محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷
صفحات ۴۳۷ تا ۴۵۱

کاربرد روش های هیدرولوژیکی در برآوردحق آبه محیط زیستی رودخانه (مطالعه موردی رودخانه گرگانرود)

کاظم اسماعیلی*[۱]؛ زهرا صادقی[۲]؛عبدالرضا کابل[۳] و حسنا شفائی[۲]

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد

۳- کارشناس سازمان آب منطقه‌ای گرگان

(تاریخ دریافت ۹۵/۰۸/۲۹ - تاریخ پذیرش ۹۷/۰۳/۰۳)

چکیده:

طرح‌های توسعه منابع آب (نظیر احداث سدها) دارای اثرات محیط زیستی متعددی می‌باشد، که تغییر رژیم طبیعی رودخانه و کاهش جریان سطحی پایین دست از مهم‌ترین آن است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در برنامه‌ریزی منابع آب برآورد حق آبه محیط زیستی در رودخانه‌ها متأثر از متغیرهای طبیعی، درک اهمیت حفاظت از منابع آب، تنوع زیستی و زیست بوم وابسته به جریان رودخانه می‌باشد. جریان محیط زیستی توصیفی از زمان، کیفیت و مقدار جریان مورد نیاز برای حفظ آب شیرین، اکوسیستم مصب رودخانه، رفاه انسان و معیشت وابسته به آب است. هدف اصلی از تحقیق حاضر، برآورد حق آبه محیط زیستی رودخانه گرگانرود (ایستگاه آق قلا)بر اساس دوره آماری ۳۳ ساله، از روش‌های هیدرولوژیکی: تنانت، تسمن، جریان پایه آبزیان، منحنی تداوم جریان و تغییر منحنی تداوم جریان در ماه-های مختلف سال می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد حداقل دبی گرگانرود (ایستگاه آق قلا) جهت تأمین جریان محیط زیستی با استفاده از روش‌های فوق به‌ترتیب مساوی ۲/۲۷، ۱/۸، ۵/۵۱، ۴/۴۷ و ۳/۳۳ (کلاس مدیریت محیط زیستی C) متر مکعب بر ثانیه باید می‌باشد. در این تحقیق نشان داده شده است که در غیاب اطلاعات اکولوژیکی، شاخص‌های هیدرولوژیکی می‌توانند برای یک تخمین اولیه از نیازهای جریان محیط زیستی مورد استفاده قرار گیرند.

کلید واژگان: توسعه پایدار، حق آبه محیط زیستی، روش هیدرولوژیکی، گرگانرود.

*نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۵۱۳۸۸۰۵۸۱۳ ایمیل: esmaili@um.ac.ir

۱. مقدمه

در اکوسیستم‌های آبی مانند رودخانه و تالاب گیاهان و جانورانی وجود دارند که خود را با محیط آبی وفق داده و در واقع جهت تهیه غذا، پناهگاه و سایر نیازهای خود به محیط آبی وابستگی پیدا می‌کنند. مهم‌ترین عضو این اکوسیستم‌ها ماهیان می‌باشند که بسته به جنس و گونه به اکوسیستم آبی ارزش می‌دهند (Manuals determining of required water for aquatic ecosystems, 2002). با توجه به برنامه‌های توسعه‌ی متعدد و اجرای پروژه‌های عمرانی از جمله احداث سازه‌های آبی بنابر نیاز (شرب، صنعت، تولید انرژی برقابی، آبیاری و آبخیزداری) زیستگاه‌های آبی ایجاد شده در زمان‌های طولانی بر هم خورده به طوری که یک اکوسیستم آبی دارای جریان رودخانه‌ای را به اکوسیستم آبی تقریبا غیر متحرک دریاچه‌ای تبدیل می‌کند. این تغییر کاربری زیستگاه‌های فلور و فون اکوسیستم را بر هم زده، گونه‌هایی کاملا از بین می‌روند و گونه-هایی به مهاجرت روی می‌برند، همچنین کم آبی های فصل تابستان باعث کاهش تخم‌ریزی آبزیان و افزایش رقابت برای کسب غذا می‌شود (Geller، 2003). جدا از این امر با ایجاد سد و مانع بر روی آب‌های در جریان، دبی کاهش یافته و به طور قطع سطح مقطع جریان، عمق و حتی سرعت جریان متفاوت خواهد شد و به دنبال آن فون و فلور اکوسیستم تغییر خواهد یافت. این موضوعی است که در تمام جهان اکولوژیست‌ها و کارشناسان محیط زیست را بر آن داشته تا در جهت حفظ اکوسیستم‌های پایین دست سازه‌ها وارد عمل شوند، لذا در کلیه پروژه‌های مطالعاتی ارزیابی زیست محیطی سازه‌های آبی، یک بند جهت برآورد جریان زیست محیطی پایین دست گنجانده می‌شود که به روش‌های مختلفی این برآورد انجام می‌گیرد. به طورکلی نگرانی‌های شناخته شده جهانی جهت توقف تخریب محیط زیست از کنفرانس سال ۱۹۷۲ استکهلم شروع شد (Dyson *et al.*, 2003). جریان محیط زیستی اغلب به عنوان مجموعه‌ای از اطلاعات شامل مقدار جریان، زمان وقوع، فراوانی و تداوم آن تعریف می‌شود. این جریان که شرایط مستعد نگهداری مجموعه‌ای از زیستگاه-های آبی و فرایندهای اکوسیستم را فراهم می‌کنند، بعنوان "جریان محیط زیستی" نامیده می‌شوند (Shaeri *et al.*, 2010). Cavendish و Duncan (۱۹۸۶) یک از اهداف مهم جریان محیط زیستی را در حفظ آبزیان آب شیرین دانستند. Hu و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر سدها بر وضعیت های اکولوژیکی در حوزه آبخیز رودخانه Huaih در چین با استفاده از ضوابط روش تنانت و با توجه به بار آلودگی زیاد از فصول خشک از ۲۰ درصد متوسط چندساله جریان به عنوان نیاز محیط زیستی و اکولوژیکی استفاده کردند.

