تحلیل اقتصادی تأثیر سیاست‌های مدیریت تقاضا در طرح‌های توسعه منابع آب: مطالعه موردی

محمدکارآموز[i]، اصغر الیاسی[ii]، صالح احمدی‌نیا[iii]

چکیده:

از دیدگاه مدیریت پایدار منابع آب، هدف اصلی طرح‌های توسعه، استفاده کم هزینه‌تر و پایدارتر از این منابع است به صورتی که جهت فعالیت‌ها به‌سوی استفاده کارآمدتر از منابع آب موجود و افزایش تعادل بین منابع و مصارف آب باشد. حوزه‌آبریز کارون و دز به دلیل ویژگی‌های منحصر به‌فرد خود از حیث منبع آب و تولید انرژی، همواره مورد توجه صاحب‌نظران بوده و جنبه‌های گوناگون طرح‌های توسعه منابع آب در این حوزه به چالش کشیده شده است. در این مقاله ضمن شبیه‌سازی منابع و مصارف بلندمدت این حوزه با استفاده از مدل شبیه‌سازی WEAP، منافع حاصل از به کارگیری سناریوهای مختلف مدیریت تقاضا که می‌تواند شامل تمهیداتی از قبیل افزایش راندمان آبیاری، تعیین الگوی کشت بهینه، کاهش ضایعات کشاورزی و فعالیت‌های آموزشی باشد، محاسبه و کمّی شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که در صورت عدم توجه به سیاست‌های مدیریت تقاضا، تحقق تمامی نیازهای آبی منطقه در شرایط توسعه امکان‌پذیر نیست، درحالیکه با اهتمام ویژه به این امر، علاوه بر افزایش توان توسعه‌ای درون و برون حوزه‌ای و بالا رفتن شاخص‌های کیفیت آب، منافع مالی قابل توجهی نیز عاید کشور خواهد شد.

کلمات کلیدی: طرح‌های توسعه منابع آب، مدیریت تقاضا ، تحلیل اقتصادی.

[i] استاد دانشکده فنی، دانشگاه تهران Karamouz@ut.ac.ir

[ii] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی، دانشگاه تهران aaelyasi@gmail.com

[iii] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی، دانشگاه تهران salehahmadinia@gmail.com

۱- مقدمه

به صورت سنتی اولین پاسخ به افزایش تقاضا برای آب، جستجوی منابع جدید در کنار گسترش بهره‌برداری از منابع فعلی می‌باشد. از آنجا که این روش برخورد با مساله، ممکن است منجر به ناپایداری در سیستم‌های منابع آب گردد، تمایل زیادی برای تغییر به سمت رویکردهای کارآمدتر و عادلانه‌تر جهت مدیریت منابع آب ایجاد شده است.

از نگاه مدیریت پایدار، طرح‌های توسعه منابع آب نه به عنوان طرح‌هایی برای جمع‌آوری و ذخیره کوتاه‌مدت و یا حتی بلندمدت آنها، بلکه به‌عنوان طرح‌هایی برای استفاده کم‌هزینه‌تر، کارآمدتر و پایدارتر از این منابع حیاتی می‌باشند.

مطابق تعریف نهادهای معتبر، به فرآیند استفاده پربازده‌تر و صحیح‌تر از منابع آب موجود که موجب افزایش تعادل بین منابع و مصارف و جلوگیری از سرعت افزایش مصرف می‌شود، مدیریت تقاضا گفته می‌شود[۱۵]. به دلیل محدودیت منابع تجدید شونده آب شیرین دنیا، تعادل حاصل از اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا میان منابع و مصارف، یکی از عوامل تعین‌کننده برای دستیابی به مدیریت پایدار در یک سیستم می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

روش‌های اعمال مدیریت تقاضا بسیار متنوع‌تر و پیچیده‌تر از روش‌های مدیریت منابع آب است ولی به طور کلی می‌توان آنها را به دو دسته روش‌های فیزیکی و غیر فیزیکی (مدیریتی) تقسیم کرد.

یکی از چالش‌های پیش‌رو برای رسیدن به اهداف مدیریت تقاضا، تمایلات و عادت‌های مصرف‌کنندگان (شامل استفاده نادرست و مسرفانه از آب) است که برای رفع آنها، به‌کارگیری برنامه‌های آموزشی و ترویجی می‌تواند نقش مهمی را ایفا نماید.

مشوق‌های اقتصادی و به‌کارگیری سیستم‌های تعرفه‌ای در مصرف آب، در کنار پرداخت پاداش به افراد کم‌بضاعت برای مصرف کمتر آب، نیز می‌توانند ابزارهای موثری در این زمینه باشند. برپا ساختن بازار آب منطقه‌ای و شیوه‌های خصوصی‌سازی فروش آب که در برخی کشورها مورد استفاده قرارگرفته‌اند، فقط در صورتی کارآمد و موفق خواهند بود که به همراه سیاست‌های مدیریت مصرف آب توسعه داده شوند؛ چرا که در غیر اینصورت استفاده از آب را به افراد دارای تمکن مالی بیشتر محدود می‌کنند.

سیاست‌های مدیریت تقاضا در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده آب به صورت‌های گوناگونی قابل اعمال هستند که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود:

از جمله فعالیت‌های فیزیکی مدیریت تقاضا در سیستم‌های توزیع آب شهری و صنعتی میتوان به تعویض اتصالات قدیمی، استفاده از اتصالات با راندمان بالاتر، ترمیم خرابی‌ها و نشت از سیستم اشاره کرد. هرچند منافع حاصل از این فعالیت‌ها به درستی محاسبه نشده است، اما علاوه بر جلوگیری از هدر رفتن آب تخصیص یافته (که گاه به ۶۰ درصد می‌رسد)، منافع بلند مدت آن به شکل بازگشت سرمایه‌های با نرخ بالاتر قابل محاسبه است. افزایش عمر مفید سیستم‌های تأمین آب، سیستم‌های تصفیه فاضلاب و نیز افزایش راندمان بهره‌برداری سیستم‌های دفع فاضلاب نیز از دیگر مزایای این فعالیت‌ها می‌باشد.

در بخش کشاورزی تغییر الگوی کشت، استفاده از گیاهان با راندمان بالاتر مصرف آب، استفاده بهتر از آب آبیاری (شامل به کارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار، استفاده از تکنیک کم‌آبیاری و شناخت نیاز آبی گیاهان)، بالابردن عملکرد سیستم‌های انتقال و توزیع آب کشاورزی و استفاده از کنتورهای هوشمند برای تحویل حجمی آب کشاورزی به مزارع، از جمله راهکارهای مدیریت تقاضا هستند که استفاده از آب در این بخش را بهینه می‌نمایند.

از جنبه محیطزیستی، مدیریت تقاضای آب باعث می‌شود که با کمتر شدن برداشت آب از منابع، آب بیشتری برای حفظ حیات اکوسیستم و نیز کاستن از بار آلودگی ورودی به دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و آب زیرزمینی، فراهم گردد. جمیع فعالیت‌های فوق منجر به حفاظت بیشتر از منابع آب آشامیدنی و در کل، تعادل اکولوژیکی محیطزیست می‌شود.

