نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۶، شماره ۳، ۱۳۹۳، صفحات ۲۱۱-۲۲۳

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 6, Issue 3, 2014, Pages 211-223

ارزیابی نیاز زیست‌محیطی رودخانه زرینه‌رود با روش‌های هیدرولوژیکی

رضا عبدی*[۱]، مهدی یاسی[۲]، رضا سکوتی اسکوئی[۳] و احسان محمدی[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، [۲] دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، [۳] دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، [۴] کارشناس ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۲۱

چکیده

تعیین جریان زیست‌محیطی در سامانه‌های رودخانه‌ای و سایر اکوسیستم‌های آبی، علم جدیدی در ایران و دیگر کشورهای در حال توسعه است. این پژوهش به ارزیابی نیاز اکولوژیکی در یک رودخانه، با روش‌های مختلف و اکو-هیدرولوژیکی می‌پردازد. در این تحقیق، نیاز زیست‌محیطی رودخانه زرینه‌رود (در شمال غرب ایران) در محدوده مطالعاتی پایین‌دست سد بوکان تا محل ورود به دریاچه ارومیه (در حدود ۱۴۰ کیلومتر) با چهار روش Tennant، Tessman، مدل ذخیره رومیزی (DRM) و انتقال منحنی تداوم جریان (FDC Shifting) برآورد شده است. برای این منظور از اطلاعات آب‌سنجی ایستگاه هیدرومتری ساری قمیش استفاده شده است. بر اساس نتایج حاصل، مقادیر به‌دست آمده از روش FDC Shifting به‌دلیل در نظر گرفتن شرایط مدیریت اکولوژیکی نسبت به سایر روش‌ها ارجحیت دارد. بنابراین، نیاز زیست‌محیطی رودخانه زرینه‌رود در طبقه مدیریت زیستی C (حفظ حداقل شرایط زیستی رودخانه) به‌طور متوسط برابر ۱۶/۷ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۳۳ درصد دبی متوسط سالانه) برآورد شده است. توزیع ماهانه جریان زیست‌محیطی پیشنهادی با مقادیر نظیر دبی متوسط ماهانه ایستگاه هیدرومتری ساری قمیش مقایسه شده است. دوره بحرانی رودخانه سه‌ماهه مرداد تا مهر می‌باشد. نیاز زیست‌محیطی در این ماه‌ها به‌ترتیب ۱۲/۶، ۱۱/۶ و ۶/۳ مترمکعب بر ثانیه به سمت پایین‌دست رودخانه است.

واژه‌های کلیدی: اکو-هیدرولوژی، نیاز اکولوژیکی، DRM، FDC Shifting، Tennant

مقدمه

در جهان با افزایش نیاز آبی بشر، فشار بر منابع آبی افزایش یافته است. این موضوع در کشورهای خشکی مانند ایران بسیار جدی‌تر است. نگرانی‌های شناخته شده جهانی جهت توقف تخریب محیط زیست از کنفرانس سال ۱۹۷۲ استکهلم شروع شد (Dyson و همکاران، ۲۰۰۳). در دهه اخیر مفهوم رژیم طبیعی جریان، به‌عنوان یک الگو جهت حفاظت و نگهداری رودخانه‌ها پدید آمده است. تغییرپذیری رژیم جریان، نیروی محرکه اصلی در پایداری اکوسیستم رودخانه می‌باشد (Poff و همکاران، ۱۹۹۷). شدت جریان‌های مناسب به دلایل متعددی دارای اهمیت هستند. جریان آب بر سلامت زیستگاه‌های رودخانه، سیستم‌های وابسته به آب و کارکردهای رودخانه تأثیرگذار است. کم‌آبی‌های فصل تابستان باعث کاهش تخم‌ریزی آبزیان و افزایش رقابت برای کسب غذا می‌شود (Geller، ۲۰۰۳). تغییر رژیم جریان می‌تواند به‌طور مستقیم ساختار اکوسیستم را از طریق تأثیر بر

* مسئول مکاتبات: reza.abdi85@gmail.com

مشخصه‌های فیزیکی زیستگاه (شامل: دما، مقدار اکسیژن، شیمی آب و بار رسوبی)، تغییر دهد (Dyson و همکاران، ۲۰۰۳).

تغییر در اکوسیستم رودخانه به‌علت تغییرات کمی و کیفی آب حاصل می‌شود و حتی در نقاط دورتر نظیر مصب رودخانه نیز ظاهر می‌شود. کاهش عمق و سرعت آب رودخانه‌ها باعث تقلیل قدرت خودپالایی رودخانه می‌شود (Ahmadpour، ۲۰۱۲). کاهش مواد رسوبی در مصب رودخانه باعث فرسایش سواحل دریا، تغییر اکوسیستم سواحل و مصب رودخانه می‌شود و ایجاد سد، تغییرات جزئی و محلی در آب و هوای منطقه ایجاد می‌نماید که تولید مه و تغییرات دمای آب از آن جمله می‌باشد. تغییر دمای آب در مراحل بعدی بر اکوسیستم پایین‌دست و بر روی کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک‌های آبیاری شده اثر می‌گذارد (Maknoon، ۱۹۸۹). در مطالعه آب‌های جاری رودخانه‌ها، مطالعات بیولوژیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و مکمل مطالعات فیزیکی و شیمیایی است که می‌تواند یک نتیجه منطقی و معقول از اکوسیستم مورد مطالعه را ارائه دهد.

تنوع زیستی در رودخانه‌ها بیشتر تحت تاثیر دو نوع عوامل قرار می‌گیرد (Amini، ۲۰۰۸). ۱) عوامل طبیعی که از جمله آن می‌توان به طول و شیب رودخانه، پوشش گیاهی حوزه آبخیز، سطح بستر رودخانه، ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی، فصول مختلف و ... اشاره کرد. ۲) عوامل تأثیرگذار انسانی از جمله ساخت سدها بر روی رودخانه‌ها، مصارف بیش از حد آب رودخانه‌ها، تخلیه انواع مواد آلوده‌کننده فاضلاب به رودخانه‌ها و انحراف در مسیر رودخانه‌ها اشاره کرد.

به‌منظور پیشگیری از اثرات منفی درازمدت طرح‌ها بر اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، لازم است نیازمندی‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی رودخانه در قالب نیاز آب زیست‌محیطی تعریف شده و در تعاملات تخصیص آب مد نظر قرار گیرد. جریان زیست‌محیطی[1] مفهوم جدیدی در ایران می‌باشد. با وجود تالاب‌ها و رودخانه‌های زیاد در ایران، دانش اکولوژیکی و داده‌های وابسته به آن، بسیار محدود بوده و تا کنون مطالعه دقیقی در این زمینه صورت نگرفته است (Lotfi، ۲۰۰۲). جریان زیست‌محیطی به تخصیصی از آب با یک توزیع تجویزی در مکان و زمان مشخص گفته می‌شود که عمداً در یک رودخانه رها می‌شود تا سلامت رودخانه و تمامیت اکوسیستم‌هایی که به‌وسیله جریان رودخانه‌ها پایدار نگه داشته شده‌اند را مدیریت کند (Hirji و Panella، ۲۰۰۳).

