Archive of SID

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۹ شماره ۲صفحه‌های ۷۳ تا ۸۴ / سال ۱۳۹۸

تعیین سهم جریان زیست‌محیطی دریاچه ارومیه از رودخانه گدارچای با استفاده از روش‌های اکوهیدرولوژیکی

سعید حبیبی آلاگوز [۱]، مهدی یاسی [۲*]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۲۵

۱- کارشناس ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار مهندسی رودخانه، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.yasi@ut.ac.ir

چکیده

هدف اصلی در مطالعه حاضر استفاده از روش‌های مختلف اکوهیدرولوژیکی برای تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی رودخانه دائمی گدارچای در حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. نیاز آبی زیست‌محیطی رودخانه گدارچای در دو بازه مختلف ایستگاه پل نقده و پل بهراملو موردمطالعه قرارگرفته است. در این تحقیق، هشت روش هیدرواکولوژیکی (۱- Tennant؛ ۲- Tessman؛ ۳- شاخص‌های تداوم جریان FDC؛ ٤- Smakhtin؛ ٥- FDC shifting؛ ٦- DRM؛ ۷- محدوده تغییرپذیری RVA؛ و ۸- روش کیفیت آب موسوم به رابطه Q) برای ارزیابی جریان زیست‌محیطی این رودخانه مورداستفاده قرارگرفته است. بر اساس این نتایج، برای حفظ رودخانه گدارچای در کمینه وضعیت اکولوژیکی قابل‌قبول (کلاس مدیریت زیست‌محیطی C)، به ترتیب شدت‌جریان متوسط سالیانه معادل ۳/۲۸ و ۳/۲۵ مترمکعب بر ثانیه، باید در دو موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری پل نقده و پل بهراملو (در کیلومترهای ٤۰ و ۱۸ از دریاچه ارومیه)، برقرار باشد. توزیع ماهانه نیاز زیستی رودخانه گدار نیز تعیین و پیشنهاد شده است. احیای دریاچه ارومیه نیاز به ارزیابی جریان زیست‌محیطی هر یک از رودخانه‌های بزرگ حوضه آبریز دریاچه بر اساس پتانسیل جریان رودخانه‌ها و تعدیل حقابه‌های کشاورزی دارد. پایش جریان زیست‌محیطی در طول رودخانه‌ها برای اطمینان از انتقال کمینه جریان زیست‌محیطی به دریاچه ارومیه ضروری است.

واژه‌های کلیدی: جریان زیست‌محیطی، دریاچه ارومیه، رودخانه گدارچای، روش‌های هیدرواکولوژیکی، مدیریت رودخانه

www.SID.ir

Archive of SID

Determination of Environmental Flow Contribution of Gadar River to the Urmia Lake Using Eco-Hydrological Methods

S Habibi Alagoz [1], M Yasi [2*]

Received: August 23, 2017 Accepted: December 16, 2018
[1] M.Sc. in Hydraulic Structures, Department of Water Engineering, Urmia University, Iran
[2]Associate Professor of River Engineering, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Iran
*Corresponding Author, Email: m.yasi@ut.ac.ir

Abstract

The main aim of the present study was to use different Hydro-Ecological methods to determine the environmental flow requirements in a typical perennial river, the Gadar River, in the Urmia Lake Basin, Iran. The ecological needs of the Gadar River were investigated in two different reaches along the river. Eight Eco-Hydrological methods (1- Tennant, 2- Tessman, 3- Flow Duration Curve Analysis (FDCA), 4- Smakhtin, 5- FDC shifting, 6- DRM, 7- RVA, 8- Q Equation) were used for the assessment of the minimum river environmental flow requirements. In order to maintain the Gadar River at minimum acceptable environmental status (i.e. Class C of the environmental management of rivers), average annual flows of 3.28 and 3.25 m3/s are to be allocated along the river in Naqadeh Bridge and Bahramlu Bridge Stations (located 40 and 18 km upstream from the Urmia Lake), respectively. Also, the prescribed monthly distribution of environmental flow requirements has been considered and proposed for the Gadar riverine life. Restoration of Urmia Lake needs the evaluation of the potential flows from the in-basin rivers and the revision of agricultural water rights. Monitoring the minimum environmental flow regime is necessary along the rivers to make sure the delivery of the water into the Urmia Lake.

Keywords: Environmental flows, Eco-hydrological Methods, River Management, Gadar River, Urmia Lake

مقدمه

استفاده از منابع آب به‌نحوی‌که توانایی جامعه بشری در راستای تداوم حیات و پیشرفت در آینده را تأمین کند و تداخلی با ساختار سیکل هیدرولوژی و اکوسیستم‌های مرتبط با آن ایجاد نکند، مستلزم مصرف آب به‌صورت پایدار است و در این میان حفاظت از محیط‌زیست به‌عنوان یک ستون کلیدی برای تحقق این امر بسیار حائز اهمیت است.

برداشت آب برای مقاصد مختلف، از مصارف کشاورزی گرفته تا صنعت و تأمین آب شرب، جریان رودخانه را کاهش داده و زیستگاه درون رودخانه را تغییر می‌دهد. کینگ و همکاران (۱۹۹۹) بامطالعه ۲۲۵ حوضه در سراسر جهان، به این نتیجه رسیدند که ۸۳ مورد (۳۷ درصد) از رودخانه‌ها شدیداً و ٥٤ مورد (٢٤ درصد) دیگر به‌طور متوسط آسیب‌دیده‌اند .در این راستا و برای کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از برداشت آب رودخانه‌ها، دانشی تحت عنوان جریان زیست‌محیطی ایجاد شد که هدف آن پاسخ به این سؤال است که تا چه حد می‌توان شرایط طبیعی رودخانه را در راستای بهره‌برداری از منابع آب و یا توسعه منابع آب دگرگون کرد، به‌نحوی‌که به اکوسیستم رودخانه آسیبی وارد نشود و یا آسیب وارده در حد قابل‌تحمل محیط‌زیست رودخانه باشد (ترمه و اسمختین ۲۰۰۳).

