌تواند مبنایی علمی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در زمینه کنترل آلودگی، مدیریت بهینه منابع آبی شهری و برنامه‌ریزی زیست‌محیطی کلان‌شهر تهران فراهم آورد و گامی مؤثر در جهت دستیابی به توسعه پایدار به‌شمار آید.

نمونه‌برداری و سنجش پارامترهای کیفیت آب سطحی بر اساس شاخص IRWQI توسط آزمایشگاه و (۳) جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از طریق ارزیابی کمی و کیفی شاخص IRWQI و تحلیل‌های آماری و در نهایت دستیابی به مقایسه نتایج کمی و کیفی جریان آب کانال‌ها در دو فصل خشک و تر حوضه مورد مطالعه.

شکل ۱. چارچوب روش‌شناسی: (الف) پیش‌پردازش داده‌ها، (ب) جمع‌آوری و پردازش داده‌ها، (ج) جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

منطقه مورد مطالعه

کلان‌شهر تهران به‌عنوان پایتخت ایران و یکی از بزرگ‌ترین مراکز جمعیتی، اقتصادی و صنعتی کشور، در دهه‌های اخیر تحت تأثیر رشد سریع شهرنشینی، توسعه فیزیکی، افزایش تراکم جمعیت و گسترش سطوح نفوذناپذیر شهری قرار گرفته است (Statistical Center of Iran, 2016). به‌عنوان اساس مطالعات انجام‌شده در حوضه کن، به‌عنوان بخش مهمی از محدوده مورد مطالعه، سهم کاربری شهری از حدود ۵/۶۳ درصد در سال ۱۹۸۸ به ۱۰/۵ درصد در سال ۲۰۰۶ افزایش یافته است که بیانگر روند توسعه کاربری‌های انسان‌ساخت در حوضه است (Derakhshan-Babaei et al., 2021). این روند توسعه موجب تغییر قابل‌توجه در الگوی طبیعی رواناب، افزایش حجم جریان‌های سطحی و تشدید انتقال آلاینده‌ها به شبکه‌های آب



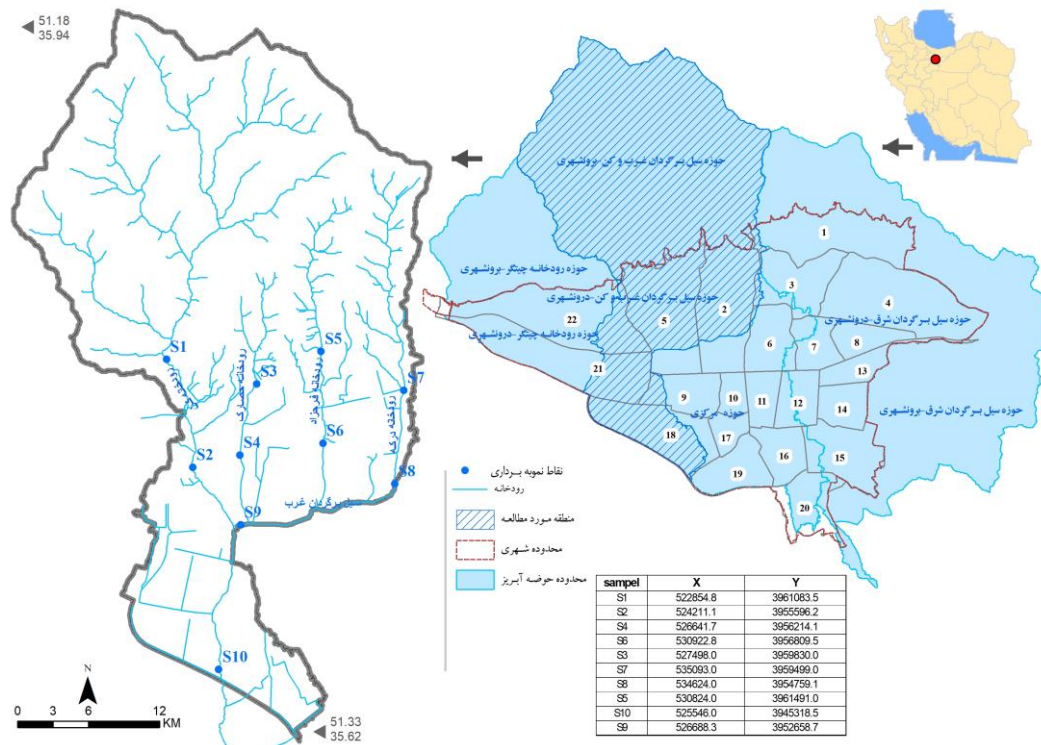
شبکه زهکش غرب تهران شامل رودخانه‌های کن، حصارک، فرحزاد، درکه و کانال سیل‌برگردان غرب تهران است که رواناب‌های ناشی از بارندگی و فعالیت‌های شهری را جمع‌آوری و به سمت جنوب شهر هدایت می‌کند. با این حال، ورود فاضلاب‌های شهری، پساب‌های خدماتی، رواناب ناشی از ترافیک شهری، شست‌وشوی معابر و فعالیت‌های عمرانی موجب افت کیفیت آب این رودخانه‌ها شده است (Tehran Crisis Management Organization, 2020). حوضه‌های آبریز غرب تهران از نظر توپوگرافی دارای شیب نسبتاً زیادی هستند. بر اساس بررسی ویژگی‌های فیزیوگرافیک حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران، شیب حوضه‌های کن، حصارک، فرحزاد و درکه به ترتیب ۵۸/۱۸، ۶۵/۰۰، ۶۱/۰۰ و ۶۴/۶۰ درصد گزارش شده است. این مقادیر بر اساس تحلیل مدل رقومی ارتفاع (DEM) و پردازش‌های انجام‌شده در محیط GIS به دست آمده‌اند (Ghanavati et al., 2016).

در پژوهش حاضر، به منظور ارزیابی کیفی آب رودخانه‌های حوضه آبریز غرب تهران، نمونه‌برداری از نقاطی در بالادست و پایین‌دست رودخانه‌های کن، فرحزاد، درکه و حصارک و همچنین محل اتصال رودخانه‌ها به کانال سیل‌برگردان غرب تهران انجام شد. به منظور بررسی تغییرات فصلی کیفیت آب و رفتار آلاینده‌ها در شرایط متفاوت هیدرولوژیکی، نمونه‌برداری در دو دوره خشک و تر انجام شد.

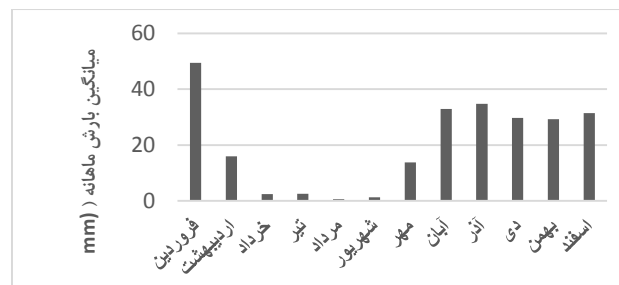
با توجه به نبود ایستگاه هواشناسی در محدوده تمام حوضه، ایستگاه سینوپتیک تهران-مهرآباد به عنوان یکی از ایستگاه‌های نماینده شرایط اقلیمی بخش غربی شهر تهران در نظر گرفته شد. بر اساس نرمال‌های اقلیمی دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰، داده‌های این ایستگاه امکان توصیف الگوی بلندمدت بارش منطقه را فراهم می‌کند. بارش متوسط سالانه در این دوره ۳۰ ساله حدوداً ۲۳۸ میلی‌متر می‌باشد؛ شکل ۳ میانگین بارش ماهانه را بر حسب میلی‌متر در این بازه زمانی نشان می‌دهد (WMO station 40754).

