



گرمايش جهانی

پادگست دایجست | قسمت ۴۴

آذر ۱۴۰۰

فرشاد محمودی

ویرایش و تنظیم: شادی حسینی

مقدمه

موضوع این قسمت پادگست دایجست تغییرات اقلیمی ناشی از گرمايش جهانی است. این موضوع در چند وقت اخیر بسیار مطرح شده و نشست‌های بزرگ و مهمی در این باره برگزار شده؛ مانند «کاپ ۲۶» که اولین نشست بررسی بعد از معاهده‌ی پاریس است. هرچند وقت یک‌بار مردم در جایی از دنیا علیه دولت‌ها تظاهرات می‌کنند که چرا برای نجات زمین کاری نمی‌کنند. اتفاقاتی که در دهه‌ی اخیر افتاده، مثل آتش‌سوزی فزاینده‌ی جنگل‌ها، سیل در برخی کشورها، خشکسالی در کشورهایی دیگر از جمله ایران، گرم شدن بی‌سابقه‌ی استرالیا، طوفان‌های زیاد در آمریکا و از این دست فجایع طبیعی همگی به این اشاره دارند که در کره‌ی زمین اتفاقاتی در حال وقوع اند که احتمالاً زندگی ما را در چند دهه‌ی آینده دستخوش تغییرات مهمی خواهد کرد. در این میان عده‌ای می‌گویند که این وقایع مهم نیستند و به کارهای خود ادامه می‌دهند. اما در نهایت این موضوع آن قدر مهم شده که احتمالاً در چند وقت اخیر در معرض اخبار بسیاری از این دست بوده‌اید. برای همین بررسی این موضوع در دستور کار دایجست قرار گرفت.

از کجا می‌دانیم که آب‌وهوای زمین در حال تغییر است؟

به صورت کلی تغییرات آب‌وهوایی معمولاً بر اساس مدل‌سازی‌های کامپیوتری پیش‌بینی می‌شوند. اما پایه‌ی علمی پشت توضیح تغییرات آب‌وهوایی بسیار وسیع‌تر است و این مدل‌ها (که بسیار دقیق‌اند) تنها قسمتی از این مبنای علمی اند. حدود یک قرن است که دانشمندان به تأثیر گازهای گلخانه‌ای در گرم شدن زمین پی برده‌اند. گازهای گلخانه‌ای حجم بسیار کمی از اتمسفر زمین را اشغال کرده‌اند؛ اما تأثیری که روی آب‌وهوای زمین دارند به شدت زیاد است. چون این گازها باعث می‌شوند که مقداری از گرمای تولیدشده در زمین، در جو زمین محبوس بماند و امکان خروج از آن را نداشته باشد. این تأثیر گلخانه‌ای خیلی مهم است. همین اثر گلخانه‌ای باعث می‌شود که روی سیاره‌ای مثل زمین -با این همه فاصله از خورشید- آب وجود داشته باشد. یعنی نه تنها چیز بدی نیست، بلکه باعث شده که کره‌ی زمینی به این زیبایی وجود داشته باشد. از انقلاب صنعتی به بعد بشر شروع کرد به سوزاندن زغال‌سنگ و دیگر سوخت‌های فسیلی تا بتواند انرژی لازم را برای کارخانه‌ها و صنعتی شدن را تأمین کند. این کار باعث شد تا گازهای گلخانه‌ای بیشتری وارد جو زمین شود. از همان زمان است که فعالیت‌های ما انسان‌ها زمین را روزبه‌روز گرم‌تر می‌کند.

از کجا می‌دانیم که زمین در حال گرم‌تر شدن است؟

از جمع‌شدن اطلاعات و شواهدی که به مرور جمع شده‌اند، از اطلاعات جمع‌آوری شده توسط دماسنج‌هایی که در ایستگاه‌های هواشناسی و کشتی‌ها از اواسط قرن نوزدهم نصب شدند، از اطلاعات ماهواره‌ها که دمای سطح زمین را می‌سنجند. همه‌ی این اطلاعات قویاً نشان‌دهنده‌ی این است که زمین ما در حال گرم‌تر شدن است. از سال ۱۸۸۰ متوسط دمای جهانی ۱/۲ درجه‌ی سلسیوس افزایش پیدا کرده و بیشتر این افزایش در اواخر قرن بیستم اتفاق افتاده است. خشکی‌ها بیشتر از دریاها گرم‌تر شده‌اند و قطب شمال بیشتر از هر جای دیگر. از دیگر سو، طیف‌های گرمایی هم تغییر کرده‌اند؛ مثلاً در جایی مثل آمریکا تعداد روزهای گرم‌ترین به نسبت تعداد روزهای سردترین با نسبت ۲ به ۱ بیشتر شده‌اند. این همه گرمايش در تاریخ ژئولوژیک اخیر زمین بی‌سابقه است.