مطالعات بررسی جریان زیست محیطی در ابتدا توسط سرویس حیات وحش آمریکا[1] از ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰ در این کشور به کار رفت و متعاقب آن قانون رسمی جریان زیست محیطی در ۱۹۷۰ به عنوان نتیجه دستورالعمل سیاست گذاری ملی زیست محیطی (۱۹۶۹) و سند برنامه ریزی منابع آب (۱۹۵۶) به ثبت رسید (Meijer, 2007). به منظور تعیین جریان زیست محیطی، با توجه به مقیاس مکانی مطالعه، داده‌های موجود، گام زمانی ارزیابی و ظرفیت‌های فنی و مالی، روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند براین اساس متدولوژی‌ها محدوده وسیعی را

1 - US Fish and Wildlife Service

در بر می‌گیرند: از روش‌های سریع در سطح شناسایی با هدف برنامه ریزی کلان منابع آب تا روش‌های دقیقتر برای یک رودخانه دارای گونه‌های حفاظت شده (Tharme, 2003). در حدود ۲۰۷ متدولوژی برای تعیین نیاز آب زیست محیطی رودخانه‌ها در ۴۴ کشور از سراسر جهان شناسایی شده است. که این روش‌ها را به طور عمده می‌توان در قالب چهار روش متمایز شامل: روش هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، روش شبیه سازی زیستگاه‌ها و روش جامع طبقه‌بندی کرد (Meijer, 2007). شرح این روش ها در مراجع مختلفی آمده است (Richter *et al.*,1996). مدت زمان تقریبی برآورد در روش هیدرولوژیکی دو هفته است (King and Brown, 2003).

کاربرد این روش‌ها در دو سطح به شرح ذیل است:

۱) سطح شناسایی اولیه: بدین منظور عمدتا از روش-های هیدرولوژیکی استفاده می‌شود که این روش‌ها ۳۰ درصد کل روش‌های شناسایی شده در سطح جهان را تشکیل می‌دهند و وسیع‌ترین گروه متدولوژی‌های مورد استفاده می‌باشند.

۲) سطح جامع: در این سطح برای تعیین نیاز آب زیست محیطی، عمدتاً روش شبیه سازی زیستگاه‌ها و روش جامع به کار می‌روند (Arthington, 2003).

در این مقاله سعی شده است با اطلاعات در دسترس گرگانرود (ایستگاه آق قلا) از سال ۶۰ تا ۹۲ و به کارگیری روش‌های تنانت، تسمن، پایه آبزیان، منحنی تداوم جریان و تغییر منحنی تداوم جریان در ماه‌های مختلف سال، جریان محیط زیستی این رودخانه را محاسبه و بهترین روش انتخاب و معرفی گردد.

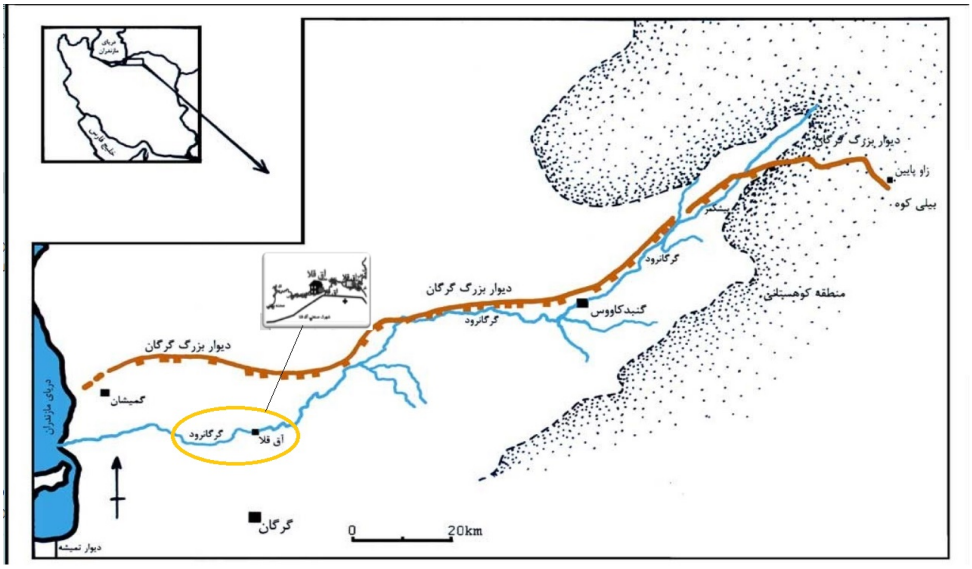
Theodoropoulos و همکاران (۲۰۱۵) براساس رفتار مدل های هیدرودینامیک به توسعه یک برای برآورد جریان محیط زیستی در پایین دست سد براساس پروتوکول‌های اروپا پرداخت.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز گرگانرود واقع در شمال شرق کشور محدود به مختصات جغرافیایی '۰۰ –°۵۴ تا '۲۹-°۵۶ طول شرقی و '۳۶- °۳۶ تا '۴۷-°۳۷ عرض شمالی می‌باشد. طول این رودخانه ۲۷۰ کیلومتر و وسعت حوزه آبریز آن بیش از ۱۰۰۰۰ کیلومترمربع است. میزان آورد جریان سالانه این رودخانه در محل ایستگاه هیدرومتری آق قلا بیش از ۸۰۰ میلیون مترمکعب برآورد شده است. در شکل ۱ موقعیت رودخانه مورد مطالعه در استان گلستان و در شکل ۲، مقطع عرضی رودخانه در محل ایستگاه و نمایی از رودخانه در پایین دست ایستگاه نشان داده شده است.

بررسی داده‌های مورد استفاده: تمام روش‌های مورد استفاده در این تحقیق مبنای هیدرولوژیکی داشته و بنابراین در ابتدا آمار و اطلاعات دبی رودخانه گرگانرود از سازمان آب منطقه‌ای گلستان دریافت شد و نیاز اطلاعاتی هر روش با توجه به اطلاعات موجود از آوردهای هیدرولوژیکی روزانه و ماهیانه این رودخانه برای دوره های بلند مدت که صحت سنجی و همگن سازی داده‌ها آنها بررسی شده است مورد استفاده قرار گرفت. متوسط جریان رودخانه بر اساس دوره آماری ۳۳ ساله، در ایستگاه آق قلا ۱۱/۸ متر مکعب بر ثانیه و حداکثر و حداقل جریان در ایستگاه مذکور به ترتیب ۳۹/۱ و ۰ متر مکعب بر ثانیه می-باشد.



