مدل سازی بهره برداری تلفیقی از منابع آب پایاب سد شهرچای (ارومیه) به روش پویایی سیستم

حمیدرضا ناصری[۱]، سیما احمدی[۲] و عبد الرحیم صلوی تبار[۳]

۱. دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد آبشناسی، دانشگاه شهید بهشتی

۳. کارشناس شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۶

چکیده

به منظور مدیریت بهینه بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب در پایاب سد شهرچای ارومیه، مدل پویایی سیستم توسط نرم افزار Vensim طراحی شده است. به این ترتیب که ابتدا پارامترهای تاثیرگذار بر نوسان آب سطحی و زیرزمینی و هم‌چنین برهم کنش عرضه و تقاضای آب شرب، صنعت و کشاورزی از هر دو منبع آب در محدوده مورد مطالعه شناسایی شده است. سپس این پارامترها و ارتباط متقابل آنها در محیط سیستم پویا کدنویسی شد. پس از واسنجی مدل به منظور ایجاد تصمیم‌گیری‌های صحیح برای مدیریت یکپارچه منابع تلفیقی، سناریوهای مختلفی مانند بهبود راندمان آبیاری، اجرای طرح فاضلاب شهری و مدیریت تقاضا با توجه به شرایطی که ممکن است در آینده در محدوده به وجود آید، اجرا گردید. نتایج اجرای مدل برای چهار سال آینده نشان می‌دهد که تامین کل نیاز آب شرب و صنعت از مخزن سد (در صورتی که دیگر شرایط در محدوده به وضع کنونی باقی بمانند)، مدیریت صحیحی نمی‌باشد، زیرا با کاهش برداشت آب از چاه‌های شرب، حجم ذخیره آب در آبخوان افزایش چشمگیری خواهد یافت. در این حالت در مناطقی از محدوده که ضخامت ناحیه غیراشباع کم است، نیاز به اجرای طرح پایین انداختن سطح آب به وجود خواهد آمد. هم‌چنین با اجرای سیستم جمع‌آوری فاضلاب در شهر ارومیه، بدون توجه به مقدار تخصیص صحیح آب شرب و صنعت از آب سطحی، حجم ذخیره آب در آبخوان کاسته خواهد شد. بنابراین برای متعادل نگه داشتن آبخوان، می توان با جا به جایی تخصیص آب کشاورزی و فضای سبز از آب تصفیه شده فاضلاب به جای آب چاه‌ها، از کاهش سطح آب آبخوان و هجوم آب شور دریاچه جلوگیری کرد.

واژه‌های کلیدی: پایاب سد شهرچای، سیستم پویا، نرم افزار Vensim، مدل‌سازی.

مقدمه

امروزه با افزایش تقاضا برای آب به عنوان حیاتی ترین عنصر زندگی و محدودیت منابع قابل استحصال آن، اهمیت ابزارهای مدیریتی بیش از پیش آشکار می‌شود. یکی از ابزارهای قوی مدیریتی که در سال‌های اخیر بسیار از آن برای شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده منابع آب استفاده شده، روش پویایی سیستم است. در این روش که روشی شی‌گرا و بر پایه بازخورد[1] است، به روابط دینامیکی بین خصوصیات کمی و کیفی آب و حتی مسائل اجتماعی– اقتصادی توجه می شود و سیستم مورد نظر بدون نیاز به ریاضیات پیچیده به سهولت قابل شبیه‌سازی است (صلوی تبار و همکاران، ۱۳۸۵). در چهار دهه اخیر، کاربرد سیستم‌های پویا در مدیریت منابع آب به شاخه های متعددی تقسیم شده است که

* نویسنده مرتبط h-nassery@sbc.ac.ir

1. Feedback

Archive of SID

www.SID.ir

چند دسته اصلی آن عبارت است از: برنامه‌ریزی حوضه آبریز و تحلیل ناحیه‌ای، مدیریت آب شهری، مدیریت سیلاب، مدل‌هایی برای آبیاری و.... محققان مختلفی در شاخه‌های فوق به مدل‌سازی پویا پرداخته اند.

Simonovic et al. (1997) برای ارزیابی دراز مدت منابع آب و تحلیل سیاست های اعمالی در حوضه رود نیل در مصر، از روش پویایی سیستم بهره جستند. (Stave, 2003) برای مدیریت آب در شهر لاس وگاس نوادا، از این روش بهره جست. مومنی و همکاران (۱۳۸۵) از این روش برای مدل سازی بهره‌برداری از مخزن چند منظوره بهره بردند و از آن برای تعیین تاثیرات تغییر راندمان آبیاری در حوضه زاینده‌رود استفاده کردند. صلوی تبار و همکاران (۱۳۸۵) برای مدل‌سازی منابع و مصارف آب شهری تهران از این روش بهره بردند و تاثیر سناریوهای مختلفی مانند انتقال بین‌حوضه ای آب، اجرای طرح جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و مدیریت تقاضا را بر روی مدل بررسی کردند. محدوده پایاب سد شهرچای با مسئله گسترش جمعیت، توسعه کشاورزی و رشد صنایع به بیانی با افزایش تقاضا و محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی روبروست. مدل پویایی سیستم محدوده مورد مطالعه، این امکان را فراهم می‌آورد تا بازخوردهای فعالیت های انسانی و تغییرات اکوسیستمی را مطالعه کرد. در این مدل، تاثیر تغییر میزان برداشت از منبع آب سطحی برای تامین نیاز شرب و صنعت، اثر طرح جمع آوری فاضلاب و اثر تغییر راندمان آبیاری بر نوسانات حجم ذخیره آب در هر دو منبع آب سطحی و زیرزمینی مدل سازی شده و رفتار متغیر بیلان آب ارائه شده است.

مفاهیم نظری و اساسی در سیستم پویا

مفاهیم نظری پویایی سیستم بر اساس اصل تفکر سیستمی است که دنیا را متشکل از کل‌هایی به نام سیستم می‌داند. خواص سیستم از جمع خواص اجزا آن به‌دست نمی‌آید، بلکه حاصل مطالعه اجزا و روابط آنهاست، در واقع سیستم برابر با جمع اجزای خود نیست و باید به عنوان یک کل مد نظر قرار گیرد (Stermane, 2000).

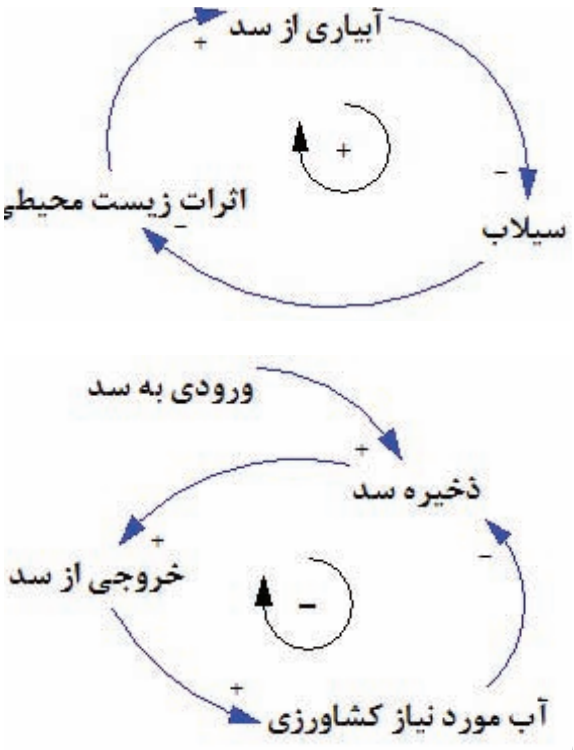
چند اصطلاح موجود در سیستم پویا عبارتند از الف) بازخورد: فرایندی است که طی آن، یک متغیر در یک سلسله ارتباطات علت و معلولی بر متغیرهای دیگر اثر بگذارد و در نهایت با تاثیر بر خود منجر به افزایش و کاهش خود شود. در همین راستا دو نوع بازخورد مثبت و منفی وجود دارد (شکل ۱).

بازخورد مثبت (+): متغیر اولیه با کاهش یا افزایش در متغیر دیگری در نهایت منجر به کاهش یا افزایش در خود شود.

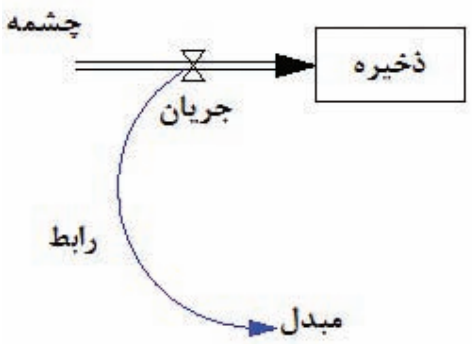
باز خورد منفی (–): متغیر اولیه با کاهش یا افزایش در متغیر دیگر، در نهایت منجر به افزایش یا کاهش در خود شود.

