

اهمیت و ضرورت تعیین و تخصیص جریان های زیست محیطی رودخانه ها

سمیه سیما*

دانشجوی دکتری منابع آب، دانشگاه صنعتی شریف، تلفن: ۶۶۱۶۴۱۸۵، پست الکترونیکی: sima@civil.sharif.edu

چکیده:

طرحهای توسعه منابع آب و کشاورزی، در کنار اثرات مثبت اقتصادی و اجتماعی خود که احداث آنها را اجتناب ناپذیر می نماید، منجر به ایجاد تغییرات رژیم هیدرولوژیکی رودخانه ها می شوند. این امر به نوبه خود، تغییراتی در اکوسیستم طبیعی رودخانه و اجزای وابسته به آن ایجاد می کند، که روی خدمات و ارزشهای آن تأثیر گذار است. در صورت عدم لحاظ نمودن اقدامات پیشگیرانه، در دراز مدت هزینه های غیر مستقیم ناشی از تخریب های زیست محیطی می تواند باعث کاهش منافع حاصل از این طرح ها شود. تعیین و تخصیص جریان های زیست محیطی رودخانه ها به عنوان اصلی ترین نگرش برای پیشگیری از این اثرات است. در این مقاله، ضمن مروری اجمالی بر روش های تعیین حق آبه های زیست محیطی، اهمیت و ضرورت تعیین و تخصیص جریان های زیست محیطی رودخانه ها مورد بررسی قرار می گیرد.

کلمات کلیدی:

طرح های توسعه منابع آب، رژیم هیدرولوژیکی جریان، اکوسیستم، جریان های زیست محیطی، استفاده پایدار.

مقدمه

توسعه طرحهای منابع آب و تنظیم جریان رودخانه ها اغلب به عنوان جدی ترین تهدید برای پایداری اکولوژیکی رودخانه ها، تالابها و سیلابدشت آنها شناخته شده اند (Arthington, 2003, 1996). براساس برآورد کمیته جهانی سدها (WCD¹) احداث سدها، انتقال آب بین حوزه ای و استحصال آب برای کشاورزی ۶۰٪ رودخانه های جهان را در معرض تهدید قرار داده است. احداث سدها، حجم آب و رژیم تغییرات جریان را در بسیاری از رودخانه های جهان دستخوش تغییر کرده است که منجر به بروز پیامدهای منفی وسیع بر روی اکوسیستم ها، ارزشها و کارکردهای مربوط به رودخانه ها شده است (World Commission on Dams, 2000). تعیین و تخصیص جریان زیست محیطی موثرترین نگرش برای جلوگیری از اثرات تنظیم جریان رودخانه ها است. (Arthington, 2003; Tharme, 2003)

¹ World Commission on Dams

حفاظت و احیای رژیم هیدرولوژیکی رودخانه ها و به تبع آن اکوسیستم های وابسته نظیر تالاب ها ، خورها، سیلاب دشت ها و... از طریق تأمین جریان های زیست محیطی از مهمترین ملاحظات مدیریت جامع حوزه آبریز به شمار می رود. هر سیستم رودخانه رژیم جریان مخصوص به خود دارد که شامل کمیت و توزیع زمانی جریان (توزیع فصلی ، ماهانه، روزانه)، تناوب و تداوم وقایع حدی (سیلاب ها و خشکی ها)، نرخ تغییرات و سایر جنبه های تغییرات جریان می شود (Richter *et al.* 1996; Poff *et al.* 1997; Olden and Poff 2002). هریک از این ویژگیهای هیدرولوژیکی اثر ذاتی و نیز تنظیم کننده تعاملی روی ساختار بیوفیزیکی و عملکرد رودخانه و اکوسیستم سیلابدشت آن از جمله شرایط فیزیکی کانال رودخانه، رژیم رسوبات و کیفیت آب، تنوع زیستی و فرآیند های اکولوژیکی تأمین کننده پایداری اکوسیستم آبرزی دارد (Naiman *et al.* 2002). این فرآیندها به نوبه خود، منجر به تأمین خدمات و سرویس های رودخانه برای بشر می شود.

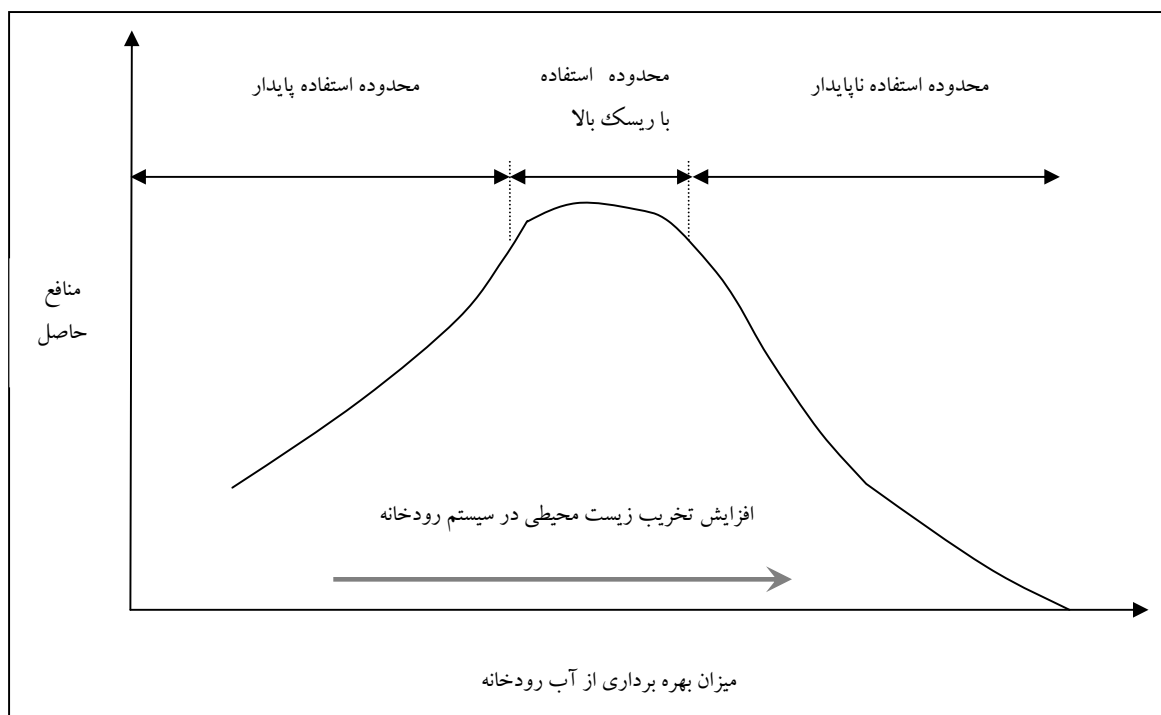
بروز تغییرات هیدرولوژیکی در رژیم هیدرولوژیکی رودخانه ها در سراسر جهان و تخریب های زیست محیطی ایجاد شده به تبع آن، منجر به تأسیس دانش جریانات زیست محیطی رودخانه ها شد (Tharme 2003). بررسی و برآورد نیاز آب زیست محیطی اکوسیستم ها در دهه های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. در یک بیان ساده، منظور از برآورد جریانات زیست محیطی رودخانه این است که چه مقدار آب و با چه توزیع زمانی برای جریان رودخانه به پایین دست و دشت سیلابی آن باید در کانال رودخانه باقی بماند تا جنبه خاصی از اکوسیستم رودخانه حفاظت شود (Arthington *et al.* 1992; Tharme and King 1998).

