

ارزیابی کیفی رودخانه گرگان رود با استفاده از شاخص NSFQI در منطقه شهری گنبدکاووس

سولماز قاضیانی^۱، علی حشمت پور^{۲*}، معصومه فراستی^۳، فرامرز رستمی^۴

۱. کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس
۲. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس
۳. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس
۴. دانشیار گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گنبدکاووس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۰۱/۱۵)

چکیده

ایجاد یک برنامه کنترلی و منظم این امکان را فراهم می‌کند که راهکارهای مناسب به منظور کاهش آلودگی حوضه آبریز رودخانه‌ها و در نهایت، ارتقای وضعیت کیفی آب این منابع اتخاذ شود. هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی اثر فاضلاب شهری بر کیفیت رودخانه گرگان رود در منطقه شهرنشین گنبدکاووس است. نمونه‌برداری در فصل پاییز ۱۳۹۶ با تناوب دو هفته یکبار و در مجموع ۶ نمونه‌برداری از ۴ ایستگاه در حد فاصل سد گلستان تا خروجی رودخانه گرگان رود از شهر گنبدکاووس انجام شد. برای بررسی کیفیت رودخانه گرگان رود در محدوده مطالعاتی، از شاخص کیفی NSFQI استفاده شد. بر اساس فاکتورهای اندازه‌گیری شده، شاخص NSFQI برای ایستگاه‌های مطالعه شده محاسبه شد. نتایج نشان داد مقدار عددی این شاخص در ایستگاه ورودی شهر گنبدکاووس بیشترین مقدار را داشت ($p < 0/05$) و مقدار این شاخص از ایستگاه ورودی شهر به سمت ایستگاه خروجی شهر روند نزولی داشت که به ترتیب ۴۸/۱۷، ۴۲/۷۲، ۴۳/۰۶ و ۴۰/۹۴ به دست آمد. تفسیر مقدار عددی بر اساس شاخص NSFQI برای ایستگاه‌های مطالعه شده نشان می‌دهد کیفیت آب رودخانه گرگان رود در منطقه شهری گنبدکاووس از نوع بد بوده و رنگ مربوط به این شاخص نیز نارنجی است. عوامل دخیل در کاهش کیفیت آب رودخانه بر این اساس عوامل انسانی مانند تخلیه فاضلاب‌های شهری تصفیه نشده به رودخانه به دلیل نبود سیستم جمع‌آوری و تصفیه‌کننده فاضلاب، دفع و تجمع زباله‌ها در بستر رودخانه است.

کلیدواژگان: رودخانه گرگان رود، شرق استان گلستان، فاضلاب شهری، کیفیت منابع آب.

مقدمه

آب منبع حیاتی برای هر پدیده زیستی و انسانی بوده و یکی از منابع مهم پایه و اساسی برای توسعه کشورهاست [۱]. آب یکی از چالش‌های بزرگ قرن حاضر است که می‌تواند سرمنشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان باشد [۲]. امروزه، دسترسی به منابع آب شیرین و سالم از مسائل بسیار مهم در بیشتر کشورها از جمله منطقه خاورمیانه و کشور ایران است. ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان در زمره کشورهای با محدودیت منابع آب قلمداد می‌شود. حجم نزولات جوئی نسبت به خشکی‌های کره زمین به ازای هر کیلومتر مربع ۸۳۰ هزار مترمکعب است، در حالی که این میزان نسبت به وسعت خشکی‌های ایران فقط ۲۵۰ هزار مترمکعب است. از طرف دیگر، کلیه آب‌های موجود در ایران قابل استفاده نیست و درصد بالایی را آب‌های شور تشکیل می‌دهند که روزبه‌روز بر میزان آنها افزوده می‌شود. به همین دلیل، میزان این ماده حیاتی در ایران یکی از ارکان مهم توسعه کشور است که توسعه سایر بخش‌ها به بهره‌برداری پایدار آن بستگی دارد [۳]. در میان منابع آب، رودخانه‌ها از مهم‌ترین منابع تأمین آب هستند که برای مصارف شرب، کشاورزی، آبیاری، صنعت و... استفاده می‌شوند [۴]. رودخانه‌ها اکوسیستم‌هایی هستند که به دلیل تأثیری که بر توسعه تمدن انسان‌ها، رشد اقتصادی پایدار و کارکردها و یکپارچگی اکولوژیکی دارند، از منابع طبیعی مهم به شمار می‌روند. بنابراین، می‌توان این‌گونه بیان کرد که رودخانه‌ها یکی از عوامل مهم توسعه شهرها و تمدن بشری هستند و آب و انرژی را برای طبیعت و انسان‌ها فراهم می‌آورند. متأسفانه، به رغم نقش و اهمیت منحصر به فرد این اکوسیستم‌های حیاتی، این منابع طبیعی شگرف و خدادادی تحت تأثیر فشارهای اکولوژیکی انسان‌ها قرار داشته و بر اثر مصارف و فعالیت‌های انسانی، به شدت در معرض تهدید و آسیب قرار گرفته‌اند. در نتیجه، طی سالیان اخیر همراه با رشد فزاینده ساخت‌وسازهای غیراصولی و توسعه شهرنشینی و با بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع طبیعی شاهد تغییرات گسترده و چشمگیری در رودخانه‌ها هستیم که این امر موجب تغییرات شگرفی در جنبه‌های گوناگون کمی و کیفی رودخانه‌ها و سرزمین‌های حاشیه آن شده است [۵]. آلودگی رودخانه‌ها یکی از مشکلات مهم

دنیاى امروز و به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه است که کشور ایران نیز با این مشکل روبه‌روست [۶]. رودخانه گرگان‌رود یکی از سه رودخانه اصلی استان گلستان است که نقش پایه و اساسی در عرضه آب دارد و منبع مهمی برای تأمین آب استفاده‌شده برای مصارف صنعت، شرب، کشاورزی و دامداری است. بخشی از رودخانه گرگان‌رود از سد گلستان سرچشمه می‌گیرد، طی مسیر خود از میان منطقه شهرنشین گنبدکاووس عبور می‌کند که طی مسیر خود تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی آلوده می‌شود. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر، تأثیر فاضلاب شهری شهر گنبد بر کیفیت رودخانه گرگان‌رود با استفاده از شاخص NSFQI و بررسی حضور آلودگی شهری داخل رودخانه گرگان‌رود است.

