



دانشگاه گوارن و سنجش آب

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<sup>۱</sup>، \*حجت احمدی<sup>۲</sup>، نورعلی حقدوست<sup>۳</sup> و بهزاد حصار<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی‌ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه ارومیه، <sup>۲</sup>دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه،

<sup>۳</sup>مربی گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، <sup>۴</sup>استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱۷

### 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  $45^{\circ} 44'$  تا  $45^{\circ} 56'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $36^{\circ} 22'$  تا  $37^{\circ} 10'$  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  $0/35$  مترمکعب بر

\* مسئول مکاتبه: [h.ahmadi@ut.ac.ir](mailto: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 تغییر یافته) 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 مورد مطالعه 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 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)<sup>۱</sup> 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<sup>۲</sup> 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

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 تحت تأثیر 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

1- DPSIR: Driving forces, Pressures, States, Impacts, Responses  
2- An extension of ArcMap (ESRI) for integrated water resources management and planning

جریان زیست‌محیطی مورد نیاز است، به کار گرفته می‌شوند (۸). مان (۲۰۰۶) به بررسی کاربرد روش تنانت در آبراهه‌های با شیب زیاد پرداخت. وی با مطالعه بر روی ۱۵۱ مقطع عرضی از ۷۰ رودخانه در غرب ایالات متحده 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 مورد استفاده قرار گیرد و بر اساس روش کار برنامه‌ریزی شده برای تعیین جریان زیست‌محیطی صورت گیرد. همچنین روش تنانت قابل استفاده 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<sup>۳</sup> نام دارد، بر اساس تکنیک‌های هیدرولوژیکی موجود پایه‌ریزی شده است. محدودیت‌های جریان اکولوژیکی ناشی از تغییرات هیدرولوژیکی قابل انعطاف 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 (۱۹۸۶) با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی جریان زیست‌محیطی را در منطقه میسوری به دست 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).

می‌کند (۵). برای مدیریت روزبه‌روز رودخانه، نیازهای زیست‌محیطی اغلب به‌عنوان مجموعه‌ای از بدهای 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 (۶).

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 منحصر به فرد برای ۴۴ کشور در ۶ نقطه (شمال آمریکا، جنوب و مرکز آمریکا، آفریقا، اروپا، خاورمیانه و آسیا) جهان ثبت شده است، که می‌تواند تفاوت‌های هیدرولوژیکی درون طبقه‌بندی آبی، شبیه‌سازی زیستگاه و متدهای جامع‌نگر را شناسایی کند (۱۴). هیوز و هنارت (۲۰۰۳) برای ارزیابی‌های اولیه نیازهای جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها در آفریقای جنوبی یک روش رومیزی به نام مدل ذخیره رومیزی<sup>۱</sup> 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 سالانه<sup>۲</sup> که برای مؤلفه‌های مختلف (کم‌آبی‌ها و سیلاب‌ها) رژیم

3- Ecological Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA)

1- Desktop Reserve Model (DRM)

2- Mean annual runoff (MAR)

قرار دادند (۱). طالب‌بیدختی و بنی‌هاشمی (۲۰۰۷) در بررسی جامع روش‌ها و مدل‌های برآورد جریان زیست‌محیطی عنوان کردند که در تعیین حقایق 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<sup>۲</sup> با توجه به اطلاعات به‌دست آمده دبی زیست‌محیطی موردنیاز، ۱۸ تا ۴۰ مترمکعب در ماه‌های مختلف تعیین گردید (۲۰).

