نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال سیزدهم- شماره ۴۵- تابستان ۱۳۹۸ Vol. 13, No. 45, Summer 2019

مقایسه روش‌های برآورد بده جریان محیط زیستی بر اساس مطالعات موردی رودخانه‌های کرج و تالار

سوگند بیات[۱]، کیومرث ابراهیمی[۲]، شهاب عراقی نژاد[۳] و مهدی یاسی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۲

چکیده

جریان محیط زیستی رودخانه توصیفی از زمان، کیفیت و دبی مورد نیاز برای حفظ آب شیرین و اکوسیستم رودخانه و رفاه انسان است. هدف مقاله حاضر مقایسه‌ی روش‌های هیدرولوژیکی تنانت، دبی پایه آبزیان، تسمن، تحلیل منحنی تداوم جریان و انتقال منحنی تداوم جریان در برآورد جریان محیط زیستی دو رودخانه‌ی معرف از دو حوضه‌ی درجه‌ی یک مختلف کشور شامل رودخانه‌های کرج و تالار مازندران و به ترتیب با دوره‌های آماری ۵۹ و ۶۳ ساله می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل، 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 محیط زیستی پیشنهادی خود، نسبت به روش‌های دیگر ارجحیت دارد و از دقت بالاتری برخوردار است. لذا بر اساس روش مذکور نیاز محیط زیستی رودخانه‌های کرج و تالار در طبقه مدیریت زیستی C (حفظ حداقل شرایط زیستی رودخانه) به ترتیب برابر ۴/۷۷ مترمکعب در ثانیه، معادل ۳۸ درصد دبی متوسط سالانه و ۱/۸۱ مترمکعب در ثانیه، معادل ۲۴ درصد دبی متوسط سالانه برآورد شد.

کلید واژه‌ها: ***بده جریان محیط زیستی، روش هیدرولوژیکی، انتقال منحنی تداوم جریان، رودخانه کرج، رودخانه تالار***

مقدمه

از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده شرایط اکولوژیک رودخانه‌ها، توسعه طرح‌های منابع آبی و دخالت‌های انسانی در میزان برداشت از آب رودخانه و آلودگی ناشی از فاضلاب‌های صنعتی و شهری می‌باشد. تغییرات منفی فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیک به‌وجود آمده در رودخانه حاکی از این توسعه است. امروزه آسان‌ترین راه برای دست‌یابی به آب مورد نیاز بشر، استفاده از رودخانه‌ها است و این در حالی است که اکوسیستم‌های آبی برای ادامه‌ی حیات خود نیازمند آب می‌باشد.

مشکلات بوجود آمده در مسیر حرکت مهاجرت ماهیان جهت تولید مثل، کاهش مواد مغذی رودخانه، نبود اکسیژن کافی برای موجودات آبزی، تنش در بقای زیست‌بوم از جمله مسائل مطرح در مورد نوسانات آبی رودخانه‌ها است. جریان زیست محیطی عبارت است از رژیم آب فراهم شده برای یک رودخانه، تالاب یا ناحیه‌ی ساحلی به منظور حفاظت از اکوسیستم‌ها در مواقعی که رقابت در مصرف وجود دارد و جریان‌ها تنظیم شده‌اند. دایسون و همکاران [۳]

به طور کلی روش‌های متعددی برای تعیین جریان‌های زیست محیطی وجود دارد. اکثر این روش‌ها را می‌توان در چهار گروه روش هیدرولوژیکی، درجه‌بندی هیدرولیکی، شبیه‌سازی (درجه‌بندی) زیستگاه، و جامع طبقه‌بندی کرد. قسمت اعظم روش‌های موجود و متداول را روش‌های هیدرولوژیکی تشکیل می‌دهند. استاندارد صنعت آب و آبفا [۹]

این طبقه‌بندی توسط موسسه بین‌المللی مدیریت منابع آب به شرح زیر صورت گرفته و مزایا و محدودیت‌های آن‌ها را می‌توان به شرح جدول ۱ خلاصه کرد. ریچر و همکاران [۱۲]

در این راستا تارمه و کینگ [۲۰] با مطالعه روز جریان محیط زیستی در رودخانه لسوتو به این نتیجه رسیدند که ارزیابی جریان محیط‌زیستی در رودخانه‌ها برای تعیین و ارزیابی مقدار رژیم اولیه رودخانه ضروری است. برگکمپ و همکارانش [۲] با مطالعه ۲۲۵ حوضه در سراسر جهان به این نتیجه رسیدند که ۸۳ مورد از رودخانه‌ها به شدت و ۵۴ مورد دیگر به طور متوسط آسیب دیده اند. اسماختین و همکاران [۱۵] در یک ارزیابی کلی از تخمین نیاز جریان محیط زیستی در مقیاس جهانی، میزان آن را ۲۰ تا ۵۰ درصد میانگین آورد سالانه تعیین کردند. مان [۷] صحت روش تنانت را در ۷ ایالت غربی آمریکا بررسی کرد. وی بر اساس شرایط مدیریتی محدوده‌ای را به عنوان جریان زیست جریان محیط زیستی ارائه داد،

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۲- نویسنده مسئول و استاد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران. پست الکترونیک: EbrahimiK@ut.ac.ir
۳- دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۴- دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مزایا و محدودیت‌های روش‌های اصلی تعیین بده جریان محیط زیستی

Table 1. Benefits and Limitations of the main methods for determining environmental flow

