Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

پیاده‌سازی رژیم جریان زیست‌محیطی در بهبود محیط‌زیست رودخانه

محمدحسن نادری[۱]
سحر سعیدی[۲*]
جلیل ایمانی هرسینی[۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب و پژوهشگر اکوهیدرولیک زیستگاه‌های رودخانه‌ای، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب‌وخاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲. دانشجوی دکتری محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه سنت ایستوان، گودولو، مجارستان
۳. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده محیط-زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

***مسئول مکاتبات:**
Sahar_Saeidi90@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۸۰۴۰۶۴۴
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۳۰
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

تعیین جریان زیست‌محیطی از مهم‌ترین مباحث در مدیریت یکپارچه منابع آب جهت مدیریت سلامت رودخانه، برقراری تعادل پایدار در شرایط اکولوژیکی و حفظ حیات زیست‌بوم‌های وابسته به رودخانه است. در این راستا در پژوهش حاضر، جریان زیست‌محیطی رودخانه غاز محله شهرستان کردکوی استان گلستان با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی جهت بهبود محیط اکولوژیکی، حفظ رژیم طبیعی جریان و حفاظت از تنوع بیولوژیکی اکوسیستم، موردمحاسبه و ارزیابی قرار گرفت. آمار موردنیاز برای محاسبات هیدرولوژیکی نیز از اطلاعات ایستگاه هیدرومتری غاز محله در طول دوره آماری ۴۴ ساله (۱۳۵۰-۱۳۹۴) با متوسط جریان سالانه ۰/۲۴ مترمکعب بر ثانیه، استفاده شد. نتایج نشان داد، برای حفاظت و بهبود وضعیت رودخانه در حداقل شرایط زیستی قابل‌قبول، روش انتقال منحنی تداوم جریان در کلاس B با دبی ۰/۱۲ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۵۱ درصد جریان طبیعی رودخانه)، به علت در نظر گرفتن کلاس‌های مدیریت زیستی و تطابق مناسب الگوهای تغییرات درون سالی رژیم جریان زیست‌محیطی و جریان متوسط سالانه، نسبت به سایر روش‌ها ارجحیت داشته و قابل‌پذیرش‌ترین روش برآورد جریان زیست‌محیطی در این مطالعه می‌باشد. در این پژوهش ثابت شد، نتایج روش تنانت مقدار پایین‌تری از حداقل نیاز زیست‌محیطی ارائه داده و استفاده از این روش با تحمیل تنش بر سیستم هیدرولوژیکی، انتخابی نامناسب برای برآورد حداقل جریان جهت حفظ محیط اکولوژیکی رودخانه غاز محله می‌باشد. همچنین روش‌های تسمن، آرکانزاس و مدل ذخیره رومیزی، جریان‌های خیلی کم و یا خیلی زیاد از درصد جریان متوسط رودخانه را برآورد کردند. بدیهی است مقدار تخصیص جریان زیست‌محیطی این روش‌ها، مشکلات متعددی را برای ذی‌نفعان مختلف از جریان رودخانه، فراهم می‌کند.

واژگان کلیدی: انتقال منحنی تداوم جریان، جریان زیست‌محیطی، رودخانه غاز محله، روش‌های هیدرولوژیکی، میانگین جریان سالانه.

مقدمه

رودخانه‌ها دارای اهمیت بسیار بالای اکولوژیکی و محل رویش تعداد زیادی از گیاهان و زیستگاه‌های متنوعی از آبزیان هستند. از مهم‌ترین اصول در یکپارچه‌سازی موضوعات مربوط به مدیریت اکوسیستم‌های رودخانه‌ای و رژیم جریان آب، برقراری تعادل پایدار در شرایط اکولوژیکی رودخانه‌ها و در حداقل نگه‌داشتن آسیب وارده به بخش‌های محیط زیستی آبی است (کوشافر و همکاران، ۱۳۹۷؛ خانقلی و همکاران، ۱۳۹۷). یکی از مهم‌ترین چالش‌های مدیران و دانشمندان حوزه‌ی علوم آب محاسبه جریان‌های متغیر طبیعی رودخانه و درک اهمیت حفاظت از منابع آب و تنوع زیستی و زیست‌بوم وابسته به جریان رودخانه است (Ahn *et al.*, 2018). مشکلات به وجود آمده در مسیر حرکت مهاجرت ماهیان جهت تولیدمثل، کاهش مواد مغذی رودخانه، نبود اکسیژن کافی برای موجودات آبزی، تنش در بقای زیست‌بوم ازجمله مسائل مطرح در مورد نوسانات آبی رودخانه‌هاست. چنانچه مؤلفه‌های جریان همچون سرعت و عمق جریان آب رودخانه و کیفیت آب رودخانه مناسب باشد، امکان تخم‌ریزی ماهیان و باروری آن‌ها فراهم می‌شود و در صورت عدم تأمین شرایط موردنیاز، امکان باروری و میزان احتمال زنده ماندن تخم ماهیان به‌شدت

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

کاهش می‌یابد (Gopal *et al.*, 2013؛ نادری و همکاران، ۱۳۹۸). حفظ رژیم طبیعی جریان، نیروی محرکه اصلی در حفظ اکوسیستم رودخانه‌ها است. بااین‌وجود فعالیت‌های انسانی و تغییر اقلیم به‌طور مداوم باعث تغییر آن شده است. به‌منظور شکل‌گیری تنوع زیستی و حفظ، سلامت و پایداری اکوسیستم رودخانه لازم است تا بخشی از جریان رودخانه تحت عنوان جریان زیست‌محیطی به خود رودخانه تخصیص یابد. برآورد جریان زیست‌محیطی موردنیاز برای سلامت اکوسیستم‌های آبی پایین‌دست رودخانه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Sahoo *et al.*, 2016). از مهم‌ترین اصول در یکپارچه‌سازی موضوعات مربوط به مدیریت اکوسیستم‌های رودخانه‌ای و رژیم جریان آب، این است که فعالیت‌های شدید انسانی بر روی جریان رودخانه که باعث تغییرات اکولوژیکی و ژئومورفولوژیکی در اکوسیستم‌های آبی می‌گردد، تشخیص داده شود (صدیق‌کیا و همکاران، ۱۳۹۶؛ بیات و همکاران، ۱۳۹۸).

ارزیابی جریان زیست‌محیطی یکی از موضوعات مهم و نوینی است که در سال‌های اخیر به‌منظور کاهش مسائل اکولوژیکی و محیط زیستی ایجادشده توسط توسعهٔ طرح‌های منابع آبی، بیان‌شده است (خانقلی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Arthington *et al.*, 2018). برای تخمین حق‌آبهٔ زیست‌محیطی رودخانه‌ها در مدیریت پایدار منابع آب و حفظ اکوسیستم‌های موجود در حوضه‌های آبخیز، روش‌های مختلف با در نظر گرفتن شرایط هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و هیدرولیکی و انعطاف‌پذیری و سازگاری با منطقه موردبررسی قرار می‌گیرد. روش‌های تعیین جریان زیست‌محیطی در چهار رویکرد ۱- هیدرولوژیکی ۲- درجه‌بندی هیدرولیکی ۳- شبیه‌سازی زیستگاه ۴- جامع‌نگر طبقه‌بندی می‌شوند. برخی از روش‌های تعیین جریان زیست‌محیطی، فقط به داده‌های دبی جریان رودخانه نیاز دارند. ولی برخی دیگر از روش‌ها، نیازهای زیستگاهی هرگونه‌ی خاص را در نظر می‌گیرند (Abdi and Yasi, 2015; Karakoyun *et al.*, 2016). Smakhtin و همکارانش (۲۰۰۶) روش‌های هیدرولوژیکی را در برآورد جریان زیست‌محیطی، اولین گام لازم در برنامه‌ریزی برای تخصیص‌های زیست‌محیطی در کشورهای درحال‌توسعه دانستند. روش‌های هیدرولوژیکی که معمولاً به‌عنوان روش جدول‌های در دسترس شناخته می‌شوند، تابعی از یک یا چند شاخص رژیم جریان طبیعی آب رودخانه می‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۶؛ حبیبی‌آلاگوز و ستاری، ۱۳۹۷) و درصدی از میانگین شاخص جریان آب رودخانه را که گاهی با نیازهای بیولوژیکی تطبیق داده می‌شود، برای تنظیم جریان زیست‌محیطی پس از بهره‌برداری از سدها تعیین می‌نماید (صدیق‌کیا و همکاران، ۱۳۹۴؛ Shaeri Karimi *et al.*, 2012). روش‌های متنوعی برای برآورد جریان زیست‌محیطی با رویکرد هیدرولوژیکی ارائه‌شده است که هرکدام منجر به برآوردهای متفاوتی می‌شود. هرچند هدف از حفظ جریان زیست‌محیطی، ایجاد جریان آب مناسب برای پایدار نگه‌داشتن سیستم رودخانه است، اما تعیین شرایط مناسب برای پایداری رودخانه با توجه به الزامات سیاسی و اقتصادی، محیط‌زیستی هر کشور یا منطقه تعیین می‌شود (خان‌محمدی‌فلاح و شکوهی، ۱۳۹۷؛ Shokoohi and Hong, 2011). در بسیاری از کشورهای جهان، اکولوژیست‌ها و سایر دانشمندان علوم آبی بر ضرورت حفظ کامل و یا بخشی از رژیم طبیعی جریان رودخانه و یا به حالت اول برگرداندن محدوده تغییرات رژیم‌های طبیعی هیدرولوژیکی در جهت حفاظت از تنوع بیولوژیکی و حفظ پتانسیل بالقوه تکامل اکوسیستم‌های تالابی، رودکناری و آبی تأکید کرده‌اند (Hughes and Hannart, 2003؛ Archfield *et al.*, 2013). مرور منابع مختلف نشان می‌دهد که تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه صورت گرفته است که نتایج بعضی از آن‌ها در ادامه بیان می‌گردد.

