


### محمدصادق رهبانی

دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

 rohbani.mohammad@ut.ac.ir



## بررسی جامع گزارش ششم تغییر اقلیم و ترسیم مسیرهای مدلسازی شده برای محدود کردن گرمایش جهانی

### چکیده

گزارش ششم ارزیابی IPCC، همچون ناقوسی، خطری بزرگ را برای بشریت و سیاره زمین به صدا در آورده است. این گزارش، فعالیت‌های انسانی، به‌ویژه انتشار گازهای گلخانه‌ای، را عامل اصلی گرمایش کره‌ی زمین و دگرگونی‌های گسترده در اتمسفر، اقیانوس‌ها، یخ‌ها و زیست‌کره می‌داند. این دگرگونی‌ها، پیامدهای مخربی در سراسر جهان داشته و در صورت عدم اقدام فوری و قاطع، نسل‌های آینده با فاجعه‌ای غیرقابل تصور روبرو خواهند شد. مقابله با این چالش بزرگ جهانی، نیازمند عزمی جهانی و همگانی است؛ (۱) در سطح بین‌المللی: تعهد و عمل به تعهدات توسط همه کشورها مورد عمل واقع شود (به‌ویژه کشورهای توسعه‌یافته)، ارائه کمک‌های مالی و فنی به کشورهای در حال توسعه برای سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی؛ (۲) در سطح دولتی: سرمایه‌گذاری در منابع انرژی تجدیدپذیر و ارتقای راندمان انرژی، حفظ جنگل‌ها و سایر اقدامات برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای؛ (۳) در سطح جامعه: ترویج فرهنگ صرفه‌جویی در مصرف انرژی، استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی، بازیافت و حفظ منابع، کاهش مصرف گوشت و گرایش به رژیم‌های غذایی پایدار، کاشت درخت و توسعه فضای سبز؛ (۴) در سطح فردی: افزایش آگاهی عمومی و آموزش در مورد تغییرات آب‌وهوایی، تشویق افراد به اقدام و مشارکت در حل این چالش بزرگ. این مقاله با بررسی پیامدهای تغییرات آب‌وهوایی و ارائه راه‌حل‌های مقابله با آن، به دنبال افزایش آگاهی عمومی و تشویق افراد به اقدام برای نجات سیاره زمین برای نسل‌های آینده است. اکنون زمان آن است که همه ما، با اتحادی جهانی، برای مقابله با این تهدید بزرگ، گام‌های عملی برداریم. آینده سیاره ما در دستان ماست.

### کلمات کلیدی:

تغییرات آب‌وهوایی، گرمایش کره‌ی زمین، گازهای گلخانه‌ای، سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی.

گزارش تلفیق ششمین گزارش ارزیابی IPCC (AR6) خلاصه‌ای از آخرین یافته‌ها در زمینه تغییر اقلیم، اثرات و مخاطرات گسترده آن و کاهش اثرات و سازگاری با تغییر اقلیم است. این گزارش یافته‌های اصلی گزارش ارزیابی ششم (AR6) را براساس دستاوردها و تلفیق سه کارگروه و سه گزارش ویژه ارائه کرده است.

سه گزارش کارگروه ارزیابی ششم عبارتند از؛ گزارش ارزیابی تغییر اقلیم ۲۰۲۱؛ مبانی علوم فیزیکی؛ گزارش ارزیابی تغییر اقلیم ۲۰۲۲؛ اثرات، سازگاری و آسیب‌پذیری و گزارش ارزیابی تغییر اقلیم ۲۰۲۲؛ کاهش اثر تغییر اقلیم. این سه ارزیابی به ترتیب مقالات علمی را که تا تاریخ ۳۱ ژانویه ۲۰۲۱، ۱ سپتامبر ۲۰۲۱ و ۱۱ اکتبر ۲۰۲۱ جهت انتشار پذیرفته شده‌اند را تحت پوشش قرار داده‌اند.

سه گزارش ویژه عبارتند از؛ گرمایش جهانی ۱/۵ درجه سانتی‌گراد (۲۰۱۸)؛ گزارش ویژه IPCC درباره اثرات گرمایش جهانی ۱/۵ درجه سانتی‌گراد بر سطوح مختلف صنعت و انتشار گازهای گلخانه‌ای، واکنش و تقویت جامعه جهانی در زمینه مخاطرات تغییر اقلیم، توسعه پایدار و از بین بردن فقر؛ تغییر اقلیم و زمین (۲۰۱۹)؛ گزارش ویژه IPCC در مورد تغییرات اقلیم، بیابان‌زدایی، تخریب زمین، مدیریت پایدار زمین، امنیت غذایی و جریان گازهای گلخانه‌ای در اکوسیستم‌های زمین؛ اقیانوس و یخ‌کره در اقلیم در حال تغییر (۲۰۱۹). این سه ارزیابی به ترتیب مقالات علمی را که تا تاریخ ۱۵ می ۲۰۱۸، ۷ آوریل ۲۰۱۹ و ۱۵ می ۲۰۱۹ جهت انتشار پذیرفته شده‌اند را تحت پوشش قرار داده‌اند.