برای مدیریت روزبه‌روز رودخانه، نیازهای زیست‌محیطی اغلب به‌عنوان مجموعه‌ای از دبی‌های 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

www.SID.ir

Archive of SID

را فراهم می‌کنند، به‌عنوان جریان زیست‌محیطی[1]، نیاز آب زیست‌محیطی[2] و تقاضای آب زیست‌محیطی[3] و روند محاسبه این جریان‌ها ارزیابی جریان زیست‌محیطی[4] نامیده می‌شود (عبدی و یاسی ۲۰۱۵).

اکولوژیست‌ها عقیده دارند که ضابطه اصلی برای محاسبه جریان زیست‌محیطی باید شامل حفظ الگوهای زمانی و مکانی جریان رودخانه باشد. تغییرپذیری جریان بر تنوع ساختاری و عملکردی رودخانه‌ها و سیلاب‌دشت آن‌ها تأثیرگذار بوده و بر تنوع گونه‌های رودخانه نیز اثر می‌گذارد .بنابراین جریان زیست‌محیطی نباید فقط شامل مقادیر موردنیاز آب باشد، بلکه باید بتواند به این سؤال که این آب کی و چطور باید در رودخانه جاری شود نیز پاسخ دهد (عبدی و یاسی ۲۰۱۵).

در شبکه جریانات سطحی ورودی به دریاچه ارومیه ۱۰ رودخانه اصلی با پتانسیل جریان دائمی وجود دارد که عبارت‌اند از نازلوچای؛ آجی چای؛ زرینه‌رود؛ سیمینه‌رود؛ مهابادچای؛ گدارچای؛ شهرچای؛ باراندوزچای روضه چای و زولاچای .درروند احیای دریاچه ارومیه، تخصیص کمینه سهم جریان زیست‌محیطی برای هر یک از ده رودخانه؛ و تضمین تداوم جریان به دریاچه، از راهکارهای اصلی و پایدار در خروج از بحران دریاچه ارومیه است. (احمد پور و یاسی ۲۰۱۳).

روش‌های متعددی برای تعیین جریان‌های زیست‌محیطی وجود دارد .اکثریت این روش‌ها را می‌توان در چهار گروه مجزا به نام روش هیدرولوژیکی، روش درجه‌بندی هیدرولیکی، روش شبیه‌سازی زیستگاه و روش جامع طبقه‌بندی کرد (ترمه و اسمختین ۲۰۰۳).

این روش‌ها به‌طور معنی‌داری ازنظر اهداف، اطلاعات ورودی موردنیاز و دقت نتایج خروجی با یکدیگر متفاوت‌اند. روش‌های مختلف برای اهداف مختلف شامل برنامه‌ریزی جامع منابع آب تا زمان‌بندی تفصیلی مدیریت رهاسازی از سدها موردنظر قرار گیرند (اسمختین و آنپوتاس ۲۰۰۶).

در ایران نیز مطالعات متعددی در خصوص تعیین و ارزیابی جریانات زیست‌محیطی رودخانه‌ها انجام گرفته است. یاسی و عاشوری (۲۰۱۷) با استفاده از روش‌های اکولوژیکی و هیدرولوژیکی همچون تنانت، تسمن، اسمختین، تغییر منحنی تداوم جریان، مدل ذخیره رومیزی و ... سهم جریان زیست‌محیطی رودخانه زرینه‌رود را ارزیابی کرده و نتیجه گرفتند که روش تغییر منحنی تداوم جریان با در نظر گرفتن خصوصیات اکولوژیکی منطقه نتایج مناسب‌تری را ارائه می‌دهد.

صدیق کیا و همکاران (۲۰۱۷) تعدیل و اصلاح روش تنانت به‌عنوان یک روش هیدرولوژیکی و روش پیرامون مرطوب به‌عنوان یک روش هیدرولیکی را در حوضه سیمین دشت تهران موردبررسی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که استفاده هم‌زمان از این روش‌ها میزان جریان پیشنهادی را کاهش می‌دهد.

زرعکانی و همکاران (۲۰۱۷) در شرایط کمبود داده برای تعیین حقابه زیست‌محیطی رودخانه‌ها با در نظر گرفتن حدود آستانه‌ای متعدد در رودخانه ازجمله فراهم آوردن شرایط مناسب هیدرولیکی برای موجودات زنده درون رودخانه، حفظ مورفولوژی بستر رودخانه، حفاظت از شکل آبراهه اصلی، نگهداری از پوشش گیاهی اطراف رودخانه و همسویی با اقلیم حاکم بر حوضه آبریز، رژیم جامع اکولوژیکی را ارائه نموده‌اند.

هدف اصلی در تحقیق، ارزیابی کمینه سهم جریان زیست‌محیطی دریاچه ارومیه از رودخانه‌های اصلی حوضه دریاچه ارومیه است .در این مقاله، نتایج ارزیابی برای یک رودخانه در حوضه جنوبی دریاچه ارومیه

[1] Environmental flow
[2] Environmental water requirements
[3] Environmental flow requirements
[4] Environmental flow assessment

