

طراحی سیاستهای کنترل بهینه سامانه یا سیستم عرضه و تقاضای آب شهری

* شهاب گرجی

چکیده

سامانه‌ها یا سیستمها، متشکل از مجموعه‌ای از اجزاء هستند که به اتفاق، در راه نیل به یک هدف کلی گام بر می‌دارند، و طرز تفکر سیستمی، یعنی اندیشیدن به این سیستمهای مجتمع و اجزای تشکیل دهنده آنها. برای آغاز بررسی یک سیستم، بهترین نقطه هدفهای کل سیستم است. زیرا در اندیشیدن به اجزاء فرعی سیستم، اگر هدفهای کل در نظر گرفته نشود، احتمال بروز اشتباهات زیادی وجود دارد. ما در اینجا منابع تامین کننده و توزیع کننده آب یک شهر فرضی را بعنوان زیر سیستمی منابع آب کشور در نظر گرفته و هدف اصلی مدیریت آن را ایجاد تعادل عرضه و تقاضا فرض می‌کنیم. بنابراین فرض می‌شود که متصدی امر آب در یک شهر تنها یک شرکت به نام شرکت آب است و در نتیجه از تفکیک سازمان آب منطقه‌ای و شرکت آب و فاضلاب و همچنین اهداف جداگانه آنها خودداری می‌شود.

غالباً در بررسی موسسات و یا شرکتهای تولیدی، «تقاضا» در محدوده محیطی سیستم آنها قرار می‌گیرد، زیرا اولاً مشخص و تقریباً تغییر ناپذیر است و ثانیاً در کار سیستم موثر واقع می‌شود. ولی تقاضای آب در این مقاله یکی از اجزاء سیستم محسوب و امکان طراحی سیاستهایی که تقاضا را نیز کنترل کند لحاظ شده است. دلیل این امر آن است که در ایران، غالباً راه حل سنتی برای مقابله با مشکل کم‌آبی، سرمایه‌گذاری هرچه بیشتر در تاسیسات آبی به منظور افزایش عرضه آب عنوان شده است. با توجه به اثرات زیست محیطی و عوارض جانبی این راه حل و افزایش سریع هزینه تولید و محدودیتهای اعتباری و منابع به نظر می‌رسد که راه حل مشکل آب در ایران تنها عرضه آب بیشتر نیست، بلکه راه حل موثرتر عبارت است از اتخاذ سیاستها و تدابیری که ساختار اقتصاد و الگوی مصرف آب را تغییر دهد. نظر به اینکه اهمیت اینگونه سیاستها و تدابیر که به عنوان مدیریت تقاضا نام‌گذاری می‌شوند، کمتر از سیاستها و برنامه‌هایی که در جهت افزایش عرضه آب عمل می‌کنند نیست، با لحاظ کردن تقاضا به عنوان یکی از اجزاء سیستم اثرات متقابل عرضه و تقاضا در نظر گرفته می‌شود.

* شهاب گرجی؛ کارشناس ارشد برنامه‌ریزی سیستمهای اقتصادی

روش مورد استفاده برای طراحی سیاستها، روش سیستم دینامیکی (Dynamic System) معرفی شده که در مقاله حاضر به آن پرداخته می‌شود. ولی به عنوان مقدمه، ذکر این نکته لازم است که اگرچه این روش در مجموعه رشته‌های ناشی از نگرش سیستمی محسوب و با آنچه مکتب مدیریت سیستمی نامیده می‌شود نقاط اشتراک فراوانی دارد اما در بسیاری از زمینه‌ها از ادبیات و مفاهیم خاص خود بهره می‌برد. چون این مطالعات، به ارائه یک مدل کمی و مقداری منجر می‌شود، بنابراین مفاهیم و تعبیرهای بکار رفته در نظریه ساختار سیستمها، پیشاپیش در پی هدف معینی هستند. بنابراین در برخورد با تعبیرها و واژه‌های این رشته علی‌رغم همانندی ظاهری، باید به تفاوت اساسی آن با روشهای غیر مقداری توجه داشت.

موضوع مورد نظر مدیریت شرکت آب تهیه طرحهایی است که دستیابی به اهداف شرکت را میسر سازد. مدیریت، هدفهای اجزاء را مقرر می‌دارد، منابع را تخصیص می‌دهد و نحوه اجرای عملیات سیستم را کنترل می‌کند. به منظور دستیابی به این طرحها، بهتر است که مدیریت شرکت از شیوه یا تکنیک مدلسازی از طریق شبیه‌سازی (Simulation) استفاده کند. زیرا در این روش، مدیر می‌تواند هر نوع اصلاح و تغییری را در محاسبات اعمال و یا سیستم خط مشی را اصلاح کند، بدون آن که این تغییرات، در سیستم واقعی کوچکترین تاثیری به جا بگذارد. فرآیند شبیه‌سازی، هم شامل ساختن مدل و هم شامل استفاده تحلیلی از آن برای مطالعه یک مساله است. بنابراین در روش سیستم دینامیکی نیز، که با بکارگیری نظریه کنترل در ریاضیات و رایانه رفتار سیستمهای مختلف را شبیه‌سازی می‌کند، در واقع ما با یک «مساله» روبرو هستیم. این ویژگی بقدری مهم است که در بسیاری از زمینه‌ها مسیر مطالعات سیستم دینامیکی را از مباحث عمومی تجزیه و تحلیل سیستمها جدا می‌کند. اجمالاً در اینجا اشاره می‌شود که هر مطالعه سیستم دینامیکی، بر یک «سیستم» به معنای «سازمان» متمرکز نیست بلکه بر یک «مساله پویا» و به منظور تبیین رفتار آن پدیده در طول زمان متمرکز است. مثلاً، افزایش تقاضای آب یا کاهش تولید سرانه آب در طول زمان، مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