سطحی شهری شده است. تهران در دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز و در محدوده اقلیم نیمه‌خشک واقع شده و بارندگی‌های آن عمدتاً ماهیتی فصلی و با شدت بالا دارند که این شرایط، وقوع سیلاب‌های ناگهانی و رواناب‌های شهری را افزایش می‌دهد (Iran Meteorological Organization, 2021). همچنین توسعه بی‌رویه شهری و کاهش سطوح نفوذپذیر از مهم‌ترین عوامل افزایش رواناب و افت کیفیت آب‌های سطحی در تهران گزارش شده‌اند (Hashemi, 2011). حوضه آبریز غرب تهران یکی از مهم‌ترین زیرحوضه‌های هیدرولوژیکی شهر تهران محسوب می‌شود که حدود ۱۴۲/۶۳ کیلومترمربع مساحت دارد و در جمع‌آوری و انتقال جریان‌های سطحی مناطق شمال‌غرب و غرب شهر نقش اساسی ایفا می‌کند. این حوضه عمدتاً شامل رودخانه‌های کن، حصارک، فرحزاد و درکه بوده و محدوده‌های مناطق ۲، ۵ و بخش‌هایی از مناطق ۱۸، ۲۱ و ۲۲ شهرداری تهران را در بر می‌گیرد (Tehran Engineering and Urban Development Organization, 2019). رودخانه‌های مذکور از ارتفاعات جنوبی البرز سرچشمه گرفته و پس از عبور از نواحی کوهستانی و شهری وارد شبکه هدایت رواناب و کانال‌های سیل‌برگردان غرب تهران می‌شوند. شکل ۲، موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز غرب تهران، رودخانه‌ها و نقاط نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

رودخانه کن به عنوان اصلی‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه غرب تهران (Sinapress News Agency, 2015)، مهم‌ترین محور زهکشی طبیعی غرب تهران محسوب می‌شود و مطالعات پیشین نشان داده‌اند که توسعه شهری، افزایش ترافیک، ورود جریان‌های سطحی خیابانی و تخلیه فاضلاب‌های شهری موجب کاهش کیفیت آب این رودخانه در بخش‌های پایین‌دست شده است؛ روددره‌های فرحزاد و درکه نیز از مهم‌ترین کریدورهای طبیعی و زیست‌محیطی شهر تهران به شمار می‌روند، اما توسعه نامتوازن شهری سبب کاهش عملکرد طبیعی آن‌ها و افزایش ورود آلاینده‌های شهری به جریان‌های سطحی شده است (Sadrazam Nouri et al., 2023).



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز غرب تهران به همراه رودخانه‌ها، نقاط نمونه‌برداری و مختصات آنها در منطقه مورد مطالعه



شکل ۳- میانگین بارش ماهانه بر حسب میلی‌متر در بازه زمانی ۱۹۹۱-۲۰۲۰

انجام نمونه‌برداری آب و تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی

در گام نخست، پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی مقالات و پژوهش‌های مرتبط و نیز انجام مطالعات میدانی، محدوده‌ها و زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه شناسایی و تفکیک شدند. سپس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (Sentinel 2A) (و داده‌های توپوگرافی مربوط به شهر تهران و با در نظر گرفتن شبکه رودخانه‌ای اصلی در حوضه غرب تهران شامل رودخانه‌های کن، فرحزاد، حصارک و درکه نقاط نمونه‌برداری مشخص گردید. بر اساس هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی وضعیت کیفی آب رودخانه‌های مورد مطالعه، ۱۰ ایستگاه نمونه‌برداری S1 تا S10 تعیین گردید. این ایستگاه‌ها شامل چهار نقطه در بالادست و چهار نقطه در پایین‌دست رودخانه‌ها (قبل از ورود به سیل‌برگردان غرب تهران)، یک ایستگاه روی کانال سیل‌برگردان غرب (پس از تجمع جریان سه رودخانه‌ها) و یک ایستگاه نهایی

پس از سیل‌برگردان (پس از تجمع جریان رودخانه‌ها و عبور از مناطق شهری) می‌باشد. موقعیت ایستگاه‌ها به شرح زیر است (شکل ۲):

S1: رودخانه کن - بالادست / S2: رودخانه کن - پایین‌دست / S3: رودخانه حصارک - بالادست / S4: رودخانه حصارک - پایین‌دست / S5: رودخانه فرحزاد - بالادست / S6: رودخانه فرحزاد - پایین‌دست / S7: رودخانه درکه - بالادست / S8: رودخانه درکه - پایین‌دست / S9: سیل‌برگردان غرب / S10: پس از سیل‌برگردان غرب

نمونه‌گیری از نقاط مذکور در دو نوبت در مرداد ماه سال ۱۴۰۴ به عنوان فصل خشک و بهمن ماه همان سال به عنوان فصل تر انجام شد. بر اساس نمودار بارش ارائه شده در شکل ۳، و هدف پژوهش که بررسی کیفیت جریان آب کانال‌ها در دو فصل خشک

و تر بوده است، مرداد ماه به عنوان ماه کم بارش (فصل خشک) و بهمن ماه به عنوان ماهی که در میانه فصل بارش قرار گرفته به عنوان ماه پر بارش (فصل تر) انتخاب شده‌اند. با توجه به اینکه شاخص مورد استفاده در این پژوهش شاخص $IRWQI_{SC}$ است، پارامترهای کیفی آب بر اساس الزامات این شاخص انتخاب شدند که شامل نیاز اکسیژن بیوشیمیایی (BOD_5)، نیاز اکسیژن شیمیایی (COD)، هدایت الکتریکی (EC)، pH ، دما (T)، اکسیژن محلول (DO)، کدورت ($Turbidity$)، سختی کل ($CaCO_3$)، کلیفرم مدفوعی (FC)، نیترات (NO_3^-)، آمونیوم (NH_4^+) و فسفات (PO_4^{3-}) می‌باشد (Mottahedin & Abdoos, 2021).

پس از برداشت میدانی نقاط تعیین شده با استفاده از نقشه‌های ماهواره‌ای و انجام نمونه‌برداری به روش Grab Sampler، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و آنالیز و سنجش پارامترهای مورد نظر انجام شد. بدین منظور پارامترهای pH و EC توسط pH متر چندکاره مدل $WA-2017SD$ ، $CaCO_3$ به روش تیتراسیون دستی، $Turbidity$ توسط کدورت سنج، DO توسط اکسیژن متر، BOD_5 به روش انکوباسیون، COD ، NO_3^- ، NH_4^+ و PO_4^{3-} اسپکتروفتومتر $HACH DR6000$ و FC به روش کشت و شمارش به روش تخمیر چند لوله‌ای در آزمایشگاه سنجش شدند. در ادامه، بر اساس روابط محاسباتی شاخص $IRWQI_{SC}$ ، مقدار عددی کیفیت آب برای هر ایستگاه محاسبه و سپس بر مبنای نتایج به دست آمده، وضعیت کیفی هر نقطه در طبقات توصیفی شامل خیلی بد، بد، نسبتاً بد، متوسط، نسبتاً خوب و خوب طبقه‌بندی شد.

شاخص متداول کیفیت آب ایران $IRWQI_{SC}$

شاخص $IRWQI_{SC}$ به عنوان یک شاخص تلفیقی، حاصل ترکیب دو شاخص $NSFWQI^1$ و $BCEQI^2$ بوده که توسط سازمان حفاظت محیط زیست جمهوری اسلامی ایران با هدف ارزیابی و طبقه‌بندی وضعیت کلی کیفیت منابع آب سطحی متناسب با شرایط و ویژگی‌های منابع آب ایران تدوین شده است (Rezaeiashad et al., 2022). یک راهنمای رسمی با عنوان Guide to Calculate Iran Surface Water Resources Quality Index توسط همین سازمان در سال ۲۰۱۱ منتشر

شده و منابع بعدی نیز آن را به عنوان مرجع اصلی محاسبه شاخص معرفی کرده‌اند. این شاخص با تلفیق ۱۱ پارامتر متداول فیزیکی، شیمیایی و میکروبی کیفیت آب، شامل BOD_5 ، COD ، DO ، EC ، کلیفرم مدفوعی، آمونیوم، نیترات، فسفات، کدورت، سختی کل و pH در قالب یک مقدار عددی (بدین ترتیب که هر پارامتر پس از تبدیل به امتیاز شاخص و اعمال وزن مربوطه) در محاسبه شاخص نهایی وارد می‌شود و امکان بیان و مقایسه وضعیت کلی کیفیت آب در ایستگاه‌های مختلف را فراهم می‌کند (Iran et al., 2025; Roshani-Sefidkouhi et al., 2025; Mottahedin & Abdoos, 2021; 2025). طبقه‌بندی نهایی از "خیلی بد" تا "بسیار خوب" انجام می‌شود و در مطالعات مختلف برای ارزیابی وضعیت کیفی رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سایر منابع آب سطحی ایران به کار رفته است (Dadolahi-Sohrab et al., 2012). از نظر کاربردی، $IRWQI_{SC}$ روشی ساده و در عین حال مؤثر برای ارزیابی وضعیت کیفی منابع آب محسوب می‌شود که با در نظر گرفتن شرایط طبیعی و چالش‌های مرتبط با منابع آب در ایران، قابلیت استفاده گسترده دارد. در این روش، مقادیر پارامترهای مختلف کیفیت آب‌های سطحی در قالب یک رابطه ریاضی تلفیق شده و در نهایت عدد حاصل، به صورت یک شاخص کیفی تفسیر می‌گردد که بیانگر وضعیت سلامت آب است (Hashemi, 2011; Iran Department of Environment, 2016).

