دانش افزایی

دگرگونی‌های اقلیمی

فرهاد انصاری
کارشناس ارشد زمین‌شناسی مهندسی و زیست‌محیطی

مقدمه

دگرگونی اقلیم و گرمایش جهانی از مهم‌ترین مخاطرات دنیای امروز به‌شمار می‌رود و بیانگر چالش بزرگی میان اقتصاد و محیط زیست است که امکان کاهش آثار آن بسیار سخت می‌نماید. طبق تعریف، هرگاه یک ناهنجاری اقلیمی اثر زیان‌باری روی زندگی انسان داشته باشد جزو بلایای اقلیمی یا طبیعی به‌شمار می‌آید. امروزه شواهد کافی نشان می‌دهند که پدیده‌های دگرگونی اقلیم و گرمایش جهانی، مشکلات جدی و گسترده‌ای را در سرتاسر جهان پدید آورده‌اند و روی زندگی انسان تأثیر نامطلوب گذاشته و آسیب‌های زیادی نیز بر زیرساخت‌ها وارد آورده‌اند.

در سدهٔ گذشته، مخاطرات طبیعی عامل زیان‌های مالی هنگفت در سرتاسر جهان شده‌اند که میانگین آن به ۴۰ میلیارد دلار ایالات متحده در سال بالغ می‌شده است. این رقم در سال ۱۹۹۹ به ۱۰۰ میلیارد دلار رسیده است. اگرچه زمین‌لرزه‌ها نقش و سهم مهمی در این زیان‌ها داشته‌اند، اما عامل حدود ۸۰ درصد از آسیب‌ها پدیده‌های جوی بوده است. در کانادا در سدهٔ گذشته رویداد مخاطرات لرزه‌ای تقریباً ثابت بوده، در حالی که مخاطرات مرتبط با پدیده‌های جوی به‌طور چشمگیر افزایش یافته و دارای نوسانات سالیانهٔ شدید نیز بوده است. رویداد پی‌درپی مخاطرات ناشی از دگرگونی‌های اقلیمی، افزون بر دشواری‌هایی که تحمیل کرده، سبب عقب‌گرد فرایند توسعه نیز شده است.

گرچه عوامل طبیعی نیز در گرمایش زمین نقش دارند، اما افزایش مشاهده‌شده در دمای میانگین کرهٔ زمین به احتمال بسیار زیاد به سبب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای به دست انسان است. کارشناسان ناهنجاری‌های جوی و رویداد توفان‌های سهمگین و پدیده‌هایی مانند آب شدن یخ‌های قطبی و پسروی یخچال‌ها، سیل و خشک‌سالی‌های پی‌درپی را از پیامدهای گرمایش جهانی و دگرگونی اقلیم می‌دانند و پیش‌بینی می‌کنند با افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای در سدهٔ بیست‌ویکم، شدت بیشتری از این دگرگونی‌ها در راه است.

کلیدواژه‌ها: اقلیم، دگرگونی اقلیمی، گرمایش جهانی، گازهای گلخانه‌ای، آب شدن یخ‌های قطبی، سیل، خشکسالی

عوامل دگرگونی‌های اقلیمی

اقلیم سیستمی پیچیده است که همواره در بازه‌های زمانی بلندمدت و کوتاه‌مدت دگرگون می‌شود. این دگرگونی فرایندی پویاست که گاهی با آهنگی کند و گاهی تند و به‌صورت دوره‌ای ظاهر می‌شود.

عواملی مانند تغییر انرژی دریافتی از خورشید (سیکل‌های میلانکوویچ و سیکل‌های خورشیدی)، فعالیت‌های آتش‌فشانی، چرخه‌های اقیانوسی و اتمسفری و تغییرات توده‌های یخ قطبی، از عوامل طبیعی و درازمدت دگرگونی اقلیم در مقیاس جهانی به‌شمار می‌آیند، اما در مقیاس کوتاه‌مدت، به‌ویژه در نیمهٔ دوم سدهٔ بیستم، گرمایش جهانی را باید نام برد که به احتمال زیاد ناشی از عملکرد انسان است.

مهم‌ترین عوامل طبیعی دگرگونی‌های اقلیمی عبارت‌اند از:

۱. تغییرات مختصات نجومی و مداری گردش زمین به دور خود و خورشید (سیکل‌های میلانکوویچ)

میلوتین میلانکوویچ[1] (۱۸۷۹- ۱۹۵۹) بنیان‌گذار تئوری‌های ریاضی تغییرات اقلیمی مرتبط با تغییرات درازمدت موقعیت مداری زمین است.