در این مقاله، اهمیت و ضرورت تعیین تخصیص جریان های زیست محیطی از جنبه های گوناگون مورد بررسی قرار می گیرد. در بخش اول مفهوم حق آبه های زیست محیطی در رابطه با هدف استفاده پایدار از منابع آب ، تعریف می شود. سپس ارزش ها و خدمات فراهم شده از اکوسیستم رودخانه ها به اجمال بیان شده و تهدیدهای ناشی از طرح های توسعه مورد بررسی قرار می گیرد. در بخش بعد روش های تعیین جریان زیست محیطی رودخانه ها به اختصار مورد بررسی قرار گرفته و سپس اهداف حاصل از تخصیص جریان های زیست محیطی رودخانه ها و چالش های پیش رو در این خصوص تبیین می گردد.

استفاده پایدار از منابع آب

ایجاد توازن بین مصرف کنندگان آب در حوزه آبریز ، از مهمترین چالش های مدیران است. در گذشته برخی از هزینه های توسعه به ویژه هزینه های ناشی از اثرات زیست محیطی، مورد توجه قرار نمی گرفت، لکن امروزه این امر اجتناب ناپذیر است. حدود استفاده پایدار از منابع آب رودخانه در شکل شماره (۱)، نشان داده شده است. به عنوان یک اصل کلی، منافع ناشی از استحصال آب رودخانه ها با افزایش میزان برداشت، افزایش می یابد تا

جائیکه وارد محدوده ریسک می شود. پس از این حد، استفاده پایدار از منابع آب نقض شده و با افزایش تخریب های زیست محیطی وارد محدوده ناپایدار بهره برداری از منابع خواهد شد. در این محدوده هزینه های زیست محیطی به مرور افزایش می یابد تا اینکه منافع حاصله را تحت الشعاع قرار می دهد (Davis, Hirji . 2003).



شکل شماره ۱- تعریف حدود استفاده پایدار از منابع آب (Davis, Hirji, 2003)

Smakhtin نیز مفهوم جدیدی را برای تعریف بحران آبی ارائه نمود و بیان کرد که شاخص های رایج محاسبه تنش آبی، از آنجا که بدون لحاظ کردن نیاز های زیست محیطی رودخانه، محاسبه می شود، معمولاً حد بحران را دست کم برآورد می نماید و از این رو منجر می شود که استحصال منابع آب فراتر از حد پایدار ادامه یابد. وی رابطه میان آب موجود، کل مصرف و EWR توسط شاخص بدون بعدی به نام شاخص بحران آب (WSI¹) تعریف کرد. به این ترتیب می توان مناطقی که دارای مصارف آب بیش از حد مجاز بوده و به اکوسیستم آسیب می رساند شناسایی نمود. مناطقی که کل مصارف آب آنها از تفاضل کل آب موجود و EWR بیشتر است، به عنوان مناطق "بحرانی از لحاظ آب زیست محیطی" شناخته می شوند. مفهوم بحران آب زیست محیطی در شکل شماره (۲) ارائه شده است. کل مستطیل در این شکل ها، مقدار میانگین آورد رودخانه (MAR) را نشان می دهد. قسمت تحتانی مستطیل

¹ Water Stress Index

نیاز آب زیست محیطی رودخانه را نشان می دهد و قسمت باقیمانده بیانگر مقدار آبی است که به صورت بالقوه می تواند برای سایر مصارف از جمله: آبیاری، صنعت و غیره در نظر گرفته شود (Smakhtin, 2004).

شاخص WSI از رابطه ذیل محاسبه می گردد.

$$WSI = \frac{Withdrawals}{MAR - EWR} \quad (1)$$

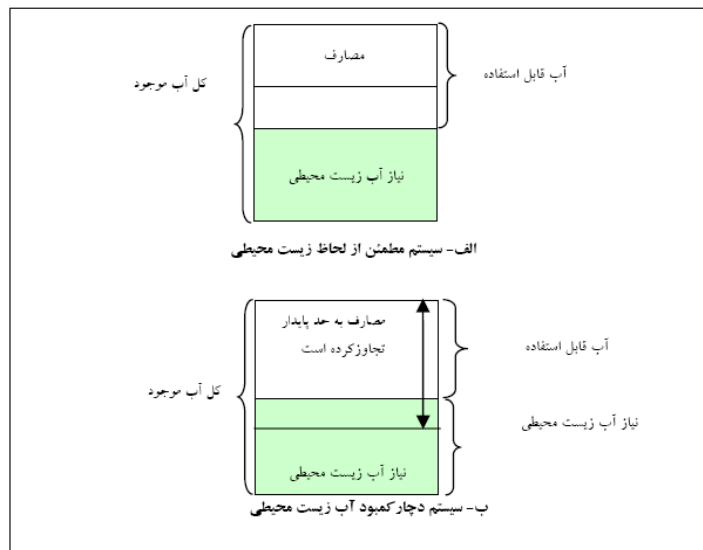
که در آن:

WSI: شاخص تنش آبی

MAR: میانگین آورد سالانه رودخانه (m^3/s)

EWR: نیاز آب زیست محیطی سالانه (m^3/s)

اگر WSI از ۱ بیشتر باشد، رودخانه به عنوان "بحرانی از لحاظ آب زیست محیطی" شناخته می شود. در این رودخانه ها مصارف آب به قدری زیاد است که رودخانه قادر به تأمین نیاز آب زیست محیطی نیست. اگر $0.6 < WSI < 1$ باشد، رودخانه به عنوان رودخانه "دارای تنش از لحاظ آب زیست محیطی" و چنانچه WSI در محدوده $0.3 - 0.6$ قرار گیرد، به عنوان "شرایط بهره برداری متوسط" شناخته می شود. در صورتی که $WSI < 0.3$ گردد، شرایط امن به لحاظ تأمین نیاز آب زیست محیطی^۲ حاکم می باشد.



