

بررسی روش های هیدرولوژیکی تعیین جریان محیط زیستی رودخانه حفاظت شده کشفرود در محدوده شهر مشهد

حمید عنایتی^{۱*}، عباسعلی قزل سوفلو^۲، فرهاد خامچین مقدم^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۱۱

چکیده

ایران از یک سو با محدودیت منابع آب شیرین و از سوی دیگر با افزایش روز افزون تقاضای آب برای مصارف مختلف رو به رو می‌باشد. یکی از مهمترین چالش‌ها در برنامه‌ریزی منابع آب تعیین جریان محیط زیستی در رودخانه‌ها می‌باشد. جریان محیط زیستی توصیفی از زمان، کیفیت و مقدار جریان مورد نیاز برای حفظ اکوسیستم آبی است. رودخانه‌های حفاظت شده اراضی به نسبت وسیع با ارزش حفاظتی زیاد هستند که با هدف حفظ و احیای رویشگاه‌های گیاهی و زیستگاه‌های جانوری انتخاب می‌شوند. مناطق حفاظت شده، محیط‌های مناسبی برای اجرای برنامه‌های آموزشی و پژوهش‌های زیست محیطی به شمار می‌آیند. رودخانه حفاظت شده کشفرود جزئی از حوضه آبریز قره قوم ایران است که در شمال شرق کشور و در شمال استان خراسان رضوی واقع گردیده است. این حوضه دارای ۱۵۶۵۰ کیلومتر مساحت می‌باشد. برای حفظ اکوسیستم‌های این حوزه تعیین حداقل جریان محیط زیستی امری ضروری است. امروزه روش‌های مختلفی برای برآورد جریان محیط زیستی رودخانه در دنیا ارائه شده است که رهیافت‌های هیدرولوژیکی از پرکاربردترین آنها می‌باشند. در این مقاله جریان محیط زیستی رودخانه حفاظت شده کشفرود، بر اساس دوره آماری ۳۹ ساله در ایستگاه اولنگ اسدی، با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی تسمن و انتقال منحنی تداوم جریان (اسماختین)، برآورد شده است. دبی‌های مورد نظر حاصل شد و سپس با استفاده از تحلیل SWOT، با توجه به ویژگی‌های داخلی و خارجی هر روش، مناسب‌ترین رهیافت جهت تعیین جریان محیط زیستی رودخانه کشفرود ارائه شد. حداقل جریان محیط زیستی در روش تسمن ۱/۵۷ و در روش انتقال منحنی تداوم ۱/۸۵ بدست آمد. با استفاده از تحلیل SWOT، امتیازات ماتریس ارزیابی داخلی و خارجی روش انتقال منحنی تداوم ۳/۶۴ و ۳/۵۳ بدست آمد که در مقایسه با روش تسمن، به عنوان روش مناسب انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: جریان محیط زیستی، کشفرود، روش‌های هیدرولوژیکی، تحلیل SWOT

مقدمه

جریان‌های زیست محیطی عمدتاً به تعیین چگونگی رژیم جریان (از زیرساخت‌های آب و انتزاع مستقیم آب) برای حفظ و یا بازگرداندن شرایط محیطی مورد نظر جامعه در رودخانه‌ها و دیگر سیستم‌های تالاب، می‌پردازد. پایه‌های این علم براساس درک هیدرولوژیکی و دانش حاصل از مشاهدات تجربی، دانش بومی و مدل‌سازی است. تغییر رژیم طبیعی جریان آب و رسوب رودخانه‌ها در پایین دست رودخانه‌ها، منجر به تهدید اکوسیستم‌های آبی و سایر جوامع و اکوسیستم‌های وابسته به آنها شده است. بنابراین، توجه به برآورد دقیق نیاز آب محیط‌زیستی رودخانه‌ها و ایجاد ضمانت اجرایی برای رهاسازی آن از الزامات انکار ناپذیر برای مدیریت یکپارچه منابع آب در حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها در ایران می‌باشد. ذخیره، تنظیم و برداشت بالای منابع آب رودخانه‌ها سبب برهم ریختن رژیم طبیعی جریان آب در بخش اعظمی از سیستم‌های حوضه آب رودخانه‌ها شده است که موجب تغییر ساختار و فرآیندهای لازم جهت حفظ اکوسیستم‌های طبیعی وابسته به رودخانه، ایجاد موانع جهت حرکت مواد و همچنین

آب و خاک از مهمترین عوامل تشکیل‌دهنده حیات می‌باشند که استفاده صحیح از آنها و حفاظت از این منابع همراه با سایر منابع طبیعی یک وظیفه همگانی است. گسترش طرح‌های توسعه منابع آب با توجه به روند فزاینده جمعیت، امری اجتناب‌ناپذیر است. از سوی دیگر ذخیره، تنظیم و برداشت بسیار زیاد از منابع آب رودخانه‌ها سبب برهم خوردن رژیم طبیعی جریان آب در حوضه‌های آبخیز رودخانه‌ها شده است (Yang et al., 2016). بنابراین، ضرورت تعیین حبابه زیست محیطی در سیاست‌ها و دستور کارهای ملی و بین‌المللی مدیریت منابع آب اهمیت دو چندان یافته است. علم ارزیابی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران، گروه مهندسی عمران، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی عمران، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
۳- استادیار گروه مهندسی عمران، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
(* - نویسنده مسئول: Email: h.enayati@mshdiau.ac.ir)

رودخانه به دلیل اهمیت آن، امر بسیار مهمی است. یکی از راه های حفظ اکوسیستم آبی منطقه، تعیین جریان محیط زیستی رودخانه است. تعیین جریان محیط زیستی در چهار گروه روش های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، شبیه سازی زیستگاه و روش های جامع و کلی گرا قرار می گیرند. امروزه رهیافت های هیدرولوژیکی به دلیل سرعت بالای محاسبات و نیاز به اطلاعات اولیه محدود از پرکاربردترین روش ها می باشند (Oryan and Makhdoom, 2013).

