

# مروری بر روش های حفاظت از محیط زیست در پروژه های سدسازی



فصلنامه علمی تخصصی

مهندسی و مدیریت ساخت

سال اول، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۵

نویسنده مسئول: سید حسین مهاجری

آدرس ایمیل:

Hossein.mohajeri@gmail.com

سید حسین مهاجری\*

استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات

سید محمدامین نجیبی

کارشناسی ارشد مهندسی عمران، جهاد دانشگاهی دانشگاه شهید بهشتی

مهدی شهرکی

کارشناس دفتر مطالعات شرکت سهامی آب منطقه ای سیستان و بلوچستان - زاهدان

## چکیده:

بررسی و مطالعات انجام شده نشان داده است که ساخت سد و ذخیره آب در مخزن آن اثرات فیزیکی - شیمیایی و اکولوژیکی قابل توجهی بر اوسیستم می گذارد. در حقیقت ساخت سد می تواند محیط زیست را به دو مستقیم و غیرمستقیم و در یک طیف وسیع تحت تاثیر قرار دهد. در مطالعه حاضر به بررسی آثار زیست محیطی ساخت سد پرداخته می شود. سپس در ادامه با توجه آثار زیست محیطی، روش های حفاظت از محیط زیست در پروژه های سدسازی مورد بحث قرار می گیرند. مطالعه حاضر نشان داده است که برای کاهش این اثرات نامطلوب، سرمایه گذاری بر روی روش های نوین حفاظت از محیط زیست اجتناب ناپذیر می باشد. از طرف مقابل، مفهوم توسعه پایدار در برنامه ریزی های آبی ساخت سدها باید مورد توجه قرار گیرد. کلیه آثار زیست محیطی یک سد در حیطه حوضه آبریز مربوطه باید در یک مطالعه جامع زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی برآورد گردد. در نهایت با توجه آثار زیست محیطی و روش های حفاظتی، اهمیت دیدگاه بین رشته ای مورد بحث قرار می گیرد.

**کلمات کلیدی:** پروژه های سدسازی، تنوع زیست محیطی، حفاظت زیست محیطی، آثار زیست محیطی، اکوسیستم.

## A Review Of Methods To Protect The Environment In Dam Projects

**Seyyed Hossein Mohajery\***

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Science and Research

**Seyyed Mohammad Amin najibi**

Master of Civil Engineering, University Jihad martyr Beheshti University

**Mahdi Shahraki**

Department of Sistan and Baluchestan Regional Water Authority Office of Zahedan

V. 01 No. 02 - Summer 2016

Corresponding author:  
**Seyyed Hossein mohajery**

Email address:

Hossein.mohajeri@gmail.com

آب های شیرین کمتر از ۰/۰۱٪ از آب های زمین را تشکیل می دهند، اما دارای تنوع زیستی قابل توجهی هستند. با وجودی که آب های شیرین محدوده کمتری از اقیانوس ها و خشکی های زمین را تشکیل می دهد، اکوسیستم مربوط به آب های شیرین میزبان نسبت قابل توجهی از گونه های زیستی می باشد. به بیان دقیق تر گونه های زیستی موجود در اکوسیستم آب های شیرین بر واحد سطح، ۱۰٪ بیش از خشکی های زمین و ۱۵۰٪ بیش از اقیانوس ها می باشد (ام ای آی، ۲۰۰۵). بیش از ۴۵۰۰۰ گونه گیاهی، حیوانی و میکروارگانیسم در محیط های پیرامون آب های شیرین شناسایی و نام گذاری علمی شده اند. هرچند که دانشمندان بر این باورند که بیش از یک میلیون گونه زیستی در محیط های پیرامون آب های شیرین زندگی می کنند [۱].

سدها یکی از بزرگترین ساخت های بشر است که چرخه هیدرولوژی را به شدت تحت تاثیر می گذارد. با وجودی که سدها با تامین آب شرب برای بشر، آبیاری و زهکشی، تامین انرژی برق آبی و توسعه اقتصادی و اجتماعی برای زندگی بشری سودمند می باشد، آثار زیست محیطی جبران ناپذیری بر اکوسیستم پیرامونی وارد می سازد. در حقیقت برآورد شده است که انتقال درون حوضه ای آب و نیز استخراج آب برای اهداف آبیاری و تامین آب آشامیدنی ۶۰٪ آب رودخانه های جهان را از چرخه آب جدا کرده است [۲]. متأسفانه در اغلب سدهای موجود، ملاحظه پیرامون آثار زیست محیطی نقش بسیار کم و محدودی در طراحی و عملکرد ایفا می کند. هر چند که در سه دهه اخیر افزایش آگاهی در رابطه با آثار زیست محیطی سدها منجر به شناسایی اهمیت مدیریت زیست محیطی منابع آبی شده است. در نتیجه، تلاش مضاعفی برای توسعه دیدگاه های با آثار زیست محیطی کمتری در پروژه های سدسازی در حال انجام است. هر چند که تجربه نشان داده است که موفقیت در توسعه معیارها و اندازه گیری های انجام شده، به شدت متغیر و غیرقابل اعتماد است [۳].