شکل شماره (۲) - رابطه میان کل آب موجود، مصارف آب و میزان نیاز زیست محیطی

¹ Moderately exploited

² Environmentally Safe

رژیم هیدرولوژیکی جریان و کارکرد های آن

فرآیندهای اکولوژیکی مربوط به جریان، تعیین کننده کالاهای و خدماتی هستند که رودخانه ها برای بشر فراهم می کنند. برخی از این خدمات عبارتند از: کاهش پیک سیلاب، تصفیه آب، زیستگاه ماهی ها و در بسیاری از نقاط دنیا مردم به کارکردهای رودخانه ها و تالاب های مربوطه، نظیر ماهیگیری، استفاده از سیلابدشت ها برای چرا، استفاده های دارویی و سوختی از گیاهان و... وابسته اند.

رژیم جریان رودخانه شامل سه بخش اصلی است (شکل شماره ۳):

- جریانهای حداقل (جریان های پایه)

- سیلاب های کوچک

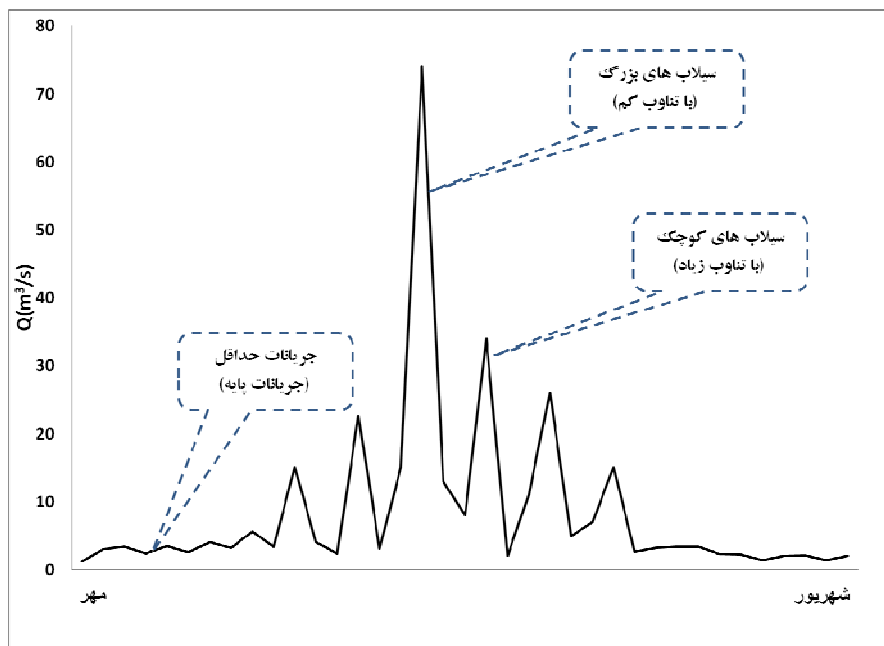
- سیلاب های بزرگ

هریک از این اجزا نقش خاصی در حفاظت از اکوسیستم رودخانه ایفا می کنند که عدم تأمین هر بخش منجر به بروز نوعی از تخریب خواهد شد.

جریانهای حداقل (جریان پایه): جریانهای غیر سیلابی هستند که عمدتاً منشأ آن آب زیرزمینی است. این جریانهای در فصول مرطوب بزرگ تر و دارای نوسانات بیشتری هستند تا فصول خشک. براین اساس می توان دریافت که نوع رودخانه دائمی است یا فصلی. جریانهای حداقل تعیین کننده نوع گونه های موجود در رودخانه است. به علاوه این جریان ها در حفظ دمای و سطح مناسب اکسیژن محلول آب بسیار مؤثرند.

سیلاب های کوچک: این سیلاب ها عامل محرک تخم ریزی ماهیان می باشند و نقش مهمی در بهبود کیفیت آب رودخانه ایفا می نماید. همچنین ایجاد زیستگاههای مناسب و امکان مهاجرت گونه ها بین قسمت های مختلف رودخانه از دیگر کارکردهای سیلاب های کوچک است که معمولاً تناوب زیادی دارند.

سیلاب های بزرگ: سیلاب های بزرگ نیز مثل سیلاب های کوچک عمل می کنند و علاوه بر آن با ایجاد جریانهای شستشو منجر به پاکسازی بستر رودخانه از رسوبات شده و رطوبت مناسب خاک منطقه را تأمین می نماید. حضور بسیاری از گونه های حیوانات و پرندگان در سیلابدشت و تالاب های وابسته به رودخانه نظیر اردک وابسته به این سیلاب ها است. احیای تراز آب زیر زمینی در سیلابدشت ها از دیگر کارکردهای آن است. گرچه اغلب، این سیلاب ها تناوب کمی دارند، لکن نقش آنها به عنوان جریانهای شستشوی رودخانه و غرقاب کردن اکوسیستم های وابسته بسیار حائز اهمیت است.



شکل شماره ۳- رژیم هیدرولوژیکی یک رودخانه و اجزای آن

تهدیدهای ناشی از طرح های توسعه

طرح های توسعه مختلف بخشهای گوناگونی از رژیم جریان را تحت تأثیر قرار می دهند که به نوبه خود منجر به ایجاد واکنش های مختلف در اکوسیستم رودخانه خواهد شد. طرح های آبیاری و توسعه کشاورزی ، انحراف مسیر رودخانه ، احداث سد های بزرگ ، نیروگاه های برقابی، جنگل زدایی در حوزه آبریز و... از جمله این طرح ها هستند که در ذیل اثرات آنها بر رژیم جریان بررسی می گردد.

