Arch

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و پنجم، شماره ششم، ۱۳۹۷
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.14563.2939

ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه با روش‌های اکو-هیدرولوژیکی (مطالعه موردی: رودخانه مهابادچای)

آیلر رزاقی‌رضائیه[۱]، *حجت احمدی[۲]، نورعلی حقدوست[۳] و بهزاد حصاری[۴]
[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه ارومیه، [۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه،
[۳]مربی گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، [۴]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۹٦/۱۰/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/٦/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به کمبود آب و همچنین توزیع نامناسب مکانی و زمانی بارش، اجرای طرح‌های توسعه منابع آب به‌ویژه سدسازی و انتقال بین‌حوضه‌ای آب، گاهی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. به‌منظور پیشگیری از اثرات منفی درازمدت این طرح‌ها بر اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، لازم است نیازمندی‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی رودخانه در قالب یک نیاز آب زیست‌محیطی تعریف‌شده و در تعاملات تخصیص آب مدنظر قرار گیرد. نیازهای زیست‌محیطی اغلب به‌عنوان مجموعه‌ای از دبی‌های جریان با مقدار، زمان وقوع، فراوانی و تداوم جریان معین تعریف می‌شوند. ولی روش‌های به‌کار برده شده در این پژوهش جریان زیست‌محیطی رودخانه را به‌صورت درصدی از متوسط جریان سالانه ارائه می‌کنند. این جریان‌ها که شرایط مستعد نگهداری مجموعه‌ای از زیستگاه‌های آبی و فرآیندهای اکوسیستم را با هدف پایداری آن‌ها فراهم می‌کنند، به‌عنوان "جریان‌های زیست‌محیطی" نامیده می‌شوند. این مقاله به بررسی برآورد نیاز زیست‌محیطی در رودخانه مهابادچای پرداخته است.

مواد و روش‌ها: زیرحوضه مهابادچای در جنوب‌غرب دریاچه ارومیه واقع شده و از نظر وسعت چهارمین زیرحوضه از حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. حدود جغرافیایی آن بین طول جغرافیایی ٤٤° ٤٥' تا ٤٥° ٥٦' شرقی و عرض جغرافیایی ٣٦° ٢٢' تا ٣٧° ١٠' عرض شمالی قرار دارد. رودخانه مهاباد از دو شاخه اصلی به نامه‌ای بیطاس و کوتر تشکیل شده است و نیاز اکولوژیکی رودخانه برای حفظ اکوسیستم در این دو ایستگاه با چهار روش هیدرولوژیکی (تنانت، تسمن، تغییر منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی) محاسبه و مقایسه شده و در نهایت روش مناسب پیشنهاد شده است.

یافته‌ها: نیاز اکولوژیکی رودخانه با چهار روش هیدرولوژیکی مربوطه محاسبه و مقایسه شد و با انتخاب روش اکوهیدرولوژیکی تغییر منحنی تداوم جریان در کلاس زیستی C به‌عنوان روش منتخب، به‌دلیل در نظر گرفتن خصوصیت‌های اکولوژیکی رودخانه، نیاز زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای در ایستگاه بیطاس ۰/۳۵ مترمکعب بر

---

* مسئول مکاتبه: h.ahmadi@ut.ac.ir

ثانیه و در ایستگاه کوتر ۱/۱۷ مترمکعب بر ثانیه برآورد گردید. جریان متوسط سالانه در ایستگاه هیدرومتری بیطاس ۱/۷۳ و در ایستگاه هیدرومتری کوتر ۶/۱۷ مترمکعب بر ثانیه است.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده جریان پیشنهادی روش تغییر منحنی تداوم جریان در کلاس C به‌عنوان حداقل جریان زیست‌محیطی برای رودخانه مهابادچای توصیه می‌شود؛ زیرا این روش به داده‌های کم‌تری نیاز داشته؛ ارزیابی اولیه و سریع بر روی داده‌ها انجام می‌دهد و وضعیت‌های هیدرولوژیکی موجود را با در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی مطلوب شبیه‌سازی می‌کند. در صورتی‌که روش‌های دیگر قادر به انجام این عمل نیستند. کلاس مدیریتی C (نسبتاً تغییریافته) حدود ۲۰ الی ۳۰ درصد بده متوسط جریان را به‌عنوان جریان زیست‌محیطی در نظر می‌گیرد؛ که در این حالت عملکرد اساسی اکوسیستم رودخانه هنوز دست‌نخورده بوده و اکثر گونه‌ها حفظ می‌شود. همچنین کلاس مدیریتی C با پتانسیل جریان در ماه‌های مختلف مطابقت خوبی داشته و از لحاظ مدیریتی، مصارف کشاورزی و شرب در منطقه موردقبول است. روش ارائه‌شده در این پژوهش روش نهایی برای حل مسائل زیست‌محیطی مهابادچای نیست. فقدان اطلاعات و داده‌های کافی از اکوسیستم منطقه موردمطالعه موجب شد که تخمین اکوهیدرولوژیکی رودخانه با اعتماد کم‌تری محاسبه گردد.

واژه‌های کلیدی: اکولوژیک، تسمن، تغییر منحنی تداوم جریان، تنانت، مدل ذخیره رومیزی

مقدمه

آب از نظر کیفی و کمی یکی از مهم‌ترین بخش‌های هر اکوسیستم است. کاهش مقدار آب و تقلیل کیفیت آن، هر دو اثرات منفی مهمی بر اکوسیستم دارند. محیط‌زیست دارای ظرفیت خودپالایی طبیعی و قابلیت انعطاف نسبت به کمبودهای آبی است؛ اما وقتی این کمبودها از حد مشخصی تجاوز یافتند، تنوع زیستی از دست می‌رود، معیشت تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد، منابع غذایی طبیعی (برای مثال ماهی‌ها) در معرض خطر قرار گرفته و همچنین منجر به هزینه‌های بالای تصفیه و احیای مجدد می‌شود (۹). استفاده از منابع آب برای تداوم حیات و بدون ایجاد تداخل با ساختار سیکل هیدرولوژی و اکوسیستم‌های مرتبط، با هدف پایداری مصرف آب بوده که در این میان حفاظت از محیط‌زیست به‌عنوان یک ستون کلیدی توسعه پایدار مطرح است (۲۱). حافظ‌پرست (۲۰۱۲) با پژوهش معیارهای پایداری در ارزیابی مدیریت یکپارچه منابع آب حوضه آبریز ارس، از شاخص‌های کمی و کیفی به‌صورت ترکیبی برای ارزیابی پایداری مناطق سیزده‌گانه حوضه آبریز ارس در قالب چهارچوب یا مدل (نیروی محرکه- فشار- وضعیت- تأثیر- پاسخ)[1] استفاده نمود. بر اساس این چهارچوب پنج فاکتور نیروهای محرک، فشار، حالت، تأثیر و پاسخ حوضه بر اساس مدیریت یکپارچه منابع و مصارف آب در مدل MIKE BASIN[2] شبیه‌سازی شد و خروجی آن در اکسل برای محاسبه شاخص‌های کمی استفاده شد. بر اساس روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس که ماتریس سه‌بعدی سناریو، گزینه و شاخص را حل می‌کند، نشان داد مناطق شرقی حوضه پایداری کم‌تری دارند. در این راستا بر اساس تحلیل گزینه‌ها افزایش راندمان آبیاری کمک شایانی به تعادل پایداری حوضه بر اساس شاخص‌های بررسی‌شده در این منطقه

---

[1] DPSIR: Driving forces, Pressures, States, Impacts, Responses

[2] An extension of ArcMap (ESRI) for integrated water resources management and planning

می‌کند (۵). برای مدیریت روزبه‌روز رودخانه، نیازهای زیست‌محیطی اغلب به‌عنوان مجموعه‌ای از بده‌های جریان با مقدار، زمان وقوع، فراوانی و دوام جریان معین تعریف می‌شود. این جریان‌ها که شرایط مستعد نگهداری مجموعه‌ای از زیستگاه‌های آبی و فرآیندهای اکوسیستم را فراهم می‌کنند، به‌عنوان جریان زیست‌محیطی، نیاز آب زیست‌محیطی و تقاضای آب زیست‌محیطی و پروسه محاسبه این جریان‌ها، ارزیابی جریان زیست‌محیطی نامیده می‌شود. نیاز زیست‌محیطی به حداقل حجمی از آب با یک توزیع تجویزی در مکان و زمان گفته می‌شود که عمدتاً در یک رودخانه جریان می‌یابد تا سلامت رودخانه و تمامیت اکوسیستم‌هایی که توسط جریان رودخانه‌ها پایدار نگه داشته شده‌اند را مدیریت کنند (٦).

