Journal of Environment and Water Engineernig
ISSN: 2476-3683

مجله محیط زیست و مهندسی آب
شاپک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳

نقش زیرحوضه‌ها در پارامترهای کیفیت آب رودخانه چهل‌چای

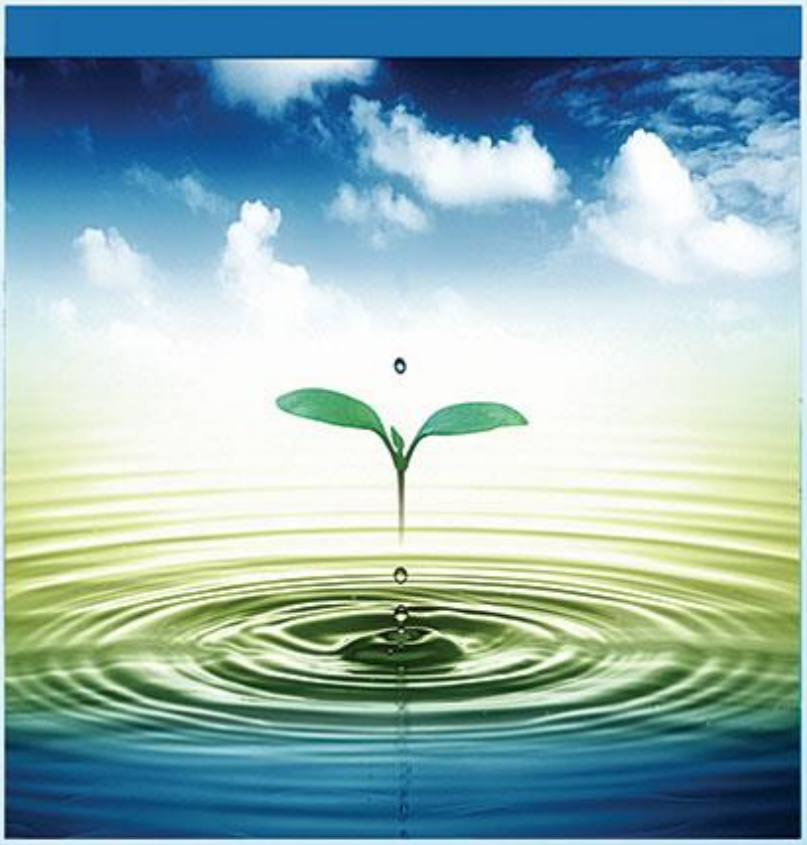
جواد شیرزادنیا، علی حشمت‌پور، ابوالحسن فتح‌آبادی و رضا اکبری

دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۳۹۰ -۳۷۸

Vol. 3(4), Winter 2018, 378 – 390

Role of Sub-Basin in Water Quality of Chehelchay River

Shirzadnia J., Heshmatpour A., Fathabady A. and Akbari A.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: شیرزادنیا ج.، حشمت‌پور ع.، فتح‌آبادی ا. و اکبری ر. (۱۳۹۶). نقش زیرحوضه‌ها در پارامترهای کیفیت آب رودخانه چهل‌چای. محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۳، شماره ۴، صفحات: ۳۹۰ – ۳۷۸

Citing this paper: Shirzadnia J., Heshmatpour A., Fathabady A. and Akbari A. (2018). Role of Sub-Basin in Water Quality of Chehelchay River. J. Environ. Water Eng., 3(4), 378 – 390.

نقش زیرحوضه‌ها در پارامترهای کیفیت آب رودخانه چهل‌چای

جواد شیرزادنیا[۱]، علی حشمت‌پور[۲*] ، ابوالحسن فتح‌آبادی[۲] و رضا اکبری[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

[۲] استادیار، گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

[۳] استادیار، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

[*]**نویسنده مسئول:** Heshmatpoor@gonbad.ac.ir

مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۶/۰۹/۲۹] **تاریخ پذیرش: [۱۳۹۶/۱۰/۳۰]**

چکیده

روندیابی زمانی و مکانی کیفیت آب برای برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب ضروری است. هدف از انجام این پژوهش تعیین کیفیت منابع آب رودخانه چهل‌چای با استفاده از شاخص NSFWQI است. نمونه‌برداری طی یک سال آبی از مهر ۱۳۹۵ تا شهریور ۱۳۹۶ به صورت ماهانه از پنج ایستگاه در خروجی زیرحوضه‌ها انجام شد. پارامترهای اکسیژن محلول، کل جامدات، نیترات، فسفات، درجه حرارت، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی، pH، کدورت و کلی‌فرم مدفوعی با استفاده از روش‌های استاندارد مورد آزمایش قرار گرفت. شاخص NSFWQI بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده برای هر نمونه‌برداری محاسبه و سپس کیفیت آب از نظر مکانی در مسیر رودخانه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به پنج طبقه، از خیلی بد تا عالی، تقسیم‌بندی شد. اثرگذاری هر زیرحوضه در میزان شاخص کیفیت آب تعیین و سپس زیرحوضه‌ها به ترتیب درصد اثرگذاری اولویت‌بندی شدند. نتایج نشان داد که کیفیت آب در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری با توجه به شاخص NSFWQI بین سه کلاس بد، متوسط و خوب در حال تغییر بود. در فصول مختلف سال، رودخانه از لحاظ کیفیت آب در کلاس متوسط قرار گرفت. از دلایل قرارگیری کیفیت آب در طبقه متوسط را می‌توان به عواملی چون کاهش دبی رودخانه در فصل تابستان، افزایش فعالیت‌های تفریحی و تفرجی در محدوده رودخانه، پساب‌های کشاورزی و کشت غیراصولی در اراضی شیب‌دار، تخلیه فاضلاب‌های روستایی، پساب حاصل از استخر پرورش ماهی، و تراکم بالای دام در منطقه اشاره کرد. بنابراین، با توجه به یافته‌های این تحقیق، مسئله کیفیت آب در این رودخانه می‌بایست بیشتر موردتوجه مدیران و برنامه‌ریزان مدیریت منابع آب قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب؛ سامانه اطلاعات جغرافیایی؛ شاخص NSFWQI؛ مدیریت منابع آب

