

سارا امیر جلالی

دانشجوی کارشناسی، مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

 saraamirj@gmail.com



بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر حوزه‌های آبخیز ایران با تأکید بر پورتال دانش تغییر اقلیم (CCKP)

چکیده

تغییرات اقلیمی و بلایای طبیعی به عنوان چالش‌های اساسی جهانی در حوزه محیط‌زیست، اقتصاد و اجتماع شناخته می‌شوند. در این سیاق، مدیریت آبخیز به عنوان یک استراتژی اساسی برای افزایش انعطاف‌پذیری جوامع در مواجهه با این چالش‌ها، به تحقیقات گسترده‌تری نیازمند است. مقاله حاضر به بررسی شیوه‌ها و استراتژی‌های مدیریت آبخیز تمرکز دارد و بررسی می‌نماید که چگونه این روش‌ها می‌توانند برای مواجهه با چالش‌های تغییرات اقلیمی و بلایای طبیعی مرتبط با آن‌ها، سازگار شوند. هدف اصلی این مطالعه، شناسایی و تحلیل اثربخشی استراتژی‌ها و رویکردهای مختلف در مدیریت حوزه‌های آبخیز در شرایط تغییرات اقلیمی است. در پایان، این مقاله نه تنها به بهبود درک مفهوم مدیریت آبخیز و اهمیت آن برای حفظ منابع آب و کاهش خطرات محیط‌زیستی و اقتصادی کمک می‌کند، بلکه راهکارهایی را برای افزایش انعطاف‌پذیری اجتماعات در برابر تغییرات اقلیمی و بلایای طبیعی ارائه می‌دهد.

کلمات کلیدی:

تغییرات اقلیمی، حوزه آبخیز، پورتال دانش تغییر اقلیم (CCKP).

تغییرات اقلیمی می‌تواند بر فرآیندهای طبیعی اکوسیستم حوضه آبخیز تأثیر بگذارد (Band et al. ۱۹۹۶; IPCC ۲۰۰۱a); میانگین دمای سطح جهانی ۰.۶-۰.۴۵ درجه سانتی‌گراد (۰.۸-۱.۰ درجه فارنهایت) و میانگین سطح دریا تقریباً ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر (۶-۸ اینچ) در طول قرن گذشته افزایش یافته است (IPCC, ۲۰۰۱; USEPA, ۲۰۰۴).

در حالی که تغییرات اقلیمی به طور طبیعی نیز رخ می‌دهد، رشد جمعیت، سوزاندن سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو را تسریع کرده و زمین را گرم می‌کند (USEPA ۲۰۰۴). این روند افزایش دمای سطح زمین می‌تواند بر چرخه هیدرولوژیکی و فرآیندهای مختلف یک سیستم آبخیز تأثیر بگذارد. اثرات بالقوه شامل تغییرات رواناب، غنی‌سازی مواد مغذی، بارگیری رسوب و نرخ تبخیر و تعرق در یک سیستم حوضه آبخیز است (بند و همکاران ۱۹۹۶؛ چانگ و همکاران ۲۰۰۱؛ ایوانز و همکاران ۲۰۰۳).

تغییرات آب و هوا و بلایای طبیعی به عنوان یکی از چالش‌های عمده امروزه در مقیاس جهانی مطرح شده‌اند و تأثیرات عمیقی بر محیط زیست و اقتصاد جوامع دارند. این تغییرات نه تنها به تغییرات در الگوی بارش و دما منجر می‌شوند، بلکه به افزایش تعداد و شدت بلایای طبیعی نیز منجر می‌گردند. در این شرایط، مدیریت آبخیز تطبیقی به عنوان یک استراتژی اساسی برای افزایش انعطاف‌پذیری جوامع در مواجهه با این تحولات گوناگون مورد توجه قرار گرفته است.

حوضه‌های آبخیز به عنوان منابع اصلی تأمین آب برای مصرف کشاورزی، صنعتی، و شرب در مناطق مختلف جهان اهمیت زیادی دارند. این منابع، علاوه بر تأمین آب، در مدیریت سیلاب‌ها، کاهش خطرات سیل و تراز آب زیرزمینی نیز نقش اساسی دارند. با توجه به تغییرات آب و هوا و افزایش بلایای طبیعی نظیر سیلاب، خشکسالی‌ها و جوشاندن برف، مدیریت کارآمد و انعطاف‌پذیری در آبخیزها ضروری به نظر می‌آید.

علیرغم تحقیقات گسترده در مورد تأثیرات تغییر اقلیم، تحقیقات و اطلاعات در مورد تأثیر تغییرات اقلیمی بر سیستم‌های آبخیزداری در مراحل ابتدایی خود باقی مانده است. ارزیابی تغییرات اقلیمی در سیستم حوضه آبخیز برای توسعه استراتژی‌ها و سیاست‌های جایگزین برای کاهش اثرات گرمایش جهانی مهم است (IPCC, ۲۰۰۱).

