پژوهش‌های محیط‌زیست، سال 4، شماره 8، پاییز و زمستان 1392، از صفحه 3 تا 14

مقایسه روش‌های تعیین حقابه محیط‌زیستی رودخانه‌ها و پیشنهاد رویکرد مناسب برای کاربرد در ایران با استفاده از روش تصمیم‌گیری تاپسیس

سمیه عریان*[1]، محمد صادق صادقیان[2]، مجید مخدوم فرخنده[3]، محمدرضا زرنکابی[4]

1 کارشناس ارشد برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشگاه تهران
2 استادیار دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز
3 استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
4 کارشناس ارشد برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: 1391/3/21؛ تاریخ تصویب: 1392/11/21)

چکیده

کشور ایران از یک سو با محدودیت منابع آب شیرین و از سوی دیگر، با افزایش روز افزون تقاضای آب برای مصارف مختلف روبه‌رو می‌باشد که این امر موجب رشد سدسازی به‌ویژه طی سه دهه اخیر در ایران شده است. امروزه افزایش آگاهی از آثار طرح‌های توسعه منابع آب بر رودخانه‌ها و اکوسیستم‌های وابسته به آن سبب شده است تا برآورد نیاز آب محیط‌زیستی یکی از بخش‌های ضروری مطالعات برنامه‌ریزی منابع آب سدها شود. به‌طوری‌که در ششمین نشست کمیسیون مشترک آب و محیط‌زیست، شرح خدمات جامعی جهت تعیین حقابه محیط‌زیستی تهیه شد. با وجود این، به‌دلیل عدم شناخت کافی از روش‌های تعیین این حقابه در جهان و تطبیق آن‌ها با شرایط مدیریتی و محیط‌زیستی ایران، اجرای شرح خدمات مذکور تا کنون به انجام نرسیده است و در حال حاضر نیز بیشتر از روش‌های ساده هیدرولوژیکی برای ارزیابی جریان آب محیط‌زیستی استفاده می‌شود. بنابراین، بررسی و مقایسه مهم‌ترین روش‌های تعیین حقابه محیط‌زیستی در جهان و تعیین نقاط قوت و ضعف و بررسی تناسب به‌کارگیری آن‌ها با شرایط ارزیابی این نیاز آبی در پایین دست سدهای ایران، هدف اصلی تحقیق حاضر می‌باشد. از این‌رو پس از شناسایی روش‌های مختلف، 26 روش از مهم‌ترین روش‌های ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی (EFA)[1] در جهان از نظر 45 معیار مدیریتی و محیط‌زیستی قابل اهمیت در ایران، ارزش‌گذاری و مورد مقایسه قرار گرفته است و در نهایت با کمک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS[2]، میزان درجه تناسب روش‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها جهت کاربرد در ایران تعیین شد. نتایج مقایسه روش‌ها بیان‌گر آن است که روش‌های جامع و کلی‌گرا به ویژه روش DRIFT[3] بیشترین انطباق را با شرایط برآورد نیاز آب محیط‌زیستی رودخانه‌ها، در ایران دارد که به‌عنوان متناسب‌ترین رویکرد برای تعیین حقابه محیط‌زیستی رودخانه‌ها، پیشنهاد می‌شود.

کلید واژه‌ها: جریان آب محیط‌زیستی، حقابه محیط‌زیستی، سد، اکوسیستم رودخانه، مدیریت یکپارچه منابع آب، تصمیم‌گیری چندمعیاره

* نویسنده مسوول: Email: somayeh.oryan@alumni.ut.ac.ir

سرآغاز

در سال‌های اخیر، دست‌یابی به منابع آب به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است؛ به‌طوری‌که روزبه‌روز به احداث و بهره‌برداری از طرح‌های توسعه منابع آب در دنیا افزوده می‌شود. براساس آمار کمیسیون جهانی سدهای بزرگ[4] تا اواخر سال 2010، حدود 52000 سد با ارتفاع بالای 15 متر در جهان احداث شده است (Flögl, 2011). در واقع در 50 سال اخیر به‌طور تقریبی در دنیا در هر روز، به‌طور میانگین دو سد بزرگ با ارتفاعی بیش از 15 متر یا بیشتر با اهدافی همچون تأمین آب برای مصارف شرب، کشاورزی، صنعت، کنترل سیلاب، تولید انرژی برق‌آبی، حمل و نقل آبی و اموری مانند بهره‌برداری برای ورزش‌های آبی، پرورش ماهی و ... احداث می‌شود (Richter et al., 2006).

هر چند گسترش طرح‌های توسعه منابع آب با توجه به روند فزاینده جمعیت، امری اجتناب‌ناپذیر است؛ اما از سوی دیگر 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 فرایندهای لازم جهت حفظ اکوسیستم‌های طبیعی وابسته به رودخانه، ایجاد موانع جهت حرکت مواد و هم‌چنین تبادلات طولی و عرضی در طول رودخانه و کاهش ارتباطات بین اکوسیستم‌ها، کاهش دسترسی به مناطق مناسب جهت تخم‌گذاری و پرورش آبزیان، اختلال در فعالیت‌های حیاتی موجودات آبزی مانند تولید مثل، تخم‌گذاری، مهاجرت و ...، تهاجم گونه‌های غیربومی و در نتیجه تهدید گونه‌های بومی و تغییر جوامع غالب رودخانه، تغییر در ساختار شبکه غذایی اکوسیستم‌های رودخانه‌ای و ساحلی، تغییر در کیفیت آب و غیره می‌باشد. از این‌رو، با در نظر گرفتن اصول مدیریت یکپارچه منابع آب در طرح‌های آبی و به‌منظور کاهش آثار تنظیم جریان آب رودخانه بر شرایط طبیعی آن‌ها و سایر اکوسیستم‌های وابسته به آن، لازم است تا در سیاست‌ها، خط‌مشی‌ها و اصول مدیریتی، اجزاء محیط‌زیست نیز به‌عنوان یک مصرف‌کننده قانونی آب شناخته شوند و در تصمیم‌های مدیریتی مورد لحاظ قرار گیرند (Naiman et al., 2002). به‌این‌ترتیب، به‌تدریج زمینه علمی جدیدی به نام ارزیابی جریان آب محیط‌زیستی جهت حفاظت از اکوسیستم‌های آبی و برآورد نیاز آب محیط‌زیستی آن‌ها ایجاد شد. اما، به‌دلیل جدید بودن این موضوع در مباحث مدیریت منابع آب به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، آگاهی کمی در مورد مفاهیم و کاربرد روش‌های آن وجود دارد و با وجود آن‌که طی دهه‌های اخیر، روش‌ها، رویکردها و چارچوب‌های مختلفی جهت ارزیابی و تنظیم جریان آب محیط‌زیستی گسترش یافته است، اما در بسیاری از کشورها هنوز رویکرد مورد قبولی برای ارزیابی این جریان وجود ندارد (Islam, 2010).