۱- مقدمه

حفاظت و استفاده بهینه منابع آب از اصول توسعه پایدار هر کشور محسوب می‌شود. کیفیت آب‌های سطحی تحت تأثیر فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی قرار دارد. فرآیندهای طبیعی شامل شرایط اقلیمی، وجود سازندهای حساس و انتقال رسوب و فعالیت‌های انسانی شامل توسعه و گسترش شهرنشینی، تغییر کاربری اراضی و تخلیه پساب‌های صنعتی و کشاورزی می‌باشند. افزایش بهره‌برداری از منابع آب در حوضه آبریز مسئول بسیاری از بار آلودگی است که این فعالیت‌های بهره‌برداری از آب اغلب منجر به کاهش کیفیت آب و تغییر در ساختار فیزیکی و بیولوژیکی رودخانه‌ها می‌شوند (Muangthong 2015). آلودگی آب‌های سطحی با مواد شیمیایی سمی و مواد مغذی و تخلیه پساب‌ها مشکلات زیست‌محیطی گوناگونی را به‌وجود آورده است. در این راستا با بررسی کیفیت آب رودخانه می‌توان تا حدودی برای حل این مشکلات، برنامه‌ریزی و سپس کنترل نمود (Razzaz et al. 2007). شاخص‌های کیفی آلودگی آب روش‌هایی هستند که مدیریت منابع آب می‌تواند از آن به‌عنوان یک ابزار مدیریتی قوی برای تصمیم‌گیری‌های مربوطه استفاده کند (Liou et al. 2003). مهم‌ترین شاخص‌های مورداستفاده جهت ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی شامل شاخص کیفیت آب مؤسسه ملی بهداشت امریکا (NSFWQI)، شاخص افزایشی کیفیت آب (BCWQI)، شاخص کیفیت آب اورگان (OWQI)، شاخص کیفیت آب کانادا (CWQI)، و شاخص طبقه‌بندی آب کشاورزی (WILCOX) می‌باشند. با مقایسه بین شاخص‌های ذکرشده، شاخص کیفیت آب مؤسسه ملی بهداشت امریکا (NSFWQI) به‌عنوان شاخص برتر انتخاب شد. از دلایل عمده انتخاب این شاخص در این تحقیق می‌توان به مرسوم بودن، ساده بودن، دارا بودن نرم‌افزار جهت محاسبه، راحتی اندازه‌گیری پارامترها در ایران و همچنین مطالعات صورت‌پذیرفته در این زمینه اشاره نمود (Zandbergen and Hall 1988). شاخص کیفیت آب NSFWQI بر اساس پارامترهای اکسیژن محلول، pH، کدورت، کل جامدات، دما، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی[1]، فسفات، نیترات، و کلی‌فرم مدفوعی تعیین می‌گردد (Jonnalagadda and Mhere 2001). Shokohi et al. (2011) به این نتیجه رسیدند که بیشتر نمونه‌های اندازه‌گیری‌شده دارای کیفیت خوب بوده و شاخص محاسبه‌شده نشان‌دهنده کیفیت خوب آب است. بر اساس این نتایج کیفیت آب دریاچه پشت سد آیدغموش برای استفاده‌های مختلف مناسب می‌باشد. Sadeghi et al. (2015) بر اساس شاخص NSFWQI مشخص کردند که کیفیت آب رودخانه زرین‌گل در حد متوسط می‌باشد اما زه‌آب‌های کشاورزی کیفیت نامناسبی داشت که ناشی از فعالیت‌های تفرجی و کشاورزی در بالادست ایستگاه پایش بود. Nor-Azalina et al. (2012)، کیفیت آب رودخانه سالک واقع در مالزی را با استفاده از شاخص WQI موردبررسی قراردادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌دهنده مقدار پایین غلظت اکسیژن محلول و مقادیر بالایی از اکسیژن موردنیاز شیمیایی و سرب بوده و آب این رودخانه بر اساس شاخص جز دسته آب‌های آلوده طبقه‌بندی شد. Pote et al. (2012) طی تحقیقی که بر روی کیفیت آب رودخانه گودواری انجام دادند به این نتیجه رسیدند که مقدار شاخص NSFWQI به‌دست‌آمده نشان‌دهنده کیفیت نامناسب و متوسط می‌باشد و بیش‌ترین بار آلودگی ناشی از پساب‌های صنعتی و خانگی بوده است. با توجه به مصارف و کاربردهای مختلف آب در زندگی بشر و نظر به محدودیت‌های بهره‌برداری از منابع آب در اکثر نقاط کشور و آلودگی روزافزون، کنترل کیفیت منابع موجود امری مهم و ضروری به نظر می‌رسد (House and Newsome 1989). حوزه آبخیز چهل‌چای از حوضه‌های مهم و درعین‌حال بحرانی از نظر منابع آب در سطح استان گلستان به شمار می‌رود. ازاین‌رو هدف از انجام این پژوهش بررسی شرایط کیفیت آب و تعیین اولویت مکانی آن در این رودخانه بر اساس شاخص NSFWQI می‌باشد.

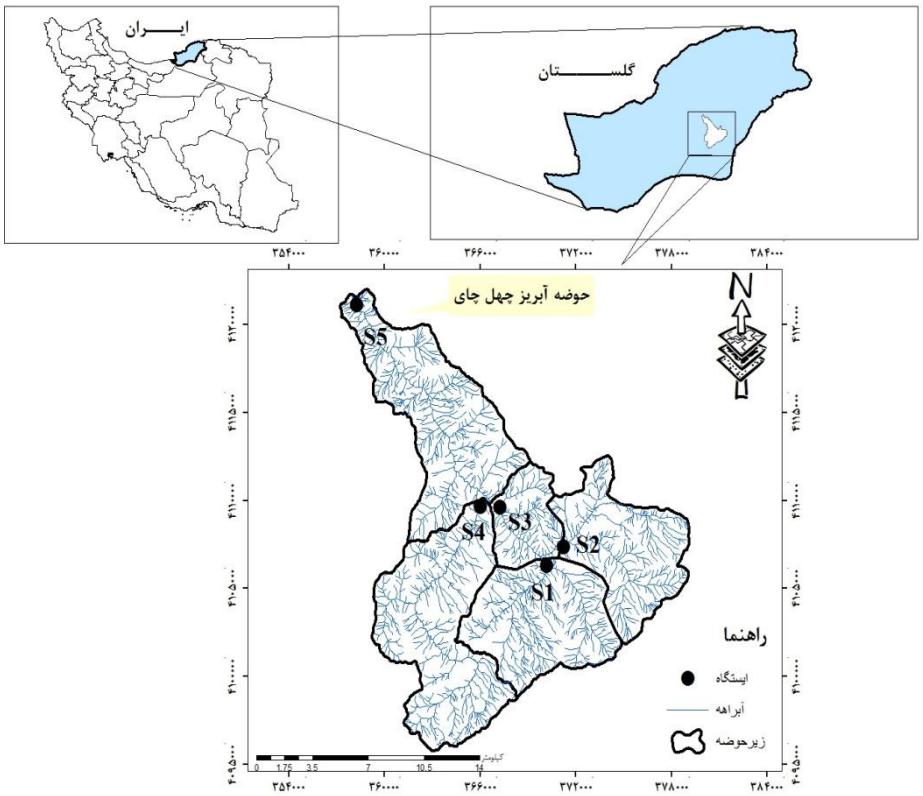
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

رودخانه چهل‌چای یکی از سرشاخه‌های بزرگ گرگان‌رود است که در محدوده شهرستان مینودشت قرارگرفته است. مساحت آبخیز این رودخانه حدود ۲۵ هزار هکتار می‌باشد و

[1] Biochemical Oxygen Demand

در بین ´۲۳ °۵۵ الی ´۳۸ °۵۵ طول شرقی و ´۵۹ °۳۶ الی ´۱۳ °۳۷ عرض شمالی واقع شده‌است. میزان بارندگی سالانه منطقه تقریباً ۷۶۰ میلی‌متر است. پوشش گیاهی غالب حوضه در بخش شمالی، جنگل و در جنوب به تیپ مرتعی و خشک تغییر می‌یابد. ساختار اقتصادی حوضه موردمطالعه زراعت و دامپروری می‌باشد که مهم‌ترین بخش اشتغال‌زایی منطقه از طریق زراعت تأمین می‌گردد. از نظر زمین‌شناسی حوضه موردمطالعه شامل سازندهای پالئوزوئیک تا کواترنر است. از مهم‌ترین سازندهای حوضه می‌توان به مزدوران، خوش‌ییلاق، چمن‌بید، مبارک و سازندهای عهد حاضر نام برد که تقریباً در تمام آن‌ها آهک وجود دارد (شکل ۱).



