نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دوازدهم. شماره چهل و هفت. بهار ۱۴۰۱

مدیریت یکپارچه منابع آب حوضه میناب با کاربرد شاخص پایداری اصلاح شده

سجاد مشایخی[۱]، کیومرث ابراهیمی[۲]، فرشته مدرسی[۳]، شهاب عراقی نژاد[۴]

تاریخ ارسال:۱۳۹۸/۱۱/۲۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۸/۰۱

چکیده

حوضه آبریز روخانه میناب و سرشاخه‌های اصلی آن که بخشی از سواحل مکران را تشکیل می‌دهند، به دلیل داشتن موقعیت جغرافیایی مهم و بحران کم آبی که با آن مواجه است، یکی از مناطق پر اهمیت جهت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر شبیه‌سازی و ایجاد مدل برنامه‌ریزی و مدیریت جامع منابع آب با استفاده از نرم‌افزار WEAP در این منطقه است. منطقه مورد مطالعه شامل محدوده‌های مطالعاتی میناب، جغین توکهور، منوجان، رودان، نودژ، ده‌کهان، مسافرآباد و فاریاب گلاشگرد است. دو سناریوی: ۱) مرجع (RS) و ۲) توسعه محافظه کار کشاورزی (CAS)، برای افق ۱۵ ساله از سال آبی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ تا ۱۴۱۰-۱۴۰۹، با استفاده از خروجی‌های مدل WEAP اجرا شد و ارزیابی بر اساس معیارهای عملکرد اطمینان‌پذیری در حجم، برگشت‌پذیری ، آسیب‌پذیری و شاخص پایداری در بخش مصارف انجام گرفت. به این منظور از داده‌های یک دوره ۱۵ ساله آبی (۱۳۹۴-۱۳۸۰) استفاده شد که ۱۰ سال آن (۱۳۸۹-۱۳۸۰) جهت واسنجی و ۵ سال دیگر (۱۳۹۴-۱۳۹۰) جهت صحت‌سنجی بکار برده شد. شاخص‌های ارزیابی ضریب تبیین و ضریب نش- ساتکلیف در دوره واسنجی برای حجم مخزن سد استقلال به ترتیب برابر ۰/۹۸، ۰/۹۷ برای ایستگاه‌های هیدرومتری به ترتیب برابر ۰/۹۲، ۰/۸۹ و همچنین برای آبخوان‌ها ۰/۹۰، ۰/۸۶ و در دوره صحت‌سنجی نیز ۰/۹۸، ۰/۹۸ برای حجم مخزن سد استقلال، ۰/۷۸، ۰/۷۰ برای ایستگاه‌های هیدرومتری و ۰/۹۷، ۰/۸۸ برای آبخوان‌ها محاسبه شد که بیانگر مدل‌سازی قابل قبولی می‌باشد. در بین دو سناریوی تعریف شده نیز سناریوی توسعه محافظه کار کشاورزی با شاخص پایداری ۵۵/۴۷ ٪ در اولویت بالاتری قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: مدیریت یکپارچه، حوضه رودخانه میناب، شاخص پایداری، WEAP، مکران

[۱] فارغ التحصیل مقطع کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران. پست الکترونیک: Sajad.Mashayekhi@ut.ac.ir

[۲]* نویسنده مسئول و استاد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران. پست الکترونیک: EbrahimiK@ut.ac.ir

[۳] استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد. پست الکترونیک: FModaresi@ferdowsi.um.ac.ir

[۴] مهندس کنترل منابع آب در هیئت مدیره کنترل منابع آب ایالتی، ساکرامنتو، کالیفرنیا، امریکا، Shahab.Araghinejad@stantec.com

مقدمه

محدودیت منابع آب شیرین، افزایش تقاضای آب، توزیع ناهمگون زمانی و مکانی آب شیرین به لحاظ کمی از یک طرف و محدودیت‌ها و مشکلات روزافزون کیفی از طرف دیگر، تأمین منابع آب را در بسیاری از کشورها به یکی از مهمترین چالش‌های قرن حاضر تبدیل نموده است (Linaqing et al., 2012).

برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM)[1]، یک سامانه مشارکتی با حضور تمام ذی‌نفعان و تصمیم گیران است که با در نظر گرفتن کلیه منابع آب اعم از سطحی و زیرزمینی و آب برگشتی از لحاظ کمّی و کیفی و تمام مصارف اعم از شرب، کشاورزی، صنعت و محیط زیست با هدف توسعه پایدار منابع آب تعریف می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۵).

عواملی مانند رشد جمعیت، توسعه اقتصادی و تغییر اقلیم تأثیر نامطلوبی بر منابع آب داشته است. از آن‌جا که اهدافی مانند تأمین پایدار آب، تضمین بهداشت عمومی، تصفیه فاضلاب، طرح‌های آبیاری و زهکشی و حفاظت از حوضه آبخیز با انجام اقدامات موقت به درستی قابل اجرا نمی‌باشد، مدیریت یکپارچه منابع آب اجرای پیوسته این اهداف را تضمین خواهد نمود. از این رو منطقه مطالعاتی میناب با توجه به اهمیت موقعیت جغرافیایی (بخشی از سواحل مکران)، هیدروژئولوژی و سیاسی و بحران کم آبی که با آن مواجه است این ضرورت را ایجاد می‌کند که با ارائه راهکارهای مدیریت تأمین و تقاضا در قالب مدیریت یکپارچه منابع آب به حل این مشکل پرداخته شود.

از اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی و به موازات پیشرفت تکنولوژی در علوم گوناگون، مدل‌سازی در تخصیص منابع آب مورد توجه بیشتری قرار گرفت. امروزه استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی به صورت آزمون و خطا و با فرایند تکراری با توجه به سیاست‌های بهره‌برداری بسیار متعدد که باید ارزیابی شوند، کاری مشکل و وقت‌گیر است. به عنوان جایگزین چنین روش‌هایی با رویکرد صرفا شبیه‌سازی، برخی از مدل‌های عمومی (به عنوان مثال MODSIM و WEAP) ترکیبی از رویکردهای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی جهت شناسایی و ارزیابی ترکیبی از فعالیت‌های ساختاری و سیاست‌های مدیریتی را به‌کار می‌بندند تا معیارهای موردنظر کاربران را برآورده سازند (Jakeman et al., 2008).

مدل WEAP به‌طور یکپارچه مدل‌های هیدرولوژیکی و مدیریتی را به کار می‌گیرد و همچنین قابلیت بالایی در مدل‌سازی تلفیقی منابع آب اعم از سطحی و زیرزمینی به صورت توده‌ای را دارا است.

در کشورهایی نظیر ایران که جزء کشورهای خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند و به دلیل توزیع نامناسب زمانی و مکانی آب و همچنین رشد جمعیت و گسترش شهر نشینی و توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعت با مشکل کمبود آب مواجهند، افزایش تقاضای آب و تداوم آن باعث افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده خواهد شد؛ بنابراین مدیریت منابع آب موجود، برای جلوگیری از مواجهه با بحران آب الزامی است (یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۸۷).

کاظم و همکاران در سال ۱۳۸۸ طی تحقیقی، به بررسی اثرات تغییر اقلیم روی تخصیص منابع آب با استفاده از مدل WEAP در حوضه زنجان‌رود پرداختند و به منظور برآورد تغییر میزان رواناب در افق ۵۰ ساله، از برآورد مستقیم رواناب استفاده کردند. نتایج نشان داد که در صورت عدم تعدیل نیازهای موجود در حوضه آبریز مورد بررسی، تأمین نیازهای آبی این منطقه در طولانی مدت با مشکل اساسی مواجه خواهد بود و با کاهش میزان بهره‌برداری از ۳۰/۷ میلیون متر مکعب به کمتر از ۲۵ میلیون متر مکعب می‌توان به قابلیت اطمینان بیش از ۹۰ درصد در تأمین آب شرب زنجان دست یافت (دهقان و همکاران، ۱۳۹۴).