ایران نیز از جمله کشورهایی است که مطالعات کمی پیرامون این موضوع انجام داده و با توجه به اجتناب‌ناپذیر بودن ساخت سد در کشور، توجه کمی به آثار ناشی از تغییر رژیم طبیعی جریان آب بر محیط‌زیست پایین‌دست طرح‌های آبی به‌ویژه سدها داشته است. در سال‌های اخیر ایران به همراه چین، ترکیه و هند جزء کشورهای پیش‌رو از نظر تعداد سدهای در حال ساخت در آسیا و جهان به‌شمار می‌رود. در حال حاضر در ایران حدود 647 سد در حال بهره‌برداری، 144 سد در مرحله اجرایی و 537 سد در مرحله انجام مطالعات وجود دارد. در جدول (1)، تعداد سدهای ایران به

جدول (1): آمار تعداد سدهای ایران به تفکیک حوضه‌های آبریز اصلی در مراحل مختلف (شرکت مدیریت منابع آب ایران، 1392)

حوضه آبریز اصلی	مطالعاتی	اجرایی	بهره‌برداری	مجموع
ارومیه	39	9	54	102
خلیج فارس و دریای عمان	176	69	106	351
دریای خزر	157	39	192	388
سرخس	15	3	21	39
مرکزی	114	18	137	269
هامون	17	4	59	80

مجموع	537	144	647	1328

جدول (2): حجم مخازن و حجم آب تنظیمی برای مصارف مختلف کل سدهای ایران به میلیون مترمکعب (شرکت مدیریت منابع آب ایران، 1392)

آب قابل تنظیم سالیانه	آب مصرفی صنعت	آب مصرفی شرب	آب مصرفی کشاورزی	نیاز محیط‌زیست	حجم مخزن
65331	1151	4841	40946	3017	123429

تفکیک حوضه‌های آبریز اصلی در مراحل مختلف و در جدول (2)، حجم مخازن سدهای ایران به همراه حجم آب تنظیمی برای مصارف بخش‌های مختلف نشان داده شده است (شرکت مدیریت منابع آب ایران، 1392). همان‌طوری‌که اطلاعات جدول (2) نشان می‌دهد، میزان آب رهاشده به‌عنوان حقابه محیط‌زیستی در پایین‌دست سدهای ایران در حدود 4/6 درصد کل آب تنظیمی توسط سدهاست که این رقم بسیار ناچیز می‌باشد. بنابراین، توجه به برآورد دقیق نیاز آب محیط‌زیستی رودخانه‌ها و ضمانت اجرایی برای رهاسازی آن در ایران توجه ویژه‌ای را می‌طلبد. پس از الزامی شدن ارزیابی آثار محیط‌زیستی سدهای بزرگ در سال 1376، یکی از مهم‌ترین راهکارهای مدیریتی جهت تقلیل آثار طرح‌های توسعه منابع آب، تعیین حداقل جریان آب محیط‌زیستی در پایین‌دست این طرح‌ها می‌باشد. هم‌چنین کمیسیون مشترک آب و محیط‌زیست در سال 1384، مصوبه‌ای تعیین کرد که در آن شرح خدماتی ارایه شده است تا براساس آن، نیاز آب اکوسیستم‌های آبی پایین‌دست سدها تعیین و در تخصیص و بهره‌برداری از منابع آب مربوطه، لحاظ شود. با وجود آن‌که شرح خدمات تعیین شده از جامعیت مناسبی برخوردار بوده و جنبه‌های مختلف بیولوژیکی، اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی مورد نیاز را برای تخصیص حقابه در نظر گرفته است، ولی به دلیل عدم شناخت کافی از روش‌های تعیین حقابه‌های محیط‌زیستی در جهان و تطبیق آن‌ها با شرایط محیطی و مدیریتی ایران، انجام شرح خدمات مذکور تاکنون توسط دستگاه‌های اجرایی به نتیجه نرسیده است. به‌طوری‌که در حال حاضر نیز معمول‌ترین روش در تعیین نیاز آب محیط‌زیستی در ایران، روش مونتانا (تنانت) است که در گروه روش‌های هیدرولوژیکی برای ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی قرار می‌گیرد و حاصل نتایج مطالعات انجام شده بر روی حوضهٔ رودخانه‌های غرب آمریکاست که حتی کاربرد این روش به تنهایی برای این مناطق نیز با انتقادهایی روبه‌رو می‌باشد. HR (;Evans & England,1995 ;Jowett,1997 Wallingford, 2003; Hatfield et al., 2003; Dyson (et .al., 2008; Smakhtin & Anputhas, 2009

به نظر می‌رسد در موارد کاربرد این روش در ایران، هیچ‌گونه مطالعه جدی در زمینه بررسی انطباق ویژگی‌های آن با شرایط بیوفیزیکی، اقتصادی، اجتماعی، الزامات سیاسی و قانونی مناطق احداث سدها صورت نمی‌گیرد و بیشتر بدون ایجاد اصلاحاتی برای همه مناطق کشور از درصدهای ثابت تعیین شده در این روش استفاده می‌شود. بنابراین، توجه به تأمین آب مورد نیاز محیط‌زیستی در پایین‌دست سدها برای کاهش آثار بهره‌برداری از این طرح‌ها در ایران یک ضرورت غیرقابل انکار می‌باشد و لازم است تا مفاهیم مدیریت و ارزیابی جریان آب محیط‌زیستی، بین مدیران منابع آب و کارشناسان رشته‌های مختلف علمی در ایران نیز ارتقا یافته و در فرایند برنامه‌ریزی و مدیریت حوضه‌های آبریز، تهدیدهای ناشی از در نظر نداشتن جریان آب محیط‌زیستی در پایین دست سدها مدنظر قرار گیرد.

هدف اصلی این مقاله، بررسی و مقایسه مهم‌ترین روش‌های ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی در جهان و تعیین نقاط قوت و ضعف هر یک از روش‌های موجود و پیدا کردن تناسب به‌کارگیری این روش‌ها با شرایط ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی در پایین‌دست سدهای ایران است.

شناسایی و مقایسه روش‌های تعیین حقابه محیط‌زیستی رودخانه‌ها

برای ارزیابی و انتخاب روش‌های مناسب برای تعیین حقابه محیط‌زیستی رودخانه‌ها در پایین‌دست سدهای ایران، ابتدا لازم است تا روش‌های کاربردی در اقصا نقاط جهان مورد شناسایی قرار گیرند. به این منظور، مهم‌ترین منابع و مأخذ مرتبط با موضوع تحقیق، از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی با بیش از 200 مقاله، کتاب، گزارش در جهت شناسایی ویژگی‌ها و نحوه کاربرد انواع روش‌های ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی از نقاط مختلف

جهان مورد بررسی قرار گرفت (عریان و همکاران، 1385).
سپس با توجه به پایگاه داده‌ای که از ویژگی‌های این روش‌ها ایجاد شده و همچنین براساس پارامترهایی که در شرح خدمات مصوبه وزارت نیرو و سازمان محیط‌زیست تعیین شده است، از طریق روش مقایسه‌ای- تحلیلی، 45 شاخص مقایسه‌ای انتخاب و براساس نظر کارشناسی و تکمیل 65 پرسش‌نامه، اهمیت این شاخص‌ها برای کاربرد در ایران نیز وزن‌دهی شد. سپس هر یک از روش‌ها نسبت به انطباق با شاخص مقایسه‌ای، ارزش‌گذاری و در نهایت با کمک روش تصمیم‌گیری TOPSIS میزان درجه تناسب روش‌ها جهت کاربرد در ایران تعیین و در ادامه مراحل اجرای این کار توضیح داده شده است.

