

## ارزیابی منابع آب: چالشها و تدابیر

احمد ابریشم‌چی\* و مسعود تجربی\*\*

### خلاصه

ارزیابی منابع آب یکی از مهمترین و اساسی‌ترین مراحل مدیریت منابع آب و لازمه مدیریت پایدار منابع آب است. هدف اصلی ارزیابی منابع آب، برآورد و پیش‌بینی کمیت و کیفیت منابع آب برای تأمین نیازهای کلیه بخشهای جامعه، ارائه اطلاعات لازم برای فعالیتهای کاهش بلایای مربوط به آب و حفظ و بهبود شرایط زیست‌محیطی است. داده‌های هیدرولوژیکی و هواشناختی مناسب و روشهای تحلیل داده‌ها در ارزیابی منابع آب ارزش اقتصادی زیادی دارند، چراکه بر طرحهای توسعه اجتماعی و اقتصادی کشور مرتبط با آب تأثیر می‌گذارند. بسیاری از کشورها پیشرفت زیادی در زمینه ارزیابی منابع آب داشته‌اند، درحالی‌که در برخی از کشورهای در حال توسعه، هنوز جای زیادی برای بهبود وجود دارد.

در ایران، مثل خیلی از کشورها، کمبود جدی در داده‌های منابع آب به خصوص در رابطه با آبهای زیرزمینی و کیفیت آب وجود دارد که مطالعات مدیریت جامع منابع آب را دچار مشکل می‌کند. در این مقاله ضمن اشاره به چالشهای ارزیابی منابع آب، تدابیری برای بهبود این امر پیشنهاد شده است.

### مقدمه

آب همچون هوایی که تنفس می‌کنیم، لازمه اصلی حیات روی کره زمین است. آب برای بسیاری از جنبه‌های توسعه اقتصادی - اجتماعی، مصارف کشاورزی، شهری و صنعتی و تولید برق آبی ضروری است و مؤلفه مهمی از محیط‌زیست است. آب به عنوان یکی از باارزش‌ترین منابع طبیعی، اصلی‌ترین و مهم‌ترین مسئله و چالش در قرن بیست و یکم خواهد بود. امروزه، کشورها بیش از پیش دریافته‌اند که توسعه، از جمله توسعه منابع آب باید پایدار باشد؛ توسعه پایدار به این مفهوم که منابع طبیعی جهان به نحوی مدیریت و حفاظت شوند که نیازهای حال و نسلهای آینده را تأمین کنند.

در قرن جدید، چالشهای زیادی برای توسعه پایدار منابع آب پیش روی انسان قرار دارد که اهم آنها

\* دانشیار گروه مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

\*\* استادیار گروه مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

عبارت‌اند:

- افزایش جمعیت جهان موجب افزایش تقاضای آب برای آشامیدن، تولید غذا، بهداشت و سایر نیازهای اساسی اجتماعی و اقتصادی می‌شود، در حالی که منابع آب محدود است.
- فعالیتهای انسان روز به روز بیشتر و متنوع‌تر شده و تأثیر بیشتری نسبت به گذشته بر کمیت و کیفیت منابع طبیعی می‌گذارند.
- مخاطرات طبیعی مربوط به آب مانند سیل و خشکسالی که برای زندگی و مایملک انسان مخاطره‌آمیز است.
- تغییرات آب و هوایی اثرات احتمالی بر توزیع بارش، رواناب و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی دارد، به طوری که نمی‌توان فرض کرد که الگوی آینده این پدیده‌های هیدرولوژیکی همچون گذشته خواهد بود.

