Ar Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 15, Dec.-Jan. 2021, p. 1052-1066

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۵، آذر - دی ۱۴۰۰، ص. ۱۰۶۶-۱۰۵۲

مقاله علمی-پژوهشی

برآورد جریان اکولوژیکی رودخانه قزل‌اوزن در استان کردستان با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی

رزا شاه‌محمدنژاد[۱]، مطلب بایزیدی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۷

چکیده

به‌منظور پیشگیری از اثرات منفی درازمدت طرح‌های توسعه منابع آب بر اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، لازم است نیازمندی‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی رودخانه در قالب یک نیاز آب اکولوژیکی، تعریف‌شده و در تعاملات تخصیص آب مدنظر قرار گیرد. هدف اصلی در این پژوهش، ارزیابی و برآورد توزیع ماهانه جریان اکولوژیکی رودخانه قزل‌اوزن، با دوره آماری ۲۵ ساله و با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی تنانت، تسمن، تحلیل منحنی تداوم جریان، انتقال منحنی تداوم جریان، اسمختین و مدل ذخیره رومیزی است. نتایج این پژوهش نشان داد، روش انتقال منحنی تداوم جریان به دلیل در نظر گرفتن کلاس‌های مختلف اکولوژیکی، توجه به تغییرپذیری طبیعی جریان و سعی به حفظ این تغییرپذیری در جریان‌های اکولوژیکی پیشنهادی خود، نسبت به روش‌های دیگر ارجحیت دارد و به‌منظور حفظ الگوی کلی تغییرپذیری جریان، از شیفت منحنی تداوم جریان طبیعی استفاده می‌کند. این روش تطابق بهتری با پتانسیل جریان رودخانه قزل‌اوزن و روش مدیریت اکولوژیکی آن دارد. برای حفظ رودخانه قزل‌اوزن در حداقل وضعیت اکولوژیکی قابل‌قبول (کلاس مدیریت اکولوژیکی C) به ترتیب شدت جریان متوسط سالانه معادل ۳/۱۱ (۲۳٪ متوسط جریان سالانه)، ۱/۹۱ (۲۲٪ متوسط جریان سالانه)، ۱/۴۳ (۲۵٪ متوسط جریان سالانه)، ۰/۸۴ (۳۰٪ متوسط جریان سالانه) و ۰/۲۸ (۳۲٪ متوسط جریان سالانه) مترمکعب بر ثانیه، باید در محدوده پنج ایستگاه هیدرومتری بیانلو، نساره‌علیا، سلامت‌آباد، حسن‌خان و شادی‌آباد برقرار باشد.

واژه‌های کلیدی: انتقال منحنی تداوم جریان، جریان اکولوژیکی، رودخانه قزل‌اوزن، روش‌های هیدرولوژیکی، مدل ذخیره رومیزی

مقدمه

تخصیص آب اکولوژیکی هنوز در مدیریت منابع آب از اولویت کمی برخوردار است و وضعیت اکوسیستم‌های آبی هر روز بدتر می‌شود. بنابراین در موقعیت کنونی لازم است، تحقیقات گسترده‌ای در قالب یک برنامه تحقیقاتی جامع برای ارزیابی نیاز اکولوژیکی انجام شود (Smakhtin et al., 2004). برآورد حداقل جریان اکولوژیکی مهم‌ترین راهکار برای برقراری تعادل بین بهره‌برداری اقتصادی از رودخانه و حفظ حیات اکولوژیکی آن است. نیازهای اکولوژیکی اغلب به‌عنوان مجموعه‌ای از دبی‌های جریان با مقدار، زمان وقوع، فراوانی و تداوم جریان معین تعریف می‌شوند. این جریان‌ها شرایط مستعد نگهداری مجموعه‌ای از زیستگاه‌های آبی و فرآیندهای اکوسیستم را فراهم می‌کنند. به‌منظور تعیین نیاز آب اکولوژیکی، با توجه به مقیاس مکانی مطالعه، داده‌های موجود، گام زمانی ارزیابی و ظرفیت‌های فنی و مالی، روش‌های مختلفی مورداستفاده قرار می‌گیرند. که این روش‌ها را به طور عمده می‌توان در قالب چهار روش متمایز شامل روش هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، شبیه‌سازی زیستگاه‌ها و روش جامع طبقه-بندی کرد. برخی از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌های هیدرولوژیکی شامل تنانت، اسمختین، تسمن، منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی است. مطالعات بررسی نیاز آب اکولوژیکی برای اولین بار توسط سرویس حیات وحش آمریکا از ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰ در این کشور به کار رفت و قانون رسمی جریان اکولوژیکی در سال ۱۹۷۰ به‌عنوان نتیجه در دستورالعمل سیاست‌گذاری ملی اکولوژیکی و سند برنامه ریزی منابع آب به ثبت رسید. عمده کارهای انجام شده در این زمینه بر روی رودخانه‌ها متمرکز شده است (پور صالحیان و همکاران، ۱۳۹۱). در ایران نیز در قوانین مختلف مرتبط با مدیریت منابع آب بر

۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.
۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: M.byzedi@gmail.com
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.5.6.4

www.SID.ir

Archive of SID

ضرورت حفاظت از نیازمندی‌های اکوسیستم‌های آبی تأکید شده است. خوشبختانه در سال‌های اخیر، توجه تصمیم گیران امور آب و محیط زیست به این امر، منجر به تلاش برای تدوین و تنظیم سازوکارهای مختلف در خصوص کاهش اثرات سوء اکولوژیکی تنظیم جریان، شده است.

اورث و موفان در مطالعه‌ای بر روی ۲۴ مورد از رودخانه‌های اوکلاهاما دریافتند که روش تنانت برای استفاده در رودخانه‌های این منطقه باید اصلاح شود. آن‌ها میزان جریان اکولوژیکی موردنیاز در شرایط قابل‌قبول را ۱۰ درصد متوسط جریان سالانه[1] برای جولای تا دسامبر (به‌جای اکتبر تا مارس) و ۳۰ درصد متوسط جریان سالانه را برای ژانویه تا ژوئن (به‌جای آوریل تا سپتامبر) پیشنهاد کردند (Orth and Maughan, 1981). هیوز و هانارت برای ارزیابی‌های اولیه نیازهای جریان اکولوژیکی رودخانه‌ها در آفریقای جنوبی یک روش رومیزی به نام مدل ذخیره رومیزی[2] را توسعه دادند. کاربرد یک شاخص هیدرولوژیکی (ضریب تغییرپذیری جریان‌ها تقسیم بر نسبت جریان کل که جریان پایه است، CV/BFI) را با استفاده از داده‌های جریان رودخانه در محل محاسبه می‌کند. سپس، منحنی‌هایی برای تعریف درصدی از حجم متوسط جریان سالانه که برای مؤلفه‌های مختلف (کم‌آبی‌ها و سیلاب‌ها) رژیم جریان اکولوژیکی موردنیاز است، به کار گرفته می‌شوند(Hughes and Hannart, 2003). کاشایگیلی و همکاران در تحقیق خود تحت عنوان تخصیص جریان اکولوژیکی در حوضه رودخانه، به بررسی حداقل آب موردنیاز اکولوژیکی در حوضه آبریز Great Ruaha در تانزانیا پرداختند. در آن پژوهش در مورد بعضی از مفاهیم مانند مفهوم جریان اکولوژیکی و محدودیت اطلاعات و شناسایی رابطه‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی همچنین در مورد تخصص، اطلاعات ناکافی و قانون حمایت از جریان اکولوژیکی بحث کردند (Kashaigili et al., 2005). اسمختین و آنپوتاس در مطالعه‌ای برای ارزیابی شدت جریان اکولوژیکی ۱۳ رودخانه در هند از روشی بر پایه منحنی تداوم جریان استفاده کردند. این روش از داده‌های جریان ماهانه استفاده می‌کند و با تضمین اینکه تغییرپذیری جریان طبیعی در سری زمانی جریان اکولوژیکی به‌دست‌آمده حفظ شود، نیاز جریان اکولوژیکی را برای کلاس‌های مختلف مدیریت زیستی رودخانه ارائه می‌دهد (Smakhtin and Anputhas, 2006). شیفراو در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی جریان اکولوژیکی در رودخانه Blue Nile با استفاده از مدل ذخیره رومیزی، نیاز اکولوژیکی را در حداقل وضعیت قابل‌قبول، ۳۰ درصد متوسط جریان سالانه پیشنهاد کرد (Shiferaw, 2007). هیو در بررسی تأثیرات سدها بر روی وضعیت‌های اکولوژیکی در حوضه آبریز رودخانه Huaih در چین از روش RVA استفاده کردند. این مطالعه نشان داد که سدها اثرات منفی شدیدی بر وضعیت‌های اکولوژیکی حوضه آبریز Huaih مخصوصاً در فصول خشک دارند. آن‌ها با استفاده از ضوابط روش Tennant و با توجه به بار آلودگی زیاد در فصول خشک از ۲۰٪ متوسط چندساله جریان به‌عنوان نیاز اکولوژیکی استفاده کردند که این جریان ۲۰ درصدی پیشنهادی در محدوده RVA متوسط جریان‌های ماهانه در ماه‌های خشک قرار داشت (Hu et al, 2008). یان و همکاران به ارزیابی اثرات سد در رژیم‌های پایین‌دست جریان رودخانه Yellow با روش هیدرولوژیکی IHA[3] پرداخته‌اند. در این روش ۳۹ درصد جریان ماهانه برای ماه‌های اکتبر تا فوریه، ۴۸ درصد جریان متوسط ماهانه برای ماه‌های مارس تا سپتامبر به‌عنوان جریان حداقل در نظر گرفته می‌شود (Yan et al., 2010). وولچک و همکاران در پژوهشی جریان اکولوژیکی رودخانه Yaselda در یونان را از ۵ روش بررسی کردند. تفاوت معنی‌داری در نتایج آن‌ها آشکار شد، مقادیر برآورد شده روش‌های مختلف بسیار با هم متفاوت بود و برخی از روش‌ها مقدار جریان اکولوژیکی را در بعضی از دوره‌های سال، بالاتر از جریان طبیعی رودخانه برآورد کرد. آن‌ها روش انتقال منحنی تداوم جریان را به‌عنوان روش انتخابی خود برای برآورد جریان اکولوژیکی این رودخانه پیشنهاد دادند (Volchek et al., 2019). محمود و همکاران پژوهشی با هدف تعیین نیاز جریان اکولوژیکی رودخانه‌های Lancang ، Yangtze و Yellow با استفاده از چهار روش هیدرولوژیکی انتقال منحنی تداوم جریان، تنانت، منحنی تداوم جریان و روش شاخص جریان کم‌آبی انجام دادند. بر اساس نتایج مطالعه، آن‌ها جریان اکولوژیکی را به ترتیب ۷۶٪، ۷۲٪ و ۷۷٪ میانگین جریان سالانه برای رودخانه‌های Lancang، Yangtze و Yellow برای حفاظت از اکوسیستم رودخانه تعیین کردند (Mahmood et al., 2020). کریمی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از روش‌های اکو هیدرولوژیکی، نیاز اکولوژیکی رودخانه شهر چای را برآورد کردند. نتایج بررسی‌ها و مقایسه آن‌ها بین روش‌های مختلف ارزیابی جریان اکولوژیکی نشان داد که مقادیر محاسباتی از روش انتقال منحنی تداوم جریان به دلیل در نظر گرفتن خصوصیات اکولوژیکی اکوسیستم رودخانه، نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد. مصطفوی (۱۳۹۲) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود برای ارزیابی جریان اکولوژیکی رودخانه باراندوزچای از ۸ روش هیدرولوژیکی تنانت، تسمن، شاخص‌های تداوم جریان، انتقال منحنی تداوم جریان، اسمختین، شاخص‌های منفرد جریان‌های کم‌آبی $7Q_{10}$ و $7Q_2$، مدل ذخیره رومیزی، محدوده تغییرپذیری RVA و روش شبیه‌ساز زیستگاه (روش کیفیت آب موسوم به رابطه Q) استفاده کرد، وی جریان پیشنهادی توسط مدل ذخیره رومیزی در کلاس C را با در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی و هیدرولوژیکی،

