

## Research Paper

## Assessment of different water uses of Bagherabad River using Iranian Surface Water Quality Index

Amin jafari Moghadm<sup>1</sup>, Ali Heshmatpour<sup>2\*</sup>, Abolhassan Fathabadi<sup>3</sup>, Reza Akbari<sup>4</sup>

<sup>1</sup>. M.Sc. Student in Watershed Science and Engineering, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Iran. amynjfrymqdm@gmail.com

<sup>2.\*</sup> Associate Professor in Environmental Hydrology, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Iran. Heshmatpoura@gmail.com

<sup>3</sup>. Associate Professor in Watershed Science, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Iran. ahfathabadi@gmail.com

<sup>4</sup>. Assistant Professor, Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Gonbadkavous University, Gonbadkavous, Iran. Rezaakbari.ac.gonbad.ir



10.22125/iwe.2025.543534.1895.

Received:

August 27, 2025

Accepted:

December 17, 2025

Available online:

December 25, 2025

**Keywords:**

**Population growth, pollutants, sustainable management, Water quality index, water resources**

### Abstract

Assessment of river water quality is a crucial step towards sustainable watershed management. However, widely used international indices such as NSFQI, OWQI, and CWQI are often unable to accurately reflect the local and ecological conditions of different regions. To address this limitation, the Iranian Surface Water Quality Index (IRWQI<sub>SC</sub>) was introduced, but its application in different watersheds of the country still remains limited. The present study aimed to assess the water quality of Bagherabad River based on the local IRWQI<sub>SC</sub> index to provide a more accurate and appropriate classification to local conditions. Sampling was conducted at five stations over an eight-month period (October 2022 to June 2023) and in three seasons: autumn, winter, and spring. Eleven physical, chemical and microbial parameters including pH, DO, BOD, COD, nitrate, phosphate, ammonium, electrical conductivity, turbidity, hardness and fecal coliform were measured according to standard protocols. Data were analyzed using LS Means test to examine spatial and seasonal variations and then IRWQI<sub>SC</sub> index values were calculated. Results showed that IRWQI<sub>SC</sub> index values fluctuated between 23.59 and 65.75 and water quality varied from relatively good to good. High COD and phosphate values indicate the impact of agricultural, domestic and industrial wastewater. Seasonal assessment also showed that water quality was better in winter than autumn and was at an intermediate level in spring. Comparative assessment showed that river water is suitable for agricultural and industrial uses but requires treatment for drinking. This study confirms the effectiveness of the indigenous IRWQI<sub>SC</sub> index in local water quality assessment and highlights its role as a management tool in watersheds. The results also emphasize the need for continuous monitoring, targeted control strategies, and extensive integration of indigenous indicators into national water resources management policies.

### 1. Introduction

Water is one of the most important elements of the biosphere and its vital role in the survival and development of human societies and ecosystems. Although only a small part of the world's freshwater resources is available for human consumption, the increasing population growth and the development of industrial, agricultural and urban activities have put additional pressure on limited water resources

Amin jafari Moghadm<sup>1</sup>, Ali Heshmatpour<sup>2\*</sup>, Abolhassan Fathabadi<sup>3</sup>, Reza Akbari<sup>4</sup> Assessment of different water uses of Bagherabad River using Iranian Surface Water Quality Index

and have threatened their quality in addition to reducing their quantity. The influx of domestic, industrial and agricultural wastewater has caused many rivers to deviate from the standards required for drinking and even agricultural use. In such circumstances, continuous monitoring and the use of water quality indicators as a tool for combining and interpreting diverse physical, chemical and biological data becomes particularly important. However, common international indicators such as NSFQI, OWQI and CWQI are often designed for general conditions and in many cases do not fully correspond to the climatic and environmental characteristics of Iran. To address this limitation, the indigenous IRWQISC index was designed by the Environmental Protection Agency to more accurately assess the status of water resources based on local conditions. Previous studies have shown that this index has a greater ability to reflect the actual water quality conditions than external indicators, but its scope of application is still limited. The Bagherabad watershed, as an important part of the Gorganrood, faces challenges such as the inflow of agricultural wastewater and domestic sewage, while no comprehensive study has been conducted on it using the IRWQISC. Therefore, this study aims to fill this knowledge gap by examining the water quality of the Bagherabad River and attempts to verify the effectiveness of the indigenous index in local conditions while measuring the usability of water for drinking, industry, and agriculture.

## 2. Materials and Methods

Water quality was assessed over an eight-month period (October 2022 – June 2023) at five strategically selected sampling stations along the Bagherabad River. Eleven physicochemical and biological parameters (pH, DO, BOD, COD, nitrate, phosphate, ammonium, EC, hardness, turbidity, fecal coliform) were analyzed under standard laboratory protocols. Data were statistically examined using the LS Means test, and IRWQISC values were computed to classify water quality across seasons and locations.

## 3. Results

The results of this study showed that the water quality of the Bagherabad River ranges from moderate to good, and stations show significant differences in pollution levels. The Lulum station had the best water quality, while the Mobarakabad station recorded the lowest quality due to high BOD, COD, phosphate, electrical conductivity, and hardness. High COD and phosphate values indicate the entry of agricultural wastewater, domestic sewage, and industrial pollution into the river. Analysis of seasonal changes also indicated that winter had the best quality conditions due to reduced pollutant concentrations, while autumn was associated with the highest level of pollution, and spring was in the middle. This trend indicates the direct impact of rainfall, surface runoff, and the intensity of human activities on water quality. In terms of use, the results showed that the river water was assessed as suitable for agricultural and industrial uses, but for drinking it requires additional treatment, especially to reduce turbidity and control parameters such as phosphate and COD. Statistical analysis also showed significant differences between some stations and seasons, indicating that the presence of point and non-point sources of pollution, along with local conditions such as the presence of springs or the intensity of agricultural activity, are the main factors behind these changes. Overall, the use of the indigenous IRWQISC index showed high effectiveness in displaying water quality conditions and highlighted the need for continuous monitoring, careful management of wastewater, and the use of environmental solutions such as vegetated buffer strips to reduce non-point pollution.

## 4. Discussion and Conclusion

This study demonstrates the effectiveness of IRWQISC in reflecting local water quality conditions and highlights its value as a decision-support tool for watershed management. The findings emphasize the need for continuous monitoring, pollution control measures, and community-based interventions such as vegetative buffer zones to mitigate non-point source pollution.

**Six important references**

- 1) Ketabi, N., Dadkhah Tehrani, M., Moridi, A., and Khalili, R. (2014). Water quality assessment of Tajan River (Sari) using NSFQI and IRWQISC quality indices. *Journal of Environmental Health Research*, 10(1), 96-109. (in Persian)
- 2) Mohaddin, P., and Abdous, A. (2014). Water quality assessment of Hableh Rud River using Iranian Water Quality Index for Surface Water Resources - Conventional Parameters (IRWQISC) and Response Surface Methodology. *Iranian Water Resources Research*, 17(3), 1-19. (in Persian)
- 3) Poy, S. and Jabanoglas, R. (2015). *Environmental Engineering*. Translated by Mohammad Ali Kinjad and Sirous Ebrahimi. (in Persian)
- 4) Borg, H and johanson, k. (1989). Metal fluxes toswedish forest lakes, water, air, soil pollut. 47: 424-440.
- 5) Chapman, D. (1996). *water quality assissment E and FN spon. An inprint of champant and hall*. 2nd addition.
- 6) Ma, N., Gao, L., Ge, Z., & Li, M. (2023). Hydrochemical characteristics of groundwater in a plain river network region: Establishing linkages between source and water quality variables. *Chemosphere*, 331, 138809.

**Conflict of Interest**

Authors declared no conflict of interest.



