بوم‌شناسی کاربردی/ سال یازدهم / شماره سوم / پاییز ۱۴۰۱/ صفحات ۱ تا ۱۹

ارزیابی جریان محیط زیستی رودخانه بشار به روش هیدرولوژیک تنانت بر اساس نیازهای زیستی ماهیان شاخص

زهرا مظلومی[۱]، محمد نعمتی ورنوسفادرانی[۲*] و رضا مدرس[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۲)

چکیده

در این مطالعه ارزیابی جریان محیط زیستی رودخانه بشار با استفاده از روش هیدرولوژیک تنانت و مقایسه مشخصات عمق و سرعت جریان آب در مقاطع عرضی رودخانه با نیازهای مراحل مختلف چرخه زندگی ماهیان شاخص رودخانه انجام شد. برای پایش وضعیت ماهیان رودخانه بشار و برداشت مقاطع عرضی رودخانه پیمایش‌های صحرایی در مهرماه و دی‌ماه سال ۱۴۰۰ انجام شد. انتخاب گونه‌های شاخص براساس نظرسنجی از متخصصان انجام گرفت. از بین ۲۳ گونه ماهی رودخانه بشار، ۵ گونه از خانواده کپورماهیان بیشترین امتیاز را کسب کردند. نیازهای زیستی این گونه‌ها به عنوان گونه‌های شاخص استخراج گردید و مبنای مقایسه با داده‌های مقاطع عرضی رودخانه بشار قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که در بالادست رودخانه بشار (محدوده ایستگاههای هیدرومتری قلات و شاهمختار) طبقه خوب روش تنانت، شامل ۴۰ درصد متوسط دبی سالانه برای دوره پرآبی (آذر تا اردیبهشت) و ۲۰ درصد متوسط دبی سالانه برای دوره کم آبی (خرداد تا آبان)، به ترتیب مناسب تامین نیازهای زیستگاهی برای دو مرحله زندگی بالغ و لارو سیاه‌ماهیان رودخانه بشار است.

واژه‌های کلیدی: رودخانه بشار، روش تنانت، گونه های شاخص، مطلوبیت زیستگاه

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. هیات علمی گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. هیات علمی گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و عضو قطب علمی مدیریت ریسک و بلایای طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nemati@iut.ac.ir

مقدمه

تغییر الگوی جریان آب در بوم‌سازگان‌های آبی همچون رودخانه، باعث اختلال و تغییرات مختلف در بوم‌سازگان و حتی از بین رفتن زیستگاه بسیاری از زیستمندان می‌شود. بنابراین برای حفظ بوم‌سازگان آبی، تعیین و تخصیص نیاز آب محیط زیستی، مؤثرترین و اثربخش‌ترین راهبرد برای جلوگیری از اثرات منفی و جانبی تنظیم جریان‌های سطحی، در اثر فعالیت هایی همچون احداث سد و بهره‌برداری بی‌رویه از آنها است (۴، ۱۲ و ۲۱). منظور از نیاز آب محیط زیستی میزان جریانی است که بتواند سلامت و حیات زیستمندان آبی رودخانه را در سطح ایده‌آل حفظ نمایید و کمیت و کیفیت آب را برای پایداری کارکردها و خدمات بوم‌سازگان و رفاه جامعه فراهم کند (۱۲، ۲۰ و ۲۴). به‌طور کلی روش‌های زیادی برای ارزیابی جریان محیط زیستی وجود دارد که در چهار گروه اصلی هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، شبیه‌سازی زیستگاه و روش‌های جامع گرا قرار می‌گیرند. البته در برخی مطالعات یک روش دیگر به‌عنوان روش ترکیبی وجود دارد که با ترکیب و به‌کارگیری بخش‌هایی از روش‌های ذکر شده جریان محیط زیستی برآورد می‌شود. همه این روش‌ها برای حفاظت از بوم‌سازگان رودخانه‌ای و خصوصاً حیات ماهیان توسعه داده شده‌اند. روش‌های هیدرولوژیک از اولین روش‌ها برای ارزیابی حداقل جریان آب رودخانه هستند (۳۱) که در دهه ۱۹۴۰ در ایالات متحده آمریکا پیشنهاد شد و مزیت اصلی آنها سادگی و سرعت محاسبات است (۳۲). ساده‌ترین روش‌های هیدرولوژیک برای ارزیابی جریان محیط زیستی روش مونتانا (Montana method) است. این روش در سال ۱۹۷۶ توسط یک زیست‌شناس آمریکایی (تنانت)، با مطالعات میدانی دقیق با توجه به مشخصات مقاطع عرضی، عمق و سرعت جریان، زیستمندان شاخص و امکان عبور ماهیان در ۱۱ رودخانه در ۳ ایالت آمریکا انجام شد. شکل مقاطع در طراحی و برنامه‌ریزی و مدیریت رودخانه به ویژه شبیه‌سازی زیستگاه آبزیان نقش اساسی ایفا می‌کند. این کار شامل تجزیه و تحلیل فیزیکی، شیمیایی و زیستی ۳۸ جریان در ۵۸ مقطع بود. مبنای این روش میانگین دبی سالانه (Average annual flow, AAF) است (۱۷ و ۳۰).

وزارت نیرو جمهوری اسلامی ایران برای ارزیابی جریان محیط زیستی پروژه‌های سدسازی و تخصیص منابع آب و در مواردی پروژه‌های جامع منابع آب، روش تنانت (مونتانا) را پیشنهاد نموده است. علت استفاده از این روش، سادگی، سرعت عمل زیاد و هزینه کم آن است. مطالعات زیادی در داخل و خارج از کشور به بررسی روش تنانت در تالاب‌ها و رودخانه‌ها پرداخته‌اند که از جمله آنها می‌توان به مطالعات نادری و همکاران (۲۰) در رودخانه قره‌سو گلستان، کریمی و همکاران (۱۱) در رودخانه زهره در جنوب غربی ایران و ژانگ و همکاران (۳۴) در رودخانه Fenglingang در استان ژجیانگ چین اشاره کرد. در این مطالعات عمدتاً از داده‌ها دبی رودخانه استفاده شده و این روش با روش‌های دیگر ارزیابی جریان محیط زیستی مقایسه گردیده است. در حالی که در مطالعه تنانت بیان شده که برای استفاده از این روش در مناطق دیگر باید با بازدیدهای میدانی، بررسی داده‌های مورفولوژی رودخانه و نیز برداشت‌های میدانی مقاطع رودخانه، اطلاعات لازم تکمیل شود و نیاز آبی زیستمندان رودخانه در نظر گرفته شود (۳۰). در مطالعات مختلف گزارش شده که روش‌های هیدرولوژیک به تنهایی نمی‌توانند مقادیر درستی از نیاز جریان محیط زیستی به منظور حفظ شرایط بوم‌شناختی رودخانه را ارائه کنند. برهمین اساس شکوهی و هانگ (۲۸) در تعیین جریان محیط زیستی رودخانه صفارود در غرب مازندران با مقایسه روش تنانت و روش محیط خیس شده، که یک روش هیدرولیک است، بیان کردند برآورد جریان محیط زیستی با استفاده از روش تنانت برای حفاظت از زیستگاه رودخانه کافی نیست. چرا که استفاده از روش تنانت بدون توجه به بوم‌شناسی رودخانه می‌تواند برآورد نامطلوبی از جریان را موجب شده و در پی آن در درازمدت به تخریب محیط‌زیست رودخانه منجر شود. نادری و همکاران (۲۰) در رودخانه دینور میزان مطلوبیت زیستگاه در

دسترس سیاه ماهی خالدار (*Capoeta trutta*) را در محدوده ۱۰ تا ۲۰۰ درصد میانگین دبی سالانه مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که محدوده رژیم جریان مورد نیاز برای تامین پتانسیل بوم‌شناختی زیستگاه بین ۰/۱۷ تا ۳/۷۱ مترمکعب برثانیه به ترتیب در مهرماه و فروردین با میانگین دبی سالانه ۱/۳۸ مترمکعب بر ثانیه برای گونه شاخص مورد نیاز است که باید در رودخانه جریان داشته باشد. نادری و همکاران (۲۱) در رودخانه قره‌سو استان گلستان با به کارگیری روش‌های هیدرولوژیک (تنانت، تسمن و آرکانزاس) و مدل PHABSIM، گونه شاخص سیاه‌ماهی (*Capoeta capoeta gracilis*) را مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که روش‌های هیدرولوژیک با استفاده از داده‌های تاریخی دبی، نیاز محیط زیستی این گونه شاخص را به درستی تعیین نمی‌کنند و گونه شاخص را در الویت قرار نمی‌دهند. این در صورتی است که در روش شبیه‌سازی زیستگاه اولویت با گونه شاخص است و نتایج قابل اعتمادتری ارائه می‌دهد. نیک قلب عاشوری و نیک قلب عاشوری (۲۲) در تعیین حقابه محیط زیستی رودخانه کاظم رود بیان کردند به دلیل برآورد کم روش تنانت برای تعیین حداقل جریان محیط زیستی بهتر است از رژیم بوم‌شناختی جریان حاصل از روش شبیه‌سازی زیستگاه استفاده کرد. تاگس و همکاران (۲۹) در پایین دست سد مورنوس شهر آتن به ارزیابی جریان محیط زیستی از طریق رویکردهای یکپارچه پرداختند و دریافتند که استفاده از داده‌های متغیرهای زیستی جمعیت ماهیان برای بهینه‌سازی و اعتبارسنجی بیشتر جریان زیست‌محیطی ضروری و مفید است. احمدپاری و همکاران (۳) نیز با ارزیابی جریان‌های محیط زیستی در رودخانه دالفارد با استفاده از روش‌های هیدرولوژیک به این نتیجه دست یافتند که در نظر گرفتن پارامترهای بوم‌شناختی تأثیر بسزایی در برآورد صحیح و واقعی نیازهای محیطی دارد.