تارمه (۲۰۰۳) با بررسی‌های جهانی، بر روی جریان زیست‌محیطی، اهمیت شناسایی متدهای جریان زیست‌محیطی را نشان داد. وی همچنین مشخص می‌کند که تقریباً ۲۰۷ روش منحصربه‌فرد برای ٤٤ کشور در ٦ نقطه (شمال امریکا، جنوب و مرکز امریکا، آفریقا، اروپا، خاورمیانه و آسیا) جهان ثبت شده است، که می‌تواند تفاوت‌های هیدرولوژیکی درون طبقه‌بندی آبی، شبیه‌سازی زیستگاه و متدهای جامع‌نگر را شناسایی کند (١٤). هیوز و هنارت (۲۰۰۳) برای ارزیابی‌های اولیه نیازهای جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها در آفریقای جنوبی یک روش رومیزی به نام مدل ذخیره رومیزی[1] را توسعه دادند. کاربر یک شاخص هیدرولوژیکی را (ضریب تغییرپذیری جریان تقسیم بر نسبت جریان کل "جریان پایه") با استفاده از داده‌های جریان رودخانه در محل محاسبه می‌کند. سپس، منحنی‌هایی برای تعریف درصدی از حجم میانگین آورد سالیانه[2] که برای مؤلفه‌های مختلف (کم‌آبی‌ها و سیلاب‌ها) رژیم جریان زیست‌محیطی موردنیاز است، به‌کار گرفته می‌شوند (۸). مان (۲۰۰٦) به بررسی کاربرد روش تنانت در آبراهه‌های با شیب زیاد پرداخت. وی با مطالعه بر روی ۱۵۱ مقطع عرضی از ۷۰ رودخانه در غرب ایالات‌متحده نتیجه گرفت که روش تنانت در رودخانه‌های با شیب کم (کم‌تر از ۱٪) کاربردی‌تر می‌باشد. وی بیان داشت در رودخانه‌هایی با شیب بیش‌تر روش تنانت باید با احتیاط بیش‌تری مورداستفاده قرار گیرد و بر اساس روش کار برنامه‌ریزی‌شده برای تعیین جریان زیست‌محیطی صورت گیرد. همچنین روش تنانت قابل‌استفاده در سناریوهای حفاظت جریان درون رودخانه‌ای می‌باشد و در سناریوهای احیا و بازگردانی مناسب نیست (۱۰). پوف و همکاران (۲۰۱۰) روشی جدید و جامع برای ارزیابی نیازهای زیست‌محیطی مطابق استانداردهای جریان زیست‌محیطی تعریف کردند. این روش که محدودیت‌های اکولوژیکی ناشی از تغییرات هیدرولوژیکی[3] نام دارد، بر اساس تکنیک‌های هیدرولوژیکی موجود پایه‌ریزی شده است. محدودیت‌های جریان اکولوژیکی ناشی از تغییرات هیدرولوژیکی قابل‌انعطاف برای مناطق مختلف بوده و برای مدیران آبی این امکان را فراهم می‌کند که بر پایه اهداف اجتماعی، اطلاعات اکولوژیکی و استانداردهای موجود، مدیریت صحیحی از جریان زیست‌محیطی داشته باشند (۱۳). کاوندیش و دانکن (۱۹۸٦) 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 مانند رویدادهای ماهانه یا ثبت روزانه جریان نحوه تعیین ویژگی‌های زیست‌محیطی را تعیین کردند (۲).

---

[1] 1- Desktop Reserve Model (DRM)

[2] 2- Mean annual runoff (MAR)

[3] 3- Ecological Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA)

اسمختین و همکاران (۲۰۰۱) در یک ارزیابی کلی از تخمین نیاز آب زیست‌محیطی رودخانه‌ها در مقیاس جهانی، میزان آن‌ها بین ۲۰ تا ۵۰ درصد متوسط آورد سالانه پیش‌بینی می‌کند. تارمه (۲۰۰۳) با بررسی‌های جهانی، بر روی جریان زیست‌محیطی، اهمیت شناسایی متدهای جریان زیست‌محیطی را نشان داد. وی همچنین مشخص می‌کند که تقریباً ۲۰۷ روش منحصربه‌فرد برای ٤٤ کشور در ٦ نقطه (شمال امریکا، جنوب و مرکز امریکا، آفریقا، اروپا، خاورمیانه و آسیا) جهان ثبت شده است، که می‌تواند تفاوت‌های هیدرولوژیکی درون طبقه‌بندی آبی، شبیه‌سازی زیستگاه و متدهای جامع‌نگر را شناسایی کند (١٦).

ژائو و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات رژیم جریان در رودخانه یانگ‌تسه را با استفاده از معیارهای سازگار با محیط‌زیست جریان مورد بررسی قرار دادند. با بررسی پارامترها با شاخص IHA[1] به این نتیجه رسیدند، که جریان سالانه در دوره ۱۹٦۱–۲۰۰۸ کاهش یافته است و این کاهش در فصل پاییز بسیار شدید بوده است. مقدار آب رهاشده سد از سال ۲۰۰۳ به‌علت خشک‌سالی کاهش‌یافته که منجر به بروز اثرات منفی زیست‌محیطی شده است (٤). یان و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی اثرات سد در رژیم‌های پایین‌دست جریان رودخانه زرد با روش هیدرولوژیکی IHA پرداخته است. با اعمال این روش ۳۹ درصد جریان میان ماهیانه برای ماه‌های اکتبر تا فوریه، ٤٨ درصد جریان میان ماهیانه برای ماه‌های مارس تا سپتامبر به‌عنوان جریان حداقل در نظر گرفته شد (۲۵). بلمار و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی حداقل جریان زیست‌محیطی رودخانه سگورا را در منطقه مدیترانه به‌دست آوردند و حداقل نیاز زیست‌محیطی رودخانه برای حفظ زیستگاه طبیعی ساحلی را مورد مطالعه قرار دادند (۱). طالب‌بیدختی و بنی‌هاشمی (۲۰۰۷) در بررسی جامع روش‌ها و مدل‌های برآورد جریان زیست‌محیطی عنوان کردند که در تعیین حقابه زیست‌محیطی، فرض ثابت بودن جریان در مدل‌ها مناسب نبوده و متغیرگرفتن جریان طبیعی رودخانه‌ها باید لحاظ گردد. آن‌ها عنوان کردند هر چند روش هیدرولوژیکی به‌علت سادگی و اندازه‌گیری پارامتر دبی در اکثر کشورهای در حال توسعه مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی به‌کارگیری مدل PHABSIM[2] با توجه به اطلاعات به‌دست آمده دبی زیست‌محیطی موردنیاز، ۱۸ تا ٤۰ مترمکعب در ماه‌های مختلف تعیین گردید (۲۰).

ارزیابی جریان زیست‌محیطی در سامانه رودخانه‌ها تجربه جدیدی در کشورهای درحال‌توسعه می‌باشد. یکی از فرضیه‌ها ارتباط رژیم هیدرولوژیکی با شرایط اکولوژیکی رودخانه است. در مطالعه دیگری از روش نوین اسمختین و آنپوتاس (۲۰۰٦) و نرم‌افزار (GEFC)[3] برای ارزیابی شدت‌جریان زیست‌محیطی رودخانه شهرچای استفاده شده و نتایج با روش‌های دیگر هیدرولوژیکی مقایسه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که حفاظت رودخانه شهرچای در شرایط حداقل وضعیت اکولوژیکی قابل‌قبول (کلاس D «رودخانه تا حد زیادی تغییریافته»)، نیازمند تداوم جریان به میزان ۱ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۱۹ درصد متوسط جریان سالیانه MAR) است (۱۷). نظریها (۲۰۱۱) برای ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه کارون توسط سه روش تنانت، تسمن و تغییر منحنی تداوم جریان با استفاده از داده‌های ٤۱ ساله ایستگاه ملاثانی به‌دست آمده و نتایج سه روش با هم مقایسه گردیده است. یافته‌های این پژوهش بیانگر دقت پایین‌تر روش تنانت نسبت به دو روش دیگر بوده

---

[1] Indicators of Hydrologic Alteration

[2] Physical Habitat Simulation

[3] The Global Environmental Flow Calculator

به‌طوری‌که برای ماه‌های تر و خشک به‌ترتیب دبی‌های ۲۱۱ مترمکعب بر ثانیه و ۶۳ مترمکعب بر ثانیه را پیشنهاد می‌دهد که با توجه به حداقل جریان ۴۱ ساله این ایستگاه ۱۲۰ مترمکعب بر ثانیه جواب قابل‌قبولی نمی‌باشد. همچنین با استفاده از روش‌های منحنی تداوم جریان و اسمختین برای سطح متوسط به‌ترتیب دبی‌های ۲۹۰ مترمکعب بر ثانیه و ۳۳۳ مترمکعب بر ثانیه حاصل گردید. بررسی و مقایسه بیش‌تر در یافته‌ها مشخص می‌نماید که روش اسمختین به‌دلیل دقت، قابلیت و حساسیت زیست‌محیطی بیش‌تر خود نسبت به دو روش دیگر از نتایج بهتری برخوردار است (۱۲).

