مدیریت جامع منابع آب حوزه آبریز

محمد کارآموز، آزاده احمدی، علی مریدی

استاد دانشکده عمران پردیس فنی دانشگاه تهران، پست الکترونیکی: karamouz@ut.ac.ir

دانشجوی دکتری مهندسی آب دانشکده عمران پردیس فنی دانشگاه تهران، پست الکترونیکی: azadehahmadi@ut.ac.ir

دکتری مهندسی آب، دانشکده عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر، پست الکترونیکی: moridi@aut.ac.ir

چکیده

افزایش جمعیت و استفاده بی‌رویه و غیر اصولی از منابع آب، توجه به مسأله توسعه پایدار و شناخت و کنترل سیاست‌های بهره‌برداری از منابع آب را بیش از پیش مطرح ساخته است. منابع آب و به خصوص رودخانه‌ها در ازای تأمین و انتقال آب مورد نیاز فعالیت‌های مختلف بشر، حجم قابل توجهی از پساب‌ها، مواد زائد و بازمانده‌های این فعالیت‌ها را دریافت می‌کنند. رویکرد حوزه‌ای و یکپارچه با در نظر گرفتن تمامی عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در مطالعات منابع آب یک رویکرد جدید ملی و بین‌المللی است که به تبع برنامه ریزی منابع آب با هدف توسعه پایدار مطرح گردیده است. یکی از مهمترین چالشهای برنامه‌ریزی منابع آب تعیین حق‌آبه‌ها و همچنین سهم هر یک از مصرف‌کنندگان آب در آلودگی رودخانه در کل حوزه می‌باشد. تعیین ارزش اقتصادی آب که متاثر از عوامل ملموس و ناملموس می‌باشد و همچنین تعیین میزان آب مجازی برای مصارف مختلف صنعتی و کشاورزی از مسایل مهمی هستند که در برنامه‌ریزی پایدار منابع آب بر پایه تخصیص عادلانه آن موثر هستند. به منظور تخصیص عادلانه منابع می‌توان از مدل‌های رفع اختلاف نیز استفاده کرد. در مدیریت جامع منابع آب حوزه آبریز، یکپارچه نمودن مولفه‌ای مختلف سیستم مدیریتی از جمله استفاده از ابزارهای پیش‌بینی و تعیین محرک‌های هشدار دهنده و کارساز در پیش‌بینی مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی و ترکیب مسائل کمی و کیفی عدم قطعیت‌ها در مدل‌سازی و تخصیص در سطح حوزه آبریز می‌باشد. در این مقاله مولفه‌های مختلف در مدل جامع منابع آب در راستای نیل به توسعه پایدار مطرح گردیده است و در خصوص اهمیت برنامه‌ریزی منابع آب در سطح حوزه آبریز، چالشها و عدم قطعیتهای موجود و نحوه برخورد با آنها توضیحاتی ارائه شده است.

کلمات کلیدی: مدیریت جامع، حوزه آبریز، نگرش یکپارچه، تخصیص، برنامه‌ریزی، پیش‌بینی

1- مقدمه

حوزه‌های آبریز به مانند واحدهای سازمانی هستند که در آنها واحدهای فضای سبز با مرزهای کاملا مشخص با خواص زمین‌شناسی، آبی و خاک منطقه به سهولت قابل شناسایی هستند. برمبنای تفکر سیستماتیک، اجزا اصلی مدیریت جامع حوزه عبارتند از: فعالیت‌های انسانی، منابع زمین، منابع آب و منابع هوا. در مدیریت پایدار حوزه

آبریز به طور همزمان و مکرر، اندرکنش‌های پویایی میان اجزا مختلف سیستم اتفاق می‌افتد. بر مبنای روابط علی و معلولی میان نیروهای محرک، حالت، پاسخ و روابط پویای موجود میان اجزا، می‌توان جزئیات و روند آنالیز سیستمی برای توسعه برنامه‌ریزی سیاست‌های پویا برای مدیریت پایدار در حوزه آبریز را توسعه داد. از آنجا که میان فعالیت‌های انسانی، منابع آب، هوا و زمین برای مدیریت کاربری اراضی اندرکنش‌های پویا وجود دارد، وضعیت سیستم ممکن است طی زمان و در پاسخ به دیگر تغییرات سیستم تغییر کند. تغییر در یک بخش سیستم می‌تواند تغییرات ناخواسته در دیگر قسمتهای آن را ایجاد کند. تئوری پویایی‌های سیستم برای توصیف روابط علت و معلولی به کار برده می‌شوند. پویایی‌های سیستم درک پیچیدگی‌های سیستم را تسهیل نموده و از آن برای تجزیه و تحلیل رفتار اجزای سیستم استفاده می‌شود. توانایی این علم به حدی است که می‌توان با بهره‌گیری از آن مسائل ساده و پیچیده را مدل‌سازی کرد و تغییر ناشی از تعامل متغیرها و شناسایی رفتار آتی آنها را در دوره‌های زمانی مختلف مورد بررسی قرار داد. این روش امکان شبیه‌سازی واقعی‌تر از سیستم را با در نظر گرفتن شرایط فیزیکی مولفه‌های مختلف آن فراهم می‌کند.

هدف از مدیریت جامع حوزه آبریز، ایجاد ساز و کاری است که در قالب آن با درنظر گرفتن مولفه‌های مختلف حوزه بتوان به شکل واقع بینانه‌تری با محدودیت‌های دنیای واقعی مدیریت منابع برخورد نمود. نکته مهمی که در مطالعات جامع مدیریت منابع آب باید مورد توجه قرار گیرد، شناخت مولفه‌ها و عدم قطعیت‌های آنها، مشخص و روشن نمودن ارتباطات بین مولفه‌ها و اثرات مستقیم وغیرمستقیم بین مولفه‌ها می‌باشد. تا با حل یک مشکل و برنامه‌ریزی یک مولفه، قسمت‌های دیگر سیستم که تحت‌الشعاع آن مولفه هستند نیز ملحوظ گردند. ایجاد سیستمی است که ضمن ارتباط دادن متقابل مدیریت منابع آب با محیط زیست وتوسعه اجتماعی و اقتصادی، از انعکاس و بازخورد آنها بهره‌مند گردیده و در نهایت با مشارکت بخش‌های مختلف، تصمیم‌گیری‌های تخصیص و توسعه منابع آب صورت گیرد، از جمله اهداف مدیریت جامع منابع آب در سطح حوزه آبریز است.