در چنین شرایطی، مدیریت منابع کمیاب آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. افزایش روزافزون تقاضا و مصارف آب و استفاده چندمنظوره از سیستمهای منابع آب مثل تأمین آب (کشاورزی، شهری و صنعتی)، کنترل سیل، تولید برق آبی، حمل و نقل آبی و ارضای الزامات زیست‌محیطی موجب افزایش تنش آبی شده و مدیریت بهینه منابع آب را بیش از پیش ضروری می‌نماید. این عوامل، مهندسان و برنامه‌ریزان منابع آب را واداشته تا برنامه‌ها و طرح‌های هرچه جامع‌تر و پیچیده‌تر برای توسعه سیستمهای منابع آب پیشنهاد کنند؛ طرح‌هایی همچون کنترل و تنظیم جریان رودخانه‌ها و انتقال آب بین حوزه‌های آبریز رودخانه‌ها و حتی کشورها با اهداف بعضاً متضاد و رقیب اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست‌محیطی.

مدیریت منابع آب را می‌توان به عنوان یکپارچه کردن و تجمیع اوضاع، شرایط، امکانات و ابزار برای ارزیابی و برنامه‌ریزی منابع آب و تقاضاهای آب، استفاده منطقی از آب، مراقبت جامع و حفاظت مؤثر و کارآمد منابع آب تعریف کرد که شامل مراحل زیر است (۱ و ۲):

- ارزیابی و پیش‌بینی منابع آب
  - ارزیابی و برنامه‌ریزی تقاضای آب جامعه
  - تهیه بیان آبی، حفظ تعادل در بیان آبی و تدوین استراتژی درازمدت استفاده منطقی از آب
  - پایش منابع آب برای جلوگیری از کاهش و آلودگی
  - برنامه‌ریزی سیستمهای منابع آب
  - طراحی، اجرا و بهره‌برداری و پایش مستمر
- ارزیابی منابع آب، به عنوان یکی از مهمترین و اساسی‌ترین مراحل و اقدامات مدیریت منابع آب، لازمه مدیریت معقول و پایدار منابع آب است، چراکه بر تصمیماتی که در بخش آب برای توسعه اجتماعی و اقتصادی کشور و ایمنی و سلامت جامعه و محیط‌زیست گرفته می‌شود تأثیر دارد.

## ارزیابی منابع آب<sup>(۱)</sup>

ارزیابی منابع آب، تعیین منابع، کمیت و کیفیت و قابلیت اعتماد منابع آب است که براساس آن برنامه‌ها و طرحهای استفاده و کنترل منابع آب ارزیابی می‌شود. اجزای اساسی برنامه ارزیابی منابع آب در شکل ۱ نشان داده شده است. نقش اصلی ارزیابی منابع آب، ارائه اطلاعات به تصمیم‌گیران در مورد وضعیت و روند منابع آب است. داده‌های هیدرولوژیکی، ارزش زیادی دارند، چراکه حاوی اطلاعاتی از یک فرآیند یا محیط طبیعی اند. این اطلاعات می‌تواند برای منظورهای زیر استفاده شود:

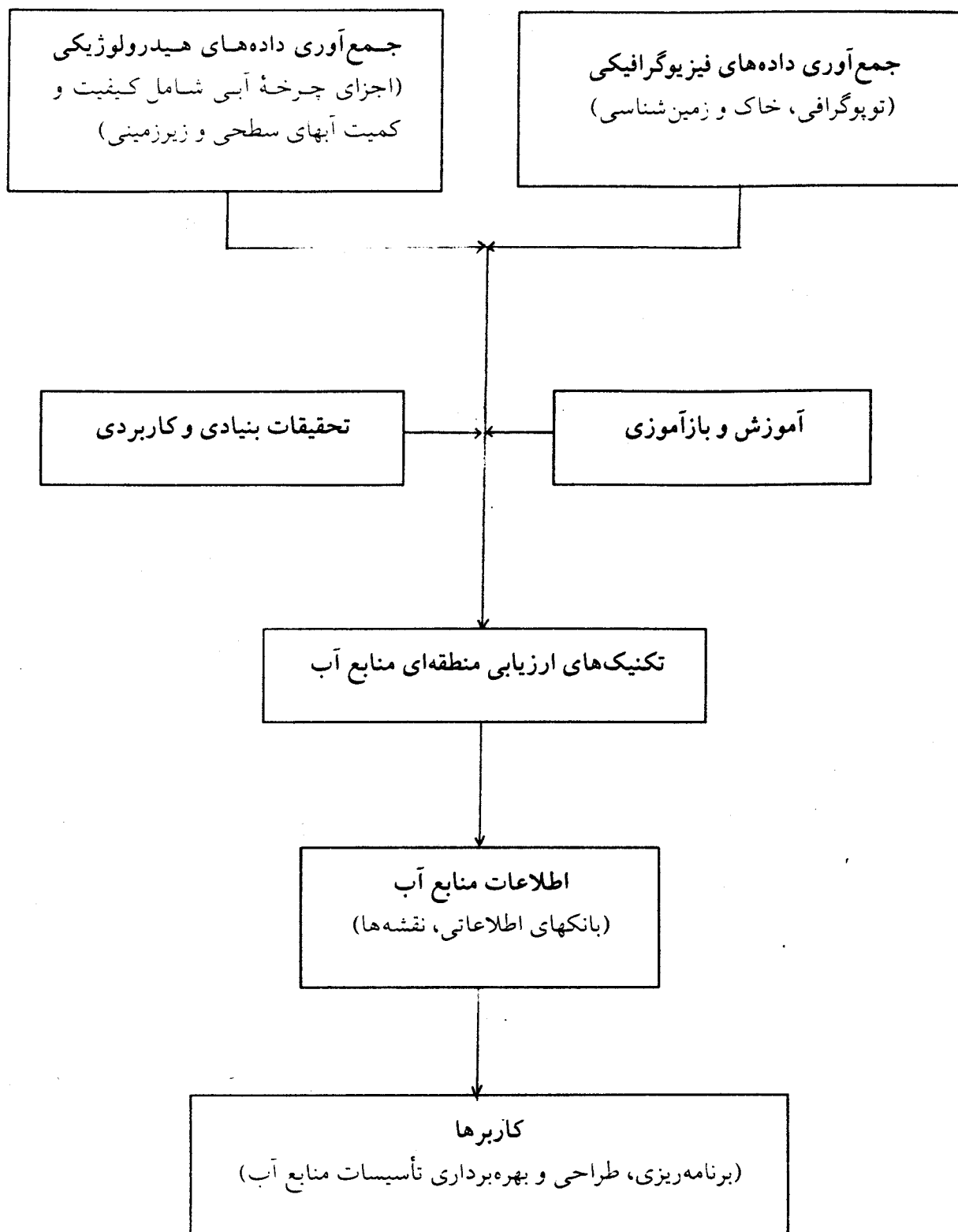
- ارزیابی منابع آب یک کشور (کمیت، کیفیت و توزیع زمانی و مکانی)، پتانسیل توسعه و توانایی منابع برای تأمین تقاضاهای واقعی یا پیش‌بینی شده
- برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری پروژه‌های آبی
- ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی اقدامات مدیریتی منابع آب (موجود یا پیشنهادی) و برنامه‌ریزی راهکارهای منطقی مدیریت
- ارزیابی اثرات فعالیتهای دیگر بخشها بر منابع آب مانند شهرسازی، کشاورزی و برداشت جنگلها
- تأمین امنیت مردم و دارائیهایشان در مقابل مخاطرات طبیعی مربوط به آب، مشخصاً سیل و خشکسالی.

ملاحظه می‌شود که ارزیابی منابع آب پیش‌نیاز گسترده و وسیعی از فعالیتهایی است که آب در آنها مطرح است. برای مثال، واضح است که طراحی یک سد مخزنی، شبکه آبیاری، توسعه منابع آب شهری، ... بدون ارزیابی منابع آب غیرممکن است.