مواد و روش‌ها

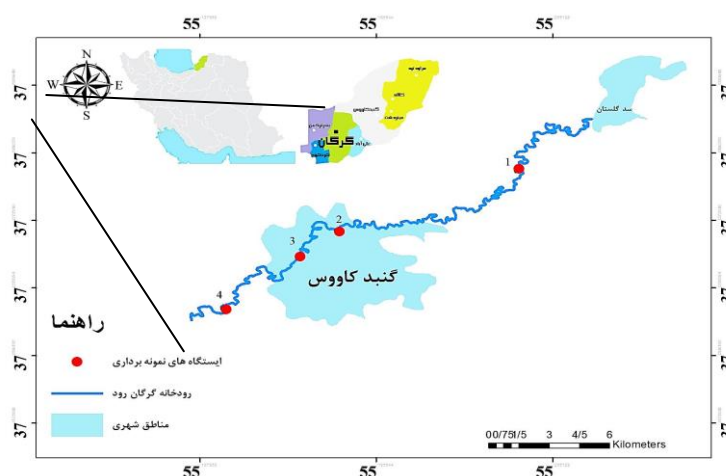
رودخانه گرگان‌رود از ارتفاعات گلی‌داغ و پارک ملی گلستان سرچشمه می‌گیرد و پس از گذشتن از گنبدکاووس و آق‌قلا در غرب خواجه‌نفس به دریای خزر می‌ریزد. این رودخانه در قسمت جنوب شرقی دریای خزر واقع شده است. جهت جریان آب رودخانه یادشده از شرق به غرب است. در مطالعه حاضر چهار ایستگاه در منطقه گنبدکاووس انتخاب شد (جدول ۱)، ایستگاه اول قبل از ورود به شهر گنبدکاووس و در نزدیکی روستای آق‌آباد، ایستگاه دوم پل آخوندآباد بعد از ورودی اولین فاضلاب شهری، ایستگاه سوم پل گدم‌آباد بعد از ورودی دومین فاضلاب شهری و ایستگاه چهارم خروجی شهر گنبدکاووس قبل از تلاقی رودخانه گرگان‌رود با رودخانه چهل‌چای انتخاب شد (شکل ۱).

برای مطالعه تأثیرات ناشی از ورود فاضلاب شهری بر کیفیت رودخانه گرگان‌رود، پس از بازدید میدانی، با توجه به منابع تولید آلاینده در منطقه، مکان ورود آلاینده‌ها و نیز امکان نمونه‌برداری از آب رودخانه، تعداد ۴ ایستگاه برای نمونه‌برداری در طول رودخانه تعیین شد که موقعیت جغرافیایی آنها در جدول ۱ آمده است. نمونه‌برداری از ایستگاه‌های تعیین‌شده در فصل پاییز ۱۳۹۶ با تناوب دو هفته یک‌بار و در مجموع ۶ نمونه‌برداری از ۴ ایستگاه انجام شد. نمونه‌های برداشت‌شده بلافاصله برای اندازه‌گیری پارامترهای مطالعه‌شده تحت شرایط استاندارد به آزمایشگاه دانشگاه گنبدکاووس منتقل شده و در شرایط آزمایشگاهی

طبق روش استاندارد [۷] آزمایش شدند. پارامترهای آزمایش شده بر اساس شاخص کیفی NSFQI ۹ پارامتر است که شامل اکسیژن محلول، کلیفرم مدفوعی، اسیدیته، میزان مصرف اکسیژن بیولوژیکی، دمای آب، فسفات، نیترات، کدورت و کل جامدات محلول می‌شود. جدول ۲ پارامترهای اندازه‌گیری شده در مطالعه حاضر، روش اندازه‌گیری و دستگاه‌هایی که برای انجام این تحقیق به کار رفته است را نشان می‌دهد.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۵۵° ۰۰' ۳۵"	۳۷° ۱۷' ۵۳/۴۲"
۲	۵۵° ۱۰' ۱۱/۴۲"	۳۷° ۱۷' ۰۲/۸۰"
۳	۵۵° ۰۹' ۰۹/۰۰"	۳۷° ۱۵' ۱۸/۸۴"
۴	۵۵° ۰۷' ۱۰/۷۸"	۳۷° ۱۳' ۴۵/۰۷"



شکل ۱. نقشه ایستگاه‌های نمونه برداری طی رودخانه گرگان رود - منطقه گنبد کاووس

جدول ۲. پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده بر اساس شاخص کیفی NSFQI

پارامتر	روش اندازه‌گیری	دستگاه استفاده شده
اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر)	دستگاهی	Hach HQ40D پرتابل مدل
کلیفرم مدفوعی	دستگاهی	ENSURE PLUS
اسیدیته	دستگاهی	Hach HQ40D پرتابل مدل
میزان مصرف اکسیژن بیولوژیکی	دستگاهی	BOD سنج مدل BD 6
دما (درجه سانتی‌گراد)	دستگاهی	Hach HQ40D پرتابل مدل
فسفات (میلی گرم بر لیتر)	فتومتر	اسپکتروفوتومتر
نیترات (میلی گرم بر لیتر)	فتومتر	اسپکتروفوتومتر
کدورت (NTU)	دستگاهی	توربیدومتر
کل جامدات محلول (میلی گرم بر لیتر)	دستگاهی	Hach HQ40D پرتابل مدل

دادن مقدار شاخص در جدول رتبه‌بندی شاخص کیفی آب (جدول ۴) سطح کیفیت آب مد نظر تعیین می‌شود. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی کیفی رودخانه با استفاده از این شاخص از پنج رنگ اشاره شده در جدول ۴ استفاده می‌شود. در مطالعه حاضر از نرم‌افزار آنلاین شاخص NSFQI برای

برای محاسبه شاخص یادشده دو عامل وزن پارامتر و کیفیت پارامتر دخیل اند. مقدار نهایی هر زیرشاخص از $NSFWQI = \sum_{i=1}^n I_i \cdot W_i$ محاسبه شد. در این رابطه I_i مقدار مربوط به زیرشاخص (پارامتر کیفی) و W_i ضریب وزنی مربوط به زیرشاخص است (جدول ۳). سپس، با قرار

کل جامدات محلول در آبان ماه مشاهده شد که با ماه‌های مهر و آبان تفاوت معناداری داشت ($p < 0/05$). دمای آب از مهرماه به بعد روند نزولی داشت ($p < 0/05$) که قابل پیش‌بینی بود. میزان کدورت آب در آبان ماه زیاد بود که با ماه‌های مهر و آذر اختلاف معناداری مشاهده شد ($p < 0/05$). بر اساس فاکتورهای اندازه‌گیری شده، شاخص NSFQI برای ماه‌های پاییز ۱۳۹۶ در منطقه مطالعه شده محاسبه شد. نتایج این شاخص نشان داد در ماه‌های مهر، آبان و آذر تفاوت معناداری مشاهده نشد ($p > 0/05$) (شکل ۲).