ب) نمودار علت و معلولی: مجموعه بازخورد های موجود در سیستم در قالب یک نمودار کلی را گویند (قبادی، ۱۳۸۵).

ج) روابط حلقوی: ارتباط میان اجزای سیستم، خطی نیست بلکه به صورت حلقه‌های علت و معلولی است. دو نوع حلقه تقویت و تعدیل وجود دارد. چهار عنصر اصلی مدل‌سازی سیستم‌ها در نرم افزار vensim عبارتند از ذخیره، جریان، رابط ها و مبدل‌ها که با علایم خاصی در سیستم نشان داده می‌شوند (شکل ۲).



شکل ۱- حلقه‌های بازخورد. الف) بازخورد منفی ب) بازخورد مثبت.



شکل۲- علائم مورد استفاده در سیستم پویا (Simonovic et al., 1997)

ذخیره یا تراز: برای تشریح هر پارامتر یا متغیری که تجمع می یابد، استفاده می شود. جریان‌ها: فرایندهایی را نشان می‌دهند که ذخایر را پر یا خالی می‌کنند. اتصالات یا رابطها: برای نشان دادن روابط بین متغیرهای مدل استفاده می شوند. اتصالات، اطلاعات گرافیکی را در یک مدل از یک جزء به یک جزء دیگر حمل می‌کنند. مبدل‌ها: ورودی را به خروجی اتصال می‌دهند، که می‌توانند به صورت روابط جبری، نمودار یا جدول باشند (Ho et al., 2005).

www.SID.ir

محدوده مورد مطالعه

محدوده پایاب سد شهرچای ارومیه بین °۴۵ تا ″۱۹ ′۱۶ °۴۵ طول خاوری و ″۴۹ ′۲۹ °۳۷ تا ″۱۷ ′۳۹ °۳۷ عرض شمالی با وسعت ۱۹۷ کیلومتر مربع در استان آذربایجان غربی واقع شده است. این محدوده از شمال به حوضه آبریز رودخانه روضه‌چای، از جنوب به حوضه آبریز باراندوز چای، از باختر به کوه‌های خلیل و از خاور به دریاچه ارومیه محدود می‌شود. رودخانه شهر چای در محدوده یاد شده پس از طی ۴۲ کیلومتر و عبور از روستاهای متعدد از جمله روستای کشتیبان، وارد دریاچه ارومیه می‌شود (شکل ۳). سد مخزنی- انحرافی شهرچای بر روی این رودخانه و در محلی با مختصات جغرافیایی ۴۴ درجه و ۵۵ دقیقه طول خاوری و ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی به فاصله تقریبا ۱۲ کیلومتری جنوب باختری شهر ارومیه احداث شده است. حجم مخزن سد حدود ۲۲۰ میلیون متر مکعب و حجم آب تنظیمی ۱۹۹ میلیون متر مکعب است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان غربی، ۱۳۸۷).

بررسی مشکلات در محدوده مطالعاتی

هدف از احداث سد شهرچای تامین آب شرب و صنعت شهر ارومیه و همچنین تامین نیاز آب کشاورزی اراضی پایین دست سد است که قسمت بزرگی از آبخوان دشت ارومیه را شامل می‌شود. با توجه به پارامترهای فنی طرح شبکه آبیاری و زهکشی اراضی آبخور سد شهر چای، میزان اراضی زیر کشت در شرایط طرح و وضع موجود ثابت و برابر ۱۲۵ کیلومتر مربع است.

شکل ۳- موقعیت محدوده پایاب سد شهرچای

نیاز کشاورزی در محدوده مطالعاتی سالانه تقریبا ۶۰ میلیون متر مکعب است که حدود ۳۰ میلیون متر مکعب این نیاز از مخزن سد با انحراف به بندهای واقع بر روی رودخانه شهرچای برداشت می‌شود. هم‌چنین، سالانه از ۴۳/۴۷ میلیون متر مکعب نیاز شرب و صنعت در محدوده، به طور قراردادی، ماهانه ۲ میلیون متر مکعب آب برای تامین مصارف شهری استحصال می‌شود. بقیه تمام نیازها از آب زیرزمینی تامین می‌شود. به تدریج با بهره‌برداری از فازهای مختلف تصفیه خانه آب شرب شهر ارومیه، با هدف تامین آب آن از مخزن سد، برداشت از آب زیرزمینی توسط ۴۹ حلقه چاه آب شرب کاملا از بین رفته و کلا آب شرب شهری از آب سطحی تامین خواهد شد. با خارج‌شدن چاه‌های شرب شهری از برنامه بهره برداری و اجرای طرح فاضلاب شهری که خود سبب حذف یک پارامتر اصلی تغذیه آبخوان می شود، سوال این است که چه شرایطی بر آبخوان شهرچای در چهار سال آینده حاکم خواهد شد؟ آیا سطح آب زیرزمینی بالا می آید و باعث از بین رفتن زمین‌های قابل استفاده می‌شود؟

روش تحقیق

برای انجام این تحقیق، اطلاعات زمین‌شناسی، ژئوفیزیک، هیدروژئولوژی، هیدرولوژی و هواشناسی منطقه گردآوری شده است. سپس مدل مخزن سد شهرچای و آبخوان محدوده در محیط نرم افزار Vensim (Venata Systems, 2000)، واسنجی شده و شرایط آتی با توجه به بهره‌برداری از سد شهرچای مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است داده های مورد نیاز برای تحقیق عبارت است از: ۱) میزان بهره‌برداری ماهانه از چاه‌های موجود در محدوده ۲) آمار ماهانه پارامترهای هواشناسی مانند میزان بارش ۳) سطح زیر کشت و الگوی کشت ماهانه برای تعیین میزان آب مورد نیاز کشاورزی ۴) میزان آب خروجی و ورودی ماهانه به مخزن سد ۵) میزان آب مورد نیاز برای مصارف شهری و صنعتی به تفکیک ماه و داده‌های میزان آب مورد نیاز برای مصارف شرب و صنعت روستایی

در مرحله طراحی مدل مخزن سد و آبخوان، ابتدا همه پارامترهای ورودی و خروجی به مخزن سد شهرچای و آبخوان موجود در محدوده مطالعاتی با توجه به ارتباط دقیق آنها با همدیگر در محیط برنامه کد نویسی شده اند. سپس برای هر یک از پارامترها بر اساس استاندارد برنامه خصوصیت جریان یا ذخیره و متغیر یا معین بودن، داده شده و برای پارامترها که به صورت سری زمانی هستند (مانند بارندگی)، داده‌های لازم وارد شد. برای بقیه پارامترها فرمول شرطی If then else نوشته شده تا با استفاده از ارتباطی که با هم دارند، مدل اجرا شود. در مرحله واسنجی، حجم مخزن آب سطحی از لحاظ صحت بیلان مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی در مورد آب زیرزمینی هم انجام شد تا تغییرات حجم آبخوان شبیه‌سازی شده با آبنگار (هیدروگراف) معرف (نمودار مرجع) محدوده تناسب داشته باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

نمودار مرجع

به نمودار رفتارهای عمده سیستم گفته می‌شود. شکل۴، نمودار مرجع این تحقیق است که برای تهیه آن از آبنگار معرف چهارساله دشت استفاده شده است.

زیرسیستم‌های مدل پویای مخزن سد شهرچای و آبخوان پایاب آن

زیرسیستم‌های مدل سیستم پویا برای محدوده مورد مطالعه شامل آبخوان پایاب سد، مخزن آب سطحی، تقاضای آب، جمعیت، سیستم فاضلاب شهری و بیلان آب زیرزمینی است.

الف) آبخوان پایاب سد شهر چای: در سیستم آب زیرزمینی منابع تغذیه کننده شامل بارندگی، آب نفوذی از بستر رود و آب برگشتی از کشاورزی، شرب و صنعت است. عوامل تخلیه کننده آبخوان شامل چاه، چشمه و قنات است. البته در محدوده مورد مطالعه به دلیل بالا بودن میزان تبخیر از لایه آبدار، پارامتر تبخیر نیز به عنوان متغیر تخلیه کننده آبخوان در مدل در نظر گرفته شده است. در مجموع، هدف از مدل‌سازی این قسمت کنترل تغییرات طولانی مدت ذخیره آب زیرزمینی است. لازم به ذکر است در مدل پویای آبخوان پایاب سد شهر چای، آبخوان به صورت یکپارچه و همگن در نظر گرفته شده است.