صالح‌پور و همکاران در سال ۱۳۹۷، برای برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچه حوضه آبریز حبله رود از ترکیب دو مدل WEAP و SWAT استفاده نمودند. دوره آماری انتخابی توسط ایشان ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۲ برای واسنجی و اعتبارسنجی داده‌های آبدهی ماهانه در خروجی حوضه بود. با توجه به مقادیر عملکرد ضریب تبیین (R2)، ضریب کارایی نش-ساتکلیف (NSE)، جذرمیانگین مربعات

[1] Integrated Water Resources Management

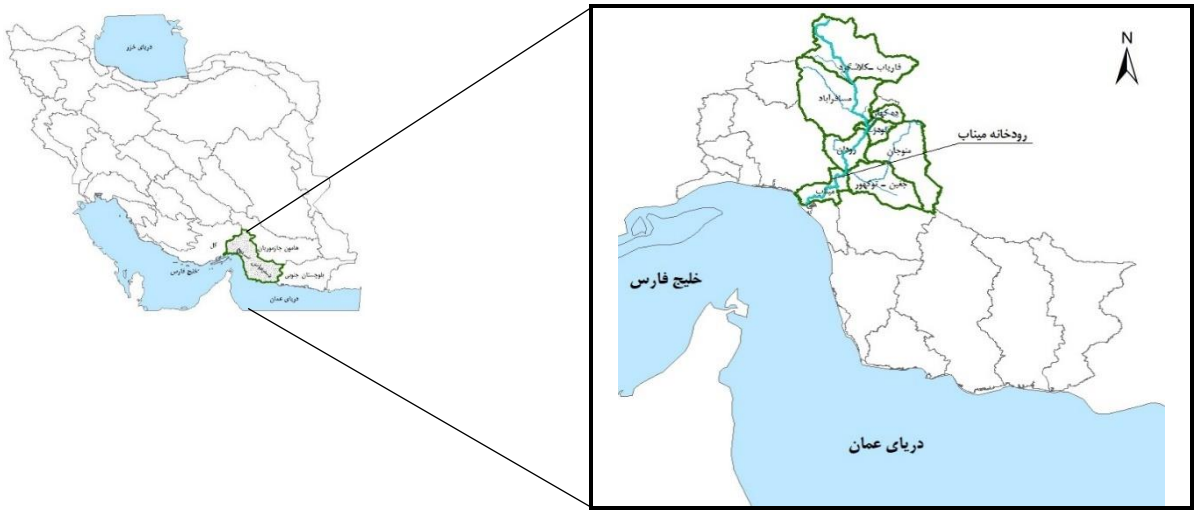
خطا (RMSE) و کارایی مدل (ME)، عملکرد مدل در این پژوهش در طبقه بندی "خوب" قرار گرفت و برای شبیه‌سازی منابع و مصارف حوضه و ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریتی، آبدهی برآورد شده با استفاده از مدل SWAT برای هر یک از زیر حوضه‌ها، وارد مدل WEAP شد. نتایج نشان داد که با به‌کارگیری هم‌زمان راهبردهای مختلف مدیریت مصرف آب (افزایش راندمان آبیاری، کاهش سرانه مصرف و تغییر الگوی کشت)، بهتر از حالت استفاده منفرد از هر یک سناریوها می توان به تعادل در عرضه و تقاضای آب دست یافت.

تحقیقات فوق بیانگر لزوم مدیریت و برنامه‌ریزی جامع منابع آب و کارایی نرم‌افزار WEAP به عنوان ابزاری کارآمد به‌منظور تصمیم‌گیری در مدیریت یکپارچه منابع آب می‌باشند. در این پژوهش شبیه‌سازی منابع و مصارف آب در حوضه میناب و سرشاخه‌های اصلی آن در استان هرمزگان با استفاده از نرم‌افزار WEAP انجام شده است. هدف از این پژوهش ارزیابی وضعیت کنونی منابع آب و اتخاذ سناریوهای مدیریتی جهت تعادل بین عرضه و تقاضا در افق زمانی ۱۵ ساله با درنظرگیری نیازهای زیست محیطی و تغییرات پویای سفره‌های آب زیرزمینی و مخازن سدها می‌باشد تا برنامه‌ای مؤثر، کاربردی و جامع برای بهره‌برداری از منابع حوضه ارائه شود.

مواد و روش‌ها

تشریح منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی میناب از زیر حوضه‌های حوضه آبریز درجه دو بندرعباس- سدیج می‌باشد. با توجه به اشتراک حوضه‌های آبریز واقع در محدوده مطالعاتی، با استان‌های مجاور مرز واقعی مطالعه منابع آب، محدوده‌های میناب با کد زیرحوضه (۲۸۰۷)، جغین توکهور (۲۸۰۸)، منوجان (۲۸۰۹)، رودان (۲۸۱۰)، نودژ (۲۸۱۱)، ده‌کهان (۲۸۱۲)، مسافرآباد (۲۸۱۳) و فاریاب گلاشگرد (۲۸۱۴) می‌باشد که علاوه بر استان هرمزگان بخشی از استان کرمان را نیز دربر می‌گیرد. در شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه و در جدول (۱) برخی از مشخصات جغرافیایی محدوده‌های مورد مطالعه ارائه شده است.



شکل(۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول(۱): برخی از مشخصات فیزیکی و جغرافیایی محدوده‌های مورد مطالعه

کد محدوده	نام محدوده	حدفاصل‌طول جغرافیایی	حدفاصل‌عرض جغرافیایی	مساحت محدوده	متوسط ارتفاع	موقیت محدوده در حوضه‌آبریز
۲۸۰۷	میناب	۵۶° ۴' تا ۵۷° ۱۷'	۲۷° ۰۰' تا ۲۷° ۲۰'	۳۱۳/۰۲	۱۰۱/۶۸	نواحی مرکزی
۲۸۰۸	جغین توکهور	۵۷° ۱۰' تا ۵۷° ۴۶'	۲۶° ۵۸' تا ۲۷° ۲۵'	۱۳۶۹/۲	۴۶۳/۸۳	نواحی مرکزی
۲۸۰۹	منوجان	۵۷° ۲۰' تا ۵۷° ۵۵'	۲۶° ۵۵' تا ۲۷° ۴۵'	۱۹۰۰/۹	۶۸۸/۹۲	نواحی شرقی
۲۸۱۰	رودان	۵۷° ۰۰' تا ۵۷° ۲۴'	۲۷° ۱۶' تا ۲۷° ۳۸'	۷۹۹/۷	۳۹۶/۱۳	نواحی مرکزی
۲۸۱۱	نودژ	۵۷° ۲۰' تا ۵۷° ۳۴'	۲۷° ۲۸' تا ۲۷° ۴۲'	۲۷۱/۸	۴۷۹/۳۲	نواحی شرقی
۲۸۱۲	ده‌کهان	۵۶° ۱۵' تا ۵۹° ۴۰'	۲۷° ۳۵' تا ۲۷° ۵۰'	۳۴۰/۷	۷۳۷/۲۶	نواحی‌شمال‌شرقی
۲۸۱۳	مسافرآباد	۵۶° ۵۰' تا ۵۷° ۳۰'	۲۷° ۳۰' تا ۲۸° ۱۱'	۲۶۷۶/۴	۷۵۶/۷	نواحی شمالی
۲۸۱۴	فاریاب گلاشگرد	۵۶° ۵۰' تا ۵۷° ۴۵'	۲۷° ۵۵' تا ۲۸° ۳۵'	۲۴۷۶/۷	۱۱۵۲/۰۹	نواحی شمالی

رودخانه میناب با میانگین جریان سالانه ۲۷۳/۸۵ میلیون مترمکعب از رودخانه‌های دائمی حوضه آبریز بندرعباس- سدیج محسوب می‌شود؛ این رودخانه از رودخانه‌های رودان و جغین سرچشمه می‌گیرد و پس از طی مسافتی به سد استقلال واقع بر مسیر این رودخانه می‌رسد و از آن جا جهت مصارف شرب، صنعت، کشاورزی محدوده میناب، مصرف شرب زیرحوضه بندرعباس و نیاز زیست محیطی تخصیص داده می‌شود. در انتهای مسیر، جریان مازاد وارد دریای عمان و خلیج فارس می‌گردد. برای انجام مراحل تحقیق شامل کالیبراسیون و شبیه‌سازی سناریوها از داده‌های ۵ ایستگاه هیدرومتری، ۱۶۰ حلقه چاه مشاهده‌ای که در سطح ۸ آبخوان واقع در منطقه مطالعاتی حفر شده‌اند، استفاده گردید. در این پژوهش از داده‌های هیدرومتری، آب زیرزمینی و مخزن سد استقلال در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ استفاده شد.