در این مقاله جریان محیط زیستی رودخانه حفاظت شده کشف رود، بر اساس دوره آماری ۳۹ ساله در ایستگاه اولنگ اسدی با دبی های موجود برآورد شد. ایستگاه اولنگ اسدی مهمترین مهمترین نماینده ایستگاه های شهر مشهد می باشد. در ادامه به معرفی رودخانه کشف رود و برآورد جریان محیط زیستی آن به دو روش هیدرولوژیکی خواهیم پرداخت و در نهایت با استفاده از تحلیل SWOT به آنالیز روش ها پرداخته، و روش مناسب را پیشنهاد می دهیم.

مواد و روش ها

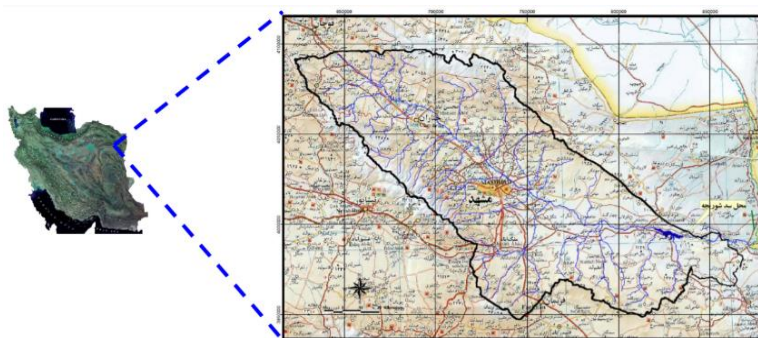
معرفی نقطه مورد مطالعه رودخانه کشف رود

رودخانه کشف رود در استان خراسان رضوی واقع است. این رودخانه جزئی از حوضه آبریز قره قوم ایران است که در شمال شرق کشور و در شمال استان خراسان رضوی واقع گردیده است. مساحت این حوزه ۱۵۶۵۰ کیلومتر می باشد. موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز کشف رود در ایران بر اساس تصاویر ماهواره لندست در شکل ۱ آمده است.

کشف رود، در میان دره ای به همین نام در خراسان رضوی جاری است. این رودخانه از مشرق به شهر قوچان محدود است و از کوه های هزار مسجد و بینالود سرچشمه می گیرد.

تبادلات طولی و عرضی در طول رودخانه و کاهش ارتباطات بین اکوسیستم ها، کاهش دسترسی به مناطق مناسب جهت تخم گذاری و پرورش آبزیان، اختلال در فعالیت های حیاتی موجودات آبی مانند تولید مثل، تخم گذاری، مهاجرت و ...، تهاجم گونه های غیربومی و در نتیجه تهدید گونه های بومی و تغییر جوامع غالب رودخانه، تغییر در ساختار شبکه غذایی اکوسیستم های رودخانه ای و ساحلی، تغییر در کیفیت آب و غیره شده است (Panahi et al., 2016). می باشد. از این رو، با در نظر گرفتن اصول مدیریت یکپارچه منابع آب در طرح های آبی و به منظور کاهش آثار تنظیم جریان آب رودخانه بر شرایط طبیعی آنها و سایر اکوسیستم های وابسته به آن، لازم است تا در سیاست ها، خط مشی ها و اصول مدیریتی، اجزاء محیط زیست نیز به عنوان یک مصرف کننده قانونی آب شناخته شوند و در تصمیم های مدیریتی مورد لحاظ قرار گیرند (Naiman et al., 2002). به این ترتیب، به تدریج زمینه علمی جدیدی به نام ارزیابی جریان آب محیط زیستی جهت حفاظت از اکوسیستم های آبی و برآورد نیاز آب محیط زیستی آنها ایجاد شد. اما، به دلیل جدید بودن این موضوع در مباحث مدیریت منابع آب به ویژه در کشورهای در حال توسعه، آگاهی کمی در مورد مفاهیم و کاربرد روش های آن وجود دارد و با وجود آنکه طی دهه های اخیر، روش ها، رویکردها و چارچوب های مختلفی جهت ارزیابی و تنظیم جریان آب محیط زیستی گسترش یافته است، اما در بسیاری از کشورها هنوز رویکرد مورد قبولی برای ارزیابی این جریان وجود ندارد (Islam, 2010). جهت بررسی تاثیر بلند مدت جریان زیستی بر اقلیم هر کشور، راهکارهای ارزیابی جریان محیط زیستی کشور به کشور می باید مورد بررسی قرار گیرند (Pusey et al., 2006).

در سال های اخیر رودخانه کشف رود به عنوان یکی از مهمترین شریان های آبی خراسان دچار کاهش شدید سطح آبی شده است. کاهش سطح آب، آلودگی های مختلف وارده به این رودخانه و تهدید جدی سلامتی ساکنان منطقه موجب شد رودخانه کشف رود در سال ۱۳۹۱ به منطقه حفاظتی کشوری ارتقا داده شود. حفظ سلامت این



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز کشف رود در ایران - ماهواره لندست (Dehghan and Hoseinpoor, 2013)

دوم عبور جاده ابریشم و راه ورود به تخته ساریان ها و دشت سرخس

در امتداد کشف رود و کوه های کپه داغ به در بند میرسیم که راه

المللی منابع آب این روش‌ها را در پنج گروه طبقه‌بندی کرده است. این پنج گروه شامل روش‌های هیدرولوژیکی، روش‌های هیدرولیکی، روش‌های شبیه‌سازی زیستگاه، روش‌های جامع و روش‌های ترکیبی می‌باشد (Bond and Grigg, 2018).