2- رویکرد حوزه‌ای در مدیریت منابع آب حوزه آبریز

به منظور در نظرگرفتن ابعاد و پیچیدگی‌های متنوع و متفاوت سیستم‌های منابع آب، امروزه مدیران و برنامه‌ریزان جهت رسیدن به تصمیمات بهینه، به استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی به عنوان یک ابزار کارآمد رو آورده‌اند. انواع مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی تکاملی، قطعی و غیرقطعی، استاتیک و دینامیک و خطی و غیرخطی در جنبه‌های مختلف مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. گسترش دانش بشر، ایجاد ابزارهای نوین، تغییر نگرش مکانیکی به نگرش هولستیک و اکولوژیکی، نگرش‌های نوین به بهره‌برداری و بهره‌وری با در نظر گرفتن ابعاد اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی و برنامه‌ریزی با نگرش مشترک[1] و مدیریت مبتنی بر بازخور فرصت‌های جدیدی را برای تصمیم‌گیری بهتر در توسعه و برنامه‌ریزی منابع آب حوزه آبخیز، فراهم ساخته است.

[1] Shared Vision Planning

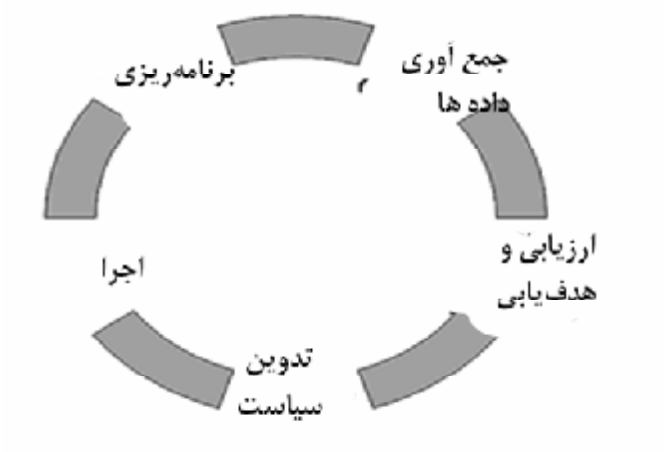
برنامه‌ریزی و مدلسازی با نگرش مشترک امکان گردهم آوردن مصرف‌کنندگان آب، مدیران و برنامه‌ریزان و کلیه کسانی که تحت تاثیران[1] سیاستهای بهره‌برداری از منابع آب را فراهم می‌کند. در یک فرآیند تصمیم‌گیری، چنانچه تعداد تصمیم‌گیران بیش از یک نفر باشد، تصمیم‌گیری به علت وجود اهداف، دیدگاه‌ها و اولویت‌های متفاوت و غالباً متضاد تصمیم‌گیران، با مشکلاتی همراه می‌باشد. در چنین حالاتی تصمیم نهایی باید به گونه‌ای اتخاذ شود که کلیه این مطلوبیت‌ها، اختلاف نظرات و قدرت نسبی تصمیم‌گیران و ذینفعان در آن لحاظ شده باشد، تا آن‌جا که هر یک از تصمیم‌گیران و ذینفعان به حداکثر مطلوبیت ممکن دست یابند. اختلاف بین مصرف کنندگان در تخصیص منابع آبی معمولا بر سر کمیت و کیفیت آب تخصیص یافته می‌باشد. بدین ترتیب که هر مصرف‌کننده مطلوبیتی برای کمیت و کیفیت آب مورد نیاز خود دارد که در صورت عدم تامین آب با مشخصات مورد نظر، آن سازمان متحمل خسارت خواهد شد. تخصیص منابع به مصرف‌کنندگان باید به گونه‌ای صورت گیرد که تمامی مصرف‌کنندگان آب در سیستم به تفاهم در میزان آب تخصیص یافته برسند به این روش تخصیص، حل اختلاف[2] می‌گویند. برنامه‌ریزی بر اساس حل اختلاف، در زمینه مدیریت منابع آب در محیط‌های سیاسی با گروه‌هایی که دارای معیارهای مختلف می‌باشند و در برنامه‌ریزی شرکت دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به مشکلات معمول در برنامه‌ریزی در بسیاری از شرایط واقعی و سیاسی انواع مختلفی از روش‌های حل اختلاف بوجود آمده است (Viessman and Smerton 1990, و Priscoli 2003). این روش‌های مختلف به طور معمول بر روی نیازهای تاثیرپذیران یا گروه‌های مختلف درگیر، تاکید دارد تا بتوانند مذاکره، توافق و یا ارتباط برقرار کند. در این رویکرد با درنظر گرفتن اهداف برنامه‌ریزی و معیارهای ارزیابی کارایی امکان تعریف گزینه‌های مختلف را برای برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچه و تسهیل در امر حل اختلاف در تامین و مصرف آب فراهم می‌کند. درجه موفقیت روش‌های حل اختلاف معمولاً از اینکه یک راه‌حل مورد قبول اجماع طرفین باشد، بدست می‌آید.