## ارزیابی کاربری‌های مختلف آب رودخانه باقرآباد با استفاده از شاخص کیفی آب‌های سطحی ایران

امین جعفری مقدم<sup>۱</sup>، علی حشمت‌پور<sup>۲\*</sup>، ابوالحسن فتح‌آبادی<sup>۳</sup>، رضا اکبری<sup>۴</sup>

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۶

مقاله پژوهشی

### چکیده

ارزیابی کیفیت آب رودخانه گامی حیاتی در جهت مدیریت پایدار حوزه آبخیز است. با این حال، شاخص‌های بین‌المللی پرکاربرد مانند NSFQI، OWQI و CWQI اغلب قادر به بازتاب دقیق شرایط بومی و اکولوژیکی مناطق مختلف نیستند. برای رفع این محدودیت، شاخص کیفی آب‌های سطحی ایران (IRWQI<sub>Sc</sub>) معرفی شد، اما کاربرد آن در حوزه‌های آبخیز مختلف کشور هنوز محدود باقی مانده است. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کیفیت آب رودخانه باقرآباد بر پایه شاخص بومی IRWQI<sub>Sc</sub> انجام شد تا طبقه‌بندی دقیق‌تر و متناسب‌تری با شرایط محلی ارائه دهد. نمونه‌برداری در پنج ایستگاه طی یک دوره هشت‌ماهه (اکتبر ۲۰۲۲ تا ژوئن ۲۰۲۳) و در سه فصل پاییز، زمستان و بهار انجام شد. ۱۱ پارامتر فیزیکی و شیمیایی و میکروبی شامل pH، DO، COD، BOD، نیترات، فسفات، آمونیوم، هدایت الکتریکی، کدورت، سختی و کلیفرم مدفوعی مطابق پروتکل‌های استاندارد اندازه‌گیری گردید. داده‌ها با آزمون LS Means برای بررسی تغییرات مکانی و فصلی تحلیل و سپس مقادیر شاخص IRWQI<sub>Sc</sub> محاسبه شد. نتایج نشان داد مقادیر شاخص IRWQI<sub>Sc</sub> بین ۵۹/۲۳ تا ۷۵/۶۵ در نوسان بوده و کیفیت آب از نسبتاً خوب تا خوب متغیر است. مقادیر بالای COD و فسفات بیانگر تأثیر پساب‌های کشاورزی، فاضلاب خانگی و پساب صنعتی است. بررسی فصلی نیز نشان داد که کیفیت آب در زمستان بهتر از پاییز و در بهار در سطح میانی قرار دارد. ارزیابی تطبیقی نشان داد آب رودخانه برای مصارف کشاورزی و صنعتی مناسب است اما برای شرب نیازمند تصفیه می‌باشد. این مطالعه کارایی شاخص بومی IRWQI<sub>Sc</sub> را در ارزیابی محلی کیفیت آب تأیید کرده و نقش آن را به‌عنوان ابزاری مدیریتی در حوزه‌های آبخیز برجسته می‌سازد. نتایج همچنین بر ضرورت پایش مستمر، اعمال راهبردهای کنترلی هدفمند و ادغام گسترده شاخص‌های بومی در سیاست‌های ملی مدیریت منابع آب تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: افزایش جمعیت، آلاینده‌ها، منابع آبی، شاخص کیفی آب، مدیریت پایدار.

۱. کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. amyjfrmqdm@gmail.com
۲. \* دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. Heshmatpoura@gmail.com
۳. دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. ahfathabadi@gmail.com
۴. استادیار، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. Rezaakbari.ac.gonbad.ir

## مقدمه

آب به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین مؤلفه‌های زیست‌کره، نقش حیاتی در بقا و توسعه انسان و سایر موجودات زنده دارد. با وجود اینکه حدود ۳ درصد از آب‌های کره زمین شیرین است، تنها کسری ناچیز (حدود ۰/۰۱ درصد) به‌طور مستقیم برای مصارف انسانی در دسترس قرار دارد (Ma et al., 2023). رشد روز افزون جمعیت و گسترش فعالیت‌های انسانی در بخش‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، فشار مضاعفی بر منابع محدود آب وارد کرده و علاوه بر کاهش کمیت منابع، کیفیت آن‌ها را نیز تهدید کرده است (Chapman, 1996; Neal et al., 2000). آلودگی ناشی از پساب‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی سبب شده است تا بسیاری از رودخانه‌ها و منابع آب سطحی از استانداردهای کیفی مورد نیاز برای شرب و حتی مصارف کشاورزی و صنعتی فاصله بگیرند. از این‌رو پایش مستمر و ارزیابی علمی کیفیت آب برای مدیریت پایدار منابع آبی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است.

یکی از ابزارهای مهم در این زمینه، استفاده از شاخص‌های کیفی آب است که امکان ترکیب و تفسیر مجموعه‌ای از پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را در قالب یک عدد شاخص فراهم می‌سازد. شاخص‌هایی مانند NSFQI، OWQI و CWQI به‌طور گسترده در سطح بین‌المللی استفاده شده‌اند. با این حال، این شاخص‌ها عمدتاً برای شرایط عمومی طراحی شده و در بسیاری موارد با ویژگی‌های اقلیمی و زیست‌محیطی مناطق مختلف، از جمله ایران، هم‌خوانی کامل ندارند (Poey & Jabanoglas, 2012). ارزیابی‌های نادقیق و تصمیم‌گیری‌های نادرست در مدیریت منابع آب شود.

برای رفع این مشکل، شاخص کیفی آب‌های سطحی ایران (IRWQISC) برای نخستین بار توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست در دهه‌ی ۱۳۷۰ معرفی و به‌کار گرفته شد. این شاخص با در نظر گرفتن شرایط بومی کشور و پارامترهای کیفی متناسب با نیازهای محلی طراحی شده است (Hashemi et al., 2018). مطالعاتی نظیر Mottahedin and Abdoos (2021) بر روی رودخانه

حبله‌رود و (Ketabi et al., 2024) بر روی رودخانه تجن، کارایی این شاخص را در ارزیابی دقیق‌تر کیفیت آب نسبت به شاخص‌های بین‌المللی نشان داده‌اند. با این حال، هنوز دامنه کاربرد IRWQISC در بسیاری از حوزه‌های آبخیز ایران محدود باقی مانده و پژوهش‌های بیشتری برای سنجش قابلیت آن در شرایط مختلف اکولوژیکی مورد نیاز است. حوزه آبخیز باقرآباد، به‌عنوان یکی از زیرحوضه‌های مهم گرگان‌رود، در سال‌های اخیر با چالش‌هایی نظیر ورود پساب‌های کشاورزی، فاضلاب‌های خانگی و آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی مواجه بوده است. با وجود اهمیت این حوزه در تأمین آب منطقه، تاکنون مطالعه جامعی برای پایش کیفیت آب آن بر پایه شاخص بومی IRWQISC صورت نگرفته است. این خلأ دانشی ضرورت انجام پژوهش حاضر را برجسته می‌سازد.

بنابراین، این تحقیق با هدف ارزیابی کیفیت آب رودخانه باقرآباد با استفاده از شاخص بومی IRWQISC انجام شده است تا ضمن بررسی وضعیت کیفی آب در بازه‌های زمانی مختلف، قابلیت استفاده آن برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت تعیین گردد و در عین حال کارایی شاخص IRWQISC در شرایط محلی حوزه آبخیز باقرآباد مورد سنجش قرار گیرد. این مطالعه علاوه بر فراهم کردن درک دقیق‌تر از وضعیت کیفی منابع آب منطقه، می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و زیست‌محیطی در سطح محلی و استانی باشد و گامی مؤثر در جهت تقویت کاربرد شاخص‌های بومی در مدیریت پایدار منابع آبی کشور به شمار آید.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با نام حوزه آبخیز باقرآباد در حوزه آبریز گرگان‌رود واقع شده است. حوزه آبخیز گرگان‌رود با مساحت ۱۰۱۹۷ کیلومتر مربع یکی از حوزه‌های شمال شرق کشور بوده که بخش گسترده‌ای از آن در استان گلستان قرار دارد. این حوزه آبخیز با مختصات طول شرقی ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۶ دقیقه و عرض شمالی ۳۶

