بررسی تاثیر انتقال آب در تخصیص منابع آب سد چغاخور با استفاده از رویکرد پویایی سیستم

مصطفی کدخداحسینی[۱]، شایان شامحمدی[۲]، حامد نوذری[۳]، رسول میرعباسی نجف آبادی[۴]

تاریخ دریافت:۱۳۹۶/۰۸/۲۹

تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۵/۰۱

چکیده

در این مطالعه تخصیص منابع آب سد چغاخور پس از بهره‌برداری از طرح انتقال آب سبزکوه به چغاخور با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور داده‌های ماهانه دبی ورودی به مخزن و تبخیر از سطح مخزن با استفاده از مدل SARIMA برای دوره زمانی ۹۸-۱۳۹۴ پیش‌بینی شد و بهترین مدل برازش داده شده برای دبی ورودی به مخزن و تبخیر به ترتیب SARIMA (1,0,3)(1,1,1) و SARIMA (1,0,1)(1,0,1) بدست آمد. به این ترتیب همه عوامل تاثیرگذار بر حجم آب موجود در سد و همچنین برهم‌کنش عرضه و تقاضای آب شرب، صنعت، کشاورزی و زیست محیطی در محیط برنامه‌نویسی VENSIM مدل‌سازی شد. سپس ۹ سناریو به منظور تخصیص منابع آب سد برای آینده منطقه ارائه شد. نتایج نشان داد که در بهینه‌ترین سناریو این سد توانایی تامین آب ۴۳۰۰ هکتار از زمین‌های کشاورزی پائین‌دست را دارد که در این حالت درصد تامین نیازهای شرب، صنعت، کشاورزی و زیست‌محیطی به‌ترتیب ۹۸، ۹۰، ۸۷ و ۹۴ می‌باشد. علاوه بر این با تغییر سیستم آبیاری از سطحی به تحت فشار و با افزایش ۳۰ درصدی راندمان آبیاری، می‌توان سطح زیر کشت آبیاری سطحی را از ۳۰۰۰ به ۳۹۰۰ هکتار آبیاری تحت فشار افزایش داد.

کلمات کلیدی: انتقال آب بین حوضه ای، تخصیص، راندمان آبیاری؛ سناریو؛ SARIMA؛ VENSIM

[1] دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، Hosseini_mostafa69@yahoo.com
[2] استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، Shayan11962@gmail.com
[3] استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا، Hanozari@yahoo.com
[4] استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، Mirabbasi_r@yahoo.com (نویسنده مسئول)

مقدمه

بحران آب ناشی از رشد جمیت و توسعه اقتصادی، به عنوان مهمترین تهدید در جوامع انسانی و یک محدودیت برای توسعه پایدار شناخته شده است (UN-Water., 2008). در دهه‌های آینده آب به عنوان مهمترین منبع استراتژیک برای جوامع بشری و توسعه پایدار بخصوص در نواحی خشک و نیمه خشک دنیا شناخته خواهد شد (UN-Water., 2005). از دیرباز سیاست‌گذاران منابع آب در چنین مناطقی تلاش نموده‌اند تا از روش‌های مختلف مانند ساخت سد، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، استفاده از آب‌های نامتعارف، باروری ابرها و پروژهای انتقال آب برای مدیریت و رفع کمبود آب استفاده نمایند (Hutchinson et al., 2010). عدم موفقیت در توسعه راه حل‌های پایدار برای مدیریت منابع آب در مقیاس حوضه آبریز ریشه در فقدان دانش و آگاهی کافی از طبیعت بهم پیوسته و پویای زیرسیستم‌های مختلف تشکیل دهنده یک سیستم پیچیده حوضه آبریز دارد (Mirchi et al., 2010). مدیریت جامع منابع آب بایستی مبتنی بر نگرش پویای سیستم‌ها باشد تا بتواند بازخورد فعالیت‌های انسانی، رشد جمعیت، انتشار گازهای گلخانه‌ای، تغییرات اکوسیستم و عوامل اجتماعی و اقتصادی را در نظر گیرد. از آنجایی که مسائل و موارد مربوط به منابع آب دارای ماهیت پیچیده‌ای هستند، راه‌حل‌های مبتنی بر تفکرات خطی و نگرش‌های رویدادگرا نمی‌توانند به‌صورت جامع و کامل آن‌ها را مورد تحلیل و بررسی قرار دهند (Mirchi et al., 2012؛ Madani., 2010). تحلیل پویایی سیستم به‌عنوان روشی که بر اساس تفکر سیستماتیک بنا نهاده شده، برای مطالعه و بهبود یادگیری در ارتباط با سیستم‌های پیچیده بکار می‌رود. هدف این روش فهم چرایی و چگونگی یک رخداد دینامیکی و تلاش برای اجرای سیاست‌ها و مدیریت کردن آن رخداد است (Saysel et al., 2002). مهم‌ترین اصل رویکرد دینامیک سیستم‌ها این است که ساختار سیستم در طول زمان الگوهای رفتار آن را ایجاد می‌کند که این موضوع در تحلیل رفتار سیستم مورد نظر اهمیت ویژه‌ای دارد (Vlachos et al., 2007). همچنین دینامیک سیستم‌ها در پیاده‌سازی رفتار سیستم، تحلیل نتایج و آزمون مدل شبیه‌سازی شده اطلاعاتی در مورد چگونگی رفتار سیستم در شرایط در نظر گرفته شده به تحلیل‌گر می‌دهد. رویکرد دینامیک سیستم‌ها در تحلیل مسائل مربوط به منابع آب به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته است که می‌توان به کیفیت آب و برنامه‌ریزی محیط‌زیست (Mirchi and Watkins, 2013)، مدیریت سیلاب (Ahmad and Simonovic., 2004)، برنامه‌ریزی و مدیریت بحران (Bagheri et al., 2010)، بهره‌برداری از مخازن (Ahmad and Prashar., 2010)، بررسی اثرات خشکسالی (Shahbazbegian and Bagheri., 2010)، بهره‌برداری از آب‌های مشارکتی (Langsdale et al., 2009) و مدیریت، برنامه‌ریزی و آنالیز تصمیم‌گیری سیاست‌های مدیریت منابع آب (Hassanzadeh et al., 2012؛ Madani and Marino., 2009) اشاره نمود. مدل منابع و مصارف آب شهری تهران با روش پویایی سیستم برای ارزیابی روند منابع و مصارف و عوامل اثرگذار بر آن توسط Salvatabar et al.(2006) تهیه و توسعه داده شد. اندرکنش منابع آب شهری با جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی عرضه و تقاضای آب، سیستم پیچیده‌ای را ایجاد می‌کند که تحلیل آن صرفاً با نگرشی جامع و با روش پویایی سیستم‌ها مقدور می‌باشد. نتایج تحلیل پویایی سیستم آب شهری تهران، اطلاعات قابل فهم و تصویری برای درک علل کاهش منابع آب در اختیار مدیران شهری قرار داد. همچنین این مدل روند تغییرات بیلان آب در آینده و تاثیر سناریوهای مدیریتی همچون انتقال بین حوضه‌ای آب، اجرای طرح جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و مدیریت تقاضا را ارائه می‌کند. Ahmadi et al.(2014) از مدل برنامه‌نویسی VENSIM برای بررسی عملکرد مخزن سد کوثر در جمع‌آوری سیلاب و تامین نیازهای مختلف استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدل پویایی سیستم جایگزین خوبی برای سیستم‌های شبیه‌سازی معمولی است که دارای مزیت‌هایی از جمله: افزایش سرعت توسعه مدل، سهولت اصلاح ساختار، توانایی انجام آنالیز حساسیت و