ردیف Row	روش‌های اصلی Main methods	مثال از هر روش Example of each method	مزایا، محدودیت‌ها Benefits, Limitations
1	هیدرولوژیکی Hydrological	تنانت، منحنی تداوم جریان، نگرش محدوده تغییرپذیری Tennant, Flow Duration Curve, Range of Variability Approach	آسان، سریع، ارزان، نیاز به داده‌های کم، مناسب برای اهداف مطالعات اولیه منابع آب، دارای پتانسیل بومی‌سازی، ارتباط کم با اکولوژی، نتایج خروجی کم Easy, fast, cheap, low data requirements, suitable for primary research purposes, water resources, localization potential, low ecological communication , low output results
2	هیدرولیکی Hydraulic	محیط تر شده Wetted Primer	نیاز به داده‌های کم تا متوسط، وابستگی نتایج به مطالعه موردی Need for low to moderate data, dependence of results to case study
3	شبیه سازی زیستگاه Habitat Simulation	PHABSIM	تحلیل بالا در ایجاد ارتباط بین زیست بوم و جریان برای گونه هدف، تمرکز بر گونه شاخص و نه کل اکوسیستم، ارتباط محدود با خصوصیات رژیم جریان، خروجی محدود، ارتباط ضعیف با واکنش‌های بیولوژیک، نیاز به ۶ تا ۱۸ ماه از اطلاعات The above analysis of the relationship between the ecosystem and the flow for the target species, the focus on the index species and not the whole ecosystem, the limited connection with the flow regime, the limited output, the weak link with the biological reactions, requiring of 6 to 18 months of information
4	جامع Comprehensive	DRIFT[1] , IFIM[2]	تمرکز بر کل اکوسیستم، نیاز به ۲ تا بیش از ۵ سال اطلاعات، متکی بر قضاوت کارشناسی، سختی در تطبیق نظرات تخصصی، برقراری تعادل بین نیازها Focusing on the whole ecosystem, requiring of 2 to over 5 years of information, relying on expert judgment, difficulty in adapting expert opinions, balancing needs

که با توجه به توصیه‌های تنانت محدوده ۶۰ درصد تا ۱۰۰ درصد جریان سالیانه به عنوان میزان بهینه جریان محیط زیستی تعریف شده است. سیما و همکاران [۱۴] وضعیت بهره‌برداری از منابع آب سطحی کشور را در ۶ حوضه آبخیز کشور مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که حوضه مرکزی، در بین حوضه‌های مورد مطالعه به لحاظ بهره‌برداری شرایط بحرانی‌تری دارد. وات [۲۲] در مطالعه‌ای روی رودخانه‌ها در آنتاریو کانادا به این نتیجه رسید که دو روش تنانت و تسمن با وضعیت رودخانه‌های آنتاریو سازگار نیستند و کاربرد این روش‌ها را در صورت استفاده از مطالعات بیشتر و اصلاح آن‌ها برای رودخانه‌های آنتاریو مناسب دانست. ذوالفقاری و همکاران [۲۳] در پژوهشی جریان محیط زیستی در تالاب شادگان را با روش‌های هیدرولوژیکی منحنی تداوم جریان، قانون شیلات فرانسه و روش اسماختین در دو دوره آماری پیش از اجرای سد و پس از اجرای سد برآورد کردند. نتایج نشان داد، پس از احداث سد، شاخص جریان محیط زیستی کاهش یافته است. شکوهی و بهروزنیا [۱۳] در مطالعه‌ای با مقایسه دو روش هیدرولیکی با روش هیدرولوژیکی متداول ایران (تنانت) جهت تعیین حداقل نیاز محیط زیستی رودخانه صفارود، نشان دادند که استفاده از روش تنانت، برای تعیین جریان حداقل برای حفظ محیط اکولوژیکی رودخانه، مناسب نیست و از میان دو روش هیدرولیکی شیب منحنی و حداکثر انحنای منحنی، روش دوم نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. پوف و همکاران [۱۱] روش جدید و جامعی را برای ارزیابی نیازهای جریان محیط زیستی تعریف کردند. این روش بر اساس مبانی هیدرولوژیکی ایجاد شده است و برای مناطق مختلف انعطاف‌پذیر بوده و با اهداف اجتماعی، اطلاعات اکولوژیکی و استانداردهای موجود، شرایط را برای مدیریت صحیحی از جریان محیط زیستی فراهم می‌کند. جاشی و همکاران [۵] در مطالعه‌ای روی رودخانه سانه در نزدیکی فلات آمار کانتاک با استفاده از روش تغییر منحنی تداوم جریان، در کلاس محیط زیستی نسبتاً تغییر یافته مقدار ۱۹/۸ درصد میانگین آورد سالانه را برای جریان محیط زیستی آن رودخانه برآورد کردند. مصطوفی و یاسی [۸] با تحقیق در مورد نیاز محیط زیستی رودخانه باراندوزچای ارومیه، به این نتیجه رسیدند که برای حفظ حداقل وضعیت اکولوژیکی قابل قبول به طور متوسط شدت جریان ۱/۹ مترمکعب بر ثانیه در طول رودخانه تا دریاچه ارومیه

www.SID.ir

باید برقرار گردد. فتاح پور و همکاران [۴] روش ترکیبی شبیه‌سازی زیستگاه و حداکثر انحنای محیط خیس شده را برای تعیین حداقل بده جریان محیط زیستی و بهبود شرایط اکوسیستم به عنوان روش بومی سفید رود پیشنهاد دادند.

در یک جمع‌بندی در اکثر مطالعات انجام شده هدف برآورد جریان محیط زیستی رودخانه‌ها بوده است در حالی که تحقیق حاضر به بررسی انطباق روش‌های برآورد بده جریان محیط زیستی در رودخانه‌های کرج و تالار پرداخته است. عدم وجود مطالعات مشابه در مورد رودخانه‌های مورد مطالعه تاکید مضاعفی بر انجام تحقیق حاضر بوده است. تحقیق حاضر بر اساس داده‌های موجود انجام شده است.

اهداف تحقیق را می‌توان به شرح زیر ذکر کرد:

۱) ارزیابی حداقل جریان محیط زیستی مورد نیاز دو رودخانه‌ی معرف کرج و تالار مازندران از دو حوضه‌ی درجه‌ی یک مختلف کشور با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی تنانت، دبی پایه آبزیان، تسمن، تحلیل منحنی تداوم جریان و انتقال منحنی تداوم جریان.

۲) مقایسه جریان‌های برآورد شده توسط روش‌های فوق الذکر.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعات

رودخانه کرج به عنوان یکی از پرآب‌ترین رودخانه‌های دامنه جنوبی البرز از سال ۱۳۴۶ در ردیف رودخانه‌های تحت حفاظت سازمان محیط زیست قرار گرفته است. این رودخانه در حدفاصل بیلقان تا دیزین واقع شده و با طول تقریبی ۷۵ کیلومتر از ارتفاعات دیزین کوه خرسنگ سرچشمه می‌گیرد و در انتها به دریاچه نمک واقع در نزدیکی شهر قم می‌ریزد.. در این تحقیق ایستگاه سیرا از رودخانه کرج با دوره آماری ۱۳۳۳ تا ۱۳۹۲ مورد مطالعه قرار گرفت. دبی متوسط، حداقل و حداکثر جریان سالانه رودخانه کرج در ایستگاه سیرا به ترتیب برابر ۱۲/۴، ۵/۲ و ۲۶/۴ مترمکعب در ثانیه می‌باشد.

