

خشکسالی و تغییرات اقلیمی در ایران: چالش‌ها و راهکارهای سازگاری

زهرا حاتمی، معصومه محمودی

دانشجوی کارشناسی ارشد، بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشگاه تهران

دانش آموخته علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران

چکیده

ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی خود، با چالش‌های قابل توجهی در زمینه تغییرات اقلیمی و خشکسالی مواجه است. این مقاله به بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی، از جمله افزایش دما و کاهش بارش‌ها، بر منابع آبی کشور می‌پردازد. تغییرات اقلیمی باعث کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی، افزایش تبخیر و کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی آب شده است. در این راستا، خشکسالی‌های مداوم و کاهش منابع آبی به تهدیدی جدی برای کشاورزی، تأمین آب شرب و توسعه صنعتی تبدیل شده است. این مقاله همچنین راهکارهایی برای مدیریت پایدار منابع آبی، از جمله استفاده از فناوری‌های نوین، بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی و تقویت زیرساخت‌های آبی را پیشنهاد می‌دهد. در نهایت، توسعه همکاری‌های بین‌المللی و ارتقای آگاهی عمومی به عنوان اقدامات ضروری برای مقابله با بحران منابع آبی و تغییرات اقلیمی در ایران معرفی شده‌اند. کلمات کلیدی: تغییرات اقلیمی، خشکسالی، منابع آبی، ایران، مدیریت منابع آب، بهینه‌سازی مصرف آب.

مقدمه

تغییرات اقلیمی و خشکسالی از جمله چالش‌های اساسی و تهدیدهای جهانی در قرن ۲۱ هستند که تأثیرات آن‌ها به‌ویژه در کشورهای خشک و نیمه‌خشک مانند ایران بسیار محسوس است. این پدیده‌ها نه تنها تهدیدی برای منابع طبیعی بلکه برای اقتصاد، امنیت غذایی و سلامت عمومی به شمار می‌روند. ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود، که در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد، در معرض خطرات زیادی ناشی از تغییرات اقلیمی و خشکسالی است (Kousari et al., ۲۰۲۰). از آن‌جا که ایران از لحاظ منابع آبی در وضعیت بحرانی قرار دارد، تغییرات اقلیمی می‌تواند تأثیرات منفی زیادی بر منابع آب، کشاورزی و اکوسیستم‌های طبیعی این کشور بگذارد (Aghakouchak et al., ۲۰۱۵). خشکسالی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به عنوان یکی از نشانه‌های بارز تغییرات اقلیمی شناخته می‌شود. خشکسالی‌های طولانی مدت و تکراری می‌توانند منجر به کاهش چشمگیر منابع آب، خسارات کشاورزی، و کاهش تنوع زیستی شوند (Zarei et al., ۲۰۱۹). علاوه بر این، تغییرات اقلیمی می‌تواند با تغییر الگوهای بارش و دما، شدت و طول مدت خشکسالی‌ها را افزایش دهد و بر وضعیت اجتماعی و اقتصادی کشورهایی مانند ایران تأثیرات غیرقابل جبرانی داشته باشد (Farahmand et al., ۲۰۲۰).

هدف از این مطالعه بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر خشکسالی‌های ایران و تحلیل راهکارهای سازگاری به منظور کاهش اثرات منفی این بحران‌ها است. این مقاله به بررسی ارتباط بین تغییرات اقلیمی و خشکسالی در ایران و تحلیل چالش‌ها و فرصت‌های موجود در مدیریت این بحران‌ها پرداخته و راهکارهایی برای مقابله با این بحران‌ها پیشنهاد می‌دهد.

بررسی وضعیت تغییرات اقلیمی در ایران

تغییرات اقلیمی در ایران به‌طور چشمگیری در دهه‌های اخیر مشهود بوده و این کشور یکی از مناطق آسیب‌پذیر در برابر اثرات تغییرات اقلیمی در سطح جهانی محسوب می‌شود. ایران به‌دلیل موقعیت جغرافیایی و تنوع اقلیمی خود از جمله کشورهای است که تغییرات اقلیمی اثرات گسترده‌ای بر آن خواهد داشت. این تغییرات شامل افزایش دما، کاهش بارش‌ها و تغییر الگوهای آب و هوایی است که می‌تواند تهدیدات عمده‌ای برای منابع آبی، کشاورزی و اکوسیستم‌های طبیعی ایجاد کند (Mirza, ۲۰۲۰; Soltani et al., ۲۰۰۳).

تغییرات دمایی در ایران

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که دمای هوای ایران در حال افزایش است و این روند در سال‌های اخیر شدت بیشتری یافته است. داده‌های موجود نشان می‌دهند که دمای سالانه در ایران در چند دهه اخیر به‌طور متوسط حدود ۱,۵ درجه سلسیوس افزایش یافته است (Rashki et al., ۲۰۱۷). این افزایش دما باعث بروز تغییرات عمده‌ای در الگوهای بارش، فصل‌ها و طول مدت خشکسالی‌ها می‌شود. افزون بر این، گرم‌تر شدن هوا می‌تواند منجر به افزایش تبخیر از منابع آبی و کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی آب در این کشور شود (Khosravi et al., ۲۰۲۰).

