نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال دوازدهم- شماره ۴۲- پاییز ۱۳۹۷

Vol. 12, No. 42, Fall 2018

مدیریت منابع و مصارف آب سدهای ملاصدرا، سیوند و درودزن در حوزه آبخیز بختگان- مهارلو

محمدحسین احمدی[۱]، حسین یوسفی[۲]، سعید فرزین[۳] و رسول رجب پور[۱]

تاریخ دریافت:۱۳۹۵/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۰۸/۲۹

چکیده

یکی از معضلات سیستم‌های منابع آب در بسیاری از کشورها، مدیریت و برنامه‌ریزی تخصیص بهینه این منابع است. ابزارهای متعددی به منظور مدل‌سازی این سیستم‌ها، با توجه به مشخصه‌های حوزه مورد مطالعه، توسعه داده شده است. در این مطالعه، با به‌کارگیری مدل ویپ، شبیه‌سازی منابع و مصارف آب نقاط تقاضای پایین‌دست سدهای ملاصدرا، درودزن و سیوند واقع در حوزه آبخیز بختگان- مهارلو در استان فارس، مورد ارزیابی قرار گرفته است. بر این اساس، به ارائه راهکارهای مدیریتی در قالب چهار سناریو جهت مقابله با کمبود آب برخی از نقاط تقاضا با اولویت تأمین آب به ترتیب مصارف شرب، زیست‌محیطی و کشاورزی پرداخته شده است. در بین سناریوهای مورد بررسی، سناریوی چهارم نتایج مناسب‌تری را در مقایسه با دیگر سناریوها ارائه می‌دهد؛ به‌طوری که با اعمال این سناریو، تأمین آب اراضی کشاورزی دشت کامفیروز، توابع ارسنجان و قصرالدشت، اراضی کشاورزی رامجرد و خط آبرسانی به شیراز با اطمینان ۱۰۰ درصد و همچنین آب شرب شهرهای ارسنجان و سعادت‌شهر نیز با حدود اطمینان ۳۹/۲۴ تا ۱۰۰ درصد قابل تأمین خواهد بود. همچنین، نتایج این مدل نشان می‌دهد که آب مورد نیاز اراضی کشاورزی دشت کربال فقط در ماه‌های آبان و بهمن با اطمینان ۱۰۰ درصد قابل تأمین است و در مابقی ماه‌های سال، درصد اطمینان تأمین آب کشاورزی صفر است. بنابراین، اراضی کشاورزی دشت کربال در ماه‌های اسفند تا آخر خرداد با مشکل کمبود آب روبرو خواهند شد. این نتیجه گواه این امر است که توسعه اراضی کشاورزی دشت کربال با توجه به نتایج شبیه‌سازی باید مورد تجدید نظر قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: *حوزه آبخیز بختگان- مهارلو، مدل ویپ، مدیریت منابع آب، شبیه‌سازی.*

مقدمه

آب یک منبع طبیعی، کمیاب و حیاتی و در عین حال تجدیدپذیر است که انسان به طور مستمر در هر زمان و مکان به آن نیاز دارد. آب همچنین، یک کالای با ارزش و غیرقابل جایگزین در توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها است و نقش محوری را در آمایش سرزمین به عهده داشته و زیرساخت توسعه سایر بخش‌ها است. افزایش روزافزون نیازهای آبی به دلیل توسعه جمعیت انسانی و پیشرفت صنعت و کشاورزی در دنیای امروز امری اجتناب ناپذیر است. از طرفی محدودیت منابع آبی و اصل پایداری در مدیریت آن، تامین آب کلیه نیازهای موجود را غیرممکن ساخته است [۲]. لذا به منظور تأمین و عرضه آب با اطمینان پذیری بالا و رعایت اولویت‌های تخصیص به صورت شرب، حقابه کشاورزی، محیط زیست و صنعت نیاز به برنامه‌های دقیق و کامل احساس می‌شود. در ایران، محدودیت آب قابل دسترس، توزیع غیریکنواخت آن در سطح کشور، الگوی نامناسب شهرنشینی و مراکز سکونت‌گاهی و شیوه تولید محصولات زراعی از منظر سازگاری با اقلیم، تأمین آب مورد نیاز را در بسیاری از مناطق کشور مشکل ساخته و به تدریج بر ابعاد آن افزوده است [۵]. از طرفی بروز خشکسالی‌های پی در پی در سالهای اخیر، دسترسی به آب را با بحران شدیدتری مواجه نموده است، به طوری که تأمین آب قابل دسترس و مطمئن برای مصارف مختلف، یکی از چالش‌های مهم برای کشور محسوب می‌شود [۱۲]. در ادبیات فنی مدل‌سازی حوزه آبخیز با استفاده از مدل WEAP[۴] موارد ذیل قابل تأمل هستند. کرمانشاهی و همکاران [۱۰] کاربرد مدل ویپ را در ارزیابی تأثیر مدیریت مصرف آب آبیاری بر منابع آب دشت نیشابور بررسی نمودند. در این مطالعه وضعیت منابع آب و تقاضاهای آبیاری دشت نیشابور با استفاده از مدل WEAP مورد بررسی قرار گرفت. برای ارزیابی اثرات راهبردهای مذکور، سناریوهایی با عناوین تغییر الگوی کشت، کاهش سطح زیر کشت و

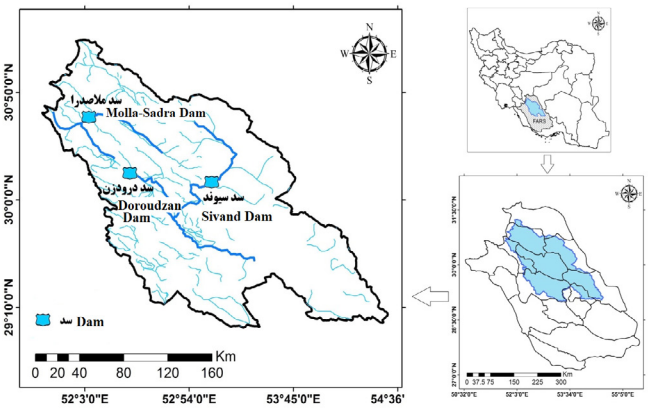
۱- مربی، گروه مهندسی عمران، واحد بیضا، دانشگاه آزاد اسلامی، بیضا.
۲- دانشیار، دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران، تهران.
۳- نویسنده مسئول و استادیار، گروه مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان. پست الکترونیک:
saeed.farzin@semnan.ac.ir