محاسبه شاخص استفاده شد. برای معناداری بین پارامترها نیز از آزمون Duncan در سطح ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج

جدول ۵ میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در ماه‌های مختلف فصل پاییز ۱۳۹۶ در چهار ایستگاه منطقه شهری گنبدکاووس را نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر تفاوت معناداری در پارامترهای اکسیژن محلول، کلیفرم مدفوعی، اسیدیته و میزان فسفات مشاهده نشد ($p > 0/05$). بیشترین پارامترهای میزان مصرف اکسیژن بیولوژیکی و

جدول ۳. پارامترهای ارزیابی شده و فاکتور وزن نهایی در NSFQI

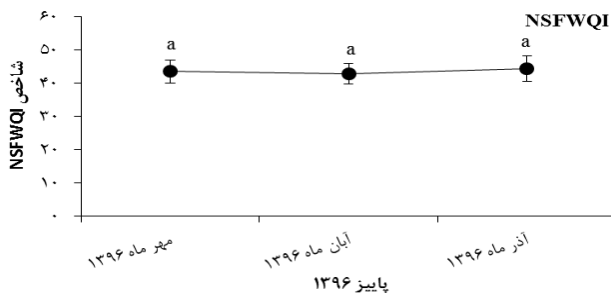
فاکتور وزنی	پارامتر آلودگی
۰/۱۷	اکسیژن محلول
۰/۱۶	کلیفرم مدفوعی
۰/۱۱	اسیدیته
۰/۱۱	میزان مصرف اکسیژن بیولوژیکی
۰/۱۰	نیتрат
۰/۱۰	فسفات
۰/۱۰	دما
۰/۰۸	کدورت
۰/۰۷	کل مواد جامد

جدول ۴. طبقه‌بندی شاخص (NSFWQI) بر اساس رنگ، کیفیت و مقادیر عددی شاخص

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

جدول ۵. پارامترهای اندازه‌گیری در ماه‌های فصل پاییز ۱۳۹۶ در منطقه شهری گنبدکاووس

پارامترهای اندازه‌گیری شده	فصل پاییز ۱۳۹۶		
	مهر ۱۳۹۶	آبان ۱۳۹۶	آذر ۱۳۹۶
اکسیژن محلول (mg/l)	۴/۶۵ ± ۳/۵۳ ^a	۳/۸۳ ± ۲/۲۸ ^a	۴/۵۳ ± ۵/۱۹ ^a
کلیفرم مدفوعی (N/100ml)	۴۶۴۰/۶۳ ± ۲۴۳۹/۲۲ ^a	۴۴۳۵/۸۸ ± ۲۳۷۴/۱۲ ^a	۴۲۸۹/۱۷ ± ۲۳۲۷/۴۰ ^a
اسیدیته	۷/۹۳ ± ۰/۲۶ ^a	۷/۹۵ ± ۰/۰۸ ^a	۷/۹۱ ± ۰/۱۲ ^a
میزان مصرف اکسیژن بیولوژیکی (mg/l)	۱۶/۳۷ ± ۵/۱۹ ^b	۲۲/۲۹ ± ۸/۰۱ ^b	۵۲/۹۱ ± ۳۲/۲۴ ^a
دمای آب (°C)	۲۴/۸۵ ± ۰/۷۴ ^a	۲۰/۵۶ ± ۰/۰۷ ^b	۱۸/۸۸ ± ۰/۶۸ ^c
فسفات (mg/l)	۰/۱۱ ± ۰/۰۹ ^a	۰/۱۰ ± ۰/۰۷ ^a	۰/۰۹ ± ۰/۰۴ ^a
نیترات (mg/l)	۰/۲۴ ± ۰/۲۳ ^a	۰/۰۵ ± ۰/۰۴ ^b	۰/۰۶ ± ۰/۰۲ ^b
کدورت (NTU)	۳۳/۴۰ ± ۱۳/۲۰ ^b	۶۵/۰۶ ± ۵۶/۷۰ ^a	۱۶/۲۴ ± ۵/۸۲ ^b
کل جامدات محلول (mg/l)	۳۵۲/۵۴ ± ۶۱/۹۵ ^b	۲۵۸/۸۳ ± ۴۵/۱۵ ^c	۴۲۲/۰۴ ± ۶۷/۹۰ ^a



شکل ۲. شاخص NSFQI برای ماه‌های پاییز ۱۳۹۶ در رودخانه گرگان رود و منطقه شهرنشین گنبد کاووس

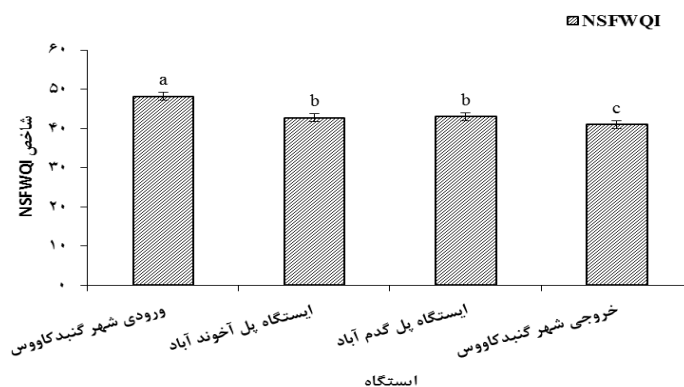
جدول ۶. میانگین، بیشینه و کمینه پارامترهای اندازه‌گیری در ایستگاه‌های مطالعه‌شده