شکل ۱- منطقه موردمطالعه و پراکنش مکانی ایستگاه‌های حوضه آبریز چهل‌چای

۲-۲- تعیین ایستگاه‌های موردمطالعه در طرح

نمونه‌برداری در این پژوهش از نوع لحظه‌ای-ترکیبی می‌باشد. موقعیت کلی رودخانه ابتدا با استفاده نقشه‌های دریافتی از Google Earth مورد بررسی قرارگرفته و نقشه کلی منطقه در محیط نرم‌افزار GIS تهیه شد. در حوضه آبخیز چهل‌چای آبراهه اصلی و فرعی بر اساس نقشه ترسیم و سپس با توجه به هدف به ۵ زیرحوضه (واحد هیدرولوژیک) تقسیم شد. ایستگاه‌ها نیز در خروجی هر زیرحوضه انتخاب شده‌اند. ایستگاه‌های منتخب با استفاده از دستگاه GPS تعیین موقعیت شده و نمونه‌برداری از ایستگاه‌ها در طول رودخانه در طی یک سال از مهر ۱۳۹۵ تا شهریور ۱۳۹۶ به‌صورت ماهانه انجام‌گرفت.

۲-۳- اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

ظروف مورداستفاده نمونه‌برداری طبق دستورالعمل‌های کتاب روش‌های استاندارد (Clescerl et al. 2005a)، از جنس پلی‌اتیلن شیشه‌ای بود. به‌منظور آماده‌سازی ظروف، ابتدا به کمک یک مایع شستشوی رقیق‌شده، ظروف پاک‌سازی و سپس در کوره در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۱ ساعت خشک شدند. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و زیستی موردنیاز برای تعیین شاخص NSFWQI شامل اکسیژن محلول، درجه حرارت، کدورت، جامدات کل، فسفات، نیترات، اسیدیته، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی و کلی فرم مدفوعی می‌باشد. پارامترهای کل جامدات محلول، درجه حرارت، اکسیژن محلول و اسیدیته

با استفاده از دستگاه مولتی پارامتر دو کاناله رومیزی (مدل HQ40D کمپانی HACH) در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند. این دستگاه قابل‌حمل، با طیف گسترده‌ای از الکترودهای هوشمند Intellical تماس می‌گیرند و به‌صورت خودکار پارامتر مورد آزمون را تشخیص می‌دهند. میزان جذب پارامترهای فسفات و نیترات ابتدا با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل 6705 UV/Vis JENWAY) به ترتیب در طول‌موج‌های ۶۹۰ و ۴۱۰ نانومتر مطابق قرائت و سپس با تهیه نمودارهای استاندارد تعیین غلظت شدند (Clescerl et al. 2005b). کدورت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کدورت‌سنج (مدل HACH 2100N) اندازه‌گیری شد. کدورت‌سنج، میزان پراکندگی و جذب نور حاصل از منبع نوری حین عبور از محلـول را اندازه می‌گیرد و با واحـد NTU گـزارش می‌شود. کلی‌فرم مدفوعی با استفاده از سواب توتال کلی‌فرم یک‌بار مصرف به‌وسیله دستگاه Hygiena (Ensure plus) و اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی با دستگاه BOD سنج (مدل BD 600) تعیین مقدار شدند. به‌منظور محاسبه مقدار جامدات کل مطابق روش بهداشت محیط ایران، نمونه‌ای که به‌خوبی مخلوط شده از میان یک صافی استاندارد با وزن معلوم عبورداده و باقی‌مانده روی صافی تا رسیدن به یک وزن ثابت در ۱۰۳ تا ۱۰۵ درجه سلسیوس درون کوره خشک شد. افزایش وزن صافی، کل جامدات معلق را نشان و سپس با مجموع کل جامدات معلق و کل جامدات محلول، مقدار کل جامدات در آب محاسبه شد.

۲-۴- محاسبه شاخص کیفی NSFWQI

از بین شاخص‌های آلودگی آب، استفاده از شاخص NSFWQI نسبت به دیگر شاخص‌ها ساده‌تر و بیشتر مورداستفاده محققین قرار می‌گیرد (Nor-Azalina et al. 2012). در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار آنلاین NSFWQI، شاخص کیفیت آب بر اساس حاصل‌ضرب دو عامل اصلی این شاخص یعنی وزن پارامتر (W_i) که در جدول (۱) آورده شده‌است و نیز ارزش کیفی پارامتر (Q_i)، مطابق رابطه (۱) به‌صورت یک عدد مجزا برای هر نمونه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری محاسبه شد. با به‌دست آوردن یک عدد بدون بعد با توجه به جدول (۲) کیفیت آب در این حوضه در ایستگاه‌های منتخب به وضعیت خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد طبقه‌بندی شد.

$$\text{NSFWQI} = \frac{\sum_{i=1}^{n} WiQi}{\sum Wi} \qquad (۱)$$

در این رابطه W_i وزن یا درجه اولویت عامل از صفر تا یک، NSFWQI شاخص کیفیت آب که مقدار آن از صفر تا ۱۰۰ متغیر است و Q_i کیفیت پارامتر از صفر تا ۱۰۰ است.

