فصلنامه مهندسی مدیریت نوین
سال دهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳

مقایسه نتایج حاصل از تغییر رویکرد در مدیریت منابع آب در حوضه آبریز کرخه طی خشکسالی‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰

عارف وائلی[۱]، علیرضا منظری توکلی[۲]، حمدالله منظری توکلی[۳]

چکیده

تاکنون در کشور رویکرد مدیریت تأمین به‌عنوان رویکرد غالب در مدیریت منابع آب بوده که نتیجه این رویکرد مدیریتی، سطح آب‌های سطحی و زیرزمینی را به‌طور معناداری کاهش داده است. شرایط ناترازی توسعه کشور و صیانت از منابع آب با پدیدار شدن پدیده تغییر اقلیم تشدید شده است، این شرایط مدیران اجرایی سازمان آب و برق خوزستان را بر آن داشت تا در خشکسالی ۱۴۰۰، با تغییر رویکرد از مدیریت تأمین به مدیریت مصرف تجربه جدیدی را ثبت نمایند. هدف از این مقاله مقایسه نتایج کمی حاصل از دو رویکرد مدیریتی استفاده‌شده در دو پدیده خشکسالی مشابه در سال‌های اخیر با استفاده از روش مدیریت تطبیقی است. این مطالعه از منظر هدف، کاربردی و عِلّی، از نظر فرآیند اجرا تحقیقِ کمی، از نظر منطق اجرا قیاسی-استقرایی و از منظر نحوه جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی-پیمایشی مقطعی است. میزان صرفه‌جوییِ صورت گرفته در سطح ۲۴۶۱۶ هکتار از اراضی کشاورزی تحت کشت تابستانه که با پیاده‌سازی رویکرد جدید و از طریق افزایش بهره‌وری در توزیع آب حاصل شد معادل ۲۹۸ میلیون متر مکعب بوده است. مقایسه حجم آب توزیع‌شده با رویکرد قدیمی در خشکسالی ۱۳۹۲ و حجم آب توزیع‌شده با رویکرد جدید در خشکسالی ۱۴۰۰ نشان می‌دهد که انتخاب رویکرد جدید در سطح ۳۴۲۷۲ هکتار از اراضی کشاورزی تحت کشت تابستانه در حوضه آبریز کرخه جنوبی،

۱. دانشجوی دکتری گروه مدیریت، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران.
vaeli.a@kwpa.gov.ir
۲. دانشیار، گروه علوم تربیتی و روانشناسی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران ، (نویسنده مسؤول)
a.manzari@iauk.ac.ir
۳. دانشیار، گروه مدیریت، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران.
hmanzari@iauk.ac.ir

تاریخ وصول ۱۴۰۲/۱۱/۸ **تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۱۲/۲۱**

باعث صرفه‌جویی آب به میزان ۶۹۲ میلیون متر مکعب شده است. مهمترین مسئله در مدیریت منابع آب به بخش‌های مرتبط با مصارف آب مربوط می‌گردد. از میان تعداد زیاد اقدامات ممکن و شرایط کمبود آب باید آنهایی که متناسب با چهارچوب قانونی و شرایط کمبود آب موجود است انجام گیرد. وجود یک سیستم بی‌نقص پایش منابع آب که در ارتباط با اقدامات صورت گرفته باشد ضروری است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت تأمین، مدیریت مصرف، حکمرانی داده، حکمرانی آب.

مقدمه

مدیریت و سیاستگذاری آب در سطح جهان تا آغاز دهه ۱۹۸۰، صرفاً به دنبال عرضه آب بیشتر برای تأمین تقاضای جمعیت رو به رشد بود. متأثر از این رویکرد، مبنای توسعه منابع همواره تک منظوره بوده و چنین رویکردی به روابط درونی و پیچیدگی‌های محیط طبیعی و انسانی و برهم‌کنش آنها توجهی نداشت. به بیانی دیگر، طرح‌های توسعه صرفاً در پی کنترل فیزیکی آب در راستای منافع اقتصادی بودند و به تأثیرات زیست-محیطی و اجتماعی نیز توجه چندانی نمی‌شد. افزون بر اینها، مشارکت مردمی در فرآیندهای تصمیم‌گیری به‌ندرت وجود داشت. چنین رویکردی آثار نامطلوب و گاه جبران‌ناپذیری را بر اکوسیستم‌ها و جوامع برجای می‌گذاشت (Madani et al., 2014).

عموم گزاره‌هایی که در مورد بحران آب در سطح جهان مطرح می‌شود، چند مشخصه دارد: اول اینکه عمدتاً بر اساس پیش‌بینی‌هاست. به‌عبارت‌دیگر وقتی در مورد بحران آب صحبت می‌شود، عمدتاً این تصویر ارائه می‌شود که در سال ۲۰۲۵ یا ۲۰۵۰ چنین بحرانی وجود خواهد داشت و مثلاً سرانه آب تجدیدپذیر به کمتر از هزار مترمکعب می‌رسد. نکته دوم این است که به اثر تکنولوژی کمتر توجه می‌شود. رشد تکنولوژی خیلی سریع اتفاق افتاده است و شاید در افقی که می‌گوییم بحران آب اتفاق می‌افتد، تکنولوژی بتواند منابع جدیدی را پیدا کند، آب را در همین وضعیت موجود ذخیره کند و شیوه‌های استفاده از آن را تغییر دهد

طبق برآورد متخصصان در سال ۲۰۰۰ حدود ۷ درصد از جمعیت جهان در مناطق

دارای بحران آب زندگی می‌کردند و با توجه به رشد جمعیت جهانی در سال ۲۰۵۰ در حدود ۱۷درصد از جمعیت جهان، دسترسی به آب کافی برای تأمین نیازهای خود نخواهند داشت (Wallace & Gregory, 2002).