از خصوصیات رویکرد حوزه‌ای در مدیریت منابع، تکمیل و هماهنگی کلیه فعالیتهای زیست‌محیطی در حوزه آبریز می‌باشد. این مساله به هماهنگی بیشتر گروه‌های غیر دولتی و مسئولین محلی و دیگر سازمانهای استانی و کشوری در تقسیم وظایف و مسئولیت‌ها در انجام اقدامات کنترلی کمک شایانی می‌نماید. گام‌های اصلی دیدگاه حوزه‌ای در مدیریت منابع آب (نشان داده شده در شکل 1) به شرح زیر است:

- برنامه‌ریزی: تعیین واحد برنامه‌ریزی حوزه و شناسایی تاثیرپذیران و شناسایی منابع
- جمع‌آوری داده: جمع‌آوری داده‌های کمی و کیفی در زمان و مکان خاص
- ارزیابی و هدف‌یابی: مقایسه شرایط کیفی فعلی با استانداردهای جهانی و منطقه‌ای
- تدوین سیاست: تدوین اهداف و سیاست‌هایی برای نگهداری و رسیدن به استانداردهای جهانی در شرایط آتی

[1] Stakeholders
[2] Conflict Resolution

- اجرا: اجرای اهداف و سیاست‌هایی از جمله فعالیت‌های مدیریتی و آموزش



شکل 1: گام‌های مختلف مدیریت حوزه آبریز

واحد برنامه‌ریزی حوزه متاثر از نقش تاثیرپذیران در کلیه مراحل مدیریت حوزه آبریز است. هرچند اغلب واحد حوزه بر اساس مرزهای جغرافیایی تعیین می‌شود، اما در نهایت بر اساس صلاحدید دولت‌ها برای سازمان متولی مدیریت حوزه آبریز مشخص می‌شوند. اندازه واحد حوزه معمولاً بر اساس تاثیر سطوح غیرقابل نفوذ بر اثر رشد شهرها و کانون مدیریت از طراحی در منطقه خاص تا برنامه‌ریزی کل حوزه آبریز رودخانه انجام می‌شود. جدول 1 نشان‌دهنده تقسیم‌بندی واحد حوزه بر اساس مساحت، سطوح غیرقابل نفوذ و ملاحظات مدیریتی می‌باشد.

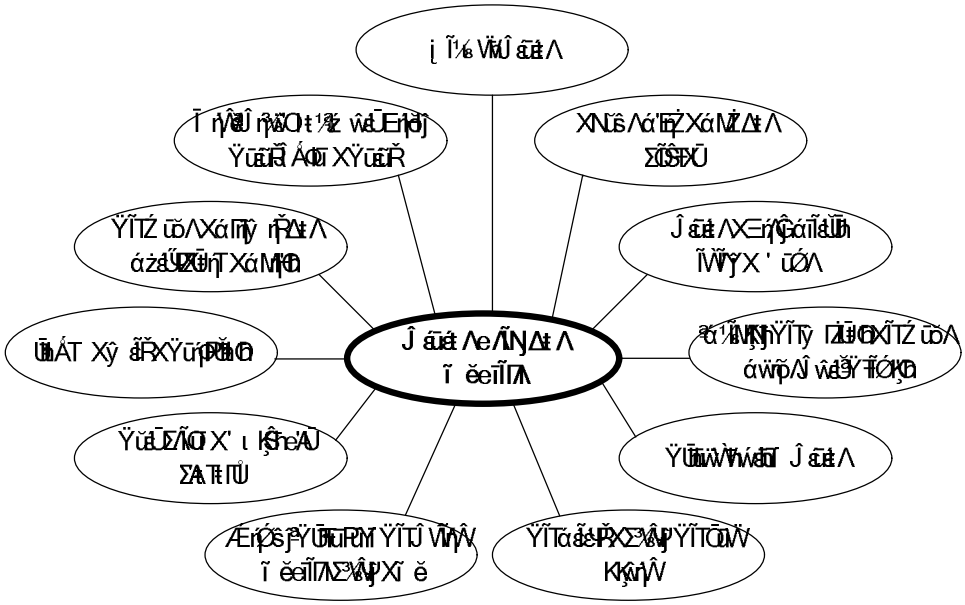
جدول 1: تقسیم‌بندی واحد حوزه آبریز

واحد حوزه	سطح (کیلومتر مربع)	سطوح غیرقابل نفوذ	ملاحظات مدیریتی
Catchment	0/13-1/3	خیلی سخت	بهتریت اقدامات مدیریتی
Subwatershed	2/6-26	سخت	طبقه‌بندی و مدیریت رودخانه
Watershed	26-260	متوسط	ناحیه‌بندی حوزه
Subbasin	260-2600	ضعیف	برنامه‌ریزی حوزه آبریز
Basin	2600-26000	خیلی ضعیف	برنامه‌ریزی حوزه آبریز

3- مولفه‌های مدل جامع منابع آب

در مدیریت منابع آب مؤلفه‌های متعددی مطرح می‌باشند که در نظر گرفتن همه آنها به دلیل پیچیدگی زیاد، تصمیم‌گیری را مشکل می‌نماید. در شکل 1 اکثریت مولفه‌های مختلف مدل جامع مدیریت منابع آب نشان داده شده است. چالش جامع‌نگری و برخورد سیستمی در مدیریت حوزه آبریز، یکپارچه دیدن سیستم با اعمال فرضیات واقع‌بینانه و ساده‌سازی ارتباطات بین مولفه‌ها جهت مقابله با پیچیدگی‌های سیستم‌های منابع آب می‌باشد. عدم توانایی برای مدل‌سازی پیچیدگی‌ها و در نتیجه برخی موضع‌نگری‌ها و ساده‌سازی‌ها که عملاً کارآیی مدل‌ها را در حد غیرقابل استفاده نمودن آنها پایین می‌آورد، منجر به افزایش آسیب‌پذیری‌های ناشی از