استفاده از کانال رودخانه برای انتقال آب جهت آبیاری منجر به افزایش جریانات پایه در فصول خشک شده و تغییرات فصلی جریان را کاهش خواهد داد. این امر گاهی موجب می شود که در فصول خشک جریان بیشتر از فصول تر باشد. چنانچه این شرایط هیدرولوژیکی جدید به ویژه دمای آب با دوره های زیستی گونه ها ناسازگار باشد، منجر به کاهش فراوانی گونه ها و در برخی موارد از بین رفتن کامل آنها خواهد شد. در این شرایط احتمال حضور گونه های غیربومی افزایش می یابد. افزایش تعداد حشرات در این حالت رایج است.

انحراف مسیر رودخانه ، باعث کاهش جریان حداقل در فصول تر و خشک می شود. در نتیجه، فراهمی زیستگاهها کاهش یافته و برای حرکت حیوانات آبرزی محدودیت ایجاد می شود و رقابت بین گونه ها نیز کاهش می یابد. به علاوه سایر اثرات نظیر افزایش نوسانات دما ، تمرکز جریانات خروجی و رشد بحرانی جلبک در مصب ها نیز محتمل است.

احداث سدهای بزرگ، کاهش تناوب و تداوم سیلاب ها را دربر خواهد داشت. کنترل جریانات سیلابی منجر می شود که تخم ریزی ماهی ها در زمان نامناسبی از سال رخ دهد یا اینکه اساساً رخ ندهد که در نهایت منجر به شکست در تولید نسل های جدید آن گونه می شود. کاهش غرقاب شدن سیلابدشت ها، نیز رطوبت خاک و تراکم پوشش گیاهی را کاهش می دهد. از طرفی پایداری ساحل رودخانه کاهش یافته و در برابر، فرسایش خاک افزایش می یابد. همچنین جریانات ورودی آب شیرین به خورها کاهش می یابد و به تبع آن گونه های دریایی و آب شور زیستگاه مناسب برای تخم ریزی را ازدست می دهند. کاهش جریانات شستشو، تقلیل کیفیت آب در تالاب ها و آبهای ایستا را به همراه خواهد داشت. علاوه بر این کاهش تناوب غرقاب شدن تالاب ها و سیلابدشت ها، جذابیت تفریحی آنها را نیز کاهش خواهد داد.

نیروگاه های برقی، زمانبندی و تغییرات جریان را تغییر می دهند. همچنین نرخ تغییرات بین جریان های کم و سیلاب ها کاهش می یابد. به علاوه دمای آب خروجی از توربین ها نیز بسیار بیشتر از حالت طبیعی است. این نوسانات غیر طبیعی جریان، چرخه زیستی گیاهان و حیوانات بسیاری را مختل می کند.

جنگل زدایی در حوزه آبریز، منجر به افزایش انرژی فرسایشی سیلاب های متوسط و بزرگ می شود و جریانات حداقل در فصول خشک افزایش می یابد. این امر افزایش فرسایش بستر و جداره رودخانه را به دنبال دارد که در نتیجه زیستگاه های برخی از گونه ها را تغییر خواهد داد. در حالت کلی نیز فراهمی زیستگاه ها در فصول خشک کاهش می یابد و در فصول تر نیز احتمال از بین رفتن گونه ها در اثر شستشو توسط جریانات سیلابی افزایش می یابد.

از طرفی هر تغییر فیزیکی در رودخانه ها، واکنش های بیولوژیکی در بر خواهد داشت. در جدول شماره ۱ برخی از این واکنشهای بیولوژیکی خلاصه شده است.

جدول شماره ۱- واکنش بیولوژیکی گونه ها به تغییرات فیزیکی رودخانه ها

واکنش بیولوژیکی مورد انتظار	اثرات فیزیکی
از بین رفتن یکسری از گونه ها	کاهش عرض کانال رودخانه و در نتیجه از بین رفتن زیستگاه ها
تغییر در ساختار جوامع ماهی ها و کف زیان در واکنش به تغییر شکل بستر رودخانه	پر شدن بستر های شنی رودخانه ها با رسوبات
کاهش جوامع گیاهی بومی و افزایش امکان حضور علف های هرز	تثبیت بستر و جداره کانال رودخانه، تشکیل جزیره ها و حذف گیاهان
تغییر در باکتریهای بستر که کل زنجیره غذایی را تحت تأثیر قرار می دهد. کاهش میزان اکسیژن محلول رودخانه که بر فراوانی ماهی ها و کف زیان اثر گذار است.	تجزیه مواد آلی ریز

روش های تعیین جریان زیست محیطی رودخانه ها

به منظور تعیین نیاز آب زیست محیطی، با توجه به مقیاس مکانی مطالعه، داده های موجود، گام زمانی ارزیابی و ظرفیتهای فنی و مالی، روشهای مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند بر این اساس متدولوژی ها محدود و وسیعی را در بر می گیرند: از روشهای سریع در سطح شناسایی با هدف برنامه ریزی کلان منابع آب تا روشهای دقیقتر برای یک رودخانه دارای گونه های حفاظت شده. در حدود ۲۰۷ متدولوژی برای تعیین نیاز آب زیست محیطی رودخانه ها در ۴۴ کشور از سراسر جهان شناسایی شده است. که این روشها را به طور عمده می توان در قالب چهار روش متمایز شامل: روش هیدرولوژیکی، روش درجه بندی هیدرولیکی، روش شبیه سازی زیستگاه ها و روش جامع طبقه بندی کرد (Tharme, 2003).

