مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۳۹۸، سال ٦، شماره ٤: ۳۸۵-٤۰۰

ارزیابی سلامت کیفی آب رودخانه قزل‌اوزن در محدوده استان زنجان با استفاده از شاخص‌های NSFWQI، $IRWQI_{SC}$ و Liou

جابر اعظمی[1*]، ناصر کیانی‌مهر [2]، عباسعلی زمانی[3]، زهرا عبدالهی[4]، محمد زارعین[2]، ناصر جعفری[2]

[1] استادیار گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
[2] دانشجویان کارشناسی ارشد علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
[3] دانشیار گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
[4] باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۸/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱

چکیده

زمینه و هدف: توسعه‌ی ناپایدار کشاورزی و آبزی‌پروری در حریم بسیاری از رودخانه‌ها سبب کاهش کیفیت آب‌های جاری آن‌ها شده است. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی سلامت کیفی آب رودخانه‌ی قزل‌اوزن با استفاده از شاخص‌های کیفی متداولِ آب‌های سطحی، در محدوده‌ی استان زنجان است.

روش بررسی: ۱۸ ایستگاه در طول رودخانه‌ی قزل اوزن بر اساس معیارهای استاندارد شامل نوع کاربری اراضی، زمین‌شناسی، نقاط دارای تنوع زیستی، دسترسی و پراکندگی در امتداد رودخانه انتخاب گردید. ویژگی‌های اکسیژن محلول، دما، کدورت و هدایت الکتریکی درمحل نمونه‌برداری و مقدار کلیفرم مدفوعی، خواست اکسیژن بیوشیمیایی، خواست اکسیژن شیمیایی، فسفات، نیترات، نیتریت، آمونیاک، سولفات و کلر در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: اختلاف معنی‌داری در میزان کلی‌فرم رودخانه با استاندارد وجود دارد. هم‌چنین نتایج شاخص‌های کیفیت آب بیانگر تاثیرات بسیار زیاد کشت زیتون در طارم و آبزی‌پروری در ماهنشان است. از میان تمام متغیرهای کیفی مورد مطالعه، نیترات و کلی‌فرم مدفوعی در بین دو منطقه طارم و ماهنشان اختلاف معنی‌داری داشتند. بالاترین وضعیت کیفی مربوط به ایستگاه ۷ که دسترسی کمتری برای توسعه فعالیت‌های انسانی وجود داشت، بود. براساس انطباق نتایج شاخص‌ها با کاربری اراضی (واقعیت زمینی)، نتایج شاخص کیفی آبهای سطحی ایران بدلیل بهره‌گیری از متغیرهای کیفی بیشتر و تطابق کاملتر، عملکرد بهتری نشان داد.

نتیجه‌گیری: کشت زیتون در منطقه طارم و توسعه ناپایدار آبزی‌پروری در ماهنشان مهم‌ترین دلایل کاهش کیفیت آب است. در این راستا، توجه به مدیریت جامع منابع آب، آموزش بومیان، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و تعیین توان اکولوژیک سرزمین باید مورد توجه باشد.

کلمات کلیدی: قزل‌اوزن، $IRWQI_{SC}$، طارم، ماهنشان.

[*] **نویسنده مسئول:** استادیار گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان
ایمیل: j.aazami@znu.ac.ir - تلفن تماس: ۰۹۱۳۳۷۲۴۶۹۵

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

مقدمه

در سال‌های اخیر افت کیفی رودخانه‌ها به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، به تهدیدی جدی برای سلامت انسان‌ها تبدیل شده است. از این‌رو، مدیریت کارآمد منابع آب، حفاظت و مدیریت رودخانه‌ها، به‌عنوان مهم ترین و قابل دسترس‌ترین منابع تأمین آب شیرین، مستلزم اجرای برنامه‌های پایش مستمر و دقیق کیفی آب می‌باشد [1]. رودخانه‌ها تنها منابع آبی هستند که در مسیر خود از کاربری‌های مختلف کشاورزی، صنعتی و مسکونی عبور کرده و لذا کیفیت و کمّیت آن‌ها تا حد زیادی در ارتباط با کاربری اراضی موجود در حوزه‌ی آبریز می‌باشد [2]. با افزایش شهرنشینی، صنعتی شدن و استفاده‌ی بی‌رویه از کودهای شیمیایی در کشاورزی، شدّت ورود آلودگی‌های شیمیایی به داخل رودخانه‌ها افزایش یافته و به یک معضل مهم زیست-محیطی تبدیل شده است؛ لذا ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها و تدوین برنامه‌های مدون جهت کنترل آلودگی منابع آبی باید مورد توجه مدیران، کارشناسان و محققان قرار گیرد. یکی از راه‌کارهای مدیریتی کاربردی در بحث ارزیابی کیفی منابع آبی، استفاده از شاخص‌های کیفی آب به‌عنوان یک ابزار مؤثر، فاقد پیچیدگی‌های آماری و در عین‌حال قوی برای تصمیم-گیری‌های مربوط به مدیریت منابع آبی و حوزه‌ی آبریز بالادست می‌باشد [3]. از این رو، اطلاعات و داده‌های به‌دست آمده از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب ساده‌سازی شده و علاوه بر بیان سلامت کیفی و طبقه‌بندی کیفیت منابع آبی، روند تغییرات آن در بازه‌ی زمانی و مکانی قابل پایش و مدیریت می‌باشد. شاخص کیفی آب آمریکا (The National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI)) در سال ۱۹۷۰ توسط بنیاد بهداشت ملی این کشور توسعه یافت [4]. NSFWQI با در نظر گرفتن ۹ متغیر اصلی کیفی آب (شامل اکسیژن محلول، کلیفرم مدفوعی، pH، خواست اکسیژن بیوشیمیایی، تغییرات دمایی، فسفر کل، نیترات، کدورت و کل جامدات) به‌عنوان یک شاخص استاندارد بین صفر (بدترین کیفیت) تا ۱۰۰ (بهترین کیفیت) برای مقایسه کیفیت منابع آبی مختلف به‌طور گسترده مورد توجه محققان در سراسر جهان قرار گرفته است [4-8]. از میان شاخص‌های عمومی کیفیت آب، شاخص NSFWQI نسبت به دیگر شاخص‌های موجود دارای مشکلات کمتری بوده و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص کیفیت منابع آب ایران برای آب‌های سطحی (Iranian Water Quality Index For Surface Water Resources, IRWQIsc) از شاخص اصلی برگرفته است و توسط دانشگاه شهید بهشتی معرفی و دارای استانداردهای سازمان محیط زیست است . در ایران نیز مطالعات زیادی جهت ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها با استفاده از شاخص‌های $IRWQI_{SC}$, NSFWQI انجام گرفته است [2, 9-11]. Liou و همکاران (۲۰۰۳)، شاخص آلودگی رودخانه (RPI) را در تایوان با عنوان Liou ارائه دادند که برای ارزیابی سلامت رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد و در آن بر اساس منحنی‌های دسته‌بندی از پیش تعیین‌شده، به متغیرهای انتخاب‌شده شامل متغیر اکسیژن محلول، خواست اکسیژن بیوشیمیایی، مواد جامد معلق و نیتروژن آمونیاکی، امتیاز استانداری داده می‌شود [12].

رودخانه‌ی قزل‌اوزن یکی از رودخانه‌های مهم شمال غرب کشور است که در بازه‌های مختلف خود دارای کیفیت‌های متفاوتی می‌باشد. کیفیت رودخانه‌ی مذکور در محدوده‌ی استان زنجان به‌شدت متأثر از زمین‌شناسی گچی-مارنی-آهکی منطقه، کاربری‌های متعدد و متنوع در حوزه، نوسان دبی پایه رودخانه و ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی می‌باشد. از این‌رو، ارزیابی و پایش مستمر کیفیت آب این رودخانه در منطقه مذکور برای تدوین برنامه‌های مدیریتی و توسعه‌ی پایدار استان و کشور از اهمیّت به‌سزایی برخوردار است. حال آن‌که این مهم در استان مورد توجه گسترده قرار نگرفته است. لذا، مطالعه‌ی حاضر، با هدف تعیین و طبقه‌بندی کیفی آب

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

رودخانه‌ی قزل‌اوزن در محدوده‌ی استان زنجان با استفاده از سه شاخص استاندارد و مهم ارزیابی کیفی آب‌های سطحی، NSFWQI، $IRWQI_{SC}$ و Liou انجام گرفت. دلیل انتخاب این سه شاخص جامع بودن، متداول در تحقیقات علمی دنیا، در دسترس بودن و تطبیق نتایج دقیق با واقعیت زمینی می‌باشد. قابل ذکر است شاخص ایرانی مورد تایید سازمان حفاظت محیط زیست کشور و وزارت نیرو به عنوان استاندارد ملی ارزیابی کیفیت آب است [۱۳].