تغییرات بارشی و خشکسالی‌ها

تغییرات در الگوهای بارش در ایران نیز به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک این کشور بسیار بارز است. داده‌ها نشان می‌دهند که بارش‌های سالانه در بسیاری از مناطق ایران کاهش یافته است و این کاهش بارش‌ها در سال‌های اخیر شدت یافته است (Fahad et al., ۲۰۱۵). برخی از مطالعات پیش‌بینی کرده‌اند که در آینده میزان بارش‌ها در مناطق غربی و شمال غربی ایران کاهش خواهد یافت، در حالی که مناطق مرکزی و جنوبی ایران احتمالاً با افزایش تابش و تغییرات شدیدی در الگوهای بارش مواجه خواهند شد (Jazebi et al., ۲۰۲۱). این تغییرات در بارش‌ها باعث کاهش منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و در نتیجه بحران‌های آبی در بسیاری از مناطق کشور خواهد شد.

تغییرات فصلی و تأثیرات اجتماعی

تغییرات فصلی و تغییر در طول دوره‌های مختلف سال نیز از اثرات تغییرات اقلیمی در ایران است. فصول گرم‌تر به‌ویژه در نواحی جنوبی و مرکزی کشور طولانی‌تر شده و دمای بالاتر در فصل تابستان می‌تواند به افزایش مصرف انرژی، کاهش بازده کشاورزی و تهدیدات سلامت عمومی منجر شود (Karami et al., ۲۰۱۳). همچنین تغییرات در فصول بارندگی و افزایش خشکسالی‌های طولانی مدت می‌تواند بر کشاورزی و معیشت مردم در مناطق روستایی تأثیر منفی بگذارد (Sabet et al., ۲۰۱۹).

پیش‌بینی‌ها و روندهای آینده

پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که در آینده نیز روند تغییرات اقلیمی در ایران ادامه خواهد یافت. طبق مدل‌های اقلیمی مختلف، ایران در آینده با دماهای بالاتر و بارش‌های کمتر مواجه خواهد شد که می‌تواند به تشدید بحران‌های آب و هوا در این کشور

منجر شود (Hosseini et al., ۲۰۲۰) برای مقابله با این چالش‌ها، نیاز به ارزیابی دقیق‌تر تأثیرات تغییرات اقلیمی و طراحی راهکارهای سازگاری و کاهش خطرات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

خشکسالی‌ها در ایران: انواع و علل

خشکسالی یکی از پدیده‌های طبیعی و متداول در اقلیم ایران است که به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک این کشور تأثیرات عمده‌ای دارد. خشکسالی‌ها به‌طور کلی به کاهش طولانی‌مدت بارش‌های طبیعی گفته می‌شود که منجر به کاهش منابع آبی، اختلال در فعالیت‌های کشاورزی و تهدیدات گسترده برای اکوسیستم‌ها می‌گردد. ایران به‌عنوان کشوری با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، به‌طور منظم با خشکسالی‌های مختلف مواجه است و تغییرات اقلیمی این مشکل را تشدید کرده است (Mahdavi et al., ۲۰۱۸) در این بخش، انواع خشکسالی‌ها و علل آن‌ها در ایران بررسی خواهد شد.

انواع خشکسالی

خشکسالی‌ها به‌طور کلی به چهار نوع اصلی تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

خشکسالی اقلیمی: این نوع خشکسالی به‌طور عمده به‌دلیل کاهش بارش‌ها در یک دوره زمانی خاص رخ می‌دهد و به‌طور مستقیم بر الگوهای اقلیمی تأثیر می‌گذارد. در ایران، کاهش بارش‌های فصلی به‌ویژه در فصل‌های سرد و پاییز و زمستان، باعث ایجاد خشکسالی اقلیمی می‌شود (Zarei et al., ۲۰۱۹).

خشکسالی هیدرولوژیکی: این نوع خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که حجم آب در منابع آبی نظیر رودخانه‌ها، سدها و مخازن زیرزمینی به حدی کاهش یابد که نتواند نیازهای مصرفی را تأمین کند. در ایران، بسیاری از رودخانه‌ها و منابع آبی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک با کاهش شدید دبی آب مواجه شده‌اند (Aghakouchak et al., ۲۰۱۵).

خشکسالی کشاورزی: خشکسالی کشاورزی زمانی اتفاق می‌افتد که کمبود آب به‌ویژه در زمین‌های کشاورزی باعث آسیب به تولیدات زراعی می‌شود. در ایران، با توجه به وابستگی بالای بخش کشاورزی به منابع آبی، خشکسالی‌های کشاورزی تهدیدی جدی برای امنیت غذایی و معیشت کشاورزان به‌شمار می‌رود (Khosravi et al., ۲۰۲۰).

خشکسالی اجتماعی-اقتصادی: این نوع خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که اثرات خشکسالی‌های طبیعی بر اقتصاد و جامعه شدید باشد و منجر به بحران‌های اجتماعی، کاهش تولیدات و اختلال در زندگی مردم شود. در ایران، اثرات خشکسالی‌های شدید بر بخش کشاورزی و منابع آبی می‌تواند منجر به ناپایداری اقتصادی و اجتماعی شود (Bashiri et al., ۲۰۲۰).