Mann (۲۰۰۶) صحت روش تنانت را در ۷ ایالت غربی آمریکا بررسی کرد. وی بر اساس شرایط مدیریتی محدوده‌ای را به‌عنوان جریان زیست‌محیطی ارائه داده است، که با توجه به توصیه‌های تنانت محدوده ۶۰ درصد تا ۱۰۰ درصد جریان سالیانه به‌عنوان میزان بهینه جریان زیست‌محیطی تعریف‌شده است. در پژوهشی دیگر Kashaigili و همکاران (۲۰۰۷) از مدل ذخیره رومیزی برای برآورد جریان زیست‌محیطی حوضه آبریز رودخانه روخانه‌های بزرگ در تانزانیا استفاده کردند. آن‌ها بر اساس نتایج حاصل از مدل، ۲۲ درصد میانگین جریان سالانه را به‌عنوان حداقل جریان زیست‌محیطی برای حفاظت از زیستگاه رودخانه پیشنهاد دادند. Shaeri Karimi و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای برای برآورد جریان زیست‌محیطی رودخانه شهرچای با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی به این نتیجه رسیدند که مقادیر محاسباتی از روش انتقال منحنی تداوم جریان، به دلیل در نظر گرفتن خصوصیات اکولوژیکی اکوسیستم رودخانه، نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد. Joshi و همکاران (۲۰۱۴)

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

در تحقیقی بر روی رودخانه سانه در نزدیکی فلات آمارکانتاک با استفاده از روش تغییر منحنی تداوم جریان، در کلاس زیست‌محیطی نسبتاً تغییریافته، مقدار ۱۹/۸ درصد میانگین جریان سالیانه را برای جریان زیست‌محیطی آن رودخانه تعیین کرده‌اند. Karakoyun و همکاران (۲۰۱۶) در ارزیابی روش‌های تعیین جریان زیست‌محیطی در پایین‌دست نیروگاه برقابی Cambasi ترکیه، روش تسمن و روش تنانت در محدوده خوب که معادل ۲۰ درصد میانگین جریان سالانه در دوره خشک و ۴۰ درصد میانگین جریان سالانه در دوره مرطوب می‌باشد را به‌عنوان روش‌های برتر پیشنهاد داد. در پژوهشی دیگر کریمی و همکاران (۱۳۹۶) در برآورد جریان زیست‌محیطی رودخانه زهره با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی تنانت، انتقال منحنی‌های تداوم جریان، مدل ذخیره رومیزی و تسمن بیان کردند روش انتقال منحنی تداوم جریان به دلیل ارائه مقادیر منطقی جریان زیست‌محیطی در ماه‌های مختلف و عدم تخصیص تمام جریان متوسط ماهانه به جریان موردنیاز زیست‌محیطی، قابل‌پذیرش‌ترین روش برآورد جریان زیست‌محیطی است. نادری و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی به‌منظور برآورد حداقل جریان زیست‌محیطی رودخانه قره‌سو استان گلستان، نسبت میانگین جریان زیست‌محیطی به جریان متوسط ماهانه را با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی آرکانزاس، تسمن و تنانت به ترتیب معادل ۶۵، ۴۴ و ۱۹ درصد با شدت‌جریان‌های ۱/۲۲، ۰/۸۵ و ۰/۳۸ مترمکعب بر ثانیه عنوان کردند. Arthington و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان کردند برآورد و اختصاص حداقل جریان زیست‌محیطی جهت حفاظت از کارکردهای اکوسیستم‌های طبیعی و بومی و تنوع زیستی آن‌ها برای مدیریت اکوسیستم رودخانه‌ای و سایر اکوسیستم‌های آبی یک امر ضروری است. مطالعات نادری و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد در مدیریت بوم‌سازگان‌های رودخانه‌ای، روش‌های شبیه‌سازی زیستگاه در عین اعتبار بالا در سطح جهان، نیازمند فراهم کردن داده‌های اکولوژیکی و در نظر گرفتن شاخص‌های اکوهیدرولیکی در تخمین میزان جریان‌های اکولوژیک موردنیاز برای تأمین شرایط مطلوب زیستگاه سیاه ماهی *C.capoeta Keyserling* و تجدید حیات طبیعی اکوسیستم رودخانه قره‌سو می‌باشد.

در راستای ارزیابی جریان موردنیاز زیست‌محیطی رودخانه‌ها در ایران، حبیبی‌آلاگوز و ستاری (۱۳۹۷) در برآورد حقابه زیست‌محیطی رودخانه قطورچای با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی و اکوهیدرولوژیکی، روش تغییر منحنی تداوم جریان در کلاس C را به علت در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی و انعطاف‌پذیری آن در ماه‌های پرآبی و کم‌آبی در کمترین وضعیت اکولوژیکی قابل‌قبول، با شدت‌جریان معادل ۴۸ درصد جریان طبیعی رودخانه به‌منظور حفظ محیط اکولوژیکی پیشنهاد دادند. در تحقیقی دیگر، اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۷) در برآورد حقابه محیط زیستی رودخانه گرگانرود با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی بیان کردند که شاخص‌های هیدرولوژیکی در غیاب اطلاعات اکولوژیکی می‌توانند یک تخمین اولیه از نیازهای جریان زیست‌محیطی رودخانه را ارائه دهند. افزون بر این، مطالعات متعددی نیز به این واقعیت پی برده‌اند که رژیم جریان رودخانه و سطوح مختلف آن در فرآیندهای اصلی و مهم اکوسیستم‌های رودخانه‌ای و تغییرات رژیم‌های طبیعی جریان، جدی‌ترین و دامنه‌دارترین تهدید در ارتباط با پایداری شرایط اکولوژیکی رودخانه‌ها و تالاب هستند. بسیاری از آن‌ها معتقدند که هرگونه تغییر در رژیم طبیعی جریان رودخانه به‌گونه‌ای بر روی اکوسیستم‌های رودخانه‌ای اثر می‌گذارد (جباریان امیری و همکاران، ۱۳۹۷؛ صدیق کیا و همکاران، ۱۳۹۶؛ Abdi and Yasi, 2015; Shokoohi and Amini, 2014). بنابراین اگر هدف حفظ یک اکوسیستم طبیعی دست‌نخورده رودخانه‌ای است، جریان زیست‌محیطی باید تا حد زیادی به رژیم طبیعی جریان رودخانه نزدیک باشد (Shahriari Nia *et al.*, 2016).

اطمینان از سلامت رودخانه غاز محله و عدم وجود آلودگی در مسیر رودخانه، می‌تواند به یکی از جاذبه‌های شهری، منبع آب شرب دام‌ها و احشام و زیستگاه مناسب آبزیان تبدیل گردد. این پژوهش سعی دارد در غیاب داده‌های اکولوژیکی و با اتکا به داده‌های هیدرولوژیکی (آمارهای تاریخی جریان رودخانه) که تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر تداوم حیات موجودات درون رودخانه و تأمین زیستگاه مناسب آبزیان دارد، تنظیم مناسب جریان زیست‌محیطی رودخانه غاز محله را با استفاده از روش‌های مختلف هیدرولوژیکی به‌منظور حفاظت از اکوسیستم رودخانه موردبررسی و ارزیابی قرار دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

مواد و روش‌ها

رودخانه غاز محله در جنوب غربی استان گلستان قرارگرفته است و از به هم پیوستن شاخه‌های رودخانه‌های قاضی محله و پارک جنگلی امام رضا (ع) در بالادست شهرستان کردکوی تشکیل می‌شود که ازنظر تقسیم‌بندی سیاسی در محدوده شهرستان کردکوی واقع‌شده است. رودخانه یادشده که به نام قلندرآیش نیز معروف است، از کوه‌های درازنو در جنوب کردکوی با ارتفاع ۳۵۰۰ متر سرچشمه گرفته و نیازهای آبی شهرستان کردکوی را در بخش‌های مختلف تأمین و در پایین‌دست به خلیج گرگان می‌ریزد. طول شاخه این رودخانه ۲۴ کیلومتر و شیب متوسط بستر در قسمت جلگه‌ای ۱ درصد است و از سرشاخه‌های حوضه آبخیز قره‌سو در استان گلستان به شمار می‌رود (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۲). حوضهٔ آبخیز قره‌سو از شمال و شرق به حوضهٔ آبخیز گرگانرود، از جنوب به حوضهٔ آبخیز نکارود و از غرب به حوضهٔ آبخیز خلیج گرگان محدود می‌شود. موقعیت این بازه، بین مختصات جغرافیایی "۲۰ و ۰۳ و °۵۴ تا "۱۰ و ۰۴ و °۵۴ طول شرقی و "۴۰ و ۵۰ و °۳۶ تا "۸۲ و ۵۰ و °۳۶ عرض شمالی قرارگرفته است. حداکثر بارش سالانه در این منطقه، ۵۷۰ میلی‌متر می‌باشد. منطقه موردمطالعه در قسمت جلگه‌ای، دارای آب‌وهوای معتدل مرطوب و در قسمت کوهستانی، دارای آب‌وهوای معتدل کوهستانی می‌باشد. موقعیت این رودخانه و عبور آن از داخل شهر کردکوی و وضعیت مناسب اقلیمی آن به‌گونه‌ای است که در حال حاضر به‌عنوان یکی از مناطق مهم جهت استفاده‌های صنعتی، شهرسازی و تفریحی موردتوجه اهالی منطقه باشد. آبدهی سالانه رودخانه غاز محله حدود ۵ میلیون مترمکعب است. ایستگاه هیدرومتری محاسباتی در این پژوهش، ایستگاه هیدرومتری غاز محله است که بر روی رودخانه غاز محله واقع‌شده است. جدول ۱ مختصات جغرافیایی ایستگاه هیدرومتری موردمطالعه، شکل ۱، نقشه منطقه موردمطالعه، موقعیت ایستگاه هیدرومتری و سیمای کلی رودخانه را نشان می‌دهد.

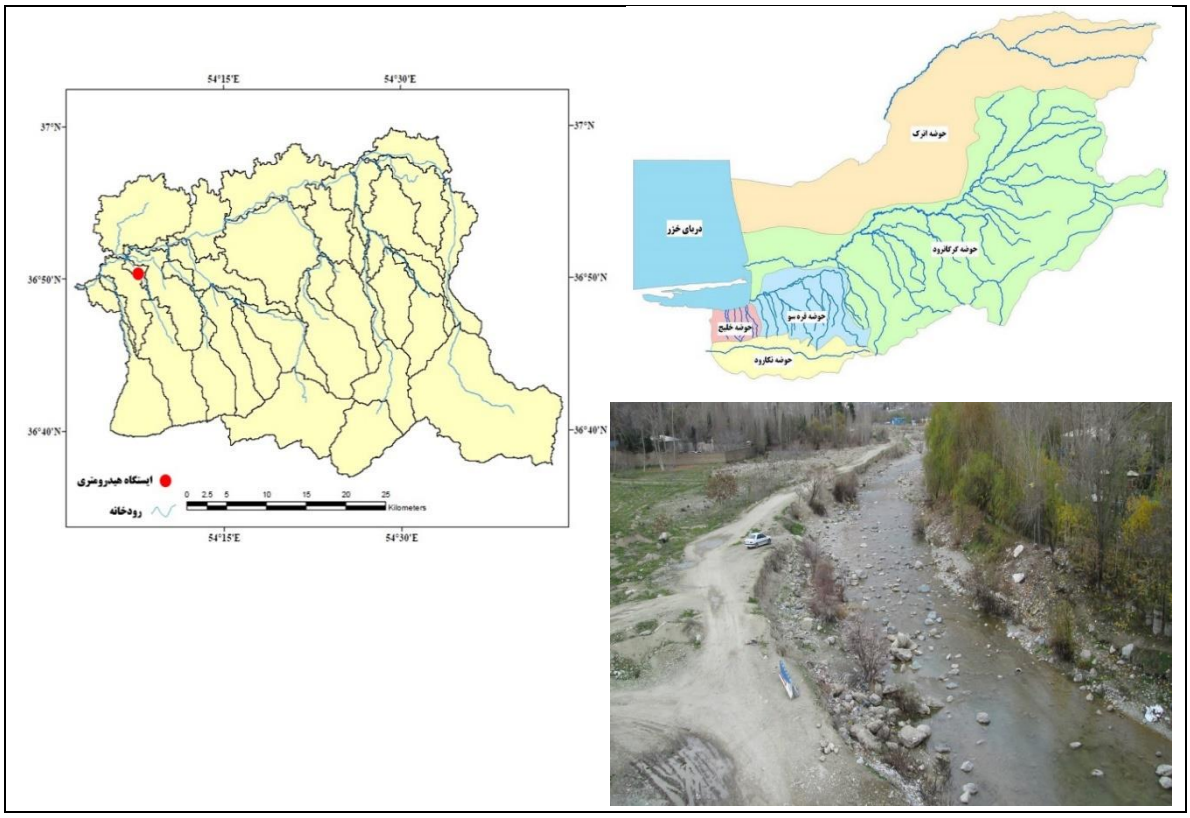
جدول ۱: مشخصات ایستگاه هیدرومتری غاز محله.