در نظر گرفتن وضعیت واقعی رودخانه یکی از الزامات ارزیابی جریان زیستی برای انتخاب روش مورد استفاده است (Shokoohi and Hong, 2011). ارزیابی جریان محیط زیستی از یکسو ابزاری کاربردی در مدیریت و برنامه ریزی منابع آب و از سوی دیگر چالشی برای محققان و برنامه ریزان حوضه است (Baumgartner, 2014; MacDonald et al., 2016). یکی از مسائل اساسی در زمینه تعریف جریان‌های زیست محیطی این است که رژیم جریان طبیعی چگونه به پائین دست و سیلاب دشت‌ها ادامه داشته باشد تا ویژگی‌های اکوسیستم حفظ شود (Bond et al., 2014). در این مقاله با استفاده از دو رهیافت تسمن و انتقال منحنی تداوم جریان از گروه روش‌های هیدرولوژیکی به تعیین جریان محیط زیستی رودخانه کشف‌رود می‌پردازیم.

روش تسمن (Tessman)

تسمن با اقتباس از پیشنهادهای فصلی روش تنانت از ترکیبی از متوسط جریان ماهانه (MMF) و متوسط جریان سالانه (MAF)، جهت تعیین کمترین جریان ماهانه مورد نیاز استفاده کرد (Tessman, 1979). شرایط این روش به این شرح هستند: اگر $MMF > 40\%$ MAF باشد، MAF به عنوان کمترین جریان ماهیانه در نظر گرفته می‌شود. اگر $MMF < 40\%$ MAF باشد، 40 درصد MAF به عنوان کمترین جریان ماهیانه در نظر گرفته می‌شود. اگر $MMF < MAF$ باشد، 40 درصد MAF به عنوان کمترین جریان ماهیانه در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اطلاعات آماری رودخانه کشف‌رود و دبی‌های موجود در ماه‌های مختلف در دوره آماری 39 ساله ایستگاه اولنگ اسدی که از مهمترین ایستگاه‌های شهر مشهد می‌باشد، متوسط جریان سالانه $3/08$ مترمکعب بر ثانیه بدست آمد و $0/4$ متوسط جریان سالانه $1/23$ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. با استفاده از روش تسمن حداقل جریان محیط زیستی (EF) به روش تسمن محاسبه و در جدول 1 نشان داده شده است و توزیع ماهانه جریان محیط زیستی کشف‌رود- ایستگاه اولنگ اسدی نیز در شکل 2 رسم شده است.

پس از تلاقی دو رود کشف‌رود و هریرود در محلی به نام پل خاتون، تجن خوانده می‌شود و سپس از این محل، مرز ایران و ترکمنستان را تشکیل می‌دهد و پس از ادامه مسیر به سمت شمال و عبور از روستاهای شیرتپه، سنگر، نوروزآباد، دولت‌آباد و قوش سربزی، وارد سرخس می‌گردد و در شمال این شهر در پاسگاه جهانبانی از مرز ایران خارج می‌شود و وارد خاک جمهوری ترکمنستان می‌گردد و سرانجام در نزدیکی شهر تجن در ریگزارهای قره‌قوم فرو می‌رود. رودخانه‌های شهرستان مشهد بیشتر فصلی هستند که در زمان جریان به رود دائمی کشف‌رود می‌پیوندند. در سال‌های اخیر و به دلیل عدم رعایت حقابه زیست محیطی این رودخانه دچار کاهش سطح و ارتفاع قابل توجهی شده است و مانند دیگر رودهای منطقه دائمی نیست و در فصول سال با تغییرات میزان ریزش باران، دارای نوسانات زیادی می‌باشد. این رودخانه با تخلیه انواع فاضلاب به آن به کانون آلودگی تبدیل شده و از طرفی با تعرض و تصرف سودجویان به بستر و حریم آن و کاشت سبزی و صیفی‌جات با فاضلاب خام در اطراف آن، تهدیدی برای سلامت انسان شده است.

حفاظت از رودخانه کشف‌رود

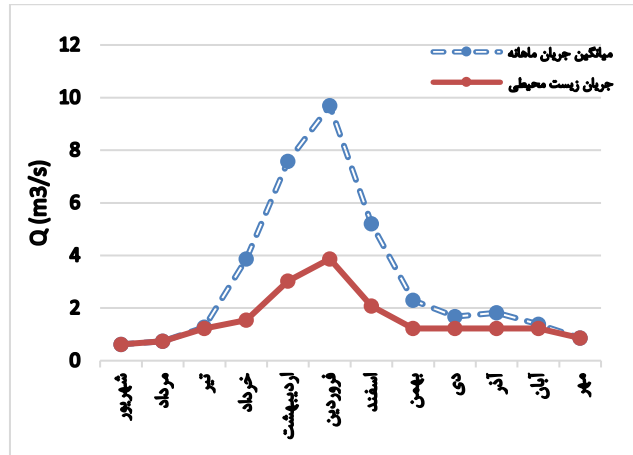
رودخانه کشف‌رود در سال 1391 به منطقه حفاظتی کشوری ارتقا داده شد. همانطور که اشاره شد رودخانه کشف‌رود به عنوان شریان حیاتی عبوری از شمال شهرستان مشهد که از قوچان آغاز شده و تا سرخس ادامه دارد، طی دهه‌های اخیر به تدریج توسط سودجویان تصرف شده بود و رهاسازی غیرقانونی فاضلاب خام در آن و همچنین آبیاری غیرمجاز اراضی کشاورزی با فاضلاب جاری در رودخانه نیز تهدید بزرگی برای بهداشت شهر و سلامتی زائران و مجاوران مشهد الرضا به شمار می‌آمد. با تشکیل کارگروه نجات کشف‌رود در استان، در حال حاضر بیش از 60 کیلومتر از طول این رودخانه که مورد تجاوز عدوانی و تصرف قرار گرفته بود، آزادسازی شده است. لازم است با انتخاب مناسب‌ترین روش جهت تعیین جریان محیط زیستی پیش بینی‌های لازم جهت حفظ اکوسیستم این رودخانه لحاظ شود.