منطقه خاورمیانه با ۲۹ کشور، ۱۴ درصد از مساحت و ۱۰ درصد از جمعیت جهان را در برمی‌گیرد، درحالی‌که تنها ۲ درصد از منابع آب تجدیدپذیر جهان را داراست (Al-Attar, 2002). ایران به‌رغم تنوع اقلیمی گسترده، به‌طور عمده کشوری خشک و نیمه‌خشک است و بیش از ۹۰ درصد آب استحصالی کشور به مصرف کشاورزی رسیده که نشان از مدیریت نامطلوب عملیات آبیاری در سطح کشور دارد (Khalili et al., 2023). فائو در گزارش سال ۲۰۰۶ خود، اصولی را برای دستیابی به توسعه کشاورزی و کشاورزی پایدار ذکر می‌کند که عبارتند از: مدیریت آب، ارزش‌گذاری آب و کیفیت آب. بر این اساس، برای دستیابی به توسعه کشاورزی و تحقق کشاورزی پایدار ناگزیر از مدیریت آب در بخش کشاورزی هستیم و این موضوع اهمیت مدیریت منابع آب در توسعه پایدار و رابط عمیق این دو را بیش‌ازپیش نمایان می‌کند (Jamshidian, 2022). شرایط خاص اقلیمی کشور ایران که خشکی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی واقعیت گریزناپذیر آن است، هرگونه تولید مواد غذایی و کشاورزی پایدار را منوط به استفاده درست از منابع محدود آب کشور کرده است (Kiani & Asadi, 2015).

مدیریت آب نیاز به زمان دارد. مدیریت منابع آب برای نسل‌های آینده است. این شامل فعالیت برنامه ریزی، توسعه، توزیع و مدیریت استفاده بهینه از منابع آب است. مدیریت منابع آب، فعالیتی در زمینه برنامه‌ریزی، توسعه، توزیع و مدیریت مصرف بهینه منابع آب است. مدیریت منابع آب، زیرمجموعه‌ای از مدیریت چرخه آب است. رویکرد مدیریت یکپارچه آب شهری، نیازمند برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری برای تمامی اجزای چرخه آب و خدمات مربوط به آنها به‌موازات یکدیگر است. این خدمات در اندرکنش با یکدیگر قرار داشته و نیازمند سطح بالایی از یکپارچگی چه در تصمیم‌گیری‌ها و چه در اقدامات هستند. از سوی دیگر، ساختارهای درون‌سازمانی و بین سازمانی هم آهنگ و همسو نیز بستر مناسبی جهت رسیدن به اهداف مدیریت یکپارچه آب را فراهم

می‌آورد(Javidi Sabaghian et al., 2009)..

سیستم‌های اجتماعی و سازوکارهایی که بر چرخه آب تأثیر دارند، فراتر از مدیریت آب هستند و نیاز است موضوع بحران آب در چارچوب نهادها و سیستم‌های اجتماعی بررسی شوند که به این سیستم‌ها حکمرانی آب گفته می‌شود (Jamshidian, 2017). آنجایی که حکمرانی آب طیف وسیعی از سیستم‌های سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و اداری را دارد، در هر منطقه موجب توسعه و مدیریت منابع آب و خاک و ارائه خدمات مرتبط با آن، در سطوح مختلف جامعه می‌شود(Jeyhuni Nayini, 2018) .

هر چند هنوز تفکر محافظه‌کاری و تمرکز در حکمرانی وجود دارد، اما به‌احتمال زیاد الگوهای حکمرانی بر اساس تمرکززدایی شکل خواهند گرفت (Rousseau al et., 2020).

ازاین‌رو این مطالعه با هدف مقایسه الگوی تغییر رویکرد در مدیریت منابع آب در حوزه آبریز کرخه طی خشکسالی‌های سال ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ انجام شده است.

پیشینه تحقیق

در مورد معنای اصطلاح «حکمرانی آب» و نحوه کار با آن وضوح کافی وجود ندارد، اما در فرهنگ لغت آمریکایی واژه حکمرانی به‌عنوان «فعالیت، شیوه عمل یا قدرت حکم‌راندن، دولت» معنا شده است. در فرهنگ لغت انگلیسی آکسفورد، حکمران «فعالیت یا روش حکم‌راندن، اعمال کنترل یا قدرت بر فعالیت‌های زیردستان؛ نظامی از قوانین و مقررات» تعریف شده است. لازم به ذکر است در دایرةالمعارف بین‌المللی علوم اجتماعی نه‌تنها تعریف واژه «حکمرانی» وجود ندارد، بلکه در نمایه آن نیز چنین واژه‌ای درج نشده است. بانک جهانی، حکمرانی را به‌عنوان روشی که بر اساس آن قدرت بر مدیریت اقتصادی یک کشور و منابع اجتماعی آن برای رسیدن به توسعه اعمال می‌شود، تعریف می‌کند (Lateef, 1992).

قبل و بعد از انقلاب به موضوع بهره‌برداری از آب از طریق احداث سدهای مخزنی و انحرافی، صدور پروانه حفر چاه و بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی در کشور توجه شده است. با رشد جمعیت و توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی فشار بر استحصال

بیشتر از منابع آب متمرکز شده و اکنون در شرایطی هستیم که امکان عرضه آب روز به روز محدودتر می‌گردد و ادامه رویکرد مدیریت عرضه یکی از علت‌های اصلی در سوق دادن ایران به تنش آبی بوده و باعث می‌شود تا بخش عمده‌ای از کشور در فقر آبی به سر برد. با توجه به آمار و اطلاعات اعلام‌شده در حال حاضر حدود ۸۳ میلیارد مترمکعب آب در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به ازای هر متر مکعب آب ۰/۸ کیلوگرم محصول کشاورزی تولید می‌شود. تلفات آب خیلی بالاست که دلایل امر مربوط به؛ پایین بودن سواد آبی جامعه در مورد ارزش ذاتی و اقتصادی آب، تصور مردم از آب صرفاً به‌عنوان یک کالای ارزان اجتماعی، عدم توجه به مدیریت تقاضا و مدیریت هماهنگ عرضه و تقاضا است (Karimi, 2018). و ضروری است که تصمیم‌گیری با تخصص و مهارت‌های مختلف همچون اقتصاد، محیط زیست، کشاورزی و جامعه‌شناختی در تصمیم‌گیری منابع آب دخیل باشد (Javidi Sabaghian et al., 2009).