ارزیابی جریان زیست‌محیطی در سامانه رودخانه‌ها تجربه جدیدی در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. یکی از فرضیه‌ها ارتباط رژیم هیدرولوژیکی با شرایط اکولوژیکی رودخانه است. در مطالعه دیگری از روش نوین اسمختین و آپوتاس (۲۰۰۶) و نرم‌افزار (GEFC)<sup>۳</sup> برای ارزیابی شدت جریان 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 تغییر یافته»)، نیازمند تداوم جریان به میزان ۱ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۱۹ درصد متوسط جریان سالیانه MAR) است (۱۷). نظریه (۲۰۱۱) برای ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه کارون توسط سه روش تنانت، تسمن و تغییر منحنی تداوم جریان با استفاده از داده‌های ۴۱ 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

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 منحصر به فرد برای ۴۴ کشور در ۶ نقطه (شمال آمریکا، جنوب و مرکز آمریکا، آفریقا، اروپا، خاورمیانه و آسیا) جهان ثبت شده است، که می‌تواند تفاوت‌های هیدرولوژیکی درون طبقه‌بندی آبی، شبیه‌سازی زیستگاه و متدهای جامع‌نگر را شناسایی کند (۱۶).

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<sup>۱</sup> به این نتیجه رسیدند، که جریان سالانه در دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۸ کاهش یافته است و این کاهش در فصل پاییز بسیار شدید بوده است. مقدار آب ره‌اشده سد از سال ۲۰۰۳ به‌علت خشک‌سالی کاهش یافته که منجر به بروز اثرات منفی زیست‌محیطی شده است (۴). 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، ۴۸ 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

2- Physical Habitat Simulation

3- The Global Environmental Flow Calculator

1- Indicators of Hydrologic Alteration

سوابق مطالعاتی قابل‌اتکا و خلأ اطلاعاتی در این زمینه، این پژوهش به دنبال آن است که مقادیر موردنظر به‌عنوان دبی زیست‌محیطی را برای منطقه مورد مطالعه ارائه نماید. در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی سیستم رودخانه مهابادچای جهت برآورد نیاز زیست‌محیطی از اهمیت بسیاری برخوردار است.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** 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  $45^{\circ} 44'$  تا  $45^{\circ} 56'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $36^{\circ} 22'$  تا  $37^{\circ} 10'$  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 به سمت شمال جریان یافته و شاخه‌های فرعی متعددی دریافت نموده و به نام 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

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

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 (۲۴). در این پژوهش با توجه به این موارد و اطلاعات موجود، برای تعیین حداقل جریان زیست‌محیطی رودخانه مه‌بادچای 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 ۶ ماهه دو دوره کم‌آبی و پرآبی می‌باشد.

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 مه‌باد ۸۴۲ کیلومترمربع و دبی لحظه‌ای آن ۱۰/۵۴ مترمکعب در ثانیه و مجموع دبی سالانه آن ۱۲۰ میلیون مترمکعب می‌باشد (۱۹).

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

**روش مورد مطالعه:** 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

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

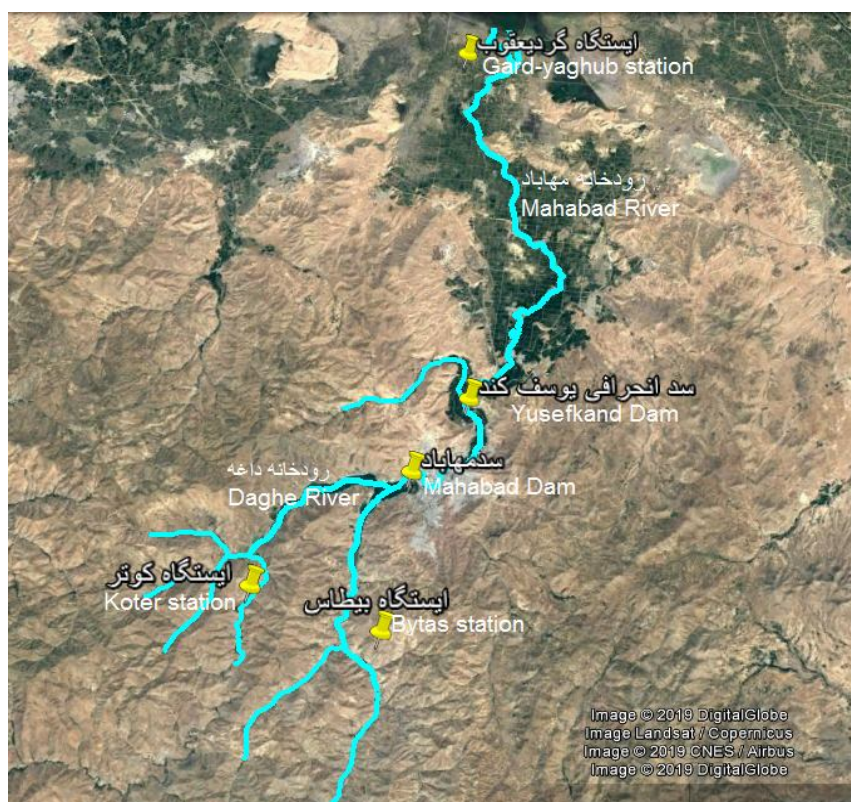
Table 1. Specifications and position of BYTAS & KOTER stations in the Mahabad-Chai River (19).

