

Future Studies and New Technologies in Climate Change

Samane Arvandi

Ph.D. in Water Science and Engineering, Department of Soil and Water Ministry of Jahad Agriculture, Karaj,
Iran. Email: samane.arvandi@gmail.com

(Received: April 26, 2025; Revised: September 06, 2025; Accepted: September 16, 2025)

Abstract

The use of future studies and new technologies in climate change has many positive effects. By using new technologies such as smart irrigation systems, smart agriculture, and water resource management, the vulnerability of different sectors to climate change is reduced. New technologies such as intelligent notification and tracking systems for managing natural crises such as floods, droughts, and fires, help society's resistance to these crises and increase their efficiency. Using new technologies such as satellite imaging systems and tracking endangered species is effective in protecting the environment. In general, the use of future studies and new technologies in climate change in Iran can help the country to face climate challenges and move towards sustainable development and resistance to climate change. New technologies such as artificial intelligence and the Internet of Things (IoT) can help to optimally and intelligently control the consumption of natural resources such as water, energy and soil, as well as reduce the negative effects of climate change. New technologies such as nanotechnology, energy storage, and smart energy systems increase the possibility of producing and using renewable energy. These technologies lead to a reduction in the use of fossil fuels and the emission of greenhouse gases. In general, technological advances in the field of climate change help to find the best solutions to adapt to these changes and lead to reducing their negative effects on societies and the environment.

Keywords: Adaptation, Climate change, Intelligent systems, Monitoring, New technologies.

آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین در تغییر اقلیم

سمانه اروندی

دکتری علوم و مهندسی آب، معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: samane.arvandi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۶؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۵

چکیده

استفاده از آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین در تغییرات اقلیم آثار مثبت زیادی دارد. با استفاده از فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های هوشمند آبیاری، کشاورزی هوشمند، و مدیریت منابع آب، آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف به تغییرات اقلیمی کاهش می‌یابد. فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های هوشمند اطلاع‌رسانی و ردیابی برای مدیریت بحران‌های طبیعی مانند سیل، خشکسالی، و آتش‌سوزی، به مقاومت جامعه در برابر این بحران‌ها کمک می‌کند و کارایی آن‌ها را افزایش می‌دهند. استفاده از فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های تصویربرداری از ماهواره و ردیابی گونه‌های در معرض خطر، در حفاظت از محیط زیست موثر است. به طور کلی، استفاده از آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین در تغییرات اقلیمی در ایران می‌تواند به کشور کمک کند تا با چالش‌های اقلیمی مواجه شده و به سمت توسعه پایدار و مقاومت در برابر تغییرات اقلیمی حرکت کند. فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء (IoT)، می‌توانند به کنترل بهینه و هوشمندانه مصرف منابع طبیعی مانند آب، انرژی و خاک همچنین کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی کمک کنند. فناوری‌های جدید مانند نانو تکنولوژی، ذخیره‌سازی انرژی، و سیستم‌های هوشمند انرژی، امکان تولید و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش می‌دهند. این تکنولوژی‌ها منجر به کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شوند. به طور کلی، پیشرفت‌های فناوری در زمینه تغییرات اقلیمی به یافتن بهترین راهکارها برای سازگاری با این تغییرات کمک کرده، و منجر به کاهش اثرات منفی آن‌ها بر جوامع و محیط زیست می‌شوند.

واژگان کلیدی: تغییرات اقلیمی، سازگاری، سیستم‌های هوشمند، فناوری‌های نوین، مانیتورینگ.

مقدمه

تغییر اقلیم یکی از مهمترین چالش‌های محیط زیستی جهان است. تغییرپذیری‌های طبیعی اقلیم برای ریزش‌های جوی، افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرم شدن تدریجی کره زمین در سال‌های اخیر نگرانی‌ها را برای تغییر اقلیم کره زمین افزایش داده است. آلودگی آب و هوا، بالا آمدن سطح آب دریاها، ویرانی منابع زیست محیطی و کاهش منابع آب از جمله مسایل و مشکلاتی هستند که به تغییر اقلیم مربوط می‌شوند. در کشور ما تغییر اقلیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور نسبت به دیگر مناطق تاثیر بیشتری داشته و روی منابع آب، آب‌های سطحی و زیرزمینی و کیفیت آب تاثیر گذاشته است و رشد تقاضا برای آب به خصوص در بخش کشاورزی افزایش داده است. در صورت ادامه رند خشکسالی این مناطق با کمبود شدید ذخیره آب در آینده روبه‌رو خواهند شد. در سال‌های اخیر اقلیم کره زمین به علت فعالیت‌های صنعتی به سرعت در حال تغییر است. این امر به طور عمده به علت افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، جنگل‌زدایی و بیابان‌زدایی است (CutForth, 1999).

بنا بر گزارش IPCC عوامل مختلفی باعث بر هم خوردن شرایط حاکم بر اجزا مختلف سیستم اقلیم کره زمین می‌شود که می‌تواند آثاری بر اجزا دیگر بگذارد. در بین این عوامل تنها عاملی که بصورت غیر طبیعی بر سیستم اقلیم کره زمین تأثیر می‌گذارد، افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد (IPCC, 2007).