همواره باید تامین نیاز آبی پایین‌دست سد قبل از طراحی سد بر روی رودخانه، در برنامه‌های مدیریتی سد (بویژه برنامه منحنی فرمان سد) در اولویت قرار گیرد. سد تنگ سرخ در محدوده استان فارس و در بالادست رودخانه بشار در استان کهگیلویه و بویراحمد، در حال احداث است (شکل ۱). تا کنون تنها در دو مطالعه به تعیین نیاز آبی رودخانه بشار پرداخته شده است. روشن قیاس و همکاران (۲۷) به ارزیابی جریان محیط زیستی رودخانه بشار با استفاده از سه روش هیدرولوژیک تنانت، منحنی تداوم جریان و اسماختین پرداخته و نیاز آبی محیط زیستی رودخانه را تنها بر اساس ایستگاه هیدرومتری پاتاوه در ۷۵ کیلومتری پایین‌دست ساختگاه سد تنگ سرخ برای ماه‌های فروردین تا شهریور (اپریل تا سپتامبر) ۵/۲ مترمکعب بر ثانیه و برای ماه‌های مهر تا اسفند (اکتبر تا مارس) ۱۵/۵ مترمکعب بر ثانیه تعیین کرده‌اند. در مطالعه‌ای که پورصالحان و همکاران (۲۶) انجام داده‌اند نیز حقابه رودخانه بشار به روش محیط خیس شده که یک روش هیدرولیک است، به میزان ۱۱/۵ مترمکعب بر ثانیه تعیین شده که بسیار نزدیک به متوسط بلندمدت دبی سالانه ایستگاه قلات (۱۳/۲۱ مترمکعب بر ثانیه) در ۱۰ کیلومتری پایین دست ساختگاه سد تنگ سرخ است. ولی در مطالعات صورت گرفته جریان محیط زیستی بر اساس نیازهای زیستی زیستمندان شاخص رودخانه بشار تعیین نشده است. بنابراین هدف از این مطالعه ارزیابی جریان محیط زیستی رودخانه بشار با استفاده از روش هیدرولوژیک تنانت و مقایسه نتایج آن با مشخصات مقاطع عرضی رودخانه بشار، بویژه عمق و سرعت جریان آب متناسب با نیازهای زیستی زیستمندان شاخص آن است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

رودخانه بشار با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی یکی از مهم ترین و پرآب ترین رودخانه‌های استان کهگیلویه و بویراحمد است و بخش عمده‌ای از آب مورد نیاز برای مصارف شرب، صنعت و کشاورزی این استان را فراهم می‌کند. این رودخانه یکی از شاخه‌های اصلی

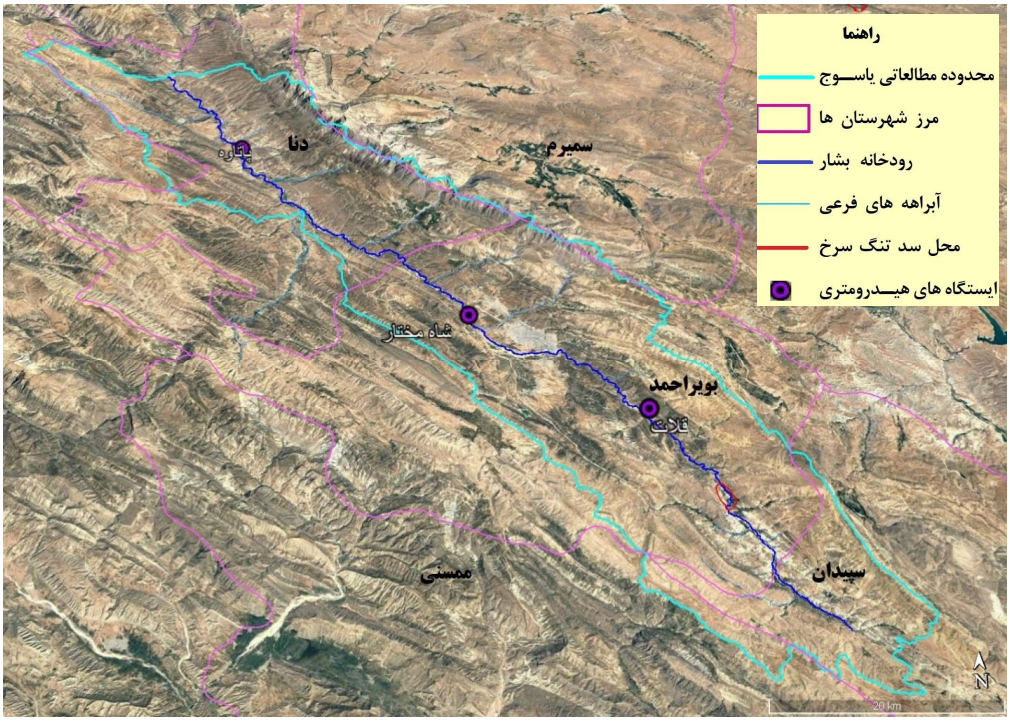
رودخانه خرسان است که از ارتفاعات غربی شهرستان سپیدان واقع در استان فارس سرچشمه گرفته و از قسمت جنوب شرق وارد شهر یاسوج می‌شود و مسیر پر پیچ و خمی به طول ۱۹۰ کیلومتر را در استان کهگیلویه و بویراحمد طی می‌نماید و سپس به رودخانه کارون در استان خوزستان می پیوندد. در طول مسیر از شهرهای یاسوج و دنا عبور کرده و سرشاخه‌های خرم‌ناز، مهریان، گنجه، کریک و کبگیان را دریافت می‌کند (شکل ۱). حوضه آبخیز رودخانه بشار کوهستانی و مرتفع است و ۳۰۹۹ کیلومتر مربع مساحت دارد. اقلیم محدوده غالبا سردسیر و کوهستانی و از لحاظ طبقه‌بندی آمبرژه اقلیم نیمه مرطوب سرد دارد. متوسط بارش سالیانه ۹۰۷ میلی‌متر و میانگین دمای منطقه ۲۷/۱ درجه سلسیوس می‌باشد. این حوضه دارای رژیم برفی، بارانی و دائمی می‌باشد. آبدهی رودخانه بشار بر مبنای آمار ۴۶ ساله ایستگا پاتاوه به طور متوسط ۱۴۷۲ میلیون متر مکعب در سال و حداکثر آبدهی لحظه‌ای آن در سیلابی‌ترین زمان از ۴۶۹ متر مکعب در ثانیه در ایستگاه قلات تا ۸۶۳ متر مکعب در ثانیه در ایستگاه پاتاوه ثبت شده است. میزان پوشش گیاهی محدوده را عمدتا در مناطق مرتفع درختان و درختچه‌های بومی زاگرس (۹۵ درصد بلوط و ۵ درصد درختان بنه ودرختچه‌های بادام) و در مناطق پست عمدتا زمین‌های کشاورزی تشکیل می‌دهد. با توجه به موقعیت رودخانه (عبور آن از شهر یاسوج و همچنین وضعیت اقلیمی) تقاضای آب برای صنعت، کشاورزی و شرب در طول مسیر زیاد است و از این نظر بخصوص کشاورزی با ۸ درصد کشت آبی و ۳۹ درصد کشت دیم در حوضه رودخانه بسیار مورد توجه قرار دارد. همین عوامل موجب می‌شود تا وضعیت طبیعی رودخانه دست‌خوش تغییرات شود.

ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه بشار از بالادست به سمت پایین‌دست رودخانه شامل قلات، شاه مختار و پاتاوه است. داده‌های موجود دبی روزانه رودخانه بشار بر اساس سال‌های آماری ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۷ ایستگاه قلات، ۱۳۴۸ تا ۱۳۸۷ ایستگاه شاه‌مختار و ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۷ ایستگاه پاتاوه از دفتر مطالعات پایه منابع آب اخذ گردید و اطلاعات هیدرولوژیک رودخانه بشار براساس سال‌های آماری محاسبه گردید (شکل ۱).

محاسبه نیاز آبی به روش تنانت

تنانت مقادیر متفاوتی از میانگین دبی سالانه برحسب درصد را به عنوان جریان محیط زیستی پیشنهاد کرده و آن را معرف طبقات مختلف کیفیت زندگی ماهیان می‌داند. این روش ۱۰ درصد میانگین دبی سالانه را برای بقای کوتاه مدت، ۳۰ درصد جریان را برای حفظ شرایط خوب و ۶۰ درصد میانگین دبی سالانه را تامین کننده زیستگاه عالی برای اکثر گونه‌های آبزی می‌داند. درصدهای ارایه شده مقادیری هستند که محدوده جریان را از حداقل تا نزدیک حداکثر پوشش می‌دهند که معمولا برای حفاظت از محیط طبیعی در اکثر مواقع توصیه می‌شود (جدول ۱).

منطق به کار رفته در روش تنانت در انتخاب دو بازه زمانی ۶ ماهه، دوره کم‌آبی و پرآبی رودخانه‌های ایالات آمریکا می‌باشد. دوره کم‌آبی اکتبر تا مارس (مهرماه تا نیمه فروردین) و دوره پرآبی آوریل تا سپتامبر (نیمه فروردین تا شهریور) تعیین شده است (۳۰). سطح پیشنهادی وزارت نیرو در این روش، سطح عادلانه (Fair or degrading) است که البته در بلند مدت می‌تواند باعث زیان‌های محیط زیستی برای رودخانه شود. سطح عادلانه معادل ۱۰ درصد میانگین دبی سالانه برای نیمه فروردین تا شهریورماه (دوره پر آبی) و ۳۰ درصد میانگین دبی سالانه برای مهرماه تا نیمه فروردین (دوره کم آبی) است. به منظور تعیین درصدهای دبی سالانه در روش تنانت از داده‌های دبی ماهانه اندازه‌گیری شده ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه بشار (قلات، شاه مختار و پاتاوه) استفاده شد. دوره زمانی داده‌ها از سال ۱۳۹۸-۱۳۷۵ در ایستگاه قلات، ۱۳۸۷-۱۳۴۸ در ایستگاه شاه‌مختار و ۱۳۹۸-۱۳۵۱ در ایستگاه پاتاوه است. نکته‌ای که وجود دارد، در روش تنانت دوره پرآبی نیمه فروردین تا شهریور و کم‌آبی از مهرماه تا نیمه فروردین تعیین شده که با وضعیت هیدرولوژیک رودخانه بشار مطابقت ندارد. با توجه به متوسط دبی ماهانه ایستگاه‌های هیدرومتری، دوره