رودخانه تالار در بخش مرکزی دامنه شمالی رشته کوه البرز واقع شده است که از غرب به حوضه رودخانه بابلرود و از شرق به حوضه سیاهرود و از جنوب به حوزه آبریز تجن و از شمال به دریا محدود می‌شود. این رودخانه فاصله ۱۵۰ کیلومتری از ارتفاعات سوادکوه تا دریا را طی می‌کند. در این تحقیق ایستگاه شیرگاه از رودخانه تالار با دوره آماری ۱۳۲۹ تا ۱۳۹۲ مورد مطالعه قرار گرفت. دبی متوسط، حداقل و حداکثر جریان سالانه رودخانه تالار در ایستگاه شیرگاه به ترتیب ۷/۵، ۲/۵ و ۲۱/۳ مترمکعب در ثانیه می‌باشد.

روش‌های محاسبات

روش‌های مبتنی بر شاخص‌های هیدرولوژیکی ساده‌ترین و پرکاربردترین روش‌های برآورد جریان محیط زیستی در سطح جهان هستند. این روش‌ها معمولاً به عنوان روش "جداول در دسترس" مشهورند و عمدتاً بر آمارهای تاریخی جریان رودخانه تکیه دارند تنانت [۱۷]. در ادامه به مرسوم‌ترین روش‌هایی که مبتنی بر شاخص‌های هیدرولوژیکی میباشند اشاره شده است:

Archive of SID

روش تنانت:

در سال ۱۹۷۶ دونالت تنانت [۱۷] روشی را برای تعیین جریان محیط زیستی مورد نیاز ماهی‌ها ارائه کرد. این روش درصدی از متوسط جریان سالیانه را برای تعیین کیفیت زیستگاه ماهیان به کار می‌برد. تنانت نتیجه گرفت که ۱۰ درصد متوسط جریان سالیانه[1] حداقل جریان لازم برای بقای کوتاه‌مدت ماهی‌ها می‌باشد، ۳۰ درصد متوسط جریان سالیانه در نظر گرفته شده قادر به حفظ وضعیت‌های بقای نسبتاً خوب بوده و ۶۰ درصد متوسط جریان سالیانه برای زیستگاه مطلوب نیاز می‌باشد. نتایج حاصل از تحقیقات تنانت که برگرفته از ۵۸ مقطع عرضی در ۱۱ رودخانه در مناطق غربی ایالات متحده آمریکا، است به طور خلاصه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- جدول تنانت [۱۷]

Table 2. Tennant Table

هدف Object	درصد پیشنهادی از میانگین جریان سالانه recommended base flow regimens	
	پاییز- زمستان Autumn- winter	بهار-تابستان Spring- Summer
دامنه بهینه میانگین جریان سالانه optimum range	60-100	60-100
درصدی از میانگین جریان سالانه مورد نیاز برای حفظ شرایط مورد انتظار رودخانه Percentage of annual average flow required to maintain the expected river conditions		
بسیار عالی Outstanding	40	60
عالی Excellent	30	50
خوب Good	20	40
عادلانه Fair or degrading	10	30
ضعیف Poor	10	10
تخریب شدید Severe destruction	0-10	0-10

روش جریان پایه آبزیان:

در این روش جریان میانه آن ماه از سال که کم‌ترین جریان در بین ماه‌های دیگر سال را دارا می‌باشد به عنوان کم‌ترین جریان محیط زیستی جهت حفظ حیات آبزیان و شیلات در نظر گرفته می‌شود،

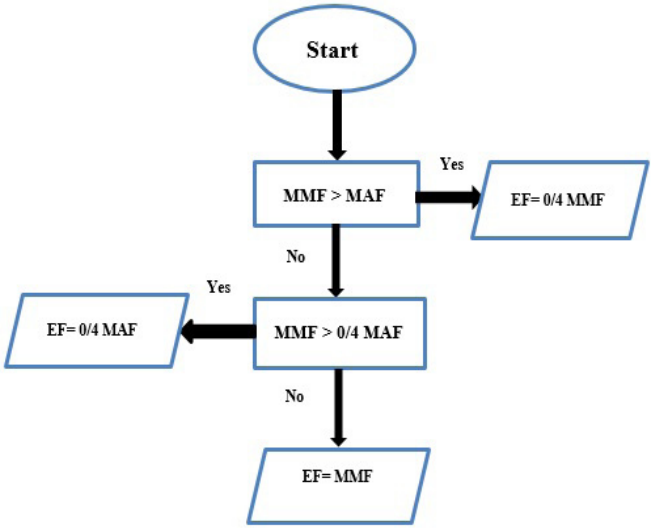
1. Average Annual Flow (AAF)

www.SID.ir

مگر اینکه در مواردی خاص جریان بیشتری برای تامین نیازهای تخم‌ریزی و پرورش ماهیان مورد نیاز باشد. استاندارد صنعت آب و آبفا [۹]

روش تسمن:

تسمن با اقتباس از پیشنهادات فصلی روش تنانت از ترکیبی از متوسط جریان ماهیانه[1] و متوسط جریان سالیانه[2] برای تعیین حداقل جریان ماهیانه مورد نیاز استفاده کرد (شکل ۱). تسمن [۱۸]



شکل ۱- دیاگرام چرخشی تعیین جریان محیط زیستی به روش تسمن

Fig 1. Flowchart for determination of environmental flow by Tessman method

روش منحنی تداوم جریان:

منحنی تداوم جریان نشان‌دهنده ارتباط بین جریان رودخانه و درصدی از احتمال وقوع آن است. این ارتباط بر اساس قضاوت‌های کارشناسی مشخص می‌شود کینگ و همکاران [۶]. منحنی تداوم جریان با مرتب کردن داده‌های آماری جریان به صورت نزولی ترسیم می‌شود. این جریان‌ها در مقابل مقدار احتمال(P) ترسیم می‌شود. احتمال وقوع هر دبی از رابطه ۱ بدست می‌آید. اسماختین و همکاران [۱۵]

$$P = \frac{m}{n+1}$$ رابطه ۱

که در آن m: مرتبه دبی در سری زمانی مرتب شده؛ n: کل تعداد فراوانی داده‌ها است. در این روش Q90 معرف جریانی است که در ۹۰ درصد مواقع جریان دارد و در بیشتر موارد به عنوان حداقل جریان محیط زیستی در نظر گرفته می‌شود.