معرفی مطالعات انجام شده

اکثر مطالعات در زمینه عرضه و تقاضای آب شرب، صرف تخمین تابع تقاضا با استفاده از روش اقتصادسنجی و بدست آوردن کششهای قیمتی و درآمدی شده است. این الگوها اغلب ایستا (Static) هستند و کمتر به تدوین الگوهای پویا (Dynamic) پرداخته شده است.

Agthe and Billings در سال ۱۹۸۰ به ارائه الگوهای دینامیکی تقاضای آب مصرف کنندگان مسکونی پرداخته اند. در این مدلها یا الگوها که عبارتند از الگوهای:

(Static stock Adjustment), Fisher-kaysen, Koyck,

(Flow Adjustment), Houthakker, Bergstorm,

عوامل موثر آب مورد تقاضا یا تغییرات آن، دو متغیر قیمت نهایی و تفاوت قیمت تعریف شده اند. در مورد تقاضای آب، Kindler and Russell در کتاب خود به سرمایه گذاری در منابع آب و همچنین بررسی سیاستهای مختلف مربوط به تقاضای آب پرداخته اند. آنها اثرات سیاستهای دولت، توزیع جمعیت و توسعه فن آوری را نیز بر انواع تقاضای آب (صنعتی، کشاورزی، مسکونی) مورد بررسی قرار داده اند. در زمینه برنامه ریزی منابع آب نیز تعدادی مدلهای ریاضی وجود دارد که اکثراً براساس روشهای بهینه سازی و بصورت خطی توسعه داده شده اند. برخی از مدلهای مزبور متوجه برنامه ریزی بهینه انتقال آب از منابع مختلف به نقاط مصرف گوناگون است. در اینگونه مدلها محدودیتهایی در زمینه های مختلف مورد توجه قرار می گیرد همانند زمینه های:

۱- کمیت و کیفیت آب قابل حصول از منابع مختلف (عرضه آب)؛

۲- کمیت و کیفیت آب لازم در نقاط مصرف مختلف؛

۳- میزان بهره برداری از منابع آب زیرزمینی و جلوگیری از اضافه برداشت از این منابع...

هدف مدل نیز به حداقل رسانیدن هزینه های انتقال آب است.

از روشهای شبیه سازی نیز در برنامه ریزی منابع آب استفاده شده است. بعنوان مثال در مدلی که Cunningham ارائه داده است چگونگی استفاده از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای تامین تقاضای آب جهت آبیاری، تولید انرژی و مصارف شهری^۱ و صنعتی شبیه سازی شده است.

Douglas نیز در کتاب مدلسازی اقتصادی برای ارزیابی سیاست تخصیص آب، علاوه بر توضیح روشهای برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی غیر خطی، برنامه‌ریزی پویا و ... روش سیستم دینامیکی را نیز جزء یکی از فنون شبیه‌سازی سیستم منابع آب ذکر کرده و درباره آن توضیح می‌دهد.

Fleming در کتاب شبیه‌سازی کامپیوتر در هیدرولوژی به بررسی روشهای شبیه‌سازی درباره موازنه سفره‌های زیرزمینی و همچنین گردش آب در طبیعت پرداخته و بیشتر مثالهای خود را با برنامه (CSMP) (یا Continuous System Modelling Program) فرمول بندی کرده است.

از آنجا که موضوع مورد تحقیق براساس مدلسازی که کاری نسبتاً ابتکاری و براساس یک سیستم خاص است، در ایران از لحاظ تجربی‌کاری، هنوز از چنین مدلسازی استفاده نشده است. تنها در موضوعات مرتبط با آب، مجتهدزاده در سال ۱۳۷۱، با ارائه یک مدل دینامیکی برای برنامه‌ریزی توسعه مناطق کم‌آب، به بررسی اثرات متقابل محدودیت آب و توسعه اجتماعی- اقتصادی در استان یزد پرداخته است. در همین سال، مشایخی و باخدا، در تحقیقی با عنوان راهبرد مالی توسعه منابع آب کشور، به بررسی وضعیت سرمایه‌گذاری در بخش آب پرداخته‌اند.

