مجله پژوهش های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد 1 شماره 2 صفحه های 149 تا 164 (1395)

چالش های فراروی مدیریت منابع آب در شرایط خشکسالی در ایران[1]

Challenges Facing Water Resources Management under Drought Conditions in Iran

داور خلیلی[2,3]

چکیده

بروز خشکسالی‌های اخیر، محدودیت‌های منابع آب و چالش‌های تأمین آب با کیفیت مناسب، به یکی از دغدغه‌های عمده جامعه و مسئولین تبدیل شده است. ادامه خشکسالی‌ها و کمبود منابع آب در بسیاری از مناطق کشور وضعیتی را به‌وجود آورده که برای توصیف آن از واژه‌هایی همانند بحران آبی و یا پسا بحران آبی استفاده می‌شود. در مقاله حاضر ضمن مرور اجمالی بر وضعیت منابع آب کشور در شرایط موجود، به تشریح رخدادهای خشکسالی به عنوان یک پدیده طبیعی پرداخته می‌شود تا شناخت واقع بینانه از آنچه که می‌تواند در بحث مدیریت منابع آب مشکل آفرین شود، به دست آید. لزوم برنامه ریزی برای مدیریت منابع آب به عنوان یک مسئله چند بعدی مطرح شده ورویکرد سیستمی[4] به عنوان روشی مناسب برای تعریف مسئله در قالب یک سیستم مورد بحث قرار می‌گیرد. رویکرد سیستمی با بیان مشکل‌های مدیریتی منابع آب، می‌تواند برای رسیدن به راه‌حل عملی مفید باشد. در ادامه راهبردهای[5] مدیریت یکپارچه منابع آب[6]، مدیریت خطرپذیری و مدیریت بحران[7]، به عنوان روش‌های اجرایی مرسوم بررسی شده و برخی دیدگاه‌ها و کارهای پژوهشی انجام شده مرتبط در ایران نیز مورد بحث قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی‌ها، چالش‌های تأمین آب، راهبردهای مدیریتی.

مقدمه

وقوع خشکسالی‌های پیاپی در سال‌های اخیر و به وجود آمدن محدودیت‌های منابع آب، زمینه‌ساز ایجاد نگرانی در سطوح مختلف جامعه و به تبع آن مسئولین مربوط شده است. یک سوی این قضیه با خشکسالی به عنوان یک پدیده طبیعی دست به گریبان است. سوی دیگر آن، با مشکل‌های تأمین و تخصیص منابع آب مرتبط می‌شود که با توجه به خشکسالی‌های اتفاق افتاده، به آن بحران آبی و یا پسا بحران آبی و یا واژه‌های مشابه دیگر گفته می‌شود. در این میان، فرآیندهای اجرایی تأمین و تخصیص منابع آب نیز مورد نقد و بررسی قرار گرفته‌اند، که مجموعه عوامل پدیده خشکسالی، ضعف مدیریتی و سیاست‌گذاری‌ها (در سطوح مختلف اولویت‌بندی) مقصر شناخته شده و می‌شوند. آن چه مسلم است این است که لازم است در ابتدا تحول‌های صورت گرفته سال‌های اخیر در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده را در نظر بگیریم و از طرفی هم خشکسالی را به صورت علمی و واقع‌بینانه بشناسیم، تا بتوانیم مدیریت منابع آب در شرایط خشکسالی را عملیاتی نماییم و در راستای رفع خطرهای جدی کمبود منابع آب گام برداریم.

نگاه اجمالی به تجربه‌های سال‌های اخیر نشان می‌دهد که از عوامل محدودکننده منابع آبی در ایران، دیدگاه مدیریتی با هدف تأمین و تخصیص آب در هر شرایط بوده است. برای سالیان پی در پی برنامه‌ریزان منابع آب ضمن ساده‌نگری به مسائل مرتبط با تقاضای آب، بر این عقیده بوده‌اند که مشکل‌ها و مسائل عمده بخش آب، از جمله کم‌آبی، در رابطه با عرضه آن می‌باشد. افزایش مصرف

1 - تاریخ دریافت: 93/12/15 تاریخ پذیرش: 95/3/15

2- نویسنده مسئول، پست الکترونیک: dkhalili@shirazu.ac.ir.

3- استاد دانشگاه شیراز .

4- System approach 5- Strategies 6- Integrated Water Resources Management (IWRM)

7- Risk Management & Crisis Management

Archive of SID

www.SID.ir

آب در طول زمان متأثر از افزایش جمعیت، بالا رفتن سطح بهداشت عمومی، رشد فعالیت‌های کشاورزی و توسعه اقتصادی و اجتماعی، لزوم نگرش به سوی تقاضا برای آب در مقیاس‌های جهانی، منطقه‌ای و در مقیاس ملی را امری اجتناب ناپذیر کرده است. از طرفی فرآیند عرضه آب به علت مرتبط بودن با قوانین هیدرولوژیک و اصول مهندسی نسبت به مسائل تقاضا برای آب که به متغیرهای زیادی وابسته بوده و مرتبط با نیازها و رفتارهای انسانی در زمان و مکان می‌باشد، متفاوت است (9). از طرفی، دیدگاه مدیریتی تقاضا محور تخصیص آب را برای سه بخش مصرف کننده شرب، کشاورزی و صنعت در نظر می‌گیرد. شوربختانه در برنامه‌ریزی‌ها، محیط زیست به عنوان یکی از چهار مصرف کننده اصلی آب مورد توجه نبوده و در عمل حقابه زیست محیطی در نظر گرفته نمی‌شود و خسارت‌های جبران ناپذیر ناشی از تخریب محیط زیست در اولویت قرار ندارد.

با توجه به محدودیت‌های فیزیکی منابع آب، دیدگاه مدیریتی تقاضا محور بدون در نظر گرفتن راهکارها و تمهیدهای لازم برای بهبود بخشیدن به وضعیت الگوی مناسب مصرف آب، راهبرد مناسبی نمی‌باشد. استمرار چنین دیدگاهی هزینه‌های گزافی را برای جامعه و محیط زیست به دنبال خواهد داشت. از این رو، شناخت جامع جنبه‌های مختلفی که ساختار منابع آب را تبیین می‌نمایند و درک واقع‌بینانه مسائل مرتبط با مدیریت مصرف آب (به خصوص در شرایط خشکسالی)، بدون شک در راستای درک صحیح و علمی مسئله مؤثر خواهد بود و با شناخت واقع‌بینانه مسئله، ارائه و اجرای راهبرد مناسب امکان پذیر خواهد گشت.

در مقاله حاضر، در ابتدا با بررسی وضعیت منابع آب در شرایط فعلی در ایران، به تشریح خشکسالی به عنوان یک پدیده طبیعی پرداخته می‌شود، تا در این راستا شناخت واقع بینانه از آنچه که می‌تواند در بحث مدیریت منابع آب مشکل آفرین شود، به دست آید. در ادامه، لزوم برنامه ریزی برای مدیریت منابع آب به عنوان یک مسئله چند بعدی مطرح می‌گردد و با بهره‌گیری از رویکرد سیستمی، امکان بررسی و تحلیل فراهم می‌گردد. در ادامه، راهبردهای مدیریت یکپارچه منابع آب، مدیریت خطرپذیری و مدیریت بحران به عنوان روش‌های اجرایی مورد بحث قرار گرفته است.

وضعیت منابع آب در ایران

با توجه به وضعیت اقلیمی ایران (بیشتر شامل مناطق خشک و نیمه خشک)، لازم است بررسی وضعیت منابع آب کشور با دقت لازم گزارش شود و اطلاعات مورد نظر با توجه به خشکسالی‌ها و افزایش مصرف آب در سال‌های اخیر ارائه گردد. در بسیاری موارد، میزان بارش سالانه به طور میانگین حدود 400 میلیارد متر مکعب در سال گزارش شده و گفته می‌شود که نزدیک به 270 میلیارد متر مکعب آن به صورت‌های مختلف از جمله تبخیر از دسترس خارج شده و حدود 130 میلیارد متر مکعب آن آب‌های تجدیدپذیر، آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشند. از این مقدار نزدیک به 92 میلیارد متر مکعب به صورت جریان‌های سطحی در کشور جاری شده و حدود 38 میلیارد متر مکعب سفره‌های آب زیر زمینی را تغذیه می نماید. این موضوع در نشست هم‌اندیشی مشترک فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران و گروه منابع آب کمیته آبیاری و زهکشی ایران بررسی و گزارش شد که برآورد 130 میلیارد متر مکعب آب‌های تجدید پذیر برای سال 1370 معتبر بوده، به طوری که در ده سال اخیر این رقم به 115 میلیارد و در 5 سال اخیر (خشک‌ترین دوران) به 104 میلیارد متر مکعب رسیده است (3). از طرفی با توجه به این که ارقام ارائه شده برآوردی از میانگین سالانه بیلان آب در ایران است، لازم است با کاربردی شدن فناوری‌های نوین مانند استفاده از لیسیمترها و سنجش از دور، سنجه‌های مورد نظر (به خصوص تبخیر) با دقت بیشتری محاسبه گردند. در پژوهشی در منطقه کوهپایه‌ای با اطلاعات لیسیمتر (20، 21)، تنها درصد کمی از بارش سالانه دارای پتانسیل برای تغذیه آب‌های زیرزمینی گزارش شد، که این میزان در برخی از سال‌ها به صفر نیز می‌رسید.

