

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره نه، آذر ماه ۹۸

## مقایسه روش های مختلف هیدرولوژیکی و اکوهیدرولوژیکی در برآورد جریان

### محیط زیستی رودخانه مهاباد

نازک روزگاری<sup>۱\*</sup>

[Nazak\\_Rouzegari@yahoo.com](mailto:Nazak_Rouzegari@yahoo.com)

محمدتقی ستاری<sup>۲</sup>

هاجر فیضی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۹

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۲۴

#### چکیده

**زمینه و هدف:** در مدیریت و بهره برداری از پروژه های منابع آب و به ویژه مخازن سدها تامین حداقل جریان آب مورد نیاز جهت حفظ زیستگاه گونه های مختلف موجودات آبی و گیاهی ضروری است. در روند احیای دریاچه ارومیه، تخصیص سهم جریان محیط زیستی رودخانه مهاباد، به عنوان یکی از رودخانه های مهم حوضه آبریز دریاچه ارومیه، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از این روی هدف از نوشتن این مقاله برآورد حداقل جریان محیط زیستی رودخانه مهاباد با استفاده از روش های هیدرولوژیکی و اکوهیدرولوژیکی می باشد.

**روش بررسی:** در این تحقیق، نیاز محیط زیستی رودخانه مهاباد، با پنج روش تنانت، تسمن، مدل ذخیره رومیزی، انتقال منحنی تداوم جریان و تحلیل منحنی تداوم جریان برآورد شده است.

**یافته ها:** با توجه به نتایج حاصل ملاحظه گردید، برای حفاظت رودخانه مهاباد در حداقل شرایط محیط زیستی قابل قبول، دو روش انتقال منحنی تداوم جریان در کلاس مدیریتی B (۳۵ درصد جریان متوسط سالانه، معادل ۲/۷ متر مکعب بر ثانیه) و روش مدل ذخیره رومیزی در کلاس مدیریتی B/C (۲۷/۳ درصد جریان متوسط سالانه، معادل ۲/۱۳ متر مکعب بر ثانیه)، نتایج تقریباً مشابه و قابل قبولی را ارائه می دهند.

**بحث و نتیجه گیری:** به طور کلی دو روش انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی، به دلیل در نظر گرفتن کلاس های مختلف اکولوژیکی، نسبت به روش های دیگر ارجحیت داشته و می توان این روش ها را برای تعیین نیاز محیط زیستی رودخانه مهاباد به کار برد.

**واژه های کلیدی:** حقایب محیط زیستی، روش های هیدرولوژیکی، انتقال منحنی تداوم جریان، مدل ذخیره رومیزی، رودخانه مهاباد.

۱- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران \* (مسئول مکاتبات)

۲- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳- دانشجوی دکترا، مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

## Comparison of Hydrology and Eco Hydrology Methods in Environmental Flow Estimation of Mahabad River

Nazak Rouzegari<sup>1\*</sup>

[Nazak.Rouzegari@yahoo.com](mailto:Nazak.Rouzegari@yahoo.com)

MohammadTaghi Sattari<sup>2</sup>

Hajar Feyzi<sup>3</sup>

Admission Date: January 18, 2017

Date Received: October 15, 2016

### Abstract

**Background and Objective:** In water resources management and operation, especially for dam reservoirs, supplying the minimum water demand for protecting the life of the different plant and aquatic species is essential. Allocating the environmental flow for Mahabad River, as one of the most important rivers in the Urmia Lake basin, is very crucial. Therefore, the purpose of this study was to estimate the minimum environmental flow for Mahabad River using Eco-Hydrology methods.

**Method:** In this study, the environmental flow for Mahabad River was estimated by five methods, namely Tenant, Tesson, Flow Duration Curve (FDC) Shifting, Desktop Reserve Model (DRM), and Flow Duration Curve Analysis (FDCA).

**Findings:** According to the results obtained in this study, to protect Mahabad River in the acceptable minimum environmental condition, the FDC shifting model considering class B (35.1% MAR (mean annual runoff), equivalent to 2.75 m<sup>3</sup>/s) and DRM considering class B/C (27.24% MAR, equal to 2.13 m<sup>3</sup>/s) led to approximately similar and acceptable results.

**Discussion and Conclusion:** Generally, the FDC shifting model and DRM that consider different hydrological classes are preferable to other methods, and these methods can be used to determine the environmental flow for Mahabad River.

**Keywords:** Environmental Flow; Hydrology Methods; Flow Duration Curve Shifting; Desktop Reserve Model; Mahabad River.

---

1- Msc, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran \*(Corresponding author).

2- Associate Professor, Department of Water Resources, Faculty of Agricultural Engineering, University of Tabriz, Iran.

3- Ph.D Student, Department of Water Resources, Faculty of Agricultural Engineering, University of Tabriz, Iran.

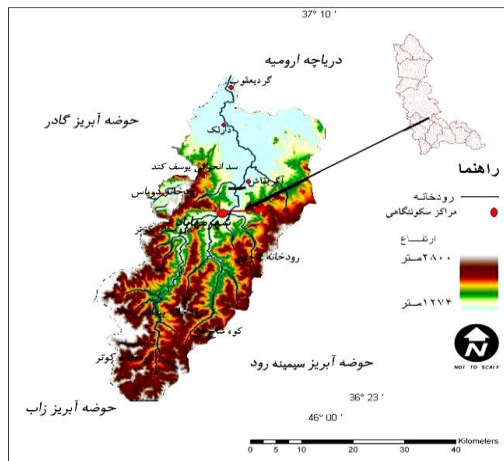
## مقدمه

تنانت، شاخص جریان کم و تحلیل منحنی تداوم جریان مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد، روش های مدل ذخیره رومیزی و انتقال منحنی تداوم جریان قابلیت بالاتری دارند (۵). پاستور و همکاران (۲۰۱۴)، برای برآورد جریان محیطزیستی یازده رودخانه، از پنج روش تنانت، تسمن، اسماختین، جریان ماهانه متغیر (VMF) و روش Q90 - Q50 استفاده کرده و نتایج را با یکدیگر مقایسه نمودند. نتایج نشان داد که دو روش جریان ماهانه متغیر و تسمن، بیشترین همبستگی را با محاسبات محلی جریان محیطزیستی دارد و روش های تنانت، اسماختین و Q90 - Q50، در شرایط وقوع سیل در رودخانه در فصول خشک، کارایی مناسبی ندارند (۶). طبق بررسی منابع صورت گرفته ملاحظه می گردد، از تعداد ۱۹ رودخانه منتهی به دریاچه ارومیه، رودخانه مهابادچای از جمله رودخانه هایی است که دارای رژیم آب دهی دایم می باشد (۷). با توجه به بحران خشک شدگی دریاچه ارومیه و سهم قابل توجه رودخانه مهابادچای، هدف اساسی این تحقیق برآورد حبابه محیطزیستی رودخانه مهاباد برای اولین بار با استفاده از پنج روش تنانت، تسمن، مدل ذخیره رومیزی، انتقال منحنی تداوم جریان و تحلیل منحنی تداوم جریان با لحاظ شرایط هیدرولوژیکی و اکولوژیکی حاکم بر منطقه مورد مطالعه می باشد.