روش انتقال منحنی تداوم جریان:

اسمختین[3] و آنپوتاس[4] به منظور ارزیابی جریان محیط زیستی رودخانه‌ها یک رژیم هیدرولوژیکی برای حفاظت رودخانه در وضعیت اکولوژی مطلوب ارائه دادند که اصطلاحا "انتقال منحنی تداوم جریان" نامیده می‌شود.

برای اجرای روش فوق، در گام اول با استفاده از داده‌های جریان ماهیانه، منحنی تداوم جریان (FDC[5]) رسم می‌شود، با این تفاوت که محور احتمالاتی منحنی تداوم جریان، ۱۷ درصد احتمال وقوع معین را دربرمی‌گیرد. محور عمودی این منحنی مقادیر ماهیانه جریان در مقیاس لگاریتمی‌است. کلاس‌های مدیریتی از جابجایی[6] عرضی به سمت چپ منحنی، در هر درصد احتمالاتی به‌وجود می‌آید. 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 و جریانی که ۹۹/۹ درصد مواقع رخ می‌داد اکنون ۹۹ درصد مواقع رخ می‌دهد و الی آخر. در این روش معمولاً برای ارزیابی جریان محیط زیستی، از داده‌های جریان ماهیانه رودخانه استفاده می‌شود. شش کلاس مدیریتی مطابق جدول ۳ از حالت طبیعی (A) تا کلاس بحرانی تغییر یافته (F) در این روش تعریف شده است. اسماختین و آنپوتاس [۱۶]

جدول ۳- کلاس‌های مدیریت محیط زیستی

Table 3. Environmental Management classes

کلاس‌های مدیریت محیط زیستی Environmental Management classes	
Natural	طبیعی(A)
Slightly modified	اندک تغییر یافته(B)
Moderately modified	نسبتا تغییریافته(C)
Largely modified	تا حد زیادی تغییریافته(D)
Seriously modified	به شدت تغییر یافته(E)
Critically modified	به طرز بحرانی تغییر یافته(F)

نتایج

الف) روش تنانت: با توجه به جدول ۲ و میانگین بده جریان سالانه رودخانه‌های کرج و تالار بده جریان محیط زیستی این دو رودخانه محاسبه و نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

سطح مورد نظر "قابل قبول" از این روش با توجه به دستورالعمل ابلاغی وزارت نیرو [۹] معادل ۳۰٪ از متوسط جریان سالیانه برای نیمه فروردین تا شهریور و ۱۰٪ از متوسط جریان سالیانه برای مهر تا نیمه فروردین می‌باشد. منطق به کار رفته در انتخاب بازه زمانی ۶ ماهه، دو دوره کم آبی و پرآبی می‌باشد، ولی همانطور که مقادیر جدول ۴ نشان می‌دهد، با در نظر گرفتن حد متوسط، این دو دوره کم آبی (نیمه فروردین تا شهریور) و پرآبی (مهر تا نیمه فروردین)

1. Mean Monthly Flow (MMF)
2. Mean Annual Flow (MAF)

3. Smakhtin
4. Anputhas
5. Flow Duration Curve
6. Shifting

Archive of SID
www.SID.ir

با وضعیت هیدرولوژیکی این رودخانه‌ها مطابقت نداشته و متفاوت می‌باشد. بنابراین ۱۰٪ از متوسط جریان سالیانه برای دوره کم آبی و ۳۰٪ از متوسط جریان سالیانه برای دوره پر آبی در نظر گرفته شد. برای رودخانه کرج اسفند تا مرداد دوره پرآبی و شهریور تا بهمن دوره کم آبی و برای رودخانه تالار بهمن تا خرداد دوره پرآبی و تیر تا دی به عنوان دوره کم آبی در نظر گرفته شد.

ب) روش دبی پایه آبزیان: با توجه به میانگین دبی ماهانه رودخانه‌های کرج و تالار، نیاز محیط زیستی این رودخانه‌ها به روش دبی پایه آبزیان به ترتیب برابر ۴/۷ و ۵/۱۹ متر مکعب در ثانیه محاسبه شد.

ج) روش تسمن:

همانطور که از جدول ۵ مشاهده می‌شود جریان پیشنهادی این

Archive of SID

جدول ۴- جریان محیط زیستی ماهانه رودخانه‌های کرج و تالار، روش تنانت

Table 4. The monthly environmental flow of Karaj and Talar Rivers, Tennant method

رودخانه River / ماه Month	کرج Karaj			تالار Talar		
	متوسط جریان ماهانه (مترمکعب در ثانیه) Mean Monthly Flow (m^3/s)	تنانت Tennant	تنانت اصلاح شده Modified Tennant	متوسط جریان ماهانه (مترمکعب در ثانیه) Mean monthly flow (m^3/s)	تنانت Tennant	تنانت اصلاح شده Modified Tennant
مهر October	4.7	1.23	**1.23**	5.6	0.750	**0.750**
آبان November	5.78	1.23	**1.23**	6.16	0.750	**0.750**
آذر December	5.14	1.23	**1.23**	6.27	0.750	**0.750**
دی January	4.7	1.23	**1.23**	6.05	0.750	**0.750**
بهمن February	5	1.23	**1.23**	7.4	0.750	2.25
اسفند March	9.1	1.23	3.7	11.44	0.750	2.25
فروردین April	20.91	3.7	3.7	14.47	2.25	2.25
اردیبهشت May	33.87	3.7	3.7	9.46	2.25	2.25
خرداد June	27.96	3.7	3.7	6.79	2.25	2.25
تیر July	16.09	3.7	3.7	5.53	2.25	**0.750**
مرداد August	8.74	3.7	3.7	5.19	2.25	**0.750**
شهریور September	6	3.7	**1.23**	5.6	2.25	**0.750**

