نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۳، شماره ۳، ۱۴۰۰، صفحات ۵۲۵-۵۳۳

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 13, Issue 3, 2021, Pages 525-533
DOI: 10.22092/ijwmse.2021.343372.1808

تعیین کمینه جریان زیست‌محیطی از سدها مبتنی بر کیفیت آب، مطالعه موردی: رودخانه طالقان

نادر اویسی[۱]، رضا جعفری‌نیا*[۲]، لعبت تقوی[۳] و جمال قدوسی[۴]

[۱] دانشجوی دکترای گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران، [۲] استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی و کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، ایران، [۳] دانشیار گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران و [۴] استاد مدعو گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵

چکیده

حفظ اکوسیستم رودخانه وابسته به کمیت و کیفیت رژیم جریان رودخانه است و احداث سدهای بزرگ باعث ایجاد تغییرات کمی و کیفی در رودخانه‌های پایین‌دست می‌شود، از این‌رو، ضرورت دارد که افزون بر کمیت نیاز آبی رودخانه‌ها، کیفیت آن‌ها نیز مورد توجه قرار گیرد. لذا، در این تحقیق، بازه‌ای به طول ۲۲ کیلومتر از رودخانه در پایاب سد طالقان واقع در استان البرز (۱۰۳ کیلومتری شهر کرج) با هدف تعیین کمینه جریان از نظر کمی مطابق با استانداردهای زیستی آبزیان انتخاب شد. بر این اساس، متوسط دبی سالانه و ماهانه رودخانه در چهار ایستگاه در بازه مورد مطالعه به فاصله تقریبی شش کیلومتر از یکدیگر برآورد شد. از آنجا که بین پارامترهای هیدرولیکی رودخانه مانند عمق و سرعت جریان با زیستگاه گونه هدف (مانند ماهی شاخص) رابطه وجود دارد، مقدار اندازه‌گیری شده میدانی برای تشخیص شرایط بهینه زیستگاه‌ها محاسبه شد. همچنین، در این بازه مطالعاتی، برای مقایسه تغییر احتمالی غلظت آلاینده‌ها، هر یک از پارامترهای کیفیت آب با غلظت استاندارد آن برای زیست و بقای ماهی قزل‌آلا به‌عنوان شاخص اکولوژیکی استفاده و مشخص شد که از بین ۱۷ پارامتر فیزیکوشیمیایی کیفیت آب، پارامتر سولفات (SO_4) و غلظت آن را می‌توان به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص تعیین کمینه جریان زیست‌محیطی برای زیست ماهی قزل‌آلای خال قرمز در رودخانه طالقان در نظر گرفت که برای تعیین آن از آزمون مقایسه میانگین غلظت با غلظت‌های استاندارد پارامترهای کیفیت آب برای زیست ماهی قزل‌آلا از نرم‌افزار SPSS-24 و روش One Sample T Test استفاده شد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی آب، استاندارد زیستی، شاخص اکولوژیکی، غلظت آلاینده‌ها، نیاز آبی

مقدمه

با توجه به بحران کمبود آب و توسعه صنعتی در ایران، مدیریت جامع منابع آب، برنامه‌ریزی و رسیدگی جدی به کیفیت آب رودخانه‌های کشور از حیاتی‌ترین موضوعاتی است که باید توجه بسیاری به آن شود (Bidokhti، ۲۰۰۸). مدیریت جامع منابع آب فرایندی است که هماهنگی لازم بین توسعه و مدیریت آب، خاک و سایر منابع مربوط را برای افزایش رفاه و عدالت اقتصادی و اجتماعی، با لحاظ کردن پایداری اکوسیستم‌های مهم ارتقا می‌بخشد. از نظر این فرایند،

* مسئول مکاتبات: r-jafarinia@iau-arak.ac.ir

تخریب منابع طبیعی، نتیجه بهره‌برداری ناپایدار و نگرش نادرست در خصوص استفاده از این منابع می‌باشد. اکوسیستم‌های تخریب‌شده توان بهره‌وری و ارائه خدمات در درازمدت را دارا نیستند. مهمترین راه برای دوام خدمات حوزه آبخیز و اکوسیستم‌ها، ایجاد و حفظ نظام حقابه یا جریان پایه زیست‌محیطی به‌دلیل لزوم حفظ و بقای فون و فلور در رودخانه‌ها است. روش‌های مختلف استفاده شده برای تعیین مقدار جریان محیط‌زیست رودخانه‌ها، با توجه به پیچیدگی و داده‌های مورد استفاده از قابلیت متفاوتی برخوردارند. این روش‌ها از روش‌های ساده هیدرولوژیکی که تنها به داده زمانی رودخانه متکی هستند تا روش‌های جامع که به داده‌های وسیع نیاز دارند را در بر می‌گیرد. در حال حاضر، معمول‌ترین روش تعیین نیاز آب محیط زیستی در ایران روش مونتانا است و حاصل نتایج مطالعات انجام شده روی حوضه رودخانه‌های غرب آمریکاست که حتی این روش به تنهایی برای این مناطق نیز کاربرد مناسبی ندارد (Behrouzi Rad، ۲۰۱۳). به همین دلیل، این روش‌ها با شرایط زیست‌محیطی حوضه رودخانه‌های ایران به‌خوبی قابل تطبیق نیست. علاوه‌بر این، کمیت و کیفیت قابل اطمینان آب مورد نیاز برای حفظ کارکرد زیست‌بومی که انسان بدان وابسته است، باید حفظ شود تا استفاده انفرادی یا جمعی انسان‌ها از آب منجر به از دست رفتن پایداری درازمدت اکوسیستم‌های آبی نشود (Babran، ۲۰۰۸).