## مبانی نظری

حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران توسط بخش های شمالی کوه زاگرس، شیب های جنوبی کوه سبلان، شیب های شرقی، غربی و شمالی کوه سهند احاطه شده است. تمامی رودخانه های این حوضه، به دریاچه ارومیه جریان می یابند. این حوضه به هشت زیرحوضه تقسیم شده است که یکی از زیرحوضه ها، حوزه آبریز رودخانه مهاباد است (۸). شکل (۱) موقعیت حوضه آبریز رودخانه مهاباد را نشان می دهد. این رودخانه از دو شاخه اصلی به نام های کوتر و بیطاس و یک شاخه کوچک به نام دهبکر تشکیل یافته است. برای انجام محاسبات برآورد دبی محیطزیستی رودخانه، از داده های ایستگاه هیدرومتری کوتر و بیطاس، واقع در بالادست سد مهاباد

در سال های اخیر، دستیابی به منابع آب به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است؛ به طوری که روزبه روز به احداث و بهره برداری از طرح های توسعه منابع آب در دنیا افزوده می شود. یکی از آسان ترین روش ها برای دستیابی به آب مورد نیاز، استفاده از آب رودخانه هاست. این در حالی است که بوم سازگان آبی برای ادامه حیات خود نیازمند این آب می باشند (۱). به منظور پیش گیری از اثرات منفی درازمدت طرح های آبی بر بوم سازگان رودخانه ای، لازم است نیازمندی های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی رودخانه در قالب نیاز آب محیطزیستی تعریف گردد. با وجود سابقه طولانی در سطح جهان، موضوع نیاز محیطزیستی مفهومی جدید در ایران است (۲). تاکنون از روش های مختلف برای برآورد نیاز زیست محیطی استفاده شده است. عبدی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از روش های تنانت (Tenant)، تسمن (Tessman)، مدل ذخیره رومیزی (DRM) و انتقال منحنی تداوم جریان (FDC Shifting) به ارزیابی نیاز محیطزیستی رودخانه زربنه رود واقع در شمال غرب ایران پرداختند. نتایج نشان داد که مقادیر به دست آمده از روش انتقال منحنی تداوم جریان به دلیل در نظر گرفتن شرایط مدیریت اکولوژیکی نسبت به سایر روش ها ارجحیت دارد (۲). مصطفوی و یاسی (۱۳۹۴)، از پنج روش (تنانت، تسمن، تحلیل منحنی تداوم جریان، تغییر منحنی تداوم جریان، مدل ذخیره رومیزی) برای ارزیابی حداقل جریان محیطزیستی رودخانه باراندوزچای در حوضه دریاچه ارومیه استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که از میان پنج روش، دو روش تغییر منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی نسبت به روش های دیگر ارجحیت دارند (۳). اسماختین و همکاران (۲۰۰۴)، در یک ارزیابی کلی از تخمین نیاز محیطزیستی رودخانه ها در مقیاس جهانی، میزان آن را ۲۰-۵۰ درصد میانگین آورد سالانه (MAR) تعریف کردند (۴). شاعری کریمی و همکاران (۲۰۱۲)، از روش انتقال منحنی تداوم جریان برای برآورد جریان محیطزیستی رودخانه شهرچای استفاده کردند و نتایج حاصل از آن را با نتایج حاصل از روش های مدل ذخیره رومیزی،



شکل ۱- موقعیت حوضه آبریز رودخانه مهباد  
Figure 1. Location of Mahabad River Basin

بین سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ استفاده شد. اطلاعات مربوط به آبدهی رودخانه، در جدول (۱) ارائه شده است.

### ۱- روش هیدرولوژیکی تنانت یا مونتانا (Tenant)

این روش از ساده‌ترین و سریع‌ترین روش‌های هیدرولوژیکی برای تعیین نیاز آب محیط‌زیستی محسوب می‌شود. در سال ۱۹۷۶، دونالد تنانت روشی برای تعیین جریان محیط‌زیستی مورد نیاز برای ماهی‌ها معروف به روش (مونتانا) معرفی کرد (۹). در این روش، درصدهای مختلفی از متوسط جریان سالانه در نظر گرفته می‌شود (۱۰). سطح قابل قبول از این روش، با توجه به نشریه استاندارد وزارت نیرو، معادل ۳۰ درصد دبی متوسط سالانه برای فروردین تا شهریور (به‌عنوان دوره پرآبی) و ۱۰ درصد دبی متوسط سالانه برای مهر تا اسفند (به‌عنوان دوره کم‌آبی) می‌باشد (۱۱).

جدول ۱- آبدهی درازمدت ماهیانه و سالانه (مترمکعب بر ثانیه) رودخانه مهباد، (۱۳۷۰-۱۳۹۲)

Table 1. Monthly and Annual Long-Term Discharge (m<sup>3</sup>/s) of Mahabad River, (1991- 2014)

جریان	بده متوسط	بده حداکثر	بده حداقل
مهر	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
آبان	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵
آذر	۳/۴۸	۳/۴۸	۳/۴۸
دی	۵/۴۹	۵/۴۹	۵/۴۹
بهمن	۷/۷۱	۷/۷۱	۷/۷۱
اسفند	۱۷/۸۳	۱۷/۸۳	۱۷/۸۳
فروردین	۳۲/۸۳	۳۲/۸۳	۳۲/۸۳
اردیبهشت	۱۹/۰۳	۱۹/۰۳	۱۹/۰۳
خرداد	۳/۳۷	۳/۳۷	۳/۳۷
تیر	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳
مرداد	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰
شهریور	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱
سالانه	۷/۸۴	۷/۸۴	۷/۸۴

### - روش هیدرولوژیکی تسمن (Tessman)

تسمن (۱۹۸۰)، با اقتباس از پیشنهادات فصلی روش تنانت، از ترکیبی از متوسط جریان ماهیانه (MMF) و متوسط جریان سالیانه (MAF) برای تعیین حداقل جریان ماهیانه مورد نیاز استفاده کرد که دارای مراحل زیر است (۱۲).