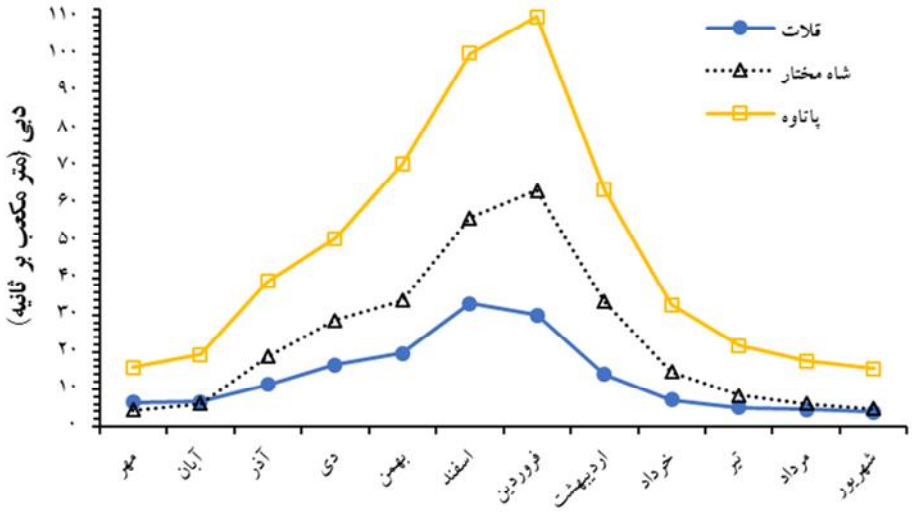
شکل ۱. محدوده مورد مطالعه

جدول ۱. مقادیر پیشنهادی روش تنانت از میانگین دبی سالانه بر حسب درصد (۳۰)

اهداف	درصد پیشنهادی از میانگین دبی سالانه (AAF) رودخانه	
	پاییز–زمستان	بهار–تابستان
شستشو	۲۰۰	۲۰۰
محدوده مقدار بهینه جریان	۱۰۰–۶۰	۱۰۰–۶۰
وضعیت رودخانه	درصد پیشنهادی از میانگین دبی سالانه (AAF) رودخانه	
	پاییز–زمستان	بهار–تابستان
بسیار عالی	۴۰	۶۰
عالی	۳۰	۵۰
خوب	۲۰	۴۰
عادلانه	۱۰	۳۰
ضعیف	۱۰	۱۰
تخریب شدید	۱۰–۰	۱۰–۰

پرآبی و کم‌آبی رودخانه بشار شرایط جریان آبی متفاوتی دارد (شکل ۲). به همین دلیل بر اساس مقایسه داده‌های دبی ماهانه ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه بشار با میانگین دبی سالانه، ماه‌های آذر تا اردیبهشت دوره پرآبی رودخانه و ماه‌های خرداد تا آبان دوره کم‌آبی رودخانه درنظر گرفته شد (۵).

عمق و سرعت جریان آب جزء پارامترهای فیزیکی هستند که برای زیست موجودات آبزی و تامین نیازهای زیستگاهی آن‌ها حیاتی است. تنانت با توجه به شرایط ریخت‌شناسی



شکل ۲. متوسط بلندمدت دبی ماهانه ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه بشار (بر حسب متر مکعب بر ثانیه)

رودخانه و نیازهای زیستی زندگی ماهیان در مقاطع عرضی رودخانه (بویژه با توجه به عمق و سرعت جریان آب)، طبقات مختلف وضعیت رودخانه که به نوعی طبقات کیفیت زیستگاه ماهیان از بسیار عالی تا تخریب شدید است را پیشنهاد کرد. بنابراین با توجه به جریانی که از متوسط دبی سالانه محاسبه شد، پارامترهای عرض آب‌دار کانال، عمق و سرعت متناسب با جریان ارایه شده توسط روش تنانت در هر طبقه محاسبه گردید (۳۰). با توجه به داده‌های موجود از دبی‌های برداشت شده به روش ریزمقطع توسط آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد در ایستگاه قلات، ۱۳۲ برداشت از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸، در ایستگاه شاه‌مختار ۱۸ برداشت از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ و در ایستگاه پاتاوه ۱۱۱ برداشت از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ وجود داشت که به عنوان مبنای تغییرات ریخت‌شناسی کانال رودخانه استفاده شد.

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری پارامترهای بوم‌شناختی و هیدرولیک رودخانه

در ایستگاه شاه‌مختار به دلیل نقص تله‌فریک از سال ۱۳۹۳ برداشت‌های زیادی انجام نشده است. در این مطالعه بازدید میدانی در دوره کم‌آبی رودخانه در دوم مهرماه ۱۴۰۰ بصورت کامل از رودخانه بشار انجام گرفت و محل مقاطع عرضی جهت برداشت اطلاعات مشخص شد. به منظور هماهنگی با اطلاعات گذشته، اندازه‌گیری دبی ایستگاه‌های هیدرومتری قلات، شاه-مختار و پاتاوه از روش ریزمقطع و با استفاده از سرعت‌سنج (مولینه) در سوم مهرماه ۱۴۰۰ انجام شد. جهت اندازه‌گیری سرعت جریان و عمق ابتدا یک طناب به شکل افقی و عمود بر جهت جریان به دوطرف ساحل رودخانه بسته شد. با استفاده از سرعت‌سنج داده‌های عمق و سرعت جریان (در ارتفاع ۶۰٪ عمق) برداشت شد. در دوره پرآبی رودخانه بازدید میدانی در ۱۸ دی‌ماه ۱۴۰۰ انجام شد و برای برداشت دبی از تله‌فریک موجود در ایستگاه‌های هیدرومتری استفاده گردید. در نهایت دبی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۱۶).

$$Q = \sum_{(i=1)}^{n} S_i V_i$$

که در آن Q دبی، Si مساحت ریزمقطع، V_i سرعت میانگین و n تعداد کل مقاطع می‌باشد.

مطلوبیت زیستگاه گونه‌های شاخص رودخانه

در ساماندهی و مدیریت منابع آب توجه به شرایط زیستی و بوم‌شناسی ماهیان رودخانه ضرورت دارد. یک معیار کلیدی و مهم که با توجه به جریان رودخانه، رفتار خاص زیستمندان از

جمله ماهی‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد شاخص مطلوبیت زیستگاه (Suitability Index, SI) است (۲۰). منحنی مطلوبیت زیستگاه (Habitat Suitability Curve, HSC) نشان دهنده میزان مناسب بودن زیستگاه موجود زنده به ازای یک پارامتر خاص (مثلاً عمق، سرعت، نوع بستر کف رودخانه، دما و...) می‌باشد. در این خصوص پارامترهای عمق و سرعت برداشت شده متناسب با درصدهای محاسبه شده از متوسط دبی سالانه (جدول ۱) مبنا قرار گرفت و با مقادیر موردنیاز ماهیان شاخص رودخانه بشار مقایسه شد. برای تامین اطلاعات اولیه در مورد فهرست ماهیان بومی رودخانه بشار از مطالعات انجام شده (۸، ۹ و ۱۰) استفاده گردید. ۲۳ گونه ماهی در این مطالعات گزارش شده که از این نظر رودخانه بشار از تنوع گونه‌ای خوبی برخوردار است (جدول ۲). همچنین جهت تعیین وضعیت موجود فون ماهیان رودخانه بشار، در دو نوبت نمونه‌برداری انجام شده از مقاطع عرضی رودخانه، به کمک یک صیاد محلی و با استفاده از تورپرتابی گوشگیر، ماهیان در محدوده یک کیلومتری بالادست و پایین‌دست ۳ ایستگاه هیدرومتری صید، شمارش و شناسایی شدند. بعلاوه فون ماهیان از مشاهده ماهیان صید شده توسط صیادان بومی و مصاحبه با ایشان نیز تعیین شد. در ادامه برای تعیین گونه‌های شاخص از بین گونه‌های شناسایی شده در رودخانه بشار، از روش نظرسنجی کارشناسی استفاده گردید. فرم کارشناسی در اختیار برخی از کارشناسان شیلات استان کهگیلویه و بویراحمد و ۱۲ نفر از متخصصین بوم‌شناسی آبزیان قرار داده شد و داده‌های حاصل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در فرم کارشناسی برای کارکردهای مختلف (شامل کارکرد ژنتیکی، حفاظتی، بوم‌شناختی، اقتصادی و صید) امتیاز ۰ (بدون اهمیت) تا ۱۰ (بیشترین اهمیت) در نظر گرفته شد که در نهایت یک میانگین وزنی با توجه به امتیازها برای هر گونه و تعداد افراد شرکت کننده در نظرسنجی برآورد گردید. نمونه فرم و میانگین وزنی این گونه‌ها در خصوص تعیین گونه‌های شاخص در جدول ۲ قابل مشاهده است. به طور کلی نتایج حاصل از فرم‌های نظرسنجی از کارشناسان در خصوص تعیین گونه‌های ماهی شاخص نشان داد که به ماهیان بومی امتیاز بیشتری داده شده است. اکثر کارشناسان از بین ۵ شاخص ارزش گونه‌های ماهی (جدول ۲) بیشترین امتیاز را به ارزش‌های ژنتیکی و حفاظتی ماهیان بومی دادند. به منظور لحاظ کردن وزن متفاوت ارزش‌های مختلف، وزن نسبی هریک از ارزش‌ها در نتایج میانگین هر ارزش برای هر گونه ماهی ضرب شد و مجموع میانگین وزنی ارزش‌ها برای هر گونه ماهی محاسبه شد (جدول ۲).

بر اساس مطالعات انجام شده در زمینه ماهیان بومی ایران (۱۲) و پراکنش ماهیان رودخانه بشار (۸، ۹ و ۱۰) و نمونه‌برداری انجام شده مشخص شد که گونه‌های (جدول ۲) خانواده کپورماهیان (سیاه ماهی ریز فلس، سیاه ماهی درشت فلس و سیاه ماهی توئینی یا خالدار) از غالبیت بیشتری برخوردارند. در نهایت براساس نتایج فرم نظرسنجی ۲۳ گونه گزارش شده بر اساس میانگین وزنی گونه‌هایی که بیشترین میانگین را به خود اختصاص دادند به ترتیب رتبه‌بندی شدند. این گونه‌ها بیشترین غالبیت را داشته و به عنوان گونه‌های شاخص رودخانه بشار انتخاب شدند. بعد از مشخص شدن گونه‌های شاخص رودخانه، منحنی‌های مطلوبیت زیستگاه براساس مطالعات مختلف برای گونه‌های سیاه‌ماهی ریزفلس، سیاه‌ماهی درشت فلس، توئینی و سس ماهی کارون و برزم لب پهن (۱، ۲، ۶، ۷، ۱۷، ۱۸، ۲۱ و ۳۳) استخراج شد و مطلوبیت زیستگاه آن‌ها در مراحل مختلف زندگی مبنا قرار گرفت. متاسفانه تا کنون مطالعات لازم در مورد مطلوبیت زیستگاه برای دو گونه برزم لب پهن و سس ماهی کارون صورت نگرفته است ولی با توجه به کلیدهای شناسایی، هر دو گونه از نظر تبارشناسی و احتمالا شرایط زیستگاهی نزدیک به گونه سس ماهی کورا هستند (۸ و ۱۲). به همین دلیل از منحنی‌های مطلوبیت زیستگاه گونه سس ماهی کورا استفاده شد (۳۱).