در پژوهشی گرمایش جهانی در زمین‌های دارای ذخایر آب و تاثیر آن بر تراز سطح آب دریا بررسی شد. برای انجام این پژوهش ۳۳ رودخانه مهم در جهان انتخاب شد. تغییرات تراز سطح آب در مقیاس کوتاه‌مدت (۲۰۰۹-۲۰۰۲) و به صورت سالیانه بررسی شد، یافته‌ها نشان داد تأثیر روند گرمایش جهانی بر تراز سطح آب منفی بوده است. آن‌ها بیان داشتند تخمین به دست آمده نمی‌تواند بیانگر یک روند درازمدت باشد (Llovel et al., 2010).

در سال‌های گذشته، بحران کمبود آب در اقصی نقاط جهان چنان خود را به رخ کشیده که برخی اندیشمندان و آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین در تغییر اقلیم دارای کاربردهای متعددی است که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم به مدیریت و پاسخگویی به چالش‌های اقلیمی کمک

می‌کنند. فناوری‌های پیشرفته مانند مدل‌های اقلیمی و سیستم‌های مانیتورینگ اقلیم، کمک به پیش‌بینی تغییرات آینده می‌کند. این اطلاعات حیاتی برای اتخاذ تدابیر احتیاطی و مدیریت بهتر بحران‌های مرتبط با تغییر اقلیم است. سیستم‌های پیشرفته پیش‌بینی سیل، خشکسالی، آتش‌سوزی و سایر بحران‌های طبیعی می‌توانند از طریق فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی، شبکه‌های سنسوری، و اطلاعات جغرافیایی مورد استفاده قرار گیرند. فناوری‌های نوین مانند انرژی‌های تجدیدپذیر (انرژی خورشیدی و بادی)، تکنولوژی‌های کم‌کربن (اتومبیل‌های الکتریکی و سیستم‌های حمل و نقل عمومی پاک) و فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی، کمک به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌کنند. مدیریت آب و منابع طبیعی، سیستم‌های مانیتورینگ اقلیم و محیط زیست، سیستم‌های هوشمند آبیاری، فناوری‌های کشاورزی هوشمند، و سیستم‌های مدیریت کمک می‌کنند تا بهترین راهکارها برای سازگاری با تغییرات اقلیمی در بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، آب و هوا پیدا گردند. سیستم‌های هوشمند اطلاع‌رسانی و ردیابی برای مدیریت بحران‌های طبیعی مانند سیل، خشکسالی، و آتش‌سوزی، امکان مدیریت و پاسخگویی بهتر به این بحران‌ها را فراهم می‌کنند. سیستم‌های تصویربرداری از ماهواره، مانیتورینگ هوشمند اکوسیستم‌ها، و تکنولوژی‌های حفاظت از گونه‌های در معرض خطر، محیط زیست را مانیتور کرده تا اقدامات لازم برای حفاظت از آن صورت پذیرد.

در سال‌های گذشته، بحران کمبود آب در اقصی نقاط جهان چنان خود را به رخ کشیده که برخی اندیشمندان و آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین در تغییر اقلیم دارای کاربردهای متعددی است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به مدیریت و پاسخگویی به چالش‌های اقلیمی کمک می‌کنند. فناوری‌های پیشرفته مانند مدل‌های اقلیمی و سیستم‌های مانیتورینگ اقلیم، کمک به پیش‌بینی تغییرات آینده می‌کند. این اطلاعات حیاتی برای اتخاذ تدابیر احتیاطی و مدیریت بهتر بحران‌های مرتبط با تغییر اقلیم است. سیستم‌های پیشرفته پیش‌بینی سیل، خشکسالی، آتش‌سوزی و سایر بحران‌های طبیعی می‌توانند از طریق فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی، شبکه‌های سنسوری، و اطلاعات جغرافیایی مورد استفاده قرار گیرند. فناوری‌های نوین مانند انرژی‌های تجدیدپذیر (انرژی خورشیدی و بادی)، تکنولوژی‌های کم‌کربن (اتومبیل‌های الکتریکی و سیستم‌های حمل و

نقل عمومی پاک) و فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی، کمک به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌کند. مدیریت آب و منابع طبیعی، سیستم‌های مانیتورینگ اقلیم و محیط زیست، سیستم‌های هوشمند آبیاری، فناوری‌های کشاورزی هوشمند، و سیستم‌های مدیریت، کمک می‌کنند تا بهترین راهکارها برای سازگاری با تغییرات اقلیمی در بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، آب و هوا پیدا گردند. سیستم‌های هوشمند اطلاع‌رسانی و ردیابی برای مدیریت بحران‌های طبیعی مانند سیل، خشکسالی، و آتش‌سوزی، امکان مدیریت و پاسخگویی بهتر به این بحران‌ها را فراهم می‌کنند. سیستم‌های تصویربرداری از ماهواره، مانیتورینگ هوشمند اکوسیستم‌ها، و تکنولوژی‌های حفاظت از گونه‌های در معرض خطر، محیط زیست را مانیتور کرده تا اقدامات لازم برای حفاظت از آن صورت پذیرد.

