2017, Vol.4, No.1, Pages 73 to 80
Journal of Water and Sustainable Development

سال چهارم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۷۳ تا ۸۰
نشریه آب و توسعه پایدار

Evaluation of Methods for Estimating Environmental Flow in Rivers

Gh. Panahi[1], S.R. Khodashenas[2*], A.R. Faridhoseini[3]

1, 2, 3- MSc. Student of Water Engineering- Hydraulic Structures & Professor & Associate Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: khodashenas@ferdowsi.um.ac.ir)

Received: 19-04-2016
Accepted: 04-10-2016

Abstract

Rivers have a significant impact on human life as its pollution and harming leads to the degradation of the aquatic ecosystem and eventually will cause irreparable and irreversible damage. In order to protect the stability of ecosystems in the rivers, a criterion named “environmental stream” or “environmental water requirement” is defined for the rivers which actually expresses how much current is required to maintain an aquatic ecosystem. Several methods are available for estimating this flow, however, the International Institute of Water Management Resources has classified these methods into five groups. These consist of Hydrological Methods, Hydraulic Methods, Habitat Simulation Methods, Comprehensive Methods and Combinational Methods. The purpose of this study is introduction and comparison of these methods and choosing the best methods for different regions of Iran and application of the most appropriate ones in each area.

Keywords: Environmental Flow, Hydrological Approach, Hydraulic Approach, Simulation Habitat.

ارزیابی روش‌های برآورد جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌ها

قاسم پناهی[۱]، سعیدرضا خداشناس[۲*]، علیرضا فریدحسینی[۳]

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی آب-سازه‌های آبی و استاد تمام و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: khodashenas@ferdowsi.um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۳۱
تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۷/۱۳

چکیده

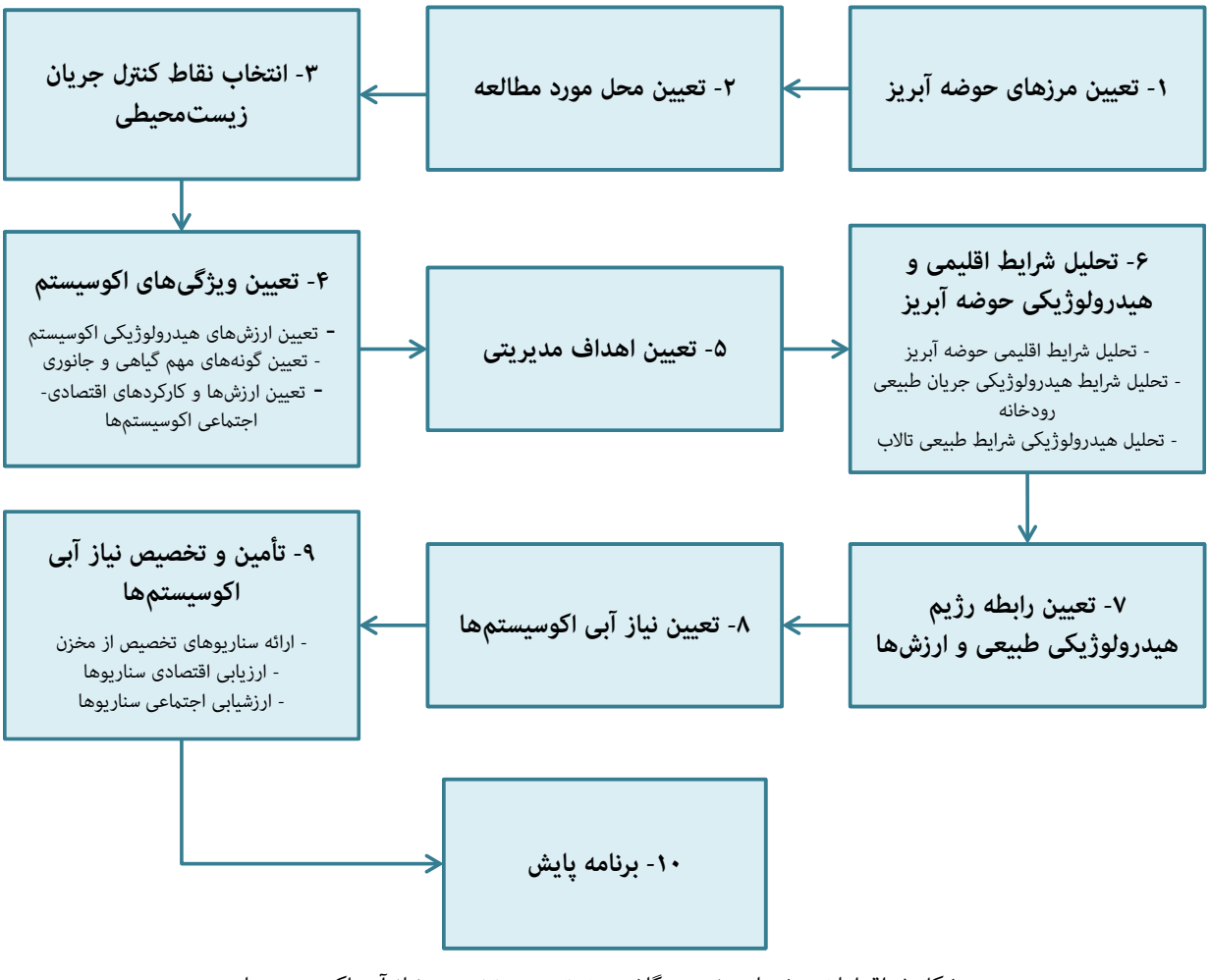
پهنه آبی رودخانه‌ای تأثیرات به سزایی در زندگی انسان داشته است. آلوده کردن و آسیب رساندن به آن باعث تخریب اکوسیستم آبی شده و در نهایت خسارت جبران ناپذیری را ایجاد خواهد کرد. به منظور حفظ سلامت اکوسیستم در رودخانه‌ها، مفهومی تحت عنوان جریان زیست‌محیطی یا نیاز آبی زیست‌محیطی در رودخانه‌ها تعریف شده است که در واقع بیان‌کننده میزان جریان مورد نیاز برای حفظ اکوسیستم آبی می‌باشد. روش‌های متعددی برای برآورد میزان این جریان وجود دارد که موسسه بین‌المللی 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. هدف از این بررسی، معرفی و مقایسه این روش‌ها و انتخاب بهترین روش‌ها برای مناطق مختلف ایران و برای بکارگیری این روش‌ها در مناطق مناسب آن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جریان زیست‌محیطی، رهیافت هیدرولوژیکی، رهیافت هیدرولیکی، شبیه‌سازی زیستگاه.