معرفی مدل

WEAP مخفف "سیستم طراحی و ارزیابی آب"[1] است که در سال ۱۹۹۰ توسط مؤسسه محیط زیست استکهلم[2] (SEI) در سوئد معرفی شده است. مدل WEAP یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری است که امکان تحلیل مدیریت‌های مختلف در تخصیص منابع آب را فراهم می‌سازد. این مدل، از یک مدل برنامه‌ریزی خطی استاندارد برای حل مسائل تخصیص آب در هر گام زمانی استفاده می‌کند که تابع هدف آن حداکثر کردن درصد تأمین نیازهای مراکز تقاضا با توجه به اولویت عرضه و تقاضا، می‌باشد (Yates et al. 2005a, b).

به منظور اجرای مدل، باید یک سال با اطلاعات و آمار مناسب به عنوان سال مبنا در نظر گرفته شود. در این پژوهش سال آبی ۱۳۸۰ به عنوان سال مبنا و بازه زمانی تاریخی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴ جهت شبیه‌سازی انتخاب شد. از این بازه زمانی، دوره زمانی ۸۰-۱۳۷۹ تا ۸۹-۱۳۸۸ جهت واسنجی مدل و دوره زمانی ۹۰-۱۳۸۹ تا ۹۴-۱۳۹۳ جهت صحت سنجی مدل بکار رفت. همچنین، از آنجایی که برای بررسی موارد تخصیص و مدیریت منابع آب داده های ماهانه و سالانه کارایی دارند، گام زمانی ماهانه برای بررسی سناریوها انتخاب شد که از عملکرد بهتر و دقت بیشتری نسبت به مقیاس سالانه برخوردار است.

مدل WEAP قابلیت سناریوپذیری داشته و می‌توان در آن سناریوهای مختلف مدیریتی را تعریف کرده و به تحلیل و ارزیابی این سناریوها پرداخت. در تحقیق حاضر، سناریوهای مرجع (RS[3]) و سناریوی کشاورزی محافظه کار (CAS[4]) برای بررسی تغییرات عرضه و تقاضای آب، تأمین نیازهای مختلف و همچنین تعادل بخشی سیستم عرضه و تقاضای آب در مدل WEAP تعریف شده‌اند.

نکته قابل توجه در این تحقیق این است که در مروری بر منابع مطالعاتی گذشته، در مدل‌سازی با استفاده از

[1] Water Evaluation and Pplanning System (WEAP)
[2] Stokholm Environmental Institute (SEI)
[3] Reference Senario
[4] Conservative Agricultural Senario

مدل WEAP رسوب‌گذاری در مخازن یک بار در سال پایه معرفی می‌شود و از رسوب‌گذاری در سال‌های بعد صرف نظر می‌گردد که این خود موجب اختلافی در نتیجه مطالعه به دست آمده می‌شود. در این مطالعه رسوب‌گذاری در مخزن با استفاده از رابطه دبی- دبی رسوب (رابطه ۱) محاسبه شده و به صورت اضافه نمودن حجم مرده در پایان هر ماه به صورت تجمعی در نظر گرفته شده است.

$$Q_s(\frac{ton}{day}) = aQ_w^b(\frac{m^3}{s}) \quad (۱)$$

که در آن Q_s دبی رسوب، Q_w متوسط دبی سالانه جریان آب و a و b ضرایب ثابت معادل به ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۹۳۷ می باشد.

سناریوی اول (RS)

با فرض ادامه روند وضع موجود در آینده با همان وضعیت منابع آب و تقاضا، با در نظر گرفتن نرخ رشد جمعیت معادل ۳٪، ثبات فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، تلفات سیستم آبیاری معادل ۵۵/۱٪، راندمان آبیاری ۴۳/۶۶ ٪ در بخش کشاورزی و متوسط سرانه مصرف آب ۲۱۴ لیتر به ازای هر نفر در روز در بخش شرب و بهداشت، اجرا شد.

سناریوی دوم (CAS)

در این سناریو کشاورزی محافظه کارانه با افزایش راندمان آبیاری و کاهش تلفات در بخش کشاورزی نسبت به سناریوی مرجع، با در نظر گرفتن نرخ رشد جمعیت معادل ۳٪، ثبات فعالیت‌های صنعتی و ثبات اراضی تحت کشت، تلفات سیستم آبیاری در بخش کشاورزی معادل ۴۲/۵ ٪، راندمان آبیاری معادل ۷۰ ٪ و متوسط سرانه مصرف آب ۲۱۴ لیتر به ازای هر نفر در روز و تأمین حداقل نیاز زیست‌محیطی قابل قبول برای رودخانه میناب اجرا شد.

معیارهای عملکرد سناریوها

ارزیابی عملکرد سناریوها در بخش مصارف بر اساس معیارهای عملکرد زیر صورت گرفته است:

۱) قابلیت اطمینان حجمی: نسبت کل آب تأمین شده به کل نیاز مربوط به مصرف کننده در طول دوره شبیه‌سازی یا دوره مورد بررسی می‌باشد (Sandoval-Solis et al., 2010).

$$R_v = \frac{V_s}{V_d} \quad (۲)$$

R_v = قابلیت اطمینان حجمی، V_s = حجم آب تامین شده، V_d = حجم آب مورد نیاز

۲) برگشت‌پذیری: این پارامتر برای سامانه‌های منابع آب به این صورت تعریف می‌شود که سامانه چقدر قادر است که پس از شکست آن را به حالت مطلوب بازگرداند.

$$R_s = \frac{\sum_{t=1}^{T} N'_t}{\sum_{t=1}^{T} N_t} \quad (۳)$$

N_t = تعداد دفعات شکست، N'_t = تعداد دفعاتی که بعد از شکست، پیروزی داشتیم و سامانه به حالت مطلوب برگشته

۳) آسیب‌پذیری: در صورت وجود شکست، شدت آسیب‌پذیری را تعیین می‌کنیم.

$$P_e = \frac{Max\,(D_e - R_e)}{\sum_{t=1}^{T}(D_e - R_e)} \quad (۴)$$

P_e = آسیب پذیری، R_e = رهاسازی، D_e = نیاز آبی

$D_e - R_e > 0$ = شکست

شاخص پایداری، کارایی گزینه‌های مدیریتی مختلف را از دیدگاه کاربران آب و محیط زیست جمع‌بندی می‌کند؛ همچنین این شاخص تخمینی بر ظرفیت سامانه در کاهش آسیب‌پذیری آن می‌باشد. اگر یک سیاست پیشنهادی باعث شود که یک سامانه پایدارتر گردد، این شاخص نشان می‌دهد که سامانه ظرفیت بالاتری در کاهش آسیب‌پذیری در آینده دارد.

شاخص پایداری به صورت زیر مطابق رابطه (۵) قابل محاسبه است:

$$SI = [R_v \times R_s \times (1 - P_e)]^{\frac{1}{3}} \quad (۵)$$

SI = شاخص پایداری

معیارهای ارزیابی مدل

برای ارزیابی عملکرد مدل WEAP در مراحل واسنجی و صحت سنجی از دو شاخص ارزیابی زیر استفاده شد:

۱) شاخص نش- ساتکلیف (NSE)

۲) ضریب تبیین (R^2)

ضریب نش- ساتکلیف نشان دهنده میزان خطای نتایج و ضریب تبیین نشان دهنده میزان همسویی تغییرات نتایج مدل نسبت به مقادیر مشاهداتی است.