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

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

**۳- روش اکوهیدرولوژیکی انتقال منحنی تداوم جریان (FDC Shifting)**

این روش توسط اسماختین و آنپوتاس (۲۰۰۶)، به منظور ارزیابی جریان محیطزیستی در سامانه رودخانه معرفی شده است (۱۳). که شامل چهار مرحله اصلی شبیه سازی وضعیت های هیدرولوژیکی موجود، تعریف کلاس های مدیریت محیطزیستی، تولید منحنی های تداوم جریان محیطزیستی و تولید سری زمانی جریان محیطزیستی ماهانه می باشد.

**۳-۱- شبیه سازی وضعیت های هیدرولوژیکی موجود**

در این روش از داده های جریان ماهیانه استفاده و محور احتمالات منحنی تداوم جریان با نمایش ۱۷ مورد درصد احتمال وقوع (۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۹۵، ۹۹، ۹۹/۹، ۹۹/۹۹) تهیه می شود (۱۳).

**۳-۲- تعریف طبقه های مدیریت محیطزیستی**

در ارزیابی جریان محیطزیستی در این روش، از داده های ماهیانه رودخانه استفاده شده و بر مبنای منحنی تداوم جریان طبیعی و موجود

رودخانه، منحنی تداوم جریان زیست محیطی برای هر طبقه مورد نظر از نظر مدیریت محیطزیستی تعیین می شود و برای کلاس های مختلف مدیریتی، جریان های مختلفی را تولید می کند. این کلاس ها، در جدول (۲) ارایه شده است (۲). طبقه بالاتر مدیریت محیطزیستی، به آب بیش تری جهت حفظ و نگهداری بوم سازگان نیاز خواهد داشت (۱۳).

**۳-۳- تولید منحنی های تداوم جریان محیطزیستی**

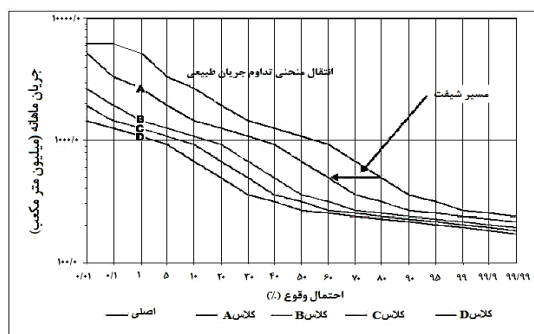
پس از ترسیم منحنی تداوم جریان طبیعی، در مرحله بعد، با استفاده از شیفت عرضی به سمت چپ در طول محور احتمال، منحنی تداوم جریان محیطزیستی برای هر طبقه مدیریتی، محاسبه می شود. با توجه به شکل (۲)، ملاحظه می شود که ۱۷ درصد احتمالاتی اشاره شده به عنوان گام های مختلف این شیفت استفاده می شوند. یک شیفت در منحنی تداوم جریان طبیعی، به این معنی است که جریانی که ۹۹/۹۹ درصد مواقع رخ می داد، اکنون در ۹۹/۹ درصد مواقع رخ می دهد و الی آخر (۱۳).

**جدول ۲- طبقه های مدیریت محیطزیستی در روش انتقال منحنی تداوم جریان (۲)**

Table 2. Environmental Management Classes (EMC) – Flow Duration Curve Shifting Method (2)

دیدگاه مدیریتی	تعریف اکولوژیکی	طبقه های مدیریت محیطزیستی (EMC)
رودخانه ها و حوضه های حفاظت شده، مناطق حفاظت شده و پارک های ملی، اجازه هیچ پروژه آبی (سدها، انحراف آب و ...) داده نمی شود.	وضعیت دست نخورده یا حداقل تغییرات زیستگاه ساحلی و رودخانه ای	A: طبیعی
طرح های تأمین آب یا توسعه آبیاری موجود و یا مجاز.	تنوع زیستی و زیستگاه های دست نخورده بیش تر، با وجود توسعه منابع آبی و/یا تغییرات حوضه ای	B: اندک تغییر یافته
موانع و مشکلات زیاد در ارتباط با نیاز برای توسعه اقتصادی - اجتماعی از قبیل سدها، پروژه های انحراف آب، تغییرات زیستگاه و کیفیت کاهش یافته آب.	زیستگاه ها و دینامیک بیوتا مختل شده ولی عملکردهای اساسی بوم سازگان هنوز دست نخورده اند. برخی گونه های حساس از بین رفته و/یا تا حدی کاهش یافته اند. گونه های ناشناخته موجود می باشند.	C: نسبتا تغییر یافته

<p>موانع کاملاً مشهود و مهم در ارتباط با توسعه منابع آبی و حوضه‌های شامل سدها، انحراف آب، انتقالات، تغییرات زیستگاه‌ها و کاهش کیفیت آب.</p>	<p>تغییرات وسیعی در زیستگاه طبیعی، بیوتا و عملکرد اساسی بوم‌سازگان 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.</p>	<p>D: تا حد زیادی تغییر یافته</p>
<p>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.</p>	<p>تعداد و تنوع زیستگاه‌ها کاهش یافته‌است. فراوانی گونه‌ها به طرز شگفت‌آوری کمتر از حد انتظار است. فقط گونه‌های مقاوم باقی می‌مانند. گونه‌های بومی، نمی‌توانند تولید شوند. گونه‌های ناشناخته، بوم‌سازگان را مورد تهاجم قرار داده‌اند.</p>	<p>E: به شدت تغییر یافته</p>
<p>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.</p>	<p>تغییرات به یک سطح بحرانی رسیده‌اند و بوم‌سازگان کاملاً دچار تغییرات شده و می‌توان گفت زیستگاه‌های طبیعی و موجودات زنده دچار تخریب کامل شده‌اند. در بدترین حالت عملکردهای اساسی بوم‌سازگان از بین رفته‌اند و تغییرات، جریان‌ناپذیر هستند.</p>	<p>F: به طرز بحرانی تغییر یافته</p>



شکل ۲- برآورد منحنی تداوم جریان محیط‌زیستی برای کلاس‌های مدیریت محیط‌زیستی از طریق شیفیت عرضی (۱۳)

Figure 2. Estimation of Environmental Flow Duration Curve for Environmental Management Classes Through a Transverse Shift (13)

داده‌های ورودی مورد نیاز نرم‌افزار، داده‌های بلندمدت (حداقل ۲۰ سال) جریان ماهانه می‌باشد (۱۳).

