

## ارزیابی کیفی آب رودخانه هیرو چایی خلخال بر اساس شاخص‌های کیفی WILCOX و NSFQI

سعید پرستار<sup>۱</sup>، بهنام پورعشق<sup>۲</sup>، محسن رضایی<sup>۳</sup>، عبدالله درگاهی<sup>۴</sup>، یوسف پورعشق<sup>۵\*</sup>، مهدی وثوقی<sup>۶</sup>

۱. دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، دانشگاه آزاد واحد اهر ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان ۴. دانش آموخته کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه ۵. دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان، دبیر کمیته تحقیقات دانشجویی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان ۶. دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز  
\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۴۸۰۹۲۳۵۶ فکس: ۰۴۵۱۲۳۳۹۰۴۱ ایمیل: yusef.poureshg@gmail.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** پایش و کنترل مستمر کیفی منابع آب از ابزارهای اصلی مدیریت و حفاظت از این منابع ارزشمند محسوب می‌شود. رودخانه هیرو چایی از منابع اصلی تامین آب شهرستان‌های خلخال و کوثر می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی کیفی آب رودخانه هیرو با استفاده از شاخص کیفیت آب WILCOX و NSFQI می‌باشد.

**روش کار:** این تحقیق یک مطالعه توصیفی-مقطعی بود. در این مطالعه، پارامترهای pH، DO، BOD، TS، NO<sub>3</sub>، PO<sub>4</sub>، کدورت، دما، کلیفرم مدفوعی، هدایت الکتریکی، سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم تعیین شدند. شاخص‌های استفاده شده WILCOX و NSFQI بودند. در نهایت داده‌های به دست آمده با تعیین شاخص‌های کیفی مذکور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**یافته‌ها:** شاخص کیفی NSFQI در بهترین وضعیت، مربوط به ایستگاه اول با عدد ۷۴ در بهمن ماه ۱۳۸۷ بوده که گویای کیفیت خوب آب در این ایستگاه است. پایین‌ترین مقدار شاخص مربوط به ایستگاه سوم با شاخص کیفی ۵۳ در مرداد ۱۳۸۷ بود که نشان دهنده کیفیت متوسط آب در این ایستگاه می‌باشد.

**نتیجه گیری:** کیفیت آب در بلا دست رودخانه (ایستگاه اول) به دلیل عدم ورود منابع آلاینده خوب بود، اما به تدریج با تخلیه فاضلاب شهر خلخال و گیوی به روخانه، کیفیت آب در پایین دست شهرها (ایستگاه دوم و چهارم) تنزل می‌یافت. از لحاظ طبقه‌بندی NSFQI، میانگین داده‌های به دست آمده نشان دادند که هر چهار ایستگاه در طبقه C (متوسط) قرار داشتند.

**واژه‌های کلیدی:** رودخانه هیرو، شاخص کیفیت آب، NSFQI، WILCOX

پذیرش: ۹۱/۹/۱۱

دریافت: ۹۱/۳/۱۲

### مقدمه

گذشت زمان و گسترش این جوامع و به تبع آن افزایش استفاده از منابع آبی، دخل و تصرف غیرطبیعی و تغییر شرایط کیفی آب رودخانه‌ها افزایش پیدا کرده است (۱). رشد جمعیت و آلودگی‌های ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری،

رودخانه‌ها و آب‌های جاری، از دیرباز مورد نیاز و مورد توجه جوامع بشری بوده‌اند. برای بهره بردن از منابع آب، شهرها و مراکز صنعتی و کشاورزی معمولاً در نزدیکی رودخانه‌ها بر پا شده‌اند. با

کیفی آب‌های سطحی از لحاظ آشامیدن شاخصی کامل و جامع محسوب می‌گردد. با به‌کارگیری این شاخص می‌توان دید مناسبی در مورد کیفیت آب رودخانه‌ها به‌دست آورد (۱،۱۱،۱۲). همچنین، نسبت جذب سدیم<sup>۳</sup> درجه‌ای از کیفیت آب برای استفاده در آبیاری است که از طریق غلظت جامدات حل شده در آب تعیین می‌شود (۱۳). از طریق SAR و هدایت الکتریکی (EC) می‌توان شاخص ویلکوکس را تعیین نمود.

در مطالعه‌ای که دهقان‌زاده ریحانی و همکاران بر روی رودخانه مهران در شهر تبریز انجام دادند به این نتیجه رسیدند که این رودخانه کاملاً آلوده به فاضلاب شهری و غیر بهداشتی بوده و شاخص کیفی آب رودخانه (NSFWQI) در گستره ۵۲-۴۱ در تغییر بود و آب رودخانه مذکور در زمره آب‌های طبقه D (بد) قرار داشت (۱۴). در مطالعه‌ای دیگر، شکوهی و همکاران در بررسی کیفیت آب دریاچه پشت سد آیدغموش به این نتیجه رسیدند که شاخص NSFWQI محاسبه شده نشان‌دهنده کیفیت خوب آن است. بر اساس نتایج این تحقیق کیفیت آب دریاچه پشت سد آیدغموش برای استفاده‌های مختلف مناسب بود (۱۵).

سانچز و همکاران شاخص کیفی آب و کمبود اکسیژن محلول را در طول رودخانه گوادارما<sup>۴</sup> و مانزارانس<sup>۵</sup> مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه مذکور نشان داد که شاخص کیفی آب در ابتدای رودخانه گوادارما دارای مقدار عددی ۷۰ (کیفیت خوب) و در انتهای آن ۶۴ (کیفیت متوسط) بود. همچنین این شاخص برای رودخانه مانزارانس در حدود ۶۵ گزارش شد (۱۶).