از مشکل‌های اساسی، برداشت غیر متعارف از منابع آب‌های زیرزمینی می باشد که بیش از مقدار تغذیه سالانه است. آمار غیررسمی از وجود بیش از 400 هزار حلقه چاه در کشور حکایت می‌کند که از این تعداد بیش از 130 هزار حلقه چاه غیر مجاز بوده که در حال برداشت بیش از پنج میلیارد مترمکعب آب هستند. در سال 2005 میلادی چین، هند و ایران رتبه‌های اول تا سوم برداشت بیش از حد منابع زیرزمینی آب را داشته‌اند. بر اساس آمار اعلام شده از سوی شرکت مدیریت منابع آب ایران میزان برداشت از

Archive of SID

www.SID.ir

چاه‌های غیر مجاز سه میلیارد و 400 میلیون متر مکعب بوده، که موجب خالی شدن سفره‌های آب زیرزمینی و بیلان منفی در دشت‌های بزرگ کشور شده‌است. از سویی، متوازن نبودن تغذیه و برداشت و خشکسالی‌های پی در پی فشار زیادی را بر مخزن‌ها وارد کرده و موجب پایین رفتن سطح ایستابی سفره‌های زیرزمینی و فرونشست دشت‌های منطقه شده است (2).

در سال‌های اخیر با توجه به بروز خشکسالی‌ها و افزایش تقاضا، سرانه آب قابل دسترس روند کاهشی را نشان می‌دهد. البته وضعیت کاهش سرانه آب تنها محدود به ایران نبوده و وضعیت نگران کننده‌ای را برای کشورهای خاورمیانه ایجاد نموده است. خاورمیانه با 5% جمعیت جهان تنها به یک درصد از آب های شیرین دسترسی دارد. بر اساس برآوردها اگر میانگین سرانه آب قابل دسترس کمتر از 1700 متر مکعب بشود، وضعیت خطرناک به وجود می‌آید. چنانچه این مقدار کمتر از 1000 متر مکعب در سال برای هر نفر باشد، کشور در وضعیت کمبود آب به سر می‌برد. سازمان ملل در سال 1990 وضعیت آب‌های قابل دسترس کشورهای جهان را مورد بررسی قرار داد و از میان کشورهای خاورمیانه 11 کشور در وضعیت کمبود آب قرار گرفتند. پیش‌بینی شده تا سال 2025 و در صورت تداوم وضعیت موجود، کشورهای مصر، اتیوپی، ایران، لیبی، مراکش، عمان و سوریه به این لیست بپیوندند (16).

مفهوم های خشکسالی

خشکسالی پدیده‌ای طبیعی است و اجتناب از آن ناممکن می‌باشدکه دانشمندان از دیدگاه‌های مختلف آن را مورد توجه قرار داده‌اند و تعریف‌هایی را برای آن بیان نموده‌اند. پاره‌ای از این تعاریف در مقیاس جهانی و برخی در مقیاس منطقه‌ای و محلی مصداق دارند. آن چه از تعریف‌ها بر می‌آید اثرهای خشکسالی است که می‌توان آن‌ها را به اثرهای محیطی، اجتماعی و اقتصادی تقسیم نمود، اما به هر حال پدیده خشکسالی با ایجاد تغییرها در عوامل اقلیمی به‌وجود می‌آید و رخداد آن در زمان‌های مختلف، اثرها و ویژگی‌های متفاوتی دارد. با این‌همه، خشکسالی ویژگی نرمال و طبیعی از اقلیم است که در تمام رژیم‌های اقلیمی اتفاق می‌افتد (46).

واژه خشکسالی از نظر حد و مرز تعاریف، بسیار مورد تردید قرار گرفته است. به نحوی‌که به سادگی نمی‌توان تعاریف عمومی را از تعارف بیوفیزیکی و یا سیاسی مجزا نمود. اغلب، کاهش محصول‌ها و صدمه‌های اجتماعی وارده در زمان خشکسالی مدنظر قرار می‌گیرد، در حالی که علل و عوامل بروز خشکسالی پیچیده‌تر هستند (38). یکی از جامع‌ترین و کامل‌ترین تعاریف توسط Palmer در سال 1965 ارائه شده است (35)، که خشکسالی را به عنوان کاهش رطوبت مستمر و غیرطبیعی بیان کرده است. وجه اشتراک تمامی تعاریف آن است که خشکسالی موقعیت یا شرایطی است که در آن محدودیت‌هایی نظیر کمی میزان بارندگی، افزایش تبخیر- تعرق، کاهش سطح آب رودخانه‌ها و غیره در مقایسه با شرایط طبیعی ایجاد می‌گردد. از این رو، خشکسالی به شرایط استثنایی بروز یافته در منطقه گفته می‌شود و از خشکی‌های پایدار و دایمی که در مناطق حاکم است، متفاوت است (50).

در بررسی‌ها، چهار نوع خشکسالی مورد بررسی قرار می گیرد. خشکسالی هواشناسی بیانگر شرایطی است که سبب شود میزان بارندگی در یک بازه زمانی مورد نظر از میزان میانگین دراز مدت کمتر باشد. اگر خشکسالی هواشناسی ادامه یابد می‌تواند منجر به خشکسالی هیدرولوژیکی شود، به‌طوری‌که این پدیده باعث کمبود آب منابع سطحی، نهرها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، مخزن‌های آب و منابع آب‌های زیرزمینی گردد. خشکسالی کشاورزی هنگامی اتفاق می افتد که مقدار رطوبت خاک به قدری کم شود که جوابگوی نیاز تبخیر- تعرق نباشد و در نتیجه رطوبت موجود خاک تکافوی تنژیدن و رشد گیاهان زراعی (دیم) و مرتعی را نداشته و سبب کاهش میزان فراورده‌های کشاورزی در یک منطقه شود. خشکسالی اجتماعی-اقتصادی بیانگر اثرهای فیزیکی پدیدار شده روی فعالیت‌های اقتصادی افراد یک جامعه مانند اثر روی سود حاصل از فروش فراورده‌ها می‌باشد. هنگامی این مسئله اتفاق می‌افتد که عرضه یک کالای اقتصادی (آب، غذا، علوفه، ماهی و برق)کمتر از مقدار مورد نیاز است (1) و مشکل‌هایی مانند تامین معاش و مهاجرت را به وجود آورد. در پژوهش‌ها، ترکیب‌های گوناگون خشکسالی‌ها بررسی می‌شود.

در برنامه‌ریزی برای منابع آب، خشکسالی هواشناسی به‌عنوان اولین حلقه در زنجیره‌های خشکسالی در نظر گرفته می‌شود (28). همان گونه که در تشریح انواع خشکسالی ها نیز آمد، خشکسالی هیدرولوژیکی به عنوان پیامد تداوم خشکسالی هواشناسی

www.SID.ir

می‌تواند مشکل آفرین شود. در صورت بروز خشکسالی هیدرولوژیکی اگر تمهیدهای لازم برای کنترل مصرف آب (به ویژه، منابع آب‌های زیرزمینی) اعمال نشود، منجر به فاجعه زیست محیطی خواهد شد، که بیشتر به‌صورت کاهش قابل ملاحظه سطوح آب‌های زیرزمینی خودنمایی خواهد کرد. پیامد چنین فاجعه‌ای ابعاد بسیار گسترده‌ای دارد که می‌تواند شامل نشست زمین و خسارت‌های جانی و مالی، خشک شدن رودخانه ها و در نهایت دریاچه ها و تالاب ها گردد، که به خشک‌تر شدن تدریجی منطقه می‌انجامد.