ب) سیستم مخزن آب سطحی: این سیستم نیز به وسیله یک سری عوامل برون‌زاد تغذیه شده و با یک الگوی مشخص آب را برای تامین نیاز ها به صورت تنظیم شده خارج می نماید.

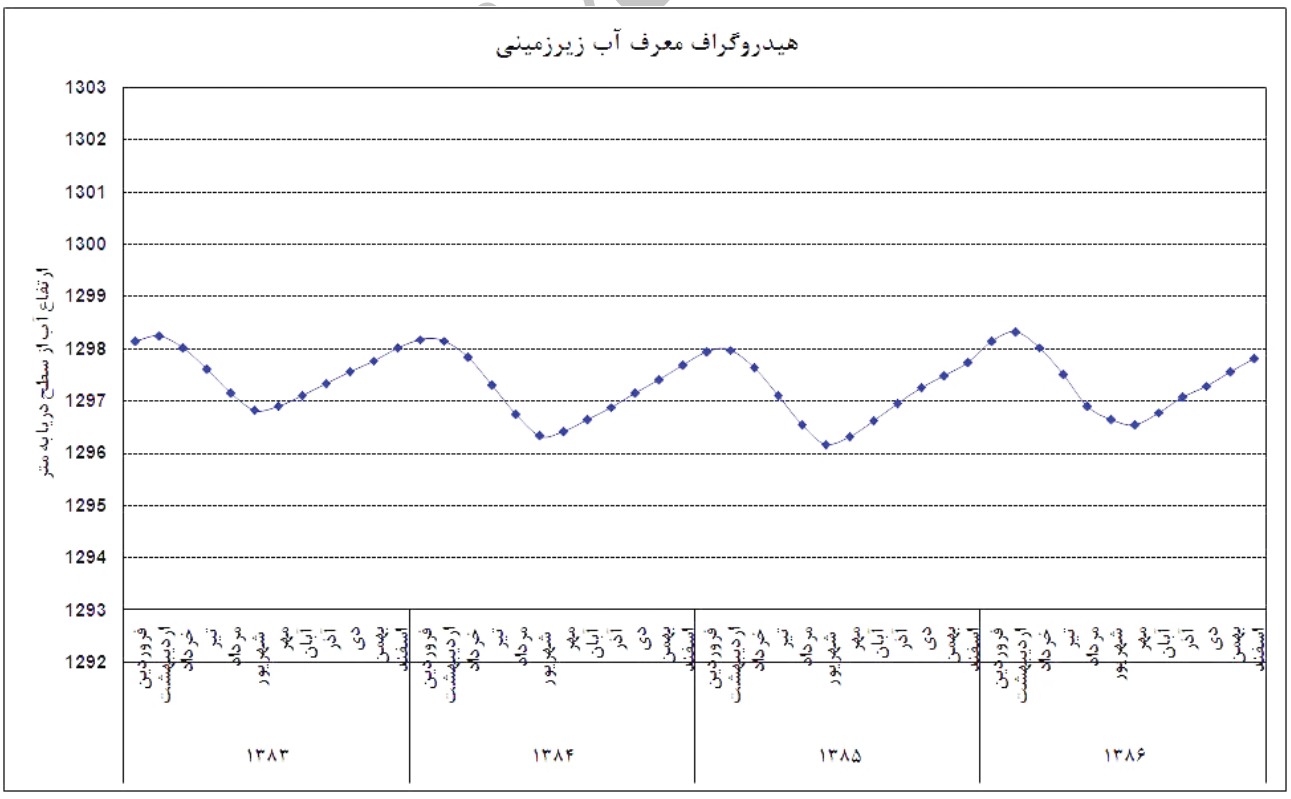
ج) تقاضای آب: شامل تقاضای آب شرب، کشاورزی و صنعت است.

نیاز کشاورزی تابعی از سطح زیر کشت و نیاز آبی برای هر هکتار از الگوی کشت است. در حال حاضر، سد شهرچای سالانه نیمی از نیاز کشاورزی را تامین می کند و بقیه به صورت کمبود از آب زیرزمینی تامین می‌شود.

د) جمعیت: یکی از پارامترهای مهم در مدل، جمعیت موجود در محدوده پایاب سد شهرچای است که هم‌زمان با رشد جمعیت، تقاضا برای آب افزایش می‌یابد. در حال حاضر، جمعیت کل محدوده ۵۳۹۸۴۹ نفر گزارش شده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵)، که ۹۹ درصد تحت پوشش آب شرب شهری قرار دارند. در مدل، رشد جمعیت حوضه شهرچای حدود ۰/۰۱ در نظر گرفته شده است.

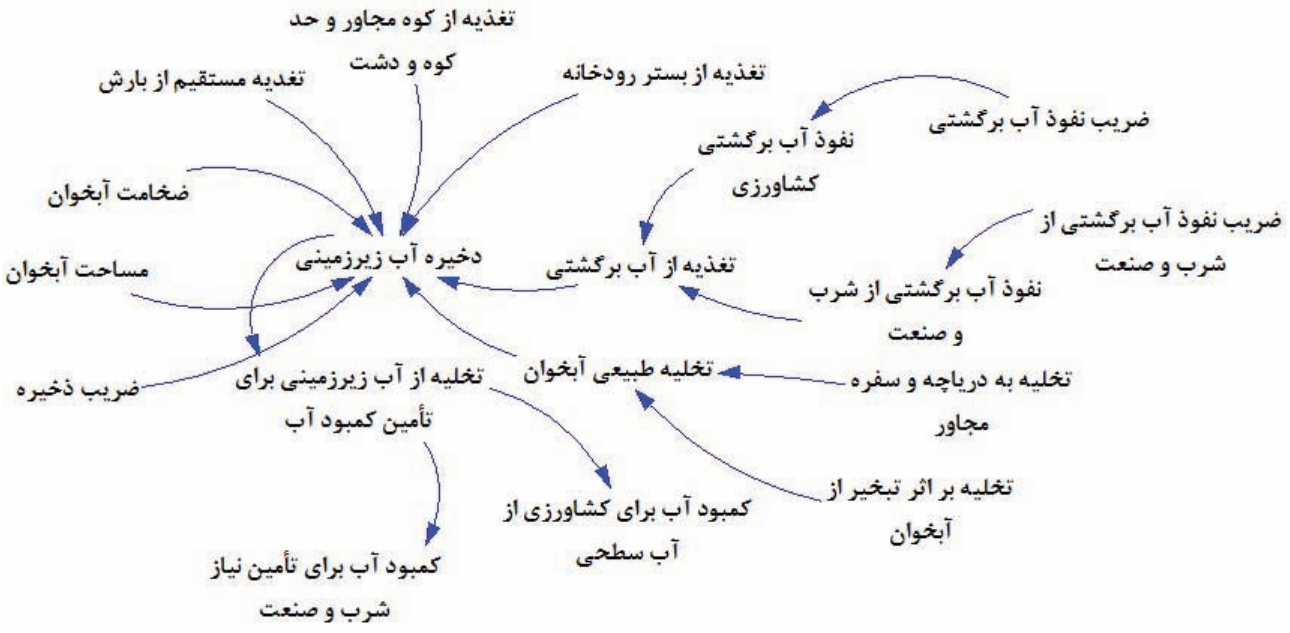
ه) سیستم فاضلاب شهری: در حال حاضر ۶۵ درصد شهر ارومیه تحت پوشش سیستم فاضلاب است. با احداث سیستم جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهری، به تدریج نفوذ آب برگشتی از مصارف شهری به آبخوان (که با ضریب ۶۰ درصد است) کاهش می یابد.

و) بیلان آب زیرزمینی: در این زیرسیستم، نیاز آب از یک سو و تامین آن از سوی دیگر، مقایسه و در صورت کم بودن مقدار تامین شده از مقدار تقاضا، تفاوت به صورت کمبود در مدل اعمال شده است.



شکل ۴- تغییرات سطح ایستابی آبخوان پایاب سد شهرچای از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۶

www.SID.ir



شکل۵- نمودار علت و معلولی آبخوان پایاب سد شهرچای

پارامترهای مورد استفاده در مدل سیستم پویا

پارامترهای مورد نیاز در مدل سیستم پویا شامل ضریب نفوذ آب آبیاری به آبخوان، راندمان کشاورزی، تعیین نیاز آب کشاورزی، تعیین نیاز شرب، صنعت و محیط زیست است.