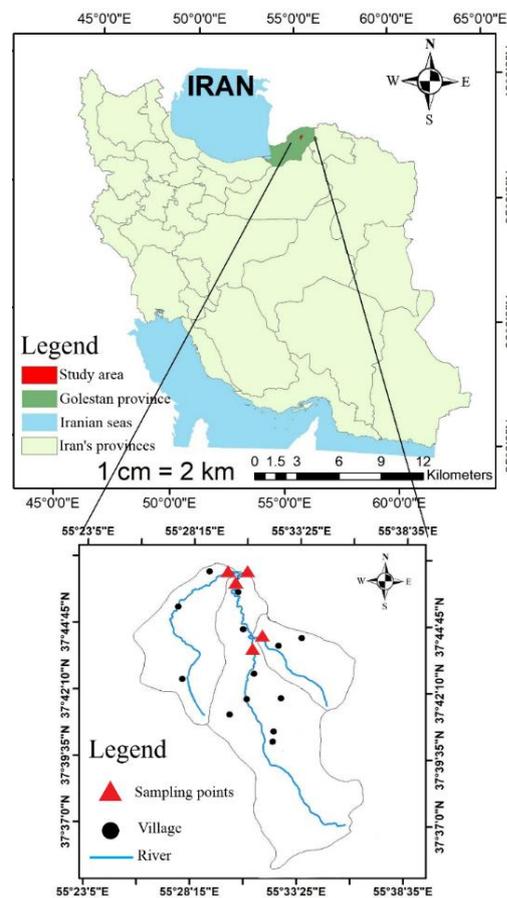


## پارامترها و روش‌های نمونه‌برداری و اندازه‌گیری

در این مطالعه با بررسی منطقه مورد مطالعه تعداد ۵ ایستگاه نمونه‌برداری در نقاط مختلف مسیر رودخانه در نظر گرفته شده است. ایستگاه‌ها به‌طور استراتژیک در نقاطی انتخاب شدند که تغییرات پارامترهای کیفی آب به‌خوبی نمایانگر وضعیت کلی رودخانه باشد. این ایستگاه‌ها در حوزه آبخیز باقرآباد پراکنده شدند تا تنوع منابع آلودگی و تاثیرات آن‌ها به‌طور دقیق‌تر مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین نمونه برداری از اکتبر سال ۲۰۲۲ تا ژوئن سال ۲۰۲۳ به مدت ۸ ماه برداشت شده است. این دوره زمانی شامل سه فصل مختلف (بهار، پاییز و زمستان) می‌باشد که به‌طور کامل در طول سال به منظور بررسی تغییرات فصلی پارامترهای کیفی آب انجام شود. لازم به ذکر است که به دلیل خشک شدن کامل بستر رودخانه در فصل تابستان و عدم وجود جریان پایه، امکان برداشت نمونه در این فصل وجود نداشت. از این‌رو، دوره نمونه‌برداری بر اساس شرایط واقعی رژیم هیدرولوژیکی رودخانه تعیین شد. حذف فصل تابستان از چرخه نمونه‌برداری، خود می‌تواند به‌عنوان یکی از مشخصه‌های هیدرولوژیکی رودخانه‌های فصلی منطقه محسوب شود. برای حفظ دقت و صحت داده‌ها، تمامی نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در شرایط مناسب ذخیره‌سازی شدند تا از تغییرات ناخواسته در ترکیبات شیمیایی آن‌ها جلوگیری شود. به این منظور نمونه‌ها در یونولیت‌های حاوی بسته‌های یخ به آزمایشگاه دانشگاه گنبدکاووس جهت آنالیز منتقل شدند.

برای ارزیابی کاربری‌های مختلف آب رودخانه باقرآباد ۱۱ پارامتر کیفی آب شامل PH، کلیفرم مدفوعی، اکسیژن محلول (DO)، BOD، نیترات، هدایت الکتریکی، COD، آمونیوم، فسفات، کدورت و سختی تعیین شد. این نمونه‌ها تحت شرایط استاندارد و با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی معتبر و روش‌های علمی شناخته‌شده آزمایش شدند، به این منظور پارامترهای نیترات، فسفات، آمونیوم با دستگاه اسپکتروفتومتر و با روش استفاده شده استاندارد متد آزمایشات آب و فاضلاب ۲۰۰۲ مورد پایش قرار گرفتند. کدورت نمونه‌ها توسط دستگاه کدورت سنج اندازه‌گیری

درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه محصور شده‌است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی و نقاط نمونه برداری منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، حوزه آبخیز گرگان‌رود دارای اقلیم مرطوب، نیمه‌مرطوب، مدیترانه‌ای، نیمه‌خشک و خشک می‌باشد. مرطوب‌ترین ماه‌های این منطقه شامل آذر، دی، بهمن و اسفند بوده و خشک‌ترین ماه آن شهریور است. میانگین بارندگی نقاط گوناگون حوزه آبخیز گرگان‌رود بسیار متفاوت بوده و میزان آن از ۲۰۲ میلی‌متر در رباط‌قره‌بیل تا ۸۲۷ میلی‌متر در باقرآباد متفاوت است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی و نقاط نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه

می‌باشد.

جهت هم مقیاس سازی، رتبه شاخص هر پارامتر بر اساس مقدار کیفی آن بین ۱ تا ۱۰۰ طبق منحنی‌های مربوط به مدل شاخص رتبه‌بندی می‌شوند (رتبه ۱۰۰ با کیفیت عالی، در حالی که رتبه ۱ بدترین کیفیت بر اساس آن پارامتر مشخص می‌شود). سپس از میانگین هندسی رتبه پارامترها بر اساس وزنی که به هر یک از آن‌ها تعلق می‌گیرد شاخص کیفیت آب محاسبه می‌شود. از ویژگی این روش عدم محدودیت در استفاده از تمامی پارامترهای آن می‌باشد.

جدول (۱): پارامترهای شاخص IRWQI<sub>sc</sub> و وزن آنها  
(راهنمای محاسبه شاخص پارامترهای رایج کیفیت منابع آب  
سطحی ایران)

Number	Parameter	Unit	Weight
۱	FC	MPN/100 ml	۰/۱۴
۲	BOD <sub>5</sub>	mg/L	۰/۱۱ ۷
۳	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	۰/۱۰ ۸
۴	DO	% Saturation	۰/۰۹ ۷
۵	EC	μs/cm	۰/۰۹ ۶
۶	COD	mg/L	۰/۰۹ ۳
۷	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	۰/۰۹
۸	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	۰/۰۸ ۷
۹	Turbidity	NTU	۰/۰۶ ۲
۱۰	Total Hardness	mg CaCO <sub>3</sub> /L	۰/۰۵ ۹
۱۱	PH	-	۰/۰۵ ۱

در نتیجه برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده، از جدول (۲) استفاده می‌کنیم.

شد. سختی کل با روش کمپلکسومتری که در آن استفاده از محلول استاندارد EDATA و تامپون و همچنین معرف اریوکروم بلک تی<sup>۵</sup>، اندازه‌گیری شد. BOD توسط دستگاه BOD سنج و COD با دستگاه الکتروترمال و دستگاه اسپکتروفتومتری سنجش گردید. اندازه‌گیری پارامترهای ذکر شده در آزمایشگاه دانشگاه گنبدکاووس انجام شده است.

### شاخص کیفیت منابع آب ایران (IRWQI<sub>sc</sub>)

شاخص IRWQI<sub>sc</sub> یکی از روش‌های ارزیابی آلودگی کیفیت آب رودخانه‌ها می‌باشد که تأثیر مرکب پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را نشان می‌دهد و توانایی تلفیق داده‌های مختلف را دارد و می‌تواند کیفیت آب را برای مصارف مختلف ارزیابی کند. این شاخص با در نظر گرفتن مقادیر مجاز هر پارامتر برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت، به ارزیابی کلی کیفیت آب کمک می‌کند.

برای محاسبه این شاخص، مقدار پارامترهای اندازه‌گیری شده به عنوان ورودی شاخص استفاده می‌شود. سپس براساس جدول (۱) به هر پارامتر، یک وزن اختصاص داده می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از منحنی‌های رتبه‌بندی، غلظت هر پارامتر تبدیل به عدد شاخص آن پارامتر می‌شود و در نهایت مقدار شاخص IRWQI<sub>sc</sub> براساس روابط (۱) و (۲) تعیین می‌شود (Aghaee et al., 2020).

$$IRWQI_{sc} = \left[ \prod_{i=1}^n I_i^{w_i} \right]^{\frac{1}{r}} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$r = \sum_{i=1}^n W_i \quad \text{(رابطه ۲)}$$

که در آن:

$r$  = جمع وزن هر یک از پارامترهای محاسبه شده

$W_i$  = وزن پارامتر  $i$  ام

$n$  = تعداد پارامترها

$i$  = مقدار شاخص برای پارامتر  $i$  ام از منحنی رتبه بندی



مقادیر F و p-value برای پارامترهای مختلف در ایستگاه‌ها و سه فصل بهار، پاییز و زمستان محاسبه شده و براساس آن‌ها معنی‌دار بودن یا نبودن اثرات بررسی گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده گردید و در نهایت رسم نمودارها در محیط Excel صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### ارزیابی پارامترهای اندازه گیری شده

با تعیین ۵ ایستگاه در حوزه‌آبخیز باقرآباد و انجام نمونه‌گیری به مدت ۸ ماه از ایستگاه‌ها پارامترهای نیترا، فسفات، آمونیوم، TDS، BOD، COD، کدورت، (اکسیژن محلول) DO، هدایت الکتریکی، سختی و pH مورد ارزیابی و آنالیز قرار گرفتند. شکل‌های (۲-الف الی ۲-ذ) تغییرات پارامترها را در ۵ ایستگاه و زمان‌های نمونه برداری را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج تحلیلی از ایستگاه‌های مختلف، می‌توان خلاصه‌ای از وضعیت کیفیت آب منطقه مورد مطالعه را به شرح زیر ارائه نمود.