- **شناسایی انواع روش‌های تعیین حقابه محیط‌زیستی رودخانه‌ها**

طی 30 سال اخیر، تعداد زیادی روش‌های ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی به‌عنوان یکی از ابزارهای مدیریت منابع آب در جهان گسترش یافته است. به‌طوری‌که برخی مطالعات نشان می‌دهد، در حدود 207 روش در 44 کشور جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند (Tharme, 2003). این روش‌ها توسط IUCN[5], IWMI[6] و بانک جهانی به‌صورت‌های مختلفی طبقه‌بندی شده است که به‌دلیل این‌که تقسیم‌بندی انجام شده توسط IWMI، بر حسب وجود یا عدم وجود اطلاعات بیوفیزیکی و اقتصادی- اجتماعی مورد نیاز صورت گرفته است و نه براساس ویژگی‌های روش‌شناسی، از این‌رو تقسیم‌بندی منطقی‌تری به نظر می‌رسد (Korsgard, 2006). بنابراین، در این مقاله نیز این تقسیم‌بندی مورد قبول بوده و براساس آن روش‌های EFA، در چهار گروه روش‌های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، شبیه‌سازی زیستگاه و روش‌های جامع و کلی‌گرا قرار می‌گیرند. برای آشنایی با روش‌هایی که در این چهار گروه اصلی قرار دارند، مهم‌ترین روش‌ها و رویکردهایی که اطلاعات و مستندات بیشتری از آن‌ها در دسترس بوده و پایه‌ای برای سایر روش‌ها می‌باشند نیز مورد بررسی قرار گرفت که در این مقاله، 26 روش اصلی و پایه‌ای از میان روش‌های مورد استفاده در جهان انتخاب شد تا به مقایسه قابلیت کاربرد آن‌ها در ایران پرداخته شود.

روش‌های هیدرولوژیکی[7]: این گروه، ساده‌ترین نوع روش‌های ارزیابی جریان آب محیط‌زیستی است. توصیه‌هایی که در این روش‌ها ارایه می‌شوند، بیشتر تابعی از یک یا چند شاخص رژیم جریان طبیعی آب رودخانه می‌باشد و درصدی از میانگین شاخص جریان آب رودخانه را که گاهی با نیازهای بیولوژیکی تطبیق داده می‌شود، برای تنظیم جریان آب محیط‌زیستی پس از بهره‌برداری از سدها تعیین می‌نماید (Acreman & Dunbar, 2004; Dyson et al., 2008; Arthington et al., 2006; Caissie et al., 2007; Richter, (2009; Poff et al., 2009, Leonard, 2011).

در تعیین حقابه محیط‌زیستی سدهای ایران، بیشتر از روش‌های گروه هیدرولوژیکی به‌ویژه روش مونتاتا با درصدهای تعیین شده در طبقات 6، 7 و 8 آن یعنی کمتر از 10٪ تا 30٪ از میانگین جریان سالانه استفاده شده است. هم‌چنین در برخی موارد، در اصلاح روش مونتانا، اعمال درصدها بر روی میانگین جریان ماهانه به جای میانگین جریان سالانه اعمال می‌شود. به تازگی، کاربرد روش منحنی‌تداوم جریان و شاخص‌های حداقل جریان به‌ویژه Q95 و 7Q10 نیز جهت تعیین حقابه محیط‌زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مقاله 14 روش از پرکاربردترین و مستندترین روش‌های هیدرولوژیکی برای ارزیابی تناسب به‌کارگیری آن‌ها در رودخانه‌های ایران بررسی و تحلیل شده است.

روش‌های هیدرولیکی[8]: در این دسته از روش‌ها، ارتباط بین تغییرات برخی از متغیرهای هیدرولیکی ساده مانند عمق آب، محیط مرطوب، سرعت آب و ... با تغییر در میزان دبی جریان آب رودخانه بررسی می‌گردد. سپس در شرایط هیدرولیکی مختلف، میزان دست‌یابی به شرایط مطلوب زیستگاه برای گونه‌های موردنظر مشخص می‌شود تا با استفاده از نتایج آن، نیاز آب محیط‌زیستی رودخانه برآورد شود (Evans & England, 1995; Stalnaker et al., 1995; Gippel & Stewardson; 1998, Stewardson & Gippel, 2003; Hirji & Davis, 2009).

استفاده از این روش در حال حاضر بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته و در تعداد محدودی از سدهای ایران با توجه به سطح محیط مرطوب و تطابق با سطح رویش گیاهان آبزی و یا مراحل حیاتی گونه‌های ماهی شاخص رودخانه و یا بنتوزها در فصول مختلف، به تعیین حقابه محیط‌زیستی پرداخته شده است.

در این مقاله، تناسب به‌کارگیری 2 روش از مهم‌ترین روش‌های گروه روش‌های هیدرولیکی برای کاربرد در ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

روش‌های شبیه‌سازی زیستگاه[9]: این روش‌ها بر پایه

فرضیه‌هایی مشابه با روش‌های هیدرولیکی قرار دارند اما با جزئیات بیشتری به بررسی روند تغییر شرایط فیزیکی زیستگاه‌ها در دبی‌های مختلف جریان رودخانه می‌پردازند و از طریق مدل‌سازی‌های مختلف و ترکیب اطلاعات هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، بیولوژیکی، شکل کانال، ویژگی‌های بستر رودخانه، کیفیت آب و ... در چندین سطح مقطع در رودخانه، منحنی‌هایی به‌دست می‌آید که ارتباط بین دبی رودخانه و دست‌یابی به زیستگاه را برای گونه‌های موردنظر نشان می‌دهد که نتایج آن با اولویت‌های شرایط زیستگاه برای گونه خاص مقایسه و در نتیجه محدوده مناسب جریان آب محیط‌زیستی مورد نیاز تعیین می‌شود (Bovee, 1982; Stalnaker et al., 1995; Caldwell) et al., 1999; Hudson et al., 2003; Booker & Dunbar, (2004; Jowett & Biggs, 2006; Islam, 2010).

با توجه به تعریف روش‌های شبیه‌سازی زیستگاه که شرایط بیوفیزیکی و اکولوژیکی رودخانه را از جوانب مختلف مورد توجه قرار می‌دهد، می‌توان بیان نمود که تا کنون در ایران مطالعات موردی که به‌طور دقیق و کامل از این روش برای تعیین حقابه محیط‌زیستی رودخانه استفاده شده باشد، صورت نگرفته است. در این مقاله، تناسب کاربرد دو روش مهم این گروه برای استفاده در ایران بررسی شده است.

روش‌ها و رویکردهای جامع و کلی‌گرا[10]: این روش‌ها و رویکردها، مهم‌ترین ویژگی‌های رژیم جریان آب که شرایط مطلوب اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و ... سیستم رودخانه را به میزان بالایی تحت تأثیر قرار می‌دهد، شناسایی کرده و برای هر یک از این ویژگی‌ها، سطح آب مورد نیاز را تعیین می‌نماید و در نهایت همهٔ این مقادیر را برای ایجاد یک رژیم جریان آب مناسب با هم ترکیب می‌کند (Jowett, 1997; Brizga et al., 2002; King et al., 2003; LHDA, 2003; Brown & King, 2002; Arthington et al., 2003; Brown& King, 2003; Brown & Wallingford Ltd. 2003; Arthington et al., 2004; Korsgaard, 2006; Arthington et al., 2006; King et al., 2008; Dyson et al., 2008).

در مطالعه حاضر، 8 روش از مهم‌ترین و مستندترین روش‌های جامع و کلی‌گرا مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

- **انتخاب معیارهای مناسب برای مقایسه انواع روش‌های تعیین حقابه محیط‌زیستی**

از سه طریق معیارهایی برای مقایسه قابلیت هر یک از روش‌ها برای ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی رودخانه‌های ایران انتخاب شد:

1. از طریق پایگاه داده‌ای که از ویژگی‌های این روش‌ها ایجاد شده است.
2. براساس پارامترهای شرح خدمات مصوبه وزارت نیرو و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران که در ششمین نشست کمیسیون مشترک آب و محیط‌زیست تعیین شده است.
3. از طریق تکمیل پرسش‌نامه که توسط صاحب‌نظران تکمیل شده است.