مصطفوی (۲۰۱۳) با ارزیابی زیست‌محیطی رودخانه باراندوزچای به این نتیجه رسید که جریان پیشنهادی توسط روش DRM در کلاس C، با در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی و هیدرولوژیکی، به‌عنوان حداقل جریان زیست‌محیطی برای رودخانه باراندوزچای در نظر گرفته شود (۱۱).

با توجه به اهمیت رودخانه مهابادچای در حوضه دریاچه ارومیه و نقش این رودخانه در حیات و احیای دریاچه ارومیه و به‌دلیل وجود سد مخزنی بزرگ مهاباد بر روی آن بررسی میزان جریان زیست‌محیطی در این رودخانه بسیار ضروری می‌باشد. بنابراین هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی کاربرد چهار روش هیدرولوژیکی تنانت، تسمن، تغییر منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی برای تعیین حداقل جریان زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای، مقایسه آن‌ها و انتخاب روش مناسب جهت حفظ اکوسیستم و زیستگاه‌های آبی، برای تعیین حداقل جریان زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای، در حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد. برای مطالعه موردی رودخانه مهابادچای انتخاب شد، به‌طوری‌که اکوسیستم رودخانه در حد قابل‌قبول حفظ شود. با توجه به نبود سوابق مطالعاتی قابل‌اتکا و خلأ اطلاعاتی در این زمینه، این پژوهش به دنبال آن است که مقادیر موردنظر به‌عنوان دبی زیست‌محیطی را برای منطقه موردمطالعه ارائه نماید. در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی سیستم رودخانه مهابادچای جهت برآورد نیاز زیست‌محیطی از اهمیت بسیاری برخوردار است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه: زیرحوضه مهابادچای در جنوب‌غرب دریاچه ارومیه واقع شده و از نظر وسعت چهارمین زیرحوضه از حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. حدود جغرافیایی آن، از شمال به زیرحوضه گادارچای، از جنوب به حوضه آبریز خلیج‌فارس و دریای عمان، از شرق به دریاچه ارومیه و زیرحوضه زرینه‌رود- سیمینه‌رود و از غرب به کشور عراق محصور می‌گردد و بین طول جغرافیایی '۴۵ °۴۴ تا '۵۶ °۴۵ شرقی و عرض جغرافیایی '۲۲ °۳۶ تا '۱۰ °۳۷ عرض شمالی قرار دارد.

رودخانه مهاباد از دو شاخه اصلی به نام‌های بیطاس و کوتر و یک شاخه کوچک به نام دهبکر تشکیل شده است. شاخه بیطاس از کوه مام سوار سرچشمه می‌گیرد و پس از طی مسافتی وارد دریاچه سد مهاباد می‌شود. شاخه کوتر یا شاخه اصلی رودخانه مهاباد از ارتفاعات (دامنه‌های شمالی کوه ابراهیم جلال) سرچشمه گرفته به‌سمت شمال جریان یافته و شاخه‌های فرعی متعددی دریافت نموده و به‌نام رودخانه مهاباد وارد دریاچه سد مهاباد می‌شود. سد مهاباد کنترل‌کننده اصلی جریان سرشاخه‌های رودخانه مهاباد می‌باشد و در جنوب شهر مهاباد واقع شده است. رودخانه پس از عبور از داخل شهر و توقفی کوتاه در سد انحرافی یوسفکند در دشت مهاباد ادامه مسیر داده و از طریق کانال‌های بتنی، اراضی زیرکشت را آبیاری می‌نماید. سپس در امتداد شمال و

شمال‌غرب جریان یافته و پس از عبور از دارلک و خورخوره و گرد یعقوب و داشخانه وارد باتلاق‌های جنوبی دریاچه ارومیه می‌شود. وسعت حوزه آبریز رودخانه مهاباد ۸٤۲ کیلومترمربع و دبی لحظه‌ای آن ۱۰/٥٤ مترمکعب در ثانیه و مجموع دبی سالانه آن ۱۲۰ میلیون مترمکعب می‌باشد (۱۹).

عکس هوائی حوضه آبریز رودخانه مهابادچای در شکل ۱ نشان داده شده است. برای انجام محاسبات برآورد دبی زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای از داده‌های ایستگاه بیطاس و کوتر در بالادست سد مهاباد استفاده شد. اطلاعات مربوط به این دو ایستگاه در جدول ۱ نشان داده شده است.

روش موردمطالعه: امروزه در سطح جهان روش‌های متعددی برای ارزیابی و تخمین جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها ارائه شده است که از روش‌های پیچیده تا ساده متغیر می‌باشند و به‌طورکلی بیش از ۲۰۷ روش برای ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها موجود می‌باشد. روش‌های هیدرولوژیکی با ۳۰٪ بیش‌ترین کاربرد را دارند. روش‌های مبنی بر آمار جریان، ارزان و سریع می‌باشند و فقط به آمار تاریخی جریان نیاز دارند. در مرحله شناسایی و ارزیابی‌های اولیه قابل‌استفاده و مفید می‌باشند و می‌توان آن‌ها را با افزودن قضاوت‌های فنی بهبود داد. انتخاب روش مناسب وابسته به نوع رودخانه از نظر فصلی و یا دائمی بودن، رژیم پایه و جریان‌های سیلابی دارد (۲٤). در این پژوهش با توجه به این موارد و اطلاعات موجود، برای تعیین حداقل جریان زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای از چهار روش هیدرولوژیکی تنانت، تسمن، تغییر منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی استفاده شده است.

روش تنانت: تنانت درصدهای مختلفی از متوسط جریان سالیانه را به‌عنوان جریان زیست‌محیطی پیشنهاد می‌کند (جدول ۲). سطح موردنظر از این روش با توجه به شرایط مدیریتی «حالت قابل‌قبول»، معادل ۳۰ درصد متوسط جریان سالانه برای نیمه فروردین تا شهریورماه (آوریل تا سپتامبر) و ۱۰ درصد متوسط جریان سالانه برای مهرماه تا نیمه فروردین (اکتبر تا مارس) می‌باشد. منطق به‌کار رفته در انتخاب بازه زمانی ٦ ماهه دو دوره کم‌آبی و پرآبی می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات و موقعیت ایستگاه بیطاس و کوتر در رودخانه مهابادچای (۱۹).

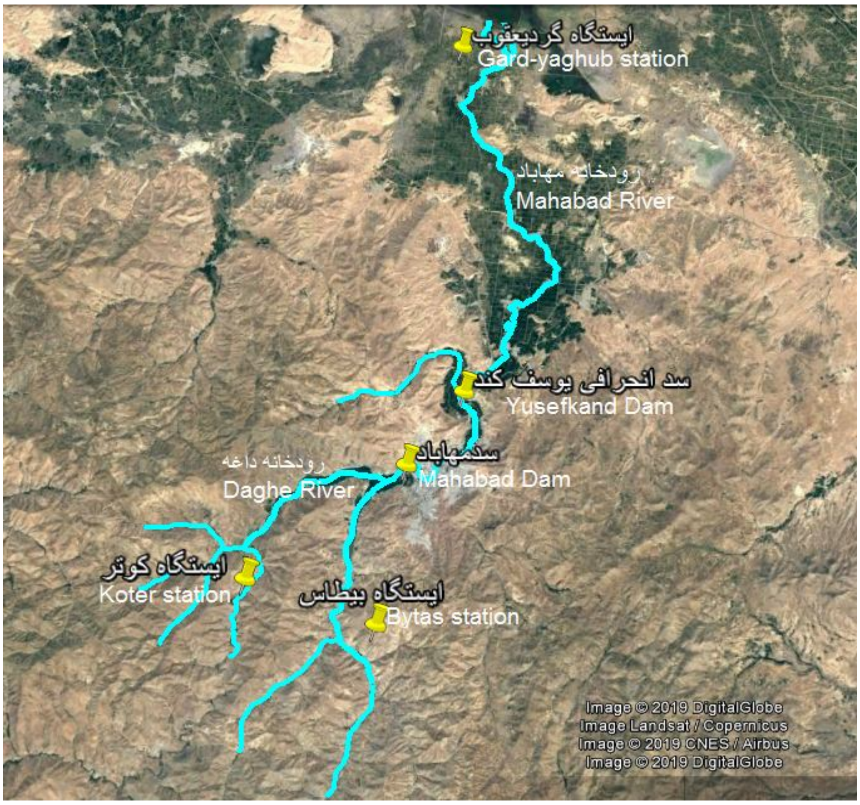
Table 1. Specifications and position of BYTAS & KOTER stations in the Mahabad-Chai River (19).