اطلاعات و آمار نشان می‌دهند که دمای زمین برای مدت بسیار طولانی‌ای ثابت بود و تغییری نداشت و در قرن اخیر به یکباره این دما شروع به افزایش کرد. اطلاعاتی که از حلقه‌های درخت‌ها، کوه‌های یخی و نشانگرهای طبیعی به دست آمده، این گرمايش را تصدیق می‌کنند. زمین ما امروز گرم‌تر از دمایی است که حداقل در ۱۰۰۰ سال قبل تجربه کرده است. از طرف دیگر دمای سطح زمین گرمايش واقعی‌ای که اتفاق افتاده را پنهان کرده و نشان نمی‌دهد. چرا که اقیانوس‌ها ۹۰٪ گرمایی را که توسط گازهای گلخانه‌ای در جو زمین محبوس شده‌اند، جذب می‌کنند. تحقیقاتی که در شش دهه‌ی اخیر روی اقیانوس‌ها انجام شده، نشان می‌دهد که همه‌ی لایه‌های اقیانوس گرم‌تر شده‌اند. طبق یافته‌های یک تحقیق، میزان گرمایی که اقیانوس‌ها بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۵ جذب کرده‌اند، معادل میزان گرمایی است که در ۱۳۰ سال گذشته‌ی پیش از آن جذب کرده‌اند.

یکی دیگر از منابع اطلاعاتی برای پی بردن به گرم شدن زمین، اتفاقاتی است که هر از چند گاهی در اخبار می بینیم. صفحه های یخی نازک تر می شوند، سطح آب در حال افزایش است، یخ های قطب شمال در حال ناپدید شدن اند. در بهار، برف ها زودتر آب می شوند و گل ها زودتر شکوفه می دهند. حیوانات به جاهای مرتفع تر کوچ می کنند تا جای خنک تری پیدا کنند و خشکسالی ها، سیل ها و آتش سوزی جنگل ها همه و همه وخیم تر شده اند و مدل ها همه ی این ها را پیش بینی کرده بودند.

در مورد گرم شدن زمین چه قدر بین دانشمندان توافق وجود دارد؟

هیچ بحثی نیست که دانشمندان از مباحثه لذت می برند و دوست دارند همه چیز را به چالش بکشند و همین دلیل پیشرفت علم است. مخالفت های میان دانشمندان به برآیند کلی پیشرفت علم کمک می کند. اما زمانی که صحبت به موضوع تغییرات اقلیمی می رسد، تقریباً بحث زیادی وجود ندارد. مطالعات بی شماری انجام شده اند که نشان می دهد بیش از ۹۰٪ دانشمندان درباره ی گرم شدن زمین و اینکه «انسان» مقصر اصلی است، توافق دارند. سازمان های معتبر جهانی (مثل ناسا و سازمان هواشناسی جهانی) نیز این قضیه را تأیید می کنند و این میزان توافق در مباحث علمی بسیار چشمگیر است. در صورتی که هنوز در مورد مباحثی مانند علت انقراض دایناسورها این میزان از توافق وجود ندارد. امروزه حدود ۹۷٪ دانشمندان معتقدند که قطعاً انسان مقصر اصلی این گرمایش است.

چرا چنین سؤالی مطرح شده است؟ مگر کسانی وجود چنین پدیده ای را انکار می کنند؟ بله. بیشتر بحث هایی که ایده ی گرم شدن زمین را زیر سؤال می برند توسط کمپین های برخی از شرکت ها و سیاستمداران طراحی شده اند و می گویند که خود دانشمندان هنوز مطمئن نیستند که واقعاً زمین در حال گرم شدن است یا نه. این ایده ها مخصوصاً با روی کار آمدن ترامپ که به این حرف ها اعتقادی نداشت، جدی تر شدند. ترامپ آمریکا را از «معاهده ی پاریس» که یکی از مهم ترین معاهده ها در خصوص اقدام جمعی جهانی برای جلوگیری از گرمایش زمین بود، بیرون کشید.

البته تعدادی پژوهشگر سرشناس نیز در تیم مخالفان اند که برخی با شرکت های سوخت های فسیلی در ارتباط اند و برخی نیز مستقل اند. از بین مخالفان کسانی نیز بوده اند که بعد از تحقیقات تغییر نگرش داده اند؛ مثل ریچارد مولر.