زمان نمونه برداری	پارامتر	ایستگاه	انحراف معیار \pm میانگین	بیشینه	کمینه
پاییز ۱۳۹۶	اکسیژن محلول (mg/l)	ورودی گنبد کاووس	$11/41 \pm 1/82^a$	۱۳/۲۵	۸/۴۲
		پل آخوندآباد	$2/14 \pm 1/37^b$	۳/۷۲	۰/۷۸
		پل گدم‌آباد	$1/82 \pm 1/30^b$	۳/۱۲	۰/۵۱
	کلیفرم مدفوعی (N/100ml)	ورودی گنبد کاووس	$546/33 \pm 82/39^d$	۷۱۲/۰۰	۴۲۸/۰۰
		پل آخوندآباد	$5024/50 \pm 260/65^c$	۵۸۴۵/۰۰	۴۵۶۹/۰۰
		پل گدم‌آباد	$5540/67 \pm 408/07^b$	۶۱۵۸/۰۰	۴۸۲۵/۰۰
	خروجی گنبد کاووس	ورودی گنبد کاووس	$6593/94 \pm 199/22^a$	۶۸۸۹/۰۰	۶۳۱۵/۰۰
		پل آخوندآباد	$8/06 \pm 0/35^a$	۸/۵۳	۷/۷۱
		پل گدم‌آباد	$7/86 \pm 0/12^b$	۸/۰۲	۷/۵۶
	اسیدیته	ورودی گنبد کاووس	$7/83 \pm 0/07^b$	۷/۹۶	۷/۷۰
		پل آخوندآباد	$7/97 \pm 0/04^a$	۸/۰۲	۷/۹۰
		پل گدم‌آباد	$12/26 \pm 5/48^c$	۱۹/۱۲	۳/۴۲
میزان مصرف اکسیژن بیولوژیکی (mg/l)	ورودی گنبد کاووس	$42/74 \pm 35/93^a$	۱۱۰/۰۰	۱۶/۲۰	
	پل آخوندآباد	$26/25 \pm 11/57^{bc}$	۴۵/۰۰	۱۷/۴۱	
	پل گدم‌آباد	$40/57 \pm 23/01^{ab}$	۷۷/۱۱	۱۸/۱۲	
دمای آب ($^{\circ}C$)	ورودی گنبد کاووس	$21/47 \pm 2/74$	۲۵/۵۰	۱۸/۰۰	
	پل آخوندآباد	$21/30 \pm 2/48$	۲۵/۰۰	۱۸/۲۰	
	پل گدم‌آباد	$21/58 \pm 2/69$	۲۶/۱۰	۱۸/۵۰	
فسفات (mg/l)	ورودی گنبد کاووس	$21/35 \pm 2/69$	۲۵/۴۰	۱۸/۳۰	
	پل آخوندآباد	$0/07 \pm 0/06^b$	۰/۲۵	۰/۰۱	
	پل گدم‌آباد	$0/09 \pm 0/04^b$	۰/۱۵	۰/۰۳	
نیترات (mg/l)	ورودی گنبد کاووس	$0/10 \pm 0/07^b$	۰/۲۳	۰/۰۱	
	پل آخوندآباد	$0/14 \pm 0/04^a$	۰/۲۱	۰/۰۸	
	پل گدم‌آباد	$0/05 \pm 0/03^b$	۰/۱۲	۰/۰۱	
کدورت (NTU)	ورودی گنبد کاووس	$0/14 \pm 0/12^{ab}$	۰/۵۹	۰/۰۲	
	پل آخوندآباد	$0/10 \pm 0/11^{ab}$	۰/۳۳	۰/۰۱	
	پل گدم‌آباد	$0/17 \pm 0/22^a$	۰/۶۴	۰/۰۲	
کل جامدات محلول (mg/l)	ورودی گنبد کاووس	$16/19 \pm 5/27^b$	۲۵/۳۰	۹/۲۳	
	پل آخوندآباد	$30/41 \pm 16/60^b$	۵۹/۸۷	۱۲/۴۵	
	پل گدم‌آباد	$29/46 \pm 12/11^b$	۴۷/۰۰	۱۳/۲۵	
خروجی گنبد کاووس	ورودی گنبد کاووس	$66/87 \pm 59/98^a$	۱۹۹/۰۰	۲۲/۵۸	
	پل آخوندآباد	$375/94 \pm 88/60^a$	۵۶۲/۰۰	۲۸۴/۰۰	
	پل گدم‌آباد	$383/00 \pm 73/56^a$	۴۹۶/۰۰	۲۷۴/۰۰	
خروجی گنبد کاووس	پل گدم‌آباد	$351/89 \pm 64/28^{ab}$	۴۸۹/۰۰	۲۵۸/۰۰	
	خروجی گنبد کاووس	$316/00 \pm 74/90^b$	۴۵۶/۰۰	۲۱۲/۰۰	

ایستگاه خروجی شهر گنبد کاووس بیشترین مقدار را داشت که با ایستگاه ورودی شهر گنبد کاووس تفاوت معناداری داشت ($p < 0/05$). بیشترین مقدار کل جامدات محلول در ورودی شهر به سمت خروجی شهر کاهش نشان داد که در سه ایستگاه اول (ورودی شهر، پل آخوندآباد و پل گدم آباد) تفاوت معناداری مشاهده نشد ($p > 0/05$) و کمترین مقدار آن نیز در خروجی شهر گنبد کاووس مشاهده شد که تفاوت معناداری با ورودی شهر داشت ($p < 0/05$).

بر اساس فاکتورهای اندازه‌گیری شده، شاخص NSFQI برای ایستگاه‌های مطالعه شده محاسبه شد. نتایج نشان داد مقدار عددی این شاخص در ایستگاه ورودی شهر گنبد کاووس بیشترین مقدار را داشت ($0/05 < p$) و مقدار این شاخص از ایستگاه ورودی شهر به سمت ایستگاه خروجی شهر روند نزولی داشت (شکل ۳). تفسیر مقدار عددی بر اساس شاخص NSFQI برای ایستگاه‌های مطالعه شده نشان می‌دهد کیفیت آب رودخانه گرگان‌رود در منطقه شهری گنبد کاووس از نوع بد بوده و رنگ مربوط به این شاخص نیز نارنجی است.