روش های هیدرولوژیکی: روش های مبتنی بر شاخص های هیدرولوژیکی ساده ترین و پرکاربردترین روشهای برآورد جریان زیست محیطی در سطح جهان هستند. این روش ها، معمولاً به عنوان روش جداول در دسترس^۱ مشهورند و عمدتاً بر آمارهای تاریخی جریان رودخانه تکیه دارند. در این روش جریان زیست محیطی به صورت درصدی از متوسط آورد سالانه رودخانه یا بصورت جریان با احتمال تجاوز مشخص از روی منحنی تداوم جریان (FDC)^۲، در مقیاس زمانی سالانه، فصلی یا ماهانه تعیین می شود. روش های قدیمی از این دسته تنها به ارضای حداقل نیاز آبی رودخانه اکتفا می کنند در حالیکه روش های جدیدتر که در راستای بازسازی جریان های نزدیک به حالت طبیعی توسعه داده شده اند چندین ویژگی جریان (حتی تا ۳۲ مورد)، نظیر دبی جریان سیلابی، تداوم جریان حداقل و ... را لحاظ می کنند. از جمله مرسوم ترین این دسته از روش ها، روش تنانت و روش RVA^3 هستند که در ایالت متحده به طور گسترده ای به کار رفته اند. شرح این روش ها در مراجع مختلفی آمده است (Tennant, 1976; Richter et al., 1997).

روش درجه بندی هیدرولیکی^۴: این روش ها در ابتدا برای تعیین جریانهای درون رودخانه ای مورد نیاز ماهی ها در ایالات متحده گسترش یافت. در سال های اخیر این روش ها در کنار روش شبیه سازی زیستگاهها تقویت شده اند یا اینکه در قالب روش های جامع قرار گرفته اند. این روش ها مبتنی بر استفاده از داده های سری زمانی و داده های مقاطع عرضی بحرانی و مهم کانال رودخانه اند. در این روش ها هیدرولیک رودخانه به صورت تابعی از جریان مدل

¹ Look-up or Desktop Tables

² Flow Duration Curve

³ Range of Variability Approach

⁴ Hydraulic Rating Methods

شده و رابطه ای بین پارامترهای هیدرولیکی نظیر محیط تر شده، عمق و سرعت جریان رودخانه با فراوانی زیستگاه گونه هدف برقرار می شود. سپس جریان زیست محیی به عنوان دبی که شرایط بهینه زیستگاه ها را فراهم کند تعریف می شود به طوریکه در صورت عدم تأمین این جریان، کاهش چشمگیری در فراوانی گونه هدف رخ دهد. روش محیط تر شده¹ معمول ترین روش از دسته روشهای هیدرولیکی است. (Reiser et al., 1989)

روش شبیه سازی زیستگاه ها: این روش ها به طور گسترده ای به کار گرفته شده اند و از یکسری داده های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و اکولوژیکی استفاده می کنند. دبی رودخانه، فراهمی زیستگاه ها و میزان مطلوبیت زیستگاه ها برای گونه هدف در قالب مدل شبیه سازی بهم مرتبط می شود. از این رو شرایط زیستگاهی مستقیماً به نیاز مندی گونه هدف مرتبط می شود. جریان زیست محیطی از منحنی مطلوبیت زیستگاه - جریان یا احتمال تجاوز جریان - مطلوبیت زیستگاه تعیین می شود. مدل PHABSIM² مهمترین و پرکاربردترین روش شبیه سازی زیستگاه ها است (Bovee, 1978). از اشکالات این مدل آن است که تنها برای شرایط زیستگاهی ماهی ها توسعه داده شده است و سایر گونه ها جانوری و گیاهی را در نظر نمی گیرد.

روش های جامع³: این روش ها، چارچوب هایی هستند که مدل های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و شبیه سازی زیستگاه ها را دربر می گیرند. این دسته از روش ها تنها روش هایی هستند که به طور صریح یک روش جامع و اکوسیستم محور را برای تعیین جریان زیست محیطی رودخانه ها در نظر می گیرند. در روش جامع تعیین جریان زیست محیطی فرض می شود، که اگر اجزای اساسی رژیم طبیعی جریان در رژیم جریان تغییر یافته دخیل شوند گونه های گیاهی و جانوری، حضور خود را حفظ کرده و تنوع اکولوژیکی سیستم حفظ خواهد شد.

روش کاهش جریان درون رودخانه ای (IFIM⁴) که در ایالات متحده توسعه یافته است رایج ترین و مستند ترین روش جامع است (Bovee, 1982). در حالیکه روش واکنش پایین دست به تغییرات اعمال شده جریان (DRIFT⁵)، که در افریقای جنوبی توسعه داده شده است از روشهای جامع جدید است که بهبودهایی را در ارزیابی تعاملی جریان زیست محیطی در نگرش های از بالا به پایین ایجاد کرده است (King et al., 2003). روش BBM⁶ نیز از جمله روش های به کار رفته در افریقای جنوبی است (Tharme & King, 1998; King et al., 2000),

¹ Wetted Primer

² Physical HABitat SIMulation model

³ Holistic Methods

⁴ Instream Flow Incremental Methodology

⁵ Downstream Response to Imposed Flow Transformation

⁶ Building Block Method

در استرالیا روش جامع و روش تراز مبنا (BM¹)، از رایج ترین روش های جامع می باشند. در روش BM ریسک اثرات زیست محیطی در برابر تنظیم جریان رودخانه در سطح حوزه، نیز برآورد می شود (Arthington, 1998).

جدول شماره (۲)، خلاصه روش های تعیین جریان زیست محیطی رودخانه ها را بر اساس طبقه بندی سازمانهای مختلف بین المللی نشان می دهد.

جدول شماره ۲- تقسیم بندی روش های تعیین جریان زیست محیطی رودخانه ها

سازمان یا مؤسسه بین المللی	تقسیم بندی اصلی روش ها	زیر مجموعه روش ها	مثال ها
اتحادیه حفاظت از منابع طبیعی (IUCN)	روش ها	استفاده از جداول	روش های هیدرولوژیکی (Q ₉₅)، روش های اکولوژیکی (روش تنانت)
		تحلیل های سریع	تحلیل های هیدرولیکی (محیط تر شده) تحلیل های اکولوژیکی و هیدرولوژیکی
		تحلیل های کارکردی	ارزیابی توسط پنل کارشناسی BBM, BM, مدل PHABSIM
	نگرش ها		نگرش تیم کارشناسی، نگرش تیم ذینفعان (اعم از کارشناس و غیره)
	چارچوب ها		IFIM, DRIFT
بانک جهانی (World Bank)	تجویزی	شاخص های هیدرولوژیکی	روش تنانت
		درجه بندی هیدرولیکی	محیط تر شده
		پنل کارشناسی	
		روش جامع	BBM
	تعاملی		IFIM, DRIFT
مؤسسه بین المللی منابع آب (IWMI)	روش های مبتنی بر شاخص های هیدرولوژیکی		روش تنانت
			محیط تر شده
	روش های درجه بندی هیدرولیکی		IFIM
	روش های شبیه سازی زیستگاه ها		روش های جامع
			BBM, DRIFT پنل کارشناسی،