مطالعه‌های خشکسالی در ایران

مشکل‌ها و مسائل خشکسالی و کمبود آب از حدود دو دهه پیش مورد توجه پژوهشگران بوده است. از جمله در پژوهش رحیمی و خالدی (5) که در سال 1379 گزارش گردید، به این مهم پرداخته شد. در این گزارش آمده است که بر اساس مطالعه‌های بین‌المللی خشکسالی، ایران در بین 116 کشور از نظر بحران آبی در رده 14 قرار داشته که بیانگر وضعیت نامناسب منابع آب آن است. در این مطالعه ضمن تشریح وضعیت سرانه آب در ایران، در رابطه با بحرانی شدن وضعیت منابع آب در آینده هشدارهایی داده شده‌است. همچنین اشاره شده که گزارش‌ها بیانگر احتمال بروز خشکسالی‌های بیشتری در آینده نسبت به گذشته است (5). از سویی، گستردگی خشکسالی ها در پاره‌ای از سال‌ها کمتر و در برخی سال‌ها بیشتر است. بیشتر، سال‌هایی که در گوشه‌ای از کشور مقدار بارندگی زیر میانگین است در گوشه دیگر بالای میانگین می باشد (12). در شرایط موجود و در صورت استمرار یافتن برنامه‌ها و سیاست‌های گذشته در بخش کشاورزی، برگشت نظام‌های تولیدی کشاورزی به شرایط پیش از خشکسالی، اگر نه غیر ممکن، دستکم بسیار دشوار به نظر می‌رسد (13). نکته مهم این است که این گونه مطالعه‌ها تنها بخش کوچکی از پژوهش‌های موجود بوده و تا اواخر دهه هفتاد بحران خشکسالی هنوز به صورت فراگیر و طولانی در بسیاری از مناطق کشور آغاز نشده بود.

ارزیابی خشکسالی

تعریف، آشکارسازی و اندازه‌گیری خشکسالی بسیار پیچیده است، بنابراین پژوهشگران درتدوین و تهیه نمایه‌هایی (شاخص‌هایی) برای ارزیابی خشکسالی کوشیده‌اند (17). برخی از پژوهشگران چهار معیار را برای ارائه نمایه خشکسالی پیشنهاد کرده‌اند (36):

1- مقیاس زمانی مناسب برای مسئله و مشکل مورد نظر.

2- بیان کمّی خشکسالی با استفاده از داده‌های سری زمانی بارش‌های جوی و یا جریان‌های رودخانه‌ای.

3- کاربردی بودن نمایه.

4- در دسترس بودن داده‌های طولانی مدت برای محاسبه مقدار نمایه.

یک نمایه با ارائه تصویر جامع از خشکسالی، می‌تواند برای ارزیابی وتصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گیرد. نمایه‌ها انتقال اطلاعات شرایط گوناگون اقلیمی را به افرادی که از این اطلاعات استفاده می‌کنند آسان‌تر کرده و به پژوهشگران اجازه می‌دهند که شدت، مدت و گستردگی مکانی و زمانی خشکسالی در شرایط آب و هوایی مختلف را بیان کنند (47).

هیدرولوژیست‌ها و هواشناسان برای پایش و ارزیابی خشکسالی‌ها، نمایه‌هایی را ارائه داده اند که وابسته به پارامترهای هیدرواقلیمی و یا بیان احتمال بروز آن‌ها می‌باشند (36). در این میان، نمایه خشکسالی هواشناسی Palmer می‌باشد که در سال 1965 ارائه گردید (35)، که پس از انجام اصلاح‌هایی به نام نمایه شدت خشکسالی[1] Palmer معروف گردید. این نمایه با نگاهی به گذشته و مبتنی بر روابط بین عرضه و تقاضای رطوبت، یک برآورد کمّی را از شدت خشکسالی به دست می‌دهد و از پارامترهای بارندگی، تبخیر- تعرق، دمای هوا، شرایط رطوبتی خاک و غیره برای اطلاعات ورودی استفاده می‌کند. نمایه شدت خشکسالی Palmer حدود 30 سال به عنوان ابزاری توانمند برای پایش خشکسالی مورد استفاده بوده‌است. نمایه تأمین آب سطحی[2] برای تکمیل

1- Drought severity index (PDSI)
2- Surface water supply index (SWSI)

Archive of SID
www.SID.ir

نمایه Palmer و پایش شرایط رطوبتی ارائه شد (40). این نمایه با نگاه پس‌نگرانه به شرایط خشکسالی و ترسالی و با استفاده از روش بیلان آبی مورد توجه همگان بود، اما در سال 1993، پژوهشگران نمایه جدید احتمال های بارندگی استاندارد شده[1] را برای پایش بهتر و دقیق‌تر شرایط خشکسالی و ترسالی غیرطبیعی ارائه کردند (29، 30). نمایه خشکسالی منطقه‌ای[2] افزون بر اطلاعات بارندگی، از تبخیر-تعرق گیاه مرجع استفاده می‌کند که با یکی از روش‌های معتبر محاسبه می‌شود (44، 45). نمایه خشکسالی جریان رودخانه‌ای[3] به عنوان یک نمایه خشکسالی هیدرولوژیکی پیشنهاد گردید، که برگرفته از منطق نمایه بارش استاندارد شده می باشد (34).

در مقایسه نمایه‌های پیشنهادی، نمایه خشکسالی Palmer از توانایی بسیار خوبی برخوردار می‌باشد، اما با توجه به حجم بالای اطلاعات مورد نیاز، استفاده از این نمایه در بسیاری از موارد با محدودیت مواجه می‌شود. از سویی، نمایه بارش استاندارد شده به خاطر سادگی و دقت قابل قبول، از محبوبیت گسترده در سطح بین‌المللی برخوردار می‌باشد (33). در مقایسه نمایه‌های بارش استاندارد شده و خشکسالی منطقه‌ای، پیشنهاد شده از نمایه خشکسالی منطقه‌ای در مناطق با کاربردهای کشاورزی استفاده شود (26). نمایه خشکسالی جریان رودخانه‌ای نیز به عنوان نمایه به نسبت جدیدتر مورد استفاده می‌باشد. برخی پژوهشگران بر این باورند که هیچ یک از نمایه‌های ارائه شده در اصل، نسبت به سایر نمایه‌ها برتری ندارند و یک نمایه زمانی مفید است که بتواند ارزیابی کمّی، ساده و روشنی از ویژگی‌های خشکسالی ارائه دهد (24). در برآوردهای خشکسالی‌های هیدرولوژیکی، روش حد آستانه[4] نیز مورد استفاده بوده است (49). در این روش با تعیین یک حد آستانه، دبی‌های پایین تر از این حد مورد بررسی قرار می‌گیرند و بدین ترتیب میزان، مدت و شدت خشکسالی‌ها در طول زمانی که داده موجود است، برآورد می‌گردد.

در سال‌های اخیر، مطالعه‌های گسترده‌ای در رابطه با نمایه‌های خشکسالی در ایران انجام شده که در شناخت پدیده خشکسالی در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف و با توجه به شرایط اقلیمی ایران موثر بوده‌اند. در مطالعه‌ای، هفت نمایه خشکسالی هواشناسی برای بهره برداری در استان تهران مورد بررسی قرار گرفت (33). نویسندگان نتیجه گرفتند که نظر به کارآیی مشابه بیشتر نمایه‌ها، انتخاب نمایه مناسب به معیارهایی مانند اطلاعات مورد نیاز و مقبولیت در سطح بین‌المللی بستگی دارد.

در پژوهشی، روابط بین خشکسالی‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی در حوضه‌ی آبخیز کر در استان فارس مورد بررسی قرار گرفت (43). بدین منظور با استفاده از نمایه بارش استاندارد شده برای برآورد خشکسالی‌های هواشناسی و روش حد آستانه برای برآورد خشکسالی‌های هیدرولوژیکی، روابط بین آن‌ها به کمک آزمون‌های متداول آماری بررسی گردید. نتایج نشان دادند که برآورد کوتاه مدت خشکسالی‌های هیدرولوژیکی با استفاده از برآوردهای خشکسالی‌های هواشناسی میسّر بوده، که این گونه اطلاعات برای مدیریت منابع آب سد درودزن در شرایط خشکسالی مفید می‌باشد. در پژوهش دیگری، نمایه‌های بارش استاندارد شده و خشکسالی منطقه‌ای برای شرایط مختلف اقلیمی در ایران مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج کار نشان داد که هر دو نمایه کارایی قابل قبولی را در شرایط اقلیمی مختلف ارائه می‌دهند، اما توصیه گردید که مناسب‌تر است در مناطق با کاربری‌های کشاورزی از نمایه خشکسالی منطقه‌ای به خاطر لحاظ نمودن تبخیر-تعرق استفاده گردد (26).