داده‌هایی که تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب در یک رودخانه را توصیف می‌کنند، می‌توانند برای معرفی اهمیت نسبی اثرات انسانی و طبیعی به‌کار روند. در این میان، پایش‌های بلندمدت، داده‌های پیچیده‌ای تولید می‌کنند که روش مناسبی برای تحلیل و تفسیر نیاز دارند و حاوی اطلاعات غنی درباره رفتار منابع آب هستند. طبقه‌بندی، شبیه‌سازی و تفسیر داده‌های حاصل از پایش، مهمترین بخش‌های ارزیابی کیفیت آب هستند. ارزیابی کیفیت آب بایستی بر اساس تحلیل آماری داده‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی جمع‌آوری‌شده انجام شود (Hashemi، ۲۰۱۲).

مطالعات زیادی در رابطه با بررسی جریان زیست‌محیطی برای حفظ زیست‌بوم آبزیان در پایین‌دست سدها صورت گرفته است. Ismaili و همکاران (۲۰۱۸) با هدف تشریح این موضوع که احداث سازه‌های آبی مانند سدها در تغییر رژیم جریان و کاهش دبی رودخانه‌ها در پائین‌دست آن‌ها اثرگذار است، نشان دادند که کمینه دبی جریان در رودخانه گرگان‌رود برای کمینه جریان زیست‌محیطی بر اساس روش‌های تنانت، تسمن، جریان پایه آبزیان و منحنی تداوم جریان به‌ترتیب برابر با ۲/۲۷، ۵۱/۸، ۵/۱ و ۳/۳۳ مترمکعب بر ثانیه است. از آنجائی که جریان زیست‌محیطی به‌دست آمده با استفاده از روش جریان پایه آبزیان تضمین‌کننده حفاظت از اکوسیستم رودخانه است. این روش، برای رودخانه‌هایی که فاقد اطلاعات و شاخص‌های اکولوژیکی است، مناسب تشخیص داده شده است.

در دیگر پژوهش، Verdipoor و همکاران (۲۰۱۶) اقدام به بررسی ویژگی‌های زیستگاهی ماهی گونه باربوس لاسرتا در رودخانه طالقان با هدف ثبت داده‌های مربوط به توزیع و تعیین زیستگاه انتخابی این گونه برای حفاظت و مدیریت بهتر آن در رودخانه طالقان بیان داشتند که ایستگاه انتخابی هر دو گروه از ماهیان از نظر طول (بزرگ‌تر و کوچک‌تر از ۹۰ میلی‌متر)، در محدوده مشخصی از متغیرها شامل عرض رودخانه ۷/۵-۲/۵ متر، ارتفاع ۱۶۰۰-۱۴۰۰ متر از سطح دریا، دمای ۱۶-۱۵درجه سانتی‌گراد، سرعت جریان دو تا چهار متر بر ثانیه و قطر سنگ بستر ۳۰-۲۴ سانتی‌متر بسته به سن ماهی زیست می‌کنند. Ban و همکاران (۲۰۱۹)، اثر سد سه دره در کشور چین را بر روی رژیم جریان پایین‌دست و جمعیت ماهی کپور را از طریق بررسی‌های سیستماتیک شاخص‌های مختلف هیدرولوژی پیش از سد و پس از سد ارزیابی کردند. رابطه اسپیرمن برای تعیین تعدادی از شاخص‌های کلیدی استفاده شد و نشان داد که احداث سد در الگوهای جریان طبیعی اختلال ایجاد می‌کند و مقدار جریان در مناطق پایین‌دست را به مقیاس‌های کم محدود می‌کند. این جریان‌ها برای تأمین نیازهای پرورش ماهی ناکافی بوده، ماهی کپور به‌شدت تحت تأثیر حضور سد قرار گرفته است. همچنین، Sanyal و همکاران (۲۰۱۶) اقدام به تجزیه