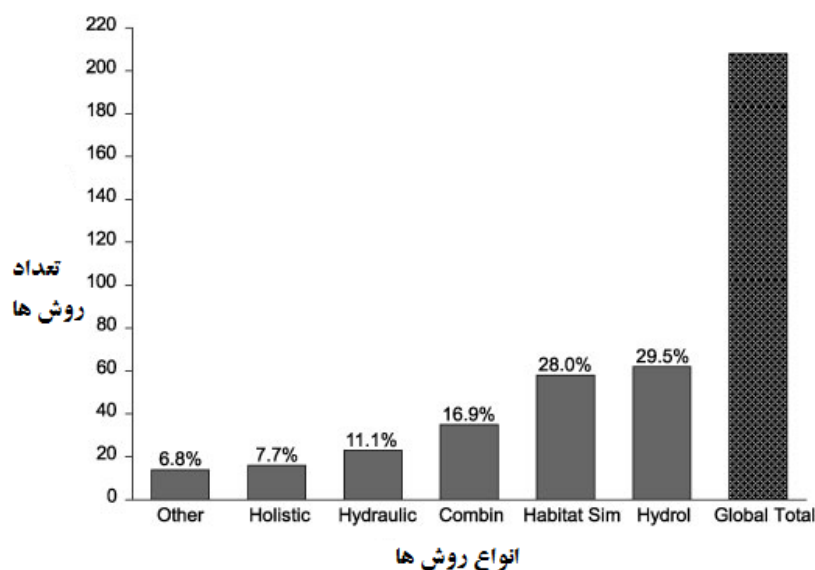
¹ Benchmarking Method

مقایسه روش ها

روش های مختلف توسعه داده شده برای تعیین جریان زیست محیطی رودخانه ها ، با توجه به پیچیدگی و داده های مورد استفاده از قابلیت دفاع متفاوتی برخوردارند. این روش ها در محدوده ای از روش های ساده هیدرولوژیکی که تنها به داده های سری زمانی رودخانه متکی هستند تا روش های جامع که به داده های وسیعی نیاز مندند قرار می گیرند. جدول شماره (۳) مقایسه اجمالی این روش ها را نشان می دهد. بر این اساس با افزایش پیچیدگی روش، بر میزان دفاع پذیری آن در مذاکرات تخصیص افزوده می شود.

جدول شماره ۳- مقایسه روش های برآورد جریان زیست محیطی رودخانه ها

نگرش	روش	زمان و داده های مورد نیاز	مدت زمان تقریبی برآورد	اطمینان نسبت به نتایج حاصله	میزان به کارگیری روش	بیشترین محل استفاده
تجویزی	تنانت	کم تا متوسط	۲ هفته	کم	زیاد	ایالات متحده
	محیط ترشده	متوسط	۲ تا ۴ ماه	کم	زیاد	ایالات متحده
	پنل کارشناسی	کم تا متوسط	۱ تا ۲ ماه	متوسط	زیاد	آفریقای جنوبی، استرالیا
	روش جامع	متوسط تا زیاد	۶ تا ۱۸ ماه	متوسط	خیلی محدود	استرالیا
تعاملی	روش IFIM	خیلی زیاد	۲ تا ۵ سال	زیاد	زیاد	ایالات متحده، انگلستان
	روش DRIFT	زیاد تا خیلی زیاد	۱ تا ۳ سال	زیاد	بسیار محدود	آفریقای جنوبی



شکل شماره ۴- تعداد و درصد کاربرد انواع روش های تعیین جریان زیست محیطی رودخانه ها

شکل شماره (۴)، نیز درصد کاربرد روش های مختلف را بر اساس ارزیابی انجام شده توسط Tharme در سال ۲۰۰۳ در میان ۴۴ کشور نشان می دهد. مطابق شکل ، از میان ۲۰۷ روش مورد بررسی روش های هیدرولوژیکی با حدود ۳۰ درصد بیشترین کاربرد و روش های جامع به لحاظ نیاز به داده های وسیع و زمان بر بودن کمترین میزان استفاده را دارا هستند (Tharme, 2003).

در حالت کلی به منظور انتخاب روش مناسب می بایست مرحله طرح و امکانات زمانی و اطلاعاتی موجود را مد نظر قرار داد. از این رو می توان در دو سطح شناخت و برنامه ریزی اولیه و نیز در سطح مطالعات دقیق اکوسیستم یکسری از روشها را مد نظر قرار داد. به عنوان مثال در سطح شناسایی اولیه ، عمدتاً از روشهای هیدرولوژیکی استفاده می شود در حالی که در سطح جامع و در مرحله مطالعات دقیق برای تعیین نیاز آب زیست محیطی، عمدتاً روش شبیه سازی زیستگاه ها و روش جامع به کار برده می شود.

تخصیص جریان های زیست محیطی رودخانه ها

علیرغم اینکه ، اثرات منفی مختلفی برای طرح های توسعه شناخته شده است، احداث این طرح ها در بیشتر موارد به دلایل اقتصادی و اجتماعی، احتساب ناپذیر است.

در حالت کلی جریان های زیست محیطی رودخانه ها، برای تأمین اهداف زیر تخصیص داده می شود:

- پیشگیری یا به حداقل رسانی اثرات منفی طرح های توسعه منابع آب جدید
- احیا و بهبود شرایط سیستم هایی که تحت تأثیر طرح های موجود قرار گرفته اند.