Cavendish و Duncan (۱۹۸۶)، با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی جریان زیست‌محیطی را در منطقه میسوری به‌دست آورده و به این نتیجه رسیدند که اغلب اوقات با مدت افت جریان متناسب می‌باشند. آن‌ها با استفاده از اطلاعات هیدرولوژیکی نحوه تعیین ویژگی‌های جریان زیست‌محیطی را توصیه کردند؛ همچنین، یکی از اهداف مهم جریان زیست محیطی را در حفظ آبزیان آب شیرین دانستند. Hu و همکاران (۲۰۰۸)، در بررسی تأثیر سدها بر وضعیت‌های اکولوژیکی در حوزه آبخیز رودخانه Huaih در چین از روش RVA[2] استفاده کردند. این مطالعه نشان داد که سدها اثرات منفی شدیدی بر وضعیت اکولوژیکی حوزه آبخیز Huaih مخصوصاً در فصول خشک دارند. آن‌ها با استفاده از ضوابط روش Tennant و با توجه به بار آلودگی زیاد از فصول خشک از ۲۰ درصد متوسط چندساله جریان به‌عنوان نیاز زیست‌محیطی و اکولوژیکی استفاده کردند که این جریان ۲۰ درصدی پیشنهادی در محدوده RVA متوسط جریان‌های ماهیانه در ماه‌های خشک قرار داشت. Poff و همکاران (۲۰۱۰)، روشی جدید و جامع برای ارزیابی نیازهای جریان زیست‌محیطی مطابق با استانداردهای جریان زیست‌محیطی تعریف کردند. این روش که محدودیت‌های اکولوژیکی ناشی از تغییرات هیدرولوژیکی (ELOHA[3]) نام دارد، بر اساس تکنیک‌های هیدرولوژیکی موجود پایه‌ریزی شده است. این روش قابل انعطاف برای مناطق مختلف بوده و برای مدیران آبی این امکان را فراهم می‌کند که بر پایه اهداف اجتماعی و اطلاعات اکولوژیکی و استانداردهای

[1] Environmental Flow

[2] Range of Variation Approach

[3] Ecological limits of hydrologic alteration

موجود، مدیریت صحیحی از جریان زیست‌محیطی داشته باشند.

هدف این پژوهش، مقایسه کاربرد روش‌های مختلف ترکیبی اکولوژیکی، هیدرولوژیکی برآورد نیاز زیست‌محیطی، جهت تأمین حداقل شرایط زیستی مورد نظر است. برای مطالعه موردی رودخانه زرینه‌رود به‌طول تقریبی ۱۴۰ کیلومتر تا محل ورود به دریاچه ارومیه انتخاب شد، به‌طوری‌که در شرایط بهره‌برداری از سد بوکان و بند نوروزلو، اکوسیستم رودخانه در حد قابل قبول حفظ شود. با توجه به نبود سوابق مطالعاتی قابل اتکا و خلاء اطلاعاتی در این زمینه، این پژوهش به دنبال آن است که مقادیر مورد نظر به‌عنوان دبی زیست‌محیطی را برای منطقه مورد مطالعه ارائه نماید. در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی سیستم رودخانه زرینه‌رود جهت برآورد نیاز زیست محیطی از اهمیت بسیاری برخوردار است، چرا که اکثر روش‌های ارائه شده عمدتاً بدون در نظر گرفتن شرایط زیست‌محیطی ایران به‌کار برده می‌شوند که این امر دقت نتایج حاصله را کاهش داده و گاه حتی نتایج معکوسی را حاصل می‌کند. در نظر گرفتن دبی زیست محیطی رودخانه زرینه‌رود به‌خاطر شرایط اکوسیستم بحرانی رودخانه مخصوصاً در محدوده شهر میاندوآب و پایین-دست آن و اهمیت این رودخانه برای تأمین حق‌آبه قابل توجه دریاچه ارومیه که اکنون از مرز هشدار گذشته است، اهمیت بسیار زیادی دارد.

مواد و روش‌ها

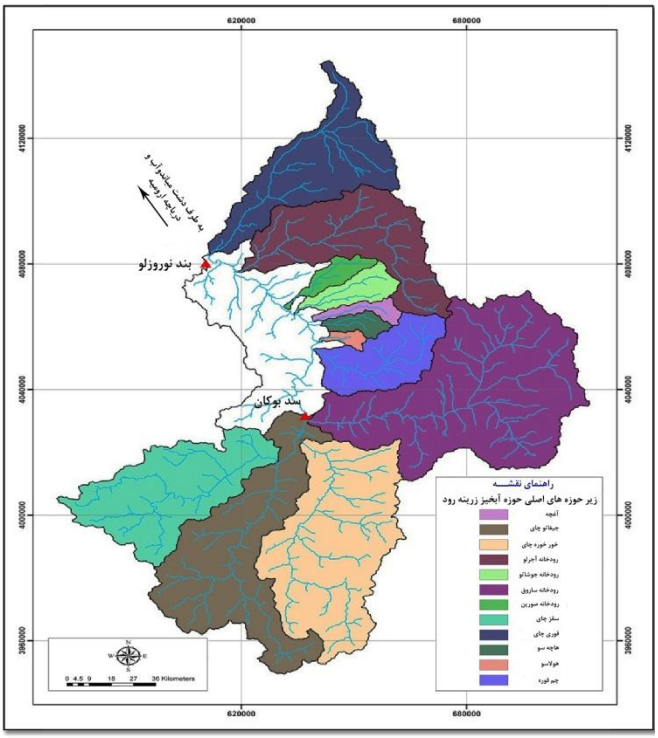
منطقه مورد پژوهش: زیرحوضه زرینه‌رود در جنوب و جنوب شرقی دریاچه ارومیه واقع شده و از نظر وسعت، بزرگ‌ترین زیرحوضه از حوزه آبخیز دریاچه ارومیه می‌باشد. حدود جغرافیایی آن از شمال به زیرحوضه صوفی‌چای و دریاچه ارومیه، از غرب به حوزه آبخیز خلیج فارس و دریای عمان و از شرق به حوزه آبخیز دریای خزر محصور می‌شود. رودخانه زرینه‌رود از به هم پیوستن سه رودخانه ساروق‌چای، خرخره‌چای، سقزچای به شاخه جیغ‌آتوچای (اصلی-ترین سرشاخه) تشکیل می‌شود و در نهایت آب این رودخانه‌ها وارد سد بوکان می‌شوند. مساحت حوزه آبخیز تا محل سد بوکان ۶۰۹۳ کیلومتر مربع و در پایین‌دست آن که محدوده مورد مطالعه در این پژوهش است ۴۰۵۷ کیلومتر مربع می‌باشد. در ۷۰ کیلومتری پایین‌دست سد بوکان بند نوروزلو قرار دارد، در محل این بند از کانال‌های ساحل راست و چپ به-ترتیب برای تأمین آب شرب شهر تبریز و اراضی تحت پوشش استفاده می‌شود. در حد فاصل سد بوکان تا بند نوروزلو هشت رودخانه فصلی با نام‌های قوره‌چای، هولاسو، هاچاسو، آغچه، جوشاتو، صورین، آجرلو و قوری‌چای به زرینه‌رود متصل می‌شوند (SNCE، ۲۰۱۲).

در شکل ۱، حوزه آبخیز رودخانه زرینه‌رود در محدوده مورد نظر ارائه شده است. برای انجام محاسبات برآورد دبی زیست‌محیطی رودخانه از داده-های ایستگاه هیدرومتری ساری قمیش در پنج کیلومتری پایین‌دست سد بوکان استفاده شد. اطلاعات مربوط به ایستگاه هیدرومتری ساری قمیش در جدول ۱ آمده است.

روش هیدرولوژیکی Tennant: این روش درصدی از متوسط جریان سالیانه را برای تعیین کیفیت زیستگاه ماهیان به‌کار می‌برد. Tennant از ۵۸ مقطع عرضی ۱۱ رودخانه در مونتانا، نبراسکا و وایومینگ نتیجه گرفت که ۱۰ درصد متوسط جریان سالیانه[1] (AAF)، حداقل جریان برای بقای کوتاه‌مدت ماهی‌ها می‌باشد. ۳۰ درصد AAF در نظر گرفته شده قادر به حفظ وضعیت‌های بقای نسبتاً خوب بوده و ۶۰ درصد AAF برای زیستگاه مطلوب مناسب می‌باشد. جریان‌های معین مرتبط با درجه‌بندی‌های کیفی زیستگاه ماهیان که برای تعریف جریان مورد نیاز جهت حفظ زیستگاه ماهیان با کیفیت مطلوب استفاده شده‌اند، به‌صورت جز به جز در جدول ۲ ارائه شده است (Tennant، ۱۹۷۶).