۴- روش اکو- هیدرولوژیکی مدل ذخیره رومیزی (DRM)

این روش توسط هاگس و هنارت (۲۰۰۳)، برای ارزیابی نیاز محیط‌زیستی رودخانه در آفریقای جنوبی ارائه شد (۱۴). این روش می‌تواند جریان اکولوژیکی را در شرایط محدود بودن داده‌های در دسترس و در حالی که یک ارزیابی سریع مورد نیاز

۳-۴- تولید سری زمانی جریان محیط‌زیستی ماهیانه

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 محیط‌زیستی قرائت می‌شود. در روش انتقال منحنی تداوم جریان، از نرم‌افزار " محاسب جهانی جریان محیط‌زیستی " GEFC استفاده می‌شود. این نرم‌افزار، در سال ۲۰۰۷ به وسیله مؤسسه بین المللی مدیریت منابع آب (IWMA) توسعه یافته است.

## نتایج و بحث

در این تحقیق، جریان محیطزیستی رودخانه مهاباد، از روش های مختلف، برآورد و با یکدیگر مقایسه گردید که نتایج به شرح زیر می باشد:

۱- **تنانت:** با استفاده از روش تنانت و مطابق ابلاغیه وزارت نیرو (۱۱)، مقدار جریان محیطزیستی رودخانه مهاباد، برای فروردین تا شهریور، ۳۰٪ متوسط جریان سالانه یعنی ۲/۳۵ مترمکعب بر ثانیه و برای مهر تا اسفند ۱۰٪ متوسط جریان سالانه یعنی ۰/۷۸ مترمکعب بر ثانیه برآورد شد. اختصاص ۱۰٪ متوسط جریان سالانه برای ماه های مهر تا اسفند می تواند شرایط بحرانی برای بوم سازگان رودخانه به وجود آورده و غیرقابل پذیرش است. این روش، بر روی جریان سالانه تاکید دارد.

۲- **تسمن:** توزیع ماهانه نیاز محیطزیستی از این روش برای رودخانه مهاباد در جدول (۳) ارائه شده است. در این جدول، MMF و MAF به ترتیب متوسط جریان ماهانه و متوسط جریان سالانه می باشد. با توجه به نتایج حاصل از روش تسمن و رجوع به جدول (۳)، به طور متوسط می توان گفت این روش، ۳/۷۳ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۰/۴۷ درصد متوسط جریان سالانه) را به عنوان نیاز محیطزیستی رودخانه مهاباد در نظر می گیرد (یعنی حدوداً نیمی از جریان)، در نتیجه ملاحظه می گردد که بر اساس روش کار تسمن (جدول (۳)، اصولاً مقدار بالایی برای جریان محیطزیستی در نظر گرفته شده است.

است، محاسبه کند. تغییرپذیری جریان، نقش مهمی در تعیین نیاز محیطزیستی ایفا می کند، بنابراین، چهار طبقه مدیریتی زیستی A تا D تعریف می شوند. طبقه A شامل رودخانه های طبیعی و تغییر نیافته می شود. طبقه B رودخانه های تغییر یافته ولی تا حد زیادی طبیعی، طبقه C رودخانه های نسبتاً تغییر یافته و طبقه D رودخانه های تا حد زیادی تغییر یافته با خسارات زیاد به زیستگاه طبیعی می باشد. در این دسته بندی ها، طبقه بندی های انتقالی (مثلاً A/B) نیز برای افزایش محدوده جریان های محیطزیستی ممکن، مورد استفاده قرار گیرند (۱۴). در این تحقیق برای محاسبه نیاز آب محیطزیستی از روش مدل ذخیره رومیزی، از نرم افزار Desktop Model (ver. 2) Reserve استفاده شد که داده های ورودی به این نرم افزار داده های جریان ماهیانه می باشد.

## ۵- روش تحلیل منحنی تداوم جریان (FDCA)

یکی از خصوصیات مربوط به جریان آب در ارزیابی نوسانات و تغییرپذیری آب رودخانه از نظر محیطزیستی، منحنی تداوم جریان است. در این روش عموماً بده جریان در سطح اطمینان ۷۰٪ تا ۹۵٪ (Q70 تا Q50)، به عنوان شاخص جریان کم آبی، برای حداقل جریان محیطزیستی در نظر گرفته می شود (۱۵).

## جدول ۳- توزیع ماهانه جریان محیطزیستی رودخانه مهاباد با استفاده از روش تسمن

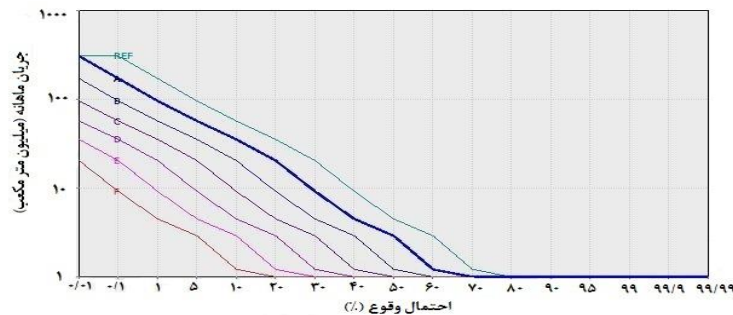
Table 3. Monthly Distribution of Mahabad River Environmental Flows using Tessman