اگر O_t و P_t به ترتیب نشان دهنده مقادیر ثبت شده یا مشاهداتی و مقادیر پیش‌بینی شده یا شبیه‌سازی شده در زمان t، همچنین $\bar{O}$ و $\bar{P}$ به ترتیب متوسط مقادیر مشاهداتی و متوسط مقادیر شبیه‌سازی شده در کل دوره مشاهداتی و T تعداد کل دوره‌های مشاهداتی (گام زمانی) باشد آن‌گاه ضرایب فوق از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{T}(O_t - P_t)^2}{\sum_{t=1}^{T}(O_t - \bar{O})^2} \quad (۶)$$

$$R^2 = \frac{(\sum_{t=1}^{T}(O_t - \bar{O})(P_t - \bar{P}))^2}{\sum_{t=1}^{T}(O_t - \bar{O})^2 \cdot \sum_{t=1}^{T}(P_t - \bar{P})^2} \quad (۷)$$

بر اساس نظر موریاسی و همکاران عموماً اگر ضریب نش-ساتکلیف بیشتر از ۰/۶۵ باشد نتایج واسنجی و صحت‌سنجی خیلی خوب، اگر بین ۰/۵۰ تا ۰/۶۵ باشد نتایج مناسب و اگر کمتر از ۰/۵۰ باشد نتایج واسنجی و صحت‌سنجی رضایت بخش است (Moriasi et al., 2007). برای ضریب تبیین نیز هرچه مقدار این شاخص به ۱ نزدیک‌تر باشد نتایج شبیه‌سازی تطابق بیشتری با داده‌های مشاهداتی دارد. همچنین اگر در ارزیابی مدل ضریب تبیین بزرگتر یا مساوی ۰/۷۵ باشد، نتایج خوب و اگر بین ۰/۳۶ تا ۰/۷۵ باشد، نتایج شبیه‌سازی قابل قبول است (Motovilov et al., 1999).

نتایج و بحث

نتایج واسنجی و صحت‌سنجی مدل WEAP

بازه زمانی ۸۰-۱۳۷۹ تا ۸۹-۱۳۸۸ جهت واسنجی و بازه زمانی ۹۰-۱۳۸۹ تا ۹۴-۱۳۹۳ جهت صحت‌سنجی مدل استفاده شده است. نتایج شاخص‌های ارزیابی ضریب تبیین (R^2) و ضریب نش- ساتکلیف (NSE) برای ایستگاه‌های هیدرومتری، آبخوان‌ها و حجم مخزن سد استقلال برای هر دو دوره واسنجی و صحت‌سنجی در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول(۲): نتایج شاخص‌های ارزیابی مدل در دوره شبیه‌سازی

	واسنجی		صحت‌سنجی	
شاخص‌های ارزیابی	R^2	NSE	R^2	NSE
ایستگاه‌های هیدرومتری	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۷۸	۰/۷۰
آبخوان‌ها	۰/۹۰	۰/۸۶	۰/۹۷	۰/۸۸
حجم مخزن سد استقلال	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۸

با توجه به محدوده‌های ذکر شده برای معیارهای ارزیابی، ضریب نش-ساتکلیف به دسته های خیلی خوب، مناسب و رضایت بخش و ضریب تبیین به دسته های خوب و قابل قبول تقسیم بندی شده اند که این دسته بندی برای صحت سنجی و واسنجی در ایستگاه هیدرومتری ، حجم مخزن و آبخوان‌ها محاسبه شده و نتایج آن در جدول (۳) آورده شده است:

جدول(۳): دسته‌بندی شاخص نش- ساتکلیف و ضریب تبیین مدل

	واسنجی			صحت‌سنجی		
	ایستگاه هیدرومتری	حجم مخزن	آبخوان‌ها	ایستگاه هیدرومتری	حجم مخزن	آبخوان‌ها
R^2	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب
NSE	خیلی‌خوب	خیلی‌خوب	خیلی‌خوب	خیلی‌خوب	خیلی‌خوب	خیلی‌خوب

با توجه به شاخص‌ها و آستانه آن‌ها شبیه‌سازی سیستم برای تمامی بخش‌ها در سطح مطلوبی انجام گرفته است. بنابراین در مرحله بعد می‌توان با اطمینان بالاتر نسبت به تحلیل و بررسی سناریوها اقدام کرد.

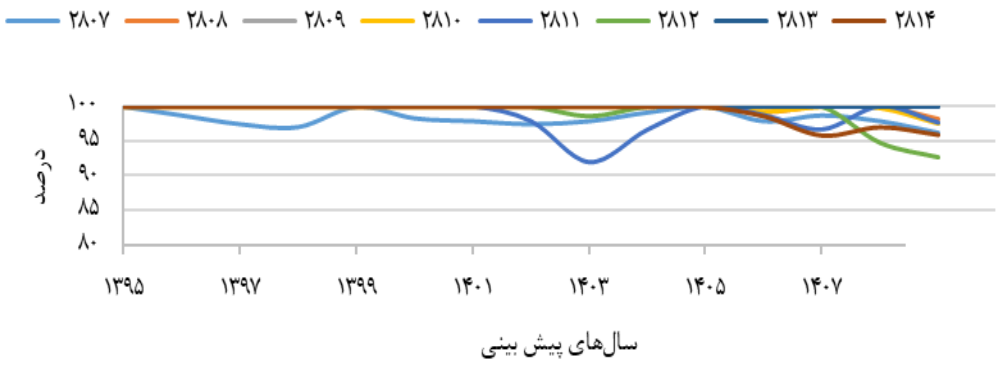
نتایج شبیه‌سازی سناریوها

تقاضا به طور پیوسته در طول زمان افزایش پیدا می‌کند و این در حالی است که ساختار عرضه ثابت بوده و افزایش نمی‌یابد و یا به عبارت بهتر مقادیر عرضه به صورت دوره‌ای نوسان دارد که این نوسانات نیز الزاماً روندی افزایشی نخواهند داشت. بنابراین در حالت کلی تقاضاها افزایش یافته و مخازن و منابع آب خالی می‌شوند. این روند افزایش تقاضا و ثابت بودن عرضه را می‌توان با سناریو نویسی و بررسی سیاست‌گذاری‌های گوناگون در جهت مصرف بهینه آب بررسی کرد.

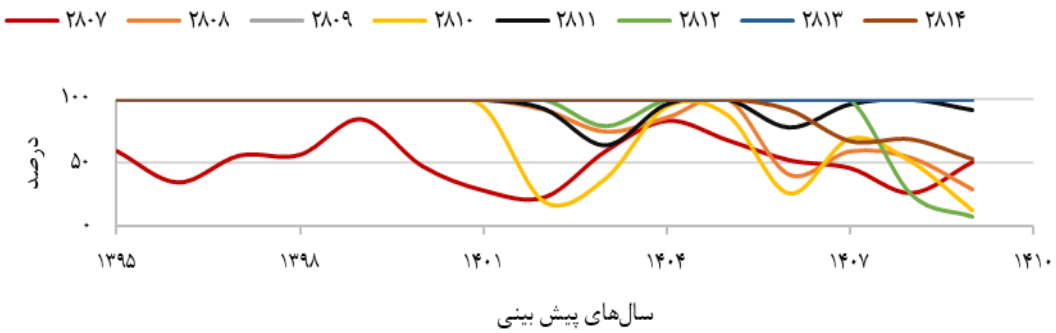
در ادامه دو سناریوی RS و CAS برای مدیریت حوضه در طول افق طرح تعریف شد. سناریوها به گونه‌ای تعریف شدند که طول دوره پیش‌بینی به مدت ۱۵ سال از سال آبی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ تا ۱۴۱۰-۱۴۰۹ در نظر گرفته شده است.

سناریوی اول (RS)

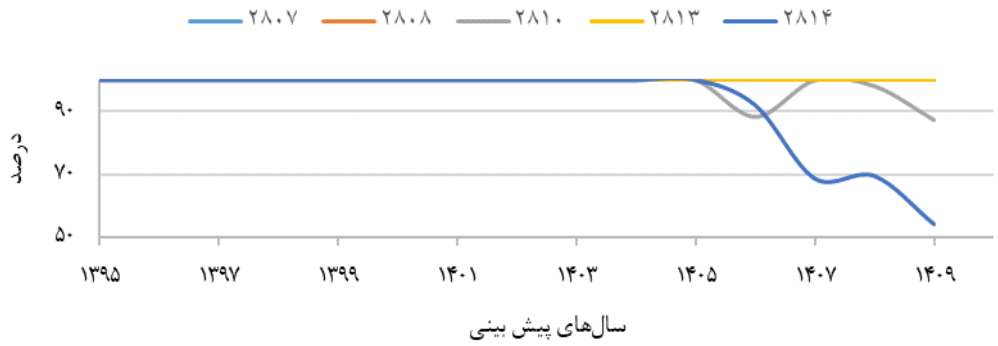
درصد تأمین تقاضا برای هر یک از زیرحوضه‌های مطالعاتی بر اساس این سناریو در شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) ارائه شده است: شایان ذکر است که در هر سه شکل (۲)، (۳) و (۴) برای نشان دادن زیرحوضه‌ها از کد زیرحوضه‌ها استفاده شده است.