مطالعه حاضر مروری است بر آثار زیست محیطی حضور سد در اکوسیستم و فرصت ها و محدودیت ها در روش های حفاظتی زیست محیطی موجود جهت مقابله با آثار منفی. بررسی ها نشان داد که روش های مختلف فنی و غیرفنی جهت کنترل این آثار منفی زیست محیطی توسعه پیدا نموده اند. در ادامه در مورد عدم کارایی و موفقیت روش های موجود بحث می شود و در نهایت اهمیت و نیاز به توسعه یک دیدگاه نوین یا تاکید بر دیدگاه بین رشته ای جهت مقابله با آثار زیست محیطی مورد بحث قرار می گیرد.

## ۲- آثار زیست محیطی سدها

رودخانه ها از بهم پیوستن جریان های سطحی و زیرزمینی به وجود می آیند و مکانی مهم برای جریان آب، انرژی، مواد و گونه های مختلف جانوری و گیاهی هستند. ناهمگونی مکانی و زمانی سیستم های رودخانه ای منجر به ایجاد زیستگاه های آبی پویا و متنوع و در نتیجه پیدایش تنوع زیستی گوناگون شده است که همگی آنها توسط رژیم تغییرات مکانی جریان رودخانه حفظ می شوند. ارتباط بالادست و پایین دست رودخانه و نیز ارتباط بین رودخانه و دشت سیلابی تحت عنوان مفهوم یکپارچگی رودخانه بیان می شود [۴]. به بیان دقیق تر یکپارچگی رودخانه بدین معناست که تغییرات طبیعی در رژیم جریان، کیفیت آب و گونه های زیستی رودخانه و دشت سیلابی از هم مستقل نبوده و به یکدیگر مرتبط می شوند. مواد مغذی و رسوبات به وجود آمده در بالادست، باعث رشد گیاهان و افزایش بهره‌وری زیستی در پایین دست می‌گردد. طغیان منظم دشت های سیلابی باعث بالا رفتن تجزیه مواد آلی و چرخه غذایی شده و در نتیجه منجر به تکامل استراتژی های تطبیقی در گونه های زیستی می‌شود که شدیداً تابع رژیم سیلابی است. در برخی مکان ها، مواد مغذی از طریق ماهی های کوچک کننده نظیر سالمون دوباره به بالادست باز می‌گردد. بعد از اینکه تخم‌ریزی به اتمام رسید و ماهی مادر دچار مرگ گردید، لاشه حیوان با جریان رودخانه به پایین دست منتقل شده و با تجزیه آن مواد مغذی آزاد می‌شود. این آزادسازی تاثیر قابل ملاحظه ای بر تولید اولیه و ثانویه (بعنوان نمونه تاثیر بر فیتوپلانکتون و زوپلانکتون) دارد. در برخی رودخانه های شمالی آمریکا، تولید اولیه و فعالیت های باکتریایی در زمان تجزیه اجساد به بالاترین حد خود می‌رسد، حتی اگر تخم‌ریزی ماهی ها در زمستان اتفاق بیفتد [۵].

احداث سد منجر به یک «انفصال» در «یکپارچگی» رودخانه می‌شود [۶]. آبیگری سد منجر به اثرات بی‌شماری بر فرآیندهای طبیعی رودخانه شده و در

نهایت باعث تغییر ساختار اکولوژیکی اکوسیستمها می‌شود. برخی از این اثرات به عنوان اثرات مستقیم شناخته شده اند که گاهی اوقات تا چند صد کیلومتر در پایین دست نیز قابل مشاهده است. از طرف مقابل، آثار ثانویه این انفصال تحت عنوان آثار غیرمستقیم شناخته می‌شوند. در ادامه این آثار جداگانه بحث می‌گردد.