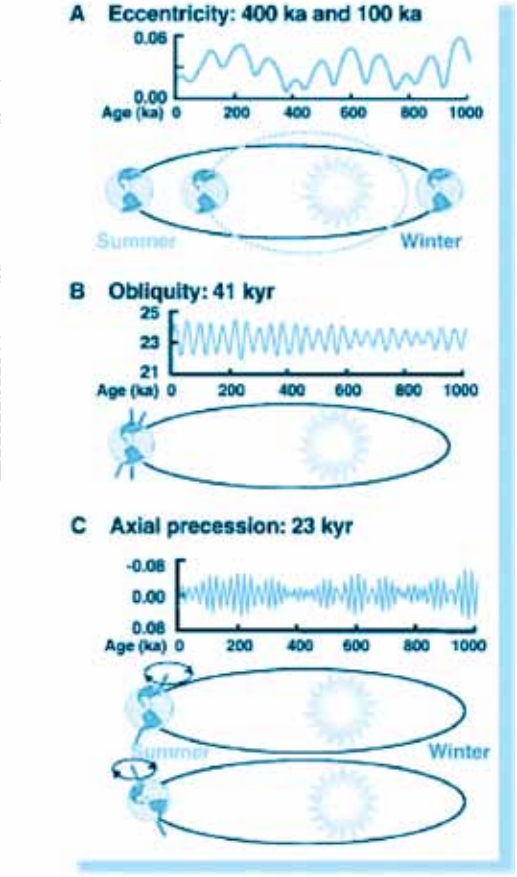
میلانکوویچ در سال ۱۹۲۰ میلادی برای توضیح علت پیدایش عصرها یا دوره‌های یخبندان، تغییرات دوره‌ای مختصات نجومی گردش زمین به دور خورشید را مورد توجه قرار داد. او دریافت که سه چرخه یا سیکل مداری مختلف در پیدایش این دوره‌ها و شدت و ضعف آن‌ها مؤثرند که با توجه به مقدار اشعهٔ دریافتی از خورشید و همچنین انتشار زمانی و مکانی آن عمل می‌کنند. این سه چرخه عبارت‌اند از:

é دگرشکلی مداری[2]

تقریباً هر صد هزار سال یک بار، مدار گردش زمین به دور خورشید از شکلی بسیار نزدیک به دایره تا بیضوی کشیده تغییر می‌کند که در نتیجه آن، فاصلهٔ زمین تا خورشید و اندازهٔ اشعهٔ دریافتی از خورشید، کم و زیاد می‌شود. در این پدیده تغییر در اندازهٔ اشعهٔ دریافتی از خورشید تا حدود ۳۰ درصد می‌رسد. البته این پدیده سیکل‌های چهارصدهزار ساله‌ای را نیز ایجاد می‌کند (شکل ۱، A).

é کجی محوری[3]

در طی زمان، زاویهٔ بین محور چرخش زمین و صفحهٔ عمود بر مدار آن از ۲۲/۱ تا ۲۴/۵ درجه به‌طور متناوب تغییر می‌کند. این تغییر که تقریباً ۴۱ هزار سال طول می‌کشد. در توزیع انرژی حرارتی خورشید به روی زمین اثر می‌گذارد. در حال حاضر این زاویه ۲۳/۴۴ درجه و رو به کاهش است (شکل ۱، B).



▲ شکل ۱

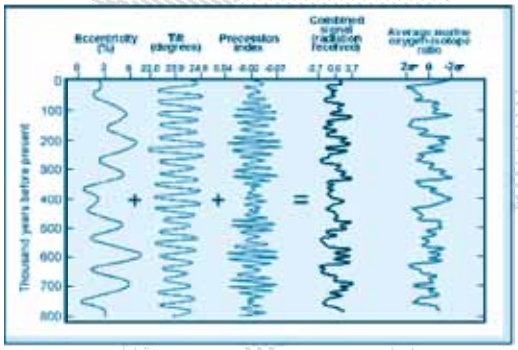
é لنگ زدن مداری و محوری[4]

این پدیده پیچیدگی بیشتری نسبت به سایر دگرگونی‌های مداری دارد و ناشی از نیروهای جاذبهٔ اجرام منظومهٔ شمسی و تابع دوری یا نزدیکی زمین به خورشید است و دو مؤلفه دارد:

۱. لنگ زدن محور گردش زمین به دور خود؛ ۲. لنگ زدن مدار گردش زمین به دور خورشید؛ که با هم سیکل‌های حدود ۲۱ هزار ساله ایجاد می‌کنند (در دورهٔ کواترنر ۲۳ هزار سال). این پدیده روی میزان انرژی دریافتی زمین از خورشید تأثیر دارد (شکل ۱، C).

مقایسهٔ منحنی‌های آب و هوایی میلانکوویچ با منحنی‌های آب و هوایی گمانه‌های اقیانوسی که به کمک ایزوتوپ‌های اکسیژن سنگین (اکسیژن با وزن اتمی ۱۸) مطالعه شده و مدت‌ها پس از آنکه میلانکوویچ مدل خود را ارائه کند تهیه شده‌اند، شباهت حیرت‌انگیزی را بین این دو آشکار می‌سازد. شکل و الگوی منحنی‌های به‌دست آمده از مطالعات ایزوتوپی با جمع جبری منحنی‌های میلانکوویچ همخوانی کامل دارد (شکل ۲).