روش بررسی

در این مقاله، روش پیشنهادی به منظور بررسی اثرات متقابل عواملی که در عرضه و تقاضای آب شهری دخیل هستند، روش «سیستم دینامیکی» است. در سال ۱۹۶۰ Forester از دانشگاه M.I.T. با ابداع این روش، رویکرد سیستمی را بطور گسترده در تجزیه و تحلیل‌های اجتماعی- اقتصادی و مدیریتی بکار گرفت. این روند با یاری رایانه و شبیه‌سازی رایانه‌ای، سرعت و عمق بیشتری پیدا کرد و امکان کاربرد روشهای ارائه شده را در حل مسائل و معضلات گوناگون جوامع بشری فراهم آورد. مطالعات پویایی سیستم (System Dynamics Study)، اینک در سطح جهانی از اعتبار علمی و کاربردی برجسته‌ای بهره‌مند شده و مورد اقبال محافل دانشگاهی و حرفه‌ای قرار گرفته است. روش سیستم دینامیکی با بکارگیری نظریه کنترل در ریاضیات و رایانه رفتار سیستمهای مختلف را شبیه‌سازی می‌کند. با این روش می‌توان پویایی آنها را یافت. همچنین، با این روش، می‌توان تاثیر تصمیمات و سیاستهای مختلف را در رفتار پویایی هر نظام بررسی کرد.

اولین زبان شبیه‌سازی که در این زمینه ابداع شد SIMPLE نام گرفت. بعد از آن برای مدلسازی دینامیکی زبان Dynamo استفاده شد که هم‌اکنون نیز بیشترین استفاده را دارد. این زبان، فرآیند پیوسته را با استفاده از معادلات تفاضلی درجه اول تقریب می‌کند. تعداد کمی از متغیرها، برونزا و سایر متغیرها بصورت درونزا از طریق

مدل محاسبه شوند. تعدادی از بسته‌های نرم‌افزاری دیگری نیز که در این زمینه استفاده می‌شوند، عبارت هستند از:

DYNEX, CSMP, MIMIC, NDTRAN, DYANA, DYSMOD, VENSIM, etc.

Forester معتقد است که هر سامانه یا سیستم پویا که در طول زمان دگرگون شود، دارای یک ساختار سلسله‌مراتبی چهارگانه است، بطوریکه می‌توان برای هر نوع تحول و پویایی در پدیده‌های گوناگون، چنین ساختاری را ارائه کرد. این ساختار سلسله‌مراتبی دارای چهار مرتبه است:

۱- مرز بسته (Closed Boundary)

مرز بسته، با یک هدف کمی و مقداری تعیین می‌شود، به این صورت که تمام متغیرهایی که برای ایجاد رفتار مورد نظر، بر یکدیگر تاثیر متقابل داشته باشند درون مرز بسته قرار می‌گیرند.

حلقه‌های بازخورد (Feed-back Loops)

هر مرز بسته، حلقه‌های بازخوردی دارد که بر یکدیگر اثر می‌گذارند و برآیند تاثیرات حلقه‌های مزبور، مبین رفتار مورد نظر خواهد بود. بنابراین پویایی سیستمها ناشی از حلقه‌های بازخورد است.