## ۲-۱- آثار مستقیم

### ۲-۱-۱- تغییر رژیم جریان و آورد رسوب

روشن ترین اثر مخازن سدها، زیرآب رفتن اکوسیستم های خاکی در بالادست و تغییر سیستم های متحرک و ساکن در مجرای رودخانه است. سدها هم چنین منجر به تغییر رژیم جریان در پایین دست می‌شوند. اثر یک سد و مخزن آن بر رژیم رودخانه، بستگی به حجم مخزن نسبت به حجم جریان رودخانه و نیز کاربری سد دارد. متداول ترین اثر تنظیم جریان ناشی از احداث سد، کاهش اندازه پیک سیلاب و افزایش در جریان با دبی پایین است. یکی از پیامدهای کاهش اندازه پیک سیلاب کاهش تناوب و گستره سیلاب های واقع در حاشیه رودخانه است [۷]. برای مثال، در تالاب های نیجریه بعد از احداث سد، زمین های تحت تاثیر سیلاب سالیانه از ۳۰۰۰ کیلومتر مربع به ۱۰۰۰ کیلومتر مربع تقلیل یافت. در برخی شرایط، بهره برداری هایی از قبیل تامین برق و آب کشاورزی و حتی کشتیرانی و تفریحی می‌تواند باعث نوسانات سریع و غیر طبیعی جریان شود.

یکی دیگر از عواملی که موجب وقوع خسارات و آثار منفی در بالادست و پایین دست سد می‌شود، ته نشین شدن آورد رسوب رودخانه در مخزن سدها می‌باشد [۸]. بر اثر رسوب گذاری، کارایی انجام عملیات سد (یا به عبارت دیگر سود به دست آمده از تولید انرژی هیدروالکتریکی، آبیاری، تامین آب و کنترل سیلاب) به طور قابل ملاحظه ای کاهش می‌یابد. در پایین دست سد، فقدان رسوب موجب کاهش تراز کف کانال و تغییر در شرایط زندگی گیاهان و جانوران آبی می‌شود. به بیان دیگر به دلیل رسوب گذاری در بالادست، شرایط طبیعی رودخانه (یا ارتباط رسوب و آب آزاد در شرایط عدم حضور سد) تغییر پیدا می‌کند [۹]. از طرف دیگر، افزایش سطح آب زیرزمینی، کاهش ظرفیت طبیعی رودخانه در کنترل سیلاب، بالارفتن سطح آب در مخزن و انحراف یا عقب نشینی آب مجموعه ای از آثار منفی رسوب گذاری در بالادست سد می‌باشد [۱۰].

### ۲-۱-۲- تغییر درجه حرارت آب

دمای آب بر بسیاری از فرآیندهای اکوسیستم موثر است. دما با فاکتورهای مختلفی نظیر رفتار تغذیه‌ای، جذب غذا و تولید ارگانیسم های غذایی، بر ماهی های ساکن آب شیرین اثرگذار است. در شرایط طبیعی، حجم نسبتاً کم آب موجود در بخشی از رودخانه و آشفتگی جریان می‌تواند خیلی سریع به تغییر شرایط جوی پاسخ دهد. اما در مقابل، حجم نسبتاً عظیم آب ساکن مخازن سد باعث انباشت گرما شده و الگوهای خاص فصلی را در رفتار حرارتی آب ناشی جریان لایه ای به وجود می‌آورد. در حقیقت، بسته به موقعیت جغرافیایی، آب موجود در مخازن عمیق می‌تواند دچار اثر لایه بندی حرارتی شوند که خود این لایه بندی حرارتی منجر به ایجاد نوع دیگری از حرکت آب در داخل مخزن سد می‌گردد که به جریان لایه ای مشهور است. از طرف دیگر رها شدن آب موجود در مخزن و یا آب خروجی از نیروگاه نیز آثار زیست محیطی قابل توجهی را ناشی می‌شود. با باز شدن دریچه تحتانی یک سد، آب سرد موجود در عمیق ترین لایه های مخزن موجب پیامد غیرطبیعی فاجعه باری در پایین دست سد می‌شود [۱۱]. از طرف مقابل تغییر دوره ای دما به واسطه تخلیه آب خروجی از نیروگاه برق آبی در نزدیکی سد نیز موجب افزایش پدیده ترموپیکینگ می‌شود که موجب آثار منفی بر آبیان به خصوص بر بی مهرگان در پایین دست سد می‌شود [۱۲].

### ۲-۱-۳- تغییر کیفیت آب

ذخیره آب در مخازن منجر به تغییر کیفیت آب (خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب) می‌شود که همگی آنها بر خصوصیات شیمیایی آب اثرگذارند. در نتیجه، آب تخلیه شده از مخازن دارای

ترکیبات متفاوتی نسبت به جریان ورودی است. مواد مغذی، به خصوص فسفردارها به صورت بیولوژیکی آزاد و توسط سیلاب از گیاهان و خاک شسته می شوند. معمولاً میزان اکسیژن خواهی و مواد مغذی با فاسد شدن ماده آلی کاهش می یابد، اما برخی مخازن سال های زیادی برای رسیدن به تعادل در رژیم کیفی آب نیاز دارند [۱۳].