الف) ضریب نفوذ آب آبیاری به آبخوان: آب برگشتی کشاورزی به سفره ۳۵ درصد با توجه به جنس، بافت خاک و روش آبیاری سنتی در محدوده که به صورت کرتی، نشتی و نواری است، در نظر گرفته شده است (شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی، ۱۳۸۷).

ب) راندمان کشاورزی: راندمان آبیاری در زمین های محدوده پایاب سد شهر چای، که به صورت کرتی آبیاری می‌شوند، ۳۹ درصد تعیین شده است (شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی، ۱۳۸۷).

ج) تعیین نیاز آب کشاورزی: کشت در محدوده پایاب سد شهر چای به دو دسته بزرگ کشت پایه با سطح زیر کشت ثابت (محصولات باغی) و کشت با سطح متغیر (مانند محصولات شبدر، گندم و ...) تقسیم شده است. بنابراین، آب مورد نیاز برای کشاورزی به دو بخش تقسیم می‌شود. اولین بخش از ضرب سطح زیر کشت هر کدام از محصولات پایه ثابت، در آب مورد نیاز خالص آن محصول در فصل کشت به دست می‌آید. بخش دوم از ضرب سطح زیر کشت محصولات گندم، جو بهاری و پاییزی و ... در آب مورد نیاز خالص، آنها به دست می‌آید. سپس با جمع دو عدد مذکور در هر ماه و با ضرب در راندمان آبیاری (۳۹ درصد)، نیاز کلی محدوده پایاب سد شهرچای برای کشاورزی حاصل می‌شود.

نمودار علت و معلولی

شکل ۵ نمودار علت و معلولی آبخوان پایاب سد شهر چای و شکل ۶ نمودار علت و معلولی مخزن سد شهرچای را به صورت حلقه‌های بازخوردی نشان می‌دهد. در شکل ۶ حجم ذخیره در مخزن سد معلول متغیرهای ورودی، تبخیر، رها سازی و سرریز است. جریان سرریز، که در حال حاضر در سد شهرچای صفر است، با توجه به بیشینه ارتفاع آبگیری مخزن، جریان‌های ورودی و خروجی و حجم ذخیره مخزن تعیین می شود. مجموع تلفات مخزن و جریان رهاسازی شده از مجموع جریان ورودی و حجم ذخیره کسر می شود. حجم باقیمانده با حجم معادل بیشینه ارتفاع آبگیری مقایسه شده و مازاد آن به عنوان سرریز از مخزن خارج می‌شود. کد نوشته شده برای سرریز در مدل به صورت زیر است:

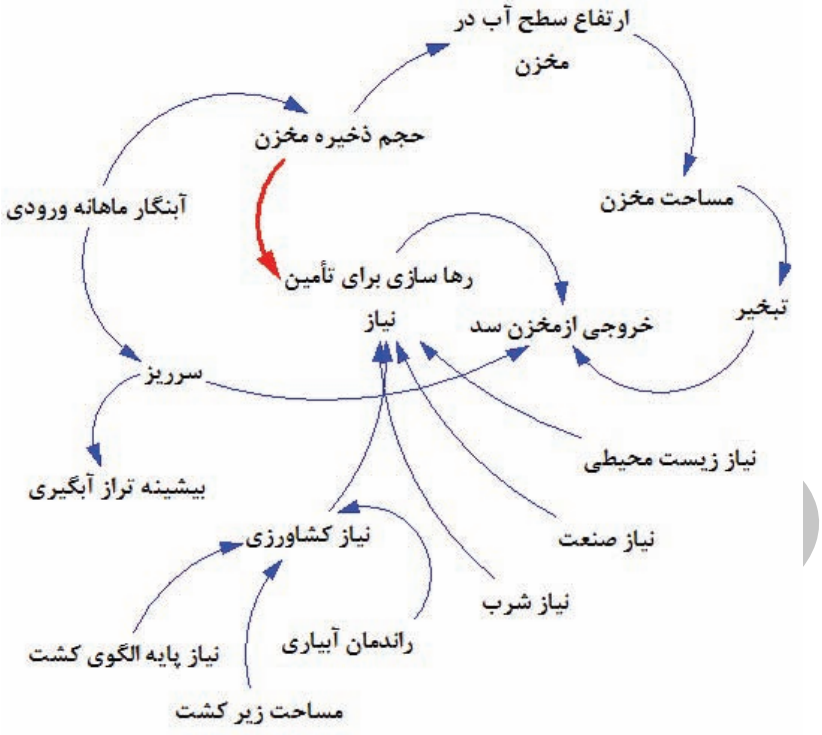
IF THEN ELSE((Shahrchay dam+inflow to reservoir-evaporation-regulation water from reservoir>max vol), (Shahrchay dam+inflow to reservoir-evaporation-regulation water from reservoir-max vol),(0))

رهاسازی از مخزن سد به منظور تامین نیازهای شرب، کشاورزی و صنعت بر حسب اولویت است. مقادیر فرار از تکیه‌گاه‌ها و نفوذ از کف مخزن به دلیل نبود اطلاعات، وارد مدل نشده و به همین علت در تلفات، فقط تبخیر در نظر گرفته شده که دارای اطلاعات کافی بوده است.

نمودار ذخیره - جریان

در این مرحله، کل مدل پویایی سیستم برای محدوده پایاب سد شهرچای که شامل روابط دینامیکی مولفه های سیستم آب سطحی

www.SID.ir



شکل ۶- نمودار علت و معلولی مخزن سد شهرچای

و آب زیرزمینی است، به صورت ذخیره- جریان نشان داده شده است (شکل ۷). لازم به ذکر است که مدت کل مدل‌سازی ۹۶ ماه است.

واسنجی مدل

یکی از مراحل مهم مدل‌سازی، واسنجی و تصدیق مدل است. در این مرحله، رفتار مدل با رفتار نمودار مرجع مورد مقایسه قرار گرفته است. برای اطمینان از رفتار مخزن سد، حجم مخزن شبیه‌سازی شده، با مقادیر حجم مخزن ثبت‌شده در محل، مقایسه شده است. برای تطبیق عملکرد سیستم آبخوان شبیه‌سازی شده با واقعیت، از مقایسه نمودار تغییرات حجم ذخیره آب در آبخوان (شکل ۸)، با نمودار مرجع، آبنگار معرف آب زیرزمینی (۱۳۸۳ تا ۱۳۸۶)، استفاده شده است. لازم به ذکر است که برای مقایسه، باید حجم ذخیره آب در آبخوان شبیه‌سازی شده به نوسانات سطح آب تبدیل شود که برای این منظور، از ضریب ذخیره آبخوان شهر چای (۰/۰۲) و از مساحت آبخوان (۱۹۷ کیلومتر مربع) استفاده شده است (شکل ۹). پس از تصحیح و تدقیق پارامترها و روابط، مدل واسنجی می شود. این مدل به عنوان نمایشگر سیستم واقعی در طبیعت در نظر گرفته شده است.