تعیین جریان محیط زیستی

به منظور حفظ سلامت اکوسیستم در رودخانه‌ها، مفهومی تحت عنوان جریان زیست محیطی یا نیاز آبی زیست محیطی در رودخانه‌ها تعریف شده است که در واقع بیان‌کننده میزان جریان مورد نیاز برای حفظ اکوسیستم آبی می‌باشد (Arthington et al., 2018). روش‌های متعددی برای برآورد میزان این جریان وجود دارد که موسسه بین

جدول ۱- جریان محیط زیستی پیشنهادی رودخانه کشفرود با استفاده از روش تسمن (m³/s)

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	
۰/۶۲	۰/۷۴	۱/۲۷	۳/۸	۷/۵	۹/۶۹	۵/۲	۲/۳	۱/۶۸	۱/۸۲	۱/۳۸	۰/۸۶	MMF
۰/۶۲	۰/۷۴	۱/۲۳	۱/۵۴	۳/۰۲	۳/۸	۲/۰۸	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۲۳	۰/۸۶	EF



شکل ۲- توزیع ماهانه جریان محیط زیستی کشفرود- ایستگاه اولنگ اسدی به روش تسمن

۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۹۵، ۹۹، ۹۹/۹، ۹۹/۹۹ تهیه می‌شود. این نقاط تضمین می‌کنند که همه محدودۀ جریان‌ها به قدر کافی پوشش داده شده و همین‌طور ادامه کار را در مراحل بعدی آسان می‌سازند. منحنی تداوم جریان محیط زیستی برای شش کلاس مدیریت A تا F برای رودخانه کشفرود در شکل ۳ و نتایج حاصل از این روش در جدول ۲ نشان داده شده است.

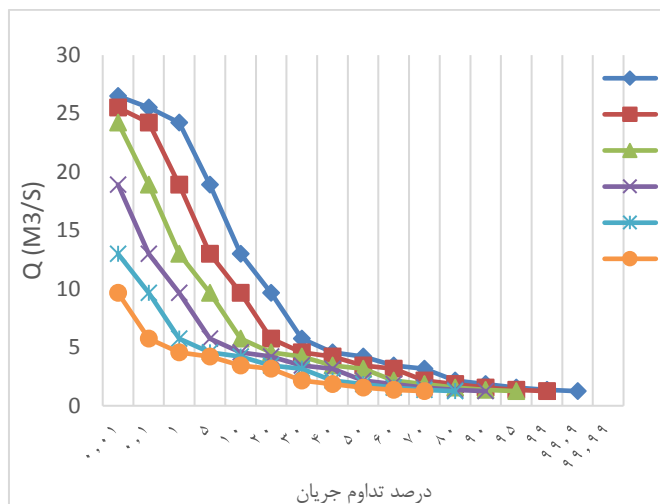
مهمترین مسئله در این روش استفاده مناسب از شیفت‌های عرضی در هر کلاس مدیریت محیطی زیستی می‌باشد. تعیین تعداد شیفت‌های عرضی منحنی تداوم جریان در هر کلاس، بدون آگاهی از ارتباط بین مشخصات اکولوژیکی و تغییرات جریان در رودخانه‌ها با رژیم‌های هیدرولوژیکی مختلف، بسیار مشکل می‌باشد. بنابراین با توجه به فقدان اطلاعات در این تحقیق از حداقل شیفت عرضی ممکن در هر کلاس (یک شیفت عرضی) استفاده شد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود برای حفظ رودخانه مورد مطالعه در کلاس A نیاز به ۴۲٪ جریان سالانه، در کلاس B نیاز به ۳۱٪، در کلاس C نیاز به ۱۸٪، و در کلاس D نیاز به ۱۳٪ جریان سالانه است که در این روش کلاس C حداقل کلاس قابل قبول می‌باشد.

روش انتقال منحنی تداوم جریان (FDCA)

این روش گاهی با نام روش اسمختین و آنپوتاس نیز معرفی می‌شود. هدف، تعریف یک رژیم هیدرولوژیکی مناسب برای حفاظت رودخانه در حالت اکولوژیکی مطلوب است (Smakhtin et al., 2006). برای ارزیابی جریان محیط زیستی، از داده‌های جریان ماهانه رودخانه استفاده می‌شود. در این روش ابتدا داده‌های جریان متوسط ماهانه رودخانه را به ترتیب زیاد به کم مرتب کرده و درصد زمانی تداوم مربوط به آن دبی (احتمال وقوع) را بدست می‌آوریم. بطور مثال Q90 معرف جریانی است که در ۹۰ درصد مواقع جریان دارد و در بیشتر موارد بعنوان حداقل جریان زیست محیطی در نظر گرفته می‌شود. شش کلاس مدیریتی حالت طبیعی (A)، اندک تغییر یافته (B)، نسبتاً تغییر یافته (C)، تا حد زیادی تغییر یافته (D)، به شدت تغییر یافته (E) و کلاس بحرانی تغییر یافته (F) در این روش تعریف شده است (Smakhtin et al., 2004). اولین مرحله، تهیه منحنی تداوم جریان طبیعی در بازۀ رودخانه مد نظر با استفاده از داده‌های ماهانه جریان است. محور احتمالات منحنی تداوم جریان با نمایش ۱۷ درصد احتمال وقوع مختلف (۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰،

جدول ۲- جریان محیط زیستی پیشنهادی رودخانه کشفرود - ایستگاه اولنگ اسدی به روش انتقال منحنی تداوم جریان (m³/s)