در ایران، آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین در تغییرات اقلیم از اهمیت بالایی برخوردار است و در حال حاضر نیز بسیاری از این فناوری‌ها در کشور به کار گرفته شده‌اند. این فناوری‌ها به ایران کمک کرده‌اند تا با چالش‌های تغییر اقلیمی که در این منطقه به خصوص در زمینه‌هایی مانند کاهش توانایی آبیاری، افزایش دما، کاهش بارش، و بروز بحران‌های طبیعی روبه‌روست، مواجه شود، مقابله کند. موارد بسیاری به عنوان راهکارهای مقابله با تغییرات اقلیمی پیشنهاد می‌گردند (صیاد، ۱۴۰۲):

- ✓ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر: توسعه و استفاده از منابع انرژی پاک مانند خورشیدی، بادی، و آبی.
- ✓ افزایش کارایی انرژی: بهبود فناوری‌ها و کاهش مصرف انرژی در صنعت، حمل و نقل، و ساختمان‌ها.
- ✓ سیستم‌های آبیاری هوشمند: استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی.
- ✓ تصفیه و بازیافت آب: توسعه سیستم‌های تصفیه و بازیافت آب برای استفاده مجدد از منابع آبی.
- ✓ محافظت از زیستگاه‌ها: ایجاد و مدیریت مناطق حفاظت‌شده برای حفظ گونه‌های گیاهی و جانوری.

- ✓ توسعه برنامه‌های بازسازی: بازسازی زیستگاه‌های تخریب‌شده و بازگرداندن گونه‌های منقرض‌شده.
- ✓ آموزش عمومی: افزایش آگاهی عمومی درباره تغییرات اقلیمی و آثار آن و تشویق به اقدامات پایدار.
- ✓ تحقیقات و توسعه: حمایت از تحقیقات علمی و فناوری‌های نوین برای مقابله با تغییرات اقلیمی.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

نتایج یافته‌های علمی نشان می‌دهد با اینکه در حال حاضر بیش از ۱/۲ میلیارد نفر به آب سالم و کافی دسترسی ندارند، تا سال ۲۰۵۰ بیش از سه‌چهارم جمعیت جهان به‌شدت تحت تأثیر کمبود آب شیرین قرار خواهند گرفت؛ در حالی که مصرف جهانی آب در صد سال گذشته (قرن بیستم) بیش از شش برابر افزایش یافته است که در مقایسه با افزایش دوبرابری مصرف غذا، رقم شگفت‌آوری است (FDI, 2011).

گزارش سال ۲۰۰۷ سازمان غذا و کشاورزی اعلام می‌کند که اگر تمام آب آشامیدنی جهان به نسبت مساوی بین افراد جهان تقسیم شود، هر نفر ۵ تا ۶ هزار متر مکعب آب برای سرانه مصرف سالیانه خواهد داشت که در مقایسه با ۱۰۰۰ متر مکعب آبی که به عنوان کمترین میزان لازم برای هر شخص در سال مطرح است، بسیار بیشتر است و این معنا را می‌رساند که عدالت آبی در جهان وجود نداشته و یکی از الزام‌های مواجهه منطقی با بحران‌های آبی احتمالی آینده، همکاری بین‌المللی و تلاش برای بازتوزیع یا تأمین محصولات یا کالاهای مورد نیاز افراد ساکن در مناطق کم‌آب جهان است (FAO, 2012).

کارشناسان معتقدند که ایران به مرحله خشکسالی هیدرواستاتیکی رسیده است. این بدان معناست که نه تنها سفره‌های استاتیک آب زیرزمینی در بسیاری از مناطق فلات ایران به پایان رسیده است، بلکه به مرحله‌ای وارد شده‌ایم که آب مصرفی خود را از ذخایر زیرزمینی استراتژیک و تجدیدپذیر تأمین می‌کنیم. این موضوع معادل حراج ثروت و سرمایه‌های ملی برای هزینه‌های جاری و مصرفی است، در حالی که همچنان شاهد سوء مدیریت منابع آبی کشور، تداوم خشکسالی و ادامه سیاست‌های توسعه ناپایدار و ناسازگار با محیط زیست هستیم. تغییر این شرایط نیازمند تغییر ساختاری در

مدیریت منابع آبی به ویژه در بخش کشاورزی، چرخش بنیادین در اولویت‌های سیاست گذاری ملی و محلی، دامن‌زدن به حساسیت‌های اجتماعی در زمینه مسائل محیط زیستی و موارد تلخ و بعدها شیرین دیگری از این دست است (Report Futures of Iran, 1394).