بر اساس شکل ۲-الف، بیشترین مقدار DO برابر ۱۳/۳۷ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه باقرآباد (۲۰۲۳/۰۲/۱۲) و کمترین مقدار آن برابر ۴/۰۶ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه مبارک‌آباد (۲۰۲۳/۰۶/۰۲) بود. میانگین DO برابر ۱۰/۶ میلی‌گرم در لیتر است که وضعیت نسبتاً خوبی را نشان می‌دهد. همچنین بیشترین مقدار BOD برابر ۷ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه مبارک‌آباد (۲۰۲۳/۰۲/۱۲) و کمترین مقدار آن در ایستگاه‌های مختلف مانند پس‌پشته، لولوم و معرکه‌محل بود. و میانگین BOD برابر ۲/۷ میلی‌گرم در لیتر است که وضعیت مناسبی برای کشاورزی فراهم می‌کند (شکل ۲-ب). شکل‌های ۲-پ، ۲-ت، ۲-ث و ۲-ج تغییرات COD، نیترا، فسفات و آمونیوم را نشان می‌دهند. میانگین این پارامترها به ترتیب ۱۱/۱، ۱/۲، ۰/۶۳ و ۰/۱۷ میلی‌گرم در لیتر ثبت شده است. میانگین TDS برابر ۲۳۱ میلی‌گرم در لیتر بوده که از حد استاندارد کمتر است. بیشترین مقدار TDS برابر ۴۲۴ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه مبارک‌آباد ثبت شده است (شکل ۲-چ). در شکل ۲-ح تغییرات هدایت الکتریکی را مشاهده نمود، که بیشترین مقدار آن برابر ۸۶۲  $\mu\text{s}/\text{cm}$  در ایستگاه مبارک‌آباد

جدول (۲): معادل توصیفی شاخص آب‌های سطحی ایران  
(راهنمای محاسبه شاخص پارامترهای رایج کیفیت منابع آب سطحی ایران)

Water Quality	IRWQIsc
Very bad	۱۵<
bad	۱۵-۲۹.۵
Relatively bad	۳۰-۴۴.۹
moderate	۴۵-۵۵
Relatively good	۵۵.۱-۷۷
good	۷۰.۱-۸۸
Very good	>۸۵

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

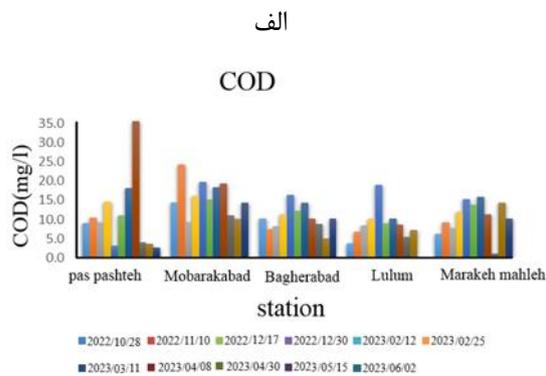
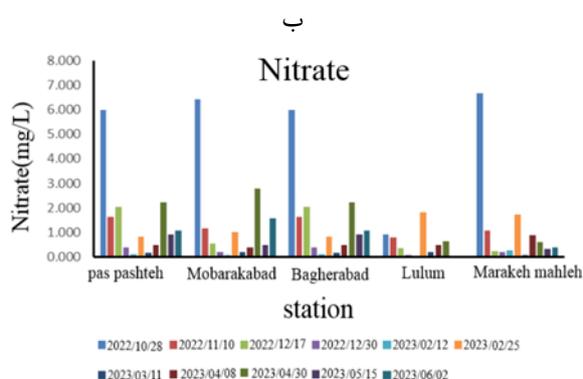
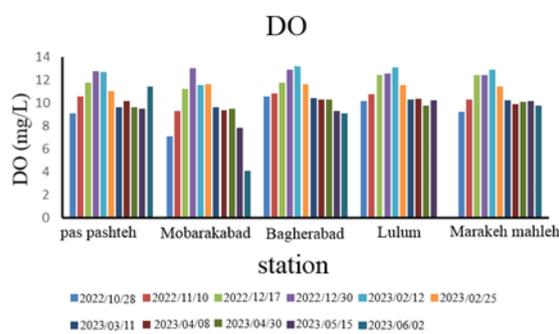
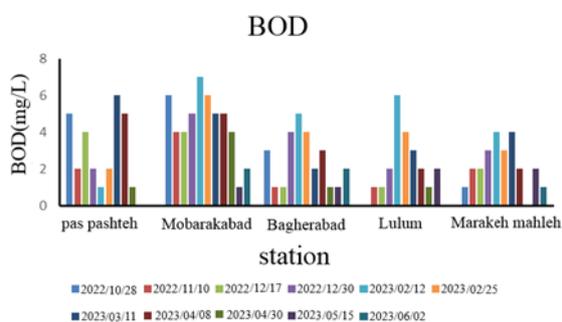
برای تجزیه و تحلیل آماری مطالعات انجام شده و بررسی معنی‌داری پارامترها بر اساس تغییرات مکانی و زمانی (سه فصل بهار، پاییز و زمستان) ابتدا نرمال بودن یا نرمال نبودن داده‌ها با روش cox-box انجام شد و داده‌ها نرمال شدند. طرح آماری به صورت کرت‌های خرد شده در واحد زمان می‌باشد. در نهایت به علت داشتن داده‌های مقفودی از آزمون میانگین مربعات LS Means استفاده گردید. آزمون LS Means برای تحلیل داده‌های نامتوازن و مقایسه میانگین‌های گروه‌های مختلف در شرایط مختلف فصلی مناسب است و تفاوت‌های معنی‌دار در کیفیت آب را بین ایستگاه‌ها مشخص می‌کند. همچنین این آزمون یک روش آماری است که در تحلیل داده‌های آزمایشی یا تجربی برای مقایسه میانگین‌ها به کار می‌رود. این روش معمولاً در مدل‌های خطی و مدل‌های آنالیز واریانس (ANOVA) استفاده می‌شود و به طور خاص در برنامه‌های آماری مانند SPSS، SAS، R و دیگر نرم‌افزارهای آماری برای تحلیل داده‌های آزمایشی کاربرد دارد. برای محاسبه مقدار F، میانگین مربعات عامل مورد نظر (MS\_Factor) بر میانگین مربعات خطا (MS\_Error) تقسیم می‌شود رابطه ۳:

$$F = \frac{\text{Factor MS}}{\text{Error MS}} \quad \text{رابطه ۳}$$

مقدار p-value نیز از روی توزیع F با درجات آزادی مربوط به عامل و خطا به دست می‌آید و نشان می‌دهد که آیا اثر عامل مورد نظر معنی‌دار است یا خیر. در این مطالعه،

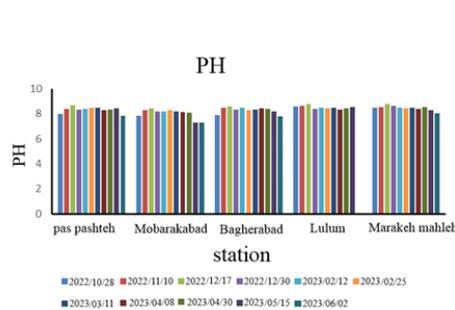
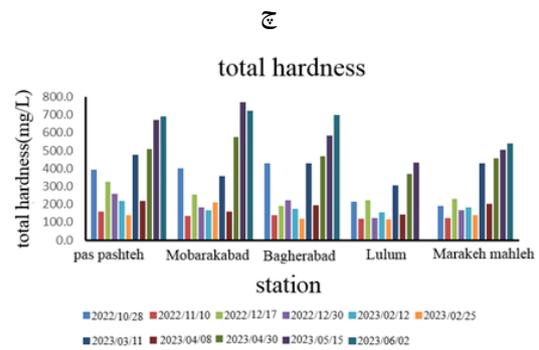
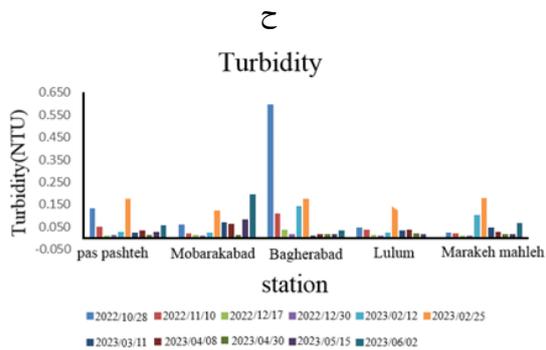
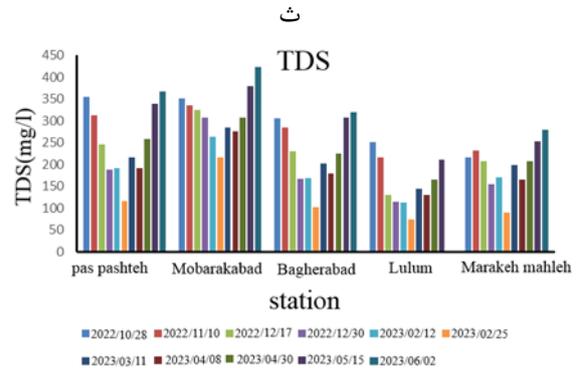
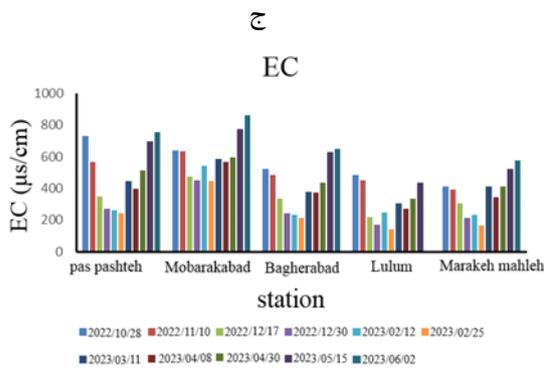
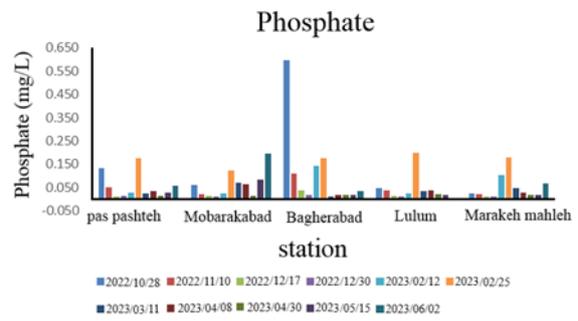
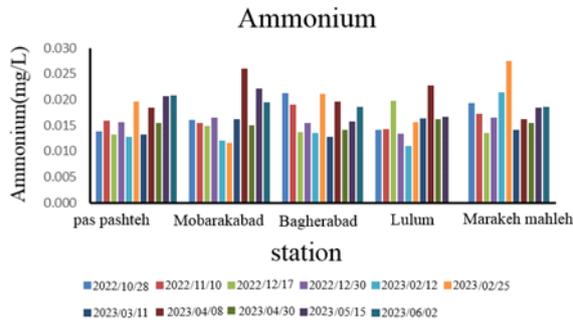
بالتر هستند، این افزایش در سطح COD و فسفات نشانه‌ای از ورود پس‌آب‌های کشاورزی، فاضلاب‌های خانگی و دیگر آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی به رودخانه است. این آلاینده‌ها باعث تغییرات کیفی در آب‌ها می‌شوند و می‌توانند اثرات منفی زیادی بر روی سلامت عمومی، کشاورزی، صنعت و همچنین اکوسیستم‌های آبی منطقه داشته باشند و نیاز به بررسی و مدیریت دقیق‌تری دارد. همچنین، غلظت TDS و سختی در برخی ایستگاه‌ها بالا بوده و باید توجه بیشتری به این مسائل صورت گیرد. بالا بودن غلظت TDS و سختی در آب نشان‌دهنده انحلال آب رودخانه در تماس با سازندهای زمین‌شناسی و ترکیبات معدنی موجود در تشکیلات بستر رودخانه و آلاینده‌های شیمیایی است و باید این مسئله به‌طور جدی مدیریت و پیگیری شود تا از مشکلات جدی در استفاده از منابع آبی جلوگیری گردد.