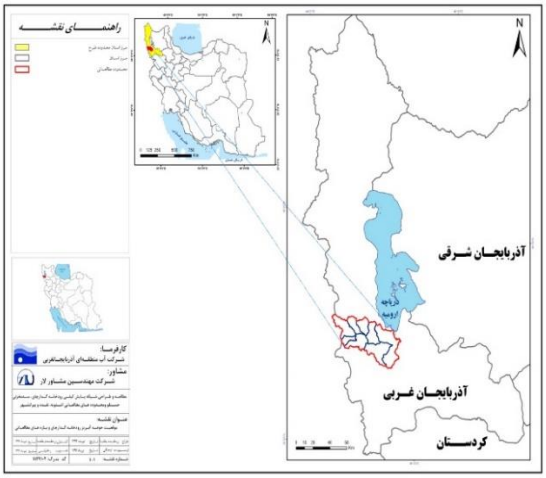
www.SID.ir

Archive of SID

(رودخانه گدارچای) ارائه‌شده است. کمینه جریان زیست‌محیطی رودخانه گدارچای بر اساس پتانسیل آبدهی رودخانه، ملاحظات اکولوژیکی- هیدرولیکی بر پایه نیازهای بیولوژیکی رودخانه (انتخاب مدیریت مناسب زیستی رودخانه) و با قضاوت کارشناسی، در ماه‌های مختلف سال برآورد شده است.

مواد و روش‌ها

رودخانه گدارچای با حدود ۱۰۰ کیلومتر طول، سطح حوضه ۲۱۰۰ کیلومترمربع و حجم رواناب سالیانه ٤۰۰ میلیون مترمکعب سومین رودخانه بزرگ حوضه‌آبریز دریاچه ارومیه، بعد از زرینه‌رود و سیمینه‌رود است که به عرض‌های شمالی ۳٦ درجه و ٤٥ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه و طول‌های شرقی ٤٤ درجه و ٤۲ دقیقه تا ٤٥ درجه و ٤۱ دقیقه محدود است. نقشه محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه و موقعیت رودخانه گدارچای در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده‌شده است.



شکل ۱- موقعیت زیر حوضه گدارچای.

شکل ۲- رودخانه گدارچای.

اطلاعات هیدرولوژیکی

رودخانه گدارچای دارای ۱۲ ایستگاه هیدرومتری است که مهم‌ترین آن‌ها ایستگاه‌های پی قلعه، پل نقده و پل بهراملو (جاده سنتو) است. برای انجام محاسبات هیدرولوژیکی در رودخانه گدارچای از داده‌های ایستگاه پل نقده که در ورودی شهر نقده از طرف جاده اشنویه واقع است و ایستگاه بهراملو که نزدیک‌ترین ایستگاه به دریاچه ارومیه است، استفاده‌شده است. سابقه ثبت اطلاعات در این ایستگاه‌ها به سال آبی ۱۳٤٤ برمی‌گردد. ایستگاه پل نقده تنها ایستگاه هیدرومتری است که می‌تواند نشانگر پتانسیل کل رودخانه باشد (جداول ۱ تا ۳). بر روی رودخانه گدارچای سدی هنوز احداث نشده است؛ ولی سد حسنلو با حجم مخزن ۹٦ میلیون مترمکعب، که خارج از بستر این رودخانه است، از رودخانه گدارچای آبگیری می‌کند.

روش‌های مورداستفاده

روش تنانت[5]

دونالد تنانت (۱۹۷٦) روشی برای تعیین جریان زیست‌محیطی موردنیاز برای ماهی‌ها معروف به روش «مونتانا» یا به‌طور متداول‌تر، روش «تنانت» معرفی کرد. این روش درصدی از متوسط جریان سالیانه را برای

[5] Tennant

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین کیفیت زیستگاه ماهیان بکار می‌برد. تنانت از ۵۸ مقطع عرضی از ۱۱ رودخانه در مونتانا[6]، نبراسکا[7] و وایومینگ[8]، نتیجه گرفت که ۱۰ درصد متوسط جریان سالیانه[9] (AAF)، کمینه جریان برای بقای کوتاه‌مدت ماهی‌ها است. ۳۰ درصد AAF در نظر گرفته‌شده قادر به حفظ وضعیت‌های بقای نسبتاً خوب بوده و ۶۰ درصد AAF برای زیستگاه مطلوب مناسب است (تنانت ۱۹۷۶).

جدول ۱- اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری.

نام ایستگاه هیدرومتری	شهرستان	ارتفاع از سطح دریا	فاصله از دریاچه ارومیه (km)	مختصات UTM (Zone 38s)	
				N-UTMy	N-UTMx
پی قلعه	اشنویه	۱۴۸۷ متر	۷۹	۴۰۹۴۱۸۷	۵۰۲۹۸۷
پل نقده	نقده	۱۳۴۰ متر	۴۲	۴۰۹۰۹۷۹	۵۳۴۷۲۵
پل بهراملو	نقده	۱۲۸۳ متر	۱۸/۵	۴۰۹۰۷۰۲	۵۵۲۱۷۵

جدول ۲- آبدهی درازمدت ماهیانه و سالانه (مترمکعب بر ثانیه) رودخانه گدارچای، ایستگاه پل نقده (۱۳۴۴-۱۳۹۱).

جریان	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
بده متوسط	۱/۳	۳/۸	۵/۶	۵/۵	۵/۵	۱۰	۲۶/۴	۴۶/۱	۲۹/۲	۶/۸	۱/۶	۰/۸۹	۱۱/۹
حداکثر بده	۶/۵	۲۱	۲۶/۱	۱۷/۵	۱۶/۶	۲۷/۹	۸۳/۲	۱۸۳/۶	۱۶۷	۵۱	۱۰/۱	۵/۴	۱۸۳/۶
کمینه بده	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۷	۵/۵۳	۴/۵۹	۰/۴۴	۰	۰	۰	۰

جدول ۳- آبدهی درازمدت ماهیانه و سالانه (مترمکعب بر ثانیه) رودخانه گدارچای، ایستگاه پل بهراملو (۱۳۴۴-۱۳۹۱).