خلاصه‌ای برای سیاست‌گذاران در سه بخش تهیه شده است؛ (۱) وضعیت و روند فعلی، (۲) آینده تغییر اقلیم، مخاطرات و پاسخ‌های بلند مدت، (۳) پاسخ‌های کوتاه‌مدت (در این مقاله منظور از پاسخ‌های کوتاه‌مدت تا سال ۲۰۴۰ و پاسخ‌های بلندمدت در زمانی بیشتر از سال ۲۰۴۰ است). این گزارش وابستگی متقابل اقلیم، اکوسیستم، تنوع زیستی و جوامع انسانی؛ ارزش انواع مختلف دانش؛ ارتباط تنگاتنگ بین سازگاری با تغییر اقلیم، کاهش انتشار، سلامت اکوسیستم، رفاه انسان و توسعه پایدار را به رسمیت شناخته و منعکس‌کننده‌ی تنوع فزاینده‌ی ذی‌مدخلان در اقدام اقلیم است.

## وضعیت و روند فعلی

### گرمایش مشاهده شده و علل ایجاد آن

بیلان (بالانس، بودجه یا ترازنامه) آب عبارت است از بیان تمام ورودی‌ها و خروجی‌های آب به یک مقیاس مکانی مشخص و در یک دوره زمانی مشخص، به نحوی که تعادل بین ورودی‌ها و خروجی‌ها با یک دقت قابل قبول برقرار باشد. برای درک بیلان آب باید اندکی با مفاهیم خاص مربوط در علم هیدرولوژی آشنا بود. در ادامه سعی می‌شود که مفاهیم مربوطه به صورت خلاصه و قابل فهم برای همگان و به دور از جزئیات غیرضروری تشریح شود. فعالیت‌های انسانی، عمدتاً از طریق انتشار گازهای گلخانه‌ای، بدون هیچ تردیدی منجر به گرم‌شدن کره‌ی زمین شده‌اند، به طوری که دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۱۱ نسبت به سال‌های ۱۸۵۰-۱۹۰۰، ۱/۱ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است.

انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای ناشی از استفاده ناپایدار انرژی و زمین، تغییر کاربری اراضی، سبک زندگی و الگوهای تولید و مصرف در مناطق مختلف، کشورها و در میان افراد افزایش یافته است. دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۲۰، ۱/۰۹ درجه سانتی‌گراد (۱/۲۰-۰/۹۵ درجه سانتی‌گراد) بیشتر از سال‌های ۱۸۵۶-۱۹۰۰ بود. افزایش دما در سطح زمین (۱/۵۹ درجه سانتی‌گراد (۱/۳۴-۱/۸۳ درجه سانتی‌گراد) بیشتر از سطح اقیانوس‌ها بود. افزایش گرمایش جهانی در دو دهه ابتدایی

قرن ۲۱ (۲۰۰۱-۲۰۲۱)، ۰/۹۹ درجه سانتی‌گراد (۱/۱-۰/۸۴ درجه سانتی‌گراد) بیشتر از ۱۸۵۰-۱۹۰۰ بود. افزایش دمای سطح جهان از سال ۱۹۷۰ سریع‌تر از هر دوره ۵۰ ساله دیگری طی ۲۰۰۰ سال گذشته بوده است. بازه محتمل افزایش دمای سطح زمین ناشی از فعالیت‌های انسانی تا ۲۰۱۰-۲۰۱۹ در مقایسه با ۱۹۰۰-۱۸۵۰، ۰/۱-۰/۳ درجه سانتی‌گراد و بهترین تخمین آن ۱/۰۷ درجه سانتی‌گراد بوده است. در این مدت، گازهای گلخانه‌ای موجب افزایش ۱-۲ درجه سانتی‌گرادی دما شده‌اند. سایر محرک‌های انسانی (عمدتاً آیروسول‌ها) موجب کاهش ۰/۸-۰ درجه سانتی‌گرادی دما شده است. محرک‌های طبیعی (خورشیدی و آتشفشانی) موجب تغییر ۱/۰ ± درجه سانتی‌گرادی دمای سطح زمین شده‌اند و تغییرپذیری درونی دما نیز موجب تغییر ۰/۲ ± درجه سانتی‌گرادی دمای سطح زمین است. افزایش مشاهده شده در غلظت مخلوط گازهای گلخانه‌ای از حدود سال ۱۷۵۰، بدون هیچ تردیدی ناشی از فعالیت‌های انسانی است. مقدار تجمعی انتشار خالص CO<sub>2</sub> از سال ۱۸۵۰ تا ۲۰۱۹، ۲۴۰۰ ± ۲۴۰ بوده است که بیش از ۵۸ درصد آن بین سال‌های ۱۸۵۰ تا ۱۹۸۹ و حدود ۴۲ درصد آن در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ اتفاق افتاده است. بیشترین غلظت CO<sub>2</sub> طی دو میلیون سال گذشته و بیشترین غلظت‌های متان و اکسید نیتروژن طی ۸۰۰,۰۰۰ سال گذشته در سال ۲۰۱۹ ثبت شده است.