به منظور بررسی خشکسالی‌های هیدرولوژیکی، از نمایه خشکسالی جریان رودخانه‌ای در شمال غرب ایران استفاده گردید (42). با توجه به نتایج، در بیشتر ایستگاه‌ها خشکسالی‌های شدید رخ داده و شدیدترین خشکسالی‌ها در یک دوره 12 ساله (1997-2009) مشاهده شده است. در پژوهشی با استفاده از روش حد آستانه، تغییرهای زمانی و مکانی خشکسالی‌های هیدرولوژیکی حوضه آبریز کرخه مطالعه شد (39). نتایج نشان داد که با وجود خشکسالی هیدرولوژیکی به صورت فراگیر، توزیع زمانی و مکانی خشکسالی‌ها بسیار متغیر بوده، به طوری که پهنه‌بندی منطقه‌ای ممکن نمی‌باشد. در پژوهش دیگری در حوضه‌ی آبریز کرخه، با تأکید بر لزوم در نظر گرفتن داده‌های جریان فصلی رودخانه به جای داده‌های‌سالانه در برآورد خشکسالی‌های هیدرولوژیکی، راهکار مناسب برای کاربرد نمایه خشکسالی جریان رودخانه‌ای در مناطق نیمه خشک ارائه گردید (32).

1- Standardized precipitation index (SPI)
2- Reconnaissance drought index (RDI)
3- Strawflower drought index (SDI)
4- Threshold level

Archive of SID
www.SID.ir

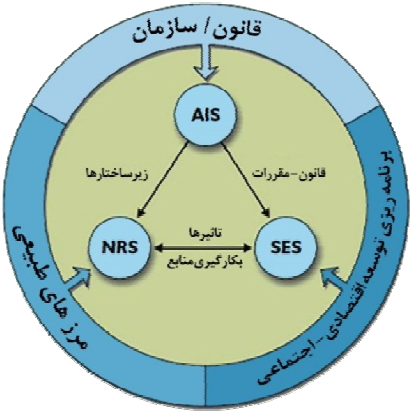
پژوهشگران با بررسی لزوم بازنگری در رفتار زیرگروه‌های همگن خشکسالی هواشناسی، امکان پهنه بندی خشکسالی‌ها در سطح حوضه‌ی آبریز کرخه را تحلیل نمودند (31). در این پژوهش از روش‌های خوشه بندی برای تعیین زیرگروه‌های همگن در رخداد خشکسالی هواشناسی استفاده و برلزوم بررسی مجدد زیرگروه‌های همگن و حذف ایستگاه‌های مغایر تأکید گردید. پژوهش‌های گسترده برای شناخت فیزیکی رخدادهای خشکسالی در ایران بیانگر قابلیت‌های مناسب روش‌های موجود می‌باشد، به طوری که این‌گونه مطالعه‌ها می توانند در ارائه راهبردهای مدیریت منابع آب در شرایط خشکسالی مورد استفاده قرار گیرند.

در ادامه پس از شناخت خشکسالی، لازم است به بررسی شیوه‌های مقابله با آن پرداخته شود که یکی از چالش‌های عمده زمان حاضر به شمار می‌آید، چرا که در صورت اعمال مدیریت‌های ناکارآمد فنی و استفاده از راهکارهای نامناسب علاوه بر هدر رفتن منابع موجود و تشدید اثرهای مخرب خشکسالی، زمینه‌ی بروز خشکسالی‌های بعدی به شیوه فزاینده فراهم می‌گردد (15).

رویکرد سیستمی منابع آب

لازم است چارچوبی تعریف شود تا بر مبنای آن بتوان با بیان مسئله به صورت چند بعدی و تشریح مشکل‌ها و محدودیت‌ها، اقدام به ارائه راه حل نمود. با استفاده از اصول نظری سیستم‌ها، می‌توان مسئله منابع آب و چالش‌های مدیریتی را در قالب یک سیستم و در مقیاس مکانی حوضه آبریز تعریف نمود. چنین سیستمی با بهره برداری از مؤلفه‌های مختلف که در محدوده حوضه آبریز فعالیت دارند، تصویر روشنی از وضعیت و شرایط منابع آب را ارائه می‌دهد، که این خود مستلزم شناخت مؤلفه‌ها، ارتباط بین مؤلفه‌ها و واکنش‌پذیری‌های مستقیم و غیر مستقیم بین مؤلفه‌ها می‌باشد. هرچه شناخت مؤلفه‌ها و بیان روابط بین آن‌ها جامع‌تر باشد، امکان دسترسی به راه حل مناسب مهیاتر خواهد شد. رویکرد سیستمی با بیان مشکل‌های منابع آب و چالش‌های آن، ساز و کار مناسب را برای طرح، تفسیر و شناخت مسئله و در نهایت ارائه راه‌حل مناسب در شرایط خشکسالی فراهم می‌آورد.

سیستم‌های منابع آب را می توان با سه زیرسیستم مرتبط تشریح نمود، که شامل زیرسیستم سازمانی-اداری[1]، زیرسیستم اقتصادی-اجتماعی[2] و زیرسیستم منابع آب می باشند[3]. در سیستم‌های کلان منابع آب، زیرسیستم سازمانی-اداری نقش اصلی را در مطالعه‌ها، توسعه، تخصیص، مدیریت و برنامه ریزی منابع آب ایفا می‌نماید. قانون‌گذاری و سیاست‌گذاری نیز در قلمرو فعالیت‌های زیرسیستم سازمانی-اداری محسوب می‌شوند. در زیرسیستم اقتصادی-اجتماعی برآورد و توجیه بودجه‌های منابع آب، نرخ‌بندی و تعیین ارزش اقتصادی، فرهنگ مصرف آب و بسیاری موارد بررسی می‌شود. زیرسیستم منابع آب مسائل مربوط به ویژگی‌های کمی و کیفی منابع آب و موارد فنی مرتبط با پروژه های آبی را طرح و بررسی می‌نماید. در شرایط خشکسالی، این زیرسیستم باید بتواند وضعیت منابع آب را به صورت واقع‌بینانه به‌تصویر بکشد (شکل 1).



شکل 1- تصویر شماتیک رویکرد سیستمی، زیرسیستم‌های سازمانی-اداری، اقتصادی- اجتماعی و منابع آب (27).

1- Administrative & institutional sub-system (AIS)
2- Socio-economic sub-system (SES)
3- Natural river sub-system (NRS)

Archive of SID
www.SID.ir

همان گونه که در شکل 1 آورده شده، ارتباط بین زیرسیستم ها از دو بخش مهم و تعیین‌کننده تشکیل شده است. در بخش بیرونی ارتباط کلی سه زیرسیستم با یکدیگر و به شکل دایره دیده می شود. بخش دایره‌ای شکل در واقع پل ارتباطی بین نهادهای تصمیم گیرنده از یکسو و مصرف کنندگان منابع آب و همچنین وضعیت منابع آب از سوی دیگر می‌باشد. به عبارت دیگر، لزوم ایجاد ارتباط مستقیم و سازنده، به ویژه بین زیرسیستم‌های سازمانی-اداری و اقتصادی-اجتماعی و شناخت کافی از موجودی و وضعیت منابع آب به وضوح دیده می‌شود. لازم به تأکید است که مشارکت‌های مصرف‌کنندگان در سطوح مختلف تصمیم‌گیری اهمیت ویژه دارد. در بخش دوم، ارتباط بین سه زیرسیستم دیده می‌شود که دربرخی موارد یکسویه و در مواردی دیگر دوسویه می‌باشد. زیرسیستم سازمانی-اداری نقش تعیین کننده را نسبت به دو زیرسیستم دیگر دارد. به عبارتی لازم است با ارتباط بین زیرسیستم‌ها (بخش دایره‌ای شکل)، اشراف کامل نسبت به مسائل و مشکل‌های منابع آب و مشکل‌های مصرف کننده به وجود آید، تا امکان بررسی در زیرسیستم سازمانی-اداری مهیا شده، راهکار عملی تدوین یافته و تا اطمینان از دستیابی به نتایج نهایی دنبال گردد. در این راستا مشکل‌های اجرایی شدن برنامه‌ها و سیاستگذاری‌ها توجه ویژه می‌خواهد، که لازم است به عنوان یک مبحث عمده و تعیین کننده در نظر گرفته شود. از سوی دیگر ارتباط دوسویه بین زیرسیستم‌های اقتصادی-اجتماعی و منابع آب نیز حائز اهمیت است. در این زمینه، موارد متعدد و گاهی متضاد با یکدیگر خودنمایی می‌کنند، که نیازمند شناخت و ساماندهی می‌باشند. یک طرف قضیه بحث مسائل اقتصادی-اجتماعی می‌باشد که مجموعه‌ی عوامل فرهنگی و دیدگاه ها را نسبت به منابع آب و محیط زیست شامل شده و دربرگیرنده مسائل معیشتی و مهاجرت پذیری نیز می‌شود. طرف دیگر واقعیت‌های موجود منابع آب، به ویژه در دوره‌های خشکسالی می‌باشد، که نیازمند ساماندهی و تصمیم‌گیری مناسب است.