DOI: 10.22067/jwsd.v4i1.55283

مقدمه

به طور کلی در سطح کره زمین دو نوع پهنه آبی، دارای آب شیرین است. این دو عبارتند از تالاب‌ها (دریاچه‌ها) و رودخانه‌ها. برای تالاب‌ها (دریاچه‌ها) بیشتر از واژه «نیاز آب زیست‌محیطی» استفاده می‌گردد که عموماً در واحد حجم بیان می‌شود. اما برای رودخانه‌ها عموماً واژه «جریان زیست‌محیطی» کاربرد دارد که بیشتر در قالب گذر حجمی آب بیان می‌گردد. منظور از نیاز آب زیست‌محیطی یا جریان زیست‌محیطی، میزان آب یا میزان جریانی است که بتواند شرایط و سلامت زیست‌محیطی اکوسیستم تالاب یا رودخانه را در سطح قابل قبولی حفظ نماید (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۸). مطالعات بررسی نیاز آب زیست‌محیطی برای اولین بار توسط سرویس حیات وحش آمریکا از ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰ در این کشور بکار رفت و قانون رسمی جریان زیست‌محیطی در سال ۱۹۷۰ بعنوان نتیجه در دستورالعمل سیاست‌گذاری ملی زیست‌محیطی و سند برنامه‌ریزی منابع آب به ثبت رسید. عمده کارهای انجام شده در این زمینه بر روی رودخانه‌ها متمرکز شده است. در ابتدا ایجاد نگرش به بهبود زیستگاه‌های ماهیان و تأمین نیازهای مسیر عبور آن‌ها منحصربه فرد بوده و بعدها موضوعات دیگر نظیر حفاظت از چرخه‌های اکوسیستم نیز مورد توجه قرار گرفت (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به عدم انجام تحقیقات مدون در زمینه تخمین جریانات زیست‌محیطی در رودخانه‌ها برای ورود به این عرصه نیاز به داشتن اطلاعات وسیعی در رابطه با این موضوع می‌باشد. در این بررسی مفاهیم اساسی در این زمینه، مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور تعیین نیاز آب زیست‌محیطی با توجه به داده‌های موجود و ظرفیت‌های فنی و مالی، روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تا به حال ۲۰۰ روش به منظور برآورد حداقل جریان زیست‌محیطی شناسایی شده است (احمدی‌پور و یاسی، ۱۳۹۳). همانطور که گفته شد یکی از اهداف جریان زیست‌محیطی برای رودخانه‌ها و نیاز آب زیست‌محیطی برای تالاب‌ها، حفظ شرایط و سلامت زیست‌محیطی اکوسیستم تالاب‌ها و رودخانه‌ها در سطح قابل قبولی می‌باشد. مطمئناً دست یافتن به این هدف نیازمند انجام یک سری اقدامات می‌باشد که در نمودار شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱- اقدامات پیشنهادی نویسندگان جهت تعیین و تخصیص نیاز آبی اکوسیستم‌ها

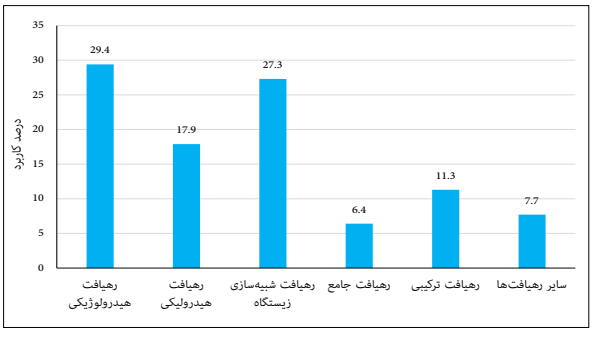
طبقه‌بندی رهیافت‌های برآورد جریان زیست‌محیطی