شهر خلخال در ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۳۷ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع

صنعتی و کشاورزی، شیرابه محل‌های دفع زباله، و رواناب‌های سطحی باعث گسترش آلودگی و محدودتر شدن منابع آب در دسترس شده است (۲،۱). همچنین افزایش کمبود آب در کشورهای در حال توسعه ارزیابی کیفیت آب را در سال‌های اخیر مبحثی مناسب ساخته است (۳). در این زمینه سنجش، تحلیل و تفسیر داده‌های کیفی رودخانه‌ها به‌طور منظم، این امکان را فراهم می‌سازد که ضمن استفاده در موارد مختلف، شیوه‌های مدیریتی صحیح و مناسب اتخاذ گردد، تا به‌تدریج از آلودگی رودخانه‌ها کاسته شده و به سمت کیفیتی با استاندارد قابل قبول حرکت کند (۴). کیفیت آب سطحی و زیرزمینی بر حسب پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی شناسایی می‌شود. مشکل ویژه پایش کیفی آب تعداد زیاد متغیرهای اندازه‌گیری شده آن است (۵). شاخص کیفی آب<sup>۱</sup> معیاری برای طبقه‌بندی آب سطحی بر مبنای استفاده از پارامترهای استاندارد برای توصیف است. این شاخص یک ابزار ریاضی است تا مقادیر زیادی از داده‌های توصیف ویژگی‌های آب را به یک عدد تبدیل کند که نشان‌دهنده سطح کیفی آب است. تعیین شاخص کیفی آب نیازمند یک گام نرمال سازی است، جایی که هر پارامتر به یک مقیاس ۱۰۰-۰ تغییر شکل می‌یابد، که حداکثر کیفیت را نشان می‌دهد. گام بعدی کاربرد یک فاکتور وزنی بر طبق اهمیت پارامتر به عنوان یک شاخص کیفیت آب است (۶-۸). شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت<sup>۲</sup> یکی از شاخص‌های پرکاربرد جهت طبقه‌بندی کیفیت آب‌های سطحی می‌باشد که بر اساس دما، pH، کدورت، فسفات، نترات، BOD، TS، DO و کلیفرم مدفوعی تعیین می‌گردد (۹،۱۰). استفاده از شاخص NSFWQI بسیار متداول بوده و برای طبقه‌بندی

<sup>3</sup> Sodium Absorption Ratio (SAR)

<sup>4</sup> Guadarrama

<sup>5</sup> Manzanares

<sup>1</sup> Water Quality Index

<sup>2</sup> National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI)

در طی این تحقیق کیفیت آب این رودخانه در ۴ ایستگاه منتخب با استفاده از شاخص NSFQI و WILCOX مورد پایش و ارزیابی قرار گرفت.

#### تعیین ایستگاه‌های مورد مطالعه در طرح

ابتدا موقعیت کلی رودخانه با استفاده از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. سپس با مطالعه مسیر رودخانه، با توجه به مکان ورود آلاینده‌ها و امکان نمونه‌برداری از آن در طول مسیر رودخانه چهار ایستگاه جهت نمونه‌برداری انتخاب شد. ایستگاه‌های انتخاب شده در این طرح به شرح ذیل می‌باشند:

ایستگاه اول: بالادست شهر خلخال،

ایستگاه دوم: پایین دست شهر و تصفیه‌خانه فاضلاب خلخال،

ایستگاه سوم: پل آبگرم در بالادست شهر گیوی،

ایستگاه چهارم: پایین دست شهر گیوی.

پس از مشخص شدن نقاط مورد مطالعه، با استفاده از دستگاه GPS مدل Trex VISTA مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری مشخص گردید که در جدول ۱ آورده شده است. همچنین موقعیت کلی ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ آورده شده است.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری

ایستگاه‌ها	طول و عرض جغرافیایی			ارتفاع
	X	Y	Z	
بالا دست شهر خلخال (ایستگاه اول)	28°52'69"	41°62'39"5	1868	
پایین دست شهر خلخال (ایستگاه دوم)	28°03'80"	41°71'45"0	1766	
بالا دست شهر گیوی (ایستگاه سوم)	27°14'04"	41°75'25"8	1530	
پایین دست شهر گیوی (ایستگاه چهارم)	26°56'60"	41°73'09"2	1489	

۱۸۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. شهرستان خلخال در جنوب شرقی استان اردبیل واقع شده است و رودهای هیرو و آبارچای در آن جریان دارند. خلخال منطقه‌ای کوهستانی با آب و هوای معتدل و نسبتاً سرد می‌باشد. رودخانه هیرو از ارتفاعات جنوب شهر خلخال (الماس‌داغ، عجم‌داغ و آق‌داغ) سرچشمه گرفته و به سوی شمال جریان می‌یابد. آبارچای تقریباً در همان امتداد ولی در جهت مخالف از شمال به جنوب جاری است. هر دو رود در پایین دست در نزدیکی روستای «اینالوا» به هم پیوسته و جریان به سمت غرب منحرف شده و ارتفاعات مابین خلخال و گیوی را با دره تنگ و عمیقی بریده و به شهر گیوی می‌رسد. در این منطقه این رود به نام گیوی‌چای معروف است. این رودخانه در مسیر خود از شهر خلخال و همچنین روستاهای مختلف عبور کرده و پس از گذشتن از شهر گیوی و پیوستن به رودخانه فیروز آباد به قزل اوزن می‌ریزد. لازم به ذکر است که پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر خلخال و همچنین در برخی نقاط فاضلاب‌های روستایی به رودخانه مذکور وارد می‌گردد که کیفیت آب این رودخانه را با خطر جدی روبه‌رو ساخته است. به همین لحاظ پایش و کنترل آلاینده‌های ورودی به این رودخانه جهت کنترل، حفظ کیفیت و نیز تعیین کاربری مناسب از آب آن امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

هدف از این تحقیق تعیین NSFQI و شاخص ویلکوکس آب رودخانه هیرو به عنوان یکی از منابع اصلی آب سطحی شهرستان خلخال و کاربرد آن برای مصارف مختلف بود.

