نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دوازدهم. شماره چهل و پنج. پاییز۱۴۰۰

ارزیابی سناریوهای مختلف تخصیص آبمخزن سد کلان ملایر با استفاده از نرم‌افزار MODSIM

مریم بیات ورکشی[۱]، عباس عباسی[۲] و حامد نوذری[۳]

تاریخ ارسال:۱۳۹۸/۰۲/۲۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۴/۱۵

مقاله پژوهشی

چکیده

امروزه افزایش فاصله بین عرضه و تقاضا، توجه جدی به مبانی تخصیص بهینه آب را اجتناب ناپذیر نموده است. در این تحقیق، تخصیص آب مخزن سد کلان ملایر به مصارفی که از سوی وزارت نیرو تعیین شده با استفاده از نرم‌افزار MODSIM8.1 انجام شد. این تقاضاها شامل نیازهای زیست محیطی و پایداری جریان، آب شرب شهرستان ملایر، کشاورزی روستاهای پایین دست سد جهت آبیاری مزارع و شهرک صنعتی سهند ملایر می‌باشند. مقیاس زمانی مورد بررسی ماهانه و برای یک دوره ۱۲ ماهه در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵بود. هدف از این تحقیق ارزیابی نحوه رفتار مخزن سد در مقابله با سناریوهای مختلف کاهش آورد رودخانه در محل احداث سد بود. بدین منظور چهار سناریو به‌ترتیب شامل ۵، ۱۰، ۱۵ و۲۰ درصد کاهش آورد رودخانه در محل احداث سد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با کاهش حجم آورد رودخانه در محل احداث سد، میزان حجم ذخیره‌سازی سد نیز کاهش یافته و جهت رسیدن به حجم ذخیره‌ی هدف، ضمن تأمین کلیه نیازها، کمبود بیشتری وجود خواهد داشت. به‌طوری که حجم کمبودها در تأمین تقاضاها به ترتیب از سناریوی اول تا سناریوی چهارم، به‌ترتیب برابر ۰/۳۷۴، ۰/۷۴۸، ۱/۱۲۴ و ۱/۵۰۸ میلیون‌مترمکعب خواهد بود. به‌عبارت دیگر رابطه‌ی تغییرات کاهش حجم ذخیره‌سازی در سد با کاهش آورد رودخانه، کاملاً خطی است. بنابراین جهت تأمین تقاضاها از سد کلان در هر چهار سناریو، می‌بایست به اندازه حجم کمبودها از ذخیره‌ی هدف، از مقدار تخصیص‌های هرگره با توجه به اولویت‌ها، کاسته و یا حجم ذخیره‌ی هدف را به میزان حجم کمبود در آن ماه مورد نظر، کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: تخصیص، کمبود، MODSIM، سد کلان ملایر.

۱ استادیار، گروه علوم و مهندسی خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، m.bayat.v@malayeru.ac.ir (نویسنده مسئول)
۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، abbasabbasi2020@yahoo.com
۳ دانشیار گروه مهندسی آب ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، hanozari@yahoo.com

مقدمه

با توجه محدودیت منابع آب قابل عرضه در کشورهایی مانند ایران که با محدودیت آب مواجه هستند، سرمایه‌گذاری‌های بیشتر در بخش عرضه آب‌های متعارف قادر به پاسخگویی به افزایش تقاضای آب نمی‌باشد، بنابراین راه حل بحران آب را می‌توان در چگونگی تخصیص آب و مدیریت صحیح منابع آبی جستجو نمود (Mohsenizadeh and Shourian, 2018). تعیین میزان آب قابل تخصیص از منابع آب سطحی و زیرزمینی به نیازها و مصارف گوناگون در حوزه‌های آبریز براساس اولویت و محدودیت‌ها صورت می‌پذیرد. در مبحث توزیع و تخصیص منابع آب، مدل‌های ریاضی جهت شبیه‌سازی و بهینه‌سازی منابع و مصارف می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد، مورد استفاده قرار گیرد. یکی از بزرگترین امتیازات شبیه‌سازی قابلیت آن در تأثیرگذاری بر روی تراکم زمان و مکان می‌باشد (Alami et al., 2016). در مدل‌سازی حوضه‌های آبریز و تخصیص بهینه منابع آب، مدل‌های متعددی به عنوان سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در شبیه‌سازی حوضه نظیر مدل MODSIM توسعه یافته‌اند. مدل MODSIM یکی از مدل‌های معروف در مدیریت منابع آب است(Sabzzadeh, 2011). تابع هدف در این مدل مشابه مدل‌های شبکه‌ای، حداقل حاصل جمع هزینه جریان آب در کانال‌ها می‌باشد. Mohsenizadeh and shourian (2016) با اتصال مدل شبیه‌سازی جامع MODSIM مسأله تخصیص بهینه منابع آب در سطح حوضه آبریز گرگان‌رود را مطالعه نمودند. نتایج این مطالعه نشان دادکه مدل تهیه شده قادر به تعیین سیاست بهره‌برداری بهینه از سدهای بوستان، گلستان و وشمگیر همراه با تخصیص بهینه منابع آب بین نیازهای درون حوضه با هدف حداکثرسازی سود حاصل از تخصیص آب به محل‌های مصرف می‌باشد. (2013) ,.Razaghi et al سیاست جیره‌بندی بهره‌برداری از مخزن چند منظوره سد نمرود را با استفاده از مدل MODSIM8.1 در شرایط محدودیت منابع آب توسعه دادند. الگوریتم جیره‌بندی توسعه داده شده توانست سیاست جیره‌بندی و شاخص‌های اعتمادپذیری و پایداری سیستم را به ترتیب۱۰ و ۷ درصد افزایش دهد. Nozari and Mostaf (2016) در تحقیق خود، به منظور مدیریت بهره‌برداری از مخزن سد امیر کبیر از روش تلفیقی شبیه‌سازی پویایی سیستم، بهینه‌سازی غیرخطی کلاسیک و مدل پیش‌بینی خطی باکس و جنکینز، استفاده و گزارش که در شرایط بهینه‌سازی مقادیر کمبود و سرریزها طی تقسیم در ماه‌های مختلف، تعدیل شده و از خسارت‌های احتمالی جلوگیری می‌شود ,.et al Omidvar (2014) به تهیه مدل بهینه‌سازی تخصیص آب و الگوی کشت، در اراضی تحت پوشش یکی از کانال‌های شبکه آبیاری سد درودزن فارس پرداختند. در این مطالعه مشخص گردید که با تخصیص آب بیشتر به بخش‌های با پتانسیل تولید بیشتر، سود و بهره‌وری اقتصادی آب افزایش می‌یابد. Alami et al., (2014) سادگی و دقت مناسب شبیه پویایی سامانه‌ها در طراحی، امکان وفق‌پذیری با شرایط و قیود متفاوت فرآیند تخصیص بهینه‌ی آب مخازن سدها را گزارش نمودند. Mihankhah et al., (2012) در تحقیق خود مدل بهره‌برداری بهینه از سد چند منظوره لتیان را با هدف تخصیص بهینه آب از مخزن سد، جهت تأمین نیاز آبی اراضی کشاورزی دشت ورامین و نیاز شرب شهر تهران، برآورد و گزارش نمودند که مدل تصادفی بر اساس افرازبندی فازی نسبت به مدل قطعی عملکرد مطلوبتری داشته است. بهینه‌سازی ظرفیت‌های سیستم انتقال آب بین حوضه‌ای از بهشت آباد حوضه بالادست کارون با استفاده از دو رویکرد بهینه‌سازی-شبیه‌سازی (PSO-MODSIM)و تصمیم‌گیری چند منظوره (MCDM) نشان داد حاصل هر دو رویکرد-PSO MODSIM و MCDM به یکدیگر نزدیک بوده و در شرایط مناسب با وجود خشکسالی‌های اخیر، ظرفیت بهینه تونل انتقال آب، حداکثر به ۴۵٪ ظرفیت در شرایط با تخلیه‌های بلند مدت رودخانه می‌رسد ,.Shourian et al). (2017 ارزیابی و برنامه‌ریزی پایداری منابع آب در منطقه‌ی جدید BHNA کشور چین با استفاده از مدل شبیه‌ساز WEAP بیان‌گر آن بود که در آینده فشار بر منابع آب در منطقه‌ی BHNA افزایش خواهد یافت ,.Wang et al (2015). Vaghefi et al., (2017) در مطالعه‌ی خود به موضوع بهره‌وری آب آبیاری برای محصولات گندم آبی و ذرت، در حوضه رودخانه کرخه (KRB) در منطقه نیمه‌خشک ایران با استفاده از رویکرد مدل‌سازی تلفیقی

