

# تحلیل بحران آب با نگرشی بر دانش ارزیابی اثرات

## زیست محیطی و آبخیزداری در ایران

ناصر طالب بیدختی (دانشیار)

دانشکده‌ی مهندسی - دانشگاه شیراز

بهنام هوشیاری (دانشجوی دکترا)

دانشکده‌ی فنی - دانشگاه تهران

توزیع نامناسب بارندگی در کشور و تغییرات اقلیمی و آب و هوایی ناشی از آن، بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، وقوع سیلاب‌های مخرب، خشکسالی‌ها، کاهش شدید سرانه‌ی آب کشور، مشکلات جدی - نظیر مشکلات مالی و اجرایی - در امر توسعه‌ی منابع آب و مهار آب‌های سطحی، مسائل آب‌های مرزی و... بحران جدی آب در کشور را، در آینده‌ی نه‌چندان دور ترسیم می‌کند. نگرش جامع و نظام‌مند در زمینه‌ی توسعه، بویژه توسعه‌ی منابع آب، با رویداشت به توسعه‌ی پایدار و حفظ جنبه‌های زیست محیطی، و نیز با توجه به منابع محدود انسانی، مالی و... در کشور از ضروریات مهم برای رفع این بحران است. در این نوشتار، روش‌های آبخیزداری جامع<sup>۱</sup> به منظور کاهش و رفع بحران آب بررسی، و ضمن بررسی کمی و کیفی اشتباهات و مشکلات گذشته و راهکارهای آینده از طریق بررسی اثرات زیست محیطی، راهبردهای اصلی آبخیزداری جامع ارائه شده است.

### مقدمه

در سال‌های اولیه‌ی دهه‌ی ۱۹۷۰، کنفرانس جهانی محیط زیست، با عنوان «انسان و محیط زیست» و با تلاش سازمان ملل متحد برگزار شد. پیامد این کنفرانس، طرح مسئله‌ی محیط زیست در جامعه‌ی جهانی و محافل مختلف، و نیز استقرار نظام‌های نهادی و تشکیلاتی در کشورهای عضو جامعه‌ی ملل و ارائه‌ی برنامه‌ی سازمان ملل درباره‌ی محیط زیست بود.

علی‌رغم این تلاش‌ها، تخریب محیط زیست به موازات تخریب منابع آب همچنان ادامه پیدا کرد و با طرح عواملی مانند آلودگی آب‌ها، از بین رفتن پوشش‌های جنگلی، توسعه‌ی مناطق کویری، خشکسالی‌ها، فاضلاب‌های صنعتی و غیره، ابعاد تازه‌یی به خود گرفت. وسعت و عمق تخریب منابع موجود باعث شده است که ضمن برپایی نشست‌ها و همایش‌های متعدد بین‌المللی، مجموعه‌یی از قوانین و مقررات گوناگون در این رابطه وضع شوند و کشورهای شرکت‌کننده متعهد به رعایت آن شده‌اند.

به منظور حفظ سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در طرح‌های توسعه‌ی منابع آب، و استفاده‌ی بهینه از این منابع برای تحقق اهداف توسعه‌ی کشور باید ابعاد جدیدی در امر بهره‌برداری و توسعه‌ی منابع آب کشور و مدیریت بر آنها مورد توجه قرار گیرد. از جمله‌ی این ابعاد می‌توان به مدیریت مصرف، مدیریت کیفیت آب، حفاظت منابع آب، شناساندن آب به عنوان یک کالای اقتصادی و اخذ جریمه از

آلوده کنندگان منابع آب بر مبنای سازوکارها و قوانین وضع شده اشاره کرد. لازم به توضیح است که سرانه‌ی بالقوه‌ی منابع آب کشور، که حدود ۴۰ سال پیش حدود ۸۶۰۰ مترمکعب در سال برای هر نفر بالغ می‌شد، با جمعیت حدوداً ۶۰ میلیون نفری فعلی به حدود ۲۲۰۰ متر مکعب در سال برای هر نفر کاهش پیدا کرده است. ادامه‌ی این کاهش با افزایش جمعیت قابل انتظار است، و براساس تعریف اخیر در مورد بحران آب در کشورها، هر کشوری که در آن، این شاخص به حدود ۲۰۰۰ متر مکعب در سال برای هر نفر برسد، با بحران آب مواجه است. نتیجه این‌که باید در ایران به‌طور جدی با آب به‌عنوان یک عامل راهبردی برخورد کنیم.<sup>[۱]</sup>

### نگاهی گذرا به وضعیت آب در ایران

میزان بارندگی در سطح کشور ۴۱۳ میلیارد متر مکعب و متوسط بارندگی ۲۵۵ میلی‌متر است که حدوداً یک سوم متوسط بارندگی در سطح دنیا را شامل می‌شود. البته بارندگی در بخش اعظم ایران کم، و تنها در مناطق شمال مرکزی، شمال غربی و غرب آن قابل ملاحظه است. جدول ۱ به‌طور خلاصه وضعیت بارندگی ایران را در مقایسه با کل کره زمین نشان می‌دهد.

در کشور ما تبخیر بالقوه یا توان ذاتی تابش خورشید برای تبخیر آب از نیم‌متر تا پنج متر در سال نوسان کرده و حداقل از ۲ تا ۲۰ برابر بارندگی سالانه را شامل می‌شود. به عبارت دیگر اگر در کویر لوت یا

جدول ۱. مقایسه‌ی بارندگی ایران و کره‌ی زمین.<sup>[۲]</sup>

منطقه	میانگین بارندگی (میلی‌متر در سال)	میانگین تبخیر واقعی (میلی‌متر در سال)	توان بالقوه‌ی تبخیر خورشیدی (میلی‌متر)
کره‌ی زمین	۸۰۰	۴۸۵	۱۱۳۲
ایران	۲۵۵	۱۸۰	از ۵۰۰ تا ۵۰۰۰

جدول ۲. اطلاعات کلی در مورد منابع آب کشور<sup>[۳]</sup>

شرح	مقدار
میزان بارندگی در سطح کشور	۴۲۰ میلیارد متر مکعب در سال
میزان بارندگی در واحد سطح	۲۵۵ میلی‌متر در سال
نسبت بارندگی در کشور به بارندگی در سطح خشکی‌های دنیا	۱/۳ درصد
بیشترین بارندگی (در آبخیز تالش)	۱۱۱۳ میلی‌متر در سال
کمترین بارندگی (در آبخیز مثنیکل)	۶۳ میلی‌متر در سال
کل جریان‌های سطحی و آبدی چشمه‌ها	۹۹/۷ میلیارد متر مکعب در سال
تغذیه‌ی آبخوان زیرزمینی	۵۰/۹ میلیارد متر مکعب در سال
تخلیه و زهکشی از آبخوان‌های آبرفتی کشور	۵۴/۵ میلیارد متر مکعب در سال

مرکزی، حوضی بتنی به عمق ۵ متر ایجاد، و آنرا پر از آب کنیم، پس از یک سال آبی در آن نخواهیم یافت. بنابراین هرگونه سیاست و مدیریت بهره‌برداری از منابع آب در ایران، که آب را به مدت کمتر و در پهنه‌ی کوچکتری از زمین بگستراند، فرصت تبخیر و آبربایی را از خورشید می‌گیرد. نکته‌ی دیگر اینکه بارندگی به میزان ۳۰۰ میلی‌متر در سال ولی با توزیع مناسب، از یک رژیم بارندگی ۳۰۰۰ میلی‌متر در سال ولی با توزیع نامناسب سودمندتر است. اما در همه‌ی نقاط ایران، حتی در آستاراکه بارندگی سالانه به دو متر بالغ می‌شود، توزیع بارندگی به‌ترتیبی است که مثلاً در تابستان، کمبود آب برای کشاورزی وجود دارد. در ترازنامه‌ی آبی ایران، مابه‌التفاوت تبخیر واقعی سالانه (۱۸۰ میلی‌متر در سال) و بارندگی سالانه در ایران (۲۵۵ میلی‌متر) سبب می‌شود تا در حدود یکصد میلیارد متر مکعب آب در رودخانه‌های کشور جاری شده و تقریباً به همین مقدار به منابع آب زیرزمینی در آبرفت‌های دشت‌ها و سازندهای آهکی کشور پیوند و منابع آب زیرزمینی کشور را تشکیل دهد. برداشت‌های فعلی ما از این منابع عبارتست از:

متر مکعب از منابع آب کشور به مصارف کشاورزی، شرب و صنعت می‌رسد که سهم بخش کشاورزی بسیار عمده است.