به کارگیری مدیریت تقاضای آب این امکان را به وجود می‌آورد که برخی پروژه‌های عظیم و هزینه‌بر سازه‌ای از اولویت خارج شوند و با سوق پیدا کردن منابع مالی و انسانی به سمت طرح‌های ارزشمندتر، دستاوردهای حقیقی بزرگی نصیب جامعه بشود.

از جمله فعالیت‌های علمی اخیر که به امر مدیریت تقاضا اهتمام داشته‌اند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

در یک تحقیق بر روی حوزه‌آبریزی در آفریقای جنوبی که علیرغم اختصاص تمامی آب در دسترس به نیازها، هنوز با تنش آبی مواجه بوده است، سناریوهای مختلف مدیریت تقاضا در شرایط نرمال و خشکسالی با استفاده از مدل شبیه‌سازی WEAP مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این تحقیق مشخص شده است که در شرایط نرمال هیدرولوژیکی و بدون اعمال مدیریت تقاضا، نیاز بسیاری از مصرف‌کنندگان تأمین نخواهد شد، در حالیکه با ۱۰٪ کاهش در میزان تقاضا، پایداری اکولوژیکی سیستم تضمین می‌شود. همچنین مشخص شد که اگرچه در شرایط نرمال اعمال مدیریت تقاضا به رفع مسئله تأمین نیازها کمک می‌کند، ولی برای شرایط خشکسالی این سیاست‌ها کفایت نمی‌کند [۱۳].

در تحقیق دیگری با رویکرد مدیریت تقاضای آب، معادله‌ای برای مدیریت آب کشاورزی در ناحیه‌ای خشک در شمال غربی چین توسعه داده شد. نتایج این تحقیق

Archive of SID
www.SID.ir

نشان داد که کمبود آب در حوزه مورد مطالعه، نه فقط به خاطر شرایط فیزیکی بلکه نتیجه عدم مدیریت یکپارچه منابع آب و توسعه بیش از حد اراضی کشاورزی در حوزه میانی می‌باشد. نویسندگان بر اساس تحلیل تجارت مجازی آب خواستار تجدیدنظر در قیمت‌گذاری آب، تقویت فعالیت‌های آموزشی و بازنگری در سهم مصرف آب بخش کشاورزی شدند و در این میان نقش مدیریت تقاضای آب را مهم شمردند[۱۰].

محققان مرتبط با طرح کاهش فقر در آفریقا ضمن اشاره به تأثیر مدیریت تقاضای آب، نقش ظرفیت‌سازی برای توسعه مدیریت جامع منابع آب و فعالیت‌های آموزشی و ترویجی برای متخصصان و مصرف‌کنندگان را بسیار مهم تلقی کردند. همچنین به ارتباط بین ظرفیت‌سازی متخصصان، بهره‌برداران و دیگر عوامل موثر در زنجیره تأمین آب برای اجرای مدیریت تقاضای آب پرداختند. در این تحقیق مدیریت تقاضا به عنوان عامل بهره‌وری اقتصادی مطرح شده و می‌تواند سود حاصل از ذخیره آب را به عوامل موثر در زنجیره تأمین آب برگرداند و با تنظیم تعرفه‌های تخصیص آب متناسب با وضعیت اقتصادی اقشار مختلف جامعه، نحوه تخصیص آب را به سمت رویکردهای عادلانه‌تر سوق دهد[۱۱].

به دلیل وضعیت بحرانی منابع آب در حوزه‌آبریز ریو گرانده (Rio Grande) که در مرز بین کشورهای مکزیک و ایالات متحده آمریکا قرار دارد، سناریوهای مختلف مدیریت آب با استفاده از مدل WEAP شبیه‌سازی شده است. در این سناریوها میزان نیاز و راندمان تخصیص آب، برآورد شده و با در نظر گرفتن امکان‌پذیری هیدرولوژیکی و منافع عمومی ناشی از اجرای هر یک از سناریوها برای مصرف‌کنندگان، آب تخصیص یافته به مصرف‌کنندگان مختلف این حوزه در این دو کشور محاسبه شده است[۱۴].

در مرجع [۳] ضمن اشاره به تعریف کارآیی مصرف و کارآیی تخصیص آب به عنوان مؤلفه‌های اصلی مدیریت تقاضای آب، ارتقاء توأم این دو مؤلفه از ملزومات تحقق اهداف مدیریت تقاضای آب شناخته شده است و اثرات اعمال راهکارهای مدیریت تقاضا در یکی از حوزه‌های آبریز شهرستان ایذه مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در صورت افزایش سطح زیر کشت منطقه در برنامه‌ریزی‌های آینده، به هیچ عنوان نباید از آبیاری سطحی استفاده شود و باید از سناریوهای آبیاری قطره‌ای و بارانی و یا قطره‌ای، بارانی به همراه تغییر الگوی کشت استفاده شود.

وضعیت دشت تاکستان در شرایط سناریوهای مختلف با استفاده از مدل شبیه‌سازی WEAP در مرجع [۱].مورد بررسی قرار گرفته است. این سناریوها در برگیرنده اولویت‌بندی منابع و مصارف آب و راندمان آبیاری و نیز شرایط قبل و بعد از احداث سد نهب می‌باشند. نتیجه اجرای سد و شبکه آبیاری و زهکشی، درصد بالاتری از تأمین تقاضا در روش‌های مختلف آبیاری خواهد بود و با وجود افزایش سطح زیر کشت، درصد تأمین تقاضا ۵ الی ۱۰ درصد افزایش یافته است.

در تحقیق حاضر با توجه به نیازهای حال و آینده حوزه آبریز کارون و دز و با فرض انجام گرفتن طرح‌های انتقال بین حوزه‌ای این سیستم، سناریوهای مختلف مدیریت تقاضای آب مورد بررسی قرار گرفته و نتایج کمّی آن به صورت منافع حاصل از اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا ارائه شده است.

بدین منظور ابتدا سیستم منابع آب رودخانه‌های کارون و دز با این فرض که سدهای شهید عباسپور، کارون سه، دز و مسجدسلیمان، در ابتدای دوره شبیه‌سازی همگی در تراز عادی بهره‌برداری هستند و سدهای کارون چهار و گتوند در سال ۱۳۹۰ وارد مدار می‌شوند، در نرم‌افزار شیءگرای WEAP توسعه داده شد و سپس نیازهای شرب و صنعت، کشاورزی و کشت و صنعت‌ها در حد فاصل سد گتوند تا نقطه خروجی حوزه در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۴۲۵شبیه‌سازی شدند (افق ۴۰ ساله).