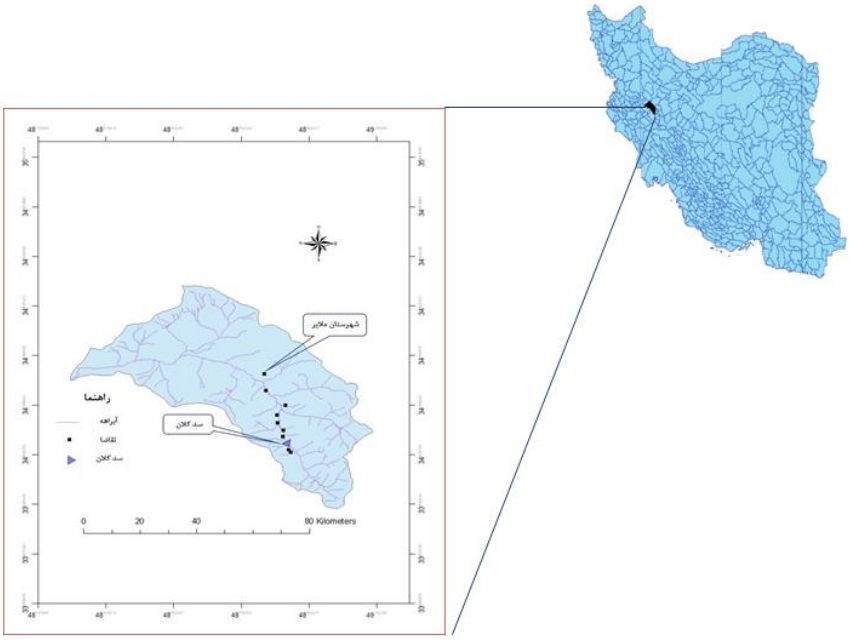
شامل مدل هیدرولوژیکی SWAT و مدل شبیه‌ساز تخصیص آب MODSIM ، پرداختند. نتایج نشان داد رویکرد SWAT-MODSIM، دقت خروجی مدل SWAT را با در لحاظ نمودن تخصیص آب منتج شده از مدل MODSIM، بهبود داده است.

کمبود منابع آب در ایران در شرایطی احساس می‌شود که افزایش جمعیت و سطح زندگی مقدار سرانه مصرف آب را به ویژه در بخش کشاورزی شدیداً بالا برده است (Dashti et al., 2016). شهرستان ملایر نیز از این قاعده مستثنی نبوده و افزایش رشد جمعیت در این شهرستان، کاهش بارش‌ها و افزایش تقاضا از مخزن سد بدلیل کاهش منابع آب‌های زیر زمینی در اثر برداشت‌های بی رویه و دیگر عوامل موثر درکاهش منابع آب در منطقه مورد مطالعه، ارائه سیاست بهره‌برداری بهینه از مخزن این سد را ضروری می‌سازد. هدف از این تحقیق ارزیابی نحوه رفتار مخزن سد در مقابله با سناریوهای مختلف کاهش آورد رودخانه در محل احداث سد، با استفاده از نرم افزار MODSIM 8.1 برای مصارف گوناگون است. نتایج این مطالعه می‌تواند با ایجاد یک نگرش جامع و کلی از سیستم، به مدیران وتصمیم‌گیران مربوطه درباره مدیریت منابع آب مخزن سد در راستای تأمین نیازها در شرایط مختلف یاری رساند.

روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه :

سد کلان ملایر در استان همدان، به فاصله‌ی ۳۰ کیلومتری جنوب شهرستان ملایر، با مختصات جغرافیایی ″۱۴′۵۴ °۴۸ درجه طول شرقی و ″۲۰′۳ °۳۴ درجه عرض غربی، با ظرفیت ۴۵ میلیون‌مترمکعب، بر روی رودخانه کلان ملایر واقع می‌باشد. این سد با هدف تأمین آب شرب و بهداشتی بخشی از شهر ملایر، آبیاری حدود ۱۶۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی روستاهای پایین دست سد و همچنین تأمین آب مورد نیاز صنعت با لحاظ تأمین زیست‌محیطی احداث گردیده است. به لحاظ هیدرولوژی این سد جزء حوضه فرعی کرخه از حوضه اصلی خلیج فارس و دریای عمان محسوب می‌گردد (شکل۱).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی سد کلان ملایر

داده‌های مورد نیاز در مورد تخصیص‌های سد کلان ملایر طی بازه زمانی ابتدای مهرماه ۱۳۹۵ لغایت پایان شهریورماه ۱۳۹۶ (سال آبی ۹۶-۹۵) از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان همدان و همچنین شرکت مهندسین

مشاوربندآب (طراح سد)، تهیه گردید. این اطلاعات شامل میزان آورد رودخانه در محل سد، منحنی حجم– سطح- ارتفاع، مقادیر تخصیص‌ها برای تقاضاهای پایین دست سد جهت مصارف مختلف، ظرفیت ماکزیمم سد، حجم مرده سد (حجم رسوبات) و نقشه جانمایی GIS سد می‌باشد. همچنین داده‌های مربوط به بارش و تبخیر نیز طی دوره متناظر از سازمان هواشناسی کل کشور اخذ گردید. توزیع ماهانه آورد رودخانه در محل احداث سد که ماحصل پردازش آمارهای بلند مدت ایستگاه‌های هیدرولوژی در حوضه سد کلان شامل ایستگاه‌های هیدرولوژی درودگران، پیهان، مرویل و وسج می‌باشد و همچنین نیازهای آب شرب، کشاورزی و زیست‌محیطی در شرایط آبی نرمال به شرح جدول شماره (۱) است.