یکی از بحث هایی که مخالفان مطرح می کنند «عدم قطعیت ها در علم پیش بینی تغییرات اقلیمی» است. البته عدم قطعیت در علم به معنی ناکافی بودن دانش نیست؛ بلکه معیاری برای اندازه گیری این است که یک پدیده چه قدر خوب شناخته شده است - نه اینکه چه قدر ناشناخته مانده است. دانشمندان گستره ای از تغییرات آب و هوایی آینده را پیش بینی کرده اند. در اینجا نمی توان با قطعیت از وقایع آینده صحبت کرد؛ زیرا همه چیز به این بستگی دارد که ما چه قدر سریع بتوانیم آلاینده ها را کاهش دهیم. اما این عدم قطعیت به هیچ وجه اطمینان نشان از اینکه تغییرات آب و هوایی واقعی و ناشی از رفتار انسان هاست را از بین نمی برد.

از کجا می دانیم که گرم شدن زمین تقصیر انسان هاست؟

دانشمندان برای درک کردن عوامل سرد یا گرم شدن زمین، تغییرات آب و هوایی گذشته را مطالعه کردند. مهم ترین این عوامل این ها بودند: تغییرات انرژی خورشیدی، جریان های اقیانوس ها، فعالیت های آتشفشانی و میزان گازهای گلخانه ای در اتمسفر. هر یک از این عوامل در زمان های مختلف نقش خود را داشته اند.

مثلاً ۳۰۰ سال پیش ترکیبی از کاهش انرژی خورشیدی و افزایش فعالیت های آتشفشانی باعث شد که بعضی جاهای زمین خنک شود، تا حدی که لندنی ها می توانستند به صورت روزمره روی رودخانه ی تیمز اسکی روی یخ کنند.

۱۲ هزار سال پیش، تغییرات عظیمی در جریان های اقیانوس اطلس باعث شد که نیم کره ی شمالی تقریباً یخ بزند. ۵۶ میلیون سال قبل، تولید مقدار بسیار زیادی از گازهای گلخانه ای (که یا از طریق فعالیت های آتشفشانی به وجود آمدند، یا به خاطر انباشت زیاد متان، یا هر دو) زمین را ناگهان به اندازه ی ۵ درجه ی سلسیوس گرم کرد که نتیجه ی آن به هم ریختن اقلیم، خفه شدن اقیانوس ها و انقراض سراسری در کره ی زمین شد.

دانشمندان برای اینکه دلیل تغییرات آب و هوایی کنونی را بفهمند، همه ی این عوامل را بررسی کرده اند. ۳ عامل اول (تغییرات انرژی خورشیدی، جریان های اقیانوس ها، فعالیت های آتشفشانی) در چند قرن اخیر، مخصوصاً تا قبل از سال ۱۹۵۰، تغییر چندانی نکرده اند و تأثیر بسیار کمی داشته اند. اگر مؤثر بوده باشند، این تأثیر نمی تواند در جهت گرم شدن زمین باشد؛ زیرا انرژی خورشیدی در این زمان کم شده و فوران های آتشفشانی نیز تأثیر خنک کننده ای روی زمین گذاشته است. پس دلیل این گرما چیزی نیست جز افزایش گازهای گلخانه ای. همان طور که گفتیم این گازها تأثیر قوی ای روی آب و هوا دارند. گازهای گلخانه ای در اثر اکتشاف و سوخت زغال سنگ، نفت و گاز و هر چیزی که باعث رهاسازی کربن دی اکسید می شود، به وجود می آیند.

دانشمندان حساب های هوایی ای که از هزاران سال قبل در یخ ها به وجود آمده اند را بررسی کرده و دیده اند که میزان دی اکسید کربن در هوای آن زمان حدود ۲۸۰ ذره در میلیون (واحدی به نام part per million یا PPM) بوده است که این مقدار در سال های ۱۹۰۰ به ۳۰۰ PPM رسیده. میزان کربن دی اکسید موجود در هوای چند ده سال بعد - هنگامی که زندگی ما کاملاً ماشینی شده بود - به حدود ۴۲۰ PPM رسیده است.

از طرف دیگر تمرکز و تجمع متان (دومین گاز گلخانه ای مهم) از دو برابر هم بیشتر شده است. الان ما در زمانی زندگی می کنیم که سرعت تولید کربن از ۵۶ میلیون سال قبل هم بیشتر است و این افزایش سریع در تولید گازهای گلخانه ای هوای زمین را به یکباره گرم کرده است. نکته ی دیگر اینکه سوزاندن سوخت های فسیلی نوع خاصی از آلودگی را در هوا ایجاد می کند که نور را بازتاب می دهد و اتفاقاً تأثیر خنک کنندگی هم دارد. یعنی اگر این تأثیر نبود، گرمایشی که در زمین تجربه می کردیم به مراتب بیشتر بود. چرا که این آلودگی به نحوی گرمایش واقعی را می پوشاند و اجازه نمی دهد که اتفاق بیافتد.