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
غاز محله	۵۴°۰۶'	۳۶°۴۷'	۵

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020



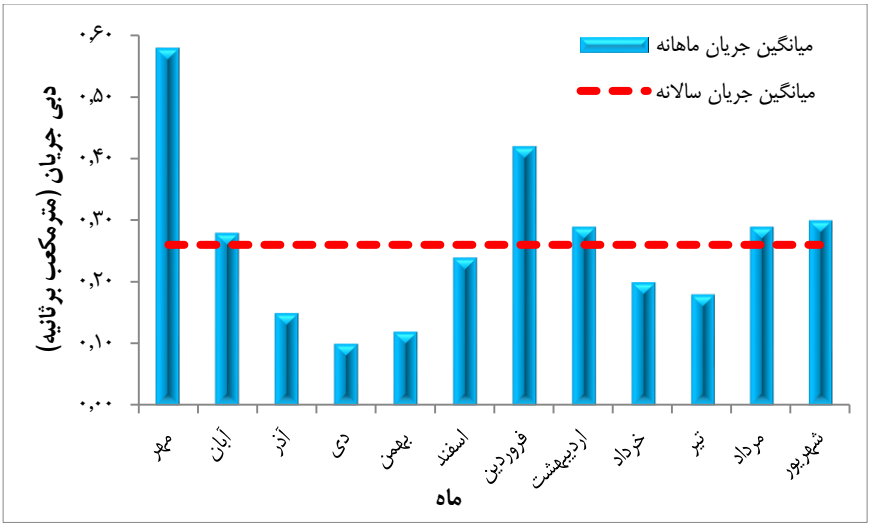
شکل ۱: موقعیت حوضه آبخیز قره‌سو، ایستگاه هیدرومتری و منطقه موردمطالعه و نمایی از سیمای رودخانه.

تمام روش‌های مورداستفاده در این تحقیق، مبنای هیدرولوژیکی داشته و بنابراین در ابتدا آمار و اطلاعات دبی رودخانه موردمطالعه از شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان دریافت شد. مناسب‌ترین بخش داده‌های هیدرولوژیکی که برای ارزیابی حداقل جریان زیست‌محیطی محاسبه‌شده می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد، دبی متوسط و حداقل ماهانهٔ مشاهده‌شده در دوره‌های بلندمدت است. در ادامه صحت سنجی، بررسی و همگن‌سازی داده‌ها به‌طور دقیق صورت گرفت. در شکل ۲ نمودار نتیجه محاسبات آماری دبی‌های ماهانه و میانگین جریان‌های ماهیانهٔ ایستگاه هیدرومتری غاز محله در طول دوره آماری ۴۴ ساله (۱۳۹۴-۱۳۵۰) نمایش داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، حداکثر میانگین دبی جریان ماهانه رودخانه غاز محله کردکوی در ایستگاه غاز محله در ماه مهر برابر ۰/۵۸ مترمکعب بر ثانیه و حداقل میانگین دبی جریان ماهانه در ماه دی برابر ۰/۱ مترمکعب بر ثانیه و میانگین دبی سالانه ۰/۲۶ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. سپس با استفاده از روش‌های تنانت، تسمن، آرکانزاس، انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی، بحث و تحلیل در مورد ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه غاز محله صورت گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020



شکل ۲: سری زمانی ماهانه دبی ایستگاه هیدرومتری غاز محله.

روش تنانت جهت برآورد حداقل جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها، بر پایه مطالعات صحرایی در ۱۱ رودخانه ایالات مرکزی- غربی آمریکا برای برقراری رابطه بین جریان رودخانه و حفظ طبیعت اطراف رودخانه (پوشش گیاهی و جوامع زیستی محیط‌های آبی و تالابی جنب رودخانه‌ها) توسعه داده‌شده است. هدف اصلی این روش حفظ شرایط زیستی ماهیان بوده است. Tennant (۱۹۷۶) عنوان کرد که جریان‌های مشخصی می‌توانند به بقای وضع خاصی از زیستگاه منجر شوند که آن‌ها را زیستگاه بقای کوتاه‌مدت، زیستگاه حیاتی و زیستگاه عالی برای بقاء نامید. در این روش حداقل میزان رهاسازی به‌صورت درصد مشخصی از میانگین دبی سالانه رودخانه محاسبه می‌گردد (Abdi and Yasi, 2015; Shokoohi and Amini, 2014; Shokoohi and Hong, 2011). در ساده‌ترین شکل، این طبقه‌بندی کیفی را می‌توان با خصوصیات متوسط جریان سالانه تطبیق داد. زیستگاه حیاتی کوتاه‌مدت، با حفظ ۱۰ درصد جریان متوسط سالانه باقی می‌ماند. زیستگاه حیاتی در ۳۰ درصد جریان متوسط سالانه و زیستگاه عالی برای حیات در جریان‌های بیش از ۶۰ درصد متوسط سالانه احراز می‌شوند.

Filipek و همکارانش (۱۹۸۷) با ایجاد تغییراتی درروش تنانت، روشی جهت ارزیابی حداقل جریان زیست‌محیطی موردنیاز در رودخانه‌های ایالت آرکانزاس پیشنهاد کردند. در روش آرکانزاس از میانگین جریان ماهانه به‌جای سالانه استفاده‌شده است تا نسبت به روش تنانت به تغییرپذیری جریانات در طی سال بیشتر استفاده گردد. هم‌چنین درروش پیشنهادی با بررسی ارتباطات بین دبی آب و اکوسیستم‌های رودخانه‌ای در طول سال و با آگاهی از نحوه تغییرات فصلی رودخانه‌های آرکانزاس و بر اساس فرآیندهای بیولوژیکی و فیزیکی رودخانه‌ها، هرسال به ۳ دوره تقسیم می‌شود و برای هر دوره، درصدی از میانگین جریان ماهانه به‌عنوان حداقل جریان زیست‌محیطی برای حفظ فرآیندهای بیولوژیکی و فیزیکی رودخانه تعیین می‌گردد (جدول ۴). درروش آرکانزاس، جریان توصیه‌شده در ماه‌های آبان تا اسفند که ۶۰ درصد متوسط جریان ماهانه است، در فرآیندهای حمل رسوبات ریزدانه و تغذیه سفره‌های زیرزمینی نقش دارد. همچنین ۷۰ درصد میانگین جریان ماهانه در طول ماه‌های فروردین تا تیر برای برآوردن نیازهای ماهیان جهت تخم‌ریزی توصیه می‌شود. حداقل جریان پیشنهادی برای فصل تولیدمثل و جبران کاهش میزان DO در اثر کاهش دبی رودخانه‌ها، ۵۰ درصد از میانگین جریان ماهانه در نظر گرفته می‌شود (Shahriari Nia *et al.*, 2016).

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

جدول ۲: تعیین جریان زیست‌محیطی رودخانه بر اساس روش آرکانزاس (Davis, 2005).

دوره	آبان- اسفند	فروردین- تیر	مرداد- مهر
جریان زیست‌محیطی پیشنهادی	۶۰ درصد میانگین جریان ماهانه	۷۰ درصد میانگین جریان ماهانه	۵۰ درصد میانگین جریان ماهانه
فرآیندهای فیزیکی و بیولوژیکی	تغذیه آب زیرزمینی و پاک‌سازی کانال رودخانه	تولیدمثل و تخم‌ریزی	پرورش ماهیان
شرایط نرمال	میانگین جریان ماهانه بالا دمای آب کم DO مقدار بالای	میانگین جریان ماهانه بالا دمای آب در حال افزایش DO به‌خصوص داخل سنگریزه‌ها، مقدار بالای	میانگین جریان ماهانه پایین دمای زیاد آب DO مقدار کم