### انواع اطلاعات منابع آب

تنوع کاربردهای اطلاعات منابع آب نشان می‌دهد که گستره وسیعی از انواع داده‌ها مورد نیاز است. اطلاعات متداول منابع آب در برگیرنده آماره‌های انواع فرایندهای هواشناسی و آبشناسی است. فرایندهای هواشناسی و آبشناسی شامل موارد زیراند:

- نزولات جوی (عمدتاً بارش و برف)
- تراز و دبی جریان رودخانه‌ها و تراز دریاچه‌ها و مخازن سدها
- تراز سطح آب زیرزمینی
- تبخیر و تبخیر و تعرق
- غلظت و بار رسوب رودخانه
- کیفیت (بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی) آبهای سطحی و زیرزمینی



شکل ۱ - اجزای اساسی برنامه ارزیابی منابع آب.

آماره‌های فرآیندهای فوق شامل موارد زیر می‌شود:

- مقادیر متوسط سالانه، ماهانه و یا فصلی
- حداکثر و حداقل و چندکهای منتخب
- معیارهایی از تغییرات، مثل انحراف معیار
- سریهای زمانی پیوسته، مثل هیدروگراف جریان رودخانه

سازمان فرهنگی علمی ملل متحد (یونسکو) و سازمان هواشناسی جهانی انواع پروژه‌های آبی و داده‌های هیدرولوژیکی مورد نیاز را طبق جدول ۱ ارائه کرده است (۳). علاوه بر اندازه‌گیریهای متداول متغیرهای آب‌شناختی و هواشناختی (جدول ۱)، امروزه نیاز به اندازه‌گیری جنبه‌های دیگری از محیط‌های آبی و نیز محیط‌های وسیعتری که آب تنها یک مؤلفه آن به شمار می‌آید، احساس می‌شود. این جنبه‌ها شامل موارد زیر می‌شود:

- حجم آب مورد نیاز صنعتی، شهری و کشاورزی و ترابری آبی، چراکه امروزه این فعالیتها تغییرات زیادی در چرخه آبی در بسیاری از حوزه‌ها ایجاد می‌کنند.
- خصوصیات رودخانه‌ها در ارتباط با کاربریهایی مانند پرورش ماهی یا استفاده‌های تفریحی
- خصوصیات حوزه آبریز که به هیدرولوژی مربوط می‌شوند، مانند پوشش گیاهی، رطوبت خاک، توپوگرافی
- خصوصیات سفره‌های آب زیرزمینی مانند تراوایی
- مسائل زیست‌محیطی (تغذیه گرائی دریاچه‌ها، خسارات به اکوسیستمهای آبهای طبیعی و خورها)

کشورهای مختلف بسته به سطح توسعه اقتصادی و اجتماعی، حساسیت و تأثیرپذیری محیط‌های طبیعی از فعالیتهای انسان و بالاخره طبیعت محیط فیزیکی (آب و هوایی، توپوگرافی، وفور یا عدم وفور آب، ...) برخی یا تمامی جنبه‌های فوق را اندازه‌گیری و ارزیابی می‌کنند.

### چالشهای ارزیابی منابع آب

- چالشهای فراوانی برای ارزیابی منابع آب و سازمانهای مسئول وجود دارد که در زیر اشاره می‌شود:
- افزایش تنش آبی: افزایش تقاضای آب و محدودیت منابع آب، نیاز به اطلاعات دقیق تر از منابع آب دارد.
  - میزان توسعه یافتگی و توان مالی کشورها: معمولاً رابطه مستقیمی بین وضعیت اقتصادی یک کشور و میزان سرمایه‌گذاری در ارزیابی منابع آب وجود دارد، چراکه محدودیت منابع مالی کشورها موجب می‌شود که منابع محدود خود را در رفع نیازهای حال و آتی در زمینه‌هایی مانند بهداشت عمومی، آموزش عمومی، کشاورزی، ... صرف کنند تا در فعالیتهای ارزیابی منابع آب که ارزش و بازده درازمدت دارد. این درحالی است که اینگونه کشورها باید ارزیابی دقیق‌تری از منابع آب داشته باشند تا منابع آب را به صورت کارآمد و بهینه توسعه داده و مدیریت کنند.