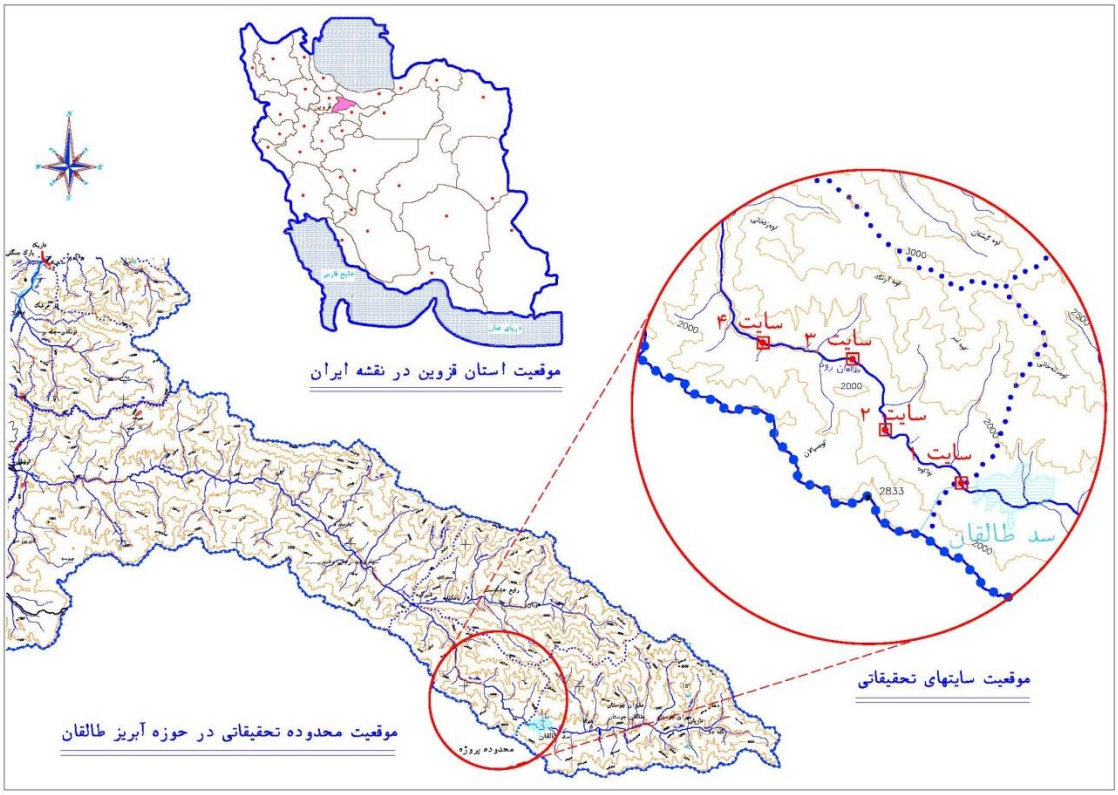
و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری و ثبت شده دادهای تخلیه بار رسوب در مقاطعی از مسیر تعدادی از رودخانه‌های بزرگ جنوب آسیا به‌منظور بررسی نقش ساخت و ساز سد روی مورفولوژی رودخانه تئوست در پایین‌دست سد کرده است. نتیجه به‌دست آمده از این پژوهش که مبتنی بر مقایسه توپوگرافی مسیر نهایی رودخانه و بازه‌های قبل و بعد از سد بوده، مبین کاهش مقطع عرضی مسیر نهایی و بازه رودخانه در پایین‌دست سد بوده که احتمالاً می‌تواند ناشی از کاهش پیک جریان در رودخانه بوده باشد. همچنین، Junguo و همکاران (۲۰۱۵)، اقدام به بررسی جریان مورد نیاز زیست‌محیطی و کیفیت آب در حوزه آبخیز رودخانه اوهانگ در مغولستان چین کرده‌اند. نتیجه این مطالعه، نشان داد که باید ۲۶ درصد از کل منابع آبی را برای حفظ سلامت اکوسیستم رودخانه در یک سطح خوب به‌طور مثال برای شنا، ماهیگیری و آبزی‌پروری اختصاص داد. با توجه به نیاز آب زیست‌محیطی برای این‌که اکوسیستم رودخانه، خوب حفظ شود، بر اساس شاخص کمبود آب، مقدار و کیفیت آب به‌ترتیب ۱/۳ و ۱۴/۲ می‌باشد که هر دو بالاتر از یک است. این موضوع نشان می‌دهد که حوزه آبخیز رودخانه مبتلا به مشکل کم‌آبی است که برای معکوس کردن این وضعیت، باید راهکارهای کاهش مصرف آب مورد بررسی قرار گیرد. در پژوهشی دیگر، Abdi و همکاران (۲۰۱۴) به این نتیجه رسیدند که روش اکو-هیدرولوژیکی که شامل انتقال منحنی تداوم جریان می‌باشد، برای حفاظت پایدار از تنوع زیستی با توجه به طرح‌های توسعه منابع آب اجرا شده برای بازه بالادست رودخانه زاب، گزینه مناسبی است. در نهایت، Fattahpour و همکاران (۲۰۱۸)، طبقه محیط زیستی A را برای رودخانه سفیدرود پیشنهاد دادند. بر این اساس، دبی زیستی برای طبقه A و با احتمال ۸۰ درصد مقدار ۷/۷ مترمکعب بر ثانیه در ماه برآورد شده است.

با توجه به آنچه بیان شد، می‌توان گفت که در ایران، اغلب در خصوص تخصیص کمی آب مورد نیاز محیط زیست، مطالعاتی در حد کفایت انجام شده است و مطالعات محدودی در زمینه تعیین و تطبیق جریان زیست‌محیطی با شرایط بومی و محیط زیست کشور صورت گرفته که در آن‌ها به موضوع کیفیت آب از دیدگاه حفظ تنوع زیستی آبزیان در اکوسیستم رودخانه توجه نشده است. از این‌رو، در بیشتر موارد در پائین‌دست سدهای احداثی روی رودخانه‌های ایران به حقابه زیست‌محیطی اکوسیستم رودخانه‌ها توجه لازم نشده است. به‌طوری‌که از این رهگذر، اکوسیستم آن‌ها با چالش‌ها و حتی دگرگونی‌ها جبران‌ناپذیر روبه‌رو شده‌اند. با شرح فوق، هدف این پژوهش، شناسایی مهمترین پارامترهای کیفی آب رودخانه برای تعیین میزان جریان پایه زیست‌محیطی به‌منظور تأمین نیاز آبی گونه شاخص جانوری (ماهی قزل‌آلا) در پایین‌دست سد طالقان در طالقان‌رود است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش که از نوع پژوهش‌های کاربردی توصیفی-استنباطی است، به‌منظور شناسایی عوامل مؤثر بر کیفیت آب برای تخصیص جریان پایه زیست‌محیطی و با تأکید بر آلودگی در بازه انتخابی ۲۲ کیلومتری از رودخانه طالقان در پائین‌دست سد طالقان واقع در استان البرز در ۱۰۳ کیلومتری شهر کرج و نیز با استفاده از آمار و اطلاعات توصیفی و اندازه‌گیری شده میدانی اجرا شده است. رودخانه طالقان یکی از سرشاخه‌های فرعی سفیدرود است که پس از پیوستن به الموت‌رود، رودخانه شاهرود را تشکیل می‌دهد که در منجیل به رودخانه قزل‌اوزن می‌پیوندد (شکل ۱). جریان رودخانه‌ها اغلب در اثر سدسازی با تغییرات چشمگیری مانند کاهش جریان‌های ماهانه و سالانه روبه‌رو می‌شوند و چنین تغییراتی می‌تواند منجر به اثرات منفی نظیر تأثیر منفی بر روی خدمات هیدرولوژیکی و اکولوژیکی اکوسیستم رودخانه‌ها شود، بنابراین ضرورت دارد که جریان‌های مورد نیاز برای حفاظت از اکوسیستم رودخانه‌ها که به جریان زیست‌محیطی معروف است، برای جلوگیری از اثرات منفی مورد بحث مد نظر قرارگرفته، تخصیص داده شود (Bidokhti، ۲۰۰۸). از آن‌جا که اکوسیستم‌های آبی با توجه به ویژگی‌هایی مانند سرعت جریان، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع و عوامل و عناصر فیزیکوشیمیایی، جوامع زیستی متفاوتی دارند، بنابراین، در بیشتر رویکردهای