جریان	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
بده متوسط	۰/۴۶	۳/۶۶	۵/۴۵	۵/۱۶	۵/۸۵	۹/۹	۲۶/۷۴	۴۱/۴۶	۱۸/۵	۳/۷۲	۰/۴۲	۰/۰۷	۱۰/۱۱
حداکثر بده	۳/۷۸	۲۱/۷	۱۸/۳	۲۴/۵	۲۰/۹	۵۰/۱	۷۱/۱۹	۹۰/۲۵	۷۸/۷	۲۸/۸	۷/۶۷	۴/۴	۹۰/۲۵
کمینه بده	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۴۹	۰/۸۳	۰	۰	۰	۰	۰

روش تسمن[10]

تسمن (۱۹۸۰) با اقتباس از روش‌های فصلی روش تنانت از ترکیبی از متوسط جریان ماهیانه[11] (MMF) و متوسط جریان سالیانه[12] (MAF) برای تعیین کمینه جریان ماهیانه موردنیاز استفاده کرد که برای مراحل زیر است و در شکل این مراحل به صورت فلوچارتی ارائه‌شده است (تسمن ۱۹۸۰).

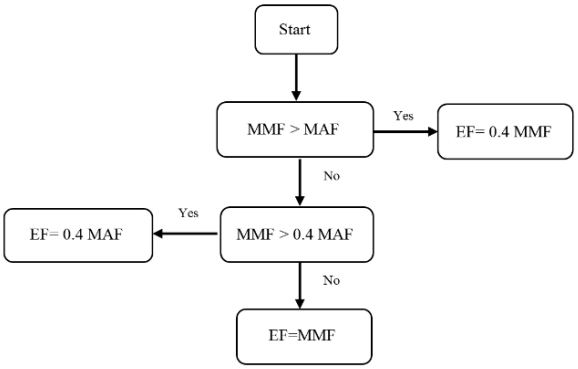
تحلیل منحنی تداوم جریان[13] (FDC)

یکی از خصوصیات مربوط به جریان آب که در ارزیابی نوسانات و تغییرپذیری آب رودخانه ازنظر زیست‌محیطی مورداستفاده قرار می‌گیرد عبارت است از منحنی تداوم جریان (FDC). این روش یکی از مفیدترین روش‌های نمایش محدوده کامل بده جریان‌های رودخانه از رخدادهای کم‌آبی تا سیلابی است که رابطه بین مقدار و فراوانی جریان را نشان می‌دهد.

[6] Montana
[7] Nebraska
[8] Wyoming
[9] Average annual flow
[10] Tessman
[11] Mean monthly flow:
[12] Mean annual flow
[13] Flow duration curve

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- روند نمای تعیین جریان زیست‌محیطی Tessman.

شاخص‌های جریان کم‌آبی مختلفی از منحنی‌های تداوم جریان مورداستفاده قرار می‌گیرند. جریان‌های بین محدوده ۷۰ تا ۹۹ درصد زمان تجاوز (Q_{70} تا Q_{99}) معمولاً به‌عنوان جریان‌های کم‌آبی استفاده می‌شوند (جدول ۳-۷). جریان‌های Q_{90} و Q_{95} شاخص‌هایی هستند که اکثر مواقع به‌عنوان شاخص‌های جریان‌کم‌آبی بکار می‌روند. جریان میانه ماهیانه (Q_{50}) نیز در ماه‌های تابستان، شاخص تداوم جریان دیگری است (هوقس و اسمختین ۱۹۹۶).

روش اسمختین[14]

اسمختین و همکاران (۲۰۰٤) از این روش برای بررسی ۱۲۸ حوضه آبریز در نقاط مختلف جهان، به‌منظور ارزیابی وضعیت بهره‌برداری از رودخانه‌های جهان با لحاظ نمودن نیاز آب زیست‌محیطی استفاده کردند. این روش یک روش هیدرولوژیکی است که برای ارزیابی در سطح اولیه و در مقیاس مکانی بزرگ (بین‌المللی و ملی) به کار می‌رود. در این روش نیاز آب زیست‌محیطی (EWR) به‌صورت ترکیبی از نیاز کمینه جریان زیست‌محیطی[15] (LFR) و نیاز حداکثر جریان زیست‌محیطی[16] (HFR) در نظر گرفته‌شده است. پارامتر LFR کمینه آب موردنیاز برای ماهیان و سایر موجودات آبزی در سال است؛ و HFR در موارد پرآبی و تأثیر آن در شکل رودخانه و گیاهان اطراف رودخانه نمود پیدا می‌کند (اسمختین و همکاران ۲۰۰٤).

در این روش برای آنکه شرایط رودخانه به‌صورت «نسبتاً خوب» باشد، باید LFR مساوی Q_{90} در نظر گرفته شود. Q_{90} جریانی است که نود درصد مواقع سال، بده رودخانه از آن مقدار بیشتر است. مقدار HFR نیز به اهداف مدیریت زیست‌محیطی و رژیم جریان رودخانه بستگی دارد. در این روش، حوضه‌های آبریز را به چهار کلاس طبقه‌بندی شده و مقدار HFR را به‌صورت درصدی از میانگین آورد سالانه[17] (MAR) ارائه گردد (جدول ٤).

تغییر منحنی تداوم جریان[18]

یکی از خصوصیات مربوط به جریان آب که در ارزیابی نوسانات و تغییرپذیری آب رودخانه ازنظر زیست‌محیطی مورداستفاده قرار می‌گیرد، منحنی تداوم جریان است. منحنی تداوم جریان محدوده بده‌های رودخانه از رخدادهای کم‌آبی تا سیلابی را نمایش می دهد. این روش رابطه بین مقدار و فراوانی جریان را نشان می‌دهد (اسمختین و آنپوتاس ۲۰۰٦).