جدول (۱) توزیع ماهانه آورد رودخانه در شرایط آبی نرمال (میلیون‌مترمکعب)

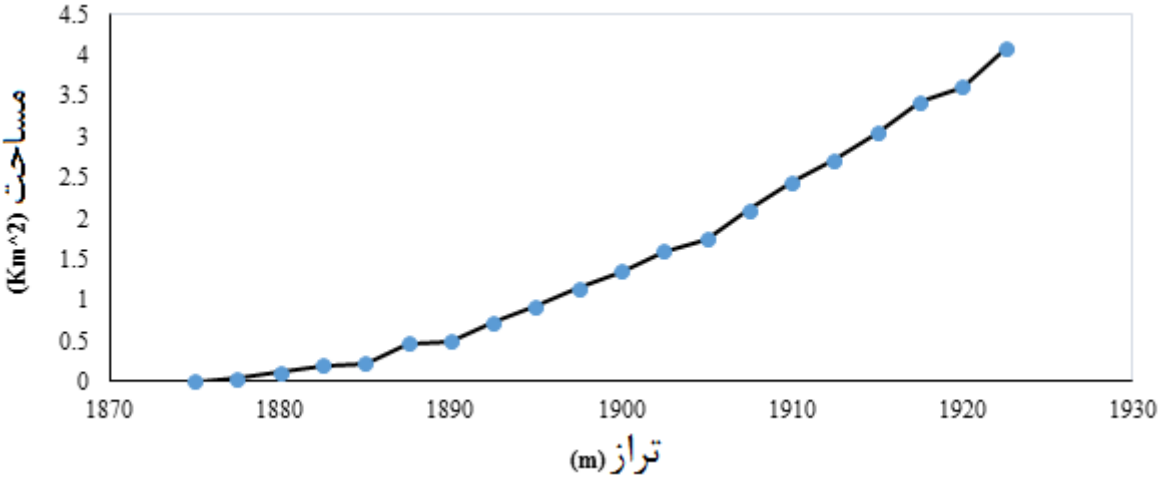
ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	جمع
آورد رودخانه	۱	۰/۹	۱/۷	۱/۹	۲/۸	۵/۱	۸/۲	۵/۳	۱/۵	۰/۴	۰/۱	۰/۱	۲۹

جدول شماره (۲) کل تخصیص‌ها از سد کلان ملایر را بطور خلاصه، با توجه به نوع مصرف و بصورت ماهیانه نمایش می‌دهد. همچنین نمودار ماهیانه تخصیص‌های سد کلان در شکل شماره (۲) نمایش داده شده است.

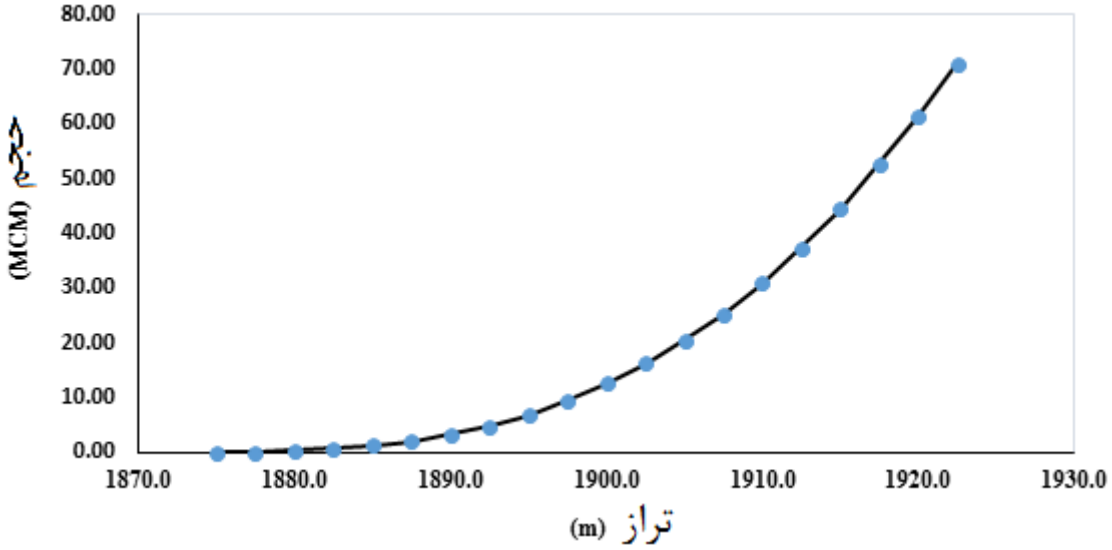
جدول (۲) :تخصیص‌های داده شده از سد کلان در شرایط آبی نرمال (میلیون‌مترمکعب)

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	جمع
آب شرب	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۲
کشاورزی	۰/۴	۰/۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۸	۰/۵	۰/۸	۰/۷	۰	۴
زیست محیطی	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۲/۲	۱/۴	۰/۴	۰/۱	۰	۰	۵/۵
صنعت	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۳۸	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۵
جمع	۱/۵۴۲	۱/۹۴۲	۱/۲۴۲	۱/۲۴۲	۱/۳۴۲	۱/۵۴۲	۳/۲۳۸	۳/۲۴۲	۱/۹۴۲	۱/۹۴۲	۱/۷۴۲	۱/۰۴۲	۲۲

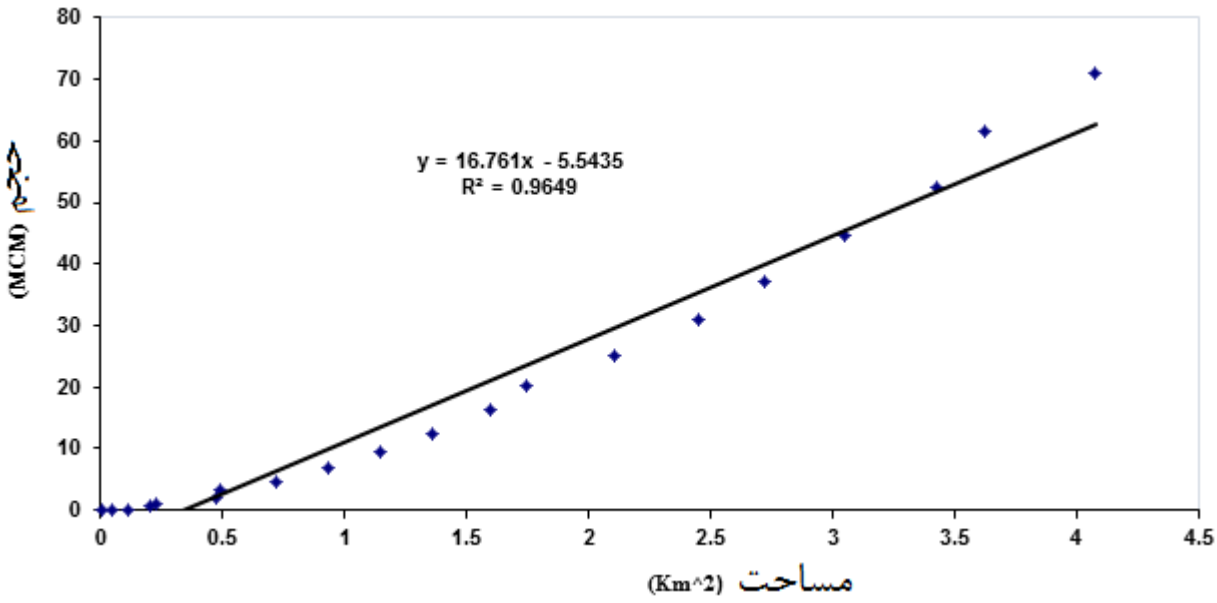
نمودارهای تراز سطح آب- مساحت دریاچه، تراز سطح آب- حجم آب ذخیره شده و مساحت دریاچه- حجم ذخیره در مخزن سد کلان طی سال آبی ۹۶-۹۵ با استفاده از مقادیر محاسبه شده توسط شرکت مهندسین مشاور بند آب (طراح سد) به ترتیب در شکل‌های شماره (۲)، (۳) و (۴) نشان داده شده است. با استفاده از این نمودارها و معادلات، می‌توان با داشتن سطح تراز آب مخزن سد در هر لحظه، مقادیرحجم ذخیره و مساحت دریاچه را جهت کاربرد در مدل MODSIM بدست آورد.