مراحل محاسبه شاخص $IRWQI_{SC}$ عبارت است از:

(۱) انتخاب پارامترها و تعیین وزن هر پارامتر با استفاده

از جدول ۱؛

(۲) تبدیل غلظت اکسیژن محلول (بر حسب میلی گرم بر

لیتر) به درصد اشباع؛

(۳) به دست آوردن مقدار شاخص برای هر پارامتر با

استفاده از منحنی‌های رتبه‌بندی؛

جدول ۱- پارامترهای شاخص $IRWQI$ و وزن آنها

ردیف	پارامترها	وزن	واحد
۱	COD	۰/۰۹۳	mg/l

¹ National Sanitation Foundation Water Quality Index

² British Columbia Water Quality Index

mg/l	۰/۱۱۷	BOD ₅	۲
واحد استاندارد	۰/۰۵۱	pH	۳
μS/cm	۰/۰۹۶	EC (هدایت الکتریکی)	۴
NTU بر حسب	۰/۰۶۲	Turbidity (کدورت)	۵
بر حسب درصد اشباع	۰/۰۹۷	DO (اکسیژن محلول)	۶
mg/l	۰/۰۱۰۸	NO ₃ ⁻ (نیترات)	۷
مجموع آمونیوم	۰/۰۹۰	NH ₄ ⁺ (آمونیم)	۸
mg/l	۰/۰۸۷	PO ₄ ³⁻ (فسفات)	۹
mg/l as CaCO ₃	۰/۰۵۹	TH (سختی کل)	۱۰
MPN/ 100 ml	۰/۱۴۰	FC (کلیرم مدفوعی)	۱۱

*MPT (Most Probable Number)

*NTU (Nephelometric Turbidity Units)

(۴) محاسبه مقدار شاخص با استفاده از رابطه شماره (۱):

$$IRWQI_{SC} = \left[\prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{\sum W_i}}$$

که در آن:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n W_i$$

 W_i = وزن پارامتر i ام n = تعداد پارامترها I_i = مقدار شاخص برای پارامتر i ام از منحنی رتبه بندی می باشد.

(۵) برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده، از جدول ۲ استفاده می گردد.

جدول ۲- راهنمای رتبه بندی توصیفی IRWQI	
مقدار شاخص	معادل توصیفی
کمتر از ۱۵	خیلی بد
۱۵ - ۲۹/۹	بد
۳۰ - ۴۴/۹	نسبتاً بد
۴۵ - ۵۵	متوسط
۵۵/۱ - ۷۰	نسبتاً خوب
۷۰/۱ - ۸۵	خوب
بیشتر از ۸۵	بسیار خوب

در تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA)، ابتدا داده های ۱۱ متغیر کیفیت آب شامل BOD₅، pH، EC، Turbidity، DO، NO₃⁻، NH₄⁺، PO₄³⁻، CaCO₃ و FC استانداردسازی و ماتریس همبستگی آنها تشکیل می شود. سپس با تجزیه مقادیر ویژه ای (Eigenanalysis) ماتریس همبستگی، مقادیر ویژه (Eigenvalues) و بردارهای ویژه (Eigenvectors) محاسبه می گردند. مقدار ویژه نشان دهنده میزان واریانس تبیین شده توسط هر مؤلفه است و مؤلفه ها بر اساس مقدار ویژه از بزرگ به کوچک مرتب می شوند. هر مؤلفه اصلی نیز به صورت یک ترکیب خطی از متغیرهای استاندارد شده تشکیل می شود که ضرایب آن از بردار ویژه به دست می آید. بردار ویژه مجموعه ای از ضرایب است که نشان می دهد هر پارامتر کیفیت آب چه میزان و در چه جهتی در شکل گیری یک مؤلفه اصلی مشارکت دارد. در خروجی PCA همین ضرایب معمولاً برای تفسیر نقش پارامترها در هر مؤلفه استفاده می شوند. به

تحلیل و آزمون های آماری

به منظور بررسی نرمال بودن داده های شاخص کیفیت آب در دو فصل خشک و تر از آزمون Shapiro-Wilk در نرم افزار SPSS 27 استفاده شده است. سپس با توجه به نتایج آزمون نرمالیتی، برای مقایسه میانگین شاخص کیفیت آب بین دو فصل از آزمون زوجی (Paired t-test) در نرم افزار SPSS 27 استفاده شد. به منظور شناسایی مهم ترین عوامل مؤثر بر تغییرات کیفیت جریان های سطحی و تعیین الگوهای حاکم بر توزیع پارامترهای کیفی، تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) در نرم افزار Origin 2025b انجام شده است. این روش یکی از پرکاربردترین روش های آماری چندمتغیره در مطالعات کیفیت آب محسوب می شود که با کاهش ابعاد داده ها، امکان استخراج مهم ترین مؤلفه های تأثیرگذار و تعیین همبستگی بین پارامترهای مختلف را فراهم می کند (Zeinalzadeh & Rezaei, 2017).

واریانس کل را دارد و مؤلفه‌های بعدی به ترتیب بخش‌های باقی‌مانده از تغییرات موجود در داده‌ها را توضیح می‌دهند. در این پژوهش، مؤلفه‌هایی که بیشترین سهم را در تبیین واریانس داشتند، با توجه به ضرایب بارگذاری متغیرها برای شناسایی عوامل مؤثر بر کیفیت آب در دو فصل بررسی شدند.

نسبتاً بد و در ایستگاه S₁₀ دارای کیفیت خیلی بد بود. لازم به ذکر است شاخص IRWQI، در ایستگاه‌های S₃ و S₄ به دلیل خشک بودن نقاط بالادست و پایین‌دست رودخانه حصارک قابل محاسبه نبود؛ همچنین این شاخص در فصل تر در ایستگاه‌های S₁، S₂، S₅، S₆ و S₇ دارای کیفیت نسبتاً بد، در ایستگاه‌های S₈ و S₉ دارای کیفیت بد، در ایستگاه S₁₀ دارای کیفیت خیلی بد و در ایستگاه‌های S₃ و S₄ متأسفانه باز هم به دلیل خشک بودن نقاط بالادست و پایین‌دست رودخانه حصارک قابل محاسبه نبود.

عبارت دیگر هر مؤلفه در واقع یک ترکیب خطی از ۱۱ پارامتر کیفیت آب است؛ در نتیجه "مؤلفه اول" یا "مؤلفه دوم" یک پارامتر اندازه‌گیری شده مستقل نیست، بلکه یک محور آماری است که الگوی مشترک تغییرات چند متغیر را نشان می‌دهد. بنابراین، مؤلفه اول بیشترین مقدار ویژه و بیشترین سهم از

نتایج و بحث

نتایج حاصل از محاسبه شاخص IRWQI

پس از انجام نمونه‌برداری و سنجش آزمایشگاهی پارامترها و انتقال عددی نتایج روی نمودارهای استاندارد شاخص IRWQI، میزان شاخص هر پارامتر به دست آمد. نتایج حاصل در جدول ۳ برای فصل خشک و جدول ۴ برای فصل تر آورده شده است. با توجه به نتایج کمی و کیفی به دست آمده، شاخص IRWQI (جدول ۵) در فصل خشک در ایستگاه‌های S₁، S₅ و S₉ دارای کیفیت متوسط، در ایستگاه‌های S₂، S₆، S₇ و S₈ دارای کیفیت