مدیریت تقاضا به‌منزله تأمین آب جدید و ایجاد فرصتی دوباره برای استفاده از آب است. مدیریت تقاضا مجموعه‌ای از اقدامات است که به اصلاح روش‌های موجود و اولویت‌بندی و تأمین پایدار نیازهای آتی آب می‌پردازد و در صورت اجرای اقدامات مدیریت تقاضا، ارزش ذاتی و ارزش اقتصادی آب بیش از گذشته عیان می‌شود.

سازمان آب و برق خوزستان طی خشکسالی‌های دهه گذشته رویکرد خود را در توزیع آب به‌تدریج از مدیریت تأمین که با تلفات زیاد همراه بود به مدیریت مصرف معطوف نمود. در خشکسالی اتفاق افتاده در حوضه کرخه در سال ۱۳۹۲ توزیع آب در رودخانه با اولویت مدیریت عرضه صورت می‌گرفت. بدین‌صورت که هنگام رهاسازی جریان از سد مخزنی در بالادست، کنترل برداشت‌ها (مصارف) در رودخانهٔ پائین‌دست سد، صرفاً با استفاده از تجارب و قضاوت‌های مدیران و کارشناسان مربوطه و با تأخیر صورت می‌گرفت و چنانچه یک نقطه از رودخانه با کمبود آب مواجه می‌شد، این کمبود عمدتاً از طریق افزایش رهاسازی جریان از سد بالادست (تأمین از منبع) جبران می‌شد. اما از سال ۱۳۹۵ و به‌ویژه در خشکسالی‌های اخیر رویکرد سازمان در توزیع آب به مدیریت مصرف تغییر یافت و به‌تدریج طی دو سال گذشته زیرساخت و شرایط لازم

برای این نوع مدیریت ایجاد شد (McKinney, 2020). در همین راستا در این پژوهش نتایج تغییر در رویکرد مدیریت منابع آب در استان خوزستان گزارش می‌شود.

روش کار

برای محاسبه بیلان رودخانه کرخه، با توجه به اینکه بازه زمانی مورد مطالعه مصادف با فصل خشک بوده است و نیز با عنایت به توپوگرافی منطقه که دارای شیب بسیار کمی است، مقادیر مربوط به متغیرهای ورودی و خروجی شامل: بارش (P)، تغذیه از آب زیرزمینی به رودخانه (GWR) و تخلیه از رودخانه به آب زیرزمینی (GWD) برابر صفر فرض می‌شوند. مقدار تبخیر از سطح رودخانه (E) نیز ناچیز و برابر صفر در نظر گرفته می‌شود. همچنین، زه‌آب‌ها و پساب‌ها از طریق دو زهکش اصلی (CMD, EMD) که زه‌آب‌های مسیر را جمع‌آوری و در نهایت به‌صورت مستقیم به تالاب هورالعظیم می‌ریزند و چهار زهکش فرعی به نام‌های زهکش DA شبکه زمزم، زهکش شریعتی، زهکش شاکریه و زهکش سبحانیه که در دوره پیک کشت تابستانه در ماه‌های مرداد و شهریور به رودخانه می‌ریزند. ازآنجاکه مقادیر زه‌آب وارد شده به رودخانه در دو سال مورد مقایسه تقریباً یکسان هستند لذا مقدار آب برگشتی ثابت فرض شده و در محاسبه وارد نمی‌شود که در ادامه به تفصیل بیان خواهد شد.

حوضه آبریز کرخه

استان خوزستان در جنوب غربی ایران واقع شده و دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک با بارندگی متوسط ۳۳۶ میلی‌متر در سال است. منابع آب این استان از طریق ۱۰ سد مخزنی تأمین می‌شود که در فصل بارندگی (از ابتدای آذر لغایت اواخر اردیبهشت ماه) از طریق آبگیری مخازن سدها، آب مورد نیاز برای مصارف مختلف از جمله کشاورزی در فصل خشک را ذخیره و تأمین می‌کنند. این استان طی پنج سال اخیر به دلیل تغییرات اقلیمی، به‌طور متناوب با پدیده‌های حدّیِ کم‌سابقه ازجمله سیلاب و خشکسالی مواجه بوده است. در شرایط سیلاب، وجود تلفات در رهاسازی آب از سدها باعث تقویت ذخیره آب در تالاب‌ها و بهبود (کاهش) وضعیت شوری در انتهای رودخانه‌ها می‌شود اما

در شرایط خشکسالی به دلیل کمبود آب، تأمین و توزیع مناسب آب میان ذی‌نفعان و جلوگیری از تلفات آب در رودخانه‌ها اهمیت حیاتی دارد.