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. در این روش چهار مرحله اصلی وجود دارد: اولین مرحله، تهیه منحنی تداوم جریان طبیعی (FDC) در بازه رودخانه‌ی موردنظر با استفاده از داده‌های ماهیانه جریان است. در این روش، محور احتمالات منحنی تداوم جریان با نمایش ۱۷ درصد احتمال وقوع (۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰، ۵۰، ٦۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۹۵، ۹۹، ۹۹/۹، ۹۹/۹۹) تهیه می‌گردد. این

[14] Smakhtin method
[15] Environmental low-flow requirement
[16] Environmental high –flow requirement
[17] Mean annual runoff
[18] FDC Shifting

www.SID.ir

Archive of SID

نقاط تضمین می‌کنند که تمام محدوده جریان‌ها به‌قدر کافی پوشش داده‌شده و همین‌طور ادامه کار را در مراحل بعدی آسان می‌سازند. پس از رسم منحنی تداوم جریان طبیعی، در مرحله بعد از تغییرات (شیفت) عرضی به سمت چپ در طول محور احتمال استفاده می‌شود تا منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی برای هر کلاس مدیریتی محاسبه شود. (اسمختین و آنپوتاس ۲۰۰۶).

یک شیفت در منحنی تداوم جریان طبیعی به این معنی است که جریانی که ۹۹/۹۹ درصد مواقع رخ می‌داد اکنون ۹۹/۹ درصد مواقع رخ می‌دهد. مهم‌ترین مسئله در این روش استفاده مناسب از شیفت‌های عرضی در هر کلاس مدیریت زیست‌محیطی است. در این روش ٦ کلاس مدیریتی زیست‌محیطی (A-F) مورداستفاده قرار می‌گیرد که کلاس A برای حالت طبیعی و کلاس F به صورت بحرانی تغییریافته است. در این تحقیق از کلاس C یعنی نسبتاً تغییریافته استفاده گردیده است.

منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی برای هر کلاس، رژیم جریان زیست‌محیطی قابل‌قبول برای آن کلاس را به‌طور خلاصه ارائه می‌دهد. با استفاده از یک میان‌یابی فضایی می‌توان منحنی‌های تداوم جریان زیست‌محیطی را به سری‌های زمانی جریان زیست‌محیطی ماهیانه تبدیل کرد، به همین منظور از روشی که هوقس و اسمختین (۱۹۹٦) ارائه دادند، استفاده می‌شود. از این روش برای تولید سری زمانی سایت‌های فاقد اطلاعات با استفاده از سایت‌های دارای اطلاعات استفاده می‌شود. در این روش برای هرماه، یک درصد بر روی منحنی تداوم جریان طبیعی تشخیص داده می‌شود و سپس در همان درصد، مقدار جریان ماهیانه از روی منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی قرائت می‌شود و سری زمانی جریان زیست‌محیطی را تشکیل می‌دهد. مراحل کار در شکل ٤ نشان داده‌شده است (اسمختین و آنپوتاس ۲۰۰٦).

این روش برای اولین بار توسط هوقس و هانارت (۲۰۰۳) برای ارزیابی‌های اولیه نیازهای جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها در افریقای جنوبی توسعه داده‌شده است.

مدل ذخیره رومیزی[19]

مدل ذخیره رومیزی یکی از این روش‌ها است 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 توسعه‌یافته است.

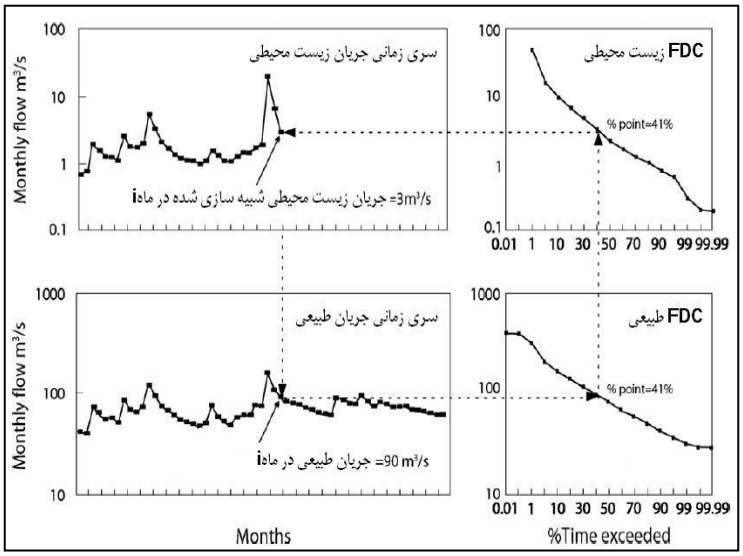
جدول ۴- تخمین حداکثر جریان زیست‌محیطی با روش اسمختین.

نیاز جریان کمینه (Q_{90})	نیاز جریان بیشینه (HFR)	توضیحات
۱۰٪ MAR > Q_{90}	HFR = ۲۰٪MAR	در حوضه‌های با رژیم متغیر که جریان عمدتاً براثر سیلاب در فصل‌تر به وجود می‌آید.
۲۰٪ MAR > Q_{90} > ۱۰٪MAR	HFR = ۱۵٪MAR	
۳۰٪ MAR > Q_{90} > ۲۰٪MAR	HFR= ۷٪MAR	
۳۰٪ MAR < Q_{90}	HFR=۰	در حوضه‌های با رژیم ثابت، جایی که جریان در طول سال ثابت است و نیاز جریان کمینه به‌عنوان جزء اصلی در نظر گرفته می‌شود.

[19] Desktop reserve model

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- روند تولید یک سری زمانی کامل جریان زیست‌محیطی از منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی تولیدشده.