شکل(۲): درصد تأمین آب در بخش شرب و بهداشت سناریوی RS در زیر حوضه‌های مطالعاتی

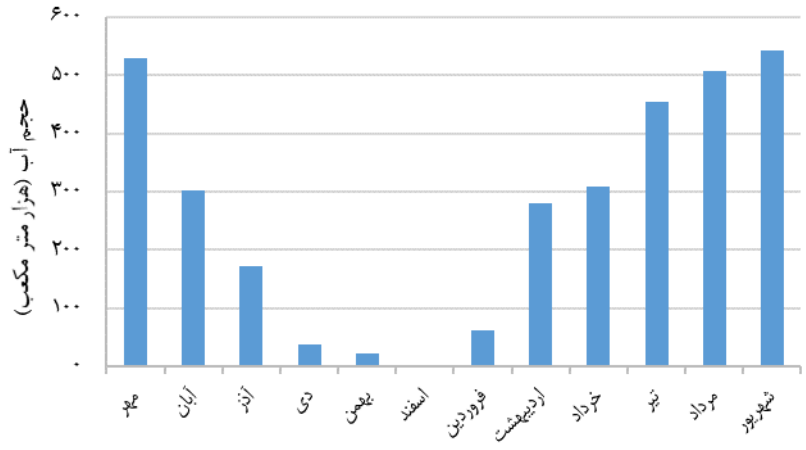


شکل(۳): درصد تأمین آب در بخش کشاورزی سناریوی RS در زیر حوضه‌های مطالعاتی

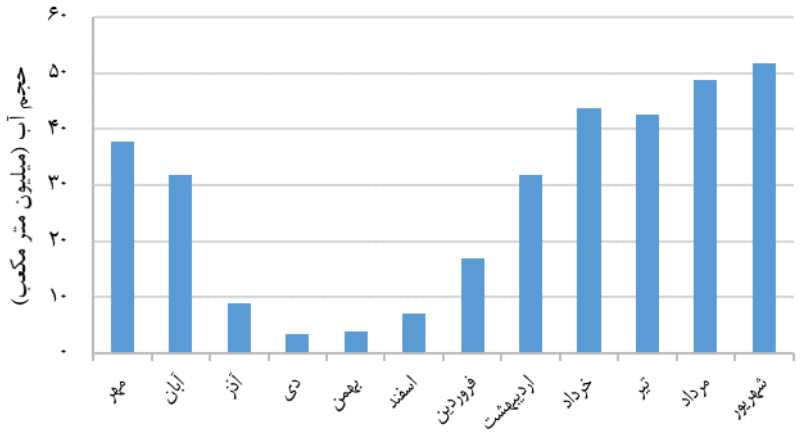


شکل(۴): درصد تأمین آب در بخش صنعت سناریوی RS در زیر حوضه‌های مطالعاتی

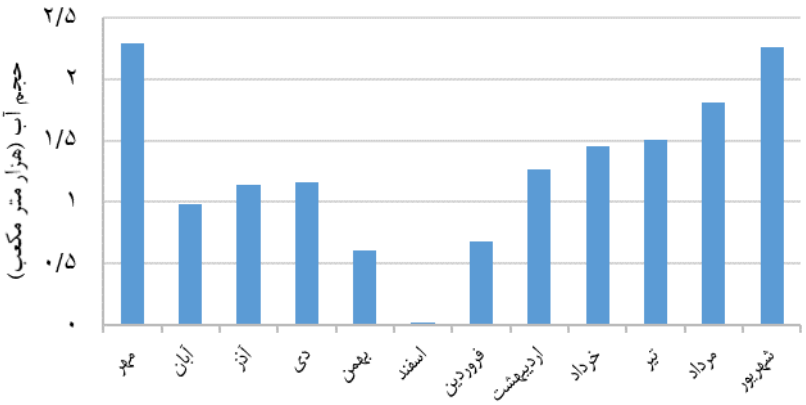
چون اولویت تعریف شده برای بخش شرب، بالاترین اولویت، و نیاز بخش صنعت کم و از منابع موجود قابل تأمین است، بنابراین کمبود آب در این بخش‌ها نسبت به بخش کشاورزی کمتر است. همچنین چون در بخش کشاورزی نیاز آبی محاسبه شده بسیار زیاد است (به دلیل استفاده از روش‌های آبیاری غرقابی)، کمترین درصد تأمین آب در این بخش مشاهده می‌شود. همچنین میانگین ماهانه حجم آب تأمین نشده در سه بخش در شکل‌های (۵)، (۶) و (۷) مشاهده می‌شود.



شکل(۵): میانگین ماهانه آب تأمین نشده در بخش شرب در زیر حوضه‌های مطالعاتی



شکل(۶): میانگین ماهانه آب تأمین نشده در بخش کشاورزی در زیر حوضه‌های مطالعاتی



شکل(۷): میانگین ماهانه آب تأمین نشده در بخش صنعت در زیر حوضه‌های مطالعاتی

همان‌طور که مشاهده می‌شود در سناریوی RS، تا زمانی که دسترسی به آب وجود داشته باشد، برداشت در راستای تأمین نیاز صورت خواهد گرفت. همچنین میانگین ماهانه آب تأمین نشده در سه بخش شرب و بهداشت، کشاورزی و صنعت روند مشابهی در ابتدا و انتهای سال آبی دارند. نیاز زیست‌محیطی در این سناریو در ماه‌های پربارش به طور متوسط ۸۳ درصد و در ماه‌های کم بارش به دلیل برداشت کشاورزی به طور متوسط ۳۵ درصد تأمین می‌شود. معیارهای عملکرد سیستم در بخش مصارف در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول(۴): معیارهای عملکرد در تأمین نیاز در سناریوی RS

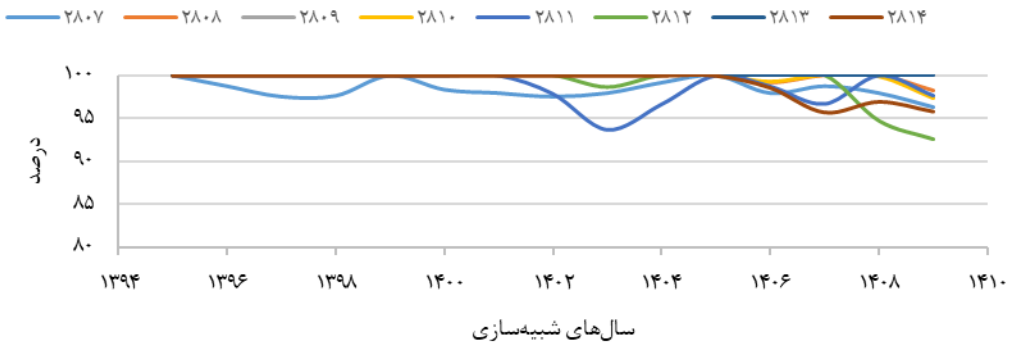
معیار ⇩ نیاز ⇦	شرب و بهداشت	کشاورزی	صنعت	محیط زیست
قابلیت اطمینان حجمی (٪)	۹۶/۹۳	۷۱/۹۰	۸۹/۳۰	۳۸/۴۶
برگشت‌پذیری (٪)	۹۴/۴۱	۵۱/۵۰	۳۹/۸۷	۶/۰۲
آسیب‌پذیری (٪)	۱/۰۴	۸۲/۷۳	۸۸/۶۰	۹۷/۳۱

این نتایج بیانگر آن است که در این دوره بر اساس سناریوی روند شرب، کشاورزی و صنعت تا حد قابل قبولی انجام خواهد شد؛ اما باید توجه داشت که با سیاست‌های فرض شده در سناریوی RS که تا حد زیادی منطبق بر سیاست‌های فعلی مدیریت آب در حوضه است منابع آب حوضه در چه وضعیتی قرار خواهند گرفت. چون ادامه این

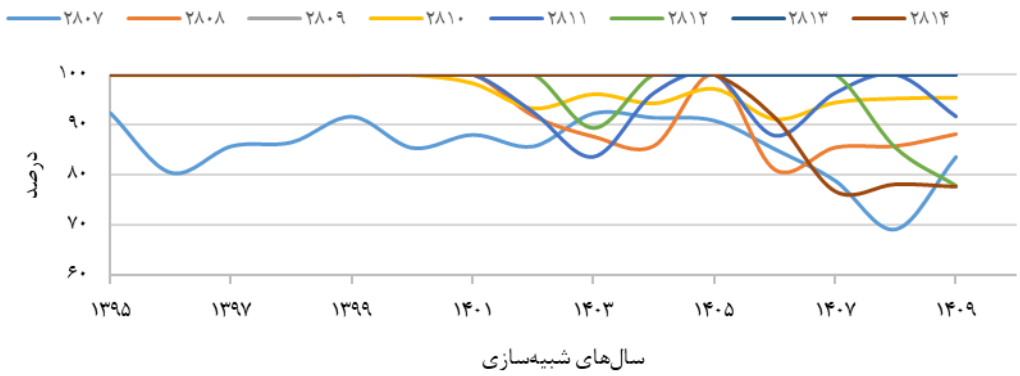
روند افت شدید منابع و ذخائر آبی را در بر خواهد گرفت.