#### روش کار

این تحقیق یک مطالعه توصیفی-مقطعی بود که به مدت یک سال از اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ تا اسفند ماه ۱۳۸۷ بر روی رودخانه هیروچایی انجام گرفت.



شکل ۱: تصویر ماهواره ای موقعیت کلی ایستگاه های مورد مطالعه

### نمونه برداری و آنالیز نمونه‌ها

در طول این تحقیق، نمونه‌ها به صورت ماهیانه از ایستگاه‌های منتخب برداشت شده و تحت شرایط کنترل شده به آزمایشگاه منتقل شدند. شاخص NSFQI بر اساس پارامترهای DO، pH، BOD، دما، کل جامدات، کدورت، نیترات، فسفات و کلیفرم مدفوعی و شاخص WILCOX بر اساس پارامترهای EC، سدیم، کلسیم و منیزیم بر روی نمونه‌های آب تعیین گردید. تعداد نمونه‌های برداشت شده در این تحقیق ۴۴ نمونه بوده و تعداد آزمایشات انجام شده ۵۷۲ مورد می‌باشد. نگهداری نمونه‌ها و کلیه آزمایشات بر اساس روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب انجام گرفت (۱۷).

### محاسبه شاخص کیفی NSFQI

از میان شاخص‌های عمومی کیفیت آب، شاخص NSFQI نسبت به دیگر شاخص‌های موجود دارای مشکلات کمتری بوده و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۱). مقدار این شاخص با استفاده از محاسبه زیر شاخص‌های مربوط و وزن‌دهی صورت

گرفته و در نهایت مقدار نهایی شاخص از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$(1) \quad NSFQI = \frac{\sum_{i=1}^n W_i I_i}{\sum W_i}$$

در این رابطه  $I_i$ : زیر شاخص  $i$ ام و  $W_i$ : ضریب وزنی زیر شاخص  $i$ ام می‌باشد. بر اساس مقدار عددی به دست آمده از شاخص، کیفیت آب طبقه‌بندی می‌شود. در جدول ۳ درجه‌بندی منبع آبی بر اساس مقدار عددی شاخص آورده شده است.

جدول ۲: پارامترهای مورد سنجش و وزن انتخاب شده جهت محاسبه

NSFWQI (۱۸)		
وزن	واحد	پارامتر
٪۱۷	درصد اشباع	DO
٪۱۶	Colony/100ml	کلیفرم مدفوعی
٪۱۱	-	PH
٪۱۱	PPM	BOD
٪۱۰	PPM	نیترات
٪۱۰	PPM	فسفات
٪۸	NTU	کدورت
٪۷	PPM	TS

جدول ۳. متوسط مقادیر شاخص کیفیت آب رودخانه (۱۵)

مقدار عدد	وضعیت	کلاس بندی نوع استفاده از آب
۹۰-۱۰۰	بسیار خوب	دارای حالت طبیعی، در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب نیاز به تصفیه ندارد، مناسب برای پرورش شیلات و گونه‌های حساس آبی
۷۰-۹۰	خوب	در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب نیازمند تصفیه متداول است، مناسب براس پرورش ماهی و گونه‌های حساس آبی و مناسب برای مقاصد تفریحی چون شنا
۵۰-۷۰	متوسط	در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب نیازمند تصفیه پیشرفته است، مناسب برای پرورش شیلات و گونه‌های مقاوم آبی، مناسب برای شرب حیوانات اهلی
۲۵-۵۰	بد	مناسب برای آبیاری اراضی کشاورزی
۰-۲۵	خیلی بد	برای هیچ کدام از استفاده های مذکور مناسب نمی‌باشد.

## محاسبه شاخص WILCOX

یکی از طبقه‌بندی‌های متداول جهت بررسی آب‌های کشاورزی، طبقه‌بندی بر اساس دیاگرام ویلکوکس می‌باشد که توسط وزارت کشاورزی آمریکا ارائه شده است. این طبقه‌بندی در سال ۱۹۴۸ توسط ویلکوکس ارائه گردیده و سه سال بعد توسط توروون تکمیل شده است. این شاخص امروزه روش بسیار متداولی در طبقه‌بندی آب‌ها به لحاظ کشاورزی محسوب می‌گردد. در این طبقه‌بندی دو عامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در نظر گرفته شده و هر یک از آن‌ها به چهار قسمت تبدیل می‌گردند که در مجموع باعث پدید آمدن ۱۶ گروه می‌گردد. در این شاخص S نماینده SAR که از طریق رابطه شماره ۲ محاسبه می‌گردد. C نیز نماینده EC (هدایت الکتریکی) می‌باشد.

(۲)

$$SAR = [Na^+] / \{([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) / 2\}^{1/2}$$

گروه‌های مذکور در دیاگرام به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- آب‌های خیلی خوب که دارای EC کمتر از ۲۵۰ میکروموس بر سانتیمتر بوده و در کلاس  $C_1S_1$  قرار دارند.