در جدول ۶ میانگین، بیشینه و کمینه پارامترهای اندازه‌گیری شده در فصل پاییز ۱۳۹۶ از رودخانه گرگان‌رود در منطقه شهرنشین گنبد کاووس و ایستگاه‌های مطالعه شده ارائه شده است، نتایج مطالعه حاضر نشان داد مقدار اکسیژن محلول در ایستگاه ورودی شهر گنبد بیشترین مقدار را داشت که نسبت به سه ایستگاه دیگر (پل آخوندآباد، پل گدم آباد و خروجی شهر گنبد) کاملاً معنادار بود ($p < 0/05$). میزان کلیفرم مدفوعی در ایستگاه چهارم بیشترین مقدار را داشت که با ایستگاه‌های دیگر تفاوت معناداری داشت و کمترین میزان آن نیز در ایستگاه ورودی شهر مشاهده شد ($p < 0/05$). مقدار اسیدیته در ایستگاه‌های ورودی شهر و خروجی شهر بیشترین مقدار را داشت که با دو ایستگاه وسط شهر (پل آخوندآباد و پل گدم آباد) تفاوت معناداری را نشان داد ($p < 0/05$). میزان مصرف اکسیژن بیولوژیکی در ایستگاه پل آخوندآباد بیشترین مقدار را داشت و در ایستگاه ورودی شهر کمترین مقدار بود که اختلاف کاملاً معناداری با هم داشتند ($0/05 < p$). دمای آب در همه ایستگاه‌ها تفاوت معناداری نداشتند ($p > 0/05$). مقدار فسفات، نیترات و کدورت در



شکل ۳. شاخص NSFQI برای ایستگاه‌های مطالعه شده رودخانه گرگان‌رود در منطقه شهرنشین گنبد کاووس

اسیدیته در ایستگاه ورودی شهر مشاهده شد و در این ماه‌ها کمترین مقدار آن نیز در ایستگاه‌های داخل شهر (پل آخوندآباد و پل گدم آباد) مشاهده شد ($p < 0/05$). میزان مصرف اکسیژن بیولوژیکی از مهرماه به سمت آبان‌ماه در همه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه ورودی شهر افزایش داشت، اما این افزایش در ایستگاه‌های ورودی شهر و پل آخوندآباد معنادار نبود و این افزایش در ایستگاه پل گدم آباد و خروجی شهر در آذرماه معنادار بود ($p < 0/05$).

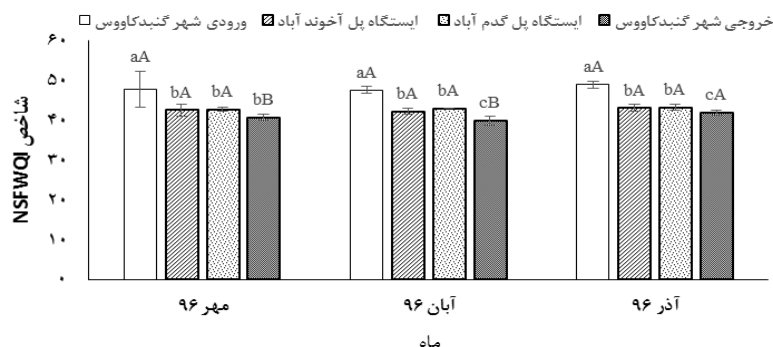
مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده در ماه‌های فصل پاییز ۱۳۹۶ و ایستگاه‌های مطالعه شده نشان داد بیشترین مقدار اکسیژن محلول در ماه‌های مهر، آبان و آذر ۱۳۹۶ در ایستگاه ورودی شهر مشاهده شد ($p < 0/05$) و بیشترین مقدار کلیفرم مدفوعی نیز در ماه‌های فصل پاییز در ایستگاه خروجی شهر گنبد کاووس به دست آمد ($0/05 < p$). میزان اسیدیته در مهرماه بین ایستگاه‌ها تفاوتی مشاهده نشد ($p > 0/05$) در آبان و آذرماه بیشترین میزان

گدم آباد مشاهده شد ($p < 0.05$). بیشترین میزان کدورت نیز در همه ماهها در ایستگاه خروجی شهر مشاهده شد ($p < 0.05$). بیشترین مقدار کل جامدات محلول در ماه مهر در ایستگاه پل آخوندآباد به دست آمد ($p < 0.05$) و در ماههای آبان و آذر در ایستگاه ورودی شهر بیشترین مقدار را داشت ($p < 0.05$) (جدول ۷).

دمای آب از مهرماه به سمت آبان ماه در همه ایستگاهها کاهش معناداری داشت ($p < 0.05$). در آبان ماه در بین ایستگاهها تفاوت معناداری مشاهده شد ($p < 0.05$). مقدار فسفات در همه ماهها در ایستگاه خروجی شهر مشاهده شد ($p < 0.05$). بیشترین مقدار نترات در مهر و آبان در خروجی شهر به دست آمد و در آذرماه نیز در ایستگاه پل

جدول ۷. مقایسه پارامترهای اندازه گیری در ماههای فصل پاییز ۱۳۹۶ و ایستگاههای مطالعه شده