آینده‌پژوهی به عنوان علم مطالعه آینده‌های ممکن، محتمل مطلوب و تلاشی هدفمند نظام‌مند برای به کارگیری عالمانه ابزارها دست کاری مطلوب عوامل برای ایجاد آینده دلخواه، با تکیه بر روش‌های علمی، پرکاربرد و مقبول همچون سناریو نویسی تلاش می‌کند تا ما را در شناخت آینده‌های ممکن، محتمل و مطلوب و تلاش برای ایجاد آینده دلخواه یاری کند، (رضایان و رضایان، ۱۳۹۵).

اصطلاح اقلیم به متوسط بلندمدت آب و هوای یک منطقه اطلاق می‌شود (Yoosefdoost, 2018)، آب و هوا می‌تواند گرمتر یا سردتر از حد نرمال شود یا میانگین هر یک از اجزای آن با گذشت زمان افزایش یا کاهش می‌یابد اما دگرگونی اقلیم یک تغییر برگشت ناپذیر در میانگین شرایط آب و هوایی است که در یک منطقه اتفاق می‌افتد تغییرپذیری اقلیم شامل هرگونه دگرگونی در آب و هوا است که طولانی‌تر از رخداد‌های منفرد آب و هوایی است و ممکن است به مدت چند دهه یا طولانی‌تر باقی بماند (Yoosef Doost et al., 2018).

انسان‌ها در چند دهه اخیر و به ویژه بعد از انقلاب صنعتی به استفاده بیش از اندازه از طبیعت روی آورده‌اند که موجب افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی شده است که به‌طور فزاینده به طبیعت فشار زیادی وارد شود. از سال ۱۸۳۰ تاکنون متوسط دمای کره زمین روند افزایشی داشته است. انسان‌ها با فعالیت‌های خود میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را افزایش داده‌اند که مهمترین این گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن است (بخشی و همکاران، ۱۳۹۹).

از طرفی، بی‌شک فعالیت‌های انسانی می‌تواند برای جلوگیری از تغییرات اقلیمی بسیار اثرگذار باشند. اگر اقلیم به عنوان یک منبع در نظر گرفته شود و انسان‌ها خودشان را صاحبان اصلی منابع کره زمین و به خصوص منبع اقلیم بدانند، حفظ اقلیم از سیر قهقراپی تغییراتی که با آن مواجه می‌شود، از مهمترین وظایف ساکنان زمین خواهد بود و بر این اساس میتوان نتیجه گرفت انسان‌ها می‌توانند در کاهش پیامدهای ناشی از تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی نقش پررنگی داشته باشند (مرادی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۳).

در این پژوهش ضمن بررسی تغییرات اقلیمی، یافته‌های جدید جهانی که منجر به افزایش دمای جهانی، ذوب‌شدن یخ‌های قطبی و یخچال‌ها، تغییرات در الگوهای بارش و آثار بر اکوسیستم‌ها شده است نیز بررسی خواهد شد.

روش پژوهش

تغییرات اقلیمی یک چالش جهانی است که نیازمند همکاری بین‌المللی و اقدامات جدی در سطوح ملی و محلی است. ایران نیز با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی خاص خود، نیازمند اتخاذ راهکارهای مؤثر و پایدار برای مقابله با این چالش است.

با توجه به هدف این پژوهش که تحلیل اثر تغییر اقلیم در آینده جهان و راهکارهای مقابله با اثرات مخرب آن است، لذا در این مطالعه از روش تحلیل مستندات مطالعات علمی اخیر، در رابطه با تغییر اقلیم و اثرات آن استفاده شده است و کلیدواژه‌های Climate change، globale change، و سایر کلیدواژه‌های مرتبط با تغییر اقلیم گردآوری و جمع‌بندی شده است، از آنجایی که روش علم‌سنجی به محققان کمک می‌کند تا خلأهای موجود در مطالعات و فراوانی مطالعات در یک زمینه خاص دانشی را شناسایی و بررسی کنید، در نتیجه به گردآوری به‌روزترین مطالعات در رابطه با تغییر اقلیم و اثرات آن و همچنین راهکارهای مقابله با آن از پایگاه‌های استنادی معتبر مانند Magiran، SID، google scholar، science direct پرداخته شد، بنابراین، مطالعات موجود در این زمینه هم مورد تحلیل قرار گرفته شده است، همچنین در این پژوهش به مهم‌ترین پیامدهای تغییر اقلیم و راهکارهای مقابله با آن پرداخته شده است، در نهایت نتیجه کلی با توجه به جمع‌بندی محتوای این مطالعه آورده شده است.

یافته‌های پژوهش

تغییرات اقلیمی یک چالش جهانی است که نیازمند همکاری بین‌المللی و اقدامات جدی در سطوح ملی و محلی است. ایران نیز با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی خاص خود، نیازمند اتخاذ راهکارهای مؤثر و پایدار برای مقابله با این چالش است. در ادامه، به پیامدهای تغییر اقلیمی اشاره شده است.