جدول ۱ - اطلاعات هیدرولوژیکی مورد نیاز برای پروژه‌های آبی (۳).

کیفیت آب*			رسوب			جریان رودخانه			تراز آب			پروژه‌های آبی
حداقل	حداکثر	سری زمانی	حداقل	حداکثر	سری زمانی	حداقل	حداکثر	سری زمانی	حداقل	حداکثر	سری زمانی	
M	M	H	M	M	H	H	H	H	M	M	M	توزیع آب (انحراف آب، آبگیر، کانال)
M	M	H	M	M	H	H	H	H	M	M	M	تنظیم آب در معد زمان (مخازن سدها)
M	M	M	M	M	H	H	M	H	M	M	H	تولید انرژی (برق آبی)
M	M	M	M	M	M	M	H	M	M	H	H	نگهدارنده‌های آب (سدها، سیل‌بندها)
		M			M		H	H	M	H	M	سرریز سدها
H	H	H	M	M	M	H	M	H				بهبود کیفیت (تصفیه آب و فاضلاب)
					M	M	H	M	M	H	H	پهنه‌بندی (سیلاب‌دشته‌ها، رودخانه‌های تماشایی)
	H	H				H	H		H	H		بیمه (خسارت سیل، خسارت آلودگی آب)
												پیش‌بینی‌های دبی و تراز جریان (کنترل سیل، بهره‌برداری از مخازن)
H	H	H				H	H	M	H	H	M	استانداردها و قانون‌گذاری (کیفیت آب)

\* پارامترهای کیفیت آب متنوع بوده و به پروژه بستگی دارند.

M = اولویت متوسط

H = اولویت زیاد

● **عدم شناخت ارزش اطلاعات:** از ماهیت و تنوع کاربران داده‌ها و اطلاعات آب، می‌توان به اهمیت داده‌ها برای اقتصاد و محیط‌زیست یک کشور و در نتیجه به ارزش داده‌ها و اطلاعات پی برد. گرچه مدیران و مهندسان آب ارزش اطلاعات منابع آب را به عنوان پایه و اساس مدیریت پایدار منابع آب تشخیص می‌دهند، لکن معمولاً مشکل است که آنها را به سرمایه‌گذاری در ارزیابی منابع آب مجاب کرد. با توجه به ضرورت توجیه صحیح هزینه برنامه‌های جمع‌آوری داده‌های هیدرولوژیکی، خیلی مهم است که ارزش داده‌های هیدرولوژیکی برحسب معیارهای اقتصادی معلوم شود. در کنفرانسی تخصصی در مورد منافع اقتصادی و اجتماعی خدمات هواشناختی و هیدرولوژیکی که توسط سازمان هواشناسی جهانی برگزار شد، نسبت سود به هزینه تا ۴۰ به ۱ اعلام شد (۴). این بدان معنی است که ارزش اطلاعات در تصمیم‌گیری‌ها و طراحی‌ها می‌تواند تا ۴۰ برابر هزینه جمع‌آوری داده‌ها باشد. نسبت سود به هزینه در گستره ۵ تا ۱۰ خیلی عادی به نظر می‌رسد. در مطالعاتی که در کانادا و استرالیا صورت گرفته، این نسبت را به ترتیب  $9/3$  و  $6/4$  به دست آورده‌اند (۶۵).

● **ماهیت درازمدت بودن برنامه ارزیابی منابع آب:** برای اینکه اطلاعات منابع آب قابل استفاده و سودمند باشد، به سالها جمع‌آوری نیاز است، چراکه یکی از جنبه‌های مهم چرخه آبی، تغییرات آن با زمان است.