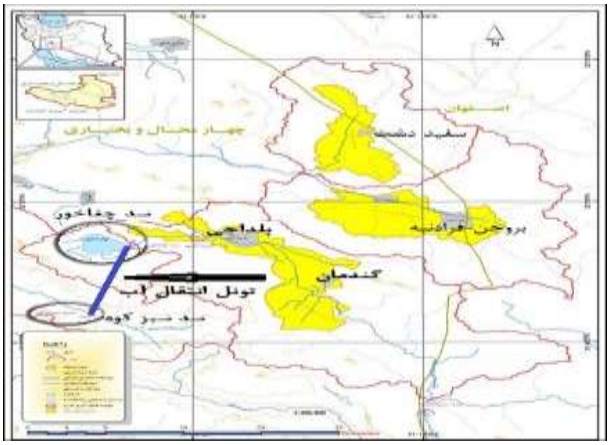
ارتباط مؤثر بین اجزا می‌باشد. نتایج اجرای مدل نشان داد این سد با توجه به خشکسالی‌ها توانایی تأمین نیازها و اهداف مورد نظر را ندارد و برای تأمین نیازهای رو به افزایش باید استراتژی دیگری مورد بررسی قرار گیرد. برای ارزیابی اثرات اجتماعی و اقتصادی در سطوح مختلف تخصیص جریان زیست‌محیطی در حوضه رودخانه ویه در چین(2012).Wei et al از مدل دینامیک سیستم‌ها و نرم‌افزار VENSIM استفاده کردند. در این مطالعه چهار الگو برای رشد اجتماعی و اقتصادی و چهار الگو برای تخصیص آب زیست‌محیطی در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داد که مدل توسعه یافته SD[1] عملکرد مناسبی در انعکاس رفتار دینامیکی سیستم در منطقه مورد مطالعه دارد. همچنین یک الگوی بهینه رشد شرایط اجتماعی و اقتصادی در منطقه همراه با تخصیص آب زیست‌محیطی با مقایسه بین سناریوهای مختلف به دست آمد. نوذری و مصطفی (۱۳۹۶) در مدیریت و بهره برداری از آب سد امیرکبیر از مدل پویایی سیستم و برنامه ریزی خطل استفاده کردند. در این مطالعه جها پیش‌بینی تبخیر بارش از سری های زمانی ARIMA استفاده و طی بررسی دو سناریو تخصیص بهینه منابع آبی این سد انجام گردید. فتوکیان و همکارن (۱۳۹۶) از مدل پویایی سیستم VENSIM جهت اعمال الگوی بهینه کشت برای تدوین سیاست بهره‌برداری سد یامچی واقع در استان اردبیل استفاده کردند. در این مطالعه امعیارهای مختلف همچون آب مجازی، نقش محصول در تامین نیازهای عمومی سود مالی، قابلیت انبار و نیاز آبی محصولات جهت تعیین الگوی کشت بررسی شده است. هم‌اکنون ۱۴ درصد از آب‌های برداشت شده در مقیاس جهانی از طریق پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای منتقل می‌گردد که پیش‌بینی شده است این رقم تا سال ۲۰۲۵ به ۲۵ درصد افزایش خواهد یافت (ICID., 2005). انتقال آب از حوضه‌هایی با آب فراوان به مناطقی با کمبود آب به‌عنوان راه‌حلی برای تأمین آب مورد نیاز برای توسعه حوضه‌های گیرنده به شمار می‌رود (Gupta and Van der Zaag., 2008). در تحقیق حاضر، نحوه تخصیص منابع آب سد چغاخور در تامین نیازهای شرب، صنعت، کشاورزی و زیست‌محیطی برای دوره زمانی ۹۸-۱۳۹۴، با فرض بهره‌برداری طرح انتقال آب سبزکوه به چغاخور از سال ۱۳۹۵ با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها و محیط برنامه‌نویسی VENSIM مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور ۹ سناریو که شامل ترکیبی از سطح زیرکشت‌های مختلف، روش‌های متفاوت و در نظر گرفتن نیاز زیست‌محیطی است، تعریف و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

سد چغاخور در استان چهارمحال بختیاری و در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی واقع گردیده است. این سد با حجم مخزن ۵۹ میلیون مترمکعب بر روی تالاب بین المللی چغاخور و با هدف تامین نیاز آبی ۸۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی منطقه احداث شده است. اما هم اکنون برای حدود ۳۵۰۰ هکتار از اراضی شبکه آبیاری و زهکشی راه‌اندازی شده است. سیستم آبیاری حدود ۱۳۰۰ هکتار از اراضی آبخور سد از نوع تحت فشار و مابقی از نوع آبیاری سطحی می باشد. راندمان آبیاری سطحی و تحت فشار در منطقه به ترتیب حدود ۴۵ و ۷۵ درصد می‌باشد (ریاحی، ۱۳۹۰). طبق برنامه‌ریزی انجام شده بابراین بود که آب تنظیمی از سد سبزکوه توسط تونل به سد چغاخور از سال ۱۳۹۵ با ظرفیت انتقال ۱۴ مترمکعب برثانیه و سالانه ۵۵/۹ میلیون مترمکعب انتقال یابد. میزان انتقال آب در ماه‌های مختلف بستگی به شرایط و فصل‌های مختلف متفاوت است. جدول ۱ میزان آب انتقالی پیش‌بینی شده در هر ماه را نشان می‌دهد (بی نام، ۱۳۹۳). در این مطالعه از داده‌های تبخیر، بارش و دبی ورودی به مخزن در خلال سال‌های ۹۳-۱۳۷۶ استفاده شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی سد چغاخور را نشان می‌دهد.