سناریوها

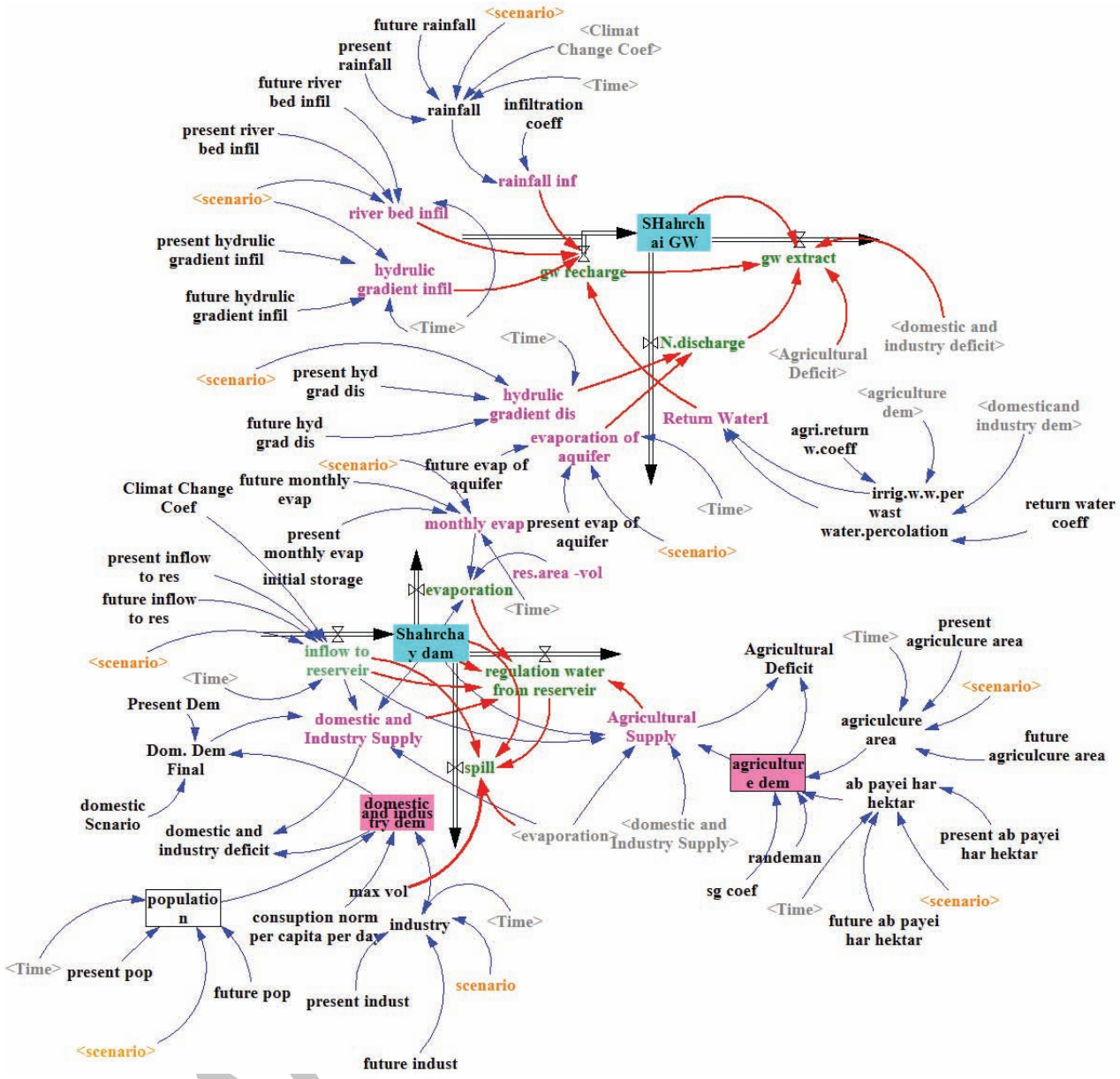
سناریوهای اجرا شده در مدل پویایی سیستم سد شهر چای و آبخوان پایاب سد عبارتند از: افزایش راندمان آبیاری، طرح جمع‌آوری فاضلاب، تغییر در تخصیص آب سطحی، تلفیق سناریوها.

الف) افزایش راندمان آبیاری: از آنجا که دشت ارومیه بر اساس آخرین گزارش ها (جباری و دادروان، ۱۳۸۶) جزو دشت‌های ممنوعه از نظر بهره‌برداری از آب زیرزمینی اعلام شده است، در نتیجه، امکان توسعه بهره‌برداری در این محدوده تقریبا وجود ندارد و از آنجا که در این دشت، شبکه مدرن آبیاری احداث نشده و آبیاری با انهار سنتی است، بهترین سناریوی ممکن در محدوده مطالعاتی افزایش راندمان آبیاری برای بهبود کشاورزی است. اگر هیچ تغییری در میزان برداشت از آب سطحی برای تامین نیاز شرب صورت نگیرد و تنها راندمان آبیاری که هم اکنون در اراضی پایاب سد شهر چای حدود ۳۹ درصد است تا ۴۱ درصد افزایش یابد، در اصل میزان ضریب نفوذ آب به زمین کاهش می‌یابد که با اجرای این سناریو، کاهش حجم ذخیره آب در آبخوان و مخزن سد مشاهده می شود (شکل ۱۰).

ب) طرح جمع‌آوری فاضلاب: هم اکنون شهر ارومیه تقریبا ۶۵ درصد تحت پوشش فاضلاب شهری است که پیش‌بینی می‌شود تا چهار سال آینده، کل شهر تحت پوشش فاضلاب قرار گیرد. از آنجا که یکی از پارامترهای اصلی تغذیه آبخوان آب برگشتی از مصارف از جمله مصارف شهری (با ضریب برگشت ۶۰%) است، با اجرای سناریوی فاضلاب شهری و صنعتی کاهش محسوس سطح آب زیرزمینی رخ می‌دهد (شکل ۱۱).

ج) تغییر در تخصیص آب سطحی: از آنجا که هدف از احداث سد شهر چای تامین کل نیاز آب شرب محدوده پایاب سد در حدود ۴۳/۴۷ میلیون متر مکعب در سال از آب سطحی است، در نتیجه با رسیدن به این مطلوب، کمبودی به وجود نخواهد آمد که از آب زیرزمینی برداشت شود. با اجرای این سناریو (با

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۷- نمودار ذخیره - جریان برای سد شهرچای و آبخوان پایاب سد

ثابت ماندن سایر شرایط)، حجم ذخیره آب در آبخوان افزایش را نشان می دهد، ولی افت شدیدی در حجم ذخیره مخزن سد مشاهده می‌شود (شکل ۱۲). با تغییر میزان تخصیص کنونی آب سطحی از دو میلیون متر مکعب در ماه به ۲/۷۵ میلیون متر مکعب در ماه (متوسط نیاز شرب و صنعت کل محدوده مورد مطالعه ۳/۷ میلیون متر مکعب در ماه است) حجم ذخیره آب زیرزمینی افزایش کمتری خواهد داشت (شکل ۱۳).

د) تلفیق سناریوها:

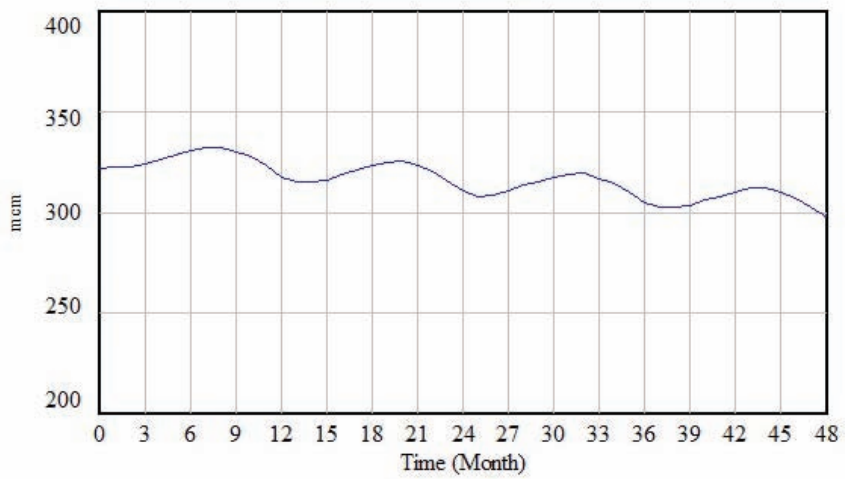
۱) تغییر تخصیص آب سطحی و طرح جمع‌آوری فاضلاب: اگر برداشت از آب سطحی به مقدار ۲/۷۵ میلیون متر مکعب در ماه برای تامین نیاز شرب و صنعت باشد و فاضلاب سطحی صفر شود، حجم ذخیره آب در آبخوان و مخزن سد کاهش نشان می‌دهد (شکل ۱۴).

۲) تغییر تخصیص آب سطحی، افزایش راندمان آبیاری و طرح جمع‌آوری فاضلاب: با اجرای هم زمان هر سه سناریو (طرح جمع‌آوری فاضلاب، افزایش راندمان آبیاری تا ۴۱ درصد و تامین ۲/۷۵ میلیون متر مکعب در ماه نیاز شرب و صنعت از مخزن سد)، نوسانات حجم ذخیره آب در آبخوان و مخزن سد در شکل ۱۵ نشان داده شده است.