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ مطالعه موردی:

به دلیل ویژگی‌های منحصر به‌فرد حوزه آبریز کارون و دز از حیث پتانسیل‌های منابع آبی و تولید انرژی، صاحب‌نظران بخش آب کشور جنبه‌های گوناگون

Archive of SID
www.SID.ir

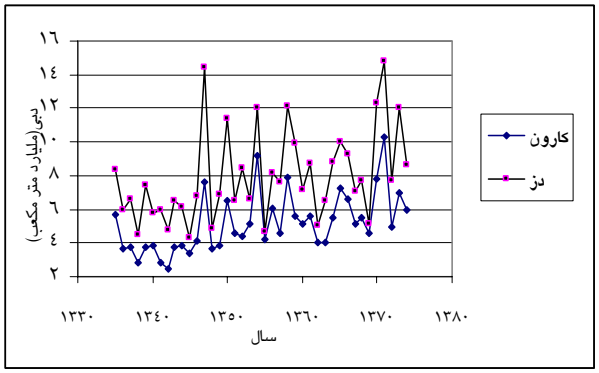
طرح‌های توسعه و مسایل متأثر از آن را در این حوزه به چالش کشیده‌اند. نکته قابل توجه در این میان تأثیر خاستگاه تحقیقات انجام شده بر نتایجی است که گاهی از داده‌های یکسان استخراج شده‌اند و خود گواه بر نیاز مبرم جامعه مهندسی کشور به دیدگاه‌های همه‌جانبه نگر و کارآمدتر است.

رودخانه کارون با ۲۰ میلیارد متر مکعب میانگین درازمدت آورد سالانه به همراه رودخانه دز حدود ۶۰ درصد از منابع آبی دشت خوزستان را تشکیل می‌دهند. در شکل ۱ محدوده حوزه آبریز کارون و دز مشخص شده است. سری زمانی ماهانه آوردهای رودخانه‌های کارون، دز و دیگر آبراهه‌های میانی حوزه همچون شور و بالارود با استفاده از آمار بلندمدت این حوزه (از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۷۵) و با فرض تکرار این سری زمانی از سال آبی ۸۵-۸۶ مورد استفاده قرار گرفته است. در شکل ۲ سری زمانی سالانه آوردهای تاریخی کارون، در بالادست سد کارون ٤ پس از کسر برداشت‌های طرح‌های انتقال آب و آوردهای تاریخی دز، مشاهده می‌شود.

شکل۱:موقعیت حوزه آبریز کارون و دز در کشور[۴]

در حال حاضر سدهای کارون یک، کارون سه، گدارلندر و دز با حجم ذخیره بالغ بر ۹۸٤۰ میلیون متر مکعب آب، وظیفه ذخیره و تأمین بخش قابل توجهی از آب کشاورزی دشت خوزستان را بر عهده دارند.

همچنین مجموعه این سدها با ۵۵۲۰ مگاوات توان اسمی تولید انرژی برق، بیش از ۹۰٪ از نیروی برقابی تولیدی کشور را تأمین می‌کنند. طبق برنامه اعلام شده، سدهای کارون چهار و گتوند نیز تا سال ۱۳۹۰ باید به این مجموعه اضافه شوند و توان ذخیره سازی و تأمین انرژی مجموعه را بالا ببرند.



شکل۲: سری زمانی آوردهای سالانه کارون و دز در سرشاخه‌ها

مدیریت تقاضای آب در این حوزه و حوزه‌های داوطلب دریافت آب از آن، یکی از مهمترین جنبه‌هایی است که کمتر مورد توجه محققان بوده است و چنین به نظر می‌رسد که رقابت بیشتر بر سر هدر دادن آب باشد تا مصرف بهینه آن.

راندمان‌های ۳۰ تا ۳۵ درصدی -که طی برنامه چهارم توسعه باید حداقل ۲۵٪ افزایش می‌یافتند- به مانعی برای گسترش حقیقی زیرساخت‌های توسعه کشور تبدیل شده است. از اینرو به نظر می‌رسد بازگشت دوباره به "راهبردهای توسعه بلند مدت منابع آب کشور" و تخصیص منابع مالی متوازن جهت پیشبرد تمامی ارکان این سند ملی و به ویژه مدیریت تقاضای آب بیش از گذشته مورد نیاز باشد[۲].

در حال حاضر بالغ بر ٦٦۱۵۵۰ هکتار از اراضی این حوزه به کشت آبی محصولات مختلف کشاورزی اختصاص دارد که در افق منتهی به سال ۱٤۲۵ وسعت این اراضی به بیش از ۱۰۱۱٦۸٤ هکتار خواهد رسید. از اینرو مطالعه وضعیت منابع و مصارف این حوزه و نقش پارامترهای مؤثر بر تأمین یا عدم تأمین نیازهای حال و آینده حوزه ضروری به نظر می‌رسد[٦].

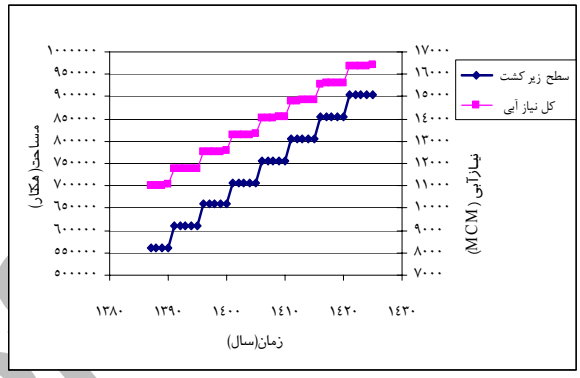
نیازهای آبی این حوزه در پایین دست سد گتوند شامل نیازهای شهری و روستایی، صنعتی، حوضچه‌های

Archive of SID

www.SID.ir

پرورش ماهی و نیازهـای کشـاورزی، در طـی سـال‌هـای برنامه از ۱۱۰۰۰ میلیارد متر مکعب به ۱٦٤۰۰ میلیارد متـر مکعب بالغ خواهد شد و سطح زیر کشت محصـولات آبـی این منطقـه نیـز بـا ٦٥ ٪ افـزایش از ٥٦۰ هـزار هکتـار بـه ۹۲۰هزار هکتار خواهد رسید.

در شکل ۳ تغییرات زمانی نیازهای آبـی و سـطح زیـر کشت آبی حوزه در محدوده پایین دست سد گتوند، با این فرض که افزایش سطح زیر کشت منطقه طـی برنامـه‌هـای پنج‌ساله توسعه صورت خواهد گرفت مشاهده می‌شود.



شکل۳: نمودار تغییرات زمانی سطح زیر کشت محصولات آبی و نیاز آبی کل منطقه تا افق ۱۴۲۵

۲-۲- توسعه مدل شبیه‌سازی WEAP:

امـروزه تخصـیص منـابع محـدود آب و نگرانـی‌هـای مربوط به کیفیت آب، برنامه‌ریزی در شرایط متغیر اقلیمی و عـدم قطعیـت‌هـا و نیـاز بـه توسـعه و بـه کـارگیری راهبردهای استفاده از آب در جهت توسعه پایدار از جملـه مسائل مورد توجه برنامه‌ریزان است.