مقدار سهم انتشار CO<sub>2</sub>، در فرآیند احتراق سوخت‌های فسیلی و فرآیندهای صنعتی و سهم در انتشار CO<sub>2</sub> خالص از کاربری اراضی، تغییر کاربری اراضی و جنگلداری، در مناطق مختلف بسیار متفاوت است. در سال ۲۰۱۹، ۳۵ درصد جمعیت جهان در کشورهایی زندگی می‌کردند که سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای بیش از ۹tCO<sub>2</sub>-eq (بجز CO<sub>2</sub> منتشر شده از بخش‌های کاربری اراضی و جنگلداری) داشتند و ۴۱ درصد مردم جهان در کشورهای با سرانه انتشار کمتر از ۳tCO<sub>2</sub>-eq زندگی می‌کردند که بخش قابل توجهی از این کشورها از خدمات انرژی مدرن محروم بودند. کشورهای کمتر توسعه‌یافته و جزایر کوچک در حال توسعه سهم بسیار کمتری از سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای در مقایسه با متوسط جهانی، بجز در بخش‌های کاربری اراضی و جنگلداری دارند. ۱۰ درصد خانوارهای جهان که بالاترین سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای را دارا هستند، ۳۴-۴۵ سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای خانگی را بر عهده دارند. این در حالیست که ۵۰ درصد جمعیت جهان که کمترین انتشار را دارا هستند، در انتشار ۱۳-۱۵ درصد گازهای گلخانه‌ای خانگی نقش دارند.

## تغییرات و اثرات مشاهده شده

تغییرات سریع و گسترده‌ای در اتمسفر، اقیانوس، یخ‌کره و زیست‌کره اتفاق افتاده است. تغییرات اقلیم ناشی از فعالیت‌های انسانی تأثیرات بسیاری را بر آب‌وهوا و اقلیم در مناطق مختلف جهان می‌گذارد که منجر به اثرات نامطلوب گسترده‌ای در طبیعت و مردم شده است. این تغییرات، جوامع آسیب‌پذیر را که کمترین نقش تاریخی را در ایجاد تغییر اقلیم داشته‌اند، به شکلی غیرمتناسب با میزان نقش آن‌ها، تحت تأثیر قرار می‌دهد.

فعالیت‌های انسانی به طور قطع موجب گرم‌شدن اتمسفر، اقیانوس و زمین شده است. میانگین سطح جهانی دریاها در سال‌های ۱۹۰۱-۲۰۱۸، ۰/۲ متر افزایش یافته است. نرخ متوسط بالا آمدن سطح دریاها در سال‌های ۱۹۰۱-۱۹۷۱، ۱/۳ میلی‌متر در سال بود و در سال‌های ۱۹۷۱-۲۰۰۶، ۱/۹ میلی‌متر در سال افزایش یافت و در سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۱۸ به مقدار ۳/۷ میلی‌متر در سال رسید. حداقل از سال ۱۹۷۱ فعالیت‌های انسانی به احتمال زیاد عامل اصلی این افزایش‌ها بوده است.





شواهد تغییرات مشاهده شده در وقایع حدی مانند امواج گرمایی، بارش‌های شدید، خشکسالی و طوفان‌های استوایی و به ویژه ارتباط این وقایع با اثرات انسانی، از زمان گزارش ارزیابی پنجم تقویت شده است. فعالیت‌های انسانی احتمالاً موجب افزایش احتمال وقوع وقایع حدی ترکیبی، از جمله وقوع امواج گرما و خشکسالی‌های همزمان، از دهه ۱۹۵۰ شده است. تقریباً ۳/۳-۳/۶ میلیارد نفر در جهان در برابر تغییرات اقلیم آسیب‌پذیر هستند. آسیب‌پذیری انسان و اکوسیستم به یکدیگر وابسته است. مناطق و جمعیت‌هایی که محدودیت‌های توسعه قابل‌توجهی دارند آسیب‌پذیری بالایی در برابر خطرات اقلیمی دارند. افزایش وقوع رخداد‌های شدید اقلیمی و آب‌وهوایی موجب عدم امنیت غذایی مزمن و کاهش امنیت آبی برای میلیون‌ها نفر در سراسر جهان شده است که بیشترین اثرات این مسأله در مناطق و یا جوامع در آفریقا، آسیا، آمریکای مرکزی و جنوبی، کشورهای کمتر توسعه‌یافته، جزایر کوچک و قطب شمال و همچنین مردم بومی، تولیدکنندگان کوچک مقیاس مواد غذایی و خانوارهای کم‌درآمد رخ داده است. طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۰ مرگ و میر انسانی ناشی از سیل، خشکسالی و طوفان در مناطق بسیار آسیب‌پذیر، ۱۵ برابر مناطق با آسیب‌پذیری بسیار پایین بوده است.

تغییر اقلیم باعث خسارات قابل‌توجه و جبران‌ناپذیری در اکوسیستم‌های زمینی، آب‌های شیرین، یخ‌کره، مناطق ساحلی و اقیانوس‌ها شده است. از بین رفتن صدها گونه‌ی مختلف جانوری و گیاهی به دلیل افزایش شدید گرما در سطح زمین و وقایع تلفات جمعی در روی زمین و در اقیانوس‌ها ثبت شده است. اثرات تغییر اقلیم بر برخی از اکوسیستم‌ها، مانند تغییرات هیدرولوژیکی ناشی از ذوب‌شدن یخچال‌ها یا تغییرات برخی از اکوسیستم‌های کوهستانی و اکوسیستم‌های قطبی به دلیل ذوب‌شدن لایه‌های خاک منجمد، به سمت غیرقابل برگشت‌شدن پیش می‌رود.