هدف اصلی این مقاله، شناسایی بهترین شیوه‌ها و راهکارهای ممکن برای مدیریت آبخیز در شرایط تغییرات آب و هوایی است. با توجه به اینکه تغییرات آب و هوا به نوعی ناپیش‌بینا و متغیر هستند، یافتن راهکارهایی که بتوانند با این تغییرات سازگاری داشته باشند و به جامعه کمک کنند تا در برابر بلایای طبیعی و کاهش منابع آب مقاومت نمایند، ضروری به نظر می‌آید. در این مقدمه، به معرفی چالش‌های تغییرات آب و هوا و بلایای طبیعی در حوضه‌های آبخیز پرداخته و اهمیت مدیریت آبخیز تطبیقی برای حفظ منابع آب و کاهش خطرات محیط‌زیستی و اقتصادی بیشتر برجسته شده است. سپس، اهداف و رویکردهای اصلی این مقاله معرفی شده و مطالبی که در ادامه آمده است تا به دست‌آوردن یک مفهوم جامع از مدیریت آبخیز تطبیقی و ارتقاء کارآمدی آن برای مواجهه با تغییرات آب و هوا و بلایای طبیعی کمک کند، تشریح می‌شود.

اثرات تغییر اقلیم بر حوضه‌های آبخیز

تغییر اقلیم پیامدهای قابل توجهی برای حوضه‌های آبخیز دارد و چالش‌های متعددی را برای عملکرد اکولوژیکی و هیدرولوژیکی آن‌ها ایجاد می‌کند. حوضه‌های آبخیز، مناطقی از زمین هستند که به یک بدنه آبی مشترک می‌ریزند و به تغییرات دما، الگوهای بارش و فراوانی و شدت رویدادهای شدید آب‌وهوایی بسیار حساس هستند. این تغییرات می‌تواند تعادل دسترسی به آب، کیفیت آب و خدمات اکوسیستمی ارائه شده توسط حوضه‌های آبخیز را مختل کند (De Groot et al., ۱۹۹۴).
اثرات تغییر اقلیم بر حوضه‌های آبخیز عبارتند از:

۱. الگوهای هیدرولوژیکی تغییر یافته: تغییر اقلیم می‌تواند منجر به تغییر در الگوهای بارندگی شود، در نتیجه تغییر در زمان‌بندی و توزیع آب در دسترس در حوضه‌های آبخیز ایجاد شود. این مسئله می‌تواند منجر به تغییر الگوهای جریان آب شود، از جمله کاهش جریان آب در فصول خشک و افزایش سیل در طول رویدادهای بارندگی شدید.
۲. افزایش تنش آبی: افزایش دما و تغییر الگوی بارش می‌تواند کمبود آب را در برخی مناطق تشدید کند و استرس بیشتری را بر حوضه‌های آبخیز وارد کند. کاهش و ذوب سریع برف می‌تواند منجر به کاهش دسترسی به آب در طول فصول خشک شود و بر منابع آب انسانی و اکوسیستم‌های آبی تأثیر بگذارد.
۳. اثرات کیفیت آب: تغییرات اقلیمی می‌تواند بر کیفیت آب در حوضه‌های آبخیز تأثیر بگذارد. دمای هوای بالا موجب افزایش دمای آب می‌شود که این مسئله به نوبه خود می‌تواند تأثیرات منفی بر روی زیستگاه‌های آبی داشته باشد و ترکیب گونه‌ها را تغییر دهد. همچنین تغییر در الگوهای بارش می‌تواند بر رواناب و رسوب نیز تأثیر بگذارد و منجر به کاهش کیفیت آب شود (Arnell et al., ۲۰۰۱).
۴. اختلالات اکوسیستم: تغییرات اقلیمی می‌تواند تعادل اکولوژیکی را نیز در حوضه‌های آبخیز مختل کند. تغییرات دما و بارندگی بر توزیع و رفتار گونه‌ها تأثیر گذار است و می‌تواند منجر به تغییراتی در تنوع زیستی شود. بعلاوه به طور بالقوه عملکرد اکوسیستم‌های آبی را نیز تهدید می‌کند. (Herman et al., ۱۹۹۴)

تأثیرات تغییرات اقلیمی بر حوضه‌های آبخیز ایران؛ چالش‌ها و راهکارها

تغییرات اقلیمی در ایران، تأثیرات متنوعی بر حوضه‌های آبخیز این کشور داشته و چالش‌های موجود را تشدید نموده است، علاوه بر این، چالش‌های جدیدی نیز به وجود آورده است. در ادامه به تعدادی از تأثیرات تغییرات اقلیمی بر حوضه‌های آبخیز ایران پرداخته خواهد شد:

کاهش دسترسی به آب

افزایش دما و تغییر الگوی بارش منجر به کاهش دسترسی به آب در بسیاری از حوضه‌های آبخیز در سراسر ایران شده است. کاهش بارندگی و افزایش نرخ تبخیر به کاهش سطح آب در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و منابع آب زیرزمینی کمک کرده است. این امر پیامدهای قابل توجهی برای تامین آب، کشاورزی و اکوسیستم‌های این حوضه‌های آبخیز دارد.

تشدید تنش آبی

ایران به دلیل اقلیم خشک و نیمه‌خشک با تنش آبی مواجه است. تغییرات اقلیمی این تنش را با تغییر الگوهای بارش تشدید



کرده است. برخی از مناطق ایران با کاهش بارندگی مواجه هستند که منجر به شرایط خشک تر و محدودیت منابع آبی می‌شود. این مسئله، پیامدهای منفی در ارتباط با بهره‌وری کشاورزی، تامین آب برای جمعیت انسانی و عملکرد اکوسیستم‌ها وابسته به دسترسی کافی به آب را به همراه دارد.