4- Water Evaluation and Planning System

سناریوی ترکیبی مطرح و سپس برای یک دوره ۲۰ ساله شبیه سازی انجام گرفت. نتایج نشان داد که با اعمال این سناریوها، میانگین سالانه نیاز آبیاری به ترتیب حدود ۹، ۱۰ و ۱۸ درصد کمتر خواهد شد و متعاقباً از رقم میانگین کسری سالانه مخزن به ترتیب ۱۳، ۸ و ۱۸ درصد کاسته می‌شود. سعیدی نیا و همکاران [۱۵] در تحقیقی با انجام مدل‌سازی ماهانه منابع آب، با استفاده از مدل WEAP، اثرات طرح‌های انتقال آب بین حوزه‌ای کارون شامل تونل‌های ۱، ۲ و ۳کوهرنگ و تونل بهشت آباد را بر وضعیت منابع آب سطحی حوزه‌های بهشت آباد و کوهرنگ بررسی نمودند. نتایج نشان داد که خروجی رودخانه‌های بهشت آباد و کوهرنگ در افق آینده با فرض اینکه طرح‌های توسعه منابع آب تعریف شده به مرحله بهره برداری برسند، به طور متوسط نسبت به شرایط عدم توسعه حوزه بالادست،۲۷ درصد کاهش خواهد یافت.آقا کرمی و مریدی[۱] اثرات اجرای طرح فاضلاب بر سطح آب زیرزمینی دشت تهران- کرج را توسط مدل WEAP بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که تغذیه آبخوان از چاه‌های فاضلاب در زمان اجرای طرح به طور میانگین حدود ۱۴ درصد کاهش یافته است. حجی پور و همکاران [۷] با بکارگیری مدل شبیه سازی WEAP در حوزه آبخیز دشت بجنورد، منابع و مصارف آن را مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق سناریوهای مختلف مدیریتی از جمله تأمین آب شرب بجنورد، افزایش آب برگشتی، سطح زیرکشت ثابت و سناریوی ترکیبی جهت کاهش تقاضای آب مطرح شد و اثرات آن بر روی منابع آب حوزه مورد بررسی قرار دادند. نتایج سناریوی ترکیبی نشان دهنده این موضوع بود که بکارگیری همزمان راهبردهای مختلف مدیریت مصرف آب، بهتر از حالت استفاده منفرد از هر کدام از آنها می‌تواند برداشت آب از منابع مختلف را کاهش دهد. یزدان پناه و همکاران [۱۶] در جهت برنامه ریزی و مدیریت منابع آب حوزه ازغند به روش استاندارد در محیط مدل WEAP سناریوهای مختلفی را طی یک دوره ۲۰ ساله اعمال کرده و تأثیر آن را بر وضعیت عرضه و تقاضا در منطقه مورد مطالعه قرار دادند. همچنین در این تحقیق تأثیر افزایش نرخ جمعیت بر وضعیت آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه به دست آمد که نرخ رشد جمعیت تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر وضعیت میزان تقاضا و تغییرات افت سطح زیرزمینی در سطح حوزه آبخیز ندارد. در کشورهای مختلف نیز مدل WEAP در حوزه‌های مختلف جهت برنامه ریزی در منابع آب به کار گرفته شده است. به عنوان نمونه الفرا و همکاران [۳] مدل WEAP را در اردن برای ارزیابی سناریوهایی مانند افزایش استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری و تغییر اقلیم به کار گرفتند. همچنین ایشان طی تحقیقی در حوزه دریاچه نایواشا در کنیا برای بررسی سیستم حوزه این دریاچه در یک قالب یک طرح جامع آبی از مدل WEAP با هدف یافتن علل و نوع مشکلات استفاده شده است. موتیگا و همکاران [۱۳]، طی پژوهشی در حوزه اواسونیرو در کنیا برای به حداقل رساندن تعارضات بر سر مصرف آب در حوزه از WEAP جهت هماهنگی بین عرضه و تقاضای منابع آب را توسط مدل مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که بیشترین مقدار تقاضا و در نتیجه دلیل ایجاد کشمکش‌ها مربوط به بخش کشاورزی بوده و پیشنهاد کردند برای حل این مشکل کشت دیم در منطقه توسعه یابد. در حوزه رودخانه ساکرامنتو در ایالت کالیفرنیا نیز مدل WEAP توسط پورکی و همکاران [۱۴]، برای بررسی اثرات مدیریت آب کشاورزی تحت شرایط مختلف تغییر اقلیم در آینده به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که اقدامات مدیریتی اثر مطلوبی بر منابع آب خواهد داشت. از دیگر تحقیقات مرتبط با موضوع این تحقیق، می‌توان به تحقیقات کاربوسکی و همکاران [۹]، هو مویو و همکاران [۸]، لانگ و همکاران [۱۱]، آجیبیراس و کتسیری [۶] و بنگاش و همکاران [۴] اشاره نمود. هدف از انجام این پژوهش مدل‌سازی منابع و مصارف آب سدهای ملاصدرا، درودزن و سیوند واقع در استان فارس، شهرستان مرودشت و ارائه راهکارهای مدیریتی به منظور مقابله با کمبود آب و تأمین نیازهای کلیه ذی‌نفعان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز دریاچه‌های طشک- بختگان و مهارلو بخش وسیعی از مناطق شرقی، مرکزی، شمالی و شمال‌غربی استان فارس را تشکیل داده است. در حوزه آبخیز دریاچه طشک – بختگان سه سد مخزنی به نام‌های درودزن، ملاصدرا به ترتیب در سال‌های ۱۳۵۱ و ۱۳۸۴ بر روی رودخانه کر و سد سیوند بر روی رودخانه سیوند در سال ۱۳۸۶ احداث شده است. در این حوزه نیز ۶ سد انحرافی قدیمی به نام‌های امیر، تیلکان، موان، فیض‌آباد، حسن‌آباد و جهان‌آباد بر رودخانه کر احداث شده که قدمت تعدادی از آنها به بیش از ۱۰۰۰ سال می‌رسد (شکل (۱)).



شکل ۱- محدوده حوزه آبخیز بختگان- مهارلو همراه با موقعیت سدها و رودخانه‌ها

Fig. 1. The boundary of Bakhtegan-Maharlou catchment with location of dams and rivers.

منابع و مصارف سدهای مورد مطالعه

سد ملاصدرا با حجم ۴۴۰میلیون متر مکعب بر روی شاخه اصلی رودخانه کر به منظور مشروب ساختن ۴۴۰۰ هکتار از اراضی پایین دست سد ملاصدرا (بخش کامفیروز) و همچنین تأمین برق به میزان ۱۰۰ مگاوات که در سال ۱۳۸۶ به بهره برداری رسیده است. سد سیوند نیز با حجم ۱۵۰ میلیون متر مکعب بر روی رودخانه سیوند به منظور تأمین آب شرب شهرهای ارسنجان و سعادت‌شهر به میزان ۲/۸۷ میلیون متر مکعب در سال و همچنین مشروب ساختن ۹۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی توابع ارسنجان و۱۷۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی قصرالدشت در سال ۱۳۸۶ به بهره برداری رسیده است. در نهایت سد درودزن با حجم ۹۶۰ میلیون متر مکعب بر روی شاخه اصلی رودخانه کر به منظور تأمین آب شرب و صنعت شهر شیراز و مرودشت به ترتیب به میزان ۶۳ و ۱۰۳ میلیون متر مکعب و همچنین مشروب ساختن۱۱۵۵۵۰ هکتار از اراضی پایین دست (شبکه آبیاری و زهکشی رامجرد ۶۴۰۰۰ هکتار، شبکه‌های آبیاری و زهکشی بند امیر ۱۲۸۰۰ هکتار، شبکه آبیاری و زهکشی فیض آباد ۱۰۵۰۰ هکتار، شبکه آبیاری و زهکشی تیلکان ۹۷۵۰ هکتار و شبکه آبیاری وزهکشی موان ۱۴۵۰۰ هکتار) در سال ۱۳۵۱ به بهره برداری رسیده است. همچنین میزان ۷/۲۹ متر مکعب در ثانیه نیز به منظور تأمین نیاز زیست محیطی دریاچه بختگان باید از مخزن سدها رها سازی شود. لازم به ذکر است حقابه زیست محیطی دریاچه بختگان از سد ملاصدرا، درودزن و سیوند به ترتیب برابر با ۲/۰۷، ۴/۵۲ و ۰/۷۱ متر مکعب در ثانیه نیز در مدل لحاظ گردید. به منظور تعیین نیاز آبی گندم در اراضی پایین دست سدها نیز از اطلاعات ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی و سازمان هواشناسی کشور استفاده گردید. علاوه بر این راندمان شبکه‌های آبیاری اراضی کشاورزی ۴۰ درصد و راندمان خطوط آبرسانی نیز ۸۰ درصد در نظر گرفته شد.