با جمع‌بندی اطلاعات فوق، در نهایت 45 معیار در 5 گروه اصلی براساس جدول (3) برای مقایسه روش‌ها انتخاب شد.

- **به‌کارگیری روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس برای مقایسه تناسب کاربرد انواع روش‌های تعیین حقابه محیط‌زیستی در ایران**

با توجه به انتخاب 45 معیار برای ارزیابی 26 روش منتخب ارزیابی EFR از روش تاپسیس که یکی از فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره است، برای اولویت‌بندی و انتخاب رویکرد مناسب در ایران استفاده شد. در روش تاپسیس که توسط هوانگ و یون در سال 1981 پیشنهاد شده است، m گزینه به‌وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اصل توافقی روش تاپسیس برای تصمیم‌گیری چندشاخصه این است که گزینه انتخاب شده باید کوتاه‌ترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از گزینه ایده‌آل منفی داشته باشد (اصغرپور، 1387).

یافته‌ها

برای اولویت‌بندی و انتخاب رویکرد مناسب برای ارزیابی جریان آب محیط‌زیستی در ایران، مراحل شش‌گانه اجرای روش تاپسیس مطابق زیر انجام گرفته است.

1. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری: جدول تصمیم‌گیری جدولی است که در آن سطرها نشان‌دهنده گزینه‌ها و ستون‌ها نشان‌دهنده معیارهای ارزیابی می‌باشند و امتیاز هر معیار در هر شاخص در آن قرار داده شده است. در این تحقیق برای تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، 26 روش منتخب از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی در جهان به‌عنوان گزینه‌های تصمیم‌گیری در سطرها قرار گرفته و 45 پارامتر انتخابی به‌عنوان معیارهای مقایسه این 26 روش

در ستون‌ها قرار می‌گیرند. با توجه به پایگاه داده جمع‌آوری شده از روش‌ها و نتایج نظرسنجی از کارشناسان، هر خانه از ماتریس که بیان‌گر تطابق هر روش با هر معیار می‌باشد، در دامنه عدد صفر (0) تا پنج (5) امتیازدهی شد. در صورتی‌که روش موردنظر انطباق کاملی با شرایط ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی (براساس شرح خدمات مصوبه وزارت نیرو و سازمان محیط‌زیست) داشته باشد با عدد پنج (5) و در صورت عدم انطباق با شاخص موردنظر، با عدد صفر (0) مشخص می‌شود.

نکته حایز اهمیت در تحقیق حاضر آن است که جهت ارزش‌گذاری و بررسی میزان تناسب کاربرد روش‌های ارزیابی EFR برای رودخانه‌های ایران براساس 45 شاخص انتخابی، در واقع اصول پایه‌ای و مشخصه اصلی پیدایش روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و امتیازدهی شده است و نگارندگان این مقاله به این موضوع اذعان دارند که هیچ‌یک از این روش‌ها به‌ویژه روش‌های هیدرولوژیکی بدون بررسی‌های لازم و بدون اعمال تغییرات و اصلاحات لازم برای انتخاب درصدها، دوره‌ها، شاخص‌ها و ... بدون توجه به شرایط محیطی منطقه مورد مطالعه قابل توصیه نمی‌باشد.

در جدول (3)، ماتریس ارزیابی روش‌های تعیین حقابه محیط‌زیستی ارایه شده است.

2. تشکیل ماتریس نرمال‌شده: از نرم اقلیدسی برای نرمالایز کردن ماتریس تصمیم‌گیری استفاده می‌شود تا روی معیارهای مختلف عملیات ریاضی انجام گیرد. یعنی در ردیف هر یک از معیارها، امتیاز هر معیار را بر جذر مجموع مجذور معیارها در معیار مربوطه تقسیم می‌کنیم.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}\,2}} \qquad (1)$$

3. تشکیل ماتریس نرمالایز شده موزون: در این گام، وزن هر یک از معیارها را در تمام عناصر ستونی نرمال شده ضرب می‌کنیم تا شاخص‌های وزنی به‌دست آیند و روی شاخص‌ها عملیات ریاضی مثل جمع و تفریق انجام گیرد. برای آن‌که عملیات ریاضی روی امتیاز معیارها منطقی باشد، با توجه به هم وزن نبودن همه معیارها، در ماتریس نرمال شده وزن مربوط به هر یک از معیارها را در تمامی عناصر ستون مربوطه ضرب می‌کنیم تا ماتریس نرمال شده موزون به‌دست آید. در این مقاله، برای وزن‌دهی اهمیت 45 معیار انتخابی برای ارزیابی روش‌های EFR، برای هر یک از این معیارها با توجه به نظر کارشناسی، ضریب اهمیتی بین صفر (کمترین اهمیت) تا پنج (بیشترین اهمیت) تعیین شده است.

4. تعیین جواب ایده‌آل مثبت و منفی: با توجه به امتیازهای درون هر ستون ایده‌آل مثبت و منفی مربوط به معیارها مشخص می‌شود. بالاترین اعداد را در ستون هر معیار انتخاب کرده و جواب ایده‌آل مثبت را ایجاد می‌نماییم و همچنین در هر ستون، پایین‌ترین عدد از معیار را نیز انتخاب کرده و جواب ایده‌آل منفی را ایجاد می‌نماییم.

5. محاسبه فاصله هر یک از گزینه‌ها تا جواب‌های ایده‌آل مثبت و منفی

$$S_{1=}\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^*)^2} \qquad (2)$$

6. محاسبه میزان نزدیکی گزینه‌ها تا ایده‌آل مثبت و رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس بیش‌ترین C_i

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \qquad (3)$$

$$00 \leq C_I \leq 1 \qquad (4)$$

پس از طی مراحل شش‌گانه روش تاپسیس، اولویت‌بندی تناسب کاربرد روش‌های ارزیابی EFR جهت تعیین حقابه محیط‌زیستی رودخانه‌ها در برنامه‌ریزی منابع آب سدهای ایران براساس جدول (4) می‌باشد.

براساس نتایج حاصله از جدول‌های (3 و 4)، تنها 9 روش از 26 روش انتخابی تعیین EFR، دارای Ci> 0/5 می‌باشند که «روش افزایشی جریان آب درون رودخانه‌ای (IFIM)» از گروه روش‌های شبیه‌سازی زیستگاه و 8 روش دیگر، از گروه روش‌های جامع و کلی‌گرا می‌باشند. در میان روش‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نیز متناسب‌ترین روش برای کاربرد در رودخانه‌های ایران «روش رویکرد تغییرپذیری جریان آب (RVA)»، می‌باشد.

در واقع، با بررسی نتایج حاصل از اولویت‌بندی روش‌ها می‌توان به این نتیجه دست یافت، «روش مونتانا یا تنانت» (با Ci=0/29) که پرکاربردترین روش در تعیین حقابه محیط‌زیستی در سدهای ایران محسوب می‌شود، انطباق کافی با 45 معیار انتخابی جهت ارزیابی تناسب کاربرد روش‌های تعیین حقابه محیط‌زیستی در ایران را ندارد. همچنین یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد، متناسب‌ترین روش جهت اجرای شرح خدمات مصوبه کمیسیون

مشترک وزارت نیرو و سازمان محیط‌زیست، از گروه روش‌های جامع و کلی‌گرا به‌ویژه «روش بررسی واکنش پایین‌دست به تغییرات ناشی از انتقال جریان آب (DRIFT)» می‌باشد.

