پرتال جامع مهندسی عمران

با هم متفاوت بیندیشیم

www.ucivil.ir

خدمات

- دانلود رایگان کتاب و پروژه های درسی مقاطع و گرایش های مختلف
- آموزش تخصصی نرم افزارهای GeoStudio، Abaqus و ...
- انجام پروژه های دانشجویی دروس مختلف با نرم افزارهای کاربردی

@ucivil

جزوه درس مدیریت منابع آب

(دوره کارشناسی)

توسط: دکتر داور خلیلی

بخش مهندسی آب

دانشگاه شیراز

نگارش چهارم

مرداد ماه ۱۳۹۳

مدیریت منابع آب

۱- کلیات

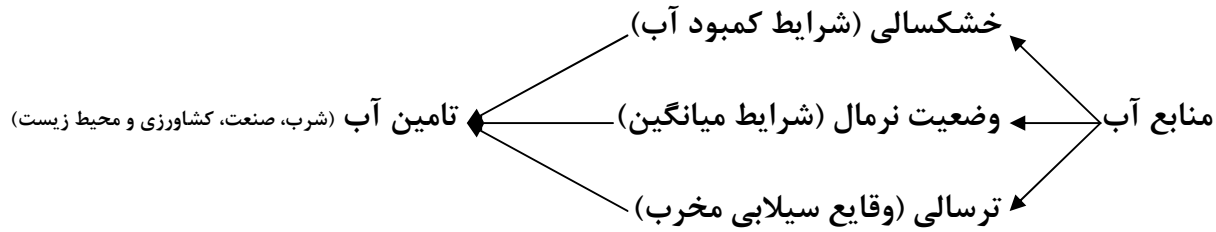
هدف از مدیریت منابع آب، برنامه ریزی برای تامین و تخصیص آب مورد نیاز بخش های مصرف کننده (شرب، کشاورزی، صنعت و محیط زیست) به صورت پایدار (بهره برداری دراز مدت، Sustainable) می باشد، به نحوی که مسائل زیست محیطی (پیامدهای ناشی از آلودگی ها، خشکسالی ها و وقایع سیلابی)، به حداقل برسد. برنامه ریزی منابع آب مستلزم درک واقع بینانه عوامل طبیعی و انسانی می باشد، که در شرایط پیچیده ای عمل می کنند، بطوریکه پیامد های حاصله می توانند در تعامل و یا تقابل با یکدیگر قرار گیرند. متخصصین منابع آب با بکار گیری مبانی مدیریتی و برخورداری از دانش فنی و غیر فنی، مسئولیت تامین و تخصیص آب برای مصرف کنندگان چهار گانه را بر عهده دارند. امروزه با توجه به پیامدهای زیست محیطی ناشی از نحوه بهره برداری از منابع آب و همچنین تولید آبهای مازاد در بخش های صنعت، کشاورزی و شرب، توجه ویژه در ارائه راهکار مناسب بمنظور حداقل کردن زیان های ناشی اجتناب ناپذیر می باشد.

امروزه مدیریت منابع آب فقط محدود به استفاده از دانش فنی و در قالب پروژه های خاص (ذخیره سازی در مخازن سدها و تغذیه مصنوعی و غیره) برای تامین و تخصیص آب مورد نیاز بخش های مختلف مصرف کننده نمی باشد. بلکه مسائل و چالش های متعدد و به شکل های مختلف بایستی مورد توجه و بررسی قرار گیرند. با توجه به مشکلات روزافزون محدودیت منابع آبی، شاید مهم ترین بحث تعیین مناسب ترین روش تخصیص آب باشد. به عنوان مثال الزاما همیشه سدسازی تنها راهکار ممکن برای ذخیره سازی و تامین آب قلمداد نمی شود. مسئله دیگر موضوع تعیین تکلیف آبهای مازاد بر مصرف به شکل فاضلاب با کیفیت نامطلوب می باشد که معمولا توسط فرآیند زهکشی در مسیرهای طبیعی انتقال یافته و به منابع آب های زیر زمینی می پیوندد و مشکلات زیست محیطی را به وجود می آورد و یا تبخیر شده و یا برای استفاده مجدد بازیافت می شوند. از طرف دیگر وقوع پدیده های زیان بخش جوی (بلایای طبیعی) به صورت خشکسالی و سیلاب می باشد که هزینه های جانی و مالی بسیار گسترده را در بردارند و نیازمند برنامه ریزی های خاص به منظور کاهش پیامدهای حاصله می باشند. از سویی با افزایش تقاضا برای آب رقابت درون-بخشی و برون-بخشی بین مصرف کننده های آب افزایش یافته و سبب بروز اختلاف (Conflict) شده که خود نیازمند بکارگیری روش های خاص به منظور حل اختلاف (Conflict Resolution) شده، که با گذشت زمان اینگونه روش ها در بررسی و تخصیص منابع آب بطور گسترده تر مورد استفاده قرار می گیرند. چالش دیگر در این مورد مسئله تامین بخشی از منابع آب می باشد که بایستی به صورت انتقال بین حوضه ای از یک منطقه به منطقه دیگر و در سطوح وسیع تر بین-استانی و یا بین المللی صورت پذیرد، که ضمن نیاز به دانش فنی، ابعاد سیاسی، قانونی و مدیریتی از اهمیت بسزایی برخوردار می باشند. بنابرین امروزه مدیریت منابع آب مجموعه بسیار وسیعی از متغیرها و عوامل طبیعی و انسانی را شامل می شود که نیازمند همکاری متخصصین در زمینه های مختلف فنی و غیر فنی می باشد، تا بتوان با بکار گیری روش های مناسب ضمن حداکثر نمودن تخصیص آب برای مصرف کننده های مختلف، مسائل زیست محیطی را به حداقل رساند و پروژه های آبی را به صورت اقتصادی طراحی و اجرا نمود. نگهداری مناسب و دراز مدت (Monitoring) پروژه های آبی که به بهره برداری رسیده اند نیز از اهمیت بسیار زیاد برخوردار می باشد.

۲- ارزش و اهمیت داده های مربوط به منابع آب

منابع آبهای سطحی و زیر زمینی در مقیاس بزرگ با توجه به چرخه هیدرولوژیکی تولید، توزیع و جابجا می شوند. در این مورد تغییرات و تحولات صورت گرفته در مورد متغیرهای هیدرولوژی را می توان در قالب رهیافت سیستمی (System Approach) تشریح نمود، بطوریکه با بیان وضعیت ورودی ها و خروجی ها و واکنش ها، می توان شناخت کلی از رفتار آب در طبیعت داشت. در مقیاس کوچکتر بیان سیستمی در حوضه آبریز نیز قابل بررسی می باشد، هرچند فعل و انفعالات بطورکامل (مشابه با شرایط بزرگ مقیاس) انجام نمی پذیرد. هرگونه بررسی مرتبط با منابع آب نیازمند در اختیار داشتن داده های مربوط به کمیت و کیفیت آب می باشد. اینگونه اطلاعات در فرآیندهای مدلسازی برای شناخت رفتاری منابع آب با توجه به وضعیت متغیرها و پارامترهای ذیربط حائز اهمیت می باشند.

داده های مرتبط با منابع آب از ارزش و اهمیت ویژه در مدیریت منابع آب برخوردار می باشند. بعنوان مثال اطلاعات مربوط به وضعیت و تغییرات زمانی حجم آب موجود در مخزن یک سد در دوره های ترسالی، نرمال و خشکسالی برای برنامه ریزی و تصمیم گیری اجتناب ناپذیر می باشد. معمولا اینگونه اطلاعات در دوره طراحی و در ابتدای بهره برداری از مخزن با استفاده از اطلاعات موجود و در قالب تعریف و ارزیابی سناریوهای مختلف محتمل (ترسالی ها، خشکسالی ها، غیره) قابل بررسی هستند (شکل ۱-۱). سپس در طول سال های بهره برداری از مخزن و کسب تجربه بیشتر، اینگونه اطلاعات با توجه به شرایط واقعی (آنگونه که در طبیعت اتفاق می افتد) بهبود می یابند. با بهره گیری از اطلاعات جمع آوری شده می توان اقدام به تهیه مدل های بهینه سازی/شبیه سازی بصورت قطعی (Deterministic) و استوکاستیک (Stochastic) نمود تا در بررسی ها و پیش بینی های وضعیت منابع آب مورد استفاده قرار گیرند.



شکل ۱ – ۱- بررسی کلی وضعیت منابع آب با توجه به موجودی آب

۲-۱- لزوم تهیه داده های مربوط به منابع آب

اطلاعات دقیق در رابطه با شرایط و رفتار طولانی مدت منابع آب (سطحی و زیرزمینی، کیفیت و کمیت آب) مورد نیاز مبرم برای هرکشوری می باشدو اساس و پایه توسعه اقتصادی و اجتماعی را تشکیل می دهد. همچنین این مسئله مورد نیاز برای حراست از محیط زیست قلمداد می شود چون کمک می کند تا تصویری واقعی تر را از فرآیندهای فیزیکی حاکم بر چرخه آب در طبیعت در زمان و مکان را داشته باشیم. عملا کلیه بخش های مرتبط با مسائل اقتصادی بنحوی نیاز به داده های منابع آب دارند تا آنرا برای اهداف طراحی، توسعه و ابعاد اجرایی مورد استفاده قرار دهند *(ترجمه قسمتی از گزارش یونسکو در رابطه با ارزیابی منابع آب).*

با توجه با رقابت بسیار شدید برای مصرف اب و از سویی محدودیت منابع آب موجود، لازم است به بهترین نحو ممکن روشهای مدیریتی را اعمال کنیم تا بتوانیم آب کافی و با کیفیت مناسب در اختیار همه مصرف کنندگان قرار دهیم. مدیریت مناسب منابع آب (بصورت پایدار) با توجه به موارد زیر امکان پذیر می شود:

- **شناخت بهتر عناصر فیزیکی، و شیمیایی و بیولوژیکی سیستم های آبی،**
- **بهبود دانش فعلی در رابطه با تغییرات و فعل و انفعالات جوی موثر بر منابع آب،**
- **توانایی در بکار گیری اطلاعات موجود بمنظور جلوگیری از تخریب محیط زیست.**

برنامه های مناسب داده برداری (در تمامی زمینه های مرتبط با منابع آب)، این اطمینان را می دهد که آمار و اطلاعات تولید شده مشارکت موثری در تحقق موارد فوق خواهد داشت.

بخش های مختلف دولتی و بخش خصوصی نیازمند آمار مربوط به عملکرد سازه هایی که بر مبنای دبی جریان کار می کنند و یا وضعیت آب در مخازن سدها می باشند، تا بتوانند آب را برای آبیاری و یا مصارف شهری و غیره تخصیص دهند و یا راهکار های مناسب را برای مدیریت و دفع فاضلاب اعمال نمایند. موارد فوق از نقطه نظرات اقتصادی و اجتماعی از اهمیت بسیار زیاد برخوردار بوده و هرگونه تصمیم گیری بایستی بر مبنای بهترین منبع آمار و اطلاعات موجود صورت گیرد. پیش بینی وضعیت جریان رودخانه ای یک کاربرد عمده بر مبنای آمار دبی و سطح اب می باشد که در تحقق تولید حداکثر جریان برقابی و هشدار و حفاظت در مقابل وقایع سیلابی بکار گرفته می شود.

۲-۲-داده ها و اطلاعات منابع آب چگونه مورد استفاده قرار می گیرد؟

اطلاعات و داده های منابع آب مورد نیاز افراد مختلف، بخش های دولتی و خصوصی می باشد، که در ادامه به اختصار توضیح داده شده است.

برنامه ریزی – کارشناسان مسائل علمی، مهندسی و برنامه ریزی اطلاعات مربوط به دبی جریان و رسوب را برای تحلیل مسائل، شرایط آینده پروژه در دست بررسی، تاثیر پذیری، ارزیابی گزینه های مختلف و سیاستگذاری در پروژه های کلان آبی بکار می برند.

ارزیابی زیست محیطی – مهندسین مشاور و افرادی که مسائل زیست محیطی را دنبال می کنند، به اطلاعات آبهای سطحی و رسوبات نیاز دارند. در حالیکه برای برخی فقط اطلاعات کلی ممکن است مد نظر باشد، برخی دیگر نیاز به اطلاعات دقیق دارند تا میزان غلظت آلاینده ها و مواد سمی را تعیین کنند.

تحقیقات – متخصصینی که امور تحقیقاتی انجام می دهند، آمار و اطلاعات را برای درک بهتر روابط فیمابین پدیده های هیدرولوژیکی و بیلان اب نیاز دارند، تا بتوانند راهکار مناسب برای بهره برداری بهتر از منابع آب را ارائه دهند. بعنوان مثال فرآیند تبخیر و نقش آن بر روی کاهش منابع آب و یا ارائه راهکاری علمی برای کاهش خطرات سیلخیزی را می توان نام برد.

بخش دولتی – بسیاری از مسئولیت های دولت وابسته به آمار و اطلاعات دقیق آبهای سطحی و رسوبات می باشد. بعنوان مثال فعالیت هایی از قبیل آبزی پروری، جنگلداری، روابط بین الملل، کشاورزی، زمین های دولتی همه و همه نیازمند آمار و اطلاعات مربوط به منابع آب می باشند.

مسائل بین المللی – حقوق آبهای مرزی و تعیین سهم کشورهای ذینفع بدون شناخت منابع آب های سطحی و دبی جریان بسادگی قابل بررسی نخواهد بود.

موارد استفاده مردمی – در موارد و کاربرد های مختلف مردم علاقه مند هستند اطلاعاتی از داده های مربوط به منابع آب را داشته باشند.

طراحی و ساخت پروژه های آبی – مهندسین نیاز مبرم به آمار بسیار دقیق برای طراحی هیدرولیکی پروژه های آبی سدها، مخازن سدها، خطوط لوله های انتقال و کانال ها دارند. مسائلی مانند ایجاد شرایط ایمن در طول مدت ساخت پروژه و کارآیی اقتصادی آن در طول عمر مفید پروژه بدون دسترسی به آمار و اطلاعات مورد نظر با مشکلات جدی روبرو خواهند شد.

۲-۳-پایش کیفیت در برداشت داده ها

بررسی کیفیت در زمان داده برداری، کنترل کیفیت (کوتاه مدت و بلند مدت)

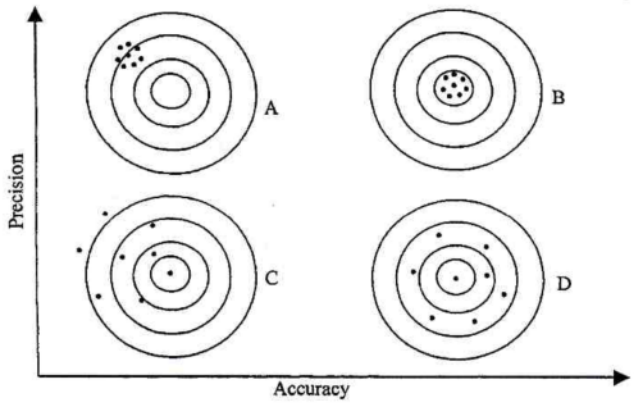
پایش کیفیت داده برداری با توجه به سادگی و یا پیچیدگی روش داده برداری و روش پایش، تعداد دفعات پایش و وقت گذاشتن می تواند متفاوت باشد. اینگونه عوامل در واقع تابعی از هدف اصلی و اهمیت داده برداری محسوب می شوند. از طرفی تجربه کارشناسان، ابزار و وسائل هیدرومتری مناسب برای داده برداری و یکنواختی برداشت داده ها نیز عوامل تعیین کننده محسوب می شوند.

۲-۴-تهیه داده های مرتبط با منابع آب

۲-۴-۱-داده های حاصل از اندازه گیری های مستقیم

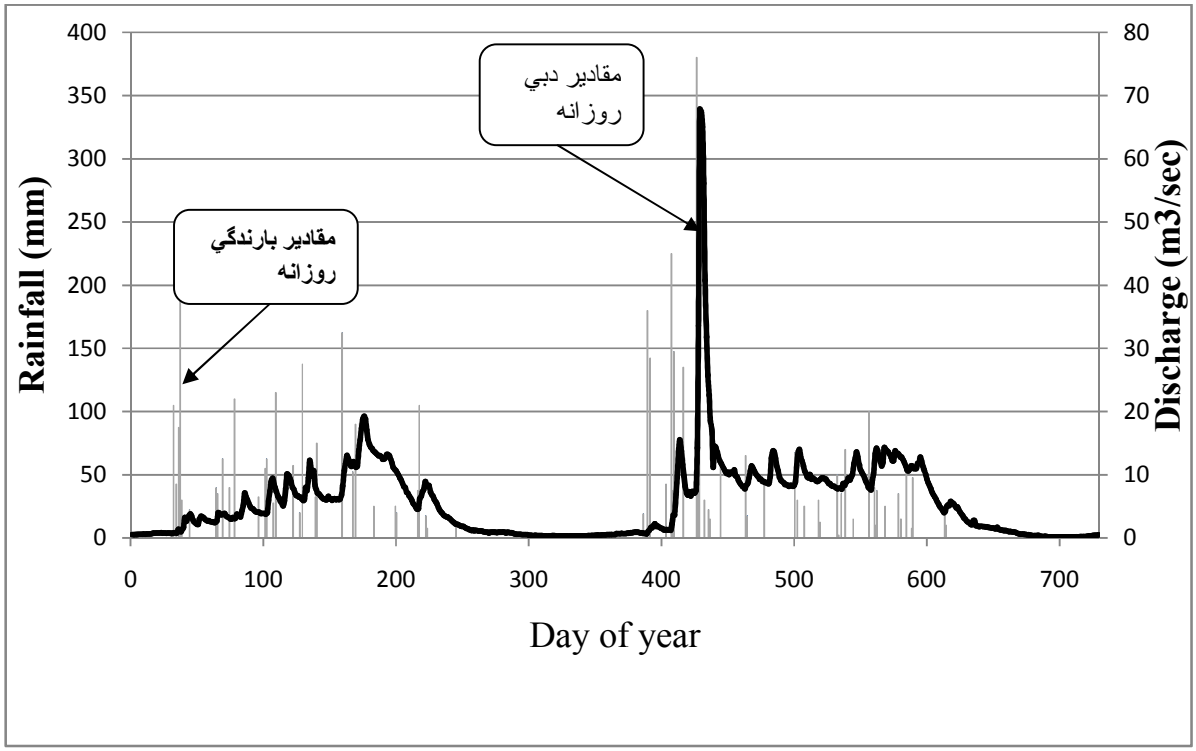
در بحث مدیریت منابع آب نیاز به کمی کردن اطلاعات مربوط به متغیرها و پارامترهای مختلف می باشد. در صورتیکه تجهیزات اندازه گیری موجود باشد، می توان اطلاعات کمی شده را بطور مستقیم مورد استفاده قرار داد (مانند داده های دبی جریان ایستگاه هیدرومتری) . آنچه که مهم است لزوم تجهیز حوضه های آبریز برای تهیه متغیرها و پارامترهای هیدرولوژی مورد نیاز در مباحث کمیت وکیفیت منابع آب می باشد. اطلاعات بدست آمده در بررسی و تحلیل داده استفاده شده، و در تصمیم گیری و ارائه راه حل در جهت رفع مشکلات منابع آب بکار می روند. لذا مراحل نصب، داده برداری و کنترل کیفیت و دقت داده های اندازه گیری شده بایستی در نظر گرفته شود. از طرفی با توجه به نقش بسیار حساسی که داده های مختلف دارند، سیستم پیشرفته آرشیو (Archive) داده ها نیز بایستی طراحی و مورد استفاده قرار گیرد تا گروه های مختلف که داده ها را نیاز دارند به راحتی بتوانند از

اطلاعات موجود استفاده نمایند. در سال های اخیر تکنولوژی Data Logger برای برداشت داده های مربوط به کمیت و کیفیت منابع آب مورد استفاده است، بطوریکه داده ها بصورت On Line از محل برداشت داده به کامپیوتراصلی ارسال و در سیستم کامپیوتری آرشیو می شود. استفاده از داده های ایستگاه های مجهز به ابزار اندازه گیری کیفیت آب (میزان فسفر، نیترات، شوری و غیره) نیز در مباحث تامین آب شرب و کشاورزی و همچنین مسائل زیست محیطی از اهمیت بسیار زیاد برخوردار است. تهیه داده ها (بصورت کمی) بمنظور تعیین وضعیت و موجودی منابع آب بعنوان یکی از اقدامات اولیه در بحث مدیریت منابع آب مطرح می باشدآنچه حائز اهمیت است آن است که استفاده مناسب از اینگونه تکنولوژی منوط به دقت کافی در انتخاب، نصب، نگهداری، تعویض قطعات سیستم و آرشیو داده ها توجه کامل مبذول گردد. از جمله مسائلی که در رابطه با کیفیت داده های اندازه گیری شده مطرح می باشد، بحث خطای اندازه گیری است. بطور کلی خطا یا تصادفی است و یا سیستماتیک، که در قالب Precision و Accuracy بررسی می شود. در (شکل ۲-۱) هر دو نوع خطا برای یک شبکه باران سنجی آورده شده است. بطور کلی چهار وضعیت وجود داردکه بهترین حالت B می باشد (Precision و Accuracy بالا). بطور اگر خطای تصادفی برآورد پایین باشد، اندازه گیری دارای Precision بالاست و اگر خطای سیستماتیک پایین باشد، ابزار اندازه گیری دارای Accuracy بالاست.

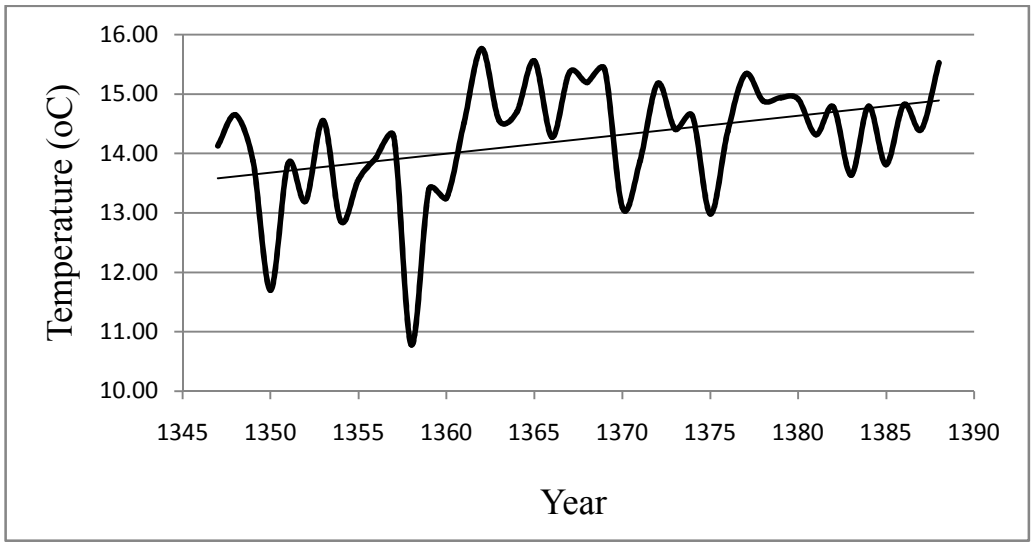


شکل ۲ -۱ - بررسی خطا در داده های یک شبکه باران سنجی((Jain and Singh (2003)

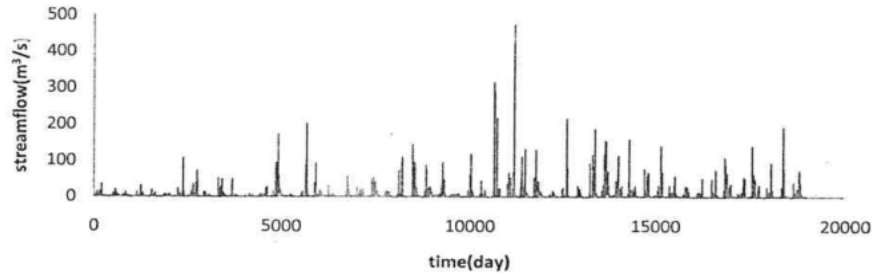
نمودار های سری زمانی رفتار داده های مربوط به متغیرها (دبی جریان، بارندگی، دما، غیره) و همچنین پارامترهای کیفیت آب را در مقیاس های زمانی مختلف (روزانه، هفتگی، ماهانه، فصلی و سالانه) ارائه می دهند. در صفحات بعد نمونه هایی از نمودارهای سری زمانی داده های مربوط به منابع آب [بارندگی و رواناب روزانه (شکل۲-۲)، رفتار زمانی دمای میانگین سالانه (شکل۲-۳)، تغییرات دبی روزانه (شکل۲-۴) و روند زمانی دبی های میانگین سالانه (شکل های ۲-۵ تا ۲-۷)] ارائه گردیده است. در صفحه بعد از آن نتایج معنی دار بودن سه ایستگاه ارائه شده است (در کلاس بحث خواهد شد). همچنین نمودارهای مربوط به وضعیت میزان فسفر موجود در آب به عنوان یک پارامتر کیفیت آب ارائه شده اند، مثلا شکل ۲-۸ اطلاعات تهیه شده از یک Data Logger را در رابطه با میزان فسفر (mg/l) در تاریخ های مشخص و برخی تحلیل های ساده آماری نشان می دهد، شکل ۲-۹ تغییرات زمان میزان فسفر را برای یک ایستگاه واقع بر یک رودخانه خاص (Stoney Creek) نشان می دهد و یا شکل ۲-۱۰ کاهش میزان فسفر در نتیجه اعمال قانون ممنوحیت ورود فسفر در منابع آبی را برای رودخانه Chattahoochee را نشان می دهد.



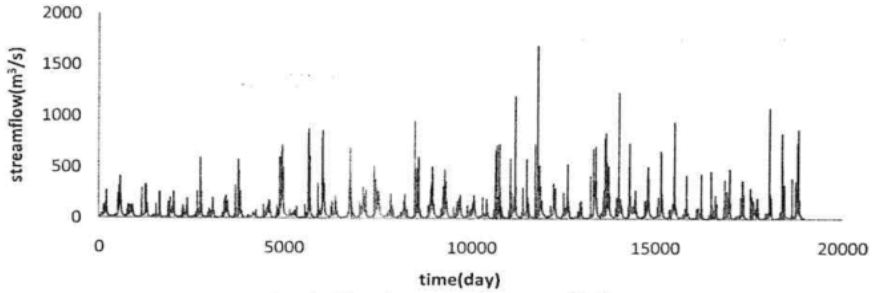
شکل ۲-۲- تغییرات روزانه بارندگی (mm) و دبی جریان (m^3/sec) برای ایستگاه پل کهنه (حوضه آبریز کرخه)، در سال های 1372 و 1373، به ترتیب با بارندگی های سالانه 387.5 mm و 498.8 mm



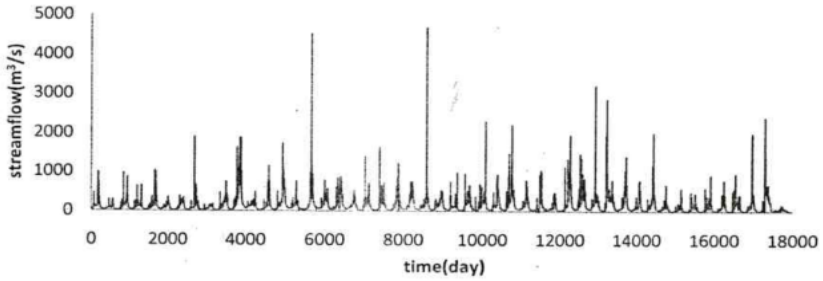
شکل ۲-۳- روند تغییرات دمای میانگین سالانه (^oC) درایستگاه چمریز (حوضه رودخانه کر)



پیوست ۲-۱۶- سری زمانی دبی در ایستگاه آفرینه چهلول



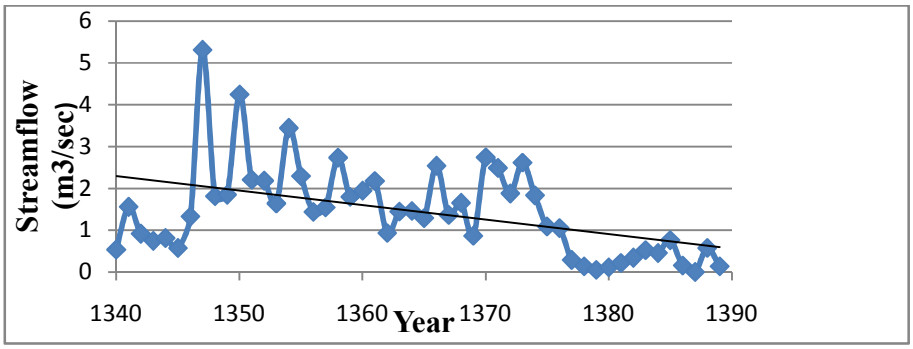
پیوست ۲-۱۷- سری زمانی دبی در ایستگاه پل دختر



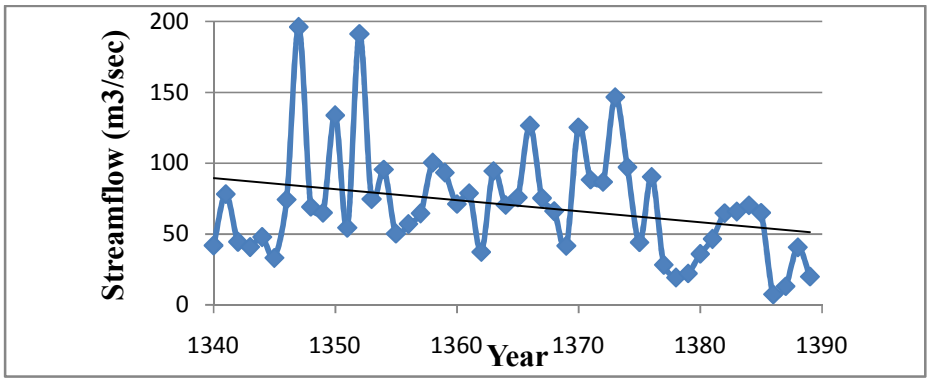
پیوست۲-۱۸- سری زمانی دبی در ایستگاه جلوگیر