کشت غالب محصولات کشاورزی منطقه

مرزهای مطالعه حاضر در برگیرنده شهرستان مرودشت می‌باشد در دشت مرودشت سه حوزه ارسنجان، کامفیروز و رامجرد مهمترین بخش‌های کشاورزی بوده و سه سد مورد مطالعه نیز به منظور تأمین آب این سه حوزه مد نظر قرار گرفته‌اند. در بخش‌های کامفیروز و ارسنجان، کشت عمده مربوط به گندم و جو می‌باشد اما در بخش کامفیروز، کاشت برنج نیز وجود دارد. با توجه به مشکلات خشکسالی و کمبود شدید آب در منطقه و همچنین رشد شهرهای ارسنجان و مرودشت، عملاً امکان تخصیص آب به بخش برنج‌کاری غیرممکن است. بنابراین با توجه به این موضوع و همچنین ارائه تسهیلات جهاد کشاورزی شهرستان مرودشت به گندم کاران، اکثر کشاورزان به کاشت گندم ترغیب شده‌اند. به منظور برنامه ریزی آب هر یک از سدهای مورد مطالعه در این تحقیق، فرض بر این قرار گرفت که کشت غالب اراضی پایین دست سدها فقط گندم باشد. با توجه به گزارشات سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، نیاز آبی این محصول در منطقه مورد مطالعه در ماه‌های آبان، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد می‌باشد. علاوه بر این در آبان ماه مقدار ۳۰۰ متر مکعب در هر هکتار نیز برای مرحله خاک آب در نظر گرفته می‌شود. بنابراین هر هکتار اراضی گندم در این منطقه به ۴۰۴۰ متر مکعب آب نیاز دارد.

شبیه‌سازی منطقه مورد مطالعه در سال پایه

منظور از شبیه سازی در سال پایه برآوردی مناسب از وضعیت منابع و مصارف در وضع موجود سال مورد مطالعه است. در مدل WEAP نقاط تقاضا به‌عنوان مجموعه‌ای از نیازها برای تمامی شاخه‌های زیردست مکان مصرف در نظرگرفته می‌شوند. کل تقاضای سالانه هر مکان مصرف طبق رابطه (۱) بدست می‌آید.

$$A_{DS} = \left(\sum T_{BR} \times W_{BR}\right) \qquad (1)$$

که در آن A_{DS}، مقدار تقاضای سالانه برای هر مکان مصرف و T_{BR} سطح فعال برای هر مکان مصرف است. این پارامتر برای اراضی کشاورزی سطح زیر کشت، برای مکان مصرف‌های شهری و روستایی مقدار جمعیت در سرانه مصرف آن منطقه و برای مکان مصرف صنعتی مقدار تولید در طول سال است. W_{BR} مقدار مصرف آب سالانه در واحد سطح فعال برای مکان مصرف است. برای محاسبه نیاز از منبع عرضه در نقطه مصرف باید مقدار تلفات در مکان تقاضا، مقدار جریان قابل توزیع مجدد در نقطه مصرف تقاضا و یا در صورت وجود استفاده از الگوهای مدیریتی در هر مکان مصرف تقاضا را در نظر گرفت. به منظور بررسی وضعیت موجود تأمین آب بخش‌های مختلف مصرف هر یک از سدهای مورد مطالعه در این تحقیق، از آمار ماهانه دبی ورودی به مخازن هر یک از سدها از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ استفاده گردید(شکل (۲)).

سپس متوسط دبی ماهانه سدهای مورد مطالعه در این تحقیق به عنوان دبی در سال مرجع (۱۳۹۰) انتخاب شد. در ادامه منابع و مصارف حوزه آبخیز بختگان در نرم‌افزار WEAP مدلسازی گردید. لازم به ذکر است که در این تحقیق تأمین آب شرب با اولویت اول، آب زیست محیطی (حقابه زیست محیطی دریاچه بختگان) با اولویت دوم و آب کشاورزی با اولویت سوم در نظر گرفته شد. به منظور بررسی راهکارهای مدیریتی جهت جبران کمبود آب نقاط تقاضای پایین دست سدها بعد از تحلیل در سال پایه، چهار سناریو مدیریتی تعریف و در مدل پایه اعمال می‌شود.

پیکربندی سیستم منابع آب

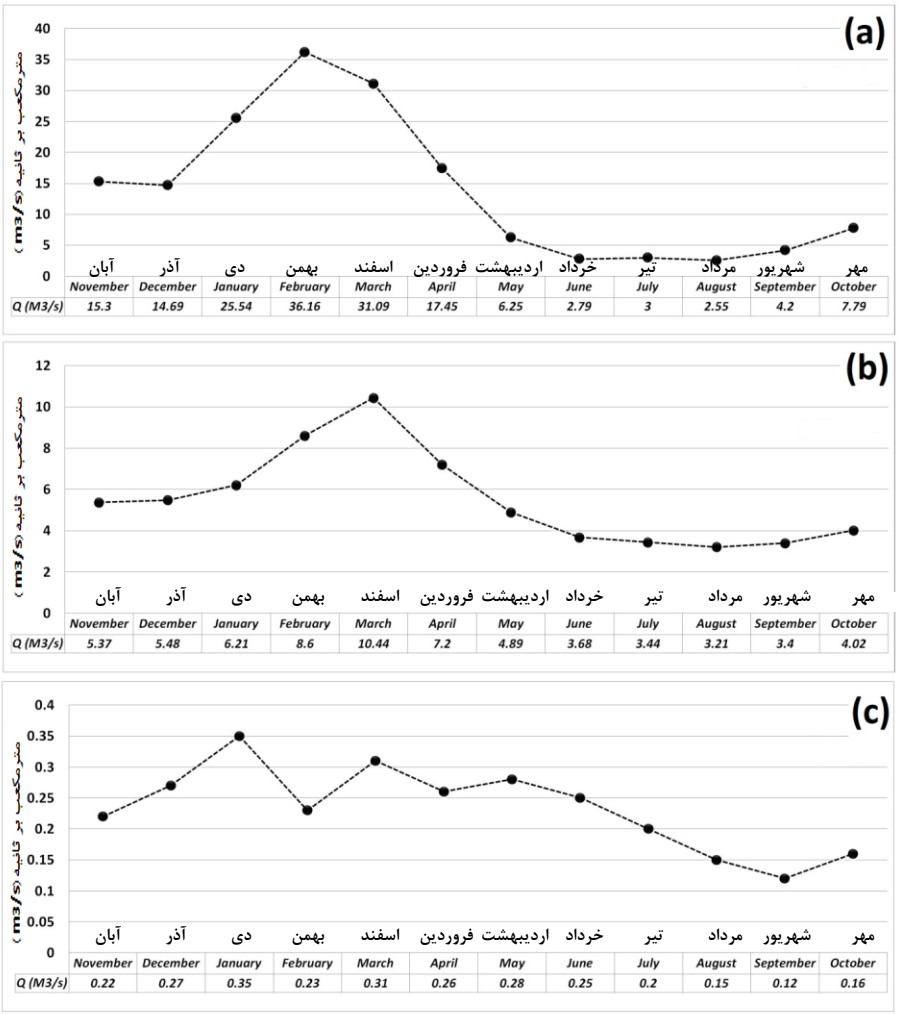
بر این اساس مدلی ساخته شد که متغیرهای مدل به شرح ذیل می‌باشند.