افزایش دمای جهانی

در گزارش‌های اخیر، IPCC (هیئت بین‌دولتی تغییرات اقلیمی) تأکید کرده که میانگین دمای سطح زمین به طور پیوسته در حال افزایش است و اثرات آن به وضوح مشاهده می‌شود. پیش‌بینی می‌شود که حتی اگر انتشار گازهای گلخانه‌ای به سرعت کاهش یابد، برخی تغییرات اقلیمی غیرقابل اجتناب هستند. تحقیقات نشان می‌دهد که اقیانوس‌ها گرمای بیشتری جذب کرده‌اند که باعث افزایش سطح دریا و تغییر در جریان‌های اقیانوسی شده است.

ذوب شدن یخ‌های قطبی و یخچال‌ها

داده‌های ماهواره‌ای نشان می‌دهد که یخ‌های قطب جنوب و گرینلند با سرعت بیشتری نسبت به گذشته در حال ذوب شدن هستند. این امر به افزایش سطح دریا و تغییرات آب و هوایی منجر شده است.

تغییرات در الگوهای بارش

مطالعات جدید نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی باعث افزایش فراوانی و شدت بارش‌های شدید و سیل‌ها در مناطق مختلف جهان شده است. مناطق خشک جهان، به ویژه در آفریقا و خاورمیانه، با دوره‌های خشکسالی طولانی‌تر و شدیدتر مواجه هستند.

تأثیرات بر اکوسیستم‌ها

پژوهش‌های جدید نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی به گونه‌های مختلف فشار می‌آورد و بسیاری از آن‌ها نمی‌توانند به سرعت با شرایط جدید سازگار شوند، که این مسئله می‌تواند به انقراض گونه‌ها منجر شود. افزایش دمای اقیانوس‌ها و اسیدی شدن آن‌ها باعث سفیدشدن و مرگ صخره‌های مرجانی شده است.

تغییرات اقلیمی و یافته‌های جدید در ایران نیز منجر به تغییراتی شده است که به شرح زیر است:

افزایش دما و موج‌های گرما: داده‌های هواشناسی نشان می‌دهد که میانگین دمای ایران در دهه‌های اخیر افزایش یافته و موج‌های گرمای شدیدتر و طولانی‌تری رخ داده است. تابستان‌های ایران به طور شایان توجهی گرم‌تر شده و این امر بر زندگی روزمره و سلامت عمومی تأثیر منفی گذاشته است.

کاهش منابع آبی: مطالعات نشان داده است که بارش‌ها در بسیاری از مناطق ایران کاهش یافته و این امر منجر به کاهش منابع آب زیرزمینی و سطحی شده است. ایران با دوره‌های خشکسالی طولانی‌تر و شدیدتر مواجه است که به مشکلاتی در بخش کشاورزی و تأمین آب شهری منجر شده است.

تغییر در الگوهای بارش: افزایش فراوانی بارش‌های ناگهانی و شدید در برخی مناطق ایران باعث وقوع سیلاب‌های مکرر شده است. این سیلاب‌ها به زیرساخت‌ها و جوامع محلی آسیب‌های جدی وارد کرده‌اند.

تأثیرات بر کشاورزی: تغییرات در الگوهای بارش و افزایش دما بر تولیدات کشاورزی تأثیر منفی داشته و برخی محصولات کشاورزی کاهش یافته‌اند. افزایش دما و تغییرات اقلیمی به شیوع بیشتر آفات و بیماری‌های گیاهی منجر شده است.

اقدامات و راهکارهای پیشنهادی برای مقابله با تغییرات اقلیمی به چند صورت امکان‌پذیر است (Roston et al., 2022):

۱. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر: ایران با داشتن منابع غنی از انرژی خورشیدی و بادی می‌تواند از این منابع برای تولید انرژی پاک و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی استفاده کند.

۲. مدیریت منابع آب: به منظور مدیریت منابع آب استفاده از فناوری‌های نوین برای تصفیه و بازیافت آب به منظور کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری منابع آبی، توسعه و استفاده از سیستم‌های آبیاری هوشمند برای بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی توصیه می‌شود.

۳. افزایش آگاهی و آموزش: افزایش آگاهی عمومی درباره تغییرات اقلیمی و تأثیرات آن و تشویق به اقدامات پایدار، تقویت برنامه‌های آموزشی در زمینه تغییرات اقلیمی و مدیریت منابع طبیعی.

۴. حفاظت از تنوع زیستی: توسعه و مدیریت مناطق حفاظت‌شده برای حفظ گونه‌های گیاهی و جانوری، بازسازی زیستگاه‌های تخریب‌شده و تقویت اکوسیستم‌های طبیعی.