جدول (3): ماتریس تصمیم‌گیری روش تاپسیس برای مقایسه 26 روش تعیین حقابه محیط‌زیستی رودخانه‌ها به منظور بررسی اولویت کاربرد آن‌ها در ایران بر اساس 45 شاخص (یافته تحقیق)

ردیف	ویژگی روش‌ها	ضریب اهمیت هر پارامتر	روش‌های هیدرولوژیکی															روش‌های هیدرولیکی		روش‌های شبیه‌سازی زیستگاه		روش‌ها و رویکردهای جامع و کلی‌گرا								
			روش رنکرد تغییرپذیری جریان آب	روش رنکر	روش هوپ	روش NGPRP	روش کمبود جریان آب اکولوژیکی	روش تحلیل منحنی های تداوم جریان	شاخص های جریان حداقل	روش تسمن	روش جریان پایه ابزیان	روش لنوئس	روش ضوابط برنامه ریزی توافقی	روش کارولینای جنوبی	روش آرکانساس	روش تنانت (مونتانا)		روش محیط مرطوب	R2CROSS	روش ارزیابی سریع دسترس‌پذیری زیستگاه ماهیان	روش افزایشی جریان آب درون‌رودخانه ای	روش بررسی اجزا	رویکرد جامع استرالیایی	روش ارزیابی کارشناسی	روش ارزیابی علمی	روش تحلیل زیستگاه	روش معیارگذاری تغییرات جریان آب	رویکرد بررسی واکنش پایین دست به	روش بازیابی جریان آب
	ویژگی‌های کلی روش																												
۱	سهولت کاربرد روش (عدم پیچیدگی روش)	۵	۳	۵	۵	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۵	۵	۳	۳	۳	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲
۲	وجود شاخص ها و فاکتورهای مشخص برای ارزیابی حقابه محیط‌زیستی	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۵	۵	۴	۴	۳	۳	۴	۳	۴	۳
۳	جامعیت روش	۳	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۳	۲	۳	۴	۴	۴	۳	۴	۴	۵	۴
٤	عمومیت داشتن	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۴	۴	۴	۴	۴
۵	انعطاف‌پذیری روش	٤	۲	۱	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۳	۳	۲	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۴
٦	در نظر داشتن عدم قطعیت	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۲	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۷	روند آتی کاربرد روش	۳	۲	۱	۲	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۳	۳	۳	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۴
۸	ارائه اطلاعات در مورد دلایل پیشنهاد و نحوه استنتاج روش	۳	۲	۱	۲	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۳	۳	۳	۵	۴	۴	۳	۳	۳	۳	۴	۳
۹	کارکردهای چندگانه	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۳
	قابلیت‌های مدیریتی روش																												
۱۰	عدم نیاز به زمان بالا برای اجرا	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳	۳	۳	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۱	عدم نیاز به سرمایه بالا	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۲	عدم نیاز به تعداد زیاد کارشناس	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳	۳	۴	۲	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۱	۲
۱۳	عدم نیاز به کارشناسان با تخصص بالا	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳	۳	۳	۱	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۲	۲
۱٤	در دسترس بودن اطلاعات از ویژگی‌ها و نحوه کاربرد روش	٤	٤	٤	٤	٤	٤	۲	٤	٤	٤	۲	٤	٤	٤	٤	٤	۳	٤	۳	۳	۲	۲	۳	۳	۳	۲	٤	۲
۱۵	میزان کاربرد روش	۳	٤	۱	۱	۱	۱	۱	٤	۳	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۳	٤	۳	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۲	۳	۲
۱٦	قابلیت کاربرد روش برای مرحله شناخت	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	٤	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	٤	۳	٤	۵	٤	٤	۵	۵	۵	۵	۵	۵
۱۷	قابلیت کاربرد روش برای مطالعات تفصیلی (مرحله ۱)	۵	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۵	۳	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
۱۸	قابلیت کاربرد روش برای مطالعات تفصیلی‌تر (مرحله ۲)	٤	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۵	۱	٤	۴	۳	۳	۳	۴	۳
	زمینه کاربرد روش																												
۱۹	رودخانه‌های مرزی	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	٤	۲	٤	۴	۳	٤	۳	٤	٤
۲۰	رودخانه‌های منتهی به تالاب‌ها، مصب‌ها، خورها و ...	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۵	۲	٤	۴	٤	٤	٤	٤	٤
۲۱	رودخانه‌هایی که ژیستگاه گونه‌های منحصر به فرد یا در معرض خطر هستند	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۵	۲	۳	۳	۳	۵	۳	۳	۳
۲۲	رودخانه‌هایی که چندین طرح بر روی آن احداث شده است	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	٤	۲	٤	۴	٤	٤	٤	۵	۵
۲۳	رودخانه‌هایی که تصمیم‌گیری جهت تخصیص منابع آب بین بخش‌های مختلف بحث انگیز باشد	٤	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	٤	۲	٤	۴	۳	٤	۳	٤	٤
۲٤	قابل اجرا برای حوضه آبریز رودخانه	٤	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲	۲	۱	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۲۵	قابل اجرا برای یک رودخانه	٤	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤
۲٦	قابل اجرا برای بخش کوچکی از یک رودخانه	٤	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤
	اجزایی از محیط زیست وابسته به رودخانه که مورد توجه قرار می‌گیرد																												
۲۷	رژیم طبیعی جریان آب رودخانه	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	٤	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	٤	۳
۲۸	هیدرولیک رودخانه	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۳	٤	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۲	٤	۳
۲۹	ژئومورفولوژی رودخانه	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۳۰	ویژگی‌های فیزیوگرافی رودخانه	۳	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۳۱	کیفیت آب	٤	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	٤	۱	۳	۳	٤	۳	۳	٤	۳
۳۲	ژیستگاه جانوران	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۵	۳	٤	۳	۳	٤	۳	٤	۳
۳۳	رویشگاه گیاهان	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	٤	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۳٤	عوامل اقتصادی	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۳	۳	۳	۳	٤	۳
۳۵	جوامع تحت تأثیر	٤	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	٤	۳	۳	۳	۳	۵	۳
۳٦	عوامل اجتماعی و سیاسی	٤	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۳۷	انتقال مواد مغذی	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۳۸	ارتباطات ژنجیره غذایی	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲
۳۹	منابع آب زیرزمینی	٤	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	مدنظر قرار دادن جوانب مختلف مدیریت محیط‌زیستی																												
٤۰	ارزیابی ریسک در تعیین حقابه محیط‌زیستی	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۳	۳	۲	۳	۳	٤	۳
٤۱	در نظر داشتن سیستم بایش	٤	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	٤	۱	۱	۱	۱	٤	٤	۳	۳	۳	٤	٤
٤۲	تعیین مشکلات عدم تخصیص حقابه محیط‌زیستی	٤	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۳	۲	٤	۳
٤۳	تعیین محدوده تحت تاثیر تخصیص یا عدم تخصیص حقابه محیط‌زیستی	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳
٤٤	ارزیابی و مقایسه گزینه های مختلف تعیین حقابه محیط‌زیستی	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۲	۲	۳	۳	٤	۳	٤	٤	۳	۵	۳
٤۵	تشریح وضعیت محیط زیست در صورت تأمین حقابه محیط‌زیستی	۵	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۱	۱	۱	٤	۳	۳	۳	۳	٤	٤