شکل ۱- نمایی از رودخانه گرگانرود در محل ایستگاه هیدرومتری آق قلا

شکل۲- نمایی از مقطع عرضی و وضعیت پوشش گیاهی رودخانه گرگانرود در محل ایستگاه هیدرومتری آق قلا

۲.۲. روش‌های برآورد حق آبه محیط زیستی

الف- روش تنانت: Tennant در سال ۱۹۷۶ روشی برای تعیین جریان محیط زیستی مورد نیاز برای ماهی‌ها معروف به روش «مونتانا» یا بطور متداول‌تر، روش «تنانت» معرفی کرد. این روش درصدی از متوسط جریان سالیانه را برای تعیین کیفیت زیستگاه ماهیان بکار می‌برد. روش تنانت بر پایه مطالعات صحرایی در ایالت مرکزی - غربی آمریکا با برقراری رابطه بین جریان رودخانه و حفظ طبیعت ریپارین رودخانه (پوشش‌های گیاهی و جوامع زیستی محیط های آبی و تالابی جنب رودخانه‌ها) توسعه داده شده است. بدین معنی که هدف اصلی حفظ شرایط زیست ماهیان رودخانه بوده است. در این روش حداقل میزان رهاسازی بصورت درصد مشخصی از میانگین

سالانه دبی رودخانه محاسبه می‌گردد. درصدهای مذکور در جدول ۱ ارائه شده‌اند. سطح قابل قبول از این روش با توجه به دستورالعمل وزارت نیرو معادل ۳۰ درصد دبی متوسط سالانه برای فروردین تا شهریور(به عنوان دوره آبی) و ۱۰ درصد دبی متوسط سالانه برای مهر تا اسفند (به عنوان دوره کم آبی) می باشد (VPSPS, 2011).

جدول ۱- درصد سهم از میانگین آورد سالانه رودخانه برای حق آبه زیست محیطی رودخانه در روش تنانت (۱۹۷۶)

دوره زمانی	پاییز- زمستان	بهار- تابستان
محدوده جریان میانگین بهینه سالانه	۱۰۰-۴۰	۱۰۰-۶۰
بسیار عالی	۴۰	۶۰
عالی	۳۰	۵۰
خوب	۲۰	۴۰
قابل قبول	۱۰	۳۰
ضعیف	۱۰	۱۰
کمبود شدید	۱۰-۰	۱۰-۰

در ایران روش تنانت می‌تواند بعنوان مدلی جهت توسعه سطوح جریان حداقل در سطح برآورد اولیه حوضه آبریز بکار رود. اگرچه اصلاح این روش بطوری که بتواند در ایران استفاده شود، مستلزم کارهای صحرایی گسترده می‌باشد. این امر نیازمند جمع آوری داده‌های بیولوژیکی و هیدرولوژیکی از سراسر ایران، برای فراهم کردن روابط بین دبی و مطلوبیت و قابلیت زیستگاه فیزیکی می‌باشد. این روش برای نواحی خشک و نیمه خشکی که آبراهه‌ها ممکن است برای چندین ماه خشک باشند مناسب نیست، زیرا ممکن است منجر به پیشنهاد جریان‌های بسیار زیاد شود.

ب- روش تسمن[1]

Tessman (۱۹۸۰) با اقتباس از پیشنهادات فصلی روش تنانت با ترکیبی از متوسط جریان ماهیانه[2](MMF) و متوسط جریان سالیانه [3] (MAF) برای تعیین حداقل جریان ماهیانه مورد نیاز استفاده کرد. خلاصه روش فوق را می توان در فلوچارت شکل ۳ مشاهده کرد.

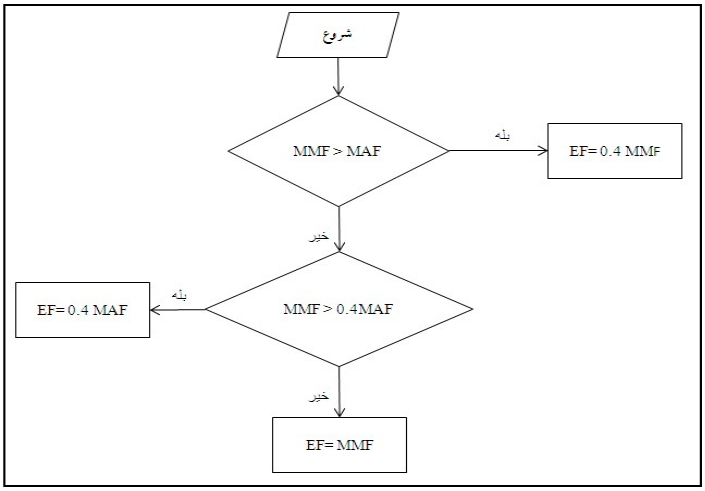
ج- روش جریان پایه آبزیان(ABF): فرض موجود در این روش براساس تعیین دبی پایه است. بر اساس این فرض، میانگین جریان در خشک ترین ماه، در طول سال برای ماهی‌ها کافی است مگر این که جریان اضافی برای ارضای نیازهای تخم‌ریزی و تولید مثل لازم باشد. این روش از گروه روش‌های هیدرولوژیکی است. باید توجه کرد که رودخانه‌های زیادی در ایران فصلی هستند و در فصول خشک هیچ جریانی ندارند. برای این پهنه‌های آبی، این روش در این ماه‌های خشک به جریان صفر خواهد رسید. بنابراین برای

1- Tessman method
2-Mean Monthly Flow
3-Mean Annually Flow

مناطق نیمه خشک این روش کارایی مناسبی ندارد. برای مثال چنانچه متوسط ماهانه جریان رودخانه به صورت زیر باشد حداقل جریان پایه مورد نیاز آبزیان ۱۰/۳۸ متر مکعب بر ثانیه است.

ج- روش جریان پایه آبزیان(ABF): فرض موجود در این روش براساس تعیین دبی پایه است. بر اساس این فرض، میانگین جریان در خشک ترین ماه، در طول سال برای ماهی‌ها کافی است مگر این که جریان اضافی برای ارضای نیازهای تخم‌ریزی و تولید مثل لازم باشد. این روش از گروه روش‌های هیدرولوژیکی است. باید توجه کرد که رودخانه های زبادی در ایران فصلی هستند و در فصول خشک هیچ جریانی ندارند. برای این پهنه‌های آبی، این روش در این ماه‌های خشک به جریان صفر خواهد رسید. بنابراین برای مناطق نیمه خشک این روش کارایی مناسبی ندارد. برای مثال چنانچه متوسط ماهانه جریان رودخانه به صورت زیر باشد حداقل جریان پایه مورد نیاز آبزیان ۱۰/۳۸ متر مکعب بر ثانیه است.