تغییرات در الگوهای هیدرولوژیکی

تغییر اقلیم، الگوهای هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز ایران را تغییر داده است. تغییرات در شدت و زمان بارندگی منجر به تغییر در زمان و بزرگی جریان‌ها شده است. این قضیه، می‌تواند منجر به افزایش خطرات سیل در طول رویدادهای بارندگی شدید و کاهش جریان آب در طول دوره‌های خشک شود و بر فعالیت‌های انسانی و اکوسیستم‌هایی که به شرایط هیدرولوژیکی خاص متکی هستند، تأثیر بگذارد.

تأثیر بر اکوسیستم‌ها

تغییر اقلیم، پیامدهای قابل توجهی بر تنوع زیستی و عملکرد اکوسیستم‌ها در حوضه‌های آبخیز ایران دارد. تغییر در الگوهای دما و بارش می‌تواند بر توزیع و رفتار گونه‌ها تأثیر بگذارد و منجر به تغییر در جوامع اکولوژیکی شود. کمبود آب و الگوهای هیدرولوژیکی تغییر یافته نیز می‌تواند عملکرد اکوسیستم‌های آبی را مختل کند و بر جمعیت ماهی‌ها، کیفیت آب و تعادل کلی اکولوژیکی تأثیر بگذارد. (Abbaspour et al., ۲۰۰۹)

افزایش خطر بیابان‌زایی

ایران به دلیل آب و هوای خشک در حال حاضر مستعد بیابان‌زایی است. تغییرات اقلیمی با افزایش دما و کاهش دسترسی به آب، چندین حوضه آبخیز در ایران تحت تأثیرات قابل توجهی از تغییرات اقلیمی قرار دارند. چند نمونه از حوضه‌های آبخیزی که به شدت تحت تأثیر قرار گرفته‌اند عبارتند از:

حوضه آبریز رودخانه کارون: رودخانه کارون طولانی‌ترین و مهم‌ترین رودخانه ایران است و حوضه آبخیز آن به شدت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار دارد. کاهش بارندگی و افزایش نرخ تبخیر منجر به کاهش سطح آب در رودخانه شده است که بر تامین آب برای آبیاری، تولید برق آبی و سلامت اکوسیستم تأثیر گذاشته است.

حوضه آبخیز رودخانه زاینده‌رود: رودخانه زاینده‌رود، واقع در مرکز ایران، به دلیل تأثیرات تغییرات آب‌وهوایی با کمبود شدید آب مواجه است. کاهش بارندگی و افزایش دما منجر به کاهش جریان رودخانه و کاهش تغذیه آب زیرزمینی شده است. این امر پیامدهای قابل توجهی برای فعالیت‌های کشاورزی، تامین آب شهری و سلامت اکولوژیکی کلی حوضه داشته است.

حوضه آبخیز دریاچه ارومیه: دریاچه ارومیه واقع در شمال غربی ایران یکی از بزرگترین دریاچه‌های آب شور جهان است. تغییرات اقلیمی نقش بسزایی در کوچک شدن دریاچه داشته است. کاهش بارندگی، افزایش تبخیر و تغییر در الگوهای دما به کاهش سطح آب کمک کرده و اکوسیستم، تنوع زیستی و معیشت محلی دریاچه را تهدید کرده است.

دریاچه ارومیه یکی از بزرگترین دریاچه‌های شور دنیا بود که در دهه‌های گذشته به عنوان یکی از معجزه‌های طبیعی ایران شناخته می‌شد. در گذشته، دریاچه ارومیه به عنوان یک منبع آبی مهم برای شرب، کشاورزی، و حفظ تنوع زیستی در منطقه خدمت می‌کرد. این دریاچه دارای آبیاری حدود ۲۰۰ هزار هکتار زمین کشاورزی و بیش از ۵۰ گونه پستاندار و پرندگان بود. تغییرات اقلیمی از جمله افزایش دما، تغییرات در الگوهای بارش، و کاهش کمیت آب تا حدودی بر دریاچه ارومیه تأثیر



گذاشته‌اند. این تغییرات اقلیمی منجر به افزایش تبخر و تبخیر تر، کاهش بارندگی، و کمبود آب در دریاچه شده‌اند. وضعیت کنونی دریاچه ارومیه نگران‌کننده است. سطح آب دریاچه به طور مداوم کاهش می‌یابد و بسیاری از جزئیات از دست رفته است. این کاهش سطح آب منجر به تراکم نمی‌گردد، بلکه به کاهش غیرمعمول آب شور و اسیدی در دریاچه منجر شده و این وضعیت به بحران اکولوژیکی و اقتصادی منجر شده است.

دریاچه هامون و حوضه رودخانه هیرمند: دریاچه هامون که در جنوب شرقی ایران در امتداد مرز با افغانستان قرار دارد، به شدت تحت تاثیر تغییرات اقلیمی قرار گرفته است. کاهش بارندگی، خشکسالی‌های طولانی‌مدت و افزایش تقاضای آب برای کشاورزی منجر به خشک شدن دریاچه شده است. از بین رفتن آب در این حوضه پیامدهای شدید محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی برای منطقه به همراه داشته است.

حوضه آبخیز رودخانه هراز: رودخانه هراز نیز که از میان رشته کوه‌های البرز در شمال ایران می‌گذرد، اثرات تغییرات اقلیمی را تجربه می‌کند. تغییرات در الگوهای بارش و افزایش دما بر در دسترس بودن آب و زمان بندی جریان رودخانه تأثیر گذاشته است. این تغییرات پیامدهایی برای تامین آب، تولید برق آبی و اکوسیستم‌های وابسته به رودخانه دارد (Beyglou et al., 2009).