جدول ۳- مقادیر شاخص پارامترها در نقاط نمونه‌برداری در فصل خشک

متغیرها نمونه‌ها	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	pH -	EC (μS/cm)	Turbidity (NTU)	DO (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	CaCO ₃ (mg/L)	FC (MPN/ 100mL)
S ₁	۸۵	۸۶/۵	۹۰	۸۲	۱۰۰	۹۳	۱	۹۸	۳۵	۷۰	۹۹
S ₂	۱۴	۲۸	۹۰	۴۶	۹۴	۶۳	۱۱	۹۸	۶۶	۱۰۰	۲۸
S ₅	۶۸	۸۰	۴۱	۹۰	۱۰۰	۹۹	۱	۹۸	۵۵	۸۵	۹۹
S ₆	۹۵	۹۸	۷۳	۵۱	۹۰	۵۷	۱	۸۰	۴۷	۱۰۰	۲۸
S ₇	۶۸	۷۹	۵۱	۹۱	۲۹	۹۴	۱	۲۴	۱۰	۷۵	۸۶
S ₈	۹۵	۹۸	۶۶	۴۵	۸۷	۵۴	۷۷	۱	۵	۱۰۰	۲۸
S ₉	۶۱	۷۴	۶۱	۶۱	۸۷/۵	۹۳	۲	۹۷	۱۳	۸۵	۹۹
S ₁₀	۵	۱۴	۶۵	۵۶	۲۳	۸۸	۱	۱	۱	۲۴	۹۹

* نمونه‌های S₃ و S₄ به دلیل خشک بودن کانال در زمان نمونه‌برداری گرفته نشد

جدول ۴- مقادیر شاخص پارامترها در نقاط نمونه‌برداری در فصل تر

متغیرها نمونه‌ها	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	PH -	EC (μS/cm)	Turbidity (NTU)	DO (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	CaCO ₃ (mg/L)	FC (MPN/ 100mL)
S ₁	۲۰	۳۵	۶۷	۹۶	۸۲	۹۹	۳	۹۷	۱۰	۱۰۰	۲۸
S ₂	۸۵	۸۵	۶۴	۹۶	۷۸	۸۰	۲	۹۰	۱۲	۱۰۰	۲۸
S ₅	۷۵	۸۴	۵۹	۸۴	۷۰	۸۰	۱	۹۰	۲۰	۱۰۰	۲۸
S ₆	۷۵	۸۳	۵۸	۸۰	۴۶	۸۰	۱	۵۲	۷	۱۰۰	۲۸
S ₇	۳۵	۴۹	۶۵	۹۳	۷۵	۹۰	۱	۵۰	۲۰	۱۰۰	۲۸
S ₈	۲۵	۴۰	۶۶	۸۷	۵۹	۸۶	۱	۲۳	۱۰	۱۰۰	۲۸
S ₉	۱۰	۲۳	۶۸	۸۱	۶۸	۹۳	۱	۱۱	۱۰	۱۰۰	۲۸
S ₁₀	۳	۱۰	۷۲	۹۱	۵	۸۸	۱	۳	۱	۱۰۰	۲۸

* نمونه‌های S₃ و S₄ به دلیل خشک بودن کانال در زمان نمونه‌برداری گرفته نشد

جدول ۵- مقایسه نتایج مقادیر کمی و کیفی شاخص IRWQI در دو فصل خشک و تر

نمونه‌ها	مقدار کمی شاخص IRWQI فصل خشک	مقدار کیفی شاخص IRWQI فصل خشک	مقدار کمی شاخص IRWQI فصل تر	مقدار کیفی شاخص IRWQI فصل تر
S ₁	۵۰/۸۱۷	متوسط	۳۳/۸۳۹	نسبتاً بد
S ₂	۳۹/۳۹۳	نسبتاً بد	۴۰/۹۶۲	نسبتاً بد
S ₅	۵۰/۴۲۸	متوسط	۳۸/۱۹۹	نسبتاً بد
S ₆	۴۰/۶۴۱	نسبتاً بد	۳۲/۱۱۷	نسبتاً بد
S ₇	۳۴/۷۳۵	نسبتاً بد	۳۲/۴۹۳	نسبتاً بد
S ₈	۳۴/۷۹۵	نسبتاً بد	۲۶/۲۵۰	بد
S ₉	۴۵/۴۹۵	متوسط	۲۱/۱۹۳	بد
S ₁₀	۱۲/۰۹۲	خیلی بد	۱۰/۶۴۴	خیلی بد

نتایج و تحلیل توصیفی فصل خشک و تر

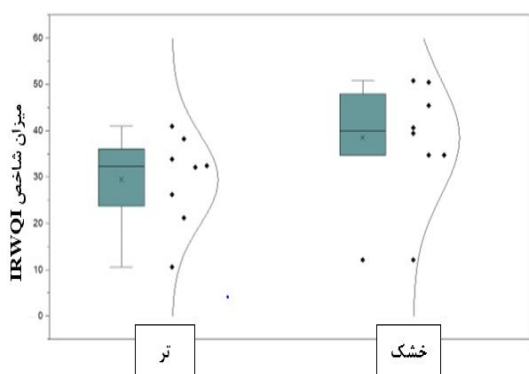
نتایج محاسبه شاخص متداول کیفیت آب ایران (IRWQI) در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که کیفیت آب کانال‌ها در دو فصل خشک و تر دارای تغییرات قابل توجهی بوده است. لازم به ذکر است که در هر دو فصل دو ایستگاه S₃ و S₄ به دلیل خشک بودن رودخانه حصارک، فاقد داده بودند و در مجموع ۸ ایستگاه فعال ارزیابی شدند. در فصل تر، یافته‌های به دست آمده نشان می‌دهند که مقدار شاخص IRWQI در محدوده ۱۰/۶۴ تا ۴۰/۹۶ قرار داشت که بیشترین مقدار (۴۰/۹۶) مربوط به ایستگاه S₂ و کمترین مقدار (۱۰/۶۴) مربوط به ایستگاه S₁₀ بوده است. همچنین میانگین و میانه شاخص مذکور در این فصل به ترتیب برابر با ۳۰/۵۷ و ۳۲/۱۱ به دست آمد. بر اساس

طبقه‌بندی شاخص IRWQI، وضعیت کیفیت آب در فصل تر عمدتاً در محدوده «نسبتاً بد تا خیلی بد» قرار گرفت. در فصل خشک، مقادیر شاخص IRWQI بین ۱۲/۰۹ تا ۵۰/۸۱ متغیر بود که بیشترین مقدار شاخص (۵۰/۸۱) در ایستگاه S₁ و کمترین مقدار (۱۲/۰۹) در ایستگاه S₁₀ مشاهده شد. همچنین میانگین و میانه شاخص به ترتیب برابر با ۳۸/۵۵ و ۴۰/۰۲ به دست آمد. کیفیت آب در فصل خشک عمدتاً در محدوده «متوسط تا نسبتاً بد» قرار داشت. مقایسه دو فصل نشان داد که میانگین شاخص IRWQI در فصل خشک بیشتر از فصل تر بوده و در نتیجه کیفیت آب در دوره تر کاهش یافته است. همچنین ایستگاه S₁₀ در هر دو فصل پایین‌ترین کیفیت را به خود اختصاص داد.

نتایج بررسی نرمال بودن داده‌ها و مقایسه میانگین شاخص در فصل خشک و تر

به منظور انتخاب آزمون آماری مناسب، نرمال بودن داده‌های شاخص IRWQI در دو فصل خشک و تر با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk بررسی شد. نتایج نشان داد که مقادیر p -value در هر دو فصل بزرگ‌تر از ۰/۰۵ بوده است؛ به طوری که برای فصل خشک آماره $W=۰/۸۵۷$ و $p=۰/۱۱۳$ و برای فصل تر $W=۰/۹۲۹$ و $p=۰/۵۰۶$ به دست آمد. همچنین، اختلاف مقادیر شاخص بین دو فصل نیز دارای توزیع نرمال بود (برای فصل خشک آماره $W=۰/۸۵۷$ ، $p=۰/۷۳۳$)، بنابراین فرض نرمال بودن داده‌ها رد نشد و از آزمون T زوجی برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. نتایج آزمون T زوجی نشان داد که بین مقادیر شاخص IRWQI در دو فصل اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($t=-۲/۹۷$ ،

$p=۰/۰۲۰۷$). میانگین شاخص در فصل خشک (۳۸/۵۵) بیشتر از فصل تر (۲۹/۴۶) بود و اختلاف میانگین دو فصل (۹/۰۹-) بیانگر کاهش کیفیت آب در فصل تر است. مقایسه مقادیر شاخص در دو فصل در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۴- مقایسه میزان شاخص IRWQI در فصل خشک و تر

