مدیریت منابع آب در حوزه آبریز سعادت آباد با استفاده از الگوی پویایی های سیستم با تمرکز بر بخش کشاورزی

جواد ناصری و محمد هاشم موسوی حقیقی[1]

چکیده

امروزه مدیریت جامع منابع آب به ویژه در مناطقی که با محدودیت منابع آبی روبرو هستند امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. بدین منظور با استفاده از ابزارهای مدیریتی می توان مدیران و سیاست گذاران را یاری نمود. علم پویایی های سیستم[2] یک ابزار مدیریتی است که قادر است به کمک شبیه سازی دنیای واقعی پیامدهای ناشی از تصمیم گیری ها را آشکار سازد. در این تحقیق الگوی منابع آب حوزه آبریز سعادت آباد با این روش جهت ارزیابی روند منابع و مصارف و عوامل تأثیرگذار بر آن، تهیه و توسعه داده شده است و در نهایت نتایج شبیه سازی بر اساس سناریو های مدیریتی تقاضا و عرضه آب در منابع زیر زمینی ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که سیاستهای بهینه ی مدیریت عرضه و تقاضای آب اثر مثبت بر منابع آب های زیر زمینی داشته و با کاهش مصرف تقاضای بخش کشاورزی این اثر پر رنگ تر خواهد شد.

طبقه بندی JEL: Q21, Q25, Q28, C61

واژه های کلیدی: سیستم دینامیک، مدیریت منابع آب، شبیه سازی، عرضه ی آب، تقاضای آب، شهرستان پاسارگاد.

مقدمه

آب یکی از بزرگترین چالش های قرن حاضر بشریت است که می تواند سرچشمه بسیاری از تحولات مثبت و منفی در جهان قرار گیرد. بحران منابع آب در قرن حاضر یکی از مسائل مهمی است که کشورها به دلیل رشد تقاضا[3] برای بخش کشاورزی[4] ، خانگی[5] ،صنعت و همچنین محدودیت منابع با آن روبرو هستند. هر چند که بیش از هفتاد درصد جهان را آب فراگرفته اما کمبود منابع آب شیرین[6]، یکی از بزرگترین مسائلی است که جهان در حال توسعه با آن مواجه است.

---

1 - به ترتیب جواد ناصری، کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی، محمد هاشم موسوی حقیقی، استادیار و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس
Email: j.naseri2@gmail.com و musavee@gmail.com

2 System Dynamics

3 Demand

4 Agricultural Sector

5 Household

6- منظور آب هاي كه داراي سختي كمتر (electrical conductivity) كمتر از ۵۰۰ ميكرموز براي شرب و ۳۰۰۰ براي كشاورزي باشند.

کمبود آب در ایران یکی از عوامل محدود کننده اصلی توسعه فعالیتهای اقتصادی در دهه های آینده به شمار می رود. متأسفانه در کشور ما هنوز استفاده مطلوب از آب علی الخصوص در بخش کشاورزی به شکل یک فرهنگ جایگاه مطلوب خود را پیدا نکرده است، به همین جهت دستیابی به تعادل نسبی در زمینه عرضه و مصرف آب یک اصل اساسی و ضروری است که این مهم جز با مدیریت سیستمی منابع آب میسر نخواهد شد. مجموعه اقداماتی که تاکنون در کشور در ارتباط با تأمین آب کشاورزی، شهری و صنعتی انجام شده، عمدتاً در زمینه مدیریت تولید و عرضه آب بوده است و کمتر توجهی به مدیریت مصرف[7] گردیده است. با توجه به این که بخش عظیمی از مصارف آب در بخش کشاورزی (حدود ۹۰ درصد در استان فارس) است (زرین بال،۱۳۸۵)، به نظر می رسد جهت مقابله با این بحران کم آبی مدیریت منابع آب خصوصا در بخش کشاورزی یکی از اصلی ترین راهکارها باشد تا شکاف به وجود آمده بین عرضه و تقاضای آب را کم کند.

شهرستان پاسارگاد[8] (از شهرستان های تاریخی واقع در استان فارس) که حوزه آبریز سعادت آباد در آن واقع است و بنابراین حوزه آبریز سعادت آباد به لحاظ کشاورزی دارای موقعیت ویژه ای است در این میان منابع آبی به عنوان نهاده اصلی تولید علی الخصوص در بخش کشاورزی از اهمیت به خصوصی برخوردار است. در شهرستان پاسارگاد در حدود هشتاد درصد عمده فعالیتهای اقتصادی در بخش کشاورزی متمرکز است (مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان پاسارگاد، ۱۳۸۸). در این رابطه خشکسالی های سال های اخیر و استفاده های فزاینده از منابع آب های زیر زمینی در سال های اخیر تاثیر منفی بر منابع آب های زیر زمینی گذاشته است تا آنجا که بیلان آبی این حوزه[9] منفی گشته و باعث افت شدید سطح منابع آب زیر زمینی[10] (۱.۳- میلیون متر مکعب) شده است (شرکت آب منطقه ای فارس گزارش پیشنهادی ممنوعیت برداشت حوزه آبریز سعادت آباد،۱۳۸۵). لذا اقتصاد شهرستان در صورت ادامه این روند بشدت از این مسئله متاثر خواهد شد. از این رو بررسی روند و شبیه سازی الگو عرضه و تقاضای آب جهت پاسخگویی به سوالات موجود در انتخاب سیاست های اقتصادی مانند بهینه کردن مصرف آب و ایجاد تعادل پویای عرضه وتقاضای آب ضروری به نظر می رسد. در این تحقیق سعی بر آن است که با شبیه سازی سناریو های مختلف تاثیر آن در کاهش تقاضای آب نشان داده شود. بنابراین ضرورت انجام این تحقیق افزایش آگاهی عمومی از روند عرضه و تقاضای آب و بررسی تاثیر سناریو های مدیریتی منابع آبی بیان می شود.

روش پویای های سیستم[11] یک ابزار قابل فهم و کاربردی برای مدیران است که از طریق تکنیک شبیه سازی[12] به حل مشکلات و پیش بینی و بررسی سیاستهای اصلاحی کمک شایانی می نماید. زیرا در این روش (شبیه سازی)، مدیران و سیاستگذاران می تواند هر نوع اصلاح و تغییری را در محاسبات اعمال و یا سیستم خط مشی را اصلاح کند و نتایج آن را بررسی نمایند بدون آن که این تغییرات، در سیستم واقعی کوچکترین تاثیری به جا بگذارد.

از آنجا که شبیه سازی الگوی پویایی های سیستم آب روابط بین منابع آب،عرضه و تقاضای در حال رشد را نشان داده و همچنین روابط انعکاسی بین متغیر ها را در طول زمان مورد بررسی قرار می دهد می تواند تعادل پویای عرضه و تقاضا را در حوزه آبریز سعادت

7 Consumption Management
8-Passargad
9 Basin
10 Underground Water Resources
11 System Dynamics
12-Simulation

آباد فرموله کند و کمبود و مازاد را در طول زمان با توجه سناریوهای مختلف نشان دهد. در این تحقیق جهت انجام الگوی سیستم داینامیکی از نرم افزار ون سیم دی اس اس[13] استفاده شده است.