جدول (4): اولویت‌بندی تناسب کاربرد مهم‌ترین روش‌های تعیین حقابه محیط‌زیستی برای ایران (یافته تحقیق)

روش‌های تعیین حقابه محیط‌زیستی رودخانه‌ها		C_i	اولویت تناسب کاربرد روش‌ها
روش‌های هیدرولوژیکی	روش تنانت (مونتانا)[11]	0/2927	16
	روش آرکانساس[12]	0/2833	21
	روش کارولینای جنوبی[13]	0/3061	14
	روش ضوابط برنامه ریزی توافقی[14]	0/2798	23
	روش لئونس[15]	0/2833	21
	روش جریان پایه آبزیان[16]	0/2901	18
	روش تسمن[17]	0/2885	19
	روش بررسی شاخص های حداقل جریان[18]	0/2905	17
	روش تحلیل منحنی تداوم جریان[19]	0/3095	13
	روش کمبود آب اکولوژیکی[20]	0/2551	26
	روش NGPRP[21]	0/3163	12
	روش هوپ[22]	0/2786	25
	روش ولکر[23]	0/2797	24
	رویکرد تغییرپذیری جریان آب[24]	0/4106	10
روش‌های هیدرولیکی	روش محیط مرطوب[25]	0/2878	20
	R2 CROSS	0/2979	15
روش‌های شبیه‌سازی زیستگاه	روش افزایشی جریان آب درون‌رودخانه‌ای[26]	0/5646	7
	روش ارزیابی سریع دسترس‌پذیری زیستگاه ماهیان[27]	0/3316	11
روش‌ها و رویکردهای جامع و کل‌گرا	روش بررسی اجزا[28]	0/6385	2
	رویکرد جامع استرالیایی[29]	0/5414	9
	روش ارزیابی کارشناسی[30]	0/542	8
	روش ارزیابی علمی[31]	0/5851	6
	روش تحلیل زیستگاه[32]	0/5927	5
	روش معیارگذاری[33]	0/6011	4
	رویکرد بررسی واکنش پایین دست به تغییرات جریان آب[3]	0/7182	1
	روش بازیابی جریان آب[34]	0/6195	3

بحث و نتیجه‌گیری

اساس تحقیق حاضر را سه مرحله اصلی شامل 1. شناسایی روش‌های مختلف ارزیابی حقابه محیط‌زیستی در ایران و جهان، 2. مقایسه بین این روش‌ها بر اساس شاخص‌های مناسب و 3. اولویت‌بندی و پیشنهاد روش‌های مناسب ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی (تعیین حقابه محیط‌زیستی) در ایران را تشکیل می‌دهد. یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که با وجود تأکید بالایی که به ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی جهت حفظ شرایط پایدار محیط‌زیست پایین دست سدها صورت می‌گیرد، متأسفانه در ایران روش مناسبی برای برآورد این نیاز آبی وجود ندارد و بیشتر از روش‌های هیدرولوژیکی به‌ویژه روش تنانت (یا مونتانا) بدون اعمال اصلاحات و تغییرات متناسب با شرایط محیطی

منطقه استفاده می‌شود. بنابراین، برای مقایسه روش‌های ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی از سه طریق به انتخاب شاخص‌های مقایسه روش‌ها پرداخته شد تا بتوان قابلیت هر یک از آن‌ها را برای ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی رودخانه‌ها در ایران بررسی نمود.

1. از طریق پایگاه داده‌ای که از ویژگی‌ها و خصوصیات این روش‌ها ایجاد شده است.
2. براساس پارامترهای شرح خدمات مصوبه وزارت نیرو و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران تعیین شده در ششمین نشست کمیسیون مشترک آب و محیط‌زیست تعیین شده است.
3. از طریق پرسش‌نامه که توسط صاحب‌نظران تکمیل شده است.

با جمع‌بندی اطلاعات فوق نهایتاً 45 معیار در 5 گروه اصلی براساس جدول (3)، برای مقایسه روش‌ها انتخاب شد.

سپس به کمک روش تاپسیس که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد، به مقایسه 26 روش انتخابی ارزیابی حقابه محیط‌زیستی و همچنین اولویت‌بندی تناسب کاربرد آن‌ها برای ایران براساس 45 شاخص پرداخته شد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد، جهت اجرای شرح خدمات مصوبه کمیسیون مشترک وزارت نیرو و سازمان محیط‌زیست مناسب‌ترین روش‌ها از گروه روش‌ها و رویکردهای جامع و کلی‌گرا می‌باشند که در بین روش‌های این گروه نیز رویکرد DRIFT با توجه به نقاط قوت بسیاری که نسبت به سایر روش‌های این گروه دارد، بیشترین انطباق را با شرایط ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی براساس این مصوبه خواهد داشت و مناسب‌ترین انتخاب برای تعیین حقابه محیط‌زیستی در برنامه‌ریزی منابع آب سدهای ایران می‌باشد.

از مهم‌ترین نقاط قوت این روش می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

- روش DRIFT، روشی سناریو محور است که با طرح سناریوهای مختلف، در صورت تخصیص مقادیر مختلف حقابه محیط‌زیستی، شرایط محیطی در هر سناریو تعیین می‌شود و پیامدهای ناشی از عدم تخصیص مناسب حقابه محیط‌زیستی ارزیابی می‌گردد.
- تغییرات رژیم جریان رودخانه و اثرات اکولوژیکی و به دنبال آن، پیامدهای اقتصادی- اجتماعی آن به‌خوبی نشان داده می‌شود.
- در روش DRIFT، به نقش رژیم طبیعی جریان رودخانه برای حفظ یکپارچگی عملکرد اکوسیستم‌ها اهمیت زیادی داده می‌شود و اجزای مختلف این رژیم را در نظر می‌گیرد.
- این روش فرایند ساختاریافته و مناسبی برای ایجاد هماهنگی بین نظر کارشناسان مختلف ایجاد می‌کند تا از این طریق مشکلی که برای سایر روش‌های کلی‌گرا وجود دارد را به خوبی برطرف کرده و به یکپارچه‌سازی اطلاعات در زمینه‌های مختلف، کمک نماید.
- قابلیت انعطاف بالای این روش نیز می‌تواند به ساده‌سازی آن برای ارزیابی‌های سریع تا ایجاد یک رویکرد بسیار جامع برای ارزیابی‌های دقیق منجر شود. بررسی مراحل این روش نشان می‌دهد که ابتدا به ارزیابی آثار تغییر رژیم جریان آب رودخانه بر محیط تحت تأثیر سد می‌پردازد و براساس نتایج این مرحله، نیاز آب محیط‌زیستی را تعیین می‌کند که این ویژگی بارز رویکردDRIFT محسوب می‌شود.
- زمانی که ارتباط بین تغییر اجزای رژیم جریان آب رودخانه با پیامدهای آن بر شرایط بیوفیزیکی و اقتصادی- اجتماعی شناخته شد، در صورت تغییر طرح‌های مدیریت بهره‌برداری از منابع آب رودخانه، بررسی احتمال این پیامدها در حالت‌های مختلف رژیم جریان آب رودخانه آسان می‌شود و نیازی به مطالعات جدید نخواهد بود.
- با گسترش وسیع کاربرد این روش در اقصا نقاط جهان، مطالعات موردی خوبی از کاربرد آن در شرایط محیطی مختلف در آینده انجام خواهد گرفت که این امر کمک شایانی به انتخاب شاخص‌های محیطی مناسب و نتیجه‌گیری در مورد مناسب بودن کاربرد آن در مناطق مختلف در ایران خواهد نمود.
- با توجه به وجود نرم‌افزارهایDRIFT SOLVER و DRIFT CATEGORY و سایر نرم‌افزارهایی که در حال حاضر کارشناسان کشور آفریقای‌جنوبی با همکاری کارشناسان استرالیایی برای اجرای این روش طرح‌ریزی می‌کنند، قابلیت کاربرد این روش بسیار بالا خواهد رفت.
- مستندسازی خوبی که از فرایند اجرای این روش در هر مرحلهٔ زمانی صورت می‌گیرد، می‌تواند به تصمیم‌گیران کمک شایانی نماید. علاوه بر این کمبودهای اطلاعاتی مشخص می‌شود تا محققان در ادامه کار بر آن‌ها متمرکز شوند.
- رویکرد DRIFT با تـوجه به نگرش بالا به پایینی که بـرای