د- منحنی تداوم جریان: منحنی تداوم جریان، عبارت است از منحنی جریان های متوسط روزانه مشاهداتی



شکل۳- فلوچارت تعیین جریان محیط زیستی به روش تسمن

جدول۲- حداقل جریان محیط زیستی به روش پایه آبزیان

مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۱۰/۳۸	۱۷/۳۴	۴۸	۶۲/۴۷	۸۹/۱۶	۱۰۵/۲۴	۱۱۰/۱۵	۷۰/۰۸	۳۵/۹۶	۲۲/۰۶	۱۶/۱۴	۱۳/۴۰

که به ترتیب نزولی مرتب شده‌اند (سری زمانی $Q_{(i)}$ ها که $i=1$ بیانگر بزرگ‌ترین میانگین جریان روزانه مشاهده شده در طول یک سال است)، به صورت تابعی از احتمال تجاوز از این مقدار جریان، که از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

رابطه (۱) $$p_{(i)} = i/n+1$$

در رابطه ۱، n کل روزهای مشاهداتی در طول یکسال و i رتبه جریان که به ترتیب نزولی مرتب شده است، می‌باشند. در تحلیل منحنی تداوم جریان، آمار در حالت طبیعی جریان تحلیل می‌شود تا میزان

دبی را که در X درصد موارد جریان از آن متجاوز بوده است، تعیین نماید. در برخی موارد Q_{90} به عنوان حداقل جریان زیست محیطی برای حفظ رودخانه در شرایط نسبتا مناسب تعیین می‌شود،که عبارتست از مقدار جریانی که در ۹۰ درصد مواقع دبی جریان رودخانه متجاوز از آن بوده است. برای حفظ رودخانه در شرایط مناسب Q_{75} به عنوان حداقل جریان زیستی استفاده می‌شود، که عبارتست از مقدار جر یانی که در ۷۵ درصد مواقع دبی جریان رودخانه متجاوز از آن بوده است.

ه- انتقال منحنی تداوم جریان(FDC shifting): این روش توسط Smakhtin و Anputhas (۲۰۰۶) به منظور ارزیابی جریان محیط زیستی در سامانه رودخانه معرفی شده است. این روش که یک رژیم هیدرولوژیکی برای حفاظت رودخانه در وضعیت اکولوژیکی مطلوب ارائه می‌دهد اصطلاحاً "انتقال منحنی تداوم جریان" نامیده می‌شود. این روش شامل چهار مرحله اصلی، ۱) شبیه‌سازی وضعیت‌های هیدرولوژیکی موجود، ۲) تعریف کلاس‌های مدیریت محیط زیستی، ۳) تولید منحنی‌های تداوم جریان محیط زیستی و تولید سری زمانی جریان محیط زیستی ماهانه می‌باشد. برای ارزیابی جریان محیط زیستی، از داده‌های جریان ماهانه مورد استفاده می‌باشد و در شش کلاس مدیریتی مختلف در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- کلاس های مدیریت محیط زیستی (Shaeri و همکاران ۲۰۱۰)

کلاس های مدیریت (EMC)	تعریف اکولوژیکی	دیدگاه مدیریتی
A: طبیعی	وضعیت دست نخورده یا حداقل تغییرات زیستگاه ساحلی و رودخانه‌ای	رودخانه‌ها و حوضه‌های حفاظت شده. مناطق حفاظت شده و پارک‌های ملی. اجازه هیچ پروژه جدید آبی(سدها، انحراف آب و...) داده نمی‌شود.
B: اندک تغییریافته	تنوع زیستی و زیستگاه های دست نخورده بیشتر با وجود توسعه منابع آبی و/ یا تغییرات حوضه ای	طرح‌های تأمین آب یا توسعه آبیاری موجود و یا مجاز
C: نسبتاً تغییریافته	زیستگاه ها و دینامیک بیوتا مختل شده‌اند ولی عملکرد های اساسی اکوسیستم هنوز دست نخورده اند. برخی گونه‌های حساس از بین رفته اند و یا تا حدی کاهش یافته اند. گونه های ناشناخته موجود می باشند	موانع و مشکلات زیاد در ارتباط با نیاز برای توسعه اقتصادی- اجتماعی از قبیل سدها، پروژه‌های انحراف آب، تغییرات زیستگاه و کیفیت کاهش یافته آب
D: تاحد زیادی تغییریافته	تغییرات وسیعی در زیستگاه طبیعی، بیوتا و عملکرد اساسی اکوسیتم رخ داده است. فراوانی گونه ها به طرز قابل وضوحی کمتر از حد انتظار است. کاهش چشمگیر گونه های غیر مقاوم (حساس)، افزایش و شیوع گونه های ناشناخته	موانع کاملاً مشهود و مهم در ارتباط با توسعه منابع آبی و حوضه‌ای شامل سدها، انحراف آب، انتقالات، تغییرات زیستگاه‌ها و کاهش کیفیت آب
E: به شدت تغییریافته	تعداد و تنوع زیستگاه ها کاهش یافته است. فراوانی گونه ها به طرز شگفت آوری کمتر از حد انتظار است. فقط گونه های مقاوم باقی می مانند. گونه های بومی، دیگر نمی توانند تولید شوند. گونه های ناشناخته اکوسیستم را مورد تهاجم قرار داده اند	تراکم جمعیت انسانی بالا و بهره برداری زیاد از منابع آبی
F: به طرز بحرانی تغییریافته	تغییرات به یک سطح بحرانی رسیده اند و اکوسیستم کاملاً دچار تغییرات شده و تقریباً می‌توان گفت زیستگاه‌های طبیعی و بیوتا دچار تخریب کامل شده‌اند. در بدترین حالت عملکردهای اساسی	این حالت از نقطه نظر مدیریتی قابل قبول نمی‌باشد. دخالت های مدیریتی برای بازگرداندن الگوهای جریان، زیستگاه‌های رودخانه ای و ...