سازمان‌ها و موسسه‌های بین‌المللی زیادی از قبیل اتحادیه حفاظت از منابع طبیعی (IUCN)[1]، بانک جهانی (World Bank) و موسسه بین‌المللی منابع آب (IWMI)[2]، جهت برآورد جریان زیستی، روش‌های متفاوتی ارائه داده‌اند که در گروه‌های متفاوتی طبقه‌بندی می‌شود. موسسه بین‌المللی منابع آب روش‌های محاسبه جریان زیست‌محیطی را در پنج رهیافت طبقه‌بندی کرده است. این پنج رهیافت عبارتند از: رهیافت هیدرولوژیکی، رهیافت هیدرولیکی، رهیافت شبیه‌سازی زیستگاه، رهیافت جامع و رهیافت ترکیبی. درصد کاربرد انواع رهیافت‌ها جهت برآورد جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌ها، در شکل (۲) ارائه شده است (امینی شادباد و یاسی، ۱۳۸۷).

در میان کشورهای مختلف، برآورد جریان زیست‌محیطی با توجه به در دسترس بودن منابعی چون زمان، داده، سرمایه و تکنیک‌های لازم در دو سطح صورت می‌گیرد (امینی شادباد و یاسی، ۱۳۸۷):

۱) در سطوح مقدماتیِ طرح‌های اجرایی، جهت حفظ اکوسیستم رودخانه‌ها از روش‌های هیدرولیکی استفاده می‌شود. در این روش، هدف ایجاد رابطه‌ای بین پارامترهای هیدرولیکی جریان رودخانه‌های موجود در حوضه با گونه غالب رودخانه‌های مورد بررسی می‌باشد. در شبیه‌سازی به روش هیدرولیکی تنها داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه کافی می‌باشد. احتیاج به داده‌های نسبتاً کم و همچنین سرعت تخمین بالا، موجب می‌شود که این روش در مطالعات اولیه طرح‌های اجرایی جهت حفظ اکوسیستم رودخانه‌ها، مورد توجه قرار گیرد.

۲) در مراحل تکمیلی طرح‌های اجرایی جهت حفظ اکوسیستم رودخانه‌ها، از روش‌های شبیه‌سازی زیستگاه‌ها و یا روش‌های چند جانبه استفاده می‌شود. روش شبیه‌سازی زیستگاه، روشی است که در آن تنها عوامل موثر بر حیات گونه‌ی مورد بررسی شبیه‌سازی شده و مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در روش‌های چند جانبه اکوسیستم حوضه مورد نظر، مورد بررسی قرار گرفته و تأثیرات گونه‌های مختلف بر هم ارزیابی می‌گردد.



شکل ۲- تعداد و درصد کاربرد انواع رهیافت‌ها در تخمین جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌های جهان (سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵)

مروری اجمالی بر رهیافت‌های پر کاربرد

• **رهیافت هیدرولوژیکی:** روش‌های مبتنی بر رهیافت‌های هیدرولوژیکی ساده‌ترین و پرکاربردترین روش‌های برآورد جریان زیست‌محیطی در سطح جهان هستند. این روش‌ها عمدتاً بر آمارهای تاریخی جریان رودخانه تکیه دارند. در این روش‌ها جریان زیست‌محیطی بصورت درصدی از متوسط آورد سالانه رودخانه تعیین می‌شود. از جمله مرسوم‌ترین روش‌های این رهیافت می‌توان به روش تنانت اشاره کرد (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۰).

• **رهیافت هیدرولیکی:** در این روش بستر رودخانه بصورت تابعی از جریان رودخانه، مدل می‌شود و بین پارامترهای هیدرولیکی نظیر پیرامون تر شده، عمق و سرعت جریان با فراوانی زیستگاه گونه‌ی هدف، رابطه برقرار می‌شود. سپس جریان زیست‌محیطی به عنوان دبی‌ای که شرایط بهینه را برای زیستگاه‌ها فراهم می‌کند، انتخاب می‌شود. در صورت عدم تأمین این جریان، کاهش چشمگیری در فراوانی گونه‌ی هدف رخ می‌دهد. از جمله مهمترین روش‌ها برای رهیافت هیدرولیکی می‌توان به روش محیط تر شده و روش R2CROSS اشاره کرد (عریان و همکاران، ۱۳۹۲).

• **رهیافت شبیه‌سازی زیستگاه:** عدم وجود ارتباط مستقیم بین اکولوژی و هیدرولیک جریان در روش‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی، باعث می‌شود که نتایج حاصل از این روش‌ها در بسیاری از موارد قابل دفاع نباشد. در مواردی که هدف از برآورد جریان زیست‌محیطی در رودخانه، حفظ شرایط اکولوژیکی حوضه باشد، به خصوص در مواردی مانند تخصیص آب، این روش‌ها قابل دفاع نیستند. لذا در مواردی که هدف مورد مطالعه در رودخانه، از لحاظ اقتصادی و اجتماعی اهمیت و حساسیت بالایی داشته باشد، شبیه‌سازی فیزیک زیستگاه کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. جریان زیست‌محیطی در این روش بر اساس نیازمندی‌های هدف، تنظیم و برآورد می‌شود.