سطح قابل قبول از این روش با توجه به دستورالعمل ابلاغ شده وزارت نیرو معادل ۳۰ درصد دبی متوسط سالانه برای فروردین تا شهریور (به‌عنوان دوره پر آبی) و ۱۰ درصد دبی متوسط سالانه برای مهر تا اسفند (به‌عنوان دوره کم آبی) می‌باشد (VPSPS، ۲۰۱۱).

[1] Average Annually Flow



شکل ۱- نمایی از حوزه آبخیز رودخانه زرینه‌رود

جدول ۱- نام و موقعیت ایستگاه هیدرومتری در بازه منتخب رودخانه زرینه‌رود

رودخانه	ایستگاه هیدرومتری	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	دوره آماری	متوسط آورد سالانه (میلیون مترمکعب)	جریان متوسط (مترمکعب بر ثانیه)
زرینه‌رود	ساری قمیش	۴۶°۲۹'	۳۶°۲۹'	۱۳۸۰	۱۳۳۵ -۹۰	۱۵۳۳/۰	۴۹/۸

جدول ۲- جریان زیست‌محیطی برای حیات ماهیان و مقاصد تفریحی در روش Tennant

توصیف جریان‌ها	رژیم‌های پیشنهادی جریان پایه (درصدی از متوسط جریان سالیانه - MAF%)	
	مهر - اسفند	فروردین - شهریور
شست و شوی سریع یا حداکثر	۲۰۰	۲۰۰
محدوده بهینه	۶۰-۱۰۰	۶۰-۱۰۰
بسیار عالی	۴۰	۶۰
عالی	۳۰	۵۰
خوب	۲۰	۴۰
قابل قبول	۱۰	۳۰
ضعیف	۱۰	۱۰
بسیار ضعیف	<۱۰	<۱۰

روش هیدرولوژیکی Tessman: Tessman (۱۹۸۰)، با اقتباس از پیشنهادات فصلی روش Tennant از ترکیبی از متوسط جریان ماهیانه[1] (MMF) و متوسط جریان سالیانه[2] (MAF) برای تعیین حداقل جریان ماهیانه مورد نیاز استفاده کرد (شکل ۲).

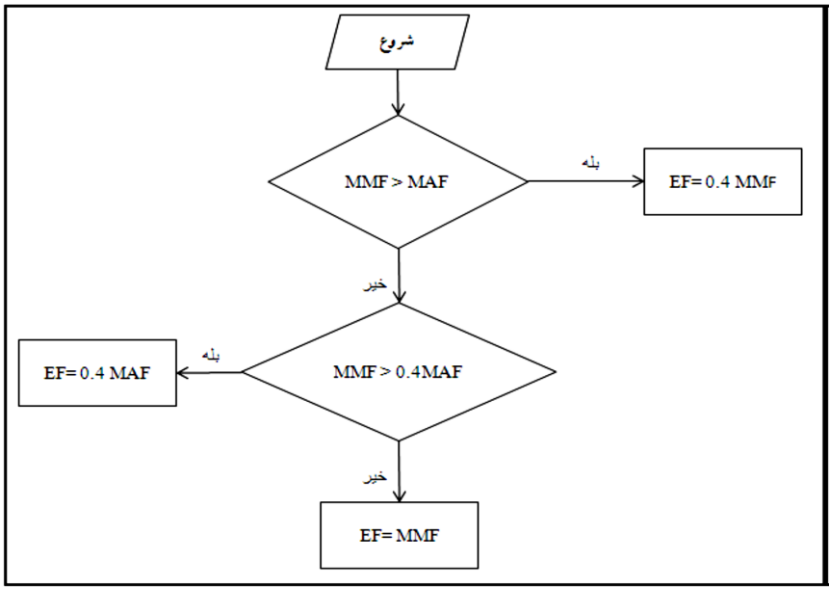
- اگر MAF>MMF 40% باشد، MMF به‌عنوان حداقل جریان ماهیانه در نظر گرفته می‌شود.
- اگر MAF<MMF 40% باشد، MAF 40% به‌عنوان حداقل جریان ماهیانه در نظر گرفته می‌شود.
- اگر MAF<MMF باشد، MMF 40% به‌عنوان حداقل جریان ماهیانه درنظر گرفته می‌شود.

روش اکو-هیدرولوژیکی مدل ذخیره رومیزی[3] (DRM): این مدل یکی از روش‌هایی است که قادر است تا نیاز جریان اکولوژیکی را در شرایطی که یک ارزیابی سریع مورد نیاز است و داده‌های موجود

[1] Mean Monthly Flow
[2] Mean Annually Flow
[3] Desktop Reserve Model

محدود می‌باشند، محاسبه کند. این مدل برای وضعیت‌های مشاهده شده در آفریقای جنوبی توسعه یافته است (DWAF، ۱۹۹۷).

در آفریقای جنوبی رودخانه‌ها نسبت به وضعیت اکولوژیکی مطلوب، تقسیم‌بندی می‌شوند و متعاقباً نیازهای جریان نیز طبقه‌بندی می‌شوند. این سیستم طبقه‌بندی نشان می‌دهد که در عین حال که برخی رودخانه‌ها از نظر زیست محیطی پر اهمیت هستند، اما به‌دلیل نیازهای توسعه اجتماعی-اقتصادی همه رودخانه‌ها نمی‌توانند در وضعیت‌های نزدیک به شرایط طبیعی باقی بمانند. بنابراین چهار "طبقه مدیریت زیست‌محیطی" ممکن A تا D تعریف می‌شوند.



شکل ۲- فلوچارت تعیین جریان زیست‌محیطی به روش Tessman

طبقه A شامل رودخانه‌های طبیعی و تغییر نیافته می‌شود، طبقه B رودخانه‌های تغییر یافته ولی تا حد زیادی طبیعی، طبقه C رودخانه‌های نسبتاً تغییر یافته و طبقه D رودخانه‌های تا حد زیادی تغییر یافته با خسارات زیاد به زیستگاه طبیعی، بیوتا[۱] و عملکرد اساسی اکوسیستم می‌باشد. در این دسته‌بندی‌ها، طبقه‌بندی‌های انتقالی (مثلاً A/B و B/C) نیز برای افزایش محدوده جریان‌های زیست‌محیطی ممکن مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سیستم طبقه‌بندی در مدل DRM استفاده می‌شود و نیازهای جریان بر اساس آن محاسبه می‌شود. به طبقه‌های بالاتر، آب بیشتری برای حفظ اکوسیستم تخصیص داده شده و تغییرپذیری جریان بیشتر حفظ می‌شود (Hughes و Hannart، ۲۰۰۳). برای محاسبه نیاز آب زیست‌محیطی از روش DRM از نرم‌افزار Desktop Reserve Model (ver.2) استفاده شد. داده‌های مورد نیاز ورودی به این نرم‌افزار داده‌های طبیعی جریان ماهیانه می‌باشد.