علل خشکسالی‌ها در ایران

خشکسالی‌ها در ایران تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی متعددی قرار دارند. این عوامل به شرح زیر هستند:

تغییرات اقلیمی: تغییرات اقلیمی به‌ویژه گرمایش جهانی نقش برجسته‌ای در شدت خشکسالی‌ها دارد. مدل‌های اقلیمی نشان داده‌اند که افزایش دما و تغییر الگوهای بارش‌ها در ایران می‌تواند به خشکسالی‌های طولانی‌مدت و شدید منجر شود. افزایش دما باعث تبخیر بیشتر آب و کاهش منابع آبی می‌شود. (Khosravi et al., ۲۰۲۰)

نوسانات طبیعی: نوسانات طبیعی مانند پدیده‌های نینو و لانینا (El Niño) و (La Niña) می‌توانند بر الگوهای بارش و خشکسالی در ایران تأثیر بگذارند. این پدیده‌ها به‌ویژه در مناطق جنوب و جنوب‌شرقی ایران تأثیرات قابل توجهی دارند و باعث کاهش بارش‌های فصلی می‌شوند. (Movahed et al., ۲۰۲۰)

استفاده غیرمناسب از منابع آبی: بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و سطحی، به‌ویژه در بخش کشاورزی، می‌تواند منجر به تشدید خشکسالی‌ها گردد. در ایران، استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی باعث افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی و ایجاد بحران‌های آبی شده است. (Jazebi et al., ۲۰۲۱)

بیابان‌زایی و تغییرات کاربری اراضی: تغییرات کاربری اراضی، از جمله تغییر اراضی کشاورزی به زمین‌های مسکونی و صنعتی و همچنین گسترش بیابان‌ها به دلیل تخریب پوشش گیاهی و جنگل‌زدایی، می‌تواند تشدید کننده خشکسالی‌ها باشد. این تغییرات باعث افزایش تبخیر و کاهش رطوبت خاک می‌شود. (Zarei et al., ۲۰۱۹)

آلودگی هوا و تغییرات در چرخه هیدرولوژیک: آلودگی هوا و افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌تواند منجر به تغییر در چرخه هیدرولوژیک شود. این تغییرات می‌توانند باعث تغییر الگوهای بارش و افزایش شدت خشکسالی‌ها در برخی مناطق ایران شوند. (Mahdavi et al., ۲۰۱۸)

خشکسالی‌ها در ایران یکی از تهدیدهای عمده برای منابع طبیعی، کشاورزی و اقتصاد هستند. تغییرات اقلیمی، نوسانات طبیعی، استفاده نادرست از منابع آبی و تغییرات کاربری اراضی از جمله عوامل مؤثر در تشدید خشکسالی‌ها به‌شمار می‌روند. برای مقابله با این بحران‌ها، نیاز به مدیریت بهینه منابع آبی، استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی و بهبود سیاست‌های زیست‌محیطی وجود دارد.

تأثیرات خشکسالی و تغییرات اقلیمی بر منابع آبی ایران

منابع آبی در ایران به‌عنوان یکی از منابع حیاتی برای تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعتی، تحت تأثیر شدید خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی قرار دارند. با توجه به وضعیت اقلیمی خشک و نیمه‌خشک کشور، تغییرات در الگوهای بارش و افزایش دما می‌تواند اثرات گسترده‌ای بر منابع آبی ایران داشته باشد. این بخش به بررسی تأثیرات خشکسالی و تغییرات اقلیمی بر منابع آبی کشور می‌پردازد.

تأثیرات خشکسالی بر منابع آب سطحی

منابع آب سطحی شامل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، سدها و منابع آبی دیگر هستند که تحت تأثیر خشکسالی‌ها به‌شدت کاهش می‌یابند. خشکسالی‌های طولانی‌مدت باعث کاهش دبی رودخانه‌ها و کاهش ظرفیت سدها می‌شود. در ایران، این مسئله به‌ویژه در سال‌های اخیر مشهود بوده است. برای مثال، کاهش بارش‌ها در حوضه‌های آبریز بزرگ کشور مانند حوضه دریاچه ارومیه،

منجر به کاهش شدید سطح آب دریاچه و سایر منابع آبی شده است. (Shahgoli et al., ۲۰۱۷) همچنین، خشکسالی‌های هیدرولوژیکی باعث کاهش دبی رودخانه‌ها و در نتیجه کاهش توان تأمین آب برای کشاورزی و مصارف شهری می‌شود (Aghakouchak et al., ۲۰۱۵).