کل جریان سطحی در حدود ۱۰۰ میلیارد متر مکعب، تغذیه‌ی آبخوان‌های زیرزمینی در حدود ۵۱ میلیارد متر مکعب، و تخلیه و زهکشی از آبخوان‌های آبرفتی کشور در حدود ۵۵ میلیارد متر مکعب است (جدول ۲)، ولی توزیع بسیار نامتوازن منابع آب در سطح کشور (به‌نحوی که عمدتاً این منابع در مغرب و شمال ایران جریان دارند) و نیز عدم تطابق منابع آب و خاک موجب شده است که مناطق مرکزی و شرقی کشور با کمبود آب مواجه باشند، و در مناطق غربی نیز به دلیل شرایط نقشه‌برداری<sup>۲</sup> استفاده‌ی گسترده از منابع آب ممکن نیست. لذا به نظر می‌رسد برای بهره‌برداری بیشتر گزینه‌ی بی‌جز تنظیم این آب‌ها و انتقال آن به مناطق مستعد وجود ندارد.

#### ۱- رودخانه‌ها

الف) آب تنظیم شده<sup>۲</sup> توسط سدها ۱۳ میلیارد متر مکعب در سال؛  
ب) آب تنظیم نشده ۱۷ میلیارد متر مکعب در سال.

#### ۲- منابع آب زیرزمینی

الف) قنات ۱۰ میلیارد متر مکعب در سال؛  
ب) چشمه‌ها ۱۰ میلیارد متر مکعب در سال؛  
ج) چاه‌ها ۴۰ میلیارد متر مکعب در سال.

۳- کل کشور ۹۰ میلیارد متر مکعب.

#### توان (پتانسیل) منابع آب

با توجه به مطالب بیان شده، به‌طور کلی می‌توان گفت که مقدار آب قابل استفاده حدوداً شامل ۹۰ میلیارد متر مکعب آب‌های سطحی و ۵۰ میلیارد متر مکعب آب‌های زیرزمینی است که در حال حاضر حدود ۲۷ درصد از منابع سطحی و بیش از ۸۰ درصد از منابع زیرزمینی (مجموعاً حدود ۶۸ میلیارد متر مکعب) مصرف می‌شود. برآوردها نشان می‌دهد که امکانات توسعه‌ی بهره‌برداری از منابع آب کشور در حدود ۶۴ میلیارد متر مکعب است که حدود ۹۰ درصد آن را منابع آب سطحی تشکیل می‌دهد. بنابراین اگر چه در بعضی از مناطق ایران بیلان آب زیرزمینی مثبت است، در اکثر مناطق کشور تقریباً از تمام توان آب زیرزمینی یا حتی بیشتر از آن استفاده می‌شود. بنابراین طرح‌های آتی توسعه‌ی منابع آب در ایران عمدتاً متکی بر منابع آب سطحی است. طبق برآورد صورت گرفته در سال ۱۳۶۸ حجم نیاز سالانه به منابع آبی حدود ۸۴ تا ۹۱ میلیارد متر مکعب بوده است که

بخش عمده‌ی منابع آب در غرب کشور از سلسله کوه‌های زاگرس و از سازندهای آهکی ظاهر می‌شود که در سال‌های اخیر ضمن توجه جدی به این منابع آب کارستی، مطالعاتی چند در این خصوص انجام گرفته است. به عنوان مثال می‌توان به مطالعات انجام شده در زمینه‌ی کارست فارس اشاره کرد؛ آب غار علی‌صدر در همدان نیز نمونه‌ی بی‌از آب سازندهای آهکی است. بنابراین فعلاً سالانه در حدود ۹۰ میلیارد



این میزان آب ۵۶ تا ۶۰ درصد توان منابع آب در سطح کشور است. [۵،۴،۳]

## سهم سرانه‌ی آب

مروری کوتاه بر وضعیت منابع آب و رشد فزاینده‌ی جمعیت جوان کشور، نگرانی تکافوی میزان آب برای جمعیت موجود را در بر خواهد داشت. افزایش جمعیت علاوه بر توسعه‌ی اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و نیز ساخت کارخانجات، صنایع و امکانات رفاهی، بهداشتی و... مستلزم وجود منابع آب کافی و قابل استفاده است. امروزه فناوری بدون وجود منابع آبی امری بیهوده می‌نماید، و این نمایانگر اهمیت بیش از پیش این منابع برای جامعه است.

همانطور که قبلاً نیز گفته شد کل آب قابل استفاده ۹۰ میلیارد متر مکعب از آب‌های سطحی و ۵۰ میلیارد متر مکعب از آب‌های زیرزمینی است که در حال حاضر حدود ۲۷ درصد از منابع سطحی و بیش از ۸۰ درصد از منابع زیرزمینی (حدود ۶۸ میلیارد متر مکعب) مصرف می‌شود. با توجه به محدودیت این منابع و رشد بی‌رویه‌ی جمعیت، شاهد کاهش روزافزون میزان سرانه‌ی آب هستیم که براساس آمار موجود این مقدار در حال حاضر در حدود ۲۲۰۰ متر مکعب در سال است. با توجه به جدول ۳، در حال حاضر سهم سرانه‌ی آب ایران در مقایسه با دیگر کشورهای خاورمیانه در مرتبه‌ی اول است و اگر جمعیت ایران با توجه به توزیع سنی آن در سی سال آینده به ۲ برابر برسد و سپس در ۱۲۰ میلیون نفر تثبیت شود، سهم سرانه‌ی آب از منابع داخلی بیش از ۱۰۰۰ متر مکعب برای هر نفر در سال خواهد بود که برای هر گونه فعالیت و توسعه‌ی اقتصادی کفایت می‌کند. اما در صورت عدم کنترل جمعیت، این مقدار بسیار کمتر خواهد بود و بدیهی است ایران نیز در زمره‌ی کشورهایی که با بحران آب مواجه‌اند قرار خواهد گرفت. لازم به ذکر است که رقم ۱۰۰۰ متر مکعب برای هر نفر در سال - که نهادهای اقتصادی سازمان ملل متحد آن را مبنایی برای مقایسه‌ی کشورها از نظر اعمال مدیریت بهتر بر منابع آبی ذکر می‌کنند - پایه و مبنای علمی ندارد و در اتخاذ نظام‌های آبی کشور، همانقدر که سودمندند می‌توانند مورد سوء استفاده نیز قرار بگیرند. تهدید ارقامی از این دست، که

گاهی توسط برخی نهادهای ملی و بین‌المللی عنوان می‌شوند (مانند درآمد سرانه)، فقط مبین وضعیت کل کشور است و نه توزیع آن بین افراد و بخش‌های مختلف.

اگر دو کشور ایران و انگلستان را در نظر بگیریم، سهم سرانه‌ی آب در این دو کشور به ترتیب ۲۲۰۰ و ۱۴۰۰ متر مکعب در سال است؛ یعنی آب قابل دستیابی در ایران بیشتر از انگلستان است. اگرچه فقط یک درصد از آب موجود انگلستان صرف امور کشاورزی می‌شود، در ایران نود درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی است. سهم سرانه‌ی آب در مصر، عربستان، اردن، امارت متحده، فلسطین اشغالی که حتی چند برابر کمتر از استانداردهای صنعتی جهان است، عاملی برای فقدان بهداشت عمومی مطلوب نبوده و این مقدار اندک حتی نتوانسته از صنعتی شدن برخی از این کشورها جلوگیری کند. [۲] البته هنوز به وضوح مشخص نشده است که سهم آب به ازای هر نفر در جامعه‌ی ایران تا چه حد بهینه است ولی به صراحت می‌توان گفت که هر چه سهم سرانه‌ی آب کمتر باشد مانورپذیری در راه رسیدن به توسعه‌ی پایدار در کلیه‌ی ابعاد اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، فرهنگی و... کمتر خواهد بود. به عبارتی می‌توان گفت که همپایی جمعیت و میزان منابع آب باید حفظ شود و این مهم تنها با ایجاد بینش صحیح و عمیق از طریق توجه به توسعه‌ی پایدار و کاربرد آبخیزداری جامع صورت می‌گیرد.