اکولوژیکی تعیین جریان‌های زیست‌محیطی رودخانه‌ها، ماهی‌ها به‌عنوان مهمترین گونه اکولوژیکی در نظر گرفته می‌شوند و با توجه به الزامات زیستی گونه‌های شاخص، جریان زیست‌محیطی تعیین می‌شود (Behrouzi Rad، ۲۰۱۳). نظر به این‌که فون و فلور رودخانه تابعی از خصوصیات هیدرولوژیکی و همچنین، کیفیت آب است، از این‌رو، به‌دلیل خواهش‌های اکولوژیکی فون و فلور، تعیین کمینه جریان زیست‌محیطی که بتواند محیط زیست لازم را برای آن‌ها فراهم کند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Smakhtin، ۲۰۰۱).



شکل ۱- نقشه موقعیت مکانی محل پژوهش

بنابراین، برای جریان پایه مورد نظر در پژوهش حاضر، از روش ترکیبی مبتنی بر رویکردهای روش‌های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، استفاده شده است. بر این اساس، ابتدا محدوده (مرز) حوزه آبخیز سد طالقان و و زیرحوضه‌های منتهی به طالقان‌رود در پائین‌دست سد با استفاده از نقشه توپوگرافی رقومی شده با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ با در نظر گرفتن خط تقسیم آب (خط‌الرأس‌ها) و به‌کارگیری سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و بهره‌گیری از بسته نرم‌افزار ArcGIS10 تعیین شد. سپس، به‌منظور نمونه‌برداری از آب رودخانه در بازه مطالعاتی برای بررسی کیفیت آب رودخانه در پایین‌دست سد طالقان، چهار سایت مطالعاتی در حد فاصل زیر سد تا مرز غربی رودخانه فرعی کلاه‌رود با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصویر ماهواره‌ای Google Earth و اطلاعات موجود از منطقه در محیط GIS در فواصل ۲۵۰ متری، نه، ۱۵ و ۲۲ کیلومتری از بدنه سد طالقان انتخاب شدند. برای برآورد متوسط دبی سالانه هر یک از زیرحوضه‌ها در پائین‌دست سد طالقان از آمار هشت ایستگاه هیدرومتری (جدول ۱) استفاده شده است. به‌طوری‌که برای برآورد دبی زیرحوضه‌ها در محل ایستگاه‌های مطالعاتی در نقطه خروجی آن‌ها، از روش دبی-سطح دارای بالاترین ضریب همبستگی و ایجاد روابط رگرسیونی خطی با بهره‌گیری از آمار دبی ماهانه ایستگاه‌های هیدرومتری ذکر شده واقع در بالادست و پائین‌دست سد طالقان استفاده شد. برای محاسبه

متوسط دبی ماهیانه در ایستگاه‌های مطالعاتی از روش بی‌بعد کردن دبی با استفاده از آمار مشاهداتی ایستگاه هیدرومتری گلینک که از مهمترین ایستگاه‌های هیدرومتری دارای آمار بلندمدت از سال ۱۳۳۸ تا ۱۳۹۶ به‌صورت سری زمانی آماری کامل در منطقه است، به‌عنوان ایستگاه شاخص اقدام شد.

جدول ۱- اسامی و مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی

نام ایستگاه	مساحت (km^2)	دبی متوسط (m^3s^{-1})
دهدر-دهدر	۴۱	۰/۸۵
طالقان جوستان-شاهرود	۴۲۸	۸/۳۹
علیزان جوستان-شاهرود	۶۴	۱/۷۲
گته ده- گته ده	۸۴	۱/۳۲
گلینک (شاهرود)-شاهرود	۸۴۸	۱۲/۶۹
باغکلایه-شاهرود	۶۹۵	۸/۷۸
خوبان-الموت	۲۴۵	۴/۷۲
رفیع خشکدست-شاهرود	۵۶	۱/۲۲