در افریقای جنوبی رودخانه‌ها نسبت به وضعیت اکولوژیکی مطلوب، تقسیم‌بندی می‌شوند و متعاقباً نیازهای جریان نیز طبقه‌بندی می‌گردند. این سیستم طبقه‌بندی نشان می‌دهد درعین‌حال که برخی رودخانه‌ها ازنظر زیست‌محیطی پراهمیت هستند اما به دلیل 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 است. 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 است. در این دسته‌بندی‌ها، طبقه-بندی‌های انتقالی (مثلاً A/B و B/C) نیز برای افزایش محدوده جریان‌های زیست‌محیطی ممکن مورداستفاده قرار می‌گیرند که این سیستم طبقه‌بندی در مدل DRM استفاده می‌شود و نیازهای جریان بر اساس آن محاسبه می‌شود. به کلاس بالاتر، آب بیشتری برای حفظ اکوسیستم تخصیص داده می-شود و تغییرپذیری جریان بیشتر حفظ می‌شود (هوقس و هانارت ۲۰۰۳).

۲-۳-۷- روش محدوده تغییرپذیری[20] (RVA)

روش محدوده تغییرپذیری به‌عنوان یک روش پیچیده از روش‌های هیدرولوژیکی که توسط ریچتر و همکاران (۱۹۹۸) توسعه یافت. این روش مطلوب‌ترین روش از دسته شاخص‌های هیدرولوژیکی است. هدف آن تهیه یک سری از ویژگی‌های آماری، جنبه‌های اکولوژیکی رژیم جریان با برجسته کردن نقش مهم تغییرات هیدرولوژیکی در حفاظت از اکوسیستم‌ها است. این روش برای استفاده در رودخانه‌های تنظیم‌شده است که حفاظت از کارکرد اکوسیستم‌های طبیعی و بومی و حفظ تنوع زیستی طبیعی از اهداف اولیه مدیریت است. روش RVA برای پر کردن شکاف بین اهداف مدیریت رودخانه و نظریه‌های فعلی اکولوژیکی توسعه داده‌شده است. روش RVA کمینه به آمار ۲۰ ساله جریان ماهانه نیاز دارد. درصورتی‌که سری زمانی ۲۰ ساله فراهم نباشد، با استفاده از شبیه‌سازی‌های هیدرولوژیکی باید آمار تمدید شود. روش RVA از یک محدوده قراردادی از تغییرپذیری مبنی بر ۱± انحراف استاندارد از میانگین و یا از چارک-های ۲۵ یا ۷۵ درصد استفاده می‌کند. سپس پیشنهاد می-شود که مدیریت طرح‌های توسعه منابع آب به‌گونه‌ای

[20] Range of variability approach

www.SID.ir

Archive of SID

صورت گیرد که توزیع مقادیر سالیانه پارامترها شاخص‌های تغییرات هیدرولوژیکی[۲۱] (IHA) صورت پذیرد.

رابطه کیفیت آب

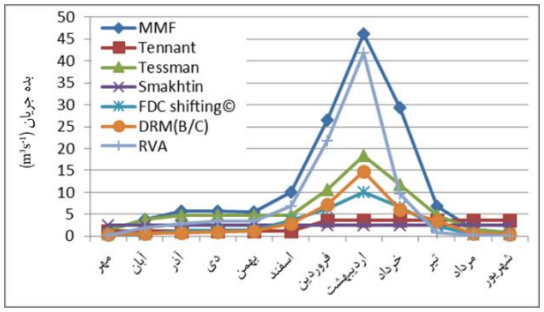
در راستای اعمال اثر کیفیت آب در جریان زیست‌محیطی پیشنهادشده، از رابطه ۱ کمک گرفته شد تا کارایی این رابطه در برآورد جریان زیست‌محیطی بررسی شود (ارمیتیج و پتس ۱۹۹۲).

$$(Q_1+ Q_c) \times C_0 = (Q_2\times C_2) + (Q_1\times C_1) \qquad [۱]$$

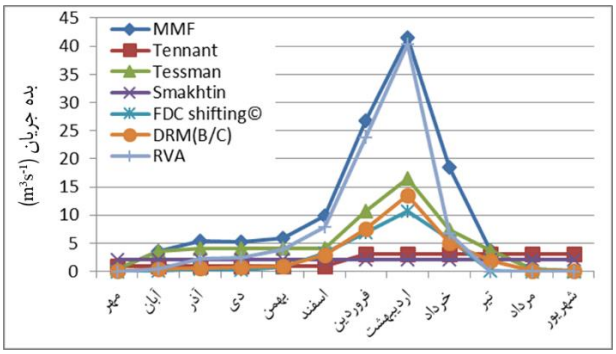
که در آن Q_1 بده جریان اولیه، Q_2 بده جریان ثانویه، Q_c بده جریان لازم که باید اضافه شود تا به غلظت مطلوب رسید، C_1 غلظت اولیه، C_2 غلظت ثانویه و C_0 غلظت مطلوب است. در رودخانه گدارچای عنصر CO به عنوان عامل بحرانی و محدود کننده شناسائی گردید.

نتایج و بحث

با کاربرد هشت روش مختلف فوق، جریانات زیست‌محیطی مختلفی برای هر یک از روش‌ها در دو ایستگاه هیدرومتری پل نقده و پل بهراملو محاسبه گردید که خلاصه نتایج آن در جدول ٦ و شکل‌های ٥ و ٦ ارائه‌شده است. با توجه به اینکه ایستگاه پل نقده بعد از اتصال تمامی سرشاخه‌های اصلی قرار داشته و مصرف آب رودخانه در بالادست توسط انهار کشاورزی کم است، این ایستگاه به‌عنوان ایستگاه شاخص برای ارائه جریان زیست‌محیطی انتخاب گردید.



شکل ۵- جریان زیست‌محیطی گدارچای در ایستگاه پل نقده.



شکل ۶- جریان زیست‌محیطی گدارچای در ایستگاه پل بهراملو.