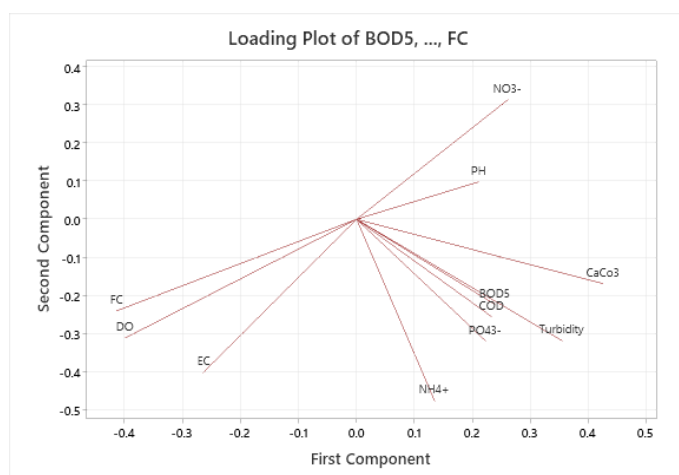
نتایج بررسی مؤلفه‌های اصلی (PCA) در فصل خشک و

تر

نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) در فصل خشک نشان داد که سه مؤلفه نخست در مجموع ۸۵/۹ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین کردند. مؤلفه اول (PC1) با مقدار ویژه حدود ۴/۲۱، معادل ۳۸/۲ درصد از واریانس کل بیشتر تحت تأثیر عواملی چون CaCO_3 ، Turbidity، NO_3^- ، COD، BOD_5 و PO_4^{3-} با بارهای عاملی مثبت و FC، DO و EC با بارهای عاملی منفی قرار داشت. مؤلفه دوم (PC2) با مقدار ویژه حدود ۲/۹۲، معادل ۲۶/۵ درصد از واریانس کل عمدتاً تحت تأثیر عواملی چون NO_3^- ، EC، Turbidity، PO_4^{3-} و DO در جهت منفی و NH_4^+ در جهت مثبت و مؤلفه سوم (PC3) با مقدار ویژه حدود ۲/۳۳، معادل ۲۱/۲ درصد از واریانس کل

بیشتر تحت تأثیر عواملی چون COD و BOD_5 در جهت منفی و PO_4^{3-} ، pH و NH_4^+ در جهت مثبت قرار داشتند. در مجموع، ساختار سه مؤلفه نخست بیانگر مشارکت هم‌زمان گروه‌های مختلف پارامترهای فیزیکی، شیمیایی، مواد مغذی و آلی در تغییرپذیری داده‌های فصل خشک بود. این نتایج در شکل ۵ و جدول ۶ آورده شده است.

لازم به ذکر است که علامت مثبت یا منفی بارهای عاملی در مؤلفه‌های اصلی، بیانگر مطلوب یا نامطلوب بودن پارامتر، میزان آلودگی یا کاهش و افزایش آن نیست، بلکه صرفاً جهت ارتباط و هم‌تغییری هر متغیر با محور مؤلفه اصلی را نشان می‌دهد؛ به‌طوری‌که متغیرهایی با علامت مشابه عمدتاً در یک جهت و متغیرهایی با علامت مخالف در جهت مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند.



جدول ۶- ضرایب بردار ویژه و مقدار ویژه هر مؤلفه در فصل خشک

پارامتر	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
BOD_5	۰/۲۳۹	-۰/۲۲۴	-۰/۴۷۷	۰/۲۶۵	-۰/۲۴۵
COD	۰/۲۳۳	-۰/۲۶۵	-۰/۴۸۱	۰/۱۶۷	-۰/۲۰۴
pH	۰/۲۱۱	۰/۰۹۸	۰/۳۸۱	۰/۷۶۳	-۰/۲۰۸
EC	-۰/۲۶۴	-۰/۴۰۲	-۰/۲۰۵	-۰/۰۶۳	-۰/۱۹۶
Turbidity	۰/۳۵۵	-۰/۳۱۹	۰/۰۸۸	۰/۱۵۲	۰/۵۲۹
DO	-۰/۴۰۰	-۰/۳۱۲	-۰/۰۴۶	۰/۰۷۸	۰/۲۳۹
NO_3^-	۰/۲۶۱	۰/۳۱۴	-۰/۳۰۶	۰/۰۱۵	۰/۵۷۵
NH_4^+	۰/۱۳۵	-۰/۴۷۷	۰/۳۰۷	۰/۰۶۸	۰/۱۳۹
PO_4^{3-}	۰/۲۲۳	-۰/۳۲۰	۰/۳۸۲	-۰/۳۴۲	-۰/۱۴۵
CaCO_3	۰/۴۲۵	-۰/۱۶۹	-۰/۰۷۷	-۰/۳۱۷	۰/۰۱۶
FC	-۰/۴۱۵	-۰/۲۴۱	-۰/۰۶۸	۰/۲۵۲	۰/۳۳۱
مقدار ویژه	۴/۲۰۷۲	۲/۹۱۱۶	۲/۳۲۸۸	۰/۶۷۳۷	۰/۴۵۵۹

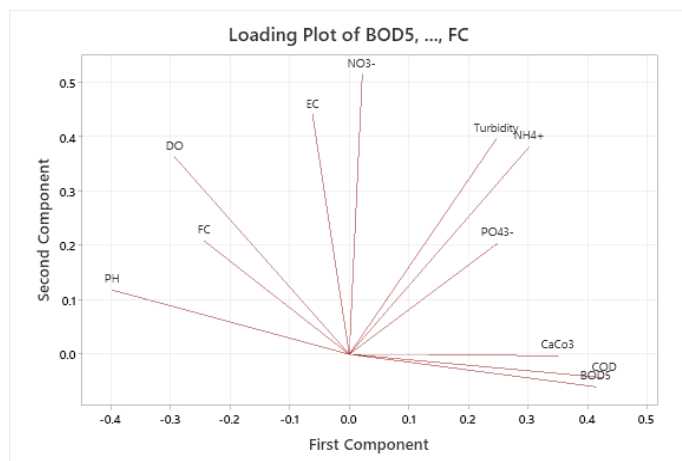
شکل ۵- نتایج مؤلفه‌های اول و دوم پارامترهای مورد سنجش در فصل خشک

همگی در جهت مثبت بارگذاری شدند. مؤلفه سوم (PC3) نیز با مقدار ویژه حدود ۱/۳۳، معادل ۱۲/۱ درصد از واریانس کل را تبیین کرد و در آن PO_4^{3-} و FC دارای بارهای منفی نسبتاً بالاتری بودند. بنابراین، در فصل تر نیز بیشترین سهم تغییرپذیری داده‌ها در سه مؤلفه نخست متمرکز بود، با این تفاوت که سهم PC1 نسبت به فصل خشک افزایش یافت و ترکیب پارامترهای دارای بار عاملی بالا نیز تغییر کرد. این نتایج در شکل ۶ و جدول ۷ آورده شده است.

نتایج حاصل از این تحلیل در فصل تر نشان داد که سه مؤلفه نخست در مجموع ۸۴/۸ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین کردند. مؤلفه اول (PC1) با مقدار ویژه حدود ۵/۲۰، به‌تنهایی معادل ۴۷/۳ درصد از واریانس کل بیشتر تحت تأثیر عواملی چون COD، BOD_5 ، CaCO_3 ، NH_4^+ ، PO_4^{3-} و Turbidity در جهت مثبت و pH، DO و FC در جهت منفی قرار داشت. مؤلفه دوم (PC2) با مقدار ویژه حدود ۲/۷۹، معادل ۲۵/۴ درصد از واریانس کل عمدتاً تحت تأثیر عواملی چون NO_3^- ، EC، Turbidity، NH_4^+ و DO قرار داشت که

جدول ۷- ضرایب بردار ویژه و مقدار ویژه هر مؤلفه در فصل تر

پارامتر	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
---------	-----	-----	-----	-----	-----