[1] System Dynamic



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی سد چغاخور

جدول ۱. مقدار حجم آب انتقالی از حوضه سبزکوه به سد چغاخور

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
حجم انتقال (MCM)	۱/۶۳	۱/۰۴	۱/۷۹	۲/۰۱	۲/۹۶	۴/۴۳	۱۶/۲۲	۱۲/۲۲	۶/۹۱	۳/۰۹	۱/۹۶	۱/۶

نیاز کشاورزی و زیست محیطی

در اراضی آبخور سد چغاخور میزان آب مورد نیاز در بخش‌های کشاورزی و محیط‌زیست در ماه‌های مختلف سال محاسبه شده است. مقدار نیاز کشاورزی پایین‌دست سد مطابق با جدول ۲ به‌دست آمده است (بی نام، ۱۳۹۳). با توجه به کمبود منابع آبی سد چغاخور، از زمان بهره‌برداری تا کنون آبی برای نیاز زیست‌محیطی تخصیص داده نشده و بر اساس مطالعات انجام شده حداقل نیاز زیست محیط‌محیطی پایین‌دست سد به طور ثابت ۳۲۵ لیتر در ثانیه می‌باشد که بر اساس روش هیدرولوژیکی تعیین نیاز زیست‌محیطی محاسبه شده است (بی نام، ۱۳۹۳). یکی از روش‌هایی که برای محاسبه نیاز زیست‌محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد روش مونتانا می‌باشد (بهروزی راد، ۱۳۹۷). در این روش درصدی از مقدار جریان ورودی به مخزن سد را برای نیاز زیست‌محیطی پایین‌دست در نظر گرفته می‌شود که در جدول ۳ نشان داده شده است (Simonovic and Ahmad., 2000). در این مطالعه نیاز زیست‌محیطی برای دو حالت مذکور مورد بررسی قرار گرفته شده است

.جدول۲- توزیع ماهانه آب ناخالص مورد نیاز کشاورزی در پایین دست سد چغاخور (مترمکعب در هکتار)

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر
۸۸۳/۳	۱۴۰۹/۸	۱۴۸۹/۷	۲۱۳۰/۹	۱۵۳۰/۲	۹۴۷/۸	۰	۰	۰	۰	۵۹/۴	۶۶۵/۳

جدول ۳- حداقل نیاز زیست‌محیطی به روش مونتانا

نیاز زیست‌محیطی	سهم میانگین سالانه رودخانه (درصد)	
	فروردین تا شهریور	مهر تا اسفند
وضعیت بهینه	60-100	60-100
بسیار عالی	60	40
عالی	50	30
خوب	40	20
قابل قبول	30	10
ضعیف	10	10
کمبود شدید	10<	10<

نیاز شرب و صنعت

نیاز آب شهری مشتمل بر نیاز آب شرب و صنعت از محل سد مخزنی چغاخور برای شهرهای بروجن و بلداجی ۲۰۰ لیتر در ثانیه می‌باشد. در این مطالعه رشد جمعیت بر اساس شاخص نرخ رشد باالطبع آن افزایش نیاز شرب در دوره شبیه‌سازی در نظر گرفته شده است. همچنین نیاز صنعت برای صنایع آب‌بر منطقه به‌طور ثابت ۹۰۰ لیتر بر ثانیه در نظر گرفته شده است (بی نام، ۱۳۹۳).

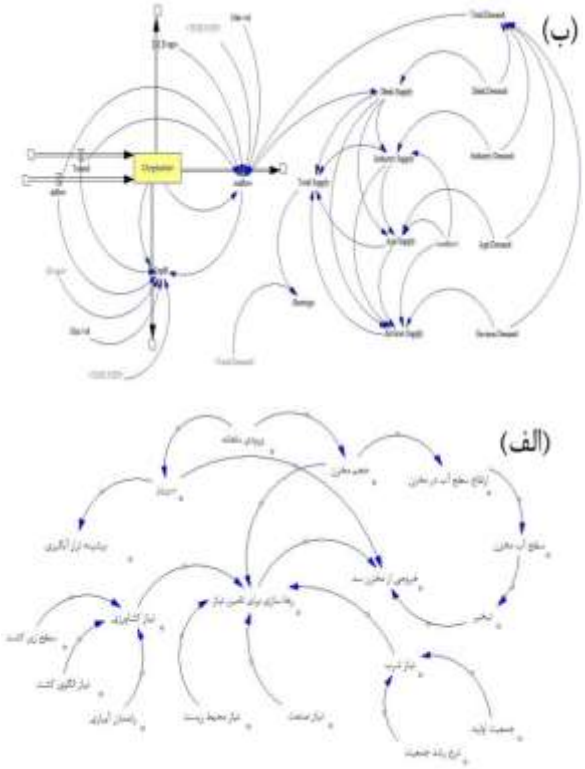
پویایی سیستم

مدیریت منابع آب نیازمند تصمیم‌گیری آینده‌نگر با رویکردی جامع است. علم پویایی سیستم، یک ابزار مدیریتی بر اساس این نگرش می باشد. این علم قادر است شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده منابع آب را برای پشتیبانی تصمیم‌گیری انجام دهد. هدف عمده این روش شبیه‌سازی، تسریع و تسهیل یادگیری رفتار سیستم‌ها در شرایط فعلی و آینده است. امروزه در برخورد با مسائل منابع آب، نیاز به ابزارهایی است که بتواند ساختار و اجزاء سیستم‌های منابع آب را منطبق با خصوصیات و روابط واقعی آن‌ها تعریف نماید و در کنار آن از سادگی و سرعت لازم برخوردار باشد. علاوه بر آن امکان مشارکت کاربران سطوح مختلف در توسعه مدل نیز می‌بایست به عنوان یکی از مزایای این ابزارها مدنظر باشد. روش پویایی سیستم یک روش شبیه‌سازی شیء گرا بر اساس روابط بازخورد است که ضمن ایجاد مشارکت کاربران هر مدل در توسعه آن، سادگی و سرعت قابل توجهی را در تعریف سیستم و توسعه مدل ایجاد می‌نماید. بنابراین در مدل روابط علت و معلولی و ذخیره و جریان ایجاد می‌شوند. امکان توسعه گروهی مدل‌ها و قابلیت و سادگی اصلاح مدل در واکنش به تغییرات سیستم نیز از جمله قابلیت‌های این روش است. در سال‌های اخیر، استفاده از پویایی سیستم در شاخه‌های مختلفی از علوم مرتبط با منابع آب مورد استفاده قرار گرفته است.

شبیه‌سازی با مدل VENSIM

با توجه به وجود نگرش سیستمی در مدیریت منابع آب و ویژگی پویای حوضه‌های آبریز، در این تحقیق سیستم منابع آب سد چغاخور با در نظر گرفتن رویکرد پویایی سیستم‌ها و با استفاده از محیط برنامه‌نویسی VENSIM شبیه‌سازی شده است. بدین منظور، مدل

مفهومی سد و حوضه آبریز ایجاد و تمامی عوامل موثر در بیلان آب تعیین شده است. سپس منابع و مصارف آب در این حوضه به‌طور دقیق برآورد و در محیط VENSIM وارد شده است. بدین منظور نمودارهای سطح-حجم و ارتفاع-سطح سد هم به مدل اضافه گردید. جهت انجام شبیه‌سازی با VENSIM لازم است تا ابتدا ساختار مدل (تعریف متغیرهای سیستم و اتصالات و روابط بین متغیرهای مذکور) تهیه شده و پس از وارد نمودن اطلاعات مربوطه و صحت‌سنجی، اجرا و شبیه‌سازی مدل صورت پذیرد تا نتایج خروجی حاصل گردند. با مراجعه به فایل خروجی مدل شبیه‌سازی می‌توان از طریق مقایسه داده های ورودی نیازهای مختلف و اعداد خروجی تامین متناظر با هر نیاز، درصدهای حجمی و زمانی تامین نیاز مذکور را محاسبه کرد. شکل ۲ نمودارهای علت و معلولی و ذخیره و جریان سد چغاخور را نشان می‌دهد.