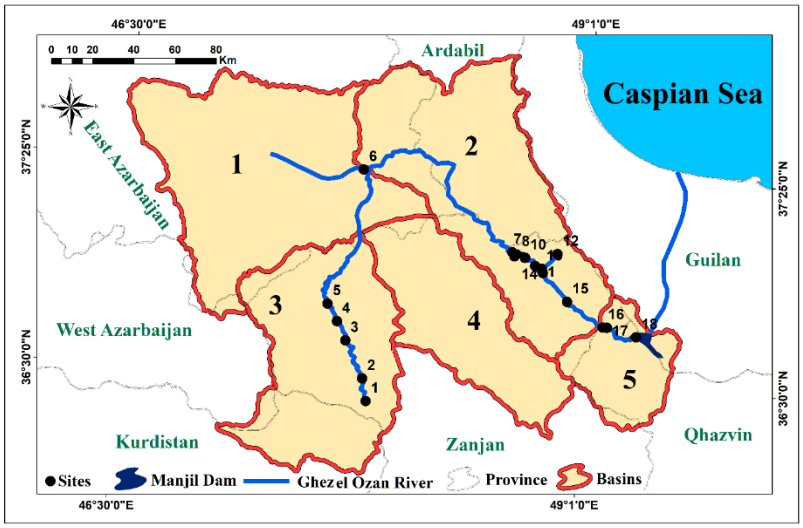
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه قزل‌اوزن از ارتفاعات چهل‌چشمه کردستان سرچشمه گرفته و با طولی بیش از ۵۵۰ کیلومتر، پس از عبور از استان‌های زنجان، آذربایجان شرقی و اردبیل، به سد سفیدرود در منجیل از توابع استان گیلان منتهی می‌شود. مساحت حوزه‌ی آبخیز بالادست آن نزدیک به ۴۹۴۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. از دیدگاه ژئومورفولوژی، رودخانه‌ای آبرفتی با بستری سنگلاخی، رسی- سیلتی و ماسه‌ای است و تحت تأثیر شرایط خاص هیدرولیکی، توپوگرافی، مواد سازنده بستر و کناره‌ها قرار دارد. همچنین این رودخانه در مسیر خود از کاربری‌های مختلفی چون اراضی کشاورزی، مسکونی و صنعتی می‌گذرد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

انتخاب ایستگاه‌های مطالعاتی

پس از بررسی نقشه‌ها و تصاویر هوایی منطقه مورد مطالعه و بازدیدهای میدانی، تعداد ۱۸ ایستگاه در امتداد رودخانه‌ی قزل‌اوزن بر اساس معیارهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (شامل نوع کاربری اراضی، زمین شناسی، نقاط دارای تنوع زیستی، دسترسی و ارزیابی کارشناسی) انتخاب گردید. سپس موقعیت نقاط انتخاب شده، با استفاده از GPS ثبت و یادداشت گردید (جدول ۱). متغیرهای اکسیژن محلول، دما، کدورت و هدایت الکتریکی درمحل نمونه‌برداری با سه تکرار توسط دستگاه پرتابل کالیبره‌شده و مطابق با استاندارد دستگاه‌ها، اندازه‌گیری شد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی رودخانه‌ی قزل‌اوزن در ارتباط با استان‌ها و حوضه آبخیز (۱:حوضه آبخیز میانه، ۲: حوضه آبخیز طارم-خلخال، ۳:حوضه آبخیز ماهنشان-انگوران، ٤:حوضه آبخیز زنجان، ٥:حوضه آبخیز منجیل)

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

جدول ۱:

ایستگاه	نام ایستگاه	منطقه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	جنس بستر	کاربری غالب اراضی
۱	سیاه منصور		شاهد	″۰۷ ′۳۷ °۴۸	″۵۸ ′۰۱ °۳۷	سنگلاخی	بکر و فاقد کاربری مشخص
۲	ابراهیم‌آباد		غیرشاهد	″۳۶ ′۳۴ °۴۸	″۵۸ ′۰۸ °۳۷	سنگلاخی	روستایی و کشاورزی
۳	انگوران چایی		غیرشاهد	″۴۴ ′۴۴ °۴۸	″۵۸ ′۰۱ °۳۷	سنگلاخی	کوهستانی و کشاورزی
۴	ماهنشان	ماهنشان	غیرشاهد	″۲۴ ′۲۶ °۴۸	″۵۸ ′۳۱ °۳۷	سنگلاخی- شنی	پرورش‌ماهی- شهری
۵	ساری آغل		غیرشاهد	″۴۴ ′۰۶ °۴۸	۶۲ ′۰۱ °۳۷	سنگلاخی- شنی	روستایی
۶	میانه اچاچی	میانه	غیرشاهد	″۴۴ ′۴۴ °۴۸	″۵۸ ′۶۱ °۳۷	سنگلاخی- شنی	شهری کشاورزی
۷	کلوییم		شاهد	۰۷ ۳۷ °۴۸	″۱۲ ′۰۵ °۳۷	سنگلاخی- شنی	تقریبا بکر
۸	کلوچ		غیرشاهد	″۰۰ ′۳۸ °۴۸	″۱۱ ′۰۴ °۳۷	سنگلاخی	روستایی
۹	بعد از تلاقی خلخال		غیرشاهد	″۴۴ ′۴۴ °۴۸	″۵۸ ′۰۱ °۳۷	سنگلاخی	روستایی
۱۰	پاوه‌رود		غیرشاهد	″۱۹ ′۴۱ °۴۸	″۰۵ ′۰۴ °۳۷	سنگلاخی	کشاورزی
۱۱	پل درام		غیرشاهد	″۴۴ ′۴۴ °۴۸	″۵۸ ′۰۱ °۳۷	سنگلاخی	کشاورزی
۱۲	چورزق		غیرشاهد	۰۶ ′۴۷ °۴۸	۱۸ ′۰۰ °۳۷	سنگلاخی	ندارد
۱۳	آبرکوهکن	طارم	غیرشاهد	″۴۳ ′۵۵ °۴۸	″۰۶ ′۵۹ °۳۶	سنگلاخی	روستایی و کشاورزی
۱۴	شیرین سو		شاهد	″۲۳ ′۴۷ °۴۸	″۵۷ ′۰۱ °۳۷	سنگلاخی	تقریبا بکر
۱۵	شیرین سو		غیرشاهد	″۴۴ ′۴۴ °۴۸	″۶ ′۵۹ °۳۶	سنگلاخی- شنی	تفریحی_کشاورزی
۱۶	گیلوان		غیرشاهد	″۴۰ ′۰۷ °۴۹	″۵۱ ′۴۶ °۳۶	سنگلاخی	شهری
۱۷	بعد از گیلوان		غیرشاهد	″۴۰ ′۰۷ °۴۹	″۶ ′۵۹ °۳۶	سنگلاخی	کشاورزی
۱۸	منجیل	منجیل	غیرشاهد	″۴۰ ′۰۷ °۴۹	″۶ ′۵۹ °۳۶	شنی _ رسی	بستر سد

سپس نمونه‌های آب برداشت‌شده در در داخل ظرف شیشه‌ای استریل‌شده جهت اندازه‌گیری متغیرمتغیرهای کیفی شامل کلیفرم مدفوعی، BOD_{5}، COD، فسفات، نیترات، نیتریت، آمونیاک، سولفات و کلر به آزمایشگاه گروه علوم محیط زیست دانشگاه زنجان منتقل گردید. متغیرجهت اندازه-گیری متغیرهای کیفی در آزمایشگاه از روش استاندارد انجمن بهداشت عمومی آمریکا (APHA) استفاده شد [۱۴].

محاسبه شاخص کیفی $IRWQI_{SC}$

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های بومی که برای آب‌های سطحی ایران تعیین و استفاده شده است، شاخص فیزیکی و شیمیایی $IRWQI_{SC}$ (رابطه ۱) است که توسط هاشمی و همکاران در سال ۱۳۹۱ ارایه گردید [۱۵،۱۶]:

$$IRWQI_{sc} = [\sum_{i=1}^{n} I_i^{w_i}]^{\frac{1}{x}} \quad x = \sum_{i=1}^{n} w_i \qquad \text{رابطه (۱)}$$

w_i : وزن متغیر i ام، n: تعداد متغیرها و Ii: مقدار شاخص برای متغیر i ام منحنی رتبه‌بندی

هدف از شاخص ذکر شده، تعیین و ارزیابی کیفیت منابع آب سطحی با توجه به شرایط ایران بوده است؛ به طوری که شاخص مذکور بتواند درک مناسبی از کیفیت منابع آبی ایران ارائه دهد. مطابق دستورالعمل شاخص $IRWQI_{SC}$، در صورتی که تعداد متغیرهای اندازه‌گیری شده حتی کمتر از ۱۱ متغیر

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

باشد، قابل استفاده است و نیازی به هیچ گونه تصحیحی نمی‌باشد. بهتر است حداقل ٦ متغیر از متغیرهای جدول زیر برای کاربرد این شاخص سنجش شود [١٧].