1- Mean Annual Runoff (MAR)
2- Desktop Reserve Model (DRM)
3- Indicators of Hydrologic Alteration

www.SID.ir

Archive of SID

به‌عنوان حداقل جریان اکولوژیکی برای رودخانه باراندوزچای توصیه کرد که ۱/۹۳ مترمکعب در ثانیه است. احمدی پور و یاسی (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای بر روی رودخانه نازلو نشان دادند که روش تحلیل منحنی تداوم جریان که از جمله رویکردهای هیدرولوژیکی می‌باشد، برای محاسبه جریان اکولوژیکی این رودخانه به دلیل در نظر نگرفتن ویژگی‌های اکولوژیکی رودخانه گزینه مناسبی نیست. روش تنانت هم‌مقدار جریان اکولوژیکی لازم برای حفظ اکوسیستم رودخانه را کمتر از مقدار واقعی آن برآورد می‌کند. نتایج بررسی‌های آن‌ها نشان داد که تلفیق رویکردهای اکو هیدرولوژیکی، اکو هیدرولیکی و شبیه-سازی زیستگاه، میزان جریان اکولوژیکی را به‌طور دقیق‌تری ارزیابی و محاسبه می‌کنند. رضایی و یاسی (۱۳۹۴) طی انجام مطالعاتی بر رودخانه سیمینه‌رود برای محاسبه مقدار جریان اکولوژیکی از روش-های مختلفی استفاده کردند. مقایسه نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که روش تغییر منحنی تداوم جریان با توجه به تغییرپذیری طبیعی جریان و سعی به حفظ این تغییرپذیری در جریان اکولوژیکی نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد. از طرفی دیگر به دلیل این‌که اطلاعات اکولوژیکی موردنیاز برای تعیین جریان‌های اکولوژیکی در ایران هنوز موجود نمی‌باشد، استفاده از مدل نرم‌افزاری GEFC نیز می‌تواند نتایج قابل قبولی ارائه نماید. رزاقی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی برآورد نیاز اکولوژیکی رودخانه مهاباد چای در جنوب غرب دریاچه ارومیه با چهار روش هیدرولوژیکی تنانت، تسمن، انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی پرداختند. آن‌ها روش تغییر منحنی تداوم جریان در کلاس C را برای برآورد جریان اکولوژیکی برای رودخانه مهاباد چای، پیشنهاد کردند.

با توجه به تغییرات شدید اقلیمی در جهان و توسعه کشاورزی و افزایش شدید مصرف آب، ضرورت مطالعات و ارزیابی جریان‌های اکولوژیکی نه‌تنها در کل رودخانه، بلکه در بازه‌های مختلف آن آشکار است و باید که بیش‌ازپیش به این امر توجه نمود. مطالعات انجام‌شده مصداق اهمیت این موضوع می‌باشند. هدف از این مطالعه ارزیابی و برآورد توزیع جریان‌های ماهیانه برای حفاظت یا احیای اکوسیستم رودخانه قزل‌اوزن و مقایسه برآوردهای به‌دست‌آمده با روش‌های مختلف و انتخاب بهترین روش تعیین جریان اکولوژیکی برای رودخانه قزل‌اوزن است.

تمام روش‌های مورداستفاده در این تحقیق هیدرولوژیکی بوده و در هیچ‌یک از آن‌ها از پارامترهای اکولوژیکی در محاسبه جریان اکولوژیکی استفاده نشده است، که این امر مستلزم مطالعات و آزمایش‌های میدانی، جهت شناسایی شاخص‌های اکولوژیکی و شرایط زیستی مطلوب و محدوده قابل‌تحمل گونه‌های هدف، می‌باشد؛ لذا لازم است اندازه‌گیری فصلی عناصر و ترکیبات مهم و شاخص در ایستگاه‌های معین در طول سال انجام شود. تعیین نیاز آبی رودخانه‌ها نه‌تنها به جمع‌آوری اطلاعات زیاد و متنوعی وابسته است، بلکه باید تغییر نگرش اساسی در سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریت منابع آب صورت گیرد و برای حل مشکل زمان‌بر بودن دو رویکرد فوق‌الذکر از یک‌طرف و اورژانسی بودن وضعیت رودخانه‌های کشور، مخصوصاً تالاب‌ها و اکوسیستم‌های پایین‌دست آن‌ها از طرف دیگر، توصیه می-گردد با انتخاب مدل‌های ساده‌تر (هرچند با خطای بیشتر) و جایگزین نمودن تدریجی آن‌ها با مدل‌های کامل‌تر، نیاز فعلی و آتی پیکره‌های آبی تأمین شود.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

حوضه آبریز قزل‌اوزن-سفیدرود با مساحت تقریبی ۵۹۰۰۰ کیلومترمربع از حوضه‌های مهم کشور است که به لحاظ اقتصادی و اجتماعی تأثیرات قابل‌توجهی بر استان‌های کردستان، همدان، زنجان، آذربایجان شرقی، اردبیل، تهران، قزوین و گیلان دارد. در شکل ۱ و ۲ به ترتیب موقعیت حوضه آبریز سفیدرود بزرگ و محدوده‌های مطالعاتی این حوضه نشان داده شده است (مطالعات بهنگام سازی منابع آب، جلد ۵، شماره ۸، ۱۳۹۴). در مطالعه حاضر حوضه آبریز قزل‌اوزن در استان کردستان، شامل دو محدوده مطالعاتی قروه-دهگلان و دیواندره-بیجار موردبررسی قرار گرفته است. در شکل ۳ موقعیت منطقه موردمطالعه و رودخانه‌های واقع در آن نشان داده شده است (مطالعات بهنگام سازی منابع آب، جلد ۵، شماره ۸، ۱۳۹۴). محدوده مطالعاتی قروه-دهگلان با وسعت ۷۲۳۶/۶ کیلومترمربع در جنوب حوضه آبریز سفیدرود بزرگ واقع شده است. مهم‌ترین سازه آبی موجود در این دشت سد سنگ‌سیاه می‌باشد. از شاخه‌های مهم آن می‌توان شور، اوزون‌دره و چم‌تلوار را نام برد (مطالعات بهنگام سازی منابع آب، جلد ۵، شماره ۸، ۱۳۹۴). این محدوده جریان سطحی ورودی ندارد و رواناب سطحی خروجی آن بر اساس اطلاعات ایستگاه هیدرومتری سلامت آباد در دوره درازمدت ۴۵ ساله برابر ۸/۴۶۴ مترمکعب بر ثانیه و معادل ۲۶۶/۹ میلیون مترمکعب در سال محاسبه شده است. ایستگاه هیدرومتری سلامت آباد که بر روی رودخانه چم‌شور بنا شده است، معرف وضعیت آبدهی حوضه موردبررسی می‌باشد. بررسی آمار این ایستگاه بیانگر رژیم دائمی آبدهی این رودخانه می‌باشد. رودخانه تلوار، مهم‌ترین رودخانه محدوده می‌باشد. این رودخانه با شاخه‌های متعدد، وسیع‌ترین حوضه آبریز در بین شاخه‌های تشکیل‌دهنده قزل‌اوزن را دارا می‌باشد. محدوده مطالعاتی دیواندره-بیجار سرشاخه اصلی قزل‌اوزن را شامل می‌شود که می‌توان آن را قزل‌اوزن‌علیا نامید و تا محل تلاقی با رودخانه تلوار ادامه دارد. محدوده مطالعاتی دیواندره-بیجار با وسعت ۵۳۶۲/۸ کیلومترمربع در جنوب غرب حوضه آبریز واقع شده است. این محدوده جریان سطحی