روش اکو-هیدرولوژیکی انتقال منحنی تداوم جریان (FDC Shifting): این روش توسط Smakhtin و Anputas (۲۰۰۶) به‌منظور ارزیابی جریان زیست‌محیطی در سامانه رودخانه معرفی شده است. این روش که اصطلاحاً "انتقال منحنی تداوم جریان" نامیده می‌شود، یک رژیم هیدرولوژیکی برای حفاظت رودخانه در وضعیت اکولوژیکی مطلوب ارائه می‌دهد و شامل چهار مرحله اصلی ۱) شبیه‌سازی وضعیت‌های هیدرولوژیکی موجود، ۲) تعریف طبقه-های مدیریت زیست‌محیطی، ۳) تولید منحنی‌های تداوم جریان زیست‌محیطی و تولید سری زمانی جریان زیست‌محیطی ماهانه به شرح زیر می‌باشد.

[۱] Biota: نمامی گیاهان و حیوانات زنده‌ای که در ناحیه‌ای مشخص زندگی می‌کنند.

۱) شبیه‌سازی وضعیت‌های هیدرولوژیکی موجود: اولین مرحله، تهیه منحنی تداوم جریان طبیعی[1] (FDC) در بازه رودخانه‌ای مورد نظر با استفاده از داده‌های ماهیانه جریان می‌باشد. در این روش، محور احتمالات منحنی تداوم جریان با نمایش ۱۷ درصد احتمال وقوع (۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۹۹، ۹۹/۹، ۹۹/۹۹) تهیه می‌شود. این نقاط تضمین می‌کنند که تمام محدوده جریان‌ها به قدر کافی پوشش داده شده و همین طور ادامه کار را در مراحل بعدی آسان می‌سازند (Smakhtin و Anputas، ۲۰۰۶).

۲) تعریف طبقه‌های مدیریت زیست‌محیطی: در ارزیابی جریان زیست‌محیطی از روش انتقال منحنی تداوم جریان، از داده‌های ماهیانه رودخانه استفاده شده و بر مبنای منحنی تداوم جریان طبیعی و موجود رودخانه، منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی برای هر طبقه مورد نظر از مدیریت زیست‌محیطی تعیین می‌شود. هدف تأمین جریان‌های زیست‌محیطی، حفظ اکوسیستم در (یا ارتقا آن به) وضعیت‌های مورد نظر می‌باشد که به‌عنوان حالت آینده مطلوب[2]، طبقه مدیریت زیست‌محیطی[3]، رده مدیریت اکولوژیکی[4] و یا سطح حفاظت زیست‌محیطی[5] شناخته می‌شود. طبقه بالاتر مدیریت زیست‌محیطی به آب بیشتری جهت حفظ و نگهداری اکوسیستم نیاز خواهد داشت. در این روش شش طبقه مدیریت زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گرفت که به تفصیل در جدول ۳ توضیح داده شده است (Smakhtin و Anputas، ۲۰۰۶).

۳) تولید منحنی‌های تداوم جریان زیست محیطی: پس از ترسیم منحنی تداوم جریان طبیعی، در مرحله بعد با استفاده از تغییرات (شیفت) عرضی به‌سمت چپ در طول محور احتمال، منحنی تداوم جریان زیست محیطی برای هر طبقه مدیریتی محاسبه می‌شود. ۱۷ درصد احتمالاتی اشاره شده به‌عنوان گام‌های مختلف این شیفت استفاده می‌شوند. یک شیفت در منحنی تداوم جریان طبیعی به این معنی است که جریانی که ۹۹/۹۹ درصد مواقع رخ می‌داد، اکنون در ۹۹/۹ درصد مواقع رخ می‌دهد و جریانی که در ۹۹/۹ مواقع رخ می‌داد، اکنون در ۹۹ درصد مواقع رخ می‌دهد و به‌همین ترتیب تا ۰/۰۱ درصد (شکل ۳). یک برون‌یابی خطی برای تعریف "جریان‌های کم آبی جدید" در پایین‌ترین دنباله از یک منحنی تغییریافته مورد استفاده قرار می‌گیرد (Smakhtin و Anputas، ۲۰۰۶).

۴) تولید سری زمانی جریان زیست محیطی ماهیانه: یک منحنی تداوم جریان زیست محیطی برای هر طبقه فقط خلاصه‌ای از رژیم جریان زیست محیطی قابل قبول برای آن طبقه را ارائه می‌دهد. از طریق یک میان‌یابی فضایی می‌توان منحنی‌های تداوم جریان زیست‌محیطی را به سری‌های زمانی جریان زیست‌محیطی ماهیانه تبدیل کرد. برای این منظور از روشی که Hughes و Smakhtin (۱۹۹۶) ارائه دادند، استفاده می‌شود، اساساً از این روش برای تولید سری زمانی سایت‌های فاقد اطلاعات با استفاده از سایت‌های دارای اطلاعات استفاده می‌شود. در این روش برای هر ماه یک درصد بر روی منحنی تداوم جریان طبیعی تشخیص داده می‌شود و سپس در همان درصد، مقدار جریان ماهیانه از روی منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی قرائت می‌شود. روند کار در شکل ۴ نشان داده شده است.

با استفاده از سری‌های زمانی جریان ماهیانه طبیعی رودخانه، متوسط جریان سالیانه (MAR) محاسبه می‌شود، متوسط جریان زیست‌محیطی سالیانه[6] (MAER) نیز با استفاده از سری‌های زمانی جریان ماهیانه زیست‌محیطی تولید شده، محاسبه می‌شود. سپس با تقسیم متوسط جریان زیست‌محیطی سالیانه بر متوسط جریان سالیانه (MAER/MAR) می‌توان درصدی از MAR را که باید برای هر طبقه مدیریتی به‌عنوان جریان زیست‌محیطی در نظر گرفته شود، محاسبه کرد (Hughes و Smakhtin، ۱۹۹۶).

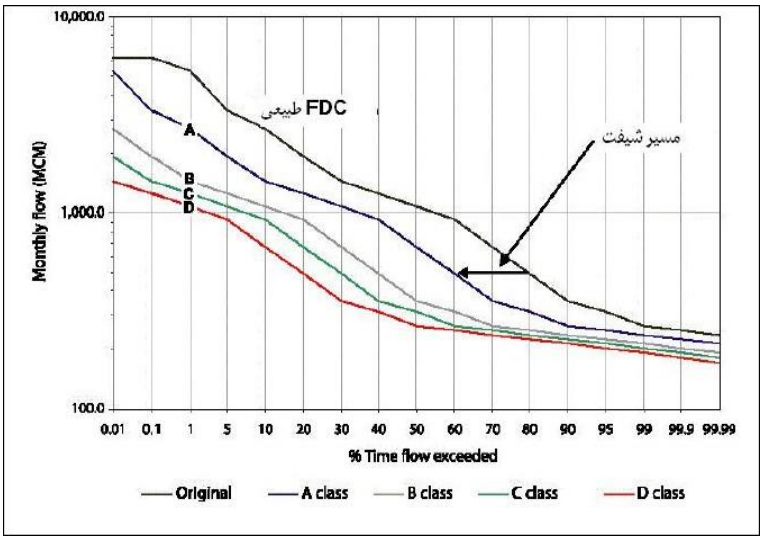
در روش انتقال منحنی تداوم جریان از نرم‌افزار GEFC استفاده می‌شود. این نرم‌افزار در سال ۲۰۰۷ به‌وسیله مؤسسه بین‌المللی مدیریت منابع آب

[1] Flow Duration Curve
[2] Desired Future State
[3] Environmental Management Class
[4] Ecological Management Category
[5] Level of Environmental Protection
[6] Mean Annual Environmental Runoff