پارامترهای اندازه گیری شده	ایستگاه	فصل پاییز ۱۳۹۶		
		مهر ۱۳۹۶	آبان ۱۳۹۶	آذر ۱۳۹۶
اکسیژن محلول (mg/l)	ورودی گنبد کاووس	۱۰/۴۶ ± ۰/۱۵ ^{ba}	۱۰/۶۸ ± ۰/۱۵ ^{ba}	۱۳/۰۹ ± ۰/۱۵ ^{aa}
	پل آخوندآباد	۳/۶۶ ± ۰/۰۶ ^{ab}	۱/۹۲ ± ۱/۲۴ ^{bb}	۰/۸۳ ± ۰/۰۲ ^{cc}
	پل گدم آباد	۳/۰۹ ± ۰/۰۴ ^{ac}	۱/۷۹ ± ۱/۳۹ ^{bb}	۰/۵۸ ± ۰/۰۶ ^{cd}
	خروجی گنبد کاووس	۱/۴۰ ± ۰/۰۴ ^{cd}	۲/۰۸ ± ۰/۳۸ ^{bb}	۳/۶۰ ± ۰/۱۳ ^{ab}
کلیفرم مدفوعی (N/100ml)	ورودی گنبد کاووس	۶۳۳/۰۰ ± ۶۴/۷۱ ^{ad}	۵۴۱/۶۷ ± ۳۱/۱۹ ^{bd}	۴۶۴/۳۳ ± ۲۸/۵۳ ^{cd}
	پل آخوندآباد	۵۲۷۹/۸۳ ± ۲۸۶/۵۱ ^{ac}	۴۹۴۲/۸۳ ± ۶۲/۹۴ ^{bc}	۴۸۵/۸۳ ± ۱۵۰/۰۶ ^{bc}
	پل گدم آباد	۵۸۳۹/۱۷ ± ۳۷۵/۸۳ ^{ab}	۵۳۳۴/۶۷ ± ۴۷۷/۸۹ ^{bb}	۵۴۴۸/۱۷ ± ۱۶۸/۰۶ ^{ab}
	خروجی گنبد کاووس	۶۸۱۰/۵۰ ± ۶۴/۲۸ ^{aa}	۶۵۷۸/۰۰ ± ۱۳۸/۵۹ ^{ba}	۶۳۹۳/۳۳ ± ۸۲/۰۵ ^{ca}
اسیدیته	ورودی گنبد کاووس	۸/۱۲ ± ۰/۴۴ ^{aa}	۸/۰۶ ± ۰/۰۳ ^{aa}	۸/۰۱ ± ۰/۱۱ ^{aa}
	پل آخوندآباد	۷/۸۳ ± ۰/۲۰ ^{aa}	۷/۸۸ ± ۰/۰۶ ^{ac}	۷/۸۶ ± ۰/۰۶ ^{ab}
	پل گدم آباد	۷/۸۲ ± ۰/۰۱ ^{ba}	۷/۹۰ ± ۰/۰۴ ^{ac}	۷/۷۶ ± ۰/۰۵ ^{cc}
	خروجی گنبد کاووس	۷/۹۳ ± ۰/۰۲ ^{ca}	۷/۹۷ ± ۰/۰۵ ^{bb}	۸/۰۱ ± ۰/۰۱ ^{aa}
میزان مصرف اکسیژن بیولوژیکی (mg/l)	ورودی گنبد کاووس	۱۰/۹۶ ± ۸/۲۳ ^{ab}	۱۶/۳۷ ± ۱/۶۲ ^{ab}	۹/۴۴ ± ۰/۰۶ ^{bd}
	پل آخوندآباد	۱۶/۸۳ ± ۰/۰۶ ^{ba}	۲۱/۱۰ ± ۳/۹۷ ^{bb}	۹۰/۲۹ ± ۱۷/۱۲ ^{aa}
	پل گدم آباد	۱۷/۹۰ ± ۰/۵۵ ^{ba}	۱۸/۸۳ ± ۱/۴۵ ^{bb}	۴۲/۰۴ ± ۱/۹۰ ^{ac}
	خروجی گنبد کاووس	۱۹/۷۹ ± ۱/۷۸ ^{ca}	۳۲/۰۵ ± ۱۰/۴۹ ^{ba}	۶۹/۸۶ ± ۷/۲۲ ^{ab}
دمای آب (°C)	ورودی گنبد کاووس	۲۵/۸۵ ± ۰/۵۵ ^{aa}	۲۰/۶۰ ± ۰/۰۰ ^{ba}	۱۸/۸۰ ± ۰/۸۸ ^{ca}
	پل آخوندآباد	۲۴/۵۰ ± ۰/۵۵ ^{aa}	۲۰/۵۵ ± ۰/۰۵ ^{bab}	۱۸/۸۵ ± ۰/۷۱ ^{ca}
	پل گدم آباد	۲۵/۰۵ ± ۱/۱۵ ^{aa}	۲۰/۵۵ ± ۰/۰۵ ^{bab}	۱۹/۱۵ ± ۰/۷۱ ^{ca}
	خروجی گنبد کاووس	۲۴/۸۵ ± ۰/۰۶ ^{aa}	۲۰/۵۰ ± ۰/۱۱ ^{bb}	۱۸/۷۰ ± ۰/۴۴ ^{ca}
فسفات (mg/l)	ورودی گنبد کاووس	۰/۱۳ ± ۰/۰۷ ^{aa}	۰/۰۲ ± ۰/۰۱ ^{bb}	۰/۰۵ ± ۰/۰۱ ^{bb}
	پل آخوندآباد	۰/۰۶ ± ۰/۰۲ ^{bb}	۰/۰۹ ± ۰/۰۴ ^{ab}	۰/۱۲ ± ۰/۰۳ ^{aa}
	پل گدم آباد	۰/۱۰ ± ۰/۰۶ ^{ab}	۰/۱۴ ± ۰/۰۸ ^{aa}	۰/۰۶ ± ۰/۰۴ ^{ab}
	خروجی گنبد کاووس	۰/۱۴ ± ۰/۰۶ ^{aa}	۰/۱۵ ± ۰/۰۳ ^{aa}	۰/۱۵ ± ۰/۰۱ ^{aa}
نترات (mg/l)	ورودی گنبد کاووس	۰/۰۶ ± ۰/۰۴ ^{ab}	۰/۰۲ ± ۰/۰۱ ^{bb}	۰/۰۶ ± ۰/۰۱ ^{ab}
	پل آخوندآباد	۰/۳۴ ± ۰/۲۵ ^{aa}	۰/۰۴ ± ۰/۰۳ ^{bab}	۰/۰۵ ± ۰/۰۱ ^{bb}
	پل گدم آباد	۰/۱۸ ± ۰/۱۷ ^{ab}	۰/۰۳ ± ۰/۰۳ ^{bab}	۰/۰۸ ± ۰/۰۳ ^{ab}
	خروجی گنبد کاووس	۰/۳۸ ± ۰/۲۸ ^{aa}	۰/۰۸ ± ۰/۰۶ ^{ba}	۰/۰۶ ± ۰/۰۳ ^{bb}
کدورت (NTU)	ورودی گنبد کاووس	۲۲/۴۰ ± ۱/۹۳ ^{ac}	۱۳/۸۴ ± ۳/۱۱ ^{bb}	۱۲/۳۳ ± ۳/۲۲ ^{bb}
	پل آخوندآباد	۲۶/۸۱ ± ۲/۰۴ ^{cb}	۵۱/۱۷ ± ۶/۷۳ ^{ab}	۱۳/۲۴ ± ۰/۸۱ ^{cb}
	پل گدم آباد	۳۳/۷۱ ± ۲/۲۸ ^{bc}	۴۰/۶۷ ± ۵/۷۶ ^{ab}	۱۴/۰۲ ± ۱/۲۷ ^{cb}
	خروجی گنبد کاووس	۵۰/۶۹ ± ۱۵/۲۳ ^{ba}	۱۲۴/۵۳ ± ۷۴/۹۸ ^{aa}	۲۵/۳۹ ± ۲/۷۷ ^{ba}
کل جامدات محلول (mg/l)	ورودی گنبد کاووس	۳۰/۱۵۰ ± ۱۲/۷۶ ^{bb}	۳۳۹/۱۷ ± ۱۳/۵۰ ^{ba}	۴۸۷/۱۷ ± ۵۶/۸۳ ^{aa}
	پل آخوندآباد	۴۲۰/۸۳ ± ۷۲/۰۸ ^{aa}	۳۰۵/۸۳ ± ۲۸/۸۸ ^{bab}	۴۲۲/۳۳ ± ۴۰/۵۹ ^{ab}
	پل گدم آباد	۳۵۷/۶۷ ± ۷/۴۵ ^{ab}	۲۹۵/۰۰ ± ۴۰/۲۱ ^{bb}	۴۰۳/۰۰ ± ۷۲/۹۲ ^{ab}
	خروجی گنبد کاووس	۳۳۰/۱۷ ± ۵۲/۶۹ ^{ab}	۲۳۸/۱۷ ± ۲۱/۸۶ ^{bc}	۳۷۹/۶۷ ± ۵۷/۷۷ ^{ab}



شکل ۴. شاخص NSFQI در ماه‌های مختلف برای ایستگاه‌های مطالعه‌شده رودخانه گرگان‌رود
*حروف کوچک نشان‌دهنده تفاوت معناداری بین ایستگاه‌های هر ماه است.
*حروف بزرگ نشان‌دهنده تفاوت معناداری هر ایستگاه در ماه‌های مختلف است.