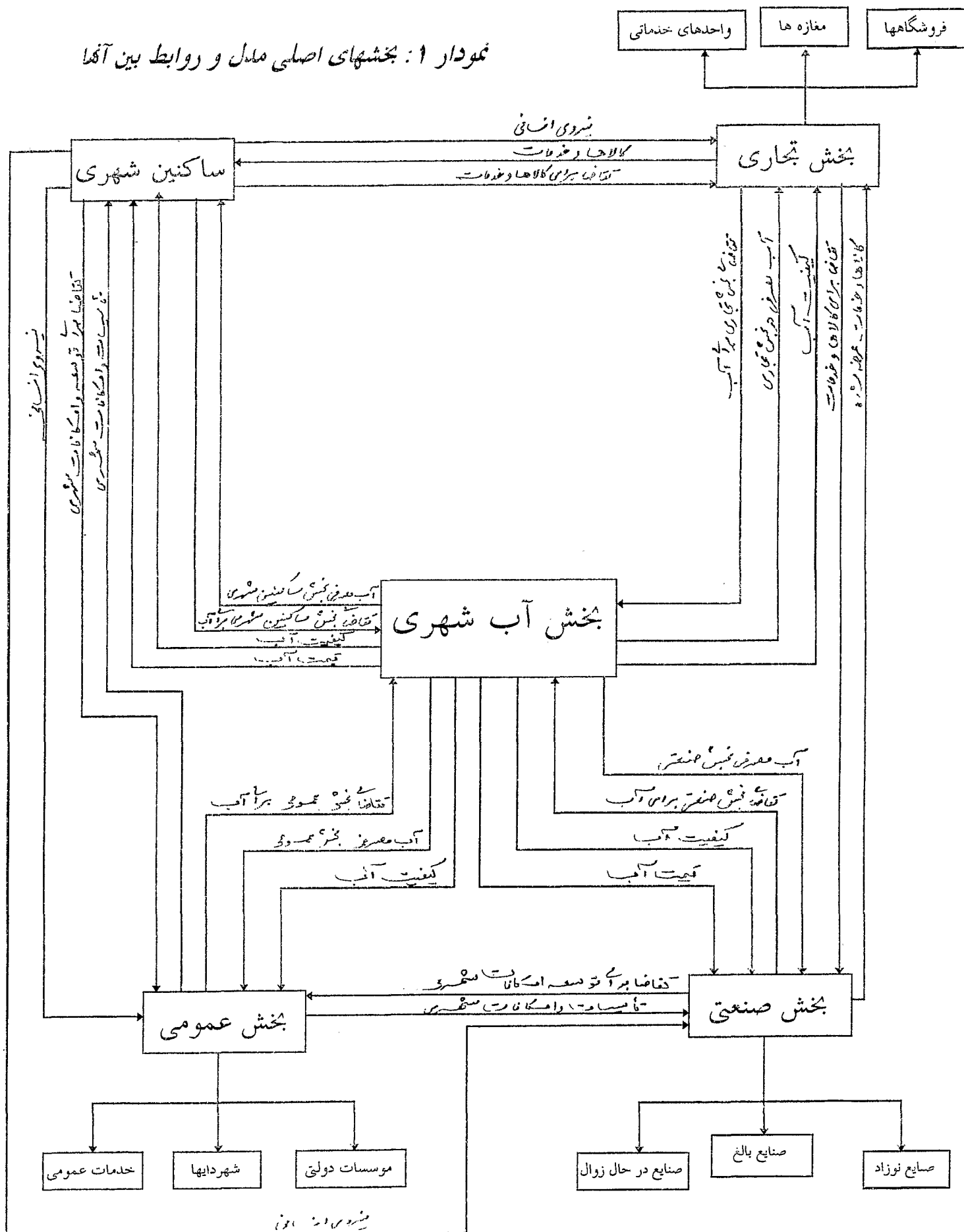
متغیرهای سطح یا حالت (State or Level Variables)

متغیر حالت، وضعیت سیستم را در هر لحظه از زمان نشان می‌دهد و برای تعریف آن، به گذشت زمان نیاز نیست. این متغیر، مشابه مانده حسابهای دائمی در ترازنامه حسابداری است که در ریاضیات می‌توان آنرا با مفهوم انتگرال بیان کرد.

متغیرهای نرخ (Rate Variables)

متغیر نرخ از طریق نمایش تغییرات حاصل در متغیر حالت، بیانگر فعالیت سیستم خواهد بود. برخلاف متغیر حالت، که یک هستی دائمی و پیوسته دارد، متغیر نرخ، برای ایجاد شدن، به زمان نیاز دارد. این متغیر را می‌توان با مفهوم سود یا زیان در حسابداری مقایسه کرد. همچنان که سود و زیان یک واحد تجاری در یک دوره زمانی معنی پیدا می‌کند، متغیر نرخ نیز برای جلوه‌گری به زمان نیازمند است. در ریاضیات مشتق‌گیری به خوبی با متغیر نرخ همانندی دارد.

نمودار ۱: بخشهای اصلی مدل و روابط بین آنها



طرح مساله

در طراحی و ساخت سیستمها، پس از انتخاب و تشخیص اجزای تشکیل دهنده آنها، شناخت و معرفی یک یا چند رابطه ضمنی میان اجزاء سیستم ضروری است. رابطه ضمنی یعنی ارتباط مفهومی اجزاء به گونه ای که از نظر معنا و محتوا متناسب با اهداف سیستم باشد. در این قسمت نمایی از تصویر کلی مدل پویا، که می تواند برای تجزیه و تحلیل اثرات متقابل توسعه اجتماعی - اقتصادی و محدودیت منابع آب در یک منطقه شهری، طراحی شود ارائه می شود. بدین منظور، ضمن معرفی اجمالی بخشهای مختلف مدل، برخی ارتباطات مهم بین بخشها را نیز بررسی خواهیم کرد.

نمودار (۱)، بخشهای مختلف مدل و روابط بین آنها را نشان می دهد. مدل از پنج بخش آب، ساکنین شهری، عمومی، تجاری و صنعتی تشکیل شده است.

طرف عرضه آب یا آبرسانی شهری، با مراحل برداشت، تصفیه، ذخیره و توزیع آب نشان داده شده است که هر کدام از این مراحل، تاسیسات مربوط به خود را دارند و قسمتی از سرمایه در بخش آب را به خود اختصاص می دهند. بسته به اینکه موضوع آبرسانی از دید سازمان آب منطقه ای بررسی شود یا شرکت آب و فاضلاب، لحاظ کردن این مراحل نیز متفاوت خواهد بود. همچنین می توان آب شرب و غیر شرب را از یکدیگر جدا و در مورد سرمایه گذاریهای لازم برای هر کدام و در نتیجه تعیین قیمتهای متفاوت آنها بحث کرد.