نام رودخانه River name	نام ایستگاه هیدرومتری Hydrometric station name	فاصله از دریاچه ارومیه Distance from Urmia lake	ارتفاع Elevation	مساحت حوضه Basin Area	متوسط جریان Mean flow	متوسط آورد سالانه Average annual flow	ملاحظات Observations
		(Km)	(m)	(Km^2)	(m^3/s)	(MCM)	
مهابادچای Mahabad-Chai	بیطاس Bytas	52	1420	203	1.73	54.56	بالادست سد مهاباد Upstream of Mahabad dam
مهابادچای Mahabad-Chai	کوتر Koter	58	1380	415	6.17	194.58	بالادست سد مهاباد Upstream of Mahabad dam

جدول ۲- پیشنهاد روش تنانت برای جریان زیست‌محیطی برای ماهیان، حیات‌وحش و مقاصد تفریحی (۲۲).

Table 2. Tenant method suggestion for environmental flow for fishes, wild life and Recreational destinations (22).

توصیف جریان‌ها Flows' description	رژیم‌های پیشنهادی جریان پایه Suggested regime of basic flow (درصدی از متوسط جریان سالیانه) (Mean annual runoff %)	
	اکتبر- مارس October-March	آوریل- سپتامبر April-September
شستشوی سریع یا حداکثر Max washing	200	200
محدوده بهینه Optimum range	60-100	60-100
بسیار عالی Very excellent	40	60
عالی Excellent	30	50
خوب Good	20	40
قابل‌قبول Acceptable	10	30
ضعیف Weak	10	10
بسیار ضعیف Very weak	< 10	< 10


ایستگاه گردیعقوب
Gard-yaghub station
رودخانه مهاباد
Mahabad River
سد انحرافی یوسف کند
Yusefkand Dam
رودخانه داغه
Daghe River
سدمهاباد
Mahabad Dam
ایستگاه کوتر
Koter station
ایستگاه بیطاس
Bytas station
Image © 2019 DigitalGlobe
Image Landsat / Copernicus
Image © 2019 CNES / Airbus
Image © 2019 DigitalGlobe

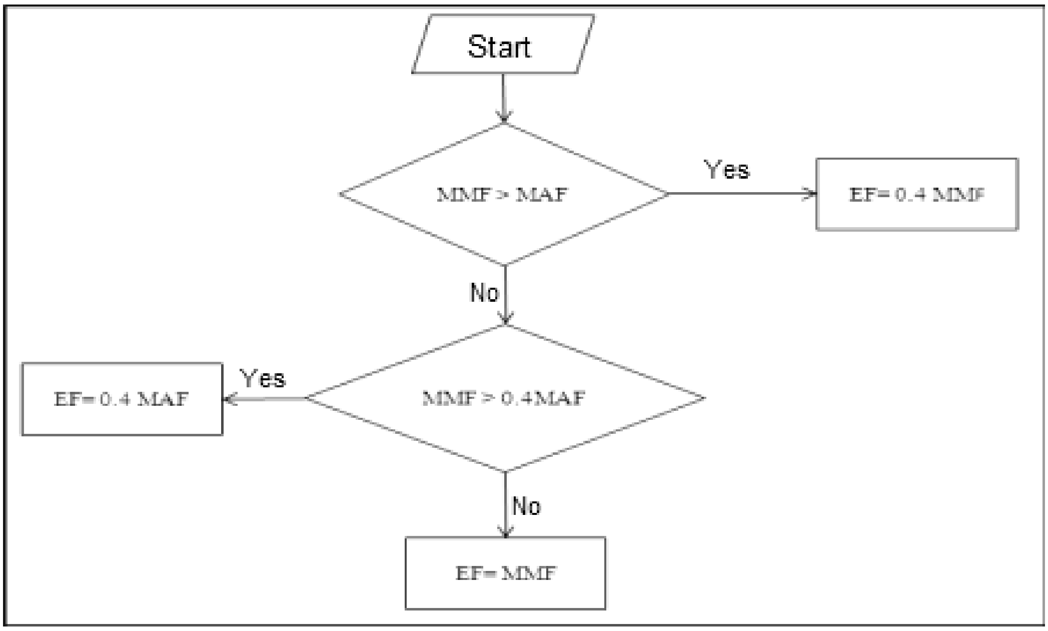
شکل ۱- عکس هوائی و نمائی از ایستگاه‌ها و سرشاخه‌های حوضه آبریز رودخانه مهابادچای.

Figure 1. Aerial photos & view of stations and branches of Mahabad-Chai River basin.

روش تسمن: تسمن (۱۹۸۰) با اقتباس از پیشنهادهای فصلی روش تنانت از ترکیبی از متوسط جریان ماهیانه (MMF) و متوسط جریان سالیانه (MAF) برای تعیین حداقل جریان ماهیانه (EF) موردنیاز استفاده کرد. در شکل ۲ این مراحل به‌صورت فلوچارتی ارائه شده است. با توجه به فلوچارت، در صورتی‌که متوسط جریان ماهیانه بیش‌تر از متوسط جریان سالیانه باشد، حداقل جریان ماهیانه برابر با ٤٠٪ متوسط جریان ماهیانه خواهد بود. در غیر این صورت، اگر متوسط جریان ماهیانه بیش‌تر از ٤٠٪ متوسط جریان سالیانه باشد، حداقل جریان ماهیانه برابر با ٤٠٪ متوسط جریان سالیانه بوده، در غیر این صورت برابر با متوسط جریان ماهیانه خواهد بود.

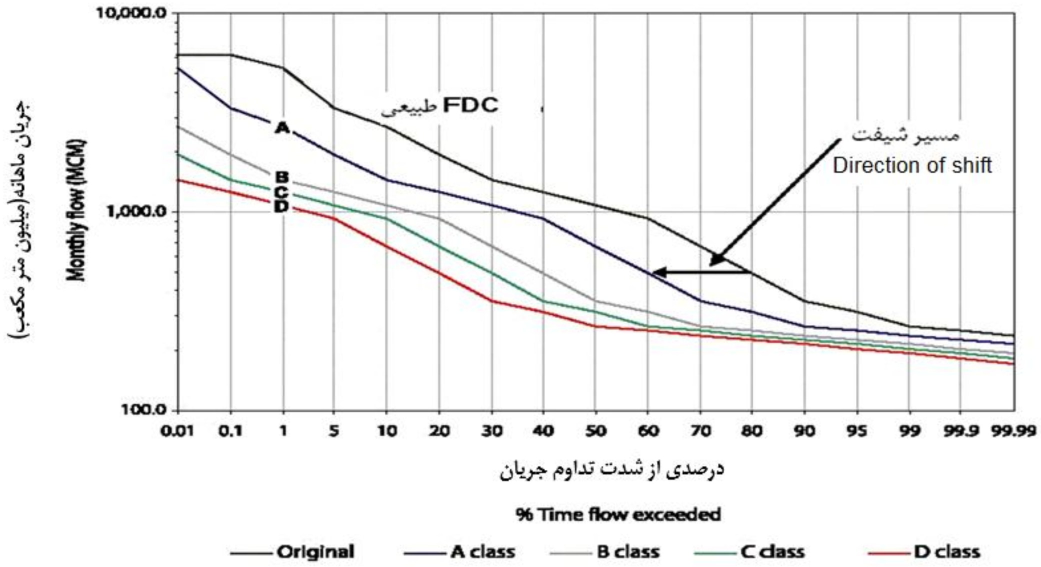
روش تغییر منحنی تداوم جریان (FDC-shifting): اسمختین و آنپوتاس (۲۰۰٦) به‌منظور ارزیابی جریان زیست‌محیطی در سامانه رودخانه از این روش استفاده کردند. این روش که یک رژیم هیدرولوژیکی برای حفاظت رودخانه در وضعیت اکولوژی مطلوب ارائه می‌دهد اصطلاحاً «انتقال منحنی تداوم جریان» نامیده می‌شود. این روش برای چهار کلاس مدیریتی رودخانه از A تا D جریان‌های مختلفی را ارائه می‌کند. مشخصات رده‌های مدیریتی A تا F رودخانه در جدول ۳ ارائه‌شده است. در این روش چهار مرحله اصلی وجود دارد که عبارت‌اند از:

شبیه‌سازی وضعیت‌های هیدرولوژیکی موجود- تعریف کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی- تولید منحنی‌های تداوم جریان زیست‌محیطی (شکل ۳)- تولید سری زمانی جریان زیست‌محیطی ماهیانه برای محاسبه نیاز آب زیست‌محیطی از این روش از نرم‌افزار GEFC استفاده می‌شود. این روش برای کلاس‌های مختلف مدیریتی جریان‌های مختلفی را ارائه می‌کند. داده‌های موردنیاز ورودی به این نرم‌افزار داده‌های بلندمدت جریان ماهیانه می‌باشد.