نتایج و بحث

پارامترهای بوم‌شناختی و هیدرولیکی رودخانه

با توجه به اینکه پارامترهای عمق و سرعت جریان آب از جمله

جدول ۲. فهرست ماهیان رودخانه بشار در ارزیابی کارشناسی گونه‌های شاخص به منظور برآورد نیاز آبی محیط زیستی (۸، ۹، ۱۰ و ۱۲)

گونه	وضعیت بومی	فصل تولید مثل	ارزش گونه (امتیاز ۰-۱۰ برای هر کارکرد)						
			ژنتیکی	حفاظتی	بوم‌شناختی	اقتصادی	صید ورزشی	میانگین وزنی	رتبه
بلیزم (*Barbus laserta*)	بومی	اواخر بهار	۶/۸۲	۶/۴۵	۶/۴۵	۴/۰۹	۵/۶۴	۵	۱۸
سیاه ماهی ریزفلس (*Capoeta damascina*)	بومی	فصل بهار	۶/۰۰	۵/۹۱	۶/۷۳	۵/۰۹	۵/۴۵	۶	۳
شاه کولی (*Chalcalburnus mossulensis*)	بومی	فصل بهار	۶/۲۷	۵/۶۴	۶/۳۶	۳/۶۴	۴/۰۹	۵/۵۶	۱۰
ماهی گل چراغ (*Garra rufa*)	بومی	فصل گرم	۶/۱۸	۵/۳۶	۶/۴۵	۳/۶۴	۱/۸۲	۵/۰۶	۱۷
گربه ماهی (*Glyptothorax silviae*)	بومزاد	فصل بهار	۷/۷۳	۷/۴۵	۷/۰۹	۲/۹۱	۲/۵۵	۵/۶۵	۷
بوتک (*Cyprinion macrostomum*)	بومی	اردیبهشت و خرداد	۶/۲۷	۵/۲۷	۵/۹۱	۴/۱۸	۴/۵۵	۵/۳۰	۱۵
ماهی دشت ارژنی (*Capoeta barroisi*)	بومی	فصل بهار	۶/۱۸	۶/۷۳	۵/۳۶	۴/۰۰	۴/۳۶	۵/۶۶	۶
ماهی برزم لب پهن (*Barbus barbulus*)	بومی	فصل بهار	۷/۰۰	۷/۱۸	۶/۸۲	۶/۲۷	۵/۹۱	۶/۸۸	۱
توئینی (*Capoeta trutta*)	بومی	فصل بهار	۶/۱۸	۵/۶۴	۶/۲۷	۵/۰۰	۵/۰۹	۵/۸۶	۵
تیل خوس (*C. capoeta*)	بومی	مارس و سپتامبر	۶/۰۰	۵/۳۶	۵/۶۴	۴/۲۷	۵/۲۷	۵/۴۲	۱۳
نازک (*Chondrostoma regium*)	بومی	فصل گرم	۵/۹۱	۵/۰۹	۵/۶۴	۳/۷۳	۴/۱۸	۵/۳۷	۱۴
سگ ماهی (*Turcinoemacheilus kosswigi*)	بومی	فصل گرم	۷/۱۸	۶/۸۲	۷/۳۶	۲/۴۵	۲/۰۹	۵/۴۹	۱۱
سگ ماهی (*Paracobitis malapterura*)	بومی	فصل گرم	۷/۳۶	۷/۰۹	۷/۳۶	۲/۱۸	۱/۳۶	۵/۴۵	۱۰
سس ماهی کارون (*Barbus karunensis*)	بومزاد	فصل بهار	۷/۵۵	۷/۳۶	۶/۸۲	۵/۱۸	۵/۷۳	۶/۵۸	۲
سیاه ماهی درشت فلس (*Capoeta aculeata*)	بومزاد	اواخر بهار و تابستان	۶/۶۴	۵/۸۲	۵/۹۱	۵/۶۴	۵/۹۱	۵/۸۷	۴
ماهی کاوار (*Squalius lepidus*)	بومی	فصل بهار	۶/۲۷	۵/۸۲	۵/۳۶	۳/۳۶	۳/۷۳	۵/۲۶	۱۶
لوچ کوتوله سعدی (*Turcinoemacheilus saadii*)	بومزاد	فصل گرم	۷/۷۳	۷/۱۸	۷/۲۷	۳/۰۰	۱/۶۴	۵/۶۴	۹
شاه کولی جنوبی (*Alburnus sellal*)	بومی	فصل بهار	۵/۸۲	۵/۵۵	۵/۵۵	۳/۵۵	۳/۰۰	۴/۹۹	۱۹
لوچ تاجدار بشار (*Paracobitis basharensis*)	بومزاد	فصل گرم	۷/۶۴	۷/۲۷	۷/۲۷	۳/۰۹	۱/۴۵	۵/۶۵	۸
آمور (*Squalius cephalus*)	غیر بومی	اوایل بهار	۲/۸۲	۲/۰۹	۲/۰۹	۲/۴۵	۳/۳۶	۲/۸۵	۲۱
ماهی کاراس (*Carassius gibelio*)	غیر بومی	اواخر زمستان و بهار	۲/۳۶	۱/۹۱	۲/۰۰	۳/۰۹	۲/۸۲	۲/۶۵	۲۲
ماهی قرمز (*Carassius auratus*)	غیر بومی	اوایل بهار	۲/۱۸	۱/۵۵	۲/۰۰	۶/۳۶	۶/۸۲	۲/۵۰	۲۳
قزل‌آلا رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)	غیر بومی	زمستان	۶/۸۲	۶/۴۵	۶/۴۵	۴/۰۹	۵/۶۴	۳/۲۳	۲۰
میانگین وزن امتیاز هر ارزش			۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۱۶	۰/۱۵	-	–

پارامترهایی است که برای حیات ماهیان باید درنظر گرفته شود، مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین عمق و سرعت جریان آب رودخانه متناسب با درصدهای پیشنهادی متوسط دبی سالانه در روش تنانت (۱۰ درصد تا ۲۰۰ درصد) براساس اطلاعات موجود از برداشت مقاطع عرضی (ریز اطلاعات فرم ۴۱۸ مربوط به اندازه‌گیری دبی به روش ریزمقطع) در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه بشار محاسبه شد (جدول ۳). در پژوهش انجام شده توسط تنانت (۳۰) در ایالت‌های امریکا، براساس عمق، سرعت و محیط خیس شده ۱۰ درصد از میانگین دبی سالانه برای حفظ زیستگاه و بقای کوتاه مدت برای اکثر گونه های آبزی توصیه شد. ۳۰ درصد میانگین دبی سالانه به عنوان جریان پایه برای حفظ شرایط و بقای خوب برای اکثر گونه های آبزی و تفریح عمومی پیشنهاد شد. همچنین ۶۰ درصد میانگین دبی سالانه به عنوان جریان تامین کننده زیستگاهی عالی برای اکثر گونه های آبزی در طول دوره های اولیه رشد و استفاده‌های تفریحی توصیه شد. این سه رژیم محدوده جریانی از حدود حداقل تا نزدیک به حداکثر را پوشش می‌دهند که معمولاً برای حفاظت از محیط طبیعی در اکثر جریان‌ها قابل توجیه و توصیه است. همچنین بیان شده که جریان‌های دیگر را می‌توان مورد مطالعه قرار داد و براساس منطقه مورد مطالعه برای استفاده از این روش مناسب‌ترین و معمول‌ترین جریان را با توجه به شرایط زیستگاه زیستمندان توصیه کرد. با توجه به ۱۰ درصد میانگین دبی سالانه که شرایط حداقلی را در روش تنانت توصیف می‌کند برای ایستگاه قلات، میانگین عمق ۰/۲۲ متر و میانگین سرعت ۰/۲۱ متر بر ثانیه، برای ۳۰ درصد میانگین سالانه که شرایط خوب را در روش تنانت توصیف می‌کند میانگین عمق ۰/۳۰ متر و سرعت ۰/۳۸ متر برثانیه و برای شرایط عالی یعنی ۶۰ درصد میانگین سالانه، میانگین عمق وسرعت متناسب به ترتیب ۰/۴۱ متر و ۰/۴۳ متر بر ثانیه محاسبه شد.

برای ایستگاه شاه‌مختار ۱۰ درصد متوسط دبی سالانه میانگین عمق ۰/۳۰ متر و سرعت ۰/۲۳ متر برثانیه شرایط حداقل بوده، ۳۰ درصد دبی متوسط سالانه میانگین عمق ۰/۳۸ متر و سرعت ۰/۳۷ متر برثانیه شرایط متوسط و ۶۰ درصد متوسط دبی سالانه ۰/۴۰ متر عمق و سرعت ۰/۷۸ متر برثانیه شرایط عالی است. در ایستگاه پاتاوه عمق ۰/۴۵ متر و سرعت ۰/۴۱ متر برثانیه برای ۳۰ درصد متوسط دبی سالانه و در ۶۰ درصد متوسط دبی سالانه، ۰/۷۸ متر عمق و سرعت ۰/۷۲ متر برثانیه برای شرایط متوسط و عالی است (جدول ۳). البته برای ۱۰ درصد متوسط دبی سالانه، کمترین تعداد فرم اندازه‌گیری ریزمقطع وجود داشت بطوریکه اکثرا در دبی روزانه ایستگاه‌ها مربوط به شهریور ماه سال ۱۳۹۶ موجود بود.

مطلوبیت زیستگاه گونه‌های شاخص

هرگونه ماهی زیستگاه خاصی را ترجیح می‌دهد و این زیستگاه جایی است که باید دارای ویژگی‌های مطلوب زیستگاه از جمله دمای مورد نیاز، اکسیژن، غذا و فضای کافی برای استتار باشد. مشکلی که عملکرد گونه را تهدید می‌کند از دست دادن زیستگاه یا به عبارتی تکه تکه شدن زیستگاه بر اثر عوامل انسانی مانند آلودگی آب رودخانه، تغییر کاربری و تغییر رژیم هیدرولوژیک است (۶). به منظور بررسی شرایط بوم‌شناختی گونه‌های شاخص رودخانه بشار بر اساس مطالعات انجام شده، منحنی‌های مطلوبیت زیستگاه (HSC) برای ۲ پارامتر عمق و سرعت جریان (شکل ۳ و جدول ۴) برای گونه‌های شاخص رودخانه بشار (جدول ۲) استخراج شد (۱، ۲، ۶، ۷، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ۳۳).