بنابراین هدف اصلی این تحقیق تعیین اهمیت مدیریت منابع آب در اقتصاد کشاورزی منطقه از طریق طراحی یک سیستم پویای منابع آب، جهت ارزیابی از روند منابع و مصارف آب در دشت سعادت آباد و بررسی اثر سیاست های مدیریت عرضه و تقاضای آب می باشد.

پیشینه تحقیق

با توجه به اینکه تحقیق حاضر از محدود تحقیقات در مورد مدیریت منابع آب به روش پویایی های سیستم می باشد؛ لازم است با بررسی مطالعات انجام شده، پیشینه موضوع را تبیین نمائیم. اگرچه تعداد تحقیقات راجع به منابع آبی در ایران و جهان نسبتاً زیاد می باشد اما تحقیقات کمتری با روش سیستمی در مورد مسائل مربوط به مدیریت منابع آب انجام گرفته است.

سیمونوویک[14] (۲۰۰۲) با استفاده از روش پویایی های سیستم، به الگو سازی منابع آب جهانی پرداخت. کمبود در حال رشد آب پاکیزه و تازه یکی از مهمترین موضوعات پیش روی جوامع بشری در قرن بیست و یکم می باشد. بخش منابع آبی الگوی وی شامل کمیت و کیفیت آب، مجموعه ای از بخش های جمعیت، کشاورزی، اقتصاد، منابع تجدیدناپذیر و آلودگی پایدار[15] می باشد. الگوی جهانی آب بر اساس آخرین نسخه الگو جهانی سوم[16] توسعه پیدا کرده است. نتایج شبیه سازی نشان داد که یک ارتباط قوی بین منابع آب جهانی و رشد صنعت در دنیا در آینده وجود دارد. همچنین آلودگی آب مهمترین موضوع آب در آینده در سطح جهانی است.

توشیهارو و همکاران[17] (۲۰۰۸) با استفاده از روش پویایی سیستم، به الگو سازی اقلیمی منابع آب در دنیا پرداختند. هدف این پژوهش ارزیابی کمبود آب و منابع آبی در آینده و اثر آن بر رشد تمدن بشری در نواحی مختلف در دنیا می باشد. شش بخش از فعالیت ها در هر ناحیه به منظور معرفی جامعه انسانی وارد الگو شده و اثرات متقابل مانند مهاجرت و تجارت به منظور بیان استحکام (روابط تقویتی) بین نواحی مختلف نیز در الگو لحاظ گردید. نتایج شبیه سازی نشان داد که از سال ۱۹۶۰ تا ۲۱۰۰ کمبود آب برخلاف محدودیت سایر منابع غیر قابل تجدید و آلودگی های پایدار، شدید بوده و مشکلات زیان آوری با تأخیرات کوتاه مدت[18] ایجاد می کند.

سعید گلیان و همکارن (۱۳۸۴)، سیاست های توسعه و بهره برداری از منابع آب در سطح حوزه آبریز رودخانه آجی-چای در حوزه آبریز دریاچه ارومیه در شرق دریاچه و اثرات آن بر تراز آب دریاچه را با استفاده از روش پویایی های سیستم ها مورد بررسی قرار دادند. با توسعه الگو دینامیکی منطقه و استفاده از سه سناریو احداث سد شهید مدنی، کاهش نیاز آبی در هر هکتار و ترکیبی از هر دو سیاست، به این نتایج رسیدند که دبی ورودی به دریاچه نسبت به حالتی که هیچ سدی احداث نشود (سناریو شماره اول) کمتر است و تراز آب دریاچه کاهش خواهد داشت. با اجرای سناریوی دوم حجم آب ورودی به دریاچه افزایش یافته که ناشی از کاهش مصرف خواهد بود و همچنین با اجرای سناریوی سوم تراز آبی دریاچه در جهت افزایشی خواهد بود. و در مجموع احداث سد به شرطی که با کاهش مصرف آب کشاورزی به طور همزمان همراه باشد مشکلی ایجاد نخواهد کرد.

13- Vensim DSS (for more information please see, www.vensim.com)

14 -Simonovic

15 Sustainable Pollution

16-World3

17-Toshiharu, K., T. Hori, J. Nakatsuka, T. S. Chong

18 - Short Time Delay

صلوی تبار و همکاران (۱۳۸۴)، الگوی پویایی های سیستم در مدیریت آب شهری تهران را شبیه سازی کردند. با شبیه سازی این الگو سناریوهایی مدیریتی همچون انتقال بین حوزه ای آب، اجرای طرح جمع آوری و تصفیه فاضلاب شهری و مدیریت تقاضا را مورد تحلیل و بررسی قرار دادند. نتایج نشانگر این بود که سهم آب برگشتی ناشی از اجرای طرح فاضلاب شهری اهمیت زیادی در تعادل سفره آب زیر زمینی خواهد داشت. احداث سیستم شبکه فاضلاب شهری تهران از یک طرف باعث کاهش تغذیه سفره آب زیر زمینی شده و از طرفی باعث کمتر شدن نیاز آبی بخش کشاورزی از منابع زیر زمینی می شود که در نهایت باعث افت تدریجی سطح آب زیر زمینی خواهد شد. با اعمال سناریوهای مدیریت تامین و اختصاص بودجه جهت مدیریت تقاضا هنوز شکاف عمیق بین عرضه و تقاضای آب کاهش نخواهد یافت و در این راستا اجرای مجموعه ای از سیاست ها را پیشنهاد نمودند.

روش پژوهش[۱۹]

در این تحقیق از روش پویائی های سیستم استفاده شده است پویایی سیستم به شکل امروزی آن، در سال ۱۹۶۰ توسط جی فارستر[۲۰] و همکارش در دپارتمان مدیریت اسلون[۲۱] در موسسه تکنولوژی ماساچوست مطرح شد. در مطالعات پویایی های سیستم اعتقاد بر این است که تغییرات و تحولات دارای قانونمندی هایی هستند که می توان آنها را شناخت و بر اساس آن مسیر تحولات را به جهت مطلوب سوق داد. بدون شناخت قانونمندی های حاکم بر یک پدیده ، ورود به عرصه کار و مدیریت و سیاستگذاری و به طور کلی اتخاذ هر نوع تصمیم در آینده دور از واقع بوده و دارای هزینه های برگشت ناپذیر خواهد بود.

هر مجموعه ای از عناصر که گرد هم آیند و در ارتباط متقابل با یکدیگر و کنشها، بازخورهای[۲۲] داخلی منظومه واحدی را در ایجاد تغییر و تحول به وجود آورده، و یک سیستم پویا را تشکیل می دهند . سیستم پویا چیزی است که واقعا وجود دارد. زیرا سیستم ایستا یا استاتیک در واقع برش و یا دیدگاه خاصی از یک سیستم داینامیک است که برای سادگی در تحلیل با یک یا چند شرط ساده ساز ، ایستا فرض شده است. بر اساس تعریف بارلاس[۲۳] "پویایی سیستم یک روش‌شناسی برای مطالعه، تحلیل، شبیه سازی و بهبود سیستمهای پویای اجتماعی- اقتصادی و مدیریتی، با استفاده از یک دیدگاه بازخوردی است" (Barlas،۲۰۰۶).