۲- آب‌های خوب که مربوط به یکی از کلاس‌های  $C_2S_2, C_2S_1$  می‌باشند.

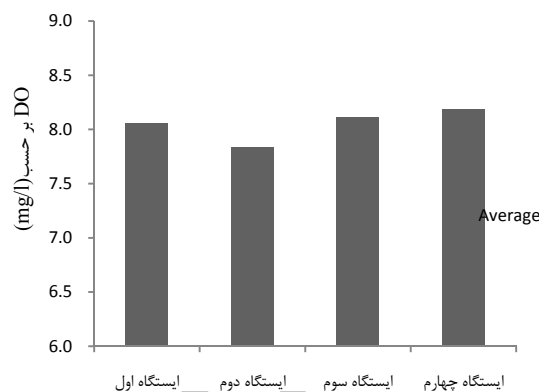
۳- آب‌های متوسط که مربوط به کلاس‌های  $C_1S_3, C_2S_3, C_3S_1, C_3S_2, C_3S_3$  بوده و برای آبیاری زمین‌های درشت بافت و با زهکشی مناسب می‌باشد.

۴- آب‌های نامناسب که در کلاس‌های  $C_1S_4, C_4S_4, C_3S_4, C_2S_4, C_1S_4, C_4S_2, C_4S_3$  قرار دارند. هر چه اندیکس بزرگتر باشد کیفیت آب نامناسب‌تر می‌گردد (۱۳).

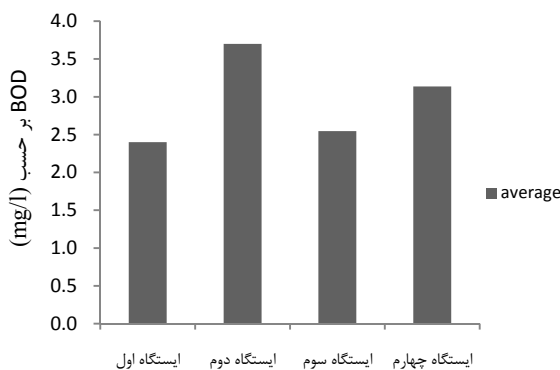
## یافته‌ها

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش نمونه‌های برداشت شده در طول مطالعه مشاهده شد که بیشترین درجه حرارت در دوره نمونه‌برداری  $22^\circ C$  در خرداد ماه و کمترین مقدار آن در  $1^\circ C$  در دی ماه بوده است. میزان pH در دوره نمونه‌برداری در محدوده  $7/7-8/7$  اندازه‌گیری شد. بیشترین مقدار کدورت ( $86 \text{ NTU}$ ) مربوط به ایستگاه چهارم در خرداد ماه و کمترین میزان آن ( $1/5 \text{ NTU}$ ) در دی ماه در ایستگاه اول اندازه‌گیری گردید. تغییرات زمانی و مکانی مربوط به DO به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است. بیشترین مقدار هدایت الکتریکی ( $980 \mu S/cm$ ) در شهریور ماه در ایستگاه دوم و کمترین مقدار آن ( $285 \mu S/cm$ ) در اردیبهشت ماه در ایستگاه اول اندازه‌گیری شد. تغییرات زمانی و مکانی مربوط به BOD نیز به ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. همچنین، تغییرات زمانی مربوط به نیترات و فسفات به ترتیب در شکل‌های ۶ و ۷ آورده شده است. بیشترین تعداد کلیفرم مدفوعی برابر ۹۳ کلنی در ml (۱۰۰) در خرداد ماه مربوط به ایستگاه دوم و

دارای کیفیت متوسط بود. تغییرات زمانی میزان شاخص NSFQI در شکل ۸ و همچنین روند تغییرات مکانی شاخص NSFQI در طول رودخانه هیروچایی در شکل ۹ آورده شده است. میانگین شاخص NSFQI در ماه‌های مورد مطالعه برای ایستگاه شماره (۱) ۶۹، ایستگاه شماره (۲) ۶۰/۵، ایستگاه شماره (۳) ۶۴ و ایستگاه شماره (۴) ۶۰/۵ محاسبه گردید (شکل ۹). با توجه به نتایج کیفی به‌دست آمده از آزمایشات، کیفیت آب رودخانه مورد بررسی در ایستگاه‌های مختلف در کلاس C<sub>2</sub> تا C<sub>3</sub> طبقه‌بندی شد. همچنین نتایج کلی حاصل از محاسبه شاخص کیفی WILCOX در دوره نمونه‌برداری برای هر ایستگاه در جدول ۴ و شکل ۱۰ در دیاگرام شاخص WILCOX آورده شده است.