شکل ۲- فلوچارت تعیین جریان زیست‌محیطی به روش تسمن (۲۳).

Figure 2. Flowchart of environmental flow determination by Tessman method (23).



شکل ۳- برآورد منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی برای کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی از طریق شیفت عرضی (۱۵).

Figure 3. Environmental flow continuity curve estimination for environmental management classes by transverse shifting (15).

مدل ذخیره رومیزی (DRM): مدل ذخیره رومیزی یکی از روش‌ها می‌باشد که قادر است نیاز جریان اکولوژیکی را در شرایطی که یک ارزیابی سریع موردنیاز است و داده‌های موجود محدود می‌باشند محاسبه کند. این مدل برای وضعیت‌های مشاهده‌شده در افریقای جنوبی توسعه یافته است. در افریقای جنوبی رودخانه‌ها نسبت به وضعیت اکولوژیکی مطلوب، تقسیم‌بندی می‌شوند و متعاقباً نیازهای جریان نیز طبقه‌بندی می‌گردند. این سیستم طبقه‌بندی نشان می‌دهد در عین‌حال که برخی رودخانه‌ها از نظر زیست‌محیطی پراهمیت هستند اما به‌دلیل نیازهای توسعه اجتماعی- اقتصادی همه رودخانه‌ها نمی‌توانند در وضعیت‌های نزدیک به شرایط طبیعی باقی بمانند؛ بنابراین چهار «کلاس مدیریت زیست‌محیطی» ممکن (A-D) تعریف می‌شود. کلاس A شامل رودخانه‌های طبیعی و تغییرنیافته می‌باشد. کلاس B رودخانه‌های تغییریافته ولی تا حد زیادی طبیعی، کلاس C رودخانه‌های نسبتاً تغییریافته و کلاس D رودخانه‌های تا حد زیادی تغییریافته با خسارات زیاد به زیستگاه طبیعی، بیوتا و عملکرد اساسی اکوسیستم می‌باشد. رودخانه‌های کلاس B و C بین این حدود (کلاس A تا D) قرار می‌گیرند (۳).

جدول ۳- کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی (۱۸).

Table 3. Environmental management classes (18).

EMC	Ecology definition	management perspective
A (natural)	Natural rivers with minor modification of instream and riparian habitat	Protected rivers and basins; reserves and national parks; no new water projects (dams, diversions) allowed
B (slightly modified)	Slightly modified and/or ecologically important rivers with largely intact biodiversity and habitats despite water resources development and/or basin modifications	Water supply schemes or irrigation development present and/ or allowed
C (moderately modified)	The habitats and dynamics of the biota have been disturbed, but basic ecosystem functions are still intact; some sensitive species are lost and/or reduced in extent; alien species present	Multiple disturbances (e.g., dams, diversions, habitat modification and reduced water quality) associated with the need for socioeconomic development
D (largely modified)	Large changes in natural habitat, biota and basic ecosystem functions have occurred; species richness is clearly lower than expected; much lowered presence of intolerant species; alien species prevail	Significant and clearly visible disturbances (including dams, diversions, transfers, habitat modification and water quality degradation) associated with basin and water resources development
E (seriously modified)	Habitat diversity and availability have declined; species richness is strikingly lower than expected; only tolerant species remain; indigenous species can no longer breed; alien species have invaded the ecosystem	High human population density and extensive water resources exploitation; generally, this status should not be acceptable as a management goal; management interventions are necessary to restore flow pattern and to ‘‘move’’ a river to a higher management category
F (Critically modified)	Modifications have reached a critical level; ecosystem has been completely modified with almost total loss of natural habitat and biota; in the worst case, basic ecosystem functions have been destroyed and changes are irreversible	This status is not acceptable from the management perspective; management interventions are necessary to restore flow pattern and river habitats (if still possible/ feasible) to ‘‘move’’ a river to a higher management category

در این دسته‌بندی‌ها، طبقه‌بندی‌های انتقالی (مثلاً A/B و B/C) نیز برای افزایش محدوده جریان‌های زیست‌محیطی ممکن مورداستفاده قرار می‌گیرند. این سیستم طبقه‌بندی در مدل DRM استفاده می‌شود و نیازهای جریان بر اساس آن محاسبه می‌شود. هرچه کلاس زیست‌محیطی بالاتر باشد حجم آب بیش‌تری برای حفظ اکوسیستم تخصیص داده می‌شود و در این حالت تغییرپذیری جریان بیش‌تر حفظ می‌شود (جریان پایدارتر است). این مدل از مفاهیم روش اجزای سازنده (BBM) که در بسیاری موارد به‌عنوان یک رویکرد قانونی برای ارزیابی نیازهای جریان زیست‌محیطی شناسایی‌شده، استفاده می‌کند. این روش بر این پایه است که تحت وضعیت‌های طبیعی، قسمت‌های مختلف رژیم جریان، نقش‌های مختلفی در عملکرد اکولوژیکی یک رودخانه بازی می‌کنند و بنابراین حفظ تفاوت‌های اساسی بین جریان‌های فصول تر و خشک، ضروری است؛ بنابراین اجزای سازنده (BBM) مؤلفه‌های مختلف جریان هستند که با هم ترکیب شده و یک رژیم جریان قابل‌قبول از نظر اکولوژیکی را ایجاد می‌کنند. اجزای سازنده اصلی جریان‌های کم‌آبی (جریان‌های پایه)، افزایش‌های کوچک در جریان و جریان‌های پرآبی بزرگ‌تر

موردنیاز برای حفظ کانال رودخانه می‌باشند (۷). در این روش اجزای سازنده بین «سال‌های نرمال» و «سال‌های خشک» متفاوت است. اولی تحت عنوان «نیازهای نگهداری» و دومی «نیازهای خشک‌سالی» نامیده می‌شود. فراوانی وقوع هر یک از سال‌های نگهداری و خشک‌سالی بر اساس تغییرپذیری رژیم هیدرولوژیکی طبیعی تعریف می‌شود؛ بنابراین سال‌های نگهداری متناوباً (۶۰ تا ۷۰ درصد) در رودخانه‌های تر رخ می‌دهند در حالی‌که در رودخانه‌های نیمه‌خشک و خشک با تناوب کم‌تری (۲۰ درصد یا کم‌تر) اتفاق می‌افتند؛ بنابراین مجموعه اجزای سازنده، شامل جریان‌های کم‌آبی نگهداری، جریان‌های پرآبی نگهداری و جریان‌های خشک‌سالی می‌شود که تغییرپذیری طبیعی جریان را منعکس می‌کنند. مدل ذخیره رومیزی (DRM) برآوردهایی از این اجزای سازنده برای هرماه از سال فراهم می‌کند.

فرض اصلی در این مدل این است که انتظار می‌رود، رودخانه‌هایی با رژیم جریان پایدارتر (رودخانه‌هایی که نسبت بیش‌تری از جریان آن‌ها به‌عنوان جریان پایه رخ می‌دهد) نیازهای جریان کم‌آبی بیش‌تری در سال‌های نرمال داشته باشند و رودخانه‌هایی با رژیم جریان متغیرتر نیازهای جریان کم‌آبی کم‌تری داشته باشند. نتیجه این فرضیات این است که متوسط نیاز زیست‌محیطی بلندمدت، برای رودخانه‌هایی با رژیم‌های جریان متغیرتر، کم‌تر است. این فرض برگرفته از این فرضیه است که در رودخانه‌های با رژیم متغیر، گونه‌ها در برابر خشکی سازگار شده‌اند و در رودخانه‌های با رژیم پایدار، گونه‌ها به‌دلیل عدم تحمل شرایط تنش کم‌آبی در حالت طبیعی، برای حفظ شرایط مطلوب به جریان بیش‌تری نیاز دارند.

در این روش برای محاسبه نیاز آب زیست‌محیطی از نرم‌افزار Desktop Reserve Model (ver.2) استفاده می‌شود. داده‌های موردنیاز ورودی به این نرم‌افزار داده‌های طبیعی جریان ماهیانه است. این روش برای هفت کلاس مختلف اکولوژیکی، جریان‌های مختلفی را ارائه می‌کند.