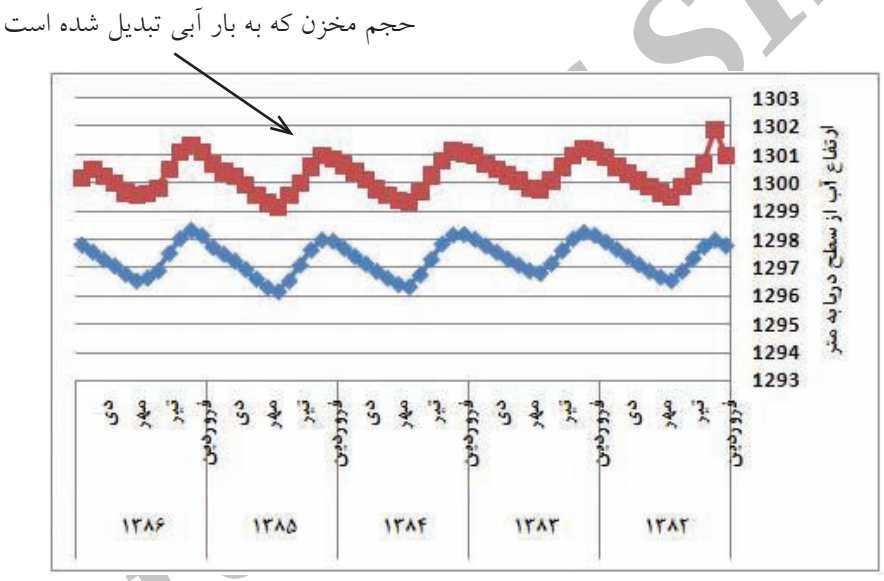
نتیجه گیری

تامین آب مورد نیاز پایاب سد شهرچای در آینده با توجه به افزایش جمعیت، که خود سبب افزایش تقاضا می‌گردد، از جمله چالش‌های اصلی مدیریت آب استان است. این مدل، اثر رشد جمعیت، تامین آب از منابع آب سطحی و دیگر عوامل را بر مخزن آب زیرزمینی نشان می‌دهد. محدوده پایاب سد شهر

www.SID.ir



شکل ۸- نوسانات حجم ذخیره آب در آبخوان محدوده پایاب سد شهر چای در دوره واسنجی مدل

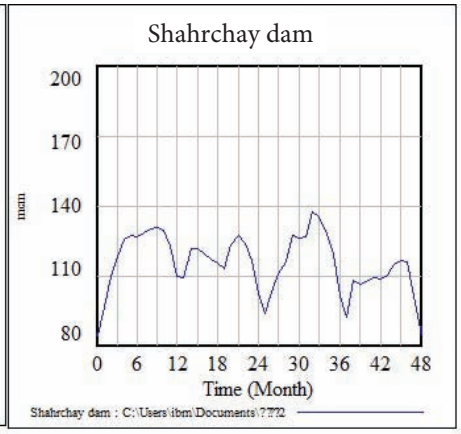


شکل ۹- مقایسه عملکرد مخزن شبیه سازی شده با آبنگار مرجع

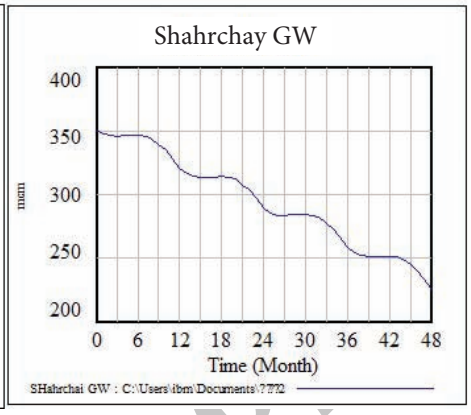
چای در حال حاضر دارای بیلان در حال تعادل است اما نتایج اجرای مدل سیستم پویا برای آبخوان پایاب سد شهر چای نشان می‌دهد که اگر برداشت‌ها از آب سطحی برای شرب و صنعت که در اولویت هستند، در طی چهار سال آینده افزایش یابد، به گونه‌ای که کل نیاز از مخزن سد تامین گردد (هیچ کاهشی در تامین نیاز کشاورزی از آب سطحی رخ ندهد و سیستم فاضلاب شهری به طور کامل اجرا نگردد)، حجم ذخیره آب زیرزمینی افزایش چشمگیری نشان خواهد داد، اما حجم آب مخزن سد افت شدیدی خواهد یافت. در نتیجه در مناطقی از محدوده که ضخامت زون غیراشباع کم است، سطح آب آبخوان بالا آمده، زمین‌ها غیرقابل‌استفاده می‌شود و طرح های عمرانی با مشکل مواجه خواهد شد. اگر سیستم جمع‌آوری فاضلاب در شهر ارومیه اجرا شود، هم‌چنین بخش عمده‌ای از نیاز آب شرب از مخزن آب سطحی تامین گردد و راندمان آبیاری افزایش یابد، به مقدار کاملا محسوسی از حجم ذخیره آب در آبخوان کاسته می‌شود. برای اینکه بتوان به میزان مطلوب هم از آب سطحی و هم زیرزمینی استفاده نمود، بهتر است برداشت از آب سطحی برای تامین نیاز شرب حداکثر تا ۲/۷۵ میلیون متر مکعب در ماه باشد تا حجم ذخیره آب در مخزن سد افت شدیدی نداشته باشد و همین طور بر اثر افزایش زیاد سطح ایستابی، نیاز به طرح های پایین انداختن سطح ایستابی نباشد. اگر سیستم فاضلاب به طور کامل اجرا شود، هر چند مقدار زیادی از آب شرب از مخزن سطحی تامین می‌گردد، به دلیل یکی از عوامل اصلی تغذیه آبخوان حذف می‌شود، برای جبران این کمبود در آبخوان باید طرح‌های تغذیه مصنوعی در محدوده با استفاده از آب تصفیه شده فاضلاب در نظر گرفته شود یا با جابجایی تخصیص آب کشاورزی و فضای سبز از آب تصفیه شده فاضلاب به‌جای آب چاه‌ها از کاهش سطح آب آبخوان و هجوم آب شور دریاچه جلوگیری گردد.

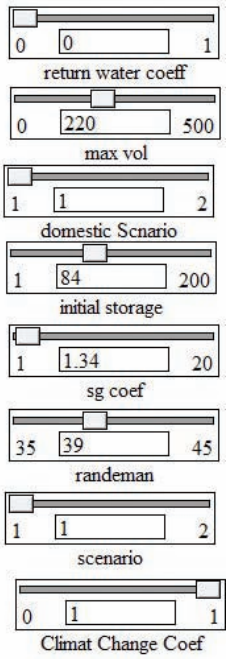
www.SID.ir

Time (Month)	48
Shahrchay dam	
Y ave Shahrchay dam	115.97
Y ave inflow to reserveir	102.66
Y ave outflow from reserveir	97.30
Y ave spill	0
Y ave evaporation	1.775
Y ave Agricultural Supply	24.43
Y ave domestic and Industry Supply	24
Shahrchay dam	84.13



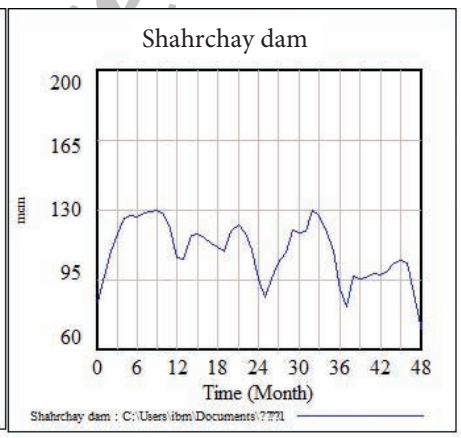
Time (Month)	48
Shahrchay GW	
Y Ave Shahrchay GW	296.40
Y Ave Natural gw recharge	42.27
"Y Ave N.discharge"	18.71
Y Ave gw extract	33.93
Y ave Agricultural Deficit	28.09
Y ave domestic and industry deficit	17.51
Shahrchay GW	225.43



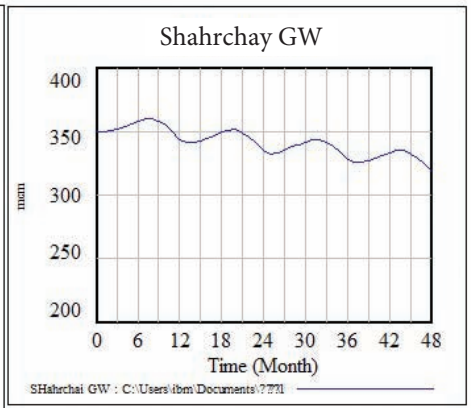


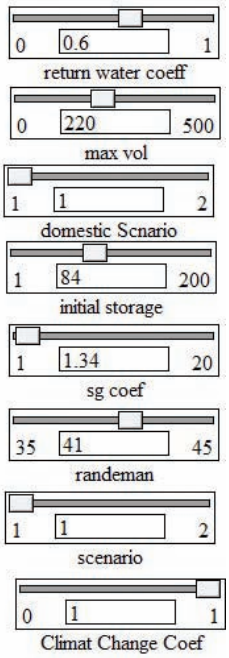
شکل ۱۰- تغییرات حجم ذخیره آبخوان و مخزن سد با افزایش راندمان آبیاری