و کمترین مقدار برابر  $138 \mu\text{s}/\text{cm}$  در ایستگاه لولوم بوده است. همچنین در ایستگاه‌های مبارک‌آباد و پس‌پشته دارای کدورت پایین در حد استاندارد بوده، اما سایر ایستگاه‌ها دارای کدورت بالاتری هستند. بیشترین مقدار کدورت برابر  $90/7 \text{ NTU}$  در ایستگاه پس‌پشته و کمترین آن برابر  $1/23 \text{ NTU}$  در ایستگاه معرکه‌محلّه ثبت شده است (شکل ۲-خ). میانگین سختی کل برابر  $314/7$  میلی‌گرم بر لیتر است که در فصول پاییز و زمستان کمتر از حد استاندارد ( $500$  میلی‌گرم بر لیتر) بوده، ولی در فصل بهار بیشتر از حد استاندارد مشاهده می‌شود. بیشترین مقدار سختی برابر  $771/3$  میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه مبارک‌آباد و کمترین مقدار برابر  $114/7$  میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه لولوم بوده است (شکل ۲-د). شکل ۲-ذ تغییرات pH را نشان می‌دهد، میانگین pH برابر  $8/3$  است که وضعیت نسبتاً خوبی را با توجه به استانداردهای آب نشان می‌دهد. به طور کلی کیفیت آب در این منطقه وضعیت مناسبی دارد، با این حال برخی پارامترها مانند COD و فسفات از حد استاندارد



ت

پ



ذ

شکل (۲): تغییرات پارامترهای DO، BOD، COD، نیترات، فسفات، آمونیوم، TDS، EC، سختی کل، کدورت و PH در سه فصل نمونه برداری

### بررسی میانگین غلظت پارامترها برای مصارف شرب، صنعت و کشاورزی

جدول (۳) میانگین پارامترهای مؤثر در آب شرب و کشاورزی را با مقادیر استاندارد آب شرب بر اساس مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۲۰۰۸) را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول مقدار پارامترهای pH، BOD، نترات، هدایت الکتریکی، آمونیوم و سختی کل، در تمامی ایستگاه‌ها کمتر از مقدار استاندارد ایران می‌باشد که

نشان‌دهنده کیفیت مناسب آب از لحاظ شرب است. همچنین کدورت آب در ایستگاه‌ها بالاتر از حد مطلوب (بیشتر از ۵ NTU) است، و اثر آن ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و انسانی در این منطقه می‌باشد و نیاز به تصفیه بیشتر برای بهبود کیفیت فیزیکی آب دارد. ارزیابی مقادیر پارامترهای pH، هدایت الکتریکی و کدورت در تمامی ایستگاه‌ها در جدول (۳) نشان می‌دهد که کیفیت آب برای مصارف کشاورزی مناسب است.

جدول (۳): مقایسه میانگین پارامترها با مقدار استاندارد برای شرب در ایستگاه‌های مختلف

Number	pas pashteh	Mubarak Abad	Baqir Abad	Lulum	marakehmahleh	Iran Institute of Standards and Industrial Research (2008)		
						Desirability (agriculture)	Maximum allowed (drink)	maximum desirable (drink)
BOD	۲/۸۴	۲/۸	۲/۷	۲/۸	۲/۷۲	-	۵	-
PH	۸/۳۱	۸/۳۰	۸/۳	۸/۳۶	۸/۳	۶/۵-۸	۵-۶/۹	۶/۸-۵/۵
Nitrate	۱/۲۱	۱/۱۳	۱	۰/۹	۰/۹	-	۵۰	۱۰
EC	۴۴۳	۴۴۶	۴۴۶	۴۱۷	۴۴۷/۳	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۵۰۰
Ammonium	۰/۰۱۷	۰/۰۱۷	۰/۰۲	۰/۰۱۷	۰/۰۲	-	-	۱/۵
Turbidity	۱۶/۵	۱۶/۴	۱۶/۴	۱۷/۸۷	۱۶/۲۶	۵۰	۵	>=۱
Total hardness	۲۹۴	۳۰۱	۳۰۷	۲۷/۴۳	۳۱۱/۳	-	۵۰۰	۳۵۰

در جدول (۴) میانگین پارامترهای هر ایستگاه با مقدار استاندارد آن پارامتر بر اساس (استاندارد کیفیت آب‌های ایران، سازمان حفاظت محیط‌زیست، معاونت محیط زیست انسانی، دفتر آب و خاک، ۲۰۰۷) برای مصارف صنعتی بررسی شده است. این سازمان کیفیت آب را به سه گروه زیرتقسیم نموده است.

گروه الف: برای فرایندهایی در صنعت که به آب با کیفیت بسیار بالا نیاز ندارند و بدون تصفیه و یا با حداقل تصفیه قابل استفاده می‌باشند و برای فرایندهای با حساسیت زیاد، باید تا حد موردنیاز تصفیه شود (کیفیت خوب).

گروه ب: برای فرایندهای صنعتی با کمترین حساسیت به کیفیت آب، بدون تصفیه و یا با حداقل تصفیه قابل استفاده می‌باشند ولی برای فرایندهای صنعتی نسبتاً حساس، انجام فرایندهای تصفیه آب فیزیکی و شیمیایی با توجه به نوع استفاده، لازم است (کیفیت متوسط).

گروه ج: برای هر نوع مصرفی در صنعت نیازمند تصفیه آب هستند و توصیه می‌شود بیش‌تر برای مصارف آب

خنک‌کننده که نیازمند تصفیه بالایی نمی‌باشند، به کار روند. با توجه به نیاز به سطح بالای تصفیه آب برای فرایندهای حساس، استفاده از این آب‌ها در این فرایندها توصیه نمی‌شود (کیفیت ضعیف).

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که کیفیت آب در مناطق معرکه‌محله، لولوم، باقراآباد، مبارک‌آباد، و پس‌پشته از نظر COD، مواد جامد معلق و هدایت الکتریکی در حد قابل قبولی قرار دارد، اما در گروه‌های ب و ج، بالاتر بودن مقادیر COD، مواد جامد معلق و هدایت الکتریکی نشان‌دهنده وجود مشکلات کیفیت آب و احتمالاً آلودگی بیشتر است. این مناطق نیاز به توجه و اقدامات اصلاحی برای کاهش آلودگی و بهبود کیفیت آب دارند. از آنجا که مقادیر pH در تمام مناطق در محدوده مطلوب (بین ۶ تا ۹) قرار دارد، از نظر اسیدیته یا بازی بودن، مشکلی برای آب وجود ندارد. در مجموع، توصیه می‌شود که در گروه‌های ب و ج اقداماتی برای کنترل آلودگی‌های شیمیایی و فیزیکی صورت گیرد تا کیفیت آب به استانداردهای مطلوب نزدیک شود. توصیه می‌شود برای کاهش ذرات معلق در



پروژه‌های ساختمانی و جاده‌سازی از اقدامات فیزیکی نام برد، این شامل استفاده از پوشش گیاهی موقتی و نصب شبکه‌های محافظتی است. همچنین نصب سیستم‌های جمع‌آوری آب باران و زهکشی مناسب می‌تواند از ورود آلاینده‌ها و ذرات به منابع آب جلوگیری کند.