جدول ۵- جریان محیط زیستی ماهانه رودخانه‌های کرج و تالار، روش تسمن

Table 5. The monthly environmental flow of Karaj and Talar Rivers, Tessman method

رودخانه River / ماه Month	کرج Karaj			تالار Talar		
	میانگین بده جریان ماهانه Mean Monthly Flow (m^3/s)	جریان محیط زیستی پیشنهادی Environmental Flow Requirement (m^3/s)	احتمال تجاوز probability	میانگین بده جریان ماهانه Mean Monthly Flow (m^3/s)	جریان محیط زیستی پیشنهادی Environmental Flow Requirement (m^3/s)	احتمال تجاوز probability
مهر October	**4.7**	**4.71**	50	5.6	3	**83**
آبان November	5.78	4.94	44	6.16	3	**83**
آذر December	**5.14**	**4.94**	39	6.27	3	**91**
دی January	**4.7**	**4.70**	37	6.05	3	**96**
بهمن February	**5**	**4.94**	42	7.4	3	95
اسفند March	9.1	4.94	93	11.44	4.57	95
فروردین April	20.91	8.36	96	14.47	5.79	89
اردیبهشت May	33.87	13.55	97	9.46	3.79	89
خرداد June	27.96	11.19	97	6.79	3	87
تیر July	16.09	6.44	96	5.53	3	**76**
مرداد August	8.74	4.94	93	5.19	3	**70**
شهریور September	6	4.94	70	5.6	3	**78**
میانگین Average	12.4	6.55	51	7.5	3.43	74

www.SID.ir

روش برای رودخانه کرج در ماه‌های کم آبی تطابق چندان خوبی با وضعیت این رودخانه ندارد. در این رودخانه در ماه‌های مهر، آذر، دی و بهمن، بده محیط زیستی شامل تمام جریان رودخانه می‌شود که غیر قابل قبول است. در ماه آبان بده جریان محیط زیستی برای ایستگاه سیرا ۴/۹۴ مترمکعب در ثانیه محاسبه شده است که معادل ۸۵ درصد میانگین جریان ماهانه بوده و رقم منطقی محسوب نمی‌شود.

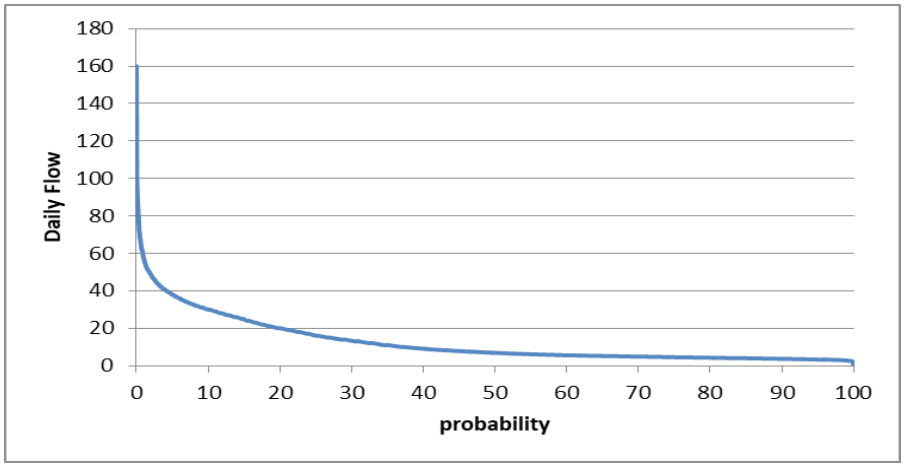
روش تسمن برای رودخانه تالار روش نسبتاً مناسبی است. زیرا در این روش احتمال تجاوز جریان‌های ماهیانه پیشنهادی در ماه‌های کم آبی بیشتر از ۵۰ درصد می‌باشد و جریان پیشنهادی در این ماه‌ها تطابق خوبی با وضعیت این رودخانه دارد. جریان محیط زیستی پیشنهادی توسط روش تسمن برای رودخانه‌های کرج و تالار عبارت است از:

Archive of SID

رودخانه کرج: سالیانه جریان ۶/۵۵ مترمکعب بر ثانیه معادل ۵۲ درصد متوسط جریان سالیانه با احتمال تجاوز ۵۱ درصد

رودخانه تالار: سالیانه جریان ۳/۴۳ مترمکعب بر ثانیه معادل ۴۵ درصد متوسط جریان سالیانه با احتمال تجاوز ۷۴ درصد

د) روش تحلیل منحنی تداوم جریان: منحنی تداوم جریان رودخانه‌های کرج و تالار با استفاده از آمار دبی روزانه این رودخانه‌ها ترسیم گردید که در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده است و جریان‌های با احتمال تجاوز ۷۰، ۷۵، ۸۰، ۸۵، ۹۰ و ۹۵ درصد در جداول ۶ و ۷ ارائه شده است.

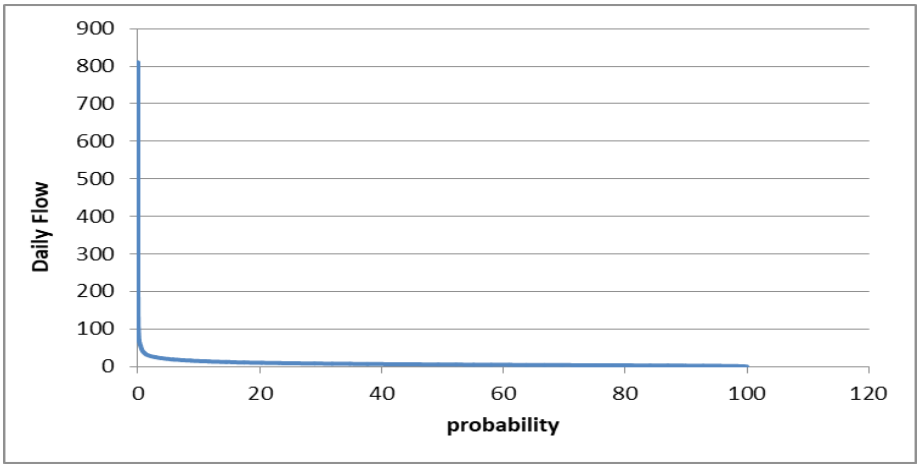


شکل ۲- منحنی تداوم جریان رودخانه کرج

Fig 2. Flow Duration Curve of Karaj River

جدول ۶- شاخص‌های منحنی تداوم جریان سالیانه

Q_{95}	Q_{90}	Q_{85}	Q_{80}	Q_{75}	Q_{70}	River	رودخانه
3.3	**3.67**	3.99	4.25	4.54	4.89	Karaj	کرج



شکل ۳- منحنی تداوم جریان رودخانه تالار

Fig 3. Flow Duration Curve of Talar River

www.SID.ir

بنابراین محدوده جریان‌های کم آبی برای رودخانه کرج بین ۴/۸۹ (Q_{70}) تا ۳/۳ (Q_{95}) مترمکعب در ثانیه و برای رودخانه تالار ۳/۷۱ (Q_{70}) تا ۱/۷۵ (Q_{95}) می‌باشد.