اثر هر پارامتر در شاخص اصلی اتخاذ می‌شود. شاخص NSFQI به دلیل استفاده از روش وزن‌دهی، سادگی، دقت زیاد، وسعت کاربرد، در دسترس بودن پارامترهای مورد نیاز به‌عنوان شاخص مناسب برای ارزیابی کیفی آب‌های سطحی شناخته شده است [۱۰]. همچنین، از میان شاخص‌های عمومی کیفی آب، شاخص NSFQI مشکلات کمتری داشته و بیشتر استفاده شده است و مزایای این روش، سادگی و در دسترس بودن مشخصه‌های کیفی استفاده شده است که بیشتر در سنجش‌های کیفی به‌دست می‌آید [۱۱]. بر اساس شاخص NSFQI در این مطالعه مشخص شد که در فصل پاییز ۱۳۹۶ کیفیت آب رودخانه گرگان‌رود در منطقه شهرنشین گنبدکاووس در حد بد است. پارامترهای تأثیرگذار در این شاخص که سبب کاهش این شاخص شده است، شامل پارامتر کل جامدات، کدورت، نیترات، فسفر، دما و کلیفرم مدفوعی بوده است. دلیل قرارگیری کیفیت آب در طبقه بد، مقدار تقریباً زیاد مواد مغذی به‌خصوص نیترات و وجود کلیفرم گرمپای است که از زه‌آب‌های کشاورزی و فعالیت‌های تفریحی و دامداری در بالادست شهر گنبد نشئت گرفته و وجود فاضلاب‌های شهر گنبد نیز ناشی از نبود سیستم جمع‌آوری و تصفیه‌کننده فاضلاب شهری است که به سبب ورود به رودخانه گرگان‌رود موجب کیفیت بد این رودخانه شده است. این روند در ماه‌های مختلف فصل پاییز ۱۳۹۶ ادامه داشت و شاخص NSFQI از ایستگاه ورودی شهر به سمت خروجی شهر کاهش محسوس داشت و روند کیفیت آب به سوی بدتر شدن پیش می‌رفت. در ایران

بر اساس فاکتورهای اندازه‌گیری‌شده، شاخص NSFQI برای ایستگاه‌های مطالعه‌شده در ماه‌های فصل پاییز محاسبه شد، نتایج مطالعه نشان داد در هر سه ماه مهر، آبان و آذر بیشترین مقدار این شاخص در ورودی شهر به دست آمد و در ایستگاه خروجی شهر نیز کمترین مقدار را داشت ($p < 0.05$). نتایج شاخص نشان داد مقدار عددی این شاخص بین عدد ۴۰ تا ۵۰ بود و تفسیر مقدار عددی بر اساس شاخص NSFQI برای ایستگاه‌های مطالعه‌شده نشان داد کیفیت آب رودخانه گرگان‌رود در منطقه شهرنشین گنبدکاووس در هر سه ماه فصل پاییز ۱۳۹۶ از نوع بد بوده و رنگ مربوط به این شاخص نیز نارنجی است (شکل ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

رودخانه‌ها و آب‌های جاری از دیرباز مورد نیاز و توجه جوامع بشری بوده‌اند و برای بهره‌بردن از منابع آب، معمولاً شهرها و مراکز صنعتی و کشاورزی در نزدیکی رودخانه‌ها برپا شده‌اند [۸]. رشد جمعیت و آلودگی‌های ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه محل‌های دفع زباله و رواناب‌های سطحی سبب گسترش آلودگی و محدودتر شدن منابع آب می‌شود [۹]. در شاخص NSFQI برای منظور کردن میزان اثر هر پارامتر به هر یک از آنها یک وزن یا ارزش عددی نسبت داده می‌شود. به کار بردن برگ خرید وزنی برای هر پارامتر در ساختار شاخص اصلی و یا زیرشاخص تشکیل‌دهنده آن سبب افزایش دقت این شاخص می‌شود، این برگ خریدهای وزنی بر اساس درجه اهمیت و میزان

استان آذربایجان شرقی و هراز مازندران با استفاده از شاخص NSFQI کیفیت رودخانه‌های مطالعه شده را متوسط ارزیابی کردند. در مطالعات دیگری کاظمی و همکاران [۱۷] و طهماسبی و همکاران [۱۸] رودخانه‌های لنگرود رودخان و رودخانه گرگر شوشتر کیفیت آب آنها را به وسیله این شاخص متوسط تا بد ارزیابی کردند. در مطالعه حاضر نیز کیفیت آب با شاخص NSFQI بد ارزیابی شد که در مقایسه با سایر مطالعات، وضعیت نامناسبی داشت.