• **رهیافت جامع:** این روش‌ها، چارچوب‌هایی هستند که مدل هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و شبیه‌سازی زیستگاه‌ها را در بر

می‌گیرند. این دسته از رهیافت‌ها تنها روش‌هایی هستند که بطور صریح یک روش کلی و اکوسیستم محور را که بیشترین تأثیر را برای تعیین جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها دارند، در نظر می‌گیرند. از جمله این روش‌ها می‌توان به کاهش جریان درون رودخانه‌ای (IFIM)[3] در ایالات متحده و روش واکنش جریان به تغییرات اعمال شده جریان (DRIFT)[4] در آفریقای جنوبی اشاره کرد (عریان و همکاران، ۱۳۹۲).

• **رهیافت ترکیبی:** به علت محدودیت‌های داده‌ای، هزینه‌های بالای برخی روش‌ها و ... در این رهیافت چندین ویژگی از چهار رهیافت قبلی را بصورت ترکیبی برای برآورد مقدار جریان زیست محیطی بکار می‌گیرند.

برای آشنایی بیشتر برخی از مهمترین روش‌های هر رهیافت در جدول (۱) معرفی شده است (نشریه شماره ۵۵۷ استاندارد صنعت آب و آبفا، ۱۳۹۰).

جدول ۱- انواع رهیافت‌ها و مهمترین روش‌های آن

رهیافت	روش	میزان داده‌های مورد نیاز	مدت زمان برآورد تقریبی	میزان اطمینان به روش	بیشترین استفاده در منطقه
هیدرولوژیکی	تنانت	کم	۲ هفته	کم	ایالات متحده
هیدرولوژیکی	تحلیل منحنی تداوم جریان	کم	۱ هفته	کم	ایالات متحده
هیدرولوژیکی	ذخیره رومیزی	کم تا متوسط	۲ تا ۳ هفته	کم	ایالات متحده، هلند
هیدرولیکی	محیط تر شده	متوسط	۲ تا ٤ ماه	کم	ایالات متحده
هیدرولیکی	شیب منحنی	متوسط	۱ تا ۲ ماه	متوسط	استرالیا
هیدرولیکی	حداکثر انحنا	متوسط	۱ تا ۲ ماه	کم	استرالیا
شبیه‌سازی زیستگاه	مدل PHABSIM	زیاد	٦ تا ۱۸ ماه	متوسط	ایالات متحده
شبیه‌سازی زیستگاه	شبیه‌سازی براساس هیدرولیک جریان	زیاد	٦ تا ۹ ماه	زیاد	ایالات متحده، انگلستان، هلند
شبیه‌سازی زیستگاه	شبیه‌سازی براساس کیفیت آب	زیاد	۱ تا ۲ سال	زیاد	کانادا، هلند
جامع	افزایش جریان درون رودخانه‌ای (IFIM)	خیلی زیاد	۲ تا ۵ سال	زیاد	ایالات متحده، انگلستان
جامع	واکنش پایین دست نسبت به تغییرات جریان (DRIFT)	خیلی زیاد	۱ تا ۳ سال	زیاد	آفریقای جنوبی
ترکیبی	پنل کارشناسی	کم تا متوسط	۱ تا ۲ ماه	متوسط	آفریقای جنوبی، استرالیا
ترکیبی	تبخیر	متوسط	٦ تا ۱۲ ماه	متوسط	مصر
ترکیبی	انتقال آب-ماسه	متوسط	٦ تا ۱۲ ماه	متوسط	آلمان، فرانسه، هلند

مطالعات ارزیابی جریان زیستی در جهان

Arthington و همکاران (۲۰۰۶) برای بررسی تأثیر بلند مدت جریان زیستی بر اقلیم یک منطقه چنین پیشنهاد کردند که راه‌کارهای ارزیابی جریان زیست‌محیطی باید کشور به کشور و منطقه به منطقه مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به آن منطقه واسنجی گردد. همچنین بیان کردند که چنین کاری موجب توسعه دستورالعمل‌های مدیریت جریان‌های سطحی می‌شود و می‌تواند سهم عمده‌ای در حل اختلافات بر سر منابع آب مشترک بین کشورها را در پی داشته باشد. Olsen و همکاران (۲۰۱۳) طی انجام پژوهشی در جهت ارزیابی جریان زیستی برای منطقه‌ای در دانمارک چنین پیشنهاد کردند که برای ارزیابی جریان زیستی در یک منطقه باید از مدل‌های واسنجی شده بر اساس شرایط اقلیمی همان منطقه استفاده کرد. همچنین بیان کردند که در واسنجی کردن مدل هیدرولوژیکی، هدف اصلی باید مورد توجه قرار گرفته و عوامل موثر بر آن با دقت زیادی مورد بررسی قرار گرفته تا مدل نسبت به آن بطور دقیق‌تری واسنجی گردد. Akter و همکاران (۲۰۱۴) یک مدل ترکیبی