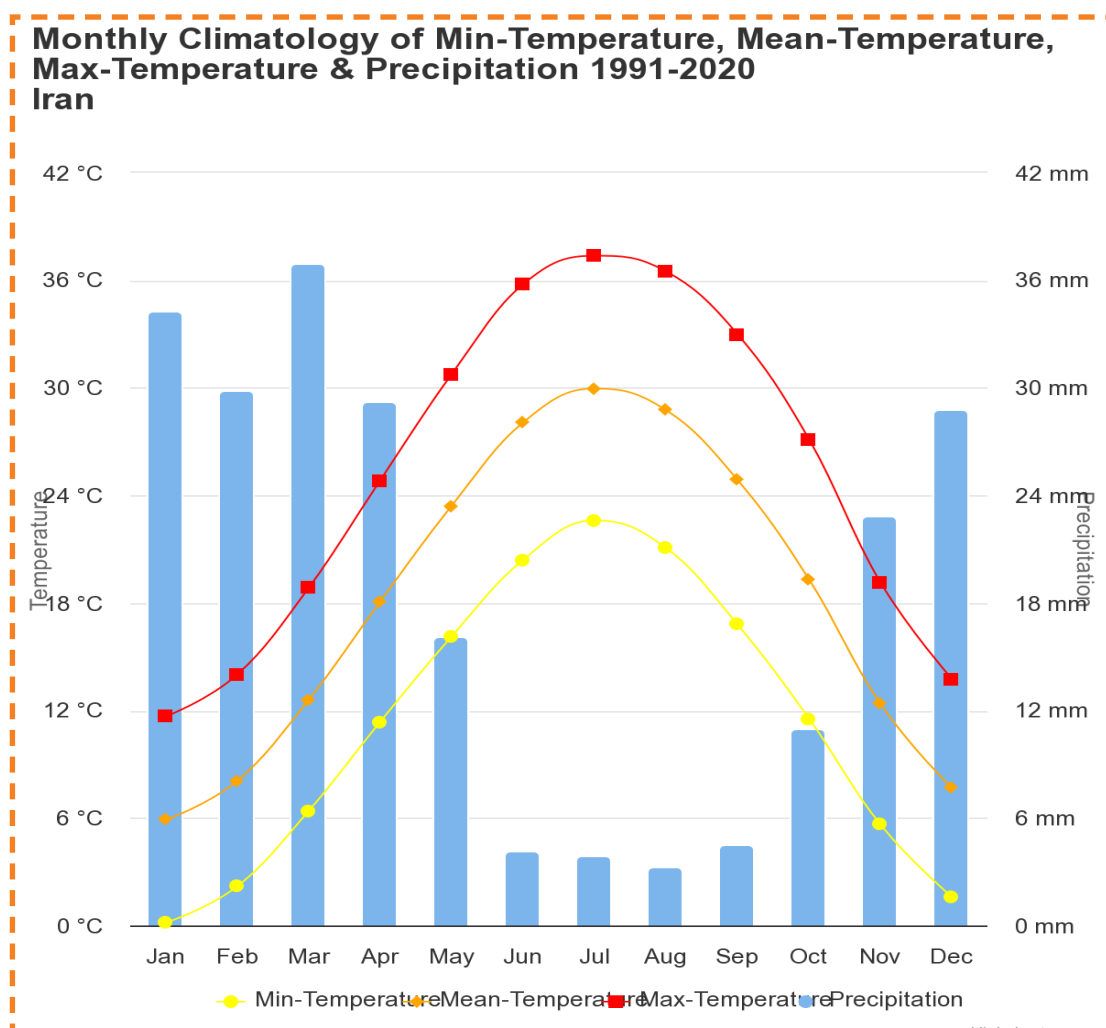
تصویر (۱) وضعیت زاینده‌رود

پورتال دانش تغییر اقلیم (CCKP)

پورتال دانش تغییر اقلیم (CCKP) پلتفرمی است که دسترسی به اطلاعات و داده‌های زیادی را در رابطه با تغییرات آب‌وهوا و تأثیرات آن فراهم می‌کند. داده‌ها را از منابع مختلف، از جمله مطالعات علمی، مدل‌های آب‌وهوا و گزارش‌ها، جمع‌آوری و مدیریت می‌کند تا اطلاعات جامعی در مورد مسائل مربوط به تغییرات آب و هوا ارائه دهد.

این پورتال اغلب شامل نقشه‌ها، نمودارها و نمودارهای تعاملی است که داده‌های آب‌وهوایی را به صورت بصری نشان می‌دهد. این تجسم‌ها می‌توانند روند دما، بارندگی و سایر متغیرها را در طول زمان نشان دهند و به شما این امکان را می‌دهند که چگونگی تأثیر تغییرات اقلیمی بر مناطق خاص یا متغیرهای مورد نظرتان را بررسی کنید.