شکل ۲. الف) نمودار علت و معلولی و ب) نمودار ذخیره و جریان سد چغاخور

مدل SARIMA[1]

یکی از کاربردها و نیز از ملاک‌های پذیرش الگو در مدل‌سازی ARIMA[2] پیش‌بینی مقادیر آینده داده‌ها است. به عبارت دیگر، آخرین ملاک انتخاب یک الگو این است که رفتار مناسب‌تری را برای پیش‌بینی ارائه دهد. در مدل‌های خطی ARIMA تنها بر اساس الگوی رفتاری سری زمانی در گذشته، روند تغییرات آن در آینده پیش‌بینی می‌شود، یعنی الگوی به دست آمده از مقادیرگذشته، در طول افق پیش‌بینی، همان رفتار را خواهد داشت که در گذشته نزدیک داشته است در بیشتر مواقع، این فرض صحیح نبوده و فرآیند مورد بررسی با زمان تغییر می‌کند. از این جهت، انتظار می‌رود دقت بازآفرینی و پیش‌بینی به سمت انتهای افق پیش‌بینی کاهش یابد (عساکره، ۱۳۸۸).

[1] Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average
[2] Autoregressive Integrated Moving Average

مدل‌سازی سری‌های زمانی دارای چهار مرحله تشخیص الگو، برآورد پارامترهای مدل، تشخیص درستی الگو و پیش‌بینی می‌باشد (Box et al., 1994). هرگاه در یک سری بعد از هر فاصله زمانی مشخص (s) شباهت‌هایی پیدا شود، سری دارای رفتار فصلی یا تناوبی با دوره تناوب s می‌شود. مدل‌های عمومی فصلی SARIMA که توسط Box et al.(1994) ارائه شد را به طور مختصر می‌توان به صورت $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s$ نوشت که (p,d,q) بخش غیرفصلی مدل و (P,D,Q) مولفه فصلی مدل است. در این تحقیق از مدل‌های ARMA، ARIMA و SARIMA برای پیش‌بینی داده‌های ورودی به مخزن (بارش و دبی رودخانه) و تبخیر از مخزن سد برای دوره ۵ ساله از ۱۳۹۴-۹۸ در نرم‌افزار Minitab استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل SARIMA عملکرد بهتری در پیش بینی سری‌های زمانی دارد. برای ارزیابی مدل‌های SARIMA برازش داده شده، از ۱۷ سال آمار و اطلاعات موجود ۱۴ سال برای آموزش و سه سال برای صحت‌سنجی در نظر گرفته شد. معیارهای ارزیابی مدل‌های مورد بررسی در این مطالعه جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب همبستگی (R)، معیار آکائیک (AIC[3]) و معیار بیزی شوارتز (SBC[4]) در نظر گرفته شده است. معادله ریاضی معیارهای ارزیابی در روابط ۱ تا ۴ نشان داده شده است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Q_{(pre)i} - Q_{(obs)i})^2} \quad (۱)$$

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{(obs)i} - Q_{(pre)i})^2}{\sum^{n}(Q_{(obs)i} - Q_{m})}} \quad (۲)$$

$$ACI = n \times (\ln(2 \times \pi \times RSS)/n) + 1) + 2 \times m \quad (۳)$$

$$SBC = n \times (\ln(2 \times \pi \times RSS)/n) + 1) + m \times \ln(n) \quad (۴)$$

که در این روابط، $Q_{(pre)i}$ مقدار پیش‌بینی پارامتر در زمان i، $Q_{(obs)i}$ مقدار مشاهده شده پارامتر در زمان i، Q_m میانگین مقادیر مشاهداتی پارامتر، $m = p + q + P + Q$ برابر است با مجموع تعداد پارامترهای مدل، RSS مجموع مربعات باقیمانده‌ها و n تعداد مشاهدات می‌باشد (Bozdogan., 2000). همچنین مدلی که کم‌ترین مقدار AIC، SBC و RMSE را داشته باشد و ضریب همبستگی آن نیز به یک نزدیکتر باشد به عنوان بهترین مدل انتخاب می‌شود.

بحث و نتایج

در مطالعه حاضر پیش‌بینی میزان تامین نیازهای پایین‌دست سد چغاخور پس از بهره‌برداری از طرح انتقال آب سبزکوه به این سد تحت اجرای ۹ سناریوی مختلف برای سال‌های ۹۸-۱۳۹۴ مورد بررسی قرار گرفت. اولویت تامین نیازها به‌ترتیب شرب، صنعت، کشاورزی و زیست‌محیطی در نظر گرفته شد. برای مدل‌سازی این سد از داده‌های ورودی (بارش، دبی و انتقال از تونل) و خروجی (تبخیر و سرریز) از مخزن در خلال سال‌های ۹۳-۱۳۷۶ استفاده شد. همچنین به منظور پیش‌بینی وضعیت تخصیص منابع آب سد چغاخور در دوره ۵ ساله آینده، سری زمانی داده‌های دبی ورودی به مخزن و تبخیر ماهانه با برازش بهترین مدل SARIMA بر داده‌های تبخیر و دبی ورودی به مخزن سد تولید گردید. نتایج معیارهای ارزیابی برای بهترین مدل در جدول ۴ نشان داده شده است.

[3] Akaike Information Criterion
[4] Schwarz Bayesian Criterion

جدول ۴- ارزیابی عملکرد بهترین مدل SARIMA در پیش‌بینی داده‌های ماهانه تبخیر و دبی ورودی (مجموع بارش و دبی رودخانه) به سد چغاخور

	دبی ورودی مخزن	تبخیر مخزن
SARIMA	(۱،۰،۳)(۱،۱،۱)	(۱،۰،۱)(۱،۰،۱)
AIC	-۱۶۶/۶	-۱۶۲/۸
SBC	-۱۴۵/۵	-۱۵۰/۶۶
RMSE (MCM)	۱/۰۶	۰/۴
R	۰/۸۵	۰/۸۷

بنابراین برای داده‌های دبی ورودی از مدل SARIMA(1,0,3)(1,1,1) و برای داده‌های تبخیر از سطح مخزن از مدل SARIMA(1,0,1)(1,0,1) استفاده شد و سری زمانی این داده‌ها به منظور پیش‌بینی شرایط برای دوره شبیه‌سازی به مدل VENSIM وارد گردیدند. در تخصیص آب به نیاز زیست‌محیطی سه حالت در نظر گرفته شده است: ۱) هیچ نیاز زیست محیطی به پایین‌دست سد تخصیص داده نشده است. ۲) نیاز زیست محیطی بر اساس روش مونتانا محاسبه شده و ۳) نیاز زیست‌محیطی به‌طور ثابت ۳۲۵ لیتر در ثانیه در نظر گرفته شده است. همچنین تخصیص آب به بخش کشاورزی برای دو سطح زیرکشت ۸۰۰۰ و ۳۵۰۰ هکتار (بر مبنای طراحی سد و توسعه شبکه آبیاری) مورد بررسی قرار گرفته و سپس بیشترین سطح زیرکشت که سد توانایی تامین کل نیازها را داشته باشد از روش سعی و خطا محاسبه شد. سناریوهای مورد بررسی در این مطالعه شامل ترکیبی از حالات تعیین نیاز زیست‌محیطی و کشاورزی می‌باشد. جزئیات سناریوهای مورد بررسی در جدول ۵ ارائه شده است. جدول ۶ درصد تامین نیازهای کشاورزی و زیست محیطی در پنج سال آینده (۹۸-۱۳۹۴) برای کل سناریو های مورد بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۵- سناریوهای مورد بررسی با تغییر در سطح زیر کشت و روش‌های مختلف محاسبه نیاز زیست‌محیطی