با توجه به تعریف استرمن[۲۴] (۲۰۰۲) می توان گفت مراحل انجام این روش‌شناسی به ترتیب عبارتند از:

۱. تعریف مسئله، (باید گفت که: مسائل مطرح در پویایی های سیستم به طور عمده ساخت‌یافته نبوده، در نتیجه در مراحل اولیه بررسی مسئله نمی‌توان به تعریف دقیق به گونه‌ای دست یافت که گلوگاه‌های مسئله را یافته و در صدد رفع مشکلات برآمد)؛

۲. توسعه و ایجاد یک فرضیه پویا برای تشریح آثار مسئله؛

۳. ساختن یک الگو شبیه‌سازی شده از سیستم؛

۴. آزمون الگو برای کسب اطمینان از درستی عملکرد آن در دنیای حقیقی؛

۵. حصول نتایج..

19 Methodology
20 J. W. Forrester
21- Sloan School of Management
22 Feedback
23 Barlas
24- Sterman

یکی از مباحث چالش برانگیز در روش پویائی های سیستم، بستن و یا مشخص نمودن مرزهای الگو[۲۵] و یا همان حدود و ثغور الگو است که در این مطالعه مرز جغرافیایی، مرز ذی نفعان[۲۶] و مرز زمانی به صورت زیر در نظر گرفته خواهد شد.

۱- مرزهای جغرافیایی سیستم منابع آب حوزه آبریز سعادت آباد :

- مرز شمالی به حوزه آبریز قادر آباد و مادر سلیمان محدود می گردد
- مرز شرقی به حوزه آبریز قادر آباد و سرپنیران محدود می گردد
- مرز غربی به حوزه آبریز مرودشت و خرامه محدود می گردد
- مرز جنوبی به حوزه آبریز سیدان و فاروق محدود می گردد.

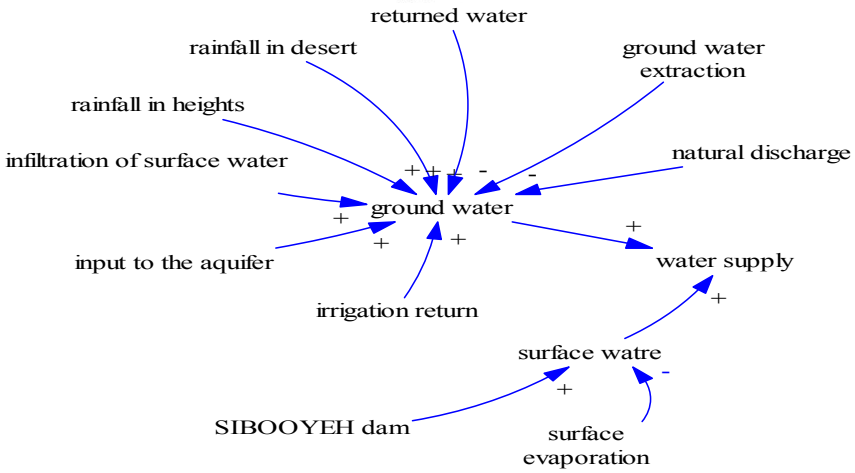
۲- مرزهای سیستم مصارف آب حوزه سعادت آباد شامل کلیه ذی نفعان منابع آب در محدوده حوزه آبریز سعادت آباد شامل مصرف کنندگان آب شهری، صنعتی و کشاورزی می باشد.

۳- مرز زمانی، تغییرات عوامل طبیعی و انسانی را از سال ۱۳۶۵ تا افق سال ۱۴۰۰ مورد بررسی و تحلیل قرار می دهد.

در این قسمت از تحقیق به تشریح و تفسیر نمودار علت و معلولی می پردازیم. در این پژوهش الگوی سیستم دینامیک منابع و مصارف آب در قالب چهار زیر الگوی عرضه آب، تقاضای آب، تعادل عرضه و تقاضا و جمعیت به طور جداگانه تعریف می گردند. شایان ذکر است که به ترتیب سه زیر الگوی اول ماهیت اقتصادی و زیر الگوی چهارم ماهیت جمعیتی دارد.

۱- زیر الگوی عرضه آب: شامل عرضه آب از طریق منابع آب های زیر زمینی(شامل قنات[۲۷]، چاه[۲۸]، چشمه[۲۹]، رودخانه[۳۰]، آب های برگشتی[۳۱] از مصارف گوناگون به منابع آب های زیر زمینی و قسمتی از بارندگی ها[۳۲] که به منابع آب های زیر زمینی نفوذ می کنند) و منابع آب های سطحی(شامل قسمتی از بارندگی ها و سد سیبویه) می باشد. نمودار علت-معلولی[۳۳] بخش عرضه به شرح ذیل می باشد:

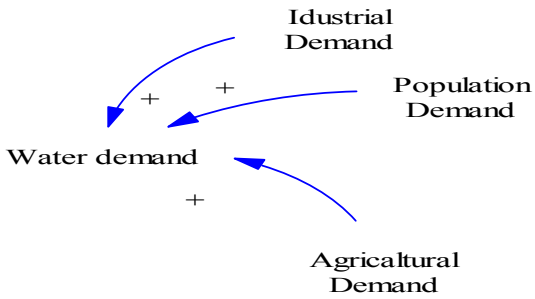
25 Model boundaries
26 Multi-stakeholder partnership
27 Duct or Ganat
28 Well
29 Spring
30 River
31 Returned water
32 Rainfall
33 Influence Diagram



نگاره(۱) نمودار علت-معلولی بخش عرضه

همانطور که از نمودار شماره یک مشاهده می شود بخش عرضه آب شامل منابع آب های سطحی[۳۴] و منابع آب زیر زمینی می باشد. منابع آب زیر زمینی شامل منابع تغذیه کننده با متغیرهای بارندگی، ورودی از سایر حوزه ها، ذوب برف[۳۵]، برگشتی از مصارف (کشاورزی، شهری و صنعتی) و منابع تخلیه کننده شامل چاه ها، چشمه ها، قنوات و سایر خروجی ها از حوزه می باشد. یعنی تمام متغیرهای تغذیه بر میزان آب های زیر زمینی اثر مثبت دارد که بخش بیشتری از کل عرضه آب را شامل می شود و متغیرهای تخلیه اثر منفی بر حجم آب های زیر زمینی دارد. در قسمت عرضه منابع آب های سطحی، مخزن سد سیبوبه به صورت یک متغیر برونزا وارد الگو شده و به عنوان یک سناریو جهت تامین بخشی از عرضه آب می باشد که اثر مثبت بر بخش عرضه آب دارد. همچنین تبخیر از سطح و از منابع آب های زیر زمینی اثر منفی بر منابع آب دارد و باعث کاهش عرضه کل می شود.

۲- زیر الگوی تقاضای آب: شامل مجموع حسابی تقاضای آب به منظور مصارف خانگی، کشاورزی و صنعتی بطور خلاصه در نمودار شماره ۲ نشان داده شده اند.