جدول ۱- پارامترهای مورد ارزیابی و فاکتور وزنی نهایی در NSFWQI

پارامتر آلودگی	فاکتور وزنی
اکسیژن محلول	۰/۱۷
کلی فرم مدفوعی	۰/۱۶
pH	۰/۱۱
BOD_5	۰/۱۱
نیترات	۰/۱۰
فسفات	۰/۱۰
درجه حرارت	۰/۱۰
کدورت	۰/۰۸
کل مواد جامد	۰/۰۷

جدول ۲- رنگ‌بندی و تعاریف به‌کاررفته در روش NSFWQI

رنگ	مقدار شاخص	تعریف
قرمز	۰-۲۵	بسیار بد
نارنجی	۲۶-۵۰	بد
زرد	۵۱-۷۰	متوسط
سبز	۷۱-۹۰	خوب
آبی	۹۱-۱۰۰	عالی

۲-۵- اولویت‌بندی حوضه آبخیز به ازای واحد سطح

اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها ازنظر کیفیت آب می‌تواند کمک مناسبی جهت برنامه‌ریزی برای مدیریت منابع آب و منابع طبیعی باشد. در این پژوهش با استفاده از شاخص به‌دست‌آمده در خروجی زیر حوضه‌های مختلف، اولویت‌بندی انجام می‌گیرد. ابتدا متوسط شاخص کیفیت آب در هر زیرحوضه با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$\overline{WQI} = \frac{WQIi \times Ai}{At} \qquad (۲)$$

که $\overline{WQI}$ متوسط شاخص زیرحوضه، WQI_i شاخص هر زیرحوضه، A_i مساحت هر زیرحوضه و A_t مساحت کل حوضه است. سپس به‌صورت متناوب با حذف متوالی هر زیرحوضه مطابق رابطه (۳)، یک ضریب شاخص (F_n) برای کیفیت آب به‌دست می‌آید. ضریب شاخص بالاتر نشان‌دهنده اثرگذارتر بودن آن زیرحوضه بر روی کیفیت آب خروجی از کل حوضه است.

$$F_n = \left|\frac{\overline{WQI} - WQIi}{\sum \overline{WQI}}\right| \times 100 \qquad (۳)$$

که F_n ضریب شاخص، $\overline{WQI}$ متوسط شاخص زیرحوضه و WQI_i شاخص هر زیرحوضه است.

۲-۶- تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

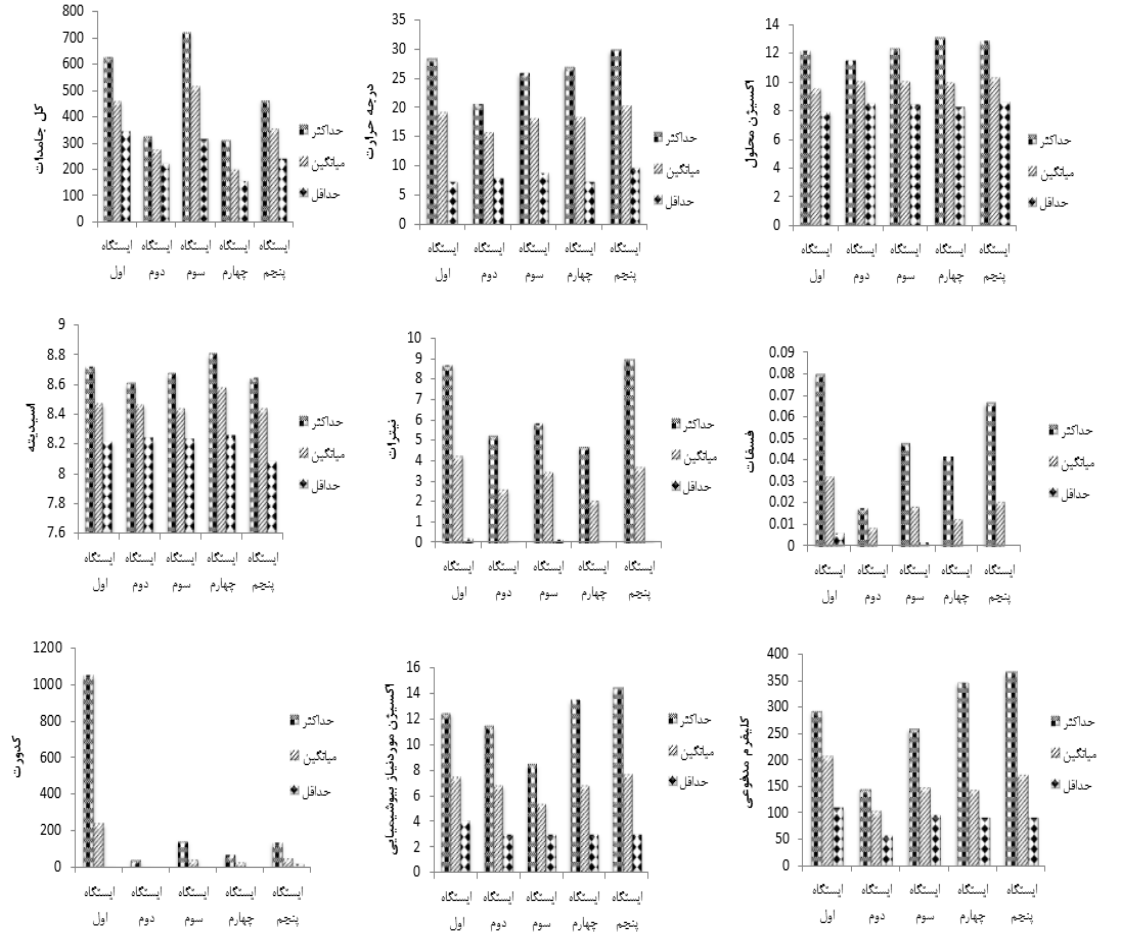
به‌منظور مقایسه خصوصیات کیفی آب در مکان و زمان‌های مختلف از آزمون کرت‌های خردشده در واحد زمان[1] استفاده شد. بدین منظور ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرونوف[2] موردبررسی قرار گرفت. چنانچه سری داده‌ها نرمال نباشند با استفاده از تبدیل مناسب BOX-COX، لگاریتمی و غیره داده‌ها نرمال شدند. در نهایت با انتقال داده‌ها به نرم‌افزار SAS آزمون کرت‌های خردشده در واحد زمان انجام شد. برای انجام مقایسهٔ میانگین نیز از آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری LSD استفاده شد. رسم نمودار روند تغییرات زمانی و مکانی مقادیر در محیط نرم‌افزاری Excel انجام شد. همبستگی بین پارامترها نیز با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SPSS موردبررسی قرار گرفت.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- بررسی پارامترهای موردمطالعه

جهت بررسی وضعیت کیفی رودخانه با استفاده از شاخص NSFWQI، پارامترهای دما، pH، کدورت، کل جامدات، نیترات، فسفات، درصد اشباعیت اکسیژن محلول، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی و کلی‌فرم مدفوعی مورد استفاده قرارگرفته‌اند. شکل (۲) روند تغییرات پارامترهای موردمطالعه را در طی یک سال نمونه‌برداری نشان می‌دهد.