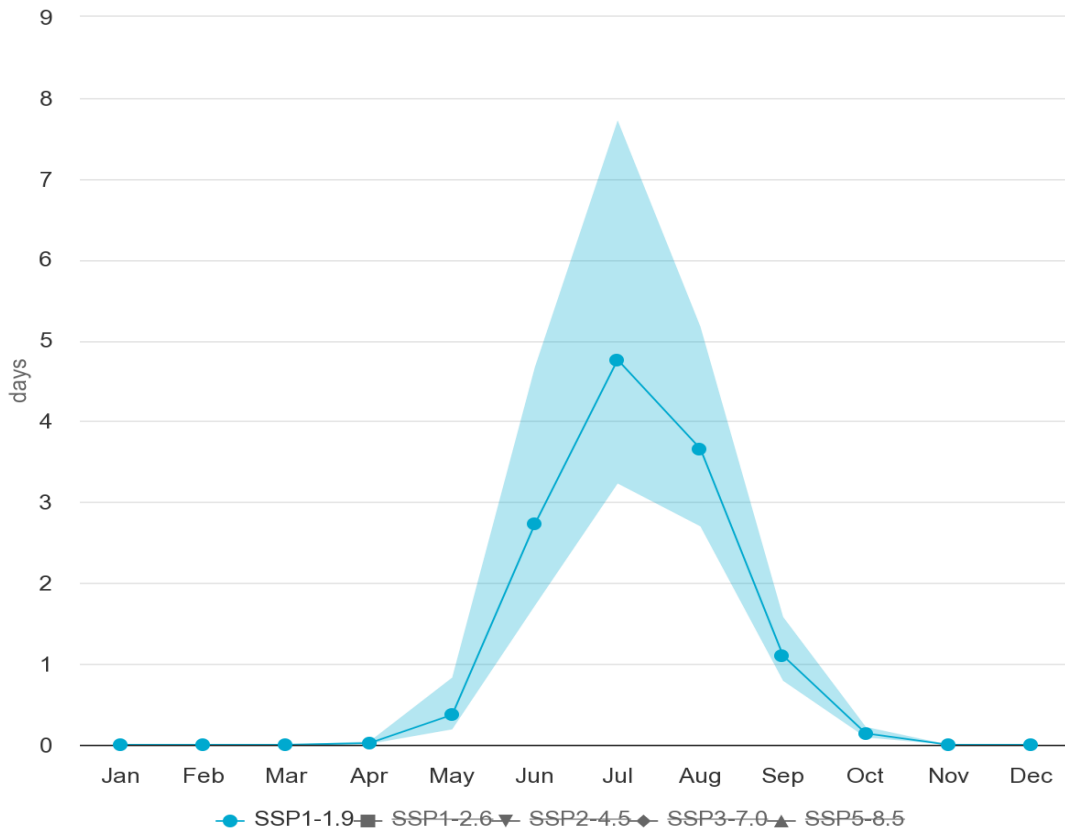
نمودارهای زیر با کمک پورتال دانش تغییر اقلیم (CCKP) برای بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بر جنبه‌های مختلف در ایران به دست آمده است. با استفاده از داده‌ها و ابزارهای تجسمی گسترده ارائه شده توسط CCKP، می‌توان تأثیرات تغییرات اقلیمی را بر موضوعات مختلف در داخل کشور تجزیه و تحلیل کرد و به تصویر کشید. نمودارهای ارائه شده، روندها و تغییرات کلیدی را نشان می‌دهند و بینش‌های ارزشمندی را در مورد چالش‌های جاری ناشی از تغییرات اقلیمی در ایران ارائه می‌دهند (Houghton et al., ۲۰۰۱).



تصویر ۲) تغییر اقلیم ماهانه حداقل دما، میانگین دما، حداکثر دما و بارندگی



**Projected Days with Heat Index > 35°C Anomaly for 2020-2039
Iran; (Reference Period: 1995-2014), SSP1-1.9, Multi-Model Enser**