برداشت آب از چاه، چشمه و قنات، رودخانه و دریا و یا ترکیبی از آنها انجام می شود. بعبارت دیگر، استحصال آب از آبهای زیرزمینی و یا انتقال آب از سد بعنوان منابع تامین کننده عرضه آب در نظر گرفته شده اند. مرحله تصفیه آب دارای تاسیساتی شامل استخرهای ته نشینی، صافیها، دستگاههای هوادهی و گندزدایی آب تاسیسات ذخیره آب و ایجاد فشار در شبکه نظیر منبعهای همسطح زمین، منبعهای بلند پایه دار و پمپها، قسمت دیگری از سرمایه موجود در بخش آب را به خود اختصاص می دهند. شبکه بخش آب شهری نیز که شامل شاه لوله ها، لوله های اصلی و فرعی، شیرها و قطعه های اتصالی از قبیل زانوها، سه راهیها و... است به همراه قسمتهای مربوط به انشعابهای مصرف کنندگان قسمتهای دیگری از تاسیسات آبرسانی شهری را تشکیل می دهند.

در این قسمت، روشهای مختلفی که برای انواع مختلف بهره وری از منابع آب می تواند مورد استفاده قرار گیرد و تاثیر این روشها بر سایر متغیرهای مدل قابل بررسی است. روشهایی مانند کاهش میزان و یا تغییر الگوی مصرف آب، بوسیله گذاشتن کنتور، جلوگیری از نشت آب، تغییر در میزان تعمیرات، وضع مقررات برای لوله کشیهای داخلی

اماکن و ساختمانها، برنامه‌های آموزشی و فرهنگی، برنامه‌ریزی برای خشکسالیهای احتمالی، دگرگونی در مدیریت کنونی توسعه و تامین آب بوسیله بازچرخابی، استفاده مجدد و کاهش فشار آب و استفاده تلفیقی از آبهای سطحی و زیرزمینی، قابل استفاده هستند.

بخش آب، اطلاعات مربوط به تقاضای آب را از بخشهای ساکنین شهری، عمومی، تجاری و صنعتی دریافت و میزان کل مصرف آب و سهم هر یک از بخشهای مذکور را تعیین می‌کند. بخش آب، همچنین اطلاعات مربوط به کیفیت آب را به این بخشها ارائه می‌دهد. قیمت آب برای بخش صنعتی و ساکنین شهری اهمیت بیشتری دارد، این بخشها اطلاعات مربوط به قیمت آب را از بخش آب دریافت می‌کنند.

مصرف آب خانوارها به دو قسمت داخلی و غیر داخلی تقسیم می‌شود. مصرف داخلی شامل آشامیدن، مصرف غذا، شستشو و بهداشت فردی و جمعی است. این نوع مصرف آب بی‌کاهش است و با افزایش قیمت آب تغییر چندانی در تقاضای آن حاصل نمی‌شود ولی در مصرف غیر داخلی، که پرکردن آب حوض و استخر، آبیاری باغچه و چمن، سیستمهای آب نما، شستشوی خودروها و حیاط خانه و سیستمهای خنک‌کننده را شامل می‌شود، افزایش قیمت آب، می‌تواند در مصرف آن تاثیر گذارد و موجبات کاهش این نوع مصرف آب را فراهم آورد.

توسعه اقتصادی، توسط نیروی انسانی انجام می‌پذیرد. بخش ساکنین شهری، نیروی انسانی لازم برای گسترش بخشهای عمومی، تجاری و صنعتی را فراهم می‌آورد. جمعیت شهری بوسیله خالص زاد و ولد افزایش می‌یابد. این جمعیت، همچنین با خالص مهاجرت روستاییان به مراکز شهری نیز افزایش می‌یابد. مهاجرت روستاییان به شهر، بستگی به جاذبه شهر دارد. این بخش، همچنین، اطلاعات مربوط به تقاضا برای گسترش شهر و فضای سبز را به بخش عمومی ارائه می‌دهد. بخش عمومی که شامل موسسات دولتی، شهرداریها، پارکها و بوستانها، موسسات ارائه دهنده خدمات عمومی نظیر آتش‌نشانیها و غیره است، با استفاده از اطلاعات مذکور و نیز اطلاعاتی که از بخش صنعت برای گسترش شهر کسب می‌کند، تاسیسات و تسهیلات شهری را در اختیار بخشهای ساکنین شهری و صنعت قرار می‌دهد. با افزایش جمعیت و نیز توسعه صنعت، تقاضا برای امکانات شهری افزایش پیدا می‌کند. کل صنعت به سه نوع صنایع نوزاد، صنایع بالغ و صنایع در حال زوال تقسیم شده است.