محاسبه شاخص کیفی NSFWQI

مطابق رابطه ٢ ،شاخص NSFWQI از مجموع حاصلضرب دو عامل وزن پارامتر و کیفیت پارامتر محاسبه می‌گردد که در این مطالعه به منظور محاسبه دقیق شاخص، از نرم افزار آنلاین Calculator NSFWQIاستفاده شده است. به‌این ترتیب که با قراردادن مقدار هر پارامتر در نرم‌افزار مذکور مقدار شاخص برای هر پارامتر محاسبه شده و در نهایت با بدست آوردن میانگین مقادیر، شاخص برای هر ایستگاه مورد نظر تعیین گردیده است. این شاخص دارای مقداری بین صفر تا١٠٠ بوده که براساس جدول ٢ کیفیت آب را به وضعیت‌های عالی تا بد طبقه‌بندی می‌شوند.

رابطه

$$NSFWQI = \frac{\sum_{i=1}^{n} WiIi}{} \qquad (٢)$$

در این رابطه Ii زیر شاخص iام و Wi ضریب وزنی زیر شاخص iام می‌باشد. براساس مقدار عددی به‌دست‌آمده از شاخص، کیفیت آب طبقه‌بندی می‌شود. در جدول ٣ طبقه‌بندی منابع آبی براساس مقدار عددی شاخص مذکور ارائه شده است.

جدول ٢: طبقات کیفیت آب به روش IRWQISC [١٧]

ردیف	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
مقدار شاخص	کم‌تر از ١٥	٢٩-١٥	٤٤-٣٠	٥٥-٤٥	٧٠-٥٥	٨٥-٧٠	بیش‌تر ٨٥
توصیف	خیلی بد	بد	نسبتاً بد	متوسط	نسبتاً خوب	خوب	بسیار خوب
رنگ	بنفش	قرمز	نارنجی	زرد	سبز	ابی روشن	آبی تیره

جدول ٣: طبقات کیفی آب مطابق باشاخص **NSFWQI** [١٨]

طبقه	١	٢	٣	٤	٥
مقدار شاخص	کم‌تر از ٢٥	٤٩/٩-٢٥	٦٩/٩-٥٠	٩٠-٦٩/٩	> ٩٠
معادل توصیفی	خیلی بد	بد	متوسط	خوب	خیلی خوب

جدول ٤: متغیرهای مورد استفاده و ارزش هریک از متغیرآن‌ها در شاخص‌های NSFWQI و IRWQISC

پارامتر	DO	pH	BOD	T	PO_4	NO_3	NTU	COD	EC	T/CF
ارزش NSFWQI	٠/١٧	٠/١١	٠/١١	٠/١	٠/١	٠/١	٠/٨	–	–	٠/١٦
ارزش $IRWQI_{SC}$	٠/٠٩٧	٠/٠٥١	٠/١١٧	–	٠/٠٨٧	٠/١٠٨	٠/٠٦٢	٠/٠٩٣	٠/٠٩٦	٠/١٤

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

جدول ۵: طبقه‌های توصیفی شاخص Liou برای ارزیابی آلودگی رودخانه‌ی قزل‌اوزن

ردیف	متغیر کیفی	مقدار متغیر	مقدار اختصاص داده شده با توجه به شاخص	مقدار شاخص	تفسیر مقدار عددی شاخص
۱	اکسیژن محلول	>۵/٦	IDO =۱	<۲	کیفیت آب خوب
		٦/٤– ۵/٦	IDO =۳		
		۲ – ۵/٤	IDO =٦		
		<۲	IDO =۱۰		
۲	میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی	<۳	IBOD =۱	۳–۲	اندکی آلوده
		۳ –٤,۹	IBOD =۳		
		۵ – ۱۵	IBOD =٦		
		>۱۵	IBOD =۱۰		
۳	جامدات معلّق	<۲۰	ISS =۱	٦ – ۳/۱	نسبتاً آلوده
		٤۱ – ۷٦	ISS =۳		
		۹٦٦ – ۵٦	ISS =٦		
		۹٦٦ >	ISS =۱۰		
٤	نیتروژن آمونیاکی	۵/٦ >	$-N_3INH$ =۱	>٦/۱	بسیار آلوده
		۱۱/٦ – ۵/٦	$-N_3INH$ =۳		
		۳ – ۹	$-N_3INH$ =٦		
		>	$-N_3INH$ =۱۰		

محاسبه شاخص آلودگی آب Liou

مقدار این شاخص با استفاده از محاسبه‌ی زیرشاخص‌های مربوط و وزن‌دهی صورت‌گرفته از رابطه ۳ محاسبه شد:

رابطه

$$Kiou = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} Ii \qquad (۳)$$

براساس مقدار عددی به دست آمده از شاخص Liou، کیفیت آب طبقه‌بندی شد. در جدول ۵ طبقه‌بندی توصیفی کیفیت آب براساس مقدار عددی شاخص مذکور ارائه شده است.

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی آماری داده‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش از نرم‌افزارهای SPSS و Excel استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌های کیفی از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف در سطح ۹۵ درصد استفاده شد. با توجه به نرمال نبودن داده‌های کیفی، جهت بررسی همبستگی داده‌ها از آزمون غیرمتغیری اسپیرمن استفاده شد. همچنین جهت مقایسه نتایج با استانداردها از آزمون کای اسکور در سطح ۹۵ درصد استفاده شد. مقایسه میانگین متغیرها در دو منطقه با استفاده از آزمون کروسکالوالیس انجام شد.

نتایج

با توجه به جدول ۱، میانگین اکسیژن محلول در منطقه طارم ۸/۲ و در ماهنشان ۱۰میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد.. همچنین در فاصله بین ایستگاه‌ها تغییرات محسوسی در pH مشاهده نشد. مقادیر نیترات در دامنه صفر تا ۵/۹ میلی‌گرم بر لیتر با بیشینه مقدار در زیرحوزه طارم ثبت شد. تغییرات میزان اکسیژن محلول در ایستگاه‌های مختلف نیز بالاست، اما نباید با

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

تحلیل متغیرهای کیفی به ارزیابی سلامت آب رودخانه پرداخت و برای ارزیابی سلامت یک اکوسیستم باید تلفیقی از نتایج متغیرها باتوجه به سهم هر یک در تغییرات کیفی لحاظ شود که این مهم با استفاده از شاخص‌ها انجام می‌گردد.

همچنین، مقادیر بیشینه کلیفرم‌کل با مقدار ۱۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌طور عمده در نمونه‌های برداشت‌شده از زیرحوضه منجیل و طارم مشاهده شد. علاوه بر آن با توجه به نتایج به‌دست آمده، زیرحوزه طارم مقادیر بیشینه متغیرهای نیتریت، سولفات و کلر را نیز به خود اختصاص داد.

نتایج حاصل از بررسی همبستگی متغیرهای فیزیکی-شیمیایی حوزه آبخیز مورد مطالعه حاکی از وجود همبستگی منفی بین متغیر COD و دمای آب و همچنین همبستگی مثبت بین BOD و T.CF در سطح ۹۹ درصد بود (جدول ۷).

جدول ۶: میانگین داده‌های بدست آمده اندازه گیری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی

ایستگاه	کدورت	pH	DO	EC	T	NO_3	PO_4	Cl_2	SO_4	NH_4	NO_2	BOD	COD	T.CF	F.CF
۱	۲۶/۸	۷/۸۵	۸/۳٤	۹/۰٦	۱۲/٦	۰	۳/۲٤	۰/۱٦	٦٤۰	۰/۳۵	۰/۲٤	۱۹۸	۱۰	۹۳	٤۳
۲	۱۷/٦	۸/۰۹	۱۰/۲۲	٦/۸۹	۱۵/۷	۰/۸	۱/۹۹	۰	۵۸۰	۱/٦۷	۰/۱۲٤	۲۵	۱۳	۲٤۰	۲۱
۳	۳/۵	۸/٤۹	۱۰	٦/۹۲	۱۵/۱	۱/٦	۳/۷۲	۰/۰۲	۵۸۰	۰/۱۷	۰/۰۰۳	۱٤۹	۳	۱۱۰۰	۹۰
٤	۲٦/۲	۸/۳٦	۱۲/۹	۳/۵	۲۱	۰/٤	۳/٤٤	۰/۰۲	۱۱۸	۰/۷۳	۰/۲٤۹	۷٤	۰	۲٤۰	۹۳
۵	۲۹/۹	۷/۹۳	۸/۹	۳/٦۲	۱۸/۹	۱/۷	۱/۰۷	۰/۲۲	٦۱۰	۰/۲۳	۰/۵۳	۹۳		۲٤۰	٤۳
٦	۳۳/۸	۸/۱۱	۷/۸	۲۱/۹۱	۲۰/۱	۰/۱	۰/۸	۰	٦۹	۰/۰۵	۰/۰۱	۳۵	۲۰	۱۱۰۰	٤۳
۷	۲۲/۲	۸/۳	۸/۹٦	۱۸/۰۳	۱۷/۳	۰/۸	۰/۳۲	۰/۰۹	٦۳	۰/۰٤	۰/۰۳۳	۸	۲	٤۳	۳
۸	۱۹/۸	۸/۲٦	۸/۸٤	۱۸/۱۳	۱۷/٤	۱/٤	٤/٤	۰/۰۱	٦۸۰	۰/۱۱	۰/۰٤۸	۱۰	۲	۲۲	۳
۹	۳۷/۲	۸/۳۷	۸/۷	۱٦/٤۵	۱۸/۸	۰	۳/٤	۰	۵۵۰	۰	۰/٤۸	۲۳	۱	٤۳	۳
۱۰	۳۲	۸/۲۹	۸/۸۳	۱٦/۵۰	۱۸/۲	۳/٤	٤/۸	۰/۱۵	۵۲۰	۰	۰/۰۱٦	۹	۳	۲۲	۳
۱۱	٤۱	۸/۰۳	۷/۱۲	۱۹/٤٤	۲٤/۲	٤/۷	۲/۳۷	۰/۳	۵۷۰	۰/۵٤	۰/۳۷	۵٦	۰	۱۱۰۰	٤
۱۲	۱۷/۳	۸/۱۲	۸/۵۲	۱۹/۸۸	۲۵/٦	۳	٤/۷٦	۰/۰۳	۳۰۰	۰/۱٤	۰/۰۱۲	۹۲	۰	۲۱۰	٤
۱۳	٤۰/۱	۱/۱۸	۹/۲۹	۲۳/٦۰	۲۵/٦	۲/۳	۳/۷	۰	۵۷۰	۰/۱۳	۰/۰۲۱	۱٦٦	۰	۱۱۰۰	٤
۱٤	۲/٦	۸/۷۵	۸/۷۷	٤/۵۳	۱٤	٤/۱	۱/۱۸	۰/۲٦	۷۰	۰/۱۹	۰/۰۳٤	۱۸	۲	٤٦۰	۳
۱۵	۱۱/۵	۸/۸۸	۸/۸۵	۱۹/۸۸	۱۸/۸	۵/۹	۵/۱	۰/۱٤	٦۹۰	۰/۰۹	۰/۰۳۹	۸	۲	۱٤۷	۱٤
۱٦	۵۸/٦	۸/۱٤	۸/٤٤	۲۹/۳۰	۲۵/۱	۱/۱	٤/۹۲	۰	۳۵۰	۰/۰٤	۰/۰۱۳	۱۹۸	۰	۱۱۰۰	۱۹۸
۱۷	۸۰/٤	۸/۲٦	۸/۳	۳/۲۸	۲۲/٦	۲	٤	۰/۱٦	۳۱۰	۰/۱۵	۰/۰۱۲	۲۳	۳	۱۱۰۰	٦۱
۱۸	۱۰۰۰	۷/۸۵	٦/۳	۰	۲۲/۵	۱/۱	٦/٤	۰	۳۱۰	۱/۰۳	۰/۰۰۹	۷	۲	۱۱۰۰	۰
واحد	NTU	_	PPM	µSiemens/cm	C^0	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

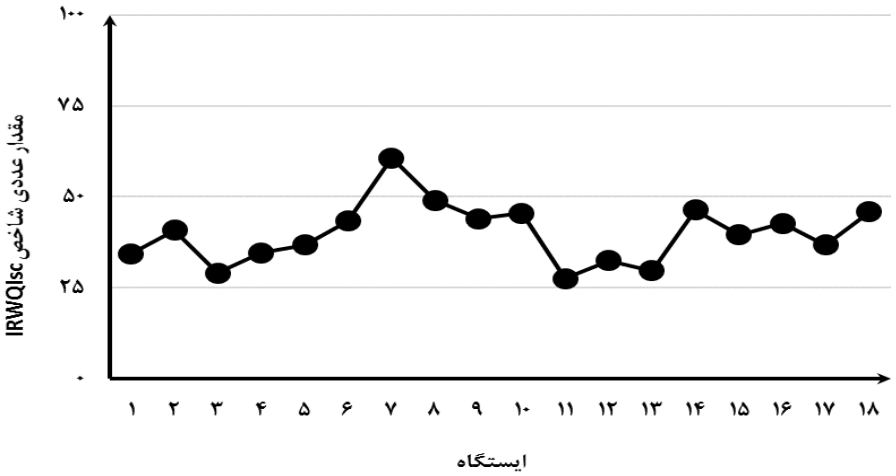
[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

جدول ۷: نتایج همبستگی داده‌های فیزیکی- شیمیایی رودخانه قزل‌اوزن

	NTU	pH	DO	EC	T	NO3	PO_4	CL_2	SO_4	NH_4	NO_2	BOD	COD	T.CF	F.CF
pH	-۰/٤٦*														
DO	-۰/٤۱	۰/۳۷													
EC	۰/۲۹	۰/۱۰	-۰/۳۷												
T	۰/٥٦*	-۰/۲۰	-۰/۱۷	۰/٤۹*											
No_3	-۰/۲۳	۰/۲۳	-۰/۰۲	۰/٤٥*	۰/۲۰										
PO_4	-۰/۰۲	۰/۳۲	۰/۰۱	۰/٥۲*	۰/۲۸	۰/۳٥									
CL_2	-۰/۲٤	-۰/۰٦	-۰/۲۱	-۰/۱۲	-۰/۲۷	۰/٥۳*	-۰/۰۲								
SO_4	-۰/۱۰	-۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۱	-۰/۲٥	۰/٤۸*	۰/۲٥	۰/۱۸							
NH_4	-۰/۲۷	-۰/۳۷	۰/۲٥	-۰/٥۱*	-۰/۱۲	۰/۰٤	-۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۰۹						
NO_2	۰/۱۷	-۰/۲۳	۰/۰٥	-۰/۳۸	-۰/۱۱	-۰/۱٦	-۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۲٥	۰/۳۸					
BOD	۰/۳٤	-۰/٥۱*	-۰/۱۲	-۰/۰٥	۰/۳۰	-۰/۲٤	۰/۰۷	-۰/۱٥	-۰/۰۱	۰/۳٦	-۰/۱۲				
COD	-۰/۳٤	۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۳۷	-۰/۷۲**	-۰/۳۰	-۰/۲۲	-۰/۱۰	۰/۱۷	-۰/۰۷	-۰/۲۲	-۰/۳۰			
T.CF	۰/۳۱	-۰/۲۷	-۰/۱۱	-۰/۰٤	۰/۳۲	-۰/۰۱	-۰/۲٦	-۰/۱۸	-۰/٤٤*	۰/۳۳	-۰/۳۰	۰/٦٤**	-۰/۱۸		
F.CF	-۰/۰۲	-۰/۰۹	۰/۱۳	-۰/۱۸	۰/۱٤	-۰/۰۹	۰/۲٤	-۰/۱٤	۰/۱٥	۰/۳۰	-۰/۱۹	۰/٥٥*	-۰/۰۱	۰/۳۹	

*همبستگی در سطح ۹۵ درصد　　**همبستگی در سطح ۹۹ درصد

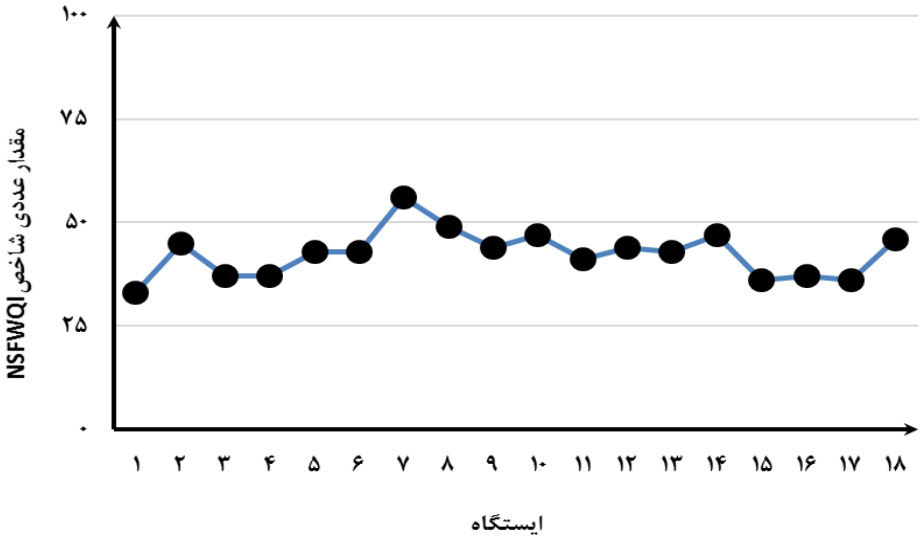
با توجه به نتایج به دست آمده از ارزیابی شاخص منابع آب ایران برای آب‌های سطحی ایستگاه ۷ (زیرحوزه طارم) به لحاظ کیفیت آب در گروه نسبتاً خوب و ایستگاه‌های ۳ (زیرحوزه ماهنشان)، ۱۱ و ۱۳ (زیرحوزه طارم) را در گروه بد قرار گرفتند (شکل ۲). شاخص کیفی آب آمریکا (شکل ۳) نیز کیفیت آب ایستگاه ۷ را در کلاس متوسط و کیفیت آب سایر ایستگاه‌ها را در رده بد قرار داد. شکل ٤ طبقه‌بندی کیفیت آب در ایستگاه‌های مطالعاتی را با استفاده از شاخص Liou نشان می‌دهد. با توجه به نتایج هیچ یک از نقاط نمونه‌برداری از نظر کیفیت در کلاس خوب قرار نگرفتند. ایستگاه ۲ (زیرحوزه ماهنشان) در کلاس خیلی آلوده، ایستگاه ۷، ۸، ۱۰ و ۱۵ (زیرحوزه طارم) در کلاس اندکی آلوده و سایر ایستگاه‌ها در کلاس نسبتا آلوده قرار گرفتند.