پس به طور خلاصه مقصر اصلی گرم شدن زمین ما انسان هاییم و علت اصلی آن افزایش گازهای گلخانه ای است. کارهایی که باعث افزایش گازهای گلخانه ای شده است، این مواردند: سوزاندن سوخت های فسیلی مثل زغال سنگ، نفت و گاز. همچنین گفته می شود که جنگل زدایی حدود ۲۰٪ کل دی اکسید کربن کره ی زمین را تولید می کند. کودهای شیمیایی منبع اصلی نیتروس اکسایدند. دامداری های صنعتی (گاو،

بوفالو، گوسفند و بز) بزرگ‌ترین تولیدکنندگان متان هستند. این یکی از دلایل کسانی است که به‌خاطر انگیزه‌های زیست‌محیطی گیاه‌خوار می‌شوند و در نهایت کشاورزی و جاده‌سازی‌های وسیع می‌تواند بازتاب‌پذیری سطح کره‌ی زمین را تغییر دهد و منجر به تغییرات گرمایشی یا سرمایشی شود.

چرا گرم شدن ۱.۲ درجه‌ای زمین در قرن نوزدهم نگران‌کننده است؟

یکی از چیزهایی که ما را به‌اشتباه می‌اندازد این است که تفاوت بین هوا (weather) و اقلیم (Climate) را نمی‌دانیم. هوا شرایط جوی‌ای است که پیوسته در حال تغییر است و همان است که وقتی از خانه خارج می‌شویم آن را احساس می‌کنیم. اقلیم یا آب‌وهوا میانگین بلندمدت آن شرایط در حال تغییر است که معمولاً بازه‌ی زمانی ۳۰ ساله‌ای را در بر می‌گیرد. به‌عبارت‌دیگر، اگر بخواهیم تشبیه کنیم، هوا مود و مزاج لحظه‌ای شماس و اقلیم شخصیت شما. مود روزبه‌روز بالا و پایین می‌شود، اما شخصیت به‌سادگی و روزبه‌روز تغییر نمی‌کند. نکته این است که وقتی می‌گوییم اقلیم ۱/۲ درجه گرم شده است، ناخودآگاه آن را با هوا مقایسه می‌کنیم و درست درکش نمی‌کنیم. ۱/۲ درجه در مقیاس هوا اصلاً مهم نیست؛ ولی وقتی می‌گوییم که اقلیم ۱/۲ درجه گرم شده است، اینجاست که این تغییر معنا دار می‌شود. این میزان تغییر چیزی است که باعث آب شدن کوه‌ها و صفحه‌های یخی شده و سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها را افزایش می‌دهد. همان عاملی که باعث تغییر ترکیب اکوسیستم‌ها و الگوهای بارندگی در سراسر جهان، کوچ‌های وسیع حیوانات و از بین رفتن میلیونی درختان می‌شود. فراموش نکنیم که این «۱/۲ درجه» میانگین جهانی است. یعنی برخی نقاط جهان خیلی بیشتر از این مقدار گرم شده است و بعضی مناطق کمتر. مثلاً خشکی‌ها ۲ برابر دریاها بیشتر گرم شده‌اند. قطب شمال حدود ۲/۷ درجه گرم‌تر شده است. زیرا از بین رفتن برف و یخ در عرض جغرافیایی بالا باعث می‌شود که زمین انرژی بیشتری جذب کند و دما افزایش یابد.

این میزان تغییرات دمای اقلیمی که به نسبت کم به نظر می‌رسد، می‌تواند تغییرات بسیار بزرگی را ایجاد کند. در سال ۲۰۲۰ شهری در سیبری رکورد ۳۷ درجه‌ای را ثبت کرده است. در سیبری، نه تهران! هواشناسان در استرالیا رنگ جدیدی به نقشه‌ها اضافه کرده‌اند تا نقاط با دمای بیشتر از ۴۸ درجه را نشان بدهند. افزایش سطح آب اقیانوس‌ها و دریاها باعث شده تا ریسک سیل و طوفان‌ها بیشتر شود و اگر به همین منوال ادامه پیدا کند، تا آخر قرن به ۵ درجه افزایش دما می‌رسیم و این یعنی فاجعه.

چند سال پیش معاهده‌ی پاریس منعقد شد. اکثر کشورهای جهان در این معاهده شرکت کردند تا برای نگه‌داشتن افزایش دما بین ۱/۵ تا ۲ درجه سانتیگراد تلاش کنند و نگذارند که دمای زمین بیشتر از ۲ درجه افزایش پیدا کند. این همان معاهده‌ای است که ترامپ آمریکا را از آن خارج کرد و با روی کار آمدن بایدن، آمریکا دوباره به آن برگشته است.