www.SID.ir

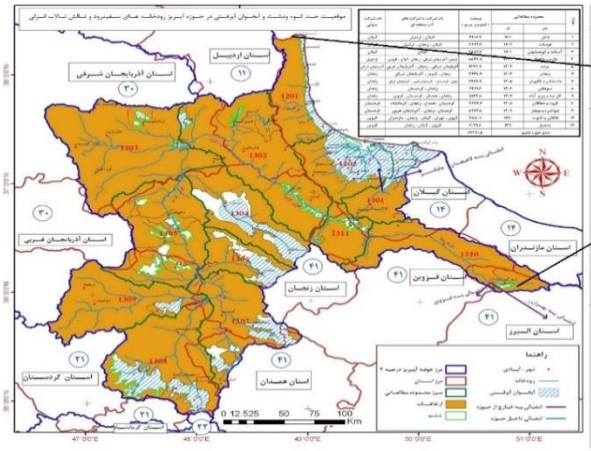
Archive of SID

ورودی ندارد و رواناب سطحی خروجی آن در دوره درازمدت ۴۵ ساله، بر اساس اطلاعات ایستگاه هیدرومتری بیانلو و به کارگیری روش نسبت‌ها برابر ۱۶/۰۲۹ مترمکعب بر ثانیه به دست آمده است. ایستگاه هیدرومتری بیانلو که بر روی رودخانه سورال بنا شده است، معرف وضعیت آبدهی حوضه موردبررسی می‌باشد. بررسی آمار این ایستگاه بیانگر رژیم دائمی آبدهی این رودخانه می‌باشد (مطالعات بهنگام سازی منابع آب، جلد ۵، شماره ۹، ۱۳۹۴). جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه در این پژوهش و شکل ۴ و ۵ به ترتیب کل ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده مطالعاتی قروه_دهگلان و دیواندره_بیجار را نشان می‌دهد (مطالعات بهنگام سازی منابع آب، جلد ۵، شماره ۸ و ۹، ۱۳۹۴). رودخانه قزل‌اوزن در استان کردستان دارای چندین ایستگاه هیدرومتری است، که مهم‌ترین آن‌ها ایستگاه‌های سلامت‌آباد، شادی‌آباد، حسن‌خان، نساره‌علیا و بیانلو می‌باشند که در شاخه‌های اصلی این رودخانه در استان کردستان، واقع گردیده‌اند. لذا برای انجام محاسبات هیدرولوژیکی در رودخانه قزل‌اوزن از داده‌های این ۵ ایستگاه بهره گرفته شده است. توزیع جریان متوسط ماهانه در این ۵ ایستگاه، در جدول ۲ نشان داده شده است.

روش‌های مورد استفاده در تعیین جریان اکولوژیکی رودخانه قزل‌اوزن

در این تحقیق با توجه به هزینه، وقت و اطلاعات موجود از ۶ روش هیدرولوژیکی تانانت (Tennant)، تسمن (Tessman)، اسمختین (Smakhtin)، تحلیل منحنی تداوم جریان (FDC)، انتقال منحنی تداوم جریان (FDC Shifting) و مدل ذخیره رومیزی (DRM) برای محاسبه جریان اکولوژیکی رودخانه قزل‌اوزن استفاده شده است.

شکل ۱- موقعیت حوضه آبریز سفیدرود بزرگ



شکل ۲- محدوده‌های مطالعاتی حوضه آبریز سفیدرود بزرگ

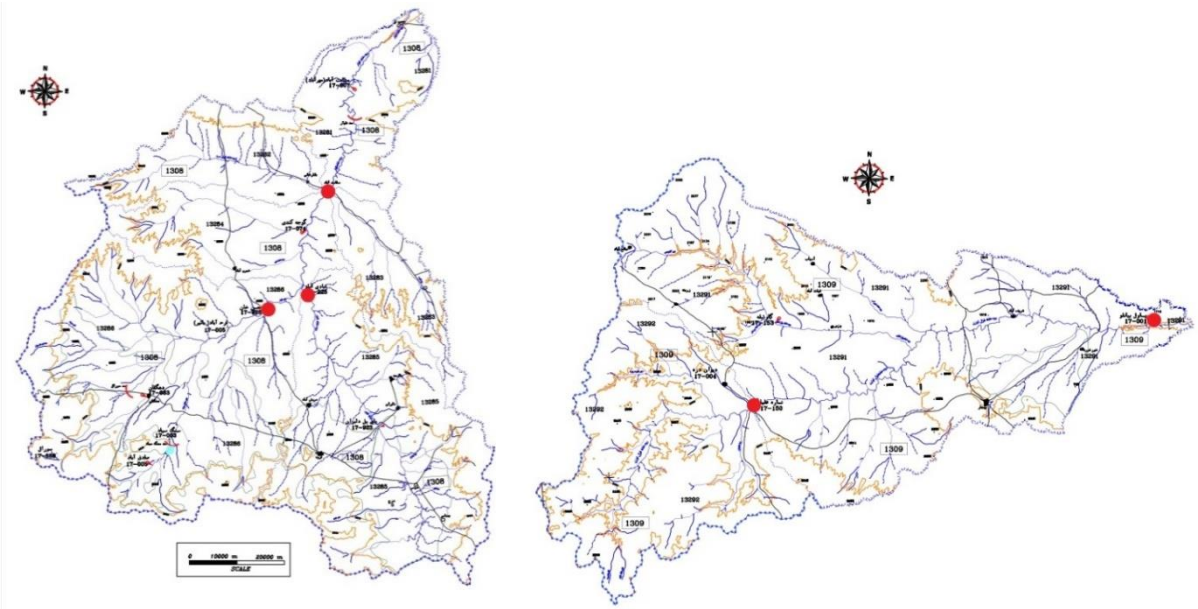
شکل ۳- موقعیت منطقه موردمطالعه و رودخانه‌های واقع در حوضه آبریز قزل‌اوزن-سفیدرود

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه

محدوده مطالعاتی	ایستگاه	رودخانه	مشخصات جغرافیایی			سال تأسیس
			طول	عرض	ارتفاع از سطح دریا (متر)	
دیواندره-بیجار	بیانلو (یساول)	قزل اوزن	۴۸-۵۷-۴۷	۱۶-۰۰-۳۶	۱۵۴۰	۱۳۵۰
	نساره‌علیا	قزل اوزن	۳۸-۰۷-۴۷	۲۶-۵۲-۳۵	۱۷۲۵	۱۳۶۵
	حسن‌خان	تلوار	۲۳-۴۱-۴۷	۱۸-۲۶-۳۵	۱۶۹۰	۱۳۶۵
قروه-دهگلان	سلامت‌آباد	تلوار	۰۰-۵۴-۴۷	۲۶-۵۱-۳۵	۱۶۵۰	۱۳۴۷
	شادی‌آباد	چم شور	۳۲-۴۶-۴۷	۴۱-۲۸-۳۵	۱۷۱۰	۱۳۶۷



شکل ٤- ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده مطالعاتی قروه_دهگلان

شکل ٥- ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده مطالعاتی دیواندره_بیجار

جدول ۲- دبی متوسط ماهانه در ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه

ایستگاه	دبی (مترمکعب بر ثانیه)												میانگین جریان سالانه
	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	
بیانلو	۱/۵۲	۴/۶۴	۷/۰۸	۹/۲۱	۱۲/۰۶	۲۷	۵۴/۲۱	۳۲/۹۶	۷/۴۶	۲/۲۲	۰/۹۷	۰/۶	۱۳/۳۳
نساره‌علیا	۰/۶۴	۲/۶۴	۴/۷۵	۵/۶۳	۹/۴۴	۱۸/۵۳	۳۵/۶۷	۲۰/۵	۴/۴۸	۰/۹۲	۰/۲۳	۰/۱۳	۸/۶۳
حسن‌خان	۰/۸۸	۱/۸۴	۲/۹۹	۲/۷۱	۳/۲۱	۵/۰۵	۸/۵۴	۵/۹۱	۱/۳	۰/۴۳	۰/۲۷	۰/۳۷	۲/۷۹
سلامت‌آباد	۱/۷۵	۳/۷۴	۶/۹	۵/۸۵	۷/۰۱	۹/۷۶	۱۵/۴۵	۱۱/۴	۲/۷۲	۰/۹۵	۰/۷	۰/۶۱	۵/۵۷
شادی‌آباد	۰/۱۳	۰/۵۲	۰/۸۸	۰/۷۴	۰/۹۸	۱/۷	۲/۸۸	۱/۹۲	۰/۳۸	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۸۶

روش تنانت

تنانت، روشی برای تعیین جریان اکولوژیکی موردنیاز برای ماهی-ها معروف به روش مونتانا یا به‌طور متداول‌تر، روش تنانت معرفی کرد. این روش درصدی از متوسط جریان سالانه را برای تعیین کیفیت زیستگاه ماهیان به کار می‌برد، که در جدول ۳ ارائه شده است. تنانت از ۵۸ مقطع عرضی از ۱۱ رودخانه در مونتانا[1]، نبراسکا[2] و وایومینگ[3]، نتیجه گرفت که ۱۰ درصد متوسط جریان سالانه[4]، حداقل جریان برای بقای کوتاه‌مدت ماهی‌ها است. ۳۰ درصد متوسط جریان سالانه در نظر گرفته شده، قادر به حفظ وضعیت‌های بقای نسبتاً خوب بوده و ۶۰ درصد متوسط جریان سالانه برای زیستگاه مطلوب مناسب

1- Montana

2- Nebraska
3- Wyoming
4- Average Annual Flow (AAF)

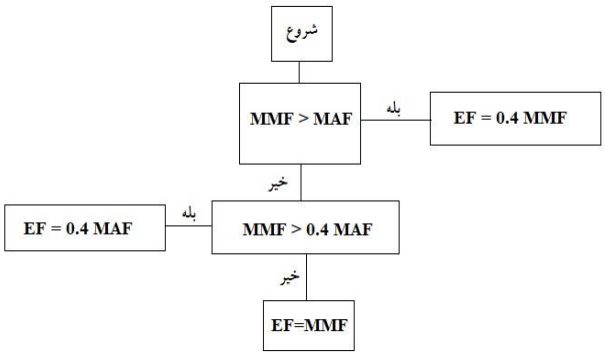
www.SID.ir

Archive of SID

است (Tennant, 1976). بنابراین تنانت از میان یک روش نسبتاً پیچیده، روشی ساده برای کاربرد استاندارد که می‌تواند با داده‌های بسیار کم استفاده شود ارائه داد. این تکنیک فقط متوسط جریان سالانه را برای رودخانه به کار می‌برد. در ایران روش تنانت می‌تواند به‌عنوان مدلی جهت توسعه سطوح جریان حداقل در سطح برآورد اولیه حوضه آبریز به کار رود. اگرچه اصلاح این روش به‌طوری‌که بتواند در ایران استفاده شود، مستلزم کارهای صحرایی گسترده می‌باشد. در نظر گرفتن درصد مشخصی از متوسط جریان سالانه (MAR) برای کل ماه‌های هر کدام از این دوره‌ها (کم‌آبی و پرآبی) با وضعیت هیدرولوژیکی رودخانه‌ها مطابقت نخواهد داشت. بنابراین MAR ۳۰٪ برای ماه‌های فروردین و اردیبهشت و MAR ۱۰٪ بقیه ماه‌های سال به‌عنوان جریان اکولوژیکی در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از این تغییرات لحاظ شده در روش تنانت تحت عنوان تنانت اصلاح‌شده توسط وزارت نیرو ارائه شده است.