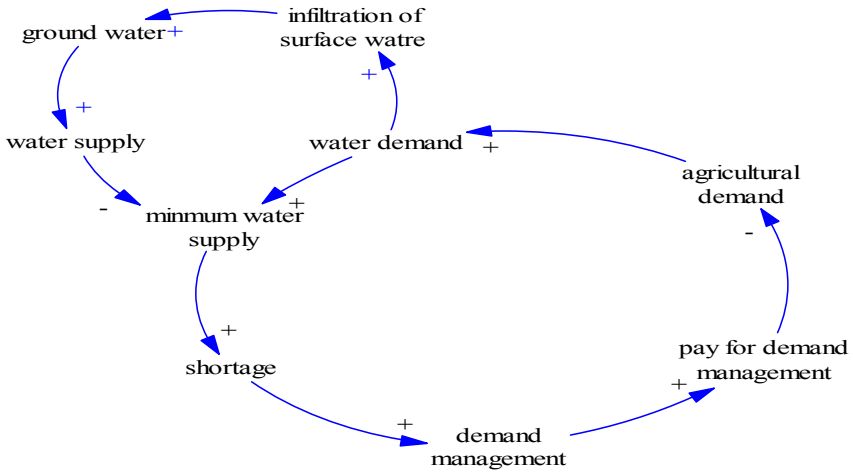


نگاره(۲) نمودار علت-معلولی بخش تقاضای آب

تمامی متغیرها بر متغیر کل تقاضای آب اثر مثبت دارند، بدین معنی که افزایش آنها میزان کل تقاضای آب را افزایش می دهند.

34 Surface Water
35 Melting Snow

۳- زیر الگوی تعادل عرضه و تقاضای آب: در این زیر سیستم، تقاضای آب از یک طرف و عرضه آن از طرف دیگر در یک نمودار نشان داده شده است. در این نمودار در صورت کمتر بودن مقدار تامین آب از مقدار تقاضا، تفاوت به صورت کمبود معرفی می گردد. مقدار کمبود آب میزان تخصیص بودجه برای کاهش کمبود را بر اساس قیمت های بازار مشخص می نماید. با توجه به مقدار کمبود آب و همچنین ارزش آب، می توان میزان بودجه ناشی از کمبود آب را بدست آورد و در جهت مدیریت تقاضای منابع آب در بخش کشاورزی[۳۶] صرف نمود.

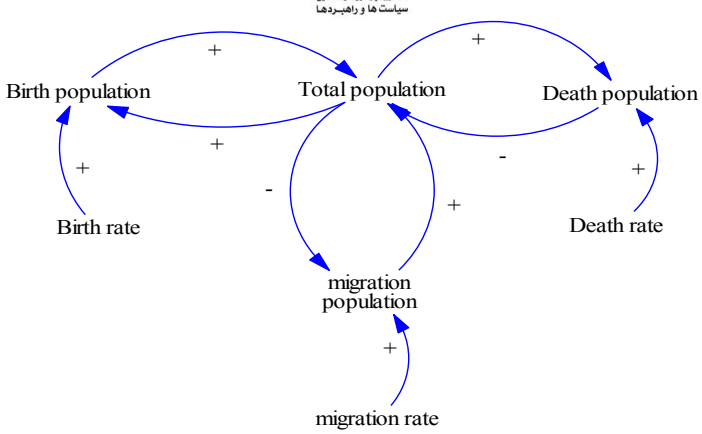


نگاره(۳) نمودار علی-معلولی بخش تعادل آب

عرضه آب و تقاضای آب به ترتیب بر حداقل عرضه آب اثر منفی و مثبت دارند و حداقل عرضه آب بر متغیر کمبود اثر مثبت دارد. بدین معنی است که افزایش در حداقل عرضه آب باعث دور شدن از نقطه تعادل می شود. یعنی افزایش یا کاهش آن باعث عدم تعادل عرضه و تقاضای منابع آب خواهد شد. اصولا تعادل وضعیتی است که تمایلی برای تغییر آن وجود ندارد به بیان دیگر تعادل شرایطی است که می تواند دوام داشته باشد. اما در عمل زمانی که تعادل وجود ندارد نیروهایی وجود دارد که موجب تغییر آن می شود و در این شرایط مازاد عرضه یا مازاد تقاضا وجود دارد. عدم تعادل بین عرضه و تقاضای منابع آب و پیشی گرفتن تقاضا بر مقدار عرضه آب اثر مثبت بر میزان کمبود داشته و این اثر مثبت بر بودجه جهت مدیریت تقاضای منابع آب دارد و این با ایجاد اثر منفی بر تقاضای آب کشاورزی باعث کاهش تقاضای کل خواهد شد. از طرف دیگر مصرف هر چه بیشتر آب باعث نفوذ بیشتر آب در سطح زمین و تغذیه بیشتر آب های زیرزمینی خواهد شد و نهایتا تاثیر مثبت بر عرضه کل آب دارد.

۴- زیر الگوی بخش جمعیت: جمعیت تابعی از متغیرهای نرخ زاد و ولد، مرگ و میر و مهاجرت می باشد.

36 به علت اینکه بخش کشاورزي مصرف کننده بیش از ۹۰ درصد آب مصرفي در حوزه آبریز است.



نگاره(۴) نمودار علت-معلولی بخش جمعیت

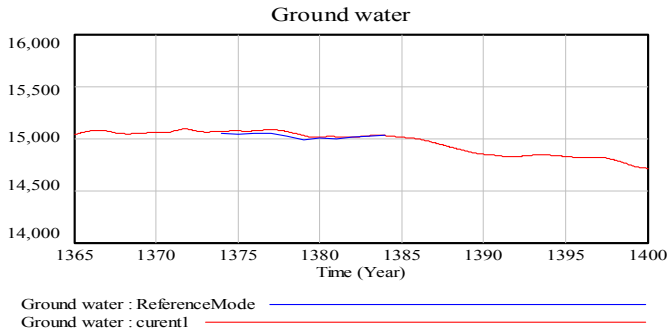
همانطور که مشاهده می گردد متغیر کل جمعیت تابعی از نرخ های زاد و ولد و مرگ و میر و نرخ مهاجرت می باشد. متغیر جمعیت که در اینجا به صورت سطح[۳۷] در نظر گرفته شده است از سه نرخ[۳۸] متاثر می گردد. اولین نرخ زاد و ولد است که میزان موالید را نشان می دهد. دومین نرخ مرگ و میر است و سومین نرخ ، نرخ مهاجرت است که خالص مهاجرت (میزان مهاجرت به داخل منطقه منهای میزان مهاجرت به خارج از منطقه) را نشان می دهد .افزایش جمعیت با توجه به مصرف سرانه، باعث افزایش تقاضای آب در این بخش می شود. به بیان دیگر میزان تولد و "خالص مهاجرین وارد شده" بر کل جمعیت اثر مثبت و میزان مرگ و میر اثر منفی دارد. همچنین مقدار کل جمعیت دارای اثر مثبت بر میزان تولد و مرگ و میر، و اثر منفی بر مهاجرین وارد شده دارد.