Agri-1: اراضی کشاورزی دشت کامفیروز (کشاورزی) با وسعت ۴۴۰۰ هکتار.

Agri-2: اراضی کشاورزی رامجرد با وسعت ۶۴۰۰۰ هکتار.

Agri-3: اراضی کشاورزی ارسنجان و قصر دشت با وسعت ۱۰۷۰۰ هکتار.

Agri-4: اراضی کشاورزی کربال (شامل اراضی کشاورزی بند



شکل ۲- متوسط آب ورودی در ماه به مخزن سدهای ملاصدرا (a)، درودزن(b) و سیوند(c) طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳

Fig. 2. The average monthly inflow to Molla-Sadra (a), Doroudzan (b) and Sivand (c) reservoirs during 2010-2015

امیر، فیض آباد، تیلکان و موان) با وسعت ۴۷۵۵۰ هکتار.

Water Supply Line-1: خط اول و دوم آبرسانی از سد درودزن به شیراز با ۱۶۳ میلیون متر مکعب در سال.

Water Supply Line-2: خط آبرسانی به سعادت‌شهر با ۲/۸۷ میلیون متر مکعب در سال.

نتایج

در این تحقیق به منظور ارزیابی مدل WEAP در مدلسازی منابع و مصارف آب حوزه آبخیز بختگان، میزان حجم آب ذخیره شده در مخزن سد درودزن و ملاصدرا در دو حالت واقعی و شبیه سازی شده توسط مدل مقایسه و سپس میزان درصد خطای مدل طبق رابطه (۲) تعیین شده است.

$$Z = \left| \frac{Q - Q_S}{Q_O} \right| \times 100 \qquad (۲)$$

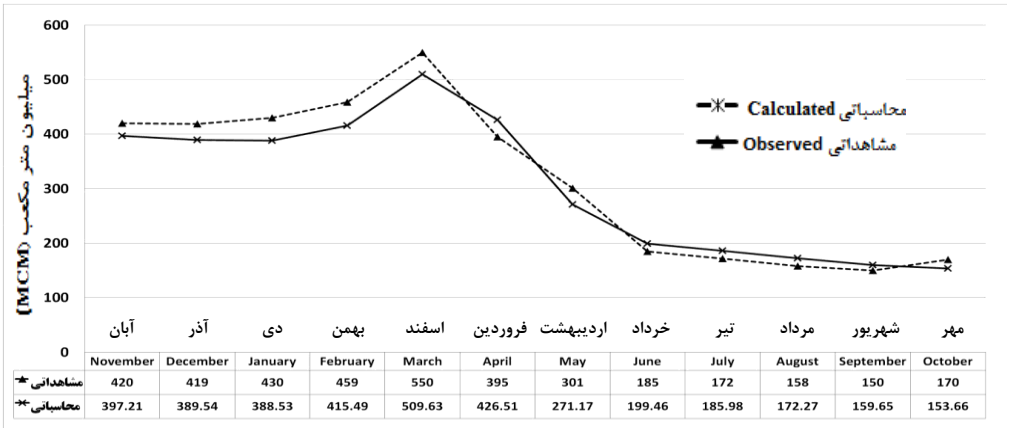
که در آن Q_O و Q_s به ترتیب بیانگر حجم مخزن سد در حالت واقعی و محاسباتی می‌باشند. بدین منظور با استفاده از آمار سال ۱۳۸۹ اقدام به مدلسازی منابع و مصارف سدهای ملاصدرا و درودزن گردید و در ادامه با استفاده از تابع درصد خطا (رابطه ۲) اقدام به ارزیابی مدل در حوزه بختگان گردید. لازم به ذکر است به دلیل این که هنوز شبکه آبیاری و زهکشی و همچنین خط آبرسانی سعادت‌شهر بطور کامل احداث نشده‌اند، بنابراین از منابع و مصارف سد سیوند در مرحله ارزیابی صرفنظر شده است. در این مرحله از تحقیق از دبی ورودی به مخزن سد ملاصدرا و درودزن در سال ۱۳۹۰به عنوان منابع آب ورودی استفاده شده است. اشکال (۳ و ۴) به ترتیب میزان اختلاف در مقدارحجم آب ذخیره شده از داده‌های مشاهداتی و محاسباتی را در دو سد درودزن و ملاصدرا را نشان می‌دهد. همان‌طور که واضح است، اختلاف این دو مقدار در حد ناچیزی است و نتایج مدل W EAP در این زمینه قابل قبول بوده است. جدول (۱) نیز درصد خطای مدل را در محاسبه میزان حجم محاسباتی ذخیره آب در مخازن سدهای ملاصدرا و درودزن با مقادیر مشاهداتی طبق رابطه

(۲) نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود حداکثر خطای مدل تعیین حجم آب ذخیره شده در مخزن سد ملاصدرا برابر با ۱۲/۲۸ درصد و در مخزن سد درودزن برابر با ۹/۹۱ درصد می‌باشد که نشان دهنده دقت قابل قبول مدل در مدلسازی منابع و مصارف حوزه بختگان است. پس از ترسیم و وارد نمودن اطلاعات مربوط به منابع و مصارف پایین دست هر یک از سدهای مورد مطالعه نتایج حاصل از شبیه سازی، میزان حجم آب مورد نیاز در بخش‌های مختلف در ماه‌های سال پایه (۱۳۸۳) در جدول (۲) آمده است. همچنین درصد اطمینان تأمین آب نقاط تقاضا در سال پایه در ماه‌های مختلف سال در شبیه‌سازی را می‌توان در جدول (۳) نیز مشاهده نمود. همانطورکه ملاحظه می‌شود در برخی نقاط تقاضا آبرسانی با اطمینان ۱۰۰ درصد با توجه به وضعیت موجود قابل حصول نیست و با درصد اطمینان کمی تأمین خواهد شد.