ماه	MMF(m <sup>3</sup> /s)	0.4MMF(m <sup>3</sup> /s)	MAF(m <sup>3</sup> /s)	0.4MAF(m <sup>3</sup> /s)	QTessman(m <sup>3</sup> /s)
مهر	۰/۲۷	۰/۱۱	۷/۸۴	۳/۱۴	۰/۲۷
آبان	۲/۶۵	۱/۰۶	۷/۸۴	۳/۱۴	۲/۶۵
آذر	۳/۴۸	۱/۳۹	۷/۸۴	۳/۱۴	۳/۱۴
دی	۵/۴۹	۲/۲	۷/۸۴	۳/۱۴	۳/۱۴
بهمن	۷/۷	۳/۰۸	۷/۸۴	۳/۱۴	۳/۱۴
اسفند	۱۷/۸۳	۷/۱۳	۷/۸۴	۳/۱۴	۷/۱۳
فروردین	۳۲/۸۳	۱۳/۱۳	۷/۸۴	۳/۱۴	۱۳/۱۳
اردیبهشت	۱۹/۰۳	۷/۶۱	۷/۸۴	۳/۱۴	۷/۶۱

خرداد	۳/۳۷	۱/۳۵	۷/۸۴	۳/۱۴	۳/۱۴
تیر	۰/۷۳	۰/۲۹	۷/۸۴	۳/۱۴	۰/۷۳
مرداد	۰/۴	۰/۱۶	۷/۸۴	۳/۱۴	۰/۴
شهریور	۰/۳۱	۰/۱۲	۷/۸۴	۳/۱۴	۰/۳۱

مهاباد به عنوان یکی از رودخانه‌های مهم حوضه دریاچه ارومیه، کلاس مدیریت محیط‌زیستی B (به طور متوسط ۲/۷۵ مترمکعب بر ثانیه) به عنوان طبقه مدیریتی مورد نظر انتخاب و سری زمانی جریان ماهیانه محیط‌زیستی در کلاس‌های مختلف رودخانه مهاباد تولید شد. با استفاده از این سری زمانی می‌توان جریان محیط‌زیستی ماهیانه مورد نیاز برای حفظ رودخانه در کلاس مدیریتی B را بدست آورد (شکل ۴). با توجه به نمودار شکل (۴) ملاحظه می‌گردد نیاز محیط‌زیستی حاصل از این روش در تمام ماه‌ها، کم‌تر از جریان رودخانه می‌باشد.

۳- انتقال منحنی تداوم جریان: با کاربرد این روش و نتایج حاصل در شکل (۳) و جدول (۴)، مشاهده می‌شود که شدت جریان محیط‌زیستی رودخانه مهاباد برای حفظ شرایط ایده‌آل (کلاس A)، به طور متوسط، حداقل معادل ۴/۸۶ مترمکعب بر ثانیه و در شرایط بحرانی (کلاس F)، به طور متوسط، معادل ۰/۳۵ مترمکعب بر ثانیه ارزیابی می‌شود. در این پژوهش، با توجه به بازدهی‌های میدانی از منطقه و پیمایش رودخانه مهاباد در محدوده مورد مطالعه در پایین‌دست سد مهاباد و ارزیابی اکولوژیکی رودخانه بر اساس تعاریف موجود در روش انتقال منحنی تداوم جریان (جدول ۲) و اهمیت محیط‌زیستی رودخانه



شکل ۳- منحنی تداوم جریان محیط‌زیستی رودخانه مهاباد

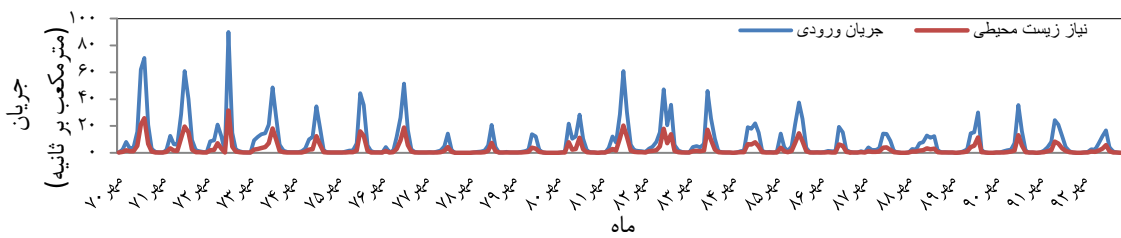
Figure 3- Environmental Flow Duration Curve for Mahabad River

جدول ۴- نیاز آب محیط‌زیستی رودخانه مهاباد با روش انتقال منحنی تداوم جریان بر حسب درصدی از MAR

Table 4. Environmental Water Demand for Mahabad River by Using FDC Shifting Method

نیاز آب محیط‌زیستی بلند مدت (EWR) (درصدی از MAR)						متوسط آورد سالانه (MAR) (m <sup>3</sup> /s)	نام رودخانه
کلاس F	کلاس E	کلاس D	کلاس C	کلاس B	کلاس A		
۴/۵	۶/۷	۱۱/۲	۱۹/۷	۳۵/۱	۶۲	۷/۸۴	مهاباد





شکل ۴- توزیع ماهیانه جریان طبیعی و زیست محیطی رودخانه مهباد از روش انتقال منحنی تداوم جریان در کلاس B

Figure 4. Monthly Distribution of Natural and Environmental Flow for Mahabad River by Using FDC Shifting Method (Class B)

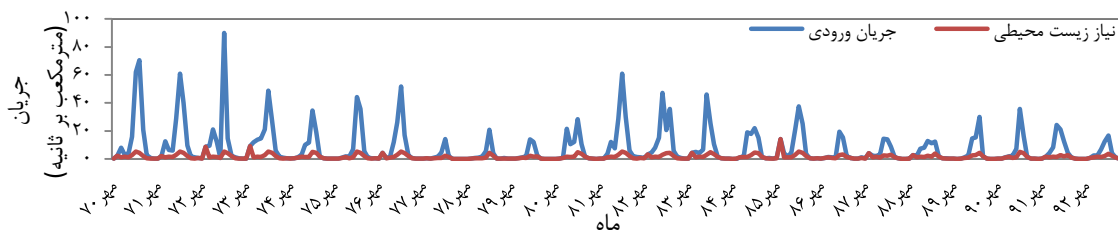
با توجه به شرایط آفریقای جنوبی ماههای ژانویه (دی) تا مارس (اسفند) را به عنوان ماههای پرآبی و ماههای ژوئیه (خرداد) تا آگوست (مرداد) را به عنوان ماههای کم آبی در نظر می گیرند و متاسفانه این گزینه در مدل، قابل تغییر نمی باشد. این درحالی است که برای رودخانه مهباد، ماههای مارس تا مه (اسفند تا اردیبهشت)، ماههای پرآب می باشند. از آن جا که ماههای پرآب بر ماههای کم آب غلبه دارند، بنابراین سری زمانی داده های جریان ماهیانه ورودی به مدل، برای انجام دقیق تر محاسبات، دو ماه، شیف داده شدند. (یعنی مارس به ژانویه و الی آخر). با استفاده از این سری زمانی می توان جریان محیط زیستی ماهیانه مورد نیاز برای حفظ رودخانه در کلاس مدیریتی B/C را بدست آورد (شکل ۵). با توجه به نمودار شکل (۵) ملاحظه می گردد نیاز محیط زیستی حاصل از این روش در تمام ماهها، کم تر از جریان رودخانه می باشد.