روش انتقال منحنی تداوم جریان (Flow Duration Curve Shifting) که یک رژیم هیدرولوژیکی برای حفاظت رودخانه در وضعیت اکولوژی مطلوب ارائه می‌دهد برای اولین بار توسط Smakhtin و Anpurhas در سال (۲۰۰۶) به‌منظور ارزیابی جریان زیست‌محیطی در سامانه رودخانه ارائه گردید. در این روش طی محاسبات گام‌به‌گام یک رژیم هیدرولوژیکی مناسب برای حفظ شرایط اکولوژیکی رودخانه ارائه می‌شود. در این روش چهار مرحله اصلی وجود دارد که عبارت‌اند از: ۱) شبیه‌سازی وضعیت‌های هیدرولوژیکی موجود، ۲) تعریف کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی، ۳) تولید منحنی‌های تداوم جریان زیست‌محیطی و ۴) تولید سری زمانی جریان زیست‌محیطی ماهیانه (Archfield *et al.*, 2013; Joshi *et al.*, 2014). در این تحقیق برای محاسبه جریان زیست‌محیطی از روش تغییر منحنی تداوم جریان از اولین نسخه نرم‌افزار GEFC استفاده می‌شود. این نرم‌افزار در سال ۲۰۰۷ توسط موسسه بین‌المللی مدیریت آب در سریلانکا، برای ارزیابی اولیه و سریع نیاز زیست‌محیطی در رودخانه‌ها با همکاری گروه تحلیل سیستم‌های آبی دانشگاه نیوهمپ‌شیر آمریکا توسعه‌یافته است. داده‌های موردنیاز ورودی این نرم‌افزار داده‌های بلندمدت (حداقل ۲۰ سال) جریان ماهانه بوده و بر مبنای منحنی تداوم جریان طبیعی، منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی برای هر کلاس موردنظر از مدیریت زیست‌محیطی تعیین می‌گردد (Abdi and Yasi, 2015). هدف تأمین جریان‌های زیست‌محیطی حفظ اکوسیستم در وضعیت‌های موردنظر است، که کلاس مدیریت زیست‌محیطی (Environmental Management Class (EMC))، رده مدیریت اکولوژیکی یا سطح حفاظت زیست‌محیطی شناخته می‌شوند. کلاس بالاتر مدیریت زیست‌محیطی برای حفظ و نگهداری اکوسیستم نیازمند آب بیشتری خواهد بود. به‌طور ایده‌آل، این کلاس‌ها باید مبتنی بر روابط تجربی بین جریان و وضعیت‌های اکولوژیکی هم پیوند با آستانه‌های قابل‌شناسایی باشند. جای‌گیری یک رودخانه در یک کلاس مدیریت زیست‌محیطی معین، اغلب به‌وسیله قضاوت کارشناسانه صورت می‌گیرد. در این روش شش کلاس مدیریت زیست‌محیطی مورداستفاده قرار می‌گیرد که در جدول ۳ نشان داده‌شده است. برای توسعه منحنی تداوم جریان رودخانه موردنظر، بر اساس ۱۷ درصد احتمال وقوع مختلف (۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۹۵، ۹۹، ۹۹/۹، ۹۹/۹۹)، محور احتمالاتی منحنی تداوم جریان با استفاده از داده‌های ماهانه جریان تهیه می‌گردد. در مرحله بعد با استفاده از تغییرات شیفت عرضی به سمت چپ در طول محور احتمال، منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی برای هر کلاس مدیریتی محاسبه می‌شود (شکل ۳). مهم‌ترین مسئله در این روش استفاده مناسب از شیفت‌های عرضی در هر کلاس مدیریت زیست‌محیطی می‌باشد. تعیین تعداد شیفت‌های عرضی منحنی تداوم جریان در هر کلاس، بدون آگاهی از ارتباط بین مشخصات اکولوژیکی و تغییرات جریان در رودخانه‌ها با رژیم‌های هیدرولوژیکی مختلف، مشکل می‌باشد. از یک شیفت عرضی برای استخراج منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی برای رودخانه‌های کلاس A استفاده می‌شود، از دو شیفت عرضی به چپ برای رودخانه‌های کلاس B و به همین ترتیب برای رودخانه‌های کلاس C و D به ترتیب از سه و چهار شیفت عرضی استفاده می‌شود. هر شیفت به سمت چپ به این معنی است که اگرچه با هر شیفتی قسمتی از تغییرپذیری از بین می‌رود ولی الگوی کلی تغییرپذیری جریان حفظ می‌شود (Ahn *et al.*, 2018؛ Sahoo *et al.*, 2016؛ Shaeri Karimi *et al.*, 2012).

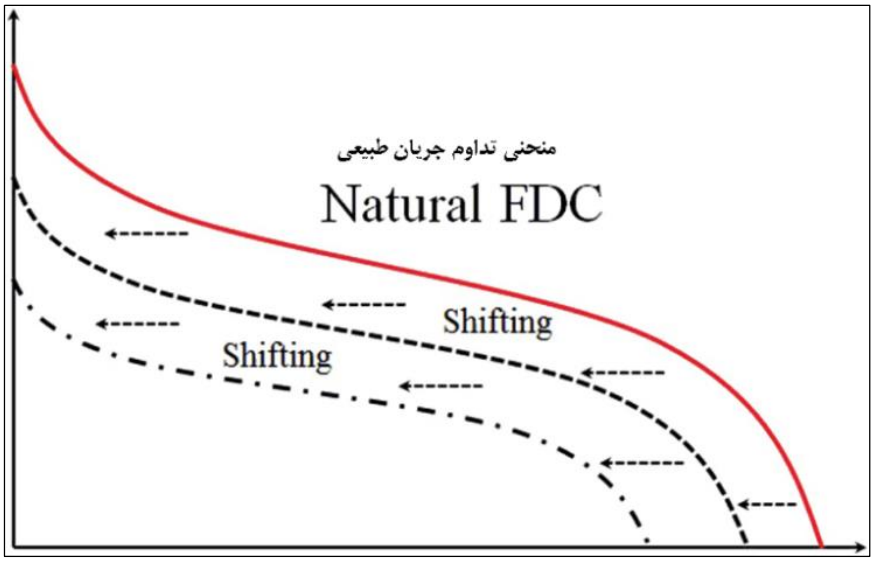
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

جدول ۳: کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی در روش انتقال منحنی تداوم جریان (Ahn *et al*., 2018).

کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی (EMC)	شرایط اکولوژیکی
A	طبیعی
B	تا حد زیادی طبیعی و با تغییرات کم
C	نسبتاً تغییریافته
D	تا حد زیادی تغییریافته
E	آسیب‌دیدگی زیاد زیستگاه طبیعی
F	تغییرات در سطح بحرانی



شکل ۳: برآورد منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی برای کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی از طریق شیفت عرضی (Ahn *et al*., 2018).

روش تسمن به‌عنوان روش تنانت اصلاح‌شده، بر پایه تجزیه‌وتحلیل سوابق درازمدت ایستگاه‌های سنجش است. در این روش برای لحاظ کردن شرایط و تغییرپذیری هیدرولوژیکی رودخانه، توصیه‌های جریان به‌جای آنکه در دو دوره خشک و تر از سال تعیین شود، به‌صورت ماهانه مشخص می‌گردد و نتایج آن به‌صورت درصدی از میانگین جریان ماهانه یا سالانه بیان می‌شود (Karakoyun *et al*., 2016). Tessmann (۱۹۸۰)، با اقتباس از پیشنهادهای فصلی روش تنانت از ترکیبی از متوسط جریان ماهیانه (Mean Monthly Flow: MAF) و متوسط جریان سالیانه (Mean Annual Flow: MAF) برای تعیین حداقل جریان ماهیانه موردنیاز استفاده کرد. دستورالعمل‌های جریان حداقل به روش تسمن به شرح زیر است (Gopal, 2013):

اگر MAF > MMF ۰/۴ باشد، MMF به‌عنوان حداقل جریان ماهیانه در نظر گرفته می‌شود.

اگر MAF < MMF ۰/۴ باشد، MAF ۰/۴ به‌عنوان حداقل جریان ماهیانه در نظر گرفته می‌شود.

اگرMAF < MMF باشد، MMF ۰/۴ به‌عنوان حداقل جریان ماهیانه در نظر گرفته می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

در ادامه توسعه روش‌ها در رویکرد هیدرولوژیکی، Hughes و Hannart (۲۰۰۳) برای ارزیابی‌های اولیه نیازهای جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها در آفریقای جنوبی یک روش به نام مدل ذخیره رومیزی (Desktop Reserve Moel: DRM) را توسعه دادند. مدل ذخیره رومیزی یکی از روش‌هایی است که می‌تواند نیاز جریان اکولوژیکی را در شرایطی که داده‌های موجود محدود می‌باشند و ارزیابی سریع موردنیاز است برآورد کند. فرض اصلی در مدل ذخیره رومیزی این است که انتظار می‌رود، رودخانه‌هایی با رژیم جریان پایدارتر (رودخانه‌هایی که نسبت بیشتری از جریان آن‌ها به‌عنوان جریان پایه رخ می‌دهد) نیازهای جریان کم‌آبی بیشتری در سال‌های نرمال داشته باشند و رودخانه‌هایی با رژیم جریان متغیرتر، نیازهای جریان کم‌آبی کمتری داشته باشند. نتیجه این فرضیات این است که متوسط نیاز زیست‌محیطی بلندمدت، برای رودخانه‌هایی با رژیم‌های جریان متغیرتر، کمتر می‌باشد. این فرض برگرفته از این فرضیه است که در رودخانه‌های با رژیم متغیر، گونه‌ها در برابر خشکی سازگار شده‌اند و در رودخانه‌های با رژیم پایدار، گونه‌ها به دلیل عدم تحمل شرایط تنش کم‌آبی در حالت طبیعی، برای حفظ شرایط مطلوب به جریان بیشتری نیاز دارند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۶؛ حبیبی آلاگوز و همکاران، ۱۳۹۷). در مدل ذخیره رومیزی چهار کلاس مدیریت زیست‌محیطی ممکن (A-D) تعریف می‌شود. کلاس A شامل رودخانه‌های طبیعی و تغییرنیافته می‌شود، کلاس B رودخانه‌های تغییریافته ولی تا حد زیادی طبیعی، کلاس C رودخانه‌های نسبتاً 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 زیست‌محیطی ممکن مورداستفاده قرار می‌گیرند، که این سیستم طبقه‌بندی در مدل ذخیره رومیزی 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 (Abdi and Yasi, 2015).

نتایج

هدف پژوهش‌های مهندسی رودخانه در نقاط مختلف جهان، کمک به بهبود ساختار و عملکرد زیست‌محیطی اکوسیستم یک رودخانه رو به تخریب و به‌کاراندازی دوباره فرآیندهای لازم به‌منظور حمایت از اکوسیستم‌های طبیعی و بهبود آن‌ها است. به رسمیت شناختن جریان‌های زیست‌محیطی در سیاست‌ها و قوانین منابع آب، انگیزه مهمی برای گنجاندن جریان‌های زیست‌محیطی در برنامه‌های مدیریت حوضه و مبنای مهمی برای تصمیمات در سطح پروژه، درباره تخصیص‌های آب فراهم می‌کند. با بازدید و بررسی‌های صورت گرفته، باید اشاره نمود که ورود فاضلاب شهری و آلودگی مربوط به کارخانه‌های صنعتی و کانون‌های آلودگی در بالادست پارک جنگلی امام رضا (ع) شهرستان کردکوی، سبب کاهش میزان اکسیژن محلول در آب و درنهایت تخریب زیستگاه و از بین رفتن آبزیان هرچند محدود در داخل رودخانه غاز محله گردیده است. حفظ اکوسیستم سامانه رودخانه غاز محله به‌عنوان یکی از منابع تأمین‌کننده حقابه خلیج گرگان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چراکه بر اساس بازدیدهای میدانی، حدود ۲۰ کیلومتر پایین‌دست رودخانه در محل ورود به خلیج گرگان شرایط مورفولوژیکی خود را ازدست‌داده است و رودخانه عملاً قادر به حفاظت از تنوع بیولوژیکی نمی‌باشد. این عوامل باعث شده تا وضعیت طبیعی رودخانه در این نواحی دستخوش تغییر شده و خطر تشدید خسارات، محتمل است. به همین دلیل بررسی جریان زیست‌محیطی برای این رودخانه جهت جلوگیری از آسیب جدی به آن ضروری به نظر می‌رسد.