سناریوی دوم (CAS)

درصد تأمین تقاضا برای این سناریو در شکل‌های (۸)، (۹)، (۱۰) ارائه شده است:



شکل(۸): درصد تأمین آب در بخش شرب و بهداشت سناریوی CAS در زیر حوضه‌های مطالعاتی

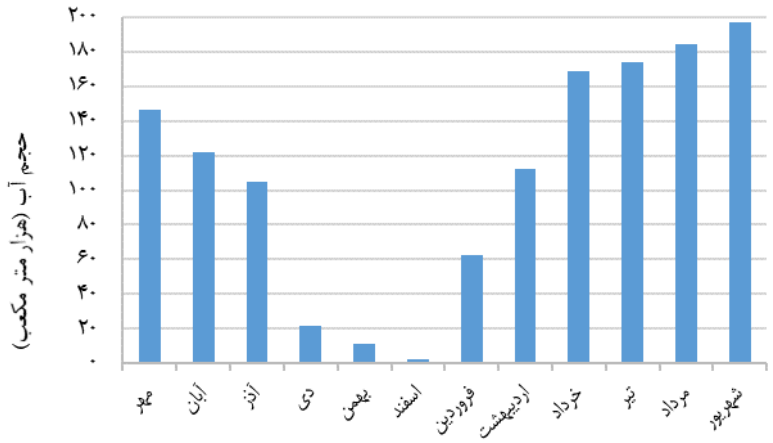


شکل(۹): درصد تأمین آب در بخش کشاورزی سناریوی CAS در زیر حوضه‌های مطالعاتی

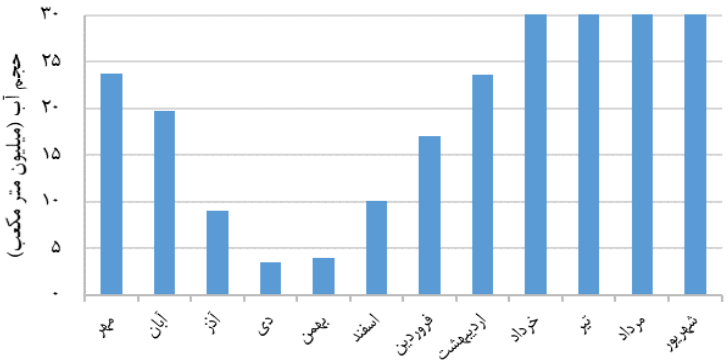
شکل(۱۰): درصد تأمین آب در بخش صنعت سناریوی CAS در زیر حوضه‌های مطالعاتی

با توجه به نتایج حاصل شده از این سناریو (CAS) می‌توان دریافت که با افزایش راندمان آبیاری نه تنها مصرف بخش کشاورزی، بلکه سایر بخش‌ها نیز تأثیر مطلوبی از آن گرفته‌اند. در تأمین بخش شرب و صنعت در حد مطلوب و بخش کشاورزی در رده قابل قبولی قرار گرفته‌اند. نیاز زیست‌محیطی در سناریوی CAS در ماه‌های

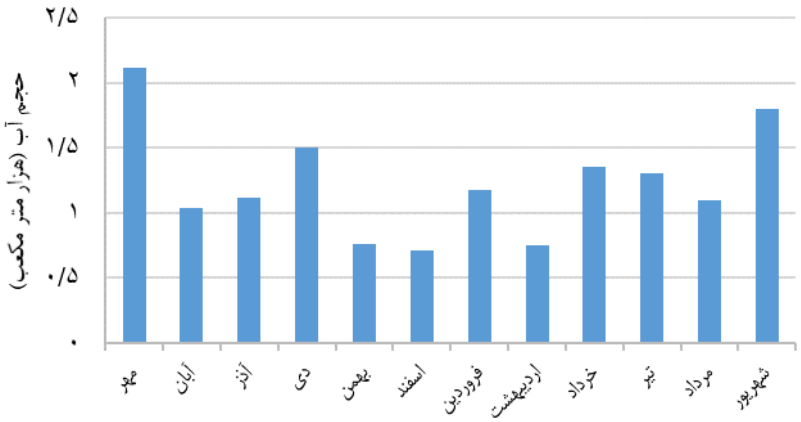
کم بارش و پر بارش به طور ۱۰۰ درصد تأمین شده است. میانگین ماهانه حجم آب تأمین نشده در سه بخش در شکل‌های (۱۱)، (۱۲) و (۱۳) مشاهده می‌شود.



شکل(۱۱): میانگین ماهانه آب تأمین نشده در بخش شرب در زیر حوضه‌های مطالعاتی



شکل(۱۲): میانگین ماهانه آب تأمین نشده در بخش کشاورزی در زیر حوضه‌های مطالعاتی



شکل(۱۳): میانگین ماهانه آب تأمین نشده در بخش صنعت در زیر حوضه‌های مطالعاتی

نتایج این سناریو بیانگر این مطلب است که با ثابت نگه داشتن سطح زیر کشت و افزایش راندمان آبیاری در طول دوره شبیه‌سازی، تقاضای آبیاری برای همه سال‌ها کاهش می‌یابد. در نتیجه باعث کاهش کمبود آب در بخش‌های شرب و بهداشت، صنعت و به خصوص کشاورزی می‌شود؛ به طوریکه نیاز تأمین نشده کشاورزی در این سناریو نسبت به سناریوی مرجع (RS) نیز در حدود ۱۷ درصد کمتر شده است. معیارهای عملکرد سیستم در بخش مصارف در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵): معیارهای عملکرد در تأمین نیاز در سناریوی CAS

معیار ⇩	نیاز ⇦ شرب و بهداشت	کشاورزی	صنعت	محیط زیست
قابلیت اطمینان حجمی (٪)	۹۹/۰۷	۹٤/۳۲	۹۸/٤۷	۵۳/۱۷
برگشت پذیری (٪)	۹۲/٦۵	۸٤/۷۰	۸۵/٤۰	٤۹/۵۵
آسیب پذیری (٪)	۰/٦۳	۸۱/۱۲	۸۳/٤۵	۹۷/۰٤

با مقایسه نتایج مربوط به معیارهای عملکرد سیستم در تأمین نیازها برای سناریوهای RS و CAS این نتیجه حاصل می‌گردد که از بین این دو سناریو، سناریوی CAS، با داشتن مقادیر بیشتر شاخص پایداری مطابق جدول (۶)، در بخش‌های مختلف بهتر از سناریوی روند کنونی توانسته در بهبود وضعیت تأمین آب مورد نیاز با توجه به ذخایر آب موجود مؤثر واقع شود. اما ذکر این نکته لازم است که با وجود کاربرد همه روش‌های مدیریت منابع آب با اعمال یک سناریو به تنهایی نمی‌توان بین برداشت و تغذیه و تأمین و تقاضا تعادل برقرار کرد واین بدین معنا است که برای داشتن منابع آب پایدار، لازم است تلفیقی از اقدامات مدیریتی مختلف به کار گرفته شود.