تغییر اقلیم موجب کاهش امنیت آب و غذا و مانع تلاش برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار است. اگرچه بهره‌وری کشاورزی افزایش یافته است اما تغییرات اقلیم موجب کاهش سرعت رشد این افزایش طی ۵۰ سال گذشته در سراسر جهان شده است. اثرات منفی این تغییرات بیشتر در مناطقی با عرض جغرافیایی متوسط و پایین و اثرات مثبت آن بیشتر در مناطقی با عرض جغرافیایی بالا ظاهر شده است. گرم‌شدن و اسیدی‌شدن اقیانوس‌ها در برخی از مناطق اقیانوسی بر تولید مواد غذایی حاصل از ماهیگیری و آبی‌پروری صدف تأثیر منفی گذاشته است. در حال حاضر تقریباً نیمی از جمعیت جهان برای بخشی از سال با کمبود شدید آب ناشی از عوامل اقلیمی و غیراقلیمی مواجه هستند.

در تمام مناطق افزایش گرمای شدید موجب مرگ و میر و بیماری‌های انسانی شده است. رخداد بیماری‌های ناشی از غذا و آب و وقوع بیماری‌های منتقله به وسیله‌ی ناقلین افزایش یافته است. در مناطق ارزیابی شده، برخی از مشکلات سلامت روان با افزایش دما، ترامای ناشی از وقایع حدی و از دست‌رفتن معیشت و فرهنگ مرتبط بوده است. وقایع حدی آب‌وهوایی و اقلیمی به شکل فزاینده‌ای موجب مهاجرت و نقل مکان در آفریقا، آسیا، شمال آمریکا، مرکز و جنوب آمریکا شده است و کشورهای جزیره‌ای کوچک و کم‌جمعیت در دریای کارائیب و اقیانوس آرام، نامتناسب با جمعیت کم‌شان، تحت تأثیر قرار گرفته‌اند.



### تصویر (۱) اثرات گسترده، پایدار، تلفات و خسارات مربوط به تغییر اقلیم.

تغییرات اقلیم اثرات نامطلوب، تلفات و خسارات گسترده‌ای را برای طبیعت و برای مردمی موجب شده است که این اثرات در سیستم‌ها، مناطق و بخش‌های مختلف به شکل نابرابر توزیع شده است. آسیب‌های اقتصادی ناشی از تغییر اقلیم در بخش‌های حساس به اقلیم مانند کشاورزی، جنگلداری، شیلات، انرژی و گردشگری بروز کرده است. زندگی افراد از طریقی مانند تخریب شدن منازل و زیر ساخت‌ها و از دست دادن اموال، درآمد، سلامت و امنیت غذایی، تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار می‌گیرد و این مسأله اثرات نامطلوبی بر روی برابری جنسیتی و اجتماعی دارد.

در مناطق شهری، تغییر اقلیم اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان، معیشت و زیر ساخت‌های کلیدی بجا گذاشته است. شدت گرمای حدی در شهرها افزایش پیدا کرده است. زیر ساخت‌های شهری از جمله سیستم‌های حمل‌ونقل، آب، فاضلاب و انرژی در اثر وقایع حدی و وقایع کند در معرض خطر قرار گرفته‌اند و نتیجه آن زیان‌های اقتصادی، اختلال در خدمات و اثرات منفی بر رفاه اجتماعی بوده است. اثرات نامطلوب اقتصادی و اجتماعی مشاهده شده در شهرها بیشتر متوجه ساکنینی است که از نظر اقتصادی و اجتماعی به حاشیه رانده شده‌اند.

### پیشرفت فعلی در سازگاری، شکاف‌ها و چالش‌ها

برنامه‌ریزی سازگاری و اجرای آن در تمامی بخش‌ها و مناطق پیشرفت کرده است و مزایای این پیشرفت مستندسازی شده است. اثربخشی این برنامه‌ها در مناطق و بخش‌های مختلف متفاوت بوده است. علیرغم پیشرفت‌های صورت گرفته، شکاف‌هایی در برنامه سازگاری وجود دارد و با سرعت پیاده‌سازی فعلی شکاف‌ها افزایش خواهد یافت. برخی اکوسیستم‌ها و مناطق به محدودیت‌های نرم و سخت برای رسیدن به سازگاری رسیده‌اند. در برخی از بخش‌ها و مناطق ناسازگاری در حال وقوع است. جریان‌های مالی جهانی فعلی به خصوص در کشورهای در حال توسعه برای پیاده‌سازی گزینه‌های سازگاری کافی نیستند و موجب محدودیت در پیاده‌سازی آن‌ها می‌شوند.