۱۱۴

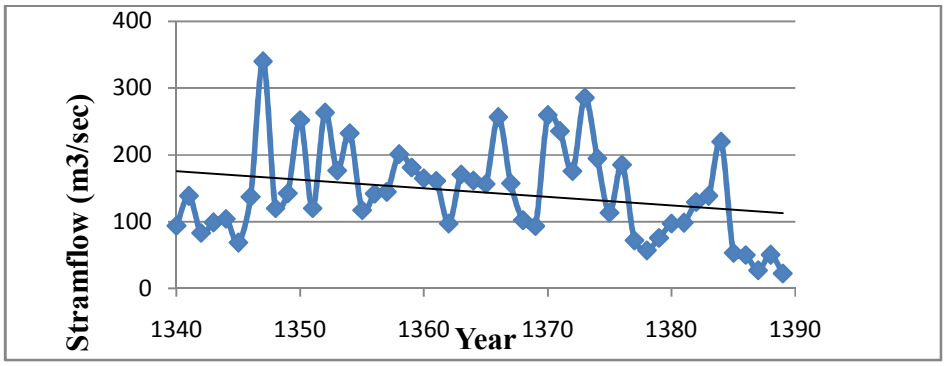
شکل ۲-۴- نمودارهای سری زمانی تغییرات دبی روزانه (m^3/sec) برای سه ایستگاه مختلف حوضه آبریز کرخه



شکل ۲-۵- نمودارهای روند زمانی دبی های میانگین سالانه (m^3/sec) ایستگاه فیروزآباد، حوضه آبریز کرخه



شکل ۲-۶- نمودارهای روند زمانی دبی های میانگین سالانه (m^3/sec) ایستگاه هلیلان، حوضه آبریز کرخه



شکل ۲-۷- نمودارهای روند زمانی دبی های میانگین سالانه (m^3/sec) ایستگاه جلوگیر، حوضه آبریز کرخه

بررسی وضعیت معنی دار بودن روند در ایستگاه های فیروز آباد، هلیلان و جلوگیر(آزمون من-کندال و τ - کندال)

Kendall's tau Correlation Test
US Geological Survey, 2005

Data set: EXAMPLE FIRUZABAD

The tau correlation coefficient is -0.318
S = -390.
z = -3.254
p = 0.0011

The relation may be described by the equation:

Y = 439.65 + -0.2215 * X

Kendall's tau Correlation Test
US Geological Survey, 2005

Data set: EXAMPLE HULILAN

The tau correlation coefficient is -0.167
S = -204.
z = -1.698
p = 0.0895

The relation may be described by the equation:

Y = 7057.4 + -3.534 * X

Kendall's tau Correlation Test
US Geological Survey, 2005

Data set: EXAMPLE JELOGIR

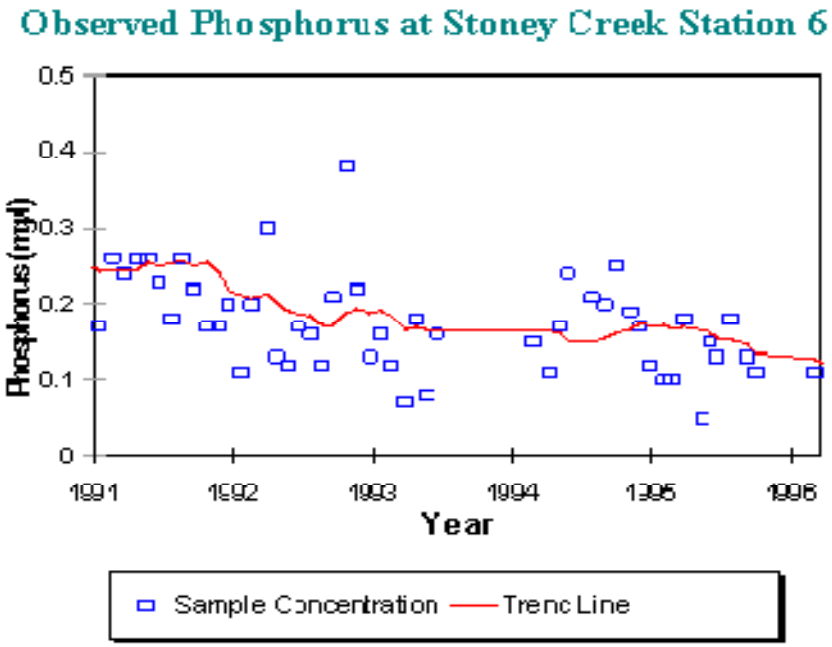
The tau correlation coefficient is -0.155
S = -190.
z = -1.581
p = 0.1139

The relation may be described by the equation:

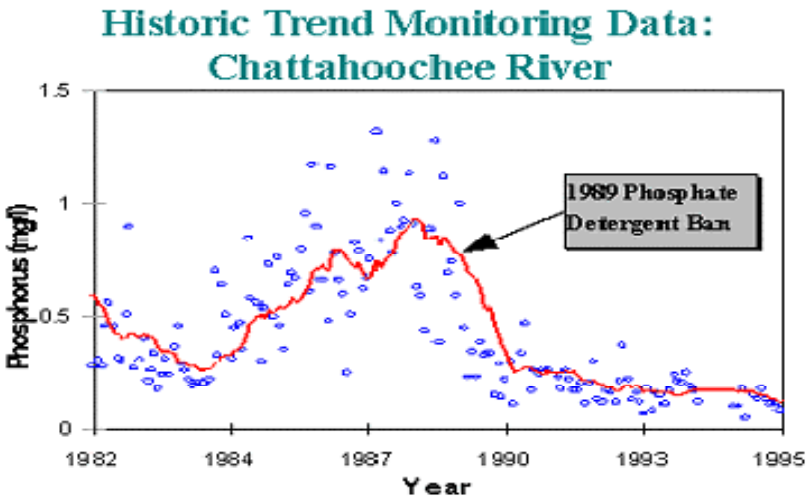
Y = 16079. + -8.058 * X

G	H	I	J
Station 6	11-Apr-96	PTOTAL	0.03
Station 6	23-May-96	PTOTAL	0.2
Station 6	13-Jun-96	PTOTAL	0.07
Station 6	14-Nov-96	PTOTAL	0.08
Station 6	12-Dec-96	PTOTAL	0.08
Stoney Creek Station 6			
Phosphorus -		**Mean**	0.1741
Statistical Analyses		**Median**	0.17
		Minimum	0.02
		Maximum	0.47
		Variance	0.0069
		Standard Dev	0.0710
		90% Conf Interval	0.12

شکل ۲-۸- اطلاعات خروجی از Data Logger در رابطه با میزان فسفر موجود در آب (mg/l) که به صورت روزانه ارائه شده و ارائه پارامترهای آماری برای ایستگاه هیدرومتری واقع در (Stoney Creek)



شکل ۲-۹- سری زمانی تغییرات میزان فسفر (mg/l) برای ایستگاه هیدرومتری واقع در (Stoney Creek)



شکل ۲-۱۰- سری زمانی کاهش میزان فسفر (mg/l) در نتیجه اعمال قانون ممنوعیت وارد کردن فسفر در آب برای رودخانه Chattahoochee

۲-۴-۲-داده های حاصل از کاربرد تکنولوژی های جدید

امروزه وجود تکنولوژهای جدید داده پردازی مانند سنجش از دور [Remote Sensing (RS)] و سامانه اطلاعات جغرافیایی [Geographical Information Systems (GIS)]، بطور گسترده در تهیه داده های مورد نیاز در مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار می گیرند.

۲-۴-۲-۱-سنجش از دور (RS) - قسمت سطحی زمین توسط ویژگی های سطحی و نزدیک سطحی کنترل می شود که تغییرات مکانی را بوجود می اورد. اگر قسمت سطحی زمین را بصورت یک سیستم فرض کنیم، ورودی های این سیستم (بارندگی، تابش خورشیدی، ..) دارای تغییرات مکانی می باشند. سنجش از دور در واقع برای کمی کردن و بررسی وضعیت مکانی اینگونه داده ها مورد استفاده قرار می گیرد. واژه سنجش از دور بدین معنی می باشد که برای تهیه اطلاعات متغیر از فاصله دور اقدام می گردد. هر چند بنظر می رسد که این روش جدیدی باشد، اما سابقه طولانی دارد، در واقع عکاسی هم بر مبنای همین مفهوم است. امروزه، واژه سنجش از دور به مفهوم تهیه و تحلیل داده های ماهواره می باشد و روشی قوی برای کاووش، پهنه بندی و مدیریت منابع زمینی می باشد.

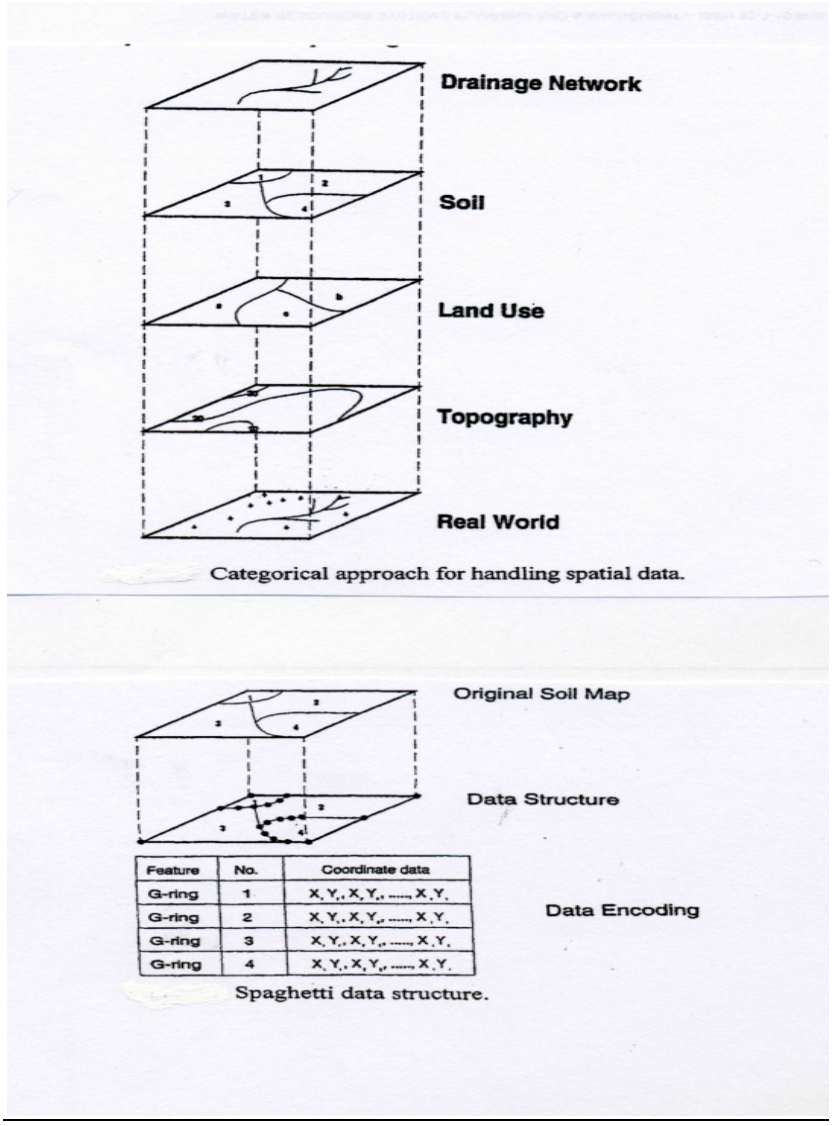
در سنجش از دور، از طیف الکترومغناطیسی که منبع اصلی آن نور خورشید است، استفاده می گردد. طیف مغناطیسی به محدوده های مختلف از طول موج ها تقسیم می شود. با استفاده از اطلاعات حاصل از انعکاس امواج در محدودهای مشخص طول موج می توان بین سطوح مختلف (آب، خاک مرطوب، خاک خشک، پوشش گیاهی، سنگ ها و غیره) تفاوت قائل شد، که در نهایت منتج به پهنه بندی این سطوح و تشخیص نحوه توزیع مکانی آنها می شود. عکس هوایی در واقع یکی از روش های سنجش از دور است، که از قسمت قابل رویت طیف مغناطیسی استفاده می کند، که این قسمت کوچکی از مجموعه طول موج ها را شامل می شود.

سنجش از دور بصورت فعال (Active) و غیر فعال (Passive) عمل می کند. حسگرهایی که انرژی خود را تولید می کنند را فعال می گویند. اینگونه حسگرها مانند رادار انرژی با مشخصات خاص را انتقال می دهند و مشخص می کنند چه میزان انرژی برای انعکاس امواج لازم است. از مزایای عمده سنجش از دور در مدیریت منابع طبیعی پوشش سینوپتیکی زمین بصورت دوره ای و با هزینه کم می باشد. ماهواره های مختلف در مسیرهای بیضوی در جو کره زمین حرکت می کنندو هر از چند روز مشخص از یک مکان خاص عبور می کنند. ماهواره های قطبی تصویر کاملی از سطح زمین را می دهند. برخی ماهواره ها مجهز به دوربین هایی هستند که از مکان های خاص عکسبرداری می نمایند. ماهواره آمریکایی LANDSAT (متعلق به NASA)، به سیستم Thematic Mapper (TM) مجهز است، که می تواند تصاویر در ابعاد ۱۸۵×۱۸۵ کیلومتر مربع را تهیه نماید. سایر ماهواره های مشهورتر شامل GOES، GMC، MODIS، ماهواره فرانسوی SPOT و ماهواره های هندی [Indian Remote Sensing (IRS)] می باشند. در مواردی لازم است تصاویر پردازش شوند تا شفافیت بیشتری بوجود آید، و یا رنگ تصویر بهبود یابد. در اینگونه موارد از فرآیند پردازش تصویر (Visual Image Processing) استفاده می شود.

۲-۴-۲-۲-سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) – می توان با پردازش داده های سنجش از دور، اطلاعات جامع تر بدست آید. اینکار در محیط نرم افزاری و توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی صورت می گیرد و از فرآیند کمی کردن اطلاعات تصویر (Digital Image Processing) استفاده می شود، که با استفاده از پیکسل ها (Pixels) تصاویر شکل می یابند. در عمل یک تابع

دوبعدی بیانگر شدت مورد استفاده است که برای هر پیکسل، شدت (نورانی بودن) تصویر را در یک نقطه خاص می دهد. با توجه به اینکه برای هر متغیر یک تصویر وجود دارد (مثلا پوشش گیاهی، توپوگرافی، غیره)، می توان با انطباق لایه های تصویر برروی هم، ترکیبی از فعالیت های متغیرهای مختلف را ساخت (شکل ۲-۱۱).

در رابطه با کاربرد RS و GIS در منابع آب، در هیدرولوژی (نزولات جوی، تبخیر-تعرق، پهنه بندی سطح پوشش برف، پهنه بندی سیلاب، مدلسازی هیدرلوژیکی) و در آبیاری و کشاورزی (پهنه بندی اراضی، الگوی کشت، نیاز آبی گیاه، تعیین سطوح شوری خاک و اراضی باتلاقی) کاربرد دارد.



شکل ۲-۱۱- تشریح لایه های مختلف اطلاعات زمینی که در سامانه اطلاعات جغرافیایی پردازش می شود

۲-۴-۳-داده های حاصل از استفاده از مدل ها و روش های تجربی

در برخی موارد لازم است با استفاده از روابط و یا مدل های ریاضی، متغیرهای هیدرولوژی (حجم رواناب سالانه و یا تغییرات رطوبتی در منطقه غیر اشباع خاک) را برآورد نمود. در اینگونه موارد راهکارهای متنوعی وجود دارد که معادلات بیلان آبی از آن جمله می باشد. در رابطه با کاربرد بیلان آب، با استفاده از اطلاعات مربوط به داده های مختلف می توان یک سری داده های مورد نظر را برآورد نمود. مثلا اگر داده های متغیر های بارندگی، نفوذ و تبخیر-تعرق در مقیاس سالانه موجود باشد می توان رواناب حاصله را برآورد نمود و قابلیت آنرا برای تامین آب شرب ارزیابی کرد.

مثال – برای یک حوضه آبریز به مساحت $65\ km^2$، میانگین بارندگی سالانه $254\ mm$ برآورد شده که سهم تبخیر-تعرق و نفوذ سالانه به ترتیب $85\ mm$ و $20\ mm$ می باشد. اگر میانگین مصرف سرانه هر نفر برای شرب و مصارف خانگی $160\ litre/day$ در نضر گرفته شود، با رونواب تولیدی آب شرب و مصارف خانگی سالانه چند نفر قابل تامین است؟

$$P - R - ET - I = \Delta S \qquad (2\text{-}1)$$

$$R = 254 - 85 - 20 = 149\ mm$$

$$V = RA \qquad (2\text{-}2)$$

$$V = [(149mm)/(1000mm/m)](65km^2)(10^6 m^2/km^2) = 9.685\times10^6\ m3$$

$$N = (9.685\times10^9)/(160\times365) = 165839$$

مثال دیگر در رابطه با مدل تجربی سازمان حفاضت خاک آمریکا [Soil Conservation Service (SCS)] می باشد که به منظور برآورد وقایع رواناب از وقایع بارندگی می باشد، که از جمله کاربردهای متنوع آن برآورد دبی های سیلابی می باشد.

مثال – برای یک حوضه با مساحت $20\ km^2$، اگر $CN = 73$ برآورد شده باشد و $T_c = 82\ minutes$ باشد، دبی حداکثر تولیدی از بارندگی به مدت 2 ساعت و به ارتفاع $75\ mm$ را برآورد کنید؟

$$S = 25.4(1000/CN - 10) = 25.4(1000/73 - 10) = 93.9 \qquad (2-3)$$

$$R = [(P-0.2S)^2/(P+0.8S)] = [(75-0.2*93.9)^2/(75+0.8*93.9)] = 21.1\ mm \qquad (3-4)$$

$$t_p = D/2 + 0.6T_c = 109.2\ minutes \qquad (2-5)$$

$$Q_{max} = (2.083AR)/t_p = (2.083*20*2.11)/1.82 = 48.3\ m^3/sec \qquad (2-6)$$

۳- اصول و مبانی مدیریت منابع آب

۳-۱- کلیات

در این قسمت برخی واژگان مورد استفاده در بحث مدیریت منابع آب مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

تقاضا برای آب (Water Demand) بعنوان مقدار مشخص آب برای یک مصرف خاص مورد استفاده قرار می گیرد.

آب مصرفی (Consumptive Use) بمفهوم آبی می باشد که پس از مصرف مورد نظر دیگر در دسترس نباشد، مانند تعرق گیاهی و یا تبخیر از سطوح آبهای آزاد. اما آب مورد نیاز ، مثلا برای آبیاری پس از آنکه به مصرف گیاه رسید، درصدی از آن به عنوان آب برگشتی در دسترس می باشد، البته با کیفیت نامناسب تر از شرایط اولیه، همچنین فاضلاب خانگی و یا صنعتی از این مقوله می باشند.

واژه برداشت آب Withdrawal (off-stream) بمفهوم انحراف و انتقال آب از محل طبیعی خود می باشد، که اینگونه موارد برای مصارف کشاورزی، صنعت و شرب می باشد. نوع دیگر مصرف آب به صورت استفاده در در محل In-situ (in-stream) می باشد، در این مورد آب در محل طبیعی خود می باشد، که به مصارفی مانند تامین آب برای محیط زیست و یا تفرجگاه ها می رسد.

ارزیابی منابع آبی در قالب کارآیی (Efficiency) آب (قابلیت درصد تامین نیاز آبی) صورت می گیرد.

مسائل مربوط به عرضه و تقاضای آب (Supply and Demand) در چارچوب محدودیت های مکان و زمان قابل بحث می باشند. با توجه به اینکه با گذشت زمان مصرف آب روبه افزایش بوده است، گفته می شود که در آغاز صده قبل مصرف آب معادل 600 km^3/yr بوده که تا سال 2000 به 5300 km^3/yr افزایش یافته است، که طبیعتا این رقم در آینده نیز افزایش خواهد یافت. مصرف کننده عمده منابع آب در گذشته بخش کشاورزی بوده است که بنا به گفته Biswas (1970)، این میزان حدود 90% کل آب مصرفی در سال 1900بوده است، که در سال 2000 به حدود 62% کاهش یافته، که این روند روبه کاهشی در قرن بیست و یکم نیز ادامه خواهد داشت.

۳-۲- روند محتمل در تقاضا برای آب

بر اساس تحقیقات صورت گرفته افزایش مصرف آب حدود سه برابر افزایش جمعیت جهانی بوده است. لذا اگر افزایش جمعیت دو برابر شود، این میزان شش برابر خواهد شد. لذا با توجه به نیازهای بخش کشاورزی و صنعت این روند یک توسعه پایدار نمی باشد. هر چند تا بحال در بسیاری از نقاط آب به عنوان یک منبع مجانی قلمداد شده و کمبود آب در بسیاری از مناطق مشاهده می شود. بدلائل مختلف آب یا به صورت مجانی و یا با قیمت بسیار نازل در اختیار مصرف کننده در کشورهای مختلف گذاشته می شود.

کمبود اب در سال های اخیر سبب بروز اختلاف (Conflict) در بین کشورهای مختلف شده است که اینگونه اختلافات در سطوح ملی و یا حتی محلی نیز به وجود می آید. امروزه روش های حل اختلاف به عنوان گروهی از روش های پیشرفته علمی در حل مشکلات منابع آب با عنوان "روش های حل اختلاف" (Conflict Resolution Techniques) مطرح می باشند.

افزایش جمعیت و به طبع آن افزایش نیاز برای آب سبب تخریب اکوسیستم های طبیعی مرتبط با منابع آب می شود. لذا آلودگی دریاچه ها، مرداب های طبیعی، رشد فزاینده جلبک ها (Phytoplankton) و افزایش بیماری های آبزی چالش عمده ای را پیش روی مدیران آینده منابع آب به وجود آورده است.

در گذشته بحث مدیریت منابع آب عمدتا تامین کمی (Quantitative) منابع آب را شامل می شده است. امروزه نیاز به یک حرکت یکپارچه در سطح جهانی (Integrated Global Approach) می باشد، که مسائل مربوط به وضعیت کیفی (Qualitative) منابع آب و بخصوص وضعیت آلاینده ها (Pollutants) نیز بررسی شوند.

۳-۳- بررسی وضعیت در دسترس بودن منابع آب (Water Availability)

بهره برداری بهینه و اقتصادی هر پروژه مستلزم شناخت مقدار و گستره منابع آب (سطحی و زیر زمینی) در منطقه مورد مطالعه می باشد. توزیع منابع آب در قاره های مختلف جهان به صورت زمانی و مکانی بسیار متفاوت می باشد. از طرفی وضعیت منابع آب مازاد درتضاد کامل با میزان اب موجود (بخصوص در مناطق خشک) می باشد. در بسیاری از مناطق توزیع جمعیت در مناطق مختلف متناسب با وضعیت آب موجود نمی باشد، لذا ممکن است مناطق با جمعیت بسیار کم دارای منابع آبی فراوان و مناطق پر جمعیت از منابع ابی محدود برخوردار باشند. لذا لازم است وضعیت منابع اب در قالب موارد زیر بررسی گردد.

۳-۳-۱- ارزیابی منابع آب

در بحث ارزیابی منابع آب دانش هیدرولوژی، هوا شناسی، زمین شناسی و علوم وابسته لازم است تا بتوان یک تصویر مشخص از خصوصیات فیزیکی و تغییرات منابع آب داشته باشیم. در چنین تصویری عکس العمل حوضه آبریز تحت تاثیر ورودی های هواشناسی در سطح زمین، رودخانه، مخزن سد و مناطق زیر سطحی قابل بررسی می شود.

۳-۳-۲- برنامه ریزی منابع آب

برنامه ریزی به منظور دستیابی به اهداف محلی، منطقه ای، ملی و بین المللی وضعیت آب قابل دسترس را در شرایط زمانی و مکانی در بر می گیرد. بطور کلی دولت ها برنامه ریزی منابع آب را با توجه به نیاز برای افزایش رفاه جامعه، افزایش درآمد سرانه، خود اتکایی بیشتر و بهبود شرایط محیط زندگی دنبال می کنند. هدف از برنامه ریزی منابع آب عرضه منابع با توجه به توزیع زمانی و مکانی تقاضا (Demand) و با توجه به وضعیت موجودی منابع آب و قابلیت های سیستم های انتقال و توزیع آب می باشد.

۳-۳-۳- توسعه منابع آب (Water Resources Development)

– در کشورهایی که با محدودیت منابع آب مواجه هستند، توسعه منطقی منابع آب یک شرط لازم برای دستیابی به رشد اقتصادی و اجتماعی مطلوب می باشد. را ه های متنوعی برای گروه بندی پروژه های منابع آب وجود دارد که بطور کلی بشرح زیر می باشد:

الف- منابع آبهای سطحی، مخازن سدها، دریاچه های طبیعی، کنترل و تنظیم جریان های خروجی،

ب - انحراف آب با استفاده از کانال های ساخته شده برای انتقال آب برای مصارف مختلف، پروژه های زهکشی، استفاده از سازه های کنترل سیلاب (Dyke) و سازه های کنترل رسوب و روش های کنترل رسوب،

ج - انحراف آب با استفاده از روش های بین حوضه ای (Inter-basin Water Transfer Projects)،

د - تصفیه آب، تهیه آب شیرین از آب شور،

ه - روش های تغذیه مصنوعی،

و -اعمال تغییرات سطحی در سطح حوضه برای افزایش جریان سطحی.

۳-۳-۴- مدیریت یک پارچه منابع آب (Integrated Water Resources Management)

بطور کلی سیستم هایی که با منابع طبیعی سر و کار دارند بندرت به عنوان یک مجموعه یکپارچه مدیریت می شوند. علت این امر آنست که منابع آب و خاک و هوا بصورت سنتی بطور مستقل مدیریت شده اند و کمتر هماهنگی لازم فیمابین آنها لحاظ شده است. معمولا در کشورهای مختلف، ارگان های زیربط منابع آب را از جوانب مختلف و در سطوح متفاوت مدیریت می کنند.

بحث مدیریت یک پارچه منابع آب (IWRM) در ابتدا دهه ۸۰ میلادی مطرح گردید. IWRM در واقع واکنش به افزایش میزان تنش بر سیستم های منابع آب در اثر افزایش جمعیت و پیشرفت های اقتصادی-اجتماعی می باشد، که سبب شده بسیاری از کشور ها این مسیر را دنبال کنند. در نتیجه مدیریت منابع آب تحت تاثیر یک تغییر جهانی می باشد که از یک روشی که قبلا فقط بر مبنای مهندسی تامین آب بود بسوی روشی چند بعدی و تقاضا محور که بعنوان مدیرت یک پارچه منابع آب شناخته شده، پیش می رود.

شاید بهترین بیان مدیریت یک پارچه منابع آب آن باشد که تحت عنوان اصول دوبلین در سال ۱۹۹۲ شناخته شده است. در این چارچوب بجای مدیریت از بالا به پایین منابع آب، به توسعه و در دسترس بودن آب توجه شده است. و در واقع از یک سیاست جامع با توجه به واکنش های زیر بخش های مختلف عمل می کند و اولویت ها تعریف می شوند. لذا با در نظر گرفتن نیازهای سازمانی، ضرفیت های مدیریتی ایجاد می گردد.

IWRM مصرف منابع را با توجه به نوع فعالیت و کارکرد های اقتصادی و اجتماعی در نظر می گیرد و قوانین لازم را تدوین می نماید. اصول دوبلین در چهار بعد زیر مطرح می گردد:

- **آب یک منبع محدود، آسیب پذیر و ضروری است، که برای زندگی پایدار، توسعه و محیط زیست الزامی است.**
- **توسعه و مدیریت منابع آب بایستی بر اساس روش مشارکتی شامل مصرف کنندگان، برنامه ریزان و سیاست گذاران در تمام سطوح باشد.**
- **زنان نقش اساسی در تهیه، مدیریت و حفاظت از آب دارند.**
- **آب دارای ارزش اقتصادی در تمام مسائل تافیقی آن می باشد و باید به عنوان یک کالای اقتصادی در نظر گرفته شود.**

۳ -۴- سیستم های منابع آب (Water Resources Systems)

مفهوم یک سیستم – یک سیستم را می توان به عنوان مجموعه ای از چیزهای مختلف تعریف کرد که با یکدیگر در یک وضعیت مرتب و وابسته بهم در تعامل می باشند. در این راستا یک سیستم مجموعه ای از عناصر می باشد که در یک وضعیت منظم قرار گرفته اند و یک یا چند هدف مشخص را تبیین می کنند.

یک سیستم را می توان به صورت زیر تشریح نمود:

الف - مرز سیستم (System Boundary) که مشخص می کند در چه محدوده ای سیستم مورد نظر کار می کند.

ب - ورودی ها (Inputs) و خروجی ها (Outputs) و واکنش های آنها با محیط،

ج - روابط فیمابینی ورودی ها و خروجی های سیستم و عناصر سیستم که به آن پس خوراند (Feed back) گفته می شود.