جدول (۶): شاخص پایداری تأمین نیازها در منطقه مورد مطالعه برای چهار سناریو

سناریو⇩ نیاز⇦	شرب و بهداشت	کشاورزی	صنعت	محیط زیست
RS	۹۶/۷۵	۳۹/۹۹	۳۴/۳۷	۸/۵۴
CAS	۹۶/۹۸	۵۳/۲۳	۵۱/۸۲	۱۹/۸۳

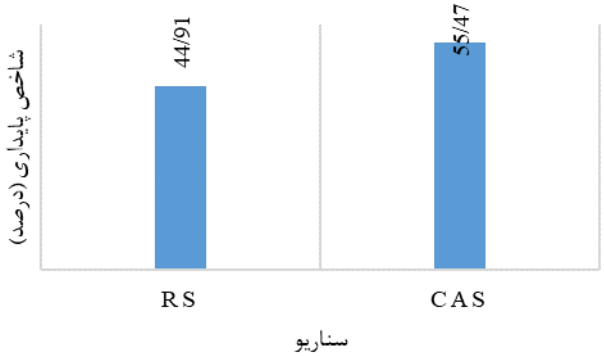
نتیجه گیری

در این پژوهش با هدف مدیریت یکپارچه منابع آب موجود و مصارف بخش‌های مختلف در حوضه رودخانه میناب و سرشاخه‌های اصلی آن که بخشی از سواحل مکران محسوب می‌شوند و با بهره‌گیری از پتانسیل‌های علمی و تجربی موجود در حوضه، مدل برنامه‌ریزی با استفاده از نرم‌افزار WEAP که تابع هدف آن تأمین حداکثری نیازها است توسعه داده شد؛ به دلیل بررسی منابع آب زیرزمینی به همراه منابع آب سطحی، دوره شبیه‌سازی سناریوها به جهت توصیه متخصصان، برای یک دوره ۱۵ ساله (از سال آبی ۱۳۹۵ تا ۱۴۱۰) با عنوان آینده نزدیک در نظر گرفته شد. دو سناریوی مرجع (RS) و سناریوی کشاورزی محافظه کار (CAS) برای پیش بینی شرایط آینده حوضه توسعه داده شد.

جهت ارزیابی سناریوها از سه معیار عملکرد قابلیت اطمینان در حجم، برگشت‌پذیری، آسیب‌پذیری و همچنین شاخص پایداری ارائه شده توسط سندوال- سالیس که در واقع شاخصی به نمایندگی این سه معیار است استفاده شد.

نتایج این شاخص نشان داد سناریوی CAS، نسبت به سناریوهای دیگر پایداری بهتری ارائه می‌دهد؛ به طوریکه مقادیر این شاخص در بخش‌های شرب و بهداشت، کشاورزی، صنعت و محیط زیست به ترتیب برابر ۹۶/۹۸ ٪ ، ۵۳/۲۳ ٪ ، ۵۱/۸۲ ٪ و ۱۹/۸۳ ٪ می‌باشد. جهت مقایسه بهتر این نتایج، میانگین شاخص‌های پایداری در بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و محیط زیست برای هر سناریو

محاسبه شد که برای سناریوی RS مقدار ۴۴/۹۱ و برای سناریوی CAS مقدار ۵۵/۴۷ به دست آمد که نتایج آن در شکل (۱۴) ارائه شده است.



شکل(۱۴): مقدار متوسط شاخص پایداری دو سناریو

سناریوی کشاورزی محافظه کار (CAS)، با ثبات سطح زیر کشت و افزایش راندمان آبیاری به مقدار ۷۰ ٪ و تلفات ۴۲/۵ ٪ برای بخش کشاورزی، با توجه به اولویت یکسان با بخش‌های صنعت و محیط زیست باعث کاهش نیاز تأمین نشده در این بخش به مقدار ۱۷ ٪ نسبت به سناریوی مرجع گردید همچنین با اجرای این سناریو مقدار آب تأمین نشده در بخش شرب ۵۹٪ کاهش نسبت به سناریوی مرجع داشت. این سناریو با شاخص پایداری به مقدار ۵۵/۴۷ ٪ در اولویت اجرا قرار می‌گیرد.

با توجه به اینکه تاکنون مطالعه‌ای در زمینه برنامه ریزی جامع منابع آب بر روی حوضه میناب صورت نگرفته است، امکان مقایسه نتایج این تحقیق با تحقیقات پیشین وجود نداشت.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر می‌توان موارد زیر را در تداوم و یا تکمیل مطالعه موجود پیشنهاد نمود:

۱) استفاده از مدل بارش رواناب، مدل برنامه‌ریزی توسعه داده شده را کامل‌تر و کاربردی‌تر می‌نماید.
۲) بررسی هزینه‌ها و مطالعه اقتصاد آب با بارگذاری داده‌های مربوط به سود و هزینه به صورت توزیعی در مدل برنامه‌ریزی.
۳) بازنگری در ساختار مدیریتی منابع آب حوضه با رویکرد معیارهای حقوق آب.
۴) استفاده از مدل‌های تغییر اقلیم مانند LARS-WG، برای پیش‌بینی اقلیم و بارش در سال‌های آینده.
۵) بررسی و تحلیل اثرات متقابل مدیریتی و اجتماعی.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از دانشگاه تهران، شرکت مدیریت منابع آب ایران و شرکت آب منطقه ای استان هرمزگان، که امکانات، داده‌ها و اطلاعات لازم جهت انجام این تحقیق و تهیه مقالات مربوطه را تامین کردند تشکر می‌شود.

منابع

دهقان، ز.، دلبری، م. و محمدرضاپور ا.ا. (۱۳۹۴). برنامه‌ریزی تخصیص منابع آب تحت سناریوهای مدیریتی در حوضه گرگان‌رود. دانش آب و خاک، ۲۵ (۳)، ۱۱۷-۱۳۲.

شوریان، م. و موسوی س. ج. (۱۳۸۵). برنامه‌ریزی تخصیص منابع آب در سطح حوضه آبریز با اهداف انتقال آب بین حوضه‌ای. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، ۳و۴ بهمن، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱-۸.

صالح‌پور لاقانی، ج.، اشرف‌زاده، ا. و موسوی، س. ع. (۱۳۹۷). مدیریت تخصیص منابع آب در حوضه آبریز حبله‌رود با ترکیب مدل‌های SWAT و WEAP. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۴ (۳)، ۲۷۸-۲۹۰.

علیزاده، ح. (۱۳۸۵). ارزیابی تأثیر هیدرولوژیکی سناریوهای تخصیص آب در سطح حوضه با استفاده از نرم‌افزار WEAP. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

یزدان‌پناه، ط.، خداشناس، س. ر.، داوری، ک. و قهرمان. (۱۳۸۷). مدیریت منابع آب حوضه آبریز با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی حوضه ازغند)، علوم و صنایع کشاورزی، ۲۲.

Chen, Y., Zhang, D., Sun, Y., Liu, X., Wang, N., & Savenije, H. H. (2005). Water demand management: a case study of the Heihe River Basin in China. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 30(6-7), 408-419.

Jakeman, A. J., Voinov, A. A., Rizzoli, A. E., & Chen, S. H. (Eds.). (2008). Environmental modelling, software and decision support: State of the art and new perspective (Vol. 3). Elsevier.

Leemhuis, C., Jung, G., Kasei, R., & Liebe, J. (2009). The Volta Basin water allocation system: Assessing the impact of small-scale reservoir development on the water resources of the Volta Basin, West Africa. Advances in Geosciences, 21, 57-62.

Lianqing, X., Yongkun, L., Zhenghang, F., & Jieyou, L. (2012). Optimal Utilization Simulation and Decision Making on Water Resources System. Procedia Environmental Sciences, 12, 1097-1103.

Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Transactions of the ASABE, 50(3), 885-900.

Motovilov, Y. G., Gottschalk, L., Engeland, K. and Rohde, A. (1999). Validation of distributed hydrological model against spatial observations. Agricultural and Forest Meteorology, 98-99: 257-277.

Raskin, P., Hansen, E., Zhu, Z., & Stavisky, D. (1992). Simulation of water supply and demand in the Aral Sea Region. Water International, 17(2), 55-67.

Sandoval-Solis, S., & McKinney, D. C. (2011). Water planning and management for large scale river basins: Case of study of the Rio Grande/Rio Bravo transboundary basin. Center for Research in Water Resources, University of Texas at Austin.