جدول ۳- جریان اکولوژیکی برای ماهیان، حیات‌وحش و مقاصد تفریحی

توصیف جریان‌ها	رژیم‌های پیشنهادی جریان پایه (درصدی از متوسط جریان سالانه)	
	اکتبر_مارس	آوریل_سپتامبر
شستشوی سریع یا حداکثر	۲۰۰	۲۰۰
محدوده بهینه	۶۰-۱۰۰	۶۰-۱۰۰
بسیار عالی	۴۰	۶۰
عالی	۳۰	۵۰
خوب	۲۰	۴۰
قابل‌قبول	۱۰	۳۰
ضعیف	۱۰	۱۰
بسیار ضعیف	۱۰>	۱۰>



شکل ٦- فلوچارت تعیین جریان اکولوژیکی به روش تسمن

روش تسمن

تسمن با اقتباس از پیشنهادهای فصلی روش تنانت، از ترکیبی از متوسط جریان ماهانه (MMF)[1] و متوسط جریان سالانه (MAF)[2] برای تعیین حداقل جریان ماهانه موردنیاز استفاده کرد، که در شکل ۶ مراحل این روش به‌صورت فلوچارتی ارائه شده است (Tessman, 1980).

اگر MMF< 40% MAF باشد، MMF به‌عنوان حداقل جریان ماهانه در نظر گرفته می‌شود.

اگر MMF > 40% MAF باشد، 40% MAF به‌عنوان حداقل جریان ماهانه در نظر گرفته می‌شود.

اگر MAF > MMF باشد، 40% MMF به‌عنوان حداقل جریان ماهانه در نظر گرفته می‌شود.

1- Mean Month Flow (MMF)
2- Mean Annual Flow (MAF)

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل منحنی تداوم جریان

یکی از خصوصیات مربوط به جریان آب که در ارزیابی نوسانات و تغییرپذیری آب رودخانه ازنظر اکولوژیکی مورداستفاده قرار می‌گیرد، عبارت است از منحنی تداوم جریان[1]، این روش یکی از مفیدترین روش‌های نمایش محدوده کامل دبی جریان‌های رودخانه از رخدادهای کم‌آبی تا سیلابی است که رابطه بین مقدار و فراوانی جریان را نشان می‌دهد. شاخص‌های جریان کم‌آبی مختلفی از منحنی‌های تداوم جریان مورداستفاده قرار می‌گیرند. جریان‌های بین محدوده ۷۰ تا ۹۹ درصد زمان تجاوز (Q70 تا Q99) معمولاً به‌عنوان جریان‌های کم‌آبی استفاده می‌شوند. جریان‌های Q90 و Q95 شاخص‌هایی هستند که اکثر مواقع به‌عنوان شاخص‌های جریان کم‌آبی به کار می‌روند. جریان متوسط ماهانه (Q50) نیز در ماه‌های تابستان، شاخص تداوم جریان دیگری است (IWMI, 2004).

روش اسمختین

اسمختین و همکارانش، از این روش برای بررسی ۱۲۸ حوضه آبریز در نقاط مختلف جهان، به‌منظور ارزیابی وضعیت بهره‌برداری از رودخانه‌های جهان با لحاظ نمودن نیاز آب اکولوژیکی استفاده کردند. این روش یک روش هیدرولوژیکی است که برای ارزیابی در سطح اولیه و در مقیاس مکانی بزرگ (بین‌المللی و ملی) به کار می‌رود. در این روش نیاز آب اکولوژیکی (EWR)[2] به‌صورت ترکیبی از نیاز حداقل جریان اکولوژیکی (LFR)[3] و نیاز حداکثر جریان اکولوژیکی (HFR)[4] در نظر گرفته شده است، که در جدول ۴ ارائه شده است. LFR، حداقل آب موردنیاز برای ماهیان و سایر موجودات آبزی در سال و HFR نیز در موارد سیلاب و تأثیر آن در شکل رودخانه و گیاهان اطراف رودخانه نمود پیدا می‌کند (Smakhtin et al., 2004).

انتقال منحنی تداوم جریان

اسمختین و آنپوتاس به‌منظور ارزیابی جریان اکولوژیکی در سامانه رودخانه از این روش استفاده کردند. این روش که یک رژیم هیدرولوژیکی برای حفاظت رودخانه در وضعیت اکولوژی مطلوب ارائه می‌دهد اصطلاحاً انتقال منحنی تداوم جریان نامیده می‌شود. در این روش چهار مرحله اصلی وجود دارد که اولین مرحله، تهیه منحنی تداوم جریان طبیعی (FDC) در بازه رودخانه‌ای موردنظر با استفاده از داده‌های ماهانه جریان است. در این روش، محور احتمالات منحنی تداوم جریان با نمایش ۱۷ درصد احتمال وقوع (۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۹۵، ۹۹، ۹۹/۹، ۹۹/۹۹) تهیه می‌گردد. این نقاط تضمین می‌کنند که تمام محدوده جریان‌ها به‌قدر کافی پوشش داده شده و همین‌طور ادامه کار را در مراحل بعدی آسان می‌سازند. پس از رسم منحنی تداوم جریان طبیعی، در مرحله بعد از تغییرات (شیفت) عرضی به سمت چپ در طول محور احتمال استفاده می‌شود تا منحنی تداوم جریان اکولوژیکی برای هر کلاس مدیریتی محاسبه شود. یک شیفت در منحنی تداوم جریان طبیعی به این معنی است که جریانی که ۹۹/۹۹ درصد مواقع رخ می‌داد، اکنون ۹۹/۹ درصد مواقع رخ می‌دهد. مهم‌ترین مسئله در این روش استفاده مناسب از شیفت‌های عرضی در هر کلاس مدیریت اکولوژیکی است (Smakhtin and Anputhas., 2006). در این روش ۶ کلاس مدیریتی اکولوژیکی (A-F) استفاده می‌شود که کلاس A برای حالت طبیعی و کلاس F به طرز بحرانی تغییر یافته است. در این تحقیق از کلاس C یعنی نسبتاً تغییریافته استفاده شده است. منحنی تداوم جریان اکولوژیکی برای هر کلاس، رژیم جریان اکولوژیکی قابل‌قبول برای آن کلاس را به‌طور خلاصه ارائه می‌دهد. با استفاده از یک میانیابی فضایی می‌توان منحنی‌های تداوم جریان اکولوژیکی را به سری‌های زمانی جریان اکولوژیکی ماهانه تبدیل کرد، به همین منظور از روشی که هیوز و اسمختین در ۱۹۹۶ ارائه دادند، استفاده می‌شود. از این روش برای تولید سری زمانی سایت‌های فاقد اطلاعات با استفاده از سایت‌های دارای اطلاعات استفاده می‌شود. در این روش برای هر ماه، یک درصد بر روی منحنی تداوم جریان طبیعی تشخیص داده می‌شود و سپس در همان درصد، مقدار جریان ماهانه از روی منحنی تداوم جریان اکولوژیکی قرائت می‌شود مراحل کار در شکل ۷ نشان داده شده است.

مدل ذخیره رومیزی

این روش برای اولین بار توسط هیوز و هانارت برای ارزیابی‌های اولیه نیازهای جریان اکولوژیکی رودخانه‌ها در آفریقای جنوبی توسعه داده شده است (Hughes and Hannart, 2003). مدل ذخیره رومیزی (DRM) یکی از این روش‌ها است که قادر است نیاز جریان اکولوژیکی را در شرایطی که یک ارزیابی سریع موردنیاز است و داده‌های موجود محدود می‌باشند محاسبه کند. این مدل برای وضعیت‌های مشاهده‌شده در آفریقای جنوبی توسعه یافته است. در آفریقای جنوبی رودخانه‌ها نسبت به وضعیت اکولوژیکی مطلوب، تقسیم‌بندی می‌شوند و متعاقباً نیازهای جریان نیز طبقه‌بندی می‌گردند. این سیستم طبقه‌بندی نشان می‌دهد درعین‌حال که برخی رودخانه‌ها از نظر اکولوژیکی پراهمیت هستند اما به دلیل نیازهای توسعه اجتماعی-اقتصادی همه رودخانه‌ها نمی‌توانند در وضعیت‌های نزدیک به شرایط طبیعی باقی بمانند؛ بنابراین چهار کلاس مدیریت اکولوژیکی ممکن (A-D) تعریف می‌شود. کلاس A شامل رودخانه‌های طبیعی و تغییرنیافته است. کلاس B رودخانه‌های تغییریافته ولی تا حد زیادی طبیعی، کلاس C رودخانه‌های نسبتاً

1- Flow Duration Curve (FDC)
2- Environmental Water Requirement
3- Environmental low-flow Requirement
4- Environmental high–flow Requirement

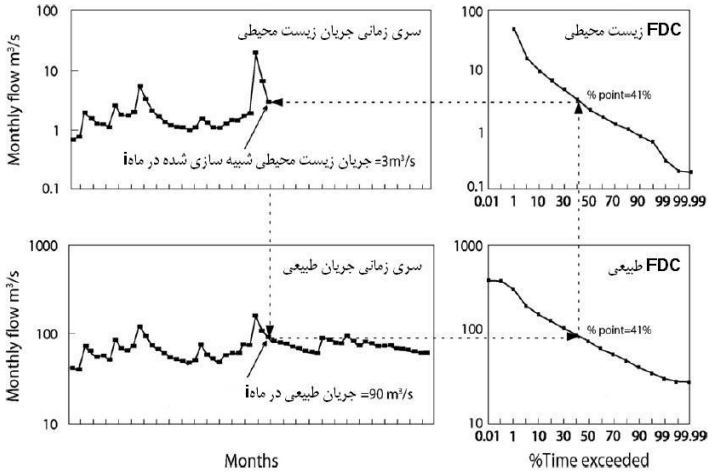
www.SID.ir

Archive of SID

تغییریافته و کلاس D رودخانه‌های تا حد زیادی تغییریافته با خسارات زیاد به زیستگاه طبیعی، بیوتا و عملکرد اساسی اکوسیستم است. رودخانه‌های کلاس B و C بین این حدود قرار می‌گیرند. در این دسته‌بندی‌ها، طبقه‌بندی‌های انتقالی (مثلاً A/B و B/C) نیز برای افزایش محدوده جریان‌های اکولوژیکی ممکن مورداستفاده قرار می‌گیرند که این سیستم طبقه‌بندی در مدل DRM استفاده می‌شود و نیازهای جریان بر اساس آن محاسبه می‌شود. به کلاس بالاتر آب بیشتری برای حفظ اکوسیستم تخصیص داده می‌شود و تغییرپذیری جریان بیشتر حفظ می‌شود (مهدی‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۷).