● **نبود یکپارچگی و هماهنگی در ارزیابی و توسعه منابع آب:** معمولاً داده‌های هواشناختی و هیدرولوژیکی توسط سازمانهای مختلفی برای منظورهایی مانند آبیاری، تولید برق آبی، تأمین آب آشامیدنی، ... جمع‌آوری می‌شود. چون مسئولیت تأمین این منظورها به سازمانهای مختلف دولتی واگذار شده است، هرکدام از آنها مدیریت منابع آب و نیز ارزیابی منابع آب را برای منظورهای خود انجام می‌دهند. در نتیجه، سازمانهای مختلف، شبکه جمع‌آوری داده‌ها و آرشیو داده‌های مخصوص خود را دارند. عدم هماهنگی در برنامه‌های جمع‌آوری داده‌ها و ارزیابی منابع آب موجب مشکلاتی هم در ارزیابی و هم در مدیریت منابع آب می‌شود. عدم هماهنگی بین سازمانهای مزبور می‌تواند موجب دوباره‌کاری، ایجاد خلاء در پوشش داده‌ها، استانداردهای غیریکسان جمع‌آوری داده‌ها و پردازش و آرشیوکردن ناسازگار داده‌ها شود. از آنجایی که مصرف‌کنندگان آب بر سر منابع کمیاب آب رقابت فزاینده‌ای دارند، عدم هماهنگی و یکپارچگی در مدیریت منابع آب می‌تواند تضاد و رقابت‌های جدی بین اهداف سازمانهای مختلف به وجود آورد. برای مثال، یک طرح توسعه آبیاری با برداشت بیشتر آب از رودخانه و کاهش دبی رودخانه و یا با برگشت پساب‌های کشاورزی با کیفیت نازل به رودخانه، موجب خسارت به کاربریهای دیگر رودخانه می‌شود.

● **منابع آب بین‌المللی (رودخانه‌های مشترک):** بسیاری از حوزه‌های آبریز رودخانه‌های اصلی جهان

در قلمرو بیش از یک کشور قرار دارند. ارزیابی این رودخانه‌ها، مستلزم همکاری کشورها در تبادل اطلاعات و استفاده از استانداردهای یکسان و مشترک است. متأسفانه در بسیاری از نقاط جهان، همکاری لازم وجود ندارد و اطلاعات آبی به عنوان امنیت ملی تلقی شده و به دلایل سیاسی یا اقتصادی تبادل اطلاعات صورت نمی‌گیرد. پروژه FRIEND<sup>(1)</sup> به عنوان یکی از پروژه‌های مهم بخش آبشناسی یونسکو که رو به گسترش در سطح جهان است، اقدام مؤثری در جهت رفع این مشکل است.

● تأثیر انسان بر چرخه آبی: فعالیت‌هایی مانند تغییر کاربری زمین، ذخیره‌سازی و کنترل آب، انتقال بین حوزه‌ای و آبیاری و زهکشی بر چرخه طبیعی آب تأثیر گذاشته و ارزیابی منابع آب را پیچیده‌تر می‌کنند.

● تغییرات جهانی آب و هوا: تغییر آب و هوا ممکن است بر منابع آب در همه جای دنیا تأثیر بگذارد، از اینرو نمی‌توان فرض کرد که اطلاعات جمع‌آوری شده در گذشته، شاخص خوب و مطمئنی برای شرایط حال و آینده باشد.

● عدم قطعیت در داده‌های هیدرولوژیکی: ارزیابی منابع آب مواجه با عدم قطعیت است، به طوری که عدم قطعیت همواره جزء لاینفک مدیریت منابع آب است. عدم قطعیت هیدرولوژیکی که یکی از مؤلفه‌های عدم قطعیت در سیستم‌های منابع آب است، ناشی از طبیعت استوکستیک فرآیندهای هواشناختی و آبشناختی شامل دما، تبخیر، بارش و جریان رودخانه (عدم قطعیت ذاتی یا دینامیکی) و نیز عدم قطعیت اطلاعاتی به خاطر عدم شناخت دقیق فرآیندها و نیز کمبود کمی و یا کیفی اطلاعات مربوط به سیستم منابع آب سطحی و زیرزمینی است.