مطالعاتی روی شاخص NSFQI صورت گرفته است که در جدول ۸ ارائه شده است. نتایج مطالعات روی رودخانه‌های بابلرود و رودخانه دو هزار مازندران و رودخانه کارون در خوزستان نشان داد کیفیت آب این رودخانه‌ها بر اساس این شاخص خوب، متوسط تا بد به دست آمد که نشان می‌دهد کیفیت این رودخانه‌ها به سمت بدتر شدن پیش می‌رود [۱۲-۱۴]. در مطالعات حسین‌زاده و همکاران [۱۵] و نصیر احمدی و همکاران [۱۶] طی بررسی کیفیت آب رودخانه‌های آیدوغموش

جدول ۸. مقایسه شاخص NSFQI رودخانه گرگان رود با مطالعه رودخانه‌های مناطق مختلف ایران

شاخص	مقدار عددی شاخص	کیفیت آب	وضعیت آب	منطقه مطالعه شده	منبع
	۷۹-۵۲	خوب تا متوسط	سبز تا زرد	رودخانه بابلرود، مازندران	فرزادکیا و همکاران [۱۲]
	۹۰-۵۱	خوب تا متوسط	سبز تا زرد	رودخانه دو هزار- تنکابن	شریف‌دینی و همکاران [۱۳]
	۷۳-۴۹	خوب، متوسط تا بد	سبز، زرد تا نارنجی	رودخانه کارون- منطقه زرگان تا کوت امیر- خوزستان	حسینی و همکاران [۱۴]
NSFWQI	۷۰-۵۱	متوسط	زرد	رودخانه آیدوغموش، آذربایجان شرقی	حسین‌زاده و همکاران [۱۵]
	۷۰-۵۱	متوسط	زرد	رودخانه هراز- مازندران	نصیر احمدی و همکاران [۱۶]
	۵۴-۴۳	متوسط تا بد	زرد تا نارنجی	رودخانه لنگرود رودخان- لنگرود	کاظمی و همکاران [۱۷]
	۶۰-۴۸	متوسط تا بد	زرد تا نارنجی	رودخانه گرگر، شوشتر	طهماسبی و همکاران [۱۸]
	۴۹-۴۱	بد	نارنجی	رودخانه گرگان رود- گنبدکاووس	مطالعه حاضر

quality of Khorram River Khorramabad with water quality index (NSFWQI) and its zoning by Geographic Information System (GIS). Lorestan University of Medical Sciences Journal. 2014; 15 (3): 92-82. (Persian).

- [2].Khalili A.R, Ahmadloo A. 10th National Conference on Climate Change, Water and Environment Crisis. Shahrekord, Shahrekord University. 2014. (Persian).
- [3].Ezzatifiz J. Hydrogeology of Zimkan Valley with Emphasis on Inlet Water to Nosood Tunnel, Kermanshah Province. MSc in Hydrology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University. 2016; 111 p. (Persian).
- [4].Bordalo A.A, Nilsumranchit W, Chalermwat K. Water Quality and Uses of the Bangpakongriver (Eastern Thailand): Water Res. 2014; 15(35): 3642-3635.
- [5].Madjnoonian H. Conservation of stream and rivers Biophysical characteristics (Biophysical Properties, Habitat Values and Terms of Operation). the Environmental Protection Agency. 1999; 128 p. (Persian).

برای حفاظت منابع آب و جلوگیری از کاهش کیفیت رودخانه گرگان رود در منطقه شهری گنبدکاووس، شناسایی منابع آلاینده (خروجی دامداری‌ها، مرغداری‌ها و مزارع پرورش ماهی و منابع ورودی فاضلاب‌های شهری) کنترل آلاینده‌های ورودی و همچنین ترویج کشاورزی پاک (بدون استفاده از سموم و کودهای شیمیایی از ته و فسفات‌ها برای جلوگیری از آلودگی رودخانه به مواد مغذی و جلوگیری از تغذیه‌گرایی رودخانه) و استفاده از روش‌های مبارزه بیولوژیکی و طبیعی برای حفظ کیفیت لازم و ضروری است. با توجه به اینکه رودخانه گرگان رود از مهم‌ترین منابع تأمین آب مورد نیاز بخش کشاورزی و شرب در استان گلستان است، بنابراین پایش و کنترل آلاینده‌های ورودی به این رودخانه، به‌خصوص در مناطق شهری، ضروری است.

منابع

- [1].Yousefzadeh A, Khoramabadi GH.SH, Goudini H, Hoseinzadeh A, Safari M. sssessment of water

- [6]. Asadollahfardi G.H. Application of water quality indices to define surface water quality in Tehran, International, Journal of Water. 2014; 5 (1): 51-69.
- [7]. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Ed. 2005.
- [8]. Mustapha A, Aris A.Z, Yusoff F.M, Zakaria M.P, Ramli M.F, Abdullah A.M, Kura N.U, Narany T.Sh. Statistical Approach in Determining the Spatial Changes of Surface Water Quality at the Upper Course of Kano River, Nigeria. Journal of Water Quality, Exposure and Health. 2014.
- [9]. 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. Iran. Journal Health & Environ. 2012; 4(4). (Persian).
- [10]. Dos Santos Simoes F, Moreira AB, Bisinoti MC, Gimenez SMN, Yabe MJS. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies, Ecological Indicators. 2008; 8(5):476-84.
- [11]. Zandbergen PA, Hall K.J. Analysis of the British Columbia Water Quality Index of water shed managers, A case study of two small water sheds. Water Quality Research Journal of Canada. 1998; 33: 519-549.
- [12]. Farzadkia M, Nasser S, Rezaei Kalantary R, Asgharnia H, Gohari M.R, Esrafil A, et al. Water Quality Zoning in Babolrood River Using National Sanitation Foundation Water Quality Index and Geographic Information System. Journal Mazandaran Univesity Medical Science. 2016; 26(134): 357-362 (Persian).
- [13]. Sharifdini N.G, Amirnezhad R, Saeb K. Qualification Zoning of the Dohezar River according to NSFQI and Using GIS. 2014; 24(118): 29-39. (Persian).
- [14]. Hosseini P., Eldromi A.R, Hosseini A.R. Survey of Karun River Water Quality Using the NSFQI Index in the Zargan-Kut Amir Range (over 5 Years). Human and Environmental Quarterly. 2013; No. 25, pp. 11-1. (Persian).
- [15]. Hoseinzadeh E, Khorsandi H, Rahimi N, Hoseinzadeh S, Alipour M. Assessment of Aydughmush water quality by National Sanitation Foundation water quality (NSFWQI) and Liou pollution Indices. The Journal of Urmia University of Medical Sciences. 2013; Vol. 24(2). (Persian).
- [16]. Nasirahmadi K, Yousefi Z, Tarassoli A. Zoning of water quality on Haraz river bases on National Sanitation Foundation Water Quality Index. Journal Mazandaran Univesity Medical Science. 2012; 22(92): 64-71 (Persian).
- [17]. Kazemi P, Shariati F, Keshavars Shokri A. Langroud River water quality assessment using NSFQI qualitative indicators. Environmental Sciences. 2018; 16(3): 65-78. (Persian).
- [18]. Tahmasebi S, Afkhami M, Takdastan A. Study of Chemical, Physical and Microbial Quality of Gargar River, sw, Iran, Using NSF Water Quality Index. Journal of Health Sciences. 2011; 3(4): 54-65. (Persian).