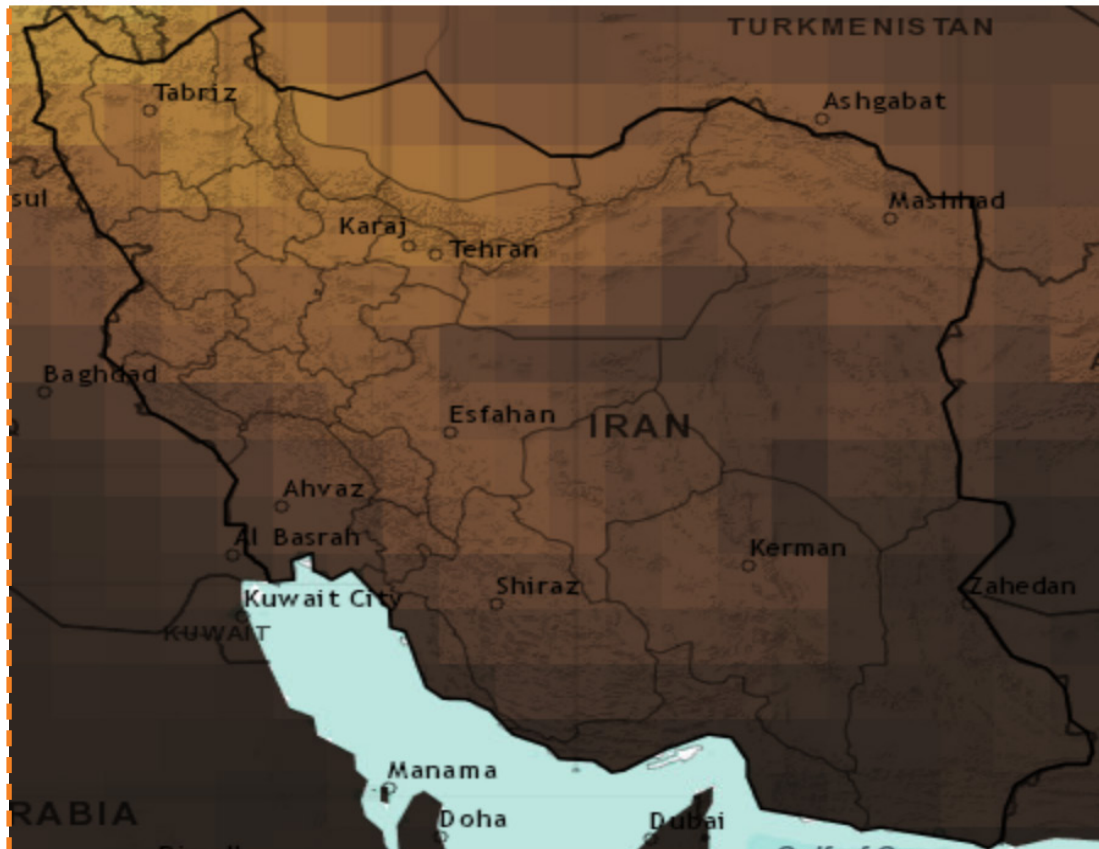


تصویر ۳) روزهای پیش بینی شده با شاخص گرمایی < ۳۵ درجه سانتی‌گراد، ناهنجاری برای سال های ۲۰۲۰-۲۰۳۹

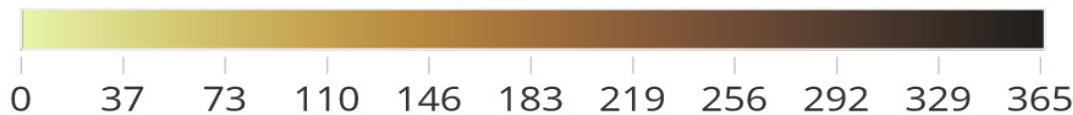
این نمودارها تغییرات هشداردهنده در الگوهای بارش، کاهش دسترسی به آب و اختلال در چرخه‌های هیدرولوژیکی در حوضه‌های آبخیز ایران را نشان می‌دهند. البته این تغییرات پیامدهای گسترده‌ای دارد و نه تنها بر منابع آبی بلکه بر اکوسیستم‌ها و جوامع وابسته به آن‌ها نیز تأثیر می‌گذارد. بدیهی است که تغییرات اقلیمی تهدیدی جدی برای پایداری و عملکرد حوضه‌های آبخیز، تشدید کمبود آب، به خطر انداختن کیفیت آب و تضعیف تعادل اکولوژیکی است. اجرای استراتژی‌های تطبیقی که مدیریت منابع آب را بهبود می‌بخشد، شیوه‌های پایدار را ترویج می‌کند و انعطاف‌پذیری اکوسیستم را تقویت می‌کند، بسیار مهم است. این مسئله شامل اقداماتی مانند بهبود حفاظت از آب، حفاظت و احیای زیستگاه‌های حیاتی و اجرای شیوه‌های کشاورزی هوشمند برای آب‌وهوا می‌شود. با تشخیص فوریت اقدام، می‌توان در جهت به حداقل رساندن تلفات ناشی از تغییرات اقلیمی در حوضه‌های آبخیز ایران تلاش کرد. ایجاد انعطاف‌پذیری نه تنها به حفاظت از منابع حیاتی آب کمک می‌کند، بلکه از اکوسیستم‌ها و معیشت‌های متنوعی که به آن‌ها وابسته است نیز محافظت می‌کند. این مسئولیت جمعی ماست که این چالش‌ها را اولویت‌بندی کرده و بر اساس آن‌ها عمل کنیم و آینده‌ای پایدار را برای حوضه‌های آبخیز ایران تضمین کنیم (Stocker et al., ۲۰۱۳).



Projected Climatology of Max Number of
Consecutive Dry Days for 2020-2039
(Annual)
Iran; (Ref. Period: 1995-2014), SSP1-1.9,
Multi-Model Ensemble



DAYS



تصویر ۴) تغییر اقلیم پیش‌بینی شده حداکثر تعداد روزهای خشک متوالی برای ۲۰۲۰-۲۰۳۹

رویکردی یکپارچه برای ایجاد تاب‌آوری در حوضه‌های آبخیز ایران

ایجاد تاب‌آوری در حوضه‌های آبخیز ایران نیازمند رویکردی جامع است که جنبه‌های مختلف برنامه‌ریزی را ادغام کند. در این مقاله چندین استراتژی وجود دارد، که می‌تواند به جلوگیری از آسیب بیشتر و افزایش انعطاف‌پذیری در حوضه‌های آبخیز کمک کند.

صرفه‌جویی و بهره‌وری از آب

ترویج شیوه‌های حفاظت از آب می‌تواند به کاهش تقاضای آب و افزایش دسترسی به منابع آب در حوضه‌های آبخیز کمک کند. اقداماتی مانند ترویج تکنیک‌های آبیاری کارآمد، اجرای فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش آگاهی در مورد اهمیت استفاده مسئولانه از آب است.

مدیریت و برنامه‌ریزی حوزه آبخیز

اجرای استراتژی‌های مدیریت و برنامه‌ریزی موثر حوزه آبخیز برای مدیریت پایدار منابع آب بسیار مهم است. این راهکار شامل رویکردهای یکپارچه‌ای است که جنبه‌های اکولوژیکی، هیدرولوژیکی و اجتماعی-اقتصادی حوضه‌های آبخیز را در نظر می‌گیرد.

احیای جنگل‌ها و اکوسیستم

احیای جنگل‌ها و اکوسیستم نقش حیاتی در افزایش تاب‌آوری حوزه آبخیز دارد. کاشت گونه‌های درختی بومی و احیای اکوسیستم‌های تخریب شده می‌تواند به بهبود حفظ آب، کاهش فرسایش خاک و افزایش تنوع زیستی کمک کند (Poffet al., 2002).