## آلاینده‌های منابع آب کشور

### الف) فاضلاب‌های شهری و صنعتی

آلودگی ناشی از ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی به حدی است که توجه دولت را به سرمایه‌گذاری برای راه‌اندازی شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب و نظام‌های تصفیه‌ی فاضلاب شهری و صنعتی معطوف داشته است. در حال حاضر برنامه‌های ده‌ساله‌ی وزارت نیرو برای احداث تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در بیش از ۳۰۰ شهر کشور مطرح شده است. برنامه‌های کنترلی سازمان حفاظت محیط زیست بر کیفیت پساب خروجی کارخانجات نیز باعث شده است که هر واحد صنعتی ملزم به داشتن یک واحد تصفیه‌ی مناسب شود.

جدول ۳. مقایسه‌ی سهم سرانه‌ی آب شیرین بین ۱۰۰ کشور جهان، ۱۵ کشور خاورمیانه و ایران [۶]

سال	سهم سرانه‌ی آب شیرین برای هر نفر در سال (متر مکعب)			تعداد کشورهای کم‌آب		موقعیت ایران از نظر کم‌آبی
	ایران	خاورمیانه	جهان	جهان	خاورمیانه	
۱۳۴۴	۶۲۰۳	۲۷۵۹	۷۶۳۹	۷	۳	-
۱۳۶۹	۲۰۲۵	۷۲۶	۳۸۹۷	۲۱	۹	-
۱۴۰۴	۸۱۶	۳۰۲	۲۵۷۰	۳۲	۱۲	کم‌آب (در هر سه حالت افزایش جمعیت بالا، متوسط و پایین)

پدیده‌ی رسوب‌گذاری به‌طور فزاینده‌یی بر ظرفیت مخازن سدها و دریاچه‌ها تأثیر می‌گذارد؛ به‌عنوان مثال ظرفیت سد سفیدرود که معادل ۱/۸ میلیارد متر مکعب بوده است، پس از گذشت ۲۰ سال به نصف کاهش یافته است، و به‌طور تقریبی مقدار رسوبات سالیانه در این مخزن حدود ۵۰ میلیون تن در سال برآورد شده است. این مسئله در سد اکباتان نیز باعث کاهش حجم مخزن به یک سوم ظرفیت اولیه شده بود که عملیات لایروبی این مخازن به‌منظور رفع این مشکل صورت گرفت. در سد لتیان نیز پدیده‌ی رسوب‌گذاری مشکل‌زا بوده است به‌طوری‌که تا دریاچه‌های خروجی سد را رسوب فرا گرفته بود.<sup>[۷]</sup>

نوع رسوبات ته‌نشین شده در بستر دریاچه بستگی دارد به این که جریان‌های سطحی ورودی از چه زمین‌هایی و با چه بافتی گذشته باشند، مثلاً اگر تشکیلات گچی در زیر رسوبات مدفون شوند، کاهش کیفیت آب در اثر افزایش سولفات کلسیم کاهش می‌یابد. از آنجا که رسوبات بستر دریاچه‌ها حاوی مقادیر زیادی از اجساد زئوپلانکتون‌ها و... است، معمولاً یک سری واکنش‌های بی‌هوازی در این منطقه صورت می‌گیرد که منجر به متصاعد شدن گازهایی نظیر  $H_2S$  و  $CH_4$  می‌شود که این گازها در واکنش با آب ایجاد یک سری ترکیبات آلی می‌کنند که به نوبه‌ی خود بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند. با توجه به پدیده‌ی رسوب‌گذاری در سدهای ایران، که منبع اصلی تأمین آب شرب شهری‌اند، لازم است که موضوع به شکل مناسب‌تری مورد توجه قرار گیرد.

### ج) غذا سرشاری<sup>۴</sup> (پدیده‌ی مغذی شدن منابع آب)

ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به منابع آب شیرین که عمدتاً حاوی موادی نظیر فسفات‌ها و نیترات‌ها هستند باعث رشد فزاینده‌ی موجودات گیاهی، از جمله جلبک‌ها و فیتوپلانکتون‌ها شده‌اند. این امر در نهایت به شکل‌گیری سریع سوخت‌وسازهای سلولی و پدیده‌ی «شکوفه جلبکی»<sup>۵</sup> می‌انجامد. همزمان با فعالیت‌های حیاتی گیاهان، اکسیژن محلول اکوسیستم نیز افزایش می‌یابد که البته در طول تولید مثل موادی مانند رنگیزه‌های جلبکی و مواد حاصل از فعل و انفعالات زمینی، به محیط آب اضافه می‌شوند که قطعاً بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند. رشد فزاینده‌ی جلبک‌ها و محدودبودن منابع غذایی در نهایت به مرگ و میر جلبک‌ها منجر می‌شود، و وجود پیکره‌ی جلبک‌ها در محیط آبی، باعث تولید مقادیر زیادی مواد آلی، و در نتیجه حذف سریع اکسیژن محلول اکوسیستم و بی‌هوازی شدن نظام می‌شوند. شرایط بی‌هوازی به علت تولید گازهای  $H_2S$  و  $CH_4$  و... به کاهش کیفیت آب می‌انجامد. این مسئله در ایران نیز به‌طور

نگرانی دیگر در مورد سرنوشت بسیاری از ضایعات خطرناک است که همراه با فاضلاب‌ها دفع می‌شوند، مانند فلزات سنگین نظیر جیوه، وانادیم و... که متأسفانه در مورد شیوه و مقدار ورود این فلزات به منابع آب و همچنین روش‌های حذف و کنترل اینگونه فلزات تحقیقات جامعی صورت نگرفته است. در حال حاضر بخش «کمیسیون محیط زیست و توسعه‌ی پایدار» در شورای پژوهش‌های علمی کشور ضمن بررسی تأثیر این آلودگی‌ها بر دو بخش منابع آب شیرین و منابع آب شور و نیز راهکارهای پایش و کنترل هر یک از این منابع در شرایط خاص، تحقیقات زیر را در اولویت قرار می‌دهد:

- بررسی وضعیت آلودگی در خلیج فارس؛
- تعیین مناسب‌ترین روش تصفیه‌ی فاضلاب با توجه به شرایط آب و هوایی کشور؛
- مدل‌سازی نحوه‌ی نقل و انتقال آلودگی آب‌های ساحلی ایران؛
- بررسی کیفیت آب رودخانه‌های مهم کشور از نظر روند آلودگی؛
- مدل‌سازی ریاضی در مورد پراکندگی آلودگی آب‌های زیرزمینی؛
- تعیین مناسب‌ترین روش‌های حذف فلزات سنگین؛
- بررسی نظام‌های نوین تصفیه‌ی فاضلاب صنعتی.<sup>[۶]</sup>

### ب) رسوب‌گذاری

به‌طورکلی، پدیده‌ی رسوب‌گذاری و اثرات آن بر کیفیت آب، در مخازن سدها و دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها شکل می‌گیرد. اثرات ناشی از رسوب‌گذاری بر پارامترهای کیفی آب را می‌توان در دو بخش منابع آب شیرین و شور در نظر گرفت. ولی از آنجایی که حساسیت موضوع بیشتر روی منابع آب شیرین است در اینجا تکیه‌ی بحث روی منابع آب شیرین است.