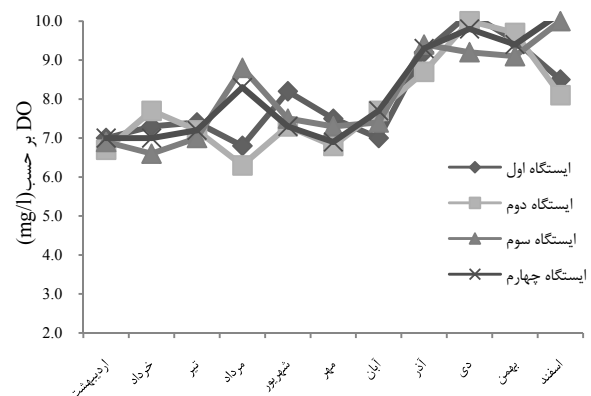
شکل ۳. نمودار تغییرات مکانی میزان DO در طول رودخانه هیرو چایی در دوره نمونه برداری در ایستگاه‌های مختلف



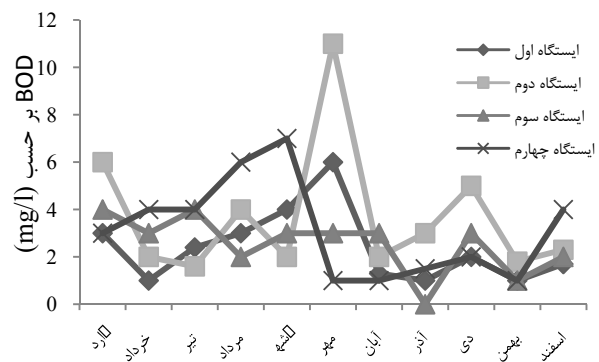
شکل ۵. نمودار تغییرات مکانی میزان BOD در طول رودخانه هیرو چایی در دوره نمونه برداری در ایستگاه‌های مختلف

کمترین تعداد آن (۹ کلنی در ۱۰۰ ml) در بهمن ماه و در ایستگاه اول اندازه‌گیری شد. با توجه به داده‌های به دست آمده، ایستگاه شماره ۱ نسبت به سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه در تمامی پارامترهای مورد سنجش دارای غلظت کمتر و از آلودگی کمتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها برخوردار بود.

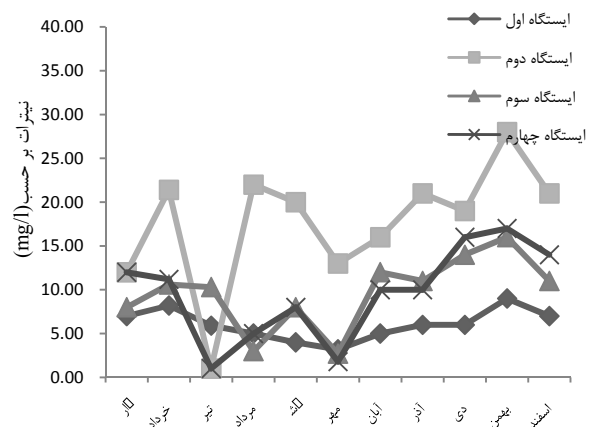
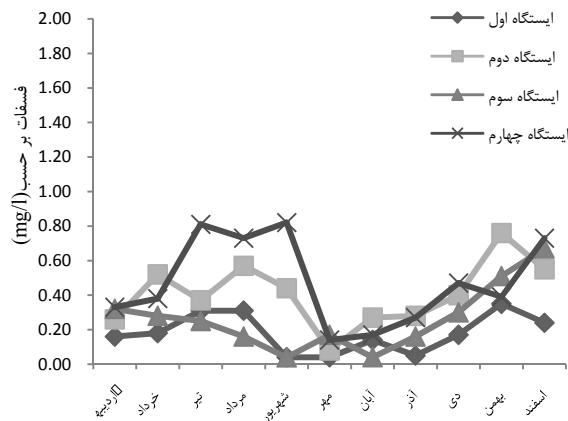
بر اساس شاخص NSFQI کیفیت آب در ایستگاه‌های شماره ۱ از آبان تا اسفند ماه کیفیت خوب و در سایر ماه‌ها کیفیت متوسط را دارا بود. همچنین بر اساس این شاخص، کیفیت آب در ایستگاه‌های شماره ۲ در تمامی ماه‌ها دارای کیفیت متوسط بود. در ایستگاه شماره ۳ به جز مردادماه که کیفیت خوب بوده، در سایر ماه‌ها کیفیت متوسط را دارا بود. در ایستگاه شماره ۴ نیز در تمامی ماه‌ها



شکل ۲. نمودار تغییرات زمانی میزان DO در طول رودخانه هیرو چایی در دوره نمونه برداری در ایستگاه‌های مختلف

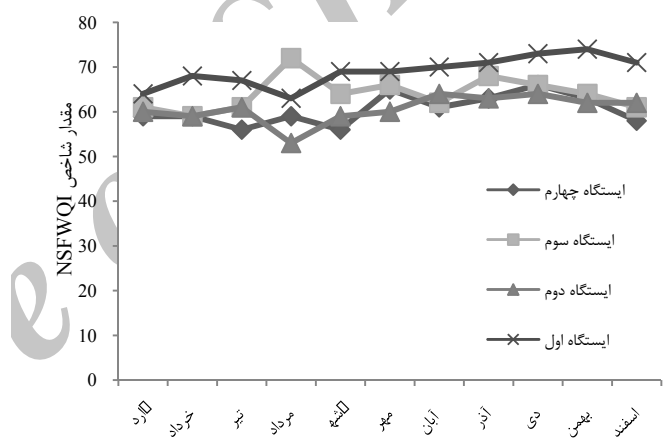
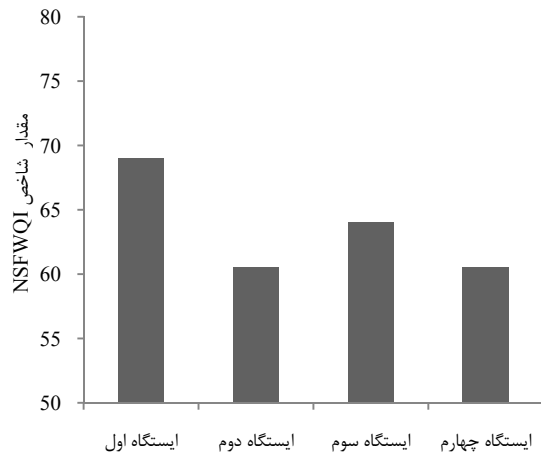