با گذر زمان و بعد از تکامل و بلوغ مخزن، همانند دریاچه های طبیعی یک مخزن مانند سینک مواد مغذی عمل می کند. برای مثال، غلظت ارتوفسفات موجود در جریان خروجی مخزن سد کالاهان واقع در ایالت میسوری آمریکا، کاهش ۵۰٪ را در مقایسه با جریان ورودی نشان می داد [۱۴]. انباشت مواد مغذی در مخازن در نتیجه جریان ورودی قابل ملاحظه ای از مواد آلی و مغذی روی می دهد. این مواد معمولاً ناشی از فعالیت های انسانی در حوضه آبریز است [۱۵].

تجزیه زیستی مواد موجود در مخزن می تواند باعث تبدیل جیوه ارگانیک به متیل جیوه شود. تجمع زیستی متیل جیوه در بافت ماهی ها که در بالای زنجیره غذایی هستند چندین برابر بیشتر از ارگانسیم های موجود در پایین زنجیره غذایی است [۱۶]. این امر می تواند پیامدهای قابل توجهی بر مردمی که برای تامین غذای خود وابسته به ماهی ها هستند داشته باشد. برای مثال، در اثر تغذیه از ماهی های صید شده از مخازن سد، میزان جیوه موجود در نمونه های تار موی اهالی منطقه ای در ایالت کبک کانادا بالاتر از محدوده توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (۶ ppm) گزارش شده است [۱۷].

## ۲-۲-۲- آثار غیرمستقیم:

اثرات احداث سد، جدا از ایجاد اختلال در فرآیندهای فیزیکی-شیمیایی-بیولوژیکی، اساساً به صورت مکانی متغیر بوده و بستگی به طراحی و نحوه بهره برداری از سد دارد. هر سد خصوصیات منحصر به فرد خود را داراست و در نتیجه مقیاس و طبیعت تغییرات محیطی آن بسیار وابسته به مکان خواهد بود. با این حال این اثرات همواره بر تنوع زیستی محیط قابل مشاهده است. در این بخش به بررسی آثار غیرمستقیم احداث سد ها پرداخته می شود.

## ۲-۲-۲-۲ آثار غیرمستقیم:

### ۲-۲-۲-۱- شرایط زندگی پرندگان و پستانداران

اهمیت حاشیه های ساحلی یک رودخانه برای پرندگان و حیوانات اثبات شده است (به عنوان نمونه رجوع شود به دیکمیس ه. و همکاران [۱۸]). احداث سد و آب جمع شده در مخزن آن تأثیرات مثبت و منفی بر گونه های ساکن محیط های آبی و خاکی رودخانه دارد. به زیر آب رفتن اکوسیستم نهایتاً منجر به از بین رفتن حیات وحش می شود. در مناطق استوایی، این امر موجب کاهش گونه های بومی و در برخی موارد انقراض برخی گونه های منطقه می شود. در مقابل، در مناطق خشک، مخازن منبعی دائمی از آب را فراهم می کنند که برای بسیاری از گونه ها سودمند واقع می شود. در آفریقای جنوبی، وجود مخازن تأثیر زیادی بر تعداد و توزیع پرندگان آبی داشته است. در انگلستان و ولز، ۱۷۴ مخزن ذخیره آب به خاطر مهیا کردن شرایط مناسب زندگی برای پرندگان و دیگر ارگانسیم های مربوط به بعنوان محل های انجام مطالعات تحقیقاتی انتخاب شده اند [۱۹].

مهم ترین اثر منفی تنظیم جریان رودخانه در پایین دست بر زندگی پرندگان و پستانداران، قطع رژیم سیلاب های فصلی در طول رودخانه است [۲۰]. در بلندمدت، کاهش سیلاب منجر به تغییر پوشش گیاهی می شود که ممکن است برای بسیاری از پرندگان و پستانداران اهمیت داشته باشد. در مناطق خشک، پوشش گیاهی ساحلی شاید تنها پوشش گیاهی قابل توجه منطقه باشد و همچنین بسیاری از حیوانات الگوهای رفتاری خود را بر اساس سیلاب های فصلی تطبیق داده باشند. اگر رژیم سیلاب عوض شود، تغییرات پوشش گیاهی می تواند پرندگان و حیوانات وابسته به آن را در معرض خطر قرار دهد.