مدل‌های مرسوم منبع -گرا[1] به دلیـل اینکـه بیشـتر بـر منابع آب تمرکز دارند تـا مصـارف آن و از اینـرو برنامـه جامعی برای تعادل بین این مؤلفه‌ها ندارند، همیشـه بـرای بررسی گزینـه‌هـای مختلـف مـدیریتی مناسـب نیسـتند. از اینرو جای دارد که استفاده از مدل‌های تقاضـا نگـر[2] و در شکل کاملتر آن مدل‌های تأمین- تقاضا نگر[3] مـورد توجـه تصمیم‌گیـران و مـدیران بخـش آب قـرار گرفتـه و مبنـای برنامه‌ریزی‌های بلند مدت گردد تا نیازهـا، مسـائل کیفیـت آب، مسائل اقتصادی و سایر موارد مربـوط بـه منـابع آب در کنار هم مورد توجه قرار گیرند.

مـدل شـبیه‌گرای WEAP ابـزاری بـرای برنامـه‌ریـزی یکپارچـه منـابع آب مـی‌باشـد کـه چهـارچوبی جـامع، انعطاف‌پذیر و کاربردوست را برای برنامه‌ریزی و تحلیـل سیاست‌ها فراهم می‌کند.

WEAP قادر است مسائل مربوط به مصـارف از قبیـل الگوهای مصرف آب، بازده اقتصادی، راهبردهای استفاده مجدد از آب، هزینه‌ها و الگوهای تخصیص آب و همچنـین مسائل مربوط به منابع از قبیل جریان رودخانه، منـابع آب زیرزمینی، مخازن و خطوط انتقال آب را شبیه‌سازی کند.

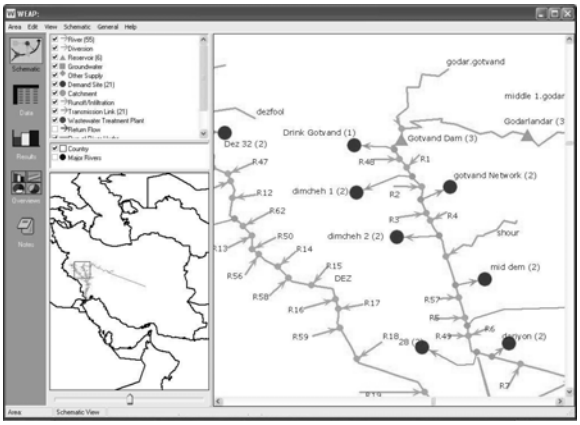
WEAP این امکان را فراهم کرده است کـه مؤلفـه‌هـای طبیعی (نیازهای تبخیـر و تعـرق، رونـاب و دبـی پایـه) و همچنین مؤلفـه‌هـای سـاخته شـده (سـدها و پمپـاژ از آب زیرزمینی) در سیستم‌های آبی شبیه‌سازی شـود. بـه ایـن ترتیب برنامه‌ریز اجازه می‌یابد که به محـدوده وسـیعی از عوامل و مؤلفه‌های مهم در مـدیریت منـابع آب دسترسـی پیدا کند. حاصل این کـار، ابـزاری کارآمـد بـرای آزمـایش کردن گزینه‌های مدیریتی توسعه منابع آب است.

با توجه به قابلیت‌های ذکر شده از نـرم‌افـزار WEAP، سیستم رودخانه‌ای کارون و دز در این نرم‌افـزار توسـعه یافته است (شکل ٤). اجزای اصلی تشـکیل‌دهنـده سیسـتم شبیه‌سازی شده حوزه آبریز کارون و دز در این مدل بـه شرح زیر می‌باشند:

- آورد سرشـاخه‌هـا و آوردهـای میـانی رودخانـه‌هـای کارون و دز
- سدهای موجود و در حـال سـاخت بـر روی رودخانـه کارون و دز (اجزای مثلثی شکل)
- محل‌های برداشت آب برای نیازهای شرب و صنعت در حوزه (اجزای دایره‌ای شکل)
- محـل‌هـای برداشـت آب بـرای نیازهـای کشـاورزی (بردارهای برداشت آب ←)
- محل‌های تخلیه آب بازگشتی این نیازهـا بـه رودخانـه (بردارهای با پیشوند R)

[1] Supply - side
[2] Demand – side
[3] Supply - Demand

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۴: توسعه سیستم حوزه آبریزکارون و دز در نرم‌افزار WEAP

۲-۳- اطلاعات ورودی مدل

به منظور شبیه‌سازی سیستم حوزه آبریز کارون و دز در نرم‌افزار WEAP، داده‌ها و اطلاعات زیر در قسمت‌های مربوط به خود به برنامه داده شدند:

- اطلاعات فیزیکی و هیدرولوژیکی رودخانه‌ها
- سطح زیرکشت محصولات مختلف، نیاز آبی سالانه کشاورزی و تغییرات ماهانه و سالانه آنها
- نیاز ماهانه شرب و صنعت برای دوره زمانی مورد نظر
- اطلاعات فیزیکی و بهره‌برداری از مخازن سدها
- اطلاعات مربوط به توربین‌های تولید انرژی شامل حداقل و حداکثر جریان ورودی، تراز تونل آب‌بر نیروگاه و راندمان توربین
- اطلاعات کمی و کیفی پساب‌های تخلیه شونده به سیستم به صورت سری زمانی دبی تخلیه

۲-٤- فرضیات شبیه‌سازی

جهت شبیه‌سازی سیستم و ارزیابی نتایج، فرضیات زیر در مدل تهیه شده در نظر گرفته شده‌اند:

- سال ۱۳۸۵ به عنوان سال شروع شبیه‌سازی و سال ۱٤۲۵ به عنوان افق چهل ساله شرایط توسعه در نظر گرفته شده‌اند.
- سدهای کارون ٤ و گتوند از سال ۱۳۹۰ مورد بهره‌برداری قرار خواهند گرفت.
- حجم تمامی سدهای فعال در سال ابتدایی شبیه‌سازی، در تراز نرمال فرض شده‌اند.
- به جهت ایجاد ضریب اطمینان بالاتر، از بارش بر روی مخازن سدها صرف‌نظر شده است.
- از نشت آب مخازن به منابع آب زیرزمینی صرف‌نظر شده است.
- آب مورد نیاز طرح‌های توسعه انتقال بین‌حوزه‌ای با فرض اجرا شدن آنها در ابتدای دوره شبیه‌سازی از آوردهای بالا دست کسر شده است.
- به عنوان حداقل دبی مورد نیاز برای تأمین نیازهای محیط‌زیستی رودخانه کارون در محل شهر اهواز دبی ۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه در نظر گرفته شده است[٥]
- اولویت اول تخصیص آب به نیازهای محیط‌زیستی و نیازهای شرب و صنعت، اولویت دوم به نیازهای کشاورزی داده شده است.