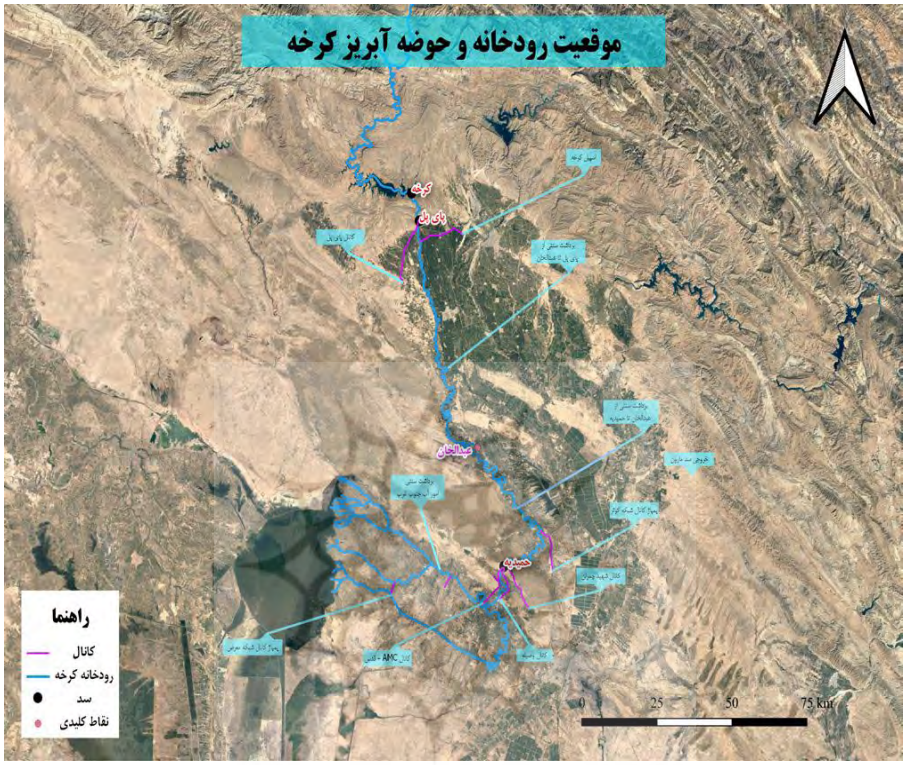
رودخانه کرخه یکی از مهمترین رودخانه‌های استان خوزستان به شمار می‌رود که از استان‌های ایلام، کرمانشاه، لرستان، همدان و قسمتی از استان‌های کردستان و خوزستان تغذیه می‌گردد و نهایتاً به تالاب هورالعظیم (هورالهویزه) واقع در ناحیه غرب استان خوزستان تخلیه می‌گردد. تعداد ۲۷۴ شاخه اصلی و فرعی رودخانه کرخه را تشکیل می‌دهند که جمع طول آنها ۷۷۰۱ کیلومتر است. اما شاخه‌های اصلی رودخانه کرخه، دو رودخانه سیمره و کشکان هستند که از اتصال آنها در بالادست ایستگاه جلوگیر رودخانه کرخه تشکیل می‌گردد و تا شهر سوسنگرد محل دوشاخه رودخانه‌های هوفل و نیسان، به نام رودخانه کرخه نامگذاری شده است. طول رودخانه کرخه از سرچشمه گاماسیاب تا حاشیه هورالعظیم ۷۵۵ کیلومتر و وسعت حوضه آبریز آن حدود ۵۰۷۶۸ کیلومتر مربع است (Karimi, 2022).

سد مخزنی کرخه از نوع خاکی به ارتفاع ۱۲۷ متر و طول تاج ۳۰۳۰ متر در منطقه پای پل واقع در غرب شهرستان اندیمشک بر روی رودخانه کرخه احداث شده است که با احداث آن سیلاب‌های جاری در رودخانه کرخه در منطقه خوزستان تا حد زیادی کنترل شده است.

رودخانه کرخه در طول حیات خود شاهد سیلاب‌ها و خشکسالی‌های مکرر و متعددی بوده است به‌گونه‌ای که در شرایط سیلاب، کلیهٔ سیلاب دشت‌ها، شهرها و روستاهای در طول مسیر تحت تأثیر این سیلاب قرار گرفته و به تسخیر درمی‌آیند. همچنین خشکسالی‌های طاقت‌فرسایی نیز در حوضه آبریز کرخه به ثبت رسیده است که از آن جمله می‌توان به خشکسالی‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۳، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۰ اشاره نمود.

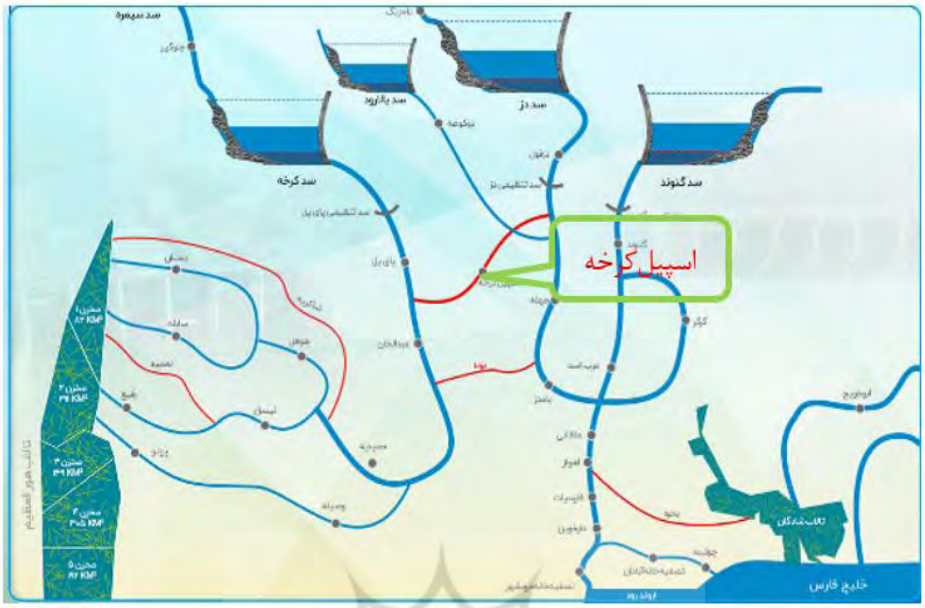
به دلیل شدت خشکسالی‌های حادث شده در این حوضه آبریز و تراکم جمعیتی که بیشتر در انتهای مسیر رودخانه و ورودی تالاب هورالعظیم وجود دارد که معیشت غالب در این منطقه از طریق کشاورزی و دامپروری تأمین می‌شود، باعث شده است تا سازمان‌های متولی آب و کشاورزی نگاه ویژه‌ای به این حوضه آبریز داشته باشند. (شکل ۱)

حوضه رودخانه کرخه جنوبی (پائین‌دست سد مخزنی کرخه) را در استان خوزستان نشان می‌دهد.