ارائه راهکارهای مدیریتی به منظور افزایش درصد اطمینان تأمین آب

در مدلسازی تعریف سناریوها با توجه به اهداف مطالعه انجام می‌شود و مدل برای هر یک از سناریوها اجرا شده و نتایج آن مورد بحث قرار می‌گیرد. یکی از معیارهای سنجش نتایج بدست آمده در هر یک از سناریوها، جواب‌های مربوط به سناریوی پایه است. با توجه به نتایج حاصل از شبیه سازی حوزه مورد مطالعه، در برخی از ماه‌های سال درصد تأمین آب مورد نیاز برخی از نقاط تقاضا چندان رضایت بخش نبوده است، جهت مقابله با این مشکل، چهار سناریوی مدیریتی به منظور بالا بردن درصد اطمینان تأمین آب هر یک از نقاط تقاضا بررسی شده است. این سناریوها به شرح ذیل می‌باشند.

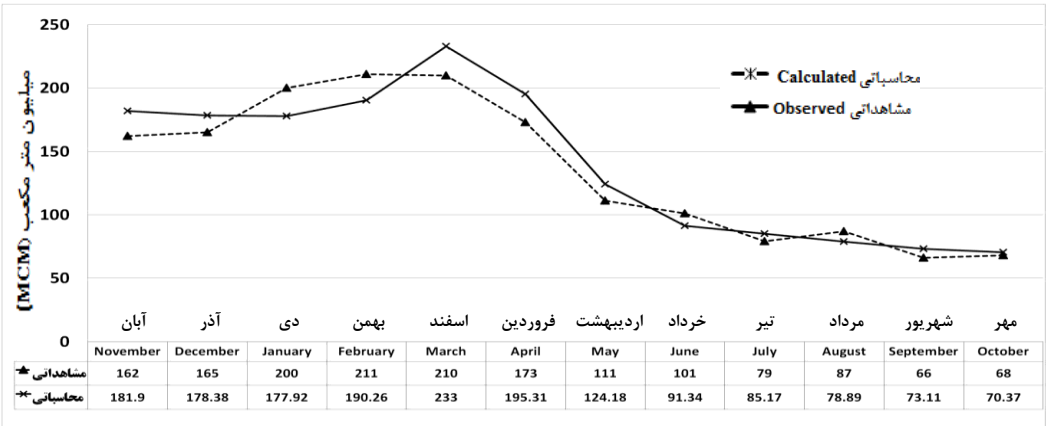
سناریوی اول: یکی از مهمترین اهداف احداث سد درودزن تأمین قسمتی از آب شرب شهر شیراز بوده است. براین اساس هم اکنون حدود ۲۰درصد آب شرب بخشهای شمال شیراز از این سد تأمین می‌شود. این خط آبرسانی با توجه به بالا بودن عمر آن دارای مشکلات فراوانی است و به کرات دچار حوادث شده است. بر این اساس احداث خط دوم آبرسانی به شیراز در حال انجام می‌باشد که با احداث این خط لوله عملاً راندمان آبرسانی به موارد ذکر شده



	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
	November	December	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October
مشاهداتی	420	419	430	459	550	395	301	185	172	158	150	170
محاسباتی	397.21	389.54	388.53	415.49	509.63	426.51	271.17	199.46	185.98	172.27	159.65	153.66

شکل ۳- مقدار حجم آب ذخیره شده مشاهداتی و محاسباتی در مخزن سد درودزن

Fig.3. The volume of calculated and observation water stored in Doroudzan reservoir



	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
	November	December	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October
مشاهداتی	162	165	200	211	210	173	111	101	79	87	66	68
محاسباتی	181.9	178.38	177.92	190.26	233	195.31	124.18	91.34	85.17	78.89	73.11	70.37

شکل ۴- مقدار حجم آب ذخیره شده مشاهداتی و محاسباتی در مخزن سد ملاصدرا

Fig.4. The volume of calculated and observation water stored in Molla-Sadra reservoir

جدول ۱- میزان درصد خطا بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی حجم ذخیره آب در مخزن سد درودزن و ملاصدرا

Table 1. Error percent between amount of observation and calculated volume water in Doroudzan and Molla-Sadra dams

سد درودزن Doroudzan Dam	سد ملاصدرا Molla-Sadra Dam	ماه Month
5.43	12.28	آبان (November)
7.03	8.11	آذر (December)
9.64	11.04	دی(January)
9.48	9.83	بهمن(February)
7.34	10.95	اسفند(March)
7.98	12.90	فروردین(April)
9.91	11.87	اردیبهشت(May)
7.82	9.56	خرداد(June)
8.13	7.81	تیر(July)
9.03	9.32	مرداد(August)
6.43	10.77	شهریور(September)
9.61	3.49	مهر(October)

جدول ۲- حجم آب مورد نیاز نقاط تقاضای پایین دست هر یک از سدها در سال پایه (میلیون مترمکعب در سال)

Table 2. The volume of water requirement of each dam in base year (MCM/Year)

سد ملاصدرا Dam Sadra-Molla	سد سیوند Dam Sivand		سد درودزن Dam Droudzan			
1-Agri	2-supply water	3-Agri	supply1 water	2-Agri	4-Agri	ماه Month
0	0.24	0	13.8	0	0	مهر(October)
174.3	0.24	8.6	13.8	48.20	35.70	آبان (November)
0	0.24	0	13.8	0	0	آذر (December)
0	0.24	0	13.8	0	0	دی(January)
17.6	0.24	1.27	13.8	7.60	5.70	بهمن(February)
174.3	0.24	8.06	13.8	48.20	35.70	اسفند(March)
463.2	0.24	21.40	13.8	128	95.10	فروردین(April)
783.3	0.24	34.11	13.8	204	151.60	اردیبهشت(May)
275.1	0.24	12.71	13.8	76	56.50	خرداد(June)
0	0.24	0	13.8	0	0	تیر(July)
0	0.24	0	13.8	0	0	مرداد(August)
0	0.24	0	13.8	0	0	شهریور(September)

خواهد رسید. براین اساس سناریو اول افزایش راندمان خط آبرسانی از ۸۰ درصد به ۹۵ درصد در نظر گرفته شد.

سناریوی دوم: با توجه به لزوم مکانیزه شدن و تبدیل شیوه سنتی آبیاری به روش‌های جدید و اختصاص بودجه مناسب از طرف جهاد کشاورزی به این امر و بحران آب منطقه، موضوع افزایش راندمان دغدغه اصلی مدیران و کشاورزان منطقه می‌باشد. براین اساس کلیه کشاورزان منطقه تنها در صورت مکانیزه شدن حقابه خود را دریافت خواهند کرد و این موضوع و همچنین ارائه وامهای کم بهره به کشاورزان موجب ترغیب آنها به افزایش راندمان شده است. براین اساس سناریو دوم افزایش راندمان شبکه‌های آبیاری از ۴۰ درصد به ۸۰ درصد انتخاب شد.

سناریوی سوم: خشکسالی‌های اخیر و روند گسترش شهرهای مرودشت، ارسنجان و شیراز و افزایش تقاضای آب شهری موجب کوچ بسیاری از کشاورزان منطقه گردیده است. همچنین راهکارهایی مانند خرید پیش از موعد گندم از کشاورزان با قیمت بالا به منظور کاهش مصرف و سطح زیر کشت نیز باعث انتخاب سناریو سوم شد. بر این اساس کاهش سطح زیر کشت اراضی کشاورزی به میزان ۵۰ درصد به عنوان سناریو سوم انتخاب شد.