Time (Month)	48
Shahrchay dam	
Y ave Shahrchay dam	109.82
Y ave inflow to reserveir	102.66
Y ave outflow from reserveir	101.05
Y ave spill	0
Y ave evaporation	1.712
Y ave Agricultural Supply	25.68
Y ave domestic and Industry Supply	24
Shahrchay dam	69.86



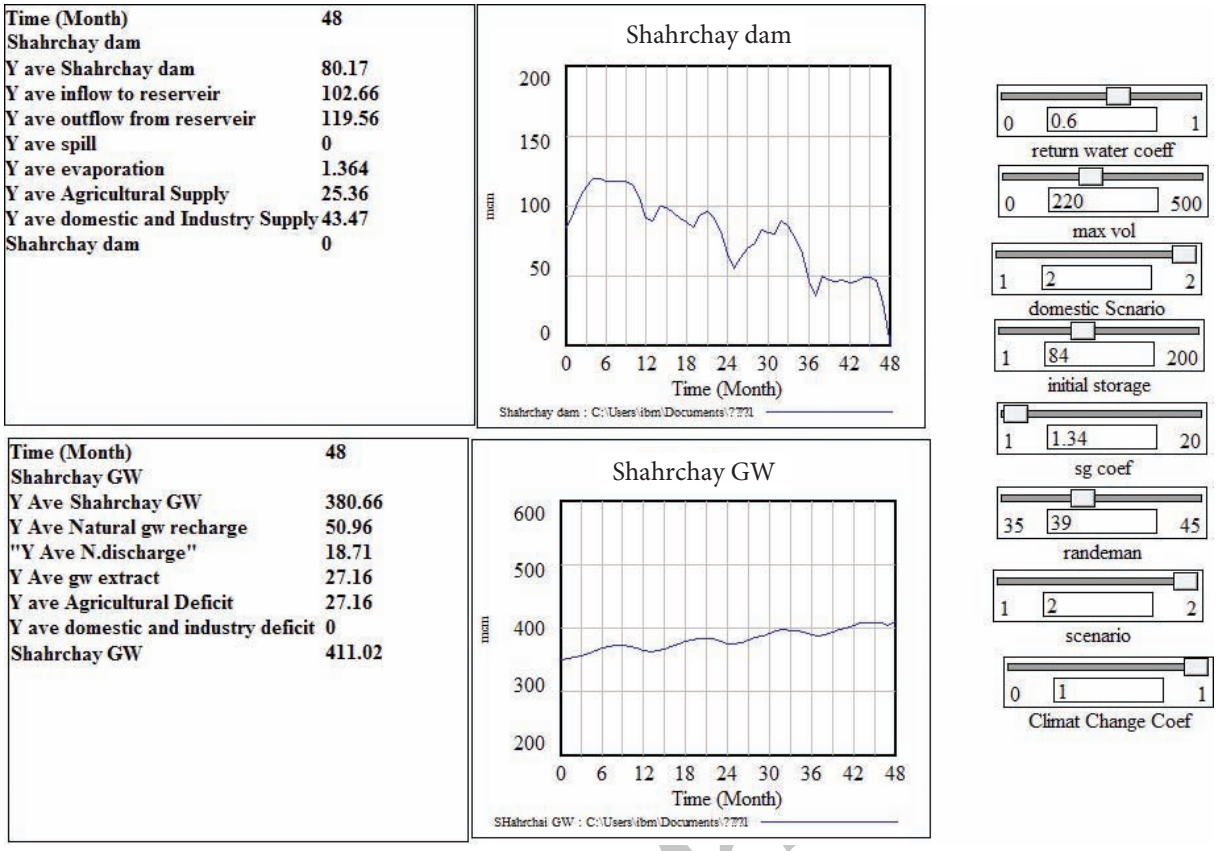
Time (Month)	48
Shahrchay GW	
Y Ave Shahrchay GW	342.23
Y Ave Natural gw recharge	51.51
"Y Ave N.discharge"	18.71
Y Ave gw extract	35.37
Y ave Agricultural Deficit	29.53
Y ave domestic and industry deficit	17.51
Shahrchay GW	319.10