را ارائه دادند. مدل پیشنهادی آن‌ها ترکیبی از مدل اقتصادی و مدل زیست محیطی است. آن‌ها اظهار دارند که این مدل می‌تواند بر اساس پتانسیل‌های اقتصادی منطقه، جریان زیستی را مورد بررسی و ارزیابی قرار دهد. همچنین بیان کردند که در برآورد مقدار جریان زیست محیطی می‌توان حداکثر سود حاصله از جریان زیست محیطی در آن منطقه را ملاک اصلی قرار داد. Jackson و همکاران (۲۰۱۵) با انجام مطالعاتی در منطقه استرالیا، بیان کردند که مشکلات و چالش‌های اساسی در حوزه رودخانه‌های بزرگ، عدم توجه مردم نسبت به اولویت محیط زیست آن منطقه می‌باشد. این عدم توجهه از سوی مردم نسبت به اولویت‌های محیط زیست ناشی از عدم توجه مشاوران و مهندسین در برآورد مقدار جریان زیست محیطی به اعتقادات و فرهنگ مردم آن منطقه می‌باشد. آن‌ها بیان کردند که برای واسنجی کردن مدل‌های ارزیابی جریان زیستی باید به فرهنگ و اعتقادت مردم منطقه مورد نظر که یکی از عوامل مهم می‌باشد، دقت کرد. Yin و همکاران (۲۰۱۵) طی انجام تحقیقاتی بر روی مخازن بزرگ چنین بیان کردند که اگر چه احداث سدها و مخازن بزرگ برای تولید برق آبی مفید است ولی اثرات منفی آن بر روخانه و اکوسیستم آن بیشتر است. آن‌ها بیان کردند که برای محاسبه ظرفیت ذخیره مخزن باید به مسأله حفاظت رودخانه و اکوسیستم آن توجه شود. آن‌ها برای حل این مشکل مدلی را ارائه دادند و بیان کردند که باید این مدل برای استفاده در هر حوزه بر اساس شرایط توپوگرافی، زیست محیطی و ... همان حوزه واسنجی گردد.

مطالعات ارزیابی جریان زیستی در ایران

Shokoohi و Hong (۲۰۱۱) طی انجام پژوهشی بر روی رودخانه صفارود، حداقل جریان زیست محیطی را با دو روش هیدرولوژیکی و هیدرولیکی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج بدست آمده از بررسی آن‌ها نشان داد که در نظر گرفتن وضعیت واقعی رودخانه یکی از الزامات ارزیابی جریان زیستی با این دو روش بوده و عدم توجه به هر یک از شرایط رودخانه منجر به نتیجه‌گیری اشتباه و متعاقباً باعث بروز مشکلات جدی برای اکوسیستم رودخانه می‌گردد. آن‌ها با یک بررسی بلند مدت بر روی رودخانه مورد نظر به این نتیجه رسیدند که روش تنانت که یکی از روش‌های هیدرولوژیکی است در دوره‌های کوتاه مدت مقدار جریان زیستی برای رودخانه را بسیار کمتر از مقدار واقعی مورد نیاز برآورد می‌کند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی برای دوره‌های بلند مدت نتایج دقیق‌تری را ارائه می‌کند. در پژوهشی بر روی تالاب شادگان (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۸)، چنین نتیجه‌گیری شد که در شرایطی که جریان رودخانه به نوعی در اثر عملیات اصلاحی یا مدیریتی تحت تأثیر و تغییر قرار گرفته است، بررسی جریان زیست‌محیطی لازم می‌باشد. بنابراین جریان زیست‌محیطی را می‌توان بعنوان ابزاری به منظور اعمال مدیریت صحیح زیست‌محیطی، کنترل آلودگی منابع آب و حفظ اکوسیستم رودخانه در چهارجوب مدیریت جامع حوزه‌های آبریز در نظر گرفت. نتایج این بررسی کاهش مقادیر شاخص جریان زیست‌محیطی تالاب شادگان را در مقطع پس از احداث سد تأیید می‌کند. در پژوهشی دیگر بر روی رودخانه سفیدرود (میراخورلی و همکاران، ۱۳۹۱) به این نتیجه رسیدند که روش هیدرولوژیکی برای برآورد مقدار جریان زیست‌محیطی بهتر است ولی برای فصول مختلف باید مقادیر جریان زیست‌محیطی متفاوتی را در نظر گرفت. همچنین بیان کردند که اگر چه روش اسمختین که یکی دیگر از روش‌های هیدرولوژیکی می‌باشد، در برآورد مقدار جریان زیست محیطی بسیار دقیق‌تر از روش تنانت می‌باشد، ولی روش تنانت با برقراری مقدار جریان‌های متفاوت در فصول مختلف از نظر اقتصادی پذیرفته‌تر می‌باشد. کریمی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از روش‌های اکوهیدرولوژیکی، نیاز زیست محیطی رودخانه شهرچای را برآورد کردند. نتایج بررسی‌ها و مقایسه آن‌ها بین روش‌های مختلف ارزیابی جریان زیستی نشان داد که مقادیر محاسباتی از روش انتقال منحنی تداوم جریان بدلیل در نظر گرفتن خصوصیات اکولوژیکی اکوسیستم رودخانه، نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد. پورصالحیان و همکاران (۱۳۹۱) طی انجام مطالعاتی بر روی رودخانه بشار در استان کهکلویه و بویر احمد، چنین نتیجه‌گیری کردند که استفاده از روش تنانت برای برآورد جریان زیستی در این رودخانه کم برآورد داشته و باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی برای اکوسیستم رودخانه می‌شود. عبدی و یاسی (۱۳۹۲) جریان زیست‌محیطی لازم برای رودخانه هراز را با روش‌های تنانت، تسمن، مدل ذخیره رومیزی و انتقال منحنی تداوم جریان که همگی از روش‌های هیدرولوژیکی می‌باشند، برآورد کردند. با مقایسه نتایج حاصل از روش‌های مختلف برآورد جریان زیست محیطی به این نتیجه رسیدند که روش انتقال منحنی تداوم جریان برای برآورد جریان زیست‌محیطی در رودخانه هراز بهتر و قابل اعتمادتر می‌باشد. عبدی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای بر روی رودخانه زاب، رودخانه مذکور را برای مطالعه بهتر به سه بخش تقسیم کرده و در هر بازه به طور مستقل به ارزیابی جریان زیستی پداختند. هدف از تقسیم رودخانه زاب به ۳ بخش بالادست، میانی و