شکل (۲): منحنی سطح دریاچه‌ی مخزن سد- تراز سطح آب سد کلان ملایر



شکل (۳): منحنی حجم ذخیره آب – تراز سطح آب سد کلان ملایر



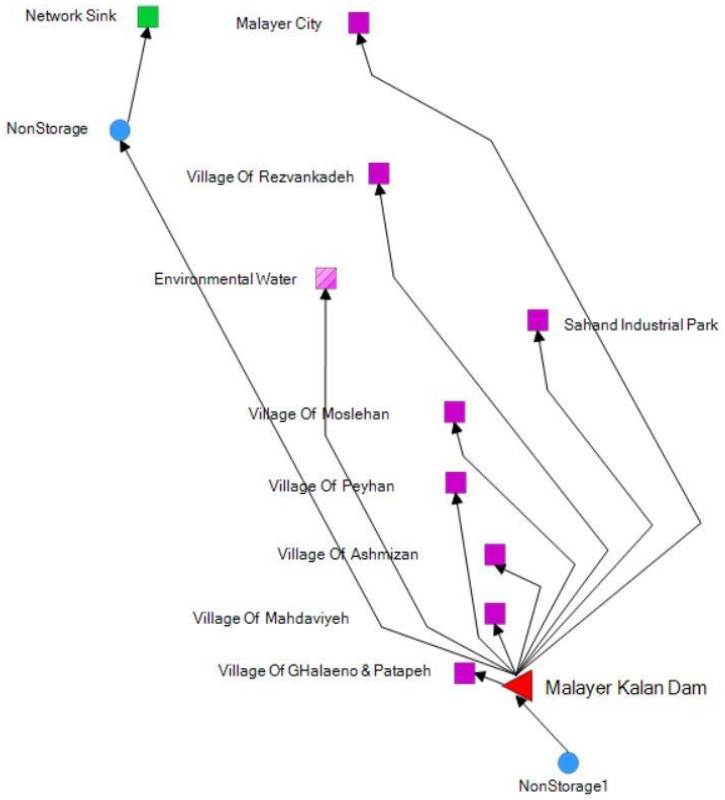
شکل (۴) :منحنی مساحت دریاچه مخزن سد – حجم ذخیره آب پشت سد کلان ملایر

داده‌های استخراج شده از منحنی حجم– سطح– ارتفاع سد یکی از پارامترهای ورودی به نرم‌افزار MODSIM می‌باشد. در این تحقیق تأمین نیازهای زیست محیطی، شرب، کشاورزی و صنعت در پایین دست سد کلان ملایر مطابق با تخصیص‌های تعیین شده از سوی وزارت نیرو برای این سد، طی چهار سناریوی فرض شده به شرح جدول شماره (۳)، توسط نرم‌افزار MODSIM8.1، شبیه‌سازی- بهینه‌سازی و مورد بررسی قرار گرفت. در هر سناریو ۵ درصد از آورد رودخانه در محل احداث سد (جریان ورودی به سد) کاهش داده شد تا از این طریق بتوان میزان کارایی و قابلیت این سد در تأمین نیازها در شرایط خشکسالی و با شدت‌های متفاوت را مورد ارزیابی قرار داد. جهت یافتن یک روند مشخص از تغییرات حجم ذخیره سد نسبت به کاهش حجم جریان ورودی به آن، آورد رودخانه در محل احداث سد در هر سناریو، به یک اندازه‌ی مساوی کاهش داده شد.

جدول (۳): شرایط سناریوهای مختلف فرض شده برای این تحقیق

سناریوها	وضعیت آورد رودخانه	کاهش آورد نسبت به شرایط نرمال(درصد)	مقدار آورد رودخانه (MCM)
سناریوی اول	زیرنرمال	۵	۲۷/۵۵
سناریوی دوم	زیرنرمال	۱۰	۲۶/۱۰
سناریوی سوم	زیرنرمال	۱۵	۲۴/۶۵
سناریوی چهارم	زیرنرمال	۲۰	۲۳/۲۰

ابتدا تصاویر تولید شده توسط لایه‌های GIS حوضه‌ی آبریز دشت ملایرکه سدکلان در آن واقع شده است را به نرم‌افزار MODSIM وارد نموده، تا بوسیله آن گره‌ها و لینک‌های مورد مطالعه به شکل شماره (۵) شبیه‌سازی گردد:



شکل (۵): شبکه مربوط به تخصیص‌های سد کلان ملایر در MODSIM

قبل از اجرای مدل، مقدار تقاضا از سد برای هر گره و حجم ماهیانه ذخیره‌ی هدف برای هر چهار سناریو ثابت در نظر گرفته شده است. همچنین ذخیره هدف (Target Storage) بر این فرض نهاده شدکه در شرایط نرمال ضمن تأمین کلیه نیازها بیشترین ذخیره‌سازی در سد صورت پذیرد. از این ذخیره‌ی هدف به عنوان یک شاخص مقایسه، جهت ارزیابی و تحلیل نتایج دیگر سناریوها استفاده می‌گردد. جدول شماره (۴) مقدار حجم ذخیره‌ی هدف در شرایط نرمال را برای ماه‌های مختلف سال آبی ۹۶-۹۵ نشان می‌دهد.