آب، استفاده از مواد شیمیایی منعقدکننده مانند سولفات آلومینیوم یا کلرور آهن می‌تواند به ایجاد لخته‌هایی کمک کند که به راحتی از آب جدا می‌شوند. همچنین استفاده از میکروارگانیزم‌ها در تصفیه آب برای کاهش کدورت و حذف مواد آلی و غیرآلی می‌تواند مفید باشد. جلوگیری از فرسایش خاک و ورود ذرات معلق به آب در زمان اجرای

جدول (۴): مقایسه مقادیر پارامترها با مقادیر استاندارد برای مصارف صنعتی (استاندارد کیفیت آب ایران، سازمان حفاظت محیط زیست)

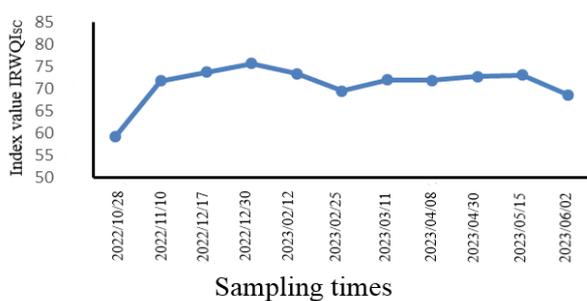
Number	pas pashteh	Mubarak Abad	Baqir Abad	Lulum	marakehmahleh	Group C	Group B	Group A
COD	۱۱.۰۹	۱۱.۱۹	۱۱.۱۱	۱۱.۲۲	۱۱.۲۶	>۷۵	<۷۵	<۲۰
PH	۸.۳۱	۸.۳۰	۸.۳	۸.۳۶	۸.۳	۶-۹	۶-۹	۶-۹
Suspended solids	۲۲۴.۵	۲۲۵.۸	۲۲۵.۲	۲۱۳.۳	۲۲۴	>۱۰۰	<۱۰۰	<۵۰
EC	۴۴۳	۴۴۶	۴۴۶	۴۱۷	۴۴۷.۳	>۲۰۰۰	<۲۰۰۰	<۱۰۰۰

مطابقت دارد. از طرفی با مطالعه انجام شده Mottahedin and Abdoos (2021) که فصل تابستان را به دلیل عوامل مختلفی مانند فرسایش کمتر خاک، کاهش فعالیت‌های کشاورزی و کاهش تخلیه فاضلاب کیفیت آب را نسبت به سایر فصول بهتر برخوردار دانستند در تناقض است. همچنین با مطالعه Ketabi et al. (2024) که فصل زمستان را به دلیل ورود فاضلاب و پساب‌های کشاورزی کیفیت آب پایینی را در منطقه مورد مطالعه به دست آوردن در تناقض است. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که عوامل فصلی و فعالیت‌های انسانی تأثیر قابل توجهی بر کیفیت آب رودخانه‌ها دارند و این تأثیرات می‌تواند بسته به شرایط جغرافیایی، اقلیمی و نوع آلاینده‌های موجود در هر منطقه متفاوت باشد. با این حال، باید توجه داشت که این نتایج ممکن است تحت تأثیر شرایط خاص هر منطقه و عوامل محلی قرار گیرد. بنابراین، نمی‌توان با قاطعیت کامل گفت که این الگو در همه رودخانه‌ها و مناطق دیگر نیز صدق می‌کند. برای دستیابی به نتایج جامع‌تر و قابل تعمیم، انجام مطالعات بیشتر در مناطق مختلف و در بازه‌های زمانی طولانی‌تر ضروری است. این مطالعات می‌توانند به درک بهتر از تأثیر عوامل مختلف بر کیفیت آب و ارائه راهکارهای

### نتایج ارزیابی کیفیت آب ایستگاه‌ها در سه فصل بهار، پاییز و زمستان بر اساس شاخص IRWQI<sub>sc</sub>

نتایج حاصل از ارزیابی کیفی آب حوزه آبخیز باقرآباد در طی سه فصل بهار، پاییز و زمستان در شکل (۳) آمده است. بر اساس این نمودار مقدار شاخص هر یک از ایستگاه‌ها را در سه فصل بهار، پاییز و زمستان مشاهده نمود. بیشترین مقدار شاخص برابر ۷۴/۵۷ مربوط به ایستگاه لولوم و فصل بهار می‌باشد که دارای بهترین کیفیت آب می‌باشد و کمترین مقدار شاخص ۶۶/۵ می‌باشد که مربوط به ایستگاه مبارک‌آباد و در پاییز است. به طور کلی، بهبود کیفیت آب در فصل بهار به دلایل مختلفی مانند بارش‌های بیشتر، افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی، تجزیه آلاینده‌ها توسط میکروارگانیزم‌ها، رشد گیاهان و کاهش برخی آلاینده‌های شیمیایی مرتبط با کشاورزی و صنعت است. این تغییرات به طور طبیعی موجب می‌شود که کیفیت آب در بهار بهبود یابد، هرچند این امر به شرایط خاص منطقه و نوع آلاینده‌ها نیز بستگی دارد. نتایج این قسمت از مطالعه با نتایج مطالعه انجام شده Aghaee et al. (2020) و Ketabi et al. (2024) که به بررسی کیفیت آب رودخانه با استفاده از شاخص IRWQI<sub>sc</sub> پرداختند

(Sang et al. 2024; et al. 2021) داخلی (خلجی و همکاران، ۱۳۹۵؛ خیری سلطان احمدی و همکاران، ۱۴۰۰؛ متحدین و عبدوس، ۱۴۰۰) نیز گزارش شده است که پارامترهایی مانند فسفات، نیترات، کدورت، COD و BOD غالباً نقش برجسته‌ای در تغییرات شاخص کیفیت آب دارند. افزایش موقتی این پارامترها می‌تواند باعث افت شاخص در بازه‌های زمانی مشخص شود. این روند در مطالعات انجام شده توسط هدایت زاده و همکاران (۱۳۹۹) و غلامی و ملکیان (۱۴۰۱) که تغییرات فصلی پارامترهای فیزیکوشیمیایی را بررسی کرده‌اند نیز دیده شده است.

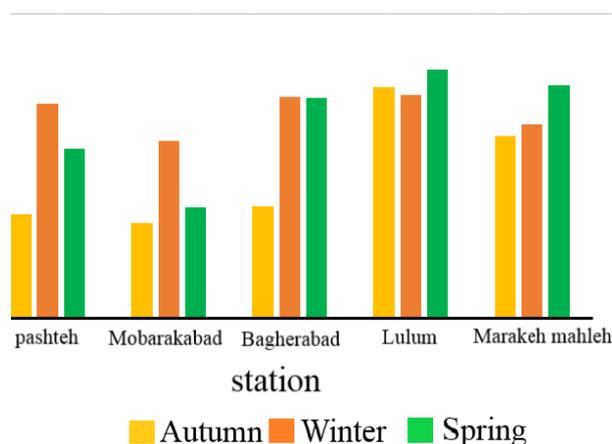


شکل (۴): تغییرات شاخص IRWQIsc در حوزه آبخیز باقرآباد

#### آنالیز آماری بررسی کیفیت آب بر اساس شاخص IRWQIsc

جدول (۵) نتایج تحلیل واریانس (ANOVA) شاخص کیفیت آب IRWQIsc را برای بررسی اثرات مکانی (ایستگاه‌ها)، زمانی (فصل‌ها) و تعامل آن‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول اثر مکانی بر کیفیت آب در سطح معنی‌داری ۵ درصد قابل توجه است، به طوری که کیفیت آب بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معناداری دارد، در حالی که اثر فصل‌ها و تعامل ایستگاه‌ها فصل معنی‌دار نبود. این نتایج نشان می‌دهد که تغییرات مکانی، عامل اصلی تفاوت در کیفیت آب بوده و تغییرات فصلی تأثیر قابل توجهی نداشته‌اند. این یافته‌ها با پژوهش‌های انجام شده توسط Kannel et al. (۲۰۰۷) و Abdel-Shafy & El-Khateeb (۲۰۱۰) مطابقت دارد که نشان دادند، کیفیت آب در منابع آبی اغلب تحت تأثیر عوامل مکانی و ویژگی‌های محلی مانند فعالیت‌های انسانی و کاربری زمین قرار می‌گیرد، در حالی که اثر تغییرات فصلی کمتر برجسته است. به همین

مؤثر برای مدیریت و حفاظت از منابع آب کمک کنند.