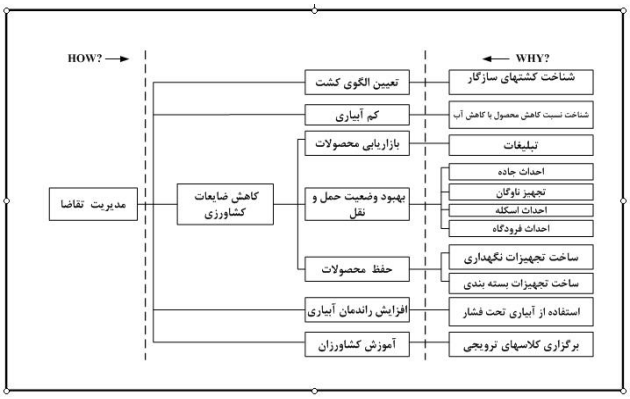
۲-٥- تدوین سناریوها:

از آنجا که بیش از ۹۰٪ آب مصرفی منطقه مورد نظر را مصارف کشاورزی تشکیل می‌دهند، تدوین برنامه‌هایی که بتواند تقاضای آب در این بخش را کاهش دهد می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کنترل و مدیریت مصرف آب کل منطقه داشته باشد.

همانطور که در شکل ٥ مشاهده می‌شود، تعیین الگوی کشت بهینه، تکنیک‌های کم‌آبیاری، کاهش ضایعات کشاورزی، افزایش راندمان آبیاری و آموزش کشاورزان از راه‌های تحقق مدیریت تقاضای آب در بخش کشاورزی است که هر یک از آنها به نوعی میزان نهایی آب مصرفی به ازای تولید یک واحد محصول را کاهش می‌دهد. به منظور شناخت تمامی راهکارهای رسیدن به مصرف کمتر آب تشکیل یک ساختار درختی برگرفته از نمودار تحلیل کارکرد مهندسی ارزش، می‌تواند راهگشا باشد[1].

[1] چگونگی تشکیل این ساختار در مرجع [۷] تشریح شده است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۵ : نمودار تحلیل کارکرد مدیریت تقاضای آب کشاورزی[۷]

از این میان، راهکارهایی چون کم‌آبیاری و افزایش راندمان آبیاری به عنوان راهکارهایی شناخته می‌شوند که مستقیما آب کمتری به مزرعه تحویل می‌دهند و راهکارهایی چون کاهش ضایعات کشاورزی به عنوان راهکارهایی معرفی می‌شوند که موجب حفظ غیر مستقیم آب می‌شوند، بدین معنی که اگر از تلف شدن محصولات جلوگیری شود، به صورت غیر مستقیم از آب مصرف شده برای تولید آن محافظت شده است.

راهکار تعیین الگوی کشت بهینه در هر منطقه عبارتست از انتخاب گیاهانی که با مصرف یک میزان مشخص آب، عملکرد و بازده اقتصادی بیشتری داشته باشند. در نهایت و به دلیل اینکه کشاورزان بی‌واسطه‌ترین ارتباط را با مصرف آب کشاورزی دارند، آموزش و ترویج روش‌های ذکر شده به آنان، می‌تواند عملی شدن این راهکارها راتضمین نماید.

لازم به ذکر است که در شکل ۵ ارتباط بین کارکردهای ذکر شده، از سمت چپ به راست چگونگی رسیدن به اهداف و از سمت راست به چپ *چرایی* انجام فعالیت‌های ذکر شده را نشان می‌دهد.

به منظور بررسی اثرات ناشی از اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضای آب در بخش کشاورزی منطقه، سه سناریوی مختلف از وضعیت منابع و مصارف آب در منطقه توسعه داده شد که ویژگی‌های اصلی این سناریوها در جدول ۱ آمده است:

جدول۱: مشخصات سناریوهای مدیریت تقاضا در محدوده حوزه آبریز کارون و دز

ردیف	سناریو	
	توصیف	نام اختصاری
۱	در این سناریو وضعیت منابع و مصارف، مطابق ارقام ذکر شده در مراجع (دزآب ۱۳۸۰و جاماب ۱۳۸٤) و با توجه به شرایط توسعه منطقه در نظر گرفته شده است.	Reference
۲	۱۰٪ کاهش تقاضای آب کشاورزی نسبت به سناریوی مرجع با اعمال سیاست‌های افزایش راندمان انتقال و توزیع آب کشاورزی	DM10
۳	کاهش ۲۰ درصدی تقاضای آب آبیاری در کلیه مناطق کشاورزی نسبت به سناریوی مرجع با اعمال راهکارهای مدیریت تقاضا	DM20

۳- تحلیل نتایج

از آنجا که مدل WEAP یک سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری است می‌تواند طیف وسیعی از اطلاعات از جمله نیاز تأمین شده و تحقق نیافته مصرف‌کنندگان آب، درصد اطمینان‌پذیری تأمین آب و درصد تأمین نیازهای محیط‌زیستی، تراز و حجم ماهانه آب در مخازن، میزان تولید انرژی در هر ماه، وضعیت کیفیت آب در طول رودخانه و در محل‌های برداشت و نیز تحلیل‌های مالی را تحت سناریوهای تدوین شده در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار دهد.

با توجه به اهداف این مقاله از میان نتایج مختلف مدل، بهبود تأمین نیازها، بهبود میزان تولید انرژی برق و بهبود میزان کیفیت آب رودخانه نسبت به پارامتر کیفی TDS و درصد اطمینان‌پذیری از تأمین نیازهای محیط‌زیستی و نیاز متقاضیان آب در سناریوهای مدیریت تقاضا نسبت به سناریوی مرجع مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۳-۱- میزان نیاز تأمین نشده

درصد میزان نیاز تأمین نشده، به عنوان شاخصی از کاستی‌های یک سیستم منابع آب در پاسخ به نیازهای تعریف شده آن است. این شاخص را می‌توان از نسبت حجم آب تأمین نشده به آب مورد نیاز به دست آورد. در محدوده مورد مطالعه، این میزان در طی افق برنامه و در

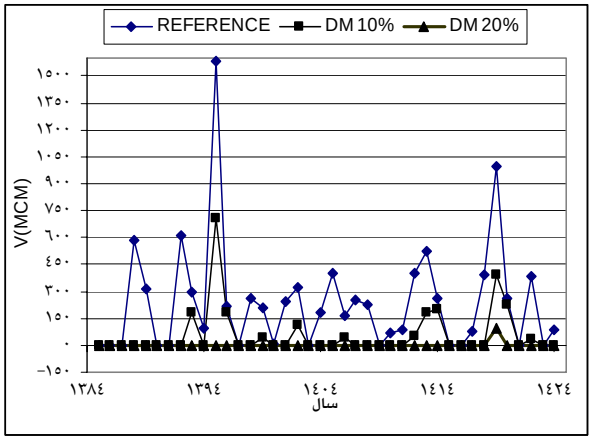
Archive of SID
www.SID.ir

سناریوی مرجع ۱۲/۶۷٪، در سناریوی DM10 برابر ۶/۲٪ و در سناریوی DM20 برابر ۰/۷۳٪ تعیین شده است.