اکوسیستم از بین رفته اند و تغییرات جبران ناپذیر هستند	(اگر هنوز ممکن و شدنی باشد) برای جا به جا کردن یک رودخانه به کلاس مدیریتی بالاتر ضروری می باشد

Mostafavi و Yasi (۲۰۱۵) در پژوهش خود بر روی رودخانه باراندوزچای- حوضه دریاچه ارومیه از چندین روش هیدرولوژیکی برای برآورد نیاز محیط زیستی استفاده نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که برای حفظ این رودخانه (با استفاده از روش انتقال منحنی تداوم جریان)، در حداقل وضعیت اکولوژیکی قابل قبول (کلاس مدیریت C)، شدت جریان ۱/۹ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۲۶ درصد متوسط جریان سالانه) به طور متوسط در طول رودخانه تا دریاچه ارومیه، باید برقرار گردد. Abdi و همکاران (۲۰۱۵) ، در پژوهشی با عنوان"ارزیابی روش های اکولوژیکی-هیدرولیکی-هیدرولوژیکی در برآورد حق آبه جریان محیط زیستی رودخانه" بر روی رودخانه زاب به این نتیجه رسیدند که روش اکوهیدرولوژیکی که شامل انتقال منحنی تداوم جریان می باشد، در کلاس زیستی B (حفاظت پایدار تنوع زیستی با وجود طرح های توسعه منابع آب) برای بازه بالادست (درابکای خانه) گزینه مناسبی است. Fattahpour و همکاران (2015) در بررسی روش های برآورد دبی محیط زیستی رودخانه (مطالعه موردی: سفید رود)" از سه روش هیدرولوژیکی استفاده نموده اند. آنها در این پژوهش کلاس محیط زیستی A را برای رودخانه سفیدرود پیشنهاد دادند. براین اساس دبی زیستی برای کلاس A و با احتمال ۸۰ درصد مقدار ۷/۷ مترمکعب بر ثانیه در ماه برآورد شده است.

۳. نتایج

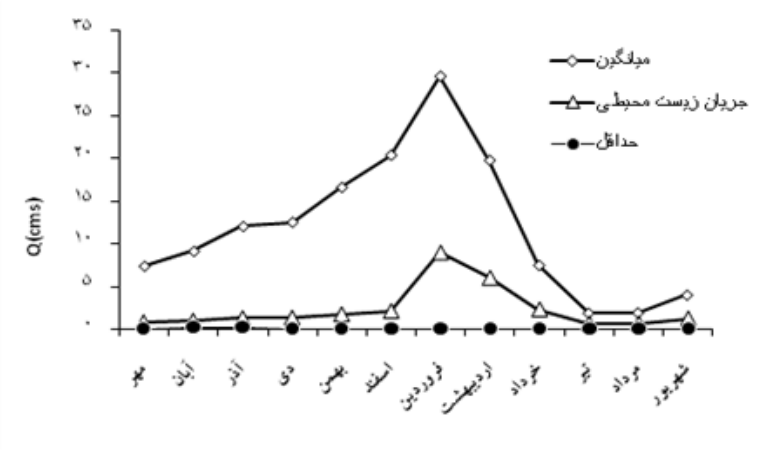
۱.۳. روش تنانت

با توجه به اینکه روش تنانت در رودخانه‌های بزرگ و دائمی ایالات مرکزی - غربی آمریکا مورد مطالعه قرار گرفته است، کاربرد آن برای رودخانه‌های فصلی و نیز برای رودخانه‌هایی که دارای نوسانات شدید ماهانه می‌باشند با مسائل و مشکلاتی روبرو می‌باشد. عمده این مسائل شامل عدم در نظرگرفتن نوسانات فصلی و ماهانه آبدهی رودخانه و به تبع آن محاسبه درصد بالایی از میانگین ماهانه آورد رودخانه به عنوان نیاز زیست محیطی رودخانه می‌باشد. این امر به این دلیل است که در این روش، نیاز زیست محیطی بر حسب درصدی از میانگین سالانه تعیین می‌گردد. لذا در ماه‌های کم آبی بدون توجه به کاهش شدید آبدهی رودخانه، نیاز زیست محیطی بصورت درصد مشخصی از میانگین درازمدت سالانه درنظر گرفته می‌شود. در مطالعات حاضر، رودخانه‌ی مورد مطالعه از نوسانات فصلی در طول سال برخوردار بوده بطوریکه میانگین آورد رودخانه در فصل تابستان بسیار پایین می‌باشد. اما در روش تنانت بدون توجه به این نوسانات ماهانه دبی، نیاز زیست محیطی برای این ماه‌ها برحسب درصد مشخصی از میانگین درازمدت سالانه درنظر گرفته شده که در مقایسه با آبدهی میانگین ماهانه درصد بالایی از آن بوده و حتی در مواقعی بیشتر می-باشد. لذا جهت به حداقل رساندن مسائل و مشکلات روش تنانت در برآورد جریان زیست محیطی محدوده مورد مطالعه و اجتناب از برآورد جریان زیست محیطی تابستان بیش از میانگین ماهانه رودخانه، جریان زیست محیطی به صورت درصدی از آبدهی ماهانه، با توجه به ضرایب پیشنهادی (رده قابل قبول) مورد محاسبه قرار گرفته است. برآورد نیاز آبی زیست

محیطی ماهانه رودخانه گرگانرود-ایستگاه آق‌قلا به روش تنانت در رده قابل قبول در جدول و نمودار ذیل ارائه شده است.

جدول۳- حق آبه محیط زیستی رودخانه گرگانرود-ایستگاه آق قلا، به روش تنانت (مترمکعب برثانیه)

پارامتر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
میانگین	۷/۳۳	۹/۰۷	۱۲	۱۲/۵	۱۶/۶	۲۰/۴	۲۹/۷	۱۹/۸	۷/۴۲	۱/۸	۱/۸۴	۳/۹۲	۱۱/۸
حق آبه	۰/۷۳	۰/۹۰۷	۱/۲	۱/۲۵	۱/۶۶	۲/۰۴	۸/۹۱	۵/۹۴	۲/۲۳	۰/۵۴	۰/۵۵	۱/۱۸	۲/۲۷
حداقل	۰	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۶۹



شکل۴- توزیع ماهانه حق آبه محیط زیستی گرگانرود-ایستگاه آق قلا، به روش تنانت (مترمکعب برثانیه)

۲.۳. روش تسمن

نتایج محاسبه جریان محیط زیستی از این روش برای رودخانه گرگانرود (ایستگاه آق‌قلا) در جداول ۴ ارائه شده است. تسمن با اقتباس از پیشنهادات فصلی روش تنانت از ترکیبی از متوسط جریان ماهیانه(MMF) و متوسط جریان سالیانه(MAF) برای تعیین حداقل جریان ماهیانه مورد نیاز استفاده کرد. براساس آن اگر MAF>MMF ۴۰٪ باشد،MMF به عنوان حداقل جریان ماهیانه در نظر گرفته می‌شود. اگر MAF<MMF ۴۰٪ باشد، MAF ۴۰٪ به عنوان حداقل جریان ماهیانه در نظر گرفته می‌شود و اگر MAF<MMF باشد، MMF ۴۰٪ به عنوان حداقل جریان ماهیانه در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس همانطور که در جدول ۴ نشان داده شده است برای ماه مهر MAF ۴۰٪ دارای مقدار ۴/۷۲ متر مکعب بر ثانیه است و کمتر از مقدار MMF است، بنابراین مقدار ۴/۷۲ متر مکعب بر ثانیه به عنوان حداقل جریان ماهیانه لحاظ می گردد. در شکل ۵ نتایج حاصل از این روش با متوسط جریان ماهیانه این رودخانه مورد مقایسه قرار گرفته است.