منظور از صنایع نوزاد، صنایع تازه تاسیس است که غالباً مورد حمایت قرار می‌گیرد. نرخ گسترش صنایع نوزاد تابع سطح فعالیتهای صنعتی است و کیفیت آب، دسترسی به نیروی انسانی ماهر و توسعه امکانات زیربنایی بر این نرخ اثر می‌گذارد. صنایع بالغ نیز پس از مدتی به صنایع در حال زوال تبدیل می‌شوند. صنایع در حال زوال، صناعی هستند که از فن‌آوری غیر نوین استفاده می‌کنند و توان رقابت صنایع بالغ را ندارند. بخش تجاری قسمتی

از کالاهای و اجناس مورد فروش خود را از بخش صنعتی تقاضا که این بخش متقابلاً محصولات خود را به آنها عرضه می‌کند.

مراحل مدلسازی

گام اول در مدلسازی با روش سیستم دینامیکی، بررسی آمارهای مربوط به پدیده در گذشته و بررسی باخوره‌های مهم سیستم است. در این قسمت، با جمع‌آوری متغیرهای اصلی مورد نظر، رفتار دینامیکی در سیستم مورد بررسی قرار می‌گیرد. فرض بر این است که متغیرها در طول زمان از رفتار دینامیکی برخوردارند و این رفتار حائز اهمیت است، بطوریکه بررسی سیستم در حالت ایستا امکان پذیر نیست. (این فرض مورد آزمون قرار خواهد گرفت).

گام دوم، رسم نمودار جریان (Flow Diagram) و رسم نمودار تاثیرات (Influence Diagram) است که در این گام متغیرهای اصلی و کمکی مدل تعریف و روابط بین آنها نشان داده می‌شود.

گام سوم، تعیین حدود و ثغور مسأله، و به عبارتی تعیین کردن مرز میان متغیرهای درونزا و برونزا است. بیشتر متغیرها بصورت درونزا در مدل حل می‌شوند و اطلاعات راجع به متغیرهای برونزا در یک سال پایه، جمع‌آوری و یا محاسبه می‌شوند.

گام چهارم، نوشتن معادلات سیستم است، به بیان دیگر، توصیف مدل به زبانی که برای رایانه قابل قبول باشد. معادلات به زبان DYNAMO نوشته می‌شوند.

گام پنجم، آزمون و خطا است. آزمون، با هدف یافتن ترکیبی از مقادیر پارامتر که متغیر پاسخ را بهینه می‌کند و یا روابط بین متغیر پاسخ و عوامل قابل کنترل سیستم را توضیح دهد، انجام می‌شود.

گام ششم، تعیین اعتبار مدل است. این کار به منظور اطمینان دادن به استفاده کننده مدل صورت می‌گیرد تا آنجا که بپذیرد هرگونه استنباط حاصل از شبیه‌سازی درباره سیستم صحیح است. ممکن است برای تعیین اعتبار مدل، سه آزمون زیر بکار رود:

۱- تعیین اعتبار ظاهری مدل؛

۲- آزمون مفروضات؛

۳- آزمون تبدیلیهای ورودی و خروجی

گام هفتم، آنالیزها هستند (Sensitivity Analysis, Dimentional Analvsis Loop Analysis)

۱- تحلیل حساسیت، یکی از مهمترین مفاهیم مدلسازی از طریق شبیه‌سازی است و منظور از آن،

تعیین حساسیت جوابهای نهایی نسبت به مقادیر پارامترهای بکار رفته است.

۲- آنالیز مقیاسی که هدف از آن، یافتن اشتباهات شیوه‌ای یا تکنیکی و یافتن بخشهای فراموش شده

ساختار مدل است .

۳- آنالیز حلقه، که هدف آن تعیین مقادیر تاخیر، تشدید و تاثیرات ساختاری بر رفتار متغیرهای واقع بر

Loop است. در ضمن، به این سؤال نیز جواب می‌دهد که آیا مدل بسته است؟ یعنی آیا تمام

متغیرها حداقل بر روی یک Loop قرار می‌گیرند یا خیر؟

و در نهایت، گام هشتم، نتیجه‌گیری و طراحی سیستم است.

قسمتی از ساختمان مدل

در اکثر شهرهای ایران، که تنها تامین کننده آب مصرفی آنها چاهها هستند، تقاضای آب، بیش از نرخ تجدید این منابع است. این بهره‌برداری اضافی، تا زمانی می‌تواند ادامه یابد که ذخایر آب به اندازه کافی موجود باشد. هرگاه ذخایر آب پایان پذیرد، مصرف آب تنها به میزان ورودی آب به سفره‌های زیرزمینی محدود می‌شود و تمام تقاضا برای آب برآورده نخواهد شد. در این صورت حیات منطقه با بحران مواجه خواهد شد. حتی در شهرهایی نیز که انتقال آب از سد میسر است، این مشکل وجود دارد. چرا که اگر منابع تامین کننده آب شهر محدود به انتقال آب از سد شود، در این صورت موازنه آب ذخیره شده در پشت سد به هم خورده و حیات کشاورزی و صنعتی مناطق اطراف آن در خطر می‌افتد. وقوع این بحران را می‌توان براساس سناریوهای مختلفی که برای تخصیص آب در نظر گرفته می‌شود برای هر منطقه پیش‌بینی کرد. این سناریوها را می‌توان بصورت زیر یا ترکیبی از آنها در نظر گرفت:

۱- نظام تخصیص مبتنی بر ضوابط اداری و سیاسی؛

۲- نظام تخصیص مبتنی بر ضوابط فنی؛

۳- نظام تخصیص مبتنی بر اصول اقتصادی

تنها در نظام اخیر، کارایی مدنظر است. در این نظام، آب به عنوان کالای اقتصادی تلقی می‌شود و از قیمت، به عنوان ابزاری جهت تخصیص آب استفاده می‌شود. یک نحوه تعیین قیمت آب، با استفاده از روش سیستم دینامیکی، در نمودار کلی جریان (Flow Diagram) زیر نشان داده شده است.