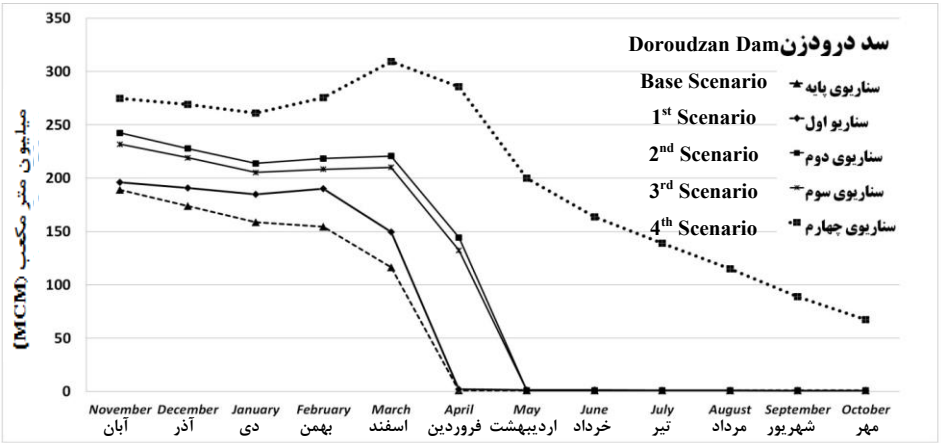
سناریوی چهارم (ترکیبی): افزایش راندمان خط آبرسانی به ۹۵ درصد، افزایش راندمان شبکه آبیاری به ۸۰ درصد و کاهش سطح زیر کشت اراضی کشاورزی به میزان ۵۰ درصد.

به منظور اعمال سناریوی مدیریتی اول، مدل پایه با تغییر راندمان از ۸۰ درصد به ۹۵ درصد در خطوط آبرسانی از سد درودزن به شیراز و همچنین خط آبرسانی از سد سیوند به شهرهای ارسنجان و سعادت‌شهر مجدداً اجرا گردید. با توجه به نتایج حاصل از شبیه سازی، میزان حجم ذخیره شده در سدهای درودزن و ملاصدرا در طی ماه‌های نوامبر تا ابتدای آپریل نسبت به سناریوی حالت پایه افزایش محسوسی دارد (اشکال (۵ و ۶)). در سد سیوند نیز فقط در ماه‌های نوامبر و دسامبر میزان آب ذخیره شده در پشت سد به میزان جزئی افزایش دارد شکل (۷). همچنین در بحث اطمینان پذیری از

جدول ۳- درصد اطمینان تأمین آب درحالت سناریوی پایه

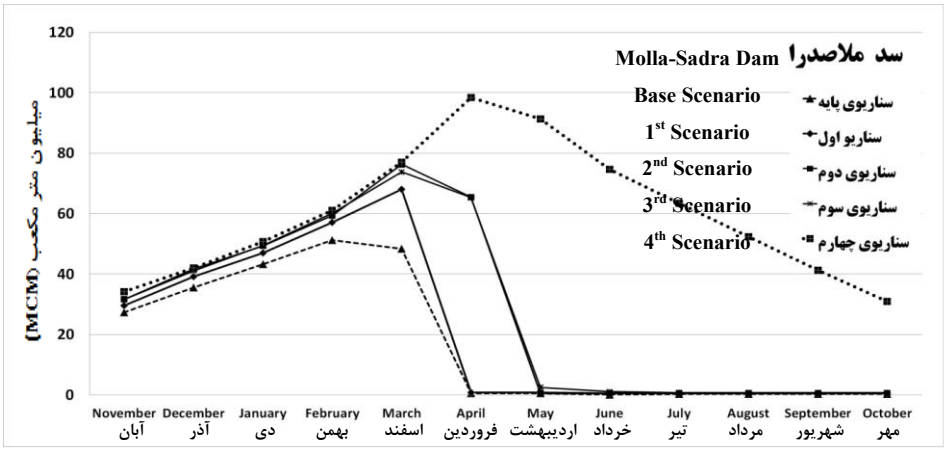
Table 3. Ensuring percent of water supply in the base scenario condition

شهریور Sep.	مرداد Aug.	تیر July	خرداد June	اردیبهشت May	فروردین Apr.	اسفند Mar.	بهمن Feb.	دی Jan.	آذر Dec.	آبان Nov.	مهر Oct.	تقاضا Demand
-	-	-	0	62.6	100	100	100	-	-	100	-	Agri-1
-	-	-	0	0	100	100	100	-	-	100	-	Agri-2
-	-	-	0	4	56.2	100	100	-	-	100	-	Agri-3
-	-	-	0	0	0	0	0	-	-	96.1	-	Agri-4
31.5	36.4	36.6	61	100	100	100	100	100	100	100	43	W-S-1
47.5	65.4	81.8	88.6	85	66.5	75.2	100	88.3	71.9	100	39.4	W-S-2



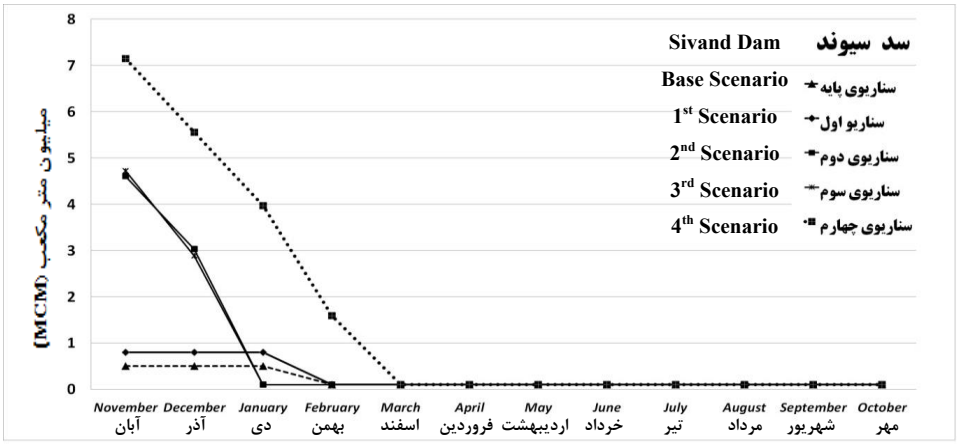
شکل ۵- مقدار حجم آب ذخیره شده در مخزن سد درودزن در حالت سناریوی پایه و چهار سناریو دیگر

Fig. 5. The volume of water in Doroudzan reservoir in the base scenario and four other scenarios



شکل ۶- مقدار حجم آب ذخیره شده در مخزن سد ملاصدرا در حالت سناریوی پایه و چهار سناریو دیگر

Fig. 6. The volume of water in Molla-Sadra reservoir in the base scenario and four other scenarios



شکل۷- مقدار حجم آب ذخیره شده در مخزن سد سیوند در حالت سناریوی پایه و چهار سناریو دیگر

Fig. 7. The volume of water in Sivand reservoir in the base scenario and four other scenarios

تأمین آب هر یک از نقاط تقاضا، با اعمال سناریوی اول در برخی از ماه‌های سال درصد اطمینان تأمین آب افزایش پیدا کرده است. این تغییرات در بخش زمین‌های زراعی به صورت جزئی افزایش داشته و در بخش تامین آب شهری و روستایی قابل توجه بوده است (جدول (۴)).