همین نیم درجه اختلاف بین ۱/۵ تا ۲ درجه یک دنیا فاصله ایجاد می‌کند. نتیجه‌ی این تفاوت آن است که صخره‌های مرجانی منقرض شوند یا باقی بمانند، یخ‌های قطب شمال در تابستان وجود داشته باشند یا کاملاً از بین بروند. همین نیم درجه تعیین خواهد کرد که چند میلیون نفر از بی‌آبی و بی‌محصولی در زمین‌های کشاورزی رنج ببرند و چند میلیون نفر مجبور شوند خانه‌های خود را به‌خاطر سیل و افزایش سطح آب اقیانوس‌ها و دریاها ترک کنند. نیم درجه مسبب یک دنیا تفاوت است. هدف معاهده‌ی پاریس این است که تمام جهان سعی کنند که گرمایش جهانی بیشتر از ۱/۵ تا ۲ درجه نشود.

عملی نشدن هدف معاهده‌ی پاریس چه عواقبی دارد؟

جواب این سؤال به این بستگی دارد که ما مبارزه با گرمایش زمین را چه قدر جدی بگیریم و اقدامات عملی داشته باشیم. اگر روند کنونی را ادامه دهیم، تا آخر قرن هوای خاورمیانه و جنوب آسیا آن قدر داغ خواهد شد که دیگر نمی‌شود از خانه بیرون رفت. خشکسالی سراسر آمریکای مرکزی، مدیترانه و جنوب آفریقا را فراموش کنید. بسیاری از کشورهای و شهرهایی که در جزایر هستند یا ارتفاعشان از سطح دریا کم است (از تگزاس گرفته تا بنگلادش) زیر آب خواهند رفت. از طرف دیگر این گرمایش باعث می‌شود آب‌وهوای برخی مناطق (مخصوصاً جاهای شمالی مثل کانادا، کشورهای اسکاندیناوی و روسیه) مطبوع شود.

وضعیت تا حدی وخیم می‌شود که میزان نابرابری در دنیا به‌شدت افزایش پیدا می‌کند. در سطح کشورها، کشورهای فقیرتر (علی‌رغم اینکه کمتر از کشورهای توسعه‌یافته در گرمایش زمین نقش دارند) بیشتر از بقیه ضربه می‌خورند؛ چراکه بیشتر کشورهای کمتر توسعه‌یافته نزدیک مناطق استوایی هستند و گرمایش در این مناطق به حدی می‌رسد که برای انسان غیرقابل تحمل خواهد شد. این کشورها آسیب‌پذیرتر هم هستند؛ زیرا جمعیت ساحلی زیادی دارند و این جمعیت تحت‌تأثیر طوفان‌هایی که به وجود خواهد آمد، به‌شدت ضربه می‌خورد و از آنجایی که منابع کافی ندارند، پس به‌راحتی نمی‌توانند خود را برای آن شرایط آماده کنند. یعنی نمی‌توانند ساختارهای شهری، مهندسی و کشاورزی خود را تغییر دهند.

تا این‌جا نیز تغییرات اقلیمی بین سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ بیشترین آسیب را به کشورهای فقیر زده است؛ در صورتی که ثروت کشورهای ثروتمند که عامل مهم این گرمایش بوده‌اند را بیشتر کرده است. کشورهایی مثل میانمار، هائیتی و نیال به‌خاطر شدت تغییرات شرایط آب‌وهوایی در بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۸ بیشترین آسیب را دیده‌اند.

از سوی دیگر تغییرات اقلیمی باعث می‌شود که مهاجرت به‌شدت افزایش پیدا کند. حتی در خود کشورهای ثروتمند نیز کسانی که فقیرترند بیشتر ضربه خواهند خورد. ثروتمندان منابع بهتری دارند تا خانه‌های خود را خنک نگه دارند و پول منابع انرژی را به‌راحتی پرداخت می‌کنند و دیگران نمی‌توانند به این راحتی این کار را بکنند. وقتی که فجایع طبیعی اتفاق بیافتند، ثروتمندان راحت‌تر خانه‌ها را تخلیه و بازسازی می‌کنند، ولی فقرا نه.

مطابق پژوهشی که در دانشگاه برکلی کالیفرنیا انجام شده، پیش‌بینی می‌شود که اگر روند گرمایش به همین شکل ادامه پیدا کند، بزرگ‌ترین مهاجرت ثروتی از جنوب کره‌ی زمین به شمال زمین اتفاق می‌افتد. جنوب فقیرتر و شمال به نسبت ثروتمندتر خواهد شد. همچنین بحران‌های غذایی سنگین در دنیا به‌خاطر این وضعیت پیش‌بینی می‌شود.