تأثیرات خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی

استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در ایران به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی شده است. خشکسالی‌ها به‌عنوان یک عامل تشدیدکننده، وضعیت منابع آب زیرزمینی را بحرانی‌تر کرده‌اند. در بسیاری از مناطق ایران، به‌ویژه در مناطق مرکزی و شرقی، برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، همراه با خشکسالی‌های پی‌درپی، موجب کاهش سطح آب در چاه‌ها و بحران‌های آبی شده است. (Khosravi et al., ۲۰۲۰) این امر منجر به کاهش کیفیت منابع آبی زیرزمینی و حتی به شور شدن منابع آب در برخی از مناطق کشور شده است. (Sadeghi et al., ۲۰۱۷)

تأثیرات تغییرات اقلیمی بر بارش‌ها و توزیع فضایی منابع آبی

تغییرات اقلیمی به‌ویژه افزایش دما، به‌طور مستقیم بر توزیع فضایی و زمانی بارش‌ها تأثیر می‌گذارد. تغییر در الگوهای بارش می‌تواند موجب کاهش بارش‌های فصلی و افزایش دوره‌های خشکسالی شود. در ایران، با توجه به کاهش بارش‌ها در برخی مناطق و تغییر فصل‌ها، منابع آب سطحی و زیرزمینی با کمبود شدید مواجه خواهند شد. برای مثال، کاهش بارش‌های زمستانی در مناطق کوهستانی که منبع اصلی آب‌های سطحی هستند، موجب کاهش جریان رودخانه‌ها و ظرفیت ذخیره‌سازی آب در سدها می‌شود. (Movahed et al., ۲۰۲۰) علاوه بر این، افزایش دما منجر به افزایش تبخیر از منابع آبی و کاهش مقدار آب ذخیره‌شده در سطح زمین می‌شود. (Rashki et al., ۲۰۱۷)

تأثیرات تغییرات اقلیمی بر کیفیت منابع آبی

تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌ها می‌توانند به‌طور غیرمستقیم بر کیفیت منابع آبی نیز تأثیر بگذارند. به‌دلیل کاهش سطح آب، امکان آلودگی منابع آب از طریق ورود مواد آلاینده مانند سموم شیمیایی و مواد آلی به منابع آبی افزایش می‌یابد. در ایران، کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی باعث تمرکز آلودگی در مناطقی با منابع محدود آب شده است. (Khosravi et al., ۲۰۲۰) علاوه بر این، کاهش میزان آب می‌تواند تأثیر منفی بر اکوسیستم‌های آبی و زیستگاه‌های موجود در این منابع داشته باشد.

پیامدهای اجتماعی و اقتصادی کاهش منابع آبی

کاهش منابع آبی در ایران پیامدهای اجتماعی و اقتصادی گسترده‌ای به همراه دارد. کاهش آب در بخش کشاورزی می‌تواند باعث کاهش تولیدات زراعی، افزایش هزینه‌های تولید و تهدید امنیت غذایی کشور شود. به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران که وابستگی شدیدی به منابع آبی دارند، کاهش منابع آب موجب بحران‌های اقتصادی و اجتماعی خواهد شد (Fahad et al., ۲۰۱۵). علاوه بر این، کاهش منابع آب شهری نیز می‌تواند منجر به نارضایتی عمومی و فشار بر سیستم‌های تأمین آب شهری شود.

راهکارهای مقابله با تأثیرات خشکسالی و تغییرات اقلیمی بر منابع آبی

برای مقابله با تأثیرات خشکسالی و تغییرات اقلیمی بر منابع آبی، نیاز به مدیریت بهینه منابع آبی و اتخاذ استراتژی‌های کاهش خطر وجود دارد. استفاده از فناوری‌های نوین مانند آبیاری هوشمند، بازیافت آب، مدیریت منابع آب زیرزمینی و افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی می‌تواند به حفظ منابع آبی کمک کند. همچنین، اجرای سیاست‌های مناسب برای حفاظت از منابع آب و کاهش برداشت‌های بی‌رویه از منابع زیرزمینی ضروری است. (Zarei et al., ۲۰۱۹)

خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی اثرات قابل توجهی بر منابع آبی ایران دارند. کاهش بارش‌ها، افزایش تبخیر و بهره‌برداری نادرست از منابع آبی باعث کاهش شدید منابع آبی در کشور شده است. برای مقابله با این بحران‌ها، نیاز به مدیریت جامع و کارآمد منابع آبی، استفاده از فناوری‌های نوین و اجرای سیاست‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی وجود دارد.

راهکارهای مقابله با خشکسالی و تغییرات اقلیمی در ایران

خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی در ایران، به‌ویژه در دهه‌های اخیر، به چالشی جدی برای منابع طبیعی، اقتصادی و اجتماعی کشور تبدیل شده‌اند. کاهش منابع آبی، تغییر الگوهای کشاورزی، و تهدیدات زیست‌محیطی ناشی از خشکسالی‌ها، نیازمند اتخاذ تدابیر و سیاست‌های مؤثر برای مقابله و سازگاری با این چالش‌ها است. در این بخش، به بررسی راهکارهای مختلف مقابله با خشکسالی و تغییرات اقلیمی در ایران پرداخته خواهد شد.