جدول (۴): حجم ذخیره‌ی هدف برای ماه‌های مختلف سال آبی ۹۶-۹۵ (میلیون‌مترمکعب)

ماه	حجم ذخیره هدف (MCM)	ماه	حجم ذخیره هدف (MCM)
مهر	۴۳/۷۹	آبان	۴۲/۴۰
آذر	۴۳/۰۰	دی	۴۳/۹۰
بهمن	۴۵/۰۰	اسفند	۴۵/۰۰
فروردین	۴۵/۰۰	اردیبهشت	۴۵/۰۰
خرداد	۴۳/۵۱	تیر	۴۰/۸۰
مرداد	۳۸/۱۰	شهریور	۳۶/۲۸

به دلیل آن‌که نتایج حاصل از خروجی مدل در شرایط نرمال به عنوان شاخص مقایسه برای دیگر سناریوها قرار می‌گیرد لذا بایستی از نتایج خروجی از مدل در این حالت اطمینان حاصل گردد. یکی از آزمون‌های مرسوم، مقایسه نتایج خروجی مدل با رفتار مشاهده شده است. باید خروجی مدل در راستای رفتار مشاهده شده باشد. در غیر اینصورت باید به گام‌های قبل برگشت و اصلاح نمود تا هر گام به رسیدن نتیجه درست مدل بپردازند (Sterman, 2000). در این تحقیق برای صحت‌سنجی مدل از مقایسه تراز مشاهده شده‌ی مخزن سد (واقعی) با تراز خروجی از مدل در بازه زمانی مورد مطالعه (سال آبی ۹۶-۹۵) استفاده شده است. جهت صحت سنجی و کالیبره نمودن مدل، به محاسبه سه شاخص خطاسنجی پرداخته شد که عبارتند از: مجذور میانگین خطای مربعات (RMSE)، مقدار میانگین خطای استاندارد (SE) و ضریب همبستگی (r). این شاخص ها به ترتیب از روابط (۱)، (۲) و (۳) بدست می‌آیند.

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(T_i - Y_i)^2}}{n} \quad (۱)$$

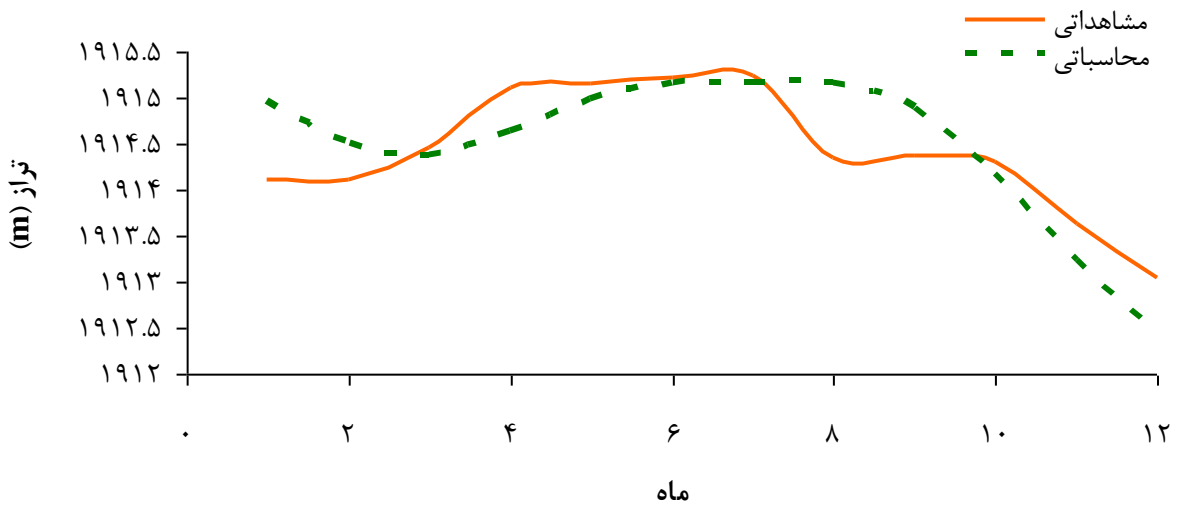
$$SE = \frac{RMSE}{T_i(mean)} \quad (۲)$$

$$r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(T_i - T_i(mean))(Y_i - Y_i(mean))}{\sum_{i=1}^{n}(T_i - T_i(mean))^2 (Y_i - Y_i(mean))^2}} \quad (۳)$$

Ti: مقدار واقعی، Yi: مقدار پیش‌بینی شده، n: تعداد داده‌ها، Yi (mean): میانگین مقادیر پیش‌بینی شده و Ti(mean): میانگین مقدارهای واقعی می‌باشد.

نتایج و بحث

در تحقیق حاضر جهت صحت‌سنجی و کالیبره نمودن مدل، به مقایسه تراز واقعی سد با تراز خروجی از مدل در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه در شرایط نرمال پرداخته شد. شکل ۶ نمودار این مقایسه را از مهرماه ۱۳۹۵ لغایت مهرماه سال ۱۳۹۶ (سال آبی ۹۶-۹۵) نشان می‌دهد.



شکل (۶):مقایسه مقادیر مشاهداتی و محاسباتی تراز آب سد کلان

در این مطالعه جهت صحت‌سنجی مدل شبیه‌سازی، از شاخص‌های RMSE، SE و r استفاده گردید. برای این شاخص‌ها به‌ترتیب مقادیر ۰/۱۵، ۰/۰۰۴ و ۰/۸۲ بدست آمد. نتایج بدست آمده بیانگر عملکرد قابل قبول مدل شبیه‌سازی حوضه‌ی سد کلان ملایر است. بدیهی است بدلیل روابط پیچیده پارامترهای مؤثر بر روی یکدیگر و تغییرات متغیرها در طول دوره شبیه‌سازی، انطباق کامل نتایج در مدل‌های منابع آب امری بسیار مشکل و زمان‌بر است. بر این اساس، مدل شبیه‌سازی تخصیص‌های سد کلان ملایر که مطابق نتایج فوق صحت‌سنجی شده، جهت ارزیابی سناریوهای مختلف کاهش آورد رودخانه برای این مطالعه، مورد پذیرش قرار گرفته است. نتیجه مشابه در مطالعه Mohsenizadeh and Shourian (2018) گزارش شده است که همسو با مطالعه حاضر می‌باشد.

پس از صحت‌سنجی،کالیبره نمودن مدل و اطمینان از دقت مدل، مقادیر سرریز سد طی چهار سناریوی مورد مطالعه، بوسیله‌ی مدل MODSIM برآورد گردید. جدول شماره ۵، مقایسه مقدار سرریزها طی چهار سناریو را نسبت به شرایط نرمال نشان می‌دهد.

جدول (۵) مقایسه حجم سرریز (میلیون‌مترمکعب)

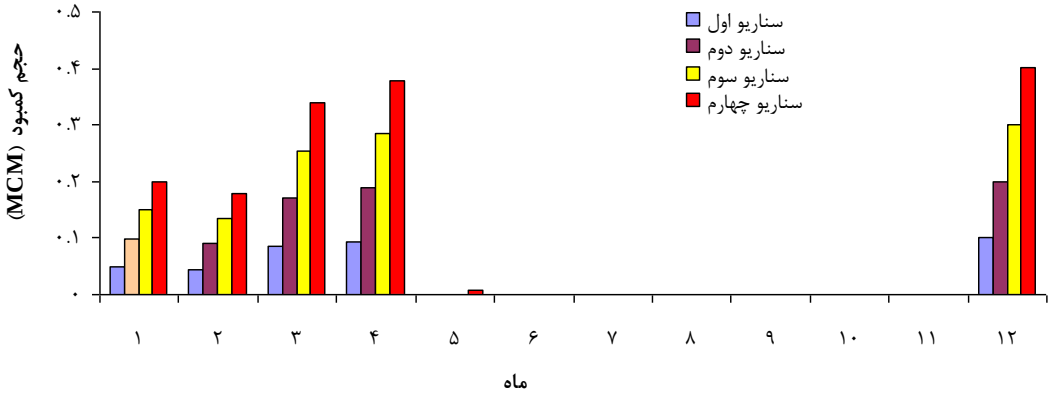
ماه	شرایط نرمال	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم	سناریوی چهارم
بهمن	۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۲۷	۰/۱۳	۰
اسفند	۳/۷۰	۳/۴۵	۳/۱۹	۲/۹۴	۲/۶۸
فروردین	۴/۷۸	۴/۳۷	۳/۹۶	۳/۵۵	۳/۱۴
اردیبهشت	۱/۵۲	۱/۲۵	۰/۹۹	۰/۷۲	۰/۴۶
جمع	۱۰/۵۵	۹/۴۸	۸/۴۱	۷/۳۴	۶/۲۸