گرما همچنین باعث می‌شود بعضی بیماری‌ها افزایش پیدا کنند. آلرژی، آسم و شیوع بیماری‌های عفونی همگی از تأثیرات افزایش گرما، هوای آلوده و محیا شدن شرایط بهینه برای پاتوژن‌ها و پشه‌هاست.

از دیگر تأثیرات گرما افزایش میزان خشونت آدمهاست. تحقیقات نشان داده که افزایش گرما باعث می‌شود خشونت میان مردم زیاد شود. البته نه تنها بین مردم یک کشور، بلکه بین کشورها نیز درگیری به وجود خواهد آمد. در نتیجه جنگ هم یکی دیگر از پیامدهایی است که پیش‌بینی می‌شود. به عبارت دیگر این میزان از گرمایش تغییراتی را حاصل می‌کند که با هیچ مقدار پولی جبران نمی‌شود.

چه باید کرد و این کارها چه مقدار هزینه خواهند داشت؟

اگر جهان بخواهد گرمایش را زیر ۲ درجه نگه دارد، یعنی هدف معاهده‌ی پاریس را عملی کند، باید تا اواسط قرن به سطح صفر خالص در تولید گازهای گلخانه‌ای (net zero) برسد. سطح خالص صفر یعنی حاصل جمع میزان گازهای گلخانه‌ای تولیدی با میزانی که از چرخه خارج می‌شود، صفر باشد؛ نه اینکه کلاً هیچ کربنی تولید نکنیم، چون عملاً غیرواقع‌گرایانه است. به هر حال تولید گازهای گلخانه‌ای به راحتی به صفر مطلق نمی‌رسد. در مقابل عواملی نیز وجود دارند که اثر این گازها را خنثی می‌کنند، مثل جنگل‌ها. در حقیقت سطح خالص صفر یعنی بالانس این گازها صفر شود، نه اینکه میزان تولید صفر باشد. برای تحقق یافتن این امر جهان باید تا اواسط قرن نزدیک ۵۰٪ تولید گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد و این کار به میزان غریبی از سرمایه‌گذاری و بیش از آن به مشارکت و تعهد کشورها نیاز دارد. سرمایه‌گذاری‌های عظیمی باید در انرژی‌های تجدیدپذیر، خودروهایی الکتریک و زیرساخت‌ها اتفاق بیافتد. علاوه بر این‌ها، آدابته کردن شهرها و سبک زندگی برای مواجهه با دماهای بیشتر و تأثیرات غیرقابل اجتناب آن و افزایش سطح دریاهای نیز باید به سرعت اتفاق بیافتد.

تخمین‌هایی متفاوت برای برآورد هزینه‌ها وجود دارد، ولی یک مطالعه‌ی تازه نشان داده که برای اینکه تغییرات آب‌وهوای جهان زیر ۲ درجه بماند باید بین ۴ تا ۶۰ تریلیون دلار هزینه شود، با میان‌هزینه‌ی ۱۶ تریلیون دلار. اگر بخواهیم زیر ۱/۵ درجه بمانیم باید بین ۱۰ تا ۱۰۰ تریلیون دلار با میان‌هزینه‌ی ۳۰ تریلیون دلار سرمایه‌گذاری شود. برای اینکه تصویری از این اعداد داشته باشید، بدانید که در سال ۲۰۱۹ کل اقتصاد جهان ۸۸ تریلیون دلار بوده است. با اینکه این هزینه به شدت زیاد به نظر می‌آید، ولی هزینه‌ی نداشتن چنین اقداماتی بسیار بیشتر است. آن قدر زیاد که دیگر نمی‌توان با مقیاس‌های کمی از آن صحبت کرد. از سوی دیگر نیز اگر امروز این اقدامات صورت نگیرند، هزینه‌اش بارها بیشتر از زمانی خواهد بود که همین اقدامات دیرتر انجام شوند. یک مطالعه نشان داده بود که اگر آمریکا امروز اقدام نکند و همین کار امروز را در سال ۲۰۳۰ انجام دهد، باید دوبرابر امروز هزینه کند.

نکته‌ای که باید به صورت کلی در مورد مبارزه با گرمایش زمین دانست این است که این یک اقدام جهانی است و کارهایی که باید در راستای آن انجام شود، نیازمند مشارکت بسیار سطح بالای اکثر کشورهای مخصوصاً ثروتمند است.