ساختمان دقیق مدل، کلیه متغیرهای بخشهای مختلف مدل و روابط بین متغیرها، که به روابط علت و معلولی معروف هستند، را شامل می‌شود که در این فرصت، مجال پرداختن به آن نیست. ولی به منظور آشنایی کلی با قسمتی از مدل، نحوه تعیین قیمت آب در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است که در ادامه به توضیح آن خواهیم پرداخت.

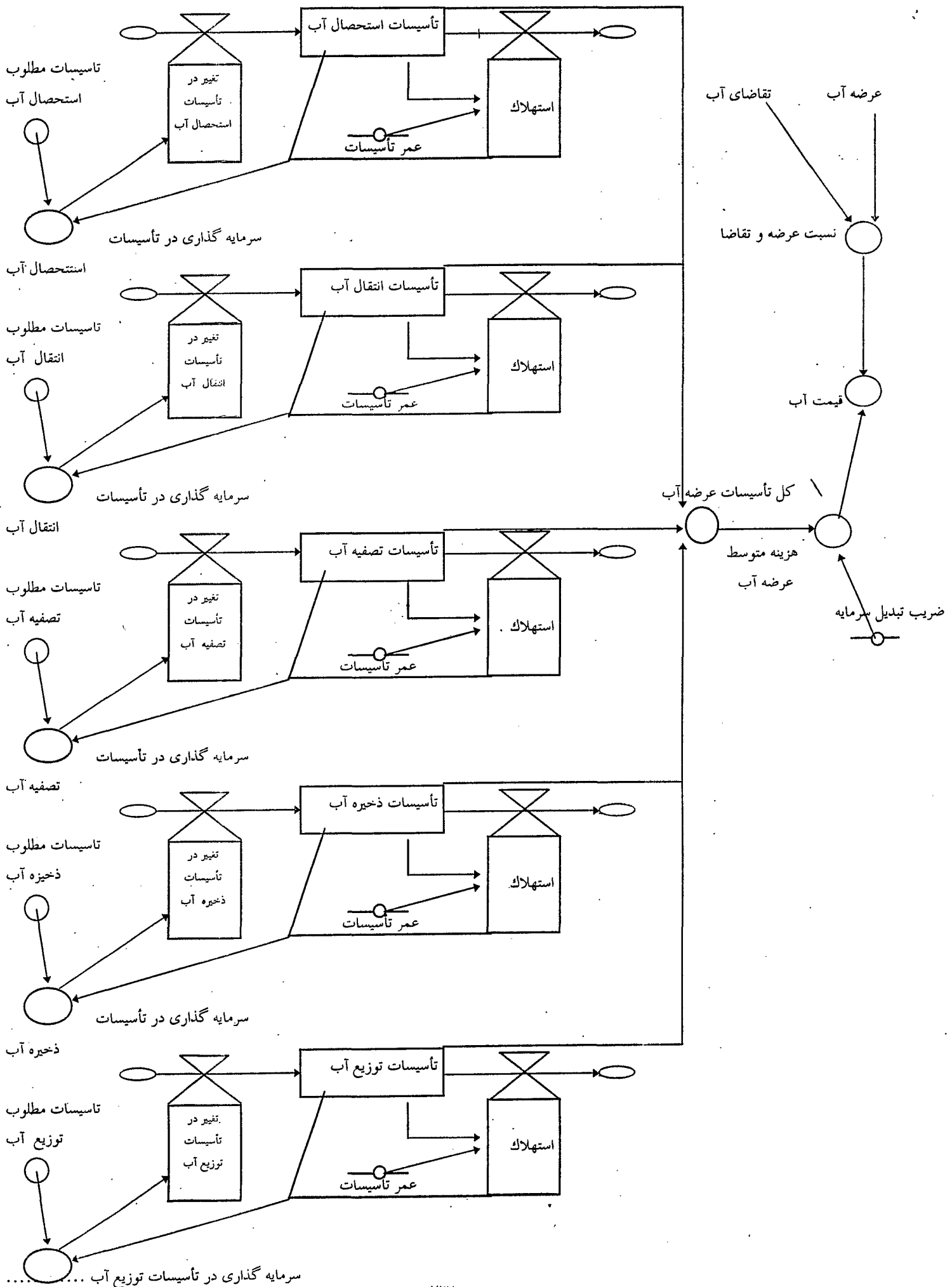
در این نمودار که به نمودار جریان معروف است، متغیر حالت بوسیله □ و متغیر نرخ با علامت ○ و متغیر کمکی با ☐ نشان داده شده است. ارتباط بین متغیرها بوسیله □ مشخص شده است.