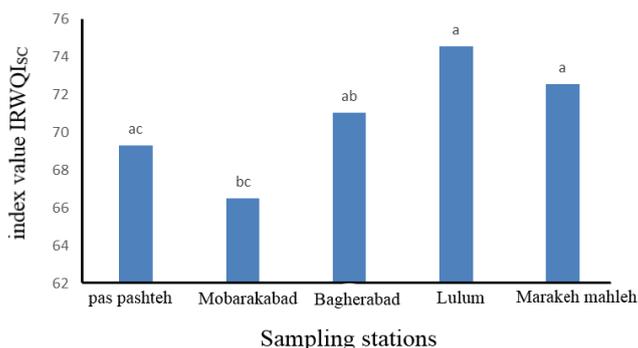
شکل (۳): مقدار شاخص کیفیت آب در بهار، پاییز و زمستان

#### ارزیابی کیفیت آب حوزه آبخیز باقرآباد با استفاده از شاخص IRWQIsc

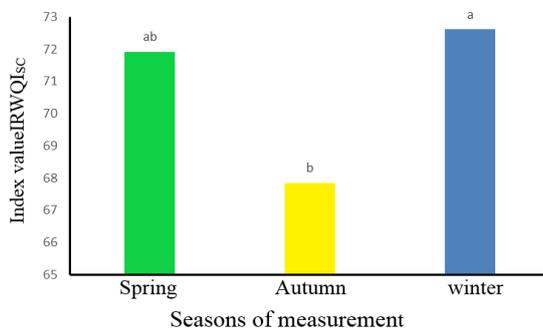
بر اساس شکل (۴) شاخص کیفیت آب حوزه مورد مطالعه از ۵۹/۲۳ تا ۷۵/۶۵ در نوسان است. کمترین مقدار شاخص (۵۹/۲۳) در تاریخ ۲۰۲۲/۱۰/۲۸ و بیشترین مقدار (۷۵/۶۵) در تاریخ ۲۰۲۲/۱۲/۳۰ مشاهده شد. این دامنه تغییرات و الگوی زمانی آن با یافته‌های مطالعه باقری و همکاران (۱۴۰۳) و جمال آبادی و برقی (۱۳۹۶) که بیان کردند شاخص‌های کیفیت آب می‌تواند نوسانات قابل توجهی در فصول مختلف داشته باشد و مقادیر شاخص در برخی نقاط در بازه‌های وسیعی قرار گیرد، که این پدیده معمولاً ناشی از ترکیبی از عوامل هیدرولوژیک، روان‌آب‌گذاری، و ورود آلاینده‌های کشاورزی و شهری است هم راستا می‌باشد. به طور کلی در ابتدا حوزه آبخیز مورد مطالعه دارای کیفیت نسبتاً خوبی می‌باشد که تا اواسط ماه دی به وضعیت خوب می‌رسد و دوباره در اوایل اسفند کیفیت آب به نسبتاً خوب تغییر می‌کند که دلایل آن بالارفتن میزان فسفات، کدورت، نیترات، COD و مقدرای BOD می‌باشد. همچنین از اوایل اسفند کیفیت آب بهتر می‌شود و تا اواخر اردیبهشت آب کیفیت خوبی دارد و بعد از آن کیفیت آب کمی کاهش پیدا می‌کند. در بسیاری از مطالعات بین‌المللی (Mansour et al. 2024; Dey



نشان می‌دهد. از نظر فصل بین فصول پاییز و زمستان اختلاف معنی داری را مشاهده کرد که دلیل آن بهتر شدن کیفیت آب در فصل زمستان می‌باشد و بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته نتیجه شد که غلظت آلاینده‌های آلوده‌کننده در زمستان به حداقل خود می‌رسد. همچنین وضعیت کیفیت آب در بهار بهتر از پاییز و بدتر از زمستان می‌باشد و به این دلایلی اختلاف معنی داری بین بهار با دو فصل پاییز و زمستان مشاهده نمی‌شود. میزان اکسیژن محلول در فصل پاییز بیشتر از بقیه فصول می‌باشد. از سوی دیگر مقدار غلظت نیترات، فسفات، آمونیوم، TDS، هدایت الکتریکی و سختی در فصل زمستان نسبت به دیگر فصول پایین‌تر می‌باشد. همچنین در شکل (۷) و جدول (۶) کیفیت آب حوزه باقرآباد در ۵ ایستگاه نمونه برداری بررسی شده و بهترین نوع استفاده از آن پیشنهاد گردیده است.



شکل (۵): بررسی اثرات معنی دار شاخص کیفیت آب ایستگاه‌های اندازه‌گیری نسبت به یکدیگر



شکل (۶): بررسی اثرات معنی دار شاخص کیفیت آب بر اساس فصول اندازه‌گیری

ترتیب، عدم وجود تعامل معنی‌دار بین ایستگاه و فصل در این مطالعه نشان می‌دهد که اثر تفاوت ایستگاه‌ها مستقل از فصل بوده و مدیریت منابع آب باید بیشتر بر مکان‌یابی و شرایط محلی تمرکز داشته باشد.

جدول (۵): تحلیل واریانس شاخص IRWQIsc

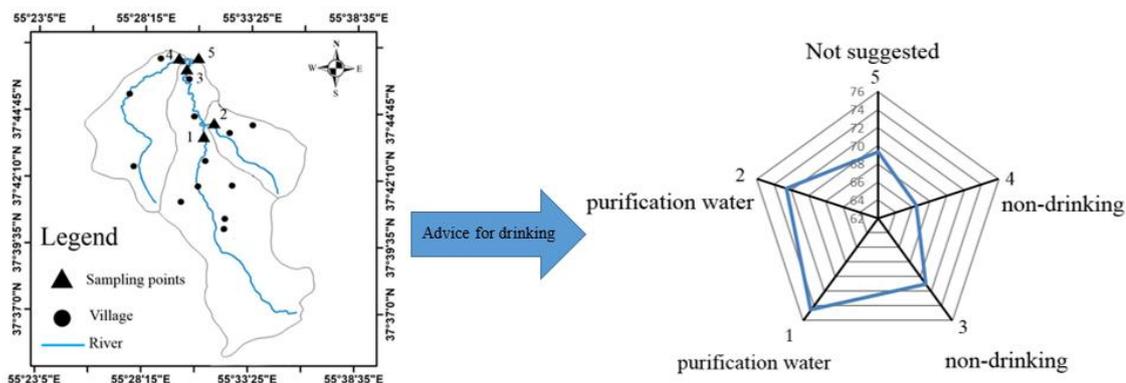
Source	df	Mean Square	F	p-value
Station	۴	*۹۵/۴۱۷	۵/۲	۰/۰۳
Season	۲	۹۹/۶۵	۱/۱	۰/۳۶
Station*Season	۸	۲۰/۲۹۶	۰/۴۵	۰/۸۸
Error	۲۰	۱۸/۳۳	-	-
Total	۳۴			

\*and ns, respectively, are significant at the five percent level and without significant differences

شکل (۵) میزان معنی‌داری ایستگاه‌ها را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. ایستگاه مبارک‌آباد با تمامی ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری ندارد. ایستگاه مبارک‌آباد با ایستگاه پس‌پشته و باقرآباد معنی‌دار نمی‌باشد ولی با دیگر ایستگاه‌ها معنی‌دار است و دلیل آن پایین بودن میزان اکسیژن محلول و کدورت و بالا بودن مقدار BOD، TDS، هدایت الکتریکی، سختی ایستگاه‌های لولوم و معرکه‌محله نسبت به ایستگاه‌های پس‌پشته و مبارک‌آباد می‌باشد که باعث بهتر شدن کیفیت آب و به دنبال آن ایجاد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد شود و یکی از دلایل عمده و مهم بهتر بودن کیفیت آب ایستگاه‌های لولوم و معرکه‌محله وجود منبع تامین آب با کیفیت خوب (چشمه) می‌باشد. همچنین بین ایستگاه باقرآباد با بقیه ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

به طور کلی در ایستگاه مبارک‌آباد به علت بالا بودن مقادیر BOD، COD، فسفات، کل جامدات محلول (TDS)، هدایت الکتریکی و سختی آب و کم بودن مقدار اکسیژن محلول دارای آلودگی بالا و ایستگاه لولوم به علت داشتن میزان غلظت آلودگی کمتر در تمامی پارامترها جز بالا بودن کدورت نسبت به دیگر ایستگاه‌ها دارای آلودگی کمتری می‌باشد که باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار می‌شود.