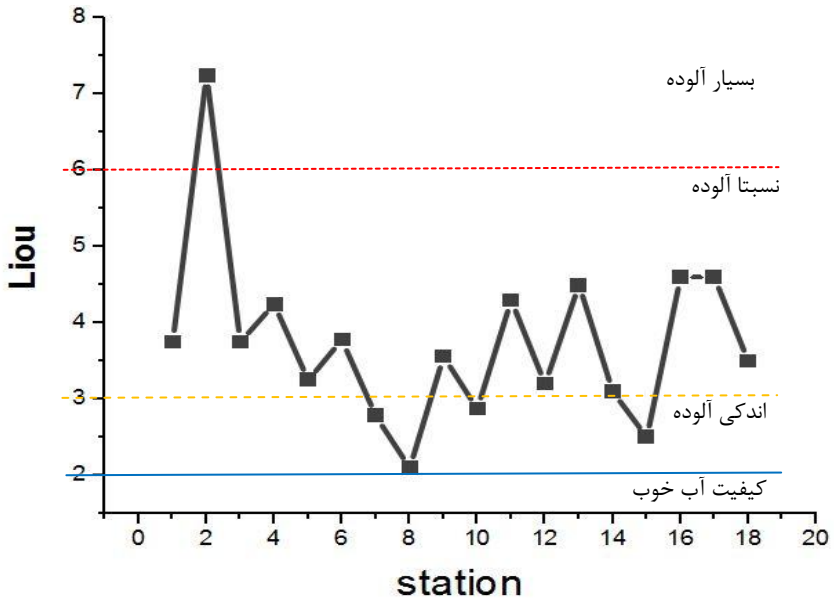
شکل۲: کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه با شاخص $IRWQI_{SC}$

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]



شکل ۳: کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه با شاخصNFSWQI



شکل ٤: کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه با شاخص Liou

بحث

ایستگاه اول در بالادست روستایی سیاه منصور واقع شده که آب ورودی به استان زنجان است و در هر سه شاخص شرایط خوبی از لحاظ کیفی ندارد. ایستگاه دوم پل ابراهیم آباد بود که بعد از کشاورزی پراکنده و یکی دو استخر کوچک پرورش ماهی قرار دارد. ایستگاه سوم یکی از سرشاخه های فرعی بنام سرشاخه انگوران می باشد. ایستگاه چهار قبل از شهرستان ماهنشان بود در حالی که ایستگاه پنجم در نزدیکی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

محدوده ساری آغل بود که بالادست پرورش ماهی و باغات قرار داشت. ایستگاه ششم در محدوده شهرستان میانه واقع بودکه بالادست آن شهرک صنعتی است و همین صنایع به شدت روی پارامتر اکسیژن خواهی شیمیایی تاثیر گذار بوده است. ایستگاه هفتم، کلوییم که صعب‌العبور بوده و از فعالیت های انسانی دور بود. هشتمین ایستگاه کلوچ با کاربری غالب کشاورزی قبل از سرشاخه خلخال بود درحالی که ایستگاه نهم بعد از سرشاخه خلخال قرار داشت. دهمین ایستگاه در منطقه پاوه قرار داشت و در ادامه ایستگاه های یازدهم تا هجدهم در میر رودخانه تا قبل از دریاچه پشت سد قرار داشت و فقط ایستگاه چهاردهم در بالادست سرشاخه فرعی شیرین‌سو و پانزدهم قبل از ورودی اب این سرشاخه به رودخانه اصلی است. رودخانه قزل‌اوزن به بخش های طارم و ماهنشان تقسیم می شود، کشت غالب در منطقه طارم زیتون و در منطقه ماهنشان باغات با تراکم بالای استخرهای پرورش ماهی (رسی کوبیده) است. مقایسه میانگین متغیرهای کیفی آب در منطقه طارم و ماهنشان بیانگر اختلاف معنی دار نیترات و کلی فرم مدفوعی است ($p< 0.05$) و برای سایر متغیرها، اختلاف معنی دار آماری مشاهده نشد. مطالعات زیادی بیان کردند که میزان اکسیژن محلول در آب، مهمترین پارامتری است که تعیین کننده تنوع گونه‌ها می‌باشد [۲،۱۹-۲۲]. در همین راستا ایستگاه ٤ در منطقه ماهنشان با بیشترین تراکم آبزی‌پروری کمترین اکسیژن محلول را داشت. همانطور که اعظمی و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کردند، میزان اکسیژن محلول در آب مهمترین پارامتر محیطی موثر بر وضعیت اکولوژیکی رودخانه بوده و تغییرات آن همزمان با تغییرات دمای آب تعیین‌کننده ساختار اکولوژیکی جوامع زنده رودخانه از جمله ماهیان می‌باشند [۱،۲،۲۳]. نظر به ارتباط pH در قزل‌اوزن با میزان قلیائیت کربنات و بی کربنات، می توان نتیجه گرفت که آب این رودخانه از آب‌های کربناتی بوده و شرایط بافری این املاح مانع از تغییرات شدید pH آب در اثر عامل‌های خارجی می شود [۲٤] که با نتایج مطالعات خارج از منطقه نیز همخوانی دارد [۲۵]. به نظر می‌رسد میزان کلی‌فرم در ایستگاه‌ها با توسعه کشت زیتون طارم و آبزی‌پروری در ماهنشان همخوانی دارد به طوری که با افزایش سهم این کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه، میزان کلی‌فرم نیز به شدت بالا می‌رود گرچه این احتمال نیاز به آزمون آماری و بررسی تغییرات کاربری اراضی دارد. مطابق با استاندارد کیفیت آب ایران، میزان حد مجاز کلی فرم مدفوعی و کلی فرم کل برای کاربری کشاورزی به ترتیب، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ MPN در ۱۰۰ میلی لیتر نمونه است [۲٦] که در برخی ایستگاه‌ها از جمله ایستگاه ٤ که آب ورودی از سرشاخه میانه است، این مقدار بالاتر از حد مجاز بود. کشت زیتون به همراه مصرف کودهای شیمیایی و وجود دامداری‌های غیر متمرکز در منطقه طارم می‌تواند از مهمترین دلایل افزایش معنی‌دار در تعداد باکتری‌های کلی‌فرم باشد. نتایج مطالعات دیگر نیز، این ادعا را اثبات می‌کند؛ لذا ضرورت دارد در خصوص برنامه‌های توسعه زیتون در منطقه طارم، ارزیابی اثرات محیط زیستی به طور مشخص انجام شود [۲۷-۲۹].

مقایسه نتایج میزان کلی‌فرم کل، اختلاف معنی‌داری با حد مجاز برای کشاورزی در کل منطقه مورد مطالعه دارد. بنابراین گرچه کیفیت آب رودخانه مذکور جهت آبیاری اراضی کشاورزی در برخی بخش‌ها، مناسب است اما در بیشتر پهنه‌ها، این پتانسیل به شدت بدلیل عدم رعایت اصول توسعه پایدار، کاهش و حتی غیرقابل قبول شده است. بیش ترین همبستگی متغیرهای فیزیکی و شیمیایی مربوط به همبستگی مثبت و بسیار قوی BOD، کلیفرم کل (T.CF) و کلیفرم انسانی (F.CF) در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد بود. این ضرایب همبستگی نشان می‌دهد BOD بالای آب به دلیل ورود مقدار بالای مواد آلی است که از فاضلاب بهداشتی و یا حیوانی به رودخانه وارد شده است، همانطور که مطالعه قبلی در این منطقه، توسعه نامنظم دامداری و عدم وجود مدیریت

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

فاضلاب را بیان کرده است [۲۴]. همبستگی منفی دما و COD در سطح ۹۵ درصد می‌تواند به این دلیل انجام گیرد که با افزایش دما، مواد شیمیایی موجود در آب تخریب شده و در واقع هرچه دما کمتر باشد میزان اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه زیستی کمتر ولی به همان میزان، اکسیژن‌خواهی شیمیایی بیشتر خواهد شد [۳۰].