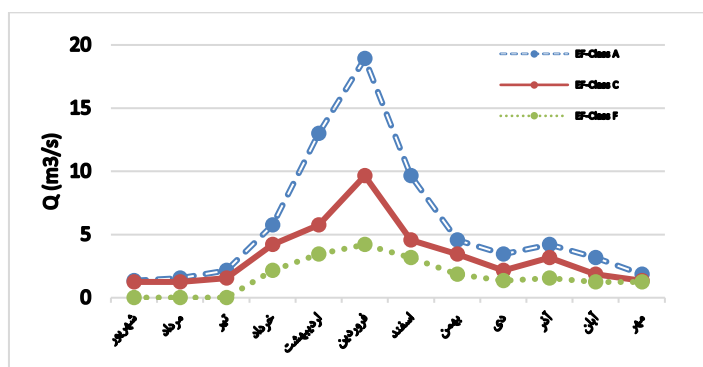
جریان محیط زیستی بلند مدت (EWR) درصدی از MAF						نام رودخانه
کلاس E	کلاس D	کلاس C	کلاس B	کلاس A	MAF (M ³ /S)	
Q ₉₀	Q ₈₀	Q ₇₅	Q ₆₀	Q ₅₀		کشفرود
۰/۰۱	۱/۳۵	۱/۸۵	۳/۱۷	۴/۲	۳/۰۸	



شکل ۳- توزیع ماهانه جریان محیط زیستی کشفرود- ایستگاه اولنگ اسدی به روش انتقال منحنی تداوم جریان

منحنی‌ها، سری زمانی جریان محیط زیستی برای هر کلاس تولید شد و سری زمانی تولید شده در کلاس C برای رودخانه کشفرود، جهت مقایسه با کلاس مدیریتی حالت طبیعی A و کلاس بحرانی F در شکل ۴ ارائه شد.

با توجه به طبقه بندی رودخانه به کلاس‌های مدیریت محیط زیستی مختلف در این تحقیق کلاس مدیریتی C (کلاس مطلوب Q75) بر اساس نظر وزارت نیرو بعنوان کلاس مدیریتی مورد نظر انتخاب شد. همانطور که توضیح داده شد پس از محاسبه منحنی تداوم جریان محیط زیستی در هر کلاس مدیریتی، با استفاده از این



شکل ۴- شیفت منحنی تداوم جریان محیط زیستی کشفرود- ایستگاه اولنگ اسدی

ضعف باید بیشتر کار کرد و کدام را باید نادیده گرفت. (Ferdowsi, 2016) آنالیز SWOT از چهار بخش نقاط قوت (Strengths)، نقاط ضعف (Weaknesses)، فرصت‌های پیش رو (Opportunities) و تهدیدها (Threats) تشکیل شده است. برای شناخت دقیق هر کدام از این چهار بخش باید داخل هر رهیافت (برای یافتن نقاط قوت و ضعف) و خارج از رهیافت (برای یافتن فرصت‌ها و تهدیدها) را بررسی کنیم. هدف بررسی مزیت‌ها و محدودیت‌های روش‌ها است که مزیت‌ها در این مطالعه شامل نقاط قوت و فرصت بوده و محدودیت‌ها شامل نقاط ضعف و تهدیدها می‌باشد. معمولاً برای تحلیل SWOT، جدولی ۴ ستونه و ۴ ردیفه

تحلیل SWOT

تحلیل SWOT کمک می‌کند که یک دید کامل و جامع برای تصمیم‌گیری درست داشته باشیم. در آنالیز SWOT، همه منابع که نقاط قوت رهیافت‌ها هستند و همچنین ضعف‌ها بررسی و تصمیم‌گیری‌ها بر اساس آنها انجام می‌شود. برای اینکه بتوان با استراتژی درست آینده یک رهیافت را رقم زد، قبل از هر چیز باید آن رهیافت را از همه جنبه‌ها ارزیابی کرد. آنالیز SWOT را می‌توان برای چنین ارزیابی استفاده نمود. به‌ویژه در تصمیمات استراتژیک و مهم استفاده از آنالیز SWOT بسیار توصیه می‌شود. استفاده از این آنالیز برای ما مشخص می‌کند که روی کدام نقاط

بر اساس جدول ۳ این معیارها برای مقایسه روش ها انتخاب شدند و سپس گام های سه گانه تحلیل اجرا شدند.

ابتدا در گام نخست به شناسائی عوامل داخلی و خارجی پرداخته شد که با بررسی سه طرق اشاره شده در بخش ۲-۴، جدول ۳ در این راستا ارائه شد.

سپس در گام دوم به تعیین اوزان عوامل داخلی و خارجی پرداخته شد و در گام سوم ایجاد ماتریس ارزیابی عوامل داخلی و خارجی انجام شد که در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است.

سپس وزن دهی و رتبه بندی روش های تسمن و انتقال منحنی تداوم جریان و در نهایت، محاسبه نمره نهایی هر کدام از پارامترهای داخلی و خارجی انجام شد. نتایج در جداول ۶ و ۷ آمده است.

اگر نمره نهایی آنها کمتر از ۳/۵ باشد یعنی روش از نظر عوامل آن روش دچار ضعف بوده و اگر نمره نهایی بیشتر از ۳/۵ باشد روش دارای قوت می باشد. همانطور که در ماتریس های ارزیابی داخلی و خارجی ملاحظه می شود نمره نهایی هر یک از عامل های روش ها محاسبه شده و در نهایت مجموع نمرات نهایی، امتیاز آن روش را نشان می دهد که نمره نهایی بالاتر نشان دهنده قوت بالاتر روش می باشد. امتیازات داخلی روش های تسمن و انتقال منحنی تداوم جریان به ترتیب ۳/۵۶ و ۳/۶۴ می باشد. امتیازات خارجی روش های تسمن و انتقال منحنی تداوم جریان نیز به ترتیب ۳/۲۹ و ۳/۵۳ می باشد. در نتیجه بر اساس آنالیز SWOT روش دوم امتیاز بالاتری نسبت به روش اول دارد و برای مطالعه موردی این تحقیق مناسب تر است.

آماده می شود، سپس نقاط ضعف و قوت، و فرصت ها و تهدیدها را در برابر هم (جهت مقایسه) قرار می دهیم.