بررسی تأثیر استفاده از آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین در تغییرات اقلیم در جهان نشان‌دهنده رویکرد مثبت این فناوری می‌باشد. با استفاده از فناوری‌های نوین مانند مدل‌های اقلیمی پیشرفته، سیستم‌های مانیتورینگ اقلیم و محیط زیست، و اطلاعات جغرافیایی، می‌توان تغییرات اقلیمی را بهتر پیش‌بینی کرده و برنامه‌های مدیریتی مناسب برای کاهش اثرات منفی آن‌ها اجرا کرد. استفاده از فناوری‌های نوین برای تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر، افزایش کارایی انرژی، استفاده از انرژی ایمن و پاک، و توسعه فناوری‌های ذخیره‌سازی کربن، منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مهار گرمایش جهانی می‌گردد. فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، و تکنولوژی‌های نانو، در توسعه سیستم‌های هوشمند شهری، کشاورزی هوشمند، و مدیریت منابع طبیعی مؤثرند و به جوامع کمک می‌کنند تا با تغییرات اقلیمی سازگارتر شوند. فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های تصویربرداری از ماهواره، ردیابی گونه‌های در معرض خطر، و تکنولوژی‌های مانیتورینگ اکوسیستم‌های زیستی، می‌توانند به حفاظت از محیط زیست جهانی، حفظ گونه‌های در خطر و اکوسیستم‌های زیستی برای سازگاری با تغییرات اقلیمی کمک کنند. به‌طور کلی، استفاده از آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین در تغییرات اقلیمی در جهان می‌تواند به کاهش آثار منفی این تغییرات کمک کرده و به توسعه پایدار و مقاومت در برابر تغییرات اقلیمی کمک کند.

برای استفاده از آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین در تغییرات اقلیمی در جهان، از مجموعه‌ای از نرم‌افزارها و ابزارهای مختلف استفاده می‌شود که به کاربران کمک می‌کنند تا اطلاعات جغرافیایی، داده‌های اقلیمی، مدل‌های اقلیمی، و سایر منابع را تجزیه و تحلیل کنند و راهکارهای مختلف برای مقابله با تغییرات اقلیمی را ارزیابی و اجرا کنند. برخی از این نرم‌افزارها عبارت‌اند از (Male & Nouiri, 2020):

Climate Model Output Rewriter (CMOR): این نرم‌افزار به محققان امکان می‌دهد تا

داده‌های مدل‌های اقلیمی را به صورت استاندارد و قابل استفاده در تحقیقات دیگر تبدیل کنند.

Climate Data Operators (CDO): این ابزار برای تحلیل و پردازش داده‌های اقلیمی استفاده

می‌شود و می‌تواند اطلاعات مفیدی برای پژوهش‌های مختلف در زمینه تغییرات اقلیمی ارائه کند.

Climate-Forest Mapping Tool (CFMT): این نرم‌افزار به کمک محققان و مدیران جنگل‌ها کمک می‌کند تا آثار تغییرات اقلیمی بر جنگل‌ها را تحلیل و مدیریت کنند.

Climate Adaptation Toolkit (CAT): این ابزار به شهرداری‌ها و سازمان‌های دولتی کمک می‌کند تا برنامه‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی را اجرا کرده و آثار آن‌ها را بررسی کنند.

Climate Data Store (CDS): این نرم‌افزار از سوی اروپایی‌ها توسعه یافته است و دسترسی به داده‌های اقلیمی و ابزارهای تحلیلی را فراهم می‌کند تا محققان و تصمیم‌گیران بتوانند راهکارهای متناسب با تغییرات اقلیمی را پیاده‌سازی کنند.

Community Climate System Model (CCSM): این مدل از سوی اداره ملی اقیانوس و هواشناسی آمریکا توسعه یافته است و برای مطالعه تغییرات اقلیمی و پیش‌بینی آن‌ها استفاده می‌شود.

Decision Support Systems (DSS): این ابزارها برای ارائه پشتیبانی تصمیم‌گیری در زمینه‌های مختلف از جمله کشاورزی، منابع آب، و حفاظت از محیط زیست در برابر تغییرات اقلیمی استفاده می‌شود.

همچنین، ابزارهای دیگری نیز برای استفاده در زمینه آینده‌پژوهی و مدیریت تغییرات اقلیمی وجود دارند که به تحقیقات و پروژه‌های مختلف کمک می‌کنند. این ابزارها و نرم‌افزارها باعث افزایش توانایی تحلیل و پیش‌بینی تغییرات اقلیمی شده و به محققان و تصمیم‌گیران در فرایندهای تصمیم‌گیری مربوط به تغییرات اقلیمی کمک می‌کنند.

در ایران نیز مانند کشورهای دیگر، از نرم‌افزارها و ابزارهای مختلفی برای استفاده از آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین در مدیریت تغییرات اقلیمی استفاده می‌شود. برخی از این نرم‌افزارها و ابزارها عبارت‌اند از:

سیستم اطلاعات جغرافیایی: نرم‌افزارهای GIS مانند ArcGIS و QGIS برای تحلیل داده‌های جغرافیایی از جمله اطلاعات اقلیمی، تغییرات کاربری اراضی، و توزیع منابع طبیعی در ایران استفاده می‌شوند. این ابزارها به تحلیل دقیق‌تر تغییرات اقلیمی و ارائه راهکارهای مؤثر برای مدیریت بهینه منابع کمک می‌کنند.

مدل‌های اقلیمی محلی: برای پیش‌بینی تغییرات اقلیمی و ارائه راهکارهای مقابله با آن، از

مدل‌های اقلیمی محلی مانند WRF (Weather Research and Forecasting Model) و MM5 (Mesoscale Model 5) استفاده می‌شود که به صورت سفارشی برای شرایط جغرافیایی و اقلیمی ایران تنظیم می‌شوند.