علاوه بر تأثیرات جانبی رسوب‌گذاری در کاهش ظرفیت مخازن سدها و دریاچه‌های داخلی، نوع رسوبات بستر دریاچه یا مخزن می‌تواند به دلیل فعل و انفعالات شیمیایی و زیست‌شناختی بر کیفیت آب تأثیر بگذارد.

در ایران نیز به علت شرایط خاص آب و هوایی و زمین‌شناسی، و نیز عدم پوشش گیاهی کافی و نحوه‌ی استفاده از زمین، مقدار بار رسوبی رودخانه‌ها، بخصوص هنگام جاری شدن سیلاب‌های بهاره و پاییزه که قسمت اعظم آب سالیانه را تشکیل می‌دهند، زیاد است و غلظت مواد رسوبی بعضاً به بیش از ۵۰۰ گرم در لیتر می‌رسد. تخمین می‌زنند که در هر ثانیه بیش از ۳۰۰ کیلوگرم مواد رسوبی وارد مخازن سدها و دریاچه‌های داخلی کشور می‌شود. در بین مخازن سدهای ساخته شده در ایران، ۱۰ سد با ظرفیت بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب و ۵ سد دارای ظرفیت بیش از یک میلیارد متر مکعب است.



گسترده‌یی وجود دارد؛ برای مثال می‌توان به سد میناب اشاره کرد.

#### (د) لایه‌بندی<sup>۶</sup>

لایه‌بندی یک فرایند حرارتی است و تابع عوامل مختلف نظیر بهره‌برداری، ریخت‌شناسی (مورفولوژی)، عمق، شرایط جغرافیایی محیط، نسبت جریان ورودی به حجم مخزن و نسبت عمق به طول دریاچه است. ایجاد «لایه‌های رویی»<sup>۷</sup>، «لایه‌های زیرین»<sup>۸</sup> و «لایه‌های با دمای متغیر»<sup>۹</sup> در دریاچه‌های پشت سد و دیگر منابع آبی تا حد زیادی می‌توانند بر پارامترهای کیفی آب تأثیر بگذارند. در لایه‌های زیرین ممکن است کاهش اکسیژن محلول باعث ایجاد شرایط بی‌هوازی شود، که در این صورت گازهای مختلف متصاعد شده باعث شناور شدن قطعات مواد آلی در سطح آب می‌شود. بهم خوردن لایه‌بندی آب‌ها در فصول بهار و پاییز به نوبه‌ی خود به افزایش ناگهانی مواد غذایی و شکوفندگی جلبک‌ها، و در نتیجه کاهش شدید کیفیت آب می‌انجامد.<sup>[۸]</sup>

### نقش عوامل طبیعی در آلودگی منابع آب (الف) خشکسالی

ناسازگاری‌های طبیعت در سال‌های گذشته به تکرار ثابت کرده است که بروز خشکسالی، منابع طبیعی آب کشور را به طور جدی تحت تأثیر قرار می‌دهد. منابع آب نظیر چاه‌ها، چشمه‌ها و بویژه قنات‌ها که یکی از شاهکارهای گذشتگان این مرز و بوم‌اند، دچار بی‌آبی و خشکی شده‌اند. به‌عنوان مثال ظرف مدت ده سال، یعنی از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۶۱، بالغ بر ۱۸۰ رشته از قنات‌های استان کرمان بایر شده است؛ به عبارت دیگر ۱۰۰ درصد قنات‌های زرنده، ۳۵ درصد قنات‌های رفسنجان، حدود ۴۲ درصد قنات‌های سیرجان، و بالاخره ۶۱ درصد از قنات‌های راوند کرمان خشک شده‌اند که جای بسی تأسف است.

در ایران بسیاری از رودها به‌صورت فصلی پرآب می‌شوند و در سال‌های کم آبی به شدت از جریان آنها کاسته و یا به طور کلی خشک می‌شوند. تأثیر دوره‌های خشکسالی بر آبدهی کلی چشمه‌ها و چاه‌ها نیز امری مسلم و بدیهی است که به‌صورت بارزتری خود را نشان می‌دهد و کاهش سریع آبدهی چاه‌ها را در سال‌های کم‌باران به آسانی می‌توان مشاهده کرد. این خشکسالی‌ها بویژه در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی کشور که وسعت زیادی از منطقه را فرا گرفته است بر وخامت اوضاع منطقه می‌افزاید. استان‌هایی نظیر سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان، قسمت اعظم فارس، یزد و منطقه وسیعی از استان‌های خراسان، سمنان و زنجان از مشکلات کم‌آبی

رنج می‌برند. این مسئله، بویژه در استان‌های جنوب شرقی کشور شکل پیچیده‌تری به خود می‌گیرد و مشاهده می‌شود که حتی تأمین آب آشامیدنی این مناطق نیز با مشکل مواجه است، که به‌طور گسترده‌یی بر ابعاد مختلف زندگی ساکنین تأثیرگذار است. پس می‌توان گفت که خشکسالی‌ها نیز یکی از عوامل مهم در تشدید مسئله بحران آب کشورند که باید به‌طور جدی مورد بررسی و تدقیق کافی قرار گیرند.

#### (ب) زلزله

با توجه به قرار گرفتن ایران در کمربند زلزله‌خیز جهان، زلزله‌های زیادی با شدت‌های مختلف در نقاط مختلف ایران بویژه در مناطق مرکزی، شمال و شمال غربی رخ داده است. وجود منابع آبی از قبیل سدهای بزرگ، قنات‌ها و چاه‌ها در این مناطق همواره ما را نیازمند پیش‌بینی‌هایی برای محافظت مطمئن‌تر از این منابع ساخته است. در زلزله‌ی اخیر شمال کشور مشاهده شد که بسیاری از منابع آب تحت تأثیر این سانحه‌ی طبیعی قرار گرفتند. ایجاد ترک در سد منجیل، که مجدداً بررسی و بازسازی شد، یکی از نمونه‌های بارز و روشن آسیب‌پذیری منابع آبی است. اثر زمین‌لرزه‌ها بر رشته‌قنات‌ها در دهه‌های گذشته، یکی از اصلی‌ترین دلایل تخریب و نابودی این منابع آبی بوده است؛ نبود سیاست مشخص در توجه به این صنعت بی‌نظیر و ارزان تأمین آب از یک سو، و رخداد زمین‌لرزه‌های متعدد در مناطقی نظیر جنوب خراسان و مناطق مرکزی از سوی دیگر، باعث ریزش دیواره‌ها و پرشدن قنات‌ها شده است (در جاهایی که از مصالحی نظیر آجر و کول استفاده نشده است ریزش دیواره‌ها بیشتر بوده است). تأثیر زمین‌لرزه بر چاه‌ها نیز مانند قنات‌ها، ولی در اندازه‌ی کمتر، قابل بررسی و تعمق بوده و این اندیشه را مطرح می‌سازد که آسیب‌پذیری منابع آبی از این سانحه‌ی طبیعی تا چه اندازه بوده و چگونه می‌توان برای غلبه بر آن برنامه‌ریزی دقیقی داشت.<sup>[۹ و ۱۰]</sup>

#### (ج) سیلاب

مسئله کم آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مرکزی و جنوبی ایران، به دو علت این مناطق را رنج می‌دهد. در این مناطق بارندگی‌های بسیار کم در زمان‌های کوتاه و با شدت بسیار زیاد رخ می‌دهد که این مسئله به علت بافت منطقه و نیز عدم وجود پوشش گیاهی مناسب باعث جاری‌شدن سیلاب در منطقه می‌شود، این سانحه علاوه بر نتایجی نظیر فرسایش لایه‌ی حاصلخیز خاک، پرکردن منابع آب‌پذیر از گل و لای، تأثیر بر کیفیت منابع آب‌پذیر و مسائل خاص اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و غیره به‌طور فزاینده‌یی بر منابع آب

خاص، موفق شود. اگر چه این کوشش‌ها در برهه‌یی از زمان موقتاً مثمر ثمر بوده‌اند، پس از گذشت اندک زمانی، مشکلات مجدداً خود را نشان داده‌اند.