در ضمیمه نمودار موجودی و جریان الگو بصورت کامل رسم شده است.

اعتبار سنجی الگو و نتایج شبیه سازی

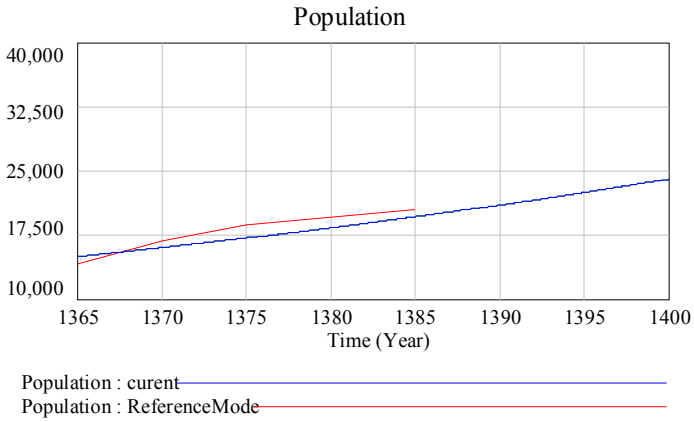
هدف اعتبار سنجی الگو در سیستم دینامیک، اطمینان از صحت رفتار ساختاری در عین توجه به فرآیند الگو سازی می باشد. با توجه به اینکه نتایج به دست آمده از شبیه سازی الگوی دینامیک (خروجی الگو[۳۹]) مدیریت منابع آب و مقایسه آن با نمودار های مرجع (داده های واقعی[۴۰]) برای متغییر های اصلی همخوانی[۴۱] داشته باشد، اعتبار و صحت الگو مورد تائید خواهد بود. نمودار شماره پنج روند تغییرات متغیر کلیدی این پژوهش یعنی منابع زیر زمینی حوزه را نشان می دهند.

37- level
38-rate
39 Simulated Data
40 Actual Data
41 در بحث سیستم هاي پويا بين داده هاي واقعي و داده هاي شبيه سازي شده مسئله تطابق (Accordance) داده ها نسبت به يكديگر اهميت ندارد بلكه بايد بين داده ها همخواني (Consistent) وجود داشته باشد.



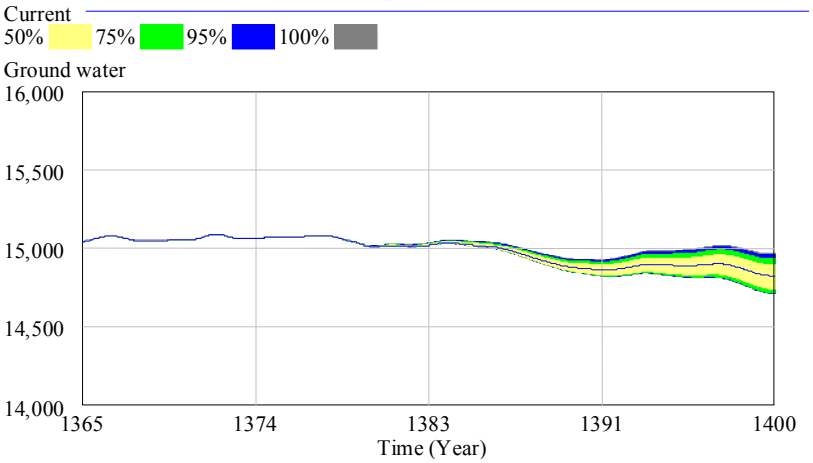
نگاره(۵) مقایسه نمودار مرجع و نمودار حاصل از شبیه سازی الگو

در نمودار شماره پنج خط آبی رفتار سیستم بر اساس داده های واقعی برای یک دوره ده ساله را نشان می دهد (Reference Mode)و خط قرمز رفتار سیستم بر اساس شبیه سازی الگوی دینامیکی (Current۱) می باشد. مشخص است که الگو از رفتار سیستم در محیط واقعی پیروی می کند.

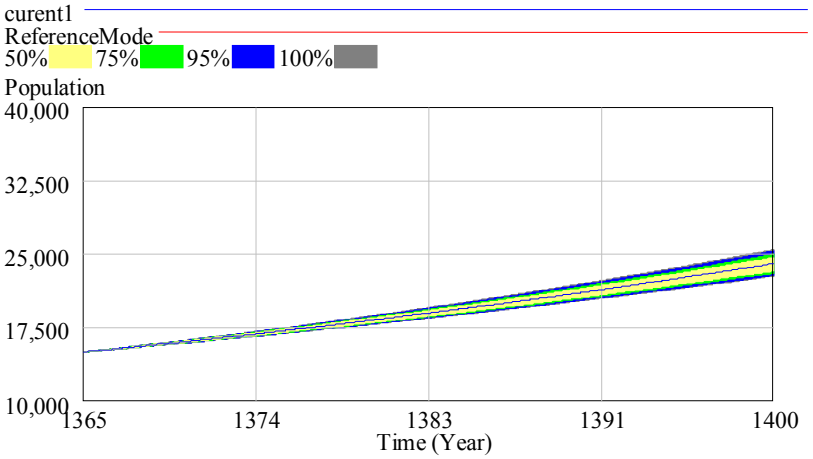


نگاره(۶) مقایسه نمودار مرجع و نمودار حاصل از شبیه سازی الگوی بخش جمعیت

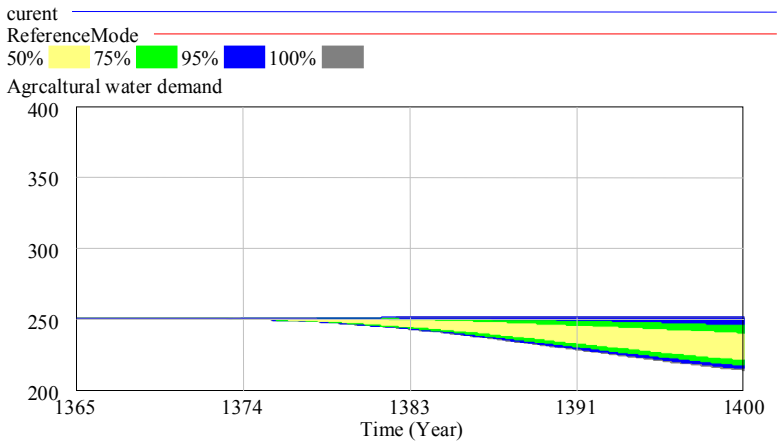
تحلیل حساسیت یکی از مهمترین مفاهیم الگوسازی در شبیه سازی است. منظور از آن، تعیین حساسیت جوابهای نهایی نسبت به مقادیر پارامترهای به کار رفته‌است. معمولاً در تحلیل حساسیت مقادیر پارامترها را روی محدودهٔ مورد نظر به طور منظم تغییر می‌دهند و اثر آن را روی پاسخ الگو مشاهده می‌کنند. نتایج آزمون تحلیل حساسیت الگو برای متغیرهای تأثیر گذار بر روی منابع آب های زیر زمینی در نمودار شماره هفت و برای متغیر جمعیت در نمودار شماره هشت قابل مشاهده می باشد. همچنین نمودار شماره نه تحلیل حساسیت را برای میزان تقاضای آب بخش کشاورزی به ازای تغییر در مقدار بودجه پرداختی جهت اصلاح مدیریت تقاضای آب بخش کشاورزی نمایش می دهد. این بودجه به صورت تسهیلات تلفیقی جهت بهینه سازی مصرف آب کشاورزی و به طور اختصاصی جهت تغییر شیوه آبیاری از روش سنتی به آبیاری تحت فشار در اختیار بخش کشاورزی قرار می گیرد. بدین صورت که پنجاه درصد از هزینه طرح بهینه سازی مصرف آب را کشاورز تأمین می کند و پنجاه درصد مابقی به عنوان کمک دولت به کشاورز تعلق می گیرد. سقف این مبلغ بر اساس تعداد طرح های مورد تأیید اداره جهاد کشاورزی شهرستان تعیین می گردد. با هزینه کردن این مبلغ و ایجاد تاسیسات آبیاری تحت فشار، تقاضای آب این بخش کاهش می یابد.