۴- مدل ذخیره رومیزی: نتایج حاصل از روش مدل ذخیره رومیزی برای هفت کلاس اکولوژیکی A تا D برای رودخانه مهباد، در جدول (۵) ارائه شده است. مشاهده می شود که شدت جریان محیط زیستی رودخانه مهباد، برای حفظ شرایط ایده آل (کلاس A)، به طور متوسط، حداقل معادل ۳/۷۱ مترمکعب بر ثانیه و در شرایط بحرانی (کلاس D)، به طور متوسط، معادل ۱/۱۱ مترمکعب بر ثانیه ارزیابی می شود. در این پژوهش، براساس بازدیدهای میدانی، پیمایش رودخانه مهباد در بازه پایین دست سد مهباد و ارزیابی اکولوژیکی رودخانه بر اساس تعاریف موجود در روش مدل ذخیره رومیزی (بند ۲-۴) و اهمیت محیط زیستی رودخانه مهباد به عنوان یکی از رودخانه های مهم حوضه دریاچه ارومیه، کلاس مدیریتی B/C انتخاب شد. برای حفظ رودخانه در کلاس B/C، جریانی معادل ۲۷/۲۴ درصد MAR (۲/۱۳ مترمکعب بر ثانیه) مورد نیاز است. یکی از محدودیت های مدل ذخیره رومیزی، این است که

جدول ۵- نیاز آب محیط زیستی رودخانه مهباد از روش مدل ذخیره رومیزی

Table 5. Environmental Water Demand for Mahabad River by Using DRM

نیاز آب محیط زیستی بلند مدت (EWR) بر حسب درصدی از MAR							MAR (m <sup>3</sup> /s)
D	C/D	C	B/C	B	A/B	A	
۱۴/۱۴	۱۷/۸۱	۲۱/۶۷	۲۷/۲۴	۳۲/۴۷	۳۹/۸۷	۴۷/۳۵	۷/۸۴



شکل ۵- توزیع ماهیانه جریان طبیعی و محیط‌زیستی رودخانه مه‌آباد از روش مدل دخیره رومی‌زی در کلاس B/C  
Figure 5. Monthly Distribution of Natural and Environmental Flow for Mahabad River by Using DRM (Class B/C)

جریان کم‌آبی برای رودخانه مه‌آباد بین ۵/۵۴ (Q70) تا ۲/۸۶ (Q95) مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. جریان‌های با احتمال تجاوز ۷۰، ۷۵، ۸۰، ۸۵، ۹۰ و ۹۵ درصد در جدول (۶) محیط‌زیستی شده است. جدول (۷) جریان‌های Q50، Q90 و Q95 به دست آمده برای ماه‌های مهر تا شهریور رودخانه مه‌آباد را نشان می‌دهد.

۵- تحلیل منحنی تداوم جریان: برای برآورد شدت جریان زیست‌محیطی رودخانه مه‌آباد با استفاده از روش تحلیل منحنی تداوم جریان، شاخص‌های تداوم جریان مختلفی از محدوده Q70 تا Q95 به کار رفت. جریان‌های Q90 و Q95 معرف جریان‌هایی هستند که به ترتیب در ۹۵ و ۹۰ درصد مواقع جریان دارند و در بیش‌تر موارد به‌عنوان حداقل جریان محیط‌زیستی در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به نتایج بدست آمده محدوده

جدول ۶- شاخص‌های منحنی تداوم جریان سالانه از روش تحلیل منحنی تداوم جریان ( $m^3/s$ )

Table 6. Annual Flow Duration Curve Indexes by Using FDCA Method ( $m^3/s$ )

رودخانه مه‌آباد	Q95	Q90	Q85	Q80	Q75	Q70
	۲/۸۶	۳/۲۹	۳/۷۷	۴/۰۷	۴/۶۲	۵/۵۴

جدول ۷- شاخص‌های منحنی تداوم جریان ماهانه ( $m^3/s$ )

Table 7. Monthly Flow Duration Curve Indexes by Using FDCA ( $m^3/s$ )

ماه	MMF	Q50	Q90	Q95
مهر	۰/۲۷	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۳
آبان	۲/۶۵	۱/۲۲	۰/۱۶	۰/۱۳
آذر	۳/۴۸	۲/۲۵	۰/۶۷	۰/۳۲
دی	۵/۴۹	۲/۶۳	۱/۱۶	۱/۰۵
بهمن	۷/۷	۶/۷۱	۱/۶۳	۱/۵۷
اسفند	۱۷/۸۳	۱۵/۱۷	۶/۲۱	۵/۱۲
فروردین	۳۲/۸۳	۲۶/۹۵	۱۳/۲۳	۱۲/۳
اردیبهشت	۱۹/۰۳	۱۵/۶۶	۳/۱۷	۲/۱۵
خرداد	۳/۳۷	۱/۶۱	۰/۵۲	۰/۲۹
تیر	۰/۷۳	۰/۴	۰/۱۵	۰/۱۲
مرداد	۰/۴	۰/۲۹	۰/۰۵	۰/۰۵
شهریور	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۰۳	۰/۰۲
میانگین	۷/۸۴	۶/۱۱	۲/۲۵	۱/۹۳

نتایج حاصل از پنج روش به کار رفته در این تحقیق، در جداول (۸) و (۹) با یکدیگر مقایسه شده است.