شکل ۴. نمودار تغییرات زمانی میزان BOD در طول رودخانه هیرو چایی در دوره نمونه برداری در ایستگاه‌های مختلف



شکل ۷. نمودار تغییرات زمانی میزان فسفات در طول رودخانه هیرو چابی در دوره نمونه برداری در ایستگاه‌های مختلف

شکل ۶. نمودار تغییرات زمانی میزان نیترات در طول رودخانه هیرو چابی در دوره نمونه برداری در ایستگاه‌های مختلف

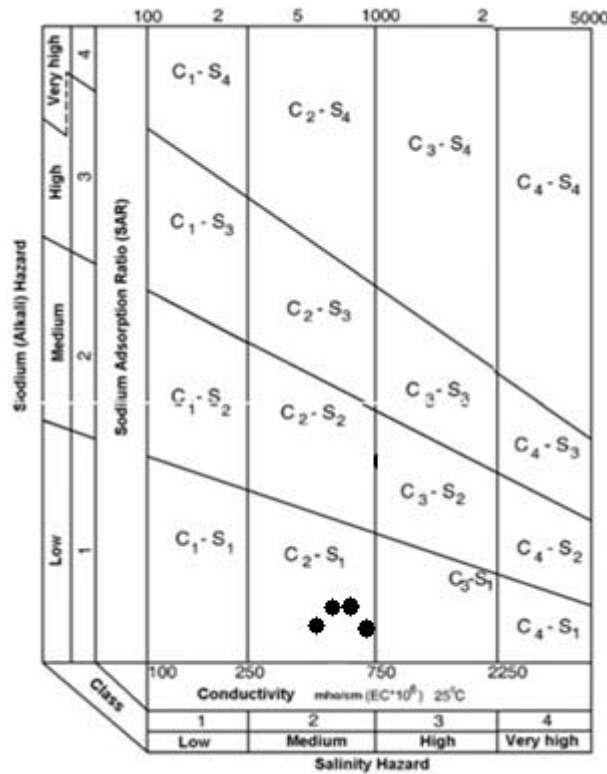


شکل ۹. نمودار تغییرات مکانی میانگین شاخص NSFQI در طول رودخانه هیرو چابی در دوره نمونه برداری در ایستگاه‌های مختلف

شکل ۸. نمودار تغییرات زمانی میزان NSFQI در طول رودخانه هیرو چابی در دوره نمونه برداری در ایستگاه‌های مختلف

جدول ۴. نتایج حاصل از محاسبه شاخص کیفی WILCOX هر ایستگاه در دوره نمونه برداری

ایستگاه	ایستگاه اول	ایستگاه دوم	ایستگاه سوم	ایستگاه چهارم
اردیبهشت	S1C2	S1C2	S1C2	S1C2
خرداد	S1C2	S1C2	S1C2	S1C2
تیر	S1C2	S1C3	S1C2	S1C2
مرداد	S1C2	S1C3	S1C2	S1C2
شهریور	S1C2	S1C3	S1C2	S1C2
مهر	S1C2	S1C3	S1C2	S1C2
آبان	S1C2	S1C2	S1C2	S1C2
آذر	S1C2	S1C2	S1C2	S1C2
دی	S1C2	S1C2	S1C2	S1C2
بهمن	S1C2	S1C3	S1C2	S1C2
اسفند	S1C2	S1C2	S1C2	S1C2



شکل ۱۰. نتایج شاخص WILCOX بدست آمده از میانگین پارامترهای EC و SAR

**بحث**

رودخانه هیرو در فصول اول سال به دلیل ذوب شدن برف در این منطقه بود. داده‌های مربوط به نیترات در شکل ۵ نشان می‌دهد که مقدار آن در ایستگاه شماره ۱ در بیشتر ماه‌های سال کمتر از ایستگاه‌های دیگر بوده و در ایستگاه شماره ۲ مقدار آن بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است. دلیل این امر می‌تواند ورود پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر خلخال به رودخانه هیرو در ایستگاه شماره ۲ یعنی پایین دست خلخال باشد. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، فسفات در این چهار ایستگاه ناچیز بوده و در فصول کشاورزی مقدار آن افزایش یافته است. کلیفرم مدفوعی و کل جامدات نیز تغییرات زیادی از لحاظ مکانی و زمانی نداشتند. درجه حرارت در فصول گرم بالا و به تدریج با سرد شدن آب و هوا کاهش یافته است.

میانگین مربوط به اکسیژن محلول در چهار ایستگاه نشان‌دهنده وضعیت سالم سیستم این رودخانه است. داده‌های مربوط به اکسیژن محلول در چهار ایستگاه فوق نشان می‌دهد که غلظت اکسیژن محلول در

میانگین تغییرات pH در چهار ایستگاه بین ۸/۱ الی ۸/۸ بود. این تغییرات برای pH در بین ایستگاه‌ها زیاد است. تغییرات pH بین ماه‌های نمونه‌برداری نیز به صورت نامنظم بود. اما نتایج مطالعه جیندال<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹) مقادیر نسبتاً کمی از pH در طول تابستان را نشان داد. میانگین کدورت در ایستگاه‌ها نشان داد که کدورت از ایستگاه اول تا ایستگاه چهارم افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که در ماه‌های اول سال کدورت بالا و در ماه‌های پایانی سال کدورت کمتر می‌شد. مطالعه چاکرابارتی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰) هم نشان داد که مقادیر کدورت در فصول بارانی بالا رفته است. مطالعه نارایان<sup>۳</sup> و چاهان<sup>۴</sup> (۲۱) نیز نشان داد که در رودخانه پانچنادا<sup>۵</sup>، بیشترین کدورت در طول تابستان بود. بالا بودن کدورت در