توسعه‌ی پایدار در بخش منابع آب به‌عنوان یک آرمان اساسی در این نظام فراگیر و جامع مطرح است. ایجاد توازن و تعادل بین ابعاد فرهنگی، اقتصادی، زیست‌محیطی و... با توجه به کلیه‌ی عوامل و خصوصیات درگیر منطقه‌ی مورد نظر به‌نحوی که علاوه بر فراهم آوردن امکان زندگی سالم برای جمعیت موجود، شانس استفاده از منابع را به‌شکل تعریف شده میسر سازد، تعریفی ساده و گویا برای واژه‌ی «توسعه‌ی پایدار» است. تاکنون کوشش زیادی برای یافتن سامانه‌ی مدون به‌منظور شکل‌دادن نظامی فراگیر و جامع، صورت گرفته است. در این جا، ضمن طرح «آبخیزداری جامع» به عنوان نظامی فراگیر و جامع، سعی می‌شود که در بیان و توضیح اهداف، چگونگی نیل و رسیدن به این اهداف نیز مطرح شود.

### آبخیزداری جامع

امروزه «ارزیابی اثرات زیست‌محیطی» (EIA)<sup>۱۰</sup> به‌عنوان راهکاری مطمئن در شناخت خصوصیات زیست‌محیطی و برآورد اثرات ناشی از تغییر در این خصوصیات مطرح است. منابع آب نیز به‌عنوان یکی از خواص زیست‌محیطی در قالب این دانش قابل مطالعه و بررسی است. آبخیزداری جامع در این میان می‌تواند در تلفیق با این دانش به‌صورتی کارآمد و مطمئن همزمان جهت تجزیه و تحلیل وضعیت منابع آب و عوامل مؤثر بر آن مورد استفاده قرار گیرد.

آبخیز یا حوزه پهنه‌یی است که رواناب<sup>۱۱</sup> (سیلان) ناشی از بارش وارد بر روی آنرا، یک رودخانه، آبرو، دریاچه یا یک آب‌انباشت دریافت می‌کند و بالطبع می‌توان گفت که آبخیزداری عبارت است از استفاده‌ی صحیح از اراضی آبخیز طبق برنامه‌های از قبل طرح‌ریزی شده، مانند کنترل فرسایش (تنظیم سیلابی)، رسوب‌گذاری و اصلاح پوشش گیاهی و سایر منابع مشابه.<sup>۱۴</sup> بنا به تعاریف ذکر شده آشکار است که آبخیزداری جامع می‌تواند مدیریت یک آبخیز را با کلیه‌ی عوامل مؤثر بر خصوصیات کمی و کیفی آن در بر بگیرد. در اینجا سعی می‌کنیم که ابتدا منطقه‌ی مورد مطالعه را به‌مثابه یک آبخیز در نظر بگیریم و سپس از آغاز برخورد یک قطره‌ی باران بر این آبخیز تا پایان چرخه‌ی آب‌شناسی<sup>۱۲</sup> آن که می‌تواند تبخیر شده، به داخل زمین نفوذ کند یا به منابع آب راه پیدا کند و به سایر موجودات منتقل شود... روش‌های آبخیزداری را با توجه به کلیه‌ی خصوصیات زیست‌محیطی و عوامل مؤثر بر آنها و تأثیر آنها بر منابع آب مزبور توضیح دهیم.

منطقه — عمدتاً قنات‌ها و چاه‌های عمیق — تأثیر می‌گذارند. ورود جریان‌های آب سطحی همراه با آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی می‌تواند به سرعت باعث آلودگی منابع آب فوق شوند. از سوی دیگر گذر این جریان‌های سطحی از نمک‌زارها، شوره‌زارها یا مناطق دارای تشکیلات گچی و آهکی می‌تواند حجم زیادی از مواد شیمیایی نظیر انواع نمک‌ها و ترکیبات آهکی، و گل و لای را به منابع آب‌پذیر نظیر رودخانه‌های فصلی یا دائمی پایین دست منتقل کند، که در نهایت بر کیفیت آب‌های این منابع از یک سو و بر کیفیت ظرفیت آبیگری منابعی نظیر دریاچه‌های پشت سد که جایگاه نهایی رسوب‌گذاری هستند تأثیر منفی دارد.

بر اثر فرسایش خاک در مناطق بالا دست سدها، سالانه بیش از ۱۰۰ میلیون تن مواد آبرفتی وارد دریاچه سدها می‌شود. مثلاً در مورد سد سفیدرود براساس محاسبات مخزن، پیش‌بینی شده بود که پس از ۱۱۰ سال با رسوبات پر شود. ولی بررسی‌های انجام شده در سال ۱۳۵۹ نشان می‌دهد که رسوبات حدود ۸۰۰ میلیون متر مکعب از مخزن سد را فقط در عرض ۱۹ سال پر کرده‌اند. با این وضعیت طبیعی است که این سد هیچگاه قادر به آبیاری زمین‌های کشاورزی پایین دست با وسعت حداقل ۲۴۰ هزار هکتار در زمان پیش‌بینی شده نیست. یکی از مهم‌ترین عواملی که می‌تواند علیرغم داشتن منابع آبی مناسب یا نامناسب، بر مسئله‌ی بحران‌های آبی تأثیر بگذارد، روش‌های مدیریت منابع آب و اعمال برنامه‌های کاربردی دقیق در بهره‌برداری و استفاده از منابع آبی است. متأسفانه در کشور ما بسیاری از منابع آبی در نتیجه‌ی عدم رعایت اصول مدیریتی صحیح از بازدهی پایین تری برخوردارند و گاه اهداف منظور شده را به‌هیچ‌وجه برآورده نمی‌سازند.<sup>۱۵</sup>

### آبخیزداری جامع، راهکاری برای حل مشکلات ناشی از بحران آب

توسعه‌ی پایدار در بخش آب جز با جامع‌نگری در مدیریت آب امکان‌پذیر نیست. مدیریت جامع آب نیز به‌نوبه‌ی خود، تنظیم‌کننده‌ی ارتباط بخش آب با توسعه‌ی اجتماعی و اقتصادی است و از آنجا که آب به‌عنوان یک پارامتر زیست‌محیطی تحت تأثیر عوامل مختلف و خصوصیات دیگر زیست‌محیطی قرار دارد، ضرورت یافتن یک راهکار مناسب که بتواند بر کلیه‌ی این عوامل و خصوصیات و همچنین ارتباطات متقابل آنها اشراف داشته باشد، حس می‌شود. در گذشته جهت تحقق این هدف کوشش‌هایی شده است که متأسفانه به علت محدودیت نظام‌های بینشی نتوانسته است در حل مسائل و مشکلات مربوط به محیط زیست به طور عام، و مسئله‌ی آب به‌طور



- به جرأت می توان گفت که چرخ های ماشین مدیریتی باید از زمانی که قطرات باران بر زمین گرم می نشینند به حرکت درآید. فرسایش ناشی از برخورد قطرات باران با سطح زمین، شست و شوی های سطحی ناشی از روانابها، تأثیر روانابها بر خصوصیات کیفی و کمی خاک و حیات گیاهان و جانوران و اثرات متقابل آنها، اثرات بارش و روانابها بر انسان هایی که غالباً در روستاها و جوامع کوچک زندگی می کنند و تأثیراتی که این انسانها، بسته به فرهنگ منطقه و الگوهای زندگی ایران، بر این منابع آب دارند همگی جزئی از عمده خواص زیست محیطی اند که در آبخیزداری جامع باید به آنها پرداخت و به طور دقیق و علمی مورد بررسی و مطالعه قرار داد. شاید هنوز باور کارآیی این نوع مدیریت در حل مشکلات منابع آب بارور نشده باشد، ولی بدیهی است از آنجا که آبخیزداری جامع کل آبخیز را مورد مطالعه قرار می دهد، کلیه پارامترها و خصوصیات و عوامل درگیر را شامل می شود و نتیجه حاصل نیز به طور یقین مورد اطمینان و کاراست.
- تأثیر متقابل عوامل زیست محیطی و منابع آب
- به طور کلی عوامل زیست محیطی در هشت دسته تقسیم بندی می شوند. بررسی و مطالعه فراگیر کلیه این عوامل و اثرات متقابل آنها با توجه به ابعاد مختلف فرهنگی، اقتصادی، سیاسی و ... صورت می گیرد. از دید آبخیزداری جامع، این هشت دسته عامل زیست محیطی در یک آبخیز و در تلفیق با «ارزیابی اثرات زیست محیطی»، به شرح زیر مورد توجه قرار می گیرد:

#### هوا

- ۱- عامل انتشار؛
- ۲- ذرات معلق؛
- ۳- ترکیبات مختلف نظیر اکسیدهای گوگرد، نیتروژن و...؛
- ۴- هیدروکربن ها، منواکسیدکربن و مواد سمی خطرناک؛
- ۵- شرایط آب و هوایی؛
- ۶- وضعیت بارندگی؛
- ۷- درجه ی حرارت؛
- ۸- رطوبت هوا؛
- ۹- جهت باد.