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

جدول ۲- پیشنهاد روش تنانت برای جریان زیست محیطی برای ماهیان، حیات وحش و مقاصد تفریحی (۲۲).

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

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



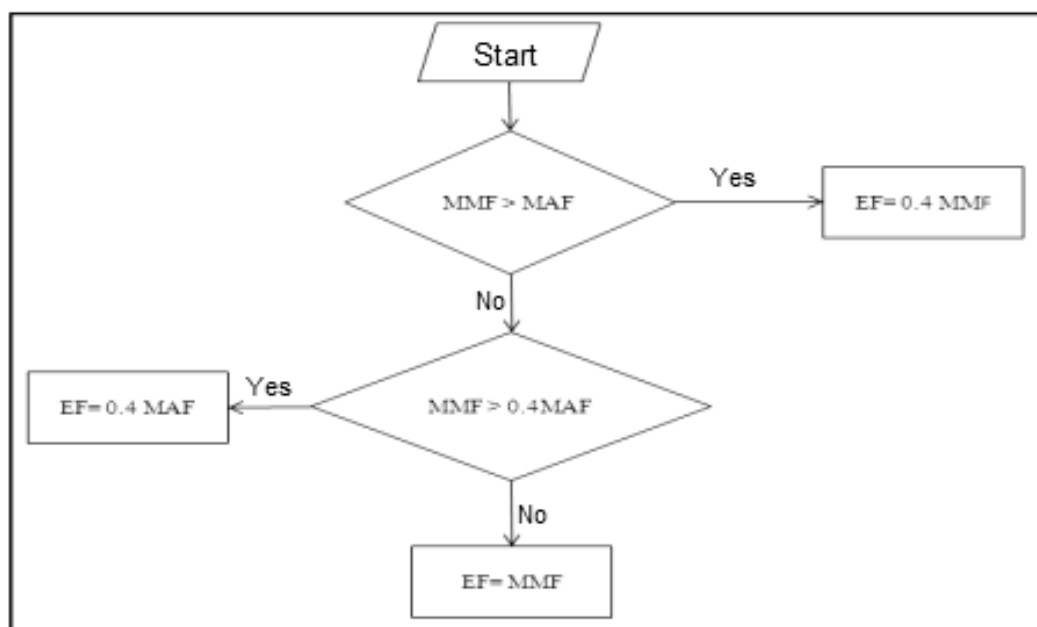
شکل ۱- عکس هوایی و نمایی از ایستگاه‌ها و سرشاخه‌های حوضه آبریز رودخانه مهابادچای.  
Figure 1. Aerial photos & view of stations and branches of Mahabad-Chai River basin.

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 ارائه شده 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.