## ۲-۲-۲-۲ حرکت و جابه جایی ماهی ها

از ۲۴۶۰۰ گونه شناخته شده ماهی ها حدود ۱۰۰۰۰ گونه (یعنی ۴۰٪) آنها ساکن آب های شیرین هستند [۲۰]. تعدادی بسیار اندکی از ماهی ها توانایی سکونت در هر دو محیط آب ساکن و متحرک را دارا هستند. در نتیجه، تبدیل رودخانه به مخزن اغلب موجب نابودی گونه های ساکن رودخانه می شود. در پایین دست سد ها، تغییرات قابل توجهی در جمعیت ماهی ها در اثر عواملی چون بلوکه شدن مسیر مهاجرت ماهی ها، جدایش رودخانه و دشت سیلابی، تغییرات در رژیم جریان و شرایط فیزیوشیمیایی (دمای، کدورت و اکسیژن محلول)، تولید اولیه و ریخت شناسی کانال به وجود می آید. این تغییرات ممکن است برای برخی گونه ها سودمند باشد اما به طور کلی اثر معکوسی بر اکثریت گونه های بومی خواهد داشت.

در سال ۱۹۹۶ اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت لیست قرمز از حیوانات در معرض تهدید شامل ۶۱۷ گونه ماهی های آب شیرین (حدود ۶٪ گونه های شناخته شده ساکن آب شیرین) را معرفی کرد. محققان دیگر تخمین زده اند بین ۲۰ تا ۳۵٪ ماهی های آب شیرین در معرض تهدید هستند [۲۱]. با وجودی که احداث سد تنها عامل تهدید کننده حیات ماهی ها نیست اما یکی از فاکتورهای اساسی در این زمینه است. تخمین زده شده است که در قرن گذشته نیمی از ماهی های بومی ساکن اقیانوس آرام در سواحل آمریکا در اثر احداث سد از بین رفته اند [۲۲].

## ۲-۲-۳- بتوس و سایر آبریان بستر رودخانه

تخمین زده می شود که بین ۸۰۰۰۰ تا ۱۳۵۰۰۰ گونه نرم تنان در سراسر جهان وجود داشته باشد. در اکوسیستم های رودخانه ای، نرم تنان بازه گسترده ای از ساکنان آب های ساکن و متحرک را شامل می شود که بیش از سایر انواع ارگانسیم های موجود در بستر زمین است [۲۳]. با وجود توزیع گسترده، بسیاری از نرم تنان ساکن آب شیرین فقط در شرایط زیستی نسبتاً محدودی قادر به ادامه حیات هستند. در نتیجه، احداث سد به سادگی باعث بهم زدن شرایطی می شود که این جانوران به آن عادت کرده اند. تغییر در رسوب گذاری، جریان و رژیم فیزیکی-شیمیایی رودخانه، می تواند باعث ایجاد تنش و تهدید بقای این گونه ها شود. در مقابل، تغییر در شرایط محیطی، این شانس را برای سایر گونه های غیربومی فراهم می کند که جایگزین آنها شوند. بسیاری از فاکتورهای موثر بر زندگی نرم تنان بلافاصله بعد از اتمام احداث سد تغییر می کنند. اما برخی دیگر نظیر مورفولوژی کانال و ترکیب و پایداری زیرلایه ها به مرور زمان تغییر خواهند کرد. در نتیجه، یک اثر بلندمدت بر اجتماعات نرم تنان در طی سالیان دراز بوجود خواهد آمد. برخی گونه ها چرخه عمری بیشتر از ۱۰۰ سال دارند و این گمان را بوجود می آورد که جمعیت آنها در امان هستند در حالیکه در واقع بعثت عدم وجود تولیدمثل فعال، جمعیت این نرم تنان به مرور دچار انقراض می شود. در شمال آمریکا، مطالعات حاکی از کاهش ۳۷ تا ۹۵ درصد توان تولیدمثل نرم تنان بعد از احداث سد است.

## ۲-۲-۴- گیاهان و پوشش گیاهی اطراف رودخانه

سد ها همچنین می توانند بر پوشش گیاهی اطراف رودخانه و دشت سیلابی که متاثر از اندرکنش پویای سیلاب و رسوب هستند، موثر باشند. سد ها، با تغییر مقدار و گستره زیر آب رفتن دشت سیلابی و تعامل زمین و آب، باعث بهم زدن فرآیند تولید مثل گیاهان و تجاوز به زمین های مرتفع بالادستی می شود که در حالت عادی مصون از سیلاب بودند. مطالعاتی در نروژ حاکی از کاهش قابل ملاحظه تنوع گیاهان ساحلی در نتیجه احداث سد است [۲۴].