نگاره(۷) نمودار تحلیل حساسیت[۴۲] منابع آب های زیر زمینی



نگاره(۸) نمودار تحلیل حساسیت برای متغیر جمعیت



نگاره(۹) نمودار تحلیل حساسیت تقاضای بخش کشاورزی

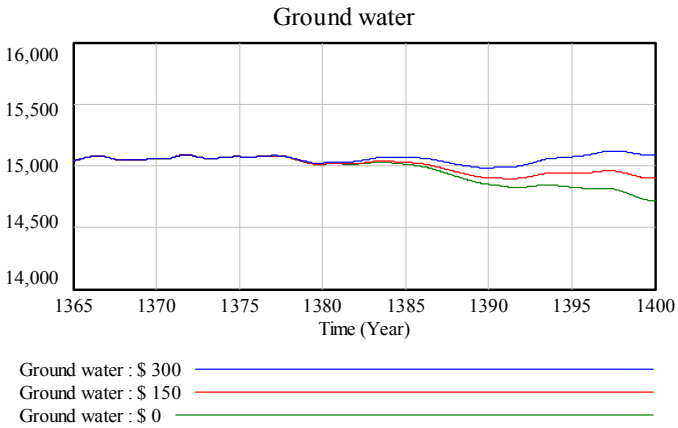
42 Sensitivity Analysis

اجرای سناریوهای مختلف مدیریتی و نتایج شبیه سازی آنها

به طور کلی تمامی اقداماتی که بر کیفیت و کمیت آب ورودی به یک سیستم مصرفی مؤثرند، بخشی از مدیریت عرضه می باشد و هر آنچه که بر مصرف و یا اتلاف آب پس از آن مؤثر است مدیریت تقاضا نامیده می شود به عبارت دیگر مدیریت تقاضای آب به فعالیت ها یا سیاست هایی اطلاق می شود که کمک می کند تا تقاضای آب کاهش یابد، راندمان مصرف بهبود یافته و از آلوده یا نابود شدن منابع جلوگیری شود (هربرتسون و تات،۲۰۰۱) .

سناریو شماره یک: مدیریت تقاضا

در اینجا مدیریت تقاضا شامل پرداخت جهت تغییر سیستم آبیاری از روش سنتی به آبیاری تحت فشار می باشد. در این الگوی دینامیکی سه حالت برای بررسی تأثیر تغییر روش آبیاری در نظر گرفته شده است، یعنی هزینه کردن مبالغ صفر(عدم تأمین اعتبار بابت مدیریت تقاضا، وضعیت موجود)، ۱،۵و۳ میلیارد ریال برای این امر. نتایج این شرایط در شکل شماره ده دیده می شود.



نگاره(۱۰) تأثیر اجرای مدیریت تقاضا بر حجم آب های زیر زمینی

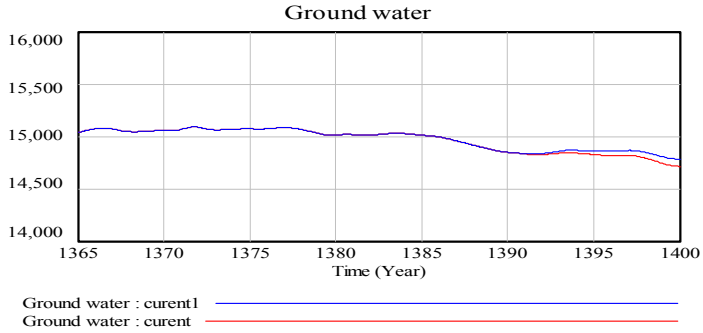
خط سبز رفتار شبیه سازی شده الگو زمانی که هیچ بودجه ای صرف مدیریت تقاضا نمی شود، خط قرمز نشانگر رفتار سیستم همراه با هزینه کرد مقدار ۱.۵ میلیارد ریال و خط آبی رفتار سیستم را برای تأمین بودجه ۳ میلیارد ریالی نشان می دهد. از شکل شماره ده ملاحظه می شود که صرف بودجه صفر، ۱.۵ و ۳ میلیارد ریالی برای کاهش تقاضا با یک تاخیر منطقی[۴۳] از طریق تغییر شیوه آبیاری باعث کاهش کمبود و در نهایت موجب افزایش آب های زیر زمینی می گردد. یعنی این تغییر، کاهش در تقاضای آب بخش کشاورزی به ترتیب برای بودجه ۱.۵ میلیارد ریالی ۴۹.۳۱۵ میلیون متر مکعب و برای بودجه ۳ میلیارد ریالی۸۱.۷۴۹ میلیون متر مکعب را شامل شده و این کاهش تقاضا باعث افزایش منابع آب زیر زمینی می شود. به طوری که مشاهده می شود شیب نمودار که روند نزولی دارد با اعمال سیاست های کاهش در بهترین حالت (بودجه ۳میلیارد ریالی) روند صعودی می یابد. یعنی با هزینه کرد بودجه ۱.۵ میلیارد ریالی در سال ۱۴۰۰ ، نسبت به زمانی که هیچ سیاستی اعمال نمی شود، ۱۴۳.۸ میلیون متر مکعب آب های زیر زمینی افزایش

43 -Delay

داشته است (۹۵.درصدافزایش). همچنین این مقدار برای صرف بودجه ۳ میلیارد ریالی، ۳۱۳.۲ میلیون متر مکعب می باشد (۲۰۸ درصد افزایش).