نتایج و بحث

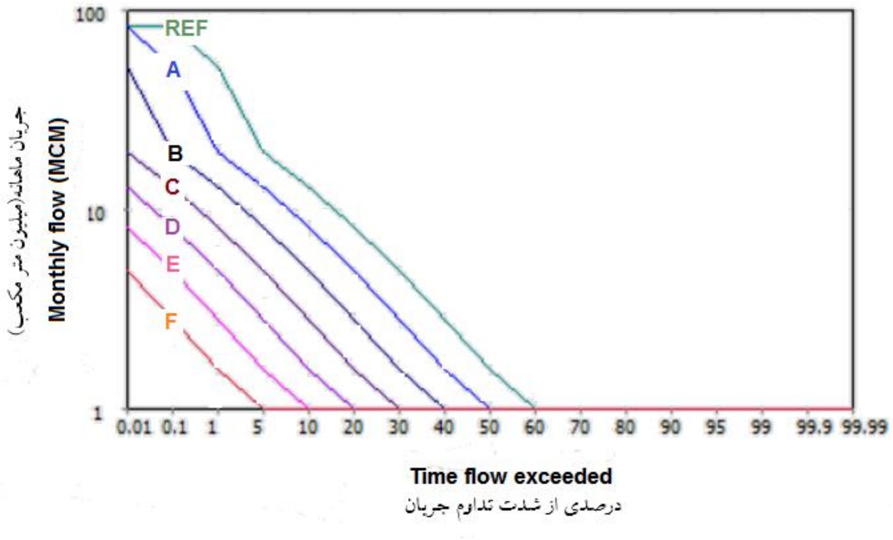
در این بخش نیاز آب زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای از چهار روش تنانت، تسمن، تغییر منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی محاسبه و در نهایت مقایسه شده؛ ارائه می‌شود.

روش تنانت: با توجه به موارد مطرح‌شده در روش تنانت با در نظر گرفتن حد متوسط، دوره کم‌آبی (فروردین تا شهریور) و دوره پرآبی (مهرماه تا فروردین) با وضعیت هیدرولوژیکی رودخانه موردمطالعه مطابقت ندارد و شرایط آن متفاوت است؛ بنابراین بر اساس داده‌های آب‌سنجی منطقه موردمطالعه، ماه‌های فروردین و اردیبهشت به‌عنوان ماه‌های پرآبی و ماه‌های خرداد تا اسفند به‌عنوان ماه‌های کم‌آبی در نظر گرفته شد. بر این اساس نیاز آب زیست‌محیطی از روش تنانت به‌عنوان تنانت اصلاح‌شده، در ایستگاه بیطاس برای ماه‌های فروردین و اردیبهشت ۰/۵۳ مترمکعب بر ثانیه و در ماه‌های خرداد تا اسفند ۰/۱۷۳ مترمکعب بر ثانیه و در ایستگاه کوتر برای ماه‌های فروردین و اردیبهشت ۱/۸۵ و در ماه‌های خرداد تا اسفند ۰/۶ مترمکعب بر ثانیه محاسبه شده است.

روش تسمن: نیاز زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای با روش تسمن در محدوده موردمطالعه برآورد شد. با توجه به موارد مطرح‌شده در روش تسمن، متوسط

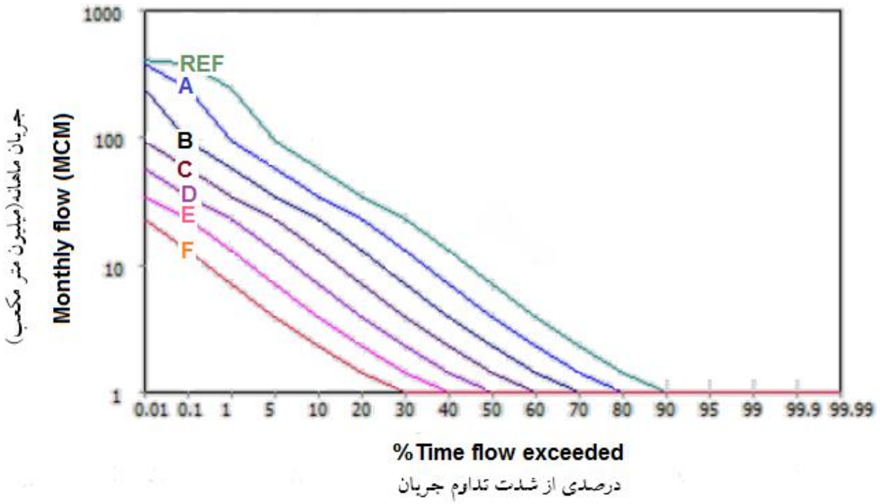
جریان ۰/۸۲ مترمکعب بر ثانیه (معادل ٤٧ درصد MAR) در ایستگاه بیطاس و متوسط جریان ۳ مترمکعب بر ثانیه (معادل ٤٨ درصد MAR) در ایستگاه کوتر به‌عنوان دبی زیست‌محیطی موردنیاز است.

روش تغییر منحنی تداوم جریان: با استفاده از این روش، منحنی‌های تداوم جریان و منحنی‌های موردنظر هر کدام از طبقه‌های زیست‌محیطی در رودخانه موردمطالعه تعیین شد که در شکل‌های ٤ و ۵ آمده است. این اشکال برگرفته از شکل ۳ توضیح داده شده در بخش مواد و روش‌ها، با شیفت عرضی جریان طبیعی رودخانه به سمت چپ، جهت تعیین حداقل جریان زیست‌محیطی در کلاس‌های زیست‌محیطی A تا F توسط مدل GEFC برآورد شده است. همچنین نتایج مربوط به دبی‌های زیست‌محیطی حاصل از این روش به‌صورت درصدی از متوسط جریان سالانه، در جدول ٤ ارائه شده است. در رودخانه مهابادچای با توجه به بازدیدهای میدانی از منطقه، پژوهش‌های صورت‌گرفته از سازمان محیط‌زیست استان آذربایجان غربی، شواهد اکولوژیکی محدوده موردمطالعه به این صورت که عملکرد اساسی اکوسیستم دست‌نخورده، رودخانه نسبتاً تغییریافته بوده و با توجه به اهمیت زیست‌محیطی رودخانه، طبقه زیستی C (حفظ حداقل شرایط زیستی رودخانه) به‌عنوان طبقه مدیریتی موردنظر انتخاب شد. نتایج برآورد جریان سالانه در ایستگاه بیطاس و کوتر در شش کلاس مدیریتی A تا F به‌صورت درصدی از متوسط جریان سالیانه استخراج‌شده توسط مدل GEFC در جدول ٤ نشان داده شده است. با مقایسه این روش با روش تنانت، در روش تنانت پیشنهاد شد 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 ٦، در رودخانه مهابادچای این مقدار (۱۰ درصد MAR) در چهار شیفت عرضی و به‌عبارت‌دیگر در طبقه D به‌دست می‌آید. بنابراین می‌توان گفت که حداقل جریان معادل ۱۰ درصد پیشنهادی تنانت نمی‌تواند برای شرایط رودخانه مهابادچای با توجه به طبقه مدیریتی زیستی انتخاب شده مناسب باشد.



شکل ٤- منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای در ایستگاه بیطاس.

Figure 4. Environmental flow continuity curve of Mahabad-Chai River at BYTAS station.



شکل ۵- منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای در ایستگاه کوتر.

Figure 5. Environmental flow continuity curve of Mahabad-Chai River at KOTER station.

جدول ٤- نیاز آب زیست‌محیطی بر حسب درصدی از متوسط جریان سالیانه (MAR).

Table 4. Environmental water demand (MAR%).

نام ایستگاه Station name	دبی متوسط سالانه (MAR) (m^3/s)	نیاز آب زیست‌محیطی بلندمدت (EWR) (درصدی از MAR)					
		A	B	C	D	E	F
بیطاس Bytas	1.73	56.4	33.2	19.8	11.7	7	4.4
کوتر Koter	6.17	55.8	32.5	19.1	11.2	6.5	3.9

با توجه به طبقه مدیریتی زیستی C درروش FDC-shifting، جریان زیست‌محیطی به‌طور متوسط ۰/۳۵ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۲۰ درصد MAR) در ایستگاه بیطاس و جریان ۱/۱۷ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۱۹ درصد MAR) در ایستگاه کوتر موردنیاز می‌باشد.