شماره سناریو	نیاز زیست‌محیطی	سطح زیر کشت (هکتار)
۱	تخصیص داده نشده	۸۰۰۰
۲	روش مونتانا	۸۰۰۰
۳	۳۲۵ لیتر در ثانیه	۸۰۰۰
۴	تخصیص داده نشده	۳۵۰۰
۵	روش مونتانا	۳۵۰۰
۶	۳۲۵ لیتر در ثانیه	۳۵۰۰
۷	تخصیص داده نشده	*۵۰۰۰
۸	روش مونتانا	*۴۳۰۰
۹	۳۲۵ لیتر در ثانیه	*۴۱۰۰

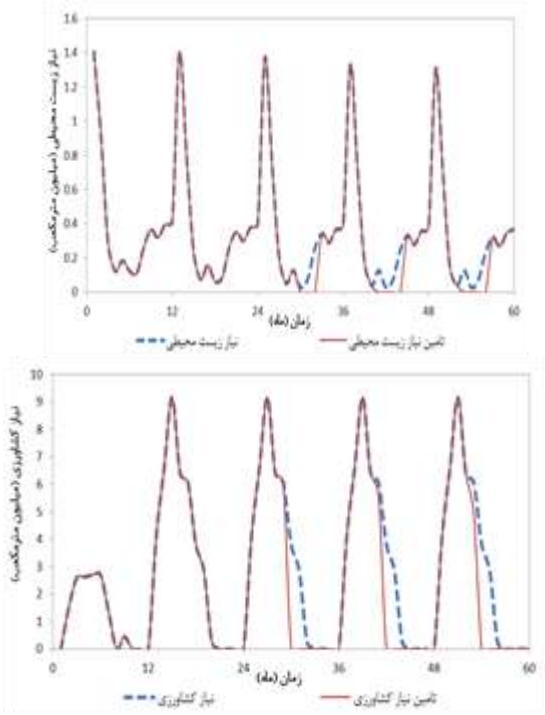
*- بیشترین سطح قابل آبیاری با بیش از ۸۰٪ تأمین نیاز کشاورزی، بیش از ۹۵٪ تأمین نیاز شرب و بیش از ۹۰٪ تأمین نیاز صنعت و زیست‌محیطی به‌طوری که نیاز زیست‌محیطی از روش‌های مذکور محاسبه شده باشد.

جدول ۶- درصد تأمین نیازهای موجود در سناریوهای مورد بررسی برای دوره زمانی ۹۸-۱۳۹۴

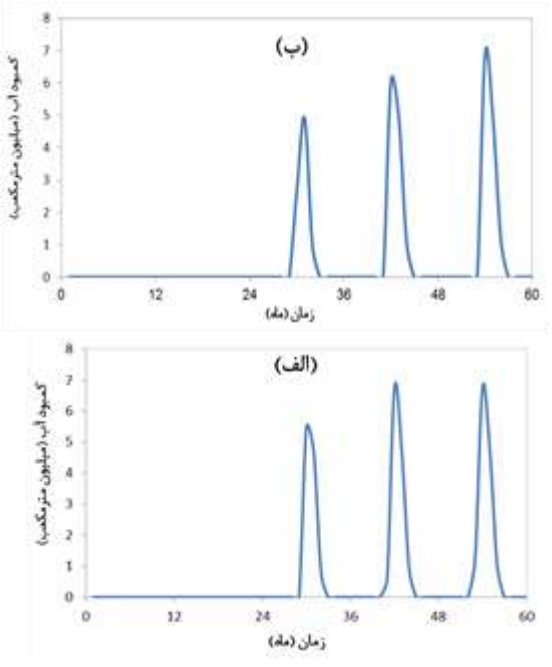
شماره سناریو	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
شرب	۹۵	۹۶	۹۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۸	۹۸	۹۹
صنعت	۷۸	۷۲	۷۳	۱۰۰	۹۸	۹۷	۹۰	۹۰	۹۰
کشاورزی	۵۹	۵۶	۵۶	۱۰۰	۹۶	۹۵	۸۵	۸۷	۸۸
زیست‌محیطی	۰	۸۸	۶۶	۰	۹۷	۹۱	۰	۹۴	۹۰

همانطور که نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد در سناریوهای۱ تا ۳ که سطح زیر کشت ۸۰۰۰ هکتار در نظر گرفته شده است، فقط نیاز شرب در حد قابل قبول تأمین شده است. سپس با کم کردن نیاز کشاورزی از سطح ۸۰۰۰ به ۳۵۰۰ هکتار مدل مجدداً اجرا شد و سه سناریو دیگر مورد بررسی قرار گرفته است. در سناریوهای ۴، ۵ و ۶ کلیه نیازها به‌طور کامل تأمین شده است. با توجه به اهمیت کشاورزی در منطقه تعیین حداکثر سطح قابل کشت که نیاز آبی آن در حد قابل قبول تأمین شود به‌طوری که سایر نیازها به ترتیب اولویت تأمین شده باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، حالات بهینه‌ای که در آن بیشترین سطح زیر کشت (آزمون سعی و خطا) همراه با تامین قابل قبول سایر نیازها تعریف و در سناریوهای ۷ تا ۹ بررسی شده‌اند. در سناریو ۷ مطابق با چند سال اخیر آبی برای نیاز زیست‌محیطی تخصیص داده نشده است. در این سناریو برای سطح زیر کشت ۵۰۰۰ هکتار مدل اجرا شده است و نتایج نشان داد که نیاز شرب تقریباً به‌طور کامل، صنعت در حد قابل قبول و نیاز کشاورزی به مقدار ۸۵ درصد تأمین شده است. در سناریو ۸ نیاز زیست‌محیطی در نظر گرفته شده برای پایین‌دست سد از روش مونتانا محاسبه شده است. در این حالت با آزمون سعی و خطا و تکرار در اجرای مدل سطح زیر کشت ۴۳۰۰ هکتار در نظر گرفته شد. همان‌طور که نتایج این جدول نشان می‌دهد نیاز شرب تقریباً به‌طور کامل، نیاز صنعت، زیست‌محیطی و نیاز کشاورزی به میزان استاندارد و قابل قبول تأمین شده است. در سناریو ۹ نیاز زیست‌محیطی به‌طور ثابت ۳۲۵ لیتر در ثانیه در نظر گرفته شده و سطح زیر کشت ۴۱۰۰ هکتار محاسبه شده است. در این سناریو نیاز شرب تقریباً به‌طور کامل و ۱۰۰٪ ، نیاز صنعت در حد قابل قبول ۹۰٪ ، نیاز کشاورزی ۸۸٪ و نیاز زیست‌محیطی ۹۰٪ تأمین شده است. از میان سناریوهای اجرا شده در حالت بهینه، بهترین سناریو برای اجرا در منطقه سناریو ۸ می‌باشد که کلیه نیازها تامین شده و سطح زیر کشت ۴۳۰۰ هکتاری را دارد. پس از اجرای سناریو ۸ و با توجه به اینکه از ۱۳۰۰ هکتار از اراضی آبخور سد از آبیاری تحت فشار و ۳۰۰۰ هکتار مابقی از آبیاری سطحی استفاده می‌کنند، در صورتی که این اراضی به آبیاری تحت فشار مجهز شوند، با توجه به اختلاف ۳۰ درصدی راندمان آبیاری سطحی و تحت فشار و اینکه ۳۰ درصد از ۳۰۰۰ هکتار اراضی با آبیاری سطحی معادل ۹۰۰ هکتار می‌باشد. بنابراین سطح زیر کشت با آبیاری سطحی را می‌توان تا ۳۹۰۰ هکتار با آبیاری تحت فشار گسترش داد. همچنین میزان اراضی قابل آبیاری را از ۴۳۰۰ به ۵۲۰۰ هکتار توسعه داد. به‌منظور ارزیابی و بررسی پیش‌بینی میزان تقاضا و عرضه آب، در پنج سال آینده پس از انتقال آب از سبزکوه به چغاخور، سری زمانی مقدار نیازهای کشاورزی و زیست‌محیطی و تأمین این نیازها و مقدار کمبود آب در تأمین نیازها برای سناریوهای ۸ و ۹ در شکل‌های ۳ تا ۶ ترسیم شده‌اند. پس از اجرای مدل برای سناریو ۸ مقادیر نیاز کشاورزی و تأمین نیاز کشاورزی و همچنین نیاز زیست‌محیطی و تامین آن در شکل ۳ ترسیم شده است. مقدار نیاز کشاورزی در این سناریو برابر ۱۷۰/۷۷ میلیون مترمکعب می‌باشد که منابع آب سد این نیاز را تا ۱۴۸/۴۲ میلیون مترمکعب تأمین کرده است. پیش‌بینی مقدار تأمین نیاز زیست‌محیطی (روش