پایین‌دست، استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در این مناطق بود. نتایج مطالعات آن‌ها نشان می‌دهد که برای ارزیابی جریان زیستی در قسمت بالادست رودخانه رهیافت هیدرولوژیکی با روش انتقال منحنی تداوم جریان و در بازه میانی و پایین‌دست روش ترکیبی اکوهیدرولیکی مناسب است. احمدی‌پور و یاسی (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای بر روی رودخانه نازلو نشان دادند که روش تحلیل منحنی تداوم جریان (FDCA)[۵] که از جمله رهیافت‌های هیدرولوژیکی می‌باشد، برای محاسبه جریان زیستی این رودخانه بدلیل در نظر نگرفتن ویژگی‌های زیستی رودخانه گزینه مناسبی نیست. روش تنانت هم مقدار جریان زیست‌محیطی لازم برای حفظ اکوسیستم رودخانه را کمتر از مقدار واقعی آن برآورد می‌کند. نتایج بررسی‌های آن‌ها نشان داد که تلفیق رهیافت‌های اکوهیدرولوژیکی و اکوهیدرولیکی و شبیه‌سازی زیستگاه، میزان جریان زیستی را بطور دقیق‌تری ارزیابی و محاسبه می‌کنند. رضایی و یاسی (۱۳۹۴) طی انجام مطالعاتی بر رودخانه سیمینه‌رود برای محاسبه مقدار جریان زیست‌محیطی از روش‌های مختلفی استفاد کردند. مقایسه نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که روش تغییر منحنی تداوم جریان با توجه به تغییرپذیری طبیعی جریان و سعی به حفظ این تغییرپذیری در جریان زیست‌محیطی نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد. از طرفی دیگر به دلیل این که اطلاعات اکولوژیکی مورد نیاز برای تعیین جریان‌های زیست محیطی در ایران هنوز موجود نمی‌باشد، استفاده از مدل نرم‌افزاری GEFC نیز می‌تواند نتایج قابل قبولی ارائه نماید. لازم به ذکر است که جهت همسان‌سازی برآورد مقدار حداقل جریان زیست‌محیطی تالاب‌ها و رودخانه‌ها، نشریه‌ای تحت عنوان "راهنمای تعیین آب مورد نیاز اکوسیستم‌های آبی" (نشریه شماره ۵۵۷ استاندارد صنعت آب و آبفا، ۱۳۹۰) تهیه و منتشر شده است.

جمع‌بندی

با توجه به مطالعات انجام شده برای این تحقیق، می‌توان نتایج زیر را برای هر کدام از رهیافت‌ها بیان نمود:

- **رهیافت هیدرولوژیکی:** از مهمترین روش‌های این رهیافت می‌توان به روش‌های تنانت، شاخص‌های حداقل جریان و استفاده از تحلیل منحنی تداوم جریان پایه، اشاره کرد. این روش‌ها نیاز آبی زیست‌محیطی رودخانه را با توجه به داده‌های آماری دبی رودخانه برآورد می‌کند.
- **رهیافت هیدرولیکی:** مهمترین روش‌های این رهیافت، روش‌های پیرامون تر شده و شیب منحنی می‌باشد. در این روش‌ها، بر اساس ارتباط بین دبی جریان در رودخانه و یکی از خصوصیات هیدرولیکی، در یک مقطع از رودخانه، نیاز آبی زیست‌محیطی برآورد می‌شود.
- **رهیافت جامع:** مهمترین روش در این رهیافت، واکنش پایین دست نسبت به تغییرات جریان می‌باشد. در این رهیافت سعی بر آن است که تمامی شرایط محیطی برای برآورد جریان زیست‌محیطی بکار گرفته شود. داده‌های مورد نیاز برای برآورد جریان زیست‌محیطی در این رهیافت بسیار زیاد می‌باشد که علاوه بر طولانی شدن مدت زمان برآورد جریان، باعث بالا رفتن هزینه‌های طرح نیز می‌شود.
- **رهیافت ترکیبی:** برخی مواقع داده‌های مورد نیاز برای برآورد جریان زیست‌محیطی با روش‌هایی که تا به حال ذکر شده‌اند کافی نمی‌باشد. در این مواقع از روش‌هایی استفاده می‌شود که در رهیافت ترکیبی طبقه‌بندی می‌شود. همانطور که از عنوان این رهیافت مشخص است، ترکیبی از روش‌های دیگر رهیافت‌ها می‌باشد. میزان داده‌های مورد نیاز برای این روش‌ها کم تا متوسط بوده و در نتیجه هزینه‌های آن تقریباً کم می‌باشد.

با توجه به میزان اعتمادپذیری نتایج حاصل از روش‌های مختلف ذکر شده و همچنین هزینه‌های طرح جهت برآورد جریان زیست‌محیطی و همچنین وضعیت زیست‌محیطی رودخانه‌ها، شبیه‌سازی زیستگاه امری ضروری به نظر می‌رسد. این مهم از چند منظر قابل بررسی است:

۱. عدم وجود ارتباط مستقیم بین اکولوژی و هیدرولیک جریان در رهیافت‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی عملاً باعث می‌شود نتایج حاصل از هر کدام از این رهیافت‌ها به تنهایی در بسیاری از موارد قابل دفاع نباشد.

۲. رهیافت‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی علی‌رغم داشتن هزینه کمتر در برآورد جریان زیست‌محیطی با توجه به اهمیت مسائل زیست‌محیطی در رودخانه‌ها در سطح ایران (با توجه به گستردگی ساخت سدهای مخزنی و پروژه‌های انحراف آب) نمی‌تواند جواب‌های دقیقی که مبتنی بر اکولوژی حاکم بر منطقه باشد، تولید کند. بنابراین لازم است تا در مطالعات برآورد جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌ها، مسئله شبیه‌سازی فیزیک زیستگاه مورد توجه قرار بگیرد.

۳. یکی از مولفه‌های تأثیرگذار که نسبت به سایر مولفه‌ها توجه کمتری به آن شده، وضعیت فیزیک زیستگاه برای آبزیان رودخانه است. عدم توجه به این مولفه موجب اختلال در اکوسیستم رودخانه خواهد شد.

۴. در مواردی در رودخانه که بررسی وضعیت گونه حساس و مهمی از لحاظ ارزش اقتصادی مد نظر می‌باشد، برای بررسی و پیش‌بینی وضعیت شرایط زیست گونه مورد نظر، شبیه‌سازی فیزیک زیستگاه در مورد آن گونه کاملاً ضروری است.

۵. اهمیت شناخت منشاء آلاینده‌ها و نیز پیچیدگی‌های مربوط

به تغییر و تحول آلاینده‌ها در مسیر جریان، ضرورت دیگری بر شبیه‌سازی زیستگاه است. بدیهی است رابطه تنگاتنگ بین سلامت انسان و سلامت رودخانه ضرورت این امر را دوچندان می‌نماید.

در نهایت با توجه به روش‌های محاسبه جریان زیست‌محیطی که در متن مطالعه حاضر ذکر شد و با توجه به اطلاعات موجود در جدول (۱)، برای مناطق مختلف ایران که دارای اقلیم‌های متفاوتی می‌باشد، روش‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

- در نواحی شمالی ایران که دارای اقلیم مرطوب می‌باشد، رهیافت هیدرولوژیکی با روش تنانت توصیه می‌شود.
- در نواحی مرکزی، شرقی، جنوب شرقی و جنوبی ایران که اقلیم گرم و خشک دارد، رهیافت جامع با روش واکنش پایین دست به تغییرات جریان (DRIFT) توصیه می‌شود.
- در نواحی غربی ایران که اقلیم سرد و مرطوب دارد، رهیافت شبیه‌سازی زیستگاه با روش شبیه‌سازی هیدرولیک جریان یا شبیه‌سازی بر اساس کیفیت آب توصیه می‌شود.
- در نواحی جنوب غربی ایران که اقلیم گرم و مرطوب دارد، رهیافت ترکیبی با روش‌های تبخیر توصیه می‌شود.

لازم به ذکر است توصیه روش‌های بالا برای مناطق مختلف ایران بر اساس بیشترین تشابه اقلیمی می‌باشد. لذا برای بکارگیری این روش‌ها و محاسبه جریان زیست‌محیطی برای رودخانه‌ها به واسطه آن‌ها، لازم است روش‌های پیشنهادی برای مناطق مذکور، واسنجی شوند.