روش مدل ذخیره رومیزی: نتایج حاصل از این روش، برای هفت کلاس اکولوژیکی A تا D برای دو ایستگاه موردمطالعه در جدول ۵ ارائه شده است. یکی از محدودیت‌های این مدل این است که در محاسبه شاخص CV ماه‌های ژانویه (دی) تا مارس (اسفند) را به‌عنوان ماه‌های پرآبی و ماه‌های ژوئیه (خرداد) تا اوت (مرداد) را به‌عنوان ماه‌های کم‌آبی در نظر می‌گیرد (با توجه به شرایط افریقای جنوبی)؛ که این گزینه در مدل قابل‌تغییر نیست. این در حالی است که برای رودخانه مهابادچای در ایستگاه‌های موردمطالعه ماه‌های مارس (اسفند) تا ژوئیه (خرداد) ماه‌های پرآب و ماه‌های جولای (تیر) تا فوریه (بهمن) ماه‌های کم‌آب می‌باشند؛ بنابراین برای برطرف کردن این مشکل و این‌که مطمئن شد که مدل، شاخص

تغییرپذیری جریان را بسیار نزدیک به واقعیت محاسبه می‌کند، سری زمانی داده‌های جریان ماهیانه ورودی به مدل، دو ماه شیفت داده شدند (ژانویه به مارس تبدیل شد و به همین ترتیب تا انتها). نتایج حاصل از این مدل نشان می‌دهد که به‌طور متوسط برای حفظ حیات رودخانه در طبقه مدیریتی C جریان ۰/۳٦ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۲۰ درصد MAR) در ایستگاه بیطاس و جریان ۱/۳ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۲۰ درصد MAR) در ایستگاه کوتر موردنیاز می‌باشد.

نتایج حاصل از برآورد دبی زیست‌محیطی از این روش به‌صورت درصدی از متوسط جریان سالانه برای طبقه‌های زیستی A تا D در جدول ۵ آمده است. جدول‌های ٤ و ۵ خروجی مدل GEFC و DRM بوده، بدین‌صورت که برای هر کلاس زیست‌محیطی درصدی از جریان متوسط سالیانه را به‌عنوان حداقل جریان زیست‌محیطی موردنیاز ارائه می‌دهند. در جدول ٦، مقادیر متوسط سالانه شدت‌جریان زیست‌محیطی در رودخانه مهابادچای از روش‌های مختلف به‌کار رفته به‌دست آمده و با مقایسه آن‌ها، مقادیر به‌دست آمده از روش تغییر منحنی تداوم جریان به‌دلیل در نظر گرفتن شرایط مدیریت اکولوژیکی نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد؛ بنابراین، نیاز زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای در طبقه مدیریت زیستی C (حفظ حداقل شرایط زیستی رودخانه) به‌طور متوسط در ایستگاه بیطاس برابر ۰/۳۵ مترمکعب بر ثانیه و در ایستگاه کوتر ۱/۱۷ مترمکعب بر ثانیه برآورد گردید. هم‌چنین، در جدول ۷ توزیع ماهانه مقادیر به‌دست آمده برای روش‌ها و مقایسه آن‌ها را نمایش می‌دهد که نشان می‌دهد حداقل نیاز زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت بیش‌تر از دیگر ماه‌ها بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده با توجه به شرایط فیزیکی و اکولوژیکی رودخانه مهابادچای که در کلاس زیست‌محیطی C قرار دارد و رودخانه نسبتاً تغییریافته است، جریان پیشنهادی روش تغییر منحنی تداوم جریان (FDC Shifting) در کلاس C، به‌عنوان حداقل جریان زیست‌محیطی برای رودخانه مهابادچای، توصیه می‌شود؛ زیرا این روش به داده‌های کم‌تری نیاز داشته؛ ارزیابی اولیه و سریع بر روی‌داده‌ها انجام می‌دهد؛ وضعیت‌های هیدرولوژیکی موجود را با در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی مطلوب شبیه‌سازی می‌کند. کلاس مدیریتی C (نسبتاً تغییریافته) حدود ۲۰ الی ۳۰ درصد بده متوسط جریان را به‌عنوان جریان زیست‌محیطی در نظر می‌گیرد؛ که در این حالت عملکرد اساسی اکوسیستم رودخانه هنوز دست‌نخورده بوده و اکثر گونه‌ها حفظ می‌شود. همچنین کلاس مدیریتی C با پتانسیل جریان در ماه‌های مختلف مطابقت خوبی داشته و ازلحاظ مدیریتی، مصارف کشاورزی و شرب در منطقه موردقبول است. روش و مقادیر پیشنهادی در این پژوهش راه‌حل نهایی برای مشکلات زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای نیست. نبود اطلاعات جامع اکولوژیکی موردنیاز در مطالعات اکوسیستم رودخانه، سبب برآورد اکو- هیدرولوژیکی با ضریب اطمینان کم‌تری می‌شود. در نهایت، تکمیل مطالعات حاضر با تأکید بر ارزش زیستگاهی سامانه رودخانه و با توجه به نیاز آبی طرح احیای دریاچه ارومیه پیشنهاد می‌گردد.

جدول ٥- نیاز آب زیست‌محیطی بر حسب درصدی از متوسط جریان سالیانه (MAR).

Table 5. Environmental water demand (MAR%).

نام ایستگاه Station name	متوسط آورد سالیانه (MAR) (m^3/s)	نیاز آب زیست‌محیطی بلندمدت (EWR) (درصدی از MAR)						
		A	A/B	B	B/C	C	C/D	D
بیطاس Bytas	1.73	43.31	36.81	30.14	25.32	20.27	16.6	13.19
کوتر Koter	6.17	43.85	37.24	30.49	25.62	20.5	16.81	13.36

جدول ٦- مقایسه مقادیر پیشنهادی جریان زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای با روش‌های مختلف.

Table 6. Comparison of environmental flow suggestion amounts of Mahabad-Chai River by several methods

ایستگاه Station	روش Method		نیاز آب زیست‌محیطی (EWR) میزان دبی Flow rate(m^3/s)	درصدی از متوسط دبی سالانه MAR%
بیطاس Bytas	تنانت اصلاح‌شده Modified Tenant	فروردین و اردیبهشت (April & May)	0.53	30
		خرداد تا اسفند (June – March)	0.173	10
	تسمن Tessman		0.82	47
	تغییر منحنی تداوم جریان FDC-shifting	کلاس A (class A)	0.97	56
		کلاس B (class B)	0.57	33
		کلاس C (class C)	0.35	20
		کلاس D (class D)	0.21	12
		کلاس E (class E)	0.12	7
		کلاس F (class F)	0.07	4
	مدل ذخیره رومیزی DRM	کلاس A (class A)	0.74	43
		کلاس A/B (class A/B)	0.64	37
		کلاس B (class B)	0.52	30
		کلاس B/C (class B/C)	0.43	25
		کلاس C (class C)	0.36	20
		کلاس C/D (class C/D)	0.29	17
		کلاس D (class D)	0.22	13

ادامه جدول ٦-

Continue Table 6.

ایستگاه Station	روش Method		نیاز آب زیست‌محیطی (EWR)	
			میزان دبی Flow rate(m^3/s)	درصدی از متوسط دبی سالانه MAR%
کوتر Koter	تنانت اصلاح‌شده Modified Tenant	فروردین و اردیبهشت (April & May)	1.85	30
		خرداد تا اسفند (June – March)	0.6	10
		تسمن Tessman	3	48
	تغییر منحنی تداوم جریان FDC-shifting	کلاس A (class A)	4	56
		کلاس B (class B)	1.97	32
		کلاس C (class C)	1.17	19
		کلاس D (class D)	0.68	11
		کلاس E (class E)	0.37	6
		کلاس F (class F)	0.25	4
	مدل ذخیره رومیزی DRM	کلاس A (class A)	2.7	44
		کلاس A/B (class A/B)	2.28	37
		کلاس B (class B)	1.85	30
		کلاس B/C (class B/C)	1.6	26
		کلاس C (class C)	1.3	20
		کلاس C/D (class C/D)	1.05	17
		کلاس D (class D)	0.8	13

جدول ۷- توزیع ماهیانه جریان زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای با روش‌های مختلف.

Table 7. Monthly distribution of environmental flow of Mahabad-Chai River by several methods.

ایستگاه Station	ماه Month	دبی متوسط ماهانه MMF(m^3/s)	نیاز زیست‌محیطی (CMS)			
			تنانت اصلاح‌شده modified Tenant	تسمن Tessman	تغییر منحنی تداوم جریان FDC-shifting	مدل ذخیره رومیزی DRM
بیطاس Bytas	مهر (Oct)	0.06	0.173	0.055	0.02	0.01
	آبان (Nov)	0.63	0.173	0.63	0.14	0.04
	آذر (Dec)	0.96	0.173	0.69	0.2	0.07
	دی (Jan)	1.23	0.173	0.69	0.25	0.1
	بهمن (Feb)	1.95	0.173	0.778	0.41	0.18
	اسفند (Mar)	4.34	0.173	1.73	0.96	0.89
	فروردین (Apr)	6.76	0.52	2.7	1.38	1.56
	اردیبهشت (May)	3.63	0.52	1.45	0.73	1.18
	خرداد (June)	0.87	0.173	0.69	0.19	0.27
	تیر (Jul)	0.21	0.173	0.21	0.05	0.08
	مرداد (Aug)	0.08	0.173	0.08	0.03	0.025
	شهریور (Sep)	0.04	0.173	0.037	0.02	0.01
	میانگین	1.73	0.23	0.82	0.35	0.36

ادامه جدول ۷-

Continue Table 7.