عوامل دیگری مانند برخورد سیارک‌ها و اندرکنش ثقلی بین اجرام فضایی نیز می‌توانند بر پدیده‌های مطرح در مدل میلانکوویچ اثر بگذارند و آن‌ها را تغییر دهند.



▲ شکل ۲

۲. فعالیت‌های آتش‌فشانی

فوران‌های آتش‌فشانی بزرگ می‌توانند سبب تغییرات اقلیمی کوتاه‌مدت شوند. چنین فعالیت‌هایی ممکن است فقط چند روز طول بکشند، اما با انتشار حجم زیادی از گاز و خاکستر آتش‌فشانی در جو زمین می‌توانند الگوهای آب و هوایی را برای سال‌ها تحت تأثیر قرار دهند. خاکسترهای آتش‌فشانی اگر در اندازه‌های میکرونی باشند ممکن است تا چهار سال در جو زمین باقی بمانند.

فوران‌های آتش‌فشانی تعادل تابشی زمین را برهم می‌زنند، زیرا ابرهای گاز و خاکستر اشعه‌های بازتاب‌شده از زمین را جذب می‌کنند و میزان چشمگیری از اشعهٔ ورودی خورشید را پراکنده می‌سازند. با کاهش انرژی خورشیدی دریافت‌شده در سطح زمین، دمای هوا در جو کاهش می‌یابد و الگوهای طبیعی گردش‌های جوی و اقلیم جهانی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. البته هنوز دربارهٔ میزان تأثیر این پدیده بحث و گفت‌وگو در جریان است.

در سال ۱۸۱۵ میلادی در اثر فعالیت آتش‌فشان تامبورا در جنوب جاوه، در حدود صد میلیون تن گاز دی‌اکسید گوگرد و خاکستر آزاد شد که ضمن وارد آوردن آسیب‌های گستردهٔ جانی و مالی، با خورشیدگرفتگی همراه بود و دمای نیم‌کرهٔ شمالی را بین ۳ تا ۵ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش داد.

همچنین هنگامی که در سال ۱۹۹۱ آتش‌فشان «پیناتوبو» فیلیپین فعال شد، بیست میلیون تن گاز و خاکستر به درون جو فرستاد و جهان را به مدت سه هفته تحت تأثیر قرار داد و از جمله سبب کاهش دما شد.

۳. حرکت صفحه‌های زمین‌ساختی

بر پایهٔ تئوری زمین‌ساخت صفحه‌ای، صفحه‌های زمین در بازه‌های زمانی گوناگون و با الگوهای متفاوت جابه‌جا می‌شوند. گسترش صفحه‌ها و جای‌گرفتن سرزمین‌ها در عرض‌های جغرافیایی بالاتر می‌تواند موجب تغییر جریان‌های اقیانوسی شود و در نتیجه الگوهای انتقال حرارت بین استوا و قطب‌های زمین را دگرگون کند. همچنین با جابه‌جایی سرزمین‌ها، چرخهٔ جریان‌های جوی نیز تغییر خواهد کرد.

از سوی دیگر، سرزمین‌هایی که در عرض‌های جغرافیایی بالاتر جای گرفته‌اند با توجه به افزایش پوشش برفی و افزایش شفافیت جو (Albedo) تابش خورشیدی را به میزان بیشتری بازتاب می‌دهند و در نتیجه سطح زمین گرمای کمتری جذب می‌کند که گسترش کلاهک‌های یخ قطبی و تشکیل یخچال‌های بیشتر و خنکی بیشتر را در پی خواهد داشت.

٤. تغییرات انرژی دریافتی از خورشید (لکه‌های خورشیدی)

روشن است که اقلیم زمین بیش از هر چیز به خورشید و تغییرات آن وابسته است. پژوهش‌های درازمدت نشان داده‌اند که بین فعالیت لکه‌های خورشیدی و دگرگونی‌های اقلیمی رابطه‌ای معنادار وجود دارد.

لکه‌های خورشیدی در نتیجهٔ سرد شدن نسبی گازها در بخش‌هایی از سطح خورشید پدید می‌آیند و این سرد شدن را حاصل ایجاد آشفتگی در میدان مغناطیسی خورشید می‌دانند. این بخش‌های تیره به صورت لکه‌های تیره در سطح خورشید دیده و در دوره‌های زمانی یازده ساله تکرار می‌شوند.

پژوهش‌ها نشان داده‌اند هنگامی که سطح خورشید دارای لکه‌های کمتر بوده، اروپا و آمریکای شمالی هوای سرد و بارش‌های بیشتری داشته‌اند و برعکس هنگامی که لکه‌های خورشیدی زیاد بوده‌اند، هوا گرم‌تر شده، بارش کاهش یافته و خشک‌سالی رخ داده است.