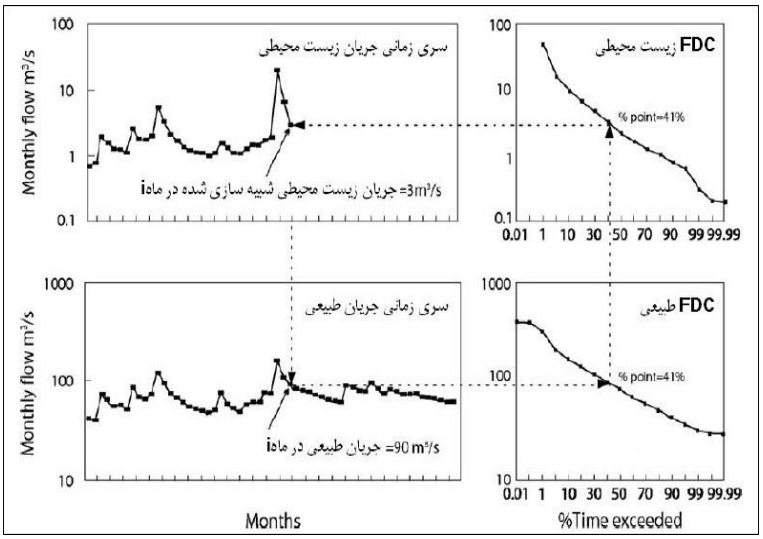
(IWMI) در سریلانکا برای ارزیابی اولیه و سریع نیاز زیست‌محیطی در حوضه رودخانه‌ها با همکاری گروه تحلیل سیستم‌های آبی دانشگاه نیوهمپ‌شیر ایالات متحده توسعه یافته است. داده‌های ورودی مورد نیاز نرم‌افزار، داده‌های بلندمدت (حداقل ۲۰ سال) جریان ماهیانه می‌باشد (Smakhtin و Anputas، ۲۰۰۶).

جدول ۳- طبقه‌های مدیریت زیست‌محیطی در روش انتقال منحنی تداوم جریان

طبقه‌های مدیریت زیست‌محیطی (EMC)	تعریف اکولوژیکی	دیدگاه مدیریتی
A: طبیعی	وضعیت دست‌نخورده یا حداقل تغییرات زیستگاه ساحلی و رودخانه‌ای	رودخانه‌ها و حوضه‌های حفاظت شده، مناطق حفاظت شده و پارک‌های ملی، اجازه هیچ پروژه آبی (سدها، انحراف آب و...) داده نمی‌شود.
B: اندک تغییر یافته	تنوع زیستی و زیستگاه‌های دست نخورده بیشتر، با وجود توسعه منابع آبی و/یا تغییرات حوضه‌ای	طرح‌های تأمین آب یا توسعه آبیاری موجود و یا مجاز
C: نسبتاً تغییر یافته	زیستگاه‌ها و دینامیک بیوتا مختل شده ولی عملکردهای اساسی اکوسیستم هنوز دست نخورده‌اند. برخی گونه‌های حساس از بین رفته و/یا تا حدی کاهش یافته‌اند. گونه‌های ناشناخته موجود می‌باشند.	موانع و مشکلات زیاد در ارتباط با نیاز برای توسعه اقتصادی-اجتماعی از قبیل سدها، پروژهای انحراف آب، تغییرات زیستگاه و کیفیت کاهش یافته آب.
D: تا حد زیادی تغییریافته	تغییرات وسیعی در زیستگاه طبیعی، بیوتا و عملکرد اساسی اکوسیتم رخ داده است. فراوانی گونه‌ها به طرز قابل وضوحی کمتر از حد انتظار است. کاهش چشمگیر گونه‌های غیر مقاوم (حساس)، افزایش و شیوع گونه‌های ناشناخته.	موانع کاملاً مشهود و مهم در ارتباط با توسعه منابع آبی و حوضه‌های شامل سدها، انحراف آب، انتقالات، تغییرات زیستگاه‌ها و کاهش کیفیت آب.
E: به شدت تغییر یافته	تعداد و تنوع زیستگاه‌ها کاهش یافته است. فراوانی گونه‌ها به طرز شگفت‌آوری کمتر از حد انتظار است. فقط گونه‌های مقاوم باقی می‌مانند. گونه‌های بومی، نمی‌توانند تولید شوند. گونه‌های ناشناخته اکوسیستم را مورد تهاجم قرار داده‌اند.	تراکم جمعیت انسانی بالا و بهره‌برداری زیاد از منابع آبی. عموماً این حالت نباید به‌عنوان یک هدف مدیریتی پذیرفته شود. مداخلات مدیریتی جهت بازیابی الگوی جریان و انتقال رودخانه به یک طبقه مدیریتی بالاتر لازم است.
F: به طرز بحرانی تغییر یافته	تغییرات به یک سطح بحرانی رسیده‌اند و اکوسیستم کاملاً دچار تغییرات شده و می‌توان گفت زیستگاه‌های طبیعی و بیوتا دچار تخریب کامل شده‌اند. در بدترین حالت عملکردهای اساسی اکوسیستم از بین رفته‌اند و تغییرات جبران‌ناپذیر هستند.	این حالت از نقطه نظر مدیریتی قابل قبول نمی‌باشد. دخالت‌های مدیریتی برای بازگرداندن الگوهای جریان، زیستگاه‌های رودخانه‌ای و... (اگر هنوز ممکن و شدنی باشد) برای جابه‌جا کردن یک رودخانه به طبقه مدیریتی بالاتر ضروری می‌باشد.



شکل ۳- برآورد منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی در طبقه‌های زیست‌محیطی با شیفت عرضی (Smakhtin و Anputas، ۲۰۰۶)



شکل ۴- روند تولید سری زمانی جریان زیست‌محیطی از منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی (Hughes و Smakhtin، ۱۹۹۶)

نتایج و بحث

حفظ اکوسیستم سامانه رودخانه زرینه‌رود به‌عنوان مهم‌ترین تامین‌کننده حق‌آبه دریاچه ارومیه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چرا که بر اساس بازدیدهای میدانی، حدود ۲۰ کیلومتر پایین‌دست رودخانه در محل ورود به دریاچه ارومیه شرایط مرفولوژیکی خود را از دست داده است و رودخانه عملاً قادر به تأمین حق‌آبه دریاچه ارومیه نمی‌باشد. در این مطالعه نیاز آب زیست‌محیطی رودخانه زرینه‌رود از روش‌های مختلف هیدرولوژیکی محاسبه شد. در ادامه، مقادیر به‌دست آمده دبی زیست‌محیطی حاصل از روش انتقال منحنی تداوم جریان با سه روش DRM، Tennant و Tessman مقایسه شده است.

در روش Tennant با توجه به دستورالعمل ابلاغ شده وزارت نیرو سطح مورد نظر قابل قبول از این روش معادل MAR درصد ۳۰ برای فروردین تا شهریور و MAR درصد ۱۰ برای مهر تا فروردین می‌باشد. منطق به‌کار رفته در انتخاب بازه زمانی شش ماه، دو دوره کم آبی و پر آبی می‌باشد. ولی با در نظر گرفتن حد متوسط، دوره کم آبی (فروردین تا شهریور) و دوره پر آبی (مهر ماه تا فروردین) با وضعیت هیدرولوژیکی رودخانه مورد مطالعه مطابقت ندارد و شرایط آن متفاوت است. بنابراین بر اساس داده‌های آب‌سنجی منطقه مورد مطالعه، ماه‌های بهمن تا تیر ماه را به‌عنوان ماه‌های پر آبی و ماه‌های مرداد تا دی به‌عنوان ماه‌های کم آبی در نظر گرفته شد. بر این اساس نیاز آب زیست‌محیطی از روش Tennant به‌عنوان Tennant اصلاح شده، برای ماه‌های بهمن تا تیر ۱۴/۹ مترمکعب بر ثانیه و برای ماه‌های مرداد تا دی پنج مترمکعب بر ثانیه محاسبه شد. نیاز زیست‌محیطی با روش تسمن در محدوده مورد مطالعه برآورد شد. با توجه به موارد مطرح شده در روش Tessman برای رودخانه زرینه‌رود به‌طور متوسط جریان ۲۶/۵ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۵۳ درصد دبی متوسط سالانه) به‌عنوان دبی زیست‌محیطی مورد نیاز است. توزیع ماهانه نیاز زیست‌محیطی از این روش در ادامه ارائه شده است. از آن‌جایی‌که دبی زیست‌محیطی برآوردی در برخی ماه‌ها (به‌عنوان مثال ماه‌های شهریور تا بهمن) تمام یا بخش عمده‌ای از جریان رودخانه را شامل می‌شود، این نتایج از نظر مدیریتی در ایران غیرقابل قبول است.