شکل (۶) میزان معنی‌داری فصل‌ها را نسبت به یکدیگر



شکل (۷): بررسی کلی کیفیت آب باقرآباد برای مصارف مختلف

کیفیت آب رودخانه باقرآباد را در طی هشت ماه و در ۵ ایستگاه نمونه برداری بررسی نمود. نتایج نشان داد که کیفیت آب در محدوده‌ای از متوسط تا خوب متغیر است؛ به طوری که ایستگاه لولوم بهترین و ایستگاه مبارک‌آباد ضعیف‌ترین وضعیت را نشان داد. از میان پارامترهای کیفی، مقادیر COD و فسفات از حد استاندارد بالاتر بودند که بیانگر ورود پساب‌های کشاورزی، فاضلاب‌های خانگی و آلودگی‌های صنعتی به رودخانه است. این شرایط سبب شد که آب حوزه برای مصارف کشاورزی و صنعتی مناسب باشد، اما برای شرب نیازمند تصفیه تکمیلی باشد. تحلیل تغییرات فصلی بیانگر تأثیرپذیری قابل توجه کیفیت آب از بارندگی، رواناب‌های سطحی و فعالیت‌های انسانی است. این یافته‌ها اهمیت پایش مستمر منابع آبی و اجرای راهکارهای مدیریتی نظیر ایجاد نوارهای بافر گیاهی و بهبود مدیریت پساب‌ها را برجسته می‌سازد. این مطالعه با تمرکز بر یک حوضه کمتر بررسی شده، نشان داد که شاخص  $IRWQI_{sc}$  ابزاری کارآمد برای پایش و طبقه‌بندی کیفیت آب در شرایط بومی ایران است و می‌تواند در مدیریت منابع آبی کشور نقش مؤثری ایفا کند. با این حال، محدودیت دوره‌ی زمانی نسبتاً کوتاه (هشت ماه) و تعداد محدود ایستگاه‌ها ممکن است تصویر کاملی از تغییرات سالانه و مکانی کیفیت آب ارائه ندهد. برای تحقیقات آینده، انجام مطالعات بلندمدت‌تر با پوشش فصول مختلف، افزایش تعداد ایستگاه‌ها، و بررسی منشأ دقیق آلاینده‌ها توصیه می‌شود. همچنین مقایسه کارایی شاخص بومی با شاخص‌های بین‌المللی می‌تواند به غنای بیشتر نتایج و بهبود

جدول (۶): شاخص کیفیت آب و طبقه‌بندی کاربردی ایستگاه‌های نمونه برداری در حوزه آبخیز باقرآباد

Num ber	Station Name	Water Quality	Rank	Classification
۱	Lubun	Good	۷۴.۴۵	Industrial use type A, Agriculture
۲	Marzakeh ollah	Good	۷۲.۶۶	Industrial use type A, Agriculture
۳	Bagir Abad	Good	۷۱.۰۵	Industrial use type A, Agriculture
۴	Pas pusheh	Relatively good	۶۹.۳	Industrial use type A, Agriculture
۵	Mobarak Abad	Relatively good	۶۶.۵	Industrial use type A, Agriculture

## نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با بهره‌گیری از شاخص بومی  $IRWQI_{sc}$



سیاست‌های مدیریت منابع آب کمک کند.

## منابع

- آقایی، م.، حشمت‌پور، ع.، گ. محمودلو، م.، و س. م. سیدیان. ۱۳۹۹. بررسی کیفیت آب رودخانه چهل‌چای با استفاده از شاخص IRWQIsc. مجله علوم و فناوری محیط زیست، ۱۵۳-۱۶۶.
- باقری، ه.، مظلومی موجانی، م.، خلیلی، ر. و ع. مریدی. ۱۴۰۳. تغییرات فصلی کیفیت آب رودخانه سرداب رود: دیدگاه‌های دوگانه شاخص کیفیت منابع آب سطحی ایران (IRWQIsc) و بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI). مدیریت آب و آبیاری، ۱۴(۱)، ۲۲۳-۲۳۴. doi: 10.22059/jwim.2024.367167.1114
- پوی، س. و ر. جابان‌گلاس. ۱۳۹۴. مهندسی محیط زیست. ترجمه محمدعلی کینژاد و سیروس ابراهیمی.
- جمال آباد، ش. و ی. برقی. ۱۳۹۶. شناسایی و تعیین میزان آلاینده‌های فیزیکی کیفیت آب در حوضه رودخانه ارس. نشریه دانشجویی زیست سپهر، ۱۲(۱)، ۱۸-۲۶.
- خلجی، م.، ابراهیمی، ع.، متقی، ا.، اسداله، س. و ه. هاشمی نژاد. ۱۳۹۵. ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد زاینده رود با استفاده از شاخص WQI. مجله علمی شیلات ایران، ۲۵(۵): ۵۱-۶۳
- خیری سلطان احمدی، ر.، نظرنژاد، ح. و ف. اسدزاده. ۱۴۰۰. ارزیابی تحلیلی کیفیت آب در طول رودخانه مهابادچای با شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران. سلامت و محیط زیست، ۱۴(۴): ۶۲۹-۶۴۲
- غلامی، ف. و آ. ملکیان. ۱۴۰۱. بررسی تغییرات زمانی و مکانی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب زیرزمینی در فصول تغذیه و تخلیه (مطالعه موردی: حوزه ازن-الیگودرز). مهندسی اکوسیستم بیابان، ۷(۲۰)، ۵۷-۷۰. doi: 10.22052/deej.2018.7.20.59
- کتابی، ن.، دادخواه تهرانی، م.، مریدی، ا.، و ر. خلیلی. ۱۴۰۳. ارزیابی کیفیت آب رودخانه تجن (ساری) با استفاده از شاخص‌های کیفی NSFQI و IRWQISC. مجله تحقیقات بهداشت محیط، ۱۰(۱)، ۹۶-۱۰۹.
- متحدین، پ. و ا. عبدوس. ۱۴۰۰. بررسی کیفیت آب رودخانه حبله‌رود با استفاده از شاخص کیفیت منابع آب سطحی ایران (IRWQISC) و روش سطح پاسخ. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۷(۳)، ۱-۱۹.
- هاشمی، س.، فرزام‌پورعسگر، ت.، رضانی، س. و غ. خوشرو. ۱۳۹۷. راهنمای محاسبه شاخص کیفیت آب ایران. سازمان حفاظت محیط زیست ایران.
- هدایت زاده، ف.، پورخباز، ح. ر. و م. چراغی. ۱۳۹۹. تغییرات مکانی-زمانی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و تاثیر آن‌ها بر تجمع فلزات سنگین در آب و رسوبات آبگیر تصفیه خانه‌های بخشی از رودخانه کارون، نشریه اکوبیولوژی تالاب، ۱۲(۲)، ۹۱-۱۰۹.

Mansour, H., Ahmed, S. A., Zaghloul, A., Kabary, H., & Nassar, H. F. 2024. Seasonal variation effect on water quality and sediments criteria and its influence on soil pollution: Fayoum Governorate, Egypt. *Environmental Sciences Europe*, 36(1), 132.

Abdel-Shafy, H. I., El-Khateeb, M. A., Regelsberger, M., El-Sheikh, R., & Shehata, M. 2010. Integrated system for the treatment of blackwater and greywater via UASB and constructed wetland in Egypt. *Desalination and Water Treatment*, 8(1-3), 272-278.



Borg, H and Johanson, K. 1989. Metal fluxes to Swedish forest lakes, water, air, soil pollut. 47: 424-440.

Chapman, D. 1996. Water quality assessment E and FN spon. An imprint of Chapman and Hall. 2nd addition.

Dey, S., Botta, S., Kallam, R., Angadala, R., & Andugala, J. 2021. Seasonal variation in water quality parameters of Gudlavalluru Engineering College Pond. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 100058.

Kannel, P. R., Lee, S., Kanel, S. R., Khan, S. P., & Lee, Y. S. 2007. Spatial-temporal variation and comparative assessment of water qualities of urban river system: a case study of the river Bagmati (Nepal). *Environmental Monitoring and Assessment*, 129(1), 433-459.

Ma, N., Gao, L., Ge, Z., & Li, M. 2023. Hydrochemical characteristics of groundwater in a plain river network region: Establishing linkages between source and water quality variables. *Chemosphere*, 331, 138809.

Neal, C. Jarvie, H. P. Whitton, B. A. and Gemmill, J. 2000. The water quality of the River Wear, north-east England. *Science of the Total Environment*, 251: 153-172.

Roldan-Reascos, G., Pérez-Lamela, C., de Blas, E., & Simal-Gandara, J. 2024. Water quality indexes and water quality population perception in a rural area in Ecuador. *Water Practice & Technology*, 19(2), 580-593.

Sang, C., Tan, L., Cai, Q., & Ye, L. 2024. Long-term (2003–2021) evolution trend of water quality in the Three Gorges Reservoir: An evaluation based on an enhanced water quality index. *Science of The Total Environment*, 915, 169819.

SEZE, M. 2024. KARASU 1, KARASU 2 VE OKTA DERELERİNİN SU KALİTESİNİN BELİRLİ KİRLETİCİLER VE ÖNCELİKLİ MADDELER AÇISINDAN KANADA SU KALİTESİ İNDEKSİ (CWQI) MODELİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ. DSI Technical Bulletin/DSİ Teknik Bülteni, (143).