چرا حل کردن چنین چالشی بسیار سخت است و مسئله‌ی آن از مسائل پیچیده به حساب می‌آید؟

اولین دلیلش آن است که این مسئله بزرگ‌تر از سطح یک کشور و دو کشور است و برقراری توافق جمعی در این سطح کار بسیار سختی است. کسانی مانند ترامپ می‌گویند همه‌ی این حرف‌ها دروغ است و از معاهده خارج می‌شوند و یا در نشست کاپ ۲۶ گلاسکو کشورهایمانند چین و هند حاضر نمی‌شوند تا به تعهداتشان درست عمل کنند. مشکل حل تعارضات بین کشوری این چالش را بسیار جدی می‌کند. اما به غیر از این، چهار مورد دیگر نیز وجود دارد که توضیح می‌دهد چرا حل کردن چالش گرمایش زمین به این راحتی‌ها نیست. این ۴ مورد عبارت‌اند از جمعیت، رشد اقتصادی، میزان بهره‌وری انرژی و میزان گازهای گلخانه‌ای که بابت یک واحد انرژی تولید می‌شود. دو مورد از این چهار مورد مشکل را نه تنها حل نمی‌کند، بلکه بدتر هم می‌کند و اگر دنیا بخواهد بعد از توافق کاری کند، در دو مورد دیگر است.

عواملی که وضعیت را بدتر می‌کنند:

(الف) جمعیت: جمعیت یعنی آدم‌ها و آدم‌ها یعنی نیازها. نیاز یعنی تولید و تولید یعنی گازهای گلخانه‌ای بیشتر. جمعیت جهان تا سال ۲۱۰۰ به صورت افزایشی خواهد بود و به حدود ۱۱ میلیارد نفر می‌رسد و از آن به بعد است که رشد جمعیت تقریباً صفر می‌شود و آرام‌آرام رو به کاهش می‌گذارد. این جمعیت یعنی ۴۰٪ بیشتر از جمعیت کنونی. پس نمی‌توان به امید کاهش جمعیت نشست؛ چرا که تا آن هنگام برای هر کاری دیر شده است. به ازای هر یک نفر جدیدی که پا به این دنیا می‌گذارد، میزان تولیدات نیز افزایش پیدا می‌کند. پس عامل افزایش جمعیت وضعیت را بدتر می‌کند.

(ب) رشد اقتصادی: رشد اقتصادی (فارغ از اینکه این رشد چه تأثیری بر دنیا می‌گذارد) به متر و معیار عملکرد تمام کشورهای جهان تبدیل شده است. رشد تا این جا ملاک رشد اقتصادی بر اساس تولید بیشتر سنجیده می‌شود. پس همه‌ی کشورها سعی می‌کنند که بیشتر تولید کنند تا بیشتر رشد کنند. مخصوصاً کشورهای در حال توسعه که سعی می‌کنند از خطی بالاتر رفته و به یک رفاه نسبی برسند. اینجا هم به نظر نمی‌آید که کشوری از این رشدها صرف‌نظر کند و تولید کماکان بیشتر و بیشتر خواهد شد. شاید در آینده تغییر پارادایمی به وجود بیاید که دیگر «رشد» متر و معیار عملکرد نباشد؛ ولی این اتفاق در آینده‌ی نزدیک نخواهد افتاد و ما برای نجات زمین زمان نداریم. پس فعلاً به خاطر رشد جمعیت و رشد اقتصادی کشورها قرار است که میزان تولید کربن‌دی‌اکسید بیشتر شود.

دو عامل دیگری که می‌توانند تغییرات مثبت ایجاد کنند:

(ج) میزان بهره‌وری انرژی: با یک مثال ساده، اگر ما یک یخچال داشته باشیم که A مقدار انرژی مصرف کند و یک یخچال داشته باشیم که نصف یخچال قبلی انرژی مصرف کند، می‌گوییم که راندمان انرژی یخچال دوم بیشتر است. پس یکی از کارهایی که جهان باید از این به بعد انجام دهد این است که از تکنولوژی‌هایی استفاده کند که راندمان انرژی بیشتری داشته باشند تا مقدار کربن‌دی‌اکسیدی که تولید می‌کنیم کاهش پیدا کند. مثلاً استفاده از هوش مصنوعی در تکنولوژی‌ها برای افزایش بهره‌وری یا استفاده‌ی بیشتر از منابع تجدیدپذیر. در این بخش فرصت‌ها بی‌نهایت هستند و از این بعد شاهد رشد چشمگیری در این قسمت هستیم.

اما افزایش بهره‌وری به تنهایی کافی نیست؛ به ۳ علت:

۱- تأثیر مستقیم بازتاب افزایش بهره‌وری. یعنی وقتی بهره‌وری چیزی افزایش پیدا می‌کند، میزان استفاده‌ی ما و تقاضا برای آن افزایش پیدا می‌کند. پس در نهایت باز منجر به تولید بیشتر می‌شود که با میزان قبلی تفاوت چندانی نخواهد داشت.