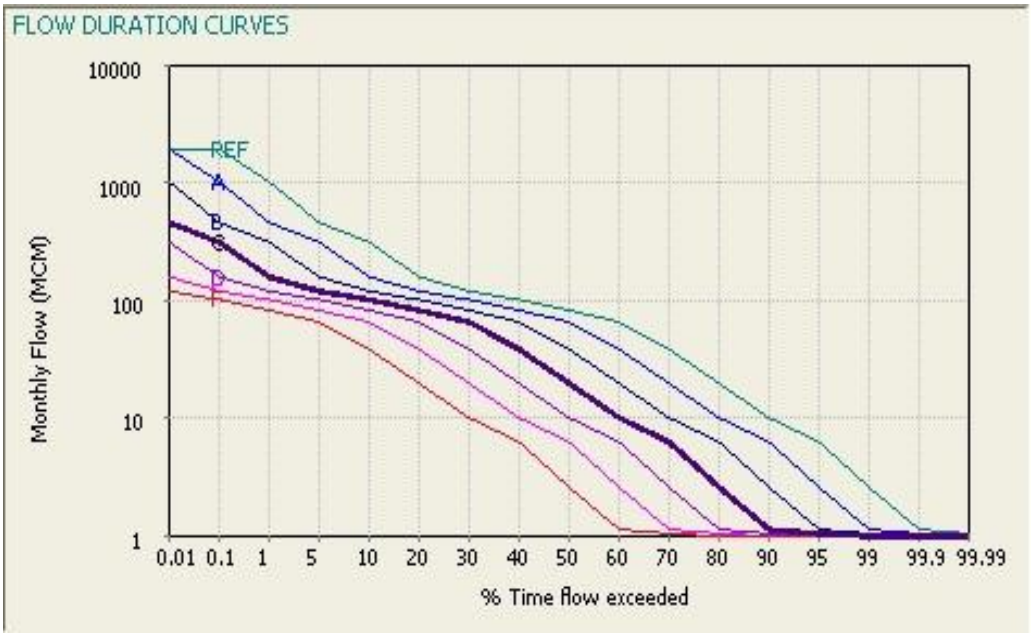
در این پژوهش، با توجه به پیمایش رودخانه زرینه‌رود در محدوده مورد مطالعه در پایین‌دست سد بوکان و ارزیابی اکولوژیکی رودخانه بر اساس تعاریف موجود در روش DRM، طبقه C (حالت تغییریافته رودخانه) به‌عنوان وضعیت اکولوژیکی مورد نظر برای رودخانه مورد مطالعه انتخاب شد. یکی از محدودیت‌های مدل DRM این است که این مدل در محاسبه شاخص ضریب تغییرات، ماه‌های دی تا اسفند را به‌عنوان ماه‌های پر آبی و ماه‌های خرداد تا مرداد را به‌عنوان ماه‌های کم آبی در نظر می‌گیرد (باتوجه به شرایط آفریقای جنوبی) که این گزینه در مدل قابل

تغییر نمی‌باشد. این درحالی است که برای رودخانه مورد مطالعه ماه‌های اسفند تا اردیبهشت ماه‌های پر آب و ماه‌های مرداد تا مهر ماه‌های کم آب می‌باشد. برای برطرف کردن این مشکل و اطمینان از این‌که مدل شاخص تغییرپذیری جریان را بسیار نزدیک به واقعیت محاسبه می‌کند و از آن‌جایی‌که ماه‌های پر آب بر ماه‌های کم آب غلبه دارند، سری زمانی داده‌های جریان ماهیانه ورودی به مدل، دو ماه شیفت داده شدند (یعنی اسفند به دی تبدیل شد و به همین ترتیب تا انتها). نتایج حاصل از مدل نشان می‌دهد که به‌طور متوسط برای حفظ حیات رودخانه در طبقه مدیریتی C، جریان ۱۰/۶ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۲۱ درصد متوسط دبی سالانه) مورد نیاز می‌باشد. نتایج حاصل از برآورد دبی زیست‌محیطی از روش DRM به‌صورت درصدی از متوسط جریان سالانه (MAR) برای طبقه‌های زیستی A تا D، در جدول ۴ آمده است. توزیع ماهانه مقادیر به‌دست آمده از این روش نیز در ادامه آمده است.

جدول ۴- نیاز آب زیست‌محیطی رودخانه زرینه‌رود بر حسب درصدی از MAR از روش DRM

نام رودخانه	متوسط آورد سالیانه (MAR) (m^3s^{-1})	نیاز آب زیست‌محیطی بلندمدت (EWR) (درصدی از MAR)						
		A	A.B	B	B.C	C	C.D	D
زرینه‌رود	۴۹/۸	۴۰	۳۴	۲۸	۲۴	۲۱	۱۹	۱۷

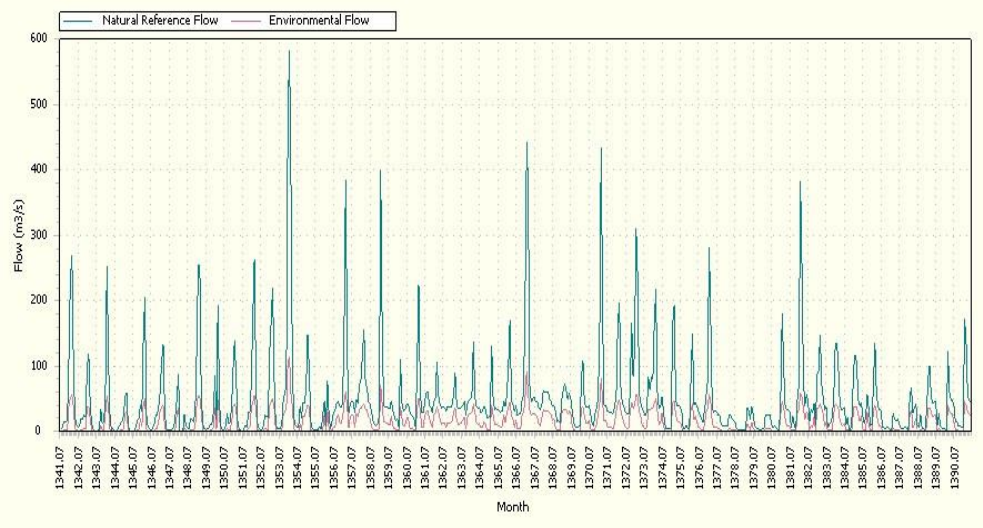
همان‌طور که اشاره شد برای استفاده از روش FDC Shifting، از نرم‌افزار GEFC استفاده شد. منحنی‌های تداوم جریان و منحنی‌های مورد نظر هر کدام از طبقه‌های زیست‌محیطی، در رودخانه مورد مطالعه تعیین شد که در شکل ۵ آمده است. همچنین، نتایج مربوط به دبی‌های زیست‌محیطی حاصل از روش انتقال منحنی تداوم جریان به‌صورت درصدی از متوسط جریان سالانه (MAR)، در جدول ۵ ارائه شده است. در رودخانه زرینه‌رود با توجه به بازدیدهای میدانی از منطقه، شواهد اکولوژیکی محدوده مورد مطالعه و اهمیت زیست‌محیطی رودخانه، طبقه زیستی C (حفظ حداقل شرایط زیستی رودخانه) به‌عنوان طبقه مدیریتی مورد نظر انتخاب شد. نمودار توزیع ماهیانه جریان در ایستگاه هیدرومتری ساری قمیش در بالادست رودخانه زرینه-رود و مقادیر برآورد شده از این روش به‌عنوان دبی زیست‌محیطی در طبقه زیستی C در شکل ۶ ارائه شده است.