برای بررسی کیفیت نمونه‌های آب رودخانه در بازه مطالعاتی نمونه‌های تهیه شده از آب رودخانه در هر یک از ایستگاه‌های مطالعاتی در آزمایشگاه آب و فاضلاب مجتمع آزمایشگاهی شیخ بهایی واحد علوم و تحقیقات تهران- دانشگاه آزاد اسلامی، بر اساس روش استاندارد AHPAH (۱۹۹۲)، به‌ترتیب با استفاده از دستگاه‌های تجزیه‌ای استاندارد شامل ترمومتر دیجیتال، اکسیژن‌متر و pHمتر WTW مدل 340i، اسپکترومتری مدل AHCH، کدورت‌سنج مدل AQUQLYTIC و روش MPN سه لوله‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. با توجه به توضیحات ارائه شده پارامتر کیفی آب، مشتمل بر آلاینده‌های فیزیکوشیمیایی، عناصر سنگین و بیولوژیکی، با استفاده از نمونه‌های تهیه‌شده از آب رودخانه در چهار ایستگاه تحقیقاتی منتخب، بررسی شدند. همچنین، در بازه مورد مطالعه برای مقایسه تغییرهای احتمالی غلظت، هر یک از پارامترهای کیفیت آب با غلظت‌های استاندارد پارامترهای کیفیت آب برای زیست و بقای ماهی قزل‌آلا به‌عنوان شاخص اکولوژیکی (Jacob، ۲۰۱۵) استفاده شد. افزون بر این، در محدوده بازه انتخاب شده به طول ۲۲ کیلومتر در مسیر رودخانه در پایاب سد برای بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده در چارچوب انجام پژوهش حاضر در ایستگاه‌های مطالعاتی در بازه مورد مطالعه برای مقایسه تغییرات احتمالی غلظت هر یک از پارامترهای کیفیت آب با غلظت‌های استاندارد پارامترهای کیفیت آب برای زیست و بقای ماهی قزل‌آلا به‌عنوان شاخص اکولوژیک، استفاده شد. برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از آزمون مقایسه میانگین غلظت هر یک از پارامترهای کیفیت آب رودخانه با غلظت‌های استاندارد پارامترهای کیفیت آب برای زیست ماهی قزل‌آلا از نرم‌افزار $SPSS_{24}$ و روش One Sample T Test استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج به‌دست آمده از برآورد دبی در هر یک از ایستگاه‌های مطالعاتی از طریق ایجاد روابط رگرسیونی و مشخص شدن این‌که رابطه $Q = 0.0372A^{0.8641}$ به‌دلیل دارا بودن بیشترین مقدار ضریب تشخیص برای برآورد (تخمین) دبی مبتنی بر مساحت زیرحوضه‌ها است، متوسط دبی سالانه در محل ایستگاه‌های مطالعاتی شماره ۲، ۳ و ۴ (B، C و D)، به‌ترتیب برابر با ۱/۳۹، ۲/۱۱ و ۳/۳۹ مترمکعب بر ثانیه برآورد شد. همچنین، نتایج به‌دست آمده از برآورد دبی پایه ماهانه (جدول ۲) در هر یک از ایستگاه‌های مطالعاتی با استفاده از آمار بلندمدت اندازه‌گیری و ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری شاخص گلینک از سال آبی ۱۳۳۹-۱۳۳۸ تا ۱۳۹۶-

۱۳۹۵ در حوزه آبخیز طالقان‌رود بر اساس مقادیر احتمالی دبی ماهانه در سطح اطمینان ۹۵ درصد (p–value=۰/۰۵) محاسبه شد.

به‌طورکلی، گونه‌های مختلف ماهیان ازجمله ماهیان رودخانه‌ای نیازمند وجود شرایط خاص زیستگاهی هستند که به آن کمینه جریان پایه زیست‌محیطی گفته می‌شود. آنچه مسلم است، با کاهش جریان (دبی) سطح مقطع جریان، عمق و حتی سرعت جریان که ازجمله پارامترهای هیدرولیکی رودخانه است، تغییر می‌یابد که به‌دنبال آن فون و فلور اکوسیستم رودخانه نیز تغییر می‌کند. از آنجائی که بین پارامترهای هیدرولیکی رودخانه مانند محیط خیس شده، عمق و سرعت جریان با زیستگاه گونه هدف (مانند ماهی شاخص) رابطه وجود دارد (Amini و Shokohi، ۲۰۱۴)، می‌توان با استفاده از چنین رابطه‌ای مقدار دبی مورد نیاز برای شرایط بهینه زیستگاه‌ها را محاسبه کرد. زیرا مشخصات هندسی مقاطع رودخانه به‌ویژه عمق جریان آب، عامل مهم و مؤثر در جریان‌های زیست‌محیطی رودخانه‌ها است، به‌نحوی‌که تأثیر ویژگی‌های رژیم جریان حتی می‌تواند برای جمعیت و تنوع ماهی‌ها حیاتی باشد (Abdi و همکاران، ۲۰۱۴). بر این اساس، نتایج حاصل از بررسی و تجزیه و تحلیل هیدرولیکی رودخانه طالقان جداول ۳ و ۴ در بازه مورد مطالعه (به طول ۲۲ کیلومتر) در محل ایستگاه‌های مطالعاتی واقع در پائین‌دست سد طالقان با به‌کارگیری نرم‌افزار RAS -HEC مبتنی بر داده‌های نقشه‌برداری و اندازه‌گیری شده میدانی به‌دست آمد.

جدول ۲- متوسط دبی پایه ماهانه در ایستگاه‌های مطالعاتی (m^3s^{-1})

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	متوسط سالانه
(B)۲	۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۵۶	۱/۳۴	۱/۶۷	۱/۳۴	۰/۵۰	۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۶۰
(C)۳	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۴۷	۰/۸۵	۲/۰۴	۲/۵۳	۱/۴۷	۰/۶۴	۰/۳۷	۰/۲۹	۰/۸۶
(D)۴	۰/۶۴	۰/۸۴	۰/۵۱	۰/۶۰	۰/۷۵	۱/۳۷	۳/۲۷	۴/۰۵	۲/۳۶	۱/۰۳	۰/۶۰	۰/۴۶	۱/۳۷

جدول ۳- نتایج اندازه‌گیری‌های پارامترهای هیدرولیکی رودخانه طالقان در ایستگاه‌های مطالعاتی خرداد ۱۳۹۶

شماره ایستگاه	عرض بالا (m)	شیب بستر (درصد)	سطح مقطع جریان (m^2)	سرعت جریان (ms^{-1})	دبی (m^3s^{-1})
۲	۳/۸۶	۰/۰۲۲۷۸۵	۰/۵۷	۱/۰۳	۰/۳۴
۳	۶/۵۵	۰/۰۲۰۸۲۷	۰/۵۸	۰/۷۷	۰/۴۴
۴	۹/۳۹	۰/۰۰۹۹۸۹	۰/۷۷	۰/۸۰	۰/۶۲

جدول ۴- نتایج اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی رودخانه طالقان در ایستگاه‌های مطالعاتی شهریور ۱۳۹۶