ایستگاه Station	ماه Month	دبی متوسط ماهانه MMF(m^3/s)	نیاز زیست‌محیطی (CMS)			
			تنانت اصلاح‌شده modified Tenant	تسمن Tessman	تغییر منحنی تداوم جریان FDC-shifting	مدل ذخیره رومیزی DRM
کوتر Koter	مهر (Oct)	0.55	0.62	0.55	0.11	0.065
	آبان (Nov)	2.36	0.62	2.36	0.44	0.18
	آذر (Dec)	3.78	0.62	2.47	0.82	0.28
	دی (Jan)	3.8	0.62	2.47	0.76	0.35
	بهمن (Feb)	5.4	0.62	5.3	1.07	0.49
	اسفند (Mar)	13.25	0.62	2.47	3.08	2.57
	فروردین (Apr)	24.67	1.85	9.87	5.28	4.96
	اردیبهشت (May)	15.15	1.85	6.06	3.28	3.97
	خرداد (June)	3.55	0.62	2.47	0.74	0.98
	تیر (Jul)	0.93	0.62	0.94	0.18	0.34
	مرداد (Aug)	0.24	0.62	0.24	0.07	0.07
	شهریور (Sep)	0.22	0.62	0.22	0.06	0.05
	میانگین	6.17	5.94	3	1.17	1.3

منابع

1.Belmar, O., Bruno, D., Martínez-Capel, F., Barquín, J., and Velasco, J. 2013. Effects of flow regime alteration on fluvial habitats and riparian quality in a semiarid Mediterranean basin. J. Ecol. Ind.

2.Cavendish, M.G., and Duncan, M.I. 1987. Use of the in stream flow Incremental methodology: a tool for negotiation. Environmental impact assessment review 6: 347-363.

3.DWAF. 1997. White paper on a National Water Policy for South Africa. Pretoria, South Africa, Department of Water Affairs and Forestry, 37p.

4.GAO, B., Yang, D., Zhao, T., and Yang, H. 2012. Changes in the eco-flow metrics of the Upper Yangtze River from of J. Hydrol.

5.Hafezparast, M. Sustainability Criteria in Assessment of Integrated Water Resources Management in the Aras Basin Based on DPSIR Approach. Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Razi University. (In Persian)

6.Hirji, R., and Panella, T. 2003. Evolving policy reforms and experiences for addressing downstream impacts in World Bank water resources projects, River Research and Applications, 19: 667-681.

7.Hughes, D.A., and Munster, F. 2000. Hydrological information and techniques to support the determination of the water quantity component of the ecological reserve for rivers. Report to the Water Research Commission by the Institute for Water Research, Rhodes University, WRC Report No. 867/3/2000, Pretoria, South Africa.

8.Hughes, D.A., and Hannart, P. 2003. A desktop model used to provide an initial estimate of the ecological instream flow requirements of rivers in South Africa. J. Hydrol. 270: 167-181.

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

10. Mann, J.L. 2006. in stream 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. 143p.
11. Mostafavi, S. 2013. Evaluation of environmental flow of Baranduz-chai River, Master of Science thesis, faculty of agriculture, Urmia University, Urmia. (In Persian)
12. Nazariha, M. 2011. Evaluation of environmental flow in Karoon River by 3 Methods: Tenant, FDC & Smakhtin. Master of Science thesis, 5th specialized congress of environment engineering. (In Persian)
13. Poff, N., Richter, B., Arthington, A., Bunn, S., Naiman, R., Kendy, E., Acreman, M. etc. 2010. The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. Freshwater Biology, 55: 147-170.
14. Shaeri Karimi, S. 2010. Evaluation of rivers environmental flow. Master of Science thesis, faculty of agriculture, Urmia University, Urmia. (In Persian)
15. Smakhtin, V.U., and Anputhas, M. 2006. An assessment of environmental flow requirements of Indian River basins. IWMI Research Report 107. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, 36p.
16. Smakhtin, V.U. 2001. Low flow hydrology: a review. J. Hydrol. Pp: 147-186.
17. Smakhtin, V.U., and Anputhas, M. 2006. An assessment of environmental flow requirements of Indian River basins. IWMI Research Report 107. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, 36p.
18. Smakhtin, V.U., and Shilpakar, R.L. 2005. Planning for environmental waterallocations: An example of hydrology-based assessment in the East RaptiRiver, Nepal. Research Report 89. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
19. Stock company of water zone of left Azarbayejan, Urmia lake basin, Mahabad-Chai sub-basin.
20. Taleb Bidokhti, N., and Bani Hashemi, B. 2007. Environmental rightful 2th specialized congress of environment engineering. Tehran university, Tehran. (In Persian)
21. Taleb Bidokhti, N. 2013. Environmental rightful challenges in Iran. special article of information newspaper (Sunday 26th of November 2013). (In Persian)
22. Tennant, D.L. 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Fisheries, 1: 6-10.
23. Tessman, S.A. 1980. Environmental Assessment, Technical Appendix E, in Environmental Use Sector Reconnaissance Elements of the Wester Dakotas Region of South Dakota Study. Water Resources Research Institute, South Dakota State University, Brookings, SD.
24. Tharme, R.E. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River Research and Applications, 19: 397-441.
25. Yang, Y., Yang, Z., Liu, Q., and Sung, T. 2010. Assessing effects of dam operation on flow regimes in the lower Yellow River. Procedia Environmental Sciences, 2: 507-516.

Arch

Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(6), 2019
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.14563.2939

The evaluation of river environmental flow by using the ecohydrological methods (Case study: Mahabad-Chai River)

A. Razzaghi Rezaeieh[1], *H. Ahmadi[2], N.A. Haghdoust[3] and B. Hessari[4]
[1]M.Sc. Student of Hydraulic Structures, Urmia University, [2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Urmia University, [3]Instructor, Dept. of Water Engineering, Urmia University, [4]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Urmia University

Received: 01.10.2018; Accepted: 09.08.2018

Abstract

Background and Objectives: Regards of water scarcity, inappropriate distribution of precipitation, implementation and development of projects in water resource fields such as dam construction and inter-basin water convenience is unavoidable. For prevention of long-term negative environmental impacts of such projects and for water allocation acts, it is necessary to study hydrological and ecological demands of river as an "environmental water demand". The "environmental water demand" usually is defined as a set of discharges which are determined by the magnitudes, frequencies, occurrences and given flows, but the employed methods in this research calculate environmental flows in the form of mean annual runoff (MAR). These flows which provide appropriate conditions for conservation of aquatic life and ecosystem processes for sustainability goal, are called "environmental flows". This article aimed to study the "environmental demand" estimation for Mahabad-Chai River.

Materials and Methods: Mahabad-Chai sub basin is located on southwest of Lake Urmia; and considering its extent, it is the fourth largest sub-basin of Lake Urmia Watershed. Its geographic area ranges from 44° 45´E to 45° 56´E and 36° 22´N to 37° 10´N and is composed of two main branches "BYTAS & KOTER". The ecological river demand was estimated and compared with four hydrological methods (Tenant, Tessman, FDC-shifting and DRM), then suitable method was introduced.

Results: The ecological demand of Mahabad-Chai river is estimated and compared by four hydrological methods, FDC-shifting method biological class C, because of considering ecological specifications of the river, was chosen and the environmental demand of Mahabad-Chai River was estimated to 0.35 cms in BYTAS station and 1.17 cms in KOTER station. The annually average flow was 1.73 and 6.17 cms in BYTAS and KOTER hydrometric station respectively.

Conclusion: Based on the results, the suggested flow of FDC-shifting method at C class is recommended as minimum environmental flow for Mahabad-Chai River, because this method needs the less data, doing early and rapid assessment in data and simulating current hydrological conditions by considering desirable ecological conditions, whereas other methods can't do this action. Moderated class C (relatively modified) consider about %20 MAR to %30 MAR as environmental flow, that in this condition basic function of ecosystem has not changed and more species is survived. Also moderated class C has good match with regime of flow at several months and is acceptable in area in terms of managerial, agricultural uses, drinking and etc. The suggested method in this research is not the ultimate solution for environmental problems of Mahabad-Chai River. Lack of comprehensive required ecological information at river's ecosystem studies, cause to estimating eco-hydrology by less coefficient of confidence.

Keywords: DRM, Ecologic, FDC-shifting, Tenant, Tessman

---

* Corresponding Author; Email: h.ahmadi@ut.ac.ir

Arc