از بین روش‌های مورداستفاده در این تحقیق، روش تغییر منحنی تداوم جریان در کلاس اکولوژیکی C به‌عنوان روش مناسب انتخاب گردید؛ که دلایل اصلی انتخاب این روش به شرح زیر است:

۱. این روش رژیم هیدرولوژیکی برای حفاظت رودخانه در وضعیت اکولوژی مطلوب را ارائه می‌دهد.
۲. هدف تأمین جریان‌های زیست‌محیطی، حفظ اکوسیستم در وضعیت‌های موردنظر است.
۳. جایگیری یک رودخانه در یک کلاس مدیریت زیست‌محیطی معین، اغلب به‌وسیله قضاوت کارشناسانه صورت می‌گیرد.
٤. کلاس‌های مدیریت زیستی از A – F هستند. A برای حالت طبیعی و F برای حالت تغییریافته بحرانی است. کلاس مدیریت زیست‌محیطی انتخابی در این روش کلاس C است که از نتایج بازدیدهای میدانی حاصل‌شده است. کلاس C حالت نسبتاً تغییر یافته است که زیستگاه‌ها و دینامیک بیوتا (زیست بوم) مختل شده‌اند ولی عملکردهای اساسی اکوسیستم هنوز دست‌نخورده‌اند. برخی گونه‌های حساس از بین رفته‌اند و یا تا حد زیادی کاهش‌یافته‌اند. گونه‌های ناشناخته موجود هستند.

[21] Indicator of hydrological alteration)

www.SID.ir

Archive of SID

۵. جریان زیست‌محیطی محاسباتی به‌صورت درصدی از جریان‌های ماهیانه است.
۶. انعطاف‌پذیری این روش در ماه‌های کم‌آبی و پرآبی مناسب است.

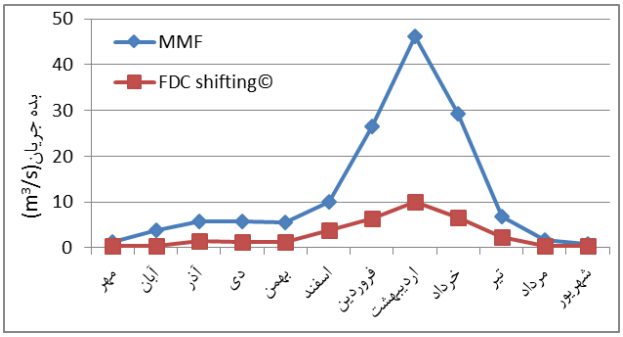
توزیع جریان ماهانه زیست‌محیطی رودخانه گدارچای در ایستگاه پل نقده برای روش منتخب در شکل ۷ ارائه‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که برای حفظ حیات رودخانه گدارچای در کلاس مدیریت زیستی C، به‌طور متوسط بده جریان ۳/۲۸ مترمکعب در ثانیه موردنیاز است. این مقدار از کمینه جریان زیستی محاسباتی از روش رابطه Q (۲/۵۸ مترمکعب در ثانیه) بیشتر بوده و این خود تأکیدی بر کیفیت مناسب آب رودخانه در این بده پیشنهادی است.

جدول ۶- مقایسه جریان‌های زیست‌محیطی پیشنهادی برای رودخانه گدارچای.

روش‌ها		نیاز آب زیست‌محیطی (EWR)			
		ایستگاه پل نقده		ایستگاه پل بهراملو	
		(%MAR)	(m^3s^{-1})	(%MAR)	(m^3s^{-1})
FDC shifting	کلاس A	۶۸/۶	۸/۱۶	۸۱/۵	۸/۲۳
	کلاس B	۴۳/۱	۵/۱۲	۵۱/۷	۵/۲۲
	کلاس C	۲۷/۶	۳/۲۸	۳۲/۲	۳/۲۵
	کلاس D	۱۸/۱	۲/۱۵	۱۹/۹	۲/۰۰
	کلاس E	۱۲/۲	۱/۴۵	۱۱/۸	۱/۱۹
	کلاس F	۸/۳	۰/۹۸	۶/۵	۰/۶۵
DRM	کلاس A	۴۸/۳۹	۵/۷۵	۴۷/۳۷	۴/۷۸
	کلاس A/B	۴۰/۶۲	۴/۸۳	۳۹/۸۸	۴/۰۳
	کلاس B	۳۳	۳/۹۲	۳۲/۴۸	۳/۲۸
	کلاس B/C	۲۷/۶۴	۳/۲۸	۲۷/۲۴	۲/۷۲
	کلاس C	۲۱/۹۵	۲/۶۱	۲۱/۶۷	۳/۳
	کلاس C/D	۱۸/۰۵	۲/۱۴	۱۷/۸۲	۱/۸
	کلاس D	۱۴/۳۱	۱/۷	۱۴/۱۴	۱/۴۲
تنانت	مهر تا اسفند	۱۰	۱/۱۷	۱۰	۱/۰۱
	فروردین تا شهریور	۳۰	۳/۵۱	۳۰	۳/۰۴
تسمن		۵۰/۵	۶/۰۲	۴۱/۴۲	۴/۹۳
اسمختین		۲۱/۷۶	۲/۵۹	۱۹/۹۸	۲/۰۲
شاخص‌های تداوم جریان	Q75	۱۱/۷۶	۱/۴	۲/۱	۰/۲۲
	Q90	۲/۱	۰/۲۵	۰	۰/۰۰
	Q95	۰	۰/۰۰	۰	۰/۰۰
محدوده تغییرپذیری RVA		۶۵	۷/۷۷	۷۲	۷/۳۳
کیفیت آب رابطه Q		۲۱/۶	۲/۵۸	۲۹/۸	۳/۰۱
جریان زیست‌محیطی توصیه‌شده		۲۷/۶	۳/۲۸	۳۲/۲	۳/۲۵

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- جریان زیست‌محیطی پیشنهادی با روش FDC-Shifting برای ایستگاه پل نقده گدارچای.