شماره ایستگاه	عرض بالا (m)	شیب بستر (درصد)	سطح مقطع جریان (m^2)	سرعت جریان (ms^{-1})	دبی (m^3s^{-1})
۲	۳/۳۴	۰/۰۲۳۱۶۹	۰/۳۳	۰/۹۹	۰/۳۳
۳	۶/۳۶	۰/۰۲۲۸۱۵	۰/۵۳	۰/۷۹	۰/۴۱
۴	۹/۱۰	۰/۰۱۰۰۰۳	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۵۸

نتایج اندازه‌گیری شده پارامترهای هیدرولیکی رودخانه طالقان در ایستگاه‌های مطالعاتی بر اساس محاسبات جداول ۳ و ۴ و مطالعات شرکت مهندسان مشاور هفت شهر ری در ذیل این مطلب نشانگر این است که به‌دلیل کاهش دبی و کیفیت آب در شرایط فعلی امکان زیست پایدار ماهی قزل‌آلا در پایاب سد طالقان در بازه مطالعاتی به‌دلیل کمتر بودن جریان آب در کمینه دبی مورد نیاز این نوع ماهی وجود ندارد، اما دارای مشخصات و خصوصیات زیستگاهی مطلوبی برای سس ماهی است که وجود این نوع ماهی در بازه مورد بررسی در این پژوهش در پائین‌دست سد طالقان مؤید این موضوع است. می‌توان بیان داشت که وجود

سس ماهی در بازه به طول ۲۲ کیلومتر در پائین‌دست سد طالقان با وجود ماهی قزل‌آلا در بالادست سد و ظاهر شدن آن از محل پیوستن کلاه‌رود به رودخانه طالقان و سپس، به الموت‌رود در پایین‌دست سد که شاهرود را تشکیل می‌دهند و این رودخانه نیز به مخزن سد سفیدرود می‌پیوندد، از یک‌سو و وجود ماهی قزل‌آلا در تمام طول رودخانه طالقان قبل از احداث سد از سوی دیگر (Haft Shahr Rey Consulting Engineers، ۲۰۱۰) حاکی از ایجاد تغییرات قابل‌ملاحظه در اکوسیسم رودخانه طالقان بعد از احداث سد و تخریب مطلوبیت محیط زیست آن در بازه مطالعاتی برای زیست ماهی قزل‌آلا است. نتیجه به‌دست آمده در زمینه مطلوب‌ترین زیستگاه در رودخانه طالقان، نشان‌دهنده این است که مسیرهای با شیب ۰۱۰/ تا ۰/۰۲ با بستر شنی با شن‌های به قطر متوسط ۰/۲۰ تا ۰/۳۵ متر صفر درصد، عمق آب برابر با ۰/۵۰ تا ۰/۶۰ متر در عرض یک تا پنج متر که سرعت جریان آب در آن‌ها بین ۰/۳۰ تا ۰/۶۰ متر بر ثانیه مطلوب‌ترین زیستگاه برای سس ماهی می‌باشد (Verdi poor و همکاران، ۲۰۱۶) که این شرایط بعد از احداث سد در رودخانه به‌ویژه از نظر وضعیت هیدرولیکی که قبلاً به آن اشاره شد، حاکم شده است. همچنین، مطالعات Seddighi Kia و Ayoubzadeh (۲۰۱۵)، مبین این است که زیستگاه مناسب برای ماهی قزل‌آلا در رودخانه‌های دارای آب صاف و سرد و بستر شنی درشت‌دانه به عمق یک متر و سرعت ۰/۰۸ سانتی‌متر در ثانیه (بیشینه سرعت جریان آب در رودخانه برای رشد بچه ماهی‌ها) و دبی ۲/۸۰ مترمکعب در ثانیه است. بر این اساس نیز می‌توان با در نظر گرفتن دبی رهاشده از سد طالقان و اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در این پژوهش، نتیجه‌گیری کرد که عامل اصلی ناپدید شدن ماهی قزل‌آلا در بازه مطالعاتی بر اساس محاسبات جداول ۳ و ۴ و مطالعات شرکت مهندسین مشاور هفت شهر ری، عدم توجه به لزوم رهاسازی آب از سد در حد مطلوبیت زیستگاه این ماهی و یا در حالت خوش‌بینانه عدم استفاده از روش مناسب و یا فقدان پرداختن به این موضوع بوده است. به‌طوری‌که مقایسه نتایج ذکرشده با نتایج اندازه‌گیری شده پارامترهای هیدرولیکی رودخانه طالقان در ایستگاه‌های مطالعاتی نشانگر این است که در شرایط فعلی امکان زیست ماهی قزل‌آلا در پایاب سد طالقان در بازه مطالعاتی به‌دلیل کمتر بودن جریان آب در کمینه دبی مورد نیاز این نوع ماهی در این بازه وجود ندارد، اما با توجه به وضعیت ایجادشده شرایط زیستی و زیستگاهی مطلوبی برای سس ماهی فراهم شده است. به‌طوری‌که افزایش غلظت پارامترهای کیفیت آب افزون بر کم بودن عمق جریان آب می‌تواند در شرایط نامطلوب بودن اکوسیستم رودخانه در پائین‌دست سد طالقان مؤثر باشد که به این موضوع در پژوهش حاضر پرداخته شده است. خلاصه نتایج حاصله در زیر ارائه شده است.