## ۳- روش های حفاظت از محیط زیست در پروژه های سدسازی

### ۳-۱- عوامل توسعه حفاظت از محیط زیست

در بسیاری از کشورها، به خصوص با فعالیت سازمان های مردم نهاد، آگاهی های عمومی در مورد اهمیت حفظ محیط زیست و توسعه پایدار افزایش یافته است. در نتیجه فشار افکار عمومی، تعدادی از عوامل محرک استفاده از شاخص های حفاظت از محیط زیست در پروژه های سدسازی به شرح زیر به وجود آمده است:

- ۱- سیاست ها و قوانین: در بالاترین سطوح سیاسی، اجماع فزاینده ای در مورد نیاز به مدیریت با رویکرد توسعه پایدار در محیط زیست و فرآیندهای مرتبط با آب شکل گرفته است. برای مثال می توان از معاهداتی در سطح بین المللی نظیر «اعلامیه محیط زیست و توسعه ریو»، «معاهده تنوع بیولوژیکی»، «معاهده رامسر در مورد حفاظت از تالاب ها» و سیاست ها و قوانین ملی و بین المللی نظیر

و ظرفیت های سازمانی نیز هست. در حال حاضر، کمبود درک علمی یکی از مهم ترین محدودیت ها در حفاظت موثر از محیط زیست است. با وجود تمام تحقیقات انجام شده تاکنون، حتی با مطالعات اختصاصی سایت، معمولاً غیرممکن است که بتوان به طور دقیق تمام آثار احداث سد بر محیط را پیش بینی کرد. همچنان دانش اندکی از مقتضیات زندگی بسیاری از گونه های ساکن وجود دارد. ارتباط بین جنبه های بیوفیزیکی و اجتماعی-اقتصادی سیستم ها حتی کمتر درک شده و در نتیجه پیامدهای مختلف تغییر در اکوسیستم ها قابل پیش بینی نیست. توسعه بنیان دانش علمی، اجتماعی و اقتصادی نیز نیازمند تحقیقات میدانی گسترده و صرف زمان و منابع قابل توجه است. در بسیاری از پروژه ها، منابع مالی برای تخمین اثرات زیست محیطی و همین طور نظارت های پس از ساخت ناکافی است.

محدودیت دیگر ناشی از این حقیقت است که مسئولیت برنامه ریزی، نظارت و تدوین قوانین سدها معمولاً بر عهده نهادهای مختلف است. وجود این سازمان های مختلف، تقسیم وظایف در حیطه مدیریت، هماهنگی و شناخت مسئولیت ها را پیچیده می کند. این مشکل در کشورهایی که سازمان های قوی برای تدوین و اعمال شاخص های زیست محیطی ندارند بیشتر خودنمایی می کند.

#### ۴- جمع بندی و نتیجه گیری

یکی از مهم ترین مشکلات بشر در سده اخیر، مدیریت پایدار و صحیح منابع طبیعی به خصوص منابع آب شیرین می باشد. رویکرد سنتی و رایج در مدیریت منابع آب شیرین ساخت سد با توجه به تامین نیاز آبی، تولید انرژی برق-آبی و کنترل سیلاب می باشد. هر چند که امروزه مشخص گردیده است که اثر جمع شدن آب در مخزن سد بر اکوسیستم و گونه های مختلف زیستی قابل نظر نمی باشد. برای کاهش این اثرات نامطلوب، سرمایه گذاری بر روی روش های نوین حفاظت از محیط زیست اجتناب ناپذیر می باشد. از طرف مقابل، مفهوم توسعه پایدار در برنامه ریزی های آبی ساخت سدها باید مورد توجه قرار گیرد. کلیه آثار زیست محیطی یک سد در حیطه حوضه آبریز مربوطه باید در یک مطالعه جامع زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی برآورد گردد. این موضوع ایجاد یک دیدگاه بین رشته ای مابین مهندسين، اکولوژیست ها و متخصصین مسائل اقتصادی-اجتماعی مهم و بنیادی می سازد. عدم درک صحیح هیدرولیکی-اکولوژیکی به عنوان یک محدودیت بزرگ در حفاظت صحیح و موفق زیست محیطی باقی می ماند.

#### مراجع

- [1] McAllister, D. E., Hamilton, A. L. & Harvey, B. (1997). Global freshwater biodiversity: striving for the integrity of freshwater ecosystems. Sea-Wind Bulletin of Ocean Voice International, 11(3), 1-140.
- [2] Revenga, C., Brunner, J., Henninger, N., Kassem, K. & Payne, R. (2000). Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems. World Resources Institute, Washington, DC.
- [3] Bergkamp G., McCartney, M., Dugan, P., McNeely, J. & Acreman, M. (2000). Dams, ecosystem functions and environmental restoration: Thematic Review II. World Commission on Dams, Cape Town.
- [4] Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedle, J. R. & Cushman, C. E. (1980). The river continuum concept. Canadian, Journal of Fisheries and Aquatic Science, 37, 130-137.
- [5] Helfman, G. S., Collette, B. B. & Facey, D. E. (1997). The Diversity of Fishes. Blackwell Science, Massachusetts.
- [6] Ward, J. V. & Stanford, J. A. (1995). Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its

«دستورالعمل چارچوب آب اتحادیه اروپا» و «قانون آب آفریقای جنوبی» اشاره کرد. این قوانین و سیاست ها در پی حفظ محیط زیست و به رسمیت شناختن حق اکوسیستم ها در داشتن آب کافی است. با وجود اینکه این سیاست ها به طور خاص در مورد سدها نیست، اما دولت ها را موظف می کند که با توسعه منابع طبیعی و استفاده پایدار از آنها، زمینه را برای اجرای شاخص های محیط زیستی در پروژه های سدسازی مهیا کنند.