در سناریو دوم راندمان شبکه‌های آبیاری اراضی کشاورزی از ۴۰ درصد به ۸۰ درصد در سناریو پایه مورد تغییر قرار گرفت. اشکال (۵، ۶ و ۷) و جدول (۴) به ترتیب میزان حجم آب ذخیره شده در مخزن هر یک از سدها و درصد اطمینان تأمین آب را در طی ماه‌های مختلف تحت سناریوهای پایه و چهار سناریو دیگر نشان می‌دهند. در بحث میزان حجم ذخیره آب پشت سدها در سناریو دوم نسبت به سناریو اول با افزایش حجم و عملکرد بهتری را نشان می‌دهد و میزان آب ذخیره شده در ماه‌های نوامبر تا ابتدای می‌در مقایسه با سناریو پایه و اول قابل توجه است. همچنین میزان اطمینان پذیری از تأمین آب در نقاط تقاضا با توجه به جدول (۴) در مقایسه با سناریوهای پایه و اول رو به بهبود بوده است.

همانند دو سناریو اجرا شده پیشین جهت اجرای سناریوی مدیریتی سوم، مدل پایه با تغییر در میزان مساحت اراضی کشاورزی زیر کشت از ۱۰۰ درصد به ۵۰ درصد اجرا گردید. با توجه به اشکال (۵) تا (۷) و جدول (۴) میزان حجم ذخیره شده در مخزن سدها و همچنین درصد اطمینان در تأمین آب نقاط تقاضا چه در بخش کشاورزی و چه در بخش مصرف آب شهری در سناریو سوم تا حدود زیادی همانند سناریو دوم است و عملکرد مناسبی نسبت به سناریوهای پایه و اول دارد. تنها مورد اختلاف قابل ذکر سناریوهای دوم و سوم در تأمین آب Agri-4 است که در ماه فوریه، سناریو سوم توانسته است با اطمینان ۱۰۰ درصدی آب این ناحیه مصرفی را تأمین کند.

سناریو چهارم یک سناریو ترکیبی است و با تغییر در افزایش

جدول ۴- مقایسه درصد اطمینان تأمین آب در حالت سناریوی پایه و چهار سناریو دیگر

Table 4. Ensuring percent of water supply in the base scenario and fourth scenario

تقاضا Demand	سناریوها Scenario	آبان Nov.	آذر Dec.	دی Jan.	بهمن Feb.	اسفند Mar.	فروردین Apr.	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد Aug	شهریور Sept.	مهر Oct.
Agri-1	پایه Base	100	-	-	100	100	100	62.6	0	-	-	-	-
	اول 1st	100	-	-	100	100	100	77.6	0	-	-	-	-
	دوم 2nd	100	-	-	100	100	100	100	0.03	-	-	-	-
	سوم 3rd	100	-	-	100	100	100	100	0.03	-	-	-	-
	چهارم 4th	100	-	-	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Agri-2	پایه Base	100	-	-	100	100	100	0	0	-	-	-	-
	اول 1st	100	-	-	100	100	100	100	0	-	-	-	-
	دوم 2nd	100	-	-	100	100	100	100	0	-	-	-	-
	سوم 3rd	100	-	-	100	100	100	100	0	-	-	-	-
	چهارم 4th	100	-	-	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Agri-3	پایه Base	100	-	-	100	100	56.2	4	0	-	-	-	-
	اول 1st	100	-	-	100	100	93.6	6.3	0.1	-	-	-	-
	دوم 2nd	100	-	-	100	100	100	94.2	0	-	-	-	-
	سوم 3rd	100	-	-	100	100	100	94.2	0	-	-	-	-
	چهارم 4th	100	-	-	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Agri-4	پایه Base	96.1	-	-	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	اول 1st	97.4	-	-	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	دوم 2nd	100	-	-	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	سوم 3rd	100	-	-	100	0	0	0	0	-	-	-	-
	چهارم 4th	100	-	-	100	0	0	0	0	-	-	-	-
Water Supply Line-1	پایه Base	100	100	100	100	100	100	100	61	36.6	36.4	31.5	43
	اول 1st	100	100	100	100	100	100	100	72.4	43.3	43.2	37.4	51
	دوم 2nd	100	100	100	100	100	100	100	60	35.5	34.9	30.1	42.3
	سوم 3rd	100	100	100	100	100	100	100	61	36.6	36.4	31.5	43
	چهارم 4th	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Water Supply Line-2	پایه Base	100	71.9	88.3	100	75.2	66.5	85	88.6	81.8	65.4	47.5	39.2
	اول 1st	100	85.4	100	100	89.3	78.9	100	100	97.1	77.7	56.4	46.6
	دوم 2nd	100	100	100	100	75.2	62	85	83.3	80.7	65.4	47.5	37.9
	سوم 3rd	100	100	100	100	75.2	66.5	87	88.6	81.8	68.2	49.1	39.2
	چهارم 4th	100	100	100	100	100	100	100	100	97.1	77.7	56.4	46.6

راندمان خط آبرسانی به ۹۵ درصد، افزایش راندمان شبکه آبیاری به ۸۰ درصد و کاهش سطح زیر کشت اراضی کشاورزی به میزان ۵۰ درصد همراه است. با توجه به اشکال (۵) و (۶)، میزان ذخیره حجم آب در مخزن سدهای درودزن و ملاصدرا نسبت به تمام سناریوهای پایه و سه سناریوی دیگر به میزان قابل توجهی در تمام فصول افزایش یافته است. نتایج این سناریو در سد سیوند (شکل (۷)) که در اکثر فصول سال حجم ذخیره ناچیزی دارد، در طی ماه‌های نوابر تا ابتدای مارس نشان از عملکرد مناسب سناریو چهارم نسبت به سناریوهای دیگر است. همچنین با توجه به جدول (۴)، آب مورد نیاز نقاط تقاضا (به غیر از اراضی دشت کربال Agri-4) با اطمینان بالایی تأمین خواهد شد.