زیرساخت‌های مقاوم در برابر آب و هوا

توسعه زیرساخت‌های مقاوم در برابر آب و هوا می‌تواند به کاهش اثرات تغییرات آب‌وهوایی بر حوضه‌های آبخیز کمک کند. پروژه‌های زیربنایی مانند ساخت تأسیسات ذخیره آب، اقدامات حفاظتی در برابر سیل و سازه‌های کنترل فرسایش از نمونه‌های این راهکار است.

مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM)

اجرای رویکردهای IWRM می‌تواند هماهنگی و مدیریت منابع آب را در حوضه‌های آبخیز افزایش دهد. IWRM ادغام بخش‌ها و ذینفعان مختلف درگیر در مدیریت آب از جمله کشاورزی، صنعت و توسعه شهری را ترویج می‌کند. این رویکرد بر رویکرد مشارکتی و یکپارچه با در نظر گرفتن ملاحظات اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی تاکید دارد (Beebe, 1995).

مشارکت جامعه و ایجاد ظرفیت

مشارکت جوامع محلی و ایجاد ظرفیت آن‌ها برای مدیریت پایدار حوضه آبخیز ضروری است. توانمندسازی جوامع از طریق کمپین‌های آگاهی‌بخشی، برنامه‌های آموزشی و ابتکارات آموزشی به تقویت حس مالکیت کمک می‌کند و اتخاذ شیوه‌های پایدار را تشویق می‌کند. دانش محلی و شیوه‌های سنتی نیز می‌تواند در سازگاری با شرایط متغیر ارزشمند باشد (Michener et al., 1997).

سیاست و حکمرانی

تقویت چارچوب‌های سیاستی و مکانیسم‌های حاکمیتی برای مدیریت موثر حوضه آبخیز حیاتی است. این مسئله شامل توسعه و اجرای مقرراتی است که استفاده پایدار از آب را ترویج می‌کند، ایجاد انگیزه‌هایی برای حفظ آب، و ادغام ملاحظات تغییر اقلیم در سیاست‌های مدیریت آب.



ادغام این جنبه‌های مختلف برنامه‌ریزی اقدام، از جمله حفاظت از آب، مدیریت آبخیز، احیای اکوسیستم، توسعه زیرساخت‌ها، مشارکت جامعه و اصلاحات سیاستی، می‌تواند به ایجاد تاب‌آوری در حوضه‌های آبخیز و جلوگیری از آسیب‌های بیشتر در ایران کمک کند. با اتخاذ رویکردی جامع و انطباقی، ذینفعان می‌توانند برای تضمین پایداری و تاب‌آوری بلندمدت حوضه‌های آبخیز ایران در برابر تغییرات اقلیمی با یکدیگر همکاری کنند (Butler et al., ۲۰۰۱).

زیرساخت سبز

زیرساخت سبز در واقع به عنوان یکی از کارآمدترین و موثرترین رویکردها برای احیاء و مقاوم‌سازی حوضه‌های آبخیز شناخته می‌شود. زیرساخت سبز، به استفاده استراتژیک از عناصر طبیعی یا مبتنی بر طبیعت برای مدیریت منابع آب، بازیابی عملکرد اکوسیستم و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی اشاره دارد.

چندین پروژه موفق در ایران وجود دارد که اثرات مثبت احیای جنگل‌ها را بر حوضه‌های آبخیز نشان داده است. در اینجا چند نمونه بیان می‌شود:

پروژه احیای جنگل‌های مختلط هیرکانی خزر: این پروژه بر احیای جنگل‌های مختلط هیرکانی خزر که برای حفاظت از حوضه‌های آبخیز شمال ایران حیاتی هستند، تمرکز دارد. تلاش‌های احیای جنگل با هدف بهبود تنظیم آب، کاهش فرسایش خاک و افزایش تنوع زیستی انجام می‌شود. این پروژه با موفقیت تأثیر مثبت احیای جنگل را بر انعطاف‌پذیری حوضه آبخیز و سلامت اکولوژیکی آن، نشان داده است.

پروژه احیای جنگل‌های حوضه کرج: حوضه آبخیز کرج، واقع در نزدیکی تهران، به شدت تحت تأثیر جنگل‌زدایی و شهرنشینی قرار گرفته است. پروژه احیای جنگل در این منطقه بر کاشت گونه‌های درختی بومی برای احیای پوشش گیاهی طبیعی، بهبود نفوذ و حفظ آب متمرکز شده است. این پروژه نتایج مثبتی را در کاهش سیل، بهبود کیفیت آب و افزایش تاب‌آوری کلی حوضه آبخیز نشان داده است.

پروژه حفاظت و احیای جنگل‌های زاگرس: رشته کوه‌های زاگرس در غرب ایران، جنگل‌زدایی گسترده‌ای را تجربه کرده است که منجر به فرسایش خاک، کاهش دسترسی به آب و از بین رفتن تنوع زیستی شده است. پروژه حفاظت و احیای جنگل‌ها در این منطقه با هدف احیای جنگل‌های تخریب شده و بهبود شرایط حوضه آبخیز انجام می‌شود. این پروژه با موفقیت نقش احیای جنگل را در افزایش حفظ آب و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی نشان داده است.