در ابتدا پس از بررسی داده‌های اولیه، سری‌های موردنیاز برای برآورد جریان زیست‌محیطی استخراج شد. در ادامه جریان زیست‌محیطی رودخانه غاز محله از روش‌های هیدرولوژیکی مدل ذخیره رومیزی، انتقال منحنی تداوم جریان، روش تنانت، آرکانزاس و روش تسمن در ماه‌های مختلف برآورد گردید. روش‌های مختلف، جریان‌های مختلفی را برای نگهداری و احیای اکوسیستم رودخانه پیشنهاد می‌کنند. اکثر روش‌های هیدرولوژیکی مورداستفاده در این تحقیق، در تحلیل‌های خود نیاز به داده‌های ماهیانه دارند که به‌راحتی در ایران در دسترس می‌باشند. بنابراین در

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

اکثر رودخانه‌های ایران می‌توان از این روش‌ها استفاده کرد. خلاصه برآورد جریان زیست‌محیطی رودخانه غاز محله حاصل از روش‌های مختلف در جدول‌های (۴، ۵ و ۶) و شکل ۴ نشان داده‌شده است. درروش تنانت درصدهای مختلفی از متوسط جریان سالیانه به‌عنوان جریان زیست‌محیطی پیشنهاد می‌شود. این درصدها در حالت قابل‌قبول ۱۰ درصد متوسط آورد سالانه برای شش ماه اول سال آبی و ۳۰ درصد متوسط آورد سالانه برای شش ماه دوم سال آبی در نظر گرفته شد. محاسبات نشان داد با کاربرد روش تنانت برای شرایط قابل‌قبول زیست بومی،۳۰ درصد متوسط جریان سالیانه برای فروردین تا شهریورماه (معادل ۰/۰۷ مترمکعب بر ثانیه) و ۱۰ درصد آن برای مهرماه تا اسفند (معادل ۰/۰۲ مترمکعب بر ثانیه) برآورد شده است (جدول ۴).

جدول ٤: جریان زیست‌محیطی رودخانه غاز محله در ایستگاه هیدرومتری غاز محله با استفاده از روش تنانت.

شرح جریان	روش تنانت (درصدی از متوسط جریان سالیانه)		جریان پیشنهادی (مترمکعب بر ثانیه)	
	مهر- اسفند	فروردین - شهریور	مهر- اسفند	فروردین - شهریور
شستشوی سریع	۲۰۰		۰/۴۸	
محدوده بهینه	۶۰-۱۰۰		۰/۱۴-۰/۲۴	
بسیار عالی	۴۰	۶۰	۰/۰۹	۰/۱۴
عالی	۳۰	۵۰	۰/۰۷	۰/۱۲
خوب	۲۰	۴۰	۰/۰۴	۰/۰۹
قابل‌قبول	۱۰	۳۰	۰/۰۲	۰/۰۷
ضعیف	۱۰	۱۰	۰/۰۲	۰/۰۲
بسیار ضعیف	<۱۰	<۱۰	<۰/۰۲	<۰/۰۲

در روش تسمن متوسط جریان زیست‌محیطی محاسباتی معادل ۰/۱۲ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. روش تسمن برگرفته از روش تنانت است و با مقایسه جریان ماهیانه موجود با متوسط جریان سالیانه، کمترین نیاز آبی زیست‌محیطی موردنیاز را در ماه‌های مختلف پیشنهاد می‌کند. بررسی نسبت جریان زیست‌محیطی برآورد شده با روش تسمن به مقدار متوسط جریان ماهانه نشان می‌دهد که این نسبت در دامنه ۳۸ تا ۱۰۰ درصد با میانگین ۴۶ قرار دارد. مقایسه نتایج جریان برآورد شده زیست‌محیطی از روش تسمن با نتایج روش تنانت (جدول ۶) به‌روشنی نشان می‌دهد، روش تسمن در همه ماه‌های سال مقدار جریان را بیشتر از روش تنانت برآورد کرده است و نیز دامنه و بزرگی مقادیر برآورد شده جریان زیست‌محیطی در این روش به‌مراتب بزرگ‌تر از روش تنانت است.

بررسی مقدار جریان زیست‌محیطی درروش آرکانزاس نشان می‌دهد که مقدار برآورد شده در ماه‌های مختلف در محدوده ۰/۰۶ تا ۰/۲۹ مترمکعب بر ثانیه با متوسط ۰/۱۴ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد که در مقایسه با روش تنانت مقادیر دامنه و متوسط جریان زیست‌محیطی برآورد شده بیشتری را ارائه می‌نماید و در همه ماه‌های سال روش آرکانزاس منجر به برآورد بیشتری برای جریان زیست‌محیطی نسبت به روش تنانت شده است. بررسی نسبت جریان زیست‌محیطی برآورد شده با روش آرکانزاس به مقدار متوسط جریان ماهانه نشان می‌دهد که این نسبت در بازه ۵۰- ۷۰ درصد با میانگین ۶۵ درصد می‌باشد. Shahriari Nia و همکاران (۲۰۱۶) و نادری و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند، مقدار جریان زیست‌محیطی برآورد شده درروش آرکانزاس، از روش‌های تنانت و تسمن در تمام ماهای سال، بیشتر می‌باشد.

روش انتقال منحنی تداوم جریان به‌عنوان یک روش ترکیبی هیدرولوژیکی- اکولوژیکی نیاز آبی زیست‌محیطی را بر اساس دید اکولوژیکی در طبقه‌های مدیریت زیست‌محیطی مختلف با توجه به شرایط زیست‌محیطی رودخانه و با استفاده از آمار دبی‌های ماهانه ایستگاه‌های هیدرومتری

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

موجود بر روی رودخانه ارائه می‌کند. این روش به‌منظور حفظ الگوی کلی تغییرپذیری جریان، از انتقال منحنی تداوم جریان طبیعی استفاده کرده و بر این اساس نیاز آبی زیست‌محیطی را برای کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی A تا F پیشنهاد می‌کند. نتایج روش انتقال منحنی تداوم جریان در شش کلاس مدیریت زیست‌محیطی محاسبه‌شده در جدول ۵ نشان داده‌شده است. با توجه به جدول ۵، برای حفظ رودخانه غاز محله در کلاس A (طبیعی)، ۸۱ درصد متوسط جریان سالیانه، در کلاس B (اندکی تغییریافته)، ۵۱ درصد، در کلاس C (نسبتاً تغییریافته)، ۳۲ درصد و در کلاس D (تا حد زیادی تغییریافته)، که حداقل کلاس قابل‌قبول است، ۱۹ درصد متوسط جریان سالیانه موردنیاز است. از سوی دیگر، روش تنانت پیشنهاد می‌کند که پایین‌ترین حد ممکن برای نیاز زیست‌محیطی مطابق با شرایط بسیار ضعیف یک اکوسیستم رودخانه‌ای، ۱۰ درصد میانگین جریان سالانه می‌باشد. در این تحقیق برای رودخانه موردمطالعه، این درصد در ۵ شیفت عرضی و بین دو کلاس E و F به دست می‌آید. بنابراین می‌توان گفت که ۱۰ درصد پیشنهادی روش تنانت، نمی‌تواند برای شرایط این رودخانه مناسب باشد. با توجه به طبقه‌بندی رودخانه به کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی مختلف درروش انتقال منحنی تداوم جریان (جدول ۳) در این تحقیق کلاس مدیریتی B، به‌عنوان کلاس موردنظر انتخاب شد. در این کلاس، زیستگاه‌ها دست‌نخورده و اندکی تغییریافته است. جریان زیست‌محیطی ماهانه برای حفظ رودخانه غاز محله در کلاس مدیریتی B، با استفاده از سری زمانی منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی در جدول ۶ و شکل ۴ نشان داده‌شده است.

جدول ۵ : مقادیر جریان زیست‌محیطی رودخانه غاز محله از روش‌های مختلف.

روش		جریان زیست‌محیطی رودخانه غاز محله	
		درصد میانگین جریان سالانه	(مترمکعب بر ثانیه)
تنانت	فروردین- شهریور	۳۰	۰/۰۷
	مهر- اسفند	۱۰	۰/۰۲
تسمن		۴۶	۰/۱۲
انتقال منحنی تداوم جریان	کلاس A	۸۱	۰/۲۱
	کلاس B	۵۱	۰/۱۲
	کلاس C	۳۲	۰/۰۸
	کلاس D	۱۹	۰/۰۴
	کلاس E	۱۲	۰/۰۲
	کلاس F	۸	۰/۰۱
آرکانزاس		۶۵	۰/۱۴
مدل ذخیره رومیزی	کلاس A	۴۷	۰/۱۲
	کلاس A/B	۳۸	۰/۱
	کلاس B	۳۲	۰/۰۸
	کلاس B/C	۲۷	۰/۰۷
	کلاس C	۲۱	۰/۰۵
	کلاس C/D	۱۷	۰/۰۴
	کلاس D	۱۴	۰/۰۳

بررسی نتایج روش انتقال منحنی تداوم نتایج مشخص می‌سازد که مقدار جریان زیست‌محیطی برآورد شده برای ماه‌های مختلف سال در دامنه ۰/۰۵ تا ۰/۲۷ مترمکعب بر ثانیه با میانگین ۰/۱۲ مترمکعب بر ثانیه است. مقایسه نتایج جریان برآورد شده زیست‌محیطی (جدول ۶) از روش

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

انتقال منحنی تداوم جریان با نتایج روش تنانت به‌روشنی نشان می‌دهد که روش انتقال منحنی تداوم جریان در همه ماه‌های سال به‌استثنای ماه‌های مرداد و شهریور مقدار جریان زیست‌محیطی را بیشتر از روش تنانت برآورد کرده است.

اساس 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 (Kashaigili *et al.*, 2012). بنابراین مؤلفه‌های مختلف جریان باهم ترکیب‌شده و یک رژیم جریان قابل‌قبول ازنظر اکولوژیکی را ایجاد می‌کنند. در این روش نیز نیاز آبی زیست‌محیطی به‌صورت ترکیبی از نیاز کم‌آبی و پرآبی ارائه می‌شود. در مدل ذخیره رومیزی از طبقه‌بندی‌های اکولوژیکی استفاده می‌شود با این تفاوت که دو کلاس E و F درروش انتقال منحنی تداوم جریان در مدل ذخیره رومیزی وجود ندارد

نتایج روش مدل ذخیره رومیزی در هفت کلاس مدیریت زیست‌محیطی محاسبه‌شده در جدول ۵ نشان داده‌شده است. با توجه به جدول ۵، برای حفظ رودخانه غاز محله در کلاس A (طبیعی)، ۴۷ درصد متوسط جریان سالیانه، در کلاس B (اندکی تغییریافته)، ۳۲ درصد، در کلاس C (نسبتاً تغییریافته)، ۲۱ درصد و در کلاس D (تا حد زیادی تغییریافته)، که حداقل کلاس قابل‌قبول است، ۱۴ درصد متوسط جریان سالیانه موردنیاز است. در این مطالعه کلاس A/B در مدل ذخیره رومیزی، به‌عنوان وضعیت اکولوژیکی مطلوب رودخانه موردمطالعه، انتخاب شد. توزیع ماهانه جریان زیست‌محیطی در کلاس A/B به‌دست‌آمده از روش مدل ذخیره رومیزی برای رودخانه غاز محله در جدول (۶) و شکل (۴) نشان داده‌شده است. بررسی مقدار جریان زیست‌محیطی درروش مدل ذخیره رومیزی نشان می‌دهد که مقدار برآورد شده در ماه‌های مختلف در محدوده ۰/۰۲ تا ۰/۳۳ مترمکعب بر ثانیه با متوسط ۰/۱ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد که در مقایسه با روش تنانت مقادیر دامنه و متوسط جریان زیست‌محیطی برآورد شده بیشتری را ارائه می‌نماید.