الف) نتیجه مقایسه و تجزیه و تحلیل پارامترهای کیفیت آب اندازه‌گیری و ثبت‌شده در پائین‌دست سد در دوره‌های زمانی بعد از احداث سد ۱۳۹۶-۱۳۸۵ نشانگر این است که احداث سد موجب کاهش معنی‌دار مقدار گل‌آلودگی (ناشی از رسوبات ریزدانه معلق در آب) در سطح اطمینان ۹۹ درصد در اثر ترسیب مواد فرسایشی (رسوبات درشت و ریزدانه حتی رسوبات معلق در آب ناشی از فرسایش خاک در پهنه حوزه آبخیز سد) در مخزن شده است. افزون بر این، به‌دلیل کاهش جریان رودخانه و عدم رهاسازی آب، غلظت پارامترهای EC، SO_4 و CL و در پائین‌دست سد در دوره زمانی مذکور دارای روند افزایشی با اختلاف معنی‌دار در مقایسه با غلظت آن‌ها در دوره زمانی مشابه در بالادست سد به‌ترتیب در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد است. به‌طوری‌که بیشترین مقدار افزایش نیز مربوط به پارامتر سولفات (SO_4) به میزان ۳۲/۱۲ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (جدول ۵).

ب) نتیجه بررسی و تجزیه و تحلیل پارامترهای کیفیت آب اندازه‌گیری و ثبت‌شده در پائین‌دست سد طی دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ در مقایسه با غلظت استاندارد ماهی قزل‌آلا به شرح جدول ۶ است (Jacob، ۲۰۱۵) که نشانگر بیش از حد استاندارد بودن غلظت‌های EC، pH و SO_4 است و حاکی از این است که فقط غلظت سولفات (SO_4)، با استناد به نتیجه آزمون اختلاف میانگین متوسط غلظت سولفات با استاندارد زیست ماهی قزل‌آلا به‌عنوان عدد ثابت که در سطح ۹۵ درصد بر اساس آزمون t معنی‌دار است.

جدول ۵- نتیجه بررسی میزان تغییرات غلظت پارامترهای اندازه‌گیری شده کیفیت آب طالقان رود در بالادست و پائین‌دست سد بعد از احداث سد طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۸۵

ردیف	پارامتر	متوسط غلظت در ۱۳۸۵-۱۳۹۶در بالادست سد (mgL^{-1})	متوسط غلظت در ۱۳۸۵-۱۳۹۶ در پائین‌دست سد (mgL^{-1})	مقدار اختلاف (mgL^{-1})	روند تغییر	value-P
۱	TDS	۴۶۵/۳۳	۲۲۵/۲۵	۲۴۰/۰۸	-	۰/۰۰
۲	EC	۳۶۲/۵۰	۴۰۲/۰۰	۵/۹۲	+	۰/۰۵
۳	pH	۷/۸۳	۸/۴۵	۰/۳۲	+	اختلاف معنی‌دار ندارد
۴	Na^{+}	۱/۵۵	۱/۹۳	۰/۳۴	+	اختلاف معنی‌دار ندارد
۵	Ca^{++}	۴/۶۰	۵/۳۰	۰/۵۶	+	اختلاف معنی‌دار ندارد
۶	Mg^{++}	۰/۹۳	۱/۰۲	۰/۰۴	+	اختلاف معنی‌دار ندارد
۷	K^{+}	۰/۰۵	۰/۹۹	۰/۰۱	+	اختلاف معنی‌دار ندارد
۸	SO_4^{--}	۳۰/۹۴	۶۷/۵۰	۳۲/۱۲	+	۰/۰۱
۹	CL^{-1}	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	+	۰/۰۵

جدول ۶- نتیجه بررسی میزان غلظت پارامترهای اندازه‌گیری شده کیفیت آب طالقان رود در ایستگاه پایین‌دست سد بعد از احداث سد در مقایسه با غلظت استاندارد زیست ماهی قزل‌آلا در دوره آماری ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶

ردیف	پارامتر	متوسط غلظت (mgL^{-1})	غلظت استاندارد (mgL^{-1})	مقدار اختلاف با غلظت استاندارد (mgL^{-1})	value-P	وضعیت
۱	TDS	۲۲۵/۲۵	۴۰۰/۰	-۱۷۴/۷۵	۰/۰۰	مناسب
۲	EC	۳۰۲/۰۰	۳۰۰/۰	+۲/۰۰	۰/۱۹	نامناسب
۳	pH	۸/۴۵	۶/۵۰	+۱/۹۵	۰/۱۷	نامناسب
۴	Na^{+}	۱/۹۳	۷۵/۰	-۷۳/۰۷	۰/۰۵	مناسب
۵	Ca^{++}	۵/۳۰	۱۶۰/۰	-۱۵۴/۷۰	۰/۰۰	مناسب
۶	K^{+}	۱/۰۲	۱۵/۰	-۱۳/۹۸	۰/۰۵	مناسب
۷	Mg^{++}	۰/۹۹	۵/۰	-۴/۰۱	۰/۰۰۰	مناسب
۸	SO_4^{--}	۶۷/۵۰	۵۰/۰	+۱۷/۵۰	۰/۰۵	نامناسب
۹	CL^{-1}	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	+۰/۰۰۱	+۰/۱۹	نامناسب

بر اساس نتایج حاصل از بررسی و تجزیه و تحلیل خصوصیات هیدرولیکی رودخانه طالقان در بازه مورد مطالعه (به طول ۲۲ کیلومتر) در محل ایستگاه‌های مطالعاتی واقع در پائین‌دست سد طالقان به‌عنوان عامل مؤثر در وضعیت اکوسیستم رودخانه‌ها، مقادیر دبی‌های اندازه‌گیری شده جدول ۳ و در مقایسه با دبی‌های محاسبه‌شده جدول ۲ اختلاف محسوس دارند که بیانگر عدم‌کفایت دبی جریان رودخانه از نظر هیدرولیکی می‌باشد. همچنین، با در نظر گرفتن نتایج به‌دست آمده از مقایسه متوسط غلظت پارامترهای

کیفیت آب رودخانه طالقان، پارامتر SO_4 و غلظت آن با استفاده از روش آزمون مقایسه میانگین غلظت هر یک از پارامترهای کیفیت آب رودخانه با غلظت‌های استاندارد پارامترهای کیفیت آب برای زیست ماهی قزل‌آلا از نرم‌افزار $SPSS_{24}$ و روش One Sample T Test را می‌توان به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص به‌منظور تعیین کمینه جریان زیست‌محیطی برای شاخص اکولوژیکی آبزیان مشخص‌شده در رودخانه طالقان یعنی ماهی قزل‌آلای خال قرمز در نظر گرفت.