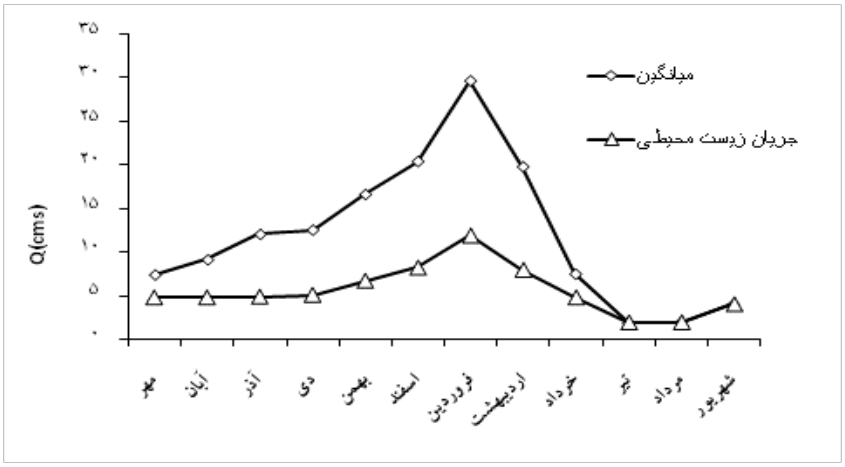
۳. ۳. روش جریان پایه آبزیان (ABF)

این روش براساس این فرض است که میانگین جریان در خشک‌ترین ماه، در طول سال برای ماهی‌ها کافی است مگر این که جریان اضافی برای ارضای تولید مثل لازم باشد. میانگین دبی جریان ماهانه و مقدار جریان محیط زیستی تعیین شده به وسیله روش پایه آبزیان در جدول ۵ ارائه شده است. همانطور که در جدول ۵ نشان داده شده است بشترین میانگین حق

آبه محیط زیستی رودخانه گرگانرود در ماه فروردین و کمترین مقدار آن در ماه تیر برآورد شده است.

جدول ۴- جریان محیط زیستی محاسبه شده رودخانه گرگانرود-ایستگاه آق‌قلا، با استفاده از روش تسمن

ماه	MMF (m^3/s)	0.4 MMF (m^3/s)	MAF (m^3/s)	0.4 MAF (m^3/s)	جریان محیط زیستی پیشنهادی(m^3/s)
مهر	۷/۳۳	۲/۹۳	۱۱/۸	۴/۷۲	۴/۷۲
آبان	۹/۰۷	۳/۶۳	۱۱/۸	۴/۷۲	۴/۷۲
آذر	۱۲	۴/۸	۱۱/۸	۴/۷۲	۴/۸
دی	۱۲/۵	۵	۱۱/۸	۴/۷۲	۵
بهمن	۱۶/۶	۶/۶۴	۱۱/۸	۴/۷۲	۶/۶۴
اسفند	۲۰/۴	۸/۱۶	۱۱/۸	۴/۷۲	۸/۱۶
فروردین	۲۹/۷	۱۱/۸۸	۱۱/۸	۴/۷۲	۱۱/۸۸
اردیبهشت	۱۹/۸	۷/۹۲	۱۱/۸	۴/۷۲	۷/۹۲
خرداد	۷/۴۲	۲/۹۷	۱۱/۸	۴/۷۲	۴/۷۲
تیر	۱/۸	۰/۷۲	۱۱/۸	۴/۷۲	۱/۸
مرداد	۱/۸۴	۰/۷۴	۱۱/۸	۴/۷۲	۱/۸۴
شهریور	۳/۹۲	۱/۵۷	۱۱/۸	۴/۷۲	۳/۹۲
میانگین	۱۱/۸	___	___	___	۵/۵۱



شکل ۵- توزیع ماهانه جریان زیست محیطی گرگانرود-ایستگاه آق‌قلا، به روش تسمن (مترمکعب برثانیه)

جدول ۵- حق آبه محیط زیستی رودخانه گرگانرود-ایستگاه آق‌قلا، به روش پایه آبزیان (مترمکعب برثانیه)

پارامتر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
میانگین	۷/۳۳	۹/۰۷	۱۲	۱۲/۵	۱۶/۶	۲۰/۴	۲۹/۷	۱۹/۸	۷/۴۲	۱/۸	۱/۸۴	۳/۹۲

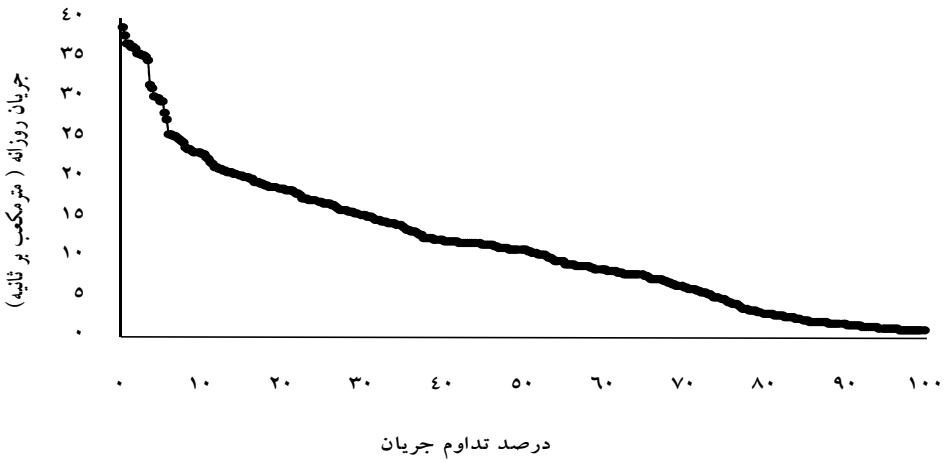
حق آبه	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸

۴.۳. منحنی تداوم جریان (FDCA)

منحنی تداوم جریان رودخانه گرگانرود با استفاده از آمار دبی روزانه ایستگاه آق‌قلا و نرم افزار Excel ترسیم گردید که در شکل ۶ نشان داده شده است، و جریان های با احتمال تجاوز ، ۷۵ و ۹۰ درصد در جدول۶ ارائه شده است. در این روش Q_{90} معرف جریانی است که در ۹۰ درصد مواقع جریان دارد و در بیشتر موارد به عنوان حداقل جریان محیط زیستی در نظر گرفته می شود.