استفاده از رویکرد سیستمی در ایران به صورت جامع مورد توجه پژوهشگران نبوده، بلکه زیرسیستم ها و به ویژه زیرسیستم منابع آب و در برخی موارد زیرسیستم اقتصادی-اجتماعی بررسی گردیده است. در ادامه به تشریح برخی از پژوهش‌های گزارش شده در ایران پرداخته می‌شود. در پژوهشی، کاربرد روش پویایی سیستم[1] به منظور بررسی و برنامه ریزی منابع آب شهری مورد مطالعه قرار گرفت (10). در این پژوهش ضمن تشریح نیاز مدیریت منابع آب به سوی آینده و با رویکردی جامع، بیان شده است که دانش پویایی سیستم ابزار مدیریتی بر اساس این نگرش می‌باشد. با کاربرد این دانش امکان شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده منابع آب برای پشتیبانی تصمیم‌گیری مهیا می‌گردد. فرآیند شبیه‌سازی می‌تواند پیامدهای نامشخص در تصمیم‌گیری‌ها را آشکار نماید، بنابراین هدف عمده یک مدل شبیه‌سازی تسریع و تسهیل یادگیری رفتار سیستم‌ها در شرایط فعلی و آینده است. در پژوهش انجام شده، با بهره گیری از روش پویایی سیستم، مدل منابع و مصارف آب شهری برای ارزیابی روند منابع و مصارف و عوامل اثرگذار ارائه گردیده است. ابعاد اقتصادی- اجتماعی و زیست محیطی تأمین و تقاضای آب نیز مورد بحث قرار گرفته و بیان شده که تحلیل چنین سیستم پیچیده‌ای با نگرش جامع و با روش پویایی سیستم‌ها امکان پذیر می‌باشد.

تئوری سیستم پویا[2] برای بهره برداری از منابع آب سد شهرچای، ارومیه، مورد استفاده قرار گرفت (18). نتایج نشان داد که تامین کل نیاز آب شرب و صنعت از مخزن سد صحیح نمی‌باشد، زیرا با کاهش برداشت آب از چاه‌های آب شرب، حجم ذخیره در آبخوان افزایش چشمگیر خواهد یافت، تا آن جا که در برخی مناطق نیاز به اجرای طرح پایین انداختن سطح آب خواهد بود. از طرفی با اجرای سیستم جمع آوری فاضلاب در شهر ارومیه، بدون توجه به مقدار تخصیص آب شرب و صنعت از آب سطحی، حجم ذخیره آب در آبخوان کاهش خواهد یافت. با متعادل نگه داشتن آبخوان، می‌توان با جابه‌جایی تخصیص آب کشاورزی و فضای سبز از آب تصفیه شده فاضلاب‌ها به جای آب چاه‌ها، از کاهش سطح آبخوان و هجوم آب شور دریاچه جلوگیری نمود.

مدل پویای بازی ناش[3]، در قالب یک سیستم استوکاستیک[4]، برای حوضه آبریز زاینده رود مطالعه گردید (22). در این پژوهش، تاثیر در نظر گرفتن دیدگاه‌های مصرف کننده در فرایند مدل‌سازی و تخصیص آب از مخزن سد زاینده رود بررسی شد. نتایج

1- System dynamics 2- Dynamic system theory 3- Dynamic Nash Game model 4- Stochastic system

www.SID.ir

مدل شبیه‌سازی شده با مدل‌های مرسوم مقایسه گردید که بیانگر کارآیی مناسب‌تر مدل پیشنهادی در تخصیص آب به مصرف کنندگان بود، که نشان داد لحاظ کردن دیدگاه‌های مصرف کنندگان، سیاست مدیریت مخزن و برهمکنش‌های بین آن ها، تاثیر قابل ملاحظه‌ای در بهینه سازی تخصیص آب دارد. در ادامه، میزان اطلاعات مصرف کننده در رابطه با منابع آب و تخصیص آن و میزان همکاری (عدم همکاری) که مصرف کننده مایل است در اختیار مدیر مخزن بگذارد نیز در مدل شبیه‌سازی در نظر گرفته شد (23). افزون بر منابع اطلاعاتی بالا، مواردی همانند ماهیت تصادفی بودن پارامترهای مخزن نیز در اختیار مدیر مخزن قرار گرفت. نتایج بیانگر این بود که به کارگیری اطلاعات بیشتر، به طور چشمگیر فرآیند بهینه سازی تخصیص آب به مصرف‌کنندگان را بهبود می بخشد.

پژوهش‌های انجام شده در ایران (به ویژه در سال های اخیر)، بیانگر این است که به مسائل منابع آب در چارچوب یک سیستم جامع پرداخته نشده است. با توجه به مشکل‌های موجود منابع آب و ادامه خشکسالی‌ها، لزوم استفاده از رویکرد سیستمی به‌عنوان راهکار مناسب برای بررسی، تحلیل و ارائه راه حل برای مشکل‌های چندبعدی مدیریت منابع آب بیش از پیش ملاحظه می‌شود.

مدیریت یکپارچه منابع آب

مدیریت یکپارچه منابع آب در واقع راهبرد کلی اجرایی کردن و عملیاتی کردن پروژه‌های آبی را ارائه می‌دهد. مدیریت یکپارچه منابع آب در اصول چهار گانه دوبلین در سال 1992 ارائه شده که در این اصول بر: 1- محدود بودن منابع آب شیرین، به کارگیری اقدام‌های همه جانبه در مدیریت منابع آب به صورت پایدار، هماهنگ نمودن توسعه اقتصادی و اجتماعی و حفظ منابع طبیعی، 2- توسعه و مدیریت منابع آب با استفاده از اقدام‌های مشارکتی بهره برداران، افزایش آگاهی های عمومی، 3- نقش زنان در مدیریت منابع آب و 4- ارزش اقتصادی آب و مدیریت آب به عنوان یک کالای اقتصادی تاکید شده است (41).

مدیریت یکپارچه خشکسالی در قالب پارادایم مدیریت یکپارچه منابع آب قابل بحث و تبیین است. رویکرد مجریان اجرای طرح و مدیریت و برنامه ریزی ارزش مدیریت بحران خشکسالی از ابتدا بر مبنای حفظ و تلفیق ارکان مدیریت یکپارچه مدیریت منابع آب و مهندسی ارزش شکل گرفت. پایداری اقتصادی و بوم‌شناختی منطقه، مدیریت یکپارچه منابع و ساختارها، به خاطر به‌هم‌پیوستگی اثرهای طبیعی و اجتماعی و سیاست‌های مدیریتی، از رویکردهای مدیریت یکپارچه منابع است که می‌بایست هر نهاد، آن را به خوبی دریافته باشد و بتواند جایگاه و نقش خود را در ارتباط با آن تبیین کند. آن گاه یک نهاد می‌تواند در زمان بروز بحران خشکسالی که نهادهای متعددی را درگیر خود می سازد، به تشریح وظیفه‌های خود پرداخته و در محیط‌های نهادی مشترک با سایر نهادها، بر مبنای رویکرد مدیریت یکپارچه، به جای تعارض، به ارزیابی پتانسیل توانایی‌های مشترک پرداخته، اقدام‌های مؤثر را تعریف کرده و به اولویت‌بندی آن‌ها بپردازد و از ظرفیت نهادهای مشترک در اجرای آن استفاده نماید (11).

در پژوهشی، ضمن تشریح دیدگاه‌های موجود در رابطه با مدیریت یکپارچه منابع آب و ارائه یک مدل مفهومی، الگویی برای مدیریت منابع آب پیشنهاد گردید (6)، که مبتنی بر 14 محور می‌باشد. تاکید نویسندگان بر شرایط ویژه حاکم بر منابع آب در ایران و همچنین تحقق بخشیدن به امنیت آبی بوده‌است.