۲- تأثیر غیرمستقیم بازتاب افزایش بهره‌وری. وقتی بهره‌وری چیزی افزایش می‌کند، ما انسان‌ها از عایدی آن در جای دیگری استفاده

می‌کنیم. مثلاً وقتی خودروی برقی می‌خریم، شاید هزینه‌ی سوخت کمتری بپردازیم و بتوانیم پول بیشتری ذخیره کنیم. بعد با این پول ذخیره‌شده بلیط هواپیما می‌خریم و به سفر می‌رویم یا کارهای دیگر می‌کنیم. بدین ترتیب شاید به همان اندازه که انرژی Save کرده‌ایم، در جای دیگری انرژی اضافه‌ای تولید می‌کنیم.

۳- نرخ بازگشت سرمایه‌ی کمتر. وقتی بهره‌وری چیزی افزایش پیدا می‌کند، افزایش دوباره‌ی بهره‌وری آن سخت‌تر می‌شود که این خود هزینه‌ی سرمایه‌گذاری را افزایش می‌دهد. پس در بلندمدت سرمایه‌گذاری در این حوزه هم کاهش پیدا می‌کند.

پس بهره‌وری به‌تنهایی نمی‌تواند ما را به مقصود net zero carbon برساند. برای اینکه به این هدف برسیم، باید به عامل چهارم نگاه کنیم. (د) بابت هر واحد انرژی‌ای که تولید می‌کنیم، چه قدر کربن دی‌اکسید تولید می‌شود.

میزان کربن دی‌اکسیدی که برای تولید یک واحد انرژی از سوخت زغال سنگ به دست می‌آید، به مراتب بیشتر از همان مقداری است که در یک پنل خورشیدی وجود دارد. الان بزرگ‌ترین اهرمی که در حوزه گازهای گلخانه‌ای در دست جهان وجود دارد و می‌تواند برای گرمایش زمین از آن استفاده کند، همین سوخت‌های فسیلی مانند نفت و گاز و زغال سنگ است. اما نمی‌توان به راحتی این وابستگی را کم کرد و البته به اندازه‌ی کافی هم در این راستا تلاشی صورت نگرفته است.

برای اینکه جهان بتواند سریع‌تر این قسمت را بهبود بخشد و سوخت‌های فسیلی را کاهش دهد، باید ۲ اقدام صورت بگیرد:

۱- باید از تکنولوژی‌هایی موجودی که در دست داریم درست استفاده کنیم. کارهای زیادی هست که می‌توان سریع انجام داد. مثلاً می‌شود از انرژی هسته‌ای بیشتر استفاده کرد. یارانه‌های پالایشگاه‌ها و صنایع وابسته به سوخت‌های فسیلی را قطع کرد و به جای آن همین یارانه و سوبسید را به صنایع انرژی‌های پایدار و تجدیدپذیر داد. قیمت حامل‌های انرژی‌های سوخت‌های فسیلی را به شدت افزایش داد تا تغییر به انرژی‌های پایدار سریع‌تر اتفاق بیافتد. می‌توان برای تولید گازهای گلخانه‌ای استانداردهای سخت‌گیرانه وضع کرد. وسایل نقلیه با بهره‌وری پایین را به تدریج ساقط کرد و بسیاری کارهای دیگر ...

۲- تکنولوژی‌های جدید خلق کنیم و در این حوزه نوآوری داشته باشیم. بدون تکنولوژی و نوآوری امکان ندارد به هدف صفر خالص کربن برسیم. این تکنولوژی‌ها می‌توانند همه چیز باشند؛ از تکنولوژی‌های تسخیر کربن گرفته تا نسل جدید پالایشگاه‌ها تا باتری‌های نسل جدید که بتوانند انرژی تولیدشده از راه‌های پایدار را درست ذخیره کنند. اما مشکل نوآوری این است که زمان بر است. سال‌ها و دهه‌ها طول می‌کشد و ما هر سال داریم کربن بیشتری تولید می‌کنیم. اینجاست که مورد اول که مهم‌تر می‌شود؛ این که اقدامات مهم و فوری در سطح جهانی شکل بگیرد؛ وگرنه معلوم نیست که دنیا در ۳۰ تا ۴۰ سال آینده چه شکلی خواهد شد.

این یکی از ترندهای غیرقابل اجتنابی است که دنیا به سمت آن در حال حرکت است. اگر هنوز دبیرستانی یا دانشجویی کارآفرین هستید، بدانید که دنیا در این حوزه به کمک شما نیاز دارد و بیشتر تکنولوژی‌ها و صنایع به این سمت خواهند رفت. این بود خلاصه‌ای از داستان گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی. به امید زمینی سبزتر و زیباتر.

منابع

- <https://www.nytimes.com/article/climate-change-global-warming-faq.html>
- <https://www.nrdc.org/stories/global-climate-change-what-you-need-know>
- <https://youtu.be/wbR5-mHI6bo>