ه) روش انتقال منحنی تداوم جریان:

همانطور که از جدول ۸ مشاهده می‌شود برای حفظ رودخانه‌های کرج و تالار در کلاس A، ۵۵ تا ۷۰ درصد میانگین آورد سالانه، در کلاس B، ۳۳ تا ۵۰ درصد، در کلاس C، ۲۴ تا ۳۸ درصد و در کلاس D که حداقل کلاس قابل قبول می‌باشد ۱۹ تا ۳۰ درصد میانگین آورد سالانه مورد نیاز است. از سوی دیگر روش تنانت پیشنهاد می‌کند که پایین ترین حد ممکن برای نیاز آب محیط زیستی مطابق با شرایط بسیار ضعیف یک اکوسیستم رودخانه‌ای، ۱۰ درصد میانگین آورد سالانه می‌باشد. در این تحقیق برای هر دو رودخانه مورد مطالعه این درصد (۱۰ درصد میانگین آورد سالانه) در ۶ شیفت عرضی و به عبارت دیگر در کلاس F به دست می‌آید. بنابراین می‌توان گفت که ۱۰ درصد پیشنهادی تنانت نمی‌تواند برای شرایط این دو رودخانه مناسب باشد. در این مقاله بر اساس جدول ۳ کلاس مدیریتی C بعنوان کلاس مدیریتی مورد نظر انتخاب شد. با توجه به طبقه زیستی C در روش انتقال منحنی تداوم جریان، بده جریان محیط زیستی رودخانه‌های کرج و تالار به ترتیب ۴/۷۷ مترمکعب در ثانیه (معادل ۳۸ درصد دبی متوسط سالانه) و ۱/۸۱ مترمکعب در ثانیه (معادل ۲۴ درصد دبی متوسط سالانه) براورد شده است.

جدول ۷- شاخص‌های منحنی تداوم جریان سالیانه

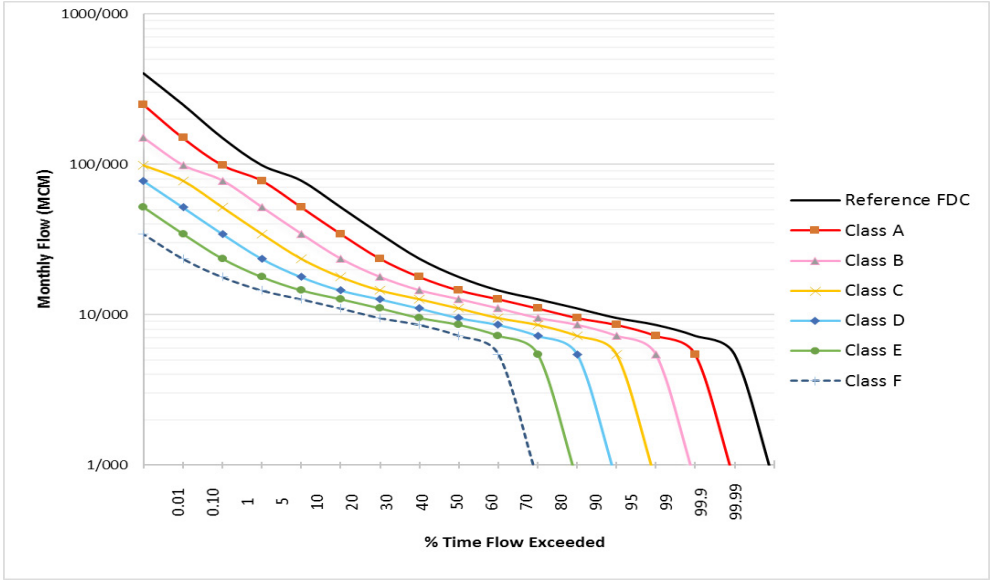
Table 7. Annual flow Duration curve indicators

Q_{95}	Q_{90}	Q_{85}	Q_{80}	Q_{75}	Q_{70}	River	رودخانه
1.75	**2.29**	2.7	3.02	3.4	3.71	Talar	تالار

جدول ۸- بده جریان محیط زیستی رودخانه‌های کرج و تالار بر حسب درصدی از متوسط جریان سالیانه

Table 8. Estimation of EFRs as percent of MAR for Karaj and Talar Rivers

ردیف Row	رودخانه River	متوسط آورد سالیانه Mean Annual Runoff (m^3/s)	نیاز آب محیط زیستی بلند مدت (درصدی از متوسط آورد سالیانه) long-term EWR (percent of MAR)					
			کلاس A Class A	کلاس B Class B	کلاس C Class C	کلاس D Class D	کلاس E Class E	کلاس F Class F
1	کرج Karaj	12.4	69.95	50.56	38.69	30.68	23.85	19.18
2	تالار Talar	7.5	55.8	32.9	24.14	19.53	16	13.64