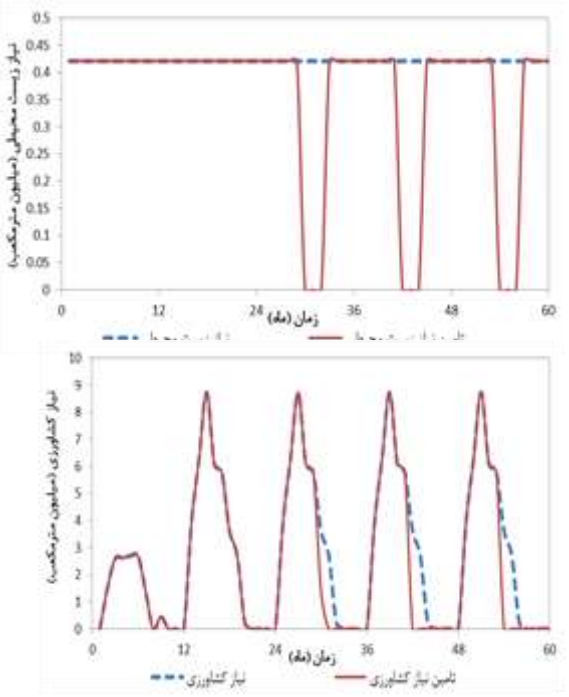
مونتانا) در اجرای سناریو ۸ نشان از کمبود این نیاز از اواسط سال سوم دوره شبیه‌سازی (۱۳۹۶) دارد، که نتایج اجرای مدل نشان داد که این کمبودها در ماه‌های شهریور، مهر و آبان بوده است. همانطور که شکل ۴ (الف) نشان می‌دهد از مجموع کل ۳۴۲/۶ میلیون مترمکعب آب برای تأمین نیازها مقدار ۳۷/۷۴ میلیون مترمکعب کمبود آب وجود خواهد داشت. بطوریکه مقدار کمبود آب در نیاز کشاورزی و صنعت به‌ترتیب معادل ۲۲/۳۵ و ۱۳/۴۸ میلیون مترمکعب برآورد شده است. پس از اجرای سناریو ۹ در مدل مقادیر نیاز کشاورزی و تأمین نیاز کشاورزی و همچنین نیاز زیست‌محیطی و تامین آن در شکل ۵ ترسیم شده است. مقدار نیاز کشاورزی در این سناریو برابر ۱۶۳/۴۸ میلیون مترمکعب می‌باشد که منابع آب سد این نیاز را تا ۱۴۵/۱ میلیون مترمکعب تأمین کرده است. همچنین این شکل مقدار تأمین نیاز زیست‌محیطی در اجرای سناریو ۹ را نشان می‌دهد. همانطور که شکل ۴ (ب) نشان می‌دهد از مجموع ۳۳۸/۸۹ میلیون مترمکعب آب مورد نیاز برای تأمین کلیه نیازها مقدار ۳۰۵/۲۹ میلیون مترمکعب آن تأمین و مقدار ۳۳/۶ میلیون مترمکعب با عدم تأمین روبه‌رو بوده است. مقدار نیاز در بخش کشاورزی، صنعت و زیست‌محیطی در این سناریو به ترتیب معادل ۱۶۳/۴۸، ۱۲۳/۹۶ و ۲۵/۲۷ میلیون مترمکعب است که در تأمین آن‌ها به ترتیب مقدار ۱۸/۳۸، ۱۱/۲۳ و ۳/۷۹ میلیون مترمکعب کمبود آب محاسبه شده است. همچنین شروع کمبود آب از اواسط سال سوم دوره شبیه‌سازی (۱۳۹۶) رخ داده، و بیشینه این کمبودها در ماه‌های شهریور نشان داده شده است



شکل ۳- مقایسه سری زمانی نیاز کشاورزی و تأمین نیاز کشاورزی برای سطح زیر کشت ۴۳۰۰ هکتار و نیاز زیست‌محیطی و تأمین نیاز زیست‌محیطی بر اساس روش مونتانا در خلال سال‌های ۹۸-۱۳۹۴ با اجرای سناریو ۸



شکل ۴- سری زمانی مقدار کل کمبود آب در تأمین کلیه نیازها الف) پس از اجرای سناریو ۸ و ب) پس از اجرای سناریو ۹ در خلال سال‌های ۹۸-۱۳۹۴



شکل۵- مقایسه سری زمانی نیاز کشاورزی و تأمین نیاز کشاورزی برای سطح زیر کشت ۴۱۰۰ هکتار و نیاز زیست‌محیطی و تأمین نیاز زیست‌محیطی بر اساس حداقل نیاز ۳۲۵ لیتر بر ثانیه در خلال سال‌های ۹۸-۱۳۹۴ با اجرای سناریو ۹

نتیجه گیری

در این مطالعه تخصیص منابع آب سد چغاخور برای پنج سال آینده و همراه با انتقال آب از سد سبزکوه (از سال ۹۵ به بعد) مورد بررسی قرار گرفته است. با اجرای طرح انتقال آب نیاز صنعت و شرب هم به نیازهای منطقه اضافه خواهد شد. این سناریو از ۹ زیر سناریو تشکیل شده است. همچنین نتایج این مطالعه با مطالعات پایمزد و همکاران (۱۳۸۷)، ایمانی زاده (۱۳۸۹)، شیخ خوزانی (۱۳۸۹)، Sadeghi et al.(2014) و Ahamadi et al.(2014)، نوذری و مصطفی (۱۳۹۶) که از محیط برنامه‌نویسی VENSIM در تخصیص منابع آب استفاده کردند و نشان دادند که پویایی سیستم با استفاده از این مدل نتایج قابل قبولی در پیش‌بینی تخصیص منابع آب دارد، مطابقت داشته است. .نتایج اجرای مدل در این سناریو به‌صورت موارد زیر ارائه شده است.