نرم‌افزارهای تحلیل داده‌های اقلیمی: نرم‌افزارهایی مانند Climate Data Operators (CDO) و Climate-Forest Mapping Tool (CFMT) برای تحلیل و پردازش داده‌های اقلیمی از مهمترین ابزارها در مطالعه تغییرات اقلیمی و ارائه راهکارهای موثر برای مدیریت تغییرات اقلیمی در ایران هستند. نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده: این نرم‌افزارها برای ارائه پشتیبانی تصمیم‌گیری در زمینه‌های مختلف مانند کشاورزی، آب و هوا، و محیط زیست در برابر تغییرات اقلیمی استفاده می‌شوند. این ابزارها مانند Decision Support Systems (DSS) به تصمیم‌گیران در انتخاب بهترین راهکارها برای مدیریت تغییرات اقلیمی کمک می‌کنند.

سیستم‌های اطلاعات هواشناسی: سازمان هواشناسی ایران از سیستم‌های مختلفی برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌های هواشناسی و اقلیمی استفاده می‌کند که اطلاعات مهمی را به محققان و تصمیم‌گیران در زمینه مدیریت تغییرات اقلیمی در ایران ارائه می‌دهد. همچنین، از سایر نرم‌افزارها و ابزارهای مختلفی نیز می‌توان برای مدیریت تغییرات اقلیمی در ایران استفاده کرد که به تحلیل داده‌ها، پیش‌بینی تغییرات اقلیمی، و ارائه راهکارهای موثر برای مقابله با آن کمک می‌کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین در تغییرات اقلیمی در ایران توصیه می‌شود. این ابزارها و روش‌ها می‌توانند به صورت موثر در مدیریت تغییرات اقلیمی و کاهش اثرات منفی آن‌ها کمک کنند. با استفاده از مدل‌های پیشرفته آینده‌پژوهی، می‌توان به پیش‌بینی دقیق‌تری از تغییرات اقلیمی دست یافت. این اطلاعات می‌تواند به سازمان‌ها و تصمیم‌گیران کمک کند تا برنامه‌ها و سیاست‌های مؤثرتری برای مقابله با این تغییرات طراحی کنند. با توجه به تغییرات اقلیمی، منابع طبیعی از جمله آب، خاک و گیاهان نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند. استفاده از فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های آبیاری هوشمند، مدیریت منابع آب و خاک، و کشاورزی هوشمند می‌تواند کمک

کند تا منابع طبیعی در شرایط تغییرات اقلیمی بهینه مدیریت شوند. تغییرات اقلیمی باعث افزایش بحران‌های طبیعی مانند سیل، خشکسالی، و بادهای شدید می‌شود. استفاده از فناوری‌های نوین برای پیش‌بینی این بحران‌ها و ارائه راهکارهای موثر برای مدیریت آن‌ها می‌تواند به حفاظت از جان و مال مردم کمک کند. با توجه به تغییرات اقلیمی، نیاز به توسعه پایدار و کاهش اثرات زیست‌محیطی بیشتر می‌شود. استفاده از فناوری‌های نوین برای تولید انرژی پاک، حمل و نقل پایدار، مدیریت پسماند، و ساخت و ساز سبز می‌تواند به توسعه پایدار در ایران کمک کند. به طور کلی، با توجه به چالش‌های جدی که تغییرات اقلیمی برای ایران ایجاد می‌کند، استفاده از آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین برای مقابله با این چالش‌ها و کاهش اثرات منفی آن‌ها بسیار ضروری است.