در این تحلیل دو گروه عوامل داخلی و خارجی را بررسی می کنیم. عوامل درونی به ویژگی های هر رهیافت توجه می کند و عوامل بیرونی عواملی هستند که یا به صورت مستقیم یا به صورت غیر مستقیم بر روش ها تاثیر خواهند گذاشت. ممکن است از دل آن فرصت های بیرون بیاید یا تهدیدهایی را به روش ها تحمیل کند. بنابراین، برای مقایسه روش های ارزیابی حداقل نیاز آب محیط زیستی از سه طریق به انتخاب شاخص های مقایسه روش ها پرداخته می شود تا بتوان قابلیت هر یک از آنها را برای ارزیابی نیاز آب محیط زیستی رودخانه ها در ایران بررسی نمود.

راه اول از طریق پایگاه داده های سازمان آب که از ویژگی ها و خصوصیات این روش ها ایجاد شده است، راه دوم براساس پارامترهای شرح خدمات مصوبه وزارت نیرو و سازمان حفاظت محیط زیست ایران تعیین شده که در ششمین نشست کمیسیون مشترک آب و محیط زیست مقرر شده است و راه سوم از طریق پرسشنامه که توسط صاحب نظران تکمیل شده است. (Oryan and Makhdoom, 2013)

بررسی نتایج با استفاده از تحلیل SWOT

با جمع بندی اطلاعات بدست آمده نهایتا ۱۰ معیار در گروه های اصلی انتخاب و در جدول ۳ ارائه شد که در این معیارها ویژگی های کلی روش ها، قابلیت مدیریت آنها، زمینه کاربرد و میزان توجه به محیط زیست با توجه به نظر صاحب نظران بررسی شد (Oryan and Makhdoom, 2013).

جدول ۳- مقایسه دو روش مورد مطالعه با توجه به آمار ارائه شده در (Sadeghian et al, 2014) بر اساس پارامترهای داخلی و خارجی

ردیف	ویژگی روش ها	ضریب اهمیت هر پارامتر	روش تسمن	روش انتقال منحنی تداوم
عوامل داخلی				
۱	سهولت کاربرد روش (عدم پیچیدگی)	۵	۵	۵
۲	وجود شاخص ها و فاکتورهای مشخص برای ارزیابی جریان زیستی	۵	۵	۵
۳	جامعیت روش	۳	۳	۳
۴	انعطاف پذیری روش	۴	۱	۲
۵	عدم نیاز به زمان اجرای بالا	۵	۵	۵
عوامل خارجی				
۱	عدم نیاز به سرمایه بالا	۵	۵	۵
۲	عدم نیاز به تعداد زیاد کارشناس	۵	۵	۵
۳	در دسترس بودن اطلاعات از ویژگی ها	۴	۴	۴
۴	توجه به زیستگاه جانوران	۳	۲	۳
۵	توجه به منابع آب زیر زمینی	۴	۱	۱

جدول ۴- تحلیل SWOT برای روش تسمن

ضعفها (W)	قوتها (S)	فرصتها (O)
W1: انعطاف پذیری روش	S1: وجود شاخص و فاکتورهای مشخص S2: سهولت کاربرد S3: عدم نیاز به زمان بالا برای اجرا S4: جامعیت روش	O1: عدم نیاز به سرمایه بالا O2: عدم نیاز به تعداد زیاد کارشناس O3: در دسترس بودن اطلاعات O4: توجه به زیستگاه جانوری
WO	SO	
W1O3: با توجه به کم هزینه بودن روش و سهولت در دسترسی اطلاعات جامع میتوان انعطاف را برای رودخانه‌های فصلی بومی سازی کرد.	S2O1: از آنجا که جامعیت روش بالاست و به سرمایه گذاری کلان نیاز ندارد می‌توان برای رودخانه‌های ایران بومی شود. S3O3: روش نیاز به زمان بالای اجرا ندارد و با در دسترس بودن اطلاعات می‌توان دوره‌های متعددی را برای رسیدن به بومی سازی آزمایش کرد.	
WT	ST	تهدیدات (T)
WT1: با توجه به شرایط فصلی رودخانه‌های ایران باید سیاست‌گذاری های کلان جهت حفظ منابع آب زیرزمینی رودخانه‌ها انجام شود (رودخانه‌های حفاظت شده).	ST1: با توجه به شاخص‌ها و فاکتورهای در دسترس این روش می‌توان پارامترهای مربوط به منابع آب زیرزمینی را نیز لحاظ کرد.	T1: عدم توجه به منابع آب زیرزمینی

جدول ۵- تحلیل SWOT برای روش انتقال منحنی تداوم جریان

ضعفها (W)	قوتها (S)	فرصتها (O)
W1: انعطاف پذیری روش	S1: وجود شاخص و فاکتورهای مشخص S2: سهولت کاربرد S3: عدم نیاز به زمان بالا برای اجرا S4: جامعیت روش	O1: عدم نیاز به سرمایه بالا O2: عدم نیاز به تعداد زیاد کارشناس O3: در دسترس بودن اطلاعات O4: توجه به زیستگاه جانوری
WO	SO	
W1O3: با توجه به کم هزینه بودن روش و سهولت در دسترسی اطلاعات جامع میتوان انعطاف را برای رودخانه‌های فصلی بومی سازی کرد.	S2O1: از آنجا که جامعیت روش بالاست و به سرمایه گذاری کلان نیاز ندارد می‌توان برای رودخانه‌های ایران بومی شود. S3O3: روش نیاز به زمان بالای اجرا ندارد و با در دسترس بودن اطلاعات می‌توان دوره‌های متعددی را برای رسیدن به بومی سازی آزمایش کرد.	
WT	ST	تهدیدات (T)
WT1: با توجه به شرایط فصلی رودخانه‌های ایران باید سیاست‌گذاری های کلان جهت حفظ منابع آب زیرزمینی رودخانه‌ها انجام شود (رودخانه‌های حفاظت شده).	ST1: با توجه به شاخص‌ها و فاکتورهای در دسترس این روش می‌توان پارامترهای مربوط به منابع آب زیرزمینی را نیز لحاظ کرد.	T1: عدم توجه به منابع آب زیرزمینی