سناریو شماره دو: مدیریت عرضه آب

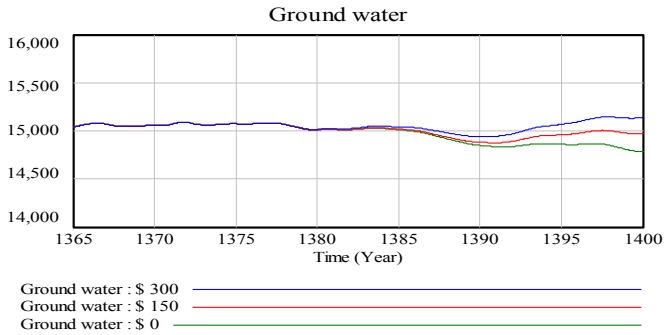
در اینجا مدیریت تامین آب به عنوان سناریوی دوم، به آبگیری سد سیبویه و تحت پوشش قراردادن زمین های آبی حوزه زیر دست طبق ظرفیت و توان سد اطلاق می شود. شروع این سیاست با توجه به توانمندی آبگیری سد سیبویه از سال ۱۳۹۰ می باشد. اثر این سیاست در شکل شماره یازده قابل مشاهده است. خط قرمز رفتار سیستم را برای زمانی که هیچ سیاستی اجرا نمی شود (current)و خط آبی رفتار سیستم را در نتیجه اجرای سیاست مدیریت عرضه آب از طریق سد (current1) نشان می دهد. این شکل بیانگر شکاف نمودار در جهت افزایش ذخیره آب های زیر زمینی در نتیجه تأمین آب از سد می باشد. با عرضه آب از طریق سد به میزان ۳۴ میلیون متر مکعب به همین میزان کاهش در استخراج آب های زیر زمینی را داریم که باعث افزایش در منابع آب های زیر زمینی می گردد. با شبیه سازی این سناریو توسط الگو دینامیکی، میزان افزایش آب های زیر زمینی نسبت به زمانی که هیچ سیاستی اجرا نمی شود در بهترین حالت (در سال ۱۴۰۰)، ۶۹.۹ میلیون متر مکعب می باشد (۴۶. درصد افزایش).



نگاره(۱۱)تأثیر اجرای مدیریت تقاضا بر حجم آب های زیر زمینی

سناریو شماره سه: ترکیب دو سناریو ی شماره یک و دو (مدیریت تأمین و تقاضای آب)

سناریوی سوم به صورت تلفیقی از دو سناریوی قبل در نظر گرفته می شود. نتایج حاصل از شبیه سازی و اجرای این سناریو در الگو دینامیکی بدین صورت است که در شکل شماره دوازده قابل مشاهده است. خط سبز رفتار شبیه سازی شده الگو زمانی که هیچ بودجه ای صرف مدیریت تقاضا نمی شود، خط قرمز نشانگر رفتار سیستم همراه با هزینه کرد مقدار ۱.۵ میلیارد ریال به همراه مدیریت عرضه و خط آبی رفتار سیستم را برای تأمین بودجه ۳ میلیارد ریالی همراه با مدیریت عرضه نشان می دهد. همانطور که قابل مشاهده است در این سناریو هم در قسمت مدیریت تقاضا از سیاست های صرف بودجه با ارقام صفر، ۱.۵ و ۳ میلیارد ریالی استفاده شده است. با تأمین اعتبار ۱.۵ میلیارد ریال و همچنین مدیریت عرضه آب، میزان افزایش ذخیره آب های زیر زمینی، ۱۸۹.۸ میلیون متر مکعب می باشد یعنی حدود ۱۰۳ درصد و در حالتی که این میزان بودجه ۳ میلیارد ریال به ازای مقدار کمبود باشد، ۳۵۹.۲ میلیون متر مکعب (حدود ۲۰۴ درصد) افزایش حجم آب های زیر زمینی خواهیم داشت.



نگاره(۱۲) تأثیر اعمال همزمان سیاست مدیریت عرضه و تقاضای آب

نتیجه گیری و پیشنهادات

منابع آب زیر زمینی در حوزه آبریز دشت سعادت آباد یکی از عوامل اولیه مهم تولید است که گسترش تولیدات کشاورزی در شهرستان پاسارگاد را دچار محدودیت جدی نموده است. علی رغم اینکه در این شهرستان نسبت به سایر شهرستان های دیگر استان فارس، مشکل کم آبی کمتر وجود دارد اما در صورتی که روند مصرف موجود ادامه یابد، با توجه به بیلان منفی حوزه، منابع آب زیرزمینی روند کاهشی قابل توجه ای را در آینده خواهند داشت (نمودار شماره ۵). سیاست های بهینه همزمان مدیریت تقاضا و عرضه می تواند بیلان آبی دشت را به تعادل نزدیک نماید و حتی روند آب های زیر زمینی، افزایش مطلوبی را در طول سال های شبیه سازی (تا سال ۱۴۰۰) را از خود نشان دهد (نمودارشماره ۱۲). این سیاست ها شامل استفاده از ذخایر سد جدید الاحداث سیبویه، گسترش و ترویج روش های مختلف آبیاری نوین در حوزه تحت نفوذ سد می باشد. البته تمامی این سیاست ها به شرطی نتیجه مطلوب خواهند داشت که از گسترش و توسعه سطوح زیر کشت و کاشت، زراعت و باغ در آینده جلوگیری شود. در حالی که با گسترش سطوح زراعت و باغ، تقاضا افزایش خواهد داشت که به نوبه خود می تواند بیلان آبی در منطقه را تحت تاثیر خود قرار دهد. بطور خلاصه اهم یافته های این پژوهش به شرح زیر خلاصه می گردد.

۱- از آنجا که بر اساس وضع موجود تا پایان دوره شبیه سازی حجم آب های زیر زمینی کاهش قابل ملاحظه ای پیدا می کند و با سناریوهای اجرا شده جهت کاهش مصرف آب، این منابع افزایش می یابد لذا سیاست های مدیریت تقاضای منابع آب، بر تعادل پویای عرضه- تقاضای آب موثر است.

۲- با اجرای سناریوی تأمین آب زمین های آبی حوزه مورد مطالعه از آب حاصل از آبگیری سد سیبویه، افزایش حجم آب های زیر زمینی نتیجه می گردد و در نتیجه سیاست های مدیریت تأمین (عرضه) منابع آب، بر تعادل پویای عرضه- تقاضای آب موثر است.

۳- اجرای هم زمان سیاست مدیریت تأمین و تقاضای آب باعث هم نیرو افزائی[۴۴] در اجرای سیاست افزایش ذخایر آبی زیر زمینی شده و بنابراین حجم آبهای زیر زمینی روند مطلوبی را در طول دوره شبیه سازی از خود نشان می دهد و ذخایر به سطوح قبل از سال های ۱۳۶۵ نزدیک می گردد.

۴- همچنین پیشنهادات می گردد، که مدیریت جهاد کشاورزی کلاسهای ترویجی متنوعی را به جهت افزایش آگاهی و ایجاد انگیزه برای بالابردن بازدهی آبیاری در زراعت و باغ برای کشاورزان برگزار نموده و همچنین کاهش مصرف سرانه آب شرب در منطقه

44 Reinforcing

توسط اداره آب ترویج گردد زیرا منطقه، منطقه ی مهاجر پذیر همراه با نرخ رشد بالای جمعیت است (نمودار شماره ۶) که در آینده با ازدیاد جمعیت، روند تقاضای شهری افزایش قابل توجه ای خواهد داشت.