جدول ٤- تخمین حداکثر جریان اکولوژیکی با روش اسمختین (مصطفوی، ۱۳۹۲)

نیاز جریان حداقل (Q_{90})	نیاز جریان حداکثر (HFR)	توضیحات
$10\%MAR > Q_{90}$	HFR =20%MAR	در حوضه‌های با رژیم متغیر که جریان عمدتاً بر اثر سیلاب در فصل تر به وجود می‌آید.
$Q_{90} > 10\%MAR$ 20%MAR	HFR =15%MAR	
$Q_{90} > 20\%MAR$ 30%MAR	HFR=7%MAR	
$30\%MAR < Q_{90}$	HFR=0	در حوضه‌های با رژیم ثابت، جایی که جریان در طول سال ثابت و نیاز جریان حداقل به‌عنوان جزء اصلی است.



شکل ۷- روند تولید یک سری زمانی کامل جریان اکولوژیکی از منحنی تداوم جریان اکولوژیکی (شاعری کریمی، ۱۳۸۹)

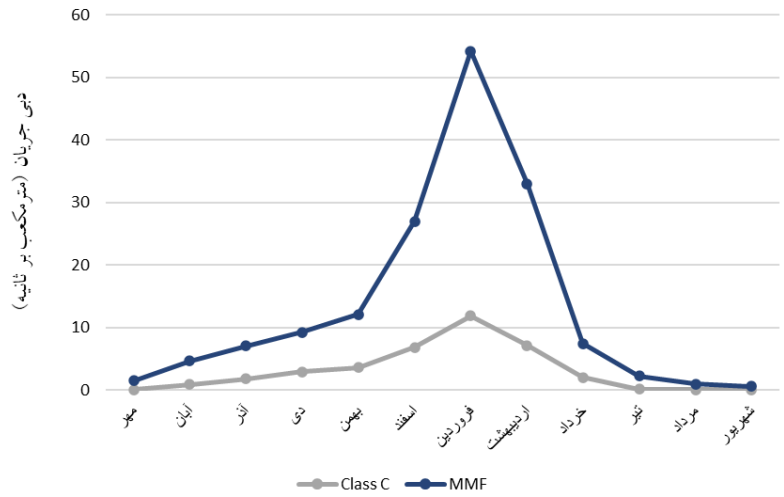
نتایج و بحث

روش‌های مختلف، جریان‌های اکولوژیکی مختلفی را پیشنهاد می‌کنند. خلاصه نتایج برآورد حداقل جریان اکولوژیکی رودخانه قزل‌اوزن در موقعیت پنج ایستگاه بیانلو، نساره‌علیا، سلامت‌آباد، حسن‌خان و شادی‌آباد، از شش روش هیدرولوژیکی، در جدول ۵ نمایش داده شده است. در روش تنانت، درصدهای مختلفی از متوسط جریان سالانه به‌عنوان جریان اکولوژیکی پیشنهاد می‌شود. این درصدها در حالت قابل‌قبول ۳۰ درصد متوسط جریان ماهانه برای ماه‌های پرآبی و ۱۰ درصد متوسط جریان ماهانه برای ماه‌های کم‌آبی در نظر گرفته شد. بنابراین، نیاز آب اکولوژیکی رودخانه قزل‌اوزن در ایستگاه‌های بیانلو و نساره‌علیا (واقع بر رودخانه قزل‌اوزن)، سلامت‌آباد و حسن‌خان (واقع بر رودخانه تلوار، مهم‌ترین سرشاخه رودخانه قزل‌اوزن) و شادی‌آباد (واقع بر رودخانه چم‌شور، از مهم‌ترین سرشاخه‌های رودخانه قزل‌اوزن)، به ترتیب ۴، ۲/۵۹، ۱/۶۷، ۰/۸۴ و ۰/۲۶ مترمکعب در ثانیه برای ماه‌های فروردین و اردیبهشت و ۱/۳۳، ۰/۸۶، ۰/۵۶، ۰/۲۸ و ۰/۰۹ مترمکعب در ثانیه برای ماه‌های خرداد تا اسفند به دست آمده است. روش تنانت فقط برای ارزیابی اولیه می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. روش تنانت فارغ از میزان جریان متوسط ماهانه، مقداری را به‌عنوان جریان اکولوژیکی پیشنهاد می‌دهد که ممکن است در برخی موارد حتی از جریان طبیعی رودخانه در ماه‌هایی از سال بیشتر باشد. در رودخانه قزل‌اوزن نیز در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور جریان اکولوژیکی از جریان طبیعی رودخانه بیشتر است. زیاد بودن جریان اکولوژیکی از جریان طبیعی رودخانه در

www.SID.ir

Archive of SID

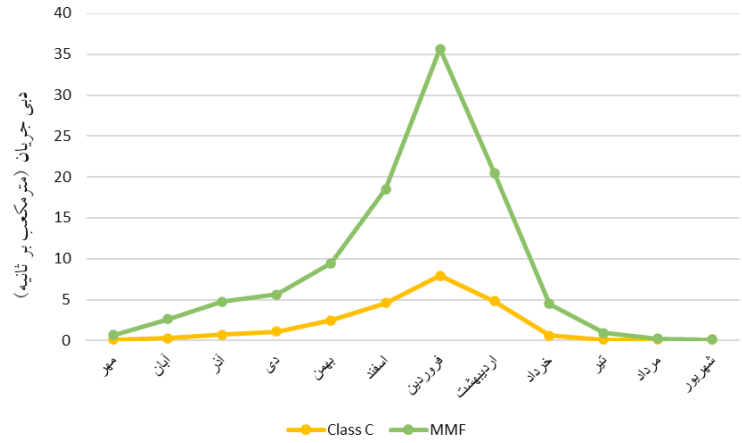
ماه‌هایی از سال بی‌معنی است. اورث، موفان، وات و مان هم در مطالعاتی که بر روی رودخانه‌ها انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که روش تنانت باید اصلاح شود و کاربرد این روش در صورت اصلاح و استفاده از مطالعات بیشتر، مناسب هستند (Orth and Maughan, 1981; Watt, 2007; Mann, 2006). روش تسمن با مقایسه جریان ماهانه موجود با متوسط جریان سالانه، حداقل نیاز آب اکولوژیکی موردنیاز را در ماه‌های مختلف پیشنهاد می‌کند. به‌طور متوسط می‌توان گفت این روش نیاز اکولوژیکی را برای ایستگاه‌های بیانلو، نساره‌علیا، سلامت‌آباد، حسن‌خان و شادی‌آباد به ترتیب جریان‌های ۶/۴۱، ۴/۰۵، ۲/۵۹، ۱/۳ و ۰/۳۹ مترمکعب در ثانیه و به ترتیب معادل ۴۸، ۴۷، ۴۶، ۴۷، ۴۶ درصد متوسط جریان سالانه را پیشنهاد می‌کند. جریان اکولوژیکی رودخانه در ایستگاه‌های بیانلو، نساره‌علیا و سلامت آباد در ماه‌های تیر تا آبان و در ایستگاه‌های حسن خان و شادی آباد در ماه‌های تیر تا مهر کل جریان طبیعی رودخانه را به‌عنوان جریان اکولوژیکی در نظر می‌گیرد. علت این امر تفاوت زیاد بین متوسط جریان ماهیانه ماه‌های پرآبی و کم‌آبی است. اما برآورد کل جریان رودخانه به‌عنوان جریان اکولوژیکی در ماه‌های کم‌آبی که میزان جریان در رودخانه کم است منطقی به نظر می‌رسد. روش تسمن نیز به دلیل اینکه تابع کلاس‌های مدیریتی نیست و برای همه رودخانه‌ها از یک الگو پیروی می‌کند، نمی‌تواند نتایج دقیقی ارائه دهد. ولی نسبت به روش تنانت ارجحیت دارد، چرا که نسبت به جریان‌های ماهانه رودخانه بی‌تفاوت نیست و در هر ماه میزان جریان متفاوتی را ارائه می‌دهد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۴). برای برآورد شدت جریان اکولوژیکی از روش تحلیل منحنی تداوم جریان، شاخص‌های تداوم جریان مختلفی به کار رفت. بر اساس این روش، محدوده جریان‌های کم‌آبی برای ایستگاه بیانلو بین ۴/۳۹ (Q_{50}) تا ۰/۰۱۵ (Q_{90})، و ایستگاه نساره‌علیا بین ۳/۱ (Q_{50}) تا ۰/۰۱۲ (Q_{90})، و ایستگاه سلامت‌آباد بین ۲/۳۲ (Q_{50}) تا ۰/۰۱۶ (Q_{90})، و ایستگاه حسن‌خان بین ۰/۷۷۱ (Q_{50}) تا ۰ (Q_{90})، و ایستگاه شادی‌آباد بین ۰/۲۷ (Q_{50}) تا ۰/۰۰۵ (Q_{90}) مترمکعب در ثانیه می‌باشد. در روش اسمختین، نیاز آب اکولوژیکی به‌صورت ترکیبی از نیاز حداقل جریان اکولوژیکی (LFR) و نیاز حداکثر جریان اکولوژیکی (HFR) در نظر گرفته می‌شود. بر اساس این روش، Q_{90} به‌عنوان نیاز حداقل جریان اکولوژیکی و محدوده بین ۷ تا ۲۰ درصد متوسط جریان ماهانه به‌عنوان نیاز حداکثر اکولوژیکی در نظر گرفته می‌شود. نتایج ارزیابی دبی جریان اکولوژیکی از روش اسمختین برای ایستگاه بیانلو، نساره‌علیا، سلامت آباد، حسن خان و شادی آباد به ترتیب برابر ۲/۶۸۱، ۱/۷۳۸، ۱/۱۳، ۰/۵۵۸ و ۰/۲۲۲ مترمکعب در ثانیه، به ترتیب معادل ۲۰/۱۱، ۲۰/۱۴، ۲۰/۲۹، ۲۰ و ۲۵/۸۱ درصد جریان متوسط سالانه است. بر اساس روش DRM برای حفظ شرایط اکولوژیکی رودخانه قزل‌اوزن در ایستگاه‌های موردمطالعه برای کلاس A حدوداً ۳۲ تا ۴۰/۸۹ درصد، کلاس B ۲۴/۰۴ تا ۲۹/۴ درصد، کلاس C ۱۸/۷ تا ۲۲/۸۳ درصد و کلاس D (حداقل کلاس قابل‌قبول) ۱۵/۶۲ تا ۱۹/۴۸ درصد متوسط جریان موردنیاز است. در این تحقیق، کلاس C به‌عنوان وضعیت اکولوژیکی مطلوب برای رودخانه قزل‌اوزن در ایستگاه‌های مورد مطالعه انتخاب شد.