#### آب

- ۱۰- آبدهی مطمئن؛
- ۱۱- تغییرات جریان؛

- ۱۲- مواد نفتی؛
  - ۱۳- آلودگی حرارتی؛
  - ۱۴- اسیدها و قلیاها؛
  - ۱۵- اکسیژن مورد نیاز از نظر زیست شیمیایی (BOD)؛
  - ۱۶- اکسیژن محلول (DO)؛
  - ۱۷- رادیواکتیو؛
  - ۱۸- مواد جامد معلق؛
  - ۱۹- مواد جامد محلول؛
  - ۲۰- مواد غذایی موجود در آب؛
  - ۲۱- ترکیبات سمی؛
  - ۲۲- زندگی آبزیان؛
  - ۲۳- کلیفرم مدفوعی.
- زمین
- ۲۴- فرسایش خاک؛
  - ۲۵- خطرات طبیعی؛
  - ۲۶- الگوهای استفاده از زمین.

#### اکولوژی

- ۲۷- جانوران اهلی و وحشی؛
- ۲۸- پرندگان شکاری؛
- ۲۹- پرندگان و پستانداران شکاری کوچک اندام؛
- ۳۰- ماهی، صدف و مرغ های آبی؛
- ۳۱- غلات مزرعه؛
- ۳۲- گونه های در معرض انقراض؛
- ۳۳- پوشش گیاهی؛
- ۳۴- گیاهان آبی.

#### صوت

- ۳۵- تأثیر بر رفتارهای فیزیولوژیک؛
- ۳۶- تأثیر بر رفتارهای روانی؛
- ۳۷- تأثیر بر رفتارهای ارتباطی؛
- ۳۸- تأثیر بر رفتارهای کاری؛
- ۳۹- تأثیر بر عملکردهای اجتماعی.

#### جنبه های انسانی

- ۴۰- روش های زندگی؛
- ۴۱- نیازهای روانی؛

مستقیم خواص زیست‌محیطی است. جنبه‌های کمی و کیفی این خواص در بخش منابع آب، که در اینجا به‌عنوان گروه آسیب‌پذیر مورد مطالعه قرار گرفته است، مورد توجه قرار می‌گیرد.

#### الف) جنبه‌های کمی

وجود منابع آب در یک آبخیز و عدم امکان توسعه‌ی این منابع، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات مطرح در خصوص عمران آب، باید مورد توجه قرار گیرد. وجود منابع آب‌های سطحی نظیر دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، جویبارها و منابع آب‌های زیرزمینی مثل چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها در یک آبخیز را باید به دقت بررسی، و طی آزمایش‌های خاصی، مقدار آبی را که می‌توان به‌دست آورد بررسی کرد. آبدهی مطمئن یک منبع آب به‌عنوان مهم‌ترین خاصه‌ی زیست‌محیطی در بخش آب مطرح است. توجه به الگوهای مصرف آب در جامعه، اتخاذ روش‌ها و برنامه‌های آموزشی جهت بهینه‌سازی این الگوها، رعایت حریم منابع آب و تأکید بر ضوابط قانونی جهت حفاظت از این منابع، توجه به پوشش‌های گیاهی منطقه و ارائه‌ی راهکارهایی جهت کاهش اتلاف آب از طرق مختلف، توجه به مسئله‌ی رسوب‌گذاری در منابع آب‌های سطحی را کد نظیر دریاها، دریاچه‌ها و مخازن پشت سد به‌منظور جلوگیری از کاهش ظرفیت مفید این منابع آبی و... از جمله مواردی هستند که در حفظ کمیّت منابع آب مؤثرند. تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی با منابع آب‌های سطحی، بویژه رواناب‌های سطحی سرگردان، علاوه بر کنترل سیلاب‌ها می‌تواند در غنی‌سازی منابع آب زیرزمینی مؤثر باشد. این امر برای جلوگیری از تبخیر و اتلاف آب در آینده قابل استفاده است.

#### ب) جنبه‌های کیفی

امروزه بحث آلودگی‌های منابع آب یکی از داغ‌ترین و پرتعدادترین بحث‌هایی است که از سوی کارشناسان منابع آب و محیط زیست مطرح می‌شود. تنوع گسترده‌ی آلاینده‌ها متخصصین را بر آن داشته است که در این رابطه کوشش‌های وافری به‌منظور شناخت راه‌های ورودی این آلاینده‌ها به منابع آب انجام دهند. آلاینده‌هایی از قبیل فاضلاب‌های شهری و صنعتی، مواد نفتی و رادیواکتیو، ترکیبات سمی و فلزات سنگین، و ترکیبات نمکی و معدنی به‌طور جدی منابع آب را تهدید می‌کنند.

غلظت بالای مواد جامد معلق و محلول در منابع آب علاوه بر تأثیر در جنبه‌های زیباشناختی و ظاهری آب بر زندگی آبزیانی نظیر ماهی‌ها و گیاهان آیزی تأثیر می‌گذارد، به نحوی که در درازمدت این تأثیر در جنبه‌های کیفی آب پدیدار می‌شود. آلودگی‌های حرارتی

۴۲- سامانه‌های فیزیولوژیکی؛

۴۳- نیازهای اجتماعی؛

#### اقتصاد

۴۴- پایداری اقتصادی در منطقه؛

۴۵- مرور و مطالعه‌ی آن بخش از جامعه؛

۴۶- مصرف سرانه؛

#### منابع

۴۷- منابع سوختی؛

۴۸- منابع غیر سوختی؛

۴۹- جنبه‌های زیباشناختی. (۱۱ و ۱۲)

مدیریت جامع تنها زمانی در راهبری یک سامانه موفق است که بتواند کلیه‌ی اجزاء سامانه را بشناسد و با توجه به ارتباطات میان اجزاء راهکارهای مطمئن راهبردی برای آنها توصیه کند. بدیهی است آبخیزداری جامع به‌عنوان مدیریتی فراگیر و به‌علت اینکه می‌تواند یک منطقه را در قالب یک آبخیز همراه با کلیه‌ی اجزاء آن بررسی کند، قادر به حل مشکلات و مسائل این اجزاء خواهد بود. در یک آبخیز این اجزاء کلیه‌ی خواص زیست‌محیطی و عوامل مؤثر بر آنها را با توجه به ابعاد مختلف فرهنگی، اقتصادی، سیاسی و... شامل می‌شود.