● نارسائیه‌ها در شبکه‌های پایش: بررسی شبکه‌های اندازه‌گیری متغیرهای هیدرولوژیکی به خصوص متغیرهای مربوط به کیفیت آب نشان می‌دهد که بیشتر شبکه‌های موجود، اطلاعات کارآمدی برای تأمین نیازهای برنامه‌های مدیریت آب در اختیار نمی‌گذارند. علت اصلی آن، مشخص نبودن اهداف اولیه پایش و نیز تغییر در اهداف و نیاز به داده هاست.

### الزامات ارزیابی منابع آب و توصیه‌ها

برای ارزیابی کارآمد منابع آب، الزامات زیر برای برنامه ارزیابی منابع آب وجود دارد:

#### ۱- ارزیابی و طراحی مجدد شبکه‌های پایش (کمیت و کیفیت) منابع آب

بیشتر کشورهای پیشرفته، بر اساس تجربه چند ده ساله خویش دریافته‌اند که باید آنچه را که تاکنون به عنوان پایش منابع آب انجام داده‌اند، ارزیابی و ادامه کار را مشخص کنند. به بیان دیگر این کشورها،

1. Flow Regimes from International Experimental and Network Data



ضرورت ارزیابی و طراحی مجدد برنامه‌های پایش را به طور جدی احساس کرده‌اند. از اینرو، تحقیقات زیادی در مورد ارزیابی شیوه‌های موجود طراحی و بررسی روشهای کارآمد بهبود راندمان شبکه‌های موجود و توسعه اصول و قواعد ارزیابی و طراحی مجدد شبکه‌ها انجام شده است (۸ و ۷).

بررسی شبکه‌های پایش نابع آب در کشور نشان می‌دهد که علی‌رغم صرف وقت و هزینه قابل توجه، داده‌ها و اطلاعاتی که می‌دهند در مواردی انتظارات از شبکه و نیازهای برنامه‌های مدیریت منابع آب را ارضاء نمی‌کنند. این نارسایی، در شبکه‌های پایش کیفیت منابع آب بیشتر محسوس است. در شبکه‌های پایش کیفیت منابع آب، اهداف پایش و اطلاعات مورد انتظار برای هر هدف خیلی روشن و مشخص نیست. از اینرو ملاک و معیاری برای انتخاب فراوانی نمونه‌گیری در ابعاد زمان و مکان و نیز متغیرهایی که باید پایش شوند وجود ندارد. مسئله دیگر، نبود هماهنگی بین سازمانهای پایش در رابطه با منظورهای پایش و فعالیتهای پایش است، به طوری که با گسترش فعالیتهای پایش، بیم آن می‌رود که در آینده نزدیک حجم زیادی از داده‌ها تولید شده باشد، لکن محتوی اطلاعاتی آنها در رابطه با نیازها کم و ضعیف باشد.

باتوجه به مسائل فوق، ضروری است که نارسائیهای شبکه‌های موجود پایش کیفیت آب بررسی و در صورت لزوم طراحی مجدد شوند تا عملکرد آنها بهبود یابد. در ارزیابی و طراحی مجدد شبکه‌های پایش توجه به نکات زیر ضروری است:

- تعیین اهداف پایش (مانند ارزیابی کیفیت آب برای مصارف آب و ارزیابی اثرات فعالیتهای انسان بر کیفیت آب، ارضای نیازهای اکولوژیکی و انجام تحقیقات علمی).
- تعیین متغیرهای کیفیت آب برای نمونه‌گیری.
- تعیین فراوانی زمانی و مکانی نمونه‌گیری.
- داده‌هایی که جمع‌آوری می‌شوند باید گستره کامل نیازها را از مرحله برنامه‌ریزی تا بهره‌برداری و پیش‌بینی، پوشش داده و بر نیازهای کاربران منطبق باشد.
- اندازه‌گیری متغیرهای زیادی (به خصوص کمیت و کیفیت آب) باید به صورت همزمان صورت گیرد تا بیشترین ارزش را داشته باشند.
- در نظر گرفتن محدودیتهای مالی در مقایسه با ارزش اطلاعات.