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 به صورت فلوچارتی ارائه شده است. با توجه به فلوچارت، در صورتی که متوسط جریان ماهیانه بیش‌تر از متوسط جریان سالیانه باشد، حداقل جریان ماهیانه برابر با ۴۰٪ متوسط جریان ماهیانه خواهد بود. در غیر این صورت، اگر متوسط جریان ماهیانه بیش‌تر از ۴۰٪ متوسط جریان سالیانه باشد، حداقل جریان ماهیانه برابر با ۴۰٪ متوسط جریان سالیانه بوده، در غیر این صورت برابر با متوسط جریان ماهیانه خواهد بود.

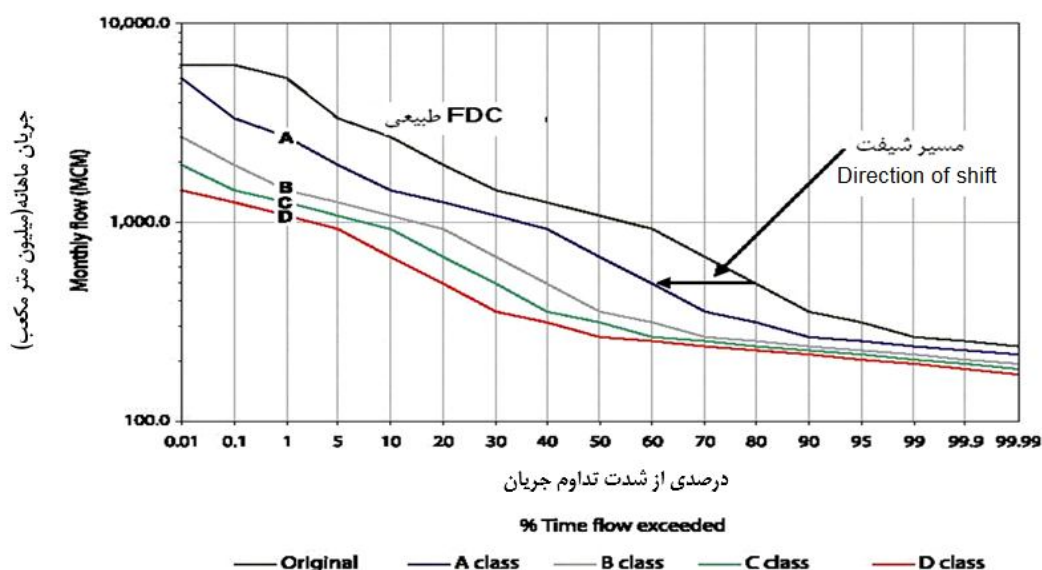
روش تغییر منحنی تداوم جریان (FDC-shifting): اسمختین و آنپوتاس (۲۰۰۶) به منظور ارزیابی جریان زیست‌محیطی در سامانه رودخانه از این روش استفاده کردند. این روش که یک رژیم هیدرولوژیکی برای



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 estimation for environmental management classes by transverse shifting (15).

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).

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 عین حال که برخی رودخانه‌ها از نظر زیست‌محیطی پراهمیت هستند اما به دلیل نیازهای

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

زیست‌محیطی شناسایی شده، 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 قابل قبول از نظر اکولوژیکی را ایجاد می‌کنند. اجزای سازنده اصلی جریان‌های کم‌آبی (جریان‌های پایه)، افزایش‌های کوچک در جریان و جریان‌های پرآبی بزرگ‌تر

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. 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

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 مورد مطالعه مطابقت ندارد و شرایط آن متفاوت است؛ بنابراین بر اساس داده‌های آب‌سنجی منطقه مورد مطالعه، 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  $0/53$  مترمکعب بر ثانیه و در ماه‌های خرداد تا اسفند  $0/173$  مترمکعب بر ثانیه و در ایستگاه کوتر برای ماه‌های فروردین و اردیبهشت  $1/85$  و در ماه‌های خرداد تا اسفند  $0/6$  مترمکعب بر ثانیه محاسبه شده است.