پیشرفت در برنامه‌ریزی و اجرای سازگاری در تمام بخش‌ها و مناطق مشاهده شده است و مزایای متعددی را به همراه



داشته است. افزایش آگاهی عمومی و سیاسی از اثرات و مخاطرات اقلیم موجب شده است حداقل ۱۷۰ کشور جهان و بسیاری از شهرهای جهان سازگاری را در سیاست‌های اقلیمی و فرآیندهای برنامه‌ریزی خود در نظر بگیرند.

اثر بخشی سازگاری در کاهش مخاطرات اقلیمی برای بسترها، بخش‌ها و مناطق خاص مستند شده است. نمونه‌هایی از گزینه‌های سازگاری موثر عبارتند از: بهبود رقم کشت، مدیریت و ذخیره آب در مزرعه، حفظ رطوبت خاک، آبیاری، آگروفارستری، سازگاری مبتنی بر جامعه، تنوع بخشی به مزارع و چشم‌انداز در کشاورزی، رویکردهای مدیریت پایدار زمین، استفاده از اصول آگرواکولوژیکی و سایر رویکردهایی که با فرآیندهای طبیعی در حال انجام هستند. رویکردهای سازگاری مبتنی بر اکوسیستم شامل سبز کردن فضای شهری، احیای تالاب‌ها و اکوسیستم‌های جنگلی بالادست که در کاهش خطرات سیل و گرمای شهری موثر بوده است. ترکیب اقدامات غیرسازه‌ای مانند سیستم‌های هشدار زودهنگام و اقدامات سازه‌ای مانند خاکریزها موجب کاهش تلفات جانی در صورت وقوع سیلاب می‌شوند. گزینه‌های سازگاری مانند مدیریت ریسک، سیستم‌های هشدار زودهنگام، خدمات اقلیمی و شبکه‌های ایمنی-اجتماعی کاربرد گسترده‌ای در بخش‌های چندگانه دارند. بیشتر پاسخ‌های سازگاری به صورت تکه‌تکه برای یک بخش خاص و به صورت نابرابر در سراسر مناطق توزیع شده‌اند. علیرغم پیشرفت‌ها، شکاف‌هایی در برنامه سازگاری در بخش‌ها و مناطق مختلف وجود دارد و با سرعت پیاده‌سازی فعلی این شکاف به رشد خود ادامه خواهد داد. شکاف‌های سازگاری در میان گروه‌های کم‌درآمد مشهودتر است.

شواهد نشان‌دهنده ناسازگاری در بخش‌ها و مناطق مختلف می‌باشد. ناسازگاری بر گروه‌های حاشیه‌ای و آسیب‌پذیر اثرات سوء بیشتری را برجای می‌گذارد. در حال حاضر محدودیت‌های نرم در زمینه سازگاری در نتیجه محدودیت‌های مالی، حاکمیتی، نهادی و سیاسی برای کشاورزان در مزارع کوچک و خانوارها در مناطق ساحلی کم‌ارتفاع رخ داده است. محدودیت‌های سخت در زمینه سازگاری نیز در برخی از اکوسیستم‌های استوایی، ساحلی، قطبی و کوهستانی رخ داده است. سازگاری حتی در شرایط عدم وجود محدودیت‌های نرم و سخت نیز مانع وقوع همه تلفات و خسارات نمی‌شود.

موانع اصلی سازگاری عبارتند از: محدودیت منابع، فقدان مشارکت بخش خصوصی و شهروندان، حمایت ناکافی مالی (از جمله در زمینه مطالعات و پژوهش)، سواد اقلیمی پایین، فقدان تعهد سیاسی، تحقیقات و پیشرفت‌های محدود در زمینه سازگاری، پایین بودن حساسیت به فوریت سازگاری.

تفاوت‌های گسترده‌ای بین بودجه پیش‌بینی شده و اختصاص یافته به سازگاری وجود دارد. بودجه مالی سازگاری عموماً از منابع عمومی تأمین شده و تنها بخش کوچکی از آن از منابع مالی تغییر اقلیم تأمین می‌شود. اگرچه تأمین مالی برنامه‌های تغییر اقلیم از زمان پنجمین گزارش ارزیابی رو به افزایش است، اما جریان‌های مالی جهانی کنونی (دولتی و خصوصی) برای سازگاری ناکافی هستند و این امر موجب محدودیت اجرای گزینه‌های سازگاری به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه شده است. اثرات نامطلوب تغییر اقلیم می‌تواند با ایجاد تلفات و خسارات و ممانعت از رشد اقتصادی ملی، موجب کاهش دسترسی به منابع مالی و در نتیجه افزایش محدودیت منابع مالی مورد نیاز برای اجرای برنامه‌های سازگاری، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه‌یافته شود.

## انتساب تغییرات فیزیکی اقلیم مشاهده شده به فعالیت‌های انسانی:

| سطح اطمینان متوسط   |   |   | محتمل   | بسیار محتمل   |  | تقریباً قطعی  |   |
|---|---|---|---|---|--|---|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| افزایش خشکسالی کشاورزی و اکولوژیکی  | افزایش آتش‌سوزی   | افزایش سیل  | افزایش بارش‌های سنگین   | ذوب یخچال‌ها  | بالا آمدن سطح دریا در جهان   | افزایش اسیدیته اقیانوس‌ها   | افزایش گرمای حدی  |

تصویر ۲) اثرات نامطلوب تغییرات شرایط فیزیکی چندگانه اقلیم به طور فزاینده‌ای تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارد.