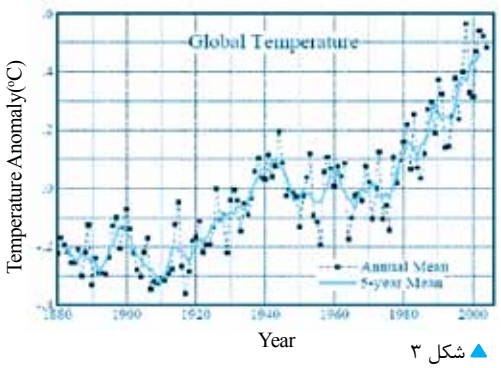
بازتاب دوره‌های خورشیدی را می‌توان درون حوضه‌های رسوبی زمین، به‌ویژه در نهشته‌های آب ساکن (دریاچه و دریا) به صورت دوره‌های رسوبی مشاهده کرد.

به‌جز دوره‌های یازده سالهٔ یادشده، دوره‌های رسوبی یک‌ساله (سال‌چینه‌ها)، حدود ۶ ساله، حدود ۲۲ ساله و حدود ۵۶ ساله نیز به فراوانی یافت می‌شوند. دوره‌های ۶ تا ۵۶ ساله متشکل از سال‌چینه‌ها را به فعالیت‌های دوره‌ای خورشید نسبت می‌دهند.

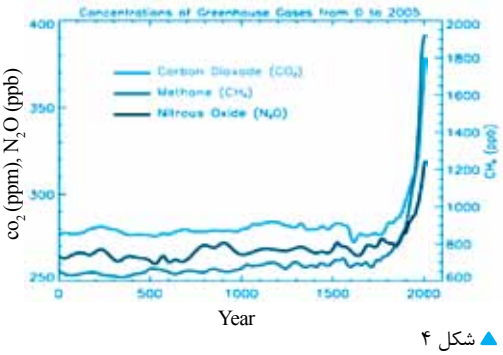
عوامل انسانی دگرگونی‌های اقلیمی (انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی)

اندازه‌گیری‌های دمایی در سرتاسر جهان، در خشکی و دریا، نشان داده است که یکصد سال گذشته، سطح زمین و پایین‌ترین بخش اتمسفر به‌طور میانگین در حدود ۰/۶ درجهٔ سانتی‌گراد گرم‌تر شده‌اند (شکل ۳).

در طی این دوره، انتشار گازهای گلخانه‌ای شامل دی‌اکسیدکربن، متان و اکسید نیتروژن به دست انسان و استفاده از سوخت‌های فسیلی برای تأمین انرژی، حمل و نقل و تغییر کاربری زمین برای فراهم آوردن



▲ شکل ۳



▲ شکل ۴

خـوراک افزایش یافتـه و اثر گلخانـه‌ای را ایجاد کرده اسـت(شـکل۴).

سـازوکار ایجاد اثر گلخانه‌ای را به‌طور ساده می‌توان به این ترتیب توضیح داد که جو زمین به طول موج‌های کوتاه تابشی آمده از خورشـید اجازهٔ گذر می‌دهد. ایـن طول‌موج‌ها پس از برخورد با سطح زمین و گرم کردن آن به‌صورت طول‌موج‌های بلند به فضا باز فرستاده می‌شوند، مانند آنچه در روزهای آفتابی به‌صورت امواج بالا رونده در بالای جاده‌های آسفالته دیده می‌شود. اما چنین امواجی توسط بخار آب جو و گازهای گلخانه‌ای جذب می‌شوند و اجازهٔ گذر نمی‌یابند. این فرایند سبب افزایش درجه

▲ شکل ۵

حرارت جو می‌شود؛ درست همان پدیده‌ای که در گلخانه روی می‌دهد و اثر گلخانه‌ای نامیده می‌شود (شکل ۵).

گرچـه عوامل طبیعـی می‌توانند دگرگونی‌هـای اقلیمی جهانی را در دوره‌های زمانی مشـابه پدیـد آورند، اما مدل‌های کامپیوتری که تأثیرات اقلیمی افزایش گازهای گلخانه‌ای اتمسفر را مدل‌سـازی می‌کنند، نشـان می‌دهند که اثـر فعالیت‌های انسان روی اقلیم جهان به‌خوبی از عوامل طبیعی قابل تفکیک و تشـخیص است و بسـیار بعید می‌نماید که گرم شدن سدهٔ بیستم را بتوان با عوامل طبیعی توضیح داد. بنابر اعلام انجمن بین‌المللی کواترنری (INQUA) اکنون شواهد محکمی وجود دارد که گرمایش جهانی چشمگیری در حال رخ دادن است.

گرمایش نیمهٔ دوم سدهٔ بیسـتم دست‌کم در ۱۳۰۰ سال گذشـته غیرطبیعی اسـت. بر پایهٔ مدل‌ها، برای دو سدهٔ آینده افزایـش دمایی در حدود ۰/۲ درجهٔ سـانتی‌گراد هر دهه قابل پیش‌بینی است.

گرچه بیشتر پژوهشـگران دربارهٔ تأثیر گازهای گلخانه‌ای روی دگرگونـی اقلیم توافق دارند، ولـی دربارهٔ جزئیاتی مانند سرعت و نرخ این دگرگونی‌ها اطمینان ندارند.