نظر به این‌که نتایج مورد اشاره در این مقاله مبتنی بر داده‌های کیفیت آب در پایاب سد رودخانه طالقان در بازه مورد مطالعه می‌باشد، پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های مشابه برای واسنجی در راستی‌آزمایی رابطه ارائه شده و تکمیل احتمالی آن در پایاب سایر سدهای کشور برای دستیابی به روش آماری مطلوب‌تر انجام شود.

منابع مورد استفاده

1. Abdi, R., M. Yasi, R. Sokouti Oskuei and E. Mohammadi. 2014. Environmental needs assessment of Zarrinehrood River by hydraulic method. Journal of Engineering and Water Management, 6(3): 223-211 (in Persian).
2. Amini, M. and A. Shokouhi. 2014. Analytical solution determining the breaking point of the more environment-Debit diagram in the hydraulic method of determining the minimum environmental flow. Scientific-Research Journal, 9(1): 27-43 (in Persian).
3. Babran, S. 2008. The legal status of environmental rights. Strategy Quarterly, 17(49): 115-132 (in Persian).
4. Ban, X.E. 2019. Impact of three gorges dam operation on the spawning success of four major Chinese carps. Ecological Engineering, 127: 268-275.
5. Behrouzi Rad, B. 2013. River water rights. Tehran, Jam Andisheh, 21 pages (in Persian).
6. Bidokhti, N.T. 2008. Environmental rights. 2nd Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering, University of Tehran, Faculty of Environment, 20 May, 2008 (in Persian).
7. Fattahpour, F., K. Ebrahimi and S. Bayat. 2018. Determination of environmental discharge (native to Sefidrud). Journal of Eco Hydrology, 5(3): 753-762 (in Persian).
8. Jacob, B. 2015. A guide to recirculation aquaculture. The Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), 93-95 pages.
9. Haft Shahr Rey Consulting Engineers. 2010. Strategic Studies and Planning of Taleghan Dam Watershed, first step, recognition of situation, natural environmental studies. Ministry of Roads, Urban Development and Architecture. Vol 3, 85 pages (in Persian).
10. Hashemi, S., H. Ranjkesh, Y. Ramezani, S. Ghasemi and E. Ziarani. 2012. Comparative analysis of water quality in Karaj River with statistical technique of factor analysis and QUAL2K Model. National Conference on Stream and Water Pollution, University of Tehran, 23-24 May 2012 (in Persian).
11. Ismaili, K. 2018. Application of hydrological methods in estimating the environmental right of the river, a case study of the Gorgan River. Journal of Natural Environment, 71(4): 437-451 (in Persian).
12. Junguo, L. 2016. Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity and water quality. Ecological Indicators, 60(2016): 434-441.
13. Sanyal, J. 2017. Predicting possible effects of dams on downstream riverbed changes of a Himalayan river with morph dynamic modeling. Ecologica Indicators, 72(2017): 1-15.
14. Seddighi Kia, M. and S.A. Ayoubzadeh. 2015. Study of environmental flow estimation requirements in rivers by hydrological methods, case study: Delijai River located in Tehran Province. Eco Hydrological, 2(3): 289-300 (in Persian).
15. Smakhtin, V. 2001. Low flow hydrology: a review. Journal of Hydrology, 240(3-4): 147-186.
16. Verdi poor, M., S. Igdari and B. Esfandabadi. 2016. Investigation of habitat characteristics of Barabbas Lasarta fish in Taleghan River, Sefidrud Basin. Journal of Animal Environmental Research, 8(3): 190-183 (in Persian).

DOI: 10.22092/ijwmse.2021.343372.1808

Determining the minimum environmental flow from dams based on water quality, case study: Taleghan River

Nader Oveisi[1], Reza Jafarinia[*2], Lobat Taghavi[3] and Jamal Ghoddousi[4]
[1] PhD Student, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, [2] Assistant Professor, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Arak Branch, Iran, [3] Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran and [4] Visiting Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Research Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 19 June 2020 Accepted: 04 January 2021

Abstract

Preservation of river ecosystem depends on the quantity and quality of the river flow regime, and the construction of large dams causes quantitative and qualitative changes in downstream rivers, so it is necessary to pay attention to the quality of rivers in addition to the quantity of water needs. Therefore, in this study, a 22 km long section of the river at the bottom of Taleghan Dam located in Alborz Province (103 km of Karaj City) was selected with the aim of determining the minimum flow quantitatively in accordance with aquatic biological standards. Based on this, the average annual and monthly flow of the river in four stations in the study period with an approximate distance of six km from each other was estimated. Since there is a relationship between river hydraulic parameters such as depth and flow velocity with the habitat of the target species (such as the index fish), the measured field value was calculated to determine the optimal habitat conditions. Also, in this study period, to compare the possible change in the concentration of pollutants, each of the water quality parameters with its standard concentration for salmon survival was used as an ecological indicator and it was found that among 17 physicochemical parameters of water quality, Sulfate parameter (SO_4) and its concentration can be considered as the most appropriate indicator for determining the minimum environmental flow for red-spotted trout in the Taleghan River. SPSS-24 software and One Sample T Test method were used to determine the mean concentration comparison test with standard concentrations of water quality parameters for Salmon biology.

Keywords: Biological standard, Concentration of pollutants, Ecological index, Water pollution, Water requirement

[*] Corresponding author: r-jafarinia@iau-arak.ac.ir