شکل ۱. حوضه رودخانه کرخه جنوبی

همان‌گونه که پیشتر گفته شد رویکرد پیش‌فرض مدیریت منابع آب در چند دهه گذشته مدیریت عرضه(تأمین) آب بوده است لذا به‌منظور جبران کمبود آب در این حوضه و تأمین آب مورد نیاز مصارف شرب، کشاورزی و صنعت، متولیان امر اقدام به انتقال آب از طریق کانالی با نام اسپیل کرخه از رودخانه دز به رودخانه کرخه نموده‌اند که در شرایط خشکسالی‌های شدید از طریق این کانال بخشی از آب مورد نیاز پایین‌دست رودخانه تأمین شود (شکل ۲).



شکل ۲. کانال انتقال بین حوضه‌ای دز به کرخه

همانگونه که در (شکل ۲) دیده می‌شود، انتقال آب بین حوضه‌های دز و کرخه از طریق کانال اسپیل کرخه انجام می‌شود که معمولاً در خشکسالی‌ها و فقط به‌منظور تأمین آب مورد نیاز مصارف پایین‌دست رودخانه انجام می‌شود. با توجه به اینکه سد کرخه با مأموریت کنترل سیلاب و تأمین و تنظیم آب مورد نیاز مصارف پایین‌دست احداث شده است بدیهی است که تأمین نیازهای آبی به‌صورت تنظیم‌شده و از طریق برنامه‌ریزی منابع آب انجام می‌شود. به عبارت بهتر تأمین آب مورد نیاز پایین‌دست رودخانه شامل: نیازهای آب شرب، کشاورزی، صنعت و محیط‌زیست برای تأمین آب شیرین تالاب هورالعظیم و حفظ اکوسیستم طول رودخانه از طریق رهاسازی از سد انجام می‌پذیرد.

مدل بیلان آب رودخانه کرخه جنوبی

چنانچه رودخانه کرخه جنوبی، حد فاصل سد مخزنی کرخه تا تالاب هورالعظیم را به‌عنوان یک سیستم باز در نظر بگیریم، در یک بازه زمانی بین مقدار آب ورودی به رودخانه (I_t) و آب خروجی از رودخانه (O_t) و تغییراتی که از نظر ذخیره آب در

رودخانه به وقوع می‌پیوندد ($\triangle S_t$) رابطه زیر برقرار است (Alizadeh, 2014):

$$I_t - O_t = \triangle S \qquad (1)$$

بازه زمانی در این پژوهش مصادف با کشت تابستانه از اول خرداد تا پایان شهریور و همزمان با محدودیت‌های آبی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ که شرایط خشکسالی مشابهی داشتند، در نظر گرفته شد و هیچگونه تغییراتی از نظر ذخیره مقدار آب بر رودخانه اثرگذار نبوده است لذا $\triangle S_t=0$ خواهد بود. به‌عبارت‌دیگر مقادیر ورودی به رودخانه برابر مقدار خروجی از رودخانه خواهد بود. بنابراین رابطه بیلان آب رودخانه به‌صورت رابطه (۲) خواهد بود:

$$It = Ot \qquad (2)$$

با توجه به رابطه بیلان پیش‌گفته، مدل مفهومی محاسبه بیلان رودخانه کرخه جنوبی در پژوهش انجام‌شده بر اساس متغیرهای ورودی به رودخانه و خروجی از رودخانه بر اساس (شکل ۳) خواهد بود. مطابق (شکل ۳)، متغیرهای ورودی تابع رابطه (۳) خواهند بود:

$$It=KDO+KSO+P+RW+GWR \qquad (3)$$

که در آن:

KDO: حجم آب ورودی به رودخانه از سد کرخه بر حسب میلیون متر مکعب

KSO: حجم آب منتقل‌شده از رودخانه دز به رودخانه کرخه (حجم آب ورودی از کانال اسپیل کرخه) بر حسب میلیون متر مکعب

P: حجم نظیر بارش در حوضه کرخه جنوبی بر حسب میلیون متر مکعب

RW: حجم آب برگشتی به رودخانه شامل زه‌آب و پساب

GWR: حجم تغذیه از آب زیرزمینی بر حسب میلیون متر مکعب

شکل ۳. مدل مفهومی پژوهش بیلان رودخانه کرخه جنوبی

خروجی‌ها نیز از رابطه (۴) محاسبه می‌شوند که شامل:

$$O_t = AWU + DIWU + EWR + E + GWD \qquad (4)$$

که در آن:

AWU: حجم مصرف آب کشاورزی بر حسب میلیون متر مکعب

DIWU: حجم مصرف آب شرب و صنعت بر حسب میلیون متر مکعب

EWR: حجم آب مورد نیاز زیست‌محیطی بر حسب میلیون متر مکعب

E: حجم معادل تبخیر از سطح رودخانه بر حسب میلیون متر مکعب

GWD: حجم تخلیه رودخانه به آب زیرزمینی بر حسب میلیون متر مکعب

برای محاسبه بیلان رودخانه کرخه، با توجه به اینکه بازه زمانی مورد مطالعه مصادف با فصل خشک بوده است و نیز با عنایت به توپوگرافی منطقه که دارای شیب بسیار کمی است، مقادیر مربوط به متغیرهای ورودی و خروجی شامل: بارش (P)، تغذیه از آب زیرزمینی به رودخانه (GWR) و تخلیه از رودخانه به آب زیرزمینی (GWD) برابر صفر فرض می‌شوند. مقدار تبخیر از سطح رودخانه (E) نیز ناچیز و برابر صفر در نظر گرفته می‌شود. همچنین، زه‌آب‌ها و پساب‌ها از طریق دو زهکش اصلی (CMD , EMD) که زه‌آب‌های مسیر را جمع‌آوری و در نهایت به‌صورت مستقیم به تالاب هورالعظیم می‌ریزند و چهار زهکش فرعی به نام‌های زهکش DA شبکه زمزم، زهکش شریعتی، زهکش شاکریه و زهکش سبحانیه که در دوره پیک کشت تابستانه در ماه‌های مرداد و شهریور به رودخانه می‌ریزند. ازآنجاکه مقادیر زه آب وارد شده به رودخانه در دو سال مورد مقایسه تقریباً یکسان می‌باشند لذا مقدار آب برگشتی در رابطه شماره (۳) ثابت فرض شده و در محاسبه وارد نمی‌شود.

با حذف متغیرهای با مقدار صفر یا ثابت در روابط فوق، مقدار مصرف آب کشاورزی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$AWU=C_1(KDO+KSO)-EWR \quad (5)$$

که در این رابطه:

C_1: ضریب سهم آب کشاورزی از آب تنظیم شده رودخانه است که برای سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ به ترتیب برابر ۰/۸۹۲ و ۰/۸۸۵ بوده است (Karimi, 2022).

برای مقایسه تطبیقی بین نتایج رویکرد مدیریت عرضه در سال ۱۳۹۲ و رویکرد مدیریت مصرف در سال ۱۴۰۰ لازم است مقیاس محاسبه را بر اساس میزان مصرف آب کشاورزی به ازای هر هکتار سطح زیر کشت احصاء نمود. بدین منظور ابتدا میزان آب مصرفی به ازای هر هکتار مطابق رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$DWH=1000000 *AWU/KAA \quad (6)$$

که در آن:

DWH: حجم آب کشاورزی توزیع شده در هر هکتار بر حسب متر مکعب

KAA: سطح زیر کشت حوضه کرخه جنوبی بر حسب هکتار

در ادامه میزان آب صرفه‌جویی شده در سال ۱۴۰۰ بر اساس بررسی نتایج دو رویکرد از رابطه (۷) محاسبه می‌شود:

$$WS=(DWH_{1392}-DWH_{1400})*KAA_{1400}/1000000 \qquad (7)$$

که در آن:

WS: مقدار صرفه‌جویی آب در سال ۱۴۰۰ (آب رها نشده به علت مدیریت مصرف) بر حسب میلیون متر مکعب

DWH_{1392}: حجم آب کشاورزی توزیع شده در هکتار در سال ۱۳۹۲ بر حسب متر مکعب

DWH_{1400}: حجم آب کشاورزی توزیع شده در هکتار در سال ۱۴۰۰ بر حسب متر مکعب

KAA_{1400}: سطح زیر کشت حوضه کرخه جنوبی بر حسب هکتار در سال ۱۴۰۰

یافته‌ها

مقادیر هر یک از متغیرهای پژوهش به تفکیک برای دوره زمانی کشت تابستانه سال-های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ محاسبه شد. آمار و اطلاعات مورد نیاز متغیرهای پژوهش شامل حجم خروجی روزانه از سد مخزنی کرخه (KDO) و حجم روزانه انتقال از رودخانه دز به رودخانه کرخه (کانال اسپیل کرخه، KSO) به ترتیب از سامانه ملی سدهای کشور (IranDams) و پایگاه داده شبکه سنجش سازمان آب و برق خوزستان استخراج گردید. نتایج در (جدول ۱) ارائه شده است. هدف از (جدول ۱) محاسبه متغیر حجم مصرف آب کشاورزی (AWU) بوده است که برای محاسبه آن از روابط شماره ۳ الی ۵ استفاده شد.

جدول ۱. نتایج کمّی محاسبه حجم مصرف آب کشاورزی (میلیون متر مکعب)

حجم مصرف آب کشاورزی	ضریب سهم آب کشاورزی	حجم آب مورد نیاز	حجم آب منتقل شده از رودخانه	حجم آب ورودی به	سال

میلیون متر مکعب (۱+۲-۳)*۴	از آب تنظیم شده رودخانه (۴)	زیست‌محیطی میلیون متر مکعب (۳)	دز به رودخانه کرخه میلیون مترمکعب(۲)	رودخانه از سد کرخه میلیون متر (۱) مکعب	
۸۸۳	۰.۸۹۲	۱۷۳	۴۶۲	۷۰۱	۱۳۹۲
۸۷۳	۰.۸۸۵	۲۱۵	۲	۱۱۹۹	۱۴۰۰

در (جدول ۱) مقدار حجم آب مورد نیاز زیست‌محیطی EWR با کمک آمار دبی در ایستگاه‌های آبسنجی بستان، رفیع، سابله و یزدنو برای بازه زمانی پژوهش در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ استخراج و محاسبه گردید. نتایج در (جدول ۲) ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج کمّی محاسبه حجم آب مورد نیاز زیست‌محیطی (میلیون متر مکعب)

حجم مصرف آب کشاورزی میلیون متر مکعب ۱+۲+۳+۴	یزدنو (۴)	سابله (۳)	رفیع (۲)	بستان (۱)	سال
۱۷۳	۵۳	۲۳	۷۳	۲۳	۱۳۹۲
۲۱۵	۱۳	۵۳	۶۲	۸۷	۱۴۰۰

در ادامه، با استفاده از روابط شماره ۶ و ۷، حجم آب کشاورزی توزیع شده در هر هکتار (DWH) محاسبه گردید و با استفاده از روش تطبیقی و مقایسه میزان آب مصرفی به ازای هر هکتار زمین کشاورزی در حوضه کرخه جنوبی، حجم آب صرفه-جویی شده ناشی از تغییر رویکرد در مدیریت توزیع آب محاسبه شد. نتایج به شرح مندرج در (جدول ۳) ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج کمّی محاسبه حجم آب صرفه‌جویی شده