انتقال آب از سد سبزکوه به چغاخور باعث بهبود وضعیت منابع آب و توسعه منطقه خواهد شد و در صورت برنامه‌ریزی مناسب می‌توان از آب انتقال یافته نهایت استفاده را در توسعه کشاورزی و صنعت به عمل آورد.

نیاز شرب با توجه به اینکه اولویت اول در تأمین نیازها را دارد، در کلیه سناریوها در حد مورد تأیید و استاندارد تأمین شده است.

در صورتی که سطح زیر کشت ۸۰۰۰ هکتار در نظر گرفته شود، سد توانایی تأمین آب برای کلیه نیازها را ندارد و در بهترین حالت (سناریو ۲) فقط نیاز شرب در حد قابل قبول تأمین شده و زیست‌محیطی ۸۸٪ تامین خواهد شد.

با کاهش سطح زیر کشت به ۳۵۰۰ هکتار مطابق با حداکثر توسعه شبکه آبیاری این سد، در دو سناریو ۴ و ۵ کلیه نیازهای شرب، صنعت، کشاورزی و زیست‌محیطی تأمین می شوند.

در سناریو ۶ نیاز زیست‌محیطی ۸۳٪ و کمتر از حد استاندارد (۹۰٪) تأمین‌شده است. با توجه به اینکه ۸۳٪ معادل با ۴۲/۱۲ میلیون مترمکعب می‌باشد، نیاز زیست‌محیطی پایین‌دست سد را تأمین می‌کند اما این مقدار نیاز زیست‌محیطی تالاب گندمان را تأمین نخواهد کرد.

در صورتی‌که سطح زیر کشت بیش از ۴۲۰۰ هکتار در نظر گرفته شود و هیچ آبی برای نیاز زیست‌محیطی تخصیص داده نشود، نیاز صنعت در حد قابل قبول و استاندارد تأمین نخواهد شد.

در صورت تخصیص منابع آب برای تأمین نیاز زیست‌محیطی سطح زیر کشت نباید از ۴۳۰۰ هکتار بیشتر در نظر گرفته شود، در غیر این صورت تأمین نیاز صنعت به طور قابل قبول صورت نمی پذیرد.

نتایج اجرای مدل در سناریو ۸ نشان داد که درصورتی که نیاز کشاورزی مورد توجه قرار گیرد و در حد حداقل استاندارد (۸۰٪) تأمین شود، در این صورت سطح زیر کشت می‌تواند بیش از ۴۳۰۰ هکتار در نظر گرفته شود اما در این صورت نیاز صنعت کمتر از حداقل استاندارد (۹۰٪) تأمین خواهد شد.

سناریوهای ۸ و ۹ تقریبا نتایج مشابهی را نشان داده‌اند. با توجه به مجموع نیاز زیست‌محیطی در این دو سناریو

و درصد تأمین این نیاز، مقدار تأمین این نیاز در این سناریوها به ترتیب معادل با ۲۰/۴ و ۲۱/۲۸ میلیون مترمکعب برای دوره زمانی پنج ساله (۱۳۹۴-۹۸) می‌باشد. برای تأمین نیاز آبی تالاب گندمان حداقل باید ۳۲۵ لیتر در ثانیه از چغاخور برای تالاب گندمان حقابه در نظر گرفته شود. بنابراین، با توجه به موارد ارائه شده، اجرای سناریو ۸ در این منطقه تأثیر بهتری نسبت به سایر سناریوها دارد.

پس از اجرای سناریو ۸، با توجه به اینکه از ۱۳۰۰ هکتار از اراضی آبخور سد از آبیاری تحت فشار با راندمان ۷۵ درصد، و ۳۰۰۰ هکتار مابقی از آبیاری سطحی با راندمان ۴۵ درصد استفاده می‌کنند، در صورتی که این اراضی به آبیاری تحت فشار مجهز شوند، می‌توان سطح ۳۰۰۰ هکتار اراضی با سیستم آبیاری سطحی را به ۳۹۰۰ هکتار اراضی با سیستم آبیاری تحت فشار افزایش داده و به‌طور کلی میزان اراضی قابل آبیاری را از ۴۳۰۰ به ۵۲۰۰ هکتار افزایش داد.

از اواسط سال سوم شبیه‌سازی (۱۳۹۶) برای تأمین نیازها کمبود آب خواهیم داشت و با توجه به نوسانات حجم مخزن که در آن کمترین حجم مخزن در ماه‌های شهریور بوده که بیشینه کمبودها هم در این ماه مشاهده شده و در همین ماه کمبود آب به اندازه‌ای خواهد بود که سد توانایی تخصیص هیچ آبی برای نیاز کشاورزی و زیست‌محیطی را نخواهد داشت

.

منابع

ایمانی زاده شریف، م. ۱۳۸۹. مدل کردن عملکرد سدها با رویکرد پویایی سیستم ها با استفاده از نرم‌افزار VENSIM (مطالعه موردی : سد مخزنی صفا). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران.

بی نام، ۱۳۹۳. مطالعات منابع آب طرح انتقال آب سبز کوه به سد چغاخور. سازمان آب منطقه ای استان چهارمحال و بختیاری. ص ۱۵۰

بهروزی راد، ب. ۱۳۹۷. حقابه محیط زیست رودخانه ها. ص ۲۸۸-۱.

پایمرد، ش.، س. مرید، ع. باقری و ص. ترابی. ۱۳۸۷. بهینه‌سازی با رویکرد سیستم‌های پویا در تخصیص آب کشاورزی. سومین کنفرانش مدیریت منابع آب. ۲۳ تا ۲۵ مهر ۱۳۸۷. تبریز. ص ۸-۱.

ریاحی، ح. ۱۳۹۰. ارزیابی راندمان آبیاری در دشت‌های شهرکرد، بروجن و لردگان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران.

شیخ خوزانی، ز.، خ. حسینی و م. رحیمیان. ۱۳۸۹. مدل‌سازی بهره‌برداری از مخازن چند منظوره به روش پویایی سیستم. نشریه مدل‌سازی در مهندسی، جلد ۲۱، ص ۶۶-۵۷.

عساکره، ح. ۱۳۸۸. الگو سازی ARIMA برای میانگین سالانه دمای شهر تبریز. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، جلد ۹۲، ص ۲۴-۳.