[1] Split- Plot in time
[2] Kolmogorov- Smirnov Test



شکل ۲- روند تغییرات پارامترهای موردمطالعه در طول نمونه‌برداری

بیش‌ترین میزان اکسیژن محلول در طول دوره پژوهش مربوط به ایستگاه چهارم برابر با ۱۳/۱۲ میلی‌گرم در لیتر در آذرماه سال ۱۳۹۵ بود. مقدار بالای اکسیژن محلول ناشی از دمای پایین آب و بارش‌های شدید در این ماه می‌باشد. کمترین مقدار آن نیز مربوط به ایستگاه اول در تیرماه برابر با ۷/۹۱ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. تغییرات اکسیژن محلول در زمان، از فصل پاییز به زمستان حالت افزایشی و سپس روند کاهشی داشت. این نتیجه با تحقیقی که بیان کردند میزان اکسیژن محلول در ماه‌های مرطوب بیشتر از ماه‌های خشک می‌باشد، مطابقت دارد (Sanchez et al. 2007). روند تغییرات pH به‌صورت نامنظم و در محدوده ۸/۱ الی ۸/۸ بوده است و اختلاف چندانی در ایستگاه‌های مختلف مشاهده نشد. قلیایی بودن pH نشان‌دهنده درصد بالایی از نمک‌های محلول در آب (ناشی از فرسایش و انحلال سازندها) می‌باشد (Katiraie 2001). در تحقیقی که بر روی رودخانه زاینده‌رود انجام شد به این نتیجه رسیدند که تغییرات pH بین ۸/۲ تا ۸/۶ متغیر است که تقریباً مشابه نتایج پژوهش حاضراست (Hajiannejad and Rahsapar 2010). بیشترین میزان کدورت برابر با NTU ۱۰۵۴/۳۳ در اسفندماه در ایستگاه اول اندازه‌گیری شد. این میزان بالای کدورت به دلیل ذوب برف در ارتفاعات و ورود سیلاب به رودخانه و همچنین فعالیت‌های انسانی نظیر تخلیه فاضلاب روستایی و پساب‌های حاصل از پرورش ماهی در بالادست ایستگاه است. کمترین میزان کدورت مربوط به ایستگاه دوم در شهریورماه برابر با NTU ۳/۲۱ بود که با استاندارد آب شرب و تخلیه آب‌های سطحی متناسب است. بیش‌ترین مقدار کل جامدات در طول نمونه‌برداری مربوط به ایستگاه سوم برابر با ۷۲۲/۵ میلی‌گرم در لیتر در شهریورماه و کمترین مقدار آن برابر با ۱۶۰/۴ در ایستگاه چهارم در اسفندماه اندازه‌گیری شد. از دلایل افزایش جامدات در آب

می‌توان تراکم بالای دام در منطقه و تخلیه فاضلاب‌های روستایی و فرآیندهای طبیعی اشاره کرد. روند تغییرات کل مواد جامد در ایستگاه دوم حالت ثابتی داشت، در ایستگاه چهارم در ماه فروردین به بالاترین حد خود رسید و در بقیه ایستگاه‌ها تا ماه فروردین روند کاهشی و سپس در فصل تابستان افزایش یافت. بیش‌ترین میزان دما مربوط به ایستگاه پنجم به میزان ۳۰/۵ °C در خردادماه و هم‌چنین کمترین میزان در آذرماه برابر با ۷/۵ °C مربوط به ایستگاه اول و چهارم اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین میزان BOD_5 در مردادماه برابر با ۱۴/۵ میلی‌گرم در لیتر مربوط به ایستگاه پنجم بوده‌است. این میزان BOD_5 از استاندارد آب آشامیدنی (۵ میلی‌گرم در لیتر) بیشتر است که کاهش دبی و فعالیت‌های تفریحی در فصل تابستان می‌تواند دلیلی برای افزایش این پارامترباشد. مطالعه (Rahmani 2006) که در اکثر ایستگاه‌ها میزان BOD_5 بیش از استانداردهای موجود بیان شد، دلیل این امر تخلیه بی‌رویه فاضلاب روستایی، شهری و صنعتی به داخل رودخانه بیان گردیده‌است. روند تغییرات زمانی فسفات نامنظم بوده‌است و بیش‌ترین غلظت آن در فصل تابستان می‌باشد. افزایش فسفات به دلیل فعالیت‌های کشاورزی در منطقه و هم‌چنین ورود سموم و کودهای شیمیایی به درون رودخانه می‌باشد. بیش‌ترین میزان غلظت نیترات مربوط به ایستگاه پنجم در مردادماه برابر با ۸/۹۷ میلی‌گرم در لیتر و کمترین آن در اردیبهشت برابر با ۰/۰۳ است. روند تغییرات غلظت نیترات تا فروردین به‌صورت کاهشی و با گذشت زمان در فصل تابستان با کاهش دبی جریان و هم‌چنین فعالیت‌های کشاورزی در منطقه افزایش یافته‌است. بیش‌ترین تعداد کلی‌فرم مدفوعی در طول دوره نمونه‌برداری مربوط به ایستگاه پنجم در مردادماه برابر با ۳۶۸ است. علت این امر را می‌توان افزایش فعالیت‌های تفریحی، افزایش جمعیت در روستاها، فاضلاب روستایی و کاهش دبی در فصل تابستان دانست.

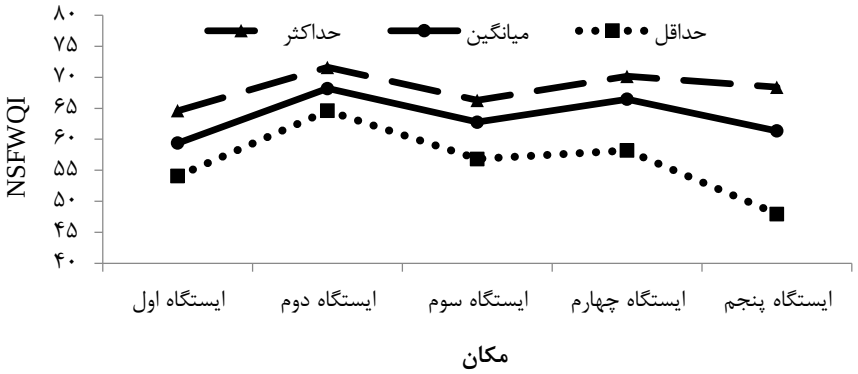
۳-۲- بررسی تغییرات شاخص NSFWQI

براساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها مقدار عددی شاخص در ماه‌ها و فصول مختلف سال محاسبه شد. کیفیت آب در ماه‌های نمونه‌برداری بین سه کلاس بد (۲ درصد)، متوسط (۹۱ درصد) و خوب (۷ درصد) در حال تغییر بوده‌است. در فصول مختلف و کل سال رودخانه از لحاظ کیفی در کلاس متوسط قرار گرفته‌است. تغییرات شاخص NSFWQI در طول دوره نمونه‌برداری در زمستان روند افزایشی و در تابستان روند کاهشی نشان داد. روند تغییرات زمانی شاخص NSFWQI در شکل (۳) نشان داده شده‌است.