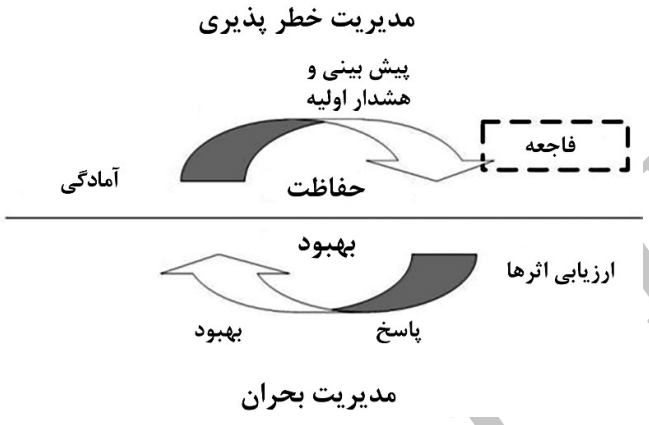
مدیریت خطرپذیری و مدیریت بحران در شرایط خشکسالی

مطالب ارائه شده در بخش‌های پیش، لزوم نگرش به وضعیت مصرف آب و ارائه راهبردهای اجرایی مناسب منابع آب در شرایط خشکسالی را اجتناب ناپذیر می‌نماید.در بحث اجرایی کردن مدیریت منابع آب در شرایط خشکسالی، دیدگاه‌ها و راهبردهای مختلفی وجود دارد، اما آنچه بین بیشتر دیدگاه‌ها مشترک است وجود دو فرآیند اجرایی می‌باشدکه لازم است مورد توجه قرار گیرد. در ادامه ضمن تشریح این دو فرآیند، به بررسی و تشریح دو دیدگاه مدیریتی نیز پرداخته می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

در یک دیدگاه، فرآیندهای مدیریت خطرپذیری و مدیریت بحران به عنوان راهبرد مناسب مدیریت خشکسالی پیشنهاد شده است (48). همانگونه که در نگاره 2 آمده، مدیریت خطرپذیری یک فرآیند پیش‌گیرانه می‌باشد، که بر مبنای اقدام‌های از پیش تعیین شده به‌منظور کاهش خطرهای ممکن در صورت بروز خشکسالی در نظر گرفته شده است. مراحل مدیریت خطرپذیری شامل ایجاد آمادگی[1]، پیش‌بینی و هشدار اولیه[2] و مدیریت رخداد خشکسالی (فاجعه[3]) می‌باشد. فرآیند مدیریت بحران در واقع ادامه فرآیند مدیریت خطرپذیری می‌باشد، که شامل ارزیابی اثرها[4]، پاسخ[5]، بهبود[6] و بازسازی[7] می‌شود. در شکل 2 فرآیندهای مدیریت خطرپذیری (حفاظت[8]) و مدیریت بحران (بهبود) به صورت مکمل یکدیگردر یک حلقه فعالیت می‌نمایند.



شکل 2– حلقه مدیریت خطرپذیری و مدیریت بحران (48).

در راهبرد دیگری دو فرآیند مورد نظر با عناوین فرآیندهای برنامه ریزی دائمی[9] و اجرا[10] مشخص گردیده‌اند (25). همان‌گونه که در شکل 3 نشان داده شده، مدیریت منابع آب در شرایط خشکسالی در فرآیند برنامه‌ریزی دائمی شامل مراحل واکاوی خطرپذیری خشکسالی، تعریف اقدام‌های مدیریت خشکسالی و برنامه‌ریزی برای مدیریت خشکسالی می باشد. مراحل این فرآیند راهکارهای پیشگیرانه محسوب می‌شوند که در طول زمان ادامه دارند. فرآیند اجرا شامل مراحل پیش‌هشدار، هشدار و وضعیت اضطراری می‌باشد. در واقع در فرآیند اجرا ضمن بهره‌برداری از اطلاعات کسب شده از فرآیند برنامه ریزی دائمی، راهکارهای مدیریتی به‌صورت مراحل مشخص اجرایی قبل از وقوع خشکسالی آغاز شده و تا زمان برون‌رفت از خشکسالی ادامه می‌یابد.

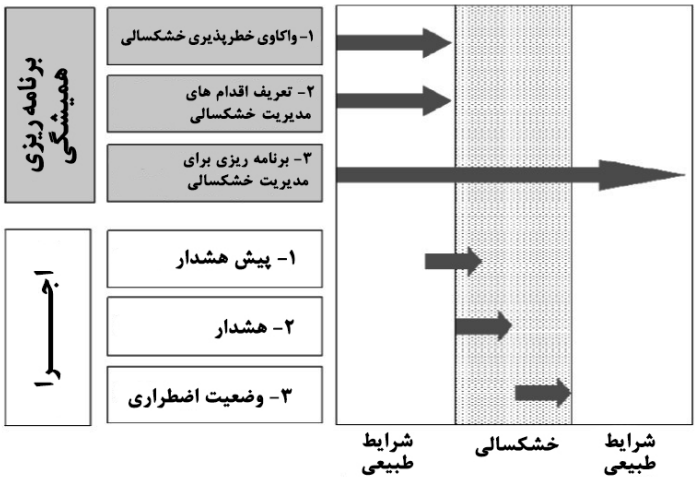
در ادامه، نخست مرحله های مختلف فرآیند برنامه‌ریزی دائمی تشریح می‌گردد.

- واکاوی خطرپذیری خشکسالی[11] با بهره‌گیری از راهکارهای آماری (نمایه‌های خشکسالی و برآورد احتمال بروز خشکسالی و غیره) و فناوری‌های نوین (استفاده از سنجش از دور[12] و سامانه‌های اطلاعاتی جغرافیایی[13]) امکان پذیر می‌شود. بدین منظور، وضعیت فیزیکی بروز و گسترش خشکسالی‌ها و همچنین احتمال بروز آن‌ها برای پیش بینی، در قالب اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم‌گیری ارائه می‌گردد.
- برای تعریف اقدام‌های مدیریت خشکسالی[14]، نخست شرح وظیفه‌ها (تعیین سازمان مسئول و جدول زمانی اجرای برنامه‌ها برای افق زمانی[15] مشخص)، تعیین می‌گردد. سپس شیوه پاسخگویی به رخدادهای خشکسالی با استفاده از راهکارهای آینده‌نگر[16] و گذشته‌نگر[17] بررسی می‌شوند، که در این زمینه اطلاعات مربوط به واکاوی خطرپذیری خشکسالی مورد نیاز می‌باشد. در ادامه

Impact assessment -4 Disaster -3 Prediction & early warning -2 Preparedness & mitigation -1
Implementation -10 Permanent planning -9 Protection -8 Reconstruction -7 Recovery -6 Response -5
Geographic information systems (GIS) -13 Remote sensing -12 Drought risk analysis -11
Retroactive -17 Proactive -16 Time horizon -15 Definition of drought management actions -14

Archive of SID
www.SID.ir

جنبه‌های مشارکت مردم و سازمانی با استفاده از اطلاعات رویکرد سیستمی لحاظ می‌شود. این‌گونه اقدام‌ها، پیش‌زمینه لازم را برای اقدام‌های مربوط به برنامه‌ریزی فراهم می‌نمایند.



شکل 3 –فرآیندهای برنامه‌ریزی و اجرا برای مدیریت منابع آب در شرایط خشکسالی (25).

- به منظور برنامه‌ریزی برای مدیریت خشکسالی[1]، نتایج مرحله تعریف اقدام‌های مدیریت خشکسالی به صورت گزینه‌های[2] اجرایی تعریف می‌شوند. سپس، هر گزینه توسط چند معیار از پیش تعیین شده ارزیابی می‌گردد و از روش‌های تصمیم‌گیری چند- معیاره[3] برای واکاوی معیارها و انتخاب بهترین گزینه استفاده می‌گردد.

در رابطه با مراحل فرآیند اجرا، اعلام بروز خشکسالی از موضوع‌های کلیدی می‌باشد. اعلام رسمی در این گونه موارد از یکسو مهم و از سوی دیگر می‌تواند بحث انگیز شود. در بسیاری از کشورها، سازمان‌های مربوط به جز در موارد حساس کمبود آب، اقدام به اعلام رسمی خشکسالی نمی‌نمایند. اعلام بروز خشکسالی همگام با اقدام‌های پیش‌هشدار، هشدار و اضطراری، در واقع به عنوان پاسخ به نیازهای اجرایی مدیریت خشکسالی تلقی می‌شود، به‌طوری که باید برای جامعه به عنوان مجموعه راهکارهای اجرایی قابل قبول باشد.