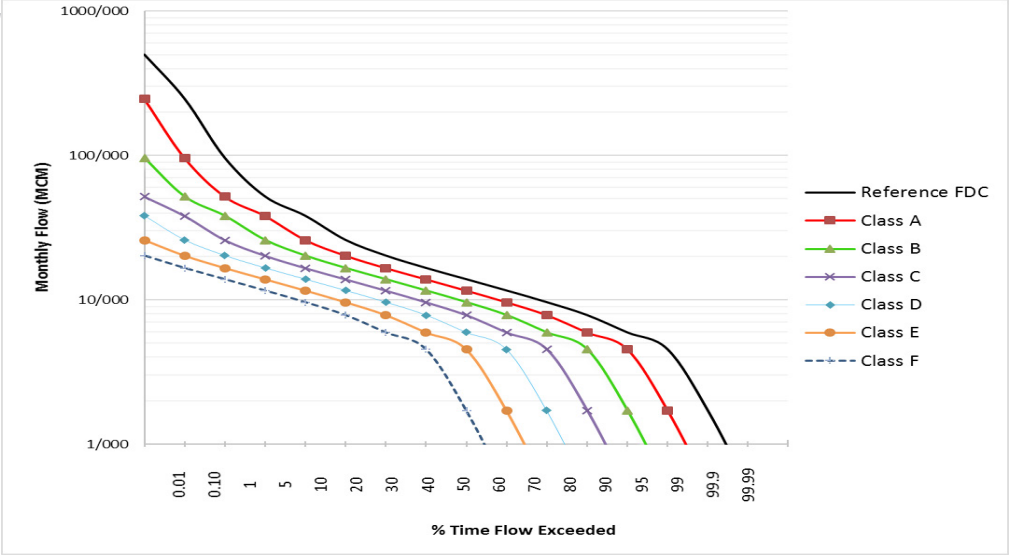


شکل ۴- منحنی تداوم جریان محیط زیستی در کلاس‌های مختلف مدیریتی A تا F رودخانه کرج در ایستگاه سیرا

Fig 4. Environmental FDCs for different EMCs (classes A-F), Sira reach, Karaj River

Archive of SID
www.SID.ir

Archive of



شکل ۵- منحنی تداوم جریان محیط زیستی در کلاس‌های مختلف مدیریتی A تا F رودخانه تالار در ایستگاه شیرگاه

Fig 5. Environmental FDCs for different EMCs (classes A-F), Shirgah reach, Talar River

جدول ۹- مقادیر پیشنهادی جریان محیط زیستی رودخانه‌های مورد مطالعه از روش‌های مختلف

Table 9. Estimation of EWRs from different methods under studied river

روش Method / رودخانه River		نیاز آب محیط زیستی (EWR) Environmental Water Requirement			
		کرج Karaj		تالار Talar	
		(%MAR)	(m^3/s)	(%MAR)	(m^3/s)
تنانت	Tennant	اسفند- مرداد March- August	30	بهمن- خرداد February- June	30	2.25
		شهریور- بهمن September- February	10	تیر- دی July- January	10	0.750
جریان پایه آبزیان	aquatic base flow	38		69		5.19
تسمن	Tessman	52		45		3.43
شاخص‌های تداوم جریان Duration flow indicators	Q_{70}	40		49		3.71
	Q_{75}	37		45		3.4
	Q_{80}	34		40		3.02
	Q_{85}	32		36		2.7
	Q_{90}	30		30		2.29
	Q_{95}	27		23		1.75
انتقال منحنی تداوم جریان FDC Shifting	کلاس C Class C	38		24		1.81
جریان محیط زیستی توصیه شده Recommended environmental flow		**38**		**24**		**1.81**

بحث و نتیجه‌گیری

کاربرد روش تنانت در رودخانه‌های ایران که با نوسانات شدید آبدهی مواجه هستند با مشکلاتی روبرو می باشد، زیرا این روش در رودخانه‌های بزرگ و دائمی ایالات متحده مورد مطالعه قرارگرفته است. این روش، در ماه‌های کم آب، کاهش شدید آبدهی را در نظر نمی‌گیرد. بنابراین توصیه می‌شود تا حد امکان، روش تنانت

www.SID.ir

در مناطق خشک استفاده نشود و در صورت وجود اطلاعات در دسترس، این روش برای هر منطقه مورد بازبینی و اصلاح قرار گیرد. با توجه به اینکه رودخانه تالار در نواحی شمالی ایران که دارای اقلیم مرطوب می‌باشد قرار دارد، روش تنانت برای این رودخانه می‌تواند توصیه شود که هرچند نسبت به روش انتقال منحنی تداوم جریان از دقت بسیارکم‌تری برخوردار است اما از نظر اقتصادی بیشتر قابل قبول است.

روش پایه آبزیان با مشخص نمودن میزان حداقل آبدهی ماهانه رودخانه و اعمال آن به عنوان نیاز محیط زیستی رودخانه در تمام ماه‌های سال، تغییرپذیری که برای سلامت اکوسیستم امری حیاتی است را در نظر نگرفته است. بده جریان محیط زیستی رودخانه تالار با استفاده از روش پایه آبزیان، با توجه به اقلیم منطقه، بیشتر از رودخانه کرج است.

جریان پیشنهادی روش تسمن برای رودخانه کرج در ماه‌های کم آبی تطابق چندان خوبی با وضعیت این رودخانه ندارد. اما برای رودخانه تالار روش تسمن روش نسبتاً مناسبی است. زیرا در این رودخانه احتمال تجاوز جریان‌های ماهیانه پیشنهادی در ماه‌های کم آبی بیشتر از ۵۰ درصد می‌باشد و جریان پیشنهادی در این ماه‌ها تطابق خوبی با وضعیت این رودخانه دارد. این نتایج بر اساس متودولوژی روش تسمن محاسبه شده است، ولی از نظر مدیریتی و مصارف کشاورزی در منطقه، مورد قبول نمی‌باشد.

روش تحلیل منحنی تداوم جریان عمدتا شرایط محیط زیستی را در نظر نمی‌گیرد که این امر دقت نتایج حاصله را به شدت کاهش داده و گاه حتی نتایج معکوسی را حاصل می‌کند.

در هر دو رودخانه از میان این روش‌ها، 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 محیط زیستی پیشنهادی خود، نسبت به روش‌های دیگر ارجحیت دارد و از دقت بالاتری برخوردار است.

آشکار است که روش‌های ارائه شده در این مقاله راه حل نهایی برای مشکل ارزیابی جریان محیط زیستی نمی‌باشد ولی استفاده از چنین روش‌هایی در غیاب اطلاعات اکولوژیکی و به منظور برنامه ریزی‌های اولیه مفید می‌باشند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از دانشگاه تهران، شرکت مدیریت منابع آب ایران و سازمان حفاظت محیط زیست ایران که امکانات، داده‌ها و اطلاعات لازم جهت انجام این تحقیق و تهیه مقالات مربوطه را تامین کردند تشکر می‌شود.