بعد از میزان اکسیژن محلول در آب، دمای آب در تعیین شرایط کیفی محیط زیست رودخانه‌ها تاثیر دارد [۲، ۲۱، ۲۲] که در رودخانه مذکور نیز تغییرات دمایی زیادی ثبت شد. افزایش دمای آب می‌تواند انحلال‌پذیری نمک های ترسیب شده در آب را افزایش دهد و آن را به کاتیون ها و آنیون های سازنده خود تبدیل کند یا به عبارت دیگر با افزایش دما انحلال‌پذیری نمک‌های غیرمحلول در آب افزایش می‌یابد، لذا همبستگی دما و EC در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار و مثبت بود. دلیل دیگر افزایش EC با افزایش دما می‌تواند به سبب تولید محلول‌های باردار در اثر تجزیه و تخریب مواد آلی موجود در آب باشد [۱]. با افزایش pH و افزایش یون‌های هیدروکسید، رسوب‌های هیدروکسید درآب تشکیل می‌شوند و این رسوب‌ها به صورت ذرات معلق سبب افزایش کدورت نمونه‌های آب می‌شود؛ درواقع، با افزایش کدورت مقدار pH افزایش داشته است؛ یعنی ترکیب‌هایی که سبب بوجود آوردن کدورت آب می‌گردند ویژگی قلیایی دارند، لذا همبستگی مثبت کدورت و pH توجیه می‌شود [۱۹]. وجود همبستگی‌ها و مقادیر بالای کلر، نیترات و SO4 با PO4 احتمالا، به سبب نوع کودها و شوینده‌های استفاده شده در منطقه مورد مطالعه و آبشویی می‌باشند. استفاده از کود شیمیایی، توزیع آن توسط دولت و توسعه کشاورزی در منطقه همزمان با توسعه شهری از یک سو و از سوی دیگر عدم مدیریت فاضلاب شهری در مناطق، عدم توجه به میزان مجاز مصرف کودها و همچنین، توسعه نامتوازن پرورش ماهی در حاشیه رودخانه از جمله دلایل افزایش میزان آلودگی‌هاست [۳۱]. در امتداد رودخانه میزان BOD در ایستگاه‌ها دارای نوسانات زیادی بود، در بین ایستگاه‌های ۷ و ۹ یکی از سرشاخه‌های مهم رودخانه از سمت خلخال در استان اردبیل وارد می‌شود که باعث پایین آمدن میزان BOD شده است. براساس مشاهدات میدانی، این سرشاخه از ارتفاعات، سرچشمه گرفته و بدلیل اکسیژن فراوان در آن، میزان تجزیه زیستی بالا و از طرف دیگر، دسترسی کمتر انسان به سرشاخه مذکور موجب شرایط اکولوژیکی سالم در رودخانه شده است. وجود تندآبها یا اصطلاحا ریفل‌ها در رودخانه به افزایش کیفیت و سلامت اکولوزیکی آب، کمک می‌کند [۳۲، ۳۳]. در ایستگاه ۱۵ به دلیل ورود پساب و فاضلاب‌های تصفیه نشده شهرگیلوان بالاترین میزان BOD ثبت شد. تغییرات COD نیز همانند BOD در طول رودخانه دارای نظم خاصی نبوده، اما میزان آن خیلی کمتر از BOD می‌باشد و فقط در ایستگاه ٦ دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر ایستگاه‌هاست که دلیل آن وجود تراکم بالای شهری در آذربایجان شرقی و خصوصا شهرستان میانه است؛ البته در این راستا لازم است مطالعه بیشتری صورت گیرد و در خصوص این سرشاخه که یکی از پرآب‌ترین و مهمترین سرشاخه رودخانه در بخش طارم است، برنامه‌ریزی شود. نتایج اندازه‌گیری pH در طول رودخانه قزل‌اوزن نشان می‌دهد که نوسانات میزان این متغیر اندک و همانند اکثر رودخانه‌های ایران، آب رودخانه قزل‌اوزن دارای خاصیت بازی است [۲۴]. میزان استاندارد pH برای آب‌های سطحی ۹-٦/۵ است و بر این اساس pH (۸-۷) رودخانه قزل‌اوزن در حد استاندارد قرار دارد. افزایش ناگهانی سولفات در آب در بعضی از ایستگاه‌ها می‌تواند به علت ورود آلودگی‌های صنعتی، شهری و از طریق استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و مهم‌تر از همه زمین‌شناسی بستر رودخانه باشد [۳۳]. در ایستگاه ٦، ۵ و ١٤ میزان سولفات کمتر از ایستگاه‌های دیگر می‌باشد.

سرشاخه ورودی از خلخال در بین ایستگاه ۷ و ۹ بیانگر آلودگی کمتر است و این موید وضعیت بهتر این سرشاخه

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

است. بر اساس نتایج تحقیق حاضر میزان اکسیژن در ایستگاه‌های مختلف بالا و اغلب در حد اشباع و بین غلظت‌های ٦/٣ تا ١٢/٩ در نوسان است که دامنه تغییرات آن بالاست. دلیل آن تغییرات زیاد در شیب زمین، دبی پایین، جنس خاک و نوع کاربری اطراف رودخانه است و به نظر می‌رسد هوادهی در رودخانه به صورت مکانیکی انجام می‌گیرد. رودخانه‌ها دارای الگوی فصلی برای غلظت نیترات هستند و بیشترین مقادیر در فصل پاییز و زمستان که زهکشی از زمین خیلی زیاد است؛ گرچه پساب‌های تصفیه نشده فاضلاب نیز حاوی نیترات بالایی بوده و سهم عمده‌ای در افزایش نیترات رودخانه‌ها دارند [٣٤].

نتایج شاخص IRWQIsc بیانگر این است که کیفیت آب در سرشاخه خلخال از توابع استان اردبیل خوب بوده، درحالی که سایر ایستگاه‌ها در وضعیت کیفی کمتری هستند (شکل ٢). براساس بازدیدهای میدانی حوزه بالادست ایستگاه مذکور، فاقد کاربری متمرکز انسانی است لذا از کیفیت آب بهتری برخوردار است. تاثیرات کاربری‌های مختلف انسانی در سایر ایستگاه‌ها، شامل تراکم آبزی‌پروری در ایستگاه ٣ و یا تراکم کشت زیتون در ایستگاه ١١ عملکرد شاخص مذکور را تایید می‌کند؛ استفاده از این شاخص در مطالعات مختلفی در ایران انجام شده است و بنابراین می‌توان نتایج آن را از نظر علمی قابل قبول دانست [٢، ١٠، ١٥، ٣٥-٣٨]. کیفیت آبی که استان زنجان در ایستگاه ١ (سیاه‌منصور) می‌گیرد از نظر این شاخص، در طبقه نسبتا بد قرار دارد و در ایستگاه سوم که فشار آبزی‌پروری سنتی بالاست، این کیفیت تنزل می‌یابد و مجددا وضعیت مناسب‌تری در طول رودخانه پیدا می‌کند. در منطقه ماهنشان، تراکم آبزی‌پروری بالاست و استخرهای پرورش ماهی غالبا غیر سیمانی و با استفاده از رس کوبیده ساخته شده است. اعظمی و همکاران (٢٠١٥) و نادری‌جلودار و همکاران (٢٠٠٧) اثبات کردند یکی از مهمترین کاربری‌های مهم و تاثیرگذار بر کیفیت آب بخصوص وضعیت اکسیژن محلول در آب که بیشترین نقش را در تعیین ساختار اکولوژیک گونه‌ها دارد، کاربری آبزی‌پروری است و اگر اصول علمی و روش‌های نوین آبزی‌پروری رعایت نشود همچنان که در رودخانه قزل‌اوزن در محدوده شهرستان ماهنشان رعایت نمی‌شود، به عنوان مهمترین عامل تخریب اکوسیستمی می‌تواند نه‌تنها کیفیت آب را، بلکه کمیت آن را دستخوش تغییرات جبران‌ناپذیر نماید [٢، ٢١، ٢٢، ٣٩]. نکته‌ی دیگری از تاثیرات فعالیت‌های آبزی‌پروری بر اکوسیستم‌های طبیعی، دفع مواد شیمیایی است که برای شستن استخرها و تاسیسات استخر به محیط وارد می کنند. ورود مواد گندزدایی همچون کلر، نفتالین، استون و... به محیط بخاطر لزوم شستشوی استخرها ثابت شده است [٤٠، ٤١].