شکست در تأمین این جریان ها منجر به کاهش سلامت رودخانه ها و اکوسیستم های وابسته در بسیاری از نقاط جهان شده است. این امر به طور غیر مستقیم منافع بخش های اقتصادی مختلف را که به خدمات آن وابسته اند، نیز کاهش داده است. برای دستیابی به ترکیبی از گزینه های مقرون به صرفه و پیشگیرانه مدیریتی، تخصیص جریان های زیست محیطی، در کنار سایر اقدامات تکمیلی نظیر کنترل کیفیت آب می بایست مد نظر قرار گیرد. جدول شماره (۴)، به طور خلاصه برخی از ارزشهای رودخانه ها را که از طریق تخصیص جریان زیست محیطی می تواند حفظ شود بیان می کند.

هدف از تخصیص جریان های زیست محیطی این است که رژیم جریان مناسب به لحاظ کمیت ، کیفیت و زمان بندی برای پایدار نگهداشتن سلامت رودخانه ها و سایر اکوسیستم های وابسته فراهم شود. از طرفی قضاوت در مورد درجه "وضعیت سلامت مناسب"، که در آن شرایط بهره برداری از رودخانه در حالت پایدار است، یک قضاوت

اجتماعی است که از کشوری به کشور دیگر و از منطقه ای به منطقه دیگر فرق می کند. بنابراین، اینکه جریان زیست محیطی مناسب برای یک رودخانه چیست، تابع ارزشهای اکوسیستم و اهداف مدیریتی سیستم رودخانه است. ارزشهای اکوسیستم تعیین کننده نحوه برقراری توازن بین جنبه های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بهره برداری و مصارف آب است و تصمیم گیری را تحت تأثیر قرار می دهد.

در صورت امکان، جریان های زیست محیطی می بایست قبل از اینکه بیش تخصیص انجام شود، بایست تخصیص داده شوند. شانس تخصیص جریان زیست محیطی زمانی که برنامه های تخصیص یا طرحهای احیای رودخانه ها در حال انجام است، بیشتر است.

جدول شماره ۴- ارزش های رودخانه ها و نیاز آب زیست محیطی مربوطه

ارزش	شرح ارزش ها و خدمات	مثالی از نیاز های آب زیست محیطی
حیوانات آبی	ماهی های آب شیرین: منبع غذایی با ارزشی برای جوامع محلی به شمار می روند. ماهی های کوچک و کف زیان نیز نقش مهمی در زنجیره غذایی دارند. سایر حیوانات آبی نظیر پرندگان نادر نیز از اهمیت فراوانی برخوردارند.	<ul style="list-style-type: none"> - جریان های مورد نیاز برای حفظ زیستگاه های فیزیکی - جریان های مورد نیاز برای حفظ کیفیت آب مناسب - جریان های مناسب برای مهاجرت ماهی ها - رهاسازی سیلاب های کوچک برای جنبه های مختلف چرخه زیستی نظیر تخم ریزی و..
پوشش گیاهی ساحلی	ساحل رودخانه را تثبیت کرده و به عنوان مواد غذایی یا استفاده های سوختی برای جوامع محلی به کار می رود. به علاوه به عنوان مانعی برای ورود مواد مغذی و رسوبات ناشی از فعالیتهای انسانی در حوزه آبریز به رودخانه عمل می کنند.	<ul style="list-style-type: none"> - جریاناتی که رطوبت خاک را در ساحل رودخانه تأمین نمایند. - جریانات با شدت زیاد برای دفن مواد مغذی و توزیع تخم ها
ماسه بستر رودخانه	به عنوان مصالح ساختمانی مورد استفاده قرار می گیرد.	<ul style="list-style-type: none"> - جریانات مورد نیاز برای انتقال ماسه ها و جداسازی آنها از سنگدانه های ریز
خور ها	زیستگاه های مناسبی برای تخم ریزی ماهی های دریایی به شمار می روند.	<ul style="list-style-type: none"> - جریانات مورد نیاز برای ایجاد توازن آب شور و شیرین و برقراری اتصال خور با دریا
سفره آب زیر زمینی	منجر به تداوم کارکردهای طبیعی رودخانه در فصول خشک می شود.	<ul style="list-style-type: none"> - جریان های مورد نیاز برای تغذیه آبخان
سیلابدشت ها	تأمین امکان ماهیگیری و نیز تأمین امکان کشت سنتی با استفاده از جریانات سیلابی برای افراد محلی	<ul style="list-style-type: none"> - جریانات سیلابی که در زمانهای مناسبی از سال دشت سیلابی را غرقاب کند.
جاذبه های بصری و ارزش های تفریحی و فرهنگی	استفاده برای شنا، قایق رانی، ماهیگیری، تماشای پرندگان و ...	<ul style="list-style-type: none"> - جریانات مورد نیاز برای شستشوی رسوبات و جلبک ها - جریانات مورد نیاز برای حفظ کیفیت مناسب آب - جریانات مورد نیاز پرنرگان آبی

بهترین نگرش این است که تخصیص جریان زیست محیطی در مراحل آغازین طرح ها صورت گیرد، چراکه کمبود انگیزه و اطلاعات مربوطه ممکن است در مراحل بعدی مشکل ساز باشد. در هر حال اگر تخصیص جریان زیست محیطی تا مراحل بعدی به تعویق انداخته شود، مشکلات مربوطه بیشتر و شدیدتر خواهد بود و راه حل ها نیز هزینه های اقتصادی و اجتماعی بیشتری را در بر خواهد داشت (Dyson et al., 2003).

سؤالی که در خصوص تعیین جریان زیست محیطی یک رودخانه بکر مطرح است این است که: چه میزان انحراف از شرایط طبیعی جریان مجاز است. در حالیکه در مورد رودخانه هایی که در معرض تخریب قرار دارند سؤال اساسی این است که تا چه حد احیای اکولوژیک از طریق جریان های زیست محیطی نیاز است.