۰/۰۴۲	۰/۲۵۷	۰/۱۱۱	-۰/۰۶۰	۰/۴۱۴	BOD₅
۰/۰۵۸	۰/۱۹۲	۰/۰۴۵	-۰/۰۴۳	۰/۴۲۷	COD
-۰/۳۲۵	-۰/۰۵۱	۰/۱۵۷	۰/۱۱۸	-۰/۳۹۹	pH
-۰/۵۴۲	۰/۳۰۶	۰/۳۶۳	۰/۴۴۲	-۰/۰۶۲	EC
-۰/۱۵۲	-۰/۳۷۴	-۰/۲۴۹	۰/۳۹۶	۰/۲۴۷	Turbidity
۰/۱۹۴	-۰/۳۳۴	-۰/۱۴۴	۰/۳۶۳	-۰/۲۹۳	DO
۰/۳۷۷	-۰/۰۴۹	۰/۳۶۲	۰/۵۱۵	۰/۰۲۲	NO₃⁻
۰/۲۶۶	۰/۲۵۶	۰/۰۵۶	۰/۳۸۲	۰/۳۰۳	NH₄⁺
-۰/۴۵۵	۰/۰۸۴	-۰/۵۷۰	۰/۲۰۵	۰/۲۴۹	PO₄³⁻
-۰/۰۱۱	-۰/۵۹۵	۰/۰۷۷	-۰/۰۰۳	۰/۳۵۰	CaCo₃
۰/۳۳۷	۰/۳۴۷	-۰/۵۳۱	۰/۲۰۹	-۰/۲۴۳	FC
۰/۵۵۸۹	۰/۹۸۲۴	۱/۳۳۰۱	۲/۷۸۹۶	۵/۲۰۸۰	مقدار ویژه

شکل ۶- نتایج مؤلفه‌های اول و دوم پارامترهای مورد سنجش در فصل تر

(Migliaccio, 2009) با این حال، در پژوهش حاضر داده

مستقیمی از محل و میزان تخلیه فاضلاب، دبی ورودی‌ها یا سایر منابع آلاینده در دسترس نبوده است؛ بنابراین این الگو نمی‌تواند به‌عنوان نشانه قطعی ورود فاضلاب شهری تفسیر شود و صرفاً می‌توان احتمال نقش منابع انسان‌زاد شهری را مطرح کرد.

در فصل خشک، بارهای نسبتاً بالای COD و BOD₅ در PC3 و قرار گرفتن آنها در جهت مخالف PO_4^{3-} ، pH و NH_4^+ نشان می‌دهد که تغییرات پارامترهای مرتبط با بار آلی و مواد مغذی الزاماً در تمام ایستگاه‌ها به یک شکل رخ نداده است. از سوی دیگر، هم‌جهتی NO_3^- ، EC و Turbidity در PC2 می‌تواند احتمال وجود فرآیندهای مشترک در تغییرات مواد محلول و ویژگی‌های فیزیکی آب را مطرح کند. در شرایط فصل خشک، تغییر غلظت مواد محلول، تداوم ورودی‌های نقطه‌ای یا تفاوت شرایط جریان می‌تواند از توضیحات محتمل برای چنین الگویی باشند؛ با این حال، به دلیل نبود اطلاعات دبی و اندازه‌گیری مستقیم منابع ورودی، تعیین سهم هر یک از این عوامل امکان‌پذیر نیست.

در فصل تر نیز بارگذاری نسبتاً بالای NO_3^- ، EC، Turbidity و NH_4^+ در PC2 نشان می‌دهد که علاوه بر محور اصلی مرتبط با COD و BOD₅، یک محور مستقل‌تر مرتبط با مواد مغذی و ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی آب نیز وجود داشته است. همچنین بارهای بالای PO_4^{3-} و FC در PC3 می‌تواند نشان‌دهنده هم‌تغییری این دو پارامتر در بخشی از داده‌های فصل تر باشد. این الگو از نظر ماهیت پارامترهای همراه می‌تواند با برخی منابع شهری، جریان‌های سطحی یا ورود مواد آلی و مغذی به رودخانه سازگار باشد. مطالعات مربوط به رواناب شهری نیز نشان داده‌اند که آلاینده‌های تجمع‌یافته بر سطوح نفوذناپذیر شهری می‌توانند توسط جریان‌های ناشی از

مقایسه نتایج PCA در دو فصل نشان می‌دهد که اگرچه سهم تجمعی سه مؤلفه نخست در فصل خشک (۸۵/۹ درصد) و تر (۸۴/۸ درصد) تقریباً نزدیک است، ساختار این مؤلفه‌ها و میزان مشارکت پارامترهای کیفیت آب در آنها متفاوت است. مهم‌ترین تفاوت، افزایش سهم PC1 از ۳۸/۲ درصد در فصل خشک به ۴۷/۳ درصد در فصل تر است. در فصل خشک، PC1 ترکیبی از پارامترهای آلی، مواد مغذی، Turbidity، EC و DO را در بر می‌گیرد، در حالی که در فصل تر، COD و BOD₅ در کنار NH_4^+ ، PO_4^{3-} و Turbidity بارهای مثبت نسبتاً بالایی در PC1 دارند. این الگو می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که در فصل تر، بخش بیشتری از تغییرات مجموعه داده‌ها در امتداد یک محور مشترک مرتبط با پارامترهای مواد آلی و مغذی سازمان یافته است. مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که PCA می‌تواند با شناسایی هم‌تغییری میان پارامترهای کیفیت آب، به تفکیک الگوهای غالب و شناسایی عوامل احتمالی مؤثر بر تغییرات کیفیت آب کمک کند (Singh et al., 2004; Varol et al., 2012).

قرار گرفتن هم‌زمان COD و BOD₅ در میان بارهای بالای PC1 فصل تر قابل توجه است، زیرا این دو پارامتر با بار آلی و نیاز اکسیژنی آب ارتباط دارند و هم‌تغییری آنها می‌تواند احتمال افزایش مشارکت فرآیندهای مرتبط با بار آلی را در تغییرات کیفیت آب مطرح کند. حضور NH_4^+ و PO_4^{3-} در همین مؤلفه نیز می‌تواند بیانگر همراهی تغییرات مواد مغذی با این گروه از پارامترها باشد. چنین الگویی، از نظر ماهیت پارامترهای همراه، می‌تواند با تأثیر احتمالی منابع انسان‌زاد و شهری سازگار باشد؛ زیرا مطالعات نشان داده‌اند که ورودی‌های فاضلابی می‌توانند موجب افزایش بار مواد مغذی و تغییر برخی شاخص‌های مرتبط با کیفیت آب شوند (Carey & ...).

بارندگی جابه‌جا شده و به آب‌های سطحی منتقل شوند (Göbel et al., 2007).

همچنین، مطالعات چند متغیره در رودخانه‌ها نشان داده‌اند که تغییرات کیفیت آب می‌تواند تحت تأثیر هم‌زمان عوامل طبیعی و انسان‌زاد قرار گیرد و PCA برای شناسایی این الگوهای مشترک کاربرد دارد (Shrestha & Kazama, 2007) با وجود این، در مطالعه حاضر به دلیل نبود داده مستقیم بارش، دبی رواناب و منابع تخلیه، نمی‌توان انتقال آلاینده‌ها توسط جریان‌های سطحی یا ورود فاضلاب را علت قطعی الگوهای مشاهده‌شده دانست.

در مجموع، ترکیب نتایج IRWQIsc و PCA نشان می‌دهد که کاهش کیفیت آب در فصل تر با تغییر ساختار هم‌تغییری پارامترهای کیفیت آب نیز همراه بوده است. از یک سو، میانگین IRWQIsc در فصل تر به‌طور معنی‌داری کمتر از

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کیفیت آب رودخانه‌های اصلی حوضه آبریز غرب تهران در دوره‌های خشک و تر یکسان نبوده و میانگین شاخص IRWQIsc در دوره خشک (۳۸/۵۵) به‌طور معنی‌داری بیشتر از دوره تر (۲۹/۴۶) بوده است ($p=0/0207$)، به‌گونه‌ای که کیفیت آب در دوره تر نامطلوب‌تر ارزیابی شد و ایستگاه S10 در هر دو دوره پایین‌ترین مقدار شاخص را نشان داد. تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) نیز تفاوت نسبی در ساختار مشارکت پارامترهای کیفیت آب بین دو دوره را نشان داد و سه مؤلفه نخست در دوره‌های خشک و تر به‌ترتیب ۸۵/۹ و ۸۴/۸ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین کردند. افزایش سهم مؤلفه اول در دوره تر و حضور هم‌زمان برخی پارامترهای آلی و مواد مغذی در این مؤلفه، بیانگر تغییر الگوی هم‌تغییری پارامترهای کیفیت آب در شرایط تر بود.