مدیریت بهینه منابع آب

مدیریت بهینه منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برای مقابله با بحران‌های آبی ناشی از خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی برخوردار است. استفاده از تکنولوژی‌های نوین در بخش کشاورزی مانند آبیاری قطره‌ای و آبیاری هوشمند می‌تواند مصرف آب را به‌شدت کاهش دهد و بهره‌وری آب را افزایش دهد. طبق تحقیقات، آبیاری قطره‌ای به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران می‌تواند مصرف آب را به‌طور متوسط تا ۵۰ درصد کاهش دهد. (Khosravi et al., ۲۰۲۰) همچنین، استفاده از روش‌های بازچرخانی آب و تصفیه پساب‌ها نیز می‌تواند منابع آبی را به‌طور پایدارتر مدیریت کند و از آلودگی منابع آب جلوگیری نماید. (Fahad et al., ۲۰۱۵)

اصلاح الگوهای کشاورزی و تنوع گیاهی

یکی از مهم‌ترین بخش‌های مقابله با بحران خشکسالی و تغییرات اقلیمی، اصلاح الگوهای کشاورزی و استفاده از گونه‌های مقاوم به خشکی است. در بسیاری از مناطق ایران، کشاورزی به‌شدت وابسته به منابع آبی است و استفاده از گیاهان مقاوم به کم‌آبی می‌تواند به افزایش تولیدات کشاورزی کمک کند. به‌عنوان مثال، کاشت گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکی مانند گندم‌های اصلاح‌شده، می‌تواند در شرایط کم‌آبی بازدهی مناسبی داشته باشد. (Rashki et al., ۲۰۱۷) همچنین، توسعه کشاورزی پایدار و به‌کارگیری تکنیک‌های کشاورزی که نیاز به آب کمتری دارند، می‌تواند به کاهش فشار بر منابع آبی کمک کند.

حفاظت از منابع آب زیرزمینی

استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در ایران به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، موجب کاهش سطح آب‌های زیرزمینی شده است. بنابراین، یکی از راهکارهای اصلی مقابله با بحران خشکسالی، حفاظت از منابع آب زیرزمینی است. برای این منظور، باید از برداشت‌های بی‌رویه جلوگیری شود و تکنیک‌های بهبود بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی مانند استفاده از ذخایر زیرزمینی به‌طور پایدار و بهینه مورد توجه قرار گیرد (Sadeghi et al., ۲۰۱۷). اجرای سیاست‌های مؤثر برای جلوگیری از فرونشست زمین که یکی از پیامدهای برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی است، ضروری است.

توسعه سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار زود هنگام

برای مدیریت بهتر خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی، نیاز به سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار زود هنگام است که می‌توانند از آسیب‌های احتمالی به منابع آب و کشاورزی جلوگیری کنند. استفاده از مدل‌های پیش‌بینی تغییرات اقلیمی و خشکسالی می‌تواند به برنامه‌ریزی دقیق‌تر در مدیریت منابع آب و کشاورزی کمک کند. به‌عنوان مثال، استفاده از فناوری‌های سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای برای پیش‌بینی الگوهای بارش و دما می‌تواند به اتخاذ تصمیمات به‌موقع و کاهش خسارات کمک کند. (Aghakouchak et al., ۲۰۱۵)

آموزش و آگاهی‌رسانی عمومی

آگاهی مردم و کشاورزان از اهمیت مدیریت منابع آب و تغییرات اقلیمی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، یک راهکار مؤثر برای مقابله با بحران‌های آبی است. آموزش کشاورزان در خصوص روش‌های مصرف بهینه آب، استفاده از تکنیک‌های نوین آبیاری، و کاشت گیاهان مقاوم به خشکی می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری کشاورزی داشته باشد. (Zarei et al., ۲۰۱۹) همچنین، برنامه‌های آموزشی برای افزایش آگاهی عمومی در خصوص اهمیت حفاظت از منابع طبیعی و کاهش مصرف آب در زندگی روزمره می‌تواند به کاهش فشار بر منابع آبی کشور کمک کند.

استفاده از سیاست‌های تطبیق با تغییرات اقلیمی

پذیرش سیاست‌های تطبیقی به‌منظور سازگاری با تغییرات اقلیمی می‌تواند یکی از بهترین روش‌ها برای مقابله با بحران‌های ناشی از تغییرات اقلیمی باشد. این سیاست‌ها شامل تقویت زیرساخت‌های آبی، افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی آب، تغییر در شیوه‌های مصرف انرژی، و طراحی شهرها و روستاهای مقاوم در برابر خشکسالی و تغییرات اقلیمی است. به‌عنوان مثال، ایجاد سازه‌های ذخیره‌سازی آب باران و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی می‌تواند کمک‌کننده باشد (Bashiri et al., ۲۰۲۰).

تقویت همکاری‌های بین‌المللی

خشکسالی و تغییرات اقلیمی به‌طور جهانی بر مناطق مختلف تأثیر می‌گذارد و ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست. تقویت همکاری‌های بین‌المللی برای تبادل تجربیات، استفاده از فناوری‌های جدید، و کمک‌های مالی می‌تواند به ایران در مقابله با بحران‌های آبی و تغییرات اقلیمی کمک کند. همکاری‌های منطقه‌ای در حوزه‌های مدیریت منابع آبی و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی می‌تواند از شدت بحران‌های آتی بکاهد. (Mahdavi et al., ۲۰۱۸)

خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی تهدیدات جدی برای منابع آبی، کشاورزی و اقتصاد ایران محسوب می‌شوند. برای مقابله با این چالش‌ها، نیاز به استراتژی‌های جامع در حوزه مدیریت منابع آب، اصلاح الگوهای کشاورزی، و استفاده از فناوری‌های نوین وجود دارد. همچنین، سیاست‌های آگاهی‌رسانی و آموزش عمومی، همکاری‌های بین‌المللی، و تقویت سیستم‌های پیش‌بینی می‌تواند به کاهش اثرات خشکسالی و تغییرات اقلیمی در ایران کمک کند.

نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آینده مدیریت منابع آبی در ایران

ایران با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک خود، یکی از کشورهای در معرض خطر تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های طولانی‌مدت است. این چالش‌ها باعث کاهش منابع آبی، به‌ویژه منابع آب سطحی و زیرزمینی، شده و اثرات آن در بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی کشور مشهود است. در این بخش، به نتیجه‌گیری کلی از وضعیت کنونی منابع آبی در ایران و چشم‌انداز آینده مدیریت این منابع پرداخته خواهد شد.

خلاصه نتایج

با توجه به مطالعات مختلف، ایران در دهه‌های اخیر با افزایش دما و کاهش بارش‌ها مواجه بوده است. این تغییرات اقلیمی منجر به کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی، افزایش تبخیر از مخازن آب و کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی آب شده است (Aghakouchak et al., ۲۰۱۵). در نواحی خشک و نیمه‌خشک کشور، تهدیدات جدی برای کشاورزی، تأمین آب شرب و حتی صنایع مختلف به‌دنبال داشته است (Fahad et al., ۲۰۱۵).

یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی است که منجر به افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی و فرونشست زمین در برخی مناطق شده است (Khosravi et al., ۲۰۲۰). به‌علاوه، تغییرات اقلیمی موجب تغییر الگوهای بارش و توزیع فضایی منابع آبی شده که به‌ویژه در فصول زمستان و بهار، باعث کاهش بارش‌ها و افزایش دوره‌های خشکسالی می‌شود (Rashki et al., ۲۰۱۷). این وضعیت بحران‌آفرین، لزوم تغییرات اساسی در سیاست‌گذاری‌های آبی کشور را می‌طلبد.

چشم‌انداز آینده

چشم‌انداز آینده مدیریت منابع آبی در ایران، با توجه به روند کنونی تغییرات اقلیمی و کاهش منابع آبی، نیازمند رویکردهای نوآورانه و به‌کارگیری فناوری‌های جدید است. از جمله راهکارهای مؤثر برای مقابله با بحران منابع آبی در آینده می‌توان به بهبود بهره‌وری آب، استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته در کشاورزی و آبی‌پروری، و اجرای پروژه‌های مدیریت منابع آب به‌صورت پایدار اشاره کرد (Sadeghi et al., ۲۰۱۷).

در این راستا، یکی از اصلی‌ترین اقدامات باید توسعه سیستم‌های مدیریت منابع آب، نظیر تأسیس بانک‌های آب و اجرای طرح‌های جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران باشد (Shahgoli et al., ۲۰۱۷). همچنین، تغییر الگوهای کشاورزی و ترویج استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی و کم‌آبی می‌تواند به پایداری تولیدات کشاورزی کمک کند (Zarei et al., ۲۰۱۷).

(۲۰۱۹) از سوی دیگر، آموزش و آگاهی‌رسانی به کشاورزان و عموم مردم در خصوص نحوه مصرف بهینه آب و مدیریت منابع آبی می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف بی‌رویه و حفظ منابع آب داشته باشد.

راهکارهای پیشنهادی برای آینده

برای پیش‌بینی و مدیریت اثرات تغییرات اقلیمی بر منابع آبی در ایران، به‌کارگیری مدل‌های پیش‌بینی تغییرات اقلیمی و استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و سنجش از دور در زمینه پیش‌بینی بارش و دما می‌تواند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. این مدل‌ها می‌توانند به تصمیم‌گیرندگان کمک کنند تا استراتژی‌های بهینه برای مدیریت منابع آب تدوین کنند و اقدامات لازم را به‌موقع انجام دهند. (Aghakouchak et al., ۲۰۱۵)

همچنین، نیاز است که برنامه‌های کلان مدیریتی در سطح ملی و منطقه‌ای تدوین شود تا به‌وسیله آن‌ها بتوان منابع آبی را به‌طور بهینه و متوازن توزیع کرد و از برداشت بی‌رویه جلوگیری نمود. (Movahed et al., ۲۰۲۰) توسعه همکاری‌های بین‌المللی نیز برای تبادل تجربیات و دسترسی به فناوری‌های نوین در مدیریت منابع آبی و کشاورزی می‌تواند به ایران کمک کند تا بهتر با چالش‌های موجود مقابله نماید. (Mahdavi et al., ۲۰۱۸)

نتیجه‌گیری نهایی

خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی از چالش‌های جدی پیش‌روی ایران هستند که به‌ویژه در بخش منابع آبی، کشاورزی و امنیت غذایی تهدیدات بزرگی به‌وجود آورده است. برای مقابله با این بحران‌ها، نیاز است که استراتژی‌های جامع و میان‌مدت در زمینه مدیریت منابع آبی، اصلاح الگوهای کشاورزی، و توسعه فناوری‌های نوین پیاده‌سازی شود. اجرای سیاست‌های پایدار، تقویت آگاهی عمومی و همکاری‌های بین‌المللی می‌تواند به کاهش اثرات منفی خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی کمک کرده و ایران را در مسیر پایداری منابع آبی قرار دهد.