بحران‌های مختلف همچون کمبود منابع، شکست اجزاء مختلف سیستم و بروز آلودگی‌های گسترده گردیده است. اثرات مستقیم معمولاً قابل سنجش و اندازه‌گیری می‌باشند. در مدیریت جامع منابع آب ترکیبی از استراتژی‌ها و سیاست‌های مختلف چون ذخیره آب، تغذیه آبخوان، انتقال آب، صرفه‌جویی در مصرف آب، مدیریت فشار و نشت در شبکه‌های توزیع آب، افزایش میزان تامین آب با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و سازه‌ای مورد نظر قرار می‌گیرند(Plate and Duckstein, 1988). همچنین مطلوبیت تاثیرپذیران مختلف در جهت رسیدن به سطح پایداری از تامین و تقاضا مورد نظر قرار می‌گیرند. شکل 2 مدل ساده‌شده مولفه‌های مدیریت جامع منابع آب با در نظر گرفتن مولفه‌های اصلی آن نشان داده شده است. مدل بهره‌برداری و تخصیص آب به عنوان یکی از بخش‌های اصلی این مدل، و بخش‌های مدیریت اطلاعات، مدل پیش‌بینی و محرک‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی، لحاظ نمودن عدم قطعیت‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت و در نظر گرفتن محرک‌ها و اندرکنش‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی از مولفه‌های دیگر این مدل هستند.



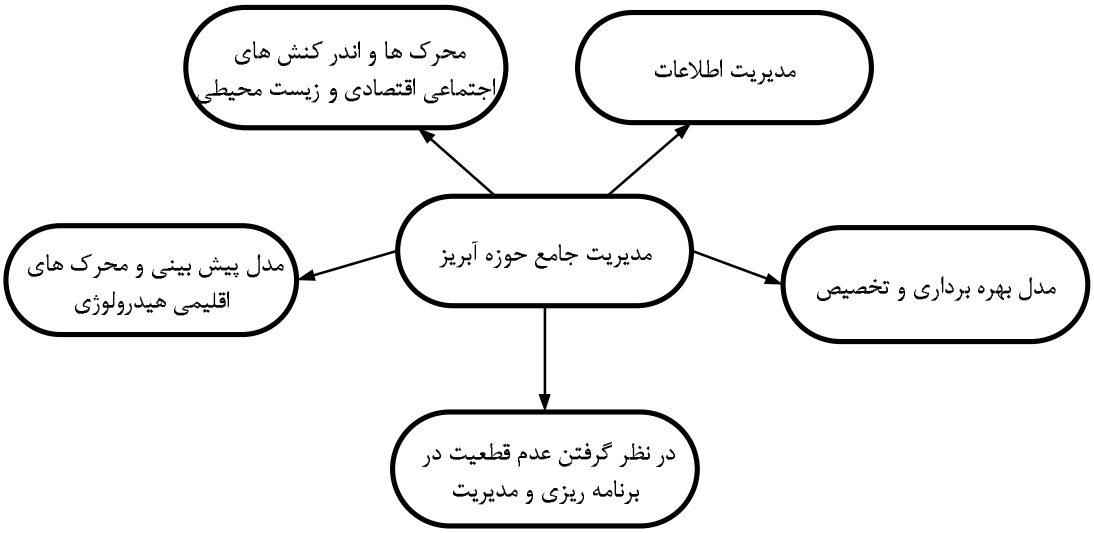
شکل 1: مولفه‌های مدل جامع مدیریت منابع آب

3-1- مدیریت اطلاعات

با تعریف برخی مشخصه‌های خاص برای اطلاعات، داده‌ها به نحوی سازماندهی می‌شوند که دسترسی به آنها با استفاده از این مشخصه‌ها به شکل ساده‌تری صورت گیرد. کیفیت بهینه برای داده‌ها عبارت است از داشتن حداقل سطح کیفیتی است که در یک کار لازم می‌باشد. یکی از مهمترین مسائل در کیفیت داده‌ها صحت داده‌ها می‌باشد. بحث صحت‌سنجی داده‌ها[1] با توجه به اهمیت و نقشی که درستی اطلاعات حاصل از پردازش

[1] Data Validation

این داده‌ها، در طراحی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها دارد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در بخش مدیریت اطلاعات، با صحت‌سنجی اطلاعات، تعیین شاخص‌ها و آستانه‌ها، کمی کردن اطلاعات ضمنی و نظری، در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها و عدم صراحت‌ها (فازی بودن) و ریز مقیاس کردن اطلاعات بزرگ مقیاس مدل‌های GCM[1] استفاده از اطلاعات را تا حد امکان سهولت می‌بخشد.



شکل 3: مدل ساده شده مولفه‌های مدیریت جامع حوزه آبریز

3-2- پیش‌بینی هیدرولوژیکی

پیش‌بینی های هیدرولوژیکی در مدیریت منابع آب به دو دسته بلندمدت و کوتاه مدت تقسیم می‌گردد. هریک از این دو نوع پیش‌بینی جهت انجام و رسیدن به اهداف خاص مدیریتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. پیش‌بینی‌های کوتاه مدت معمولا جهت مدیریت کوتاه مدت منابع، نظیر مدیریت نیروگاههای برقابی، و پیش‌بینی وقوع سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعیین، شناسایی و پیش‌بینی کوتاه و دراز مدت شرایطی در آینده شامل پدیده‌هایی نظیر کم آبی و پر آبی، امکان‌پذیری برنامه‌ها را تضمین می‌کند و عواقب خسارت تصمیمات نادرست را کاهش می‌دهد.