<sup>1</sup> Jindal  
<sup>2</sup> Chakrabarty  
<sup>3</sup> Narayan  
<sup>4</sup> Chauhan  
<sup>5</sup> Panchnada



برای نیل به این اهداف نیاز به تصفیه پیشرفته وجود دارد. برای اهداف تفریحی نیز، آب این رودخانه باید با احتیاط مصرف شود (۱۵).

همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، حداکثر و حداقل میانگین پارامترهای هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) به ترتیب در ایستگاه چهارم و ایستگاه اول به‌دست آمد. همچنین شهرهای خلخال و گیوی نیز بر مقدار این پارامترها افزوده‌اند. مطابق شکل ۱۰، شاخص ویلکوکس بیان می‌دارد که تمام ایستگاه‌ها در طبقه  $C_2-S_1$  قرار داشتند که از لحاظ خطر سدیم در طبقه کم خطر و از لحاظ خطر شوری در طبقه متوسط جای می‌گیرند. این نتایج نشان می‌دهند که تمام این ایستگاه‌ها می‌توانند برای آبیاری استفاده شوند.

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه NSFQI و شاخص ویلکوکس در چهار ایستگاه از رودخانه هیرو مورد بررسی قرار گرفت. کیفیت آب در بالادست رودخانه (ایستگاه اول) به دلیل عدم ورود منابع آلاینده خوب بود اما به تدریج با تخلیه فاضلاب شهر خلخال و گیوی به روخانه، کیفیت آب در پایین دست شهرها (ایستگاه دوم و چهارم) تنزل می‌یافت. در هر حال، از لحاظ طبقه‌بندی NSFQI میانگین داده‌های به‌دست آمده نشان دادند که هر چهار ایستگاه در طبقه C (متوسط) قرار داشتند. با این وجود می‌توان گفت که در حوزه ایستگاه‌های بررسی شده، آب این رودخانه را نمی‌توان به‌طور مستقیم برای اهداف شرب استفاده کرد و برای مصرف شرب نیاز به تصفیه پیشرفته دارد. برای اهداف تفریحی، آب این رودخانه باید با احتیاط مصرف شود. همچنین مشخص شد که تمام این ایستگاه‌ها می‌توانند برای آبیاری در کشاورزی استفاده شوند.

ماه‌های آغازین سال به صورت نامحسوسی از غلظت آن در ماه‌های پایانی کمتر است. عکس این حالت برای BOD صادق است. مطالعه چیندال و همکاران (۲۲) نیز یک ارتباط معکوس بین BOD و DO نشان داد. علاوه بر این، میانگین BOD بالای ۳ میلی گرم در لیتر (۳/۱۵ میلی گرم در لیتر) فقط در ایستگاه ۲ مشاهده شد.

درمورد NSFQI نتایج به‌دست آمده نشان دادند که بیشترین مقدار آن مربوط به بهمن ماه (۷۴) در ایستگاه اول و کمترین مقدار مربوط به مرداد ماه (۵۳) در ایستگاه دوم بود. همچنین همان‌طور که در شکل شماره ۹ مشاهده می‌شود، حداکثر و حداقل میانگین NSFQI به ترتیب در ایستگاه اول (۶۹) و ایستگاه چهارم (۶۰/۴۵) بود؛ با این وجود این شاخص در ایستگاه سوم کمتر از ایستگاه دوم بود. بنابراین می‌توان گفت کیفیت این رودخانه در طی عبور از شهر خلخال کمتر می‌شود و این احتمالاً به دلیل تخلیه پساب تصفیه‌خانه فاضلاب این شهر و دلایل دیگر است. اما نکته قابل توجه دیگر این است که این شاخص در ایستگاه سوم دوباره افزایش می‌یافت. دلیل این امر نیز می‌تواند خودپالایی این رودخانه و همچنین پیوستن شاخه‌های فرعی مثل رودخانه آریاچایی باشد. شاخص NSFQI در ایستگاه چهارم کمتر از ایستگاه سوم بود و این امر نیز نشان‌دهنده تاثیر شهر گیوی بر کیفیت این رودخانه است. این نتایج همچنین نمایش‌گر این قضیه هستند که تاثیر شهر خلخال بر کیفیت رودخانه بیشتر از شهر گیوی است و با توجه به بزرگتر و صنعتی‌تر بودن شهر خلخال این نتیجه منطقی به نظر می‌رسد. از لحاظ طبقه‌بندی NSFQI، میانگین داده‌های به‌دست آمده نشان داد که هر چهار ایستگاه در طبقه C (متوسط) قرار داشتند. با این وجود می‌توان گفت که در حوزه ایستگاه‌های بررسی شده، آب این رودخانه را نمی‌توان به طور مستقیم برای اهداف شرب استفاده کرد و