پی‌نوشت

1- International Union Conservation Natural Resources
2- International Water Management Institute
3- Instream Flow Incremental Methodology
4- Downstream Response to Imposed Flow Transformation
5- Flow Duration Curve Analysis

منابع

احمدی‌پور، ظ. و یاسی، م. ۱۳۹۳. مقایسه روش‌های اکو-هیدرولوژیکی-هیدرولیکی در ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها (رودخانه نازلو، حوضه دریاچه ارومیه). مجله علمی-پژوهشی هیدرولیک، ۹(۲): ۶۹-۸۲.

امینی‌شادباد، س.، یاسی، م. ۱۳۸۷. برآورد جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌ها. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه تهران. تهران. ایران.

پورصالحیان، ج.، پرویزی، م. و صدقی‌اصل، م. ۱۳۹۱. بررسی جریان زیست‌محیطی رودخانه بشار. نهمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران. اهواز. ایران.

ذوالفقاری، س.، قنبرپور، م، ر.، حبیب‌نژاد، م. و افخمی، م. ۱۳۸۶. بررسی اثر پروژه سدسازی در تغییر رژیم جریان رودخانه بر اساس تعیین جریان زیست‌محیطی (مطالعه موردی سد مارون در استان خوزستان). اولین همایش ملی سد و سازه‌های هیدرولیکی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. کرج. ایران.

ذوالفقاری، س.، قنبرپور، م، ر.، حبیب‌نژاد، م. و افخمی، م. ۱۳۸۸. بررسی و ارزیابی جریان زیست‌محیطی با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی (مطالعه موردی: تالاب شادگان). مجله علمی-پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۳(۹): ۶۷-۷۰.

رضایی، ن. و یاسی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی جریان زیست‌محیطی سیمینه‌رود با روش‌های هیدرولوژیکی. اولین همایش ملی علوم زمین و توسعه شهری. دانشگاه تبریز. تبریز. ایران.

سعیدی، پ.، اصلانی، ن.، نوری، ر. و نظریها، م. ۱۳۹۰. ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه کارون توسط سه روش تنانت، منحنی تداوم جریان و اسماخین. پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشگاه تهران. تهران. ایران.

عبدی، ر. و یاسی، م. ۱۳۹۲. ارزیابی روش‌های هیدرولوژی محور در برآورد نیاز زیست‌محیطی رودخانه‌ها (مطالعه موردی: رودخانه هراز). پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه شهید بهشتی. تهران. ایران.

عبدی، ر.، یاسی، م. و صدقی، ح. ۱۳۹۳. ارزیابی روش‌های اکولوژیکی- هیدرولیکی- هیدرولوژیکی در برآورد جریان محیط زیستی رودخانه. فصلنامه علمی-پژوهشی آب و فاضلاب، ۲۶(۲): ۷۱-۸۱.

عریان، س.، صادقیان، م.ص.، مخدوم‌فرخنده، م. و زرنکایی، م.ر. ۱۳۹۲. مقایسه روش‌های تعیین حقابه محیط‌زیستی رودخانه‌ها و پیشنهاد رویکرد مناسب برای کاربرد در ایران با استفاده از روش تصمیم تاپسیس. پژوهش‌های محیط زیستی، ۴(۸): ۳-۱۴.

کریمی، س.، سیدی، ح. و یاسی، م. ۱۳۸۹. معرفی روش ذخیره رومیزی برای محاسبه جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها. نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران. دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.

میراخورلی، ش.، سعیدی، پ.، آقاشاهی، م. و مهردادی، ن. ۱۳۹۱. ارزیابی جریان زیست‌محیطی سفیدرود در ایستگاه قزل‌اوزن. همایش ملی جریان و آلودگی آب. دانشگاه تهران. تهران. ایران.

وزارت نیرو.، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا. ۱۳۹۰. راهنمای تعیین آب مورد نیاز اکوسیستم‌های آبی. نشریه شماره ۵۵۷.

Akter S., Grafton R.Q. and Merritt W.S. 2014. Integrated hydro-ecological and economic modeling of environmental flows: Macquarie Marshes, Australia. Agricultural Water Management, 30(145): 98-109.

Arthington A.H., Bunn S.E., Poff N.L. and Naiman R.J. 2006. The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. Ecological Applications, 16(4): 1311-1318.

Jackson S., Pollino C., Maclean K., Bark R. and Moggridge B. 2015. Meeting Indigenous peoples' objectives in environmental flow assessments: Case studies from an Australian multi-jurisdictional water sharing initiative. Journal of Hydrology, 31(522): 141-151.

Olsen M., Troldborg L., Henriksen H.J., Conallin J., Refsgaard J.C. and Boegh E. 2013. Evaluation of a typical hydrological model in relation to environmental flows. Journal of Hydrology, 12(507): 52-62.

Shokoohi A. and Hong Y. 2011. Determining the minimum ecological water requirements in perennial rivers using morphological parameters. J. of Environmental Studies, 37(58): 117-28.

Yin X.A., Mao X.F., Pan B.Z. and Zhao Y.W. 2015. Suitable range of reservoir storage capacities for environmental flow provision. Ecological Engineering, 31(76): 122-129.