### میزان پیشرفت فعلی در سازگاری، شکاف‌ها و چالش‌ها

سیاست‌ها و قوانین مربوط به کاهش به طور مداوم از زمان برنامه پنجم توسعه گسترش یافته است. انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی در سال ۲۰۳۰ طبق اسناد تعهدات ملی (NDC ها) اعلام شده در اکتبر ۲۰۲۱، به معنای محتمل بودن این مسأله است که گرمایش در طول قرن بیست‌ویکم از ۱/۵ درجه سانتی‌گراد فراتر خواهد رفت و موجب دشواری محدود کردن گرمایش به کمتر از ۲ درجه سانتی‌گراد می‌شود. اختلاف‌هایی بین مقدار پیش‌نگری انتشارات براساس سیاست‌های پیاده‌سازی شده و مقدار انتشار براساس NDC ها وجود دارد. جریان‌های مالی اختصاص یافته کمتر از میزان مورد نیاز برای دستیابی به اهداف اقلیمی در همه بخش‌ها و مناطق هستند.

UNFCCC، پروتکل کیوتو و موافقت‌نامه پاریس از افزایش سطح بلندپروازی ملی حمایت می‌کنند. موافقت‌نامه پاریس که تحت کنوانسیون UNFCCC با مشارکت تقریباً کامل جهانی به تصویب رسید، منجر به توسعه سیاست و تعیین هدف در سطوح ملی و زیر ملی، به‌ویژه در رابطه با کاهش گازهای گلخانه‌ای و همچنین افزایش شفافیت اقدامات و حمایت از اقلیم شده است. بسیاری از ابزارهای نظارتی و اقتصادی با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در بسیاری از کشورها، سیاست‌ها موجب افزایش بهره‌وری انرژی، کاهش نرخ جنگل‌زدایی و تسریع در استقرار فناوری شده است که نتیجه آن جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای و در برخی موارد کاهش و یا حذف انتشار گازهای گلخانه‌ای بوده است. شواهد مختلف نشان می‌دهد که سیاست‌های کاهش موجب جلوگیری از انتشار مقادیر زیادی از گازهای گلخانه‌ای در سال شده است. حداقل ۱۸ کشور کاهش مطلق تولید گازهای گلخانه‌ای و کاهش تولید CO2 مبتنی بر مصرف را طی یک دوره بیش از ۱۰ ساله حفظ کرده‌اند. این کاهش‌ها فقط تا حدودی رشد جهانی انتشار گازهای گلخانه‌ای را جبران کرده است.

گزینه‌های کاهش به ویژه انرژی خورشیدی، انرژی بادی، سیستم‌های برق‌رسانی شهری، زیرساخت‌های فضای سبز شهری، بهره‌وری انرژی، مدیریت تقاضا، بهبود مدیریت جنگل و علفزار و کاهش ضایعات مواد غذایی از نظر فنی قابل اجرا بوده و به طور فزاینده‌ای مقرون به صرفه است و عموماً توسط مردم حمایت می‌شوند. از سال ۲۰۱۹-۲۰۱۰ کاهش مداوم هزینه‌های واحد انرژی خورشیدی، انرژی باد و باتری‌های لیتیوم و افزایش توسعه و استقرار آن‌ها به عنوان مثال، افزایش ۱۰ درصدی انرژی خورشیدی و افزایش ۱۰۰ درصدی خودروهای برقی (با شدت و ضعف در مناطق مختلف)، رخ داده است. ابزارهای



سیاستی که موجب کاهش هزینه‌ها و افزایش پذیرش همگانی شده‌اند شامل تحقیق و توسعه عمومی، تأمین بودجه برای پروژه‌های آزمایشی و ابزارهای ایجاد تقاضا مانند تخصیص یارانه هستند. در برخی از مناطق و بخش‌ها هزینه نگهداری سیستم‌هایی که مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در آن‌ها زیاد است، بیشتر از هزینه انتقال به سیستم‌هایی با انتشار کم گازهای گلخانه‌ای است.

انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۳۰ براساس اسناد تعهدات ملی (NDC ها) اعلام شده قبل از کنفرانس احزاب سازمان ملل (COP26) اختلاف قابل توجهی با مقادیر انتشار مسیرهای مدل‌سازی شده کاهش با فرض اقدامات فوری، که گرمایش را به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد (بیش از ۵۰ درصد)، بدون تخطی یا با تخطی محدود از ۵/۱ درجه و ۲ درجه سانتی‌گراد (بیش از ۶۷ درصد) محدود می‌کنند، دارند. به همین دلیل این احتمال وجود دارد که گرمایش جهانی در قرن بیست‌ویکم از ۱/۵ درجه سانتی‌گراد فراتر رود.