جدول ۸- مقایسه مقادیر پیشنهادی جریان محیط زیستی رودخانه مهاباد از روش های مختلف

Table 8. Comparison Of Mahabad River Environmental Flow Values By Different Method

نیاز آب محیط زیستی (m <sup>3</sup> /s)	روش	
۴/۸۶	طبقه A	FDC Shifting
۲/۷۵	طبقه B	
۱/۵۴	طبقه C	
۰/۸۸	طبقه D	
۰/۵۲	طبقه E	
۰/۳۵	طبقه F	
۳/۷۱	طبقه A	DRM
۳/۱۲	طبقه A/B	
۲/۵۴	طبقه B	
۲/۱۳	طبقه B/C	
۱/۷	طبقه C	
۱/۳۹	طبقه C/D	
۱/۱۱	طبقه D	Tenant
۰/۷۸	مهر - اسفند	
۲/۳۵	فروردین - شهریور	Tessman
۳/۷۳		FDCA
۵/۵۴	Q70	
۴/۶۲	Q75	
۴/۰۷	Q80	
۳/۷۷	Q85	
۳/۲۹	Q90	
۲/۸۶	Q95	

جدول ۹- مقایسه مقادیر پیشنهادی جریان محیط زیستی رودخانه مهاباد از روش های مختلف

Table 9. Comparison of Mahabad River Environmental Flow Values by Different Methods

نیاز محیط زیستی				تنامت	تسمن	دبی متوسط ماهانه (متر مکعب بر ثانیه)	ماه
FDC-Q90	DRM	FDC Shifting					
۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۲۷	۰/۷۸	۰/۲۷	مهر	
۰/۱۶	۲/۶۴	۰/۸۱	۲/۶۵	۰/۷۸	۲/۶۵	آبان	
۰/۶۷	۰/۹۵	۰/۹۹	۳/۱۴	۰/۷۸	۳/۴۸	آذر	
۱/۱۶	۱/۳۵	۱/۶۱	۳/۱۴	۰/۷۸	۵/۴۹	دی	
۱/۶۳	۱/۱۴	۲/۱۹	۳/۱۴	۰/۷۸	۷/۷	بهمن	
۶/۲۱	۲/۱۹	۵/۹۰	۷/۱۳	۰/۷۸	۱۷/۸۳	اسفند	

۱۳/۲۳	۴/۰۹	۱۱/۳۸	۱۳/۱۳	۲/۳۵	۳۲/۸۳	فروردین
۳/۱۷	۳/۵۸	۶/۶۲	۷/۶۱	۲/۳۵	۱۹/۰۳	اردیبهشت
۰/۵۲	۱/۴۶	۱/۰۰	۳/۱۴	۲/۳۵	۳/۳۷	خرداد
۰/۱۵	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۷۳	۲/۳۵	۰/۷۳	تیر
۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۴	۲/۳۵	۰/۴	مرداد
۰/۰۳	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۳۱	۲/۳۵	۰/۳۱	شهریور
۲/۲۵	۲/۱۳	۲/۷	۳/۷۳	۱/۵۷	۷/۸۴	میانگین

تحلیل منحنی تداوم جریان (نظیر Q95)، در برخی ماه‌ها از جمله ماه‌های مهر، مرداد و شهریور به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۵ و ۰/۰۳ متر مکعب بر ثانیه از جریان را به بخش محیط‌زیستی اختصاص داده است که مقادیر ناچیزی بوده و می‌تواند حیات آبریان موجود در منطقه را به خطر بیندازد. بنابراین روش تحلیل منحنی تداوم جریان به علت در نظر نگرفتن ویژگی زیستی رودخانه، گزینه مناسبی نخواهد بود. روش انتقال منحنی تداوم جریان به عنوان یک روش ترکیبی هیدرولوژیکی-اکولوژیکی، نیاز محیط‌زیستی 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 ارایه می‌کند. مدل ذخیره رومیزی، تحت وضعیت‌های طبیعی قسمت‌های مختلف رژیم جریان و شرایط اکولوژیکی رودخانه مورد مطالعه، نیاز آب محیط‌زیستی را محاسبه می‌کند (۲). با توجه به جدول (۸) ملاحظه می‌گردد که نیاز محیط‌زیستی حاصل از روش انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی در تمام ماه‌ها، کمتر از جریان رودخانه بوده و به ترتیب ۲/۷۵ و ۲/۱۳ متر مکعب بر ثانیه را به عنوان نیاز محیط‌زیستی رودخانه در نظر می‌گیرد که به نظر می‌رسد این تخصیص با توجه به شرایط زیستی و محیطی منطقه مورد مطالعه منطقی باشد (با توجه به جدول (۸) و (۹)). مصطفوی و همکاران (۱۳۹۴) و شاعری کریمی و همکاران (۲۰۱۲) نیز به نتیجه مشابهی در این زمینه دست یافتند (۳ و ۵). با توجه به نتایج بدست آمده و با توجه به این که اساس طبقه‌بندی‌های دو روش انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی تقریباً مشابه است، لذا به نظر می‌رسد نتایج هر دو روش انتقال منحنی تداوم جریان و مدل

با توجه به جدول (۹) ملاحظه می‌گردد در روش تنانت جریان محیط‌زیستی حاصل برای ماه‌های مهر، تیر، مرداد و شهریور به ترتیب برابر ۰/۷۸، ۲/۳۵، ۲/۳۵ و ۲/۳۵ مترمکعب بر ثانیه است که به ترتیب بیشتر از مقدار جریان رودخانه در این ماه‌ها معادل ۰/۲۷، ۰/۷۳، ۰/۴ و ۰/۳۱ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. با توجه به جدول (۸)، در این روش، ۱۰ درصد متوسط جریان سالانه معادل ۰/۷۸ مترمکعب بر ثانیه به‌عنوان پایین‌ترین حد ممکن برای نیاز محیط‌زیستی مطابق با شرایط بسیار ضعیف بوم‌سازگان رودخانه‌ای پیشنهاد شده است در حالی که این مقدار کمتر از مقدار به دست آمده از روش مدل ذخیره رومیزی و کلاس مدیریتی D معادل ۱/۱۱ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که حداقل جریان معادل ۱۰ درصد پیشنهادی روش تنانت برای رودخانه مه‌باد، با توجه به طبقه مدیریتی زیستی انتخاب شده (کلاس B/C که حداقل جریان مورد نیاز محیط‌زیستی را معادل ۲/۱۳ مترمکعب بر ثانیه در نظر می‌گیرد) نمی‌تواند پاسخ‌گوی نیاز محیط‌زیستی منطقه مورد مطالعه بوده و ممکن است حیات آبریان را به خطر اندازد. با توجه به جدول (۹) در روش تسمن، دبی محیط‌زیستی برآوردی در برخی ماه‌ها، (به‌عنوان مثال ماه‌های خرداد تا آذر) تمام یا بخش عمده‌ای از جریان رودخانه در این ماه‌ها را شامل شده و کل جریان را به نیاز محیط‌زیستی تخصیص می‌دهد. با توجه به شرایط اجتماعی-اقتصادی منطقه مورد مطالعه و وابستگی شدید کشاورزان به این آب از سویی و تخصیص بخش قابل ملاحظه‌ای از آب به بخش شرب از سویی دیگر، عملاً تخصیص کل آب به‌عنوان نیاز محیط‌زیستی مقدور نخواهد بود. چرا که ممکن است بین مصرف‌کنندگان رقابت و نهایتاً تعارض ایجاد نموده و موجب افزایش احتمالی تنش‌های اجتماعی-سیاسی در منطقه شود. همچنین ملاحظه می‌شود که روش