- پیش‌هشدار[4] در مواردی اعلام می‌گردد که بررسی‌ها بیانگر شروع رخداد خشکسالی باشند، به طوری که با احتمال 10% یا بیشتر منابع آبی قادر به پاسخگویی به تقاضای مصرف کنندگان نباشند. هدف مدیریتی در شرایط پیش‌هشدار ایجاد آمادگی اولیه می‌باشد تا در صورت بروز خشکسالی، پیش‌زمینه لازم فراهم شده باشد. از این رو، دنبال کردن تحول‌ها و واکاوی علمی داده‌ها و اطلاعات زمانمند مهم می‌باشند. اطلاعات جدیدتر ممکن است تجدید نظر در تصمیم‌گیری‌ها را در پی داشته باشد، اما به طور کلی در پیش‌هشدار اقدام‌های اجرایی به منظور کاهش تقاضا برای آب برنامه‌ریزی می‌شود تا در صورت ورود به خشکسالی بتوان از بروز بحران جلوگیری نمود.
- هشدار[5] در مواردی اعلام می‌گردد که واکاوی داده ها و اطلاعات نشان دهند که خشکسالی شروع شده و احتمال ادامه آن وجود دارد و عدم اقدام سریع منجر به خسارت‌هایی در آینده می‌گردد. در این گونه موارد با احتمال 30% یا بیشتر، منابع آبی قادر به تأمین نیاز آبی مصرف کنندگان نمی‌باشد. در این جا هدف مقابله با خشکسالی برای جلوگیری از ایجاد وضعیت اضطراری بوده، که مستلزم اجرای سیاست‌های صرفه جویی در مصرف آب می‌باشد. راهکارهای مدیریتی شامل تخصیص درصدی از کل آب مورد تقاضا (به استثنای آب شرب) و یا انتقال آب اضافی به محل مصرف آب می‌شود. این اقدام‌ها باید آب تخصیص یافته را در دوره بحرانی تأمین نمایند، که ممکن است اجرای آن‌ها مستلزم صرف هزینه باشد. از سویی، رعایت مفاد اجرایی برای مصرف کننده اجباری بوده و می‌تواند خسارت‌های قابل ملاحظه‌ای را به دنبال داشته‌باشد. برخی اقدام‌ها ممکن است گروه‌های مصرف کننده خاص را هدف

Drought management plan -1 Alternatives -2 Multi-criteria decision making (MCDM) techniques -3
Pre warning -4 Warning -5

www.SID.ir

قرار دهد. اجرای راهکارها می‌تواند سبب بروز اختلاف بین مصرف کنندگان با توجه به حقوق و اولویت‌های مصرف آب شود. در اینگونه موارد می‌شود از روش‌های حل اختلاف[1] مانند مدل پویای بازی Nash (22، 23) استفاده نمود.

- اعلام وضعیت اضطراری[2] برای زمان‌هایی می‌باشد که شواهد نشان دهد خشکسالی اثرهای خود را گذاشته و در صورت تداوم، منابع آب موجود جوابگوی نیاز مصرف کننده نمی‌باشند. در چنین وضعیتی، اهداف مدیریتی شامل کاهش تاثیرها و کم کردن خسارت‌های خشکسالی می باشد و تأمین کمینه‌های آب مورد نیاز بخش‌های شرب و کشاورزی در اولویت قرار می‌گیرد. اقدام‌های اجرایی دامنه وسیعی از فعالیت‌ها را در بر می‌گیرد، مانند ایجاد تسهیلات بانکی به صورت وام‌های کوتاه مدت، اعمال راهکارهای قانونی شدید برای محدود کردن مصرف آب در مناطق شهری و کشاورزی، استفاده موقت از آب‌های زیرزمینی با سطح سفره آب پایین برای مصارف شرب و پروژه‌های انتقال آب.

بررسی اجمالی فضای مجازی بیانگر این است که در ایران لزوم نگرش به فرآیندهای مدیریتی منابع آب (مدیریت خطرپذیری و مدیریت بحران)، مورد توجه مسئولین و دست‌اندرکاران بوده است (4، 8، 19)، اما از سویی در برخی موارد پیشنهادهایی مانند جایگزینی مدیریت خطرپذیری به جای مدیریت بحران نیز مشاهده می‌شود. برای مثال، در پژوهشی ضمن تشریح جنبه‌های مختلف مسائل مربوط به منابع آب، پیشنهاد گردیده که فائق آمدن بر چنین مسائلی در مقیاس‌های مختلف (محلی، منطقه‌ای و ملی)، جز در سایه تغییرهای زیر بنایی در تفکر ما نسبت به منابع آب و تغییر رویکردها از مدیریت بحران به مدیریت خطرپذیری امکان‌پذیر نخواهد بود (7). نویسندگان ضمن تشریح مفاهیم پایه‌ای مدیریت منابع آب از منظر عدم قطعیت و خطرپذیری، چارچوبی را برای مدیریت خطرپذیری ارائه نموده‌اند. در پژوهش دیگری ضمن بررسی ابعاد مختلف و اثرهای خشکسالی، لزوم نگرش به روش مدیریت خطرپذیری به جای مدیریت بحران نیز مطرح گردیده (14) و در ادامه به ارزیابی خطرپذیری خشکسالی استان اصفهان پرداختند. در این پژوهش، ریسک خشکسالی به‌صورت تابعی از نمایه خطر و نمایه آسیب‌پذیری تعریف شده و وضعیت مناطق مختلف استان از دید خطر خشکسالی تعیین گردیده است. برای کاهش خطرپذیری خشکسالی در استان به استقرار نظام پایش و پیش‌آگاهی خشکسالی در سطح استان، آموزش جامعه در جهت صرفه‌جویی هر چه بیشتر در منابع آب و بهبود سیستم‌های مدیریت آب اشاره شده است. نکته مهم این که همان طور که در تشریح فرآیندهای مدیریت خطرپذیری و مدیریت بحران تأکید گردید، برنامه‌ریزی مناسب برای مدیریت منابع آب در شرایط خشکسالی باید بتواند هر دو فرآیند را در تصمیم‌گیری‌ها درنظر بگیرد.

سپاسگزاری

لازم می‌دانم از رهنمودهای ارزشمند پروفسور علیرضا سپاسخواه صمیمانه قدردانی و تشکر بنمایم.

منابع

1- امین، س.، 1379. بررسی نمایه های خشکسالی. مطالعه موردی: باجگاه، شیراز. مجموعه مقالات اولین کارگاه آموزشی و تخصصی بررسی مسائل خشکسالی استان فارس. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.مهرماه 1379. صفحه‌های 1 تا 13.

2- بی نام (سخن سردبیر). 1393. مدیریت یکپارچه منابع، نشریه علمی – پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. (2) 6.

3- حیدری، ن. و م. سرائی تبریزی. 1394. تخصیص آب در بخش کشاورزی: چالش‌ها و تناقض‌ها. خلاصه بحث‌های جلسه هم‌اندیشی گروه منابع آب کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، خرداد ، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران. خرداد 1394. صفحه‌های 1 تا 12.

1- Conflict resolution techniques

2- Emergency

Archive of SID
www.SID.ir

4- خبرگزاری جمهوری اسلامی ایران. 1394. ضرورت استفاده از تجربه کشورها درباره حضور بخش خصوصی در مدیریت منابع آب، کد خبر 81932217 (51213541)، تاریخ خبر 1394/11/13.

5- رحیمی، ح. و ه. خالدی. 1379. بحران آب در جهان و ایران و راه های مقابله با آن. اولین کنفرانس ملی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان. اسفند 1379. صفحه‌های 941 تا 951.

6- زرگرپور، ر. و ع. نورزاد. 1388. ارایه مدل مفهومی و تدوین الگوی مدیریت یکپارچه منابع آب با تاکید بر امنیت آبی کشور. تحقیقات منابع آب ایران 13-1: (3) 5.

7- شرافت، س.س.، ف. قنبری و س.ا. حسینی. 1393. ریسک و مدیریت آب. نشریه آب و توسعه پایدار 21-15 (2) 1.

8- سیمای سمنان، پرتال معاونت امور مجلس و استان‌ها - صدا و سیمای سمنان – تلویزیون - مدیریت بحران. 1393. http://semnan.irib.ir/tv.

9- شفقتی، م.، ح. حقیقی و س.ا. خاتمی. 1388. نگاهی به رویکردهای مدیریت عرضه و تقاضای آب (چالش ها، راهکارها)، سومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)، تهران، اسفند 1388. صفحه‌های 1 تا 10.

10- صلوی تبار، ع.، م. ضرغامی و ا. ابریشم چی. 1385. مدل پویایی سیستم در مدیریت آب شهری تهران. فصلنامه آب و فاضلاب 28-12: (3) 7.

11- عرب، د.ر.، ر.ا. سهرابی، ع.، نادری و ح. سهرابی. 1387. مدیریت و برنامه ریزی ارزش "مدیریت بحران خشکسالی" ابزار مدیریت یکپارچه با سناریوی برنده-برنده مطالعه موردی: استان کرمان. سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش. آذرماه، تهران. صفحه‌های 1 تا 14.

12- غیور، ح، ع. 1374. بررسی تغییرات بارش در چند ایستگاه ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی 71-55: 39.

13- غیور، ح، ع. 1379. خشکسالی در شیراز و راه های مواجه با اثرات اجتماعی آن. مجموعه مقالات اولین کارگاه آموزشی و تخصصی بررسی مسائل خشکسالی استان فارس، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ،مهرماه 1379. صفحه‌های 207 تا 215.

14- قاسمی نژاد، س.، س. ساطانی و ع. سفیانیان 1393. ارزیابی ریسک خشکسالی استان اصفهان. نشریه علوم آب و خاک 226-213: 18 (68).

15- کرمی، ع. 1388. مدیریت خشکسالی و نقش نظام دانش و اطلاعات. مجموعه مقالات همایش ملی مسائل و راهکارهای مقابله با خشکسالی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. اردیبهشت 1388. صفحه‌های 40 تا 65.