## ۲- استفاده از تکنولوژی‌های جدید برای جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌ها

تکنولوژی‌های تله متری و سنسجش از دور برای جمع‌آوری کارآمد اطلاعات، سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری برای تحلیل داده‌های فضایی و مدلهای ریاضی و آماری می‌توانند نقش مهمی در ارزیابی منابع آب داشته باشند.

## ۳- توسعه تحقیقات کاربردی در زمینه‌های

- روشهای پیش‌بینی کمیت و کیفیت آب
- تحلیل سریهای زمانی هیدرولوژیکی و مدل‌سازی استوکستیک به منظور تشخیص روند<sup>۱۱</sup>، تولید داده و پیش‌بینی
- توسعه روشهای تحلیل منطقه‌ای متغیرهای هیدرولوژیکی به همراه روشهای تحلیل دسته‌بندی
- توسعه درک و شناخت تغییرات مکانی و زمانی رژیمهای هیدرولوژیکی با استفاده از مجموعه داده‌های منطقی برای حمایت از تحقیقات هیدرولوژیکی جهانی
- توسعه روشهای بررسی تغییرات جهانی آب و هوا و اثرات آن بر منابع آب کشور

## نتیجه‌گیری

ارزیابی منابع آب پایه و اساس مدیریت بهینه و پایدار منابع است و یکی از مشکل‌ترین فعالیتهای مدیریت منابع آب به شمار می‌آید. بررسی مطالعات طرح‌های منابع آب در کشور نشان می‌دهد که مطالعات هیدرولوژیکی و ارزیابی منابع آب در اکثر پروژه‌های آبی به خصوص پروژه‌های بزرگ از ضعف و کمبود جدی برخوردار است و می‌تواند بهینه بودن برنامه‌ها و طرح‌ها را زیر سؤال ببرد. در شرایطی که با محدودیت منابع آب و منابع مالی و نیز با محیط طبیعی آسیب‌پذیر و شکننده روبرو هستیم، توجه بیشتر به ارزیابی منابع آب در کشور امری ضروری است.

1. Loucks, D.P., Stedinger, J.R., and Haith, D.R., 1981. Water Resources Systems Planning and Analysis. Prentice - Hall, Englewood Cliffs, N.J.
2. UNESCO, 1990. Integrated Planning and Management of Water Resources. Ed.S.Dyck. Technical documents in hydrology, Paris.
3. UNESCO/WMO, 1988. Water Resource Assessment Activities -- handbook for national evaluation, 116 pp.
4. WMO, 1990. Economic and Social Benefits of Meteorological and Hydrological Services. Proceedings of the Technical Conference, WMO No. 733.
5. Australian Water Resources Council, 1988. The importance of surface water resources data to Australia, Water Management Series 16, Australia Government Publishing Service, Canberra.
6. Acres Consulting Services, 1977. Economic evaluation of hydrometric data. Report to Department of Fisheries and Environment, Canada.
7. Stockmarr, J., 1997. Revised groundwater quality monitoring in Denmark 1998-2003. In J.C.Refsgaard and E.A.Karalis (eds), Operational Water Management, Proceedings of the European Water Resources Association Conference, Copenhagen/Denmark/3-6 Sep. 1997:49-55.
8. Harmancioglu, N. B. and Alpaslan, M. N., 1997. Redesign of water quality monitoring networks. In J.C.Refsgaard and E.A.Karalis (eds), Operational Water Management, Proceedings of the European Water Resources Association Conference, Copenhagen / Denmark / 3-6 Sep. 1997:57-64.