بر اساس نتایج فرم نظرسنجی از ۲۳ گونه گزارش شده و نمونه‌برداری انجام شده، میانگین وزنی گونه‌هایی که بیشترین میانگین را به خود اختصاص دادند به ترتیب عبارتند از گونه برزم لب‌پهن (۶/۸۸) و سس‌ماهی کارون (۶/۵۸) به‌عنوان گونه‌های بومزاد رودخانه بشار و سیاه‌ماهی ریزفلس (۶)، سیاه‌ماهی درشت فلس (۵/۸۷) و سیاه ماهی خالدار یا توئینی (۵/۸۶) که در رتبه‌های بعدی قرار گفتند (جدول ۲).

پنج گونه‌ای که بیشترین امتیاز را از نظر کارشناسان گرفته‌اند همگی از خانواده کپورماهیان (Cyprinidae) هستند. پس از نظر تبارشناسی بسیار نزدیک به هم هستند و احتمالاً شرایط

جدول ۳. دامنه تغییرات عمق و سرعت جریان در مقاطع عرضی ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه بشار متناسب با درصدهای پیشنهادی میانگین دبی سالانه در روش تنانت

ایستگاه	درصد میانگین دبی سالانه (دبی $m^3 s^{-1}$)	پارامتر	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	عرض آب‌دار (m)
قلات	٪۲۰۰ (۲۶/۴۲)	عمق (m)	۰/۲۴	۰/۸۸	۰/۵۶	۰/۲۸	۳۴
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۱۸	۱/۰۳	۰/۶۴	۰/۳۴	
	٪۱۰۰ (۱۳/۲۱)	عمق (m)	۰/۱۸	۰/۷۰	۰/۴۲	۰/۲۴	۳۳
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۱۰	۰/۸۵	۰/۵۴	۰/۳۰	
	٪۶۰ (۷/۹۳)	عمق (m)	۰/۱۵	۰/۷۰	۰/۴۱	۰/۲۳	۳۱/۵۰
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۱۰	۰/۸۱	۰/۴۳	۰/۲۶	
	٪۵۰ (۶/۶۱)	عمق (m)	۰/۰۹	۰/۶۸	۰/۳۰	۰/۲۳	۳۰
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۰۷	۰/۷۹	۰/۴۳	۰/۲۶	
	٪۴۰ (۵/۲۹)	عمق (m)	۰/۰۵	۰/۶۰	۰/۳۰	۰/۲۳	۲۸
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۰۷	۰/۷۵	۰/۳۹	۰/۲۶	
	٪۳۰ (۳/۹۶)	عمق (m)	۰/۰۸	۰/۶۰	۰/۳۰	۰/۱۹	۲۵
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۰۷	۰/۶۹	۰/۳۸	۰/۲۰	
	٪۲۰ (۲/۶۴)	عمق (m)	۰/۰۹	۰/۵۸	۰/۲۸	۰/۱۹	۲۵
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۱۴	۰/۶۵	۰/۳۵	۰/۲۵	
	٪۱۰ (۱/۳۲)	عمق (m)	۰/۰۵	۰/۵۵	۰/۲۲	۰/۱۵	۱۶/۵۰
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۰۳	۰/۶۰	۰/۲۱	۰/۲۰	
شاه مختار	٪۲۰۰ (۴۵/۵)	عمق (m)	۰/۲۷	۰/۹۲	۰/۶۶	۰/۲۹	۵۰
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۴۰	۱/۶۵	۱/۱۶	۰/۵۲	
	٪۱۰۰ (۲۲/۷۵)	عمق (m)	۰/۲۲	۰/۸۵	۰/۵۵	۰/۲۵	۴۵
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۱۸	۱/۵۲	۰/۵۶	۰/۳	
	٪۶۰ (۱۳/۶۵)	عمق (m)	۰/۱۱	۰/۶۸	۰/۴۰	۰/۲۳	۴۳
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۱۹	۱/۳۱	۰/۷۸	۰/۴۲	
	٪۵۰ (۱۱/۶۳)	عمق (m)	۰/۱۶	۰/۵۸	۰/۳۸	۰/۲۱	۴۲/۵۰
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۲۷	۰/۸۰	۰/۵۸	۰/۲۵	
	٪۴۰ (۹/۳۰)	عمق (m)	۰/۱۰	۰/۵۶	۰/۳۵	۰/۱۸	۴۰
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰./۱۰	۰/۶۶	۰/۴۱	۰/۱۹	
	٪۳۰ (۶/۹۸)	عمق (m)	۰/۱۵	۰/۵۴	۰/۳۸	۰/۱۸	۴۰
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۲۲	۰/۶۴	۰/۳۷	۰/۱۵	
	٪۲۰ (۴/۶۵)	عمق (m)	۰/۰۹	۰/۵۰	۰/۳۱	۰/۱۶	۳۲
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۱۰	۰/۵۹	۰/۳۶	۰/۲۲	
	٪۱۰ (۲/۳۳)	عمق (m)	۰/۱۰	۰/۴۸	۰/۳۰	۰/۱۵	۲۷
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۱۴	۰/۳۴	۰/۲۳	۰/۱۱	

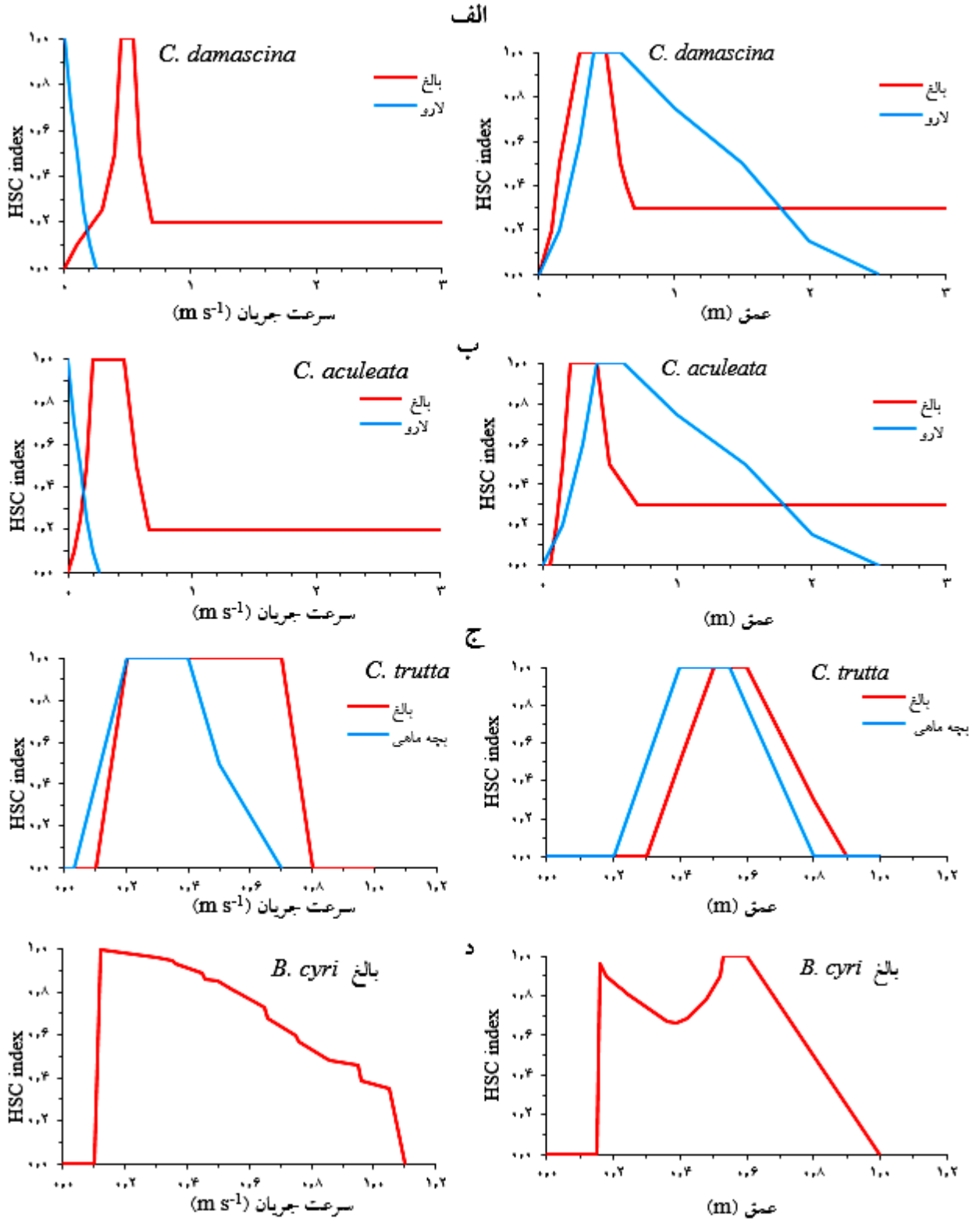
ادامه جدول ۳.