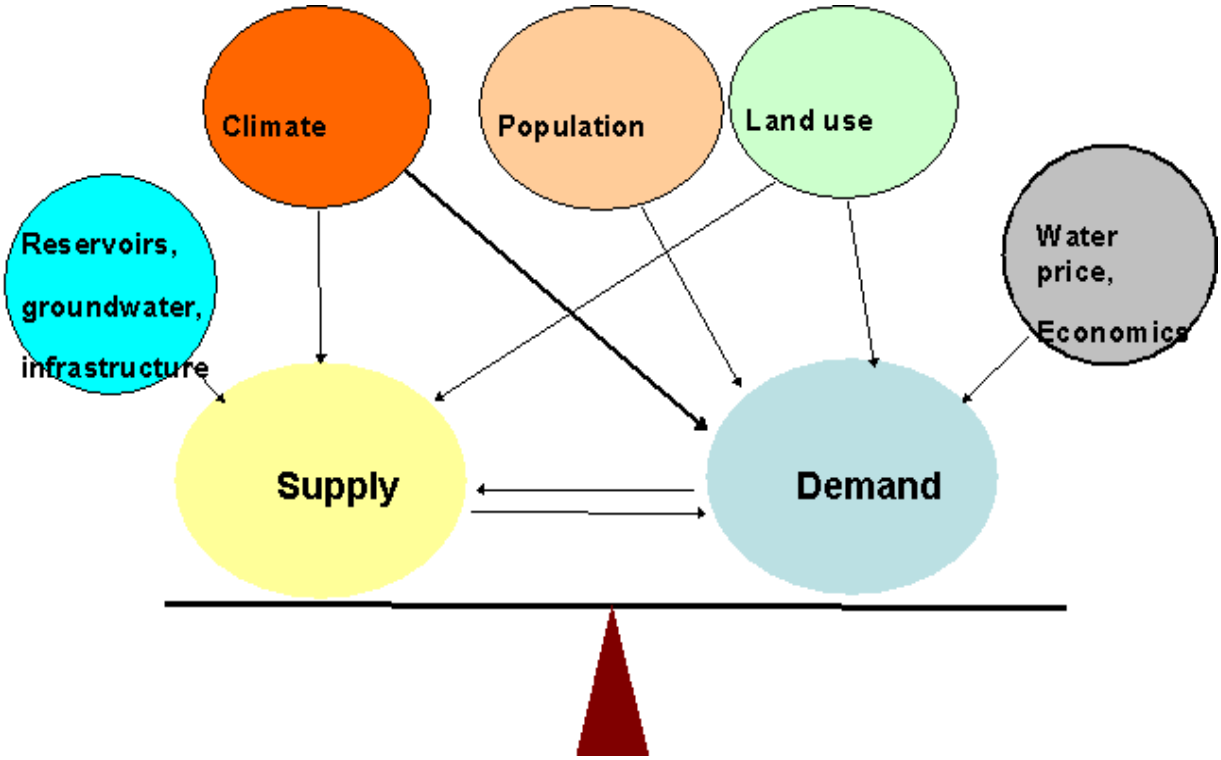
در رابطه با منابع آب سیستم به عنوان سازه، وسیله، راهکار و به شکل های واقعی و یا مجازی تعریف می شود و در بعد زمان (یک دوره خاص زمانی) روابط مربوط به ماده، انرژی و یا اطلاعات در قالب ارتباطات فیمابین ورودی ها و خروجی ها بیان می گردد.

۳ – ۴- ۱- تحلیل سیستمی (System Analysis) – در کاربردهای منابع آب به عنوان روشی منطقی قلمداد می شود که به منظور رسیدن به تصمیم های مدیریتی برای یک سیستم بخصوص که مبتنی بر تحلیل اطلاعات کافی و کامل و مرتبط باشد، که بدین منظور استفاده از کامپیوتر غیر قابل اجتناب می باشد.

۳ – ۴ – ۲ - رهیافت سیستمی (System Approach) – به عنوان یک روش جامع بررسی پدیده و فرآیند می باشد که شامل هرگونه روابط داخلی و خارجی فیمابین نیز می شود. به عنوان مثال بخش های چهارگانه مصرف کننده آب با توجه به ماهیت طبیعی موجود و الگوهای رفتاری، هر کدام درصدی از تقاضا برای آب را به خود تخصیص می دهند. تامین آب مورد نیاز مستلزم شناخت صحیح از الگوهای مصرف و برآورد نیاز واقعی بخش ها می باشد، بطوریکه عرضه آب کافی حتی المقدور عملی باشد. از طرفی بمنظور پایدار نمودن سیستم عرضه آب لازم است تعادل (Balance) بین عرضه و تقاضا برای آب وجود داشته باشد. موفقیت سیستم های عرضه آب وابسته به میزان صحت پیش بینی های مربوط به عرضه و تقاضای آب و توانمندی در ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا می باشد. اگر بطور صحیح صورت گیرد، تحلیل مسائل مربوط به عرضه و تقاضا برای آب می تواند بطور فاحش وضعیت آینده مصرف آب را مشخص نموده و راهکارهای مناسب برای مطالعه و عملی کردن پروژه های تامین آب ارائه دهد. حصول اطمینان از عرضه کافی میزان اب بطوریکه بتواند جوابگوی نیاز های آینده باشد، از جایگاه خاصی برخوردار است، بطوریکه سلامت اجتماعی و اقتصادی جامعه از آن تاثیر پذیر می باشد. مدیریت عرضه آب کارآ، مستلزم درک واقعی از قوانین و مقررات جاری، مسائل سیاسی، هیدرولوژیکی و هرگونه محدودیت های ساختاری مرتبط با وضعیت عرضه آب در شرایط موجود و در شرایط آینده می باشد.

به منظور بررسی نحوه ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا برای آب می توان از چارچوب تعریف شده توسط رهیافت سیستمی استفاده نمود. در اینگونه چارچوب مفهومی بررسی تعادل امکان پذیر می گردد. در چنین مواردی می توان از معادله بیلان آب به منظور بررسی وضعیت متغیرهای ورودی و خروجی و هرگونه تاثیر پذیری استفاده نمود.

در ادامه در ابتدا امکان ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا به صورت شماتیک بررسی شده (شکل ۳-۱) و سپس به ارائه مثال در زمینه کاربرد معادله بیلان آب در چارچوب رهیافت سیستمی پرداخته شده است.



شکل ۳-۱- بررسی ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا برای آب

مثال – محاسبه بیلان آبی و تغییرات در ذخیره سازی منابع آب (آمار حوضه آبریز اندوس):

Basin Area = 16.8 million ha
Inflow to the basin (R_1) = 175 billion M^3
Outflow from the Basin (R_2) = 35 billion M^3
Precipitation in the Basin (P) = 250 mm
Crop Evapotranspiration (E_t) = 625 mm
Surface Water Storage Capacity (S) = 15 billion M^3
Amount of water used by domestic and industrial sectors (D_{di})=10.25 billion M^3
Flow of domestic and industrial effluents to surface streams (F_e)=8.25 billion M^3

Water Balance:
The change in storage both in surface and groundwater was estimated as:

$$\mathbf{\Delta S = P - (R_2 - R_1) - E_t - D_{di} + F_e \quad (4.1)} \qquad \mathbf{(3-1)}$$

$\Delta S = 42 - (35 - 175) - 104 - 10.25 + 8.25$
$\Delta S = 76$ billion M^3

$$\mathbf{\Delta S_g = \Delta S - \Delta S_s} \qquad \mathbf{(3-2)}$$

$\Delta S_g = 76 - 15$
$\Delta S_g = 61$ billion M_3
There was a net recharge to groundwater of the Indus Basin to the order of 61billion M^3, which was available for consumptive and non-consumptive uses.

۳ – ۴ – ۳ - طبقه بندی سیستم ها – یک سیستم می تواند متعلق به هریک از گروه های زیر باشد:

- خطی (Linear) و یا غیر خطی (Non-linear)
- ایستا در زمان (Static in Time) و یا پویا در زمان (Dynamic in Time)
- قطعی (Deterministic) و یا استوکاستیک (Stochastic) که پارامترها و ورودی ها بر مبنای احتمالات می باشند
- گسسته (Discrete) و یا پیوسته (Continuous)
- ترکیبی (Lumped) و یا پخشی (Distributed)

سیستم های منابع آب معمولا بر مبنای تغییرات زمانی و مکانی استوار می باشند. یک سیستم قابل تقسیم به زیر سیستم ها می باشد. یک سیستم هیدرولوژیکی در واقع یک سیستم فیزیکی مرحله ای پویا می باشد. در یک حوضه آبریز ورودی ها شامل آب و انرژی در شکل های مختلف می باشند. ورودی ها و خروجی های چنین سیستمی را می توان به صورت زیر بیان نمود:

$$Y(t) = \emptyset[X(t)] \qquad (3\text{-}3)$$

که در آن $X(t)$ و $Y(t)$ ورودی ها و خروجی ها به صورت توابعی از زمان می باشند و $\emptyset[\ ]$ تابع انتقال (Transfer Function) می باشد، که می تواند ورودی را به خروجی تبدیل نماید.

از اساسی ترین مفاهیم یک سیستم حالت (State) می باشد. حالت، فعالیت سیستم را در یک زمان خاص مشخص می کند. در سیستم های منابع آب ، حالت، حجم آب در مخزن، عمق جریان در رودخانه و یا رطوبت خاک در منطقه غیر اشباع حوضه آبریز را بیان می نماید. حالت وضعیت سیستم را بخاطر بروز تغییرات بیان می کند. مثلا در یک حوضه آبریز روندهای زمانی اقلیمی (سیکل ها) بررفتار سیستم اثر گذاشته و یا سدها و مخازن سدها که در آنها کنترل و فعالیت ها به صورت مصنوعی انجام می گیرد.

۳ – ۴- ۴ - مهندسی سیستم (System Engineering) – مهندسی سیستم علم و هنر انتخاب از بین چند گزینه معقول و مناسب است که حاوی اطلاعات کافی مهندسی می باشند، بطوریکه مجموعه اقدامات پیشنهادی توسط تصمیم گیرندگان (Decision Makers) با توجه به قوانین، موارد اخلاقی، منابع اقتصادی و چارچوب های اجتماعی-سیاسی و قوانین و علوم طبیعی قابل اجرا باشد. لذا در بحث مهندسی سیستم بهترین گزینه با حذف سایر گزینه ها انتخاب می شود. مثلا اگر لازم باشد برای 20 مزرعه آبرسانی صورت گیرد، اگر 100 گزینه موجود باشد، تخصیص آب برای هر مزرعه نیاز به بررسی جداگانه خواهد داشت، لذا تعدا بررسی ها $(100)^{20}$ خواهد شد. حال اگر یک ابر کامپیوتر با سرعت بسیار زیاد برای هر گزینه 0.01 ثانیه وقت بگذارد، در طول عمر زمین (3×10^{9} سال)، تنها خواهد توانست 9.45×10^{19} مورد را بررسی نماید، که اصلا کافی نمی باشد. در حالیکه در مسئله فوق با یک قضاوت کلی می توان یک گزینه خاص را به سادگی بر اساس مقادیر مختلف عرضه آب انتخاب نمود.

۳ – ۴ - ۵- روش های تحلیل سیستمی (System Analysis Techniques) – تئوری ها و روش های متداول در مهندس سیستم را به عنوان روش های تحلیل سیستمی می شناسیم. تحلیل سیستمی کاربردی در واقع بهره برداری از ابزاری مانند تحقیق در عملیات (Operation Research) و تئوری تصمیم گیری (Decision Theory) می باشد که در مدیریت منابع آب مورد استفاده می باشند. در ابتدا روش های تحلیل سیستمی مبتنی بر تحقیق عملیات بررسی می گردد که شامل:

الف – مدل های مبتنی بر آمار – در اینگونه مدلسازی که به صورت دو و یا چند متغیره انجام می گیرد، روش های تحلیلی مختلفی وجود دارد که می توان به روش های رگراسیون دو یا چند متغیره و شبکه های عصبی مصنوعی اشاره نمود. در روش های رگراسیون، متغیرو یا متغیرهایی که لازم است برآورد و یا پیش بینی گردند به عنوان وابسته و به صورت تابعی از چند متغیر مستقل و در قالب یک مدل رگراسیون خطی و یا غیر خطی مدلسازی می شوند. شبکه های عصبی مصنوعی نیز با بهره گیری از روابط فیمابین متغیرهای زیربط فرآیند مدلسازی را انجام می دهد که در ادامه توضیح داده خواهد شد. فرآیند مدلسازی بر اساس روابط بین متغیر های ورودی و خروجی مبتنی بوده و این روش ها بطور گسترده بحث منابع آب مورد استفاده می باشند (شکل ۳-۲). در ادامه شبکه های عصبی مصنوعی (Artificial Neural Networks, ANNs) به صورت تفصیلی بحث می شوند.

شبکه های عصبی مصنوعی (ANNs) از مجموعه ای از اتصالات مرتبط به هم از گره ها (وزن ها) تشکیل یافته، که کارکرد نرون های مغز بشر را تقلید می کند، و توانایی بالایی در مدل نمودن هرگونه روابط خطی و غیر خطی پیچیده بین مجموعه ای از ورودی ها و خروجی های یک سیستم را دارا می باشد. از جنبه ریاضی، یک مدل ANN بعنوان یک تخمین گر کلی توانایی یاد گیری از مثال ها بدون نیاز به درک فیزیکی مسئله را دارا می باشد. در عمل شبکه های عصبی مصنوعی در واقع یک مدل رگراسیون پیچیده و یا به عبارتی یک مدل آماری [جعبه سیاه، (Black Box)] می باشند، که با توجه وضعیت یکسری داده های ورودی و خروجی و با استفاده از معادلات ریاضی، رابطه ای برای تبدیل ورودی به خروجی به شبکه آموزش داده می شود. سپس شبکه قادر خواهد بود با استفاده از یکسری ورودی های جدید، خروجی تولید نماید.

یک شبکه عصبی مصنوعی را می توان برای اجرای تابعی خاص با تنظیم اتصالات بین وزن ها آموزش داد تا بتواند ورودی خاصی را به خروجی مورد نظر هدایت کند. بنابرین آموزش شبکه بر مبنای مقایسه بین مقادیر خروجی شبکه و مقادیر خروجی مطلوب است تا اینکه این دو با هم برابر شوند. شکل نحوه آموزش شبکه عصبی را نشان می دهد.

تحقیقات و علاقه مندی به شبکه های عصبی از زمانی شروع شد که مغز به عنوان یک سیستم دینامیکی با ساختار موازی و پردازشگری کاملا مغایر با پردازشگرهای متداول شناخته شد. نگرش نوین در مورد کارکرد مغز نتیجه تفکراتی بود که در اوایل قرن بیستم توسط Ramon Segal در مورد ساختار مغز بعنوان اجتماعی از اجزای محاسباتی کوچک به نام نرون شکل گرفت. نرون ها ساده ترین واحد ساختاری سیستم های عصبی هستند، که از سه قسمت تشکیل شده اند (شکل ۳ – ۳):

۱ – بدنه سلول (Cell Body)،
۲ – دندریت (Dendrite)،
۳ – اکسون (Axon)،

دندریت ها به عنوان مناطق دریافت سیگنال های الکتریکی عمل می کنند و سیگنال های دریافتی را به بدنه سلول منتقل می کنند. بدنه سلول انرژی لازم برای فعالیت نرون فراهم نموده و روی سیگنال های دریافتی عمل می کند که با یک عمل جمع ساده و مقایسه با یک سطح آستانه مدل می گردد. اکسون ها سلول ها ی دریافتی از بدنه سلول را به دندریت ها در نرون های دیگر منتقل می کنند. محل تلاقی یک اکسون از یک نرون به دندریت های نرون دیگر را سیناپس (Synapse) می گویند. سیناپس ها واحدهای ساختاری کوچکی هستند که ارتباطات بین نرون ها را برقرار می کنند. در سیستم شبکه های عصبی مصنوعی، نرون کوچکترین واحد پردازشگر اطلاعات است، که اساس عملکرد اینگونه شبکه ها را نشان می دهد.

ساختار یک نرون تک ورودی در شکل۳-۴ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می شود اسکالر a, p به ترتیب ورودی و خروجی می باشند. میزان تاثیر p روی a به وسیله اسکالر w تعیین می شود. ورودی دیگر که مقدار ثابت ۱ است، در مقدار b، بایاس (Bias) ضرب شده و سپس با wp جمع می شود. این حاصل جمع، ورودی خالص برای تابع محرک خواهد بود. به این صورت که خروجی نرون با معادله زیر تعریف می شود:

$$a = f(pw + b) \quad (3-4)$$

در مقایسه این مدل نرون تک ورودی با یک نرون بیولوژیکی، w معادل شدت سیناپس، مجموعه جمع کننده و تابع محرک، معادل هسته سلول و a معادل سیگنال عبور کننده از اکسون خواهد بود. پارامترهای w و b قابل تنظیم هستند، و تابع محرک f توسط طراح انتخاب می شود. بر اساس انتخاب f و نوع الگوریتم یادگیری، پارامترهای w و b تنظیم می شوند. یادگیری بدان معنی هست که پارامترهای w و b طوری تغییر کنند که رابطه ورودی و خروجی نرون با هدف خاصی مطابقت نماید.

یک نرون با بردار ورودی R عضوی در شکل ۳-۵ نشان داده شده است که اجزای عبارتند از: $p_1, p_2, \ldots, p_R$ که در بردار وزن $w_{1,1}, w_{1,2}, \ldots, w_{1,R}$ ضرب می شود. مقادیر وزن دار شده با هم جمع می شود. نرون دارای بایاس b است که با ورودی های وزن دار شده جمع می شود تا ورودی خالص n حاصل گردد. در شکل ۳ – ۶ یک شبکه تک لایه با **S** نرون تشریح شده است. شکل ۳ – ۷ وضعیت کلی لایه های ورودی، میانی و خروجی را نشان می دهد. به صورت کامل تر یک شبکه عصبی مصنوعی یک شبکه چند لایه می باشد. مشهور ترین آنها شبکه چند لایه پیشخور (Multilayer Feedforward Network) می باشد که عموما به عنوان شبکه های چند لایه پرسپترون [Multilayer Preceptron (MLP)] شناخته شده اند. معمولا این نوع شبکه از سه شبکه بهم پیوسته تک لایه تشکیل شده اند که شامل یک لایه خروجی و دو لایه میانی می شود. بنابرین خروجی های لایه اول، بردار ورودی لایه دوم را تشکیل می دهند و به همین ترتیب بردار خروجی لایه دوم ورودی لایه سوم را تشکیل می دهد. به

عبارت دیگر روند جریان در شبکه در یک مسیر پیشرو صورت می گیرد. هر لایه می تواند از تعداد نرون های مختلف با توابع محرک مختلف برخوردار باشد. اندیس های فوقانی مبین شماره لایه و اندیس های تحتانی مبدا و مقصد اتصال وزنی را مشخص می کنند. بنابرین ماتریس وزن اتصالی بین نرون iام از لایه اول و و ورودی jام از بردار ورودی با $W_{i,j}^{1}$ نشان داده می شود. بیان ساختار شبکه به صورت (R-S^1-S^2-S^3) می باشد که در آن R *تعداد ورودی ها و* S^i تعداد نرون ها در لایه iام است.

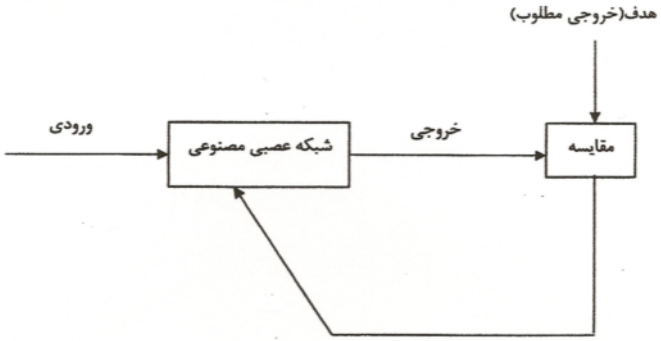
لازم است شبکه های عصبی مصنوعی آموزش داده شوند، که آموزش شبکه های چند لایه پیشخور به اختصار توضیح داده خواهد شد. قانون آموزش در شبکه های چند لایه پرسپترون را قاعده کلی دلتا یا قاعده پس انتشار می گوییم. روند آموزش به اینگونه است که ابتدا الگویی به شبکه ارائه می شود و خروجی آن محاسبه می گردد. مقایسه خروجی واقعی و خروجی مطلوب باعث می گردد که ضرائب وزنی شبکه تغییر یابد بطوریکه در دفعات بعد خروج صحیح تر بدست آید. تا زمانی که شبکه آموزش ندیده، خروجی های تولیدی تصادفی می باشند. لذا لازم است با تعریف تابع خطا، که تفاوت بین خروجی های مطلوب و واقعی را محاسبه می کند، تعریف شود. چون خروجی مطلوب را داریم، به این نوع آموزش، آموزش با سرپرست (Supervised Learning) گفته می شود. برای آموزش موفق لازم است خروجی مدل به تدریج به خروجی مطلوب نزدیک شود، یا به عبارتی خطای برآورد کاهش یابد. برای این منظور ضرایب وزنی خطوط ارتباطی با استفاده از قانون کلی دلتا میزان می شود. بر مبنای قانون دلتا خطا محاسباتی مشخص شده و به عقب از یک لایه به لایه قبلی انتشار می یابد، به همین دلیل به آن پس انتشار (Back Propagation) گفته می شود. برای آموزش از الگوریتم پرسپترون چند لایه ای که بر مبنای قاعده پس اتشار طراحی شده، استفاده می شود.

با توجه به نیاز برای آموزش شبکه های عصبی مصنوعی، لازم است داده های موجود تقسیم بندی شوند. برای این منظور داده ها به دو گروه زیر داده تقسیم می شوند، بطوریکه از یک زیر گروه برای آموزش و از زیر گروه دوم برای صحت سنجی (توان مدلسازی) استفاده می شود. بدین منظور منظور لازم می باشد که دو گروه زیر داده کاملا مستقل از یکدیگر باشند.

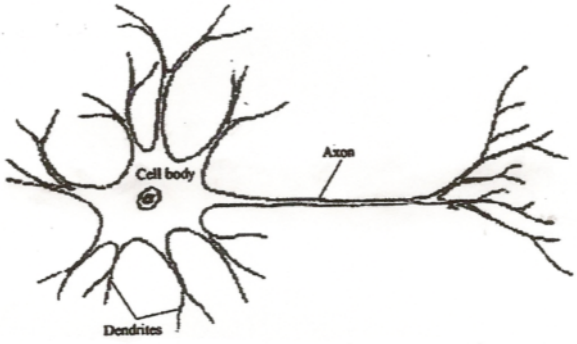
شبکه های پیشخور بطور گسترده در مطالعات منابع آب استفاده می شوند، که دلایل آن شامل: عملکرد مناسب تر آنها نسبت به شبکه های برگشتی (در بسیاری از کاربردها)، استفاده اختصاصی آنها در منابع و سرعت پردازش بالاتر آنها نسبت به شبکه های برگشتی می باشد.

شکل ۳ -۸ یک مثال عددی را در رابطه با کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در بررسی تغییرات زمانی وجود آلاینده ها در جریان رودخانه تشریح می کند که در این مورد بیشتر توضیح داده خواهد شد.

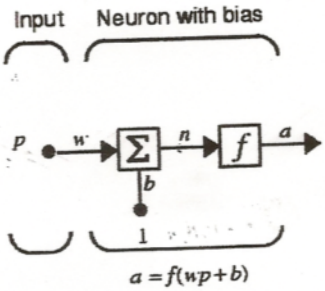
ب – **مدل های مبتنی بر احتمالات** – در اینگونه مدلسازی می توان احتمال وقوع داده های ورودی را لحاظ نمود. همچنین امکان تولید داده های ورودی به صورت مصنوعی وجود دارد. در اینگونه موارد داده های مصنوعی به صورت تصادفی (Random) تولید می شوند. از این داده ها تولیدی می توان به صورت سری های زمانی در مدلسازی استفاده نمود، که به آنها مدل های استوکاستیک (Stochastic) می گویند.



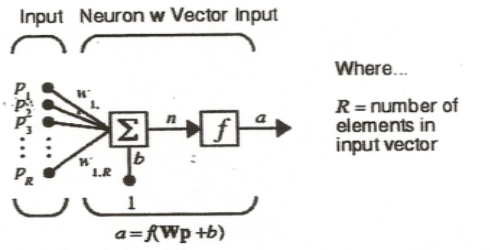
شکل ۳ – ۲- نحوه آموزش در شبکه عصبی مصنوعی (منهاج، ۱۳۸۱)



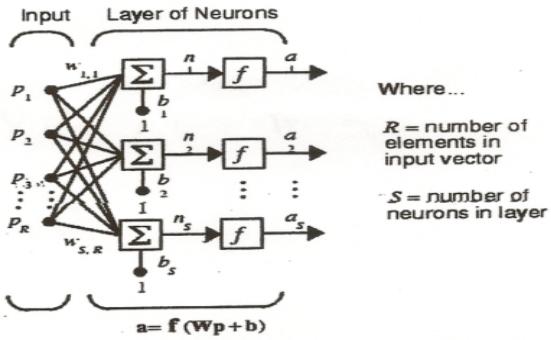
شکل ۳ -۳ - نواحی اصلی یک سلول عصبی بیولوژیک (منهاج، ۱۳۸۱)



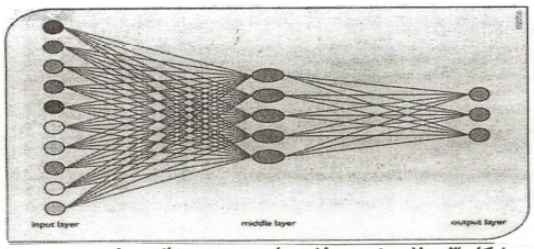
شکل ۳ – ۴- نرون تک ورودی (هاگان، ۱۹۹۶)



شکل ۳ – ۵- نرون با بردار ورودی (هاگان، ۱۹۹۶)

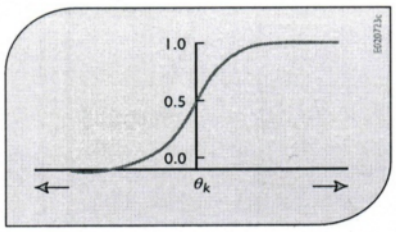


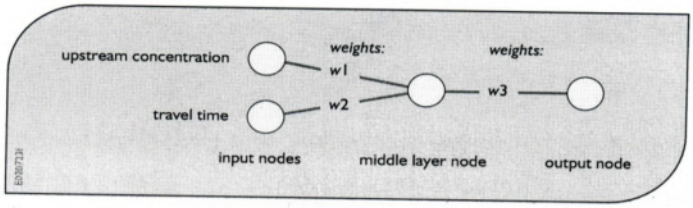
شکل ۳ -۶ - شبکه تک لایه با S نرون (هاگان، ۱۹۹۶)

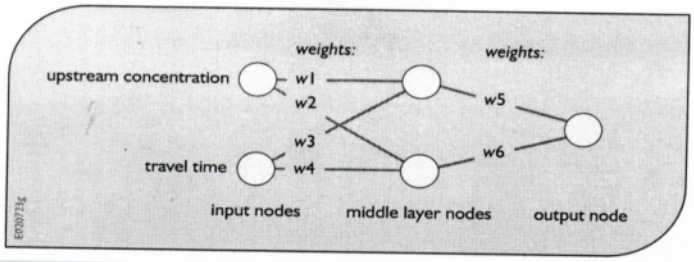


شکل ۳ – ۷- وضعیت لایه های ورودی، میانی و خروجی

travel time (days)	concentration upstream	concentration downstream
2.0	20.0	6.0
2.0	15.0	4.5
1.5	30.0	12.2
1.0	20.0	11.0
0.5	20.0	14.8
1.0	15.0	8.2
0.5	30.0	22.2
1.5	25.0	10.2
1.5	15.0	6.1
2.0	30.0	9.0
1.0	30.0	16.5
0.5	25.0	18.5







weights	value	weights	value
w_1	0.0	w_5	8.1
w_2	0.0	w_6	-2.8
w_3	-0.6		
w_4	3.9		

۳-۸ - مثال کاربردی برای شبکه های عصبی مصنوعی

ج – **روش های بهینه سازی (Optimization Techniques)** - روش های بسیار متنوعی وجود دارد که می توان به برنامه ریزی خطی (Linear Programming)، برنامه ریزی غیر خطی، برنامه ریزی پویا (Dynamic Programming) و غیره گفته می شود که به آنها روش های برنامه ریزی ریاضی هم گفته می شود. روش های بهینه سازی به منظور حداکثر کردن (سود یا درآمد) و یا حداقل کردن (هزینه ها) می باشد. روش های بهینه سازی حالتی از برنامه ریزی ریاضی می باشند و از چهار قسمت شامل متغیرهای تصمیم گیری (Decision Variables, X_i)، تابع هدف (Objective Function)، قیود یا محدودیت ها (Constraints) و شرط منفی نبودن متغیرها تشکیل شده اند. در ادامه شکل کلی یک مدل بهینه سازی ارائه شده است.

O. F. Minimize (Min) or Maximize (max) $$X_0 = f(x_1, x_2, \ldots, x_n) \qquad (3-5)$$

S. T. $$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots, + a_{1n}x_n \leq K_1 \qquad (3-6)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots, + a_{2n}x_n \leq K_2 \qquad (3-7)$$

$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots, + a_{nn}x_n \leq K_n \qquad (3-8)$$

Non-negativity $$x_1, x_2, \ldots, x_n \geq 0 \qquad (3-9)$$

روش برنامه ریزی خطی (Linear Programming) - حالت خاصی از مدل فوق می باشد، بطوریکه تابع هدف یک رابطه خطی می باشد.

O. F. Minimize (Min) or Maximize (max) $$X_0 = a_1x_1 + a_2x_2, \ldots + a_nx_n) \qquad (3-10)$$

S. T. $$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots, + a_{1n}x_n \leq K_1 \qquad (3-11)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots, + a_{2n}x_n \leq K_2 \qquad (3-12)$$

$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots, + a_{nn}x_n \leq K_n \qquad (3-13)$$

Non-negativity $$x_1, x_2, \ldots, x_n \geq 0 \qquad (3-14)$$

مدل های برنامه ریزی خطی توسط روش های گرافیکی و سیمپلکس (Simplex) قابل حل می باشند، که نحوه استفاده از این روش ها به صورت مسئله ارائه خواهد شد.

د – **روش های شبیه سازی (Simulation Techniques)** – در یک مدل شبیه سازی امکان تهیه یکسری داده های خروجی بر مبنای داده های ورودی وجود دارد. در اینگونه مدلسازی همچنین امکان تغییر ورودی ها و تهیه خروجی های مختلف وجود دارد. مدلسازی در قالب شبیه سازی می تواند کاربردهای متنوعی داشته باشد. بطور کلی از اینگونه رویکرد مدلسازی برای بررسی پیامد های ناشی از تغییرات ایجاد شده در ورودی ها استفاده می شود. مثلا در یک مدل شبیه سازی مخزن یک سد، ممکن است بخواهیم تاثیر دبی های ورودی مختلف را بر روی نحوه ذخیره سازی آب در مخزن بررسی نماییم، که بدین منظورگزینه های مختلف ارزیابی می شوند. لذا در چنین موردی مدل شبیه سازی با توجه به تغییرات دبی ورودی تاثیر تصمیم گیری های مختلف را در مدیریت مخزن تحلیل می نماید. بنابرین در عمل لازم نیست صبر کنیم و تاثیر پذیری ها را با گذشت زمان ببینیم، بلکه مشابه آنچه که ممکن اتفاق بیفتد را شبیه سازی می کنیم. مدل های شبیه سازی محدودیت های یک مدل بهینه سازی را ندارند. به عنوان مثال تعداد ورودی های یک مدل شبیه سازی می تواند از تعداد ورودی های فیزیکی فراتر رفته و داده های اقتصادی و زیست محیطی را نیز شامل شود. از طرفی خروجی های تولید شده می توانند بخوبی بیانگر تغییرات متنوعی که در نتیجه ورودی های متفاوت بوجود می آیند باشند، که اینگونه اطلاعات در سیا ستگزاری و مدیریت مخازن سدها مورد استفاده می باشد.