فتوکیان، م.ر.، ن. صفاری و م. ضرغامی. ۱۳۹۶. مدل‌سازی پویای سیستم سد مخزنی یامچی با اعمال الگوی بهینه کشت جهت تدوین سیاست بهره‌برداری. نشریه تحقیقات منابع آب ایران. جلد ۳، ص ۱۶-۱.

نوذری، ح.، م. مصطفی. ۱۳۹۶. مدیریت بهره‌برداری از آب مخزن سد امیرکبیر به کمک روش پویایی سیستم و مدل برنامه‌ریزی غیرخطی. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران. جلد ۴۸. ص ۳۴۷-۳۳۵.

Ahmadi, M. H., R. Rajabpour, F. Raeiszadeh and S. Farzin. 2014. Investigation the effects of reservoir operation on providing different demands by System dynamics (Case study: Kowsar dam in Iran). International Journal of Scientific Research and Management, 2(14): 1807-1811.

Ahmad, S and D. Prashar. 2010. Evaluating municipal water conservation policies using a dynamic simulation model. Water Resourse Management, 24: 3371–3395.

Ahmad, S and S. P. Simonovic. 2004. Spatial system dynamics: a new approach for simulation of water resources systems. Journal of Computing Civil Engineering, 18: 331–340.

Bagheri, A., M. Darijani, A. Asgari and S. Morid. 2010. Crisis in urban water systems during the reconstruction period: a system dynamics analysis of alternative policies after 2003 earthquake in Bam– Iran. Water Resourse Management, 24: 2567–2596.
Box, G. E. P., G. M. Jenkins and G. C. Reinsel. 1994. Time series analysis, forecasting and control (3rd edn). Prentice-hall. englewood cliffs, NJ, 423p.
Bozdogan, H. 2000. Akaike's information criterion and recent developments in information complexity. Journal Math Psychology, 44: 62–91.
Gupta, J and P. van der Zaag. 2008. Interbasin water transfers and integrated water resources management: where engineering, science and politics interlock. Physics and Chemistry of the Earth, 33: 28–40.
Hassanzadeh, E., M. Zarghami and Y. Hassanzadeh. 2012. Determining the main factors in declining the Urmia Lake level by using system dynamics modeling. Water Resourse Management, 26: 129–145.
Hutchinson, C. F., R. G. Varady and S. Drake. 2010. Old and new: changing paradigms in arid lands water management. In: Schneier-Madanes M.F. Courel G. (eds.) Water and sustainability in arid regions, Chapter 3, Springer, Berlin, pp: 311–332.
ICID. 2005. Experiences in inter-basin water transfers for irrigation, drainage or flood management. Unpublished report. International Commission on Irrigation and Drainage ICID-CIID, New Delhi, India.
Langsdale, S., A. Beall, J. Carmichael, S. Cohen, C. Forster and T. Neale. 2009. Exploring the implications of climate change on water resources through participatory modeling: case study of the Okanagan Basin, British Columbia. Journal of Water Resourse Planning Management, 135: 373–381.
Madani, K. 2010. Towards sustainable watershed management: Using system dynamics for integrated water resources planning. Saarbrucken Germany: VDM Verlag. 97p.
Madani, K and M. A. Marino. 2009. System dynamics analysis for managing Iran's Zayandeh-Rud river basin. Water Resourse Management, 23: 2163–2187.
Mirchi, A and D. Watkins. 2013. A systems approach to holistic TMDL policy: the case of Lake Allegan, Michigan. Journal of Water Resourse Planning Management, 139: 544-553.
Mirchi, A. K. Madani, D. Watkins and S. Ahmad. 2012. Synthesis of system dynamics tools for holistic conceptualization of water resources problems. Water Resourse Management, 26: 2421–2442.
Mirchi, A., D. Watkins and K. Madani. 2010. Modeling for watershed planning, management, and decision making. In: Vaughn J.C. (Ed.) Watersheds: Management, Restoration and Environmental Impact, Chapter 6, Nova Science Publishers, New York, pp: 354-392.
Sadeghi Khalegh abadi, L., A. Shamsai and H. Goharnejad. 2014. An analysis of the sustainability of basin water resources using Vensim model. Journal of Civil Engineering, 19(6): 1941-1949.
Salvatabar, A., M. Zargahami and A. Abrishamchi. 2006. System dynamics model in Tehran urban water management. Journal of Water and Wastewater, 59: 12-28.
Saysel, A. K., Y. Barlas and O. Yenigun. 2002. Environmental sustainability in an agricultural development project: a system dynamics approach. Journal of Environment Management, 64(3): 247-260.
Simonovic, S. P and S. Ahmad. 2000. System dynamics modelling of reservoir operation for flood management. Journal of Computing in Civil Engineering, 14 (3): 190-198.
Shahbazbegian, M and A. Bagheri. 2010. Rethinking assessment of drought impacts: a systemic approach towards sustainability. Journal of Sustainability Science, 5: 223–236.
UN-Water. 2008. Status report on integrated water resources management and water efficiency plans. In: The 16th Session of the Commission on Sustainable Development, USA, New York, 53p.
UN-Water. 2005. A Gender Perspective on Water Resources and Sanitation. Interagency task force on gender and water. In: The 12th Session of the commission on sustainable development, USA, New York, 25p.

Vlachos, D., P. Georgiadis and E. Iakovou. 2007. A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains. Computers and Operations Research, 34: 367-394.
Wei, S. H., Y. Yong, J. Song, K. Abbaspour and Z. Xu. 2012. System dynamics simulation model for assessing socio-economic impacts of different levels of environmental flow allocation in the Weihe River Basin, China. European Journal of Operational Research. 221(2012): 248–262.

Investigating the impacts of water transfer to Choghakhor dam on resource allocation using system dynamics approach

Mostafa Kadkhodahosseini[1], Shayan Shamohammadi[2], Hamed Nozari[3], Rasoul Mirabbasi[4]

Abstract

. In this study allocation of water resources Choghakhor dam after the operation of the water transfer project Sabzkouh to Choghakhor using system dynamics approach is discussed. For this purpose, the inputs discharg to the reservoir and evaporation rates using SARIMA model to forecast for period 2014-2019 and The best model fitted to the data for input to reservoir and evaporation has been respectively SARIMA (1,0,3)(1,1,1) and SARIMA (1,0,1)(1,0,1). In this way all the factors affecting the volume of water in the dam as well as the interaction of supply and demand for drinking water, industry, agriculture and environmental was modeling in programming VENSIM. Then 9 scenarios was defined for the future allocation of water resources. The results showed that the optimal scenario of the dam is able to provide 4,300 hectares of agricultural land in the state percentage water supply, drinking, industry, agriculture and the environment demands, respectively, 98, 90, 87 and 94. In addition, by changing of the irrigation system from surface irrigation to pressurized system and increasing irrigation efficiency by 30% the cultivated area, can be developed up to 3900 hectares.

Keyword: Inter–basin water transfer, Water allocation, Irrigation Efficiency; SARIMA; Scenario; VENSIM

[1]Phd Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Hosseini_mostafa69@yahoo.com
[2]Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shayan11962@gmail.com
[3]Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Buali Sina University, Hanozari@yahoo.com
[4]Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Mirabbasi_r@yahoo.com