ایستگاه	درصد میانگین دبی سالانه (دبی $m^3 s^{-1}$)	پارامتر	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	عرض آب‌دار (m)
پاتاوه	۲۰۰٪ (۹۲/۷۶)	عمق (m)	۰/۴۸	۲/۰۴	۱/۳۳	۰/۷۸	۶۵
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۲۷	۱/۳۲	۶/۵۸	۰/۵۰	
	۱۰۰٪ (۴۶/۳۸)	عمق (m)	۰/۲	۱/۴۸	۰/۶۲	۰/۴۲	۶۰
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۳۴	۲/۶۳	۱/۴۱	۰/۹۵	
	۶۰٪ (۲۷/۸۳)	عمق (m)	۰/۲۱	۱/۲۰	۰/۷۸	۰/۴۱	۴۸
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۳۵	۱/۱۳	۰/۷۲	۰/۲۳	
	۵۰٪ (۲۳/۱۹)	عمق (m)	۰/۳۰	۱/۰۶	۰/۶۷	۰/۳۵	۴۶
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۲۵	۱/۰۲	۰/۷۲	۰/۳۷	
	۴۰٪ (۱۸/۶)	عمق (m)	۰/۱۷	۰/۸۰	۰/۴۶	۰/۲۴	۴۴
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۱۳	۰/۸۹	۰/۶۲	۰/۳۵	
	۳۰٪ (۱۳/۹۲)	عمق (m)	۰/۱۶	۰/۶۸	۰/۴۵	۰/۲۴	۴۴
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۰۹	۰/۷۰	۰/۴۱	۰/۱۶	
	۲۰٪ (۹/۲۸)	عمق (m)	۰/۰۵	۰/۶۸	۰/۴۱	۰/۲۳	۲۸
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۱۰	۰/۵۴	۰/۳۳	۰/۲۹	
	۱۰٪ (۴/۶۴)	عمق (m)	۰/۱۱	۰/۶۲	۰/۳۶	۰/۲۰	۲۲
		سرعت ($m s^{-1}$)	۰/۱۷	۰/۶۱	۰/۴۶	۰/۲۲	

زیستگاهی نزدیک به هم دارند. بویژه آنکه هر سه گونه سیاه‌ماهی ریزفلس، سیاه‌ماهی درشت فلس و سیاه ماهی خالدار در جنس سیاه‌ماهیان (*Capoeta*) قرار گرفته و دو گونه برزم لب‌پهن و سس‌ماهی کارون متعلق به جنس باربوس ماهیان (*Barbus*) هستند. بررسی منابع و استخراج منحنی‌های مطلوبیت زیستگاه نیز نشان داد که شرایط زیستگاهی مورد نیاز هر سه گونه جنس سیاه ماهیان بویژه از نظر سرعت، عمق و بستر رودخانه بسیار نزدیک به هم است (۱، ۲، ۶، ۷، ۱۷ و ۱۸).

بیشترین پراکنش سیاه ماهی ریزفلس در بستر شنی–قلوه سنگی مشاهده شده است. فصل تولیدمثل این ماهی از اردیبهشت تا تیرماه گزارش شده و برای تولیدمثل بایستی همه شرایط محیطی از جمله دبی مورد نیاز آن فراهم باشد. پس از تولید مثل بایستی لارو ماهیان در برکه‌هایی که دارای جریان آب آرام با گیاهان آبزی فراوان هستند باشند. عامل اصلی ایجاد برکه‌ها در حاشیه رودخانه، دبی بیشتر آب و آبگیری حاشیه رودخانه در زمان تولیدمثل است. یعنی برای تخم‌ریزی و تولید مثل باید دبی رودخانه به حدی باشد که برکه‌های حاشیه رودخانه را برای تخم‌ریزی فراهم کند و همچنین ماهیان باید دبی‌های زیاد دوره پرآبی را تجربه کنند تا به بلوغ جنسی رسیده و در ادامه بتوانند در دوره کم‌آبی و جریان کم تخم‌ریزی داشته باشند (۱).

سیاه‌ماهی درشت فلس قسمت‌های فوقانی و میانی رودخانه که دارای آب شفاف و بستر ماسه‌ای–قلوه سنگی است را ترجیح می‌دهد. همچنین در مناطق عمیق‌تر که دارای جریان آب آرام و پوشیده از گیاهان آبزی و ریشه است، فراوانی بیشتری دارد. در زیستگاه‌های دارای سرعت جریان ۰/۴ تا ۱/۳ متر بر ثانیه و عمق کمتر از ۰/۵ متر که بیشتر در اواسط بهار و تابستان یافت می‌شود حضور دارد و در سایر فصول اعماق بیشتر با



شکل ۳. نمودارهای مطلوبیت زیستگاه (HSC) سیاه ماهی ریز فلس (الف)، سیاه ماهی درشت فلس (ب)، سیاه ماهی توئینی یا خالدار (ج) و سس ماهی کورا (د) بالغ بر اساس عمق و سرعت جریان آب رودخانه (۶، ۱۸ و ۲۸)

جدول ۴. طبقات مطلوبیت زیستگاه ۴ گونه ماهی شاخص در مرحله لارو، بچه ماهی جوان و بلوغ

گونه ماهی		سرعت ($m\ s^{-1}$)				عمق (m)	
	مرحله زندگی	SI<٪۲۵	٪۱۰۰ > SI>٪۲۵	SI= ٪۱۰۰	SI<٪۲۵	٪۱۰۰ > SI>٪۲۵	SI= ٪۱۰۰
سیاه ماهی ریزفلس	بالغ	<۰/۳	۰/۴۴– ۰/۳ و >۰/۵۶	۰/۵۵– ۰/۴۵	<۰/۱۱	۰/۲۹– ۰/۱۲ و >۰/۵۱	۰/۵– ۰/۳
(C. damascina)	لارو	>۰/۱۵	۰/۱۵– ۰/۰۵	<۰/۰۵	<۰/۲	۰/۳۹– ۰/۲ و >۰/۶۱	۰/۶– ۰/۴
سیاه ماهی درشت فلس	بالغ	۰/۱> و ۰/۶۱>	۰/۱۹– ۰/۱ و ۰/۴۶– ۰/۶	۰/۴۵– ۰/۲	<۰/۱	۰/۱۹– ۰/۱ و >۰/۴۱	۰/۴– ۰/۲
(C. aculeata)	لارو	>۰/۱۵	۰/۱۵– ۰/۰۵	<۰/۰۵	<۰/۲	۰/۳۹– ۰/۲ و >۰/۶۱	۰/۶– ۰/۴
سیاه ماهی خالدار	بالغ	۰/۱۵> و ۰/۷۱>	۰/۱۹– ۰/۱۵	۰/۶– ۰/۲	۰/۳۵> و >۰/۹۱	۰/۴۴– ۰/۳۵ و ۰/۹– ۰/۶۱	۰/۶– ۰/۴۵
(C. trutta)	بچه ماهی	۰/۱> و ۰/۵۵>	۰/۲ – ۰/۱ و ۰/۳۶– ۰/۵۵	۰/۳۵– ۰/۲	۰/۲۵> و >۰/۷	۰/۳۴– ۰/۲۵ و ۰/۵۶– ۰/۷	۰/۵۵– ۰/۳۵
سس ماهی کورا (B. cyri)	بالغ	>۰/۹	۰/۱۱– ۰/۹	۰/۱	<۰/۱۵	۰/۵۱– ۰/۱۵	>۰/۵۲

سرعت جریان کمتر را ترجیح می‌دهد. در زمان تخم‌ریزی به دبی بیشتری نیاز است چرا که بایستی برکه‌های اطراف رودخانه آبگیری شوند (۶). سیاه ماهی خالدار نیز در قسمت‌هایی از رودخانه که جریان آب سریع است و عمق کمتر از ۱/۵ متر، بسترهای شنی-ماسه‌ای یا قلوه‌سنگی را ترجیح می‌دهد. تولیدمثل این گونه از فروردین تا تیر است (۱۲، ۲۰). سس ماهی کارون و ماهی برزم لب پهن در حوضه کارون، کرخه، زهره و کر پراکنش دارند و در قسمت فوقانی و میانی رودخانه جریان تند و سرد را ترجیح می‌دهند. تولید مثل و تخم‌ریزی ۲ تا ۳ بار در بستر سنگ ریزه‌ای در آب تند بهار و تابستان است. بنابراین سرعت و عمق آب و بستر عوامل اصلی برای تولیدمثل این دو گونه است. بنابراین برای تولیدمثل باید جریان‌های زیاد در پرآبی را تجربه کنند تا بتواند در بهار به تولیدمثل برسد (۱۱، ۳۳).

مقایسه شاخص مطلوبیت زیستگاه مورد نیاز هر سه گونه جنس سیاه ماهیان و گونه سس ماهی کورا از باربوس ماهیان از نظر عمق و سرعت جریان آب در جدول ۴ ارائه شده است. سیاه‌ماهی ریزفلس بالغ در بین ۳ گونه سیاه‌ماهی موجود در رودخانه بشار تقریبا حد وسط دامنه تغییرات حداکثر مطلوب زیستگاه از نظر عمق (۰/۳ – ۰/۵ متر) و سرعت جریان آب (۰/۴۵ – ۰/۵۵ متر بر ثانیه) را دارد. در حالیکه مرحله لاروی در سیاه‌ماهیان نیازمند عمق بیشتر و حداقل سرعت آب (کمتر از ۰/۰۵ متر بر ثانیه) است.

سس ماهی کورا بالغ عمق بیشتر از ۰/۵۲ متر را همزمان با سرعت حدود ۰/۱ متر بر ثانیه ترجیح می‌دهد و به نسبت سیاه‌ماهیان سرعت جریان‌های کمتر را ترجیح می‌دهد. دامنه تغییرات عمق و سرعت جریان آب در یک کانال رودخانه در دبی‌های مختلف و مهمتر از آن در مزوزیستگاه‌های رودخانه (تندآب، کندآب و روان آب)، که در اثر بر همکنش آب و ریخت‌شناسی رودخانه شکل می‌گیرند، حاصل می‌گردد.

مقایسه میانگین عمق و سرعت جریان براساس داده‌های مقاطع در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه بشار متناسب با درصدهای محاسبه شده از متوسط دبی سالانه به روش تنانت با اطلاعات مطلوبیت زیستگاه ماهیان شاخص (جدول ۳ و ۴) نشان می‌دهد که ۱۰ درصد متوسط دبی سالانه رودخانه بشار در ایستگاه قلات تامین کننده زیستگاه مطلوب از نظر عمق و سرعت جریان آب (عمق ۰/۲۲ متر و سرعت ۰/۲۱ متر بر ثانیه) برای مرحله بالغ هر سه گونه سیاه ماهیان نیست.

در مورد سیاه ماهی خالدار، حتی مقادیر متوسط عمق آب در دبی ۲۰ درصد متوسط دبی سالانه ایستگاه قلات (عمق ۰/۲۸ متر) تامین کننده ۲۵ درصد پایینی عمق مطلوب آب (عمق بیش از ۰/۳۵ متر) برای مرحله بالغ نیست و تنها مطلوبیت مورد نیاز برای مرحله بچه‌ماهی این گونه (عمق بیش از ۰/۲۵ متر) و مرحله لاروی دو گونه سیاه ماهی ریزفلس و درشت فلس (عمق بیش از ۰/۲ متر) را تامین می‌کند (جدول ۳ و ۴).