تاریخچهٔ دگرگونی‌های اقلیمی زمین

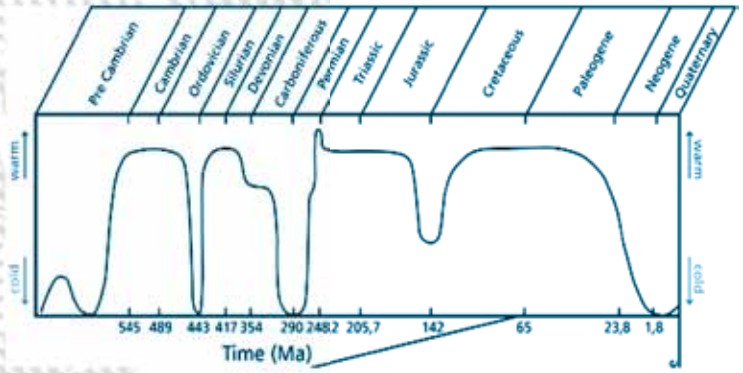
در گذشته‌های دور زمین‌شناسی، زمین اغلب گرم‌تر از امروز بوده است و توده‌های یخ قطبی کوچک بوده یا وجود نداشته‌اند، اما چندین بار دوره‌های یخچالی گسـترده نیز رخ داده اسـت. شواهدی بر وجود دوره‌های یخچالی پرکامبرین و پالئوزوئیک در آفریقا، آمریکای شمالی و جنوبی وجود دارد (شکل ۶). آخرین دورهٔ یخچالـی پیش از کواترنری در حدود ۳۰۰ میلیون سـال پیش و از کربونیفر بالایی تا ابتدای پرمین رخ داده است.

زمین در حدود ۴۰ میلیون سـال پیش به سـرعت شروع به سـرد شـدن می‌کند. در حدود ۲/۵ میلیون سال پیش و با آغاز دورهٔ کواترنری، در اثر سـرد شدن شدید زمین، تخته‌یخ‌ها در شـمال کانادا و اسکاندیناوی شروع به شکل‌گیری می‌کنند. دورهٔ کواترنری به‌گونه‌ای چشمگیر با دگرگونی‌های اقلیمی شامل رویدادهای متناوب یخچالی و بین یخچالی همراه بوده و بیشتر به سبب چنین دگرگونی‌هایی از ترشیری جدا شده است.

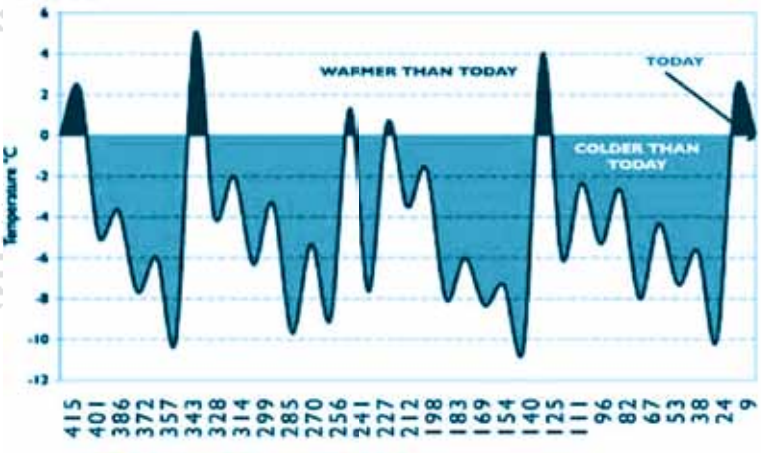
داده‌های دیرینهٔ اقلیمی بسـیاری برای بازسازی نوسانات اقلیمی در چندصد هزار سال گذشته مورد استفاده قرار گرفته‌اند که نشان‌دهندهٔ نوسانات اقلیم جهان بینش شرایط نسبتاً گرم یا بین‌یخچالـی (Interglacial) و نسـبتاً سـرد یا یخچالی (Glacial) اسـت (شکل ۷). اکنون اقلیم زمین یک دورهٔ بین یخچالی را تجربه می‌کند.

پنجاه دورهٔ پیشـروی و پسروی یخچال‌ها در ۲/۵ میلیون سـال گذشـته و ۲۰ دورهٔ یخچالی بزرگ در ۸۰۰ هزار سـال گذشته شناسایی شده است.

آخرین دورهٔ یخچالی با سرد شدن هوا در حدود ۱۲۰ هزار سال پیش آغاز شده است. در این دوره، میانگین دما در مناطق قطبی و شمال اروپا و آمریکا ۱۰ تا ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر از امروز، در نواحی مجاور استوایی و گرمسیری قاره‌ای در حدود ۴ تا ۷ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر از امروز و در امتداد استوا در دریاها تنها اندکی کمتر از امروز بوده یا تفاوتی نداشته است.