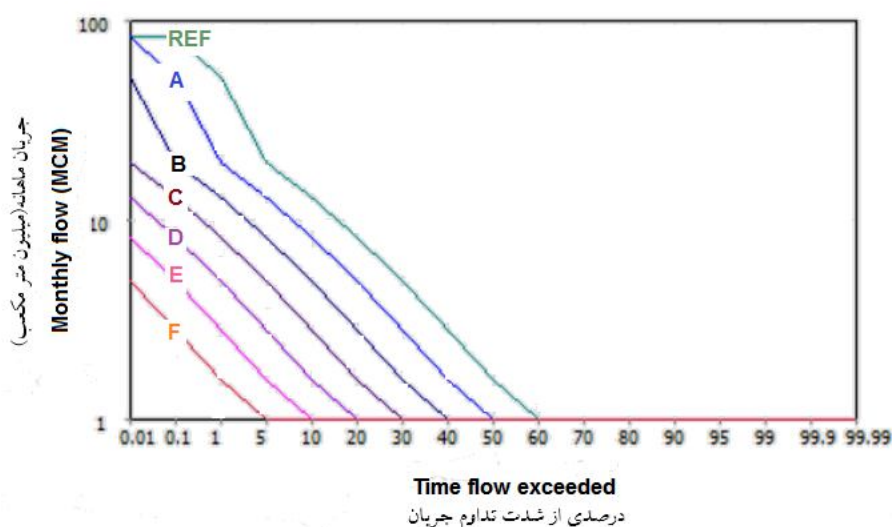
**روش تسمن:** نیاز زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای با روش تسمن در محدوده مورد مطالعه برآورد شد. با توجه به موارد مطرح‌شده در روش تسمن، متوسط

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 حالی که 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.

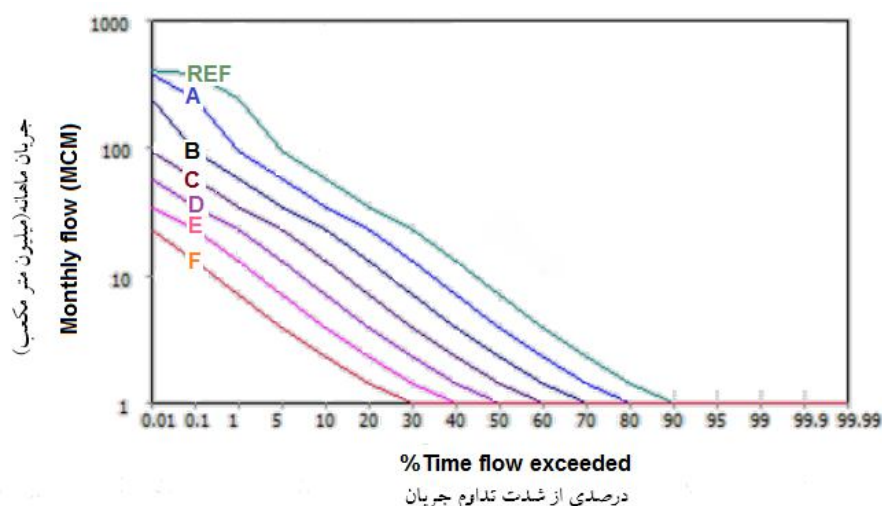
صورت که عملکرد اساسی اکوسیستم دست‌نخورده، رودخانه نسبتاً تغییر یافته بوده و با توجه به اهمیت زیست‌محیطی رودخانه، طبقه زیستی C (حفظ حداقل شرایط زیستی رودخانه) به‌عنوان طبقه مدیریتی مورد نظر انتخاب شد. نتایج برآورد جریان سالانه در ایستگاه بیطاس و کوتر در شش کلاس مدیریتی A تا F به‌صورت درصدی از متوسط جریان سالیانه استخراج شده توسط مدل GEFC در جدول ۴ 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 رودخانه‌های، ۱۰ درصد MAR در نظر گرفته شود. با توجه به جدول ۶، 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.