در عمل ترکیبات زیادی ممکن است در فرآیند شبیه سازی به وجود آید. مثلا اگر 30 متغیر تصمیم گیری داشته باشیم و هرکدام فقط 2 داده داشته باشند، تعداد ترکیبات مختلف 2^{30} و یا بیش از 10^9 مورد خواهد بود. شبیه سازی حتی یک در صد از اینها مستلزم صرف وقت بسیار زیاد می باشد، که تحلیل آن به بیش از 20 سال زمان بطور مستمر نیاز دارد. لذا شبیه سازی موقعی موثر خواهد بود که تعداد مشخصی از گزینه ها را بررسی نماییم. لازم به ذکر است که روش سعی و خطا نیز بسیار وقت گیر است. یکی از راهکارها استفاده از روش های بهینه سازی برای کاهش تعداد مواردی می باشد که قرار است در شبیه سازی بکار روند. اما بطور کلی تجربه و قضاوت مهندسی حتی در شرایط سیستم های پیچیده منابع آب می تواند در کاهش تعداد گزینه ها بکار رود.

شبیه سازی می تواند بر مبنی وقایع به صورت گسسته (Discrete) و یا در دوره های زمانی مشخص (بازه زمانی) خاص بررسی گردد. معمولا بیشتر مدل های شبیه سازی در منابع اب طراحی رشته ای از سری دبی های زمانی را شبیه سازی می نمایند. در هر دوره زمانی شرایط اولیه و ورودی ها به خروجی تبدیل می شوند. دوره بررسی زمانی تابعی از شرایط خاص هر مسئله می باشد.

به منظورشبیه سازی لازم است گنجایش ذخیره سازی فعال [Active (useful) Storage Capacity] مشخص شود. مقدار آب خروجی بستگی به حجم آب ذخیره شده و دوره زمانی تحت بررسی دارد. لذا لازم است سیاست مدیریت مخزن (Operating Policy) تعریف گردد. همچنین لازم است سیاست تخصیص آب (Allocation Policy) نیز مشخص گردد، که در اینجا منظور این است که چقدر آب برای هر مصرف کننده و در هر دوره زمانی بایستی تخصیص یابد، که در اینگونه موارد اطلاعات کلی در رابطه با مخازن سدها و نحوه کار آنها مورد استفاده قرار می گیرد. قبل از ارایه مثال برای شبیه سازی، لازم است با وضعیت فیزیکی مخزن آشنا باشیم. در ادامه کلیاتی در رابطه با مخازن سدها و نحوه کار آنها ارائه شده شده است.

۴- کلیاتی در رابطه با مخازن سدها

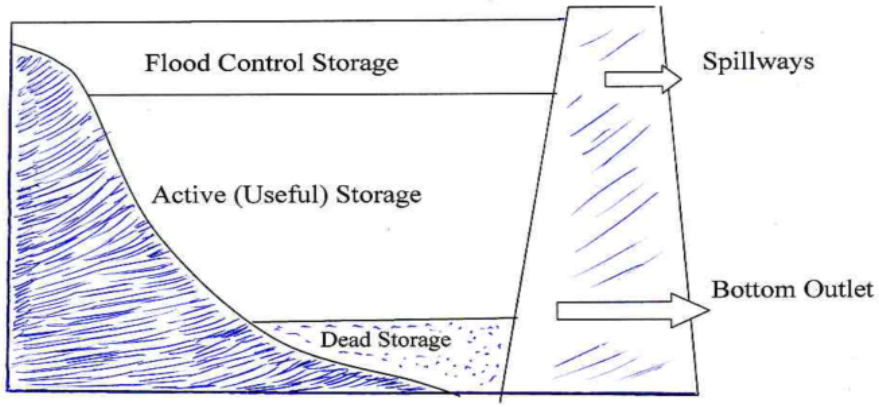
یک سیستم توزیع منابع آب برای آبیاری و یا پروژه برقابی که آب را بطور مستقیم از رودخانه دریافت می کند، ممکن است قادر نباشد تقاضاهای مصرف کنندگان را در دوره های کم آبی برآورد نماید. رودخانه هایی که در بخشی از سال خشک می باشند، در سایر مواقع به یک رودخانه سیلابی با دبی بسیار بالا تبدیل می شوند. یک سد مخزنی می تواند آب را در دوره های پر آبی ذخیره سازی نموده و سپس در دوره های کم آبی که نیاز آبی هم بالا می باشد، آب را توزیع نماید. از طرفی ذخیره سازی آب می تواند از وقوع سیلاب های مخرب در مناطق پایین دست سد جلوگیری کند. در برخی مواقع تقاضا برای آب به صورت روزانه تغییر می کند، به طوریکه تاسیسات مربوطه دائما و به شکل یکنواخت باید قادر باشند عملیات تصفیه و یا انتقال آب را انجام دهند. از جمله موارد قابل توجه در سد های مخزنی آشنایی با قسمت های مختلف مخزن می باشد. در این خصوص وضعیت قابلیت ذخیره سازی، حجم مرده، حجم مفید و وضعیت خروجی ها در شکل ۴-۱ آورده شده است. همچنین کلیات یک نیروگاه برقابی در شکل ۴-۱ آورده شده است. شکل ۴-۲ به نوعی تفسیر وضعیت مخزن مشابه با شکل ۴-۱ می باشد. شکل ۴-۳ منحنی های حجم-ارتفاع-مساحت را برای ارائه نموده است.

۴-۱- خصوصیات فیزیکی مخزن سد

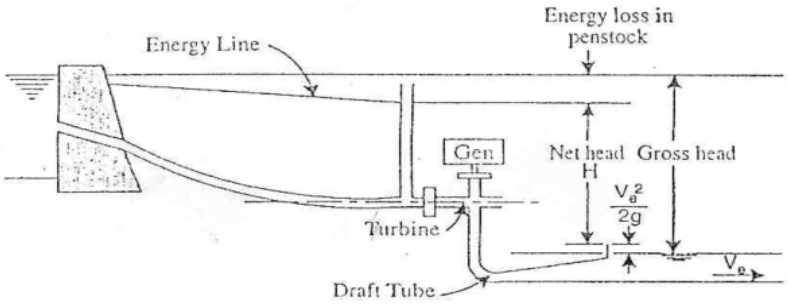
گنجایش (Capacity) - می توان آنرا به روش های مرسوم محاسبه نمود. در مواردی که از شرایط طبیعی منطقه استفاده شده، گنجایش با توجه به مطالعات نقشه برداری و توپوگرافی منطقه تعیین می گردد. منحنی ارتفاع – مساحت و یا ارتفاع – حجم با بهره برداری از اطلاعات توپوگرافی مخزن بدست می آید (شکل ۴-۳).

عملکرد مخزن (Reservoir Yield) – منظور از عملکرد مخزن مقدار آب موجود (قابل استفاده) در یک بازه زمانی مشخص می باشد. بازه زمانی برای مخازن کوچک می تواند یک روزه باشد، که تا یک سال و حتی طولانی تر برای مخازن بزرگ افزایش می یابد. از روابط بسیار مهم در مدیریت مخازن رابطه بین عملکرد و ذخیره سازی (Storage – Yield Relationship) می باشد، چون قابلیت مخزن را در رابطه با تامین آب بیان می کند. از طرفی عملکرد مخزن وابسته جریان ورودی است که سالانه تغییر می کند. منظور از Safe (Firm) Yield حداکثر مقدار آبی است که در یک دوره بحرانی کم آبی قابل استحصال باشد. در عمل این دوره بحرانی به دوره ای گفته می شود که دبی حداقل در طول تاریخ داده ها در حوضه آبریز جریان داشته است (البته این احتمال وجود دارد که در آینده میزان دبی از دبی حداقل کمتر شود، که در چنین صورتی Yield از Safe Yield کمتر خواهد شد.

با توجه به اینکه Firm Yield با قطعیت قابل برآورد نمی باشد، مناسب تر است Yield به صورت احتمالاتی برآورد شود. از سوی دیگر حداکثر مقدار عملکرد برابر با جریان ورودی خواهد بود که تبخیر و نفوذ از آن کم شود. با توجه به نوسانات بسیار زیاد در جریان ورودی(شکل ۴-۴)، ممکن است نیاز به افزایش ظرفیت مخزن باشد. بر اساس یک عملکرد مورد نظر (Target Yield) انتخاب ظرفیت مخزن بر مبنای سطح ریسک پذیری قابل قبول صورت می گیرد، که خود بیانگر این است که تحقق عملکرد همیشه امکان پذیر نمی باشد.



Reservoir storage zoning



Element of a typical hydropower plant.

شکل ۴-۱ تصویری از قسمت های مختلف یک سد مخزنی (قسمت بالا) و یک نیروگاه برقابی (قسمت پایین)

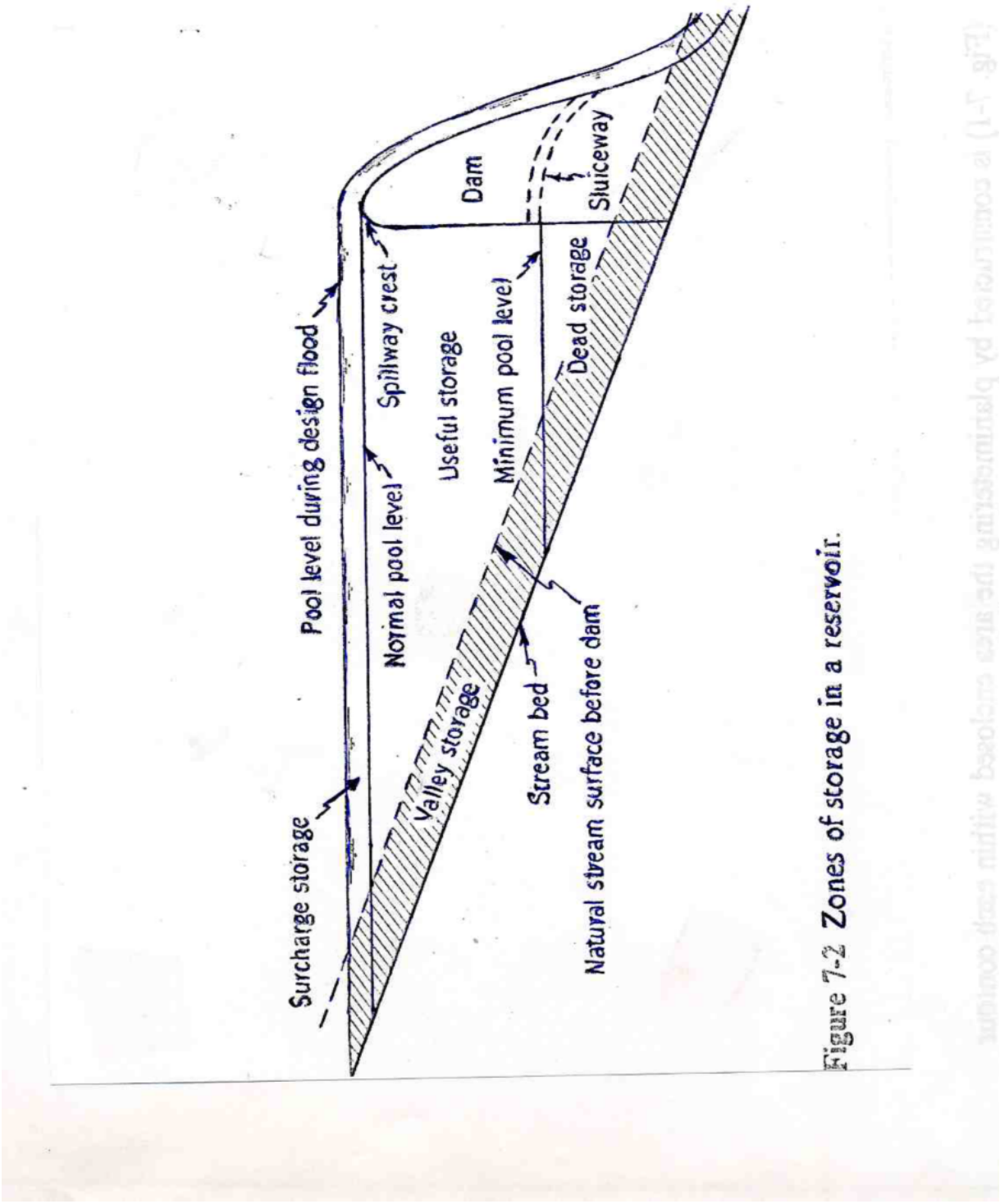
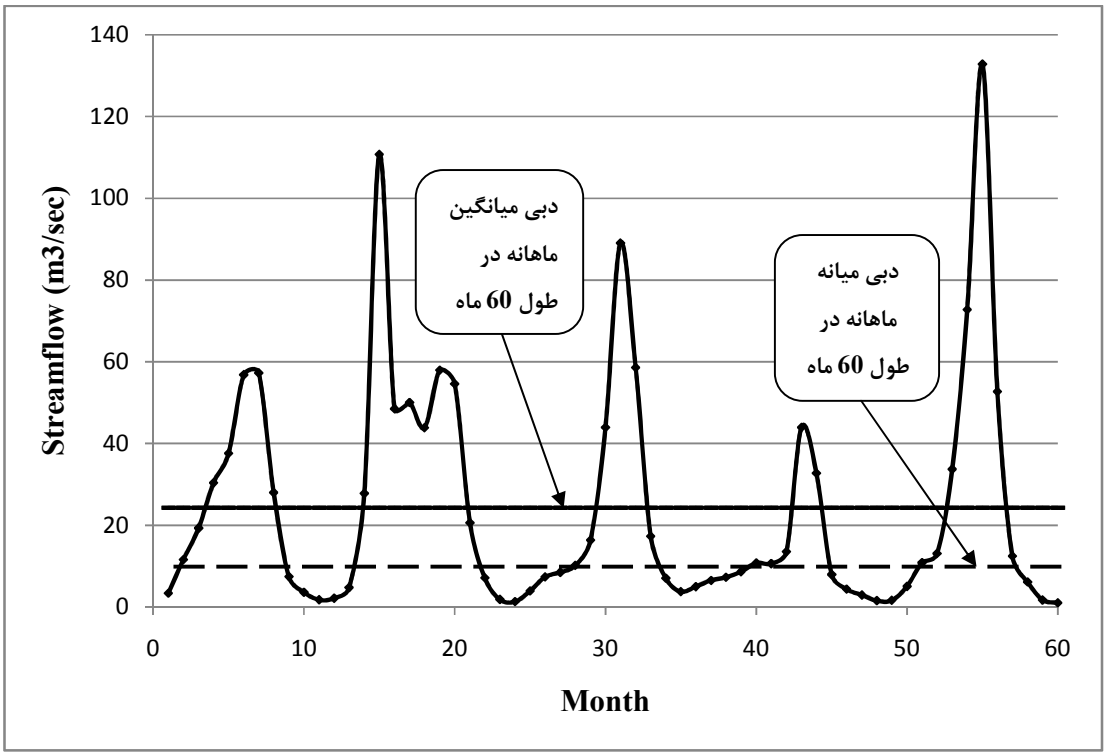


Figure 7-2 Zones of storage in a reservoir.

شکل ۴-۲ تشریح قسمت های مختلف یک سد مخزنی

Elevation-storage and elevation-area curves for Cherokee Reservoir on the Holston River, Tennessee. (*Data from TVA Technical Report No. 7*)

شکل ۴-۳- روابط ارتفاع-حجم-مساحت برای یک سد مخزنی



۴-۴- سری زمانی نوسان های دبی میانگین ماهانه جریان (m^3/sec) در یک دوره 60 ماهه، ایستگاه پل کهنه (حوضه آبریز کرخه)، در سال های 1372 – 1376*

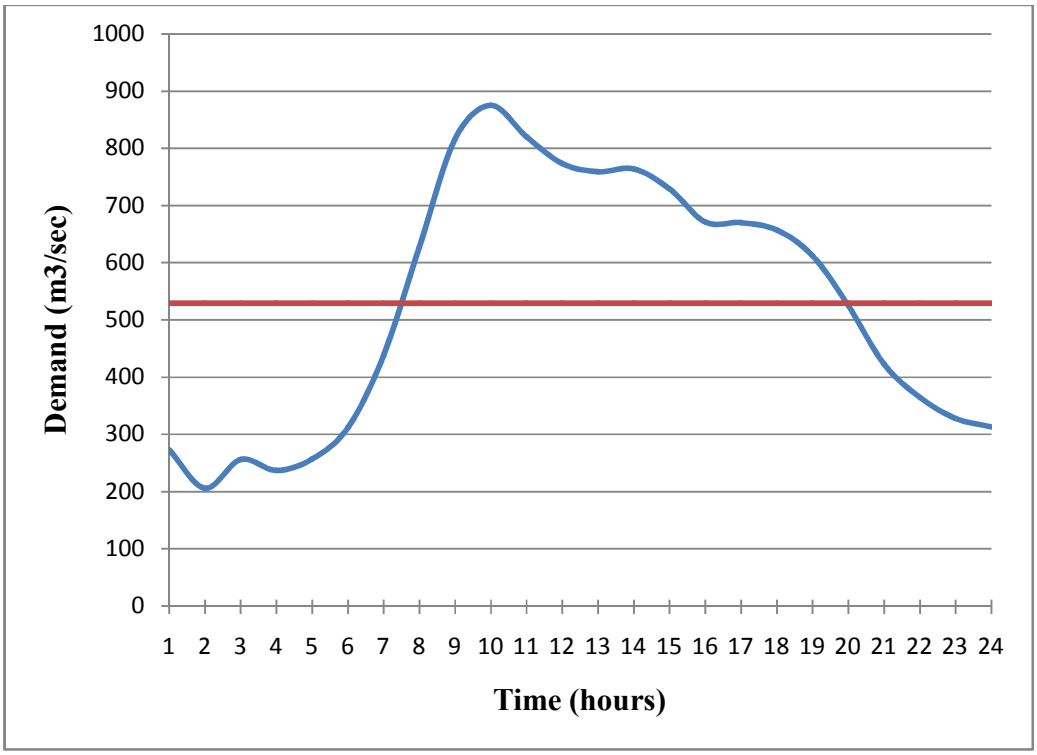
***نکته قابل توجه: در نمودار ۴-۴ میانگین داده ها $24.2\ m^3/sec$ می باشد، در صورتیکه میانه داده ها $10.8\ m^3/sec$ است، که خود دلیل نرمال نبودن داده ها بوده، مضافا وجود مقادیر حدی (Extreme) بسیار زیاد ($132.8\ m^3/sec$) و یا مقادیر حدی بسیار کم ($1\ m^3/sec$) سبب بروز نواسانات زیاد در سری زمانی داده ها شده است.**

۴-۲- بررسی تغییرات زمانی کوتاه مدت (۲۴-ساعته) یک مخزن آبرسانی شهری

در این مثال فرض کنید می خواهیم برای یک مخزن ذخیره سازی و تامین آب شرب به صورت روزانه و در قالب بازه های زمانی ۱- ساعته برنامه ریزی کنیم. بنابرین لازم است وضعیت تغییرات زمانی کوتاه مدت مخزن که ذخیره سازی آن توسط پمپاژ با دبی ثابت تامین می شود بررسی شود. نکته مهم قابلیت مخزن در ذخیره سازی و تامین نیاز آب مصرف با توجه به بازه زمانی ۲۴- ساعته می باشد (جدول ۴-۱و شکل ۴-۵). البته برخی نکات هم وجود دارد که مورد بحث قرار خواهد گرفت.

جدول ۴ – ۱- تغییرات ۲۴ – ساعته تقاضا برای آب شرب، نرخ ساعتی پمپاژ و نحوه ذخیره سازی کوتاه مدت

Hour ending	Demand (m^3/hour)	Pumping rate (m^3/hour)	Reservoir storage (m^3/hour)
1	273	529.3	0
2	206	529.3	0
3	256	529.3	0
4	237	529.3	0
5	257	529.3	0
6	312	529.3	0
7	438	529.3	0
8	627	529.3	98
9	817	529.3	288
10	875	529.3	346
11	820	529.3	291
12	773	529.3	244
13	759	529.3	230
14	764	529.3	235
15	729	529.3	200
16	671	529.3	142
17	670	529.3	141
18	657	529.3	128
19	612	529.3	83
20	525	529.3	0
21	423	529.3	0
22	365	529.3	0
23	328	529.3	0
24	313	529.3	0



شکل ۴ – ۵- تغییرات ۲۴ – ساعته تقاضا برای آب شرب و نرخ ساعتی پمپاژ(ثابت)

۴ – ۳- محاسبه حجم مفید مخزن سد (Reservoir Sizing)

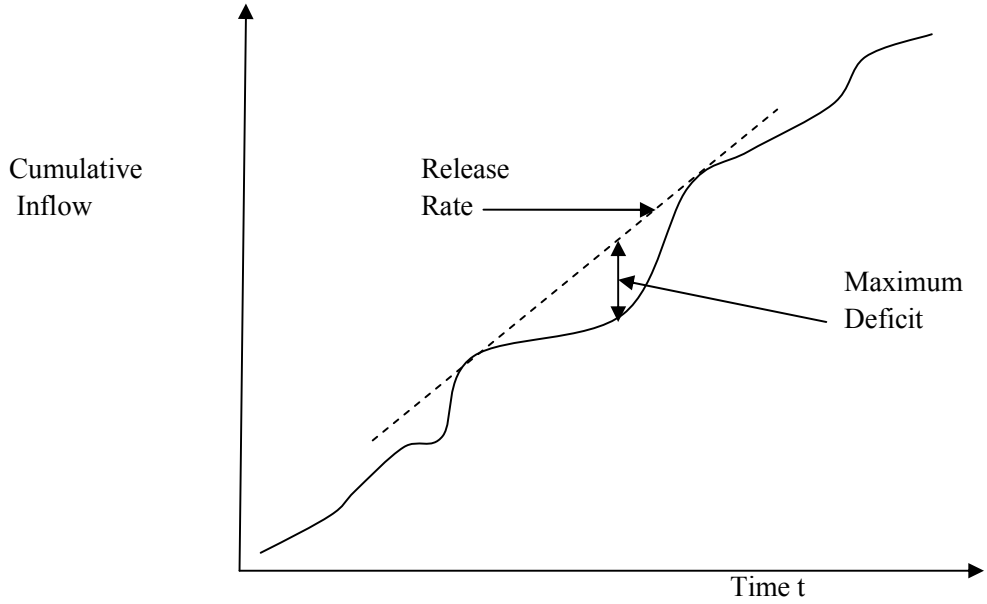
در بسیاری از موارد لازم تقاضای سالانه ممکن است کمتر از میزان جریان ورودی به مخزن باشد. اما ممکن است توزیع های زمانی تقاضا و جریان ورودی متفاوت باشند، که می تواند سبب شود در برخی بازه های زمانی آب موجود بیشتر از میزان تقاضا باشد و در مواردی با کمبود آب مواجه بشویم. لذا مخزن سد باید طوری طراحی شود که بتواند در حد ممکن آب مازاد بر مصرف را ذخیره و در مواقع کمبود از آن استفاده نماید. بمنظور تنظیم وضعیت ذخیره سازی، آنگونه که مخزن بتواند یک تقاضای مورد نظر را برآورد نماید، لازم است ظرفیت ذخیره سازی کافی باشد. مسئله بررسی وضعیت مخزن در واقع تعیین قابلیت ذخیره سازی برای مواردی می باشد که میزان ورودی آب از میزان تقاضا بیشتر باشد. حجم مفید مخزن سد به روش های مختلف قابل برآورد می باشد، بطوریکه هر روش بر یک مبنای تئوریک استوار است. همچنین حجم مفید مخزن در زمان های مختلف (پس از ساخت و بهره برداری) و در صورت موجود بودن داده های مورد نیاز قابل بررسی و برآورد است. در این قسمت با فرض بر اینکه یک مخزن سد طی چندین سال مورد بهره برداری بوده و اطلاعات مورد نیاز وجود داشته باشد، بررسی صورت می گیرد.. بدین منظور به اختصار روش های بیلان، Mass Diagram Method و Sequent Peak Algorithm توضیح داده می شود.

۴ – ۳ -۱ -روش بیلان – در این روش کاربرد ساده ای از معادله بیلان را مشاهده می کنیم. در این روش متغیرهای ورودی و خروجی که بیانگر وضعیت موجودی و مصرف آب می باشند بررسی شده و تفاضل آنها در هر بازه زمانی (ماهانه) محاسبه می گردد. تفاضل ها سپس به صورت تجمعی محاسبه و مبنای تشخیص کارآیی مخزن در تامین آب مورد نیاز خواهند بود (جدول ۴ – ۲).

جدول ۴ – ۲ - محاسبه حجم مفید مخزن سد (روش بیلان)

ماه	جریان ورودی (MCM)	تقاضا (MCM)	حق آبه زیست محیطی (MCM)	تبخیر (MCM)	بارش (MCM)	مجموعه خروجی ها (MCM)	تفاوت ورودی و خروجی (MCM)	تقاضای مازاد تجمعی (MCM)	حجم تجمعی جریان مازاد (MCM)
فروردین	60	22	13.4	2.4	0.4	37.8	22.6		22.6
اردیبهشت	40	23	13.4	2.6	0.4	39	1.4		24
خرداد	20	24	13.4	3.4	0.2	40.8	-20.6	-20.6	
تیر	18	26	13.4	3.6	0.2	43	-24.8	-45.4	
مرداد	14	26	13.4	4	0.2	43.4	-29.2	-74.6	
شهریور	10	26	13.4	3.2	2.6	42.6	-30	-104.6	
مهر	20	16	13.4	2.4	4.8	31.8	-7	-111.6	
آبان	30	16	13.4	2.4	3.8	31.8	2		26
آذر	38	16	13.4	2.4	3.8	31.8	10		36
دی	70	16	13.4	2.4	0.2	31.8	38.4		74.4
بهمن	67	16	13.4	2.2	1.2	31.6	36.6		111
اسفند	50	22	13.4	3.4	0.4	38.8	11.6		122.6

۴ – ۳ – ۲ - روش Mass Diagram – این روش توسط Rippl (1883) ارائه گردید. یک Mass Curve در واقع نمودار حجم تجمعی جریان ورودی به صورت تابعی از زمان می باشد.. در این روش حداکثر اختلاف مثبت بین مقادیر جریان ورودی تجمعی $Q(t)$ و مقادیر خروجی تجمعی (مورد نظر) از سد، $R(t)$ محاسبه می شود (به شکل مراجعه شود). با فرض پر بودن مخزن در ابتدا، طی فرآیند شبیه سازی مختلف مقادیر ورودی جدید به حجم اولیه آب مخزن اضافه شده و مقادیر خروجی از آن کم می شوند. در صورتیکه این مراحل برای حداقل دو دوره جریان ورودی انجام شود، حداکثر حجم کمبود مشخص شده و بر مبنای آن حجم ذخیره سازی مورد نیاز محاسبه می گردد (شکل ۴ – ۵).



شکل ۴ – ۵- نمودار تغییرات زمانی جریان ورودی (تجمعی) و خروجی از مخزن (روش روش Mass Diagram)

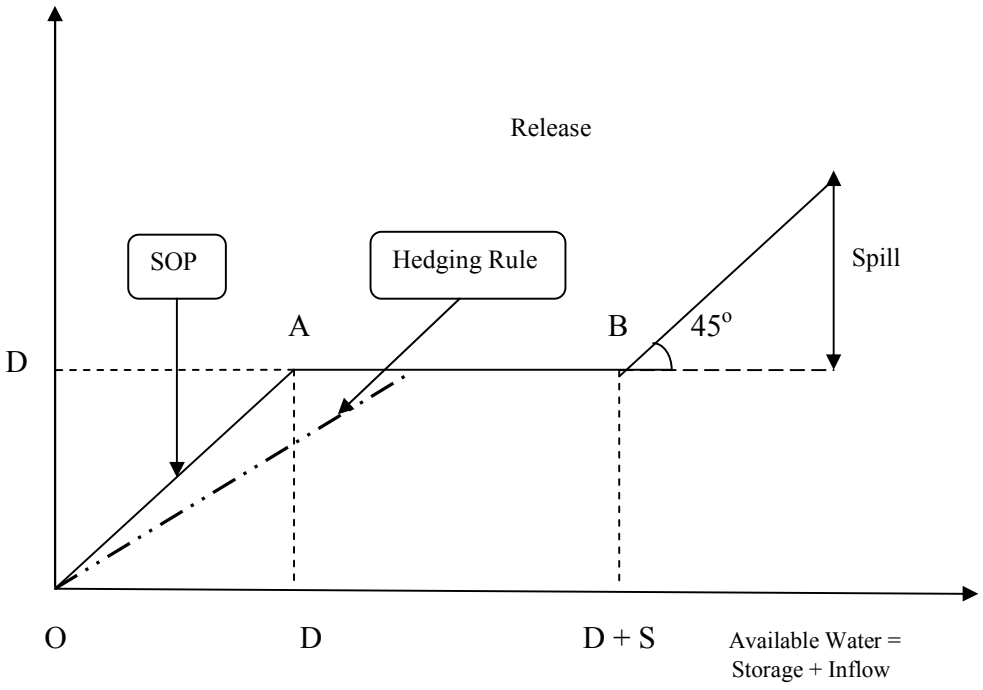
۴ – ۳- ۳- الگوریتم Sequent Peak – این الگوریتم تفاضل مقادیر تجمعی جریان های ورودی و خروجی را را برای تمامی دوره ها در یک افق برنامه ریزی محاسبه می کند. فرض کنید $K(t)$ حداکثر میزان ذخیره سازی لازم در طول دوره های 1 الی t و $R(t)$ مقدار مورد نیاز خروجی در زمان t و $Q(t)$ میزان ورودی در زمان t می باشد. اگر در زمان شروع $K(0) = 0$ فرض شود، در ان روش مقدار $K(t)$ به صورت زیر محاسبه شده که البته برمبنای حداقل دو دوره داده های جریان ورودی می باشد.

$$K(t) = \begin{cases} R(t) - Q(t) + K(t-1) & \text{if positive} \\ 0 & \text{if negative} \end{cases} \qquad (4-1)$$

در معادله بالا مقدار $K(t)$ حداکثر در واقع بیانگر ظرفیت مورد نیاز ذخیره سازی با توجه به مقادیر خاص $Q(t)$ و $R(t)$ می باشد.