براساس نتایج جدول ۵، سد کلان ملایر در شرایط نرمال طی بازه‌ی زمانی چهار ماهه از بهمن ماه ۹۵ لغایت اردیبهشت ماه ۹۶ به میزان ۱۰/۵۵ میلیون‌مترمکعب سرریز دارد. لیکن با کاهش آورد رودخانه در محل احداث سد، از مقدار حجم سرریزها نیزکاسته می‌شود بطوریکه در سناریوی چهارم در بهمن ماه نیز حجم سرریز از سد به مقدار صفر رسیده است. مقدار حجم کمبود آب مخزن سد کلان برای گره‌های مختلف، در مقایسه با شرایط نرمال به شرح جدول شماره ۶، می‌باشد

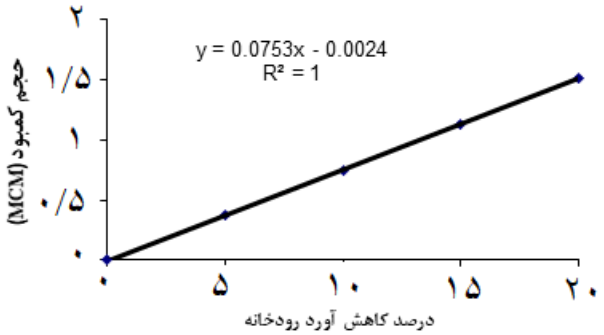
جدول (۶): مقایسه حجم ماهانه کمبود در گره‌ها طی چهار سناریوی مورد مطالعه (میلیون‌مترمکعب)

ماه	شرایط نرمال	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم	سناریوی چهارم
مهر	۰	۰/۰۵۰	۰/۰۹۹	۰/۱۴۹	۰/۱۹۹
آبان	۰	۰/۰۴۵	۰/۰۹۰	۰/۱۳۵	۰/۱۸۰
آذر	۰	۰/۰۸۵	۰/۱۷۰	۰/۲۵۵	۰/۳۴۰
دی	۰	۰/۰۹۴	۰/۱۸۹	۰/۲۸۴	۰/۳۷۹
بهمن	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۸
اسفند	۰	۰	۰	۰	۰
فروردین	۰	۰	۰	۰	۰
اردیبهشت	۰	۰	۰	۰	۰
خرداد	۰	۰	۰	۰	۰
تیر	۰	۰	۰	۰	۰
مرداد	۰	۰	۰	۰	۰
شهریور	۰	۰/۱۰۰	۰/۲۰۰	۰/۳۰۱	۰/۴۰۲
جمع	۰	۰/۳۷۴	۰/۷۴۸	۱/۱۲۴	۱/۵۰۸

از آن‌جایی که برای مدل، ذخیره‌سازی هدف به عنوان اولویت اول تعریف شده است، نرم‌افزار MODSIM اینگونه عمل می‌نماید که ابتدا ذخیره‌سازی آب در مخزن به میزان ذخیره‌ی هدف تعیین شده را انجام و سپس اقدام به تأمین دیگر گره‌ها با توجه به اولویت داده شده به مدل می‌نماید. بنابراین هر چه از حجم آورد رودخانه در محل احداث سد کاسته شود مدل، کمبودهای بیشتری جهت تأمین نیازها نشان می‌دهد. شکل شماره ۷ نشان می‌دهد با کاهش حجم آورد رودخانه به میزان تعریف شده در سناریوها، مقدار حجم کمبودها نیز افزایش می‌یابد. تحلیل و ارزیابی نتایج حاصل از خروجی مدل MODSIM بیان‌گر آن است که هرچه از میزان آورد رودخانه در محل احداث سد طبق سناریوها کاسته شود، سد کلان ملایر جهت تأمین نیازهای هر گره به شرط حفظ ذخیره‌ی هدف در شرایط نرمال، دچار کمبود بیشتری خواهد شد. در مطالعه Atashi et al. (2015) نتایج مشابه حاصل شد که در راستای مطالعه حاضر می‌باشد. همچنین در سناریوی چهارم به تعداد ماه‌های دارای کمبود افزوده گردید. حجم این کمبودها در برابر هر ۵ درصد کاهش جریان ورودی به سد طی سناریوهای اول تا چهارم، به ترتیب برابر با ۰/۳۷۴، ۰/۷۴۸، ۱/۱۲۴ و ۱/۵۰۸ میلیون‌مترمکعب می‌باشند. شکل ۸ تغییرات حجم کمبودها طی سناریوهای مختلف، به ازای هر ۵ درصد کاهش مساوی از آورد رودخانه را نشان می‌دهد. این شکل بیان‌گر آن است که تغییرات حجم کمبود در سناریوهای مختلف کاهش آورد رودخانه کاملاً خطی بوده و از رابطه‌ی y=0.0753x-0.0024 تبعیت می‌نماید. با توجه به ضریب همبستگی برابر با عدد ۱ و اعتماد به این رابطه، می‌توان نتیجه گرفت که چنانچه مقدار حجم آب ورودی به سد برابر با صفر گردد حجم کمبودها به عدد ۷/۵۲ میلیون‌مترمکعب خواهد رسید. به عبارت دیگر سد کلان می‌تواند حتی اگر جریان ورودی به سد صفر شود در صورت کاستن ۷/۵۲ میلیون‌مترمکعب از حجم ذخیره‌ی هدف تعیین شده در این مطالعه، به تمام تخصیص‌های تعیین شده برای تقاضاها از سد بدون هیچ مشکلی در یک سال‌آبی پاسخ دهد.



شکل (۷) نمودار مقایسه حجم ماهیانه کمبود در گره‌ها طی چهار سناریوی مورد مطالعه (میلیون‌مترمکعب)



شکل (۸): نمودار تغییرات حجم کمبودها در اثر کاهش آورد رودخانه طی سناریوهای اول تا چهارم (میلیون‌مترمکعب)

همچنین نتایج نشان داد که هر چه از حجم آورد رودخانه در محل احداث سد کاسته شده است، میزان حجم ذخیره‌سازی سد نیز کاهش یافته و جهت رسیدن به حجم ذخیره‌ی هدف در آن ماه، در صورت تأمین کلیه نیازها، کمبود بیشتری وجود دارد. به عبارت دیگر هر چه وضعیت آورد رودخانه از شرایط نرمال به سمت سناریوی چهارم یعنی کاهش آورد رودخانه پیش رفته، حجم کمبودها نیز بیشتر شده است. در مطالعه Ahmadi et al. (2018) به کمبود آب در فصول کاهش بارندگی و افزایش برداشت اشاره شده است که همسو با نتایج فوق می‌باشد. بنابراین جهت تأمین تقاضاها از سد در هر سناریو دو راه وجود دارد یا می‌بایست به اندازه‌ی حجم کمبودها، از مقدار تخصیص‌های هر گره با لحاظ نمودن اولویت‌های مفروض در این تحقیق کاسته شود و یا حجم ذخیره هدف را با توجه به مقدار حجم کمبود در هر ماه، کاهش داد. شکل شماره ۹ بیان‌گر این موضوع می‌باشد.