برای گونه سیاه ماهی ریزفلس به عنوان نماینده (حد واسط) سیاه‌ماهیان رودخانه بشار مقادیر میانگین عمق و سرعت جریان متناسب با ۴۰ درصد (عمق ۰/۳ متر و سرعت ۰/۳۹ متر بر ثانیه) و ۵۰ درصد متوسط دبی سالانه به روش تنانت (عمق ۰/۳ متر و سرعت ۰/۴۳ متر بر ثانیه) تامین کننده ۷۵ درصد بالایی مطلوبیت زیستگاه (عمق بیش از ۰/۱۲ متر و سرعت بیش از ۰/۳ متر بر ثانیه) در ایستگاه قلات است (جدول ۳، ۴). ضمن آنکه عرض آبدار کانال رودخانه در ایستگاه قلات با کاهش دبی از ۵۰ به ۴۰ درصد متوسط دبی سالانه تنها ۲ متر کاهش می‌یابد. پس می‌توان برای تامین زیستگاه مطلوب سیاه‌ماهیان بالغ در بالادست رودخانه بشار حداقل مقدار ۴۰ درصد متوسط دبی سالانه ایستگاه قلات را ملاک قرار داد. برای رشد لاروها در دوره تابستان نیز مقدار ۲۰ درصد متوسط دبی سالانه ایستگاه قلات را می‌توان در نظر گرفت که با طبقه خوب روش تنانت یعنی ۴۰ درصد متوسط دبی سالانه برای دوره پرآبی و ۲۰ درصد متوسط دبی سالانه برای دوره کم آبی مطابقت دارد.

۱۰ و ۲۰ درصد متوسط دبی سالانه رودخانه بشار در ایستگاه شاه مختار نیز تامین کننده زیستگاه مطلوب از نظر عمق آب (به ترتیب میانگین عمق ۰/۳۰ و ۰/۳۱ متر) برای مرحله بالغ سیاه ماهی خالدار نیست و تنها مطلوبیت مورد نیاز برای مرحله بچه‌ماهی این گونه (عمق بیش از ۰/۲۵ متر) و مرحله لاروی دو گونه سیاه ماهی ریزفلس و درشت فلس (عمق بیش از ۰/۲ متر)

را تامین می‌کند. برای تامین ۷۵ درصد بالایی مطلوبیت زیستگاه سیاه ماهی خالدار بالغ به عمق بیش از ۰/۳۵ متر و سرعت بیش از ۰/۱۵ متر بر ثانیه نیاز است که با داده‌های میانگین عمق و سرعت متناظر با ۳۰ درصد و ۴۰ درصد روش تنانت در ایستگاه شاه مختار مطابقت دارد. در این شرایط زیستگاه مطلوب دو گونه دیگر سیاه‌ماهیان رودخانه بشار نیز تامین می‌شود. عرض آبدار کانال رودخانه در ایستگاه شاه مختار با کاهش دبی از ۵۰ به ۴۰ درصد متوسط دبی سالانه ۲/۵ متر کاهش می‌یابد. پس طبقه خوب روش تنانت برای ایستگاه شاه‌مختار نیز پیشنهاد می‌شود (جدول ۳ و ۴). پورصالحان و همکاران (۲۶) از روش محیط خیس شده حداقل جریان زیست‌محیطی رودخانه بشار را محاسبه کرده‌اند ولی در مطالعه ایشان نیاز زیست محیطی گونه شاخص در نظر گرفته نشده و جریانی مجزا برای هر یک از ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه بشار استخراج نشده است. ایشان جریان زیست‌محیطی را ۱۱/۵ مترمکعب بر ثانیه برای رودخانه بشار برآورد کرده‌اند که با ۵۰ درصد میانگین دبی سالانه ایستگاه شاه‌مختار مطابقت دارد و می‌تواند ۷۵ درصد بالایی مطلوبیت زیستگاه سیاه ماهی خالدار در مرحله بالغ را به عنوان گونه شاخص در این ایستگاه تامین کند.

۱۰ درصد متوسط دبی سالانه رودخانه بشار در ایستگاه پاتاوه تامین کننده زیستگاه مطلوب از نظر عمق و سرعت آب (میانگین عمق ۰/۳۶ و ۰/۴۶ متر) برای مرحله بالغ هر پنج گونه شاخص ماهی رودخانه بشار است که با توجه به افزایش دبی ناشی از اضافه شدن شاخه‌های فرعی گنجه، کریک و کبگیان در پایین دست رودخانه بشار منطقی است (جدول ۳ و ۴). در مطالعه روشن قیاس و همکاران (۲۷) که سطح عادلانه (یا درحال تخریب، جدول ۱) روش تنانت را برای ایستگاه پاتاوه در دوره آماری ۳۷ ساله (۱۳۸۷-۱۳۵۱) محاسبه کرده نیز نیازهای گونه شاخص در نظر گرفته نشده و دبی محاسبه شده در پایین دست رودخانه بشار تقریبا نزدیک به دبی محاسبه شده در این پژوهش است و می‌تواند زیستگاه مطلوب از نظر عمق و سرعت جریان آب را برای گونه شاخص تامین کند. احتمالا میکروزیستگاه‌ها (حاشیه سنگ‌های بزرگ و رویش گیاهی) و مزوزیستگاه‌های محدوده پایین دست رودخانه باعث می‌شود که شرایط زیستگاهی مطلوب برای گونه‌های شاخص ماهی رودخانه بشار در دبی‌های زیاد ایستگاه پاتاوه حاصل گردد که می‌توان در مطالعات آتی با مدل‌سازی و استفاده از روش‌های شبیه سازی زیستگاه (مثل مدل PHABSIM یا مدل River2D) مقادیر دبی مطلوب را بهتر تعیین کرد.

در راستای نتایج این پژوهش در ایستگاه‌های هیدرومتری، مطابق با یافته‌های که فقط روش تنانت با روش شبیه‌سازی زیستگاه (عمق، سرعت و عرض بستر مبنا قرار گرفته می‌شود) مقایسه کرده‌اند می‌توان به مطالعات پینگ و همکاران (۲۵) با بررسی گونه‌های Cyprinidae در رودخانه Zagunao در چین اشاره کرد که بیان کردند ۲۰ درصد جریان متوسط سالانه نمی تواند نیاز اساسی گونه‌های Cyprinidae را تامین کند و سطح بین «خوب» و «بسیار خوب» شرایط بقای مناسب را برای موجودات آبزی فراهم می‌کند. از طرفی کیم و چوی (۱۳) با بررسی گونه *Z. platypus* در رودخانه Nasong-Cheon کره بیان کردند که جریان‌های بهینه با استفاده از روش تنانت می توانند حداکثر شرایط نیاز زیستگاه گونه *Z. platypus* در منطقه مورد مطالعه را تامین کنند. در همین راستا در ایستگاه‌های قلات و شاه‌مختار سطح خوب و بالاتر روش تنانت پاسخگوی نیازهای زیستگاه گونه‌های شاخص است. همچنین نیک قلب و همکاران (۲۴) با بررسی گونه *Luciobarbus capito* در رودخانه کاظم رود و نادری و همکاران (۲۰) با بررسی گونه سیاه ماهی *C. capoeta gracilis* در رودخانه قره‌سو بیان کردند که سطح متوسط (یا درحال تخریب) نیازهای زیستگاهی گونه‌های آبزی را نادیده می‌گیرد. این درحالی است که در دو ایستگاه قلات و شاه‌مختار نیاز گونه‌های شاخص بالغ در سطح متوسط (یا درحال تخریب) تامین نمی‌شود.

نکته بسیار مهمی که در تهیه برنامه‌زمانی الگوی رهاسازی آب در پایین دست سد بایستی مد نظر قرار داد تامین دبی و بویژه دبی‌های سیلابی متناسب با رژیم هیدرولوژیک طبیعی

رودخانه برای تامین نیازهای زیستگاهی ماهیان در مرحله آمادگی برای تخم‌ریزی است. به عبارت دیگر برای تحریک فیزیولوژیک و طی دوره رسیدگی جنسی ماهیان بایستی شرایط طبیعی مهیا گردد. کاهش درجه حرارت آب، کوتاه شده طول روز و افزایش دبی در فصل زمستان محرک رسیدگی جنسی در کپورماهیان است (۱۸). عموما سدها و راهبرد ذخیره حداکثری آب برای مصارف مختلف باعث برهم زدن رژیم هیدرولوژیک رودخانه شده و ثابت بودن دبی خروجی مشکل دیگری است که باعث کاهش تنوع مکانی و زمانی زیستگاه در رودخانه پایین دست می‌شود که در نهایت به کاهش تنوع زیستی می‌انجامد. به همین دلیل علاوه بر تعیین میزان حقابه رودخانه بایستی برنامه زمانی متناسب با رژیم هیدرولوژیک طبیعی رودخانه ارائه گردد.

اکثر کپورماهیان در فصل پاییز و زمستان دوران آمادگی برای تخم‌ریزی را طی می‌کنند و عمدتا در اواسط بهار و تابستان تخم‌ریزی کرده و دوران رشد لاروها و بچه ماهیان را طی می‌کنند که با رژیم طبیعی رودخانه بشار نیز همراستا است. متاسفانه منحنی‌های مطلوبیت زیستگاه برای دیگر مراحل زندگی (مثل بچه ماهی و مرحله تخم‌ریزی) کپورماهیان رودخانه بشار وجود ندارد که بتواند مبنای مقایسه دقیق‌تر با روش تنانت قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر به ارزیابی جریان محیط زیستی رودخانه بشار با استفاده از روش تنانت براساس مشخصات مقاطع عرضی ایستگاه‌های هیدرومتری شامل عمق و سرعت جریان مطلوب زیستمندان شاخص پرداخته شد. براساس نتایج نظرسنجی از متخصصان، از ۲۳ گونه ماهی رودخانه بشار ۵ گونه از خانواده کپورماهیان بیشترین امتیاز را کسب کردند و نیازهای زیستی آنها به عنوان گونه‌های شاخص استخراج گردید و مبنای مقایسه با داده‌های مقاطع عرضی رودخانه بشار قرار گرفت.