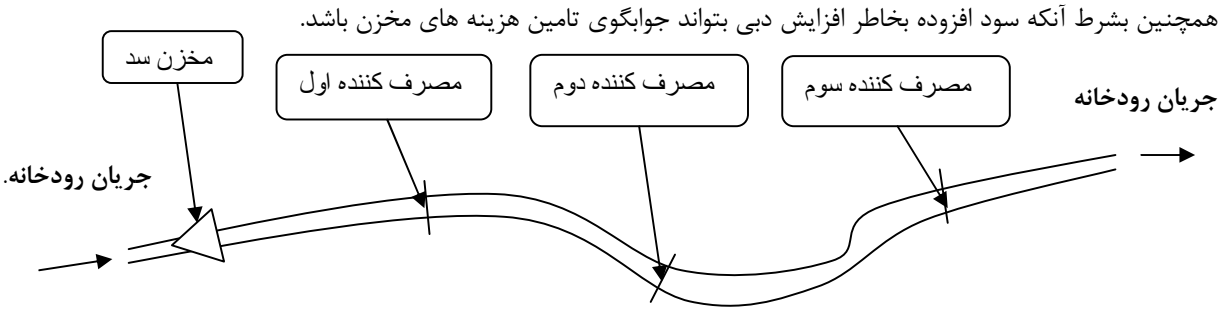
۴ – ۳- ۴- برخی روش های تخصیص آب [(Standard Operating policy (SOP), Hedging (Rule)] – برای شبیه سازی لازم است گنجایش ذخیره سازی فعال [Active (useful) Storage Capacity] مشخص شود. مقدار آب خروجی بستگی به حجم آب ذخیره شده و دوره زمانی تحت بررسی دارد. لذا لازم است سیاست مدیریت مخزن (Operating Policy) تعریف و سیاست تخصیص آب (Allocation Policy) مشخص گردد (چقدر آب برای هر مصرف کننده و در هر دوره زمانی تخصیص یابد)، که در اینگونه موارد اطلاعات کلی در رابطه با مخازن سدها و نحوه کار آنها مورد استفاده قرار می گیرد

فرض کنید سیاست ها و تخصیص ها برای هر دوره زمانی ثابت باشند. در این خصوص سیاست مدیریت مخزن تلاش می کند خروجی را با هدف تامین آب مورد نیاز انجام دهد. لذا اگر در مخزن آب کافی وجود نداشته باشد، تمامی آب موجود در دوره زمانی خاص خارج می گردد. اگر ورودی آب به مخزن برابر با آب مورد نیاز مصرف کنندگان باشد، ضمن تامین آب مورد نیاز، چیزی در مخزن باقی نمی ماند. اگر ورودی به مخزن بیشتر از آب مورد نیاز مصرف کننده و مخزن پر باشد، خروجی از سرریز اضطراری صورت می گیرد. این نوع مدیریت مخزن را سیاست مدیریتی استاندارد Standard Operating Policy (SOP) می گویند. راه حل دیگردر واقع مدیریت منابع آب در دوره های کمبود آب خشکسالی می باشد، به طوریکه مدیرمخزن در دوره خشکسالی با کاهش مقدار آب خروجی، برای دوره زمانی بعد ذخیره خواهد داشت، تا اگر خشکسالی ادامه پیدا کرد با مشکل مواجه نشود. به این روش بهره برداری مخزن سیاست جیره بندی (Hedging Policy) و یا قانون جیره بندی (Hedging Rule) می گویند (شکل ۴ -۵).



شکل ۴ – ۵ – روش های SOP و جیره بندی

۴ – ۴- شبیه سازی تخصیص آب بر مبنای جیره بندی– یک مخزن سد را در نظر بگیرید که قادر است برای مصرف کنندگان پایین دست آب را در اختیار قرار دهد. یک مخزن و سیاست مدیریتی حاکم بر آن (جیره بندی) می تواند سود دهی را برای مصرف کنندگان در طول زمان افزایش دهد، بشرط آنکه دوره های با دبی کم همراه با دوره های پر آبی وجود داشته باشند، همچنین بشرط آنکه سود افزوده بخاطر افزایش دبی بتواند جوابگوی تامین هزینه های مخزن باشد.

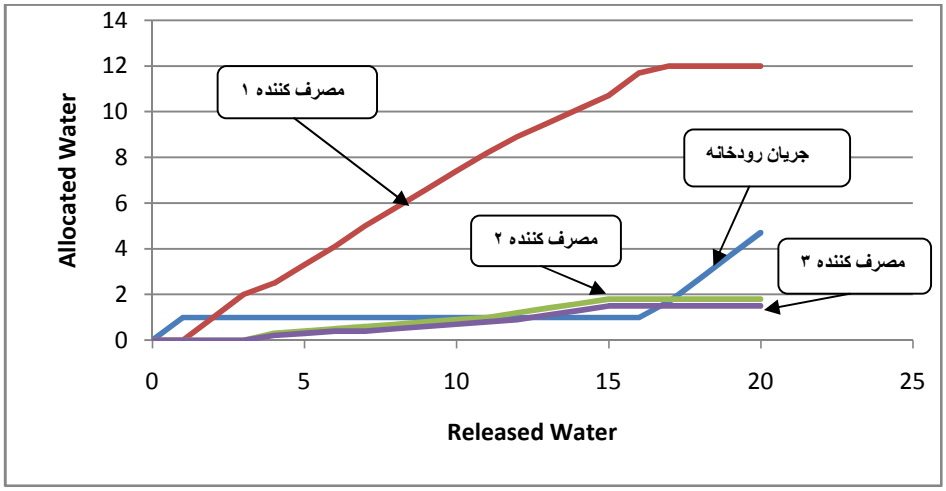


شکل ۴ – ۶ – نمودار وضعیت مصرف کنندگان مختلف

برای مسئله بالا (شکل ۶-۴)، نحوه تخصیص آب به مصرف کنندگان پس از مراحل شبیه سازی در جدول ۴-۲ و شکل ۴-۷ آمده است. تصمیم نهایی برای جیره بندی نیازمند داشتن تجربه در مدیریت مخزن و امکانات مدلسازی (شبیه سازی) می باشد

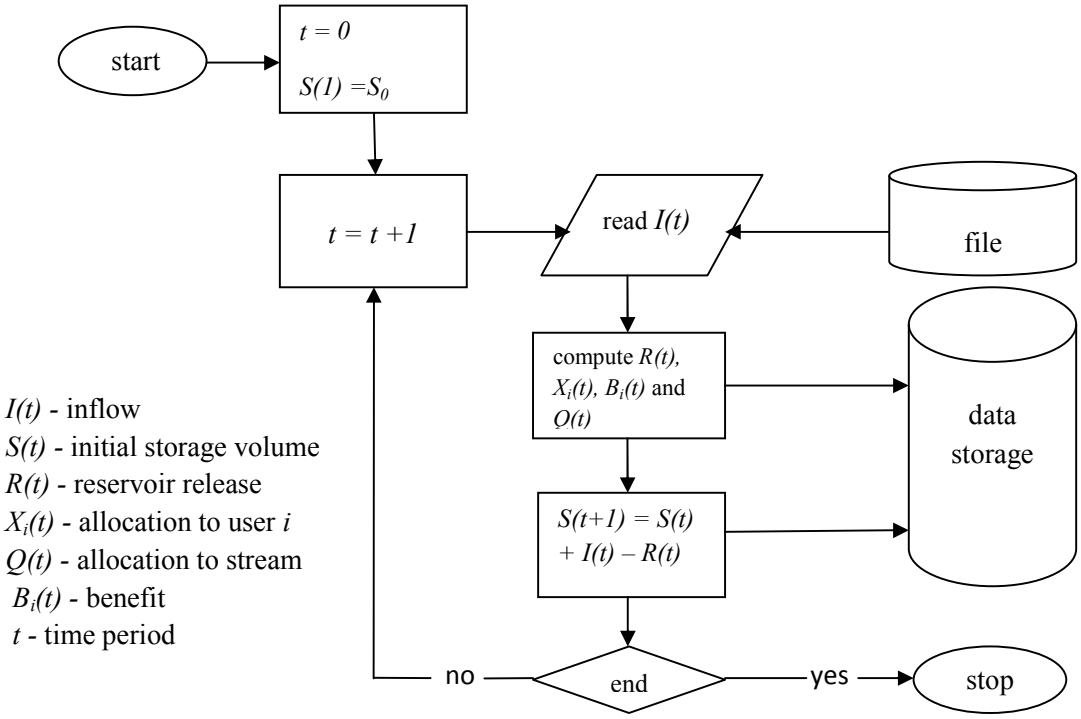
جدول ۴ – ۲- نحوه تخصیص آب به سه مصرف کننده (اعمال جیره بندی)

موازنه	مصرف ۳	مصرف ۲	مصرف ۱	رودخانه	آب موجود
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	1	2
3	0	0	2	1	3
4	0.2	0.3	2.5	1	4
5	0.3	0.4	3.3	1	5
6	0.4	0.5	4.1	1	6
7	0.4	0.6	5	1	7
8	0.5	0.7	5.8	1	8
9	0.6	0.8	6.6	1	9
10	0.7	0.9	7.4	1	10
11	0.8	1	8.2	1	11
12	0.9	1.2	8.9	1	12
13	1.1	1.4	9.5	1	13
14	1.3	1.6	10.1	1	14
15	1.5	1.8	10.7	1	15
16	1.5	1.8	11.7	1	16
17	1.5	1.8	12	1.7	17
18	1.5	1.8	12	2.7	18
19	1.5	1.8	12	3.7	19
20	1.5	1.8	12	4.7	20



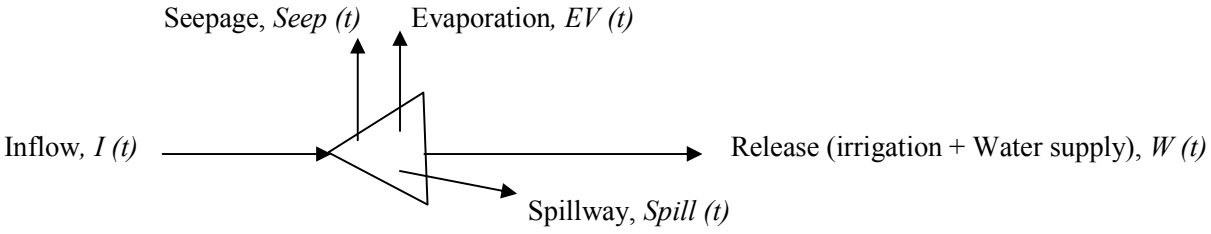
شکل ۴ – ۷- نمودار های مربوط به تخصیص آب به مصرف کننده ها بر مبنای آب خروجی از سد

در عمل لازم است فرآیند شبیه سازی برای سه مصرف کننده بالا از یک بازه زمانی به بازه زمانی بعدی پیش رود. جریان ورودی به ذخیره اضافه شده و با توجه به سیاست رها سازی آب، خروجی آب از سد انجام گیرد. پس از مشخص شدن میزان اب خارج شده، حجم ذخیره محاسبه شده که در واقع حجم اولیه برای دوره بعد خواهد بود. سپس خروجی از مخزن برای سه مصرف کننده و جریان طبیعی پایین دست تخصیص می یابد. مراحل محاسباتی برای بازه های زمانی موجود ادامه یافته تا فرآیند شبیه سازی به پایان برسد. هر چند به سادگی می توان یک برنامه کامپیوتری برای اجرای مراحل محاسباتی نوشت، اما امروزه نرم افزار های متعدد در دسترس می باشند. مراحل شبیه سازی تخصیص اب در شکل ۴-۸ آمده است.



شکل ۴ – ۸- فلوچارت نحوه شبیه سازی حجم موجود آب در مخزن و تخصیص آب در بازه زمانی t

۴ – ۵- بهره برداری از مخزن با استفاده از برنامه ریزی خطی (مدل ترکیبی بهینه سازی- شبیه سازی) - یک مخزن با ظرفیت K را در نظر بگیرید (شکل ۴-۹). مسئله بهینه سازی این است که خروجی مخزن (Release) چقدر باشد تا با بهینه سازی تابع هدف در نظر گرفتن محدودیت ها بهترین تخصیص اب امکان پذیر شود، که چنین مسئله ای به سادگی در قالب یک مسئله برنامه ریزی خطی قابل بررسی می باشد. تابع هدف می تواند تابعی از حجم آب ذخیره شده یا حجم آب خروجی باشد. معمولا در چنین مسئله بهینه سازی محدودیت ها شامل برقراری قانون بقاء جرم و هر گونه محدودیت فیزیکی و یا اقتصادی می شود (حداکثر و حداقل آب قابل ذخیره و یا آبی که می توان از مخزن خارج نمود و همچنین مواردی از قبیل تامین نیاز برقابی و محدودیت های تولید انرژی).



شکل ۴ – ۹- بیان شماتیک جریان های ورودی و خروجی مخزن سد

O. F. Maximize $\sum_t R(t)$ (4 – 2)

S. T. $S(t+1) = S(t) + I(t) - EV(t) - R(t) - SPILL(t)$ (4 – 3)

$$SPILL(t) = \begin{cases} 0 & \text{if } S(t) + I(t) - EV(t) - R(t) \le K \quad (4-4) \\ [S(t) + I(t) - EV(t) - R(t) - K & \text{if } S(t) + I(t) - EV(t) - R(t) > K \quad (4-5) \end{cases}$$

Reservoir capacity $S(t) \le K$ (4 – 6)

$S(t) \ge 0$ (4 – 7)

Target demand $R(t) \le K$ (4 – 8)

$R(t) \ge 0$ (4 – 9)

مسائل مربوط به برنامه ریزی خطی توسط یکی از نرم افزارهای موجود (LINGO) و یا با استفاده از محیط EXCEL قابل حل می باشند.

مثال – مطابق با جدول ۴ -۳، با فرض آنکه K =400 MCM باشد، سیاست بهره برداری بهینه از مخزن سد را بدست آورید.

جدول ۴ – ۳- مقادیر جریان ورودی، تبخیر و تقاضا برای آب
(در ماه های مختلف)

t	INFLOW (MCM)	EVAP. (MCM)	DEMAND (MCM)
1	90.7	10	71.5
2	450.6	8	140.5
3	380.4	8	140.5
4	153.2	8	80.6
5	120	6	30.6
6	55	6	240.6
7	29.06	5	241.7
8	24.27	6	190.5
9	30.87	6	98.1
10	15.9	8	0
11	12.8	9	0
12	15.9	10	0

O. F. Maximize $\sum_t R(t)$ (4 – 10)

S. T. $S(t+1) = S(t) + I(t) - EV(t) - R(t) - Spill(t)$ (4 – 11)

$$Spill(t) = \begin{cases} 0 & \text{if } S(t) + I(t) - EV(t) - R(t) \le 400 \quad (4-12) \\ [S(t) + I(t) - EV(t) - R(t) - 400] & \text{if } S(t) + I(t) - EV(t) - R(t) > 400 \quad (4-13) \end{cases}$$

Reservoir capacity $S(t) \le 400$ (4 – 14)

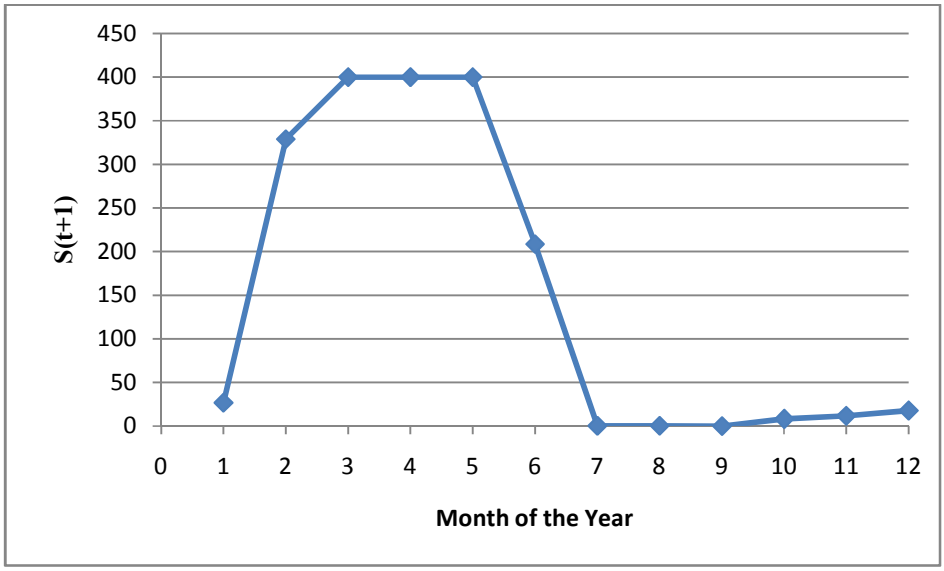
$S(t) \ge 0$ (4 – 15)

Target demand $R(t) \le 400$ (4 – 16)

$R(t) \ge 0$ (4 – 17)

جدول ۴ – ۴- حل مسئله توسط برنامه ریزی خطی (واحد ها MCM می باشند)

t	S(t)	I(t)	D(t)	R(t)	EV(t)	S(t+1)	SPILL
1	17.6	90.7	71.5	71.5	10	26.8	0
2	26.8	450.6	140.5	140.5	8	328.9	0
3	328.9	380.4	140.5	140.5	8	400	160.8
4	400	153.2	80.6	80.6	8	400	64.6
5	400	120	30.6	30.6	6	400	83.4
6	400	55	240.6	240.6	6	208.4	0
7	208.4	29.06	241.7	232.21	5	0.25	0
8	0.25	24.27	190.5	18.27	6	0.25	0
9	0.25	30.87	98.1	25.12	6	0	0
10	0	15.9	0	0	8	7.9	0
11	7.9	12.8	0	0	9	11.7	0
12	11.7	15.9	0	0	10	17.6	0



شکل ۴ – ۱۰ – منحنی فرمان مسئله بالا (Curve rule)

۴ – ۵- شبیه سازی تخصیص آب در شرایط نرمال، ترسالی و خشکسالی – جریان ورودی به مخزن سد دارای نوسانات زیاد می باشد، که عامل اصلی در ایجاد عدم اطمینان (Uncertainty) در بررسی وضعیت مخزن می باشد، که این موضوع به تفصیل بررسی خواهد شد. عدم اطمینان چالش های فراوانی را در تخصیص آب ایجاد می کند. مسئله اساسی این است که تغییرات جریان ورودی ناشی از تغییرا ت زیاد در مشخصات بارندگی می باشد، که با توجه با محدودیت ظرفیت مخزن سد ممکن است قسمت عمده ای از آب بدون ذخیره شدن از سرریز اضطراری خارج (Spill) شود و حجم قابل ملاحظه ای ازآب در اختیار نباشد. از طرفی خشکسالی نیز مشکلاتی را ایجاد می کند. جداولی مربوط با شرایط نرمال (Normal Condition)، شرایط بالای نرمال (Above Normal Condition) و شرایط زیر نرمال (Below Normal Condition) ارائه شده است. برای سادگی امر تخصیص آب برای حالت تک مصرف کننده می باشد.

برای وضعیت شرایط نرمال (جدول ۴-۵)، ظاهرا مشکل خاصی ملاحظه نمی شود و تخصیص آب بطور کامل صورت می گیرد و مقدار کمی هم از سرریز اضطراری خارج می شود. اما در شرایط زیر نرمال (بارندگی کمتر از حالت نرمال، جدول ۴-۶)، در چند مورد مشکل تامین آب وجود دارد. در شرایط بالای نرمال (بارندگی بیشتر از حالت نرمال، جدول ۴-۷)، با مشکل کمبود آب مواجه نیستیم، اما در مواردی حجم قابل ملاحظه آب از سرریز اضطراری خارج شده و قابل ذخیره سازی نیست. بررسی و تفسیر سه جدول بطور کامل تر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

نکته بسیار مهم آنکه سه حالت ارائه شده سه حالت از تعداد وضعیت های متفاوتی می باشد که در هر سال و یا هر بازه زمانی اتفاق می افتد و بررسی یک یک آنها امکان پذیر نمی باشد. لازم است مسئله در قالب سناریوهای مختلف مدلسازی شده تا با استفاده از نرم افزارهای متداول بشود برای تعیین وضعیت موجودی آب و تخصیص اب تصمیم گیری نمود.

جدول ۴ – ۵ – ورودی ها، خروجی ها و تغییرات در ذخیره سازی مخزن یک سد (شرایط نرمال)

MONTH	PRECIP.	EVAP.	INFLOW	RELEASE	PRECIP.	EVAP.	S. CHANGE	STORAGE	SPILL	AREA
	(mm)	(mm)	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	Hectar
Sep								330000		
Oct	10	77	0	153000	5400	41580	-189180	140820	0	54
Nov	20	42	0	81000	5600	11760	-87160	53660	0	28
Dec	116	23	435000	63000	75400	14950	432450	486110	0	65
Jan	227	25	1355000	64000	202030	22250	1470780	1956890	0	89
Feb	31	31	42000	84000	27280	27280	-42000	1914890	0	88
Mar	85	64	432000	90000	78200	58880	335110	2250000	26210	92
Apr	6	84	15000	160000	5400	75600	-215200	2034800	0	90
May	47	121	70000	280000	40420	104060	-273640	1761160	0	86
Jun	0	152	4000	280000	0	126160	-402160	1359000	0	83
Jul	0	167	0	280000	0	131930	-411930	947070	0	79
Aug	0	142	0	255000	0	95140	-350140	596930	0	67
Sep	0	117	0	240000	0	73710	-313710	283220	0	63
Total	542	1045	2353000	2030000	439730	783300	-46780	13784550	26210	

Reservoir Capacity: 2250000 m^3, $S(t+1) = S(t) + I - R + P - E - SPILL$

جدول ۴ – ۶ – ورودی ها، خروجی ها و تغییرات در ذخیره سازی مخزن یک سد (شرایط ترسالی)

MONTH	PRECIP.	EVAP.	INFLOW	RELEASE	PRECIP.	EVAP.	S. CHANGE	STORAGE	SPILL	AREA
	(mm)	(mm)	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	Hectar
Sep								330000		
Oct	0	76	0	153000	0	38760	-191760	138240	0	51
Nov	0	41	0	75620	0	10660	-86280	51960	0	26
Dec	130	21	340000	63000	79300	12810	343490	395450	0	61
Jan	150	23	500000	64000	115500	17710	533790	929240	0	77
Feb	230	32	1240000	84000	211600	29440	1320760	2250000	17400	92
Mar	15	63	8000	90000	13650	57330	-125680	2124320	0	91
Apr	154	82	960000	160000	141680	75440	125680	2250000	740560	92
May	23	119	11000	280000	20240	104720	-353480	1896520	0	88
Jun	0	149	4000	280000	0	126650	-402650	1493870	0	85
Jul	0	161	0	280000	0	128800	-408800	1085070	0	80
Aug	0	138	0	255000	0	102120	-357120	727950	0	74
Sep	0	115	0	240000	0	71300	-311300	416650	0	62
Total	702	1020	3063000	2024620	581970	775740	86650	13759270	757960	

Reservoir Capacity: 2250000 m^3, ***S(t+1) = S(t) + I – R + P – E – SPILL***

جدول ۴ – ۷ – ورودی ها، خروجی ها و تغییرات در ذخیره سازی مخزن یک سد (شرایط خشکسالی)

MONTH	PRECIP.	EVAP.	INFLOW	RELEASE	PRECIP.	EVAP.	S. CHANGE	STORAGE	SPILL	AREA
	(mm)	(mm)	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	Hectar
Sep								330000		
Oct	0	81	0	153000	0	41310	-194310	135690	0	51
Nov	0	44	0	72880	0	10560	-83440	52250	0	24
Dec	80	25	435000	63000	52000	16250	407750	460000	0	65
Jan	67	26	391000	64000	50250	19500	357750	817750	0	75
Feb	120	29	800000	84000	102000	24650	793350	1611100	0	85
Mar	55	62	300000	90000	47300	53320	203980	1815080	0	86
Apr	0	83	31500	160000	0	70550	-199050	1616030	0	85
May	30	125	157000	280000	25200	105000	-202800	1413230	0	84
Jun	0	158	2100	280000	0	126400	-404300	1008930	0	80
Jul	0	165	0	280000	0	113850	-393850	615080	0	69
Aug	0	143	0	255000	0	90090	-345090	269990	0	63
Sep	0	116	0	208000	0	23200	-231200	38790	0	20
Total	352	1057	2116600	1989880	276750	694680	-291210	9853920	0	

Reservoir Capacity: 2250000 m^3, ***S(t+1) = S(t) + I – R + P – E – SPILL***

۵ – شبیه سازی آب – خاک (Soil-Water Simulation)

۵– ۱– شبیه سازی تغییرات روزانه رطوبت خاک– تغییرات زمانی رطوبتی خاک در منطقه رشد ریشه به صورت مثلا روزانه و یا هفتگی برای کشت یک گیاه خاص دارای اهمیت زیاد می باشد. از کاربرد های مهم اینگونه اطلاعات، استفاده از آنها در برنامه بندی آبیاری (Irrigation Scheduling) می باشد. با توجه به اینکه رطوبت موجود در خاک به صورت تابعی از بارندگی، آب آبیاری، تبخیر- تعرق و نفوذ عمقی عمل می کند، در واقع فرآیند شبیه سازی تغییرات آب-خاک مشابه با شبیه سازی مخزن سد می باشد. به منظور تشریح بهتر فرآیند شبیه سازی، موضوع به صورت مثال های ساده ارائه می شود.

مثال – برای منطقه باجگاه اطلاعات روزانه بارندگی و تبخیر از تشت برای اسفند ماه ۱۳۷۱ موجود است. یک نیمرخ خاک به عمق 1 m را در نظر بگیرید که فاقد پوشش گیاهی باشد. با توجه به اطلاعات خاکشناسی ارائه شده تغییرات رطوبتی آب-خاک را در اسفند ماه شبیه سازی نمایید (با توجه به فقدان پوشش گیاهی آبیاری صورت نمی گیرد).

مشخصات خاک (سری دانشکده)

رطوبت حجمی ظرفیت زراعی: 32.6%
رطوبت حجمی نقطه پژمردگی دائم: 16%
درصد تخلخل: 45%
رطوبت خاک در آخر بهمن 25%

معادله کلی بیلان آب خاک بشکل زیر می باشد:

$$D\theta(t+1) = D\theta t + P(t+1) - E(t+1) - I(t+1), \qquad \theta(t+1) \le FC \qquad (5-1)$$

در معادله بالا D عمق خاک (mm)، θ_{t+1} رطوبت خاک در روز بعد (اعشاری)، θ_t رطوبت خاک در روز قبل (اعشاری)، P_{t+1}بارندگی روزانه (mm)، E_{t+1} تبخیر روزانه (mm) با اعمال ضریب0.7 بر داده های تشت تبخیر وI_{t+1} نفوذ آب به داخل خاک (mm) می باشد. فرض بر این است که پوشش گیاهی وجود نداشته، آبیلری صورت نگرفته و رواناب تولیدی صفر است.

به عنوان مثال با فرض بر اینکه در آخر یهمن رطوبت خاک 0.25 یاشد، رطویت خاک درروز اول اسفند به صورت زیر شبیه سازی می شود (با استفاده از داده های جدول ضمیمه):

$$\theta(t+1) = \frac{D\theta(t) + P(t+1) - E(t+1) - I(t+1)}{D} \qquad (5-2)$$

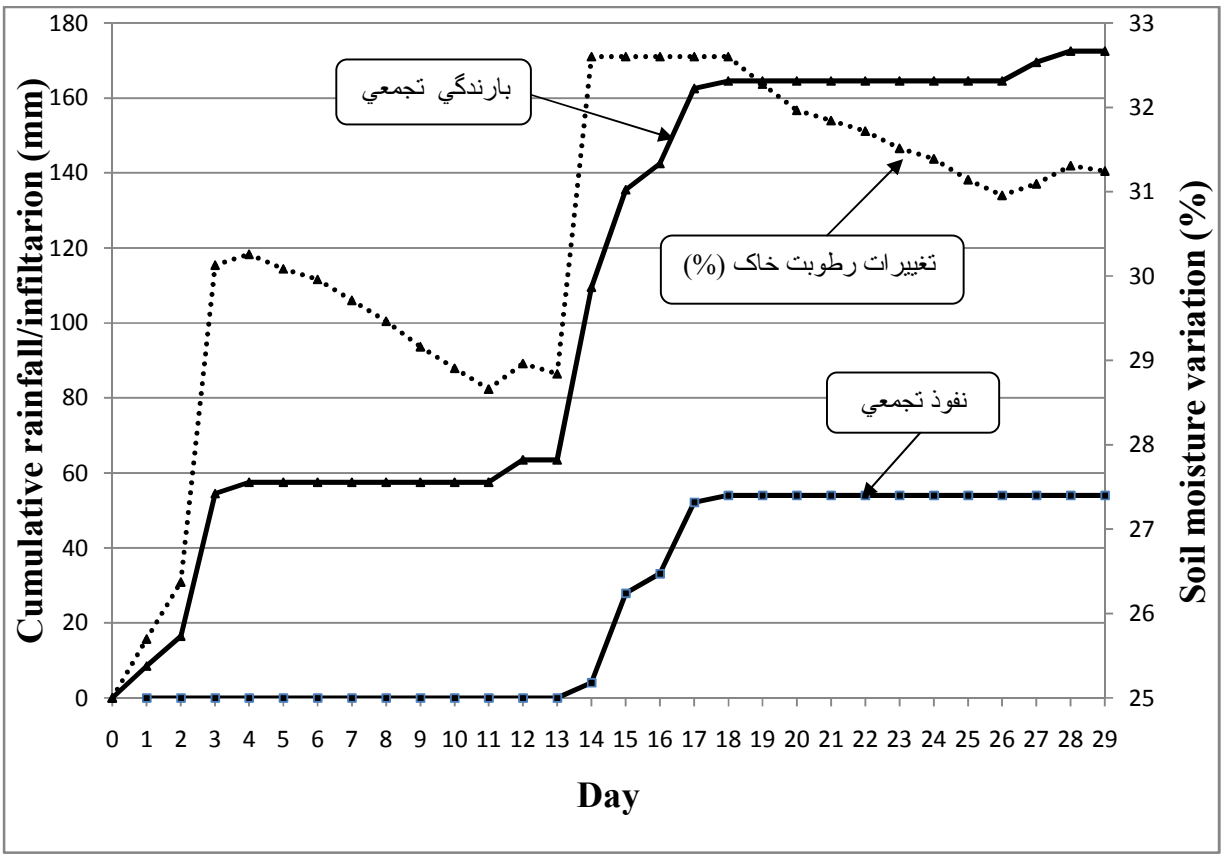
$$\theta(t+1) = \frac{1000 * 0.25 + 8.5 - 1.246}{1000} = 0.257\ cm^3 cm^{-3}$$

یه منظور شبیه سازی می توان از نرم افزارهای مختلف استفاده نمود و یا به سادگی آنرا در محیط *EXCEL* انجام داد. البته بایستی توجه نمود که رطوبت خاک محاسبه شده حداکثر برابر با ظرفیت زراعی می باشد، اگرآب مازاد وجود داشته باشد، به صورت نفوذ محاسبه می شود (به جدول ۵-۱ و نمودار ۵ – ۱ مراجعه نمایید).