نتیجه‌گیری کلی

در این بررسی، نیاز جریان زیست‌محیطی رودخانه گدارچای، از شاخه‌های اصلی دریاچه ارومیه با جریان دائمی، از هشت روش هیدرواکولوژیکی (۱- Tennant؛ ۲- Tessman؛ ۳- شاخص‌های تداوم جریان FDC؛ ٤- Smakhtin؛ ٥- FDC shifting؛ ٦- DRM؛ ۷- محدوده تغییرپذیری RVA؛ و ۸- روش کیفیت آب موسوم به رابطه Q) برآورد گردیده؛ و برحسب کلاس‌های مختلف مدیریت زیست‌محیطی رودخانه در جدول ٦ مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که به‌منظور حفاظت رودخانه گدارچای در شرایط اکولوژیکی ایده‌ال (کلاس A)، بده پیوسته جریان معادل ۸/۲ مترمکعب در ثانیه و در شرایط کمینه وضعیت اکولوژیکی قابل‌قبول (کلاس F) ۰/۹۹ مترمکعب در ثانیه و در شرایط متوسط (کلاس C) ۳/۳ مترمکعب در ثانیه موردنظر است. در شرایط متوسط سهم دریاچه ارومیه از رودخانه گدارچای ۱۰٤ میلیون مترمکعب در سال خواهد بود. این مقدار برابر با شاخص بده جریان Q_{60} است؛ بطوریکه در ٦۰ درصد مواقع بده رودخانه از این مقدار بیشتر بوده است.

تداوم کمینه جریان در ماه‌های مختلف در رودخانه گدارچای (مطابق شکل ۷)، و درنهایت انتقال جریان پایه زیستی به دریاچه ارومیه ضروری است. برای تحقق این امر مطالعات کامل در حوزه حقابه‌های انهار کشاورزی با در نظر گرفتن کمینه جریان زیست‌محیطی الزامی است.

موارد مهم در تکمیل مطالعات عبارت‌اند از:

۱- ارزیابی جریان‌های زیست‌محیطی هر یک از رودخانه‌های دهگانه بزرگ حوضه آبریز دریاچه ارومیه بایستی بر اساس پتانسیل جریان رودخانه در بالادست و حقابه های کشاورزی در پایین‌دست تعیین گردد.

۲- پایش جریان زیست‌محیطی در طول رودخانه‌ها برای اطمینان از تحویل جریان زیست‌محیطی به دریاچه ارومیه ضروری است.

منابع مورد استفاده

Abdi R and Yasi M, 2015. Evaluation of environmental flow requirements using eco-hydrologic-hydraulic methods in perennial rivers. International Journal of Water Science and Technology 72 (3): 354–363.

Ahmadipour Z and Yasi M, 2014. Evaluation of eco-hydrology-hydraulics methods for environmental flows rivers (case study: Nazloo River, Urmia Lake Basin). Journal of Hydraulics 9 (2): 69-82.

Azrakani M, Shokoohi A and Singh VP, 2017. Introducing a holistic ecological model under data shortage for determining rivers' ecological water requirements. Journal of Iran-Water Resources Research 13 (2): 140-153.

Armitage P and Petts GE, 1992. Biotic score and prediction to assess the effects of water abstraction on river macro invertebrates for conservation purposes. Aquat. Conserve 2: 1–17.

Hughes DA 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 270: 167-181.

Hughes DA and Smakhtin VU, 1996. Daily flow time series patching or extension: a spatial interpolation approach based on flow duration curves. Hydrological Sciences Journal 41(6): 851–871.

King JM, Tharme RE and Brown CA, 1999. Definition and implementation of instream flows, Thematic Report for the World Commission on Dams. Cape Town, SA, Southern Waters Ecological Research and Consulting, 63.

www.SID.ir

Archive of SID

Pyrce R, 2004. Hydrological low flow indices and their uses. Watershed Science Centre. WSC Report No. 04, Trent University, Peterborough, Ontario, 33.

Richter BD, Baumgartner JV, Braun DP, Powell J, 1998. A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. Regulated Rivers: Research Management 14 (4): 329–340.

Sedigkia M, Ayubzadeh SA, Haji Esmaeili M, 2015. Investigation on the necessities of Instream Flow Needs assessment in the rivers using hydro-ecological methods. Iranian Journal of Eco Hydrology 2 (3): 289-300.

Smakhtin VU and Anputhas M, 2006. An assessment of environmental flow requirements of Indian river basins. Pp. 1–10, IWMI Research Report 107. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Smakhtin VU, Revenga C, Doll P, 2004. A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity. Water International 29: 307–317.

Smakhtin VU, Shilpakar RL, Hughes DA, 2006. Hydrology-based assessment of environmental flows: an example from Nepal. Hydrological Sciences Journal 51 (2): 207–222.

Tennant DL, 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Fisheries 1: 6–10.

Tessman SA, 1980. Environmental Assessment, Technical Appendix E, In: Environmental Use Sector Reconnaissance Elements of the Western Dakotas Region of South Dakota Study. Water Resources Research Institute, South Dakota State University, Brookings.

Tharme RE, Smakhtin VU, 2003. Environmental flow assessment in Asia: capitalizing on existing momentum. Pp. 301–313, Proceedings of the First Southeast Asia Water Forum, Vol 2, Chiang Mai, Thailand, November 2003, Thailand Water Resources Association, Bangkok.

Yasi M and Ashuri M, 2017. Environmental flow contributions from in-basin rivers and dams for saving Urmia Lake. Iran J Sci Technol Trans Civ Eng (41): 55–64.

Zarkani M, Shokoohi A, Singh V, 2017. Introducing a holistic ecological model under data shortage for determining river ecological water requirements. Iran-Water Resource Research 13 (2): 140-153.

www.SID.ir