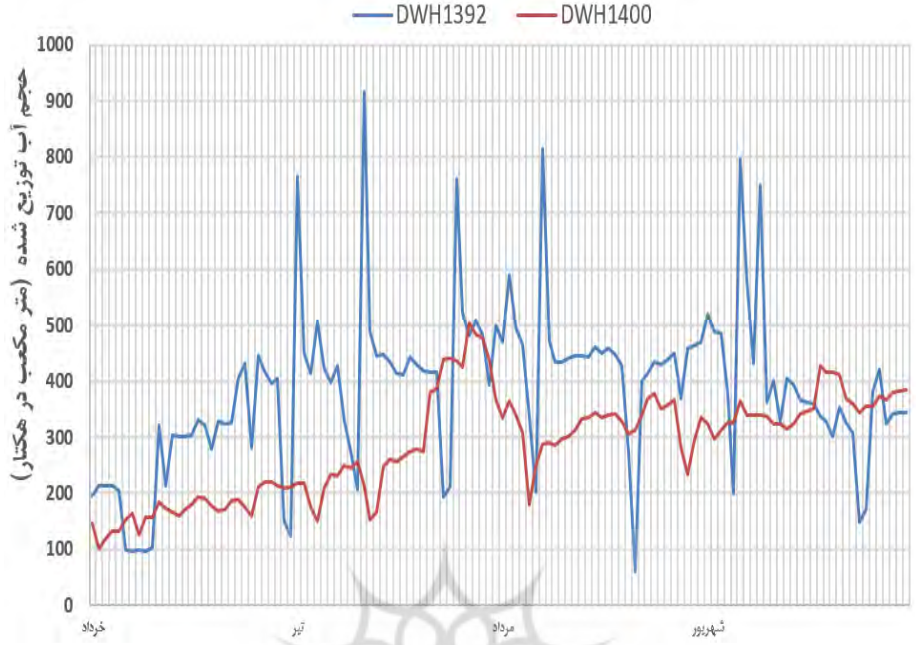
حجم آب * ذخیره شده	حجم آب کشاورزی توزیع شده در هر هکتار	حجم مصرف آب	سطح زیر کشت حوضه کرخه	سال خشکسالی	رویکرد مدیریتی در

منابع آب		جنوبی هکتار (۱)	کشاورزی میلیون متر مکعب (۲)	مترمکعب [(۲)/(۱)]*۱۰۰۰۰۰۰ (۳)	میلیون مترمکعب
مدیریت تأمین	۱۳۹۲	۱۹۳۳۲	۸۸۳	۴۵۶۷۶	۶۹۲
مدیریت مصرف	۱۴۰۰	۳۴۲۷۲	۸۷۳	۲۵۴۷۳	

[(DWH1400 –DWH1392)(1)]/1000000

DWH = مترمکعب حجم آب کشاورزی توزیع شده در هر هکتار

در (شکل ۴) تغییرات زمانی روزانه حجم آب کشاورزی توزیع شده در هکتار (DWH) در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰ نشان داده شده است. مطابق (شکل ۴) در سال ۱۳۹۲ رویکرد مدیریت توزیع آب مبتنی بر رهاسازی موجی از سد مخزنی کرخه بوده است که در مقایسه با سال ۱۴۰۰ با حجم آب توزیع شده یکسان و سطح زیر کشت کمتر، مقدار زیادی تلفات در توزیع آب به همراه داشته است که عمدتاً در زمان رهاسازی موجی اتفاق افتاده است. درصورتی‌که در سال ۱۴۰۰ رویکرد رهاسازی موجی اجرا نشد و به‌تبع آن تلفات کمتر و صرفه‌جویی بیشتری به همراه داشته که باعث گسترش سطح زیر کشت شده است. به نظر می‌رسد با توجه به طولانی بودن مسیر رودخانه کرخه از محل سد مخزنی تا تالاب هورالعظیم (حدود ۲۵۰ کیلومتر)، رهاسازی موجی در این فاصله طولانی پاسخ‌گوی تأمین نیاز پائین‌دست نیست زیرا برداشت کنندگان آب در این بخش از حوضه رودخانه عمدتاً کشاورزان سنتی هستند و نه برداشت کنندگان عمده شبکه‌های مدرن آبیاری. لذا کنترل مصارف در زمان رهاسازی موجی انجام نشده است و مدیریت عرضه رویکرد غالب بوده است. همانگونه که در نمودار (شکل ۴) مشاهده می‌شود، یکنواخت بودن رهاسازی آب در تابستان ۱۴۰۰ نشان دهنده رویکرد غالب مدیریت مصرف و نوبت‌بندی برداشت آب بین مصرف‌کنندگان بود که منجر که به صرفه‌جویی قابل توجه آب در حوضه گردید.



شکل ۴. نمودار مقایسه تغییرات زمانی DWH در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

طبق نتایج تطبیقی به‌دست‌آمده مقایسه حجم آب توزیع شده با رویکرد قدیمی در شرایط خشکسالی ۱۳۹۲ و حجم آب توزیع شده با رویکرد جدید در شرایط خشکسالی ۱۴۰۰ برای کشت تابستانه در پائین‌دست سد مخزنی کرخه ارائه شده است. میزان صرفه-جوییِ صورت گرفته در سطح ۲۴۶۱۶ هکتار از اراضی کشاورزی تحت کشت تابستانه که با پیاده‌سازی رویکرد جدید و از طریق افزایش بهره‌وری در توزیع آب حاصل شد معادل ۲۹۸ میلیون متر مکعب بوده است. به‌عبارت‌دیگر از طریق افزایش بهره‌وری و صرفه‌جوییِ به‌عمل‌آمده و با حجم آب توزیع‌شدهٔ یکسان، تأمین آب جهت افزایش سطح زیر کشت تا حد ۳۳ درصد مقدار اولیه مقدور شد که نقش مهمی در تأمین معیشت کشاورزان منطقه داشته است. مناطق واقع در خاورمیانه و سایر مناطق مشابه با آن، به‌طورمعمول با خشکسالی مواجه هستند و همین امر باعث تحمیل خسارت به زمین‌های کشاورزی می‌گردد. تأخیر در بارندگی بخصوص درزمان رشد محصولات ،