به دلیل حجم قابل ملاحظه برداشت آب در این منطقه، نتیجه اعمال ۱۰٪ کاهش در مصارف، رقم قابل توجهی از منابع آب را به ذخایر منطقه اضافه می‌کند. به عنوان مثال در سال ابتدایی که نیازهای تأمین شده بالغ بر ۱۱۰۰۰ میلیارد متر مکعب تعیین شده است، ۱۰٪ کاهش در نیازهای آبی، برابر یک میلیارد متر مکعب آب می‌باشد.

با مشاهده شکل ٦ می‌توان دریافت که با اعمال سیاست‌های کنترل مصرف درصد قابل ملاحظه‌ای از عدم تأمین نیازها کاسته می‌شود، ضمن آنکه عدم تأمین نیازهای حدی به مقادیر ملایم‌تر سوق پیدا می‌کنند. جهش ناگهانی در نمودار شکل ٦ در سالهای ۱۳۹۵ و ۱٤۱۹ را می‌توان با مقایسه شکل‌های ۲ و ۳ تفسیر کرد.

به عنوان مثال درسال ۱۳۹۵ به دلیل توسعه سطح زیر کشت محصولات، افزایش نیازی به میزان ۸۰۰ میلیون متر مکعب به وجود خواهد آمد و درست در همین سال آوردهای رودخانه نیز ۸٦۰ میلیون متر مکعب نسبت به سال قبل کاهش یافته است. از اینرو می‌توان دریافت که اثر اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا در سال‌های خشک بهتر نمایان شده است.



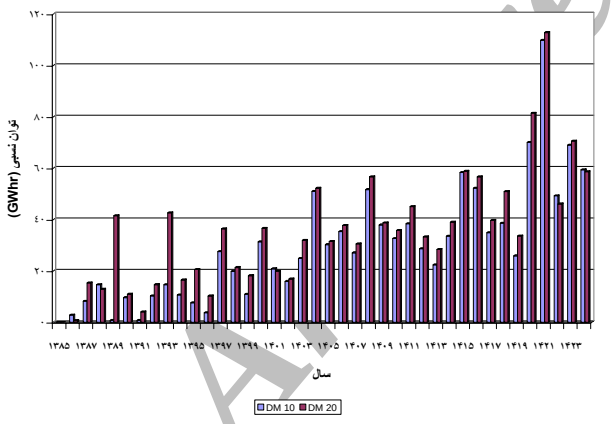
شکل۶: نمودار مقایسه مقادیر عدم تامین نیاز مصرف کنندگان در سناریوها

۳-۲- میزان تأمین انرژی برق‌آبی

یکی از مهمترین اهداف احداث سدهای متعدد بر روی رودخانه کارون تأمین انرژی برق‌آبی از این سیستم است. از اینرو بررسی تأثیر اعمال سیاست‌های مختلف، بر توان تولید انرژی از فاکتورهای قابل توجه در ارزیابی این سناریوها می‌باشد.

در نتیجه شبیه‌سازی سیستم در بخش انرژی برق‌آبی، متوسط سالانه انرژی تولید شده طی سال‌های برنامه در سناریوی مرجع ۸۰۸٤/٦٤ گیگاوات ساعت، در سناریوی DM10، ۸۲٤٦/۳۳ گیگاوات ساعت و در سناریوی DM20، ۸۳۸۳/۷۷ گیگاوات ساعت برآورد شده است که به ترتیب ۲ و ۳/۷ درصد افزایش را در میزان تولید انرژی نشان می‌دهد.

در شکل ۷ میزان نسبی تولید انرژی در سناریوهای مدیریت تقاضا نسبت به سناریوی مرجع در طی سال‌های افق برنامه نشان داده شده است. در این نمودار نسبت تولید انرژی در سناریوی DM20 نسبت به سناریوی DM10 نیز قابل مشاهده است. در تعداد معدودی از سال‌ها این نسبت کمتر از یک است که این امر را می‌توان به عدم رها سازی آب در سناریوی اخیر به دلیل تأمین شدن نیازهای پایین دست، و حفظ آب برای ماه‌های بعد مرتبط دانست.



شکل۷: نمودار مقدار تولید انرژی در سناریوهای مدیریت تقاضا نسبت به سناریوی مرجع

۳-۳- وضعیت شوری آب رودخانه:

وجود شوری محلول در خاک باعث کاهش تبخیر و تعرق می‌شود. در این حالت به دلیل افزایش پتانسیل اسمزی، گیاه باید برای جذب آب، نیروی بیشتری صرف کند و در نتیجه آب قابل دسترس گیاه کاهش می‌یابد. بالا رفتن بیش از حد غلظت نمک در آب آبیاری باعث کاهش

Archive of SID
www.SID.ir

عملکرد محصولات می‌شود تا جایی که گیاه دیگر قادر به ادامه حیات خود نخواهد بود.

غلظت شوری در پایین دست محل تخلیه پساب کشاورزی به رودخانه، C_{mix} از رابطه ۱ به دست می‌آید[۸]:

$$C_{mix}=\frac{(Q_{up}\times C_{up})+(q_1\times C_1)}{Q_{up}+q_1} \qquad (۱)$$

که در آن Q_1 و C_1 به ترتیب دبی (m^3/s) و غلظت شوری پساب (mg/lit) و Q_{up} و C_{up} به ترتیب دبی و شوری آب رودخانه در بالادست محل تخلیه پساب می‌باشد. دراین تحقیق آب بازگشتی کشاورزی معادل ۲۰٪ آب برداشتی از رودخانه فرض شده است.

با فرض $C_1>5C_{up}$ و در صورتی که با بالابردن راندمان مصرف، مقدارآب برداشتی برای مصارف کشاورزی از Q_1 به αQ_1 کاهش یابد($0<\alpha<1$). نسبت $C_{mix,\alpha}$ به C_{mix} از رابطه ۲ بدست می آید:

$$\frac{C_{mix,\alpha}}{C_{mix}}=\frac{\left[Q_{up}.C_{up}+\alpha Q_1(0.2C_1-C_{up})\right]\left[Q_{up}-0.8Q_1\right]}{\left[Q_{up}.C_{up}+Q_1(0.2C_1-C_{up})\right]\left[Q_{up}-0.8\alpha Q_1\right]} \qquad (۲)$$

در تابع پیوسته فوق، حد نسبت فوق وقتی α به سمت صفر میل می‌کند و به عبارت دیگر راندمان مصرف آب بهبود می‌یابد، از رابطه ۳ به دست می‌آید:

$$Lim_{\alpha\to 0^+}\frac{C_{mix\alpha}}{C_{mix}}=\frac{\left[Q_{up}.C_{up}\right]\left[Q_{up}-0.8Q_1\right]}{\left[Q_{up}.C_{up}+Q_1(0.2C_1-C_{up})\right]\left[Q_{up}\right]}<1 \qquad (۳)$$

با ملاحظه این رابطه می‌توان دریافت که با افزایش راندمان مصرف آب، غلظت آلاینده‌ها در رودخانه اصلی کاهش می‌یابد که این امر بیشتر به افزایش دبی موجود در رودخانه اصلی (Q_{up}) مرتبط می‌باشد.