توصیه‌ها و پیشنهادات برای بهبود مدیریت منابع آبی و مقابله با تغییرات اقلیمی در ایران

مدیریت منابع آبی در ایران در شرایط تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های فزاینده نیازمند رویکردهایی نوین، کارآمد و پایدار است. در این بخش، به بررسی مجموعه‌ای از توصیه‌ها و پیشنهادات برای بهبود وضعیت مدیریت منابع آبی و مقابله با چالش‌های مرتبط با تغییرات اقلیمی در ایران پرداخته می‌شود.

تقویت مدیریت یکپارچه منابع آب

مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM) به‌عنوان رویکردی کلان و جامع در مدیریت منابع آبی، به‌ویژه در کشورهای در معرض خشکسالی مانند ایران، امری ضروری است. این رویکرد بر هم‌افزایی بین بخش‌های مختلف (کشاورزی، صنعت، شرب و ...) و استفاده بهینه از منابع آبی تأکید دارد. مطالعات نشان می‌دهند که اجرای مدیریت یکپارچه منابع آب می‌تواند به کاهش تداخل‌ها و افزایش بهره‌وری منابع آبی منجر شود. (Sadeghi et al., ۲۰۱۷) در ایران، این رویکرد می‌تواند با تخصیص بهینه منابع آبی به‌ویژه در بخش کشاورزی، که بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب است، نقش اساسی در بهبود شرایط داشته باشد.

بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی

کشاورزی در ایران بیشترین مصرف آب را دارد و به‌طور میانگین، بیش از ۹۰ درصد از منابع آبی کشور در این بخش مصرف می‌شود. (Khosravi et al., ۲۰۲۰) به همین دلیل، بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی یکی از اولویت‌های اصلی است. استفاده از روش‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای، آبیاری هوشمند و سامانه‌های پیشرفته آبیاری تحت فشار، می‌تواند مصرف آب را به‌طور چشمگیری کاهش دهد و بهره‌وری کشاورزی را افزایش دهد. (Fahad et al., ۲۰۱۵) علاوه بر این، اصلاح الگوهای کشاورزی و ترویج کشت گیاهان مقاوم به خشکی می‌تواند به پایداری تولیدات کشاورزی کمک کند.

استفاده از فناوری‌های نوین برای مدیریت منابع آب فناوری‌های نوین نقش مهمی در بهبود مدیریت منابع آب دارند. به‌کارگیری سامانه‌های مدیریت منابع آب مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای، سنجش از دور و مدل‌سازی تغییرات اقلیمی می‌تواند به پیش‌بینی دقیق‌تر بارش‌ها و کاهش تأثیرات خشکسالی کمک کند. (Aghakouchak et al., ۲۰۱۵) همچنین، استفاده از تکنولوژی‌های نوین در تصفیه و بازیافت آب، از جمله استفاده از پساب‌های شهری و صنعتی برای مصارف غیرشرب و کشاورزی، می‌تواند به‌طور چشمگیری فشار وارد بر منابع آبی کشور را کاهش دهد. (Bashiri et al., ۲۰۲۰)

توسعه و تقویت زیرساخت‌های آب در بسیاری از مناطق ایران، زیرساخت‌های آب از جمله سدها، شبکه‌های آبیاری و خطوط انتقال آب فرسوده هستند. به همین دلیل، تقویت و توسعه زیرساخت‌های آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این اقدامات شامل بازسازی سدهای موجود، بهبود شبکه‌های توزیع آب، و اجرای طرح‌های ذخیره‌سازی آب باران در مناطق کم‌آب است. به‌طور خاص، احداث مخازن و سدهای جدید در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران می‌تواند به حفظ آب در دوره‌های بارش محدود و استفاده بهینه از آن در فصول خشک کمک کند. (Shahgoli et al., ۲۰۱۷)

آموزش و ارتقای آگاهی عمومی یکی از ارکان اساسی در مدیریت منابع آبی، آموزش و ارتقای آگاهی عمومی است. آموزش کشاورزان در خصوص تکنیک‌های نوین کشاورزی و آبیاری، و همچنین آگاهی‌رسانی به عموم مردم در خصوص اهمیت مصرف بهینه آب و حفاظت از منابع آبی، می‌تواند تأثیر بسیاری در کاهش مصرف بی‌رویه و حفاظت از منابع آب داشته باشد. تحقیقات نشان می‌دهند که برنامه‌های آموزشی در کشورهای در حال توسعه می‌تواند موجب کاهش ۲۰ تا ۳۰ درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی شود (Zarei et al., ۲۰۱۹). در ایران نیز، برگزاری کارگاه‌ها و برنامه‌های آموزشی می‌تواند موجب تغییرات رفتاری در مصرف آب شود.