شکل ۳- روند تغییرات زمانی شاخص NSFWQI در ایستگاه‌های مختلف

با توجه به اعداد به‌دست‌آمده در بین ایستگاه‌های موردمطالعه مشخص شد که ایستگاه دوم در بهمن‌ماه سال ۱۳۹۵ با بیش‌ترین مقدار (۷۲)، از بهترین وضعیت کیفیت آب در رودخانه چهل‌چای برخوردار بوده و مطابق جدول (۲) در دسته آب‌های با شاخص کیفیت خوب قراردارد. ایستگاه پنجم نیز در مردادماه سال ۱۳۹۶ با کمترین مقدار (۴۸) در دسته آب‌ها با وضعیت بد قرارگرفته‌است. روند تغییرات مکانی شاخص NSFWQI در شکل (۴) نشان داده شده-

است. ایستگاه اول به دلیل تعدد روستا در بالادست، زراعت در اراضی با شیب زیاد و فرسایش‌پذیرتر بودن با توجه سازندهای موجود نسبت به ایستگاه دوم، سوم و چهارم از وضعیت کیفی بدتری برخورداراست. میان دست حوضه (ایستگاه سوم و چهارم) دارای کیفیت متوسط و نشان‌دهنده فرآیند خودپالایی رودخانه با توجه به ایستگاه بالادست می‌باشد. ایستگاه پنجم (خروجی حوضه) نیز به دلیل کشت برنج در فصل تابستان، افزایش کود و سموم شیمیایی، افزایش فعالیت‌های تفرجی در بدترین وضعیت کیفی از لحاظ شاخص قرارگرفته‌است. میانگین شاخص NSFWQI در ماه‌های مختلف برای ایستگاه اول ۵۹، ایستگاه دوم ۶۸، ایستگاه سوم ۶۳، ایستگاه چهارم ۶۶ و ایستگاه پنجم ۶۱ محاسبه شد. نتایج مطالعه در این خصوص با نتایج Abtahi et al. (2015)، Javid et al. (2014)، Nasir-Ahmadi et al. (2012) و Hooshmand et al. (2008) مطابقت دارد.



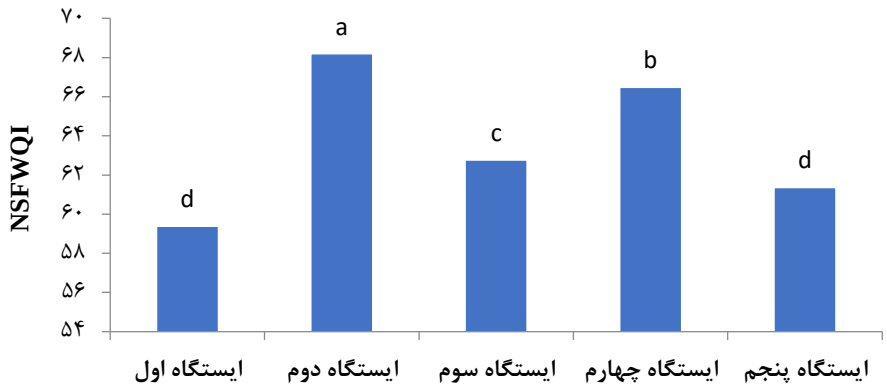
شکل ۴- روند تغییرات مکانی شاخص NSFWQI در ایستگاه‌های منتخب

به‌منظور آزمون فرضیه معنی‌داری تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب، از روش آماری تجزیه واریانس کرت‌های خرد شده در واحد زمان استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده بر مبنای شاخص NSFWQI نشان از قبول فرض معنی‌داری تغییرات کیفیت آب در زمان و مکان‌های مختلف دارد (جدول ۳). بعلاوه نتایج نشان داد که اثرات متقابل میزان شاخص در مکان و زمان‌های مختلف در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است. در کل دوره نمونه‌برداری که یک سال به طول انجامید، به تعداد ۲۰ نمونه از آب رودخانه در ماه‌های مختلف نمونه گرفته شد و میزان شاخص برای هرماه تعیین گردید. مقایسه میانگین داده‌ها در شکل (۵) نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار مربوط به ایستگاه دوم و کمترین مقدار در ایستگاه اول بوده و تغییرات بین ایستگاه اول و پنجم معنی‌دار نشده و در گروه یکسانی از لحاظ آماری قرارگرفته‌اند.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب برای میزان شاخص NSFWQI

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات NSFWQI
تکرار	۵	۱۵/۷۵ *
مکان	۴	۱۸۶/۲۷**
خطای (۱)	۲۰	۴/۶۵
زمان	۳	۲۳۰/۷**
مکان × زمان	۱۲	۱۹/۵۷*
خطای (۲)	۵۵	۸/۹۰

**و * به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد



شکل ۵- مقایسه میانگین شاخص NSFWQI در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری

۳-۳- همبستگی پارامترهای کیفی و شاخص NSFWQI

پس از دستیابی به نتایج حاصل از آزمایش‌ها و محاسبه میزان شاخص از طریق آزمون همبستگی پیرسون به تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها پرداخته و میزان همبستگی بین پارامترها و شاخص NSFWQI موردبررسی قرارگرفت. نتایج همبستگی ارائه شده در جدول (۴) نشان می‌دهد که بین شاخص و اکسیژن محلول از لحاظ آماری رابطه معنی‌دار مثبت وجوددارد. بدین معنی است که با افزایش اکسیژن محلول، شاخص در وضعیت بهتری قرار می‌گیرد. همچنین رابطه بین پارامترهای دیگر با شاخص به‌جز اسیدیته و کدورت از نوع معنی‌دار منفی می‌باشد. این نیز بدین معنی می‌باشد که با افزایش میزان پارامترهای آلودگی، شاخص در وضعیت بد قرار می‌گیرد. اکسیژن محلول با تمامی فاکتورها همبستگی معکوس داشته است به‌غیراز اسیدیته و کدورت که از لحاظ آماری ارتباط معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد. بین درجه حرارت با فاکتورهای دیگر رابطه معنی‌دار منفی دیده شد که این نتیجه بدین معنی است که افزایش آن، کاهش دبی و کاهش کیفیت آب را نیز به دنبال دارد. بین اسیدیته و نیترات رابطه مثبت معنی‌دار دیده شده‌است. همچنین افزایش کلی‌فرم مدفوعی، افزایش اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی را به دنبال دارد که ناشی از ورود فاضلاب به درون رودخانه می‌باشد.