در پایین دست، با وجود اینکه تراکم کشاورزی و باغات زیاد است، اما بدلیل کاهش کمیت آب رودخانه و کاهش تراکم آبزی‌پروری، کیفیت آب بالا رفته است. حدفاصل ایستگاه ٥ تا ٦ بدلیل مساعد نبودن شرایط و از جمله گذر رودخانه از مناطق کوهستانی، کیفیت آب بالاتر رفته و تا ایستگاه آچارچی که از میانه وارد می شود، به سمت افزایش کیفیت آب پیش می‌رود. در حالی که در ایستگاه ٧ که اب سرد با مقدار اکسیژن بالا از سرشاخه خلخال از ارتفاعات کوه‌های اردبیل وارد رودخانه می‌شود به بالاترین سطح خود رسیده و مجددا بدلیل فعالیت‌های انسانی و خصوصا تراکم کشت درختان زیتون و دامداری غیر اصولی در منطقه طارم، کیفیت آب کاهش می‌یابد. این کاهش کیفیت، تا گذر از مناطق دشتی و شهری طارم (محدوده گیلوان و آب‌پر) ادامه داشته و با شرایط استاندارد که بیانگر طبقات بالاتر شاخص است، فاصله دارد. درست است که زیتون به عنوان یکی از با ارزشترین میوه های خوراکی و روغنی جهان شناخته می‌شود ولی این محصول در هر سه مرحله کاشت، داشت و برداشت و مهمتر از آن در زمان فرآوری، دارای اثرات محیط زیستی قابل توجهی است [٢٨]. ایران یازدهمین تولیدکننده زیتون در

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

جهان بوده و شهرستان طارم، با تولید ٤٤ درصد از زیتون کشور بیشترین تولید این محصول را دارد [۲۹]. با توجه به این نتایج و مروری بر منابع به نظر می‌رسد مطالعات بیشتری در خصوص تاثیرات اکولوژیک کشت زیتون در منطقه طارم لازم است.

نتایج شاخص NSFWQI نیز، هم‌راستا با تغییرات کاربری اراضی تغییر یافته است و همچون نتایج شاخص کیفی IRWQIsc ایستگاه ۷ نسبت به سایر ایستگاه از شرایط بهتری برخوردار است. نتایج شاخص مذکور بیانگر نامطلوب بودن مصرف مستقیم آب این رودخانه برای شرب در بسیاری از بخش‌ها بوده و کیفیت آب رودخانه مورد مطالعه را در دو طبقه تقسیم کرده است (شکل ۳).

به نظر می‌رسد نتایج شاخص Liou نیز طبقه‌بندی کیفی مناسبی از آب رودخانه قزل‌اوزن نشان می‌دهد گرچه تعداد و وزن متغیرهای کیفی آب در محاسبه هر شاخص متفاوت است و لذا تفاوت اندک در نتایج شاخص‌ها توجیه‌پذیر است. با توجه به بالابودن میزان اکسیژن محلول و کم بودن مقادیر نوترینت‌ها (ترکیبات نیترات و فسفات)، ایستگاه ۷ و ۸ که از سرشاخه‌های خلخال بوده و مطابق نتایج دارای شرایط آب سالم‌تری است، در طبقه کیفی مناسب‌تری نسبت به سایر ایستگاه‌ها (اندکی آلوده) قرار گرفته است. استفاده از این شاخص در مطالعات دیگری در ایران نیز انجام شده است [٤١]. بنابراین نتایج این شاخص کیفی نیز تا حدی منطبق بر مشاهدات تجربی و میدانی می‌باشد. بنابراین با توجه به تفاوت‌های موجود در متغیرهای مورد استفاده و روش محاسبه هر سه شاخص، روند تغییرات کیفیت آب را بخوبی نشان می‌دهند گرچه در مقایسه نتایج این سه شاخص، به نظر می‌رسد شاخص IRWQIsc، پهنه های مورد مطالعه را به طبقات کیفی بیشتری طبقه بندی و تطابق بیشتری با شرایط واقعی منطقه دارد. لازم به ذکر است که نوع تغییر در طبقه‌بندی کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه و تفاوت آن‌ها در شاخص‌های مختلف به دلیل تفاوت در وزن‌دهی شاخص‌ها با یکدیگر می باشد. در این تحقیق سه شاخص مهم در ایران و جهان استفاده شد تا عملکرد شاخص‌ها مقایسه و بهترین شاخص انتخاب شود که با توجه به نتایج، شاخص IRWQIsc عملکرد بهتری برای تفکیک ایستگاه‌ها با واقعیت زمینی از خود نشان داد.

نتیجه‌گیری

مشخص است در صورت عدم توجه به توسعه پایدار و میزان نیاز آبی محیط زیست رودخانه، خطراتی همچون جایگزین شدن بخش عمده اکوسیستم با گروه‌های مقاوم به آلودگی، خطر شیوع بیماری و ایجاد مسمومیت برای انسان ایجاد خواهد شد. توجه به پتانسیل خودپالایی رودخانه، کنترل ظرفیت تولید و استفاده از روش‌های تصفیه آب استخرها همچون هوادهی بیشتر و سیستم‌های برگشت پذیر برای کنترل آلودگی‌های موجود ناشی از آبزی‌پروری خصوصاً در پایین‌دست پیشنهاد می‌شود. لزوم توسعه کاربری‌های تولیدی از جمله آبزی‌پروری مشروط بر رعایت ضوابط محیط زیست و توسعه پایدار بر همگان روشن است؛ اما نتایج این مطالعه نشان داد، عدم رعایت ضوابط و اصول پرورش‌ماهی در رودخانه قزل‌اوزن در محدوده استان زنجان موجب کاهش کیفیت آب شده است و با وجود هشدارهای لازم، همچنان بسیاری از استخرهای غیرمجاز در حاشیه رودخانه فعالیت می‌کنند که نه‌تنها با اصول توسعه پایدار سازگار نبوده بلکه، موجب بروز آثار غیرقابل قبولی خواهد شد. از طرف دیگر توسعه کشاورزی در منطقه طارم خصوصا کشت زیتون با نیاز آبی بالا، باید با رعایت ضوابط و با توجه به توان اکولوژیک منطقه توسعه یابد، لذا در این راستا آموزش مردم محلی و کشاورزان در گام اول، جلوگیری از توسعه بیش از پیش کاربری‌های مذکور، ارزیابی اثرات محیط زیستی، تعیین توان اکولوژیک کاربری‌های مختلف در هر دو ناحیه، ضرورت

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

بکارگیری قوانین بازدارنده و جایگزین کردن توسعه صنایع تبدیلی به‌جای صنایع تولیدی محصولات خام باید به طور ویژه مورد توجه باشد. قابل ذکر است بیشتر محصولات کشاورزی استان زنجان از جمله سه محصول مهم و استراتژیک زیتون، انار و برنج از منطقه طارم و محصولات باغی غالبا زردآلو، هلو و انواع سیب از منطقه ماهنشان تولید و روانه بازار می‌شود؛ بنابراین از آنجایی که بدون رعایت توان اکولوژیک سرزمین و پایش سلامت اکولوژیکی آب، آلودگی‌های محیط زیستی می‌تواند از طریق زنجیره غذایی، به انسان‌ها منتقل شود و باعث آسیب‌های بعدی گردند، ضرورت دارد با دقت نسبت به توسعه این مناطق تصمیم‌گیری گردد. بدیهی است در صورت عدم توجه به راهکارهای موجود، اثرات زیان‌باری در انتظار جامعه بومی خواهد بود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از آقای دکتر حمید بدیعی به خاطر همکاری در نمونه‌برداری و دکتر یونس خسروی در تهیه نقشه مورد نیاز تشکر و قدردانی نمایند.