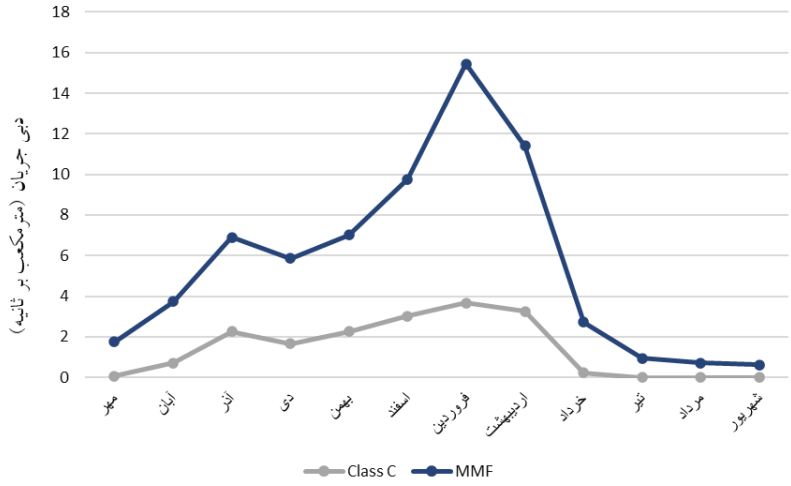
شکل ۸- نمودار جریان اکولوژیکی رودخانه قزل‌اوزن ایستگاه بیانلو در کلاس مدیریت زیستی C

www.SID.ir

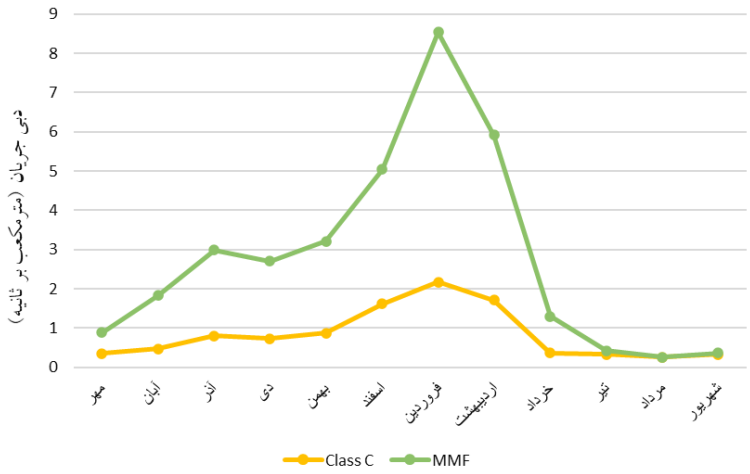
Archive of SID



شکل ۹- نمودار جریان زیست‌محیطی رودخانه قزل‌اوزن ایستگاه نساره‌علیا در کلاس مدیریت زیستی C



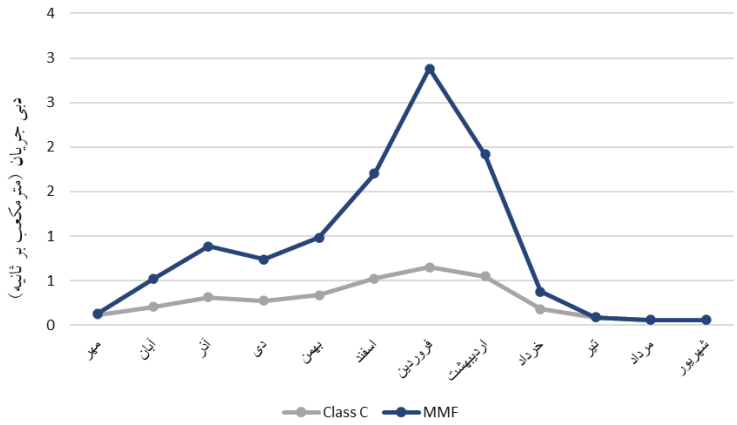
شکل ۱۰- نمودار جریان زیست‌محیطی رودخانه قزل‌اوزن ایستگاه سلامت‌آباد در کلاس مدیریت زیستی C



شکل ۱۱- نمودار جریان زیست‌محیطی رودخانه قزل‌اوزن ایستگاه حسن‌خان در کلاس مدیریت زیستی C

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۲- نمودار جریان زیست‌محیطی رودخانه قزل‌اوزن ایستگاه شادی‌آباد در کلاس مدیریت زیستی C

جدول ۵- مقادیر جریان اکولوژیکی در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه قزل‌اوزن از روش‌های مختلف

روش		نیاز آب اکولوژیکی در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه قزل‌اوزن (EWR)									
		بیانلو		نساره‌علیا		سلامت‌آباد		حسن‌خان		شادی‌آباد	
		(MAR%)	(m^3/s)	(MAR%)	(m^3/s)	(MAR%)	(m^3/s)	(MAR%)	(m^3/s)	(MAR%)	(m^3/s)
انتقال منحنی تداوم جریان	کلاس A	۶۲/۲۳	۸/۲۹	۶۳/۶۱	۵/۴۹	۶۱/۹۳	۳/۴۵	۶۴/۸۷	۱/۸۱	۶۱/۶۲	۰/۵۳
	کلاس B	۳۶/۷۸	۴/۹۰	۳۶/۸۴	۳/۱۸	۳۹/۶۷	۲/۲۱	۴۴/۰۸	۱/۲۳	۴۳/۰۲	۰/۳۷
	کلاس C	۲۳/۳۶	۳/۱۱	۲۲/۰۹	۱/۹۱	۲۵/۶۴	۱/۴۳	۳۰/۰۳	۰/۸۴	۳۲/۳۶	۰/۲۸
	کلاس D	۱۴/۱۸	۱/۸۹	۱۳/۳۲	۱/۱۵	۱۴/۳۶	۰/۸۰	۲۱/۱۴	۰/۵۹	۲۳/۲۵	۰/۲۰
	کلاس E	۸/۴۸	۱/۱۳	۷/۸۷	۰/۶۸	۶/۶۴	۰/۳۷	۱۵/۴۱	۰/۴۳	۱۸/۶۰	۰/۱۶
	کلاس F	۴/۸۷	۰/۶۵	۴/۲۸	۰/۳۷	۲/۵۱	۰/۱۴	۱۲/۹۰	۰/۳۶	۱۵/۱۱	۰/۱۳
مدل ذخیره رومیزی	کلاس A	۴۰/۰۱	۵/۳۳	۴۰/۷۸	۳/۵۲	۳۳/۷۵	۱/۸۸	۳۱/۸۹	۰/۸۹	۳۴/۸۸	۰/۳۰
	کلاس A/B	۳۴/۵۳	۴/۶۰	۳۵/۲۲	۳/۰۴	۲۹/۴۴	۱/۶۴	۲۷/۹۵	۰/۷۸	۳۰/۲۳	۰/۲۶
	کلاس B	۲۸/۷۵	۳/۸۳	۲۹/۳۱	۲/۵۳	۲۵/۱۳	۱/۴۰	۲۴/۰۱	۰/۶۷	۲۵/۵۸	۰/۲۲
	کلاس B/C	۲۵/۲۲	۳/۳۶	۲۹/۸۴	۲/۲۳	۲۲/۲۶	۱/۲۴	۲۱/۱۴	۰/۵۹	۲۳/۲۵	۰/۲۰
	کلاس C	۲۲/۳۷	۲/۹۸	۲۲/۸۳	۱/۹۷	۱۹/۸۷	۱/۱۱	۱۸/۷۰	۰/۵۲	۲۰/۴۲	۰/۱۸
	کلاس C/D	۲۰/۹۴	۲/۷۹	۲۱/۳۲	۱/۸۴	۱۸/۴۹	۱/۰۳	۱۷/۲۰	۰/۴۸	۱۸/۶۰	۰/۱۶
	کلاس D	۱۹/۰۶	۲/۵۴	۱۹/۳۵	۱/۶۸	۱۶/۵۱	۰/۹۲	۱۵/۴۱	۰/۴۳	۱۶/۲۷	۰/۱۴
تنانت	مهر تا اسفند	۱۰	۱/۳۳	۱۰	۰/۸۶	۱۰	۰/۵۶	۱۰	۰/۲۸	۱۰	۰/۰۹
	فروردین تا شهریور	۳۰	۴	۳۰	۲/۵۹	۳۰	۱/۶۷	۳۰	۰/۸۴	۳۰	۰/۲۶
تنانت اصلاح‌شده	فروردین و اردیبهشت	۳۰	۴	۳۰	۲/۵۹	۳۰	۱/۶۷	۳۰	۰/۸۴	۳۰	۰/۲۶
	خرداد تا اسفند	۱۰	۱/۳۳	۱۰	۰/۸۶	۱۰	۰/۵۶	۱۰	۰/۲۸	۱۰	۰/۰۹
تسمن		۴۸	۶/۴۱	۴۷	۴/۰۵	۴۶	۲/۵۹	۴۷	۱/۳	۴۶	۰/۳۹
اسمختین		۲۰/۱۱	۲/۶۸	۲۰/۱۳	۱/۷۳	۲۰/۲۸	۱/۱۳	۲۰	۰/۵۵	۲۵/۸۱	۰/۲۲
شاخص‌های تداوم جریان	Q50	۳۲/۹۳	۴/۳۹	۳۵/۹۷	۳/۱	۴۱/۶۹	۲/۳۲	۲۷/۶۳	۰/۷۷	۳۲/۰۴	۰/۲۷
	Q90	۰/۱۱	۰/۰۱۵	۰/۱۳	۰/۰۱۲	۰/۲۹	۰/۰۲	۰	۰	۰/۵۴	۰/۰۱
	Q95	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
جریان اکولوژیکی پیشنهادی		۲۳/۳۶	۳/۱۱	۲۲/۰۹	۱/۹۱	۲۵/۶۴	۱/۴۳	۳۰/۰۳	۰/۸۴	۳۲/۳۶	۰/۲۸