این پروژه‌ها اهمیت احیای جنگل‌ها را در احیاء و تقویت حوضه‌هایی که با مشکلات ناشی از تغییرات اقلیمی در ایران مواجه هستند، برجسته می‌کند. آن‌ها نتایج مثبت احیای جنگل را نشان می‌دهند، از جمله بهبود تنظیم آب، کاهش فرسایش خاک، افزایش تنوع زیستی و افزایش انعطاف‌پذیری در برابر اثرات تغییرات اقلیمی.

نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر حوضه‌های آبخیز ایران پرداخته و نیاز مبرم به اقدام برای مقابله با این چالش‌ها برجسته شده است. تغییر اقلیم منجر به تغییرات قابل توجهی در الگوهای بارش، کاهش دسترسی به آب و افزایش آسیب‌پذیری در حوضه‌های آبخیز شده است. بدیهی است که اثرات تغییر اقلیم تهدیدی جدی برای پایداری و عملکرد



حوضه‌های آبخیز ایران است و منابع آبی، اکوسیستم‌ها و جوامع متکی به آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این مقاله اهمیت دسترسی به منابع اطلاعاتی قابل اعتماد مانند پورتال دانش تغییر اقلیم (CCKP) را برای به دست آوردن داده‌ها و نمودارهایی که بارندگی و تغییرات بارندگی در ایران را نشان می‌دهد مورد بحث قرار داد. پلتفرم‌هایی مانند CCKP بینش‌های ارزشمندی را در مورد تأثیرات تغییرات اقلیمی بر حوضه‌های آبخیز ارائه می‌دهند و می‌توانند به درک مقیاس و ماهیت این تغییرات کمک کنند.

برای ایجاد انعطاف‌پذیری در حوضه‌های آبخیز و جلوگیری از آسیب‌های بیشتر، ادغام جنبه‌های مختلف برنامه‌ریزی اقدام ضروری است. استراتژی‌هایی مانند حفاظت از آب، مدیریت حوزه آبخیز، احیای اکوسیستم، زیرساخت‌های مقاوم در برابر آب‌وهوا، مشارکت جامعه، سیاست‌گذاری و حکمرانی موثر بسیار مهم هستند. علاوه بر این، این مقاله بر اهمیت زیرساخت سبز به عنوان یک رویکرد کارآمد و موثر برای احیای حوضه‌های آبخیز تأکید دارد. استفاده استراتژیک از عناصر طبیعی یا مبتنی بر طبیعت می‌تواند به مدیریت منابع آب، بازیابی عملکرد اکوسیستم و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی کمک کند.

منابع

1. Abbaspour KC, Faramarzi M, Seyed Ghasemi S, Yang H (2009) Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. *Water Resour Res* 45:1–16.
2. Arnell, N., Liu, C., et al. (2001). Chapter 4: Hydrology and water resources. In J. Mc-Carthy, O. Canziana, N. Leary, D. Dokken, & K. White (Eds.), *Climate change (2001): Impacts, adaptation, and vulnerability* (pp. 191–233). Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
3. Band L, Mackay D, Creed I, Semkin R, Jeffries D (1996) Ecosystem processes at the watershed scale: sensitivity to potential climate change. *Limnol Oceanogr* 41(5):928–938.
4. Beebe, T. J. C. (1995). Amphibian breeding and climate change. *Nature*, 374, 219–220.
5. Beyglou M, Khoshakhlagh F, Ovji R (2009) The seasonal location and frequency of cyclone tracks of wet periods in middle-western Iran. *Natl Geogr Res* 68:71–84.
6. Bouraoui F, Grizzetti B, Granlund K, Rekolainen S, Bidoglio G (2004) Impact of climate change on the water cycle and nutrient losses in a finnish catchment. *Climatic Change* 66(1-2):109–126.
7. Butler, R. W., & Vennesland, R. G. (2000). Integrating climate change and predation risk with wading bird conservation research in North America. *Waterbirds*, 23(3), 535–540.
8. Carpenter S, Fisher S, Grimm N, Kitchell JF (1992) Global change and freshwater ecosystems. *Ann Rev Ecol Syst* 23:119–137.
9. Chang H, Evans B, Easterling D (2001) Effects of climate change on stream flow and nutrient loading. *J Am Water Resour Assoc* 37(4):973–986.
10. De Groot, R. S., & Ketner, P. (1994). Sensitivity of NW European species and ecosystems to climate change and some implications for nature conservation and management. In J. Pernetta, R. Leemans, D. Elder, & S. Humphrey (Eds.), *Impacts of climate change on ecosystems and species: Implications for protected areas* (pp. 28–53). Gland: The World Conservation Union (IUCN), Gland.
11. Dibike, Yonas B. and Coulibaly, Paulin, 2005, Hydrologic impacts of climate change in the Saguenay Watershed: Comparison of Ownscaling Methods and Hydrologic Models. *Journal of Hydrology*, 307(1-4): 145–163.
12. Evans B, Lehning D, Corradini K, Petersen G, Nizeyimana E, Hamlett J, Robillard P, Day R (2003) A comprehensive GIS-based modeling approach for predicting nutrient loads in watersheds. *J Spatial Hydrol* 2(2):1–18.
13. Herman, T. B., & Scott, F. W. (1994). Protected areas and global climate change: assessing theregional or local vulnerability of vertebrate species. In J. Pernetta, R. Leemans, D. Elder, & S. Humphrey (Eds.), *Impacts of climate change on ecosystems and species: Implications for protected Areas* (pp. 13–27). Gland: The World Conservation Union (IUCN).
14. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., et al. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press