شکل ۵- منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی در رودخانه زرینه‌رود

جدول ۵- نیاز آب زیست‌محیطی بازه‌های مورد مطالعه از روش انتقال منحنی تداوم جریان بر حسب درصدی از MAR

نام بازه	متوسط آورد سالیانه (MAR) (m^3s^{-1})	نیاز آب زیست‌محیطی بلندمدت (EWR) (درصدی از MAR)					
		A	B	C	D	E	F
زرینه‌رود	۴۹/۸	۶۸	۴۶	۳۳	۲۳	۱۵	۱۰



شکل ۶- توزیع ماهیانه جریان طبیعی و زیست‌محیطی در ایستگاه هیدرومتری ساری قمیش رودخانه زرینه‌رود

در روش Tennant پیشنهاد شده است که پایین‌ترین حد ممکن برای نیاز آب زیست‌محیطی مطابق با شرایط بسیار ضعیف یک اکوسیستم رودخانه‌ای، ۱۰ درصد MAR در نظر گرفته شود. با توجه به جدول ۵، در رودخانه زرینه‌رود این مقدار (MAR درصد ۱۰) در شش شیفت عرضی و به‌عبارت دیگر در طبقه F به‌دست می‌آید. بنابراین، می‌توان گفت که حداقل جریان معادل ۱۰ درصد پیشنهادی Tennant نمی‌تواند برای شرایط رودخانه زرینه‌رود با توجه به طبقه مدیریتی زیستی انتخاب شده مناسب باشد. با توجه به طبقه زیستی C در روش انتقال منحنی تداوم جریان، دبی زیست‌محیطی به‌طور متوسط ۱۶/۴ مترمکعب بر ثانیه محاسبه شده است.

در جدول ۶، مقادیر متوسط سالانه شدت جریان زیست‌محیطی در رودخانه زرینه‌رود از روش‌های مختلف به‌کار رفته در این مطالعه ارائه شده است. همچنین، در جدول ۷، توزیع ماهانه مقادیر به‌دست آمده برای روش‌های به‌کار رفته آمده است.

روش انتقال منحنی تداوم جریان به‌عنوان یک روش ترکیبی هیدرولوژیکی-اکولوژیکی، نیاز زیست محیطی را بر اساس دید اکولوژیکی در طبقه‌های مدیریت زیستی مختلف با توجه به شرایط زیستی رودخانه و با استفاده از آمار دبی‌های ماهیانه ایستگاه‌های هیدرومتری موجود بر روی رودخانه ارائه می‌کند. توزیع ماهیانه شدت جریان زیست‌محیطی به‌دست آمده از روش منتخب FDC Shifting و دبی متوسط ماهانه در ایستگاه هیدرومتری ساری قمیش (بر روی رودخانه زرینه‌رود) در شکل ۶ نمایش داده شده است.

مدل DRM تحت وضعیت‌های طبیعی قسمت‌های مختلف رژیم جریان و شرایط اکولوژکی رودخانه مورد مطالعه نیاز آب زیست‌محیطی را محاسبه می‌کند. این مسائل در روش اکو-هیدرولوژیکی DRM نقش مهمی در تعیین عملکرد زیست‌محیطی رودخانه بازی می‌کند. با این حال، این مدل بر اساس شرایط اکولوژیکی کشور آفریقای جنوبی طراحی شده است. بنابراین، پارامترهای به‌کار رفته در آن با شرایط منطقه مورد مطالعه متفاوت است و در صورت استفاده در سایر اکوسیستم‌ها باید با ضریب اطمینان کمتری در نظر گرفته شود.

هر چند با انجام صحت‌سنجی می‌توان عملکرد این مدل را بهبود بخشید، محاسبات انجام شده برای برآورد نیاز زیست‌محیطی از روش‌های هیدرولوژیکی

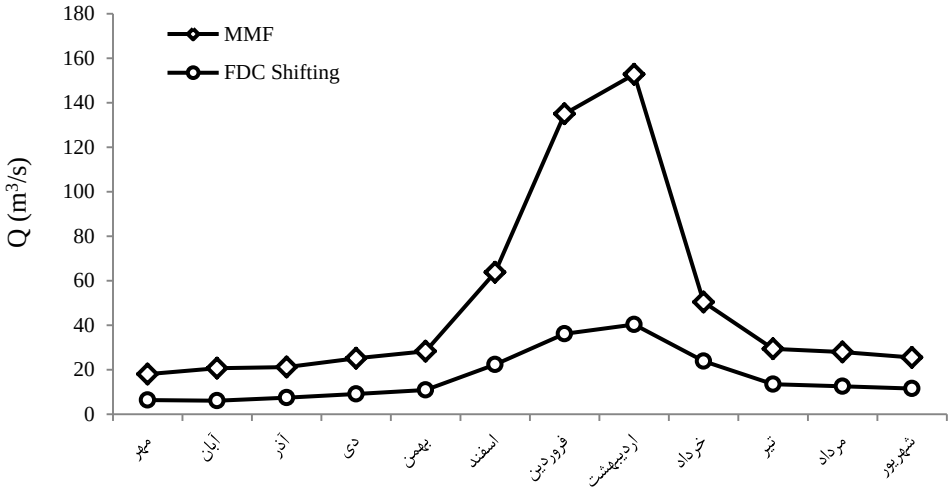
Tennant و Tessman بر پایه اطلاعات هیدرولوژیکی است و نتایج به‌دست آمده از این روش‌ها به‌صورت مستقیم به خصوصیات اکولوژیکی سیستم رودخانه‌ای مربوط نمی‌شود. Watt (۲۰۰۷)، Shaeri Karimi و همکاران (۲۰۱۲) و Ahmadpour (۲۰۱۲) نیز در کارهایشان نتیجه‌گیری کرده‌اند که در نظر گرفتن پارامترهای اکولوژیکی تاثیر به‌سزائی در برآورد صحیح و واقع‌بینانه نیاز زیست‌محیطی دارد.