از مهم‌ترین نقاط قوت این پژوهش، ارزیابی هم‌زمان چند ایستگاه از رودخانه‌های اصلی حوضه و مقایسه شرایط خشک و تر با استفاده تلفیقی از شاخص IRWQIsc و تحلیل چند متغیره PCA بود که امکان ارزیابی کمی کیفیت آب و شناسایی الگوهای هم‌تغییری پارامترها را فراهم کرد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده هم‌زمان از شاخص‌های کیفی و روش‌های آماری چندمتغیره می‌تواند ابزار مناسبی برای پایش و مدیریت کیفیت جریان‌های سطحی شهری باشد و اطلاعات کاربردی ارزشمندی برای تصمیم‌گیری مدیریتی در حوضه‌های

فصل خشک بود و از سوی دیگر، سهم PC1 از ۳۸/۲ به ۴۷/۳ درصد افزایش یافت و پارامترهای COD، BOD₅، NH₄⁺، PO₄³⁻ و Turbidity در ساختار این مؤلفه برجسته‌تر شدند. بنابراین، می‌توان گفت وضعیت نامطلوب‌تر کیفیت آب در فصل تر با تغییر الگوی مشارکت پارامترهای کیفیت آب همراه بوده است. این یافته از نظر کلی با مطالعاتی که PCA را برای شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات کیفیت آب به‌کار برده‌اند، همخوانی دارد (Singh et al., 2004; Varol et al., 2012). با این حال، با توجه به محدودیت تعداد نمونه‌ها و نبود داده‌های مستقیم هواشناسی، دبی و منابع آلاینده، تفسیر این الگوها باید اکتشافی و احتمالی در نظر گرفته شود و برای تعیین سهم واقعی عوامل مختلف، به داده‌های تکمیلی و آزمون‌های آماری مستقل نیاز است.

آبریز شهری فراهم نماید (Pesce & Wunderlin, 2000; Kumar & Dua, 2009).

با این حال، محدودیت تعداد نمونه‌برداری‌ها و ایستگاه‌ها، حجم نسبتاً کم داده‌ها، عدم بررسی برخی آلاینده‌های مهم همچون فلزات سنگین و آلاینده‌های نوظهور به دلیل محدودیت‌های اجرایی و هزینه‌های آزمایشگاهی و از سوی دیگر، نبود داده‌های هم‌زمان و کافی درباره متغیرهای هواشناسی، به‌ویژه بارش و دما و همچنین اطلاعات کمی و هم‌زمان درباره دبی رودخانه‌ها، بار آلودگی منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای، شبکه فاضلاب، مشخصات و دبی تخلیه‌های فاضلابی و سایر ورودی‌های آلاینده، برای بررسی ارتباط تغییرات شاخص و پارامترهای کیفیت آب با متغیرهای هواشناسی و تعیین سهم دقیق عوامل هیدرولوژیکی یا منابع آلاینده در تغییرات مشاهده‌شده را محدود کرد.

بنابراین، در مطالعات آینده افزایش تعداد و تکرار نمونه‌برداری‌ها در فواصل زمانی کوتاه‌تر و در دوره‌های متوالی، همراه با ثبت هم‌زمان بارش، دما، دبی و رواناب، میزان و کیفیت ورودی‌های فاضلاب همچنین، بررسی فلزات سنگین و ترکیبات آلی پایدار و نیز ارزیابی اثر کاربری اراضی شهری بر کیفیت جریان‌های سطحی پیشنهاد می‌شود. در نهایت، تداوم پایش و تلفیق داده‌های کیفیت آب با اطلاعات هیدرولوژیکی، هواشناسی، کاربری اراضی و منابع آلاینده، در کنار مدیریت جریان‌های سطحی شهری، توسعه سامانه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و کنترل منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای، می‌تواند مبنای مؤثری برای مدیریت و سیاست‌گذاری زیست‌محیطی در حوضه آبریز غرب تهران و حوضه‌های شهری مشابه فراهم آورد.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از تمامی نهادها و افرادی که در مراحل جمع آوری داده‌ها، نمونه‌برداری میدانی و تحلیل‌های آزمایشگاهی همکاری داشته‌اند قدردانی نموده و به مشارکت و مشاوره علمی تمامی پژوهشگران و متخصصانی که در تکمیل این پژوهش نقش داشتند، صمیمانه ارج نهاده می‌شود.

تضاد منافع نویسندگان

در این مقاله هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تایید همه نویسندگان است.

دسترسی به داده‌ها

داده‌های این تحقیق از طریق نمونه‌برداری و مربوط به پایان‌نامه نویسنده اول می‌باشد. در صورت درخواست داده‌های استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

مشارکت نویسندگان

نحوه و میزان مشارکت نویسندگان در انجام این پژوهش به صورت زیر است:

ساناز مینوکه: جمع‌آوری و تحلیل اولیه داده‌ها، نمونه‌برداری و انجام مراحل آزمایشگاهی، نوشتن متن اولیه مقاله
مهدی اسماعیلی بیدهندی (نویسنده مسئول): راهنمایی، ویرایش و بازبینی متن مقاله، انجام تحلیل آماری، بازبینی بحث و نتیجه‌گیری

ذبیح‌الله چهارراهی: راهنمایی، ویرایش و بازبینی متن مقاله، بررسی نتایج و تحلیل و آزمون‌های آماری
سید موسی حسینی: انجام تحلیل آماری، تهیه نقشه منطقه مورد مطالعه، ویرایش و بازبینی متن مقاله

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تایید همه آنها می‌باشد.

منابع

- Abbasi, T. and Abbasi, S.A., 2012. *Water quality indices*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-69472-7>
- Bagheri Lotfabad, T., Orooji, N., Raeesi, G., Hatami, A., & Afghari, A. (2025). Measurement of heavy metals and pollution indices in the supply sources (Karun and Dez rivers) and the outlets of treatment plants 1 to 5 in Ahvaz. *Iranian Water Research Journal*, 18(4), 43–51. <https://doi.org/10.22034/IWRJ.2024.14889.2625> [In Persian].
- Carey, R. O., & Migliaccio, K. W, 2009. Contribution of wastewater treatment plant effluents to nutrient dynamics in aquatic systems. *Environmental Management*, 44(2), 205–217. DOI:[10.1007/s00267-009-9309-5](https://doi.org/10.1007/s00267-009-9309-5)
- Chorol, L. and Gupta, S.K., 2023. Evaluation of groundwater heavy metal pollution index through analytical hierarchy process and its health risk assessment via Monte Carlo simulation. *Process Safety and Environmental Protection*, 170, pp.855-864. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.12.063>
- Dadollahi-Sohrab, A., Arjomand, F., & Fadaei-Nasab, M, 2012. Water quality index and uses of