تعیین و تخصیص جریان زیست محیطی تابع شرایط بهره برداری از رودخانه است. به عنوان مثال در سیستم رودخانه ای که بهره برداری از آن در وضعیت نزدیک به بیش تخصیص قرار دارد، هدف از تخصیص جریان زیست محیطی حفظ و تداوم کارکردهای رودخانه است به گونه ای که یک مبنای پایدار برای مصارف فعلی و آتی و مصارف درون رودخانه ای ایجاد شود. درحالی که سیستم رودخانه بسیار بیش تخصیص باشد و به علت رقابت شدید بین مصارف متعدد، امکان بازتخصیص¹ مناسب منابع آب، برای احیای کل سیستم رودخانه وجود ندارد، مقطع بخصوصی از رودخانه یا سایت تالابی برای اهداف حفاظتی می بایست مد نظر قرار گیرد و تخصیص آب برای تأمین این اهداف می بایست انجام شود. برای رودخانه هایی که ارزشهای تنوع زیستی بالایی دارند، جریان زیست محیطی بایست با هدف برگرداندن شرایط طبیعی رودخانه تخصیص داده شود. در حالت کلی هرچه رژیم جریان به حالت طبیعی نزدیک تر باشد، حجم مورد نیاز برای جریان های زیست محیطی بیشتر خواهد بود. در چنین سیستمی، می توان استفاده های مصرفی² از منابع آب را به حداقل محدود کرد و انحراف آب، تنها در مواقعی که جریانهای سیلابی شدید اتفاق می افتد و از حد ظرفیت ذخیره مخزن فراتر است اجازه داده شود.

جمع بندی و نتیجه گیری

اثرات دراز مدت تنظیم جریان روی اکوسیستم های آبی رو به افزایش است. تجربیات متعدد در سراسر جهان نشان داده است که عدم توجه به این مسأله نه تنها سلامت اکوسیستم بلکه زندگی جوامع محلی وابسته به آن را در معرض تهدید قرار داده است. به گونه ای که بهره برداری بیش از حد پایدار از منابع آب، هزینه های زیست محیطی در بر خواهد داشت که منافع حاصل از استحصال آب را تحت پوشش قرار خواهد داد. این امر منجر به چاره اندیشی برای اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی در زمینه کاهش اثرات منفی طرح های توسعه شده است. تعیین و تخصیص آب

¹ Re - allocation

² Consumptive uses

زیست محیطی به عنوان مؤثرترین نگرش در این خصوص شناخته شده است. روش های مختلفی برای تعیین جریان زیست محیطی رودخانه ها توسعه داده شده است که با توجه به میزان سهولت ارزیابی در محدوده ای از روش های هیدرولوژیکی تا روش های جامع قرار می گیرند. انتخاب روش مناسب با توجه به داده های موجود، میزان دفاع پذیری و مرحله مطالعات می بایست صورت گیرد. از این رو برای استفاده پایدار از منابع آب، ضروری است تا با توجه به ارزشها و خدمات فراهم شده توسط رودخانه ها و اکوسیستم های وابسته، نیازهای زیست محیطی آنها با اعمال روش مناسب، تعیین شده و در برنامه های تخصیص منابع در کنار سایر مصارف مدنظر قرار گیرد.

منابع و مراجع:

- Arthington, A.H.(2003), "Ecological Impacts of dams and flow regulation in rivers.Keynote address at Dams" – consents and Current Practice New Zealand Society on Large Dams.
- Arthington, A.H., S.O. Brizga and M.J. Kennard (1998), "Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: best practice framework", Report OP 25/98. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra.
- Arthington, AH. 1998. Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: Review of Holistic Methodologies. Occasional Paper No. 26/98. Land and Water Resources Research and Development Corporation: Canberra, Australia.
- Bovee KD, Milhous R. 1978. Hydraulic Simulation in Instream Flow Studies: Theory and Techniques. Instream Flow Information Paper 5.FWS/OBS-78/33. Cooperative Instream Flow Service Group: Fort Collins, CO, USA.
- Bovee KD. 1982. A Guide to Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper 12.FWS/OBS-82/26. USDI Fish and Wildlife Services, Office of Biology Services: Washington, DC.
- Brown C. and King, J., 2003. Water Resources and Environment ,Technical Note C.2. Environmental Flows :Case Studies, World Bank.
- Davis, R., Hirji, R. 2003, "Water Resources and Environment Technical Note C.1 , Environmental Flows: Concepts and methods", The International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK.
- Dyson, M., Bergkamp, G., Scanlon, J. (eds),2003. Flow. The Essentials of Environmental Flows. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. xiv + 118 pp.
- King J, 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. & de Villiers M.S. eds. 2002. Environmental flow assessments for rivers: Manual for the building block methodology. Water Research Commission Technology Transfer Report No. TT131/00. Pretoria, SA, Water Research Commission. 340 pp.

Naiman RJ, Bilby RE, Schindler DE, and Helfield JM. 2002. Pacific salmon, nutrients, and the dynamics of freshwater and riparian ecosystems. *Ecosystems* **5**: 399–417.

Olden, J.D. and N.L. Poff. 2002. Redundancy and the choice of hydrological indices for
Poff N L, Allan J D, Bain M B et al., 1997. The natural flow regime: A paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience*, (47): 769–784.

Reiser DW, Ramey MP, Wesche TA. 1989b. Flushing flows. In *Alternatives in Regulated River Management*, Gore JA, Petts GE (eds). CRC Press: Florida; 91–138.

Reiser DW, Wesche TA, Estes C. 1989a. Status of instream flow legislation and practice in North America. *Fisheries* 14(2): 22–29.

Richter BD, Baumgartner JV, Powell J, Braun DP. 1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology* 10: 1163–1174.

Richter BD, Baumgartner JV, Wigington R, Braun DP. 1997. How much water does a river need? *Freshwater Biology* 37: 231–249.

Smakhtin, (2004), "A pilot Global Assessment of Environmental Water Requirement and Scarcity", International Water Resources Association, P:307-317.

Tennant DL. 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries* 1(4): 6–10.

Tharme RE, King JM. 1998. Development of the Building Block Methodology for Instream Flow Assessments, and Supporting Research on the Effects of Different Magnitude Flows on Riverine Ecosystems. Water Research Commission Report No. 576/1/98.

Tharme, R. (2003), "A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers", Published online in Wiley InterScience.

Tharme, R.(1996), "Review of International Methodologies for the Quantification of the Instream Flow Requirement of Rivers", Water law review final report for policy development for the Department of Water Affairs and Forestry. Pretoria, SA.

Tharme, R.E., King, J.M., 1998. Development of the building block methodology for instream flow assessments and supporting research on the effects of different magnitude flows on riverine ecosystems. Water Research Commission Report No 576/1/98, Pretoria, South Africa, p. 452.

World Commission on Dams, (2000), "Dams and Development: A new Framework for Decision-Making", Chapter 3: Ecosystems and Large Dams, P:89.