ذکر این نکته ضروری است که افزایش راندمان مصرف ناشی از کاربرد روش‌های آبیاری تحت فشار منجر به کاهش غلظت نمک در اطراف ریشه گیاه نخواهد شد و حتی به دلیل حذف آبیاری سنگین ناشی از روش‌های سنتی ممکن است مقداری نیز افزایش یابد. در صورت تأمین نیاز آبشویی[1] گیاهان، آب با کیفیت پایین در یک دوره محدود زمانی با ورود به آب‌های زیرزمینی یا تخلیه به زهکش‌ها کیفیت آب رودخانه را کاهش می‌دهد که اثر بلندمدت آن نیاز به بررسی دقیق دارد.

از آنجا که کاهش مصرف آب مورد نظر این تحقیق ناشی از افزایش راندمان انتقال و توزیع و اعمال راهکارهای مدیریت مزرعه است، مبحث اخیر خللی در فرضیات این تحقیق وارد نمی‌کند.

با این فرض که کاهش غلظت شوری آب در طول رودخانه با اختصاص $\alpha = 0.9$ برای سناریوی DM10 و $\alpha =0.8$ برای سناریوی DM20، به ترتیب موجب ۱٪ و ۲٪ بهبود در عملکرد محصولات می‌شود، منافع حاصل از این افزایش در این سناریوها محاسبه شده‌اند که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است.

۳-٤- اطمینان پذیری تأمین نیازها:

اطمینان‌پذیری به عنوان یکی از شاخص‌های پایداری سیستم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و عبارتست از احتمال اینکه شکستی در بهره‌برداری از سیستم در مدت زمان مشخص رخ ندهد. در این تحقیق شاخص اطمینان‌پذیری برای تأمین نیازهای توسعه‌ای و همچنین نیازهای محیط‌زیستی فرض شده، مورد بررسی قرار گرفته است.

در قسمت تامین نیازهای توسعه‌ای، میزان اطمینان‌پذیری در دوره طرح در سناریوی مرجع ۹۰٪، در سناریوی DM10، ۹۵٪ و در سناریوی DM20، ۱۰۰٪ بوده است که با توجه به مقداری عدم تأمین نیاز در سناریوی DM20 می‌توان اذعان داشت که دقت این معیار از معیار عدم تأمین نیاز پایین‌تر است.

همچنین از بُعد تأمین حداقل دبی محیط‌زیستی، هر سه سناریو توانسته‌اند اطمینان‌پذیری ۱۰۰٪ را حاصل کنند.

۳-۵- تحلیل‌های اقتصادی:

با هدف ملموس‌تر شدن نتایج اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا، منافع حاصل از این سیاست‌ها به منافع

[1] Leaching Requirement

Archive of SID
www.SID.ir

حاصل از حفظ آب، منافع ناشی از تولید بیشتر انرژی و منافع حاصل از ارتقای کیفیت آب تقسیم شده و با استفاده از معادلات اقتصاد مهندسی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. رویکرد مورد استفاده برای محاسبه این منافع به شرح زیر می‌باشد:

- منافع حاصل از حفظ آب: این منافع معادل سود ناشی از تولید محصول با حجم آب صرفه‌جویی شده فرض شده است.
- منافع ناشی از تولید بیشتر انرژی: این منافع مستقیماً از مقدار مازاد تولید انرژی محاسبه می‌شود.
- منافع حاصل از ارتقای کیفیت آب: این منافع معادل افزایش عملکرد محصولات کشت شده با آب دارای کیفیت بالاتر فرض شده است.

به منظور مقایسه منافع نسبی حاصل از اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا، ابتدا ارقام متناظر با قیمت واحد محصولات کشاورزی، انرژی برق‌آبی و افزایش منافع ناشی از ارتقای کیفی آب با استفاده از معادله ٤ به ارقام نظیر سال مربوطه تبدیل می‌شوند[۱۲].

$$F=(1+i)^n \times P \qquad (۴)$$

در رابطه فوق، F قیمت کالا در سال n و P قیمت آن در سال کنونی و i نرخ بازده داخلی می‌باشد. در مرحله بعد، میزان تولید محصول در یک منطقه نسبت به واحد حجم آب مصرفی با توجه به شاخص CPD[1]، متوسط قیمت محصولات کشاورزی منطقه و انرژی برق، منافع حاصل در سال n به دست می‌آید. مقادیر پارامترهای به کار رفته در محاسبه منافع نسبی سناریوها در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

جدول۲:مقادیر پارامترهای به کار رفته در محاسبه منافع سناریوهای مدیریت تقاضا [۹]

علامت	واحد	مقدار
CPD	Kg/m3	۰/٦٦
منافع حاصل از تولیدات کشاورزی	ریال /Kg	۳۰۰۰ ریال
منافع حاصل از تولید انرژی برق‌آبی	کیلو وات ساعت	۱۸۰ ریال
i	٪	۱۰
n	سال	۳۹
حد استاندارد غلظت شوری	mg/lit	۱۲۰۰

1 Crop per Drop

در نهایت و با استفاده از معادله ۵ این ارقام به سال صفر بازگردانده شده و مورد مقایسه قرار می‌گیرند.

$$P=F/(1+i)^n \qquad (۵)$$

در جدول ۳ خلاصه‌ای از نتایج مقایسه منافع حاصل از کاهش تخصیص آب، افزایش میزان تولید برق و بهبود عملکرد محصولات نسبت به سناریوی مرجع آورده شده است.

همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، با کاهش ۱۰ و ۲۰ درصدی نیازهای بخش کشاورزی در طول دوره طرح، ضمن افزوده شدن ۱/۱ و ۲/۲ میلیارد متر مکعب آب، به ذخایر منطقه و اضافه تولید سالانه ۲۹/۷ و ۳۵/۲ گیگاوات ساعت برق، در سناریوی اول نزدیک به ۹۵ هزار میلیارد ریال و در سناریوی دوم ۱۹۷ هزار میلیارد ریال سود، عاید منطقه و در مرتبه بالاتر عاید کشور می‌شود.