ارزیابی دارد، الزامی برای تعریف مشخص و صریح از شرایط مطلوب مورد نظر نخواهد داشت.

- به‌دلیل این‌که در این روش ارتباط بین رژیم جریان آب رودخانه و پیامدهای آن طبق سناریوهای مختلف طرح‌های توسعه مشخص می‌شود، سرعت ارزیابی گزینه‌های مختلف بالا می‌رود. زیرا، الزامی برای انجام مطالعات جدید و بررسی‌های کارشناسی مجدد وجود ندارد.
- فرایند این روش به پیش‌بینی عدم قطعیت‌ها در مراحل مختلف می‌پردازد تا در زمان تصمیم‌گیری مورد لحاظ قرار گیرد.
- قابلیت کاربرد این روش برای ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی سایر اکوسیستم‌های آبی به جز رودخانه‌ها نیز در حال بررسی است.
- تدوین برنامه پایش، یکی از اجزاء اصلی اجرای رویکرد DRIFT می‌باشد.

البته باید در نظر داشت که موفقیت چنین روشی به دسترسی به داده‌های مناسب به‌ویژه از وضعیت هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، ژئومورفولوژیکی، بیولوژیکی، اکولوژیکی و اجتماعی و مشارکت کارشناسانی که آشنایی و درک بالایی از فرایندهای اکوسیستم رودخانه و اکوسیستم‌های وابسته به آن دارند، خواهد داشت. این روش نسبت به روش‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی به زمان و داده بیشتری نیاز دارد. البته امکان ساده‌سازی رویکرد DRIFT برای ارزیابی‌های سریع و با داده‌های کمتر نیز وجود دارد.

پیشنهادهایی چند

1. اصلی‌ترین پیشنهاد این تحقیق، تعیین سطوح مختلف ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی براساس ترکیب شاخص‌ها و شرایط مختلف مدیریتی (مانند: داده، زمان، هزینه، تخصص کارشناسی، سطح مطالعات) و مهم‌تر از آن شرایط مختلف محیطی در ایران است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که با تطبیق تقسیمات هیدرولوژیکی و تقسیمات اکولوژیکی ایران، مناطق همگن اکوهیدرولوژیکی ایران شناخته و براساس ویژگی این مناطق، اصلاحات لازم بر روی روش‌های موجود، تعیین نیاز آب محیط‌زیستی از نظر توصیه شاخص‌های محیطی مختلف شامل: پارامترهای هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، ژئومورفولوژیکی، بیولوژیکی، اکولوژیکی، اجتماعی و ... انتخاب شود تا با انجام مطالعات موردی در هر یک از این مناطق و تحلیل نتایج آن‌ها، به الگوی مدون و مشخصی در کاربرد روش‌های مختلف ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی در مناطق مختلف ایران دست یافت و تناسب کاربرد روش‌های مختلف تعیین حقابه محیط‌زیستی در ایران به‌طور عملی مشخص شود.
2. در انجام مطالعات موردی، حوضه رودخانه‌های زیر در اولویت قرار گیرند.
   - حوضهٔ رودخانه‌هایی که چندین سد بر روی آن احداث شده است.
   - حوضهٔ رودخانه‌هایی که اکوسیستم‌های با ارزشی همچون تالاب‌ها، دریاچه‌ها، مصب‌ها، رویشگاه‌های حرا و سایر گونه‌های گیاهی باارزش و یا زیستگاه گونه‌های جانوری مهم و ... به آن وابسته هستند.
   - حوضهٔ رودخانه‌های مرزی کشور با کشورهای دیگر
   - رودخانه‌هایی که سدهای با ظرفیت مخازن بزرگ بر روی آن‌ها احداث خواهد شد و رژیم طبیعی جریان آب رودخانه را در حد بسیار بالایی تحت تأثیر قرار خواهند داد.
3. پیشنهاد می‌شود در صورتی‌که از طریق رویکرد DRIFT به تعیین نیاز آب محیط‌زیستی اقدام می‌شود، از قابلیت‌های مختلف آن جهت انجام ارزیابی‌های سریع تا ارزیابی‌های جامع در پروژه‌های مختلف با شرایط محیطی متفاوت استفاده شود تا بتوان میزان کارایی آن را برای برآورد نیاز آب محیط‌زیستی در سدها بر روی انواع رودخانه‌ها تعیین نمود.
4. پیشنهاد می‌شود تا در ایران نیز همانند کشور استرالیا و آفریقای جنوبی برای ارتقا و تطبیق قابلیت روش DRIFT جهت ارزیابی نیاز آب سایر اکوسیستم‌های آب شیرین همچون تالاب‌ها، مصب‌ها، خورها، دریاچه‌ها، منابع آب زیرزمینی و ... اقدام به عمل آید.
5. در ارتباط با موضوع تعیین حقابه محیط‌زیستی، شرح خدماتی مناسب، عملی و قابل اجرا با توجه به زمان، هزینه، مرحله مطالعاتی، تخصص‌های معمول در مطالعات برنامه‌ریزی منابع آب و مطالعات محیط‌زیستی سدها در ایران و همچنین با توجه به شرایط محیطی مختلف کشور توسط ارگان‌های مربوط همچون وزارت نیرو و سازمان محیط‌زیست تدوین شود.
6. موضوع حقابه محیط‌زیستی به‌عنوان یکی از اجزای مهم اصول مدیریت یکپارچه منابع آب حوضه‌های آبریز، مورد توجه قرار گیرد.

7. انواع روش‌هایی که برای ارزیابی نیاز آبی سایر اکوسیستم‌های آبی وجود دارد، نیز شناسایی شود و در مناطق مختلف ایران نتایج آن‌ها مورد آزمون قرار گیرد. زیرا تأکید این تحقیق، بیشتر بر روش‌های ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی رودخانه‌ها بوده است.

یادداشت‌ها

1. Environmental Flow Requirement
2. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
3. Downstream Response to Imposed Flow Transformations
4. International Commission on Large Dams
5. International Water Management Institute
6. International Union for Conservation of Nature
7. Hydrological Methods
8. Hydraulic Methods
9. Habitat Simulation Methods
10. Holistic approaches
11. Tennant (Montana) Method
12. Arkansas Method
13. South Carolina Method
14. Consensus Planning Criteria Method
15. Lyons Method
16. Aquatic Base Flow Method
17. Tessman Method
18. Low Flow Indices
19. Flow Duration Curve Analysis
20. Ecodeficit Method
21. Northern Great Plains Resource Program
22. Hoppe Method
23. Volker Method
24. Range of Variability Approach
25. Wetted Perimeter Method
26. Instream Flow Incremental Methodology
27. Rapid Fish Habitat Availability
28. Building Block Methodology
29. Australian Holistic Approach
30. Expert Panel Assessment Method
31. Scientific Panel Assessment Method
32. Habitat Analysis Method
33. Benchmarking Methodology
34. Flow Restoration Methodology

فهرست منابع

اصغرپور، م. 1388. تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، انتشارات دانشگاه تهران.