#### هوا

اگر چه نقش تأثیرات جوی در بحران آب به‌طور جدی مورد مطالعه قرار نگرفته است، ولی توجه به وجود آلاینده‌های مختلف - نظیر اکسیدهای گوگرد، نیتروژن، اکسیدهای نوریسمیایی و... - بر کیفیت آب‌های حاصل از بارندگی تأثیر بسیار می‌گذارند. به‌عنوان مثال ترکیب گاز  $SO_2$  با قطرات آب در حین بارندگی منجر به تولید اسید سولفوریک (باران اسیدی) می‌شود که علاوه بر آسیب‌های اقتصادی بر کیفیت آب‌های سطحی، خواص فیزیولوژیکی و ریخت‌شناختی اجزاء آبخیز و در نهایت بر کیفیت آب‌های زیرزمینی تأثیر دارد. توجه به پارامترهای هواشناختی نظیر درجه‌ی حرارت، جهت باد، میزان رطوبت و وضعیت بارندگی منطقه نیز از جمله مسائلی است که باید ضمن شناخت آنها، اثراتشان را بر دیگر خواص زیست‌محیطی بررسی کرد.

#### آب

مطالعاتی که در گذشته به‌صورت متمرکز یا پراکنده در رابطه با بحران آب صورت گرفته است بیشتر در مورد منابع آب، اجزاء و اثرات



نظر، تأثیر می‌گذارد. این نوع تغییر الگو علاوه بر آثار فوق‌الذکر در درازمدت باعث ایجاد پوشش گیاهی مناسب، کاهش فرسایش خاک، افزایش نفوذ آب‌های سطحی به زمین و حفظ منابع آب می‌شود. مثال دیگر در این زمینه آموزش در نحوه‌ی شیار زمین‌های زراعی است که متأسفانه در بیشتر نقاط به دلیل عدم آگاهی، جهت شیاری هم‌جهت با شیب منطقه است و همین امر باعث تسریع فرسایش خاک می‌شود که در نتیجه مسائل و مشکلات بعدی را به دنبال خواهد داشت.

### اکولوژی

تأثیر متقابل حیات وحش (گیاهان و جانوران) بر منابع آب از جمله مسائلی است که بیشتر بر زندگی گونه‌های جانوری و گیاهی تأکید دارد. اگرچه تاکنون پژوهش دامنه‌دار و فراگیری پیرامون آثار پرندگان مهاجر، جانوران بزرگ، ماهی‌ها، صدف‌ها و یا گیاهان آبی بر منابع آب صورت نگرفته است ولی به‌طور خاص تأثیر جلبک‌ها، چه از طریق پدیده‌ی غذاسرشاری و چه از طریق تولید ترکیبات سمی، بر برخی از گونه‌های سمی نظیر آنابنا (*Anabna*) و میکروسیستیس (*microcistis*) بر جنبه‌های کیفی آب امری واضح و روشن است. حضور و مهاجرت پرندگانی نظیر پلیکان، فلامینگو و... از دریاچه‌یی به دریاچه‌ی دیگر، در نگاه اول علاوه بر طرح موضوع آلودگی‌های کلیفرمی در برهه‌یی از زمان، نیاز به اطلاعات بیشتر برای پژوهش در زمینه‌ی تأثیر زندگی این پرندگان بر منابع آبی را نیز مطرح می‌سازد.

بدیهی است که وجود جانوران بزرگ اهلی و وحشی در یک اکوسیستم، آهنگ مصرف آب را همراه با ایجاد آلودگی‌های جنبی افزایش می‌دهد. در این رابطه نیز تاکنون تحقیق قابل توجهی با دیدگاه زیست محیطی و میزان اثر آن بر منابع آب و مسئله‌ی بحران آب صورت نگرفته است.

### صوت

ایجاد رابطه بین منابع آبی زیست محیطی با پدیده‌ی صوت شگفت‌انگیز است، ولی بررسی‌های علمی در کشورهایی نظیر نیوزیلند نشان داده است که صوت به‌عنوان عامل مؤثر بر خواص زیست محیطی می‌تواند حتی به پوشش گیاهی منطقه و گیاهان و جانوران صدماتی وارد سازد. در نیوزیلند وارد شدن کشتی‌های مجهز به بوق‌های با صدای بلند به خلیج‌های همجوار ساحل ممنوع شده است. اعمال محدودیت صوتی برای صنایع بزرگ و کوچکی که در منطقه وجود دارند، نشان از حساسیت و شناخت مسؤولان امر نسبت

ناشی از صنایع همجوار منابع آب، وجود ترکیبات مواد رادیواکتیو در نتیجه‌ی گذر آب از مناطق حاوی این مواد یا دفع فاضلاب‌های محتوی مواد رادیواکتیو، از جمله عواملی هستند که بحران آب را به‌طور فزاینده‌یی گسترش می‌دهند.

شیوع درصد بالایی از بیماری‌های واگیر – نظیر وبا، انواع اسهال‌ها و بیماری‌های انگلی، لپتوسپیروز<sup>۱۲</sup>، بیماری کوری رودخانه، بیماری شیتستوزومیاز<sup>۱۴</sup> – و تأثیر آن بر زندگی انسانی و آثار جانبی آن بر ابعاد اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و بهداشتی و در نهایت انعکاس این آثار بر منابع آب، موضوعی است که توجه به جنبه‌های کیفی آب را بیش از پیش با اهمیت می‌سازد.<sup>[۱۳]</sup>

### زمین

معمولاً خاک تحت تأثیر عوامل جوی همچون باد، تغییرات درجه حرارت، الگوهای نامناسب استفاده از زمین و به‌طور عمده جریان آب‌های سطحی و سیلاب‌ها دچار فرسایش می‌شود. فرسایش خاک تحت تأثیر عواملی همچون حذف پوشش‌های گیاهی و جنگل‌کاری از طریق حوادثی همچون آتش‌سوزی‌ها و غیره تشدید می‌یابد. سوانح طبیعی از قبیل زلزله، آتشفشان، سیلاب، طوفان و خشکسالی‌ها با تأثیر مستقیم بر ساختار کلی زمین‌ها موجب دگرگونی کمی و کیفی منابع آب می‌شوند.

فرسایش خاک و حمل آن از طریق جریان‌های سطحی به منابع آب بویژه دریاها، دریاچه‌ها و مخازن سدها باعث ایجاد تغییرات منفی در جنبه‌های کمی و کیفی منابع آب می‌شود. معمولاً آتش‌سوزی‌ها، آتشفشان‌ها، خشکسالی‌ها، و طوفان به علت تخریب مناطق جنگلی و حذف پوشش گیاهی بر میزان نفوذ آب‌های سطحی به سفره‌های آب‌های زیرزمینی تأثیر منفی عمده داشته‌اند. زمین‌لرزه‌ها نیز از طریق تخریب منابع آب از جمله قنات‌ها و چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق باعث حذف موقت یا دائمی یک منبع آب می‌شوند.

الگوهای نادرست کاربری زمین نیز به‌نوعی می‌توانند علاوه بر تأثیرات مثبت یا منفی در ابعاد اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و ... ساکنین جامعه، در میزان فرسایش یا نگهداشت خاک مؤثر باشند. به‌عنوان مثال در منطقه‌ی استهبان فارس، زمین‌های اطراف شهر معمولاً بایر و عاری از پوشش‌های مناسب گیاهی بود. طرح درختکاری با درختان انجیر که به‌عنوان یک طرح موفق مطرح است علاوه بر تأمین منابع اقتصادی برای ساکنین جامعه به‌طور غیرمستقیم بر دیگر ابعاد زندگی، از جمله بر بُعد اجتماعی از طریق جلوگیری از مهاجرت، و بر بُعد فرهنگی از طریق ایجاد بازار فروش و امکان تبادل

کاهش دهد. کاهش سرانه‌ی آب و بالا رفتن مصرف یکی از نتایج منفی اقتصاد خوب در یک آبخیز است.