مسیرهای کاهش مدل‌سازی شده که با فرض انجام اقدامات فوری، گرمایش را به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد (بیش از ۵۰ درصد)، بدون تخطی یا با تخطی محدود از ۱/۵ درجه و ۲ درجه سانتی‌گراد (بیش از ۶۷ درصد) محدود می‌کنند، کاهش شدید انتشار گازهای گلخانه‌ای در این دهه را نشان می‌دهند. مسیرهای مدل‌سازی شده‌ای که تا سال ۲۰۳۰ با اسناد تعهدات ملی (NDC ها) اعلام شده قبل از COP26 مطابقت دارند و فراتر از آن‌ها نمی‌روند، انتشار بالاتری دارند و منجر به افزایش ۲/۸ درجه سانتی‌گرادی (۱/۴-۲/۳ درجه سانتی‌گراد) دما تا سال ۲۱۰۰ می‌شود.

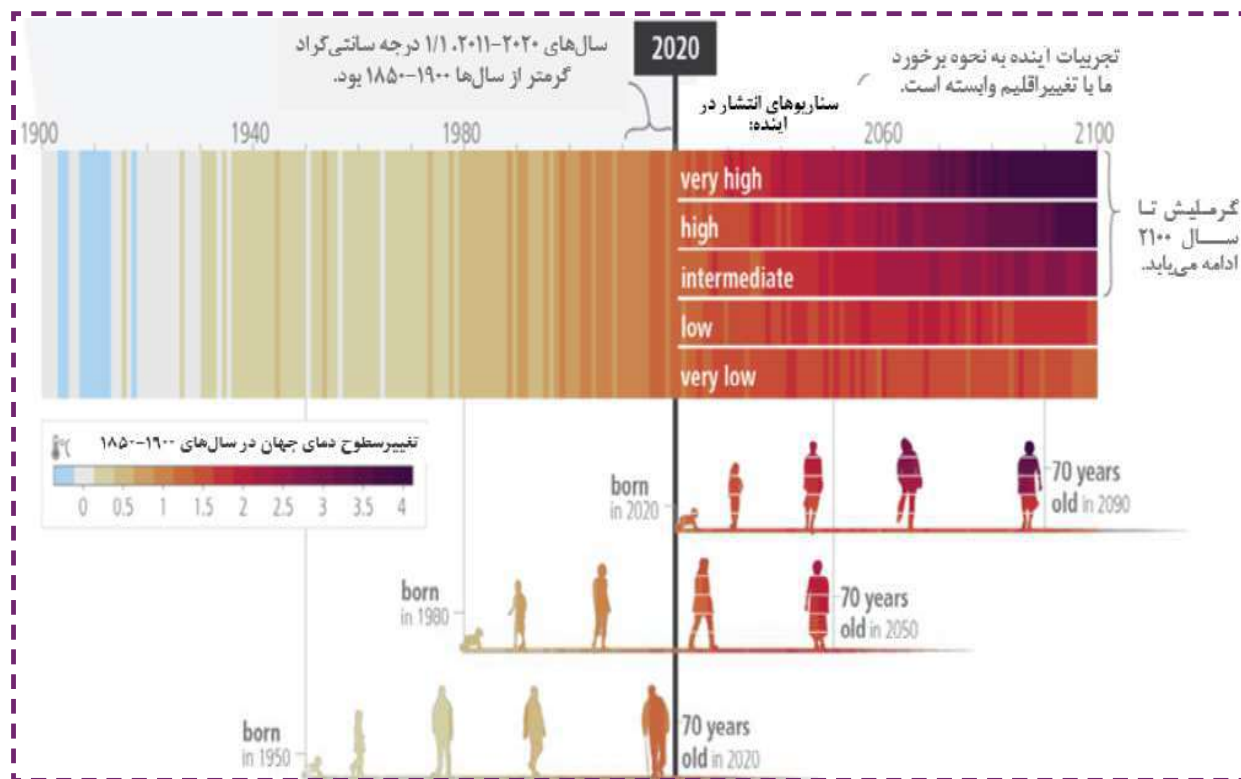
بسیاری از کشورها قصد دارند تا اواسط قرن، مقدار خالص انتشار گازهای گلخانه‌ای و یا مقدار خالص CO2 تولید شده را تا حدود اواسط قرن به صفر برسانند اما تعهدات در کشورهای مختلف از نظر دامنه و مشخص بودن متفاوت است و تاکنون سیاست‌های محدودی برای اجرای این تعهدات وضع شده است.

خط و مشی‌های موجود در بخش‌های مختلف نابرابر است. پیش‌بینی می‌شود که سیاست‌های اجرا شده تا پایان سال ۲۰۲۰ موجب انتشار مقدار بیشتری از گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۳۰ نسبت به مقدار گزارش شده توسط اسناد تعهدات ملی (NDC ها) شود که این مسأله نشان‌دهنده «شکاف در پیاده‌سازی» است. پیش‌نگری‌ها نشان می‌دهند در صورت عدم تقویت سیاست‌ها مقدار گرمایش جهانی تا سال ۲۱۰۰ به ۳/۲ درجه سانتی‌گراد برسد.