## References

- 1- Enrique S, Manuel F, Colmenarejo J.A , Angel R.G, Garcı L.T, Borja R. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Journal of Ecological Indicators*. 2007; 7: 315–328.
- 2- Simeonov V, Stratis J.A, Samara C, Zachariadis G, Voutsas D, Anthemidis A. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Journal of Water Res*. 2003; 37: 4119–4124.
- 3- Ongley E. Modernization of water quality programs in developing countries: issues of relevancy and cost efficiency. *Water Quality International*. 1998; 37–42.
- 4- Mirzaei M, Nazari A, Yari A. quality zoning of Jajrood river. *Journal of Environmental Studies*. 2005; 37:17-26.
- 5- Boyacioglu H. Surface water quality assessment using factor analysis. *Journal of Water SA*. 2006; 23 (3): 389–393.
- 6- Jonnalagadda S.B., Mhere G..Water quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. *Journal of Water Res*. 2001; 35: 2371–2376.
- 7- Pesce S.F, Wunderlin D.A. Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River. *Journal of Water Res*. 2000; 34: 2915–2926.
- 8- Nives, S.G. Water quality evaluation by index in Dalamatia. *Journal of Water Res*. 1999; 33: 3423–3440.
- 9- Liou SM, Lo SL, Hu CY. Application of two stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. *Journal of Water Res* 2003; 37: 1406–1416.
- 10- Hernandez-Romero AH, Tovilla-Herna´ndez C, Malo EA, Bello-Mendoza R. Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico. *Journal of Marine pollution Bull*. 2004; 48: 1130–1141.
- 11- Jonnalagadda S.B, Mhere G. Water quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. *Journal of Water Res*. 2001; 35: 2371–2376.
- 12- Ramirez N.F, Solano F. Physic-chemical water quality indices-A comparative review. *Journal of Revista Bifua*. 2004; 27: 437-441.
- 13- Rahmani A.R. Determination of rivers quality of Hamadan-Bahar plain based on Wilcox classification. 10th National Conference of Environmental Health, Hamadan 2007.
- 14- Dehghanzadeh R, Aslani H, Shams A.F, Ghorashi B. Giving Alternatives for Improvement of Qualitative Features of Mehran River in Tabriz for Reuse. *Journal of Health & Environ*. 2010; 3: 2.
- 15- Shokuhi R, Hosinzadeh E, Roshanaei G, Alipour M, Hoseinzadeh S. Evaluation of Aydughmush Dam Reservoir Water Quality by National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI) and Water Quality Parameter Changes. *Journal of Health & Environ*. 2012; 4: 439-450.
- 16- Sánchez E, Colmenarejo M, Vicente J, Rubio A, García M, Travieso L, Borja R. Use of the water indicators of watersheds pollution. *Journal of Ecological Indicators*. 2007;7(2):315-28.
- 17- APHA, AWWA, WPCF. Standard method for the examination of water and waste - water. ashington, D.C, 1998.
- 18- <http://www.Water-research.net/water-qualin-dex/water-quality-index>. Html
- 19- Jindal R, Sharma C. Studies on water quality of Sutlej river around Ludhiana with reference to physicochemical parameters. *Journal of Environment Monitoring Assessment*. 2010; 174: 417-425.
- 20- Chakrabarty RD, Roy P, Singh SB. A quantitative study of the plankton and physico-chemical conditions of the river Jamuna at Allahabad. *Journal of Fisheries*.1959; 6(1): 186–203.
- 21- Narayan S, Chauhan R. Water quality status of river complex Yamuna at Panchnada (Distt. Etawah, U.P., India). I: An integrated management approach. *Journal of Pollution Research*. 2000; 19(3): 357–364.
- 22- Jindal R, Rumana HS. Biomonitoring of water pollution in Western Yamuna Canal at Yamunanagar, Haryana. *Journal of Punjab Academy of Sciences*. 2000; 2(1):177–182.

## Quality Assessment of Hiroo River by NSFQI and WILCOX Indices in Khalkhal

Parastar S<sup>1</sup>, Poureshg B<sup>2</sup>, Poureshg Y<sup>1\*</sup>, Dargahi A<sup>3</sup>, Vosoughi M<sup>1</sup>, Rezaei M<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Civil Engineering, School of Engineering, Ahar Islamic Azad University, Ahar, Iran

<sup>3</sup> Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

<sup>4</sup> Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

\* *Corresponding Author.* Tel: +989148092356 Fax: +984512239041 E-mail: [yusef.poureshg@gmail.com](mailto:yusef.poureshg@gmail.com)

Received: 1 Jun 2012 Accepted: 1 Dec 2012

### ABSTRACT

**Background & Objectives:** Monitoring and quality control of water resources are important tools to manage and protect these valuable resources. Hiroo River is the principal source of water supplies for Khalkhal and Kosar cities. The purpose of this work was to investigate water quality of Hiroo River by NSFQI and WILCOX indices.

**Methods:** In this descriptive cross-sectional study; pH, DO, BOD, TS, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, turbidity, temperature, fecal coliform, EC, Na, K, Ca, and Mg were determined. NSFQI and WILCOX indices were applied. Data were analyzed by determining the above mentioned quality indices.

**Results:** In the optimum situation, NSFQI was related to S<sub>1</sub> with the value of 74 in February 2009 indicating good water quality. Minimum value of 53 was determined for NSFQI at S<sub>3</sub> in August 2009 representing medium water quality.

**Conclusion:** Water quality was good in upstream (S<sub>1</sub>) due to lack of contamination sources, however, discharging wastewater of Khalkhal and Givi cities to the river decreased water quality gradually in downstream (S<sub>2</sub> and S<sub>4</sub>). Average of data obtained indicates that all the monitoring stations fall in C (medium) category based on NSFQI classification.

**Key Words:** Hiroo River; Water Quality Index, NSFQI, WILCOX.