▲ شکل ۶



▲ شکل ۷

از حـدود ۱۸ هـزار سـال پیش بـا گرم شـدن زمین، نشانه‌های پایان عصر یخ آشکار می‌شود که این روند تا دورهٔ هولوسـن (۱۰ تا ۱۲ هزار سـال پیش) ادامه داشته و از آن زمان تاکنون، شرایط اقلیمی زمین مشابه امروز بوده و کم و بیش ثابت مانده است.

پیامدهای دگرگونی اقلیم

اکنـون میزان تمرکز کربن دی‌اکسـید جو زمین بیش از هر زمان دیگر در ۱۶۰ هزار سـال گذشـته است. اگر این میـزان افزایش تمرکز ادامه یابد، زمیـن به گرم‌ترین دمای خود در ۴۰ میلیون سال گذشته خواهد رسید.

بر پایهٔ شرایط کنونی، دمای کرهٔ زمین از سال ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ می‌تواند تا ۵/۸ درجه سـانتی‌گراد افزایش یابد. برای درک بهتـر مفهوم ایـن تغییر، کافی اسـت بدانیم میانگین افزایـش دمایی که سـبب پایان آخرین عصـر یخ در حدود ۱۸ هزار سـال پیش شد تنها ۴ تا ۵ درجه سانتی‌گراد بوده اسـت، لذا چنانچه این افزایش دمای جهانی رخ دهد، در اثر انبسـاط حرارتی اقیانوس‌ها و به دنبال آن ذوب پوشش‌های یخی قطبی، آب دریاها بالا خواهد آمد.

سـرعت افزایـش دما به این معناسـت که بسـیاری از اکوسیسـتم‌ها توان سـازگاری با شـرایط جدید را نخواهند داشـت و بسـیاری از گونه‌های جانـوری و گیاهی منقرض خواهند شـد. انسان نیز با دشواری‌های بسیار در کشاورزی، حفظ جنگل‌ها و تأمین منابع آب روبه‌رو خواهد شد.

مهم‌تریـن پیامدهای دگرگونی اقلیم و گرمایش جهانی را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

۱. ذوب شدن یخ‌ها و بالا آمدن سطح دریاها

حجم کلی آب اقیانوس‌ها با حجم یخ جهان رابطه عکس دارد؛ هنگامـی که یکی کم شـود دیگـری افزایش می‌یابد. تعـادل بین حجم یخ جهـان و حجم آب اقیانوس‌ها با اقلیم کنترل می‌شـود. با ذوب شدن یخ‌های قطبی و یخچال‌های مناطق کوهسـتانی و کاهش پوشـش یخی زمین، نسـبت انرژی جذب‌شده در سطح زمین به انرژی بازتاب‌یافته بیشتر می‌شود که در پی آن، دمای جو افزایش می‌یابد.

در سدهٔ گذشته تراز میانگین سطح آب دریاها در حدود

۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متر افزایش یافته است (۱ تا ۲ میلی‌متر در سال). گرچه در حدود ۲۵ درصد از این افزایش مربوط به انبساط حرارتی آب اقیانوس‌هاست، اما عامل اصلی آن ذوب کلاهک‌های یخی است.

بر پایهٔ مدل‌ها پیش‌بینی می‌شود، دگرگونی اقلیمی تا سال ۲۱۰۰ سبب بالا آمدن سطح آب دریاها بین ۹ تا ۸۸ سانتی‌متر شود که باعث بسیاری از مناطق ساحلی مسکونی و کشاورزی جهان و از بین رفتن زیرساخت‌های موجود در این مناطق می‌شود و آسیب‌های هنگفت و جبران‌ناپذیری به بار آورد. افزایش تراز دریاها با افزایش شدت و تعداد توفان‌های ساحلی همراه خواهد بود؛ همچنین، با پیشروی دریا، مرداب‌ها و رودخانه‌های ساحلی به همراه دلتاهای حاصلخیز آن‌ها نابود می‌شوند. در حال حاضر، دلتاها نه تنها به کنترل سیلاب کمک می‌کنند، بلکه در چرخهٔ حیاتی گونه‌های جانوری و گیاهی نقشی بسیار مهم دارند.

۲. ناهنجاری‌های جوی و تغییر الگوهای بارشی

ادامهٔ انتشار گازهای گلخانه‌ای در حد موجود یا بیشتر از آن باعث گرمایش بیشتر زمین و دگرگونی‌های بسیار در سیستم اقلیم جهانی در سدهٔ آینده خواهد شد که به احتمال بسیار زیاد، شدیدتر از گذشته خواهد بود.

با افزایش درجه حرارت و افزایش تبخیر، رطوبت جو نیز افزایش می‌یابد و با ورود رطوبت و انرژی بیشتر به جو، احتمال ناهنجاری‌های جوی بیشتر می‌شود که خود می‌تواند باعث افزایش نرخ بارش در بعضی مناطق و جاری شدن سیل شود. در عین حال در جاهای دیگری ممکن است کاهش بارش روی دهد و به خشک‌سالی بینجامد.