بکارگیری فناوری‌هایی کم‌انتشار در اکثر کشورهای در حال توسعه، به‌ویژه کشورهای کمتر توسعه‌یافته به دلیل محدودیت مالی، توسعه و انتقال فناوری و ظرفیت‌های موجود به کندی انجام می‌گیرد. حجم جریان‌ها و کانال‌های تأمین مالی اختصاص‌یافته به بخش اقلیم در دهه گذشته افزایش یافته است اما سرعت این رشد از سال ۲۰۱۸ کند شده است. جریان‌های مالی در مناطق و بخش‌های مختلف به شکل ناهمگن توسعه یافته‌اند هنوز هم جریان‌های مالی دولتی و خصوصی اختصاص داده شده به سوخت‌های فسیلی بیشتر از منابع مالی برای سازگاری و کاهش تغییرات اقلیم می‌باشد. بخش عمده بودجه اختصاص داده شده به بخش اقلیم در بخش کاهش اثرات تغییر اقلیم هزینه می‌شود، با این وجود این مقدار بودجه کمتر از مقادیر مورد نیاز برای محدود کردن گرمایش به ۲-۱/۵ درجه سانتی‌گراد در همه بخش‌ها و مناطق است. در سال ۲۰۱۸، جریان‌های مالی بخش خصوصی اختصاص داده شده به بخش اقلیم از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه کمتر از مقدار هدف (۱۰۰ میلیارد دلار در سال تا سال ۲۰۲۰ در چارچوب اقدامات معنی‌دار کاهش و شفافیت در اجرا) تحت توافقنامه UNFCCC و پاریس بود.







تصویر ۳) میزان گرما و تفاوت جهان در زمان حال و آینده وابسته به انتخاب‌های حال حاضر و کوتاه‌مدت است.

## نتیجه‌گیری

گزارش ششم ارزیابی IPCC به روشنی نشان می‌دهد که تغییرات آب‌وهوایی یک تهدید جدی برای بشریت و سیاره زمین است. فعالیت‌های انسانی، به ویژه انتشار گازهای گلخانه‌ای، باعث گرمایش کره زمین شده است. این گرمایش منجر به تغییرات گسترده‌ای در اتمسفر، اقیانوس‌ها، یخ‌کره و زیست‌کره شده و اثرات مخربی را در سراسر جهان به دنبال داشته است. گزارش IPCC به طور واضح بیان می‌کند که اگرچه اقداماتی برای مقابله با تغییرات آب‌وهوایی انجام شده است، اما این اقدامات کافی نیستند. انتشار گازهای گلخانه‌ای همچنان در حال افزایش است و گرمایش جهانی به طور پیوسته ادامه دارد. در این میان، کشورهای در حال توسعه به طور نامتناسبی تحت تأثیر تغییرات آب‌وهوایی قرار می‌گیرند. این کشورها منابع کمتری برای مقابله با اثرات این پدیده دارند و در معرض خطر بیشتری برای سیل، خشکسالی، ناامنی غذایی و سایر مخاطرات مرتبط با آب‌وهوا هستند.

اکنون زمان آن است که همه کشورها، به ویژه کشورهای توسعه‌یافته، به تعهدات خود در زمینه مقابله با تغییرات آب‌وهوایی عمل کنند. این امر مستلزم افزایش سرمایه‌گذاری در منابع انرژی تجدیدپذیر، ارتقای راندمان انرژی، حفظ جنگل‌ها و سایر اقداماتی است که به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند. همچنین، لازم است که به کشورهای در حال توسعه کمک‌های مالی و فنی ارائه شود تا بتوانند با اثرات تغییرات آب‌وهوایی سازگار شوند. این کمک‌ها باید به طور عادلانه و شفاف توزیع شوند و به نیازهای خاص هر کشور توجه شود.



این گزارش هشدار می‌دهد که اگر اقدامی فوری و قاطعانه برای مقابله با تغییرات آب‌وهوایی انجام نشود، عواقب آن برای نسل‌های آینده فاجعه‌بار خواهد بود. برای جلوگیری از بدترین اثرات این پدیده، اقداماتی مانند کاهش سریع و عمیق انتشار گازهای گلخانه‌ای، گذار به سیستم‌های انرژی پایدار و کم‌کربن، سرمایه‌گذاری در سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی و تقویت همکاری بین‌المللی ضروری است. زمان برای اقدام محدود است و پنجره فرصت برای محدود کردن گرمایش جهانی به ۱.۵ درجه سانتی‌گراد به سرعت در حال بسته شدن است.

## منابع

۱. گزارش تغییرات آب‌وهوایی ایران (۱۳۹۸)، سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران.
۲. ارزیابی ملی تغییرات آب‌وهوایی ایران (۱۳۹۴)، سازمان هواشناسی ایران.
۳. کتاب تغییرات آب‌وهوایی: مبانی، چالش‌ها و راهکارها (۱۳۹۷)، تالیف: پرویز کردوانی و همکاران.
۴. کتاب "آینده آب و هوا: پیش‌بینی‌های جدید درباره تغییرات آب‌وهوایی و پیامدهای آن" (۱۳۹۶)، تالیف: تیموتی اسنایدن.
5. IPCC Sixth Assessment Report (AR6): <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
6. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability (Working Group II Report, IPCC AR6): <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>.
7. Climate Change 2021: The Physical Science Basis (Working Group I Report, IPCC AR6): <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
8. UNFCCC website: <https://unfccc.int/>.