References

1. Aazami J, Sari AE, Abdoli A, et al. Assessment of ecological quality of the Tajan River in Iran using a multimetric macroinvertebrate index and species traits. Environ Manage 2015;56(1): 260-9.
2. Aazami J, Esmaili-Sari A, Abdoli A, et al. Monitoring and assessment of water health quality in the Tajan River, Iran using physicochemical, fish and macroinvertebrates indices. J Environ Health Sci Eng 2015;13(1): 29.
3. Mohlenkamp P, Beebe CK, McManus MA, et al. Kū Hou Kuapā: Cultural Restoration Improves Water Budget and Water Quality Dynamics in He'eia Fishpond. Estuaries Coast 2018;24: 228-37.
4. Chairunal I. Penentuan status mutu sungai berdasarkan metode indeks kualitas air-national sanitation foundation (ika-nsf) sebagai pengendalian kualitas lingkungan: Universitas Diponegoro; 2018.
5. Samantray P, Mishra BK, Panda CR, Rout SP. Assessment of water quality index in Mahanadi and Atharabanki Rivers and Taldanda Canal in Paradip area, India. J Hum Eco 2009;26(3): 153-61.
6. Effendi H, Wardiatno Y. Water quality status of Ciambulawung River, Banten Province, based on pollution index and NSF-WQI. Procedia Environ Sci 2015;24: 228-37.
7. Kumar D, Alappat BJ. NSF-water quality index: does it represent the experts' opinion? Practice Periodical of Hazardous, toxic, and radioactive waste Management. Cedb. 2009;13(1): 75-9.
8. Akoyunlu A, Akiner ME. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. Ecol Indic 2013;18: 501-11.
9. Gholamdokht Bandari M, Rezaee P, Gholamdokht Bandari Z. Assessment of the hydrogeochemical quality of underground in the Siahoo region, northeast of Bandar Abbas. Health and Environ 2018;11(1): 97-110.
10. Sadeghi M, Bay A, Bay N, et al. The survey of Zarin-Gol River water quality in Golestan Province using NSF-WQI and IRWQISC. J Evol Health 2015;3(3).
11. Abdollahi Z, Kavian A, Sadeghi S. Spatio-temporal changes of water quality variables in a highly disturbed river. J Environ Sci Manage 2017;3(3): 243-56.
12. Liou S-M, Lo S-L, Hu C-Y. Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. Wat Res 2003;37(6): 1406-16.
13. EPA I. Water Quality Assessment of Rivers. Standard Protocol 2018.
14. Silva WM, Roche KF. Occurrence of the freshwater jellyfish Craspedacusta sowerbii (Lankester, 1880) (Hydrozoa, Limnomedusae) in a calcareous lake in Mato Grosso do Sul, Brazil. Bio Neotro 2007;7(1): 0-.
15. Shokuhi R, Hosinzadeh E, Roshanaei G, et al. Evaluation of Aydughmush Dam Reservoir Water Quality by National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI) and Water Quality Parameter Changes. J Environ 2012;4(4): 439-50.
16. Bharti NK. Water quality indices used for surface water vulnerability assessment. Int J Environ Resour Res 2011;2(1).
17. Hamedi H, Mobarghai N, Soufizadeh S, Rasouli S. Survey of qualitative conditions and seasonal variation of the urban watercourses pollutants. 2015.
18. Said A, Stevens DK, Sehlke G. An innovative index for evaluating water quality in streams. Envir Manage 2004;34(3): 406-14.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

19. Bhat B, Parveen S, Hassan T. Seasonal assessment of physicochemical parameters and evaluation of water quality of river Yamuna, India. Environ Tech 2018;4(1): 41-9.

20. Buentello JA, Gatlin DM, Neill WH. Effects of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfish (Ictalurus punctatus). Aqua 2000;182(3): 339-52.

21. Aazami J, Esmaili A, Abdoli A, Brink P. Feasibility of Fish and Macroinvertebrate Indices in Ecological Integrity Assessment of Tajan River and Relation to Habitat Parameters. PhD disser 2014;TMU: 146.

22. Aazami J, Esmaili-Sari A, Abdoli A, et al. Assessment of Ecological Water Quality with using Physicochemical, Fish and Macroinvertebrates Indices in Tajan River, Iran. J Evol Health 2015;3(3).

23. Aazami J, Taban P. Monitoring of Heavy Metals in Water, Sediment and Phragmites australis of Aras River along the Iranian-Armenian Border. J Toxic 2018;12(2): 1-6.

24. Misaghi F, Delgosha F, Razzaghmanesh M, Myers B. Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River. Sci Total Environ 2017;589: 107-16.

25. Joshi DM, Kumar A, Agrawal N. Studies on physicochemical parameters to assess the water quality of river Ganga for drinking purpose in Haridwar district. J Chem 2009;2(1): 195-203.

26. Semiromi FB, Hassani A, Torabian A, et al. Water quality index development using fuzzy logic: A case study of the Karoon River of Iran. Afr J Mycol Biotechnol 2011;10(50): 10125-33.

27. Olivera S, Cortés R. Environmental indicators of ecological integrity and their development for running Waters in Northern Portugal. Limn 2006;25(1-2): 479-98.

28. Salomone R, Ioppolo G. Environmental impacts of olive oil production: a Life Cycle Assessment case study in the province of Messina (Sicily). J Clean Prod 2012;28: 88-100.

29. Samad D, Reza A, Ali MM, Hossein H. Comparison and assessment of environmental sustainability of organic and conventional olive cultivation using a life cycle assessment. International conference 2nd on sustainable development, strategies and challenges; 23-25 Feb 2016, Tabriz, Iran2016.

30. Rose C, Parker A, Jefferson B, Cartmell E. The characterization of feces and urine: a review of the literature to inform advanced treatment technology. Cri Environ Sci 2015;45(17): 1827-79.

31. Ansarinia S. An environmental approach to regional development and deprivation in the Ghezel-Ozan Watershed. Devel Plan 2009;1: 1119.

32. Arbain S, Wibowo A. Time series methods for water level forecasting of Dungun river in Terengganu Malaysia. Int J Eng Sci Technol 2012;4(8).

33. Hosseini TV, Pourkermani M, Arian M, Khosrotehrani K. Influence of Structures on the Ghezel Ozan River. Geosci 2011;21(81): 55-60.

34. Njuguna SM, Yan X, Gituru RW, et al. Assessment of macrophyte, heavy metal, and nutrient concentrations in the water of the Nairobi River, Kenya. Environ Monit Asses 2017;189(9): 454.

35. Mirsaeedghazi H. Effect of trout farm on the water quality of river using Iran Water Quality Index (IRQWI): a case study on Deinachal River. J Bio Eng 2015;1(1): 17-26.

36. Mirzaei R, Abbasi N, Sakizadeh M. Water Quality Assessment of Rivers in Bushehr Province by Using Water Quality Index During 2011-2013 Years. ISMJ 2017;20(5): 470-80.

37. Al-Shujairi SOH. Develop and apply water quality index to evaluate water quality of Tigris and Euphrates Rivers in Iraq. Int J Mod Eng Res 2013;3(4): 2119.

38. Balling TE, Safigholy H. Development of a Water Quality Monitoring System for the Zayandeh Rud River. Rev Spri 2017. p. 135-56.

39. Jolodar MN, Sari AE, Ahmadi M, et al. The effects of Trout farm effluents on the water quality parameters of Haraz river. Environ Sci 2007;4(2): 21-36.

40. Ansah YB, Frimpong EA, Amisah S. Biological assessment of aquaculture effects on effluent-receiving streams in Ghana using structural and functional composition of fish and macroinvertebrate assemblages. Environ Manag 2012;50(1): 166-80.

41. Raczyńska M, Machula S, Choiński A, Sobkowiak L. Influence of the fish pond aquaculture effluent discharge on abiotic environmental factors of selected rivers in Northwest Poland. Acta Ecologica Sinica. 2012;32(3): 160-4.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]

Journal of Environmental Health Engineering, August 2019; Vol. 6, No. 4: 385-400

Water Quality Assessment of Ghezelozan River in Zanjan Province Using NSFWQI, IRWQI and Liou

Jaber Aazami*[1], Naser KianiMehr[2], Abasali Zamani[3], Zahra Abdolahi[4], Mohammad Zarein[2], Naser Jafari[2]

1. Assisstant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran
2. Master students, Department of Environmental Sciences, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran
3. Associate Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran
4. Young Researchers and Elite Club, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran

**** E-mail: j.aazami@znu.ac.ir***

Received: 28 Oct 2018; Accepted: 21 Jan 2019

ABSTRACT

Background: Unsustainable development of agriculture and aquaculture has reduced the water quality of rivers. The most important aim of this study is assessing of water quality in the Ghezel Özan basin in Zanjan province.

Method: 18 sites were selected based on standard criteria including land use, geology, biodiversity points, accessibility and standard distributions. Content of Dissolved Oxygen, Temperature, Turbidity and Electrical Conductivity were measured in-situ while number of Fecal Coliform, amount of BOD, COD, Phosphate, Nitrate, Nitrite, Ammonia, Sulfate and Chlorine were measured at laboratory.

Results: One-sample T.test showed a significant difference between the Coliform and its standard. Results have illustrated the remarkable impacts of agricultural and aquaculture activities on the river health. Also, among all quality parameters, Nitrate and Fecal Coliform show a significant difference in two regions, Tarom and Mahneshan. There is the best water quality in site 7 (upstream site) located far from human access. IRWQI index (Iranian water quality index for surface water) shows the best results because of more overlap with land-uses and the trend of variables.

Conclusion: Olive cultivation and unsustainable aquaculture development in Tarom and Mahneshan, respectively, are main reasons for decreasing of water quality. So, integrated water resources management, training local people, assessing environmental impacts and determining the ecological potential are highly recommended to improve the water quality of the studied river.

Keywords: $IRWQI_{Sc}$, Gezel Özan, Tarom, Mahneshan

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.385]