تغییر در چرخه‌های اقیانوسی، برای مثال، می‌تواند الگوی رخداد «ال نینو»ی را که یک تودهٔ گرم از آب اقیانوس آرام در نیم‌کرهٔ شرقی است و به‌طور متوسط هر ۲ تا ۷ سال یک‌بار رخ می‌دهد، دگرگون سازد. ال نینو سبب بارش‌های سنگین در آمریکای جنوبی و خشک‌سالی در استرالیا و آسیای جنوب شرقی می‌شود و این الگو برای صدها و شاید هزاران سال ادامه داشته است. گرمایش جهانی می‌تواند سبب تغییر شدت و فراوانی رویداد آن شود، به‌طوری که ممکن است هر سال رخ دهد.

رژیم آبی در مناطق مرتفع با ذخیرهٔ برف در زمستان و ذوب آن در بهار و تابستان تعریف می‌شود. مدل‌ها پیش‌بینی می‌کنند با گرم شدن زمین و افزایش تبخیر، الگوهای بارشی تغییر می‌کنند و ذخیرهٔ برف و منابع آبی رو به کاهش می‌گذارند. در این شرایط، بارش بیشتر به شکل باران‌های سیلابی خواهد بود که افزایش رواناب‌ها و خطر سیل را در پی دارد.

از سوی دیگر، افزایش دمای ناشی از دگرگونی اقلیم، ظرفیت نگهداری رطوبت را در خاک کاهش می‌دهد که اثر مهمی بر فراورده‌های کشاورزی و درختان و سایر گیاهان خواهد داشت.

پایداری پی‌سازه‌ها، به‌ویژه در مناطقی که خاک رسی دارند، در تابستان‌های خشک‌تر یا زمستان‌های پربارش‌تر می‌تواند به خطر بیفتد. از دست رفتن مواد ارگانیکی خاک نیز روی پایداری بافت خاک تأثیر منفی دارد. کاهش کمیت و کیفیت منابع آب، افزایش فرسایش خاک، افزایش رخداد زمین‌لغزش و بهمن، افزایش مصرف برق و انرژی و خطر آتش‌سوزی جنگل‌ها، از دیگر پیامدهای افزایش درجه حرارت جو به‌شمار می‌آیند.

حتی اگر انتشار گازهای گلخانه‌ای ثابت بماند، گرمایش ساختهٔ دست انسان و افزایش تراز آب دریاها برای سده‌ها ادامه خواهد داشت.

آثار دگرگونی‌های اقلیمی روی تمدن‌های گذشته

شواهد زیادی از دگرگونی‌های اقلیمی در مناطق مختلف جهان در دوره‌های تاریخی گذشته وجود دارد که در اینجا به چند نمونه اشاره می‌شود:

- متروک‌شدن شهر سوخته در سیستان، در نزدیکی زابل، بین ۵۲۰۰ تا ۴۱۰۰ سال پیش، با دو دورهٔ خشک‌سالی شناخته‌شدهٔ مهم در باختر آسیا (۵۲۰۰ و ۴۲۰۰ سال پیش) هم‌زمان بوده است.
- امپراتوری اکد که تا حدود ۴۲۰۰ سال پیش بر ناحیهٔ بین‌النهرین حکم‌فرمایی می‌کرد، در این زمان ناگهان فرو پاشید که بر پایهٔ شواهد باستان‌شناسی علت احتمالی آن را خشک‌سالی دانسته‌اند.
- بین سال‌های ۱۳۰۰ تا ۱۸۵۰ میلادی و با خنک شدن هوا بین ۱/۵ تا ۲ درجهٔ سانتی‌گراد، یخچال‌ها در اروپا، آسیا و شمال آمریکا پیشروی کردند. این سرما سبب مهاجرت اسکاندیناویایی‌ها شد. زمستان‌های سخت، کشاورزی، اقتصاد و سیاست را در اروپا تحت تأثیر قرار داد و بهای فراورده‌های کشاورزی را نیز افزایش داد.

نشانه‌های دگرگونی اقلیم در ایران: ایران و دگرگونی‌های اقلیمی

بخش اعظم فلات ایران در مقیاس عمومی جریان‌های جوی، منطبق بر ناحیهٔ نشست هواست و در کمربند مناطق خشک و بیابانی جهان جای گرفته است.

افزایش درجه حرارت و تغییر الگوی بارش در دهه‌های اخیر در بسیاری از مناطق کشور ما نیز مورد بررسی قرار گرفته و تأیید شده که یکی از نتایج آن خشک‌سالی و کاهش کمیت و کیفیت منابع آب بوده است. اما پدیده‌های دیگری نیز در نتیجهٔ این دگرگونی‌ها روی داده یا تشدید شده‌اند

یـا الگوی زمانی یا مکانی رویداد آن‌ها تغییر کرده اسـت. از مهم‌ترین این پدیده‌ها می‌توان به رویداد بارندگی‌های شدید و سـیلاب، آتش‌سوزی خودبه‌خودی جنگل‌ها و مراتع بر اثر خشک شدن زمین (ناشی از وزش بادهای گرم و افت سطح آب‌های زیرزمینی)، رخداد دماهای بسیار بالا، سرمایش شدید و یخبندان، بادهای شدید، توفان و بارش تگرگ اشاره کرد.