در خاتمه یادآور می شویم که رابطه دو طرفه ای بین دقت الگو و زمان شبیه سازی وجود دارد هر چقدر که زمان شبیه افزایش یابد دقت نتایج کمتر خواهد شد. همچنین انتخاب سیاست بهینه بستگی به توانائی سیستم[45]، اهداف سیستم[46] و ابزارهای سیاستی تحت کنترل سیاست گذاران دارد. بنابراین انتخاب بهترین سناریو، که ممکن است ضرورتا در چارچوب سه سناریوی پیشنهادی این پژوهش نباشد بستگی به عوامل فوق دارد که توسط سیاست گذار می تواند تبیین گردد.

منابع

- ابریشمچی، ا.، تجریشی، م.، و باقری،ع.(۱۳۸۰)، برنامه زیری توسعه پایدار منابع آب، مجموعه *مقالات دانشکده مهندسی عمران*، دانشگاه صنعتی شیریف.ص۱تا۱۲.
- حمیدی زاده،م.، (۱۳۷۹)، پویایی های سیستم، چاپ اول، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- زرین بال، ع.ا. (۱۳۸۵)، استفاده بهینه از آب کشاورزی در استان فارس، *www.aftab.ir*.
- شرکت آب منطقه ای فارس، (۱۳۸۷) ، *گزارش پیشنهاد ممنوعیت محدوده مطالعاتی دشت سعادت آباد*.
- شرکت مدیریت منابع آب ایران،(۱۳۸۳)، *دستورالعمل تهیه بیلان نمک آب زیر زمینی*، نشریه شماره ۱۲۲-الف.
- شریفی، ا.ر. و ،تجریشی،م.، (۱۳۸۷)، الگو سازی پویایی سیستم به منظور بررسی تأثیر توسعه بالادست حوضه آبریز رودخانه کرخه بر تولید انرژی برقابی سد کوران بوزان، *دومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه های برقابی*.

صلوی تبار،ع.ر.، ضرغامی.م.، و ابریشمچی.ا.، (۱۳۸۵)، الگوی پویایی سیستم در آب شهری تهران، *نشریه آب و فاضلاب*، شماره ۵۹،ص۱۲تا۲۸.

- مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان پاسارگاد، ۱۳۸۸، اطلاعات اخذ شده بصورت دستی.
- مؤمنی، ا.، م.، تجریشی، م.، و ابریشمچی، ا.، (۱۳۸۵) ،الگو سازی بهره برداری از مخزن چند منظوره با استفاده از روش پویایی های سیستم، *فصلنامه علمی پژوهشی آب و فاضلاب* شماره ۵۷ ، ص۴۷ تا ۵۸.

- Barlas.Y., (2002), System dynamics: *systemic feedback modeling for policy analysis in knowledge for sustainable development—an insight into the encyclopedia of life support systems*, Paris, France,Oxford, UK: UNESCO Publishing—Eolss Publishers.
- Elmahdi, A. H., Malano, T., Etchells, and S., Khan, (2004), *System dynamics approach to irrigation demand management*, Cooperative Research Centre for Irrigation Futures.
- Forrester,J.W.,(1961),*Industrial dynamics*,MIT Press, Cambridge. MA.
- Herbertson, P.W.,Tale, E.L., (2001), *Tools for water use and demand management in South Africa*, World Meteorological Organization, Technical Reports in Hydrology and Water Resources, No. 73.
- Simonovic, S.P., (2002), *World water dynamics: global modeling of water resources*,Journal of Environmental Management, 66, pp. 246-267.

45 System Ability
46 System Goal

- Sterman, J. D., (2002), *All Models Are Wrong: Reflections on Becoming a Systems Scientist*,System Dynamics Review, 18(4), pp501-531.
- Stave, K., (2003), *A system dynamics model to facilitate public understanding of water management options in Las Vegas, Nevada*, Journal of Environment Management, 67,pp. 303-313.
Toshiharu, K. T., Hori. J. ,Nakatsuka, T. S., Chong, (2008), *World continental modeling for water resources using system dynamics*, Physics and Chemistry of the Earth, 33, pp. 304-311.
- United Nation, (1997), *Sustainable development of water resources in Asia and the Pacific*: An overview.
- Zhang, X.H., H.W. Zhang, B. Chen, G.Q. Chen, and X.H. Zhao (2008), *Water resources planning based on complex system dynamics*: A case study of Tianjin city, Communication in Nonlinear Science and Numerical Simulation 13,pp. 2328-2336.

ضمیمه:

ترجمه برخی از متغیرهای الگو

متغیر	توضیح
Rain fall in desert	بارش در دشت
Rainfall in heights	بارش در ارتفاعات
Infiltration of surface flow	نفوذ از جریان سطحی
Input to the aquifer	جریانهای ورودی به آبخوان از حوزه های مجاور
Agricultural Irrigation return	برگشتی از آبیاری کشاورزی
Natural recharge	تغذیه طبیعی
Surface water	آب های سطحی
Natural discharge	تخلیه طبیعی
Returned water	آب های برگشتی
ground water	آب های زیر زمینی
Ground Water Extraction	تخلیه زیرزمینی
Safe yield	ممنوعیت استحصال
Surface water supply	عرضه آب سطحی
Returned water	آب برگشتی
Minimum supply-demand	حداقل عرضه تقاضا
Industrial infiltration	برگشتی از مصارف صنعتی
Average demand/unit industrial	متوسط تقاضای آب یکواحد صنعتی
Number of industrial	تعداد واحدهای صنعتی
Industrial water demand	تقاضای آب بخش صنعت
Population Infiltration	برگشتی از مصارف بخش جمعیت
Population Water demand	تقاضای آب جمعیت
Demand per Capita	سرانه آب مصرفی
emigration rate	نرخ مهاجرت
Agricultural water demand	تقاضای آب بخش کشاورزی
Collected water Returned	مجموع پساب ها
Pay for consumption reduction	پرداخت جهت کاهش مصرف
Total budget needed for management in the agricultural sector	کل بودجه مورد نیاز برای مدیریت تقاضای بخش کشاورزی
Irrigation area	زمین های آبی

Water resources management in the agricultural sector of Saadat Abad basin by using System Dynamics approach

Javad Naseri & Mohammadhashem Moosavihaghighi[47]

Abstract

Nowadays, it is necessary to manage and control the water resources, especially in arid and semi arid areas. For this purpose, using managerial tools could assist executive managers and policy makers simultaneously. The System Dynamics approach is selected to simulate the real world and consequences of diverse decisions. In this study, the Saadat Abad basin which is located in semi arid area has been simulated for the evaluation the trends of factors affecting on water resources. Hence, the simulated model is conducted in three sections, supply, demand and population. The overall results by different scenarios suggested that the optimal management polices related to water supply/demand have positive effects on the underground water resources. The specific results show that the more expenditure on the irrigation systems can reduce the agricultural demand.

JEL Classification: Q21, Q25, Q28, C61

Keywords: System Dynamics, Water resource management, Simulation, Water supply, Water demand, Pasargad town

47-Javad Naseri, MS. C in Agricultural Economics, Financier of Passargad Municipality, Mohammadhashem Moosavihaghighi, Assistant Professor in "Fars Research Centre for Agriculture and Natural Resources" PhD in Agricultural Economics
J.naseri2@gmail.com, musavee@gmail.com