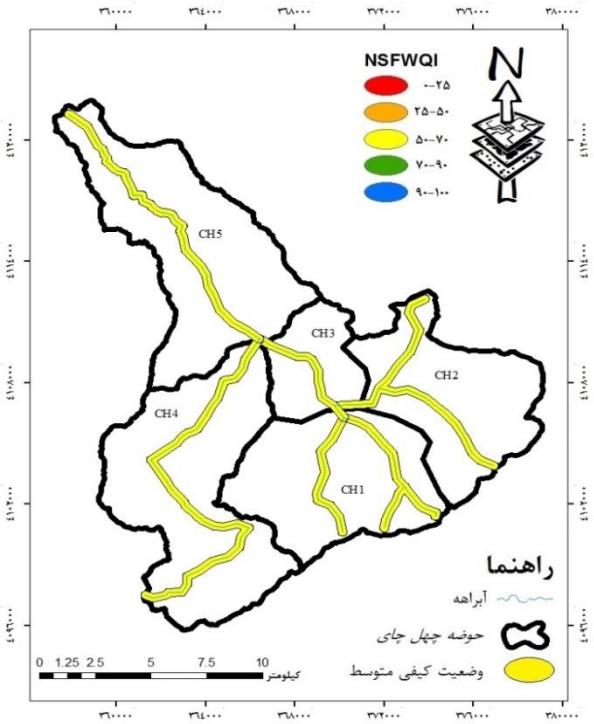
جدول ۴- ماتریس همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در طول رودخانه چهل‌چای

	NSFWQI	اکسیژن محلول	درجه حرارت	کل جامدات	اسیدیته	نیترات	فسفات	کدورت	اکسیژن بیوشیمیایی	کلی فرم مدفوعی
NSFWQI	۱									
اکسیژن محلول	۰/۳۷**	۱								
درجه حرارت	-۰/۶۲ **	-۰/۸۱ **	۱							
کل جامدات	-۰/۵۷ **	-۰/۱۷ns	۰/۲۵۰*	۱						
اسیدیته	۰/۱۳ns	۰/۱۹ns	-۰/۰۸ns	-۰/۲۸**	۱					
نیترات	-۰/۷۴**	-۰/۳۷**	۰/۴۷**	۰/۵۸**	-۰/۴۰**	۱				
فسفات	-۰/۶۷**	-۰/۴۳**	۰/۵۵**	۰/۴۷**	-۰/۱۵ns	۰/۶۳**	۱			
کدورت	-۰/۰۹ns	۰/۰۹ns	-۰/۱۶ns	۰/۰۱ns	۰/۰۶ns	-۰/۰۹ns	-۰/۰۶ns	۱		
اکسیژن بیوشیمیایی	-۰/۶۴**	-۰/۵۴**	۰/۶۱**	۰/۱۷ns	-۰/۲۰ns	۰/۶۲**	۰/۵۴**	-۰/۱۹**	۱	
کلی فرم مدفوعی	-۰/۶۷**	-۰/۳۵**	۰/۴۵**	۰/۳۵**	-۰/۱۱ns	۰/۵۳**	۰/۸۵**	-۰/۰۴ns	۰/۵۰**	۱

**،* و ns: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری.

۳-۴- طبقه‌بندی کیفیت آب

طبقه‌بندی کیفیت آب رودخانه چهل‌چای بر اساس میانگین ماهانه شاخص NSFWQI و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در شکل (۶) نشان داده‌شده است. بر اساس این طبقه‌بندی رودخانه در تمامی ایستگاه‌ها در دسته متوسط کیفیت آب قرارگرفته و بارنگ زرد مشاهده می‌شود. از دلایل قرارگیری رودخانه چهل‌چای در کلاس متوسط کیفیت آب می‌توان به عواملی چون کاهش دبی رودخانه در فصل تابستان، افزایش فعالیت‌های تفریحی و تفرجی در محدوده رودخانه، پساب‌های کشاورزی و کشت غیراصولی در اراضی شیبدار، تخلیه فاضلاب‌های روستایی، پساب حاصل از استخر پرورش ماهی و تراکم بالای دام در منطقه اشاره کرد.



شکل ۶- طبقه‌بندی کیفیت آب در رودخانه چهل‌چای

۳-۵- اولویت‌بندی مکانی شاخص NSFWQI

بر اساس نتایج جدول (۵) زیرحوضه سوم بیش‌ترین درصد اثرگذاری شاخص کیفیت آب و زیرحوضه پنجم کم‌ترین درصد اثرگذاری را به خود اختصاص می‌دهند. مساحت زیرحوضه‌ها، اولویت‌بندی شاخص کیفیت آب را تحت تأثیر قرارداده است.

جدول ۵- ضرایب تأثیر اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر کیفیت آب رودخانه چهل‌چای

زیرحوضه	مساحت زیرحوضه (هکتار)	مقادیر شاخص NSFWQI	متوسط شاخص در هر زیرحوضه	ضرایب اولویت‌بندی (F_n/٪)	اولویت‌بندی بر اساس ضریب
اول	۵۱۸۲	۵۹	۱۱/۹۰	۷۴/۲۵	۴
دوم	۴۷۱۷	۶۸	۱۲/۴۸	۸۷/۵۲	۲
سوم	۱۹۸۲	۶۳	۴/۸۶	۹۱/۶۷	۱
چهارم	۷۱۲۶	۶۶	۱۸/۳۱	۷۵/۱۹	۳
پنجم	۶۶۷۵	۶۱	۱۵/۸۵	۷۱/۱۸	۵
مجموع	۲۵۶۸۲	-	۶۳/۴۲	-	-

اولویت‌بندی زیر حوضه‌های آبخیز چهل‌چای بدین‌صورت است که زیرحوضه اول با میزان ۷۴/۲۵ درصد رتبه چهارم، زیرحوضه دوم با میزان ۸۷/۵۲ درصد رتبه دوم، زیرحوضه سوم با میزان ۹۱/۶۷ درصد رتبه اول، زیرحوضه چهارم با میزان ۷۵/۱۹ درصد رتبه سوم و زیرحوضه پنجم با میزان ۷۱/۱۸ درصد رتبه آخر را به خود اختصاص داده‌اند. این نتایج نشان می‌دهند که با توجه به مساحت، زیرحوضه سوم از وضعیت کیفی بهتر و زیرحوضه پنجم از وضعیت کیفی بدتر نسبت به دیگر زیرحوضه‌ها برخوردار هستند، با این تفاوت که بدون در نظرگرفتن واحد سطح، زیرحوضه اول از شرایط بدتر و زیرحوضه دوم از شرایط بهتری نسبت به دیگر زیرحوضه‌ها برخوردار بودند.

۴- نتیجه‌گیری

رودخانه چهل‌چای بر اساس پنج هدف مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج اصلی آن به شرح زیر می‌باشد:

۱- هر یک از پارامترها با توجه به نمودارهای استاندارد تهیه‌شده شاخص دارای یک ارزش کیفی (Q_i) هستند که اثرگذارترین پارامترها در کاهش کیفیت آب در طول دوره نمونه‌برداری کدورت، کلی‌فرم مدفوعی، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی، درجه حرارت و جامدات کل می‌باشند.

۲- میزان شاخص کیفیت آب در ماه‌های نمونه‌برداری بین سه کلاس بد (۲ درصد)، متوسط (۹۱ درصد) و خوب (۷ درصد) متغیر بوده است. بهترین وضعیت شاخص در فصل زمستان در ایستگاه دوم با بیشترین مقدار عددی (۷۲) در دسته آب‌های خوب و بدترین وضعیت شاخص در فصل تابستان با کمترین مقدار (۴۸) در دسته آب‌های بد قرارگرفته است.