پیش‌بینی کوتاه مدت معمولا از دقت بیشتری برخوردار بوده و آسان تر بدست می‌آیند. روابط ریاضی و فیزیکی برای این پیش‌بینی‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته و قابلیت شبیه‌سازی بهتری دارند. در مقابل، پیش‌بینی‌های بلند مدت به علل مختلف دارای خطای بیشتری بوده و از پیچیدگیهای بیشتری در مدلسازی و شبیه‌سازی برخوردارند. به همین اندازه اهمیت آنها برای سیستم مدیریت منابع آب بسیار زیاد می‌باشد به طوریکه افزایش میزان اندکی از دقت در این پیش‌بینی‌ها فواید زیادی را عاید سیستم بهره‌برداری خواهد نمود. از بابت اهمیت پیش‌بینی جریان، دو دیدگاه در بهره‌برداری از منابع آب را می‌توان تعریف نمود. دیدگاه اول با هدف دستیابی به سیاست‌های

[1] General Circulation Models

کوتاه مدت[1] و دیدگاه دوم با هدف دستیابی به سیاست‌های بلندمدت[2] به بهره برداری از منابع آب می‌پردازند.
نخستین و بدیهی‌ترین فایده حاصل از پیش‌بینی‌های با افق‌های زمانی بلندمدت، این است که تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر ذخیره و آزادسازی آب، پویاتر و انعطاف در برخورد با شرایط خاص بیشتر شده و منجر به کسب سود بیشتر در بهره‌برداری از منابع آب می‌گردد. پیش‌بینی‌های بلندمدت اغلب بر اساس حجم آب در دسترس در یک بازه زمانی یک ماهه تا یکساله انجام می‌شود. با مشخص بودن این پیش‌بینی‌ها می‌توان در صورت نیاز با ارائه برنامه‌های اضطراری[3] راه حلی برای ارائه شفاف راه‌کارهایی جهت مدیریت بهینه تأمین آب در دوره‌های خشکسالی و مقابله با سیلاب‌های محتمل ارائه داد، که اثرات آن بر روی سلامت عمومی، فعالیت‌های تجاری و اقتصادی و محیط زیست کاملا محسوس است.
در بخش مدل‌های پیش‌بینی و محرک‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی، با استفاده از معادلات و روابط بیلان آب در حوزه آبریز، در نظر گرفتن سیگنال‌های موثر هواشناسی، تعیین محرک‌های اقلیمی و تاثیرتغییر اقلیم، پیش‌بینی اطلاعات بر اساس مدل‌های مبتنی بر داده‌ها، مبتنی بر وقایع گذشته، مدل‌های آماری انجام می‌گیرد. پس از تخمین بارش در دوره مورد نظر، اطلاعات پیش‌بینی شده می‌تواند به اطلاعات کوتاه مدت‌تر تبدیل شوند و در مقیاس زمانی مورد نظر ریز مقیاس شوند. سپس اطلاعات پیش‌بینی بارش با استفاده از مدل‌های زمین‌آماری به اطلاعات منطقه‌ای تبدیل می‌شوند. از آنجا که از دیدگاه مدیریت منابع آب این اثرات به صورت تغییرات محسوس در میزان آوردهای رودخانه‌ای نشان داده می‌شود، پیش‌بینی آورد رودخانه یکی از شاخص‌های اصلی در تخمین شرایط آتی در مدیریت منابع آب است. با استفاده از پیش‌بینی‌های بارش و رواناب می توان محرک‌های کمی حوزه آبریز را شناسایی و بر اساس آنها برنامه‌ریزی منابع آب در حوزه آبریز را انجام داد.
نیازهای آبی حوزه آبریز نیز باید با در نظر گرفتن پویایی‌های سیستم و شرایط توسعه شبکه‌ها و شهرهای پایین‌دست برآورد شود. به منظور بررسی نیازهای آینده یک منطقه و پیش‌بینی‌های مرتبط با آن باید دینامیک یک سیستم یا منطقه را بررسی نمود. از جمله نکات مهم در تحلیل پویایی‌های سیستم مشخص کردن مجانب‌های رشد در آن سیستم یا منطقه می‌باشد. مجانب‌های رشد سیستم، آستانه‌های تغییرات سیستم و یا به عبارتی محدودیت‌های توسعه سیستم را تعیین می‌کنند. مختصات سیستم هیچگاه فراتر از مجانب‌های رشد نمی‌تواند عمل کند. مگر اینکه بتوان به نحوی این مجانب‌ها را با فراهم نمودن منابع و امکانات بیشتر از خارج یا داخل سیستم یا منطقه افزایش داد. نیاز آبی در یک سیستم بایستی با توجه به تغییرات پارامترهای هیدرولوژیکی منتج از پدیده تغییر اقلیم تخمین زده شود.

3-3- مدل بهره‌برداری و تخصیص آب

[1] Tactic
[2] Strategic
[3] Contingency Plans

پس از تعیین نیاز آبی حوزه و پیش‌بینی بارش و رواناب در بلند مدت و کوتاه مدت، مسأله تصمیم‌گیری برای تخصیص آب موجود به نحوی که یک حسابرسی سیستماتیک در مورد کلیه استفاده‌کنندگان و تأثیرپذیران رعایت شود، مطرح می‌گردد. در این راستا، بایستی مؤلفه‌های کمی و کیفی تقاضا و مطلوبیت مصرف‌کنندگان مد نظر قرار گیرند و کمیت و کیفیت آب تخصیص یافته به مصرف‌کنندگان باید به گونه‌ای باشد که مطلوبیت آن‌ها را تا حد ممکن تامین نماید. همچنین، پساب‌ها و فاضلاب‌های بازگشتی آنان نیز باید به گونه‌ای کنترل شوند تا میزان آلودگی ناشی از آن‌ها در حد ظرفیت قابل تحمل سیستم باشد به طوری که پس از تخلیه، میزان این آلودگی‌ها در منابع آب از حد استانداردهای محلی و ملی تجاوز ننماید. تصمیم‌گیری در خصوص تعیین میزان خروجی از سد باید با توجه به ملاحظات نیاز آبی مصرف‌کنندگان، ملاحظات کیفی مخزن و زیست‌محیطی پایین دست مخزن تعیین شده و سپس میزان تخصیص آب به هر یک از مصرف‌کنندگان و کمیت و کیفیت آب برگشتی از هر یک از آنها نیز تعیین شوند. با توجه به تخصیص منابع آب حوزه آبریز، سیاست‌های بهره‌برداری از منابع مشخص می‌شود و کارآیی مدل‌های استفاده شده برای تخصیص منابع آب سنجیده می‌شود.