میزان تاسیسات استحصال، انتقال، تصفیه، ذخیره و توزیع آب با سرمایه‌گذاری افزایش و با استهلاك کاهش می‌یابد. میزان استهلاك تاسیسات مذکور در هر سال برابر است با نسبت تاسیسات موجود بر متوسط عمر آنها. سرمایه‌گذاری در این تاسیسات، در هر سال بوسیله تاسیسات مطلوب، تاسیسات موجود و متوسط استهلاك،

سالانه محاسبه می شود.

کل تاسیسات عرضه آب، بوسیله مجموع تاسیسات استحصال، انتقال، تصفیه، ذخیره و توزیع آب محاسبه می شود. هزینه متوسط عرضه آب، بوسیله کل تاسیسات عرضه آب و نیز ضریب تبدیل سرمایه بدست می آید. قیمت آب بوسیله هزینه متوسط عرضه آب و نیز ضریب تبدیل سرمایه بدست می آید. قیمت آب، بوسیله هزینه متوسط عرضه آب و نیز اثر نسبت عرضه و تقاضای آب که بیانگر تقاضای ارضاء نشده برای آب است تعیین می شود.

پس از پیش بینی زمان بحران که توسط شبیه سازی بدست می آید، مساله مهم اتخاذ سیاستهایی است که براساس آنها، استحصال از منابع آب قبل از آن که ذخایر آنها تمام شود، با نرخ تجدید آن منابع برابر شود. بنابراین سیاستهای مختلفی مانند تجدیدنظر در امر انتقال آب، ایجاد محدودیت در تقاضای جمعیت برای آب، تغییر کاربری و استفاده مطلوب از منابع آب و مورد آزمون قرار گرفته و براساس آنها، سیاستهای بهینه انتخاب می شوند.



منابع و مآخذ

- ۱- رضائیان، علی؛ (۱۳۷۶) «تجزیه و تحلیل طراحی سیستم»
- ۲- شانون، رابرت؛ (۱۹۷۵)؛ مترجم: عرب مازار، علی اکبر؛ (۱۳۷۱) «علم و هنر شبیه سازی سیستمها»
- ۳- فروتوک زاده، حمیدرضا؛ (۱۳۷۱)؛ «نگاهی بر پویایی سیستمها»، دانش مدیریت؛ شماره ۱۸؛
- ۴- عسلی، مهدی؛ (۱۳۷۱)؛ «مدل دینامیک تقاضای محصولات کشاورزی»؛ فصلنامه برنامه و توسعه؛ شماره اول؛
- ۵- گودمن، آلون؛ (۱۹۸۴)؛ مترجم: هنری، مرتضی؛ (۱۳۷۰) «اصول برنامه ریزی منابع آب»
- ۶- مجتهدزاده، محمدتقی، (۱۳۷۰) «یک مدل دینامیک برای برنامه ریزی توسعه مناطق کم آب»؛
- ۷- مشایخی، علینقی و باخدا، محمد؛ (۱۳۷۱)؛ «استراتژی مالی برای توسعه منابع آب کشور»؛ دانش مدیریت؛ شماره ۱۹؛

1-Forrester j.w(1961).Industrial Dynamics.

2-Forrester,j.w(1968).Urban Dynamics.

with System Dynamics modeling 3-Richrdson,G.Aixander,L.(1981).Introduction to DYNAMO.

4-Kindler,j.and Russell,C.S.(1984).Modeling water Demands.

5-Douglas,L.J.and Robert,R.I.(1971).Economics of Water Resources Planning.

6-Fleming G.(1975).Computer Simulation Techniques in Hydrology.

7-Agthe,D.E. and Billings,R.B.(1980).Dynamic Models of Residential Water Demand, Water Resources Research,VOL.73,NO.3,PP.472-480

8-Rizaiza,O.S.(1991).Residential Water Usage;A case study of the major cities of the major cities of the western region of saudi arabic,water Resources Research,VCL.27,NO.5,PP.667-671

- Studies of Urban 9-Martin, W.E. and Thomas, J.F. (1986). Policy Relevance in Residential Water Demand, Water Resources Research, VOL.22, NO.13, PP.1735-1741.
- 10-Malla, P.B. and Gopalakrishnan, CH. (1997). Residential Water Demand in a fast-Growing Metropolis; the case of Hawaii, International Journal Of Water Resources Development, VOL.13, NO.1, PP.35-51
- 18-Grayman, W.M. (1988). Modelig System Water Quality; Dynamic Approach, Journal Of Water Resources Planning and Management, VOL.114, NO.3, PP.295-312
- 19-Cunningham, A.B. (1984). Water Management Using Interactive Simulation Journal of Water Resources Planning and Managemnt, VOI.110,3, PP.110-122.