مشکلات زیادی ایجاد می‌کند که معمولاً تا بحران ایجاد نشود چاره‌ای برای آن اندیشیده نمی‌شود . ازآنجایی‌که وقوع خشکسالی به‌صورت تدریجی است، این کار فقط با بررسی دقیق و منظم نشانه‌های خشکسالی و تحلیل آنها به‌عنوان بخشی از فرایند برنامه‌ریزی برای مقابله با خشکسالی امکان‌پذیر است تا امکان تصمیمات درستی برای کاهش خسارات و اثرات آن را فراهم آورد. لازمهٔ این کار ارتباط دادن سیستم پایش با سیستم تصمیم‌گیری به کمک پیوندهای از قبل تعریف‌شده بین درجات مختلف نشانه‌های خشکسالی که بیانگر میزان پیشرفت خشکسالی است و اعمال اقدامات لازم برای کاهش اثرات خشکسالی مناسب با میزان پیشرفت آن است.

تحلیل آنها به‌عنوان بخشی از فرآیند منظم نشانه‌های خشکسالی و است، این کار فقط با بررسی دقیق و امکان‌پذیر بحرانی امکان پیش‌بینی وقوع خشکسالی یا برنامه‌ریزی برای مقابله با خشکسالی انجام می‌پذیرد. سیستم پایش خشکسالی، اثرات آن را شدن آن را قبل از ظهور بارز علائم آن امکان‌پذیر می‌سازد تا امکان تصمیمات درستی برای کاهش خسارات و فراهم آورد. لازمهٔ این کار ارتباط دادن سیستم پایش با سیستم تصمیم‌گیری به کمک پیوندهای از قبل تعریف‌شده بین اعمال اقدامات لازم برای کاهش اثرات درجات مختلف نشانه‌های خشکسالی که بیانگر میزان پیشرفت خشکسالی است و باشد . خشکسالی متناسب با میزان پیشرفت آن است.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از مجموعه‌های رصدخانه آب و انرژی، مطالعات منابع آب، ایستگاه‌های سنجش منابع آب و هواشناسی و پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان به خاطر همکاری در ارائه آمار و داده‌های زمان واقعی مورد نظر پژوهش کمال تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌نمایند که تضاد منافعی در این تحقیق وجود ندارد.

References:

- Al-Attar M. (2002) Role of biosaline agriculture in managing freshwater shortages and improving water security. In Proceeding of the World Food Prize conference, From Middle East to Middle West: Managing Freshwater Shortage and Regional Water Security.
- Alizadeh A. (2014) Principles of Applied Hydrology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. (In Persian)
- Jamshidian MA. (2017). The effect of human resource management measures on employees' intention to leave with an emphasis on the mediating role of organizational commitment in the Central Road and Urban Development Department. Journal of Modern Management Engineering, 6(2): 89-105.
- Jamshidian MA. (2022). The effect of human resource management practices on employees' job engagement with an emphasis on the mediating role of positive psychological capital in the headquarters of roads and urban development markazi province. Journal of Modern Management Engineering, 8(1): 1-15. doi: 10.30495/jmemiau.2022.693088
- Javidi Sabaghian R, Sharifi MB, Rajabi Mashhadi H. (2009). Comparison of two methods of determining the weight of indicators in multi-indicator decision making in prioritizing and selecting the appropriate dam construction, 5th National Congress of Civil Engineering, University of Ferdowsi Mashhad (In Persian)
- Jeyhuni Nayini H. (2018). Water governance and status review in Iran, the fourth international congress of agricultural development, Iran's natural resources, ecology and tourism, University of Meyad, Tabriz. (In Persian)
- Karimi G. (2018). technical report of floods of Dez, Karun Bozor and Karkheh rivers from the point of view of flood plains management (In Persian)
- Karimi G. (2022). Modeling water resources and uses of watersheds through the implementation of governance. Data in Water and Power Observatory (In Persian)
- Khalili SM, Hadi Peykani M, Ebrahimzadeh Dastjerdi R. (2023). The experiences of social security organization managers on the effectiveness of human resource management : phenomenological approach. Journal of Modern Management Engineering, 9(2): 57-83. doi: 10.30495/jmemiau.2023.705534

- Kiani M, Asadi A. (2015) Optimum management of agricultural water a big step towards the water scarcity crisis, The second national conference of medicinal plants, traditional medicine and agriculture of Organia. Hamedan (In Persian)
- Lateef KS. (1992). Comment on Governance and Development, by Beetninger, proceedings of the world bank annual conference on Development Economics, supplment to the world bank Economic review and research observer The world bank, Washington D.C, United States
- Madani K, Sheikhmohammady M, Mokhtari S, Moradi M, Xanthopoulos P. (2014). Social Planner's Solution for the Caspian Sea Conflict, Group Decision and Negotiation. 23(1): 579-596.
- McKinney DC. (2020). Modeling water resources management at the basin level. Review and future directions.
- Rousseau M, Boyet A, Harroud T. (2020). Politicizing African urban food systems: The contradiction of food governance in Rabat and Casablanca, Morocco.
- Wallace JS, Gregory PJ. (2002). Water resources. Journal of the Australian Assoc of Natural Resources Management. 12(4): 135-144.

COPYRIGHTS
© 2023 by the authors. Licensee Advances in Modern Management Engineering Journal. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).