۳- با توجه به آزمون همبستگی بین مشخصه‌های کیفیت آب نشان داده شد که با افزایش پارامترهای نیترات، فسفات، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی، کلی فرم مدفوعی، کل جامدات، درجه حرارت و کاهش اکسیژن محلول، شاخص کیفیت آب کاهش پیداکرده است.

۴- طبقه‌بندی کیفیت آب رودخانه براساس میانگین ماهانه شاخص در تمامی ایستگاه‌ها در کلاس متوسط کیفی آب قرارگرفته است.

۵- به‌منظور اولویت‌بندی شاخص کیفیت آب با توجه به مساحت زیرحوضه‌ها، زیرحوضه سوم از وضعیت کیفی بهتر و زیرحوضه پنجم (خروجی حوضه) از وضعیت کیفی بدتر نسبت به دیگر زیرحوضه برخوردار بوده‌اند.

۵- تشکر و قدردانی

با تشکر از کلیه همکاران که در تحقق پژوهش حاضر همکاری داشته‌اند. بدین‌وسیله اعلام می‌گردد مقاله حاضر از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نفر اول نویسندگان تهیه گردیده است.

References

Abtahi M., Golchinpour N., Yaghmaeian K., Rafiee M., Jahangiri-rad M., Keyani A. and Saeedi R. (2015). A modified drinking water quality index (DWQI) for assessing drinking source water quality in rural communities of Khuzestan Province, Iran. Ecol. Indicat., 53, 283-91 [In Persian].

Clescerl S.l., Greenberg A.E. and Eaton, A.D. (2005). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21st ed., American Water Works Association, DC.

Hajiannejad M. and Rahsapar A. (2010). Investigating the effect of wastewater and wastewater treatment on water quality parameters of Zayandehrood River. J. Res. Health Sys., 6, 821-828 [In Persian].

Hooshmand A., Delgandi M. and Sied Kaboli H. (2008). Zoning of water quality on Karoon river bases on WQI index with GIS. 2nd congress on environmental Eng. Proceeding. Tehran University.

House M. A. and Newsome D. H. (1989). Water quality indices for the management of surface water quality. Water Sci., 21, 1137-1148.

Javid A. H., Mirbagheri S. A. and Karimian A. (2014). Assessing Dez Dam reservoir water quality by application of WQI and TSI indices. Iran. J. Health Environ., 7(2), 133-142 [In Persian].

Jonnalagadda S. B. and Mhere G. (2001). Water quality of the Odzi River in the eastern highlands of Zimbabwe. Water Res., 35, 2371-2376.

Katiraie G. H. (2001). Usage of GIS for flood zoning of rivers, Case study: Sefidrood River. Dissertation for Master of River Engineering. School Electrical and Power Industry of Tehran. 87 pages.

Liou S. M., Lo S. L. and Hu C. Y. (2003). Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. Water Res., 37, 1406- 1416.

Muangthong S. (2015). Assessment of surface quality using multivariate statistical techniques: A case of the Nampong River basin, Thailand. J. Indust. Technol., 11(1), 25-73.

Nasir Ahmadi K., Yousefi Z. and Tarseli A. (2012). qualification zoning of the haraz river according to NSFWQI index. J. Mazandaran Univ. Med. Sci., 22(92), 64-71 [In Persian].

Nor-Azalina R., Mohd-hafiz Z. and Rosmina A. (2012). Salak River water quality identification and classification according to physicochemical characteristics. Proc. Eng. J., 50, 69-77.

Pote S. E., Singal S. K. and Srivastava D. K. (2012). Assessment of surface water quality of Godaraei River at Aurangabad. Asian J. Water, Environ. Pollut., 9(1), 117-122.

Rahmani A. (2006). Study on pollution reduction methods of the SiminaRood River. Environmental Directorate of Hamedan. Research report. [In Persian].

Razzaz M., Roshanfekri A. and Ghorbani F. (2007). Study of Maroon river water quality by using Water Quality Indexes (WQI). International conference on River Engineering, Ahwaz, 7, 197-204 [In Persian].

Sadeghi M., Bay A., Bay N., Soflaie N., Mehdinejad M. and Mallah M. (2015). The effect of agriculture drainage on water quality of the zaringol in Golestan province by the water quality index. Iran. J. Res. Environ. Health, 1(3), 177-185 [In Persian].

Sanchez E., Colmenarejo M., Vicente J., Garci A., Travioeso L. and Borja R. (2007). Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecol. Indicat., 7, 315-328.

Shokohi R., Hosseinzadeh A., Roshanaie Q. A., Alipour M. and Hosseinzadeh S. (2011). Assessment water quality of the lake Aydamghoush dam behind using of NSFWQI and change quality parameters. J. Health Environ., 4, 439-450 [In Persian].

Zandbergen P. A. and Hall K. I. (1988). Analysis of the British Columbia water quality index for watershed Managers: a case study of two small watersheds. Water Qual. Res, Canada, 33,519-525.

Role of Sub-Basin in Water Quality of Chehelchay River

Javad Shirzadnia[1], Ali Heshmatpour[2*], Aboalhasan Fathabady[2] and Reza Akbari[3]

[1]M. Sc., Department of Watershed management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad-E Kavous University, Gonbad-E Kavous, Iran

[2] Asistant Prof., Department of Watershed management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad-E Kavous University, Gonbad-E Kavous, Iran

[3] Asistant Prof., Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Gonbad-E Kavous University, Gonbad-E Kavous, Iran

***Corresponding author:** Heshmatpoor@gonbad.ac.ir

Original Paper

Received: December 20, 2017 **Accepted:** January 20, 2018

Abstract

Nowadays, one of the serious concerns in water resources management is the limitations of utilization due to the reduction of water quality caused by human activities. Temporal and spatial routing of water quality is necessary for planning water resource management. The purpose of this study is to evaluate the quality of water resources of Chehelchay River using NSFWQI index. Sampling of water was done monthly during a blue year from October 2015 to September 2016 from 5 stations in the outlet of the sub basins. Dissolved oxygen, total solids, nitrate, phosphate, temperature, biochemical oxygen demand, pH, turbidity, fecal coliform parameters were tested using standard methods. The NSFWQI index was calculated based on the data obtained from the sampling procedure. Then, the water quality from the spatial location on the river route was classified into five classes (from very bad to excellent) using the GIS. The effect of each sub-area on rate of water quality index was defined and sub-basins were prioritized according to the percentage of effectiveness, respectively. The results showed that water quality samples was changing in different months according to NSFWQI index between the three classes of bad, middle and good. In different seasons of the year, the river was placed in the middle class in terms of water quality. The reasons of being located in the middle class in this category might be due to factors such as decreasing river debit in the summer, increasing recreational and leisure activities in the river boundaries, agricultural wastes and unprincipled cultivate in sloping lands, drainage of rural sewage, wastewater from fish breeding pool and high density of livestock trapped in the region. Therefore, the issue of water quality in this river, according to the results of the present research, should be considered by managers and planners of water resources management in the State.

Keywords: Chehelchay River; Geographic Information System; NSFWQI Index; Water Resources Management.