جدول۳: مقایسه حاصل از اعمال سناریوهای مدیریت تقاضا نسبت به سناریوی مرجع

علامت اختصاری سناریوها		DM10	DM20
کاهش تخصیص آب نسبت به سناریوی مرجع	متوسط سالانه حجم آب حفظ شده(MCM)	۱۰٦٤/۳۸	۲۲۱۵/۰۸
	منافع تأمین شده (هزار میلیارد ریال)	۸٤/۳	۱۷۵/٤
افزایش میزان تولید انرژی نسبت به سناریوی مرجع	متوسط مازاد تولید انرژی (گیگاوات ساعت)	۲۹/۷	۳۵/۲
	منافع تأمین شده (هزار میلیارد ریال)	۰/۲۱۹	۰/۲۵
بهبود وضعیت کیفیت آب نسبت به سناریوی مرجع	متوسط سالانه کاهش غلظت (mg/lit)	۱۸۰/۷۲	۳٦۱/٤۵
	منافع تأمین شده (هزار میلیارد ریال)	۱۰/٦	۲۱/۳
مجموع منافع تأمین شده در طول دوره (هزار میلیارد ریال)		۹۵/۱۲	۱۹٦/۹۵

Archive of SID
www.SID.ir

٤- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری:

در این تحقیق با توجه به نیازهای حال و آینده حوزه آبریز کارون و دز و با فرض انجام گرفتن طرح‌های انتقال بین حوزه‌ای این سیستم، سناریوهای مختلف مدیریت تقاضای آب مورد بررسی قرار گرفته و نتایج کمّی آن به صورت منافع حاصل از اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا ارائه شده است.

بدین منظور ابتدا سیستم منابع آب رودخانه‌های کارون و دز در نرم‌افزار شیءگرای WEAP توسعه داده شد و سپس نیازهای شرب و صنعت، کشاورزی و کشت و صنعت‌ها در حد فاصل سد گتوند تا نقطه خروجی حوزه در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱٤۲۵شبیه‌سازی شدند (افق ٤٠ ساله).

در مرحله بعد سه سناریوی مدیریتی: اجرای طرح‌های توسعه بدون مدیریت تقاضا، با۱۰٪ کاهش تقاضا و با ۲۰٪ کاهش تقاضا که ناشی از اعمال راهکارهای مدیریتی و بالا بردن راندمان انتقال و توزیع آب در مزارع کشاورزی است، توسعه داده شد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که به دلیل عدم تحقق تمامی نیازهای آبی منطقه در شرایط توسعه، توجه به امر مدیریت تقاضا در طرح‌های توسعه این حوزه اجتناب ناپذیر است و در صورت اهتمام ویژه به این امر، علاوه بر افزایش توان توسعه‌ای حوزه و بالارفتن شاخص‌های کیفیت آب، منافع مالی قابل توجهی نیز عاید کشور خواهد شد.

پیشنهادهای زیر در جهت بالا بردن توان توسعه منطقه با توجه به اعمال راهکارهای مدیریت تقاضا ارائه می‌شوند:

- توجه به مدیریت تقاضای آب با توجه به اهداف برنامه‌های توسعه کشور و تغییر نگرش از طرح‌های توسعه منبع‌گرای صرف به مدیریت صیانت محور آب، توجه به انجام کلیه فعالیت‌های منجر به حفاظت از آب و توجه به شعار جهانی More Crop per Drop همگی وظایفی هستند که امروزه در برابر تصمیم‌گیران صنعت آب کشور قرار دارند و لازم است که اعمال این سیاست‌ها - همانند آنچه درباره ارزیابی‌های محیط‌زیستی متداول شده است- به عنوان یکی از ارکان طرح‌های توسعه منابع آب همواره مورد بررسی قرار گیرد.
- در کنار اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا به شکل افزایش راندمان انتقال و توزیع آب، توجه به دیگر عوامل موثر در کاهش تقاضای آب که در این مقاله به برخی از آنها اشاره شد، نیز باید مورد توجه قرار گیرد.
- از آنجا که طرح‌های انتقال بین حوزه‌ای متعددی روی منابع این حوزه در حال ساخت و مطالعه است، لزوم توجه به این امر که سیاست‌های مدیریت و کاهش تقاضا در حوزه‌های مقصد این طرح‌ها نیز باید به موازات و حتی قبل از اجرای طرح انتقال به جدیت دنبال شود، امری اجتناب ناپذیر است.

٥- مراجع

[١] حافظ پرست مودت، م.، خلقی، م.، فاطمی، ا. (١٣٨٧)، **"ارزیابی و برنامه‌ریزی منابع آب دشت تاکستان با مدل‌های WEAP و LINGO "**. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران

[٢] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی (١٣٨٤) **برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور**، بخش اول ماده ١٧

[٣] سیفی، ک.، نظری فر، م.، رشیدی، م.، مومنی، ر. (١٣٨٥)، **" بررسی مدیریت تقاضای آب در جهت پایداری منابع آب (مطالعه موردی شهرستان ایذه)"** دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان

[٤] شرکت مهندسی مشاور جاماب (١٣٨٤)، **طرح مطالعات برنامه‌ریزی سازگاری با اقلیم خشک و نیمه خشک، حوزه آبریز کارون و دز**

[٥] شرکت مهندسی مشاور دزآب (١٣٨٠)، **طرح ساماندهی آبراهه کارون، گزارش مطالعات برنامه‌ریزی منابع آب و نیرو**

[٦] کارآموز، م. (١٣٨١)، طرح تحقیقاتی **"طرح جامع کاهش آلودگی رودخانه کارون"** اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان خوزستان.

Archive of SID

www.SID.ir

کارآموز، م.، الیاسی، ا.، احمدی، آ. (۱۳۸۷)، "**بررسی قابلیت‌های استفاده از مهندسی ارزش در طرح‌های توسعه منابع آب**" چهارمین کنگره ملی مهندسی [۷]

کارآموز، م. و کراچیان، ر. (۱۳۸۲)،" **برنامه‌ریزی و مدیریت کیفی سیستمهای رودخانه‌ای** " انتشارات دانشگاه امیرکبیر. صص ۲۲۶-۲۲۱. [۸]

کارآموز، م.، مجاهدی، ع.، و احمدی، آ. (۱۳۸٦)، " **ارزیابی اقتصادی و تعیین سایت‌های بهره‌برداری انتقال آب بین‌حوزه‌ای**"، مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره۲، پاییز ۱۳۸٦ [۹]

Chen, Y., Zhang, D., Sun, Y., Liu, X., Wang, N. and Savenije, H.G. (2005), "*Water demand management: A case study of the Heihe River Basin in China*" J. Physics and Chemistry of the Earth, 30, 408–419. [۱۰]

Gumbo, B., Forster, L. and Arntzen, J. (2005), "*Capacity building in water demand management as a key component for attaining millennium development goals*" J. Physics and Chemistry of the Earth, 30, 984–992. [۱۱]

Karamouz, M., Szidarovszky, F., and Zahraie, B. (2003), "*Water Resources Systems Analysis*." Lewis Publishers, USA, pp 120-122. [۱۲]

Levite, H., Sally, H. and Cour, J. (2003), "*Testing water demand management scenarios in a water-stressed basin in South Africa: application of the WEAP model*" J. Physics and Chemistry of the Earth, 28, 779–786. [۱۳]

Sandoval-Solis, S., McKinney, D. C. and Sanvicente-Sanchez, H. (2008), "*Evaluation of Water Management Scenarios for the Rio Grande/Bravo*" World Environmental and Water Resources Congress, ASCE 2008 [۱٤]

WWAP (2006), *"Water a shared responsibility*", The United Nations World Water Development, Report 2. [۱٥]

Archive of SID

www.SID.ir