جدول ۶- مقایسه مقادیر پیشنهادی جریان زیست‌محیطی رودخانه زرینه‌رود از روش‌های مختلف

روش		نیاز آب زیست‌محیطی (EWR)	
		میزان دبی (m^3s^{-1})	%MAR
FDC Shifting	طبقه A	۳۳/۹	۶۸
	طبقه B	۲۲/۹	۴۶
	طبقه C	۱۶/۴	۳۳
	طبقه D	۱۱/۴	۲۳
	طبقه E	۷/۵	۱۵
	طبقه F	۵/۰	۱۰
DRM	طبقه A	۱۹/۹	۴۰
	طبقه A/B	۱۶/۹	۳۴
	طبقه B	۱۳/۸	۲۸
	طبقه B/C	۱۱/۹	۲۴
	طبقه C	۱۰/۴	۲۱
	طبقه C/D	۹/۴	۱۹
	طبقه D	۸/۵	۱۷
Tennant اصلاح شده	بهمن-تیر	۱۴/۹	۳۰
	مرداد-دی	۵/۰	۱۰
Tessman		۲۶/۵	۵۳

جدول ۷- مقایسه مقادیر پیشنهادی جریان زیست‌محیطی رودخانه زرینه‌رود از روش‌های مختلف

ماه	دبی متوسط ماهانه (مترمکعب بر ثانیه)	نیاز زیست‌محیطی (CMS)			
		Tennant اصلاح شده	تسمن	DRM	FDC Shifting
مهر	۱۸/۰	۵/۰	۱۸/۰	۱۰/۱	۶/۳
آبان	۲۰/۶	۵/۰	۱۹/۹	۲۰/۰	۶/۰
آذر	۲۱/۲	۵/۰	۱۹/۹	۶/۹	۷/۵
دی	۲۵/۲	۵/۰	۱۹/۹	۷/۲	۹/۱
بهمن	۲۸/۳	۱۵/۰	۱۹/۹	۵/۴	۱۰/۹
اسفند	۶۳/۸	۱۵/۰	۲۵/۵	۷/۲	۲۲/۳
فروردین	۱۳۴/۹	۱۵/۰	۵۴/۰	۱۰/۸	۳۶/۱
اردیبهشت	۱۵۲/۷	۱۵/۰	۶۱/۱	۱۴/۳	۴۰/۳
خرداد	۵۰/۴	۱۵/۰	۲۰/۲	۹/۹	۲۳/۸
تیر	۲۹/۴	۱۵/۰	۱۹/۹	۹/۱	۱۳/۵
مرداد	۲۷/۹	۵/۰	۱۹/۹	۹/۱	۱۲/۶
شهریور	۲۵/۵	۵/۰	۱۹/۹	۲۵/۵	۱۱/۶
میانگین	۴۹/۸	۱۰/۰	۲۶/۵	۱۰/۶	۱۶/۴



شکل ۶- توزیع ماهانه جریان زیست‌محیطی در رودخانه زرینه‌رود از روش منتخب انتقال منحنی تداوم جریان

روش و مقادیر پیشنهادی در این پژوهش راه حل نهایی برای مشکلات زیست‌محیطی رودخانه زرینه‌رود نمی‌باشد. نبود اطلاعات جامع اکولوژیکی مورد نیاز در مطالعات اکوسیستم رودخانه، سبب برآورد اکو-هیدرولوژیکی با ضریب اطمینان کمتری می‌شود.

در نهایت ذکر این نکته لازم است که مقادیر به‌دست آمده فقط نیاز زیست‌محیطی اراضی پایین‌دست سد بوکان را در نظر گرفته است و بقای دریاچه ارومیه علاوه بر بررسی تعیین نیاز زیست‌محیطی دریاچه ارومیه از رودخانه زرینه‌رود، بررسی جامع و همزمان کلیه رودخانه‌های حوزه آبخیز دریاچه را می‌طلبد.

منابع مورد استفاده

1. Amini, A. 2008. Flood zoning in rivers using hydraulic models and ArcGIS. MSc Thesis, 214 pages.
2. Ahmadpour, Z. 2012. Indicators of hydrologic alteration regime for determining environmental flow in rivers. MSc Thesis, 112 pages.
3. Cavendish, M.G. and M.I. Duncan. 1986. Use of the in stream flow incremental methodology: a tool for negotiation. Environmental Impact Assessment Review, 6: 347- 363.
4. DWAF. 1997. White paper on a national water policy for South Africa, Pretoria, South Africa. Department of Water Affairs and Forestry.
5. Dyson, M., G. Bergkamp and J. Scanlon. 2003. The essentials of environmental flows. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, Earth System Science, 861-876.
6. 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.
7. Hirji, R. and T. Panella. 2003. Evolving policy reforms and experiences for addressing downstream impacts in World Bank water resources projects. River Research and Applications, 19: 667-681.
8. Hu, W., G. Wang, W. Deng and Sh. Li. 2008. The influence of dams on eco hydrological conditions in the Huaihe River basin, China. Ecological Engineering, 33: 233-241.
9. Hughes, D.A. and P. Hannart. 2003. A desktop model used to provide an initial estimate of the ecological in stream flow requirements of rivers in South Africa. Journal of Hydrology, 270: 167-181.
10. Hughes, D.A. and V.U. Smakhtin. 1996. Daily flow time series patching or extension: a spatial interpolation approach based on flow duration curves. Journal of Hydrological Sciences, 41(6): 851–871.
11. Lotfi, A. 2002. Shadegan pond environmental management. Report No.1, Shadegan pond natural environment. Ministry of Jihad-e-Agriculture, 203pages (in Persian).
12. Maknoon, R. 1989. Environmental effects of dams, study of their comments and changes. First Iranian Hydrology Conference, Faculty of Engineering, Tehran (in Persian).
13. Poff, N.L., J.D. Allan, M.B. Bain, J.R. Kar and K.L. Prestegaard. 1997. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. Bio Science, 47: 769-784.

14. Poff, N., B. Richter, A. Arthington, S. Bunn, R. Naiman, E. Kendy and M. Acreman. 2010. The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. Freshwater Biology, 55: 147–170.
15. SNCE. 2012. Studies of resources and expenditures of Bukan dam and Zarrinehrood irrigation and drainage network. Sadrab Niroo Consulting Engineers, 140 pages (in Persian).
16. Shaeri Karimi, S., M. Yasi and S. Eslamian. 2012. Use of hydrological methods for assessment of environmental flow in a river reaches. International Journal of Environmental Science and Technology, 9: 549-558.
17. Smakhtin, V.U. and M. Anputhas. 2006. An assessment of environmental flow requirements of Indian River basins. IWMI Research Report 107. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, 36 pages.
18. Tennant, D.L. 1976. In stream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Fisheries, 1: 6–10.
19. Tessman, S.A. 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.
20. VPSPS. 2011. Guideline for finding aquatic ecosystems environmental water requirement, No. 557, Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision, 127 pages (in Persian).
21. Watt, S.P. 2007. A methodology for environmental protection of Ontario watercourses with respect to the permit to take water program, MSc Thesis, 126 pages.

Environmental requirement assessment in Zarrinehrood River by hydrological methods

Reza Abdi[*1], Mehdi Yasi[2], Reza Sokooti Oskoui[3] and Ehsan Mohamadi[4]
[1] MSc Student, Sciences and Researches Unit, Islamic Azad University, Iran, [2] Associate Professor, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran, [3] Associate Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, West Azerbaijan, Iran, [4] MSc, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran

Received: 07 December 2013 Accepted: 11 June 2014

Abstract

Determination of environmental flow in river systems and other watery ecosystems is a new science in Iran and other developing countries. This paper evaluates the ecological requirement in a typical river by different hydrological and eco-hydrological methods. In this study, environmental requirement of Zarrinehrood river (located in North West of Iran), from downstream of Bukan dam up to Urmia lake (near to 140 km), was estimated by four methods: Tennant, Tessman, Desktop Reserve Model (DRM) and FDC Shifting using the hydrometric data of Sariqamish station. According to results, the amounts generated from FDC Shifting method are more proper because of considering the ecological management qualification. Therefore, 16.7 CMS (equals to 33% of mean annually flow) was obtained as average environmental requirement of Zarrinehrood river in ecological management class C (maintains minimum ecological term in river). Also, monthly distribution of recommended environmental flow was compared with monthly flow of Sariqamish hydrometry station. The critical period for the river is during August to October. In this period, the monthly flow of 12.6, 11.6 and 6.3 m^3s^{-1}, are required to flow downstream in order to preserve the river life.

Key words: DRM, Eco-Hydrology, Ecological requirement, FDC Shifting, Tennant.

[*] Corresponding author: reza.abdi85@gmail.com