جدول ۶- ماتریس ارزیابی عوامل داخلی دو روش تحقیق

ردیف	عوامل (قوت و ضعف)	ضریب اهمیت (وزن)	رتبه	نمره نهایی
تسمن (۳/۵۶)	S1	۰/۲۳	۴	۰/۹۲
	S2	۰/۲۳	۴	۰/۹۲
	S3	۰/۲۳	۴	۰/۹۲
	S4	۰/۱۳	۴	۰/۵۲
انتقال منحنی تداوم (۳/۶۴)	W1	۰/۱۸	۱	۰/۱۸
	S1	۰/۲۳	۴	۰/۹۲
	S2	۰/۲۳	۴	۰/۹۲
	S3	۰/۲۳	۴	۰/۹۲
	S4	۰/۱۳	۴	۰/۵۲
	W1	۰/۱۸	۲	۰/۳۶

جدول ۷- ماتریس ارزیابی عوامل خارجی دو روش تحقیق

ردیف	عوامل (فرصت ها و تهدیدها)	ضریب اهمیت (وزن)	رتبه	نمره نهایی
تسمن (۳/۲۹)	O1	۰/۲۴	۴	۰/۹۶
	O2	۰/۲۴	۴	۰/۹۶
	O3	۰/۱۹	۴	۰/۷۶
	O4	۰/۱۴	۳	۰/۴۲
انتقال منحنی تداوم (۳/۵۳)	T1	۰/۱۹	۱	۰/۱۹
	O1	۰/۲۴	۴	۰/۹۶
	O2	۰/۲۴	۴	۰/۹۶
	O3	۰/۱۹	۴	۰/۷۶
	O4	۰/۱۴	۴	۰/۵۶
	T1	۰/۱۹	۱	۰/۱۹

نتیجه گیری و پیشنهادات آینده

برای حفظ اکو سیستم های آبی رودخانه حفاظت شده کشف رود تعیین حداقل جریان محیط زیستی امری ضروری است. روش های مختلفی برای برآورد جریان محیط زیستی رودخانه در دنیا ارائه شده است که رهیافت های هیدرولوژیکی از پرکاربردترین آنها می باشند. انتخاب یک روش خاص برای بیان جریان محیط زیستی از بین روش های بیان شده مشکل است که البته اقدامات صحرائی و اندازه گیری های مکرر، رسیدن به انتخاب یک روش بهینه را تسهیل می بخشد. در این مقاله جریان محیط زیستی رودخانه کشف رود، بر اساس دوره آماری ۳۹ ساله از پایگاه داده سازمان آب (ایستگاه اولنگ

اسدی)، با استفاده از روش های هیدرولوژیکی تسمن و انتقال منحنی تداوم جریان برآورد شد. دبی هر کدام از جریان های زیست محیطی حاصل از روش های مورد مطالعه بدست آمد. سپس با استفاده از تحلیل SWOT، با توجه به نتایج حاصل شده از این دو روش و ویژگی های داخلی و خارجی هر روش (نقاط قوت و ضعف، و فرصت ها و تهدیدها)، مناسب ترین رهیافت جهت تعیین جریان محیط زیستی رودخانه حفاظت شده کشف رود ارائه شد. حداقل جریان محیط زیستی برآورد شده در روش های مورد بررسی قرار گرفته تسمن و انتقال منحنی تداوم جریان به ترتیب ۱/۵۷ مترمکعب بر ثانیه و ۱/۸۵ مترمکعب بر ثانیه بدست آمد. همچنین با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل SWOT و محاسبه نمرات نهایی ارزیابی عوامل داخلی و

Tabriz, Iran.

Dehghan, P. and Hoseinpoor, M. 2013. Investigating geomorphologic forms of Kashfrud River catchments. In Eighth Iranian Engineering and Environmental Geology Congress. 6-7 Nov, Mashhad, Iran.

Tessmann, S. 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, South Dakota.

Smakhtin, V. and Anputhas, M. 2006. An assessment of environmental flow requirements of Indian river basins. International Water Management Institute.

Smakhtin, V., Revenga, C. and Döll, P. 2004. A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity, Journal of Water International. 29.3: 307-317.

Yang, H.C., Suen, J.P. and Chou S.K. 2016. Estimating the ungauged natural flow regimes for environmental flow management, Journal of Water resources management. 30.13: 4571-4584.

Pusey, B., Burrows, D., Arthington, A., and Kennard, M. 2006. Translocation and spread of piscivorous fishes in the Burdekin River, north-eastern Australia, Journal of Biological Invasions. 8.4: 965-977.

Shokoohi, A. and Hong, Y. 2011. Using hydrologic and hydraulically derived geometric parameters of perennial rivers to determine minimum water requirements of ecological habitats (case study: Mazandaran Sea Basin— Iran), Journal of Hydrological Processes. 25.22: 3490-3498.

Saeidi, P. 2011. Environmental flow assessment in Karoon river by three methods Tennant, Smakhtin and Tadavom, 5th congress of environmental engineering, Autumn, Tehran university, Tehran, Iran.

Tessmann, S.A. 1979. Environmental Use Sector: Reconnaissance Elements of the Western Dakotas Region of South Dakota Study. Water Resources Research Institute, South Dakota State University, Brookings, South Dakota.

Baumgartner, L.J. 2014. Using flow guilds of freshwater fish in an adaptive management framework to simplify environmental flow delivery for semi-arid riverine systems, Journal of Fish and Fisheries. 15.3: 410-427.

MacDonald, G.K., Odorico, P.D., and Seekell, A.D. 2016. Pathways to sustainable intensification through crop water management, Journal of Environmental Research Letters. 11.9: 091-100.