Yates, D., Purkey, D., Sieber, J., Huber-Lee, A., & Galbraith, H. (2005). Weap21—a demand-, priority-, and preference-driven water planning model: Part 2: Aiding freshwater ecosystem service evaluation. Water International, 30(4), 501-512.

Integrated Water Resources Management of Minab Basin, Southern Iran, Using Modified Sustainability Index

Sajad Mashayekhi[1], Kumars Ebrahimi [2*], Fereshteh Modaresi[3] and Shahab Araghinejad[4]

Abstract

The catchment area of the Minab river basin and its main branches, as a part of Makren coast, southern Iran, are one of the important areas for water resources planning and management. The aim of this study was to set-up a comprehensive water resource planning and management model, involving WEAP software, for the area. The area includes the Minab, Jeghine Toukahoor, Manoojan, Roodan, Nodej, Dehkohan, Mosaferabad and Faryab Galashgerd. Two scenarios including: (RS) as the reference scenario, and a conservative agricultural development (CAS) were implemented for the future horizon of year 1410, using WEAP model. Then the outputs were evaluated using the performance criteria including; volumetric reliability, reversibility, vulnerability and stability indices. A 15-water year data (2000-2014) was used, 10 years of that for calibration purposes and the rest of 5 years data for verification. The values of evaluation indices, coefficient of determination and Nash-Sutcliff coefficient, for calibration period were equal to 0.98, 0.97 for the Esteghlal dam volume and 0.98 and 0.98 for the hydrometric stations, and 0.90 and 0.86 for the groundwater aquifers, respectively. On the other hand, for the verification period, the values of the above-mentioned indices were equal to 0.98 and 0.98 for Esteghlal dam volume, 0.78 and 0.70 for hydrometric stations, and 0.97 and 0.88 for the groundwater aquifers, respectively. The above-mentioned index values indicate that the modelling results are acceptable. Moreover, between the two considered scenarios, the scenario of conservative agricultural development, with a sustainability index of 55.47%, has a higher priority.

Keywords: Integrated management, Water resources, Minab river basin, Makren sustainability Index, WEAP.

[1] Graduated MSc in Water Resources Engineering, University of Tehran. Email: Sajad.Mashayekhi@ut.ac.ir
[2] Professor, University of Tehran, Iran. Email: EbrahimiK@ut.ac.ir (Corresponding Author)*
[3] Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad, FModaresi@ferdowsi.um.ac.ir
[4] Water Resource Control Engineer at State Water Resources Control Board, Sacramento, California, USA, Shahab.Araghinejad@stantec.com

Research Paper

Integrated Water Resources Management of Minab Basin, Southern Iran, Using Modified Sustainability Index

Sajad Mashayekhi[1], Kumars Ebrahimi [2*], Fereshteh Modaresi [3] and Shahab Araghinejad [4]

[1] MSc Graduated in Water Resources Engineering, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Sajad.Mashayekhi@ut.ac.ir
[2*] Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. EbrahimiK@ut.ac.ir
[3] Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, FModaresi@ferdowsi.um.ac.ir
[4] Water Resource Control Engineer at State Water Resources Control Board, Sacramento, California, USA, Shahab.Araghinejad@stantec.com

10.22125/IWE.2020.171164.1069

Received:
February.10.2020
Accepted:
October.22.2020
Available online:
March.13.2022

Keywords:
Integrated management, Water resources, Minab river basin, Makren sustainability Index, WEAP.

Abstract

The catchment area of the Minab river basin and its main branches, as a part of Makren coast, southern Iran, are one of the important areas for water resources planning and management. The aim of this study was to set-up a comprehensive water resource planning and management model, involving WEAP software, for the area. The area includes the Minab, Jeghine Toukahoor, Manoojan, Roodan, Nodej, Dehkohan, Mosaferabad and Faryab Galashgerd. Two scenarios including: (RS) as the reference scenario, and a conservative agricultural development (CAS) were implemented for the future horizon of year 1410, using WEAP model. Then the outputs were evaluated using the performance criteria including; volumetric reliability, reversibility, vulnerability and stability indices. A 15-water year data (2000-2014) was used, 10 years of that for calibration purposes and the rest of 5 years data for verification. The values of evaluation indices, coefficient of determination and Nash-Sutcliff coefficient, for calibration period were equal to 0.98, 0.97 for the Esteghlal dam volume, 0.92, 0.89 for the hydrometric stations, and also 0.90, 0.86 for the groundwater aquifers, respectively. On the other hand, for the verification period, the values of the above mentioned indices were equal to 0.98, 0.98 for Esteghlal dam volume, 0.78, 0.70 for hydrometric stations, and also 0.97, 0.88 for the groundwater aquifers, respectively. The above mentioned index values indicate that the modelling results are acceptable. Moreover, between the two considered scenarios, the scenario of conservative agricultural development, with a sustainability index of 55.47%, has a higher priority.

* **Corresponding Author:** Kumars Ebrahimi
Address: Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Iran
Email: EbrahimiK@ut.ac.ir
Tel: +98 263 2226181

1. Introduction

Integrated water resources planning and management is a collaborative system with the participation of all stakeholders and decision makers taking into account all water resources both surface and groundwater and water returns in quantitative and qualitative terms and all uses, including drinking, agriculture, industry and the environment which is defined with the goal of sustainable water resources development. The catchment area of the Minab and its main branches are part of the Makran Coast, also its main areas are one of the important area for planning and managing water resources due to the specific situation and circumstances.

2. Materials and Methods

The purpose of this study was to simulate and present a comprehensive water resources planning and management model by WEAP software with objective function to maximize needs in this area that includes the study areas of Minab, Jeghine-Tookahoor, Manoojan, Roodan, Nodezh, Deh-Kohan, Mosafer-Abad and Faryab Glashgerd and then two scenarios: 1) Reference Alternative (RS), 2) Conservative Agricultural Development (CAS) for the mid-term future by 1410 using WEAP model outcomes and evaluating performance criteria including volume reliability, resiliency and vulnerability and sustainability index in the usage part.

3. Results

The selected statistical period is considered in terms of the availability of all required data for a period of 15 years from the water year 2001 to 2015; Ten years from this time interval, from the water years of 2001 to 2010, for calibration, and for the other 5 years, from the water years 2011 to 2015, verification has been used. The values of evaluation indices, coefficient of determination and Nash-Sutcliff coefficient, for calibration period were equal to 0.98, 0.97 for the Esteghlal dam volume, 0.92, 0.89 for the hydrometric stations, and also 0.90, 0.86 for the groundwater aquifers, respectively. On the other hand, for the verification period, the values of the above mentioned indices were equal to 0.98, 0.98 for Esteghlal dam volume, 0.78, 0.70 for hydrometric stations and also 0.97, 0.88 for the groundwater aquifers, respectively.

4. Discussion and Conclusion

The above mentioned index values indicate that the modelling results are acceptable. Moreover, between the two considered scenarios, the scenario of conservative agricultural development, with a sustainability index of 55.47%, has a higher priority.

5. Six important references

1. Chen, Y., Zhang, D., Sun, Y., Liu, X., Wang, N., & Savenije, H. H. (2005). Water demand management: a case study of the Heihe River Basin in China. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 30(6-7), 408-419.
2. Jakeman, A. J., Voinov, A. A., Rizzoli, A. E., & Chen, S. H. (Eds.). (2008). Environmental modelling, software and decision support: State of the art and new perspective (Vol. 3). Elsevier.
3. Leemhuis, C., Jung, G., Kasei, R., & Liebe, J. (2009). The Volta Basin water allocation system: Assessing the impact of small-scale reservoir development on the water resources of the Volta Basin, West Africa. Advances in Geosciences, 21, 57-62.
4. Lianqing, X., Yongkun, L., Zhenghang, F., & Jieyou, L. (2012). Optimal Utilization Simulation and Decision Making on Water Resources System. Procedia Environmental Sciences, 12, 1097-1103.

5. Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Transactions of the ASABE, 50(3), 885-900.
6. Sandoval-Solis, S., & McKinney, D. C. (2011). Water planning and management for large scale river basins: Case of study of the Rio Grande/Rio Bravo transboundary basin. Center for Research in Water Resources, University of Texas at Austin.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.