جدول ٦: توزیع ماهانه جریان زیست‌محیطی رودخانه غاز محله با روش‌های مختلف (مترمکعب بر ثانیه).

ماه	میانگین جریان	تنانت		تسمن		آرکانزاس		انتقال منحنی تداوم جریان		مدل ذخیره رومیزی	
		Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%
مهر	۰/۵۸	۰/۰۲	۳	۰/۲۳	۴۰	۰/۲۹	۵۰	۰/۲۷	۴۷	۰/۳۳	۵۸
آبان	۰/۲۸	۰/۰۲	۷	۰/۱۱	۳۹	۰/۱۶	۶۰	۰/۱۴	۵۳	۰/۱	۳۶
آذر	۰/۱۵	۰/۰۲	۱۳	۰/۱	۶۷	۰/۰۹	۶۰	۰/۰۷	۵۲	۰/۰۴	۲۷
دی	۰/۱	۰/۰۲	۲۰	۰/۱	۱۰۰	۰/۰۶	۶۰	۰/۰۵	۵۱	۰/۰۲	۲۵
بهمن	۰/۱۲	۰/۰۲	۱۶	۰/۱	۸۳	۰/۰۷	۶۰	۰/۰۵	۴۹	۰/۰۲	۲۴
اسفند	۰/۲۴	۰/۰۲	۸	۰/۱	۴۱	۰/۱۴	۶۰	۰/۱۲	۵۰	۰/۰۴	۱۷
فروردین	۰/۴۲	۰/۰۷	۱۶	۰/۱۶	۳۸	۰/۲۹	۷۰	۰/۲	۴۹	۰/۰۵	۱۴
اردیبهشت	۰/۲۹	۰/۰۷	۲۴	۰/۱۱	۳۸	۰/۲	۷۰	۰/۱۵	۵۲	۰/۰۷	۲۶
خرداد	۰/۲	۰/۰۷	۳۵	۰/۱	۵۰	۰/۱۴	۷۰	۰/۰۹	۴۸	۰/۰۶	۳۱
تیر	۰/۱۸	۰/۰۷	۳۸	۰/۱	۵۶	۰/۱۲	۷۰	۰/۰۸	۴۶	۰/۱۵	۸۷
مرداد	۰/۲۹	۰/۰۷	۲۴	۰/۱۱	۳۸	۰/۱۴	۵۰	۰/۱۳	۴۷	۰/۱۶	۵۷
شهریور	۰/۳	۰/۰۷	۳۰	۰/۱۲	۴۰	۰/۱۵	۵۰	۰/۱۴	۴۷	۰/۱۸	۶۱
میانگین	۰/۲۶	۰/۰۴	۱۷	۰/۱۲	۴۶	۰/۱۴	۶۵	۰/۱۲	۵۱	۰/۱	۳۸

نیز باید این نکته مدنظر قرار گیرد که مدل ذخیره رومیزی برای ماه تیر، ۸۷ درصد جریان رودخانه را به جریان زیست‌محیطی تخصیص می‌دهد. بدیهی است که این مقدار تخصیص از جریان رودخانه به رژیم جریان زیست‌محیطی در تمامی ماه‌های سال به شکل پیوسته نمی‌تواند

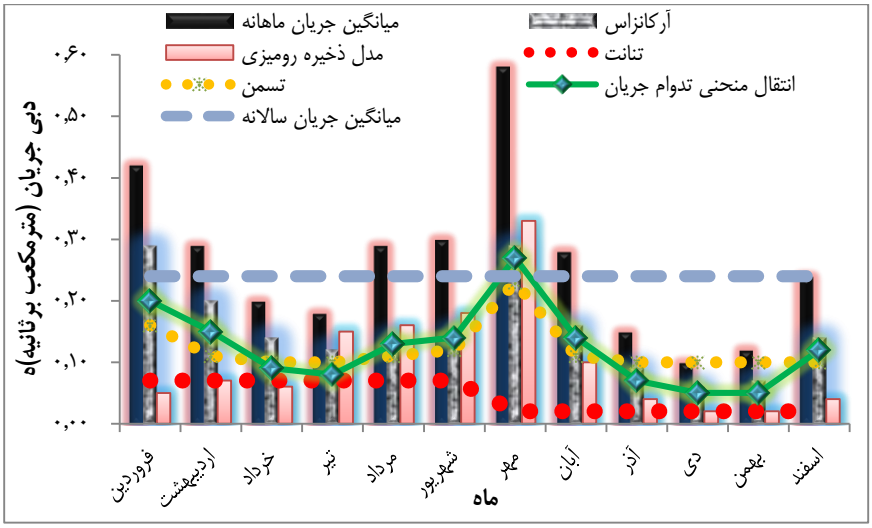
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

عملی باشد و مشکلات متعددی را برای دیگر بخش‌های منتفع از جریان رودخانه فراهم می‌کند، بدین مفهوم که امکان برداشت کمتری از جریان رودخانه برای مصارف کشاورزی وجود دارد. کریمی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی نسبت جریان زیست‌محیطی برآورد شده با مدل ذخیره رومیزی به مقدار متوسط جریان ماهانه بیان کردند این نسبت در بازه ۱۵ تا ۱۰۰ با میانگین ۴۳ درصد قرار دارد و در دو ماه مرداد و شهریور، ۱۰۰ درصد جریان رودخانه را به جریان زیست‌محیطی اختصاص می‌دهد که این نتایج، کاربرد این روش را در عمل محدود می‌سازد.

همان‌طور که در جدول ۶ و شکل ۴ دبی متوسط ماهانه رودخانه غاز محله به همراه جریان‌های حداقل محاسبه‌شده زیست‌محیطی به روش‌های مختلف ارائه‌شده است، با در نظر گرفتن مقدار جریان متوسط زیست‌محیطی برآورد شده در ماه‌های مختلف سال مشخص می‌شود که بر اساس بزرگی مقدار ترتیب نتایج به‌صورت آرکانزاس (۰/۱۴ مترمکعب بر ثانیه)، تسمن (۰/۱۲ مترمکعب بر ثانیه)، انتقال منحنی تداوم جریان (۰/۱۲ مترمکعب بر ثانیه)، مدل ذخیره رومیزی (۰/۱ مترمکعب بر ثانیه) و تنانت (۰/۰۴ مترمکعب بر ثانیه) است. به عبارتی روش‌های آرکانزاس و تنانت با تفاوت محسوس نسبت به تسمن، انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی به ترتیب منجر به برآوردهای بالاتر و پایین‌تر شده‌اند. با توجه به شکل ۴ می‌توان دریافت که جواب روش تنانت مردود است.



شکل٤: مقادیر میانگین جریان ماهانه، میانگین جریان سالانه و جریان زیست‌محیطی برآورد شده رودخانه غاز محله با روش‌های مختلف.

بحث و نتیجه‌گیری

درحالی‌که رودخانه، به‌عنوان یک اکوسیستم زنده و پویا تمام اجزا و پیکره آن، زیستگاه انواع کف زیان، فیتوپلانکتون‌ها، زئوپلانکتون‌ها، آبزیان، گیاهان آبزی و کنار آبزی و انواع پرندگان بومی و مهاجم هستند، جریان طبیعی برخی از رودخانه‌ها، تأمین‌کننده شرایط زیستی مناطق پایین‌دست، به‌ویژه تأمین‌کننده حقابه تالاب‌های بزرگ و کوچک است (خانقلی و همکاران، ۱۳۹۷؛ نادری و همکاران، ۱۳۹۸). باور اینکه رودخانه یک موجود زنده و تأثیرگذار و تأثیرپذیر است، در نزد مدیران و تصمیم‌گیرندگان، در پایداری این اکوسیستم‌ها و کاهش عوامل مخرب بسیار مفید و سودمند خواهد بود. با توجه به اهمیت رژیم جریان رودخانه و سطوح مختلف آن در فرآیندهای کلیدی و مهم اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، جدی‌ترین و دامنه‌دارترین تهدید در ارتباط با پایداری شرایط اکولوژیکی رودخانه‌ها و تالاب‌های مرتبط با دشت سیلابی آن‌ها، تغییرات رژیم‌های طبیعی جریان هستند. با توجه به خشک‌سالی سال‌های اخیر، برای حفظ جریان رودخانه و اکوسیستم وابسته به آن بایستی به مدیریت اکولوژیکی جریان‌های

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

زیست‌محیطی (نادری و همکاران، ۱۳۹۷؛ بیات و همکاران، ۱۳۹۸) و تحلیل و ارزیابی سلامت رودخانه‌ها در مدیریت منابع آب توجه خاصی شود تا از بروز تنش‌های آبی شدید بر اکوسیستم وابسته به آب بکاهد (Arthington *et al.*, 2018؛ نادری و همکاران، ۱۳۹۸). روش‌های هیدرولوژیکی که به روش‌های رومیزی نیز معروف هستند، از داده‌های ماهانه یا روزانه دبی جریان در مدت‌زمان آماری معقول به‌منظور تعیین جریان زیست‌محیطی استفاده می‌کنند (جباریان امیری و همکاران، ۱۳۹۷).