جدول ۵-۱ - شبیه سازی رطوبت خاک روزانه (اسفند سال ۱۳۷۱، خاک سری دانشکده، باجگاه)

day	Epan (mm)	E (mm)	P (mm)	I	θ	IC* (mm)	PC* (mm)
0					0.25		
1	1.78	1.25	8.5	0.000	0.257	0.0	8.5
2	1.81	1.27	8	0.000	0.264	0.0	16.5
3	0.61	0.43	38	0.000	0.301	0.0	54.5
4	2.47	1.73	3	0.000	0.303	0.0	57.5
5	2.48	1.74	0	0.000	0.301	0.0	57.5
6	1.77	1.24	0	0.000	0.300	0.0	57.5
7	3.54	2.48	0	0.000	0.297	0.0	57.5
8	3.54	2.48	0	0.000	0.295	0.0	57.5
9	4.33	3.03	0	0.000	0.292	0.0	57.5
10	3.63	2.54	0	0.000	0.289	0.0	57.5
11	3.54	2.48	0	0.000	0.287	0.0	57.5
12	4.23	2.96	6	0.000	0.290	0.0	63.5
13	1.77	1.24	0	0.000	0.288	0.0	63.5
14	6.19	4.33	46	0.004	0.326	4.1	109.5
15	3	2.10	26	0.024	0.326	28.0	135.5
16	2.58	1.81	7	0.005	0.326	33.2	142.5
17	1.42	0.99	20	0.019	0.326	52.2	162.5
18	0.23	0.16	2	0.002	0.326	54.0	164.5
19	4.64	3.25	0	0.000	0.323	54.0	164.5
20	4.42	3.09	0	0.000	0.320	54.0	164.5
21	1.77	1.24	0	0.000	0.318	54.0	164.5
22	1.77	1.24	0	0.000	0.317	54.0	164.5
23	2.92	2.04	0	0.000	0.315	54.0	164.5
24	1.77	1.24	0	0.000	0.314	54.0	164.5
25	3.54	2.48	0	0.000	0.311	54.0	164.5
26	2.65	1.86	0	0.000	0.310	54.0	164.5
27	5.18	3.63	5	0.000	0.311	54.0	169.5
28	1.23	0.86	3	0.000	0.313	54.0	172.5
29	0.88	0.62	0	0.000	0.312	54.0	172.5

Epan تبخیر از تشت، E تبخیر، P بارندگی، I نفوذ، θ رطوبت خاک، PC بارندگی تجمعی و IC نفوذ تجمعی می باشند.



نمودار ۵-۱- منحنی های رفتار زمانی درصد رطوبت خاک، بارندگی و نفوذ تجمعی روزانه

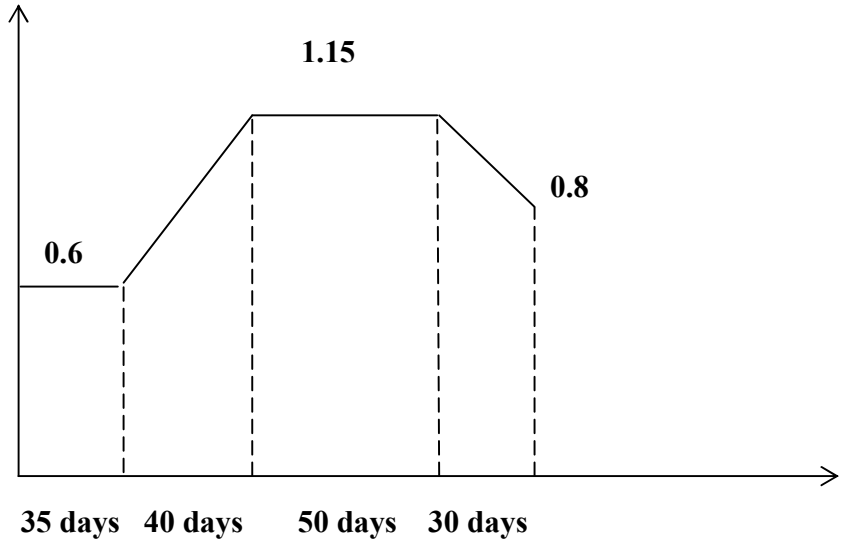
۵– ۲–شبیه سازی برنامه بندی آبیاری (Irrigation Scheduling Simulation)– تعیین زمان مناسب آبیاری به منظور تامین آب مورد نیاز گیاه در طول فصل کشت از اهمیت زیاد برخوردار است. در این خصوص لازم است ضمن در اختیار گذاشتن آب مورد نیاز گیاه از هدر روی آب نیز جلوگیری بعمل آید. در این مثال با استفاده از اطلاعات مربوط به مشخصات خاکشناسی، داده های بارندگی و تبخیر از تشت و خصوصیات گیاهی گوجه فرنگی، شبیه سازی برنامه بندی آبیاری در طول فصل کشت (آبیاری قطره ای) تشریح می گردد.

منطقه مورد مطالعه: باجگاه

مشخصات خاکشناسی: سری دانشکده $FC = 0.326, PWP = 0.160, n = 0.45$

اطلاعات هواشناسی: بارندگی و تبخیر از تشت روزانه (بهار و تابستان ۱۳۷۱) بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی باجگاه

مشخصات گیاه: گوجه فرنگی، کشت از طریق بذر به صورت مستقیم (Direct Seeding)، Depletion Factor, p= 0.4، حداکثررشد ریشه $Z = 0.60$ m: (فرض شده 50 روز لازم باشد تا ریشه به حداکثر رشد برسد، بطوریکه توسعه رشد روزانه در این دوره بر مبنای رابطه سینوسی ارائه شده می باشد، اما در ابتدای فصل کشت عمق ریشه معادل 0.3 m فرض شده است)، دوره رشد: 155 days از 15 اردیبهشت، برای محاسبه ET_0 از آمار تشت تبخیر با ضریب 0.7 و برای محاسبه ET_C از ضرائب Kc در دوره های چهارگانه رشد (شکل ۵ – ۳) استفاده شده است (FAO 56):



شکل ۵ -۳- مقادیر *Kc* در دوره های رشد چهار گانه برای گیاه گوجه فرنگی

فرض بر این است که رطوبت خاک در زمان کشت 26% باشد، لذا کمبود رطوبتی برای گیاه گوجه فرنگی به صورت زیر محاسبه می شود:

Initial soil moisture deficit = (0.326- 0.26)*600 = 39.6 mm (5 – 3)

با فرض آنکه 50 روز طول می کشد تا حداکثر رشد ریشه حاصل شود، از رابطه سینوسی زیر برای مرحله تکمیل رشد ریشه استفاده شده است:

$$Z(i) = Z[0.5 + 0.5\mathrm{Sin}(3.03(\mathrm{day}(i)/50 - 1.47)] \quad (5\text{ -}4)$$

در معادله بالا Z(i) میزان رشد ریشه در روز iام (mm)، Z حداکثر رشد ریشه (mm) و day(i) روز iام می باشد.

محاسبه عمق آبیاری:

TAW = 1000*(0.326 – 0.16) = 166 mm/m (5 – 5)

RAW = 0.4*166 = 66.4 mm/m, (5 – 6)

Irrigation Depth = 0.60*66.4 = 40 mm (5 – 7)

به منظور شبیه سازی می توان از نرم افزارهای مختلف مانند**CROPWAT** استفاده نمود و یا آنرا در محیط **EXCEL** انجام داد (به جدول ۵ – ۲ و شکل ۵ – ۴ مراجعه نمایید).

جدول ۵ - ۲ – محاسبات مربوط به برنامه بندی آبیاری

Day	Epan (mm)	ET0 (mm)	Etc (mm)	Irrigation (mm)	Def. (mm)	Deep Perc. (mm)	Cum. D.P. (mm)	Eff. Root (m)	RZMD (mm)
0					-39.60				
1 **(15 Ord)**	3.50	2.45	1.47	40	-1.07	0.00	0.00	0.30	-19.92
2	3.54	2.48	1.49		-2.56	0.00	0.00	0.30	-19.92
3	3.58	2.51	1.50	20	0.00	15.94	15.94	0.30	-19.92
4	3.62	2.53	1.52		-1.52	0.00	15.94	0.30	-19.92
5	3.66	2.56	1.54	20	0.00	16.94	32.88	0.30	-19.92
6	3.70	2.59	1.55		-1.55	0.00	32.88	0.30	-19.92
7	3.74	2.62	1.57	20	0.00	16.88	49.76	0.30	-19.92
8	3.78	2.65	1.59		-1.59	0.00	49.76	0.30	-19.92
9	3.82	2.67	1.60	20	0.00	16.81	66.57	0.30	-19.92
10	3.86	2.70	1.62		-1.62	0.00	66.57	0.30	-19.92
11	3.90	2.73	1.64	20	0.00	16.74	83.31	0.30	-19.92
12	3.94	2.76	1.65		-1.65	0.00	83.31	0.30	-19.92
13	3.98	2.79	1.67	20	0.00	16.67	99.98	0.30	-19.92
14	4.02	2.81	1.69		-1.69	0.00	99.98	0.30	-19.92
15	4.06	2.84	1.71	20	0.00	16.61	116.59	0.30	-19.92
16	4.10	2.87	1.72		-1.72	0.00	116.59	0.30	-19.92
17	4.14	2.90	1.74		-3.46	0.00	116.59	0.30	-19.92
18	4.18	2.93	1.76		-5.22	0.00	116.59	0.30	-19.92
19	4.22	2.95	1.77		-6.99	0.00	116.59	0.30	-19.92
20	4.26	2.98	1.79		-8.78	0.00	116.59	0.30	-19.92
21	4.30	3.01	1.81		-10.58	0.00	116.59	0.30	-19.92
22	4.34	3.04	1.82	20	0.00	7.59	124.18	0.30	-19.92
23	4.38	3.07	1.84		-1.84	0.00	124.18	0.30	-19.92
24	4.42	3.09	1.86		-3.70	0.00	124.18	0.30	-19.92
25	4.46	3.12	1.87		-5.57	0.00	124.18	0.31	-20.82
26	4.50	3.15	1.89		-7.46	0.00	124.18	0.33	-22.02
27	4.54	3.18	1.91		-9.37	0.00	124.18	0.35	-23.22
28	4.58	3.21	1.92		-11.29	0.00	124.18	0.37	-24.40
29	4.62	3.23	1.94	20	0.00	6.77	130.95	0.39	-25.57
30	4.66	3.26	1.96		-1.96	0.00	130.95	0.40	-26.71
31	4.70	3.29	1.97		-3.93	0.00	130.95	0.42	-27.83
32 **(15 Kho)**	4.74	3.32	1.99		-5.92	0.00	130.95	0.44	-28.93
33	4.78	3.35	2.01		-7.93	0.00	130.95	0.45	-29.99
34	4.82	3.37	2.02		-9.95	0.00	130.95	0.47	-31.01
35	4.86	3.40	2.04		-12.00	0.00	130.95	0.48	-31.99
36	4.90	3.43	2.11	20	0.00	5.90	136.85	0.50	-32.93
37	4.94	3.46	2.17		-2.17	0.00	136.85	0.51	-33.82

ادامه جدول ۵ ـ ۲ ـ محاسبات مربوط به برنامه بندي آبياري

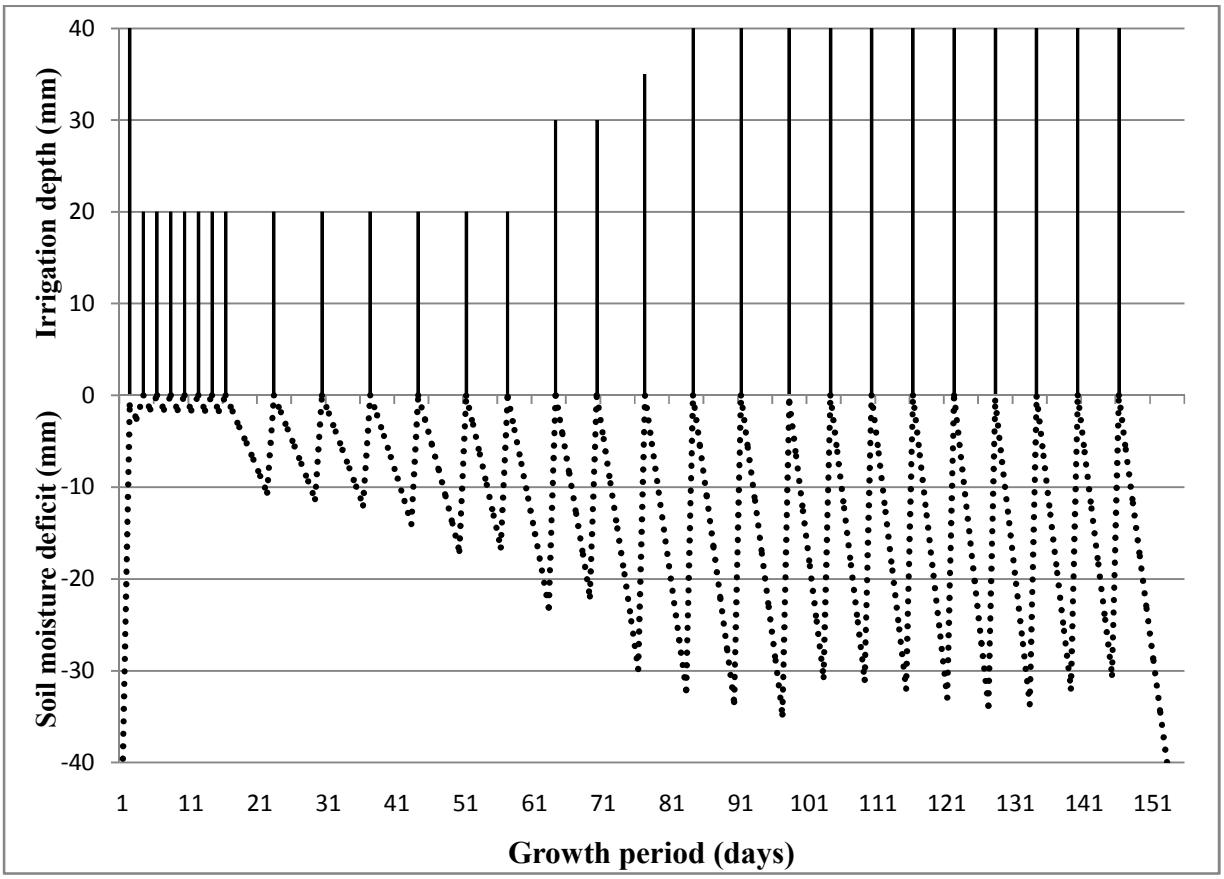
38	4.98	3.49	2.24		-4.41	0.00	136.85	0.52	-34.66
39	5.02	3.51	2.30		-6.71	0.00	136.85	0.53	-35.44
40	5.06	3.54	2.37		-9.08	0.00	136.85	0.54	-36.17
41	5.10	3.57	2.44		-11.51	0.00	136.85	0.55	-36.84
42	5.14	3.60	2.51		-14.02	0.00	136.85	0.56	-37.44
43	5.18	3.63	2.57	20	0.00	3.41	140.26	0.57	-37.98
44	5.22	3.65	2.64		-2.64	0.00	140.26	0.58	-38.46
45	5.26	3.68	2.72		-5.36	0.00	140.26	0.59	-38.87
46	5.30	3.71	2.79		-8.15	0.00	140.26	0.59	-39.20
47	5.34	3.74	2.86		-11.01	0.00	140.26	0.59	-39.47
48	5.38	3.77	2.93		-13.94	0.00	140.26	0.60	-39.67
49	5.42	3.79	3.01		-16.95	0.00	140.26	0.60	-39.79
50	5.46	3.82	3.08	20	-0.03	0.00	140.26	0.60	-39.84
51	5.50	3.85	3.16		-3.18	0.00	140.26	0.60	-39.84
52	5.54	3.88	3.23		-6.42	0.00	140.26	0.60	-39.84
53	5.58	3.91	3.31		-9.73	0.00	140.26	0.60	-39.84
54	5.62	3.93	3.39		-13.12	0.00	140.26	0.60	-39.84
55	5.66	3.96	3.47		-16.58	0.00	140.26	0.60	-39.84
56	5.70	3.99	3.55	20	-0.13	0.00	140.26	0.60	-39.84
57	5.74	4.02	3.63		-3.76	0.00	140.26	0.60	-39.84
58	5.78	4.05	3.71		-7.46	0.00	140.26	0.60	-39.84
59	5.82	4.07	3.79		-11.25	0.00	140.26	0.60	-39.84
60	5.86	4.10	3.87		-15.12	0.00	140.26	0.60	-39.84
61	5.90	4.13	3.95		-19.08	0.00	140.26	0.60	-39.84
62	5.94	4.16	4.04		-23.12	0.00	140.26	0.60	-39.84
63 **(1 Tir)**	5.98	4.19	4.12	30	0.00	2.76	143.02	0.60	-39.84
64	6.02	4.21	4.21		-4.21	0.00	143.02	0.60	-39.84
65	6.06	4.24	4.30		-8.50	0.00	143.02	0.60	-39.84
66	6.10	4.27	4.38		-12.89	0.00	143.02	0.60	-39.84
67	6.14	4.30	4.47		-17.36	0.00	143.02	0.60	-39.84
68	6.18	4.33	4.56		-21.91	0.00	143.02	0.60	-39.84
69	6.22	4.35	4.65	30	0.00	3.44	146.46	0.60	-39.84
70	6.26	4.38	4.74		-4.74	0.00	146.46	0.60	-39.84
71	6.30	4.41	4.83		-9.57	0.00	146.46	0.60	-39.84
72	6.34	4.44	4.92		-14.49	0.00	146.46	0.60	-39.84
73	6.38	4.47	5.01		-19.50	0.00	146.46	0.60	-39.84
74	6.42	4.49	5.11		-24.61	0.00	146.46	0.60	-39.84
75	6.46	4.52	5.20		-29.81	0.00	146.46	0.60	-39.84
76	6.50	4.55	5.23	35	-0.04	0.00	146.46	0.60	-39.84
77	6.54	4.58	5.26		-5.30	0.00	146.46	0.60	-39.84
78	6.58	4.61	5.30		-10.60	0.00	146.46	0.60	-39.84

ادامه جدول ۵ ـ ۲ ـ محاسبات مربوط به برنامه بندي آبياري

79	6.62	4.63	5.33		-15.93	0.00	146.46	0.60	-39.84
80	6.66	4.66	5.36		-21.29	0.00	146.46	0.60	-39.84
81	6.70	4.69	5.39		-26.69	0.00	146.46	0.60	-39.84
82	6.74	4.72	5.43		-32.11	0.00	146.46	0.60	-39.84
83	6.78	4.75	5.46	40	0.00	2.43	148.89	0.60	-39.84
84	6.82	4.77	5.49		-5.49	0.00	148.89	0.60	-39.84
85	6.86	4.80	5.52		-11.01	0.00	148.89	0.60	-39.84
86	6.90	4.83	5.55		-16.57	0.00	148.89	0.60	-39.84
87	6.94	4.86	5.59		-22.15	0.00	148.89	0.60	-39.84
88	6.98	4.89	5.62		-27.77	0.00	148.89	0.60	-39.84
89	7.02	4.91	5.65		-33.42	0.00	148.89	0.60	-39.84
90	7.06	4.94	5.68	40	0.00	0.89	149.78	0.60	-39.84
91	7.10	4.97	5.72		-5.72	0.00	149.78	0.60	-39.84
92	7.14	5.00	5.75		-11.46	0.00	149.78	0.60	-39.84
93	7.18	5.03	5.78		-17.24	0.00	149.78	0.60	-39.84
94 (1 Mor)	7.22	5.05	5.81		-23.06	0.00	149.78	0.60	-39.84
95	7.26	5.08	5.84		-28.90	0.00	149.78	0.60	-39.84
96	7.30	5.11	5.88		-34.78	0.00	149.78	0.60	-39.84
97	7.34	5.14	5.91	40	-0.68	0.00	149.78	0.60	-39.84
98	7.38	5.17	5.94		-6.63	0.00	149.78	0.60	-39.84
99	7.42	5.19	5.97		-12.60	0.00	149.78	0.60	-39.84
100	7.46	5.22	6.01		-18.60	0.00	149.78	0.60	-39.84
101	7.50	5.25	6.04		-24.64	0.00	149.78	0.60	-39.84
102	7.54	5.28	6.07		-30.71	0.00	149.78	0.60	-39.84
103	7.58	5.31	6.10	40	0.00	3.19	152.97	0.60	-39.84
104	7.62	5.33	6.13		-6.13	0.00	152.97	0.60	-39.84
105	7.66	5.36	6.17		-12.30	0.00	152.97	0.60	-39.84
106	7.70	5.39	6.20		-18.50	0.00	152.97	0.60	-39.84
107	7.74	5.42	6.23		-24.73	0.00	152.97	0.60	-39.84
108	7.78	5.45	6.26		-30.99	0.00	152.97	0.60	-39.84
109	7.82	5.47	6.30	40	0.00	2.71	155.68	0.60	-39.84
110	7.86	5.50	6.33		-6.33	0.00	155.68	0.60	-39.84
111	7.90	5.53	6.36		-12.69	0.00	155.68	0.60	-39.84
112	7.94	5.56	6.39		-19.08	0.00	155.68	0.60	-39.84
113	7.98	5.59	6.42		-25.50	0.00	155.68	0.60	-39.84
114	8.02	5.61	6.46		-31.96	0.00	155.68	0.60	-39.84
115	8.06	5.64	6.49	40	0.00	1.55	157.23	0.60	-39.84
116	8.10	5.67	6.52		-6.52	0.00	157.23	0.60	-39.84
117	8.14	5.70	6.55		-13.07	0.00	157.23	0.60	-39.84
118	8.18	5.73	6.58		-19.66	0.00	157.23	0.60	-39.84
119	8.22	5.75	6.62		-26.28	0.00	157.23	0.60	-39.84
120	8.26	5.78	6.65		-32.92	0.00	157.23	0.60	-39.84

ادامه جدول ۵ ـ ۲ ـ محاسبات مربوط به برنامه بندي آبياري

121	8.30	5.81	6.68	40	0.00	0.39	157.63	0.60	-39.84
122	8.34	5.84	6.71		-6.71	0.00	157.63	0.60	-39.84
123	8.38	5.87	6.75		-13.46	0.00	157.63	0.60	-39.84
124	8.42	5.89	6.78		-20.24	0.00	157.63	0.60	-39.84
125 **(1 Sha)**	8.46	5.92	6.81		-27.05	0.00	157.63	0.60	-39.84
126	8.50	5.95	6.77		-33.82	0.00	157.63	0.60	-39.84
127	8.54	5.98	6.74	40	-0.56	0.00	157.63	0.60	-39.84
128	8.58	6.01	6.70		-7.25	0.00	157.63	0.60	-39.84
129	8.62	6.03	6.66		-13.91	0.00	157.63	0.60	-39.84
130	8.66	6.06	6.62		-20.53	0.00	157.63	0.60	-39.84
131	8.70	6.09	6.58		-27.11	0.00	157.63	0.60	-39.84
132	8.74	6.12	6.54		-33.64	0.00	157.63	0.60	-39.84
133	8.78	6.15	6.49	40	-0.14	0.00	157.63	0.60	-39.84
134	8.82	6.17	6.45		-6.59	0.00	157.63	0.60	-39.84
135	8.86	6.20	6.41		-13.00	0.00	157.63	0.60	-39.84
136	8.90	6.23	6.36		-19.36	0.00	157.63	0.60	-39.84
137	8.94	6.26	6.32		-25.68	0.00	157.63	0.60	-39.84
138	8.98	6.29	6.28		-31.96	0.00	157.63	0.60	-39.84
139	9.02	6.31	6.23	40	0.00	1.81	159.44	0.60	-39.84
140	9.06	6.34	6.18		-6.18	0.00	159.44	0.60	-39.84
141	9.10	6.37	6.14		-12.32	0.00	159.44	0.60	-39.84
142	9.14	6.40	6.09		-18.41	0.00	159.44	0.60	-39.84
143	9.18	6.43	6.04		-24.45	0.00	159.44	0.60	-39.84
144	9.22	6.45	5.99		-30.44	0.00	159.44	0.60	-39.84
145	9.26	6.48	5.94	40	0.00	3.62	163.06	0.60	-39.84
146	9.30	6.51	5.89		-5.89	0.00	163.06	0.60	-39.84
147	9.34	6.54	5.84		-11.73	0.00	163.06	0.60	-39.84
148	9.38	6.57	5.79		-17.52	0.00	163.06	0.60	-39.84
149	9.42	6.59	5.74		-23.26	0.00	163.06	0.60	-39.84
150	9.46	6.62	5.68		-28.94	0.00	163.06	0.60	-39.84
151	9.50	6.65	5.63		-34.57	0.00	163.06	0.60	-39.84
152	9.54	6.68	5.58		-40.15	0.00	163.06	0.60	-39.84
153	9.58	6.71	5.52		-45.67	0.00	163.06	0.60	-39.84
154	9.62	6.73	5.47		-51.14	0.00	163.06	0.60	-39.84
155	9.66	6.76	5.41		-56.54	0.00	163.06	0.60	-39.84
		Total Applied water (mm) =		**835**					
		Total water requirement (mm) =		**689**			**Irrigation Efficiency (%) =**		**82.5**

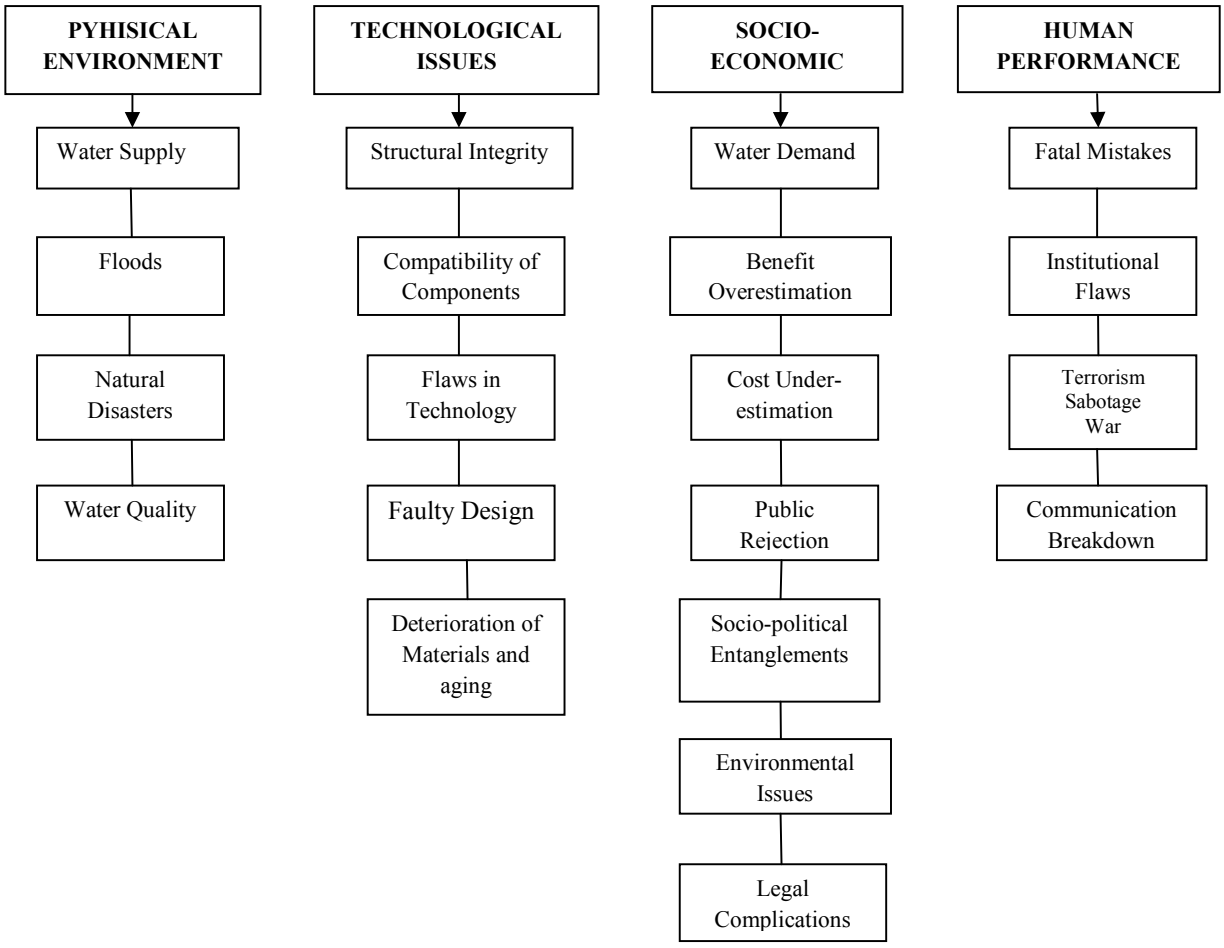


شکل ۵ -۴ – تغییرات زمانی کمبود رطوبتی خاک و زمان و مقدار آب آبیاری

۶ - تصمیم گیری منطقی (Rational Decision Making)

۶ – ۱– کلیات – وجود عدم قطعیت (Uncertainty) در وقایع آینده به طرز شدید بر روی مراحل طراحی و بهره برداری سیستم های منابع آب تاثیر می گذارد. از طرفی لازم است ضمن قبول سطح منطقی ریسک پذیری، تصمیم گیری انجام پذیرد و نتایج به مراحل عملی نیز برسند. بسیاری از محققین بر این باور هستند که لزوم تصمیم گیری در نتیجه وجود عدم قطعیت است.