شکل (۹): نمودار مقایسه ذخیره‌سازی سد کلان طی چهار سناریو با ذخیره‌ی هدف (میلیون‌مترمکعب)

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که با کاهش حجم آورد رودخانه در محل احداث سد طی سناریوهای اول تا چهارم، حجم آب ذخیره شده در سد نیز کاهش یافته است به‌طوری که حجم کمبودها در تأمین تقاضاها به ترتیب از سناریوی اول تا سناریوی چهارم، به‌ترتیب برابر ۰/۳۷۴، ۰/۷۴۸، ۱/۱۲۴ و ۱/۵۰۸ میلیون‌مترمکعب خواهد بود؛ بعبارت دیگر رابطه‌ی تغییرات کاهش حجم ذخیره‌سازی در سد در اثر کاهش ۵ درصدی از حجم آورد رودخانه طی هر سناریو، کاملاً خطی است. همچنین حجم سرریز از سد در حالت نرمال ۱۰/۵۵ میلیون‌مترمکعب بوده که در سناریوی چهارم به ۶/۲۸ میلیون‌مترمکعب رسیده است یعنی با کاهش آورد رودخانه طی سناریوهای اول تا چهارم ضمن کاهش ذخیره‌سازی در سد، از حجم سرریزها نیز کاسته شده است. از رابطه‌ی بدست آمده بین تغییرات حجم کمبودها در اثر کاهش حجم آورد رودخانه در این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که در بدترین حالت ممکن که کل حجم جریان ورودی به سد بر اثر خشکسالی و یا دیگر عوامل موثر درکاهش آورد رودخانه صفر گردد، در صورت برقرار بودن فرضیات این مطالعه، سد کلان قادر به تأمین تخصیص‌های تعیین شده برای تمام تقاضاها از آن، می‌باشد و چنانچه هدف مدیران بهره‌بردار از این سد، به لحاظ رفتار مخزن در پر و خالی شدن آن، درون‌سالی باشد، سد کلان می‌تواند برای مدت یکسال‌آبی به تمامی تخصیص‌های مربوطه به هر گره، بدون هیچ کمبودی پاسخ دهد، لیکن لازم است که در آن سال از حجم ذخیره‌ی هدف تعیین شده در این مطالعه، به میزان ۷/۵۲ میلیون‌مترمکعب، کاسته شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت حجم تخصیص‌های در نظر گرفته شده با اطمینان‌پذیری حجمی ۸۸ درصدی از سوی کمیسیون تخصیص آب وزارت نیرو برای تقاضاهای مختلف از این سد، مناسب بوده است که با نتایج تحقیق KadKhoda et al. (2017) با موضوع ارزیابی سناریوهای مختلف تخصیص منابع آب سد چغاخور با استفاده از روش پویایی سیستم مطابقت دارد

منابع

احمدی، ل.، س.ف. موسوی و ح. کرمی. ۱۳۹۷. تخصیص آب با استفاده از نرم افزارهای WEAP و Vensim (مطالعه موردی). نشریه دانش آب و خاک. جلد ۲۸، شماره ۴، ص ۲۲۳-۲۱۱.

آتشی، م.، ک. داوری و م، ب، شریفی. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی تخصیص تلفیقی کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی شرب شهر مشهد. نشریه آب و فاضلاب، شماره ۵، ص ۳۴-۲۳.

دشتی، ر.، م.ت. ستاری، و و. نورانی. ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد الگوریتم تکاملی تفاضلی در بهره برداری بهینه از سیستم تک مخزنه سد علویان. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال ششم، شماره سوم، ص ۷۵-۶۱.

کدخداحسینی، م.، ش. شامحمدی، ر. میرعباسی نجف آبادی و ح. نوذری. ۱۳۹۶. ارزیابی سناریوهای مختلف تخصیص منابع آب سد چغاخور با استفاده از روش پویایی سیستم، نشریه علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری، سال یازدهم، شماره ۳۶، ص ۳۲-۲۳.

میهن خواه، ن.، ا.ح. چیذری و ص. خلیلیان. ۱۳۹۱. مدیریت بهره برداری بهینه از منابع آب سطحی با کاربرد برنامه‌ریزی پویا. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۲۶، شماره ۴، ص ۲۵۱-۲۴۴.

محسنی زاده، ا و م. شوریان. اردیبهشت ۱۳۹۵. تخصیص بهینه منابع آب در سطح حوضه آبریز گرگانرود با استفاده از رویکرد شبیه‌سازی- بهینه‌سازی. ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب، سنندج، دانشگاه کردستان.

محسنی زاده، ا و م. شوریان. ۱۳۹۶. برنامه ریزی تخصیص بهینه منابع آب در سطح حوضه آبریز با استفاده از تلفیق مدل شبیه‌سازی MODSIM و الگوریتم بهینه‌سازی فاخته (COA). تحقیقات منابع آب. سال سیزدهم، شماره ۴، ص ۱۶-۱.

نوذری، ح و م. مصطفی. ۱۳۹۶. مدیریت بهره‌برداری از آب مخزن سد امیرکبیر به کمک روش پویایی سیستم و مدل برنامه‌ریزی غیرخطی. تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۲، دوره ۴۸، ص ۳۴۷-۳۳۵.

امیدوار، م.، ت. هنر، م.ر. نیکو و ع. سپاس‌خواه. ۱۳۹۵. تدوین یک مدل فازی بهینه سازی الگوی کشت و تخصیص آب بر مبنای تئوری بازیهای همکارانه، مطالعه موردی: کانال اردبیهشت شبکه آبیاری درودزن فارس. نشریه علوم آب و خاک، سال بیستم، شماره هفتاد و شش، ص ۱۳-۱.

رزاقی، پ.ن.، ح. بابازاده و م. شوریان. ۱۳۹۲. توسعه سیاست جیره بندی بهره برداری از مخزن چندمنظوره در شرایط محدودیت منابع آب با استفاده از مدل MODSIM ۸,۱. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال سوم، شمارهٔ دوم، ص ۲۲-۱۱.

سبززاده، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی مدل MODSIM در شبیه‌سازی و برنامه‌ریزی حوضه آبریز، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)، تهران.

Shourian, M., Y. Raoufi Y and j. Attari. 2017. Interbasin Water Transfer Capacity Design by Two Approaches of Simulation-Optimization and Multicriteria Decision Making. J. Water Resour. Plann. Manage. 143(9): 04017054.