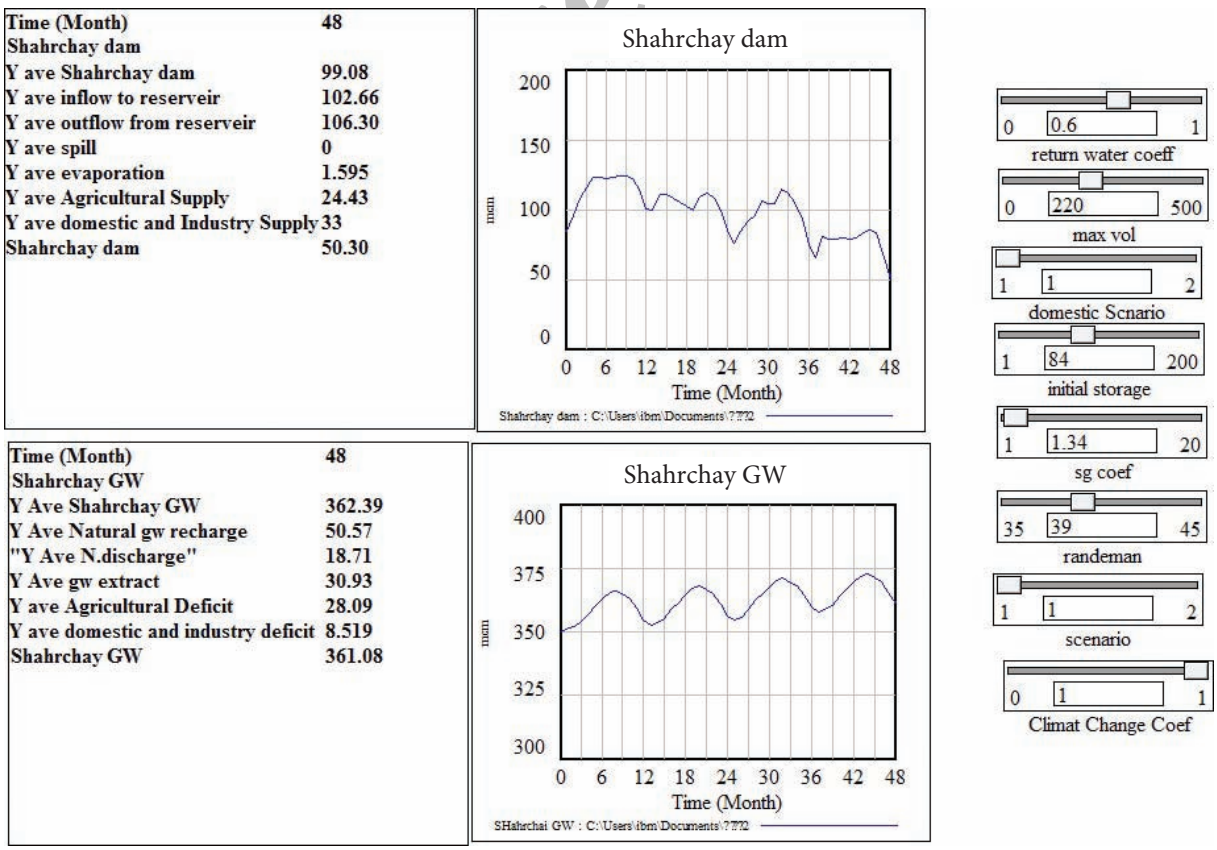


شکل ۱۱- تغییرات حجم ذخیره آبخوان و مخزن سد با اجرای طرح جمع‌آوری فاضلاب

www.SID.ir

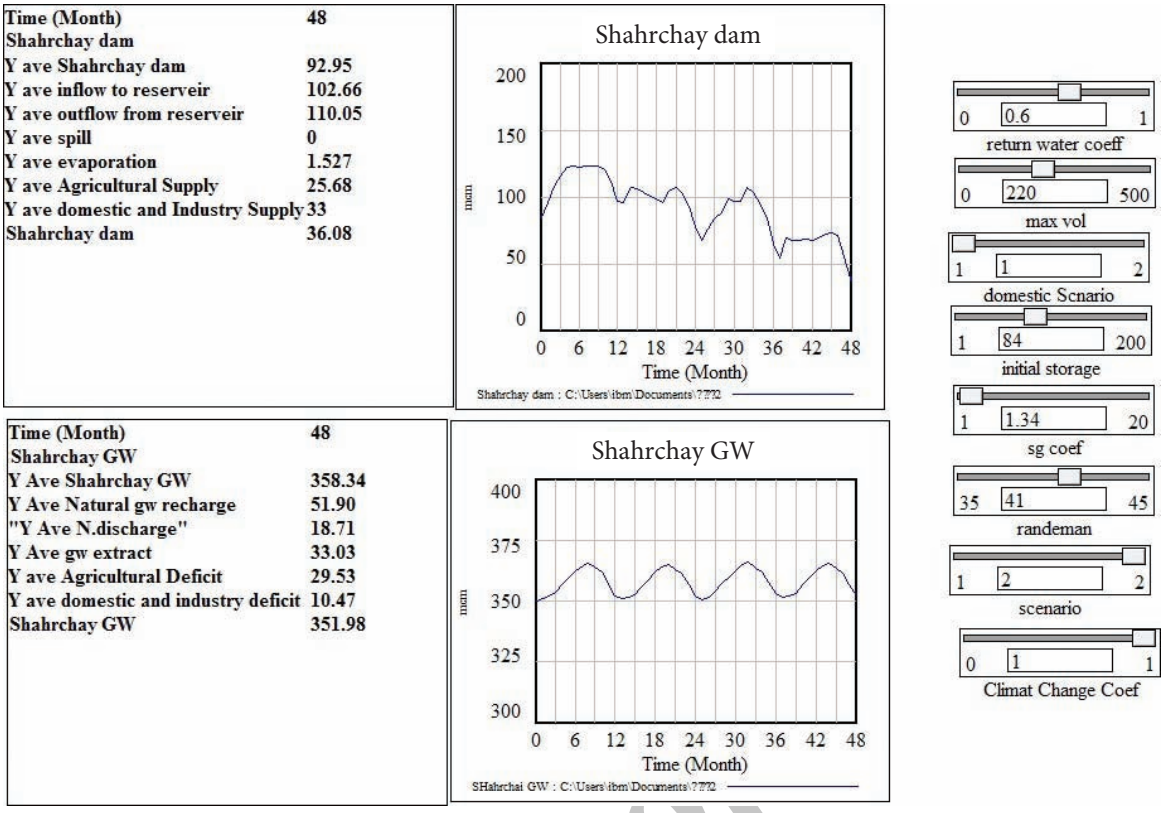


شکل ۱۲- تغییرات حجم ذخیره آبخوان و مخزن سد با اجرای سناریوی تغییر در تخصیص آب (تامین کل نیاز شرب و صنعت از آب سطحی)

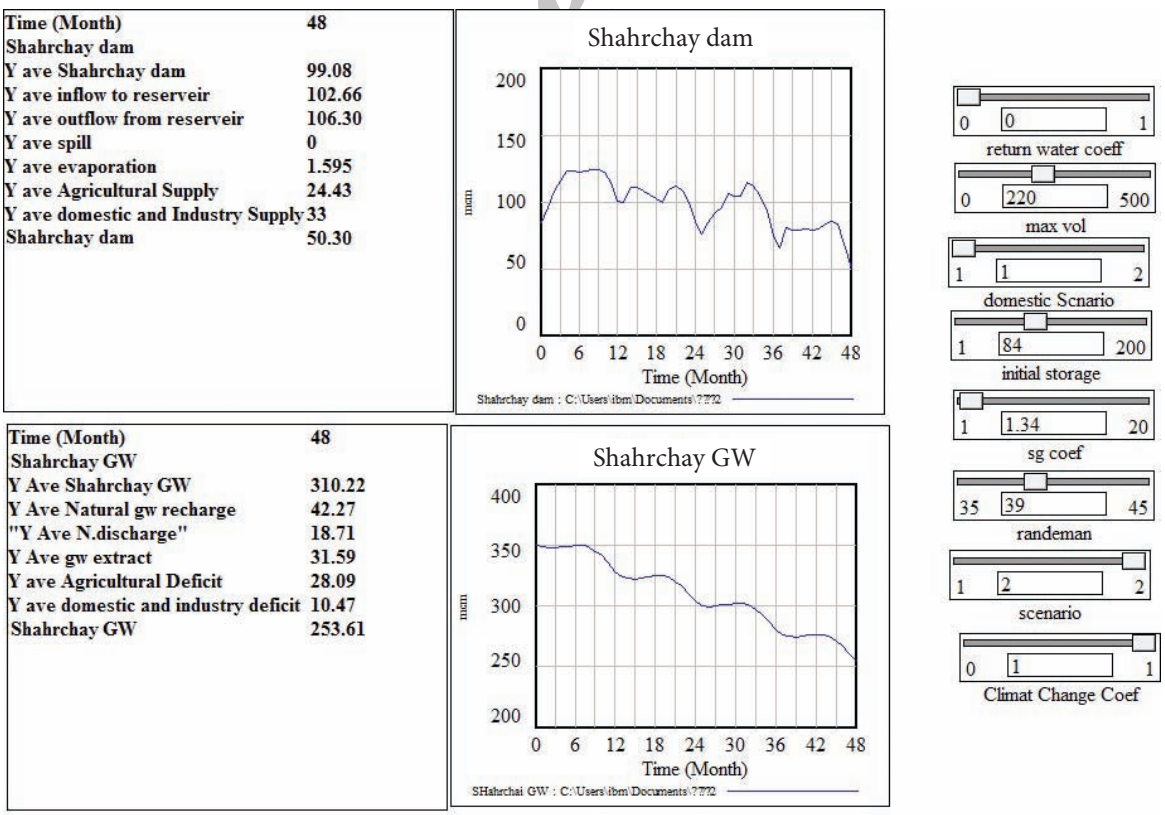


شکل ۱۳- تغییرات حجم ذخیره آبخوان و مخزن سد با اجرای سناریوی تغییر تخصیص آب (تامین ۲/۷۵ میلیون متر مکعب در ماه نیاز شرب و صنعت از آب سطحی)

www.SID.ir



شکل ۱۴- تغییرات حجم ذخیره آبخوان و مخزن سد با اجرای سناریو تغییر تخصیص آب سطحی (۲/۷۵ میلیون متر مکعب در ماه از نیاز شرب و صنعت) و سناریوی طرح جمع‌آوری فاضلاب



شکل ۱۵- تغییرات حجم ذخیره آبخوان و مخزن سد با اجرای سناریو تغییر تخصیص آب سطحی (۲/۷۵ میلیون متر مکعب در ماه از نیاز شرب و صنعت)، سناریوی افزایش راندمان آبیاری و طرح جمع‌آوری فاضلاب

www.SID.ir

منابع

– جباری، ع.، و دادروان، ف.، ۱۳۸۶. گزارش فنی و توجیهی اثرات بهره برداری از سد شهر چای ارومیه در خصوص افزایش پتانسیل آب زیرزمینی آبخوان و امکانات توسعه بهره برداری از آب های زیرزمینی دشت ارومیه، دفتر بیلان و تلفیق، شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی.

– شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی، ۱۳۸۷. گزارش توجیهی رفع ممنوعیت دشت ارومیه و امکانات توسعه بهره برداری از منابع آب زیرزمینی.

– قبادی، ش.، ۱۳۸۵. سیستم داینامیک: کاربردی از تفکر سیستمی، سازمان مدیریت صنعتی.

– صلوی تبار، ع.، ضرغامی، م. و ابریشم چی، ا.، ۱۳۸۵. مدل پویایی سیستم در مدیریت آب شهری تهران، فصلنامه آب و فاضلاب، ۵۹.

– مومنی، ا.، تجریشی، م. و ابریشم چی، ا.، ۱۳۸۵. مدل سازی بهره برداری از مخزن چند منظوره با استفاده از روش پویایی سیستم، پایان نامه کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی، دانشگاه شریف.

– مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵. سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵.

- Betralanffy, L., 1901, General System Theory, Foundation Development Applications, London.

- Ho, Ch., Yang, Ch., Chang, L., and Chen, T., 2005, The application of system dynamics modeling to study impact of water resources planning and management in Taiwan, The 23rd International System Dynamics Conference, Boston.

- Simonovic, P. S., Fahmy, H., and Shorbagy, A., 1997, The use of object- oriented modeling for water resources planning in Eygpt, Water Resources Management, 11, 243- 261.

- Stave, K. A., 2003, A system dynamics model to facilitate public understanding of water management option in Las Vegas, Journal Enviromental Management, 67, 303-313.

- Stermane, J. D., 2000, Business Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world, McGrow-Hill, Boston.

- Venata systems, Inc., 2000, Vensim Ple for Windows Version 5.9.

Archive of SID

www.SID.ir