شرکت مدیریت منابع آب ایران .1392. آمار سدهای ایران، (روی خط اینترنت) قابل دسترس در http://daminfo.wrm.ir/dam-stats-fa.html

عریان، س.؛ صادقیان، م. ص.؛ مخدوم، م. و زرنکابی، م. ر. 1385. شناسایی انواع روش‌های ارزیابی نیاز آب محیط‌زیستی رودخانه‌ها در پایین‌دست سدها و پیشنهاد رویکرد مناسب برای ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، 167 صفحه.

Acreman, M. C. & Dunbar, M. J. 2004. Methods for defining environmental river flow requirements, Hydrology and Earth System Sciences (8): 861- 876.

Arthington, A. H.; Rall, J. L.; Kennard, M. J. & Pusey, B. J. 2003. Environmental flow requirements of fish in Lesotho Rivers using the DRIFT methodology, River Research and Applications 19:641-666.

Arthington, A. H.; Tharme, R. E.; Brizga, S. O.; Pusey, B. J. & Kennard, M. J. 2004. Environmental Flow Assessment with Emphasis on Holistic Methodologies, the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries, Volume II.

Arthington, A. H.; Bunn, S. O.; Poff, N. L. & Naiman. R. J. 2006. The Challenge of Providing Environmental Flow Rules to Sustain River Ecosystems, Ecological Applications, (16-4): 1311-1318.

Booker, D. J. & Dunbar, M. J. 2004. Application of Physical Habitat Modeling to Modify Urban River Channels, River Research and Application (20): 167-183.

Bovee, K. D. 1982. A Guide to Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology. US Department of Fisheries and Wildlife Service. 248 pp.

Brizga, S. O.; Arthington, A. H.; Choy, S. C.; Kennard, M. J.; Mackay, S. J.; Pusey, B. J. & Werren, G. L. 2002. Benchmarking, a "top-down" Methodology for Assessing Environmental Flows in Australian Rivers, In Proceedings of Environmental Flows for River Systems, Cape Town.

Brown, C. A. & King, J. M. 2002. Breede River Basin Study: DRIFT application, Water Research Commission, South Africa.

Brown, C. A. & Joubert, A. 2003. Using multicriteria analysis to develop environmental flow scenarios for rivers targeted for water resource development. Water SA 29:365-374.

Brown, C. A. & King .J.M. 2003. A Summary of the DRIFT Process, Southern Waters Ecological Research and consulting Pty Ltd.

Caissie, D.; Eljabi, N. & Hébert, C. 2007. Comparison of hydrological based instream flow methods using a resampling technique, Canadian Journal of Civil Engineering (34-1): 66-74.
Caldwell, B.; Shedd, J. & Beecher, H. 1999.Washougal River Fish Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology and the Toe-Width Method, Washington State Department of Ecology. 61pp
Dyson, M.; Bergkamp, G. Y. & Scanlon, J. (Eds). 2008. The Essential of Environmental Flows, IUCN.
Evans, J. W. & England. R. H. 1995. A Recommended Method to Protect Instream Flows in Georgia, Georgia Department of Natural Resources.
Flögl, W. 2011. The History of the World Register of Dams. International Commission on Large Dams & Commission International des Grands Barrages.
Gippel C. J. & Stewardson M. J. 1998. Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows, Regulated Rivers: Research & Management (14): 53-67.
Hatfield, T.; Lewis, A.; Ohlson, D. & Bradford. M. 2003. Development of instream flow thresholds as guidelines for reviewing proposed water uses, British Colombia Ministry of Sustainable Resource Management.
Hirji, R. & Davis. R. 2009. Environmental Flows in Water Resources Policies, Plans, and Projects Environment Department, Washington, DC: World Bank.
HR Wallingford Ltd. 2003. Handbook for the Assessment of Catchment Water Demand and Use, Department for International Development of South Africa.
Hudson, H. R.; Byrom, A. E. & Chadderton. W. L. 2003. A Critique of IFIM-Instream Habitat Simulation in the New Zealand, Department of Conservation in New Zealand. 69pp.
Islam, Sh. 2010. Nature and limitations of environmental flow methodologies and its global trends, Journal of Civil Engineering (38): 141-152.
Jowett, I. G. 1997. Instream Flow Methods: A Comparison of Approaches. Regulated Rivers: Research & Management (13): 115–127.
Jowett, L.G. & Biggs, B.G. 2006. Flow Regime Requirements and the Biological Effectiveness of Habitat –Based Minimum flow assessments for Six Rivers, Journal of River Basin Management (4):179-189.
King, J. M.; Brown, C. & Sabet, H. 2003. A scenario-based holistic approach to environmental flow assessments for rivers, River Research and Applications (19):619-639.
King, J. M.; Tharme R. E. & Villiers. M. (eds). 2008. Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the Building Block Methodology, Water Research Commission Technology Transfer, 340 pp.
Korsgaard, L. 2006. Environmental Flows in Integrated Water Resources Management: Linking Flows, Services and Values, PhD Thesis, Institute of Environment & Resources, Technical University of Denmark.
Leonard, M. P. 2011. Emerging Trends in Environmental Flow Science, Georgia Water Resources Conference at University of Georgia.
Lesotho Highlands Development Authority (LHDA). 2003. Procedures for the implementation of the LHWP Phase 1 Instream Flow Requirements Policy, LHDA, Maseru, Lesotho.
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): 455-467.
Poff, N. L.; Richter, B. ; Arthington, A. H.; Bunn, S. E.; Naiman, R. J.; Kendy, E.; Acreman, M.; Apse, C.; Bledsoe, B. P.; Freeman, M.; Henriksen, J.; Jacobson, R. B.; Kennen, J.; Merritt, D. M.; O'Keefe, J.; Olden, J.; Rogers, K.; Tharme, R. E. & Warner, A. 2009. The Ecological Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA): A new framework for developing regional environmental flow standards, Journal of Freshwater Biology.
Richter, B. D.; Warner, A. T.; Meyer, J. L. & Lutz, K. 2006. A collaborative and adaptive process for developing environmental flow recommendations, River Research and Applications (22):297-318.
Richter, B. D. 2009. Re-thinking Environmental Flows: From Allocations And Reserves To Sustainability Boundaries, The Nature Conservancy.
Smakhtin, V. & Anputhas, M. 2009. An assessment of environmental flow requirements of Indian River basins, International Water Management Institute.
Stalnaker, C.; Lamb, B.; Henriksen, J.; Bovee, K. & Bartholow .J. 1995. Instream Flow Incremental Methodology: A Primer for IFIM, US Department of the Interior National Biological Service, Washington, DC. 45 pp.
Stewardson, M. J. & Gippel, C. J. 2003. Incorporating Flow Variability into Environmental Flow Regimes using the Flow Events Method, River Research & Applications (19): 459–472.
Tharme, R. E. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: Emerging Trends in the Development and Application of Environmental Flow Methodologies for Rivers, River Research and Applications (19):397-441.