Evaluation of different water allocation scenarios from Kalan Malayer Reservoir using MODSIM software

Maryam Bayatvarkeshi[1], Abbas Abbasi[2] and Hamed Nouzari[3]

Abstract

Due to increasing gap between water supply and demand, paying close attention to the principles of optimal water allocation is inevitable. In the present investigation, allocations from Kalan Malayer Reservoir to demands identified by the Iranian Ministry of Energy were evaluated using MODSIM8.1. These demands are environmental and sustainability requirements, City of Malayer drinking water, agricultural requirement of the downstream lands, irrigation of Sahand Malayer farms and industrial centers. The analysis temporal scale was a 12-month period with monthly time steps during year 2016-2017. The purpose of this study was to evaluate the behavior of the dam reservoir when the inflow is reduced. Four scenarios including 5, 10, 15 and 20 percent river reduction in flow to the reservoir were investigated. The results indicated that with decrease in the river inflow, the stored water in the dam reservoir would decreased and there would be shortage to meet all demands. The deficiencies volume in supplying water to demands from the first scenario to the fourth scenario was 0.373, 0.748, 1.124 and 1.508 MCM, respectively. In other words, the relationship between the decrease in stored water volume in the dam reservoir and river inflow reduction was linear. Therefore, in order to meet the demands in all four scenarios, the allocation to the demand points should be reduced according to the priorities of the demands. The other solution is to reduce the target storage volume equal to the total deficiency volume in that month.

Keywords: Allocation, Shortage, MODSIM, Kalan Malayer Dam.

[1] Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Malayer University, m.bayat.v@malayeru.ac.ir (Corresponding author)
[2] MSc Student, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Malayer University, abbasabbasi2020@yahoo.com
[3] Associate Professor, Department of Water Engineering, Agriculture Faculty, Bu Ali Sina University, hanozari@yahoo.com

Evaluation of different water allocation scenarios from Kalan Malayer Reservoir using MODSIM software

Maryam Bayatvarkeshi[1], Abbas Abbasi[2] and Hamed Nouzari[3]

Introduction

Due to increasing gap between water supply and demand, paying close attention to the principles of optimal water allocation is inevitable. Determination of the amount of water that can be allocated from surface and groundwater resources to different usages in catchments is carried out by priority. In this case, mathematical models are considered as proficiency approach for simulation and optimization. The overcrowding in the vast majority of areas in Iran have cased to increase in water consumption particularly in agriculture sector (Dashti et al., 2016). Malayer, located in west of Iran, is not exception and the population growth, the decrease precipitation, and over withdrawing from the surface and ground water resources led to considerable decline in water resources. The main purpose of this investigation would be evaluating of dam reservoir performance against distinct scenarios of river discharge decrease in established dam location for variety uses in Malayer as a case study. The findings could provide a broad range of benefits in water resources management sector.

Methodology

In the present investigation, allocations from Kalan Malayer Reservoir to demands identified by the Iranian Ministry of Energy were evaluated using MODSIM8.1. These demands are environmental and sustainability requirements, City of Malayer drinking water, agricultural requirement of the downstream lands, irrigation of Sahand Malayer farms and industrial centers. The analysis temporal scale was a 12-month period with monthly time steps during year 2016-2017. Four scenarios including 5, 10, 15 and 20 percent river reduction in flow to the reservoir were investigated. Evaluation and calibration of the model was conducted by the root mean square error (RMSE) and the correlation coefficient (r).

Discussion and Conclusion

In this investigation, for calibrating and validating, the level of the observed and the estimated by the model throughout the studied period from the Sep. 2016 to the Sep. 2017 was drawn. The Figure 1 depicts the comparison of the observed and estimated level.

[1] Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Malayer University, m.bayat.v@malayeru.ac.ir (Corresponding author)
[2] MSc Student, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Malayer University, abbasabbasi2020@yahoo.com
[3] Associate Professor, Department of Water Engineering, Agriculture Faculty, Bu Ali Sina University, hanozari@yahoo.com

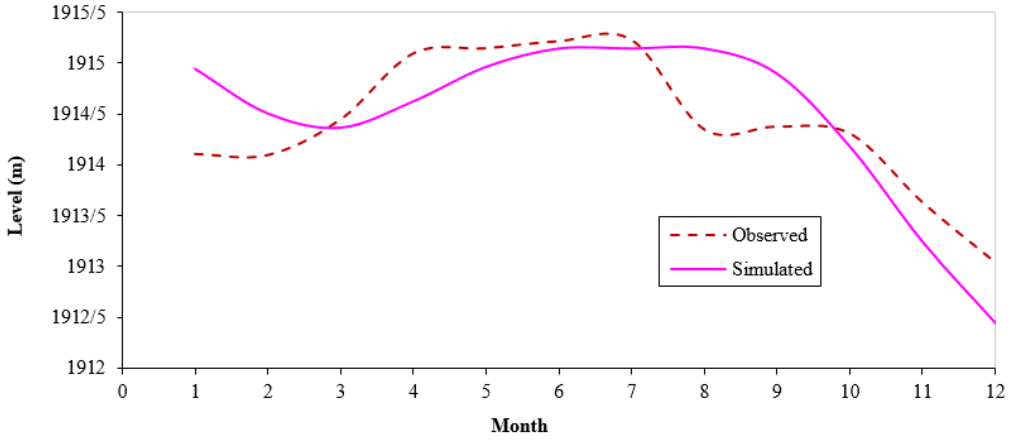


Figure (1): The comparison of the observed and estimated level

The results indicated that with decrease in the river inflow, the stored water in the dam reservoir would decreased and there would be shortage to meet all demands. The deficiencies volume in supplying water to demands from the first scenario to the fourth scenario was 0.373, 0.748, 1.124 and 1.508 MCM, respectively. In other words, the relationship between the decrease in stored water volume in the dam reservoir and river inflow reduction was linear. Therefore, in order to meet the demands in all four scenarios, the allocation to the demand points should be reduced according to the priorities of the demands. The other solution is to reduce the target storage volume equal to the total deficiency volume in that month. In the study of Ahmadi et al. (2018), the water shortage in the seasons of the precipitation decline and the withdraw increase has been reported, which is in line with the present survey. In general, it can be included that the allocated volumes are suitable and in line with the reported values by the power ministry. The same finding has been declared by Kadkhoda et al. (2017). The obtained connection among the shortage volumes in the existing survey, it can be inferred that the worst phrase with considering the zero discharge for rivers, the dam would be able to allocate the whole demands.

The most important references

KadKhoda M, Shamohammadi Sh, Mirabbasi Najaf abadi R, Nozari H. 2017. Evaluation of Different Scenarios of Water Resources Allocation in Choghakhor Dam Using Dynamic System. Scientific Journal of Watershed Management Sciences, Vol. 11, No. 36:23-32 (In Persian)

Dashti R, Sattari MT, Noorani v. 2017. Performance Evaluation of Differential Evolutionary Algorithm in Optimal Operation of the Alavian Dam Single-Layer System. Journal of Water and Soil Conservation, Sixth Year, No. 3: 61-75 (In Persian)

Ahmadi L, Mousavi SF, Karami H. 2018. Water Allocation Using WEAP and Vensim Softwares (Case study: Nazloo-chai basin). Water and soil science. 18 (4): 211-223.Atashi M, Davary K, Sharifi M. 2015. Simulation of Integrated Qualitative and Quantitative Allocation of Surafce and Underground Water Resources to Drinking Water Demand in Mashhad. Journal of Water & Wastewater. 5: 23- 34.