Bond, N., Costelloe, J., King, A., Warfe, D., Reich, P., and Balcombe, S. 2014. Ecological risks and opportunities from engineered artificial flooding as a means of achieving environmental flow objectives, Journal of

خارجی برای هر دو روش مورد مطالعه، مشاهده شد روش‌های تسمن و انتقال منحنی تداوم برای مطالعه موردی این تحقیق مناسب هستند. نمرات نهایی در ماتریس ارزیابی عوامل خارجی نشان می‌دهد که روش‌ها بسیار به هم نزدیک هستند اما روش انتقال منحنی نمره بالاتری دارد که از آنجا که روش انتقال منحنی تداوم کلاس‌های مدیریتی متفاوت را مورد توجه قرار می‌دهد روش مناسب‌تری برای مطالعه موردی رودخانه کشف‌رود خواهد بود. پیشنهاد می‌شود جهت بررسی تاثیر بلند مدت جریان زیستی بر اقلیم هر منطقه، راهکارهای ارزیابی جریان محیط زیستی منطقه به منطقه مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به آن منطقه واسنجی شود. که این کار موجب توسعه دستورالعمل‌های مدیریت جریان‌های سطحی خواهد شد. برای بررسی روش‌های تعیین جریان محیط زیستی می‌باید جمع‌آوری داده‌های بیولوژیکی و هیدرولوژیکی از سراسر ایران (برای فراهم کردن روابط بین دبی و مطلوبیت و قابلیت زیستگاه فیزیکی) انجام شود. روش‌هایی که برای نواحی خشک و نیمه خشکی که آبراه‌ها ممکن است برای چندین ماه خشک باشند معمولاً برای هر رودخانه مناسب نیستند، زیرا ممکن است منجر به پیشنهاد جریان‌های بسیار زیاد شود. (Saeidi, 2011) در کارهای بعدی با تعیین ارزش‌های واقعی هیدرولوژیکی اکوسیستم، به اندازه‌گیری ارزش‌های گونه‌های گیاهی و جانوری اکوسیستم پرداخته خواهد شد و کارکردهای اقتصادی و اجتماعی هر روش در اکوسیستم مورد مطالعه نیز مورد توجه قرار خواهد گرفت.

منابع

Panahi, F. and Khodashenas, A. 2016. Assessment of environmental flow estimation methods in rivers, Journal of Water and Sustainable Development. 4.1: 73-80.

Ferdowsi, A. 2016. An Analysis of Shahrud River Revitalization Strategies Using SWOT Analytical Method, Journal of Environmental science and technology. 3.18: 20-28.

Oryan, S. and Makhdoom, M. 2013. Comparison of Environmental Assessment Methods and Proposed Application Approach for Iran Rivers according to TOPSSIS decision method, Journal of Environmental research. 4.8: 3-14.

Sadeghian, M.S. and Oryan S. 2014. Investigating the features of DRIFT method as a comprehensive approach to Environmental Assessment of rivers in downstream dams, In Water and Sustainable Development international conference, Agricultural-oriented solutions and challenges. 24-26 July,

- environmental flow methodologies and its global trends, *Journal of Civil Engineering*. 38.32: 141-152.
- Naiman, R. J., Bunn, S. E., Nilsson, C., Petts, G. E., Pinay, G. & Thompson, L. C. 2002. Legitimizing fluvial ecosystems as users of water, *Environmental Management*. 30.29: 455-467.
- Frontiers in Ecology and the Environment. 12.7: 386-394.
- Arthington, A.H., Kennen, J.G., Stein, E.D., and Webb, J.A. 2018. Recent advances in environmental flows science and water management—Innovation in the Anthropocene, *Freshwater Biology*, 1st ed., New York: Wiley.
- Bond, N.R. Grigg, N. 2018. Assessment of environmental flow scenarios using state-and-transition models, *Freshwater Biology*, 1st ed., New York: Wiley.
- Islam, Sh. 2010. Nature and limitations of

Investigation of Hydrological Methods of Environmental Flow Determining for Protected River Kashafrud in Mashhad Area

Hamid Enayati^۱, Abbas Ali Ghezelsoofloo^{۲*}, Farhad Khamchin Moghadam^۳

Received: May.21, 2019

Accepted: Jul.02, 2019

Abstract

Iran is facing with limited freshwater resources, on the one hand, it is increasing demand for water for various uses, on the other hand. One of the most important challenges in planning water resources is the determination of environmental flow into the rivers. Environmental flow describes the time, quality, and amount of flow needed to maintain the aquatic ecosystem. Protected rivers are widely protected with a high conservation value, aimed at preserving and restoring plant habitats. Protected areas are suitable environments for conducting educational and environmental studies. Kashafrud Protected River is part of the Qara-e-Ghom basin of Iran located in the northeast of the country and in the north of Khorasan Razavi province. The basin has 15650 km of area. To maintain ecosystems in this area, it is essential to determine minimum environmental flow. Today, environmental flow of the rivers are estimated by various methods, among which hydrological approaches are the most widely used ones. In this paper, environmental flow of the Kashafrud Protected River is estimated on the basis of the 39-year statistical period in the Olang Asadi station using hydrostatic methods of Tessman and Transmission curve continuity flow (Smakhtin). The required flows were obtained and then, using SWOT analysis, according to the internal and external characteristics of each method, the most suitable approach for determining the environmental flow of Kashafrud River was presented. The minimum environmental flow in the Tessman method was 1.57 and in Smakhtin method, the continuity curve was 1.85. Using the SWOT analysis, internal and external evaluation matrices of the internal and external assessment matrix were used to convey the continuity curve of 3.64 and 3.53, which was selected as the appropriate method in comparison to the Tessman method.

Keywords: Hydrological methods, Environmental Flow, Kashafrud, SWOT Analysis

^۱- M.Sc. student of Civil Engineering, Department of Civil Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

^۲- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

^۳- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

(* - Responsible Author: Ghezelsoofloo@mshdiau.ac.ir)