3-4-در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها در برنامه‌ریزی

مهمترین عدم قطعیت‌هایی که لازم است در مدل‌سازی بهره‌برداری از منابع آب حوزه مورد توجه قرار گیرند عبارتند از:

عدم قطعیت در تابع هدف: این عدم قطعیت به عدم قطعیت پارامترهای اقتصادی و دانش محدود ما در مورد منافع و هزینه‌های سیاست‌های بهره‌برداری مختلف مربوط می‌شود.

- عدم قطعیت در محدودیت‌ها: این عدم قطعیت معمولاً با استفاده از مقادیر امید ریاضی[1] متغیرهای غیر قطعی در نظر گرفته می‌شوند و در بسیاری از موارد نتیجه رضایت بخش می‌باشد. در مواردی که متغیرهای سمت راست محدودیت‌های به صورت نامساوی، تصادفی هستند، استفاده از روش برنامه‌ریزی شانسی[2] کارآیی مناسبی دارد. در مواقعی که میزان عدم قطعیت زیاد نیست استفاده از امید ریاضی متغیرها مفید می‌باشد.
- عدم قطعیت در جریان ورودی: که برای در نظر گرفتن این عدم قطعیت می‌توان خصوصیات تصادفی جریان ورودی را به صورت ضمنی در مدل‌های بهره‌برداری مورد توجه قرار داد یا با تولید سری‌های جریان ورودی مصنوعی و استفاده از آن‌ها به عنوان ورودی به مدل‌های قطعی بهره‌برداری، خصوصیات تصادفی جریان ورودی را در نظر گرفت.

احتساب وابستگی جریان‌های ورودی به یکدیگر مستلزم افزودن جریان‌های ورودی به جمع متغیرهای حالت مساله و در نتیجه افزایش محاسبات خواهد بود. نقش متغیرهای حالت هیدرولوژیک، دخالت دادن و درنظر گرفتن اطلاعات موجود در توابع احتمالی لازم در مدل‌سازی است. به طور کلی، هر چه تعداد متغیرهای

[1] Expected Value
[2] Chance Constraint Programming

هیدرولوژیک بیشتری منظور شود، جریان‌های تصادفی ورودی به سیستم به نحو مناسب‌تری توصیف خواهد شد. گرچه گزینه‌های مختلفی برای انتخاب متغیرهای حالت هیدرولوژیک موجود است، اما مرسوم‌ترین آنها جریان ورودی در دوره پیشین و یا فعلی است. در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب حوزه آبریز بایستی عدم قطعیت‌های ذاتی مثل جریان ورودی، عدم قطعیت‌های نیاز آبی و عدم قطعیت‌های مدل‌سازی در نظر گرفته شود.

3-5- ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی

مدیریت یکپارچه منابع آب حوزه آبریز نیازمند یک روش فکری چندبعدی است که وابستگی‌های بین طبیعت، اجتماع و سیستم‌های زیستی را در نظر بگیرد. با توجه به ملزومات و معیارهای آن، مجموعه‌ای از معیارها در ارتباط با مدیریت منابع آب ارائه شده است:

- معیارهای اقتصادی: ظرفیت تامین آب با کمیت و کیفیت مناسب برای مصارف انسانی و منابع اکولوژیکی مرتبط با آب ایجاد شود و بهره‌مندی مطلوب اقتصادی از مصرف منابع آب و خاک حاصل شود.
- معیارهای اجتماعی: جامعه به نحو مطلوب از مصرف منابع آب و منابع اکولوژیکی مرتبط با آب منتفع گردد. همچنین ظرفیت‌های قانونی، سازمانی، ارتباطی و تکنیکی برای مدیریت منابع آب و منابع مرتبط زمینی برای پایداری ایجاد گردد.
- معیارهای اکوسیستم: توانایی تامین آب با کیفیت و کمیت مناسب برای حفظ و نگهداری اکوسیستم‌ها و کمال اکوسیستم‌ها وجود داشته باشد.

نیاز به تعریف شاخص‌هایی نیز جهت بهره‌وری مطلوب اقتصادی از مصرف منابع اکولوژیکی مرتبط با آب است که بررسی‌های دقیقی انجام نشده است. با توجه به معیارها و گروه‌های شاخص مختلف تعریف شده در ارتباط با مدیریت منابع آب، باید بتوان به نحوی این شاخص‌ها را با یکدیگر ترکیب نموده و به شاخص‌هایی جامع در سیستم مدیریت منابع دست پیدا کرد.

در ملاحظات اقتصادی، با استفاده از تعامل[1] بین پارامترهای موثر و حسابرسی‌های اقتصادی، با در نظر گرفتن ارزش واقع بینانه آب و مجانب‌های رشد در منطقه، پارامترهای اقتصادی موثر شناسایی و تا حد امکان هزینه‌های ملموس و ناملموس در مدل مدیریت جامع حوزه آبریز وارد می‌شوند.

تجربه سال‌های اخیر نشان داده است، توسعه فیزیکی طرح‌های منابع آب با صرف وقت و هزینه‌های کلانی که در بر دارند، در صورت مواجه شدن با موانع اجتماعی به ثمر نمی‌رسند و حتی در بسیاری موارد حل مشکلات اجتماعی ناشی از عدم شناخت کافی از شرایط فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی و... بهره‌برداران بسیار سخت‌تر از حل معضلات فنی است. از آنجا که یکی از راه‌های استفاده موثر از منابع آب، مشارکت مردمی می‌باشد، توجه

[1] Trade off

به پیامدهای اجتماعی در کنار مسائل مختلفی از جمله ارزیابی‌های اقتصادی، محیط زیستی و حقوقی در طراحی، اجرا و بهره‌برداری امری ضروری است. در ملاحظات اجتماعی، با نگرش مشترک بین تاثیرپذایران و تاثیرگذاران طرح‌های توسعه و تخصیص منابع آب، تا حد امکان مطلوبیت کمی و کیفی مصرف‌کنندگان تأمین و عوامل اجتماعی پویایی سیستم، و رضایت مردم به عنوان عاملی در پیشبرد و اجرایی شدن طرح‌های جامع مدیریت منابع آب لحاظ می‌شوند.