### منابع سوختی و غیر سوختی

تأثیر منابع سوختی - نظیر میدان‌های نفتی، معدن‌های زغال سنگ و منابع گاز - و نیز منابع غیر سوختی - نظیر معادن سنگ‌های کانی و فلزات مختلف - بر منابع آب یکی دیگر از مسائلی است که باید در آبخیزداری مورد توجه قرار گیرد. آلودگی‌های نفتی ناشی از میدان‌های نفتی در دریاها، و اثرات این آلودگی‌ها بر زندگی آبزیان و پرندگان مصرف‌کننده‌ی این آبزیان، تأثیر میدان‌های نفتی بر سفره‌ی آب‌های زیرزمینی و منابع آب شیرین و همجوار، تأثیر استخراج سنگ‌های معدنی و عملیات حفاری، و نیز حذف منابعی مانند منابع جنگلی و زیست‌محیطی از جمله مواردی هستند که باید به‌طور کامل بررسی و مطالعه شوند. [۱۱، ۱۲ و ۱۳]

### نتیجه‌گیری

به‌منظور مدیریت بحران آب، مدیریتی جامع و همه‌سوی در قالب آبخیزداری جامع مطرح می‌شود. در این شیوه‌ی مدیریت، روش ارزیابی اثرات محیطی مؤثرترین ابزار راهبردی است که کاربرد آن با نگرشی فراگیر و جامع می‌تواند کلیدی و ویژگی‌های زیست‌محیطی را تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار دهد. استفاده از این ابزار به‌عنوان یک سازوکار موفق و پویا در چارچوب آبخیزداری - که مجموعه‌ی از سامانه‌های زیست‌محیطی و طبیعی یک منطقه را دربر می‌گیرد - راهکاری مناسب برای مقابله با مشکلات منابع آب کشور است.

پدیده‌ی خشکسالی و کمبود میزان بارندگی در سطح کشور از یک سو، و رشد روزافزون جمعیت و افزایش مصرف و در نتیجه افزایش آلاینده‌های ورودی به منابع آب از سوی دیگر، همه و همه نمایانگر نیاز واقعی به تحول در ساختار مدیریتی منابع آب است. این امر می‌تواند در شرایط کنونی ضمن شناساندن نکات ضعف و قوت موجود ما را در رفع نارسایی‌ها و مشکلات یاری دهد. اگرچه شناسایی تک تک ویژگی‌های زیست‌محیطی، فعالیت‌های احتمالی در محدوده‌ی مورد مطالعه، و نیز شناسایی اثرات مثبت یا منفی زیست‌محیطی حاصله دقت بسیار می‌طلبد، در صورت وقوع این امر علاوه بر ایجاد نظام اطلاع‌رسانی مناسب، امکان بهبود ساختار مدیریتی منابع آب فراهم می‌شود. امید است مسؤولان و دست‌اندرکاران صنعت آب کشور توجه داشته باشند که شرایط امروزی منابع آب کشور نیازمند نگرشی حساس و دقیق است.

به صوت و تأثیر آن بر رفتارهای فیزیولوژیک، روانی، ارتباطی، کاری و اجتماعی ساکنین منطقه و بالطبع گیاهان و جانوران دارد. نیاز به پژوهش در این مورد به‌منظور داشتن یک مدیریت موفق و جامع در یک آبخیز امری بدیهی است.

از جمله مسائلی که به‌طور غیرمستقیم بر جنبه‌های کمی و کیفی منابع آب تأثیرگذارند، می‌توان به نحوه‌ی تأثیر سر و صدا بر آبزیان یک منبع آبی و مهاجرت آنها به منطقه‌ی دیگر، نوع رویش گیاهان منطقه، مهاجرت جانوران به مناطق دیگر و بالا بردن تراکم جمعیتی جانوران در یک منطقه، چرای سریع پوشش گیاهی و در نهایت پدیده‌هایی چون فرسایش و اثرات منفی در بیلان آب‌های زیرزمینی اشاره کرد.

### جنبه‌های انسانی

تأثیر منابع آبی بر جنبه‌های انسانی بدیهی و انکارناپذیر است. آب به‌عنوان مایه‌ی حیات در زندگی ما انسان‌ها نقش بی‌همتایی دارد. آب گذشته از جنبه‌ی حیاتی، به‌طور قابل ملاحظه‌ی بر نیازهای اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و سیاسی انسان‌ها تأثیر می‌گذارد. تأثیر متقابل این نیازها بر منابع آب نیز به‌طور گسترده‌ی مطرح می‌شود.

وجود منابع آب باعث فراهم آوردن امکان فعالیت‌های اقتصادی و تأمین نیازهای اجتماعی، فرهنگی، بهداشتی و روانی می‌شود، و تأمین این نیازها نیز باعث توسعه‌ی شهرها و جوامع مسکونی و در نتیجه استفاده‌ی بیشتر از منابع آب می‌شود. در کنار این استفاده‌ی بیشتر، میزان آلودگی منابع آب نیز افزایش می‌یابد و در نهایت جنبه‌های انسانی می‌توانند عمده‌ترین عامل تهیه‌ی منابع آب باشند. چرا که رشد جمعیت در حال حاضر نیاز به مصرف بیشتر و همزمان آلودگی بیشتر را به همراه دارد و بر منابع آب، از لحاظ کمی و کیفی، تأثیر می‌گذارد.

### اقتصاد

در آبخیزداری جامع توجه به جنبه‌های مختلف خصوصیات زیست‌محیطی می‌تواند در حفظ منابع آب مؤثر باشد. به‌عنوان مثال در استان فارس، آبخیزداری در شهرستان استهبان یا کاشت درخت انگور در اطراف شهر زرقان، علاوه بر کمک به بنیه‌ی اقتصادی منطقه به پایداری یکی از ارکان توسعه‌ی پایدار، یعنی بعد اقتصادی، کمک مؤثری می‌کند. رشد و تقویت وضعیت اقتصادی بر شرایط اجتماعی، فرهنگی و... جامعه بسیار تأثیر می‌گذارد. این تأثیر در نهایت می‌تواند با جذب جمعیت بیشتر به منطقه، مصرف سرانه‌ی آب را



پانوشتها

۴. کردوانی، پرویز. منابع و مسائل آب در ایران، جلد اول: آب های سطحی و زیرزمینی و مسائل بهره برداری آنها، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۶۸.
۵. فریور، مهدی. «ضرورت بازنگری طرحهای صنعت آب»، فصلنامه مهتاب قدس، صص ۴۳-۵۱، ۱۳۷۵.
۶. «وزارت نیرو، آب و توسعه»، امور آب، سال دوم، ویژه نامه شماره ۱.
۷. جهاد سازندگی و کمیسیون یونسکو. مجموعه مقالات سمینار ملی فرسایش و رسوب، ۱۳۷۵.
۸. سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی کشور، کمیسیون محیط زیست و توسعه پایدار، تیرماه ۱۳۷۳.
۹. نیریزی، سعید. «تحلیل بازنگری کشور از مهرماه ۱۳۷۴ تا پایان تیرماه ۱۳۷۵»، آب و محیط زیست، شماره هیجدهم، مهرماه ۱۳۷۵.
۱۰. مکنون، رضا. «مخازن سدها و تجربیات زیست محیطی در مدیریت کنترل»، امور آب، ۱۳۷۵.
۱۱. طالب بیدختی، ناصر و هوشیاری، بهنام. «توسعه پایدار و مسائل زیست محیطی»، رهیافت، شماره هفدهم، زمستان ۱۳۷۶.
12. Jain, R.K., Urban, L.V. and Stacey, G.S. **Environmental Assessment**, Mc Graw-Hill Book Company (1993).
13. Talebbeydokhtie, N. "Water Issues and prospects in Iran", Meeting challenges in the 21st century (20-24 Jan, 1997).

1. watershed management
2. regulated water
3. topography
4. eutrophication
5. Algal Bloom
6. stratification
7. epilimnion
8. hypolimnion
9. thermocline
10. Environmental Impact Assessment (EIA)
11. runoff
12. hydrological cycle
13. Leptospirosis
14. Schistosomiasis

منابع

۱. کنفرانس جهانی محیط و توسعه، سند آب (فصل ۱۸ از دستور کار ۲۱)، فروردین ۱۳۷۲.
۲. بای بوردی، محمد. «ایران، آب، استراتژی های آینده»، اطلاعات، سوم تیر ۱۳۷۶.
۳. «امور سد و نیروگاه: اهمیت سدهای مخزنی در بهره برداری از منابع آب کشور»، فصلنامه