جدول ۶- حق آبه محیط زیستی توصیه شده برای ایستگاه آق قلا با استفاده از منحنی تداوم جریان (متر مکعب بر ثانیه)

رودخانه	ایستگاه	Q_{75}	Q_{90}
گرگان رود	آق قلا	۴/۴۷	۰/۹۱

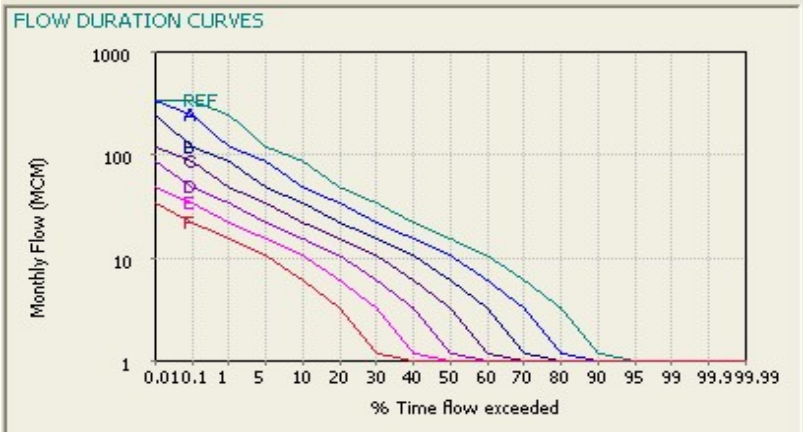


شکل۶- منحنی تداوم جریان محیط زیستی گرگانرود- ایستگاه آق‌قلا

۵.۳. تغییر منحنی تداوم جریان

برای محاسبه حق آبه محیط زیستی از روش FDC shifting از اولین نسخه نرم افزار GEFC (۲۰۰۷) استفاده شده است، داده های مورد نیاز ورودی به این نرم افزار داده های بلند مدت (حداقل ۲۰ سال) جریان ماهیانه می باشد. بنابراین داده های ماهیانه جریان برای رودخانه مورد مطالعه به فرمت قابل قبول نرم افراز (فایل Text) تبدیل و به نرم افزار وارد شد. همانطور که توضیح داده شد، این روش برای کلاس های مختلف مدیریتی جریان های مختلفی را ارائه می کند. منحنی تداوم حق آبه محیط زیستی برای شش کلاس مدیریت محیط زیستی A تا F برای

رودخانه گرگانرود در شکل ۷ و نتایج حاصل از این روش در جدول ۷ ارائه شده است. مهم‌ترین مسئله در این روش استفاده مناسب از شیفت‌های عرضی در هر کلاس مدیریت محیط زیستی 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، بسیار مشکل می‌باشد. بنابراین باتوجه به فقدان این اطلاعات، در این تحقیق از حداقل شیفت عرضی ممکن در هر کلاس (یک شیفت عرضی) استفاده شده است.



شکل۷- منحنی تداوم حق آبه محیط زیستی رودخانه گرگانرود

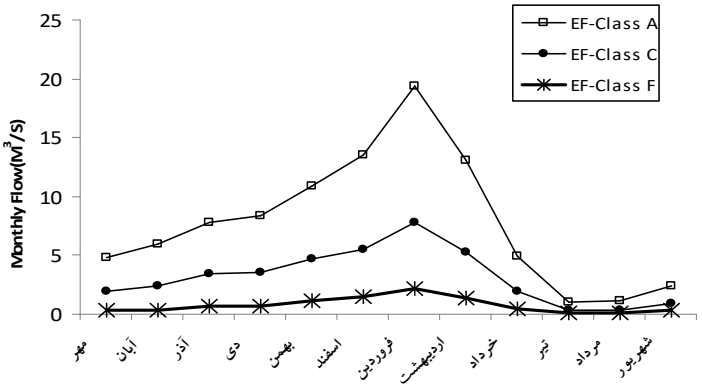
جدول۷- حق آبه محیط زیستی رودخانه مورد مطالعه بر حسب درصدی از MAR

نام رودخانه	متوسط آورد سالیانه (MAR) (m3/s)	حق آبه محیط زیستی بلند مدت (EWR) درصدی از (MAR)				
		کلاس A	کلاس B	کلاس C	کلاس D	کلاس E	کلاس F
گرگانرود	۱۱/۸	۶۸/۹	۴۴	۲۸/۲	۱۸/۱	۱۱/۴	۷

همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود برای حفظ رودخانه مورد مطالعه در کلاسA، ۶۸ درصد MAR، در کلاس B، ۴۴ درصد، در کلاس C، ۲۸ درصد و در کلاس D که حداقل کلاس قابل قبول می باشد ۱۸ درصد MAR مورد نیاز است. از سوی دیگر، روش تنانت پیشنهاد می‌کند که پایین‌ترین حد ممکن برای جریان محیط زیستی مطابق با شرایط بسیار ضعیف یک اکوسیستم رودخانه‌ای، ۱۰ درصد MAR می‌باشد. در این تحقیق برای رودخانه مورد مطالعه این درصد (MAR10%) در شیفت شش عرضی و بعبارت دیگر در کلاس F بدست می‌آید. بنابراین می‌توان گفت که ۱۰ درصد پیشنهادی تنانت نمی‌تواند برای شرایط این رودخانه مناسب باشد.

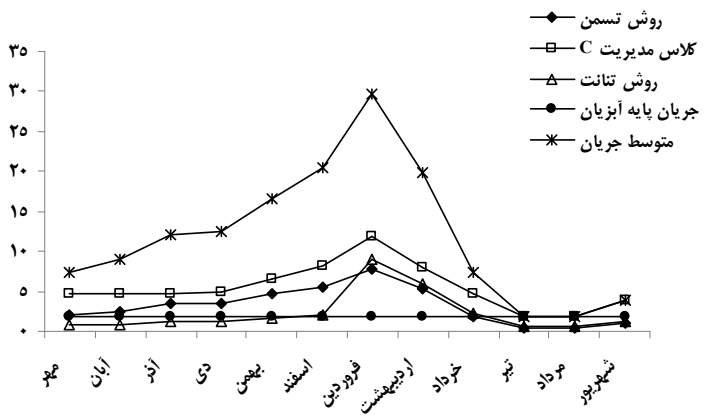
باتوجه به طبقه بندی رودخانه به کلاس‌های مدیریت محیط زیستی مختلف در این روش جدول ۲ در این تحقیق کلاس مدیریتی C بعنوان کلاس مدیریتی مورد نظر انتخاب شد. همانطور که توضیح داده شد، پس از محاسبه منحنی تداوم حق آبه محیط زیستی

در هر کلاس مدیریتی، با استفاده از این منحنی ها، سری زمانی حق آبه محیط زیستی برای هر کلاس تولید می‌شود. سری زمانی تولید شده در کلاسC برای رودخانه گرگانرود، جهت مقایسه با کلاس مدیریتی حالت طبیعی (A) و کلاس بحرانی تغییر یافته (F) در شکل ۸ ارائه شده است.