16- محمودی، ب. و م. سرلک. 1387. برآورد عوامل موثر بر عرضه و تقاضای آب و جایگاه ایران در منطقه از نظر توسعه پایدار. مجمع تشخیص مصلحت نظام، مرکز تحقیقات استراتژیک، معاونت پژوهش های اقتصادی، کد گزارش: 50-87-2-4.

17- مسعودیان، س.ا. 1384. شناسایی رژیم های بارش ایران به روش تحلیل خوشه ای. پژوهش های جغرافیایی 61-47: 52.

18- ناصری، ح.، س. احمدی و ع. صلوی تبار 1389. مدل سازی بهره برداری تلفیقی از منابع آب پایاب سد شهر چای (ارومیه) به روش پویایی سیستم. فصلنامه زمین شناسی ایران 108-97: (16) 4.

19- وبگاه تخصصی مدیریت بحران و مدیریت ریسک http://disastermanagment.blogfa.com.

20. Banimahd, S.A., D. Khalili, A.A. Kamgar-Haghighi and Sh. Zand-Parsa. 2015. Evapotranspiration model selection for estimation of actual evaporation from bare soil, as required in annual potential groundwater recharge studies of a semi-arid foothill region. Arch. Agron. Soil Sci. 61(10):1455-1472.

21. Banimahd, S.A., D. Khalili, A.A. Kamgar-Haghighi and Sh. Zand-Parsa. 2016. Evaluation of groundwater potential recharge models considering bare soil evaporation, in a semi-arid foothill region. Hydrol. Sci. J. 61(1):162-172.

Archive of SID

www.SID.ir

22. Ganji, A., D. Khalili and M. Karamouz. 2007a. Development of stochastic dynamic Nash model for reservoir operation. I. The symmetric stochastic model with perfect information. Adv. Water Resour. 30:528-542.
23. Ganji, A., D. Khalili and M. Karamouz. 2007b. Development of stochastic dynamic Nash model for reservoir operation. II. The value of players' information availability and cooperative behaviors. Adv. Water Resour. 30:157-168.
24. Hong, W.U., M.J. Hyes, D.A. Wilhite and M.D. Sovobada. 2005. The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation. Int. J. Climatol. 25:505-520.
25. Iglesias, A. and M. Moneo. 2007. Chapter 12. Process for implementing drought management actions. Options Méditerranénnnes, Série B, No. 58, pp. 167 -174.
26. Khalili D., T. Farnoud, H. Jamshidi, A.A. Kamgar-Haghighi and Sh. Zand-Parsa. 2011. Comparability analyses of the SPI and RDI meteorological drought indices in different climatic zones.Water Resour. Manag. 25:1737–1757
27. Loucks, D.P. and E. van Beek. 2005. Water Resources Systems Planning and Management. An Introduction to Methods, Models and Applications. Studies and Reports in Hydrology, UNESCO, Delft Hydraulics, Printed in Italy, 677 p.
28. Loukas, A. and L. Vasiliades. 2004. Probabilistic analysis of drought spatiaotermal characteristics in thessaly region, Greece. Nat. Haz. Earth. Sys. Sci. 4:719-731.
29. McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. in: Proc. 8th Conf. Applied. Climatol. January 17 – 22, 1993. Amer. Meteorol. Society, Mass. pp. 179-184.
30. McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist. 1995. Drought Monitoring with Multiple Time Scales. In: Proc. 9th Conf. on Applied Climatol., January 15 – 20, 1995. Amer. Meteorol. Soc. Mass. pp 233 - 236.
31. Modaresi Rad, A. and D. Khalili. 2015. Appropriateness of clustered raingauge stations for spatio-temporal meteorological drought applications. Water Resour. Manage. 29 (11):4157-4171.
32. Modaresi Rad, A., D. Khalili, A.A. Kamgar-Haghighi and Sh. Zand-Parsa. 2016. Assessment of seasonal characteristics of streamflow droughts under semi-arid conditions. Nat. Haz. DOI: 10.1007/s11069-016-2256-6.
33. Morid, S., V. Smakhtin and M. Moghaddasi. 2006. Comparison of seven meteorological indies for drought monitoring in Iran. Int. J. Climatol. 26 (7):971-985.
34. Nalbantis, I. and G. Tsakiris. 2009. Assessment of hydrological drought revisited. Water Resour. Manage. 23:881-897.
35. Palmer, W.C. 1965. Meteorological Drought. U.S. Weather Bur. Tech. Paper. 45:1-58.

Archive of SID
www.SID.ir

36. Paulo, A.A., E. Ferreira, C. Coelho and L.S. Pereira. 2005. Drought class transition analysis through Markov and log linear models, an approach to early warning. Agr. Water Manag. 77 (1-3):59-81.

37. Richard, R. and J.R. Heim. 2002. A Review of Twentieth century Drought Indices used in the United States, Bull. Amer. Meteorol. Soc. 83:1149-1165.

38. Rockstrom, J. 2003. Resilience building and water demand management for drought mitigation. Physics Chem. Earth. 28:869-877.

39. Saadat S., D. Khalili, A.A. Kamgar-Haghighi and Sh. Zand-Parsa.2013. Investigation of spatio-temporal patterns of streamflow seasonal droughts in a semi-arid region. Nat. Haz. 67:1697-1720.

40. Shafer, B.A. and L.E. Dezman.1982. Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to Assess the Severity of Drought Conditions in Snow Pack Runoff Areas. Proc. of the Western Snow Conf..Col. State Univ. Fort Collins, CO, USA, pp 164 -175.

41. Snellen, W.B. and A. Schrevel. 2004. IWRM: for sustainable use of water, 50 years of international experience with the concept of integrated water management. Background document to the FAO/Netherlands Conference on Water for Food and Ecosystems. Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, Wagenigen, The Netherlands 16 p.

42. Tabari, H., J. Nikbakht and P. Husseinzadeh Talaee. 2013. Hydrological drought assessment in northwestern Iran based on streamflow drought index (SDI). Water Resour. Manag. 27(1):137-151.

43. Tabrizi, A.A., D. Khalili, A.A. Kamgar-Haghighi and Sh. Zand-Parsa. 2010. Utilization of time-based meteorological droughts to investigate occurrence of stramflow droughts. Water Resour. Manag. 24:4287–4306

44. Tsakiris, G. and H. Vangelis. 2005. Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. Eur. Water. 9–10:1–9.

45. Tsakiris, G., D. Pangalouand H. Vangelis. 2007. Regional drought assessment based on The reconnaissance drought index (RDI). Water Resour. Manag. 21:821-833.

46. Wilhite, D.A. 1993. Planning for drought: A methodology, In: Wilhite, D.A. (Ed.) Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Study.vol. 6, pp.87-108.

47. Wilhite D.A. 2000. Drought preparedness in Sub-Saharan Africa context. J. Conting. Crisis Manage. 8 (2):81–92.

48. Wilhite, D.A., M.J. Hayes and M.D. Svodoba. 2000. Drought monitoring and assessment in the U.S. In: Voght, J.V., Somma F. (Eds.) Drought and Drought Mitigation in Europe. Kluwer, Dordrecht.

49. Yevjevich, V., L.D. Cunda and E. Vlechos. 1967. Coping with Droughts. Water Resour. Pub. 417 p.

Archive of SID

www.SID.ir

50. Young, R. 1995. Coping with a severe sustained drought on the Colorado River: Introduction and overview, Water Resour. Bull. 26 (7):971-985.

Archive of SID

www.SID.ir

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 1 (2): 149 -164 (2016)

Challenges Facing Water Resources Management under Drought Conditions in Iran

D. Khalili[1, 2]

Recent droughts, limitation of water resources and challenges of supplying water with acceptable quality have turned into a major concern for the society and the authorities. Continuation of droughts in many parts of the country has developed a situation, which is usually described by terms such as water crisis or post-water crisis. In the present paper, while an overall review of the existing water resources is done, drought events are explained as a natural phenomenon, so that realistic understanding of problems associated with water resources management can be achieved. The need for water resources planning as a multi-dimensional problem is proposed and the system approach is discussed as an appropriate method to define the problem at hand. Application of the system approach by identifying problems of water resources management can be instrumental toward achievement of useful and practical solutions. Next, integrated water resources management (IWRM) and risk management and crisis management strategies are discussed as some of the available and applicable methodologies. Some of the viewpoints and relevant research taken placed in Iran are also discussed.

Keywords: Challenges of water supply, Droughts, Management strategies.

Archive of SID

1. Corresponding author, Email: dkhalili@shirazu.ac.ir.
2. Professor, Shiraz University, Shiraz, I.R. Iran.

www.SID.ir