۲- شرایط پشتیبانی مالی: سیاست ها و الزامات نهادهای سرمایه گذاری نظیر بانک جهانی، اتحادیه اروپا، آژانس استرالیایی توسعه بین المللی و آژانس امریکایی توسعه بین المللی باعث گنجاندن شاخص های حفظ محیط زیست در پروژه های سدسازی شده است. بر این اساس، و اما فقط به پروژه های تعلق خواهد گرفت که شاخص های محیط زیستی را رعایت کنند. با این حال، یکی از محدودیت هایی که این نهادهای مالی دست به گریبان آن هستند این است که بعد از ساخت و بهره برداری از یک سد، توانایی آنها برای اجبار به بکارگیری برنامه های موثر محیط زیستی محدود خواهد شد.

۳- آئین نامه ها: کمیته بین المللی سدهای بزرگ، آژانس بین المللی انرژی و انجمن بین المللی انرژی برقایی دستورالعمل هایی را برای بکارگیری بالاترین استانداردها در برنامه ریزی و اجرا پروژه های سدسازی تدوین کرده اند. این دستورالعمل ها شامل راه هایی برای حفظ محیط زیست هستند (به عنوان نمونه می توان به ICOLD، ۱۹۹۷؛ IEA، ۲۰۰۰؛ IHA، ۲۰۰۶ اشاره نمود). در حال حاضر، اجباری برای استفاده از این دستورالعمل ها وجود ندارد، اما بسیاری از شرکت ها از تبعات منفی ای که در اثر عدم استفاده از بالاترین استانداردها در پروژه ها گریبان گیر آنها می شوند آگاه هستند و خود را ملزم به رعایت آنها می دانند.

#### ۳-۲- روش های حفاظت از محیط زیست

برای سدهای موجود، مهندسين و محققین حیطه محیط زیست و اکوسیستم ها اقدامات فنی و اقتصادی-اجتماعی زیادی را برای کاهش اثرات مخرب سد توسعه داده اند. مجموعه این اقدامات در ۳ چارچوب زیر قابل بیان است:

۱- اقدامات اجتنابی: این اقدامات باعث تغییری در کارکرد محیط زیستی کنونی منطقه نمی شود. در سدسازی این بدان معناست که با جایگزینی گزینه هایی نظیر مدیریت مصرف، بازیابی آب و استحصال آب به جای احداث سد یا جایگزینی نیروگاه های برقایی با نیروگاه های خورشیدی، بادی، هسته ای و ... از آثار مخرب سد جلوگیری شود. همه این گزینه ها دارای پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی ای هستند که باید در مقابل پیامدهای احداث سد، وزن دهی و ارزشیابی شوند.

۲- اقدامات کاهششی: این اقدامات با تغییر در سازه یا عملکرد سد و یا اعمال تغییراتی در مدیریت حوضه آبریزی که سد در آن واقع است، اثرات نامطلوب سد را تا جایی ممکن کاهش می دهند. تاکنون، اقدامات کاهششی بیشترین رویکردی بوده که برای کاهش اثرات منفی سد بر محیط زیست مورد استفاده قرار گرفته است. برای بالا بردن شانس موفقیت این روش ها در هر پروژه مشخص، باید فهم عمیقی از فرآیندهای پیچیده محیط و تعاملات آنها با یکدیگر وجود داشته باشد. اگر پیش از این اقدامات، مطالعات علمی و مهندسی کاملی صورت نگرد، نتیجه کار می تواند کم اثر و یا حتی گاهی اوقات نامطلوب نیز باشد.

۳- اقدامات جبرانی: این اقدامات وقتی به کار گرفته می شود که امکان انجام هیچ یک از دو مورد اشاره شده قبلی وجود نداشته باشد. رویکردهای اساسی شامل حفاظت از مناطق اکولوژیکی مهم موجود (مثلاً ایجاد پارک های ملی) و نیز توانبخشی دوباره به مناطق دست خورده کنونی در اطراف سدها است. به طور ایده آل، به کمک «فرآیند تخمین اثر محیط زیستی می توان اقدامات حفاظتی مناسب را شناسایی کرده و اثرات منفی را به حداقل رساند. برای سدهای موجود، این اقدامات شامل ساماندهی نیز می شود. در بحث ساماندهی تلاش بر این است که با انجام اقداماتی تا جای ممکن شرایط محل به حالت قبلی خود بازگردد. در این زمینه، انهدام سد به طور فرآیندها به عنوان یک گزینه جدی مورد توجه قرار گرفته است [۲۶، ۲۵].