ریسک (Risk) و عدم قطعیت از عناصر اصلی تصمیم گیری منطقی هستند. یک تصمیم گیری که با ریسک بالا توام می باشد، تصمیم گیرنده را فرصت می دهد تا محدوده زیان ها را مشخص نماید. اما در بسیاری از پروژه ها لازم است تحت هر شرایطی تصمیم گیری شود. با توجه به اینکه امکان عدم مواجه شدن با ریسک وجود ندارد، لذا لازم است بین سطوح مختلف ریسک پذیری تصمیم گیری شود. بطور کلی تصمیم گیری برای ساختن یک پروژه بزرگ از ریسک برخوردار می باشد، چون ممکن است سیلاب بزرگ یا زمین لرزه به وجود آید و در صورت خراب شدن پروژه خطرات جانی و مالی در بر داشته باشد (همه جوانب پدیده های طبیعی شناخته شده نیستند). شکل ۶ –۱ چهار نوع مختلف ریسک و عدم قطعیت و منابع آنها را آورده شده است.



شکل ۶ –۱- بیان شماتیک چهار نوع مختلف ریسک و عدم قطعیت **و منابع آنها**

۶ – ۲ -منطقی بودن در تصمیم گیری (مفهوم منطقی بودن)

تصمیم گیری منطقی شامل مراحل زیر می شود:

الف – تعریف هدف،

ب – مشخص نمودن گزینه های مختلف برای دستیابی به هدف بر مبنای ریسک موجود،

ج – ارزیابی گزینه ها برای انتخاب بهترین گزینه.

در دنیای واقعی، معمولا برنامه ریزی برای انتخاب گزینه ها انجام نمی گیرد و تصمیم گیری های اساسی منطقی نمی باشند. در ادامه برخی مشکلات موجود در فرآیند تصمیم گیری تشریح شده است.

* معمولا تصمیم گیری با توجه به شرایط موجود، تجربیات گذشته، حوادث رخ داده و حتی تعصب در موارد خاص انجام می گیرد.

* اشتباه دوم آن است که تصمیم گیری های مهم به تاخیر می افتند تا آنجا که راهی جز ادامه وضع موجود نخواهد بود.

* وجود پیش فرض هایی که چه چیزی مهم است و چه چیزی مهم نیست می تواند فرآیند تصمیم گیری را غیر واقعی نماید.

* عدم لحاظ کردن تصمیمات و نقطه نظرات بهره بردار (گروه ذینفعان) در فرآیند تصمیم گیری یک نقیصه محسوب می شود.

۶ – ۳ - تحلیل ریسک

ریسک در واقع قبول سطح تعریف شده خطر پذیری می باشد که مبنای تصمیم گیری می باشد.

ریسک (Risk) = عدم قطعیت (Uncertainty) + پی آمد حاصله (Consequence)

$$R: \{<S_i, P_i, X_i>\} \quad i = 1, 2, \ldots, n \qquad (6-1)$$

در رابطه بالا S_i – سناریو، P_i - احتمال وقوع و X_i پیامد حاصل از وقوح یک سناریو خاص می باشد.

در برخی مواقع ریسک به صورت ساده در قالب احتمال وقوع محاسبه می شود، که برای یک دوره زمانی خاص مشخص می گردد. در ایگونه مواقع ریسک به معنای احتمال بیشتر شدن یا کمتر شدن از یک بحرانی تعریف می شود. در بحث برنامه ریزی و مدیریت منابع آب، ریسک به اشکال مختلف قابل اندازه گیری می باشد. بر اساس پیشنهاد کورلی Corley (1979) راه های زیر برای برآورد ریسک در منابع وجود دارند:

الف – احتمال وقوع یک واقعه ناخوشایند،

ب – تعداد وقوع در یک دوره زمانی مشخص،

ج – امید ریاضی وقوع در یک دوره زمانی مشخص،

د – سرمایه گذاری لازم برای جلوگیری از وقوع ریسک.

۶ – ۳ – ۱ - تقسیم بندی ریسک

الف – ریسکی که برای آن داده های آماری مرتبط با وقایع موجود باشد،

ب – ریسکی که برای برآورد آن اطلاعات کلی موجود است، اما به سادگی نمی توان بین حادثه رخ داده و ضررهای وارده ارتباط برقرار نمود،

ج – ریسکی که صرفا بر مبنا ی بهترین تخمین احتمال از وقایعی می باشد که هنوز رخ نداده اند.

۶ -۳ – ۲- مثال هایی در رابطه با برآورد مقدار عددی ریسک

از جمله کاربردها استفاده از دوره برگشت می باشد. مثلا طراحی یک سد بایستی بر مبنای ریسک قابل قبول طراحی شود، که در اینگونه موارد از دوره برگشت استفاده می کنیم. اگر احتمال یکبار در سال: $P = \frac{1}{T}$، احتمال عدم وقوع حداقل یکبار در سال: $q = 1 - \frac{1}{T}$ و از آن ریسک به عنوان احتمال وقوع حداقل یکبار در طول n به شکل زیر محاسبه می شود:

$$Risk = P_{x\geq 1} = 1 - (1 - \frac{1}{T})^n \qquad (6-2)$$

و احتمال عدم وقوع در طول n (کارآیی سیستم) به شکل زیر است:

$$q_{x=0} = 1 - P_{x\geq 1} = (1 - \frac{1}{T})^n \qquad (6-3)$$

مثال - اگر عمر مفید یک سازه 100سال باشد، اما طراحی بر مبنای دوره برگشت 50 ساله باشد، ریسک پروژه را حساب کنید؟

$$RISK = 1 - (1 - \frac{1}{50})^{100} = 0.867\ (86.7)\% \qquad (6-4)$$

همچنین اگر برای یک اتوبان زهکش طراحی شده باشد که در طول 5 سال آینده از ریسک 10%برخوردار باشد، سیلاب با چه دوره برگشتی را می تواند کنترل نماید؟

$$0.10 = 1 - (1 - \frac{1}{T})^5 => T = 47.6\ YEARS \qquad (6-5)$$

۶ – ۳ – ۳ - خطر پذیری – لازم است برای جلوگیری از پیامدهای ناشی راه حل هایی ارائه گردد تا ریسک کاهش یابد.

$$Risk = \frac{Hazard}{Safeguard} \qquad (6-6)$$

در رابطه بالا *Safeguard* به مفهوم اقدام پیشگیرانه می باشد. به عبارت دیگر، علیرغم افزایش خطر پذیری اقدام پیشگیرانه می تواند ریسک را کاهش دهد.

مثال – برای یک حوضه احتمال خطر می تواند به عنوان احتمال وقوع سیلاب تعریف شود، لذا اقداماتی در چارچوب راه حل های پیش گیرانه و در راستای کاهش خطرات ناشی از سیلاب قابل انجام می باشد. بر این مبنا احتمال وقوع سیلاب در یک سال خاص 0.01 می باشد و احتمال آنکه راه حل پیش گیرانه کارایی لازم را داشته باشد 0.80 می باشد. ریسک پروژه چقدر است؟

$$Risk = \frac{0.01}{0.80} = 0.0125 \qquad (6-7)$$

لذا ریسک محاسبه شده 1.25% می باشد.

۶ – ۴- مدیریت ریسک

ریسک در واقع مربوط به یکسری ناشناخته ها می باشد، که از طرفی این ناشناخته ها لازمست مدیریت هم بشوند. مدیریت ریسک در واقع فرآیند تصمیم گیری برای قبول یک ریسک شناخته شده و یا فرض شده می باشد، و همچنین انجام اقدامات لازم به منظور کاهش احتمال وقوع یک واقعه می باشد. از طرفی مدیریت ریسک مربوط به برنامه ریزی برای ریسک ها یی می شود که برای خطرهای غیر قابل اجتناب برآورد شده اند، که اینکار با برنامه ریزی به صورت بهینه سازی سیستم هشدار و ایجاد راهکارهای ایمن مانند برنامه ریزی و عملیات اضطراری می باشد. داده های نامناسب در بررسی ریسک مشکلاتی را ایجاد می کنند. عدم تناسب داده ها ممکن است بخاطر بروز مشکل در ابزار اندازه گیری، بروز خطا در اندازه گیری، پوشش ناکافی در سطح منطقه و تغییراتی که بصورت طبیعی اتفاق می افتند و یا پیچیدگی هایی که بطور کلی در سیستم های طبیعی وجود دارند، بوجود آید. موارد فوق می توانند روی برآورد ریسک اثر گذاشته و لذا سبب تصمیم گیری غیر بهینه شوند. همچنین فرآیندهای هواشناسی، هیدرولوژیک و اقتصادی-اجتماعی که تحت تاثیر عوامل تصادفی هستند، بصورت ترکیبی روی کارآیی سیستم تاثیر می گذارند. بررسی تاثیر پذیری نیازمند مجموعه داده های قوی و مناسب می باشد.

مدیریت ریسک شامل مراحل زیر می شود:

۱ – شناخت ریسک (شناخت ماهیت، نوع و منبع ریسک و عدم قطعیت) - ریسک های عمده شامل ریسک های زیست محیطی، مالی و تکنولوژیک می باشند.

۲ – کمی کردن ریسک – اندازه گیری میزان ریسک (برآورد احتمال وقوع ریسک، شدت ریسک و یا مدت ریسک)،

۳ – ارزیابی ریسک – در واقع منظور ارزیابی و بهینه سازی برای رسیدن به یک سطح توافق (Trade off) بین تاثیرات ریسک و اقدامات پیشگیرانه می باشد، که مستلزم تصمیم گیری در رابطه با ارائه سطح قابل قبول ریسک پذیری می شود.

۴ - مدیریت ریسک – شامل برنامه ریزی و تصمیم گیری برای جلوگیری از وقوع ریسک، سیاستگذاری و ارائه گزینه های کنترل ریسک و به اجرا در آوردن هرگونه تصمیم گیری در این مرحله می باشد. ریسک را نمی توان به عنوان یک مسئله تک بعدی که ترکیبی از احتمالات و پیامدهای یک واقعه هستند در نظر گرفت. مفهوم ریسک یک مفهوم چند بعدی می باشد، که تا حدودی می تواند جنبه برداشت شخصی نیز داشته باشد. لذا یک ریسک بخصوص بیانگر جنبه های مختلف از دیدگاه های افراد مختلف می باشد و چیزهای متفاوتی را در قالب های متفاوت بیان می کند.

۶ – ۵- تحلیل عدم قطعیت (Uncertainty)

سیستم های محیطی با عدم قطعیت سر و کار دارند، اما برنامه ریزی، طراحی، اجرا و مدیریت آنها معمولا مسئله عدم قطعیت را در نظر نمی گیرد. عدم قطعیت در رابطه با بیان وقوع آندسته از وقایع است که خارج از کنترل باشند (Chow, 1979). در رابطه با پروژه های منابع آبی، عدم قطعیت می تواند به صورت طبیعی باشد، یا در مدل مربوطه وجود داشته باشد، یا در پارامترهای برآورد شده وجود داشته باشد، یا مربوط به منابع داده ها باشد و یا در نتیجه مراحل اجرایی پروژه بوجود آید. این بدان معنی می باشد که شاخص های ارزیابی کارآیی سیستم به صورت تصادفی خواهد خواهد بود. مثلا در مورد عدم قطعیت مربوط به مدل منظور آن است که مدل بکار رفته قادر نیست با دقت بالا رفتار واقعی سیستم را نشان دهد. عدم قطعیت های دیگر مربوط به ساخت، نگهداری و مدیریت سیستم در واقع از نوع عدم قطعیت های اجرایی (Operational Uncertainty) می باشند. در عمل عدم قطعیت بطور کامل قابل ریشه کن شدن نیست. در بهترین شرایط و با استفاده از ابزار بهتر، روش های تهیه داده های استاندارد، افزودن تراکم شبکه های داده برداری، مدل های بهتر و اجرا و نگهداری بهتر، عدم قطعیت واقع بینانه تر بیان می شود.

۶ – ۶ - بررسی برخی روشهای برآورد کارآیی سیستم های منابع آب

یکی از روش های متداول برای بررسی کارآیی یک سیستم منابع آب تعیین تعداد شکست ها در یک افق برنامه ریزی می باشد. اینگونه بررسی دو مشکل دارد که مربوط به فرضیات در نظر گرفته شده می باشد:

الف – فرض بر این است که تمامی شکست ها از اهمیت یکسان برخوردار هستند، به عبارتی تفاوت بین شکست ها از لحاظ بزرگی و یا پیامد در نظر گرفته نمی شود.

ب – شکست ها طوری در نظر گرفته می شوند که گویا مستقل از یکدیگر عمل می کنند.

فرضیات فوق که به گستردگی مورد استفاده قرار می گیرند، واقع بینانه نیستند. شکست بر مبنای 20 کمبود از یک نمونه 100 تایی به میزان 50 کمبود از همان نمونه پاسخ های متفاوت خواهند داشت. همچنین تاثیر شکست به صورت مستقل نمی باشد. در

واقع کمبود در یک دوره کمبود متوالی زیان بیشتری نسبت به دوره های کوتاه تر که توسط تفکیک شده اند بوجود می آورد. در ادامه به برخی شاخص های متداول در برآورد کارآیی سیستم های منبع آب اشاره می شود. از متداول ترین شاخص موارد زیر می باشند که اولین بار توسط (Hashimoto, Karamouz et al., 2003) ارائه گردیدند:

- اطمینان پذیری (احتمال عدم شکست در یک دوره مشخص)، (reliability)،
- برگشت پذیری (توانایی سریع بازگشت به وضعیت رضایت بخش، پس از وقوع یک شکست)، (resiliency)،
- آسیب پذیری (میزان اهمیت پیامد های احتمالی شکست)، (vulnerability).

در ادامه شاخص های کارآیی معرفی و با ذکر مثال ارائه می شوند (Karamouz et al., 2003).

۶ – ۶ – ۱ - اطمینان پذیری – در واقع برآورد احتمال عدم شکست در یک دوره تعیین شده می باشد:

$$\alpha = Prob[X(t)\epsilon S] \qquad \forall t \qquad (6-8)$$

بر اساس تعریف فوق اطمینان پذیری در واقع بر عکس ریسک می باشد، که ریسک احتمال شکست سیستم را بر آورد می کند. این شاخص کارآیی سیستم را برای دستیابی به یک هدف مشخص اندازه گیری می کند، که روش مهمی برای ارزیابی سیستم های منابع آب در وضعیت نرمال می باشد. در رابطه با مخزن های چند منظوره، اطمینان پذیری می تواند تعاریف متفاوتی داشته باشد. مثلا اگر هدف مخزن تامین آب و انرژی برقآبی است، اطمینان پذیری به مفهوم برآورد احتمال همزمان تامین درصد مشخصی از آب و انرژی در یک محدوده زمان تعریف شده می باشد.

مثال : با استفاده از جدول ۶ - ۱ شاخص های کارآیی مخزن را محاسبه نمایید (اطمینان پذیری را برای موارد تامین 100% تقاضا و حداقل 80% تقاضا محاسبه نمایید):

جدول ۶ – ۱ – اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه شاخص های کار آیی مخزن

Month	Year 1 (million m^3)	Year 2 (million m^3)	Year 3 (million m^3)
January	10	8	9
February	12	10	11
March	11	11	10
April	8	8	8
May	7	6	5
June	7	7	6
July	8	9	5
August	10	10	7
September	11	11	9
October	10	9	10
November	11	10	12
December	13	12	11
Annual deficit	10	13	21

$$\alpha_{100} = \frac{No.of\ months\ that\ 100\%\ of\ demands\ are\ supplied}{total\ no.of\ months} = \frac{19}{36} = 52.7\% \qquad (6-9)$$

$$\alpha_{80} = \frac{No.of\ months\ that\ 80\%\ of\ demands\ are\ supplied}{total\ no.of\ months} = \frac{28}{36} = 77.7\% \qquad (6-10)$$

۶ – ۶ – ۲ -برگشت پذیری – که در واقع قابلیت بازگشت به شرایط رضایت بخش پس از تحمل یک شکست را بیان می کند، به صورت زیر در یک افق برنامه ریزی تعریف می گردد:

$$\beta = Prob[X(t+1) \in S \backslash X(t) \epsilon F] \qquad \forall t \qquad (6-11)$$

به عبارتی برگشت پذیری در واقع برآورد مدت زمان وضعیت غیر رضایت بخش می باشد. این شاخص در مطالعات خشکسالی ها و سیلاب ها مهم است، چون هزینه و خسارات حاصله از بلایای طبیعی تحت تاثیر کابری مخزن در شرایط نامساعد می باشند.

مثال - با توجه به جدول ۶ – ۱، انتقال از وضعیت غیر رضایت بخش به رضایت بخش در ماه July در سال اول، ماه های January، October ,July سال دوم و January, September سال سوم رخ داده است، بنابرین احتمال برگشت پذیری بشکل زیر محاسبه می شود:

$$\beta = \frac{6}{17} = 35\% \qquad (6-12)$$

۶ – ۶ – ۳ -آسیب پذیری - در واقع تاثیر کمبود تامین آب را به شکل های مختلف بیان می کند.

الف – به صورت مجموع حجمی کمبودها در یک دوره مورد نظر، که NF تعداد موارد کمبود (شکست) می باشد:

$$\delta = \sum_{i=1}^{NF} DEF_i \qquad (6-13)$$

ب – به صورت میانگین حجمی کمبود ها (میانگین شدت کمبود ها):

$$\delta = \frac{1}{NF} \sum_{i=1}^{NF} DEF_i \qquad (6-14)$$

ج – به صورت درصدی از کل حجم آب مورد تقاضا -

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^{NF} DEF_i}{DEMAND} \qquad (6-15)$$

مثال – با استفاده از اطلاعات جدول ۵ – ۱ آسیب پذیری را به سه روش ارائه شده محاسبه نمایید؟

الف ، – به صورت مجموع کل کمبود های برآورد:

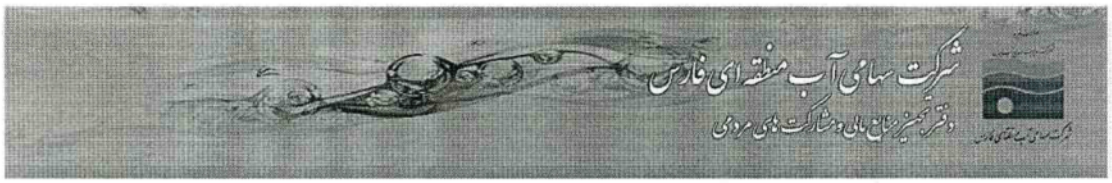
$$\delta = 10 + 13 + 21 = 44\ MCM \qquad (6-16)$$

ب – به صورت شدت میانگین:

$$\gamma = \frac{44}{17} = 2.59\ MCM/\text{month} \qquad (6-17)$$

ج – به صورت در صدی از کل حجم آب مورد تقاضا:

$$\gamma = \frac{44}{360} = 12\% \qquad (6-18)$$



قانون توزیع عادلانه آب

فصل اول: مالکیت عمومی و ملی آب

ماده۱

براساس اصل ۴۵قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، آبهای دریاها و آبهای جاری درودها و انهار طبیعی و دره ها و هر مسیر طبیعی دیگر اعم از سطحی و زیرزمینی ، و سیلابها و فاضلابها و زه آبها و دریاچه ها و مردابها و برکه های طبیعی و چشمه سارها و آبهای معدنی و منابع آبهای زیرزمینی از مشترکات بوده و دراختیار حکومت اسلامی است و طبق مصالح عامه از آنها بهره برداری می شود . مسئولیت حفظ و اجازه و نظارت بر بهره برداری از آنها به دولت محول می شود.

ماده۲

بستر انهار طبیعی و کانالهای عمومی و رودخانه ها اعم از اینکه آب دائم یا فصلی داشته باشند و مسیل ها و بستر مردابها و برکه های طبیعی در اختیار حکومت جمهوری اسلامی ایران است و همچنین است اراضی ساحلی و اراضی مستحدثه که در اثر پائین رفتن سطح آب دریاها و دریاچه ها و یا خشک شدن مردابها و بانلاقها پدید آمده باشد در صورت عدم احیاء قبل از تصویب قانون نحوه احیاء اراضی در حکومت جمهوری اسلامی.

تبصره ۱: تعیین پهنای بستر و حریم آن در مورد هر رودخانه و نهر طبیعی و مسیل و مرداب و برکه طبیعی در هر محل با توجه به آمار هیدرولوژی رودخانه ها و انهار و داغاب در بستر طبیعی آنها بدون رعایت اثر ساختمان تاسیسات آبی با وزارت نیرو است.

تبصره ۲: حریم مخازن و تاسیسات آبی و همچنین کانال های عمومی آبرسانی و آبیاری و زهکشی اعم از سطحی و زیرزمینی بوسیله وزارت نیرو تعیین و پس از تصویب هیئت وزیران قطعیت پیدا خواهد کرد.

تبصره ۳: ایجاد هر نوع اعیانی و حفاری و دخل و تصرف در بستر رودخانه ها و انهار طبیعی و کانال های عمومی و مسیل ها و مرداب و برکه های طبیعی و همچنین در حریم قانونی سواحل دریاها و دریاچه ها اعم از طبیعی و یا مخزنی ممنوع است مگر با اجازه وزارت نیرو.

تبصره ۴: وزارت نیرو در صورتی که اعیانی های موجود در بستر و حریم انهار و رودخانه ها و کانال های عمومی و مسیل ها و مرداب و برکه های طبیعی رابرای امور مربوط به آب یا برق مزاحم تشخیص دهد به مالک یا متصرف اعلام خواهد کرد که ظرف مدت معینی در تخلیه و قلع اعیانی اقدام کند و در صورت استنکاف وزارت نیرو با اجاره و نظارت دادستان یا نماینده او اقدام به تخلیه وقلع خواهد کرد.خسارات به ترتیب مقرر در مواد ۴۳و ۴۴این قانون تعیین و پرداخت می شود.

قانون توزیع عادلانه آب

فصل دوم: آبهای زیرزمینی

ماده ۴

استفاده از منابع آبهای زیرزمینی به استثنای موارد مذکور در ماده ۵این قانون از طریق حفر هر نوع چاه و قنات و توسعه چشمه در هر منطقه از کشور با اجازه و موافقت وزارت نیرو باید انجام شود و وزارت مذکور با توجه خصوصیات هیدروژئولوژی منطقه (شناسائی طبقات زمین و آبهای زیرزمینی) و مقررات پیش بینی شده در این قانون نسبت به صدور پروانه حفر و بهره برداری اقدام می کند.

تبصره: از تاریخ تصویب این قانون صاحبان کلیه چاههائی که در گذشته بدون اجازه وزارت نیرو حفر شده باشد اعم از اینکه چاه مورد بهره برداری قرار گرفته یا نگرفته باشد موظفند طبق آگهی که منتشر می شود به وزارت نیرو هر یک از این چاهها را لااقل طبق نظر دو کارشناس خود مضر به مصالح عمومی تشخیص دهد چاه بدون پرداخت هیچگونه خسارتی مسدود می شود و بهره برداری از آن ممنوع بوده و با متخلفین طبق ماده ۴۵این قانون رفتار خواهد شد . متعرضین به رای وزارت نیرو می توانند به دادگاههای صالحه مراجعه نمایند.

ماده ۴

در مناطقی که به تشخیص وزارت نیرو مقدار بهره برداری از منابع آبهای زیرزمینی بیش از حد مجاز باشد و یا در مناطقی که طرحهای دولتی ایجاب نماید ، وزارت نیرو مجاز است با حدود جغرافیائی مشخص حفر چاه عمیق یا نیمه عمیق و یا قنات و یا هر گونه افزایش در بهره برداری از منابع آب منطقه را برای مدت معین ممنوع سازد . تمدید یا رفع این ممنوعیت با وزارت نیرو است.

ماده ۵

در مناطق غیرممنوعه حفرچاه و استفاده از آب آن برای مصارف خانگی و شرب و بهداشتی و باغچه تا ظرفیت آبدهی 25 مترمکعب در شبانه روز به اطلاع وزارت نیرو برسد. وزارت نیرو در موارد لازم می تواند از این نوع چاهها به منظور بررسی آبهای منطقه و جمع آوری آمار و مصرف آن بازرسی کند.

تبصره ۱- در مناطق ممنوعه حفر چاههای موضوع این ماده با موافقت کتبی وزارت نیرو مجاز است و نیازی به صدور پروانه حفرو بهره برداری ندارد.

تبصره ۲- در صورتی که حفر چاههای موضوع این ماده موجب کاهش یا خشکانیدن آب چاه و یا قنات مجاز و یا چشمه مجاور گردد وزارت نیرو بدواً به موضوع رسیدگی و سعی در توافق بین طرفین می نماید و چنانچه توافق حاصل نشد، متعرض می تواند به دادگاه صالح مراجعه نماید.

ماده ۶

صاحبان و استفاده کنندگان از چاه یا قنات مسئول جلوگیری از آلودگی آب آنها هستند و موظفند طبق مقررات بهداشتی عمل کنند . چنانچه جلوگیری از آلودگی آب خارج از قدرت آنان باشد میکلفند مراتب را به سازمان حفاظت محیط زیست یا وزارت بهداری اطلاع دهند.

ماده ۷

در مورد چاههائی که مقدار آب دهی مجاز آن بیش از میزان مصرف معقول صاحبان چاه باشد و مازاد آب چاه با ارائه شواهد و قرائن برای امور کشاورزی ، صنعتی و شهری مصرف معقول داشته باشد ، وزارت نیرو می تواند تا زمانی که ضرورت اجتماعی ایجاب کند با توجه به مقررات و رعایت مصالح عمومی برای کلیه مصرف کنندگان اجازه مصرف صادر نماید و قیمت عادله آب به صاحب چاه پرداخت شود.

ماده ۸

وزارت نیرو موظف است بنا به درخواست متقاضی حفر چاه یا قنات و به منظور راهنمائی فنی و علمی ، چفرچاه یا قنات را از لحاظ فنی و اقتصادی مورد بررسی قرارداده و در صورت لزوم متخصصین خود را به محل اعزام نماید تا متقاضی را راهنمائی کنند و هزینه کارشناسی طبق تعرفه وزارت نیرو به عهده متقاضی خواهد بود.

تبصره - شرکتهای تعاونی روستائی و مراکز خدمات روستائی و عشایری و موسسات عام المنفعه فقط 50% هزینه کارشناسی مقرر را پرداخت خواهند کرد.

ماده ۹

در مواردی که آب شور و یا آب آلوده با آب شیرین مخلوط شود چنانچه وزارت نیرو لازم تشخیص دهد می تواند پس از اطلاع صاحبان و استفاده کنندگان مجرای آب شور یا آلوده را مسدود کند و در صورتی که این کار از لحاظ فنی امکان پذیر نباشد چاه یا مجرا را بدون پرداخت خسارت عند الاقتضاء مسدود یا منهدم سازد . چنانچه مسلم شود صاحب چاه شرایط و مشخصات مندرج در پروانه حفر و بهره برداری را رعایت نموده است ، خسارت وارده بر صاحب چاه را وزارت نیرو جبران خواهد کرد.

ماده ۱۰

برای جلوگیری از اتلاف آب زیرزمینی خصوصاً در فصولی از سال که احتیاج به بهره برداری از آب زیرزمینی نباشد صاحبان چاههای آرتزین یا قنات هائی که منابع آنها تحت فشار باشد موظفند از طریق نصب شیر و دریچه از تخلیه دائم آب زیرزمینی جلوگیری کنند.

ماده ۱۱

در چاههای آرتزین و نیمه آرتزین دارندگان پروانه چاه مکلفند چنانچه وزارت نیرو لازم بداند بوسیله پوشش جداری و یا طرز مناسب دیگری به تشخیص وزارت نیرو از نفوذ آب مخزن تحت فشار در قشرهای دیگر جلوگیری کنند.

ماده ۱۲

هرچاه به استثناء چاههای مذکور در ماده ۵این قانون در صورت ضرورت به تشخیص وزارت نیرو باشد . چنانچه اندازه گیری آب استخراجی از چاه و وجود کنتور نیز ضروری باشد. چنانچه اندازه گیری آب استخراجی از چاه و وجود کنتور نیز ضروری باشد وزارت نیرو به هزینه صاحب پروانه اقدام به تهیه و نصب کنتور می نماید. در هر حال دارندگان پروانه مکلفند گزارش مقدار آب مصرف شده را طبق درخواست و دستورالعمل وزارت نیرو ارائه دهند.

تبصره - وزارت نیرو مجاز است در موارد لازم برای اندازه گیری آب قنوات وسائل اندازه گیری را به هزینه خود تعبیه نماید . حفظ و نگهداری وسائل مزبور و اندازه گیری بده آب قنات با اداره کنندگان قنات خواهد بود.