6-3- سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری[1]

یک سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری، این امکان را برای کاربر فراهم می‌کند که قضاوتهای شخصی خود را با خروجی‌های بدست آمده از کامپیوتر تلفیق نماید و از این طریق اطلاعات قابل استفاده برای تصمیم‌گیری را فراهم نماید. این سیستمها از مدل‌های کمی و بانکهای اطلاعاتی برای حل مسائل استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها مکمل رویکرد تصمیم‌گیرنده برای شناسایی و حل مسئله هستند. تعدد مؤلفه‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیر از سیستم‌های منابع آب در یک حوزه و عدم قطعیت‌های موجود در این سیستم‌ها، تعیین کننده لزوم بیش از پیش توسعه ابزارهای لازم برای کمک به فرآیند تصمیم‌گیری می‌باشد. تدوین یک ساختار جامع برنامه‌ریزی و بهره‌برداری در راستای نیل به مدیریت جامع منابع آب منوط به در نظر گرفتن مؤلفه‌های اصلی سیستم می‌باشد. در کنار استفاده متداول و معمول از مدل‌های بهینه‌سازی برای رفع تنش‌های موجود در منابع بایستی به فرصت‌ها و چالش‌های موجود برای توسعه استفاده از این مدل‌ها و ترکیب آنها با سیستم‌های مدیریتی نیز توجه داشت.

در یک تقسیم‌بندی تصمیمات در سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری را می‌توان به چهار دسته برنامه‌ریزی راهبردی[2]، کنترل مدیریت[3]، کنترل بهره‌برداری[4] و عملکرد بهره‌برداری[5] تقسیم‌بندی نمود. مثالهایی در مورد هر یک از این تصمیمات در زمینه برنامه‌ریزی بهره‌برداری از منابع آب را می‌توان به شکل زیر دسته بندی نمود:

- برنامه‌ریزی راهبردی: تصمیمات مرتبط با انتخاب بالاترین سطح سیاستها و اهداف نظیر تدوین طرحهای جامع آب در سطح ملی و منطقه‌ای و یا تدوین تعرفه‌های قیمت‌گذاری آب. این تصمیم‌گیری‌ها بیشترین میزان تاثیر را دارند و معمولاً در بالاترین سطح از عدم وجود اطلاعات کافی و ریسک اتخاذ می‌شوند.
- کنترل مدیریت: تصمیماتی که برای اطمینان از کارایی سیاستهای بهره‌برداری از منابع آب و تامین نیازهای مختلف صورت می‌گیرند. برنامه‌ریزی درازمدت برای تامین آب در یک حوزه آبریز و ظرفیت سازی از طریق ساخت تاسیسات جدید از جمله این تصمیمات هستند. در اتخاذ این تصمیمات، اطلاعاتی نظیر داده‌های مربوط به حق‌آبه‌های زیست محیطی، عدم قطعیتهای مربوط به منابع و مصارف،

[1] Decision Support System (DSS)
2 Strategic Planning
3 Management Control
4 Operational Control
5 Operational Performance

نیازهـای آبـی مختلـف، مشخـصات فیزیکـی تاسیـسات استحـصال آب و اطلاعـات مربـوط بـه منـافع و هزینـه‌هـای اقتـصادی بهـره‌بـرداری از سیـستم مـورد مطالعـه در درازمـدت مـورد تجزیـه و تحلیـل قـرار می‌گیرند.

- § کنترل بهره‌برداری: تصمیماتی هستند که برای اطمینان از کارایی بهره‌برداری در مقیاس بلندمـدت اتخـاذ می‌شوند. از جمله ایـن تـصمیمات مـی‌تـوان بـه تـدوین سیاسـتهای بهـره‌بـرداری از منـابع آب در مقیـاس بلندمدت (ماهانه و فصلی) اشـاره نمـود. بـه دلیـل عـدم قطعیتهـای موجـود در متغیرهـای بهـره‌بـرداری از سیستم‌های منابع آب و عدم صراحت در برخی از مولفـه‌هـای اصـلی مـسئله مـورد بررسـی نظیـر اهـداف واولویتهای آنها، این مسائل غالباً در رده مسائل نیمه ساختار یافته قرار می‌گیرند.
- § عملکرد بهره‌برداری: تصمیماتی هستند که برای بهره‌برداری از منابع آب روز به روز بهنگـام مـی‌گردنـد. از جمله این تصمیمات می‌توان به سیاستهای بهـره‌بـرداری روزانـه از سـدها و تاسیـسات بـرق‌آبـی اشـاره نمود. در اتخاذ این تصمیمات، سیاستهای تدوین شده در سه رده قبلی به عنوان محدودیت درنظـر گرفتـه می‌شوند. در اکثر موارد، بدلیل دوره زمانی کوتاه این تصمیمات، نیازها و منابع به صورت قطعـی در نظـر گرفته می‌شوند وبه همین دلیل، مسائل مورد بررسی در این دسـته، عمـدتاً در قالـب مـسائل سـاختار یافتـه قرار می‌گیرند.