#### ۳-۳- محدودیت های موجود در حفاظت از محیط زیست

اقدامات حفاظتی اشاره شده در برخی شرایط موفق اند و در برخی دیگر موثر نیستند [۲۷]. محدودیت های موجود در زمینه حفاظت موفق از محیط زیست فقط به خاطر مسائل فنی نیست، بلکه به خاطر کمبودهای انسانی، اقتصادی

- rivers—a case study of the Caney Fork River. *Regulated Rivers: Research & Management*, 8(1-2), 63-71.
- [24] Nilsson, C., Jansson, R. & Zinko, U. (1997). Long-term responses of river-margin vegetation to water-level regulation. *Science*, 276(5313), 798-800.
- [25] Shuman, J. R. (1995). Environmental considerations for assessing dam removal alternatives for river restoration. *Regulated*.
- [26] Tucker, M. (2001). The Northwest US dam breaching decision: factors, costs and benefits. *Environment, Development and Sustainability*, 3(3), 217-227.
- [27] Bergkamp G., McCartney, M., Dugan, P., McNeely, J. & Acreman, M. (2000). Dams, ecosystem functions and environmental restoration: Thematic Review II. World Commission on Dams, Cape Town.
- disruption by flow regulation. *Regulated Rivers: Research & Management*, 11(1), 105-119.
- [7] McCartney, M. P. & Acreman, M. C. (2001). Managed flood releases as an environmental mitigation option. *International*
- [8] مهاجری س. ح.، نجیبی س. ا.، (۱۳۹۴). مروزی بر کاربرد روش رسوب شویی در مخازن سدها: مطالعه موردی سد سفیدرود. سومین سیمپوزیم بین المللی مهندسی محیط زیست و آب. تهران، ایران.
- [9] مهاجری س. ح.، صفرزاده ا.، (۱۳۹۴). مطالعه عددی یازدهی رسوب شویی در استخراج رسوب ته نشین شده در مخازن. نشریه سد و نیروگاه برق آبی، دوره ۲، شماره ۶.
- [10] Tigrek, S. & Aras, T. (2011). *Reservoir Sediment Management*, Taylor & Francis.
- [11] Saltveit, S. V. (1990). Effect of decreased temperature on growth and smoltification of juvenile Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) and brown trout (*Salmo Trutta*) in a Norwegian regulated river. *Regulated Rivers: Research & Management*, 5(4), 295-303.
- [12] Carolli, M. Bruno, M. C. Siviglia, A. Maiolini, B. (2012), Responses of benthic invertebrates to abrupt changes of temperature in flume simulations , *River Research And Applications*, 28: 678-691.
- [13] Petts, G. E. (1984). *Impounded Rivers: Perspectives for Ecological Management*. John Wiley & Sons, Chichester.
- [14] Schreiber, J. D. & Rausch, D. L. (1979). Suspended sediment - phosphorous relationships for the inflow and outflow of a flood detention reservoir. *Journal of Environmental Quality*, 8, 510-514.
- [15] Chapman, M. A. (1996). Human impacts on the Waikato river system, New Zealand. *Geojournal*, 40(1-2), 85-99.
- [16] Bodaly, R. A., Hecky, R. E. & Fudge, R. J. P. (1984). Increases in fish mercury levels in lakes flooded by the Churchill River diversion, northern Manitoba. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(4), 682-691.
- [17] Dumont, C. (1995). Mercury and health: The James Bay Cree experience. *Proceedings of the Canadian Mercury Network*
- [18] Decamps, H., Joachim, J. & Lauga, J. (1987). The importance for birds of the riparian woodlands within the alluvial corridor of the river Garonne, S.W. France. *Regulated Rivers: Research & Management*, 1(4), 301-316.
- [19] Moore, D. & Driver, A. (1989). The conservation value of water supply reservoirs. *Regulated Rivers: Research & Management*, 4(2), 203-212.
- [20] Nilsson, C. & Dynesius, M. (1994). Ecological effects of river regulation on mammals and birds: a review. *Regulated Rivers: Research & Management*, 9(1), 45-53.
- [21] Moyle, P. B. & Leidy, R. A. (1992). Loss of biodiversity in aquatic ecosystems: evidence from fish faunas. In *Conservation*.
- [22] Chaterjee, P. (۱۹۹۷). Dam busting. *New Scientist*, 2082, 34-37.
- [23] Layzer, J. B., Gordon, M. E. & Anderson, R. M. (1993). Mussels: the forgotten fauna of regulated