نتایج بدست آمده نشان داد که در بالادست رودخانه بشار در دو ایستگاه هیدرومتری قلات و شاه‌مختار، طبقه خوب روش تنانت شامل ۴۰ درصد متوسط دبی سالانه برای دوره پرآبی (آذر تا اردیبهشت) و ۲۰ درصد متوسط دبی سالانه برای دوره کم آبی (خرداد تا آبان) برای تامین نیازهای زیستگاهی سیاه‌ماهیان رودخانه بشار به ترتیب مناسب برای دو مرحله زندگی بالغ و لارو است. مقادیر جریان پیشنهادی پژوهش حاضر در مقایسه با سطح پیشنهادی وزارت نیرو (سطح عادلانه، به ترتیب معادل ۳۰ و ۱۰ درصد متوسط دبی سالانه برای دوره پرآبی و کم آبی) در پایین‌دست سدهای مخزنی تنها ۱۰ درصد بیشتر است. البته برای ارائه الگوی زمانی تامین حقابه رودخانه بشار بایستی رژیم طبیعی رودخانه و تامین مطلوبیت زیستگاه برای دیگر مراحل زندگی (مثل بچه ماهی و مرحله تخم‌ریزی) کپورماهیان نیز ملاک قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم زهرا مظلومی دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان است که با حمایت مالی شرکت مدیریت منابع آب ایران (شماره ۰۰۵/س/۱۴۰۰ مورخ ۱۴۰۰/۰۵/۱۸ با کد ۲۴) انجام گرفته است. بدینوسیله از همکاری مسئولین معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه صنعتی اصفهان و دفتر پژوهش‌های کاربردی شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران قدردانی می‌گردد. همچنین از مسئولین و کارمندان مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردابی شهید مطهری یاسوج به دلیل همکاری در نمونه‌برداری و تامین وسیله نقلیه قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Assadullah Nasrabadi, S. 2008. Reproductive biology and growth of Siahmahi, *Capoeta damascina*, in Zayandeh-Rud River. MSc Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian)

2. Asadi, H., M. Sattari and S. Igdari. 2014. The determinant factors underlying habitat selectivity and preference for Black fish *Capoeta capoeta* gracilis (Keyserling 1891) in Siyahrud River (a tributary of Sefidrud River basin). *Iran Fisheries Science Research Institute*, 23 (3): 1-9. (In Persian)
3. Ahmadpari, H., B. Rigi Ladez, E. Sadat Shokooh and M. Kheiry Ghojeh Biglou. 2019. Evaluation of environmental flows in Dalfard River using hydrological methods. *International Journal of Engineering and Technology* 3:530-539.
4. Chen, A., M. Wu, S. Wu, X. Sui, J. Wen, P. Wang, L. Cheng, G. Lanza, C. Liu and W. Jia. 2019. Bridging gaps between environmental flows theory and practices in China. *Water Science and Engineering*, 12(4): 284- 292.
5. Conservation of Iranian Wetlands Project (CIWP). 2014. Manual for determining the water requirement of wetlands. Nashre Talaee Publication, Tehran, p 187. (In Persian)
6. Department of Natural Resources. 2018. Environmental flow requirement of Zanadehrud River and GavKhooni International Wetland for sustainable ecological functions. Isfahan University of Technology, Isfahan Provincial Directory of Environmental Protection, P 756. (In Persian)
7. Dolatpour, A. 2013. Relationship between habitat suitability and biological parameters of Siahmahi trutta in (*Capoeta damascina*) in the Kordan River. MSc Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian)
8. Fatemi, Y., M. Amoyi and H. Mousavi Sabet. 2019. Updated checklist and geographical distribution of fishes in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 28 (5): 111-119. (In Persian)
9. Golchin Manshadi, A. R., A. Kiamarsi and M. Tarhomi. 2019. Identification and survey on frequency of Beshar river's fish, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province. *Journal of Experimental Animal Biology* 8 (8): 67-75. (In Persian)
10. Jahanbakhsh, A., R. Rezaei and M. Khezri. 2012. Investigation of physical and chemical pollution of effluent of Yasuj wastewater treatment plant on Beshar river and determination of its self-purification capacity by Streeter-phelps method. MSc Thesis, Yasuj Azad University, Yasuj, Iran. (In Persian)
11. Karimi, S., M. Salarijazi, K. Ghorbani and M. Heydari. 2021. Comparative assessment of environmental flow using hydrological methods of b low flow indexes, Smakhtin, Tennant and flow duration curve. *Acta Geophysica* 69: 285-293.
12. Keivany, Y., M. Nasri, K. Abbasi and A. Abdoli. 2015. Atlas of Inland Waters Fishes of Iran, Environmental Protection Organization, p 218. (In Persian)
13. Kim, S. K. and S. U. Choi. 2019. Comparison of environmental flows from a habitat suitability perspective: A case study in the Naeseong-cheon Stream in Korea. *Ecohydrology* 12(6): 1-10.
14. [14] Lacroix, K., E. Tapia and A. Springer. 2017. Environmental flows in the desert rivers of the United States and Mexico: Synthesis of available data and gap analysis. *Journal of Arid Environments* 140: 67-78.
15. Li, O., W. Wan and J. Zhao. 2018. Optimizing environmental flow operations based on explicit quantification of IHA parameters. *Journal of Hydrology* 563: 510-522.
16. Mahdavi, M. 2016. Applied Hydrology. University of Tehran, Tehran. (In Persian)
17. Mohamadiyani, V. 2016. Reproductive biology and growth of large scales Siahmahi (Capoeta aculeate) in Gizehrud River, Nurabad, Lorestan province. MSc Thesis, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian)
18. Maramazi, M., M. Zakeri, M. T. Ronaq, B. Kochanian and M. Haghi. 2014. Diet and feeding indices of small scale sardeh fish (*Capoeta damascina*) in Sezar River (Lorestan province). *Journal of Animal Research* 3 (3): 405-416. (In Persian)
19. Munz, J.T. and C.L. Higgins. 2013. The influence of discharge, photoperiod, and temperature on the reproductive ecology of cyprinids in the Paluxy River, Texas. *Aquatic Ecology* 47: 67–74.
20. Naderi, M. H., M. Zakerinia and M. Salarijazi. 2018. Application of the PHABSIM model in explaining the ecological regime of the river in order to estimate the environmental flow and compare with hydrological methods (Case study: Gharasoo River). *Eco Hydrology* 5 (3): 941-955. (In Persian)
21. Naderi, M. H., N. Arab, A. Jahandideh, M. Salarijazi and F. Arab. 2020. Estimation of optimal release flow rRange from Jamishan Dam considering the optimal instream ecological water demand for conservation the habitat potential of the Dinavar River. *Journal of Water and Soil*, 35 (2): 203-2225. (In Persian)
22. Nick Ghalb Ashuri, S. and H. Nick Ghalb Ashuri. 2016. Calculation of environmental water content of Kazemrud River using habitat simulation method. The Second International Conference on New Research Findings in Civil Engineering, Architecture and Urban Management, Iran, p 14. (In Persian)
23. Nikghalb, S., A. Shokoohi, V. P. Singh and R. Yu. 2016. Ecological regime versus minimum environmental flow: Comparison of results for a river in a semi Mediterranean region. *Water Resour Manage* 30: 4969–4984
24. Panahi, Q., S. R. Theologian and A. R. Farid Hassani. 2018. Evaluation of methods for estimating environmental flow in rivers. *Journal of Water and Sustainable Development* 4 (1): 73 -80. (In Persian)

25. Peng, L. and L. Sun. 2016. Minimum instream flow requirement for the water reduction section of diversion-type hydropower station: a case study of the Zagunao River, China. *Environmental Earth Science* 75: 2-8.
26. Poursalehan, J., M. Sedghi Asl and M. Parvizi. 2013. Using the wetted environment method to estimate the minimum environmental flow of Bashar River. *Irrigation Science and Engineering* 1: 118-107.
27. Roshan Qiyas, M.; M. Sedqi Asl and M. Parvizi. 2014. Assessment of environmental flow of the Beshar River by three methods, Tenant, Flow Duration Curve and Esmakhtin. National Conference on New Findings in Civil Engineering, Islamic Azad University of Yasouj, 632-640. (In Persian)
28. Shokouhi, A. and Y. Hong. 2011. Determining the minimum rcological water requirements in perennial rives using morphological parameters. *Journal Environmental Studies* 58: 117-128. (In Persian)
29. Tegos, M., I. Nalbantis and A. Tegos. 2017. Environmental flow assessment through integrated approaches. *European Water* 60: 167-173.
30. Tennant, D. L. 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries* 1: 6–10.
31. Vice President for Strategic Planning and Oversight. 2011. Guide to determining the water requirements of aquatic ecosystems. Vice President for Strategic Planning and Oversight, Issue No. 557. (In Persian)
32. Volchek, A., I. Kirvel and N. Sheshko. 2018. Environmental flow assessment for the Yaselda River in its Selets reservoir section. *Ecohydrology and Hydrobiology* 19 (1): 109-118.
33. Zamani Faradonbe, M., S. Eagderi and H. Poorbagher. 2014. Study of habitat suitability index of Kura barbel (*Barbus cyri* Filippi, 1865) in Taleghan River (Sefidrud River basin: Alborz Province). *Journal of Applied Ichthyological Research* 2 (2): 41-53. (In Persian)
34. Zhang, X. R., D. R. Zhang and Y. Ding. 2021. An environmental flow method applied in small and medium-sized mountainous rivers. *Water Science and Engineering* 14 (4): 323-329.

IJAE
Iranian Journal of Applied Ecology

Evaluating the Environmental Flow of Beshar River, Using Tennant's Hydrological Method Based on the Biological Requirements of Indicator Fishes

Z. Mazloomi[1], M. Nemati Varnosfaderany[2*] and R. Modarres[2,3]

(Received: June 19-2022; Accepted: September 24-2022)

Abstract

Environmental flow of the Beshar River was evaluated using Tennant's hydrological method, the comparison of the depth and speed of the water in the transverse sections of the river, and the needs of indicator fish species in different stages of the life cycle. Field samplings were conducted in October and January 2021 to monitor the status of fishes in the Beshar River and to collect cross-sections of the river. Indicator species were selected based on the expert judgement survey method. Among 23 fish species of the Beshar River, five species from the Cyprinidae family recieved the highest scores. The biological requirements of these species were extracted and used as the basis of comparison with the data of cross sections of the river. The obtained results showed that in the upper reaches of the river (between the two hydrometric stations of Qalat and Shah Mokhtar) the good class of the Tennant method, that includes 40% of the average annual discharge for the period of high flow (April to May) and 20% of the average annual discharge for the period of low flow (June to November), is suitable to provide the biological requirements of adult and larva of cyprinid species of the Beshar River, respectively.

Keywords: Beshar River, Tennant method, Indicator species, Habitat suitability

1. Master Student of Environmental Pollution, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2. Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Iran.
3. Center of Excellence for Risk Management and Natural Hazards, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: nemati@iut.ac.ir