مدل‌های توسعه داده شده از مولفه‌های مختلف می‌تواند بخش‌های یک سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری برای حوزه آبریز، با توجه به پیش‌بینی اطلاعات اقلیمی و هیدرولوژیکی و تخصیص منابع موجود در حوزه آبریز، را تشکیل دهد و تصمیم‌گیری در مورد منابع آب را سهولت بخشد. مدیریت اطلاعات، پیش‌بینی بارش، پیش‌بینی نیازها، مشکلات کیفی رودخانه، ورود آلاینده‌های نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای متعدد و امکان استفاده از پتانسیل مخزن برای کاهش مشکلات کیفی موجود، همچنین مقدار آب و کیفیت آب بازگشتی بخش‌های مختلف، تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن محرک‌ها[1] (بطور مثال کم آبی و پر آبی) و برنامه‌ریزی منابع آب زیرزمینی می‌تواند از مولفه‌های مختلف سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری باشد.

4- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مدیریت یکپارچه منابع آب حوزه آبریز نیازمند یک روش فکری چندبعدی است که وابستگی‌هـای بـین طبیعـت، اجتماع و سیستم‌های زیستی را در نظر بگیرد. طرح جامع مدیریت کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینـی بـه عنوان سند بالادستی جهت اجرای طرحهای توسعه در سطح حوزه با رویکرد توسـعه پایـدار مـورد نظـر مـی‌باشـد. مدیریت و برنامه‌ریزی در سطح حوزه آبریز و با هدف توسعه پایدار بایستی فراتر از تقـسیم بنـدی‌هـای سیاسـی در سطح حوزه آبریز بوده و اصول و موارد ذیل در آن لحاظ گردد.

[1] Triggers

1- مشارکت ذینفعان در تصمیم‌گیری: همکاری و مشارکت ذینفعان در حکمرانی آب باید در سطح عالی در برنامه ریزی حوزه باشد و تمام تصمیمات اخذ شده در جهت برنامه‌ریزی در سطح حوزه آبریز باید شفاف و قابل دفاع باشد.
2- مبنا قراردادن ابعاد اجتماعی به عنوان یکی از اجزا اصلی توسعه پایدار و برنامه‌ریزی در سطح حوزه آبریز
3- ایجاد بانک اطلاعاتی کامل و در دسترس به منظور استفاده در سیاست‌گذاری‌ها و پیش بینی واکنش‌ها
4- تعیین ارزش واقعی آب در حوزه با در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی اجرای طرحها در سطح حوزه
5- تخصیص عادلانه منابع آب با هدف توسعه اقتصادی و اجتماعی در سطح حوزه آبریز و با توجه به پتانسیل‌های موجود توسعه
6- در نظر گرفتن آب به عنوان یک کالای اقتصادی و سیاستگذاری‌های کلان در سطح حوزه بر اساس بازار آب، در این راستا تعیین میزان آب مصرفی برای تولید هر محصول (Virtual Water) می‌تواند مبنایی موثر در جهت استفاده بهینه از آب در سطح حوزه آبریز باشد.

نگرش سیستمی بهترین راه جهت برنامه‌ریزی پایدار در سطح حوزه آبریز با در نظر گرفتن اصول و مبانی فوق می‌باشد. به وسیله یک نگرش سیستمی مناسب می‌توان اجزا مختلف یک سیستم و ارتباط بین آنها را تعریف و همچنین اثرات تجمعی اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست طرحهای توسعه در سطح حوزه را برآورد نمود.

5- مراجع

- کارآموز، م، (1384)، "گزارش نهایی برنامه‌ریزی و مدیریت کمی و کیفی بهره‌برداری و تخصیص آب با تاکید بر حل اختلاف"، وزارت نیرو.
- Cai X., D. C. McKinney, and L. S. Lasdon, (2002) "A framework for sustainability analysis in water resources management and application to the Syr Darya Basin", Water Resource Research, 38 (6).
- Karamouz, M., Zahraie, B. (2005), "Decision Support System for Monthly Operation of Hydropower Reservoir: A Case Study", *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 19, No. 2, pp. 194-207.
- Karamouz, M. and B. Zahraie, (2004) "Seasonal Streamflow Forecasting Using Snow Budget and ENSO Climate Signals: Application to Salt River Basin in Arizona", *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 9(6), pp. 1312-1325.
- Keyes, A.M., Palmer, R.N., (1995), "An assessment of shared vision model effectiveness in water resources planning", *Proc. of the 22nd Annual Specially Conf. of ASCE Water Resources Planning and Management Division*, Washington, pp. 532-535.
- Lanini, S., Courtois, N., Giraud, F., Petit., V., Rinaudo, J.D., (2004), "Socio- Hydrosystem Modeling for integrated Water Resources Management- The Herault Catchment Case Study, Southern France", *Environmental Modeling & Software*, 19, pp. 1011-1019.
- Lund, J.R., (2001), Approaches to Water Planning, *Water Resources Planning and*

Management.

- Meyerson, M., Banfield, E.C., (1955), *Politics, Planning and the public interest*, Free Press, Glencoe.
- Palmer, K.N., Werick, W.J., MacEwan, A., Wood, A.W., (1999), "Modeling Water Resources Opportunities, Challenges and Trade-offs: The Use of Shared Vision Modeling for Negotiation and Conflict Resolution", *Proc. Of the 26th Annual Resources Planning and Management Conference,* ASCE, Reston, VA.
- Plate, E.J., Duckstain, L., (1988), "Reability- Based Design Concepts in Hydraulics Engineering", *Water Resources Bulletine*, Vol. 24, No. 2.
- Priscoli, J.D., (2003), "Participation Consensus Building and Conflict Management Training Course", UNESCO, Technical Documents in Hydrology.
- Viessman, W., Smerton, E.T., (1990), Managing Water- Related Conflicts: The Engineer's Role, ASCE, New York.
- Walmsley, J.J., (2002), "Framework for Measuring Sustainable Development in Catchment Systems", Elsevier, Environmental Management, 29(2), 195–206.
- Walters, C., (1997), "Challenges in adaptive management of riparian and coastal ecosystems", *Conservation Ecology*, Vol. 1, No. 2, p.1: http://www.consecol .org.vol1 /iss2/art1.