در پژوهش حاضر برآورد جریان زیست‌محیطی با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی در قالب مطالعه موردی رودخانه غاز محله کردکوی، بررسی شد. درروش تنانت نیاز آبی زیست‌محیطی برحسب درصدی از میانگین سالانه تعیین می‌گردد (Mann, 2006; Tennant, 1976). لذا در ماه‌های کم‌آبی بدون توجه به کاهش شدید آبدهی رودخانه، رژیم جریان زیست‌محیطی به‌صورت درصد مشخصی از میانگین درازمدت سالانه در نظر گرفته می‌شود. با توجه به جدول ۶ به‌طور متوسط می‌توان گفت این روش، جریان ۰/۱۲ مترمکعب بر ثانیه (۴۶ درصد متوسط جریان سالانه) را برای رودخانه غاز محله به‌عنوان جریان زیست‌محیطی پیشنهاد می‌کند. روش تنانت فقط بر روی متوسط جریان سالانه تکیه دارد. رودخانه‌هایی که دچار زوال و افت زیست‌محیطی 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 (صدیق کیا و همکاران، ۱۳۹۴؛ نادری و همکاران، ۱۳۹۷). روش تنانت در سال‌های اخیر به‌عنوان روشی مطمئن در پروژه‌های توسعه منابع آب کشور استفاده‌شده است. برخی مطالعات داخلی استفاده از این روش را زیر سؤال برده است. در پژوهش‌هایی که توسط Shokoohi و Hong (۲۰۱۱) در رودخانه صفا رود در شمال کشور، Shokoohi و Amini (۲۰۱۴) در رودخانه کاظم رود و نادری و همکاران (۱۳۹۷) در رودخانه قره‌سو استان گلستان انجام‌شده است نیز ثابت شد، استفاده از روش تنانت با تحمیل تنش بر سیستم هیدرولوژیکی می‌تواند انتخابی نامناسب برای تعیین جریان حداقل برای حفظ محیط اکولوژیکی رودخانه‌ها باشد. صدیق کیا و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به‌منظور تخمین جریان زیست‌محیطی رودخانه دلیچای بیان کردند در صورت استفاده از روش‌هایی مانند تنانت برای تخمین حداقل جریان زیست‌محیطی طبق سری زمانی زیستگاهی تنش‌های جبران‌ناپذیری برای اکوسیستم رودخانه به‌خصوص در ماه‌های تخم‌ریزی گونه مدنظر (اسفند و فروردین) ایجاد می‌شود. روش تنانت را می‌توان به‌عنوان مدلی جهت توسعه سطوح جریان حداقل در سطح برآورد اولیه حوضه آبریز در ایران (به‌جز نواحی خشک و نیمه‌خشک و آبراهه‌هایی که برای چندین ماه خشک است) به‌کاررفته برد (Shaeri Karimi *et al.*, 2012; Abdi and Yasi, 2015; Shahriari Nia *et al.*, 2016). بیات و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند برای رودخانه‌های نواحی شمالی ایران که دارای اقلیم مرطوب می‌باشد، می‌توان روش تنانت را توصیه کرد، هرچند این روش نسبت به روش انتقال منحنی تداوم جریان از دقت بسیار کمتری برخوردار است، اما ازنظر اقتصادی بیشتر قابل‌قبول است. آنچه مسلم است اصلاح و منطقه‌ای کردن روش تنانت در ایران، مستلزم عملیات صحرایی گسترده و نیازمند جمع‌آوری داده‌های بیولوژیکی و هیدرولوژیکی حوضه‌های موردمطالعه می‌باشد (صدیق کیا و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به مقبولیت عام روش تنانت که بر اساس شاخص میانگین جریان سالانه، میزان جریان اکولوژیک را تخمین می‌زند، سنجش صحت این روش بر اساس ویژگی‌های اکولوژیکی زیستگاه‌های کشور، می‌تواند یک شاخص بسیار کاربردی را در تخمین جریان زیست‌محیطی در مراحل برنامه‌ریزی منابع آب را در اختیار قرار دهد.

روش تسمن برگرفته از روش تنانت بوده و با مقایسه جریان ماهانه موجود با متوسط جریان سالانه، حداقل نیاز آبی زیست‌محیطی موردنیاز را در ماه‌های مختلف پیشنهاد می‌کند (Tessmann, 1980؛ Gopal, 2013). در ایران روش تسمن می‌تواند به‌عنوان مدلی برای تعیین حداقل جریان موردنیاز محیط‌زیست رودخانه‌ها در زمان برآورد اولیه در حوضه آبخیز بکار رود. برای این‌که این روش به‌عنوان یک چارچوب به کار رود، نیاز به فعالیت‌های میدانی وسیع‌تری وجود دارد تا داده‌های بیولوژیکی و هیدرولوژیکی رودخانه جمع‌آوری شوند. این روش برای مناطق خشک و نیمه‌خشکی که رودخانه‌ها در چندین ماه از سال در حالت طبیعی خشک می‌شوند، مناسب نیست، چراکه ممکن است منجر به پیشنهاد جریان‌هایی شود که خیلی کم و یا خیلی زیاد باشد و این مسئله تخریب محیط‌زیست رودخانه را به دنبال دارد. بیات و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند جریان پیشنهادی روش تسمن برای رودخانه تالار، روش نسبتاً مناسبی بوده و تطابق خوبی را با وضعیت طبیعی رودخانه دارد (معادل ۴۵ درصد متوسط

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

جریان سالیانه)، درحالی‌که نتایج پیشنهادی این روش برای رودخانه کرج در ماه‌های کم‌آبی، غیرقابل‌قبول است. روش آرکانزاس که بر پایه مراحل رشد و نمو ماهیان است، در هر مرحله از رشد، درصدی از جریان متوسط ماهانه استفاده می‌شود. با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول‌های ۵ و ۶ مقدار جریان زیست‌محیطی برآورده شده از این روش، درصد بالایی از جریان متوسط ماهانه است. این مقدار برآورد شده، مقدار بسیار ایده‌آلی ازنظر زیست‌محیطی و حفظ اکوسیستم رودخانه است، اما نکته قابل‌بحث دراین‌باره توجه به این موضوع است که رودخانه غاز محله یکی از منابع آبی برای ساکنان منطقه می‌باشد و ازاین‌رو می‌بایست مقدار منطقی را جهت اختصاص به نیاز آبی زیست‌محیطی برآورد شود. همچنین با توجه به گرم و خشک بودن کشور ایران و حجم بسیار بالای جریان برآورد شده توسط این روش که در بخش زیادی از سال جریانی مازاد بر نیاز محیط‌زیست را برآورد می‌کند، بهتر است که این روش با درنظرگرفتن برخی تغییرات مورداستفاده قرار گیرد.

روش‌های هیدرولوژیکی انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی ویژگی‌های زیستی را در نظر نمی‌گیرند و تنها بر پایه داده‌های تاریخی جریان هستند. اساس این روش‌ها بر پایه شاخص‌هایی است که تغییرات آن‌ها، بیش‌ترین نقش را در اکوسیستم دارد. درواقع این روش‌ها، بر حفظ رژیم طبیعی جریان و دست نخوردن آن تأکیددارند (Sahoo *et al*., 2016؛ Ahn *et al*., 2018). نتایج مطالعه Shaeri Karimi و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد، با توجه به اینکه هر دو روش انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی برای وضعیت‌های اکولوژیکی مختلف رودخانه، طبقه‌بندی‌های مشابه دارند، جریان زیست‌محیطی پیشنهادی روش انتقال منحنی تداوم جریان در تمامی کلاس‌های مدیریتی بیشتر از مدل ذخیره رومیزی می‌باشد که این نتیجه را می‌توان به مطالعه حاضر تعمیم داد. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد جریان زیست‌محیطی پیشنهادی روش انتقال منحنی تداوم جریان در برخی از کلاس‌های مدیریتی اندکی بیشتر از مدل ذخیره رومیزی می‌باشد. در این مطالعه نشان داده شد بیشترین دبی آب رودخانه غاز محله در ماه مهر اتفاق می‌افتد که ناشی از بارندگی زیاد و عدم برداشت آب جهت مصارف گوناگون می‌باشد و این رودخانه در پنج ماه از سال (آذر تا بهمن و تیر تا مرداد) از کمترین دبی خود برخوردار بوده و بیشترین برداشت آب نیز در این ماه‌های سال و کاهش میزان بارندگی نیز در این ماه‌ها، مزید بر علت بوده به‌طوری‌که رودخانه غاز محله در این ماه‌ها دارای کمترین دبی آب می‌باشد. اکوسیستم یک رودخانه خود را با جریان درازمدت رودخانه وفق می‌دهد و جریان طبیعی رودخانه، بهترین جریانی است که می‌تواند در اختیار اکوسیستم رودخانه قرار گیرد (Shahriari Nia *et al*., 2016؛ نادری و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به آنچه گفته شد مقدار جریان زیست‌محیطی می‌بایست از حالتی که آب رودخانه دارای مشکلات کیفی بوده و از این حیث رودخانه در حالت هشدار است، بیشتر باشد. از سوی دیگر میزان جریان برآورد گردیده می‌بایست بیشتر از مقدار جریان اندک باشد. با توجه به آنکه این جریان معادل حالتی است که رودخانه دارای دبی کافی بوده و جریان به‌صورت مداوم و پایدار است و از اکوسیستم محافظت می‌نماید، درنتیجه جهت برآورد جریان زیست‌محیطی می‌بایست جریان رودخانه از این مقدار افزون شود. ازآنجاکه مقدار جریان اندک برابر مقدار ۱۰ درصد به‌دست‌آمده از روش تنانت است، لذا مقدار جریان تخمینی درصورتی‌که از این مقدار بیشتر در نظر گرفته شود، اکوسیستم را در شرایط مناسب و ایمن نگه می‌دارد. آشکار است که مقادیر حاصل از روش‌های تنانت، تسمن و آرکانزاس برای تأمین جریان زیست‌محیطی و لزوم تأمین سایرحقابه‌های هر حوضه آبخیز، محافظ کارانه‌تر خواهد بود. با گزینش و اجرای رژیم اکولوژیکی حاصل از به‌کارگیری روش‌های انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی، کفه ترازو به سمت تأمین حقابه زیست‌محیطی سنگین‌تر خواهد بود.