جریان اکولوژیکی رودخانه قزل‌اوزن در ایستگاه‌های بیانلو، نساره‌علیا، سلامت‌آباد، حسن‌خان و شادی‌آباد به ترتیب برابر ۲/۹۸۱، ۱/۹۷، ۱/۱۰۷، ۰/۵۲۲ و ۰/۱۷۶ مترمکعب در ثانیه، به ترتیب معادل با ۲۲/۳۷، ۲۲/۸۳، ۱۹/۸۷، ۱۸/۷ و ۲۰/۴۲ درصد متوسط آورد سالانه (MAR) است. روش تغییر منحنی تداوم جریان با توجه به اینکه کلاس‌های مختلف زیستی را بر اساس شرایط رودخانه شامل می‌شود، یکی از روش‌های

www.SID.ir

Archive of SID

قابل‌اعتماد است که عموماً نتایج متناسب‌تری را نسبت به سایر روش‌های ارزیابی جریان اکولوژیکی رودخانه‌ها دارد. کریمی و همکاران (۱۳۸۹) و عبدی و یاسی (۱۳۹۲) با استفاده از روش‌های اکو هیدرولوژیکی، نیاز اکولوژیکی رودخانه را برآورد کردند. نتایج بررسی‌ها و مقایسه آن‌ها نیز بین روش‌های مختلف ارزیابی جریان اکولوژیکی نشان داد که مقادیر محاسباتی از روش انتقال منحنی تداوم جریان به دلیل در نظر گرفتن خصوصیات اکولوژیکی اکوسیستم رودخانه، نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد. در این تحقیق وضعیت اکولوژیکی رودخانه قزل‌اوزن برابر کلاس C در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داد که برای حفظ رودخانه قزل‌اوزن در پنج ایستگاه بیانلو، نساره‌علیا، سلامت‌آباد، حسن‌خان و شادی‌آباد در شرایط قابل‌قبول (کلاس C) دبی جریان ۳/۱۱، ۱/۹، ۱/۴۲، ۰/۸۳ و ۰/۲۷ مترمکعب در ثانیه (۲۲/۰۹ تا ۳۲/۳۶ درصد MAR) موردنیاز است. توزیع جریان اکولوژیکی پیشنهادی، روش انتقال منحنی تداوم جریان (FDC-shifting) برای ایستگاه‌های ذکرشده در شکل‌های ۸ تا ۱۲ نشان داده شده است.

بر اساس نتایج جدول ۵، برای حفظ رودخانه قزل‌اوزن در ایستگاه‌های موردمطالعه کلاس A، ۶۱/۶۲ تا ۶۴/۸۷ درصد MAR، در کلاس B، ۳۶/۷۸ تا ۴۴/۰۸ درصد MAR، در کلاس C، ۲۲/۰۹ تا ۳۲/۳۶ درصد MAR، در کلاس D ۱۳/۳۲ تا ۲۳/۲۵ درصد MAR، در کلاس E، ۶/۶۴ تا ۱۸/۶۰ درصد MAR، در کلاس F، ۲/۵۱ تا ۱۵/۱۱ درصد MAR موردنیاز است. بر اساس روش انتخابی (انتقال منحنی تداوم جریان کلاس C) جریان اکولوژیکی پیشنهادی رودخانه قزل‌اوزن در ایستگاه بیانلو، نساره‌علیا، سلامت‌آباد، حسن‌خان و شادی‌آباد به شرح زیر است:

- ایستگاه بیانلو: سالانه، جریان ۹۸/۲۱ میلیون مترمکعب (۳/۱۱ مترمکعب بر ثانیه)، معادل با ۲۳/۳۶ درصد متوسط آورد سالانه
- ایستگاه نساره‌علیا: سالانه، جریان ۶۰/۱ میلیون مترمکعب (۱/۹۱ مترمکعب بر ثانیه)، معادل با ۲۲/۰۹ درصد متوسط آورد سالانه
- ایستگاه سلامت‌آباد: سالانه، جریان ۴۵/۰۴ میلیون مترمکعب (۱/۴۳ مترمکعب بر ثانیه)، معادل با ۲۵/۶۴ درصد متوسط آورد سالانه
- ایستگاه حسن‌خان: سالانه، جریان ۲۶/۴۳ میلیون مترمکعب (۰/۸۴ مترمکعب بر ثانیه)، معادل با ۳۰/۰۳ درصد متوسط آورد سالانه
- ایستگاه شادی‌آباد: سالانه، جریان ۸/۷۹ میلیون مترمکعب (۰/۲۸ مترمکعب بر ثانیه)، معادل با ۳۲/۳۶ درصد متوسط آورد سالانه

نتیجه‌گیری

در روش‌های جامع، شبیه‌ساز زیستگاه و هیدرولیکی برآورد جریان اکولوژیکی، نیاز به داده‌های اکولوژیکی دقیق دارند و بسیار پرهزینه و زمان‌بر می‌باشند. همچنین احتمال تناقض اطلاعات به‌دست‌آمده در این روش‌ها زیاد می‌باشد. برای مثال روش‌های هیدرولیکی تنها یک مقطع از رودخانه را در نظر گرفته و مقاطع زیاد نیاز به هزینه و زمان زیاد دارد؛ و یا روش‌های شبیه‌ساز زیستگاه فقط برای گونه شاخص تمرکز می‌کنند. روش تنانت فقط بر روی متوسط جریان سالانه تکیه دارد. رودخانه‌هایی که دچار زوال و افت اکولوژیکی شده‌اند، از متوسط جریان سالانه قابل قبولی برخوردار نبوده و قادر به نگهداری زیستگاه طبیعی خود نیستند. در این شرایط، استفاده از روش تنانت در پروژه‌های احیا و بازگردانی توصیه نمی‌شود. بنابراین روش تنانت باید در موقعیت‌ها و پروژه‌های حفاظتی رودخانه مورداستفاده قرار گیرد، و برای اهداف احیا و بازگردانی باید از مدل‌های ترکیبی زیستگاه استفاده کرد. روش تسمن برخلاف روش تنانت، جریان طبیعی ماهانه را نیز در نظر می‌گیرد. این امر موجب می‌شود که جریان اکولوژیکی برای هر ماه به شکل منطقی‌تری به دست آید اما روش تسمن نیز چون فقط اطلاعات هیدرولوژیکی را در نظر می‌گیرد و به اطلاعات بوم‌شناختی رودخانه توجه ندارد، صرفاً می‌تواند به‌عنوان یک روش ارزیابی برای دستیابی به نتایج اولیه و سریع کاربرد داشته باشد. در یک دید کلی می‌توان از این روش همراه با روش‌های دیگر برای کسب بهترین نتیجه استفاده کرد. روش تحلیل منحنی تداوم جریان برای رودخانه‌های، با شدت تغییرات زیاد (جریان پایه کم) اصلاً پاسخگو نمی‌باشند و مقادیر خیلی کم و ناچیز را به‌عنوان جریان اکولوژیکی پیشنهاد می‌دهد. روش اسمختین نیز مانند روش تنانت برای همه ماه‌های سال مقداری را به‌عنوان جریان اکولوژیکی پیشنهاد می‌دهد. که این مقدار ممکن است در برخی ماه‌های سال از جریان طبیعی رودخانه بیشتر باشد که معنی‌دار نیست. روش اسمختین نیز چون از داده‌های جریان ماهیانه تأثیر نمی‌پذیرد نمی‌تواند به‌تنهایی روش مناسبی برای تعیین جریان اکولوژیکی یک رودخانه باشد. از این روش نیز می‌توان در ارزیابی‌های سریع استفاده کرد، اما اتکا به این روش منطقی به نظر نمی‌رسد و بایستی همراه با روش‌های دیگر برای کسب بهترین نتیجه مورداستفاده قرار گیرد. روش انتقال منحنی تداوم جریان به‌منظور حفظ الگوی کلی تغییرپذیری جریان، از شیفت منحنی تداوم جریان طبیعی استفاده کرده، و بر این اساس نیاز آب اکولوژیکی را برای کلاس‌های مدیریت اکولوژیکی A تا F پیشنهاد می‌کند. در این تحقیق کلاس مدیریتی C به‌عنوان کلاس موردنظر انتخاب شد. در این کلاس، زیستگاه‌ها و دینامیک بیوتا مختل شده ولی عملکردهای اساسی اکوسیستم هنوز دست نخورده‌اند. اساس