## Reference

1. Dyson, M., Bergkamp, G. and Scanlon, J., 2003. The essentials of environmental flows. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
2. Abdi, R., Yasi, M., Sokooti Oskoui, R. and Mohammadi, E., 2014. Environmental requirement assessment in Zarrinehrood River by hydrological methods. Watershed Engineering and Management, Vol.6, Issue3, pp.211-223. (In Persian)
3. Mostafavi, S. and Yasi, M., 2015. Evaluation of environmental flows in rivers using hydrological methods (case study: the Barandozchi River-Urmia lake basin). Water and Soil, Vol.29, Issue5, pp.1219-1231. (persian)
4. Smakhtin, V.U., Revenga, C. and Doll, P., 2004. A pilot global assessment of environment water requirement and scarcity. International water resources association, Vol.29, Issue.3, pp.307-317.
5. Shaeri Karimi, S., Yasi, M. & Eslamian, S., 2012. Use of hydrological methods for assessment of environmental flow in a river reach. International journal of environmental science and technology, Vol.9, Issue3, pp.549-558.
6. Pastor, A. V., Ludwig, F., Biemans, H., Hoff, H. and Kabat, P., 2014. Accounting for environmental flow requirements in global water assessments. Hydrology and earth system sciences, Vol.18, Issue.12, pp.5041-5059.
7. Noori, G. and Aghaei, V., 2012. Assessment of the Environmental Risks of the Urmia Lake Peripheral Parts Due to the Lake's Border

ذخیره رومیزی را می توان با اطمینان نسبتاً بیش تری برای تعیین نیاز محیط زیستی رودخانه مهاباد به کار برد.

## نتیجه گیری

با توجه به خشک شدن اکثر دریاچه ها و تالاب های کشور در سال های اخیر و تشدید روند خشک شدن دریاچه ارومیه، مطالعه در زمینه تعیین سهم جریان محیط زیستی رودخانه های منتهی به دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن شرایط هیدرولوژیکی و اکولوژیکی از ضروریات اساسی مطالعات مدیریت منابع آب با تاکید بر جنبه های محیط زیستی می باشد. لذا با توجه به بحران خشک شدن دریاچه ارومیه، تخصیص سهم جریان محیط زیستی از رودخانه مهاباد در برنامه ی احیای دریاچه ارومیه، امری ضروری است. در این تحقیق، حداقل جریان محیط زیستی رودخانه مهاباد با استفاده از روش های تنانت، تسمن، مدل ذخیره رومیزی، انتقال منحنی تداوم جریان و تحلیل منحنی تداوم جریان محاسبه شد. ملاحظه شد که حداقل جریان معادل ۱۰ درصد پیشنهادی روش تنانت نمی تواند برای رودخانه مهاباد مناسب باشد. براساس نتایج بدست آمده روش تسمن، ۰/۴۷ درصد متوسط جریان سالانه را به عنوان نیاز محیط زیستی رودخانه مهاباد در نظر می گیرد که به نظر می رسد به علت نیاز بالای مصارف کشاورزی و وابستگی شدید اقتصادی مردم منطقه به آب، تخصیص این مقدار نسبتاً بزرگ منطقی نباشد. استفاده از روش تحلیل منحنی تداوم جریان (نظیر Q95)، به علت در نظر نگرفتن ویژگی زیستی رودخانه، گزینه مناسبی نیست. از میان روش های هیدرولوژیکی به کار رفته در این تحقیق، دو روش انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی، به دلیل در نظر گرفتن کلاس های مختلف اکولوژیکی، به ترتیب میانگین جریان محیط زیستی مورد نیاز را ۲/۷ و ۲/۱۳ مترمکعب بر ثانیه برآورد نمودند. به نظر می رسد در خصوص سد مهاباد و با توجه به شرایط زیستی و محیطی منطقه مورد مطالعه و لحاظ نمودن مسایل اجتماعی و اقتصادی موجود، دو روش انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی نسبت به روش های دیگر ارجحیت داشته باشند.

- western Dakotas region of South Dakota study. Water resources research institute, South dakota state university, Brookings, SD.
13. 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, 36 pages.
  14. 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. *Journal of hydrology*, Vol.270, Issue.3, pp.167-181.
  15. Pyrcce R., 2004. Hydrological low flow indices and their uses. WSC report 4, Watershed science centre, Trent university, Peterborough, Ontario, 33 p.
  - Fluctuations During 1985 to 2010. *Journals Management System*, Vol.1, Issue. 2, pp.79-94. (In Persian)
  8. Sadeghian, M. S., Heydari, M., Noori, M., Ebrahimi, F. and ShahiriParsa, A., 2014. Evaluating the suspended sediment of mahabad dam using statistical methods. *Journal of river engineering*, Vol.2, Issue.7.
  9. Tennant, D.L., 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Journal of fisheries*, Vol.1, Issue. 4, pp.6-10.
  10. 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*, Vol.19, Issue.5, pp.397-441.
  11. The standard of water and waste water industry, 2010. Draft of guidelines for determining the minimum water requirement of aquatic ecosystems. Ministry of Power, Assistant of Water and Wastewater Affair, 113 p. (In Persian)
  12. Tessman, S.A., 1980. Environmental assessment, technical appendix e, in environmental use sector reconnaissance elements of the