شکل۸- توزیع ماهانه حق آبه محیط زیستی گرگانرود-ایستگاه آق قلا، به روش تغییر منحنی تداوم جریان (مترمکعب برثانیه)

روش‌های هیدرولوژیکی مورد استفاده در این تحقیق، در تحلیل‌های خود نیاز به داده‌های ماهیانه دارند که بدون محدودیت زمانی و به راحتی در دسترس می-باشند. روش تنانت با کیفیت حیات ماهی در رودخانه در حد قابل قبول بعنوان حداقل نیاز آبی محیط زیستی در رودخانه ها بایستی مورد نظر قرار گیرد. کاربرد روش مونتانا یا تنانت در رودخانه های ایران که با نوسانات شدید آبدهی مواجه هستند با مشکلاتی روبرو می باشد، زیرا این روش در رودخانه های بزرگ و دائمی ایالات متحده مورد مطالعه قرار گرفته است. این روش، در ماه‌های کم آب، کاهش شدید آبدهی را در نظر نمی گیرد. بنابراین توصیه می شود تا حد امکان، روش تنانت در مناطق خشک استفاده نشود و در صورت وجود اطلاعات در دسترس، این روش برای هر منطقه مورد بازبینی و اصلاح قرار گیرد. با اجرای روش پایه آبزیان، برای ماه‌های مختلف سال، جریان محیط زیستی، مقدار ثابت ۱/۸ مترمکعب در ثانیه برآورد شده است. این روش نیاز رودخانه را در ماه‌های مختلف سال یکسان در نظر می‌گیرد بنابراین به عنوان یک روش کارآمد توصیه نمی‌شود. مقایسه نتایج حاصل از روش‌های بکار گرفته شده در این تحقیق، در شکل ۹ ارائه شده است.



شکل۹- مقایسه توزیع ماهانه حق آبه محیط زیستی گرگانرود-ایستگاه آق قلا، به روش‌های مختلف (مترمکعب برثانیه)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

همچنان که قبلا" اشاره شد انتخاب یک روش خاص برای بیان جریان محیط زیستی از بین روش‌های بیان شده مشکل است. اقدامات صحرایی و اندازه‌گیری های زیاد نیل به انتخاب روش بهینه را تسهیل می-بخشد. در مطالعه می‌توان گفت که روش تغییر منحنی تداوم جریان از کارایی بالاتری برخوردار است زیرا می‌توان برای هر ماه یک مقدار مشخص از دبی و با توجه به شرایط آبی موجود، در کلاس‌های مدیریتی استخراج نمود. کلیه‌ی روش‌های گزارش شده برای تعیین مقدار اولیه‌ی جریان محیط زیستی است، در هر منطقه باید با توجه به داده های موجود و میزان هزینه و زمان، روشی بومی سازی گردد. برای مطالعات بیشتر و مطمئن تر، بایستی از اطلاعات اکولوژیک و هیدرولیکی منطقه نیز استفاده گردد.

References:

Abdi, R., Yasi, M., S. Oskooei, R., and Mohammadi, A., 2014. Evaluating environmental flow requirements Zarinrood river by using hydrological Methods. Engineering and Watershed Management Magazine, No.3, 211-223.

Fattahpour, F., Ebrahimi, K., and Liyaghat, A.M., 2014. Investigation of River Ecological Flood Estimation Methods (Case Study: Sefid Rood). The 9th National Conference on Global Environment Day.

Mostafavi, S., and Yasi, M., 1994. Evaluating minimum environmental flow of rivers by Eco-Hydraulic Methods (case study: Barandoozchai-Lake Urmia Basin), Water and Soil Magazine 5(29), 1219-1231.

Arthington, A.H., 2003. Ecological Impacts of dams and flow regulation in rivers, Keynote address at Dams consents and Current Practice New Zealand Society on Large Dams.

Cavendish, M.G., Duncan, M.I., 1986. Use of the in stream flow incremental methodology: a tool for negotiation. Environmental Impact Assessment Review, 6:347-363.

Dyson, M., Bergkamp, G., Scanlon, J., 2003. The essentials of environmental flows. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, Earth System Science, 861-876.

Geller, L.D., 2003. A guide to in stream flow setting in Washington State. Washington department of fish and wide life. Department of Ecology Publication, 03-11-007.

Hu, W., Wang, G., Deng, W., Sh. Li., 2008. The influence of dams on eco hydrological conditions in the Huaihe River basin, China. Ecological Engineering, 33:233-241.

King, J.M., and Brown, C., 2003. Water Resource and Environment, Technical Note C.L. Environmental Flows: Concept and Methods, World Bank.

Manuals determining of required water for aquatic ecosystems, 2002. Power Ministry. Report number: 352. (in Persian).

Meijer, K.S., 2007. Human Well-Being Values of Environmental Flows Enhancing Social Equity in Integrated Water Resources Management, PhD Thesis, Delft University, Netherlands, 194 p.

Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J. and Braun, D.P.,1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. Conserv Biol 10(4): 1163-1174.

Shaeri, S., Seyedi, J., Yasi. M., 2010. The introduction of desktop storage method to calculate the ecological flow of rivers. Proceedings of 9th Iranian Hydraulic conference, Tehran. (in Persian).

Smakhtin, V. U., 2001. Low flow hydrology: a review, Journal of Hydrology, 240, 147-186.

Smakhtin, V.U., 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.

Tharme, R., 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers, Published online in Wiley InterScience.

Theodoropoulos, C., Papadnikolaki G., Stamou A., Buim M., Rutschmann P., Skoulikidis N., 2015. A Methodology for the determination of environmental flow releases from dams based on hydrodynamic habitat modelling and benthic macro invertebrates Hellenic Centre for Marine Research, Institute of Marine Biological Resources and Inland.