تقویت همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای چالش‌های آب و تغییرات اقلیمی در ایران نه تنها به کشور محدود می‌شود، بلکه مسائل مربوط به منابع آبی در بسیاری از کشورهای هم‌جوار نیز مشابه است. بنابراین، تقویت همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای در زمینه مدیریت منابع آبی، تبادل تجربیات و دسترسی به فناوری‌های جدید از اهمیت بالایی برخوردار است. ایران می‌تواند با مشارکت در پروژه‌های مشترک و

همکاری با سازمان‌های بین‌المللی مانند بانک جهانی و سازمان ملل متحد، از منابع مالی و فنی برای بهبود وضعیت منابع آبی بهره‌برداری کند. (Mahdavi et al., ۲۰۱۸)

نتیجه‌گیری

با توجه به چالش‌های عمده‌ای که ایران در زمینه تغییرات اقلیمی و مدیریت منابع آبی مواجه است، اجرای راهکارهای نوین در زمینه مدیریت منابع آبی، بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی، و استفاده از فناوری‌های نوین می‌تواند به‌طور چشمگیری به مقابله با این چالش‌ها کمک کند. همچنین، تقویت زیرساخت‌های آب، ارتقای آگاهی عمومی و همکاری‌های بین‌المللی از جمله راهکارهای مؤثری است که می‌تواند به پایداری منابع آبی ایران در برابر تغییرات اقلیمی کمک نماید.

تشکر و قدردانی

از حمایت‌های سازمان آب و برق خوزستان تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- Aghakouchak, A., et al. (۲۰۱۵). Global drought and climate change. *Geophysical Research Letters*, ۴۲(۴), ۱۳۴۴-۱۳۵۳.
- Bashiri, A., et al. (۲۰۲۰). Social and economic impacts of drought in Iran: A comprehensive review. *Environmental Monitoring and Assessment*, ۱۹۲(۳), ۹۴.
- Fahad, S., et al. (۲۰۱۵). Climate change and its impact on water resources and agriculture in arid regions. *Environmental Science & Policy*, ۵۵, ۲۷-۳۵.
- Farahmand, A., et al. (۲۰۲۰). Climate change impacts on drought and water scarcity in the Middle East. *Environmental Research Letters*, ۱۵(۲), ۰۲۴۰۰۱.
- Hosseini, S. M., et al. (۲۰۲۰). Projected future climate change in Iran: Temperature and precipitation scenarios. *Atmospheric Research*, ۲۴۱, ۱۰۴۹۰۲.
- Jazebi, A., et al. (۲۰۲۱). Spatiotemporal analysis of precipitation trends in Iran under climate change scenarios. *Journal of Hydrology*, ۵۹۸, ۱۲۶۲۱۱.
- Karami, E., et al. (۲۰۱۳). Impacts of climate change on agricultural systems in Iran: A synthesis. *Environmental Development*, ۶, ۱۴-۲۶.
- Khosravi, S., et al. (۲۰۲۰). Impact of climate change on water resources in Iran: A case study of major river basins. *Journal of Hydrology*, ۵۸۸, ۱۲۵۰۷۹.
- Mahdavi, M., et al. (۲۰۱۸). The role of human activities in the intensification of droughts in Iran. *Environmental Science & Policy*, ۸۷, ۸۶-۹۷.
- Mirza, M. M. Q. (۲۰۰۳). Climate change and extreme weather events: Can developing countries adapt?. *Climate Policy*, ۳(۳), ۲۲۷-۲۴۴.

- Movahed, M., et al. (۲۰۲۰). El Niño and La Niña impacts on precipitation patterns in Iran. *Environmental Research Letters*, ۱۵(۵), ۰۵۴۰۰۲.
- Rashki, A., et al. (۲۰۱۷). Trends in temperature and precipitation in Iran and their impacts on the water resources. *Environmental Earth Sciences*, ۷۶(۷), ۲۴۹.
- Sabet, F., et al. (۲۰۱۹). Vulnerability of rural communities to climate change in Iran: A case study of agricultural adaptation strategies. *Environmental Development*, ۳۱, ۴۸-۵۷.
- Sadeghi, S., et al. (۲۰۱۷). Groundwater quality deterioration due to over-extraction: A case study from Iran. *Environmental Earth Sciences*, ۷۶, ۴۸۷.
- Shahgoli, A., et al. (۲۰۱۷). The impact of drought on the water resources of Lake Urmia and its basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, ۱۸۹(۱۰), ۵۲۷.
- Soltani, A., et al. (۲۰۲۰). Climate change impact on the agricultural sector in Iran: An assessment of vulnerability and adaptation strategies. *Environmental Science & Policy*, ۱۰۹, ۵۰-۵۹.
- Zarei, M., et al. (۲۰۱۹). Drought and climate change in arid and semi-arid regions: A case study of Iran. *Journal of Arid Environments*, ۱۶۰, ۴۱-۵۰.

Drought and Climate Change in Iran: Challenges and Adaptation Strategies

Zahra Hatami, Masoumeh Mahmoudi

MSc, Soil Biology and Biotechnology, University of Tehran

PhD, Environmental Science and Engineering, University of Tehran

Abstract

Iran, due to its geographical location, faces significant challenges related to climate change and drought. This paper examines the impacts of climate change, including rising temperatures and decreasing precipitation, on the country's water resources. Climate change has led to a reduction in surface and groundwater, increased evaporation, and decreased water storage capacity. Consequently, persistent droughts and reduced water resources have become a serious threat to agriculture, drinking water supply, and industrial development. The paper also suggests strategies for sustainable water management, including the use of advanced technologies, optimizing water use in agriculture, and strengthening water

infrastructure. Finally, the development of international cooperation and raising public awareness are identified as essential actions to address the water crisis and climate change in Iran.

Keywords: climate change, drought, water resources, Iran, water resource management, water use optimization.