منابع

- آبراهامیان، یرواند (۱۳۹۲). ایران بسین دو انقلاب. ترجمه احمد گل محمدی و محمدابراهیم فتاحی، تهران: نشر نی.
- علی‌بخشی، حسن، دوراندیش، آرش، و صبوحی صابونی، محمود (۱۳۹۹). پیامدهای تغییر اقلیم بر بازار محصولات کشاورزی. *اقتصاد کشاورزی*، ۱۳(۴)، ۵۵-۸۶.
- رضایان قیه‌باشی، احد، و رضایان، علی حسین (۱۳۹۵). آینده پژوهی بحران آب در ایران به روش سناریوپردازی. *اکوهیدرولوژی*، ۳(۱)، ۱۷-۱.
- حاتمی، عباس، و نوربخش، سوسن (۱۳۹۸). بازسازی معنایی بحران آب در شرق اصفهان بر اساس نظریه زمینه‌ای. *جامعه‌شناسی کاربردی*، ۳۰(۱)، ۱۴۲-۱۲۳.
- تغییر بزرگ جهان در سال ۲۰۵۰ (۱۳۹۴)، ترجمه سعید ارکانزاده یزدی، آزاده اکبری، نسیم بنایی، فرزانه سالمی، کاوه شجاعی، صوفیا نصرالهی، نازیلا نصرالهی، آزاده یکتایی، تهران: چاپ صنوبر.
- مرادی‌نژاد، امیر، و خسروبیگی، سعید (۱۴۰۳). ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش منطقه اراک. *مطالعات علوم محیط زیست*، ۹(۴)، ۹۵۳۴-۹۵۲۴.
- صیاد، وحیده (۱۴۰۲). تحلیل مطالعات اثر تغییر اقلیم در آینده جهان و راهکارهای کاهش اثرات مخرب آن. *آمد و فناوری دفاعی*، ۶(۱۹)، ۱۵۲-۱۲۷.
- Abramov, V., Burlov, V., & Татарникова, T. M. (2021). Digital technologies development for geo-information support of techno-sphere security in Arctic and Subarctic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 666(5), 052076.
- Ahmadi, H., Nazari Samani, A., & Malekian, A. (2010). The qanat: A living history in Iran. In Schneier-Madanes, G. & Courel, M. F. (Eds) *Water and Sustainability in Arid Regions (Bridging the Gap Between Physical and Social Sciences)*, London: Springer. 125-138.
- Bai, X., van der Leeuw, S., O'Brien, K., Berkhout, F., Biermann, F., Brondízio, E. S., et al. (2015). Plausible and desirable futures in the Anthropocene: A new research agenda. *Global Environmental Change*, 39, 351-362.
- Bauer, N., Calvin, K., Emmerling, J., Fricko, O., Fujimori, S., Hilaire, J., et al. (2016). Shared socio-economic pathways of the energy sector – Quantifying the narratives. *Global Environmental Change*, 42, 316-330.
- Cut Forth, H. W., Woodwin, B. G., Mc Cokey, R. J., Smith, D. G., Jefferson, P.G., & Akinremy, O. O. (1999). Climate change in the semi arid prairie of southwestern saskatchewan: Late winter-early spring. *J. Plant. Sci.*, 79, 353-343.
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Grover, P., Abbas, R., et al. (2021). Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? An editorial reflection and call to action. *International Journal of Information Management*, 60, 102456.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Coping with water scarcity, publications by Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012
- Future Directions International (FDI), Water: Our Future, Edited by: Mr Gary KleynMr Tasman Luttrell, published BY Future Directions International Desborough House, 2011.
- Groff, L., & Smoker, P. (1997). *Introduction to Future Studies*.
- Gümüşay, A. A., & Reinecke, J. (2021). Researching for desirable futures: From real utopias to imagining alternatives. *Management Studies*, 58(4), 1031–1052.
- IPCC. (2007) Climate change: The physical science basis. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., & Miller, H. L. (Eds.), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 P.
- Kalra, N., Hallegatte, S., Lempert, R. J., Brown, C., Fozzard, A., Gill, S., & Shah, A. (2014). *Agreeing on robust decisions: New processes for decision making under deep uncertainty*. The World Bank.
- Llovel, W., Becker, M. L., Cazenave, A., Franc, J., & Cre´taux, O. (2010). Global land water storage change from GRACE over 2009–2002; Inference on sea level. J. Guillaume Ramillien BC. R. Geoscience. 188–179.
- Male Abdel, M., & Nouiri, I. (2020). Study of trends and mapping of drought events in Tunisia and their impacts on agricultural production, *Sci. Total Environ*, 734, 139311.
- Minx, J. C., Lamb, W. F., Callaghan, M., Fuss, S., Hilaire, J., Creutzig, F., et al. (2018). Negative emissions—Part 1: Research landscape and synthesis. *Environmental Research Letters*, 13(6), 063001.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2022). Anticipatory innovation governance model in Finland. OECD Publishing.
- Report Futures of Iran (1394). Coming out Tehran, specialized media futures: <http://www.ayandeban.ir/iran1393/>.
- Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O’Neill, B. C., Fujimori, S., et al. (2016). The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153–168.
- Roston Eric, Murray Paul, Dottle Rachael, (2022), Life and Death in Our Hot Future Will Be Shaped by Today’s Income Inequality
- Slaughter, R. A. (1996). *Knowledge base of futures studies*. The Futures Study Center, Australia.
- Smekens, K., & van der Zwaan, B. (2004). Environmental externalities of geological carbon sequestration effects on energy scenarios. *Energy Policy*, 32(3), 389–399.
- Sokolov, A., Abramov, V., Istomin, E., Korinets, E., Bol’shakov, V. A., & Vekshina, T. (2020). Digital transformation of risk management for natural-industrial systems while climate change. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 940(1), 012003.
- Van Donkelaar, A., Martin, R. V., Brauer, M., Hsu, N. C., Kahn, R. A., Levy, R. C., & Winker, D. M. (2016). Global estimates of fine particulate matter using a combined geophysical_statistical method with information from satellites, models, and monitors. *Environmental science & technology*, 50(7), 3762–3772.
- Yoosof Doost, A., Asghari, H., Abunuri, R., Sadeghian, M. S. (2018). Comparison of CGCM3, CSIRO MK3 and HADCM3 Models in estimating the effects of climate change on temperature and precipitation in Taleghan Basin. *American Journal of Environmental Protection*, 6(1), 28–34.