14. Icağa, Y., 2007. Fuzzy evaluation of water quality classification. *Ecological Indicators*, 7(3), 710–718. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.08.002>
15. Iran Department of Environment, 2016. for calculating the Iranian Surface Water Quality Index (IRWQIsc). Tehran: Department of Water and Soil, Department of Environment. [In Persian]
16. Irani, T., Mostafazadeh, R., & Mousavi Moghanjoghi, S., 2025. Changes in water quality condition at sequential monitoring stations based on IRWQI along the Little Zab River in Northwestern Iran. *Scientific Reports*, 15, 29583. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-14982-1> □
17. Iran Meteorological Organization, 2021. Climatological report of Tehran city. Tehran: Ministry of Roads and Urban Development. [In Persian]
18. Kumar, A. and Dua, A., 2009. Water quality index for assessment of water quality of river Ravi at Madhopur (India). *Global journal of environmental sciences*, 8(1), 49–57. <https://doi.org/10.4314/gjes.v8i1.50824>
19. Maúre, E. d. R., Terauchi, G., Ishizaka, J., Clinton, N., & DeWitt, M., 2021. Globally consistent assessment of coastal eutrophication. *Nature Communications*, 12, 6142. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26391-9>
20. McGrane, S. J., 2016. Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: A review. *Hydrological Sciences Journal*, 61(13), 2295–2311. <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1128084>
21. Mohsenifar, K., Pazira, E., Tabatabaei, S. H., & Najafi, P., 2025. Reducing water quality parameters of Zayandeh-Rood River using principal component analysis and simulating the impact of land use and rainfall on water quality parameters. *Iranian Water Research Journal*, 19(1), 19–32. <https://doi.org/10.22034/IWRJ.2025.15017.2642> [In Persian].
22. Mottahedin, P., & Abdoos, A., 2021. Evaluation of Hablehroud River water quality using Iran Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters (IRWQISC) and response surface methodology. *Iran-Water Resources Research*, 17(3), 1–19. <https://doi.org/10.1001/1.17352347.1400.17.3.23.8> □ [In Persian].
23. Muluye, T., Mengistou, S., Hein, T., & Fetahi, T., 2024. Sediment evaluation indices point to cadmium and selenium contamination: A simultaneous analysis of potentially toxic elements in the water and sediment along the the Karun River (Southwestern part of Iran). *Water and Environment Journal*, 26(4), 445–454. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2011.00303.x>
6. Das, A.K., Gupta, N., Mahmood, T., Tripathy, B.C., Das, R. and Das, S., 2025. Analyzing seasonal changes and anthropogenic impacts on urban river water quality using a weighted fuzzy soft set-based multi-criteria decision-making model: a case study of the Manu River, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 18(12), p.228. <https://doi.org/10.1007/s12517-025-12323-0>
7. Debels, P., Figueroa, R., Urrutia, R., Barra, R., & Niell, X., 2005. Evaluation of water quality in the Chillán River (Central Chile) using physicochemical parameters and a modified water quality index. *Environmental Monitoring and Assessment*, 110, 301–322. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-8064-1>
8. Derakhshan-Babaei, F., Nosrati, K., Mirghaed, F. A., & Egli, M., 2021. The interrelation between landform, land-use, erosion and soil quality in the Kan catchment of the Tehran province, central Iran. *Catena*, 204, 105412. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105412>
9. Ebraheim, G., Zonoozi, M.H. and Saeedi, M., 2020. A comparative study on the performance of NSFQIm and IRWQIsc in water quality assessment of Sefidroud River in northern Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 192(11), p.677. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08630-6>
10. Fathi, P., Ebrahimi Dorche, E., Zare Shahraki, M., Stribling, J., Beyraghdar Kashkooli, O., Esmaeili Ofogh, A., & Bruder, A., 2022. Revised Iranian Water Quality Index (RIWQI): A tool for the assessment and management of water quality in Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, 504. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10121-9>
11. Ghanavati, E., Saffari, A., Karam, A., Najafi, E., & Jahandar, G., 2016. Investigation on hydrogeomorphologic characteristics of Tehran metropolis watersheds with emphasis on the flood-prone zones. *Hydrogeomorphology*, 3(6), 33– 54. [In Persian]. □
12. Göbel, P., Dierkes, C. and Coldewey, W.G., 2007. Storm water runoff concentration matrix for urban areas. *Journal of contaminant hydrology*, 91(1-2), pp.26-42. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2006.08.008>
13. Hashemi, S. H., Farzampour, T., Ramezani, T., & Khoshroo, G. H., 2011. Guide to calculate Iran Surface Water Resources Quality Index (IRWQISC). Department of Environment, Islamic Republic of Iran. [In Persian].

- quality indicators; A case study: Talar River (Iran). *Heliyon*, 11(2), e41812. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41812> □
32. Ross, E. R., & Randhir, T. O., 2022. Effects of climate and land use changes on water quantity and quality of coastal watersheds of Narragansett Bay. *Science of the Total Environment*, 807, 151082. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151082>
 33. Sadrazam Nouri, Z., Nouri, J., Habib, F., & Rafieian, M., 2023. Landscape planning and design of urban rivers with environmental approach (Case study: Farahzad River Valley in Tehran). *Environmental Sciences*, 20(4), 143-162. <https://doi.org/10.52547/envs.2022.1175> [In Persian].
 34. Sharma, A., Grewal, A.S., Sharma, D. and Srivastav, A.L., 2023. Heavy metal contamination in water: consequences on human health and environment. In *Metals in water* (pp. 39-52). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95919-3.00015-X>
 35. Shrestha, S., & Kazama, F., 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji River Basin, Japan. *Environmental Modelling & Software*, 22(4), 464–475. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.02.001>
 36. Sinapress News Agency, 2015. A review of the Kan River flood. Retrieved from <https://sinapress.ir> [In Persian]
 37. Singh, K. P., Malik, A., Mohan, D., & Sinha, S., 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—A case study. *Water Research*, 38(18), 3980–3992. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.06.011>
 38. Statistical Center of Iran, 2016. General Population and Housing Census. Tehran: Statistical Center of Iran. [In Persian]
 39. Sutadian, A. D., Muttill, N., Yilmaz, A. G., & Perera, B. J. C., 2016. Development of river water quality indices—A review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 58. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5050-0>
 40. Tehran Crisis Management Organization, 2020. Flood assessment report and surface runoff guidance network in West Tehran. Tehran: Tehran Municipality. [In Persian]
 41. Tehran Engineering and Urban Development Organization, 2019. Technical report of West Tehran's flood diversion network. Tehran: Tehran Municipality. [In Persian]
 42. Varol, M., Gökot, B., Bekleyen, A., & Şen, B., 2012. Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris upper and middle Awash River, Ethiopia. *Environmental Advances*, 17, 100595. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2024.100595>
 24. Mustapha, A., Aris, A. Z., Ramli, M. F., & Juahir, H., 2012. Temporal aspects of surface water quality variation using robust statistical tools. *The Scientific World Journal*, 2012, 294540. <https://doi.org/10.1100/2012/294540>
 25. Nasrollahzadeh Saravi, H., Khoshnamvand, M., Rahnama, B., Fazel, A. A., Balouei, M., Hajiradkouchak, E., & Eskandari, T., 2025. Spatiotemporal analysis of water quality and identification of pollution hotspots in the Sirvan River basin using the Inverse Distance Weighting (IDW) method. *Iranian Water Research Journal*, 19(59), 103–114. <https://doi.org/10.22034/IWRJ.2025.15478.2720> [In Persian].
 26. Nti, E. K., Cobbina, S. J., Attafua, E. E., Senanu, L. D., Amenyeku, G., Gyan, M. A., Forson, D., & Safo, A.-R., 2023. Water pollution control and revitalization using advanced technologies: Uncovering artificial intelligence options towards environmental health protection, sustainability and water security. *Heliyon*, 9(7), e18170. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18170>
 27. Paul, M. J., & Meyer, J. L., 2001. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 333–365. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114040>
 28. Pesce, S. F., & Wunderlin, D. A., 2000. Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquia River. *Water Research*, 34(11), 2915–2926. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00036-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00036-1)
 29. Ragab, R., & Prudhomme, C., 2021. Water resource prospects for the next 50 years on the water planet: Personal perspectives on a shared history from Earth Day, the Fourth Industrial Revolution and One Health to the futures of alternative energy, bioconvergence and the futures of water. *Hydrological Sciences Journal*. <https://doi.org/10.1080/02508060.2021.2005332>
 30. Rezaeiashad, N., Rafiee, M., Sayyadi, M., & Eslami, A., 2022. Spatiotemporal analysis and health risk assessment of nitrate in Kan River Basin, Tehran: Application of IRWQI and Monte Carlo simulation. *Journal of Environmental Health and Sustainable Development*, 7(4). <https://doi.org/10.18502/jehsd.v7i4.11430>
 31. Roshani-Sefidkouhi, M., Mortezaazadeh, F., Eslamifar, M., Babanezhad, E., Sheikhi, M., & Gholami-Borujeni, F., 2025. Water quality assessment using IRWQIsc and NSFQI water

- River basin, Turkey. *Catena*, 92, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.11.013>
43. Vatanpour, N., Malvandi, A. M., Hedayati Talouki, H., Gattinoni, P., & Scesi, L, 2020. Impact of rapid urbanization on the surface water's quality: A long-term environmental and physicochemical investigation of Tajan River, Iran (2007–2017). *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 8439–8450. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07477-w>
44. Walsh, C. J., Roy, A. H., Feminella, J. W., Cottingham, P. D., Groffman, P. M., & Morgan, R. P, 2005. The urban stream syndrome: Current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(3), 706–723. <https://doi.org/10.1899/04-028.1>
45. WMO (World Meteorological Organization), 2021. WMO station data: Tehran–Mehrabad (WMO station No. 40754), Islamic Republic of Iran. Geneva, Switzerland: WMO.
46. Zakizadeh, F., Moghaddam Nia, A., Salajegheh, A., Sañudo-Fontaneda, L. A., & Alamdari, N, 2022. Efficient urban runoff quantity and quality modelling using SWMM model and field data in an urban watershed of Tehran metropolis. *Sustainability*, 14(3), 1086. <https://doi.org/10.3390/su14031086>
47. Zeinalzadeh, K., & Rezaei, E, 2017. Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 13, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.07.002>