در این تحقیق از میان روش‌های هیدرولوژیکی استفاده‌شده جهت محاسبه جریان زیست‌محیطی رودخانه غاز محله، روش انتقال منحنی تداوم جریان در کلاس B، به علت سازگاری با شرایط هیدرولوژیکی و اکولوژیکی منطقه موردمطالعه و تطابق مناسب الگوهای تغییرات درون سالی رژیم جریان زیست‌محیطی و جریان متوسط سالانه و با توجه به در نظر گرفتن محدودیت‌های اکولوژیکی و انعطاف‌پذیری در ماه‌های کم‌آبی و پرآبی، نسبت به سایر روش‌های موردبررسی در این مطالعه ارجحیت داشته و به‌عنوان روش مناسب انتخاب شد. با توجه به اینکه در حوضه جنوب‌شرق‌وز دریای خزر (حوضه آبخیز قره‌سو) اراضی کشاورزی مرغوب در حاشیه رودخانه‌ها وجود دارد، برداشت‌های متعددی از جریان طبیعی رودخانه‌ها در فصول زراعی صورت می‌پذیرد. از طرفی بررسی آبدهی ماهانه در چندین سال اخیر در ایستگاه هیدرومتری غاز محله نشان می‌دهد،

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

آبدهی رودخانه غاز محله به‌ویژه در ماه‌های گرم صفر یا نزدیک صفر است، بنابراین برای تأمین حقابه اکولوژیستی خلیج گرگان، بیشتر باید به سیلاب‌ها و آورد سالیانه زیر حوضه‌های بالادست و حجم سیلاب آن‌ها، تکیه کرد. بر این اساس در این مطالعه روش انتقال منحنی تداوم جریان به‌عنوان یک روش پیشنهادی، به علت درنظرگرفتن شرایط اکولوژیکی رودخانه‌ها، برای محاسبه جریان زیست‌محیطی قابل توصیه است. قابل‌توجه‌ترین نکته موجود در پژوهش حاضر این است که انتخاب و اجرای مقادیر دبی زیست‌محیطی در اختیار مدیر حوضه آبخیز رودخانه است که کدام‌یک از مقادیر گزارش‌شده توسط روش‌های موردمطالعه را برگزیند. درنهایت، در صورت مدیریت صحیح زیست‌محیطی (در نظر گرفتن حداقل دبی جریان موردنیاز برای نگهداری ارزش‌های اکولوژیکی و حفظ تعادل هیدرولوژیکی رودخانه، جلوگیری از ورود آلاینده‌ها و فاضلاب شهری و پساب‌های صنعتی) رودخانه غاز محله، منافع اجتماعی برای هریک از ذی‌نفعان از منابع آب این رودخانه حفظ خواهد شد. در ضمن تجزیه‌وتحلیل رژیم جریان زیست‌محیطی رودخانه با استفاده از شاخص‌های زیستی ماکروبنتوزها، کف زیان و جوامع بنتیک برای حفاظت از یکپارچگی و تنوع اکوسیستم‌های آبزی، به‌عنوان مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

از مساعدت و همکاری دفتر مطالعات پایه منابع آب سازمان آب منطقه‌ای استان گلستان که آمار و اطلاعات لازم برای انجام پژوهش حاضر را تأمین کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

اسماعیلی، ک.، صادقی، ز.، کابلی، ع. و شفائی، ح.، ۱۳۹۷. کاربرد روش‌های هیدرولوژیکی در برآورد حقابه محیط زیستی رودخانه (مطالعه موری رودخانه گرگان رود). مجله محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۷۱ (۴): صفحات ۴۳۷-۴۵۱.

بیات، س.، ابراهیمی، ک.، عراقی نژاد، ش. و یاسی، م.، ۱۳۹۸. مقایسه روش‌های بده جریان محیط زیستی بر اساس مطالعات موردی رودخانه‌های کرج و تالار. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۳ (۴۵): صفحات ۸۶-۷۷.

جباریان امیری، ب.، خرازی باهری، ب. و خیاط رستمی، ب.، ۱۳۹۷. مقایسه سه روش تعیین بده محیط زیستی برای رودخانه هرو در حوزه آب منطقه‌ای استان اردبیل. مجله محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۷۱ (۲): صفحات ۱۵۰-۱۳۹.

حبیبی‌آلاگوز، س. و ستاری، م. ت.، ۱۳۹۷. برآورد حق‌آبهٔ زیست‌محیطی رودخانهٔ قطورچای با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی و اکوهیدرولوژیکی. اکوهیدرولوژی، ۵ (۲): صفحات ۵۲۳-۵۱۱.

خانقلی ، ا.، نادری، م.، هادی‌پور، م. و عالی‌پور اردی، م.، ۱۳۹۷. برآورد حداقل نیاز آبی محیط زیستی تالاب کویری میقان. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، ۱۰ (۳۷): صفحات ۱۰۲-۹۱.

خان‌محمدی فلاح، س. و شکوهی، ع.، ۱۳۹۷. استفاده از مدل RVA در تبیین رژیم اکولوژیکی رودخانه‌ها به‌منظور تعیین جریان زیست‌محیطی. تحقیقات منابع آب ایران، سال چهاردهم، ۱۴ (۲): صفحات ۲۴۱-۲۳۱.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.، ۱۳۸۲. فرهنگ جغرافیایی رودهای کشور: حوضه آبریز دریای خزر، جلد دوم. انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۳۱۲ ص.

صدیق‌کیا، م.، ایوب‌زاده، س. ع. و حاجی‌اسماعیلی و. م.، ۱۳۹٤. بررسی الزامات برآورد جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌ها با روش‌های هیدرواکولوژیکی (مطالعه موردی: رودخانه دلیچای واقع در استان تهران). مجله اکوهیدرولوژی، ۲ (۳): صفحات ۳۰۰-۲۸۹.

صدیق کیا، م.، عبدلی، ا.، ایوب‌زاده، س.ع.، احمدی، ا.ع. و قلی‌زاده، م.، ۱۳۹٦. توسعه روش بومی جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌های حوضه جنوبی خزر-پارک ملی لار. مجله محیط‌شناسی، ۴۳ (۳): صفحات ۵۶۰-۵۴۳.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

فرهادیان، م.، بزرگ‌حداد، ا.، پازکی، م. و سیف‌اللهی آغمیونی، س. ۱۳۹۶. تعیین جریان رهاسازی بهینه از مخزن سد با درنظرگرفتن نیازهای کمّی و کیفی رودخانه. مجله محیط‌شناسی، ۴۳ (۱): صفحات ۱۸۰-۱۶۳.

کریمی، س.، سالاری‌جزی، م. و قربانی، خ. ۱۳۹۶. برآورد جریان زیست‌محیطی رودخانه با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی تنانت، تسمن، انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی. مجله اکوهیدرولوژی، ۴ (۱): صفحات ۱۸۹-۱۷۷.

کوشافر، آ.، سواری، ا.، سخایی، ن.، ارچنگی، ب. و کریمی اورگانی، ف. ۱۳۹۷. تعیین سطح آلودگی ناشی از فلزات سنگین در آب و رسوبات رودخانه بهمن‌شیر. فصلنامه علمی پژوهشی اکو بیولوژی تالاب، ۱۰ (۳۶): صفحات ۶۴-۵۳.

نادری، م.ح.، ذاکری‌نیا، م. و سالاری‌جزی، م.، ۱۳۹۷. به‌کارگیری مدل PHABSIM در تبیین رژیم اکولوژیکی رودخانه به‌منظور برآورد جریان زیست‌محیطی و مقایسه با روش‌های هیدرولوژیکی (مطالعهٔ موردی: رودخانهٔ قره‌سو). اکوهیدرولوژی، ۵ (۳): صفحات ۹۵۵-۹۴۱.

نادری، م.ح.، ذاکری‌نیا، م و سالاری‌جزی، م.، ۱۳۹۸. بهبود روش شبیه‌سازی زیستگاه با کاربرد مدل هیدرودینامیکی River2D به‌منظور تعیین رژیم اکولوژیکی رودخانه. مجله محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۷۲ (۲): صفحات ۲۷۷-۲۶۳.

Abdi, R. and Yasi, M., 2015. Evaluation of environmental flow requirements using eco-hydrologic–hydraulic methods in perennial rivers. Water Science and Technology, 72(3): 354-363.

Ahn, J. M., Kwon, H. G., Yang, D. S. and Kim, Y. S., 2018. Assessing environmental flows of coordinated operation of dams and weirs in the Geum River basin under climate change scenarios. Science of The Total Environment, 643: 912-925.

Arthington, A. H., Kennen, J. G., Stein, E. D. and Webb, J. A., 2018. Recent advances in environmental flows science and water management—Innovation in the Anthropocene. Freshwater Biology, 1-13.

Archfield, S. A., Steeves, P. A., Guthrie, J. D. and Ries III, K. G., 2013. Towards a publicly available, map-based regional software tool to estimate unregulated daily streamflow at ungauged rivers. Geoscientific Model Development, 6(1): 101-115.

Davis, M. M., 2005. Instream flow guidelines and protection of Georgia's aquatic habitats. Georgia Institute of Technology, 5 pp.

Filipek, S., Keith, W. E. and Giese, J., 1987. The status of the instream flow issue in Arkansas, Proceedings Arkansas Academy of Science, 41: 43-48.

Gopal, B., 2013. Environmental Flows: An Introduction for Water Resources Managers, National Institute of Ecology, New Delhi, 248 pp.

Hughes, D. A. and Hannart, P. A., 2003. 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): 167-81.

Joshi, K. D., Jha, D. N., Alam, A., Srivastava, S. K., Kumar, V. and Sharma, A. P., 2014. Environmental Flow requirements of River Sone: Impacts of low discharge on fisheries. Current Science, 478-488.

Karakoyun, Y., Yumurtaci, Z. and Donmez, A. H., 2016. Environmental flow assessment for energy generation sustainability employing different hydraulic evaluation methods: cambasi hydropower plant case study in Turkey. Clean Technologies and Environmental Policy, 18(2): 583-591.

Kashaigili, J. J., Mccartney, M. and Mahoo, H. F., 2007. Estimation of environmental flows in the Great Ruaha River Catchment, Tanzania. Journal of Physics and Chemistry of the Earth, 32: 1007-1014.

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 U.S. MSc. Thesis.

Sahoo, S., Khare, D., Mishra, P. K., Behera, S. and Krishan, R., 2016. A comparative study on environmental flows assessment methods in lower reach of Mahanadi River. International Journal of Engineering Trends and Technology, 32(2): 82-90.

Shaeri Karimi, S., Yasi, M., and Eslamian, S., 2012. Use of hydrological methods for assessment of environmental flow in a river reach. International J. of Environmental Science and Technology, 9: 549-558.

Shahriari Nia, E., Asadollahfardi, G. and Heidarzadeh, N., 2016. Study of the environmental flow of rivers, a case study, Kashkan River, Iran. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua, 65(2):181-94.

www.SID.ir

Archive of SID

Shokoohi, A. and Hong, Y., 2011. Using hydrologic and hydraulically derived geometric parameters of perennial rivers to determine minimum water requirements of ecological habitats (case study: Mazandaran Sea Basin—Iran). Hydrological Processes, 25(22): 3490-3498.

Shokoohi, A. and Amini, M., 2014. Introducing a new method to determine rivers ecological water requirement in comparison with hydrological and hydraulic methods. International Journal of Environmental Science and Technology, 11(3):747-756.

Smakhtin, V. U. Shilpakar, R. L. and Hugheds, D. A., 2006. Hydrology-based assessment of environmental flows: an example from Nepal, Hydrological Sciences Journal, 51(2): 207-222.

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

Tennant, D. L., 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources Fisheries, 1, 6–10.

Tessmann, S. A., 1980. Environmental Assessment. Technical Appendix E. Environmental use sector reconnaissance elements of the western Dakotas region of South Dakota study. Brookings, SD: South Dakota State University, Water Resources Research Institute.

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

www.SID.ir