www.SID.ir

Archive of SID

روش مدل ذخیره رومیزی بر این پایه است که تحت وضعیت‌های طبیعی، قسمت‌های مختلف رژیم جریان، نقش‌های مختلفی در عملکرد اکولوژیکی یک رودخانه بازی می‌کنند. بنابراین حفظ تفاوت‌های اساسی بین جریان‌های فصول تر و خشک، ضروری است. بنابراین مؤلفه‌های مختلف جریان با هم ترکیب شده و یک رژیم جریان قابل قبولی را از نظر اکولوژیکی ایجاد می‌کنند. در این روش نیز نیاز آب اکولوژیکی به‌صورت ترکیبی از نیاز کم‌آبی و پرآبی ارائه می‌شود. در روش مدل ذخیره رومیزی نیز از طبقه‌بندی‌های اکولوژیکی استفاده می‌شود با این تفاوت که دو کلاس E و F روش انتقال منحنی تداوم جریان، در روش مدل ذخیره رومیزی قابل‌قبول نمی‌باشند. از میان این روش‌ها، دو روش مدل ذخیره رومیزی و انتقال منحنی تداوم جریان به دلیل در نظر گرفتن کلاس‌های مختلف اکولوژیکی، توجه به تغییرپذیری طبیعی جریان و سعی به حفظ این تغییرپذیری در جریان‌های اکولوژیکی پیشنهادی خود، نسبت به روش‌های دیگر ارجحیت دارند. ازآنجاکه اطلاعات اکولوژیکی موردنیاز برای تعیین جریان‌های اکولوژیکی در ایران هنوز موجود نمی‌باشد، استفاده از دو مدل ذخیره رومیزی و GEFC نتایج قابل قبولی ارائه می‌کند. روش مدل ذخیره رومیزی برای رودخانه‌های دائمی (با جریان پایه زیاد) مناسب‌تر می‌باشد. روش انتقال منحنی تداوم جریان، علاوه بر شرایط هیدرولوژیکی، شرایط اکولوژیکی را هم در نظر می‌گیرد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده جریان پیشنهادی روش انتقال منحنی تداوم جریان، در کلاس C به‌عنوان حداقل جریان اکولوژیکی برای رودخانه قزل‌اوزن، توصیه می‌شود. زیرا این روش به داده‌های کمتری نیاز داشته؛ ارزیابی اولیه و سریع بر روی داده‌ها انجام می‌دهد؛ وضعیت‌های هیدرولوژیکی موجود را با در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی مطلوب شبیه‌سازی می‌کند. کلاس مدیریتی C (نسبتاً تغییریافته) حدود ۲۰ الی ۳۰ درصد دبی متوسط جریان را به‌عنوان جریان اکولوژیکی در نظر می‌گیرد. که در این حالت عملکرد اساسی اکوسیستم رودخانه هنوز دست‌نخورده بوده و اکثر گونه‌ها حفظ می‌شود. همچنین کلاس مدیریتی C با پتانسیل جریان در ماه‌های مختلف مطابقت خوبی داشته و از لحاظ مدیریتی، مصارف کشاورزی و شرب و... در منطقه موردقبول می‌باشد. جایگیری یک رودخانه در یک کلاس مدیریت اکولوژیکی اغلب به‌صورت قضاوت کارشناسانه صورت می‌گیرد. با توجه به موقعیت منطقه و وابستگی مردم به کشاورزی و لزوم مصرف آب در این حوزه نمی‌توان کلاس مدیریتی بالایی را انتخاب نمود، ولیکن این کلاس مدیریتی نباید به‌گونه‌ای انتخاب شود که حیات گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری اکوسیستم رودخانه در خطر باشد. به همین دلیل در این تحقیق برای رودخانه قزل‌اوزن روش برتر منتخب، روش انتقال منحنی تداوم جریان می‌باشد. دلایل انتخاب این روش عبارت‌اند از:

- این روش یک رژیم هیدرولوژیکی برای حفاظت رودخانه در وضعیت اکولوژی موردنظر را ارائه می‌دهد.
- جریان محاسباتی به‌صورت درصدی از جریان متوسط سالانه نبوده و به‌صورت توزیع ماهانه می‌باشد.
- انعطاف‌پذیری این روش در ماه‌های کم‌آبی و پرآبی بیشتر است.
- سهم منطقی از پتانسیل جریان را به‌عنوان جریان اکولوژیکی برای کلاس‌های مدیریتی مختلف در نظر می‌گیرد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان به دلیل همکاری صمیمانه و در اختیار گذاشتن داده‌های لازم، تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

احمدی‌پور، ظ. و یاسی، م. ۱۳۹۳. مقایسه روش‌های اکوهیدرولوژیکی-هیدرولیکی در ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها (رودخانه نازلو، حوضه دریاچه ارومیه). مجله علمی-پژوهشی هیدرولیک. ۹ (۲): ۸۲-۶۹.

بیلان منابع آب محدوده مطالعاتی دیواندره-بیجار. ۱۳۹۴. مطالعات بهنگام سازی بیلان منابع آب حوزه آبریز سفیدرود بزرگ. ارزیابی منابع آب. ۵(۹).

بیلان منابع آب محدوده مطالعاتی قروه-دهگلان. ۱۳۹۴. مطالعات بهنگام سازی بیلان منابع آب حوزه آبریز سفیدرود بزرگ. ارزیابی منابع آب. ۵(۸).

پور صالحیان، ج.، پرویزی، م. و صدقی اصل، م. ۱۳۹۱. بررسی جریان زیست‌محیطی رودخانه بشار. نهمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران. اهواز. ایران.

رزاقی، آ.، احمدی، ح.، حقدوست، ن.ع. و حصاری، ی. ۱۳۹۷. ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه با روش‌های اکو هیدرولوژیکی (مطالعه موردی: رودخانه مهاباد چای). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک, ۲۵(۶): ۶۵-۴۷.

رضایی، ن. و یاسی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی جریان زیست‌محیطی سیمینه‌رود با روش‌های هیدرولوژیکی. اولین همایش ملی علوم زمین و توسعه شهری. دانشگاه تبریز. تبریز. ایران.

شاعری کریمی، س. ۱۳۸۹. ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی. دانشگاه ارومیه. ارومیه.

www.SID.ir

Archive of SID

عبدی، ر. و یاسی، م. ۱۳۹۲. ارزیابی روش‌های هیدرولوژی محور در برآورد نیاز زیست‌محیطی رودخانه‌ها (مطالعه موردی: رودخانه هراز). پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه شهید بهشتی. تهران. ایران.

کریمی، س.، سیدی، ح. و یاسی، م. ۱۳۸۹. معرفی روش ذخیره رومیزی برای محاسبه جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها. نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران. دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.

مصطفوی، س. ۱۳۹۲. ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه به روش اکو هیدرولوژیکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی. دانشگاه ارومیه. ارومیه.

مهدی‌آبادی، م. و روستایی، ن. ۱۳۸۷. تعیین حقابه تالاب گاوخونی، پیش‌بینی آب زیست‌محیطی رودخانه‌ها در شرایط تغییر اقلیم. دومین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست. دانشگاه تهران.

Hu, W.W., Wang, G.X., Deng, W. and Li, S.N. 2008. The influence of dams on ecohydrological conditions in the Huaih River basin, China. Ecological engineering. 33(3-4): 233-241.

Hughes, D.A. and Hannart, P. 2003. A desktop model used to provide an initial estimate of the ecological instream flow requirements of rivers in South Africa. Journal of Hydrology. 270(3-4):81-167.

IWMI. Environmental flows. 2004. Environmental Perspectives on River Basin Management in Asia. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 1(1).

Kashaigili, J.J., Kadigi, R.M., Lankford, B.A., Mahoo, H.F. and Mashauri, D.A. 2005. Environmental flows allocation in river basins: Exploring allocation challenges and options in the Great Ruaha River catchment in Tanzania. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 30(11-16): 97-689.

Mahmood, R., Shaofeng, J.I., Lv, A. and Zhu, W. 2020. A preliminary assessment of environmental flow in the three rivers' source region, Qinghai Tibetan Plateau, China and suggestions. Ecological Engineering. 144:105709.

Mann, J.L. 2006. Instream flow methodologies: An evaluation of the Tennant method for higher gradient streams in the national forest system lands in the western US. Colorado State University Fort Collins, Colorado.

Orth, D.J. 1981. Evaluation of the "Montana method" for recommending instream flows in Oklahoma streams. In Proceedings of the Oklahoma Academy of Science. 61: 62-66.

Shiferaw, A. 2007. Environmental flow assessment at the source of the Blue Nile river, Ethiopia (Doctoral dissertation, Addis Ababa University).

Smakhtin, V.U. and Anputhas, M. 2006. An assessment of environmental flow requirements of Indian river basins. IWMI Research Report 107. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, 36p.

Smakhtin, V.U, Revenga, C. and Dooll, P. 2004. A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity. Water International. 29: 307-317.

Tennant, D.L. 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Fisheries. 1(4): 6-10.

Tessman, S. 1980. Environmental assessment, technical appendix E in environmental use sector reconnaissance elements of the Western Dakotas region of South Dakota study. Water Resources Research Institute, South Dakota State University, Brookings, SD.

Volchek, A., Kirvel, I. and Sheshko, N. 2019. Environmental flow assessment for the Yaselda River in its Selets reservoir section. Ecohydrology & Hydrobiology. 19(1): 18-109.

Watt, S.P. 2007. A methodology for environmental protection of Ontario watercourses with respect to the permit to take water program, Master Thesis, Queen's University, Canada.

Yan, Y., Yang, Z., Liu, Q. and Sun, T. 2010. Assessing effects of dam operation on flow regimes in the lower Yellow River. Procedia Environmental Sciences. 2: 16-507.

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 15, Dec.-Jan. 2021, p. 1052-1066

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۵، آذر - دی ۱۴۰۰، ص. ۱۰۶۶-۱۰۵۲

Estimation of Ecological Flow of Ghezel Ozan River in Kurdistan Province Using Hydrological Methods

R. Shahmohammadnejad[1], M. Byzedi[2]*

Recived: Apr. 25, 2021 Accepted: Jun. 07, 2021

Abstract

In order to prevent the long-term negative impacts of resource development projects on the riverine ecosystems, it is necessary to define hydrological and ecological needs of river in the form an ecological water-need and consider them in water allocation interactions. The main objective of the present study is to evaluate and estimate the monthly distribution of ecological flow of Ghezel Ozan river by means of hydrological methods, such as Tessman, Tennant, flow-duration curve analysis (FDC), flow-duration curve shifting (FDC-Shifting), Smakhtin and Desktop Reserve Model (DRM), and with reference to the given 25-year statistical period. The results drawn from the present study illustrated that the FDC-Shifting method is superior to other methods due to considering diverse ecological classes, focusing on natural variability of flow, and attempting to maintain this variability in its proposed ecological flows, and in order to maintain the general pattern of flow variability, it employs natural flow-duration curve shift. The abovementioned method is better adapted to the flow potential of Ghezel Ozan river as well as its ecological management method. To preserve Ghezel Ozan river in the minimum acceptable ecological status (ecological management class C), the mean annual flow intensity equivalent to 3.11 (%23 MAR), 1.91 (%22 MAR), 1.43 (%25 MAR), 0.84 (%30 MAR) and 0.28 (%32 MAR) cubic meter per second must be determined respectively within the range of five hydrometric stations including Bianlu, Nesare Olia, Salamat Abad, Hasan Khan, and Shadi Abad.

Keywords: DRM, Ecological flow, FDC-Shifting, Ghezel Ozan river, Hydrological methods

1- Master Student of Water Resources Engineering, Department of Water Science and Engineering, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran
2- Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: M.byzedi@gmail.com)

www.SID.ir