منابع

1. Belmar, O. Bruno, D. Martinez-capel, F. Barquin, J. and Velasco, J. 2013. "Effects of flow regime alteration on fluvial habitatsand riparian quality in a semiarid Mediterranean basin". Ecological Indicators. 30, 52-64.

2. Bergkamp, G. McCartney, M. Dugan, P. McNeely, J. and Acreman, M. 2000. ecosystem functions and environmental restoration.

3. Dyson, M. Bergkamp, G. Scanlon, J. 2003. The Essentials of Environmental Flows. IUCN,Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

4. Fattahpour, F. Ebrahimi, K. and Bayat, S. 2017. Determination of the Environmental Flow Requirements for the SefidRud River, IRAN,. Ecohydrology magazine. Under Press.(in persian)

5. Jushi, KD. Jha, DN. Alam, A. Srivastava, SK. Kumar, V. and Sharma, AP. 2014. Environmental Flow requirements of river sone: impact of low discharge on fisheries. Current Science. 107(3): 478.

6. King, JM. Tharme, RE. and Villers, MS. 2003. Environmental flow assessments for rivers: manual for the Building Block Methodology. Water Research Commission Technology Transfer Report NO. TT131/00. Pretoria, South Africa.

7. Mann, JL. 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. Master Thesis. Department of Forest, Rangeland and Watershed Stewardship, colorado state university. Colorado. 143 pp.

8. Mostafavi, S. and Yasi, M. 2015. Evaluation of Environmental Flowsin Rivers Using Hydrological Methods(case study: The Barandozchi River- Urmia Lake Basin). J. water Soil, 29(5), 1219-1231.(in persian)

9. Office of Standard and Technical Criteria, Planning and Budget Organization of Iran. 1992. Drinking Water Standards(Publication No. 116-3)., Tehran.(In Persian)

10. Pastor, AV. Ludwing, F. Biemans, H. Hoff, H. and Kabat, P. 2014. Accounting for environmental flow requirements in global water assessments. J. Hydrol. Earth Syst. Sci. 18(12), 5041-5059.

11. Poff, N. Richter, B. Arthington, A. Bunn, S. Naiman, R. Kendy, E. and Acreman, M. 2010. The ecological li, its of hydrologic alteration(ELOHA): A

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

new framework for developing regional environmental flow standards. J. Freshwater Biol. 55(1), 147-170.

12. Richter, BD. Baumgartner, JV. Wigington, R. and Braun, D.P. 1997. How much water does a river need. Freshwater Biology. 37: 231-249.

13. Shokoohi, A. and Behrooznia, M. 2010. Evaluation of environmental flows in rivers using hydrological and hydraulic methods. 9th Iranian hydraulic conference, Tarbiat Modares University, Tehran.(in persian)

14. Sima, S. Jalali farahani, R. and Tajrishi, M. 2006. Evaluate the need for environmental water resources of the country, focusing on important ecosystems. Second Conference on Water Resources Management. Isfahan. Isfahan University of Technology. Water Resources Science and Engineering Society.(in persian)

15. Smakhtin, VU. Revenga, C. and Doll, P. 2004. A pilot Global Assessment of Environment Water Requirement and Scarcity; International water Resources Association: pp307-317.

16. Smakhtin, VU. and M. Anputhas. 2006. An assessment of environmental flow requirements of Indian River basins. IWMI Research Report 107. International Water Management Institute. Colombo. 36 pages.

17. Tennant, DL. 1976. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and environmental resources. Pages 359□373. Instream Flow Needs. Volume II. American Fisheries Society, Bethesda MD.

18. Tessman, SA. 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.

19. harme, RE. 2003. "A global persprctive on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers". Published online in Wiley InterScience.

20. Tharme, RE. and King, JM. 1998. Development of the Building Block Methodology for Instream Flow Assessment, and Supporting Research on the Effects of the Different magnitude Flows on Riverine Ecosystems. Water Research Commission Report No.576/1/98.

21. VPSPS. 2011. Guideline for finding aquatic ecosystems environmental water requirements, No, 557,Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision. 127 pages.

22. Watt, SP. 2007. A methodology for environmental protection of Ontario watercourses with respect to the permit to take water program.

23. Zolfaghari, S. Ghanbarpour, M. Habibnejad, M. and Afkhami, M. 2009. Evaluation and assessment of environmental flow using hydrological methods(Case study: Shadegan wetland). Journal of Watershed Management Science and Engineering. 3(8): 67-70.(in persian)

www.SID.ir

نشریه علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 13, No. 45, Summer 2019
سال سیزدهم- شماره ۴۵- تابستان ۱۳۹۸

Abstract

Comparison of the Environmental Flow Assessment Methods Involving Case Studies of Karaj and Talar Rivers

S. Bayat[1], K. Ebrahimi[2], Sh. Araghinejad[3] and M. Yasi[4]

Received: 24-01-2018 Accepted: 13-11-2018

Environmental flow is explained as the period of time, quantity and the amount of required water for maintaining the fresh water, the river's ecosystem, human beings' welfare and the life depending on the water. The main goal of this paper is to investigate and compare the hydrological methods including tennant, aquatic flow, tessman, analysis of the flow duration curve and the flow duration curve shifting (FDC shifting) in determining environmental flow of two rivers from two different prime basin of Iran, Karaj and Talar rivers with data of 59 and 63 years, respectively. According to the results, the flow duration curve shifting approach for its consideration to different ecological classes, attention to natural flow shifting and the efforts of maintaining this shifting in its own suggested environmental flows, has priority over other approaches and it is also more precise in comparing with others. Therefore, the environmental needs of Karaj and Talar rivers in the classification of environmental management C (the preservation of river's least environmental condition) are assessed equal to 4.77m^3/s which is 38 percent of the average annual flow and 1.81m^3/s equal to 24 percent of the average annual flow of each river, respectively.

Keywords: Environmental flow, Hydrological method, FDC shifting, Karaj river, Talar river

1. M.Sc. Student of Water Resources Engineering, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, University of Tehran.
2. Corresponding Author and Professor, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, University of Tehran. Email: EbrahimiK@ut.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, University of Tehran.
4. Associate Professor, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, University of Tehran.

www.SID.ir