ماده ۱۳

اشخاص حقیقی و حقوقی که حرفه آنها حفاری است و با وسائل موتوری اقدام به حفر چاه یا قنات می کنند باید پروانه صلاحیت حفاری ازوزارت نیروتحصیل کنندوبدون داشتن پروانه مذکور مجاز به حفاری با وسائل موتوری نخواهند بود.
اشخاص فوق الذکر موظفند کلیه شروط مندرج در پروانه صلاحیت حفاری و پروانه حفر چاه یا قنات را رعایت کنند و در صورت تخلف پروانه آنها لغو خواهد شد و اگر بدون پروانه اقدام به حفر چاه یا قنات کنند در مورد اشخاص حقیقی مالکین دستگاه و درمورد اشخاص حقوقی مدیران عامل شرکتها و یا سازمانها و موسسات حفاری به مجازات مقرر در ماده ۳۵این قانون محکوم خواهند شد ودر صورت تکرار وزارت نیرو می تواند با اجازه دادستانی دستگاه حفاری را توقیف نماید . دادگاه تکلیف دستگاه حفاری را تعیین خواهد کرد.

ماده ۱۴

هر گاه در اثر حفر و بهره برداری از چاه یا قنات جدید الاحداث در اراضی غیرمحیاه آب منابع مجاور نقصان یابد و یا خشک شود ، به یکی از طرق زیر عمل می شود:
الف - در صورتی که کاهش و یاخشک شدن منابع مجاور باکف شکنی و یا حفر چاه دیگری جبران پذیر باشد باتوافق طرفین صاحبان چاه جدید باید هزینه حفر چاه و یا کف شکنی را به صاحبان منابع مجاور پرداخت نمایند.
ب - در صورتی که کاهش و یا خشک شدن منابع مجاور با حفرچاه و یا کف شکنی جبران پذیرنباشد در این صورت با توافق طرفین مقدار کاهش یافته آب منابع مجاور در قبال شرکت در هزینه بهره برداری به تشخیص وزارت نیرو از چاه یا قنات جدید باید تامین شود. در صورت عدم توافق طرفین طبق بند ج این ماده عمل می شود
ج - در صورتی که با تقلیل میزان بهره برداری از چاه یا قنات جدید مسئله تاثیر سوء در منابع مجاور از بین برود در این صورت میزان بهره برداری چاه یا قنات جدید باید تا حد از بین رفتن اثر سوء در منابع مجاور کاهش یابد.
د- در مواردی که چاه یا قنات جدید در اراضی محیاه حفر و احداث شده باشد و آب منابع مقابل را جذب ننماید ، احکام بالا در مورد آن جاری نخواهد شد.

تبصره ۱- در کلیه موارد بالا بدواً وزارت نیرو به موضوع رسیدگی و نظر خواهد داد . معترض می تواند به دادگاه صالحه شکایت نماید.

تبصره ۲- میزان آب منابع مجاور با توجه به آمار و شواهد و قرائن و شرایط اقلیمی توسط کارشناسان وزارتین نیرو و کشاورزی تعیین می شود.

تبصره ۳- هر گاه به تشخیص هیئت سه نفری موضوع مواد ۱۹و ۲۰این قانون مسلم شود که خسارت موضوع این ماده ناشی ازاشتباه کارشناسان وزارت نیرو بوده خسارت وارده طبق ماده ۴۲این قانون بوسیله وزارت نیرو جبران خواهد شد.

ماده ۱۵

وزارت نیرو و موسسات و شرکتهای تابع آن می توانند آب دنگها و آسیابهائی را که موجب نقصان آب و یا اخلال در امر تقسیم آب می شوند در موارد ضرورت اجتماعی و حرج به ترتیب مقرر در ماده ۴۳این قانون خریداری کنند.

ماده ۱۶

وزارت نیرو می تواند قنات یا چاهی که به نظر کارشناسان این وزارتخانه بایر یا متروک مانده و یا به علت نقصان فاحش آب عملاً مسلوب المنفعه باشد ، در صورت ضرورت اجتماعی به مالک یا مالکین احیاء آنها را تکلیف نماید ودر صورت عدم اقدام مالک یا مالکین تا یک سال پس از اعلام ، وزارت نیرو می تواند راساً آنها را احیاء نموده و هزینه صرف شده را در صورت عدم پرداخت مالک یا مالکین از طریق فروش آب وصول نماید . همچنین می تواند اجازه حفر چاه یا قنات در حریم چاه یا قنات فوق الذکر صادر نماید.

ماده ۱۷

اگر کسی مالک چاه یا قنات یا مجرای آبی در ملک غیر باشد تصرف چاه یا قنات یا مجرا فقط از نظر مالکیت چاه یا قنات و مجرا و برای عملیات مربوط به قنات و چاه و مجرا خواهد بود و صاحب ملک می تواند در اطراف چاه و قنات و مجرا و یا اراضی بین دو چاه تا حریم چاه و مجرا هر تصرفی که بخواهد بکند مشروط بر اینکه تصرفات او موجب ضرر صاحب قنات و چاه و مجرا نشود.

تبصره- تشخیص حریم چاه و قنات و مجرا با کارشناسان وزارت نیرو است و در موارد نزاع ، محاکم صالحه پس از کسب نظر از کارشناسان مزبور به موضوع رسیدگی خواهند کرد.

قانون توزیع عادلانه آب

فصل سوم: آبهای سطحی ، حقابه و پروانه مصرف معقول

ماده ۱۸

وزارت کشاورزی می تواند مطابق ماده ۱۹این قانون در صورت وجود ضرورت اجتماعی و به طور موقت نسبت به صدور پروانه مصرف معقول آب برای صاحبان حقابه های موجود اقدام نماید. بدون اینکه حق اینگونه حقابه داران از بین برود.

تبصره ۱- حقابه عبارت از حق مصرف آبی است که در دفاتر جزء جمع قدیم یا اسنادمالکیت یا حکم دادگاه یامدارک قانونی دیگر قبل از تصویب این قانون برای ملک یا مالک آن تعیین شده باشد.

تبصره ۲ - مصرف معقول مقدار آبی است که تحت شرایط زمان و مکان و با توجه به احتیاجات مصرف کننده و رعایت احتیاجات عمومی و امکانات طبق مقررات این قانون تعیین خواهد شد.

ماده ۱۹

وزارت نیرو موظف است به منظور تعیین میزان مصرف معقول آب برای امور کشاورزی یا صنعتی یا مصارف شهری از منابع آب کشور برای اشخاص حقیقی یا حقوقی که درگذشته حقابه داشته اند و تبدیل آن به اجازه مصرف معقول هیئت هائی سه نفری در هر محل تعیین کند . این هیئت ها طبق آئین نامه ای که از طرف وزارت نیرو و وزارت کشاورزی تدوین می شود براساس اطلاعات لازم (از قبیل مقدار آب موجود

ومیزان سطح و نوع کشت و محل مصرف و انشعاب و کیفیت مصرف آب و معمول وعرف محل و سایر عوامل) نسبت به تعیین میزان آب مورد نیاز اقدام خواهد کرد و پروانه مصرف معقول حسب مورد بوسیله وزارتخانه های ذیربط طبق نظر این هیئت صادر خواهد شد و معترض به رای هیئت سه نفری اعتراض خود را به سازمان صادر کننده پروانه تسلیم می کند و سازمان مذکور اعتراض را به هیئت پنج نفری ارجاع می نماید . رای هیئت پنج نفری لازم الاجراء است و معترض می تواند به دادگاههای صالحه مراجعه نماید.

ماده ۲۰

اعضاء هیئت های سه نفری مرکب خواهند بود از یک نفر کارشناس حقوقی به انتخاب وزارت نیرو و یک نفر کارشناس فنی به انتخاب وزارت کشاورزی و یک نفر معتمد و مطلع محلی به انتخاب شورای محل.
اعضاء هیئت های پنج نفری عبارتند از : مدیرعامل سازمان آب منطقه ای و مدیر کل یا رئیس کل کشاورزی استان و یا نمایندگان آنها و یک نفر کارشناس به انتخاب وزیر نیرو و دو نفر معتمد و مطلع محلی به انتخاب شورای محل
درصورتی که منطقه آبریزشامل چنداستان باشد، انتخاب مقامات دولتی مذکور در این ماده با وزرای مربوط خواهد بود.

تبصره - مدت ماموریت و نحوه رسیدگی هیئت های سه نفری و پنج نفری و نحوه اجرای تصمیمات هیئت های مذکور و موارد و ضوابط تجدید نظر و مدت اعتراض به تصمیم هیئت ها طبق آئین نامه ای خواهد بود که به پیشنهاد وزارت نیرو و وزارت کشاورزی به تصویب هیئت وزیران خواهد رسید.

قانون توزیع عادلانه آب

فصل چهارم: وظائف و اختیارات

صدور پروانه مصرف معقول

ماده ۲۱

تخصیص و اجازه بهره برداری از منابع عمومی آب برای مصارف شرب ، کشاورزی ، صنعت و سایر موارد منحصراً با وزارت نیرو است.

تبصره ۱ - تقسیم و توزیع آب بخش کشاورزی ، وصول آب بهاء با حق النظاره با وزارت کشاورزی است.

تبصره ۲ - تقسیم و توزیع آب شهری و اداره تاسیسات و جمع آوری و دفع فاضلاب در داخل محدوده شهرها به عهده شرکتهای مستقلی به نام شرکت آب و فاضلاب شهرها و یا دستگاه مناسب دیگری خواهد بودکه درهرصورت تحت نظارت شورای شهر و وابسته به شهرداریها می باشند . در صورت نبودن شورای شهر نظارت با وزارت کشور است.
تا تاسیس شرکتها ودستگاههای فوق الذکر مسئولیت آب شهرها و جمع آوری و دفع فاضلاب آنها به عهده دستگاههائی است که فعلاً بر عهده دارند.
وزارت کشور موظف است با همکاری وزارت نیروحداکثرتا6 ماه پس ازتصویب این قانون اساسنامه شرکتهای فوق الذکر یا دستگاههای مناسب دیگر را تهیه و به تصویب هیئت وزیران برساند.

تبصره ۳ - تقسیم و توزیع آب بخشهای صنعتی در داخل محدوده های صنعتی ، با بخش صنعتی ذیربط خواهد بود

تبصره ۴ - تقسیم و توزیع آب مشروب روستاها و اداره تاسیسات ذیربط در داخل محدوده روستاها با وزارت بهداری خواهد بود.

ماده ۲۲

وزارت نیرو یا سازمانها و شرکتهای تابعه پس از رسیدگی به در خواست متقاضی ، پروانه مصرف معقول آب را با رعایت حق تقدم براساس آئین نامه ای که وزارتین نیرو و کشاورزی پیشنهاد و هیئت وزیران تصویب می نماید صادر می کند.

ماده ۲۳

آئین نامه مربوط به درخواست مصرف آب و صدور پروانه استفاده از منابع آب مذکور در ماده یک این قانون باید حاوی کلیه مقررات و شروط و تعهدات لازم باشد و ضمناً در پروانه مصرف معقول آب تاریخ شروع و اتمام تاسیسات اختصاصی آب و تاریخ استفاده از آن باید قید گردد.

ماده ۲۴

وزارت نیرو در هر محل پس از رسیدگی های لازم برای آبهای مشروح در زیر که تحت نظارت و مسئولیت آن وزارتخانه قرار می گیرد اجازه بهره برداری صادر می کند.
الف - آبهای عمومی که بدون استفاده مانده باشد.
ب - آبهائی که بر اثر احداث تاسیسات آبیاری و سدسازی و زهکشی و غیره بدست آمده و می آید.
ج - آبهای زائد بر مصرف که به دریاچه ها و دریاها و انهار می ریزند.
د - آبهای حاصل از فاضلاب ها.
ه - آبهای زائد از سهمیه شهری.
و - آبهائی که در مدت مندرج در پروانه بوسیله دارنده پروانه یا جانشین او به مصرف نرسیده باشد.
ز - آبهائی که پروانه استفاده از آن به علل قانون لغو شده باشد.
ح- آبهائی که بر اثر زلزله یا سایر عوامل طبیعی در منطقه ای ظاهر می شود.

ماده ۲۵

دارندگان پروانه مصرف ملزم هستند که از مصرف و اتلاف غیرمعقول آب اجتناب نمایند و مجاری اختصاصی مورد استفاده خود را به نحوی که این منظور را تامین کند احداث و نگهداری کنند . اگر به هر علتی مسلم شود که نحوه مصرف ، معقول و اقتصادی نیست در این صورت بر حسب مورد وزارت نیرو یا وزارت کشاورزی مراتب را با ذکر علل و ارائه دستورهای فنی به مصرف کننده اعلام می دارد. هر گاه در مدت معقول تعیین شده در اخطار مزبور که به هر حال از یک سال تجاوز نخواهد کرد مصرف کننده به دستورهای فنی فوق الذکر عمل ننماید با متخلف طبق ماده 45 این قانون رفتار خواهد شد.

تبصره - در صورت اعتراض به نظر وزارت نیرو یا وزارت کشاورزی مراجع مذکور در ماده 19 این قانون رسیدگی خواهند کرد.

ماده ۲۶

وزارت نیرو مکلف است با توجه به اطلاعاتی که وزارت کشاورزی در مورد مقدار مصرف آب هر یک از محصولات کشاورزی برای هرناحیه در اختیار وزارت نیرو قرار می دهد. میزان مصرف آب را با توجه به نوع محصول و میزان اراضی تعیین و براساس آن اقدام به صدور اجازه بهره برداری بنماید.

ماده ۲۷

پروانه مصرف آب مختص به زمین و مواردی است که برای آن صادر شده است مگر آنکه تصمیم دیگری وسیله دولت در منطقه اتخاذ شود.

ماده ۲۸

هیچکس حق ندارد آبی را که اجازه مصرف آن را دارد به مصرفی به جز آنچه که در پروانه قید شده است برساند و همچنین حق انتقال پروانه صادره را به دیگری بدون اجازه وزارت نیرو نخواهند داشت مگر به تبع زمین و برای همان مصرف با اطلاع وزارت نیرو.

ماده ۲۹

وزارت نیرو موظف است به منظور تامین آب مورد نیاز کشور از طرق زیر اقدام مقتضی به عمل آورد.
الف - مهارکردن سیلابها و ذخیره نمودن آب رودخانه ها در مخازن سطحی یا زیرزمینی.
ب - تنظیم و انتقال آب با ایجاد تاسیسات آبی و کانال ها و خطوط آبرسانی و شبکه آبیاری ۱و ۲.
ج - بررسی و مطالعه کلیه منابع آبهای کشور.
د - استخراج و استفاده از آبهای زیرزمینی و معدنی.
ه - شیرین کردن آب شور در مناطق لازم.
و - جلوگیری از شور شدن آبهای شیرین در مناطق لازم.
ز - کنترل و نظارت برچگونگی و میزان مصارف آب و در صورت لزوم چیره بندی آن.

ج - تاسیس شرکتها و سازمانهای آب منطقه ای و موسسات و تشکیل هیئت ها و کمیته های مورد نیاز.
ط - انجام سایر اموری که موثر در تامین آب باشد.

تبصره - ایجاد شبکه های آبیاری ۳و ۴و تنظیم و انتقال آب از آنها تا محل های مصرف با وزارت کشاورزی است.

ماده ۳۰
گزارش کارکنان وزارت نیرو و موسسات تابعه و کارکنان وزارت کشاورزی (بنابه معرفی وزیر کشاورزی) که به موجب ابلاغ مخصوص وزیر نیرو برای اجرای وظایف مندرج در این قانون انتخاب و به دادسراها معرفی می شوند ملاک تعقیب متخلفین است و در حکم گزارش ضابطین دادگستری خواهد بود و تعقیب متخلفین طبق بند ب از ماده ۵۹قانون آئین دادرسی کیفری به عمل خواهد آمد.

ماده ۳۱
ماموین شهربانی و ژاندرمری و سایر قوای انتظامی حسب مورد موظفند دستورات وزارت نیرو و سازمانهای آب منطقه ای و وزارت کشاورزی را در اجرای این قانون به مورد اجراء گذارند.

ماده ۳۲
وزارت نیرو می تواند سازمانها و شرکتهای آب منطقه ای رابه صورت شرکتهای بازرگانی راساً یا با مشارکت سازمانهای دیگر دولتی یا شرکتهائی که باسرمایه دولت تشکیل شده اند ایجادکند . اساسنامه این شرکتها به پیشنهاد وزارت نیرو به تصویب هیئت وزیران خواهد رسید و شرکتهای مذکور از پرداخت حق الثبت و تمبر و هزینه دادرسی معاف خواهند بود . وزارت نیرو می تواند از این اختیارات برای تغییر وضع شرکتها و سازمانها و موسسات موجود خود استفاده کند.

تبصره - وزارت نیرو حوزه عمل شرکتها و سازمانهای آب منطقه ای را تعیین می نماید.

وصول آب بهاء ، عوارض و دیون

ماده ۳۳
وزارت نیرو موظف است نرخ آب را برای مصارف شهری و کشاورزی و صنعتی و سایر مصارف با توجه به نحوه استحصال و مصرف برای هر یک از مصارف در تمام کشور به شرح زیر تعیین و پس از تصویب شورای اقتصاد وصول نماید.
الف) در مواردی که استحصال آب بوسیله دولت انجام پذیرفته و به صورت تنظیم شده در اختیار مصرف کننده قرار گیرد، نرخ آب با در نظر گرفتن هزینه های جاری از قبیل:
مدیریت ، نگهداری ، تعمیر ، بهره برداری و هزینه استهلاک تاسیسات و با توجه به شرایط اقتصادی و اجتماعی هر منطقه تعیین و از مصرف کننده وصول می شود.
ب) در مواردی که استحصال آب بوسیله دولت انجام نمی پذیرد دولت می تواند به ازاء نظارت و خدماتی که انجام می دهد با توجه به شرایط اقتصادی و اجتماعی هر منطقه در صورت لزوم عوارضی را تعیین و از مصرف کننده وصول نماید.

تبصره ۱ - وزارت نیرو مکلف است میزان بخشودگی مصرف آب مشروب شهرهای بزرگ و کوچک را به منظور کمک به طبقه مستضعف تعیین و پس از تصویب هیئت دولت به اجرا درآورد.

تبصره ۲ - در مواردی که جلوگیری از ضرر کشاورزان و یا تشویق آنها به کشت محصولات اساسی تخفیف خاصی را اقتضا کند وزارت نیرو می تواند با تصویب هیئت دولت تخفیف لازم را منظور نماید.

تبصره ۳ - دولت مکلف است همه ساله علاوه بر تامین اعتبارات کمک به شرکت های آب منطقه ای بابت بخشودگی بهای آب مابه التفاوت احتمالی ناشی از اجرای تبصره 1 این ماده در مقایسه با قانون اصلاح قانون بخشودگی آب بهای مشترکین کم مصرف تخفیف های موضوع تبصره 2 این ماده را در بودجه سالانه پیش بینی کرده و به منظور تامین آب در مناطق محروم در اختیار وزارت نیرو بگذارد.

ماده ۳۴
آب بران موظف به پرداخت بهای آب مصرفی و یا عوارض آن بر اساس بندهای الف و ب مذکور در ماده ۳۳این قانون می باشند والا آب مصرف کننده ای که حاضر به پرداخت آب بهاء نگردیده است پس از مهلت معقولی که از طرف دولت به مصرف کننده داده خواهد شد قطع می گردد و چنانچه مصرف کننده از پرداخت بدهی های معوقه خود بابت آب بها،و یا عوارض استنکاف نماید دولت صورت بدهی مصرف کننده را جهت صدور اجرائیه به اداره ثبت محل ارسال خواهد کرد و اداره ثبت مکلف است بر طبق مقررات اجرای اسناد رسمی لازم الاجراء نسبت به صدور ورقه اجرائیه و وصول مطالبات از بدهکار اقدام کند.

تبصره - مهلت معقول برای قطع آب و شرایط اجازه استفاده مجدد از آب و سایر موضوعات مربوطه طبق آئین نامه ای خواهد بود که بوسیله وزارت نیرو پیشنهاد و به تصویب هیئت وزیران برسد.

حفاظت و نگهداری تاسیسات آبی مشترک

ماده ۳۵
در مورد حفاظت و نگهداری چاه ، قنات - نهر ، جوی و استخر و هر منبع یا مجرا و تاسیسات آبی مشترک کلیه شرکاء به نسبت سهم خود مسئولند.

ماده ۳۶
مصرف کنندگان آب از مجاری و سردهنه مشترک مسئول نگهداری تاسیسات مشترک هستند و هیچکس بدون اجازه وزارت نیرو حق احداث و تغییر مقطع و مجرای آب و انشعاب جدید را ندارد و هر بالادست مسئول خساراتی است که از عمل غیرمتعارف او به پائین دستی وارد می آید.

ماده ۳۷
هیچ نهر وجوی و قنات و چاهی نباید در اماکن و جاده های عمومی اماکن متبرکه و باستانی و حریم آنها به صورتی باشد که ایجاد خطر و مزاحمت برای ساکنین و عابرین و وسائط نقلیه و اماکن مذکور نماید در غیر این صورت مالک یا مالکین موظفند طبق مشخصات فنی وزارتخانه های مربوطه اقدامات لازم برای رفع خطر و یا مزاحمت را به عمل آورند . در صورتی که مالک یا مالکین از اجرای اخطار کتبی وزارتخانه ذیربط و شهرداری (در شهرها) حداکثر به مدت یک ماه طبق مشخصات مذکور ، در رفع خطر اقدام نکنند دولت برای رفع خطر راساً اقدام و هزینه آن را از مالک یا مالکین دریافت خواهد کرد و در صورتی که خطر قابل رفع نباشد آن را مسدود می نماید.

تبصره- احداث نهر یا جوی و لوله کشی نفت و گاز و نظایر آن در حریم تاسیسات آب و یا برق موکول به تحصیل اجازه از وزارت نیرو و درمعابر شهرها با جلب موافقت شهرداری و وزارت نیرو خواهد بود . مشخصات فنی مندرج در اجاره نامه لازم الاجرا است.

ماده ۳۸
هرگاه استفاده کنندگان مشترک نهر یا جوی یا چاه یا قنات و امثال آن حاضر به تامین هزینه آن نشوند هر یک از شرکاء می توانند مطابق ماده ۵۹۴قانون مدنی عمل نمایند.

ماده ۳۹
هر نهری که در زمین دیگری جریان داشته در صورت ثبوت اعراض ذیحق در محاکم قضائی حق مجرا از بین خواهد رفت.

ماده ۴۰
در مواردی که کانال ها یا انهار مورد استفاده اشخاص مانع از عملیات عمرانی و یا بهره برداری صاحب زمین گردد ، صاحب زمین می تواند به جای آنها مجرای دیگری با تصویب وزارت نیرو به صورتی که سبب اتلاف آب و یا موجب اشکال در امر آبرسانی یا آبیاری نگردد به هزینه خود احداث کند.

ماده ۴۱
هر گاه آب بران نتوانند در مورد مسیر و یا طرز انشعاب آب از مجرای طبیعی یا کانال اصلی با یکدیگر توافق نمایند حسب مورد وزارت نیرو و وزارت کشاورزی می تواند با توجه به اینکه به حق دیگری لطمه ای نرسد مسیر یا انشعاب را تعیین کند.

ماده۴۲

در مورد بهره برداری از آبهای سطحی حل اختلاف حاصل در امر تقدم یا اولویت و نحوه میزان برداشت و تقسیم و مصرف آب و همچنین اختلافاتی که موجب تاخیر آبرسانی می شود ابتدا باید از طریق کدخدا منشی توسط سر آبیاران و میرآبان با همکاری شوراهای محلی در صورتی که وجود داشته باشد فیصله پذیرد و در صورت ادامه اختلاف به دادگاه صالح مراجعه می نماید.

فصل پنجم - جبران خسارت - تخلفات وجرائم - مقررات مختلفه جبران خسارت

جبران خسارت

ماده 43- درموارد ضرورت اراضي، مستحدثات، اعياني واملاك متعلق به اشخاص كه درمسير شبكه آبياري وخطوط آبرساني واقع باشند با رعايت حريم مورد نياز دراختيار دولت قرار مي گيرند وقيمت عادله با توجه به خسارات وارده به مالكين شرعي پرداخت ميشود.

ماده44- درصورتي كه دائر اجراي طرح هاي عمراني وصنعتي وتوسعه كشاورزي وسدسازي وتاسيسات مربوطه يا درنتيجه استفاده ازمنابع آب هاي سطحي وزيرزميني درناحيه يا منطقه اي قنوات وچاه ها ويا هرنوع تاسيسات بهره برداري از منابع آب متعلق به اشخاص تملك ويا خساراتي برآن وارد شود ويا دائر اجراي طرحهاي مذكور آب قنوات وچاه ها ورودخانه ها وچشمه هاي متعلق به اشخاص حقيقي ويا حقوقي وحقابه بران نقصان يافته ويا خشك شوند به ترتيب زير براي جبران خسارت عمل خواهد شد.

الف ـ درمواردي كه خسارت وارده نقصان آب بوده وجبران كسري آب امكان پذير باشد، بدون پرداخت خسارت، دولت موظف به جبران كمبود آب خواهد بود.

ب- درمواردي كه خسارت وارده ناشي از خشك شدن يا مسلوب المنفعه شدن قنوات وچاه ها وچشمه ها بوده ، وتامين آب تاسيسات فوق الذكر از طرق ديگر امكان پذير باشد، مالك يا مالكين مذكور مي توانند قيمت عادله آب خود ويا به ميزان آن، آب دريافت نمايند ويا به اندازه مصرف معقول آب وقيمت بقيه آن را دريافت كنند. درهرصورت وزارت نيرو موظف به پرداخت خسارت ناشي از خشك شدن يا مسلوب المنفعه شدن تاسيسات مذكور مي باشد. دركليه موارد بالا چنانچه اختلافي پيش آيد طبق راي دادگاه صالحه عمل خواهد شد.

د ـ درمواردي كه خسارت وارده ناشي از تملك ويا خشك شدن آب قنوات وچاه ها وچشمه ها بوده وتامين آب مالكين اين تاسيسات از طريق ديگرامكان پذير نباشد خسارت مذكور درصورت عدم توافق با مالك يا مالكين طبق راي دادگاه صالحه پرداخت خواهدشد.

ه ـ نسبت به چاه ها وقنوات وساير تاسيسات بهره برداري از منابع آب كه طبق مقررات غير مجاز تشخيص داده شود خسارتي پرداخت نخواهد شد.

و. درمورد اراضي كه از منابع آب طرح هاي ملي درداخل ويا خارج محدوده طرح آبياري ميشود وخسارات آنها طبق اين قانون پرداخت شده است بهاي آب مصرفي طبق مقررات ومعيارهاي وزارت نيرو مانند ساير مصرف كنندگان آب از طرف مصرف كننده بايد پرداخت شود.

ز. درصورتي كه دائر اجراي طرح خسارتي بدون لزوم تصرف وخريد به اشخاص وارد آيد خسارات وارده درصورت عدم توافق طبق راي دادگاه صالحه پرداخت خواهد شد.

تخلفات و جرائم

ماده 45 ـ اشخاص زير علاوه براعاده وضع سابق وجبران خسارت وارده به 10 تا 50 ضربه شلاق ويا از پانزده روز تا سه ماده حبس تاديبي برحسب موارد جرم به نظر حاكم شرع محكوم ميشوند: الف ـ هركس عمدا" وبدون اجازه دريچه ومقسمي را بازكند يا درتقسيم آب تغييري دهد يا دخالت غير مجاز دروسائل اندازه گيري آب كند يا به نحوي از انحاء امر بهره برداري از تاسيسات آبي را مختل سازد. ب ـ هركس عمدا" آبي را بدون حق اجازه مقامات مسئول به مجاري يا شبكه آبياري متعلق به خود منتقل كند ويا موجب گردد كه آب حق ديگري به او نرسد.

ج- هركس عمدا" به نحوي از انحاء به ضرر ديگري آبي را به هدر دهد.

د- هركس آب حق ديگري را بدون مجوزقانوني تصرف كند.

هـ ـ هركس بدون رعايت مقررات اين قانون به حفر چاه ويا قنات ويا بهره برداري از منابع آب مبادرت كند.

تبصره ـ درمورد بندهاي ب وج ود با گذشت شاكي خصوصي تعقيب موقوف ميشود.

مقررات مختلفه

ماده46- آلوده ساخت آب ممنوع است، مسئوليت پيشگيري وممانعت وجلوگيري از آلودگي منابع آب به سازمان حفاظت محيط زيست محول ميشود. سازمان مذكور موظف است پس از كسب نظر ساير مقامات ذيربط كليه تعاريف، ضوابط،مقررات وآئين نامه هاي مربوط به جلوگيري از آلودگي آب را تهيه وبه تصويب هيات وزيران برساند وپس از تصويب لازم الاجرا خواهد بود.

ماده 47- موسساتي كه آب را به مصارف شهري يا صنعتي يا معدني يا دامداري ونظاير آن مي رسانند موظفند طرح تصفيه آب ودفع فاضلاب رابا تصويب مقامات مسئول ذيربط تهي واجرا كنند.

ماده 48- صدور اجازه بهره برداري يا واگذاري بهره برداري از شن وماسه وخاك رس بستر وحريم رودخانه ، انهار و مسيل ها وحريم قانوني سواح درياها ودرياچه ها منوط به كسب موافقت قبلي وزارت نيرو است.

تبصره ـ وزارت نيرو درموقع موافقت با موضوع اين ماده مشخصات فني مورد نظر خود را جهت درج درپروانه بهره برداري به دستگاه صادر كننده پروانه اعلام خواهد كردوحق نظارت برمراعات اين مشخصات را خواهد داشت.

ماده49- تشخيص صلاحيت فني كارشناسان رشته هاي مختلف فنون مربوط به امور آب وآبرساني درمورد اخذ پروانه كارشناسي رسمي دادگستري بااستعلام از وزارت نيرو خواهد بود.

ماده50- درهرمورد كه دادگاه ها دراجراي مقررات اين قانون صالح به رسيدگي باشند مكلفند به فوريت وخارج از نوبت به اختلافات رسيدگي وحكم صادر نمايند.

ماده51- آيين نامه هاي اجرايي اين قانون توسط وزارتين نيرو وكشاورزي برحسب مورد تهيه وپس از تصويب هيأت وزيران قابل اجرا خواهد بود.

ماده52- كليه قوانين ومقرراتي كه مغاير با اين قانون باشد از تاريخ تصويب اين قانون درآن قسمت كه مغاير است بلااثر مي باشد

All Rights Reserved ©2010 .Powered By Araax CMS