در دهه‌های اخیر، جاری شدن سیلاب‌های مخرب در کشور افزایش چشـمگیری را نشان می‌دهد و نکتهٔ مهم در این میان، وقوع سیلاب در مناطقی است که در گذشته سیل‌خیز نبوده‌اند.

همچنین سـیلاب‌های ناگهانی می‌توانند در اثر ذوب برف یخچال‌های مناطق کوهسـتانی کشـور روی دهنـد. افزون بر آسیب‌های بسـیاری که این پدیده‌ها به بخش‌های کشاورزی، دامپروری و بخش‌های وابسته به آن‌ها و نیز جنگل‌ها و مراتع وارد می‌آورند، در بسـیاری از موارد با آسیب‌های جانی نیز همراه‌اند. هنگامی که مدیریت نادرست منابع آب نیز با این رویدادها همراه باشد، آسیب‌های وارد‌آمده می‌توانند گسترده‌تر باشند.

در شرایط کنونی، دریاچه‌ها و تالاب‌های فلات ایران به سبب کاهش بارندگی و افزایش تبخیر ناشی از افزایش درجه حرارت، مدیریت نادرسـت منابع آب و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب سـطحی و زیرزمینی، با کاهش شـدید حجم ذخایر آبی خود روبه‌رو هستند که از نظر زیست‌محیطی آثار بسیار زیان‌باری را به همراه داشته است، مانند دریاچه‌های ارومیه، هامون، پریشان، بختگان و باتلاق گاوخونی.

رشد روزافزون جمعیت از یک سو و محدودیت منابع آب و خاک و وقوع دگرگونی‌های اقلیمی از سوی دیگر، آیندهٔ چندان روشـنی را برای تأمین مواد خوراکی مورد نیاز کشـور ترسیم نمی‌کند. زراعت دیم در کشور ما که به بارش‌های جوی وابستگی زیـادی دارد به شـدت در برابر دگرگونی‌هـای اقلیمی و تغییر الگوی‌های بارشـی آسیب‌پذیر اسـت. چنین شرایطی می‌تواند به کاهش کمیـت و کیفیت فراورده‌های کشـاورزی و افزایش قیمت آن‌ها بینجامد که پیامدهای اجتماعی و فرهنگی بسیاری همچون، پدیدهٔ مهاجرت از روستاها به شهرها و حاشیه‌نشینی را همراه خواهد آورد.

رخداد دگرگونی‌های اقلیمی و گرمایش جهانی انکارناپذیر اسـت و پیامدهای آن ناگهانی و برگشت‌ناپذیر. اکنون نشانه‌ها و شـواهد علمی در این باره به اندازهٔ کافی روشـن و در دسـت هستند تا برای کاهش آثار این پدیده‌ها هرچه سریع‌تر اقدامات عملی آغاز شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Milutin Milankovitch
2. Eccentricity
3. Axial tilt or obliquity
4. Precession

منابع

1. Gowri Koneswaran, Danielle Nierenberg, Global Farm Animal Production and Global Warming: Impacting and Mitigating Climate Change, Environ Health Perspectives Journal, 2008.
2. Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, and de Haan C., Livestock's long shadow: environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.
3. Francois, Louis and Faure, Hugues and Probst, Jean - Luc, The global carbon cycle and its changes over glacial- interglacial cycles. Global and Planetary Change, vol. 33.2002.
4. Rind, D., Peteed, D., Kukla, G. Can Milankovitch orbital variations initiate the growth of ice sheets in a general circulation model? Journal of Geophysical Research 94: 12, 851-71, 1989.
5. J. Lelieveld & P. Hadjinicolaou &. Kostopoulou & J. Chenoweth & M. El Maayar & C. Giannakopoulos & C. Hannides & M. A. Lange & M. Tanarhte & E. Tyrlis & E. Xoplaki, Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East, open access at Springerlin.com, 2012.
6. Heinz Wanner et al, Mid-to Late Holocene climate change: an overviewm Quaternary Science Reviews, Quaternary Science Reviews, 2008, homepage: www. elsevier.com/locate/quascirev
7. Sean D. Pitman, MD, Milankovitch Cycles and the Age of the Earth, 2006. homepage: http://www.detectingdesign.com/milankovitch.html.
8. Committee on Abrupt Climate Change, Abrupt Climate Change: Inevitable Surprises, National Academy Press, Washington, D. C., 2002.
9. Lawrence J. Jackson et al, Glacial Lake Levels and Eastern Great Lakes Palaeo- indians, Geoarchaeology: An International Journal, Vol. 15, No. 5, 2000.
10. Committee on Surface Temperature Reconstrucations for the Last 2000 years, National Research Council, Surface Temperature Reconstructions for the Last 2,000 Years, 2006.