جریان ۰/۸۲ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۴۷ درصد MAR) در ایستگاه بیطاس و متوسط جریان ۳ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۴۸ درصد MAR) در ایستگاه کوتر به‌عنوان دبی زیست‌محیطی مورد نیاز است. روش تغییر منحنی تداوم جریان: با استفاده از این روش، منحنی‌های تداوم جریان و منحنی‌های مورد نظر هر کدام از طبقه‌های زیست‌محیطی در رودخانه مورد مطالعه تعیین شد که در شکل‌های ۴ 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 ۴ ارائه شده است. در رودخانه مهابادچای با توجه به بازدهی‌های میدانی از منطقه، پژوهش‌های صورت‌گرفته از سازمان محیط‌زیست استان آذربایجان غربی، شواهد اکولوژیکی محدوده مورد مطالعه به این



شکل ۴- 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 زیست محیطی رودخانه مهابادچای در ایستگاه کوتر.

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

جدول ۴- نیاز آب زیست محیطی بر حسب درصدی از متوسط جریان سالانه (MAR).

Table 4. Environmental water demand (MAR%).

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

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 قابل تغییر نیست. این در حالی است که برای رودخانه مهابادچای در ایستگاه‌های مورد مطالعه 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

با توجه به طبقه مدیریتی زیستی C در روش FDC-shifting، جریان زیست محیطی 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 مورد نیاز می‌باشد.

روش مدل ذخیره رومیزی: نتایج حاصل از این روش، برای هفت کلاس اکولوژیکی A تا D برای دو ایستگاه مورد مطالعه در جدول ۵ ارائه شده است. یکی از محدودیت‌های این مدل این است که در محاسبه

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 تغییر یافته 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 روی داده‌ها انجام می‌دهد؛ وضعیت‌های هیدرولوژیکی موجود را با در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی مطلوب شبیه‌سازی می‌کند. کلاس مدیریتی C (نسبتاً تغییر یافته) 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 مورد قبول است. روش و مقادیر پیشنهادی در این پژوهش راه‌حل نهایی برای مشکلات زیست‌محیطی رودخانه مهابادچای نیست. نبود اطلاعات جامع اکولوژیکی مورد نیاز 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.

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 ۰/۳۶ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۲۰ درصد MAR) در ایستگاه بیطاس و جریان ۱/۳ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۲۰ درصد MAR) در ایستگاه کوتر مورد نیاز 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 ۴ و ۵ خروجی مدل GEFC و DRM بوده، بدین‌صورت که برای هر کلاس زیست‌محیطی درصدی از جریان متوسط سالیانه را به‌عنوان حداقل جریان زیست‌محیطی مورد نیاز ارائه می‌دهند. در جدول ۶، مقادیر متوسط سالانه شدت جریان 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 مدیریتی 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

جدول ۵- نیاز آب زیست محیطی بر حسب درصدی از متوسط جریان سالانه (MAR).

**Table 5. Environmental water demand (MAR%).**

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

جدول ۶- مقایسه مقادیر پیشنهادی جریان زیست محیطی رودخانه مهآبادچای با روش های مختلف.

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

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

ادامه جدول ۶-

Continue Table 6.

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

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.

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



ادامه جدول ۷-

Continue Table 7.

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

### 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 Anpuhas, 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 Anpuhas, 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 water allocations: An example of hydrology-based assessment in the East Rapti River, Nepal. Research Report 89. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
19. Stock company of water zone of left Azarbajejan, Urmia lake basin, Mahabad-Chai sub-basin.
20. Taleb Bidokhti, N., and Bani Hashemi, B. 2007. Environmental rightful 2<sup>th</sup> 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 26<sup>th</sup> 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.



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<sup>1</sup>, \*H. Ahmadi<sup>2</sup>, N.A. Haghdoost<sup>3</sup> and B. Hessari<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student of Hydraulic Structures, Urmia University, <sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Urmia University, <sup>3</sup>Instructor, Dept. of Water Engineering, Urmia University,

<sup>4</sup>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