بحث و نتیجه‌گیری

بطور کلی هدف از انجام این تحقیق مدل‌سازی منابع و مصارف آب سدهای ملاصدرا، درودزن و سیوند و ارائه راهکارهای مدیریتی به منظور مقابله با کمبود آب در برخی از ماه‌های سال جهت مصارف شرب و کشاورزی بود. در نتایج حاصل از شبیه سازی منابع و مصارف هر یک از سدها نشان داد دربرخی نقاط تقاضا آبرسانی با اطمینان ۱۰۰ درصد با توجه به وضعیت موجود قابل حصول نیست و با درصد اطمینان کمی تأمین خواهد شد که با ارائه طرحهای مدیریتی در قالب چهار سناریو مشکلات تامین آب در نقاط تقاضا مورد بررسی قرار گرفت. در بین سناریوهای مورد بررسی در این تحقیق سناریوی چهارم در مقایسه با دیگر سناریوها نتایج بهتری را ارائه داد، به‌نحوی که با اعمال این سناریو، میزان ذخیره آب در مخزن سدهای مورد مطالعه تا میزان قابل توجهی افزایش یافت و در بحث درصد اطمینان تامین آب این سناریو در اراضی کشاورزی دشت کامفیروز (Agri-1)، توابع ارسنجان و قصرالدشت (Agri-3)، اراضی کشاورزی رامجرد (Agri-2) و خط آبرسانی به شیراز (Water Supply Line-1) با ۱۰۰ درصد اطمینان و آب شرب شهرهای ارسنجان و سعادت‌شهر (Water Supply Line-2) نیز بین ۳۹ تا ۱۰۰ درصد اطمینان تامین نموده است. اما آب مورد نیاز اراضی کشاورزی کربال فقط در ماه‌های آبان و بهمن با ۱۰۰ درصد اطمینان قابل تأمین خواهد بود و در مابقی ماه‌های کشاورزی درصد اطمینان تأمین آب در تمامی سناریوها صفر درصد است که حاکی از این است که اراضی کشاورزی دشت کربال در این ماه‌های سال با مشکل کمبود آب روبرو خواهد بود. بنابراین با توجه به نتایج ذکر شده برای این منطقه از منظر مدیریتی باید توسعه اراضی کشاورزی دشت کربال باید مورد تجدید نظر قرارگیرد.

منابع

1. Aghakarami, M. Moridi, A. 2014. Effect of implementation sewer scheme in groundwater (Case Study: Tehran-Karaj Plain). 5th Water Resource Management Conference, Univercity of Beheshti, Tehran. Iran (In persian).

2. Alcigeims, B. Max, B. 2007. Evaluation of stochastic reservoir operation Optimization models. Advances in Water Resources,32:1429-1443.

3. Alfarra, A. Kemp-Benedict, E, Hotzl, H. Sader, N. and Sonneveld, B. 2012. Modeling water supply and demand for effective water management allocation in the Jordan Valley. Journal of Agricultural Science and Applications (JASA), 1 (1): 1-7.

4. Bangash, RF. Passuell, A. Schuhmacher, M. and Hammond M. 2012. Water allocation assessment in low flow river under data scarce conditions: A study of hydrological simulation in Mediterranean catchment. Science of the Total Environment 440: 60-71.

5. Fazelmodarres, N. Niazi, H. and Fakherifard, A. 2014. Optimal water allocation plan using VENSIM model (Case Study: Alavian Dam). 9th Civil Conference, Univercity of Esfahan, Esfahan. Iran (In persian).

6. Hadjibiros, K. Katsiri, A. and Andreadakis, A. (2005). Multi-criteria reservoir water management global NEST Journal. 386-394..

7. Hojipour, M. Zakerinia, M. Ziayei, A.N. and Mousavi, H. 2014. Assess the management scenarios impact on water resources using WEAP model (Case Study: Bojnourd Plian). 2th Water Crisis National Conference, Univercity of Shahrekord. Iran (In persian)

8. Hu, Y. Paul Moiwo, J. Yang, Y. Han, Sh. and Yang, Y. 2013. Agricultural water-saving and sustainable groundwater management in Shijiazhuang Irrigation District, North China Plain. Journal of Hydrology. 393: 219-232.

9. Karbowski, A. Malinowski, K. and Niewiadomska E. 2003. A hybrid analytic/rule-based approach to reservoir system management during flood. Decision Support Systems, 38: 599- 610.

10. Kermanshahi, S. Davari , K. Hasheminia, S.M. Farid Hosseini, A. and Ansari, H .2013 .Using the WEAP Model to Assess The Impact of Irrigation Water Use Management on Water Resources of Neyshabour Plane. Journal of Water and Soil. Vol. 1, No.22, p. 25-36. (In Persian)

11. Long, N. Madsen, H. and Rosbjerg, D. 2007. Simulation and optimization modeling approach for operation of the HoaBinn reservoir, Vietnam. Hydrology,336:269-281.

12. Mihankhah, N. Chizari , A.H. and Khalilian, S .2013

Optimal management of surface water resources using dynamic programming. Journal of Economic and agricultural development Vol. 22, No.4, p. 244-251. (In Persian)

13. Mutiga, J.K. Mavengano, S.T. Zhongbo, S. Woldai, T. and Becht, R. 2010. Water allocation as a planning tool to minimize water use conflicts in the Upper Ewaso Ngiro North Catchment, Kenya. Journal of Water Resour Manage.

14. Purkey, D.R. Joice, B. Vicuna, S. Hanemann, M.W. Dale, L.L. Yates, D. and Dracup, J.A. 2008. Robust analysis of future climate change impacts on water for agriculture and other sectors: a case study in the Sacramento Valley Climatic Change 87: 109-1

15. Saeedinia, M. Samadi, H. and Fatahi, R. 2010. Evaluation of inter-catchment water transfer schemes using WEAP model (Casestudy: Behesht abad Tunnel). Journal of Water Research, Vol. 3. 33-44. (In Persian)

16. Yazdanpanah, T. Khodashenas, S.R. Davary, K. and Gahraman1, B. 2009. Water Resource Management of catchment by WEAP (Case Study: Azgand catchment). Journal of Water and Soil, Vol. 28, p. 267-275. (In Persian)

نشریه علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 12, No. 42, Fall 2018
سال دوازدهم- شماره ۴۲- پاییز ۱۳۹۷

Abstract

Management of Water Resources and Demands in Mulla Sadra, Doroodzan and Sivand Dams Located in Bakhtegan-Maharlou Watershed

M. H. Ahmadi[1], H. Yousefi[2], S. Farzin[3] and R. Rajabpour[1]

Received: 2017/02/11 Accepted: 2017/11/20

One of the problems of water resources systems in many countries is management and planning of optimal allocation of these resources. To date, several tools have been developed to model these systems according to the characteristics of the studied watershed. In this paper, by using WEAP model, water resources and downstream demands of Molla-Sadra, Doroudzan and Sivand dams, located in Maharlou-Bakhtegan watershed, Fars province, are simulated. On this basis, some management strategies were proposed under four management scenarios to combat the water shortages in demand areas, giving supply priority to domestic, environmental and agricultural demands. Simulations showed that the fourth scenario presents better results than other scenarios. So that with implementation of this scenario, water supply to the agricultural lands of Kamfirooz Plain, Arsanjan and Qasroddasht townships, Ramjerd agricultural lands and also water supply to Shiraz city could be provided with 100% reliability and drinking water of Arsanjan and Saadatshahr cities could be supplied with reliability of 39.24 to 100%. Also, this model showed that water demand for agricultural lands in Kerbal Plain is 100% reliable in November and February, and in the rest of the months, the reliability for water supply is zero. Therefore, the agricultural lands in Kerbal Plain will face high water scarcity in March-June. Therefore, development of agricultural lands in Kerbal Plain should be reconsidered according to the simulation results.

Keywords: Bakhetgan-Maharlou catchment, WEAP model, Water resources management, Simulation.

1. Department of Civil Engineering, Beyza Branch, Islamic Azad University, Beyza.
2.Associate Professor, Faculty of New Sciences and Technologies, Tehran University, Tehran.
3. Assistant Professor, Department of Water Engineering and Hydraulic Structures, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran. Corresponding Author, Email: saeed.farzin@semnan.ac.ir